



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

博士學位論文

제주도에 이입된 사슴속(*Cervus* spp.)와
멧돼지(*Sus scrofa*)의 분포 특성 및
관리에 관한 연구

濟州大學校 大學院

科學教育學部

金 가 람

2023年 2月

제주도에 이입된 사슴속(*Cervus* spp.)와 멧돼지(*Sus scrofa*)의 분포 특성 및 관리에 관한 연구

指導教授 吳 弘 植

金 가 람

이 論文을 理學 博士學位 論文으로 提出함

2022年 12月

金가람의 理學博士學位 論文을 認准함

審査委員長

이 훈 복



委 員

양 금 철



委 員

김 태 욱



委 員

강 경 희



委 員

오 흥 식



濟州大學校 大學院

2022年 12月



A Study on the Distribution Characteristics and
Management of *Cervus* spp. and Wild Boar
(*Sus scrofa*) introduced into Jeju Island

Garam Kim

(Supervised by Professor Hong-Shik Oh)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
Doctor of Philosophy in Biology

2022. 12.

This thesis has been examined and approved.

Hoonbok Yi

Thesis director, Hoonbok Yi, Prof. Major of Bio & Environmental Technology

Keumchul Yang

Taewook Kim

Kyunghee Kang

Hongshik Oh

Dec. 19 2022

Date

Faculty of Science Education
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY



목 차

목 차	i
List of Tables	iii
List of Figures	iv
ABSTRACT	vii
I. 서론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구사	3
1) 포유류 연구	3
2) 외래종 연구	4
3. 연구대상종	7
1) 대륙사슴(<i>Cervus nippon</i>)	8
2) 붉은사슴(<i>Cervus elaphus</i>)	11
3) 엘크(<i>Cervus canadensis</i>)	12
4) 멧돼지(<i>Sus scrofa</i>)	13
4. 연구목적	15
II. 재료 및 방법	16
1. 조사 대상 지역	16
2. 조사 시기	17
3. 카메라 트래핑	18
4. 현장조사	19
5. 종분포모형을 이용한 서식지 예측	20
1) 종분포모형의 개념 및 활용	20

2) 환경변수	21
4) MaxEnt모형	29
III. 결과 및 고찰	30
1. 사슴속의 서식지 예측	30
1) 카메라 트래핑 및 현지조사 결과	30
2) ROC (Receiver Operating Characteristic) 곡선	31
3) 환경변수 기여 및 응답곡선	32
4) 서식지 예측	36
2. 멧돼지의 서식지 예측	42
1) 카메라 트래핑 및 현지조사 결과	42
2) ROC (Receiver Operating Characteristic) 곡선	43
3) 환경변수 기여 및 응답곡선	44
4) 서식지 예측	48
IV. 제언	54
V. 적요	57
VI. 참고문헌	59

List of Tables

Table 1. Fossils of animals found in Archaeological sites of Jeju Island	3
Table 2. Number of livestock breeding farms and species in Jeju Island	6
Table 3. Assessment elements of Habitual Environment	23
Table 4. Contribution of environmental variable to <i>Cervus</i> spp habitat	33
Table 5. Area and percentage by <i>Cervus</i> spp. habitat Grade	36
Table 6. Contribution of environmental variable to <i>Sus scrofa</i> habitat	45
Table 7. Area and percentage by <i>Sus scrofa</i> habitat Grade	48
Table 8. Wild boar catch in Jeju Island	60

List of Figures

Fig. 1. Paleo-geography map at the LGM (Last Glacial Maximum) of the Yellow Sea and East China Sea	2
Fig. 2. <i>Cervus nippon</i> in summer coat at Noro-oreum wetland site, Jeju Island	9
Fig. 3. <i>Cervus elaphus</i> with newly growing antlers observed at Noro-oreum wetland site, Jeju Island	11
Fig. 4. <i>Cervus canadensis</i> in their black coat, captured at Mulchat-oreum, Jeju Island	13
Fig. 5. Photograph of <i>Sus scrofa</i> captured at Noro-oreum in Jeju Island	14
Fig. 6. A map of research target site	16
Fig. 7. Installation of camera traps using unmanned camera	18
Fig. 8. Field sign of <i>Cervus</i> spp. and <i>Sus scrofa</i>	19
Fig. 9. Environmental variables used in MaxEnt analysis	24
Fig. 10. Distribution Status of <i>Cervus</i> spp. in Jeju Island	30
Fig. 11. ROC (Receiver Operating Characteristic) Curve of <i>Cervus</i> spp.	31
Fig. 12. Response curve of the environment variable of <i>Cervus</i> spp.	34

Fig. 13. The Maximum range of habitat prediction of <i>Cervus</i> spp.	38
Fig. 14. The median range of habitat prediction of <i>Cervus</i> spp.	39
Fig. 15. The minimum range of habitat prediction of <i>Cervus</i> spp.	40
Fig. 16. The range of average habitat prediction of <i>Cervus</i> spp.	41
Fig. 17. Distribution Status of <i>Sus scrofa</i> in Jeju Island.	42
Fig. 18. ROC (Receiver Operating Characteristics) Curve of <i>Sus scrofa</i>	43
Fig. 19. Response curve of the environment variable of <i>Sus scrofa</i>	46
Fig. 20. The maximum range of habitat prediction of <i>Sus scrofa</i>	50
Fig. 21. The median range of habitat prediction of <i>Sus scrofa</i>	51
Fig. 22. The minimum range of habitat prediction of <i>Sus scrofa</i>	52
Fig. 23. The range of average habitat prediction of <i>Sus scrofa</i>	53

ABSTRACT

The purposes of this study were to make the wild mammal management guideline and to reduce the agricultural damage caused by the increase of exotic mammals through analyzing the distribution characteristics of the wild mammals including the exotic mammal species, deer and wild boars, introduced to Jeju Island. The field survey for this study was conducted at Hallasan National Park and its around areas in Jeju Island from October 2018 to May 2021 and I also obtained exotic mammal data, Deer data from 2018 to 2020 and wild boars data from 2020 to 2022, from Jeju City and Segwipo City Government. By analyzing those data, I conducted to predict habitats that were likely to be used by deer and wild boars in the future and to use them for the management of exotic species. To analyze the prediction of habitat areas, I used MaxEnt (Maximum Entropy Model) program. In the case of *Cervus* spp., coordinates of 84 points were obtained. The distribution range of deer is the eastern and western regions of Hallasan National Park, and it was confirmed that it was mainly distributed between 550m and 1,100m in altitude. As a result of analyzing this location data as MaxEnt, the area with a high probability of being used as a habitat for medium and large deer is the Hallasan Mountain with an altitude of 400-1,800m, and is mainly distributed in the east and north. In the case of wild boars, location data of a total of 231 points were obtained. The distribution range of wild boars was evenly distributed throughout Jeju Island from the coast to 1,000m of Hallasan Mountain. According to MaxEnt analysis of the location data, some coastal areas were likely to be used as habitats for wild boars, but most of them were relatively evenly distributed in the middle altitude of Hallasan Mountain, but the south of Hallasan Mountain was more likely to be selected as habitat. The Jeju island area has an ecosystem with unique biodiversity, and many rare creatures inhabit it, but the biodiversity of the island area has changed rapidly over the past 100 years due to habitat changes, the influx of foreign species, climate change and

pollution. Due to various causes, more creatures are becoming extinct in the island area and its coast than inland, and the most representative reason for extinction is the influx of foreign species. In the case of wild boars and *Cervus* spp., there are no predators inside Jeju Island, so if breeding is successful and the habitat expands, the population is expected to increase rapidly. The increase in these species could cause a number of damage, including crop damage, habitat destruction, and a decrease in competitive species, and could cause infectious diseases such as African swine fever. Through this study, capture traps could be installed around areas with a high probability of habitat identified to control the population by continuous capture. In addition, the road kill and wildlife warning signs were installed on hiking trails or roads adjacent to areas with high probability of habitat to promote the safety of users, and to identify and manage the spread status through resident reports and continuous monitoring. The results of this study could be useful for the efficient management of exotic species introduced to Jeju Island, and it is expected that more accurate and useful data could be secured through ecological long-term research in the future.

I. 서론

1. 연구 배경

제주도는 신생대 제3기말 플라이오세에서부터 제4기에 이르는 동안 빙하 해수면의 변동과 지각운동에 의해 조절되는 지형의 변화에 따라 화산활동의 산물로 형성된 섬으로 제주도가 형성되기 시작한 시기는 약180만년전이다. 제주도와 한반도 사이의 해양은 빙하기에 해수면의 하강으로 육지화되었다가 간빙기에 해수면이 상승하기 시작하여 약 7,000년 이전에 해수면이 현재와 같은 위치에 이른 것으로 알려져 있다(Jin and Chough, 1998; Liu *et al.*, 2004; Kong *et al.*, 2006; Jung and Oh, 2010; Kim, 2016). 마지막 빙하기에 현재의 해수면에 비하여 150~160 m 정도 하강하였던 해수면은 상승, 안정, 하강 등의 변동을 거쳐 현재 해수면에 도달하여 제주도와 한반도가 분리된 것으로 보인다(Lee, 2005; Gi *et al.*, 2008; Kim, 2016).

제주도에는 구석기시대부터 탐라시대 후기까지 여러 시대의 유적이 발견되고 있고, 그 형태는 패총유적, 바위그늘유적 또는 자연동굴을 활용한 동굴 유적 등 시대를 대표하는 유물이 출토되었다(Lee, 1995; Kang, 2005). 유적에는 동물 유물도 같이 출토되는데 이는 유적의 형성 시기에 어떤 동물이 서식하였는지 간접적으로 확인하는 계기가 된다(Lee, 1995; Kang, 2005). 김녕리 켜네기굴, 종달리 패총들과 광지 유적 등에서 발견된 뼈들은 사슴속(*Cervus*), 멧돼지(*Sus scrofa*), 소(*Bos taurus*), 말(*Equus ferus*), 오소리(*Meles leucurus*), 족제비(*Mustela sibirica*), 설치류(Rodentia), 조류(Aves) 등으로 확인되었고, 이 중 사슴속과 멧돼지, 소의 뼈가 주를 이루는 것으로 보고되었다(Shin *et al.*, 1992; Shin *et al.*, 1996; Shin, 2001).

유적에서 확인된 사슴속의 뼈의 분석을 통해 사슴은 노루(*Capreolus pygargus*), 대륙사슴(*Cervus nippon*), 붉은사슴(*Cervus elaphus*), 고라니(*Hydropotes inermis*)가 보고되었으며, 멧돼지는 현재의 한국과 일본에서 확인되는 종과 유사한 종으로 알려진 바 있다(Kim, 2003; Kang, 2005; Kang, 2014).

제주도에서 멧돼지는 무분별한 포획과 서식지 파괴 등으로 절멸된 것으로 간주되었으나(Jeju-do and Hallasan Ecological and Cultural Research Institute, 2006), 1990년대 이후 타 지역으로부터 가축용으로 도입되었고, 사육중 탈출된 개체가 한라산과 중산간 지대에서 관찰되기 시작했다(Oh *et al.*, 2007). 일부 사슴속 또한 위와 같은 이유로 절멸되었으나, 다수의 연구를 통하여 가축으로 도입된 대륙사슴, 붉은사슴, 엘크(*Cervus canadensis*)가 한라산천연보호구역 일대에서 확인되었다(Oh *et al.*, 2007).

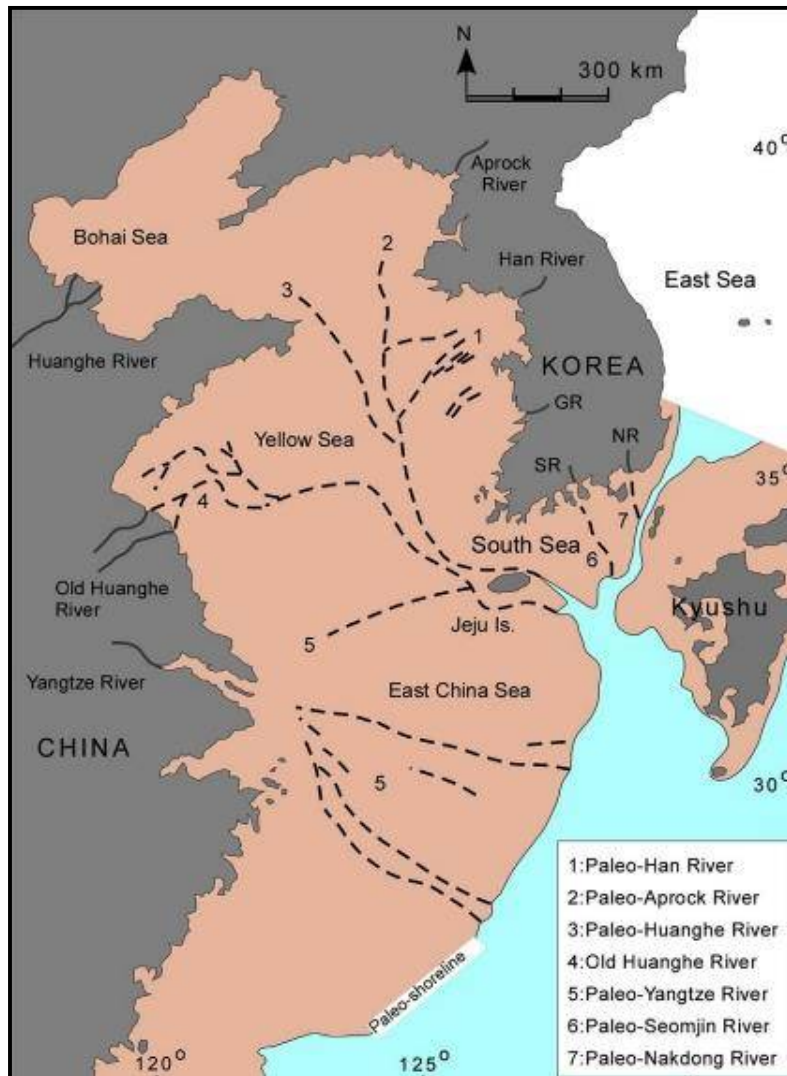


Fig. 1. Paleo-geography map at the LGM (Last Glacial Maximum) of the Yellow Sea and East China Sea (KIGAM, 1992, 1993; Xu *et al.*, 1997; Yoo *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2014; Yoo *et al.*, 2016).

2. 연구사

1) 포유류 연구

제주도 내에는 구석기시대부터 신석기, 청동기, 철기시대 그리고 원삼국, 삼국 시대에 이르기까지 시대별 다양한 유물과 유적과 동물들의 뼈가 발굴되었다(Lee *et al.*, 1985). 이 동물 뼈들은 해부학적인 방법과 형태학적으로 비교하여 특정 종으로 동정하였으며, 현재에는 mitochondrial DNA 분석을 통하여 분류되고 있다.

Table 1. Fossils of animals found in Archaeological sites of Jeju Island

Archaeological sites	Age (suspected)	Species
Bilemot Cave	Middle Paleolithic	Ursidae, Cervidae, <i>Capreolus pygargus</i>
Kwakji	B.C. 300~A.D. 500	Cervidae, <i>Sus scrofa</i> , <i>Bos taurus</i> , <i>Equus ferus</i> , Carnivora
Kimnyungri cave	A.D. 0~500	<i>Bos taurus</i> , Cervidae, <i>Sus scrofa</i> , <i>Equus ferus</i>
Jongdal-ri Shell Mound Site 1	B.C. 100~A.D. 100	Cervidae, <i>Sus scrofa</i> , <i>Bos taurus</i> , <i>Equus ferus</i> , Carnivora
Jongdal-ri Shell Mound Site 4	A.D. 600~700	Cervidae, <i>Bos taurus</i> , <i>Sus scrofa</i> , Carnivora
Jongdal-ri 1819	B.C. 1500~1000, A.D. 300~600	Cervidae, <i>Sus scrofa</i> , <i>Bos taurus</i> , Muridae, <i>Mustela sibirica</i> , <i>Meles leucurus</i>

빌레못 동굴 유적지(중기 구석기)에서는 대륙성 동물인 황곰의 뼈와 적록, 노루 등의 뼈가 발견되었고(Jeju-do, 1989), 기원전·후 약 100년경의 유적지인 종달리 패총 1지구와 광지유적(B.C. 300~A.D. 500)에서는 사슴, 멧돼지, 소, 말, 식육목의 뼈가 출토되었으며(Shin *et al.*, 1992; Shin, 2001), 인근의 종달리 패총 4지구(A.D. 600~700)에서는 사슴, 소, 멧돼지, 식육목의 뼈가 출토된 바 있다(Kim *et al.*, 2002). 김녕리 켜내기 동굴 유적(A.D. 0~500)에서도 소, 사슴속, 멧돼지, 말의 뼈가 확인되었으며(Shin *et al.*, 1996), 고내리 유적(A.D. 500~1300)에서도 멧돼지,

소, 사슴속 뼈가 출토되었다(Shin, 2001). 최근 발굴된 종달리 1819번지 패총유적은 신석기시대(B.C. 1500~1000)부터 탐라시대 후기(A.D. 300~600)의 유적으로 사슴속, 멧돼지, 소, 설치류, 족제비, 오소리의 뼈가 출토되었다(Table 1). 이 중 사슴속의 뼈는 다양한 크기로 미루어 보아 노루 이외에 최소 1종 이상의 사슴속 동물이 존재했을 것으로 추정된다. 유적에서의 동물의 뼈로 기원 전·후 시기부터 A.D. 1300년 사이에는 노루와 고라니, 대륙사슴, 붉은사슴이 서식했을 가능성을 시사해 주고 있다. 18세기에는 삶, 오소리, 멧돼지, 사슴이 서식하는 것으로 보고된 바 있다(Lee, 1704).

제주도의 포유류에 관한 학술적 보고는 Thomas (1906)가 족제비와 등줄쥐를 기록한 것에서 비롯되며(Park, 1982). 이후 Mori (1928a; 1928b, 1938)에 의해 종에 대한 정보가 밝혀지기 시작하였으며, 해방 후에는 Jones and Johnson (1955), Won and Woo (1958), Won (1967), Son (1980, 1981), Park (1982), Oh and Park (1994), Oh (2006a), Oh *et al.* (2007), Park *et al.* (2015), Jo *et al.* (2012) 등에 의하여 한라산 천연보호구역을 포함한 제주도 지역에 서식하는 포유류에 대한 연구가 진행되어왔다. 제주도에 서식하는 포유류는 한반도와 주변 지역에 비하여 빈약한 편이나 제주도 특유의 지리적, 생태적인 요인에 의해 적응한 결과 제주족제비(*Mustela sibirica quepartis*), 제주멧밭쥐(*Micromys minutus hertigi*), 제주땃쥐(*Crocidura dsinezumi quepartis*), 한라산뒤쥐(*Sorex caecutiens hallamontanus*), 제주등줄쥐(*Apodemus chejuensis*) 등 고유종이나 아종으로 분화된 특성을 보여주고 있다(Oh, 2006; Oh *et al.*, 2007; Jo *et al.*, 2012).

2) 외래종 연구

제주의 외래종 연구의 역사는 오래되지 않았다. 1985년 한라산에서 남동쪽으로 7 km 떨어진 수악교 일대에서 다람쥐(*Eutamias sibiricus*)의 서식이 처음으로 관찰되어 보고되었고(Park, 1985), 이입된 시기는 정확하게 알 수 없으나 수악교 인근에서 칩차 등 음료를 판매하던 상인이 소유했던 개체가 방사된 것에서 비롯된다(Oh, 2006). 다람쥐의 개체군은 처음 발견된 이후 지속적으로 증가하여 여러

곳에서 확인되었으며, 저지대에서 해발 1,300 m까지 골고루 관찰된다(Oh *et al.*, 2007). 청설모(*Sciurus vulgaris*)는 Oh (2006b)에 의해 제주에서 처음 보고되었다. 한라산국립공원 관계자에 따르면 2000년경 애완용 청설모가 방사되었으며, 한라산 남부지역의 침엽수림에서부터 1100도로 주변까지 분포 범위가 확산되고 있다(Oh *et al.*, 2007).

대륙사슴은 한라산 국립공원에 다양한 사슴속의 복원을 위하여 1992년부터 3차례에 걸쳐 12마리가 방사되었는데, 2004년 10월 태억장오리와 물장오리 주변에서 6마리, 2004년 8월과 10월 견월악과 물장오리를 중심으로 8마리가 관찰되었다(Oh, 2006; Oh *et al.*, 2007). 최근 한라산국립공원에 채취된 사슴 시료를 이용한 분자유전학적인 분석을 통해 대륙사슴과 붉은사슴의 서식이 보고되었다(Banjade, 2021; Banjade *et al.*, 2022).

멧돼지는 언제 도입되었는지 정확한 기록은 없으나, 2001년경 제주시 공설묘지 인근의 농가에서 내륙에서 들여온 2세대 멧돼지를 사육한 바 있었는데 그 당시 우리를 빠져나간 개체로 추측하고 있으며(Oh *et al.*, 2007), 그 후 지속적으로 증가하여 현재 제주도 전역에서 관찰되고 있다. 하지만 제주도 멧돼지의 유전자 분석 결과 가축돼지품종들과 교잡되었다는 직접적인 증거는 발견되지 않았으며, 과거 중국 북동부 지역에서 가축화에 이용되었던 야생멧돼지 집단에서 한반도로 이주한 집단에서 유입된 것으로 보고되었다(Han *et al.*, 2011).

뉴트리아(*Myocastor coypus*)는 모피, 식용 등의 용도로 도입되어 사육되었으나, 야생으로 탈출하여 한반도 남부를 중심으로 증가하기 시작한 외래종으로 제주도에서는 2010년까지 일부 농가에서 사육되었으나 이후 공식적인 사육은 확인된 바 없다(Lee *et al.*, 2012, 2013). 2000년대 이후 제주도에 뉴트리아 출현에 대한 제보와 조사가 있었으나 퇴치목적으로 직접 포획하여 연구된 자료는 없었다(Kim *et al.*, 2017). 이에 Kim and Oh (2017)에 의해 2013년 5월부터 2016년 8월까지 총 6개체의 뉴트리아를 포획하였으며(Kim and Oh, 2017), 이후 현재까지 뉴트리아의 출현에 대한 보고는 없어 완전한 퇴치가 이루어진 것으로 판단된다.

2021년 현재 전국의 사슴류 사육 가구는 총 1,205가구 23,063마리이며, 제주도는 17가구 195마리(암컷 108, 수컷 87), 종별로는 대륙사슴 78마리, 붉은사슴 12마리, 엘크 78마리, 기타 27마리가 사육 중이며, 제주도 내 161가구의 농가에서

염소(*Capra hircus*), 양(*Ovis aries*), 토끼(*Oryctolagus cuniculus*), 개(*Canis lupus familiaris*), 돼지코오소리(*Arctonyx collaris*)가 총 18,228마리가 가축으로 사육되고 있다(Table 2; Ministry of Agriculture, 2021). 가축으로 사육되는 종들이 사육 농가에서 탈출하여 야생에서 번식하는 것을 막기 위해 지속적인 관리가 필요한 실정이다.

