馬渡島の再野生化ヤギの体型と遺伝子構成

新城明久・菅 大助・Edy KURNIANTO*・野澤 謙¹⁾・萬田正治²⁾

琉球大学農学部, 沖縄県西原町 903-0213

¹⁾ 中京大学教養部, 豊田市 470-0348

²⁾ 鹿児島大学農学部, 鹿児島市 890-0065

(1997. 12. 24 受付)

要 約 馬渡島の再野生化ヤギの体型と遺伝子構成を明らかにするため, 14 部位の体尺測定, 5 つの外部形態的遺伝形質および 33 座位の血液タンパク遺伝子の変異を調査した. 平均体高は雌 59 cm, 雄 63 cm, 平均体重は雌 28 kg, 雄 38 kg であった. 毛色, 肉髯, 毛髯および副乳頭の有無は多型を示したが, 全ての個体が有角であった. 血液タンパク遺伝子 33 座位のうち 2 座位が多型を示し, 多型遺伝子座の割合 (P_{poly}) は 0.0606, 平均ヘテロ接合率 ($\bar{H}$) は 0.0163 であった. 馬渡ヤギとシバヤギとの遺伝的距離は 0.0035 と計算され, 馬渡ヤギはアジア大陸東北部から渡ってきた在来ヤギにザーネン種など乳用種が交雑された集団から少頭数が野生化したものに起源をもつと考えられる.

口畜会報, 69 (5): 469-474, 1998

馬渡島は図 1 に示すように佐賀県東松浦郡鎮西町に属し, 周囲 12.5 km, 面積 4.13 km² の壱岐海峡に浮かぶ小島である. この島に再野生化したヤギが殖え, 農作物を食い荒らし, 被害を及ぼしているとの苦情が, 島民から鎮西町役場に寄せられた. 町役場は野生ヤギの被害を防ぐため島の複数の人に委託し, 捕獲を行った. しかし, ヤギの処分に困り, 鎮西町役場から沖縄県庁に引き取りの要請があり, 沖縄県庁は県内の業者を斡旋し, 肉利用のため沖縄県への輸送が行われた.

馬渡島に 500~600 頭の再野生化ヤギ集団が生息していることは, これまで畜産関係者の間では知られていない. 馬渡島のヤギがどのような体型と遺伝学的特徴を有しているのか明らかにするため, 体高, 胸囲など 14 部位の体型測定, 毛色, 肉髯など 5 つの外部形態的遺伝形質および 33 座位の血液タンパク質変異について調査したので報告する.

材料および方法

馬渡島の再野生化ヤギ (以下馬渡ヤギと略称する) は, ヤギの通り道, いわゆる獣道にノリ養殖網をはり, 犬と人で追い網に角を絡めて捕獲した. 捕獲時期は 1997 年 1 月~3 月の 3 カ月間であった. 輸送方法は 40~50 頭が捕

獲された時点で馬渡島から呼子港までは漁船をチャーターし, 約 30 分かけて輸送した. 呼子港から博多港まで

Fig. 1. Location of the Madara Island.

* Permanent address: Faculty of Animal Sciences, Diponegoro University, Indonesia

はトラック輸送で約3時間、博多港から那覇港まではフェリーで約25時間、那覇港からヤギ舎(沖縄県島尻郡与那原町)まで約1時間要し収容した。到着4日後に1才以上の個体について体高、体重など14部位の体型を測定した。さらに捕獲全個体について、形態的遺伝形質、すなわち毛色、毛髯、肉髯、角および副乳頭の有無を調査するとともに採血を行い、タンパク変異の電気泳動の検索を実施した。なお、輸送できなかった未成熟と虚弱ヤギについては馬渡島の現地で形態的遺伝形質を調査した。

体型測定は新城⁴⁾が行った方法に従った。外部形質の遺伝子頻度は野澤^{4,6)}と新城⁴⁾の報告を参考にして求めた。血液タンパク質の電気泳動は野澤^{4,7)}が行っている方法で、33座位を検索した。

