

머리뼈 형태학적 특성을 이용한 한국산 노루의 분류학적 고찰¹

박용수^{2*} · 차진열² · 김남신³

Taxonomic Revision of Variation in Skull Morphology of Siberian Roe Deer (*Capreolus pygargus*, Pallas, 1771) in South Korea¹

Yong-Su Park^{2*}, Jin-Yeol Cha², Nam-Shin Kim³

요 약

한반도에 서식하는 노루의 계통분류학적 위치는 아직까지 명확하게 정리되어 있지 않으며, 최근까지 내륙과 제주도 지역에 서식하는 노루 간 외부형태와 유전학적 차이가 있다고 여러 차례 보고되고 있다. 따라서 본 연구는 외부형태와 유전적으로 차이가 나타나 두 아종으로 여겨지는 내륙과 제주도 노루의 머리뼈 특성에 있어서도 차이가 있을 것으로 생각하고, 그 차이를 비교·분석하여 한국노루의 분류학적 위치를 좀 더 명확하게 규명하고자 실시하였다. 총 50개체의 성체 노루 머리뼈를 비교·분석한 결과 머리뼈최대길이, 뒤통수뼈관절융기-치조점사이길이, 머리뼈바닥길이, 머리뼈최대폭, 광대뼈사이폭, 눈확사이폭, 얼굴길이, 위어금니열길이 등에서 유의한 차이가 나타나 제주노루가 내륙노루 보다 머리뼈의 크기 및 형태가 작은 것으로 나타났다. 두개골의 형태는 노루 아종 간 차이를 결정하는 중요한 요소이며, 위도, 경도, 고도에 직접적인 영향을 받지 않지만 이 요소들이 1차 생산자에 영향을 미쳐 먹이식물에 변화를 가져오고 노루의 먹이 선택과 연관되어 순차적으로 두개골 형태에도 영향을 미친다. 따라서 한반도에 서식하는 노루 두개골의 계량형태학적 특성을 비교·분석한 결과 내륙 노루는 아종인 *C. p. tianschanicus*와 비슷한 반면, 제주 노루는 시베리아노루 3아종 및 유럽노루와 확연한 차이를 나타냈다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 제주도 지역에 서식하는 노루의 경우 제주도에만 서식하는 고유종으로 아종 수준의 분류가 가능할 것으로 생각한다.

주요어: 계통분류, 머리뼈 특성, 시베리아 노루, 지리적 격리, 한반도

ABSTRACT

Recently, it has been reported that morphologically and genetically different two Siberian roe deer (*Capreolus pygargus*, Pallas, 1771), in Mainland and in Jeju island. Until now, this roe deer has not been clearly taxonomy of Siberian roe deer in Korean peninsula. So, the aim of this study was to compare the skull morphometrics of mainland and Jeju roe deer to obtain more information on the species status of *C. pygargus* and study the distribution of roe deer subspecies in this region. A total of 50 skulls of adult roe deer was compared and analyzed. The maximum skull length, condylo-basal length, basilar length, maximum skull width, cheek-bone width, interorbital width, rostrum length, length of upper tooth row from the Siberian roe deer in Jeju island were significantly smaller than those of the deer in mainland. Length of the skull was the principal factor of interpopulational variability in roe deer. Variation was not distributed along latitude, longitude, or

1 접수 2016년 1월 26일, 수정 (1차: 2016년 2월 11일), 게재확정 2016년 2월 12일

Received 26 January 2016; Revised (1st: 11 February 2016); Accepted 12 February 2016

2 국립생태원 생태평가연구실 Dept. of Ecological Assessment, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Korea

3 국립생태원 생태기반연구실 Dept. of Ecological Foundation, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Korea

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-41-950-5412, Fax: +82-41-950-5412, E-mail: jangsudeer@nie.ac.kr

elevation, but those factors did influence the variation through effects on primary production, which in turn caused isolated differences in skull morphology apparently related to types of forage selected by roe deer in various geographic areas. According to the analysis results of the skull characters, Mainland roe deer was more similar to *C. p. tianschanicus* which is a subspecies of Siberian roe deer. In addition, Jeju roe deer showed distinct differences compared to European roe deer, 3 subspecies of Siberian roe deer, so it appeared that they could be a unique native species inhabited only in Jeju Island. Because Siberian roe deer in Jeju Island can be classified at subspecies level in this study.

KEY WORDS: GEOGRAPHICAL ISOLATION, KOREAN PENINSULA, SIBERIAN ROE DEER, SKULL CHARACTERISTICS, TAXONOMIC STATUS

서론

노루는 우제류 중 전 세계적으로 가장 많이 알려진 동시에 가장 넓게 분포하는 종이다(Sheremetyeva and Sheremetyev, 2008). 유럽에서 아시아 지역까지 3대륙 50개국에 서식하고 있는 노루는 인간의 활동에 의한 서식지 파괴와 변화에 놀랍게 적응한 종이다(Danilkin, 1999; Hmwe, 2005).

노루는 우제목(Artiodactyla) 사슴과(Cervidae) 흰꼬리사슴아과(Odocoileinae) 노루속(Capreolus)에 속하며 크게 유럽노루(*Capreolus Capreolus*)와 시베리아노루(*Capreolus pygargus*) 2종으로 분류되고 있다. 미토콘드리아 DNA 서열과 화석 기록에 의하면, 유럽노루와 시베리아노루는 신신세(Pliocene)와 홍적세(Pleistocene) 사이에 분리되었고, 2~3백만 년 동안 각각 독립적으로 진화한 것으로 알려져 있다(Danilkin and Hewson, 1996; Randi *et al.*, 1998).

