褐毛和種の繁殖構造

Breeding Structure of the Japanese Brown Cattle Population in Kumamoto Prefecture

Shuntaro KOBA

Kumamoto Prefectural Agricultural Research Center,
Koshi-machi, Kumamoto-ken 861-11

In order to clarify changes in the breeding structure of the Japanese Brown Cattle population in Kumamoto Prefecture, breeding cows were sampled from the population at intervals of 5 or 11 years from 1955 to 1990 and the values of inbreeding coefficient, components of current inbreeding and inbreeding expected from relationship, index of subdivision and effective population size were estimated.

The results were summarized as follows: 1) The inbreeding coefficient of this breed has increased from 0.83% in 1955 to 3.36% in 1990. 2) The average coefficient of relationship has increased from 0.89% in 1955 to 4.21% in 1990 and the values for the Aso and Kuma area were higher than other areas. 3) The index of subdivision (F/F′) shows that the local or strain division occured in this breed. 4) The effective population size was reduced to 50% in 1966 as compared with 1955, was double again in 1975 and was reduced to 50% again in 1985. The emigration and immigration of breeding stocks between areas is still happening. 5) Bulls belonging to the Shigetama and Mitsuura line showed high genetic contribution of 64.9% and 23.4%. 6) The breeding population of Japanese Brown Cattle has differentiated between areas, and no tendency to genetic homogeneity has been observed in the past 35 years.

Anim. Sci. Technol. (Jpn.) 62 (9) : 878-883, 1991

Key words: Japanese Brown Cattle, breeding structure, genetic trend

熊本県産褐毛和種集団の繁殖構造

木場俊太郎

熊本県農業研究センター，熊本県合志町 861-11

(1991. 4. 15 受付)

要　約　褐毛和種育種集団について，1955 年から 1990 年までの繁殖構造の分析を行なった．その主な結果は次のとおりであった．1) 全近交係数（平均近交係数）は 1955 年の 0.83% から 1990 年の 3.36% へと 2.53% 増加した．2) 平均血縁係数は 1955 年の 0.89% から 1990 年の 4.21% に増加し，阿蘇および球磨地域において高い値を示した．3) 分化指数（F/F′）は 1 より大きく評価され，地域的または系統的分化が生じていることが推測された．4) 集団の有効な大きさは 1966 年に 1955 年の約 50% に縮小し，1975 年には約 2 倍に拡大，1985 年に約 50% に縮小した．種畜の地域間での移出入は行なわれている．5) 特定種雄牛の遺伝的寄与率では，重玉および光浦号の寄与が大きく，父牛系統の割合では重玉系が 64.9%，光浦系が 23.4% を占めた．6) この 35 年間，繁殖構造上，地域内での分化もみられ，集団としては均質化の傾向はみられない．

日畜会報，*62* (*9*)：*878-883, 1991*

わが国の肉専用種の一つである褐毛和種集団の繁殖構造については，この品種の改良集団の大部分を持つ熊本県内の登録牛を標本にして，1955 年と 1966 年の状況を報告した[3]．その結果，両年次間の動きとして雌牛が生産された地域の全てにおいて集団内の平均血縁の変化は無いが，全近交係数は上昇していた．この 11 年間に各地域の集団は繁殖構造上，地域内の分化が現れ，褐毛和種の全集団としての均質化の傾向は認められなかった．その後，この品種の改良方針は，増体性に加え，肉質向上を図ることが強化推進されている．

1962 年から開始された産肉能力検定は間接法が拡充され，また，1968 年以降，直接法も実施されたことにより，産肉性に基づく種雄牛の選抜の機会が増えてきた．一方，子牛および肥育牛の肉質の市場評価情報の収集分析も行なわれ，検定済種雄牛を中心にした計画交配も行なわれている．また，供用種雄牛の系統的な選定も行なわれてきた．他方，肉用牛の繁殖経営の構造にも変化が生じ，1955 年から 1975 年にかけては繁殖雌牛頭数が年率 5.6% の割合で減少し，かつ繁殖用雌牛の生産に関して地域内での変化も生じてきた．したがって 1966 年以降，この品種の繁殖構造には当然のことながら変化が生じているものと推察できる．

このようなことから，既報[3]に引き続き 1975 年から 2 世代または 1 世代おきに 1990 年までの繁殖構造の変化を分析した．新たに特定種雄牛の遺伝的寄与率を推計した．

