



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](#)

석사학위논문

제주도산 작은땃쥐 *Crocidura shantungensis*의 형태학적 특성 및 유전적 다양성에 관한 연구

제주대학교 대학원

생물학과

김태욱

2011년 2월

제주도산 작은맛쥐 *Crocidura shantungensis*의  
형태학적 특성 및 유전적 다양성에 관한 연구

지도교수 이 선 령

김 태 욱

이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함

2011 년 2 월

김태욱의 이학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장

김 세 재

위 원

오 흥 식

위 원

이 선 령

제주대학교 대학원

2011년 2월

Studies on Morphological Characteristics and  
Genetic Diversity of *Crocidura shantungensis*  
on Jeju Island

Tae-Wook Kim  
(Supervised by Professor Sun-Ryung Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the  
degree of Master of Science

February, 2011

This thesis has been examined and approved

Se Gae Kim

Chairperson of the Committee

Hong Shik Oh

Sun Ryung Lee

2010.12.15

Date

Department of Biology  
GRADUATE SCHOOL  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

# 목 차

I. 서론 .....	1
1. 연구의 배경 .....	1
2. 연구의 목적 .....	2
II. 재료 및 방법 .....	5
1. 야외조사 .....	7
2. 형태학적 특성 측정 .....	7
3. 형태학적 특성 데이터 분석 .....	11
4. DNA 분리 및 PCR 증폭 .....	12
5. mtDNA 조절영역 서열을 이용한 모계 집단 구조 .....	12
III. 결과 및 고찰 .....	13
1. 작은땃쥐의 형태학적 특성 .....	13
1) 제주도에 서식하는 작은땃쥐의 암수 간 외부형태학적 특성 .....	13
2) 작은땃쥐 두개골의 형태학적 특성 .....	15
2. mtDNA 조절영역 서열을 이용한 모계 집단 구조 .....	20
IV. 종합고찰 .....	22
V. 적요 .....	25
VI. 참고문헌 .....	27

## List of Tables

Table 1. Collection sites and number of specimens used in this study .....	9
Table 2. Descriptive statistics(mean±SE), number of specimens(n), ranges(in parentheses) and statistical differences(t-test) of external characters in <i>C. shantungensis</i> from Jeju island .....	14
Table 3. Cranial, mandibular and tooth measurements(mm) of <i>C. shantungensis</i> from Jeju Island, Korean Penninsula, Ulleung Island .....	16
Table 4. Classification results from the canonical discriminant analysis for <i>C. shantungensis</i> from Jeju Island, Korean Penninsula and Ulleung Island .....	20

## List of Figures

Figure 1. Skulls of <i>C. shantungensis</i> (Soricomorpha, above) and <i>Apodemus chejuensis</i> (Rodentia, below) compared .....	3
Figure 2. Photograph showing overall morphological features of <i>C. shantungensis</i> from Jeju Island .....	4
Figure 3. Map of Korean Peninsula, Jeju Island and Ulleung Island showing localities of samples used in this study were collected .....	5
Figure 4. The Map showing the localities of samples used in this study in Jeju island, Korea .....	6
Figure 5. Ventral views of the <i>C. shantungensis</i> showing five external measurements(HBL, Head-body length; TL, Tail length; EL, Ear length; HFL, Hind foot length) .....	10
Figure 6. Dosal, lateral and ventral views of the skull and lateral view of the mandible of <i>C. shantungensis</i> . The photograph showing cranial and mandibular measurements of <i>C. shantungensis</i> .....	11
Figure 7. Plots of factor scores for the first and second principle component axes from PCA .....	18
Figure 8. Plots against the first and the second canoniical axes based on the cranial characters of <i>C. shantungensis</i> .....	19

Figure 9. Neighbor-joining(NJ) tree of the mitochondrial cytochrome b gene sequences(402bp) showing genetic diversity of *C. shantungensis* from Jeju Island ..... 21



## Summary

This study was carried out to investigate the morphological characteristics and genetic diversity of Asian white-toothed shrew *Crocidura shantungensis* inhabit Jeju Island. Morphological analyses were performed based on fifty seven specimens collected from Jeju Island, Korean Peninsula and Ulleung Island. Molecular analyses were based on twenty seven specimens from Jeju Island.

### 1. Morphological characteristics of *C. shantungensis* from Jeju Island

To investigate the sexual size dimorphism in Jeju population, five external body and sixteen skull characters were statistically compared. Results showed that it was only found in condylo-insicive length(CIL), and the other characters were not significantly different between sexes(t-test,  $p>0.05$ ). Principle component analysis(PCA) and canonical discriminant analysis(CDA) were conducted on cranial and mandibular measurements of three regional specimens. Results showed a clear separation of specimens from Jeju Island, and the size of skull was significantly larger than those of other populations.

### 2. Genetic diversity of *C. shantungensis* from Jeju Island

Molecular genetic analyses were conducted using 402-bp nucleotide sequences of mitochondrial DNA *cytochrome b*(*CYTB*) gene. Neighbor-joining(NJ) tree based on genetic divergence showed that the maternal lineage of *C. shantungensis* of Jeju Island population would be consisted of four distinct clusters, J1-J4. Especially, J4 cluster showing 100% identities with those previously reported from other localities including Korean Peninsula, Mongolia and Russia. But J1, J2 and J3 clusters had the *CYTB*

sequences obtained from Jeju Island.

Morphological differences on skull among Jeju Island and other regions of Korea may be due to the geographical isolation, and may support the "Island Rule", the hypothesis that small mammals evolve to be larger in island, whereas large insular mammals dwarf. Moreover, these results suggested that *C. shantungensis* inhabit Jeju Island could be classified as a subspecies. As a result of molecular genetic analyses, *C. shantungensis* may have introduced through several routes into Jeju Island from the continent. These results indicated that detailed investigation on the phylogeny of Asian white-toothed shrew across East Asia might be needed.



# I. 서론

## 1. 연구의 배경

땃쥐류(crocidurinae)는 식충목(Order Insectivora) 땃쥐속(Genus *Crocidura*)에 속하는 소형포유류로써, 침서류(shrew) 중에서 형태적으로 가장 크며, 유라시아와 아프리카 지역에 걸쳐 150-170종(species)이 서식하는 것으로 알려지고 있다(Heaney and Timm, 1983; Churchfield, 1990; Wolsan and Hutterer, 1998; Han *et al*, 2002; Motokawa *et al*, 2003). 또한 식충류는 신생대 제 3기(Eocene, Tertiary period)와 올리고세(Oligocene) 사이에 처음 출현하여 외형적으로 커다란 변화가 없이 현재까지 존속하고 있으며, 초기포유류의 원시적 형질들을 지니고 있다 Churchfield, 1990).

외부형태학적으로 두개골(skull)은 가늘고 길며, 뇌함(braincase)이 작고, 설치류 등 다른 포유류에서 볼 수 있는 형질인 두개골 측면(lateral site)의 관골(zygomatic arch)이 존재하지 않는다(Fig. 1). 다른 포유류에 비하여 두개골에서 대뇌반구가 차지하는 부분이 적고, 반면에 후엽(olfactory lobe)이 발달되어 있는데, 이는 생존에 있어서 지적인 조절 능력보다 후각이 중요하다는 것을 반영하는 특성이라 할 수 있다 Churchfield, 1990).

한국에는 총 3종의 땃쥐류가 분포하고 있으며, 이 중 제주도에는 땃쥐 *Crocidura lasiura*(Dobson, 1890)를 제외하고 작은땃쥐 *C. shantungensis*(Miller, 1901), 제주땃쥐 *C. dsinezumi*(Temminck, 1842) 2종이 서식한다(Won and Smith, 1999; Iwasa *et al*, 2001; Han *et al*, 2002; 오 등, 2007).

아시아지역에 서식하는 작은땃쥐는 시베리아 남동부 지역, 중국의 동부 지역, 대만, 일본 쓰시마섬에 서식하고 있으며, 울릉도와 제주도 및 기타 부속섬을 포함한 한반도 전역에도 고루 분포하고 있다(Fang *et al*, 1997; Motokawa *et al*, 2000; Iwasa *et al*, 2001; Jiang and Hoffmann, 2001). 분류학적으로 아시아작은땃쥐는 유럽의 *C. suaveolens*의 동종이명(synonym)으로 간주되어 왔으나, 외부

형태학적 형질의 지리적 변이에 대한 연구와 분자유전학적 연구들을 통하여 *C. shantungensis*임이 보고된 바 있다(Jiang and Hoffman, 2001; Motokawa *et al.*, 2003; Ohdachi *et al.*, 2004).

작은맛쥐가 학문적으로 알려진 것은 Kuroda(1934)가 제주도에서 채집된 개체를 제주맛쥐 *C. dsinezumi quelpartis*로 기재한 데에서 비롯된다. 그 당시 Kuroda는 형태형(morphotype)이 일본의 *C. dsinezumi*와 한반도의 *C. shantungensis*의 중간형인 것으로 보고하였다. 그 후 Motokawa(2003)는 Kuroda(1934)가 제주맛쥐로 동정한 표본의 두개골 형태에 대한 재검토를 실시하여 *C. dsinezumi*가 아닌 *C. shantungensis*이었음을 확인하였고, 이와 더불어 제주도 맛쥐류의 분류학적 위치에 대한 의문을 제기하기도 하였다. 또한 Iwasa *et al.*(2001)는 제주도에서 채집된 개체의 분자유전학적 분석을 통하여 작은맛쥐와 *C. dsinezumi* 2종의 서식을 보고한 바 있다(Fig. 2).

