



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 흰배윗수염박쥐 (*Myotis  
bombinus*)의 외부형태학적 특성

제주대학교 교육대학원

생물교육전공

오 승 길

2016년 8월



# 제주도산 흰배윗수염박쥐(*Myotis bombinus*)의 외부형태학적 특성

지도교수 오 홍 식

오 승 길

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

2016년 6월

오승길의 교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

제주대학교 교육대학원

2016년 6월

External Morphological Characteristics of *Myotis  
bombinus* in Jeju island, Korea

Seung-Gil Oh  
(Supervised by Professor Hong-Shik Oh)

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

2016. 6.

This thesis has been examined and approved.

---

Thesis director, Keun-Jae Ahn, Prof. Faculty of Science Education

---

---

---

Department of Biology Education  
GRADUATE SCHOOL OF EDUCATION  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

<국문초록>

# 제주도산 흰배윗수염박쥐(*Myotis bombinus*)의 외부형태학적 특성

오 승 길

제주대학교 교육대학원 생물교육전공

지도교수 오 홍 식

이 연구는 제주도산 흰배윗수염박쥐의 서식지 분포 현황과 채집시기와 성별에 따른 외부 형태 형질 변이를 밝히고, 제주도 집단과 타 지역 집단의 형태학적 차이를 규명하기 위하여 이루어졌다. 조사는 2014년 3월부터 2016년 4월까지 용암동굴(13개; lava tube, LT), 인공 진지동굴(18개; cave encampment, CE), 해식동굴(2개; sea cave, SC), 퀘(2개; natural cavelet, NC) 등 총 35개 지역에서 이루어졌다. 서식지 분포를 조사한 결과, 총 9개 지역에서 확인되었고, 해식동굴과 퀘에서는 발견되지 않았으며, 인공 진지동굴과 용암동굴에서 관찰되었다. 이들 중 일부는 주간에 인공 진지동굴이나 용암동굴의 내부 천정에서 군집을 이룬 상태로 관찰되었고, 시기별로는 주로 활동기인 5월-8월에 관찰 개체수가 많았다. 형태 형질 측정치의 집단 간 비교결과, 체형을 나타내는 항목인 머리-몸통의 길이(HBL)와 꼬리 길이(TL)중 HBL은 일본 집단( $48.17 \pm 2.563\text{mm}$ )이 다소 길고, 제주도 집단( $47.65 \pm 4.262\text{mm}$ ), 몽골 집단( $46.9 \pm 0.1\text{mm}$ )은 일본 집단과 비슷하나, 한반도 집단( $42.89 \pm 2.77\text{mm}$ )은 상대적으로 다소 짧은 수준을 보였다. TL은 제주도 집단( $44.94 \pm 3.854\text{mm}$ ), 일본 집단( $44.83 \pm 2.714\text{mm}$ )이 몽골 집단( $43.85 \pm 1.1\text{mm}$ ), 한반도 집단( $41.35 \pm 14\text{mm}$ )보다 다소 길었다. 전반적으로 제주도와 일본 등 섬 집단이 한반도와 몽골 등 대륙 집단에 비해 HBL과 TL이 다소 긴 양상을 나타내었다. 이러한 결과는 제주도 흰배윗수염박쥐 집단이 과거 제주도로 유입된 이후 오랜 시간 동안 섬 환경에 적응하면서 대륙 집단에 비해 몸의 크기가 커지는 섬 생물 특유

의 특성을 보이게 된 것이라 판단되었다. 흰배윗수염박쥐의 암수 외부 형태 형질을 비교한 결과, BW, HBL, TL, D4, D5에서 유의적인 차이를 보였다( $P<0.05$ ). 암컷이 수컷보다 BW, HBL, TL, D4, D5가 더 길어, 몸이 더 크고, 날개의 면적이 더 넓은 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 암컷에서 우세한 성적 크기 이형이 새끼를 보호하거나 양육하는 과정에서 필요한 먹이공급이나 비행능력의 향상과 관련된 것으로 생각된다. 향후 여러 지역 집단에서 충분한 시료와 암수의 성적 크기 이형과 관련된 번식행동이나 자손의 성장 등에 관한 생태적인 정보들이 보완된다면, 흰배윗수염박쥐의 지리적 형태변이, 성적 크기 이형과 생태적 특성의 상관관계를 설명할 수 있는 좋은 자료가 마련될 것으로 기대된다.

# 목 차

국문초록 .....	i
목 차 .....	iii
List of Tables .....	iv
List of Figures .....	v
I. 서 론 .....	1
II. 재료 및 방법 .....	4
1. 조사지역 .....	4
2. 조사방법 .....	6
3. 외부형태 형질 측정 .....	6
4. 집단 간 외부 형태 비교 .....	8
5. 암수의 성별 형태 비교 .....	8
III. 결과 및 고찰 .....	10
1. 제주도 흰배윗수염박쥐의 외부형태 관찰 .....	10
2. 제주도 집단과 타지역 집단 비교 .....	13
3. 제주도 흰배윗수염박쥐 집단의 암수 간 형태 비교 .....	19
IV. 참고문헌 .....	24
Abstract .....	33

## List of Tables

Table 1. Location and type of survey sites in this study .....	5
Table 2. Collection site and number of the <i>M. bombinus</i> specimens used in this study .....	10
Table 3. External morphological characters of <i>M. bombinus</i> in Jeju island .....	12
Table 4. External morphological characters of the <i>M. bombinus</i> populations from Mongol, Japan and South Korea (Korean Peninsula and Jeju Island) .....	14
Table 5. Comparison of the external morphological characters between both sexes of <i>M. bombinus</i> collected in Jeju Island .....	20



## List of Figures

Figure 1. Distribution map of <i>M. bombinus</i> in the world .....	2
Figure 2. Survey and collection sites in this study .....	4
Figure 3. The positions of each measurement of external morphological characters .....	7
Figure 4. <i>M. bombinus</i> found in Jeju Island .....	11
Figure 5. Comparison of external morphological characters among the <i>M. bombinus</i> populations of Mongol, Japan and South Korea (Korean Peninsula and Jeju Island) .....	15
Figure 6. Sexual size dimorphic indexes between males and females of <i>M. bombinus</i> .....	21
Figure 7. Monthly change of body weights in males and females of <i>M. bombinus</i> .....	21

## I. 서론

제주도는 화산활동에 의해 생성된 섬으로 중심에는 한라산(해발 1,950m)이 위치하고 있다. 제주도의 생성과정에서 한라산과 360 여개의 오름, 150개 이상의 천연동굴이 생성되었다(문화재청, 2003; 손, 2006). 제주도에는 화산활동으로 생성된 천연동굴 이외에도 일제 강점기 때 만들어진 인공 진지동굴이 산재해 있다(조, 2007). 제주도 각처에 분포하는 동굴들에서는 박쥐류를 비롯한 다양한 동물들이 발견되고 있다. 특히 박쥐류는 겨울철 동면지 뿐만 아니라 여름철 활동지로 동굴을 이용하고 있다(오, 2002, 2004, 2013; 박 등, 2015).

제주도 육상포유동물은 제주도 고유의 자연환경과 오랫동안 한반도로부터 지리적으로 격리되어 있었다는 면에서 제주도 특유의 생물학적 특성이 나타나 국내외 학자의 연구대상이 되어 왔다. 제주도 박쥐류에 대한 연구보고는 큰수염박쥐(*Myotis mystacinus*), 관박쥐(*Rhinolophus ferrumequinum*)의 채집 기록에서부터 시작되었다(Mori, 1928). 이후 한라산국립공원과 천연동굴에 대한 학술조사의 일환으로 연구되어 왔으며, 현재까지 관박쥐과(Rhinolophidae) 1종, 큰귀박쥐과(Molossidae) 1종, 애기박쥐과(Vespertilionidae) 13종 등 총 3과 7속 15종이 보고되었다(원과 우, 1958; 원, 1967; 남궁, 1981; 손, 1981; 채와 박, 1988; 양과 홍, 1988; 오, 2002, 2004; 윤 등, 2004; Koyanagi *et al.*, 2009; 한 등, 2011). 최근 박 등(2015)는 현장조사와 표본 확인을 통하여 3과 6속 8종이 제주도 서식을 재확인하였고, 김 등(2015)은 대륙쇠큰수염박쥐(*M. aurascens*)의 서식을 추가로 보고하였다.

애기박쥐과(Vespertilionidae) 윗수염박쥐속(*Myotis*)에 속하는 흰배윗수염박쥐(*M. bombinus*)는 아무르박쥐(*M. nattereri amuresis*), 속리산애기박쥐나 속리산윗수염박쥐(*M. nattereri bombinus*)(Kishida, 1927; 남궁, 1981; 손, 1981; 채와 박, 1988; 양과 홍, 1988; 오, 2004; 윤, 2004, 2010; 한 등, 2011) 등 여러 가지 국명과 학명으로 기재되기도 하였다. 학자 간에 동종이명으로 사용된 사례들이 많았으나 Horacek와 Hannk(1984)는 독립된 종(*Myotis bombinus*)으로 기재하였으며, Ruedi *et*

al.(2013)은 유럽과 아시아 집단의 유전적 차이가 있어, 아시아 집단을 *M. nattereri*와 *M. bombinus*가 구분되어야 한다고 제안하였다. 현재 아시아 집단은 *M. bombinus*로 분류하고 있다.

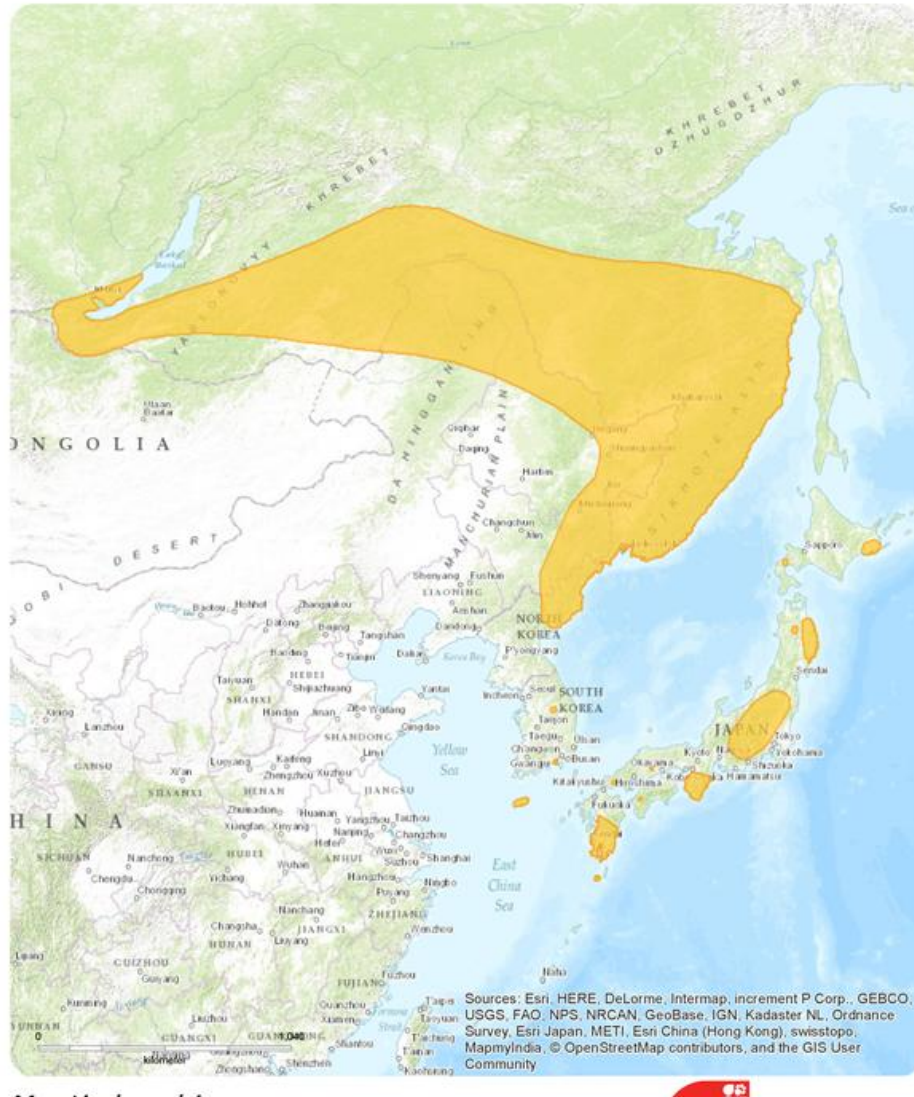


Fig. 1. Distribution map of *M. bombinus* in the world(<http://www.iucnredlist.org/>).

