



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

한국산 줄장지뱀 *Takydromus*
*wolteri*의 보전과 관리에 관한 연구



濟州大學校 大學院

生命科學科

張敏昊

2011年 2月

한국산 줄장지뱀 *Takydromus
wolteri*의 보전과 관리에 관한 연구

지도교수 김 원 택 · 오 흥 식

張 敏 昊

이 論文을 理學博士學位 論文으로 提出함

2010年 12月

張敏昊의 理學博士學位 論文을 認准함

審査委員長

이 선 령



委員

계 명 찬

H.C.Se

委員

송 개 명



委員

송 원澤



委員

오 흥 식



濟州大學校 大學院

2010年 12月

**A study on the conservation and management of
Takydromus wolteri from Korea**

Min-Ho Chang

(Supervised by professor Won-Taek Kim and Hong-Shik Oh)

**A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree
of Doctor of Philosophy**

December, 2010

This dissertation has been examined and approved by

SUN RYUNG LEE

Chairperson of the Committee

MYUNG CHAN GYE

JAE YOUNG SONG

Won Taek Kim

HONG SHIK OH

Dec. 2010

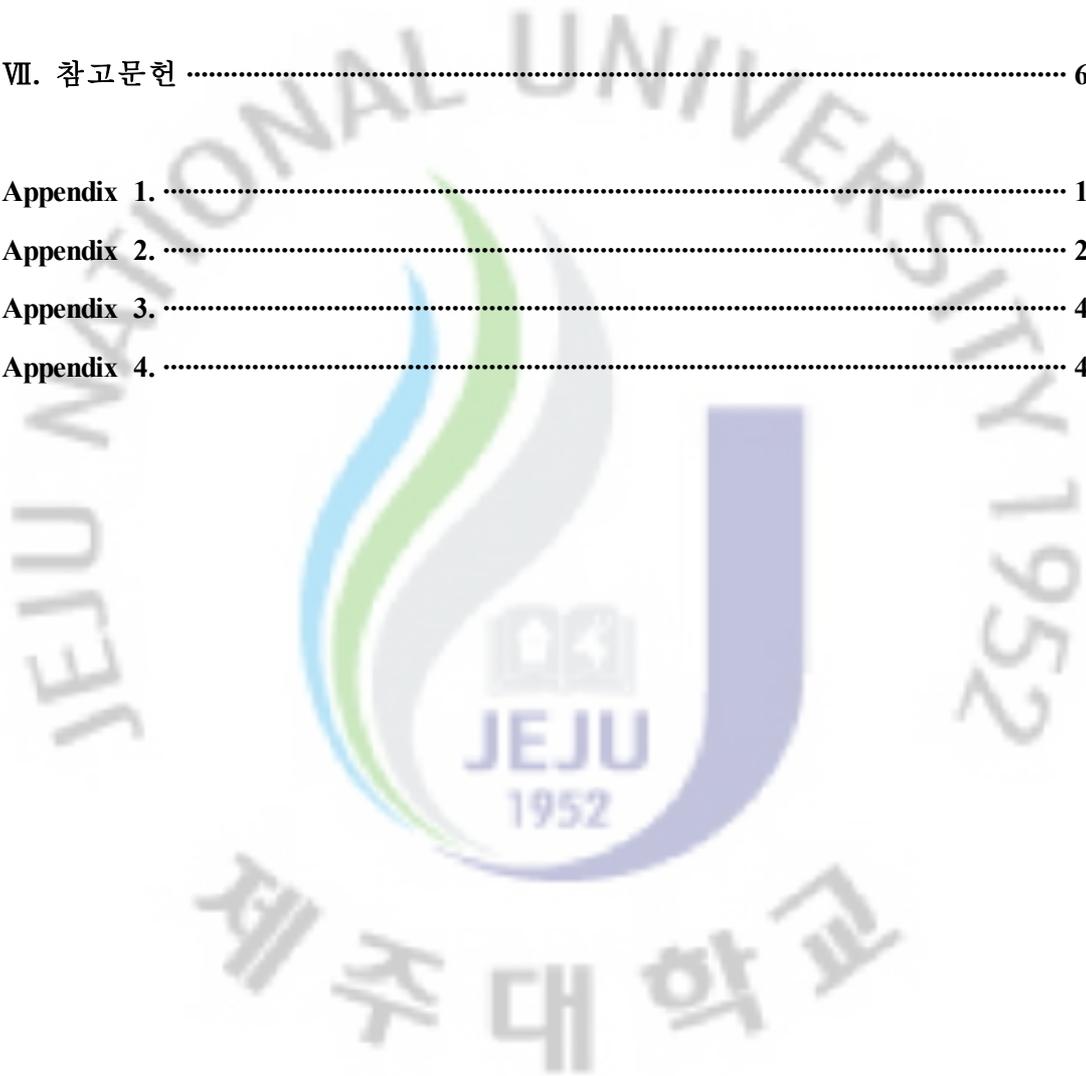
Date

**Department of Life Science
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY**

목 차

I. 배경 및 연구목적	1
1. 연구배경	1
2. 연구사	5
3. 연구목적	6
II. 한국산 줄장지뱀의 집단간 차이	7
1. 서론	7
2. 재료 및 방법	9
3. 결과 및 고찰	12
III. 한국산 장지뱀과의 성적이형	27
1. 서론	27
2. 재료 및 방법	29
1) 재료	29
2) 형태학적 분석	30
3) 통계분석	31
3. 결과 및 고찰	32
IV. 한국산 줄장지뱀의 이동거리	44
1. 서론	44
2. 재료 및 방법	45
1) 조사지 개황	45
2) 기후	46
3) 연구방법	47
3. 결과 및 고찰	50
V. 종합고찰	54

1. 한국산 출장지뱀의 보전 및 관리의 필요성	54
2. 서식지 관리	55
3. 서식지 크기	57
4. 이주가 필요할 경우에 선택해야 할 지역	58
VI. 적요	60
VII. 참고문헌	63
Appendix 1.	18
Appendix 2.	20
Appendix 3.	41
Appendix 4.	43



List of Tables

Table 1. Geographic distribution of the species of the genus <i>Takydromus</i> in our analysis	11
Table 2. Pairwise distance among <i>Takydromus wolteri</i> in Korea	14
Table 3. Morphometrical measurements (in mm) and statistical analyses (<i>t</i> - test or ANCOVA) of three species of adult lacertid lizards	33
Table 4. The captured date, interval, movement range, and body size of <i>Takydromus wolteri</i>	51
Table 5. Movement range of <i>Takydromus wolteri</i> in Saebyeol-oreum, Jeju Island	52
Table 6. Approximate home-range size of selected groups of reptiles in square meters	53

List of Figures

Figure 1. The white striped grass lizard, <i>Takydromus wolteri</i>	3
Figure 2. A map showing the collected sites of <i>Takydromus wolteri</i>	10
Figure 3. Neighbor-joining (NJ) analysis of the mitochondrial 12S rRNA gene of <i>Takydromus wolteri</i> in Korea	15
Figure 4. Phylogenetic tree for genus <i>Takydromus</i> . (a) Lin <i>et al.</i> , 2002, (b) Ota <i>et al.</i> , 2002., ML method	16
Figure 5. Neighbor-joining (NJ) analysis of the mitochondrial 12S rRNA gene of genus <i>Takydromus</i>	17
Figure 6. A map showing the collected sites of <i>Takydromus wolteri</i> , <i>T. amurensis</i> and <i>Eremias argus</i> used in this study	29
Figure 7. The body parts of lizard used in the morphometric analysis	30
Figure 8. Relationships between SVL and other body characters in <i>Eremias arugus</i> (a, b, c, d), <i>Takydromus amurensis</i> (e, f), and <i>T. wolteri</i> (g, h, i)	34
Figure 9. A photograph of male <i>Takydromus wolteri</i> biting by the flank of female during the mating	38
Figure 10. Map showing location of Jeju island, Korea, and of Saebyeol-oreum (insert)	45

Figure 11. Photographs of the survey area at, Deulbul-Chukje, local festival. (a) general view at festival, (b) burned area after festival	46
Figure 12. Annual variation in sunshine duration, temperature, precipitation, and relative humidity during study period at Kosan-meteorological observatory, Jeju Island, Korea	47
Figure 13. Research course in this study on Saebyeol-oreum	48
Figure 14. The numbering system in toe clipping lizards. Adapted from Twitty(1966). A. The numeral assigned to each digit. B. Individual numbered 1937	49
Figure 15. Movement range of <i>Takydromus wolteri</i> . We measured the shortest range, straight line, between points of the first and the subsequent recapture for each individual	52

Summary

In order to develop the plan for conservation and management of *T. wolteri*, 1) the intra-species variation among the populations in Korea using the partial mtDNA comparison, 2) information for sexual size dimorphism, and 3) movement distance in micro-habitat using capture - recapture method were studied in Korean population.

1) Intra-species variation among the populations in Korea

Samples of *T. wolteri* collected from diverse areas in Korea were analyzed. The partial sequence of mt 12S rRNA is 446pb. Genetic distance was ranged from a 0.000 to 0.009 and was very similar among the populations. In Neighbor Joining (NJ) analysis using the PHYLIP package, Korean *T. wolteri* formed two clusters, one cluster included a sample of Hapcheon-gun, Pyeongtaek-si, and Yeosu-si 1, the other cluster included Muan 1 and other samples which formed two subcluster, one subcluster included a Jeju population and few Jeolla-do individuals, the other subcluster included other sample of diverse area in Korea. In Neighbor Joining (NJ) analysis of Genus *Takydromus*, *T. wolteri* formed a subcluster with *T. formosaus* and *T. hsuehshane*.

2) Sexual size dimorphism of *T. wolteri*

For morphometric data, 121 preserved specimens and 74 live individuals collected in Korea were measured, on condition that only adult specimens are considered, which include 32 *T. amurensis* specimens (11 males, 22 females), 88 *T. wolteri* specimens (48 males, 40 females), and 74 *E. argus* specimens (33 males, 41 females). In SVL, no significant differences were recognized between the sexes in any of the lacertid lizards of Korea. ANCOVA yielded various sexually dimorphic patterns in other morphometric characters in the three lacertid species from Korea. *Takydromus wolteri* showed significant difference between the sexes in TL, HL, and HW with the exception of FLL and HLL. *Eremias argus* showed significant

difference between the sexes in TL, HL, FLL, and HLL with the exception of HW. *Takydromus amurensis* showed significant difference between the sexes in TL and HL with the exception of HW, FLL, and HLL. TL, HL, and HW of male *T.wolteri*, TL, HL, FLL, and HLL of male *E.argus*, and TL and HL of male *T.amurensis* were significantly longer than those of female.

3) Movement of *T. wolteri*

The study was conducted in the Saebyeol-oreum, parasite volcano, using the capture - recapture method in Jeju Island between April 2007 and October 2009. The study site was surveyed by 2 persons in the daytime twice or more per month. Forty seven out of 529 individuals marked were recaptured once (n=45) or twice (n=2), and recapture rate was 8.9%. All of the recaptured individuals (N=47) moved $50.51 \pm 17.16\text{m}$ (Mean \pm SE) and maximum distance was 583m from the spot of capture. Eight individuals out of 47 recaptured individuals moved more than 50m and the others moved lesser distance. Moving distance of *T. wolteri* was very short, suggesting that *T. wolteri* would have small habitat area because it prefers particular landscape such as grassland.

To maintain stable population of *T. wolteri*, enough grass area should be maintained. However, to estimate habitat size, we should have to consider few individuals having long moving distance. Because *T. wolteri* showed no significant difference in genetic diversity among the populations in Korea, gene flow via artificial translocation within Korea will not be a matter. Jeolla-do population is the most suitable for introduction to Jeju-do because Jeju population is only grouped with a few Jeolla-do individuals. Furthermore, Jeolla-do population can be introduced anywhere in Korea because Jeolla-do population is grouped with other populations in Korea as well as a Jeju population.

I. 배경 및 연구목적

1. 연구배경

물에서 육지로 올라온 최초의 동물은 양서류로 알려져 있지만 진정한 의미의 초기 육상동물은 파충류이다. 양서류는 번식을 위해서 물로 돌아오기 때문에 완전히 수환경으로부터 벗어날 수 없는 한계를 가지고 있으나 파충류는 양막을 가지고 있어서 수환경 없이도 배아의 발달이 가능하다. 그로 인해 서식환경에 대한 제약이 적어졌고, 그 결과 서식환경도 양서류보다 확장되었다. 최초의 파충류로 진화한 양서류 조상은 파충류와 비슷한 요소를 가진 알을 가졌을 것이고, 파충류의 서식지와 유사한 환경 아래서 육상의 알들로 발전시켰을 것이다. 최초의 파충류들은 캡터린모프스(captorhinomorphs)와 펠리코사우르스(pelycosaur)라는 서로 다른 두개의 계통으로 고생대의 초기 펜실베니아기에 나타났다. 두 계통이 연관성은 보였지만 확실히 하나의 계통이 아니었다는 것은 위의 두 계통 이전에 아직까지 찾지 못하였거나 영원히 찾을 수 없을지도 모르는 공동의 파충류 조상이 존재할 것이라는 것을 의미한다(Goin *et al.* 1978).

뱀목은 뱀아목(Serpentes)과 보다 원시적인 무리인 도마뱀아목으로 나누어지는데 도마뱀아목에는 도마뱀과(Sincidae), 도마뱀부치과(Gekkonidae), 카멜레온과(Chamaeleontidae), 장지뱀과(Lacertidae) 등이 있다. 도마뱀아목은 중생대의 쥐라기에 처음으로 나타나 백악기의 마지막에 차차 번성하게 되어 신생대의 제 3기에는 뚜렷하게 분화되었다. 현생 종은 2,500종 이상 기재되어 20과 정도로 흔히 분류된다. 이중 도마뱀부치과와 Agamidae는 비교적 원시적인 것으로 보이며, 도마뱀과 등은 계통상으로 볼 때 좀 더 진화된 위치에 있는 것으로 추정되고 있다. 도마뱀아목의 종들은 진화가 진행될수록 몸의 모양이 뱀의 모양에 가까워지는 경향이 있는데 열대 지방에 널리 분포하는 Amphisbaenidae 등에서 이와 같은 경향을 볼 수 있다. 또한 도마뱀류는 대부분은 열대지방에 서식하고 있지만, 온대 지방에도 여러 종이 분포하고 있다. 신대륙에서는 캐나다 남부에서 아르헨티나 끝에 있는 푸에고섬까지 분포하며, 구대륙에서는 장지뱀과의 대표적인 종인

Laceta vivipara 1종이 북극권 내인 노르웨이에서 서식함을 기점으로 뉴질랜드의 스튜어트섬까지 분포하고 있다(Halliday and Adler, 1993).

장지뱀과는 세계적으로 약 280종이 알려져 있는데 주로 유럽, 아시아, 아프리카와 같은 구대륙 지역에 대부분 분포하고, 동양에는 비교적 적은 종이 서식한다(Harris *et al.*, 1998; Arnold *et al.*, 2007). 장지뱀과의 도마뱀들의 몸길이는 40mm에서 260mm정도이며, 몸의 비늘형태는 매우 다양하다. 등과 배비늘은 큰 편이고, 매끄럽거나 용골을 가진 비늘끼리 겹쳐서 배열되어 있거나, 과립형의 비늘을 가지고 있다. 꼬리는 자절되며, 보통 긴 편이다(Zug *et al.*, 2001). 이들은 주로 곤충류와 무척추동물을 섭식하고 육상생활을 한다(Goin *et al.*, 1978). 한반도에는 장지뱀과 중 표범장지뱀속(*Eremias*)과 장지뱀속(*Takydromus*)이 서식하고 있다.

장지뱀속은 동아시아 지역에 약 21종이 분포하고 있으며(Bhupathy *et al.*, 2009), 형태나 생태가 다양하게 나타난다(Arnold, 1997; Huang, 1998). 장지뱀속은 장지뱀과에서는 소형으로, 성체가 몸길이(Snout - vent length)가 75mm넘지 않는다. 몸은 날씬한 편이고, 꼬리는 일부 종에선 몸길이의 4 - 5배 정도가 될 정도로 길다. 주로 초원에서 서식하고 일부 종은 수풀이나 숲에서 발견되며, 일부 종은 풀숲에서 꼬리를 이용하여 이동한다(Arnold, 1997; Huang, 1998; Ziegler *et al.*, 1998; Ziegler and Bischoff, 1999). 우리나라에는 장지뱀속 중 아무르장지뱀(*Takydromus amurensis*)과 줄장지뱀(*T. wolteri*)이 서식하고 있다. 과거 한반도 특산종으로 기록되었던 관악장지뱀(*T. kwangakuensis*), 장지뱀(*T. auroralis*), 올디장지뱀(*T. tachydromoides oidi*)은 외국 학자들에 의해 동종이명으로 보고되었다(Walley, 1958, 1962; 리, 1970; Arnold, 1997). 최근 국내에서도 이에 대해 통계적으로 유의한 개체수를 확보한 후 재고찰 연구를 통하여 동일한 결론을 내린 바 있다(장 등, 2006).

줄장지뱀은 한반도에서 러시아, 중국 동북부까지 넓게 분포하고 있고(Figure 1), 제주도가 남방한계인 소형 도마뱀이다(Arnold, 1997). 줄장지뱀의 몸은 약간 평평하고 올리브색 바탕에 뚜렷한 흰색의 배측선을 갖고 있으며, 흰색의 줄은 콧등에서 귓구멍의 밑을 지나 뒷다리까지 연결되어 있다. 배면은 황백색 또는 녹백색이다(강과 윤, 1975). 주로 4월부터 활동을 시작하며, 저지대 초지에서 서식하

거나 산림이 형성된 저지대에도 관찰된다. 거미류, 귀뚜라미 등 작은 육상곤충을 먹으며, 크기는 약 10mm × 5-6 mm 정도의 4-5개의 알을 6월에서 8월까지 산란한다(송, 2007).



Figure 1. The white striped grass lizard, *Takydromus wolteri*.

인구 증가로 인해 토지 이용률이 증가하고, 이로 인한 자연자원의 훼손이 심각해지고 있어 인간과 서식지를 공유하는 파충류가 감소되고 사라지고 있다. 감소하는 파충류의 보전을 위해서는 야외(field)와 실험실(laboratory)에서의 종에 대한 연구, 대중에 대한 교육, 법률 제정이 요구된다(Pough *et al.*, 2004).

양서류의 경우에는 국내에도 이미 주거지 건설 및 공공시설 건립으로 인해 몇몇 보전 대책이 수립된 지역이 생기고 대체서식지가 조성된 바 있다(e.g. 원홍이 방죽 - 두꺼비(*Bufo gargarizans*) 보전지역, 고리원자력발전소 - 고리도롱뇽(*Hynobius yangi*) 대체서식지). 도시화 및 산업화가 급속히 진행됨에 따라 앞으로 이와 같은 사례는 파충류에서도 발생할 것이 예상되지만, 파충류에 대해서는 위와 같이 특정지역에 대한 보전 대책을 수립하거나 대체서식지를 조성한 사례도

없고, 파충류 각 종의 생물학적 특성에 대해 연구된 자료는 더욱 미비한 실정이다.

현재 국내 파충류에 대한 생물학적 특성에 대한 연구는 극히 단편적으로 이루어지고 있다. 게다가 구렁이(*Elaphe schrenckii*)나 남생이(*Chinemys reevesii*)와 같은 천연기념물이나 멸종위기동물로 지정된 종에 대한 연구에 치중되고 있고, 현재 비교적 안정적인 개체수를 유지하는 종에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 구렁이는 불과 몇 십 년 전에는 우리 주변에서 흔하게 발견되는 종이었으나, 현재는 개체수가 급격히 감소하여 멸종위기종으로 지정되었고, 그에 따라 법적 보호아래 연구가 추진되고 있는 실정이다. 남생이 역시 하천, 저수지, 논, 연못 등에서 자라(*Pelodiscus sinensis*)와 함께 쉽게 관찰되던 종이었으나, 현재는 멸종위기종으로 지정되어 있다.

환경에 매우 민감한 분류군인 파충류는 조그만 환경 변화에도 크게 영향을 받기 때문에 현재 안정적인 개체군을 유지하고 있는 종이라 하더라도 종에 대한 생물학적 특성을 밝히는 것은 매우 중요한 사항이라 하겠다.

2. 연구사

국외에서 장지뱀과의 mtDNA에 대한 연구는 12S rRNA, 16S rRNA, cytochrome *b* gene을 이용하여 다양하게 이루어졌으나(e.g. Harris *et al.*, 1998; Fu, 2000, Lin *et al.*, 2002; Arnold *et al.*, 2007; Kumazawa, 2007), 줄장지뱀에 대한 분자유전학적 연구는 Ota *et al.*(2002)와 Lue *et al.*(2003)의 연구결과가 있을 정도이다. 장지뱀과의 성적이형에 관한 연구는 Huang (1998), Zhang and Ji (2000), Xu and Ji (2003), Li *et al.* (2006)에 의해서 발표된 바 있다. 도마뱀류의 이동거리에 대한 연구는 장지뱀과에 속한 소형도마뱀류에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았고, 일부 대형도마뱀류에 한하여 수행되고 있다(Rutherford and Gregory, 2003; Neilson *et al.*, 2006; Schorr and Lambert, 2006).

한국산 파충류는 Strauch (1873)에 의해 3종이 발표되면서 학문적으로 세계에 처음 알려졌고, 한국산 파충류에 대한 전반적인 연구는 Stejneger(1907)가 'Herpetology of japan and adjacent territory'란 제목의 약 600쪽의 긴 논문에서 14종을 정리하는 것으로부터 비롯된다. 국내에서 줄장지뱀에 대한 연구는 파충류의 분포상 정도가 도감에 언급되었을 정도로 미흡한 실정이었다(Shannon, 1956; Webb *et al.*, 1962; 강과 윤, 1975). 최근 들어 소화관 내분비세포에 대한 면역조직화학적 연구(Lee and Ku, 2004), 유전학적 방법에 의한 집단 간 차이 연구(RAPD: Random Amplified Polymorphic DNA)(장 등, 2004), 아무르장지뱀(*T. amurensis*)과의 형태학적 차이점 분석(장 등, 2006), 암·수 간 성적크기 차이(Sexual Size Dimorphism)에 대한 연구(홍, 2008)등 세부적인 연구는 간헐적으로 이루어지고 있다.

3. 연구 목적

종을 보전하고 관리를 성공적으로 수행하기 위해서는 대상 종에 대한 핵심이 될 수 있는 생물학적 특성을 파악해야 한다. 특히 환경에 매우 민감한 분류군인 파충류는 작은 환경 변화에도 크게 영향을 받기 때문에 현재 안정적인 개체군을 유지하고 있어도 각 종에 대한 생물학적 특성을 밝히는 것은 매우 중요하다. 선진국에서는 이미 파충류의 생물학적 특성에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔으나, 우리나라에서는 아직까지 매우 미흡한 실정이며 진행된 연구도 양서류에 편중되어왔다(윤 등, 1996; 고 등, 2007; Ra *et al.*, 2008). 현재 파충류의 생물학적 특성에 관한 연구는 극히 일부 종을 대상으로 부분적인 특성에 대해서만 이루어졌고(김과 오, 2005; 김, 2010), 대부분의 종에 대한 생물학적 특성은 외국자료에 의존하고 있는 실정이다.

