Journal of Environmental Science International
29(10); 951~959; October 2020

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2020.29.10.951

ORIGINAL ARTICLE

생태적가치 기반의 오대산국립공원 보전지구 재설정 방안 연구

염정헌*

강릉원주대학교 환경조경학과

Re-establishment of a Conservation Area in Odaesan(Mt.) National Park based on Ecological Values

Jung-Hun Yeum*

Department of Environmental Landscape Architecture, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

Abstract

This study aimed to re-establish the conservation area reflecting landscape ecological value through scenario program, targeting Odaesan National Park. The basic data were mapped in watershed planning units, which were set considering topographical and ecological values. The framework of Marxan with Zones, using an indexation process, was using the mapped indicators. Each best solution according to the scenarios was assessed through sensitivity analysis, and a final solution was selected among the best solutions, considering criteria including area ratio of conservation area and grouping. Lastly, the final solution was verified in the overlap analysis with recent zonation. As a result, through the framework of Marxan with Zones, the best solution of scenario 1, which was set by the highest conservation criteria was selected as the final solution, and the area ratio of conservation area and grouping was excellent. As for the overlap analysis, the suggested conservation area was improved compared to recent zonation in terms of the area ratio (39.4%), biotope grade Ⅰ (35.6%) and the distribution points (7 places) of legally protected species.

Key words : Zonation, Scenario analysis, Eco-tope, Watershed unit, Mapping analysis

1. 서 론

보호지역은 생물다양성과 문화적 가치를 보전하기 위하여 법적 또는 기타 효과적인 방법을 통해 관리 되고 있는 지역이다(Dudley, 2004). 이러한 보호지역의 효율적 보전과 인위적 간섭에 대한 관리 수단으로써 특정 관리 목적에 따라 공간을 구별하여 지정하는 관리지구의 설정은 필수적이며(Airame, 2005), 보전과 이용 활동 간 잠재적 갈등을 조절하는 데에도 효과적이다(Day, 2002; Halpern et al., 2008). IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources)은 관리지구 설정에 있어 카테고리 적용지침을 통해 보호지역 중 적어도 3/4(75%) 이상은 목적에 맞게 관리되어야 한다는 기준(Dudley, 2004)을 제시한 바 있으며, UNESCO

Received 26 June, 2020; **Revised** 9 October, 2020;
Accepted 16 October, 2020
***Corresponding author**: Jung-Hun Yeum, Department of Environmental Landscape Architecture, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea
Phone : +82-33-640-2479
E-mail : zelkovayeum@gwnu.ac.kr
본 논문은 2015년도 서울시립대학교의 박사 학위논문의 일부입니다.

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
ⓒⓒ This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

MAB (Man and Biosphere) 프로그램에서는 생태적 가치 및 인간의 활동 강도에 따라 핵심지역(core area), 완충지역(buffer area), 전이지역(transition or cooperation area) 등으로 구분하고 있다.

국립공원 유형은 우리나라의 자연생태계나 자연 및 문화경관을 대표할 만한 지역으로서 보전 중심의 현명한 이용이 필요한 지역이다. 하지만, 생태적 가치를 기반으로 한 합리적 용도지구 설정의 필요성에 대한 문제점은 지속적으로 제기되어 왔으며, 특히, 자연생태계의 가치가 고려되지 않은 단순 지형(표고, 경사, 등고선)에 의한 용도지구 관련 문제점이 가장 많이 지적되었다(Yim et al., 1987; Lee et al., 1994; Jo et al., 1997). 이를 개선하기 위한 방안으로서 국제적 기준 반영(Jo, 1994), 공원자연환경지구에 대한 관리 강도 세분화(Jo et al., 1997), GIS를 활용한 효율적 공간구획(Lee et al., 1998) 등의 개선방안이 제시된 바 있으나 자연생태계의 가치를 반영한 실질적 검증 연구는 미흡하였다.

국제사회에서 용도지구 설정 관련 알고리즘 개발은 지속되어 왔으며, 특히, Marxan with Zones는 Minimum-set 개념과 Simulated Annealing 알고리즘이 반영된 시나리오기법의 프로그램으로서(Watts et al., 2009), 관리지구별 양적 목표치를 달성하기 위한 비용을 최소화하기 위해 고안되었다(Stewart and Possingham 2005). 이와 더불어 생태·사회문화·경제적 가치의 반영이 용이하며(Ardron et al., 2010), 다양한 기준의 시나리오를 검토함으로써 의사결정을 쉽게 할 수 있도록 투명성, 설명력 등을 증진시킬 수 있는 특징을 갖고 있다(Knight et al., 2006; Pressey and Bottrill, 2009). 이와 관련 다기능 경관분석에 의한 보전지역 설정(Reyers et al., 2012), 생물다양성 유지를 위한 시공간적 변화에 따른 주요 식생의 효율적 관리비용 시나리오 분석(Levin et al., 2013), 종 분포 데이터와 행동권데이터를 활용한 관리지구 설정(Wilson et al., 2010) 등의 연구가 진행 된 바 있으며, 국내에서는 도시근교형 국립공원인 북한산국립공원(Yeum and Han, 2017) 등에 대한 보전지역 재설정 연구가 진행된 바 있다. 하지만, 우리나라 국립공원 유형별 생태계 가치 기반의 보전지구 재설정 적용 사례 연구는 아직 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 생물다양성이 우수한 오대산국립공원을 대상으로 한 Marxan with Zones 시나리오 분석틀을 적용함으로써, 경관생태학적 가치를 반영한 보전지구 재설정안을 제안하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구 대상지

