

Research Paper

전국자연환경조사를 활용한 포유류 서식지 유형의 분류

이화진*** · 하정욱* · 차진열* · 이종효* ·
윤희남* · 정철운** · 오홍식*** · 배소연*

국립생태원*, 국립공원관리공단**, 제주대학교***

The Habitat Classification of mammals in Korea based on the National Ecosystem Survey

Hwajin Lee*** · Jeongwook Ha* · Jinyeol Cha* · Junghyo Lee* ·
Heenam Yoon* · Chulun Chung** · Hongshik Oh*** · Soyeon Bae*

National Institute of Ecology*, Korea National Park Service**, Jeju National University***

요약 : 본 연구는 2006년부터 2012년까지 수행된 제3차 전국자연환경조사 포유류 데이터(70,562개)를 활용하여 국내에서 서식하는 포유류의 서식지 유형을 클러스터링하고 서식지 유형에 나타나는 종의 특징을 파악하고자 하였다. 제3차 전국자연환경조사의 야장에 기록된 서식지 유형 중에서 15개의 키워드를 뽑아 재분류하여 포유류 서식지유형을 통계 분석하였다. 서식지 유형 군집분석에서는 30회 이상 기록된 14개의 서식지 유형을 대상으로 비계층적 클러스터 분석(k 평균 클러스터 분석), 계층적 클러스터 분석, 비계량형 다차원척도법을 시행하였다. 2006년에서 2012년까지 전국에서 수집된 제3차 전국자연환경조사를 통해 확인된 포유류는 총 7목 16과 39종이었다. 서식지 유형에 대한 분류는 11개로 클러스터를 분류했을 때 단순구조지수가 가장 높았다(ssi = 0.07). 계층적 클러스터 분석으로 서식지 유형들 간의 유사성과 위계를 확인해 본 결과, 포유류에게는 주거지가 가장 차별된 서식지 유형이었고, 그 다음은 하천과 해안이 병합된 클러스터였다. 비계량형 다차원척도 분석 결과, 포유류에게 가장 차별된 서식지유형인 주거지의 경우 생쥐와 집쥐 두 종이 제한적으로 나타났으며, 해안과 하천의 경우 수달이 제한적으로 나타났다. 연구결과를 종합해보면, 포유류의 서식지 유형은 크게 산림을 주요 서식지와 이동경로로 이용하는 산림형과, 물을 주요 서식지로 이용하는 하천형, 주거지 인근에서 서식하는 주거형, 곡류나 씨앗을 주 먹이원으로

First author: Hwajin Lee, Dept. of Nature Survey, National Institute of Ecology, Seocheon, 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5993, E-mail: fox4781@naver.com

Corresponding author: Bae, Soyeon, Dept. of Nature Survey, National Institute of Ecology, Seocheon, 33657, Korea, Tel: +82-41-5977, E-mail: baelovejx@gmail.com

Co-Authors: Jeongwook Ha, National Institute of Ecology, Seocheon, 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5847, E-mail: hjwzone@nie.re.kr

Jinyeol Cha, National Institute of Ecology, Seocheon, 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5382, E-mail: trycha77@nie.re.kr

Junghyo Lee, National Institute of Ecology, Seocheon, 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5390, E-mail: eco2014@nie.re.kr

Heenam Yoon, National Institute of Ecology, Seocheon, 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5343, E-mail: ecospace@nie.re.kr

Chulun Chung, Korea National Park Service, Cheongsong, 37437, Korea, Tel: +82-54-870-5300, E-mail: batman424@naver.com

Hongshik Oh, Jeju National University, Jeju 63243, Korea, Tel: +82-41-950-5993, E-mail: sciedu@jejunu.ac.kr

Received : 5 January, 2017. Revised : 26 April, 2017. Accepted : 26 April, 2017.

로 하는 저지대형 등 4가지로 구분할 수 있다.

주요어 : 서식지 유형, 포유류, 전국자연환경조사, K 평균 클러스터 분석, 계층적 클러스터 분석, 비계량형 다차원척도 분석

Abstract : The purpose of this study is to perform clustering of the habitat types and to identify the characteristics of species in the habitat types using mammal data (70,562) of the 3rd National Ecosystem Survey conducted from 2006 to 2012. The 15 habitat types recorded in the field-paper of the 3rd National ecosystem survey were reclassified, which was followed by the statistical analysis of mammal habitat types. In the habitat types cluster analysis, non-hierarchical cluster analysis (k-means cluster analysis), hierarchical cluster analysis, and non-metric multidimensional scaling method were applied to 14 habitat types recorded more than 30 times. A total of 7 Orders, 16 Families, and 39 Species of mammals were identified in the 3rd National Ecosystem Survey collected nationwide. When 11 clusters were classified by habitat types, the simple structure index was the highest ($ssi = 0.07$). As a result of the similarities and hierarchies between habitat types suggested by the hierarchical clustering analysis, the residential areas were the most different habitat types for mammals; the next following type was a cluster together with rivers and coasts. The results of the non-metric multidimensional scaling analysis demonstrated that both *Mus musculus* and *Rattus norvegicus* restrictively appeared in a residential area, which is the most discriminating habitat type. *Lutra lutra* restrictively appeared in coastal and river areas. In summary, according to our results, the mammalian habitat can be divided into the following four types: (1) the forest type (using forest as the main habitat and migration route); (2) the river type (using water as the main habitat); (3) the residence habitat (living near residential area); and (4) the lowland type (consuming grain or seeds as the main feeding resource).

