

경주 남산 소나무림의 가을철 해발고도별 음이온 발생지수¹

김정호² · 윤지훈² · 이상훈² · 최원준² · 윤용한^{2*}

Negative Ion Generation Index according to Altitude in the Autumn of Pine Forest in Gyeongju Namsan¹

Jeong Ho Kim², Ji Hun Yoon², Sang Hoon Lee², Won Jun Choi², Yong Han Yoon^{2*}

요 약

본 연구에서는 경주 남산을 대상으로 지형구조 및 해발고도가 음이온 발생량에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 기온은 능선부(9.82℃) > 계곡부(8.44℃), 상대습도는 계곡부(59.01%) > 능선부(58.64%), 풍속은 능선부(0.63m/s) > 계곡부(0.37m/s), 일사량은 능선부(34.40W/m²) > 계곡부(14.69W/m²)로 나타났다. 음이온의 경우 계곡부(636.81ea/cm³) > 능선부(580.04ea/cm³)로 계곡부가 더 높은 음이온 발생량을 보였다. 해발고도와의 상관성 분석 결과, 계곡부에서는 기온, 상대습도, 일사량, 음이온 발생량과의 상관성이 검증되었으며, 상대습도, 일사량, 음이온 발생량과는 정의 상관관계, 기온과 부의 상관관계가 나타났다. 능선부에서는 기온, 상대습도, 풍속, 일사량, 음이온 발생량과의 상관성이 검증되었으며, 상대습도, 일사량, 음이온 발생량과는 정의 상관관계, 기온, 풍속과는 부의 상관관계가 나타났다. 회귀분석 결과, 기온의 경우 계곡부는 $y = -0.006x + 9.663$ (x =해발고도, y =기온), 능선부의 경우 $y = -0.009x + 11.595$ (x =해발고도, y =기온)의 예측식을 얻었다. 상대습도의 경우 계곡부는 $y = 0.027x + 53.561$ (x =해발고도, y =상대습도), 능선부의 경우 $y = 0.008x + 56.646$ (x =해발고도, y =상대습도)의 예측식을 얻었다. 음이온 발생량의 경우 계곡부는 $y = 0.577x + 521.508$ (x =해발고도, y =음이온 발생량), 능선부의 경우 $y = 0.605x + 549.068$ (x =해발고도, y =음이온 발생량)의 예측식을 얻었다.

주요어: 지형구조, 능선부, 계곡부, 기온, 상대습도

ABSTRACT

The study analyzed the effects of topographic structures and altitude in mountainous parks in Mt. Namsan in Gyeongju on the generation of anions. The temperature was at ridge (9.82 °C) > valley (8.44 °C), the relative humidity valley (59.01 %) > ridge (58.64 %), the solar radiation ridge (34.40W/m²) > valley(14.69W/m²), the wind speed ridge (0.63m/s) > valley(0.37m/s), and the negative ion valley(636.81ea/cm³) > ridge(580.04ea/cm³). In the valley, the correlation with altitude was verified for the temperature, relative humidity, solar radiation, and negative ion generation in the valley. The relative humidity, solar radiation, and negative ion indicated a positive correlation while the temperature had a negative correlation. In the ridge, the correlation with altitude was verified for the temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, and negative ion generation.

1 접수 2018년 6월 4일, 수정 (1차: 2018년 8월 9일), 게재확정 2018년 8월 12일

Received 4 June 2018; Revised (1st: 9 August 2018); Accepted 12 August 2018

2 건국대학교 녹색기술융합학과 Dept. of Green Technology Convergence, Konkuk Univ., 268 Chungwon-daero Chungju-si Chungcheongbuk-do, 274-78, Korea

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-10-8809-7204 Email: yonghan7204@kku.ac.kr

The relative humidity, solar radiation, and negative ion generation indicated a positive correlation while the temperature and wind speed had a negative correlation. The regression analysis showed the prediction equation of $y=-0.006x+9.663$ (x =altitude, y =temperature) in the valley and $y=-0.009x+11.595$ (x =altitude, y =temperature) in the ridge for the temperature, $y=0.027x+53.561$ (x =altitude, y =relative humidity) in the valley and $y=0.008x+56.646$ (x =altitude, y =relative humidity) in the ridges for the relative humidity, and $y=0.027x+53.561$ (x =altitude, y =negative Ion generation) in the valley and $y=0.008x+56.646$ (x =altitude, y =negative Ion generation) in the ridge for the negative ion generation.

KEY WORDS : TOPOGRAPHIC STRUCTURE, RIDGES, VALLEYS, TEMPERATURE, RELATIVE HUMIDITY

서론

우리나라는 급속한 경제성장으로 인해 수도권의 도시집중화 현상이 가속화되면서 산림훼손과 생태계파괴, 도시에서의 전기에너지와 냉난방 과다사용, 차량 배기가스와 먼지, 소음, 폐기물, 수질오염 등으로 도시 환경오염은 심각한 문제로 대두되고 있다. 도시 환경오염은 세계적인 관심사이며, 현재에는 대도시의 환경오염 문제를 해결하고 도시 환경의 쾌적성 확보 및 각종 오염물질을 완화시킬 수 있는 녹지의 중요성이 증대되고 있다(Kim et al, 2015).

녹지는 도시 내의 열린 외부공간으로서 아름다운 도시경관을 형성하는 구성요소일 뿐만 아니라 도시의 쾌적성(amenity)을 유지하고 증진시킨다고 할 수 있다(Kim et al, 2016; Woo, 2003). 또한 도시 녹지는 도시 내 기후완화, 공기정화 등의 역할 뿐만 아니라 자연과는 거리가 먼 환경에서 생활하는 도시민의 자연 접촉과 자연환경에서의 활동으로 정신적 안정을 찾고 질병을 예방 및 치유하는 역할을 하고 있다(Nam, 2012). 녹지는 음이온, 피톤치드와 같은 인체에 긍정적인 영향을 미치는 물질을 생성하는 공간으로 도시민의 육체적·정신적 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(Cho, 2009).

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 N et al, 2006) 하였으며, 대기 중에 함유된 음이온은 세로토닌

을 증가시킴으로써 우울증 치료에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Anthony et al, 2002).

음이온에 대한 선행연구로 도시 내 녹지 음이온 분포에 관한 연구(Kim et al, 2016; Kim et al, 2013; Kim et al, 2015), 음이온에 대한 산림건강 증진효과 연구(Lee et al, 2012; Shin et al, 2012) 등으로 다수 진행되어 왔다. 또한 양양군 국유림 지역의 음이온 농도와 임상, 숲 관련 인자와의 상관연구(Um et al, 2010)에서 지형구조의 차이에 따른 음이온 농도에 대한 연구가 일부 진행되었으나, 지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량에 관한 연구는 부족한 실정이었다.