材料および方法

調査年次の設定は褐毛和種の世代間隔が 4.99 年と推定された[4]ので，1966 年から 2 世代，4 世代および 5 世代後にあたる 1975 年，1985 年および 1990 年とした．調査標本は日本あか牛登録協会発行の登録簿第 15 巻，第 19 巻ならびに 1989 年の登録申請牛簿記載の 1 級登録牛欄から各ページの 9 行おきに記載されている個体を抽出した．抽出標本の血統図の作成は，年次による推移をみるため基準年次を 1955 年，1966 年および 1975 年に設定し，1975 年と 1985 年は 4 世代前までさかのぼり，1990 年は 3 世代前までそれぞれさかのぼった．

全近交係数（F）は標本ごとに Wright の式[11]により計算した．平均血縁係数（R）は Wright and Mc Phee の式[12] $R = C/m\ (m-1) \cdot 2^{n-1}$，ただし C；共通祖先のある対の数，m；調査個体数，n；さかのぼった世代数とする，によって算出した．集団の平均血縁による近交係数への寄与量（F′）は R/2 により推定した．強度の近親交配による近交係数への寄与量（F″）は，親子交配から半きょうだい交配までの標本から求めた．分化指数は Lush が示した式[6] F/F′ により求めた．集団の有効な大きさ（N_e）は野澤の式[8] $N_e = 4N_m/$

$(V^2_{km_i}+1)$ で計算した．ただし，N_m；父牛の数，$V^2_{km_i}$；父牛1頭あたりの産子数の変動係数とする．移入率は地域毎に整理した標本個体のうち他の地域で生産された父牛（凍結精液を含む）および母牛から生まれた個体の割合を求め，それぞれの移入率の平均値として求めた．特定種雄牛の遺伝的寄与率は標本個体の血統図から，WIENER の式[14] $\Sigma\ (1/2)^n \cdot f_n/N$ で求めた．ただし，N：標本の数，f_n；世代毎に出現した特定種雄牛の回数，n；標本個体からさかのぼった世代数とする．これらデータの整理は，熊本県全体ならびに行政区画に基づく地域（玉名，鹿本，菊池，阿蘇，上益城，下益城，球磨）に分けて行なった．

結　　果

調査年次別の調査標本個体数は，1955年　518頭，1966年　327頭，1975年　743頭，1985年　492頭および1990年　474頭であった．

1.　全近交係数（F）の推移

1955年から約7世代を経過した1990年までの間に全近交係数の動きは，表1に示したとおり，地域ならびに年次により一様ではないが全体でみると漸増している．近交係数が0%である個体の割合も1955年の90.5%から1990年の47.5%と減少している．特に1975年から1990年にかけて全近交係数の数値の上昇がみられ，1955年から約4倍の値になった．親子交配や半きょうだい交配による強度の近親交配（Current inbreeding）は，表2に示したとおり，阿蘇および上益城地域で出現割合が高いが全体の平均でみると0.46%でほぼ一定している．

2.　平均血縁係数（R）の推移

地域内および全体の平均血縁係数の動きは，表3のとおり，地域または年次により変動はみられるが，1985年以降に著しい増加傾向が認められる．とくに古くからの産牛地帯である鹿本，菊池，阿蘇および球磨地域の平均血縁係数では年次を追って増加しており，全体の値は1955年から1990年にかけて約5倍になっている．

3.　分化指数

分化指数は，地域内あるいは全体の平均血縁係数を2で除した数値を集団の平均血縁による全近交係数への寄

Table 2.　Inbreeding expected from current inbreeding (F″) by year (%)

Area	1955	1966	1975	1985	1990
Tamana	0	0	1.49	0	1.66
Kamoto	0	0.66	0	0.93	0
Kikuchi	0	0	0	1.85	0.04
Aso	1.00	0.73	0	0.62	0.91
Kamimashiki	0.74	1.39	0	0.33	0.88
Shimomashiki	0	0	0.55	0	0.61
Kuma	0.20	0	0.32	0.27	0
Total	0.47	0.46	0.20	0.62	0.56

Table 3.　Relationship coefficient (R) within area by year (%)

Area	1955	1966	1975	1985	1990
Tamana	1.25	1.08	1.05	0.21	13.84
Kamoto	0.69	0.49	0.79	2.72	6.84
Kikuchi	1.29	0.62	0.44	3.42	4.87
Aso	2.41	2.22	1.52	6.90	11.97
Kamimashiki	1.01	0.99	1.24	1.59	3.17
Shimomashiki	1.14	0.69	1.12	1.31	7.20
Kuma	1.31	0.56	2.60	5.10	9.86
Total	0.89	0.89	1.36	2.61	4.21

Table 1.　Inbreeding coefficient(F)by year(%)

