

Research Paper

도서지역 굴토끼(*Oryctolagus cuniculus*) 침입에 따른 피해와 관리

이도훈* · 최철현* · 김영채* · 장갑수** · 이창우*

국립생태원*, 영남대학교**

Damage and Management by Invasive European Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Island

Do-Hun Lee* · Chul-Hyun Choi* · Young-Chae Kim* · Gab-sue Jang** · Changwoo Lee*

National Institute of Ecology*
Yeungnam University**

요약 : 본 연구는 도서지역에 침입한 굴토끼(*Oryctolagus cuniculus*)의 서식양상과 섭식 영향을 밝혀 효과적인 관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 수행되었다. 조사 대상지인 범섬과 까막섬은 도입식물의 식재, 답압, 경작활동 등 인위적 간섭에 의해 교란된 이차식생 유형이다. 범섬에 정착한 굴토끼는 벌채지를 중심으로 높은 흔적밀도를 보였고, 까막섬에 정착한 굴토끼는 낙엽활엽수림대를 중심으로 높은 흔적밀도를 나타내었다. 조사지역에서 확인된 굴토끼 섭식 가해 식물은 총 12과 17분류군으로 확인되었다. 범섬에서는 총 9과 11분류군의 섭식 가해 식물이 확인되었고, 먹이 가용 식물이 대부분 소실된 까막섬에서는 총 5과 6분류군의 섭식 가해 식물이 확인되었다. 범섬의 식생지수는 도서 전체 면적의 약 6.6% 감소하였고, 까막섬의 식생지수는 전체 도서지역에서 감소하였다. 까막섬은 Enhanced Vegetation Index가 -0.008unit/yr 이상 감소하는 지역이 전체의 5.2%였으며, $-0.008\sim-0.006\text{unit/yr}$ 으로 감소하는 지역은 전체의 13.32%로 확인되어 심각한 식생 교란과 생물다양성 손실이 예상되므로 도서생태계의 보전과 복원을 위한 즉각적인 관리가 필요하다.

주요어 : 침입외래생물, 섭식, 도서생태계, EVI, 생물다양성

First Author: Do-Hun Lee, Division of Ecological Conservation, National Institute of Ecology, Seoecheon 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5399, E-mail: eco0407@nie.re.kr

Co-Corresponding Author: Do-Hun Lee, Division of Ecological Conservation, National Institute of Ecology, Seoecheon 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5399, E-mail: eco0407@nie.re.kr

Changwoo Lee, Dept. of Ecological Landscape, National Institute of Ecology, Seoecheon 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5399, E-mail: cochijang@nie.re.kr

Co-Authors: Chul-Hyun Choi, Division of Ecological Conservation, National Institute of Ecology, Seoecheon 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5851, E-mail: kenix@nie.re.kr

Young-Chae Kim, Division of Ecological Conservation, National Institute of Ecology, Seoecheon 33657, Korea, Tel: +82-41-950-5972, E-mail: yckim84@nie.re.kr

Gab-sue Jang, Dept. of Life Science, Collage of Science, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea, Tel: +82-53-810-2371, E-mail: sunside@ynu.ac.kr

Received: 24 May, 2017. Revised: 27 September, 2017. Accepted: 10 October, 2017.

Abstract : The aim of this study is to examine the damage of plants in the islands due to the habitat and feeding of European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and to suggest future management plan. The survey area Beomseom Island is found to be a vegetation distribution type that was formed secondary by the exposure of artificial interference except for evergreen vegetation distribution and European rabbit showed high habitat track density mainly in the lumbering area. Kkamakseom Island was identified as a severe vegetation distribution area due to interference, and European rabbit showed high habitat track density around deciduous broad leaved forests. Feeding plants of European rabbit was identified as a total of 12 families 17 breeds. Total 9 families 11 breeds were found in Beomseom Island while 5 families 6 breeds were found in Kkamakseom where most available food resources were loss to European rabbit. As for vegetation index of Beomseom Island, about 6.6% of total island area was declined and the vegetation index of Kkamakseom Island was reduced at most area of the island. In Kkamakseom Island, the area where EVI decreased to less than -0.008 unit/yr was reduced to 5.2%, and the area where it was reduced to -0.008 to -0.006 unit/yr in total was 13.32% of the total area. Thus, it was estimated to be seriously damaged by vegetation. Therefore, immediate management is required.

Keywords : Invasive alien species, Feeding, Island ecosystem, Enhanced Vegetation Index, Biodiversity

I. 서론

산업 발달과 경제 성장에 따른 교역 증대는 다양한 외래생물의 국가 간 이동을 불러왔으며, 외래생물 유입 증가에 따라 점진적으로 증가하는 침입외래생물의 생물다양성 위협 문제는 지역적인 범주에서 벗어나 전 세계가 함께 고민하고 대처해 나가야 할 상황으로 인식되고 있다(CBD 2015). 본래의 서식지를 벗어나 새로운 서식지에 정착하고 확산되는 침입외래생물은 기후변화, 서식지 파괴, 인간에 의한 교란 등 다양한 요인과 결합하여 고유생물종을 위협하는 등 생물다양성, 생태계 보전과 기능, 인간 복지 측면에 이르기까지 심각한 위협을 주고 있다(Wilcove et al. 1998).

침입외래생물 확산으로 인한 생물다양성 손실 문제의 효과적인 대응을 위해 생물다양성협약 제10차 당사국총회(Conference of the Parties 10, Nagoya)에서는 2020년까지 생물다양성보전을 위해 전 세계가 함께 노력해야 할 20가지 목표에 침입외래생물 관리 문제를 포함하였으며, 최근 제13차 당사국총회(Conference of the Parties 13, Cancun)에서는 외래생물의 확산 경로를 규제하고 통제하기 위한 국제

적 협력 방안을 논의하였다(SCBD 2014; CBD 2016).

세계자연보호연맹(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)에서 선정한 세계 100대 침입외래생물 목록에 포함되어 있는 굴토끼(*Oryctolagus cuniculus*)는 이베리아 반도와 프랑스 남부, 북서아프리카 원산으로 토끼목(Lagomorpha), 토끼과(Leporidae)에 속하는 포유동물이며, European rabbit, rabbit 등으로 불리고 있다(Flux & Fullagar 1992; Flux 1994; Lowe et al. 2000).

사육을 통한 경제적인 이윤 추구를 목적으로 세계 여러 나라에 도입된 굴토끼는(Nowak 1999) 새로운 환경에서 우수한 적응력을 보이며 순조롭게 정착하였고, 아시아 일부지역과 남극대륙을 제외한 모든 대륙에 도입되어 서식하고 있다(Gibb 1993; Wilson & Reeder 1993; Kolb 1994; Thompson & King 1994).

자연에 유입된 굴토끼는 경토가 유지되고 초본이 풍부하며, 연평균 강우량 약 1,000mm 정도의 지역에서 정착을 선호한다(Norbury & Reddix 2005). 굴토끼는 정착한 지역에서 복잡한 형태의 굴을 건설하고, 수컷 성체 약 1-3개체, 암컷 성체 약 1-7개체를 중심으로 집단을 구성하여 살아간다(Parker

1990; Nowak 1999). 주어진 서식지 환경 조건에 따라 성적 성숙과 성장 속도에서 차이를 보이지만, 일반적으로 생후 8개월 이후 번식 활동이 가능한 것으로 알려져 있다(Vaughan 2000). 자연에 정착한 굴토끼는 암컷 1개체 당 연간 평균 18-38개체의 자손 생산이 가능하다(Atkinson & Atkinson 2000).

