

## 제주도에 서식하는 붉은귀거북(*Trachemys scripta elegans*) 번식에 중요한 환경적인 요소 분석

구교성 · 성하철<sup>1,\*</sup>

전남대학교 생태모방연구센터, <sup>1</sup>전남대학교 생물학과

**Analysis on the Important Environmental Factors for Reproduction of *Trachemys scripta elegans* in Jeju Island, South Korea.** Kyo Soung Koo (0000-0003-0294-0875) and Ha-Cheol Sung<sup>1,\*</sup> (0000-0002-7494-7446) (Research Center of Ecomimetics, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea; <sup>1</sup>Department of Biological Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea)

**Abstract** Red-eared slider, *Trachemys scripta elegans*, is one of the most famous species to disturb native ecosystems in the world. In South Korea, the species was imported as pet, and now it is found whole of the country. Recent, natural breeding and spreading of the turtle has been reported. In this paper, we investigated the environmental factors to affect the reproduction of *T. s. elegans*. We surveyed the distribution of the turtle in Jeju island, South Korea, between 2012 to 2017. We compared the land covers and climate of habitats from breeding sites and non-breeding sites. The species was found from 38 sites in Jeju island; 21 of breeding sites and 17 of non-breeding sites. The number of total and only adult turtles was significantly higher in breeding sites than non-breeding sites ( $P < 0.05$ ). In breeding site, the reproduction rate from the farmland was significantly higher than others ( $P < 0.05$ ). However, the rate of land covers was not significant in non-breeding site ( $P > 0.05$ ). The difference on the climate between breeding and non-breeding was not significant ( $P > 0.05$ ). Moreover, none of climate factors affected to reproduction of *T. s. elegans* ( $P > 0.05$ ). Our study showed that the land covers surrounding the habitats are more important than climate for reproduction of *T. s. elegans* in Jeju island. This result indicates investigating the habitat and surrounding is necessary for the control of reproduction and spreading of the introduced species.

**Key words:** introduced turtle, red-eared slider, natural breeding, land cover, climate

### 서 론

세계적으로 국가 간 외래 생물의 이동이 증가하고 있으며, 외래생물의 유입에 따른 문제가 지속적으로 나타나고 있다 (Williamson, 1996; Lowe *et al.*, 2000). 외래 생물의

유입은 식량 (Kim, 1973; Oh and Hong, 2007), 해충 제거 (Shanmuganathan *et al.*, 2010), 애완 및 관광 (Cadi *et al.*, 2004; Oh and Hong, 2007)과 같은 의도적인 도입과 건축 자재에 붙어서 오거나 바람 혹은 기후 변화에 따라 유입되는 비의도적 도입이 있다 (Lowe *et al.*, 2000). 외래 생물의 유입으로 발생하는 대표적인 문제로는 토착종과의 경쟁 (Díaz-Paniagua *et al.*, 2011; Hoskin, 2011; Jo *et al.*, 2017), 질병의 매개 (Mack *et al.*, 2000), 잡종 형성 등이 있다 (O'Hanlon *et al.*, 2018). 많은 나라에서는 외래생물의 유입을 막고, 유입

Manuscript received 18 August 2019, revised 5 November 2019,

revision accepted 25 November 2019

\* Corresponding author: Tel: +82-62-530-3417, Fax: +82-62-530-3409,

E-mail: shcol2002@jnu.ac.kr

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

된 외래 생물을 제거하기 위한 노력을 하고 있지만 한번 정착한 생물의 경우 처리가 어렵다. 게다가 외래생물에 의한 문제를 해결하기 위해 소요되는 사회 및 경제적 비용도 무시할 수 없는 실정이다(Huxel, 1999; Pimentel *et al.*, 2005; Lovell *et al.*, 2006; Shine, 2010).

붉은귀거북(*Trachemys scripta elegans*)은 세계적으로 문제가 되고 있는 외래생물 중 하나이며(Lowe *et al.*, 2000), 유입된 대부분의 지역과 환경에서 잘 적응하는 종이다(Cadi *et al.*, 2004; Perez-Santigosa *et al.*, 2008). 국내에서는 1970년대 후반부터 연평균 100만 개체 이상이 수입되었으며, 이후 개인 혹은 종교적 의미의 방생이 이루어져 많은 수의 붉은귀거북들이 생태계로 유입되었다(Ministry of Environment, 2001). 최근 조사에 따르면 붉은귀거북은 제주도를 포함한 남한의 대부분 지역에서 발견되고 있으며, 야생 생태계에서의 자연 번식 및 확산 등이 관찰되고 있다(Oh *et al.*, 2017; Koo *et al.*, 2019a). 이러한 기록들은 붉은귀거북이 국내 생태계에 적응하고 있음을 보여주는 사례들이다. 게다가 토착종이자 멸종위기 야생생물인 남생이와의 경쟁과 서식지 공유는 붉은귀거북이 우리 생태계에 미치는 직접적인 영향으로 볼 수 있다(Jo *et al.*, 2017; Koo *et al.*, 2019b).