오대산국립공원은 1975년 국립공원으로 지정 되었으며, 총 면적은 326.3 km^2이다. 우리나라 국립공원 중 생물다양성이 높은 국립공원(IUCN Category Ⅱ 유형)으로서 백두대간이 통과하며, 람사르습지인 질뫼늪, 조개동늪, 소황병산늪 등을 포함하고 있다. 행정구역상 강릉시, 평창군, 홍천군에 포함되어 있으며, 주요 용도지구 지정 현황은 공원자연보존지구 49.9%, 공원자연환경지구 49.7% 등이었다(Fig. 1).

2.2. 조사분석방법

2.2.1. 기초자료 구축

기초자료 구축을 위하여 계획단위(planning unit), 환경생태계획지표를 설정하였으며, 적용지표 등에 대한 맵핑(mapping)을 위해 ArcGIS 10.1 프로그램을 활용하였다. 계획단위는 산림생태계를 중심으로 생태적관리를 위한 기본단위로서 유역권(Seo and Park 2000)을 적용하였다. 유역권 분석을 위한 수계의 구분은 Horton(1945)과 Strahler(1952)의 방법을 이용하였으며, 수치지형도(1/5,000)의 등고선을 DEM으로 변환 후 Hydrology Tool을 활용하였다. 단위유역권은 1차 수계를 기준으로 하였다(Seo and Park 2000). 유역권 규모는 우리나라의 대표적 중형포유류인 너구리, 삵, 오소리(Lee et al., 2014)와 중형포유류와 유사한 핵심행동권을 갖는 멧돼지(Choi et al., 2006)를 선정하였다. 유역권의 크기를 조정하는 집수량(flow accumulation)을 늘려가면서 단위유역권의 평균 크기를 행동권에 맞춰가는 방식을 활용하였다.

환경생태지표는 자연공원법의 공원지정 목표에 적합한 에코톱개념(Tjallingii, 1976; Farina 2014)관련 지표 중 자료 및 도면화의 가능성을 판단하였으며, 지형특성 지표는 지형적 경계 구분을 명확히 하고, 재현불가능성에 따른 가치반영이 가능한 지형경사(Solnetsev, 2007) 및 경관자원분포 현황 등을 설정하였다. 동·식물 생태 분야에 있어서는 비오톱(Schaller, 1992; Hull et al.,

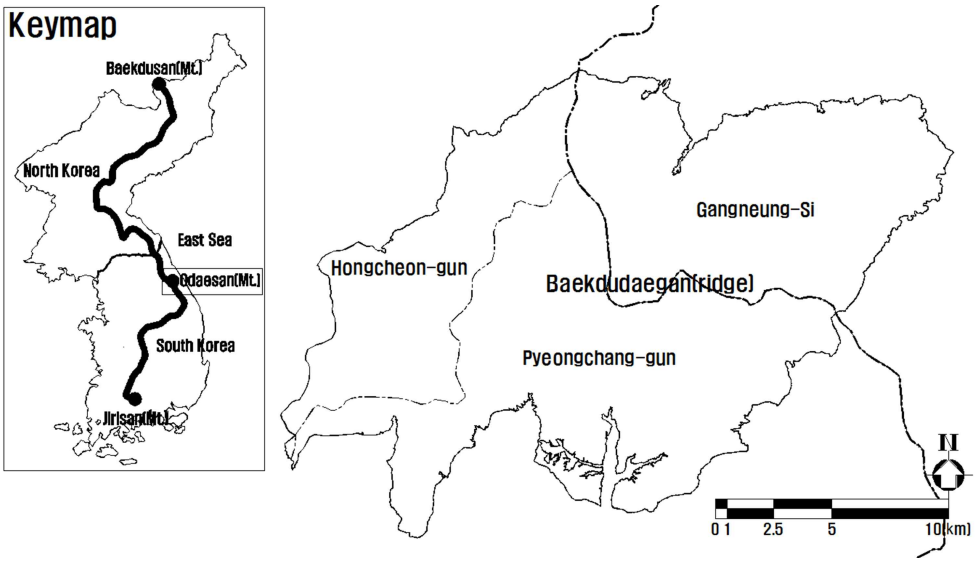


Fig. 1. Study area.

2011), 멸종위기 야생생물 분포(Jefferson and Usher, 1986; You et al., 2005) 등을 선정하였다. 경사도, 비오톱 가치는 지수화 하였으며, 국립공원의 이용특성을 고려하여 사회·문화적 지표로서 탐방로 이용 강도에 따른 탐방로지수 및 탐방 및 관리시설 등을 맵핑하였다. 국립공원 관련 기초자료는 2012년 제1차(2013~2022) 공원별 보전·관리계획 수립 시 반영된 자료 및 Han et al.(2017)의 연구 결과를 활용하였다. 시나리오 기준 설정 및 수치보정, 민감도 등은 Yeum and Han(2017)의 방법을 적용하였다.

