



## 서울시 여름철 불쾌지수의 시공간적 특성

김현희<sup>\*†</sup> · 김다빈<sup>\*\*</sup> · 水野一晴<sup>\*\*\*</sup> · 공우석<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>교토대학교 문학부 지리학과 연구생, <sup>\*\*</sup>네이처그라피 연구원 (생물분포와 다양성 연구소),  
<sup>\*\*\*</sup>교토대학교 문학부 지리학과 교수, <sup>\*\*\*\*</sup>경희대학교 이과대학 지리학과 교수

### Temporal–Spatial Characteristics of Summer Discomfort Index in Seoul

Kim, Hyunhee <sup>\*†</sup>, Kim, Dabin <sup>\*\*</sup>, Mizuno, Kazuharu <sup>\*\*\*</sup> and Kong, Wooseok <sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Researcher Student, Dept. of Geography, Kyoto University, Japan

<sup>\*</sup>Researcher, NatureGraphy (Research Institute of Biogeographical Distribution and Diversity), Korea

<sup>\*\*\*</sup>Professor, Dept. of Geography, Kyoto University, Japan

<sup>\*\*\*\*</sup>Professor, Dept. of Geography, KyungHee University, Korea

#### ABSTRACT

This study analyzed the characteristics of the temporal and space distributions of the discomfort index of Seoul, Korea during the heat wave in 2018. For this purpose, we obtained AWS meteorological data (0:00, July 1, 2018 ~ 23:00, August 31, 2018.) from 17 sites in Seoul and used the raw data to calculate the Thom's discomfort index. To compare differences between regions, urban and non-urban areas were divided, and a total of six sections was set up for 10 days. Differences also were compared by dividing each day into three periods. According to this study, the discomfort index in Seoul was highest in the 'Jungrang' and 'Seongdong' areas from 15:00 to 17:00 in early August. Temporal and spatial differences of the discomfort index were obvious, and an urban heat island effect was also identified. Although the change in discomfort index was similar to the change in temperature overall, distinct differences in relative humidity by time and region were clear. In particular, the distribution and variation of the discomfort index were distinctly different depending on the physical characteristics of the region. These study results could be used to address the heat-island effect and to establish various urban environmental policies for summer temperature management.

**Key words:** Discomfort index, Urban climate, Heat-island effect, Relative humidity, Temporal-spatial differences, Micro climate

#### 1. 서 론

1994년 여름이 그랬던 것처럼 2018년 여름은 앞으로 기상 관련 뉴스의 한 기준이 될 것 같다. “2018년 여름은, 2018년 여름과 비교하였을 때, 2018년 여름 보다”라는 말을 앞으로 자주 접할 수 있을 것이다. 그만큼 2018년 여름은 우리에게 낯설었다. 실제 기상청 자료를 살펴보면 2018년 6월부터 8월 까지 우리나라 여름 평균 기온은 25.17°C도로 지난 30년 평균 기온 23.70°C보다 1.47°C가 높았다.

본 연구에서 주목하는 서울의 지난 30년간 (1988년~2017

년) 연평균 기온은 12.79°C로 동일 기간 관측 자료가 있는 전국 66곳의 평균 기온 12.78°C와 비슷하다. 그러나 지난 30년 동안 서울의 평균 기온이 전국 평균보다 낮았던 적은 1988년, 2005년, 2010년, 2011년에 불과하여 서울의 연평균 기온은 우리나라 평균 기온보다 높은 지역으로 구분된다.

기상청 기상자료 개방포털 자료를 분석한 바에 따르면 계절별 차이는 있겠으나, 지역별 연평균 기온을 비교했을 때 서울과 가장 유사한 곳은 경상북도 울진 (12.81°C)이다. 더불어 경남 산청 (12.96°C), 경북 구미 (12.91°C), 충북 청주 (12.91°C), 전북 부안 (12.88°C), 충남 보령 (12.67°C), 경북

<sup>†</sup> Corresponding author: [hhkim24@khu.ac.kr](mailto:hhkim24@khu.ac.kr) (Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 JAPAN)

Received January 11, 2019 / Revised January 25, 2019 1st, August 7, 2019 2nd / Accepted August 19, 2019

영천 (12.66°C), 경북 울릉도 (12.62°C), 강원 속초 (12.43°C), 전남 남원 (12.42°C) 등이 서울과 연평균 기온이 유사하다 (https://data.kma.go.kr). 연평균 기온만 보면 서울은 경상북도 및 전라북도에 가까우며, 충청 및 강원권에서는 대전, 청주 그리고 강릉 다음으로 평균 기온이 높다. 서울의 위도가 37°31'인 것을 감안하면 남쪽으로 110 km 떨어진 청주 (36°38')와 유사한 것이다.

지난 30년간 서울의 여름 (6월-8월) 평균 기온은 24.62°C (6월 22.56°C, 7월 25.26°C, 8월 26.04°C)이다. 2018년 같은 기간 평균 기온은 26.57°C로 역대 가장 높았다. 1994년 여름 기온 26.30°C보다 0.27°C가 높았으며, 여름 기온이 가장 낮았던 1993년 22.60°C보다는 무려 3.97°C가 높았다. 6월 기온 (평균 22.56°C)은 23.1°C로 지난 30년 중 11번째로 높았으나, 7월 (평균 25.26°C)은 27.8°C로 1994년 28.5°C 다음이었다. 특히 8월 기온 (평균 26.04°C)은 28.8°C로 역대 가장 높은 기온이었다 (https://data.kma.go.kr).

우리나라를 포함한 동북아시아 지역의 여름은 고온다습한 북태평양 기단의 영향으로 높은 기온과 습도가 장기간 유지되어 실제로 체감하는 더위의 강도가 매우 높다. 따라서 여름철 기온에 대해 논의하고자 할 때 기온과 더불어 상대습도에 대한 내용도 충분히 고려되어야 한다. 하지만 대부분의 도시 기후 연구들은 주로 기온에만 집중하고 있어 실제 사람들이 체감하는 더위의 정도와는 다소 거리가 있을 수 있다. 본 연구는 이런 점을 보완하고자 기온과 더불어 상대습도를 반영

한 도시 내 불쾌지수 분포에 주목하였다. 실제 사람들이 체감하는 불쾌지수를 통한 공간적 연구는 일부 수행된바 있으나 (Yu et al., 1973; Kim & Kim, 2001; Jang et al., 2012; Kang, 2016) 지역별, 날짜별 그리고 시간대별 차이를 종합적으로 살펴본 연구는 많지 않다. 따라서 본 연구는 보다 구체적인 시공간 자료를 바탕으로 지역성에 기반한 여름철 도시 내 불쾌지수의 분포 특성에 대해 논의하고자 한다.

## 2. 연구방법

현재 기상청은 서울시내 28곳에 자동기상관측장비 (AWS, Automatic Weather System)를 설치하여 실시간 기상 관련 자료를 자동으로 관측하고 있다 (Fig. 1 및 Table 1). 본 연구에서는 이들 28곳에서 관측된 기상 자료를 1차로 검토하였고 그 중 기온과 상대습도 자료가 모두 확보된 17곳의 관측 자료를 최종 원자료 (rawdata)로 선택하여 분석하였다 (Fig. 5). 자동기상관측 장비가 설치된 지점의 주변 도시 환경을 고려하여 시가지와 아파트 단지가 많은 7곳은 도심지 (강남, 강동, 동대문, 중랑, 광진, 구로, 강북)로, 산자락, 공원, 대학캠퍼스 내, 하천에 인접한 10곳 (도봉, 노원, 동작, 마포, 성북, 한강, 성동, 북악산, 남현, 현충원)은 비도심지로 구분하였다. 또한 상대습도가 100%인 강수가 기록된 날과 해당 지점은 분석을 위한 원자료에서 제외하였다. 관측 기간은 1년 중 기온과 상대습도 그리고 불쾌지수가 가장 높은 7월과 8월 후서기



Fig. 1. Location of AWS in Seoul (KMA, Korea Meteorological Administration).