Keywords : mammal, habitat, field survey, k means cluster analysis, hierarchical cluster analysis, nMDS

I. INTRODUCTION

우리나라 포유류의 대부분 종은 최상위 소비자나 포식자로서 한반도 생태계에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 산림생태계의 우산종(Umbrella species)으로써의 역할을 하고 있다. 이러한 이유 때문에 생태계의 안정성 여부를 판단할 수 있는 근거가 되기도 하며, 서식지 보전에 대한 계획이나 평가에 있어 중요한 지표종(indicator species)으로 이용되고 있다(Kim et al, 2012).

우리나라는 환경부의 전국자연환경조사를 통해 한국의 육상생태계를 대상으로 1986년 제1차 전국자연환경조사를 시작으로 현재 제4차 전국자연환경조사까지 포유류에 대한 모니터링을 지속적으로 수행하고 있다. 전국자연환경조사의 포유류분류는 1차에서

부터 4차까지 조사방법의 변화가 있었다. 제1차 전국자연환경조사('86-'90)는 행정구역을 중심으로 지역별 출현종과 분포를 조사하였고, 제2차 조사('97-'05)는 산림을 중심으로 권역을 나누어 대표적인 산악지역의 출현종과 분포를 조사하였다. 제3차 조사('06-'13)는 1:25,000 축적의 지형도를 개별적인 조사 단위로 선정하고, 이를 다시 위도와 경도에 따라 9개의 격자로 분할한 후, 각각의 격자 내에서 출현하는 종과 출현지역을 기재하는 방식으로 조사되었다(Kim et al, 2013a). 현재 진행 중인 제4차 조사('14-'18 예정)는 생태자연도 I, II등급 지역을 대상으로 멸종위기종과 일반종의 서식현황을 조사하는 방식과 생물다양성이 풍부한 지역을 선정하여 모든 포유류 분류군을 조사하는 방법을 동시에 시행 중이다.

현재 시행중인 제4차 전국자연환경조사 중 생물다양성 조사는 특이서식지나 생물다양성이 풍부한 지역을 조사 대상으로 선정하여 보호지역을 선정하거나 전국의 대표적인 생태계 유형에 대한 생물다양성을 조사하는 것을 목표로 하며, 산림, 초지, 논, 밭, 담수 다섯 가지 생태계 유형으로 분류하여 진행 중이다.

생태계 유형별 조사는 자연환경조사를 오랫동안 수행해온 영국, 독일, 스웨덴 등의 국가들에서 시행해온 조사방법으로, 전국에 분포하는 생물상을 비용-효율적으로 조사하기 위해 이루어져 왔다(Bunce et al, 1996; Hoffmann-Kroll et al, 2003; Stahl et al, 2011). 이러한 국가들에서는 전국을 적절한 생태계 유형에 따라 먼저 분류를 하고, 각 유형에서 골고루 조사지점이 선택되도록 하는 층화표본 방법으로 조사지역을 선택해 왔다. 생태계 유형을 분류하는 방법에는 토지피복과 같이 공식화된 주관적인 분류에 의해 분류하는 방법과, 생물상의 분포를 설명하는 기후인자와 같은 다양한 환경변수들을 다변량 분석을 통해 분류하는 객관적이고 수학적인 분류 방법이 있다(Bunce et al, 1996). 하지만 각 분류군의 생태적 지위에 따라 의미 있는 생태계 유형 분류체계가 다르기 때문에, 각 분류군별 서식지 유형 분류에 대한 연구가 선행된다면, 생물상 모니터링에서 보다 비용-효율적인 생태계 유형별 층화 샘플링이 수행될 수 있다. 지금까지 전국자연환경조사를 이용한 연구로는 생물다양성 분석과 종분포모형에 대한 연구는 이루어졌으나(Lee & Song 2008; Song & Kim 2012; Kim et al, 2012; Kim et al, 2014; Lee et al, 2015), 서식지 유형에 대한 연구는 진행된 바 없다. 따라서 우리나라 실정이 제대로 반영된 생태계 유형 분류의 기준이 마련되어야 할 것이다.

본 연구에서는 약 8년간의 전국자연환경조사의 데이터자료를 이용한 서식지 유형 분석을 통해 포유류에게 맞는 서식지 분류체계를 마련하고 그 서식지에서 나타나는 종의 특징을 파악하고자 하였다. 이러한 연구내용은 제4차 전국자연환경조사 중 한부분인 생물다양성 분야의 조사방법 체계마련이나 다른 생태조사사업의 발전방향 등에 활용될 수 있을 것이다.

II. Material and methods

1. 데이터 수집과 재분류

본 연구에서는 우리나라 전국 단위의 포유류 분포에 대한 데이터를 분석하기 위하여 제3차 전국자연환경조사의 결과들을 활용하였다. 3차 포유류 전국자연환경조사는 조사 대상지 내에서 관찰된 모든 포유류의 흔적에 대한 흔적 유형, 위치 자료, 서식지 유형을 수집하였다. 3차 전국자연환경조사에서 수집된 자료는 총 70,562개로 조사야장에 기록된 서식지 유형은 범주화되어 있지 않고 개별적으로 기술되어 있어, 야장에 공통적으로 빈번하게 나타나는 32개 서식지 유형 단어를 포함하는 기록 총 60,735개(전체 자료의 86.1%)로 1차적으로 정리하였다. 그리고 이 32개의 서식지 유형을 다시 주요 키워드를 15개(낙엽활엽수림, 침엽수림, 혼효림, 하천, 저수지, 경작지, 초지, 주거지, 임도, 도로, 해안, 계곡, 도서, 나지, 동굴)로 통합하여 2차적으로 분류하였다(Figure 1).