본 연구는 대표적인 도심지 내 산지형 공원인 경주 남산에서 인간 건강에 긍정적인 영향을 미치는 대표적 인자인 음이온을 지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량 분포상태를 분석하고 각 유형에 따른 기상인자 및 음이온과의 상관성을 분석하여, 향후 지형구조 및 해발고도에 따른 기상특성 및 음이온 상관관계의 기초자료로 제시하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

연구대상지는 경상북도 경주시 남쪽에 위치한 남산은 44개의 골짜기와 약 180여개의 봉우리로 이루어졌고, 녹지의 규모는 면적 32km², 해발 494m이다. 남산은 도시 자연공원의 역할을 수행하고 있으며, 노천 박물관이라 불릴 만큼 여러 유적지와 문화재가 남아있어 인류전체를 위하여 보호되어야 할 현저한 보편적 가치가 있다고 인정한 세계유산목록(World heritage List)에 2000년 11월 29일 등재되었고 또한 남산 전체가 사적지 제 311호로 지정되어 있으며, 문화유적은 466점, 보물 13점, 사적 12개소, 불교 유적인 절터 128곳, 불상이 100체, 탑 72기, 석등 211기 등이 있다(lim et al, 2011). 이러한 문화역사적인 가치와 더불어 도시 자연

공원으로써 도시민들과 관광객들에게 쉼터의 역할을 수행하고 있는 곳이다.

2. 조사 분석 방법

조사 시기는 11월 가을철이며 식물의 광합성과 음이온의 발생이 상관관계에 있다는 선행연구(Lee, 2004)를 고찰하여 광합성량이 가장 높은 시간대인 11시~15시 사이(Lee, 2013)에 측정을 진행하였고, 현장조사 특성상 강우 등 연구 목적에 부합하지 않는 날의 데이터는 제외하고 분석에 활용하였다. 또한 기상 특성의 경우 고정관측점을 설치하여 동일 시간대에 관측하는 것이 바람직하지만 한정된 인원 및 측정기기 상 이동측정을 실시하였다. 이동 측정 시 여러 가지 오차가 발생하는데, 이를 줄이기 위하여 측정 시간 간격을 일정하게 유지하며 측정하였다. 시차 보정은 이동관측 시 소요시간에 따라 출발지점과 도착지점 사이에 시간차가 생기는 것을 고려하여 보정식(Formula 1)을 이용하여 보정을 실시하였다(Joo, 2012). 측정 지점은 총 26지점으로 능선부 13지점, 계곡부 13지점으로 선정하였고 해발고도 80m부터 320m까지 매 20m 마다 측정을 진행하였다. 계곡부의 경우 물의 흐름 유무가 기상특성과 음이온 발생지수에 영향을 줄 것으로 판단되어, 물이 흐르지 않는 지점을 선정하였다. 해발고도별 기상특성과 음이온 발생량 분석을 위해 계곡부, 능선부 각각 해발고도별로 3유형으로 나누어 분석하였다. 계곡부의 경우 해발고도 80m부터 160m는 Va, 160m부터 240m는 Vb, 240m부터 320m는 Vc로 구분하였고, 능선부의 경우 해발고도 80m부터 160m는 Ra, 160m부터 240m는 Rb, 240m부터 320m는 Rc로 구분하였다.

음이온 측정의 경우 지형구조의 차이에 따른 음이온 발생량 조사 및 분석을 위해 COM-3600F(Com System, Japan)

를 높이 1.5m에서 측정하였다. COM-3600F는 대기 중 양이온과 음이온 0~2,000,000개까지 측정이 가능하며 미세먼지까지 검출 가능할 정도로 민감한 센서이고, 음이온 발생 연구에 지속적으로 사용되어 왔다(Kim et al, 2013; Shin et al, 2012). 측정 전, 15분 간 대기에 노출시켜 측정기 안정화 후 측정 지점마다 1분씩 5반복 측정하였으며, 풍향에 의한 측정데이터의 오류를 최소화하기 위해 바람을 등지고 측정하였다. 측정 간격은 5초로 발생량을 기록하고 평균값을 활용하였다. 이동 시 팬(Fan)의 흡입구를 막고 전원을 꺼서 이동에 따른 오차를 최소화 하였다. 또한 열선 풍속계를 이용하여 기온, 상대습도, 풍속을 측정하였고, 일사계를 사용하여 일사량을 측정, 엽면적지수(LAI)는 LAI-2000(LI-COR, USA)를 사용하여 측정지점마다 5반복 측정하였다.

통계분석의 경우, SPSS ver 18.0을 사용하여 지형구조 차이에 따른 기상특성과 음이온 발생량 분석을 위해 T검정을 실시하였다. 또한 지형구조 및 해발고도에 따른 기상특성과 음이온 발생량 분석을 위해 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였고, 해발고도에 따른 기상특성과 음이온 발생량을 분석하기 위해 상관성 분석 및 단위귀 분석을 실시하였다.

$$T = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \times (T_2 - T_1) + T_1 \quad (\text{Formula 1})$$

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

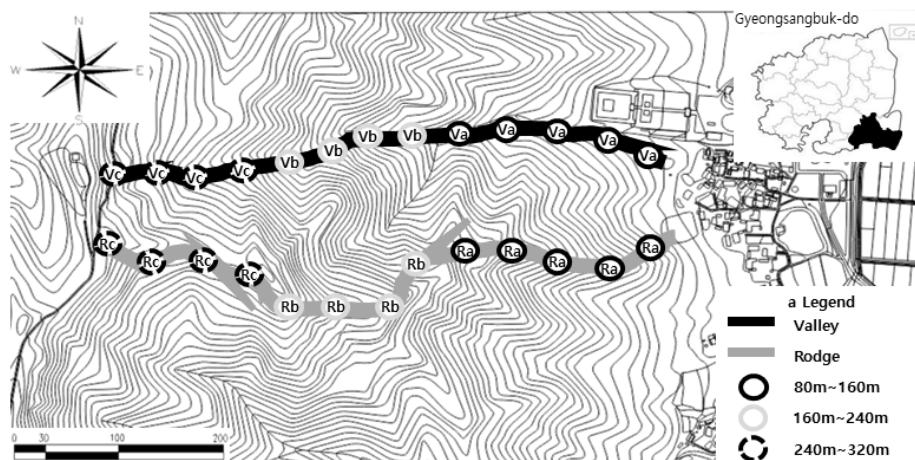


Figure 1. Research site and measurement points.