노루는 단일 종으로 전 세계적으로 가장 넓게 분포하고 번성한 종이지만, 20세기 초반까지 이 종에 대한 계통분류학적 연구는 미비한 실정이었다(Sheremetyeva and Sheremetyev, 2008). 19세기 후반에 처음으로 아시아와 유럽 지역에서 서식하는 노루가 형태학적으로 다른 것으로 보고되었으며(Danilkin and Hewson, 1996), 외부형태와 머리뼈의 특성, 뿔의 형태학적 특성을 바탕으로 다양한 계통분류학적 연구가 이루어진 유럽노루에 비하여 상대적으로 시베리아노루의 계통분류학적 연구는 미흡한 실정이다(Bubenik and Bubenik, 1990; Danilkin and Hewson, 1996).

Sokolov와 Gromov (1990)는 외부형태학적 분석에서 유럽노루는 단일 아종으로 이루어져 있으며, 시베리아노루인 *C. pygargus*는 3아종으로 분류하였다. Wilson과 Reeder (1993)는 시베리아노루를 8아종으로 분류하는 등 시베리아노루의 계통분류학적 위치는 현재까지 명확하게 정립되지 않은 상태이다. 특히 한국이나 중국 동북부, 러시아 지역에 서식하고 있는 노루의 계통분류학적 연구는 여러 연구자들

에게 관심의 대상이 되었다(Sokolov and Gromov, 1990; Wilson and Reeder, 1993; Danilkin and Hewson, 1996; Koh *et al.*, 1997; Koh and Randi, 2001; Xiao *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2011).

특히 한반도에 서식하는 노루 중 내륙과 제주도 지역에 서식하는 노루는 외부형태와 유전적으로 차이를 나타내고 있어 서로 다른 아종으로 여겨지고 있다(Oh, 2004; Park *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2014; Yoon, 2003). 그 중 제주도 지역에 서식하는 노루는 외부형태에 있어서 유럽노루와 유사하여 제주노루의 분류학적 위치는 현재 많은 연구자들에게 끊임없는 논쟁거리가 되고 있다. 따라서 본 연구는 외부형태와 유전적으로 차이가 나타나 두 아종으로 여겨지는 내륙과 제주도 노루의 머리뼈에서도 차이가 있을 것이라 생각하고, 그 특성과 차이를 살펴보고 더불어 한국 노루의 분류학적 위치를 좀 더 명확하게 하고자 실시하였다.

연구방법

1. 머리뼈의 수집

내륙과 제주도 지역에 서식하는 노루의 머리뼈 특성을 비교하기 위하여 2004년 12월부터 2012년 12월까지 도로변에서 차량과 충돌로 사망한 개체, 밀렵에 의해 희생된 개체, 강원대학교 야생동물구조센터와 제주대학교 동물분류형태학 실험실에서 보관 중인 사체 등 총 50개체의 노루 머리뼈를 수집하여 계측에 사용하였다(Table 1).

Table 1. The skull samples of Siberian roe deer used and analyzed in this study

Sample	Sex		
	Male	Female	Total
Mainland rod deer	10	10	20
Jeju island roe deer	20	10	30

2. 머리뼈의 형태학적 분석

머리뼈 측정은 머리뼈최대길이(maximum skull length), 뒤통수뼈관절용기-치조점사이길이(condylo basal length), 머리뼈바닥길이(basilar length), 머리뼈최대폭(maximum skull width), 광대뼈사이폭(cheek bone width), 눈확사이폭(interorbital width), 얼굴길이(rostrum length), 코뼈길이(maximum nasal bone length), 위어금니열길이(length of upper tooth row), 뇌머리뼈폭(maximum width of brain case) 등 10가지 머리뼈 형태를 측정하였다.

반면 아래턱뼈길이(length of mandible), 아래어금니열길이(length of lower tooth row), 앞니와 어금니 사이 길이(diastema length) 등 3개의 형질은 수집된 머리뼈의 대부분이 아래턱뼈가 파손되어 통계분석에 필요한 자료를 확보하지 못하였다(Figure 1).

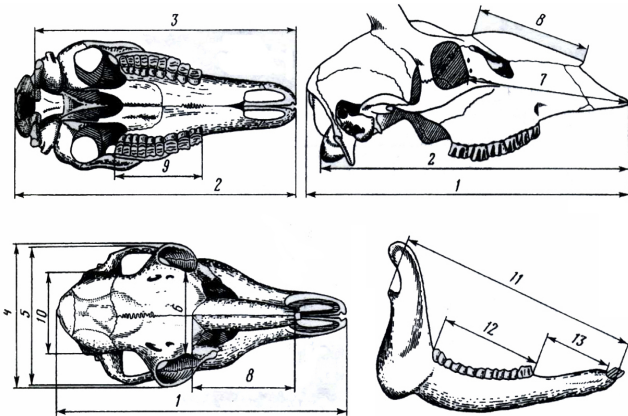


Figure 1. Sheremetyeva and Sheremetyev (2008) used skull dimensions of roe deer showing (1) maximum skull length; (2) condylo-basal length; (3) basilar length; (4) maximum skull width; (5) cheek-bone width; (6) interorbital width; (7) rostrum length; (8) maximum nasal bone length; (9) length of upper tooth row; (10) maximum width of brain case; (11) length of mandible; (12) length of lower tooth row; (13) diastema length

측정에 이용된 노루의 머리뼈는 치아의 마모정도와 영구치의 유무, 수컷은 뿔의 크기와 모양 등을 바탕으로 성체를 판별하였고, 미성숙 개체는 측정대상에서 제외하였다 (Geist, 1998; Sheremetyeva and Sheremetyev, 2008). 또한 노루의 머리뼈 측정은 Danilkin과 Hewison (1996)의 방법에 따라 디지털 버니어캘리퍼스(vernier caliper)를 이용하여 0.1mm 단위까지 측정하였다.

