

북한산국립공원 탐방로 소리등급도 제작 연구

Sound Grade Classification of Bukhansan National Park Trails

유 지 수* · 장 서 일** · 기 경 석†
Jisu Yoo*, Seo Il Chang** and Kyong Seok Ki†

(Received May 11, 2020 ; Revised July 10, 2020 ; Accepted July 14, 2020)

Key Words : Acoustical · Environmental Resources(음향 및 환경인자), Soundscape(음환경), National Park(국립공원), Cluster Analysis(군집 분석)

ABSTRACT

The soundscape of national parks play an important role in preserving habitats and providing relaxation to visitors. However, several national parks in Korea are surrounded by large cities and sound emissions from the road traffic of these adjoining cities. Therefore, in the present study, we analyzed the acoustical-environmental factors and described the sound grade classifications of the Bukhansan National Park Trails, located in Seoul, for managing the soundscape. The acoustical factor measurements were carried out in five sections (15 km) of the national park along with a mobile application (rambler) for collecting trail GIS data. Environmental factors including building coverage ratio, longitudinal distance from the road, and green coverage ratio were obtained from a Seoul biotope map and digital map data. The sound grades of trails were classified using 4 factors, which were extracted from a factor analysis on 13 variables and 757 sites. Moreover, for grouping the sound grades, the K-means method was used to examine the characteristics of the five groups.

1. 서 론

국립공원은 동물, 식물, 지형, 역사문화자원과 같은 유형 자원뿐만 아니라 자연의 소리, 깨끗한 공기, 맑은 물, 아름다운 경관과 같은 무형 자원 또한 중요하다⁽¹⁾. 이 중 자연의 소리는 단순히 인위적 소음이 없는 상태를 나타내는 것이 아니라 바람소리, 물소리, 빗소리 등 환경소리에서부터 새소리, 곤충소리 등 생물소리를 포함하는 다양한 범위를 지닌다⁽²⁾. Haas, G. E. et al.⁽³⁾

의 연구에 의하면 미국 응답자의 72 %는 자연의 소리와 조용함은 국립공원이 존재하는 가장 중요한 이유 중 하나라고 답한바 있으며, Dawson, C. P. et al.⁽⁴⁾은 국립공원에서 탐방객의 경험을 극대화하기 위해서는 음환경(soundscape)의 보전이 필요하다고 주장하였다. 자연의 소리 중 특히 새소리, 물소리, 바람소리, 조용함은 음환경에서 중요한 인자로 나타나고 있다. Liu, J. et al.^(5,6)에 의하면 도시의 소음 조절을 위한 하나의 방법으로 새소리를 비롯한 생물들의 소리가 중요한 역할을 한다고 하였고, Kang, J.⁽⁷⁾은 도시재생

† Corresponding Author ; Member, Department of Environmental Science and Landscape Architecture, Sangji University, Professor
E-mail : ecokks@sangji.ac.kr

* Member, Department of Environmental Engineering, University of Seoul, Student

** Member, School of Environmental Engineering, University of Seoul, Professor

A part of this paper was presented at the KSNVE 2017 Annual Spring Conference

‡ Recommended by Editor Deuk Sung Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

지역에서 물소리가 음환경의 가장 중요한 요소라고 하였다. 또한 Tse, M. S. et al.⁽⁸⁾는 도시공원 이용객이 산들바람 소리를 들으면 청각적 편안함을 느낀다고 하였다.

반면 공원을 방문하는 탐방객에게 가장 부정적인 영향을 미치는 소음 유형은 교통 소음, 항공기 소음, 보트 소음, 이용객 소음 등이었다. Cressford, G. R.⁽²⁾은 뉴질랜드의 대표적인 탐방로(great walks)을 대상으로 음환경을 조사한 결과 항공기 소음, 모터보트 소음, 산장(huts) 이용자 소음이 대표적인 이슈라고 하였으며, 관리 필요성이 있다고 하였다. 또한 Tse, M. S. et al.⁽⁸⁾은 홍콩의 도시공원을 대상으로 한 연구에서 대형차, 자전거의 소리는 이용객에게 부정적인 영향을 미친다고 하였다.

우리나라 국립공원은 많은 소음에 노출되어 있다. 대도시와 인접한 북한산국립공원, 무등산국립공원, 계룡산국립공원 등은 경계부에 고밀도 시가지와 도로가 접해있어 외부로부터 유입되는 소음의 영향이 크고, 도시로부터 떨어져 있다고 하더라도 대부분의 국립공원 내부가 고속도로나 지방도로에 의해 관통되고 있어 도로에서 유발되는 소음의 영향을 받을 것으로 예상된다. 이외에도 우리나라는 국립공원 고지대에 군부대나 통신시설 등 대규모 시설지가 입지하고 있는 경우가 많아 소음에 의한 생태계 영향이 클 것으로 예측된다. 또한 치악산국립공원과 같이 공항과 인접한 경우에는 항공기 소음에 의한 영향이 있을 것으로 예상된다.