Table 1. AWS Space Information in Seoul (KMA)

No.	AWS location name	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Address	Notes	Division
400	Gangnam	37.513	127.047	59.240	22, Bongeunsa-ro 63-gil, Gangnam-gu	Urban	Urban
401	Seocho	37.485	127.026	33.050	Seocho IC, 1416, Seocho-dong, Seocho-gu	Near Highway	Urban
402	Gangdong	37.556	127.145	56.210	183, Godeok-ro, Gangdong-gu	Urban	Urban
403	Songpa	37.512	127.097	58.260	240, Olympic-ro, Songpa-gu	Urban	Urban
404	Gangseo	37.574	126.830	80.400	201, Yangcheon-ro, Gangseo-gu	Near Han-River	Non-Urban
405	Yangcheon	37.530	126.878	11.930	298, Mokdongdong-ro, Yangcheon-gu	Near Anyang-river	Urban
406	Dobong	37.585	127.060	53.960	173, Sirubong-ro, Dobong-gu	Near Mt. Dobong	Non-Urban
407	Nowon	37.600	127.030	56.650	574, Hwarang-ro, Nowon-gu	Korea Military Academy	Non-Urban
408	Dongdaemun	37.494	126.918	36.440	163, Seoulsiripdae-ro, Dongdaemun-gu	Urban	Urban
409	Jungnang	37.586	127.087	39.090	32, Myeonmok-ro 57-gil, Jungnang-gu	Urban	Urban
410	Dongjak	37.463	126.986	87.860	61, Yeouidaebang-ro 16-gil, Dongjak-gu	Near Park	Non-Urban
411	Mapo	37.552	126.929	100.670	Mt. Wawoo, Changjun-dong, Mapo-gu	In Mt. Wawoo	Non-Urban
412	SeoDaemun	37.571	126.941	103.080	50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu	In Yonsei Univ.	Non-Urban
413	Gwangjin	37.534	127.086	28.630	680-67, Jayang 2-dong, Gwangjin-gu	Urban	Urban
414	Seongbuk	37.612	126.999	128.620	77, Jeongneung-ro, Seongbuk-gu	Near Mt. Bukhan	Non-Urban
415	Yongsan	37.520	126.976	31.730	255, Ichon-ro, Yongsan-gu	Near Han-River	Non-Urban
416	Eunpyeong	37.646	126.943	57.920	26, Jingwan-dong, Eunpyeong-gu	Near Mt. Bukhan	Non-Urban
417	Geumcheon	37.466	126.900	45.000	31, Siheung-daero 104-gil, Geumcheon-gu	Urban	Urban
418	Han River	37.525	126.939	10.660	280, Yeoidong-ro, Yeongdeungpo-gu	In Han-River	Non-Urban
419	Jung-gu	37.552	126.987	266.440	83, Sopa-ro, Jung-gu	In Mt. Nam	Non-Urban
421	Seongdong	37.547	127.039	34.730	18, Seoulsup-gil, Seongdong-gu	Near Jungnang	Non-Urban
422	Mt. Bukak	37.603	126.984	333.800	267, Bugaksan-ro, Jongno-gu	In Mt. Bukak	Non-Urban
423	Guro	37.494	126.827	56.080	893, Buil-ro, Guro-gu	Urban	Urban
424	Gangbuk	37.640	127.026	57.290	13, Dobong-ro 89-gil, Gangbuk-gu	Urban	Urban
425	Namhyun	37.621	127.097	52.050	Namhyun-dong, Gwanak-gu	Mt. Gwanak	Non-Urban
509	Gwanak	37.453	126.950	141.640	1, Gwanak-ro, Gwanak-gu	In Seoul National Univ.	Non-Urban
510	Yeongdeungpo	37.527	126.907	25.380	20, Gukhoe-daero 53-gil, Yeongdeungpo-gu	Urban	Urban
889	Seoul National Cemetery	37.500	126.977	16.230	210, Hyeonchung-ro, Dongjak-gu	Near Han-river	Non-Urban

※ Seocho, Songpa, Gangseo, Yangcheon, Seodaemun, Yongsan, Eunpyeong, Geumcheon, Jung-gu, Gwanak, and Yeongdeungpo are not used as data for this study because relative humidity data does not exist

(2018년 7월 1일 00시부터 8월 31일 23시)로 한정하였다. 최근에는 5월 말부터 일부 지역에서 고온이 관측되지만, 7월과 8월은 기온의 시간별, 지역별 변동폭이 상대적으로 작고 습도가 높아지는 장마와 그 이후 폭염 기간을 포함하여 여름철 불쾌지수를 설명하기에 가장 적당한 시기로 판단하였다.

지역별 차이와 더불어 시간대별 차이를 살펴보기 위하여 7월 상순 (7월1일~10일), 7월 중순 (7월11일~20일), 7월 하순 (7월21일~31일), 8월 상순 (8월1일~10일), 8월 중순 (8월11일~20일), 8월 하순 (8월21일~31일)의 총 여섯 구간으로 세분화하여 살펴보았다. 또한 하루 24시간을 3시간 단위로 총

8개 구간 (A 00:00~02:00, B 03:00~05:00, C 06:00~08:00, D 09:00~11:00, E 12:00~14:00, F 15:00~17:00, G 18:00~20:00, H 21:00~23:00)으로 구분하여 시간대별 기온, 상대습도 그리고 불쾌지수를 비교하였다. 본 연구에서 활용한 모든 기상 자료 (기온, 상대습도)는 기상청 기상자료 개방포털 (<https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>)에서 내려 받았다.

기상청 AWS 관측 자료는 SPSS18.0, Excel 2016으로 재정리하여 비교 분석에 활용하였으며, ESRI ArcMap 10.1로 관련 자료를 지도화 (mapping)하여 공간적 분포를 표현하였다. 본 연구에서 표현된 그래프는 SigmaPlot 10.0을 이용하였다. 또한 기온과 상대습도를 고려한 불쾌지수를 산출하고 이를 지역 및 시간대 별로 비교하였다. 기온과 상대습도를 이용한 불쾌지수 산출식은 Thom's Discomfort Index (DI)를 이용하여 계산하였으며, 관련 식은 다음과 같다. 불쾌지수는 모두 6 구간으로 나뉜다 (Table 2).

$$DI = T - 0.55(1 - 0.01RH)(T - 14.5) \quad (eq.1)$$

DI = Discomfort Index

T = dry-bulb temperature (Temperature measured by a normal thermometer)

RH = Relative humidity

Table 2. Values of Thom's Discomfort Index (DI) calculated for Fahrenheit and Celsius Temperature Scales (Giles, BD et al., 1990)

	DI (°F)	DI (°C)
No discomfort	< 70	< 21
Under 50% population feels discomfort	70 - 75	21 - 24
Over 50% population feels discomfort	75 - 80	24 - 27
Most of population suffers discomfort	80 - 84	27 - 29
Everyone feels severe stress	85 - 90	29 - 32
State of medical emergency	> 90	> 32

### 3. 결과 및 고찰

2000년부터 2018년 까지 서울의 7월과 8월 한여름 평균 기온은 25.8°C였으며, 2018년이 28.3°C로 가장 높았다. 2000년 이후 19년 평균보다 2.5°C가 높았으며, 상대적으로 기온이 가장 낮았던 2003년 23.95°C보다는 무려 4.35°C가 높았다. 상대습도를 고려한 불쾌지수 또한 2018년은 2000년 이후 가장 높은 25.76이었다. 이는 평균 불쾌지수 24.18보다 높으

며, 2000년 이후 유일하게 2018년만 불쾌지수가 25를 넘었다. 2018년 여름 더위가 예년에 비해 상대적으로 매우 극심했음을 보여주는 지표다 (Fig. 2).