본 연구는 1) 제주도를 포함한 한반도 전역의 줄장지뱀 mtDNA 부분 염기서열을 이용하여 남한 집단(population) 간 차이를 밝혀 근연인 집단을 파악하고, 2) 기존에 발표된 줄장지뱀의 SSD를 공분산분석으로 재분석하여, 암·수간의 생물학적 특질을 비교함과 동시에 3) 줄장지뱀의 이동 거리를 포획 - 재포획 방법으로 연구하여 줄장지뱀의 보전 및 관리를 위한 자료로 활용하고자 수행하였다.

II. 한국산 줄장지뱀의 집단 간 차이

1. 서론

제주도는 한반도 내륙 지역과 오랫동안 격리되었고 기후와 지형지세가 매우 독특하여 양서·파충류의 분포가 다르게 나타나고 있다. 남한 일부지역과 제주도에만 서식하고 있는 제주도롱뇽(*Hynobius quelpaertensis*)이 제주도 전역에 분포하고 있으며, 분포지리학상으로 제주도가 남방한계가 되는 양서류는 멍꽂이(*Kaloula borealis*), 무당개구리(*Bombina orientalis*), 북방산개구리(*Rana dybowskii*)가, 파충류는 누룩뱀(*Elaphe dione*), 쇠살모사(*Gloydius ussuriensis*), 줄장지뱀이 있다(오, 2006). 북방한계가 되는 종으로는 한반도 다른 지역에는 서식하지 않는 비바리뱀(*Sibynophis chinensis*)이 제주도 전역에 서식한다(김과 오, 2005; 오 등, 2007). 또한 기존 문헌에 서식한다는 사실이 알려져 있으나(백, 1990; 심, 1998) 서식여부가 불투명한 무자치(*E. rufodorsata*) 역시 제주도가 남방한계가 되는 종이다. 이와 같이 제주도는 한반도에서 유일하게 남방한계와 북방한계인 양서·파충류가 함께 서식하는 곳이다. 게다가 제주도는 360만년전에 생성된 후 한반도 내륙 집단과 격리되어 포유류나 조류와 같은 여러 동물군에서는 형태적, 분자적인 다양성을 보여주고 있다(박 등, 1996; Iwasa *et al.*, 2001; Han *et al.*, 2002; Oh *et al.*, 2003). 양서·파충류에서는 남해안 일부지역도 서식하고 있지만 제주도 전역에 서식하고 있는 제주도롱뇽은 내륙의 도롱뇽(*Hynobius leechi*)과 고리도롱뇽과는 유전적인 차이를 보였고(Yang *et al.*, 1997), 중간 변이이기 보다는 종내 변이였지만 제주시 금악오름에서 채집된 참개구리(*R. nigromaculata*)내에서는 등쪽 중앙선이 없는 개체가 집단으로 발견된 바 있다(Song *et al.*, 2004).

장지뱀속의 계통분류에 대해선 항상 논란의 여지가 있어 왔다. 초기 분류학자들은 일부 *Takydromus* ssp.를 *Apeltonotus*와 *Platyplacopus*에 각각 포함시켰지만(Boulenger, 1917), 이 후 *Apeltonotus*은 *Platyplacopus*에 흡수되었다(Pope, 1935). *Takydromus*와 *Platyplacopus*는 Arnold (1989)에 의해 합쳐지지만, Arnold (1997)는 형태학적 특징을 계통발생학적 분석한 결과를 기반으로 다시 *Takydromus*와

*Platyplacopus*로 나누었다. 그러나 최근 분자유전학적인 방법을 통해 구한 분지도에서 *Takydromus* ssp.와 *Platyplacopus* ssp.는 각각의 그룹을 형성하는 것이 아니라 혼재되어 분지하는 양상을 나타내어 *Takydromus*와 *Platyplacopus*는 다시 *Takydromus*로 통합된 바 있다(Lin *et al.*, 2002; Ota *et al.*, 2002).

최근 장지뱀속의 분자계통분류에 대해 연구한 두 논문 중 Lin *et al.* (2002)이 발표한 논문에는 줄장지뱀이 포함되지 않았고, Ota *et al.*(2002)의 연구에서는 제주도에서 채집된 샘플은 단 한 개체만 이용되었다. 장지뱀속 중 섬과 같이 좁고 격리된 지역에 서식하는 고유종(endemic)은 한 두 개체로 그 종을 대변할 수 있겠지만, 줄장지뱀은 우리나라, 중국, 러시아에 걸쳐 넓게 분포하는 종(Arnold, 1997)이기 때문에 한 개체로는 개체군내 다양성을 대변하기 어렵다. 또한 제주도는 줄장지뱀의 남방한계점이고 지리적 격리가 있는 도서이기 때문에 대표성을 갖는다고 말할 수는 없다.

mtDNA는 고등동물에서 모계유전을 하는 안정적인 유전자로 알려져 있고, 종, 속, 과 수준의 분류체계에서 많이 사용되는 유전자이다. mtDNA의 진화속도는 일반적으로 핵 유전에 비하여 빠르며(Birky *et al.*, 1989; Tan and Wake 1995), 천년에서부터 10억년 수준까지의 진화에 대한 문제를 해결하기 위하여 사용된다(Meyer and Wilson, 1990). 장지뱀과에 대한 mtDNA에 대한 연구는 12S rRNA, 16S rRNA, cytochrome *b* gene을 이용하여 다양하게 이루어졌으나(e.g. Harris *et al.*, 1998; Fu, 2000, Lin *et al.*, 2002; Arnold *et al.*, 2007; Kumazawa, 2007), 줄장지뱀에 대한 분자유전학적 연구로는 Ota *et al.*(2002)와 Lue *et al.*(2003)의 연구결과가 있을 정도이다.

제주도의 파충류는 오랜 격리와 내륙지방과는 다른 아열대성 기후로 인한 형태적, 유전적 차이를 보이며, 생물지리학적으로 매우 중요한 위치에 있다. 그러나 제주도와 한반도 내륙의 파충류의 형태적, 유전적 차이에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 특히 제주도내 파충류에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구는 제주도를 포함한 한반도 전역에 분포하고 있는 줄장지뱀의 mtDNA의 부분 염기서열을 이용해 제주도와 내륙집단을 중심으로 지역 집단 간 차이를 밝히고, 이미 발표된 국외 장지뱀속 염기서열을 이용해 장지뱀속 내의 줄장지뱀의 위치를 정립하기 위하여 이루어졌다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 줄장지뱀은 국내에서 채집된 52개체이며, 간 및 근육조직에서 시료를 채집하였다(Figure 2; Table 1; Appendix 1). 국외 장지뱀속의 염기서열에 대한 정보는 GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)를 통해 수집하였다. 채집한 시료들은 Wizard Genomic DNA Purification Kit (Preomega, USA)를 이용하여 DNA를 분리하였다. 유전자 증폭을 위한 PCR (Polymerase Chain Reaction)방법은 Kerr *et al.* (2009)의 방법에 준하여 수행하고, Maxime PCR Premix (iNtRON Biotechnology, Korea)를 이용하여 반응한 후, Thermal Cycler 2720 (Applied Biosystems, USA)를 이용하여 증폭하였다. 사용된 Primer는 12S1F (5'-gtcctgggctaaccgttggt-3')와 12S1R (5'-gacaccgtcaagtccttgagt-3')이었고, PCR은 denaturation 94°C 1분, annealing 50°C 1분, polymerization 72°C 2분을 1cycle로 하여 8cycle을, denaturation 94°C 1분, annealing 55°C 1분, polymerization 72°C 2분을 1cycle로 하여 30cycle을 수행한 후, final extention을 72°C에서 10분간 실시하였다. PCR 산물은 1% agarose gel 상에서 전개하여 확인하였고, 증폭산물은 정제 후 DNA 서열 결정에 이용하였다. DNA 염기서열 분석은 MegaBace1000 DNA Sequencer (Pharmacia, Sweden)를 이용하여 결정하였고, 산출된 염기서열은 CLUSTAL W program (Thompson *et al.*, 1994)을 이용하여 다중정렬하였다. PHYLIP package의 DNADIST에서 Kimura 2-parameter method를 이용하여 genetic distance를 분석하였고, NEIGHBOR program을 이용하여 Neighbor Joining (NJ) tree(근연접합법 분지도)를 작성하였다. 국외 장지뱀속 다른 종들의 염기서열은 Lin *et al.* (2002)의 자료를 이용하였고, out group은 국내에서 채집된 표범장지뱀을 사용하였다.

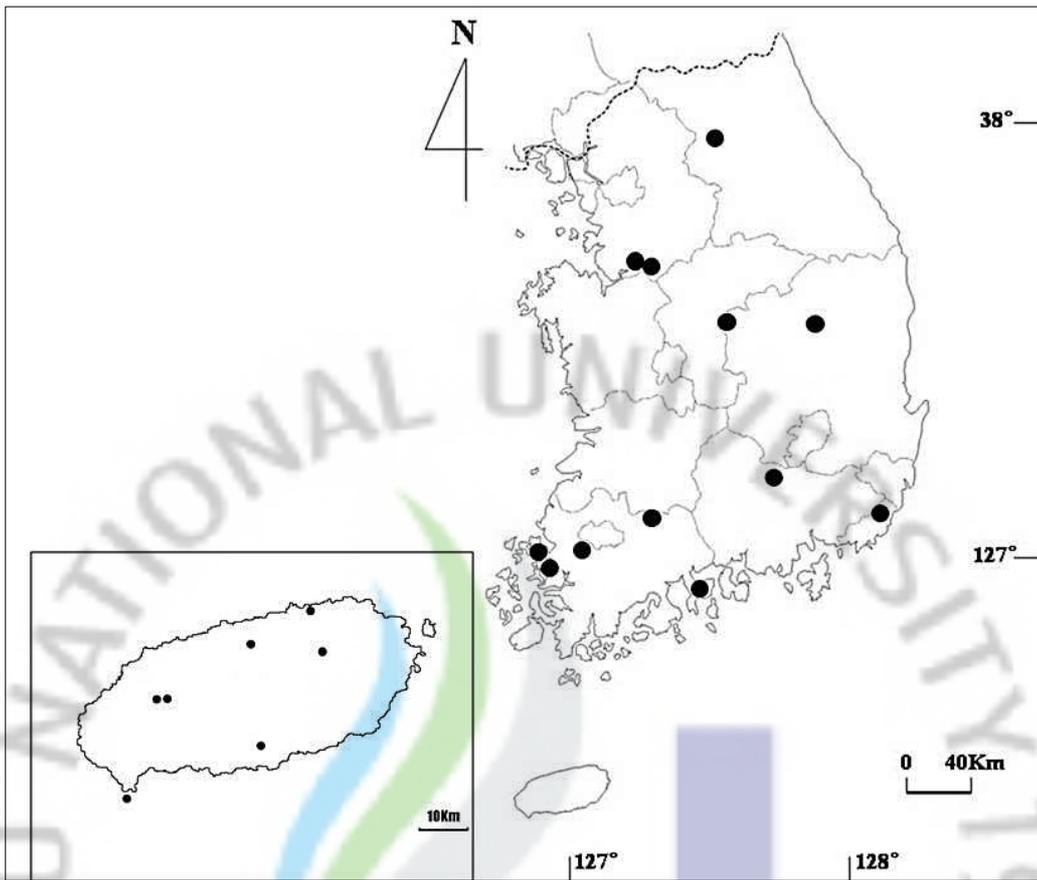


Figure 2. A map showing the collected sites of *Takydromus wolteri*.

Table 1. Geographic distribution of the species of the genus *Takydromus* in our analysis

Species	Distribution	Sample	Haplotype	Accession No.
<i>T. wolteri</i>	Gyeonggi-do, Pyeongtaek-si	1	1	
	Anseong-si,	1	1	
	Gangwon-do, Chuncheon-si	4	2	
	Chungcheongbuk-do Boeun-gun	5	3	
	Yeosu-si	2	2	
	Muan-gun	2	2	
	Jeollanam-do Naju-si	1	1	
	Mokpo-si	1	1	
	Gokseong-gun	1	1	
	Hapcheon-gun	1	1	
	Gyeongsangnam-do (Busan-si) Gijang-gun	2	1	
	Gyeongsangbuk-do Andong-si	1	1	
	Jeju-si Jeju-si	26	8	
Seogwipo-si	4	3		
<i>T. dorsalis</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AY032597
<i>T. intermedius</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AY217061
<i>T. sauteri</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217061
<i>T. sexlineatus</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217066
<i>T. smaragdinus</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217070
<i>T. kuehnei</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217058
<i>T. tachydromoides</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217080
<i>T. amurensis</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217046
<i>T. formosanus</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217050
<i>T. hsuehshanensis</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217054
<i>T. septentrionalis</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217065
<i>T. toyamai</i>	Lin <i>et al.</i> , 2002		1	AF217081
<i>Eremias. argus</i>	Chungcheongnam-do Taean-gun			

3. 결과 및 고찰

한국산 줄장지뱀 52개체의 mt 12S rRNA 총 446 bp을 분석하였고(Appendix 2), 종내 집단 간 genetic distance는 0.000~0.009로 매우 유사하게 나타났다(Table 2). Chuncheon4는 Gijang1, 2, Andong, Pyengtaek, Hapcheon, Yeosu1, Seogwipo1, Mokpo, Jeju15, Jeju122, Jeju26과, Gijang1, 2, Andong은 Pyengtaek, Hapcheon, Yeosu1, Seogwipo1, Mokpo, Jeju15, Jeju122, Jeju26과 genetic distance가 0.009로 가장 높게 나타났고, 지역 내, 지역 간 유사도 지수가 0.000으로 염기서열이 일치하는 경우도 빈번히 일어났다(같은 지역 내: Boeun1과 Boeun1, Chuncheon1과 Chuncheon2, Gijang1과 Gijang2, Jeju1과 Jeju2 등, 다른 지역 간: Boeun1과 Chuncheon1, Boeun1과 Ansung, Ansung과 Chuncheon1, Jeju8과 Muan2 등).

한국산 줄장지뱀의 NJ tree에서는 경상남도 합천군, 경기도 평택시, 전라남도 여수시 개체들로 구성된 cluster와 전라남도 무안군 한 개체와 나머지 개체들로 구성된 cluster로 나뉘어졌다(Figure 3). 나머지 개체들로 구성된 cluster는 두 개의 subcluster를 형성하였는데 제주도 개체들이 들어가 있지 않고 내륙 집단들로 이루어진 subcluster와 제주도 집단과 전라남도 집단이 섞여 있는 subcluster이었다. 제주도 개체들은 전라남도 집단의 일부 개체들과 하나의 subcluster를 형성하였는데, 이는 한반도 내륙과 지리적인 격리로 인해 제주도 개체들은 독자적인 개체군을 형성하고 있는 것이며, 이와 같은 도서지역 집단의 유전적 차이는 양서류에서도 나타난 바 있다(송 등, 2004). 그러나 줄장지뱀 내륙개체집단들은 특별히 지역적인 분화를 보이지 않았고, NJ tree의 계층구도에서 가장 상위에 있는 개체들도 경상남도 합천군, 경기도 평택시, 전라남도 여수시와 같이 전국에 골고루 분포하고 있는 것으로 나타났다.

기존 연구(Figure 4A)에서 빠져있었던 줄장지뱀의 염기서열을 포함하여 국외 줄장지뱀속의 계통학적 위치를 확인한 NJ 분석 결과에서 크게 2개의 subgroup으로 나누어졌는데, 줄장지뱀은 *T. formosanus*와 먼저 묶인 후, *T. hsuehshane*와 묶이면서 하나의 subcluster를 형성하였다(Figure 5). *T. formosanus*와 *T. hsuehshane*는 대만에 서식하고 있는 종이어서 바다란 지리적 격리요인을 가지고 있었지만, 줄장

지뱀과 계통학적으로 매우 가까운 것으로 나타났고, Ota *et al.* (2002)에서도 두 종과 유연관계가 가장 가까웠다(Figure 4B). 현재는 줄장지뱀과 지리적 격리가 있지만, 과거에는 대만이 현재 중국 위치인 대륙과 이어져 있었고, 줄장지뱀, *T. formosanus*, *T. hsuehshane*이 대륙쪽에서부터 분화가 이루어 졌을 것으로 보고 있다(Ota *et al.*, 2002). 또한 장지뱀속은 구북구의 장지뱀과 공통조상에서 분산된 것으로 추정되고 있다(Arnold, 1989). 또한 줄장지뱀은 중국과 러시아와 같은 한반도 동북부에 서식하고 있기 때문에 중국, 러시아, 한반도를 중심으로 종이 생성되었고 그 주변으로 점차 분산되어 서식 영역을 확대하였을 것이라 생각한다. 따라서 한반도에서는 줄장지뱀 서식지의 남방한계선인 제주도에 가장 나중에 유입되었을 가능성이 매우 높다. 또한 한국산 줄장지뱀 내륙집단이 지역 특이적인 subcluster를 형성하지 않고, subcluster에 각 지역의 집단들이 혼재해 있는 것을 보아 한반도 내의 줄장지뱀 집단은 특별한 지역적 격리 없이 유전적 교류가 활발히 이루어지고 있는 것으로 생각된다. 그러나 제주도 집단은 일부 전라도 개체가 포함되어 하나의 subcluster를 이루고 있는 데, 이는 제주도 집단이 기존 내륙집단과 같이 분화되고 있는 것이 아니라 빙하기 때에 특정 지역 개체들이 제주도에 유입되어 독자적인 분화가 이루어졌고, 지금의 제주도 집단으로 분화되었음을 의미한다. 제주도 집단이 속해 있는 subcluster의 안에 내륙집단 중 전라도 개체들만이 묶여 있는 것으로 보았을 때, 일부 전라도 집단들이 제주도에 들어왔고, 그 집단들이 지금 제주도라는 격리된 지역에서 독자적으로 집단을 형성하고 있는 것으로 추정된다. 그러나 장 등(2004)이 RAPD 방법을 이용한 연구에서는 제주도 집단이 경상남도 집단과 subcluster를 형성한다고 발표한 바 있어, 한국산 줄장지뱀의 지역적인 분자유전학적 차이를 밝히기 위해서는 앞으로 좀 더 이에 대한 상세한 연구가 뒤따라야 할 것이라 생각한다.

또한 제주도 집단의 subcluster안에 속해 있는 Seogwipo 1, 2는 행정구역상 제주도 서귀포시 대정읍에 위치하며, 제주도 본섬보다 남쪽에 위치해 있는 가파도(island)에서 채집된 개체들이다. 그러나 Seogwipo 1, 2 모두 제주도 개체와 동일한 염기서열을 가지고 있는 것을 보았을 때, 가파도의 개체의 조상들은 제주도 내에서 서식하던 개체들이 비교적 최근에 가파도로 분산되어 아직까지는 가파도 개체들만의 유전자 풀(pool)을 형성하지 않는 것으로 추정된다.

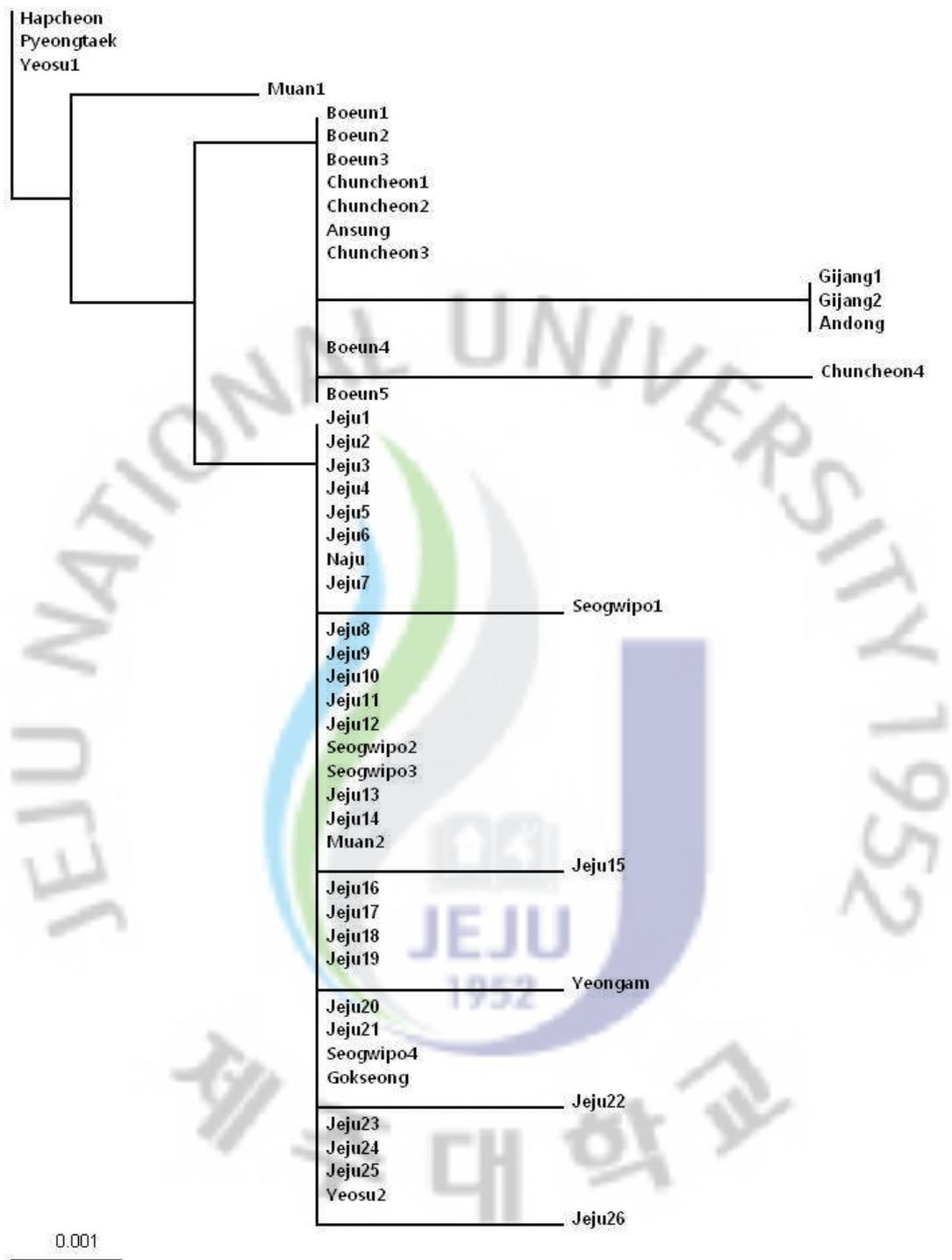


Figure 3. Neighbor-joining (NJ) analysis of the mitochondrial 12S rRNA gene of *Takydromus wolteri* in Korea.