자연에 정착한 굴토끼는 과도한 섭식과 일생 동안 굴을 건설하는 본래의 습성으로 인하여 다양한 생태계 피해를 불러온다. 굴토끼 서식에 따른 영향으로는 고유 생물종과의 서식지 경쟁, 생물다양성 감소, 침식에 따른 경관 훼손, 상위포식자 증가로 인한 생태계 불균형 등이 있으며, 특히, 도서생태계는 이러한 영향에 더욱 취약한 것으로 알려져 있다(Dickman et al. 1993; Novaro et al. 2000; Torr 2002; Courchamp et al. 2003; Fisher et al. 2003; Richards & Short 2003). 지리적으로 고립되어 새로운 생물종 유입에 제한적인 도서생태계는 본래의 안정적인 환경을 바탕으로 생태계를 유지하고 번성하여 토착적이고 특화된 생물의 비율이 높게 나타난다. 독립적으로 진화해 온 생태계에 침입한 외래생물은 지리적인 요인과 외부 위협에 취약한 도서생태계 특성을 이용하여 쉽게 적응하고 번성하며 토착종의 멸종에 관여하는 등 다양한 유형의 피해를 가져온다(MacArthur & Wilson 1967).

국내 굴토끼는 1900년대 초반 경제적 이윤을 목적으로 일본에서 처음 도입되었고, 1962년 정부의 토끼 사육 장려 정책에 힘입어 전국적으로 1,324,803 개체가 사육될 정도로 관련 산업은 급속하게 성장하였다(National Institute of Animal science 2002). 그러나 1980년대 이후 국내 가축 사육 산업이 소, 돼지, 닭 위주로 재편되는 상황에서 토끼 사육 산업은 점차 위축되었으며, 2014년에 이르러 전국 사육 개체수는 114,615개체로 크게 감소하였다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs 2015).

최근 사육 농가 감소와 애완 목적의 개인 사육자 증가로 인하여 굴토끼의 자연 유출 가능성이 높아진 상황이지만, 굴토끼의 자연생태계 출현 보고를 비롯하여 서식과 정착, 피해와 관련된 조사와 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 침입외래생물 도

입에 취약한 도서지역을 중심으로 굴토끼의 자연 정착 여부와 서식 양상, 식물 가해 현황을 조사하였으며, 연속된 서식에 따른 식생변화를 분석하여 도서지역 내 굴토끼 도입의 위해성을 밝히고 적극적인 관리 필요성을 제기하고자 하였다.

II. 연구대상지 및 연구방법

1. 연구대상지 개황

선행조사를 통해 굴토끼의 자연 서식과 피해가 관찰된 지역을 연구대상지로 선정하였다. 범섬은 제주특별자치도 서귀포시 법환동 남쪽 방향으로 1.5km 떨어진 지역에 위치하며, 까막섬은 전라남도 여수시 돌산읍 금봉리 향대마을 북서쪽 방향으로 4.5km 떨어진 지역에 위치한다. 범섬은 수리적으로 동경 126°30'51"와 126°31'08" 북위 33°12'57"와 33°13'13" 사이에 위치해 있으며, 천연기념물 제421호로 지정되어 있다. 면적 84,298m², 해발고도 79m 정도의 남북이 긴 타원형 무인도서로 조면암질 안산암이 수직으로 된 주상절리를 이루고 있으며, 섬 상부에는 비교적 넓은 평지가 형성되어 있다(Kang 1990). 범섬에는 희귀식물인 박달목서(*Osmanthus insularis*), 연화바위술(*Orostachys iwarengae*)을 비롯하여 다양한 식물이 자생하며, 도마뱀(*Scincella vandenburghi*)과 대륙유혈목이(*Amphiesma vibakari*) 등 양서파충류 2종, 천연기념물 제323호, 멸종위기야생생물I급으로 지정된 매(*Falco peregrinus*)와 천연기념물 제215호, 멸종위기야생생물II급으로 지정된 흑비둘기(*Columba janthina*)가 번식한다(Kim et al. 2005; Jeju Green Environment Center 2013). 까막섬은 수리적으로 동경 127°40'50"와 41°03'8" 북위 34°40'30"와 40°35'5" 사이에 위치한다. 면적 29,058m², 해발고도 20m 정도의 동서 방향이 타원형에 가까운 무인도서로 구성암질은 백악기 응회암질 사암과 니암이 호층을 이루며, 동쪽 끝은 자갈해안이 형성되어 있다(Ministry of Oceans and Fisheries 2017).

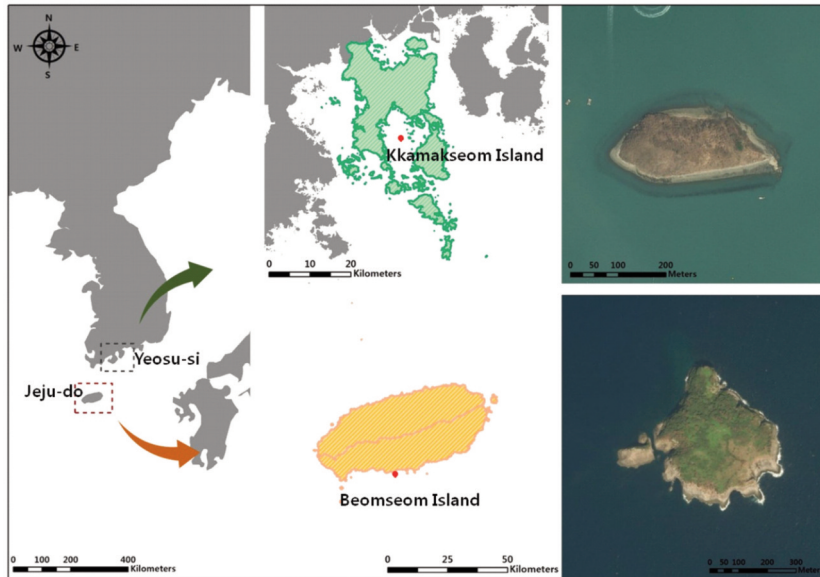


Figure 1. Investigated area in this study

2. 식생분포 조사

범섬과 까막섬 식생의 공간적 분포를 이해하기 위해 우점식생(dominant vegetation types)을 조사하였다. 현장 조사는 2015년 5월과 8월 각 2회 실시하였고, 교목층 우점종의 식생상관(vegetational physiognomy)은 도보로 답사하여 1/25,000 수치지형도에 작성하였다. 우점식생 경계는 AutoCAD Map 2004와 ArcView GIS 10.1 프로그램을 이용하여 도면으로 작성하였고, 위성영상(Google static map, August 2015)과 중첩하여 식생 유형 비율과 면적을 산출하였다.

3. 굴토끼 서식현황 조사

1) 서식흔적 조사

서식흔적 조사는 굴토끼 관찰이 가능 시기를 고려하여 2015년 3월, 5월, 10월 중 조사지역별 월 1회, 총 24일간 실시하였다. 범섬(84,298m²)과 까막섬(29,058m²)을 30×30m 격자 단위로 분획하여 범섬 151개, 까막섬 39개 조사 대상 구역을 선정하였고, 선정 지역 중 해안 절벽 사면이 포함된 지역은 굴토끼의 생태특성과 조사자의 안전을 고려하여 현장 조사에서 제외하였다. 조사방법은 직접조사(Sutherland

2004)와 흔적조사(track survey) 기법을 병행하였고, 6인의 현장 조사자는 GPS(Montana, Garmin Ltd.)를 이용하여 이동 경로를 상시 확인하며 기록하였다. 조사자는 시속 2km 이하의 속도로 보행하며 좌우 2m 이내에서 발견되는 굴, 이동로, 섭식흔적, 활동개체, 발자국, 배설물 등 관찰된 모든 흔적(field signs)을 현장에서 위치좌표(WGS84)로 기록하였다. 반경 4m² 범위에서 발견되는 서식 흔적은 1개의 흔적지점(habitat track)으로 표시하였다.

