

但馬牛母系による雌家系間の産肉能力の比較

福島護之*・坂瀬充洋*・野田昌伸*・武田和士*・上野 悟*

要 約

美方及び城崎地域における但馬牛雌家系を検索し、現存雌牛の血統構成を把握すると同時に近交係数及び産肉能力との関係を検討した。

- 1 美方系には130頭、城崎系には40頭の始祖雌牛が存在していた。
- 2 現存雌牛の保存頭数と遺伝的寄与率又は Pr(lost)の間には関係は少なく、これまでに種雄牛の生産に寄与した始祖牛の寄与率が高かった。
- 3 産肉能力は始祖牛間で異なっていたが、現存雌牛頭数との関係は認められなかった。
- 4 産肉能力、遺伝的寄与率と Pr(lost)を考慮して遺伝的多様性を維持するために雌家系を選抜することが可能であると考えられた。

Comparison of Performance Between the Maternal Lines in Tajima Strain

Moriyuki FUKUSHIMA, Mitsuhiro SAKASE, Masanobu NODA, Kazuhito TAKEDA and Satoru UENO

Summary

The female family lines of Tajima strain in Mikata and Kinohara areas were investigated.

The genetic composition of the existent cows was examined and the relationships of the composition with inbreeding and meat production ability were examined.

- (1) One hundred thirty and 40 cows existed in Mikata and Kinohara area, respectively.
- (2) The relationships between the existed cow number and a genetic contribution rate and Pr(lost) of founder were weak. The contribution rate of the founders which contributed sire production was higher.
- (3) Although meat production ability was different by the founders, there were no relations between the ability and the existent cow number.
- (4) It is suggested that the selection of female family lines would be possible to maintain the genetic diversity in considering the meat production ability and the genetic contribution rates of the founders.

キーワード：但馬牛，雌家系，産肉能力，近交係数

緒 言

但馬牛は、地域毎に特徴を持つ蔓牛を起源にして改良されてきたと言われている。羽部と上坂³⁾は、蔓牛とは資質、発育、長命性或いは繁殖性において優秀な特性を持つ改良上顕著な貢献を果たしたものと定義している。また、当時の蔓として美方郡に12系統、城崎郡には5系統を紹介している。

その後、石原⁵⁾は各県の優良雌系統の検索を行い、種雄牛による分類が定着し始めた昭和50年代において、雌系統の再考を促した。この中で、系統名が遺伝的に重要性を持っているのは始祖牛から3～4代までであると述

べている。そこで、現実に実施されてきた選抜、交配を考慮して遺伝的多様性を考えるには、Honda et al.⁴⁾が述べているような始祖牛からの遺伝子の伝達過程を考慮したジーンドロッキング法⁷⁾の導入が必要になってくるものと考えられる。

1989年に雌家系を整理した石川⁶⁾は、美方郡内には214系統が存在したと述べている。その後、牛肉の輸入自由化による肉質重視の選抜、交配が進行したことや、繁殖農家の多頭化と戸数減により飼養頭数は微減ながらも、特定の種雄牛の娘牛或いは特定の雌系統の娘牛に限定して保留される傾向が高まり、血統構成の単純化が危惧されるようになってきた。

最近になって、細胞核を通してではなく、細胞質を通

2004年8月31日受理

* 兵庫県立農林水産技術総合センター北部農業技術センター

した細胞質遺伝の本体であるミトコンドリア DNA (以下 mtDNA と呼ぶ) の多型が産肉形質に及ぼす影響について検討されるようになってきた⁸⁾。この mtDNA は、母系を通じて遺伝することから、但馬牛の遺伝的多様性を確保していく上で細胞核によらない雌家系の多様性の保持が必要と考えられる。これまでの雄系に偏重した考え方を脱却するためには雌家系の現状を把握する必要が考えられる。

そこで、本研究では、但馬牛雌家系を美方、城崎、豊岡及び出石郡に限定して分析を行った。併せて、現存雌牛の血統構成の特徴と近交係数及び産肉能力との関係を比較し、今後の系統造成にあたっての基礎資料とした。

材料及び方法

1 始祖牛の検索

本研究には、兵庫県但馬牛血統ファイルを用いた。ファイルの内容は、現存する牛の祖先牛全てが含まれる1910年以降生まれの97,523頭の雄牛、雌牛に関する登録番号、血統、繁殖地、生年及び名号からなっている。

美方郡、城崎郡、出石郡及び豊岡市で2004年1月現在で飼養されている登録番号を持つ全雌牛の雌系始祖牛を検索し、始祖雌牛毎にグルーピングして近交係数、遺伝的寄与率、Pr(lost)と以下の育種価評価値を検討した。

Pr(lost)とはある始祖個体に由来する対立遺伝子が、遺伝子伝達の過程で消失してしまい、現存集団まで伝達されない確率あるいは、始祖個体の全ゲノムのうち両対立遺伝子が集団から消失してしまった座位の割合である。また、遺伝的寄与率とは個々の始祖牛の現存集団に対する遺伝子頻度の期待値で、福島ら²⁾の計算結果を引用した。なお、分析にあたっては美方郡の雌牛を美方系、城崎郡、出石郡及び豊岡市の雌牛を城崎系と称する。

