

도심지 대규모 산지형 공원의 지형구조에 따른 음이온 발생량 분석*

- 서울시 남산을 중심으로 -

김정호** · 오득균*** · 윤용한****

An Analysis of Negative Air Ion Generation According to Geological Structure of Urban Mountainous Park*

- Targeting to the Namsan in Seoul -

Jeong Ho Kim** · Deuk Kyun Oh*** · Yong Han Yoon****

요약 : 이 연구는 서울시 남산을 대상으로 산지형 공원의 지형구조 차이가 음이온 발생량에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 기온은 사면부 (27.7℃) > 능선부 (27.6℃) > 계곡부 (26.6℃), 상대습도는 계곡부 (82.7%) > 사면부 (81.3%) > 능선부 (77.7%) 순이었다. 일사량은 사면부 (83.4W/m²) > 능선부 (37.4W/m²) > 계곡부 (22.6W/m²), 풍속은 능선부 (0.52m/s) > 사면부 (0.51m/s) > 계곡부 (0.48m/s) 순으로 나타났다. 음이온의 경우, 계곡부(677.50ea/cm³) > 능선부(561.17ea/cm³) > 사면부(380.33ea/cm³)로 분석되었으며, 계곡부에서 가장 높았다. 통계분석 결과, 지형구조 차이에 따른 음이온발생량의 차이는 통계적으로 유의한 것으로 분석되었고, 기상요소 중에서는 기온·일사량이 음이온발생량과 부의 상관성을 보였으며, 상대습도와는 정의 상관인 것으로 나타났다. 토양환경과 음이온 발생량은 토양 온도와 부의 상관, 토양수분과는 정의 상관인 것으로 분석되었다.

주제어 : 쾌적성, 분산분석, 숲길, 현존식생

ABSTRACT : The weather factors and negative air ion concentration differed according to the geological structure, and the negative air ion was Valley(677.50ea/cm³) > Ridge(561.17ea/cm³) > Slope(380.33ea/cm³). Temperature was Slope(27.7℃) > Ridge(27.6℃) > Valley(26.6℃), relative humidity Valley(82.7%) > Slope(81.3%) > Ridge(77.7%), solar radiation Slope(83.4W/m²) > Ridge(37.4W/m²) > Valley(22.6W/m²), and wind speed Ridge(0.52m/s) > Slope(0.51m/s) > Valley(0.48m/s). As for its correlation with the weather factor, there was a negative correlation with the air temperature and quantity of solar radiation. But relative humidity was a positive correlation. As for its correlation with the soil environmental factor, there was a negative correlation with the soil temperature and positive correlation with the soil moisture.

Key Words : comfort, ANOVA, walking trails, vegetation

* 이 논문은 2016년도 건국대학교 KU학술연구비 지원을 받은 연구의 결과물입니다.

** 건국대학교 녹색기술융합학과 교수(Professor, Department of Green Technology Convergence, Konkuk University)

*** 건국대학교 생명자원환경과학과 박사과정(Doctor's Course, Department of Life Resources and Environmental Sciences, Konkuk University)

**** 건국대학교 녹색기술융합학과 교수(Professor, Department of Green Technology Convergence, Konkuk University),

교신저자(E-mail: yonghan7204@kku.ac.kr, Tel: 043-840-3538)

I. 서론

우리나라는 성장위주의 경제개발로 인한 도시 인구의 집중으로 도시화가 가속되어왔다. 그 결과 양호한 자연생태계의 훼손 그리고 도시에서의 에너지 과다사용, 차량증가에 의한 배기가스와 먼지 등으로 인한 도시 환경오염은 심각한 문제로 대두되고 있다. 도시 환경오염은 우리나라뿐만 아닌 세계적인 관심사이며, 현재에는 대도시가 오염된 환경 문제를 해결하고 쾌적한 도시 환경의 확보하며 각종 환경 위해성을 완화시킬 수 있는 녹지의 중요성이 증대되고 있다(김정호 외, 2015).

녹지는 인간의 요구에 따라 다양한 기능을 수행하는데, 산지형 공원은 도시녹지네트워크의 거점으로 동·식물서식처와 이동통로 혹은 거점녹지의 역할을 하고 있을 뿐만 아니라 도시 내에서 부족한 자연과의 공감대 형성에 기여하고 있다. 현대 도시민들은 자연접촉과 자연친화 활동을 통해서 정신적 안정을 찾고, 질병을 예방 및 치유하려는 건강증진 욕구가 증대되고 있다. 녹지를 건강증진의 공간으로 활용하고 있는 것이다(조용복, 2009). 무엇보다 도심지 내 산지형 공원은 편리한 지리적 여건으로 시민들에게 필요할 때 접근하여 이용할 수 있는 기회를 제공하고 도시에 생기를 불어넣어 쾌적한 도시생활을 하게 하는 원동력을 주는 매우 큰 가치를 지닌다. 또한 도심지 내 산지형 공원은 도시민의 커뮤니티를 형성하는데 도움을 주고, 여가 활동 수요를 만족시켜 준다(김교정, 2012).

