

대규모 평지형 공원 내 거리별 공기이온 평가^{1a}

- 서울시 송파구 올림픽공원을 사례로 -

김정호² · 이상훈^{3*} · 이명훈⁴ · 윤용한⁵

Evaluation of Air Ion According to the Distance in Large Flat Park^{1a}

- Focused on Olympic Park in Songpa-gu, Seoul -

Jeong Ho Kim², Sang Hoon Lee^{3*}, Myung-Hun Lee⁴, Yong Han Yoon⁵

요약

불투수포장면적의 증가는 도심지 내 열환경 악화, 물순환체계 단절 등의 문제점과 더불어 인간의 여러 가지 신체적·정신적 질병에 원인이 되기도 한다. 이에 도시공원 내 거리에 따른 공기이온 실태와 거리별 기상요소 및 공기이온과의 상관성을 분석하여, 향후 도심지 내 대규모 도시공원 조성 혹은 리모델링에 있어서 기후적 측면의 건강성을 고려한 도시공원 조성의 기초자료로 제시하고자 하였다. 연구대상지는 서울시 송파구 올림픽공원을 대상으로 거리에 따라 4개 유형으로 구분한 뒤, 구간을 A, B로 분류하였다. 측정지점은 80지점을 선정한 후 토지피복 및 식생현황을 조사한 후 기상요소, 공기이온을 측정하였다. 첫째, 구간별 녹지율은 A구간 Center(90%) > Inner(70%) > Outer-inner(10%) = Outer(10%), B구간 Center(100%) > Inner(60%) > Outer-inner(30%) > Outer(0%) 순이었다. 둘째, 기상요소의 경우 기온의 경우 Outer(24.18℃) > Outer-inner(22.90℃) > Inner(22.43℃) > Center(21.719℃)으로 분석되었으며, 상대습도의 경우 Center(46.49%) > Inner(43.36%) > Outer-inner(42.41%) > Outer(38.53%)으로 분석되었다. 셋째, 공기이온 중 양이온의 경우 Outer(435.71ea/cm³) > Outer-inner(415.16ea/cm³) > Inner(389.46ea/cm³) > Center(352.64ea/cm³)의 순이었으며, 음이온의 경우 Center(569.72ea/cm³) > Inner(499.83ea/cm³) > Outer-inner(410.58ea/cm³) > Outer(292.02ea/cm³) 순으로 Center로 갈수록 증가하는 것으로 분석되었으며, 도로와 가까워질수록 감소하는 것으로 분석되었다. 이온지수의 경우 Center(1.67) > Inner(1.31) > Outer-inner(1.08) > Outer(0.71)으로 분석되었다. 넷째, 상관성 분석결과 정(+)의 상관인 것은 음이온, 이온지수로 도로로부터 공원 Center로 갈수록 증가하는 것으로 분석되었으며, 부(-)의 상관인 것은 기온, 일사량, 양이온으로 도로와 가까워질수록 증가하는 것으로 분석되었다.

주요어: 이온지수, 음이온, 양이온, 토지피복, 기상요소

1 접수 2020년 3월 24일, 수정 (1차: 2020년 9월 3일, 2차: 2020년 10월 14일), 게재확정 2020년 10월 15일

Received 24 March 2020; Revised (1st: 3 September 2020, 2nd: 14 October 2020); Accepted 15 October 2020

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

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

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

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

a 이 논문은 2020년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 중견연구사업(NRF-2017R1A2B4008433).

* 교신저자 Corresponding author: sky565600@kku.ac.kr

ABSTRACT

Increasing impervious surfaces can cause various physical and mental illnesses as well as further problems like deterioration of the thermal environment and disconnection of the water circulation system in the downtown area. This study is intended to suggest baseline data for the future creation or remodeling of large-scaled urban parks in consideration of human health on the aspect of climate by analyzing air ions condition and correlation analysis between air ions and meteorological elements depending on distances from the center in the urban park. The study site was divided into four types by distances from the center of Olympic Park in Songpa-gu, Seoul, then classified as A and B. After selecting 80 points to record, land coverage and vegetation status were investigated, and then meteorological elements and air ions were measured. First, the green space rate by section is A section Center (90%)> Inner (70%)> Outer-inner (10%) = Outer (10%), B section Center (100%)> Inner (60%)> Outer- In order of inner (30%)> Outer (0%). Second, for weather factors, the temperature was analyzed by Outer (24.18°C) > Outer-inner (22.90°C) > Inner (22.43°C) > Center (21.719°C). For relative humidity, center (46.49%) > Inner (43.36%) > Outer-inner (42.41%) > Outer (38.53%) was analyzed. Third, In the case of cations in the air ions, Outer(435.71ea/cm³) > Outer-inner(415.16ea/cm³) > Inner (389.46ea/cm³) > Center (352.64ea/cm³). In the case of negative ions, Center (569.72ea/cm³) > Inner (499.83ea/cm³) > Outer-inner(410.58ea/cm³) > Outer (292.02ea/cm³). It was analyzed to increase toward Center, and analyzed to decrease with increasing distance from road. For the Air ion index, it was analyzed as Center (1.67) > Inner (1.31) > Outer-inner (1.08) > Outer (0.71). Negative ions was analyzed to increase when its measuring points close to the center and decrease with shortening distance to the road. Fourth, as a result of correlation analysis, positive(+) correlation is negative ions and ion index. These were measured to increase as the recording points closing to the center of the park from the road. The negative(-) correlation is temperature, solar radiation, and positive ions. These increased as getting closer to the road.

