

## 제주도에서 채집된 *Rattus norvegicus*와 *R. tanezumi*의 서식지 유형과 형태적 특성<sup>1a</sup>

김태욱<sup>2</sup> · 주상민<sup>2</sup> · 오아름<sup>2</sup> · 박소진<sup>2</sup> · 한상현<sup>3</sup> · 오홍식<sup>2\*</sup>

### Morphological Characteristics and Habitat Types of *Rattus norvegicus* and *R. tanezumi* Collected in Jeju Island

Tae-Wook Kim<sup>2</sup>, Sang-Min Joo<sup>2</sup>, Ah-Reum Oh<sup>2</sup>, So-Jin Park<sup>2</sup>, Sang-Hyun Han<sup>3</sup>, Hong-Shik Oh<sup>2\*</sup>

#### 요약

한국산 집쥐속(*Rattus*)에 속하는 동물들을 2005년 4월부터 2012년 10월까지 제주도의 각처에서 채집하여 형태학적, 유전학적 종 동정과 형태적 특성, 2차 성적이형, 서식지 유형 등을 조사하였다. 연구결과, 제주도에서 포획된 *Rattus* 속 야생쥐들은 *Rattus norvegicus*와 *R. tanezumi*로 확인되었고, *R. rattus*는 확인되지 않았다. *R. norvegicus*는 제주도 내 각처에서 특히, 주택 밀집지역의 인가 내-외부에서 채집되었고, 일부는 자연환경인 해안이나 경작지, 산림에서 관찰되기도 하였다. *R. tanezumi*는 동물 사육 농장의 내외부에서만 확인되었다. 형태적 특성으로 *R. norvegicus*는 꼬리길이(TL)와 귀의 길이(EL)가 *R. tanezumi*에 비해 짧고, 이들 형질의 머리-몸통 길이의 비율인 T\_HR, E\_HR 등도 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 인구밀집 지역인 도심과 농촌 지역의 *R. norvegicus*와 개체군 사이에서는 도심 지역 개체군의 체중이 더 무거운 것으로 확인되었다( $p < 0.05$ ). *R. norvegicus*에서는 2차 성적이형 현상이 나타나지 않았으나, *R. tanezumi*는 암컷이 수컷에 비해 더 무거운 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 현재까지 보고된 연구결과와는 다소 다른 종의 분포와 서식환경을 보여주고 있는 본 연구 결과는 향후 추가연구를 통해 제주도와 한반도 포유류상의 재검토와 함께 서식지 분포 양상과 생태적 특성 등을 명확하게 구명해야함을 시사하고 있다.

주요어: 집쥐 속, 야생쥐, 성적이형, 서식지

#### ABSTRACT

This study was investigated the morphological characters, secondary sexual dimorphism, and habitat patterns of Korean *Rattus* animals collected on Jeju Island from April 2005 to October 2012. Two wild rat species, namely *R. norvegicus* and *R. tanezumi* were identified on Jeju Island based on morphological characteristics and molecular data; however, *R. rattus*, which had recorded formerly, was not found in this study. Individuals of *R. norvegicus* were captured from urban, rural, and natural habitats, while those of *R. tanezumi* were specially found in animal farms and the surrounding areas. Comparing of morphological characters of two species, *R. norvegicus* had a shorter tail and ears than *R. tanezumi* ( $p < 0.05$ ), and the ratios of tail length and ear length to those of head-body length showed significantly differences between two species ( $p < 0.05$ ). The body weights

1 접수 2013년 8월 3일, 수정(1차: 2013년 10월 29일, 2차: 2013년 10월 31일), 게재확정 2013년 10월 31일

Received 3 August 2013; Revised (1st: 29 October 2013, 2nd: 31 October 2013); Accepted 31 October 2013

2 제주대학교 과학교육과 Dept. of Science Education, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

3 제주대학교 교육과학연구소 Educational Science Research Institute, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

a 이 논문은 2012년도 교육과학기술부의 재원으로 한국과학창의재단(학부생연구프로그램사업)의 지원에 의하여 연구되었음.

\* 교신저자 Corresponding author: sciedu@jejunu.ac.kr

(BW) of urban populations of *R. norvegicus* were significantly heavier than those of rural populations ( $p < 0.05$ ). No secondary sexual dimorphism was found in *R. norvegicus*, but females of *R. tanezumi* showed heavier BW than those of males ( $p < 0.05$ ). These findings suggest that it is necessary to revise the records for the existence of *R. tanezumi* and to confirm the animal fauna and elucidate the distribution and ecological characteristics from further studies using extensive sampling and detailed investigations on Jeju Island and also on the Korean Peninsula.

**KEY WORDS: RATTUS, WILD RAT, SEXUAL DIMORPHISM, HABITAT**

## 서론

인간의 활동영역과 유사한 지역 분포와 활동영역을 갖는 동물들은 생태학적 관심의 대상뿐만 아니라 전염병 전파의 중간 매개체 역할을 하여 수의학과 공중보건학의 주요 예찰 대상이다(Meerburg *et al.*, 2009). 최근 제주도에서 채집된 설치류에서 유행성출혈열의 원인이 되는 Hantavirus의 일종인 Jejuvirus가 새롭게 보고되었고, 들쥐나 집쥐, 실험용 쥐에 의해 매개되는 쯤쯤가무시병 환자들이 보고되기도 하였다(Lee *et al.*, 1983; Kim *et al.*, 1990, Raoult and Roux, 1997; Arai *et al.*, 2012).

*Rattus* 속 동물들은 야생뿐만 아니라 인간의 생활공간에서 어디에서나 공존하고, 심지어 실험동물로도 널리 이용되고 있다. 한반도에 분포하는 *Rattus* 속에는 *R. norvegicus* (집쥐 Brown rat, Norway rat)와 *R. rattus* (곰쥐, Black rat, European house rat), *R. tanezumi* (Asian house rat)가 알려져 있다(Won, 1967; Marshall, 1977; Koh, 1991; Kim and Kang, 1995, 1996; Yoon *et al.*, 2004; Robins *et al.*, 2008; Bastos *et al.*, 2011). *R. norvegicus*는 쥐과에서도 대형종으로 체중 400g, 체장이 40cm 정도(Kim and Kang, 1995; Kim *et al.*, 1996; Seong *et al.*, 1999a, b; Yoon *et al.*, 2004), 기원은 중국-동아시아로 알려지고 있으며, 수차례에 걸친 이동을 통해 유럽으로 전파되어 현재는 전 세계에서 관찰되고 있다(Innes, 1990; Yoon *et al.*, 2004; Musser and Carleton, 2005; Robins *et al.*, 2008). *R. rattus*는 중형종으로 대개 몸통의 길이보다 더 긴 꼬리를 가지며(Yoon *et al.*, 2004), 야생종은 유럽에 한정되어 있으나 18세기 이후 전 세계적으로 확산된 것으로 추정되고 있다(Innes, 1990; Nowak, 1991; Musser and Carleton, 2005; Lack *et al.*, 2012). 과거 Koh(1991, 1992)는 우리나라에서 채집된 *Rattus* 속의 동물들에 대한 형태적 특징, 핵형분석, 동위효소, mtDNA의 RFLP 양상 등을 이용한 연구들에서 곰쥐의 학명은 *R. rattus tanezumi*, 집쥐는 *R. norvegicus caroco*일

가능성이 높은 것으로 보고되었다. *R. tanezumi*는 IUCN Red List of Threatened Species D/B(<http://www.iucnredlist.org>) 상에서는 아시아 지역에 야생종과 도입종이 있는 것으로 보고되었다. 동남아시아 지역이 기원으로 야생종은 지리적 경계가 불분명하지만, 히말라야 산맥을 따라 Afghanistan에서 India-Bangladesh, 중국 중남부에서 한반도와 동남아시아에 분포한다. 현재는 야생종인지 도입종인지 불분명하며, Malay-Indochina 반도뿐만 아니라 동아시아의 거의 모든 섬 국가, New Guinea, Micronesia의 섬들을 비롯하여 최근에는 남아프리카 국가들에서도 발견되고 있다(Marshall, 1977; Musser and Carleton, 2005; Robins *et al.*, 2007, 2010; Truong *et al.*, 2009; Bastos *et al.*, 2011).