결과 및 고찰

1. 대상지 현황

경주 남산의 식생구조를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 전체 현존식생유형을 고려하여 총 26개 조사지점을 선정하였으며, 조사 지점은 계곡부와 능선부를 고려하여 조사하였다(Fig 2).

계곡부의 측정지점별 주요 우점수종은 소나무림이었으며 일부 출현수종에는 졸참나무, 신갈나무 등이 나타났다. 계곡부 수고의 경우 8~16m, 평균 수고는 11.92m로 나타났다. 흉고직경의 경우 15~46cm, 평균 흉고직경은 26.69cm로 나타났다. LAI의 경우 1.36~3.88, 평균 LAI는 2.84로 나타났다.

능선부의 측정지점의 측정지점별 주요 우점수종은 소나무림이었으며 일부 출현수종에는 신갈나무 등의 참나무류가 출현하고 있었다. 능선부 수고의 경우 8~15m, 평균 수고는 10.52m이었으며, 흉고직경의 경우 15~30cm, 평균 흉고직경은 22.95cm로 나타났다. LAI의 경우 1.09~3.81, 평균 LAI는 2.43로 나타났다.

2. 지형구조 및 해발고도에 따른 기상특성

1) 계곡부

남산 계곡부의 지형구조 및 해발고도에 따른 기상특성 분석을 위해 능선부와 계곡부에서 해발고도 80m에서 320m까지 20m마다 기상특성을 조사 분석하였다(Fig 3).

기온의 경우 최고기온 9.3℃, 최저기온 7.7℃, 평균기온은 8.4℃로 나타났다. 해발고도별 기온은 80~160m는 8.9~9.3℃, 160~240m는 7.4~9℃, 240~320m는 7.7~8.4℃로 나타났다.

상대습도의 경우 최고상대습도 63.3%, 최저상대습도 56.0%, 평균상대습도는 59.0%로 나타났다. 해발고도별 상대습도는 80~160m는 56~58.5%, 160~240m는 57.6~60.2%, 240~320m는 59.2~63.3%로 나타났다. 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 곳에서는 상대습도가 높은 것으로 나타났다(Kim et al, 2016).

풍속의 경우 최대풍속 0.97m/s, 최저풍속 0.12m/s, 평균

Table 1. Measurement point Existing vegetation analysis result by geographical structure and altitude.

Type	Valley			Ridge		
Division	Va	Vb	Vc	Ra	Rb	Rc
Altitude(m)	80~160	160~240	240~320	80~160	160~240	240~320
Vegetation	Pinus densiflora (90%) etc (10%)	Pinus densiflora (95%) Quercus serrata (5%)	Pinus densiflora (90%) Quercus mongolica (10%)	Pinus densiflora (90%) Quercus mongolica (10%)	Pinus densiflora (100%)	Pinus densiflora (100%)
DBH(cm)	15	30.2	34.8	24	15.2	15
Height(m)	8	13.2	14.6	10.2	8.8	8
Leaf Area Index	3.09	2.96	2.40	1.92	2.49	3.01

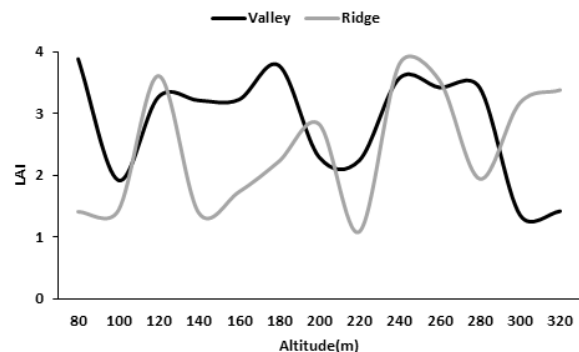
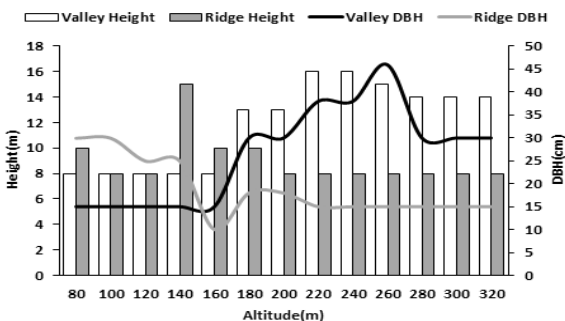


Figure 2. Existing vegetation and LAI index analysis by geographical structure and altitude.

풍속은 0.37m/s로 나타났다. 해발고도별 풍속은 80~160m는 0.14~0.58m/s, 160~240m는 0.12~0.97m/s, 240~320m는 0.14~0.97m/s로 나타났다.

일사량의 경우 최대일사량 81.5W/m², 최저일사량 4W/m², 평균일사량은 14.6W/m²로 나타났다. 해발고도별 일사량은 80~160m는 6.1~21.4W/m², 160~240m는 6.9~12.8W/m², 240~320m는 4.1~81.5W/m²로 나타났다.

2) 능선부

남산 능선부의 지형구조 및 해발고도에 따른 기상특성 분석을 위해 능선부와 계곡부에서 해발고도 80m에서 320m까지 20m마다 기상특성을 조사 분석하였다(Fig 3).

기온의 경우 최고기온 11.0℃, 최저기온 8.5℃, 평균기온은 9.8℃로 나타났다. 해발고도별 기온은 해발고도 80~160m는 10.4~11℃, 160~240m는 9.4~9.9℃, 240~320m는 8.5~9.5℃로 나타났다.

상대습도의 경우 최고상대습도 59.9%, 최저상대습도 56.6%, 평균상대습도는 58.6%로 나타났다. 해발고도별 상대습도는 해발고도 80~160m는 57.3~59.5%, 160~240m는 56.6~59.9%, 240~320m는 58~59.9%로 나타났다. 계곡부와 동일하게 기온과 상대습도는 반비례하는 경향, 즉 기온이 높은 곳에서는 상대습도가 낮았고, 기온이 낮은 곳에서는 상대습도가 높은 것으로 나타났다(Kim et al, 2016) 나타났다.

풍속의 경우 최대풍속 1.85m/s, 최저풍속 0.07m/s, 평균 풍속은 0.64m/s로 나타났다. 해발고도별 풍속의 경우 해발고도 80~160m는 0.15~1.15m/s, 160~240m는 0.07~1.85m/s, 240~320m는 0.10~1.09m/s로 나타났다.

일사량의 경우 최대일사량 58.2W/m², 최저일사량 17.7W/m², 평균일사량은 34.40W/m²로 나타났다. 해발고도별 일사량은 해발고도 80~160m는 17.7~38.4W/m², 160~240m는 38.3~58.2W/m², 240~2320m는 19.9~58.2W/m²로 나타났다.