KEY WORDS: AIR ION INDEX, NEGATIVE ION, POSITIVE ION, LAND COVER, WEATHER FACTOR

서론

급격한 도시화는 생활의 발전을 가져오는 긍정적인 측면과 더불어 거대해진 도시로 여러 가지 문제점이 발생하고 있다. 도시화는 녹지의 감소, 도로 포장률의 증가, 도시 하천의 복개 등 지표면의 피복상태를 변화시키고 도시구조물을 증가시켰다. 도시화로 인한 불투수포장면적의 증가는 도심지 내 열환경 악화(Yoon *et al.*, 2007), 물순환체계 단절(Kim, 2012) 등의 문제점과 더불어 인간의 여러 가지 신체적·정신적 질병에 원인이 되기도 한다(Kim *et al.*, 2015).

이를 해결하기 위해 도심지 내 위치한 대규모 공원 및 녹지는 도시 기온 저감, 대기오염의 완화, 증발을 통한 습도조절 등 환경 위해성을 완화시키는 중요한 공간으로써 도시환경의 질을 개선시키고 있다(Kim *et al.*, 2015). 또한 녹지는 건강성 증진의 대표적 지표인 피톤치드와 음이온과 같은 물질을 생성하는 공간으로써, 인공구조물이 밀집된 도시공간에서 대규모

녹지가 조성된 도시공원은 이러한 건강증진효과를 받을 수 있는 공간으로 여겨지고 있다(Kim *et al.*, 2015).

공원 및 녹지 등에서 생성되는 공기이온은 공기 중의 원자, 분자 등이 양(+), 음(-)으로 대전된 상태를 말하며(Chee, 2009), 전기적 성질에 따라 전자를 잃은 상태로 양의 전기를 띄고 있는 양이온과 전자를 얻은 형태인 음이온으로 구분 지을 수 있다(Yamasita and Fenn, 1984; Ham *et al.*, 2011). 특히 공기이온 중 음이온의 경우 인간의 부교감 신경계를 자극하여 안정된 반응을 유도화 시키는 것으로 알려져 있으며, 또한 전기적 특성에 의해 오염물질에 음이온이 작용하여 지표로 가라앉게 되어 공기가 정화되는 효과가 있는 것으로 밝혀졌다(Chee, 2009).

선행연구로 밝혀진 공기이온의 효과로 양(+)이온의 경우 인체조직의 세포를 산화시키고, 교감신경을 자극하여 내분비계의 면역, 체액의 순환작용 등을 악화시켜 신체의 노화를 촉진시킨다(Chee, 2009). 반면 음(-)이온의 경우 부교감신경을 자극하여 몸을 안정된 반응으로 유도시키며, 또한 전기적 특성에 의한

각종 오염물질 등을 중화 침전시켜 공기정화 효과도 있는 것으로 보고되고 있다(Hwang *et al*, 1998). 선행연구에서 인간의 건강에 유익한 수준은 약 700개/cm³ 정도이며(Park *et al*, 2014), 일반적인 숲속에서는 2,000개/cm³ 정도 발생한다고 보고되었다(Um and Kim, 2010). 국립공원에서는 평균 700~1,700개/cm³ 정도 발생한다고 보고되었다(Kim *et al*, 2018b). 일반적으로 도심지에 분포하는 음이온은 150~450개/cm³로 확인되었으며(Chee, 2009), 도시공원의 경우 600~800개/cm³(Oh, 2014)로 나타났다. 도심지역 내 녹지를 대상으로 음이온 분포 연구(Kim and Yoon, 2013; Kim *et al*, 2015a; Kim *et al*, 2015b)는 다수 진행되었다. 그러나, 도심지역 내 음이온과 양이온을 고려한 연구는 부족한 상황이다. 대기 중 양이온과 음이온의 비율은 20세기 초에는 1:1.2였으나, 현재의 대기 상태는 양이온과 음이온의 비율이 1.2:1로, 한 세기 사이에 이온 밸런스가 역전되었으며, 양이온에 둘러싸인 대기 상태에서 생활하고 있다(Chee, 2009). 이에 대기중에 분포하는 양이온과 음이온의 비율을 고려하여, 도심지 내 공기이온 평가는 이온지수를 활용하고자 하였다. 이온지수는 대기 중 양이온과 음이온의 비율을 표현하는 것으로서 숫자가 클수록 음이온이 양이온에 비해 발생량이 더 많은 것을 의미하며, 숫자가 작을수록 양이온이 더 많은 것을 의미한다(Kim *et al*, 2018). 도심지 내 이온지수 연구(Kim *et al*, 2019; Yoon *et al*, 2019)는 토지피복 유형, 지형구조, 해발고, 기상요소 등 다양한 연구가 진행되었으나, 도심지 내 공원 내부 거리에 따른 공기이온 및 기상요소에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 대규모 평지형 도시공원 내 거리에 따른 공기이온 실태와 거리별 기상요소 및 공기이온과의 상관성을 분석하여, 향후 도심지 내 대규모 도시공원 조성 혹은 리모델링에 있어서 기후적 측면의 건강성을 고려한 도시공원 조성의 기초자료로 제시하고자 하였다.



