

# しまね和牛の成長ホルモン遺伝子型が肥育成績などに及ぼす影響 — 第1報：島根県有種雄牛の成長ホルモン遺伝子型と産肉性 —

成相伸久 安部亜津子 錦織美智子 安達 章

**要約** ウシ成長ホルモン (bGH) 遺伝子多型が黒毛和種雄牛の産肉能力に及ぼす影響を明らかにするため、島根県有種雄牛116頭の凍結精液を用い、bGH遺伝子型をダイレクトシーケンスにより判定するとともに育種価の判明している95頭の枝肉6形質 (枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留基準値およびBMS：以下、枝肉6形質と略) の育種価と、bGH遺伝子型および各bGH遺伝子 (A、BおよびC遺伝子) 多型の有無との関連性について、分散分析とt検定による有意性の検定により調査した。

その結果、これら116頭における各bGH遺伝子型の占める割合は、AA12.9%、AB23.3%、AC18.1%、BB14.7%、BC24.1%およびCC6.9%であった。また、各タイプの遺伝子頻度は、A遺伝子が33.6%、B遺伝子が38.4%およびC遺伝子が28.0%であり、ほぼ拮抗していた。

これらの系統別 (糸桜系55頭 (47.4%)、気高系24頭 (20.7%)、兵庫系28頭 (24.1%) およびその他の系統9頭 (7.8%)) のbGH遺伝子型およびbGH遺伝子頻度の分布状況は、各系統毎に大きく異なっていた。

一方、枝肉6形質の育種価とbGH遺伝子型との関係では、ロース芯面積、バラの厚さ、歩留基準値およびBMSの育種価について有意差が認められた。すなわち、ロース芯面積の育種価については、BCがAAおよびABよりも有意 ( $p < 0.05$ ) に大きく、バラの厚さの育種価については、ACがAAよりも有意 ( $p < 0.05$ ) に厚く、歩留基準値の育種価については、BCがABおよびACよりも有意 ( $p < 0.05$ ) に高く、BMSの育種価についてはBCがAA、AB、AC ( $p < 0.01$ ) およびBBよりも有意 ( $p < 0.05$ ) に高く、CCがAAよりも有意 ( $p < 0.05$ ) に高く、総じてBCの種雄牛の育種価が優れていた。

次に、枝肉6形質と各bGH遺伝子多型の有無との関係については、A遺伝子を持たないものが、持つものよりもBMSの育種価が有意 ( $p < 0.01$ ) に高く、B遺伝子をヘテロで持つものが、持たないものよりもBMSの育種価が有意 ( $p < 0.01$ ) に高かった。C遺伝子について、ロース芯面積の育種価は、C遺伝子をホモおよびヘテロで持つものが、持たないものよりも有意 ( $p < 0.05$ ) に大きく、BMSの育種価は、C遺伝子をヘテロで持つものが、持たないものよりも有意 ( $p < 0.05$ ) に高かった。

以上のことから、A遺伝子を増やさないようなコントロール方法により、脂肪交雑やロース芯面積の増加が期待でき、しまね和牛の産肉能力はより高水準となる可能性があると考えられ、黒毛和種雄牛の選抜における指標の1つとして利用可能であると考えられた。

**キーワード**：黒毛和種 種雄牛 成長ホルモン遺伝子 遺伝子多型 育種価

近年の遺伝子解析技術の進展により、様々な分野でこの技術の利用が進んできている。肉用牛においても、遺伝子解析技術の利用が進んでおり、その一つとして牛成長ホルモン (bGH) 遺伝子多型と産肉性 (増体、肉質) についての研究が進められ、GH型と産肉性についての関連性が示唆されている。bGH遺伝子については既に全塩基配列<sup>3,8)</sup>が決定され、5個のエキソンから構成される遺伝子であることが明らかにされている。bGH遺伝子配列には種々の塩基置換<sup>4,5,9)</sup>が存在し、翻訳領域における塩基置換として、第5エキソン内のみで見出されている<sup>9)</sup>。この第5エキソン内の塩基置換は2カ所 (C2142G<sup>9)</sup> およびC2277T<sup>2)</sup>) に存在し、いずれもア

