

폭염시 토지이용유형별 보행공간 이온지수 평가^{1a}

- 충주시를 대상으로 -

윤용한²·윤지훈³·김정호^{4*}

Evaluation of Pedestrian Space Ion Index by Land Use Type in Heat wave

- Focused on ChungJu -

Yong Han Yoon², Ji Hun Yoon³, Jeong Ho Kim^{4*}

요약

본 연구에서는 충청북도 충주시를 대상으로 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 기상특성과 공기이온 특성을 측정 및 분석하였다. 연구대상지 보행공간의 토지이용유형 구분은 지적편집도를 이용하여 대상지를 크게 Green Area, Residential Area, Commercial Area으로 실시하였다. 측정지점은 약 4.1km, 44개 지점으로 측정지점을 선정하여 외곽지역 관통도로 보행공간 Green Area 12개 지점, Residential Area 14개 지점, Commercial Area 18개 지점으로 구분하여 측정하였다. 또한 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 기온, 상대습도, 일사량, 순복사량 등의 기상요소가 음이온 발생량, 양이온 발생량에 미치는 영향을 분석하여 이온지수를 산출하였다. 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 공기이온 특성 비교결과 평균 양이온 발생량은 Commercial Area(700.73ea/cm³) > Residential Area(600.76ea/cm³) > Green Area(589.73ea/cm³)로 분석되었다. 평균 음이온 발생량은 Green Area(663.95ea/cm³) > Residential Area(628.48ea/cm³) > Commercial Area(527.48ea/cm³)로 분석되었다. 평균 이온지수는 Green Area(1.13) > Residential Area(1.04) > Commercial Area(0.75)로 분석되었다. 본 연구는 폭염시 토지이용유형별 보행공간에 따른 기상특성, 양이온 발생량과 음이온 발생량 현황을 확인할 수 있었으며, 토지이용유형별 보행공간의 이온지수의 차이를 확인할 수 있었다. 그러나 이동측정에 따른 토지이용유형별 정확한 비교 부족과 도로 폭 변화에 대한 정량적 특성 비교가 부족한 한계점이 존재하였다. 따라서 도로 특성을 고려한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

주요어 : 기온, 상대습도, 양이온, 음이온, 가로녹지

ABSTRACT

This study measured and analyzed the weather characteristics and the air-ion characteristics of walking space by land use type in Chungju, Chungcheongbuk Province during the heat wave. We used the land registration map to classify the type of land use in walking areas in the studied into the production and green area, the residential

1 접수 2019년 4월 11일, 수정 (1차: 2019년 5월 14일), 게재확정 2019년 5월 31일

Received 11 April 2019; Revised (1st: 14 May 2019); Accepted 31 May 2019

2 건국대학교 녹색환경시스템전공 교수 Department of Green Environment System, Konkuk Univ., 268, Chungwon-daero, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, 274-78, Republic of Korea

3 건국대학교 대학원 녹색기술융합학과 석사과정 Department of Green Technology Convergence, Graduate School, Konkuk Univ., 268, Chungwon-daero, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, 274-78, Republic of Korea

4 건국대학교 녹색환경시스템전공 부교수 Department of Green Environment System, Konkuk Univ., 268, Chungwon-daero, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, 274-78, Republic of Korea

a 이 논문은 2019년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 중견연구사업임(NRF-2017R1A2B4008433)

* 교신저자 Corresponding author: hoya1209@kku.ac.kr

area, and the commercial area. We then selected 44 measurement points in about 4.1 km. They included 12 walking space points in the green area, 14 in the residential area, and 18 in the commercial area. Moreover, we calculated the ion index by analyzing the impact of weather factors such as temperature, relative humidity, solar radiation, and net radiation in the walking space on the anion generation and cation generation by land use type during the heat wave. Comparison of air ion characteristics in walking space by type of land use during the heat wave showed that the average cation generation was in the order of commercial area ($700.73 \text{ cations/cm}^3$) > residential area ($600.76 \text{ cations/cm}^3$) > green area ($589.73 \text{ cations/cm}^3$). The average anion generation was in the order of green area ($663.95 \text{ anions/cm}^3$) > residential area ($628.48 \text{ anions/cm}^3$) > commercial area ($527.48 \text{ anions/cm}^3$). The average ion index was in the order of green area (1.13) > residential area (1.04) > commercial area (0.75). This study checked the weather characteristics, cation generation, and anion generation in walking space according to the land use type during the heat wave and checked the difference of ion indexes in the walking space according to the land use type. However, there were limitations in the lack of accurate comparison according to the land use due to the moving measurement and the insufficient quantitative comparison according to the change of road width. Therefore, we recommend further studies that consider the road characteristics.

KEY WORDS: TEMPERATURE, POSITIVE AIR ION, NEGATIVE AIR ION, STREET GREENERY

서론

도시화로 인한 불투수포장면의 증가는 도심지 내 열환경을 악화시켰으며(Yoon et al., 2008), 도시화가 진행됨에 따라 자연피복면의 감소, 고층 건축물, 아스팔트 포장과 같은 불투수포장면의 증가로 인해 우리가 살고 있는 도시환경에서 도시민들은 환경적, 정신적 위협에 노출되고 있다(Lee et al., 2018). 이러한 도시의 문제점을 해결하기 위해 환경생태계획 등의 기법을 통해 도시 내 양호한 비오톱의 보전 및 복원, 개발에 의한 도시환경 훼손의 최소화 방안 등이 모색되고 있지만, 환경생태계획은 도시녹지에 근거한 비오톱 유형화 및 이를 토대로 도시생태적 특성만을 고려하고 있기 때문에 환경친화적 도시 혹은 쾌적한 도시 조성을 위한 구체적 방법을 제시하기 위해서는 별도의 고려가 필요하다(Yoon et al., 2012), 도시계획차원에서 열환경을 고려한 도시녹지의 확충 및 체계적인 관리가 필요하다고 보고되었다(Jauhainen and Monkkonen, 2005).

최근 사회적 문제가 되고 있는 폭염은 단순 더위가 아닌 매우 심한 더위로 여러 가지 재해가 우려되는 기상재해 중 하나이다. 폭염은 열대야를 유발하여 불면증, 스트레스 등을 유발하여 인체에 악영향을 미칠 뿐만 아니라, 전력 소비 증가에 따른 에너지 문제, 산불 발생 증가, 스모그 현상과 같은 대기오염 악화 등을 초래할 수 있어 사회 전반적으로 피해를 미칠 수 있다(Kim et al., 2009; Changnon et al., 1996). 2003년과 2006년에는 유럽에서 이례적인 폭염이 발생하였으며, 2010년에는 러시아에서 유럽 사례보다 더 넓

은 지역에 걸쳐 폭염이 지속되는 등 세계 곳곳에서 이상 고온에 의한 피해가 발생하였다. 우리나라 역시 매년 폭염에 의한 피해가 발생하고 있으며, 기후변화에 따라 2050년 까지 폭염 발생빈도가 2~6배 증가될 것으로 예측되어 이에 대한 대책 수립이 시급한 실정이다(NIMR, 2011).

