

태백산국립공원 백두대간 생태축 연결을 위한 평가항목 및 가중치 설정^{1a}

신지훈² · 김혜리³ · 장수림⁴ · 김학윤⁵ · 노백호^{6*}

Evaluating the Criteria and Weight Value for Ecological Network Connectivity of Baekdudaegan Mountain Range on Taebaeksan National Park^{1a}

Geehoon Shin², Hye-Ri Kim³, Su-Rim Jang⁴, Hak-Yoon Kim⁵, Paikho Rho^{6*}

요약

본 연구는 태백산국립공원 백두대간 생태축 연결을 위한 평가항목 및 요인별 가중치 설정을 위해 공원관리와 생태계 조사, 생태환경계획과 관련된 분야별 전문가 대상의 설문조사를 토대로 계층화 분석을 실시하였다. 문헌연구와 담당자 면담조사로 생태축 연결을 위한 상위 평가지표 4개와 하위 평가지표 13개를 선정하였으며, 일관성 분석에 의한 유효 설문을 대상으로 항목별 가중치를 산정하였다. 분석결과, 상위평가 지표에서는 생태계 가치증진이 0.474로 가장 높고, 자연-인간 갈등완화(0.247), 지역주민의 참여(0.165), 경제적 측면(0.114) 순으로 나타났으며, 하위 평가지표에서는 생물이동경로(0.116), 경관생태적 패치 연결성(0.112), 기능적 서식지(0.099) 등이 중요 항목으로 추출되었다. 분야별 평가항목과 가중치 비교에 따르면 생태계조사 분야에서는 생물종 이동경로(0.116)를 가장 중시하는 반면, 공원관리 분야에서는 기능적 서식지가 0.110로 가장 중요한 항목으로 평가되었으며, 생태환경계획 분야에서는 지역의 보전 및 이용자원 분포현황이 0.123으로 가장 높게 나타났다. 본 연구결과는 태백산국립공원 일대의 생태축 연결에 필요한 조사항목의 선정이나 분야별 연결성 분석방향 설정에 기여할 것이다.

주요어 : 경관생태적 연결성, 계층화분석법, 기능적 서식지, 생물이동경로, 생태네트워크

ABSTRACT

This study conducted a hierarchy analysis based on a questionnaire survey of experts in park management, ecosystem survey, and ecological environment planning to establish evaluation items and a weighing value of each item to develop ecological connectivity in Baekdudaegan mountain range neighboring the Taebaeksan National Park using the AHP approach. We selected four high-level evaluation indexes and 13 low-level

1 접수 2018년 6월 14일, 수정 (1차: 2018년 10월 2일, 2차: 2019년 5월 14일), 게재확정 2019년 5월 16일

Received 14 June 2018; Revised (1st: 2 October 2018, 2nd: 14 May 2019); Accepted 16 May 2019

2 계명대학교 대학원 환경과학과 박사과정 Dept. of Environmental Science, Keimyung Univ., 1095 Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu, 42601, Korea

3 국립공원공단 국립공원연구원 책임연구원 Korea National Park Research Institute, Korea National Park Service, 171 Dangu-ro, Wonju-si, Gangwon-do, 26441, Korea

4 국립공원공단 보전정책부 과장 Conservation Policy Division, Korea National Park Service, 22 Hyeoksin-ro, Wonju-si, Gangwon-do, 26466, Korea

5 계명대학교 환경학부 교수 Faculty of Environment, Keimyung Univ., 1095 Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu, 42601, Korea

6 계명대학교 환경계획학과 교수 Dept. of Environmental Planning, Keimyung Univ., 1095 Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu, 42601, Korea

a 이 논문은 국립공원공단의 “태백산국립공원 백두대간 생태축 관리방안” 연구비 지원에 의하여 진행되었음.

* 교신저자 Corresponding author: wildlife@kmu.ac.kr

evaluation indexes through literature review and interview with the people in the field and calculated weights for each question through the consistency analysis. The analysis showed that increasing the ecological value was the most important item with the index of 0.474 among the high-level evaluation items, followed by the mitigation of human-nature conflict at 0.247, participation by local residents at 0.165, and the economic perspective at 0.114. Among the low-level evaluation indexes, the movement route of wildlife was the highest at 0.116, followed by the connectivity of landscape ecological patch at 0.112, and functional habitat at 0.099. The comparison of the evaluation items in each working group and the weight factors showed that the movement route of wildlife was the most important at 0.116 in ecosystem survey, the functional habitat was the most important at 0.110 in park management, and the regional preservation and distribution of resources was the most important at 0.123 in ecological environment planning. The results of this study is useful to identify evaluation items for developing ecological network with a diverse source of the actual environmental data in the Taebaeksan National Park.

KEY WORDS: LANDSCAPE ECOLOGICAL CONNETIVITY, ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, FUNCTIONAL HABITAT, WILDLIFE MOVEMENT ROUTE, ECOLOGICAL NETWORK

서론

백두대간은 한반도 산림생태계의 핵심축을 이루며 생태적으로 중요한 기능을 담당하고 있다(Shin, 2004). 백두산에서 지리산까지 약 1,400km의 산줄기가 남북으로 이어져 국토 전체를 아우르는 생태축과 생물다양성의 보고 역할을 함은 물론 주요 하천의 발원지로서 국가 차원의 보호가 필요하다. 정부는 2003년 「백두대간 보호에 관한 법률」 제정을 통해 백두대간보호지역의 지정과 인위적 개발행위를 제한하여 생태계 연결성을 높이고자 하였다(Lee *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2016). 환경부에서는 제3차 자연환경보전기본계획(2016-2025)에 백두대간을 비무장지대, 도서연안, 5대강 수 생태축과 더불어 국가핵심 생태축으로 지정하여 한반도 생태계 건강성을 높이고자 하고 있다(Ministry of Environment, 2015). 설악산, 오대산, 지리산 등 7개 국립공원이 포함되어 있으며 1개의 정간과 13개 정맥의 산줄기로 이루어진 백두대간은 한반도의 자연환경과 생태계의 근본을 이루는 핵심 생태축으로 보전가치가 높다.

생태적 중요성에도 불구하고 백두대간은 각종 개발사업과 인위적 교란으로 상당부분 훼손되었다(Lee *et al.*, 2007). 특히, 태백산국립공원은 백두대간의 중앙부에 위치하며, 지리산 등 다른 국립공원에 비해 횡적 폭이 가장 협소하여 외부교란으로부터 백두대간 생태축을 보호하는데 매우 취약하다(Korea National Park Research Institute, 2017). 태백산을 중심으로 탄광개발과 도로개설, 군사활동, 고령지 채소밭, 위락시설 등 서식지 파편화 현상이 광범위하게 나타났다. 최근 국립공원의 지정과 백두대간 핵심 생태축의 보전을

통해 태백산 일원의 우수한 생태계를 보전하고 백두대간의 생태축 연결을 위한 복원사업이 활발히 논의되고 있다(Korea National Park Research Institute, 2016). 그러나 태백산국립공원의 백두대간 생태축 연결에 있어 훼손지 선정이나 복원 대상지 우선순위 선정을 위한 평가항목 논의는 여전히 미흡한 실정이다. 태백산국립공원의 백두대간 생태축을 연결하기 위한 일부 조사와 연결성 분석이 진행되었으나(Lee and Lee, 2013; Korea National Park Research Institute, 2016), 종합적인 평가지표와 가중치 설정 연구가 부족하다.