특히 *R. rattus* species complex로 불리는 몇몇 종들은 유전적으로 *R. rattus*와 매우 근연이면서 형태적 구분이 모호한 경우가 많고, 중간 교잡종의 출현, 과도한 동종이명(synonym)의 사용 등에 의해 전문가의 분류에도 종종 오동정이나 아종(subspecies)으로 보고되기도 하였다(Koh, 1991, 1992; Alpin *et al.*, 2003, 2011; Musser and Carleton, 2005; Pagès *et al.*, 2009, 2010, 2013; Bastos *et al.*, 2011; Lack *et al.*, 2012). 시료 상태의 불완전, 유사한 형태에 의한 동정의 어려움뿐만 아니라 아성체(sub-adult)의 동정을 위해 최근 미토콘드리아 DNA(mitochondrial DNA, mtDNA)의 COI 유전자를 이용한 DNA barcoding, 계통유전학에서 많이 사용되고 있는 CYTB 유전자 서열의 다형성을 이용한 분자유전학적 종 동정이 시도되고 있다(Hebert *et al.*, 2003; Robins *et al.*, 2007; Plyusnina *et al.*, 2009; Johansson *et al.*, 2010; Lack *et al.*, 2012; Milocco *et al.*, 2013).

현재까지 야생 또는 인간생활과 밀접한 관계를 나타내는 *Rattus* 속 동물들에 대해서 아직까지 명확한 분류체계가 마련되어 있지 않고, 형태적 유사성에 의해 오동정의 소지가 다분하며, 서식 환경에 대한 체계적인 연구가 진행되지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 제주도에서 채집된 *Rattus* 속 동물들의 형태적·분자적 종 동정과 함께 종내, 종 간의 특성을 비교하고, 각 종의 서식지 유형에 대한

기초자료를 제시하고자 수행하였다.

## 연구방법

### 1. 조사대상지 및 시료 채집

*Rattus* 시료의 채집은 2005년 4월부터 2012년 10월까지 제주도에서 Sherman Live Trap과 재래식 철망 트랩 등을 이용하여 포획하였다. 채집에 이용한 유인용 먹이로는 어묵, 소세지, 쥐포 등을 0.5-1g 정도로 절단하여 사용하였다. 서식지의 유형을 확인을 위한 조사지를 크게 도시형주거지역(urban residential area, 주택 최소 20가구 이상/km<sup>2</sup>), 전원지역(rural area, 도시형주거지역에서 1km 이상의 거리에 위치한 소규모/단독 거주지 또는 축사, 농경지), 자연환경지역(natural area, 도시형주거지역에서 1km 이상의 거리에 위치한 자연환경 지역)으로 구분하였다. 도시형주거지역은 다시 가옥 내부(i), 가옥 주변(ii), 100m 이내 지역(iii), 100m 이상 지역(iv) 등으로 세분하였고, 전원지역은 가옥/축사의 내부(v), 외부(vi), 100m 이상 지점(vii), 경작지(viii) 등으로, 자연환경지역은 자연림(ix), 초지(x), 습지(xi), 해안(xii) 등으로 세분하여, 총 12가지의 서식지 유형으로 구분하여 조사하였다(Table 2). 해당 채집지에서의 조사는 trap 포획, 분변, 육안 관찰 등을 병행하였다. 포획용 trap의 설치는 5m 이상의 간격으로 1회 당 20~30개의 trap을 설치하였고, 다음날 수거하였다. *Rattus* 속 동물이 채집된 경우, 해당 지역에 대한 채집을 1회씩 추가하였다. 채집한 시료들은 실험실로 옮겨 ether로 마취한 후, 외부 형태를 측정하고 DNA 분리를 위해 근육이나 간을 채취하였다. 채집시료 이외에 제주대학교 동물형태학실험실의 표본실에 보관중인 개체들의 정보를 추가하여 연구에 이용하였다.

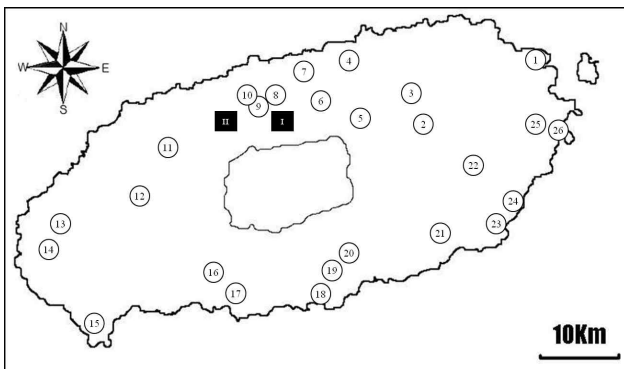


Figure 1. Collection sites of *R. norvegicus*(1-26, open circles) and *R. tanezumi* (I and II, filled squares) in Jeju Island. Habitat types were detailed in Table 2

### 2. 외부형태 형질 측정

외부형태 형질은 BW(body weight, 체중), HBL(head to body length, 머리와 몸통의 길이), TL(tail length, 꼬리의 길이), EL(ear length, 귀의 길이), HFL(hind foot length, 뒷발의 길이) 등을 측정하였고, 털색과 꼬리의 절단 여부 등 특이사항을 기록하였다. 외부형태의 특성을 살펴보기 위하여 머리와 몸통 길이를 기준으로 BW, TL, EL, HFL의 비율을 계산하여 B\_HR, T\_HR, E\_HR, H\_HR을 산출하였다. 모든 측정은 3인이 각각 2회에 걸쳐 측정된 값의 평균을 이용하였다. 형태형질 중 형태학적 종 동정은 Won(1967)의 보고를 따랐다. 사전 연구결과에서 *Rattus* 속 동물의 서식이 확인된 지역(조사지 번호 2, 3, 12, 13, 14, 26)은 직접 관찰하거나 청문조사하였고, 필요한 정보는 제주대학교 동물학 연구실 표본실의 생물정보를 이용하였다.

