

소공간 실험구의 차광과 통풍에 의한 기온저감 효과

김현철¹⁾ · 우지근²⁾

¹⁾ 구룡조경 · ²⁾ 서울대학교 대학원

Air Temperature Decreasing Effects by Shading and Ventilation at Micro-scale Experiment Plots

Kim, Hyun-Cheol¹⁾ and Woo, Ji-Keun²⁾

¹⁾ Guryong Landscape,

²⁾ Graduate School, Seoul National University.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze air temperature decreasing effects by shading and ventilation at micro-scale experiment plots, especially focused on the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) in outdoor spaces.

To monitor the time-serial changes of Dry-bulb Temperature (DT), Globe Temperature (GT) and Relative Humidity (RH) in the wind blocking and shading conditions, Two hexahedral steel frames were established on the open grass field, the dimension of each frame was 1.5m(W)×1.5m(L)×1.5m(H). Four vertical side of one frame was covered by transparent polyethylene film to prevent wind passing through (Wind break plot; WP). The top side of the other frame was covered with shading curtain which intercept 95% of solar light and energy (Shading plot; SP). And, Another vertical steel frame without any treatment preventing ventilation and sunlight was set up, which represents natural conditions (Control plot; CP). The major findings were as follows;

1. The average globe temperature (GT) was highest at WP showing 50.94°C and lowest at SP showing 34.58°C. The GT of natural condition (SP) was 42.31°C locating the midst between WP and SP. The difference of GT of each plot was about 8-16°C, which means the ventilation and shading has significant effect on decreasing the temperature.

Corresponding author : Woo, Ji-Keun, Graduate School, Seoul National University,
Tel : +82-55-542-8903, E-mail : woogette@paran.com

Received : 2 September, 2010. **Revised** : 29 October, 2010. **Accepted** : 14 December, 2010.

2. WP showed the highest average dry-bulb temperature (DT) of 38.41°C which apparently differ from SP and CP showing 31.94°C and 33.15°C respectively. The DT of SP and CP were nearly the same.

3. The average relative humidity (RH) was lowest at WP showing 15.21%, but SP and CP had similar RH 28.79%, 28.02% respectively.

4. The average of calculated WBGT were the highest at the WP (27.61°C) and the lowest at the SP (23.64°C). The CP (25.49°C) was in the middle of the others.

As summery, compared with natural condition (CP), the wind blocking increased about 2.11°C WBGT, but the shading decreased about 1.84°C WBGT. So It can be apparently said that the open space with much shading trees, sheltering furnitures and well-delivered wind corridor can reduce useless and even harmful energy for human outdoor activity considerably in outdoor spaces.

Key Words : *Decreasing Effect, Temperature, Thermal.*

I. 서 론

인간의 쾌적한 생활을 위하여 현대의 도시환경은 인위적으로 변경되어 왔고 친인간적이었던 기후조건과 자연경관이 극단적으로 변형되어, 효율과 속도 위주의 기계적 환경으로 변경되는 결과가 초래되었다. 또한 천연적인 자연조건을 이용하여 옥외공간을 친환경적으로 조성하던 재래의 전통적 기술은 사라져가고, 각종 에너지에 의존한 인공적 환경에 대한 의존도가 날로 높아져가고 있다(Hough, 1984).

이러한 극단적인 환경의 변형과 인공 환경의 증가는 인간에게 스트레스를 가중시키고 이를 완화시키기 위한 인공 에너지의 증가로 이어지는 악순환의 반복과 인간 활동을 제약하는 환경적 문제점 등을 초래하고 있다.

옥외공간에서 인간의 쾌적한 활동에 영향을 주는 대표적인 요소 중의 하나가 열환경이다. 열환경은 인간이 더위나 추위를 느끼는 것은 주위로부터 받은 열의 영향에 의하는데 이와 같이 인간의 행동에 영향을 미치는 열환경을 온열환경이라 부르며(Hiroyuki, 2003), 그 인자로는 일조, 바람, 기온, 습도, 풍속, 풍향의 변화와 에너지 소비에 의한 기온상승효과, 피복 상태에 따른 열수지

변화와 지면증발량의 감소로 인한 온도 상승효과 등이 영향 등이 있다(http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress).