백두대간은 단순히 산을 지형적 측면에서만 접근하는 것이 아니라, 지형과 생태계, 그리고 인간의 삶 까지 아우러지는 공간으로 인식할 수 있다(Kim and Chung, 2014). 백두대간 생태축 연결은 생물종의 이동과 산줄기, 우리 민족의 사회·문화적 가치를 담고 있는 생태회랑이다(Korea National Park Research Institute, 2016). 백두대간이나 정맥, 능선분석을 통한 백두대간 핵심축 연결(Lee and Lee, 2013; Lee *et al.*, 2014)에서는 지형적 특성을 중요 요소로 간주하여 표고분석, 산경도 등이나 토양 산성도와 미생물군집, 토심 등을 이용한 생태축 연결사업을 강조하고 있다(Park *et al.*, 2016). 공간분석이나 네트워크 연구에서는 담비를 비롯한 야생동물 이동경로 분석을 통해 백두대간 연결방안(Woo, 2014)을 제시하고, 생태계서비스 평가와 지역주민 의견수렴으로 생태축 연결을 시도하기도 한다(Jun *et al.*, 2018). 지형·지질, 생태계, 사회·경제적 특성을 포괄하는 한반도 핵심 생태축으로 백두대간은 아직까지 이들 구성요소 가운데 어떤 요소를 중요항목으로 선정하고 항목별 가중치를 어떤 기준으로 부여할 것인지 명확하지 않다.

이에 본 연구에서는 생태계조사와 공원관리 및 생태환경 계획 등 다양한 분야의 전문가 의견을 수렴하여 태백산국립공원의 생태축 연결에 필요한 평가항목을 정량화하여 도출하고자 한다. 계층화 분석법(AHP; Analytic Hierarchy Process)으로 태백산 지역의 백두대간 생태축을 연결하는데 중요한 평가항목을 파악하고, 특히 국립공원 일원의 백두대간 생태축 연결을 위해 공원관리를 담당하는 다양한 이해관계인이 제시하는 훼손요인과 생태축 연결을 위한 중요도를 알아본다. 생태축 연결에 필요한 목표종 선정에 비롯하여 지형·지질, 생물종, 식생과 훼손지, 주민인식이나 경제적 측면 등을 반영하고, 나아가 업무분야별 평가항목 도출을 토대로 태백산국립공원의 백두대간 생태축 연결을 위한 객관화된 지표를 얻을 수 있다. 이를 통해 태백산국립공원의 생태축 조성 및 관련된 생태계조사, 공원관리, 생태환경계획 3개 업무분야별 평가항목과 가중치를 비교분석할 수 있다.

연구방법

1. 연구지역

연구지역은 태백산국립공원과 주변지역으로 하였다. 태백산은 1989년 태백산도립공원으로 지정된 이후 2016년 8월 22일 22번째 국립공원으로 지정되었다(Korea National Park Research Institute, 2016). 태백산국립공원은 설악산이나 지리산 국립공원과 달리 남북방향으로 길게 뻗어 있으며, 동서방향은 짧아 외부교란에 취약하다. 특히, 과거 태백 권역의 탄광개발과 각종 위락시설, 군사활동으로 생태계 훼손이 심화된 지역이다(Korea National Park Research Institute, 2016). 해발고도는 최저 725m에서 최고 1,565m 까지 고지대로 이루어졌으며, 30도 이상의 급경사 면적이 29.1%로 나타났다. 공원에 인접한 태백시의 과거 30년 기상자료를 분석한 결과, 연평균 기온은 8.9℃이며, 평균 최고 기온은 14.4℃이고, 평균 최저기온은 4.8℃로 조사되었다(Korea National Park Research Institute, 2016). 태백산국립공원 지역은 고지대 협곡의 고랭지대로 여름에는 시원하고 겨울에는 추운 산악형 기후를 갖고 있다. 연평균 강수량은 1,349.8mm이며 7월과 8월에 집중되어 있다. 식생군락은 신갈나무군락, 소나무군락이 대부분이며 일부 경사가 급한 지역과 능선에는 보전가치가 높은 소나무군락 및 신갈나무-소나무군락, 굴참나무군락이 분포하고 있다. 임연부 및 임도 주변에는 일본잎갈나무 조림지가 위치하고 있다(Korea National Park Research Institute, 2016). 역사문화자원으로 천제단, 검룡소, 열목어 서식지 등 국가지정문화재와 천연기념물이 태백산국립공원 내 산재되어 있다.

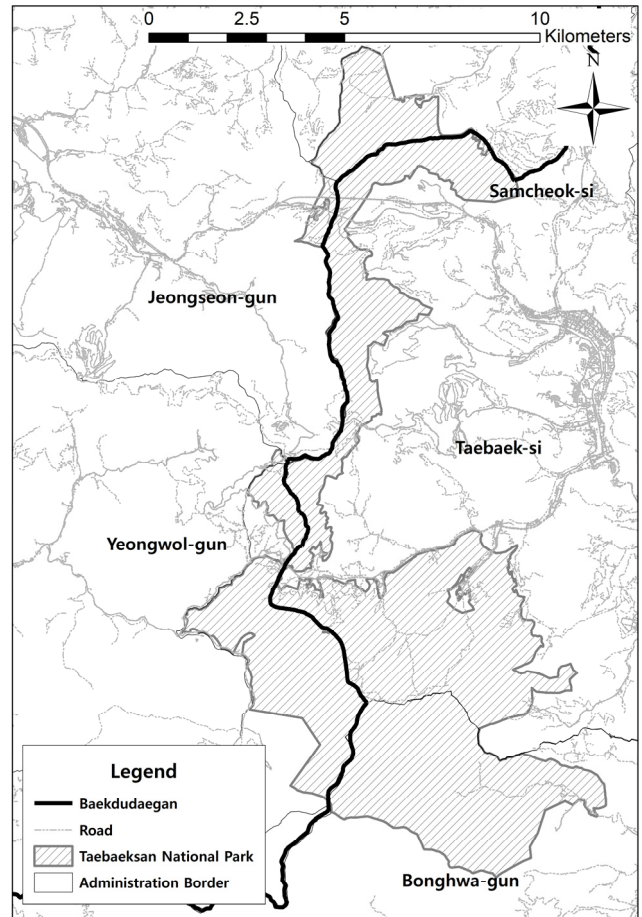


Figure 1. Map of study area on the Taebaeksan National Park delineated as a hatched polygon.