2 産肉能力育種価の比較

産肉能力の育種価は(社)全国和牛登録協会のプログラムを用い算出した。この2年間に分娩記録のある14,663頭の雌牛について、近交係数と産肉能力の推定又は期待育種価を算出し、始祖牛によるグループ毎の特徴を検討した。

結 果

1 始祖牛の検索

現存雌牛に対する雌系始祖牛は、美方系で130頭、城崎系で40頭存在した。以下、それぞれの始祖牛に由来する雌系のラインを系統と呼ぶ。美方系について各始祖雌牛の兵庫県内全雌牛に対する遺伝的寄与率、Pr(lost)と始祖牛の後代として出現する主な種雄牛及び雌牛を表1

に示した。城崎系については、各始祖雌牛の兵庫県内全雌牛に対する遺伝的寄与率とPr(lost)を表2に示した。現存雌牛が多い「福」、「やまだ」、「かめ②」、「前垣」、「甚」、「坂いと」と「久」までの主要8系統で美方郡の現存雌牛1,770頭の過半数を占めていた。上位を占める系統の遺伝的寄与率は概ね高く、Pr(lost)も低かったが、「坂いと」では0.9703と消滅の危険性の高い系統もあった。

遺伝的寄与率の最も高かったのは現存雌牛が1頭しか存在しない「おかね」系であった。

現存雌牛が多い始祖牛の後代には活躍した雌牛が多かったが、現存雌牛が少ない始祖牛には活躍した雌牛がほとんど存在しなかった。

一方、最近の種雄(候補)牛の始祖牛をみると、様々な始祖牛系統から造成されており遺伝的変異の確保には重要な点と考えられた。

現存雌牛の生年別頭数及び平均近交係数は、地域毎に表2、3及び4に示した。美方系では近年、上位5頭の始祖牛に由来する後代で全体の半数を占めるなど、雌系統の単一化が進んでいた。城崎系においても、「とら②」、「まん」が現存する雌牛の大半を占め単一化の傾向が認められた。

美方系の近交係数が約10年前から23%以上となり憂慮すべき状況にあったが、城崎系も2000年には20%と高まってきた。

2 産肉能力育種価の比較

各始祖雌牛の産肉能力の平均育種価は、地域毎に表5及び6に示した。頭数のばらつきが大きいため、系統間差を比較することはできなかった。美方系では最近保留牛の多い(頭数が多い)系統の産肉能力の育種価が優れているという傾向は認められなかった。

考 察

美方系について、1989年に石川⁹⁾は214頭の雌家系が存在すると報告した。しかし、15年後の今回の分析から130頭に減少していることが明らかとなった。城崎系についてはその推移は明らかではないが、現在、40頭であることが明らかとなった。現存雌牛頭数は、美方系の1,770頭に対して城崎系は307頭であったことから、美方系の雌家系数が少ないことが懸念される。特に、大半が上位10系統に集中している現状は、遺伝的多様性の確保にとって憂慮すべき状況といえる。

遺伝子の大半は細胞核に存在し、雌雄共に均等に後代に伝達することからジーンドロッピング等による遺伝的寄与率で集団内の関与を正確に推定する事ができる。しかし、細胞質に mtDNA が存在し、乳用種においては

くつかの突然変異や遺伝子型の違いが生産性に影響を及ぼしていると報告している¹⁾。但馬牛集団においてもmtDNAの効果を考慮した雌家系の把握が必要と考えられる。

系統についての考え方は、石原⁵⁾が示すように3~4代を考慮するのが妥当である。しかし、最近 Honda et al.⁴⁾が示すジーンドロッピング法によって始祖牛遺伝子の後代への伝達が確率論的に論じられるようになると、今回考慮した雌家系始祖牛から能力に共通する遺伝子を探索する可能性もあると考えられる。兵庫県の集団内に均等に各始祖牛の遺伝子が分配されているわけではないため、表1及び2に示したように、遺伝的寄与率が大きいからといって遺伝子消失の可能性を示すPr(lost)が小さいわけではなく、選抜、交配の過程を通じて遺伝子の伝達割合が異なり現在の集団に対する影響も異なることが明らかとなった。兵庫県の現存集団に対する各始祖牛の遺伝的寄与率は表1及び2のようになったが、集団内に対する遺伝的寄与率は繁殖形態からも予測されるように基幹種雄牛を経た場合が大きい。今回の結果からも現存雌牛頭数が1頭の始祖牛「おかね」は後代に「福山」という種雄牛を輩出し、その娘「ふく江」が「田尻」や「田福土井」の母となったために現存集団に大きな寄与をもたらし、Pr(lost)も0.5421と比較的低かった。次に遺伝的寄与率が高いのが「久」でこの牛も「ふく江」の直系の雌家系であり、そのことが遺伝的寄与率が高くなった一因であろう。3番目に遺伝的寄与率が高かった「前垣」は「田尻」の父「第十四茅野」に由来する雌家系でこの系統までは全て「田尻」とその母「ふく江」に由来しており、但馬牛の多くがこの親子の直系集団であることを強く示していた。4番目に「福」の遺伝的寄与率が高かったが、後代の「幸福三」以降に多くの優良雌を産出し、種雄牛を多数輩出したため、この系統の遺伝的寄与率は上昇した。しかし、Pr(lost)は0.6588と田尻に関わる始祖牛に比較すると高かった。現存雌牛が多い始祖牛の後代には活躍した雌牛が多かったが、現存雌牛が少ない始祖牛には活躍した雌牛がほとんどいなかった。このことは、農家が保留する場合に雌家系を重要視していることが考えられた。表5及び6の結果から、美方系及び城崎系ともに雌牛の保留にあたって必ずしも産肉能力が大きな指針とはなっていないことが伺われた。このことは、産肉能力に偏った選抜が行われていないことを意味し、今後、的確な選抜を行うことによって、但馬牛改良にとって有効な遺伝子を保留することが可能と考えられた。