옥외공간의 온열환경을 개선하기 위해서 화석연료의 소비를 줄이는 방법과 함께 녹지와 녹음을 도입함으로써 인공적인 열 발생을 억제시키고 직사광선의 차단을 통해 지표면에 직접 도달하는 일사량을 감소시켜 대기 순환을 통하여 주변지역 온도를 저감시키는 방법을 적용하기 위한 노력을 기울이고 있다.

옥외공간에서 온열환경에 관한 연구로는 녹지 및 수목의 유·무, 차광과 증산에 따른 열환경 개선 및 효과에 관한 연구(김수봉·김해동, 2002; 조현길·안태원, 1999a; 2006b; 윤용한, 1999a; 2004b; 이상화 등, 2009; 주민진 등, 2004; Fujisaki, 1995)와 광의적 측면을 고려하여 지리정보체계와 위성영상을 이용한 토지피복 및 지표온도 변화 분석을 통한 도시의 온열환경 변화에 미치는 영향을 분석에 관한 연구(오규식 등, 2009; 조명희 등, 2009; 백상훈·정우호, 2009) 등이 주를 이루고 있으며, 이러한 연구에서는 녹지가 많을수록 온도를 저감시키는 효과가 높다는 것을 명확하게 밝히고 있으며, 차광과 통풍에 의해서 기온저감 효과가 영향을 받는다는 것을 간접적으로

제시하고 하고 있다. 이춘석·류남형(2010)은 통풍과 차광이 배제된 조건에서 인간이 체감하는 온열쾌적성에 포장재의 변화가 미치는 영향은 미비하고, 오히려 통풍과 차광이 미치는 영향이 매우 중요하다는 사실을 밝히고 있다.

이상에서와 같이 옥외공간의 온열환경에 미치는 영향에 관한 연구는 주로 수목과 지피상태에 따른 열에너지의 차단과 흡수에 초점을 맞춘 연구가 대부분으로 도시녹지의 유·무에 따라서 온열요소의 저감효과가 있음을 밝히고는 있으나, 통풍과 차광에 따른 온열환경 영향에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 옥외 공간에서 주변 환경에 의한 통풍과 차광의 유무에 따라 발생하는 온열요소의 변화에 의한 열환경의 변화도 상당한 수준일 것으로 예상됨에 따라 온열환경의 중요성을 인지하고, 차광과 함께 통풍이 온열환경 변화에 미치는 영향을 실험을 통해 검증코자 인공적으로 차광 및 방풍 조건을 조성하여 인간의 활동과 관련된 영향을 해석하기 위해서 인간의 온열쾌적성을 나타내는 지수인 습구흑구온도(Wet-Bulb Globe Temperature : WBGT)를 기준으로 비교·분석하여 그 차이를 규명하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험구 조성

실험구는 비교적 일사광이 좋고 외부로부터의 기후적 영향을 덜 받는다고 판단되며 실험이 용이한 경남 진주시 내동면 진주산업대학교 실습농장 내에 조성하였다.

녹지공간에서의 대표적이라 할 수 있는 포장인 잔디 포장면 위에 1인치(inch) 규격의 철제각관을 이용하여 가로, 세로, 높이가 각각 1.5m 인 2개의 육면체 형태의 틀을 만들었고, 대조구로 높이, 길이가 각각 1.5m인 1개의 사각 틀을 만들었다.

서로의 실험구가 간섭을 받지 않도록 각각 2m

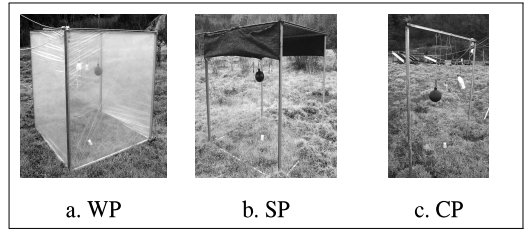


Figure 1. The photo of experimental plot (WP; Wind break plot, SP; Shading plot, CP; Control plot).

간격을 유지하였으며, 육면체 형태의 틀 중 하나는 햇볕이 투과할 수 있도록 폴리에틸렌 필름을 이용하여 천정면과 바닥을 제외한 4면을 공기가 흐르지 않게 차폐하였고(방풍구), 또 다른 하나는 천정면과 수직면 상단부에 차광율 95%인 차광망을 이용하여 그들이 지게 만들었으며(차광구), 나머지 사각 틀은 개방해 놓았다(대조구)(그림 1).

