

総 説

和牛の産肉能力育種

井 上 良

(農地生産力開発学講座)

Received October 15, 1992

Breeding in "Wagyu" Cattle as Improved Beef Breeds

Ryo INOUE

(Department of Agricultural Technology of Integrated Land Use)

Japanese native cattle, including improved breeds, are generally called "Wagyu". They have been kept for one thousand or more years in Japan and used as cultivating and transporting labour. Some of them had been crossbred by European breeds in the late 19th century or in the first decade of the 20th century. They were then divided into four breeds, namely Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Poll and Japanese Shorthorn. Some of the breeds have included many line bred strains. Since about 1960 their use has been limited to the beef only, for their role of labour have been replaced by cultivating machines, breeding of the beef producing character in "Wagyu" cattle had started then.

Official progeny tests and performance tests of sires have rapidly improved daily gain and meat quality. But the results of official progeny tests have not accurately represented the genetic ability of sires, which are shown in the least-squares analysis of variance for marketing carcass of the sons. It is necessary to collect much data from marketing carcasses, in order to genetically analyse the data and to select sires using the results of this analysis. Heritability estimates and genetic correlation calculated by many workers in Japan were summarized in this paper.

In Japan, the unit price of the carcass varies greatly according to the marbling score ; therefore, most cows are tend to be mated to sires that have proved their excellent marbling ability. Most of these sires are the offsprings of only limitted sires belonging to a few strains. It is feared that a cow in a few generations might be related to every potential, desirable mate. Inbreeding depression might delay improvement. Then the author recommends to developing several strains in "Wagyu" cattles, and to mate them rotationally.

I. 緒 言

わが国は1991年4月から牛肉の輸入を完全に自由化した。1988年に3年後の自由化が決定される前後には、日本国内の牛肉生産が生き残れるかどうか懸念される状態であった。しかし、実際に自由化が進行してみると、和牛から生産される牛肉は、輸入牛肉に押されて価格を下げるどころか、質的な差からかえって値上がりするという強さをみせた。これは和牛が輸入牛肉とは比較にならぬ肉質をもち、この肉質に対する日本人の嗜好性が予想以上に強

かったことによる。

このようにして、和牛生産者の第1の危機は避けられたが、日本の牛肉に対する諸外国の攻勢はまだ始まったばかりである。また、国内の肉用牛生産は、生産基盤に制約が大きく、生産費が異常に高いという不利な条件をかかえている。和牛の各品種は成立してから40年余と短く、その間に役肉用から肉専用へと用途変換されたもので、その産肉能力は斉一ではない。さらに、トップクラスのものには世界に冠たる肉質をもっているが、その個体が短期間に大きな体重に仕上がるほどの増体能力を兼ね備えていることは稀であり、産肉能力に関してはまだまだ改良途上にあると考えられる。

したがって、速やかに和牛の産肉能力を向上し、斉一化して、和牛の競争力を強めることは、関係者に与えられた重要な課題と考えられる。最近になって、和牛の産肉能力育種もかなり大規模に取り組まれるようになり、着々と成果をあげ始めたが、一方では現在の改良方向に将来を誤る危険性も含まれている。そこで、和牛の生立ちから初めて、現在の和牛がもつ産肉能力の起源や、その育種に関連した諸研究を振り返って、今後の研究の一助としたい。

II. 和牛の成立過程と品種

1. 和牛の生立ち

和牛は日本在来の牛と、これをもとにして改良された諸品種の総称であるが、その起源がどんな牛で、いつ頃からこの国土で飼育されたものかは明かでない。「魏志倭人伝」ではこの国に牛がいなかったといい、縄文時代の遺跡からも牛の骨はわずかししか出土していないというから¹⁾、おそらく3世紀以後に大陸から導入されたのではないかと推測されている。奈良時代の正史である「続日本紀」には出雲牛、五島牛、但馬牛の名称が現れ²⁾、すでに地域別の系統らしきものが存在していたことがわかる。14世紀に書かれた「国牛十図」には筑紫牛、御厨牛、淡路牛、但馬牛、丹波牛、大和牛、河内牛、遠江牛、越後牛の特色が記載され、図解されている³⁾。この特色は現在の地域別系統とも共通する部分があり、地域別の系統がその当時から受継がれてきたことが想像される。

仏教の伝来以前には、飼育牛が食用にも供されたはずであるが、7～8世紀に再三にわたって肉食禁止令が出され、以後は牛を肉用に屠殺する習慣はほとんどなかったと考えられる。もっとも、日本食肉文化史⁴⁾によると、桃山時代に高山右近らのキリシタン大名が牛肉を食べていたとか、彦根藩で牛肉の味噌漬が作られ、将軍家や諸侯に贈られたことが記載されているから、肉用屠殺が全くなかったわけではない。しかし、明治維新後に牛肉を食べる習慣が復活するまでは、牛を食用にすることはごく例外であったはずである。したがって、牛の肉用能力が選抜対象になることもなかった。ただ、農耕用、運搬用の家畜としての良牛が選抜される過程において、間接的に肉用能力が育種されてきたことは当然あったはずである。