국내에서는 외래생물에 대한 심각성을 인식하고 있으며, 서식 및 분포 실태를 조사(National Institute of Ecology, 2017, 2018) 및 관련된 다양한 연구가 진행되고 있다. 국내로 유입된 대표적인 외래생물인 붉은귀거북은 일부 도서 지역을 포함하여 전국적인 분포를 보이고 있으며, 자연과 비자연적인 환경 모두에서 발견되고 있다(Koo *et al.*, 2017). 반면, 다른 외래거북류들은 주로 인간과 관련된 도심지역 혹은 시가지 주변과 같은 비자연적인 환경에서 주로 발견되는 특징이 있다(Koo *et al.*, 2017). 붉은귀거북의 먹이원 그리고 행동 생태와 관련된 연구가 진행된 사례는 있으나 적은 개체수와 짧은 연구 기간 등으로 종의 특성을 파악하는데 걸림돌이 되고 있다(Jung, 2014; Koo *et al.*, 2019a).

외래생물이 새로운 환경에서 성공적으로 정착하는 과정은 크게 3단계로 구분된다; 1) 새로운 환경으로 유입, 2) 개체군 형성, 3) 서식지 확대 및 확산(Shea and Chesson, 2002). 특히, 개체군의 형성과 확산을 위해서는 환경에 대한 적응과 자연적인 번식이 성공적으로 이루어져야 한다. 따라서 자연적인 번식과 확산이 확인될 경우, 외래생물의 정착은 성공적으로 이루어졌다고 볼 수 있다. 국내에서 서식하고 있는 붉은귀거북은 자연적인 확산뿐만 아니라 자연 번식도 꾸준히 발견되고 있다(Koo *et al.*, 2017, 2019a; Oh *et al.*, 2017). 하지만 대부분의 연구에서는 붉은귀거북의 번식지에 대한 위치만 기록했을 뿐, 이들의 번식이 어떠한 환

경 조건에서 이루어지는지 알려져 있지 않다. 이들의 번식지와 번식이 가능하게 하는 요소를 파악하는 것은 붉은귀거북의 관리와 제어를 위한 중요한 근거가 된다.

본 논문에서는 “붉은귀거북의 자연적인 번식에 영향을 주는 요소는 무엇일까?”라는 질문을 바탕으로 연구를 진행하였다. 붉은귀거북의 번식에 영향을 주는 요소로는 서식지 주변 환경인 1) 토지 피복과 2) 서식지 기후를 고려하였다. 분석을 위해 붉은귀거북의 번식지와 비번식지를 구분하였으며, 각각의 서식지 환경을 토지 이용과 기후로 구분하여 분석하였다. 본 연구의 결과를 통해 붉은귀거북의 번식을 가능하게 하는 요소를 파악 확인할 수 있을 것이며, 이는 붉은귀거북의 관리를 위한 구체적인 방향성을 제시할 것이다.

## 재료 및 방법

### 1. 분포 지점 확보

본 연구에서는 제주도 지역에서 서식하는 붉은귀거북의 번식지 그리고 비번식지의 차이를 분석하였다. 제주도는 섬 지역이지만 곳곳에 정수 환경이 발달해 있으며, 많은 지역에서 붉은귀거북이 발견된 기록이 있다(Oh and Hong, 2007; Oh *et al.*, 2017). 또한 내륙지역에 비해 자연 번식의 기록이 많고, 각 지역들이 상세히 기록되어 있다(Oh and Hong, 2007; Oh *et al.*, 2017).

현지 조사는 2012년부터 2017년까지 제주도 내에 형성되어 있는 수환경을 대상으로 수행하였다. 현지조사는 오전 10시부터 오후 4시까지 수행되었으며, 조사자들은 대상이 되는 저수지나 하천을 도보로 이동하면서 발견되는 모든

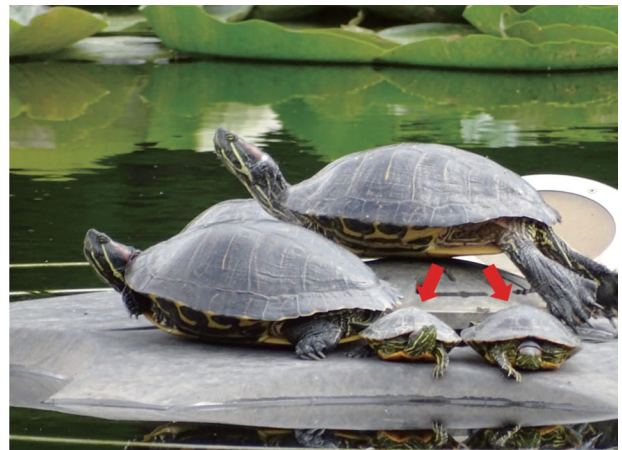


Fig. 1. Adults and juveniles (red arrows) of *Trachemys scripta elegans* in Jeju island, South Korea.

