

# 設楽フィールドの純粋シバヤギ系統 HAP と交雑系統 MG との

## 比較から見たそれぞれの特徴

○吉村文孝，築地原延枝，安藤洋

教育・研究技術支援室 生物・生体技術系

### 概要

名古屋大学大学院生命農学研究科附属フィールド科学教育研究センター・設楽フィールドではシバヤギ (*Capra hircus*) を HAP (High land Animal Production) 系統として、シバヤギとトカラヤギとの交雑個体を MG (Mix Goat) 系統として維持している。系統の特徴を把握するため、両系統の繁殖成績、初期成長、毛色、外部形態、その他外貌上の特徴を調査した。その結果、HAP 系統は新生児の早期死亡率、初期成長ともに MG 系統よりも劣り、一腹産仔数は MG 系統よりも多いが、新生児が弱い (= 早期死亡率が高い) ため個体数増加しにくい系統となっている。これらは長期の近親交配による影響と考えられる。非計測部位の特徴も含めると、HAP 系統は遺伝的均一性の高い集団であると言える。対照的に MG 系統は雑種強勢により HAP 系統よりも丈夫で育ちの良い子を生産する、強健性の高い集団であると言える。HAP 系統の過度の近交退化を避けるべく、今後、個体数増加と個体選抜に取り組む必要があるだろう。MG 系統はその強健性と個体数増加のしやすさを活かし、遺伝的コントロールの必要性が低い実験への利用を期待できる。

### 1 はじめに

名古屋大学大学院生命農学研究科附属フィールド科学教育研究センター・設楽フィールド（以下、設楽フィールド）ではシバヤギ (*Capra hircus*) を HAP (High land Animal Production) 系統として 1993 年より維持している。また、シバヤギとトカラヤギとの交雑個体を MG (Mix Goat) 系統として 2007 年より維持している。これらの系統は反芻動物の小型モデル動物として種々の実験に利用されてきた。系統の特徴を把握することは、系統の実験動物としての価値を高めると考えられる。HAP 系統は長期閉鎖集団であり、科学実験への利用価値が高いと言える。HAP と MG とを比較することにより、それぞれの系統の特徴を明らかにするとともに、問題点を明らかにすることを目的とする。

### 2 材料

設楽フィールドにおいてシバヤギは HAP と MG という 2 系統で維持されている。HAP 系統は純粋なシバヤギの系統、MG 系統は HAP 系統のシバヤギとトカラヤギとの交雑系統である。それぞれの系統についての詳細は以下の通りである。

#### ・ HAP (Highland Animal Production) 系統

1979 年、東京大学農学部附属農場より導入したシバヤギ (雄 1, 雌 2) から、SSG 系統を作出した。1993 年、現在の名古屋大学大学院生命農学研究科附属フィールド科学教育研究センター・東郷フィールドよりさ

らに雌 5 個体を導入し、HAP 系統を作出した。なお、東郷フィールドのシバヤギ個体は由来を当施設に持つため、HAP 系統は 1979 年以降、閉鎖された、純粋シバヤギの集団であると言える。

- ・ MG (Mix Goat) 系統

2001 年 9 月に導入したトカラヤギの雄 1 頭 (“トカッチ”) と、2007 年 9 月に導入した雌 1 頭 (“ジェーン”) に、HAP 系統を交配し作成している雑種系統。繁殖には HAP 系統の雄を利用しているため、閉鎖集団ではない。

### 3 比較項目

#### 3.1 繁殖成績

個体カードを照会し、これまでの HAP, MG 系統それぞれの繁殖成績を調査した。調査項目は、一腹産仔数、産仔の早期死亡率、産次別の平均一腹産仔数とした。早期死亡率とは、産仔のうち早産、死産、流産、生後 1 週間以内の死亡個体の割合とした。産子数からは事故死した個体、離乳前に分与された個体を除いた。両系統の平均一腹産仔数の差について検定を行った。検定には Mann-Whitney の U 検定を用い、有意水準は  $P<0.05$  とした。なお、一腹産仔数では、母親の系統に基づき集計を行った。早期死亡率では、HAP 系統では両親ともに HAP 系統の交配の場合、MG 系統では両親どちらかが MG 系統である交配の場合について集計を行った。