### 3. DNA 종 동정과 통계분석

생체에서 분리한 근육 또는 간 조직을 이용하여 DNA 분리에 이용하였다. 시료들은 70% ethanol, 식염수로 세척하거나 그대로 DNA 분리에 이용하였고, Wizard Genomic DNA Purification Kit(Promega, USA)를 이용하여 분리하였다. 실험방법은 공급자의 manual을 따라 수행하였다. 분리한 DNA를 주형으로 PCR 증폭을 수행하였다. mtDNA *CYTB* 유전자 절편은 GenBank Acc. No. GU592956 서열을 기준으로 고안한 한 쌍의 primer set을 이용하여 증폭하였다(Table 1). 유전자 증폭은 Maxime PCR Premix(iNtRON Biotechnology, Korea)를 이용하여 혼합한 후, Thermal Cycler 2720(Applied Biosystems, USA)를 이용하여 증폭하였다. 94°C에서 3분간 초기 변성한 후, 94°C 1분, 60°C 1분, 72°C 1분 30초로 구성된 PCR cycle을 35회 반복한 후, 72°C에서 10분간 최종 신장하였다. 증폭이 끝난 PCR 산물은 1% agarose gel 상에서 전개하여 확인하였고, 증폭 산물은 정제 후 DNA 서열 결정에 이용하였다. DNA 염기 서열 분석은 MegaBace1000 DNA Sequencer(Pharmacia, Sweden) 상에서 dye-terminator AutoCycle DNA Sequencing 방법을 통하여, rCYTB\_iF과 rCYTB\_iR 프라이머를 추가로 이용하여 결정하였다. 염기서열 분석이 끝난 서열들은 GenBank DNA database 상에서 BLAST 검색을 통해 최고 유사서열을 검색하여 종 동정에 이용하였다. 채집된 *R. norvegicus*와 *R. tanezumi* 종내 집단 간, 성별, 종 간 형질의 평균간 유의성 검정( $p < 0.05$ )은 SPSS(ver. 19.0)의 student t-test, Mann-Whitney U test로 차이를 각각 비교하였다.

Table 1. Nucleotide sequences of primers used in this study

Name of primer	Nucleotide sequences (5'→3')	Remark
rCYTB_nF	AATCATCGTTGTAATTCAACT	PCR amplification
rCYTB_nR	CCAAAGTAATTTTATACTATC	-
rCYTB_iR	TTCCTCCACGAAACAGGATCA	DNA sequencing
rCYTB_iF	GCAATCCACTTCATCCTCCCA	-

## 결과 및 고찰

### 1. 채집 시료 동정

제주도에서 채집한 한국산 *Rattus* 속 동물들을 형태학적 특성 분석과 유전자 종 동정을 수행하였다. 외부형태학적 특성을 바탕으로 Won(1967)의 보고에 따라 수집한 개체들을 식별한 결과, 채집된 시료들 중 Figure 1의 I과 II 지역을 제외한 나머지 지역(1-26)에서 수집한 개체들은 모두 *R. norvegicus*로, I, II 지역의 개체들은 *R. rattus*인 것으로 확인되었다. 또한 mtDNA *CYTB* 유전자 서열을 BLAST 검색한 결과에서는 제주도에서 채집한 모든 *Rattus* 속 동물들의 *CYTB* 서열들이 *R. norvegicus*와 *R. tanezumi*에서 보고된

서열들과 최대 유사도를 나타내었다(99.5~100%) (Table 2). 이들 중 형태적 특성에 의해 *R. norvegicus*로 동정되었던 시료의 *CYTB* 서열들은 역시 *R. norvegicus*의 *CYTB* 서열과 최고유사도를 나타내었다. 반면, 형태적 특성에서 *R. rattus*로 구분되었던 개체들의 *CYTB* 서열들은 모두 *R. rattus* 서열이 아닌 *R. tanezumi*의 서열과 더 높은 상동성을 나타내는 것으로 확인하였다(Table 2). 이들은 BLAST 검색 결과에서 *R. tanezumi*의 서열과의 유사도는 가장 낮은 것이 99.3%의 유사도를 보인 반면, *R. rattus*와는 가장 높은 유사도를 나타낸 것이 96.5%로 서로 구분되는 양상을 보였다.

결과적으로 제주도에서 채집한 시료 중에서 형태와 *CYTB* 서열의 상동성 두 가지를 모두 고려했을 때, *R. rattus*는 확인되지 않았다. 이에 본 조사를 통해 제주도에서 채집된 *Rattus* 속에 속하는 동물 중에서 형태적으로 곰쥐와 유사한 개체들은 *R. rattus* 보다는 *R. tanezumi*로 명명하는 것이 더 타당한 것으로 판단된다. BLAST 검색에서 보여준 최대 유사종과의 높은 유사도(최소 99.9-100%)와 이들 서열이 한반도나 중국, 일본 등 동북아시아가 아닌 Viet Nam에서 보고된 점을 감안하면 현재 제주도에서 발견되는 *R. tanezumi*가 야생종인지 도입종인지에 대한 판단을 위한 폭넓은 연구가 수반되어야 할 것이다. 한국산 곰쥐는 Won(1967)에 의하면 *R. r. rufescens*로 알려져 있었으나 Koh(1991, 1992)의 핵형분석, 동위효소, mtDNA의 RFLP 양상 등에 의해 아종명이 *R. r. tanezumi*인 것으로 제안된

Table 2. BLAST search results for *CYTB* sequences obtained from *Rattus* animals in this study

Site*	Area	No. of sequences	Maximum similar species	Genbank acc. no.	Identity range (%)	No. of sequences mismatched
1	Hadori, Jeju-si	1	<i>R. norvegicus</i>	FJ919764	99.9	1
4	Sinchonri, Jeju-si	1	<i>R. norvegicus</i>	FJ919764	99.9	1
5	Bonggaedong, Jeju-si	10	<i>R. norvegicus</i>	GU592956,	99.7-99.8	2-4
				JQ823539,	99.6	5
				JX105356	99.7-99.8	2-4
8	Ido-2dong, Jeju-si	25	<i>R. norvegicus</i>	GU592956,	99.7-99.8	2-4
				JQ823539,	99.6	5
				JX105356	99.7-99.8	2-4
9	Ora-1dong, Jeju-si	2	<i>R. norvegicus</i>	FJ919764	99.9	1
10	Samdo-1dong, Jeju-si	4	<i>R. norvegicus</i>	FJ919764	99.9	1
11	Goseongri, Jeju-si	1	<i>R. norvegicus</i>	JX105356	99.9	1
17	Hawondong, Seogwipo-si	1	<i>R. norvegicus</i>	GU592956	99.7	3
21	Sinheungri, Seogwipo-si	2	<i>R. norvegicus</i>	JX105356	99.7	3-4
25	Susanri, Seogwipo-si	3	<i>R. norvegicus</i>	JQ823539,	99.5	5
				JX105356	99.7	3-4
I	Odeungdong, Jeju-si	20	<i>R. tanezumi</i>	JQ823463	100	0
				HQ907884	99.9	1
II	Nohyeongdong, Jeju-si	6	<i>R. tanezumi</i>	JQ823463	100	0

\* given in Figure 1

바 있다. *R. rattus*와 *R. tanezumi*의 형태적 특성이 유사하다는 것뿐만 아니라, 과거의 시료들이 *R. tanezumi*가 아니라 실제로 *R. rattus*일 가능성도 전혀 배제할 수 없을뿐더러, 본 조사에서 확인된 제주도 *R. tanezumi* 집단의 낮은 유전적 다형성과 Viet Nam에서 보고된 서열과의 높은 상동성(99.9-100%) 등을 감안하면, 단편적인 연구결과만으로 지금까지 우리나라에서 발견된 모든 개체들이 *R. norvegicus*를 제외하면 모두 *R. tanezumi*라고 단정하기에는 것은 대단히 큰 무리가 따른다. *R. rattus*와 *R. tanezumi*가 서로 별개의 종으로 구분된 시점이 Won의 보고(1967)보다 더 최신의 연구결과들(Marshall, 1977; Musser and Carleton, 2005;

Robins *et al.*, 2007, 2010; Truong *et al.*, 2009; Bastos *et al.*, 2011)임을 감안하면, 과거 한반도의 *Rattus* 속 동물들에 대한 기재가 분류상의 오류이기보다 최신의 정보에 의해 보다 더 세분화된 체계를 마련하고 이를 통해 한반도 *Rattus* 속 동물상에 대한 재검토가 필요한 시점이라고 하겠다.