多型遺伝子座の割合(P_{poly})は検索した33座位に対する多型を示した遺伝子座の比として求めた。その際、最高の頻度をもつ対立遺伝子の頻度が0.99を越えないとき、その座位は多型であると定義した。個体当たり座位当たり平均ヘテロ接合体の割合($\bar{H}$)は次の式で計算された。

$$\bar{H} = 1 - \sum_i q_i^2$$

ここで、 q_i はある遺伝子座における*i*番目の対立遺伝子頻度をあらわし、平均値は変異のない遺伝子座位も含めた全遺伝子座位にわたる算術平均値をあらわしている。

また、馬渡ヤギとすでに調査されているシバヤギ集団⁵⁾との遺伝的類似性および差異を血液タンパク変異に関するデータから Nei³⁾の方法により遺伝的距離(D)として算出した。

$$D = -\log eI,$$

$$\text{ここで、} I = \frac{\sum_i q_{xi} \cdot q_{yi}}{\left(\sum_i q_{xi}^2 \cdot \sum_i q_{yi}^2 \right)^{1/2}} \text{である。}$$

上式において、 q_{xi} および q_{yi} は*x*および*y*集団のある遺伝子座位における*i*番目の対立遺伝子頻度をあらわし、平均値は変異のない遺伝子座位も含めた全遺伝子座位についての算術平均値をあらわしている。

結 果

1. 馬渡ヤギの由来と再野生化

馬渡島は宮本、野中および二松の3つの集落からなる。交通に便利な港付近にある宮本集落は仏教徒であり、山手にある野中と二松集落はカトリック教徒である。

馬渡島における聴きとり調査によれば、馬渡ヤギは朝鮮半島から奄岐に渡り、そこから受け取ったと言われ、

シバヤギに似た来歴をもつようである。大正10年頃、カトリック教会の牧師により、乳量を改良するため乳用ヤギを外国から輸入し交配したため体格は大型化した。その後、農家自らザーネン種を本土から導入し交配した。農繁期にヤギを山に放す習慣があり、山で生まれた子ヤギが里に帰らず、山に住み着くようになったのが野生化の始まりであったと言われている。島民は野生化したヤギを捕獲し長い間肉資源として利用してきたが、近年肉利用者が少なくなり、そのためヤギが殖え、農作物に被害を及ぼしていると言う。

2. 繁殖能力

野生状態では年に2回出産し、繁殖季節がなく、周年繁殖であった。捕獲したヤギが繁殖中に出産した個体や沖縄に輸送後生んだヤギの産子数は15腹が1頭、3腹が2頭であった。このように産子数1頭の例が圧倒的に多かった。

3. 体型測定値

14部位の体型測定値について表1に示す。沖縄の在来ヤギやシバヤギより大きく、平均体高(最小~最大)は、雌が59.2(51.4~63.2)cm、雄が63.3(53.9~74.6)cm、平均胸囲は、雌が72.2(65.0~79.0)cm、雄が78.0(61.0~93.0)cm、平均体重は、雌が28.2(21.4~36.0)kg、雄が37.5(19.5~50.0)kgであった。上記、カッコ内に示すようにレンジは大きかった。外貌を図2に示す。

4. 外部形態的遺伝形質

表2に示すようにザーネン種に見られる純白の毛色はほとんどいなく、遺伝子型*li*と見られるクリーム色のものが多い。白色遺伝子頻度(p_i)が0.1598で、有色遺伝子頻度(q_i)は0.8402と高かった。肉髯なし(-)の遺伝子頻度(q_w)が高く0.6285で、角はすべての個体が有(+)していた。毛髯は雄はすべて有し、雌でも有(+)する頻度が高く、遺伝子頻度(p_a)は0.9208であった。副乳頭を有(+)している個体の頻度が0.3529であった。

5. 血液タンパク遺伝子構成

電気泳動により血液タンパク遺伝子を検索したのは下記の33座位であった。ヘモグロビン3座位:ヘモグロビン α 鎖(Hb- α)、同重複 α 鎖(Hb- α II)、同 β 鎖(Hb- β)。