#### 3.2 初期成長

新生児の初期成長速度を比較した。HAP, MG 系統それぞれの生後 0 週から 24 週までの個体について毎週体重を計測し比較した。10kg 未満の個体ではばね式手秤 (サンコー株式会社製) を用い、10kg 以上の個体では体重計 (ドリテック株式会社製 BS-113) を用いた。計測は 0.01kg まで行った。

#### 3.3 毛色

毛色について個体カードの集計および肉眼観察を行った。その結果から毛色の遺伝について解析、検討を行った。

#### 3.4 外部形態

- ・ 3.4.1 体尺測定値

体尺測定を実施し、外部形態の比較を行った。計測項目は、体長、体高、十字部高、胸深、胸幅、腰寛幅、胸囲、管囲および体重の 9 項目とした。計測には、体尺測定器 (富士平工業株式会社製)、巻尺 (製造元不明)、体重計 (ドリテック株式会社製 BS-113) を用いた。2012 年 1 月 31 日時点で生存している HAP, MG 系統の個体で、生後 1 年以上のものを計測した。計測は、長さに関しては 0.01cm まで行い、体重は 0.01kg まで測定した。また、HAP-MG 間について各計測値の差の検定を行った。検定には Mann-Whitney の U 検定を用い、有意水準は  $P<0.05$  とした。

- ・ 3.4.2 非計測形質

肉髯、角、乳頭式について肉眼観察を行った。2012 年 1 月 31 日時点で生存している HAP, MG 系統の個体すべてについて行った。

### 4 結果

#### 4.1 繁殖成績

HAP は繁殖回数 142 回で 357 頭の子を得たため、その平均一腹産仔数は 2.51 頭、MG は繁殖回数 27 回で

43頭の子を得たため、その平均一腹産仔数は1.59頭であった(表1)。両者の一腹産仔数の差をMann-WhitneyのU検定により検定したところ、帰無仮説は棄却され差は有意であるとされた(P<0.05)。よって、両者の一腹産仔数には有意な違いがあると言えた。ヤギでは産次が増すにつれて、一腹産仔数が増加したのち減少することが知られている(藤田, 2007)が、比較できた1~4産においてはHAP系統の方がMG系統よりも一腹産仔数が多かった(表2, 図1)。つまり、HAP系統はMG系統よりも多産である。

早期死亡率については、HAP系統は46.48%、MG系統は11.90%であった(表3)。

表1. 繁殖成績の比較

	HAP	MG	合計
繁殖回数	142	27	169
総産仔数	356	43	399
平均一腹産仔数	2.51	1.59	2.36

\*HAP-MG間における一腹産仔数の差は有意(P<0.05)。

\*父親は問わず、母親個体の繁殖実績

表2. 産次別の平均一腹産仔数と合計出産回数

産次		1	2	3	4	5	6	7	8	9	合計
HAP	ave	2.20	2.70	3.04	2.53	2.20	2.33	2.33	1.67	2.00	2.51
	n	44	34	26	15	10	6	3	3	1	142
MG	ave	1.58	1.56	1.60	2.00	-	-	-	-	-	1.59
	n	12	9	5	1	-	-	-	-	-	27