2. *R. norvegicus*와 *R. tanezumi*의 서식지 유형

본 연구에서 *Rattus* 속 동물이 채집된 지역은 Figure 1에 표시하였고, 채집지별 서식지 유형은 Table 2에 제시하였다. 조사결과에서 *R. norvegicus*는 도시형주거지역의 인가

Table 3. Habitat types of the collection sites of *Rattus* species in Jeju Island

Species	Site	Area	Habitat type*											
			Urban				Rural				Natural			
			i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii	ix	x	xi	xii
<i>R. norvegicus</i>	1	Hadori, Jeju-si	○	○	·	·	nd	nd	nd	·	·	·	·	○
	2	Gyoraeri, Jeju-si	○	·	·	·	nd	nd	nd	·	○	○	·	nd
	3	Seonheulri, Jeju-si	○	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	nd
	4	Sinchonri, Jeju-si	○	·	○	·	nd	nd	nd	·	·	·	nd	nd
	5	Bonggaedong, Jeju-si	○	○	·	·	○	○	·	nd	nd	nd	nd	nd
	6	Yeongpyeongdong, Jeju-si	○	·	·	○	nd	nd	nd	·	·	○	·	nd
	7	Hwabukdong, Jeju-si	○	·	○	·	nd	nd	nd	·	·	·	·	·
	8	Ido-2dong, Jeju-si	○	○	○	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	9	Ora-1dong, Jeju-si	○	·	○	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10	Samdo-1dong, Jeju-si	○	·	·	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	11	Goseongri, Jeju-si	○	○	○	○	nd	nd	nd	nd	nd	·	·	nd
	12	Geumakri, Jeju-si	○	·	·	·	nd	nd	nd	nd	·	·	·	nd
	13	Hanwonri, Jeju-si	○	·	○	·	nd	nd	nd	·	·	·	·	nd
	14	Gosanri, Jeju-si	○	·	○	·	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	15	Hamori, Seogwipo-si	·	○	○	·	nd	nd	nd	nd	·	·	·	○
	16	Hoisudong, Seogwipo-si	○	·	○	·	nd	nd	nd	○	·	·	·	nd
	17	Hawondong, Seogwipo-si	○	○	○	·	nd	nd	nd	nd	·	·	·	nd
	18	Seogwidong, Seogwipo-si	·	○	·	·	nd	nd	nd	nd	·	·	·	nd
	19	Donghongdong, Seogwipo-si	○	○	·	·	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	20	Yeongcheondong, Seogwipo-si	·	·	○	·	nd	nd	nd	·	·	·	·	nd
	21	Sinheungri, Seogwipo-si	○	·	○	·	·	·	·	·	·	·	·	nd
	22	Gasiri, Seogwipo-si	○	○	○	·	·	·	·	·	·	·	·	nd
	23	Pyoseonri, Seogwipo-si	○	·	·	·	nd	nd	nd	·	·	·	·	·
	24	Hacheonri, Seogwipo-si	○	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
	25	Susanri, Seogwipo-si	○	○	○	·	·	·	·	·	·	·	○	nd
	26	Sinyangri, Seogwipo-si	○	○	○	·	nd	nd	nd	·	·	·	·	○
<i>R. tanezumi</i>	I	Odeungdong, Jeju-si	·	·	·	·	○	○	○	·	·	·	·	
	II	Nohyeongdong, Jeju-si	·	·	·	·	○	○	○	·	·	·	·	

\* i -iv: urban residential areas ( i : inside house, ii: near house, iii: surrounding area within 100m distance from house, iv: site distant over 100m from house); v -viii: rural areas located over 1km from main residential areas ( v : inside house/animal farm, vi: near house/farm, vii: site distinct over 100m from house/farm, viii: agricultural land), ix-xii: natural areas located over 1km from main residential areas (ix: natural forest, x: grassland, xi: wetland, xii: coastal area), respectively. Circle and nd indicate the site found rats and those not investigated, respectively.

내부(i)나 외부(ii)를 중심으로 많은 개체들이 발견되었으나, 전원지역과 자연환경지역(해안초지, 초지, 습지) 등에서도 서식하는 개체들이 확인되었다. *R. norvegicus*는 인가와 산악을 포함한 전국적으로 발견되는 것으로 알려져 있고 (Koh, 1991; Kim and Kang, 1995; Kim *et al.*, 1996; Seong *et al.*, 1999a, b; Alpin *et al.*, 2003; Kang *et al.*, 2008; Oh *et al.*, 2008), Kang *et al.*(2008)과 Oh *et al.*(2008)의 보고에서는 무인도서 등 섬 지역에서도 침입종으로 정착한 사례들이 보고되었다. 본 연구결과에서 *R. norvegicus*는 도시형거주지역의 인가 내외부뿐만 아니라 전원지역의 경작지, 자연환경지역의 초지, 해안에서도 발견되어 *R. norvegicus*의 서식 지역은 인가에 국한되지 않고, 제주도

전 지역 환경에 적응한 상태인 것으로 보인다. 자연환경 초지인 경우에는 띠(*Imperata cylindrica* var. *koenigii*)와 억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*)가 우점인 제주도의 전형적인 야초지와 잔디(*Zoysia japonica*)와 소관목 내지는 여러 식물들이 혼생하는 지역에서도 발견되었다. 해안에서 발견된 경우에 있어서도 제주도 해안사구의 대표적인 식물인 순비기(*Vitex rotundifolia*)와 띠(*I. cylindrica* var. *koenigii*) 우점지역이나 우묵사스래피(*Eurya emarginata*)와 까마귀쪽나무(*Litsea japonica*) 등 상록수가 우점인 해안림 경계에서 발견되기도 하였다. 본 조사에서는 발견되지 않았으나, 최근 등반객의 수가 증가되고 있는 한라산 고지대 등에 대한 채집과 관찰을 통해 한라산국립공원 내에서의

Table 4. Number of animals found in the collection sites of *Rattus* species in Jeju Island in this study

Species	Site	Area	Detection method				Total no. of animals	
			Capture	Carcass	Observation <sup>a</sup>	Museum specimen <sup>b</sup>		Interview <sup>c</sup>
<i>R. norvegicus</i>	1	Hadori, Jeju-si	4					4
	2	Gyoraeri, Jeju-si				3		3
	3	Seonheulri, Jeju-si	1					1
	4	Sinchonri, Jeju-si	1					1
	5	Bonggaedong, Jeju-si	18					18
	6	Yeongpyeongdong, Jeju-si	2					2
	7	Hwabukdong, Jeju-si	2					2
	8	Ido-2dong, Jeju-si	30		1		1	32
	9	Ora-1dong, Jeju-si	2					2
	10	Samdo-1dong, Jeju-si	6					6
	11	Goseongri, Jeju-si	4					4
	12	Geumakri, Jeju-si				1		1
	13	Hanwonri, Jeju-si	3	1	1		2	7
	14	Gosanri, Jeju-si		1			1	2
	15	Hamori, Seogwipo-si	1	1				2
	16	Hoisudong, Seogwipo-si	2	2	1			5
	17	Hawondong, Seogwipo-si	1	2				3
	18	Seogwidong, Seogwipo-si	7					7
	19	Donghongdong, Seogwipo-si	8					8
	20	Yeongcheondong, Seogwipo-si		1				1
	21	Sinheungri, Seogwipo-si				2		2
	22	Gasiri, Seogwipo-si	2		2		3	7
	23	Pyoseonri, Seogwipo-si		1	1	4		6
	24	Hacheonri, Seogwipo-si		1	1		1	3
	25	Susanri, Seogwipo-si	3	1		1		5
	26	Sinyangri, Seogwipo-si	4	2	2			8
<i>R. tanezumi</i>	I	Odeungdong, Jeju-si	40		4		1	45
	II	Nohyeongdong, Jeju-si	16		1		1	18

<sup>a</sup> indicates the cases of direct observation by authors

<sup>b</sup> Specimen room, Laboratory of Ecology and Morphology, Jeju National University

<sup>c</sup> indicates the cases of direct observation by non-authors and the number of animals are those of the interview cases within a week

서식 여부도 확인하여야 할 대목이다.