3. 계량형태학적 분석

내륙과 제주도 지역에 서식하는 노루 머리뼈의 계량형태학적 차이를 분석하기 위하여 머리뼈최대길이를 기준으로 각 부위별 측정치를 나눈 값을 바탕으로 두 집단 간 계량형태학적 특성을 비교·분석하였다. 또한 측정치는 암·수로 구분한 후 SPSS 12.0 program(SPSS Inc., USA)을 이용하여 t-test와 정준판별분석(CANDISC), 분산분석(ANOVA) 등을 실시하였다. 또한 한국산 노루의 계통분류학적 위치를 고찰하고자 Sheremetyeva와 Sheremetyev (2008)가 연구한 시베리아노루 3아종(*C. p. pygarrus*, *C. p. tianschanicus*, *C. p. melanotis*)의 머리뼈 측정치 자료와 내륙노루, 제주노루의 머리뼈 측정치 자료를 비교하고, 이를 바탕으로 군집분석(clusterign analysis)을 실시하였다.

결 과

1. 한국산 노루 머리뼈의 형태학적 특성 비교

내륙과 제주도 지역 간 노루 머리뼈의 형태학적 특성을 비교·분석한 결과 내륙노루의 머리뼈최대길이는 평균 20.7 ± 0.7 cm(19.9~22.1cm), 제주노루는 평균 19.4 ± 0.8 cm(17.7~21.6cm)로 유의한 차이를 보였다(t-test, $F=31.8$, $P < 0.01$). 뒤통수뼈관절용기-치조점사이길이는 내륙노루가 평균 20.2 ± 0.5 cm(19.6~20.9cm), 제주노루는 평균 18.8 ± 0.8 cm(17.5~21.0cm)로 유의한 차이를 보였다(t-test, $F=41.2$, $P < 0.01$).

머리뼈바닥길이는 내륙노루가 평균 19.8 ± 0.6 cm(18.9~20.7cm), 제주노루는 평균 17.8 ± 1.0 cm(15.4~19.5cm)로 유의한 차이를 보였다(t-test, $F=52.9$, $P < 0.01$). 머리뼈최대폭은 내륙노루가 평균 9.3 ± 0.4 cm(8.7~9.7cm), 제주노루는 평균 8.8 ± 0.5 cm(8.0~9.6cm)로 유의한 차이를 보였다(t-test, $F=10.1$, $P < 0.01$).

광대뼈사이폭은 내륙노루가 평균 8.8 ± 0.3 cm(8.2~9.1cm), 제주노루는 평균 8.5 ± 0.3 cm(8.0~9.1cm)로 유의한 차이를 보였다(t-test, $F=8.7$, $P < 0.01$).

눈확사이폭은 내륙노루가 평균 5.9 ± 0.4 cm(5.2~6.4cm), 제주노루는 평균 5.6 ± 0.5 cm(4.7~6.5cm)로 유의한 차이를 보였다(t-test, $F=6.6$, $P < 0.05$).

얼굴길이는 내륙노루가 평균 11.0 ± 0.5 cm(10.4~11.9cm), 제주노루는 평균 9.8 ± 0.5 cm(8.6~10.9cm)로 유의한 차이를 보였다(t-test, $F=65.4$, $P < 0.01$). 위어금니열길이는 내륙노루가 평균 6.2 ± 0.2 cm(5.7~6.5cm), 제주노루는 평균 5.8 ± 0.3 cm(5.3~6.4cm)로 유의한 차이를 보였다(t-test, $F=18.0$, P

