

## 국내 야생에서 발견되는 외래거북류의 분포 특성 - 강원도와 경상남도 지역을 중심으로 -

구교성\* · 권세라 · 도민석<sup>1</sup> · 김수환<sup>2</sup>

강원대학교 생물학과, <sup>1</sup>경희대학교 생물학과, <sup>2</sup>국립생태원

**Distribution Characteristics of Exotic Turtles in Korean Wild - Based on Gangwon-do and Gyeongsangnam-do -** . Koo, Kyo Soung (0000-0003-0294-0875), Sera Kwon (0000-0003-3001-6663), Min Seock Do<sup>1</sup> (0000-0003-0162-8740) and Suhwan Kim<sup>2</sup> (0000-0003-4831-5071) (Department of Biology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea; <sup>1</sup>Department of Biology, Kyung Hee University, Seoul 02453, Republic of Korea; <sup>2</sup>National Environment Research, Seocheon 33657, Republic of Korea)

**Abstract** Development of transportation is rapidly reducing the barriers between countries, but this is causing the easier migration of species than the past. Typically, exotic species are imported for the purpose of food, leather, and pets. However, it has been introduced into the wild through artificially or naturally paths, and recently they are become a main cause of ecosystem disturbance. In this study, we investigated exotic turtle species introduced into the wild and analyzed their distribution characteristics. As a result of filed surveys, totally 4 genus 8 species 62 individuals of exotic turtles were found from 126 reservoirs in Gangwon-do and Gyeongsangnam-do, South Korea. In particular, *Trachemys scripta elegans* showed relatively high frequency than other turtle species and the natural reproduction of *T. s. elegans* was confirmed in some areas. On the other hand, the frequency of discovery of exotic turtles except *T. s. elegans* was relatively low, and the range of the areas was limited. Especially, exotic turtles except *T. s. elegans* were mainly found in public places such as reservoirs in the park. As a result of analyzing the distribution characteristics of exotic turtles using geographic information system, the turtles' distribution showed a high correlation with the artificial factor such as "urban". In this study, we identified the distribution characteristics of exotic turtles in the Korean wild, and these results will be important data for understanding status the and establishing effective management methods for exotic species.

**Key words:** reptile, exotic turtles, distribution, urban

## 서 론

지구를 구성하는 산과 바다는 생물 간의 이동과 교류를

막는 자연적인 장벽이었지만, 국가 간의 접근성 증가와 교통수단의 발달은 그러한 벽을 빠른 속도로 낮추고 있다. 게다가 기후 변화, 국가 단위의 거래 증가와 애완동물 시장의 확장 등의 요인들은 국가 간 외래생물 유입을 가속화 하는 원인이 되고 있다 (Williamson, 1996; Lowe *et al.*, 2000; Hill *et al.*, 2010). 일반적으로 외래생물의 유입은 해충 억제, 식량 해결, 애완 등과 같은 인간의 필요성에 의

Manuscript received 1 September 2017, revised 21 September 2017, revision accepted 22 September 2017  
\* Corresponding author: Tel: +82-10-2609-6460, Fax: +82-33-259-5600, E-mail: flqpfj@hanmail.net

해 발생한다(Bryan, 1932; Oliver and Shaw, 1953; Shine, 2010). 하지만 대부분의 경우 초기의 목적과는 다른 부작용들을 보이며, 토착종과 토착 생태계에 상당한 영향을 줄 뿐만 아니라 국가 경제에도 막대한 손실을 가져오고 있다(Huxel, 1999; Pimentel, 2005; Lovell *et al.*, 2006; Shine, 2010). 미국 하와이주의 무미류 *Eleutherodactylus coqui*나 호주의 게코류 *Hemidactylus frenatus*는 의도치 않게 유입된 외래생물의 사례로 두 외래종의 뛰어난 현지 적응력과 높은 번식력으로 인해 토착생물에 심각한 문제를 야기하고 있다(Beard, 2007; Hoskin, 2011). 반면, 호주의 두꺼비류 *Bufo Marinus*는 인위적으로 유입된 대표적인 외래생물로 농업에 유해한 곤충을 억제하려는 목적을 가지고 들어왔지만 앞선 사례와 유사한 부작용이 나타났으며, 그 결과 토착생물에 막대한 피해를 끼치고 있다(Crossland *et al.*, 2008; Shine, 2010). 또한 외래생물의 유입은 단순히 포식이나 경쟁에 따른 피해뿐만 아니라 새로운 질병에 매개체가 되어 토착생물들의 생존에 영향을 준다(Barton, 1997; Beard and O'Neill, 2005).

국내에도 자연적이거나 인위적인 목적으로 외래생물들이 지속적으로 유입되었으며, 그중 생태계에 영향을 줄 가능성이 높은 18종을 생태계교란야생생물로 지정하여 관리하고 있다(환경부 고시 제2013-12호). 대표적인 종으로는 뉴트리아 *Myocastor coypus*, 큰입배스 *Micropterus salmoides*, 황소개구리 *Rana catesbeiana* 등이 있다. 유입된 대부분의 외래생물들은 대체식량으로 사용할 목적으로 국내에 들여왔지만 낮은 수익률과 관리의 어려움 때문에 자연적 혹은 인위적으로 야생에 방사되어지고 있다(Oh and Hong, 2007; Mun *et al.*, 2013). 뉴트리아의 경우 제주도과 낙동강 일대에서 주로 발견되며 다양한 식물을 먹이원으로 이용하기 때문에 토착생물들에게 상당한 피해를 입히고 있다(Kim *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2013; Kim and Oh, 2017). 공격적인 포식성으로 수생생물에 영향을 주는 큰입배스의 경우, 식량이라는 본래 목적보다는 레저스포츠의 대상으로 인기가 높으며, 현재는 자연적 혹은 인위적인 이동에 의해 전국적으로 확산되고 있는 상태이다(Mun *et al.*, 2013). 1970년대 식용 목적으로 들어왔다가 야생으로 유입된 황소개구리도 현재 전국적으로 발견되고 있을 뿐만 아니라 강한 포식성과 높은 번식력으로 국내 생태계와 토착생물들에 악영향을 끼치고 있는 것으로 알려져 있다(Oh and Hong, 2007; Jang and Suh, 2010). 이들 이외에 생태계교란야생생물로 지정되지 않은 외래생물이 국내 생태계에 주는 다양한 영향들이 지속적으로 보고되고 있다(Jung, 2014; Lee *et al.*, 2016).