2.2.2. Marxan with Zones 분석

2.2.2.1. Marxan with Zones 알고리즘

생태적, 사회·문화적 가치를 반영할 수 있도록 설계된 Marxan with Zones (v. 2.01)프로그램을 활용하였으며, 비용발생 정도를 기준으로 하여 최종분석치인 목적기능값(objective function score)을 도출하였다. 목적기능값은 계획단위에 반영된 비용, 계획단위의 외곽 경계길이(bondary length) 비용, 특성지표(feature)가 반영되지 않았을 경우의 벌점(penalty) 비용 등 세 가지 수치의 합으로 구성된다. 특히, 외곽 경계길이는 경관생태학적으로 파편화를 지양하기 위해 동일 면적일 경우, 경계 길이를 최소화 시키는 안을 우선으로 한다. 목적기능값이 낮을수록 가장 효율적인 해결안으로 판단할 수 있으며, 목적기능 값의 오류를 최소화시키고, 실효성 있는 값을 도출하기 위해 수치보정 단계(Watts et al., 2008)를 필수적으로 거치게 된다.

$$\sum_{PUs} Cost + BLM \sum_{PUs} Boundary + \sum_{ConValue} FPF \times Penalty$$

비용(cost)은 계획단위에 반영된 지표 가치를 측정한다. 경계(boundary)는 계획단위의 외곽경계 길이를 나타내며, BLM (Boundary Length Multiplier)은 비용값과의 수치 단위를 맞추기 위한 계수이다. FPF (Feature Penalty Factor) 역시 벌칙 비용(penalty)에 반영되는 계수이며, 벌칙 비용은 반영된 보전 및 이용지표의 유역권 내 포함여부에 따라 발생된다.

2.2.2.2. 중첩분석 및 검증

Zone A (공원자연보존지구), Zone B (공원자연환경지구 Ⅰ(잠재적 공원자연보존지구)), Zone C (공원자연환경지구 Ⅱ)로 구분하여 분석된 결과는 생태계 가치 반영 여부를 확인하기 위하여 현재 오대산국립공원의 용도지구와 중첩해서 분석하였다. 분석 항목은 공원자연보존지구와의 면적 및 비율, 비오톱 등급 Ⅰ의 면적 및 비율,

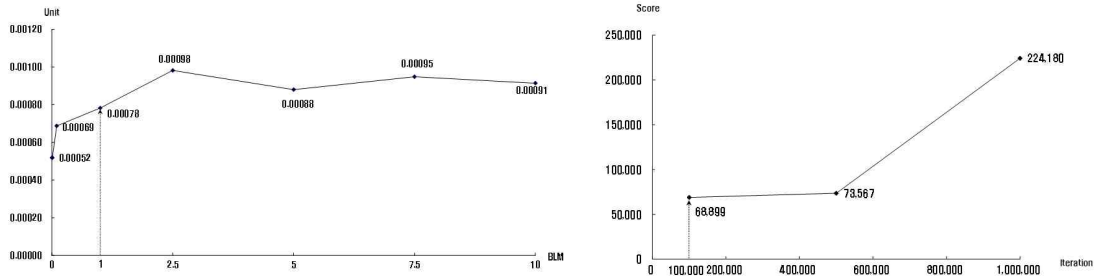


Fig. 2. Calibration of BLM (left) and iteration (right).

법적보호종 출현지점 현황, 특별보호구역 포함 면적 및 비율 등이었고, 용도지구(Zone A, Zone B, Zone C)별 환경생태지표(경사도지수, 지형경관자원, 비오톱지수, 법적보호종 출현지점 분포)와 이용 지표(탐방로지수, 탐방 및 관리시설)의 반영정도를 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