Table 2. Number of livestock breeding farms and species in Jeju Island

Species	Number of breeding farms	Number of Species
<i>Capra hircus</i>	34	3,274
<i>Ovis aries</i>	4	64
<i>Cervus</i> spp.	17	195
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	9	1,096
<i>Canis lupus familiaris</i>	112	13,750
<i>Arctonyx collaris</i>	2	44

3. 연구 대상종

전 세계적으로 우제목(Artiodactyla) 사슴과(*Cervus* spp.)에는 노루와 사슴속 17속 53종이 분포한다. 극동아시아지역에 7속 12종이 서식하며, 우리나라에는 3속 4종 2아종이 서식하고 있다(Yoon *et al.*, 2004).

사슴과의 종들은 북극에서 열대에 이르기까지 다양한 환경에서 서식한다. 인간은 오랫동안 모피, 고기, 뿔 등 다양한 부산물을 얻기 위해 사슴을 사냥해왔다(Nunez *et al.*, 2010). 오늘날 많은 우제류 종들이 필요 이상의 사냥으로 인해 그들의 고유 서식지에서 개체군이 감소하거나 절멸하였다(Kamgaing *et al.*, 2019). 이러한 개체군 감소나 절멸의 문제를 해결하기 위해 다른 지역에서 종을 도입하였으며, 최소 13종의 사슴속이 고유 서식지의 범위를 벗어나 도입되었다(Dolman and Wäber, 2008).

한국의 사슴속은 제2차 세계대전(1939-1945), 한국 전쟁(1950-1953) 이후에 절멸이 시작되었다(McCullough, 2009). 이후 대륙사슴(sika deer), 붉은사슴(red deer), 엘크(elk) 등과 같은 사슴속이 상업적 목적으로 여러 국가에서 도입되었다(Hwang *et al.*, 2014; Yun *et al.*, 2018).

개체군 멸종 이후, 대만의 일부 대륙사슴과 일본의 일본대륙사슴(*Cervus nippon yakushimae*)이 가축화, 특히 녹용 생산을 위해 수입되었다(Koh *et al.*, 2010; Jin, 2013). 야생에서의 복원을 위해 일부 대륙사슴 개체도 북한에서 도입되었다. 붉은사슴은 1900년대 초반 한국 동북지방에 많은 개체가 서식하였는데, 농사를 위한 지속적인 포획, 사냥, 서식지 파괴로 인해 1960년대에는 희귀하게 되었다. 야생에서의 개체수가 감소한 후 번식을 목적으로 중국, 캐나다, 미국, 뉴질랜드 및 호주에서 사슴을 수입하기 시작했다(McCullough, 2009).

도입된 사슴속은 방목과 먹이활동으로 인해 농업과 임업에 상당한 경제적 영향을 미칠 수 있다(Ratcliffe, 1987; Putman and Moore, 1998). 또한, 그들은 토착종과 경쟁할 수 있으며(Hemami *et al.*, 2004; Feldhamer and Demarais, 2009), 극단적인 경우 교잡을 통해 토착 사슴에 영향을 미칠 수 있다(Simberloff, 1996; Senn and Pemberton, 2009).

1) 대륙사슴(*Cervus nippon*)

대륙사슴 크기는 머리와 몸통 길이 900~1,900 mm, 어깨높이 700~1,300 mm, 체중 50~130 kg (수컷), 25~80kg (암컷), 뿔 길이 300~660 mm로 노루보다 크고 붉은사슴보다는 훨씬 작다(Yoon *et al.*, 2004). 성적이형(sexual dimorphism)이 뚜렷하며, 성체의 경우 수컷이 암컷보다 1.5배 정도 크다. 수컷의 머리에는 뿔이 있는데 1년생에는 한 가닥, 2~3년생에는 두세 가닥, 4년생 이상이 되면 네 가닥의 뿔을 가지나 뿔의 크기나 가짓수는 지역에 따라 조금씩 다르다. 어린 개체에서는 3월에, 성숙한 개체에서는 1~2월에 뿔이 빠지며 3월에 다시 벗겨낸 색깔의 새 뿔이 나와서 4월에서 8월에 걸쳐 자란다(Abe *et al.*, 1994). 몸에는 반점이 있는데 겨울보다 여름에 더 많다. 여름털은 성기고 짧으며 일반적으로 갈색이다. 등과 옆면은 황갈색이며, 꼬리까지 희미한 흑갈색 줄이 있고 윗목에서 등 그리고 목 옆부분에 백색 점무늬가 줄지어 있다. 겨울털은 뻣뻣하고 길며 전체적으로 밤갈색이지만 몸 앞부분은 누런빛이 많고, 뒷부분은 짙은 갈색이 많다. 여름털이 겨울털로 바뀌기 시작하는 시기는 9월이며, 10월에는 털갈이가 완전히 끝나고 뿔도 빠처럼 단단해진다(Abe *et al.*, 1994; Yoon *et al.*, 2004).

사람의 자취가 드문 산에서 군집 생활을 한다. 겨울에는 눈이 적게 덮인 양지 쪽에서 살며, 봄과 가을에는 나무가 드문 초원, 여름에는 나무 그늘이 많고 낮은 산, 초원에서 살고, 소금기가 있는 곳을 찾아간다. 일 년 내내 군집 생활을 하지만 보통 암수 별도로 무리를 지으며, 수컷은 대각이 성장하는 시기에는 단독 생활을 하며 교미기에 다시 새끼들과 함께 사는 암컷들과 합친다. 교미 시기는 9월 말에서 11월 초이다. 일부다처제로 번식기 때는 수컷들 사이에 격렬한 싸움이 벌어지며 세력권을 가진다. 임신 기간은 7개월(약 30주)이며, 4~6월에 보통 한, 두 마리의 새끼를 낳는다. 새끼는 1년 반에서 2년 뒤에 성적으로 성숙한다. 아침과 저녁에 주로 활동하며, 먹이는 주로 풀, 나뭇잎, 연한 싹, 나무껍질, 도토리, 이끼, 버섯류이다. 천적은 호랑이, 표범, 스라소니와 같은 야생동물이다(Abe *et al.*, 1994; Yoon *et al.*, 2004).

걸을 때 발굽 두 개가 V자 모양으로 하나의 발자국을 이루는데, 발자국 모양은 길고 앞으로 뾰족하게 모아진다. 먹이활동과 영역표시를 위해 뿔을 비벼 나무

줄기의 껍질을 벗겨놓는다(Choi and Choi, 2007).

20세기 초에는 제주도를 포함한 전국에 분포하였으나 조선총독부의 해수구제 사업에 의해 멸종되어 자취를 감추었다. 현재 북한 지방에서는 이 종의 포획을 법으로 금지하고 있으며, 우리나라에서 사육하는 대륙사슴은 일본이나 중국 등지에서 수입된 것으로 옛날부터 귀중한 약용동물로 여겨져 왔다(Abe *et al.*, 1994; Yoon *et al.*, 2004). 우리나라의 경우 1921년 함경북도 지방에서 러시아인에 의해 처음으로 사육되었고, 1933년에 개성 상인들에 의해 만주로부터 만주산 대륙사슴이 수입되어 사육되었으나, 1950년 한국전을 거치면서 불과 10여 두의 대륙사슴만이 살아남게 되었다(Jung, 1999). 그 후 1955년경부터 대만, 일본 등에서 대만산, 일본산 대륙사슴이 수입되었다(Kim and Shin, 1989). 외국에서 수입된 대륙사슴은 일부 부유층에서 관상 및 녹용 채취를 목적으로 하였고, 1970년대를 기점으로 농가 소득증대를 위해 가축으로 사육되어 왔다(Korea Deer Breeders Association, 2013). 다른 한편으로는 2000년대에 들어서면서 시민들에게 불거리 제공, 먹이주기 체험, 친환경적 생태계 복원이라는 목적으로 다도해 해상국립공원 내 금오도, 군산시 월명공원, 서울 숲, 인천 송도 센트럴파크 등에서 대륙사슴을 방사하고 있다. 그러나 일부 학계 및 시민단체에서는 생태계의 훼손을 고려하지 않은 행정이라며 반발하고 있다. 2010년경 국립공원 지역 인근 사슴농장에서 탈출한 대륙사슴과 자연보호 행사로 방사된 타이완 대륙사슴의 개체수가 50마리로 증가하였다. 이에 고유종인 고라니와 노루보다 우점도가 높아져 고유생태계의 훼손될 우려가 제기되었으며, 생태계 보전의 차원에서 포획하기 시작하여 2013년 5월 현재 17마리를 포획하였다(Korea national park service, 2012).

우리나라에서 방사된 대륙사슴은 원서식지와 다른 지역에 서식하는 외래종으로 방사된 개체군이 여러 다른 환경조건에서 어떻게 성장할 것인지 모니터링이 이루어져야 한다(Marques *et al.*, 2001). 이는 이입된 외래종의 개체군 현황과 생태적 특성을 연구하여 효율적인 관리를 위해 필요한 일이다. 2021년 기준 제주도 내 농가에서 사육하고 있는 대륙사슴 개체수는 78개체이다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2021).

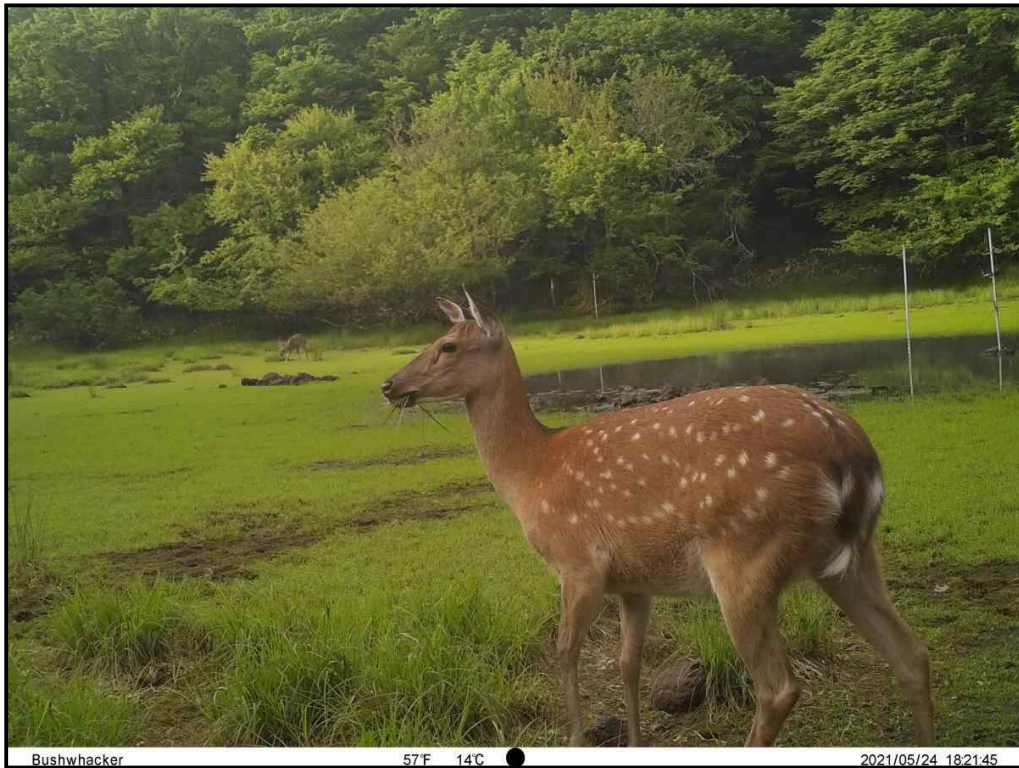


Fig. 2. *Cervus nippon* in summer coat at Noro-oreum wetland site, Jeju Island.

2) 붉은사슴(*Cervus elaphus*)

붉은사슴은 머리와 몸통 길이 1,650~2,650 mm, 어깨높이 750~1,500 mm, 무게 100~359 kg으로 우리나라에 서식하는 사슴 가운데 가장 큰 종류이다. 수컷에게만 뿔이 있으며 해마다 뿔이 빠지고 새로 나며 다 자란 뿔은 가지가 보통 대여섯 갈래로 갈라진다. 몸 윗면은 황갈색이며 앞가슴에서 배까지는 연한 황백색, 사지는 암갈색이다. 대륙사슴과 달리 엉덩이는 황갈색이며, 여름에도 몸에 하얀 반점이 없다(Yoon *et al.*, 2004; Choi and Choi, 2007).



Fig. 3. *Cervus elaphus* with newly growing antlers observed at Noro-oreum wetland site, Jeju Island (Source: Banjade, 2021).

추운 곳에 적응하여 사는 종으로 남한에는 살지 않으며 북한에서는 백두산 근처에 산다. 인가에서 멀리 떨어진 숲에 살며, 계절에 따라 먹이가 다르므로 서식지가 바뀐다. 겨울에는 눈이 적은 곳으로 계속 옮겨가고, 봄에는 새싹이 먼저 돋는 곳으로 옮겨간다(Yoon *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2007; Jo *et al.*, 2018).

1940년대 중반과 2001년에 한국은 번식을 목적으로 캐나다, 미국, 뉴질랜드, 호

주에서 사슴을 수입하기 시작했고, 13,398마리의 붉은사슴 개체가 한국의 여러 농장에서 수입되어 사육되었다. 이 중 2004년 제주도의 여러 농장에서 261개체가 사육된 것으로 보고되었으나, 2008년 사육 개체수는 157개체, 2020년은 35개체, 2021년은 12개체로 감소하였다(Jo *et al.*, 2018; Oh *et al.*, 2019; Ministry of Agriculture, 2021). 한편 제주도에서는 사슴농장의 허술한 개체 관리로 인해 우리를 탈출한 개체가 제주의 자연생태계에 적응하면서 산림지대에서 자주 목격되고 있고, 무인 카메라 조사에서도 포착되는 등 개체군이 점차 확산되고 있다.

3) 엘크(*Cervus canadensis*)

엘크는 머리와 몸통 길이 1,800~3,000 mm, 어깨높이 800~1,800 mm, 무게 140~600 kg 정도 나가는 대형이며 주로 북미와 아시아의 높은 산에서 발견되는 종이다(Robb, 2001). 털의 색깔은 여름에는 붉은빛이 돌며, 겨울에는 밝은 회색이 된다. 새끼의 털은 짙은 검은색이다. 주요 서식지는 숲과 숲의 가장자리로 다양한 초목을 먹고 살며, 특히 겨울에는 나무껍질과 가을에는 낙엽, 봄에는 새싹을 섭식한다(Homolka, 1989; Beck and Peek, 2005).

북미(미국 및 캐나다)와 동아시아(중국, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 부탄, 몽골 및 러시아)가 원산지이지만 과거에는 널리 분포하였다(Carrera and Ballard, 2003; Smith and Xie, 2013). 후기 홍적세 동안, 서식 범위는 훨씬 더 넓어져 유럽, 아시아, 프랑스와 같은 서쪽으로 퍼졌다(Croitor, 2020). 미국에서 엘크는 여러 주에 재도입되었으며(Frick *et al.*, 2008), 아르헨티나와 칠레와 같은 도입 국가에서는 잘 적응하여 개체군이 번성하면서 토착 생태계를 위협했다(Galende *et al.*, 2005).

조선 중기 이후의 한반도에서 엘크의 가죽과 고기는 왕에게 바치는 공물로 엘크의 개체수가 급격히 감소했다. 또한, 17세기에는 한반도를 휩쓸고 있던 우역(소 전염병)이 사슴의 개체수를 크게 감소시켰다(Informal Interview). 이후 미국과 캐나다에서 1,123개체의 수입이 이루어졌다. 1997년에 캐나다에서 수입된 엘크에서 만성 소모성 질환(CWD, Chronic Wasting Disease)이 발견되었으며(Sohn *et al.*, 2002), 그 후 국내에서는 살아있는 엘크를 비롯한 사슴 및 가공품의 수입을 일시

적으로 금지했다. 제주에서는 총 91개 농장에서 1,007개체의 사슴을 사육하였고, 이 중 엘크 개체는 2004년 513개체로 기록되었으나 2008년 194개체, 2020년 94개체로 점차 감소하였다(Oh *et al.*, 2019; Ministry of Agriculture, 2020).



Fig. 4. *Cervus canadensis* in their black coat, captured at Mulchat-oreum, Jeju Island (Source: Banjade, 2021).

4) 멧돼지(*Sus scrofa*)

멧돼지는 우제목(Artiodactyla) 멧돼지과(Suidae)에 속하는 종으로 머리와 몸통 길이 1,000~1,800 mm, 체중 40~300 kg 정도, 겉모양은 돼지와 비슷하나 몸이 더 크다. 머리는 긴 원추형이며 뚜렷한 경계 없이 짧고 굵은 목과 붙어 있다. 털은 흑갈색을 띠며, 나이가 들수록 희미해진다. 지역에 따라 몸의 크기는 차이가 있으며, 성적이형 현상이 뚜렷하다. 수컷의 콧등에는 2개의 아래턱 송곳니가 길게 뻗어 나와 있으며, 먹이를 구할 때 좋은 도구로 쓰이며 위험한 경우에는 무기로

쓰인다(Yoon *et al.*, 2004).

산림에 서식하며, 잡식성으로 고사리 뿌리, 도토리, 과실을 좋아하고 겨울에는 나무뿌리를 캐어 먹는다. 죽은 동물, 곤충의 번데기, 지렁이도 잘 먹는다. 가을에는 감자, 고구마 등의 농작물을 캐어 먹어 농사에 피해를 준다. 한 번에 낳는 새끼 수가 많으며, 1년에 새끼를 여러 차례 낳기도 하여 번식력이 강하다(Yoon *et al.*, 2004; Choi and Choi, 2007).

제주도에서 멧돼지는 인간의 포획, 서식지 파괴 등으로 절멸된 것으로 간주되었으나, 2000년대 이후 제주시 공설묘지 인근의 농가에서 멧돼지 사육을 위해 내륙에서 들여온 개체가 사육시설을 탈출하여 야생화되었을 것으로 추측하고 있다(Jeju-do and Hallasan Ecological and Cultural Research Institute, 2006; Oh *et al.*, 2007). 오 등(2007)은 제주도 관음사 인근에서 멧돼지 3개체의 서식을 확인하였으며, 개체군 밀도가 높아짐에 따라 대책 마련이 필요하다고 하였다(Oh *et al.*, 2007).



Fig. 5. Photograph of *Sus scrofa* captured at Noro-oreum in Jeju Island.

4. 연구 목적

고의적 또는 우연적으로 인간의 활동 등에 의해, 기존환경에 새로이 유입된 생물종으로 그 생물종의 기본적인 분포 범위를 벗어난 생물 종을 외래종(invasive species) 또는 도입종(introduced species)이라 한다. 또한 원래의 서식범위에서 절멸된 생물체를 원래의 서식범위 안으로 인위적으로 이동시켜 방사시키는 것을 재도입(Reintroduction)이라 한다(IUCN, 2013). 생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률 제 2조(정의)에 의하면, 외래생물(Alien species)이란 외국으로부터 인위적 또는 자연적으로 유입되어 그 본래의 원산지 또는 서식지를 벗어나 존재하게 된 생물을 말한다.

제주도의 경우 멧돼지, 대륙사슴, 붉은사슴과 같이 기존에 서식하던 종이 절멸 후 재도입된 종과 엘크, 다람쥐, 청설모 등 도입종들이 다수 존재하는 것으로 확인되었다. 이러한 종들은 기존에 서식하던 종이었다고 해도 현재 제주도에 서식하는 종들이 그들의 서식지를 이용하고 있어 외래종으로 판단하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

섬 개체군은 외래종에 취약하다(Van Dyke, 2008). 제주도의 경우 사슴속과 멧돼지 등의 외래종 증가로 인하여 발생할 수 있는 농작물 피해, 서식지 파괴, 생물다양성 감소, 사회적 문제, 질병발생, 보상처리 등 다각적인 면에서 접근한 관리방안이 조속히 마련되어야 할 것이다.

따라서 이 연구에서는 제주도에 이입된 사슴속과 멧돼지의 분포현황을 파악하고, 데이터를 이용해 서식 가능한 지역을 분석하여 외래종의 효율적인 관리방안을 마련하는 데 필요한 자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 조사 대상 지역

제주도는 약 200만 년 전 화산 폭발로 형성된 섬으로 한반도 최남단에 위치하고 있으며, 타원형으로 동-북-동 방향으로 뻗어 있다. 다양한 화산 지형과 360여 개의 작은 화산이 있는 ‘오름’이 존재한다. 오름은 주로 한라산 중산간지대에 분포하며 제주도의 독특한 경관을 형성하는 중요한 요소이다(Jeong *et al.*, 2015). 시원하고 건조한 겨울과 따뜻하고 습한 여름이 있는 아열대 기후이다. 가장 더운 달은 8월로 평균 기온이 26.5℃이며, 가장 추운 달은 1월로 평균 기온이 6℃이다.

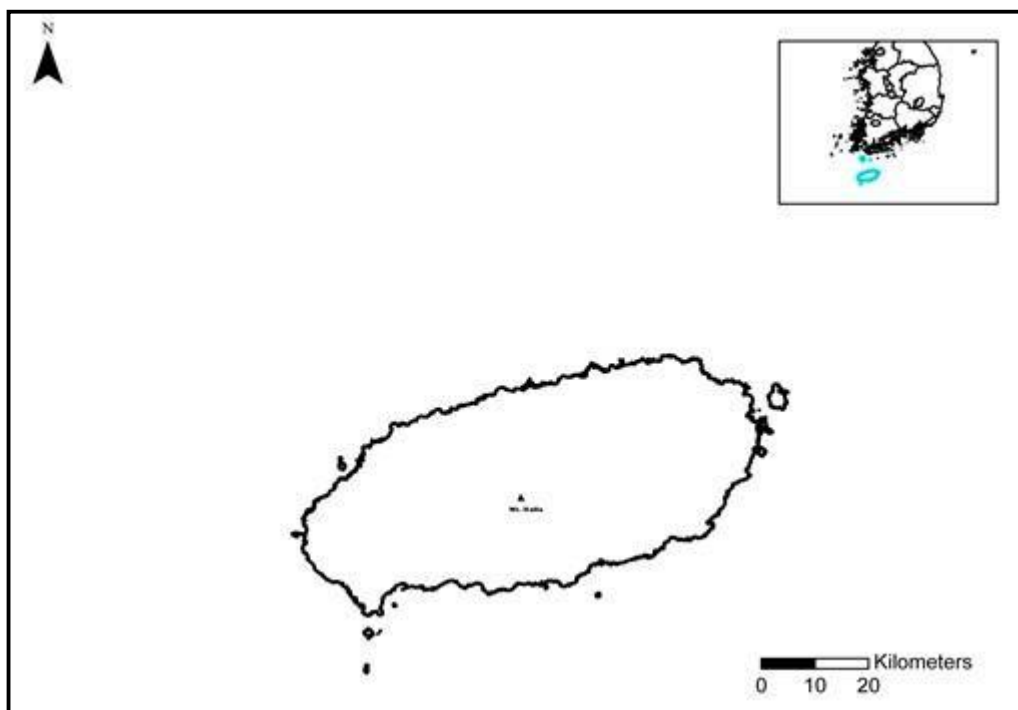


Fig. 6. Map of research target site.