2. 온열요소 측정

각 실험구에는 인간의 옥외 활동에 영향을 미치는 온도와 습도의 체감 범위라고 볼 수 있는, 지면으로부터 약 1.2m 지점에 흑구온도계, 건구온도계, 상대습도계를 설치하고 지면에 건구온도계를 설치하여 지면부 온도변화도 동시에 측정하였다.

건구온도는 백금측온 센서(PT-100)을 사용하였고, 흑구온도는 표준흑구(150mm)를 사용하였

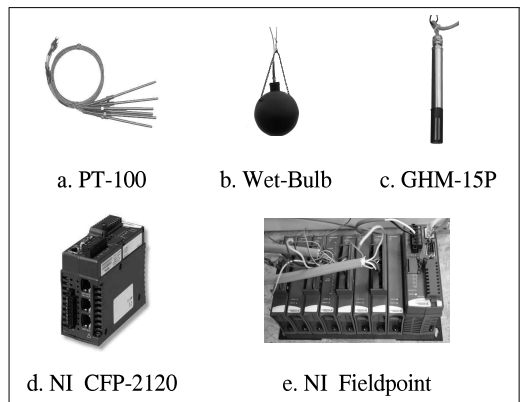


Figure 2. Measurement equipment.

으며, 상대습도 측정에는 저항변화식 습도측정 센서(GHM-15P, Vinostech)를 사용하였다.

온도센서 및 습도센서들은 National Instrument사의 cFP-RTD-122와 cFP-AI-110에 연결하였고, 데이터 수집장치(NI cFP-2120)와 랩뷰(Labview)를 이용하여 2009년 9월 1일부터 2010년 8월 30일까지 분단위로 기록되도록 설정하였다(그림 2).

3. 온열요소 분석

수집된 자료 중 진주기상대에서 제공하는 자료와 기존 연구고찰을 통하여 온도가 높은 날이 일사량이 많고 일평균온도 보다 신뢰할 있는 일 최고 온도 30℃ 이상, 운량 4% 이하, 일조 8시간 이상인 날짜와 통풍에 의한 간섭효과를 배제하기 위하여 풍속이 2.0m/s 이하(김수봉 등, 2002), 주간풍속 3m/s(윤용한, 2004b), 3.4m/s 이상인 날의 분석은 제외(이상화 등, 2009)하여 수행한 연구고찰을 기준으로 본 연구에서는 최대 평균풍속 1.3m/s 이하인 날짜를 기준으로 표 1과 같이 9일을 선정하였다([http : //www.kma.go.kr/weather/observation/past_cal.jsp?stn=192&yy2010](http://www.kma.go.kr/weather/observation/past_cal.jsp?stn=192&yy2010)).

분석 기준에 해당하는 2010년 8월에 8, 9, 20, 21, 22, 26일은 측정기간 동안 기계적 측정오류

로 인해 분석 대상에서 제외하였다.

하루 중 태양의 고도가 높고 그림자의 영향을 최소화 할 수 있는 오후 12 : 00 ~ 16 : 00 까지의 매 분 단위의 데이터를 바탕으로 온열환경에 대한 심리적 명확성 및 활동의 통제성, 실험구의 재현성 및 현실성, 옥외 토지이용 환경에 대한 변화성을 고려하여 노동부 작업환경측정 및 정도관리 규정(노동부, 2009)에서 제시하는 온열쾌적성지수의 측정방법과 기본 계산식을 바탕으로 방풍구와 대조구는 식 1을 적용하였고, 차광구는 식 2를 적용하여 차광과 통풍이 WBGT에 미치는 영향을 산정하였다.

옥외(태양광선이 내리쬐는 장소) :

$$WBGT(CENTIGRADE) = 0.7 \times T_{nwb} + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a \quad (\text{식 1})$$

옥내 또는 옥외(태양광선이 내리쬐지 않는 장소) :

$$WBGT(CENTIGRADE) = 0.7 \times T_{nwb} + 0.3 \times T_g \quad (\text{식 2})$$

여기서,

T_g = 흑구온도(black globe temperature : °C)

T_{nwb} = 습구온도(natural wet-bulb temperature : °C)

T_a = 건구온도(shade) air temperature : °C)

본 실험에서는 습구온도를 직접 측정하지 않았는데, 이는 상대습도와 건구온도를 이용해서 국제표준인 ANSI/ASHRAE 41.6-1994 규격에 의해 분석 하였으며, 이렇게 분석한 습구온도와 측정된 값인 건구온도와 흑구온도를 바탕으로 WBGT를 분석하였다. 실험구별 측정치 및 WBGT의 평균값과 유의성 분석은 SPSS 12.0을 이용하여 비교·분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 각 실험구별 온열요소 비교·분석

일최고 기온과 운량, 일조 및 풍속을 고려한 9일간의 데이터의 평균값으로 각 실험구별 온열

Table 1. The Weather Status of analyzed the day (MT; Maximum temperature, MCA; Mean cloud amount, DS; Duration of sunshine, MWS; Mean wind velocity, SR; Solar radiation).