\*aveは平均、nは出産回数。

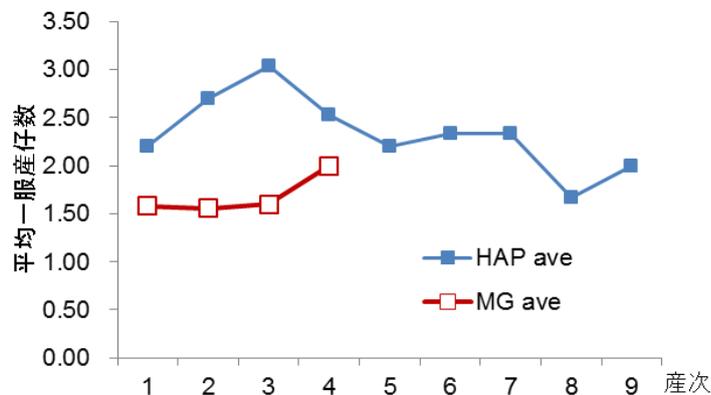


図1. 産次別の平均一腹産仔数

表3. 早期死亡率の比較

	HAP	MG	合計
産仔数	256	42	298
早期死亡個体数	119	5	124
早期死亡率(%)	46.48	11.90	41.61

\*HAPはHAP同士の繁殖による成績、MGは両親どちらかがMGである繁殖の成績。

\*早期死亡個体には流産、死産、1週齢以下での死亡個体を含む。

## 4.2 初期成長

成長曲線の線形近似式の傾きは、雄では HAP 系統 0.28, MG 系統 0.50, 雌では HAP 系統 0.27, MG 系統 0.34 であった。雌雄ともに、MG の方が HAP よりも成長曲線が急な傾きを示した（表 4, 図 2, 3）。雄では MG 系統は HAP 系統の 1.78 倍、雌では MG 系統は HAP 系統の 1.26 倍で生後 24 週まで成長している。

表 4. 初期成長の比較

個体数	♂	♀
HAP	8	6
MG	4	5

\*HAP は HAP 同士の繁殖による産仔数, MG は両親どちらかが MG である繁殖の産仔数.

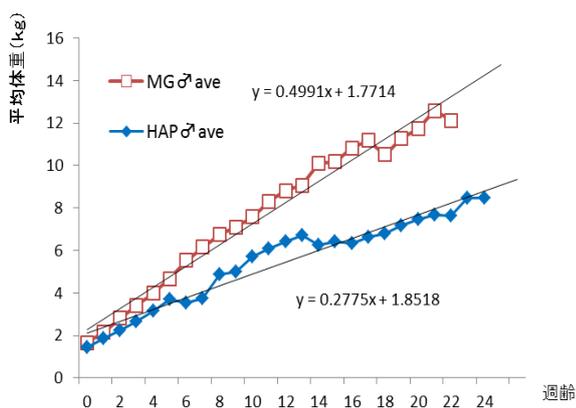


図 2. 初期成長の比較 (♂)

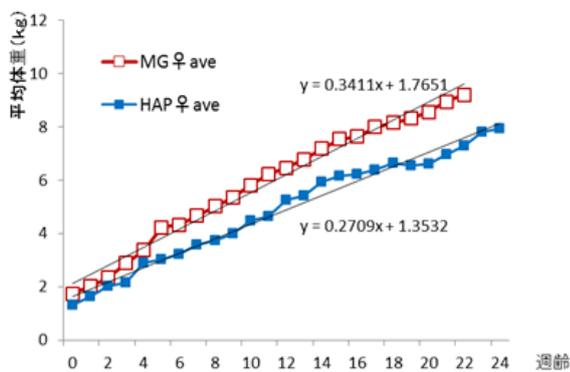


図 3. 初期成長の比較 (♀)

## 4.3 毛色

両系統の各毛色の比率を表 5 に、各毛色間での交配結果、得られた産仔の毛色を表 6, 7 に示した。

HAP 系統の毛色には、全身白一色である『白色』と、全身の白い毛に黒色の刺毛がある『黒色』とが見られた。

MG 系統の毛色には、全身白一色である『白色』と、全身の白い毛に黒色の刺毛がある『黒色』、ほぼ全身が茶褐色で、顔と背、脚に黒い刺毛がある『茶褐色』、全身の白い毛に黒と茶色の刺毛のある『黒茶色』、全身の白い毛に茶褐色の刺毛が薄くある『白茶色』、の 5 種類が見られた。

MG 系統の元になったトカラヤギの雄には茶色の毛に白斑の『茶+白斑』が見られたが、以降白斑は現れていない。

表 5. 各系統の毛色比率

毛色	HAP	MG	トカラ	合計
白色	137	32	0	169
黒色	55	10	0	65
茶褐色	0	0	1	1
黒茶色	0	2	0	2
白茶色	0	8	0	8
茶+白斑	0	0	1	1
合計	192	52	2	246

\*HAP は HAP 同士の繁殖による成績, MG は両親どちらかが MG である繁殖の成績.