제주도 전체 면적 중 총 830.94 km²(약 45%)가 2002년 유네스코에서 “생물권보전지역”으로 지정되었으며, 다양한 동식물이 서식하는 섬이다(JSSGP, 2012). 제주도는 총 253개의 내륙습지를 보유하고 있으며 이 중 5개는 람사르습지로 등록되어 있다(Kim *et al.*, 2012). 생물학적으로 중요한 이 5개의 람사르습지는 환경부가 습지보호지역으로 추가로 지정하여 법으로 보호 및 관리하고 있다.

2. 조사 시기

멧돼지 조사는 2020~2021년에 국립생물자원관에서 지정한 21개 지점에 대한 야생동물 서식실태 조사와 병행하여 조사하였다. 제주도에서는 멧돼지를 유해야생동물로 지정하여 포획하고 있어서 제주시와 서귀포시의 멧돼지 포획관리 부서에 2020~2022년 멧돼지 포획지점 좌표와 주소에 대한 자료를 이용하였다.

사슴속은 2018년 10월부터 2020년 12월까지 한라산천연보호구역을 중심으로 무인카메라를 이용한 카메라 트래핑 조사와 배설물, 족적 등의 흔적을 중점적으로 추적하여 데이터를 수집하였다.

3. 카메라 트랩

2018년 10월부터 2020년 12월까지 사슴속과 멧돼지의 분포 범위를 조사하기 위해 무인카메라 ROBOT D30(Bushwhacker, Shenzhen, China)를 설치하여 조사하였다. 무인카메라는 한라산천연보호구역을 중심으로 사슴속과 멧돼지의 흔적이 확인된 비포장도로, 표적 종의 활동이 확인된 경로를 중심으로 지면에서 약 1 m 높이의 나무에 고정하였다(Fig. 7). 무인카메라는 전면부에 동작감지 센서 기능이 있어 야생동물의 움직임이 카메라 화각 내에 포착되면 자동으로 작동하여 사진을 촬영한다. 한 개체가 중복해서 촬영되는 것을 방지하기 위해 촬영 지연시간은 1분으로 설정하였다. 카메라를 설치한 지점의 위치 좌표는 GPS GPSMAP62s (Garmin Inc, USA) 장비를 이용하여 기록하였으며, 카메라 트랩은 처음 설치한 이후 매월 점검하여 메모리카드와 배터리를 교환하였다.



Fig. 7. Installation of camera traps using unmanned camera.

4. 현장조사

목표 종의 존재와 분포 범위를 확인하기 위해 현장 조사하였다. 중·대형 포유류는 도보나 차량으로 이동하면서 직접 목견하거나, 모니터링 지역 내에서 임의 추적 조사(Random search)에 의하여 발견되는 각종 서식증거(발자국, 식이 흔적, 휴식 흔적, 나무의 긁힘, 배설물, 이동통로)를 확인해 나가는 현장조사법을 활용하였다(National Institute of Ecology, 2019). 발견된 서식 흔적은 현장에서 사진촬영 후 GPS 좌표를 획득하였으며, 세밀한 판단이 필요할 경우에는 실험실로 배설물을 이송하여 세부적으로 동정하였다. 사슴속의 경우 발자국(Fig. 8c), 배설물(Fig. 8d), 뿔의 흔적을 중심으로 조사하였으며, 주로 무인카메라 설치지역을 중심으로 무인카메라의 범위 밖의 흔적을 조사하였다. 대륙사슴, 붉은사슴, 엘크의 발자국(Fig. 8c)과 배설물(Fig. 8d) 등의 흔적은 노루와는 현저한 차이가 나지만, 세종의 경우 흔적만으로 특정종을 식별하기는 어려워 사슴속으로 통일하였다. 멧돼지의 경우 발자국(Fig. 8a), 비빔목(Fig. 8b), 비빔목의 털, 배설물, 목욕자리 등으로 종을 특정할 수 있었다.

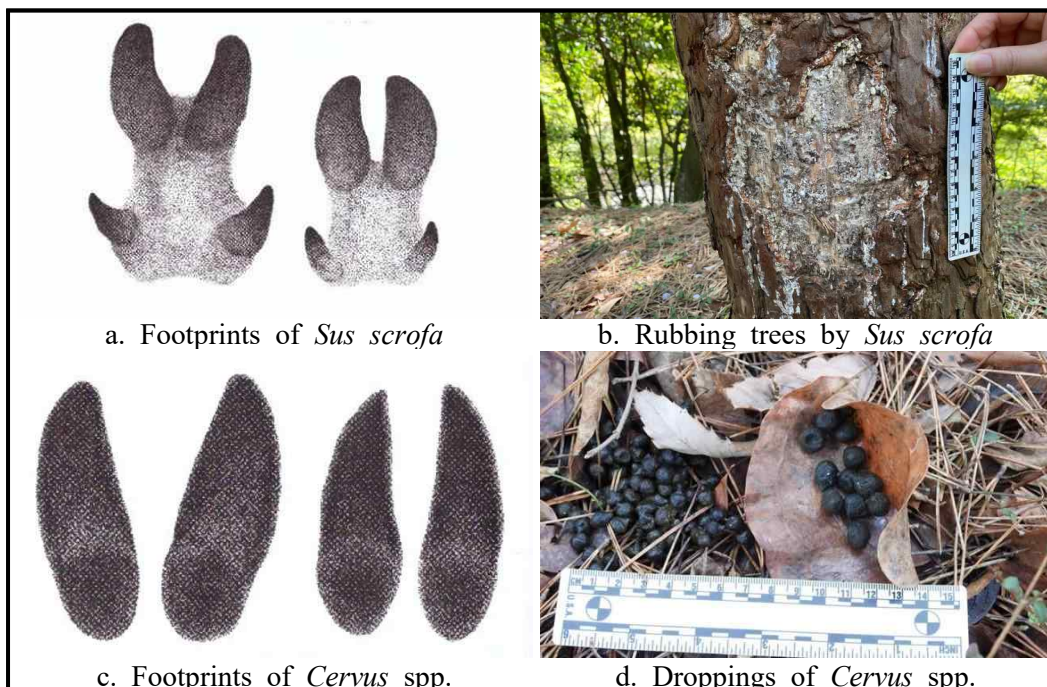


Fig. 8. Field sign of *Cervus* spp. and *Sus scrofa*.

5. 종분포모형을 이용한 서식지 예측

1) 종분포모형(Species Distributions Models)의 개념 및 활용

최근 생물종의 감소와 생물다양성의 중요성이 강조됨에 따라 생물종의 분포와 서식지에 대한 관심이 증대되고 있다. 이와 관련하여 멸종위기 생물종 복원을 위한 잠재적 서식지의 유추 및 국내 종분포 가능지역에 대한 연구가 진행 중이다. 종분포모형은 종의 출현자료와 비출현자료의 위치자료와 환경요소 간의 관련성을 통해 생물종의 서식환경을 찾아내는데 주안점을 두고 있다(Jo, 2015).

종분포모형은 GPS (Global Positioning System), GIS (Geographic Information Science)와 공간통계모형 등의 기술적 발전으로 정확도 및 신뢰도가 높아졌으며, 많은 성장을 하고 있다(Lee, 2014). 종분포모형은 생물의 분포 정보와 물리적 환경 요인과의 관계를 통계적인 방법을 이용하여 예측하는 서식적지모델과 미조사 지역의 잠재력 평가 및 분포를 규정하는 한편 미래의 기후 변화 대응 분야까지 그 범위를 넓혀가고 있다. 이러한 종분포모형은 향후 보전계획에 있어서 종과 개체군, 종의 지리적 분포 및 우선보호지역의 선정과 개체군 유지를 위한 기초자료로 활용 가능하며, 복원계획 수립 시 복원지 선정 및 대상지의 복원가능성 검토에 중요한 자료로 활용 가능하다(Kwon *et al.*, 2012).

종분포 예측을 위해 현재 다양한 모형들이 개발 적용되고 있다. 최근에 많이 이용되고 있는 모형들로는 GAP (Gap Analysis Program), 서식지적합성지수 (Habitat Suitability Index; HSI)와 같은 단순 및 다중 선형회귀분석기법들이나 출현/비출현자료를 이용한 GLM (Generalized Linear Model), GAM (Generalized Additive Model), CART (Classification and Regression Tree), ANN (Artificial Neural Network)과 같은 다양한 회귀분석기법(Scott *et al.*, 2002), 그리고 다기준 평가(Multi-Criteria Evaluation)나 퍼지이론을 통합한 서식지 모형들이 이용되고 있다.

최근에는 출현자료만을 이용한 Maxent (Maximum Entropy Model)와 같은 모형이 많이 이용되고 있다(Seo *et al.*, 2008). 그 중 MaxEnt 모형은 비교적 최근에 개

발된 중분포모형으로 종 출현 정보만을 요구한다는 점, 다른 변수들 사이의 상호 작용을 보여주며, 효율적 알고리즘으로 최상의 확률분포를 보장한다는 점, 적은 수의 출현자료를 이용하여도 과적용(Over-fitting)을 최소화한다는 점 등이 특징이다(Eloth *et al.*, 2011).

2) 환경변수

환경변수는 기존의 서식지 관련 연구 및 대상종과 관련한 문헌에서 서식지 이용에 영향을 미치는 것으로 나타난 인자를 적용하였다. 이러한 환경변수는 자연적 요인과 인위적 요인 두 가지 항목으로 구분하였으며, 자연적 요인은 지형, 식생, 하천이며, 인위적 요인은 토지이용에 관련된 자료를 이용하여 15가지 환경변수를 선정하여, 모델알고리즘을 적용하는데 적합한 GIS(Geographic Information System) 공간주제도를 제작하였다(Table 3). 환경변수 자료 구축 프로그램은 ArcGIS ver. 10.8 (ESRI, USA)을 활용하였다.

자연적 요인 중 지형요인은 EarthData (<https://search.earthdata.nasa.gov>)의 Aster Global Digital Elevation Model V003을 사용하여 고도(elevation, DEM), 사면향(aspect, ASP), 경사도(slope, SLO), 음영기복도(hill shade, HILL)를 제작하였다. 고도 0 m에서 1,926 m까지 분포하였고(Fig. 9a), 사면향은 제주도 전체를 10개의 방향으로 나누어 색으로 나타냈다(Fig. 9b). 경사도는 0° 에서 64.78° 까지였으며(Fig. 9c), 음영기복도는 0 m에서 180 m까지(Fig. 9d) 나타났다. 식생요인은 산림청(<https://map.forest.go.kr>)에서 제공하는 5차 임상도를 사용하여 임상도(forest type, IM), 영급(age class, YG), 침엽수림으로부터의 거리(distance from coniferous forest, CD), 활엽수림으로부터의 거리(distance from hardwood forest, HD), 혼효림으로부터의 거리(distance from mixed forest, HHD), 미립목지/비산지로부터의 거리(distance from unstocked land/non-forest area, MRBS)를 제작하였다. 임상도는 제주도의 임상을 임상이 없는 곳(99), 소나무림(D), 활엽수림(H), 경작지(L), 침활혼효림(M), 미립목지(O), 소나무 인공림(PD), 리기다소나무림(PR), 침엽수림(곰솔, PT), 제지(R), 목장(LP), 침엽수 인공림(PC), 활엽수 인공림(PH), 잣나

무림(PK), 수채(W) 15가지로 나누었으며(Fig. 9e), 영급은 0영급(1), 1영급(2), 2영급(3), 3영급(4), 4영급(5), 5영급(6), 6영급(7), 7영급(8)이 분포하였고, 8영급, 9영급은 제주도에 존재하지 않았다(Fig. 9f). 침엽수림으로부터의 거리는 0 km에서 약 2.6 km까지 나타났고(Fig. 9g), 활엽수림으로부터의 거리는 0 km에서 약 3.1 km (Fig. 11h), 혼효림으로부터의 거리는 0 km에서 약 3 km (Fig. 9i), 미림목지/비산림지로부터의 거리는 0 km에서 약 2.4 km 까지 나타났다(Fig. 9j), 하천요인은 국토교통부 국가공간정보포털(<http://data.nsd.go.kr>)의 수치지형도에서 하천중심선을 추출하여 하천으로부터의 거리(distance from stream, HM)에 대한 환경주제도를 제작하였으며, 하천으로부터의 거리는 0 km에서 약 3 km까지로 나타났다(Fig. 9k).

인위적인 요인은 환경부(<https://egis.me.go.kr>)에서 제공하는 중분류 수준의 토지피복도를 이용하여 토지피복도(land cover map, TP), 주거지로부터의 거리(distance from residential area, RD), 인공초지로부터의 거리(distance from artificial-grassland, IC), 내륙습지로부터의 거리(distance from inland-wetland, NS)에 대한 환경주제도를 제작하였다(Table 3). 주거지로부터의 거리는 0 km에서 약 3.1 km까지(Fig. 9l), 인공초지로부터의 거리는 0 km에서 약 3 km까지(Fig. 9m), 내륙습지로부터의 거리는 0 km에서 약 5.3 km까지 나타났다(Fig. 9n). 토지피복도는 주거지역(110), 공업지역(120), 상업지역(130), 문화·체육·휴양시설(140), 교통지역(150), 공공시설지역(160), 논(210), 밭(220), 시설재배지(230), 과수원(240), 기타재배지(250), 활엽수림(310), 침엽수림(320), 혼효림(330), 자연초지(410), 인공초지(420), 내륙습지(510), 연안습지(520), 자연나지(610), 기타나지(620), 내륙수(710), 해양수(720) 22가지 유형으로 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 9o).

Table 3. Assessment elements of Habitual Environment

Factors	Division	Data	Reference	Environmental variable	Abbreviation
Natural	Topography	Digital topographical map	EarthData	Elevation	DEM
				Slope	SLO
				Aspect	ASP
				Hillshade	HILL
	Vegetation	5 th Forest type map	Korea forest service.	Forest type	IM
				Age class	YG
				Distance from coniferous forest	CD
				Distance from hardwood forest	HD
				Distance from mixed forest	HHD
				Distance from unstoced land/non-forest	MRBS
Stream	Digital topographical map	Ministry of land, infrastructure and transport.	Distance from stream	HM	
Artificial	Land use	Land cover map	Ministry of environment.	Land cover map	TP
				Distance from residential area	RD
				Distance from artificial grassland	IC
				Distance from Inland-wetland	NS

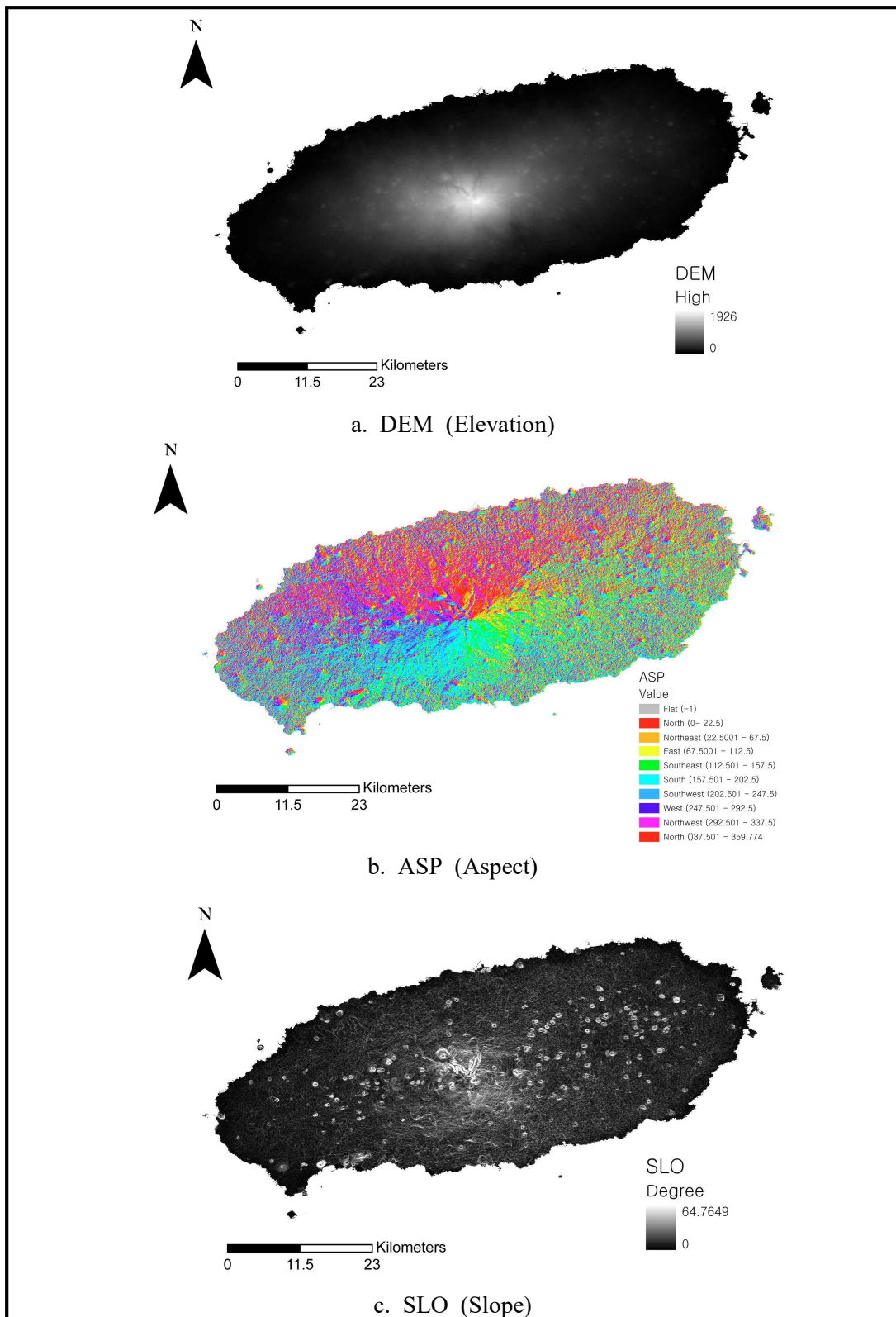


Fig. 9. Environmental variables used in MaxEnt analysis.

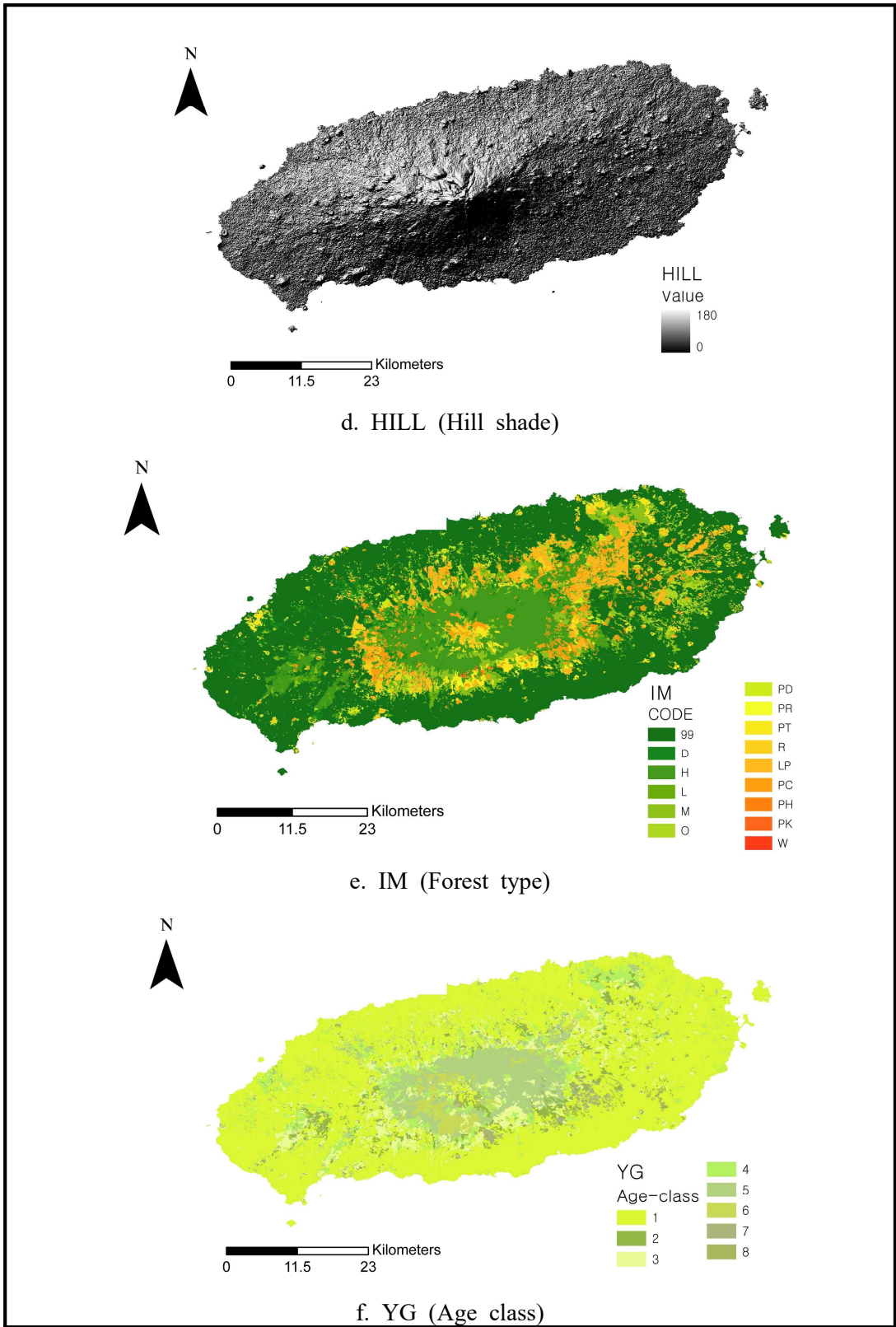


Fig. 9. Continued.