2) 흔적밀도 추정

도시지역에서 수집된 흔적지점 좌표를 이용하여 흔적밀도를 추정하였다. 흔적밀도 추정은 Rosenblatt (1956)의 방법을 적용하여 비모수적밀도추정방식(nonparametric density estimation)인 핵밀도추정(kernel density estimation, KED)을 이용하였고, 산정식은 다음과 같다.

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - x_i)$$

h : bandwidth; $K(x-x_i)$: kernel function at the location;
 x : random variable; $f(x)$: density estimate at the location(x); n : number of observations

분석은 ArcMap GIS 10.2 프로그램의 KDE를 활

용하였고, 셀 크기는 흔적지점을 고려하여 4m², 밴드반경(band radius)은 50m로 설정하였다.

4. 식물 가해 실태 조사

조사지역에 서식하는 유일한 초식성 포유동물인 굴토끼의 식물 섭식 가해 여부는 직접조사를 통해 섭식 흔적을 관찰하며 확인하였다. 굴토끼의 섭식이 확인된 식물 분류군은 Lee(1996a, b)와 Lee(2003)의 식물도감을 참고하여 동정하였다. 가해 식물 목록은 국가표준식물목록(Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea 2007) 분류체계에 준하여 작성하였다. 가해가 확인된 분류군별 개체수가 50개체 이상일 경우 ‘+++’, 10개체 이상 30개체 미만일 경우 ‘++’, 10개체 미만일 경우 ‘+’로 나타내었다.

5. 식생지수의 시계열 분석

1) 식생지수 자료 구축

Landsat 영상은 전 지구를 대상으로 과거 자료가 지속적으로 구축되어 있어 식생지수의 시계열 분석 연구에 적합하며, 식생의 변화 상황을 살펴보는 데 있어 유용하게 활용될 수 있다(Myneni et al. 1998; Brown et al. 2006; Fensholt et al. 2006; Jeyasselan et al. 2007).

본 연구에서는 식생지수 변화를 살펴보기 위해 미국연방지질조사국(U.S. Geological Survey, USGS)에서 구축한 Landsat 위성 영상 자료를 사용하였다. 해당 위성은 전 지구 영역에 대한 자료를 수집하는 데 약 18일 정도가 소요되므로 1년에 동일 지역에서 약 20개의 영상 취득이 가능하다. Landsat 4, 5호에는 TM(Thematic Mapper), 7호에는 ETM+(Enhanced Thematic Mapper Plus) 센서가 탑재되어 있으며, 두 센서의 밴드 1-5, 7번의 공간해상도는 30×30m로 동일하다. Landsat 영상에서 추출된 분광지수 자료는 USGS Earth Resources Observation and Science(EROS) 센터에서 제공되며(<http://espa.cr.usgs.gov>), NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), EVI(Enhanced Vegetation Index) 등의 식

생지수 자료가 포함되어 있다.

본 연구의 식생지수 변화 분석에는 밀집된 산림에서 더 민감도가 높고 대기의 영향이 보정된 EVI 자료를 사용하였고, 1992년부터 2016년까지 조사지역 전체의 EVI 자료를 구축하였다. 1992년부터 2012년까지는 Landsat 5호, 2012년부터 2016년까지는 Landsat 7호 영상에서 추출된 자료를 사용하였고, 함께 제공된 cloud mask 밴드를 이용하여 구름과 Landsat 7호 영상의 SLC 고장으로 인한 결측치를 제거하였다(Jensen 1996).

2) 식생지수의 시계열적 추세 분석

장기간의 Landsat EVI 변화를 살펴보기 위해 시계열적 추세를 분석하는 trend analysis 방법을 사용하였다. trend analysis 방법은 시계열로 구축된 자료에 대해 선형적인 추세 경사를 계산하는 방법으로 시간을 독립변수로, 식생지수를 종속변수로 하는 단순회귀모형을 이용한다(Fensholt et al. 2009). 회귀선의 경사가 양의 값을 보이면 식생지수의 증가 추세를 나타내고, 음의 값을 보이면 감소 추세를 의미한다. 이를 조사 대상 구역 전체의 모든 EVI 픽셀에 대해 수행하면 국지적인 EVI의 증가 추세를 파악할 수 있다. trend analysis 분석은 식물 생육이 활발한 7월부터 10월까지의 기간 중 최대값을 추출해 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 현존식생

1) 범섬 현존식생

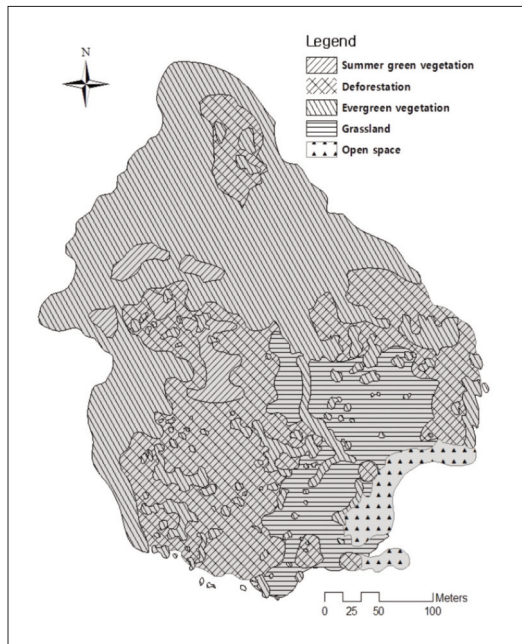
범섬의 현존 우점식생 면적은 상록수 48.84%(41,171,14m²), 벌채지 30.04%(25,323,12m²), 초지 13.83%(11,658,41m²), 낙엽활엽수 3.82%(3,220,18m²), 황무지 3.47%(29,251,14m²)로 확인되었다. 상록수를 구성하는 주요 수종은 곰솔(*Pinus thunbergii*), 후박나무(*Machilus thunbergii*), 아왜나무(*Viburnum awabuki*), 동백나무(*Camellia japonica*)로 섬의 북쪽지역에 넓은 면적으로 분포하고 있으며, 남쪽으로

갈수록 분포면적이 감소하고 파편화되어 나타난다. 벌채지는 섬의 북쪽 소규모 평탄지대와 남쪽 평탄지에 위치하며, 벌채목은 과거 소나무 감염성 질병 방제를 목적으로 벌채된 것으로 청문되었다. 초지는 섬 남동쪽에 위치하며, 과거 인간 활동으로 형성된 목정밭, 폐입지가 포함되어 있다. 초본층은 덩굴성 식물인 함박이(*Stephania japonica*)와 참으아리(*Clematis terniflora*)가 대부분의 지면에 생육하고 있다. 낙엽활엽수는 섬의 서쪽에 소규모 패치 형태로 분포한다. 상관층 구성 수종은 예덕나무가 가장 높은 빈도로 관찰되었고 숲의 하층에서는 그루터기, 쓰레기, 돌무더기 등 인위적 교란의 흔적이 확인되었다. 황무지는 남동쪽 절벽을 따라 벨트형태로 형성되어 있으며, 바람과 염해에 지속적으로 노출되는 입지로 인해 토양 건조화가 진행된 것으로 추정된다. 해당 지역 지면을 식피하는 수종은 관찰되지 않았고, 억새(*Miscanthus sinensis*), 밀사초(*Carex boottiana*), 참으아리가 개체 수준으로 산재해 있다. 조사결과를 종합하면, 범섬의 현존식생은 5개의 우점식생 유형으로 구분되며, 상록수 식생(48.84%)을 제외한 식생(51.16%)은 경작,