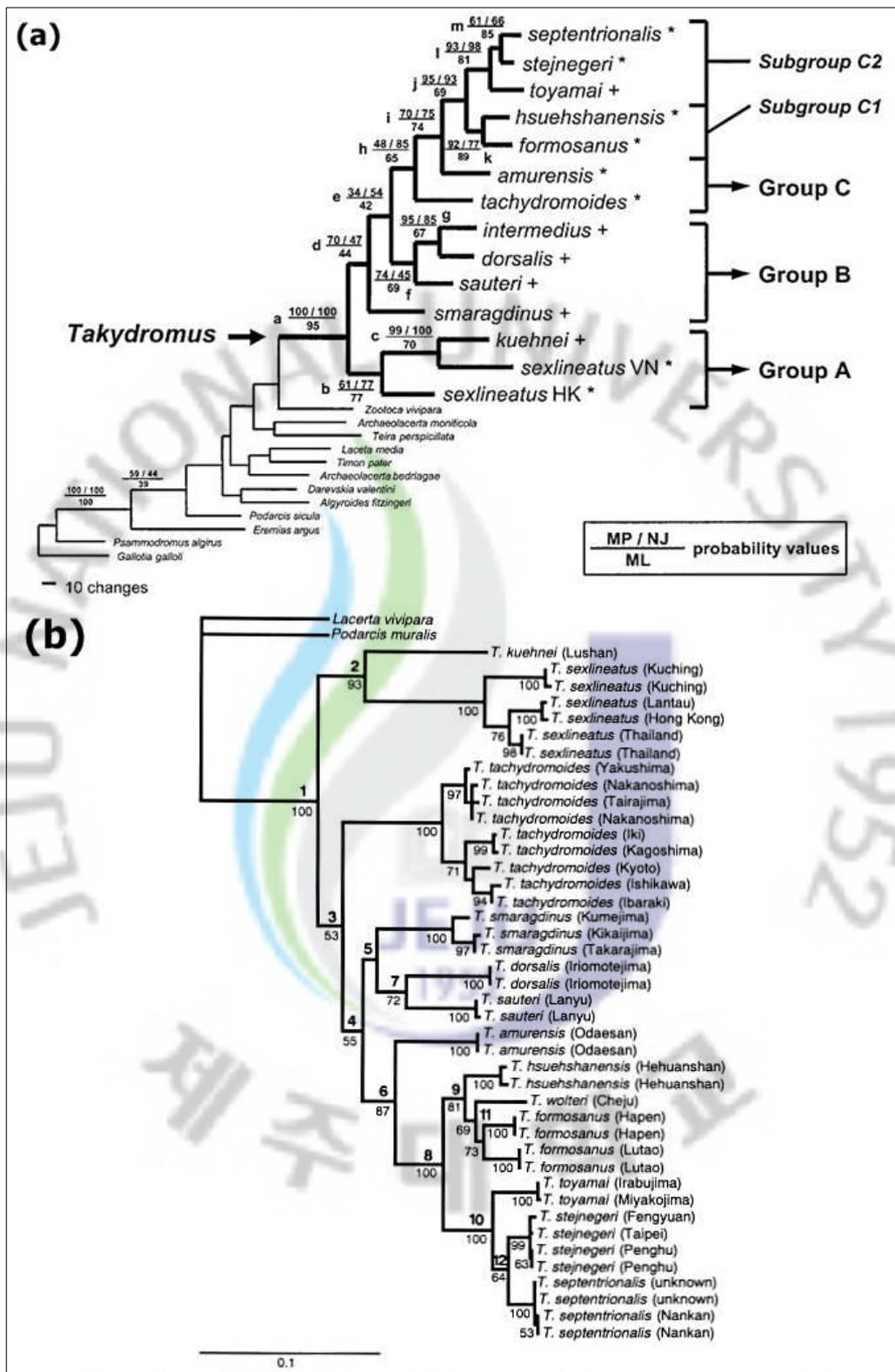


Figure 4. Phylogenetic tree for genus *Takydromus*. (a) Lin *et al.*, 2002, (b) Ota *et al.*, 2002., ML method.

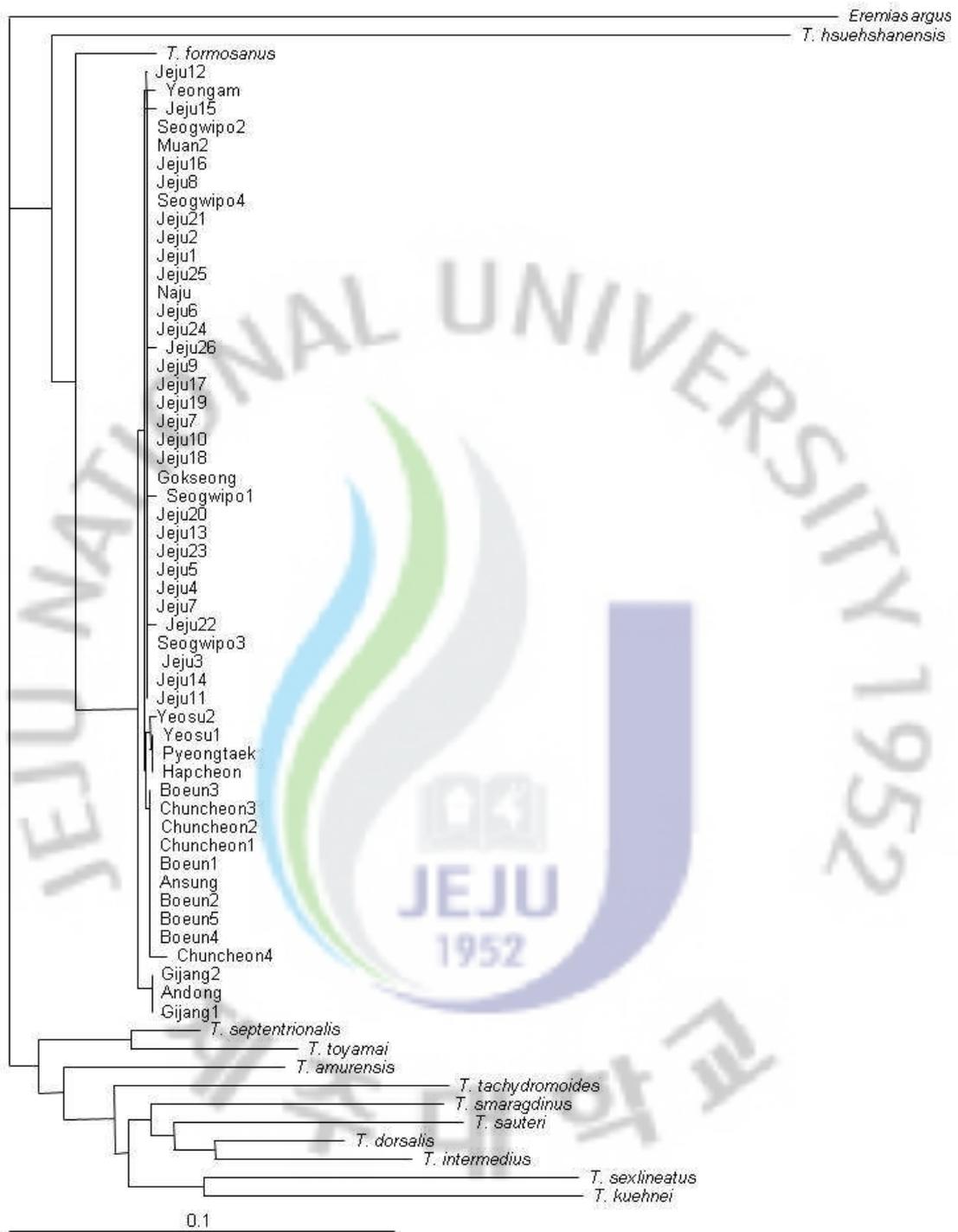


Figure 5. Neighbor-joining (NJ) analysis of the mitochondrial 12S rRNA gene of genus *Takydromus*.

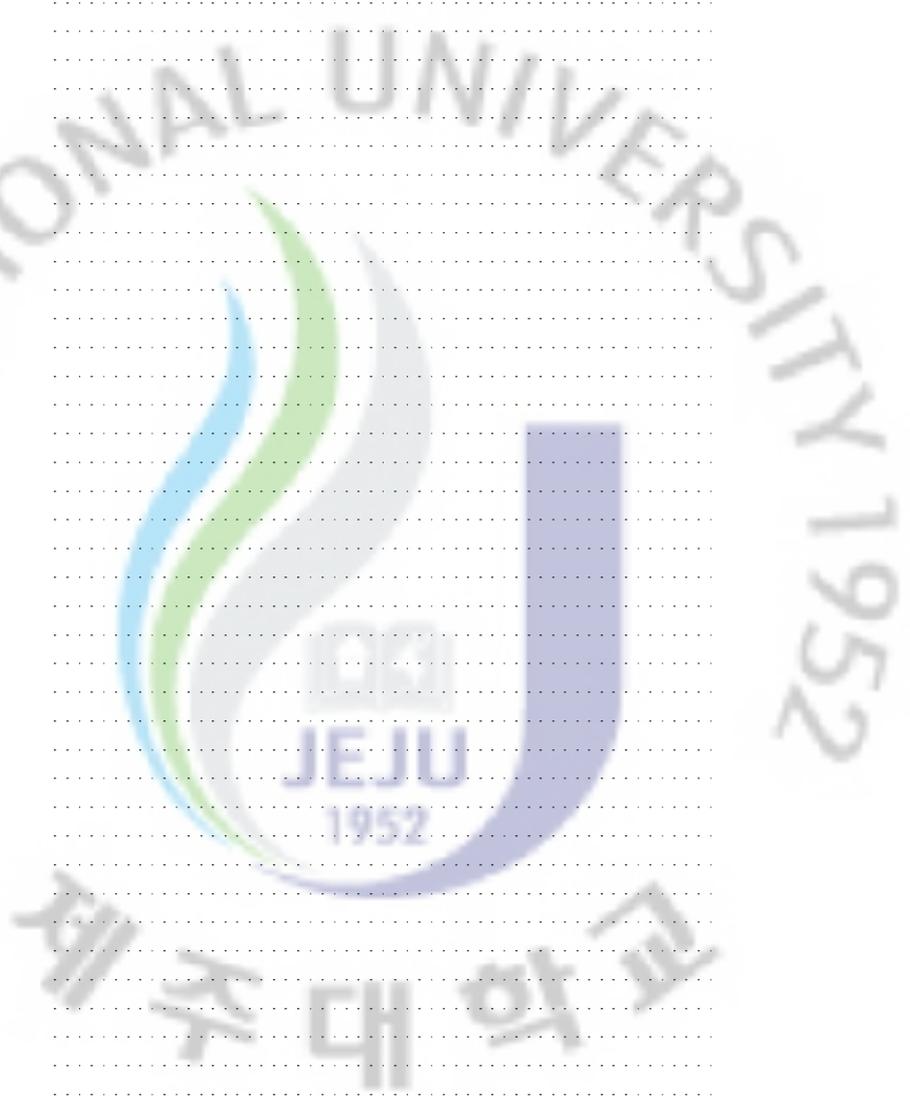
Appendix 1. Locality of *Takydromus wolteri* in this study.

Pyeongtaek: Anjung-eup, Pyeongtaek-si, Gyeonggi-do
Ansung: Juksan-myeon, Anseong-si, Gyeonggi-do
Chuncheon1: Gangwon National Univ., Chuncheon-si, Gangwon-do
Chuncheon2: Gangwon National Univ., Chuncheon-si, Gangwon-do
Chuncheon3: Gangwon National Univ., Chuncheon-si, Gangwon-do
Chuncheon4: Gangwon National Univ., Chuncheon-si, Gangwon-do
Boeun1: Mt. Songni, Songnisan-myeon, Boeun-gun, Chungcheongbuk-do
Boeun2: Mt. Songni, Songnisan-myeon, Boeun-gun, Chungcheongbuk-do
Boeun3: Mt. Songni, Songnisan-myeon, Boeun-gun, Chungcheongbuk-do
Boeun4: Mt. Songni, Songnisan-myeon, Boeun-gun, Chungcheongbuk-do
Boeun5: Mt. Songni, Songnisan-myeon, Boeun-gun, Chungcheongbuk-do
Yeosu1: Nam-myeon, Yeosu-si, Jeollanam-do
Yeosu2: Hwayang-myeon, Yeosu-si, Jeollanam-do
Muan1: Mangun-myeon, Muan-gun, Jeollanam-do
Muan2: Mangun-myeon, Muan-gun, Jeollanam-do
Naju: Naju-si, Jeollanam-do
Yeongam: Samho-eup, Yeongam-gun, Jeollanam-do
Gokseong: Ip-myeon, Gokseong-gun, Jeollanam-do
Andong: Namhu-myeon, Andong-si, Gyeongsangbuk-do
Hapcheon: Yongju-myeon, Hapcheon-gun, Gyeongsangnam-do
Gijang1: Gijang-eup, Gijang-gun, Busan
Gijang2: Gijang-eup, Gijang-gun, Busan
Jeju1: Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju2: Jeju National University, Jeju-si, Jeju-do
Jeju3: Jeju National University, Jeju-si, Jeju-do
Jeju4: Sabyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju5: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju6: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju7: Nuun-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju8: Sabyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju9: Sabyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do

Jeju10: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju11: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju12: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju13: Saebyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju14: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju15: Saebyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju16: Saebyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju17: Saebyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju18: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju19: Nuun-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju20: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju21: Jeju National University, Jeju-si, Jeju-do
Jeju22: Saebyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju23: Geomun-oreum, Jocheon-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju24: Saebyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju25: Saebyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Jeju26: Saebyeol-oreum, Aewol-eup, Jeju-si, Jeju-do
Seogwipo1: Topyeong-dong, Seogwipo-si, Jeju-do
Seogwipo2: Gapa-do(island), Daejeong-eup, Seogwipo-si, Jeju-do
Seogwipo3: Gapa-do(island), Daejeong-eup, Seogwipo-si, Jeju-do
Seogwipo4: Topyeong-dong, Seogwipo-si, Jeju-do

Appendix 2. Nucleotide sequence alignment (446bp) of the mitochondrial 12S rRNA gene of *Takydromus wolteri* in Korea. See Table 2 for abbreviations.

Pyeongtaek	TGCCACAAACCCCTAAAAA3AATTTTGGAGCAGACATTAGGCACCACCTAATCTG.
Hapcheon	.....
Yeosu1	.....
Muan1	.....
Jeju12	.....
Muan2	.....
Jeju1	.....
Jeju7	.....
Jeju19	.....
Gokseong	.....
Yeosu2	.....
Jeju14	.....
Jeju2	.....
Naju	.....
Seogwipo1	.....
Jeju18	.....
Seogwipo4	.....
Yeongam	.....
Jeju25	.....
Jeju10	.....
Jeju24	.....
Seogwipo2	.....
Jeju3	.....
Jeju6	.....
Jeju22	.....
Jeju17	.....
Jeju21	.....
Jeju13	.....
Jeju15	.....
Jeju9	.....
Seogwipo3	.....
Jeju11	.....
Jeju4	.....
Jeju5	.....
Jeju26	.....
Jeju16	.....
Jeju20	.....
Jeju23	.....
Jeju8	.....
Gijang2	.....
Andong	.....
Gijang1	.....
Chuncheon4	.....
Bocun5	.....
Chuncheon3	.....
Bocun4	.....
Ansung	.....
Chuncheon2	.....
Chuncheon1	.....
Bocun3	.....
Bocun2	.....
Bocun1	.....



Appendix 2. Continued

Pyeongtaek	CCATGCCACACCCCCACGGGTAAATCAGCAGTAATAAATATIGAACCACAAGTGA.
Hapcheon	.....
Yeosu	.....
Muan1	.....
Jeju12	.....
Muan2	.....
Jeju1	.....
Jeju7	.....
Jeju19	.....
Gokseong	.....
Yeosu2	.....
Jeju14	.....
Jeju2	.....
Naju	.....
Seogwipo1	.....
Jeju18	.....
Seogwipo4	.....
Yeongam	.....
Jeju25	.....
Jeju10	.....
Jeju24	.....
Seogwipo2	.....
Jeju3	.....
Jeju6	.....
Jeju22	.....
Jeju17	.....
Jeju21	.....
Jeju13	.....
Jeju15	.....
Jeju9	.....
Seogwipo3	.....
Jeju11	.....
Jeju4	.....
Jeju5	.....
Jeju26	.....
Jeju16	.....
Jeju20	.....
Jeju23	.....
Jeju8	.....
Gijang2	.....
Andong	.....
Gijang1	.....
Chuncheon4	.....
Bocun5	.....
Chuncheon3	.....
Bocun4	.....
Ansung	.....
Chuncheon2	.....
Chuncheon1	.....
Bocun3	.....
Bocun2	.....
Bocun1	.....

Appendix 2. Continued

Pyeongtaek	TAGTACTATAA3GGCTGGTTAATTTGCGCCA3CCACC3C3GTTATAC3AAAAG
Hapcheon	.....
Yeosu1	.....
Muan1	.....
Jeju12	.....
Muan2	.....
Jeju1	.....
Jeju7	.....
Jeju19	.....
Gokseong	.....
Yeosu2	.....
Jeju14	.....
Jeju2	.....
Naju	.....
Seogwipo1	.....
Jeju18	.....
Seogwipo4	.....
Yeongam	.....
Jeju25	.....
Jeju10	.....
Jeju24	.....
Seogwipo2	.....
Jeju3	.....
Jeju6	.....
Jeju22	.....
Jeju17	.....
Jeju21	.....
Jeju13	.....
Jeju15	.....
Jeju9	.....
Seogwipo3	.....
Jeju11	.....
Jeju4	.....
Jeju5	.....
Jeju26	.....
Jeju16	.....
Jeju20	.....
Jeju23	.....
Jeju8	.....
Gijang2	.....
Andong	.....
Gijang1	.....
Chuncheon4	.....
Bocun5	.....
Chuncheon3	.....
Bocun4	.....
Ansung	.....
Chuncheon2	.....
Chuncheon1	.....
Bocun3	.....
Bocun2	.....
Bocun1	.....



Appendix 2. Continued

Pyeongtaek	ACGGCGTAAAAATGTGACTA3A3ATGCACCTATTAAAAGTACTTAAACCTACCGC
Hapcheon	.....
Yeosu	.....
Muan1	.....
Jeju12	.....
Muan2	.....
Jeju1	.....
Jeju7	.....
Jeju19	.....
Gokseong	.....
Yeosu2	.....
Jeju14	.....
Jeju2	.....
Naju	.....
Seogwipo1	.....
Jeju18	.....
Seogwipo4	.....
Yeongam	.....
Jeju25	.....
Jeju10	.....
Jeju24	.....
Seogwipo2	.....
Jeju3	.....
Jeju6	.....
Jeju22	.....
Jeju17	.....
Jeju21	.....
Jeju13	.....
Jeju15	.....
Jeju9	.....
Seogwipo3	.....
Jeju11	.....
Jeju4	.....
Jeju5	.....
Jeju26	.....
Jeju16	.....
Jeju20	.....
Jeju23	.....
Jeju8	.....
Gijang2	.....C.....
Andong	.....C.....
Gijang1	.....C.....
Chuncheon4	.....
Bocun5	.....
Chuncheon3	.....
Bocun4	.....
Ansung	.....
Chuncheon2	.....
Chuncheon1	.....
Bocun3	.....
Bocun2	.....
Bocun1	.....

Appendix 2. Continued

Pyeongtaek	CAAGGGGTAAAG3AAAACCACTAAAATBCTTTTAATATAGTACCCTTGAATTCAG	
Hapcheon	.....
Yeosu	.....
Muan1	.....G.....	
Jeju12	.....
Muan2	.....
Jeju1	.....
Jeju7	.....
Jeju19	.....
Gokseong	.....
Yeosu2	.....
Jeju14	.....
Jeju2	.....
Naju	.....
Seogwipo1	.....AG.....	
Jeju18	.....
Seogwipo4	.....
Yeongam	.....
Jeju25	.....
Jeju10	.....
Jeju24	.....
Seogwipo2	.....R.....	
Jeju3	.....
Jeju6	.....
Jeju22	.....GA.....	
Jeju17	.....
Jeju21	.....
Jeju13	.....
Jeju15	.....
Jeju9	.....
Seogwipo3	.....
Jeju11	.....
Jeju4	.....
Jeju5	.....
Jeju26	.....C.....	
Jeju16	.....
Jeju20	.....
Jeju23	.....
Jeju8	.....
Gijang2	.....G.....G.....	
Andong	.....G.....G.....	
Gijang1	.....G.....G.....	
Chuncheon4	.....G.....	
Bocun5	.....G.....	
Chuncheon3	.....G.....	
Bocun4	.....G.....	
Ansung	.....G.....	
Chuncheon2	.....G.....	
Chuncheon1	.....G.....	
Bocun3	.....G.....	
Bocun2	.....G.....	
Bocun1	.....G.....	

Appendix 2. Continued

Pyeongtaek	AACTAGGATTASATACCCCTACTATGCTAAGCATTAAACAATGAGGAAAACACCA
Hapcheon	.....
Yeosu	.....
Muan1	.....
Jeju12	.....
Muan2	.....
Jeju1	.....
Jeju7	.....
Jeju19	.....
Gokseong	.....
Yeosu2	.....
Jeju14	.....
Jeju2	.....
Naju	.....
Seogwipo1	.....
Jeju18	.....
Seogwipo4	.....
Yeongam	.....
Jeju25	.....
Jeju10	.....
Jeju24	.....
Seogwipo2	.....
Jeju3	.....
Jeju6	.....
Jeju22	.....
Jeju17	.....
Jeju21	.....
Jeju13	.....
Jeju15	.....
Jeju9	.....
Seogwipo3	.....
Jeju11	.....
Jeju4	.....
Jeju5	.....
Jeju26	.....
Jeju16	.....
Jeju20	.....
Jeju23	.....
Jeju8	.....
Gijang2	.....
Andong	.....
Gijang1	.....
Chuncheon4	.....
Bocun5	.....
Chuncheon3	.....
Bocun4	.....
Ansung	.....
Chuncheon2	.....
Chuncheon1	.....
Bocun3	.....
Bocun2	.....
Bocun1	.....

Appendix 2. Continued

Pyeongtaek	AGAGAACTACAAATGAAAAATCTTAA
Hapcheon	.....
Yeosu	.....
Muan1	.....
Jeju12	.....
Muan2	.....
Jeju1	.....
Jeju7	.....
Jeju19	.....
Gokseong	.....
Yeosu2	.....
Jeju14	.....
Jeju2	.....
Naju	.....
Seogwipo1	.....
Jeju18	.....
Seogwipo4	.....
Yeongam	.....
Jeju25	.....
Jeju10	.....
Jeju24	.....
Seogwipo2	.....
Jeju3	.....
Jeju6	.....
Jeju22	.....
Jeju17	.....
Jeju21	.....
Jeju13	.....
Jeju15	.....
Jeju9	.....
Seogwipo3	.....
Jeju11	.....
Jeju4	.....
Jeju5	.....
Jeju26	.....
Jeju16	.....
Jeju20	.....
Jeju23	.....
Jeju8	.....
Gijang2	.....
Andong	.....
Gijang1	.....
Chuncheon4	.....
Bocun5	.....
Chuncheon3	.....
Bocun4	.....
Ansung	.....
Chuncheon2	.....
Chuncheon1	.....
Bocun3	.....
Bocun2	.....
Bocun1	.....