比較的遺伝的寄与率の低い多くの雌始祖牛系統を均等

に保持することは但馬牛の遺伝的多様性を確保する上で重要な手法と考えられる。今回、血統的な特性に限らず、産肉能力からも検討を行い、集団に遺伝的寄与率が低いものの産肉能力において特に優秀な能力を持つ優秀な始祖牛系統を確認できた。このことは、ジーンドロッピング法によって全集団の遺伝的構成を明確にした後に、各始祖牛グループの能力を加味して系統造成を推進する現実的な手法として利用しうる可能性が示唆された。なお、多くの遺伝子を集団内に保持したいと考えても、Pr(lost)が大きい始祖牛の遺伝子に対して過度に期待することは遺伝子が既に消失している危険性の高いことを考慮しておかねばならない。

以上から、今回の手法で抽出された遺伝的寄与率の低い始祖牛系統から雌系統を選抜していくことが、細胞質遺伝子を考慮した多様性保持に対する一つの方法であることが示唆された。

引用文献

- (1) Boettcher, P.J., A.E. Freeman, S.D. Johnston, R.K. Smith, D.C. Betz and B.T. McDaniel (1996): Relationships between polymorphism for mitochondrial deoxyribonucleic acid and yield traits of Holstein cows: *J. Dairy Sci.* 79, 647-654.
- (2) 福島護之・坂瀬充洋・野田昌伸・武田和士・上野悟・本多健・大山憲二・向井文雄: 但馬牛集団のジーンドロッピング法による系統分類の試み: 兵庫農技総研報(畜産). 投稿中.
- (3) 羽部義孝・上坂章次(1939): 和牛の蔓に関する調査: 畜産試験場集報 32, 1-5
- (4) Honda, T., T. Nomura, M. Fukushima and F. Mukai (2003): Gene dropping analysis of founder contributions in a closed Japanese black cattle population: *Anim. Sci. J.* 73, 105-111
- (5) 石原盛衛(1978): 和牛における優良雌牛系統の追求: 全国和牛登録協会, 1-134
- (6) 石川綾子(1989): 美方郡繁殖牛群の血統構造: 神戸大学農学部卒業論文 1-50
- (7) MacCluer, J.W., J.L. VandeBerg, B. Read, O. A. Ryder (1986): Pedigree analysis by computer simulation: *Zoo Biology* 5, 147-160
- (8) 万年英之(2000): ミトコンドリアDNAの多様性を利用する: 家畜ゲノム解析と新たな家畜育種戦略, 196-202