국립공원에서 소음은 이용관리와 생물다양성 관리 측면에 부정적인 영향을 미친다. 이용관리 측면에서 국립공원 소음은 탐방객 간의 의사소통을 방해하기 때문에 사고 위험을 높일 수 있어 관리가 필요하며, Lynch, E. et al.⁽⁹⁾은 자연 보호를 교육할 수 있는 하나의 장이기 때문에 국립공원 내 소음을 교실과 같은 35 dB(A)이하로 유지할 필요가 있다고 하였다. 생물다양성 관리 측면에서는 국립공원 소음은 소리로 의사소통 하는 야생동물의 유효거리와 면적을 줄인다⁽¹⁰⁾. 즉 소음은 동물의 의사소통에 교란을 일으켜 서식처 질을 악화시키며 이로 인해 해당지역의 생물다양성에 위협을 미친다고 추측된다. 그러나 우리는 아직까지 국립공원 음환경의 중요성을 이해하고, 어떻게 현황을 파악하고, 어떻게 관리방안을 수립할지에 대한 인식 자체가 부족한 실정이다.

따라서 이 연구는 국내 대표적인 국립공원이면서 서울이라는 대도시와 인접해 있는 북한산국립공원을 대상으로 탐방로의 음환경 현황을 파악하고 이에 영향을 미치는 환경 인자를 분석하여 음환경을 고려한 탐방로 유형을 구분해보고자 한다. 나아가 이 자료는 국립공원 탐방로의 음환경을 관리하기 위한 기초자료로 활용이 가능할 것이다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상지

북한산은 1983년 4월 2일 국립공원으로 지정되었으며 우리나라 서울 외곽에 위치하여 자연 경관이 양호하고, 역사 및 문화 유적이 많이 분포되어 있어 약 2500만 수도권 인구가 즐겨 찾는 세계적으로 사례를 찾기 드문 도시형 국립공원이다⁽¹¹⁾. 북한산국립공원은 연간 약 850만 명이 방문하며 총 21개 구간 64 km의 북한산 탐방로가 있다. 북한산 탐방로는 국립공원관리공단에서 정상정복형 수직 탐방문화를 저지대 수평 탐방문화로 유도하기 위한 목적으로 기존의 셋길을 연결하고 북한산 자락을 완만하게 걸을 수 있도록 2010년 9월에 개통한 탐방로이다.

이 연구는 국내 도시형 국립공원 중 이용객이 가장 많은 북한산국립공원을 연구 대상지로 선정하여 조사를 진행하였다. 조사구간은 북한산국립공원 탐방로 중 서울시내 5개 구간(3구간~7구간)인 솔샘길, 흰구름길, 명상길, 평창마을길, 옛성길이며 약 15 km이다. 조사일시는 2017년 5월 2일(화), 5월 28일(일)이었으며 조사시간대는 09 시 ~ 17 시이었다. 조사일은 바람에 의한 영향이 매우 적은 날이었으며 2개 조사일 모두 징검다리 연휴 및 일요일에 해당했기 때문에 탐방



Fig. 1 Study area of Bukhansan national park trails

객 혼잡도는 유사하였다. Fig. 1은 탐방로 내 조사구간을 나타내었다

2.2 변수 설정

탐방로 소리등급도 제작을 위해, 변수는 음향인자와 환경인자로 구분하여 설정하였다. 음향인자는 소음도(dB(A))를 포함한 객관적 음질인자인 loudness, roughness, sharpness, tonality로 설정하였고 환경인자는 2015년 미국 NPS(national park service)에서 진행한 미국 전 지역의 소음지도 구축 시 사용했던 변수 중에서 선정하였다^(12,13). 선정된 환경인자는 해발고, 토지피복비율, 도로로부터의 이격거리, 수계로부터의 거리, 토지이용, 자연성이며, 연구자가 연구에 필요하다고 판단하여 추가한 변수는 식생유형, 층고(building height), 건폐율이다.

2.3 조사 분석방법

탐방로 조사구간의 음환경을 파악하기 위해 조사구간을 일정한 속도로 걸으며 binaural microphone이 장착되어 있는 음향측정 전문 장비 SQuadriga를 활용하여 탐방로의 소리를 측정 및 녹음하였다⁽¹⁴⁾. 또한 GPS 추적 application인 램블러⁽¹⁵⁾를 이용하여 탐방로의 고도(m)나 위경도 좌표 등의 공간 데이터를 확보하고 주변 환경을 촬영하여 분석 보조 자료로 활용하였다.

조사된 탐방로 조사구간의 음향인자는 음향분석 프로그램(ArtemiS 5.01)을 이용하여 분석하였고 환경인자는 주로 서울시 도시생태현황지도(biotope map)와 수치지도를 활용하여 분석하였다^(16,17). 서울시 도시생태현황지도는 2015년에 갱신되어 비교적 최근 자료이며 토지이용, 토지피복, 식생유형, 도로 폭, 건물층고, 건폐율, 자연성(비오톱 등급) 등 다양한 요인 등을 포함하고 있어 분석 자료로 활용하였다⁽¹⁸⁾. 환경인자 중 도로와의 거리, 수계와의 거리는 GIS 분석 프로그램(Arcgis 10.2)을 이용하여 분석하였고 해발고는 서울시 수치지도(1:25 000)를 이용하여 분석하였다.