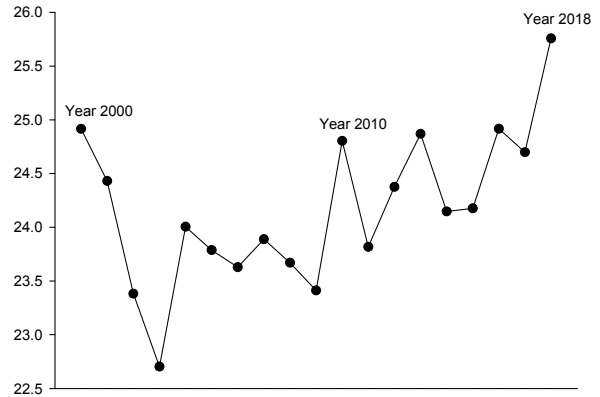


Fig. 2. Comparison of Discomfort Index in Seoul (July and August, 2000-2018).

7월 1일부터 8월 31일까지 서울시에 설치된 AWS 17곳의 평균 기온은 28.19°C로 조사되었다. 해당 기간 최고 기온은 2018년 8월 1일 17시 ‘광진’으로 40.5°C였으며, 같은 기간 40°C를 넘은 것은 모두 8월 1일로 ‘광진’을 포함하여 총 3회이다 (15시 강북 40.2°C, 16시 광진 40°C). 이와 반대로 7월 8일 06시 북악산은 15.7°C로 가장 낮은 기온을 보였다. 7월 1일부터 10일까지는 기온의 변화폭이 컸으며 이후 11일부터 8월 1일까지 기온은 큰 변화 없이 지속적으로 상승하였다. 8월 1일을 정점으로 기온은 점차 낮아졌으며, 8월 14일 이후 기온의 변화폭은 더욱 커졌다. 따라서 2018년 여름의 혹서기 (酷暑期)는 기온의 변화폭이 상대적으로 작고 무더운 날씨가 지속된 7월 11일부터 8월 14일까지로 보는 것이 타당하겠다. 이는 평균기온 변화로도 확인되는데 실제 7월 상순 평균기온은 23.66°C였으나, 7월 중순 27.84°C로 크게 높아졌다. 이후 7월 하순 (30.61°C)부터 8월 상순 (31.03°C)까지는 열대일이 이어졌다. 8월 중순 (29.01°C)까지는 여전히 무더위가 이어졌으며, 8월 하순 평균기온이 25.55°C로 뚜렷하게 낮아졌다. 평균 상대습도는 71.92%였으며 기온과는 상반되는 경향을 보였다. 상대습도는 기온에 의해 결정되는 변수로 기온이 높아 지던 7월 중순부터 상대습도는 감소하며, 기온이 낮아지는 8월 중순부터 다시 높아진다. 기온에 비해 일별 편차는 상대적으로 크다 (Fig. 3).

기온과 상대습도를 고려한 불쾌지수는 2달 평균 25.83으로 절반 (50%) 이상의 사람들이 불쾌감을 느끼는 정도에 해

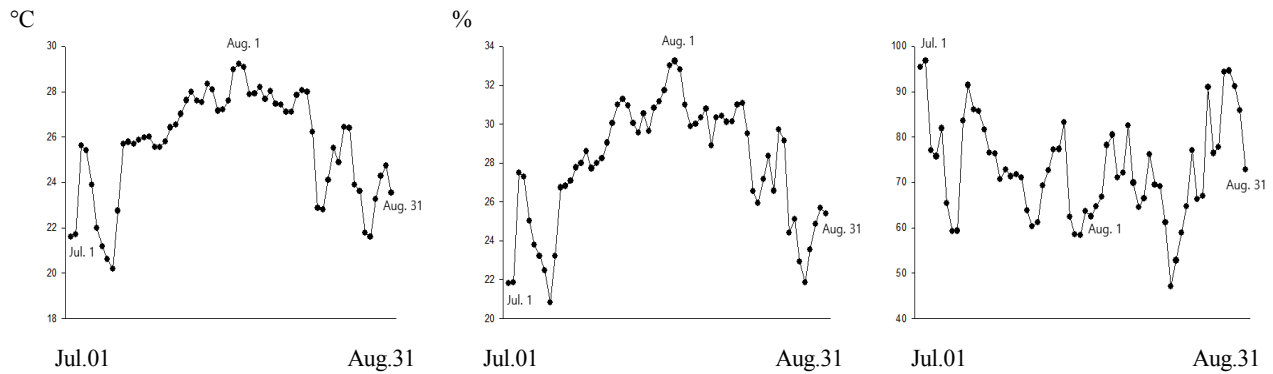


Fig. 3. Average Temperature (left), Relative Humidity (center), and Discomfort Index (right) changes from 1 July to 31 August 2018.

당한다. 불쾌지수 24이상 (50%이상의 사람들이 불쾌감을 느끼는)은 7월 11일부터 8월 16일까지 지속되며, 7월 22일부터 8월 15일까지는 대부분의 사람들이 불쾌감을 느끼는 27을 넘는 날이 이어졌다. 특히 8월 2일 (29.21)과 3일 (29.07)은 유일하게 불쾌지수 29를 넘겨 모든 사람이 불쾌감을 느끼는 단계에 속했다. 불쾌지수가 가장 높았던 시점은 8월 1일 18시 ‘구로’로 31.97로 조사되었으며, 이는 불쾌감 이상의 응급상황 발생이 가능한 32에 육박하는 수치다. 불쾌지수의 시계열적 변화는 기온 변화 추이와 매우 유사한 패턴을 보여, 높은 기온이 불쾌지수를 직접적으로 높이는 것으로 판단된다 (Fig. 3). 이는 회귀분석을 통한 결과로도 확인되는데 기온과 불쾌지수의 관계는 상관성 (도심  $R^2=0.88$ , 비도심  $R^2=0.89$ )이 매우 유의미한 반면, 상대습도와 불쾌지수와의 관계 (도심  $R^2=0.14$ , 비도심  $R^2=0.17$ )는 그렇지 않은 것으로 나타났다.

### 3.1 기간별 비교

기간별 평균 기온은 8월 상순이 31.03°C로 가장 높았고, 7월 하순 30.61°C, 8월 중순 29.01°C, 7월 중순 27.84°C, 8월 하순 25.55°C, 7월 초순 23.66°C 순이다. 이러한 경향은 도심지와 비도심지 모두 동일하다. 8월 상순 도심지 평균 기온은 31.51°C, 비도심지 평균 기온 30.71°C였으며, 7월 하순은 도심지 평균 기온 31.17°C, 비도심지 평균 기온 30.22°C로 조사되었다. 도심지와 비도심지의 기온차이는 평균 0.76°C인데 7월 중순 1.05°C (도심지 28.46°C, 비도심지 27.41°C)로 그 차이가 가장 컸으며, 8월 중순은 0.49°C (도심지 29.29°C, 비도심지 28.8°C)로 차이가 가장 작았다 (Table 3).

평균 상대습도는 72.32%이며, 8월 하순이 79.97%로 가장 높았고, 7월 상순 76.17%, 7월 중순 75.94%, 8월 상순

71.18%, 7월 하순 67.68%, 8월 중순 62.96% 순으로 조사되었다. 이러한 순서는 도심지에서는 동일하며, 비도심지의 경우 7월 중순이 두 번째로, 7월 상순이 세 번째로 높고 나머지는 동일하다. 기온이 가장 높았던 8월 상순과 중순 그리고 7월 하순은 조사지역 전체, 도심지, 비도심지 모두 평균 상대습도 보다 낮았다 (Table 3).

불쾌지수는 8월 상순 28.81로 가장 높았다. 7월 하순 27.52, 8월 중순 25.94, 7월 중순 25.83, 8월 하순 24.1, 7월 상순 22.37 순이다. 대부분의 사람들이 불쾌감을 느끼는 27 이상은 8월 상순과 7월 하순에 나타났으며, 8월 중순과 7월 중순 그리고 8월 하순은 50% 이상의 사람들이 불쾌감을 느끼는 수준 (21~24)이다. 이러한 경향은 도심에서 7월 중순이 8월 중순보다 불쾌지수가 높았다는 것 외에는 도심과 부도심 모두 동일한 것으로 조사되었다 (Table 3).