表1 美方系始祖牛に由来する美方郡内の頭数、兵庫県現存集団に対する遺伝的寄与率, Pr(lost), 活躍した雌牛と最近の主な種雄(候補)牛

始祖牛遺伝的寄与率	Pr(lost)	活躍した主な雌牛	最近の主な種雄(候補)牛	頭数
福(あつた)	0.0098505129	幸福三、きよちよ、こうふく七、とよひめ	照豊土井、照俊土井、鶴雅土井	244
やまだ	0.0014218776	みづふく、きくつる	九博土井、照也土井、照岡土井、福巳土井、雪姫土井	232
かめ	0.0013324588	みづさち、きくつる	照一土井	104
前垣(あつた)	0.0255204153	みづさち、きくつる	茂広波、福朝土井	99
たつみ	0.0007792584	みづさち、きくつる	鶴山土井、(茂広波)	84
坂い	0.0000117086	みづさち、きくつる	鶴山土井	54
久	0.0332752621	みづさち、きくつる	鶴山土井	52
金(ふき)	0.0040163114	みづさち、きくつる	鶴山土井	50
た	0.0004551268	みづさち、きくつる	北原波	50
ま	0.000075209	みづさち、きくつる	福久土井	47
ち	0.0000228055	みづさち、きくつる	九博土井、菊千代土井	43
大	0.0001365026	みづさち、きくつる	北谷波、第1菊武土井、照九土井	36
テ	0.0000424444	みづさち、きくつる	北谷波、第1菊武土井、照九土井	34
ま	0.000172009	みづさち、きくつる	茂国波、茂美波	33
高	0.0000180170	みづさち、きくつる	福武土井	25
は	0.0000781140	みづさち、きくつる	福武土井	25
ま	0.0003948122	みづさち、きくつる	福武土井	24
き	0.0008261333	みづさち、きくつる	福武土井	22
か	0.0074856823	みづさち、きくつる	福武土井	21
よ	0.0000358841	みづさち、きくつる	福武土井	20
し	0.0000000000	みづさち、きくつる	福武土井	19
し	0.0000000000	みづさち、きくつる	福武土井	19
山(あつた)	0.0000089760	みづさち、きくつる	豊松土井	19
金	0.0004550855	みづさち、きくつる	豊松土井	19
か	0.0000048119	みづさち、きくつる	雷神土井	16
大	0.0002257590	みづさち、きくつる	雷神土井	16
ま	0.000037797	みづさち、きくつる	雷神土井	16
つ	0.0003185846	みづさち、きくつる	雷神土井	16
か	0.00003185846	みづさち、きくつる	雷神土井	16
ね	0.0000096547	みづさち、きくつる	福芳土井	14
佳	0.0000214358	みづさち、きくつる	福芳土井	14
お	0.0041817695	みづさち、きくつる	福芳土井	13
か	0.0000038285	みづさち、きくつる	福芳土井	13
か	0.0000216452	みづさち、きくつる	福芳土井	13
し	0.0000479871	みづさち、きくつる	福芳土井	13
中	0.0000066392	みづさち、きくつる	福芳土井	13
り	0.0001954146	みづさち、きくつる	福芳土井	11
第	0.0000032387	みづさち、きくつる	福芳土井	10
小	0.0000117082	みづさち、きくつる	福芳土井	10
増	0.0000114612	みづさち、きくつる	福芳土井	10
日	0.007288372	みづさち、きくつる	福芳土井	9
さ	0.0000016463	みづさち、きくつる	福芳土井	7
山	0.0000374714	みづさち、きくつる	福芳土井	6
林	0.0000058836	みづさち、きくつる	福芳土井	6
か	0.0000012055	みづさち、きくつる	福芳土井	6
ね	0.0000031037	みづさち、きくつる	福芳土井	6
丸	0.0014634620	みづさち、きくつる	福芳土井	6
山	0.0000055646	みづさち、きくつる	福芳土井	6
一	0.0000356606	みづさち、きくつる	福芳土井	6
宮	0.0000356606	みづさち、きくつる	福芳土井	6
勝	0.0000356606	みづさち、きくつる	福芳土井	6
前	0.0012070299	みづさち、きくつる	福芳土井	6
勝	0.0000081326	みづさち、きくつる	福芳土井	6
長	0.0000111914	みづさち、きくつる	福芳土井	6
富	0.0000236377	みづさち、きくつる	福芳土井	6
つ	0.0000295524	みづさち、きくつる	福芳土井	6
ち	0.0001713572	みづさち、きくつる	福芳土井	6
し	0.0000150957	みづさち、きくつる	福芳土井	5
み	0.0000106741	みづさち、きくつる	福芳土井	5
ま	0.0000063755	みづさち、きくつる	福芳土井	5
り	0.0003640693	みづさち、きくつる	福芳土井	5
西	0.000015474	みづさち、きくつる	福芳土井	4
せ	0.0000183625	みづさち、きくつる	福芳土井	4
な	0.0000030137	みづさち、きくつる	福芳土井	4
か	0.0000034456	みづさち、きくつる	福芳土井	4
音	0.0000140432	みづさち、きくつる	福芳土井	4
重	0.0000033826	みづさち、きくつる	福芳土井	4
太	0.0076467662	みづさち、きくつる	福芳土井	4
武	0.0000078268	みづさち、きくつる	福芳土井	3
辰	0.0009551559	みづさち、きくつる	福芳土井	3
お	0.0000042485	みづさち、きくつる	福芳土井	3
い	0.024922431	みづさち、きくつる	福芳土井	3
だ	0.0077227632	みづさち、きくつる	福芳土井	3
新	0.0000014394	みづさち、きくつる	福芳土井	3
庄	0.0002055050	みづさち、きくつる	福芳土井	3
え	0.0000056317	みづさち、きくつる	福芳土井	3
ひ	0.0000045701	みづさち、きくつる	福芳土井	3
べ	0.0000031421	みづさち、きくつる	福芳土井	3
ん	0.0000028788	みづさち、きくつる	福芳土井	3
3	0.0000034546	みづさち、きくつる	福芳土井	3
吉	0.0000019792	みづさち、きくつる	福芳土井	3
坂	0.0000056280	みづさち、きくつる	福芳土井	3
本	0.0000029688	みづさち、きくつる	福芳土井	3
山	0.0000059015	みづさち、きくつる	福芳土井	3
井	0.0000325479	みづさち、きくつる	福芳土井	3
利	0.0000103440	みづさち、きくつる	福芳土井	3
い	0.0000114837	みづさち、きくつる	福芳土井	3
か	0.0000013404	みづさち、きくつる	福芳土井	3
ね	0.0000130266	みづさち、きくつる	福芳土井	3
ま	0.0000064953	みづさち、きくつる	福芳土井	3
つ	0.0000008996	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000065718	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0006180170	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.000004228	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000268581	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0001492998	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0001913222	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0009322039	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000009176	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000233616	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0007958049	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000425366	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000003059	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.033585115	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000920031	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000021051	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000346851	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000007197	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000034411	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.000271164	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.000016999	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0038177407	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000038324	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.000028428	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.000015114	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000040483	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000013854	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000053258	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000038864	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.000126869	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0006420156	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000062198	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000421126	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000338976	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.000011965	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000023030	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000528755	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000124103	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000166735	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000183434	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000035625	みづさち、きくつる	福芳土井	3
と	0.0000668063	みづさち、きくつる	福芳土井	3