도시지역에서 녹지의 역할은 도시민들의 스트레스 완화효과(Mitchell and Popham, 2008)뿐만 아니라 도시기온 저감, 이산화탄소 흡수, 증발을 통한 습도조절, 그늘제공의 도시환경 개선에도 큰

역할을 수행하며(김정호·윤용한, 2011), 도시민의 건강 증진 측면에서 녹지의 중요성이 더 부각되고 있다. 녹지는 피톤치드, 음이온과 같은 인체에 긍정적인 영향을 미치는 물질을 생성하는 공간으로 도시민의 건강과 도시의 쾌적성에 큰 영향을 미치고 있다. 특히 음이온에 대한 연구는 1960년대 이후로 꾸준히 진행되어 왔으며, 전기적 특성에 의한 공기정화효과와 인체에 긍정적 영향을 미쳐 신진대사가 촉진되는 효과가 입증되어 왔다(박현수 외, 2014; 남해인, 2012).

이 연구는 대표적인 도심지 내 산지형 공원인 남산에서 건강의 대표적 인자인 음이온을 평가인자로 설정하고 도심지 내 산지형 공원의 지형구조에 따른 음이온의 분포상태와 각 유형에 따른 환경인자 및 음이온과의 상관성을 분석하여, 향후 건강을 위한 쾌적한 도심지 내 산지형 공원 조성·관리와 숲길 정비에 있어 지표설정을 위한 기초자료 제공을 목적으로 하였다.

II. 이론적 고찰

녹지에서 발생하는 건강물질의 주요 지표인자로 피톤치드와 음이온이 적용되는데, 피톤치드는 식물이 함유하고 있는 테르펜의 양으로 측정하고 음이온은 대기 중에 발생하는 음이온의 양으로 평가하고 있다. 일반적으로 도시는 오염된 공기가 많아 양이온이 증가하여 인간의 건강에 악영향을 미치며 양이온을 피로이온, 음이온을 상쾌한 이온 즉, 공기 중의 비타민이라고 일컫는다(윤용한 외, 2012).

이온이란, 공기 중 원자 또는 분유미립자가 전기적 성질을 띠는 것으로 운동도에 따라 대·소립자로 구분 할 수 있으며, 소립자중 양전하를 띠는

것을 양이온, 음전하를 띠는 것을 음이온이라고 한다. 음이온은 대표적으로 건강에 관련된 인자로 폭포, 분수, 식물의 광합성에서 발생하는 것으로 알려져 있으며 보통 자연녹지인 숲에서는 농도가 1,000ea/cm³ 이상이며 일반 고밀도심지 내에서는 150~450ea/cm³가 분포하고 있으며 건강을 위한 최소한의 음이온의 개수는 400~1,000ea/cm³로 제시되고 있다(엄태원·김갑태, 2010; 전경수·조용복, 2009).

선행연구들에 의하여 밝혀진 음이온의 효과로는 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째로 인간의 건강 증진 효과이다. 음이온은 인간의 부교감신경계를 자극하여 안정된 반응을 유도하는 것으로 알려져 있으며, 혈압·맥박·호흡을 안정화시킨다고 알려져 있다. 이러한 음이온의 효과와 치유인자를 복합적으로 이용하여 건강증진 효과를 기대하는 것이 녹지가 가지는 건강증진의 효과이다(이보구, 2011; 신원섭 외, 2012).

두 번째로는 음이온의 전기적 특성에 의한 공기정화 효과가 있다. 도심에서 발생하는 질소산화물 외에 미세먼지 등의 오염물질 등은 모두 양이온으로 대전되어있는데(진수웅, 2005; 이진희, 2003), 음이온의 전기적 특성이 양이온을 중화시켜 공기가 정화된다. 이러한 전기적 특성에 의한 공기정화효과는 대도시에서 에너지 과다사용, 차량증가에 의한 배기가스와 먼지 등의 대기오염완화 등 도시의 대기환경의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 이용될 수 있다. 이러한 음이온의 효과는 도심지 내에서 산지형 공원이 가지는 건강증진의 효과 외에 쾌적한 공기의 지표로 사용 될 수 있을 것으로 판단된다.

음이온에 대한 선행연구는 주로 자연지역 음이온 분포 연구(김익산 외, 2014; 전경수·조용복, 2009;

신원섭 외, 2012; 남해인, 2012; 이경민 외, 2012), 숲 관련인자에 따른 음이온 발생량 연구(김정호·윤용한, 2011; 엄태원·김갑태, 2010), 도시생태 특성별 음이온 분포 연구(윤용한 외, 2012; 오득균, 2014; 김정호 외, 2012), 음이온에 대한 산림건강 증진효과 연구(이보구, 2012; 신원섭 외, 2012) 등으로 다수 진행되어 왔다. 또한 양양군 국유림 지역의 음이온 농도와 임상, 숲 관련인자와의 상관연구(엄태원·김갑태, 2010)에서 지형구조의 차이에 따른 음이온 농도에 대한 연구가 일부 진행되었으나, 자연성이 양호한 국유림을 지역으로 진행된 연구로 도심지 환경에 적용하기에는 한계가 있었다.