7월과 8월을 6개의 구간으로 나누어 평균 기온과 상대습도 그리고 불쾌지수를 비교한 결과, 불쾌지수가 가장 높았던 8월 상순과 7월 하순에 평균 기온 또한 가장 높았던 것이 확인된다. 높은 기온으로 인해 상대습도는 평균 보다 낮아 여름철 높은 기온이 불쾌지수를 높이는 데 더 큰 영향을 주었던 것으로 보인다. 전체적으로 8월 상순이 가장 덥고 불쾌지수가 높았으며, 7월 하순도 이에 못지않았다. 다음으로 8월 중순과 7월 중순, 8월 하순 그리고 7월 초순으로 순인데 결과적으로 보면 여름 기온과 불쾌지수는 특정 방향으로 치우치지 않고 7월말에서 8월초 극상을 보인 다음 하강하는 일반적인 양상을 보인다고 하겠다. 또한 도심지는 비도심지에 비해 평균 기온과 불쾌지수는 높았고, 상대습도는 낮았다. 비도심지의 상대습도는 도심지에 비해 높았음에도 불쾌지수가 도심지

Table 3. Comparison of Temperature, Relative Humidity, and Discomfort Index Differences between Urban and Non-Urban by Periods

		Temperature (°C)			Relative Humidity (%)			Discomfort Index		
		Urban	Non-Urban	difference	Urban	Non-Urban	difference	Urban	Non-Urban	difference
July	Early	24.07	23.38	0.69	72.87	78.45	5.58	22.56	22.23	0.33
	Middle	28.46	27.41	1.05	71.78	78.87	7.09	26.07	25.67	0.4
	Late	31.17	30.22	0.95	63.68	70.47	6.79	27.65	27.43	0.22
August	Early	31.51	30.71	0.8	67.32	73.82	6.5	28.25	28.14	0.11
	Middle	29.29	28.8	0.49	60.35	64.79	4.44	25.99	25.91	0.08
	Late	25.91	25.3	0.61	76.85	82.16	5.31	24.24	24	0.24
Average		28.40	27.64		68.81	74.76		25.79	25.56	

에 비해 낮은 것으로 보아 도심지와 비도심지와의 비교에서 불쾌지수는 상대습도 보다는 기온에 의해 그 정도가 결정되는 것으로 보겠다.

### 3.2 시간대별 비교

구체적인 시간대별 차이를 살펴보기 위하여 하루 24시간을 3시간 간격으로 총 8개의 그룹 (A 00:00~02:00, B 03:00~05:00, C 06:00~08:00, D 09:00~11:00, E 12:00~14:00, F 15:00~17:00, G 18:00~20:00, H 21:00~23:00)으로 구분하여 분석하였다.

평균 기온이 가장 높은 시간대는 15시에서 17시로 31.4°C였으며, 12시에서 14시가 31.06°C, 18시~20시 29.47°C 순이며, 새벽 3시~5시 사이 25.34°C로 가장 낮았다. 하루 중 기온이 가장 낮은 시간대의 평균 기온이 25°C 이상으로 여름철 열대야가 극심했음이 확인된다. 도심의 경우 15시~17시 (31.83°C), 12시~14시 (31.43°C), 18시~20시 (30°C)의 기온이 30°C가 넘었다. 기온이 가장 낮은 시간대는 새벽 3시~5시 사이로 25.83°C이다. 비도심지의 경우 15시~17시 (31.1°C), 12시~14시 (30.81°C)에 30°C가 넘었고, 도심지와 동일하게 새벽 3시~5시 사이 25.01°C로 기온이 가장 낮았다. 도심지와 비도심지의 기온 차는 21시~23시 1.13°C로 가장 컸으며, 0시~02시가 0.99°C로 다음이다. 이를 통해 늦은 밤과 이른 새벽 시간이 도시화의 영향이 최대가 되는 것으로 보겠다. 반면 하루 중 기온이 가장 높았던 15시~17시, 12시~14시는 각각 0.73°C, 0.62°C 차이로 상대적으로 도심지와 비도심지 사이의 기온 차는 작았다. 도심과 비도심의 기온 차가 가장 작았던 시간대는 기온이 상승하기 시작하기 전인 아침 6시~8시 0.43°C, 9시~11시 0.42°C로 이른 아침부터 오전 시간이다. 이

러한 도심지와 비도심지 간 기온 차이는 밤이 되어도 도심지의 기온이 쉽게 떨어지지 않는다는 것을 분명히 보여주는 것으로 열섬현상 (heat-island effect)이 뚜렷하게 발생하고 있음을 알 수 있다. 비도심지는 해가 기울어지는 18시 이후부터 기온이 도심지에 비해 상대적으로 빨리 떨어지지만 도심지의 기온은 보다 많이 방출되는 다양한 인공열로 인해 그렇지 않은 것이다. 이는 15시에 지역 간 (도심과 부도심) 기온차가 가장 크게 벌어진 미국 신시내티의 연구 결과와 상반된다 (Clarke *et al.*, 1971). 이는 여름철 강수량 차이로 우리나라의 경우 많은 여름 강수와 그에 따른 높은 습도가 장기간 유지되어 도시 내 지역 간 차이를 상쇄한 것으로 보인다 (Fig. 4 및 Table 4).

시간대별 평균 상대습도 (평균 71.92%)는 03시~05시에 83.04%로 가장 높았고, 06시~08시 81.84%, 00시~02시 79.68% 순이었다. 15시~17시는 59.68%로 가장 낮았고, 12시~14시 또한 60.44%로 상대습도가 낮았다. 비도심지의 평균 상대습도는 74.37%로 도심지 평균 68.43%보다 높았으며, 두 지역 모두 새벽 3시~5시 사이 가장 높았다 (도심지 79.58%, 비도심지 85.42%). 21시부터 다음날 아침 8시까지 상대습도가 평균보다 높게 관측되었으며, 하루 중 기온이 가장 높은 15시~17시 (도심지 56.39%, 비도심지 61.99%)에 상대습도는 가장 낮았다. 도심지와 비도심지 간 상대습도 차이는 21시~23시 7.65% 차이로 가장 컸고, 00시~02시에도 6.7%로 그 차이가 컸다. 21시부터 02시 사이는 평균 기온 차이도 가장 크게 벌어졌던 시간대이다. 도심의 뜨거운 열기가 식지 못해 상대습도를 높이지 못한 결과로 보겠다. 반면 새벽 사이 떨어진 기온으로 인해 오전 06시~08시 5.18%, 오전 9시부터 11시 4.92%로 두 지역의 상대습도 차이는 가장 작았다. 지역별 편차는 비도심지역 (14.10)이 도심지역 (12.89)에 비해 큰

데 이는 보다 다양한 도시 환경을 반영한 것이다 (Fig. 4 및 Table 4).

불쾌지수 (평균 25.83)는 15시~17시가 27.38로 가장 높았고, 12시~14시도 27.23으로 대부분의 사람들이 불쾌감을 느끼는 27이상이다. 다음으로 18시~20시가 26.54로 높았고, 03시~05시는 24.28로 가장 낮았다. 가장 낮은 불쾌지수도 50% 이상의 사람들이 불쾌감을 느끼는 (24이상) 정도에 속한다. 도심지 평균 불쾌지수는 25.96, 비도심지 25.74로 사실상 두 지역의 차이는 크지 않다. 지역 간 편차 (도심 2.42, 비도심 2.54)도 마찬가지다. 불쾌지수의 지역 간 차이 (도심-비도심)가 가장 큰 시간대는 21시~23시 (0.45), 00시~02시 (0.45)로 앞서 봤던 기온과 상대습도의 지역 간 차이가 가장 컸던 시점과 정확히 일치한다. 해당 시점 (불쾌지수의 지역 간 차이가 가장 큰)에 도심은 비도심에 비해 기온은 상대적으로 가장 높았고, 습도는 상대적으로 가장 낮았다. 따라서 서울의 불쾌지

수를 높이는 기후요소가 상대습도 보다는 기온인 것을 다시 확인하게 된다 (Fig. 4 및 Table 4).