*R. tanezumi*의 경우는 도시형주거지역이나 자연환경지역에서는 전혀 확인되지 않았고, 전원지역 중에서도 돼지 또는 돼지와 소를 혼합 사육하는 축사의 내부, 외부에서만 확인되었다(Table 3, 4). *R. tanezumi*의 서식환경에 대한 국내 연구보고가 없어 직접적인 비교는 불가능하였다. IUCN Red List of Threatened Species D/B(<http://www.iucnredlist.org>)의 보고에 따르면 *R. tanezumi*의 서식지는 전원이나 이와 유사한 마을 농촌지역에서 일반적으로 발견되며, 필리핀의 사례에서는 저지대에서 해발고도 1,800m까지 폭넓게 발견되며(Heaney *et al.*, 1989), 거주성과 더불어 초지, 관목림, 2,800m 이하의 산림, 경작, 목장 초지 등 다양한 된 것으로 추정하고 있다(Marshall, 1977; Truong *et al.*, 2009; Bastos *et al.*, 2011). 조사 결과에서 *R. tanezumi*가 제주도에서 채집된 두 지역 역시 해발고도 상으로는 300m, 500m 정도의 고도를 나타내는 곳으로 *R. tanezumi*의 발견된 장소는 가축을 사육하는 축사라는 공통점 이외에 제주도의 중산간 지역으로 확인되어, 향후 서식지 조사에 있어 해발고도와의 연관성도 함께 조사되어야 할 것으로 판단된다.

### 3. *R. norvegicus*와 *R. tanezumi*의 2차 성적이형

채집한 *R. norvegicus*의 2차 성적이형(secondary sexual dimorphism)을 측정된 외부 형질 자료를 이용하여 분석하였다(Table 5). 체중과 두개골의 크기를 기준으로 미성숙한 아성체 샘플은 분석에서 제외하였다. 지역구분 없이 *R. norvegicus* 암수에서 측정된 형태 형질을 비교하였을 때, 통계적으로 유의한 차이를 보이는 형질은 발견되지 않았다( $p > 0.05$ ). 다만 뒷발의 길이(HFL)를 비교한 결과,  $p$ -value는 0.067이었으며(data not shown), 신뢰구간 90% 수준에서는 유의한 차이가 있었다. Kim *et al.*(1994)은 *R. norvegicus*의

Table 5. Comparison of morphological characters of *R. norvegicus* between males and females

Trait	Mean $\pm$ SD		Significance*
	Male (n = 20)	Female (n = 16)	
BW (g)	120.37 $\pm$ 32.11	105.83 $\pm$ 27.49	NS
HBL (mm)	156.34 $\pm$ 26.31	154.91 $\pm$ 28.06	NS
B_HR	78.02 $\pm$ 20.29	68.20 $\pm$ 9.96	NS
TL (mm)	148.85 $\pm$ 11.93	152.02 $\pm$ 10.93	NS
T_HR	99.92 $\pm$ 12.40	99.93 $\pm$ 12.39	NS
EL (mm)	17.61 $\pm$ 1.15	17.16 $\pm$ 1.13	NS
E_HR	11.49 $\pm$ 1.69	11.31 $\pm$ 1.57	NS
HFL (mm)	33.29 $\pm$ 2.57	32.28 $\pm$ 1.79	NS
H_HR	21.66 $\pm$ 2.77	21.24 $\pm$ 2.57	NS

\* NS: not significant

Table 6. Comparison of morphological characters of *R. tanezumi* between males and females

Trait	Mean $\pm$ SD		Significance <sup>a</sup>
	Male (n = 12)	Female (n = 8)	
BW (g)	112.18 $\pm$ 26.01	126.73 $\pm$ 45.96	NS
HBL (mm)	169.33 $\pm$ 10.93	162.38 $\pm$ 19.66	NS
B_HR	65.82 $\pm$ 11.95	76.38 $\pm$ 19.06	*
TL (mm)	183.33 $\pm$ 10.11	181.88 $\pm$ 19.44	NS
T_HR	108.41 $\pm$ 4.83	112.36 $\pm$ 8.23	NS
EL (mm)	23.35 $\pm$ 1.24	22.43 $\pm$ 2.04	NS
E_HR	13.84 $\pm$ 1.19	13.88 $\pm$ 1.07	NS
HFL (mm)	33.35 $\pm$ 0.29	33.21 $\pm$ 0.96	NS
H_HR	19.76 $\pm$ 1.25	20.68 $\pm$ 2.59	NS

<sup>a</sup> NS: not significant; \*  $p < 0.05$

외부와 두개골 등 27가지의 형질에 대한 연령별 2차 성적이형에 대한 연구에서 미성체와 성체를 모두 포함하는 2차 성적이형은 관찰되지 않았으며, 어린 성체, 중간 성체, 늙은 성체를 모두 포함하는 성체 전 연령에 대하여 2차 성적이형이 일관적으로 관찰되는 항목은 하악의 높이, 구순, 제1구치, 뒷발의 길이 등에서만 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 6은 채집된 *R. tanezumi*의 암수 간 성적이형의 확인을 위해 형태 형질자료를 비교한 것이다. 측정된 각각의 외부형질에 대한 성별 비교에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 형질은 체중에 대한 머리와 몸통의 길이(B\_HR)에서만 발견되었다( $p < 0.05$ ). *R. tanezumi*의 암컷에서 B\_HR의 비율은  $76.38 \pm 19.06$ , 수컷은  $65.82 \pm 11.95$ 로 수컷의 머리와 몸통의 길이가 암컷보다 다소 길다는 것은 감안하면, 전체적인 모양에서 암컷이 더 비후된 형태임을 나타내었다. 암컷의 체중 변화는 임신여부에 따라 크게 달라질 수 있다는 점과 *R. tanezumi*의 채집 시기가 대부분 여름철에 집중되었다는 점에서 *R. tanezumi*의 암컷이 여름철에 출산 준비를 위해 영양분을 많이 축적하였던 것에서 나타난 결과라 판단된다. 실제 암컷을 해부한 결과, 임신한 개체들은 확인되지 않아 여름철 이후에 교미시기가 있을 것으로 추정되나 이에 대한 근거를 확보하기 위해서는 월 단위 또는 계절 단위의 연속적인 채집관찰이 필요하다고 하겠다.

### 4. *R. norvegicus* 집단 간 외부형태 비교

조사과정에서 제주시 도심지 지역(Figure 1, 8 지역)과 제주시의 외곽인 경계부인 중산간 지역(Figure 1, 5 지역)에서 다수의 *R. norvegicus*가 채집되었다. 이들 두 지역의 *R. norvegicus* 성체의 외부형질을 집단 간 차이를 확인하기 위해 비교하였다. 비교 결과 두 지역 사이에서 형태형질 중에서

BW과 B\_HR 형질들이 평균 간의 유의적인 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ , Table 7). 도심 집단의 BW는  $128.58 \pm 34.51$ g, 농촌 집단의 BW는  $99.23 \pm 16.23$ g으로, 농촌 집단에 비해 도심 집단이 대략 30g 정도 더 무거운 것으로 조사되었고, 이에 따른 B\_HR은 도심 집단이  $81.08 \pm 19.11\%$ , 농촌 집단이  $66.23 \pm 10.67\%$ 로 도심 집단이 더 비후된 형태임을 보여주고 있다.

