

반달가슴곰 서식환경 개선을 위한 지리산 국립공원 파편화 분석

배제선¹⁾ · 오충현²⁾

¹⁾ 동국대 대학원 바이오환경과학과 학생 · ²⁾ 동국대 바이오환경과학과 교수

The Analysis of fragmentation on the Jirisan National Park for the Improvement of Asiatic Black Bear's habitat environment

Bae, Je-Sun¹⁾ and Oh, Choong-Hyeon²⁾

¹⁾ Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University graduate school, Student,

²⁾ Dept. of Biological and Environmental Science Dongguk University, Professor.

ABSTRACT

The Ministry of Environment of Korea has been releasing Asiatic black bears since 2004 at Jirisan National Park. It exceeded the target number of Asiatic black bears in 2018. As of July 2020, in addition to 67 traceable bears, many Asiatic black bears are dispersed outside Jirisan National Park. Jirisan National Park is a very dense place with more than 3 million visitors every year. In this study, the roads and trails through Jirisan National Park were considered to be the main dispersion factors of Asiatic black bears, and the fragmentation analysis was conducted. As of July 2017, the length of roads and trails in Jirisan National Park was 363.4km. Based on this, Jirisan National Park was fragmented into 163 patches. There is only one place that maintains a single area of more than 50km² that is suitable for large mammals to inhabit, and 141 places are less than 5km². There are 6 patches of 24 to 200km² area suitable for living of large mammals including Asiatic black bears, in Jirisan National Park. Compared to the announcement made by the Korea National Park Service in 2014, activities of Asiatic black bears were rare in areas below 5km² area and the frequency of activities was high in more than 20km² area. This shows that human activities in protected areas such as national parks can directly affect the activities of wild animals, including Asiatic black bears. Therefore, efforts should be made to improve the habitat of Asiatic black bears by reducing the pressure of visiting for Jirisan National Park. In addition, as a result of analyzing the fragmentation of the park's natural conservation zone,

First author : Bae, je sun, Dept. of Biological and Environmental, Science Dongguk University, Student.

Tel : +82-2-747-8500, E-mail : thunder@greenkorea.org

Corresponding author : Oh, Choong Hyeon, Dept. of Biological and Environmental, Science Dongguk University, Professor.

Tel : +82-31-961-5123, E-mail : ecology@dongguk.edu

Received : 14 October, 2020. **Revised** : 20 February, 2021. **Accepted** : 18 December, 2020.

107.7km, 45% of the trail of Jirisan National Park, was opened, which is more fragmentation than other use zones. The park nature conservation zone accounts for about 32% of the total area of Jirisan National Park, but the average patch area is only 2.93km² and seven large shelters are located. Therefore the Asiatic black bears are negatively affected. This is the result of inconsistent national park use zone setting and actual park management. In overseas countries, research is active on the negative effects of human activity on ecosystems in protected areas. However, there is a lack of research of that in Korea. Thus, that research is required for protection area management in the future.

Key Words : *Protected area, Wild animal, Park nature conservation zone, Park management*

I. 서 론

지리산 반달가슴곰은 우리나라 최초로 멸종 위기 대형 포유류를 복원한 사례다. 2004년부터 반달가슴곰을 복원하여 지리산국립공원에 방사하고 있다. 2020년 현재까지 추적 가능한 개체수는 67마리다(Korea National Park Service, 2020). 국립공원공단은 반달가슴곰의 최소존속 개체군(MVP; Minimum Viable Population) 51마리를 목표로 2004년부터 종복원을 시작하였다. 2018년 4월에는 증식 목표 개체수를 넘어섰다. 국립공원공단에 따르면 지리산의 반달가슴곰 적정수용력은 56-78 개체이며, 가장 현실적인 적정수용력은 64개체다(Korea National Park Service, 2017).

그러나 2017년 지리산국립공원 내에 추적이 불가능한 개체가 28마리로 확인되었다. 2015년 10월 지리산국립공원에 방사된 반달가슴곰(KM-53)이 2017년 10월 방사 장소에서 90km 이상 떨어진 경북 김천시 수도산에서 발견되었다. 이후 두 차례 회수되어 지리산국립공원에 재방사했다. 하지만 이 곰은 다시 지리산에서 수도산으로 이동 중 2018년 5월 대전-통영 간 고속도로에서 교통사고를 당했다. 같은 해 5월 전남 광양시 백운산에서 활동하던 반달가슴곰(KM-55)은 울무에 걸려 사체로 발견되었다. 또한 2019년 6월 전북 장수군에서도 표식기가 없는 새끼 반달가슴곰이 발견되는 등 지리산국립공원 외 지역으로 반달가슴곰의 분

산이 계속되고 있다(Korean National Park Service, 2020). 반달가슴곰의 분산은 반달가슴곰 복원 사업의 성공에 대한 증거이다. 하지만 이로 인해 야생동물과 인간의 공존이라는 새로운 문제가 대두되었다. 환경부는 2020년 7월부터 반달가슴곰 복원 2차 로드맵을 수립 중에 있다. 반달가슴곰 분산에 따른 서식지 안정화와 확장 방안 마련이 로드맵의 주요한 과제다.

지리산국립공원의 탐방객은 연간 300만 명으로 우리나라 16개 산악형 국립공원 중 가장 많은 탐방객이 이용하고 있다. 공원 내 법정 탐방로는 237.1km이고 지리산국립공원을 관통하는 포장도로는 83.6km다(Korea National Park Service, 2020). 또한 대형 주차장과 숙박시설 등의 편의시설은 지속적으로 증가하고 있다. 지리산 국립공원의 탐방객 증가, 탐방로와 도로에 의한 산림의 파편화, 공원 내 각종 편의시설의 증가는 반달가슴곰의 분산을 가속화시키는 요인이 될 수 있다.