이 연구는 도심지 내 산지형 공원에서 지형구조의 차이에 따른 음이온 발생량을 비교 분석하여 도시에서 이용할 수 있는 산지형 공원의 건강증진을 위한 숲길 정비 지표설정을 위해 연구를 진행하였다.

III. 연구방법

1. 연구대상지

연구대상지는 서울특별시 중구와 용산구에 걸쳐있는 남산으로 선정하였다. 남산은 서울의 중심부에 위치한 도시 자연공원의 역할을 수행하고 있으며, 대표적인 도심지 내 위치한 산지형 공원으로 도시민들 많이 이용하는 곳이다. 남산의 녹지의 규모는 면적 2.9km²이며, 해발 265m이다.

도시공간의 용도는 필요에 따라 변하지만, 공공공간에 대한 요구는 지속되어 왔다. 자연발생 공공공간이었던 남산은 공원으로의 다양한 인공개발을 겪었다. 남산은 도시·역사·환경 측면에서 긍정적인 특성을 가지고 있으며, 현재는 도시의 중

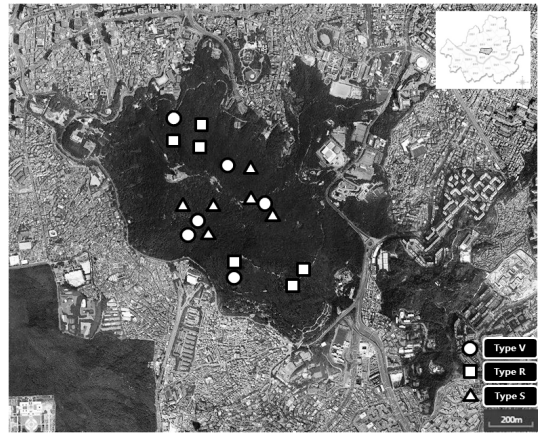
심에서 랜드마크 역할을 하고 있다. 또한 도심 중앙에 자리 잡은 생태환경이기 때문에 다양한 가치를 평가받고 있다(이수연, 2010). 이처럼 남산은 시민들이 많이 찾는 공간으로 공원녹지 뿐만 아니라 여가와 육체적·정신적 휴식공간으로 자리매김하고 있다.

측정지점은 연구대상지로 설정한 남산의 2.9km² 중에서 계곡부(Type V, Valley), 능선부(Type R, Ridge), 사면부(Type S, Slope) 3개 유형에 각 6개씩 총 18개의 측정지점을 선정하였으며, 계곡부는 상수에 의한 오차를 최소화하기 위해 반경 25m내에 흐르는 물이 없는 지점을 대상으로 실시하였다. 또한 향에 의한 오차를 고려하여 능선부를 제외한 계곡부와 사면부는, 남·북 각 3개 지점씩 선정하였다. 측정지점에 대한 위치는 <그림 1>과 같다. 측정지점의 선정은 지형구조별 현존식생 유형을 고려하여 선정하였다. 주요 현존식생은 소나무, 산벚나무, 신갈나무 등 이었으며 수목의 규격은 수고 6~15m, 흉고직경 15~25cm, 울폐도 70~80% 등이었다. 지형구조별 수목 밀도는 계곡부 817주/ha, 능선부 883주/ha, 사면부는 917주/ha로 나타났다(<표 1> 참조).

2. 조사분석방법

조사시기는 수목의 증산이 가장 활발하고(이경준, 2013) 인간의 옥외 활동이 활발한 시기인 여름에 초점을 맞춰 2015년 7월 12일부터 21일까지 10일간 실시하였으며, 현장조사 특성상 강우 등의 연구목적에 부합하지 않는 날의 데이터는 제외하고 분석에 활용하였다.

지형구조의 차이에 따른 음이온 발생량을 파악하기 위하여, 음이온 측정기는 COM-3600(Com



<그림 1> 연구대상지 및 측정지점

<표 1> 지형구조 별 측정지점 현존식생 및 밀도

구분	번호	향	현존식생	밀도(주/ha)
계곡부	1	S	단풍나무, 벚나무	200
	2	S	밤나무, 신갈나무	700
	3	S	소나무, 벚나무	600
	4	N	단풍나무, 벚나무	1100
	5	N	소나무	1600
	6	N	신갈나무	700
능선부	1	-	벚나무	1400
	2	-	신갈나무, 벚나무	700
	3	-	소나무	700
	4	-	벚나무, 아까시나무	800
	5	-	신갈나무	800
	6	-	소나무	900
사면부	1	S	벚나무	1700
	2	S	신갈나무	700
	3	S	신갈나무	900
	4	N	소나무, 벚나무	900
	5	N	신갈나무	600
	6	N	신갈나무	700

System, Japan) 장비를 이용하였다. 이 연구에 활용한 측정기는 대기 중 음이온 농도를 측정할 수 있을 뿐만 아니라 천연광석과 세라믹에서 발생하는 극소량의 음이온도 측정할 수 있을 만큼 민감한 센서로, 특히 자연계의 음이온 발생연구에 다