ミノ酸置換 (Leu127Val および Thr172Met) を伴う置換である。黒毛和種におけるbGH型遺伝子多型は、塩基置換の組み合わせによって、A (2141C/2277C)、B (2141G/2277C) およびC (2141G/2277T) の3つのタイプに分類される<sup>2)</sup>。このアミノ酸配列の違いにより、ホルモン作用に影響を及ぼしている可能性があり、bGH遺伝子多型が増体や肉質といった産肉性に及ぼす影響が解明されれば、育種に活用可能なDNAマーカーの一つとして利用できる。

そこで、bGH遺伝子型 (AA, AB, AC, BB, BC, CC) が種雄牛の枝肉形質に及ぼす影響を明らかにし、種牛産地としての本県の特徴を活かしなが、経済形質 (種牛能力・産肉能力) を損なわないよう

なbGH遺伝子型のコントロール方法や雄側の選抜基準への応用を検討するため、鳥根県有種雄牛のbGH遺伝子型と枝肉6形質（枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留基準値およびBMS）の育種価について調査を行った。

### 材料および方法

鳥根県有種雄牛のbGH遺伝子型は、昭和37（1962）年生まれ以降で、間接検定および現場後代検定を終了、実施中または実施予定であり、鳥根県立種畜センターにおいて精液を保管している116頭の種雄牛の精液ストローを用いて調査した。

凍結精液試料は、約0.5ml（ストロー1本）をPBS緩衝液1mlに懸濁後、800Gの遠心分離による精子沈殿を3回繰り返し、500 $\mu$ lの10mM Tris-HCl (PH 8.5)、10mM EDTA、0.33% SDS、25mM DDT、30 $\mu$ gのプロテナーゼK（Kodak）の溶液で55 $^{\circ}$ C48時間加熱溶解し、EASY-DNA Kit（InvitrogenTM）によりGenomic DNAを調製した。

bGH遺伝子型は、安部ら<sup>1)</sup>と同様にダイレクトシーケンスにより、塩基配列を決定し、判定した。

枝肉6形質の育種価と、bGH遺伝子型および各bGH遺伝子（A、BおよびC遺伝子）の有無との関係については、精液を入手した116頭の種雄牛のうち、平成16年8月に鳥根県立種畜センターで分析された、アニマルモデルに基づく鳥根県枝肉成績育種価評価結果において育種価の判明している95頭のデータを用い、分散分析とt検定により有意性の検定を行った。

### 結 果

#### 1 鳥根県有種雄牛のbGH遺伝子型およびbGH遺伝子頻度

##### (1) 鳥根県有種雄牛116頭のbGH遺伝子型

AA15頭（12.9%）、AB27頭（23.3%）、AC21頭（18.1%）、BB17頭（14.7%）、BC28頭（24.1%）およびCC8頭（6.9%）であった（図1）。また、A、BおよびCの各タイプのbGH遺伝子が占める割合