Table 2. Skull characteristics of Siberian roe deer in mainland and Jeju island

		N	Mean	Standard Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Maximum skull length** (cm)	Inland	20	20.7	0.7	20.4	21.1	19.9	22.1
	Jeju	30	19.4	0.8	19.0	19.7	17.7	21.6
	Total	50	19.8	1.0	19.5	20.1	17.7	22.1
Condyllo-basal length** (cm)	Inland	20	20.2	0.5	19.9	20.4	19.6	20.9
	Jeju	30	18.8	0.8	18.5	19.1	17.5	21.0
	Total	50	19.3	1.0	19.0	19.6	17.5	21.0
Basilar length** (cm)	Inland	20	19.8	0.6	19.4	20.1	18.9	20.7
	Jeju	30	17.8	1.0	17.4	18.1	15.4	19.5
	Total	50	18.5	1.3	18.1	18.9	15.4	20.7
Maximum skull width** (cm)	Inland	20	9.3	0.4	9.0	9.5	8.7	9.7
	Jeju	30	8.8	0.5	8.6	9.0	8.0	9.6
	Total	50	9.0	0.5	8.8	9.1	8.0	9.7
Cheek-bone width** (cm)	Inland	20	8.8	0.3	8.6	9.0	8.2	9.1
	Jeju	30	8.5	0.3	8.4	8.6	8.0	9.1
	Total	50	8.6	0.3	8.5	8.7	8.0	9.1
Interorbital width* (cm)	Inland	20	5.9	0.4	5.7	6.1	5.2	6.4
	Jeju	30	5.6	0.5	5.4	5.7	4.7	6.5
	Total	50	5.7	0.5	5.6	5.8	4.7	6.5
Rostrum length** (cm)	Inland	20	11.0	0.5	10.7	11.2	10.4	11.9
	Jeju	30	9.8	0.5	9.6	10.0	8.6	10.9
	Total	50	10.2	0.7	10.0	10.4	8.6	11.9
Maximum nasal bone length (cm)	Inland	20	6.5	0.2	6.4	6.6	6.1	7.0
	Jeju	30	6.4	0.4	6.3	6.6	5.4	7.1
	Total	50	6.5	0.4	6.4	6.6	5.4	7.1
Length of upper tooth row** (cm)	Inland	20	6.2	0.2	6.1	6.2	5.7	6.5
	Jeju	30	5.8	0.3	5.7	5.9	5.3	6.4
	Total	50	5.9	0.3	5.8	6.0	5.3	6.5
Maximum width of brain case (cm)	Inland	20	6.0	0.4	5.8	6.2	5.3	6.8
	Jeju	30	5.9	0.2	5.8	6.0	5.4	6.5
	Total	50	5.9	0.3	5.9	6.0	5.3	6.8

※ * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

< 0.01).

이와 같이 내륙과 제주도 지역에 서식하는 노루의 머리뼈 형태학적 특성을 분석한 결과 코뼈길이(t-test, $F=0.8$, $P > 0.05$)와 뇌머리뼈폭(t-test, $F=0.3$, $P > 0.05$)을 제외한 모든 부분에서 제주노루가 내륙노루 보다 작은 것으로 나타났다 (Table 2).

2. 한국산 노루의 계량형태학적 특성 비교

내륙노루와 제주노루 간 머리뼈 형태의 계량형태학적 차

이를 분석하기 위하여 머리뼈최대길이를 기준으로 각 부위 별 측정치를 나눈 자료로 두 집단 간 계량형태학적 특성을 분석하였다. ANOVA 분석을 통하여 내륙노루와 제주노루 사이에 머리뼈바닥길이(one-way ANOVA, $F=8.7$, $P <$

0.01), 광대뼈사이폭(one-way ANOVA, $F=1.6$, $P < 0.01$), 눈과 코뼈 사이의 길이(one-way ANOVA, $F=9.7$, $P < 0.01$), 코뼈길이(one-way ANOVA, $F=0.02$, $P < 0.01$), 뇌머리뼈폭(one-way ANOVA, $F=0.7$, $P < 0.01$) 등의 차이를 확인하였다(Table 3). 또한 Tukey의 HSD(honestly significant difference) 검정법에 의한 사후 분석 결과도 이

Table 3. ANOVA for skull characteristics of Siberian roe deer in mainland and Jeju island

		Levene's Test for Equality of Variances		one-way ANOVA and T-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Standard Error Difference	95% Confidence interval of the Difference		
										Lower	Upper
CBL	=	1.61	0.21	0.56	32.00	0.58	0.00	0.01	-0.01	0.02	
	≠			0.60	31.99	0.55	0.00	0.01	-0.01	0.02	
BL	=	8.65	0.01	5.46	32.00	0.00	0.05	0.01	0.03	0.06	
	≠			6.30	25.21	0.00	0.05	0.01	0.03	0.06	
MSW	=	4.06	0.05	-1.82	32.00	0.08	-0.01	0.01	-0.03	0.00	
	≠			-2.02	30.16	0.05	-0.01	0.01	-0.03	0.00	
CBW	=	1.57	0.22	-3.53	32.00	0.00	-0.02	0.01	-0.03	-0.01	
	≠			-3.83	31.54	0.00	-0.02	0.01	-0.03	-0.01	
IW	=	0.11	0.75	0.39	32.00	0.70	0.00	0.01	-0.01	0.02	
	≠			0.41	30.65	0.69	0.00	0.01	-0.01	0.02	
RL	=	9.69	0.00	3.34	32.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	
	≠			3.75	28.72	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	
MNB	=	0.02	0.89	-3.65	32.00	0.00	-0.02	0.01	-0.03	-0.01	
	≠			-3.71	29.70	0.00	-0.02	0.01	-0.03	-0.01	
LUTR	=	0.71	0.40	-1.15	32.00	0.26	-0.01	0.00	-0.02	0.00	
	≠			-1.19	30.76	0.24	-0.01	0.00	-0.02	0.00	
MWB	=	0.71	0.40	-4.45	32.00	0.00	-0.02	0.01	-0.03	-0.01	
	≠			-4.31	24.86	0.00	-0.02	0.01	-0.03	-0.01	

※ Sig.: significant probability, CBL: condylo-basal length, BL: basilar length, MSW: maximum skull width, CBW: cheek-bone width, IW: interorbital width, RL: rostrum length, MNBL: maximum nasal bone length, LUTR: length of upper tooth row, MWBC: maximum width of brain case, =: equal variances assumed, ≠: equal variances not assumed

와 유사하게 나타났다.