수 사용되며(김정호 외, 2012; 신원섭 외, 2012), 측정기기에 대한 객관성과 신뢰성이 지속적으로 검증되어 왔다. 측정 시간은 음이온의 발생과 수목의 광합성이 상관관계에 있다는 선행연구(이진희, 2004)를 고찰하여 광합성량이 가장 높은 시간대인 11시~15시 사이(이경준, 2013)에 측정을 진행하였으며, 측정 전 15분간 일반대기에 노출시켜 측정기를 안정화 시킨 후 컴퓨터를 활용한 자동 기록방식을 활용하여 측정자의 주관을 최대한 배제하였다. 음이온 측정은 15분간 실시하였으며, 측정간격은 4초로 한 측정지점 당 225개의 음이온 발생량을 기록하고, 그 평균값을 활용하였다. 또한 이동시 팬(Fan)의 전원을 끈 후 흡입구를 막아 이동에 따른 오차를 최소화 하였다. 음이온 측정의 경우 지전장의 영향을 최소화하기 위하여 지면에서 1.2m 높이에 삼각대를 설치하고 풍향에 의한 측정데이터의 오류를 최소화하기 위해 바람을 등지고 설치하였다.

또한 Wt-1000b(Mirea Sensor, Korea)를 이용하여 토양수분, 토양온도를 측정지점에서 유기물 층을 걷어낸 후 3회 반복 측정하였으며, 열선풍속계를 이용하여 1분 간격으로 측정지점의 기온과 풍속을 측정하였고, 상대습도, 일사량을 측정하였다. 측정지점의 지형구조별 현존식생 및 밀도를 조사하기 위해 방형구(10m × 10m)를 설치하여 현존식생과 본수를 조사하였다.

또한 지형구조와 음이온 발생량의 상관성을 파악하고자 SPSS ver 18.0을 활용해 기술통계, 상관성분석, 분산분석(Analysis of Variance, ANOVA)을 실시하였으며, 사후분석으로 Duncan's multiple range test(DMRT)를 실시하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 지형구조 별 주요 측정항목 기술통계량

남산의 지형구조별 주요 측정항목의 일반적 특성을 알아보기 위해 평균, 표준편차, 왜도 및 첨도를 구하였으며, 그 결과는 <표 2>와 같다.

측정지점별 기상요소의 경우, 기온은 사면부(27.66℃) > 능선부(27.60℃) > 계곡부(26.62℃) 순으로 사면부에서 기온이 가장 높은 것으로 측정되었다. 상대습도는 계곡부(82.67%) > 사면부(81.25%) > 능선부(77.67%) 순으로, 일사량은 사면부(83.40W/m²) > 능선부(37.36W/m²) > 계곡부(22.55W/m²) 순으로, 풍속은 능선부(0.52m/s) > 사면부(0.51m/s) > 계곡부(0.48m/s) 순으로 측정되었다.

기온은 능선부 보다 사면부에서 더 높게 측정되었는데 이는 지리적인 위치의 차이에 따라 사일사를 받기 때문인 것으로 판단되었으며, 일사량 측정 결과도 이를 방증하였다. 그러나 측정시간의 차이에 대한 오차의 가능성도 배제 할 수 없기 때문에 향후 보완연구 진행에 있어 고려해야 할 사항인 것으로 판단되었다.

측정지점별 환경요인의 경우, 토양온도는 사면부(24.39℃) > 능선부(23.90℃) > 계곡부(23.55℃) 순으로 사면부에서 토양온도가 가장 높은 것으로 측정되었다. 토양수분은 계곡부(13.39%) > 능선부(10.44%) > 사면부(10.28%) 순으로 측정되었다(<표 2> 참고). 토양온도는 사면부에서 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 수목의 울폐도 차이에 의하여, 일사량이 사면부에서 가장 높았기 때문으로 판단되었다.

정규성의 가정을 충족하는지 알아보기 위해 왜

〈표 2〉 지형구조 별 주요 측정항목 기술통계량 (N=18)

항목		M	SD	왜도	첨도
계곡부	기온(℃)	26.62	0.38	-0.470	-1.85
	상대습도(%)	82.67	3.15	-0.95	-0.15
	풍속(m/s)	0.49	0.03	0.74	0.08
	일사량(W/m ²)	22.63	8.63	0.61	-0.39
	토양온도(℃)	23.55	0.27	1.64	3.48
	토양수분(%)	13.39	1.74	0.62	-1.56
	음이온(ea/m ³)	677.50	22.04	0.67	-0.18
	식생밀도(주/m ²)	0.083	0.02	0.89	1.19
능선부	기온(℃)	27.60	0.27	0.584	-1.06
	상대습도(%)	77.67	1.52	-0.13	-2.28
	풍속(m/s)	0.52	0.03	1.45	1.64
	일사량(W/m ²)	37.36	6.96	1.40	1.75
	토양온도(℃)	23.90	2.10	2.73	0.48
	토양수분(%)	10.44	2.05	0.29	-2.26
	음이온(ea/m ³)	561.17	29.74	0.22	0.08
	식생밀도(주/m ²)	0.088	0.01	2.03	4.37
사면부	기온(℃)	27.66	0.26	0.58	1.57
	상대습도(%)	81.25	1.70	0.256	-1.23
	풍속(m/s)	0.51	0.03	1.01	2.39
	일사량(W/m ²)	83.40	30.79	2.12	4.99
	토양온도(℃)	24.39	0.82	0.32	-1.38
	토양수분(%)	10.28	1.25	0.33	0.87
	음이온(ea/m ³)	380.33	26.87	0.45	0.25
	식생밀도(주/m ²)	0.093	0.02	2.055	4.509