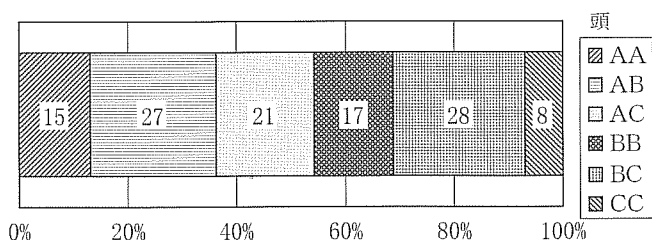


図1. 鳥根県有種雄牛におけるbGH遺伝子型割合

（遺伝子頻度）は、A遺伝子が33.6%、B遺伝子が38.4%およびC遺伝子が28.0%であり、ほぼ拮抗していた（図2）。

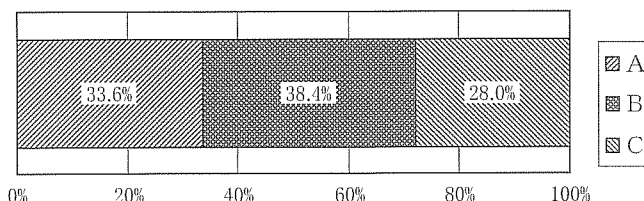


図2. 鳥根県有種雄牛におけるbGH遺伝子頻度

##### (2) 鳥根県有種雄牛116頭の系統とbGH遺伝子型およびbGH遺伝子頻度

糸桜系55頭（47.4%）、気高系24頭（20.7%）、兵庫系28頭（24.1%）およびその他の系統9頭（7.8%）であった。また、各系統毎のbGH遺伝子型は、糸桜系がAA9頭、AB10頭、AC18頭、BB1頭、BC13頭およびCC4頭、気高系はAA1頭、AB11頭、BB8頭およびBC4頭、兵庫系はAA1頭、AB6頭、BB8頭、BC11頭およびCC2頭であり、糸桜系にACが多い一方で、気高系および兵庫系にはACが存在しないなど、系統毎の分布状況は大きく異なっていた（図3、4）。更に、A、BおよびCの各タイプの遺伝子頻度は、糸桜系はA遺伝子が41.8%、B遺伝子が22.7%およびC遺伝子が35.5%、気高系はA遺伝子が27.1%、B遺伝子が64.6%およびC遺伝子が8.3%、兵庫系はA遺伝子が14.3%、B遺伝子が58.9%およびC遺伝子が26.8%であり、糸桜系にA遺伝子が多い一方、気高系および兵庫系でB遺伝子が過半を占めるなど、系統毎の遺伝子頻度も大きく異なっていた（図5）。