## 2. 연구의 목적

Kuroda(1934)에 의한 최초 보고 이후, Iwasa *et al.*(2001), Han *et al.*(2002), Motokawa *et al.*(2003), Ohdachi *et al.*(2004)에서 제주도 맛쥐류의 분류학적 위치에 대하여 연구된 바 있으나, 그 이후 지금까지 제주도 작은맛쥐의 생물학적 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구의 목적은 첫째, 타지역 개체군과의 비교를 통하여 제주도 작은맛쥐의 형태학적 특성을 규명하는 것이며, 둘째, 분자계통학적 분석을 수행하여 제주도 작은맛쥐 개체군의 유전적 다양성을 밝히는 것이다.



Figure 1. Skulls of *C. shantungensis*(Soricomorpha, above) and *Apodemus chejuensis*(Rodentia, below) compared.



Figure 2. Photograph showing overall morphological features of *C. shantungensis* from Jeju Island.

## II. 재료 및 방법

본 연구는 전라남도 해남군, 경상북도 울릉군, 경상남도 사천시, 진주시, 함안군 그리고 제주도에서 채집되어 제주대학교 동물분류형태학실험실에 소장중인 표본을 이용하여 조사하였다(Fig. 3, 4).

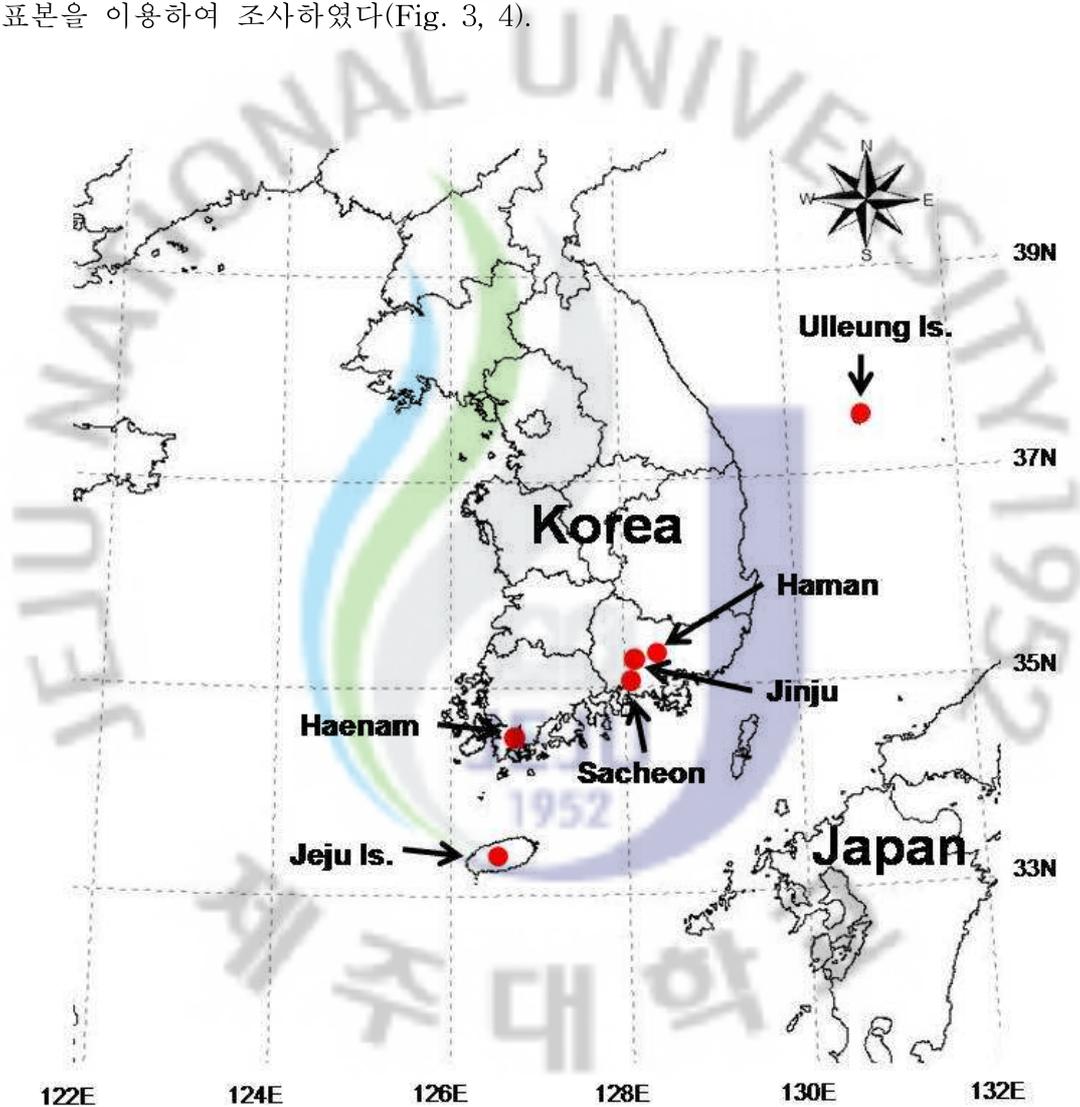


Figure 3. Map of Korean Peninsula, Jeju Island and Ulleung Island showing localities of samples used in this study were collected.

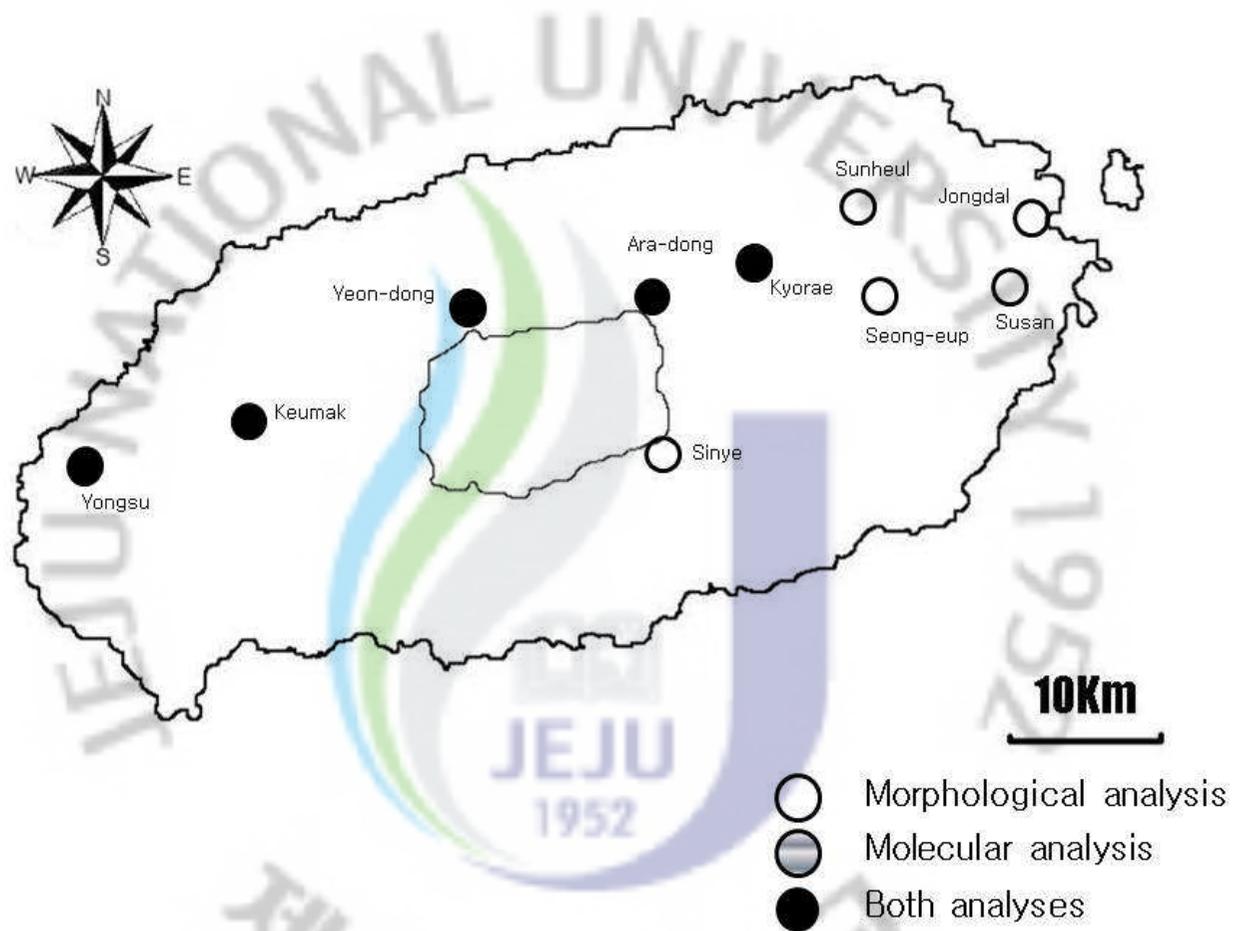


Figure 4. The Map showing the localities of samples used in this study in Jeju island, Korea.

## 1. 야외 조사

땃쥐류에 대한 야외 조사는 2009년 3월부터 2010년 11월까지 이루어졌으며, box type 소형포유류 생포트랩(Sherman live trap, USA)을 이용하여 포획하였다. 트랩의 설치 장소는 포획 효율을 높이기 위하여 소형포유류가 서식하기에 적합할 것으로 판단되는 지점을 선택하였다. 포획률이 높은 습지주변, 목정밭, 산림과 경작지의 경계부, 숲과 인접한 인공수로등의 지점을 중심으로 야행성 포유류의 활동이 시작되는 해질 무렵에 설치한 뒤, 다음날 아침에 수거하였다. 생포된 개체들은 현장이나 실험실내에서 외부형태 형질을 측정 한 뒤, 80% Eathanol에 보관하거나 -20℃에 냉동 보관하여 형태학적 분석 및 DNA분리에 이용되었다. 종의 동정은 외부형태학적 방법과 DNA 분리 후 분자유전학적 방법을 이용하였다.