Year/Month/ Day	MT (°C)	MCA (%)	DS (hour)	MWS (m/s)	SR (MJ/m ²)
2009/09/06	31.9	0.6	9.2	1.0	21.66
2009/09/07	30.9	0.8	8.6	1.0	19.98
2009/09/18	31.5	0.5	11.0	1.1	21.69
2010/06/04	30.5	3.9	11.0	1.0	27.12
2010/06/09	30.7	1.8	12.5	1.2	29.27
2010/06/16	30.7	3.0	9.3	1.3	26.06
2010/06/22	31.6	4.0	8.5	1.2	24.70
2010/07/06	32.9	3.9	9.1	1.1	24.02
2010/07/07	32.6	3.8	8.6	1.3	23.03

Table 2. Mean temperature by time (12 : 00~16 : 00) and thermal element (DT; Dry-bulb Temperature, GT; Globe Temperature, RH; Relative Humidity, GRT; Ground Temperature, WT; Wet-Bulb Temperature).

Thermal element	WP	SP	CP
WBGT(°C)	27.611	23.648	25.495
DT(°C)	38.418	31.940	33.125
GT(°C)	50.949	34.583	42.311
RH(%)	15.211	28.790	28.021
GRT(°C)	40.477	31.270	35.614
WT(°C)	19.399	18.961	19.601

요소를 분석한 결과(표 2), 방풍구의 WBGT가 27.61°C로 가장 높게 나타났으며, 이는 한국군 WBGT 허용기준(김영환, 1995)에 신병 훈련 시 주의에 해당하며, 노동부 고열폭로 노출기준(노동부, 1997) 중작업의 연속 작업시 50% 작업, 50% 휴식에 해당한다. 또한 건구온도, 흑구온도, 지면온도와 WBGT 등 상대습도를 제외한 모든 온열요소에서 차폐된 방풍구가 가장 높게 나타났고 개방된 대조구, 차광구 순으로 나타났다. 상대습도는 방풍구, 차광구, 대조구 순이었으나, 상대습도는 절대값이 아니라 기온에 따라 연동되어 변화하는 값이라는 측면에서 순위는 의미가 없는 것으로 판단된다.

2. 시간경과에 따른 온열요소 특성 분석

낮 시간대 최고 온도가 분포하는 시간대를 알아보고 이 시간대의 온열요소 및 WBGT를 상호 관계를 파악하고자 각 시간대별로 온도를 9일간의 데이터 평균으로 비교·분석하였다. 지면온도를 제외하고 건구온도와 흑구온도는 대략 오후 2 : 00분에서 오후 2 : 30분사이가 가장 높게 나타났다(그림 4, 그림 6). 지면온도 평균값을 비교해 보면 방풍구와 차광구 간의 차이는 9.20°C 차이가 나며, 방풍구와 대조구 간에는 4.86°C, 차광구와 대조구 간의 차이도 4.34°C가 나타났다(표 3)(그림3).

건구온도를 살펴보면 방풍구와 차광된 차광구

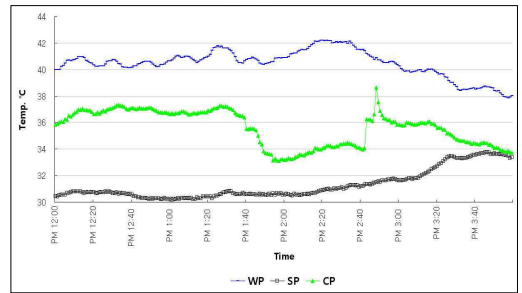


Figure 3. Hourly variation of GRT.