2. 평가항목 선정 및 가중치 설정

생태축 연결을 위한 평가항목의 선정은 예비조사와 본조사로 구분하여 실시하였다. 예비조사는 2017년 5월 30일부터 6월 5일까지 전자메일 및 대면조사를 통해 확보하였으며, 조사대상은 국립공원 사무소 및 국립공원연구원 직원, 관련 전공 석사 이상의 연구원들로 하였다. 예비설문 결과를 바탕으로 상위 평가항목과 하위 평가항목을 확정하였다. 본 조사는 2017년 6월 13일부터 7월 26일까지 국립공원공단 담당자 및 교수, 연구원 등 관련전문가를 대상으로 수행하였다.

문헌조사와 예비조사 결과를 토대로 상위 평가지표 4개와 하위 평가지표 13개로 구성하였다(Figure 2, Table 1). 태백산국립공원의 생태축 설정을 위한 상위 평가지표는 생태계 가치증진, 자연-인간 갈등완화, 지역주민 참여역량, 경제적 측면 4개로 이루어졌으며, 하위 평가지표는 상위 평가지표와 연계하여 자료가용성과 대표성을 토대로 선정하였다. 생태계 가치증진을 나타내는 하위 평가지표로 생물종

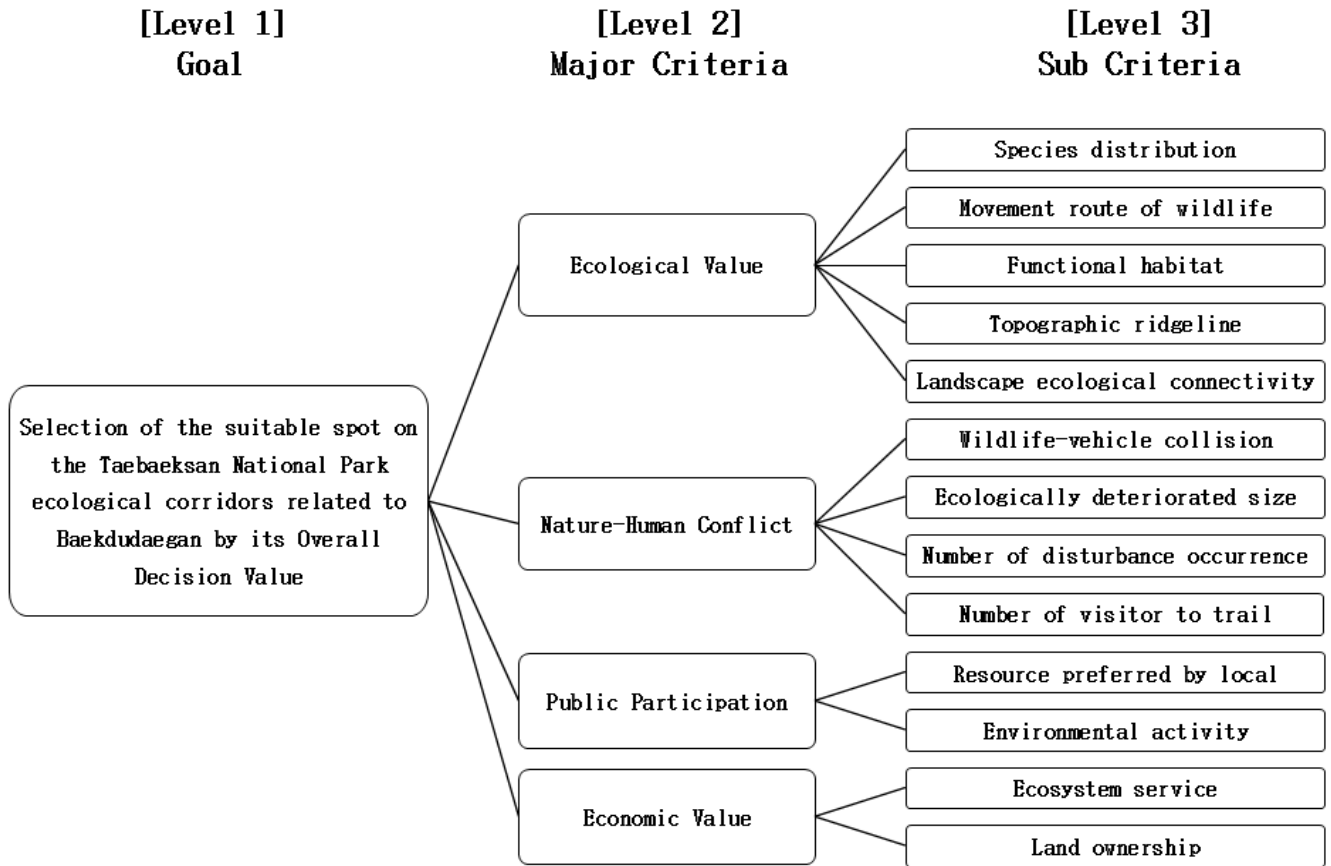


Figure 2. The hierarchical structure diagram of the Taebaeksan National Park ecological corridor related to Baekdudaegan by its overall decision value.

분포현황, 주요 생물종의 이동경로, 기능적 서식지, 백두대간 지형축, 경관생태적 연결성 5개, 자연-인간 갈등완화는 로드킬 발생, 훼손 면적, 훼손 빈도, 탐방객 이용률 4개를 제시하였다. 지역주민의 참여역량은 지역 내 보전·이용자원 분포, 환경보전활동으로 평가하고, 경제적 측면은 생태계서비스 가치평가, 토지소유권(국공유지, 사유지) 2개 하위지표로 구성하였다. 생태계서비스 가치평가는 다른 평가항목을 아우르는 통합적 성격을 내포하고 있다. 예를 들어, 생태계 가치증진은 생태계서비스 중 지지서비스와 상당부분 중복된다. 생태계서비스 가치평가에서 공급서비스는 시장에서 거래되는 경우가 많고 문화서비스는 정량화하기 어려움이 있다(Ahn *et al.*, 2013). 이에 본 연구에서는 생태계서비스 가치평가를 수자원함양, 기후조절과 같은 조절서비스 중심으로 제한하였다.