Figure 1. Study area

연구방법

1. 연구대상지

본 연구는 실측을 중심으로 진행된 연구로서 중점인 거리에 따른 공기이온 평가를 위하여, 토지이용강도, 토지피복의 변수를 제한하기 위해 다음과 같은 조건을 지닌 연구대상지가 필요하였다. 첫째, 고밀화된 토지이용강도를 지닌 곳이며, 둘째, 동일한 속성의 피복이 75%에 이르는 곳이어야 했으며, 셋째, 사방이 동일한 특성을 지닌 곳이어야 했다. 이 3가지 조건을 만족하는 곳으로 사방이 8차선 도로로 구성되어 동일한 특성을 지니며, 지형의 변화가 적고 동일한 속성의 피복으로, 대규모 녹지가 분포하고 있는 서울특별시 송파구 올림픽공원을 연구대상지로 선정하였다(Figure 1>.

측정지점은 도시 기상에 녹지의 영향 범위는 봄철 약 70~80m라는 선행연구(Yoon *et al*, 2007)를 고찰한 뒤, 전체 공원의 거리를 산정하여, 공원 중심을 기준으로 약 40m 간격으로 760m 지점까지 선정하였다. 이를 토대로 사방위로 총 80개의 측정지점을 4개 유형으로 Center(0~160m), Inner(200~360m), Outer-inner(400~560m), Outer(600~760m)으로 분류하였으며, 수면지역이 포함된 지역을 고려하여, A, B 구간으로 구분하였다(Figure 2>.

2. 조사분석

본 연구에서 조사시기는 Yoon *et al*(2012)의 연구를 고찰하여 광합성량이 가장 높은 시간대인 10시부터 16시까지 측정을 진행하였으며, 2017년 5월 한달 간 실시하였으며, 현장조사 특성상 강우, 측정기기의 훼손 등 연구목적에 부합하지 않는 날의 데이터는 제외하고 분석에 활용하였다.

거리에 따른 공기이온 특성을 파악하기 위하여 양이온과 음

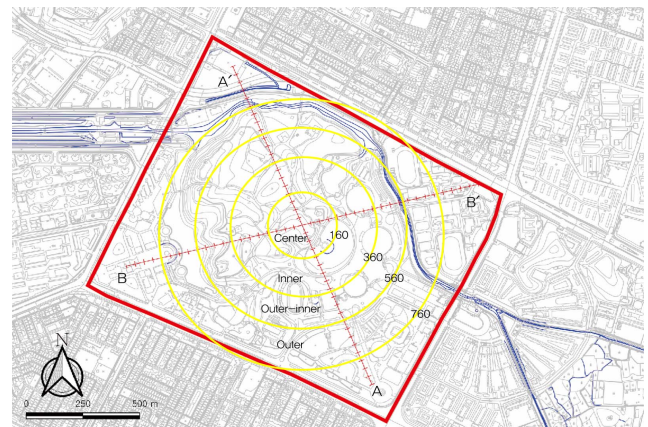


Figure 2. Measuring point

이온 발생량 측정은 선행연구(Kim *et al*, 2018; Lee, 2019)를 고찰하여 COM-3600(ComSystem, Japan) 장비를 측정 전 15분간 일반대기에 노출시켜 측정기를 안정화 시킨 후 진행하였다. 측정의 경우 이동측정을 통해 진행하였으며, 시간에 따른 오차를 보정하기 위하여 이온지수로 환산하여 분석을 실시하였다. 단순 음이온 발생량 또는 양이온 발생량은 동일한 경향을 나타낼 것으로 예상되므로 이온지수(Kim *et al*, 2017)로 환산하여 분석을 실시하였다. 이온지수란 대기 중 음이온 발생량과 양이온 발생량의 비율을 표현하는 것(Formula 1)으로서 숫자가 클수록 음이온 발생량이 양이온 발생량에 비해 더 많은 것을 의미하며, 숫자가 작을수록 양이온 발생량이 더 많은 것을 의미한다(Kim *et al*, 2017). 기상요소의 측정시간의 간격을 일정하게 유지하며, 시차 보정은 이동관측시 소요시간에 따라 출발지점과 도착지점 사이에 시간차가 생기는 것을 고려하여 보정식(Formula 2)을 이용하여 보정을 실시하였다(Joo *et al*, 2012)

$$AirIonIndex = \frac{Negative\ AirIon}{Positive\ AirIon}$$

Formula 1. Air Ion Index Formula

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

Formula 2. Correction Formula

(t : 기준시간, T: 기준시각의 온도, t₁, t₂: 관측시간, T₁, T₂: 각 관측지점에서 관측한 시각의 온도)

대기와 지표 사이의 전위차 영향을 최소화 하기 위해 지표면에서 1.5m 높이에서, 바람에 따라 쉽게 변화는 음이온의 수치를 최소화하기 위해 Jo(2009)의 측정방법에 따라 흡입구를 바람에 등지고 측정하였다. 또한 이온지수와 기상요소의 상관성을 파악하기 위해 기상요소의 측정은 공기이온 측정과 동시에

실시하였다. 기상요소와 공기이온 측정에 있어 가장 짧은 간격인 1분 간격으로 기상요소를 측정하여 자동기록하였으며, 측정 지점당 3반복으로 3분간 진행되었다.