表2 城崎系始祖牛に由来する兵庫県現存集団に対する遺伝的寄与率, Pr(lost)i, 城崎地域における生年別頭数と生年別平均近交係数の推移

始祖牛	遺伝的寄与率	Pr(lost)	生年別頭数													生年別平均近交係数																					
			86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	総計	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	総計	
とら②	0.0021418	0.5931	4	2	5	4	12	6	9	5	13	17	7	6	7	6	103				10.2	10.2	14.3	18.1	12.6	18.2	13.6	16.5	17.1	17.2	20.8	17.3	19.4	17.2	16.3		
まん	0.0000136	0.893	1	1	1		1	2	4	3	4	3	2	1	3	26	8.5	8.8	12.0				5.6	15.4	13.5	15.5	15.5	14.5		17.5	16.2	20.3	14.8				
おいわ	0.0004391	0.7984	2	2		1	3	1	2	1	1	1	2	2	1	19	18.0	14.3				8.5	14.2	24.5	10.2	18.3	19.4		15.5	22.9	19.8	20.6	16.8				
たにー2	0.0001725	0.7018		1	1		1	1	1	1	1	2	1	1	1	12				11.8	11.8			13.5	12.1	13.4	18.3	18.4	18.1	20.2	26.5	12.4	16.2				
よど2	0.0000069	0.8694	1				1	1	1	1	2	1	2	1		11	15.3						9.7	22.3	21.1	21.1	9.3	13.5	18.7	19.9		16.3					
第2もり	0.0000016	0.9748	1			1	2	1	1	1	1	1	1		1	10	8.7					17.2	18.1	18.9		18.9	16.0	19.2	17.4			12.5	16.5				
こにし	0.000144	0.9827			1	1	3						1		2	1	9						15.7	13.7	16.8				23.2		23.0	23.2	19.1				
とみ①	0.0001142	0.9127				1			1	1	1	2	1	1	1	9							14.3			19.7	12.7	20.1	21.2	19.2	25.2	19.2	19.2				
みくに	0.0001221	0.3307	1	1			1		3	1	1		1		9	22.4	10.5						11.8			18.3	16.1	21.2		19.4		17.4					
よし③	0.0050265	0.152			2	1	2	1			2	1				9							12.7	14.9	8.2	10.2		16.1	18.5				13.0				
さだ	0.0000007	0.9817		1	2		1	1	1	1	1					8						15.7	12.1		16.9	8.4	22.0	22.3	16.6				15.8				
とらの	0.0000013	0.9825					1	1	1		2	2	1			8								17.0	15.6	18.4	12.6		20.5	21.3				17.3			
ふく	0.0000046	0.9134				1	2	1	1	1	1	1	1	1		8								18.5	21.1	22.6	15.3	14.0	20.1			18.7	18.9				
俄左	0.0000051	0.944						1	1	2	1	1	1			7									26.1	14.2	28.1	23.0	30.4	21.9			24.5				
いしつば	0.0000441	0.6377				1	1	1	2							5								17.4	12.2		20.2	19.9				17.9					
なか	0.0007163	0.714	1				1	1					1		5	6.5								12.5	11.6				17.2		22.6	14.1					
あさ	0.0000074	0.9609					1	1	1	1					4										11.2	10.3	14.7		13.4				12.4				
うめ	0.0000026	0.9433		1			1					1	1	1	4						10.1				17.9					17.9		17.9	16.0				
いしろく	0.0000022	0.9436	1								1	1			3	5.8													11.6	11.6			9.6				
かく②	0.0000006	0.9825			1							1			1	3								16.8				15.5				20.2	17.5				
つな	0.0000030	0.9115			1		1					1			3									8.7		7.0				19.7			11.8				
第二くら	0.0000100	0.8456				1		1	1						3										6.1		13.3		17.2				12.2				
うた	0.0000002	0.9966					1	1							2												15.1	12.8						13.9			
しげる②	0.0000010	0.9663		1											1	2					12.0												19.1	15.6			
とみ②	0.0000002	0.9933			1		1								2											11.4		21.6						16.5			
はつ	0.0000033	0.9411			1		1								2										14.9		11.4						13.1				
はん	0.0000028	0.9356			1		1								2											15.3		21.6						18.4			
ふじ	0.0001243	0.8679	1								1				2						20.0									22.7				21.3			
むら	0.0000015	0.9632			1		1								2											12.3		22.1						17.2			
やす②	0.0000035	0.9555					2								2												24.9								24.9		
やす③	0.0000001	0.9938				1	1								2												19.6		19.6						19.6		
よし①	0.0000013	0.971								1			1	2															7.6			14.7		11.2			
満さ	0.0000006	0.9927			1						1				2											21.7				20.3				21.0			
ごえい	0.0000004	0.9872					1								1														17.4					17.4			
さあ	0.0012308	0.4934						1							1														17.5						17.5		
ひで	0.0001183	0.8554			1										1											10.4									10.4		
へい	0.0000012	0.9605										1			1																13.2				13.2		
やよい	0.0000055	0.9269	1												1	7.0																			7.0		
よし⑥	0.0000049	0.9417									1				1															14.7					14.7		
また	0.0000048	0.9086	1												1	10.2																			10.2		
総計			8	5	8	6	19	17	26	27	30	17	35	33	20	17	19	307	10.5	15.1	11.7	11.4	13.4	15.0	14.2	16.5	15.7	17.0	16.8	17.3	19.6	18.8	20.2	18.4	16.4		