흰배윗수염박쥐는 시베리아 전역, 러시아의 태평양 연안, 중국의 북동부 헤이룽장과 지린, 일본의 홋카이도, 혼슈, 시코쿠, 규슈, 야쿠시마 섬 등에 서식하고 (Fig. 1), 한국에서는 제주도를 포함한 전국에서 관찰되며, 내륙보다는 제주도에 서 더 많이 서식하는 것으로 알려져 있다(Abe *et al.*, 2005; 윤, 2010). 제주도에서

흰배윗수염박쥐는 남궁(1981)이 처음 보고하였고, 이후 손(1981)과 채와 박(1988), 양과 홍(1988)에 의해 보고되었으며, 2000년대 이후에도 지속적으로 관찰되고 있다(오, 2002, 2004, 2013; 오 등, 2007; Koyanagi *et al.*, 2009; Jo *et al.*, 2012; 박 등, 2015).

하지만 제주도에 서식하는 흰배윗수염박쥐 종의 특징을 설명할 수 있는 자료는 이루어지지 않은 실정이다. 이에 본 연구는 제주도 흰배윗수염박쥐 집단 외 부형태를 다른 지역에서 보고된 결과들과 비교하여 제주도 집단의 형태학적 특징과 암수 간 성적크기이형 여부를 조사하여 종적 특성을 밝히고, 생물다양성 보호에 필요한 자료를 제공하기 위하여 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사 지역

조사는 2014년 3월부터 2016년 4월까지 제주시 19개 지역, 서귀포시 16개 지역을 선정하여 이루어졌다(Fig. 2, Table 1). 조사지 유형으로는 용암동굴(13개; lava tube, LT), 인공 진지동굴(18개; cave encampment, CE), 해식동굴(2개; sea cave, SC), 궤(2개; natural cavelet, NC) 등을 포함하였다.

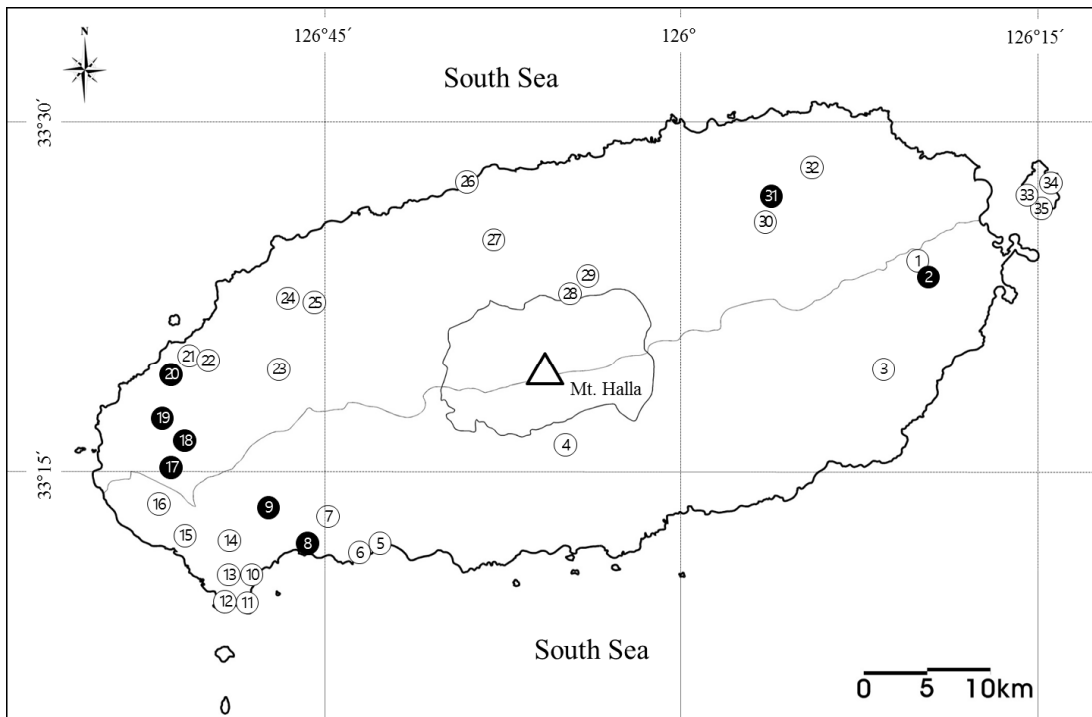


Fig. 2. Survey and collection sites in this study. Circles indicate survey site, and dark circles are collection sites of *M. bombinus* in this study. The number of each site are given in Table 1. All abbreviations of site types are given in the Materials and Methods section.

Table 1. Location and type of survey sites in this study

Site no.	Survey site		Site type			
	Name	Location	LT	SC	CE	NC
1	Uitbeolari-gul	Susanri, Seongsan-eup, Seogwipo-si	○			
2	Albeolari-gul	Susanri, Seongsan-eup, Seogwipo-si	○			
3	Micheon-gul	Samdalri, Seongsan-eup, Seogwipo-si	○			
4	Miaksan-gul	Topyeong-dong, Seogwipo-si	○			
5	Daramjui-gul	Saikdal-dong, Seogwipo-si		○		
6	Gaetgat-donggul	Saikdal-dong, Seogwipo-si		○		
7	Gunsan	Changcheonri, Andeok-myeon, Seogwipo-si			○	
8	Wolrabong	Gamsanri, Andeok-myeon, Seogwipo-si			○	
9	Non-oreum	Sangchangri, Andeok-myeon, Seogwipo-si			○	
10	Dongal-oreum	Sangmori, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
11	Songaksan shore	Sangmori, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
12	Songaksan	Sangmori, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
13	Seotal-oreum	Sangmori, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
14	Dansan	Sagyeri, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
15	Gasiak	Dongilri, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
16	Noknambong	Sindori, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
17	Saesin-oreum	Cheongsuri, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
18	Gama-oreum	Cheongsuri, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
19	Igye-oreum	Cheongsuri, Daejeong-eup, Seogwipo-si			○	
20	Handuel-gul	Wolryeongri, Hallim-eup, Jeju-si	○			
21	Ssangyong-gul	Hyeopjaeri, Hallim-eup, Jeju-si	○			
22	Hyeopjae-gul	Hyeopjaeri, Hallim-eup, Jeju-si	○			
23	Guem-oreum	Geumakri, Hallim-eup, Jeju-si			○	
24	Bongseongri-gweoi 1	Geumseongri, Aewol-eup, Jeju-si				○
25	Bongseongri-gweoi 2	Geumseongri, Aewol-eup, Jeju-si				○
26	Dodubong	Dodu-dong, Jeju-si			○	
27	Gwangi-oreum	Yeon-dong, Jeju-si			○	
28	Seosambong	Odeung-dong, Jeju-si			○	
29	Sameuiak	Ara-dong, Jeju-si			○	
30	Utsanjeon-gul	Deokcheonri, Gujwa-eup, Jeju-si	○			
31	Buk-oreum-gul	Deokcheonri, Gujwa-eup, Jeju-si	○			
32	Manjang-gul	Weoljeongri, Gujwa-eup, Jeju-si	○			
33	Udo prehistoric site	Yeonpyeongri, Udo-myeon, Jeju-si	○			
34	Udo-gul	Yeonpyeongri, Udo-myeon, Jeju-si	○			
35	Udobong-gul	Yeonpyeongri, Udo-myeon, Jeju-si	○			

The number of each site are marked in Fig. 2. All abbreviations of site types are given in the Materials and Methods section.

## 2. 조사방법

박쥐류 서식 확인을 위한 현장조사는 대상 지역을 직접 방문하여 박쥐류 서식과 개체수 확인한 후 hand-net 포획법(Kunz and Kurta, 1988)을 이용하였다. 현장에서 포획된 박쥐는 포획일, 포획지점, 성별을 기록하고, 외부 형태를 측정하였다. 포획한 개체 중 일부(2-3개체/지역)는 실험실로 옮겨 다시 종 동정과 외부 형태를 측정하였다. 측정을 마친 시료는 90% ethanol로 액침표본을 제작하여 보관하였다.

## 3. 외부형태 형질 측정

외부 형태형질에 대한 측정과 용어는 Yoshiyuki(1989)와 윤(2010)을 참고하였으며, 전체 14가지 형질을 측정하였다(Fig. 3). 단, 몸 전체의 길이(whole body length, WBL)은 HBL과 TL을 합산한 값을 이용하였다.

- 체중(body weight, BW)
- 머리-몸통의 길이(head-body length, HBL)
- 꼬리의 길이(tail length, TL)
- 몸 전체의 길이(whole body length, WBL)
- 앞팔의 길이(forearm length, FAL)
- 상완의 길이(humerus length, Hum)
- 귀의 길이(ear length, EL)
- 이주의 길이(tragus length, Tra)
- 종아리의 길이(tibia length, Tib)
- 첫 번째 손가락의 길이(1st digit length, D1)

- 두 번째 손가락의 길이(2nd digit length, D2)
- 세 번째 손가락의 길이(3rd digit length, D3)
- 네 번째 손가락의 길이(4th digit length, D4)
- 다섯 번째 손가락의 길이(5th digit length, D5)