기상요소와 공기이온과의 관계를 분석하기 위해서 기상 측정 데이터와 이온 측정데이터를 토대로 통계분석을 실시하였다. 통계분석은 SPSS Statistics Ver 25.0을 이용하여 기술통계, 일원배치 분산분석을 실시하였으며, 사후분석으로 던컨의 다중검정(Duncan's multiple range tset)을 이용하여 집단 간의 차이를 분석하였다. 항목별 관련성 분석은 상관성 분석을 실시하였으며, 상관성이 도출된 항목을 통해 거리에 따른 공기이온의 모델링을 제시하고자 회귀분석을 통해 예측식을 도출하였다.

결과 및 고찰

1. 거리별 토지피복 및 식생현황

기상요소 및 공기이온 측정시 관측지점에 영향을 미칠 수 있는 범위(Yoon *et al*, 2007)를 고찰하여 평지형 대규모 도시공원 내 거리에 따른 요소 및 공기이온을 파악하고자 40m 간격으로 80지점을 선정하여 토지피복과 식생현황을 조사하였다. 유형화한 결과, 총 4개 유형으로 Center(0~160m), Inner(200~360m), Outer-inner(400~560m), Outer(600~760m)으로 구분하였다.

A지점의 경우 녹지율은 Center(90%) > Inner(70%) > Outer-inner(10%) = Outer(10%)로 분석되었으며, Center에서 *Quercus acutissima*, *Chionanthus retusa*, *Castanea crenata* 등이 조사되었으며, Inner는 *Pinus koraiensis*, *Prunus armeniaca*, *Evodia daniellii*등이 조사되었다. Outer-inner에서는 *Pinus densiflora*가 주로 조사되었으며, Outer의 경우 *Zoysia japonica*로 이루어져 있었다. B지점의 경우 녹지율은 Center(100%) > Inner(60%) > Outer-inner(30%) > Outer(0%)

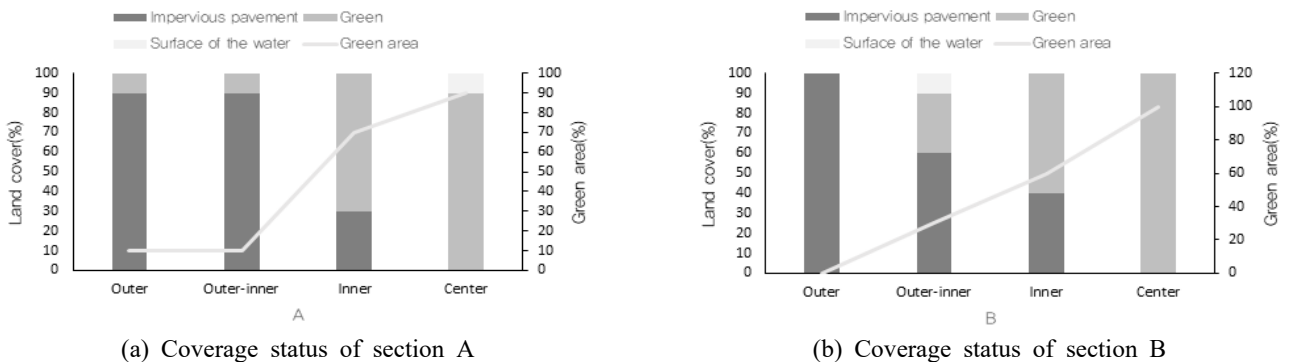


Figure 3. Coverage status of measuring point

로 분석되었으며, Outer-inner지점에서 수면의 비율이 10%로 기상요소 및 공기이온에 영향을 줄 것으로 사료되었다. Center에서 *Zelkova serrata*, *Chionanthus retusa*, *Pinus densiflora* 등이 조사되었으며, Inner는 *Pinus koraiensis*, *Prunus armeniaca*, *Zoysia japonica* 등이 조사되었다. Outer-inner에서는 *Platanus occidentalis*가 주로 조사되었으며, Outer의 경우 *Zoysia japonica*로 이루어져 있었다.

2. 주요 측정항목 기술통계량

대규모 도시공원 내 거리에 따른 기상요소와 공기이온과의 관계를 파악하기 위하여, 기상요소의 경우 기온, 상대습도, 일사량을 측정하였으며, 공기이온의 경우 양이온, 음이온을 측정하여 이온지수로 환산한 뒤 분석하였다. 분석결과에 대한 일반적 특성을 파악하기 위하여 기술통계를 실시하였다(Table 2).

연구대상지 내 기온은 평균 22.81℃, 최고기온 27.30℃, 최저 기온 19.90℃로 측정되었으며, 그에 따른 표준편차는 1.61, 왜도 0.49, 첨도 -0.31로 분석되었다. 상대습도는 평균 42.70%, 최고 53.20%, 최소 31.80%로 표준편차는 4.94, 왜도 -0.38, 첨도 -0.69로 분석되었다. 일사량의 경우 평균 544.65W/m²,

최고 985.00W/m², 최소 4.00W/m²로 측정되었으며, 표준편차 348.79, 왜도 -0.41, 첨도 -1.64로 분석되었다. 기온, 상대습도, 일사량 모두 왜도 3미만, 첨도 10미만으로 측정값들은 정규성의 가정을 충족하는 것으로 나타났다.