미국 플로리다 지역의 흑곰 연구에 의하면 파편화된 서식지에서 살아가는 흑곰은 충분한 자원을 확보하기 위해 파편화되지 않은 곳보다 더 큰 서식 범위를 필요로 하였다(Dana. et al., 2016). 도로는 생태계에 미치는 영향이 매우 커 동물의 서식 환경에 부정적인 영향을 준다(Forman and Alexander, 1998; Trombulak and Frissell, 2000; Andrews and Gibbons, 2005). 강혜순 등은 2005년 지리산 권역 내 반달가슴곰의 행동권 평가 연구에서 도로의 유형 및 노폭과 관계없이 도로 밀도가

증가할 때 곰의 출현 빈도가 급격히 감소하는 것을 규명하였다(Kang and Paek, 2005). 캐나다 국립공원의 대형 포유류에 관한 연구는 늑대가 인간의 활동이 적은 탐방로를 선호하는 것으로 보고하였으며(James et al., 2011; Thurber et al., 1994) 스코틀랜드의 붉은사슴 연구에서도 탐방로 이용자가 많을 때 사슴이 탐방로에서 더 멀리 이동하였다(Angela et al., 2011). 지리산국립공원과 같이 연간 300만 명 이상이 탐방하는 설악산의 경우 등산객의 이용에 따라 설악산 전체에서 산양의 서식지가 크게 축소된 것으로 나타났으며(Seo. et al., 2008) 지리산 반달가슴곰의 상사리 입지 연구에서는 반달가슴곰이 인간행위로 교란이 빈번하게 발생하는 곳을 조망하였다(Yu. et al., 2012). 국내에서 등산객이 야생동물에게 미치는 영향을 연구한 결과에 따르면 등산객이 이용하는 능선이 포유류의 행동권과 중첩되는 것으로 나타났다. 또한 이와 같은 등산 활동이 포유류가 기존 서식지를 떠나게 하는 이유가 된다고 하였다(Lee et al., 2019). 실제 국립공원공단이 2004년부터 2013년까지 10년간 지리산 반달가슴곰의 위치 정보 2만여 개를 분석한 결과 약 70%가 탐방로에서 500m 이상 벗어나 활동하였다. 탐방로 200m 이내에서의 활동은 약 9%, 20m 이내는 약 0.8%에 불과했다(Ministry of Environment, 2014). 또한 2017년 국립공원공단의 지리산 반달가슴곰 활동 영역 조사에 따르면 관찰 개체 21마리 중 18마리가 지리산국립공원의 모든 대피소에서 약 2km 이상 떨어져 활동하는 것으로 나타났다(Hankyere sinmun, 2018. 10. 10).

이처럼 보호지역 안에서 진행되는 인간의 활동은 야생동물 서식에 큰 영향을 줄 수 있다. 하지만 보호지역 내 도로와 탐방로가 야생동물 서식에 악영향을 주는 중요한 요소임에도 불구하고 우리나라에서는 이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 환경부의 반달가슴곰 복원 2차 로드맵 수립에서도 반달가슴곰 기존 서식지 안정화 대책 마련이 중요하다. 따라서 본 연구는 지리산

국립공원의 반달가슴곰 서식지 안정화를 위해 파편화와 분산을 촉진시키는 공원 내 탐방로 및 도로의 문제점을 분석하고 이를 개선하기 위한 방안 마련을 연구목적으로 하였다.

II. 연구 대상지 및 연구 방법

1. 연구대상지

본 연구의 대상지는 우리나라 국립공원 1호인 지리산국립공원이다. 지리산국립공원은 총면적 483.022km²로 우리나라 산악형 국립공원 중에서 가장 넓다. 1개시(남원시), 4개군(구례군, 산청군, 하동군, 함양군)에 걸쳐 있으며, 삼도봉에서 경상남·북도와 전라남도가 만난다(Figure 1). 또한 백두대간 남한구역의 시작점이자 종착지이며 백두대간보호지역에도 해당된다. 공원 전체 면적 중 157.211km²가 공원자연보존지구(32.5%)이며 이중 280.80km²가 백두대간보호지역에 속한다(Korea National Park Service, 2020).

2. 연구방법

1) 도로와 탐방로에 의한 파편화 분석

도로에 의한 파편화 분석은 국토교통부에서 제공하는 도로현황시스템과 국가공간정보포털의 1/5,000 수치지형도를 기본으로 지도에 표현된 모든 도로(일반도로, 지방도, 면리간도로, 소로 등)를 대상으로 하였다. 도로는 노폭 8m 도로가 전체 도로의 약 74%, 4m 도로가 약 20%, 기타 7m 및 3m 도로가 약 6%로 분석되어 평균 노폭인 6m(도로 중앙선을 중심으로 좌우 각각 3m)를 적용하였다. 탐방로는 국립공원공단에서 제공하는 자료를 활용하였으며, 주능선은 현장 조사 자료를 보완하여 사용하였다. 현장조사는 2016년 9월~11월, 2017년 6월에 진행하였다. 조사구간은 성삼재~천왕봉 구간이며, 신속조사법(Kwon et al., 1998)으로 조사하였다. 현장 조사 간격은 200m이며 노폭, 침식 깊이, 경사도 등을 조사하였다. 현장 조사 결과 및 국립공원공단에

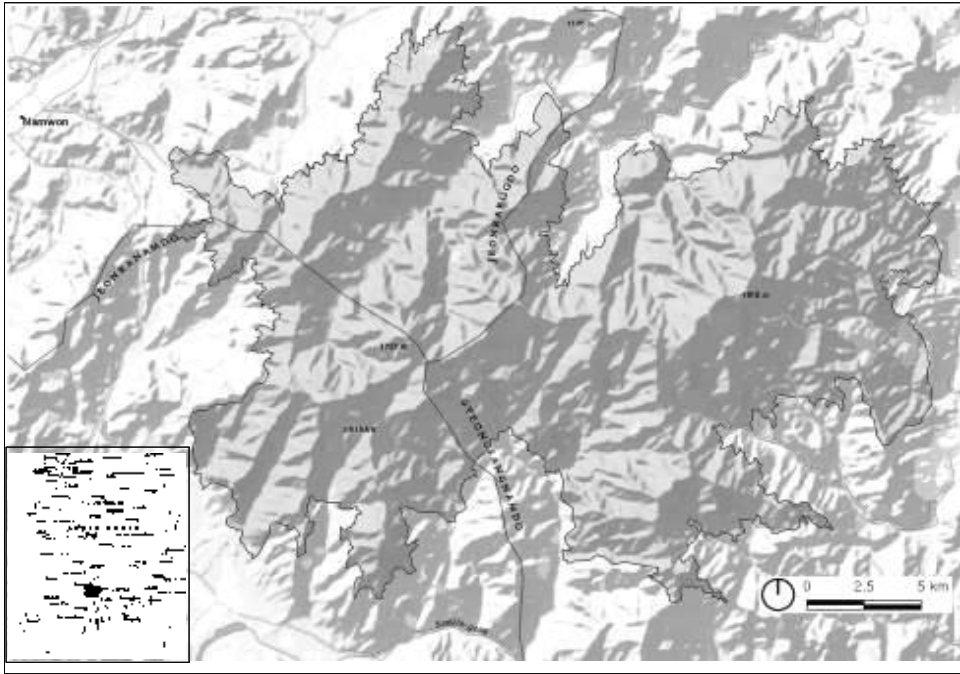


Figure 1. Study site(Jirisan National Park)

Table 1. Landscape indices used in the study

Abbreviation	Description
NP	Total number of patches in the landscape / Number of Patches for each individual class
TA	Total sum of areas of all patches belonging to a given class
MPS	Mean patch size
TE	Total sum of edge perimeter of all patches / Total sum of edge perimeter of all class patches
NCA	Number of core area
TCA	Total core area size
CAPL	Core Area Percentage of Landscape
MCA	The mean size of disjunct core area patches

서 제공한 탐방로 자료가 최대 노폭 3m를 유지하고 있어 탐방로의 노폭은 3m(탐방로 중앙을 중심으로 좌우 각각 1.5m)를 적용하였다. 파편화 분석은 QGIS3.10로 하였다.