Ⅲ. 한국산 장지뱀과의 성적이형

1. 서론

성적 크기 차이(Sexual size dimorphism: SSD)는 한쪽 성이 특정형질에서 다른 성보다 크게 나타나는 기초적이고 일반적인 현상이다(Cox *et al.*, 2003). SSD는 다양한 동물 중에서 일어나며, 대부분의 척추동물에서는 수컷이 큰 경향을 보인다(Anderson, 1994). SSD는 일반적으로 수컷간의 투쟁(male-male combat)이나 암컷의 배우자 선택에서 몸집이 큰 개체가 유리하기 때문에 큰 개체를 선호하는 선택압의 결과로 나타나지만(Anderson and Vitt, 1990), 암·수간의 생태학적 차이(Shine, 1991), 생식력 선택(Shine, 1992; Olsson *et al.*, 2002)에 의해서도 SSD가 나타난다. 거북류(Berry and Shine, 1980), 뱀류(Takiguchi and Ota, 2006), 도마뱀류(Smith *et al.*, 1997; Pinto *et al.*, 2005)와 같은 파충류의 SSD에 대해서는 꾸준히 연구되어 보고되고 있다. 일반적으로 같은 몸길이를 비교했을 때, 수컷이 암컷보다 확장된 꼬리와 사지 보다 큰 머리를 가지지만, 몸통은 짧은 것으로 알려져 있다(Olsson *et al.*, 2002). 추가적으로 북아메리카의 몇 종은 집단 간에서도 다양한 SSD 양상이 나타나는 것으로 보고된 바 있다(Fitch, 1978; Stewart, 1997).

한반도에 서식하는 장지뱀과(Lacertid) 도마뱀은 장지뱀속(*Takydromus*)인 줄장지뱀(*T. wolteri*)과 아무르장지뱀(*T. amurensis*), 표범장지뱀속(*Eremias*)인 표범장지뱀(*E. argus*) 3종이 서식한다. 장지뱀속은 동아시아 지역에 약 21종이 분포하고 있으며(Bhupathy, 2009), 주로 초원에서 서식하고, 일부 종은 수풀이나 숲에서도 발견된다(Ziegler and Bischoff, 1999). 표범장지뱀속은 주로 모래, 스텝, 사막지역에 서식하며, 유라시안 구북구에 총 38종이 분포한다(Mozaffari and Parham, 2007). 줄장지뱀은 1쌍의 서혜인공(Femoral pores), 4쌍의 인두판(Chin shields), 밝은 배측선(Lateral line)이 특징이며, 한반도에서 러시아, 중국 동북부(Northeastern China)까지 넓게 분포하고 있고, 아무르장지뱀은 3 - 4쌍의 서혜인공, 3쌍의 인두판을 가지고 있으며, 러시아, 중국 동북부, 한반도는 물론 일본 대마도까지 분포하고 있다(Arnold, 1997; Goris and Maeda, 2004). 표범장지뱀은 10-11쌍의 서혜인

공, 5쌍의 인두판, 과립성 등 비늘을 가지고 있으며, 러시아, 몽골, 중국, 한국에 분포하고 있다(강과 윤, 1975; Zhao and Adler, 1993; Chang *et al.*, 2006).

본 연구에서는 줄장지뱀의 SSD를 공분산분석으로 재분석하고, 계통유연관계가 높은 표범장지뱀과 아무르장지뱀의 SSD를 추가적으로 분석하여 한국산 장지뱀과 3종의 SSD를 비교분석하였다.



2. 재료 및 방법

1) 재료

줄장지뱀은 홍(2008)에서 사용된 88개체의 자료를, 아무르장지뱀 33개체는 제주대학교 과학교육과 동물분류형태학실험실내 보관하고 있는 표본을 사용하여 직접 계측하였고, 환경부 멸종위기 동물 II급인 표범장지뱀은 현장에서 살아 있는 개체를 측정 후 바로 풀어주었다(Figure 6).

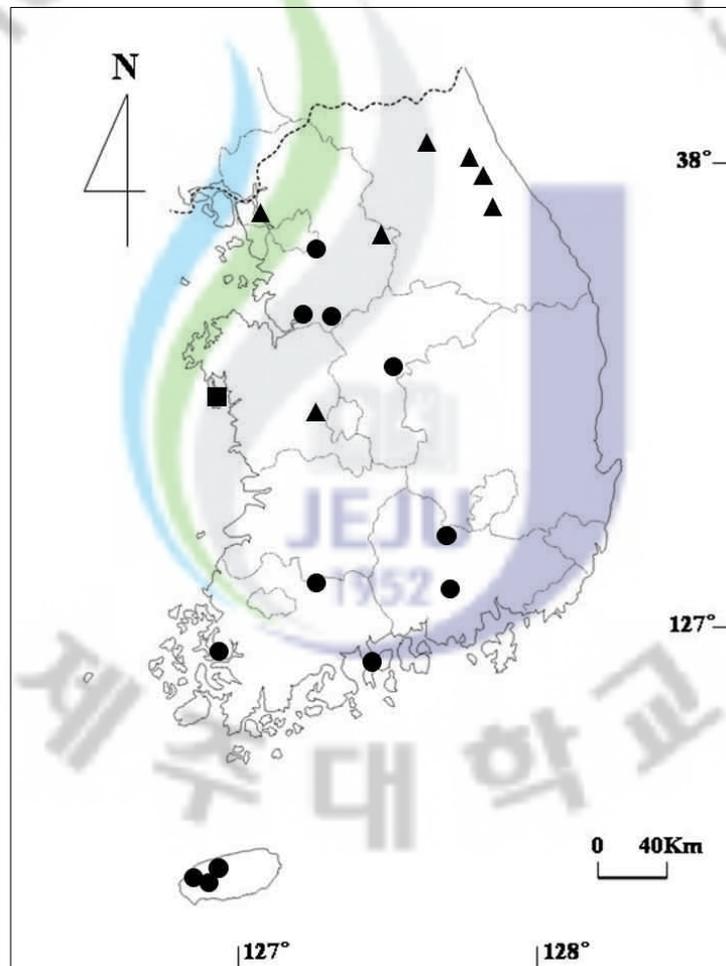


Figure 6. A map showing the collected sites of *Takydromus wolteri*, *T. amurensis* and *Eremias argus* used in this study. Solid circles: *T. wolteri*, solid triangle: *T. amurensis*, and solid square: *E. argus*.

2) 형태학적 분석

형태학적 자료는 국내에서 채집된 121개의 표본과 야외에서 살아있는 74 개체를 측정하였고(줄장지뱀: 홍, 2008; 표범장지뱀: Appendix 3; 아무르장지뱀: Appendix 4), 본 연구에는 성숙한 개체만 사용하였다. 형태학적 측정치는 디지털 캘리퍼스 (CD-15CP, Mitutoyo co.)를 사용하여 0.01 mm 수준까지 기록하였으며 (Figure 7), 꼬리길이(TL)를 측정할 때 꼬리가 잘렸거나 재생된 개체는 제외하였다. 환경부 멸종위기동물 II급인 표범장지뱀은 살아 있는 개체를 포획하여, 안정을 취하게 한 후, 형태학적 특징들을 측정하고 그 즉시 풀어주었다.

- 머리 길이(Head length; HL) : 주둥이의 끝부분부터 고막까지의 거리
- 머리 폭(Head width; HW) : 머리 부분에서 가장 넓은 지점간의 거리
- 주둥이-항문 길이(Snout-vent length; SVL) : 주둥이의 끝부분부터 항문까지의 거리
- 꼬리 길이(Tail length; TL) : 항문부터 꼬리 끝부분까지의 거리
- 앞다리 길이(Forelimb length; FLL) : 앞다리가 시작되는 부분부터 가장 긴 발가락의 발톱을 제외한 부분까지의 거리
- 뒷다리 길이(Hindlimb length; HLL) : 뒷다리가 시작되는 부분부터 가장 긴 발가락의 발톱을 제외한 부분까지의 거리

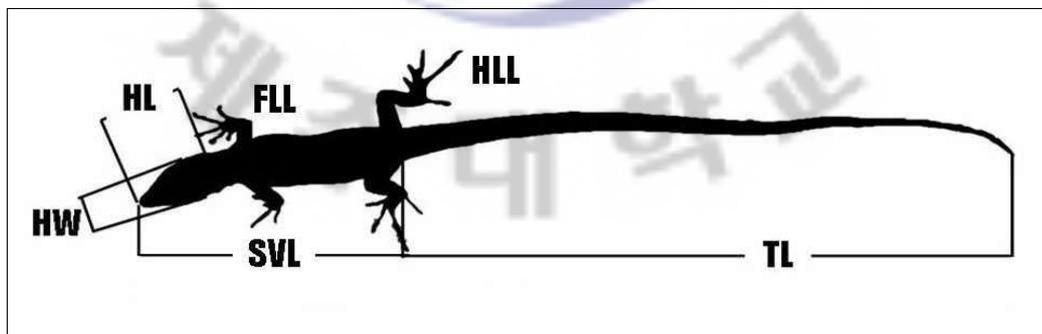


Figure 7. The body parts of lizard used in the morphometric analysis. SVL: Snout-vent length, TL: Tail length, HL: Head length, HW: Head width, FLL: Forelimb length, HLL: Hindlimb length.

3) 통계분석

암·수의 차이점을 알아보기 위한 각 부위별 형태학적 측정치는 SPSS program (Ver. 12.0)을 이용하여 분석하였고, 몸길이는 평균비교분석(Student t - test), 나머지 부위는 공분산 분석(ANCOVA)을 이용하였다.

가. 평균비교분석(Student t - test)

독립변수 내의 두 집단의 평균을 비교하는 방법으로 모집단의 분산을 모를 때 사용하며, 두 집단 간의 평균의 차이가 통계적으로 유의미한지를 파악할 때 사용한다. 이때 독립변수는 두 개의 집단이어야 하며, 또한 종속변수는 반드시 등간척도 이상으로 측정되어야 한다. 집단지도에서 실험집단, 통제집단을 독립변수로, 실험처치에 대한 효과성의 평균차이를 검정할 때 사용한다.

나. 공분산분석(ANCOVA)

분산분석은 처치수준이 다른 집단 간에 종속 변수값의 차이가 있는지를 조사하는 방법이다. 이때 처치수준이 종속 변수값에 미치는 영향을 보기 위해서는 실험디자인에 의하여 외생변수(즉, 종속변수에 영향을 미칠 수 있으나 실험디자인에서 처치변수로 설정되지 않은 변수)는 통제되어야 한다. 그러나 연구자가 실험디자인에서 이를 직접 통제하는 것이 불가능한 경우 이를 공변량(covariate)으로 처리하여 그 효과를 제거할 수 있다. 특히 그 외생변수가 종속변수와의 상관관계가 높을수록 분산분석 대신 공분산분석을 수행한다(이와 임, 2009).

3. 결과 및 고찰

한국산 장지뱀과의 3종의 SVL은 모두 암·수간에 유의하게 차이나지 않았고 (줄장지뱀: $df = 1, 86, t = -0.486, p = 0.628$; 표범장지뱀: $df = 1, 71, t = -0.939, p = 0.351$, 아무르장지뱀: $df = 1, 31, t = 0.466, p = 0.640$), SVL을 제외한 나머지 부위에 대한 암·수간의 공분산분석 결과는 각 종마다 다양한 양상을 나타내었다(Table 3). 줄장지뱀은 TL ($df = 1, 47, F = 7.709, p = 0.008$), HL ($df = 1, 86, F = 8.410, p = 0.005$), HW ($df = 1, 86, F = 11.846, p = 0.001$)이 암·수 간에 유의하게 차이 났지만, FLL ($df = 1, 86, F = 3.867, p = 0.053$), HLL ($df = 1, 86, F = 1.600, p = 0.209$)은 유의한 차이가 없었다. 표범장지뱀은 TL ($df = 1, 69, F = 68.789, p = 0.000$), HL ($df = 1, 71, F = -15.689, p = 0.000$), FLL ($df = 1, 71, F = 10.592, p = 0.002$), HLL ($df = 1, 71, F = 21.193, p = 0.000$)이 암·수간에 유의한 차이를 보였으나, HW ($df = 1, 71, F = 2.103, p = 0.151$)에서는 유의한 차이가 없었다. 아무르장지뱀은 TL ($df = 1, 24, F = 9.500, p = 0.005$), HL ($df = 1, 31, F = 9.422, p = 0.005$)이 암·수간에 유의하게 차이 났지만, HW ($df = 1, 31, F = 2.277, p = 0.142$), FLL ($df = 1, 31, F = 3.998, p = 0.055$), HLL ($df = 1, 31, F = 3.678, p = 0.065$)은 유의한 차이가 없었다. 줄장지뱀의 TL, HL, HW, 표범장지뱀의 TL, HL, FLL, HLL, 아무르장지뱀의 TL과 HL, 모두 수컷이 암컷보다 긴 것으로 나타났다(Figure 8).

Table 3. Morphometrical measurements (in mm) and statistical analyses (*t* - test or ANCOVA) of three species of adult lacertid lizards. Mean \pm SE above range (in parentheses), n: sample size. See Figure 1 for abbreviations.

	<i>T. wolteri</i>			<i>Eremias argus</i>			<i>Takydromus amurensis</i>		
	Males	Females	<i>p</i> - value	Males	Females	<i>p</i> - value	Males	Females	<i>p</i> - value
SVL	43.03 \pm 0.90 (21.01 - 57.68) n = 48	42.27 \pm 1.33 (25.16 - 58.27) n = 40	0.628	48.68 \pm 1.56 (32.34 - 63.73) n = 32	46.64 \pm 1.48 (31.13 - 63.72) n = 41	0.351	50.66 \pm 1.37 (41.97 - 56.42) n = 11	51.73 \pm 1.46 (39.61 - 64.87) n = 22	0.640
TL	110.30 \pm 3.13 (72.78 - 152.16) n = 29	102.89 \pm 4.40 (70.84 - 144.70) n = 20	0.008	63.35 \pm 2.34 (42.39 - 86.09) n = 31	52.16 \pm 1.63 (36.42 - 71.55) n = 40	0.000	120.94 \pm 5.95 (100.94 - 151.08) n = 8	104.98 \pm 3.81 (84.29 - 133.6) n = 18	0.005
HL	10.47 \pm 0.18 (6.57 - 13.27) n = 48	10.05 \pm 0.21 (7.10 - 12.80) n = 40	0.005	12.24 \pm 0.43 (8.84 - 18.99) n = 32	10.76 \pm 0.33 (5.95 - 14.6) n = 41	0.000	12.53 \pm 0.34 (10.31 - 13.93) n = 11	11.62 \pm 0.26 (10.01 - 14.02) n = 22	0.005
HW	6.73 \pm 0.98 (4.03 - 7.95) n = 48	6.42 \pm 0.13 (4.56 - 7.77) n = 40	0.001	7.42 \pm 0.30 (5.39 - 14.16) n = 32	6.82 \pm 0.20 (4.97 - 9.92) n = 41	0.151	7.68 \pm 0.23 (6.08 - 8.55) n = 11	7.49 \pm 0.17 (6.38 - 9.22) n = 22	0.142
FLL	15.59 \pm 0.31 (8.57 - 19.86) n = 48	14.93 \pm 0.42 (8.73 - 19.62) n = 40	0.053	16.50 \pm 0.50 (11.74 - 22.29) n = 32	15.18 \pm 0.41 (10.45 - 20.92) n = 41	0.002	16.73 \pm 0.53 (14.33 - 20.40) n = 11	16.03 \pm 0.34 (12.20 - 19.17) n = 22	0.055
HLL	21.47 \pm 0.47 (10.34 - 29.04) n = 48	20.60 \pm 0.73 (11.05 - 38.21) n = 40	0.209	25.69 \pm 0.80 (16.22 - 32.73) n = 32	23.11 \pm 0.66 (17.55 - 31.34) n = 41	0.000	23.48 \pm 0.86 (18.35 - 28.71) n = 11	22.63 \pm 0.48 (16.97 - 26.49) n = 22	0.065

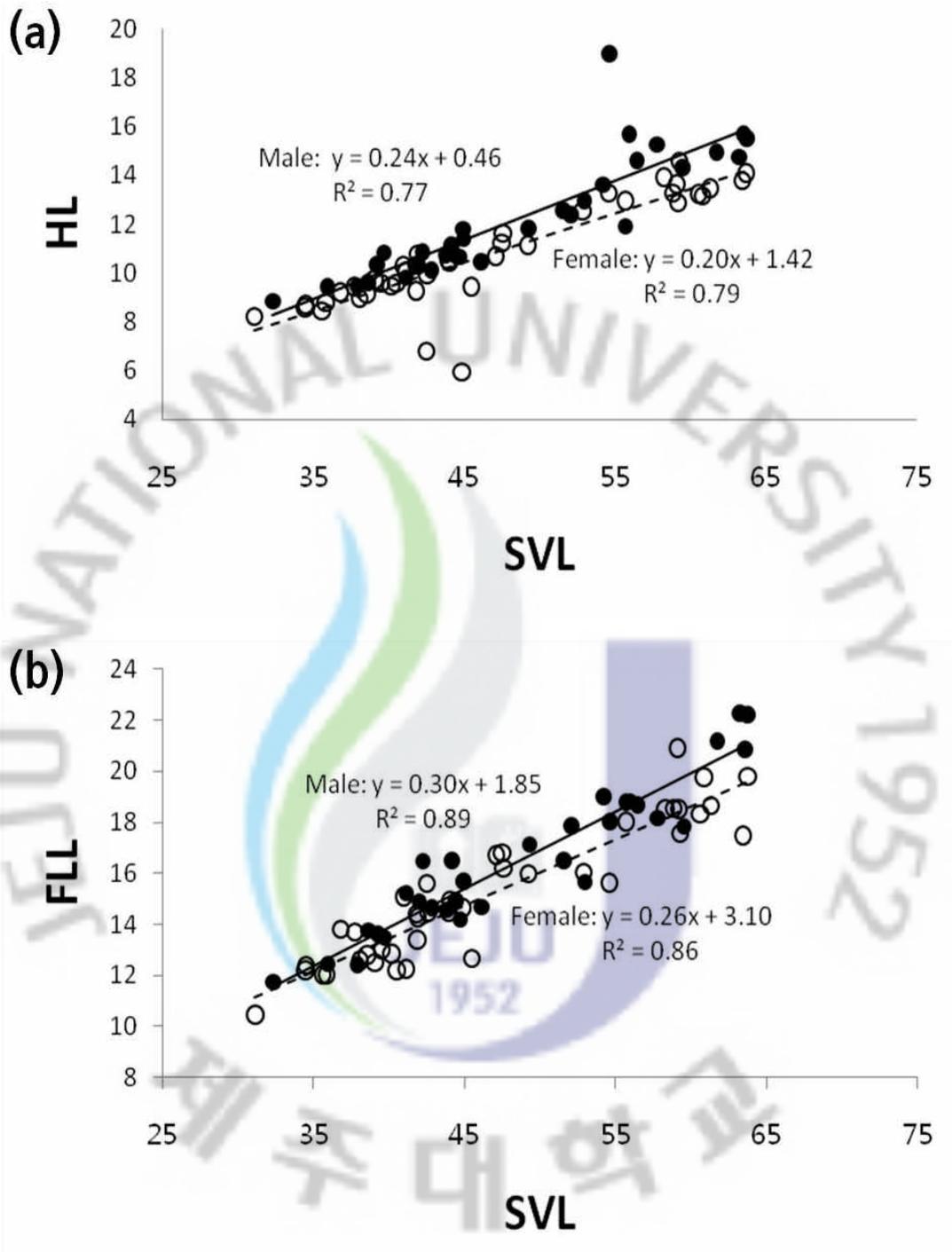


Figure 8. Relationships between SVL and other body characters in *Eremias arugus* (a, b, c, d), *Takydromus amurensis* (e, f), and *T. wolteri* (g, h, i). Solid circles and dashed lines: male, open circles and dotted lines: female. See Figure 7 for abbreviations.

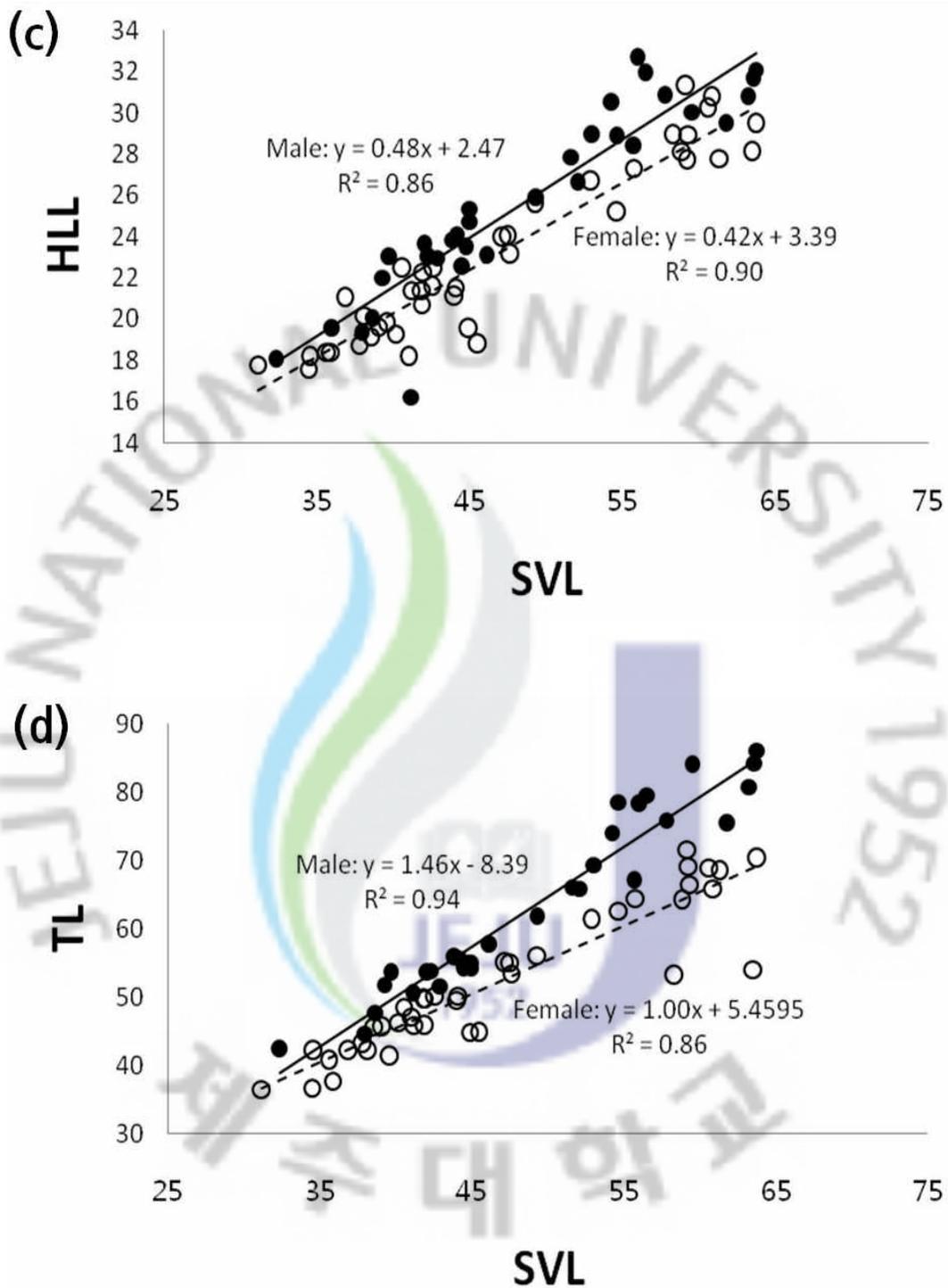


Figure 8. Continued.