血清タンパク11座位:アルブミン(Alb)、トランスフェリン(Tf)、ハプトグロビン(Hp)、 α_2 マクログロブリン(α_2)、エステラーゼ(Es)、セルロプラズミン(Cp)、プレアルブミン1(PA-1)、同2(PA-2)、同3(PA-3)、アルカリ性フォスファターゼ(Alp)、アミラーゼ(Amy)。

馬渡ヤギの体型と遺伝子構成

Table 1. Means and standard deviations of body measurements in Madara feral goats (cm, kg)

Traits	Sex	Mean±S.D.	Minimum	Maximum	Traits	Sex	Mean±S.D.	Minimum	Maximum
Withers height	F	59.2±3.3	51.4	63.2	Hip width	F	13.1±1.1	11.0	15.0
	M	63.3±4.5	53.9	74.6		M	12.4±1.1	9.8	15.0
Hip height	F	59.7±4.0	53.2	68.0	Thurl width	F	14.7±0.9	13.3	16.0
	M	63.7±4.3	53.3	71.2		M	15.4±1.3	12.0	17.5
Body length (horizon)	F	69.6±4.8	64.0	77.0	Point of pin bone width	F	8.4±0.7	7.4	10.1
	M	71.8±5.5	55.5	81.0		M	9.0±1.6	5.0	12.3
Body length (obliquity)	F	65.1±4.5	57.8	70.2	Rump length	F	19.1±0.9	17.7	21.0
	M	66.7±5.9	48.8	78.0		M	21.1±1.7	17.0	24.5
Shoulder point width	F	15.2±1.8	12.0	18.0	Chest girth	F	72.2±4.7	65.0	79.0
	M	17.6±1.9	13.0	21.0		M	78.0±6.7	61.0	93.0
Chest width	F	15.8±1.9	13.0	19.2	Cannon circum	F	7.4±0.4	6.3	8.0
	M	16.6±2.3	12.0	21.0		M	8.7±0.8	7.2	10.2
Chest depth	F	28.7±2.4	24.4	32.4	Body weight (kg)	F	28.2±4.6	21.4	36.0
	M	30.6±3.0	22.3	35.8		M	37.5±8.0	19.5	50.0

Number of females (F)=12, Number of males (M)=39.

Fig. 2. Goats in the Madara Island.

血球酵素 19 座位: エステラーゼ D (Es-D), 6 フォス
 フォグルコネート脱水素酵素 (6PGD), フォスフォヘキ
 ソースイソメラゼ (PHI), リンゴ酸脱水素酵素
 (MDH), 乳酸脱水素酵素 A (LDH-A), 同 B (LDH-B),
 NADH ディアフォラーゼ (Dia), 酸性フォスファターゼ
 (Acp), テトラゾリウムオキシダーゼ (To), 血球エステ
 ラーゼ 1 (CEs-1), 同 2 (CEs-2), アデニレートキナー
 ゼ (AK), カタラーゼ (Cat), ペプチダーゼ B (Pep-B),
 イソクエン酸脱水素酵素 (IDH), グリオキザラーゼ I

(Go-I), グルタミンコキザロアセテートトランスア
 ミラーゼ (GOT), フォスフォグルコムターゼ (PGM),
 グルコース 6 フォスフェート脱水素酵素 (G6PD).

表 3 に示すように Alp と PA-3 の 2 座位のみが多型
 を示し, 多型遺伝子座の割合 (P_{poly}) は 0.0606 と低かっ
 た. また, 平均ヘテロ接合率 ($\bar{H}$) も低く 0.0163 であっ
 た.

血液タンパク遺伝子座から推定した馬渡ヤギとシバヤ
 ギ⁵⁾との遺伝的距離 (D) は 0.0035 ときわめてシバヤギ

Table 2. Phenotypic and gene frequencies of morphological genetic traits in Madara feral goats

Traits	Frequencies		
	Phenotype		Gene
Coat color	+ii	84	$q_i = 0.8402$
	-I ₋	35	$p_i = 0.1598$
Wattles	+W ₋	72	$p_w = 0.3715$
	-ww	47	$q_w = 0.6285$
Horns	+hh	119	$q_h = 1.0000$
	-H ₋	0	$p_h = 0.0000$
Beards*	+BB	39	$p_b = 0.9208$
	-b	7	$q_b = 0.0792$
Supernumerary teats	+	42	0.3529
	-	77	0.6471

* Beards are calculated by phenotypes of the female because all males have beards.