表6 城崎系における始祖牛毎の枝肉重量及びBMS育種値

始祖牛名	頭数	BMS				枝肉重量			
		平均	標準偏差	最大値	最小値	平均	標準偏差	最大値	最小値
とら②	86	0.845	0.268	1.402	0.181	-1.284	10.113	21.644	-27.736
まん	23	0.580	0.335	1.259	-0.094	-4.109	12.598	28.276	-28.774
おいわ	19	0.656	0.283	1.169	0.080	-4.856	10.912	17.526	-22.779
たにー2	11	0.805	0.256	1.210	0.456	-5.767	9.826	10.604	-18.387
よど2	10	0.817	0.202	1.082	0.520	-3.036	8.195	6.759	-23.310
第2もり	10	0.781	0.231	1.145	0.338	-10.493	13.113	15.159	-35.018
よし③	9	0.668	0.325	1.242	0.214	1.427	8.636	18.183	-12.013
こにし	8	0.947	0.373	1.434	0.377	-2.356	8.638	11.462	-16.980
さだ	8	0.838	0.187	1.046	0.478	1.799	14.944	27.241	-17.474
とみ①	8	1.024	0.099	1.163	0.857	3.430	9.596	17.729	-14.003
ふく	8	0.957	0.208	1.252	0.635	-9.031	12.290	6.077	-28.195
みくに	8	0.684	0.221	0.953	0.335	-13.103	11.184	10.082	-24.831
とらの	6	0.709	0.240	1.094	0.460	-4.993	12.784	13.940	-26.623
俄左	6	0.983	0.201	1.187	0.694	-13.639	5.441	-9.662	-25.195
いしつば	5	0.857	0.254	1.253	0.527	-0.177	5.799	6.894	-10.410
なか	5	0.721	0.257	1.035	0.424	-10.539	5.957	-3.627	-18.909
あさ	4	0.566	0.324	0.977	0.124	6.644	3.893	12.635	-1.934
うめ	4	1.148	0.133	1.280	0.994	-9.020	1.252	-7.781	-10.520
いしろく	3	0.663	0.097	0.731	0.526	20.162	1.181	21.832	19.327
つな	3	0.707	0.119	0.855	0.563	1.195	8.565	10.636	-10.098
第二くら	3	0.845	0.647	1.508	-0.032	5.139	15.630	21.223	-16.034
うた	2	0.707	0.099	0.806	0.608	-5.635	2.826	-2.809	-8.460
かく②	2	0.861	0.094	0.955	0.767	-4.408	6.232	1.824	-10.639
しげる②	2	0.918	0.138	1.056	0.780	22.206	5.563	27.768	16.643
とみ②	2	0.803	0.063	0.866	0.740	2.141	6.913	9.053	-4.772
はつ	2	0.502	0.018	0.519	0.484	-13.759	4.190	-9.569	-17.949
はん	2	0.588	0.085	0.673	0.503	-12.369	8.527	-3.842	-20.896
ふじ	2	0.662	0.301	0.963	0.361	-10.234	1.556	-8.678	-11.790
むら	2	0.589	0.098	0.686	0.491	4.241	5.026	9.267	-0.785
やす②	2	1.153							

表3 美方系現存雌牛の始祖牛による生年別頭数の推移

Table with columns for birth year (85-02) and sire names (e.g., 福やまだ, やかめ垣, 前垣, etc.).

表4 美方系現存雌牛の始祖牛による生年別平均交係数の推移

Table with columns for birth year (85-02) and sire names, showing average coefficients.