3) 지형구조 및 해발고도에 따른 기상특성 비교분석

지형구조 차이에 따른 기상특성 평균값 차이를 통계적으로 비교분석하기 위하여 독립표본 T검정을 실시하였다 (Table 2).

계곡부 기상요소의 경우 기온, 상대습도, 일사량은 유의 확률 0.01 이하로 분석되어 지형구조 차이 따른 측정값의 차이가 없다는 귀무가설을 기각하고 지형구조 차이에 따라 차이가 있다는 대립가설을 채택하게 되었다. 이는 측정된 기온, 습도, 풍속이 지형구조에 따라 그 값의 차이가 유의한 것으로 판단할 수 있다. 그러나 일사량의 경우 유의확률 0.578로 분석되어 풍속은 지형구조 차이에 따라 평균값의 차이가 없다는 귀무가설을 채택하게 되어 지형의 차이에 따른 차이는 유의하지 않은 것으로 판단되었다.

(1) 기온

지형구조 및 해발고도별 기온 분석을 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 3). 지형구조 및 해발고도별 기온 분석은 계곡부의 경우 Va(9.0360℃) > Vb(8.2250℃) > Vc(7.9200℃) 순으로 분석되었다. Va, Vb, Vc의 평균은 유의한 차이를 보였고, 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(P<0.05). 능선부의 경우 Ra(10.4000℃) > Rb(9.7900℃) > Rc(9.1500℃) 순으로 분석되었다. Ra, Rb, Rc의 평균은 유의한 차이를 보였고, 각

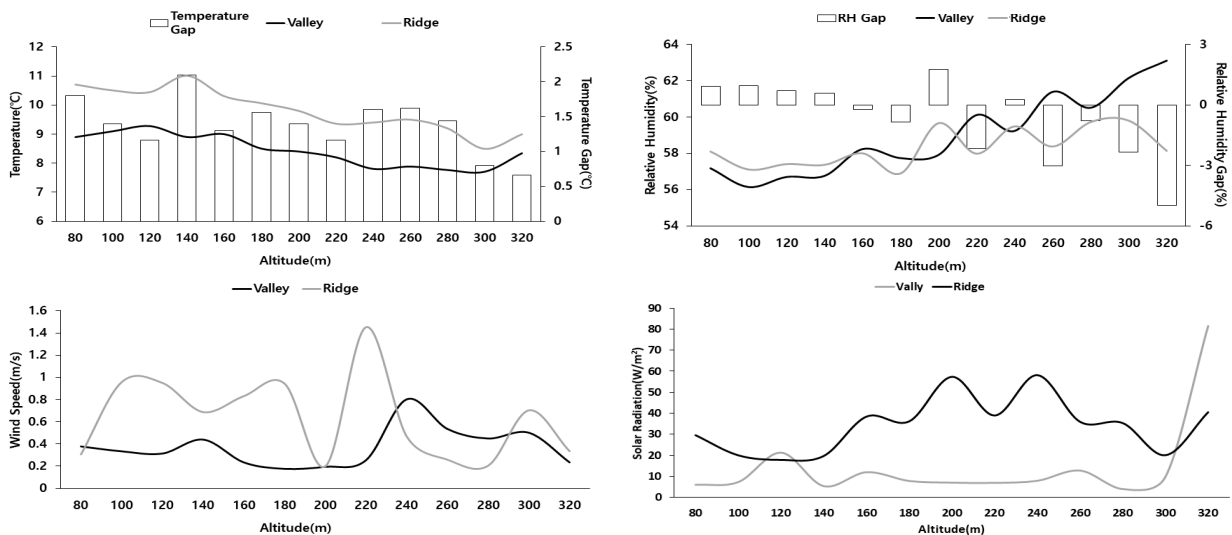


Figure 3. Meteorological characteristics due to topographic structure and altitude.

Table 2. T-Test of mean difference on weather characteristics by topographic structure.

Type	Division	Mean	Standard Deviation	<i>t</i>	Sig.
Temperature	Valley	8.4431	.53705	-12.446	.004
	Ridge	8.8277	.71840		
Relative Humidity	Valley	59.0185	2.194025	2.341	.000
	Ridge	58.3138	1.03786		
Wind Speed	Valley	.3731	.19518	-4.672	.000
	Ridge	.6369	.41135		
Solar Radiation	Valley	14.6905	2.46936	-6.708	.578
	Ridge	34.4046	1.59373		

t: *t*-value, Sig: Probability of significance

Table 3. Duncan Multiple Range Test of Weather characteristics according to topographic structure and altitude.

Type	Division	Temperature	Relative Humidity	Wind Speed	Solar Radiation
Valley	Va	9.0360c ^z	57.0040a	0.3400a	10.4912a
	Vb	8.2250b	58.7550b	0.3570a	7.5315a
	Vc	7.9200a	61.8000c	0.4305a	27.0985b
Ridge	Ra	10.4000c	58.4600a	0.8692b	25.0160a
	Rb	9.7900b	58.1750a	0.5760a	47.6400c
	Rc	9.1500a	59.3600b	0.4075a	32.9050b

^z: Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

집단의 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다($P < 0.05$). 또한 계곡부, 능선부 모두 약 $1^\circ\text{C}/100\text{m}$ 의 기온 감률을 보였는데, 일반적으로 사용되는 기온감율인 $0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$ 에 비해서는 높은 값이다(Chung, 2003). 이는 여름철 보다 겨울철에 산간지역 기온감률이 더 크게 나타난다는 선행연구와 유사한 결과로 사료된다(Choi, 2011).

(2) 상대습도

지형구조 및 해발고도별 상대습도 분석을 위해 DMRT (Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 3). 지형구조 및 해발고도별 상대습도 분석은 계곡부의 경우 $Vc(61.8000\%) > Vb(58.7550\%) > Va(57.0040\%)$ 순으로 분석되었다. Va, Vb, Vc의 평균은 유의한 차이를 보였고, 각 집단의 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 능선부의 경우 $Rc(59.3600\%) > Ra(58.4600\%) > Rb(58.1750\%)$ 순으로 분석되었다. Ra, Rb의 평균은 유의한 차이를 보이지 않았지만, Ra, Rb와 Rc는 평균은 유의한 차이를 보였다. 각 집단의 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다($P < 0.05$).