Table 3. Results of electrophoretic examinations. Phenotypes and gene frequencies of polymorphic loci in Madara feral goats

Frequencies			
		Phenotype	Gene
Alp	F	2	$q_F = 0.0194$
	0	50	$q_0 = 0.9806$
	H		0.0380
PA-3	1	8	$q_2 = 0.5192$
	1-2	38	
	2	6	$q_2 = 0.4808$
	H		0.4493
		P_{poly}	$2/33 = 0.0606 \pm 0.0415$
		$\bar{H}$	$0.0163 \pm 0.0151^*$

* Loci are 33.

P_{poly} : the proportion of polymorphic loci.

$\bar{H}$: the probability of heterozygosity per individual.

と近かった。

考 察

馬渡ヤギは周年繁殖し、シバヤギや沖縄在来ヤギも周年繁殖することからこれらのヤギと類似している。産子数は1頭がほとんどでシバヤギの1.8頭より少ない。かつて舎飼していた頃は多くの個体が3~4頭出産し、まれに5頭も生んだと古老は話している。現在の馬渡ヤギの乳房の大きさから、1頭育てるだけの能力しかなく、

再野生化する過程で多産性は失われたと思われる。野生の状態で2頭生んだとしても1頭しか育てる能力がなく、1頭は淘汰される運命にあると思われる。しかし、多産性は完全に失われたのか、飼育下で産子数がどの程度回復するのか今後調査する必要がある。

平均体重は、捕獲後現地における30日以上にわたる繋留、沖縄県までの長距離の輸送による減量にもかかわらず雌が28 kg、雄が38 kgであることから、シバヤギ^{1,5)}や沖縄在来ヤギ⁸⁾の成熟体重の雌20 kg前後、雄20~25 kg、沖縄在来ヤギに日本ザーネン種の遺伝子が流入し、沖縄県下の農家で一般に肉用として飼われている沖縄肉用ヤギ⁹⁾の雌31 kg、雄33 kgに比べ、実際にははるかに大きいと思われる。日本ザーネン種⁷⁾では平均成熟体重が雌59 kg、雄88 kgであるが、馬渡ヤギは、わが国で飼われているヤギの集団では、ザーネン種に次いで重く、肉資源として有用である。なお、シバヤギのような20~23 kgの小型の馬渡ヤギも少頭数ながら見られ、他の測定部位も変異に富んでいた。

毛色は多型を示し、野生型の毛色の遺伝子型は6つの座位(ii A₋ B₋ chch D₋ ss)に支配されていることから、今後詳細に調査する必要がある。ここでの有色にはチンチラ、黒色、茶色、スポットなどがいて、これらの毛色は韓国在来ヤギ⁹⁾やモンゴル、華北などのヤギ⁶⁾に見られる黒色やチンチラと類似していると考えられる。なお、冬毛は沖縄肉用ヤギよりはるかに長毛で粗剛であった。しかし、冬捕獲した馬渡ヤギを舎飼いしていると夏毛は、短毛になることから野生状態でも夏毛は短くなるのかは不明である。

肉髯や副乳頭などにも多型が見られたが、角は全ての個体が有していたことから山野で生息するには、有角は有利と思われる。他方、舎飼しているヤギはザーネン種類の白色がほとんどであり、野生化ヤギにも純白がいてもおかしくないが、見られないことから、環境適応型としては有角で有色が有利と思われる。耳の形は多くが立ち耳であるが、わずかながら垂れ耳も見られた。

血液タンパク遺伝子の多型座位の割合(P_{poly})が0.0606を示し、日本ザーネン種³⁾の0.2116、シバヤギ⁵⁾の0.0370~0.1851よりはるかに低かった。このことは野生化した集団が極めて小集団からスタートしたと思われる。びん首効果により、多型遺伝子座の割合が低いと考えられる。

上述のことから馬渡ヤギは、比較的大きく、舎飼時には多産であったこと、垂れ耳(図3)、毛色変異などから、アジア大陸東北部から渡ってきた黒色やチンチラの遺伝子をもつヤギ集団にザーネン種をはじめ他の乳用種が交

Fig. 3. Dropping ears of Madata feral goat.