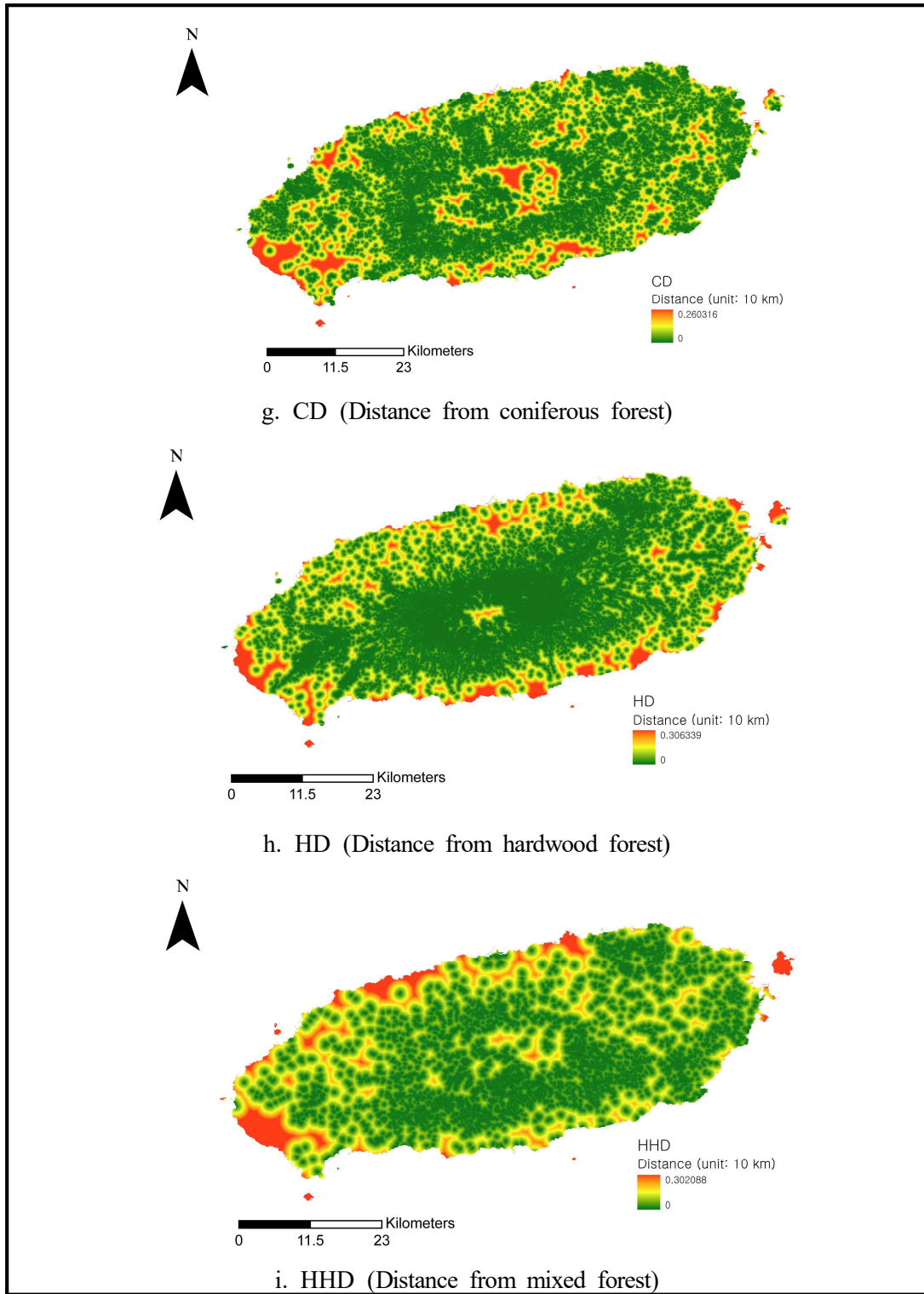


Fig. 9. Continued.

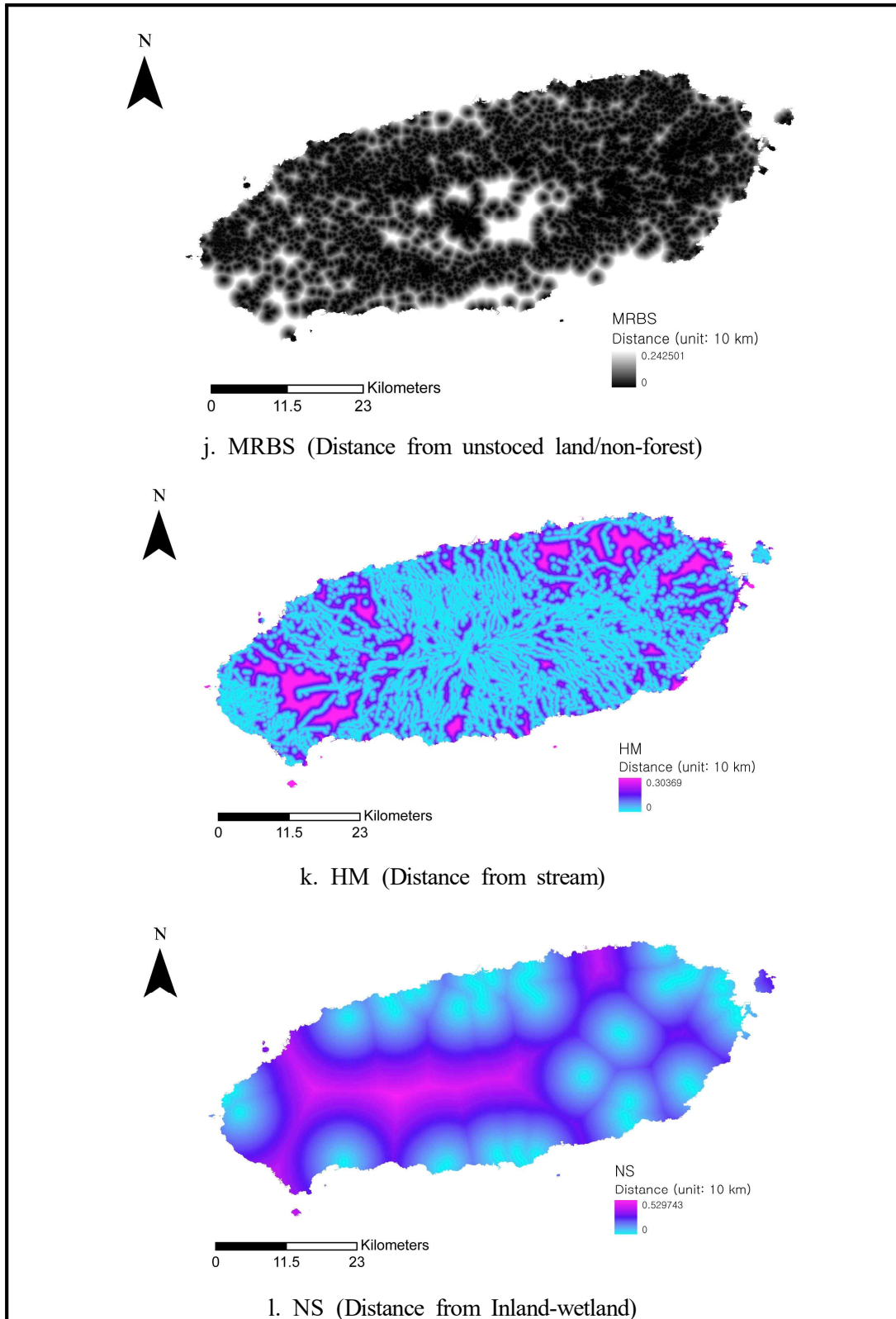


Fig. 9. Continued.

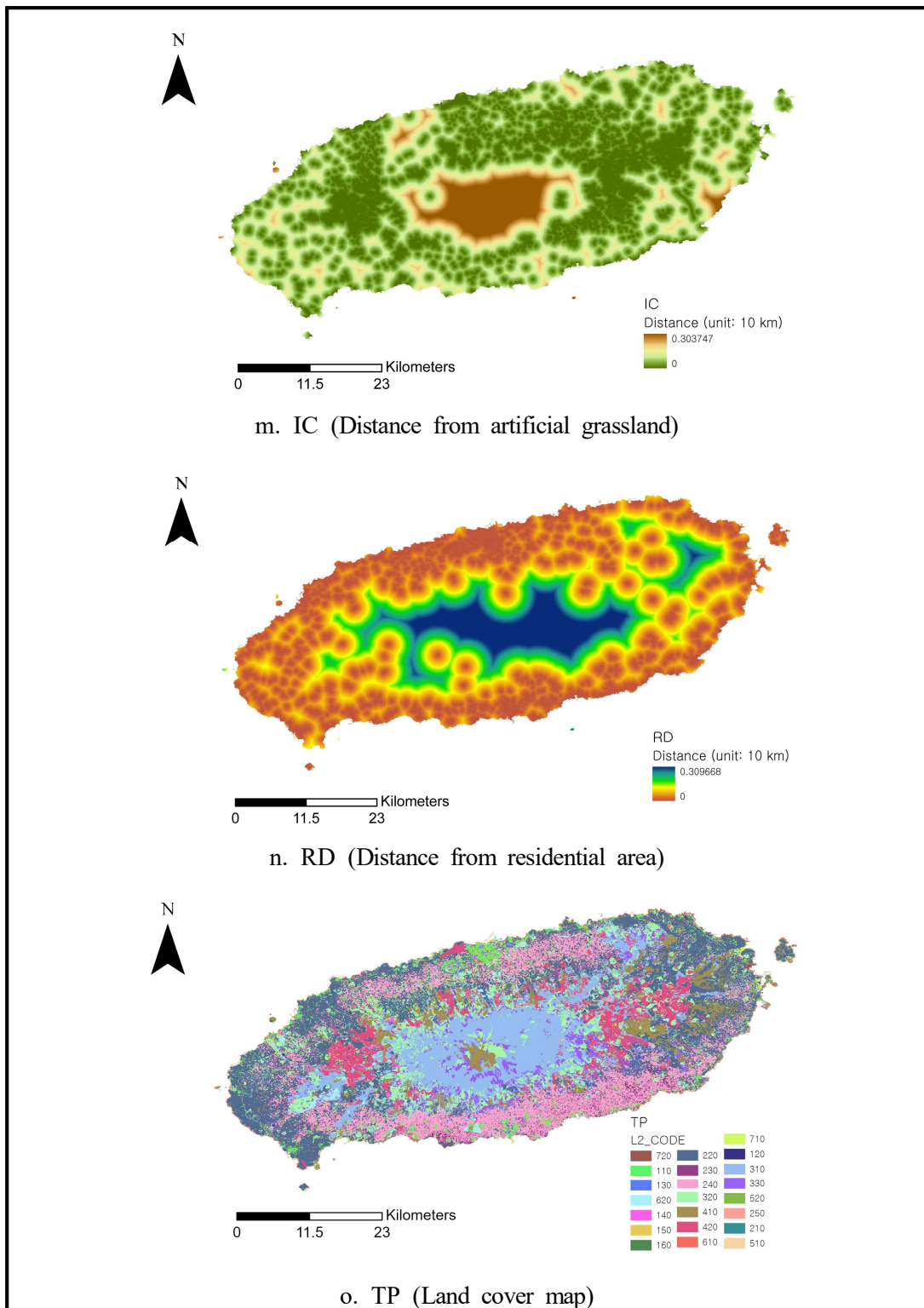


Fig. 9. Continued.

3) MaxEnt 모형

연구의 서식지 예측 및 분석은 MaxEnt program (ver. 3.4.4)을 이용하였다. MaxEnt는 최대 엔트로피를 기반으로 하는 기계학습모형이며, 환경변수로 고도와 같은 연속적인 자료뿐만 아니라 영급과 같은 명목형 자료도 사용할 수 있다 (Phillips *et al.*, 2006). 종속변수는 사슴속과 멧돼지의 출현 좌표, 독립변수는 환경변수로 설정하여 서식지 예측도, ROC (Receiver Operating Characteristics), 종 서식지에 대한 환경변수의 기여도를 도출하였다.

MaxEnt 모형의 수행능력(performance)은 ROC (Receiver operating characteristics) 곡선의 AUC (Area under the curve) 값을 이용해 평가하였다. 종의 출현확률 추정 값을 0에서 1사이의 값으로 나타내는 logistic output을 결과 출력형식으로 선택하였으며, 이는 raw, cumulative 형태보다 해석하기 용이하다는 장점이 있다(Phillips and Dudik, 2008). 여기서, AUC의 값이 1에 가까울수록 모형의 예측 정확도가 높다는 뜻이다(Phillips *et al.*, 2006). 모형 적합도는 과도하게 높게 평가되는 과적합 문제가 일어날 수 있기 때문에 모형의 종분포도 예측 신뢰도 검증을 위해 교차검증(Cross-validation)을 5회 실시하여 AUC 값을 산정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 사슴속의 서식지 예측

1) 카메라 트래핑 및 현지조사 결과

중·대형 사슴속(대륙사슴, 붉은사슴, 엘크)의 출현이 보고되었거나 예상되는 지역을 중심으로 무인카메라를 이용한 카메라 트래핑과 흔적 위주의 현장조사를 실시한 결과, 중복된 지점을 제외한 84개 지점의 좌표를 획득할 수 있었다. 사슴속의 분포 범위는 한라산국립공원의 동서부 지역으로, 고도 550 m에서 1,100 m 사이에 주로 분포하는 것으로 확인되었다. 1100고지 습지와 숨은물뱅디 습지에서 자주 확인되었으며, 물장오름, 물чат오름, 노로오름, 관음사, 어승생승마장 등 특정 지역을 중심으로 집중되어 서식하는 것으로 나타났다. 사슴속이 확인된 좌표를 도식화한 결과는 Fig. 10에 제시하였다.

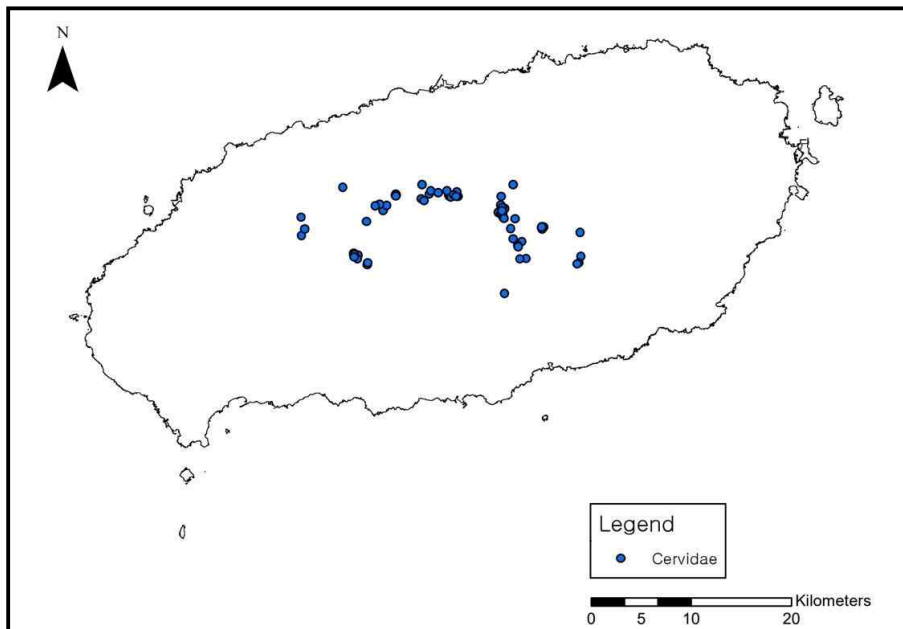


Fig. 10. Distribution Status of *Cervus* spp. in Jeju Island.

2) ROC (Receiver Operating Characteristic) 곡선

MaxEnt 모델 결과의 신뢰도 분석은 ROC (Receiver Operating Characteristic) 검증을 통해 이루어지며, ROC (Receiver Operating Characteristic) 곡선의 하부 면적 값인 AUC (Area Under the ROC Curve) 값으로 분석 결과의 정확성을 판단한다(Sung *et al.*, 2018).

분석결과, AUC 값은 0.948로 비교적 높게 산출되었으며(Fig. 11), 표준편차는 0.022로 분석의 정확성은 매우 높은 것으로 나타났다. 모형의 수행능력을 나타내는 AUC 값이 0.5~0.7일 경우 좋지 않은 수행능력, 0.7~0.9는 적절한 수행능력, 0.9 이상은 높은 수행능력을 나타낸다(Franklin, 2009).

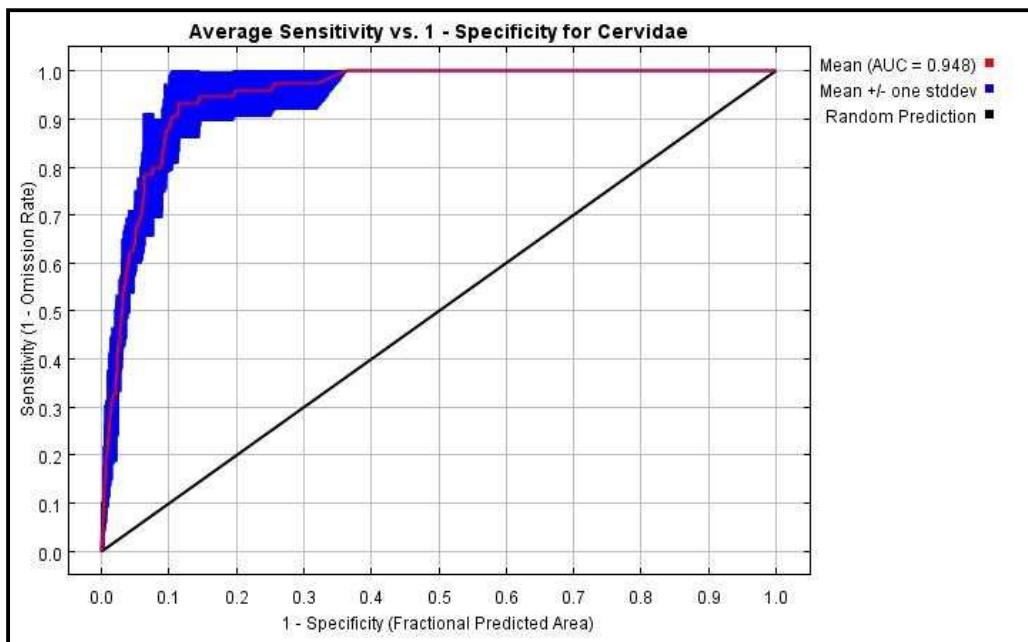


Fig. 11. ROC (Receiver Operating Characteristic) Curve of *Cervus* spp. The AUC of the ROC curve was 0.948, which was higher than the reliability criterion of 0.7. Red line, ROC curve; blue range, standard deviation; black line, random prediction. AUC, area under cover.

3) 환경변수 기여 및 응답곡선

15개의 환경변수 전체가 사슴속의 서식지 예측에 영향을 미친 것으로 나타났으며, 기여순서 및 기여도는 고도(Elevation, 66.2%), 인공초지로부터의 거리(Distance from artificial grassland, 9.2%), 주거지로부터의 거리(Distance from residential area, 4.1%), 내륙습지로부터의 거리(Distance from Inland-wetland, 4.0%), 하천으로부터의 거리(Distance from stream, 3.8%), 음영기복도(Hillshade, 3.3%), 미립목지/비산지로부터의 거리(Distance from unstoced land/non-forest, 2.3%), 임상도(Forest type, 2.0%), 사면향(Aspect, 1.4%), 침엽수림으로부터의 거리(Distance from conifer forest, 1.3%), 활엽수림으로부터의 거리(Distance from broadleaf forest, 1.2%), 영급(Age class, 0.6%), 경사도(Slope, 0.4%), 토지피복도(Land cover map, 0.1%), 혼효림으로부터의 거리(Distance from mixed forest, 0.1%)의 순으로 분석되었다(Table 4).

환경변수에 따른 응답곡선은 각각의 변수에 따른 MaxEnt 모형과의 상관관계는 Fig. 12에 제시한 바와 같다. 각각의 환경변수에 따른 서식지 이용확률을 살펴보면, 고도 약 600 m까지 서식확률이 급격하게 증가하였고, 약 1,000 m까지 완만하게 감소하며 이후 급격하게 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 12a). 인공초지로부터의 거리는 200 m에서 서식확률이 가장 높고 이후 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 12b). 주거지로부터의 거리와 내륙습지로부터의 거리는 멀수록 서식확률이 높아졌으며(Fig. 12c, d), 하천과 미립목지/비산지와 거리가 가까울수록 서식확률은 높아졌다(Fig. 12e, g). 음영기복도는 약 170 m에서 서식확률이 가장 높았다(Fig. 12f). 임상도에 따르면 소나무림, 활엽수림 등 자연림에서의 서식확률이 높은 것으로 분석되었다(Fig. 12h). 사면향에서는 350° 이상의 북향에서 서식확률이 높았고(Fig. 12i), 침엽수림과 활엽수림, 혼효림으로부터의 거리는 가까울수록 서식확률이 높았지만 침엽수림은 대체로 일정한 확률로 나타났다(Fig. 12j, k, o). 영급은 4영급과 5영급에서 서식확률이 가장 높아 31~50년생의 수관을 선호하는 것으로 나타났다(Fig. 12l). 경사도 10° ~25° 사이에서 가장 서식확률이 높았고(Fig. 12m), 토지피복도에서는 활엽수림, 혼효림 지역에서 서식확률이 높게 나타났다(Fig. 12n).

Table 4. Contribution of environmental variable to *Cervus* spp. habitat.