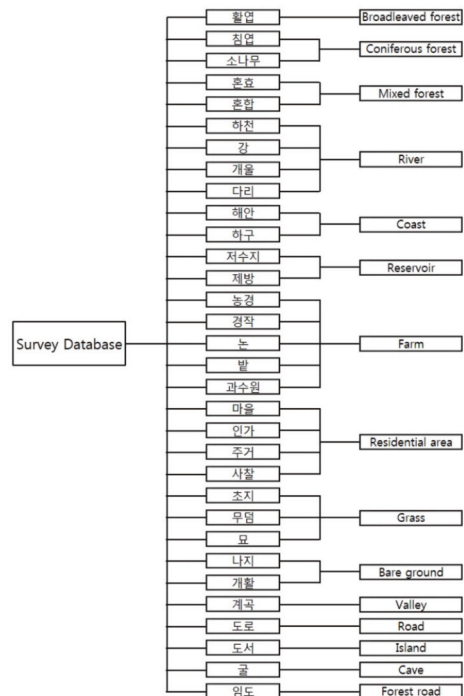


Figure 1. Habitat types extraction and classification. The 32 representative words were extracted from recorded habitat types in the survey database and were classified into 15 habitat types.

2. 포유류 서식지유형 기술통계분석

포유류 서식지유형 기술통계 분석에서는 수집된 데이터 중 외래도입종(뉴트리아, *Myocastor coypus*)과 원래 거주성이었으나 야생화된 것으로 판단되는 종들(염소, *Capra hircus*, 개, *Canis familiaris*, 고양이, *Felis catus*)은 분석대상에서 제외하였다. 출현종별 서식지 유형 출현횟수를 비율자료로 변환하여 각 종이 가장 선호하는 서식지 유형을 분석하였고, 서식지 유형별 종 출현횟수를 비율자료로 변환하여 서식지 유형별 높은 빈도로 관찰되는 종들을 분석하였다.

$$\begin{aligned} & i\text{종의 } j\text{서식지유형 출현비율} \\ &= \frac{i\text{종이 } j\text{서식지유형에서 출현한 횟수}}{i\text{종의 총 출현횟수}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & j\text{서식지유형의 } i\text{종 출현비율} \\ &= \frac{j\text{서식지유형에서의 } i\text{종 출현횟수}}{j\text{서식지에서의 모든 종의 출현횟수}} \times 100 \end{aligned}$$

3. 서식지 유형 군집분석

서식지 유형 군집분석에서는 3차 전국자연환경조사에서 30회 이하로 기록된 종, 30회 이하로 기록된 서식지 유형(동굴)은 표본 전체를 대표한다고 보기 어려우므로 분석에서 제외하여 최종적으로 14개의 서식지유형을 군집분석에 포함하였다. 14개의 서식지 유형을 비계층적 클러스터 분석방법인 k 평균 클러스터 분석으로 분류하였다. 가장 적합한 클러스터 수 k는 vegan 패키지의 cascadeKM의 단순구조지수(simple structure index, ssi)를 사용하여 산출하였다(Legendre & Legendre 2012). 단순구조지수는 클러스터들간 각 변수들의 최대 차이값, 가장 대조적인 클러스터들의 크기, 전체값들의 평균값 대비 클러스터 중심으로부터 변수의 편차 세 개의 값을 곱함으로 구한다(Oksanen et al. 2016).

또한, 서식지 유형들 간의 유사성과 위계관계 확인을 위해, k 평균 클러스터 분석과 같이 클러스터간 거리를 측정할 때 최소자승법(least square method)을 사용하는 Ward 계층적 클러스터 분석을 시행하였다(Murtagh & Legendre 2014).

마지막으로, 서식지유형들 간의 유사성을 다차원

공간상에서 거리로써 표현하고, 서식지유형의 공간 위에서 포유류 각 종의 주요 출현 장소를 비교하기 위해 비계량형 다차원척도법(Nonmetric Multidimensional Scaling)을 사용하였다. 여기서도 서식지별 출현종 현황에 대한 비율 자료를 Euclidean을 이용한 거리측정법으로 계산하였다. 비계량형 다차원척도법의 적절성은 원래 데이터들간의 거리값과 두 개의 차원으로 축소된 값들간의 거리값을 비교하는 Shepard 다이어그램을 통해 평가했다(Borcard et al. 2011). 모든 통계적인 분석은 R (R Core Team 2016)을 사용하였고 vegan 패키지(Oksanen et al. 2016)를 사용하였다.

III. Results and Discussion

1. 포유류 서식지유형 기술통계분석

2006년에서 2012년까지 전국에서 수집된 제3차 전국자연환경조사에서 확인된 포유류는 총 7목 16과 39종이 확인되었다. 목별로 관찰된 빈도를 살펴보면 설치목(Rodentia) 12종, 우제목(Artiodactyla) 7종, 식육목(Carnivora) 7종, 익수목(Chiroptera) 7종, 침서목(Soricomorpha) 4종, 토끼목(Lagomorpha) 1종, 고슴도치목(Erinaceomorpha) 1종 등으로 확인되었다. 수집된 총 70,562개의 조사기록 중 15개 키워드의 서식지 유형에 속하는 기록은 총 70,371개였고, 그 중 낙엽활엽수림(18,658개, 34종)이 가장 높게 나타났다. 그 다음으로 침엽수림(15,556, 31종), 경작지(11,277개, 29종), 혼효림(10,404개, 27종) 순으로 나타났으며, 나지(263개, 19종)와 도서(216개, 19종), 동굴(19개, 4종)은 15개의 유형 중 조사기록이 가장 적었다. 전체 15개의 서식지 유형에서 모두 확인된 종은 너구리(*Nyctereutes procyonoides*)로 박쥐류를 제외하고 유일하게 동굴에서의 서식지 이용이 관찰되었다. 두더지(*Mogera wogura*), 삿(Prionailurus bengalensis), 족제비(*Mustela sibirica*), 고라니(*Hydropotes inermis*), 등줄쥐(*Apodemus agrarius*)는 동굴을 제외한 14개의 서식지를 모두 이용하는 것으로 나타났다(Table 1).