정준판별분석(CANDISC)을 실시한 결과 고유값은 2.26, 1.47로 분석되었으며, 내륙노루와 제주노루의 산점도는 차이를 나타냈다(Figure 2). 그러나 머리뼈 형태에 있어서 내륙노루와 제주노루 머리뼈 형태가 일부 중첩되는 것으로 나타나 두 집단 간에 명확한 차이를 나타내지는 않았다.

3. 머리뼈 특성을 이용한 한국산 노루의 계통분류학적 위치에 관한 분석

현재까지 학자들 간에 의견이 많은 한국산 노루의 계통분류학적 위치를 밝히고자 Sheremetyeva와 Sheremetyev (2008)가 러시아 지역에서 보고한 시베리아노루 3아종의 머리뼈 측정치와 내륙노루, 제주노루의 머리뼈 측정치 자료를 비교·분석한 결과 수컷 노루의 경우 *C. p. pygargus*, *C. p. tianschanicus*, 내륙노루, *C. p. melanotis*, 제주노루 순으로 머리뼈의 크기가 작은 것으로 나타났다(Table 4). 또한 이를 바탕으로 군집분석을 실시한 결과 내륙노루는 *C. p. tianschanicus*와 하나의 분지군으로 묶였으며, 제주노루는

*C. p. melanotis*와 같은 분지군으로 묶였다(Figure 3).

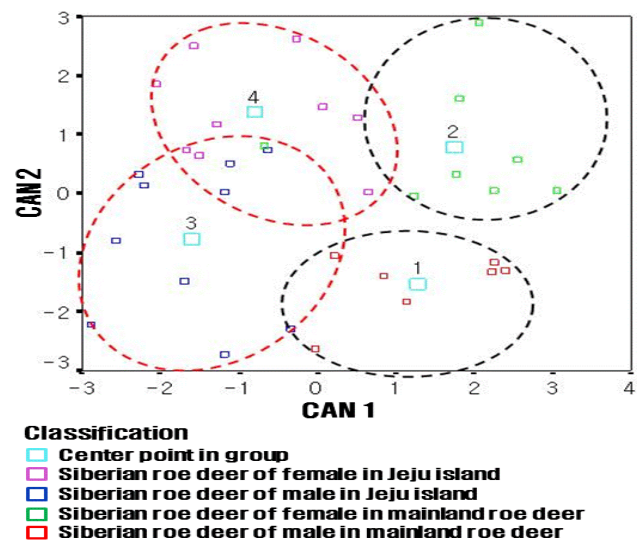


Figure 2. Plots against the first and the second canonical varieties for skull samples of Siberian roe deers in South Korea

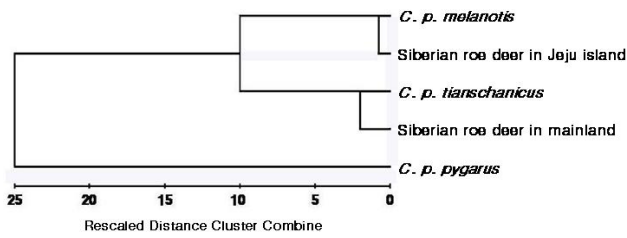


Figure 3. Intercluster distance of the male skulls of Siberian roe deer

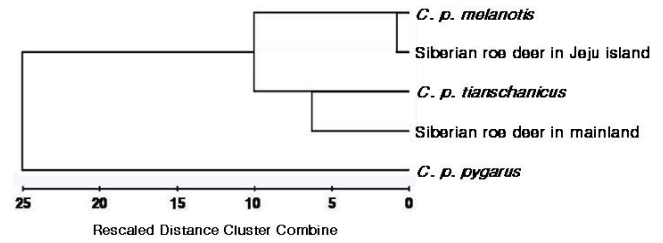


Figure 4. Intercluster distance of female skulls of Siberian roe deer

Table 4. Comparison of male skulls of I : *C. p. melanotis*, II : *C. p. pygarus*, III : *C. p. tianschanicus*, IV : Siberian roe deer in mainland and V : Siberian roe deer in Jeju island (I ~ III : Sheremetyeva and Sheremetyev, 2008; IV ~ V : this study)