폭염과 관련된 선행연구를 살펴보면, Joo et al.(2012)는 도시 열섬현상에 대하여 비오톱지대의 활용 가능성을 확인하고, 열환경 상승요인과 저감요인을 분석하여 산림의 도시 열섬 완화효과에 대해 제시하였다. Park et al.(2016)은 토지 피복과 지형과 같은 공간 특성이 폭염일수에 미치는 영향을 밀양시를 대상으로 연구를 수행하였다. Koo et al.(2015)은 부산광역시를 대상으로 지역별 환경 및 특성을 고려한 폭염 취약성 평가를 실시하였고, Kwon(2018)은 대구 광역시를 대상으로 도시구조와 도시의 기상조건을 고려하여 폭염의 가중원인을 주청하고 해결과제를 제시하였다. 이처럼 도시의 구조적, 지리적 구조에 의한 폭염의 발생 요인에 관한 연구는 다수 진행되었으나, 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 관한 연구는 부족한 실정이었다.

공기이온이란, 공기 중 원자 또는 부유미립자(O_2 , H_2O)가 전기적 성질을 띠는 것으로 운동도에 따라 대이온과 소이온으로 구분할 수 있다. 소립자 중 양전하를 띠는 것을 양이온, 음전하를 띠는 것을 음이온이라 한다. 대기의 이온화 요인으로는 자외선의 공기분자 파괴, 지중 방사성 물질의 붕괴, 대기와 지표간 전위차, 기온과 기압차, 레나드 효과(Lenard's Effect), 식물의 광합성 등 다양한 원인으로 발생한다(Jin, 2005; Zee, 2009; Nam, 2013; Lee, 2003).

음이온에 관한 연구는 1960년대 이후로 꾸준히 진행되어 왔으며, 전기적 특성에 의한 공기정화효과와 인체에 긍정적인 영향을 미쳐 신진대사가 촉진되는 효과가 입증되어 왔다(Cho, 2009). 선행연구로 밝혀진 음이온의 효과는 인간의 건강 증진 효과로, 음이온은 인간의 부교감 신경계를 자극하여 안정된 반응을 유도하는 것으로 알려져 있으며, 혈압·맥박·호흡을 안정화 시킨다고 알려져 있다(Lee et al., 2018). 또한, 음이온이 혈중 코티졸, 에피네프린, 노르에피네프린 농도를 낮추어 스트레스를 경감시키는 효과(Kim et al., 2008; Lee, 1998)에 관한 연구가 시도되었으며, 그 외 정신건강과 관련한 연구들도 다수 수행되었다(Terman and Terman, 1995 ; Terman et al., 1998; Terman and Terman, 2006; Westrin and Lam, 2007; Wakamura et al., 2004). 또한, 음이온은 컴퓨터 작업에 의한 스트레스를 감소하는 것으로 나타났다(Nakane et al., 2002). 학생 집단에서는 음이온이 일시적으로 급속한 기분 호전을 일으킨다(Goel and Etwaroo, 2006) 하였으며, 대기 중에 함유된 음이온은 세로토닌을 증가시킴으로써 우울증 치료에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Anthony et al., 2002).

또한 음이온의 전기적 특성에 의한 공기정화효과로 도심에서 발생하는 질소산화물 외에 미세먼지 등의 오염물질 등은 모두 양이온으로 대전되어 있는데(Jin, 2005; Lee, 2003), 음이온의 전기적 특성에 의해 양이온을 중화시켜 지표로 가라앉게 하여 공기가 정화된다. 이러한 전기적 특성에 의한 공기정화효과는 대도시에서 에너지 과다사용, 차량 증가에 의한 배기가스와 먼지 등의 대기오염완화 등 도시의 대기환경의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 이용될 수 있다(Lee, 2018). 따라서 음이온 발생량과 양이온 발생량을 고려한 이온지수(Air Ion Index)를 활용하여 분석해야 할 것으로 판단되었다(Kim et al., 2018).

선행연구에서 토지이용유형에 따른 기상이나, 도로조건 및 도심 가로수와 가로녹지의 기능에 대한 연구는 다수 진행되었지만, 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 이온지수에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 기상특성과 양이온, 음이온을 조사 분석하여, 향후 도시 용도지역별 기상특성 및 이온지수를 고려한 친환경 도시설계의 기초자료로 활용하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구대상지 및 측정지점

본 연구의 연구대상지인 충청북도 충주시는 인구 면에서 충북 제 2의 도시이다. 도시재생사업단의 연구결과에 의하면 인구규모 20~40만에 속하는 충주시는 2010년 기준으로 도시화된 12개동 지역과 농촌지역인 1개읍, 12개면으로 구성되어있는 도농복합도시이다. 인구가 지속적으로 감소하고 있는 읍면의 농촌지역과는 달리 통합 충주시의 동지역은 1956년 충주읍에서 충주시로 승격된 이후 지속적으로 인구가 증가하여 왔으며, 시가지공간이 확대되고, 주거활동을 포함한 다양한 경제, 사회활동이 활발하게 진행되어 왔다(Ryu, 2012). 또한 최근 첨단기업도시 건설 및 4대강 살리기 사업으로 인하여 인구의 증가와, 이에 필요한 도로나 사회기반 시설, 주택, 상가로 인해 공해에 노출되는 시민들이 증가하는 추세이고, 2013년 세계조정선수권 대회 유치와 정부의 4대강 살리기 사업의 핵심지인 남한강을 중심으로 환경친화적 사업을 펼치고 있는 지역이기도 하다(Yoen et al., 2010).

측정지점은 도로 폭의 통일을 위해 단월동 건국대학교 글로벌 캠퍼스 사거리에서 충주시청 사거리까지 총 4.1km를 선정하였다. 대상지의 보행공간 토지이용유형구분은 지적편집도를 이용하여 대상지를 크게 녹지지역보행공간(이하 Green Area), 주거지역 보행공간(이하 Residential Area), 상업지역 보행공간(이하 Commercial Area)로 구분하였다(Figure 1). 연구대상지의 현황을 분석한 결과 Table 1과 같다. Green Area의 토지이용유형은 생산녹지지역으로 나타났다, Commercial Area의 토지이용유형은 일반상업지역으로 나타났다. Residential Area의 토지이용유형은 제2종일반주거지역으로 나타났다. 유형별 거리는 Green Area는 1.1km, Commercial Area는 1.68km, Residential Area는 1.32km로 나타났다. 층고는 Green area는 건물이 존재하지 않았고, Commercial area 1~5층, Residential areas는 4~15층으로 나타났다. 건폐지와 녹지의 비율은 위성지도를 활용하여 조사하였다.