종의 선호도는 서식지 유형에서의 출현 비율을 적

Table 1. Distribution of mammal habitat types recorded by survey note (B. forest: Broadleaved forest, C. forest: Coniferous forest, M. forest: Mixed forest, R. area: Residential area, F. road: Forest road, B. ground: Bare ground)

Habitat	B. forest	C. forest	M. forest	River	Reservoir	Farm	Grass	R. area	F. road	Road	Coast	Valley	Island	Cave	B. ground
<i>Erinaceus amurensis</i>	163*	76	18	1		54	36	2	6	6		3			
<i>Crocodyra lasiura</i>	52	44	5	5	5	56*	32	7	2	6		2	9		4
<i>Crocodyra shantungensis</i>	9	7	2	5	2	8	9			2	1				1
<i>Crocodyra dsinezumi</i>							1								
<i>Mogera wogura</i>	1323	1065	798	132	103	1582*	459	65	171	27	9	7	14		48
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	5	1		2		3	3	2					1	11	
<i>Hypsugo alashanicus</i>				1											
<i>Miniopterus schreibersi</i>	2					1	2								
<i>Myotis formosus</i>	1	1												6	
<i>Myotis daubentonii</i>													2	1	
<i>Pipistrellus abramus</i>	2	1	1	1		3	5	7					4		
<i>Plecotus auritus</i>															
<i>Prionailurus bengalensis</i>	1349*	1118	749	124	54	243	139	9	257	48	4	24	2		12
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	1408	1191	919	563	344	2022*	575	64	237	129	38	41	25	1	50
<i>Lutra lutra</i>	43	26	4	1210*	140	79	32	5	6	3	106	37	9		5
<i>Martes flavigula</i>	394*	265	114	4		7	13			3		8			
<i>Meles leucurus</i>	1298*	1063	592	1	2	48	41	3	12	2		7			1
<i>Mustela nivalis</i>	7	6	2			2	1			1					1
<i>Mustela sibirica</i>	985*	746	466	200	82	841	261	177	88	254	33	31	13		5
<i>Sus scrofa</i>	2211*	1591	709	25	51	717	255	7	200	7	3	30			8
<i>Moschus moschiferus</i>	1	1													
<i>Caproetus pygargus</i>	1131*	788	321	2		135	147		192	4		12			2
<i>Cervus elaphus</i>	1														
<i>Cervus nippon</i>	1					3	5						5		
<i>Hydropotes inermis</i>	2890	2466	2482	621	362	3681*	1215	92	352	58	71	53	88		87
<i>Nemorhaedus caudatus</i>	109*	100	5	1		2			1		1	1			
<i>Lepus coreanus</i>	1473*	1070	845	11	34	417	724	10	106	17	2	12			10
<i>Sciurus vulgaris</i>	1405	2333*	1104	12	23	157	110	74	71	74		10	4		

Table 1. Continued

Species	B. forest	C. forest	M. forest	River	Reservoir	Farm	Grass	R. area	F. road	Road	Coast	Valley	Island	Cave	B. ground
<i>Pteromys volans</i>	172*	133	14				1	1				1			
<i>Tamias sibiricus</i>	1485*	1057	1085	35	44	176	90	140	102	85	2	27			2
<i>Microtus fortis</i>		1													1
<i>Eothenomys regulus</i>	37*	20	3	1	1	16	13	1							1
<i>Tscherskia triton</i>	2						1						1		
<i>Apodemus agrarius</i>	477	242	104	38	41	530*	373	31	35	14	16	7	17		15
<i>Apodemus pennisuldae</i>	67*	37	21	1		29	30	3	5	1		1	7		
<i>Micromys minutus</i>	34	36	17	33	23	112*	92	3	2		1		3		
<i>Mus musculus</i>	26	15	2	5	1	68	22	98*		6	1		1		1
<i>Rattus norvegicus</i>	89	54	21	17	2	282	143	717*	3	46	17		11		9
<i>Rattus rattus</i>	6	2	1			3	2	1		1	1				
Species	34	31	27	26	18	29	31	23	19	22	16	19	18	4	19
Sum	18658	15556	10404	3051	1314	11277	4832	1519	1848	794	306	314	216	19	263

* Most preferred habitat for each species.