2) 경관생태지수 적용

경관생태지수 적용은 서식지 파편화 정도를 분석하기 위해 패치면적(PI; Patch Index)과 최대 패치 면적(LPI; Largest Patch Index), 핵심지역 면적(CA; Core Area)과 전체 핵심지역 면적

(TCA; Total Core Area), 패치 수(NP; Number of Patches) 등을 중심으로 분석하였다(Kim et al., 2013; Elkie P, Rempel R, Carr A. 1999). 적용한 경관생태지수는 Table 1과 같다. 핵심지역 면적 산정을 위한 주변부 효과 거리는 탐방로 및 도로에서 500m로 산정하였다. 이는 국립공원공단이 2004년부터 2013년까지 10년간 반달가슴곰이 활동했던 위치정보 2만여 개를 분석한 결과, 탐방로에서 500m 이격하여 활동한다고 하는 결과를 기준으로 하였다(Korea National Park. 2014).

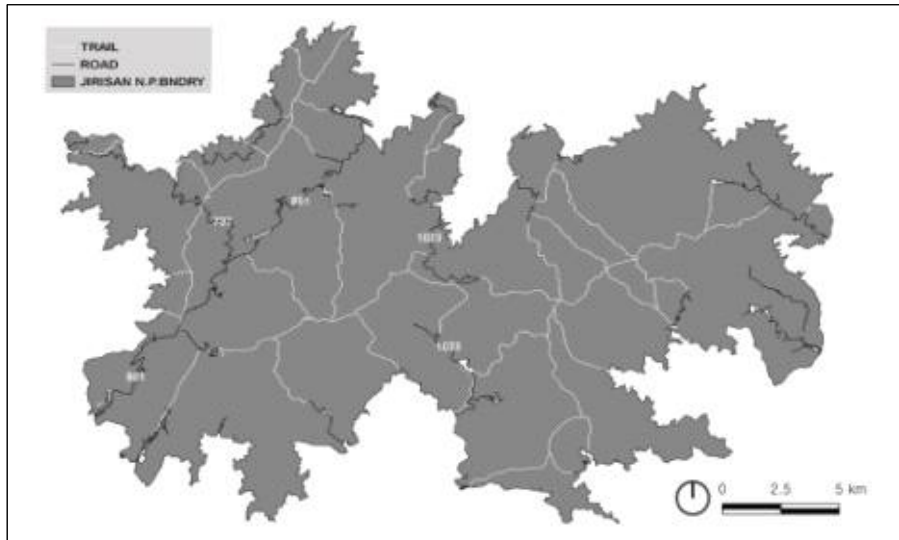


Figure 2. Roads and trails in Jirisan National Park

3) 공원자연보존지구의 파편화 및 탐방압력 분석

국립공원은 공원에 있는 자연과 문화자원을 효율적으로 관리하기 위해 용도지구를 세분하여 관리하고 있다. 이 중 공원자연보존지구는 자연공원법 제18조에 따르면 생물다양성이 풍부하고 보호할 가치가 높은 야생동식물이 서식하는 곳으로 학술연구, 자연보호를 위하여 필요하다고 인정되는 최소한의 행위만을 허가하는 지구이다. 따라서 공원자연보존지구는 도로 및 탐방로 개설을 최소화하여 야생동물서식지의 파편화가 발생하지 않도록 관리해야 한다.

본 연구에서는 국립공원 용도지구 지정 및 관리의 정합성 여부를 판단하기 위하여 지리산국립공원 공원자연보존지구와 도로 및 탐방로에 의한 파편화 결과를 중첩하여 분석하였다. 또한 공원자연보존지구에서 반달가슴곰 서식지 안정화에 영향을 미치는 탐방압력을 검토하였다. 탐방압력은 환경부에서 제공하는 토지피복도와 국립공원공단의 국립공원통계연보를 활용하여 보존지구 내에 위치한 대피소의 개수와 면적, 수용 인원을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 탐방로 및 도로 현황

지리산국립공원 탐방로의 총 길이는 2020년 현재 법정 탐방로만 51개 노선 237.1km이다(Korea National Park Service, 2020). 비법정탐방로는 확인이 불가하여 분석에서 제외하였다. 반달가슴곰 복원 사업이 시작된 2004년 이후부터 총 48.6km의 탐방로가 증가하였다. 지리산국립공원 안에는 15개의 군도와 지방도, 진입도로, 농어촌 도로가 총 83.6km 개설되어 있다. 아스콘으로 포장된 도로는 서식지를 단절시키고 로드킬을 발생시키는 주요 원인이 되고 있다. 동시에 사람들의 접근성을 편리하게 하여 탐방객 유입에 큰 영향을 미친다. 대부분의 도로는 국립공원 지정 이후인 1990년대에 개설되었다. 이중 861번 지방도는 대형 주차장이 있는 성삼재를 지나 뱀사골 주차장까지 연결되어 지리산국립공원을 관통한다. 861번 지방도의 전체 길이는 27km다. 또한 861번 지방도가 지나가는 달궁삼거리에서 갈라져 나온 737번 지방도는 해발고도 1,172m 정령치를 지나 고기리까지 연결되며, 총 길이는 17km이다(Figure 2).