공기이온 중 양이온의 경우 평균 398.24ea/cm³, 최고 646.00ea/cm³, 최소 212.00ea/cm³로 측정되었으며, 그에 따른 표준편차는 92.51, 왜도 0.56, 첨도 0.02로 분석되었다. 도심지 가로공간에 분포하는 양이온 분포량 약 500ea/cm³(Kim et al, 2017)보다 약 100ea/cm³ 더 적은 것으로 분석되었다. 공기이온 중 음이온의 경우 평균 443.04ea/cm³, 최고 872.00ea/cm³, 최소 109.00ea/cm³, 표준편차 158.24, 왜도 0.30, 첨도 -0.56으로 분석되었다. 일반적인 도심지에 분포하는 음이온 분포량 150~450ea/cm³(Chee, 2009)과 유사하였으며, 인간의 건강에 유익한 수준인 700ea/cm³(Park et al, 2006)보다 적은 것으로 분석되었다. 양이온과 음이온을 이용하여 이온지수로 분석한 결과 평균 1.19, 최고 2.73, 최소 0.29였으며, 표준편차 0.54, 왜도 0.63, 첨도 -0.18로 분석되었다. 국립공원 내 양이온, 음이온, 이온지수의 경우 왜도 3미만, 첨도 10미만으로 정규성의 가정을 충족하는 것으로 나타났다.

Table 1. Technical statistics for major measurement items(N=400)

Division	M ^z	SD	Maximum	Minimum	Skewness	Kurtosis
Temperature(°C)	22.81	1.61	27.30	19.90	0.49	-0.31
Relative humidity(%)	42.70	4.94	53.20	31.80	-0.38	-0.69
Solar radiation(W/m ²)	544.65	348.79	985.00	4.00	-0.41	-1.64
Positive air ion(ea/cm ³)	398.24	92.51	646.00	212.00	0.56	0.02
Negative air ion(ea/cm ³)	443.04	158.24	872.00	109.00	0.30	-0.56
Air ion index	1.19	0.54	2.73	0.29	0.63	-0.18

^z : M, mean; SD, standard Deviation

Table 2. Major Measurements One-Way ANOVA(N=400)

Division	Meteorological elements			Air Ion		
	Temperature(°C)	Relative humidity(%)	Solar radiation(W/m ²)	Positive Air Ion(ea/cm ³)	Negative Air Ion(ea/cm ³)	Air Ion Index
Outer	24.1820a ^z	38.5300c	789.41a	435.7100a	292.0200d	0.7096d
Outer-inner	22.9010b	42.4140b	628.12b	415.1600a	410.5800c	1.0785c
Inner	22.4340c	43.3580b	537.50c	389.4600b	499.8300b	1.3080b
Center	21.7130d	46.4940a	223.58d	352.6400c	569.7200a	1.6680d
F	60.565	65.550	71.156	16.759	100.289	92.417
p	.000	.000	.000	.000	.000	.000

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

3. 거리별 기상요소 및 공기이온

도심지역 녹지면적에 따른 음이온 발생량 연구(Kim *et al*, 2013)의 경우, 녹지면적에 따른 연구가 진행되었으나, 각각의 유형별 녹지율에 초점을 맞추어 그 결과 분석에 있어 일부 제한적이었다. 이에 본 연구에서는 평지형 대규모 도시공원 내 거리별 기상요소 및 공기이온을 측정하여, 통계적으로 검증하기 위하여 일원배치 분산분석을 실시하고, 사후분석으로 Duncan's multiple range test를 실시하였다(Table 3).

거리별 기상요소 및 공기이온의 경우 모든 항목에서 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 분석되어 거리 차이에 따른 측정값의 차이가 있다는 대립가설을 채택하게 되었다. 이는 측정된 기상요소의 값이 거리가 달라짐에 따라 그 값의 차이가 유의한 것으로 분석되었다.

기상요소 중 기온의 경우 Outer(24.18℃) > Outer-inner(22.90℃) > Inner(22.43℃) > Center(21.71℃)의 순으로 온도 차이는 크지 않지만 도로와 가까워질수록, 녹지 면적이 적을수록 기온이 높게 측정되었다. 이는 도로 지역에서 넓게 분포하고 있는 불투수포장이 일사에 의해 뜨거워지는 특성, 인공구조물에 의한 기류정체, 자동차에 의한 배열 등으로 인해 도로와 가까워질수록 기온이 상승한 것으로 사료되었다. Center로 갈수록 기온이 감소하는 것은 수목이 식재된 녹지가 주변 기온을 저감한다는 연구결과(Yoon, 2004)와 유사한 경향이었다. 상대습도의 경우 Center(46.49%) > Inner(43.36%) > Outer-inner(42.41%) > Outer(38.53%)으로 분석되었다. 거리별 일사량은 Outer(789.41W/m²) > Outer-inner (628.12W/m²) > Inner(537.50W/m²) > Center(223.52W/m²)로 분석되었다.