(3) 풍속

지형구조 및 해발고도별 풍속 분석을 위해 DMRT (Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 3). 지

형구조 및 해발고도별 풍속 분석은 계곡부의 경우 $Vc(0.4305\text{m/s}) > Vb(0.3570\text{m/s}) > Va(0.3400\text{m/s})$ 순으로 분석되었다. Va, Vb, Vc의 평균은 유의한 차이를 보이지 않았고, 평균간 차이도 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 능선부의 경우 $Ra(0.8692\text{m/s}) > Rb(0.5760\text{m/s}) > Rc(0.4075\text{m/s})$ 순으로 분석되었다. Ra와 Rb, Rc는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만, Ra와 Rc의 평균은 유의한 차이를 보이지 않았다. 각 집단의 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다($P < 0.05$).

(4) 일사량

지형구조 및 해발고도별 일사량 분석을 위해 DMRT (Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 3). 지형구조 및 해발고도별 일사량 분석은 계곡부의 경우 $Vc(27.0985\text{W/m}^2) > Va(10.4912\text{W/m}^2) > Vb(7.5315\text{W/m}^2)$ 순으로 분석되었다. Va, Vb 평균은 유의한 차이를 보이지 않았고, Va, Vb와 Vc의 평균은 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 각 집단의 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 능선부의 경우 $Rb(47.6400\text{W/m}^2) > Rc(32.9050\text{W/m}^2) > Ra(25.0160\text{W/m}^2)$ 순으로 분석되었다. Ra, Rb, Rc의 평균은 유의한 차이를 보였고, 각 집단의 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($P < 0.05$).

해발고도별 기상특성의 경우 기온은 해발고도가 높아질

수목 감소하는 경향을 보였고 평균은 능선부(9.82℃) > 계곡부(8.44℃)로 나타났다. 상대습도는 해발고도가 높아질수록 감소하는 경향을 보였고 평균은 계곡부(59.01%) > 능선부(58.64%) 순으로 높은 경향을 보였다. 풍속은 경향을 보이지 않았으며 평균은 능선부(0.63m/s) > 계곡부(0.37%) 순으로, 일사량은 평균은 능선부(34.40W/m²) > 계곡부(14.69W/m²) 순으로 높은 경향을 보였고 해발고도 300m지점에서 역전현상이 나타났다. 이는 해발고도에 따른 식생의 변화로 사료된다.

기온은 계곡부보다 능선부에서 더 높은 경향을 보였는데, 이는 일사량의 차이로 사료되며, 일사량의 측정 결과도 이를 뒷받침 해주었다. 하지만 측정시간의 차이에 대한 오차의 가능성도 배제할 수 없기 때문에 향후 연구에서 이를 고려하고 보완해야할 것으로 판단되었다.

3. 지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량

1) 계곡부

경주 남산 계곡부의 지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량 분석을 위해 해발고도 80m에서 320m까지 20m마다 음이온 발생량을 조사 분석하였다(Fig 4).

계곡부의 경우 최대 752ea/cm³, 최저 512ea/cm³, 평균 636.81ea/cm³의 음이온 발생량을 보였다. 해발고도 80~120m는 512~632ea/cm³, 120~160m는 541~671ea/cm³, 160~200m는 527~685ea/cm³, 200~240m는 527~712ea/cm³, 240~280m는 637~712ea/cm³, 280~320m는 637~752ea/cm³로 나타났다.

경주 남산 계곡부 측정 지점 내 평균 음이온 발생량 분석결과 636ea/cm³로 나타났고, 해발고도가 증가할수록 음이온 발생량이 증가하는 경향을 보였다.

일반적으로 도시지역 내 음이온 발생량인 150~450ea/cm³와 건강을 위한 최소한의 음이온 개수인 400~1000ea/cm³(Jeon et al, 2009; Um et al, 2010)과 비교해 볼 때, 경주 남산의 음이온 발생량은 양호한 것으로 판단되었다.

2) 능선부

경주 남산 능선부의 지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량 분석을 위해 해발고도 80m에서 320m까지 20m마다 음이온 발생량을 조사 분석하였다(Fig 4).

능선부의 경우 최대 714ea/cm³, 최저 411ea/cm³, 평균 580.04ea/cm³의 음이온 발생량을 보였다. 해발고도 80~120m는 411~590ea/cm³, 120~160m는 460~590ea/cm³, 160~200m는 421~691ea/cm³, 200~240m는 616~691ea/cm³, 240~280m는 604~662ea/cm³, 280~320m는 630~714ea/cm³로 나타났다. 경주 남산 능선부 측정 지점 내 평균 음이온 발생량 분석결과 580ea/cm³으로 계곡부의 음이온 발생량 636ea/cm³보다는 적게 나타났고, 능선부도 계곡부와 마찬가지로 해발고도가 증가할수록 음이온 발생량이 증가하는 경향을 보였다.

계곡부와 마찬가지로 일반적으로 도시지역 내 음이온 발생량인 150~450ea/cm³(Jeon et al, 2009)과 비교해 볼 때, 경주 남산의 해발고도에 따른 음이온 발생량은 양호한 것으로 판단되었다.

3) 지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량 비교분석

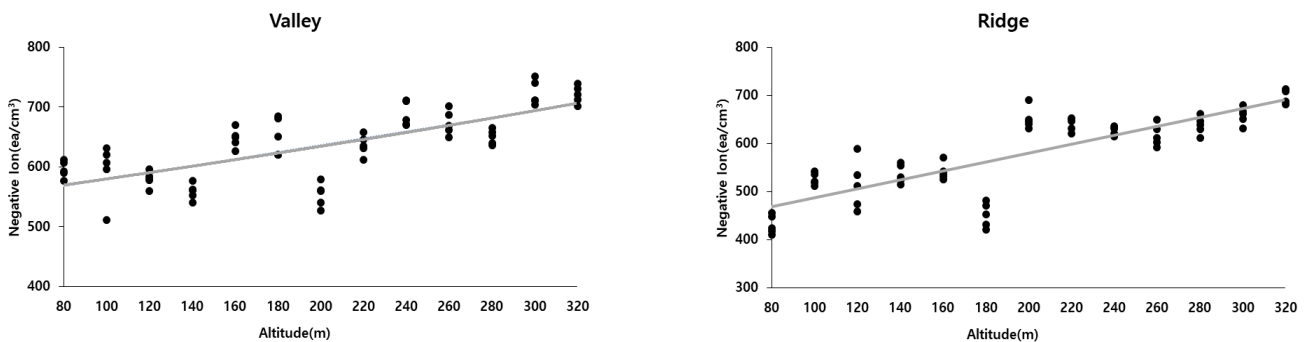


Figure 4. Analysis result of negative ion generation amount by topography structure.

Table 4. T-Test of mean difference on Negative Ion by topographic structure.