Table 3. Mean difference of GRT. (Unit : °C)

Thermal factor	WP : CP	SP : CP	WP : SP
GRT	4.863	4.344	9.208

사이에는 평균의 온도차가 6.47°C 이상 나타났다. 방풍구와 대조구 사이에도 5.29°C 이상의 기온차를 보였다. 차광구와 대조구 사이에는 평균의 기온차가 1.18°C 밖에 나타나지 않았다. 이와 같은 평균값의 차이는 통풍이 잘되는 실험구와 통풍이 원활하지 못한 실험구간에 기온차이가 발생함을 명확하게 보여주는 결과로 판단된다(그림 4).

다음으로, WBGT 산출수식(식 1, 식 2 참조)에서 가중치가 제일 높은 습구온도의 시간대별 평균값을 비교한 결과, 방풍구가 차광구 보다 0.43°C 높았고, 대조구 보다는 0.20°C 낮게 나타

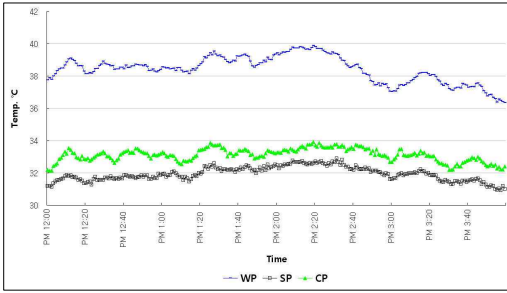


Figure 4. Hourly variation of DT.

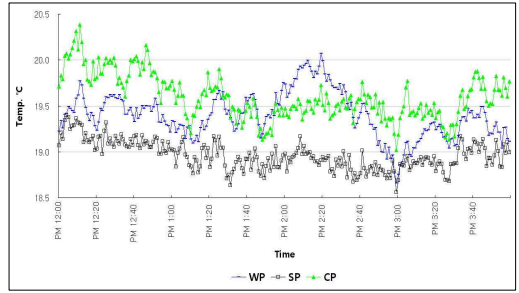


Figure 5. Hourly variation of WT.

났다. 한편, 대조구는 차광구 보다 0.63°C 높게 나타났다. 전반적으로 실험구간의 습구온도 차이는 크지 않는 것으로 나타났는데, 이는 각 실험구간의 습구온도 차이가 다른 요소들에 비해 상대적으로 WBGT에는 영향이 적었음을 나타내는 결과로 해석될 수 있다. 이러한 점들을 고려할 때, 실험구 간의 상대습도 차이가 습구온도를 결정하는데 중요한 요인으로 작용하지는 않는 것으로 해석된다(그림 5).

시간별 WBGT를 비교해 보면 표 4와 같이 확인한 차이가 나타났는데, 통풍이 되지 않는 방풍구와 개방된 대조구 사이에 평균 WBGT 차이는 2.11°C이고, 공기의 흐름이 원활한 차광구와 대조구 사이의 건구, 습구온도 차는 작지만 평균 WBGT의 차이는 1.84°C로 차광구에서 낮게 나타났으며, 방풍구와 차광구 사이는 3.96°C 차이를 보였다.

이는 실험구간의 차이가 작은 건구온도와 습구온도에 비하여 확인한 차이를 보인 흑구온도에

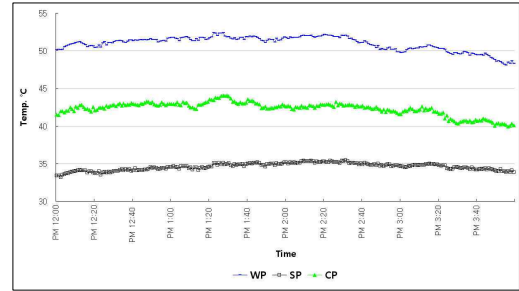


Figure 6. Hourly variation of GT.

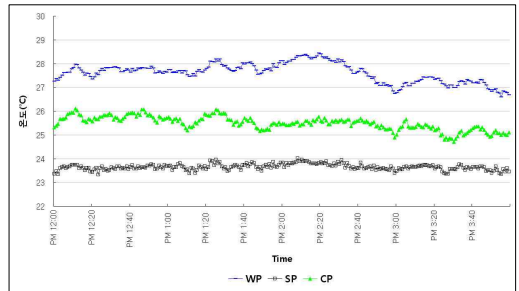


Figure 7. Hourly variation of WBGT.

의한 영향으로 판단된다.

Table 4. Mean difference of WBGT.