붉은귀거북의 수를 기록하였다(Fig. 1). 발견된 개체의 등갑질의 길이(carapace straight length)가 15 cm 이상일 경우, 성체로, 15 cm 미만일 경우 자연 번식에 의해 태어난 개체로 구분하였다(Noda and Ohkawara, 2018). 자연 번식의 근거가 되는 알, 유체 혹은 아성체의 경우 개인이 사육하다가 발생했을 가능성이 있다. 하지만 공식적인 수입이 금지된 10년 이상 지났기 때문에 개인 발생에 의한 개체로는 고려하지 않았다.

문헌 조사의 경우, 제주도 내 붉은귀거북의 분포를 조사를 수행했던 Oh *et al.*(2017)의 결과를 참고하였다. 조사 기록에서 확인되는 개체수와 개체들의 크기를 앞선 현지 조사의 기준과 동일하게 기록하였다.

## 2. 서식지 주변 환경 및 기후

번식지 그리고 비번식지의 환경 차이를 비교하기 위해 서식지의 주변 환경 요소로는 토지 이용, 서식지 고도 그리고 서식지 기후 변수를 사용하였다. 서식지 주변의 토지 피복은 크게 논, 밭, 수역, 나지, 산림, 시가지, 초지로 구분하였다(Koo *et al.*, 2017). 선행 연구에서는 환경부에서 제공하는 토지 피복도를 사용했지만, 2000년도에 만들어진 후 20여 년이 지났기 때문에 현재 토지 이용 현황을 잘 반영하지 못하는 문제가 있다. 따라서 앞선 7가지 유형을 기준으로 붉은귀거북이 발견된 각각의 저수지에 인접한 토지 환경을 Google earth에서 직접 확인 후 기록하였다. 기후 변수로는 WorldClim (ver 1.4)에서 제공하는 연평균 기온(annual mean temperature, Bio1), 가장 더운 달의 최고 기온(maximum temperature of warmest month, Bio5), 가장 추운 달의 최저 기온(minimum temperature of coldest month, Bio6), 따뜻한 분기 평균 기온(mean temperature of warmest quarter, Bio10), 추운 분기 평균 기온(mean temperature of coldest quarter, Bio11), 강수량(annual precipitation, Bio12)을 사용하였다(data source: www.worldclim.org). 각각의 발견 지점을 ArcGIS 10.6 (ESRI, USA)에 투영 후 각각의 변수들을 추출하였다.

## 3. 통계분석

대부분의 지점에서 발견되는 붉은귀거북의 수가 정규성을 보이지 않았기 때문에 모든 분석에는 비모수 분석법을 사용하였다. 번식지와 비번식지에서 발견되는 붉은귀거북의 지점 당 개체수의 차이는 Mann-Whitney U-test로 비교하였다. 서식지 주변 토지피복의 빈도 차이는 one sampled  $\chi^2$  test를 이용하여 비교하였고, 번식지와 비번식지를 각각 분석하였다. 번식지와 비번식지의 기후 변수 간의 차이는

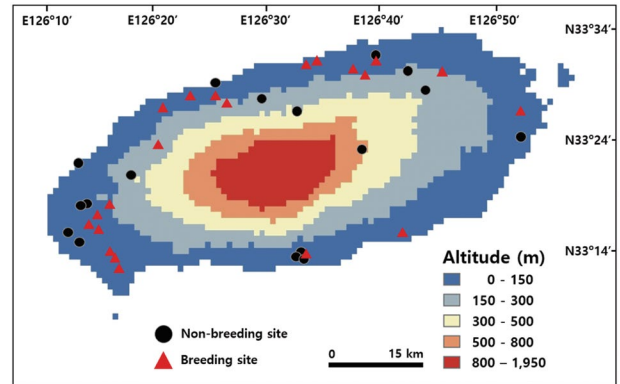


Fig. 2. The locations of breeding (red triangle) and non-breeding sites (black circle) of *Trachemys scripta elegans* in Jeju island, South Korea.

Mann-Whitney U-test로 비교하였다. 붉은귀거북의 번식에 영향을 주는 기후 요소를 분석하기 위해 이항 로지스틱 회귀(binomial logistic regression) 분석법을 사용하였다. 모든 분석은 SPSS 24.0 (IBM, USA)를 사용하였으며, 유의수준은 95%로 설정하였다.