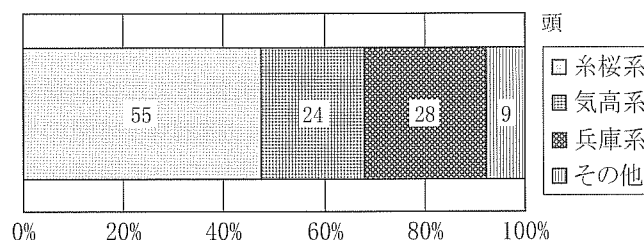


図3. 各系統別調査頭数割合

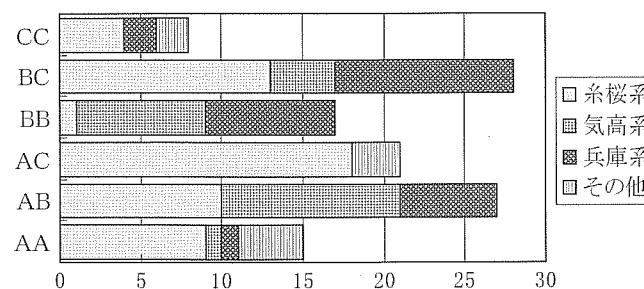


図4. 各系統別のbGH遺伝子型分布割合

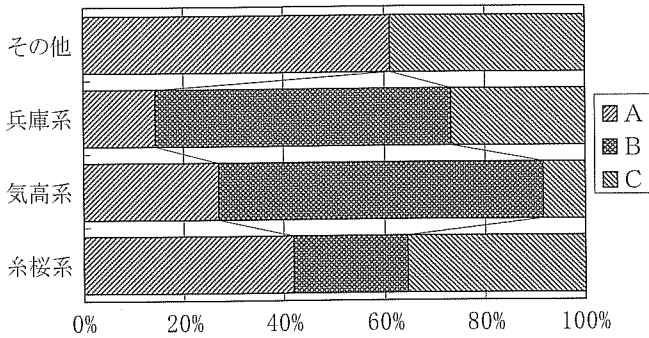


図5. 各系統毎のbGH遺伝子頻度分布割合

(3) 島根県有種雄牛116頭の生年毎の内訳とbGH遺伝子型

1980年以前が24頭(20.7%)、1980年代が29頭(25.0%)および1990年以降が63頭(54.3%)であり、各生年毎のbGH遺伝子型についてみると、1980年以前はAA 9頭、AB 1頭、AC 5頭、BB 5頭、BC 2頭およびCC 2頭、1980年代はAA 2頭、AB13頭、AC 9頭、BB 1頭、BC 2頭およびCC 2頭、1990年以降はAA 4頭、AB13頭、AC 7頭、BB11頭、BC24頭およびCC 4頭であった。このことから、特にAAは1980年以前に多かった一方、ABおよびACは1980年代以降に、BBおよびBCは1990年以降に急速に増加していることが伺えた(図6)。

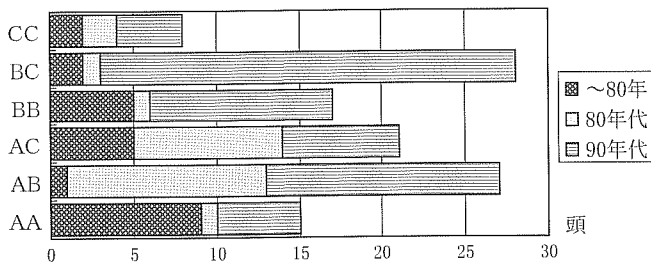


図6. 各生年毎のbGH遺伝子型分布割合

2 島根県有種雄牛のbGH遺伝子型およびbGH遺伝子多型の有無と育種価の関係(種雄牛116頭のうち、育種価の判明している95頭について調査)

(1) 枝肉6形質の育種価とbGH遺伝子型との関係

bGH遺伝子型別では、ロース芯面積、バラの厚さ、歩留基準値、BMSの育種価について有意差が認められた。すなわち、ロース芯面積の育種価については、BC (7.427cm<sup>2</sup>) がAA (3.980cm<sup>2</sup>) およびAB (4.332cm<sup>2</sup>) よりも有意 (p<0.05) に大きく、バラの厚さの育種価については、AC (0.357cm) がAA (0.060cm) よりも有意 (p<0.05) に厚く、歩留基準値の育種価については、BC (1.222%) がAB (0.730%) およびAC (0.652%) よりも有意 (p<0.05) に高かった。BMSの育種価については、BC (1.461) がAA (0.594)、AB (0.958)、AC (0.839) およびBB (1.014) よりも有意 (p<0.01、p<0.01およびp<0.05) に高く、CC (1.125) がAA (0.594) よりも有意 (p<0.05) に高く、A遺伝子を持つものが低く、A遺伝子を持たないものが高い傾向にあった。枝肉6形質全体の育種価としては、総じてBCの種雄牛が優れていた。(表1)

(2) 枝肉6形質の育種価と各bGH遺伝子多型の有無との関係

A遺伝子はBMSの育種価との関連性が認められ、A遺伝子を持たないもの(A0=BB、BCおよびCC; 1.271)が、持つもの((A1=ABおよびAC; 0.900)および(A2=AA; 0.594))よりもBMSの育種価が有意 (p<0.01) に高く、A遺伝子によりBMSの育種価は低くなった。

B遺伝子はBMSの育種価との関連性が認められ、B遺伝子をヘテロで持つもの(B1=ABおよびBC; 1.227)が、持たないもの(B0=AA、ACおよびCC; 0.809)よりもBMSの育種価が有意 (p<0.01) に高かった。

C遺伝子はロース芯面積およびBMSの育種価との関連性が認められ、ロース芯面積の育種価は、C遺伝子を持つもの(C2=CC; 7.656cm<sup>2</sup>)およびヘテロで持つもの(C1=ACおよびBC; 6.287cm<sup>2</sup>)が、持たないもの(C0=AA、ABおよびBB; 4.041cm<sup>2</sup>)よりも有意 (p<0.05) に大きく、C遺伝子によりロース芯