Area	1955	1966	1975	1985	1990
Tamana	0	0.97	1.81	1.38	6.02
Kamoto	0.07	0.97	0.39	2.07	1.51
Kikuchi	0.37	0.87	0.69	2.54	2.24
Aso	1.73	2.19	2.18	3.65	4.67
Kamimashiki	0.92	2.02	1.84	2.87	3.38
Shimomashiki	0	0.61	0.04	1.15	1.74
Kuma	0.24	0.57	0.90	2.22	2.59
Total	0.83	1.26	1.34	2.38	3.36

Table 4.　Index of subdivision (F/F') by year

Area	1955	1966	1975	1985	1990
Tamana	0	1.79	3.45	13.14	0.87
Kamoto	0.20	3.88	0.80	1.52	0.44
Kikuchi	0.57	2.51	1.45	1.49	0.92
Aso	1.44	1.97	0.60	1.06	0.78
Kamimashiki	1.84	2.02	1.50	3.68	2.13
Shimomashiki	0	1.74	0.07	1.74	0.16
Kuma	0.37	2.03	0.51	0.87	0.53
Total	1.93	2.80	1.18	1.82	1.74

Table 5. Effective population size by year

Area	1955	1966	1975	1985	1990
Tamana	101.33	33.89	86.56	42.91	18.80
Kamoto	94.01	38.99	101.62	54.36	55.75
Kikuchi	45.92	41.92	81.04	65.86	86.02
Aso	41.15	54.72	100.00	156.00	57.73
Kamimashiki	50.87	36.74	56.01	41.27	46.73
Shimomashiki	26.44	31.74	75.14	35.61	39.32
Kuma	120.69	58.40	98.11	83.48	30.88
Total	370.69	188.57	341.09	165.26	175.79

Table 6. Immigration rate of breeding cattles by year (%)

Area	1955	1966	1975	1985	1990
Tamana	48.08	33.89	85.30	83.33	100.00
Kamoto	28.87	17.65	67.00	44.44	71.43
Kikuchi	37.91	17.76	56.98	36.23	45.21
Aso	2.46	4.10	34.15	3.56	32.06
Kamimashiki	37.96	33.34	54.17	7.32	53.45
Shimomashiki	42.59	40.00	48.84	30.77	57.14
Kuma	19.33	7.36	48.71	3.76	23.59

与量（F'）とし，その値で全近交係数（F）を除した値から求めた．それらの値は表4に示したように，1955年から1966年にかけては各地域および全体において，1より大きい数値を示し，地域または系統的分化が生じてきていることを推測させた．しかし1975年以降，地域および年次において一様でなく，1より小さい数値すなわち近交を回避している状況がみられる．特に繁殖牛の飼養頭数が多い菊池，阿蘇，下益城および球磨の4地域では1975年と1990年において，そうした状況が認められる．全体としては各年次とも，分化指数は1より大きく，褐毛和種の集団としては地域的または系統的分化が生じていることを示している．

4. 集団の有効な大きさと移入率

集団の大きさの推移は，表5のとおり，各年次の地域の数値には変動がみられるが，全体として1955年に対して1966年は約1/2に縮小し，ついで1975年は1.8倍

Table 7. Genetic contribution of active bulls to cow population in 1955, 1975 and 1990

1955		1975		1990	
Bulls	GC(%)	Bulls	GC(%)	Bulls	GC(%)
Shigetomi	1.10	Somaru	3.17	Shigekawa-10	17.12
Yoshitomi	0.97	Shigetama	2.99	Mitsutake	14.43
Kinzan	0.96	Shigemaru	2.92	Shigekawa-2	14.21
Maruhisa	0.76	Kusazakura	2.32	Shigetakara	5.32
Fukutomi	0.68	Matsuhama	2.24	Shigekawa-1	4.65
Yamamitsu	0.67	Sohisa	2.22	Shigekawa	3.89
Haruiwa	0.67	Shigekwaa	2.01	Mitsushigekawa	3.54
Kozakura	0.63	Mitsuura-5	2.01	Kikushigekawa	3.54
Kaminishiki	0.62	Shigeyoshi	1.70	Sogetsu	3.04
Marutama	0.56	Asasakae	1.66	Shigetama	3.01
Takamine	0.56	Hisahama	1.61	Kyuko-5	2.97
Hanatsugi	0.55	Mitsuura	1.44	Soshoku	2.86
Natsutaka	0.55	Shigeyuki	1.44	Hatsutakara	2.75
Kikusan	0.48	Sochu	1.41	Shigekawa-28	2.47
Hisamaru	0.48	Kikutama	1.39	Kyugetsu	2.28
Marunami	0.48	Kyuei	1.39	Shigehachi	2.25
Yoshihana	0.48	Hamafuji	1.35	Shigenami	2.15
Shigesakae	0.48	Shigehisa	1.34	Kosen-2	2.12
Kohsan	0.48	Mitsuura-10	1.33	Mitsuyuu	1.64
Haruyama	0.48	Hamani	1.25	Fukuryu	1.58