(Unit : °C)

Thermal factor	WP and CP			SP and CP			WP and SP		
	WP	CP	Mean Difference	SP	CP	Mean Difference	WP	SP	Mean Difference
WT	19.399	19.601	0.202	18.961	19.601	0.640	19.399	18.961	0.438
GT	50.949	42.311	8.638	34.583	42.311	7.728	50.949	34.583	16.366
DT	38.418	33.125	5.293	31.94	33.125	1.185	38.418	31.940	6.478
WBGT	27.611	25.495	2.116	23.648	25.495	1.847	27.611	23.648	3.963

Table 5. WP and CP, Analysis of the significance.

Thermal factor	Average		t-test for Equality of Means						
	WP	CP	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
WBGT	27.61	25.49	65.823	478	0.000	2.11	0.0321	2.0526	2.1789
DT	38.41	33.12	89.686	478	0.000	5.29	0.0590	5.1769	5.4088
GT	50.94	42.31	102.193	478	0.000	8.63	0.0845	8.4722	8.8044
RH	15.21	28.02	-106.429	478	0.000	12.81	0.1203	13.0471	12.5740
GRT	40.47	35.61	44.987	478	0.000	4.86	0.1081	4.6508	5.0756
WT	19.39	19.60	-8.875	478	0.000	0.20	0.0227	0.2464	0.1571

3. 통풍 및 차광에 따른 열환경 분석

1) 통풍의 유무에 따른 열환경 분석

흑구온도, 건구온도, 지면온도, WBGT는 방풍구가 대조구에 비해서 높은 평균값을 보였으나, 상대습도와 습구온도의 경우 차폐된 방풍구의 값이 낮게 나타났다.

차폐된 방풍구와 개방된 대조구의 건구온도, 흑구온도, 대기온도, 지면온도 차이의 유의성을 알아보기로 통풍의 유무에 따른 온열요소 측정값과 습구온도, WBGT 평균값의 차이를 t-검정한 결과, 통풍의 유무에 따라 모든 요소에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 지면온도와 습구온

도는 차이가 비교적 작게 나타났으며 상대습도는 다른 온열요소와 반대의 값이 나타났다(표 5).

2) 차광의 유무에 따른 열환경 분석

차광구와 개방된 대조구의 흑구온도, 대기온도, 지면온도 차이의 유의성을 알아보기로 차광의 유무에 따른 온열요소 측정값과 습구온도, WBGT의 평균값의 차이를 t-검정한 결과, 차광구와 대조구 사이의 건구온도, 상대습도, 지면온도와 습구온도는 흑구온도와 WBGT에 비해 작게 나타났다. 검정 결과 차광이 온열요소 변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다(표 6). 차광구와

Table 6. SP and CP, Analysis of the significance.

Thermal factor	Average		t-test for Equality of Means						
	SP	CP	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
WBGT	23.64	25.49	-91.220	478	0.000	1.84	0.0202	1.8870	1.8074
DT	31.94	33.12	-31.056	478	0.000	1.18	0.0381	1.2602	1.1102
GT	34.58	42.31	-118.019	478	0.000	7.72	0.0654	7.8557	7.5984
RH	28.79	28.02	5.428	478	0.000	0.76	0.1416	0.4905	1.0471
GRT	31.26	35.61	-39.139	478	0.000	4.34	0.1110	4.5626	4.1264
WT	18.96	19.60	-33.789	478	0.000	0.64	0.0189	0.6766	0.6022

Table 7. WP and SP, Analysis of the significance.

Thermal factort	Average		t-test for Equality of Means						
	WP	SP	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
WBGT	27.61	23.64	143.975	478	0.000	3.96	0.0275	3.9088	4.0170
DT	38.41	31.94	108.097	478	0.000	6.47	0.0599	6.3603	6.5958
GT	50.94	34.58	237.728	478	0.000	16.36	0.0688	16.2301	16.5006
RH	15.21	28.79	-106.723	478	0.000	13.57	0.1272	13.8294	13.3294
GRT	40.47	31.26	95.310	478	0.000	9.20	0.0966	9.0179	9.3975
WT	19.39	18.96	22.951	478	0.000	0.43	0.0190	0.4002	0.4751

대조구 사이의 건구온도는 1.18℃ 차이를 보이는 반면 흑구온도는 7.72℃ 차이로 나타났다.

3) 통풍 및 차광의 종합적인 효과에 따른 열환경 분석

방풍구와 차광구의 온열요소의 평균값을 비교한 결과 모든 요소에서 실험구간 차이가 현격한 차이가 있는 것으로 나타났다.