## 결 과

### 1. 붉은귀거북의 발견 지점 및 개체수 차이

제주도에서 확인된 붉은귀거북의 서식지는 총 38지점으로 나타났다(Fig. 2). 그중 붉은귀거북의 21지점에서 번식이 확인되었으며, 번식이 발견되지 않았던 지점은 17개로 나타났다. 현지 조사에서 발견된 붉은귀거북은 총 180개체였다(Table 1). 그 중 번식지 21지점에서 발견된 붉은귀거북의 수는 총 144개체(아성체 54)로 비번식지 17지점에서 발견된 36개체보다 더 많았다. 번식지에서 붉은귀거북이 발견되는 지점당 평균 개체수는  $6.9 \pm 0.1$  (범위: 1~17)로 비번식지에서 발견되는 평균 개체수인  $2.1 \pm 0.4$  (범위: 1~6)와는 뚜렷한 차이를 보였다(Mann-Whitney U test,  $n = 38$ ,  $U = 33.0$ ,  $P < 0.001$ ). 또한 번식지에서 발견되는 성체 붉은귀거북의 수는 평균  $4.5 \pm 0.5$ 개체로 비번식지에서 발견되는 성체 수 평균  $2.1 \pm 0.4$ 개체보다 유의미하게 많았다( $n = 37$ ,  $U = 62.5$ ,  $P < 0.001$ ).

### 2. 서식지 주변 토지 피복의 빈도 차이

붉은귀거북의 번식과 비번식이 확인된 지점의 서식지 주변 환경을 분석한 결과(Fig. 3), 붉은귀거북의 번식은 밭 지점에서 가장 높은 비율로 나타났다(one sampled  $\chi^2$  test,  $n =$

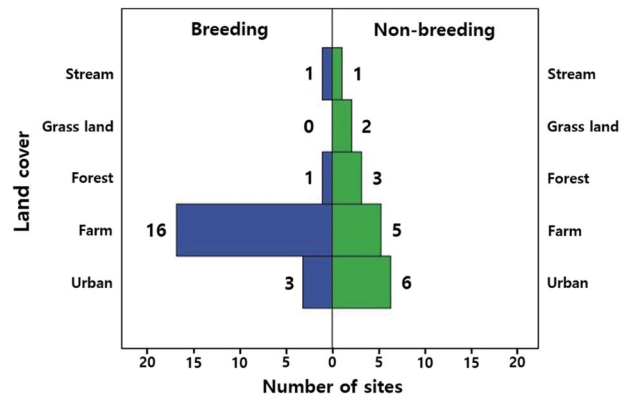
**Table 1.** The information of location and the number of turtles from breeding and non-breeding site in Jeju island, South Korea.

No	Site	Coordination			Number of turtles (n)		
		Latitude (°, ', ")	Longitude (°, ', ")	Adult	Juvenile	Total	
1		33 30 15.1	126 46 20.3	4	6	10	
2		33 29 55.5	126 39 17.8	1	1	2	
3		33 31 59.3	126 36 51.2	6	1	7	
4		33 30 20.3	126 38 0.5	4	3	7	
5		33 24 13.9	126 20 20.0	6	2	8	
6		33 27 38.5	126 26 24.0	4	2	6	
7		33 28 15.6	126 25 38.3	2	3	5	
8		33 28 14.5	126 23 20.8	3	2	5	
9		33 17 39.4	126 13 59.1	4	2	6	
10		33 18 60.0	126 15 45.0	0	1	1	
11	Breeding	33 18 20.1	126 14 38.6	2	1	3	
12		33 15 18.7	126 16 16.1	4	4	8	
13		33 14 48.7	126 16 34.0	6	2	8	
14		33 17 21.8	126 14 52.2	2	1	3	
15		33 13 47.1	126 16 38.2	6	1	7	
16		33 14 41.8	126 33 34.0	5	2	7	
17		33 16 51.3	126 42 30.7	3	1	4	
18		33 27 17.4	126 20 50.6	9	2	11	
19		33 31 36.9	126 35 54.8	9	1	10	
20		33 31 23.6	126 40 6.0	8	1	9	
21		33 26 55.2	126 53 38.1	2	15	17	
Total				90	54	144	
22		33 28 56.2	126 44 44.3	1	0	1	
23		33 23 43.2	126 39 7.2	1	0	1	
24		33 30 31.8	126 43 3.3	1	0	1	
25		33 29 35.6	126 25 37.8	1	0	1	
26		33 28 6.7	126 29 34.1	4	0	4	
27		33 21 29.0	126 17 47.2	1	0	1	
28		33 19 14.6	126 13 26.9	2	0	2	
29		33 19 18.0	126 13 43.6	1	0	1	
30	Non-breeding	33 16 42.0	126 12 35.4	6	0	6	
31		33 17 6.1	126 11 46.5	1	0	1	
32		33 14 40.6	126 33 20.6	2	0	2	
33		33 24 54.6	126 53 37.4	2	0	2	
34		33 21 11.5	126 11 8.5	2	0	2	
35		33 27 9.0	126 33 8.5	1	0	1	
36		33 14 47.0	126 33 18.2	4	0	4	
37		33 31 49.3	126 40 12.4	2	0	2	
38		33 14 42.4	126 33 13.5	4	0	4	
Total				36	0	36	

21,  $\chi^2 = 29.857$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.001$ ). 비번식지의 경우, 시가지의 비율이 가장 높았지만, 통계적으로 유의하지 않았다 ( $n = 17$ ,  $\chi^2 = 5.059$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.281$ ).