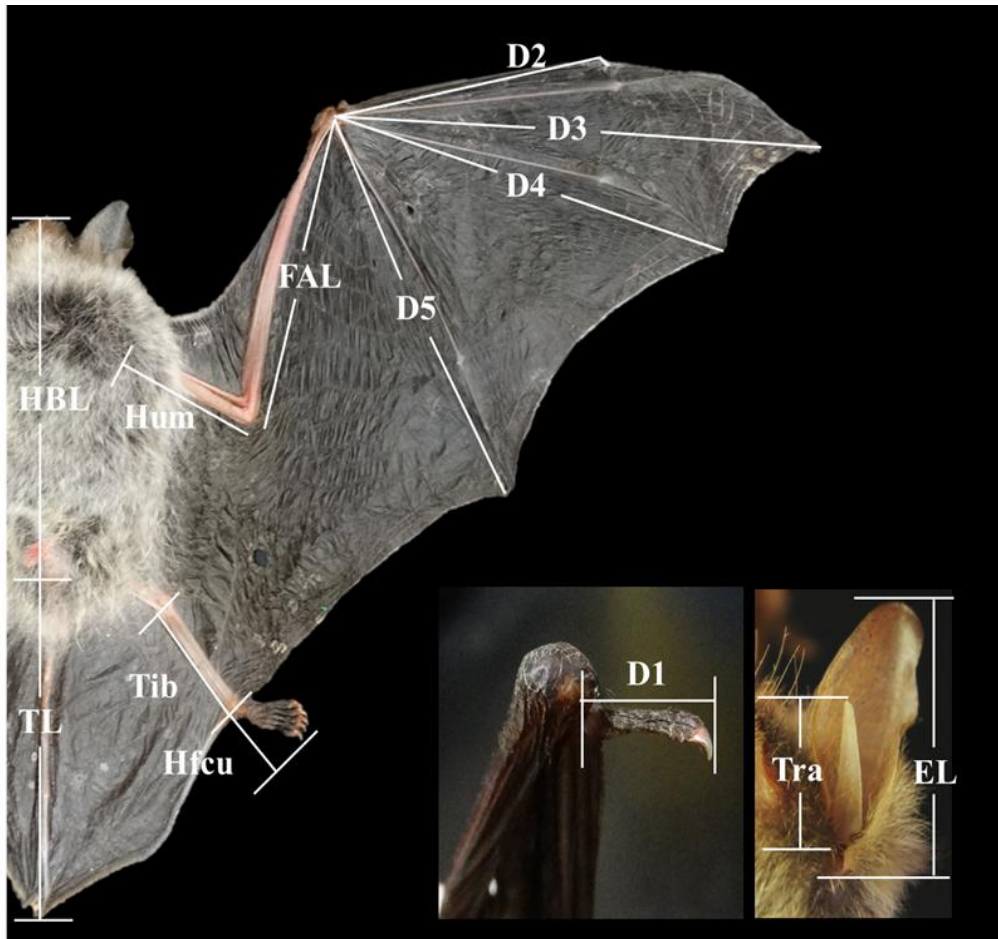


Fig. 3. The positions of each measurement of external morphological characters. HBL, head-body length; FAL, forearm length; Hum, Humerus length; TL, tail length; EL, ear length; Tra, tragus length; Tib, tibia length; D1, 1st digit length; D2, 2nd digit length; D3, 3rd digit length; D4, 4th digit length; D5, 5th digit length.

외부 형태형질의 비례적인 관계에 대한 비교를 위하여 BTR (머리-몸통의 길이에 대한 꼬리 길이의 비율), ETR (귀의 길이에 대한 이주길이의 비율), D35R (다



섯 번째 손가락의 길이에 대한 세 번째 손가락의 길이의 비율)등을 산출하였다. 체중은 전자저울(MW11300, Cas, Korea)을 이용하여 0.1g 단위까지, 길이는 디지털 캘리퍼스(500-181-20, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 0.01mm 단위까지 측정하였다.

#### 4. 집단 간 외부 형태 비교

흰배윗수염박쥐의 제주도 집단과 타 지역 집단의 외부 형태 형질의 크기를 비교하기 위하여 각 형질별 평균값의 백분율 크기차이 지수(size difference index, SDI)를 고안하여, 제주도 집단에서 산출된 측정값의 평균과 타 지역 집단에서 보고된 외부 형태형질의 평균을 비교하였다.

$$Y_k = \frac{\overline{X_{ak}}}{\overline{X_{jk}}} \times 100 (\%)$$

여기서,  $k$ 는 개별 형질,  $\overline{X_{ak}}$ 는  $a$ 집단의  $k$ 형질의 평균값,  $\overline{X_{jk}}$ 는 제주도 집단의  $k$ 형질의 평균값을 의미한다. 즉, 제주도 집단의 평균값은 100으로 환산되며 제주도 집단보다 큰 경우 100 이상의 값, 작은 경우는 100 이하의 값을 나타낸다.

#### 5. 암수의 성별 형태 비교

제주도 흰배윗수염박쥐 집단에서 암수 성별에 따른 크기 차이 비교를 위한 통계 분석은 Student's  $t$ -test를 사용하였다(SPSS Statistics, ver. 19.0). 유의성 검사는 95% 신뢰수준에서 수행하였다. 성별에 따른 크기 차이의 정도를 알아보기 위하

여 각 형질에 대한 성적 크기이형지수(sexual size dimorphism Index, SSDI) (Levenson, 1990; Zidarova, 2015)를 산출하여 비교하였다.

$$SSDI = \left( \frac{\overline{X}_f}{\overline{X}_m} - 1 \right) \times 100$$

여기서,  $\overline{X}_m$ =수컷 형질의 평균,  $\overline{X}_f$ =암컷 형질의 평균을 나타내며, 암컷의 평균이 수컷의 평균보다 클 경우 양의 값(+)으로, 수컷의 평균이 암컷보다 클 경우 음의 값(-)으로 산출된다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 제주도 흰배윗수염박쥐의 외부형태 관찰

현장 조사를 통해 제주도 내 흰배윗수염박쥐의 서식이 확인된 지역은 총 9개 지역으로, 용암동굴 4개 지역(한들굴, 벌라릿굴, 북오름굴, 윗산전굴)과 인공진지 동굴 5개 지역(이계오름, 가마오름, 새신오름, 월라봉, 논오름)이었다(Fig. 2). 집단 서식이 확인된 8개 지역에서 성체인 암컷과 수컷의 외부 형태를 측정된 결과는 Table 2에 제시한 바와 같다.

Table 2. Collection site and number of the *M. bombinus* specimens used in this study

Site name	Collection site		No. of individuals		
	Site no. <sup>1</sup>	Site type	Female	Male	Sum
Albeolari-gul	2	Lava tube		12	12
Wolrabong	8	Cave encampment		9	9
Nonoruem	9	Cave encampment		6	6
Saesinoruem	17	Cave encampment	28		28
Gamaouem	18	Cave encampment	2	13	15
Igyeoreum	19	Cave encampment		3	3
Handeul-gul	20	Lava tube	15		15
Bukoruem-gul	31	Lava tube	30	3	33
Others			2	2	4
Sum			77	52	136

<sup>1</sup>, the numbers of survey sites are same with those given in Fig. 2.

현장 조사에서 관찰된 흰배윗수염박쥐는 적게는 10-15개체, 많게는 100개체 이상 집단으로 발견되었고, 간혹 수컷이 1개체씩 관찰되기도 하였다. 흰배윗수염박

귀의 외부 형태는 몸통은 털로 덮여있었고, 몸의 등쪽은 옅은 갈색, 배쪽은 백색에 가까우며, 털의 선단부와 기부색이 다르게 나타났다(Fig. 4A). 흰배윗수염박쥐는 특징적으로 큰 이주(tragus)와 퇴간막(interfemoral membrane) 후연에 털이 있어 종의 형태적 동정에 이용되고 있다(Wallin, 1969); 윤 등, 2004; 윤, 2010). 관찰된 흰배윗수염박쥐 모두에서 길고 끝이 둥근 귀와 폭이 좁고 끝이 날렵한 이주가 관찰되었고, 이주의 길이는 귀의 1/2 이상으로 나타났으며(Fig. 4A), 퇴간막 후연에 짧은 털이 열을 지어 나 있는(Fig. 4B) 형태를 보였다.

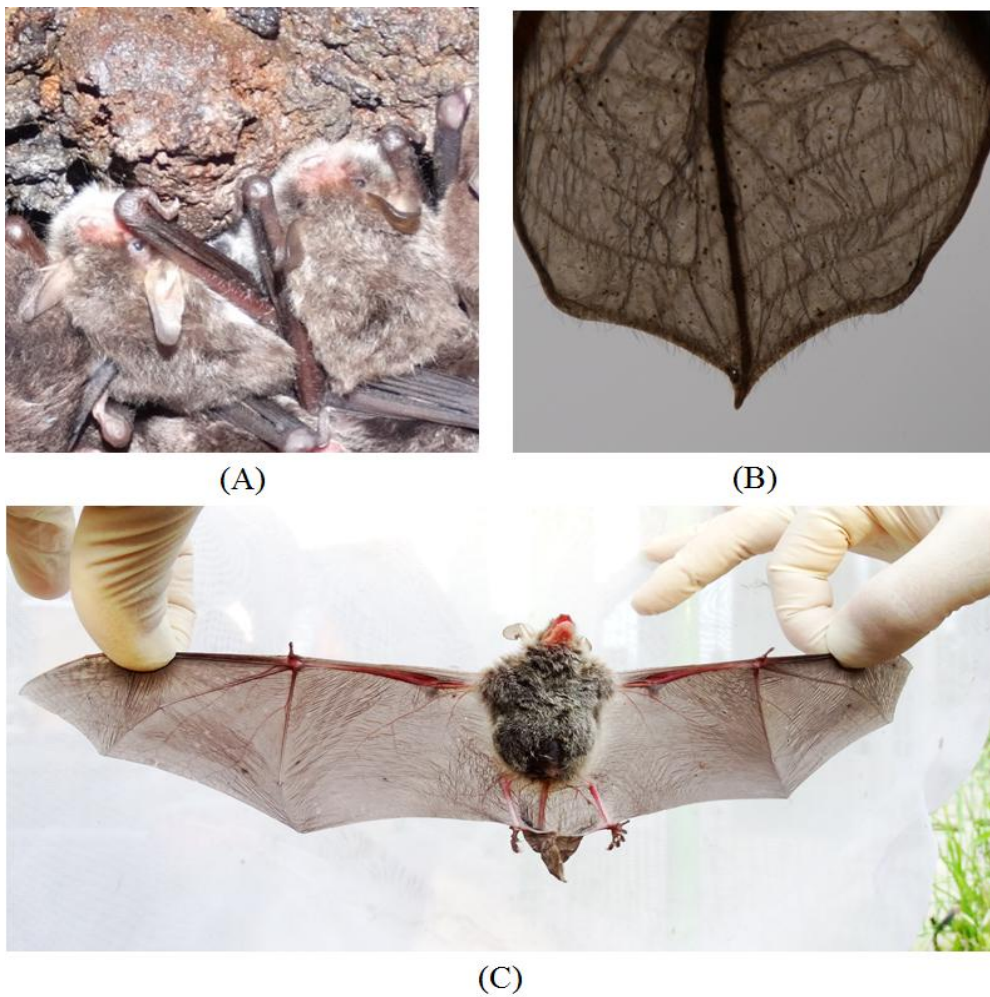


Fig. 4. *M. bombinus* found in Jeju Island. (A), a group of *M. bombinus* found in Saesinoreum cave encampment in December, 2015; (B), the posterior of interfemoral membrane with its fringe of hairs; (C), an female pregnant in May, 2015.

박쥐류에서 털의 색, 이주의 모양과 길이, 퇴간막 후연의 털, 꼬리의 모양, 비막이 붙는 위치 등은 종마다 서로 달라 분류의 기준이 되고 있다. 제주도에서 관찰된 흰배윗수염박쥐의 외형적인 형태는 기존의 연구보고들(Wallin, 1969; Yoshiyuki, 1989; 윤 등, 2004; Dietz and von Helversen, 2004; 윤, 2010)과 유사한 결과로 나타났다.