表 6. 両親の毛色による産仔の毛色(HAP 系統)

♀	親		産仔		合計
	♀	♂	白色	黒色	
白色	白色	白色	59	21	80
		黒色	62	19	81
黒色	白色	白色	1	4	5
		黒色	0	8	8
		合計	122	52	174

\*HAP は HAP 同士の繁殖による成績.

\*両親の毛色が明らかな産仔について集計.

表 7. 両親の毛色による産仔の毛色(MG 系統)

♀	親			産仔				合計		
	♀	♂		白	黒	茶	茶黒		白茶	茶+白斑
白色		白色		9	1	0	0	3	0	13
		黒茶色		1	2	0	0	1	0	4
		茶+白斑		9	0	0	3	0	0	12
黒色		白色		1	2	0	2	0	0	5
		黒色		0	3	0	0	0	0	3
		黒茶色		0	2	0	1	0	0	3
茶褐色		白色		3	0	0	2	0	0	5
		合計		23	10	0	8	4	0	45

\*両親どちらかが MG である繁殖の成績.

\*両親の毛色が明らかな産仔について集計.

\*繁殖実績のあった組み合わせについてのみ記載.

#### 4.4 外部形態

##### ・4.4.1 体尺測定値

HAP 系統の雌 7 個体, MG 系統の雌 6 個体について観察を行った. MG 系統の雄は現在いないため, 体尺測定の結果は雌でのみ比較した (表 8). 全ての計測部位について, HAP-MG 系統間の差は有意ではなかった ( $P>0.05$ ).

表 8. 体尺の比較

	HAP (n=7)			判定	MG (n=6)	
	AVE	SV	P 値		AVE	SV
体長	56.76	2.56	1.00	NS	57.02	6.75
体高	49.37	4.14	0.48	NS	51.20	1.80
十字部高	52.21	3.57	0.78	NS	52.12	2.71
胸深	25.08	0.86	0.48	NS	25.20	2.78
胸幅	13.86	1.43	0.67	NS	12.80	1.62
腰寛幅	11.97	0.99	0.57	NS	12.28	1.62
胸囲	65.31	2.35	0.32	NS	64.99	6.30
管囲	6.78	0.45	0.78	NS	6.90	0.71
体重	23.91	3.85	0.39	NS	23.04	6.24

\*HAP は HAP 同士の繁殖による成績, MG は両親どちらかが MG である繁殖の成績.

\*判定は NS: 差に有意性なし, +:  $P<0.05$  で差に有意性がある.

\*単位: 体重以外は cm, 体重 kg.

#### ・4.4.2 非計測形質

HAP 系統の雄 2 個体，雌 7 個体，MG 系統の雌 6 個体について観察を行った。MG 系統の雄はいなかった。この結果を表 9 に示した。HAP，MG 系統全ての個体で肉髯は見られなかった。HAP，MG 系統ともに全ての個体が有角だった。職員の記憶によると，肉髯を有する個体や無角の個体は過去にも出現したことはないとされる。HAP 系統では現存個体すべてが乳頭 2 つと副乳頭 2 つを有していたが，MG 系統ではジェーン，MG-22，26 が副乳頭を有していなかった。

表 9. 非計測形質の比較

		角		肉髯		乳頭式	
		+	-	+	-	0+0+2	0+0+4
HAP	♂	2	0	0	2	2	0
	♀	7	0	0	7	7	0
MG	♂	no data					
	♀	6	0	0	6	3	3