Table 2. Result of each landscape indices of class level

Indices	Class							Landscape Level
	1	2	3	4	5	6	7	
	50 > (km ²)	50 ≤, 40 > (km ²)	40 ≤, 30 > (km ²)	30 ≤, 20 > (km ²)	20 ≤, 10 > (km ²)	10 ≤, 5 > (km ²)	5 ≤ (km ²)	
NP	1 0.6%	1 0.6%	3 1.8%	4 2.5%	6 3.7%	7 4.3%	141 86.5%	163 (100%)
TA	51.40 10.8%	40.50 8.5%	104.36 21.8%	90.69 19%	100.64 21.1%	47.19 9.9%	43.277 9.1%	478.05 (100%)
MPS	51.40	40.50	34.79	22.67	16.77	6.74	0.31	2.93
TE	76,391 (m)	84,815 (m)	187,184 (m)	148,865 (m)	181,461 (m)	134,059 (m)	215,036 (m)	1,027,801 (m)
NCA	1 3.2%	1 3.2%	5 16.1%	8 25.8	16 51.6%	0 0.0%	0 0.0%	31 (100%)
TCA	27.74 14.7%	12.67 6.7%	81.52 43.1%	56.11 29.6%	11.21 5.9%	0 0.0%	0 0.0%	189.24 (100%)
CAPL	27.74 5.8%	12.67 2.6%	81.52 17.1%	56.11 11.7%	11.21 2.3%	0 0.0%	0 0.0%	478.047 (39.6%)
MCA	27.74	12.67	16.30	7.01	0.70	0	0	6.10

2. 도로와 탐방로에 의한 서식지 파편화 분석

도로와 탐방로에 의한 서식지 파편화를 분석한 결과 경관 내 패치 수(NP, Number of patches)는 총 163개이다. 도로와 탐방로 면적을 제외한 패치의 총 면적(TA, Total sum of areas of all patches)은 478.047km²이다. 패치 면적을 기준으로 총 7개의 등급(Class)을 구분하였다. 등급은 50km²를 초과하면 Class1, 50km² 이하 및 40km² 초과는 Class2, 40km² 이하 및 30km² 초과는 Class3, 30km² 이하 및 20km² 초과는 Class4, 20km² 이하 및 10km² 초과는 Class5, 10km² 이하 및 5km² 초과는 Class6, 5km² 이하는 Class7로 구분하였다(Figure 3). 각 Class 별 패치 수는 각각 Class1은 1개, Class2는 1개, Class3은 3개, Class4는 4개, Class5는 6개, Class6은 7개, Class7은 141개로 구분되었다. 경관생태지수 분석 결과는 Table 2와 같다.

서식지 파편화가 진행되면 넓은 단일면적 서식지가 여러 개의 작은 조각으로 파편화되어 패치 밀도는 증가하고 평균 패치 면적(MPS, Mean Patch Size)은 감소한다. Class1과 Class7의 총 면적은 각각 51.40km²와 43.27km²이다. Class7의 패치 개수가 Class1의 141배임에도 불구하고,

Class7의 총면적은 Class1의 약 84%에 불과하다. 또한 Class7의 평균 패치 면적은 0.31km²로서 Class1 면적의 0.59%에 불과하다.

총 패치 면적을 총 조각수로 나눈 평균 패치 면적은 2.93km²이며 각 Class의 평균 패치 면적 중 가장 큰 패치는 51.40km²로 전체 패치 면적의 10.8%에 해당한다.

가장자리 길이(TE, Total sum of edge perimeter of all patches)는 각 패치 둘레의 합으로 파편화가 진행될수록 길이가 길어진다. Class1의 가장자리 길이 합은 76,391m인 반면 Class7의 가장자리 길이 합은 215,036m이다. Class7의 가장자리 길이 합은 지리산 국립공원 총 패치 가장자리 길이의 약 21%를 차지한다(Table 2).

파편화된 패치를 기준으로 반달가슴곰이 외부 간섭 없이 생활할 수 있는 핵심면적의 총합(TCA; Total core area size)은 189.24km²다. 이는 지리산국립공원 전체 면적의 약 39.6%에 해당된다. 하지만 주변부를 제외할 경우 각 패치의 수(NCA; Number core area)는 Class1은 1개, Class2는 1개, Class3은 5개, Class4는 8개, Class5는 16개이고 Class6과 Class7은 0개이다. Class5의 패치수는

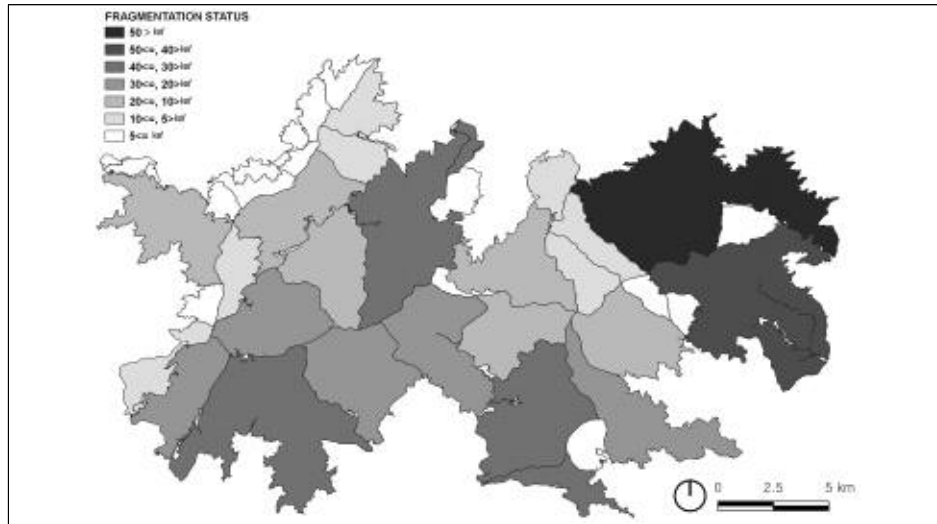


Figure 3. Fragmentation status of Jirisan National Park

Class1의 16배이지만 평균 면적은 Class1의 40%에 불과하다. Class3은 지리산국립공원 전체 면적 대비 각 Class의 핵심면적이 차지하는 비율(CAPL; Core Area Percentage of Landscape)이 17.1%로 7개의 Class 중에서 가장 넓은 면적을 가지고 있다. 그러나 평균 핵심 면적(MCA; The mean size of disjunct core area patches)은 단일 면적을 가지고 있는 Class1의 58.7%에 불과하다. 전체 Class에서 반달가슴곰에게 적합한 24km² 이상의 핵심면적을 유지하는 패치는 Class1의 1개소에 불과하다(Table 2)(Figure 5).