평가지표 간 중요도는 계층화 분석법을 이용하여 지표 간 가중치를 추출하였다. 계층화 분석법은 평가지표 간 중요성이나 선호도를 비교할 때 설문응답자의 문항간 전이적 일관성이 얼마나 유지되는지 판단한다(No, 2006). 전이적

일관성은 응답자의 일관성 지수(Consistency Index: C.I.)를 경험적 자료에서 얻은 평균 무작위 지수(Random Index: R.I.)로 나눈 일관성 비율(Consistency Ratio, C.R.)로 파악할 수 있다. 일관성 비율(C.R.)은 그 값이 작으면 작을수록 일관성이 높다고 볼 수 있는데 C.R.값이 0.1 이내이면 합리적(reasonable) 수준으로 판단하고, 0.2 이내일 경우 허용할 수 있는(tolerable) 일관성 수준을 지닌 것으로 평가한다(Satty and Kearns, 1985). 본 연구에서 계층화 분석법 실시는 오픈 프로그램인 DRESS Software(Ver1.7)을 이용하였다.

설문 항목은 국내·외 문헌검토(Kim *et al.*, 2014)와 태백산국립공원 지정을 위한 타당성조사 연구(2016), 국립공원공단 담당자 면담조사를 통해 구성하였다. 전문가 9명을 대상으로 예비설문을 실시하였으며, 공원관리자 및 전문가 72명을 대상으로 심층면담 및 설문조사를 실시하였다. 설문은 생태축 연결과 관련된 평가항목과 태백산국립공원의 목표종 선정 항목을 포함하였다. 이를 통해 각 분야별 태백산국립공원의 생태네트워크 구축을 위해 중요한 평가항목과 생물종을 확보하였다.

Table 1. Description of each evaluation item to develop ecological corridor on the Taebaeksan National Park

Level 2 Major criteria	Level 3 Sub criteria	Data acquisition	Description
Ecological value	Species distribution	Field survey, KNPS data	Densely populated areas are better to develop ecological corridor, and species distribution such as mammal, bird, amphibian, reptile, vascular plants have been obtained with field survey and the National Park natural resources data
	Movement route of wildlife	Expert opinion, Remote sensor camera	Movement routes of the target species focused on top predator and endangered species were delineated with knowledge and experience derived from scientists
	Functional habitat	Expert opinion, Field survey	Foraging, breeding, escaping and hiding covers of target species are frequently used for hot spots of ecological corridor in the National Park
	Topographic ridgeline	GIS data, Topographic data	Topographic ridgelines including major ridges and a chain of mountains and hills are preferred to develop ecological corridor
	Landscape ecological connectivity	Fragstats(ver.4.2), land-cover data	Connectivity of wildlife habitat patch created by Fragstats provides reliable ecological corridor in the National Park with a vital elements of landscape structures
Nature- Human Conflict	Wildlife-vehicle collision	Roadkill data, Field survey	Mortality resulting from roadkill can be very significant for species movements, and wildlife-vehicle collisions are negatively correlated to ecological integrity
	Ecologically deteriorated size	Topographic map, Satellite image	Ecological deteriorated size calculated with topographic maps and satellite image is converted into standardized deteriorated area/ha, which is potentially unsuitable for ecological corridor
	Number of disturbance occurrence	Field survey, Aerial photo	A number of anthropogenic disturbances (i.e., roads, rails, electricity transmission tower, abandoned mine, croplands, resort facility, militaries sites, etc) per unit area mean the negative impacts on ecological corridor
	Number of visitor to trail	KNPS ticket report, CCTV camera	An experimental analysis of park region is conducted with KNPS ticket reports and CCTV camera, indicating that heavy visitation of some regions is rarely selected as core area
Public Participation	Resource preferred by local residents	Focus group interview	Valuable resources such as cultural, educational, aesthetic, spiritual, social, and economical aspects are well known by local residents for encouraging public participation
	Environmental activity	Activities survey	Ecological corridor developed in a positive way with a diverse environmental activities, and roles of local NGOs
Economic Value	Ecosystem service	GIS method (Ahn <i>et al.</i> , 2013)	Ecosystem services composed of regulating, supporting, provisioning, and cultural services were quantified to identify the most important sites of the ecosystem service on the regulating services in the National Park
	Land ownership	Governmental document	National and public land ownership is more commonly used for conservation purposes, compared to their private ownership in the National Park

결과 및 고찰

1. 설문결과 개요

설문조사 응답자는 국립공원연구원 23명, 태백산국립공원사무소 25명, 교수와 연구원을 비롯한 전문가 집단 24명으로 총 72명이었다. 생태계조사, 공원관리, 생태환경계획, 환경영향평가, 자연환경해설 등으로 이루어진 응답자의 업무분야별 구분 결과, 생태계조사 33건, 공원관리 17건, 생태환경계획 19건, 기타 13건으로 총 82건이었다. 분야별 응답건수(82건)가 전체 응답자(72명)보다 많은 것은 일부 응답자가 2개 이상의 업무분야를 중복하기 때문이다. 특히, 공원관리와 생태계조사를 동시에 담당하는 응답자가 많은 것으로 나타났다. 설문대상자의 성별로는 남성(81.9%)이 여성(18.1%)에 비해 높고, 연령대는 40대가 31.9%로 가장 많으며, 종사기간은 5년 이하가 34.7%로 가장 높은 구성비율을 차지하고 있다. 주요 활동지역은 강원권이 43.1%로 나타났는데, 이는 국립공원공단 및 태백산국립공원의 위치와 관련된 것으로 판단된다. 회수된 설문지 가운데 일관성 비율이 0.2 이하인 유효응답자는 38건이고, 분야별로는 생태계조사 14건, 공원관리 8건, 생태환경계획 12건, 기타 4건으로 분석되었다.

2. 평가항목별 가중치

생태적 가치평가, 자연-인간 갈등완화, 지역주민 참여역량, 경제적 측면에 대한 업무분야별 계층화 분석결과는 Table 2와 같다. 유효응답자를 대상으로 분석한 결과, 상위 평가지표 가운데 생태계 가치증진이 0.474로 가장 높았으며, 다음으로 자연-인간 갈등완화(0.247), 지역주민 참여역량(0.165), 경제적 측면(0.114) 순으로 나타났다. 업무분야에 따른 평가지표를 비교하면 분야별 생태축 연결을 위한 평가항목의 중요도 순위 차이는 없었다. 모든 분야에서 생태계 가치증진을 높게 평가하였는데 특히 생태계조사와 생

태환경계획 분야는 각각 0.490과 0.477, 공원관리 분야는 0.418로 분석되었다. 다만 공원관리분야에서 자연-인간 갈등완화(0.339)를 상대적으로 높게 평가하고 있다(Table 2). 경제적 측면은 4개 평가지표에서 가장 낮으며, 이는 생태계조사(0.120), 공원관리(0.088), 생태환경계획(0.118) 모든 분야에서 공통적인 것으로 밝혀졌다.