雑され、これらの雑種集団から少頭数が野生化し、現在集団の祖先となったと考えられる。

馬渡島は林が多く野草が豊富にあることから、野生化ヤギを根絶することは不可能と思われる。新しいヤギ集団の一つとして今後調査・研究していくべきと考える。

謝 辞

馬渡ヤギの研究は(有)バイオニア畜産の玉那覇定治氏と家畜育種学教室の1997年度の卒業論文学生、高吉信宏、稲嶺一樹、上間野恵、堂脇恭代、毛利 昭君の全面的協力より遂行できた。ここに記して深謝する。

文 献

- 1) 加納康彦・沢崎 徹・小山徳義. 小型ヤギいわゆるシバヤギの生物学的特性—東大牧場コロニー6年間の記録—. 実験動物, 26: 239-246, 1977.
- 2) 勝又 誠・野澤 謙・天野 卓・新城明久・阿部恒夫. 日本ザーネン種山羊における血液蛋白の遺伝子構成. 日畜会報, 52: 553-561, 1981.
- 3) Nei M. Molecular evolutionary genetics. Columbia Univ. Press. New York. 1987.
- 4) 野澤 謙. 五島列島, 長崎県西海岸および壱岐における山羊. 日本在来家畜調査団報告, 1: 64-70, 1964.
- 5) 野澤 謙・加納康彦・沢崎 徹・西田隆雄・阿部恒夫・庄武孝義・松田洋一. 小型ヤギいわゆるシバヤギの遺伝子構成. 実験動物, 27: 413-422, 1978.
- 6) Nozawa K. Domestication and history of goats. World Animal Science B8. (Maijaka K ed.) 391-404. Elsevier. Amsterdam. 1991.
- 7) 野澤 謙・吉川欣亮・角田健司・岡本 新・朱静・橋口 勉・勲 愛華・林 世英・施 立明・許 文博. 中国雲南省在来山羊の遺伝子構成. 在来家畜研究会報, 15: 131-142, 1995.
- 8) 新城明久・宮城 満・下地孝志. 沖縄肉用ヤギの飼養実態, 外部形態的遺伝形質および体型. 日畜会報, 49: 413-419, 1978.
- 9) 渡辺誠喜. 韓国在来山羊の形態学的, 遺伝学的調査. 在来家畜調査団報告, 4: 82-90, 1970.

Body Measurement and Gene Constitution of Feral Goats in the Madara Island of Japan

Akihisa SHINJO, Daisuke SUGA, Edy KURNIANTO*,
Ken NOZAWA¹⁾ and Masaharu MANDA²⁾

Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, Nishihara-cho,
Okinawa-ken 903-0213

¹⁾ Faculty of Liberal Arts, Chukyo University, Toyota-shi 470-0348

²⁾ Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima-shi 890-0065

Measurements of 14 body parts, examinations of five morphological genetic traits and electrophores at the 33 loci coding enzymatic and non-enzymatic blood proteins of feral goats in the Madara Island, Saga Prefecture, Japan were studied. Means with the minimum and the maximum values in the parentheses of withers height and body weight were 59 (51~63) cm and 28 (21~36) kg for females, 63 (54~75) cm and 38 (20~50) kg for males, respectively. Polymorphisms in the coat color, presence or absence of wattles, beards and supernumerary teats were observed, and all the goats had horns. From the result of multi-locus electrophores, the proportion of polymorphic loci was calculated as 0.0606 and average heterozygosity per individual as 0.0163; the Nei's genetic distance between the Madara goats and Shiba goats of Japan was 0.0035. It is postulated that the Madara feral goats descended from a small number of goat individuals which immigrated from the north-east Asian continent and they hybridized with the Saanen and other dairy goat breeds.

Anim. Sci. Technol. (Jpn) 69 (5) : 469-474, 1998

Key words : Madara goat, Body measurement, Gene constitution

* Permanent address : Faculty of Animal Sciences, Diponegoro University, Indonesia