야생동물의 이동 범위와 행동권에 관한 선행 연구에 따르면 대형포유류인 반달가슴곰의 행동반경은 24~200km²이다(Yang et al., 2008). 도로와 탐방로에 의해 지리산국립공원이 파편화된 결과, 지리산에서 대형 포유류인 반달가슴곰이 살아가기에 적합한 패치 면적 24~200km²인 곳은 Class1~Class3의 5개소와 Class4의 패치 중 1개소를 합한 6곳에 불과하다. 2014년 국립공원공단이 발표한 반달가슴곰의 활동 지점을 패치 면적과 비교하면 Figure 4와 같이 패치 면적이 5km² 이하인 곳에서는 활동이 드물게 나타났으며 패치 면적 20km² 이상인 지점에서 활동

빈도가 높게 나타났다(Figure 4).

대형포유류가 아닌 중소형 포유류를 기준으로 패치 면적을 분석한 결과를 살펴보면 다음과 같다. 환경부가 복원하고 있는 여우의 행동반경은 1.29~7.16km²이다(Ministry of Environment, 2012). 멸종위기2급인 담비의 행동권은 22.3~59.1km², 삵의 행동권은 3.7km²(Choi et al., 2012)이다. 중대형 포유류인 멧돼지의 행동권은 5.1km²이고(Choi et al., 2006), 너구리는 0.8km²(Choi and Park, 2006), 오소리는 1.2km²이다(National Institute of Environmental Research, 2009). 이 기준을 바탕으로 주연부 면적을 포함하여 지리산국립공원의 패치 면적을 분석하면 멸종위기종2급인 담비에게 적합한 서식면적 22.3~59.1km²는 반달가슴곰과 같은 6개소다. 멧돼지에게 적합한 서식면적 5.1km²인 곳은 22개소이다. 멸종위기종인 삵과 너구리, 오소리 등의 서식이 가능한 패치 면적 5km² 이하인 곳은 141개소로 가장 많다(Table 3).

파편화된 패치를 기준으로 반달가슴곰이 외부 간섭 없이 생활할 수 있는 핵심면적의 총합(TCA)은 189.24km²다. 이는 지리산국립공원 전체 면적의 약 39.6%에 해당된다. 하지만 주연부를 제외할 경우 각 패치의 수(NCA)는 Class1 1

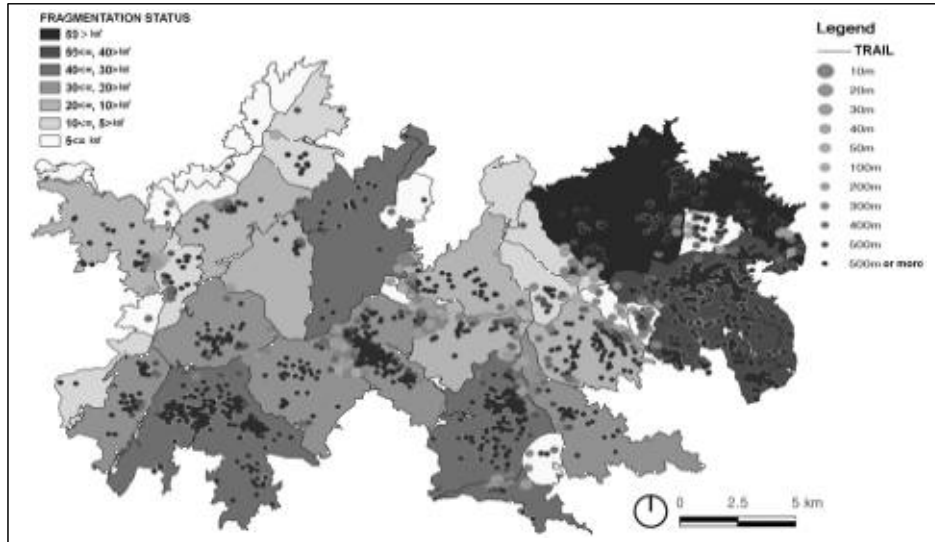


Figure 4. Fragmentation status and Activity Frequency of Asiatic Black Bear *Black Bear, farther away from the trail, the higher the frequency of activity(National Park Service, 2014). rewritten

Table 3. Home range size of Asiatic Black Bear and other mammals

Target species	Daily activity area (km ²)	Number of Patches	Corresponding area(km ²)	Percentage of area in park 478.05km ² (100%)
<i>Ursus thibetanus</i>	24~200	6	225.91	47%
<i>Martes flavigula koreana</i>	22.3~59.1	6	225.91	47%
<i>Sus scrofa</i>	5.1	22	434.78	90.9%
<i>Meles meles</i> and <i>Vulpes vulpes peculiosa</i>	5	141	432.67	90.5%

개, Class2 1개, Class3은 5개, Class4는 8개, Class5는 16개이고 Class6과 Class7는 0이다. Class 5의 패치 수는 Class1의 16배이지만 평균 면적은 Class1의 40%에 불과하다. Class3은 지리산국립공원 전체 면적 대비 각 Class의 핵심 면적이 차지하는 비율(CAPL)이 17.1%로 7개의 Class 중에서 가장 넓은 면적을 가지고 있다. 그러나 평균 핵심 면적(MCA)은 단일 면적을 가지고 있는 Class1의 58.7% 정도 밖에 되지 않는다. 전체 Class에서 반달가슴곰에게 적합한 24km² 이상의 핵심면적을 유지하는 패치는 Class1의 1개소에 불과하다(Table 2)(Figure 5).

3. 공원자연보존지구의 파편화와 탐방압력 분석

지리산국립공원의 용도지구별 면적은 공원자연보존지구 157.21km², 공원자연환경지구 322.66km², 공원마을지구 0.26km², 공원문화유산지구 2.90km²이다(Korea national park service, 2020). 이중 공원자연보존지구는 백두대간보호구역과도 중첩되며 보존 가치가 매우 높은 지역이다. 그러나 공원자연보존지구 내의 탐방로는 총 107.7km로서 지리산 국립공원 전체 탐방로의 약 45%를 차지한다. 또한 공원자연보존지구 안의 도로는 21.1km로서 지리산국립공원 내 도로의 약 16%에 해당된다. 도로와 탐방로에 의한 서