공기이온 중 양이온의 경우 Outer(435.71ea/cm³) > Outer-inner(415.16ea/cm³) > Inner(389.46ea/cm³) > Center(352.64ea/cm³)의 순으로 도로와 가까워질수록 증가하는 것으로 분석되었으며, 선행연구(Ling *et al*, 2010)에서 도로와 가까워질수록 양이온 발생량이 많아지는 결과와 유사한 경향을 보였다. 이는 대기 중 미세먼지, 도로에서 발생하는 질소화합물 등에 의한 것으로 사료되었다(Chee, 2009). Center로 갈수록 감소하는 것은 녹지 등에 의하여 중화되어 감소하는 것으로 사료되었다.

연구대상지 내 거리별 음이온의 경우 Center(569.72ea/cm³) > Inner(499.83ea/cm³) > Outer-inner(410.58ea/cm³) > Outer(292.02ea/cm³) 순으로 Center로 갈수록 증가하는 것으로 분석되었으며, 도로와 가까워질수록 감소하는 것으로 분석되었다. 선행연구(Lee *et al*, 2018)에서 도로와 가까워질수록 음이온 발생량이 감소하는 결과와 유사한 경향을 보였다. Center의 경우 도시지역 내 음이온 발생량인 500ea/cm³(Chee, 2009)보다는 많았으며, 도심지역 내 공원에서 발생하는 음이온 발생량(Oh, 2014)보다는 전체적으로 적은 것으로 분석되었다.

이온지수의 경우 Center(1.67) > Inner(1.31) > Outer-inner(1.08) > Outer(0.71)으로 분석되었다.

4. 거리별 측정항목 상관성분석

도로로부터 거리에 따른 평지형 대규모 도시공원 내 기상요소와 공기이온과의 관련성을 알아보기 위해 거리별 Outer = 1, Outer-inner = 2, Inner = 3, Center = 4를 가변수로 설정하여 상관성 분석을 실시하였다(Table 4).

거리에 따른 기상요소와 공기이온과의 상관성 분석 결과 모든 항목에서 유의성이 나타났으며, 풍속을 제외한 모든 항목에서 유의확률 0.000으로 높은 관련성을 보였으며, 풍속의 경우 유의확률 0.018로 분석되었다. 정(+)의 상관인 것은 상대습도(.563**), 음이온(.653**), 이온지수(.639**)로 도로로부터 Center로 갈수록 증가하는 것으로 분석되었으며, 도로에서 멀어질수록 음이온 발생량이 높아진다는 선행연구(Lee *et al*, 2018)와 유사한 경향이었다. 부(-)의 상관인 것은 기온(-.549**), 풍속(-.118*), 양이온(-.333**)으로 Center로부터 도로로 갈수록 증가하는 것으로 분석되었다. 도로와 가까워질수록 양이온 발생량이 높아진다는 선행연구(Ling *et al*, 2010)와 유사한 경향이었다. 본 연구에서는 기상특성과 공기이온에 주안점을 두어 분석하였기 때문에 추후 대기 중 오염물질(PM10, PM2.5 등) 농도에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

Table 3. Analysis of Air-Ion Correlation

Division	Distance	Temperature	Solar radiation	Positive Air Ion	Negative Air Ion
Temperature	-.527**				
Solar radiation	-.571**	.597**			
Positive Air Ion	-.302**	-.051	.200**		
Negative Air Ion	.673**	-.319**	-.586**	-.211**	
Air Ion Index	.641**	-.260**	-.555**	-.623**	.851**

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Table 4. Air ion model by distance

Type	Division	R^2	Nondistance coefficient		β	t	p	VIF	
			B	SD					
A area	(Constant)	.526	1005.896	110.016		9.143	.000		
	Positive Air Ion		Distance	-.294	.023	-.728	-12.764	.000	1.343
	Temperature		-22.911	5.088	-.291	-4.503	.000	1.729	
	Solar radiation	.053	.018	.198	3.029	.003	1.762		
	(Constant)	.684	-691.231	91.390		-7.564	.000		
	Negative Air Ion		Distance	.240	.019	.582	12.506	.000	1.343
Temperature	49.924		4.226	.623	11.813	.000	1.729		
Solar radiation	-.182	.015	-.664	-12.465	.000	1.762			
B area	(Constant)	.022	307.952	171.965		1.791	.075		
	Positive Air Ion		Distance	.094	.048	.250	1.932	.055	3.327
	Temperature		1.493	7.140	.028	.209	.835	3.552	
	Solar radiation	.027	.031	.110	.894	.372	3.026		
	Negative Air Ion	-.032	.058	-.070	-.544	.582	3.296		
	(Constant)	.696	1131.544	170.520		6.636	.000		
Negative Air Ion	Distance		.494	.047	.594	10.542	.000	2.058	
Temperature	-35.247		6.672	-.298	-5.283	.000	2.058		

5. 거리에 따른 공기이온 회귀분석

거리에 따른 공기이온 평가를 위해 구간별 양이온 발생량, 음이온 발생량, 이온지수를 분석하였다. 구간 A의 경우 양이온 발생량은 공원 중심으로 갈수록 양이온 발생량이 낮아졌으며, R^2 값은 0.526으로 분석되었으며, 음이온 발생량 공원으로 갈수록 음이온 발생량이 증가하였으며, R^2 값은 0.375로 분석되었다. 도로에서 멀어질수록 음이온 발생량이 높아진다는 선행연구(Lee et al, 2018)와 유사한 경향이였다. 이온지수의 경우 공원으로 갈수록 증가하였으며, R^2 값은 0.59로 분석되었다. 구간 B의 경우 양이온 발생량은 공원으로 갈수록 낮아졌지만, R^2 값은 0.054로 분석되었다. B지점에 위치한 하천의 영향으로 사료되었다. 음이온 발생량의 경우 공원으로 갈수록 증가하였으며, R^2 값은 0.676으로 분석되었다. 이온지수는 공원으로 갈수록 증가하다가, Inner 지점에서 감소하였으며, R^2 값은 0.473으로 분석되었다.