흥미롭게도 대부분의 시간대에서 도심지가 비도심지에 비해 불쾌지수가 높았지만, 오전 9시~11시는 유일하게 비도심지의 불쾌지수 (26.22)가 도심지 (26.19)에 비해 높아 주목된다 (Fig. 4 및 Table 4). 해당 시간대 평균 기온은 도심지 29.03°C, 비도심지 28.61°C로 도심지가 비도심지에 비해 0.42°C 높다. 평균 상대습도는 도심지 (66.07%)에 비해 비도심지 (70.99%)가 4.92% 높다. 도심지의 기온이 높고, 비도심지의 습도가 높은 것은 다른 시간대와 동일하다. 하지만 해당 시간대는 도심지와 비도심지간 평균 기온과 평균 상대습도 차이가 모두 최소라는 점이 특징적이다. 이는 도심지의 기온이 불쾌지수를 높일 만큼 빠르게 상승하지 않았다는 것을 의미하며, 상대습도도 낮아지지 않아 비도심지의 불쾌지수가 상대적으로 높아졌음을 뜻한다. 이런 점에서 기온 못지않게

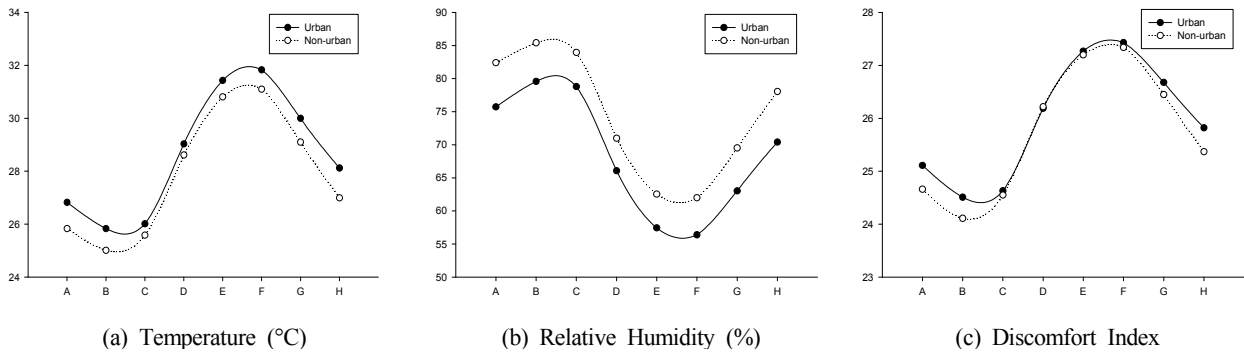


Fig. 4. The Change of (a) Temperature (°C), (b) Relative Humidity (%), and (c) Discomfort Index by the Time (A 00:00~02:00, B 03:00~05:00, C 06:00~08:00, D 09:00~11:00, E 12:00~14:00, F 15:00~17:00, G 18:00~20:00, H 21:00~23:00).

Table 4. Comparison of Temperature, Relative Humidity and Discomfort Index in Urban and Non-urban Areas by Time-zone (SD: Standard Deviation)

Time (every hour)	Temperature (SD)		Relative Humidity (SD)		Discomfort Index (SD)	
	Urban	Non-urban	Urban	Non-urban	Urban	Non-urban
A (00:00~02:00)	26.82 (3.03)	25.83 (3.03)	75.72 (12.30)	82.42 (13.19)	25.11 (2.44)	24.66 (2.52)
B (03:00~05:00)	25.83 (2.94)	25.01 (2.99)	79.58 (11.90)	85.42 (12.17)	24.51 (2.45)	24.11 (2.56)
C (06:00~08:00)	26.01 (2.95)	25.58 (3.06)	78.79 (11.72)	83.97 (12.09)	24.63 (2.47)	24.55 (2.60)
D (09:00~11:00)	29.03 (3.53)	28.61 (3.59)	66.07 (12.43)	70.99 (13.66)	26.19 (2.53)	26.22 (2.62)
E (12:00~14:00)	31.43 (3.89)	30.81 (4.02)	57.43 (13.74)	62.54 (15.49)	27.27 (2.44)	27.20 (2.57)
F (15:00~17:00)	31.83 (3.97)	31.10 (4.12)	56.39 (14.94)	61.99 (16.93)	27.43 (2.35)	27.34 (2.51)
G (18:00~20:00)	30.00 (3.56)	29.10 (3.65)	63.02 (13.80)	69.53 (15.27)	26.68 (2.32)	26.45 (2.46)
H (21:00~23:00)	28.12 (3.11)	26.99 (3.16)	70.41 (12.30)	78.06 (14.02)	25.82 (2.35)	25.37 (2.45)

상대습도 또한 지역의 불쾌지수를 결정하는데 중요한 역할을 한다고 보는 것이 타당하겠다.

3.3 지역별 비교

같은 기간 도심지 7곳의 평균 기온은 28.64°C, 상대습도 68.40%, 불쾌지수 25.96 (50% 이상의 사람들이 불쾌감을 느끼는 정도)이다. 비도심지 10곳의 평균 기온은 27.87°C, 상대습도 74.38%, 불쾌지수 25.73 (50% 이상의 사람들이 불쾌감을 느끼는 정도)이다. 기온은 도심이 비도심에 비해 약 0.77°C 높았으며, 상대습도는 비도심지가 도심지에 비해 5.98% 높았다. 두 지역의 불쾌지수 차이는 크지 않았으며, 모두 절반 이상의 사람들이 불쾌감을 느끼는 수준이다. 도심지는 기온이 높은 반면 상대습도가 낮고, 비도심지는 기온은 낮고 상대습도는 높아 두 지역의 평균 불쾌지수 차이는 크지 않는 것으로 보겠다 (Table 5).

Table 5. Comparison of Temperature, Relative Humidity and Discomfort Index in Urban and Non-urban Areas (SD: standard deviation)

Average	Urban (SD)	Non-Urban (SD)
Temperature (°C)	28.64 (4.04)	27.87 (4.13)
Relative Humidity (%)	68.40 (15.53)	74.38 (16.70)
Discomfort Index	25.96 (2.64)	25.73 (2.79)

도심지에서 기온이 38°C가 넘었던 것은 총 41번으로 도심지 관측 자료 9,500건의 0.43%에 해당한다. 2018년 8월 1일 17시 광진은 40.5°C로 가장 기온이 높았으며, 같은 날 15시 강북 40.2°C, 16시 광진 40°C로 40°C 이상은 총 3번 관측되었다. 38°C 이상의 기온이 관측된 41번 중 32번은 모두 8월 1일이었다. 시간대는 15시-17시 26회, 12시-14시 12회, 18시-20시 3회로 조사되었다. 흥미로운 점은 기온이 높았던 41번의 시점 중 불쾌지수가 31이상으로 매우 높았던 것은 단 7회에 불과하다. 이는 불쾌지수를 높이는 상대습도가 낮았기 때문으로 보이는데, 실제 38°C가 넘는 날들의 평균 상대습도는 37.51%로 전체 평균 상대습도 68.4%에 절반 정도에 지나지 않는다. 때문에 불쾌지수는 상대적으로 낮은 것으로 보인다. 불쾌지수가 31이상으로 매우 높았던 시점은 총 20회였으며, 그중 기온이 38°C를 넘는 것은 7차례에 불과하다. 실제로 불쾌지수 31이상인 날들의 평균 기온은 37.14°C로 38°C에 비해 낮았으나, 상대습도가 53.54%로 38°C 이상인 시점들에 비해 16% 높게 관측되었다 (Table 6).