방풍구와 차광구의 온열요소간의 평균값의 유의성을 분석하기 위하여 t-검정을 수행한 결과, 차이가 통계적으로 유의한 수준인 것으로 분석되었다(표 7). 상대습도를 제외한 나머지 요소에서는 비교적 큰 t값이 나타났다.

4. 통풍 및 차광과 WBGT 관계 분석

이상의 연구 결과에서 차광구와 대조구를 분석한 결과 차광에 의해서 WBGT가 약 1.84℃의 차이를 보이는데 이는 차광구의 차광에 따른 흑구온도차에 따른 것으로 판단되어진다. 그러나 방풍구와 대조구를 비교한 결과 바람이 통하지 않는 실험구 에서 공간에서는 오히려 2.11℃ WBGT가 높게 나타났으며 이는 공기의 흐름이 원활하기 못한 통풍과 관련하여 건구온도와 흑구온도의 차이에 따른 것으로 판단되어진다. 즉 차광뿐만 아니라 통풍이 온열환경 조절에 매우 중

요한 요소임을 보여주는 결과로 해석 할 수 있다. 특히 통풍과 차광이 동시에 가능한 도심 녹음수의 도시 온열환경 조절효과가 매우 크다는 것을 객관적으로 보여주는 결과라고 할 수 있다.

잔디 포장면 위에서 행한 이번 실험에서 차광과 개방된 대조구와 차광구의 기온차이가 상대적으로 작았음에도 불구하고 WBGT는 명확한 차이를 보였다. 이 결과는 물리적 수치상의 건구온도 차이는 1.18℃ 정도로 미미한 것으로 나타났지만 태양광과 복사열이 고려된 흑구온도의 차이는 명확하게 발생하였으며 이로 인해 WBGT 값도 분명한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 수목과 같은 차광물에 의해서 WBGT는 상당히 낮아진다는 것을 보여주는 결과이다. 한편 기존 연구(주민진 등, 2004)에서 인접한 녹음공간과 나대지의 온도 차이가 명확하게 나타나지 않았던 것도 통풍에 의한 열교환의 결과인 것으로 판단되어지며, 또한 식물의 증산작용과 식피층의 증발산의 양향도 함께 작용하였음을 본 실험을 통해서 명확하게 밝힐 수 있었다. 따라서 차광과 통풍에 의한 체감온도 저하와 더불어 식물의 증산작용(김수봉 · 김해동, 2002)에 식피층의 증발과 같은 기능이 더해지면 1℃-2.5℃ 정도의 온열저감 효과가 나타날 것으로 추정되어지며 수목의 열환경 개선효과는 더 증가될 것으로 보인다.

IV. 결 론

본 연구는 통풍과 차광이 옥외 공간의 온열환경 특히, WBGT에 미치는 영향을 알아보는데 목적이 있었다. 통풍과 차광의 유무를 달리한 3개의 실험구를 조성하고 후구온도, 건구온도, 상대습도를 측정하여 열환경에 대한 효과를 비교해 보았다.

연구 결과 상대습도를 제외한 모든 온열요소가 공기의 흐름이 원활하지 못한 방풍구에서 가장 높게 나타났으며, 공기의 흐름이 원활한 차광구와 대조구 또한 명확한 차이를 보였다. 이는 통풍이 열환경 조절에 중요한 영향 요소임을 나타내는 결과이다.

측정된 각 온열요소를 이용하여 WBGT를 분석한 결과 공기의 흐름이 원활하지 못한 방풍구와 개방된 대조구에서는 습구온도의 차이가 미약하지만 WBGT는 약 2.11℃로 나타났으며, 공기의 흐름이 원활한 차광구와 개방된 대조구에서는 건구온도, 습구온도의 차이가 미약하지만 WBGT는 약 1.84℃ 차이를 보이는데 이는 후구온도차에 따른 것으로 해석되었다. 또한 방풍구와 차광구의 WBGT 차이는 약 3.96℃ 이상으로 현격한 차이로 나타났다.

이로써 태양광선을 차단하여 후구온도를 낮추는 것이 열환경 조절에 매우 중요한 요소라고 말할 수 있다. 결론적으로 태양광선을 차단하고 통풍이 원활하게 이루어지도록 물리적 환경을 조성하는 것이 옥외 소공간에서 매우 효과적인 열 조절 방법이라는 것을 실증적으로 밝혀졌다.