## 2. 형태학적 특성 측정

제주도산 작은땃쥐의 형태학적 특성을 규명 분석에 이용한 sample은 제주도 40개체, 울릉도 10개체, 해남군 1개체, 사천시 1개체, 진주시 2개체, 함안군 3개체 등 모두 57개체를 이용하였다. 울릉도와 해남에서 채집된 개체들은 고려대학교 의과대학 미생물학실험실로부터 양도를 받아 제주대학교 동물분류형태학실험실에 소장중인 표본이다(Table 1).

포유류의 형태학적 형질 측정은 연구 수행자마다 측정부위가 일정하지 않기 때문에 측정부위의 오류와 측정수치의 오차를 줄이기 위하여 단일 연구자에 의해 얻어진 수치만을 분석에 이용한다(Maldonado *et al.*, 2004; Goodman *et al.*, 2009). 이 방법에 따라서 양도받은 표본과 기존에 소장되어있던 표본에 기록된 수치는 본 분석에서 제외시켰다.

외부형태는 소형포유류에서 가장 일반적으로 이용하는 5개의 형질을 측정하였다. 체중(body mass: BM)은 전자저울(Cas, MW 11300, Korea)을 이용하여 0.1g 단위까지 측정하였으며, 머리와 몸통의 길이(head-Body length: HBL), 꼬리

의 길이(tail length: TL), 귀의 길이(ear length: EL), 뒷다리의 길이(hind-foot length: HFL)를 전자캘리퍼스(Mitutoyo, 500-181-20, Japan)를 이용하여 0.01mm 까지 측정하였다(Fig. 5).

두개골의 형태학적 특성을 분석하기 위하여 파손되지 않은 표본으로부터 Motokawa(2003)와 Maldonado *et al.*(2004)의 방법을 참고로 하여 다음과 같은 16개의 형질을 측정하였다(Fig. 6).

1. 뒤통수뼈-앞니 사이의 길이(condylo-insicive length: CIL)
2. 머리뼈의 최대 길이(maximum skull length: MCL)
3. 뇌머리뼈 최대 폭(maximum width of brain case: MWB)
4. 눈확사이 폭(interorbital width: IOB)
5. 두 앞니의 폭(width across incisors I1-I1: WI)
6. 위턱셋째어금니사이의 폭(width across Molars: WM)
7. 셋째 단첨치의 폭(width across unicuspid U3-U3: WU)
8. 위턱어금니열의 길이(length of molariform tooth row: LM)
9. 위턱치열의 길이(upper tooth row length: UT)
10. 구개관의 길이(palatal length: PL)
11. 구개뒤부의 길이(post-palatal length: PPL)
12. 아래턱뼈의 길이(mandibular length: ML)
13. 아래턱치열의 길이(lower tooth row length: LTL)
14. 아래턱어금니열의 길이(lower molar row length: LML)
15. 아래턱뼈의 높이(mandibular height: MH)
16. 관절와뒤부의 폭(post glenoid width: PGW)

각 측정부위의 한국어 명칭은 국내에서 일반적으로 통용되는 소형포유류 두개골 명칭과 김과 강(1997)을 참고하였으며, 일부는 본 조사자가 주관적으로 지칭하였다.

참서류의 두개골은 크기가 작기 때문에 각 측정부위를 육안으로 구별하는데 어려움이 있다. 측정부위에 대한 오차를 줄이기 위하여 측정시 해부현미경(SZ-51, Olympus)을 이용하여 0.01mm 단위까지 계측하였다.

Table 1. Collection sites and number of specimens used in this study

Collection site		No. of specimens	
		Morphological Analysis	Molecular Analysis
Jeju Island	Yongsu, Hankyeong-myeon	2	1*
	Keumak, Hallim-eup	2	1
	Yeon-dong, Jeju-si	7	8
	Ara-dong, Jeju-si	18	9
	Kyoraе, Jocheon-eup	3	8
	Sunheul, Jocheon-eup	2	
	Jongdal, Gujwa-eup	3	
	Sunsan, Sungsan-eup	1	
	Seong-eup, Pyoseon-myeon	1	
	Sinye, Namwon-eup	1	
Ulleung Island	Ulleung-gun, Kyungsangbukdo	10**	
Korean Peninsula	Haenam-gun, Jullanamdo	1**	
	Sachoen-si, Kyungsangnamdo	1	
	Jinju-si, Kyungsangnamdo	2	
	Haman, Kyungsangnamdo	3	
Total		57	27

\*, \*\* were kindly provided by professor Oh, Jeju National Univ. and by professor Song, Korea Univ., respectively.

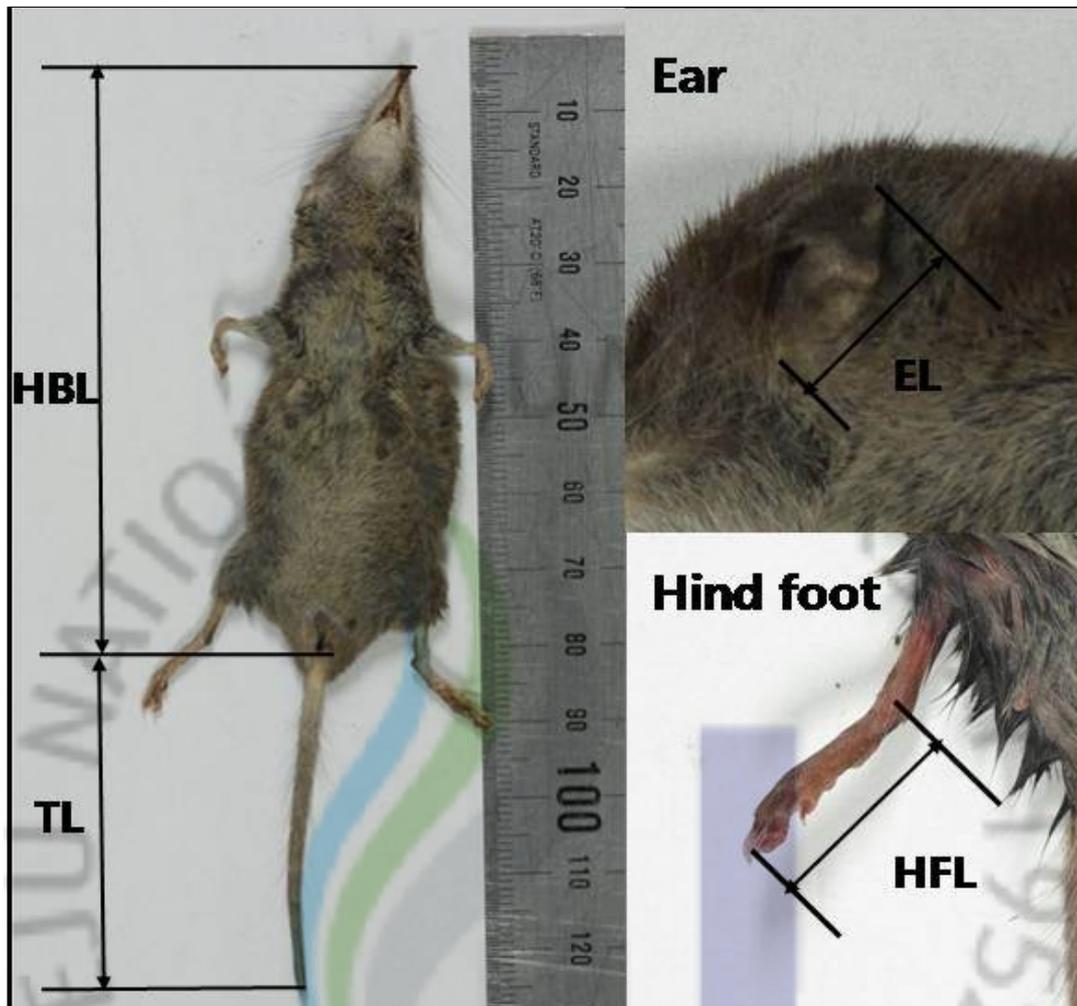


Figure 5. Ventral views of the *C. shantungensis* showing five external measurements(HBL, Head-body length; TL, Tail length; EL, Ear length; HFL, Hind foot length).