용하였다. 30회 미만 기록된 종을 제외한 23종의 서식지 유형별 선호도는 고슴도치(*Erinaceus amurensis*, 163회, 44.66%), 삿(1,349회, 32.65%), 담비(*Martes flavigula*, 394회, 48.40%), 오소리(*Meles leucurus*, 1,298회, 42.28%), 족제비(985회, 22.55%), 멧돼지(*Sus scrofa*, 2,211회, 38.03%), 노루(*Caproelus pygargus*, 1,131회, 41.37%), 산양(*Nemorhaedus caudatus*, 109회, 49.55%), 멧토끼(*Lepus coreanus*, 1,473회, 31.14%), 하늘다람쥐(*Pteromys volans*, 172회, 53.42%), 다람쥐(*Tamias sibiricus*, 1,485회, 34.30%), 비단털들쥐(*Eothenomys regulus*, 37회, 39.78%), 흰넓적다리 붉은쥐(*Apodemus pennisuldae*, 67회, 33.17%) 등 14종이 낙엽활엽수림을 가장 선호하는 것으로 나타났다. 침엽수림에서는 청설모(*Sciurus vulgaris*, 2,333회, 43.39%)가 선호하였고, 하천에서는 수달(*Lutra lutra*, 1,210회, 71.22%)가 가장 선호도가 높았다. 경작지에서 땃쥐(*Crocidura lasiura*, 56회, 24.45%), 두더지(1,582회, 27.26%), 너구리(2,022회, 26.58%), 고라니(3,681회, 25.35%), 등줄쥐(530회, 27.32%), 멧밭쥐(*Micromys minutus*, 112회, 31.46%) 등 6종이 선호도가 가장 높았으며, 주거지에서는 생쥐(*Mus musculus*, 98회, 39.84%)와 집쥐(*Rattus norvegicus*, 717회, 50.82%)의 선호도가 가장 높았다.

각 서식지 유형에 대한 포유류 종의 상위 출현종은 고라니가 해안가, 주거지, 하천, 도로 4가지 유형을 제외하고 10개의 서식지 유형(낙엽활엽수림, 침엽수림, 혼효림, 계곡, 경작지, 초지, 임도, 나지, 저수지, 도서)에서 가장 높은 상위출현종으로 나타났다(Figure 2). 고라니는 주로 호수, 강 사초지, 역새, 갈대밭 등의 습지와 그 부근의 낮은 산림지대나 구릉지에 분포하는 것으로 알려져 있으며(Zhang 2000), 산림지역에 비해 초지를 선호하여 물이 있는 땅을 좋아한다(Song & Kim 2012). 본 연구에서는 고라니는 동굴을 제외한 모든 서식지를 이용하며, 경작지에서의 출현율이 가장 높았지만 산림지역(침엽수림, 낙엽활엽수림, 혼효림)에서의 출현율도 53.99%로 높게 나타남을 확인하였다. 나머지 5개의 서식지 유형에

서 수달은 하천과 해안가에서 상위 출현종으로, 족제비는 도로에서의 상위 출현종으로, 동굴에서는 관박쥐(*Rhinolophus ferrumequinum*)가 상위출현종으로, 집쥐는 주거지에서 상위 출현종으로 나타났다(Figure 2). 수달은 반수생동물로 주로 물고기를 먹이로 이용하고 강과 하천, 해안지역을 주요 서식지 이용하므로 하천과 해안가에서 상위 출현종으로 구분되었다(Min et al. 2013). 특이하게 족제비가 도로에서의 최상위 출현종으로 구분된 것은 제3차 전국자연환경조사 데이터에서 족제비 로드킬의 기록이 가장 높기 때문인 것으로 분석되었다. Choi & Park(2006), Min & Han(2010)의 국내 로드킬에 대한 연구내용에서는 설치류(다람쥐)와 너구리의 로드킬 빈도가 높게 나타났는데, 본 연구 결과에서는 너구리와 다람쥐는 족제비 다음으로 로드킬 비율을 나타내었다. 국외의 로드킬 관련 연구결과에서도 족제비와 동물들의 로드킬 비율이 낮게 나타나(Ford & Fahrig 2007), 본 연구 결과와는 일치하지 않았다. 동굴에서 상위출현종인 관박쥐는 동굴을 주요 서식지로 이용하는 것으로 알려져 있다(Yoon et al. 2003). 주거지에서 최상위 출현종으로 나타난 집쥐는 도시형주거지역의 인가 내부와 외부에서 주로 발견되며, 전원지역과 해안초지, 초지, 습지 등에서 서식하는 습성 때문인 것으로 판단된다(Yoon et al. 2004; Kim et al. 2013b).

2. 서식지 유형 군집분석

서식지 유형 군집분석은 15개의 서식지 유형 중 30회 미만 기록된 동굴을 제외하고 k 평균 클러스터 분석이 진행되었다. 가장 적합한 클러스터 분류 개수 k를 찾기 위해 최소 2개부터 최대 13개까지 k 평균 클러스터 분석을 수행한 결과, 서식지 유형을 11개의 군집으로 나눈 결과에서 단순구조지수가 가장 높았다(ssi=0.07) (Figure 3). 이 때 낙엽활엽수림과 침엽수림이 하나의 그룹으로 병합되고, 하천과 해안이 하나로, 경작지와 나지가 하나로 병합되었다. k 평균 클러스터 분석에서 11개의 서식지 유형이 포유류의 서식지 유형의 구분으로 가장 적합한 것으로 나타났다.

그리고 Ward 계층적 클러스터 분석으로 서식지 유형들 간의 유사성과 위계를 확인해 본 결과, 크게 4개의 서식지 유형으로 분리되는 클러스터를 나타내었다(Figure 4). 포유류에게는 주거지가 가장 차별된 서식지 유형이었고, 그 다음은 하천과 해안이 병합된 클러스터였다(Figure 4). 그 외의 11개의 서식지 유형을 두 개로 나눈다면 (1) 침엽수림, 낙엽활엽수림, 혼효림, 임도, 계곡, 도로가 병합된 산림지역의 서식지 유형, (2) 그 외 나지, 경작지, 저수지, 초지, 도서가 병합된 클러스터로 나눌 수 있었다. 물 속성인 저수지는 상단부에서 분리된 하천-해안과 병합되지 않고 경작지-나지와 병합되는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 저수지가 농경지와 나지에 인접한 경우가 많아 저지대에 서식하는 포유류에 직접적인 영향을 주는 생태공간으로 이용되기 때문인 것으로 판단된다. 섬에서의 포유류 서식환경이 산림형에 포함되기 보다는 경작지-나지와 병합되는 결과를 나타내었으며, 섬 생태계는 이질적인 서식공간으로 이동의 제약 등으로 인해 관찰되는 포유동물상이 낮기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 계층적 클러스터 분석은 (1) 낙엽활엽수림-침엽수림, (2) 하천-해안, (3) 경작지-나지가 가장 하단부에서 가장 먼저 병합되어 11개의 클러스터로 분류된 k 평균 클러스터 분석(비계층적 분석) 결과와 일치했다.