파충류 그룹에서 가장 잘 알려진 외래생물로는 붉은귀

거북(*Trachemys scripta elegans*)이 있다. 붉은귀거북은 거북목(Testudines) 늪거북과(Emydidae)에 속하는 반수생거북의 한 종으로 주 서식지는 미국, 멕시코 그리고 중앙아메리카이다(van Dijk *et al.*, 2011). 애완의 목적으로 전 세계에서 가장 활발하게 거래된 종이며, 현재 거의 모든 대륙에 분포하는 것으로 알려져 있다(Warwick *et al.*, 1990; GISD, 2009). 국내의 경우, 1970년대 후반부터 수입되기 시작하였으며 높은 생존율과 긴 수명, 관리의 어려움 등으로 인위적인 방생이 이루어졌으며 현재는 제주도를 포함한 전국의 저수지와 하천에 분포하는 것으로 파악되고 있다(Oh and Hong, 2007; Song, 2007; Kim *et al.*, 2014). 붉은귀거북은 뛰어난 번식력, 적응력 그리고 잡종 형성 등으로 국내·외에서 다양한 영향을 주고 있는 상황이다(Lowe *et al.*, 2000; National Institute of Ecology, 2015). 일반적으로 외래생물은 침입한 지역에 유사한 생태적 지위를 가지고 있는 종과 먹이 및 서식지 경쟁을 하게 되는데(Perez-Santigosa *et al.*, 2011), 국내의 경우 토종 거북이자 멸종위기종인 남생이가 경쟁종이 될 수 있다(Lee, 2010). 이러한 문제는 붉은귀거북뿐만 아니라 이후 수입되었던 다른 다양한 외래거북류에서도 나타나고 있다(National Institute of Ecology, 2014). 특히 2014년 야생에서 포획된 늪대거북의 강한 포식성이나 공격성은 야생 생태계뿐만 아니라 인간에게도 영향을 줄 수 있다고 보았다(National Institute of Ecology, 2014).

가까운 일본과 중국의 경우, 외래생물의 현황을 파악함과 동시에 생태계에 미치는 영향을 다양한 분야에서 다양한 시각으로 접근하고 있다(Yan *et al.*, 2001; Miyawaki and Washitani, 2004; Weber, 2008; Gao *et al.*, 2011). 또한 도출된 연구 결과들을 근거로 효과적인 관리를 위한 방안을 마련하고 있다(Mito and Uesugi, 2004; An *et al.*, 2007). 호주는 자국의 고유종을 보호하기 위하여 외래생물에 대한 가장 적극적인 대응을 하고 있는 나라이며, 많은 연구를 통해 적절한 관리 대책을 마련하여 현장에 적용하고 있다(Wittenberg and Cock, 2001; Buckley *et al.*, 2004; Hauser and McCarthy, 2009; Rollins *et al.*, 2009). 국내의 경우에도 외래생물이 생태계에 심각한 영향을 주고 있다는 것을 충분히 인식하고 있으며, 외래생물에 대한 피해를 막거나 줄이기 위해 노력하고 있다. 환경부는 과거 20여 년간 수입된 외래생물의 실태를 파악하였으며(Lee *et al.*, 2016), 야생에 유입되었거나 되고 있는 외래생물에 대한 지속적인 조사를 실시하고 있다(National Institute of Ecology, 2015). 더욱이 조사를 바탕으로 한 외래생물의 관리와 대책을 제안하고 있으며(Kil and Kim, 2014), 활용 가능한 형태로 가공하여 배포하는 등 적극적인 노력을 취하고 있다(National

Institute of Ecology, 2015). 그럼에도 불구하고 외래생물종을 대상으로 수행한 직접적인 연구자료가 미흡하고, 외국 사례를 바탕으로 예상되는 피해만 알려져 있는 실정이기 때문에 적절한 관리 대책을 마련하기 위해서는 근거가 될 수 있는 다양한 연구가 진행되어야 한다.

본 연구의 목적은 야생으로 유입된 외래거북의 분포 현황 및 특성을 파악함과 동시에 도출된 결과를 통해 효과적인 관리 방안을 제시하는 것이다. 이를 위해 1) 야생으로 유입되어 관찰되는 외래거북종들을 파악하였다. 다음으로 2) 서식지 유형에 따른 외래거북의 분포 특성을 알아보기 위해 서식지 주변에 위치한 다양한 환경 요인들과의 거리를 산출하여 외래거북들의 분포 및 서식에 영향을 주고 있는 주요 환경요인들을 분석하였다.

## 재료 및 방법

외래거북의 분포 조사는 거북들이 활발하게 활동하는 2016년 6월부터 10월까지 강원도와 경상남도 지역에 위치한 총 126개의 저수지들을 대상으로 수행하였다(Fig. 1). 조사 대상 지역의 선정은 Google map을 활용하였으며, 시내를 중심으로 반경 10km 내에 위치한 저수지들을 조사하였다. 현지 조사는 기온이 상승하기 시작하여, 거북류 종들이 활발하게 활동하는 10시부터 17시까지 수행하였다. 육안으로 발견되는 모든 종과 개체수를 기록하였으며, 가능한 경우 디지털카메라(DSC-HX400V, Sony)로 개체를 촬영하였다. 발견된 지점의 좌표는 휴대용 GPS (Oregon 550, Garmin, USA)를 이용하여 기록하였다. 조사에서 확인된 외래거북은 The reptile database (2017)를 이용하여 동정하였다.