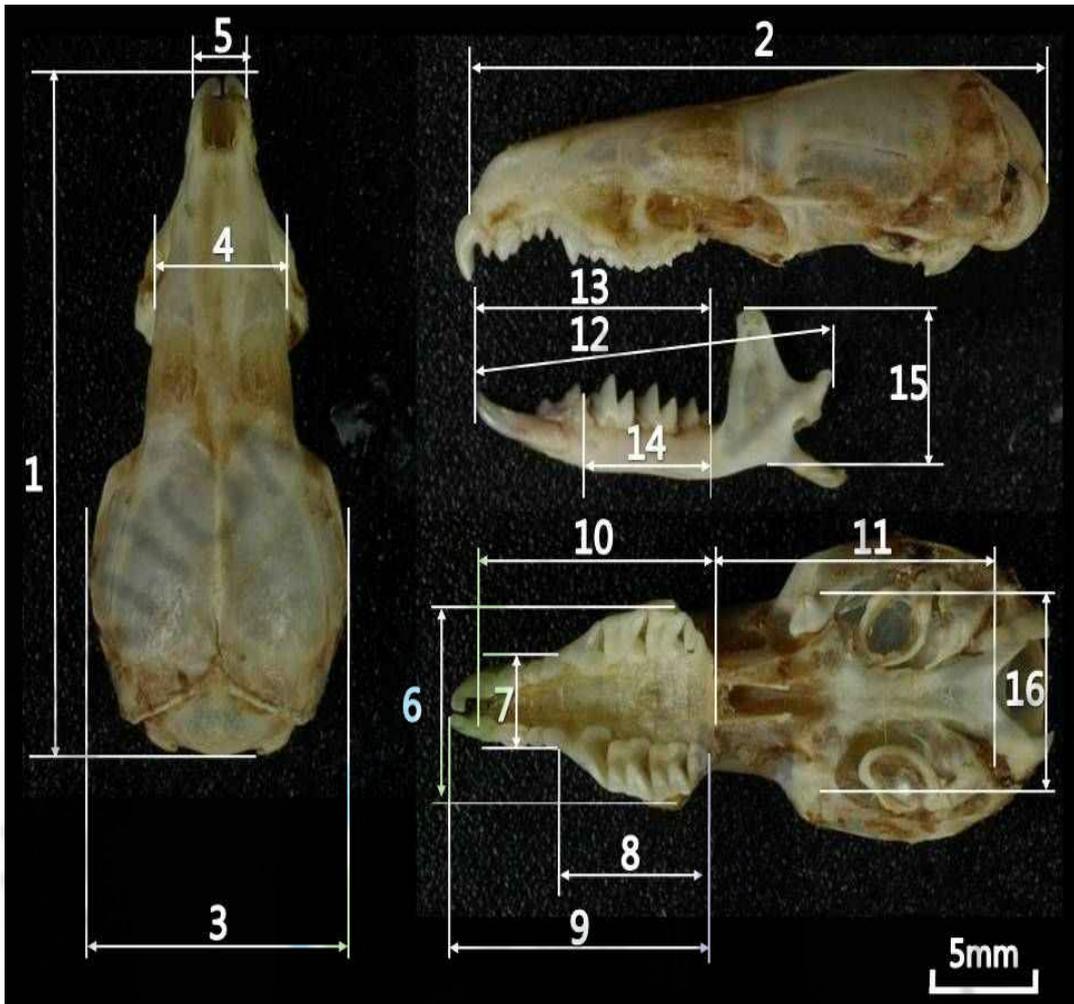


Figure 6. Dorsal, lateral and ventral views of the skull and lateral view of the mandible of *C. shantungensis*. The photograph showing cranial and mandibular measurements of *C. shantungensis*.

### 3. 형태학적 특성 데이터 분석

제주도 개체군의 외부형태 5개의 형질과 두개골 및 하악골의 16개의 형질에 대하여 암수 간의 성적크기이형(sexual size dimorphism) 현상을 분석하였다(student t-test, SPSS 12.0). 또한 지역적으로 확실히 구분되어 있는 개체군 간에 형태학적 형질을 비교하고 특성을 밝히기 위하여 주성분분석(principle

component analysis: PCA)과 정준판별분석(canonical discriminant analysis: CDA)을 실시하였다.

#### 4. DNA 분리 및 PCR 증폭

분자유전학적 분석은 제주도에서 채집된 27개체를 이용하였다(Table 1). 채집한 개체들은 실험실로 옮겨 마취한 후, 간(liver)이나 꼬리, 뒷다리 근육 등을 적출하고 Wizard Genomic DNA Purification Kit(Promega, USA)를 이용하여 DNA를 분리하였다. 482-bp mtDNA *CytB* 유전자 절편에 대한 PCR 증폭은 Maxime PCR Premix(iNtRON Biotechnology, Inc., Korea), CytB\_F(5'-CGA AGC TTG ATA TGA AAA ACC ATG GTT G-3')와 CytB\_R(5'-GCA GCC CCT CAG ATT GAT ATT TGT CCT-3') 프라이머를 이용하였고, 3730 Thermal Cycler(Applied Biosystems, USA)로 증폭하였다. PCR 산물은 1% Agarose gel 상에서 전개하여 확인하고, 정제 후 DNA 서열 결정에 이용하였다.

#### 5. mtDNA 조절영역 서열을 이용한 모계 집단 구조

제주도 작은땃쥐의 유전적 다양성 분석을 위해 mtDNA 조절영역 서열을 결정하였다. mtDNA 조절영역 482-bp 절편에 대한 PCR 산물을 정제한 후 증폭하고 dye-termination DNA sequencing 방법으로 염기서열을 결정하였다. 염기서열 분석은 MegaBace 1000(Amersham Pharmacia, USA)을 이용하였으며, Han *et al.*(2002)의 보고 등 기존 연구 결과와 비교하기 위하여 결정된 서열 중 *CytB* 유전자 5' 부위 402-bp 영역 서열을 채택하여 GenBank database 상에서 BLAST program으로 최대 유사 서열을 검출하였다. 검출된 서열들과 타지역 개체의 조절영역 서열을 CLUSTAL W program(Thompson *et al.*, 1994)으로 다중정렬한 후, PHYLIP package 내에서 neighbor joining(NJ) tree를 작성하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

참서류의 경우 형태학적으로 매우 유사하기 때문에 외부형태학적 분류에 어려움이 있어, 이럴 경우 분자유전학적 기법을 이용하여 문제를 해결할 수 있다 (Iwasa *et al.*, 2001). 채집된 개체들에 대하여 중을 동정한 결과, 제주도에서 채집된 모든 개체는 작은땃쥐로 나타났다.

#### 1. 작은땃쥐의 형태학적 특성

##### 1) 제주도에 서식하는 작은땃쥐의 암수 간 외부형태학적 특성

모든 개체에 대하여 5개의 외부형태를 측정하여 암수간의 외부형태학적 특성을 비교하였다. 체중은 수컷이 평균  $6.4 \pm 0.29\text{mm}$ (3.5-8.9mm), 암컷은 평균  $6.1 \pm 0.29\text{mm}$ (4.2-9.1mm), 머리와 몸통의 길이는 수컷이 평균  $71.00 \pm 1.13\text{mm}$ (57.71-82.32mm), 암컷은 평균  $67.82 \pm 1.80\text{mm}$ (51.29-74.59mm)로 나타났으며, 그 외 모든 기술통계량으로부터 암수 간 차이 비교를 위한 분석을 실시하였다. 체중(t-test,  $F=1.34$ ,  $p>0.05$ ), 머리와 몸통의 길이(t-test,  $F=2.05$ ,  $p>0.05$ ), 꼬리의 길이(t-test,  $F=0.22$ ,  $p>0.05$ ), 귀의 길이(t-test,  $F=0.00$ ,  $p>0.05$ ), 뒷발의 길이(t-test,  $F=0.20$ ,  $p>0.05$ ) 모든 형질에서 암수 간 유의한 차이는 없었다(Table 2).

참서류는 일반적으로 암수 간 크기의 성적크기이형 현상을 보이지 않는 포유류이다(Pankakoski, 1989; Motokawa *et al.*, 1996; Motokawa, 2003). 연구 결과, 제주도에 서식하는 작은땃쥐도 외부 형태적 특성에 있어 암수 간 유의한 차이는 없었으며, 다른 참서류의 외부형태 분석 결과와 유사하였다.

Table 2. Descriptive statistics(mean±SE), number of specimens(n), ranges(in parentheses) and statistical differences(t-test) of external characters in *C. shantungensis* from Jeju island

Character	Male	n	Female	n	p value
Body mass(g)	6.4±0.29 (3.5-8.9)	22	6.1±0.29 (4.2-9.1)	16	ns
Head-body length(mm)	71.00±1.13 (57.71-82.32)	22	67.82±1.80 (51.29-74.59)	17	ns
Tail length(mm)	46.57±0.67 (41.88-54.15)	22	44.89±0.62 (40.46-49.96)	17	ns
Ear length(mm)	7.71±0.17 (5.23-9.17)	22	7.68±0.17 (6.07-8.77)	17	ns
Hind-foot length(mm)	12.80±0.15 (11.76-14.59)	22	12.51±0.16 (11.35-13.84)	17	ns

ns: no significant.

## 2) 작은맛쥐 두개골의 형태학적 특성

제주도 개체군의 두개골 형질에서 암수 간에 성적이형을 분석한 결과, 뒤통수뼈-앞니 사이의 길이(CIL)에서 암수간에 유의한 차이가 있었으나( $t$ -test,  $F=5.656$ ,  $p<0.05$ ) 나머지 형질에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $t$ -test,  $p>0.05$ ). 제주도에 서식하는 개체군의 두개골 형태의 성적크기이형 현상이 뚜렷하게 나타나지 않았으며, 이는 한반도 및 울릉도, 그리고 쓰시마섬에 서식하는 개체군과 유사한 결과를 나타낸다고 할 수 있다(Motokawa *et al.*, 2003).

채집 지역별로 비교분석하기 위하여 해남, 사천, 진주, 함안 지역을 통합하여 한반도 지역으로 지칭하였다(Table 3). 위턱어금니열의 길이(one-way ANOVA,  $p>0.05$ )를 제외하고 뒤통수뼈-앞니 사이의 길이(one-way ANOVA,  $F=39.928$ ,  $p<0.05$ ), 머리뼈의 최대 길이(one-way ANOVA,  $F=35.789$ ,  $p<0.05$ ), 뇌머리뼈 최대 폭(one-way ANOVA,  $F=16.426$ ,  $p<0.05$ ), 눈확사이 폭(one-way ANOVA,  $F=10.736$ ,  $p<0.05$ ), 두 앞니의 폭(one-way ANOVA,  $F=11.503$ ,  $p<0.05$ ), 위턱셋째 어금니사이의 폭(one-way ANOVA,  $F=28.784$ ,  $p<0.05$ ), 셋째 단침치의 폭(one-way ANOVA,  $F=4.917$ ,  $p<0.05$ ), 위턱치열의 길이(one-way ANOVA,  $F=10.602$ ,  $p<0.05$ ), 구개관의 길이(one-way ANOVA,  $F=56.979$ ,  $p<0.05$ ), 구개뒤부의 길이(one-way ANOVA,  $F=10.823$ ,  $p<0.05$ ), 아래턱뼈의 길이(one-way ANOVA,  $F=31.466$ ,  $p<0.05$ ), 아래턱치열의 길이(one-way ANOVA,  $F=49.725$ ,  $p<0.05$ ), 아래턱어금니열의 길이(one-way ANOVA,  $F=17.946$ ,  $p<0.05$ ), 아래턱뼈의 높이(one-way ANOVA,  $F=14.705$ ,  $p<0.05$ ), 관절와뒤부의 폭(one-way ANOVA,  $F=20.724$ ,  $p<0.05$ ) 등 모든 형질에서 세 지역 개체군 간 유의한 차이를 나타내었다. 특이할만한 것은 Scheffé와 Bonferroni의 두 가지 사후검정한 결과 모두에서 위턱어금니열의 길이를 제외한 모든 형질에서 제주도 개체군은 한반도와 울릉도 개체군보다 크다는 사실이 확인되었다( $p<0.05$ ). 반면에 한반도와 울릉도 개체군 간에는 모든 형질에 대하여 유의한 차이가 없었다( $p<0.05$ ).