\*乳頭式 0+0+4 は，乳頭 2 と副乳頭 2。

\*\*+はその形質を有し，-はその形質を持たない。

## 5 考察

### 5.1 繁殖成績

HAP 系統の方が MG 系統よりも一腹産仔数が多い。また，藤田（2007）で報告されたシバヤギの一腹産仔数 2.19 頭よりも多い。これは，HAP 系統を長期間維持してきた結果，HAP 系統が管理者の無意識下において品種改良された結果と思われる。人間の保護により，動物はより多くの子孫を残すことができるため，一腹産仔数の多い個体が増加しやすいと考えられる。しかし，現在の HAP 系統は乳頭数 2 個であるため，2 頭以上の産仔を育てる能力はない。人が補助しない限り 3 頭目以降の産仔は高確率で成体になれず死亡する。これが HAP 系統の早期死亡率（46.48%）が MG 系統（11.90%）の約 4 倍となった原因であると考えられる。今後，多産化を避ける方向での管理が必要であると考えられる。具体的手法としては，多産で生まれた産仔への人工哺乳を避けることや，多産で生まれた雄をできるだけ繁殖に用いないことが考えられる。理想は多産個体の淘汰であるが，現状でこれは不可能である。

### 5.2 初期成長

雑種強勢が現れやすいのは繁殖効率，生存率，体格，発育であるとされる（田代，1978）。MG 系統の初期成長の良さは，雑種強勢による影響が大きいと考えられる。加えて，MG 系統の方が HAP 系統よりも少ない一腹産仔数であるため，産仔 1 個体あたりへの授乳量が多くなると考えられる。このことも MG 系統の初期成長を促進している原因と考えられる。

### 5.3 毛色

ヤギでは全ての有色に対し，白色が優勢とされる（水間ほか，1996）。本研究結果もこれを支持する。HAP 系統は，野沢ほか（1978）による報告と同様，優性白色遺伝子により白色毛色を示していると考えられる。設楽フィールドのシバヤギは，東京大学農学部附属農場に由来をもつ。東京大学農学部附属農場（以下，東大農場）では，白色毛色のシバヤギを表現型により選抜し，有色個体（褐色，黒色の刺し毛が入る）を排除していたとされる（加納ほか，1977）。（ここでの『褐色』は，『茶褐色』と呼称する毛色と同一と推測される。）しかし，遺伝子マーカーを用いずに，集団から劣性遺伝子を完全に排除するのは困難である。そのため，東

大農場では表現型白毛個体の中に優性白色遺伝子をヘテロ接合で持つものが残存していたと推測される。その結果、設楽フィールドにおいて再び黒色個体が出現したと考えられる。しかし、設楽フィールドの HAP では、茶褐色個体は見られなかった。茶褐色を示す遺伝子は排除されてしまったのかもしれない。

一方、MG 系統では、茶褐色の毛色が見られた。これは MG 系統の始まりに利用したトカラヤギ（トカッチ（♂）、ジェーン（♀））の毛色遺伝子に由来すると考えられる。ヤギの B locus はユウメラニン合成を行い、B は黒色に、b は褐色になる（水間ほか、1996）とされる。黒色と茶褐色の遺伝子は B locus の可能性もある。ただし、茶褐色毛色の遺伝子が一つとは限らないため、今後のさらなる交配実験と解析が必要と考えられる。また、現在は現れていない白斑遺伝子だが、今後、MG 系統の近交が進むにつれ、再び現れるかもしれない。

## 5.4 外部形態

### ・5.4.1 体尺測定値

両系統の体尺計測部位間には統計学的な差は見られなかった。体重、胸囲、腹囲といった肉付きに関する部位で雑種強勢の影響が顕著に出るが、体高、体長といった骨格の大きさによる部位では目立たない（田代、1978）が、いずれの部位においても両系統間で差は見られなかった。雑種強勢は雑種することによって必ずしも発現するものではない（水間ほか、1996）。このことを考慮すると、シバヤギとトカラヤギとの雑種に生じる雑種強勢では新生児の早期死亡率、初期成長に改善が見られるが、体格には影響が見られないと言える。