### 3. 서식지 기후 차이

붉은귀거북의 번식지와 비번식지의 기후를 비교한 결과



**Fig. 3.** Comparison of the land covers of habitats between breeding and non-breeding sites of *Trachemys scripta elegans* in Jeju island, South Korea.

(Table 2), 고도를 포함한 모든 환경 변수들은 번식지와 비번식지 간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(Mann-Whitney U-test,  $P > 0.05$  in all cases). 서식지 기후와 붉은귀거북의 번식과의 관계를 이항 로지스틱 회귀(binomial logistic regression)로 분석한 결과(Table 3), 어떠한 기후적 요소도 번식에 영향을 주지는 않았다( $P > 0.05$ , in all cases).

## 고찰

일반적으로 붉은귀거북을 포함한 민물거북들은 육상으로 올라와 흙을 파고 산란을 한다. 따라서 번식을 위해서는 알을 묻을 수 있는 서식지 주변에 환경이 중요하다고 볼 수 있다. 본 연구에서도 밭이라는 서식지 환경이 번식지에서 가장 높은 빈도로 나타났는데, 이는 밭이라는 환경이 붉은귀거북의 번식지로 적합했기 때문으로 판단된다. 물론 일부 시가지 환경에서도 번식이 기록되긴 했으나 밭과 같은 환경과 인접해 있었다. 붉은귀거북의 이동성을 고려하면(Koo *et al.*, 2019a), 주변 위치한 밭과 같은 환경으로 이동 후 번식을 했을 것이다. 제주도 외의 지역에서도 외래거북의 번식 사례는 보고되었으나 번식과 관련된 연구가 이루어진 사례는 없다. 따라서 밭이라는 환경의 어떠한 요소가 붉은귀거북의 번식에 직접적으로 연관되었는지는 명확하게 설명하기에는 한계가 있다. 하지만 본 연구에서는 번식지와 비번식지의 차이는 서식지 환경 특히 번식이 가능한 환경의 유무라는 것을 확인하였다. 따라서 번식과 관련된 서식지 환경을 파악하는 것은 붉은귀거북의 관리와 제어에 중요한 기준이 될 것이다.

붉은귀거북의 번식과 비번식에 차이가 서식지 기후에서 나타나지 않았던 것은 기후가 번식에 직접적인 영향을 주

**Table 2.** Environmental variables on the breeding sites and non-breeding sites of *Trachemys scripta elegans* in this study. The difference between breeding and non-breeding sites was compared by Mann-Whitney U-test. The values in the table indicated as mean  $\pm$  standard error.

Environmental variables	Breeding (n = 21)	Non-breeding (n = 17)	Statistical value	P-value
Altitude (m)	79.2 $\pm$ 10.1 (21~188)	121.5 $\pm$ 37.0 (3~608)	169.5	.764
Annual mean temperature (Bio1, °C)	15.1 $\pm$ 0.1 (14.6~15.8)	14.8 $\pm$ 0.2 (12.2~15.8)	137.0	.526
Max. temp. of warmest month (Bio5, °C)	29.4 $\pm$ 0.1 (28.7~30.0)	29.1 $\pm$ 0.3 (26.3~29.9)	136.5	.505
Min. temp. of coldest month (Bio6, °C)	1.9 $\pm$ 0.1 (1.3~2.5)	1.5 $\pm$ 0.3 (-1.4~2.5)	118.5	.214
Mean temp. of warmest quarter (Bio10, °C)	24.5 $\pm$ 0.1 (23.5~25.3)	24.0 $\pm$ 0.3 (21.2~25.2)	119.5	.226
Mean temp. of coldest quarter (Bio11, °C)	6.0 $\pm$ 0.1 (5.4~7.0)	5.7 $\pm$ 0.3 (2.9~7.0)	137.0	.526
Annual precipitation (Bio12, mm)	1,421.2 $\pm$ 45.8 (1,170~1,773)	1,500.2 $\pm$ 63.5 (1,148~1,792)	177.0	.547

**Table 3.** Binominal logistic regression analysis on the climate factor. The presence or absence of breeding was used as a dependent variable.