Table 3. Cranial, mandibular and tooth measurements(mm) of *C. shantungensis* from Jeju Island, Korean Penninsula, Ulleung Island

Character	Jeju Island		Korean Penninsula		Ulleung Island	
	Male(n)	Female(n)	Male(n)	Female(n)	Male(n)	Female(n)
CIL	19.43±0.09(7)	18.71±0.15(11)	17.62±0.27(4)	17.28±0.29(3)	17.67±0.11(3)	17.35±0.36(4)
	19.12-19.83	18.03-19.35	17.15-18.17	17.05-17.60	17.59-17.79	16.82-17.64
MCL	18.48±0.15(8)	17.92±0.15(11)	16.84±0.26(4)	16.60±0.21(3)	16.92±0.28(3)	16.61±0.43(4)
	17.65-18.96	17.20-18.50	16.35-17.45	16.42-16.83	16.71-17.24	16.04-17.09
MWB	8.54±0.07(8)	8.34±0.05(11)	8.01±0.10(4)	7.98±0.10(3)	8.24±0.04(3)	8.08±0.14(4)
	8.23-8.82	7.91-8.57	7.84-8.31	7.88-8.07	8.21-8.29	7.87-8.19
IOB	4.09±0.04(9)	4.06±0.04(11)	3.86±0.01(4)	3.84±0.10(3)	3.92±0.09(3)	4.00±0.11(4)
	3.85-4.23	3.85-4.26	3.83-3.89	3.73-3.94	3.81-3.98	3.86-4.12
WI	1.95±0.03(9)	1.80±0.02(11)	1.76±0.02(4)	1.66±0.09(3)	1.70±0.06(3)	1.70±0.04(4)
	1.71-2.10	1.69-1.88	1.69-1.79	1.58-1.76	1.64-1.75	1.65-1.75
WM	5.45±0.05(9)	5.34±0.03(11)	5.06±0.04(4)	5.02±0.04(3)	5.13±0.03(3)	5.15±0.12(4)
	5.11-5.62	5.15-5.50	4.98-5.16	4.99-5.07	5.10-5.16	5.05-5.29
WU	2.56±0.03(8)	2.47±0.02(11)	2.25±0.06(4)	2.27±0.09(3)	2.61±0.58(3)	2.26±0.08(4)
	2.40-2.68	2.35-2.58	2.10-2.39	2.16-2.33	2.20-3.28	2.18-2.37
LM	4.77±0.06(9)	4.67±0.03(11)	4.43±0.06(4)	4.36±0.09(3)	4.40±0.09(3)	4.47±0.09(4)
	4.50-5.03	4.52-4.81	4.29-4.54	4.27-4.45	4.31-4.50	4.39-4.59

Table 3. Continued

Character	Jeju Island		Korean Penninsula		Ulleung Island	
	Male(n)	Female(n)	Male(n)	Female(n)	Male(n)	Female(n)
UT	8.35±0.09(8)	8.05±0.05(11)	7.53±0.10(4)	7.50±0.13(3)	7.59±0.11(3)	7.50±0.11(4)
	7.87-8.61	7.75-8.29	7.34-7.80	7.38-7.64	7.47-7.70	7.34-7.61
PL	7.61±0.01(9)	7.32±0.06(11)	6.77±0.08(4)	6.70±0.07(3)	6.52±0.05(3)	6.70±0.22(4)
	7.33-7.90	7.06-7.59	6.63-6.93	6.62-6.77	6.49-6.59	6.48-6.94
PPL	8.74±0.12(8)	8.36±0.09(11)	8.01±0.09(4)	7.99±0.02(3)	8.17±0.18(3)	7.87±0.19(4)
	8.02-9.07	7.79-8.85	7.86-8.16	7.97-8.01	7.97-8.30	7.61-8.06
ML	11.65±0.12(9)	11.37±0.09(11)	10.71±0.19(4)	10.55±0.12(3)	10.67±0.34(3)	10.49±0.29(4)
	11.09-12.06	10.92-11.80	10.37-11.06	10.42-10.66	10.36-11.04	10.10-10.78
LTL	7.51±0.08(9)	7.38±0.04(11)	6.91±0.10(4)	6.83±0.10(3)	6.92±0.17(3)	6.87±0.13(4)
	7.10-7.87	7.18-7.59	6.71-7.15	6.74-6.93	6.76-7.1	6.67-6.97
LML	3.88±0.04(9)	3.80±0.02(11)	3.67±0.06(4)	3.51±0.10(3)	3.62±0.08(3)	3.69±0.03(4)
	3.64-4.07	3.68-3.90	3.52-3.80	3.40-3.60	3.54-3.7	3.66-3.73
MH	4.48±0.07(9)	4.35±0.04(11)	4.14±0.06(4)	4.06±0.16(3)	4.20±0.11(3)	4.01±0.09(4)
	4.09-4.74	4.04-4.56	4.05-4.29	3.96-4.24	4.13-4.33	3.87-4.09
PGW	5.55±0.06(9)	5.34±0.04(11)	5.08±0.04(4)	4.91±0.10(3)	5.27±0.07(3)	5.06±0.10(4)
	5.22-5.84	5.05-5.59	4.99-5.18	4.81-5.01	5.23-5.35	4.91-5.13

measurements are presented as mean±SE(range, number of specimens in parenthesis).

제주도 맛취류 제주도, 한반도, 울릉도 지역으로 나누어 분석하였으며, 각 지역별로 성적이형 현상이 나타나지 않는 것으로 간주하여 암수의 데이터를 구분하지 않고 사용하였다.

제주도에 서식하는 작은맛취와 타지역 개체군을 비교하였을 때, 각 집단을 구별할 수 있는 주요 형질을 파악하기 위하여 주성분분석(PCA)하였다. 이 결과, 각 집단을 구분지을 수 있는 두 개의 주성분 PC1(eigenvalue=12.451)과 PC2(eigenvalue=0.778)가 추출되었으며, 각각 전체 분산의 77.8%, 4.9%를 설명하는 것으로 나타났다. 제주도의 작은맛취는 PC1에서 다른 지역 개체군보다 큰 값을 나타내었고, 주성분 PC1을 가장 잘 설명하는 형질은 아래턱어금니열의 길이(factor score=0.381), 위턱어금니열의 길이(factor score=0.333)이었다. 주성분 PC2 가장 잘 설명하는 형질은 뇌머리뼈 최대 폭(factor score=0.360), 셋째 단점치의 폭(factor score=0.356)인 것으로 나타났다(Fig. 7).

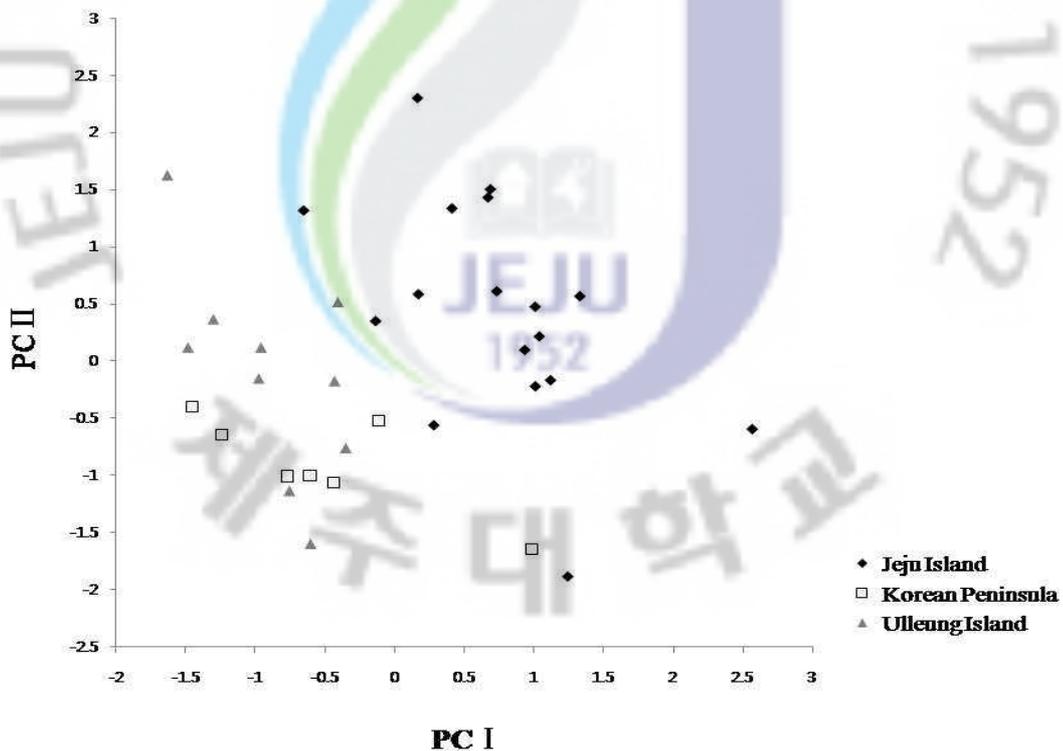


Figure 7. Plots of factor scores for the first and second principle component axes from PCA.