흰배윗수염박쥐의 외부형태 형질을 측정한 결과는 Table 3에 제시하였다. BW는 5.30-11.80g 사이였으며, 평균  $7.92 \pm 1.144$ g을 나타내었다. HBL은 38.79-52.20mm, 평균  $47.65 \pm 4.262$ mm를 나타내었고, TL은 31.14-54.60mm, 평균  $44.94 \pm 3.854$ mm를 나타내었다. TL/HBL은  $94.57 \pm 8.690\%$ 로 꼬리의 길이가 머리-몸통의 길이의 90%를 넘는 것으로 확인되었다. EL은  $16.14 \pm 1.452$ mm, Tra는  $9.89 \pm 1.143$ mm이며, 이주의 길이가 귀의 길이의 50%이상을 차지하였다(ETR,  $61.51 \pm 6.859\%$ ).

Table 3. External morphological characters of *M. bombinus* in Jeju island.

Trait <sup>1</sup>	n	Range	Mean±SD
BW	121	5.30-11.80	$7.92 \pm 1.144$
HBL	133	38.79-52.20	$47.65 \pm 4.262$
TL	131	31.14-54.60	$44.94 \pm 3.854$
TL/HB	131	61.32-120.00	$94.57 \pm 8.690$
WBL	131	73.98-143.17	$92.63 \pm 6.594$
BTR	131	38.01-54.55	$48.50 \pm 2.383$
EL	135	12-20.94.00	$16.14 \pm 1.452$
Tra	135	5.89-12.91	$9.89 \pm 1.143$
ETR	135	39.92-76.87	$61.51 \pm 6.859$
FAL	135	33.97-43.61	$40.77 \pm 1.441$
Hum	135	19.02-42.03	$25.25 \pm 2.430$
D1	133	4.06-8.61	$6.40 \pm 0.772$
D2	135	22.14-43.02	$35.14 \pm 2.581$
D3	134	34.65-71.14	$65.34 \pm 6.019$
D4	135	38.90-60.75	$55.67 \pm 2.800$
D5	135	27.25-81.94	$54.72 \pm 4.098$
D35R	134	63.31-261.06	$120.15 \pm 16.379$
Tib	135	15.42-30.02	$17.87 \pm 1.437$

<sup>1</sup>, abbreviations of each trait are shown in the Materials and Methods section.

HBL은 윤 등(2004)의 자료에서 기술된 수준(37-48mm)보다 더 큰 수준을 보였으나, TL은 유사한 결과를 보였다. 귀의 길이에 대한 이주의 길이가 절반을 넘는다는 것은 흰배윗수염박쥐의 대표적인 외부형태의 특징 중 하나로, 제주도 집단의 귀-이주 비율이 약 60%를 넘는다는 기존의 연구결과(Wallin, 1969; Yoshiyuki, 1989; 윤 등, 2004; Dietz and von Helversen, 2004; 윤, 2010)와 유사한 것으로 나타났다.

## 2. 제주도 집단과 타 지역 집단 비교

제주도 집단의 외부 형태 측정결과를 다른 지역, 한반도(윤, 2010), 몽골(Jargalsaikhan, 2016), 일본(Wallin, 1969)에서 보고된 자료들과 표현형의 범위, 평균, 크기이형지수(SDI)를 이용하여 비교하였다(Table 4, Fig. 5).

체형을 나타내는 항목인 머리-몸통의 길이(HBL)와 꼬리의 길이(TL)에 대한 비교에서, HBL은 일본 집단( $48.17 \pm 2.563\text{mm}$ )이 다소 길고, 제주도 집단( $47.65 \pm 4.262\text{mm}$ ), 몽골 집단( $46.9 \pm 0.1\text{mm}$ )은 일본 집단과 비슷하나, 한반도 집단( $42.89 \pm 2.77\text{mm}$ )은 상대적으로 다소 짧은 수준을 보였다(Fig. 5A). TL은 제주도 집단( $44.94 \pm 3.854\text{mm}$ ), 일본 집단( $44.83 \pm 2.714\text{mm}$ )이 몽골 집단( $43.85 \pm 1.1\text{mm}$ ), 한반도 집단( $41.35 \pm 14\text{mm}$ )보다 다소 긴 양상을 보였다(Fig. 5B). 전반적으로 제주도와 일본 등 섬 집단이 한반도와 몽골 등 대륙 집단에 비해 HBL과 TL이 다소 긴 양상을 나타내었다.

귀(EL)와 이주(Tra)에 대한 형질 측정치에 대한 비교에서, EL은 일본 집단( $16.36 \pm 0.490\text{mm}$ )과 제주도 집단( $16.14 \pm 1.452\text{mm}$ )은 유사하였으며, 몽골 집단( $15.05 \pm 2.25\text{mm}$ )과 한반도 집단( $14.91 \pm 1.74\text{mm}$ )이 유사하게 나타났고, 일본 집단과 제주도 집단보다 다소 작은 수준을 보였다(Fig. 5C). Tra는 제주도 집단( $9.89 \pm 1.143\text{mm}$ )과 한반도 집단( $9.82 \pm 0.87\text{mm}$ )은 유사한 반면, 일본 집단( $8.89 \pm 0.994\text{mm}$ )과 몽골 집단( $9.1 \pm 1.6\text{mm}$ )은 다소 작은 양상을 보였다(Fig. 5D). EL과 Tra 역시 몽골과 한반도 등 대륙 집단보다 제주도와 일본 등 섬 집단에서 더 큰 양상을 보이고 있는 것으로 나타났다.

Table 4. External morphological characters of the *M. bombinus* populations from Mongol, Japan and South Korea (Korean Peninsula and Jeju Island).

Character <sup>1</sup>	South Korea				Mongol (Jargalsaikhan, 2016)	Japan (Wallin, 1969)		
	Jeju Island (This study)		Korean Peninsula (Yoon, 2010)			n	Mean±SD	
	n	Mean±SD (Range)	n	Mean±SD (Range)	n			Mean±SD
HBL	133	47.65±4.262 (38.79-88.75)	12	42.89±2.77 (36.45-46.95)	2	46.9±0.1 (46.8-47)	6	48.17±2.563
TL	131	44.94±3.854 (31.14-54.6)	11	41.35±1.4 (4.00-53.65)	2	43.85±1.1 (42.7-45)	6	44.83±2.714
T/HB(%)	131	94.57±8.690 (61.31-120.00)	11	103.86±12.04 (90.84-121.06)				
EL	135	16.14±1.452 (12.00-20.94)	12	14.91±1.74 (11.40-17.25)	2	15.05±2.25 (12.8-17.3)	8	16.36±0.490
Tra	135	9.89±1.143 (5.89-12.91)	12	9.82±0.87 (8.6-11.7)	2	9.1±1.6 (7.5-10.7)	7	8.89±0.994
FAL	135	40.77±1.441 (33.97-43.61)	12	39.69±1.7 (37.05-42.2)	2	40.65±0.7 (39.9-41.4)	5	41.00±0.791
D3	134	65.34±6.019 (34.65-71.14)	12	68.04±2.05 (63.35-70.8)	2	67.85±0.1 (67.7-68)		
D5	135	54.72±4.098 (27.25-81.94)	12	54.41±1.66 (52-56.8)	2	49.05±1.1 (47.9-50.2)		
Tib	135	17.87±1.437 (15.42-30.02)	11	17.03±1.06 (15.2-18.3)	2	17.8±0.37 (17.8-17.8)	5	18.60±0.962

<sup>1</sup>, abbreviations of each character are shown in the Materials and Methods section.

팔과 다리의 길이를 나타내는 앞팔의 길이(FAL)와 종아리의 길이(Tib)의 수준에 대한 비교에서, FAL은 일본 집단(41.00±0.791mm)과 제주도 집단(40.77±1.441mm), 몽골 집단(40.65±0.7mm)은 서로 비슷한 수준을 보였으나, 한반도 집단(39.69±1.7mm)은 다른 집단들에 비해 약 1.31mm정도 작은 수준을 보였다(Fig. 5E). Tib는 4개의 집단들 중에서 일본 집단(18.60±0.962mm)이 가장 컸으며, 제주도 집단(17.87±1.437mm), 한반도 집단(17.03±1.06mm), 몽골 집단(17.8±0.37mm)은 서로 유사한 수준을 나타내었다. 전반적으로 팔과 다리에 대한 형질 역시 제주도 집단과 일본 집단이 한반도 집단과 몽골 집단에 비해 더 큰 양상을 보였다.

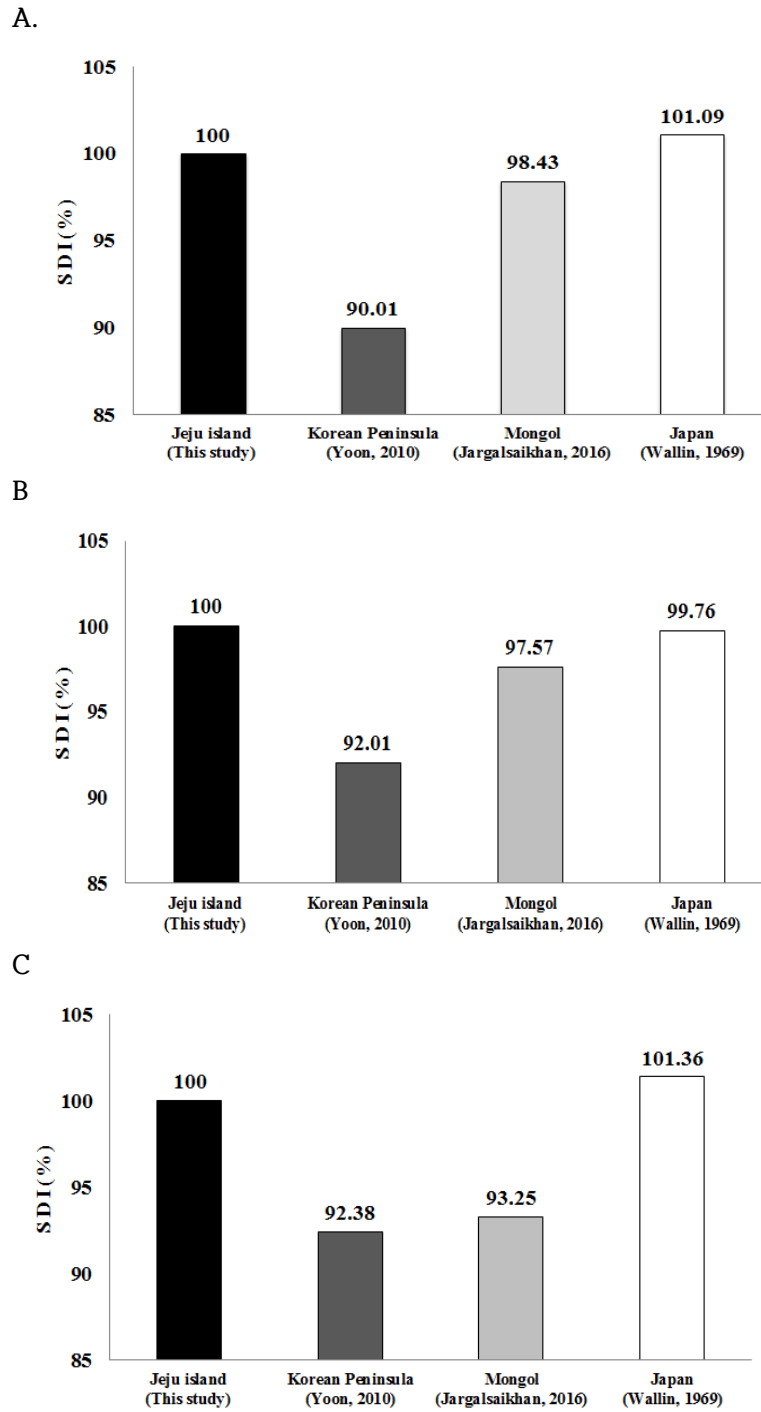
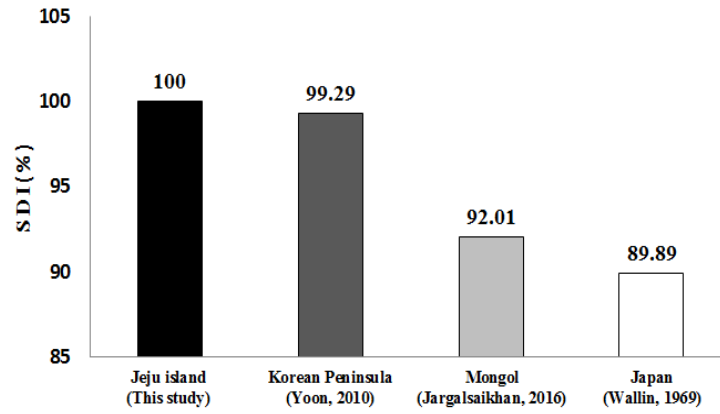