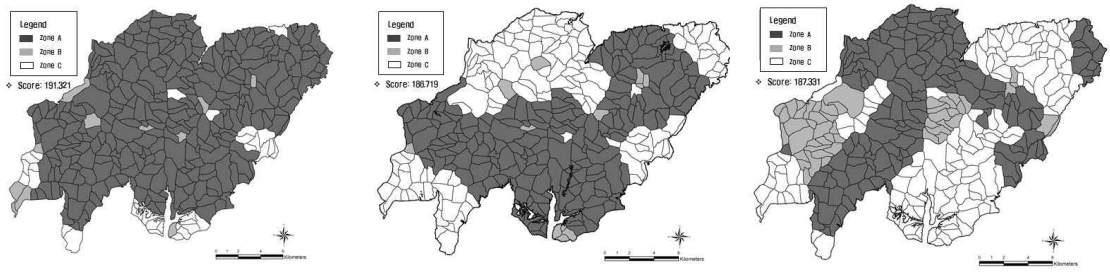
3.1. 계획단위 설정 및 맵핑 지표 분석

계획단위인 유역권의 개수는 총 324개 이었고, 평균 면적은 1.01 km^2이었다. 주요 수계인 오대천은 4차까지 수계가 형성되었고, 오대산 북측의 지류를 포함한 연곡천과 서측의 을수계곡부 내린천이 3차까지 수계가 형성되었다. 오대산국립공원의 비오톱지수 평균은 0.73이었고, 전체 면적의 78.8%가 0.6~0.8 범위에 포함되었다. 가장 양호한 0.8~1.0 범위에는 전체면적의 14.9%가 포함되었다. 비오톱지수가 높은 지역은 서대사 계곡부 및 상원사에서 비로봉 구간 및 일대 계곡부, 소금강 일대 대경목 소나무림 분포지, 월정사 일대 전나무림 등이었다. 경사도지수 평균은 0.39이었고, 0.4~0.6 범위에 전체면적의 39.5%가 가장 높았다. 비로봉, 호령봉 일대의 유역권과 진고개 정상부를 지나 북측 경계부의 유역권의 경사도지수가 높았다. 오대산국립공원 유역권의 탐방로지수 평균은 0.02이었다. 0~0.05 범위에 전체면적의 76.1%, 0.05~0.10 범위에 23.6%가 포함 되었다. 탐방로지수가 높은 지역은 월정사, 상원사 접근로 및 6번국도와 방아다리약수터, 삼양목장 일대의 유역권이었다. 오대산국립공원의 법적보호종 출현현황은 환경부지정 멸종위기야생생물 Ⅰ급 및 천연기념물 2종, 멸종위기야생생물 Ⅱ급 및 천연기념물 1종, 멸종위기야생생물 Ⅱ급 3종, 천연기념물 1종 등이 분포하였다. 오대산국립공원의 공원 이용 및 관리시설은 총 8개이었으며, 상원사 일대, 방아다리지역, 진고개정상부 등에 분포하였다.

3.2. Marxan with Zones 분석

BLM 설정결과, 지구의 누락 없이 Zone A, Zone B, Zone C 등 3개로 유지되는 수치 중 BLM=1에서 단위면적당 길이(m/m^2)가 0.00078로 가장 짧았고, 연결성이 높은 것으로 분석되었다. 설정된 BLM을 1로 설정한 후 반복횟수에 따른 가장 효율적인 목적기능값을 확인하기 위해 수치보정을 실시하였다. 초기 설정값인 1,000,000회 부터 반복하여 분석하였고, 100,000회에서 68,899로 가장 낮았다(Fig. 2).

오대산국립공원 용도지구 시나리오 1 특성지표 보정 계수인 FPF는 특성지표가 제외되는 발생 값을 보정 해주는 계수로서, BLM 1과 반복횟수 100,000회를 고정한 후, FPF를 보정하였다. 보정 방법은 멸종위기종 출현지점 수, 경관자원수의 보전성격지표와 탐방 및 관리시설 수 등 이용성격 지표를 구분하여 수치보정 하였고(Watts et al., 2008), 시나리오 1의 보전지표 기준은 보전성격의 지구인 Zone A (공원자연보존지구), Zone B (공원자연환경지구 Ⅰ)에 대해 각각 70%, 25%로 설정되었다. Zone A의 목표치는 멸종위기종 출현지점 수 11개, 경관자원수 20개 이었고, Zone B의 목표치는 각각 4개, 7개 이었다. Zone B의 탐방 및 관리시설 수의 목표치는 1개 이었고, Zone C는 3개이었다. 보전성격의 FPF는 이용성격의 탐방 및 관리시설 수 FPF를 0.00001로 고정하고 분석하였고, FPF 1에서 각각의 목표치를 만족하였다.



Best solution (scenario 1) Best solution (scenario 2) Best solution (scenario 3)

Fig. 3. Best solution according to the scenario of Odaesan National Park.

탐방 및 관리시설의 FPF는 멸종위기종 출현지점수와 경관자원수의 FPF를 0.00001로 고정하고 보정하였으며, FPF 0.001에서 목표치를 만족하였다. Zoneboundcost는 기존의 설정된 BLM, 반복횟수, FPF값을 고정한 후, Zone A와 Zone B, Zone B와 Zone C, Zone A와 Zone C간의 연결수치를 0.00001로 설정하고 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1까지 수치를 늘려가면서 연결성에 대한 분석을 실시하였다. 보전지구가 충분히 확보된 정도를 우선으로 하여 그룹화 정도를 판단하였으며, Zonboundcost 0.00001에서 Zone A의 면적 비율이 76.6%로 가장 넓게 분석되었고, 이를 최종 선정하였다. 시나리오 1에 대한 최적안을 도출한 결과, 목적기능값이 가장 낮은 해결안으로서 목적기능값은 192,321이었고, 그룹화는 가장 양호 하였다.