表5 美方系における始祖牛毎の枝肉重量及びBMS育種値

始祖牛	頭数	枝肉重量育種値			BMS育種値				
		平均	標準偏差	最小値	平均	標準偏差	最小値		
福	209	-13.514	11.830	24.855	-55.592	0.932	0.290	1.638	0.070
やまだ	175	-11.953	10.113	20.831	-40.384	1.070	0.255	1.649	0.160
かめ②	87	-16.541	11.917	4.420	-52.189	1.021	0.239	1.888	0.403
前垣	82	-11.063	13.074	23.274	-42.538	1.000	0.281	1.585	0.306
甚	68	-11.807	11.009	14.110	-38.738	0.975	0.233	1.442	0.187
坂いと	51	-9.666	10.839	12.392	-37.953	1.006	0.288	1.507	0.366
たま③	44	-1.490	14.368	28.154	-34.515	1.036	0.349	1.982	0.196
於金	42	-6.772	13.209	20.628	-41.291	1.073	0.235	1.490	0.307
久	42	-9.753	10.974	17.071	-30.579	0.864	0.313	1.306	0.156
孝	36	-6.879	8.740	17.323	-20.428	0.979	0.251	1.581	0.372
大さち	32	-5.231	10.565	22.125	-22.734	1.128	0.340	1.579	0.302
アル①	31	-8.619	8.599	18.258	-27.465	0.951	0.305	1.525	0.314
たまいね	28	1.134	10.073	20.879	-27.382	1.209	0.290	1.959	0.463
富士	23	-11.642	15.933	31.084	-41.165	0.809	0.247	1.131	0.166
はつ	22	-9.739	9.212	5.845	-28.542	1.044	0.282	1.430	0.553
まさ	21	-18.259	8.162	-5.160	-34.300	1.026	0.255	1.411	0.506
ま	20	-6.248	11.914	13.020	-32.289	1.061	0.338	1.525	0.491
かね④	19	-12.893	8.351	4.882	-24.587	1.029	0.250	1.314	0.437
よし①	19	-5.545	10.425	18.914	-24.782	0.929	0.281	1.355	0.490
せん	17	-8.403	10.823	11.125	-31.543	0.848	0.226	1.126	0.093
よし②	17	-10.088	11.444	13.874	-29.075	0.890	0.246	1.178	0.335
亀山	17	-0.659	13.267	17.477	-21.248	1.285	0.346	1.600	0.353
金登	17	-11.153	9.469	13.694	-25.948	0.895	0.299	1.642	0.461
かね香	16	-16.148	10.480	7.682	-35.851	0.936	0.231	1.372	0.497
まつなが	14	-9.003	12.141	16.587	-31.307	0.889	0.178	1.223	0.581
佐藤	14	2.901	14.047	38.125	-16.160	1.172	0.188	1.409	0.693
しん①	13	-12.856	5.298	-2.838	-25.044	1.111	0.389	1.771	0.242
カメ①	12	-13.170	7.082	-3.107	-23.289	0.762	0.200	0.933	0.245
大笹	12	-0.171	9.488	13.182	-16.396	1.197	0.312	1.685	0.744
おはる	11	-2.307	11.275	15.767	-18.114	0.770	0.193	1.045	0.371
かね①	10	-10.321	12.223	6.395	-29.333	0.911	0.155	1.207	0.704
かね⑤	10	-13.555	10.993	5.416	-29.495	0.943	0.256	1.468	0.631
第2いわ	10	-0.088	9.123	11.610	-16.888	1.252	0.230	1.491	0.783
中村	10	-7.391	16.477	7.538	-39.299	1.102	0.210	1.467	0.657
ゆくだい	9	-17.129	8.327	-3.343	-29.330	1.121	0.318	1.765	0.643
小谷	9	-3.279	15.269	12.086	-29.079	0.923	0.177	1.209	0.588
日后	9	-4.429	7.816	9.198	-16.313	1.145	0.287	1.466	0.668
増	8	-20.533	6.439	-13.564	-35.038	0.862	0.312	1.353	0.364
さつき	7	-14.401	12.865	2.485	-32.919	0.792	0.331	1.152	0.245
山群	7	-19.726	13.266	-4.968	-46.263	0.981	0.169	1.194	0.721
タマ②	6	-14.175	9.185	2.507	-25.786	1.448	0.203	1.652	1.104
マ	6	1.084	10.847	18.820	-10.970	0.846	0.177	1.113	0.524
林祐	6	0.036	13.789	22.979	-20.990	0.897	0.273	1.326	0.518
かつ②	5	-7.887	8.189	3.335	-20.503	1.089	0.258	1.477	0.773
としまち	5	-7.591	5.324	-0.343	-14.673	0.974	0.294	1.318	0.437
とみ②	5	-6.339	6.139	5.071	-13.002	1.121	0.127	1.331	0.933
ぬ	5	-1.642	4.649	4.952	-7.268	0.850	0.239	1.197	0.471
まつ②	5	-10.458	4.031	-3.683	-16.360	1.148	0.145	1.252	0.860
前好	5	-9.826	9.369	4.328	-23.815	0.748	0.210	0.964	0.434
かほつ	5	-9.560	6.276	1.910	-16.957	1.074	0.138	1.188	0.870
いり	4	-3.838	10.848	8.720	-22.414	0.882	0.185	1.174	0.653
りよう	4	-12.564	9.730	-2.115	-27.220	1.037	0.176	1.274	0.836
重勝	4	-5.744	5.281	3.247	-10.328	1.248	0.134	1.374	1.059
大武	4	-22.108	13.392	0.909	-32.350	0.906	0.114	1.074	0.753
武	4	2.282	5.853	9.255	-6.699	1.073	0.134	1.244	0.906
辰	4	-8.564	12.146	3.731	-25.822	0.971	0.264	1.247	0.569
かね子②	3	-10.413	9.951	1.113	-23.168	0.758	0.064	0.841	0.686
いと	3	-22.294	6.193	-17.874	-31.052	0.743	0.175	0.948	0.520
しんじよう	3	-14.647	11.431	0.652	-26.818	1.000	0.089	1.122	0.911