江戸時代の末期に西日本の各地で「つる牛」と称される系統群が各地に作られた。羽部⁴⁾による「蔓の造成とつる牛」からその一部を紹介すると、まず、最古の蔓といわれる「竹の谷蔓」は1840年頃に、現在の岡山県阿哲郡神郷町で、2頭の姉妹牛を中心に近親牛を交配して造成したものという。当時の一般の牛は体高が110cm内外であったが、この姉妹牛は126cm前後で特別大型の牛であった。したがって、これは大型で増体速度の早い牛を選抜したことになり、産肉能力の育種に貢献したわけである。また、この姉妹牛に、その息牛などの近親を交配して、すぐれた産子を選抜したというから、まさに現代の家畜育種で特性を固定する方法をそのまま使用したことになる。

また、「周助蔓」は現在の兵庫県美方郡美方町で、1850年前後に造成されたものといわれる。小型ではあるが、長命で連産し、体幅が広く、骨締り（肢の筋腱が発達して締まっているこ

と) 良好で被毛の質がすぐれていたというから、いわゆる資質のすぐれた牛を選抜したことになり、現代の但馬牛のもつ良好な肉質を間接的に選抜したことが想像できる。この当時は雄牛を特別に選抜して使う風習はなかったようであるが、山村で牛の地域間交流が少なく、自然に近親交配になって特性が固定されたようである。このように、江戸時代の末には間接的にもせよ和牛の産肉能力について選抜が行われ、地域ごとに特性の固定が行われていたらしく、この当時に作られた和牛の特性が現在の優秀な肉用能力の元になったと考えられる。

和牛が肉用に屠殺されて、すばらしい肉質をもつことが認められたのは、幕末から明治になってからであった。1859年横浜が開港されて外国船に対する牛肉の販売が許され、1865年に至って横浜に屠牛場が開設され、ここへ神戸から生きた牛を30~40頭ずつ船で輸送したのが「神戸牛」の名声を高めた始まりという⁹⁾。1868年には神戸にも屠場が開設されたが、ここへは家畜商たちが現在の三田市周辺から肥った和牛を供給して、その牛肉のうまさが外国人たちによって認められた^{3,5)}。というのは、この地域には純粋に但馬系の雌和牛が飼育されており、しかも年貢米上納に際して、肥った牛の背で運ぶことが奨励される地域であったために、農家は麦を煮て牛に与える習慣があった。つまり、現在の神戸牛、松坂牛、近江牛など、理想肥育和牛とほとんど同じように、遺伝的に良好な肉質をもつ牛が麦で肥育されていたわけである。現在の和牛のもつ肉質、とくに霜降り肉になる特性(脂肪交雑)はこの時代にすでに存在していたわけで、これがその後の理想肥育に発展したといわれている。

2. 輸入品種との交雑による混乱

明治の欧米崇拜時代になって、ショートホーン、デボン、シンメンタール、エアーシャー、ブラウンスイスなどのヨーロッパ系品種が日本に輸入され、在来和牛との交配による雑種生産で和牛が改良されようとした。兵庫県⁶⁾では1875年にショートホーンとデボンを導入、1903年にブラウンスイスを導入して雑種生産を行った。岡山県⁷⁾でも1882年にショートホーンとデボン、1896年にホルスタイン、1908年にブラウンスイスが導入され、和牛に交配された記録があるが、その影響は比較的少なかったようである。この他、鳥取、島根、広島、山口、京都、愛媛、大分、鹿児島島の各県で同様な交配が行われたようである⁹⁾。このように雑種生産が盛んになったのは、1900年の種牛改良調査会の答申による政府の方針に基づくものであるが、雑種が一時的に高値を呼んだことから、全国的に和牛飼育農家に雑種ブームが起こったらしい。

雑種生産によって和牛にもたらされた改善点は、発育、増体性、体積、泌乳能力の向上、尻、腿の形状など、反対に改悪された点は被毛、角、蹄などの質、骨の太さ、肩の付着、水田における役用能力、それに肉質などという⁹⁾。和牛飼育の主目的であった水田での役用能力の低下と、肥育地帯からの肉質劣悪化の苦情に加えて、日露戦争後の不況によって牛価が下落したことから、この雑種生産熱は、1912年頃までに急速に衰えた。この時代の雑種生産には、和牛をどの方向に改良しようとしたのか一定の方針がなく、雑種を作ることそのものを改良と考え、あるいは一時的な収益に釣られたものであるらしい。ともかく、それまで比較的狭い交配圏のなかで系統繁殖されてきた和牛に、交雑が行われたのであるから、和牛の遺伝的特性が大きく混乱し、遺伝子のヘテロ性が大きくなることによって2代目以降の斉一性が著しく損なわれたことは想像に難くない。産肉形質に関していえば、増体性、体積を向上する効果はあったであろうが、一部の系統でほぼ固定されていた肉質の特性に乱れを生じさせ、全般的に脂肪交雑を不良にしたと考えられる。