시나리오 2의 보전지표 기준은 보전성격의 지구인 Zone A (공원자연보존지구), Zone B (공원자연환경지구 Ⅰ)에 대해 각각 50%, 25%를 설정하였다. Zone A의 목표치는 멸종위기종 출현지점 수 8개, 경관자원수 14개이었고, Zone B의 목표치는 각각 4개, 7개이었다. Zone B의 탐방 및 관리시설 수의 목표치는 1개이었고, Zone C는 3개이었다. 보전성격지표에 대한 FPF는 0.01에서 각각의 목표치를 만족하였고, 탐방 및 관리시설의 FPF는 0.1에서 목표치를 만족하였다. Zoneboundcost는 0.00001에서 Zone A의 면적 비율이 63.8%로 가장 넓게 분석되어 최종 선정하였다. 오대산국립공원의 지구 설정 시나리오 2에 대한 최적안을 도출한 결과, 목적기능값은 186,719이었고, 목적기능값이 가장 낮은 해결안은 아니었으나, 특성지표에 따른 벌점이 가장 낮은 해결안이었다.

시나리오 3의 보전지표 기준은 보전성격의 지구인 Zone A (공원자연보존지구), Zone B (공원자연환경지구 Ⅰ)에 대해 각각 30%, 20%를 설정하였다. Zone A의 목표치는 멸종위기종 출현지점 수 4개, 경관자원수 8개이었고, Zone B의 목표치는 각각 3개, 5개이었다. Zone B의 탐방 및 관리시설 수의 목표치는 1개이었고, Zone C는 3개이었다. 보전성격지표에 대한 FPF는 0.001에서 각각의 목표치를 만족하였고, 탐방 및 관리시설의 FPF는 0.01에서 목표치를 만족하였다. Zoneboundcost는 0.0001에서 Zone A의 면적 비율이 48.0%로 가장 넓게 분석되어 최종 선정하였다. 오대산국립공원의 지구 설정 시나리오 3에 대한 최적안을 도출한 결과, 목적기능값은 187,331이었고, 가장 낮은 해결안이었다. 오대산국립공원의 각 시나리오별 최적안을 도면화한 결과는 Fig. 3와 같다.

시나리오 1 최적안의 지구별 면적 비율은 Zone A 89.3%, Zone B 2.9%, Zone C 7.8% 등이었다. 백두대간을 중심으로 동측과 서측의 생태적으로 중요한 지역인 상원사일대 장령의 낙엽활엽수림과 월정사, 상원사 일대 전나무림, 주요 능선부 및 대경목의 주목군락지, 소금강 대경목 소나무림 등이 모두 Zone A에 포함되었으며, 계방산 및 을수계곡 일부 유역권과 Zone A 내부에 파편화된 Zone B지역 일부가 분포하였다. Zone C는 동측의 삼양목장을 중심으로 일본잎갈나무가 집중분포하는 외곽부를 중심으로 분포하였다. 시나리오 2 최적안의 지구별 면적 비율은 Zone A 57.7%, Zone B 2.4%, Zone C 39.9% 등이었다. 소금강 지역 소나무림, 서대사 일대 낙엽활엽수림, 을수계곡, 월정사 전나무림 등이 Zone A로 구분되었고, Zone B지역은 내·외곽 일부에서 파편화되어

Table 1. Area and ratio of each zone according to the scenario of Odaesan National Park

Division	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	area (m^2)	ratio (%)	area (m^2)	ratio (%)	area (m^2)	ratio (%)
Zone A	292,876,024	89.3	189,163,621	57.7	148,005,978	45.1
Zone B	9,585,060	2.9	7,872,894	2.4	43,193,357	13.2
Zone C	25,463,237	7.8	130,887,806	39.9	136,724,986	41.7
Total	327,924,321	100.0	327,924,321	100.0	327,924,321	100.0