비계량형 다차원척도 분석 결과, 포지셔닝 맵 상에 위치한 각 서식지유형 키워드에 종들을 위치를 배열

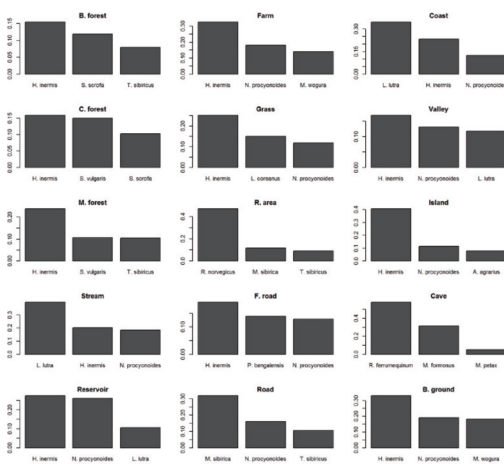


Figure 2. Frequency ratio of top three abundant species in each habitat type.

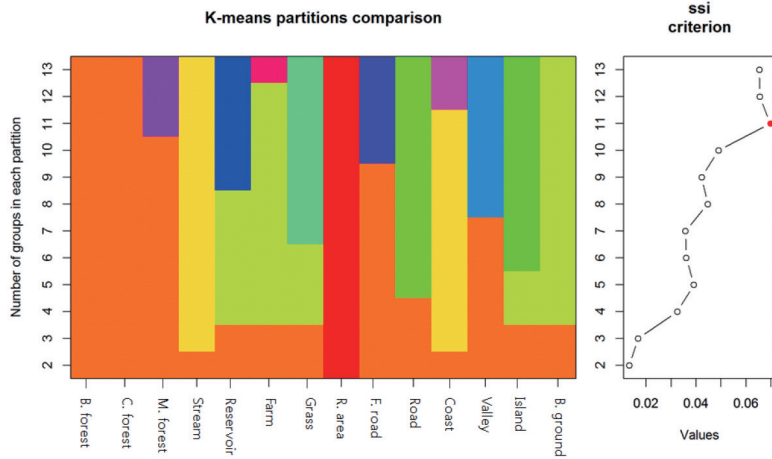


Figure 3. k-means cascade plot presenting the group belonging to each habitat type for each partition. The simple structure index (ssi) was highest in the partitioning of 11 groups. In this case, the broad-leaved forests and the conifer forests, the stream and the coast, and the farm and the bare ground were combined into the same habitat types.

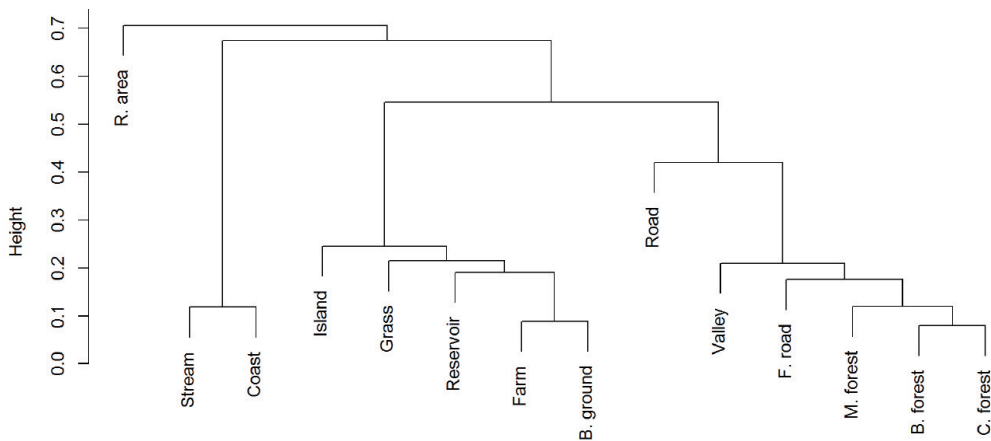


Figure 4. Ward hierarchical clustering of mammal habitat types. The residential area was firstly separated, and the stream and coast were separated.

함으로 각 서식지유형에서 나타나는 종의 차별성과 연관성을 나타내었다. Shepard 다이어그램으로 분석 결과의 적합성을 확인한 결과, R 제곱값이 1에 근사하여 분석결과 값이 적절한 것으로 판단된다(Figure 5). 분석 결과, 포유류에게 가장 차별된 서식지유형인 주거지인 경우 생쥐와 집쥐 두 종이 가장 많이 출현하였을 뿐 아니라, 이 두 종의 출현빈도가 다른 서식지 유형에서 낮아서, 주거지 유형에서 제한적으로 나타났다(Figure 6). 주거지의 유형으로 마을, 인가, 주거지, 사찰 등이 포함되었으며, 본 연구에서 주요 서식