분석 지점 수는 탐방로 조사 구간을 20 m로 등분한 총 757개이며, 각 지점에서 추출한 음향인자와 환경인자의 데이터는 GIS 분석 프로그램에서 중첩하여 통계분석에 적용하였다.

2.4 통계 분석방법

탐방로 소리등급도 제작을 위해 상관관계분석, 요

인분석, 군집분석을 실시하였다. 상관관계분석은 탐방로 조사구간의 음환경에 영향을 미치는 환경 인자를 파악하고자 음향인자와 환경인자 간 분석을 실시하였다.

요인 분석은 군집분석을 실시하기에 앞서 다양한 변수의 차원을 축소하여 단순화시키기 위해 시행하였으며 관측된 변수들에 영향을 미치고 있는 숨어있는 공통인자를 찾아내는데 목적이 있는 분석방법이다⁽¹⁹⁾. 요인분석을 위한 분석기법은 각 변수들의 분산구조보다 각 요인의 특성을 알고자 하는데 더 유용하게 이용되는 Varimax 회전방식을 이용하였다⁽²⁰⁾.

군집 분석은 K-means 군집분석방법을 사용하였고, 요인분석에서 얻어진 4개의 요인 점수를 기존 관측개체로 설정하여 시행하였다. K-means 군집분석방법은 어떤 군집을 대표하는 한 데이터를 기준으로 유사한 데이터를 묶어 군집을 형성하는 방법이다. 군집의 수는 국립공원의 기존 타 관리 등급과 같이 소리등급도를 제작하기 위해 5개로 설정하였다.

3. 연구 결과

3.1 탐방로 음향인자 및 환경인자 현황

(1) 음향인자 현황

탐방로 조사구간의 음환경 특성을 파악하기 위해 음향인자로 설정된 소음도(dB(A)), 라우드니스(loudness), 러프니스(roughness), 샤프니스(sharpness), 순음도(tonality)를 분석하였다.

조사구간의 소음도(dB(A)) 분석 결과, 도로를 지나서 정릉계곡의 보국문로와 6차선의 진흥로, 주거지역이 밀집되어 있는 평창동은 도로교통소음이 발생되어 50.0 dB(A) 이상의 높은 소음도를 나타내고 있었다. 조사구간 내 산림지역의 경우 대부분 소음도가 높지는 않았지만 마지막 구간에 해당하는 7구간 옛성길은 주변 도로교통소음의 영향을 받아 소음도가 높게 나타났다. Fig. 2는 탐방로 조사구간의 소음도 분포 현황을 시각화하여 나타내었다.

조사구간의 라우드니스(loudness) 수치는 조사구간의 소음도와 밀접한 관련이 있기 때문에 소음도가 높은 구간은 라우드니스 수치도 높게 나타났다. 라우드니스 수치는 소음도가 높은 구간에서 더 강조되는 경향이 있어 조사구간 중 도로구간(보국문로, 진흥로 등)이 높게 나타나고 있었다.

조사구간의 러프니스(roughness) 수치는 도심으로부터 배경소음이 인지되거나 도로교통소음이 발생하고 있는 구간에서 높게 나타나고 있었다. 이 결과는 탐방로의 음환경을 분석할 때, 러프니스 수치가 높으면 배경소음이 유입된다고 판단할 수 있으며 부정적인 영향을 평가하는 근거가 될 수 있기 때문에 향후 탐방로의 매우 중요한 결과로 판단된다.

조사구간의 샤프니스(sharpness) 수치는 소리의 고주파수 영향을 나타내는 지표로, 소리의 발생비율이 높을수록 수치는 높아지는데 이는 이 연구에서 중요한 의미를 지니고 있는 것으로 판단된다. 조용한 산림지역 중에서 야생조류가 활발히 우는 구간은 고주파 영역의 소리가 많이 발생하여 샤프니스 수치가 높게 나타나며 탐방환경의 긍정적인 영향을 평가하는 근거가 될 수 있기 때문이다.

순음도(tonality)는 음색이라고도 하며, 음조의 조화량을 표시하는 지표이다. 조사구간의 순음도는 조사구간 중 비교적 조용한 산림구간에서 높은 수치로 나타났으며 도로가 통과하는 조사구간은 낮은 수치로 나타났다. 따라서 순음도(tonality)의 수치는 도심지로부터 소음의 영향을 적게 받을수록 높게 나타나는 것으로 판단된다.

(2) 환경인자 현황

탐방로 조사구간의 음향인자와의 상관관계 분석을 위해 탐방로에 영향을 미치는 환경인자 현황을 파악하였다.