도와 첨도를 살펴보았다. 각 측정항목의 왜도 값은 -0.95~2.73, 첨도 값은 -2.28~4.99로 나타나 왜도의 값은 절대값 3 미만, 첨도의 값은 절대값 10 미만으로 주요 변인들은 정규성의 가정을 충족한다고 할 수 있다.

2. 지형구조 차이에 따른 기상요소 및 음이온 발생량

지형구조 차이에 따른 기상요소과 음이온 발생량을 통계적으로 비교 분석하기 위하여 분산분석을 실시하였다(〈표 3〉 참고).

〈표 3〉 지형구조 차이에 따른 기상요소 및 음이온 발생량 일원배치 분산분석(N=18)

	제곱합	df	평균제곱	거짓	유의확률	
기온	집단-간	11.472	2	5.736	12.677	.000
	집단-내	23,077	15	.452		
	합계	34,549	17			
습도	집단-간	239,083	2	119,542	4.471	.016
	집단-내	1363,625	15	26,738		
	합계	1602,708	17			
풍속	집단-간	.012	2	.006	1.239	.298
	집단-내	.255	15	.005		
	합계	.268	17			
일사	집단-간	36172,360	2	18086,180	9.573	.000
	집단-내	96356,660	15	1889,346		
	합계	132529,020	17			
음이온 발생량	집단-간	270485,444	2	135242,722	35,364	.000
	집단-내	57364,833	15	3824,322		
	합계	327850,278	17			

기상요소의 경우 기온, 습도, 일사는 유의확률 0.01 이하인 것으로 분석되어 지형구조 차이에 따른 측정값의 차이가 없다는 귀무가설을 기각하고 지형구조 차이에 따라 적어도 한 집단에서는 차이가 있다는 대립가설을 채택하게 되었다. 이는 측정된 기온, 습도, 일사량이 지형구조가 달라짐에 따라 그 값의 차이가 유의한 것으로 판단할 수 있다. 그러나 풍속의 경우 유의확률이 0.05를 상회하는 수치로 분석되어 풍속은 지형구조 차이에 따라 평

균값의 차이가 없다는 귀무가설을 채택하게 되어 지형의 차이에 따른 차이는 유의미하지 않은 것으로 판단되었다.

지형구조의 차이에 따른 기상요소와 음이온 발생량을 통계적으로 비교하기 위하여 사후분석으로 Duncan's multiple range test를 실시하였다(〈표 4〉 참조). 기온은 사면부와 능선부의 기온평균 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었으나, 계곡부는 기온 평균치가 통계적으로 유의한 것으

〈표 4〉 지형구조 차이에 따른 기상요소 및 음이온 발생량에 대한 DMRT(N=18)

지형구조	기온	상대습도	풍속	일사	음이온
계곡부	26.62 b ²	82.67 a	0.49 a	22.63 b	677.50 a
능선부	27.60 a	77.67 b	0.52 a	37.36 b	561.17 b
사면부	27.66 a	81.25 a	0.51 a	83.40 a	380.33 c

주: 1. z는 Duncan's multiple range test를 사용하여 5%수준에서 유의한 차이를 의미

로 분석되어 지형구조 차이에 따른 기온은 사면부 = 능선부 > 계곡부의 순이었다. 상대습도의 경우 계곡부와 사면부의 평균차이는 통계적으로 유의하지 않았으나, 능선부는 통계적으로 유의한 것으로 분석되어 계곡부 = 사면부 > 능선부의 순으로 상대습도가 유의하게 높은 것으로 판단되었다. 풍속은 능선부 > 사면부 > 계곡부의 순으로 나타났으나, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되어 지형구조에 따른 풍속의 차이는 없는 것으로 판단되었다. 일사는 사면부에서 계곡부와 능선부에 비하여 통계적으로 높은 것으로 분석되었으나 계곡부와 능선부의 평균차는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타나 사면부 > 능선부 = 계곡부의 순으로 판단되었다. 음이온 발생량은 지형구조간 평균차가 통계적으로 모두 유의한 것으로 분석되었으며, 계곡부 > 능선부 > 사면부의 순으로 음이온 발생량이 많은 것으로 판단되었다.