Type	Division	Mean	Standard Deviation	t	Sig.
Negative Ion amount	Valley	636.8154	85.81111	4.445	.000
	Ridge	580.0462	84.52134		

t: t-value, Sig: Probability of significance

지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량을 통계적으로 비교분석하기 위하여 *T*-검정을 실시하였다(Table 4).

음이온 발생량은 유의확률 0.01이하로 분석되어 지형구조 및 해발고도에 따른 측정값의 차이가 없다는 귀무가설을 기각하고 지형구조 및 해발고도에 따라 차이가 있다는 대립가설을 채택하게 되었다. 이는 측정된 음이온 발생량이 지형구조 및 해발고도에 따라 그 값의 차이가 유의한 것으로 판단할 수 있다.

지형구조 및 해발고도별 음이온 발생량 분석을 위해 DMRT(Duncan Multiple Range Test)를 실시하였다(Table 5). 계곡부의 경우 $Vc(692.5500ea/cm^3) > Vb(632.5800ea/cm^3) > Va(595.4000ea/cm^3)$ 순으로 분석되었다. Va, Vb, Vc의 평균은 유의한 차이를 보였고, 각 집단의 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 능선부의 경우 $Rc(635.6500ea/cm^3) > Rb(586.9000ea/cm^3) > Ra(530.0800ea/cm^3)$ 순으로 분석되었다. Ra, Rb, Rc의 평균은 유의한 차이를 보였고, 각 집단의 평균간 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($P < 0.05$).

4. 해발고도에 따른 음이온 발생량과 기상특성 종합 분석

1) 지형구조별 요인간 상관성 분석

계곡부 측정지점을 대상으로 해발고도와 기상특성 및 음이온 발생량과의 상관성을 분석한 결과(Table 6), 기온은 $-0.881(P < 0.01)$ 로 해발고도가 높아질수록 기온은 낮아지는 것으로 분석되었다. 상대습도의 경우 $0.904(P < 0.01)$ 로 해발고도가 높아질수록 상대습도가 높아지는 것으로 분석되었다. 풍속은 상관관계를 보이지 않았고, 일사량의 경우 $0.331(P < 0.01)$ 로 해발고도가 높아질수록 일사량이 많아지는 것으로 분석되었지만, 0.331의 낮은 상관계수를 보였다. 음이온 발생량의 경우 $0.684(P < 0.01)$ 로 해발고도가 높아질수록 음이온 발생량도 많아지는 것으로 분석되었다.

능선부 측정지점을 대상으로 해발고도와 기상특성 및 음이온 발생량과의 상관성을 분석한 결과, 기온은 $-0.726(P < 0.01)$ 로 해발고도가 높아질수록 기온은 낮아지는 것으로 분석되었다. 상대습도의 경우 $0.375(P < 0.01)$ 로 해발고도가 높아질수록 상대습도가 높아지는 것으로 분석되었다. 풍속은 $-0.362(P < 0.01)$ 로 해발고도가 높아질수록 강한 바람이 부는 것으로 분석되었다. 일사량의 경우 $0.298(P < 0.05)$ 로 해발고도가 높아질수록 일사량이 많아지는 것으로 분석되었지만, 0.298의 낮은 상관계수를 보였다. 음이온 발생량의 경우 $0.523(P < 0.01)$ 로 해발고도가 높아질수록 음

Table 5. Duncan Multiple Range Test of Negative ion amount according to topographic structure and altitude.

Type	Division	Negative Ion amount
Valley	Va	595.4000a ^z
	Vb	632.5800b
	Vc	692.5500c
Ridge	Ra	530.0800a
	Rb	586.9000b
	Rc	635.6500c

^z: Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 6. Correlation analysis of Weather characteristics and negative ion according to topographic structure

Correlation coefficient	Altitude	Temperature	Relative Humidity	Wind Speed	Solar Radiation
Valley	Temperature	-.881**			
	Relative Humidity	.904**	-.774**		
	Wind Speed	.189	-.444**	.177	
	Solar Radiation	.332*	.016	.519**	-.215
	Negative Ion	.684**	-.634**	.795**	.309*
Ridge	Temperature	-.726**			
	Relative Humidity	.375**	-.369**		
	Wind Speed	-.362**	-.327**	-.021**	
	Solar Radiation	.298*	-.451**	-.352**	-.323**
	Negative Ion	.523**	-.786**	.353**	-.099*

* and ** indicate significant at the 0.05, 0.01 level

이온 발생량도 많아지는 것으로 분석되었다.

계곡부와 능선부의 분석 결과가 다른 이유는 각각 지형의 차이에 따라 음이온 발생량에 영향을 미치는 기상특성이 다른 것으로 사료되었다. 이는 음이온 발생에 다양한 요소가 영향을 미치는데(Zin, 2005) 지형구조가 달라지면서 그 지형구조에 따라 기상 및 기후 또한 달라지기 때문인 것으로 판단되었다(Kim et al, 2016). 또한 기상요소 중 기온, 상대습도, 일사량이 음이온 발생에 중요한 요인인 것으로 나타났다(Wei et al, 2006).

2) 지형구조별 기상특성과 음이온 발생량 회귀분석

(1) 기온

상관성 분석에서 유의성이 검증된 기온과 음이온 발생량과의 인과관계를 파악하기 위하여 해발고도별 기온 회귀분

석을 실시하였다(Table 7). 음이온 발생량과의 상관성이 유의미한 기온의 단회귀분석 결과, 계곡부의 회귀식은 $y = -0.006x + 9.663$ (x =해발고도, y =기온)로 R^2 값은 0.733으로 73.3% 해석되었다. 능선부의 경우 $y = -0.009x + 11.595$ (x =해발고도, y =기온)로 R^2 값은 0.860으로 86.0% 해석되었다.