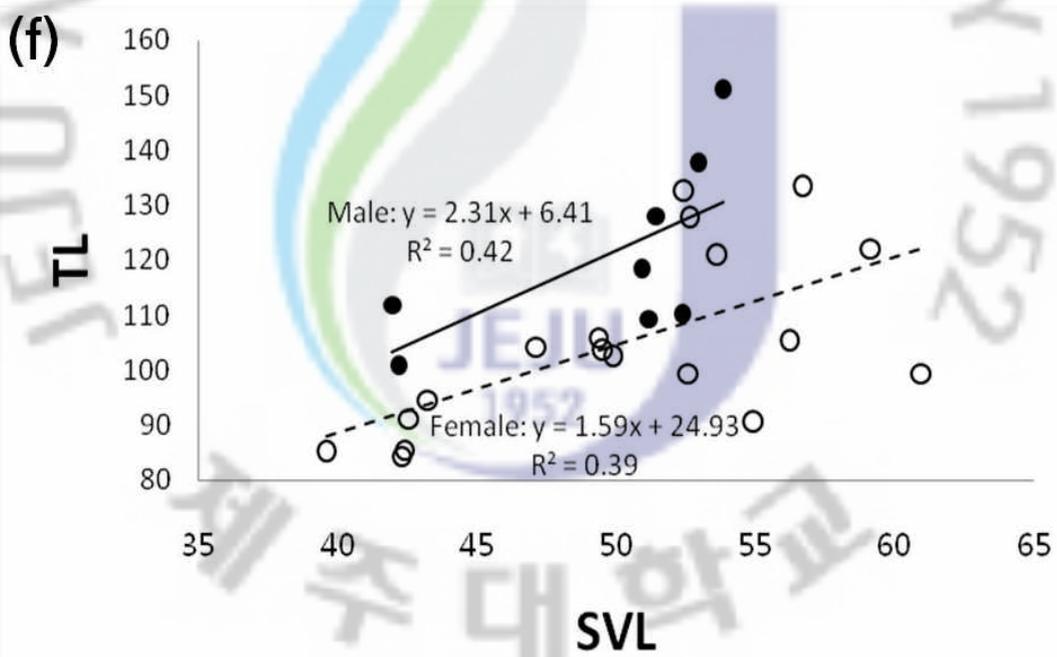
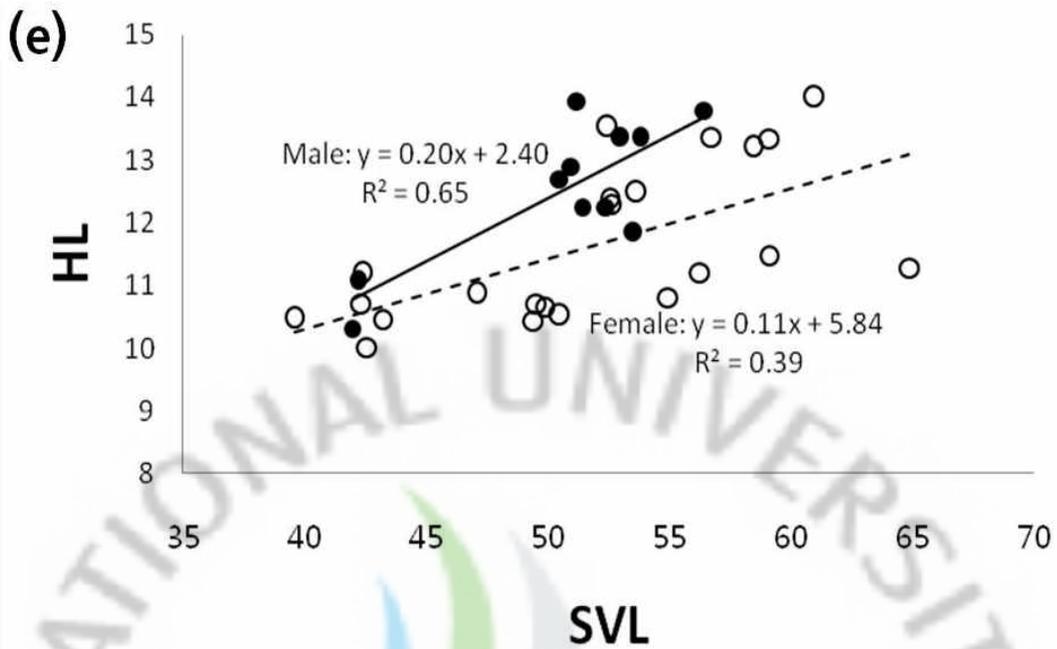


Figure 8. Continued.

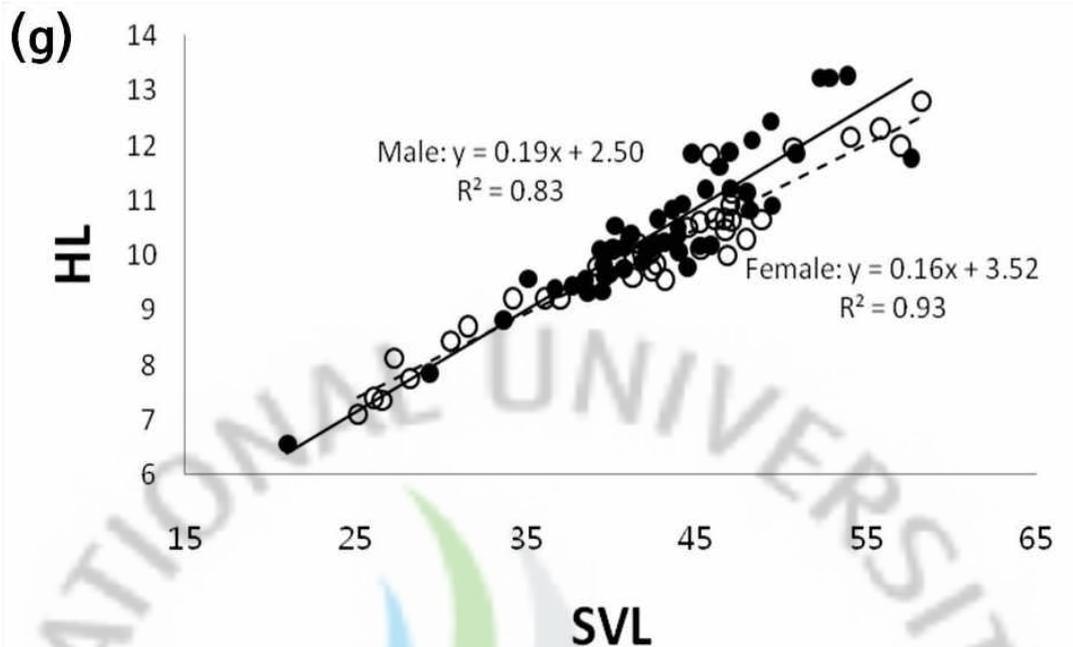


Figure 8. Continued.

한국산 장지뱀과 3종에 있어서 수컷의 머리길이는 암컷보다 길었으며, 표범 장지뱀은 머리의 폭도 길었다. 수컷이 암컷보다 머리가 큰 현상은 장지뱀과에는 일반적이다(Huang, 1998; Ji *et al.*, 1998; Molina-Borja *et al.*, 1998). 머리가 큰 수컷은 종 내에서 수컷간의 경쟁에서도 유리하기 때문에(Andersson, 1994), 더 넓고 좋은 지역을 차지할 수 있다. 그렇기 때문에 암컷은 더 큰 수컷을 선호하는 경향이 나타내며, 이와 같은 성적이형 현상은 성 선택과도 연관성을 가진다(Manzur and Fuentes, 1979; Heiseg, 1993). 수컷과 암컷은 성장을 위한 에너지 할당에 있어서도 차이를 가지며, 상대적으로 더 큰 머리를 가진 수컷은 암컷과 비교하여 더 빠른 성장률을 가진다. 일부 도마뱀류에서는 성 성숙이 일어나기 전인 초기에는 수컷과 암컷의 성장률에 차이가 없다가 성 성숙이 일어나면 암컷의 성장률은 감소한다. 이는 암컷은 성 성숙이 일어난 후 머리 크기와 같은 신체적 특징보다는 생식과 번식에 더 많은 에너지를 할당하기 때문이다(Fitch, 1981; Nkosi, 2004). 예를 들어, *T. septentrionalis* 암컷은 큰 체격으로 인해 좀 더 나은 잠재 생식 능력을 가질 수 있기 때문에 SVL의 성장을 위해 머리 성장을 희생하지만, 수컷에서

는 머리의 급속한 성장이 나타난다(Zhang and Ji, 2000). 또한 다수의 수컷 도마뱀들이 교미하는 동안 암컷을 물고 몇 시간동안 입으로 움켜잡고 있기 때문에(Svihla, 1942), 머리가 더 큰 수컷은 몸짓이 큰 암컷의 머리, 목 또는 복부를 입으로 포착하는데 있어 보다 유리하다(Herrel *et al.*, 2001a, b; Li *et al.*, 2006). 한국산 장지뱀과 3종 역시 교미시에 수컷이 암컷의 복부 부근을 입으로 물어 제압한 후 교미하기 때문에(Figure 9), 이와 같은 교미행동이 한국산 장지뱀과 3종의 SSD에 영향을 주었을 것이라 판단한다.



Figure 9. A photograph of male *Takydromus wolteri* biting by the flank of female during the mating.

꼬리길이 역시 장지뱀류에서 일반적으로 성적이형이 나타나는 부위이며, 한국산 장지뱀류 3종에서도 성적이형이 나타났다. *Phrynocephalus vlangalii*에서는 수컷의 꼬리 길이가 암컷의 꼬리 길이보다 빠른 성장률을 나타냈는데, 이는 암컷 생식의 선택 행동과 부분적으로 관련이 있기 때문이다(Zhang *et al.*, 2005). 이성

간 선택에서 많은 암컷은 수컷의 외양이나 행동의 화려함에 의존하며, 자신으로 하여금 화려한 표현형을 가진 수컷의 대립유전자들이 자손에게 전달되도록 한다. 또한 도마뱀류는 긴 꼬리로 몸의 균형을 잡기도 하며(Vitt *et al.*, 1977), 수풀이나 나무 가지, 암석 위를 건널 때 꼬리를 이용하여 보다 수월하게 이동하기도 한다(Arnold, 1997; Huang, 1998). 수컷은 우수한 암컷을 차지하기 위해 많이 이동하고, 왕성한 먹이활동을 하기 때문에 꼬리는 수컷의 육체적 활동에 매우 중요하며, 그에 따른 진화가 이루어졌으리라 생각된다.

연구를 통해 얻은 결과를 홍(2008)의 연구 결과와 비교하였을 때, 줄장지뱀의 SSD라고 밝힌 TL, HL, HW, FLL 중에서 FLL은 SSD가 없는 것으로 나타났다. 홍(2008)의 연구에서는 머리 크기, 사지 길이, 꼬리 길이 등을 비교할 때, 몸의 크기를 적절히 반영해 주지 못하였다고 판단된다. 홍(2008)에서는 각 부위의 길이를 몸길이로 나누어준 후 평균비교분석(Student *t* - test)을 수행하였지만 그 방법보다는 공분산분석으로 분석하는 것이 보다 적절한 방법이라 사료된다. 그러나 다른 분석방법에 의해 상이한 결과가 도출된 만큼, 추후에 개체수를 늘려 재검토가 필요하다고 생각된다. 사지의 길이는 표범장지뱀에만 수컷이 암컷보다 앞다리와 뒷다리 모두 길었고, 줄장지뱀과 아무르장지뱀은 암컷과 수컷 간에 유의미한 차이가 없었다. 다리 길이는 수컷이 높은 포식압을 상쇄시키기 위해 포식자로부터 회피하는데 더 유리하게 작용하고(Nkosi *et al.*, 2004), 걸음 폭과 걸음 속도가 증가하며, 이로 인해 달리는 속도를 증가시킨다(Hildebrand, 1982). 표범장지뱀의 주서식지는 해안가 및 강가의 모래사구이지만, 줄장지뱀과 아무르장지뱀의 주서식지는 산림지역이나 무성한 초지대이다(Song, 2007). 해안가 및 강가의 모래사구 지역에는 초본류나 목본류가 빈약하여 포식자로부터 매우 크게 노출되지만, 산림지역이나 무성한 초지대는 은폐 할 공간이 더 많다. 또한 표범장지뱀은 해안가 모래를 직접 파서 모래 안에서 생활공간을 마련해야 해서 사지의 발달이 더욱 필요하지만, 줄장지뱀과 아무르장지뱀은 바위나 나무 밑과 같은 이미 만들어진 공간에서 생활하기 때문에 그렇지 않다. 포식자에게 노출이 쉬운 서식지의 차이와 직접 모래를 파서 생활하는 생활 방식 때문에 표범장지뱀 수컷의 사지의 SSD 나타났을 것으로 생각된다.

반대로 SVL은 한국산 장지뱀류 3종에서 모두 수컷과 암컷 간에 차이를 보이

지 않았고, 같은 장지뱀과인 *T. septentrionalis* (Zhang and Ji, 2000), *T. hsuehshanensis* (Huang, 1998), *E. brenchleyi* (Xu and Ji, 2003), *E. multiocellata* (Li *et al.*, 2006)에서도 차이가 없었다. SSD는 성체가 된 암·수의 체형 크기에 따른 번식 성공률이 차이를 보이기 때문에 도마뱀에서도 진화되어 온 것으로 알려져 있다(Cooper and Vitt, 1989; Hews 1990; Mouton and Van Wyk, 1993). 이론적으로 수컷의 생식력 선택의 결과로 몸길이가 긴 암컷을, 성 선택의 결과로 암컷은 머리가 큰 수컷을 선호한다(Cox *et al.*, 2003). 그러나 두 선택압은 수컷과 암컷간의 성적 차이로 인해 서로 상쇄될 수 있다. 수컷이 권력다툼을 통해 선택되어지는 것은 수컷 크기를 증가시키는 요인이 되고(Lin and Ji, 2000), 생식력 또는 한 배의 크기가 큰 암컷이 선택되어지는 것은 암컷의 크기를 증가시키는 요인이 된다(Ji and Du, 2000). 종의 특성이나 그 종이 처한 환경에 따라 두 선택압의 중요도가 결정되기 때문에 이를 파악하기 위해서는 수컷 간의 투쟁이나 암컷의 SVL과 litter size의 연관이 있는 것 등과 같은 생태적 정보가 필요하다. 그러나 지금까지 한국산 장지뱀류 3종에 대한 생태학적 정보는 밝혀진 바 없기 때문에 한국산 장지뱀류 3종에 대한 생태학적 연구가 이루어진다면, 왜 한국산 장지뱀과의 SVL에서는 SSD가 생기지 않는지에 대한 상세한 이유를 설명할 수 있을 것이다.

Appendix 3. Morphometrical measurements of *Eremis argus* in this study. See Figure 7 for abbreviations

No. of specimen	Morpometric character (mm)						
	S	SVL	TL	FLL	HLL	HL	HW
EA001	M	42.57	—	6.27	9.96	14.47	22.50
EA002	M	47.48	54.95	7.17	11.23	16.80	24.07
EA003	M	47.58	53.37	6.43	11.63	16.20	23.18
EA004	M	60.83	65.83	8.52	13.17	19.77	30.80
EA005	M	60.57	68.88	7.95	13.24	18.34	30.27
EA006	M	61.31	68.60	8.20	13.48	18.66	27.77
EA007	M	49.25	55.97	6.53	11.14	16.00	25.65
EA008	M	55.71	64.43	7.33	12.98	18.02	27.31
EA009	M	47.11	55.05	6.00	10.70	16.73	24.01
EA010	M	42.52	50.08	9.92	6.80	15.61	21.63
EA011	M	45.48	44.88	5.90	9.44	12.66	18.83
EA012	M	44.86	44.82	9.86	5.95	14.66	19.57
EA013	M	44.05	50.07	6.17	10.43	14.95	21.50
EA014	M	34.47	36.58	4.97	8.60	12.19	17.55
EA015	M	59.20	69.12	7.91	12.87	18.53	27.73
EA016	M	41.82	49.77	6.64	10.32	14.40	21.37
EA017	M	39.54	41.41	5.40	9.58	13.03	19.84
EA018	M	34.52	42.18	5.39	8.70	12.39	18.20
EA019	M	41.85	45.89	5.81	9.28	13.39	20.70
EA020	M	40.17	46.24	5.82	9.48	12.86	19.28
EA021	M	58.84	64.26	7.63	13.27	18.55	28.11
EA022	M	40.99	47.00	5.92	10.28	15.08	18.22
EA023	M	59.11	71.55	7.81	13.66	20.92	31.34
EA024	M	43.96	49.45	6.46	10.51	14.48	21.14
EA025	M	37.76	43.22	5.45	9.44	13.70	18.71
EA026	M	41.91	49.67	6.50	10.78	14.27	22.26
EA027	M	40.52	48.48	5.91	9.59	12.20	22.50
EA028	M	41.16	45.81	6.42	10.08	12.26	21.37
EA029	M	63.72	70.45	7.99	14.10	19.79	29.51
EA030	M	35.85	37.60	5.22	8.80	12.05	18.39
EA031	M	38.09	42.21	5.44	8.95	12.59	20.15
EA032	M	52.87	61.48	8.22	12.55	16.04	26.71
EA033	M	54.60	62.59	8.02	13.27	15.64	25.23
EA034	F	58.28	53.31	8.56	13.93	18.51	28.98
EA035	F	59.28	66.45	8.57	14.60	17.56	28.94
EA036	F	35.60	40.80	5.53	8.44	12.04	18.39
EA037	F	63.46	53.98	8.43	13.79	17.48	28.15
EA038	F	36.82	42.28	5.82	9.22	13.81	21.06
EA039	F	31.13	36.42	5.23	8.22	10.45	17.76
EA040	F	39.05	45.70	6.08	9.72	12.51	19.61
EA041	F	38.55	45.60	6.21	9.16	12.81	19.13
EA042	F	63.55	84.17	8.82	15.71	20.87	31.68
EA043	F	55.70	67.13	7.23	11.92	18.79	28.41
EA044	F	61.75	75.50	8.49	14.95	21.20	29.50
EA045	F	49.30	61.88	7.21	11.82	17.13	25.92
EA046	F	32.34	42.39	5.39	8.84	11.74	18.06
EA047	F	44.97	54.87	6.70	11.40	15.68	24.71

Appendix 3. Continued

No. of specimen	Morpometric character (mm)						
	S	SVL	TL	FLL	HLL	HL	HW
EA048	F	42.86	51.57	6.29	10.11	14.66	22.93
EA049	F	59.51	84.06	9.08	14.33	17.83	30.02
EA050	F	63.22	80.75	8.81	14.77	22.29	30.80
EA051	F	42.01	53.63	6.21	10.29	14.91	23.67
EA052	F	54.22	73.96	7.96	13.62	19.00	30.52
EA053	F	38.63	47.68	5.64	9.62	13.76	20.05
EA054	F	37.93	44.58	5.40	9.48	12.43	19.36
EA055	F	52.98	69.28	7.78	12.96	15.67	28.98
EA056	F	41.14	50.64	5.96	9.80	15.22	16.22
EA057	F	42.26	53.73	6.44	10.87	16.47	23.05
EA058	F	35.96	—	5.88	9.44	12.44	19.57
EA059	F	51.58	66.03	8.53	12.58	16.50	27.85
EA060	F	39.26	51.72	6.66	10.36	13.61	22.00
EA061	F	44.95	54.14	7.35	11.81	15.68	25.33
EA062	F	63.73	86.09	9.01	15.52	22.21	32.07
EA063	F	44.17	55.60	6.08	11.16	16.50	24.10
EA064	F	52.07	65.79	7.43	12.41	17.86	26.66
EA065	F	54.63	78.5	14.16	18.99	18.02	28.89
EA066	F	44.44	54.29	5.88	10.72	14.92	22.58
EA067	F	56.48	79.48	8.67	14.62	18.68	31.96
EA068	F	57.79	75.81	8.56	15.27	18.17	30.86
EA069	F	55.97	78.43	8.92	15.70	18.82	32.73
EA070	F	39.70	53.69	6.07	10.83	13.47	23.06
EA071	F	44.73	54.91	6.70	10.67	14.19	23.54
EA072	F	43.81	55.87	6.68	10.74	14.56	23.82
EA073	F	46.12	57.78	7.29	10.46	14.68	23.10
EA074	F	37.76	43.22	5.45	9.44	13.70	18.71

Appendix 4. Morphometrical measurements of *Takydromus amurensis* in this study.
See Figure 7 for abbreviations

No. of specimen	Morpometric character (mm)						
	S	SVL	TL	HL	HW	FLL	HLL
TA001	M	54.92	90.75	10.81	8.12	16.05	22.23
TA002	M	49.91	102.62	10.65	6.79	15.99	22.05
TA003	M	53.61	121.08	12.51	6.4	16.42	23.9
TA004	M	64.87	—	11.28	8.29	16.51	23.52
TA005	M	50.47	—	10.55	7.43	16.03	21.79
TA006	M	49.52	103.72	10.7	6.94	16.35	21.23
TA007	M	59.12	122.06	11.48	7.67	16.59	25.11
TA008	M	56.25	105.52	11.2	7.22	15.84	23.18
TA009	M	58.48	—	13.23	9.22	19.01	25.7
TA010	M	52.42	132.7	13.55	8.25	16.22	24.41
TA011	M	60.94	99.31	14.02	8.18	19.17	26.49
TA012	F	52.64	127.89	12.3	7.91	17.27	23.54
TA013	F	52.58	99.43	12.39	7.32	15.51	22.12
TA014	F	42.3	84.29	10.71	6.38	12.2	19.44
TA015	F	59.09	—	13.34	8.45	17.46	25.11
TA016	F	49.39	105.93	10.43	7.01	16.2	21.82
TA017	F	47.11	104.17	10.89	7.23	15.54	21.84
TA018	F	43.23	94.57	10.46	6.76	13.77	20.65
TA019	F	42.54	91.19	10.01	6.67	14.73	20.02
TA020	F	39.61	85.3	10.5	6.45	13.83	16.97
TA021	F	42.4	85.46	11.21	7.2	14.8	21.57
TA022	F	56.71	133.6	13.36	8.8	17.1	25.08
TA023	F	51.44	128.01	12.24	8.42	17.18	23.17
TA024	F	51.18	109.22	13.93	8.28	20.4	28.71
TA025	F	53.5	—	11.86	7.79	14.33	26.14
TA026	F	42.21	100.94	11.09	6.88	15.19	20.88
TA027	F	52.38	110.3	12.25	8.28	17.04	22.71
TA028	F	41.97	111.79	10.31	6.08	14.78	18.35
TA029	F	56.42	—	13.78	8.55	18.36	24.15
TA030	F	50.46	—	12.69	7.63	16.05	22.52
TA031	F	52.96	137.76	13.38	7.6	17.34	22.89
TA032	F	53.84	151.08	13.38	7.92	15.82	22.28
TA033	F	50.93	118.45	12.89	7.04	17.55	26.5

IV. 한국산 줄장지뱀의 이동거리

1. 서론

최근 도마뱀의 이동거리에 관한 연구는 대부분 대형도마뱀류에 한하여 수행되고 있는데(Neilson *et al.*, 2006; Schorr and Lambert, 2006), 이는 작은 크기의 도마뱀의 경우에는 발신기 무게의 한계성 때문에 무선송신기 추적법(Radio transmitter tagging method)에 의한 연구가 극히 제한되기 때문이다. 줄장지뱀을 포함한 국내 도마뱀류는 총 3과 4목 6종으로 서식하는 도마뱀의 종수가 적고, 모두 육상생활(non-aquatic)하는 소형 도마뱀이다(Chang *et al.* 2006; 송, 2007). 현재 가장 다양한 무선송신기 제품을 판매하는 Holohil System Ltd. (<http://www.holohil.com>)에서 가장 가벼운 무선송신기의 무게는 0.35 - 0.42g이며, 수명은 1 - 3주이다. 무선송신기의 무게는 표지하는 개체 몸무게의 최대 10%를 초과하지 않는 것으로 선택해야 하므로(ASH 2007), 줄장지뱀의 경우 최경량 무선송신기를 사용한다 하더라도 개체군 내에서 몸무게가 무거운 소수의 개체들만 이용할 수 있다. 또한 수명도 1 - 3주정도로 짧기 때문에 적용할 수 있는 연구가 한정적일 수밖에 없다. 그로 인해 소형 도마뱀류의 이동거리에 대한 자료는 매우 부족한 실정이고, 그에 따라 종을 보전하고 관리하기 위한 방안을 마련하는데 어려움을 겪고 있다.