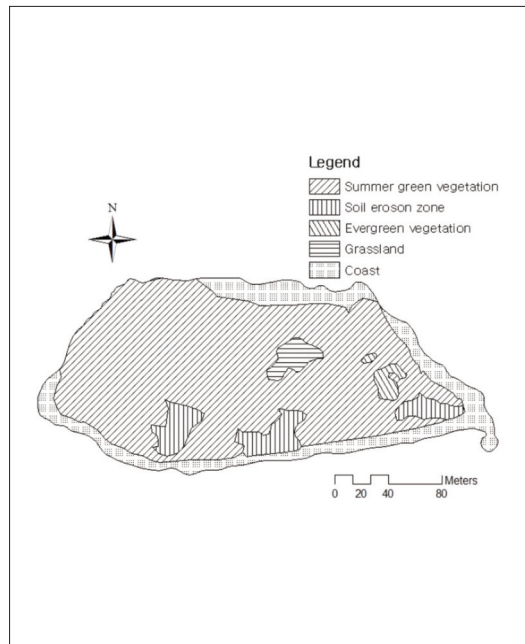
간벌, 답압 등 인위적인 간섭에 노출되어 이차적으로 형성된 식생유형으로 판단된다.

2) 까막섬 현존식생

까막섬의 현존 우점식생 면적은 낙엽활엽수 87.49%(25,422.84m²), 붕괴지 8.51%(2,472.84m²), 초지 2.43%(706.11m²), 상록수 1.57%(456.21m²)로 확인되었다. 낙엽활엽수를 구성하는 대표 수종에는 버즘나무(*Platanus orientalis*)와 왕벚나무(*Prunus yedoensis*) 등 식재종이 포함되어 있으며, 가장 넓은 면적으로 분포한다. 섬의 서쪽사면 35° 이상 경사지를 중심으로 토양 침식이 확인되고 있으며, 주변에는 수고 약 8m 내외의 예덕나무(*Mallotus japonicus*), 팽나무(*Celtis sinensis*), 느티나무(*Zelkova serrata*)의 고사가 관찰되었다. 함몰지역과 계곡부, 반음지 지역에는 개머루(*Ampelopsis brevipedunculata*), 반하(*Pinellia ternata*), 참으아리 등 초본과 덩굴성 식물이 소규모로 개체군을 형성하고 있다. 섬의 북쪽사면 30°에서 45° 경사지를 중심으로 소규모의 느티나무군락이 분포하며, 관목층은 광나무(*Ligustrum*



(a) Beomseom Island



(b) Kkamakseom Island

Figure 2. Actual vegetation map in the study area

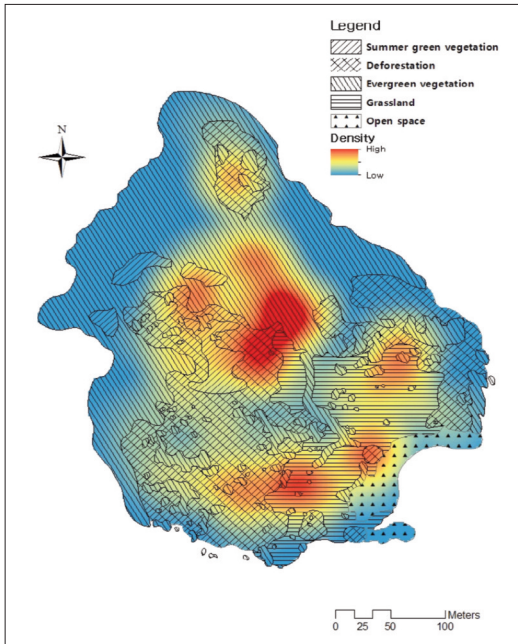
japonicum), 동백나무, 예덕나무가 개체 수준으로 혼재한다. 섬의 남쪽사면 해안 연접부에는 붉나무(*Rhus javanica*)가 선형으로 우점하고 있으며, 수고 약 2m 미만의 붉나무, 산뽕나무(*Morus bombycis*), 느티나무(*Zelkova serrata*)가 개체 수준으로 혼재한다. 섬의 남쪽사면 7부 능선까지 토양 침식이 관찰되며, 섬의 동쪽사면에는 능선을 따라 인도가 나 있고, 주변에는 팽나무, 곰솔, 뽕나무가 식재되어 있다. 조사결과를 종합하면, 까막섬의 현존식생은 4개의 우점식생 유형으로 구분되며, 경작활동에 의한 지형 변화와 간벌, 답압 등 인위적 간섭에 따른 교란이 심각한 식생유형으로 판단된다.

2. 굴토끼 서식현황

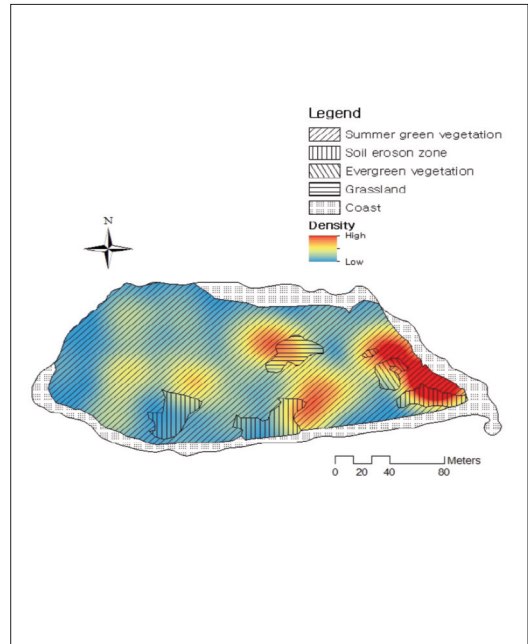
범섬의 식생 유형별 굴토끼 흔적지점은 벌채지 42.6%, 상록활엽수 29%, 초지 23.9%, 낙엽활엽수 3.4%, 나지 1.1% 순으로 분포한다. 핵밀도추정 결과, 섬 중심부에 위치한 벌채지와 상록활엽수에서 높은 흔적밀도를 보였고, 낙엽활엽수와 나지에서 낮은 흔적밀도를 나타내었다(Figure 3). 핵밀도추정 결과 벌

은색이 진하게 나타날수록 흔적밀도가 높아지는 것을 의미한다. 벌채지에서의 높은 흔적밀도는 덩굴성 초본의 먹이자원 이용과 은신처로서의 벌채목 활용이 관련된 것으로 추정된다. Norbury & Reddiex (2005)의 선행연구에서도 초본 밀생지역과 고사목 분포지역에서의 굴토끼 서식 선호를 보고한 바 있다. 나지의 낮은 흔적밀도는 매 등 상위포식자로부터 회피가 어려워 굴토끼의 활동이 제한된 결과로 판단된다. 나지에서는 멧금류에 의해 섭식된 굴토끼 사체가 관찰되었다.

까막섬의 식생 유형별 굴토끼 흔적지점은 낙엽활엽수 80.3%, 붕괴지 7.9%, 초지 4.7%, 해안 3.9%, 상록침엽수 3.1% 순으로 분포한다. 핵밀도추정 결과, 섬 동쪽에 분포하는 느티나무군락에서 비교적 높은 흔적밀도가 확인되었다(Figure 3). 해안 인접지역에서는 굴토끼의 흔적이 관찰되지 않았다. 대부분의 식생이 훼손된 까막섬에서는 가용 가능한 먹이 자원의 존재가 굴토끼 흔적밀도에 영향을 준 것으로 판단된다. 굴토끼의 서식지 선택은 먹이자원 접근성과 이용성, 피난처의 존재와 밀접하게 연관되어 있으며,



(a) Beomseom Island



(b) Kkamakseom Island

Figure 3. Map of habitat track density in the study area

이러한 서식지 선택 요인은 개체의 정착, 번식, 활동 등 서식 전반에 영향을 주는 것으로 알려져 있다 (Lima 1990; Watts 1991).