현재 생태계교란야생생물로 지정되어 있는 붉은귀거북은 1970년대 후반 국내에 유입된 지 30년 이상이 지났으며, 한국 내 많은 지역과 환경에서 관찰되고 있다(Ministry of Environment, 2006). 또한 발견되는 빈도가 높고, 자연적인 번식도 지속적으로 보고되는 등 국내 환경에 어느 정도 적응했다고 볼 수 있다. 이러한 붉은귀거북의 현황을 고려하여 독립적인 분석이 필요하다고 판단되어 다른 외래거북종들과 구분하였다. 따라서 i) 전체 외래거북류, ii) 붉은귀거북, iii) 붉은귀거북을 제외한 나머지 외래거북 그룹으로 구분하여 서식 및 분포의 특징을 비교 및 분석하였다.

야생에서 발견되는 외래거북은 크게 인위적인 방생과 자연적인 확산이 원인으로 알려져 있다(Ministry of Environment, 2006; Jung, 2014). 따라서 외래거북이 자연

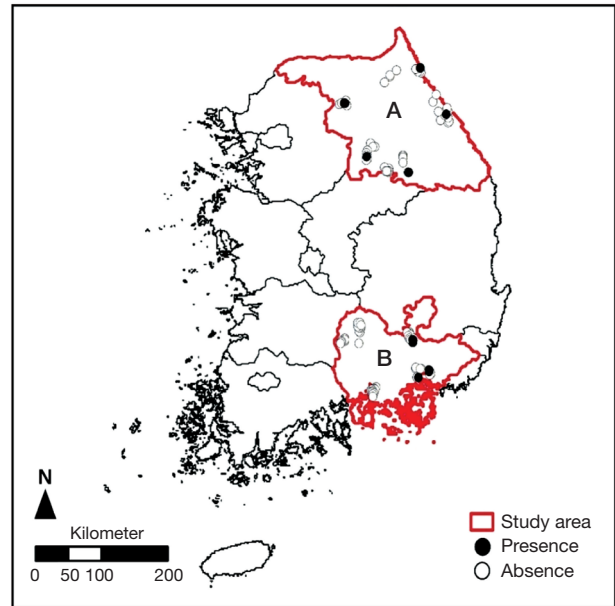


Fig. 1. Distribution of exotic turtles in (A) Gangwon-do and (B) Gyeongsangnam-do, South Korea. Surveyed sites and the present sites of exotic turtles were indicated by open and black circles, respectively.

으로 유입되는 두 가지 경로를 고려할 필요가 있다. 본 연구에서는 앞선 유입 경로들을 고려하여 외래거북이 발견된 저수지를 용도와 접근성에 따라 두 가지 유형으로 구분하였다. 예를 들어, 시민공원이나 관광지 내에 형성되어 있는 저수지는 Type 1으로 분류하였으며, 농업이나 식수를 목적으로 물을 저장하는 저수지는 Type 2로 분류하였다. 저수지 유형에 따라 발견되는 외래거북의 종수와 개체수의 차이는 비모수 분석법인 Mann-Whitney U-test를 이용하여 분석하였으며, 통계 분석에는 SPSS ver. 23 (IBM, USA) 프로그램을 사용하였다.

강원도와 경상남도의 저수지에 서식하는 외래거북의 분포 특성을 확인하기 위해 먼저 ArcGIS 10.1 (Esri, USA)을 기반으로 2000년도에 작성된 수자원관리종합정보시스템(WAMIS)의 토지피복도 2000 (자료 출처: <http://www.biz-gis.com/>) 레스터에 외래거북들이 확인된 지점을 투영하였다. 다음으로 토지피복도로부터 추출이 가능한 8가지의 환경 변수(나지, 논, 밭, 수역, 산림, 습지, 시가지, 초지) 각각과 외래거북이 확인된 저수지와의 직선 최단거리를 산출하였다. 또한 구글 지도를 활용하여, 외래거북들이 출현한 저수지의 면적을 측정하였으며, 분포 특성과 관련된 하나의 변수로 사용하였다. 측정된 거리 값들 사이에는 매우 높은 연관성을 보였기 때문에 주성분 분석(Principal component analysis, PCA)을 수행하였으며, 고

**Table 1.** List of the exotic turtles confirmed in Gangwon-do and Gyeongsangnam-do, South Korea.

Species	Gangwon-do					Gyeongsangnam-do		Total
	WJ	YW	GN	CC	SC	CN	CW	
<i>Trachemys scripta elegans</i>				3	1	25 <sup>(4)</sup>	3	32
<i>Trachemys scripta scripta</i>		2					3	5
<i>Pseudemys concinna</i>			1	1			10	12
<i>Pseudemys rubriventris</i>	1		2	3		1		7
<i>Pseudemys peninsularis</i>						1		1
<i>Graptemys pseudogeographica kohni</i>							2	2
<i>Graptemys ouachitensis</i>							1	1
<i>Apalone mutica calvata</i>							2	2
No. species	1	1	2	3	1	3	6	8
No. individuals	1	2	3	7	1	27	21	62

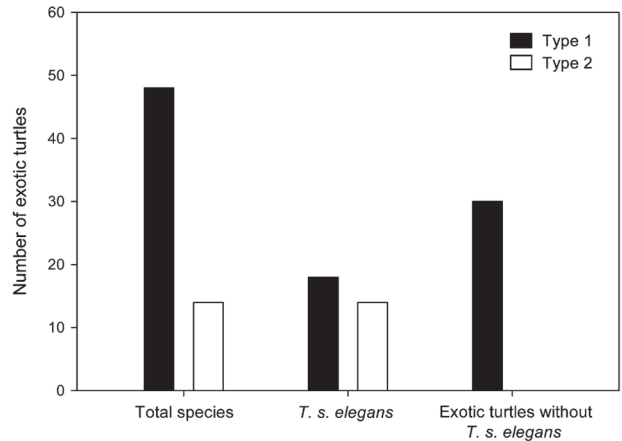
WJ: Wonju, YW: Yeongwol, GN: Gangneung, CC: Chuncheon, SC: Sokcho, CN: Changnyeong, CW: Changwon.  
The number in parentheses indicates juveniles' number.