Fig. 5. Comparison of external morphological characters among the *M. bombinus* populations of Mongol, Japan and South Korea (Korean Peninsula and Jeju Island). A, HBL; B, TL; C, EL; D, Tra; E, FAL; F, Tib; G, D3; H, D5. All abbreviations

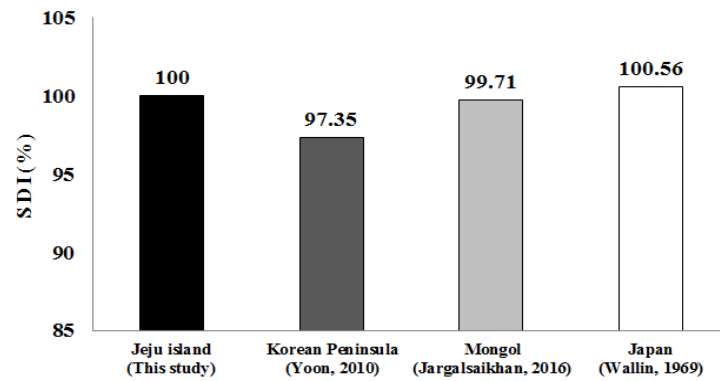


of each character are given in the Materials and Methods section.

D



E



F

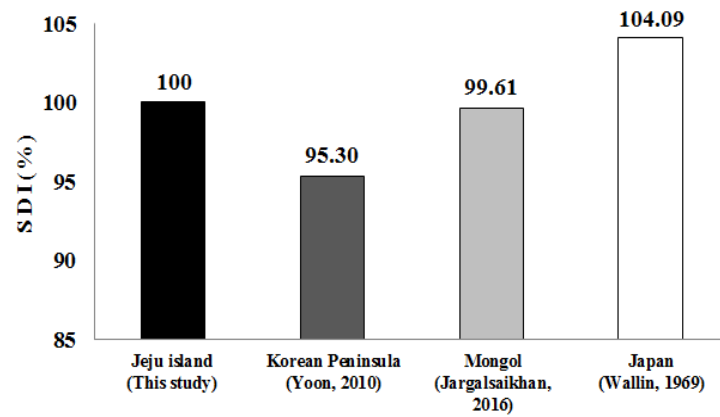
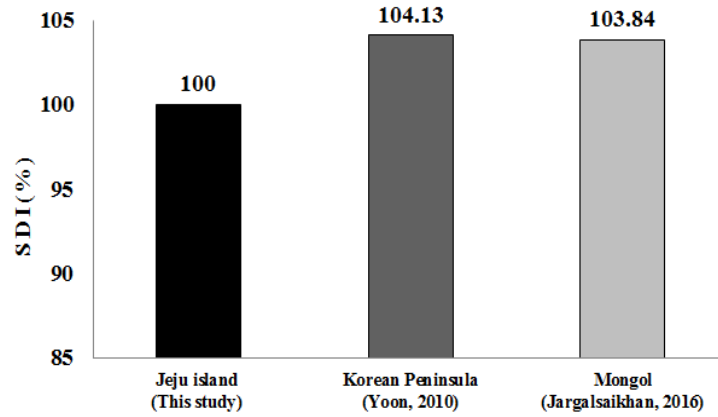


Fig. 5. Continued.

G



H

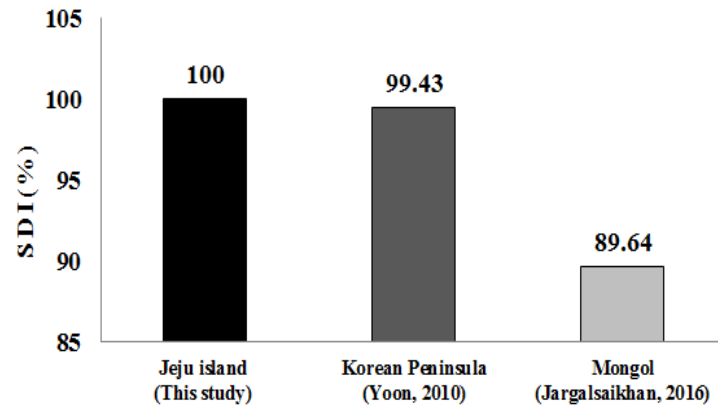


Fig. 5. Continued.

날개의 길이와 폭에 해당하는 세 번째 손가락의 길이(D3)와 다섯 번째 손가락의 길이(D5)를 비교한 결과, D3는 한반도 집단( $68.04 \pm 2.05\text{mm}$ )과 몽골 집단( $67.85 \pm 0.1\text{mm}$ )은 비슷한 수준을 보였으나, 제주도 집단( $65.34 \pm 6.019\text{mm}$ )은 다소 작은 수준을 보였고(Fig. 5G), D5는 제주도 집단( $54.72 \pm 4.098\text{mm}$ )과 한반도 집단( $54.41 \pm 1.66\text{mm}$ )은 비슷하나, 몽골 집단( $49.05 \pm 1.1\text{mm}$ )은 다소 작은 양상을 보였다(Fig. 5H). 즉, 날개의 모양은 한반도 집단과 몽골 집단이 제주도 집단 보다 좌우 길이가 길며, 몽골 집단의 날개폭이 제주도 집단과 한반도 집단 보다 좁은 양상을 보였다.

전반적으로 제주도 집단이 머리-몸통의 길이(HBL), 꼬리 길이(TL), 귀의 길이(EL), 앞팔의 길이(FAL), 종아리 길이(Tib)에서 한반도 집단이나 몽골 집단보다

크게 나타났다. 제주도에 서식하는 흰배윗수염박쥐가 제주도로 유입된 후 한반도와 의 지리적 격리에 따라 나타난 형질의 차이로 추측된다.

생물종은 서식하고 있는 환경 조건과 가장 적합한 형태를 갖추는 방법으로 적응한다(Gaillard *et al.*, 2000; Martin *et al.*, 2013). 생물지리학적 형태변이(biogeographic morphological variation)는 서로 다른 지역에 서식하는 집단 사이에서 외부 형태나 크기가 다르게 나타나는 양상을 말한다(Thorpe, 1987; Wilson, 2013). 특히, 섬 집단은 대륙 집단과 지리적인 격리에 따른 환경의 차이나 생태계 구성의 차이에 의해 외부 형태적인 차이를 보이며, 보통 포유류와 파충류의 섬 집단이 대륙 집단에 비해 대형동물은 작아지고, 소형동물은 커지는 양상을 나타낸다.(van Valen, 1973; Millien, 2006; White and Searle, 2007; Hernández-Salinas *et al.*, 2014). 일반적으로 알려진 최후-최대 빙하기(last glacial maximum)는 약 2만 6천-1만 9천 년 전이며 제주도 역시 이 시기를 전후로 한반도와 완전히 분리되었을 것으로 추정되고 있다(Fairbank, 1989; Park *et al.*, 1994; Kim and Kennett, 1998; Ijiria *et al.*, 2005; Chung, 2007). 만약 현생 제주도 육상포유동물들이 자연적인 분산에 의해 제주도로 유입되었다면, 최후-최대빙하기 이전에 제주도로 유입된 것으로 추정되며 이는 자연 유입 이후 적어도 2만 년 정도 격리된 집단을 유지하며 제주도 환경에 적응해 왔음을 의미한다.

한반도와 지리적으로 격리된 제주도 육상동물들도 생물 지리학적 형태변이를 나타낸다고 보고되었다. 예를 들어, 양서류 중 청개구리는 제주도 집단이 내륙집단보다 더 큰 양상을 보였다(구, 2014). 제주도의 대표적인 포유류 노루(*Capreolus pygargus*)는 한반도 집단에 비해 체형이 작으며, 유전적인 차이도 보고되었다(Koh *et al.*, 2000; 윤, 2003; 오, 2004; 윤 등, 2004). 소형 포유류인 작은땃쥐(*Crocidura shantungensis*)는 외부형태와 두개골 모두 내륙 집단보다 더 큰 양상을 보였고(김 등, 2015), *Myotis* 4종에서도 제주도 집단은 내륙 집단에 비해 더 큰 경향을 나타내었다(김, 2015). 본 연구결과에서 나타난 흰배윗수염박쥐 집단의 외부 형태가 내륙집단인 한반도나 몽골 집단보다 더 크다는 점도 기존의 연구결과들과 유사한 결과라 할 것이다. 김(2015)은 흰배윗수염박쥐 집단이 최후-최대빙하기 이전에 자연적인 분산에 의해 제주도로 이주한 집단으로 제안하였다.

이상의 결과들을 종합해보면, 흰배윗수염박쥐는 제주도로 유입된 이후 오랜 시

간동안 섬 환경에 대한 적응을 통해 대륙 집단에 비해 몸의 크기가 커지는 섬 생물 특유의 특성을 보이게 된 것이라 판단된다. 하지만 한반도와 일본, 몽골의 흰배윗수염박쥐 집단의 경우 비교에 이용된 표본의 수가 적고, 암수 성별과 연령 등을 충분히 고려하지 않아, 해당 지역 집단을 대표한다고 단정하기 힘들다. 따라서 향후 여러 지역에서 충분한 시료를 확보하여 지속적이고 심도 있는 연구를 수행한다면, 흰배윗수염박쥐의 지리적 분포와 형태적 특성의 상관관계를 설명할 수 있는 좋은 자료가 마련될 것으로 기대된다.

### 3. 제주도 흰배윗수염박쥐 집단의 암수 간 형태 비교

성별에 따른 크기 차이에 대한 통계분석 결과는 Table 5에 제시하였다. 암수의 외부 형태 측정치의 평균을 보면, BW, HBL, TL, WBL, D4, D5 등에서 암컷과 수컷 사이에 유의적인( $P < 0.05$ ) 차이를 보였고, 이 외에 BTR, EL, Tra, ETR, FAL, HUM, D1, D2, D3, D35R, Tib 등에서는 유의적인 차이가 없었다( $P > 0.05$ ) (Table 5). 제주도 흰배윗수염박쥐의 암수 간 형태 형질의 크기 차이 정도를 알아보기 위해 성적 크기이형 지수(SSDI)를 산출하여 비교하였다(Fig. 6). 조사된 17가지 형질 중에서 D35R은 -2.9, ETR은 -0.3으로 음의 값을 보여 수컷이 큰 결과를 보였다. 그 외 BW, HBL, TL, WBL, BTR, EL, Tra, FAL, Hum, D1, D2, D3, D4, D5, Tib 형질들은 양의 값을 보여 암컷 우세적인 성적 이형이 관찰되었다.