1) 생태계 가치증진

생태계 가치증진 부분에서 가중치는 생물종 이동경로에서 가장 높았으며, 경관 생태적 패치 연결성, 기능적 서식지, 지형축(대간, 정맥), 생물종 분포현황 순으로 나타났다. 앞에서 살펴본 바와 같이 분야별 가중치 순위에서 생태계 가치증진은 생태계조사, 공원관리, 생태환경계획 분야와 관계 없이 가장 높은 것으로 조사되었다. 이 결과를 통해 태백산국립공원의 백두대간 생태축 연결을 위해 생태계 가치증진을 구성하는 하위 5개 평가지표를 중시하는 것이 필요하다.

업무분야별 생태계 가치증진의 평가항목 간 가중치 분석 결과, 생태계조사 분야에서는 생물종 이동경로가 가장 높고, 공원관리 및 생태환경계획분야에서는 기능적 서식지를 중요한 항목으로 평가하였다(Table 3). 생태계조사를 담당하는 집단은 생태계 가치증진을 위해 야생동물의 이동로를 중심으로 생태네트워크를 구축하는 것이 필요하다고 답변하는 비율이 높은 반면, 공원관리와 생태환경계획을 담당하는 집단은 생물종의 번식지, 채식지, 은신처 등 기능적 서식지를 중시하고 있다. 생태계 조사분야에서 제시한 담비, 반달가슴곰 등 생물종 이동경로와 서식지 연결성은 기존 연구(Kim *et al.*, 2014; Woo, 2014)에서 제시하는 내용이기도 하다. 국가적 차원의 백두대간 연결이라는 측면에서 중대형 포유류의 이동경로와 주요 생물종의 기능적 서식지를 도출하여 생태네트워크 구축에 활용하는 것이 필요하다.

생태축 연결을 위해서는 우선적으로 생물종 정보를 아는 것이 중요하며, 이 후 이들의 서식지와 패치 연결성 등을 살펴볼 필요가 있다. 생물종 현황조사는 전국자연환경조사, 멸종위기야생생물전국분포조사, 국립공원 자연자원조사

Table 2. Comparisons of evaluation item at level 2 among different groups of survey, management, plan discipline

Evaluation item [Level 2]	sum of consistent respondent (N=34)	field survey and/or monitoring expert (N=14)	park management staff member (N=8)	ecological planner and/or designer (N=12)
Ecological value	0.474	0.490	0.418	0.477
Nature-human conflict	0.247	0.222	0.339	0.215
Public participation	0.165	0.167	0.156	0.190
Economic value	0.114	0.120	0.088	0.118
Sum total	1.000	1.000	1.000	1.000

Table 3. Comparison of evaluation item at level 3 related to ecological value among different groups of survey, management, plan discipline

Evaluation item of ecological value	sum of consistent respondent	field survey and/or monitoring expert	park management staff member	ecological planner and/or designer
Species distribution	0.165	0.150	0.159	0.133
Movement route of wildlife	0.219	0.236	0.233	0.191
Functional habitat	0.210	0.202	0.264	0.240
Topographic ridgeline	0.189	0.184	0.163	0.218
Landscape ecological connectivity	0.216	0.228	0.181	0.219
Sum total	1.000	1.000	1.000	1.000

등을 통해 지속적으로 실시되고 있으나(Ministry of Environment, 2015), 서식지와 경관생태적 패치연결성에 대한 조사·평가는 미흡한 것으로 판단된다. 특히 목표종의 선정과 이동경로, 기능적 서식지 파악을 통한 서식지 기반의 생태축 연결방법은 광역적인 생태계의 효율적 보전관리 수단이 될 것이다. 야생동물과 함께 식물상, 식생 분포 등을 파악하는 것이 필요하다. 식물은 이동성이 떨어지며 야생동물의 서식공간이 된다는 관점에서 접근할 수 있다(An *et al.*, 2017). 이에 따라 생물종의 분포를 살펴 볼 때 야생동물과 함께 식물상이나 식생분포를 살펴보고, 생태계 가치증진을 위한 목표종 선정, 주요 이동경로, 기능적 서식지 조사를 실시하며, 백두대간으로서 태백산이 지닌 경관생태적 패치연결성을 파악하는 것이 중요하다.

2) 자연-인간 갈등완화

태백산국립공원 일원의 백두대간 생태축 연결에 있어 자연-인간 갈등완화 평가항목을 파악하였다. 자연-인간 갈등완화는 로드킬, 인위적인 훼손요인(도로, 시가화 지역, 탐방객 등)들로 백두대간 생태축 단절이 발생하며, 훼손유형에 따라 점, 선, 면단위 훼손형태로 나타났다. 태백산국립공원 일원의 훼손면적으로는 인공조림지가 3,110.1ha로 가장 큰 면적을 차지하고, 고랭지 채소밭 등 경작지가 1,670.6ha로

전체 대상지의 20% 가량이 생태계 가치가 저하되거나 훼손된 상태이다(Korea National Park Research Institute, 2017). 훼손빈도로는 태백선수촌, 숙박시설, 쓰레기장, 주유소 등 건축물로 인한 훼손이 높은 비중을 차지하며, 로드킬 발생은 상대적으로 낮은 실정이다. 업무분야별 분석결과, 모든 분야에서 생태축 훼손면적이 자연-인간 갈등완화 항목에서 가장 높게 나타났으며, 생태계조사와 생태환경계획 분야는 생태축 훼손종류, 공원관리 분야는 탐방객 이용률은 자연-인간 갈등완화 항목의 2순위로 제시하였다(Table 4). 자연-인간의 갈등은 주로 야생생물의 서식처에 대한 개발사업, 간벌, 인공조림, 남획이나 밀렵, 식물채취, 차량에 의한 로드킬, 농작물 피해 등 다양한 형태로 나타나고 있다(Lee *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010). 백두대간의 생태축 연결을 위한 평가항목으로 자연-인간의 갈등완화에 있어 태백산국립공원의 고랭지 채소밭이나 광산개발, 도로건설 등 훼손지 면적이 가장 높은 것으로 인식되고 있다. 이와 같은 연구결과는 태백산국립공원의 훼손지 복원을 위한 기반을 제공한다(Korea National Park Research Institute, 2017).

자연-인간 갈등완화를 위한 방안으로는 탐방로 축소 및 보호구역 확대, 탐방예약제 활성화를 통해 갈등을 줄일 수 있으며, 교육·홍보를 통한 태백산 일원의 생태축 보전의식을 높여야 할 것이다. 또한, 국립공원 관통 도로의 사용 제한

Table 4. Comparison of evaluation item at level 3 related to nature-human conflict among different groups of survey, management, plan discipline

Evaluation item of nature-human conflict	sum of consistent respondent	field survey and/or monitoring expert	park management staff member	ecological planner and/or designer
Wildlife-vehicle collision	0.178	0.130	0.194	0.212
Ecologically deteriorated size	0.372	0.418	0.319	0.374
Number of disturbance occurrence	0.266	0.274	0.231	0.295
Number of visitor to trail	0.184	0.178	0.256	0.119
Sum total	1.000	1.000	1.000	1.000

등 인위적 간섭에 의한 로드킬 발생의 저감을 도모한다. 생태축 단절에 대한 방지대책으로 경제적 측면 보다 자연자원 보전측면의 관리전략을 수립하는 것이 필요하다. 이를 위해 먼저 고압송전탑과 군사시설, 산책로 등으로 훼손된 태백산 국립공원의 자원분포현황을 조사하고(Korea National Park Research Institute, 2017), 이를 토대로 폐건축물의 제거, 조림지에 대한 식생복원, 농경지 매입 등 백두대간 생태축의 연결방안을 강구할 수 있다.