유치(eigenvalue)가 1 이상인 PCs 변수만을 추출하여 비교 분석하였다(Table 1).

## 결 과

### 1. 한국으로 유입된 외래거북의 종 특성

경상남도과 강원도에서 서식이 확인된 외래거북은 총 4속 8종 62개체로 발견된 종은 다음과 같다; 붉은귀거북 *Trachemys scripta elegans*, 노랑배거북 *T. s. scripta*, 리버쿠터 *Pseudemys concinna*, 레드벨리터틀 *P. rubriventris*, 페닌슐라쿠터 *P. peninsularis*, 미시시피맵터틀 *Graptemys pseudogeographica kohni*, 오치타맵터틀 *G. ouachitensis*, 스무스소프트셀 *Apalone mutica calvata* (Appendix 1). 조사가 이루어진 총 126개의 저수지 중 13개(10.3%)에서 외래거북의 서식이 확인되었다(Fig. 1). 지역별로 보면 강원도(59개 저수지 중 6개)와 경상남도(67개 저수지 중 7개) 각각 조사된 지점의 10%에 해당되는 저수지에서 외래거북이 발견되었다. 경상남도 지역에서 확인된 종수는 8종으로 강원도 지역(4종)보다 많았으며, 발견된 개체수 또한 경상남도 지역이 48개체로 강원도 지역(14개체)보다 많았다(Fig. 1; Table 1). 가장 다양한 종이 확인된 지역은 창원으로 총 6종이 발견되었고, 창녕지역에서는 총 27개체로 가장 많은 개체수가 서식하는 것으로 나타났다. 붉은귀거북과 레드벨리터틀은 각각 4개 지역에서 발견되어 다른 종들에 비해 비교적 높은 발견 빈도를 나타내었다. 가장 많은 개체수를 기록한 종은 총 32개체가 발견된 붉은귀거북이었으며, 다음으로는 12개체가 발견된 리버쿠터였다(Table 1). 반면, 페닌슐라쿠터와 오치타맵터틀은 각각 1개



**Fig. 2.** Distribution characteristics of exotic turtles according to reservoir types. Type 1 refers to a reservoir formed in a citizen park or sightseeing spot. Type 2 refers to reservoir that storing water for agriculture or drinking.

체씩만이 발견되었다. 창녕의 경우 외래거북이 발견된 두 지점에서 갓 부화한 것으로 추정되는 붉은귀거북 유체들이 확인되었다.

### 2. 저수지 유형에 따른 외래거북의 분포 특성

저수지 유형에 따른 전체 외래거북의 종수와 개체수는 Type 2보다 Type 1 저수지에서 더 많았지만, 종수(n=13, U=6.000, P=0.410)와 개체수(n=13, U=13.000, P=0.769) 모두 통계적으로 유의하지는 않았다. 한편, 붉은귀거북은 저수지 유형에 따른 개체수의 차이가 나타나지 않았으며(n=9, U=9.000, P=0.667), 붉은귀거북을 제외한 외래거북은 모두 Type 1 저수지에서만 발견되었다(Fig. 2).



### 3. 서식지 환경에 따른 분포 특성

외래거북이 발견된 저수지와 환경 변수들 간의 상관성을 알아보기 위해 주성분 분석을 수행한 결과, 전체 외래거북과 붉은귀거북 이외 외래거북에서는 PC1, PC2, PC3, 그리고 붉은귀거북 그룹에서는 PC1, PC2에서 고유값(Eigenvalues)이 1보다 컸다(Table 2).

전체 외래거북 그룹의 경우, PC1(43.26%), PC2(17.77%) 그리고 PC3(11.76%)를 통해 총 72.79%의 설명력(Variance explained Eigenvalue)을 가졌다. PC1의 경우, 시가지와 인접하고 하천이나 산림 지역에서 떨어져 있는 지역일수록 외래거북의 출현 가능성이 높을 것으로 나타났다. PC2의 경우, 산림이 형성되어 있지 않은 나지, 습지, 초지 등 비교적 평탄한 환경에서 발견될 가능성이 있는 것으로 나타났으며, PC3에서는 논이 외래거북 분포에 중요한 요인으로 설명되었다.

붉은귀거북 그룹은 PC1(54.92%)과 PC2(26.47%)를 통해 총 81.39%의 설명력을 나타내었다. PC1의 경우, 나지, 습지, 시가지, 초지가 주요 분포 결정요인으로 나타났으며, 저수지의 크기 또한 그들의 분포와 연관 지을 수 있었다. 반면, 밭과는 거리가 멀수록 출현 가능성이 높았다. PC2에서는 논과 하천, 산림과 관련된 환경 변수들이 붉은귀거북의 분포와 관련된 것으로 나타났다.

마지막으로 붉은귀거북을 제외한 외래거북의 그룹에서는 총 77.45%의 설명력이 PC1(39.07%), PC2(22.18%) 그리고 PC3(16.20%)를 통해 나타났다. PC1의 경우, 시가지와는 인접해 있지만 하천과는 떨어져 있을수록 붉은귀거북을 제외한 외래거북이 출현할 가능성이 큰 것으로 나타났다. PC2의 경우 나지와 습지가 중요한 환경 요인이었으며, PC3에서는 경작과 관련된 논과 밭이 높게 연관되어 있었고 저수지의 크기가 주요 요인으로 나타났다.