조사구간의 해발고는 50 m 이상 400 m 이하의 범위에 분포하였다. 대부분의 구간은 50 m 이상 200 m 이하의 해발고를 유지하며 저지대에 분포하고 있었고, 북악터널 상부 능선부가 200 m ~ 400 m 범위로 가장 높은 구간이었다. 조사구간은 북한산국립공원 외곽의 능선부, 사면부, 계곡부를 넘나들고 있었으며, 현장조사 당시 도심지에서 멀리 떨어지고 해발고가 높아질수록 외부 소음이 줄어들고, 도심지와 가깝다고 하더라도 계곡부로 둘러싸여 외부소음이 차단된 구간은 다소 적막함을 느낄 수 있었다. 따라서 탐방로의 음환경은 지형의 영향을 많이 받고 있는 것으로 판단되었다.

조사구간의 포장률은 도심지역에 녹지지역 또는 투수지역이 거의 없기 때문에 산림지역이 주로 10% 미만, 시가화지역이 70% 이상을 나타내고 있었다. 그러나 도심 지역 내 학교는 운동장이 넓기 때문에 포장률

이 낮았고, 평창동과 같은 단독 주거지가 밀집되어 있는 지역은 다른 도심 지역에 비해 녹지율이 상대적으로 높아 50% ~ 70%의 포장률을 나타내고 있었다.

조사구간의 주변 도로는 국립공원 외부에서 산림계곡부 토지이용지역으로 진입하는 도로와 공원 경계부의 주거지역 내 도로로 대부분 2차선이고 구기터널을 지나가는 진흥로만 6차선의 도로다. 탐방로 조사구간에 영향을 미치는 주 소음원이 주변 도심지의 도로교통소음이기 때문에 조사구간과 도로 간 이격거리를 분석하였다. 분석 결과, 조사구간은 주변 2차선 이상의 도로로부터 900 m 이내에 모두 분포하고 있는 것으로 확인되었는데, 이는 도심지를 지나는 조사구간 이외에 산림지역도 주변 도로교통소음으로부터 노출되어 있을 가능성이 높다는 것을 의미하여 탐방 환경에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되었다. Fig. 3은 탐

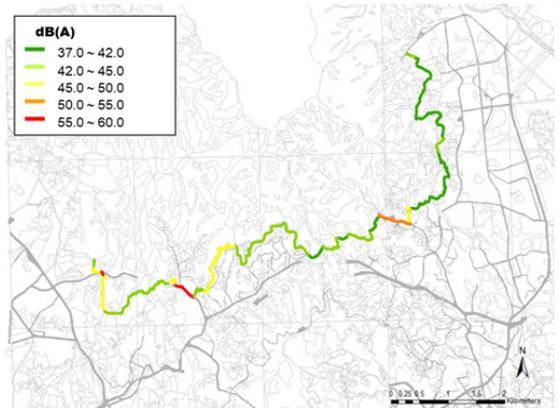


Fig. 2 Spatial distribution of dB(A) on trails

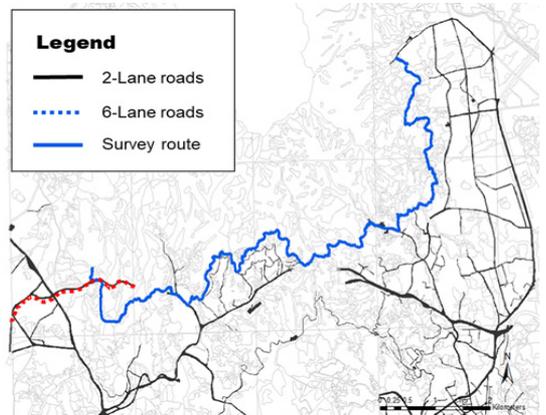


Fig. 3 Spatial distribution of roads around survey spots

방로 조사구간 주변 도로분포 현황을 나타내었고, Fig. 4는 탐방로 조사구간 주변 도로로부터의 거리 현황을 나타내었다.

조사구간의 주변 수계는 주요 계곡부를 중심으로 형성되어 있으며, 계곡의 규모가 크거나 수량이 풍부한 계곡으로부터 들리는 물소리는 탐방로에서 인지할 수 있었다. 국립공원 탐방로에서 물소리는 가장 중요한 소리자원이며 탐방자원 중 하나이다. 조사구간의 수계는 총 3개 지점에서 탐방로와 만나고 있었고, 수계로부터 발생하는 물소리가 탐방로에 미치는 영향을 파악하기 위해 수계 경계선을 기준으로 100 m의 등간격으로 거리를 두어 수계 현황을 파악하였다. 그러나 조사구간 주변 모든 계곡부에 도로가 조성되어 있어 도로교통소음과 수계에서 발생하는 물소리가 중첩되어 탐방로의 음환경에 부정적인 영향을 미치고 있

었다. Fig. 5는 탐방로 조사구간 주변 수계 분포 현황을 나타내었고, Fig. 6은 탐방로 조사구간 주변 수계로부터의 거리 현황을 나타내었다.