체중(BW)에 있어 암컷의 BW는  $8.25 \pm 1.262\text{g}$ 로 수컷의 무게( $7.35 \pm 0.573\text{g}$ )보다 0.9g 정도 더 무거웠다. BW의 변화를 살펴보기 위하여 측정된 암수의 BW를 4회 이상 관찰한 결과를 월별로 비교하였다(Fig. 7). 암컷과 수컷의 월별 체중에서도 암컷의 BW가 수컷 보다 크게 나타났고, 특히 암컷의 BW는 5월과 6월 사이에서 급격히 감소됨이 관찰되었다. 이는 흰배윗수염박쥐의 관찰 기간이 5월에서 7월 사이에 집중되었으며, 이 기간에 관찰된 암컷 개체들의 임신과 관련한 결과로 생각된다. 현장조사에서도 이 기간 동안 출산을 마친 것으로 추정되는 성체 암컷들과 무리 내에서 다수의 새끼들이 발견되었다.

Table 5. Comparison of the external morphological characters between both sexes of *M. bombinus* collected in Jeju Island

Character <sup>1</sup>	Male		Female		P-value	Significance <sup>2</sup>
	n	Mean±SD	n	Mean±SD		
BW	43	7.35±0.573	77	8.25±1.262	4.71×10 <sup>-7</sup>	***
HBL	50	46.68±2.545	77	48.29±5.078	0.040	*
TL	49	43.67±4.670	77	46.03±2.851	0.002	**
WBL	49	90.49±5.837	77	94.32±6.693	0.001	**
BTR	49	48.16±2.696	77	48.85±2.117	0.129	n.s.
EL	52	16.09±1.585	77	16.31±1.267	0.392	n.s.
Tra	52	9.90±1.490	77	9.96±0.804	0.768	n.s.
ETR	52	61.56±7.401	77	61.39±6.527	0.893	n.s.
FAL	52	40.41±1.346	77	40.91±1.464	0.051	n.s.
Hum	52	24.97±2.237	77	25.51±2.603	0.221	n.s.
D1	51	6.26±0.689	77	6.44±0.896	0.220	n.s.
D2	52	34.94±2.912	77	35.11±2.311	0.719	n.s.
D3	51	64.31±4.886	77	65.81±6.787	0.176	n.s.
D4	52	54.48±2.72	77	56.29±2.616	2.00×10 <sup>-4</sup>	***
D5	52	53.20±4.163	77	55.56±3.891	0.001	**
D35R	51	122.33±21.532	77	118.76±12.602	0.238	n.s.
Tib	52	17.71±0.923	77	18.01±1.728	0.244	n.s.

<sup>1</sup>, abbreviations of each trait are shown in the Materials and Methods section.

<sup>2</sup>, \* and \*\*\* indicate significant differences at  $P<0.05$ ,  $P<0.01$ , and  $P<0.001$ , respectively. n.s indicates not significant.

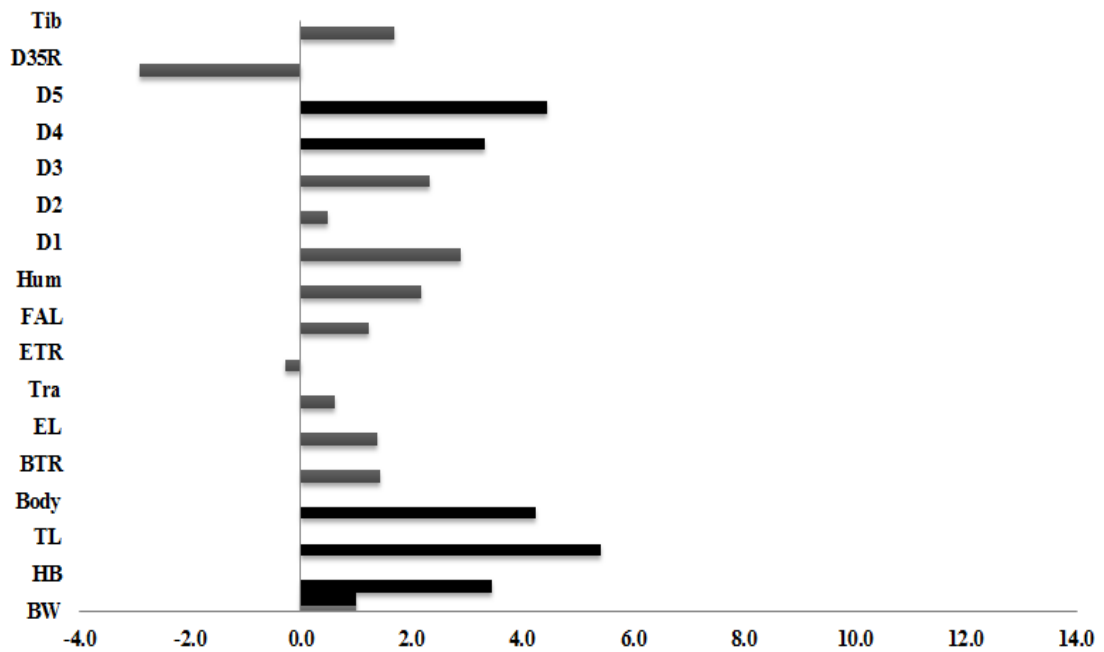


Fig. 6. Sexual size dimorphic indexes between males and females of *M. bombinus*. Positive and negative values indicate female-dominant and male-dominant characters, respectively.

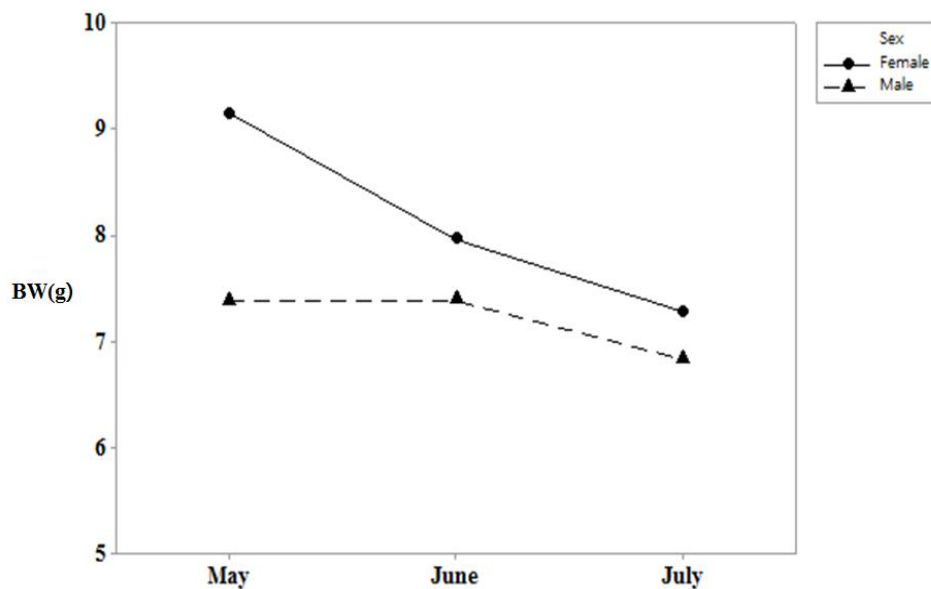


Fig. 7. Monthly change of body weights in males and females of *M. bombinus*

HBL은 암컷(48.29±5.078mm)이 수컷(46.68±2.545mm)보다 1.61mm 더 길었고( $P=0.040$ ), TL은 암컷(46.03±2.851mm)이 수컷(43.67±4.670mm)보다 2.36mm 더 길었다( $P=0.002$ ). 몸 전체의 길이를 나타내는 WBL 역시 암컷(94.32±6.693mm)이 수컷(90.49±5.837mm)보다 3.89mm 더 길었으며( $P=0.001$ ), 날개의 전후 길이를 나타내는 D4와 D5에서, D4는 암컷(56.29±2.616mm)이 수컷(54.48±2.7mm)보다 1.81mm( $P=0.0002$ ), D5는 암컷(55.56±3.891mm)이 수컷(53.20±4.163mm)보다 2.36mm 더 길게( $P=0.001$ ) 나타나는 등 전체적으로 암컷은 수컷에 비해 몸의 길이와 꼬리의 길이가 더 길고, 날개의 면적이 더 넓다는 것을 알 수 있다(Table 5).

동물의 수컷과 암컷사이의 몸 크기(body size)의 차이가 나타나는 성적 크기 이형(sexual size dimorphism, SSD)은 포유동물뿐만 아니라 무척추동물, 어류, 양서류, 파충류, 조류 등에서도 나타난다(Ralls, 1977; Parker, 1992; Andersson, 1994; Issac, 2005; Cox *et al.*, 2007; Kuo *et al.*, 2009; Fathinia *et al.*, 2012). 포유동물에서 성적 크기 이형이 나타나는 요인은 성 선택(sexual selection), 짝짓기와 번식의 성공, 개체군 밀도의 변화, 양육기간 등 다양한 원인으로 설명되고 있다(Hedrick and Temeles, 1989; Isaac, 2005; Lindenfors *et al.*, 2007, Liso'n *et al.*, 2014).

박쥐에서의 성적 크기 이형도 보통 번식생태와 연관되어 해석되고 있다. 일부 종에서 수컷이 더 큰 경우는 암컷무리에 자신의 유전자를 전파하기 위한 경쟁의 결과로 암컷을 유인하기 위한 전략으로 제안되었다(Nowak, 1994; Fenton and Simmons, 2014). 반면 대부분의 박쥐들은 암컷들이 수컷에 비해 더 큰 양상으로 성적 크기 이형이 나타난다. 중남미에서 발견되는 소형박쥐류인 *Ametrida centurio*는 수컷이 암컷에 비해 대단히 작아(Ralls, 1976), 서로 별개의 종으로 간주될 정도로(Peterson, 1965), 극단적인 성적 크기 이형이 보고되기도 하였다(Lee and Dominguez, 2000). 특히, 암컷들이 번식기에 공동육아집단을 형성하는 박쥐류에서는 자손의 양육에 대한 수컷의 기여도는 거의 없으며, 포유와 육아 모두 암컷이 담당하게 된다(Fenton and Simmons, 2014). *Rousettus leschenaulti*의 새끼는 생후 45일 정도 지나면 날개를 푸덕이고, 지속적인 비행은 60일경에 가능하며, 독립적인 먹이활동은 75일 정도 후에 가능하다고 보고되었다(Elangovan *et al.*, 2004). 이는 출생한 새끼가 독립적인 비행과 먹이활동에 이르는 기간이 포유 기간 보다 더 긴 시간이 요구됨을 의미한다. 그에 비해 흰배윗수염박쥐의 새끼는 출생 후

30일 정도면 거의 성체 크기로 성장하며, 날 수 있게 된다(윤 등, 2004). 즉, 출생 후 적어도 30일 이상 어미는 포유, 동굴 내 이동, 성장을 위한 먹이 공급을 책임져야 하는 것이다. 즉, 이 기간 동안 암컷은 자신의 먹이섭취만이 아니라, 수유와 양육을 위한 먹이활동, 동굴 내에서 새끼를 데리고 이동하기도 하는 등 (Myers, 1978; Williams and Findley, 1979; Hayssen and Kunz, 1996) 자신의 먹이활동 시간을 제외하면 거의 모든 시간을 새끼가 붙어있는 상태로 생활하기 때문에 새끼를 안전하게 행동할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해 암컷들은 먹이활동에 있어 수컷보다 더 높은 효율적인 체계가 필요하며, 거꾸로 매달린 상태에서도 새끼가 쉽게 붙고 안정하게 지낼 수 있는 넓은 몸이 필요한 것이다. 특히 박쥐는 비행성 동물이기 때문에, 먹이활동과 이동에 필수적인 비행능력의 향상을 위해 날개의 면적을 증가시켜 줌으로서 먹이활동의 효율성을 증가시키고, 새끼에 의해 증가된 체중이 날개에 부담을 줄여 주는 것으로 제안되었다(Aldridge and Rautenbach, 1987; Norberg, 1994; Kalcounis and Brigham, 1995; Rainho *et al.*, 2010; de Camargo and de Oliveira, 2012)는 *Sturnira lilium* 암컷이 수컷보다 넓은 면적의 날개를 가지며, 이는 번식기 동안 암컷의 비행능력을 향상시키는데 연관이 있는 것으로 제안하였다.