(2) 상대습도

상관성 분석에서 유의성이 검증된 상대습도와 음이온 발생량과의 인과관계를 파악하기 위하여 해발고도별 상대습도 회귀분석을 실시하였다(Table 8). 음이온 발생량과의 상관성이 유의미한 기온의 단회귀분석 결과, 계곡부의 회귀식은 $y = 0.027x + 53.561$ (x =해발고도, y =상대습도)로 R^2 값은 0.880으로 88.0%로 해석되었다. 능선부의 경우 $y = 0.008x + 56.646$ (x =해발고도, y =상대습도)로 R^2 값은 0.367으로

Table 7. Regression analysis of temperature according to topographic structure and altitude

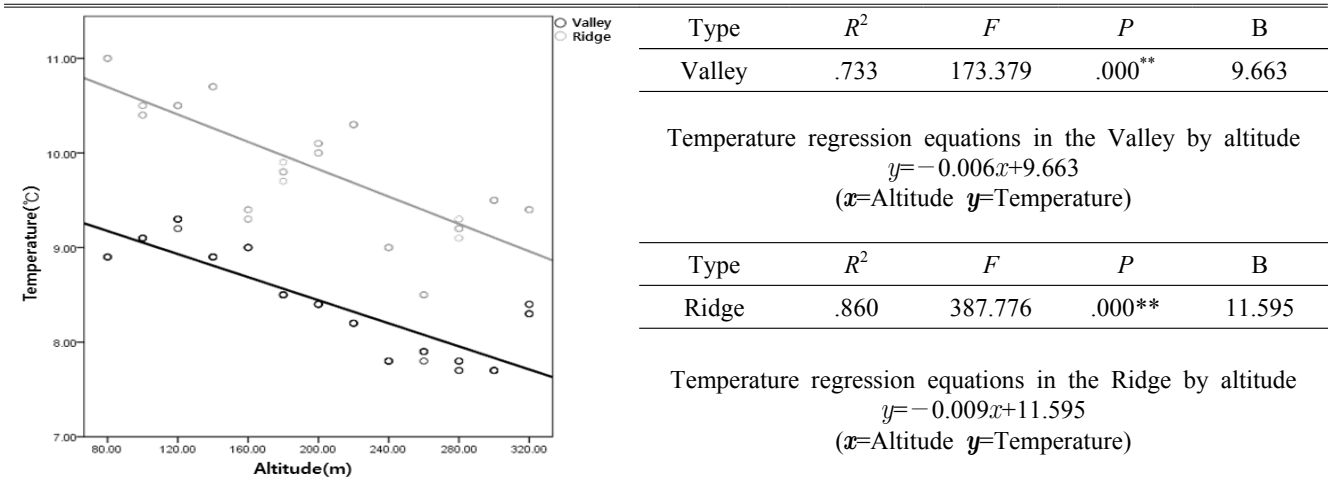


Table 8. Regression analysis of relative humidity according to topography and altitude

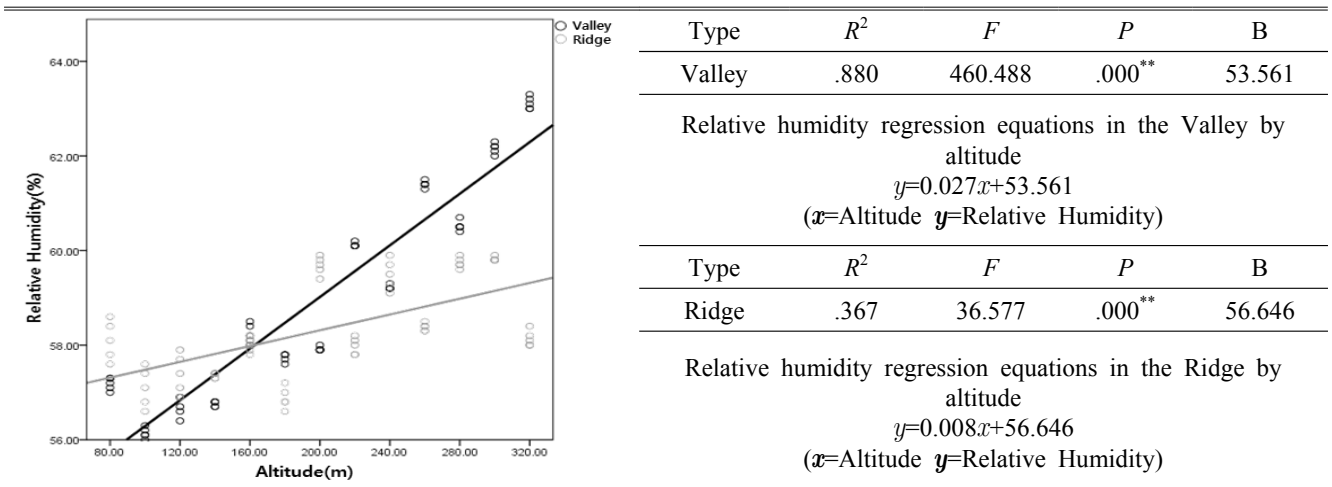
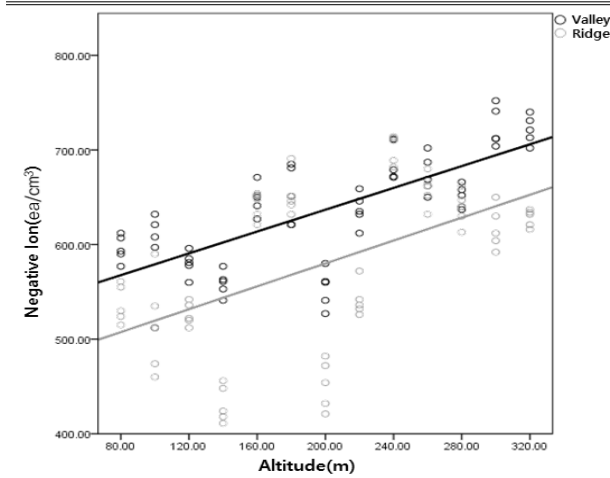


Table 9. Regression analysis of negative Ion according to topographic structure and altitude



Type	R ²	F	P	B
Valley	.547	75.946	.000**	521.508

Negative Ion regression equations in the Valley by altitude
 $y=0.577x+521.508$
 (x=Altitude y=Negative Ion)

Type	R ²	F	P	B
Ridge	.291	25.895	.000**	549.068

Negative Ion regression equations in the Ridge by altitude
 $y=0.605x+549.068$
 (x=Altitude y=Negative Ion)

36.7% 이었다.

(3) 음이온 발생량

상관성 분석에서 유의성이 검증된 해발고도와 음이온 발생량과의 인과관계를 파악하기 위하여 해발고도별 음이온 발생량 회귀분석을 실시하였다(Table 9). 음이온 발생량과의 상관이 유의미한 기온의 단회귀분석 결과, 계곡부의 회귀식은 $y= 0.577x+521.508$ (x=해발고도, y=음이온 발생량)로 R²값은 0.547으로 54.7%로 해석되었다. 능선부의 경우 $y= 0.605x+549.068$ (x=해발고도, y=음이온 발생량)로 R²값은 0.291으로 29.1%로 해석되었다.

결론

본 연구에서는 경상북도 경주시에 위치한 남산을 대상으로 도심지 내 산지의 해발고도별 기온, 상대습도, 풍속 등의 기상요소가 음이온 발생량에 미치는 영향을 분석하였으며 그 결과는 아래와 같다.