Parameters	I	II	III	IV	V
Maximum skull length(cm)					
Range	18.5-21.0	21.5-25.7	21.0-24.0	20.6-22.1	17.7-21.6
Mean±SE	20.3±1.7	24.0±3.8	22.3±1.2	21.2±0.6	19.6±0.9
Condylo-basal length(cm)					
Range	17.9-20.4	20.7-24.0	20.3-23.3	20.1-20.9	17.5-21.0
Mean±SE	19.4±1.0	22.8±3.1	21.3±1.1	20.5±0.3	19.0±0.9
Basilar length(cm)					
Range	16.6-19.1	19.6-22.5	19.2-29.7	19.6-20.7	15.4-19.5
Mean±SE	18.1±1.6	21.4±2.8	20.3±2.9	20.2±0.5	18.0±1.1
Maximum skull width(cm)					
Range	8.3-9.4	9.9-11.5	9.3-10.6	9.5-9.7	8.2-9.6
Mean±SE	8.8±0.9	10.6±1.6	10.0±0.6	9.6±0.1	8.9±0.5
Cheek-bone width(cm)					
Range	8.4-9.4	8.9-10.4	8.8-10.1	9.0-9.1	8.0-9.1
Mean±SE	8.8±0.8	9.9±1.3	9.5±0.6	9.1±0.0	8.6±0.3
Interorbital width(cm)					
Range	5.0-6.1	6.4-8.3	5.5-6.7	5.8-6.4	5.0-7.0
Mean±SE	5.4±0.7	7.0±1.6	6.2±0.4	6.2±0.2	5.8±0.3
Rostrum length(cm)					
Range	9.0-11.2	11.4-13.9	10.7-13.0	10.5-11.9	8.6-10.9
Mean±SE	10.5±1.3	12.6±2.3	11.7±0.9	11.2±0.5	9.9±0.5
Maximum nasal bone length(cm)					
Range	5.9-7.0	6.7-8.7	6.1-8.2	6.4-7.0	5.4-7.1
Mean±SE	6.5±0.8	7.9±1.7	7.2±1.0	6.6±0.2	6.5±0.5
Length of upper tooth(cm)					
Range	5.4-6.8	6.2-7.4	6.0-7.5	6.0-6.2	5.3-6.4
Mean±SE	6.2±0.9	6.7±1.1	6.8±0.5	6.1±0.1	5.8±0.3
Maximum width of brain case(cm)					
Range	5.5-8.2	6.3-6.9	5.9-7.0	5.9-6.8	5.4-6.5
Mean±SE	6.2±1.4	6.6±0.7	6.4±0.4	6.3±0.3	6.0±0.3
Length of mandible(cm)					
Range	14.6-16.8	17.5-20.5	16.5-19.0	-	14.0-16.4
Mean±SE	16.2±1.4	19.2±2.9	17.7±1.0	-	15.5±0.8
Length of lower tooth row(cm)					
Range	5.6-7.4	6.8-8.3	6.7-8.0	-	6.4-6.9
Mean±SE	6.7±1.5	7.5-1.2	7.4±0.5	-	6.6±0.2
Diastema length(cm)					
Range	4.1-5.3	5.1-6.3	4.1-5.8	-	3.7-4.5
Mean±SE	4.6±0.8	5.6±1.2	5.1±0.6	-	4.3±0.3

Table 5. Comparison of female skulls of I: *C. p. melanotis*, II: *C. p. pygarus*, III: *C. p. tianschanicus*, IV: Siberian roe deer in mainland and V: Siberian roe deer in Jeju island (I ~ III: Sheremetyeva and Sheremetyev, 2008; IV ~ V: this study)

Parameters	I	II	III	IV	V
Maximum skull length(cm)					
Range	17.5-20.2	22.2-24.5	19.4-23.6	19.9-20.5	18.3-19.8
Mean±SE	19.0±2.4	23.4±1.5	21.7±1.1	20.2±0.2	18.9±0.4
Condyllo-basal length(cm)					
Range	17.0-19.4	21.4-23.2	21.2-22.5	19.6-20.3	17.8-18.7
Mean±SE	18.0±2.3	22.3±1.3	20.6±2.2	19.8±0.3	18.3±0.3
Basilar length(cm)					
Range	15.7-18.3	20.2-21.8	17.0-21.3	18.9-19.9	16.4-17.8
Mean±SE	16.9±2.2	20.9±1.2	19.4±1.1	19.3±0.4	17.3±0.6
Maximum skull width(cm)					
Range	7.6-8.8	9.5-10.1	8.6-9.9	8.7-9.2	8.0-9.2
Mean±SE	8.3±0.8	9.8±0.6	9.3±0.4	8.9±0.2	8.6±0.4
Cheek-bone width(cm)					
Range	7.5-8.8	9.1-10.2	8.4-9.8	8.2-8.8	8.2-8.8
Mean±SE	8.3±0.8	9.6±0.7	9.1±0.4	8.5±0.2	8.4±0.2
Interorbital width(cm)					
Range	4.7-5.4	5.6-6.9	5.0-6.6	5.2-6.0	4.7-5.6
Mean±SE	5.1±0.5	6.1±0.8	5.6±0.4	5.7±0.3	5.1±0.2
Rostrum length(cm)					
Range	9.0-10.5	11.5-12.8	10.2-12.6	10.4-10.8	9.3-10.2
Mean±SE	9.6±1.5	12.4±0.9	11.4±0.7	10.7±0.1	9.7±0.3
Maximum nasal bone length(cm)					
Range	5.0-7.0	6.9-8.3	5.6-8.6	6.1-6.5	6.1-6.7
Mean±SE	6.1±1.4	7.7±1.0	7.1±0.4	6.4±0.1	6.4±0.2
Length of upper tooth(cm)					
Range	5.4-6.9	5.5-7.3	5.9-7.3	5.7-6.5	5.5-6.1
Mean±SE	5.9±1.3	6.7±1.1	6.6±0.4	6.2±0.3	5.8±0.2
Maximum width of brain case(cm)					
Range	5.3-6.0	6.2-6.8	5.8-6.7	5.3-6.0	5.7-5.9
Mean±SE	5.7±0.5	6.5±0.6	6.2±0.3	5.7±0.2	5.9±0.1
Length of mandible(cm)					
Range	14.0-16.5	18.2-20.0	15.3-19.2	-	14.8-15.6
Mean±SE	15.3±1.7	18.8±1.4	17.3±1.1	-	15.1±0.3
Length of lower tooth row(cm)					
Range	5.6-7.8	6.9-8.2	6.6-8.0	-	6.1-6.9
Mean±SE	6.5±1.9	7.5-1.1	7.2±0.4	-	6.4±0.3
Diastema length(cm)					
Range	3.9-4.6	5.0-5.9	4.1-6.8	-	3.9-4.9
Mean±SE	4.3±0.5	5.6±0.6	5.0±0.5	-	4.3±0.3

암컷의 경우 *C. p. pygarus*, *C. p. tianschanicus*, 내륙노루, 제주노루, *C. p. melanotis* 순으로 머리뼈의 크기가 작은 것으로 나타났으며(Table 5), 이를 바탕으로 군집분석을 실시한 결과 수컷과 유사한 결과를 보였다(Figure 4).