6. 거리에 따른 공기이온 모델

거리별 기상요소와 공기이온과의 상관관계 분석에서 상관성이 검증된 항목에서 공기이온 모델을 제시하기 위해 양이온 및 음이온에 미치는 변수들로 후진제거법을 사용하여 다중선형 회귀분석을 실시하였다.

A지역의 경우 양이온 발생량 다중회귀분석을 실시한 결과, R^2 값은 .526로 약 53%의 설명력을 가졌으며, 양이온 발생량의 다중회귀식은 $Y=1005.896+(-.294X_1)+(-22.911X_2)+0.053X_3$ (Y =양이온 발생량, X_1 =거리, X_2 =기온, X_3 =일사량)로 분석되었고, 통계적으로도 유의한($P<0.05$) 것으로 분석되었다. 음이온 발생량은 R^2 값은 .684로 약 68%의 설명력을 가졌으며, 다중회귀식은 $Y=-691.231+0.240X_1+49.924X_2+(-0.182X_3)$ (Y =음이온 발생량, X_1 =거리, X_2 =기온, X_3 =일사량)로 분석되었고, 통계적으로도 유의한($P<0.05$) 것으로 분석되었다.

B지역의 경우 양이온 발생량 다중회귀분석을 실시한 결과, R^2 값은 .022로 약 2%의 설명력을 가졌으며, 이는 B구간 내 수면지역에서 낮은 양이온 발생량과 Center지역 내 높은 양이온 발생량에 의한 것으로 사료된다. 양이온 발생량의 다중회귀식은 $Y=307.9520+(0.094X_1)+(1.493X_2)+0.027X_3+(-0.032X_4)$ (Y =양이온 발생량, X_1 =거리, X_2 =기온, X_3 =일사량, X_4 =음이온발생량)로 분석되었다. 음이온 발생량은 R^2 값은 .696으로 약 70%의 설명력을 가졌으며, 다중회귀식은 $Y=1131.544+0.494X_1+(-35.247X_2)$ (Y =음이온 발생량, X_1 =거리, X_2 =기온)로 분석되었고, 통계적으로도 유의한($P<0.05$) 것으로 분석되었다. B지역의 양이온 발생량의 경우 R^2 값이 낮게 분석된 것은 공원 내 수면 지역으로 인한 것으로 사료되었다.