3) 지역주민의 참여역량

지역주민의 참여역량 분석결과, 환경보전활동(0.531)이 지역 내 보전·이용자원 분포(0.469)에 비해 중요한 것을 알 수 있었다. 업무분야별 분석결과 생태환경계획 분야에서는 지역 내 보전·이용자원 분포를 중시하는 반면, 생태계조사와 공원관리 분야는 환경보전활동에 높은 값을 부여하고 있다. 공원관리 또는 생태계조사 담당자는 태백산 일원의 자원분포에 대한 현황파악이 생태축 연결에 있어 중요한 항목으로 인식하고 있는 반면, 생태환경계획가는 지역 차원의 환경보전활동 프로그램 구성이나 운영현황을 중시하는 것으로 유추할 수 있다(Table 5).

생태계조사와 공원관리는 지역의 환경보전활동이 생태축 연결에 있어 중요한 의미를 지닌 것으로 간주하고 있다. 실제로 태백산국립공원 사무소에서는 지역주민의 환경보전활동을 독려하기 위해 주기적인 교육홍보를 실시하고 있으며, 시민들의 자발적인 참여확대를 위한 협의체 운영과 환경감시단을 구성하였다. 한편 생태환경계획 업무를 담당하는 전문가는 백두대간에 분포하고 있는 지역 내 보전자원

이나 이용자원을 중시하는 것으로 나타났다. 경주국립공원을 대상으로 Lee and Kwon(2012)에 의한 구조방정식 모형 적용 결과, 공원자원은 탐방객의 보전인식과 관심증대에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되기도 하였다. 지역주민 참여를 확대하기 위해서는 지역주민과 탐방객의 공동활동을 장려하여 백두대간의 생태계 연결성을 제고하여야 한다. 주민들의 참여를 확대하고 태백산 보전가치를 높일 수 있도록 주민과 탐방객의 인식 증진이 중요하다.

4) 경제적 측면

생태계서비스 평가와 토지소유권으로 이루어진 경제적 측면의 하위 평가지표에 대한 유효응답자의 설문결과, 업무 분야에 상관없이 생태계서비스 항목(0.680)은 토지소유권(0.320)에 비해 중요한 것으로 평가되었다. 최근 생태계서비스를 바탕으로 자연자원의 공급, 조절, 지지, 문화서비스 인식이 확산되면서 태백산국립공원에서도 생태계서비스를 평가항목으로 중시하는 것을 알 수 있다(Table 6). 전국에 분포하고 있는 산림유전자원보호림의 생태계서비스를 산정한 결과, 보호구역 관리에 생태계서비스는 중요한 고려사항으로 제시되었다(Ahn *et al.*, 2013). 따라서 백두대간의 생태축 연결을 위해 산림생태계서비스에 대한 지수개발과 실제적용이 이루어져야 할 것이다. 아울러 생태계서비스는 생태계 가치증진을 비롯한 다른 평가항목을 포괄할 수 있다는 점에서 본 분석결과를 해석하는데 유의하여야 한다. 한편, 상대적으로 가중치가 낮게 나타난 토지소유권도 안정적인 백두대간 생태축 조성을 위해서는 사유지 매입이나 친환경관리협약 등 제도적 수단을 마련하여야 한다.

Table 5. Comparison of evaluation item at level 3 related to public participation among different groups of survey, management, plan discipline

Evaluation item of public participation	sum of consistent respondent	field survey and/or monitoring expert	park management staff member	ecological planner and/or designer
Resource preferred by local	0.469	0.455	0.377	0.649
Environmental activity	0.531	0.545	0.623	0.351
Sum total	1.000	1.000	1.000	1.000

Table 6. Comparison of evaluation item at level 3 related to economic value among different groups of survey, management, plan discipline

Evaluation item of economic value	sum of consistent respondent	field survey and/or monitoring expert	park management staff member	ecological planner and/or designer
Ecosystem service	0.680	0.729	0.673	0.617
Land ownership	0.320	0.271	0.327	0.383
Sum total	1.000	1.000	1.000	1.000

3. 평가항목 가중치 비교분석

태백산국립공원의 생태축 연결을 위한 계층화 분석에 있어 생태계조사, 공원관리, 생태환경계획 분야별로 비교 분석한 결과, 분야에 상관없이 상위 평가지표에서는 생태계 가치증진이 자연-인간 갈등완화, 지역주민 참여, 경제적 측면에 비해 높은 것으로 나타났다(Table 7). 하위 평가항목에 대한 중요도 평가결과, 생태계 가치증진의 경우 생태계조사 분야는 생물종 이동경로가 가장 높은 반면 공원관리 및 생태환경계획 분야는 기능적 서식지를 1순위로 제시하였다. 자연-인간 갈등완화는 업무분야에 상관없이 생태축 훼손면적에 대한 가중치가 높았다. 한편 지역주민의 참여에 대한 우선순위에서는 생태계조사와 공원관리 분야에서는 환경보전활동을 중시하였으나, 생태환경계획 분야에서는 지역의 보전 및 이용자원 분포를 중요한 평가항목으로 제시하였다. 마지막으로 경제적 측면은 3개 분야(생태계조사, 공원관리, 생태환경계획)에 관계없이 생태계서비스 평가항목을 토지소유권(국공유지, 사유지)보다 우선시하는 것을 알 수 있었다.