이러한 결과는 대부분 거주성인 *R. norvegicus*의 생태적 특성을 고려할 때, 인구 밀집지역에 서식하는 개체들이 풍부한 먹이활동을 하는 것이 가능하기 때문이라고 판단된다. 반면, 꼬리의 길이, 귀의 길이, 뒷발의 길이와 이들에 대한 머리-몸통 길이의 비율 등은 도심 집단과 농촌 집단 사이에서 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ).

Table 7. Comparison of morphological characters of *R. norvegicus* between urban and rural populations

Trait	Mean $\pm$ SD		Significance <sup>a</sup>
	Male (n=18)	Female (n=18)	
BW (g)	128.58 $\pm$ 34.51	99.23 $\pm$ 16.23	*
HBL (mm)	159.84 $\pm$ 29.49	151.56 $\pm$ 23.67	NS
B_HR	81.08 $\pm$ 19.11	66.23 $\pm$ 10.67	*
TL (mm)	154.03 $\pm$ 11.64	147.07 $\pm$ 10.39	NS
T_HR	101.66 $\pm$ 13.80	98.38 $\pm$ 10.76	NS
EL (mm)	17.39 $\pm$ 1.27	17.43 $\pm$ 1.05	NS
E_HR	11.13 $\pm$ 1.73	11.69 $\pm$ 1.49	NS
HFL (mm)	33.07 $\pm$ 2.08	32.62 $\pm$ 2.51	NS
H_HR	21.12 $\pm$ 2.75	21.83 $\pm$ 2.53	NS

<sup>a</sup> NS: not significant; \*  $p < 0.05$

### 5. *R. norvegicus*와 *R. tanezum* 외부형태 비교

채집된 *R. norvegicus*와 *R. tanezum*의 중간 외부형태를 비교한 결과, TL, T\_HR, EL, E\_HR 등에서 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ , Table 8). TL은 *R. norvegicus*  $150.34 \pm 11.23$ mm, *R. tanezum*  $182.75 \pm 13.54$ mm로 나타나, *R. tanezum*의 꼬리가 *R. norvegicus* 보다 더 긴 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 또한 T\_HR 역시 *R. norvegicus*는  $99.93 \pm 12.00\%$ 로 100% 전후이고, *R. tanezum*는  $109.99 \pm 6.30\%$ 로 보통 110% 내외임을 보여주었다. 즉, *R. tanezum*는 보통 꼬리가 머리-몸통의 길이에 비해 더 길지만, *R. norvegicus*는 꼬리의 길이가 머리와 몸통의 길이와 거의 같거나 작았으며, 기존의 보고들과 유사한 결과라 하겠다(Marshall, 1977; Seong et al., 1999b; Yoon et al., 2004). EL은 *R. norvegicus*  $17.41 \pm 1.13$ mm, *R. tanezum*  $22.98 \pm 1.57$ mm로 *R. tanezum*가 평균 5mm 이상 더

긴 것으로 확인되었고( $p < 0.05$ ), E\_HR 역시 *R. tanezum*는 13.86% 정도이나 *R. norvegicus*는 11% 내외로 두 종간의 유의적인 차이가 있음을 나타내었다( $p < 0.05$ , Table 8).

Table 8. Comparison of morphological characters between *R. norvegicus* and *R. tanezum*

Trait	Mean $\pm$ SD		Significance <sup>a</sup>
	<i>R. norvegicus</i> (n = 36)	<i>R. tanezum</i> (n = 20)	
BW (g)	113.91 $\pm$ 30.20	118.00 $\pm$ 33.71	NS
HBL (mm)	155.70 $\pm$ 26.29	166.55 $\pm$ 14.42	NS
B_HR	73.66 $\pm$ 16.85	70.05 $\pm$ 15.17	NS
TL (mm)	150.34 $\pm$ 11.23	182.75 $\pm$ 13.54	*
T_HR	99.93 $\pm$ 12.00	109.99 $\pm$ 6.30	*
EL (mm)	17.41 $\pm$ 1.13	22.98 $\pm$ 1.57	*
E_HR	11.41 $\pm$ 1.59	13.86 $\pm$ 1.08	*
HFL (mm)	32.84 $\pm$ 2.25	33.30 $\pm$ 0.60	NS
H_HR	21.47 $\pm$ 2.61	20.13 $\pm$ 1.82	NS

<sup>a</sup> NS: not significant; \*  $p < 0.05$

강원도 홍천과 춘천지역에서 포획한 *R. norvegicus*의 형태 유전학적 특성에 대한 보고(Seong et al., 1999a)에서도 머리와 몸통의 길이에 대한 꼬리길이의 비율은 역시 100%를 넘지 않았다. 반면, 뒷발의 길이는 수컷이  $3.8 \pm 0.2$ cm, 암컷이  $3.6 \pm 0.1$ cm로 본 연구에서 측정된 뒷발의 길이( $3.284 \pm 0.225$ cm)보다 큰 것으로 보고되었다. 이는 강원도와 제주도 개체군의 지역 집단의 차이라고도 할 수 있으나, 평가된 개체들의 체중이 본 조사에서는  $113.91 \pm 30.20$ g이었으나 Seong et al.(1999a)의 조사에서는 수컷이  $206.6 \pm 45.5$ g, 암컷이  $145.1 \pm 38.3$ g으로 훨씬 더 큰 개체들에서 얻은 결과의 차이로 판단된다. 이는 개체군의 연령과 성숙, 계절적 차이를 최소로 한 시점에서 제주도, 한반도의 각 지역과 인근 아시아 지역의 시료들에 대한 동시 연구가 필요함을 시사한다.

### 6. 제주도 *Rattus* 속 동물상의 의의

한반도에 분포하는 *Rattus* 속에는 *R. norvegicus*와 *R. rattus*, *R. tanezum* 3종이 서식하는 것으로 알려져 있으나(Won, 1967; Koh, 1991; Kim and Kang, 1996; Yoon et al., 2004; Bastos et al., 2011), 제주도의 포유동물상에 대한 연구기록에는 *Rattus* 속에 속하는 *R. norvegicus*와 *R. rattus* 2종만을 기록하고 있다(Won, 1967; Nowak, 1991; Oh and Park, 1994; Oh et al., 2008; Shin et al., 2012).



본 연구에서 *R. norvegicus*가 서식한다는 것을 확인한 것은 제주도과 한반도 전역에서 발견되는 종이라는 기존의 연구 보고와 다름없는 결과라 하겠다. 이 중 *R. norvegicus*의 포획지점이 인가와 동떨어진 해안가, 경작지, 초지 등에서의 확인은 인간활동 영역의 확대, 가축이나 애완동물의 사육에 따라 기존 서식지인 인가 주변에서 벗어나 야생 생태계에 다시 적응한 개체군이 서식하고 있을 가능성이 있을 것이라 추정된다. 야생 *R. norvegicus* 서식에 대한 의문점을 해결하기 위해서는 지속적인 채집 및 행동권, 식이물 분석과 개체군의 크기 및 연령 구조, 거주성 개체군과의 사회적 격리 여부 등 다양한 정보가 추가되어야 할 것이다. 특히, 생태계의 마지막 보고로 알려진 무인도서 지역에서 *R. norvegicus*의 서식에 대한 보고들(Kang *et al.*, 2008; Oh *et al.*, 2008)을 감안한다면 생태보전지역이나 국립공원 지역 및 도서지역에 대한 *Rattus* 속 동물의 서식 형태와 해당 지역의 보호 동식물의 상호작용 등에 대한 종합적인 연구를 통한 관리 대책의 마련이 필요한 실정이라 하겠다.