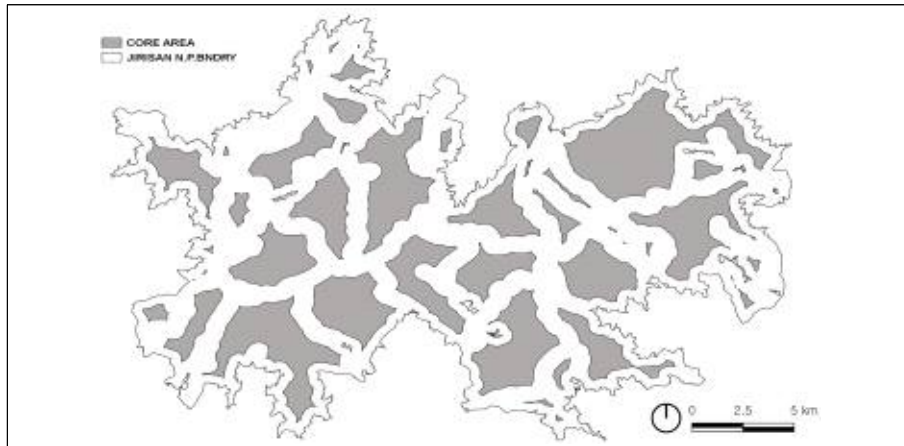


Figure 5. Core area of Jirisan National Park for Asiatic black bear

Table 4. Result of each landscape indices in natural conservation district

Indices	Class				Landscape Level
	1	2	3	4	
	20 > (km ²)	20 ≤, 10 > (km ²)	10 ≤, 5 > (km ²)	5 ≤ (km ²)	
NP	1 1.88%	2 3.77%	10 18.88%	40 75.47%	53 100%
TA	25.79 16.60%	26.50 17.06%	73.66 47.42%	29.38 19%	155.33 100%
MPS	25.79	13.25	7.37	0.73	0.89
TE	51,191 10.4% (m)	66,956 13.6% (m)	207,667 42.4% (m)	163,339 33.3% (m)	489,153 100% (m)

식지 파편화 분석 결과 공원자연보존지구 내의 패치 수(NP, Number of patches)는 총 53개이다. 도로와 탐방로 면적을 제외한 패치의 총 면적(TA)은 155.33km²이다. 패치 면적을 기준으로 등급을 구분한 결과 총 4개의 등급(Class)으로 구분되었다. 등급은 20km²를 초과하면 Class1, 20km² 이하 및 10km² 초과는 Class2, 10km² 이하 및 5km² 초과는 Class3, 5km² 이하는 Class4로 구분하였다. 각 Class 별 패치 수는 각각 Class1은 1개, Class2는 2개, Class3은 10개, Class4는 40개로 구분되었다. 공원자연보존지구 내의 경관생태지수 분석결과는 Table 4 및 Figure 6과 같다.

Class1과 Class4의 총 면적은 각각 25.79km²와 29.38km²로 Class4가 Class1보다 다소 넓다. 그러나 패치의 수로 나눈 평균 패치 면적(MPS)은

Class1은 25.79km²이지만 Class4의 평균 패치 면적은 0.73km²에 불과하다. 공원자연보존지구 내에서 가장 큰 단일 면적의 패치는 25.79km²로서 총 패치 면적의 16.6%에 해당한다. Class3은 73.66km²로 공원자연보존지구 면적의 47.42%를 차지하고 있지만 10개의 조각으로 나뉘어져 평균 패치 면적은 7.37km²에 불과하다. Class1의 가장자리 길이의 합(TE)은 51,191m인 반면 Class4의 가장자리 길이의 합은 163,339m로서 가장자리가 매우 복잡하여 서식지 질이 낮음을 알 수 있다(Table 4). 이 결과를 지리산국립공원 전체의 평균 패치 면적이 2.93km²이고, 가장 큰 패치는 51.40km²인 것과 비교하면 공원자연보존지구의 평균 패치 면적은 0.89km²에 불과하고, 가장 큰 패치 면적도 25.79km²에 불과하여 보존이 잘

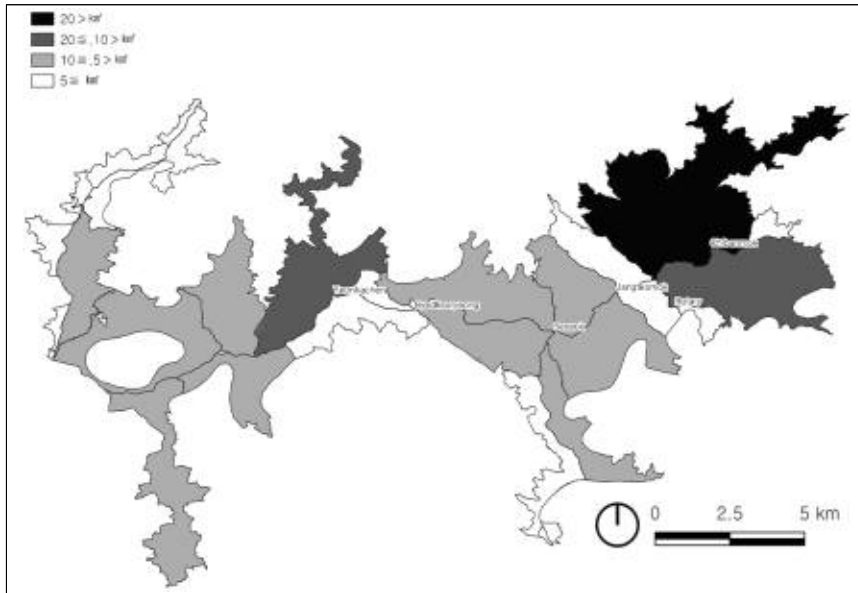


Figure 6. Fragmentation status of natural conservation district in Jirisan National Park

Table 5. Shelter in the park natural conservation district zone, Jirisan National Park

Shelter name	Maximum number of people		Area (m ²)	Altitude	Note
	2014	2020			
Yeonhachen	60	95	299	1,510	
Chibanmok	40	60	297	1,425	
Rotary	35	30	109	1,330	
Jangteomok	135	155	657	1,660	
Seseok	190	240	676	1,560	
Byecksoryeong	120	120	527	1,321	
Total	580	700	2,565	Average 1,468	
Piagol	36	36	81	800	in the park natural environment zone
Nogodan	108	108	418	1,350	

*National Park Basic Statistics(2020) rewritten

이루어져 하는 공원자연보존지구의 파편화가 공원 전체 평균보다 심각한 것으로 나타났다. 따라서 공원자연보존지구의 서식처 안정성이 오히려 공원 전체의 평균보다 심각하게 낮아 이에 대한 개선이 필요하다.