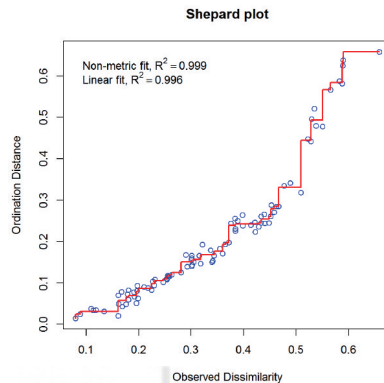


Figure 5. Shepard diagrams of the nonmetric

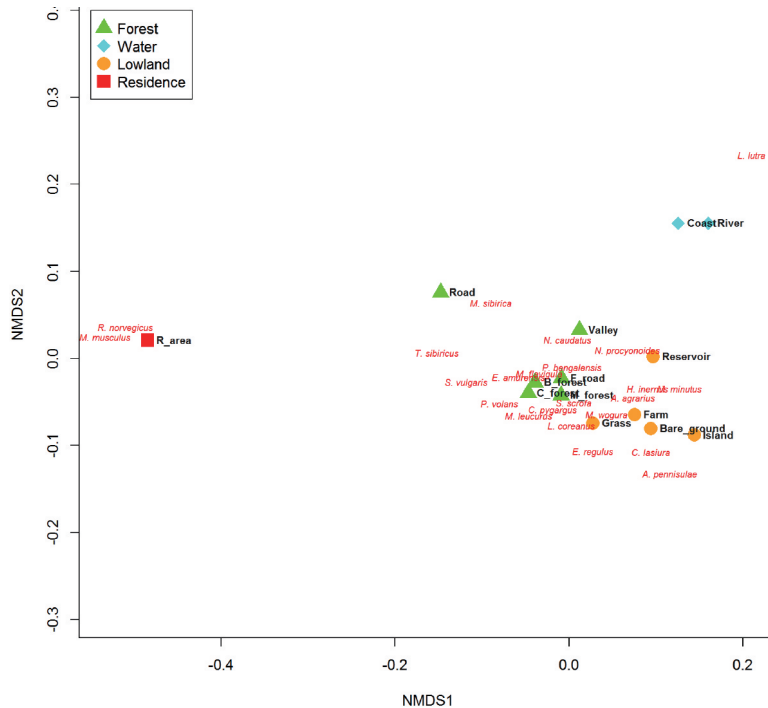


Figure 6. Nonmetric multidimensional scaling biplot of Euclidean dissimilarity matrix. Red and italic text indicates a species, and black and bold text indicates a habitat type. The four representative mammal habitat types (forest, water, lowland, and residence habitat types) were shown as a green triangle, a blue diamond, an orange circle, and a red square symbol, respectively.

지로 주거지역과 농경지 초원을 이용하는 생쥐와 집쥐의 대부분이 마을, 인가, 주거지, 사찰에서 포획된 결과에 따른 것이다. 해안과 하천의 경우 모두 수달, 고라니, 너구리 순으로 많이 출현하였지만, 다른 서식지 유형에서도 많이 출현한 고라니와 너구리와 달리 수달의 경우 해안과 하천 유형에서 제한적으로 나타났다. 주거지와 해안, 하천을 제외한 10개의 서식지 유형은 상호간에 연계된 서식지로 인접하게 위치하였으며, 고라니, 너구리, 멧토끼, 등줄쥐, 멧돼지, 두더지 등의 종들이 산림과 저지대 등의 서식지를 포괄적으로 이용하기 때문인 것으로 판단된다.

IV. Conclusion

본 연구는 제3차 전국자연환경조사 포유류 데이터를 활용하여 서식지 유형을 클러스터링하고 서식지 유형에 나타나는 종의 특징을 파악하고자 하였다. 제

3차 전국자연환경조사에서 확인된 포유류는 총 7목 16과 39종으로 나타났으며, 야장에 기록된 서식지 유형을 크게 15개 유형으로 범주화시켰다. 서식지 유형에 대한 군집분석 결과 11개의 서식지 유형으로 분류하는 것이 가장 적정하게 나타났으며, 낙엽활엽수림과 침엽수림이 하나의 그룹으로 병합되고, 하천과 해안이 하나로, 경작지와 나지가 하나로 병합되었다. Ward 계층적 클러스터 분석으로 서식지 유형들 간의 유사성과 위계를 확인해 본 결과, 포유류에게는 주거지가 가장 차별된 서식지 유형이었고, 그 다음으로 차별화된 서식지는 하천과 해안이 병합된 클러스터였다. 마지막으로 비계량형 다차원척도 분석 결과, 주거지에서 생쥐, 집쥐, 해안과 하천에서 수달이 가장 밀접한 관계에 있는 것으로 나타났다. 종합해보면, 포유류의 서식지 유형의 분류는 크게 산림을 주요 서식지와 이동경로로 이용하는 산림형과, 물을 주요 서식지로 이용하는 하천형, 주거지 인근에서 서식

하는 주거형, 곡류나 씨앗을 주 먹이원으로 하는 저지대형 등 4가지로 구분할 수 있다. 이러한 결과는 앞으로의 전국자연환경조사에서 조사지점을 선택하는 조사지침을 마련할 때 반드시 포함되어야 하는 서식지 유형에 적용할 수 있다. 그러나 본 연구에서 해양포유류를 제외한 육상 포유류중 익수목과 일부 설치목에 대한 조사가 충분한 이루어지지 않아 보다 다양한 서식지 유형인 동굴 등이 미반영된 한계를 가지고 있다. 따라서 앞으로의 전국자연환경조사의 조사체계 개선방안으로 정보가 부족한 종인 익수목과 설치목의 자료를 확보할 수 있는 조사계획이 수립될 필요가 있다. 최근 정밀한 생태계모니터링 조사에서도 중·대형포유류와 소형포유류를 분리하여 조사가 진행되고 있는 추세이다. 이러한 견지에서 전국자연환경조사에서 중·대형포유류와 소형포유류를 분리하여 조사하는 것은 전국에 분포하는 포유류의 분포현황과 서식지정보 확보에 불가피할 것으로 판단된다.