결론적으로 암컷 우세적인 성적 크기 이형은 출산이후 먹이활동과 양육에 유리한 방향으로 선택되어 발전한 결과라 판단된다. 향후 채집 시기별로 지속적인 관찰을 통해 양육과정에서 새끼의 크기, 성장속도, 번식이나 생태적인 요인들에 대한 자료들을 확보하여 비교한다면, 암컷의 성적 크기 이형의 생태적 특성의 상관관계를 보다 명확하게 이해할 수 있는 자료가 될 것이다.



## VI. 참고문헌

- 구교성. 2014. 외부형질로 본 한국산 청개구리 *Hyla japonica*의 생물지리학적 다양성. 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김유경, 박수곤, 김태욱, 박준호, Pradeep Adhikari, 김가람, 이준원, 한상현, 오홍식. 2015. 제주도에서 대륙쇠큰수염박쥐(*Myotis aurascens*)의 분포 현황 및 계통 유연관계. 생명과학회지, 25(12): 1354-1361.
- 김태욱, 박수곤, 김유경, 박준호, Pradeep Adhikari, 김가람, 박선미, 이준원, 한상현, 오홍식. 2015. 작은뿔쥐(*Crocidura shantungensis*)의 외부 형태 및 두개골 형질의 특성. 환경생물, 33(4): 441-449.
- 남궁준. 1981. 제주도 용암동굴의 동물상과 그 환경. 한국동굴학회지, 6(7): 17-27.
- 문화재청. 2003. 제주도 천연동굴 일제조사 보고서.
- 박수곤, 김유경, 김태욱, 박준호, Pradeep Adhikari, 김가람, 박선미, 이준원, 한상현, 오홍식. 2015. 제주도에서 박쥐류의 분포에 관한 연구. 환경생물, 33(4): 394-402.
- 손성원. 1981. 제주도의 익수류상. 경남대학교 논문집, 8: 161-169.
- 손인석, 2006. 제주도의 천연동굴. 나우출판사.
- 양영민, 홍석욱. 1988. 제주도 용암동굴에 서식하는 익수목의 분포 및 생태에 관한 연구. 제34회 과학전람회. 생물(기초과학), pp. 1-58.
- 오대식. 2013. 한국산 주요 박쥐류의 분포 현황 및 두개골 형태 분석. 인천대학교 대학원 석사학위논문.
- 오장근. 2004. 제주도 노루의 생태학적 행동 특징. 한국교원대학교 대학원. 박사학위논문.
- 오홍식. 2002. 한라산국립공원자연자원조사. 국립공원관리공단, pp. 228-247.
- 오홍식, 장민호, 김병수. 2007. 한라산 국립공원의 포유류 현황. 한국환경생태학회지, 21(3): 235-242.
- 원병오, 우한정. 1958. 제주도의 포유류. 응용동물학잡지, 1(1): 5-13.

- 원병휘. 1967. 한국동식물도감. 제7편 동물편(포유류), 문교부, pp. 294-375.
- 윤명희. 2010. 한국의 척추동물. 대한민국 생물지. 제 5권 1호. 박쥐류. 환경부 국립생물자원관, 123pp.
- 윤명희, 한상훈, 오홍식, 김장근. 2004. 한국의 포유동물. 동방미디어, pp. 36-40.
- 윤성일. 2003. 제주도지역 노루(*Capreolus pygargus tianschanicus*)의 생태에 관한 연구. 고려대학교 대학원. 박사학위논문.
- 조성윤. 2007. 일제하 제주도의 일본군 전적지 조사 연구.
- 채중보, 박영효. 1988. 제주도산 박쥐류의 채집 목록 및 분포조사. 제34회 과학전람회. 생물(기초과학), pp. 1-36.
- 한상훈, Dar Fukui, 정철운, 최용근, 김선숙, 전주민. 2011. 산림성 박쥐류의 종다양성 및 계통연구(I). 국립생물자원관, 63pp.
- Abe, H., N. Ishii, T. Ito, Y. Kaneko, K. Maeda, S. Miura and M. Yoneda. 2005. A Guide to the Mammals of Japan. Tokai University Press, Kanagawa, Japan.
- Aldridge, H. D. J. N. and I. L. Rautenbach. 1987. Morphology, echolocation and resource partitioning in insectivorous bats. *Journal of Animal Ecology*, 56(3): 763-778.
- Andersson, M. 1994. *Sexual Selection*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Cox, R. M., A. M. Butler and B. H. John-Alder. 2007. The evolution of sexual size dimorphism in reptiles. In: *Sex, Size and Gender Roles*. Oxford University Press., pp. 38-49.
- Chung, C. H. 2007. Vegetation response to climate change on Jeju Island, South Korea, during the last deglaciation based on pollen record. *Geosciences Journal*, 11(2): 147-155.
- de Camargo, N. F. and H. F. M. de Oliveira. 2012. Sexual dimorphism in *Sturnira lilium*(Chiroptera, Phyllostomidae): Can pregnancy and pup carrying be responsible for differences in wing shape?. *PLOS One*, 7: e49734.
- Dietz, C. and O. von Helversen. 2004. Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronic publication ver. 1.0. released 15. 12. Tuebingen &

- Erlangen, Germany, pp. 40-45.
- Elangovan, V., H. Priya, E. Y. S. Priya and G. Marimuthu. 2004. Wing morphology and flight performance in *Rousettus leschenaulti*. *Journal of Mammalogy*, 85(4): 806-812.
- Fairbanks, R. G. 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, 342: 637-642.
- Fathinia, B., N. Rastegar-Pouyani, H. Darvishnia, H. Mohamadi and H. Faizi. 2012. Sexual size dimorphism in *Rana* (*Pelophylax*) *ridibunda ridibunda* Pallas, 1771 from a population in Darre-Shahr Township, Ilam Province, western Iran. *Amphibian and Reptile Conservation*, 5(1): 92-97.
- Fenton, M. B. and N. B. Simmons. 2014. *Bats: A world of science and mystery*. The University of Chicago Press. Nevrumont Publishing Company, New York, pp. 171-197.
- Gaillard, J. M., M. Festa-Bianchet, N. G. Yoccoz, A. Loison, and C. Toigo. 2000. Temporal variation in fitness components and population dynamics of large herbivores. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics*, 31: 367-393.
- Hayssen, V. and T. H. Kunz. 1996. Allometry of litter Mass in bats: maternal size, wing morphology, and phylogeny. *Journal of Mammalogy*, 77(2): 476-490.
- Hedrick, A. V. and E. J. Temeles. 1989. The evolution of sexual dimorphism in animals: Hypotheses and tests. *Trends in Ecology and Evolution*, 4(5): 136-138.
- Hernández-Salinas, U., A. Ramírez-Bautista, N. P. Pavón and L. F. R. Pacheco. 2014. Morphometric variation in island and mainland populations of two lizard species from the Pacific Coast of Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 87: 21.
- Horáček, I. and V. Hanák. 1984. Comments on the systematics and phylogeny of *Myotis nattereri* (Kuhl, 1818). *Myotis*, 21-22: 20-29.
- Ijiria, A., L. Wang, T. Oba, H. Kawahata, C. Y. Huang and C. Y. Huange. 2005.

- Paleoenvironmental changes in the northern area of the East China Sea during the past 42,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 219(3-4): 239-261.
- Issac, J. L. 2005. Potential causes and life-history consequences of sexual size dimorphism in mammals. *Mammal Review*, 35: 101-115.
- Jargalsaikhan, A. 2016. Bat study in the Kharaa region, Mongolia. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 9(2): 107-115.
- Jo, Y. S., T. W. Kim, B. J. Choi and H. S. Oh. 2012. Current status of terrestrial mammals on Jeju Island. *Journal of Species Research*, 1(2): 249-256.
- Kalcounis, M. C. and R. M. Brigham. 1995. Intra-specific variation in wing loading affects habitat use by little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Canadian Journal of Zoology*, 73: 89-95.
- Kim, J. M. and J. P. Kennett. 1998. Paleoenvironmental changes associated with the Holocene marine transgression, Yellow Sea (Hwanghae). *Marine Micropaleontology*, 34(1-2): 71-89.
- Koh, H. S., B. G. Yang, H. S. Yoo and T. Y. Chun. 2000. Diversity of mitochondrial DNA cytochrome *b* gene in roe deer (*Capreolus pygargus tianschanicus*) from Jeju Island, Korea. *The Korean Journal of Systematic Zoology*, 16: 169-176.
- Koyanagi, K., H. Yoshino, H. Tamura and S. H. Han. 2009. Faunal survey of bats in Jeju Island, Korea. *Bulletin of the Asian Bat Research Institute*. 8: 37-44.
- Kunz, T. H. and A. Kurta. 1988. Capture methods and holding devices. In: *Ecological and behavioral methods for the study of bats* (T. H. Kunz, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 533pp.
- Kuo, C. Y., Y. T. Lin and Y. S. Lin. 2009. Sexual size and shape dimorphism in an agamid lizard, *Japalura swinhonis* (Squamata: Lacertilia: Agamidae). *Zoological Studies*, 48(3): 351-361.
- Lee, Jr. T. E. and D. J. Dominguez. 2000. *Mammalian Species* Ametrída Centurio. 1st ed. [ebook] The American Society of Mammalogists, 640: 1-4.