본 연구는 제주도 새별오름 일대에 서식하는 줄장지뱀을 대상으로 포획 - 재포획 방법으로 서식지 이용에 대한 이동거리를 분석한 후 행동학적 특성을 밝히고, 줄장지뱀은 물론 크기가 작은 소형도마뱀류에 대한 보전 및 관리 방안을 수립하는데 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

2. 재료 및 방법

1) 조사지 개황

제주도에는 368여개의 오름이 분포하는데, 이 중 본 연구의 대상지인 ‘새별오름’은 제주도 제주시 애월읍 봉성리에 위치하며(Figure 10), 해발 519m, 면적 약 500m²의 복합화산체이다(제주도, 1997). 새별오름은 북위 33° 21' 49", 동경 126° 21' 27"를 중심으로 동서 길이 910m, 남북 길이 860m이며, 정상부를 중심으로 서쪽과 북쪽은 사면의 경사 변화가 다양하며 관목지역이 대부분이고, 남쪽과 동쪽은 다른 사면에 비해 경사 변화가 균일한 초지대를 이루고 있다.

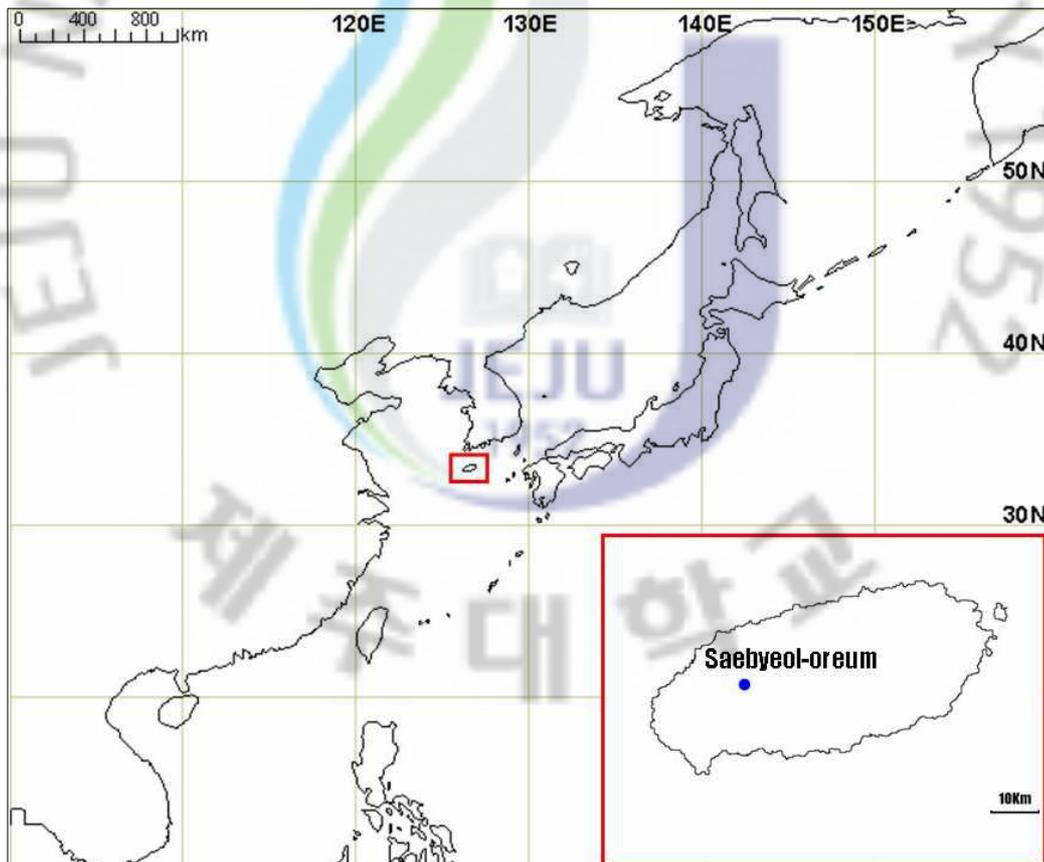


Figure 10. Map showing location of Jeju island, Korea, and of Saebyeol-oreum (insert).

새별의 남쪽사면 일부는 2000년부터 매년 정월보름에 제주도에서 관광사업의 일환으로 불을 놓는 들불축제가 행해지고 있다(Figure 11). 화입은 남쪽 사면의 전 지역에 걸쳐 이루어지는데, 경사가 비교적 급하고 띠와 참억새의 구엽이 골고루 있어 화입지역은 불이 빠르게 번지고 지표의 구엽만 태우게 되어 화입이 비교적 약하게 이루어진다. 오름 주변은 목장지역으로 소나 말에게 제공할 건초를 생산하는 초지, 승마장, 공동묘지로 이용되고 있다. 인간에 의한 화입과 예초로 인해 특정지역은 항상 초지가 형성되어 있고, 그 주위로는 관목지대(shrub zone)와 교목지대(arbor zone)도 형성되어 있다. 이지역의 식물상은 72과 169속 184종 1아종 32변종 3품종 총 220 분류군이였다. 이 중 화입지는 귀화식물 17분류군과 본 지역에만 출현하는 식물 4분류군을 포함한 총 168분류군, 비화입지는 귀화식물 11분류군과 본지에서만 출현하는 식물 51분류군을 포함한 총 201분류군, 예초지는 귀화식물 13분류군만 포함한 총 135분류군이 기록되어 있다(송, 2004).



Figure 11. Photographs of the survey area at, Deulbul-Chukje, local festival. (a) general view at festival, (b) burned area after festival.

2) 기후

연구기간 동안 월별 일조시간은 28h부터 263.4h, 월평균기온은 5.1℃부터 27.5℃, 월강수량은 0.5mm부터 318.2mm, 월평균상대습도는 56.6%에서 85.6%였다

(Figure 12). 연구지역인 새별오름과 지리적으로 가장 근접한 제주 고산 기상대의 기상정보를 기상청사이트(<http://www.kma.go.kr/>)를 통하여 수집하였다.

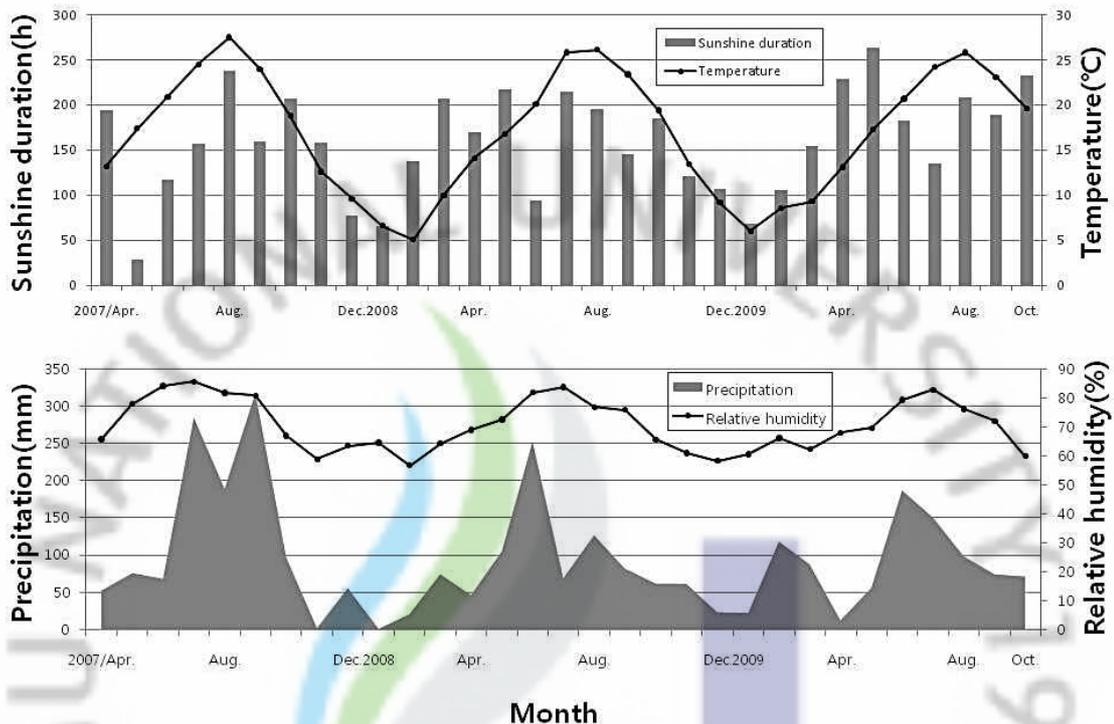


Figure 12. Annual variation in sunshine duration, temperature, precipitation, and relative humidity during study period at Kosan-meteorological observatory, Jeju Island, Korea.

3) 연구방법

본 연구는 2007년 4월부터 2009년 10월까지 2명의 연구자가 매달 2회 이상 현장을 방문하여 수행하였다. 조사지역은 주기적으로 우마의 방목지로 쓰이고, 평소에는 일반인이 자주 이용하는 등산로이다. 조사지역을 최대한 수용할 수 있는 조사경로를 선정(Figure 13)하여 조사하였고, 조사 수행 중 출장지뱀을 관찰하였을 때에는 휴대용 GPS 기기(etrex, Garmin co.)를 이용하여 위도, 경도, 고도를 표기하였다.

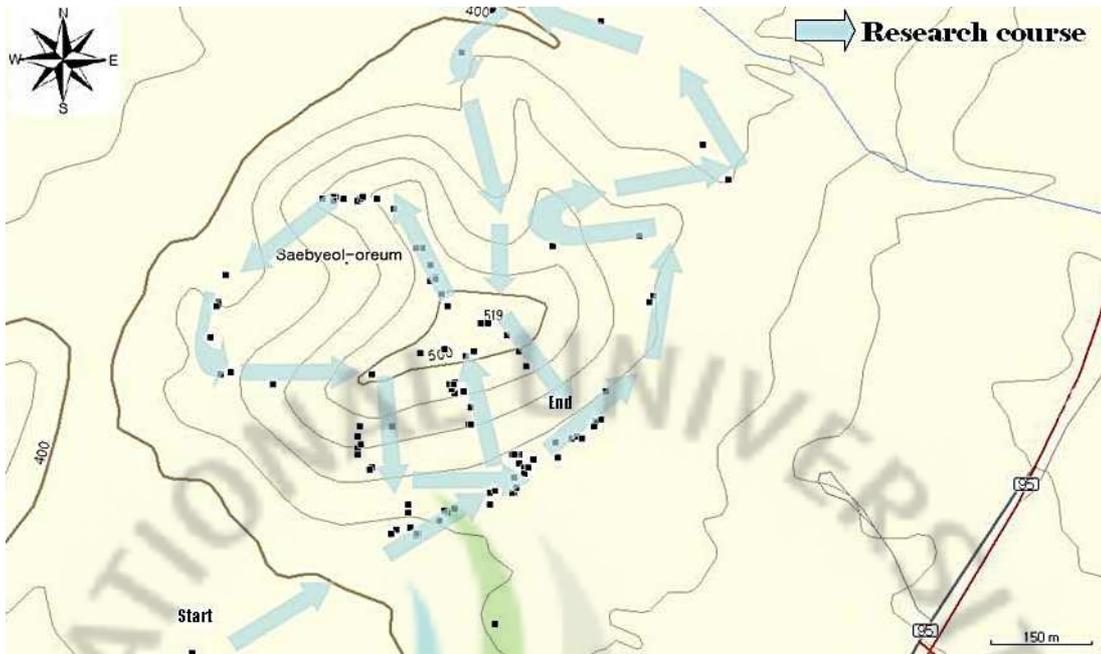


Figure 13. Research course in this study on Saebyeol-oreum.

몸통길이(Snout-vent length: SVL)와 꼬리길이(Tail length: TL)는 디지털캘리퍼스(CD-20CP, Mitutoyo co)로 0.1mm 단위까지, 몸무게(Body mass: BM)는 소형전자저울(Model 500, Diamond co.)을 이용하여 0.1g 단위까지 측정하였다. 처음 포획 후 재포획한 기간이 3일이 경과하지 않았을 경우에는 사람에 의해 계측 시 생기는 오차범위가 3일 동안 성장하는 정도 보다 클 것으로 판단하여 GPS 정보만 측정하고 신체정보는 측정하지 않았다. 또한 암·수의 확인은 반음경의 유무를 통해 구분하였다. 출장지뱀의 이동거리를 파악하기 위해 포획 - 재포획 방법(Capture and recapture method)을 사용하였고, 다시 잡은 개체를 인지하기 위하여 개체 표지법(Marking and individual identification) 중 발가락 절단법(Toe clipping method)을 이용하여 개체 식별번호를 부여하였다(Figure 14). 발가락 절단법은 수신기와 같은 기기 없이 바로 표시한 개체를 확인할 수 있고, 표시가 지워지는 페인트나 배터리에 의해 일정 기간만 유지되는 무선 송신기와 다르게 영구히 표시가 남기 때문에 다년간의 연구에 적합하다는 장점을 가지고 있다(장과 오, 2009). 패드(Pad)를 가진 기어오르는 도마뱀들에서는 여러 개의 발가락을 잘랐을 때는 벽을 타는 능력에 영향을 주는 것으로 나타났지만(Bloch and Irschick, 2005), 주로

바닥을 기어다니는 육상형(Terrestrial) 도마뱀에서는 발가락을 자른 개체와 그렇지 않은 개체와의 평균과 최대 이동 속도의 차이가 없어, 개체의 이동에 큰 영향을 주지 않는다(Dodd, 1933; Borges-Landaez and Shine, 2006). 발가락 절단법을 수행할 때는 개체에게 주는 악영향을 최소화하기 위해 반드시 날카롭고 멸균된 가위를 사용하였고, 뼈와 뼈가 만나는 관절 부위를 절단하였으며, 절단 후 절단 부위는 포비돈 요오드로 소독하였다.

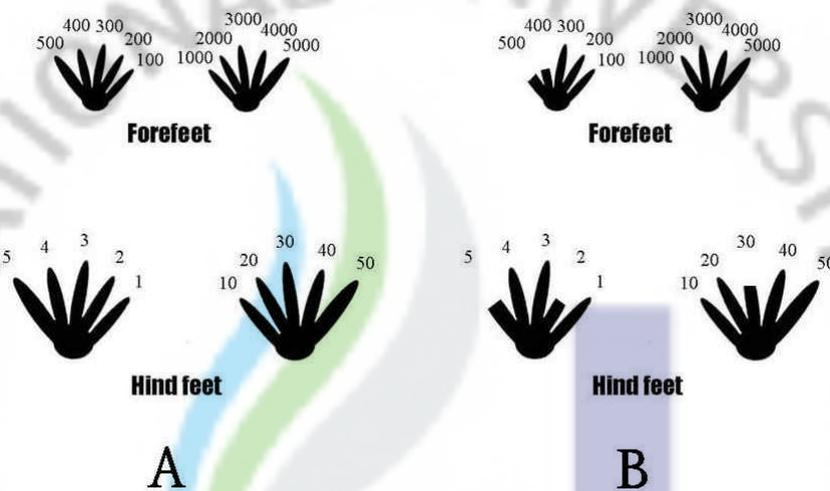


Figure 14. The numbering system in toe clipping lizards. Adapted from Twitty(1966). A. The numeral assigned to each digit. B. Individual numbered 1937.

자료 분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Science) ver. 12.0을 이용하였고, 유의수준은 0.05를 기준으로 판단하였다. 이동거리는 단순하게 일직선 거리로 산출하였으며, MapSource (Ver. 6.8.0, Garmin co.)를 이용하여 거리를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

새별오름에서 총 529개체를 포획하여 신체 크기를 측정하고 개체를 표지하였고, 그 중 47개체(수컷: 21, 암컷: 26)가 재포획 되었다. 연구결과 재포획율은 8.9%이었는데, 이는 다른 연구(Rutherford and Gregory, 2003)에서의 재포획율(*Elgaria coerulea*: 27%와 *Eumeces skiltonianus*: 25%) 보다 낮은 수치였다. 이러한 결과는 연구지역이 뾰뾰한 초지대였기 때문에 소형 도마뱀인 줄장지뱀이 풀에 가려 쉽게 눈이 띄지 않았으며, 풀과 같은 장애물이 많은 지역에서 손으로 잡을 때(hand capture)의 실패율이 높아 낮은 재포획율을 나타낸 것이라 생각한다.

재포획 된 개체 중 2개체만이 3번 포획 되어 이동면적을 구할 수 있는 조건을 충족하였지만, 이 중 한 개체는 두 지점이 정확히 같은 지점이어서 면적을 구할 수 없었고, 나머지 한 개체의 행동영역은 16m²이었다(Table 4). 재포획 된 전 개체(n=47)의 이동거리는 50.51 ± 17.16 (Mean \pm SE)이었고, 그 자리에서 다시 발견된 개체부터 최대 583m를 이동하는 것으로 나타났다. 재포획 된 47개체 중 8개체(17.0%)만이 50m이상 이동하였고, 나머지 39개체들은 그 이하의 거리를 이동하였다(Figure 15). 심지어 한 개체(No. 55)는 169일이 지난 후에 재포획 되었을 때 불과 3m밖에 이동하지 않았다. 물론 169일 동안 그 자리에서 3m밖에 이동하지 않았다는 의미는 아니지만 169일이 경과한 후에도 멀리 떠나지 않고 근처에서 발견된다는 사실은 줄장지뱀이 계절별로 멀리 이동하지 않는 것을 의미한다. 새별오름이라는 제한되고 특정한 구역에서 연구가 수행되긴 하였으나 최소한 이 지역의 줄장지뱀 개체군은 높은 정주성(sedentary)을 가지고 있다고 판단할 수 있다.

Table 4. The captured date, interval, movement range, and body size of *Takydromus wolteri*

No.	Sex	dates of			interval(day)	movement range(m)
		1st	2nd	3rd		
002	F	Apr. 12, 2007	Jul. 31, 2009	-	841	20
003	F	Apr. 12, 2007	May 4, 2007	-	22	13
004	F	Apr. 12, 2007	Apr. 15, 2009	-	734	583
008	F	Apr. 12, 2007	May 28, 2007	-	46	32
010	M	Apr. 12, 2007	Jul. 4, 2007	-	83	538
018	M	Apr. 19, 2007	May 4, 2007	-	15	15
020	F	Apr. 19, 2007	Jun. 20, 2007	-	62	41
024	M	Apr. 19, 2007	May 4, 2007	-	15	6
027	M	Apr. 19, 2007	May 4, 2007	-	15	3
034	M	May 3, 2007	Jun. 5, 2007	-	33	10
035	F	May 3, 2007	May 4, 2007	-	1	24
037	M	May 3, 2007	May 4, 2007	-	1	11
039	M	May 3, 2007	May 5, 2007	-	2	8
042	F	May 3, 2007	May 4, 2007	-	1	3
050	M	May 3, 2007	Jun. 13, 2008	-	407	143
055	F	May 5, 2007	Oct. 19, 2007	-	169	3
063	F	May 4, 2007	Jun. 30, 2007	-	57	32
076	F	May 4, 2007	May 5, 2007	-	1	8
123	M	May 5, 2007	May 5, 2007	-	0(3H)	8
134	M	May 5, 2007	Jun. 20, 2007	-	46	243
140	F	May 3, 2007	May 4, 2007	May. 5, 2007	1, 1	6
150	M	May 17, 2007	Jul. 4, 2007	-	48	17
164	F	May 28, 2007	May 28, 2007	-	0(3.5H)	3
204	F	Aug. 16, 2007	May 08, 2008	-	266	28
227	M	Oct. 19, 2007	May 06, 2009	-	565	33
301	M	Apr. 8, 2008	Apr. 28, 2008	-	20	4
313	F	Apr. 28, 2008	May 21, 2008	-	23	18
314	F	Apr. 28, 2008	May 8, 2008	-	10	97
320	F	Apr. 28, 2008	May 8, 2008	-	10	12
325	F	May 8, 2008	May 14, 2008	-	6	56
329	M	May 8, 2008	May 14, 2008	-	6	14
330	F	May 8, 2008	May 8, 2008	-	0(6H)	3
332	F	May 8, 2008	May 14, 2008	-	6	11
355	F	May 14, 2008	May 30, 2008	-	16	101
357	M	May 14, 2008	May 21, 2008	-	7	4
360	M	May 21, 2008	Jul. 09, 2008	-	49	11
368	F	May 21, 2008	May 30, 2008	-	9	4
398	F	Jul. 29, 2008	Apr. 8, 2009	-	253	13
416	M	Sep. 25, 2008	Apr. 8, 2009	Apr. 29, 2009	195, 21	4, 8, (16m ²)
437	M	Apr. 8, 2009	May 6, 2009	-	28	33
440	F	Apr. 8, 2009	May 6, 2009	-	28	7
461	M	Apr. 15, 2009	Apr. 29, 2009	-	14	11
479	M	Apr. 29, 2009	May 6, 2009	-	7	120
480	F	Apr. 29, 2009	May 6, 2009	-	7	6
481	M	Apr. 29, 2009	May 6, 2009	-	7	4
485	F	Apr. 29, 2009	May 6, 2009	-	7	3
509	F	May 6, 2009	May 27, 2009	-	21	3



Figure 15. Movement range of *Takydromus wolteri*. We measured the shortest range, straight line, between points of the first and the subsequent recapture for each individual.