연구대상지 내 측정지점 평균 음이온 발생량은 계곡부에서 677.50ea/cm³, 능선부에서 561.17ea/cm³, 사면부에서 380.33ea/cm³으로 계곡부가 가장 높게 나타났다(<표 4> 참조). 일반적으로 도시지역 내 음이온 발생량인 150~450ea/cm³(전경수·조용복, 2009)와 비교해 볼 때, 계곡부와 능선부는 다소 많은 수준이었으며 사면부는 상대적으로 낮게 측정되었다. 이는 도심지 내에 위치한 도시 숲이라는 환경특성 때문에 주변 도로나 건축물로부터 배출되는 오염물질의 유입으로 인해 자연성이 양호한 녹지보다는 음이온 발생량이 낮은 것으로 판단되었다.

3. 지형구조별 기상요소와 음이온발생량 상관성

지형구조별 기상요소의 차이와 음이온 발생량과의 차이를 파악하기 위하여 상관성 분석을 실시

하였다(<표 5> 참조).

남산의 전체 측정지점을 대상으로 음이온발생량과 기상요소의 상관성을 분석한 결과, 상대습도와 기온의 경우 상관계수 $-0.361(P<0.01)$ 로 분석되어 기온과 상대습도는 반비례의 경향, 즉 기온이 높은 곳에서는 상대습도가 낮았으며, 기온이 낮은 곳에서는 상대습도가 높은 것으로 나타났다. 이는 고온역에서는 저습역이, 저온역에서는 고습역이 형성된다는 선행연구(윤용한, 2004)와 일치하는 경향이였다. 또한 기온의 경우 음이온발생량과 상관계수 $-0.415(p<0.01)$ 인 것으로 분석되어 기온이 높을수록 음이온 발생량이 낮은 것으로 판단되었다. 상대습도의 경우 $0.386(p<0.01)$ 인 것으로 분석되어 상대습도가 높을수록 음이온 발생량이 많은 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과는 기온은 음이온발생량과 부의 상관관계, 상대습도는 정의 상관관계라 보고한 결과(Wu et al., 2006; Tammet et al., 2006; 김정호 외, 2012; 윤용한 외, 2012)와 일치하는 경향이였다. 그러나 신원섭 외(2012)의 연구결과와는 반대의 경향인 것으로 나타났는데, 이는 음이온발생량 측정에 있어 한 측정지점에서 연속적으로 측정할 경우, 일사량이 높아질수록 음이온 발생량이 많아지므로 일사량이 높아지면 식물의 광합성이 촉진되어 음이온 발생량이 많아진다. 이에 따라 한 지점에서만 측정을 실시할 경우, 일사가 높고, 높은 일사에 의해 기온이 상승하며 음이온 발생량이 많아져 기온은 정의 상관관계, 상대습도는 부의 상관관계인 것으로 분석되지만(신원섭 외, 2012), 다양한 측정지점을 대상으로 실시할 경우, 현존식생나 식재밀도 등의 차이에 의하여 같은 일사량이라 해도 수목에 의한 일사차폐나 증산에 의하여 기온과 상대습도가 달라지기 때문에 상이한 결과(김정호 외, 2012; 윤용한 외, 2012)가

〈표 5〉 지형구조별 기상요소와 음이온발생량 상관성분석

상관계수		기온	상대습도	풍속	일사량
전체	상대습도	-.361**			
	풍속	.082	-.560**		
	일사량	.282*	-.129	.404**	
	음이온 발생량	-.415**	.386**	.002	-.337*
계곡부	상대습도	.543			
	풍속	.390	-.458		
	일사량	.289	.300	.083	
	음이온 발생량	.733	.890*	-.292	.380
능선부	상대습도	.408			
	풍속	.074	.378		
	일사량	-.517	-.857*	-.260	
	음이온 발생량	.122	.938**	.344	-.663
사면부	상대습도	-.903*			
	풍속	-.509	.366		
	일사량	-.586	.645	.788	
	음이온 발생량	-.878*	.946**	.575	.700

주: **부분은 0.01 수준에서 유의, *부분은 0.05 수준에서 유의를 의미

나타난 것으로 판단되었다.

각 지형별 음이온발생량과 기상요소의 상관성을 분석한 결과, 계곡부의 경우, 기온과의 상관관계는 나타나지 않았으나, 상대습도의 경우 상관계수 0.890($p<0.05$)로 정의 상관성을 보였다. 능선부에서도 상대습도와 0.939($p<0.01$)로 높은 상관성을 보이고 있었다. 그러나 사면부의 경우는 기온과 -0.878 ($p<0.05$), 상대습도와 0.946($p<0.01$)인 것으로 분석되어 각각 지형의 차이에 따라 음이온발생량에 영향을 미치는 기상요소가 다른 것으로 판단되었다. 이는 음이온발생에 다양한 요소가 영향을 미치는데(진수웅, 2005) 지형구조가 달라지면 그 지형구조에 따라 기상 및 기후 또한 달라지기 때문인 것으로 사료되었다. 뿐만 아니라 기상요소 중 기온, 일사량, 상대습도가 음이온발생에 중요한 요인인 것으로 나타났다(Wei et al., 2006).