Table 1. Measurement Points Status

Type	Measuring Point (ea)	Distance (km)	Division		
			Floor Height (level)	Dry Land Ratio (%)	Green Ratio (%)
Green Area	7	1.10	-	7.6	92.4
Commercial Area	24	1.68	1-5	100	-
Residential Area	13	1.32	4-15	97.6	2.4

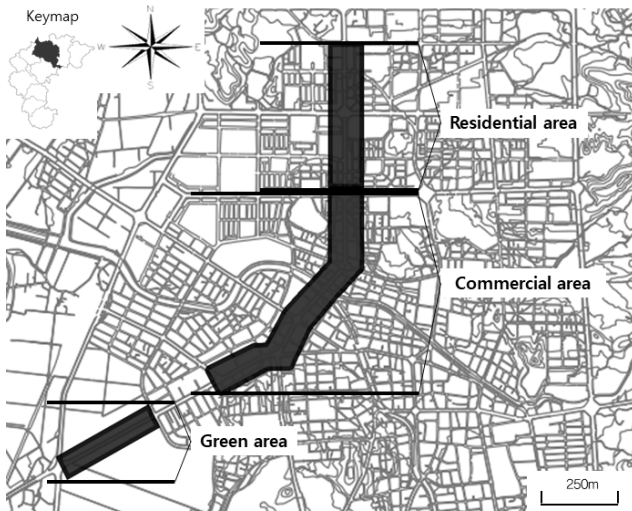


Figure 1. Research site.

2. 조사 분석 방법

폭염시 토지이용유형별 보행공간 기상 측정은 정확성을 위해 동시간대에 고정관측점을 통해 측정하는 것이 바람직하지만, 제한된 여건 상 이동측정을 실시하였다. 기상특성 및 공기이온 특성 측정은 2018년 7월에 실시하였고, 이동측정 시 발생하는 여러 가지 오차를 줄이기 위하여 측정시간의 간격을 일정하게 유지하였다. 시차 보정은 이동관측시 소요시간에 따라 출발지점과 도착지점 사이에 시간차가 생기는 것을 고려하여 보정식(Formula 1)을 이용하여 보정을 실시하였다(Joo et al., 2012).

단순 음이온발생량 또는 양이온 발생량을 동일한 경향을 나타낼 것으로 예상되므로 이를 보정하기 위하여 이온지수(Air ion index)(Jin, 2005)로 환산하여 분석을 실시하였다. 이온지수(Air Ion Index)란 대기 중 음이온과 양이온의 비율을 표현하는 것(Formula 2)으로서 숫자가 클수록 음이온이 양이온에 비해 발생량이 더 많은 것을 의미하며, 숫자가 작을수록 양이온 발생량이 더 많은 것을 의미한다(Kim et al., 2017).

기상 특성 측정은 기온, 상대습도, 일사량, 순복사량을 측정하였고 연구 목적에 부합하지 않는 날의 데이터는 제외하였다. 열선풍속계(TSI-9545, TSI, USA)를 사용하여 기온, 상대습도를 측정하였다. 열선풍속계 TSI-9545는 온도 및 풍속을 동시에 측정 가능하며, 상대습도와 풍량 및 풍속 표시 측정 및 데이터 로깅이 가능하다. 기온은 $-10 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 까지 측정 가능하고 오차범위는 $\pm 0.3\%$ 이다. 상대습도는 5%에서 95%까지 측정 가능하며 오차범위는 $\pm 3\%$ 이다.

일사량 측정은 일사계(LP02)를 사용하였다. 일사계

LP02는 가장 일반적으로 사용되는 일사계이며 180° 센서로 입사되는 일사량 측정이 가능하고 수동 작동 및 열전퇴 센서를 사용한다, 그리고 일사량에 비례하여 mV 출력을 하며 Photodiode 기반이며, 사용방법은 간단하다. 케이블은 사용자가 쉽게 설치/교체 가능하고 건축 물리, 기후, 집열기 테스트, 기상관측에 사용할 수 있다.

순복사량 측정의 경우, 순복사계(NR-LITE2)를 사용하여 측정하였다. 순복사계 NR-LITE2는 두 개의 검은 색 원추형 흡수체로 이루어져 있는데, 하나는 위쪽을 향하고 다른 하나는 아래를 향하는 구조로 되어있다. 흡수체는 PTFE로 코팅되어 깨지기 쉬운 플라스틱 돔을 사용하지 않고 날씨에 내성을 갖는다. 또한 감광도는 $10\mu\text{V}$ 이고 출력범위는 $\pm 25\text{mV}$ 이다 측정범위는 $\pm 2000\text{Wm}^{-2}$ 이 것에 따른 작동 온도 범위는 $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 이다.

음이온 측정의 경우 음이온 발생연구에 지속적으로 사용되어 온 COM-3600F(Com System, Japan)를 높이 1.5m에서 측정하였다(Kim and Yoon, 2013; Shin et al., 2012). 본 연구에서 사용된 음이온 측정기는 COM-3600F로 중량 2.5kg으로 소형이면서 이온을 발생시키는 각종제품의 측정이나, 방이나 클린룸의 이온 분포 및 자연계의 각종 분야에서 사용할 수 있도록 설계되어있다. 이 모델은 Gerien 측정 방식을 사용하고 있으며 자동, 수동 측정의 2가지 모드를 통해 양이온과 음이온을 별도로 측정가능하다. 측정범위는 양이온, 음이온 모두 $0 \sim 2,000,000\text{ea}/\text{cm}^3$ 까지 측정이 가능하며, STN액정 표시기가 있어 실시간으로 양이온과 음이온의 양을 파악할 수 있다.

폭염시 토지이용유형별 보행공간 이온지수의 상관성 분석을 위해 SPSS ver 18.0을 사용하여 일원배치분산분석(one way ANOVA)의 사후분석을 통해 유의수준 0.05에서 DMRT (Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다. 또한, 상관성분석을 통하여 상관성이 나타난 항목을 중심으로 다중회귀분석을 실시하였다.

$$T = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \times (T_2 - T_1) + T_1$$

(Formula 1. Correction Formula)

(t : 기준시각, T : 기준시각의 온도, t_1, t_2 : 관측시각, T_1, T_2 : 각 관측지점에서 관측한 시각의 온도)

$$\text{Air Ion Index} = \frac{\text{Negative Air Ion}}{\text{Positive Air Ion}}$$

(Formula 2. Air Ion Index Formula)

결과 및 고찰

1. 충주시 기상특성 및 폭염일수

연구를 수행한 2018년과 충주시의 기상특성을 비교하기 위해 2017년 기상특성을 분석했다(Figure 2). 7월에 평균 26.3℃로 가장 높은 기온을 보였다. 상대습도 또한 78.6%로 7월에 가장 높은 경향을 나타냈다. 풍속은 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 충주시의 2018년 7월 기온 분석 결과, 평균 기온 27.2℃, 최고기온 37.6℃, 최저기온 16.5℃로 분석되었다. 폭염 주의보 기준 2일 이상 낮기온이 33℃를 상회하는 일수가 18일로 나타났고, 폭염 경보 기준 준 2일 이상 낮기온이 35℃를 상회하는 일수가 12일로 나타났다. 폭염 주의보는 일 최고기온이 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 내려지는 폭염특보이며, 폭염경보는 일 최고 기온이 35℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 내려지는 폭염특보이다(KMA, 2018).