비도심지에서 기온이 38°C가 넘었던 것은 총 30번으로 비도심지 관측 자료 13,629건의 0.22%에 해당한다. 2018년 8월 1일 14시 도봉은 39.1°C로 가장 기온이 높았으며, 같은 날 15시 도봉 39°C, 15시 노원 39°C로 39°C 이상은 총 3번 관측되었다. 38°C 이상의 기온이 관측된 30번의 시점 중 21번은 8월 1일이었으며, 시간대는 모두 12시에서 17시 사이였다 (12시-14시 12회, 15시-17시 18회). 도심지와 마찬가지로 비도심지에서도 기온이 38°C 이상으로 높았던 30번의 시점 중 불쾌지수가 31이상으로 매우 높았던 것은 총 8회에 불과하다. 도심과 마찬가지로 기온이 38°C 이상으로 높았던 날들의 평균 상대습도는 41.19%로 전체 평균 상대습도 74.38%에 비해 매우 낮다. 반면 불쾌지수 31이상인 날들의 평균 기온은 37.08°C였으며, 상대습도는 53.35%로 38°C 이상의 날보다 높았다 (Table 7). 매우 주목되는 점은 불쾌지수 31이상의 날이 도심은 20회, 비도심지는 35회로 기온이 상대적으로 낮은 비도심지의 불쾌지수가 더 높았다는 점이다. 이는 도심지의 높은 기온보다 비도심지의 상대습도가 불쾌지수를 높이는데 중요하게 작용했음을 보여주는 것이라 하겠다.

세부 지역별로는 강남의 평균 기온이 29.17°C로 가장 높았으며 유일하게 29°C가 넘는다. 반면 북악산은 25.76°C로 가장 낮았다. 강남을 포함하여 평균 기온이 28.5°C 이상으로 상대적으로 높은 지역은 중랑 (28.99°C), 한강 (28.69°C, 비도심), 성동 (28.68°C, 비도심), 동대문 (28.63°C), 강북 (28.63°C), 동작 (28.6°C, 비도심)이다. 도심지와 비도심지가 각 3곳으로 사실상 서울의 여름철 높은 기온은 지역 차이가 크지 않음을 보여준다. 28°C 미만으로 상대적으로 기온이 낮은 지역은 도봉 (27.82°C), 성북 (27.8°C), 노원 (27.43°C), 남현 (27.39°C), 북악산 (25.76°C)으로 서울 외곽지역이자 비도심지역 (도봉은 도심으로 분류)이다 (Fig. 5).

지역별 상대습도는 북악산이 평균 83.7%로 가장 높고 동대문이 63.74%로 가장 낮다. 북악산을 포함하여 상대습도가 75% 이상으로 높은 곳은 남현 (비도심), 도봉, 노원 (비도심), 현충원 (비도심) 순으로 대부분 비도심 지역이다. 이들은 상대적으로 녹지대가 많고, 북악산, 관악산, 수락산 등 산지가 있어 식물의 증산작용 및 낮은 증발산 등으로 인해 상대습도가 높다. 이와 반대로 상대습도 70%이하인 마포 (비도심, 68.97%), 동작 (비도심, 67.81%), 중랑 (67.49%), 강동 (66.55%), 강남 (65.31%), 동대문 (63.74%)은 대부분 녹지대가 적은 도심지역으로 분류된다 (Fig. 5).

불쾌지수 (평균 25.83)는 중랑 (도심지)과 성동 (비도심지)이 26.18로 가장 높았다. 평균보다 높은 26이상 지역은 중랑과 성동을 포함하여 강남 (26.17), 한강 (26.16, 비도심), 현충



Table 6. Comparison of Temperature in Urban (38°C and above) and Discomfort Index (31 and above)

The Order of Temperature (Urban area with an average temperature of 38°C or higher)					The Order of Discomfortable Index (Urban area with DI of 31 or higher)				
Date	Point	Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Discomfortable Index	Date	Point	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Discomfortable Index
08-01 17:00	Gwangjin	40.5	28.7	30.30	08-01 18:00	Guro	35.8	61.5	31.97
08-01 15:00	Gangbuk	40.2	33.8	30.84	08-01 17:00	Guro	37.3	55.5	31.72
08-01 16:00	Gwangjin	40	35.3	30.93	08-01 18:00	Gwangjin	38.1	50.1	31.62
08-01 15:00	Jungnang	39.9	35.2	30.85	08-01 16:00	Gangbuk	39.2	43.8	31.57
08-01 15:00	Gwangjin	39.6	35.3	30.67	08-01 18:00	Gangbuk	37.2	54.5	31.52
08-01 15:00	Gangdong	39.6	33.7	30.45	08-01 17:00	Gangbuk	38.7	45.8	31.49
08-01 16:00	Gangdong	39.5	31.5	30.08	08-01 19:00	Jungnang	36.8	56.4	31.45
08-01 16:00	Gangnam	39.3	30.3	29.79	08-01 16:00	Guro	38.1	48.6	31.43
08-01 16:00	Gangbuk	39.2	43.8	31.57	07-28 12:00	Guro	34.7	70.2	31.39
08-01 17:00	Dongdaemun	39.2	33.7	30.19	07-28 13:00	Gwangjin	37.1	53.3	31.30
08-01 13:00	Dongdaemun	39.1	32.6	29.98	08-01 19:00	Gangbuk	35.1	66.4	31.29
08-01 14:00	Gangbuk	39	37.9	30.63	08-02 17:00	Gangbuk	37.5	50.6	31.25
08-01 15:00	Dongdaemun	39	35.3	30.17	08-03 11:00	Guro	36.5	55.9	31.16
08-01 17:00	Jungnang	38.9	31.9	29.76	08-02 14:00	Gwangjin	38	47	31.15
08-01 13:00	Gangbuk	38.8	38	30.51	08-02 14:00	Guro	38.4	44.8	31.14
08-01 17:00	Gangbuk	38.7	45.8	31.49	08-01 19:00	Gwangjin	36	58.6	31.10
08-01 18:00	Jungnang	38.7	41.2	30.87	08-02 17:00	Jungnang	37.7	48.3	31.10
08-01 13:00	Jungnang	38.7	38.8	30.55	08-01 20:00	Jungnang	35.5	61.9	31.10
08-01 16:00	Dongdaemun	38.7	38.1	30.46	08-02 15:00	Gwangjin	38.1	45.9	31.08
08-22 17:00	Gangbuk	38.7	38	30.45	08-03 15:00	Gangbuk	37	51.6	31.01
08-01 16:00	Jungnang	38.7	34.3	29.96	Average		37.14	53.54	31.34
08-01 15:00	Gangnam	38.7	31.2	29.54					
08-01 17:00	Gangnam	38.6	39.9	30.63					
08-01 13:00	Gwangjin	38.6	38.9	30.50					
08-01 14:00	Dongdaemun	38.6	34.2	29.88					
08-02 14:00	Guro	38.4	44.8	31.14					
08-01 14:00	Jungnang	38.4	37.8	30.22					
08-01 14:00	Gwangjin	38.4	37.6	30.20					
08-15 15:00	Jungnang	38.3	39.7	30.41					
07-31 15:00	Gangbuk	38.3	36.9	30.04					
07-31 16:00	Dongdaemun	38.2	32.8	29.44					
08-01 18:00	Gwangjin	38.1	50.1	31.62					
08-01 16:00	Guro	38.1	48.6	31.43					
08-02 15:00	Gwangjin	38.1	45.9	31.08					
07-22 17:00	Jungnang	38.1	36.8	29.90					
08-01 14:00	Gangdong	38.1	35.9	29.78					
08-01 14:00	Gangnam	38.1	35.7	29.75					
07-22 16:00	Dongdaemun	38.1	34.2	29.56					
08-01 17:00	Gangdong	38.1	34.1	29.55					
08-02 14:00	Gwangjin	38	47	31.15					
08-01 18:00	Dongdaemun	38	42.7	30.59					
Average		38.76	37.51	30.41					