表1. 島根県有種雄牛のbGH遺伝子型と育種価の関係

	n	枝重BV (kg)	ロースBV (cm)	バラ厚BV (cm)	皮下厚BV (cm)	歩留BV (%)	BMSBV
AA	13	10.809	3.980 <sup>b</sup>	0.060 <sup>b</sup>	-0.199	0.617	0.594 <sup>q, b</sup>
AB	20	24.646	4.332 <sup>b</sup>	0.272	-0.294	0.730 <sup>b</sup>	0.958 <sup>q</sup>
AC	19	30.255	4.908	0.357 <sup>a</sup>	-0.160	0.652 <sup>b</sup>	0.839 <sup>q</sup>
BB	13	14.594	3.655	0.288	-0.222	0.715	1.014 <sup>d</sup>
BC	27	20.981	7.427 <sup>a</sup>	0.350	-0.263	1.222 <sup>a</sup>	1.461 <sup>p, c</sup>
CC	7	28.259	7.656	0.192	-0.147	0.919	1.125 <sup>a</sup>
計	95	21.878	5.301	0.275	-0.226	0.830	1.026

a, bおよびc, d: 異符号間に有意差あり (p<0.05) p, q: 異符号間に有意差あり (p<0.01)

表2. 島根県有種雄牛のbGH遺伝子多型の有無と育種価の関係

	n	枝重BV (kg)	ロースBV (cm)	バラ厚BV (cm)	皮下厚BV (cm)	歩留BV (%)	BMSBV
A 2	13	10.809	3.980	0.060	-0.199	0.617	0.594 P
A 1	39	27.379	4.613	0.313	-0.229	0.692	0.900 P
A 0	43	20.235	6.324	0.306	-0.232	1.019	1.271 q
B 2	13	14.594	3.656	0.288	-0.222	0.715	1.014
B 1	43	22.686	5.987	0.314	-0.277	0.993	1.227 q
B 0	39	23.415	5.092	0.229	-0.171	0.688	0.809 P
C 2	7	28.259	7.656 a	0.192	-0.147	0.919	1.125
C 1	42	25.176	6.287 a	0.353	-0.217	0.964	1.180 a
C 0	46	17.894	4.041 b	0.216	-0.247	0.694	0.870 b

各bGH多型を、0：持たない、1：ヘテロで持つ、2：ホモで持つことを示す  
a, b：異符号間に有意差あり (p<0.05) p, q：異符号間に有意差あり (p<0.01)

面積の育種価が大きくなった。また、BMSの育種価は、C遺伝子をヘテロで持つもの(1.180)が、持たないもの(0.870)よりも有意(p<0.05)に高かった。(表2)

### 考 察

黒毛和種のbGH遺伝子頻度は、1900年代初めに行われた外国種との交配や、その後の閉鎖的な育種の影響から、各県や各系統により大きく異なることが報告されている<sup>6)</sup>。すなわち、兵庫県では、A遺伝子の頻度が極端に低く、岡山県では、B遺伝子の頻度が低く、また、鳥取県および広島県では、A遺伝子の頻度が高い一方、B遺伝子およびC遺伝子の頻度が低くなっている。

島根県においては、岡山県から導入された藤良系の「第十四茂」号を父に持つ「第7糸桜」号を始祖牛とする糸桜系、鳥取県から導入された気高系の「第二気高」号を父に持つ「晴美」号を始祖牛とする晴美系や、近年の鹿児島県から導入された気高系に属する種雄牛を一括してとりまとめられる気高系、および兵庫県の安美系と茂金系の流れをくむ系統である兵庫系<sup>7)</sup>の3系統を柱として、改良が進められている。

今回、島根県有種雄牛において、全てのbGH遺伝子型が存在し、各タイプの遺伝子頻度がほぼ拮抗していたのは、島根県において県外種雄牛と県内優良雌牛の交配による種雄牛造成が、先に挙げた他県よりも多く育種手法として用いられた結果が反映されたものと考えられた。