せき	3	-16.913	4.140	-13.115	-22.671	0.958	0.045	1.004	0.896
ひさ	3	-19.194	7.743	-8.344	-25.899	0.943	0.132	1.077	0.763
べん③	3	-1.650	1.130	-0.688	-3.237	0.769	0.149	0.958	0.595
金二	3	-0.637	3.672	4.201	-4.691	1.329	0.072	1.416	1.239
坂本	3	6.714	4.487	12.450	1.495	1.198	0.173	1.352	0.956
山井	3	-3.842	7.117	3.225	-13.582	1.547	0.139	1.671	1.353
音かね	3	-2.725	2.425	-0.191	-5.994	0.634	0.217	0.902	0.371
櫻子	3	-9.820	6.712	-4.935	-19.311	0.634	0.184	0.855	0.404
いよ利	2	-10.640	14.752	10.123	-22.788	1.096	0.223	1.411	0.920
おろ	2	-3.293	6.705	3.412	-9.998	0.356	0.193	0.549	0.163
かね③	2	1.853	10.156	12.009	-8.303	0.855	0.293	1.147	0.562
クマ	2	-11.099	8.738	-2.361	-19.837	0.706	0.072	0.778	0.634
くらた	2	1.307	4.591	5.897	-3.284	0.869	0.179	1.048	0.690
さだ	2	-10.233	2.250	-7.983	-12.482	0.735	0.367	1.101	0.368
かん②	2	-29.375	3.403	-25.972	-32.777	0.647	0.061	0.708	0.586
たま	2	-11.078	0.715	-10.362	-11.732	0.269	0.096	0.354	0.173
下ま	2	-14.046	8.824	-5.222	-22.870	0.987	0.103	0.887	0.887
たま①	2	1.315	1.401	2.716	-0.086	1.040	0.098	1.137	0.942
ツル	2	-5.047	0.173	-4.874	-5.220	1.120	0.149	1.268	0.971
てがら	2	-8.033	15.292	7.259	-23.324	0.906	0.311	1.216	0.595
とまり	2	6.231	4.253	10.483	1.978	1.156	0.013	1.168	1.143
とみ①	2	-8.803	1.080	-7.723	-9.882	1.036	0.177	1.212	0.859
とみえ	2	-6.747	1.472	-5.275	-8.218	0.791	0.101	0.891	0.690
ヤチずみ	2	-12.363	2.256	-10.097	-14.629	1.283	0.094	1.377	1.189
塩よし	2	-14.821	5.310	-9.511	-20.131	0.866	0.090	0.936	0.776
音	2	-9.056	4.859	-4.197	-13.914	1.140	0.064	1.204	1.075
丸山	2	-10.857	1.891	-8.966	-12.748	0.889	0.121	1.010	0.767
喜	2	2.140	6.079	8.219	-3.939	1.121	0.120	1.241	1.001
菊一	2	-13.453	5.184	-8.269	-18.636	0.981	0.230	1.210	0.751
吉	2	2.988	10.664	13.651	-7.676	1.364	0.101	1.465	1.262
吉かず	2	-17.862	4.776	-13.086	-22.637	0.938	0.124	1.062	0.814
生通	2	10.475	4.479	14.953	5.996	0.816	0.252	1.068	0.564
増川	2	-9.537	2.192	-7.345	-11.728	1.019	0.058	1.076	0.961
第二水辺	2	-12.320	4.709	-7.611	-17.028	1.094	0.097	1.191	0.996
中井	2	-5.602	3.830	-1.772	-9.431	0.919	0.182	1.100	0.737
敏子	2	-18.202	16.343	-1.859	-34.545	1.184	0.237	1.420	0.947
金	2	-17.795	6.133	-11.662	-23.928	0.703	0.126	0.828	0.577
おとえ	1	-4.401	-4.401	-4.401	-4.401	0.897	0.897	0.897	0.897
かつ①	1	-5.264	-5.264	-5.264	-5.264	0.532	0.532	0.532	0.532
かね②	1	11.699	11.699	11.699	11.699	0.676	0.676	0.676	0.676
かね子①	1	-27.256	-27.256	-27.256	-27.256	0.914	0.914	0.914	0.914
きよ	1	3.904	3.904	3.904	3.904	0.603	0.603	0.603	0.603
きたよし	1	-22.364	-22.364	-22.364	-22.364	0.766	0.766	0.766	0.766
たに	1	1.350	1.350	1.350	1.350	1.087	1.087	1.087	1.087
チヨ	1	-14.502	-14.502	-14.502	-14.502	0.648	0.648	0.648	0.648
てる②	1	18.387	18.387	18.387	18.387	0.871	0.871	0.871	0.871
とも	1	2.170	2.170	2.170	2.170	0.505	0.505	0.505	0.505
となつ	1	-12.365	-12.365	-12.365	-12.365	1.088	1.088	1.088	1.088
はる	1	16.093	16.093	16.093	16.093	1.139	1.139	1.139	1.139
ふくいち	1	-15.296	-15.296	-15.296	-15.296	0.716	0.716	0.716	0.716
ほ①	1	-9.227	-9.227	-9.227	-9.227	0.858	0.858	0.858	0.858
マツ①	1	-7.413	-7.413	-7.413	-7.413	0.935	0.935	0.935	0.935
をな	1	-0.058	-0.058	-0.058	-0.058	1.026	1.026	1.026	1.026
亀	1	27.659	27.659	27.659	27.659	0.374	0.374	0.374	0.374
鹿野	1	14.610	14.610	14.610	14.610	0.737	0.737	0.737	0.737
大かね	1	-20.259	-20.259	-20.259	-20.259	0.569	0.569	0.569	0.569
中魚	1	-14.138	-14.138	-14.138	-14.138	0.800	0.800	0.800	0.800
八幡	1	-15.436	-15.436	-15.436	-15.436	0.945	0.945	0.945	0.945
福一	1	-2.270	-2.270	-2.270	-2.270	0.593	0.593	0.593	0.593
野間	1	-8.204	-8.204	-8.204	-8.204	0.603	0.603	0.603	0.603
野長	1	-17.083	-17.083	-17.083	-17.083	0.868	0.868	0.868	0.8