고찰

내륙과 제주도 지역에 서식하는 노루의 머리뼈 형태학적 특성을 비교·분석한 결과 머리뼈최대길이, 뒤통수뼈관절용

기-치조점사이길이, 머리뼈바닥길이와 폭, 광대뼈사이폭, 눈확사이폭, 얼굴길이, 위어금니길이 등에서 유의한 차이가 나타나 제주노루가 내륙 지역에 서식하는 노루보다 머리뼈의 크기가 작은 것으로 나타났다. 이러한 머리뼈 측치치 간 비율 차이는 첫째, 외부형태학적 차이에 따른 머리뼈 형태의 차이로 판단한다(Park *et al.*, 2011). 둘째, 반추 동물의 경우 아래턱뼈의 형태와 치아의 배열상태 및 치아활의 형태 등이 섭식형태에 따라 각기 차이를 보이고 치아의 숫자에 따라 이틀의 형성에도 많은 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다(Nickel *et al.*, 1986). 이처럼 내륙과 제주도 지역에 서식하는 노루의 머리뼈 특성 중 특히 치아의 크기와 형태적 차이는 서식지 특성에 따른 먹이자원의 영향으로 생각한다(Aragon *et al.*, 1998).

노루의 외부형태학적 변이는 노루의 나이(Danilkin and Hewison, 1996; Hewison, 1996), 먹이자원의 질적 차이와 같은 서식환경 차이(Danilkin and Hewison, 1996), 기온(Mysterud *et al.*, 1997; Mysterud and Østbye, 1995), 기후와 서식밀도 변화에 따른 서식 환경의 변화(Carole *et al.*, 2006; Festa-Bianchet *et al.*, 1998; Klein and Strandgaard, 2008) 등 여러 가지 요인들에 의해서 다양하게 나타난다. 특히 섬과 같이 한정된 지역에서 개체수가 증가하면 과도한 경쟁으로 인하여 개체의 크기가 작아지는 것으로 알려져 있다(Lomolino and Perault, 2007; Putman, 1996). 이처럼 현재 제주노루가 내륙노루 보다 형태학적으로 왜소한 것은 제주도라는 특수한 상황에서 기후와 서식밀도 변화에 따른 서식환경의 변화에 오랫동안 적응한 결과로 판단된다.

보통 종은 개체 간에 여러 가지 특성에 차이를 보이며, 아종은 머리뼈의 형태, 치아의 구조, 채색과 크기 같은 것에 있어서 2~3가지 정도에 차이점만을 보인다(Mayr and Ashlock, 1991). 특히 동일 종 내에서 치아의 형태학적 차이 점을 찾아보기는 거의 힘들기 때문에 치아의 특성은 종과 아종을 구분하는 판단 기준이 된다. 일반적으로 치아의 측정치가 통계학적으로 상반된다면 종과 아종을 확연하게 구분할 수 있다(Schwarz, 1980). 그러므로 현재 내륙과 제주도 지역에 서식하는 노루의 치아 측정치가 통계학적으로 상반된 차이를 보이고 있어서 아종 수준의 분류가 충분히 가능할 것으로 판단한다. 또한 시베리아노루의 머리뼈 형태학적 특성에 대한 연구 자료가 부족하여 한반도에 서식하는 노루의 계통분류학적 위치를 명확하게 판단할 수 없지만(Sheremetyeva and Sheremetyev, 2008), 제주도 지역에 서식하는 노루의 경우 시베리아노루 3아종과 내륙 지역에 서식하는 노루 보다 머리뼈의 크기가 작아 시베리아노루 중 머리뼈의 크기가 가장 작은 것으로 생각한다. 따라서 전 세계적으로 제주도 지역에만 서식하는 고유종으로 판단되며, 내륙 지역에 서식하는 노루의 경우 시베리아노루 3아종 중

*C. p. tianschanicus*와 머리뼈 형태가 더 가까운 것으로 생각되나 명확하게 판단하는 것은 어렵다.