굴토끼 원산지역인 이베리아반도와 프랑스 남부, 북아프리카는 지중해성 기후대의 관목림 발달 지역으로, 여름철 고온 건조하고 겨울철 온난 다습한 특징을 보인다(Peel et al., 2007). 반면 온대 기후대에 속하는 범섬과 까막섬은 낙엽활엽수림과 상록활엽수림이 발달하였고, 여름철 고온 다습하며 겨울철 한랭 건조한 특징을 나타낸다(Korea Meteorological Administration 2017). 범섬과 까막섬은 굴토끼 원산지역과 상이하게 다른 생태 환경을 보이지만, 범섬과 까막섬의 굴토끼는 우수한 환경 적응력을 바탕으로 정착하여 서식을 이어가고 있다. 현재 원산지역 뿐 아니라, 남극을 제외한 모든 대륙에 정착한 굴토끼는 새롭게 도입된 지역에 적응하기 위해 본래의 행동양식을 변경해가며 생존력을 높이는 것으로 알려져 있다(Kolb 1994; Thompson & King 1994).

3. 섭식 식물 가해 현황

범섬과 까막섬에서 확인된 굴토끼 섭식 가해 식물은 총 12과 17분류군으로 확인되었다(Table 1). 범섬에서 확인된 섭식 가해 식물은 총 9과 11분류군이었으며, 참으아리(*Clematis terniflora*), 우묵사스레피(*Eurya emarginata*), 돌토끼고사리(*Microlepia strigosa*), 밀사초(*Carex boottiana*) 순으로 많은 개체가 가해되었다(Figure 4). 확인된 섭식 가해 식물은 한반도 남부에서 흔히 관찰되는 수종으로 우묵사스레피와 후박나무(*Machilus thunbergii*)는 기저부 수피까지 섭식하여 고사한 개체가 확인되었다. 이밖에 가해진 목본은 수피의 목부가 드러나도록 벨트형태로 섭식하여 양분 차단에 따른 고사가 예상된다. 주요 피해종 가운데, 후박나무는 잠재자연식생을 구성하는 단위종으로 식생천이 과정 중 극상림 단계에서 수관층을 형성하여 보전가치가 높은 종이지만, 굴토끼의 가해에 따른 고사로 인하여 생태계 에너지 순환구조와 숲 생태계 피해가 가중될 수 있다. 섬의 해

Table 1. List of feeding plants in the study area

Family name	Scientific name (Korean name)	LF	D	St.1	St.2
Vitaceae 포도과	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> (Maxim.) Trautvetter 개머루	N	+	◎	◎
	<i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagnepain 거지덩굴	G	+	◎	.
Pteridaceae 고사리과	<i>Microlepia strigosa</i> (Thunb.) Presl. 돌토끼고사리	G	++	◎	.
Urticales 느릅나무과	<i>Celtis sinensis</i> Persoon 팽나무	MM	+	.	◎
	<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino 느티나무	MM	++	.	◎
Phytolaccaceae 자리공과	<i>Phytolacca esculenta</i> van Hotte 자리공	G	+	◎	.
Lauraceae 녹나무과	<i>Machilus thunbergii</i> Sieb. et Zucc. 후박나무	MM	+	◎	.
Ranunculaceae 미나리아재비과	<i>Clematis terniflora</i> DC. 참으아리	N	+++	◎	◎
Theaceae 차나무과	<i>Eurya emarginata</i> (Thunb.) Makino 우묵사스레피	M	++	◎	.
Rosaceae 장미과	<i>Prunus yedoensis</i> Matsum. 왕벚나무	MM	+	.	◎
Geraniales 대극과	<i>Mallotus japonicus</i> (Thunb.) Muller-Arg. 예덕나무	MM	++	.	◎
Punicaceae 석류나무과	<i>Punica granatum</i> L. 석류나무	M	+	.	.
Caprifoliaceae 인동과	<i>Viburnum odoratissimum</i> Ker-Gawler 아왜나무	MM	+	◎	.
Gramineae 벼과	<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) C. Tanaka 새	H	+	◎	.
	<i>Imperata cylindrica</i> (Linnaeus) Beauvois 락	G	+	.	.
	<i>Miscanthus sinensis</i> for. purpurascens (Anderss.) Nakai 억새	H	+	◎	.
Cyperaceae 사초과	<i>Carex wahuensis</i> C. A. Meyer 밀사초	H	++	◎	.

*D: Damage, number of plant; +: less than 10 individuals, ++: more than 20 individuals, +++ more than 30 individuals.

*St.1: Beomseom Island.

*St.2: Kkamakseom Island.

*◎: Site where the feeding plants are found

*Most of the tree species plant on the kkamakseom island disappear and few objects are visible.



(a) *Eurya emarginata*



(b) *Clematis terniflora*



(c) *Machilus thunbergii*



Figure 4. Photograph of plants damaged by European rabbit feeding

안 절벽, 경작지, 숲의 임연에 분포하는 우묵사스레 피는 숲의 임연부에서 측광, 숲 내부 수분증발, 바람 길을 완화하는 망토군락(mantle plant community) 역할을 담당하지만, 굴토끼의 가해로 인하여 높은 손실이 있을 것으로 예상되며, 가장자리효과(edge effect)의 극대화에 따른 삼림군락 파괴가 가속화 될 우려가 있다. 참아리는 상부에 나온 모든 잎과 지하부까지 섭식하였고, 상흔에 의해 맹아가 분지된 흔적이 있으나, 맹아까지 지속적으로 갉아먹는 것으로 판단된다.

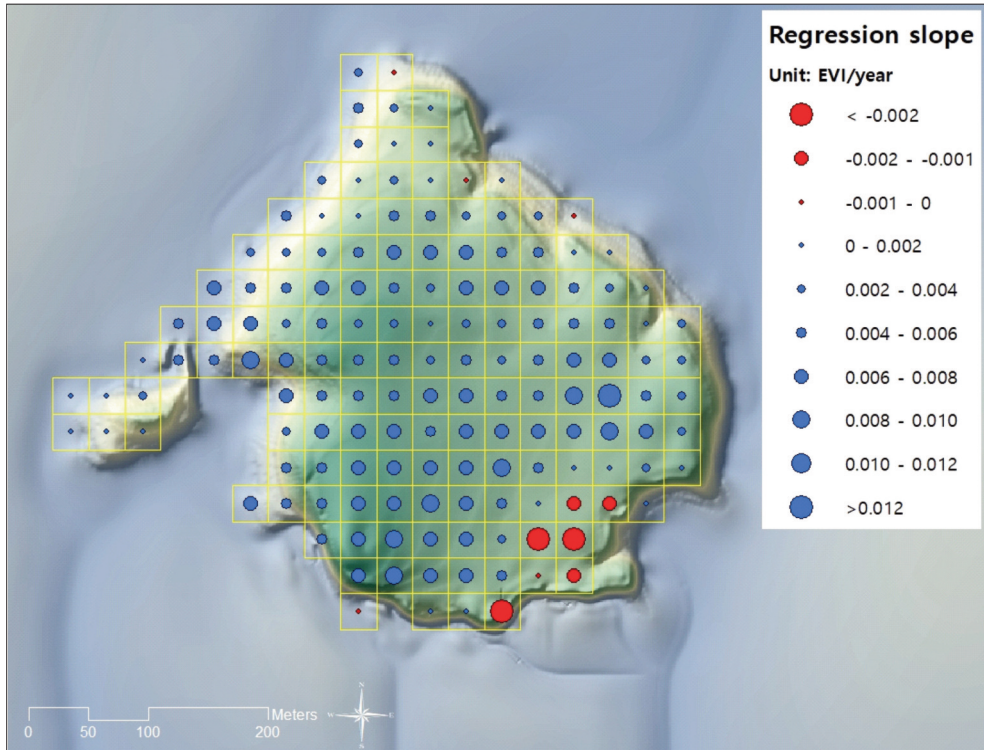
대부분의 식물이 소실된 까막섬에서 관찰된 섭식 가해 식물은 총 5과 6분류군이었으며, 참아리, 느