## 고 찰

붉은귀거북을 제외한 외래거북들은 모두 시내에 형성된 저수지나 공원에서 발견되었으며, 환경 요소와 분포 지역 간의 분석에서도 시가지라는 요소가 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 현재까지는 자연적인 확산보다는 방생과 같은 인위적인 방법에 의해 외래거북들이 야외로 퍼져 나가고 있다는 것을 의미한다(Jung, 2014). 다행스럽게도 이번에 새로이 발견된 미시시피매퍼를, 오치타매퍼를 그리고 외래 자라 한 종은 확인된 개체수가 적었다. 특히 앞선 종들이 하나의 공원 내 저수지에서만 발견된 것으로 보아 개인이 애완으로 키우다 방생한 것으로 추측된다. 하지만

**Table 2.** Summary of principal component analysis (PCA) of eight distance variables between reservoir and environmental factors. The PCs of each group were presented when eigenvalues were larger than 1. The significant values are indicated in bold.

Species	Variable	PC1	PC2	PC3
<b>Total exotic turtles</b>				
% Variance explained Eigenvalue		43.26	17.77	11.76
Distance from	Empty land	.261	<b>.711</b>	.011
	Rice field	-.114	-.027	<b>.920</b>
	Farm	.298	<b>-.791</b>	-.155
	Water	<b>-.959</b>	-.091	.198
	Forest	<b>-.897</b>	-.073	.234
	Swamp	.531	.666	-.341
	Urban	<b>.672</b>	.492	.250
	Grass land	.221	.628	-.273
Size of habitat		.238	.475	-.383
<b>Trachemys scripta elegans</b>				
% Variance explained Eigenvalue		54.92	26.47	-
Distance from	Empty land	<b>.890</b>	-.137	-
	Rice field	-.146	<b>.907</b>	-
	Farm	<b>-.798</b>	-.403	-
	Water	-.158	<b>.968</b>	-
	Forest	-.151	<b>.968</b>	-
	Swamp	<b>.764</b>	-.555	-
	Urban	<b>.755</b>	-.416	-
	Grass land	<b>.712</b>	-.177	-
Size of habitat		<b>.861</b>	-.189	-
<b>Exotic turtles except T. s. elegans</b>				
% Variance explained Eigenvalue		39.07	22.18	16.20
Distance from	Empty land	-.264	<b>.857</b>	-.014
	Rice field	.369	-.120	<b>.680</b>
	Farm	.054	.060	<b>.869</b>
	Water	<b>-.893</b>	-.400	-.109
	Forest	-.509	-.683	-.350
	Swamp	.274	<b>.905</b>	-.160
	Urban	<b>.860</b>	-.019	.229
	Grass land	.312	.510	-.076
Size of habitat		.656	.183	<b>-.657</b>

이러한 방생이 지속적으로 이루어진다면 야생으로의 유입은 시간문제가 될 수 있다. 물론 국내 서식이 새롭게 확인된 외래거북들은 야외에서 발견되기는 했으나 발견 지역이 매우 한정되었기 때문에 확산의 가능성은 낮은 상황이다. 따라서 인위적으로 방생된 외래거북에 대한 충분한 조사와 신속한 포획을 진행할 경우 야생 생태계로 유입되는 외래생물을 사전에 차단할 수 있을 것이다.

붉은귀거북은 다른 외래거북들과는 달리 발견된 지역 빈도와 범위가 넓었고, 분포하는 서식지의 유형이 다양했다. 붉은귀거북은 1970년대부터 국내로 유입되어 전국적으로 퍼진 종으로 자연적인 번식의 사례가 발견되고 있다

(National Institute of Ecology, 2015). 본 조사에서도 성체 뿐만 아니라 유체 수준의 작은 개체들도 발견되었는데, 수입이 금지된 시기와 기간을 고려하면 작은 개체들은 번식에 의한 결과로 판단된다. 특히 2015년 제주도 내 외래생물 조사에서 붉은귀거북, 리버쿠터, 노랑배거북 간의 잡종이 확인한 사례도 있기 때문에 외래거북들이 국내 환경에 이미 적응했고 자연적인 번식까지 가능하다고 볼 수 있다 (National Institute of Ecology, 2015). 물론 앞선 3종은 유입된 시기가 비교적 오래 되었고, 외래생물에 대한 관심이 적었던 시기에 확산이 되었기 때문에 현 상황까지 도달했다고 볼 수 있다. 붉은귀거북은 현재 생태계교란야생생물로 지정되어 있으며 (Lowe *et al.*, 2000; National Institute of Ecology, 2015), 박멸의 대상이 되고 있다. 하지만 붉은귀거북이 생태계에 유발하는 피해에 대한 심도 있는 연구가 이루어지지 않고 있으며, 객관적인 자료도 확보하고 있지 못한 상황이다. 따라서 비윤리적인 살생을 막기 위해서는 이미 유입된 외래생물 대한 지속적인 연구뿐만 아니라 국내로 새롭게 들어오는 생물에 대한 사전 관리와 대책의 수립이 우선시 되어야 한다.

외래거북의 종다양도와 발견 빈도는 강원도보다는 경상남도 지역이 더 높았다. 지역적인 종과 개체수의 차이는 서식환경의 차이가 첫 번째 원인으로 볼 수 있다. 과거 토종 거북인 남생이 조사 결과에서도 경상도 지역의 발견 빈도가 다른 지역에 비하여 월등히 높았는데, 이는 거북류들이 비교적 따뜻한 곳을 선호하기 때문으로 보았다 (Lee, 2010). 본 결과에서도 비교적 따뜻한 지역인 경상남도에서 더 높은 발견 빈도를 보인 것은 이 지역이 외래거북들의 생존에 비교적 유리했기 때문에 더 많은 개체들이 살아남아 있을 가능성이 있다. Boyer (1965)는 *Pseudemys scripta elegans* (Synonym of *Trachemys scripta elegans*)의 경우, 약 30.6°C (range: 27.2~38°C)에서 일광욕을 한다고 하였다. 따라서 강원도 지역과 경상남도 지역에서의 발견 빈도 차이는 거북류의 생태적 특성상 타당한 결과로 볼 수 있다. 또 다른 설명으로 외래거북의 발견이 서식지 환경보다는 인위적인 요소가 더 작용했을 가능성이 있다. 가장 많은 종이 발견된 곳은 창원으로 조사 대상 지역 중 가장 큰 규모의 도시였다. 외래거북이 야생에서 발견되는 주된 이유는 사육 부담에 따른 방생이 매우 중요한 원인이다 (Jung, 2014). 특히 저장용 저수지가 주로 위치하는 시외 지역에서는 외래거북이 발견되지 않았기 때문에 자연 확산보다는 방생의 가능성이 높다. 다시 말하면, 지역의 크기, 인구수 혹은 접근성 등이 외래거북의 발견과 밀접하게 연관될 수 있다. 따라서 효과적인 외래거북의 조사와 관리를 위해서는 기온이 높고 사람의 접근성이 높은 지역을 우선적으로