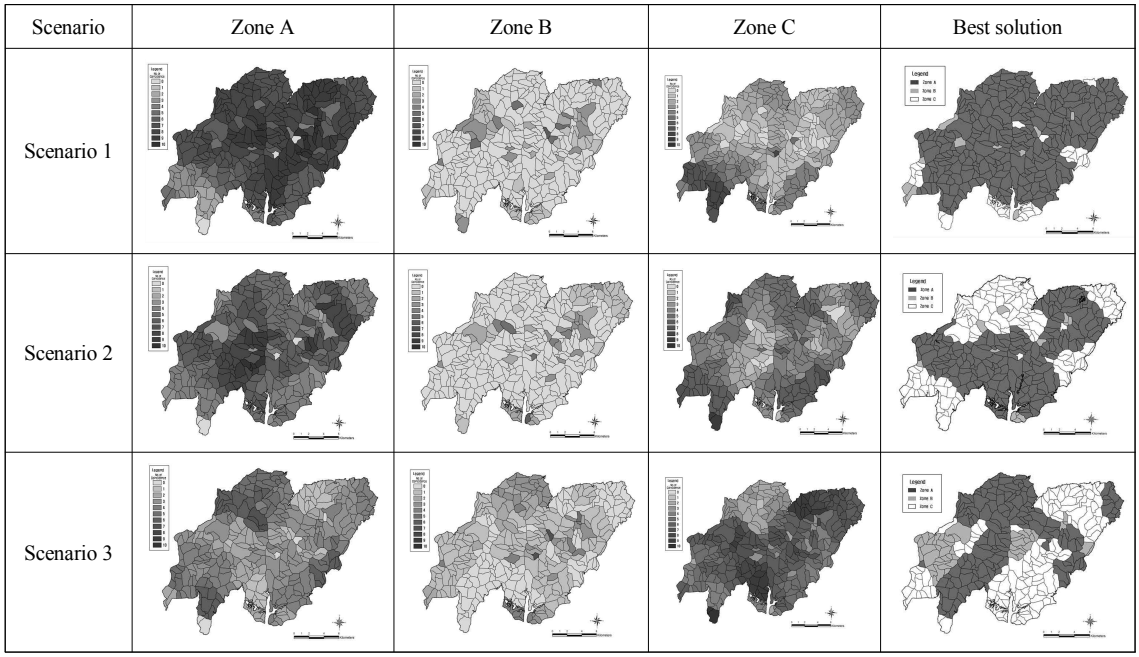


Fig. 4. Sensitiveness analysis (overlap frequency) according to the scenario of Odaesan National Park.

소규모로 분포하였다. 공원 북측, 계방산 일부, 상원사에서 비로봉까지의 유역권, 삼양목장 등은 Zone C지역에 포함되었다. 시나리오 3 최적안의 지구별 면적 비율은 Zone A 45.1%, Zone B 13.2%, Zone C 41.7% 등이었다. 오대산국립공원의 북측과 계방산 일부, 상원사 일대 낙엽활엽수림, 비로봉 등 주요 능선부가 Zone A로 설정되었으며, Zone B는 을수계곡, 신선골 일대 유역권을 포함하였다. 나머지 계방산, 소금강 일대 소나무림, 오대산국립공원 남측이 모두 Zone C로 구분되었다. 보전 기준을 가장 낮게 설정한 시나리오 3은 생태적으로 중요한 지역들이 Zone A와 Zone B에서 대부분 제외되었다(Table 1).

오대산국립공원 시나리오 1의 민감도 분석 결과(Fig. 4), 보전 목표치의 설정은 사전 시나리오 설정을 통해 적절하였으며, 특히 Zone A, Zone B는 보전성격의 멸종위기종 출현지점수, 경관자원수에 대한 특성지표 목표치를 만족하였다. FPF값은 수치보정을 통해 적절히 조정되었으며, BLM은 계획단위의 그룹화 및 비용 차원에서 수치보정 된 것으로 분석되었다. 중첩 빈도 분석결과, Zone A는 91.5%로 매우 양호하였다. 시나리오 1 해결안들의 목적기능값 중 최적안의 목적기능값은 192,321이었고, 평균값은 220,025이었다. 시나리오 1의 지구 구분 특성으로서, 백두대간을 중심으로 동측과 서측의 생태적으로 중요한 지역인 상원사일대 장령의 낙엽활엽

Table 2. Analysis result according to a zone of final solution to Odaesan National Park

Division	Indicator (index)	Zone A	Zone B	Zone C
Ecotope value	Slope index	0.40(0.04~0.79)	0.46(0.07~0.69)	0.28(0.00~0.73)
	Distribution position of landscape resources	14	5	1
	Biotope index	0.75(0.47~0.99)	0.73(0.65~0.80)	0.63(0.35~0.90)
	Appearance position of Endangered species	11	3	2
Social and Cultural value	Trail index	0.02(0.00~0.10)	0.02(0.00~0.08)	0.02(0.00~0.08)
	Tour and managemnet facility	0	1	3
Area (㎡) / Ratio (%)		292,876,024/89.3	9,585,060/2.9	25,463,237/7.8

수림과 월정사, 상원사 일대 전나무림, 주요 능선부 및 대경목의 주목군락지, 소금강 대경목 소나무림 등이 모두 Zone A에 포함되어 양호하였다. 오대산국립공원 시나리오 2의 민감도 분석 결과, Zone A, Zone B는 보전성격의 멸종위기종 출현지점 수, 경관자원수에 대한 특성지표 목표치를 만족하였다. 하지만 보전 목표치가 낮아지면서 상원사 일대 낙엽활엽수림, 계방산 일부 지역이 Zone C로 구분되었다. FPF값은 수치보정을 통해 적절히 조정되었으며, BLM은 계획단위의 그룹화 및 비용 차원에서 가장 효율적일 것으로 판단되는 1이 설정되었다. 중첩 빈도 분석결과 Zone A, Zone B는 양호하였고, Zone C는 불량하였다. 시나리오 2의 최적값은 186,719이었고, 평균값은 186,000이었다. 시나리오 2의 지구 구분 특성으로서, 공원자연보존지구(Zone A)에 포함되어야 하는 것으로 판단되는 계방산 일부, 상원사에서 비로봉까지의 유역권 지역이 보전 목표치가 낮아지면서 특성지표의 영향으로 제외된 것으로 판단된다. 오대산국립공원 시나리오 3의 민감도 분석 결과, Zone A, Zone B는 보전성격의 멸종위기종 출현지점 수, 경관자원수에 대한 특성지표 등이 목표치를 만족하였다. 하지만 보전 목표치가 가장 낮은 시나리오로서 계방산 일부 유역권, 소금강 일대 소나무림 등이 Zone C로 구분되었다. FPF값은 수치보정을 통해 적절히 조정되었으며, BLM은 계획단위의 그룹화 및 비용 차원에서 가장 효율적일 것으로 판단되는 1이 설정되었다. 중첩 빈도 분석결과 Zone A, Zone B, Zone C 모두 불량하였다. 시나리오 3의 최저 목적기능값은 최적값과 동일하였고, 187,331이었다. 최고 목적기능값은 187,686이었고, 평균값은 187,434이었다. 시나리오 3의 지구 구분 특성으로서, 공원자연보존지구(Zone A)에 포함되어야 할 지역으로 판단되는 계방산 일부 유역권, 소금강 일대 소나무림이 보전 목표치가 낮아지면서 제외된 것으로 분석되었다.