제주도, 한반도 그리고 울릉도 개체군간의 형태학적 차이를 판별하기 위하여 각 두개골 형질에 대하여 정준판별분석(CDA)하였다. 첫 번째 판별함수(CAN I)의 eigenvalue는 4.939, 두 번째 판별함수(CAN II)의 eigenvalue는 0.076으로 나타났다. 총 16개의 두개골 형질 중 CAN I에 대하여 가장 높은 판별적재값(discriminant loading)을 나타내는 형질은 아래턱치열의 길이(discriminant loading=0.894), 아래턱뼈의 길이(discriminant loading=0.868), 뒤통수뼈-앞니 사이의 길이(discriminant loading=0.866) 순이며, 판별력이 큰 것으로 나타났다. CAN II에 대하여 가장 높은 판별적재값을 나타내는 형질은 구개관의 길이(discriminant loading=0.552), 아래턱치열의 길이(discriminant loading=-0.449), 아래턱어금니열의 길이(discriminant loading=-0.395) 순으로 나타났다. 또한 산점도를 확인한 결과 세 집단 간 형태학적으로 뚜렷한 차이가 확인되었다(Fig. 8). 판별함수에 의하여 전체 표본의 83.8%가 정확하게 구분되었으며, 지역별로는 제주도 표본의 경우 타지역 표본과 100% 정확하게 구분되었고, 한반도와 울릉도는 각각 71.4%, 60.0%가 정확히 구분되었다(Table 4).

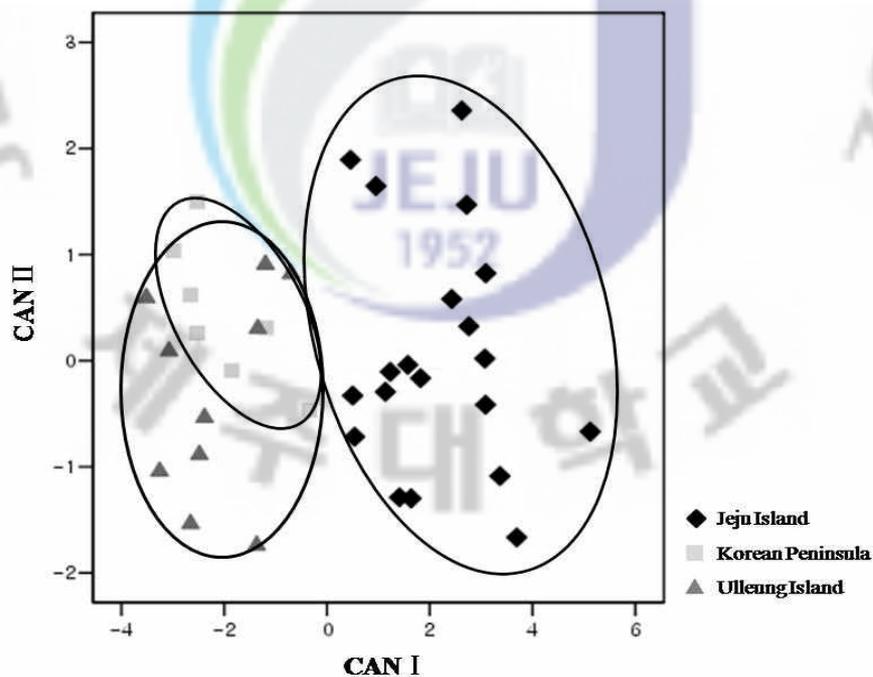


Figure 8. Plots againsts the first and the second canonical axes based on the cranial characters of *C. shantungensis*.

Table 4. Classification results from the canonical discriminant analysis for *C. shantungensis* from Jeju Island, Korean Penninsula and Ulleung Island

	Jeju Island	Korean Penninsula	Ulleung Island	% Correct*
Jeju Island	20	0	0	100
Korean Penninsula	0	5	4	71.4
Ulleung Island	0	2	6	60.0
Total	20	7	10	83.8

\* incates that percentage for grouped cases correctly classified.

## 2. mtDNA 조절영역 서열을 이용한 모계 집단 구조

Han *et al.*(2002)의 보고에서는 제주도 작은땃쥐가 단일 모계집단인 것으로 보고하였으나, 본 mtDNA *CYTb* 유전자 서열의 다형성을 기준으로 살펴본 결과는 제주도산 작은땃쥐 집단은 적어도 4개의 cluster(Fig. 9, J1-J4) 모계집단이 존재하고 있음이 확인되었다. 이 중 J2 cluster에서는 Han *et al.*(2002)의 보고에서 분석된 서열들과 동일하거나 유사한 서열들이 출현하였으며, J1, J3, J4 등은 기존의 보고된 서열들과는 다른 서열들이 확인되었다. J1, J2, J3 cluster에서는 제주도 작은땃쥐의 서열들만 관찰되고 있으나, J4 cluster에서는 제주도, 한반도(울릉도, 경주, 내장산) 및 러시아, 몽골의 서열들이 함께 위치하고 있었다. 이는 제주도에 서식하는 작은땃쥐 집단이 대륙의 집단과 모계가 동일한 부류들이 존재함은 물론, 제주도 특이적인 모계집단이 별도로 존재한다는 것을 의미한다.

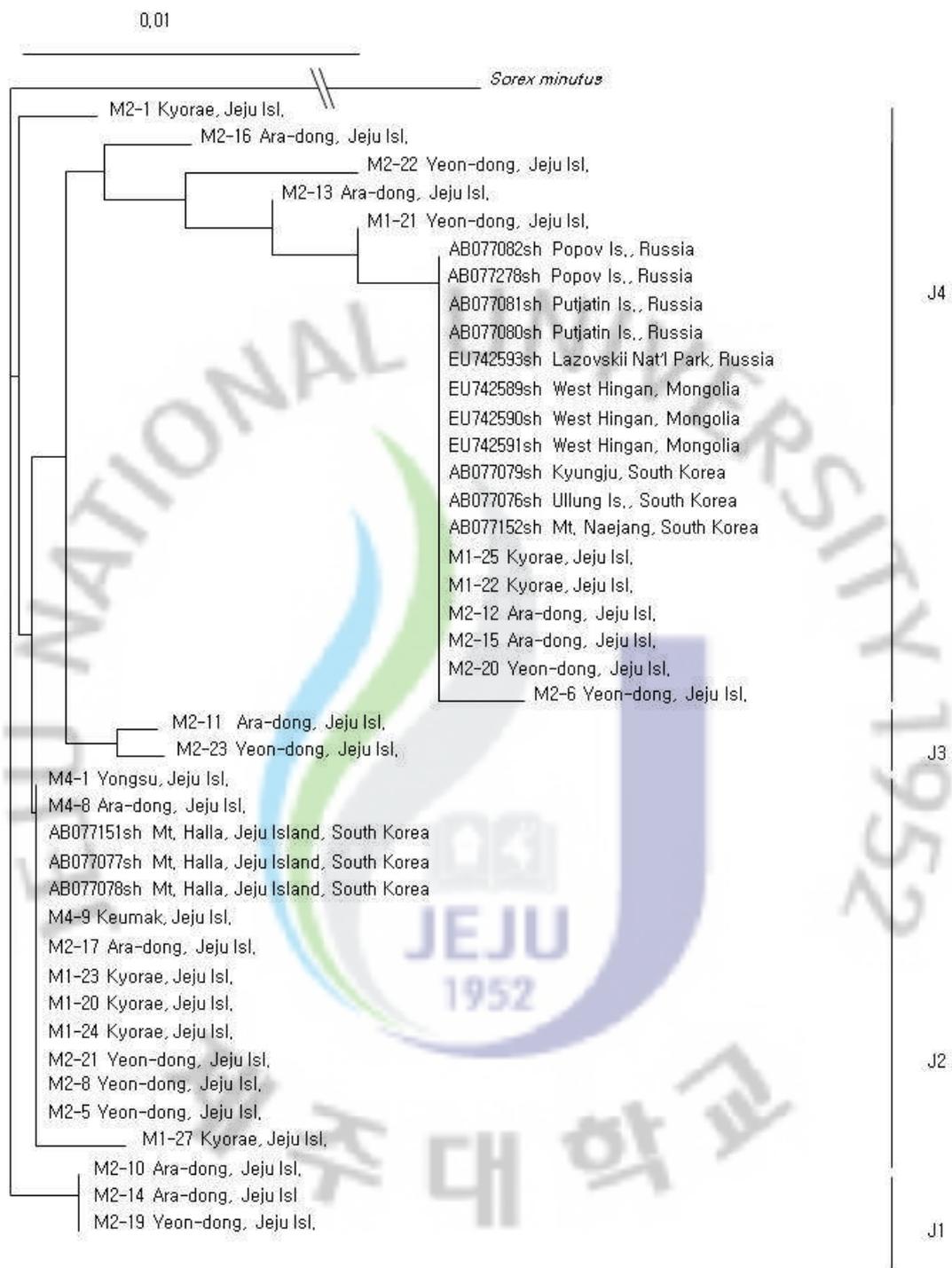


Figure 9. Neighbor-joining(NJ) tree of the mitochondrial *cytochrome b* gene sequences(402bp) showing genetic diversity of *C. shantungensis* from Jeju Island.