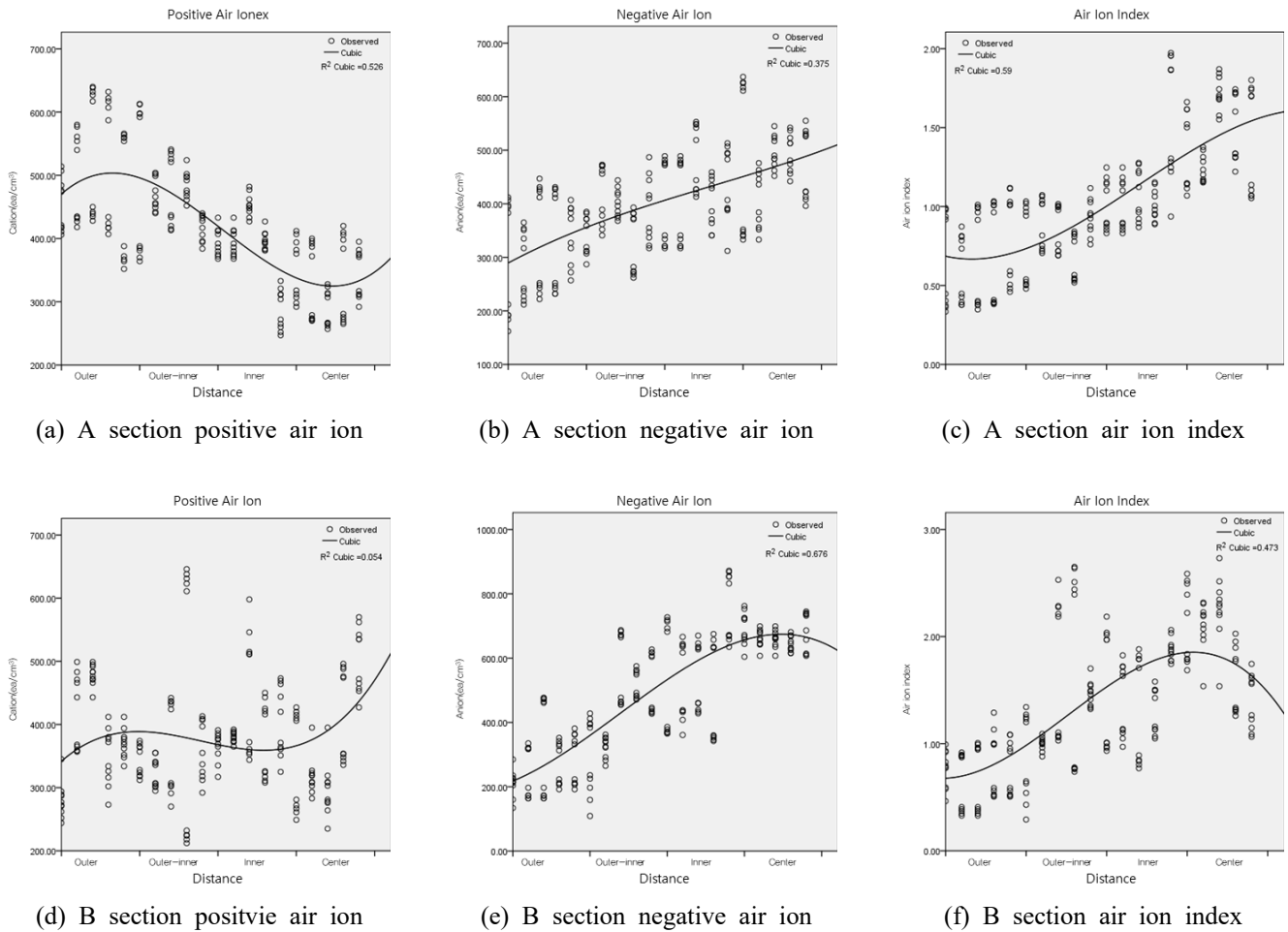


Figure 4. Air ion according to distance

REFERENCES

- Chee, C.K.(2009) Anionic effect(2nd ed.). Living Books, 183pp. (in Korean)
- Ham, K.J., K.Y. Park, M.S. Kim, J.M. Song, S.S. Lee and Y.S. Ok(2011) Research of Monoterpenes Content in the Atmosphere of Forest. *KJSSF* 44(6): 1126-1231. (in Korean with English abstract)
- Hwang, K.J., M.S. Rhee and D.Y. Ra(1998) Effect of Anion Generating Air Cleaner on the Components of ETS in a Closed Room. *Journal of the Korean Society of Tobacco Science* 20(1): 124-130. (in Korean with English abstract)
- Jo, 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. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S.(2012) The Difference in Temperature According to the Land Coverage and Vegetation Structure of Large-Scale Green Area in Seoul. Ph.M. Dissertation, Univ. of Seoul, Korea. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H., D.K. Oh and Y.H. Yoon(2015a) Comparative Analysis of Negative Air Ion Generation According to Vegetation Type of Green Space in Summer-Targeting to the Yangjae Citizen's Forest in Seocho-gu, Seoul. *Urban Design* 16(6): 19-33. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H., D.K. Oh and Y.H. Yoon(2015b) Effect of Green Space Type in Urban Park on Anions Distribution. *Urban Design* 16(1): 17-34. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H., D.K. Oh, W.J. 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. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H., S.H. Lee and Y.H. Yoon(2019) Evaluation of Air Ion According to the Type of Ridge in Urban Park-Focused on Tangeumdae Park in ChungJu-. *Kor. J. Env. Eco.* 33(5):

- 587-595. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H., S.H. Lee., W.T. Kim and Y.H. Yoon(2018) Characteristics Regarding Ion Index by Geomorphic Structure-About *Larix kaempferi* of Wolaksan National Park. *Kor. J. Env. Eco* 32(5): 486-496. (in Korean with English abstract)
- Kwon, Y.A.(2002) The influence of urban green areas on ambient air temperature in Seoul. Ph.D. Dissertation, Univ. of Konkuk, Korea. (in Korean with English abstract)
- Landsberg, H.E.(1981) *The Urban climate*. Elsevier. (in English)
- 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-27(2): 152-169. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.H.(2019) Assessment of Air Ion based on Valley Microclimate: Focused on Mansu Valley in Woraksan National Park. Ph.M. Dissertation, Univ. of Konkuk, Korea. (in Korean with English abstract)
- Ling, X., R. Jayaratne and L. Morawska(2010) Air ion concentrations in various urban outdoor environments. *Atmospheric Environment* 44(18): 2186-2193. (in English)
- 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. (in Korean with English abstract)
- Park, B.J., H. Hirano, T. Kagawa and Y. Miyazaki(2006) Physiological Effects of Sinrin-yoku(2). *Jour Korean For. Soc.* 2006: 554-556. (in Korean with English abstract)
- Um, T.W. and G.T. Kim(2010) Correlations Between Concentrations of Negative Ions and Forest Type, and Site Factors at National Forests in Yangyang-gun. *Kor. J. Env. Eco.* 24(5): 539-546. (in Korean with English abstract)
- Yamashita, M. and J.B. Fenn(1984) Negative ion production with the electrospray ion source. *Physical Chemistry* 88(20): 4671-4675. (in English)
- Yoon, Y.H., B.H. Bae., W.T. Kim., B.J. Park., S.M. Cho and H.S. Cho(2007) Effects of Land Use Pattern on Urban Heat Island in Chungju City. (in Korean with English abstract)
- Yoon, Y.H., J.H. Yoon and J.H. Kim(2019) Evaluation of Pedestrian Space Ion Index by Land Use Type in Heat wave-Focused on Chungju-. *Kor. J. Env. Eco.* 33(3): 354-365. (in Korean with English abstract)