Contribution Order	Environmental Variable (Abbreviation)	Percent Contribution(%)
1	Elevation (DEM)	66.2
2	Distance from artificial grassland (IC)	9.2
3	Distance from residential area (RD)	4.1
4	Distance from Inland-wetland (NS)	4.0
5	Distance from stream (HM)	3.8
6	Hillshade (HILL)	3.3
7	Distance from unstoced land/non-forest (MRBS)	2.3
8	Forest type (IM)	2.0
9	Aspect (ASP)	1.4
10	Distance from coniferous forest (CD)	1.3
11	Distance from hardwood forest (HD)	1.2
12	Age class (YG)	0.6
13	Slope (SLO)	0.4
14	Land cover map (TP)	0.1
15	Distance from mixed forest (HHD)	0.1

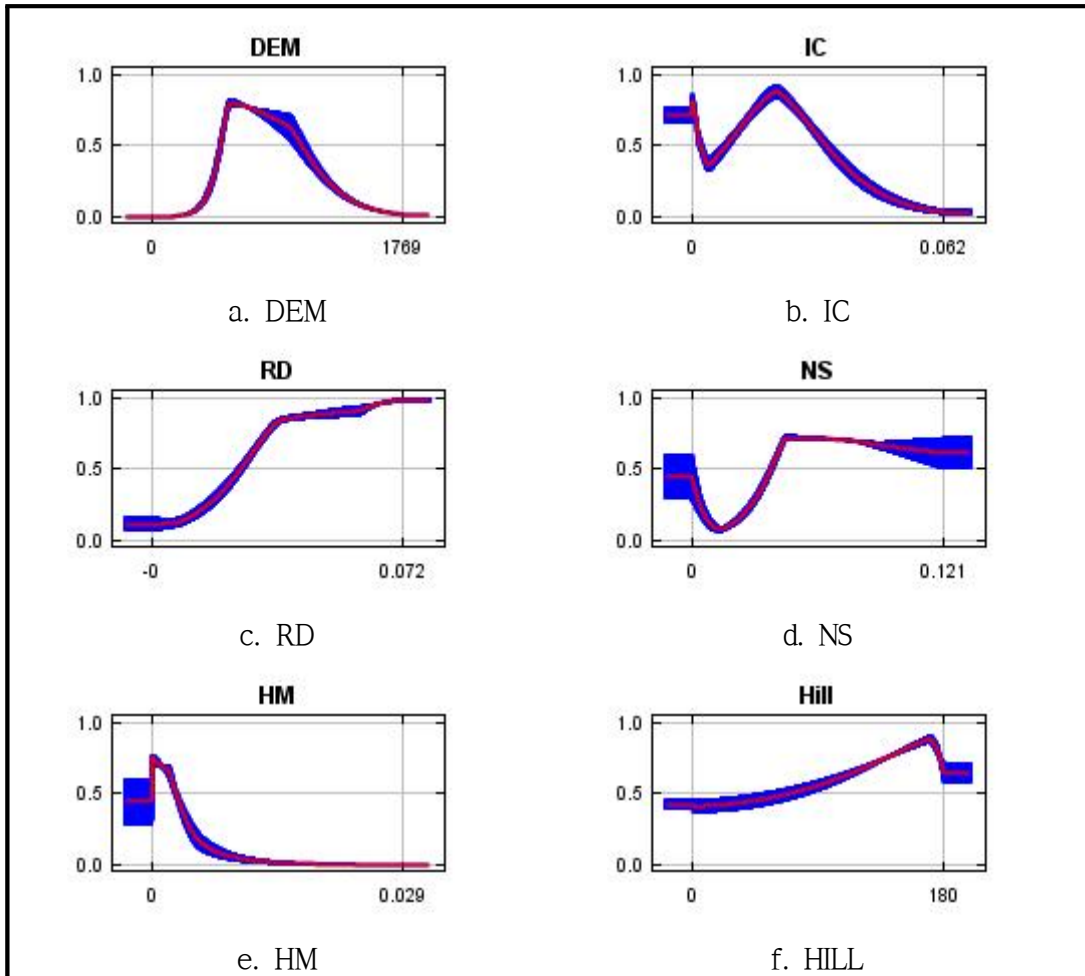


Fig. 12. Response curve of the environment variable of *Cervus* spp. a. DEM (Elevation); b. HHD (Distance from mixed forest); c. YG (Age class); d. RD (Distance from residential area); e. IM (Forest type); f. IC (Distance from artificial grassland); g. HILL (Hillshade); h. NS (Distance from Inland-wetland); i. HM (Distance from stream); j. SLO (Slope); k. ASP (Aspect); l. HD (Distance from hardwood forest); m. TP (Land cover map); n. CD (Distance from coniferous forest); o. MRBS (Distance from unstoced land/non-forest).

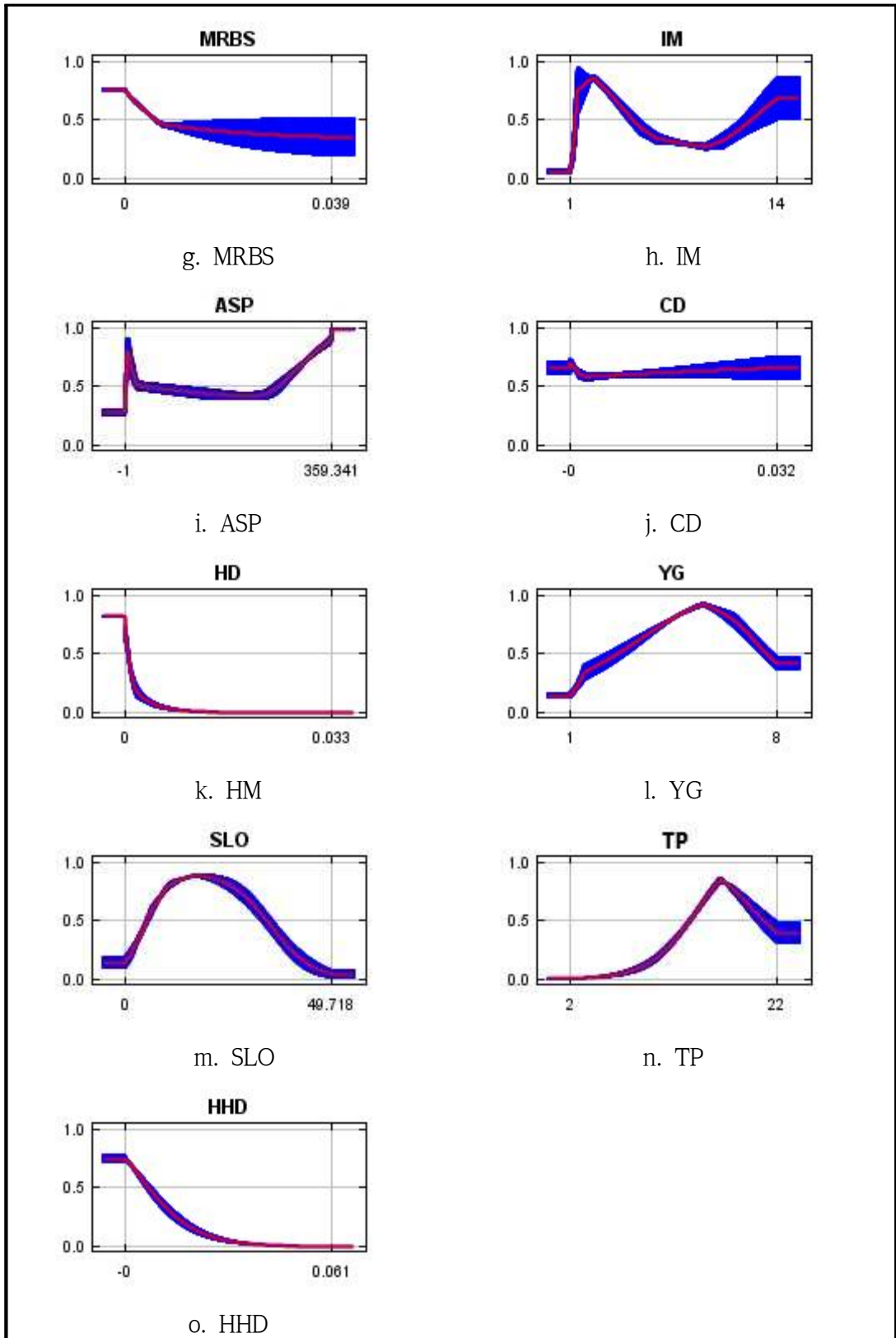


Fig. 12. Continued.

4) 서식지 예측

사슴속의 서식지 예측은 MaxEnt program으로 분석이 이루어졌으며, 조사에서 획득한 좌표를 이용하여 제주도 내 사슴속의 서식지를 예측하였다. 1:25,000 축척의 임상도에는 추자도 지역이 반영되지 않아 환경변수의 임상, 영급 데이터의 분석이 이루어지지 않았다. 추자도 지역에는 사슴속의 종이 출현하지 않았고, 제주도 본도의 서식지 예측에 영향을 미치지 않아 추자도 지역을 제외하고 분석을 수행하였다.

서식지 예측도는 Max (Maximum range, Fig. 13), Med (Median range, Fig. 14), Min (Minimum range, Fig. 15), Ave (Average, Fig. 16)의 4가지 형태로 제작하였으며, 서식지 예측값에 따라 5가지 등급으로 나누었다. 예측값이 1에 가까울수록 서식지로서 환경이 좋으며, 붉은색 지역이 1등급으로 서식지로 이용될 확률이 가장 높은 지역이다. 각각의 예측도에서 1등급과 2등급의 면적을 추출하고, 서식지로서 가능성이 낮은 3~5등급의 면적을 합산하였다. 추자도와 일부 부속 도서를 제외한 제주도 전체 면적은 1,830.51 km² 이며, 이에 비례하여 각 등급의 백분율을 계산하였다(Table 5).

Table 5. Area and percentage by *Cervus* spp. habitat Grade

Habitat Grade	Max		Med		Min		Avg	
	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)
Grade 1	54.64	2.99	31.43	1.72	14.62	0.80	29.45	1.61
Grade 2	58.79	3.21	47.10	2.57	31.08	1.70	48.54	2.65
Grade 3~5	1,717.08	93.80	1,751.98	95.71	1,784.81	97.50	1,752.52	95.74
Total	1,830.51	100.00	1,830.51	100.00	1,830.51	100.00	1,830.51	100.00

Maximum range의 사슴속 서식지 예측도에서 1등급 지역의 면적은 54.64 km²로 제주도 면적의 2.99%, 2등급 지역은 58.79 km² (3.21%), 3~5등급 지역은 1,717.08 km² (93.80%)로 예측되었다. Median range에서는 1등급 지역은 31.43 km² (1.72%), 2등급 지역은 47.10 km² (2.57%), 3~5등급 지역은 1,717.08 km² (95.71%)로 예측되었고, Minimum range에서는 1등급 지역은 14.62 km² (0.80%), 2등급 지역은 31.08 km² (1.70%), 3~5등급 지역은 1,784.81 km² (97.50%)로 예측되었다. 예측된 서식지의 평균 면적은 1등급 지역은 29.45 km² (1.61%), 2등급 지역은 48.54 km² (2.65%), 3~5등급 지역은 1,752.52 km² (94.74%)로 나타났다. 사슴속의 서식지로 예측된 장소는 한라산 중간지역으로 동쪽과 북쪽을 위주로 분포하였다.

이러한 결과로 미루어 보아 중·대형 사슴속(대륙사슴, 붉은사슴, 엘크) 종들은 한라산 북쪽의 고도 500~1,000 m 사이의 지역에서, 31~50년생 수관점유 비율이 50% 이상인 침엽수림, 활엽수림, 혼효림과 가깝고, 주거지와 습지로부터 먼 곳을 서식지로 선호하는 것으로 보이며, 이를 바탕으로 작성한 사슴속 서식지 예측도에서 평균 면적을 산출한 결과 가장 서식에 적합할 것으로 예상되는 1등급 지역의 면적은 29.45 km²로 제주도 면적의 1.61%, 2등급 지역은 48.54 km²로 제주도 면적의 2.65%로 나타났다.

지금까지 국내에서 연구된 속리산국립공원에 방사된 대륙사슴의 서식지 분석 결과를 보면, 고도는 400~500 m를 가장 선호하였고, 1,000 m 이상에서는 서식하지 않으며, 경사도는 30~35° 사이를, 사면향은 남향을 평균적으로 이용하지만, 북서향을 가장 선호하며. 도로와의 거리는 주로 100 m이내의 거리를, 수계와는 50 m 이내를 가장 선호하는 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2016). 이러한 선행연구의 결과는 이 연구를 통해 제주도에서 얻은 연구결과와 유사한 것으로 나타났는데, 이 예측도는 현재까지 조사된 사슴속 종들의 좌표를 기반으로 작성한 것이라 이번에 얻은 연구결과를 바탕으로 사슴속 종들의 분포현황을 파악하여 자료를 구축한다면 제주지역에서의 사슴류 관리방안을 마련하는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

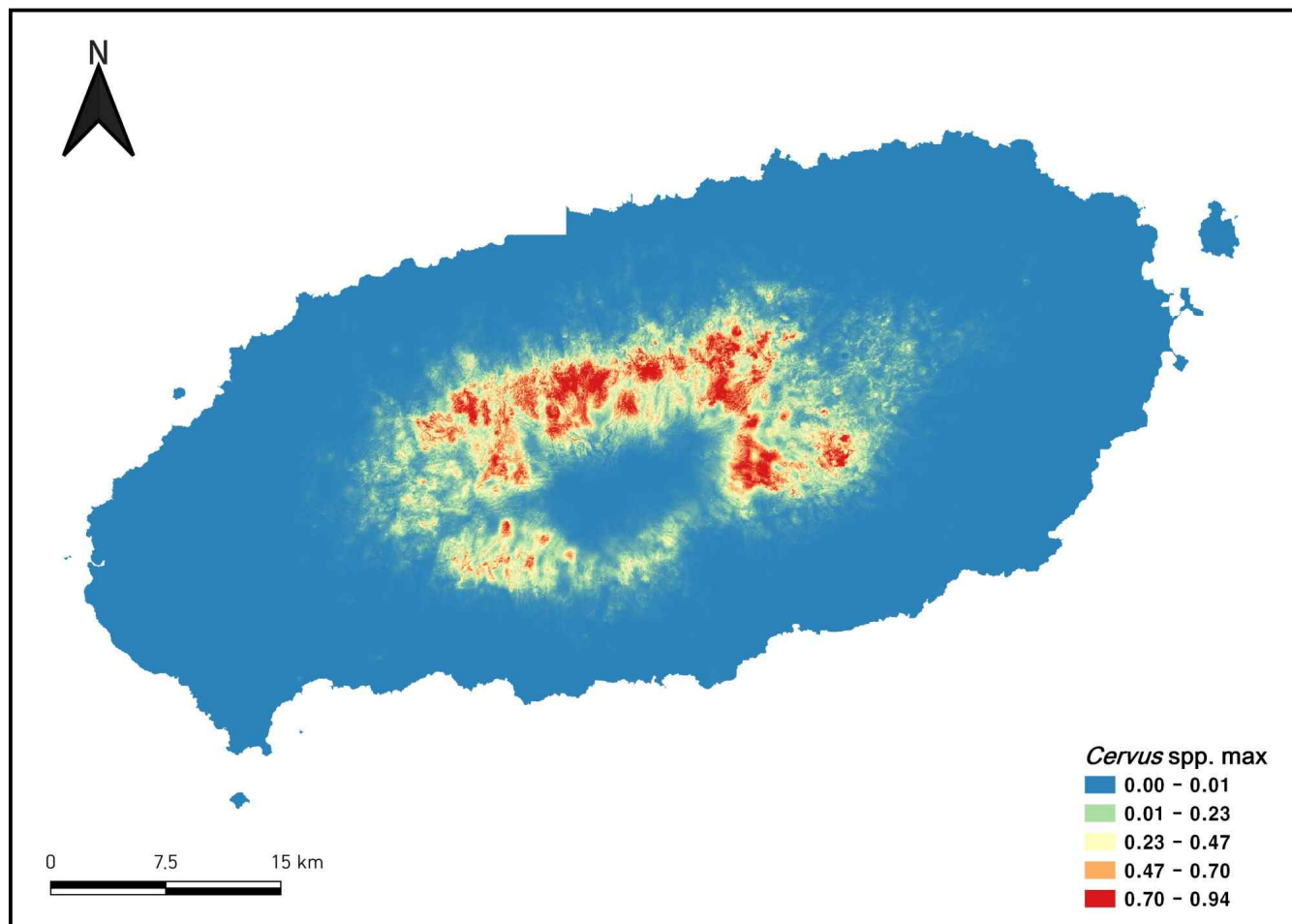


Fig. 13. The Maximum range of habitat prediction of *Cervus* spp.

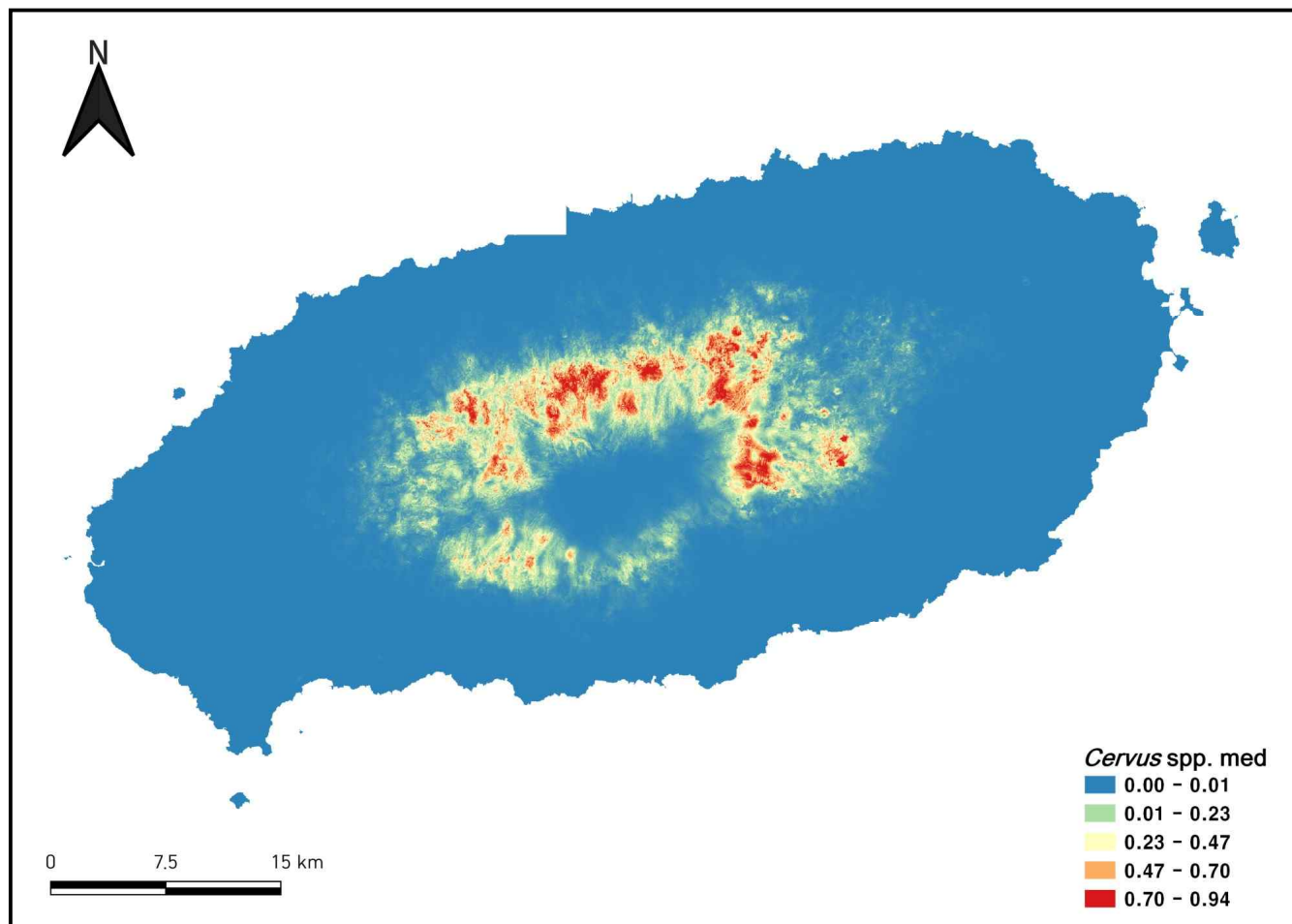


Fig. 14. The median range of habitat prediction of *Cervus* spp.

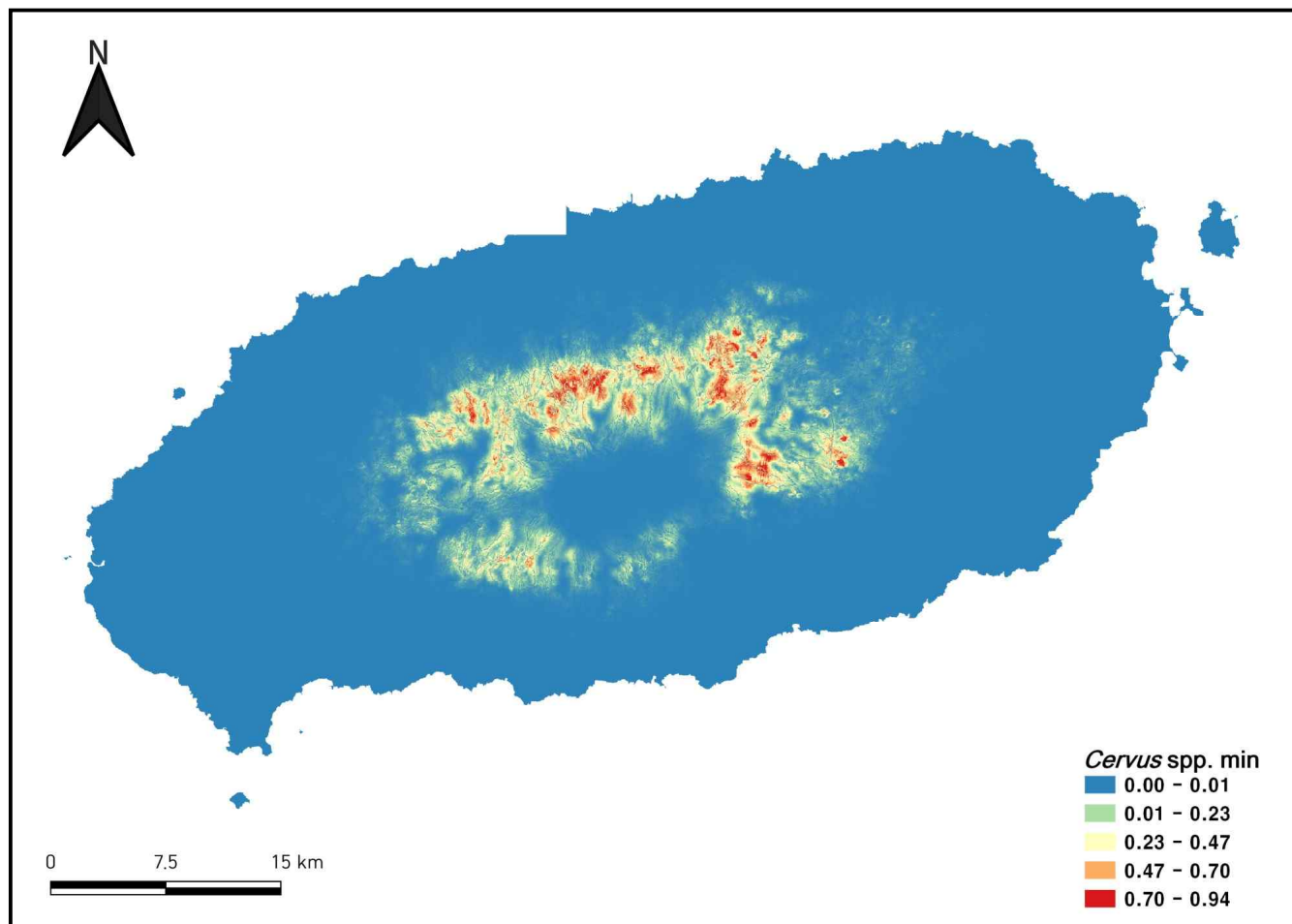


Fig. 15. The minimum range of habitat prediction of *Cervus* spp.