지리산국립공원에는 1일 30명~240명까지 숙박할 수 있는 대형 대피소 8개소가 위치해 있으며 8개소 모두 백두대간보호구역의 핵심구역에 위치하여 자연환경을 훼손하는 원인이 되고 있다. 지리산국립공원의 공원자연보존지구 안에 6개의 대피소가 있으며 하루에 숙박할 수 있는

인원은 총 700명이다. 공원자연보존지구 안에 있는 대피소의 수용 인원은 2014년부터 2020년까지 120명이 증가하였다(Table 5). 노고단대피소와 피아골 대피소 2개 대피소는 공원자연환경 지구에 위치하며 공원자연보존지구의 경계와 직선거리 300m 내외에 있다(Figure 7).

대피소가 가지고 있는 이와 같은 문제점으로 인해 2017년 조사결과 반달가슴곰은 장터목대피소의 경우 3km 이상 떨어진 곳에 1마리 서식, 갈림길이 많고 수용 인원이 많은 세석대피소는 1km 이상 떨어진 곳에서 1마리 서식, 탐방로가 적은

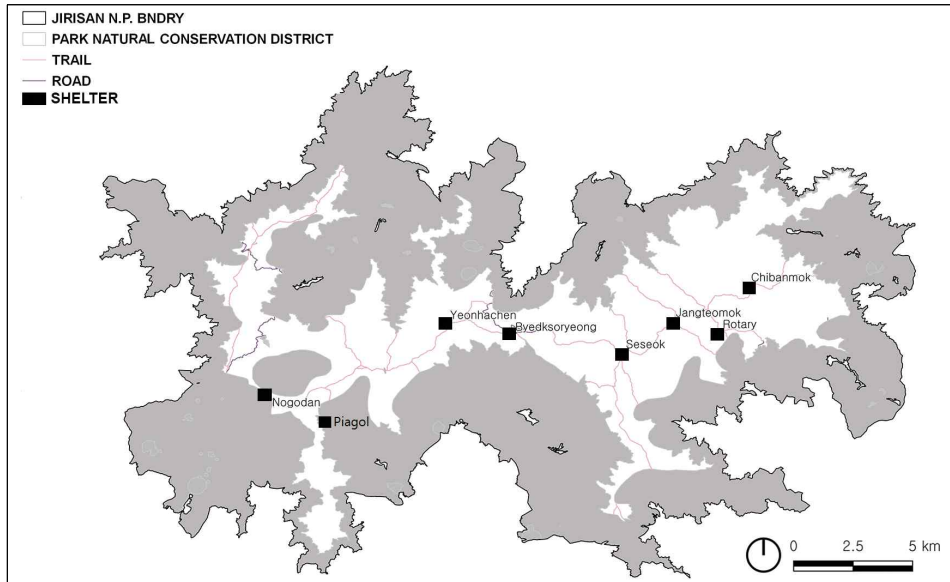


Figure 7. Shelter of natural conservation district in Jirisan National Park

연하천대피소에서는 3km 안에 3마리가 서식하는 것으로 확인되었다(Hankyoreh, 2018. 10. 10).

장터목대피소와 세석대피소는 사방에서 연결되는 탐방로의 교차 지점에 위치하며 연하천대피소와 치발목대피소는 외길 탐방로에 위치한다(Figure 7). 보통 대피소들은 산불방지 및 자연자원 보호기간(2.15~4.30)에는 대피소 운영을 중단한다. 하지만 장터목, 치발목, 로타리대피소는 산불방지 및 자연자원 보호기간 뿐만 아니라 반달가슴곰의 동면 평균 시작일인 12월 7일부터 동면 해제일인 4월 20일(Kim et al., 2019)까지도 쉬지 않고 대피소를 운영한다(Korea national park service, 2020). 탐방로와 대피소 이용자들이 발생시키는 소음과 야간에 발생하는 인공조명은 야생동물의 생식에 큰 영향을 미친다(Kylie et al., 2015). 야생동물은 그들의 포식자와 인간에 대해 보이는 반응이 유사하다(Frid and Dill, 2002; Beale and Monaghan, 2004). 따라서 대형 대피소와 같은 야생동물 주요서식지에서의 활발한 인간 활동은 서식지 파편화의 요인이 될 수 있다.

공원자연보존지구는 생물다양성이 풍부하고 보호할 가치가 높은 야생동식물이 서식하는 곳

이다. 하지만 지리산 국립공원의 공원자연보존지구는 다른 용도지구보다 오히려 더 높은 밀도로 탐방로와 도로가 개설되어 있어 서식지 파편화가 심각하다. 또한 지구 내에 지리산 국립공원에 있는 8개 대형 대피소 중 6개가 운영되고 있어 야생동물 생육환경에 악영향을 미치고 있다. 지리산국립공원 공원자연보존지구의 서식지 파편화와 탐방압력을 분석한 결과 현재 상황은 국립공원 지정 및 공원자연보존지구 설정 취지와 정합되지 않음을 확인하였다.

IV. 결론

본 연구에서는 지리산국립공원에 개설된 도로와 탐방로를 서식지 파편화 요소로 보고 경관생태지수를 적용하여 현황을 분석하였다. 그 결과 반달가슴곰을 비롯한 대형 포유류가 살아가기에 적합한 24km² 이상의 단일 패치 면적을 보유한 곳은 총 163개 패치 중 6개소에 불과하였다. 이 결과를 2014년 국립공원공단이 발표한 반달가슴곰의 활동 지점과 중첩하여 분석한 결과 면적 20km² 이상 되는 패치에서 곰의 활동 빈

도가 높게 나타났다. 이 결과를 통해 국립공원 내 도로 및 탐방로에 의한 서식지 파편화가 반달가슴곰을 비롯한 야생동물의 서식에 직접적인 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 특히 자연환경이 우수하여 인간간섭 배제가 필요한 공원자연보존지구에서 탐방로 및 도로에 의한 파편화가 오히려 다른 용도지구보다 더 심하여 반달가슴곰의 서식 밀도가 더 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 국립공원의 용도구역 설정과 실제 공원운영이 정합되지 않는 결과이므로 앞으로 이를 개선하기 위한 대책 마련이 필요하다. 따라서 장기적으로는 공원자연보존지구 내의 주차장 폐쇄 및 복원, 탐방로의 축소 및 자연휴식년제 운영, 대형 대피소를 실제 대피소 개념으로 전환하는 등의 대책을 추진해야 한다. 이를 통해 파편화의 영향과 탐방압력을 줄여 국립공원 및 백두대간보호지역의 지정 취지에 운영하는 것이 필요하다.