티나무, 예덕나무, 왕벚나무, 개머루, 팽나무 순으로 많은 개체가 가해되었다. 까막섬의 목본류 대부분은 고사되었고 본래의 식생은 파괴되었으며, 숲은 식재 종으로 대체되어 있다. 섬 내부는 온전한 층구조가 형성되어 있지 않고, 틈(gap)이 분반(patch) 형태로 다수 존재하여 지면의 건조화가 진행 중인 것으로 추정된다. 하층식생은 독성물질로 인해 굴토끼가 기피할 것으로 보이는 눈피불주머니(*Corydalis ochotensis*)와 반하가 대부분을 이루고 있다. 까막섬은 범섬과 비교하여 도서 면적이 협소할 뿐 아니라, 종급원(species pool)이 대부분 사라진 것으로 판단되어 본래의 상록활엽수림대로 복원하는 데 상당한 시간과

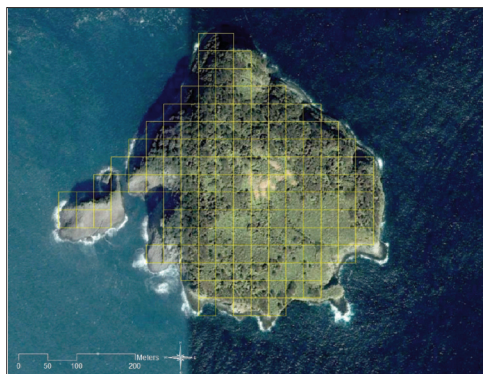
노력이 필요할 것으로 판단된다.

면적이 제한적인 도서지역에 정착한 굴토끼는 자연적 또는 인위적 제어 요인이 작용하지 않을 경우 수용 한계 범위 이상으로 개체수를 증식하며, 섬 생태계의 생물다양성 손실을 불러올 수 있다(Sheail 1971). 굴토끼 도입에 따른 섬 생태계 교란을 미연에

방지하고 생물다양성을 보전하기 위해서는 도입을 사전에 제어할 수 있는 절차 마련이 가장 효과적이다. 굴토끼 정착으로 인하여 가시적 피해가 관찰되는 지역은 면밀한 실태 조사와 포획을 병행하여 실시하는 적극적인 구제가 필요하다.



(a)



(b)



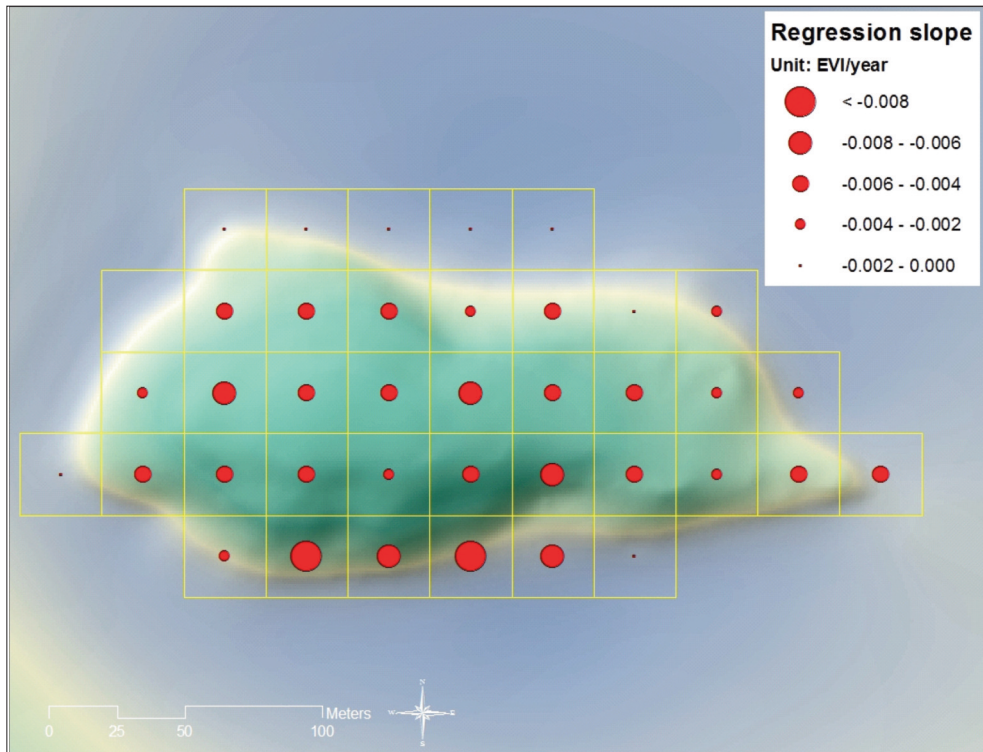
(c)

Figure 5. Result of trend analysis and aerial images in Beomseom Island: (a) Regression slope values for pixels from Landsat EVI data(1992-2016), (b) Aerial images acquired on Aug, 2007, (c) Aerial images acquired on Aug, 2015

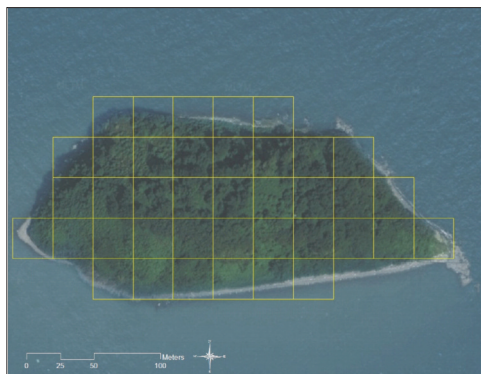
4. 식생지수의 시계열 변화

범섬과 까막섬의 지난 25년간 식생지수 시계열 변화를 분석하였다. 분석결과, EVI가 점차 증가하는 것을 의미하는 양의 회귀경사 값을 갖는 지역과, 감소 추세를 의미하는 음의 회귀경사 값을 갖는 지역을 지도상에 나타내었다(Figure 5, Figure 6).

범섬의 경우 식생지수가 감소하는 지역은 전체 지역의 약 6.6%로 까막섬과 달리 일부 지역에 한정된 것으로 나타났다. -0.002unit/yr 미만으로 감소하는 지역은 섬의 남사면 일부지역에서 확인되었다. 범섬의 과거(2007년 8월)와 최근(2015년 8월) 영상을 통해 비교해보더라도 식생의 훼손은 거의 일어나지 않



(a)



(b)



(c)

Figure 6. Result of trend analysis and aerial images in Kkamakseom Island: (a) Regression slope values for pixels from Landsat EVI data(1992-2016), (b) Aerial images acquired on Aug, 2007, (c) Aerial images acquired on Aug, 2015

았으며, 증가한 지역도 확인되었다. 증가 지역은 대부분의 지역이 교란을 시작점으로 하여 방지되었을 때 발생하는 이차식생으로 수관층이 형성되지 않았고, 덩굴식물인 함박이가 우점하고 있다. 함박이의 뿌리와 줄기는 쓴맛이 강하며, 화학적 방어기작으로 2차 대사산물인 독성화합물(picrotoxin)을 함유하고 있어 포유류 섭식 시 중추신경계에 작용하여 발작과 호흡 곤란 등 부정적인 영향을 초래할 수 있으며, 소량의 섭식으로도 폐사에 이를 수 있어 초식동물은 섭식을 기피하는 것으로 알려져 있다(Takeuchi & Takeuchi 1968; Singh et al. 2012). 범섬의 식생지수 증가지역은 굴토끼 섭식 기피식물의 증가가 지수 값에 반영된 결과로 추정된다.