기상청 기상자료 개방포털에 의하면(Table 2) 충주시는 최근 10년간 14.5일의 폭염일수를 기록했고, 2018년에 38일로 가장 많은 폭염일수를 기록했고, 비슷한 규모의 중소도시인 이천시는 최근 10년간 평균 15.3일의 폭염일수를 기록했다. 대도시의 경우, 대한민국의 수도인 서울특별시는 평균 11.5일의 폭염일수를 기록했고, 대한민국에서 가장 더운 도시로 손꼽히는 대구광역시도 최근 10년간 폭염일수는 평균 32일로 나타났다. 최근 10년간 충주시는 이천시, 대구광역시에 비해 평균 폭염일수는 적게 나타났고, 7월~8월에 대부분의 폭염이 나타나는 것으로 분석되었다.

2. 폭염시 토지이용유형별 보행공간 기상특성 분석

1) 기온

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 기온과 이온지수의 관계를 분석하기 위해 폭염시 토지이용유형별 기온을 측정하였다. Green Area은 최고기온 34.00℃, 최저기온 32.52℃ 평균기온 33.29℃로 측정되었다. Commercial Area는 최고기온 35.51℃, 최저기온 33.59℃ 평균기온 34.53℃로 측정되었다. Residential Area는 최고기온 35.08℃, 최저기

온 32.20℃ 평균기온 33.79℃로 측정되었다. 유형별 평균기온은 Commercial Area > Residential Area > Green Area 순으로 분석되었고 최고기온, 최저기온 또한 Commercial Area에서 가장 높은 경향을 보였다. Commercial Area가 다른 지역에 비해 기온이 높은 것은 자동차로부터의 배열이나, 일사에 의해 고온화 되기 쉬운 특성 등이 원인으로 작용했을 것으로 사료되었다(Yoon et al., 2008).

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 기온 분석을 위해 일원배치 분산분석(one way ANOVA)의 사후분석을 통해 유의수준 0.05에서 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 3). 기온은 유의확률이 0.05보다 작으므로 분석되었으며($P < 0.05$), 이에 던컨의 다중비교검정 결과, Green Area, Commercial Area, Residential Area의 평균은 유의한 차이를 보여 총 3개의 집단으로 구분되었다. 사후검정 결과에 따라 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 기온은 Commercial Area(34.5303) > Residential Area(33.7877) > Green Area (33.2998) 순으로 분석되었다.

2) 상대습도

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 상대습도와 이온지수의 관계를 분석하기 위해 폭염시 토지이용유형별 상대습도를 측정하였다. Green Area은 최고 상대습도 59.01%, 최저 상대습도 50.79% 평균 상대습도 55.57%로 측정되었다. Commercial Area는 최고 상대습도 55.58%, 최저 상대습도 43.65% 평균 상대습도 49.76%로 측정되었다. Residential Area는 최고 상대습도 59.90%, 최저 상대습도 51.10% 평균 상대습도 55.08%로 측정되었다. 유형별 평균 상대습도는 Green Area > Residential Area > Commercial Area 순으로, 도시지역 내 토지이용유형별 상대습도에 관련된 기존 연구와 동일한 경향을 보였다(Yoon et al., 2008). 또한 최고 상대습도, 최저 상대습도 두 항목 다 도심지 유형인 Commercial Area보다 Green Area과 Residential Area에서 높은 경향을 보였으며, 이는 생산농지지역의 영향으로 사료되었다. 기온과 상대습도의 특성 분석 결과, 고온역에서는 저습역이, 저온역에서는 고습역이 형성된다는 선행연구(Yoon et al., 2004)와 일치하는 경향이였다. 이는 기온과 상대습도는 반비례하는 경향, 즉 기온이 높은 곳에서는 상대습도가 낮았고, 기온이 낮은

Table 2. Number of Days of Heat Wave in Chungju Over the Past 10 Years(KMA, 2018)

Division	City	May	June	July	August	September	Total
Small and medium-sized cities	Chungju	0.1	0.7	4.8	8.7	0.2	14.5
	Icheon	0.1	1	4.9	9.3	0	15.3
Metropolis	Seoul	0.1	0.4	4	7	0	11.5
	Deagu	1.1	3.3	12.7	13.7	1.2	32

곳에서는 상대습도가 높은 것으로 나타났다(Kim et al., 2016).

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 상대습도 분석을 위해 일원배치 분산분석(One way ANOVA)의 사후분석을 통해 유의수준 0.05에서 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 3). 상대습도는 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 분석되었으며($P < 0.05$), 이에 던컨의 다중비교검정 결과, Green Area, Residential Area의 평균은 유의한 차이를 보이지 않았지만, Green Area, Residential Area와 Commercial Area의 평균은 유의한 차이를 보여, 총 2개의 집단으로 구분되었다. 사후검정 결과에 따라 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 상대습도는 Green Area(55.5783) > Residential Area(55.0839) > Commercial Area(49.7653) 순으로 분석되었다.

3) 일사량

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 일사량과 이온지수의 관계를 분석하기 위해 폭염시 토지이용유형별 일사량을 측정하였다. 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 일사량 분석결과, Green Area은 최고 일사량 900.95W/m², 최저 일사량 831.16W/m², 평균 일사량 872.84W/m²로 측정되었다. Commercial Area는 최고 일사량 947.48W/m², 최저 일사량 812.24W/m², 평균 일사량 870.41W/m²로 측정되었다. Residential Area는 최고 일사량 1008.03W/m², 최저 일사량 846.29W/m², 평균 일사량 935.43W/m²로 측정되었다. 유형별 평균 일사량은 Residential Area > Green Area > Commercial Area 순으로 분석되었다. 고층 건축물의 영향으로 Commercial Area가 가장 낮은 일사량이 측정된 것으로 사료되었다.

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 일사량 분석을 위해 일원배치 분산분석(one way ANOVA)의 사후분석을 통해 유의수준 0.05에서 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 3). 일사량은 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 분석되었으며($P < 0.05$), 이에 던컨의 다중비교검정 결과, Green Area, Commercial Area의 평균은 유의한 차이를 보이지 않았지만, Green Area, Commercial Area와 Residential Area의 평균은 유의한 차이를 보여, 총 2개의

집단으로 구분되었다. 사후검정 결과에 따라 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 일사량은 Residential Area(935.4315) > Green Area(872.8409) > Commercial Area(870.4116) 순으로 분석되었다.

4) 순복사량

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 순복사량과 이온지수의 관계를 분석하기 위해 폭염시 토지이용유형별 순복사량을 측정하였다. 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 순복사량 분석결과, Green Area은 최고 순복사량 596.44W/m², 최저 순복사량 506.65W/m², 평균 순복사량 544.64W/m²로 측정되었다. Commercial Area는 최고 순복사량 671.10W/m², 최저 순복사량 586.63W/m², 평균 순복사량 628.59W/m²로 측정되었다. Residential Area는 최고 순복사량 770.09W/m², 최저 순복사량 577.69W/m², 평균 순복사량 645.87W/m²로 측정되었다. 유형별 평균 순복사량은 Residential Area > Commercial Area > Green Area 순으로 측정되었다.