국내외 연구를 통해 우리나라의 *Rattus* 속에 속하는 3종이 서식하는 것으로 기록되어 있으나(Koh, 1991; Kim and Kang, 1996; Yoon *et al.*, 2004; Bastos *et al.*, 2011), 채집지에 대한 정보가 명확히 제시되어 있지 않아 제주도 내 분포여부는 확인되지 않았다. 본 연구에서 제주도에서 채집한 *Rattus* 속 동물들 중에서 형태학적 형질 특성과 mtDNA *CYTB* 서열 유사도 분석을 통해 제주도 내에는 *R. norvegicus* 뿐만 아니라 *R. tanezumi*도 서식하는 것이 확인되었고, 기존의 보고에서 기재된 *R. rattus*는 채집되거나 관찰되지 않았다. 해외의 연구보고를 통해 조심스럽게 추정되었던 *R. tanezumi*의 서식확인은 현재까지 *R. tanezumi*에 대한 국명(Korean name)도 부여되지 않은 상태라는 점에서 매우 중요한 자료가 될 것이라 판단한다. 특히 서식이 확인된 집단이 두 집단이라는 점은 적어도 제주도 지역에 여러 집단의 존재를 시사하고 있다. 또한 형태적 동정과 더불어 수행한 DNA 서열의 비교에서 인근 아시아집단에서 보고된 서열과 99% 이상의 일치도를 나타내었다는 점에서 *R. rattus*의 오동정이 아닌 *R. tanezumi*의 가능성을 뒷받침해 줄 수 있는 중요한 자료이며, 아시아 인근 지역의 집단과의 유연관계를 살펴볼 필요가 있음을 시사하고 있는 것이다. 많은 *Rattus* 종들이 외부형태학적으로 구분하기가 쉽지 않고, 과거 아시아 지역에서 발견된 대부분의 *R. tanezumi*가 *R. rattus*로 오동정되거나, 아종 수준으로 구분되었다는 보고들은(Won, 1967; Koh, 1991; Kim and Kang, 1996; Alpin *et al.*, 2003; Yoon *et al.*, 2004; Musser and Carleton, 2005; Plyusnina *et al.*, 2009; Bastos *et al.*, 2011), 국내 *Rattus* 속의 동물들에 대한 면밀한 검토가 필요하다는 것을 시사한다. 본 연구 결과와 이상의 자료들의 내용들은 *R. rattus*가 우리나라에

서식하지 않는다는 것이 아니라, *R. rattus*와 *R. tanezumi*의 서식과 특성에 대한 연구뿐만 아니라 이들 두 종을 명확히 식별할 수 있는 분류체계의 도입이 적실히 필요한 시점이라는 것이다. 이를 위해서는 형태학적인 종 동정을 뒷받침할 수 있는 분자유전학적 정보 등 새로운 자료 산출을 위한 분석기법의 도입도 검토할 필요가 있다고 판단된다.

야생 생태계뿐만 아니라 인간활동 영역에서 야생동물 종의 서식에 대한 정확한 정보는 단지 종다양성의 변화에 대한 생태계 모니터링 차원에서의 중요성만이 아니라, 이들이 인간 또는 다른 종들과의 상호작용을 통해 먹이사슬을 통한 개체군의 조절, 전염성 질병의 매개체로서 작용한다는 점에서 정보의 정확성을 중대한 차이를 나타낼 수 있다. 최근 국민 생활수준의 향상과 건강에 대한 관심은 야외 여가활동 시간의 증가로 이어지고 있는 추세이며, 이러한 견지에서 야생동물과 인간의 공존과 건강한 생태계의 유지를 위해서는 동물상 정보의 명확성은 가장 시급한 사안이라 하겠다. 특히 질병 매개체로 중요한 관리 대상동물인 *Rattus* 속 동물들에 대한 서식확인 및 병원체 보유 여부는 대단히 중요한 사회문제로 다루어지고 있다. 본 연구는 단순히 제주도에 서식하는 *Rattus* 속 동물의 형태학적, 분자유전학적 종동정과 종 간 식별을 위한 형태적 특성, 서식지의 유형을 분석한 수준에 그치고 있으나, 야생 설치류 매개성 전염성 질병의 연구나 한반도와 도서지역에서의 서식, 아시아 인근 지역 개체군과의 계통학적 연관관계 등 관련분야 연구를 위한 중요한 자료가 될 것으로 판단된다.

## LITERATURE CITED

- Aplin, K.P., H. Suzuki, A.A. Chinen, R.T. Chesser, J. Ten Have, S.C. Donnellan, J. Austin, A. Frost, J.P. Gonzalez, V. Herbreteau, F. Catzeflis, J. Soubrier, Y.P. Fang, J. Robins, E. Matisoo-Smith, A.D. Bastos, I. Maryanto, M.H. Sinaga, C. Denys, R.A. Van Den Bussche, C. Conroy, K. Rowe and A. Cooper(2011) Multiple geographic origins of commensalism and complex dispersal history of Black Rats. PLoS One 6(11): e26357.
- Aplin, K.P., T. Chesser and J. Ten Have(2003) Evolutionary biology of the genus *Rattus*: profile of an archetypal rodent pest. In: ACIAR Technical Report 96: Rats, mice and people: rodent biology and management. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp. 497-498.
- Arai, S., S.H. Gu, L.J. Back, K. Tabara, S.N. Bennett, H.S. Oh, N. Takada, H.J. Kang, K. Tanaka-Taya, S. Morikawa, N. Okabe, R. Yanagihara and J.W. Song(2012) Divergent ancestral lineages of newfound hantaviruses harbored by phylogenetically related crocidurine shrew species in Korea. Virology 424(2): 99-105.