본 연구의 결과는 향후 도시계획이나 조경의 계획에 있어서 차광과 통풍의 필요성과 효과를 알아보는 기초 자료로 이용될 수 있을 것이다.

하지만, 본 연구는 과밀해진 인공구조물에 의해서 통풍이 제한되는 도시환경과 인공적인 포장재와 건축물의 증가로 인한 태양광이 직접노출되는 옥외공간이 많아진 현대의 도심에 대상으로 WBGT 변화를 실증적으로 규명하고자 하였지만

도시환경을 감안한 실험구를 만들지 못하고 녹지 지역에 소규모 극단적인 3개의 모형만으로 실험한 결과로 보다 폭넓은 고찰을 하지 못한 점과 관측기간 중 기상 특성상 구름 많은 날이 많고 비가 잦아 9일간의 관측 자료만으로 분석된 점, 차광구의 경우 후구온도 차에 따른 WBGT에 영향을 미치는 것으로 부분적으로 나타났지만 오후 시간대 일사각도를 고려하지 못한 것이 본 연구의 한계점이었다. 향후, 이러한 한계점을 반영하여 보다 구체적이고 다양한 연구를 지속할 필요가 있다.

인 용 문 헌

- 김경태 · 이우성 · 정성관 · 박경훈. 2010. 친환경적 공간계획을 위한 도시의 열환경 분석. 한국지리정보학회지 13(1) : 142-155.
- 김수봉 · 김해동. 2002. 도시의 수목이 기온의 조절에 미치는 영향. 한국조경학회지 30(3) : 25-34.
- 김영환. 1995. 환경위생학실험. 동화기술 : 384-416.
- 노동부. 1997. 작업환경측정 및 정도관리규정. 노동부고시 제1997-58호.
- 노동부. 2009. 작업환경측정 및 정도관리규정. 노동부고시 제2009-78호.
- 백상훈 · 정영호. 2009. 위성영상의 시계열 분석을 통한 미기후변화 분석-대구시 달서구를 대상으로-. 한국지리정보학회지 12(2) : 34-43.
- 오규식 · 서안선 · 정승현. 2009. 열환경 개선을 위한 아파트주동배치계획. 한국환경복원기술학회지 12(2) : 83-94.
- 윤용한. 1999a. 녹지에 의한 기상환경개선 효과에 관한 실증적 연구. 건국자연과학연구지 10(2) : 191-210.
- 윤용한. 2004b. 도시녹지가 미기상조절에 미치는 실증적 연구. 한국환경생물학회 22(2) : 279-286.

- 이상화 · 이규석 · 정해연 · 김문성. 2009. 도시 공원 내 식생 수관에 의한 기온변화. 한국환경복원학회 12(1) : 44-51.
- 이춘석 · 류남형. 2010. 조경포장이 옥외공간의 온열쾌적성지수(WBGT)에 미치는 여향-통풍과 차광이 배제된 하절기 주간 조건에서-. 한국조경학회지 38(2) : 1-8.
- 조현길 · 안태원. 1999a. 도시녹지에 의한 미기후 개선의 기능. 한국조경학회지 27(4) : 23-28.
- 조현길 · 안태원. 2006b. 도시 수목식재와 미기후 개선의 상관성 구명. 한국조경학회지 34(5) : 70-75.
- 조명희 · 조운원 · 김성재. 2009. 도시복원사업의 열환경 변화 분석을 위한 ASTER 열적외 위성영상자료의 활용-청계천 복원사업을 사례로-. 한국지리정보학회지 12(1) : 73-80.
- 주민진 · 이춘석 · 류남형. 2004. 도심 녹음수의 체감온도지수(WBGT) 조절효과. 한국조경학회지 32(3) : 51-59.
- Fujisaki, K. 1995. Landscape Studies based on the Analysis of Micro Climate. J.JILA 58(5) : 320-321.
- Hiroyuki, Y. 2003. 히트아일랜드화가都市生活に及ぼす影響. 緑の讀本 : 13-17.
- Hough, M. 1984. City Form and Nature Process. Von Nostrand Reinhold. 신용석 · 오구균 (역). 도시경관 · 생태론. 기문당 40-46.
- [http : //www.bom.gov.au/info/thermal_stress](http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress).
- [http : //www.kma.go.kr/weather/observation/past_cal.jsp?stn=192&yy2010](http://www.kma.go.kr/weather/observation/past_cal.jsp?stn=192&yy2010).