로 고려하는 것이 타당하다.

National Institute of Ecology (2015)에서는 2015년까지 국내로 수입되어 온 외래생물에 대한 조사 결과를 발표하였다. 수입된 전체 외래생물종은 3,096종이었으며, 그중 약 10%인 304종이 파충류였다. 하지만 본 연구에서 발견된 *G. p. kohni*와 *G. ouachitensis*는 공식적인 수입 목록에서는 포함되지 않았다. 물론 극히 낮은 확률로 자연적인 유입의 가능성도 생각할 수 있으나 대부분의 경우, 외래생물 특히 애완동물 수입과정의 문제로 볼 수 있다. 본 연구에서 확인한 *Graptemys*속의 두 종은 국내에서는 발견 기록이 없었으며, 거북류 전문가가 아니면 구별하기 어려울 정도로 유사한 종들이었다. 실제 검역 과정에서도 전문적인 지식을 가지고 있지 않을 경우 수입되는 종의 정확한 구분은 매우 어려웠을 것이며, 이는 무분별한 종 유입의 한 요인이 될 수 있다. 더욱이 대형 유통 센터와 중 소규모의 애완동물 매장에서 다양한 외래생물들이 아무런 안정장치 없이 판매되고 있다. 이러한 무책임한 유통과 판매는 결국 제2의 혹은 제3의 붉은귀거북을 양산하게 되는 원인이 될 것이다. 다행스럽게도 외래생물의 문제는 국가기관에서도 주요한 문제로 다루고 있으며, 지속적인 조사와 연구를 진행하고 있다. 뿐만 아니라 Lee *et al.* (2016)은 외래생물에 대한 국내 상황을 점검하고 필요한 관리 대책을 제시하는 등 보다 적극적인 자세를 취하고 있다. 이미 우리는 붉은귀거북 혹은 황소개구리와 같은 실수를 겪었으며, 어떠한 방법으로도 되돌리기 어렵다는 것도 알고 있다. 따라서 외래생물에 대한 문제를 차단하고 초기에 제어하는 것이 토종생물의 피해 방지뿐만 아니라 무의미한 살생을 막는 데 가장 효과적인 방법이다.

외래생물의 유입에 따른 문제는 단순히 생태적인 측면 뿐만 아니라 경제적 그리고 사회적 측면까지 확대되고 있다. 외래생물에 의한 많은 피해 사례들이 보고되고 있지만 여전히 국내 유입이라는 근본적인 문제를 다루기보다는 현황 파악에만 주력하고 있다. 본 연구의 결과는 한반도 전 지역이 아닌 제한된 지역에서 얻어진 자료라는 점과 저수지라는 정수 환경에 한정된 조사 결과라는 한계점은 있다. 하지만 현 상황에 있어서 외래생물의 유입 정도나 분포의 특성을 분석할 수 있는 의미 있는 자료일 뿐만 아니라 이후 외래생물에 대한 관리 대책을 마련하는 데 중요한 근거가 될 것이다.

## 적 요

교통수단의 발달은 국가 간의 장벽을 빠르게 낮추고 있지만 이는 과거보다 쉬운 생물종 이동의 원인으로 작용하

고 있다. 특히 수 많은 종류의 외래생물들이 식량과 가축, 애완 등의 목적으로 수입되고 있으며, 인위적 혹은 자연적으로 야생에 유입되어 생태계 교란의 주범이 되고 있다. 본 연구에서는 대표적인 외래생물종인 붉은귀거북을 비롯한 외래거북을 대상으로 국내 생태계로의 유입현황을 파악하고, 이들의 분포 특성을 분석하고자 하였다. 강원도와 경상남도 지역에 위치한 총 126개의 저수지를 조사한 결과, 총 4속 8종 62개체의 외래거북들이 발견되었다. 그중 붉은귀거북의 발견 빈도가 상대적으로 높았으며, 일부 지역에서는 붉은귀거북의 자연 번식도 이루어지고 있는 것으로 확인되었다. 반면, 붉은귀거북을 제외한 다른 외래거북들의 발견 빈도는 비교적 낮았으며, 발견되는 지역의 범위는 제한적이었다. 특히 외래거북들은 공원 내 저수지와 같은 일반인의 접근이 비교적 높은 곳에서 주로 발견되었다. 지리정보시스템을 이용한 외래거북의 분포 특성을 분석한 결과, 외래거북의 발견은 시가지라는 인위적인 요소와 높은 연관성을 보였다. 이러한 연구 결과는 생태계에 유입되어 있는 외래거북류의 현황 파악과 동시에 이들을 효과적으로 관리하기 위한 방안을 수립의 중요한 근거가 될 것이다.