Table 7. Comparison of Temperature in Non-urban (38°C and above) and Discomfort Index (31 and above)

The Order of Temperature (Non-Urban area with an average temperature of 38°C or higher)					The Order of Discomfortable Index (Non-urban area with DI of 31 or higher)				
Date	Point	Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Discomfortable Index	Date	Point	Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Discomfortable Index
08-01 14:00	Dobong	39.1	40.6	31.06	08-01 15:00	Seoul National Cemetery	38.8	43.8	31.89
08-01 15:00	Dobong	39	41	31.05	08-01 16:00	Seongbuk	38.5	48.2	31.66
08-01 15:00	Nowon	39	35.8	30.35	08-01 17:00	Seoul National Cemetery	37.9	50.8	31.57
08-01 16:00	Dobong	38.9	43.5	31.32	08-01 17:00	Mapo	37.8	51.2	31.55
08-01 15:00	Seoul National Cemetery	38.8	43.8	31.89	08-01 15:00	Seongbuk	38.3	48.3	31.53
08-01 15:00	Namhyun	38.6	39.2	30.54	08-01 17:00	Seongbuk	37.7	51.4	31.50
08-01 16:00	Seongbuk	38.5	48.2	31.66	08-03 14:00	Seoul National Cemetery	37.2	53.9	31.44
08-15 14:00	Dongjak	38.5	38.2	30.34	08-03 14:00	Dobong	37.4	52.7	31.44
08-01 15:00	Seongdong	38.4	42.7	30.87	08-03 15:00	Dobong	37	55	31.43
08-01 13:00	Dobong	38.4	41.2	30.67	08-01 17:00	Dobong	37.6	51.1	31.39
08-01 16:00	Seongdong	38.4	38.6	30.33	08-02 17:00	Dobong	36.3	58.5	31.32
08-01 15:00	Seongbuk	38.3	48.3	31.53	08-01 16:00	Dobong	38.9	43.5	31.32
08-01 14:00	Seoul National Cemetery	38.3	44.7	31.06	07-28 13:00	Dobong	35.7	62.2	31.29
08-03 13:00	Mapo	38.3	42.9	30.83	08-01 18:00	Seongbuk	35.9	60.7	31.27
08-01 16:00	Nowon	38.3	35.5	29.86	08-01 16:00	Mapo	38.1	47.4	31.27
08-15 14:00	Seoul National Cemetery	38.2	43.8	30.87	08-01 16:00	Han River	37.7	49.4	31.24
08-01 14:00	Mapo	38.2	42.8	30.74	08-01 18:00	Han River	36.8	54.6	31.23
08-01 14:00	Dongjak	38.2	38.4	30.17	08-01 18:00	Dobong	36.1	58.6	31.18
08-01 16:00	Mapo	38.1	47.4	31.27	08-01 19:00	Dobong	34.1	72.8	31.17
08-01 13:00	Seoul National Cemetery	38.1	44.3	30.87	08-01 19:00	Nowon	35.2	64.2	31.12
08-01 14:00	Seongbuk	38.1	39.4	30.23	07-27 14:00	Seoul National Cemetery	36.1	58	31.11
07-22 15:00	Seoul National Cemetery	38.1	37.8	30.03	08-03 13:00	Dobong	37.1	51.7	31.10
07-22 16:00	Seoul National Cemetery	38.1	36.6	29.87	08-01 18:00	Seoul National Cemetery	36.4	57.5	31.09
07-22 16:00	Dongjak	38.1	32.1	29.66	08-02 15:00	Nowon	37.5	49.3	31.09
08-01 13:00	Mapo	38	43.1	30.65	08-01 19:00	Seongbuk	34.4	69.6	31.07
08-01 15:00	Dongjak	38	42.8	30.61	08-02 16:00	Seoul National Cemetery	37.6	48.6	31.07
08-01 14:00	Namhyun	38	42.2	30.53	08-01 14:00	Dobong	39.1	40.6	31.06
07-22 17:00	Seoul National Cemetery	38	41	30.37	08-01 14:00	Seoul National Cemetery	38.3	44.7	31.06
08-15 15:00	Dongjak	38	39.9	30.23	08-03 13:00	Namhyun	37.6	48.5	31.06
07-31 16:00	Seoul National Cemetery	38	39.9	30.23	08-01 15:00	Dobong	39	41	31.05
	Average	38.33	41.19	30.66	08-01 19:00	Seongdong	35.7	60.1	31.05
					08-01 17:00	Han River	37	51.9	31.05
					08-02 18:00	Dobong	35.2	63.4	31.03
					08-01 18:00	Seongdong	36.5	54.8	31.03
					08-01 16:00	Seoul National Cemetery	37.4	49.4	31.03
					Average	37.08	53.35	31.25	

원 (26.1 비도심), 강북 (26.07), 구로 (26.05) 총 7곳이다. 이들 중 도심지가 4곳, 비도심지가 3곳으로 사실상 높은 불쾌지수도 기온과 마찬가지로 도심지와 비도심지의 차이가 없다고

보겠다. 불쾌지수가 가장 낮은 지역은 북악산으로 평균 24.6이었으며, 노원 (25.49)과 남현 (25.56)도 다른 지역에 비해 상대적으로 불쾌지수가 낮다 (Fig. 5).

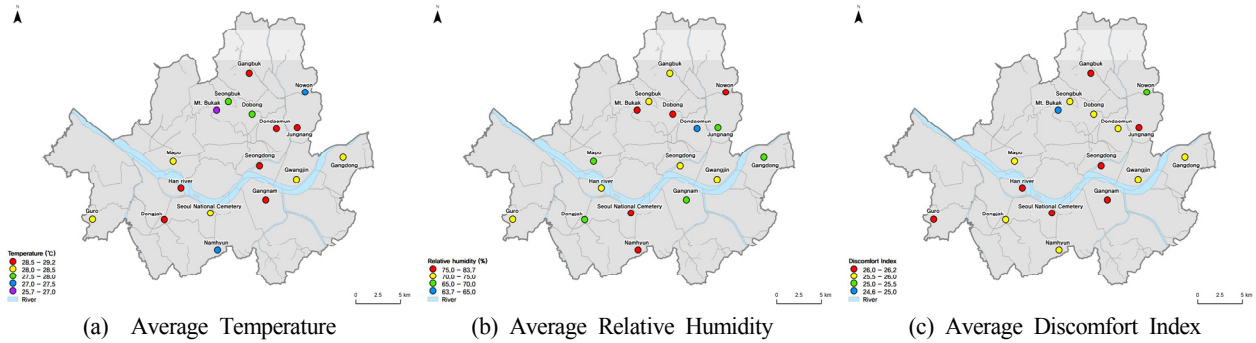


Fig. 5. Average Temperature and Relative Humidity and Discomfort Index Distribution by AWS point (July 1 - August 31, 2018).

특히 주목되는 곳은 현충원과 동대문이다. 현충원의 기온은 관측지점 17곳 중에서 11번째였으나, 상대습도가 5번째로 높아 불쾌지수가 높아진 것으로 보인다. 또한 동대문은 불쾌지수가 25.6으로 북악산, 노원, 남현 다음으로 낮았으며, 도심지 중에서도 가장 낮다. 평균 기온은 상대적으로 높지만 (6번째) 상대습도가 가장 낮아 (17번째) 불쾌지수를 떨어트린 것이다. 결국 현충원과 동대문은 반대의 원인으로 불쾌지수가 결정되었다.

#### 4. 결론 및 토의

본 연구는 2018년 혹서기 서울시 불쾌지수의 시공간적 분포 차이와 특성을 살펴보고자 하였다. 불쾌지수를 결정하는 기온과 상대습도의 시간대별 공간 분포를 다룸으로써 실제 사람들이 체감하는 무더위의 정도를 보다 구체적으로 보여준다는데 그 의미가 있다. 본 연구에 앞서 Jang *et al.* (2012)과 Kang (2016)은 불쾌지수를 통해 넓은 공간적 범위의 우리나라 기후 특성을 고찰한 바 있다. 이번 연구는 연구 대상지역을 대도시 단위로 좁히는 동시에, 기간별, 시간대별 그리고 지역별로 세분하여 분석하였다.