생태축 연결에 있어 상위 평가항목과 하위 평가항목을 이용하여 태백산국립공원의 업무영역에 따른 세부 평가항

목을 살펴본 결과, 전체적으로 생물종 이동경로(0.1038)가 가장 높은 가중치를 갖는 것으로 나타났으며, 다음으로 경관생태적 패치연결성 (0.0896), 기능적 서식지(0.0995), 훼손면적(0.0919), 지형축(0.0896) 순으로 분석되었다. 생태네트워크 구축에 있어 생물종의 이동경로를 가장 중시하는 것으로 나타났으며, 특히 목표종으로 제시한 포유류를 중심으로 생물종의 이동경로를 파악하여야 할 것이다. 생태계조사와 생태환경계획 분야에서 중요한 항목으로 제시한 경관생태적 패치 연결성은 식생군락의 분포와 연계하여 살펴볼 수 있는데, 목표종 선정에서 포유류 다음으로 높게 나타난 식생의 보전관리와 연계하여 경관생태적 패치 연결성을 생태축 연결에 활용할 수 있다. 생태계조사 분야에서는 생물종 이동경로(0.1156)가 가장 높은 가중치를 보이고 있으며, 다음으로 경관생태적 패치연결성(0.1117)을 제시한 반면, 공원관리 분야에서는 기능적 서식지(0.1104)와 생태축 훼손면적(0.1081)이 중요한 항목으로 분석되었다. 한편 생태환경계획 분야에서는 지역의 보전 및 이용자원 분포현황 (0.1233), 기능적 서식지(0.1145) 등을 생태축 연결에 있어 중요 평가항목으로 제시하였다.

Table 7. Identification of the most effective evaluation item and its weighting value to develop ecological network on the Taebaeksan National Parks among different working groups of survey, management, and planning areas

Evaluation item	sum of consistent respondent	field survey and/or monitoring expert	park management staff member	ecological planner and/or designer	
Ecological value	Species distribution	0.0782	0.0735	0.0665	0.0634
	Movement route of wildlife	0.1038	0.1156	0.0974	0.0911
	Function habitat	0.0995	0.0990	0.1104	0.1145
	Topographic ridgeline	0.0896	0.0902	0.0681	0.1040
	Landscape ecological connectivity	0.1024	0.1117	0.0757	0.1045
Nature-human conflict	Wildlife-vehicle collision	0.0440	0.0289	0.0658	0.0456
	Ecological deteriorated size	0.0919	0.0928	0.1081	0.0804
	Number of disturbance occurrence	0.0657	0.0608	0.0783	0.0634
	Number of visitor to trail	0.0454	0.0395	0.0868	0.0256
Public participation	Resource preferred by local residents	0.0774	0.0760	0.0588	0.1233
Economic value	Environmental activity	0.0876	0.0910	0.0972	0.0667
	Ecosystem service	0.0775	0.0875	0.0592	0.0728
	Land ownership	0.0365	0.0325	0.0288	0.0452

4. 목표종 선정

태백산국립공원 백두대간 생태축 연결을 위한 목표종 조사 결과, 전체 응답자 72명 가운데 포유류를 1순위 또는 2순위로 제시한 응답자는 각각 46명(63.9%), 20명(28.2%)으로 가장 높게 나타났다. 포유류를 목표종으로 제시한 것은 백두대간 생태축의 특성을 반영한 것으로 판단된다. 포유류 다음으로 식생 47명(32.8%), 양서·파충류 16명(11.2%), 조류 7명(4.9%), 곤충류 5명(3.5%) 순으로 조사되었다. 응답자의 담당 업무에 따른 목표종 선정차이는 크지 않았다. 생태계조사, 공원관리, 생태환경계획 모두 목표종 1순위는 포유류를 제시하였다. 특히 환경생태계획 분야의 설문참여 24명 가운데 19명(79.2%)이 포유류를 1순위 목표종으로 제시하여 전반적으로 포유류를 태백산국립공원 백두대간 생태축 연결의 중요종으로 간주하는 것을 알 수 있었다. 목표종 선정에 있어 2순위는 담당업무와 관계없이 식생이 높게 조사되었다.

결론

본 연구는 설문조사와 계층화 분석법을 통하여 태백산국립공원 일원의 백두대간 생태축 연결을 위해 우선적으로 고려해야 할 평가항목과 가중치를 도출하였으며, 설문조사의 실효성을 높이기 위해 사전조사와 본 조사를 통해 설문 문항을 수정·보완하였다. 국립공원의 생태계조사, 공원관리, 생태환경계획 담당자들의 백두대간 생태축 연결을 위한 평가항목과 가중치를 업무분야별로 비교 분석하였다. 상위 평가지표에 대한 분석결과, 생태계 가치증진이 생태축 연결을 위한 평가항목으로 가장 높았으며, 자연-인간 갈등완화, 지역주민 참여역량, 경제적 측면 순으로 나타났다. 백두대간은 한반도의 핵심생태축으로 국가차원에서 보전가치가 높은 지역으로 간주되고 있다는 점에서 생태계 가치증진이 경제적 평가항목이나 지역주민 참여역량에 비해 높게 조사된 것으로 판단된다. 특히 생태계조사와 생태환경계획 업무분야에서 생태계 가치증진을 중시하였으며, 생태축의 단절을 보상하기 위한 수단으로 생물종 이동경로, 기능적 서식지, 경관생태적 패치 연결성 등을 우선하여야 할 것이다. 이를 위해 태백산국립공원 일원의 생물상 분포현황 조사와 서식지 평가, 생물종 이동경로, 경관생태적 패치 연결성분석 등이 수반되어야 하며, 향후 백두대간의 생태축 연결을 위한 정책수립에 있어 생태계 가치증진을 최상위 우선순위로 부여하여야 할 것이다.

태백산국립공원의 백두대간 생태축 연결을 위한 평가항목 가운데 자연-인간 갈등완화는 공원관리 측면에서 중요한 것으로 나타났다. 업무분야별 비교 결과, 공원관리 담당부

야에서 자연-인간 갈등완화를 생태계 가치증진 다음으로 높게 평가한 반면, 생태계조사와 생태환경계획 분야에서는 상대적으로 낮은 가중치를 부여하였다. 태백산국립공원의 공원관리자는 지역주민, 토지소유자, 개발사업자, 탐방객 등과의 빈번한 만남을 통해 자연-인간 갈등완화를 생태축 연결에 있어 중요 항목으로 인식한 것으로 유추된다. 국립공원에 대한 탐방객 증가와 훼손행위, 군사활동 및 로드킬에 따른 갈등을 완화하여야 한다. 이를 위해 공원관리자는 태백산국립공원 일원의 훼손지 조사·평가와 생태복원사업을 실시하여야 하며, 목표종의 이동경로와 로드킬 발생현황을 토대로 생태통로, 유도울타리 등을 설치하여야 할 것이다. 로드킬 발생은 태백산국립공원 내 만항재 주변에서 빈번하게 발생하는 것으로 조사되었으며(Korea National Park Research Institute, 2017), 야생화 축제장, 야생동물 차량사고, 조림지 등 인위적 훼손이 집중된 만항재 주변에 대한 생태복원을 통해 자연-인간 갈등을 완화할 수 있다.