3.2 탐방로 음향인자와 환경인자 상관관계

탐방로의 음환경에 영향을 미치는 환경인자를 파악하기 위해 조사구간의 음향인자와 환경인자 간 상관관계를 분석하였다. 분석결과, 음향인자 중 소음도, 라우드니스는 환경인자 중 해발고, 도로거리, 수계거리, 투수포장률, 녹지율, 층위별 식피율(교목, 이교목, 관목, 초본)과는 부의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었고 건폐율, 불투수포장률과는 정의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었다. 즉, 조사구간이 도심으로부터 멀리 떨어져 있어 해발고가 높고, 도로로부터 멀리 떨어져 소음도와 라우드니스 수치는 낮고 도심으로부터 가까울수록 소음도와 라우드니스 수치는 높게 나타났다.

음향인자 중 리프니스 수치는 환경인자 중 평균층수, 건폐율과는 부의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었고, 수계거리, 관목식피율과는 정의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었다. 리프니스의 수치는 상관관계 분석 결과 그 자체로는 일정한 경향을 파악하기가 어려웠는데, 이를 리프니스 수치 분포 현황 및 특성과 결부하여 해석해보면 조사구간이 해발고가 높은 자연 지역을 통과하는 구간이라도 도심지로부터 배경소음이 강하게 들릴 경우 리프니스 수치가 강하게 나타나고 있는 것으로 판단되었다.

음향인자 중 샤프니스 수치는 환경인자 중 수계거리, 평균층수, 불투수포장율, 투수포장율과는 부의 상관관

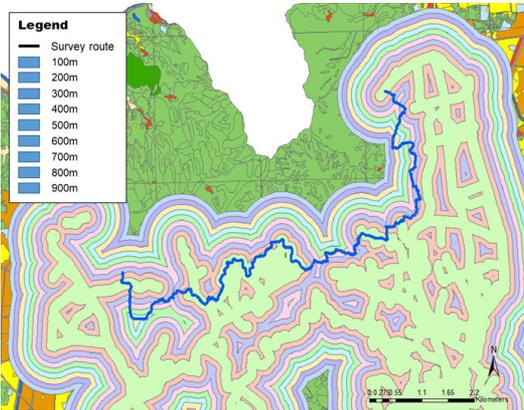


Fig. 4 Distance from the roads around survey spots

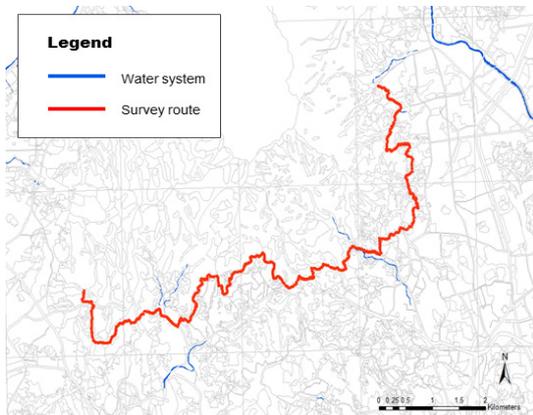


Fig. 5 Spatial distribution of water systems around survey spots

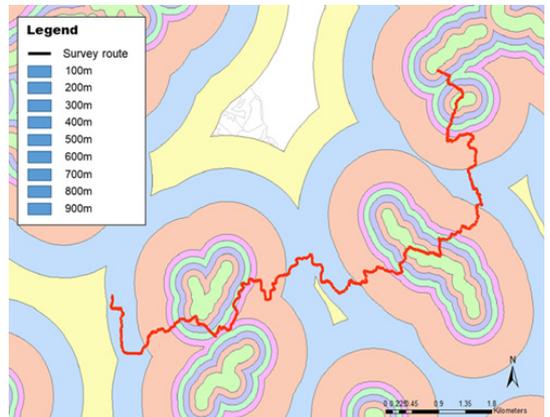


Fig. 6 Distance from the water systems around survey spots

계($p < 0.01$)를 나타내었고, 도로거리, 녹지율, 식피율(교목, 아교목, 관목, 초본)과는 정의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었다. 이는 야생조류가 활발히 우는 산림지역에서 고주파 영역의 소리가 많이 발생하고 있기 때문에 이러한 경향이 나타나는 것으로 판단되었다.

음향인자 중 순음도는 환경인자 중 해발고, 도로거리, 수계거리, 녹지율, 식피율(교목, 아교목, 관목, 초본)과는 부의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었고, 평균층수, 건폐율, 불투수포장율과는 정의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었다. 이는 산림지역의 자연성이 높을수록 순음도가 높아져 순음이 많아지고, 도심지는 복잡함이 많이 발생하고 있어 순음도가 낮게 나타났을 것으로 판단된다.

상관관계 분석결과는 Table 1에 나타내었다.

3.3 탐방로 소리등급도 구분

(1) 요인분석

탐방로 조사구간을 소리 등급으로 구분하여 소리 등급도를 제작하기 위해 요인분석과 군집분석을 실시하였다.