까막섬은 도서 전체에서 식생지수가 감소하였다. EVI가 -0.008unit/yr 이상으로 감소하는 지역은 전체 지역의 5.2%였으며, 이 지역은 현재의 추세로 EVI 감소가 지속될 경우 10년 후 약 0.08이 감소하며, 이는 까막섬의 평균 EVI(0.48)의 16.6%에 해당된다. 감소추세가 $-0.008 \sim -0.006\text{unit/yr}$ 로 나타난 지역의 비율은 13.2%로 까막섬의 식생 훼손이 상당히 진행되었음을 확인하였다. 최근 항공영상(2015년 7월)의 육안 확인을 통해서도 식생 훼손이 관찰된다.

Sumption & Flowerdew(1985)의 연구에서는 굴토끼의 정착과 증식에 따른 식생 변화와 특정 식물종의 우점을 보고하였고, Martin 등(2003)은 굴토끼 서식에 의한 고유종 소멸과 식생 감소 사례를 제시하는 등 일반적으로 굴토끼의 계속된 서식은 정착지역의 식생을 교란하는 것으로 알려져 있다. 그러나 조사지역 내 식생 교란의 근본 원인과 영향 요인을 보다 객관적으로 규명하기 위해서는 본 연구에 추가하여 굴토끼 제거 후 식생변화를 파악하고 장기적인 생물 변화상 모니터링을 이어가는 노력이 필요하다.

IV. 결론

제13차 생물다양성협약 당사국총회에서 침입외래생물의 위해성평가와 관리, 국가 간 이동 문제가 주요 의제로 논의되는 등 최근 침입외래생물의 확산과

정착으로 인하여 발생하는 생태계 교란으로부터 생물다양성을 보전하기 위한 노력의 중요성이 점차 강조되고 있다. 세계 여러 나라에서 악성 침입외래생물로 평가되는 굴토끼는 이미 국내 자연에 유입되어 정착하였지만, 이와 관련된 조사와 연구는 전무한 실정으로 서식실태와 서식양상, 피해저감 방안 연구 등 기초적인 연구가 기반이 된 관리 대책 마련이 시급하다.

본 연구에서 조사한 범섬은 상록수 식생(48.84%)을 제외한 식생(51.16%)이 경작, 간벌 등 인위적인 간섭에 의해 이차적으로 형성된 식생으로 굴토끼는 별채지를 중심으로 높은 흔적밀도를 나타내고 있다. 별채지에서의 높은 흔적밀도는 덩굴성 초본류의 먹이 이용과 은신처로서의 별채목 활용에 따른 결과로 추정된다. 가장 낮은 흔적밀도를 보인 나지는 은폐가 어려운 개방된 환경으로 인해 굴토끼 활동에 제한적인 것으로 판단된다. 경작활동에 의한 지형변화와 간벌, 답압 등 인위적 간섭에 의한 교란이 심각한 까막섬은 먹이 공급에 용이한 낙엽활엽수림을 중심으로 높은 흔적밀도를 보였다. 까막섬에서 굴토끼가 이용 가능한 먹이 자원은 대부분 소실되어 있다. 범섬과 까막섬에서 굴토끼가 가해한 식물은 총 12과 17분류군으로 확인되었다. 범섬에서 총 9과 11분류군이 가해되었고, 까막섬에서 총 5과 6분류군이 가해되었다. 굴토끼는 수목을 벨트형태로 가해하여 고사에 이르게 하고 초본의 지하부와 지상부를 모두 섭식하여 조사지역의 생물다양성 손실이 예상된다. 범섬의 식생지수는 전체지역의 약 6.6%가 감소하였고, 까막섬은 전체 지역에서 식생지수가 감소하였다. 까막섬에서 EVI가 -0.008unit/yr 이상 감소하는 지역은 전체의 약 5.2%였으며, $-0.008 \sim -0.006\text{unit/yr}$ 로 확인된 지역은 13.32%로 나타나 심각한 식생 교란이 우려된다.

범섬과 까막섬 같은 도서지역과 보전이 필요한 생태경관보호지역은 육지와 비교하여 상대적으로 굴토끼 영향에 민감할 수 있으므로 발견되는 개체를 즉시 구제하고 재정착을 방지하는 관리 전략 마련이 필요하다. 또한 굴토끼 제어에 활용되는 포획방법은 훼손된 생태계를 복원하는 데 가치를 두고 친자연적인 방법을 검토하는 것이 바람직하다.

사 사

본 내용은 국립생태원 “외래생물 정밀조사” 연구 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Anyamba A, Tucker CJ. 2005. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003. *Journal of Arid Environments*. 63(3): 596-614.
- Atkinson IA, Atkinson TJ. 2000. Land vertebrates as invasive species on islands served by the South Pacific Regional Environment Programme. *Invasive Species in the Pacific: A Technical Review and Draft Regional Strategy*. South Pacific Regional Environment Programme, Samoa. 19-84.
- Bell DJ, Webb NJ. 1991. Effects of climate on reproduction in the European wild rabbit. *Journal of Zoology*. 224: 639-648.
- Brown ME, Pinzon JE, Didan K, Morisette JT, Tucker CJ. 2006. Evaluation of the consistency of long-term NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-vegetation, SeaWiFS, MODIS, and Landsat ETM+ sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 44(7): 1787-1793.
- Calvete C, Angulo E, Estrada R. 2005. Conservation of European wild rabbit populations when hunting is age and sex selective. *Biological Conservation*. 121: 623-634.
- CBD: Alien species that threaten ecosystems, habitats or species [Internet]. 2002. COP6 decision VI/23. Convention on Biological Diversity [Cited 2016 May 16]. Available from: <https://www.cbd.int/decision/cop/default.shtml?id=7197>
- CBD: Invasive alien species: addressing risks associated with trade, experiences in the use of biological control agents, and decision support tools[Internet]. 2016. COP13 decision VI/23. Convention on Biological Diversity [Cited 2017 April 17]. Available from: <https://www.cbd.int/conferences/2016/cop-13/documents>
- Courchamp F, Langlais M, Sugihara G. 1999. Control of rabbits to protect island birds from cat predation. *Biological Conservation*. 89: 219-225.
- Dickman CR, Pressey RL, Lim L, Parnaby HE. 1993. Mammals of particular conservation concern in the western division of New South Wales. *Biological Conservation*. 65: 219-248.
- Donlan CJ, Tershy BR, Croll DA. 2002. Islands and introduced herbivores: conservation action as ecosystem experimentation. *Journal of Applied Ecology*. 39: 235-246.
- Fensholt R, Rasmussen K, Nielsen TT, Mbow C. 2009. Evaluation of earth observation based long term vegetation trends—Intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data. *Remote Sensing of Environment*. 113(9): 1886-1898.
- Fensholt R, Nielsen TT, Stisen S. 2006. Evaluation of AVHRR PAL and GIMMS 10-day composite NDVI time series products using SPOT-4 vegetation data for the African continent. *International Journal of Remote Sensing*. 27(13): 2719-2733.
- Fisher DO, Blomberg SP, Owens IPF. 2003. Extrinsic versus intrinsic factors in the decline and extinction of Australian marsupials.