또한 국외에서는 보호지역에서 진행되는 인간 활동이 생태계에 미치는 부정적 영향에 대한 연구가 활발하다. 하지만 국내에서는 이와 관련된 연구가 아직 많이 부족하다. 따라서 앞으로 체계적인 보호지역 관리를 위해 관련 분야에 대한 활발한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 지리산 반달가슴곰의 위치 데이터 활용에 어려움이 있어 국립공원공단의 발표 자료를 그대로 인용할 수 밖에 없는 한계가 있었다. 향후 우리나라 멸종위기종 복원사업의 발전과 생물다양성 보전을 위한 연구를 위해 연구자들이 관련 데이터를 활용할 수 있도록 하는 제도개선이 필요하다.

References

- Andrews K.M. and J.W. Gibbons. 2005. How do highways influence snake movement? Behavioral response to roads and vehicles. *Copeia* (4): 772-782.
- Angela Margaret Sibbald AM, Hooper RJ, McLeod JE and Gordon IJ. 2011. Responses of red deer(*Cervus elaphus*) to regular disturbance by hill walkers. *European Journal of Wildlife Research*. 57:817-825.
- Choi TY and Park JH. 2006. Home-range of Raccoon Dog *Nyctereutes procyonoides* Living in the Rural Area of Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 29(3): 159-263. (in Korean with English summary)
- Choi TY, Woo DG, Lee SG and Kim SY. 2012. Endangered Wildlife Research to Conserve Ecological Corridor. Wildlife Ecology Institute of Korea, National Wetlands Center, Korea National Park Service. (in Korean with English summary).
- Colin Beale and Pat Monaghan. 2004. Human disturbance: People as predation-free predators? *Journal of Applied Ecology* 41(2):335-343.
- Dana L. Karelus, J. Walter McCown, Brian K. Scheick, Madelon van de Kerk and Madan K. Oli. 2016. Home Ranges and Habitat Selection by Black Bears in a Newly Colonized Population in Florida. *Journal of the Southeastern Naturalist*. 15(2):346 - 364.
- Elkie P, Rempel R, Carr A. 1999a. Patch Analyst user's manual: a tool for quantifying landscape structure. Ont Min Nat Resour, Northwest Science and Technology, Thunder Bay. NWST Tech Manual TM-002.
- Forman R.T. and L.E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29:207-231.
- Frid, A. and Dill, L.M. 2002. Human caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation Ecology*. 6(1):1-16.
- Hankyoreh. A shelter that's been "stopped"...Get rid of Jirisan Asiatic black bears. 2018. 10. 10.(in Korean)

- James Kimo Rogala, Mark Hebblewhite, Jesse Whittington, Cliff A. White, Jenny Coleshill and Marco Musiani. 2011. Human Activity Differentially Redistributes Large Mammals in the Canadian Rockies National Parks. *Ecology and Society*. 16(3):16.
- Kang HS and Paek KJ. 2005. Evaluating Home Ranges of Endangered Asiatic Black Bears for In Situ Conservation. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 28(6):395-404. (in Korean with English summary)
- Kim JJ, Jung DH, Kim TW, Byun YS, Lee SH, Oh HS. 2019. Study of Asiatic Black Bear(*Ursus thibetanus ussuricus*) Hibernation Day and Temperature Distribution. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 33(5): 497-505.(in Korean with English summary)
- Kim MA, Choi JY and Lee SH. 2013. Feasibility of Forest Land Conversion to Other Use by Considering Forest Fragmentation. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*. 16(4) : 53-63. (in Korean with English summary)
- Korea National Park Service. 2020. National Park Basic Statistics. p57. (in Korean)
- Korea National park service. 2020. Jirisan Asiatic black bear giving birth to three cubs in the wild. Press release. (in Korean)
- Korea National park service. 2017. Jirisan National Park, Asian black bear proper capacity study. p43. (in Korean)
- Korea National park service. 2014. Asiatic black bear of Jirisan Mountain, the farther away it is from the trail, the higher the frequency of activity. Press release. (in Korean)
- Kwon TH, Oh KK, Kim BH. 1998. Use Impacts on Environmental Deteriorations on and around Trails in Naesorak District of Soraksan National Park , *Korean journal of environment and ecology*, Vol.11 (4) ; pp. 523-534 (in Korean with English abstract)
- Kylie A. Robert, John A. Lesku, Jesko Partecke and Brian Chambers. 2015. Artificial light at night desynchronizes strictly seasonal reproduction in a wild mammal. *Proceedings of the royal society b*. 282:1-7.
- Lee HJ, Ha JW, Park SJ, Kim WY, Cha JY, Park JY, Choi SS, Chung CU, Oh HS. 2019. A study on the analysis of mammals' activity patterns and the effect of human hiker interference using camera trapping. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*. 12(1):57 - 62.
- Ministry of Environment. 2014. Jirisan National Park Asiatic Black Bear, farther away from the trail, the higher the frequency of activity. Press Releas. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2012. Development of Wild Adaptation Training and Radiological Monitoring Technology for the Restoration of Endangered Species. p94. (in Korean)
- National Institute of Environmental Research. 2009. Management of ecological corridor to conserve wildlife population I . p75. (in Korean)
- Seo CW, Choi TY, Choi YS and Kim DY. 2008. A study on Wildlife Habitat Suitability Modeling for Goral(*Nemorhaedus caudatus raddeanus*) in Seoraksan National Park. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*. 11(2) : 28-38. (in Korean with English summary)
- Thurber, J. M., R. O. Peterson, T. D. Drummer, and S. A. Thomasma. 1994. Gray wolf response to refuge boundaries and roads in Alaska. *Wildlife Society Bulletin* 22:61-67.
- Trombulak and Frissell. 2000. Review of

- Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Journal of the Conservation Biology*. 14(2):25-26.
- Yang DH, Kim BY, Jung DH, Jeong DH, Jeong JJ and Lee BG. 2008. The Studies on Characteristics of Home Range Size and Habitat Use of the Asiatic Black Bear Released in Jirisan. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 22(4):429-436.
- Yu JS, Park CH and Woo DG. 2012. The Characteristics of the Sites and Prospects of the Bear Shelves of Asiatic Black Bear(*Ursus Thibetanus*) on Jirisan National Park. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*. 15(4) : 41 ~49. (in Korean with English summary)
- <http://www.knps.or.kr> 국립공원공단
<http://www.nsd.gov.kr> 국가공간정보포털
<https://egis.me.go.kr> 환경공간정보서비스
<http://map.ngii.go.kr> 국토정보플랫폼
<http://me.go.kr/> 환경부
<http://www.law.go.kr/> 법제처
<https://species.nibr.go.kr> 국립생물자원관
<http://www.nature.go.kr> 국가생물종 지식정보 시스템