요인분석은 변수 간 상관계수에 근거하여 관계가 높은 변수들을 묶어 설명 가능한 몇 개의 요인으로 요약하는 방법이라고 할 수 있다. 이를 실시할 때는 요인의 수를 결정하기 위해 고유값(eigenvalue)을 참고하는데, 일반적으로 고유값이 1이상일 때 하나의

Table 1 The correlation of acoustic factors with environmental factors of trail

Pearson correlation coefficient	Height above sea level(m)	Longitudinal distance from the road	Longitudinal distance from water system	Average number of floors of the building	Building coverage ratio(%)	Impervious coverage ratio (%)	Permeable coverage ratio (%)	Green coverage ratio(%)
dB(A)	-.169**	-.496**	-.157**	.060	.133**	.633**	-.029	-.636**
Loudness	-.321**	-.257**	-.222**	-.054	-.041	.393**	-.011	-.347**
Roughness	.010	-.048	.115**	-.120**	-.108**	.026	-.035	.028
Sharpness	-.166**	.278**	-.182**	-.173**	-.152**	-.244**	-.097**	.296**
Tonality	-.265**	-.358**	-.279**	.190**	.193**	.351**	.053	-.408**

** . P < 0.01. * . P < 0.05. N = 757

Table 2 Factor loading by Varimax

	Variables	Factor			
		1	2	3	4
Sound factor	dB(A)	0.577	0.737	-0.190	-0.051
	Loudness	0.303	0.806	-0.330	0.153
	Roughness	-0.115	0.851	0.191	-0.196
	Sharpness	-0.270	-0.035	-0.347	0.641
	Tonality	0.380	0.435	-0.416	-0.210
Environmental factor	Longitudinal distance from water system	-0.108	0.035	0.803	-0.059
	Longitudinal distance from road	-0.847	-0.068	-0.058	0.130
	Height above sea level	0.146	-0.169	0.802	0.005
	Building coverage ratio	0.204	-0.246	-0.383	-0.670
	Impervious coverage ratio	0.931	0.187	0.068	0.116
	Green coverage ratio	-0.957	-0.064	0.094	0.148
	Others ratio	0.094	-0.173	-0.010	0.446
Natural(biotope grade)	0.964	0.063	-0.072	-0.045	

Factoring method : principal axis factoring,
 Lotation method: varimax

a. Rotation converged in 5 iterations

Table 3 Cluster analysis by K-mean clustering

	Cluster				
	1	2	3	4	5
Factor 1	-0.18	1.39	1.48	1.56	-0.78
Factor 2	-0.69	2.18	-2.74	-0.41	0.45
Factor 3	-0.71	-1.33	-0.15	0.94	0.53
Factor 4	-0.40	0.95	7.06	0.30	0.00