GC : Gentic contribution value calculated by the method of WIENER

ほど拡大した後，1985年以降は再び1/2程度に縮小している．地域内への移入率は，表6のとおり，年次および地域により一様ではないが，古くからの産牛地帯であり，かつ現在も畜産組合で種雄牛を持つ阿蘇および球磨の2地域での移入率は低くなっている．しかしこの2地域の移入率は1975年では増加している．このように全体でみると集団の有効な大きさの動きとは密接に関連しているようである．

5. 特定種雄牛の遺伝的寄与率

1955年，1975年および1990年における特定種雄牛のうち，遺伝的寄与率が上から20位にある個体を表7に示した．父系別には1955年に11系統，1975年に4系統，1990年では4系統になる．1955年はいずれの種雄牛の遺伝的寄与率も低い値で最高は1.10%である．1975年は1955年に出現した重富（本43），丸久（本3），および久丸（本41）を祖先に持つ3系統と他に光陽（予186）を祖先とする1系統がみられ，遺伝的寄与率の値はやや高くなっているが，最高値は3.17%であった．1990年は重富（本43）を祖先にもち1975年に出現した重玉（高11），蘇久（本676）および朝栄（本365）の3系統と他に光浦（本244）の1系統である．遺伝的寄与率の値は，上位のものは14%を越えており，重玉系と光浦系に属する種雄牛の合計はそれぞれ64.9%と23.4%を示し，この2つの系統種雄牛で88.3%を占めている．

考　　察

1955年から1985年までは2世代おきに，1985年から1990年までは1世代経過した時点で褐毛和種集団の繁殖構造の変化を調査した．この調査は1955年から約3世代さかのぼった時点，1938年を基準年次とし，本種が成立した約1世代前から現在までの繁殖構造の動きの分析を試みたものである．既報[3]において1966年までの全近交係数は微増傾向を示すが，褐毛和種集団は全体として遺伝的均質化の傾向が認められないことを明らかにした．その後の褐毛和種の改良に関して，前述したとおり，1960年代中期以降は産肉能力検定成績，子牛および枝肉の市場評価に基づく種雄牛選抜が行なわれ，肉質の向上を図る改良を積極的に推進してきた．

1975年以降の全近交係数の推移は，上昇の度合が大きくなり，集団全体でみると1975年　1.34%，1985年2.38%，1990年　3.36%となっている．これらの値は地域によっては高い値を示したところもあるが，わが国の肉専用種についての報告された数値[1,2,5,7,9,10,15]より低いか，または同程度である．

年次間の全近交係数の構成成分は図1のとおりであって，強度の近親交配および細分化による寄与量は変動が小さく，ほぼ一定であるが，集団内の平均血縁による寄与量が増加してきている．地域および全体の平均血縁係数は年次を追って上昇傾向にあり，古くからの主要な種畜供給地域である阿蘇ならびに球磨の両地域での上昇が著しい．集団として血縁の度合が高まってきている要因としては，1975年以降，特定種雄牛の遺伝的寄与率の動きからみて分るように，特定系統の種雄牛の選抜および供用が進められたことによると推察される．

他に本種の繁殖構造に少なからず影響を与えている要

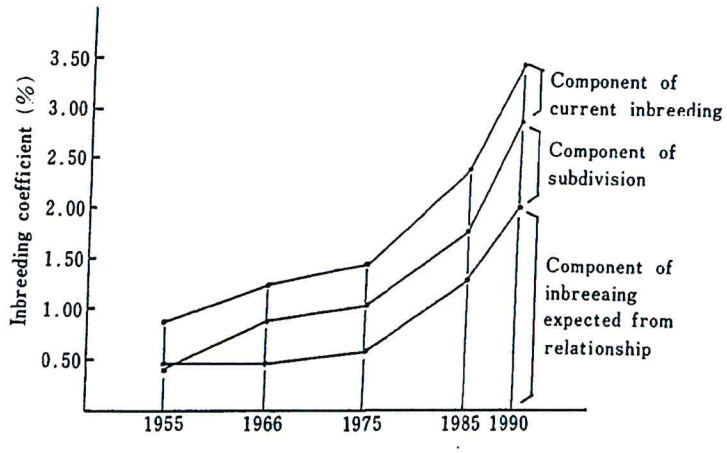

Fig. 1. Time trends of inbreeding coefficients and their components from 1955 to 1990.