지금까지 본 연구에서 전국자연환경조사 자료를 사용하여 국내에 분포하는 포유류의 서식지 유형을 클러스터링하고 각 서식지 유형에 나타나는 종의 특징을 파악하였다. 이러한 연구결과는 종에 대한 생태정보를 제공하며, 잠재서식지 예측, 포유류 모니터링 샘플링방법 개선, 서식지 보전을 위한 관리에 적용 가능할 것이다(Razgoir et al, 2011). 이러한 결과는 2017-2018년 전국자연환경조사의 한 부분인 생물다양성 분야의 조사체계 마련, 향후 5차 전국자연환경조사 방법 개선, 그 외 생태계 조사사업의 발전방향 등에 활용될 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 국립생태원의 지원에 의하여 수행되었으며, “4차 전국자연환경조사”의 지원을 받아 수행되었습니다. 연구의 일부 내용은 2016년 한국환경영향평가 추계 학술발표대회에서 소개되었음을 밝힙니다.

References

Borcard D, Gillet F, Legendre P. 2011. Numerical

Ecology with R. Springer. New York.

Bunce RGH, Barr CJ, Clarke RT, Howard DC, Lane AMJ. 1996. ITE Merlewood Land Classification of Great Britain. *J. Biogeogr.* 23(5): 625-634.

Choi TY, Park CH. 2006. The Effects of Land Use on the Frequency of Mammal Roadkills in Korea. *J. Korean Inst. Landsc. Archit.* 34(5): 52-58. [Korean Literature]

Ford AT, Fahrig L. 2007. Diet and body size of North American mammal road mortalities. *Trans. Res. Part D: Transport and Environ.* 12(7): 498-505.

Hoffmann-Kroll R, Schafer D, Seibel S. 2003. Landscape indicators from ecological area sampling in Germany. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98:363-370.

Kim CH, Kang JH, Kim M. 2013a. Status and Development of National Ecosystem Survey in Korea. *J. Environ. Impact Assess.* 22(6): 725-738. [Korean Literature]

Kim JY, Kwon HS, Seo CW, Kim MJ. 2014. A nationwide analysis of mammalian biodiversity hotspots in South Korea. *J. Environ. Impact Assess.* 23(6): 453-465. [Korean Literature]

Kim JY, Seo CW, Kwon HS, Ryu JE, Kim MJ. 2012. A Study on the Species Distribution Modeling using National Ecosystem Survey Data. *J. Environ. Impact Assess.* 21(4): 593-607. [Korean Literature]

Kim TW, Joo SM, Oh AR, Park SJ, Han SH, Oh HS. 2013b. Morphological Characteristics and Habitat Types of *Rattus norvegicus* and *R. tanezumi* Collected in Jeju Island. *Korean J. Environ. Ecol.* 27(5): 550-560. [Korean Literature]

Lee DK, Song WK. 2008. A Study on the Analytic Unit of Habitat Suitability

- Assessment and Selection in Conservation Areas for Leopard Cat(*Prionailurus bengalensis*) -Focus on Chungcheong Province Area-. J. Korean Inst. Landsc. Archit. 36(5): 64-72. [Korean Literature]
- Lee MJ, Song WK, Lee SR. 2015. Habitat Mapping of the Leopard Cat (*Prionailurus bengalensis*) in South Korea Using GIS. Sustainability. 7(4): 4668-4688.
- Legendre P, Legendre L. 2012. Numerical ecology, 3rd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.
- Min HK, Kim JK, Kwon OK. 2013. A Studies on the Behavior Ecology and Habitat Environment of Eurasian Otter(*Lutra Lutra*) in Jinyang-Lake Dam area. J. Agric. Life Sci. 47(3): 81-92. [Korean Literature]
- Min JH, Han GS. 2010. A study on the characteristics of road-kills in the Odaesan national park. Korean J. Environ. Ecol. 24(1): 46-53. [Korean Literature]
- Murtagh F, Legendre P. 2014. Ward's hierarchical agglomerative clustering method: which algorithms implement Ward's criterion?. J. Classif. 31.
- Oksanen J, Blanchet GF, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens HMM, Szoecs E, Wagner H. 2016. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-1. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Razgour O, Hanmer J, Jones G. 2011. Using multi-scale modelling to predict habitat suitability for species of conservation concern: The grey long-eared bat as a case study. Biol. Conserv. 144(12): 2922-2930.
- Song WK, Kim EY. 2012. A Comparison of Machine Learning Species Distribution Methods for Habitat Analysis of the Korea Water Deer (*Hydropotes inermis argyropus*). Korean J. Remote Sens. 28(1): 171-181. [Korean Literature]
- Ståhl G, Allard A, Esseen P-A, Glimskar A, Ringvall A, Svensson J, Sundquist S, Christensen P, Torell AG, Hogstrom M, et al. 2011. National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS)-scope, design, and experiences from establishing a multiscale biodiversity monitoring system. Environ. Monit. Assess. 173:579-595.
- Yoon MH, Han SH, Oh HS, Kim JG. 2004. The mammals of Korea. Seoul: Dongbang Media. p. 274. [Korean Literature]
- Zhang E. 2000. Daytime activity budget in the Chinese water deer. Mammalia. 64: 163-172.