- Levenson, H. 1990. Sexual size dimorphism in chipmunks. *Journal of Mammalogy*, 71: 161-170.
- Lindenfors, P., J. L. Gittleman and K. E. Jones. 2007. Sexual size dimorphism in mammals. *In: Sex, Size, and Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism* (Fairbairn, D. J., W. U. Blanckenhorn and T. Székely, Eds.). Oxford University Press, Oxford, pp. 16-26.
- Lisón, F., Á. Haz, C. González-Revelles and J. F. Calvo. 2014. Sexual size dimorphism in greater mouse-eared bat *Myotis myotis* (Chiroptera: Vespertilionidae) from a Mediterranean region. *Acta Zoologica (Stockholm)*, 95: 137-143.
- Martin, J. G. A., M. Festa-Bianchet, S. D. Côté and D. T. Blumsteind. 2013. Detecting between-individual differences in hind-foot length in populations of wild mammals. *Canadian Journal of Zoology*, 91(3): 118-123.
- Millien, V. 2006. Morphological Evolution Is Accelerated among Island Mammals. *PLoS Biology*, 4(10): e321.
- Mori, T. 1928. On the Chiroptera of Korea. *Zool. Mag. Tokyo*, pp. 282-303.
- Myers, P. 1978. Sexual dimorphism in size of vespertilionid bats. *The American Naturalist*. 112(986): 701-711.
- Norberg, U. M. 1994. Wing design, flight performance and habitat use in bats. *In: Wainwright PC, Reilly SM, editors. Ecological morphology: integrative organismal biology*. Chicago: University of Chicago Press, pp. 205-239.
- Nowak, M. R. 1994. *Walker's Bats of the World*. Johns Hopkins University Press, pp. 63-64.
- Park, Y. A., B. K. Khim and S. Zhao. 1994. Sea Level Fluctuation in the Yellow Sea Basin. *The Korean Society of Oceanography*, 29(1): 42-49.
- Parker, G. A. 1992. The evolution of sexual size dimorphism in fish. *Journal of Fish Biology*, 41: 1-20.
- Peterson, R. L. 1965. A review of the genus *Ametrida*, family Phyllostomidae. *Contributions of the Royal Ontario Museum, Life Sciences*, 65: 1-13.

- Ralls, K. 1976. Mammals in which females are larger than males. *The Quarterly Review of Biology*, 51: 245-276.
- Ralls, K. 1977. Sexual dimorphism in mammals: Avian models and unanswered questions. *The American Naturalist*, 111: 917-938.
- Rainho, A., A. M. Augusto and J. M. Palmeirim. 2010. Influence of vegetation clutter on the capacity of ground foraging bats to capture prey. *Journal of Applied Ecology*, 47: 850-858.
- Ruedi, M., B. Stadelmann, Y. Gager, E. J. P. Douzery, C. M. Francis, L. K. Lin, A. Guillén-Servent and A. Cibois. 2013. Molecular phylogenetic reconstructions identify East Asia as the cradle for the evolution of the cosmopolitan genus *Myotis* (Mammalia, Chiroptera). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69: 437-449.
- Székely, T., R. P. Freckleton and J. D. Reynolds. 2004. Sexual selection explains Rensch's rule of size dimorphism in shorebirds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(33): 12224-12227.
- Thorpe, R. S. 1987. Geographic variation: A synthesis of cause, data, pattern and congruence in relation to subspecies, multivariate analysis and phylogenesis. *Bolletino di Zoologia*, 54(1): 3-11.
- Van Valen, L. 1973. A new evolutionary law. *Evolutionary Theory*, 1: 1-30.
- Wallin, L. 1969. *The Japanese Bat Fauna: A Comparative Study of Chorology, Species Diversity and Ecological Differentiation*. Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB.
- 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.
- Williams, D. F. and J. S. Findley. 1979. Sexual size dimorphism in Vespertilionid bats. *The American Midland Naturalist*, 102(1): 113-126.
- Wilson, L. A. B. 2013. Geographic variation in the greater Japanese shrew-mole,

*Urotrichus talpoides*: Combining morphological and chromosomal patterns.  
Mammalian Biology, 78(4): 267-275.

Yoshiyuki, M. 1989. A Systematic Study of the Japanese Chiroptera. National Science Museum, Tokyo, Japan.

Zidarova, S. 2015. Is there sexual size dimorphism in shrews? A case study of six european species of the family Soricidae. Acta Zoologica Bularica, 67(1): 19-34.

<Abstract>

# External Morphological Characteristics of *Myotis bombinus* in Jeju island, Korea

Seung-Gil Oh

Major in Biology Education, Graduate School of Education, Jeju National University

(Supervised by Professor Hong-Shik Oh)

In this study, the current state of habitat distribution and the variation in external morphological characters depending on gender of *Myotis bombinus* on the Jeju Island were investigated, and the morphological differences between the population on the Jeju Island and populations in other regions were compared. The research was conducted from March 2014 to April 2016 in a total of 35 areas, including lava tubes (LT; n=13), cave encampments (CE; n=18), sea caves (SC; n=2), and natural cavelets (NC; n=2). According to the research results on the habitat distribution, the habitats of *M. bombinus* were confirmed in 9 areas (cave encampments and lava tubes); no habitat was confirmed in sea caves and natural cavelets. Among these, some habitats were observed in the form of clusters formed during the daytime on the ceilings of cave encampments or lava tubes. Throughout the study period, a large number of individuals were observed mostly in their activity period from May to August. According to the results of the comparison of the measured morphological characters among the populations, the head-body length (HBL), which indicates body type together with tail length (TL), was slightly greater in the Japanese population ( $48.17 \pm 2.563$  mm) than in the other populations. The HBL of the Jeju population ( $47.65 \pm 4.262$  mm) and the Mongolian population ( $46.9 \pm 0.1$  mm) were similar to that of Japanese population. However, the HBL of the Korean population ( $42.89 \pm 2.77$  mm) was relatively shorter. The TL of the Jeju population ( $44.94 \pm 3.854$  mm) and



the Japanese population ( $44.83 \pm 2.714$  mm) was slightly greater than those of the Mongolian population ( $43.85 \pm 1.1$  mm) and the Korean population ( $41.35 \pm 14$  mm). Overall, the populations of the islands, including the Jeju Island and Japan, revealed a slightly greater HBL and TL than those of the continents, including the Korean peninsula and Mongolia. These results suggest that the populations of *M. bombinus* on the Jeju Island exhibit distinct characteristics of island population, through which the body size of island population increases as compared to that of continental organisms, in the long process of their adaptation to the island environment after separating in the Jeju Island. When comparing the external morphological characters between males and females of *M. bombinus*, significant differences were observed in BW, HBL, TL, D4, and D5 ( $P < 0.05$ ). As female individuals have longer BW, HBL, TL, D4, and D5, their body size and wing area were confirmed to be greater. These results demonstrate that the female-biased sexual size dimorphism may be related to feeding activity and improved flight ability necessary for the process of protecting and raising offsprings. Therefore, sufficient specimens from various areas, as well as the data of ecological information about the growth of offspring and breeding activities regarding the sexual size dimorphism, may contribute to the explanation of the correlation among geographical morphological variation, sexual size dimorphism, and ecological factors of *M. bombinus*.

## 감사의 글

이 논문이 나오기까지 참으로 많은 분들로부터 도움을 받았습니다. 받은 은혜에 비해 턱없이 부족한 감사이지만 이 글을 빌어 짧게나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

제자에 대한 교수님들의 깊은 애정을 느낄 수 있었고 연구자로서의 태도와 학습 방법을 배울 수 있었습니다. 특히 지도 교수님이신 오홍식 교수님은 제 인생의 커다란 선물이었음을 고백합니다. 열정적인 지도와 풍부한 학문적 지식은 저를 많이도 겸손하게 해 주었고 현장에서의 연구 결과에 대한 일방적인 서술과 주장이 아닌 과학적 근거를 통한 연구과정의 지도는 저를 성장시키는 매우 큰 동력이었습니다. 지도 교수님께 깊은 감사의 마음을 드립니다.

논문 심사과정에서 위원장을 맡아 주신 안근재 교수님의 세심하며 명철한 제안과 조언은 연구자로서 더욱 깊은 사고를 할 수 있도록 해 주었습니다. 깊은 감사를 드립니다. 논문 심사를 맡아 소홀하기 쉬운 참고문헌 및 보고서 작성 방법을 한번 더 짚어주신 강경희 교수님께도 감사의 말을 전합니다. 학부 때 선배님으로 먼저 뵈었기에 논문 발표 및 심사 과정에 더 편안히 임할 수 있었던 것 같습니다.

학창시절부터 저를 지켜봐 주시고 학문적 지도를 해주신 제주대학교 과학교육과 정충덕 교수님, 강동식 교수님, 강영봉 교수님, 이상철 교수님께도 감사드립니다. 교수님들이 계셔서 제주대학교 문턱을 편안하게 넘나들 수 있었던 것 같습니다. 항상 아픈 손가락을 보듬는 마음으로 저의 늦은 논문 완성을 지켜봐 주신 김원택 교수님께도 죄송함과 감사의 마음을 같이 전합니다.

그리고 박쥐의 현장조사부터 참고문헌 자료 수집, 논문 작성과정에서 힘들 때마다 옆에서 격려해주시고 자신이 선행 연구 지식을 아낌없이 공유하며 논문의 구성을 알차게 도와주신 한상현 박사님, 김유경 박사님 정말 감사합니다. 나이를 많고 적음을 떠나 영원한 학문 선배님으로 기억하겠습니다. 현장조사를 다니며 어려움을 같이 나누고 논문발표와 통계 분석을 도와주신 동물생태학 실험실의 이준원님, 박선미님, 박준호님, 김태욱 박사님, 아디님께 고마운 마음을 전합니다. 언제나 한결 같이 연구하는 모습이 아름답고 같이 학문을 연구하는 한사람으로서 여러분들이

좋은 연구 결과 있기를 기원합니다. 특히, 직장관계로 행정적 처리가 미흡한 우리들을 위해 일정을 하나하나 알려주시고 우리를 대신하여 직접 발로 뛰어주신 김동민 선생님, 이준원님 정말 감사합니다. 두 분이 있어 오늘 이 영광스런 자리에 함께 할 수 있었습니다. 같은 과 후배로 논문준비를 같이 하며 마음을 나누어준 연하샘에게도 감사의 말을 전합니다. 선생님이 있어 어떤 힘든 일에도 의지가 되고 앞으로 나아갈 수 있는 용기를 낼 수 있었던 것 같습니다.

직장에서 학문의 길을 걸어갈 수 있도록 배려해주신 서귀포대신중학교 정성중교장선생님과 강명화 교감선생님께도 감사의 마음을 전합니다. 바쁜 학교 일과 중에도 저의 학문적 성장을 위해 기꺼이 시간을 허락해주신 점 감사합니다. 앞으로 학생들에게 더 많은 가르침을 실천하기 위해 노력하겠습니다.

마지막으로 논문을 준비하는 내내 옆에서 걱정해주시고 사랑을 아끼지 않으신 부모님과 시부모님, 든든한 지원군이 되어 용기를 불어넣어준 언니, 오빠들, 그리고 어설프지만 늦은 공부에 대한 나의 새로운 열정을 격려하며 육체적, 정신적 고통을 같이 나누는 사랑하는 남편 재범, 아들 한준, 딸 효정과 함께 이 기쁨을 나누고 싶습니다. 이 모든 분들의 작은 희생과 도움이 있었기에 여기까지 올 수 있었습니다. 너무너무 감사하고 사랑합니다.

앞서 말씀드린 분 이외에도 제게 도움을 주시고 격려해주신 많은 분들께 감사드립니다. 이 모든 분들의 가르침과 도움을 밑거름으로 항상 겸손하고 긍정적인 마음으로 세상을 바라보고 나아가며 제가 받은 가르침을 여러 사람들과 나누며 살아가기 위해 노력하겠습니다.

2016년 6월

오승길 올림