安田ら<sup>10,11)</sup>は、島根県有種雄牛59頭のbGH遺伝子型は、AA12頭、AB10頭、AC18頭、BB5頭、BC9頭およびCC5頭であり、各bGH遺伝子頻度は、A遺

伝子が44.0%、B遺伝子が24.6%およびC遺伝子が31.4%であったと報告しているが、今回の調査結果を比較すると、A遺伝子は-10.4%、B遺伝子は+13.8%、C遺伝子は-3.4%であり、A遺伝子の割合が減少し、B遺伝子の割合が増加している。これは、1990年以降に繋留された種雄牛のbGH遺伝子型は、BCを中心にBBおよびABのB遺伝子を持つものが中心となっているためと考えられた。また、安田ら<sup>11)</sup>は、bGH遺伝子型について、BCがAAより脂肪交雑基準値の推定育種価において高い傾向を認めている。

今回の調査の結果、BCの種雄牛の大半が1990年以降の生まれであり、BMSの育種価については1990年以降生まれが有意に高くなっており、近年の島根県における種雄牛選抜にbGH遺伝子型は加味されていないものの、育種価を中心とした種雄牛選抜がなされた結果が影響しているものと考えられ、島根県有種雄牛の産肉能力の育種価は着実に向上していることが伺えた。更にbGH遺伝子多型では、A遺伝子の効果として、BMSの低下、ロース芯面積の低下、皮下脂肪厚の増加および歩留基準値の低下、B遺伝子の効果として枝肉重量の低下、C遺伝子の効果として枝肉重量の増加、ロース芯面積の増加および皮下脂肪厚の増加の傾向が見られた。

なお、河野ら<sup>6)</sup>は、山口県を除く中国地方4県および兵庫県の種雄牛のbGH遺伝子型と育種価の関係について分析した結果、複数の県で同様に認められた効果として、A遺伝子の脂肪交雑の低下と皮下脂肪厚の増加効果、B遺伝子のバラの厚さの増加効果、C遺伝子の脂肪交雑の増加効果を挙げているが、今回の調査においては、B遺伝子やC遺伝子についての同様な傾向は見られなかったものの、BMSの育種価については、AAをはじめとしてA遺伝子を持つも

のが低く、他県の種雄牛と同様な傾向を示した。また、安部ら<sup>1)</sup>は、bGH型が枝肉成績に及ぼす影響として、同一種雄牛(BC型)由来の去勢肥育牛171頭のbGH型と枝肉成績の調査において、BMSNo.はA遺伝子を持たない群が持つ場合に比べて有意に高かったと報告している。

今後、これらのことから、A遺伝子を増やさないようなコントロール方法により、脂肪交雑やロース芯面積の増加が期待でき、しまね和牛の産肉能力はより高水準となる可能性があると考えられ、黒毛和種種雄牛の選抜における指標の1つとして利用可能であると考えられた。

#### 引用文献

- 1) 安部亜津子ら. 島根畜試研報, 37: 11-15. 2004
- 2) 千国幸一ら. 日畜会報, 65: 340-346. 1994
- 3) Gorden D. F. et. al. Mol. Cell. Endocrinol., 33: 81-95. 1983
- 4) Hecht C. and Geldermann H. Anim. Genet., 27: 329-332. 1996
- 5) Høj S. et. al. Anim. Genet., 24: 91-96. 1993
- 6) 河野幸雄ら. 近畿中国四国地域基幹農業技術体系化促進研究成果報告, 6-11. 2004
- 7) 社団法人全国和牛登録協会. 黒毛和種種雄牛集大成: 79-125. 2002
- 8) Woychik R. P. et. al. Nucleic Acids Res., 10: 7197-7210. 1982
- 9) Yao J. et. al. Genetics, 144: 1809-1816. 1996
- 10) 安田康明ら. 島根畜試研報, 35: 5-8. 2002
- 11) 安田康明ら. 島根畜試研報, 33: 17-19. 2000