因として，地域間での種畜（精液および雌牛）の移出入があり，特に1975年には全地域で積極的に行なわれた．このことによって全集団としては，供用種雄牛頭数が減少したものの，種雄牛が広域で利用されることになり，1975年に認められた一時的な集団の有効な大きさの拡大をもたらしたものと考えられる．このように褐毛和種集団の繁殖構造は，品種成立から現在までのほぼ10世代の経過の中で，未だ集団としては，地域的または系統的分化があることも推察され，遺伝的に均質化された状況にあるとは考えられない．しかし，本種はわが国で作出された肉専用種であり，育種計画は閉鎖集団のなかで進められていくことから，集団の近交度の問題は常に関心を持つべきであろう．WRIGHTが提唱した世代当りの遺伝的均一化の速度（k）[13]を1990年の集団の有効な大きさの値179.79を代入して求めると0.0028となり，毎世代当り全近交係数は0.28%ずつ上昇することになるが，1975年以降の集団の平均血縁による全近交係数への寄与の程度は大きい．また供用種雄牛の系統上の偏りも出てきていることと，育種に関わる繁殖集団の飛躍的な拡大は望めないことから将来の繁殖構造の変化への配慮が必要である．

1986年以降，肉用牛改良施策の中心的な事業である肉用牛群改良基地育成事業においては，連産性，多胎分娩および高品質牛の連続生産等の成績をもった雌牛が改良基礎牛の指定に組みこまれてきた．これらの雌牛群には，必ずしも前述の特定系統に属しないものも含まれており，これらが育種計画に組み入れられる機会も増加してきている．当面は1991年からの牛肉の輸入自由化対応という命題のもとで，肉質等級の向上と斉一化に向けて育種改良は推進されるのであるが，わが国の肉専用種の1つである本種の長期利用を図ろうとする関係者の論議のなかで，受精卵移植技術を駆使した改良集団の増殖，拡大を図る一方，希少系統の保存・維持を行なう動きが出てきていることは望ましいことである．

なお，本研究経費の一部は平成元年度伊藤記念財団研究助成金によった．

文 献

1) 橋口 勉・前田芳實・岡本 新，鹿児島県における黒毛和種登録集団の繁殖構造．鹿児島大学学術報告，38：163-168．1988．
2) 猪八重 悟・鳥飼善郎，シミュレーションシステムによる但馬牛の育種改良に関する研究（第3報）．兵庫畜試報，21：66-66．1984．
3) 木場俊太郎，褐毛和種の集団における近親交配に関する研究．日畜会報，42：257-262．1971．
4) 木場俊太郎，褐毛和種における世代間隔及び世代に対する体尺測定値の回帰．西日本畜産学会報，26：39-40．1983．
5) 萱場猛夫・鈴木秀彦・石橋 仁・高橋敏能，山形県における黒毛和種改良基礎雌牛集団の繁殖構造．山形大学紀要，11：73-80．1990．
6) LUSH, J.L., Chance as A Cause of Changes in Gene Frequency within Pure Breeds of Livestock, Amer. Nat., 80：318-342．1946．
7) 向井文雄，肉用牛産肉能力改良における体測定値の選抜指標としての意義．博士論文，131-134．1985．
8) 野澤 謙，家畜の集団における近親交配．日畜会報，32：65-73．1961．
9) 太田垣 進・山下弘昭・小山佑蔵・蓬莱英造・向井文雄・福島豊一，肉用牛集団育種推進事業により指定された繁殖雌牛の特色．兵庫畜試報，21：61-66．1984．
10) 辻 荘一・向井文雄・深沢和夫・太田垣 進・南部雄二，黒毛和種閉鎖育種集団に関する統計遺伝学的研究，II，閉鎖育種集団とその変遷．食肉に関する助成研究調査成績報告書，6：47-57．1988．
11) WRIGHT, S., Mendelian Analysis of Pure Breeds of Livestock. I, The Measurement of Inbreeding and Relationship. J. Hered., 14：339-348．1923．
12) WRIGHT, S. and H.C. MCPHEE, An Approximate Method of Calculating Coefficients of Inbreeding and Relationship from Livestock Pedigrees. J. Agric Res., 31：377-383．1925．
13) WRIGHT, S., Evolution in Mendelian Populations, Genetics, 16：97-159．1931．
14) WENER, G., Breed Structure in The Pedigree Ayrshire Cattle Population in Great Britain. J. Agric. Sci., 43：123-130．1953．
15) 山本幸造・山岸敏宏・伊藤 弓・池田森男・水間豊，奥羽種畜牧場における日本短角種集団の遺伝学的分析．日畜会報，50：247-254．1979．