보전지역 면적, 그룹화 정도, 계획단위의 중첩빈도, 멸종위기종 분포 정도 등의 항목을 종합하여 오대산국립공원의 보전지구 재설정 시나리오 결과에 대한 민감도를 분석한 결과, 시나리오1의 최적안이 가장 적합한 것으로 분석되었다.

3.3. 중첩분석 및 검증

현행 공원자연보존지구와의 중첩분석결과, 제안된 공원자연보존지구의 면적비율은 잠재적 공원자연보존지구인 Zone B를 포함하여 89.3%이었고, 현재 공원자연보존지구의 면적비율인 49.9%에 비해 39.4% 높게 분석되었다. 비오톱 등급 Ⅰ포함 면적비율은 현재의 62.7% 보다 35.6% 높은 98.3%이었다. 법적보호종 출현지점은 4개소에서 11개소로 7개소가 증가하였으며, 특별보호구역 포함면적의 경우, 현재의 33.5%보다 52.9% 높은 86.4%로 분석되었다. 지형특이성 및 재현불가능성을 기반으로 한 경사도지수는 Zone B가 평균 0.46으로 가장 높았으며, Zone A, Zone C의 순이었다. 지형경관자원의 수는 Zone A가 14개소로 가장 많이 분포하였다. 생태적 가치를 반영한 비오톱지수는 Zone A가 평균 0.75로서 가장 높았고, Zone B, Zone C의 순이었다. 멸종위기종 출현지점 분포 현황 역시 Zone A가 11개소로 가장

높았다. 이용 지표에서는 탐방로지수가 6번 국도 등이 가로지르는 구간에서 Zone A, Zone B, Zone C 모두 유사하게 분포하였고, 탐방 및 관리시설은 Zone B와 Zone C에 분포하였다(Table 2).

4. 결 론

본 연구는 생물다양성이 높은 오대산국립공원을 대상으로 하여 경관·생태적 가치를 반영한 용도지구를 재설정 하고자 하였다. Marxan with Zones 시나리오 분석을 실시한 결과, 제안된 공원자연보존지구(Zone A, Zone B) 최종안은 지형경관적 가치, 동·식물생태적 가치 측면에서 현재의 공원자연보존지구를 상당부분 개선시킨 것으로 분석되었다. 본 연구는 기존에 규명되지 못했던 오대산국립공원에 대한 생태계 가치기반의 합리적 보전지구 설정안을 제안하였다는 데에 의의가 있으나, 일부 지표의 가중치 설정 방법에는 한계가 있었다. 본 연구의 결과는 경관·생태적 가치가 명확히 반영되지 못하고 있는 타 국립공원에 대한 지속적인 적용 필요성을 시사하며, 생태경관보전지역을 포함한 기타 보호지역 유형의 관리지구 설정에도 활용 가능할 것으로 사료된다.

REFERENCES

Airame, S., 2005, Channel islands national marine sanctuary: advancing the science and policy of marine protected areas, In: Sholz A, Wright D (eds.) Place Matters: Geospatial Tools for Marine Science, Conservation, and Management in the Pacific Northwest, Oregon State University Press, Corvallis, 91-124.

Ardron, J. A., Possingham, H. P., Klein, C. J., 2010, Marxan Good Practices Handbook, version 2. Pachific Marine Analysis and Research Association, Victoria, BC, Canada.

Choi, T. Y., Lee, Y. S., Park, C. H., 2006, Home-range of wild boar, Sus scrofa Living in the Jirisan National Park, Korea., J. Ecol. Environ., 29, 253-257.

Day, J. C., 2002, Zoning-lessons from the great barrier reef marine park, Ocean Coast Manage., 45, 139-156.

Dudley, N., 2004, Guidelines for applying protected area management categories, IUCN, Gland, Switzerland.

Farina, A., 2014, Soundscape and landscape ecology. In: Jones BS, Smith RZ (eds.) Soundscape Ecology, Springer, Netherlands, 1-28.

Halpern, B. S., McLeod, K. L., Rosenberg, A. A., Crowder, L. B., 2008, Managing for cumulative impacts in ecosystem -based management through ocean zoning, Ocean Coast Manage., 51, 203-211.

Han, B. H., Choi, J. W., Yeum, J. H., 2017, Effects on vegetation distribution of odaesan national park according to climate and topography of Baekdudaegan, Korea, J. Environ. Sci. Int., 26, 1111-1124.

Horton, R. E., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology, Geol. Soc. Am. Bull., 56, 275-370.