첫째, 지형구조 및 해발고도에 따른 기상요소 분석의 경우 기온은 해발고도가 높아질수록 감소하는 경향을 보였고 평균 비교결과 능선부(9.82±0.7℃) > 계곡부(8.44±0.5℃)로 나타났다. 상대습도는 해발고도가 높아질수록 감소하는 경향을 보였고 평균 비교결과 계곡부(59.0±2.2%) > 능선부(58.3±1.0%)순으로 높은 경향을 보였다. 풍속은 경향을 보이지 않았으며 평균 비교결과 능선부(0.63±0.40m/s) > 계곡부(0.37±0.19%)순으로, 일사량 평균 비교결과 능선부(4889±1808W/m²) > 계곡부(2086±2803W/m²)순으로 높은 경향을 보였고 해발고도 300m지점에서 역전현상이 나타났다.

이는 해발고도에 따른 식생의 변화로 사료된다.

둘째, 지형구조 및 해발고도 차이에 따른 음이온 발생량 분석결과, 능선부에서 580.04ea/cm³, 계곡부에서 636.81ea/cm³로 계곡부가 더 높은 음이온 발생량을 보였다. 계곡부와 능선부 모두 해발고도가 증가할수록 음이온 발생량이 증가하는 경향을 보였다.

셋째, 지형구조별 상관성 분석 결과, 지형구조의 차이에 따라 음이온발생에 미치는 기상요소의 차이가 있는 것으로 분석되었다. 이는 선행 연구 고찰 결과 각각 대상지가 다르고, 연구대상지의 차이에 따라 기상 차이가 있기 때문인 것으로 판단되었다.

분석 결과를 종합하면, 도심지 내 산지형 공원 내에서 지형구조 및 해발고도 차이에 따른 기상요소와 음이온 발생량의 차이가 있으며 능선부보다 계곡부에서 음이온 발생량이 많은 것으로 분석되었다. 이는 계곡부가 능선부에 비해 기온이 낮고 상대습도가 높았기 때문으로 사료된다.

이 연구 결과는 도심지 내 산지형 공원의 지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량을 분석하여 지형구조에 따른 음이온 발생량의 차이를 확인할 수 있었으며, 기상요소가 지형구조 및 해발고도에 따라 나타나는 차이도 확인할 수 있었다. 차후, 대상지 측정지점의 다양화 및 지속적인 반복 측정을 통해 지형구조 및 해발고도에 따른 음이온 발생량과의 관계를 더 구체적으로 규명해야 할 것이다.

REFERENCES

Cho, Y.B.(2009) A Study on the Development of Suitable Locations Evaluation Model and Therapy Type to Therapeutic Forests. Doctor's Thesis, Wonkwang University, Korea, 48pp.

- Choi, G.Y.(2011) Variability of Temperature Lapse Rate with Height and Aspect over Halla Mountain. *Journal of climate research* 6(3): 171-186.
- Chung, U.R., H.C. Seo and J.I. Yun(2003) Air Temperature Variation Affected by Site Elevation in Hilly Orchards. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 5(1): 43-47.
- 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: 1253-1263.
- Jeon, K.S. and Y.B. Cho(2009) Studies on the content of negative ions in forests. *J. of KIFR* 2009(10): 15-17.
- Jun, S.W.(2005) *Anion and Well-Being*, Seoul : People of Ground. 18pp.
- Joo, C.J., J.H. Jeong, Y.H. Yoon and J.H. Kim(2012) Identifying Urban Heat Island Decreasing Effects of Forests Using Biotop Map. *Korean Society of Forest Science* 2012:255-257.
- Jorm, A.F., H. Christensen, K.M. Griffiths and B. Rodgers(2002) Effectiveness of complementary and self-help treatments. *The Medical Journal of Australia* 176: 84-96.
- Kim, J. H., D.K. Oh and Y.H. Yoon(2015) Comparative Analysis of Negative Air Ion Generation According to Vegetation Type of Green Space in Summer - Targeting to the Yangjae Citizen's Forest in Seochogu. *Seoul. Urban Design Institute of Korea* 16(6): 19-33.
- 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(2015) Evaluation of Noise Decreasing Effects by Structures in Roadside Buffer Green. *JESI* 24(5): 647-655.
- 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. *Seoul Studies* 17(2): 47-58.
- Kim, J.H., D.K. Oh and Y.H. Yoon(2016) Characteristics of ecological environment for ecological restoration of urban center-type green space. *Journal of the Korean Society of Plant and Environmental Design* 12(1): 33-41.
- Kim, J.H., S.C. Yang, C.W. Lee and Y.H. Yoon(2013) Analysis for the Effect of Urban Large Park on Nearby Anion Concentration. *Kor. J. Env. Eco.* 23(2): 35-36.
- Kim, K.H., W.S. Shin, P.S. Yeoun and J.H. Lee(2011) Natural light is also affected by atmospheric humidity. *J. of KIFR* 11(4): 49-50.
- 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.
- Lee, B.K.(2012) *A Study on the Effects of Naturopathy after Forest Phytoncide Therapy*. Doctor's Thesis, Dongbang University, Korea.
- 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, 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, K.J.(2013) *Tree physiology*. Seoul : Seoul University Press, Korea.
- Lim, W.H., K.H. Kang and D.C. Kim(2011) A Study on the Plants Community Structure Analysis of the Namsan in Kyongju. *Kyongju University Institute of Construction and Environment* 2000(3): 1-14.
- Nakane, H., O. Asami, Y. Yamada and H. Ohira(2002) Effect of negative air ions on computer operation, anxiety and salivary chromogranin A-like immunore activity. *International Journal of Psychophysiology* 46: 85-89.
- Nam, H. I.(2012) *A study on anion concentration in relation to forest type, topography and altitude*. Master's Thesis, Sangji University, Korea, 28pp.
- Park, H.S., C.S. Shin, P.S. Yeoun and J.Y. Kim(2014) A Comparative Study on the Stress Recovery Effect of Forest Therapy. *J. of KIFR* 18(1): 13-24.
- 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: 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: 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: 875-882.
- 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-gun1a, Kor. *J. Env. Eco.* 24(5): 539-546.
- 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: 295-298.
- Wei, C., J. Wang, Y. Jiang and Q. Zhang(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.
- Westrin, A. and R.W. Lam(2007) Seasonal affective disorder: a clinical update. *Annals of Clinical Psychiatry* 19: 239-246.
- Woo, B. M.(2003) *Damaged Environment Greening Engineering*. Seoul : Seoul University Press 81pp.
- Yoon, Y.H.(2004) Positive Study of How Green Zones in the City Effect the Relief of Micro-Climate Control. *Kor. J. Env. Eco.* 22(2): 279-286.