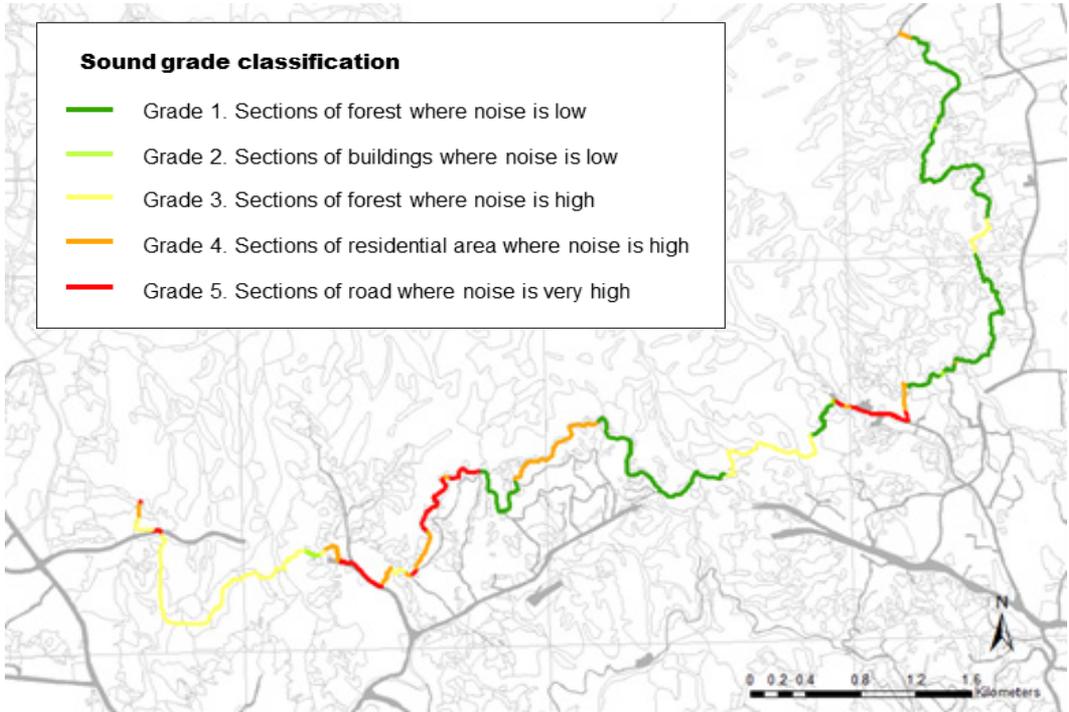


Fig. 7 Sound grade classification of Bukhansan national park trails

요인으로 간주한다. 13개의 변수(음향변수 5개, 환경 변수 8개)와 757개의 조사구간 분석 지점에 대한 요인 분석을 실시한 결과, 고유값(eigenvalue)이 1 이상인 인자는 모두 4개가 추출되었다. 요인분석 해석에 있어서 일반적으로 요인 적재값이 절대값 기준 0.4 이상이면 유의한 변수로, 절대값 기준 0.5 이상이면 중요 변수로 설명한다⁽²¹⁾.

제1인자는 dB(A), 불투수포장율, 자연성(비오톱등급)에서 높은 정(+)의 요인부하값(factor loading)을 보였고, 도로로부터의 거리, 녹지율에서 높은 부(-)의 요인부하값을 보여 ‘소음지요인’으로 명명하였다. 제2인자는 dB(A), 라우드니스(loudness)와 러프니스(roughness)에서 높은 정(+)의 요인부하값을 보였고,

그 외 요인들의 요인부하값은 낮게 나타나 ‘시끄러운 산림지요인’으로 명명하였다. 제3인자는 수계로부터의 거리와 해발고에서 높은 정(+)의 요인부하값을 보였고 그 외 요인들의 요인부하값은 낮게 나타나 ‘조용한 고지대요인’으로 명명하였다. 제4인자는 건폐율에서 높은 정(+)의 요인부하값을 보였고, 그 외 요인들의 요인부하값은 낮게 나타나 ‘조용한 도심지요인’으로 명명하였다. 요인분석 실시한 결과는 Table 2에 나타내었다.

(2) 소리 등급 군집분석

탐방로 조사구간을 소리 등급 5개로 군집분석한 결과, 군집 1은 조용한 산림구간, 군집 2는 조용하고 주변에

건물이 많은 구간, 군집 3은 소음이 들리는 산림구간, 군집 4는 소음이 들리며 주변이 주거지역인 구간, 군집 5는 매우 시끄러우며 주변에 도로가 지나는 구간으로 구분되었다. 군집분석 결과는 Table 3에 나타내었다.

군집 1과 군집 2는 도심으로부터 유입되는 소음이 적고 야생동물의 소리가 많이 들리는 곳으로 비교적 양호한 음환경을 지닌 탐방로 구간에 해당하며 탐방의 만족도가 높을 것으로 판단된다. 군집 3은 산림지역 내 탐방로임에도 불구하고 도심과 인접해 있어 도심으로부터 유입되는 소음이 인지된다. 따라서 음환경의 관점에서는 탐방의 질은 군집 1, 2와 비교하여 낮을 것으로 판단된다. 군집 4는 전반적으로 조용하지만 주변 주거지 내부에 도로가 위치하기 때문에 주기적으로 통행하는 차량에 의한 소음이 발생하는 구간이다. 군집 5는 교통량이 많고 소음이 강한 도로가 지나는 구간에 해당한다. 군집분석 결과 작성된 탐방로 조사구간의 소리등급도 Fig. 7에 나타내었다.

4. 결 론

이 연구는 다음과 같은 중요성을 지니고 있다. 첫째, 국립공원 내 핵심 탐방시설인 탐방로를 대상으로 음환경의 특성을 분석하고 소리등급도를 작성한 초기 연구이다. 두 번째, 기존 음환경 조사는 특정 조사지점에 대한 음환경(soundscape)을 분석하였는데, 이 연구의 경우 조사구간 전체에 대한 음환경 조사를 실시하였다는 측면에서 기존 연구와 차별성이 있다. 세 번째, 탐방로의 음환경은 탐방의 질에 있어 매우 중요한 요인 중 하나임에도 불구하고 그동안 간과해 왔던 부분을 규명함으로써 이 연구의 결과를 바탕으로 탐방로의 소음현황 파악 및 소리탐방자원 발굴에 적용할 수 있는 기초자료로 활용이 가능하다.

반면 이 연구는 한계 또한 지니고 있다. 이 연구는 대도시인 서울특별시와 인접한 북한산국립공원의 외곽부 탐방로를 대상으로 한 것으로 일반적인 국립공원에 비해 도심지와 인접해 있는 특성이 있기 때문에 소음에 노출이 많이 되어 있는 특수한 경우이다. 또한 조사구간은 북한산 탐방로 64 km 구간 중 도심지역과 접해 있는 구간을 선정했기 때문에 상대적으로 개발밀도가 낮은 지역에 대한 조사가 향후 진행되어야 할 것이다.

마지막으로 이 연구에서 환경요인을 분석하기 위

해 활용한 서울시 도시생태현황지도 자료는 서울시에 한정하여 사용할 수 있는 자료이기 때문에 추후 다른 지역에도 적용할 수 있는 일반적인 환경요인을 사용하여 분석해야될 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행한 기초연구사업(NRF-2015R1D1A1A01060891)입니다.