Hull, V., Xu, W., Liu, W., Zhou, S., Vina, A., Zhang, J., Tuanmu, M. N., Huang, J., Linderman, M., Chen, X., Huang, Y., 2011, Evaluating the efficacy of zoning designations for protected area management, Biol. Conserv., 144, 3028-3037.

Jefferson, R. G., Usher, M. B., 1986, Ecological succession and the evaluation of nonclimax communities. In: Usher MB (ed.) Wildlife conservation evaluation, Chapman and Hall Ltd., New York, 69-91.

Jo, G. H., 1994, On the Amendments of the nature park law to conserve the national parks in Korea, J. Kor. Plan. Assoc., 29, 383-408.

Jo, T. D., Lee, M. W., Kim, J. S., 1997, Focused on nature preservation zone and natural environment zone of national parks = A Study for the Improvement of the Zoning of Nature Parks of Korea, J. Kor. Plan. Assoc., 32, 185-202.

Knight, A. T., Cowling, R. M., Campbell, B. M., 2006, An Operational model for implementing conservation action, Conserv. Biol., 20, 408-419.

Lee, C. H., Ahn, S. M., Lee, K. S., 1998, Comparison of topographic, Vegetation, Scenic resource distribution between natural preservation zone and natureal environment zone in Mt. Teogyu National Park, J. Environ. Impact Assess., 7, 49-61.

Lee, H. J., Cha, J. Y., Chung, C. U., Kim, Y. C., Kim, S. C., Kwon, G. H., Kim, J. J., 2014, Home range analysis of three midium-sized mammals in Sobaeksan national park, J. Korean Env. Res. Tech., 17, 51-60.

Lee, K. J., Kim, G. T., Yim, K. B., 1994, Management proposal of Sobaeksan National Park, Kor J. Env. Ecol., 7, 58-71.

Levin, N., J. E., Watson, M., Joseph, L. N., Grantham, H. S.,

Hader, L., N., Perevolotsky, A., DeMalach, N., Possingham, H. P., Kark, S., 2013, A framework for systematic conservation planning and management of Mediterranean landscapes, Biolo. Conserv., 158, 371-383.

Pressey, R. L., Bottrill, M. C., 2009, Approaches to landscape- and seascape-scale conservation planning: convergence, contrasts and challenges, Oryx, 43, 464-475.

Reyers, B. J., Patrick, O., Jeanne, L. N., Kerrie, W.,2012, Expanding the conservation toolbox: conservation planning of multifunctional landscapes, Landsc. Ecol., 27, 1121-1134.

Schaller, J., 1992, Environmental Impact of Proposal Site for 1992 Winter Games in Berchtesgaden, West Germany, UNESCO.

Seo, C. W., Park, C. H., 2000, Wild boar (*Sus scrofa coreanus* Heude) habitat modeling using GIS and logistic regression, J. Korea Spat. Inf. Soc., 8, 85-99.

Solnetsev, N. A., 2007, The natural geographic landscape and some of its general rules. In: Wiens JA, Moss MR, Turner MG, Mladenoff DJ (eds.) Foundation papers in landscape ecology, Columbia University Press, New York, 19-27.

Stewart, R., Possingham, H., 2005, Efficiency, costs and trade-offs in marine reserve system design, Environ. Model Assess., 10, 203-213.

Strahler, A. N., 1952, Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology, Geol. Soc. Am. Bull., 63, 1117-1142.

Tjallingii, S. P., 1976, Enkele opmerkingen over het begrip ekotoop, Gorteria, 8, 31-35.

Watts, M., Carissa, K., Romola, S., Ian, B., Possingham, H., 2008, Marxan with Zones (v. 1.0.1), University of Queensland, Queensland, Australia.

Watts, M., Ian, B., Romola, S., Carissa, K., Kerrie, W., Charles, S., Reinaldo, L., Lindsay, K., Possingham, H., 2009, Marxan with zones: Software for optimal conservation based land-and sea-use zoning, Environ. Model Softw., 24, 1513-1521.

Wilson, K. A., Meijaard, E., Drummond, S., Grantham, H. S., Boitani, L., Catullo, L., Christie, L., Dennis, R., Dutton, I., Falcucci, A., Maiorano, L., Possingham, H. P., Rondinini, C., Turner, W. R., Venter, O., Watts, M., 2010, Conserving biodiversity in production landscapes, Ecol. Appl., 20, 1721-1732.

Yeum, J. H., Han, B. H., 2017, Re-establishment of park nature conservation area in Bukhansan (Mt.) national park using marxan with zones, J. Environ. Sci. Int., 26, 133-146.

Yim, K. B., Lee, K. J., Oh, K. K., Lee, M. W., 1987, Management proposal of Bukhan mountain national park, Kor. J. Env. Ecol., 1, 83-97.

You, J. H., Park, K. H., Jung, S. G., 2005, A Study on importance of assessment factors and indicators of natural ecosystem for environmentally friendly land conservation, J. Environ. Impact Assess., 14, 165-177.

• Professor. Jung-Hun Yeum
Department of Environmental Landscape Architecture,
Gangneung-Wonju National University
zelkovayeum@gwnu.ac.kr