Climate factor	B	S.E.	P value	Exp (B)	95% C.I.
Bio1	-.092	1.215	.940	.912	.084~9.871
Bio5	-.233	.463	.615	.792	.320~1.964
Bio6	.561	.353	.112	1.753	.878~3.503
Bio8	.463	.394	.240	1.589	.734~3.440
Bio11	-.462	.684	.499	.630	.165~2.407
Bio12	.005	.006	.378	1.005	.994~1.016

B: regression coefficient, S.E.: standard error.

는 요소가 아닐 수 있음을 보여준다. 보통 서식지 기후는 생물의 분포 범위를 결정하는 중요한 요소이며, 각각의 생물들은 독특한 분포 범위를 갖는다(Do *et al.*, 2017). 최근 다양한 생물군에서 적용되고 있는 생물 종분포모델링은 이러한 생물의 분포와 서식지 기후 사이의 관계를 기반으로 잠재적인 분포 지역을 예측한다(Do *et al.*, 2017; Koo *et al.*, 2019c). 본 연구에는 서식지 기후 보다는 서식지 주변의 환경이 붉은귀거북의 번식과 관련될 수 있음을 확인하였다. 다시 말하면, 번식이 이루어지기 위해서는 서식지 주변의 토지 피복과 같은 미소적인 요소가 충족되어야 함을 의미한다. 붉은귀거북의 경우에도 다른 민물거북들과 유사하게 육지에 올라와서 산란을 하는 특성이 있기 때문에 육상 환경이 서식지 주변에 존재해야 한다. 따라서 붉은귀거북 연구에 있어서 분포와 확산은 기후적인 요소를 고려해야 할 것이고, 정착과 번식은 서식지 주변 토지 피복 요소를 고려해야 할 것이다.

번식이 제한된 서식지는 외래생물의 증가와 확산을 제어하는 하나의 요소가 될 수 있다. 외래생물의 정착은 크게 3가지 단계로 이루어진다(Shea and Chesson, 2002). 첫 번째 단계는 단순히 새로운 환경에 유입 및 적응이라고 하면, 두 번째 단계는 개체군의 형성 즉 번식이라는 요소가 더해진

다. 마지막으로 세 번째 단계는 주변 환경으로의 이동과 확산이 추가가 된다. 따라서 외래생물의 현황을 파악하고 그에 따른 대응 방안을 적용해야 한다. 붉은귀거북의 경우, 외래생물의 정착 3단계까지 확인된 상태이다(Koo *et al.*, 2019a, b). 이는 보다 적극적인 대처가 필요한 상황임을 의미한다. 생태공원과 같이 시가지 내 인위적으로 조성된 친수환경은 펜스나 바위 제방, 직벽 등으로 조성되어 있으며, 밭 혹은 산림과 같은 번식지와와의 연결성이 떨어지기 때문에 붉은귀거북과 같은 외래거북들의 번식이 이루어지기 어렵다. 게다가 외부와의 단절로 외래거북들은 이동 및 확산이 불가하기 때문에 개체군의 증가 없이 수명에 따라 자연 소멸할 것이다. 외래거북이 자연으로 유입되는 가장 큰 원인이 개인의 방사임을 고려하면(Oh and Hong, 2007; Mun *et al.*, 2013), 친수공원과 같은 인공적인 환경에 방사하는 것을 유도하는 것이 필요하며, 이는 인위적인 살생 없이 외래생물을 관리하는 방안이 될 수 있다.

본 연구의 결과는 외래거북의 확산과 번식은 지속적인 조사와 모니터링을 통해 파악하는 것이 중요하다는 것을 보여준다. 제주도 내 붉은귀거북의 분포를 연구한 Oh and Hong (2007)은 15개 지점에서 거북이들의 분포를 확인하였지만, 본 연구에서는 총 38개 지점에서 분포하는 것을 확인하였다. 또한 선행 연구에서는 제주시에 위치한 문강사 내 연못에서만 어린 개체들을 발견했던 것에 반해, 이후 조사에서는 제주도 전역에서 어린 개체들이 발견되었다(Oh *et al.*, 2017). 선행 연구에 비해 다양한 지역 그리고 많은 개체들이 추가적으로 발견된 원인이 지속적인 방생 때문인지 아니면 자연 번식과 확산의 결과인지는 정확히 알 수 없다. 물론 정확한 수를 파악하기 어려운 민물거북의 연구 특성상 당시 발견된 개체수가 과소평가 되었을 가능성도 있다. 이러한 차이는 붉은귀거북의 연구에 있어서 지속적인 조사와 모니터링을 통해 정확한 개체수와 개체군의 크기를 파악하는 것이 중요하다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 제주도에 서식하는 붉은귀거북의 자연 번식을 위해서는 서식지 기후보다는 번식을 가능하게 하는 서식지 주변의 환경이 더 중요할 수 있음을 확인하였다. 이러한 서식지의 특성은 붉은귀거북의 제거나 관리에 있어서 중요한 기준이 되며 우선적으로 고려해야 하는 사항이 될 것이다.