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 순복사량 분석을 위해 일원배치 분산분석(one way ANOVA)의 사후분석을 통해 유의수준 0.05에서 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 3). 순복사량은 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 분석되었으며($P < 0.05$), 이에 던컨의 다중비교검정 결과, Green Area, Commercial Area, Residential Area의 평균은 유의한 차이를 보여 총 3개의 집단으로 구분되었다. 사후검정 결과에 따라 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 순복사량은 Residential Area(645.8754) > Commercial Area(628.5980) > Green Area(544.6468) 순으로 분석되었다.

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 기상특성의 경우, 기온은 Commercial Area(34.5303℃) > Residential Area(33.7877℃) > Green Area(33.2998℃) 순으로 분석되었다. 도심지 관통도로 보행공간(Commercial Area)이 가장 높았고, 녹지지역이 많은 Green Area은 가장 낮은 경향을 보였다. 상대습도의 경우 Green Area(55.5783%) > Residential Area(55.0839%) > Commercial Area(49.7653%) 순으로 분석되었다. 상대습도는 기온과 반대로 도심지(Commercial Area) 일수록 낮은 경향을 보임과 동시에 녹지지역이 긴 구간인

Table 3. Weather Characteristics of Pedestrian Space by Land Use Type in Urban Penetration Road Duncan Multiple Range Test

Division	Air Temperature	Relative Humidity	Solar Radiation	Net Radiation
Green Area	33.2998a ^q	55.5783b	872.8409a	544.6468a
Commercial Area	34.5303c	49.7653a	870.4116a	628.5980a
Residential Area	33.7877b	55.0839b	935.4315b	645.8754b

^q : Means followed by different letters indicate significant differences using Duncan's multiple range test at 5% level.

Green Area이 가장 높은 경향을 보였다. 일사량은 Residential Area(935.4315W/m²) > Green Area(872.8409W/m²) > Commercial Area(870.4116W/m²) 순으로 Commercial Area가 가장 낮은 경향을 보였다. 이는 Green Area, Residential Area에 비해 높은 높이의 건축물의 영향으로 사료되었다. 순복사량은 Residential Area가 가장 높았으며, Residential Area(645.8754W/m²) > Commercial Area(628.5980W/m²) > Green Area(544.6468W/m²)순으로 분석되었다. 이는 도심지 내부의 불투수포장면과 바람길의 차단, 그리고 도시열섬현상의 영향으로 사료되었다.

3. 폭염시 토지이용유형별 보행공간 공기이온 특성 분석

1) 양이온 발생량

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 양이온과 이온지수의 관계를 분석하기 위해 폭염시 토지이용유형별 양이온 발생량을 측정하였다. 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 양이온 발생량은 다음과 같다. 양이온 발생량은 Green Area에서 최고 666.143ea/cm³, 최저 506.282ea/cm³, 평균 589.73ea/cm³로 측정되었다. Commercial Area는 최고 773.22ea/cm³, 최저 634.92ea/cm³, 평균 700.73ea/cm³로 측정되었다. Residential Area는 최고 665.66ea/cm³, 최저 534.31ea/cm³, 평균 600.76ea/cm³로 측정되었다. 유형별 평균 양이온 발생량은 Commercial Area(700.73ea/cm³) > Residential Area(600.76ea/cm³) > Green Area(589.73ea/cm³) 순으로 분석되었고 최고 양이온 발생량, 최저 양이온 발생량 또한 Commercial Area에서 가장 높은 경향을 보였다. 이는 Commercial Area에서 대기 중 미세먼지와 자동차에 의해 발생하는 질소화합물에 의한 것으로 사료되었다(Jin, 2005).

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 양이온 발생량 분석을 위해 일원배치 분산분석(one way ANOVA)의 사후분석을 통해 유의수준 0.05에서 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 4). 양이온 발생량은 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 분석되었으며(P<0.05), 이에 던컨의 다중비교검정 결과, Green Area, Residential Area의 평균은 유의한 차이를 보이지 않았지만, Green Area, Residential area와 Commercial Area의 평균은 유의한 차이를 보여, 총 2개의 집단으로 구분되었다. 사후검정 결과에 따라 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 양이온 발생량은 Commercial Area(700.7259) > Residential Area(600.7630) > Green Area(589.7373) 순으로 분석되었다.

2) 음이온 발생량

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 음이온과 이온지수의 관계를 분석하기 위해 폭염시 토지이용유형별 음이온 발생량

을 측정하였다. 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 음이온 발생량은 다음과 같다. 음이온 발생량은 Green Area에서 최고 821.86ea/cm³, 최저 554.70ea/cm³, 평균 663.95ea/cm³로 측정되었다. Commercial Area는 최고 623.97ea/cm³, 최저 466.52ea/cm³, 평균 527.48ea/cm³로 측정되었다. Residential Area는 최고 680.34ea/cm³, 최저 541.29ea/cm³, 평균 628.48ea/cm³로 측정되었다. 유형별 평균음이온 발생량은 Green Area(663.95ea/cm³) > Residential Area(628.48ea/cm³) > Commercial Area(527.48ea/cm³) 순으로 분석되었고 최고 음이온 발생량, 최저 음이온 발생량 또한 Green Area에서 가장 높은 경향을 보였다. 이는 Green Area의 생산녹지지역이 불투수포장율과 건폐율이 낮고, 녹지율이 높아 음이온 발생량이 높게 측정된 것으로 판단되었다(Yoon et al., 2012). 또한, 도시지역 내 음이온 발생량인 150~450ea/cm³ 보다는 많은 발생량이 나타났지만, 인간의 건강을 유지하기 위해 필요한 최소한의 음이온 발생량인 700ea/cm³에는 못 미치는 것으로 나타났다(Kang, 2003).

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 음이온 발생량 분석을 위해 일원배치 분산분석(one way ANOVA)의 사후분석을 통해 유의수준 0.05에서 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 4). 음이온 발생량은 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 분석되었으며(P<0.05), 이에 던컨의 다중비교검정 결과, Green Area, Commercial Area, Residential Area의 평균은 유의한 차이를 보여 총 3개의 집단으로 구분되었다. 사후검정 결과에 따라 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 음이온 발생량은 Green Area(663.9577) > Residential Area(527.4754) > Commercial Area(628.4883) 순으로 분석되었다.

3) 이온 지수

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 이온지수는 다음과 같다. 이온지수는 Green Area에서 최고 1.44, 최저 0.90, 평균 1.13로 측정되었다. Commercial Area는 최고 0.97, 최저 0.66, 평균 0.75로 측정되었다. Residential Area는 최고 1.20, 최저 0.83, 평균 1.04로 측정되었다. 유형별 평균이온지수는 Green Area(1.13) > Residential Area(1.04) > Commercial Area(0.75) 순으로 분석되었고 최고 이온지수, 최저 이온지수 또한 Green Area에서 가장 높은 경향을 보였다. Commercial Area와 Residential Area는 대기 중 미세먼지와 자동차에 의해 양이온 발생량이 높으며(Ji, 2005), 음이온의 특성인 공기정화에 의해 배기가스, 대기오염물질에 반응하여 낮게 측정된 것으로 사료되었다(Oh, 2014).