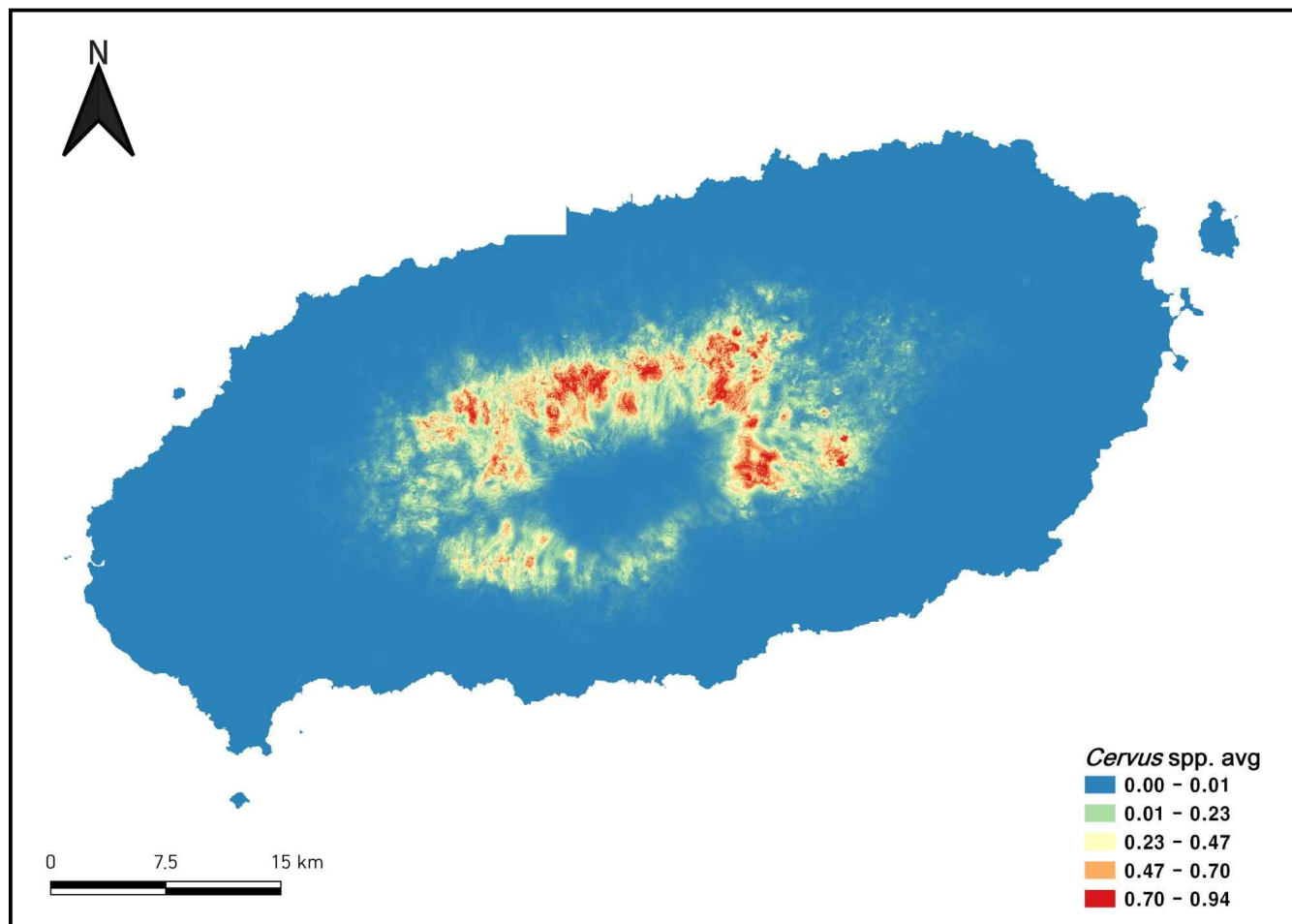


Fig. 16. The range of average habitat prediction of *Cervus* spp.

2. 멧돼지의 서식지 예측

1) 카메라 트래핑 및 현지 조사 결과

멧돼지의 출현이 보고되었거나 예상되는 지역을 중심으로 흔적 조사 위주의 현장조사를 실시하였으며, 제주시와 서귀포시에서 실시한 멧돼지 포획지점을 포함하여 총 231개 지점의 좌표를 획득하였다. 멧돼지의 분포 범위는 해안에서 한라산까지 제주도 전체에 골고루 분포하였으며, 특히 한라산 남서쪽에서 집중적으로 확인되었다(Fig. 17).

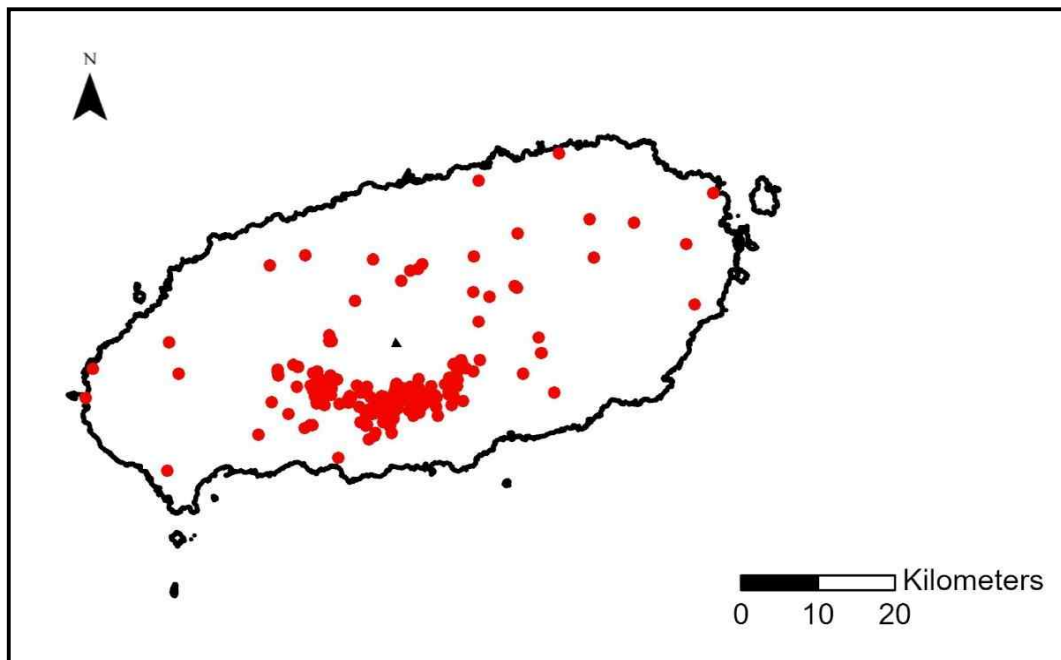


Fig. 17. Distribution Status of *Sus scrofa* in Jeju Island.

2) ROC (Receiver Operating Characteristics) 곡선

MaxEnt 모델 결과의 신뢰도 분석은 ROC (Receiver Operating Characteristics) 검증을 통해 이루어지며, ROC (Receiver Operating Characteristics) 곡선의 하부 면적 값인 AUC (Area Under the ROC Curve) 값으로 분석 결과의 정확성을 판단한다(Sung *et al.*, 2018).

본 연구에서의 AUC 값은 0.874로 적절한 수행 결과가 나왔으며(Fig. 18), 표준 편차는 0.030로 분석의 정확성이 매우 높게 나타났다. 모형의 수행능력을 나타내는 AUC 값이 0.5~0.7일 경우 좋지 않은 수행능력, 0.7~0.9는 적절한 수행능력, 0.9 이상은 높은 수행능력을 나타낸다(Franklin, 2009).

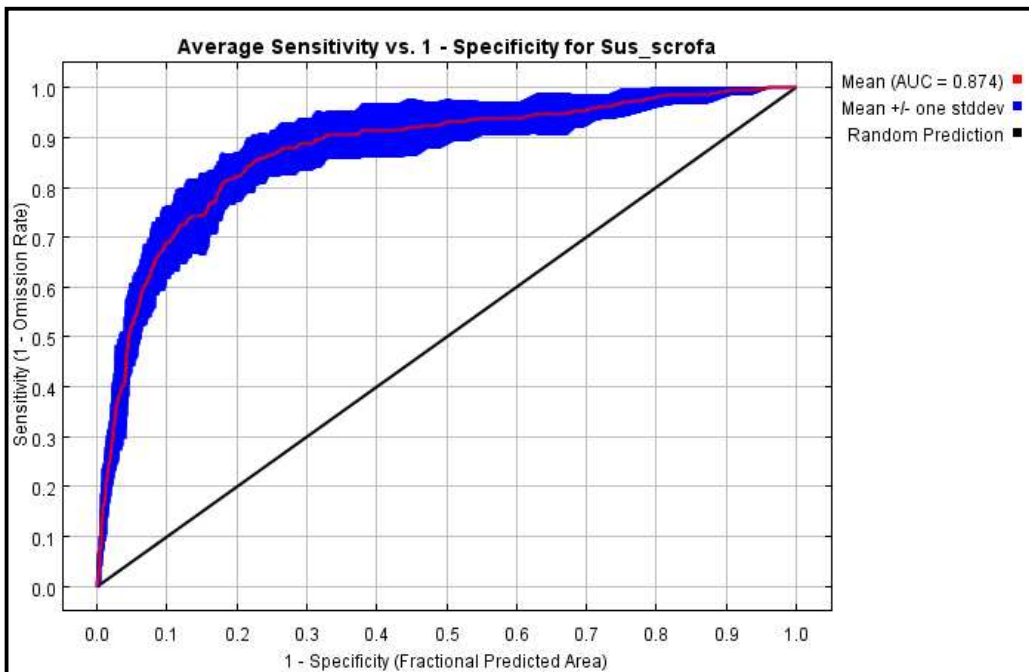


Fig. 18. ROC (Receiver Operating Characteristics) Curve of *Sus scrofa*. The AUC of the ROC curve was 0.874, which was higher than the reliability criterion of 0.7. Red line, ROC curve; blue range, standard deviation; black line, random prediction. AUC, area under cover.

3) 환경변수 기여 및 응답곡선

15개의 환경변수 전체가 사슴속의 서식지 예측에 영향을 미친 것으로 나타났으며, 기여순서 및 기여도는 고도(Elevation, 34.5%), 혼효림으로부터의 거리(Distance from mixed forest, 15.5%), 영급(Age class, 11.9%), 주거지로부터의 거리(Distance from residential area, 7.7%), 임상도(Forest type, 7.5%), 인공초지로부터의 거리(Distance from artificial grassland, 6.4%), 음영기복도(Hillshade, 5.3%), 내륙습지로부터의 거리(Distance from Inland-wetland, 2.3%), 하천으로부터의 거리(Distance from stream, 2.1%), 경사도(Slope, 1.8%), 사면향(Aspect, 1.7%), 활엽수로부터의 거리(Distance from broadleaf, 1.4%), 토지피복도(Land cover map, 1.2%), 침엽수로부터의 거리(Distance from conifer forest, 0.4%), 미립목지/비산지로부터의 거리(Distance from unstocked land/non-forest, 0.3%)의 순으로 나타났다(Table 6).

환경변수에 따른 응답곡선은 각각의 변수에 따른 MaxEnt 모형과의 상관관계를 나타낸 그래프이다(Fig. 19). 각각의 환경변수에 다른 서식지 이용확률을 살펴보면, 고도가 가장 큰 기여도를 나타내며, 고도가 0~700 m 까지 급격히 증가하나 이후 급격히 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 19a). 혼효림으로부터의 거리(Fig. 19b), 하천으로부터의 거리(Fig. 19i), 침엽수림으로부터의 거리(Fig. 19l), 활엽수림으로부터의 거리(Fig. 19n)는 가까울수록 서식 확률이 높았으며, 영급에서는 산림이 있는 지역은 대부분 선호 선호하였나 2영급(11~20년생 수관점유 비율이 50% 이상)과 5영급(41~50년생 수관점유 비율이 50% 이상)을 선호할 확률이 높았다(Fig. 19c). 주거지로부터의 거리는 300~400 m에서 가장 높았으며(Fig. 19d), 임상도에서는 리기다소나무림에서 서식확률이 가장 높았다(Fig. 19e). 인공초지로부터의 거리는 300 m에서 서식 확률이 가장 높았고(Fig. 19f), 음영기복도는 짧을수록 서식확률이 높았으며(Fig. 19g), 내륙습지로부터의 거리는 600~800 m에서 서식 확률이 가장 높았다(Fig. 19h). 경사도는 $10^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 사이에서 서식확률이 가장 높았고(Fig. 19j), 사면향은 남쪽($100^{\circ} \sim 250^{\circ}$)이 가장 높게 나타났다(Fig. 19j). 토지피복도에서의 서식확률은 혼효림, 활엽수림, 침엽수림에서 가장 높게 나타났다(Fig. 19j).

Table 6. Contribution of environmental variable to *Sus scrofa* habitat

Contribution Order	Environmental Variable (Abbreviation)	Percent Contribution(%)
1	Elevation (DEM)	34.5
2	Distance from mixed forest (HHD)	15.5
3	Age class (YG)	11.9
4	Distance from residential area (RD)	7.7
5	Forest type (IM)	7.5
6	Distance from artificial grassland (IC)	6.4
7	Hillshade (HILL)	5.3
8	Distance from Inland-wetland (NS)	2.3
9	Distance from stream (HM)	2.1
10	Slope (SLO)	1.8
11	Aspect (ASP)	1.7
12	Distance from hardwood forest (HD)	1.4
13	Land cover map (TP)	1.2
14	Distance from coniferous forest (CD)	0.4
15	Distance from unstoced land/non-forest (MRBS)	0.3

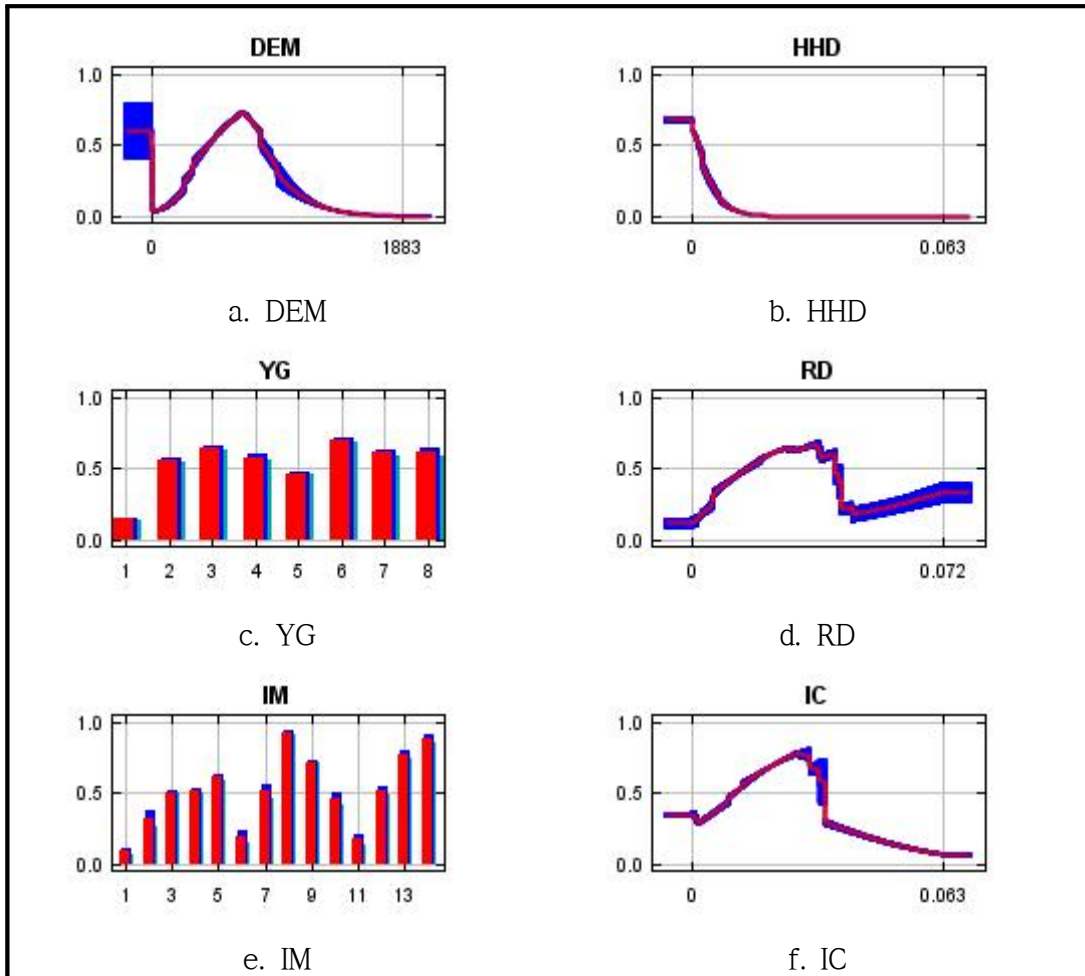


Fig. 19. Response curve of the environment variable of *Sus scrofa*.

a. DEM (Elevation); b. HHD (Distance from mixed forest); c. YG (Age class); d. RD (Distance from residential area); e. IM (Forest type); f. IC (Distance from artificial grassland); g. HILL (Hillshade); h. NS (Distance from Inland-wetland); i. HM (Distance from stream); j. SLO (Slope); k. ASP (Aspect); l. HD (Distance from hardwood forest); m. TP (Land cover map); n. CD (Distance from coniferous forest); o. MRBS (Distance from unstoced land/non-forest).

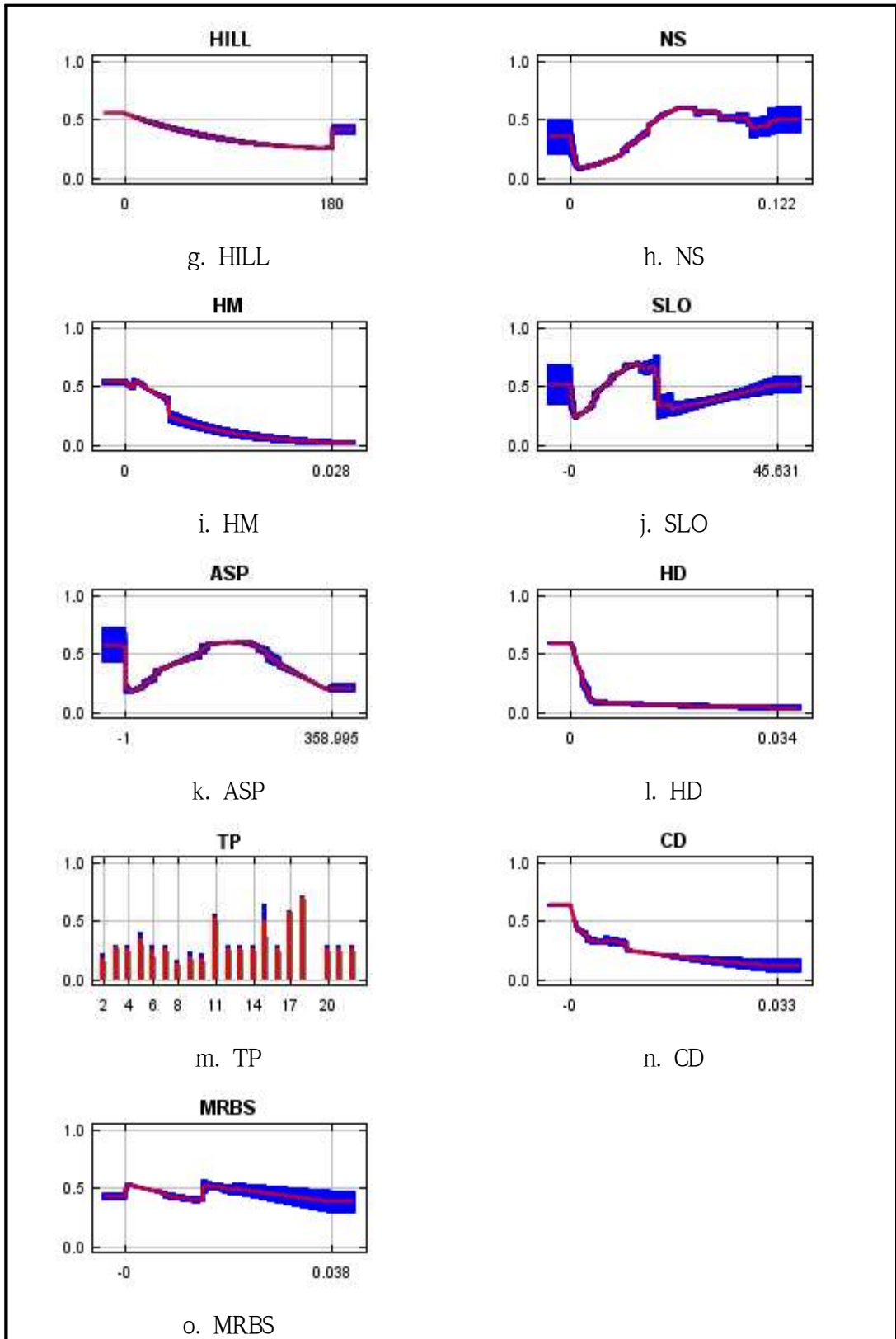


Fig. 19. Continued.

4) 서식지 예측

멧돼지의 서식지 예측은 MaxEnt program으로 분석하였으며, 멧돼지 조사로 획득한 좌표를 이용하여 제주도 내 멧돼지의 서식지를 예측하였다. 1:25,000 축척의 임상도에는 추자도 지역이 반영되지 않아 환경변수의 임상, 영급 데이터의 분석이 이루어지지 않았다. 추자도 지역에는 멧돼지가 출현하지 않았고, 제주도 본도의 서식지 예측에 영향을 미치지 않아 추자도 지역을 제외한 지역을 대상으로 분석하였다.

서식지 예측도는 Max (Maximum, Fig. 20), Median (Fig. 21), Min (Minimum, Fig. 22), Ave (Average, Fig. 23)의 4가지 형태로 제작하였으며, 서식지 예측값에 따라 5가지 등급으로 나누었다. 예측값이 1에 가까울수록 서식지로서 환경이 좋으며, 붉은색 지역이 1등급으로 서식지로 이용될 확률이 가장 높은 지역이다. 각각의 예측도에서 1등급과 2등급의 면적을 추출하고, 서식지로서 가능성이 낮은 3~5등급의 면적을 합산하였다. 추자도와 일부 부속 도서를 제외한 제주도 전체 면적은 1,830.51 km²이며, 이에 비례하여 각 등급의 백분율을 계산하였다(Table 7).