## 사 사

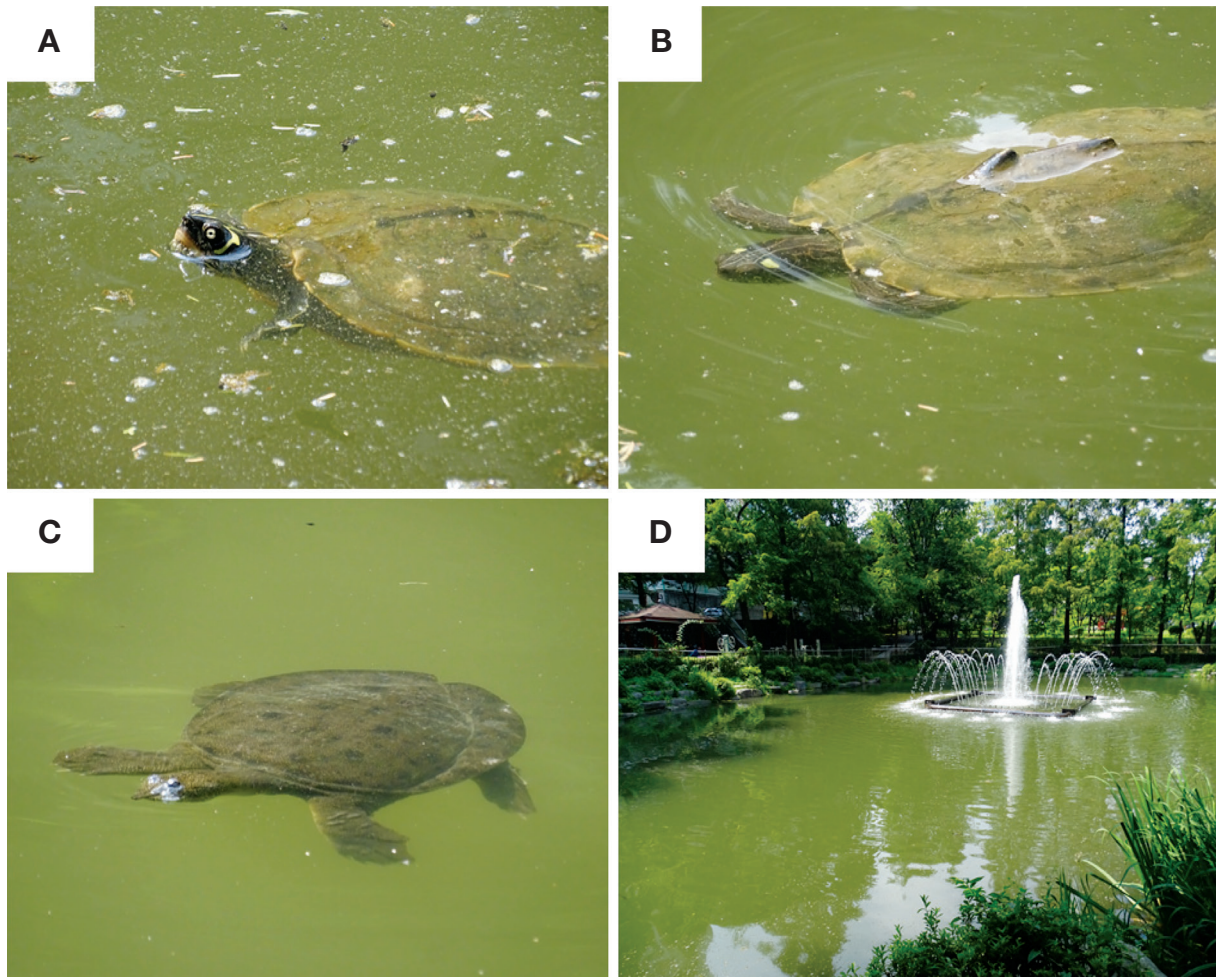
본 논문은 2016년 국립생태원에서 수행한 “외래생물 정밀조사(III)”의 일환으로 수행된 조사의 결과를 바탕으로 작성되었습니다. 본 연구 수행과 논문 작성에 많은 도움을 주신 강원대학교 최우진, 한지호, 김중선, 박일국 님께 감사드립니다. 특히 논문의 완성도를 위해 많은 조언을 주신 박대식 교수님께 깊은 감사드립니다.

## REFERENCES

- An, S.Q., B.H. Gu, C.F. Zhou, Z.S. Wang, Z.F. Deng, Y.B. Zhi, H.L. Li, L. Chen, D.H. Yu and Y.H. Liu. 2007. Spartina invasion in China: implications for invasive species management and future research. *Weed Research* **47**: 183-191.
- Barton, D.P. 1997. Introduced animals and their parasites: The cane toad, *Bufo marinus*, in Australia. *Austral Ecology* **22**: 316-324.
- Beard, K.H. 2007. Diet of the invasive frog, *Eleutherodactylus coqui*, in Hawaii. *Copeia* **2007**: 281-291.
- Beard, K.H. and E.M. O'Neill. 2005. Infection of an invasive frog *Eleutherodactylus coqui* by the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in Hawaii. *Biological Conservation* **126**: 591-595.
- Boyer, D.R. 1965. Ecology of the basking habit in turtles. *Ecology* **46**: 99-118.
- Bryan, E.H., Jr. 1932. Frogs in Hawaii. *Mid-Pacific Magazine* **43**: 61-64.
- Buckley, Y.M., M. Rees, Q. Paynter and M. Lonsdale. 2004. Modelling integrated weed management of an invasive shrub in tropical Australia. *Journal of Applied Ecology* **41**: 547-560.
- Crossland, M.R., G.P. Brown, M. Anstis, C.M. Shilton and R. Shine. 2008. Mass mortality of native anuran tadpoles in tropical Australia due to the invasive cane toad (*Bufo marinus*). *Biological Conservation* **141**: 2387-2394.
- Gao, Y., Z. Lei, Y. Abe and S.R. Reitz. 2011. Species displacements are common to two invasive species of leafminer fly in China, Japan, and the United States. *Journal of Economic Entomology* **104**: 1771-1773.
- GISD, Global Invasive Species Database. 2009. *Trachemys scripta elegans*. GISD. Invasive Species Specialist Group.
- Hauser, C.E. and M.A. McCarthy. 2009. Streamlining 'search and destroy': cost-effective surveillance for invasive species management. *Ecology Letters* **12**: 683-692.
- Hill, J.K., H.M. Griffiths and C.D. Thomas. 2010. Climate change and evolutionary adaptations at species' range margins. *Annual Review of Entomology* **56**: 143-159.
- 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.
- Jang, H.J. and J.H. Suh. 2010. Distribution of amphibian species in South Korea. *Korean Journal of Herpetology* **2**: 45-51. (in Korean with English abstract)
- Jung, J.H. 2014. Activity factors and diet analysis of the red-eared slider turtle (*Trachemys scripta*) in Ansan Reed Wetland Park. *Master's thesis*. Seoul National University. 89pp. (in Korean with English abstract)
- Kil, J. and C.G. Kim. 2014. Overview of preventive measures against invasive alien species in Korea and suggestions for their improvement. *Korean Journal of Ecology and Environment* **47**: 239-246. (in Korean with English abstract)
- Kim, G.R. and H.S. Oh. 2017. Biological characteristics and current status of nutria (*Myocastor coypus*) Introduced in Jeju Island. *Journal of Environmental Impact Assessment* **26**: 1-10. (in Korean with English abstract)
- Kim, I.T., J.R. Park and W.J. Kim. 2013. Indirect evaluation of aquatic animal diversity in Ilsan Lake through the analysis of the growing condition and stomach contents of largemouth Bass, *Micropterus salmoides*. *Journal of Korean Society of Environmental Engineer* **35**: 953-959.
- Kim, S.H., H.H.M. Lee, D.E. Kim, D.H. Lee, I.C. Hwang, C.W.