### ・5.4.2 非計測形質

Asdell et al.(1928)と Lush(1926)によると、肉髯の有無は肉髯有が無に対して完全優性形質であり、肉髯有は W-、肉髯無は ww で表される。角の有無は角無が有に対して完全優性形質であるため、有角が pp、無角が P-であらわされる。また、副乳頭の有無は多因子形質と推測される。以上より、HAP、MG 系統ともに肉髯の遺伝子は ww、角の遺伝子は pp で固定されていると推測される。この結果は野沢ほか（1978）の報告と一致しており、HAP 系統は当時から変わらず高い遺伝的均一性を維持していると考えられる。

HAP 系統の肉髯、角、副乳頭の情報は HAP 系統前身の東京大学附属農場の報告（野沢ほか、1978）と一致している。それから 30 年以上経過した現在、HAP 系統は東大農場当時よりもより均一な集団になっていると考えられる。副乳頭に関しては、HAP 系統では見られる点、MG 系統の最初の雌である『ジェーン』では見られない点から、『ジェーン』が副乳頭を失わせる遺伝子を有していると考えられる。鈴木ほか（1967）によると、トカラ群島における在来ヤギには副乳頭を持つものがいなかったとされ、『ジェーン』もトカラヤギの特徴を表していると考えられる。

## 6 まとめ

本研究の結果より、HAP 系統、MG 系統について以下のように述べることができる。

HAP 系統は各特長と長期の閉鎖集団であることから、遺伝的均一性の高い集団であると言える。そのため、HAP 系統は新生児の早期死亡率、初期成長ともに MG 系統よりも劣っている。一腹産仔数は MG 系統よりも多いが、新生児が弱いため個体数増加しにくい。野沢ほか（1978）は、東大農場のシバヤギ個体群が均一化した原因を、集団個体数が少なかったためと考えている。設楽フィールドにおける HAP 系統個体数も少なく、実験への提供のほか、過度の近交退化を避ける観点からもより多くの個体数での維持が望まれる。また、適切な個体選抜も必要と考えられる。今後、多産個体から生まれた雄をできるだけ繁殖に用いず、多産化を避ける必要があるだろう。

対照的に MG 系統は雑種強勢により HAP 系統よりも丈夫で育ちの良い子を生産する、強健性の高い集団であると言える。HAP 系統の過度の近交退化を避けるべく、今後、個体数増加と個体選抜に取り組む必要があ

るだろう。MG 系統はその強健性と個体数増加のしやすさを活かし、遺伝的コントロールの必要性が低い実験への利用を期待できる。

## 7 参考文献

- [1] Asdell, S. A. and Smith, A. D. B..1928. Inheritance of color, beard, tassels and horns in the goats. *Journal of Heredity*, 19, 425-431.
- [2] 藤田優. 2007. 3 山羊 (ヤギ). (新版特用畜産ハンドブック編集委員会編：新版特用畜産ハンドブック) pp.72-105. 社団法人畜産技術協会, 東京.
- [3] 加納康彦・沢崎徹・小山徳義. 1977. 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年間の記録一. *Experimental Animals*, 26 : 239-246.
- [4] Lush, J. L. 1926.Inheritance of horns, wattles,and color in grade Toggenburg goats. *Journal of Heredity*, 17, 73-91.
- [5] 水間豊・猪貴義・岡田育穂・佐々木義之・東條英明・伊藤晃・西田朗・内藤充. 1996. 新家畜育種学. 朝倉書店株式会社, 東京. 211pp.
- [6] 野沢謙・加納康彦・沢崎徹・西田隆雄・阿部恒夫・庄武孝義・松田洋一 . 1978. 小型ヤギいわゆるシバヤギの遺伝子構成. *Experimental Animals*, 27:413-422.
- [7] 鈴木正三・林田重幸・山内忠平・野沢謙・田中一栄・渡辺誠喜・西中川駿・庄武孝義. 1967. 日本在来家畜に関する遺伝学的研究 2. 南西諸島の在来ヤギについて. *日本畜産学会報*, 38 : 443-452.
- [8] 田代威和夫. 1978. 畜産大辞典 (内藤元男, 監修) [1989 年訂正]. 養賢堂株式会社, 東京. 1816pp.