Table 7. Area and percentage by *Sus scrofa* habitat Grade

Habitat Grade	Max		Med		Min		Avg	
	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)
Grade 1	43.91	2.40	27.16	1.48	15.04	0.82	25.20	1.38
Grade 2	69.62	3.80	71.38	3.90	47.37	2.59	69.62	3.80
Grade 3~5	1,690.64	92.36	1,731.96	96.62	1,768.10	96.59	1,735.68	94.82
Total	1,830.51	100.00	1,830.51	100.00	1,830.51	100.00	1,830.51	100.00

Maximum range의 멧돼지의 서식지 예측도에서 1등급 지역의 면적은 43.91 km²로 제주도 면적의 2.40%, 2등급 지역은 69.62 km² (3.80%), 3~5등급 지역은 1,690.64 km² (92.36%)로 예측되었다. Median range에서는 1등급 지역은 27.16 km² (1.48%), 2등급 지역은 71.38 km² (3.90%), 3~5등급 지역은 1,731.96 km² (96.62%)로 예측되었고, Minimum range에서는 1등급 지역은 15.04 km² (0.82%), 2등급 지역은 47.37 km² (2.59%), 3~5등급 지역은 1,768.101 km² (96.59%)로 예측되었다. 예측된 서식지의 평균 면적은 1등급 지역은 25.20 km² (1.38%), 2등급 지역은 69.62 km² (3.80%), 3~5등급 지역은 1,735.68 km² (94.82%)로 나타났다. 서식지 예측도에서 멧돼지가 서식할 확률이 높은 1, 2등급 지역은 주로 한라산 남서쪽의 중간고도에 분포하는 것으로 나타났다.

이러한 결과로 미루어 보아 멧돼지는 주로 한라산 남쪽의 고도 500~700 m 사이의 혼효림, 활엽수림, 침엽수림, 리기다소나무림과 산림과 가까운 곳, 주거지, 인공초지, 습지와는 일정 거리 이상 떨어진 곳을 서식지로 선호하는 것으로 보인다. 이를 바탕으로 작성한 멧돼지 서식지 예측도에서 평균 면적을 산출한 결과, 가장 서식에 적합할 것으로 예상되는 1등급 지역의 면적은 25.20 km²로 제주도 면적의 1.38%, 2등급 지역은 69.62 km²로 제주도 면적의 3.80%로 나타났다.

국내에서 연구된 멧돼지 서식지 적합성 연구자료를 살펴보면, 강원도 양양군의 멧돼지 증식장과 설악산 인근의 점봉산 지역(Kim, 1998)에서는 바람이 없고 따뜻한 남향의 울창한 수림을 서식지로 선호하며, 여름철에는 완경사지의 동사면의 3등급의 상록수림을 주로 이용하고, 겨울철에는 2등급의 혼효림을 선호한다고 보고하였다. 또한 Seo and Park (2000)의 연구에서는 표고, 향, 임상, 영급이 서식환경에 영향을 미치는 환경요인으로, 중간고도 이하의 남향에서 2등급 이하의 활엽수림과 혼효림을 선호하는 것으로 보고된 바 본 연구결과와 유사한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 앞서 기술한 사슴속의 예측도와 마찬가지로 이 자료도 현재까지 조사된 멧돼지의 현지좌표를 기반으로 작성된 것이라 이 자료를 바탕으로 모니터링과 분포 현황을 파악해 나간다면 제주지역에서의 멧돼지 개체군 관리방안을 마련하는 데 유익한 자료로 널리 활용될 것이 기대된다.

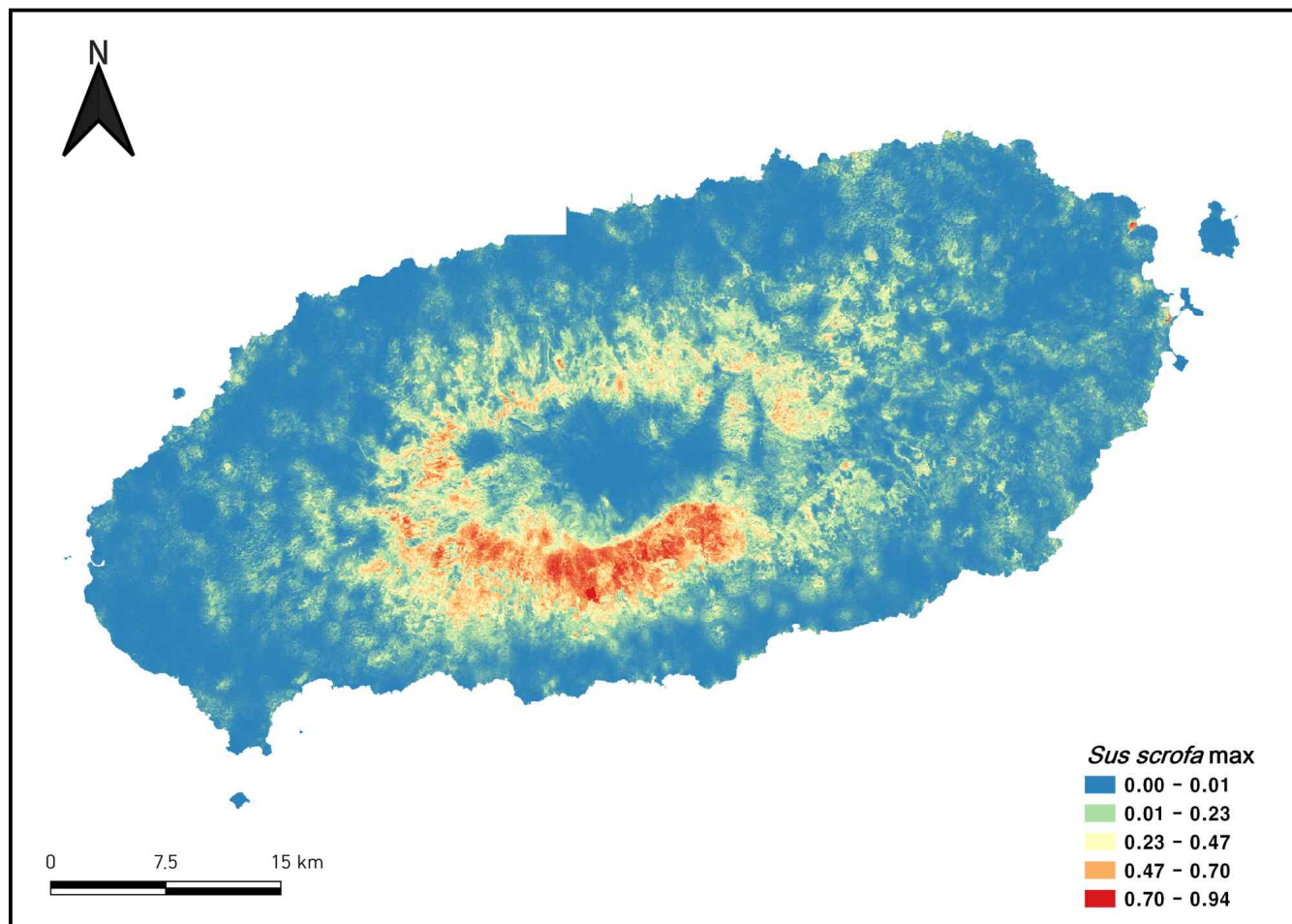


Fig. 20. The maximum range of habitat prediction of *Sus scrofa*.

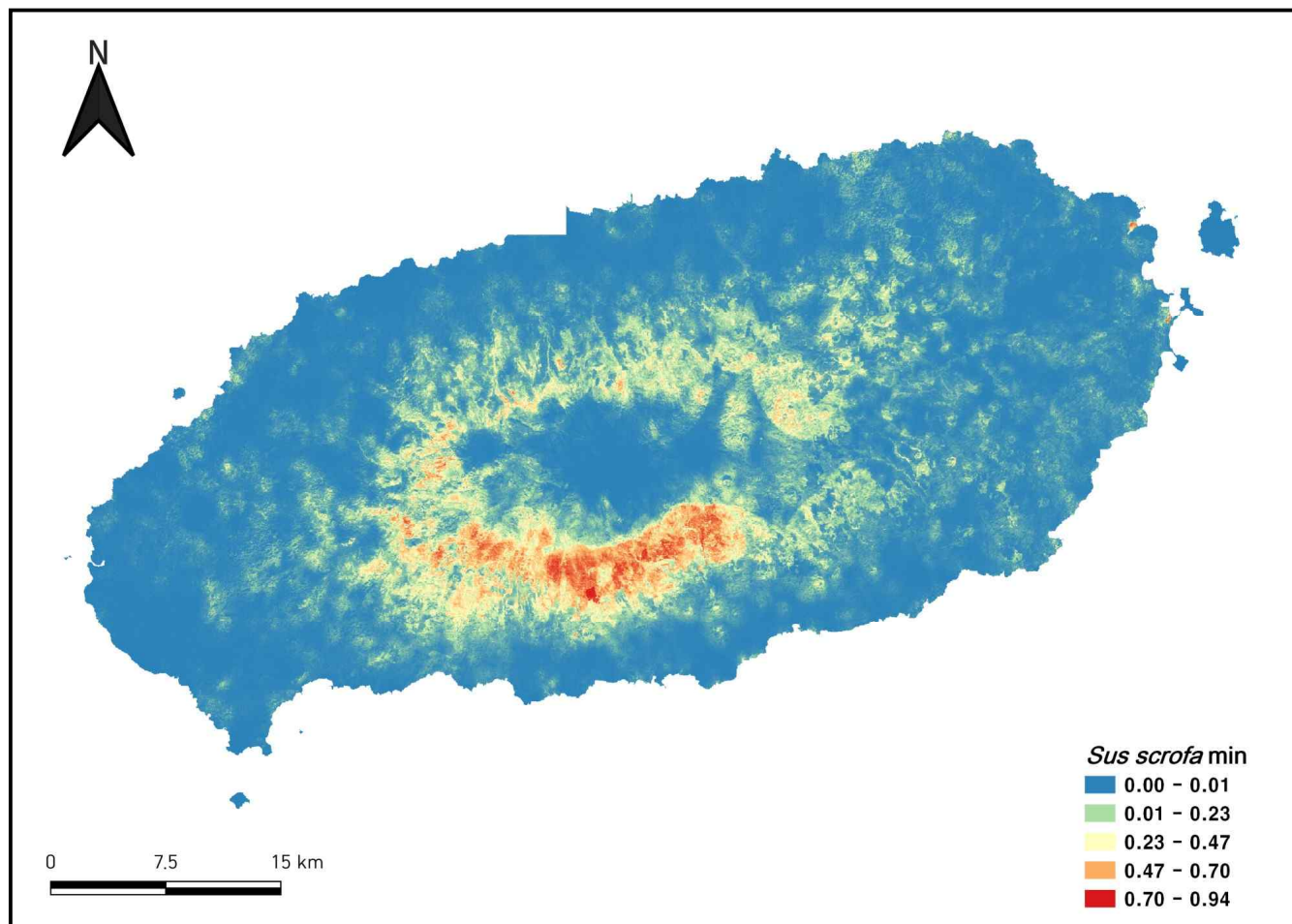


Fig. 21. The median range of habitat prediction of *Sus scrofa*.

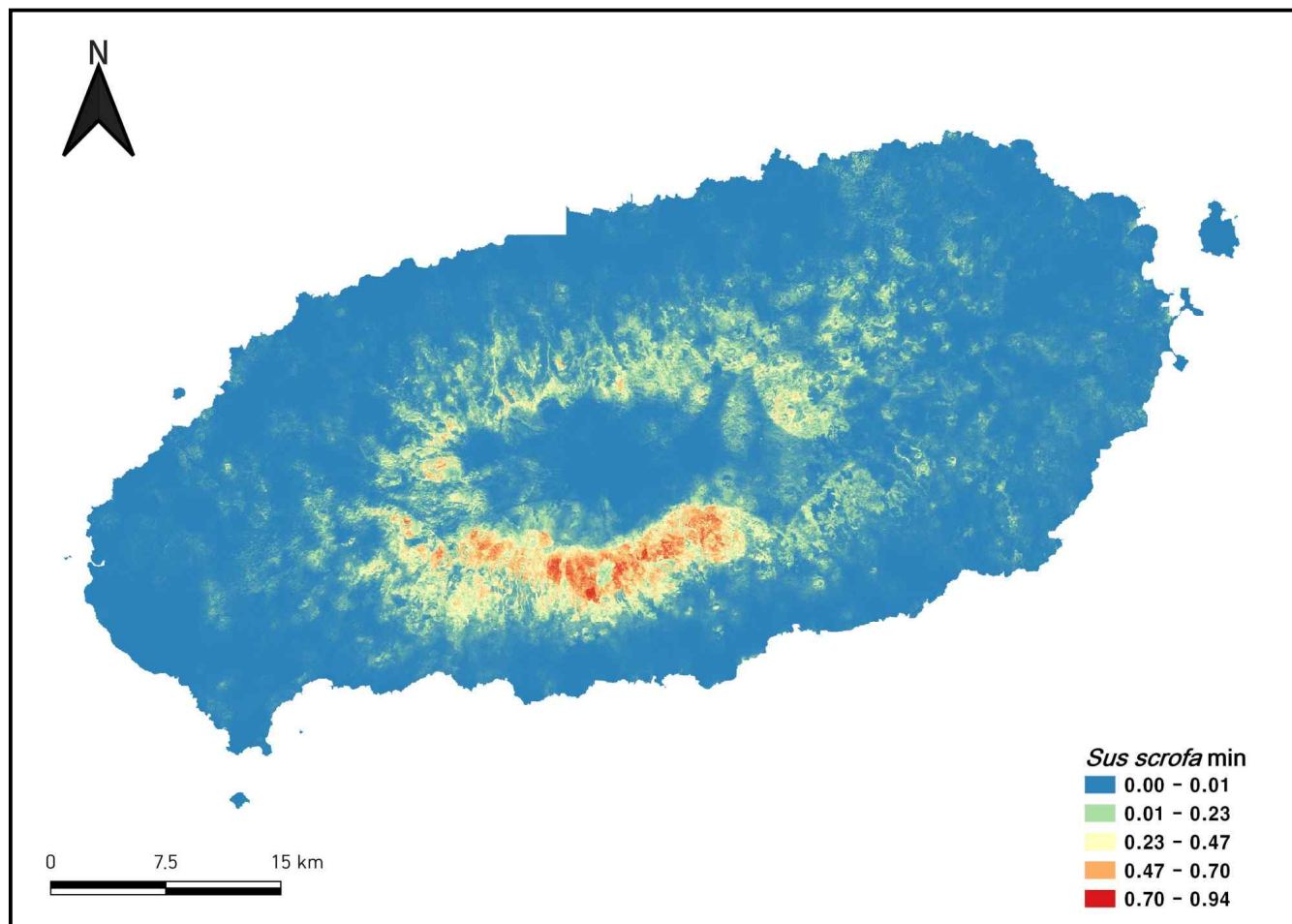


Fig. 22. The minimum range of habitat prediction of *Sus scrofa*.

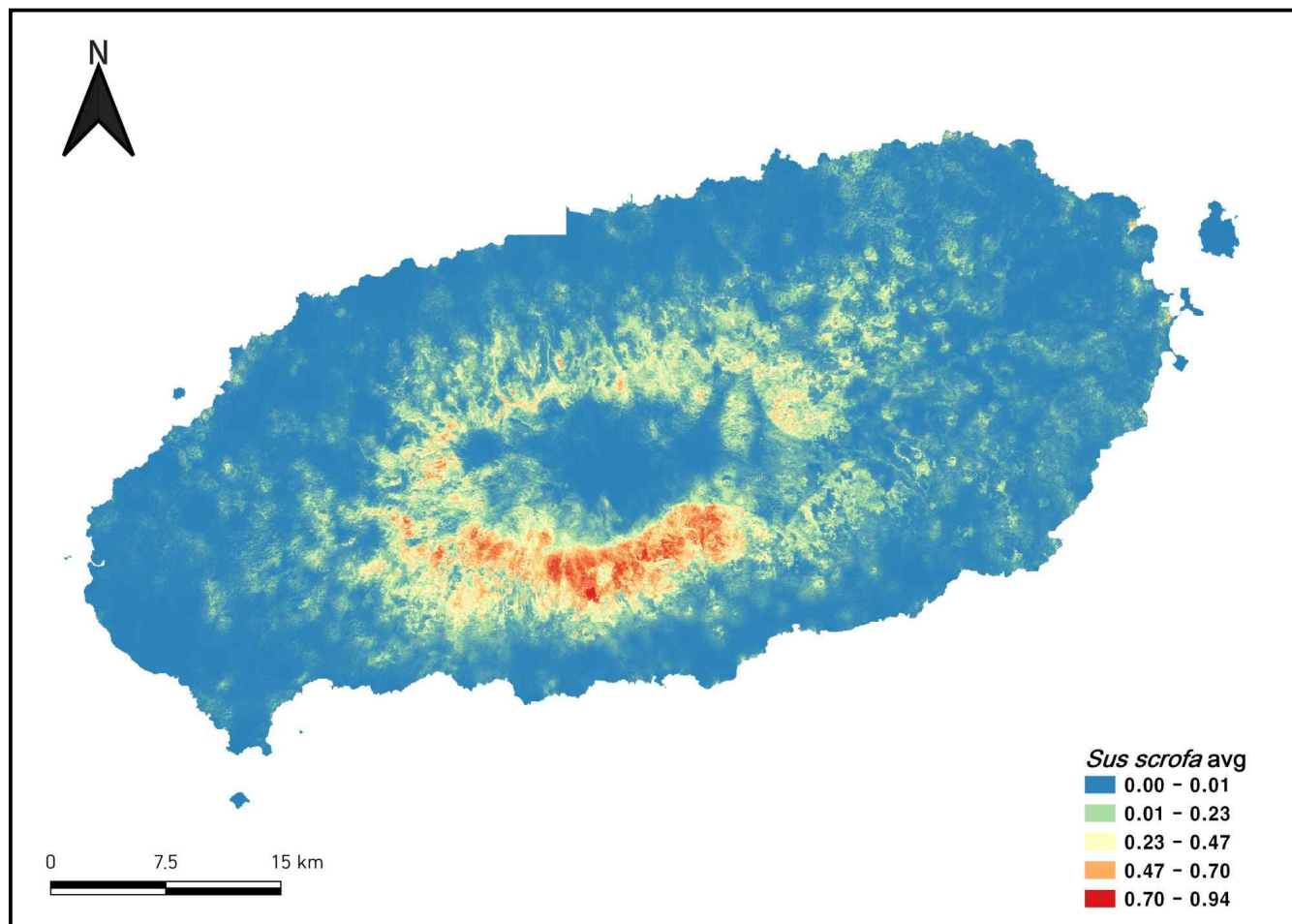


Fig. 23. The range of average habitat prediction of *Sus scrofa*.

IV. 제언

섬은 독특한 생물다양성을 보유하고 있는 생태계로 희귀생물들이 많이 서식하고 있으나, 섬 생물다양성은 외래종의 유입, 서식지 변화, 기후변화와 오염으로 인해 급속하게 변하고 있다(Hong, 2014). 도서 지역에 서식하는 대부분의 동물들은 포식자가 없는 환경에 적응하여 회피 능력이 저하된 경우가 많으며, 내륙에 서식하는 동물에 비해 번식능력이 떨어져 다른 종과의 경쟁에 불리하게 작용한다. 또한, 강력한 육식동물이 외래종으로 도입되어 섬 고유종이 생존의 위협을 받는 경우도 발생하며, 외래의 병원체와 기생충의 침입으로 생물이 절멸하는 상황도 발생한다(Jeju Environmental Technology Development Center, 2006).

전 세계적으로 생물다양성이 위협받고 있으나, 대륙보다는 섬과 그 연안에서 훨씬 더 많은 생물 종들이 멸종하고 있으며, 멸종 이유 중 가장 대표적인 것은 외래종의 유입이다(Whittaker, 1998; Hong, 2014). 시간이 지남에 따라 외래종이 섬 생태계에 미치는 영향은 더욱 증가할 것으로 예상되어, 섬에서의 외래종 유입과 침입·확산 발생, 현황 파악 및 외래종 유입에 따른 영향 등을 포함한 모든 지표들을 지속적으로 수집하고 관리해야 한다(Russell *et al.*, 2017).

지금까지 국내에서 외래종의 관리는 지역별 특성과 외래생물의 생태적 특성 등을 고려하지 않은 일률적인 모니터링 기법을 적용하여 기존에 유입된 외래생물 제거사업 및 단속과 같은 사후대응으로 일관되었다. 또한, 생태계교란 생물 퇴치작업은 지역별 지방환경청에서 직접 사업으로 추진하였으나, 전담 관리인력의 부족, 지역의 세부 특성 파악 미흡, 사업대상 지역의 지자체와의 협력 미흡 등 많은 한계점이 있었다(Ministry of Environment, 2019b).

제주도는 2002년 유네스코(United Nations Education Scientific Cultural Organization, UNESCO) ‘생물권보전지역(Biosphere Reserve)’으로 지정된 독특하고 다양한 생물종이 서식하는 섬으로 외래생물이 섬 생태계로 유입되는 등의 환경 변화로 인해 고유 생물종이 멸종될 위기에 처할 가능성이 매우 높다(Vitousek, 1988; Tershy *et al.*, 2015; Bellard *et al.*, 2016). 외래종의 확산으로 인

한 생태적 영향이 큰 섬과 생태경관보전지역 등에서는 즉각적 관리계획을 수립하여 시행하는 적극적인 대응이 필요하다(Lee *et al.*, 2016). 따라서, 외래종 이입에 따른 적절한 관리방안의 수립이 필요하며, 제주지역에 이입되어 서식하는 사슴속 및 멧돼지와 같은 외래종을 효과적으로 관리할 수 있는 몇 가지 방안을 제시하고자 한다.

이입된 외래종의 저감 또는 박멸을 위해서는 적극적인 포획이 필요하며, 이를 위해 전문인력을 활용한 사냥, 포획 트랩의 설치 등의 방법을 활용할 수 있다. 제주도에 멧돼지와 사슴속 종의 천적이 존재하지 않아 번식이 성공적으로 이루어지면 개체수가 급격히 증가할 것이 예상된다. 멧돼지의 경우 이미 개체수가 크게 증가하여 농작물 피해, 서식지 파괴, 인명피해 등 여러 피해를 일으키고 있으며, 아프리카돼지열병 등 전염병의 원인이 될 수 있다. 이에 제주도 지방정부는 멧돼지를 유해야생동물로 지정하여 적극적으로 포획하고 있으며, 매년 포획 개체수가 증가하고 있다(Table 8). 포획 트랩을 설치할 경우 멧돼지의 서식지 예측도를 활용하여 서식할 확률이 높은 곳을 위주로 설치할 수 있으며, 포획된 개체에는 GPS 발신기를 설치하여 더 많은 자료를 확보할 수 있다.