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 이온지수 발생량 분석을 위해 일원배치 분산분석(one way ANOVA)의 사후분석을 통해 유의수준 0.05에서 DMRT(Duncan Multiple

Range Test)를 실시하였다(Table 4). 이온지수 발생량은 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 분석되었으며($P < 0.05$), 이에 던컨의 다중비교검정 결과, Green Area, Commercial Area, Residential Area의 평균은 유의한 차이를 보여 총 3개의 집단으로 구분되었다. 사후검정 결과에 따라 폭염시 토지이용유형별 보행공간의 이온지수 발생량은 Green Area(663.9577) > Residential Area(527.4754) > Commercial Area(628.4883) 순으로 분석되었다.

4. 폭염시 토지이용유형별 보행공간 비교분석

1) 요인간 상관성 분석

폭염시 토지이용유형별 보행공간의 기상특성과 공기이온 특성의 관계를 규명하기 위하여 상관성 분석을 실시하였다(Table 5). 선행연구의 음이온 발생량은 기온과 부의 상관관계, 상대습도와 정의 상관관계(Kim et al., 2017)가 나타난다는 연구결과를 바탕으로 Commercial Area를 가변수 1, Residential Area를 가변수 2, Green Area을 가변수 3로 설정하여 기상특성과 공기이온 특성과의 상관성 분석을 실시하였다.

토지이용유형과 정의 상관관계인 것은 상대습도(.738**), 음이온 발생량(.624**), 이온지수(.710**)로 분석되었으며, 부의 상관관계인 것은 기온(-.653**), 순복사량(-.577**), 양

이온 발생량(-.742**)으로 분석되었다. 생산녹지지역의 비율이 높은 지역일수록 상대습도, 음이온 발생량, 이온지수는 증가하는 것으로 나타났으며, 기온, 순복사량, 양이온 발생량은 감소하는 것으로 나타났다.

음이온 발생량과의 정의 상관관계인 것은 토지이용유형(.624**), 상대습도(.546**), 이온지수(.952**)로 분석되었으며, 부의 상관관계인 것은 기온(-.506**), 순복사량(-.434**), 양이온 발생량(-.744**)로 분석되었다. 이는 생산녹지지역에서 불투수 포장율과 견폐율이 낮고, 녹지율이 높기 때문에 음이온 발생량이 높게 측정된 것으로 판단되었다(Yoon et al., 2012). 또한 기온과는 -.506($P < 0.01$) 부의 상관관계로 기온이 높을수록 음이온 발생량이 적은 것으로 판단되었으며, 상대습도와는 .546($P < 0.01$) 정의 상관관계로 상대습도가 높을수록 음이온 발생량도 많은 것으로 판단되었다. 이는 음이온 발생량에 대해서 기온은 부의 상관관계, 상대습도는 정의 상관관계에 있다는 결과(Yoon et al., 2012)와 일치하는 경향을 보였다.

양이온 발생량과의 정의 상관관계인 것은 기온(.668**), 순복사량(-.277**)로 분석되었으며, 부의 상관관계인 것은 토지이용유형(-.742**), 상대습도(-.752**), 일사량(-.277**), 음이온 발생량(-.744**), 이온지수(-.906**)으로 분석되었다. 이는 양이온 발생량과 기온이 정의 상관관계라는 선행연구(Kim et al., 2018)와 일치하는 것으로 나타났다

Table 4. Air Ion Characteristics of Pedestrian Space by Land Use Type in Urban Penetration Road Duncan Multiple Range Test

Division	Positive Air Ion	Negative Air Ion	Air Ion Index
Green Area	589.7373a ^q	663.9577c	1.1370c
Commercial Area	700.7259b	527.4754a	.7541a
Residential Area	600.7630a	628.4883b	1.0499b

^q : Means followed by different letters indicate significant differences using Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 5. Correlation Analysis of Air Ion and Weather Characteristics by Land Use Types in Urban Penetration Road

Correlation coefficient	Land Use Type	Temperature	Relative Humidity	Solar Radiation	Net Radiation	Positive Air Ion	Negative Air Ion
Temperature							
Relative Humidity	-.653**						
Solar Radiation	.738**	-.692**					
Net Radiation	.100	-.048	.295**				
Positive Air Ion	-.577**	.464**	-.277**	.309**			
Negative Air Ion	-.742**	.668**	-.752**	-.277**	.392**		
Air Ion Index	.624**	-.506**	.546**	.118	-.434**	-.744**	
	.710**	-.605**	.660**	.187**	-.465**	-.906**	.952**

** indicate significant at the 0.01 level

2) 토지이용유형별 기상특성과 양이온 발생량 간 다중회귀분석

상관성 분석에서 유의성이 검증된 기상특성으로 양이온 발생량과의 인과관계를 파악하기 위하여 다중회귀 분석을 실시하였다(Table 6). 양이온과 상관성이 유의미한 토지이용 유형, 기온, 상대습도, 일사량, 순복사량으로 다중회귀 분석을 실시한 결과, 순복사량의 경우 다중 공선성 통계량의 공차평균은 1보다 낮았지만, 유의확률이 0.154($P>0.05$)로 분석되어 유의성이 부족한 것으로 확인되었다. 따라서 2변 다중회귀모형이 가장 적합하다고 판단되었다.

토지이용유형별 기상특성과 양이온 발생량 간 다중회귀 분석 결과, 적합하다고 판단된 모형2를 기준으로 다음과 같은 토지이용유형별 양이온 발생량 예측식을 얻었다

(Formula 3). 여기서 Y는 토지이용유형별 양이온 발생량이며, X_1 은 토지이용유형, X_2 은 기온, X_3 은 상대습도, X_4 은 일사량이다. 이 때 양이온 발생량에 대한 결정계수는 0.677로 R^2 은 67.7%로 설명되었다.

$$Y = -30.903X_1 + 18.427X_2 - 4.462X_3 - 0.196X_4 + 484.481$$

(Formula 3. Positive Ion Regression Formula)

3) 토지이용유형별 기상특성과 음이온 발생량 간 다중회귀분석

상관성 분석에서 유의성이 검증된 기상특성으로 음이온 발생량과의 인과관계를 파악하기 위하여 다중회귀 분석을 실시하였다(Table 7). 음이온과 상관성이 유의미한 토지이용

Table 6. Multiple Regression Analysis between Weather Characteristics and Positive Air Ion Characteristics by Land Use Type

모형	Unstandardized Coefficients		t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error			Toelrance	VIF
1 (Constant)	523.388	189.299	2.766	.006		
Land Use Type	-26.635	5.753	-4.630	.000	.299	3.339
Temperature	16.779	4.847	3.462	.001	.435	2.300
Relative Humidity	-4.847	1.133	-4.278	.000	.308	3.247
Solar Radiation	-.227	.060	-3.801	.000	.738	1.355
Net Radiation	0.93	.065	1.432	.154	.490	2.039
1 (Constant)	484.481	187.723	2.581	.011		
Land Use Type	-30.903	4.932	-6.266	.000	.409	2.442
Temperature	18.427	4.720	3.904	.000	.461	2.170
Relative Humidity	-4.462	1.103	-4.044	.000	.326	3.065
Solar Radiation	-.196	.056	-3.513	.001	.853	1.173