## IV. 종합고찰

쓰시마 개체군과 우리나라 개체군간의 지리적 변이는 크지 않으나 대만 개체군은 다른 지역에 비해 형태학적으로 매우 크며, 타 지역에서 관찰할 수 없는 성적크기이형이 명확히 나타난다(Motokawa *et al.*, 2003). 작은뺏쥐의 계통 유연관계 분석 결과 제주도의 개체군은 한반도 개체군과 동일한 cluster가 존재하였던 반면, 형태학적 특성은 매우 이질적인 집단으로 명확히 구분되었다. 형태적으로 지리적변이가 뚜렷히 나타나는 양상은 오랜시간 지역적으로 격리된 개체군간에 지역 환경에 대한 적응의 결과로 나타나는 현상이다(Maldonado *et al.*, 2004). 도서지역에 서식하는 소형포유류는 인접하고 있는 육지 혹은 대륙에 서식하는 개체군보다 크기가 크며, 대형포유류의 경우 작은 경향을 보인다(Meiri *et al.*, 2004; White and Searle, 2007). 형태학적인 진화는 도서지역에 서식하는 포유류에서 가속화되고, 섬의 환경이 급격히 변화할 때 진화의 속도는 빨라진다(Millien, 2006). 제주도 개체군이 한반도 및 울릉도 작은뺏쥐와 형태학적 특성이 다르게 나타난 결과는 제주도가 육지부와 떨어져 지리적 격리가 오랜시간 지속되는동안 각기 다른 생태환경에 적응한 결과일 것으로 판단된다. 이와 유사한 결과로 지리적 격리와 환경적응에 의해 대만 개체군이 동아시아 지역 다른 개체군보다 형태적으로 크다(Motokawa *et al.*, 2003). 섬에서 소형포유류의 형태학적 크기 변화에 영향을 미치는 요인은 기후인자, 먹이제한, 중간·종내 경쟁, 분산능력이 있다(Meiri *et al.*, 2004; Millien, 2006; White and Searle, 2007). 향후 서식환경에 대한 정밀조사를 병행한다면 국내 작은뺏쥐 형태의 지리적 변이 현상에 영향을 미치는 요인을 규명할 수 있을 것으로 생각한다. 연구를 통해 밝혀진 두개골의 형태학적 차이에 대한 결과로 볼 때, 제주도에 서식하는 작은뺏쥐의 분류학적 위치는 아종 수준의 분류가 가능하다는 것을 시사하고 있다. 앞으로 이를 좀더 명확히 하기 위하여 동아시아 지역 표본을 확보하여 형태학적으로 비교분석하고, 분자유전학적 근거를 제시하기 위한 연구가 필요하다.

한편, 분자유전학적 분석 결과로 우리나라 작은뺏쥐의 유입이나 서식에 대한

여러 가지 가설이 유추된다. 먼저 러시아-몽골 등의 작은땃쥐 집단과 동일한 한반도-제주도 집단의 확인으로 우리나라에 서식하는 작은땃쥐 종의 선조 중 일부는 동북아시아 대륙로를 통해서 유입되었을 가능성이 매우 높다는 점으로, 비교적 짧은 유전자 절편이기는 하지만 염기서열이 완전히 일치한다는 점에서 오래지 않은 과거에 유입되었거나, 근래에도 지속적으로 유입되고 있을 가능성을 보여주는 결과라 하겠다. 또한 제주도 작은땃쥐-특이적인 cluster의 출현은 러시아-몽골-한반도를 거치지 않고 제주도로 유입될 수 있는 다른 경로가 존재할 가능성이 있음을 나타내고 있다. 전 세계적으로 알려진 작은땃쥐의 분포지역 중에서도 동아시아의 경우 대만과 중국, 일본의 쓰시마 등에도 서식이 확인되고 있어, 이들 지역의 작은땃쥐 집단과의 비교분석이 필요한 부분으로 사료된다.

특이할만한 사실은 각각의 cluster에서 발견되는 작은땃쥐들의 제주도내 서식지를 살펴보면, 각각의 모계집단이 지역적으로 구분되는 것이 아니라 혼재된 양상으로 관찰되는 점이다. 예를 들어 규모가 큰 J2와 J4 집단에서는 교래리, 연동, 아라동에서 수집된 개체들이 공통으로 확인되었다(Fig. 9). 이 결과는 제주도 내에 서식하는 작은땃쥐의 모계가 각각의 지역에 완전히 격리된 상태에 있는 것이 아니라 어느 정도의 이동이 가능한 상태임을 나타내는 결과라 하겠다. 비록 연구된 시료 수가 적기는 하나 울릉도-내장산-경주에서 수집된 시료의 서열들이 모두 동일한 cluster J4에서 관찰될 뿐만 아니라 완전히 동일한 서열로 확인되었음을 감안할 때, 이들의 분포지보다 지역적으로 협소하고 거리가 가까우면서, 고립된 섬이라는 환경에 존재하면서도 다양한 모계가 출현했다는 점은 제주도 작은땃쥐 집단은 한 번의 유입 후 지역 내에서 독립적인 진화를 거쳐 여러 개의 모계로 구분되었다기보다는 다양한 지역에서 여러 차례에 걸쳐 유입되어 형성된 집단일 가능성이 더 크다고 하겠다. 이는 과거 제주도가 한반도-중국-일본과 연결된 지형이었음을 감안할 때, 여러 차례의 빙하기를 거치는 동안 수 차례에 걸친 지역 간 동물의 이동과정에서 제주도로 유입된 것으로 추정된다.

MtDNA *CYTB* 서열을 이용한 연구 결과에서 기존의 보고와의 비교를 위한 402-bp의 짧은 유전자 서열을 이용하여 다형성의 정보가 적은 면이 있으며, 모계 이외의 전체 집단에 대한 해석을 수행하지 않았다. 이에 제주도 및 한반도의 작은땃쥐의 계통 유연관계에 대한 면밀한 검토를 위해서는 대만, 중국, 일본의

시료를 확보하여 mtDNA 조절영역, Y-염색체 특이 유전자 및 핵 DNA의 정보 등을 추가하여 종합적인 분석이 수행되어야 할 것이다.



## V. 적요

본 연구는 제주도에 서식하는 작은뺏쥐 *Crocidura shantungensis* 의 형태학적 특성과 유전적 다양성을 밝히기 위하여 이루어졌다. 형태학적 분석은 제주도, 한반도, 울릉도에서 채집한 57개체, 분자유전학적 분석은 제주도에서 채집한 27 개를 이용하였다.

### 1. 제주도에 서식하는 작은뺏쥐의 형태학적 특성

암수 간 성적크기이형 현상을 분석하기 위하여 외부형태학적 형질 5개와 두개골 형태학적 형질 16개의 측정치를 비교하였다. 뒤통수뼈-앞니 사이의 길이 (CIL)에서 암수 간 유의한 차이를 나타내었고, 나머지 형질에서 암수 간 유의한 차이는 나타나지 않았다( $t$ -test,  $p > 0.05$ ). 제주도, 한반도 그리고 울릉도에서 채집한 개체의 두개골 및 하악골 측정치에 대하여 주성분분석(PCA)과 정준판별분석(CDA)한 결과, 제주도 개체군은 타지역 개체군과 명확히 구분되었으며, 두개골의 형태가 큰 것으로 나타났다.

### 2. 제주도에 서식하는 작은뺏쥐의 유전적 다양성

분자유전학적 분석은 mtDNA CYTB 유전자 402bp 절편을 이용하였다. NJ(neighbor-joining) tree에서 제주도에 서식하는 작은뺏쥐의 모계계열은 J1-J4, 4개의 cluster로 구성되어 있는 것으로 나타났다. J4 cluster의 경우 대륙(러시아, 몽골 그리고 한반도) 집단과 100% 동일한 서열이었고, J1, J2 그리고 J3 cluster는 제주도에서 채집한 개체들로만 구성되었다.

제주도와 한반도 및 울릉도 작은뺏쥐 사이의 두개골 형태학적인 차이는 지리적인 격리에 의한 것으로 판단되며, 섬 지역의 소형포유류는 형태가 커지게 되는 반면에 대형포유류는 소형화된다는 가설인 “Island Rule”을 뒷받침하는 것으로 볼 수 있다. 본 연구의 결과, 제주도에 서식하는 작은뺏쥐는 아종 수준의 분류가

가능할 것으로 사료된다. 분자유전학적 분석 결과는 작은땃쥐가 여러 가지 경로로 제주도로 유입되었을 가능성을 제시하며, 이를 규명하기 위하여 동아시아 지역 작은땃쥐의 계통 유연관계에 대한 면밀한 검토가 필요하다.



## VI. 참고문헌

- 김희선, 강문일. 1997. 국내 땃쥐(*Crocidura lasiura*)의 외형 및 두개골의 형태학적 조사. 한국수의공중보건학회지, 21: 33-40.
- 오홍식, 장민호, 김병수. 2007. 한라산 국립공원의 포유류 현황. 한국환경생태학회지, 21: 235-242.
- Churchfield, S. 1990. The natural history of shrews. Christopher Helm, A&C Black, London, 178pp.
- Fang, Y. P., L. L. Lee, F. H. Yew and H. T. Yu. 1997. Systematics of white-toothed shrews(*Crocidura*)(Mammalia: Insectivora: Soricidae) of Taiwan: karyological and morphological studies. Journal of Zoology, London, 242: 151-166.
- Goodman, S. M., C. P. Maminirina, H. M. Bradman, L. Christidis and B. R. Appleton. 2009. Patterns of morphological and genetic variation in the endemic Malagasy bat *Miniopterus gleni*(Chiroptera: Miniopteridae), with the description of a new species, *M. griffithsi*. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 48: 75-86.
- 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.
- Heaney, L. R. and R. M. Timm. 1983. Systematics and distribution of shrews of the Genus *Crocidura*(Mammalia: Insectivora) in Vietnam. Proceedings of the Biological Society of Washington, 96: 115-120.
- Iwasa, M. A., S. Ohdachi, S. H. Han, 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, Insectivora). Mammalia, 65: 451-459.