Danilkin과 Hewison (1996)의 시베리아노루 연구 결과를 보면 *C. p. tianschanicus*는 *C. p. pygargus* 보다 형태학적으로 작고, 부속 B염색체의 개수에 있어서 두 집단 간 차이를 나타내 *C. p. tianschanicus*와 *C. p. pygargus*를 서로 다른 아종으로 분류하고 있다. 따라서 제주노루의 경우 외부형태 및 머리뼈 형태에 있어서 내륙노루와 뚜렷한 차이를 나타내고 있으며, 내륙지역과 지리적으로 오랫동안 격리되어 있어 유전적으로 차이가 있다면 아종 수준의 분류가 충분히 가능할 것으로 판단된다(Koh and Randi, 2001; Xiao *et al.*, 2007). 그러므로 한반도 지역에 서식하는 노루의 계통분류학적 위치를 더욱 명확하게 밝히기 위해서는 향후 시베리아노루 3아종과 한반도 지역에 서식하는 노루의 미토콘드리아 유전자를 이용한 계통분류학적 연구가 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- Aragon, S., F. Braza, C. SanJose and P. Fandos(1998) Variation in skull morphology of roe deer (*Capreolus capreolus*) in Western and Central Europe. *J. Mammal.* 79: 131-140.
- Bubenik, G.A. and A.B. Bubenik(1990) Horns, Proghorns and Antlers: Evolution Morphology, Physiology and Social Significance. Springer, New York.
- Carole, T., G.J. Michel, V.L. Guy, H. Mark and M. Nicolas(2006) How does environmental variation influence body mass, body size, and body condition? Roe deer as a case study. *Ecography* 29: 301-308.
- Danilkin, A.A.(1990) Deers: mammals of Russia and adjacent regions. GEOS Press, Moscow.
- Danilkin, A.A. and J.M. Hewison(1996) Behavioral ecology of Siberian and European roe deer. Chapman and Hall, London.
- Festa-Bianchet, M., J.M. Gaillard and J.T. Jorgenson(1998) Mass- and density-dependent reproductive success and reproductive costs in a capital breeder. *Am Nat* 152: 367-379.
- Geist, V.(1998) Deer of the world: their evolution, behaviour and ecology. Stackpole Books, Mechanicsburg.
- Hewison, A.J.M.(1996) Variation in fecundity of roe deer: effect of age and body weight. *Acta Theriol* 25: 395-402.
- Hmwe, S.S(2005) Population genetics and phylogeography of European red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*). Ph.D. dissertation. Uni. of Christian-Albrechts zu Kiel.
- Klein, D.R. and H. Strandgaard(2008) Factors affecting growth and body size of roe deer. *J Wildl. Manage.* 36: 64-79.

- Koh, H.S., S.K. Yoo and B.K. Lee(1997) Analysis of external and cranial morphology of roe deer (*Capreolus pygargus bedfordi*) from Korea. Bull. of Nat. Sci. 11: 99-103.
- Koh, H.S. and E. Randi(2001) Genetic distinction of roe deer (*Capreolus pygargus*) sampled in Korea. Mamm. Biol. 66: 371-375.
- Lomolino, M.V. and D.R. Perault(2007) Body Size Variation of Mammals in a Fragmented, Temperate Rain forest. Conserv. Biol. 21: 1059-1069.
- Mayr, E. and P.D. Ashlock(1991) Principles of systematic zoology. McGraw-Hill Inc, New York.
- Mysterud, A., B.H. Bjørnsen and E. Østbye(1997) Effects of snow depth on food and habitat selection by roe deer *Capreolus capreolus* along an altitudinal gradient in south central Norway. Wildl. Biol. 3: 27-33.
- Mysterud, A. and E. Østbye(1995) Bed-site selection by European roe deer (*Capreolus capreolus*) in southern Norway during winter. Can. J Zool. 73: 924-932.
- Nickel, R., A. Schummer and E. Seiferle(1986) The anatomy of the domestic animals. Verlag Paul Parey, Philadelphia.
- Oh, J.K.(2004) Characteristics of ecological behaviour of roe deer (*Capreolus pygargus tianschanicus*) in Jeju island, Korea. Ph. D. Korea National Univ. of Education, Korea. (in Korean with English abstract)
- Park, Y.S., W.S. Lee, J.T. Kim and H.S. Oh(2011) Morphological examination of the Siberian roe deer *Capreolus pygargus* in South Korea. J Ani. and Vet. Adv. 10: 2874-2878.
- Park, Y.S., B.J. Kim, W.S. Lee, J.T. Kim, T.W. Kim and H.S. Oh(2014) Molecular phylogenetic status of Siberian roe deer (*Capreolus pygargus*) based on mitochondrial cytochrome b from Jeju Island in Korea. Chin. sci. bull. 59: 4283-4288.
- Putman, R.J.(1996) Competition and resource partitioning in temperate ungulate assemblies. Springer, New York.
- Randi, E., M. Pierpaol and A. Danikin(1998) Mitochondrial DNA polymorphism in populations of Siberian and European roe deer (*Capreolus pygargus* and *Capreolus capreolus*). Heredity. 80: 429-437.
- Schwarz, S.S.(1980) Ecological laws of evolution. Nauka Publishers, Moscow.
- Sheremetyeva, I.N. and I.S. Sheremetyev(2008) Skull variation in the Siberian roe deer *Capreolus pygargus* from the Far East: a revision of the distribution of the subspecies. Eur. J Wildl. Res. 54: 557-569.
- Sokolov, V.E. and V.S. Gromov(1990) The contemporary ideas on roe deer systematization: morphological, ethological and hybridological analysis. Mammalia. 54: 431-444.
- Wilson, R. and I. Reeder(1993) Mammal of species of the world. Smithsonian Institution Press, New York.
- Xiao, C.T., M.H. Zhang, Y. Fu and H.S. Koh(2007) Mitochondrial DNA distinction of northeastern China roe deer, Siberian roe deer, European roe deer, to clarify the taxonomic status of northeastern China roe deer. Bio. Genet. 45: 93-102.
- Yoon, S.I.(2003) A study on ecological characteristics of roe deer (*Capreolus pygargus tianschanicus*) in Jeju island, Korea. Ph. D. Univ. of Korea, Korea. (in Korean with English abstract)