줄장지뱀의 이동거리에 관한 특징을 파악하기 위해 암컷과 수컷, 봄철에 포획된 암컷과 수컷, 꼬리가 잘린 개체와 완전한 개체를 비교하였다(Table 5).

Table 5. Movement range of *Takydromus wolteri* in Saebyeol-oreum, Jeju Island

Group	No. of individual	Movement range (Mean ± SE)	<i>t</i>	df	<i>p</i>
Male	21	59.29 ± 27.31	0.455	45	0.652
Female	26	43.46 ± 22.19			
Male (during spring)	13	18.54 ± 8.74	-0.532	27	0.598
Female (during spring)	16	24.88 ± 8.01			
Tail-complete	24	39.46 ± 22.41	-0.655	45	0.516
Tail-loss	23	62.08 ± 26.41			

수컷(n = 21)의 이동거리 평균값은 59.29 ± 27.31이었고, 암컷(n = 21)은 43.46 ±

22.20이였으며, 두 집단 간에는 유의미한 차이를 보이지는 않았다($t = 0.455$, $df = 45$, $p = 0.652$). 일반적으로 수컷이 암컷보다 더 많이 이동하는 것으로 알려져 있지만(Turner *et al.*, 1969), 본 연구결과에서는 암수간 이동거리에는 차이가 없는 것으로 나타났는데 다른 일부 종에서도 차이가 없다고 보고된 바 있다(Rutherford and Gregory, 2003). 일반적으로 도마뱀류는 번식기에 활동이 가장 활발하게 일어나기 때문에(Stanner and Mendelsohn, 1991; Vernet *et al.*, 1998; Ibrahim, 2002), 줄장지뱀이 동면에서 깨어나서 번식 활동을 하는 봄철(4월과 5월) 시기에 채포된 암컷($n = 16$)과 수컷($n = 13$)을 선별하여 이동거리를 비교해 보았지만, 두 집단 간에도 유의한 차이를 보이지 않았다($t = -0.523$, $df = 27$, $p = 0.598$). 마지막으로 도마뱀류의 이동 활동에 큰 영향을 미치는 신체 부위인 꼬리의 자절(autotomy) 현상을 겪은 개체($n = 23$)와 완전한 꼬리 가진 개체($n = 24$)를 비교해 보았지만, 역시 두 집단 간에도 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($t = -0.655$, $df = 45$, $p = 0.516$).

줄장지뱀은 거북류, 뱀류, 크기가 큰 도마뱀류와 같은 다른 파충류의 이동거리(Table 6) 보다 짧은 것으로 나타났다. 줄장지뱀이 일반적으로 서식하고 있는 초지대는 현재 인간들의 주거지로 사용되거나 산업화에 의해 많이 파괴되고 있는 지역이다. 줄장지뱀은 이동거리가 매우 짧았으며, 초지대와 같은 특정 지역을 선호하기 때문에 소규모의 면적이 훼손된다 할지라도 줄장지뱀에게는 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 줄장지뱀을 보호하기 위한 서식지 보전을 고려할 때에는 다른 일반적인 파충류 보다 서식지가 특이적이고, 서식지 면적에 더욱 민감하다는 것을 고려해야 할 것이다.

Table 6. Approximate home-range size of selected groups of reptiles in square meters. (Source: Modified from Pough *et al.*, 2004)

Group	No. of Species	Range (m ²)	Median (m ²)	Source
Turtles (Freshwater)	8	500 - 210,000	4,000	Schubauer <i>et al.</i> , 1990
Snake (Colubridae)	17	9 - 210,000	6,500	Macartney <i>et al.</i> , 1988
Snakes (Viperidae)	6	800 - 60,000	4,900	Macartney <i>et al.</i> , 1988
Lizards (male)	15	12 - 20,000	730	Turner <i>et al.</i> , 1969
Lizards (female)	10	15 - 1,000	450	Turner <i>et al.</i> , 1969

V. 종합 고찰

1. 한국산 줄장지뱀의 보전 및 관리의 필요성

세계적으로 도마뱀류의 다양성과 풍부함은 매우 높으며(대부분은 적도 부근에 분포), 육식성인 도마뱀류가 하루에 섭취하는 곤충의 양은 매우 많다. 곤충들은 식물로부터 직·간접적으로 얻어낸 양분을 함유하고 있으며, 에너지를 저장한다. 이렇게 축적된 양분과 에너지는 다시 조류, 뱀류, 포유류, 도마뱀을 먹는 다른 도마뱀류와 같은 상위 포식자에게 전환된다. 먹이사슬의 안정화는 풍부한 에너지와 상·하위 포식자들 간의 원활한 영양분 전환을 필요로 하고, 이와 같은 안정된 먹이사슬은 건강한 생태계를 만든다. 먹이사슬의 각 단계를 연결하고 있는 구성원을 많이 가지고 있는 복합생태계(complex ecosystems)는 갈수록 안정되지만, 그렇지 않은 단순생태계(simple ecosystems)는 크지 않은 교란에도 큰 타격을 받을 수 있다(Pianka and Vitt, 2003). 안정된 생태계를 위해서는 각각의 종들이 모두 중요하며, 줄장지뱀 역시 생태계 먹이사슬에서 중간 연결자 역할을 하는 매우 중요한 종이다.

한반도는 산업화와 도시화에 따라 양서·파충류를 비롯한 야생동물들의 서식지가 줄어들고 있다. 줄장지뱀이 선호하는 서식지인 저지대 초지는 인간들이 선호하는 지역과 중첩되기 때문에 산업화와 도시화에 따른 피해를 직접적으로 받고 있다. 또한 국내에서 가장 서식 분포 및 밀도가 높다고 알려진 제주도에서도 줄장지뱀의 주서식지로 이용되었던 목장지대가 다른 용도로 전환되거나 방치로 인한 천이가 이루어져 개체군에 영향을 미치고 있는 것으로 예측되고 있다.

산업화와 도시화에 의한 야생동물의 서식지 감소는 계속해서 진행되고 있다. 생태계 먹이사슬의 중간 연결을 하고 있는 줄장지뱀은 현재 환경부에서 지정된 멸종위기동물 I 급이나 II 급과 같이 개체군의 급감이나 절멸을 우려할 단계는 아니지만, 개체수가 계속해서 감소하고 있기 때문에 이에 대한 보전 및 관리 대책 마련이 필요하다 하겠다.

2. 서식지 관리

종과 서식지를 보전하기 위해서는 원래 있던 서식지 형태가 유지될 수 있도록 관리해야 한다. 일반적으로 좋은 지역이나 시기에 영향을 많이 받으며, 많은 종이 어떤 특수한 서식지나 천이의 특수한 단계에서만 나타난다. 일반적으로 종과 서식지를 보전하기 위해서는 보호지구로 정하는 것이 최우선이라고 여겨지고 있지만, 서식지 지역이 보호지구로 정해지면 교란과 인간의 사용 유형이 현저하게 달라져서 그 곳에 원래 있던 많은 종들이 존속할 수 없을지도 모른다. 불, 초식, 자연적인 나무의 쓰러짐과 같은 자연적인 교란은 특정한 종의 생존에 핵심적인 요소이다. 설불리 작은 보호지구로 지정하면 작은 지역 내에 전체 천이 단계가 포함되지 않아 특정 종은 절멸할 수도 있다. 그래서 공원에서는 관리자가 천이의 모든 단계를 존재하게 하기 위해서 특정 조치를 취한다. 흔히 사용되는 방법으로는 천이의 과정이 초기화되도록 초지, 관목림, 숲의 일정 지대에 주기적으로 통제된 방화를 한다(김 등, 2000). 이는 초지대에 서식하는 동·식물에게 인간이 인위적으로 할 수 있는 매우 중요한 관리 방법 중 하나이다. 줄장지뱀의 주 서식지는 초지대이기 때문에 안정된 개체군을 유지하기 위해서는 그 개체군이 영위할 수 있는 충분한 초지인 서식지가 확보되어야 한다. 그러나 저지대의 초지는 인간에 의해 도시화가 되거나 다른 용도로 쓰이고 있어 줄장지뱀의 서식지는 계속해서 줄어들고 있는 실정이다. 서식지가 줄어들면 그에 따라 그 서식지에 살아가고 있는 개체군이 불안정하게 되고 개체수도 줄어들게 된다. 줄장지뱀과 같이 특정 서식환경을 선호하는 종은 특히 더 서식지 축소 및 변형에 따른 영향을 받게 된다. 특정 지역의 줄장지뱀 개체군을 유지하거나 증가시키기 위해선 서식지의 확보 및 유지하는 것이 매우 중요하다. 연구의 대상지인 새별오름은 ‘들불 축제’란 지방 행사로 인해 주기적(1년에 1회)으로 한쪽 면을 화입하고 있다. 그로 인해 새별오름의 화입된 지역은 항상 초지가 유지되고 있어서 줄장지뱀의 개체군 밀도가 다른 지역에 비해 매우 높다. 줄장지뱀 개체군을 안정되게 유지하기 위해선 초지를 안정되게 유지해야 하고, 그러기 위해 서식지를 주기적으로 화입하는 것은 매우 좋은 방법 중 하나이다. 다른 방법에 비해 많은 인력과 자본이

들어가지 않고 넓은 면적을 초지대로 유지할 수 있는 장점을 가지고 있다. 다른 방법으로는 소와 말을 방목하여 초지를 유지하는 방법도 있다. 그 예로 제주도는 예로부터 우마를 넓게 방목하여 사육하였고, 내륙의 다른 지역에 비해 비교적 최근까지 마을단위 공동목장을 운영하였고, 일부 지역에선 아직도 운영되고 있다. 우마들의 지속적인 먹이활동으로 인해 목장으로 이용되던 지역은 초지로 유지되었고, 그로 인해 제주도의 대부분 지역에서 많은 수의 줄장지뱀이 서식하고 있다. 그러나 최근에는 제주도 역시 산업화와 도시화가 되면서 많은 목장지역이 주거지, 공장, 골프장, 공원, 위락시설 등으로 용도가 변경되었고, 목장으로 이용되지 않고 방치된 지역들은 천이과정이 진행되어 초지가 계속해서 줄어들고 있는 실정이다. 줄장지뱀 개체군이 풍부하다고 알려진 제주도지역이지만, 줄장지뱀이 주로 이용하는 서식지역의 변화가 계속해서 일어난다면 제주도 역시 개체군의 감소가 진행될 것이다.

최근 들어 전국의 줄장지뱀 서식지가 계속해서 줄어들고, 줄장지뱀 개체수 역시 감소하고 있는 것으로 사료된다. 줄장지뱀의 개체군 관리를 위해서는 서식지내 초지 확보가 매우 중요한 요소이기 때문에 이에 대한 관리가 필요하다.

3. 서식지 크기

본 연구 결과를 통해 줄장지뱀의 이동 범위는 크지 않은 것으로 나타났다. 또한 암컷과 수컷, 꼬리가 완전한 개체와 그렇지 않은 개체 간에 이동 범위가 차이가 없는 것으로 나타나 서식지 범위를 예상할 때 이는 고려하지 않아도 될 것이다. 여기서 암컷과 수컷 간에 다리 부위의 성적크기차이(SSD)가 나타났으면 암컷과 수컷 간의 이동 범위에 영향을 줄 수 있어, 이를 고려해야 하지만 그렇지 않았기 때문에 이동 범위 수치만을 가지고 단순 비교하였다. 본 결과에서 대부분 이동 범위가 50m를 넘지 않았지만, 583m까지 이동 범위를 나타낸 개체가 있기 때문에 줄장지뱀의 서식지 크기를 결정할 때 비교적 멀리 이동한 소수 개체들의 이동 범위도 고려해야 할 것이다. 여기에 한 가지 더 고려해야 할 점은 본 연구 결과가 단순히 처음 발견한 장소와 다음에 발견된 장소의 직선거리를 측정하였기 때문에 그 사이 이동 거리를 반영되지 않은 최소한의 이동 거리이다. 즉 제시한 이동 범위 수치는 어느 한 개체가 일정 기간 동안 이동할 수 있는 거리 중 최소한의 수치임을 뜻한다. 따라서 줄장지뱀의 서식지 크기를 최종적으로 결정할 때에는 본 연구에서 제시된 수치가 최소한의 이동거리라는 점을 반드시 고려해야 할 것이다. 보다 정확한 이동 거리를 파악하기 위해서 추후에 무선추적기를 이용한 연구가 수행되어야 할 것이다.

4. 이주가 필요할 경우에 선택해야 할 지역

연구 결과를 통해 한국산 줄장지뱀 개체군 간의 차이를 확인하였다. 현대 사회에서는 대단위 주거단지 및 산업단지가 끊임없이 형성되고 있고, 이를 위해 대단위 지역의 용도가 변경되고 있다. 복원 및 관리 사업은 꼭 급격한 개체수 감소나 절멸위기에 있는 종에만 국한되는 것은 아니다. 그 예로 고리원자력발전소의 부지가 고리도룡농의 집단 서식지였기 때문에 그 부지 내 개체들은 인위적으로 만들어진 대체 서식지에 이주한 바 있다. 도룡농은 논, 습지, 계곡과 같이 주변에 흔한 지역에 서식하여 건설부지 바로 주변에 마련된 대체 서식지로 이주되었다. 그러나 줄장지뱀의 경우는 도룡농에 비해 대체 서식지를 선정하는 것이 상대적으로 어려울 것이라 생각된다. 대체 서식지가 될 장소는 옮겨질 종이 선호하는 서식지유형이어야 하며, 기존에도 그 종이 서식하고 있다면 더욱 대체 서식지로 적합할 것이다. 파충류 중에서도 줄장지뱀은 다른 개체군에 비해 분포지역이 넓고 밀집되어 서식하는 편이 아니므로 그 만큼 상황에 맞게 구할 수 있는 대체 서식지를 만드는 데에 제약을 받을 수 있다.

기존에 안정된 개체군을 형성하고 있더라도 이 후에 절멸이 된다면, 복원을 위해서 다른 지역의 개체들을 가져와 이입시켜야 한다. 현재 줄장지뱀은 급격한 개체수 감소양상을 보인다거나 절멸의 위기에 놓여 있지는 않지만, 과거에 남생이(*Chinemys reevesii*), 구렁이(*Elaphe schrenckii*) 등도 전국 각지에서 흔하게 보이던 종이였음을 감안하면 이에 대한 대처는 필요하다고 생각한다.

연구를 통해 줄장지뱀 개체군의 지역적 차이를 파악하였고, 이 결과는 만약 이후 이주 및 복원계획이 수행된다면 반드시 적용되어야 할 사항이다. 현재 국립공원관리공단에서 수행하고 있는 반달곰복원사업에서도 지리산에 방사하는 개체들을 선정할 때, 유전적으로 가장 가까운 북한, 중국, 러시아 개체들을 선정한 바 있다. 연구 결과에서 한국산 줄장지뱀은 지역적으로 유전적 차이를 크게 보이지 않아서 한반도 내의 개체가 한반도 내에서 이주한다면 유전적으로 큰 교란이 일어나지 않을 것으로 판단된다. 그러나 제주도 개체는 내륙 중에 유일하게 전라도 개체들과 subcluster를 형성하는 것으로 나타났기 때문에 한반도내 다른 지역 보

다는 전라도 지역에서 이입시키는 것이 보다 유리할 것으로 판단된다. 반면 전라도 개체군은 제주도뿐만 아니라 한반도내 다른 지역 개체군과도 cluster를 형성하였기 때문에 국내 어느 지역에서 이입해도 무방할 것이다.



VI. 적 요

본 연구는 1) 제주도를 포함한 한반도 전역의 줄장지뱀 mtDNA 부분 염기서열을 이용하여 남한 집단(population) 간 차이를 밝혀 근연인 집단을 파악하고, 2) Sexual size dimorphism을 분석하여, 암·수간의 생물학적 비교를 위한 자료를 마련하고, 3) 줄장지뱀의 이동 거리를 미소서식지 내에서 포획 - 재포획 방법으로 연구하여, 줄장지뱀의 보전 및 관리방안을 마련하는 데 필요한 자료로 활용하고자 수행하였다.

1) 한국산 줄장지뱀의 집단 간 차이

국내에서 채집된 52개체의 간 및 근육조직에서 시료를 채집하여 염기서열을 분석하였다. 산출된 염기서열을 통하여 PHYLIP package 내에서 NJ tree를 작성하였고, out group은 국내에서 채집된 표범장지뱀을 이용하였다. 한국산 줄장지뱀 52개체의 mt 12S rRNA 총 446 bp을 분석하였고, 종내 집단 간 genetic distance는 0.000~0.009로 매우 유사하게 나타났다. 한국산 줄장지뱀의 NJ tree에서는 경상남도 합천군, 경기도 평택시, 전라남도 여수시 개체들로 구성된 cluster와 전라남도 무안군 한 개체와 나머지 개체들로 구성된 cluster로 나뉘어졌다. 나머지 개체들로 구성된 cluster는 두 개의 subcluster를 형성하였는데, 제주도 개체들이 들어가 있지 않고 내륙 집단들로 이뤄진 subcluster와 제주도 집단과 전라남도 집단이 섞여 있는 subcluster이었다. 제주도 개체들은 전라남도 집단의 일부 개체들과 하나의 subcluster를 형성하였다. 장지뱀속의 NJ 분석 결과에서는 크게 2개의 subgroup으로 나누어지는데, 줄장지뱀은 *T. formosanus*와 먼저 묶인 후, *T. hsuehshane*와 묶이면서 하나의 subcluster를 형성하였다.

2) 한국산 줄장지뱀의 성적이형

줄장지뱀 88개체와 아무르장지뱀 33개체는 제주대학교 과학교육과 동물분류형태학실험실내 보관하고 있는 표본을 사용하여 직접 계측하였고, 환경부 멸종위기 동물 II급인 표범장지뱀은 현장에서 살아 있는 개체를 측정 후 바로 놓아

주었다. 한국산 장지뱀과의 3종의 SVL은 모두 암·수 간에 유의하게 차이하지 않았고, SVL을 제외한 나머지 부위에 대한 암·수간의 ANCOVA 결과는 각 종마다 다양한 양상을 나타내었다. 줄장지뱀은 TL, HL, HW가 암·수 간에 유의하게 차이가 있었으나, FLL과 HLL은 유의한 차이가 없었다. 표범장지뱀은 TL, HL, FLL, HLL이 암·수 간에 유의하게 차이가 있었으나, HW는 유의한 차이가 없었다. 아무르장지뱀은 TL, HL이 암·수 간에 유의하게 차이가 있었으나, HW, FLL, HLL은 유의한 차이가 없었다. 줄장지뱀의 TL, HL, HW, 표범장지뱀의 TL, HL, FLL, HLL, 아무르장지뱀의 TL과 HL, 모두 수컷이 암컷보다 길었다.

3) 한국산 줄장지뱀의 이동거리

제주도 새별오름 일대에 서식하는 줄장지뱀을 대상으로 2007년 4월부터 2009년 10월까지 2명의 연구자가 매달 2회 이상 현장 방문하여 이동거리를 파악하였다. 새별오름에서 총 529개체를 포획하여 신체 크기를 측정 및 개체표지를 하였고, 그 중 47개체(수컷: 21, 암컷: 26)가 재포획 되었고, 재포획율은 8.9%였다. 재포획 된 전 개체 (n=47)의 이동거리는 50.51 ± 17.16 (Mean \pm SE)였고, 최초 포획지점에서 다시 발견된 개체부터 최대 583m를 이동한 개체가 확인되었다. 재포획 된 47개체 중 8개체 (17.0%)만이 50m 이상 이동하였고, 나머지 39개체들은 그 이하의 거리를 이동하였다. 새별오름의 줄장지뱀의 경우는 소형 도마뱀류이며, 특히 초지대와 같은 특정지역을 선호하기 때문에 한정된 지역에 거주하는 정주성이 매우 높을 것으로 판단된다.

줄장지뱀의 주 서식지는 초지대이기 때문에 안정된 개체군을 유지하기 위해서는 그 개체군이 영위할 수 있는 충분한 초지대(서식지)가 확보되어야 한다. 또한 한국산 줄장지뱀의 이동 범위는 보통 50m를 넘지 않지만, 583m까지 이동 범위를 나타낸 개체가 있으므로 줄장지뱀의 서식지 크기를 결정시 고려해야 할 것이다. 한국산 줄장지뱀은 지역적으로 유전적 차이를 크게 보이지 않았기 때문에 한반도 내의 개체가 한반도 내로 이주한다면 유전적으로 큰 교란이 일어나지 않을 것으로 판단된다. 그러나 제주도 개체군은 내륙 중에 유일하게 전라도 개체들과 subcluster를 형성했기 때문에 한반도내 다른 지역 보다는 전라도 지역 개체군

에서 이입하는 것이 보다 유리할 것으로 판단된다. 반면 전라도 개체군은 제주도 뿐만 아니라 한반도내 다른 지역 개체군과도 cluster를 형성하였기 때문에 국내 어느 지역에서 이입해도 무방할 것이다.



VII. 참고문헌

- 강영선, 윤일병. 1975. 한국동식물도감 제 17권 동물편(양서·파충류). 문교부, 서울, 191쪽.
- 고영민, 장민호, 오홍식. 2007. 한국산 무당개구리 두 개체군의 먹이 습성비교. 한국환경생태학회지, **21**: 461-467.
- 김병수, 오홍식. 2005. 제주산 비바리뱀(*Sibynophis collaris* Gray)의 분포와 서식지. 한국환경생태학회지, **19**: 342-347.
- 김자경. 2010. 표범장지뱀(*Eremias argus*)의 생태특성 및 증식기술개발 연구. 강원대학교 대학원 석사학위논문.
- 김진수, 손요한, 신준환, 이도원, 최재천, R. B. Primack. 보전생물학. 사인언스북스, 서울, 348쪽.
- 리홍근. 1970. 우리나라에 있는 몇 종의 양서파충류의 분류학적고찰. 과학원통보, **4**: 28-31.
- 박대식, 김수일, 박시룡. 1996. 휘파람새(*Cettia diphone*) 개체군 간 song 변이의 방향. 한국생태학회지, **19**: 141-149.
- 백남극. 1990. '90자연생태계 전국조사 - 제주도의 양서·파충류상. 환경처, 390-401쪽.
- 송국만. 2004. 화입에 의한 새별오름의 식물상 및 식생 변화. 제주대학교 대학원 석사학위논문.
- 송재영. 2007. 한국산 파충류의 현황과 분포. 한국환경생물학회지, **25**: 124-138.
- 송재영, 신정아, 장민호, 윤병수, 정규희. 2004. 미토콘드리아 16S rDNA 부분 염기서열을 이용한 한국산 개구리속(Amphibia: Ranidae)의 종간, 종내 변이에 대한 연구. 한국환경생물학회지, **22**: 66-74.
- 심재한. 1998. 제주도 물영아리습지내 양서, 파충류 생물다양성 조사, 연구(한국자연보존협회, '제주도 오름 물영아리늪의 지질환경 연구' **17**: 49-56), 서울.
- 오홍식. 2006. 한라산천연보호구역의 양서·파충류(한라산연구소, '한라산천연보호구역 학술조사 보고서' 155-170쪽), 제주.