## 적 요

전 세계적으로 붉은귀거북(*Trachemys scripta elegans*)은 새로운 지역으로 유입되어 토착 생태계를 교란하는 대표적인 외래생물이다. 국내에는 1970년대부터 방생과 애완의 목적으로 수입되었으며, 현재 남한 전역에 걸쳐 발견되고 있다. 또한 자연적인 번식과 확산이 지속적으로 관찰되고 있는 실정이다. 본 연구에는 제주도 지역에서 발견되는 붉은귀거북을 대상으로 자연적인 번식에 영향을 미치는 환경적인 요소를 파악하고자 하였다. 먼저, 2012년부터 2017년까지 제주도 내 붉은귀거북의 분포를 조사하였다. 붉은귀거북의 번식이 확인되는 지역과 그렇지 않는 지역을 대상으로 주변의 토지 피복과 서식지 기후의 차이를 비교하였다. 연구 결과, 붉은귀거북은 선행 연구에서 기록한 15개 지역에서 증가한 38개 지점에서 발견되었다. 그 중 번식 확인된 지역은 21개, 단순히 서식만 확인된 지역은 17개 지역이었다. 붉은귀거북의 전체 그리고 성체만의 개체수는 번식지가 유의미하게 많았다( $P < 0.001$ ). 붉은귀거북의 번식이 이루어지는 서식지 주변의 토지 피복의 경우, 밭의 비율이 뚜렷하게 높았지만( $P < 0.001$ ), 비번식지에서는 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다( $P > 0.05$ ). 한편, 붉은귀거북의 번식지와 비번식지 간의 기후적인 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았으며( $P > 0.05$ ), 어떠한 기후 요소도 붉은귀거북의 번식과 관련되지 않았다( $P > 0.05$ ). 본 연구의 결과를 통해 제주도 내에서는 붉은귀거북의 번식에는 서식지 주변의 토지 피복 즉 번식 가능한 환경의 존재가 중요하다는 것을 확인하였다. 따라서 붉은귀거북이 발견되는 서식지의 주변 환경을 우선적으로 파악하는 것은 번식과 확산을 제어할 위한 효과적인 방법이 될 것이다.

**저자정보** 구교성(전남대학교 생태모방연구센터 학술연구교수), 성하철(전남대학교 생물학과 교수)

**저자기여도** 구교성은 계획부터 현지조사, 결과분석, 논문 작성 등 연구 전반적으로 기여하였으며, 성하철은 결과분석, 논문 작성 및 보완에 기여하였습니다.

**이해관계** 본 논문에 대한 저자들 간의 어떤 이해관계 및 갈등이 없습니다.

**연구비** 본 연구는 생물다양성 위협 외래생물 관리 기술개발사업(RE201807039)에 지원을 받아 수행 및 작성되었습니다.

## REFERENCES

- Cadi, A., V. Delmas, A.C. Prévot-Julliard, P. Joly, C. Pieau and M. Girondot. 2004. Successful reproduction of the introduced slider turtle (*Trachemys scripta elegans*) in the South of France. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **14**: 237-246.
- Díaz-Paniagua, C., N. Pérez-Santigosa, J. Hidalgo-Vila and M. Florencio. 2011. Does the exotic invader turtle, *Trachemys scripta elegans*, compete for food with coexisting native turtles? *Amphibia-Reptilia* **32**: 167-175.
- Do, M.S., J.W. Lee, H.J. Jang, D.I. Kim, J. Park and J.C. Yoo. 2017. Spatial distribution patterns and prediction of hotspot area for endangered herpetofauna species in Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **31**: 381-396. (in Korean with English abstract)
- Hoskin, C.J. 2011. The invasion and potential impact of the Asian house Gecko (*Hemidactylus frenatus*) in Australia. *Austral Ecology* **36**: 240-251.
- Huxel, G.R. 1999. Rapid displacement of native species by invasive species: effects of hybridization. *Biological Conservation* **89**: 143-152.
- Jo, S.I., S. Na, C.K. An, H. Kim, Y.J. Jeong, Y.M. Lim, S.D. Kim, J.Y. Song and H. Yi. 2017. Comparison analysis for using the habitat pattern between the Korean endangered species, *Mauremys reevesii*, and the exotic Species, *Trachemys scripta elegans*. *Korean Journal of Environment and Ecology* **31**: 397-408. (in Korean with English abstract)
- Jung, J.H. 2014. Activity factors and diet analysis of the redeared slider turtle (*Trachemys scripta*) in Ansan reed wetland park. Master's thesis. Seoul National University. 89 pp. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.J., K.S. Koo and H.C. Sung. 2019. Current distribution of the non-native species, *Rana catesbeiana* Shaw 1802 (= *Lithobates catesbeianus*), in the Republic of Korea. *BioInvasions Records* **8**: 942-946.
- Kim, H.K. 1973. The bullfrog (*Rana catesbeiana*) and its culture. *Journal of Korean Research Institute for Better Living, Ewha Womans University* **10**: 173-200. (in Korean with English abstract)
- Koo, K.S., H.J. Beak, S.H. Kim, H.J. Jang, D.I. Kim and H.C. Sung. 2019a. First report on the natural movement of introduced turtle, *Trachemys scripta elegans*. *Korean Journal Ecology and Environment* **52**: 9-12. (in Korean with English abstract)