Table 7. Multiple Regression Analysis between Weather Characteristics and Negative Air ion by Land Use Type

모형	Unstandardized Coefficients		t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error			Toelrance	VIF
1 (Constant)	716.547	312.160	2.295	.023		
Land Use Type	34.600	9.464	3.656	.000	.302	3.312
Temperature	-7.931	7.982	-.994	.322	.438	2.286
Relative Humidity	3.972	1.813	2.191	.030	.328	3.046
Net Radiation	-.211	.100	-2.100	.037	.567	1.765
1 (Constant)	418.113	85.045	4.916	.000		
Land Use Type	35.437	9.426	3.759	.000	.304	3.286
Relative Humidity	4.879	1.600	3.012	.003	.422	2.372
Net Radiation	-.239	.096	-2.490	.014	.618	1.619

유형, 기온, 상대습도, 순복사량으로 다중회귀 분석을 실시한 결과, 기온의 경우 다중 공선성 통계량의 공차평균은 1보다 낮았지만, 유의확률이 0.322($P>0.05$)로 분석되어 유의성이 부족한 것으로 확인되었다. 따라서 2변 다중회귀모형이 가장 적합하다고 판단되었다.

토지이용유형별 기상특성과 음이온 발생량 간 다중회귀 분석 결과 다음과 같은 음이온 발생량 예측식을 얻었다. 토지이용유형별 기상특성과 음이온 발생량 간 다중회귀분석 결과, 적합하다고 판단된 모형2를 기준으로 다음과 같은 토지이용유형별 음이온 발생량 예측식을 얻었다(Formula 4). 여기서 Y는 토지이용유형별 음이온 발생량이며, X_1 은 토지이

용유형, X_2 은 상대습도, X_3 은 일사량이다. 이 때 음이온 발생량에 대한 결정계수는 0.422로 R^2 은 42.2%로 설명되었다.

$$Y = 35.437X_1 + 4.879X_2 - 0.239X_3 + 418.113$$

(Formula 4. Negative Ion Regression Formula)

4) 토지이용유형별 기상특성과 이온지수 간 다중회귀분석

상관성 분석에서 유의성이 검증된 기상특성으로 이온지수와의 인과관계를 파악하기 위하여 다중회귀 분석을 실시하였다(Table 8)(Fig 2). 이온지수와 상관성이 유의미한 토지이용

Table 8. Multiple Regression Analysis between Weather Characteristics and Air ion Index by Land Use Type

모형	Unstandardized Coefficients		t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error			Toelrance	VIF
1 (Constant)	1.295	.705	1.837	.068		
Land Use Type	.086	.021	4.027	.000	.299	3.339
Temperature	-.037	.018	-2.031	.043	.435	2.300
Relative Humidity	.012	.004	2.911	.004	.308	3.247
Solar Radiation	.001	.000	2.704	.007	.738	1.355
Net Radiation	-.001	.000	-3.058	.003	.490	2.039

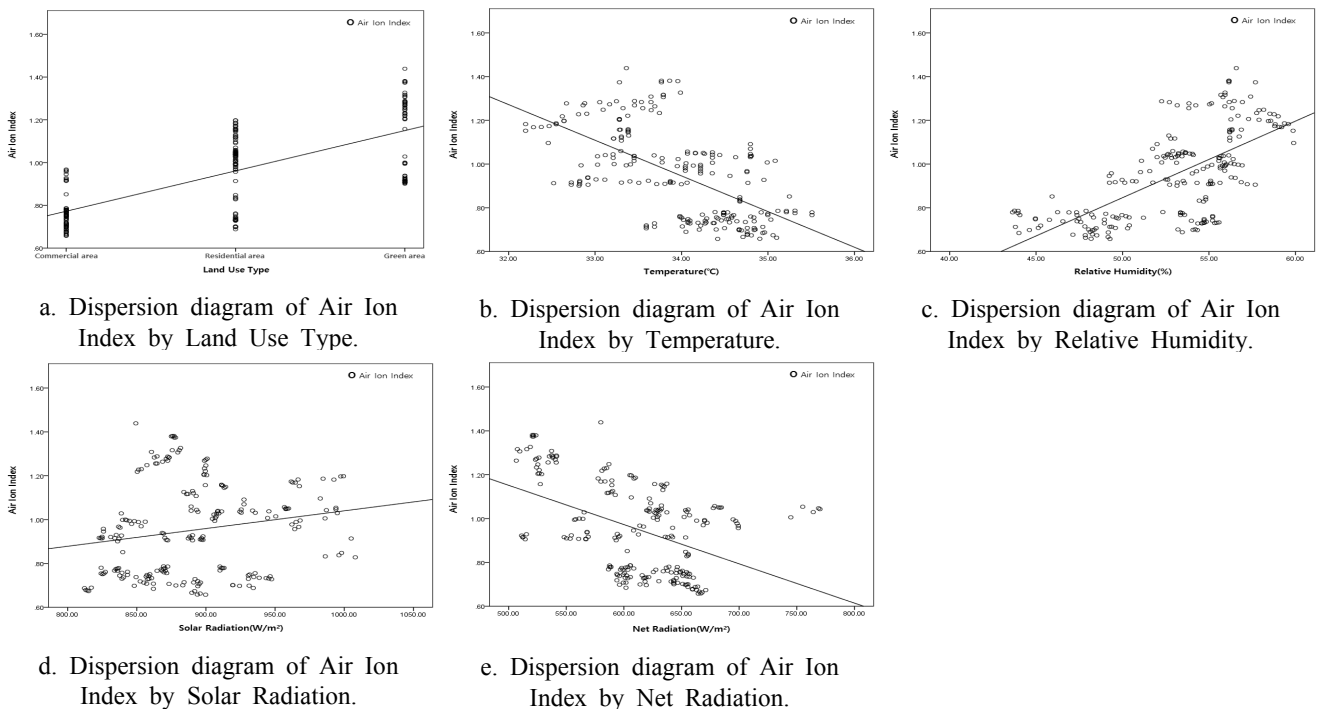


Figure 2. A Regression Analysis Graph between Weather Characteristics and Air ion Index by Land Use Type.

유형, 기온, 상대습도, 일사량, 순복사량으로 다중회귀 분석을 실시한 결과, 토지이용유형, 기온, 상대습도, 일사량, 순복사량 모두 다중 공선성 통계량의 공차평균은 1보다 낮았고, 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 분석되어 유의성이 검증 되었으므로, 1번 다중회귀모형이 적합하다고 판단되었다.