4. 지형구조별 토양환경과 음이온발생량 상관성

토양환경에 따른 음이온 발생요인을 분석하기 위하여 상관성 분석을 실시하였다(〈표 6〉 참조). 그 결과, 남산 전체에 대하여 음이온발생량에 토양온도의 경우 상관계수 -0.264 ($p<0.05$), 토양수분의 경우 0.554($p<0.01$)인 것으로 분석되어, 토양온도는 음이온 발생에 부의 상관, 토양수분은 정의 상관인 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 음이온 발생에 있어 토양온도가 낮고 토양수분이 높을수록 음이온 발생량이 많은 것으로 판단할 수 있다.

지형구조별 토양환경차이에 따른 음이온 발생량과의 상관관계를 분석하였을 경우, 계곡부의 경우 토양온도와 토양수분 모두 음이온 발생에 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었으나, 능선부와 사면부의 경우 각각 상관계수 0.781($p<0.01$),

〈표 6〉 지형구조별 토양환경과 음이온발생량 상관성분석

		토양온도	토양수분
전체	토양수분	-.207	
	음이온 발생량	-.264*	.554**
계곡부	토양수분	-.632**	
	음이온 발생량	.240	-.213
능선부	토양수분	.566**	
	음이온 발생량	.307	.781**
사면부	토양수분	-.674**	
	음이온 발생량	-.273	.868**

주: **부분은 0.01 수준에서 유의,
*부분은 0.05 수준에서 유의를 의미

0.868($p<0.01$)로 정의 상관관계인 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과 또한 지형에 따라 음이온 발생에 영향을 미치는 요인이 각기 상이하기 때문인 것으로 판단되었다. 또한 토양 수분과 음이온발생량과는 정의 상관관계라는 선행연구(엄태원·김갑태, 2010)를 뒷받침하는 결과였다.

V. 결론

이 연구에서는 도시민들이 많이 이용하는 서울 중심에 위치한 산지형 공원인 남산을 대상으로 지형구조의 차이에 따른 기상요소와 토양환경이 음이온 발생량에 미치는 영향을 분석하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

첫째, 지형구조의 차이에 따른 기상요소와 토양환경의 경우, 측정지점별 기상요소 중 기온은 사면부(27.7℃) > 능선부(27.6℃) > 계곡부(26.6℃) 순으로, 상대습도는 계곡부(82.7%) > 사면부(81.3%) > 능선부(77.7%) 순으로, 일사량은 사면부(83.4W/m²) > 능선부(37.4W/m²) > 계곡부(22.6W/m²) 순으로,

로, 풍속은 능선부(0.52m/s) > 사면부(0.51m/s) > 계곡부(0.48m/s) 순으로 측정되었다.

둘째, 지형구조의 차이에 따른 음이온 발생량의 결과, 연구대상지 내 측정지점 평균 음이온 농도는 계곡부에서 677.50ea/cm³, 능선부에서 561.17ea/cm³, 사면부에서 380.33ea/cm³으로 분석되었으며, 계곡부에서 가장 높았다.

셋째, 지형구조의 차이에 따른 음이온 발생량은 통계적으로 유의한 것으로 분석되었으며, 사후검정 결과에서는 계곡부 > 능선부 > 사면부의 순으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

넷째, 기상요소와 음이온발생량과의 상관성을 분석한 결과, 남산 전체를 대상으로 기온과 일사량이 부의 상관관계, 상대습도는 정의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 그러나 지형구조별 상관성 분석 결과, 지형구조의 차이에 따라 음이온발생에 미치는 기상요소의 차이가 있는 것으로 분석되었다. 이는 선행연구 고찰결과 각각 대상지가 다르고, 대상지의 차이에 따라 기상과 기후에 차이가 있기 때문인 것으로 판단되었다.

다섯째, 토양환경과 음이온발생량과의 상관성을 분석한 결과, 남산 전체를 대상으로 토양온도와는 부의 상관, 토양수분과는 정의 상관이 있는 것으로 분석되었으며, 선행연구와 일치하는 결과였다.

이상의 분석 결과를 종합하면, 도심지 내 산지형 공원 내에서의 지형구조의 차이에 따른 기상요소와 토양환경과 음이온 발생량의 차이가 있으며, 사면부보다 능선부, 능선부보다 계곡부에서 음이온 발생량이 높은 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 지형에 따라 다른 기상요소가 형성되고, 기온이 가장 낮고 상대습도가 가장 높았던 계곡부에서 음이온 발생량이 가장 많았으며, 이는 선행연구들의 결과와 일치하는 경향이였다. 능선부에서 사면부

에 비하여 기온은 약 0.06°C 높는데 반해 상대습도는 약 4%정도 차이로 상대적으로 큰 차이를 보였다. 그러나 상관계수를 미루어 볼 때 기온에서의 상관계수가 상대습도보다 큰 것으로 나타나, 음이온 발생에는 상대습도에 비하여 기온이 큰 영향을 미치는 것으로 생각되었다. 그러나 향후 추가적인 규명이 필요할 것이다.

이 연구 결과는 도심지 내 산지형 공원 조성·관리와 숲길조성의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 도심지 대규모 산지형 공원의 지형구조의 차이에 따른 음이온 발생량에 대해 분석하여 지형구조에 따른 음이온 발생량의 차이를 확인할 수 있었으며, 기상요소와 토양환경이 지형구조에 따라 나타나는 차이도 확인할 수 있었다.