English abstract)

- Koo, K.S., H.J. Jang, D.I. Kim and H.C. Sung. 2019b. Report on the large population and habitat status of endangered species, *Mauremys reevesii* Gray 1831 (Reptilia; Testudines; Geoemydidae) in South Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **33**: 402-407. (in Korean with English abstract)
- Koo, K.S., D. Park and H.S. Oh. 2019c. Analyzing habitat characteristics and predicting present and future suitable habitats of *Sibynophis chinensis* based on a climate change scenario. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* **12**: 1-6.
- Koo, K.S., S. Kwon, M.S. Do and S. Kim. 2017. Distribution characteristics of exotic turtles in Korean wild - based on Gangwon-do and Gyeongsangnam-do -. *Korean Journal of Ecology and Environment* **50**: 286-294. (in Korean with English abstract)
- Lovell, S.J., S.F. Stone and L. Fernandez. 2006. The economic impacts of aquatic invasive species: a review of the literature. *Agricultural and Resource Economics Review* **35**: 195.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas and M. De Poorter. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database (Vol. 12). Auckland: Invasive Species Specialist Group.
- Mack, R.N., D. Simberloff, W.M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout and F.A. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* **10**: 689-710.
- Ministry of Environment. 2001. Encyclopedia of the environment. Seoul. 781 pp. (in Korean)
- Mun, S., K.H. Nam, C.G. Kim, Y.J. Chun, H.W. Lee, J.H. Ki and J.C. Lee. 2013. Suggestions for the improvement of the Invasive alien species management in Korea-a comparative analysis of the legal framework for invasive alien species between Japan and Korea. *Environmental Policy* **6**: 35-54. (in Korean with English abstract)
- National Institute of Ecology. 2017. Nationwide survey of non-native species in Korea (III). Ministry of Environment. 568 pp. (in Korean)
- National Institute of Ecology. 2018. Nationwide survey of non-native species in Korea (IV). Ministry of Environment. 705 pp. (in Korean)
- Noda, H. and K. Ohkawara. 2018. Long-term changes in age structures of a naturalized population of freshwater turtle, red-eared slider *Trachemys scripta elegans*. *Current Herpetology* **37**: 106-113.
- O'Hanlon, S.J., A. Rieux, R.A. Farrer, G.M. Rosa, B. Waldman, A. Bataille, T.A. Kosch, K.A. Murray, B. Brankovics, M. Fumagalli and M.D. Martin. 2018. Recent Asian origin of chytrid fungi causing global amphibian declines. *Science* **360**: 621-627.
- Oh, H.S. and C.E. Hong. 2007. Current conditions of habitat for *Rana catesbeiana* and *Trachemys scripta elegans* imported to Jeju-do, including proposed management plans. *Korean Journal of Environment and Ecology* **21**: 311-317. (in Korean with English abstract)
- Oh, H.S., S.M. Park, P. Adhikari, Y.K. Kim, T.W. Kim and S.H. Han. 2017. Distribution and status of the alien invasive red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) in Jeju island, South Korea. *Korean Journal of Environmental Biology* **35**: 57-63. (in Korean with English abstract)
- Perez-Santigosa, N., C. Diaz-Paniagua and J. Hidalgo-Vila. 2008. The reproductive ecology of exotic *Trachemys scripta elegans* in an invaded area of southern Europe. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **18**: 1302-1310.
- Pimentel, D., R. Zuniga and D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* **52**: 273-288.
- Shanmuganathan, T., J. Pallister, S. Doody, H. McCallum, T. Robinson, A. Sheppard, C. Hardy, D. Halliday, D. Venables, R. Voysey and T. Strive. 2010. Biological control of the cane toad in Australia: a review. *Animal Conservation* **13**: 16-23.
- Shea, K. and P. Chesson. 2002. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution* **17**: 170-176.
- Shine, R. 2010. The ecological impact of invasive cane toads (*Bufo marinus*) in Australia. *The Quarterly Review of Biology* **85**: 253-291.
- Williamson, M. 1996. Biological invasions. Chapman & Hall, London. 244 pp.