토지이용유형별 기상특성과 이온지수 간 다중회귀분석 결과 다음과 같은 이온지수 예측식을 얻었다(Formula 5). 토지이용유형별 기상특성과 이온지수 간 다중회귀분석 결과, 적합하다고 판단된 모형1을 기준으로 다음과 같은 토지이용유형별 이온지수 예측식을 얻었다. 여기서 Y는 토지이용유형별 이온지수이며, X₁은 토지이용유형, X₂은 기온, X₃은 상대습도, X₄은 일사량, X₅은 순복사량이다. 이 때 이온지수에 대한 결정계수는 0.582로 R²은 58.2%로 설명되었다.

$$Y = 0.086X_1 - 0.037X_2 + 0.012X_3 + 0.001X_4 - 0.001X_5 + 1.295$$

(Formula 5. Air Ion Index Regression Formula)

REFERENCES

- Anthony, F.J., C. Helen, M.F. Kathleen and R. Bryan(2002) Effectiveness of complementary and self-help treatments for depression. *The Medical Journal of Australia* 176(10): 84-96.
- Changnon, S.A., K.E. Kunkel and B.C. Reinke(1996) Impacts and responses to the 1995 heat wave: A call to action. *American Meteorological Society* 77(7): 1497-1506.
- Cho, Y.B.(2009) A study on the development of suitable locations evaluation model and therapy type to therapeutic forests. Ph. D. Dissertation, Univ. of Wonkwang, Korea.
- Goel, N. and G.R. Etwaroo(2006) Bright light, negative air ion and auditory stimuli produce rapid mood changes in a student population: a placebo-controlled study. *Psychological Medicine* 36(9): 1253-1263.
- Jauhiainen, J.S. and M. Monkkonen(2005) Seasonality: Nature, people's preferences and urban planning in Oulunsalo, Finland. *Landscape Research* 30(2): 273-281.
- Jin, S.Y.(2005) Anion and well-being, 1st ed., *The people of the land*, pp. 48-51.
- Joo, C.J., J.H. Jeong, Y.H. Yoon and J.H. Kim(2012) Identifying urban heat island decreasing effects of forests using biotope map. *Jour. Korean For. Soc.* 2012: 255-257.
- Kang, H.Y.(2003) *The secrets of Pythonicide. History Net.*
- Kim, J.H. and Y.H. Yoon(2013) The effect of anions concentration on summer and autumn by green area. *Seoul Studies* 14(3): 105-116.
- Kim, J.H., D.K. Oh and Y.H. Yoon(2012) Anion concentrations of urban regeneration stream through multiple regression analysis: targeting Cheonggyecheon in Seoul. *Seoul Studies* 13(3): 37-46.
- Kim, J.H., D.K. Oh and Y.H. Yoon(2016) An analysis of negative air ion generation according to geological structure of urban mountainous park: targeting to the Namsan in Seoul 27(2): 47-58.
- Kim, J.H., D.K. Oh, W.H. Choi and Y.H. Yoon(2017) Air ion distribution of traffic volume in urban area: Wiryeseong main road, in Songpa-gu, Seoul. *JKSUE* 17(2): 137-144.
- Kim, J.H., S.H. Lee and Y.H. Yoon(2018) Characteristics of ion index by type of land use in small city: Focused on Chungju. *JESI* 27(7): 489-497.
- Kim, J.Y., D.G. Lee and J. Kysely(2009) Characteristics of heat acclimatization for major Korean cities. *Korean Meteorological Society* 19(4): 309-318.
- Kim, S.K., W.S. Shin, M.K. Kim, P.S. Yeoun, J.H. Park and R.H. Yoo(2008) The effects of negative ions on stress responses and cognitive functions. *Jour. Korean For. Soc.* 97(4): 423-430.
- KMA(Korea Meteorological Administration)(2018) *Sky Love*. 201809(447): 5
- Koo, Y.S., J.E. Kim, J.S. Kim and S.H. Lee(2015) Study on the improvement of adaptation ability by vulnerability analysis of heat wave: The case of Busan metropolitan city. *Journal of The Korean Regional Development Association* 27(5): 331-347.
- Kwon, Y.S.(2018) Estimation and Countermeasure of the Heat Wave Cause of Daegu Metropolitan Basin from the Urban Structural Dimension. *Korea Research Institute For Human Settlements* 2018(9): 23-35.
- Lee, H.J., D.K. Lee and B.M. Kim(2018) Distribution of negative air ion concentration in urban neighborhood park by distance to road: A case of Yangjae Citizen's Forest, Seoul. *J. Environ. Impact Assess.* 27(2): 152-169.
- Lee, J.H.(1998) The visual effect of plants used the measurement of GSR for the reduction of stress. *J. People Plants Environ.* 1(1): 96-111.
- Lee, J.H.(2003) The effect of improving indoor air quality used anion by indoor plants. *Journal of the Korean Institute of Interior* 5(1): 89-98.
- Lee, S.H.(2018) Assessment of air ion based on valley microclimate: Focused on Mansu Valley in Woraksan National Park. Ph. M. Dissertation, Univ. of Konkuk, Korea.
- Nam, H.I.(2013) A study on anion concentration in relation to forest type, topography and altitude. Ph. M. Dissertation, Univ of Sangji, Korea.
- NIMIR(National Institute of Meteorological Research)(2011) Report on climate change scenario 2011: 117.
- Oh, D.K.(2014) Effect of negative air ions distribution impact by

- form of land cover in urban park. Ph. M. Dissertation, Univ. of Konkuk, Korea.
- Park, K.H., B.G. Song and J.E. Park(2016) Analysis on the effects of land cover types and topographic features on heat wave days. The Korean Association of Geographic Information Studies 19(4): 76-91.
- Ryu, S.K.(2012) A study on the decline and regeneration of urban center in Chungju, JK RDA 24(4): 77-94.
- Shin, W.S., P.S. Yeoun, K.H. Kim and J.H. Lee(2012) An amount of a negative-ion by forest climates. J. of KIFR 16(4): 125-131.
- Terman, M. and J.S. Terman(1995) Treatment of seasonal affective disorder with a high-output negative ionizer. Journal of Alternative and Complementary Medicine 1(1): 87-92.
- Terman, M. and J.S. Terman(2006) Controlled trial of naturalistic dawn simulation and negative air ionization for seasonal affective disorder. American Journal of Psychiatry 163(12): 2126-2133.
- Terman, M., J.S. Terman and D.C. Ross(1998) A controlled trial of timed bright light and negative air ionization of treatment of winter depression. Archives of General Psychiatry 55(10): 875-882.
- Wakamura, T., M. Sato, A. Sato, T. Dohi, K. Ozaki and N. Asou(2004) A preliminary study on influence of negative air ions generated from pajamas on core body temperature and salivary IgA during night sleep. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 17(2): 295-298.
- Westrin, A. and R.W. Lam(2007) Seasonal affective disorder: A clinical update. Annals of Clinical Psychiatry 19(4): 239-246.
- Yeon, J.H., B.C. Lee, S.I. Chang and J.H. Ko(2010) Development of traffic noise map for Chung-Ju si. Transactions of the KSNVE 2010(4): 606-607.
- Yoon, Y.H.(2004) Positive study of how green zones in the city effect the relief of micro-climate control. Korean J. Environ. Biol 22(2): 279-286.
- Yoon, Y.H., B.J. Park, W.T. Kim and H.S. Cho(2008) The intensity of the urban heat island by seasons according to land use patterns. JKPA 43(4): 21-30.
- Yoon, Y.H., D.K. Oh and J.H. Kim(2012) An analysis of anions distribution and correlation by biotope types in summer for pleasant urban environment. Urban Design 13(1): 51-62.
- Zee, C.G.(2009) The efficacy of anions. Seoul Living Books.