- Jiang, X. L. and R. S. Hoffmann. 2001. A revision of the white-toothed shrews(*Crocidura*) of southern China. *Journal of Mammalogy*, 82: 1059-1079.
- Kuroda, N. 1934. Korean mammals preserved in the collection of Marquis Yamashina. *Journal of Mammalogy*, 15: 229-239.
- Maldonado, J. E., F. Hertel and C. Vila. 2004. Discordant patterns of morphological variation in genetically divergent populations of Ornate shrews(*Sorex ornatus*). *Journal of Mammalogy*, 85: 886-896.
- Meiri, S., T. Dayan and D. Simberloff. 2004. Body size of insular carnivores: Little support for the Island Rule. *The American Naturalist*, 163: 469-479.
- Millien, V. 2006. Morphological evolution is accelerated among island mammals. *Public Library of Science Biology*, 4: 1863-1868.
- Motokawa, M., S. Hattori, H. Ota and T. Hikida. 1996. Geographic variation in the Watase's shrew *Crocidura watasei*(Insectivora, Soricidae) from the Ryukyu Archipelago, Japan. *Mammalia*, 60: 243-254.
- Motokawa, M., H. Suzuki, M. Harada, L. K. Lin, K. Koyasu and S. Oda. 2000. Phylogenetic relationships among east Asian species of *Crocidura*(Mammalia, Insectivora) inferred from mitochondrial cytochrome *b* gene sequences. *Zoological Science*, 17: 497-504.
- Motokawa, M. 2003. Geographic variation in the Japanese white-toothed shrew *Crocidura dsinezumi*. *Acta Theriologica*, 48: 145-156.
- Motokawa, M., L. K. Lin, M. Harada and S. Hattori. 2003. Morphometric geographic variation in the Asian lesser white-toothed shrew *Crocidura shantungensis*(Mammalia, Insectivora) in east Asia. *Zoological Science*, 20: 789-795.
- Motokawa, M., H. T. Yu and M. Harada. 2005. Diversification of the white-toothed shrews of the genus *Crocidura*(Insectivora: Soricidae) in east and southeast Asia. *Mammal Study*, 30: 53-64.

- 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. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 47: 373-386.
- Ohdachi, S. D., H. Abe and S. H. Han. 2003. Phylogenetical Positions of *Sorex* sp.(Insectivora, Mammalia) from Cheju Island and *S. caecutiens* from the Korean Peninsula, inferred from mitochondrial cytochrome *b* gene sequences. Zoological Science, 20: 91-95.
- Ohdachi, S. D., M. A. Iwasa, V. A. Nesterenko, H. Abe, R. Masuda and W. Haberl. 2004. Molecular phylogenetics of *Crocidura* shrews(Insectivora) in east and central Asia. Journal of Mammalogy, 85: 396-403.
- Pankakoski, E. 1989. Variation in the tooth wear of the shrews *Sorex araneus* and *S. minutus*. Annales Zoologici Fennici, 26: 445-457.
- White, T. A. and J. B. Searle. 2007. Factors explaining increased body size in common shrews(*Sorex araneus*) on Scottish islands. Journal of Biogeography, 34: 356-363.
- 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.
- Won, C. and K. G. Smith. 1999. History and current status of mammals of the Korean Peninsula. Mammal Review, 29: 3-33.
- Wolsan, M. and R. Hutterer. 1998. A list of the living species of shrews. *In*: Wojcik, J. and M. Wolsan(ed.), Evolution of shrews, Mammal Research Institute, Polish Academy of Science, Bialowieza, Poland, pp. 425-447.

## 감사의 글

먼저, 석사과정을 무사히 마칠 수 있도록 하신 하나님께 감사를 드립니다.

항상 막내아들의 결정을 존중해주시고 믿음으로 지켜봐 주신 부모님, 남들과 조금 다른 길을 선택한 저에게 응원을 아끼지 않으셨고, 매순간 저를 위해 기도해 주신 은혜에 깊은 감사를 드리고 사랑합니다. 그리고 부족한 동생이 공부를 계속한다고 하였을 때, 세상 그 누구보다도 환영해주고 항상 의지를 잃지 않도록 격려해주고 후원해주던 형에게 감사드립니다. 학생이라고 하시며 나이가 찬 조카에게 아직도 용돈을 챙겨주시는 이모님, 고모님들 항상 건강하시고, 은혜에 보답하겠습니다.

대학교 입학이후 지금까지 바로 옆에서 지도해주신 오홍식 교수님, 교수님께서 계셨기 때문에 제가 지금껏 공부할 수 있었습니다. 대학원 생활동안 연구자로서 포유류에 대한 깊은 지식을 나누어 주시고, 세상을 살아가는 한 사람으로써 저에게 본을 보여주신 그 가르침에 고개 숙여 깊은 감사를 드립니다. 지도교수님으로써 사소한 것 하나 놓치지 않고 챙겨주시고, 각별히 생각해 주신 이선령 교수님, 그 은혜에 감사드리는 마음은 글로 다 표현하지 못할 것입니다. 입학할 때부터 신경써주시고 부족한 논문이 완성될 때까지 심사해주신 김세재 교수님께도 머리 숙여 깊은 감사를 드립니다. 그리고 연구자의 소양에 대하여 말씀해주시고, 부족한 저의 연구에 관심을 가져주신 김원택 교수님께도 감사를 드립니다. 특별히 제 논문에 대하여 자문해주시고, 형태학적 분석 기법에 대하여 지도해주신 교토대학교 Masaharu Motokawa 교수님께 감사드립니다.

생물학에 대한 폭넓은 지식을 가르쳐 주신 오덕철 교수님, 김문홍 교수님, 고석찬 교수님, 이화자 교수님, 김명숙 교수님께도 감사의 말씀을 드리고 싶습니다. 아들처럼 대해주시고 대학원 생활동안 지켜봐 주신 정충덕 교수님, 강동식 교수님께 감사를 드리고, 바쁜 와중에도 저의 안부를 물으시며 격려해주신 임평옥 교수님, 이순동 교수님께도 감사를 드립니다.

대학원 생활 중 가장 기억에 남는 추억은 실험실 선배님들과 함께 웃고, 땀 흘리던 순간들입니다. 항상 맛집으로 인도하셨던 고영민 선생님, 장마철 땀팡이

조사 때 비를 흠뻑 맞고도 즐거웠던 순간을 함께하신 고상범 선생님, 항상 많은 도움을 주시는 김완병 박사님, 김병수 선생님과 가파도의 추억, 올해 한 여름을 트랩과 함께 보내시고, 부족한 저를 이끌어 졸업시켜 주시려고 애쓰신 한상현 박사님, 제 조사를 위해서 길도 없는 물영아리 한 가운데서 덩불을 헤치며 앞장서 시던 김영호 선배님, 제가 진로를 정하는데 결정적인 역할을 하시고 몇 년간 전국 곳곳을 함께 다녔던 장민호 선배님, 항상 즐거움을 주셨던 강택중 선배님과 김동민 선배님, 굵은 일을 함께하고 항상 함께 울고 웃던 수곤이형, 올 여름 DNA 분리에 최선을 다한 수영이, 제일 힘든 야외조사를 열심히 함께한 막내들 다훈이와 소진이, 아열대연구소 성년이, 철수형, 운용이형, 승철이형, 강희형, 성한이형, 그리고 고마운 후배 수진이를 비롯한 많은 생태방 선후배님들, 이외에도 함께한 실험실 후배들을 포함하여 모든 분들에게 진심으로 감사를 드립니다.

멀리 떨어져 있지만 감사의 말씀을 전하고 싶은 분들이 계십니다. 항상 귀감이 되는 말씀을 해주시는 국립생물자원관 한상훈 박사님과 한라산연구소 오장근 박사님, 생물종다양성연구소 정용환 박사님, 연구자의 모습을 몸소 보여주시고 가장 닳고싶은 국립공원연구원 송재영 박사님, 매번 잊지 않고 찾아주시는 제주 생물종다양성연구소 양경식 선배님과 오대주 선생님, 2박 3일 동안 GIS를 기꺼이 가르쳐 주시고 항상 웃으며 반겨주시는 강원대학교 이정현 선생님, 강원대학교 김대인 선배님, 포유류에 대한 많은 지식을 알려주신 국립공원 정철운 선생님과 서울대학교 박용수 박사님 정말 감사합니다. 그리고 생물학과 정찬 형님, 효민, 윤석, 구슬, 윤실이를 비롯한 대학원 동기분들, 생물학과 생명공학실험실 성훈이형을 비롯한 선후배님들께도 저를 많이 챙겨주신데 대해 깊은 감사드립니다. 언제 찾아가도 반겨주고 즐겁게 해주었던 저의 고향 친구들 경대, 광덕, 현석, 용석, 재필, 금민, 세훈, 용택, 병훈 그리고 종덕이형, 고마운 대학 동기들 정훈, 성엽, 지훈, 봉현, 승환이와 후배 성준이에게도 감사의 말을 전합니다. 마지막으로, 대학원 생활동안 가장 힘이 되어주었고, 모든 고민을 들어주고 가장 많은 생각을 저와 함께 해준 현주에게도 마음 깊이 새겨진 감사의 마음을 전하고 싶습니다.

이제 새로운 시작을 준비하고 있습니다. 지금까지 지켜봐 주시고 도움을 주신 모든 분들께 다시 한 번 깊은 감사를 드리고, 부족하지만 기대에 어긋나지 않도록 열정을 가지고 더 노력하겠습니다.