- Proceedings of the Royal Society of London B. 270: 1801-1808.
- Flux JEC. 1994. World distribution. In: Thompson, HV. and King, CM. (eds) The European Rabbit: pp. 8-21. Oxford Science Publications, Oxford.
- Flux JEC, Fullagar PJ. 1992. World distribution of the rabbit, *Oryctolagus cuniculus*, on islands. Mammal Review. 22: 151-205.
- Gangoso L, Donazar JA, Scholz S, Palacios CJ, Hiraldo F. 2006. Contradiction in conservation of island ecosystems: plants, introduced herbivores and avian scavengers in the Canary Islands. Biodiversity and Conservation. 15: 2231-2248.
- Gibb JA. 1993. Sociality, time and space in a sparse population of rabbits(*Oryctolagus cuniculus*). Journal of Zoology(London). 229: 581-607.
- GISD: Species [Internet]. Global Invasive Species Database; [Cited 2016 May 8]. Available from: <http://www.iucngisd.org/gisd/>
- Grzimek B. 1990. Grzimek's encyclopedia of mammals. McGraw-Hill.
- IUCN: Species Survival Commission. 2000. IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. Auckland, New Zealand: IUCN, Species Survival Commission, Invasive Species Specialist Group.
- Jeju Green Environment Center. 2014. A Study Terrestrial Ecosystems and Geological of Munseom, Beomseom, Seopseom in Jeju Island. [Korean Literature]
- Jensen JR. 1996. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective (No. Ed. 2). Prentice-Hall Inc..
- Jeyaseelan AT, Roy PS, Young SS. 2007. Persistent changes in NDVI between 1982 and 2003 over India using AVHRR GIMMS(Global Inventory Modeling and Mapping Studies) data. International Journal of Remote Sensing. 28(21): 4927-4946.
- Kang SB. 1990. The Geological Features of the Uninhabited Island in Jeju Island. Jeju Unmanned Academic Research Report. Jeju Munhwa Broadcasting Corporation. [Korean Literature]
- Kim CS, Song GP, Moon MO, Song KM, Kim J, Lee EJ. 2005. The Flora of Beomseom Island, Jeju-do. Korean Journal of Plant Resources. 18(2): 285-301. [Korean Literature]
- Kolb HH. 1994. The use of cover and burrows by a population of rabbits(Mammalia: *Oryctolagus cuniculus*) in eastern Scotland. Journal of Zoology (London). 233: 9-17.
- Korea Meteorological Administration. Climate Normal Data in Korea [Internet]. Korea Meteorological Administration [Cited 2017 September 6]. Available from: <http://web.kma.go.kr/eng/index.jsp>.
- Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea. 2007. A Synonymic List of Vascular Plants in Korea. Korea National Arboretum. Pocheon. [Korean Literature]
- Lee TB. 2003. Coloured Flora of Korea. Vol. I, II. Hayangmunsa. Seoul. [Korean Literature]
- Lee WT. 1996a. Lineamenta Florae Koerane. I, II. Academy Books. [Korean Literature]
- Lee WT. 1996b. Coloured Standard Illustrations of Korean plants. Acedemy Books. [Korean Literature]
- Lima SL. 1990. Protective cover and the use of space: different strategies in finches. Oikos. 58: 151-158.
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De poorter M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: a Selection from the Global

- Invasive Species Database. Invasive Species Specialist Group. Auckland, New Zealand.
- Macarthur RW, Wilson EO. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press. Princeton.
- Manepalli URR, Bham HG, Kandada S. 2011. Evaluation of hotspots identification using kernel density estimation (K) and Getis-ord (Gi*) on I-630, Proceedings of the 3rd international Conference on Road Safety and Simulation. Transportaion Research Board. 14-16 Indianapolis, USA. 1-17.
- Martin MC, Marrero P, Nogales M. 2003. Seasonal variation in the diet of wild rabbits *Oryctolagus cuniculus* on a semi-arid Atlantic island (Alegranza, Canarian Archipelago). Acta Theriologica. 48: 399-410.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair. 2012. Other Livestock Statistics. [Korean Literature]
- Ministry of Oceans and Fisheries. Coast portal; [Cited 2016 May 10]. Available from: http://www.coast.kr/coastAdmin/desertedIsland/desertIsland2View.do?uni_manage_idx=3742
- Miyawaki A, S.Okuda S, Fujiwara K.1994. Handbook of Japanese. Vegetation. Tokyo: Shibundo. [Japanese Literature]
- Miyawaki A, Okuda S. 1990. Vegetation of Japan Illustrated. Tokyo: Shibundo. [Japanese Literature]
- Myers K, Mykytowycz R. 1958. Social behaviour in the wild rabbit. Nature. 18: 1515-1516.
- Myneni RB, Tucker CJ, Asrar G, Keeling CD. 1998. Interannual variations in satellite-sensed vegetation index data from 1981 to 1991. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 103(D6): 6145-6160.
- National Institute of Animal Science. 2002. First 50 Years of Animal Science. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology. 2015. Ecological Studies of Alien Species (I). [Korean Literature]
- Novaro AJ, Funes MC, Walker RS. 2000. Ecological extinction of native prey of a carnivore assemblage in Argentine Patagonia. Biological Conservation. 92: 25-33.
- Nowak R. 1999. Walker's Mammals of the World, Sixth Edition. Baltimore and London: The John's Hopkins University Press.
- Norbury G, Reddiex B. 2005. European rabbit. The handbook of New Zealand mammals 2nd edn. Oxford University Press, Melbourne. 131-151.
- Parker S. 1990. Grzimek's Encyclopedia of Mammals. McGraw-Hill, Inc..
- Richards J.D, Short J. 2003. Reintroduction and establishment of the western barred bandicoot *Perameles bougainville* (Marsupialia: Peramelidae) at Shark Bay, Western Australia. Biological Conservation. 109: 181-195.
- Rosenblatt M. 1956. Remarks on Some Nonparametric Estimates of a Density Function. The Annals of Mathematical Statistics. 27(3): 832.
- SCBD. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2014. Global Biodiversity Outlook 4. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada.
- Sheail J. 1971. Rabbits and Their History. David & Charles Ltd, Newton Abbot, UK.
- Singh A, Ashish S, Katekhaye S. 2012. Rajpatha Ethno medicine of Controversial Origin. International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research. 3: 86-90.
- Sutherland WJ. 2004. Ecological census techniques.

- Blackwell Science, Massachussets.
- Sumption KJ, Flowerdew JR. 1985. The ecological effects of the decline of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) due to myxomatosis. *Mammal Review*. 15: 151-186.
- Takeuchi, A, Takeuchi N. 1969. A study of the action of picrotoxin on the inhibitory neuromuscular junction of the crayfish. *The Journal of physiology*. 205(2): 377-391.
- Thompson HV, King CM. 1994. *The European rabbit: the history and biology of a successful colonizer*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Torr N. 2002. Eradication of rabbits and mice from subantarctic Enderby and Rose Islands. *Turning the tide: the eradication of invasive species*. IUCN SSS Invasive Species Specialist Group, Gland, Switzerland. 319-328.
- Vaughan TA, Ryan JM, Czaplewski NJ. 2013. *Mammalogy*. Jones & Bartlett Publishers.
- Watts BD. 1991. Effects of predation risk on distribution within and between habitats in savannah sparrows. *Ecology*. 72: 1515-1519.
- Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A, Losos E. 1988. Quantifying threats to imperiled species in the Unites States. *BioScience*. 48: 607-615.
- Wilkinson DC. 2004. *Population biology, ectoparasites and myxomatosis: a longitudinal study of a free-living population of European wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in East Anglia*. Unpublished PhD Thesis, University of East Anglia, Norwich, UK.
- Wilson D, Reeder D. 1993. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. Washington, D.C: The Smithsonian Institution.