- Lee, H.M. Kim, H.J. Lee, M.J. Kim, D.K. Kim, H.Y. Song, E.J. Park and J.M. Kim. 2014. Information on Alien Species on Korea. *National Institute of Ecology* 175pp. (in Korean)
- Lee, D.H., C.W. Lee and J. Kil. 2013. A Study on plant diet resource of nutria (*Myocastor coypus*) Habitat in Nakdong-river. *Journal of Environmental Impact Assessment* **22**: 491-511. (in Korean with English abstract)
- Lee, D.H., Y.C. Kim, M.H. Chang, S. Kim, D. Kim and J. Kil. 2016. Current status and management of alien turtles in Korea. *Journal of Environmental Impact Assessment* **25**: 319-332. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.J. 2010. Distribution and characteristics of Reeve's Turtle (*Chinemys reevesii*) populations in Jeolla-do and Gyeongsangnam-do. *Master's thesis. Kangwon National University* 48pp. (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.
- Ministry of Environment. 2006. Establishment and management of monitoring system for ecosystem disturbance species. 212pp. (in Korean)
- Mito, T. and T. Uesugi. 2004. Invasive alien species in Japan: the status quo and the new regulation for prevention of their adverse effects. *Global Environmental Research* **8**: 171-193.
- Miyawaki, S. and I. Washitani. 2004. Invasive alien plant species in riparian areas of Japan: the contribution of agricultural weeds, revegetation species and aquacultural species. *Global Environmental Research* **8**: 89-101.
- Mun, S., K.H. Nam, C.G. Kim, Y.J. Chun, H.W. Lee, J.H. Kil 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. 2014. Ecological studies of alien species (I). 101pp. (in Korean)
- National Institute of Ecology. 2015. Nationwide survey of non-native species in Korea (I). 342pp. (in Korean)
- 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)
- Oliver, J.A. and C.E. Shaw. 1953. The amphibians and reptiles of the Hawaiian Islands. *Zoologica* **38**: 65-95.
- Perez-Santigosa, N., M. Florencio, J. Hidalgo-Vila and C. Diaz-Paniagua. 2011. Does the exotic turtle, *Trachemys scripta elegans*, compete for food with coexisting native turtles?. *Amphibia-Reptilia* **32**: 167-175.
- 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.
- Rollins, L.A., A.P. Woolnough, A.N. Wilton, R.O.N. Sinclair and W.B. Sherwin. 2009. Invasive species can't cover their tracks: using microsatellites to assist management of starling (*Sturnus vulgaris*) populations in Western Australia. *Molecular Ecology* **18**: 1560-1573.
- Shine, R. 2010. The ecological impact of invasive cane toads (*Bufo marinus*) in Australia. *The Quarterly Review of Biology* **85**: 253-291.
- Song, J.Y. 2007. Current status and distribution of reptiles in the Republic of Korea. *Korean Journal of Environmental Biology* **25**: 124-138. (in Korean with English abstract)
- The Reptile Database. 2017. Available from: <http://www.reptile-database.org/db-info/taxa.html#C8>. [Cited 27 Mar 2017].
- van Dijk, P.P., J. Harding and G.A. Hammerson. 2011. *Trachemys scripta* (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T22028A97429935.
- Warwick, C., C. Steedman and T. Holford. 1990. Ecological implications of the Red-eared Turtle trade. *Texas Journal of Science* **42**: 419-422.
- Weber, E., S.G. Sun and B. Li. 2008. Invasive alien plants in China: diversity and ecological insights. *Biological Invasions* **10**: 1411-1429.
- Williamson, M. 1996. Biological invasions. Chapman & Hall. London. 244pp.
- Wittenberg, R. and M.J. Cock. 2001. Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices. CABI.
- Yan, X., L. Zhenyu, W.P. Gregg and L. Dianmo. 2001. Invasive species in China - an overview. *Biodiversity & Conservation* **10**: 1317-1341.





**Appendix 1.** Photographs of the exotic turtles which newly discovered in South Korea. (A) *Graptemys pseudogeographica kohni*, (B) *Graptemys ouachitensis*, and (C) *Apalone mutica calvata*, (D) Typical environment where found exotic turtles.