차후, 울폐도, 녹지용적계수 등 녹지환경을 정량적으로 측정할 수 있는 변수를 도입하고, 계속적인 반복측정과 다양한 대상지에 대해 측정지점의 다양화, 지형구조의 유형을 정형화한 조사를 해서 음이온 발생량과의 관계를 더 구체적으로 규명해야 할 것이다.

참고문헌

김교정, 2012, “도시공원 이용자들을 위한 공원복지 활성화 전략: 부산도시공원 이용자를 중심으로”, 『한국콘텐츠학회지』, 12(10): 195~204.

김익산·이덕안·박송인·하훈·양수인, 2014, “계곡지역의 산소음이온 분포”, 『대한환경공학회』, 36(4): 246~250.

김정호·오득균·윤용한, 2012, “다중회귀를 이용한 도심 재생하천이 음이온 농도에 미치는 영향 분석: 서울시 청계천을 대상으로”, 『서울도시연구』, 13(3): 37~46.

_____, 2015, “도로변 완충녹지 구조에 따른 소음저감효과 평가”, 『한국환경과학회』, 24(5):

647~655.

김정호·윤용한, 2011, “옥상녹화 및 토양피복 변화가 단독주택지 외부 열환경에 미치는 영향 분석”, 『환경정책연구』, 10(1): 27~47.

남해인, 2012, “임상·지형·고도에 따른 공기비타민 음이온 농도에 대한 연구”, 산지대학교 석사학위논문.

박현수·신창섭·연평식·김주연, 2014, “산림치유의 스트레스 회복 효과 비교”, 『한국산림휴양학회지』, 18(1): 13~24.

신원섭·연평섭·김기홍·이정희, 2012, “산림의 기후에 따른 음이온 발생량”, 『한국산림휴양학회지』, 16(4): 125~131.

엄태원·김갑태, 2010, “양양군 국유림 지역의 음이온 농도와 임상, 숲 관련인자와의 상관”, 『한국환경생태학회지』, 24(5): 539~546.

오득균, 2014, “도시공원 토지피복현황이 음이온 분포에 미치는 영향”, 건국대학교 석사학위논문.

윤용한·오득균·김정호, 2012, “쾌적한 도시환경을 위한 여름철 도시생태 특성별 음이온 분포 및 상관성 분석”, 『한국도시설계학회지』, 13(1): 51~62.

이경민·김은경·김기원·정다위·김보영·최윤호·임효진·박범진, 2012, “임업사회, 임업경제, 임업정보, 임업정책, 산림휴양, 임상별 조도 및 음이온과 피톤치드의 분포 특성: 강원도 횡성 숲체원을 중심으로”, 『한국임학회 하계총회 학술발표회 자료집』, 586~587.

이경준, 2013, 『수목생리학』, 서울: 서울대학교출판문화원.

이보구, 2012, “산림 피톤치드 효능을 활용한 자연치유 효과에 관한 연구”, 동방대학원대학교 박사학위논문.

이수연, 2010, “남산공원의 공간적 특성과 변화에 관한 연구”, 한양대학교 석사학위논문.

이진희, 2003, “식물의 음이온방출에 의한 실내공기질 개선효과”, 『한국실내조경협회』, 5(1): 89~98.

_____, 2004, “실내식물의 음이온방출에 관한 연구”, 『한국실내조경협회』, 6(2): 53~66.

전경수·조용복, 2009, “숲 내 음이온 함유량에 관한 연구”, 『한국산림휴양복지학회 학술발표회 자료집』, 15~17.

조용복, 2009, “치유의 숲 적정임지 평가모형 개발 및 유형

- 구분에 관한 연구”, 원광대학교 박사학위논문.
- 진수웅, 2005, 『음이온과 웰빙』, 서울: 땅의 사람들.
- Mitchell, R. and Popham, F., 2008, “Effect of Exposure to Natural Environment on Health Inequalities: An Observational Population Study”, *The Lancet* 372(8): 1655~1660.
- Tammet, H., Horrak, U., Laakso, L., and Kulmala, M., 2006, “Factors of Air Ion Balance in a Coniferous Forest According to Measurements in Hyytiälä, Finland”, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6(11): 3377~3390.
- Wei, C., Wang, J., Jiang, Y., Zhang, Q., 2006, “Air Negative Charge Ion Concentration and Its Relationships with Meteorological Factors in Different Ecological Functional Zones of Hefei City”, *The Journal of Applied Ecology*, 17(11): 2158~2162.
- Wu, C. C., Lee, G. W., Yang, S., Yu, K. P., and Lou, C. L., 2006, “Influence of Air Humidity and the Distance from the Source on Negative Air Ion Concentration in Indoor Air”, *Science of the Total Environment*, 370(1): 245~253.

원 고 접 수 일 : 2015년 8월 26일
 1 차 심 사 완 료 일 : 2016년 4월 14일
 최 종 원 고 채 택 일 : 2016년 6월 3일