Table 8. The number of captured *Sus scrofa* in Jeju Island(2015-2022)

Year	No. of captured
2015	34
2016	54
2017	108
2018	91
2019	248
2020	253
2021	230
2022.9	210

사슴속의 경우 개체수가 점점 증가하고 있으나, 아직 폭발적인 증가가 이루어 지지는 않은 것으로 나타났으나 현재 어린 개체들이 여러 지역에서 관찰되고 있고, 산림피해가 발생하고 있어 한라산에서는 정착 단계에 있다고 판단할 수 있다. 천적이 없어 개체군의 증가는 가속화 할 수 있어 현 단계에서 목표설정과 함께 관리의 방향성을 설정하여 사슴속에 대한 다양한 연구가 이루어져야 할 것이다. 사슴속 종의 개체수 증가는 서식지가 유사한 토착종인 노루의 생존에 위협이 될 수 있고, 서식지로 주로 이용되는 한라산 천연보호구역의 식생을 훼손할 수 있다. 사슴속 관리의 방법으로는 사냥에 의한 개체수 조절, 포획 트랩을 활용한 생포, 울타리 등을 이용한 지리적 격리 등이 있으나, 포획과 사냥 위주의 도구로 전락되어서는 안 될 것이다. 이입된 외래종의 개체군 현황과 생태적 특성에 대한 연구는 효율적인 관리를 위해 필요한 일이다. 따라서 제주도에 이입된 대륙사슴은 원서식지와 다른 지역에 서식하는 외래종으로 방사된 개체군이 제주도의 환경에서 어떻게 개체군이 성장할 것인지 모니터링은 이루어져야 할 것이다. 관련 연구를 위해 포획된 개체에 GPS 발신기 부착하여 재방사하여 생태적인 자료를 구축하거나 제주도에서 운영되고 있는 노루생태관찰원과 같은 시설이나, 목장, 오름 등에 울타리를 설치후 방사하여 연구와 동시에 생태관광자원으로 활용할 수 있는 방안도 모색할 필요가 있다.

V. 적요

본 연구는 2018년 10월부터 2021년 5월까지 한라산국립공원을 비롯한 제주도 전역에 대한 현장조사를 수행하여 외래종 사슴속과 멧돼지의 분포현황을 조사하고, 이를 통하여 향후 서식 가능한 서식지를 예측하여 외래종 관리에 활용하기 위해 이루어졌다.

중·대형 사슴속(대륙사슴, 붉은사슴, 엘크)의 출현이 보고되었거나 예상되는 지역을 중심으로 무인카메라를 이용한 카메라 트래핑과 흔적 위주의 현장조사를 실시하였으며, 중복된 지점을 제외한 84개 지점의 좌표를 획득하였다. 사슴속의 분포 범위는 한라산국립공원의 동서부 지역으로, 고도 550 m에서 1,100 m 사이에 주로 분포하는 것으로 확인되었다. 이 자료를 MaxEnt로 분석한 결과 중·대형 사슴속이 서식할 것으로 예상되는 지역은 해발 400-1,800 m의 한라산 중간지역으로 주로 동쪽과 북쪽을 위주로 분포하였다. 사슴속의 서식에 영향을 미치는 환경요인 중에서 고도가 가장 크게 기여하였으며, 인공초지와 가까울수록 서식확률이 높은 것으로 분석되었다. 또한, 내륙습지, 하천, 비산지와와의 거리가 가까울수록 서식확률은 높아졌으며, 주거지와 멀수록, 음영기복도가 높아질수록 서식확률이 높아지는 것으로 분석되었다.

멧돼지의 출현이 보고되었거나 예상되는 지역을 중심으로 흔적 조사 위주의 현장조사를 실시하였으며, 과거 멧돼지의 출현이 보고되었던 지점을 포함하여 총 231개 지점의 좌표를 획득하였다. 멧돼지의 분포 범위는 해안에서 한라산까지 제주도 전체에 골고루 분포하였다. 이 자료를 MaxEnt로 분석한 결과 멧돼지가 서식할 것으로 예상되는 지역은 일부 해안지역이 포함되지만 대부분 한라산 중간 고도 지역의 남쪽에 분포하였다. 멧돼지의 서식에 영향을 미치는 환경요인 중에서 고도가 가장 크게 기여하였고, 고도가 0 ~700 m까지 급격히 증가한 이후 감소하는 것으로 나타났다. 혼효림으로부터의 거리, 하천으로부터의 거리, 침엽수림으로부터의 거리, 활엽수림으로부터의 거리가 가까울수록 서식 확률이 높았으며, 서식지 내 가장 많이 발견되는 임상은 리기다소나무림이다.

섬은 독특한 생물다양성을 보유하고 있는 생태계로 희귀생물들이 많이 서식하고 있으나, 100여 년간 섬 생물다양성은 서식지 변화, 외래종의 유입, 기후변화와 오염으로 인해 급속하게 변하고 있다. 여러 원인으로 인해 내륙보다는 도서지역과 그 연안에서 훨씬 더 많은 생물 종들이 멸종하고 있으며, 멸종 이유 중 가장 대표적인 것은 외래종의 유입이다.

멧돼지와 중·대형 사슴속(대륙사슴, 붉은사슴, 엘크)의 경우 제주도 내부에는 천적이 존재하지 않아 번식이 성공적으로 이루어질 경우, 개체수가 급격히 증가할 것으로 판단된다. 이러한 종들의 증가는 농작물 피해, 서식지 파괴, 경쟁종의 감소 등 여러 피해를 일으킬 수 있고, 아프리카돼지열병 등 전염병의 원인이 될 수 있다.

현재 제주도에서는 멧돼지 포획을 위해 노력하고 있으며, 이에 매년 포획 개체수가 증가하고 있다. 노루를 제외한 사슴속 또한 적극적인 관리를 할 필요성이 있으며, 본 연구 결과는 제주도에 이입된 외래 포유류를 관리하는 데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

VI. 참고문헌

- Abe, E., N. Ishii, Y. Kaneko, K. Maeda and M. Yoneda. 1994. Mammals of Japan. Tokai University Press. 279 Pp. (in Japanese)
- Banjade, M. 2021. Ecology and Genetic Identification of Alien Cervid in Jeju Island, South Korea. JEJU NATIONAL UNIVERSITY. Doctoral dissertation.
- Banjade, M., S. M. Park, P. Adhikari, S. H. Han, Y. H. Jeong, J. H. Lee, S. H. Choi, H. A. Nguyen and H. S. Oh. 2022. Molecular Evidence Reveals the Sympatric Distribution of *Cervus nippon yakushimae* and *Cervus nippon taiouanus* on Jeju Island, South Korea. *Animals*, 12(8): 998-1009.
- Bellard, C., P. Cassey and T. M. Blackburn. 2016. Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology letters*, 12(2): 20150623.
- Dolman, P. M. and K. Wäber. 2008. Ecosystem and competition impacts of introduced deer. *Wildlife Research*, 35(3): 202-214.
- Feldhamer, G. A. and S. Demarais. 2009. Free-ranging and confined sika deer in North America: Current status, biology and management. *Sika deer*, Springer, Tokyo, Japan, Pp. 615-641.
- Franklin, J. 2009. Mapping species distributions: Spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 320 Pp.
- Choi, T. Y. and H. M. Choi. 2007. Encyclopedia of traces of wild animals. Dolbegae, Paju, Republic of Korea, 303 Pp. (in Korean)
- Han, S. H., J. G. Oh, I. C. Jo, M. S. Ko, T. W. Kim, M. H. Jang, B. S. Kim, S. G. Park, H. S. Oh. 2011. Molecular genetic analysis of an introduced wild boar inhabiting Mt. Halla in Jeju Island. *Journal of the Korean Society of Environmental Ecology*, 25(5), 658-665. (in Korean with English abstract)
- Hemami, M. R., A. R. Watkinson and P. M. Dolman. 2004. Habitat selection by sympatric muntjac (*Muntiacus reevesi*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) in

- a lowland commercial pine forest. *Forest Ecology and Management*, 194: 49–60.
- Hwang, B. Y., B. N. Lee, T. H. Kim, J. H. Lee, Y. H. Kim and G. Jeong. 2014. Phylogenetic analysis of sika deer (*Cervus nippon*) in Songnisan National Park using mitochondrial genetic markers. *Journal of National Park Research*, 5(2): 47-53.
- IUCN. 2013. *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations*.
- Jeju-do and Hallasan Ecological and Cultural Research Institute. 2006. *General Book of Hallasan X. List of animals and Plants in Mount Halla*. Gak, Jeju, Korea, 349 Pp. (in Korean)
- Jeju-do. 1989. *Report on Academic Survey of Bilemot Cave*. Jeju National University College of Education Science Education Research Institute. (in Korean)
- Jeju Environmental Technology Development Center. 2006. *A study on the distribution status and management plan of exotic animals that harm the ecosystem in Jeju*. 412 Pp. (in Korean)
- Jin, J. H. and S. K. Chough. 1998. Partitioning of transgressive deposits in the SE Yellow Sea: a sequence stratigraphic interpretation. *Marine Geology*, 149: 79-92.
- Jin, K. J. 2013. *The analytical study for sika deer' s behaviour pattern and characteristics of their habitats through monitoring the sika deer released at the urban forests in South Korea*. *Korean Journal of Environmental Biology*, 31: 322–332.
- Jo, H. J., 2015. *Potential Habitat Analysis and Preservation guide lines for Korean endangered raptorial by applying Species Distribution Model, MaxEnt : Focused on Goshawk, Eagleowl, Tawnyowl*. Chonbuk National University Doctoral Thesis, Ph. D. dissertation, Graduate School of Jeonbuk National University, Jeonju.
- Jo, Y. S., T. W. Kim, B. J. Choi and H. S. Oh. 2012. Current status of terrestrial mammals on Jeju Island. *Journal of Species Research*, 1: 249-256.

- Jones, J. K. and D. H. Johnson. 1955. A new reed vole, genus *Microtus*, from central Korea. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 68: 193-195.
- Jung. 1999. A Study on the standard specification of flower deer.
- Jung, K. H. and H. J Yang. 1999. A Study on the Vertebrate Fauna and Speciation of Jeju Island and Ulleung Island. *Journal of Basic Science*, Kyonggi University, 12: 189-200.
- Kang, M. C. 2005. Genetic Analysis of Mitochondrial DNA from the Bones of *Cervus* spp. Excavated from Archaeological Sites on Jeju Island, Korea. Masters dissertation, Graduate School of Jeju University, Jeju.
- Kang, T. J. 2006. Climatic characteristics of Hallasan Natural Reserve. Academic research report on Mt. Hallasan Natural Reserve. Jeju Self-Governing Province Hallasan Research Institute, Pp. 33-42.
- Kang, Y. H, J. H. Moon, M. J. Ahn, M. B. Bang and T. K. Shin. 2014. A study of animal bones excavated from the shell mound of Jeju Jongdali 1819 archaeological site. *Korean J Vet Res.*, 54(1): 13~19
- Kamgaing, T. O. W., Z. C. B. Dzefack and H. Yasuoka. 2019. Declining ungulate population in an African Rainforest: Evidence from local knowledge, ecological survey and bushmeat records. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7: 249.
- Korea Institute of Geology, Mining and Materials. 1992. Marine Geological Study of the Continental Shelf off Taechon, West Coast, Korea. KIGAM Technical Report KR-92e3B. Daejeon, Korea. 151 Pp. (in Korean)
- Kigam Institute of Geology, Mining and Materials. 1993. Marine Geological Study of the Continental Shelf off Kunsan, Korea. KIGAM Technical Report KR-93e5A. Daejeon, Korea. 261 Pp. (in Korean).
- Kim, D. A. and B. T. Shin. 1989. Guidebook of feeding and management. Korea Feed Association. (in Korean)
- Kim, G. C., Y. H. Lee, D. H. Jung, K. Y. Kim, Y. H. Kim, H. S. Han, J. I. Son,

- J. H. Lee, H. U. Lee, S. G. Cho and C. U. Cho. 2016. Home range and behavioral characteristics of released the sika deer(*Cervus nippon*) by using GPS collar in Songnisan National Park. *Korean Journal of Environmental Ecology*, 30(6): 962-969. (in Korean with English abstract)
- Kim, G. R. and H. O. Oh. 2017. Biological Characteristics and Current Status of Nutria (*Myocastor coypus*) Introduced in Jeju Island. *J. Environ. Impact Assess*, 26(1): 1~10. (in Korean with English Abstract)
- Kim, H. R., C. H. Kang and T. K. Shin. 2002. Comparative anatomical observation of animal bone relics excavated from Jongdal-ri Shell Mound Site 4, Jeju Island. *Journal of the Korean Veterinary Society*, 42(3): 309-320.
- Kim, J. H. 2003. Genetic Analysis of the Mitochondrial DNA of Animal Bones Excavated from Archaeological Sites in Jeju. Korea. Korea. Masters dissertation, Graduate School of Jeju University, Jeju. 42 Pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, T. W. 2016. A Study on Biological Traits of small mammals (Soricidae) on Jeju Island - Focused on Asian lesser white-toothed shrew *Crocidura shantungensis* and Laxmann's shrew *Sorex caecutiens*. Ph. D. Dissertation, Graduate School of Jeju National University, Jeju. Korea. 91 Pp. (in Korean with English Abstract)
- Kim, W. J., C. H. Park and W. M. Kim. 1998. Development of Habitat Suitability Analysis Models for Wild Boar(*Sus Scrofa*) : A Case Study of Mt. Sulak and Mt. Jumbong. *The journal of geographic information system association of Korea*. 6(2): 247~256. (in Korean with English abstract)
- Koh, H. S., B. K. Yang, B. K. Lee, K. H. Jang, S. T. In, J. H. Lee and K. Seon. 2010. Species identification of the sika deer, in deer farms from Northeastern China, North Korea, and Korea, revealed by the sequencing of mitochondrial DNA CytB gene. *Bulletin of Natural Science*, 24: 7-11.
- Kong, G. S., S. C. Park, H. C. Han, J. H. Chang and A. Mackensen. 2006. Late Quaternary paleoenvironmental changes in the southeastern Yellow Sea, Korea.

- Quaternary International, 144: 38-52.
- Korea Deer Breeders Association. <http://www.koreadeer.or.kr/>. (in Korean).
- Korea national park service. press release (2012. 3. 22) [http:// www.kknps.or.kr/](http://www.kknps.or.kr/). (in Korean)
- Kwon, H. S., C. W. Seo and C. H. Park. 2012. Development of Species Distribution Models and Evaluation of Species Richness in Jirisan region. Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, 20(3): 11~18.
- Lee, C. 1995. Archaeological Study of Cheju Island from 1000 B.C. to A.D. 1000. In: Jeju Island Archaeological Studies. Hakyoun Cultural Publishing, Seoul, Korea. Pp. 368- 370.
- Lee, D. H., Y. C. Kim, M. H. Jang, S. H. Kim, D. E. Kim and J. H. Gil. 2016. Current Status and Management of Alien Turtles in Korea. J. Environ. Impact Assess, 25(5): 319~332.
- Lee, Y. G. 2005. Post-Last Glacial Sea-Level Change and Time-Averaging appeared from the Molluscan Thanatocoenoses in the Southern Sea of Korea. Journal of the Korean Society of Earth Sciences, 26: 541-550.
- Liu, J. P., J. D. Milliman, S. Gao and P. Cheng. 2004. Holocene development of the Yellow River's subaqueous delta, north Yellow Sea. Marine Geology, 209: 45-67.
- Marques, F. F. C., S. T. Buckland, D. Goffin, C. E. Dixon, D. L. Borchers, B. A. Mayle and A. J. Peace. 2001. Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in southern Scotland. Journal of Applied Ecology, 38(2): 349-363.
- McCullough, D. R. 2009. Sika deer in Korea and Vietnam In: McCullough DR, Kaji K, Takatsuki S (eds) sika deer. Biology and management of native and introduced populations, Pp. 541-548.
- Ministry of Environment. 2019b. The 2nd Alien Species Management Plan (2019-2023). 77Pp.
- Mori, T. 1928a. A study on the isolation period of Qulpart Island-Tsushima based on

- the zoogeographical distribution. The Chosen Bull, Seoul. Jan.: 14-25. (in Japanese)
- Mori, T. 1928b. Introduction of terrestrial mammals on Jeju. Korean Education, 10: 55-60. (in Japanese)
- Mori, T. 1938. On some small mammals from the island Utsuryo, Chosen (II). Journal of Chosen Natural History, 23: 16-18 (in Japanese).
- Nunez, M. A., J. K. Bailey and J. A. Schweitzer. 2010. Population, community and ecosystem effects of exotic herbivores : A growing global concern. Biological Invasions, 12: 297-301.
- Oh, H. S. 2006. Mammals in the Hallasan Natural Reserve. Academic research report on Mt. Hallasan Natural Reserve. Jeju Self-Governing Province Hallasan Research Institute, Pp. 139-153.
- Oh, H. S., M. H. Jang and B. S. Kim. 2007. Current status of mammals in Hallasan National Park. Kor. J. Env. Eco., 21(3): 235-242.
- Oh, H. S. and H. S. Park. 1994. Animals of Mt. Halla. Jeju Island, Pp. 103-111.
- Park, Y. S., W. S. Lee, J. T. Kim and H. S. Oh. 2011. Morphological examination of the Siberian roe deer *Capreolus pygargus* in South Korea. Journal of Animal and Veterinary Advances, 10: 2847-2878.
- Park, S. G., Y. K. Kim, T. W. Kim, J. H. Park, P. Adhikari, G. R. Kim, Park S. M., J. W. Lee, S. H. Han and Oh H. S. 2015. A study on the distribution of bats(Chiroptera) in Jeju Island. Korean J. Environ. Biol., 33(4): 394~402
- Park, H. S. 1985. Report on Academic Investigation of Hallasan Natural Reserve. Jeju Island, Pp. 82-87.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions. Ecol Modell., 190: 231-259.
- Putman, R. J. and N. P. Moore. 1998. Impact of deer in lowland Britain on agriculture, forestry and conservation habitats. Mammal Review, 28: 141-163.
- Ratcliffe, P. 1987. Distribution and current status of sika deer, *Cervus nippon* in Great Britain. Mammalian Review, 17: 39-58.

- Robb, B. 2001. The ultimate guide to elk hunting: Forty years of Elk Hunting Lesson. Pp. 1-128.
- Scott, J. M, P. J. Heglund, M. L. Morrison, J. B. Hauger, M. G. Raphael, W. A. Wall and F. B. Samson. 2002, Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale, Island Press, 868 Pp.
- Senn, H. V. and J. M. Pemberton. 2009. Variable extent of hybridization between invasive sika (*C. nippon*) and native red deer (*C. elaphus*) in a small geographical area. *Molecular Ecology*, 18: 862–876.
- Seo, C. W. and C. H. Park. 2000. Wild Boar (*Sus scrofa corranus* Heude) Habitat Modeling Using GIS and Logistic Regression. *The journal of geographic information system association of Korea*. 8(1): 85~99. (in Korean with English Abstract)
- Seo, C. W., Y. R. Park and Y. S. Choi. 2008. Comparison of Species Distribution Models According to Location Data. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, 16(4): 59~64.
- Shin, T. K., S. H. Kim, K. C. Yang, J. H. Ko, B. M. Lee, S. J. Ahn, S. U. Jin and E. M. Ko. 1992. Anatomical study of animal bones excavated from the Gwakji site in Jeju. *Ancient Culture*, 38: 31-42.
- Shin, T. K., J. W. Jin and C. S. Lee. 1996. Archaeological study of animal bones excavated from Cheju Kimnyungri cave site. *Korean J Vet Resy*, 36(4): 757-761.
- Shin, T. K. 2001. An osteological study of animal bones excavated from Jeju Jongdali shell-mount. *Korean J Vet Resy*, 41(3): 275-279.
- Simberloff, D. 1996. Hybridization between native and introduced wildlife species : importance for conservation. *Wildlife Biology*, 2: 143–150.
- Smith, A. T. and Y. Xie. 2013. *Mammals of China*. Princeton University Press, Princeton, p. 301.
- Son, S. W. 1980. Collection catalog of Korean bats. *Journal of Kyungnam University*, 7: 175-181.

- Son, S. W. 1981. Chiroptera currents in Jeju Island. *Journal of Kyungnam University*, 8: 161-168.
- Thomas, O. 1906. List of small mammals from Korea and Quelpart. *Proceedings of the Zoological Society of London*, pp. 858-865.
- Thomas, O. 1907. Second list of Mammals from Korea. *Proceedings of the Zoological Society of London*, Pp. 462-466.
- Tershy, B. R., K. W. Shen, K. M. Newton, N. D. Holmes and D. A. Croll. 2015. The importance of islands for the protection of biological and linguistic diversity. *Bioscience*, 65(6): 592-597.
- Van Dyke, F. 2008. *Conservation Biology: Foundations, Concepts, Applications*, Second Edition. Springer.
- Vitousek, P. M. 1988. Diversity and biological invasions of oceanic islands. *Biodiversity*, 20: 181-189.
- Whittaker, R. J. 1998. *Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford University Press.
- Won, P. O. and H. J. Woo. 1958. Mammals in Jeju Island. *Journal of Applied Zoology*, 1: 5-13.
- Won, P. H. 1967. *Encyclopedia of Korean flora and fauna. Book 7 Animals (Mammals)*. Ministry of Education, Pp. 294-375.
- Xu, D., X. Liu, X. Zhang, T. Li and B. Chen. 1997. *China Offshore Geology*. Geological Publishing House, Beijing, China. 310 pp.
- Yang, S. Y., Z. Wang, Y. Dou and X. Shi. 2014. A review of sedimentation since the Last Glacial Maximum on the continental shelf of eastern China. In: Chiocci, F.L., Chivas, A.R. (Eds.), *Continental Shelves of the World: Their Evolution during the Last Glacio-Eustatic Cycle*, Geol. Soc. London. Memoir 41, Pp. 293-303.
- Yoo, D. G., G. S. Lee, G. Y. Kim, N. K. Kang, B. Y. Yi, Y. J. Kim, J. H. Chun and G. S. Kong. 2016. Seismic stratigraphy and depositional history of late Quaternary deposits in a tide-dominated setting: An example from the eastern

- Yellow Sea. Marine and Petroleum Geology, 73: 212-227.
- Yoo, D. G., S. C. Park, D. Sunwoo and J. H. Oh. 2003. Evolution and chronology of late Pleistocene shelf-perched lowstand wedges in the Korea Strait. J. Asian Earth Sci., 22: 29-39.
- Yoon, M. H., S. H. Han, H. S. Oh and J. G. Kim. 2004. Mammals in Korea. Dongbang Media, pp. 36-94.
- Yun, C. S., J. L. Chun, J. Yu, D. E. Kim, N. Yamauchi, S. H. Lee and M. K. Kim. 2018. Genetic Structure Analysis of Northeast Asian Sika Deer (*Cervus nippon*).