본 연구를 통해 몇 가지 주목되는 사실을 찾아볼 수 있었다. 첫째, 서울의 여름철 불쾌지수는 맑은날 최고기온이 관측되는 8월 상순과 7월 하순 15시에서 17시 사이 ‘중랑 (도심지)’과 ‘성동 (비도심지)’에서 가장 높았다. 여름철 특히 높은 평균 불쾌지수는 특정 도심지와 비도심지의 지역적 구분이 없었다. 이는 고온다습한 우리나라 여름철 기후특성을 반영한 결과다. 둘째, 크게 보면 불쾌지수의 시간적 변화는 기온 변화와 그 패턴이 유사하고, 상대습도와는 반대의 경향을 보였다. 이러한 기온과 상대습도의 역관계는 구간별 지표, 시간대별 지표에서도 뚜렷하게 확인되었다. 셋째, 시간대별 분석

을 통해 열섬현상을 확인하였다. 특히 21시부터 새벽 02시까지 도심지와 비도심지와 기온 차이는 하루 중 가장 크게 벌어져 낮보다는 심야 시간에 열섬현상이 뚜렷하게 나타났다. 넷째, 시간 및 지역 단위를 세부적으로 비교했을 때 상대습도가 불쾌지수에 미친 영향도 분명하게 확인된다. 오전 시간대는 도심지와 비도심지의 기온 차이가 최소인데 상대습도가 높은 비도심지의 불쾌지수가 유일하게 도심지에 비해 높은 시간대였다. 또한 불쾌지수 31이상의 매우 높은 날이 도심은 20회였으나, 비도심지역은 이보다 두 배 가까이 많은 35회로 조사되었다. 기온이 낮은 비도심지역의 불쾌지수가 도심지에 비해 높은 것은 상대습도가 높았기 때문이다. 마지막으로 세부 지역별 비교를 통해 도심지와 비도심지의 공간적 차이를 살펴볼 수 있는데, 특히 현충원과 동대문의 차이는 매우 인상적이다. 현충원은 기온이 낮은 반면 상대습도가 높고, 동대문은 기온이 높은 반면 상대습도는 낮았다. 그 결과 현충원의 불쾌지수가 동대문 보다 높아 상대습도가 불쾌지수에 미치는 영향을 간과할 수 없음을 확인하였다. 특히 고온이 지속되는 한여름의 경우 상대습도의 지역적 차이가 불쾌지수를 결정하는데 더욱 중요한 변수로 작용할 것으로 예상된다.

본 연구를 통해 서울시 불쾌지수의 공간적 분포가 구간별, 시간별, 지역별로 그 차이가 뚜렷함을 확인할 수 있었다. 전체적인 불쾌지수의 변화 경향은 기온 변화와 유사하지만 시간대별 지역별로는 상대습도에 의한 차이가 분명하게 나타났다. 따라서 서울시 불쾌지수의 공간적 분포는 기온과 상대습도에 따른 지역적 차이를 명확히 반영한다고 하겠다. 이에 더해 지형, 풍향 등 기온과 상대습도를 결정하는 또 다른 물리적 환경 요소가 중요한 변수가 될 것으로 판단되며 이에 대한 보다 세밀한 후속 연구가 필요하다.

최근 불쾌지수는 범죄발생 예측을 위한 모델 개발에도 이용될 만큼 활용 가능 한 정량적 지표를 다양한 분야에 제공한

다 (Kim *et al.*, 2014). 도시 열섬현상 완화를 위한 정책 연구로 도시 녹화 사업이 주목 받고 있다. 특히 여름이 길어지고 더 더워지는 요즘 나무를 심고, 공원을 조성하여 도시 기온을 낮추고자 한다. Landsat 5TM 영상을 분석한 창원시 내 녹지대의 기온은 공업지역에 비해 약 2.25°C 낮은 것으로 보고된 바 있다 (Lee *et al.*, 2010). 또한 도시 내 공원의 나무와 녹지대가 미기후학 (microclimate)적 단위에서 도시 기온을 완화시키는 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (Gomez *et al.*, 2004; Georgi & Zafiriadis, 2006). 하지만 본 연구에서 살펴본 것처럼 우리나라 여름 기후는 도심지와 비도심지를 구분하기 어려울 정도의 높은 불쾌지수가 나타나며, 특히 비도심지의 높은 상대습도가 불쾌지수를 높이는 것으로 보여 앞으로 도시 공원 및 녹지 조성에 있어 이를 고려한 보다 세밀한 접근이 필요할 것으로 생각된다.

지구온난화와 더불어 열수지와 불쾌지수는 앞으로 지속적으로 빠르게 상승할 것으로 예측되며, 특히 2091년경에는 강원도도 다른 지역과 차이 없는 높은 수준의 불쾌지수가 나타날 것으로 예측되었다 (Lee *et al.*, 2013). 때문에 높아지는 열수지와 불쾌지수를 관리하기 위한 다양한 정책적 논의가 시급히 마련되어야 한다. 이런 차원에서 본 연구의 결과를 보다 논리적이고 설득 가능한 근거 자료의 하나로 제시하고자 한다. 더불어 본 연구는 대도시 1곳 (서울)에 주목하였지만, 향후 다른 도시 및 춘락지역, 고산지역, 도서지역 등과의 비교를 위한 선행 연구의 성격을 가진다. 특히 고산지역과 도서지역은 기후 변화에 매우 극단적으로 반응할 가능성이 커 본 연구와의 비교를 통해 보다 구체적인 지역성을 규명할 수 있을 것으로 기대된다.

## 사 사

이 논문은 2017년도 정부 (과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업임 (NRF-2017R1A2B4007428).

## REFERENCES

Clarke, J., Bach, W. 1971. Comparison of the comfort conditions in different urban and suburban microenvironments. *International Journal of Biometeorology* 15 (1):

41-54.

Georgi, N.J., Zafiriadis, K. 2006. The impact of park trees on microclimate in urban areas. *Urban Ecosystems* 9 (3): 195-209.

Giles, B.D., Balafoutis, C., Maheras, P. 1990. Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology* 34: 98-104.

Gómez, F., Gil, L., Jabaloyes, J. 2004. Experimental investigation in the thermal comfort in the city: relationship with the green areas, interaction with the urban microclimate. *Building and Environment* 39 (9): 1077-1086.

Jang YJ, Heo HS, Kim BJ, Kim SK, Hong GM, Lee WK. 2012. The Change of The Average Discomfort Index from June to September during The Past 10 Years. *Journal of Climate Change Research* 3 (2): 89-100.

Kang CS. 2016. A Classification of Sensible Climatic Type by Climograph and Discomfort Index in South Korea. *Journal of the association of Korean geographers* 5 (3): 275-280.

Kim HD, Kim SB. 2001. On the Property of Climatological Environment with Discomfort Index in Korea. *Journal of the Korean Environmental Sciences Society* 10 (2): 129-133.

Kim JM, Kim MS, Kim GN. 2014. Crime Prediction Model based on Meteorological Changes and Discomfort Index. *Journal of Information and Security* 14 (6): 89-95.

Lee SJ, Kwon BY, Jung DH, Jo KH, Kim MS, Ha SM, Kim HN, Kim BN, Masud MA, Lee EN, Kim YK. 2013. Future Prediction of Heat and Discomfort Indices based on two RCP Scenarios. *Atmosphere* 23 (2): 221-229.

Lee WS, Jung SG, Park KH, Kim KT. 2010. Analysis of Urban Thermal Environment for Environment-Friendly Spatial Plan. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 13 (1): 142-154.

Yu IS, Kim SH, Kim MA. 1973. An Investigation of Discomfort Index in Seoul during Summer. *Ewha Womans University College of Science Education* 9: 20-22.

<https://data.kma.go.kr/>