태백산국립공원의 백두대간 생태축 연결을 위한 13개 하위 평가항목 가운데 중요도 산정결과, 생물종 이동경로가 0.1038로 가장 높고, 경관생태적 패치연결성, 기능적 서식지, 훼손지 면적 순으로 조사되었다. 기존의 조사연구에서 백두대간의 생태축 연결은 지형지질(Lee *et al.*, 2014), 토양환경(Park *et al.*, 2016), 야생동물(Woo, 2014), 주민참여(Jun *et al.*, 2018) 등이 주요한 것으로 밝혀졌으나, 본 연구의 분야별 비교결과 생태계 가치증진과 더불어 공원관리 담당자는 자연-인간의 갈등완화를 중요하게 간주하는 것을 알 수 있었다. 대체적으로 생태계조사 분야는 백두대간에 서식하는 생물종 이동경로를 중시하고 공원관리 분야는 기능적 서식지를 높게 평가한 반면 생태환경계획 분야는 지역 내 보전자원과 이용자원 분포현황을 중시하였다. 본 연구결과를 통해 생물종 이동경로, 기능적 서식지, 지역 내 보전자원과 이용자원 분포현황 등과 관련된 자료가 축적되어야 할 것이다. 특히, 생물종의 이동경로와 기능적 서식지는 목표종 조사결과와 연계하여 포유류와 식생을 대상으로 행동생태와 분포특성을 파악하여야 한다.

연구결과는 향후 태백산국립공원 일대의 생태축 연결을 위한 자료로 포유류의 이동경로와 경관생태적 패치 연결성, 그리고 지역 내 보전 및 이용자원 분포현황을 주요 평가항목으로 활용될 수 있을 것이다. 다만 기존자료의 부족이나 생태축 연결에 대한 평가항목 논의가 충분치 않아 분석결과 적용에 한계가 있었다. 본 연구에서는 제시한 일부 평가항목에 대한 도면화 자료가 구축되지 않았으며, 이로 인해 일부 평가항목에 대한 실제 적용이 어려운 실정이다. 예를 들면, 생물종 이동경로에 대한 자료가 미흡하며, 생태계서비스 항목에 대한 표준화된 도면화 방법론이 마련되지 못한 상황에서 분석결과를 태백산국립공원에 적용하는데 한계

가 있다. 또한, 평가항목의 가중치가 낮게 나타난 지역주민의 참여역량, 경제적 측면에 대한 정보 부족을 제시할 수 있다. 태백산 일원에 대한 국립공원 지정이 얼마되지 않았으며, 지역주민의 참여 프로그램이 미흡하기 때문에 생태축 연결과 지역주민의 참여를 연계하는 것은 쉽지 않은 실정이었다. 이같은 한계를 극복하기 위해 태백산국립공원의 생태축 연결과 관련된 조사자료의 축적과 지역주민의 역량강화를 위한 후속연구를 모색해야 할 것이다.

REFERENCES

- Ahn, S.E., P. Rho, S.I. Ko, D.J. Chun and Y.H. Kwon(2013) Developing index for implementation of payments for ecosystem services in Korea. Korea Environment Institute, Res. Rep.7: 1050-1187. (in Korean with English abstract)
- An, J.H., H.J. Park, G.H. Nam, B.Y. Lee, C.H. Park and J.H. Kim(2017) Vertical distribution of vascular plant species along an elevational gradients in the gyeongbongsan area of odaesan national park. Korean Journal of Ecology and Environment 50(4): 381-402. (in Korean with English abstract)
- Jun, M.R., E.J. Kang and Y.G. Kim(2018) A research on the improvement method of baekdudaegan mountain range support project for residence income: Focused on citizen participation in baekdudaegan projection activities. Journal of Korean Society of Forest Science 107(1): 81-95. (in Korean with English abstract)
- Kim, G.H., S.J. Kong, M.K. Kim, M.J. Lee, Y.Y. Song and S.W. Jeon(2014) Method of developing the regional ecological network for local government using the national ecological network and the environmental conservation value assessment map. Journal of Environmental Policy 13(3): 3-19. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.K. and S.U. Choi(2017) Computation of composite suitability index for fish and macroinvertebrate species in the Gongneung river. Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering 4(2): 105-114. (in Korean with English abstract)
- Korea National Park Research Institute(2016) A study on validity for designation of the Taebaeksan national park. Korea National Park. (in Korean)
- Korea National Park Research Institute(2017) A study on the management strategies to connect ecological axis on Taebaeksan national park with Baekdudaegan. Korea National Park. (in Korean)
- Lee, D.J. and T.H. Kwon(2012) A structural relationship between place attachment and environmental factor to temple forest trail in Gyeongju national park. Korean Journal of Environment and Ecology 26(2): 283-291. (in Korean with English abstract)
- Lee, D.K., W.K. Song, S.W. Jeon, H.C. Sung and D.Y. Son(2007) Deforestation patterns analysis of the Baekdudaegan mountain range. The Korea Society For Environmental Restoration and Revegetation Technology 10(4) 41-53. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.Y., P. Rho and J.W. Lee(2010) Using AHP to analyze the evaluation factors related to wildlife passage management. Korean Journal of Environment and Ecology 24(6): 763-771. (in Korean with English abstract)
- Lee, M.J. and S.J. Lee(2013) A study of the Baekdudaegan and Ridgelines extraction and environmental impact assessment utilizing GIS. Journal of the Korean Association of Geographic Information System 16(3): 136-146. (in Korean with English abstract)
- Lee, M.J., S.J. Lee and C.Y. Lee(2014) An integrated information distribution system for mountain Ridgelines using spatial information. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 17(2): 107-120. (in Korean with English abstract)
- Ministry of Environment(2015) The 3rd nationwide master plan for protection of natural environment in Korea(2016-2025). (in Korean)
- Nam, J.H. and K.H. Yook(2007) Improving the designation criteria of coastal and marine protected areas through the application of AHP. Journal of Environmental Policy 6(3): 58-89. (in Korean with English abstract)
- No, H.J.(2006) Policy evaluation. Bobmunsa, Paju, 503pp. (in Korean)
- Park, Y.D., T.H. Kwon and S.H. Eo(2016) Analysis of soil bacterial community in Ihwaryeong and Yuksimnyeong restoration project sites linking the Ridgelines of Baekdudaegan. Journal of Agriculture and Life Science 50(1): 117-124. (in Korean with English abstract)
- Saaty, T.L.(1990) How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research 48(1): 9-26.
- Satty, T.L. and K.P. Kearns(1985) Analytical planning: The organization if systems. Pergamon Press.
- Shin, J.H.(2004) Management area and management strategy of Baekdudaegan. Korean Journal of Environment and Ecology 18(2): 197-204. (in Korean with English abstract)
- Shin, Y.S.(2013) Study on the national park-centric national ecological network for the enhancement of biodiversity. Journal of National Park Research 4(2): 61-70. (in Korean with English abstract)
- Woo, D.G.(2014) A study on ecological characteristics and conservation of yellow-throated Marten(*Martes flavigula*) in temperate forests of Korea. Ph.D. Dissertation, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University. (in Korean with English abstract)