- 오홍식, 장민호, 김병수. 2007. 한라산 국립공원의 양서류·파충류 현황 및 생물지리학적 고찰. 한국환경생태학회지, **21**: 107-112.
- 윤일병, 이성진, 양서영. 1996. 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽의 먹이자원 및 생활사에 관한 연구. 한국생물학회지, **14**: 195-203.
- 이학식, 임지훈. 2009. SPSS 16.0 매뉴얼. 법문사, 서울, 561쪽.
- 장민호, 송재영, 정규희. 2004. RAPD를 이용한 한국산 줄장지뱀(Reptilia: Squamata)의 종내 다양성에 관한 연구. 한국환경생물학회지, **22**: 295-299.
- 장민호, 송재영, 오홍식, 정규희. 2006. 한국산 장지뱀속(유린목: 장지뱀과)의 분류학적 재고찰. 한국환경생물학회지, **24**: 95-101.
- 장민호, 오홍식. 2009. 국내 도마뱀류의 개체표지법 적용을 위한 총설. 양서류·파충류연구회지, **1**: 79-90.
- 제주도. 1997. 제주의 오름. 제주도, 제주, 244쪽.
- 홍재영. 2008. 한국산 줄장지뱀 *Takydromus wolteri*의 성적이형에 관한 연구. 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- Anderson, R. A. 1994. *Sexual selection*. Princeton University Press, Princeton, 599pp.
- Anderson, R. A. and L. J. Vitt. 1990. Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in teiid lizards. *Oecologia*, **84**: 145-157.
- Arnold, E. N. 1989. Towards a phylogeny and biogeography of the Lacertidae: Relationships within an Old-World family of lizards derived from morphology. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*, **55**: 209-257.
- Arnold, E. N. 1997. Interrelationships and evolution of the East Asian grass lizards, *Takydromus* (Squamata: Lacertidae). *Zool. J. Linn. Soc.*, **119**: 267-296.
- Arnold, E. N., O. Arribas and S. Carranza. 2007. Systematics of the palaeartic and oriental lizard tribe Lacertini (Squamata: Lacertidae: Lacertinae), with descriptions of eight new genera. *Zootaxa*, **1430**: 1-86.
- ASH. 2007. http://www.australiansocietyofherpetologists.org/pdf/Lizard_Toe_Clip_Position_Statement_1.pdf.
- Berry, J. F. and R. Shine. 1980. Sexual size dimorphism and sexual selection in

- turtles(Order Testudines). *Oecologia*, **44**: 185-191.
- Bhupathy, S., B. Chettri and A. M. Bauer. 2009. Rediscovery and Revalidation of *Takydromus sikkimensis* (Günther, 1888) (Squamata: Lacertidae) from Sikkim, India. *J. Herpetol.*, **43**: 267-274.
- Birky, C. W., P. Fuerst and T. Maruyama. 1989. Organelle Gene Diversity under Migration, Mutation, and Drift: Equilibrium Expectations, Approach to Equilibrium, Effects of Heteroplasmic Cells, and Comparison to Nuclear Genes. *Genetics*, **121**: 613–627.
- Bolch, N. and D. J. Irschick. 2005. Toe-clipping Dramatically Reduces Clipping Performance in a Pad-Bearing Lizard (*Anolis carolinensis*). *J. Herpetol.*, **39**: 288-293.
- Boulenger, G. A. 1917. A revision of the lizards of the genus *Takydromus*. *Mem. Asiatic Soc. Bengal.*, **5**: 207–235.
- Chang, M. H., J. Y. Song, J. N. Lee and H. S. Oh. 2006. The current status of Korean lizards (Reptilia: Squamata). *Kore. J. Env. Eco.*, **20**: 352-358.
- Cooper, W. E. and L. Vitt. 1989. Sexual dimorphism of head and body size in an iguanid lizard: paradoxical results. *Am. Nat.*, **133**: 729-735.
- Cox, R. M., S. L. Skelly and H. B. John-Alder. 2003. A comparative test of adaptive hypotheses for sexual size dimorphism in lizards. *Evolution*, **57**: 1653-1669.
- Dodd, C. K. 1993. The effects of toe-clipping on sprint performance of the lizard *Cnemidophorus sexlineatus*. *J. Herpetol.*, **27**: 209-213.
- Fitch, H. S. 1981. Sexual size differences in reptiles. *Misc. Pub. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas.*, **70**: 1-72.
- Fu, J. 2000. Toward the phylogeny of the family Lacertidae – Why 4708 base pairs of mtDNA sequences cannot draw the picture. *Biol. J. Linnean Soc.*, **71**: 203–217.
- Goin, C. J, O. B. Goin and G. R. Zug. 1978 *Introduction to Herpetology*. W. H.

- freeman and company, San Francisco, 378pp.
- Goris, R. C. and N. Maeda. 2004. *Guide to the amphibians and reptiles of Japan*. Krieger publishing company, Florida, 285pp.
- Halliday, T. R. and K. Adler. 1988. *The encyclopaedia of animals*. Academy Publishing Co. Oxford.
- Han, S. H., M. A. Iwasa, S. D. Ohdachi, H. S. Oh, H. Suzuki, K. Tsuchiya and H. Abe. 2002. Molecular phylogeny of *Crocidura* shrews in northeastern Asia: A special reference to specimens in Cheju Island, South Korea. *Acta Theriologica*, **47**: 369-379.
- Harris, D. J., E. N. Arnold and R. H. Thomas. 1998. Relationships of lacertid lizards (Reptilia: Lacertidae) estimated from mitochondrial DNA sequences and morphology. *Proc. Biol. Sci.*, **265**: 1939-1948.
- Heiseg, M. 1993. An etho-ecological study of an island population of *Tropidurus atacamensis*. *Salamandra*, **29**: 65-81.
- Herrel, A., R. Van Damme, B. Vanhooydonck and F. De Vree. 2001a. The implications of bite performance for diet in two species of lacertid lizards. *Can. J. Zool.*, **79**: 662-670.
- Herrel, A., E. De Grauw and J. A. Lemos-Espinal. 2001b. Head shape and bite force in Xenosaurid lizards. *J. Exp. Zool.*, **290**: 101-107.
- Hews, D. K. 1990. Examining hypotheses generated by field measure of sexual selection on male lizards, *Uta palmeri*. *Evol.*, **44**: 1956-1966.
- Hildebrand, M. 1982. *Analysis of Vertebrate Structure*. Wiley and Sons, New York. 657pp.
- Huang, W. 1998. Reproductive cycles of the grass lizard, *Takydromus hsuehshanensis*, with comments on reproductive patterns of lizards from the central high elevation area of Taiwan. *Copeia*, **1998**: 866-873.
- Ibrahim, A. A. 2002. Activity area, movement patterns, and habitat use of the desert monitor, *varanus griseus*, in the zaranik protected area, north Sinai, Egypt. *Afr. J. Herpetol.*, **51**: 35-45.

- Iwasa, M. A., S. H. Han, S. Ohdachi, H. S. Oh, H. Abe and H. Suzuki. 2001. Karyotype and RFLP of the nuclear rDNA of *Crocidura* sp. on Cheju Island, South Korea. *Mammalia*, **65**: 451-459.
- Ji, X., W. H. Zhou, X. D. Zhang and H. Q. Gu. 1998. Sexual dimorphism and reproduction in the grass lizard *Takydromus septentrionalis*. *Russ. J. Herpetol.*, **5**: 44-48.
- Ji, X. and W. G. Du. 2000. Sexual dimorphism in body size and head size and female reproduction in a viviparous skink, *Sphenomorphus indicus*. *Zool. Res.*, **21**: 349-354.
- Kerr, K. C. R., D. A. Lijtmaer, A. S. Barreira, P. D. N. Heberts and P. L. Tubaro. 2009. Probing evolutionary patterns in neotropical birds through DNA barcodes. *PLoS ONE*, **4**: e3479.
- Kumazawa, Y. 2007. Mitochondrial genomes from major lizard families suggest their phylogenetic relationships and ancient radiations. *Gene.*, **388**: 19-26.
- Lee, H. S. and S. K. Ku. 2004. An immunohistochemical study of endocrine cells in the alimentary tract of the grass lizard, *Takydromus wolteri* Fischer (Lacertidae). *Acta histo.*, **106**: 171-178.
- Li, H. I., X. Ji, Q. U. Yan-Fu, G. A. O. Jian-Fang and Z. Ling. 2006. Sexual dimorphism and female reproduction in the multi-ocellated racerunner *Eremias multiocellata* (Lacertidae). *Acta Zool. Sin.*, **52**:250-255.
- Lin, S. M., C. A. Chen and K. Y. Lue. 2002. Molecular phylogeny and biogeography of the grass lizards genus *Takydromus* (Reptilia: Lacertidae) of East Asia. *Mol. Phylogenet. Evol.*, **22**: 276-288.
- Lue, K. Y., S. M. Lin and S. H. Li, 2003. Phylogeography of *Takydromus formosanus* species complex (Reptilia: Lacertidae) in Taiwan and the in-situ speciation events in a single island. 2003 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists. Jun. 26 –Jul. 01, 2003. Manaus, Amazonas, Brazil.
- Manzur, M. I. and E. R. Fuentes. 1979. Polygyny and agonistic behavior in the tree-dwelling lizard *Liolaemus tenuis* (Iguanidae). *Behav. Ecol. Sociobio.*, **6**:

23-28.

- Meyer, A. and A. C. Wilson. 1990. Origin of tetrapods inferred from their mitochondrial DNA affiliation to lungfish. *J Mol Evol.*, **31**: 359-64.
- Molina-Borja, M., M. Padron-Fumero and M. T. Alfonso-Martin. 1998. Morphological and behavioural traits affecting the intensity and outcome of male contests in *Gallotia galloti galloti* (family Lacertidae). *Ethology*, **104**:314-322.
- Mouton, P. F. N. and J. H. Van Wyk. 1993. Sexual dimorphism in Cordlid lizards: a case study of the Drakensburg crag lizard, *Psuedocordlylus melanotus*. *Can. J. Zool.*, **71**: 1715-1723.
- Mozaffari, O. and J. F. Parham. 2007. A New species of racerunner lizard (Lacertidae: *Eremias*) from Iran. *Proc. California Acad. Sci.*, **58**: 569-574.
- Nkosi, W. T., N. J. L. Heideman and J. H. Van Wyk. 2004. Reproduction and sexual size dimorphism in the lacertid lizard *Pedioplanis burchelli*(Sauria: Lacertidae) in South Africa. *J. Herpetol.*, **38**: 473-480.
- Neilson, K., J. M. Curran, D. R. Towns and H. Jamieson. 2006. Habitat use by chevron skinks (*Oligosoma homalonotum*) (Sauria: Scincidae) on Great Barrier Island, New Zealand. *NZ J. Ecol.*, **30**: 345-356.
- Oh, H. S., Y. Yoshinaga, T. Kaneko, H. Iida and T. Mori. 2003. Taxonomic re-examination of the *Apodemus agrarius chejuensis*, comparing external and cranial morphological characters among four Asian *Apodemus* species. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, **47**: 373-386.
- Olsson, M., R. Shine, E. Wapstra, B. Ujvari and T. Madsen. 2002. Sexual dimorphism in lizard body shape: the roles of sexual selection and fecundity selection. *Evolution*, **56**: 1538-1542.
- Ota, H., M. Honda, S. L. Chen, T. Hikida, S. Panha, H. S. Oh and M. Matsui. 2002. Phylogenetic relationships, taxonomy, character evolution and biogeography of the lacertid lizards of the genus *Takydromus* (Reptilia: Squamata): a molecular perspective. *Biol. J. Linn. Soc.*, **76**: 493-509.

- Pope, C. H. 1935. *The Reptiles of China: Turtles, Crocodilians, Snakes, Lizards*. *Am. Mus. Nat. Hist.*, New York, 604pp.
- Pough, F. H., R. M. Andrews, J. E. Cadle, M. L. Crump, A. H. Savitzky and K. D. Wells. 2004. *Herpetology*. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 726pp.
- Pianka, E. R. and L. J. Vitt. 2003. *Lizards: Windows to the Evolution of Diversity*. University of California, California, 346pp.
- Pinto, A. C. S., H. C. Wiederhecker and G. R. Colli. 2005. Sexual dimorphism in the Neotropical lizard, *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae). *Amphibia-Reptilia*, **26**: 127-137.
- Ra, N. Y., H. C. Sung, S. K. Cheong, J. H. Lee, J. H. Eom and D. S. Park. 2008. Habitat Use and Home Range of the Endangered Gold-Spotted Pond Frog (*Rana chosenica*). *Zool. Sci.*, **25**: 894-903.
- Rutherford, P. L and P. T. Gregory. 2003. Habitat use and movement patterns of northern alligator lizards (*Elgaria coerulea*) and western skinks (*Eumeces skiltonianus*) in southeastern British Columbia. *J. Herp.*, **37**: 98-106.
- Schorr, R. A. and B. Lambert. 2006. Longnose leopard lizard (*Gambelia wislizenii*) home range and habitat use on Cannonball Mesa, Colorado. Colorado Natural Heritage Program, Colorado, 16pp.
- Shannon, F. A. 1956. The reptiles and amphibians of Korea. *Herpetologica*, **12**:22-49.
- Shine, R. 1991. Intersexual dietary divergence and the evolution of sexual dimorphism in snakes. *Am. Nat.*, **138**: 103-122
- Shine, R. 1992. Relative clutch mass and body shape in lizards and snakes: Is reproductive investment constrained or optimized? *Evolution*, **46**: 828-833.
- Smith, G. R., J. A. Lmos-Espinal and R. E. Ballinger. 1997. Sexual dimorphism in two species of knob-scaled lizards (Genus *Xenosaurus*) from Mexico. *Herpetologica*, **53**: 200-205.
- Song, J. Y., B. S. Yoon, K. H. Chung, H. S. Oh, M. Matsui and T. Mori. 2004.

- Intraspecific Variation of the Korean *Rana nigromaculata* (Amphibia: Ranidae)
Based on Morphometric and Sequence Comparison. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, **49**: 367-374.
- Stanner, M. and H. Mendelssohn. 1991. Activity patterns of the Desert monitor (*Varanus griseus*) in the Southern Coastal Plain of Israel. *Mertensiella*, **2**: 253-262.
- Strauch, A. 1873. *Die Schlangen des Russischen Reichs*, In Systematische und Zoogeographischer Beziehung. Men. Acad. Sci. Petersburg.
- Stejneger, L. 1907. Herpetology of Japan and adjacent territory. *U.S. Nat. Mus.*, **58**: 1-577.
- Stewart, J. R. 1985. Growth and survivorship in a California population of *Gerrhonotus coeruleus*, with comments on intraspecific variation in adult female size. *Am. Midland Nat.*, **113**: 30-44.
- Svihla, A. 1942. Mating behavior of the Northern Alligator Lizard, *Elgaria coerulea*. *J. Herpetol.*, **41**: 554-559.
- Takiguchi, I. and H. Ota. 2006. Sexual dimorphism in a colubrid snake, *Dinodon semicarinatum* (Reptilia: Squamata), from okinawajima island of the central ryukyus, Japan. *Cur. Herpetol.*, **25**: 79-92.
- Tan, A. M. and D. B. Wake. 1995. MitDNA phylogeography of the California newt, *Taricha torosa* (Caudata, Salamandridae). *Mol Phylogenet Evol.*, **4**: 383-94.
- Thompson, J. D., D. G. Higgins and T. J. Gibson. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting position specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucl. Acids Res.*, **22**: 4673-4680.
- Turner, R. B., R. I. Jennrich and J. D. Weintraub. 1969. Home ranges and the body sizes of lizards. *Ecology*, **50**: 1076-1081.
- Twitty, V. C. 1966. *Of scientists and salamanders*. Freeman, San Francisco, 178pp.
- Vernet, R., M. Lemire and C. Grenot. 1988. Field studies and water balance of

- desert monitor *Varanus griseus* (Reptilia, Varanidae). *J. Arid Environ.*, **15**: 81-90.
- Vitt, L. J., J. D. Congdon and N. A. Dickson. 1977. Adaptive strategies and energetics of tail autotomy in lizards. *Ecology*, **58**: 326-337.
- Walley, H. D. 1958. The status of *Takydromus kwangakuensis*. *Copeia*, **1958**: 338-339.
- Walley, H. D. 1962. The identity of Korea lizard, *Takydromus auroralis* Doi. *Herpetologica*, **18**: 215-216.
- Webb, R. G., J. K. Jones and G. W. Buers. 1962. Some Reptiles and Amphibians from Korea. *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.*, **15**: 149-173.
- Xu, X. P. and X. Ji. 2003. Ontogenetic shifts in sexual dimorphism in head size and food habits in the lacertid lizard, *Eremias brenchleyi*. *Chin. J. Appl. Ecol.*, **14**: 557-561.
- Yang, S. Y., J. B. Kim, M. S. Min, J. H. Suh and H. Y. Suk. 1997. Genetic and phenetic differentiation among three forms of Korean salamander *Hynobius leechii*. *Kor. J. Biol. Sci.*, **1**: 247-257.
- Zhao, E. M. and K. Adler. 1993. *Herpetology of China*. Society for the study of amphibians and reptiles, Ohio, 522pp.
- Zhang, Y. P. and X. Ji. 2000. Ontogenetic changes of sexual dimorphism in head size and food habit in grass lizard, *Tadydromus septentrionalis*. *Zool. Res.*, **21**: 181-186.
- Zhang, X. D., Ji, X., Luo L. G., Gao, J. F., Zhang, L. 2005. Sexual dimorphism and female reproduction in the Qinghai toad-headed lizard *Phrynocephalus vlangalii*. *Acta Zool. Sin.*, **51**: 1006-1012.
- Ziegler, T. and W. Bischoff. 1999. *Takydromus (Platyplacopus) Kuehei vietnamensis* ssp. n., eine neue Schnellaufereidechsen-Unterart aus Vietnam (Reptilia: Squamata: Lacertidae). *Salamandra*, **35**: 209-226.
- Ziegler, T., H. X. Quang and W. Böhme. 1998. Beitrag der Kenntnis der Schnellaufer-Eidechsen Vitnams (Reptilia: Lacertidae: *Takydromus*).

Herpetofauna, **20**: 24-34.

Zug, G. R., L. J. Vitt and J. P. Caldwell. 2001. *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*(2nd ed.). Academic Press, San Diego, 527pp.



감사의 글

여러분들의 도움으로 무사히 학위과정을 마칠 수 있었습니다. 곁에서 많은 도움 주신 모든 분께 감사드립니다. 먼저 먼 곳에서 찾아 온 저에게 친지식 같이 대해 주신 오홍식 교수님께 진심으로 감사드립니다. 지도교수님으로서 저에게 많은 학문적 가르침을 주시고, 인생의 나아갈 길을 제시해 주신 것에 대해 다시 한 번 감사드립니다. 저의 또 다른 지도교수님이시며 통계와 영어의 중요성을 가르쳐주신 김원택 교수님, 멀리 한양대에서 오셔서 대학 때에 이어 다시금 가르침을 주신 계명찬 교수님, 생명학과에서 겪는 모든 일을 항상 자상하게 도와주신 이선령 교수님, 대학에서 부터 지금까지 항상 같이하고, 좋은 가르침을 주신 송재영 박사님께 감사드립니다.

제가 양서·파충류에 대한 공부를 시작할 수 있게 해주신 은사님, 경기대 정규희 교수님께도 다시금 감사드립니다. 앞으로 자주 찾아뵙겠습니다.

양서·파충류에 대한 최신 경향과 선진 기술 등을 직·간접적으로 가르쳐 주신 Hidetoshi Ota 교수님께도 감사의 마음을 전합니다. 국내에선 인하대 고 양서영 교수님, 서울대 민미숙 박사님, 아래 양서파충류연구소 김종범 박사님, 강원대 박대식 교수님께 많은 가르침과 도움을 받은 것 같습니다. 감사드립니다. 또한 많은 문헌과 지식을 전해 주신 국립생물자원관의 한상훈 박사님, 항상 걱정해 주시고 관심주신 국립공원관리공단의 차진열 박사님께도 감사드립니다.

과는 다르지만 복도에서 마주칠 때나 기회가 될 때마다 격려 해주신 정충덕 교수님, 이순동 교수님, 임평옥 교수님께도 감사드립니다.

게으른 실험실 후배를 항상 같이 데리고 다니고, 조언과 격려를 많이 주신 김병수 선생님께 감사드리고, 고생 많으셨습니다. 강원대 라남용 박사님과 정현이, 김석범 선배님, 서울대 박용수 박사님, 국립공원공관리공단의 정철운 선생님에게도 참 많은 도움을 받은 것 같습니다. 감사드립니다.

제주도에 와서 항상 좋은 말씀과 막걸리를 가르쳐 주신 고영민 선생님, 실험 기 자체 사용에 대해 항상 도움을 주신 고상범 선생님, 새에 대해 여러 가지를 가르쳐 주신 김완병 박사님, 유전학적 연구에서 막다른 길에 봉착했을 때 항상 해결책을 제시해 주신 한상현 박사님, 실험실에서 항상 조언을 해 주신 김영호 선배님, 다른 분류군이지만 저에게 큰 도움 주신 정상배 선생님, 전형식 선생님, 경식와 대주, 민희

에게도 감사드립니다.

실험실에서 모든 야외 조사와 업무 처리를 같이하고, 제주도에서의 즐거운 일상 생활을 함께 해준 수곤이와 태욱이에게도 진심으로 감사의 마음을 전하고, 지금 하고 있는 공부도 열심히 해서 좋은 성과를 내길 빌겠습니다. 또한 실험실 생활에서 큰 도움을 준 락중 조교 선생님, 동민, 성한, 소리나, 성년, 주연, 재영에게도 감사드립니다.

제주도 생활을 해서 많이 보지 못했지만 멀리서 큰 힘이 되어준 홍석이 형, 종운, 태운, 태희, 창현, 정아, 후배 연경, 현수, 재현에게도 감사드립니다.

항상 저를 믿어주시고 아낌없는 후원을 해 주신 아버님, 어머님, 항상 따뜻하게 대해주는 큰누나, 큰매형, 작은 누나, 작은 매형, 예지, 병준, 현정, 도현 모두 저에겐 너무나 큰 힘이 되었습니다.

마지막으로 멀리 제주도로 시집와서 고생하는 우리 마누라 문주에게 미안하고 고맙단 말을 전합니다. 제겐 정말 소중한 사람입니다. 제가 제주도에 있어서 우리 장인어른, 장모님께 사위노릇 제대로 못 한 것이 항상 맘에 걸립니다. 앞으로 정말 잘 할 것을 약속드립니다. 항상 저에게 너무 잘 해 주시는 재무 형님께도 감사드립니다.

그리고 우리 유빈이, 항상 힘이 되어 주고, 웃음 주는 유빈이는 건강하고 이쁘게 크길 바랄게. 그리고 넌 제주소녀였다는 것을 평생 잊지 말도록 해라.

다시 한 번 모든 분께 감사드립니다.

2011년 1월 3일 제주 아라동에서....