- Bastos, A.D., D. Nair, P.J. Taylor, H. Brettschneider, F. Kirsten, E. Mostert, E. von Maltitz, J.M. Lamb, P. van Hooft, S.R. Belmain, G. Contrafatto, S. Downs and C.T. Chimimba(2011) Genetic monitoring detects an overlooked cryptic species and reveals the diversity and distribution of three invasive *Rattus* congeners in South Africa. *BMC Genet* 12: 26.
- Heaney, L.R., P.D. Heideman, E.A. Rickart, R.C.B. Utzurrum and J.S.H. Klompen(1989) Elevational zonation of mammals in the central Philippines. *J. Trop. Ecol.* 5: 259-280.
- Hebert, P.D.N., A. Cywinska, S.L. Ball and J.R. deWaars(2003) Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. Biol. Sci.* 270: 313-321.
- Innes, J.G.(1990) Ship rat. In: King, C.M. (Ed.), *The Handbook of New Zealand Mammals*. Oxford University Press, Auckland, Melbourne, Oxford, New York, pp. 206-225.
- Johansson, P., G. Yap, H. Low, C. Siew, R. Kek, L. Ng and G. Bucht(2010) Molecular characterization of two hantavirus strains from different *rattus* species in Singapore. *Virology* 7: 15.
- Kang, J.H., T.H. Kang, S.H. Yoo, H.J. Cho, S.W. Lee and I.K. Kim(2008) Study on the breeding status of the Natural Monument Islet (Chilbaldo, Sasudo, Nando, Hongdo). *Kor. J. Ornithology* 15: 169-175. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S. and M.I. Kang(1995) Epidemiological study for spotted fever group rickettsia of wild rats (*Rattus norvegicus* and *R. rattus*) in Korea. *Korean J. Vet. Res.* 35(3): 505-513. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S. and M.I. Kang(1996) Morphometric analysis on the mandible of wild rat (*Rattus norvegicus*) in Korea. *Kor. J. Publ. Hlth.* 20(2): 127-133. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S., M.I. Kang and H.K. Kim(1994) A study for secondary dimorphism of *Rattus norvegicus* on Korea: 2. for sexual dimorphism on age groups. *Kor. J. Vet. Publ. Hlth.* 18: 173-179. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S., S. You, S.G. Paik and Y.J. Kim(1996) mtDNA RFLPs of *Rattus norvegicus* and *Rattus rattus* in Korea. *Chungnam J. Sci.* 23(2): 128-142. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H., L.J. Baek, Y.J. Lee and H.W. Lee(1990) Seroepidemiologic survey of Hantaan virus and Rickettsial infections among *Apodemus agrarius* and *Rattus norvegicus* caught in Korea, 1988. *J. Kor. Soc. Virol.* 20: 167-175. (in Korean with English abstract)
- Koh, H.S.(1991) Systematic Studies of Korean Rodents: VI. Analyses of Morphometric Characters, Chromosomal Karyotypes, and Serum Proteins by Immunoelectrophoresis with Two Species of the Genus *Rattus*. Research Report of National Research Foundation of Korea, pp. 3-34.
- Koh, H.S.(1992) Systematic studies on Korean rodents: VI. Analyses of morphometric characters, chromosomal karyotypes and mitochondrial DNA in two species of genus *Rattus*. *Korean J. Syst. Zool.* 8(2): 231-242.
- Lack, J.B., D.U. Greene, C.J. Conroy, M.J. Hamilton, J.K. Braun, M.A. Mares and R.A. Van Den Bussche(2012) Invasion facilitates hybridization with introgression in the *Rattus rattus* species complex. *Mol. Ecol.* 21(14): 3545-3561.
- Lee, H.W., L.J. Back and K.M. Johnson(1983) Isolation of Hantaan virus, the etiologic agent of Korean hemorrhagic fever from wild urban rats. *J. Infect. Dis.* 146: 638.
- Marshall, J.T.Jr.(1977) Family Muridae: Rats and Mice in Mammals of Thailand (B. Lekagul and J. A. McNeely, eds.). Association for the Conservation of Wildlife, Sahakarnbhat Co., Bangkok, Thailand, pp. 396-487.
- Meerburg, B.G., G.R. Singleton and A. Kijlstra(2009) Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Rev. Microbiol.* 35: 221-270.
- Milocco, C., K. Kamyngkird, M. Desquesnes, S. Jittapalpong, V. Berbreteau, Y. Chaval, B. Douangboupha and S. Morand(2013) Molecular demonstration of *Trypanosoma evansi* and *Trypanosoma lewisi* DNA in wild rodents from Cambodia, Lao PDR and Thailand. *Transbound. Emerg. Dis.* 60: 17-26.
- Musser, C.G. and M.D. Carleton(2005) Family Muridae. In: Wilson, D.E. and D.M. Reeder(ed.) *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. Vol. 2, 3rd Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 894-1531.
- Nowak, R.(1991) Walker's Mammals of the World, 5th Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 785-791.
- Oh, H.S. and H.S. Park(1994) Animals in Hallasan. Jeju-do, Jeju, pp. 103-111. (in Korean)
- Oh, H.S., M.H. Chang and T.W. Kim(2008) A study on management of Streaked Shearwaters (*Calonectris leucomelas*) population on Sausdo Island. *Kor. J. Ornithology* 15: 107-116. (in Korean with English abstract)
- Pagès, M., E. Bazin, M. Galan, Y. Chaval, J. Claude, V. Herbreteau, J. Michaux, S. Piry, S. Morand and J.F. Cosson(2013) Cytonuclear discordance among Southeast Asian black rats (*Rattus rattus* complex). *Mol. Ecol.* 22(4): 1019-1034.
- Pagès, M., Y. Chaval, V. Herbreteau, S. Waengsothorn, J.F. Cosson, J.P. Hugot, S. Morand and J. Michaux(2010) Revisiting the taxonomy of the Rattini tribe: a phylogeny-based delimitation of species boundaries. *BMC Evol. Biol.* 10: 184.
- Plyusnina, A., I. Ibrahim and A. Pyusnin(2009) A newly recognized hantavirus in the Asian house rat (*Rattus tanezumi*) in Indonesia. *J. Gen. Virol.* 90: 205-209.
- Raoult, D. and V. Roux(1997) Rickettsioses as paradigms of new or emerging infectious diseases. *Clin. Microbiol. Rev.* 10: 694-719.
- Robins, J.H., M., Hungston, E. Matisoo-Smith and H.A. Ross(2007)

- Identifying *Rattus* species using mitochondrial DNA. *Mol. Ecol. Notes* 7: 717-729.
- Robins, J.H., P.A. McLenachan, M.J. Phillips, B.J. McComish, E. Matisoo-Smith and H.A. Ross(2010) Evolutionary relationships and divergence times among the native rats of Australia. *BMC Evol. Biol.* 10: 375.
- Robins, J.H., P.A. McLenachan, M.J. Phillips, L. Craig, H.A. Ross and E. Matisoo-Smith(2008) Dating of divergences within the *Rattus* genus phylogeny using whole mitochondrial genomes. *Mol. Phylogenet. Evol.* 49(2): 460-466.
- Seong, J.K., Y.M. Yun, J.Y. Park, S.H. Oh, S.G. Do, H.K. Jin, B.H. Hyun, J.G. Suh and Y.S. Oh(1999b) Morphogenetical characteristics of Korean wild rat (*Rattus norvegicus*). *Korean J. Vet. Res.* 39(5): 896-907. (in Korean with English abstract)
- Seong, J.K., Y.M. Yun, J.Y. Park, S.H. Oh, S.G. Do, H.K. Jin, J.G. Suh and Y.S. Oh(1999a) Morphogenetical characteristics of mandible in Korean wild rat (*Rattus norvegicus*). *Korean J. Lab. Anim. Sci.* 15(2): 165-172. (in Korean with English abstract)
- Shin, J.H., H.R. Choi, J.H. Yoon, J.T. Kim, H.S. Oh, T.W. Kim, J.H. Park, T.H. Kim and J.H. Song(2012) Diagnosis of Wild Rodents Diseases. National Institute of Environmental Research, Incheon, pp. 9-16. (in Korean)
- Truong, T.T., K. Yoshimatsu, K. Araki, B.H. Lee, I. Nakamura, R. Endo, K. Shimizu, S.P. Yasuda, T. Koma, M. Taruishi, M. Okumura, U.N. Truong and J. Arikawa(2009) Molecular epidemiological and serological studies of hantavirus infection in northern Vietnam. *J. Vet. Med. Sci.* 71(10): 1357-1363.
- Won, P.H.(1967) Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Vol. 7 Mammals. SamHwa Publication, Seoul, pp. 235-249. (in Korean)
- Yoon, M.H., S.H. Han, H.S. Oh and J.G. Kim(2004) Mammals of Korea. Dongbang Media, Seoul, pp. 117-120. (in Korean)