이 논문은 2019년도 상지대학교 교내연구비, 한국연구재단(NRF-2017R1C1B1008457), 국립공원공단에 지원 하에 진행되었습니다.

References

- (1) Miller, N. P., 2008, US National Parks and Management of Park Soundscapes: A Review, Applied Acoustics, Vol. 69, No. 2, pp. 77~92.
- (2) Cressford, G. R., 2000, Noise Impact Issues on the Great Walks of New Zealand, RMRS-P, Vol. 4, pp. 66~79.
- (3) Haas, G. E. and Wakefield, T. J., 1998, National Parks and the American Public: A National Public Opinion Survey of the National Park System. National Park and Conservation Association and Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- (4) Dawson, C. P., Newman, P. and Watson, A., 1998, Cognitive Dimensions of Recreational User Experiences in Wilderness: An Exploratory Study in Adirondack Wilderness Areas, General Technical Report, pp. 257~260.
- (5) Liu, J., Kang, J., Luo, T. and Behm, H., 2013, Landscape Effects on Soundscape Experience in City Parks, Science of the Total Environment, Vol. 454, pp. 474~481.
- (6) Liu, J., Kang, J., Behm, H. and Luo, T., 2014, Effects of Landscape on Soundscape Perception: Soundwalks in City Parks, Landscape Science, Planning and Design, Vol. 123, pp. 30~40.
- (7) Kang, J., 2012, On the Diversity of Urban Waterscape, Proceedings of the Acoustics 2010 Nantes Conference, France, pp. 3533~3538.

- (8) Tse, M. S., Chau, C. K., Choy, Y. S., Tsui, W. K., Chan, C. N. and Tang, S. K., 2012, Perception of Urban Park Soundscape, *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 131, No. 4, pp. 2762~2771.
- (9) Lynch, E., Joyce, D. and Fristrup, K., 2011, Anassessment of Noise Audibility and Sound Levels in US National Parks, *Landscape Ecology*, Vol. 26, No. 9, p. 1297.
- (10) Barber, J. R., Crooks, K. R. and Fristrup, K. M., 2010, The Costs of Chronic Noise Exposure for Terrestrial Organisms, *Trends in Ecology & Evolution*, Vol. 25, No. 3, pp. 180~189.
- (11) Yoo, K. J., Han, B. H., Choi, J. W. and Hur, J. Y., 2012, A Study on Community Memper Perception due to Impacts on Development of the Dulegil in Bukhansan National Park, *Korean Journal of Environment and Ecology*, Vol. 26, No. 1, pp. 113~124.
- (12) Zwicker, E. and Fastl, H., 1990, *Psychoacoustics: Facts and Models*, Springer, Berlin; New York.
- (13) National Park Service, 2017, <https://www.nps.gov/subjects/sound/soundmap.htm> (Accessed March 2. 2020).
- (14) Choi, J. S., 2019, Binaural Sound Measurement and NVH Analysis of HEAD Acoustics GmbH, Germany, *Journal of KSNVE*, Vol. 29, No. 4, pp. 34~39.
- (15) Ramblr, 2019, <https://www.ramblr.com/web/main> (Accessed Feb 28. 2020).
- (16) Choi, S., Jho, M. J., Lee, K. H., Min, Y. K., Oh, A. R. and Sohn, J., 1998) EEG and Psychological Responses to the Sound Characteristics of Car Horns, *Proceedings of Korea Society for Emotion and Sensibility Fall Meeting*, pp. 154~157.
- (17) Artemis (Ver. 5.01) Computer Software, Germany: Metier.
- (18) http://115.84.164.44/4DUPIS/sub7/sub7_7_4.jsp
- (19) Huh, M. H. and Yang, K. S., 2013, *SPSS Multivariate Data Analysis*, 2nd Ed., Hannarae Publishing Co., Seoul, Korea
- (20) Noh, H. J., 2008, *From Basis of Multivariate Analysis to Application by SPSS*, Hanol Publishing, Seoul, Korea.
- (21) Koh, S. J., 2012, *Researches of Game Addiction among Teenagers using FA and LCA*, Master's thesis, Ewha Womans University, Seoul, <http://dspace.e-wha.ac.kr/handle/2015.oak/189941>.



Jisu Yoo received her M.S. degree from the Energy and Environmental System Enginnering Department at University of Seoul in 2019. She is currently a Ph.D. candidate in Environmental Engineering at University of Seoul. Her research interests are modeling and mapping of environmental noise impact. Especially, her recent research is focusing on Soundscape and nvironmental noise impact on green spaces.



Kyongseok Ki received his doctorate from the Department of Landscape Architecture at University of Seoul in 2011. He is currently a Ph.D. candidate in the Department of Environmental Engineering at the University of Seoul. He is interested in soundscape ecology. Especially, his recent research is focusing on phenology observation using bioacoustics and sound environment in protected areas.