3. 登録制度による改良

このように、遺伝的に混乱した和牛ではあるが、大正年代の初期からは、在来の牛の長所を保持しながら外国種の長所を取入れた改良目標を定め、登録制度を利用することで選抜し、

齊一化をはかることになった。羽部⁹⁾は、牛の年間あるいは生涯での生産頭数が少ないこと、雌雄が別々に飼われて所有者も1頭ごとに異なること、1頭の経済価値が大きいのに発育に年月を要するという特性をあげ、遺伝形質の改善方法が他の家畜や作物の場合と異なることを指摘している。すなわち、交雑によって作られた素材のなかから、不良形質を除去し、優良形質に関連する遺伝子を集積するのであるが、これを生産者の総意による団体的意図によって行うことを計り、選択登録による選抜制度を作ったわけである。

この経過を西田¹⁰⁾の記載によって略述すると、まず鳥取県で1918年に因伯牛の改良目標を制定、登録を開始したのを手始めに、各生産県ごとに同様の手続きがとられ地方別に登録が行われた。のち、1938年に本登録だけを中央団体がまとめて証明書を発行するようになり、1944年には次に述べる和牛の3品種ごとに、全国共通の審査標準によって選抜する形態に改められ、さらに1948年に全国和牛登録協会が設立されて、この事業を引継いだわけである。

選択登録の方法は、まず血統がわかって改良の基礎になるものを基礎牛として登記し、これから生まれたものを選択して補助牛として登記、両親ともに補助牛以上であるものから選抜して予備登録、さらに両親とも予備登録以上であるものから選抜して本登録を行う方法である。その後、予備登録、本登録の区別がなくなったり、高等登録、育種登録が作られ、廃止されたり、本原登録が始まったりという変化があったが、基本的に選択登録によって改良する方針は同じと考えられる。

これらの選抜はすべて外貌審査に頼ったが、審査標準は能力と関連の深い項目に高い配点がなされていたから、少なくとも、表型変異が非常に大きかった時代には、大きな改良効果を示したはずであり、発育の良好なもの、資質のすぐれたものを選抜したことは、産肉能力の向上にも役立ったはずである。ただ、古い時代では和牛の利用目的が肉用だけではなく、むしろ役利用に重点がおかれ、余乳の利用をもめざした農用牛であった⁹⁾から、産肉能力だけが選抜されたわけではない、また、外貌審査で産肉能力がどの程度選抜され得たかも疑問である。ただ、後掲のように審査得点の遺伝率は0.4程度であって、産肉能力との関連がどの程度であるかは別としても、当時としては、外貌審査が有力な選抜手段であったことは確かである。

4. 和牛の品種

上述のように、外来種との交配によって混乱した在来牛のなかから、主として登録制度によって選別が行われ、生産地ごとに県別の改良和種が生まれた。1938年に中央団体で本登録が行われる段階で、これらを便宜的に黒毛系、褐毛系、無角系に分類して登録が行われ、1944年に黒毛和種、褐毛和種、無角和種として和牛3品種が正式に認められたわけである。これらの品種は、県別に改良されてきた在来牛を、単純に毛色や角の有無といった外形的特色によって分類したものであるから、同じ品種の中にも成立過程の違いから遺伝的にかなり差のあるものが含まれていたことが想像できる。品種として統一され、品種内での牛の交流が盛んになったのちにおいても、各地方ごとの系統として特色を残したものが多いのは、この時代の名残と考えてよからう。

黒毛和種は1919年に初めて登録を開始した鳥取県の因伯種、但馬種(兵庫県1921)、島根種(島根県1922)、豊後種(大分県1922)、備作種(岡山県1926)、広島種(広島県1928)など⁷⁾、主として中国地方の牛を中心に黒毛、有角の集団を統一した品種である。このなかには、比較的小型ではあるが肉質のすぐれた兵庫系、大型で肉用体型の岡山系、増体能力にすぐれた鳥取系などが含まれていたことと、日本では最も大きな集団であったために、和牛が肉用種に変身したのちにも産肉能力がすぐれており、また、将来の育種改良のもととなる遺伝的素材を多く含んでいた。

Table 1 Percentage of beef-breed cows kept in the nine areas in Japan in 1990

District	Breed					Total
	Japanese Black	Japanese Brown	Japanese Short-horn	Japanese Poll	Others	
Hokkaido	4.14	0.51	0.35	—	1.33	6.33
Tohoku	23.39	0.65	2.64	—	0.29	26.97
Kanto	4.38	0.11	0.02	—	0.00	4.52
Hokuriku	0.77	—	—	—	—	0.77
Tokai	1.24	—	—	—	0.00	1.25
Kinki	3.10	—	0.00	—	0.01	3.11
Chu-Shikoku	8.69	0.74	—	0.09	0.03	9.55
Kyushu	36.58	8.06	—	—	0.03	44.67
Okinawa	2.83	—	—	—	0.00	2.83
Total	85.14	10.06	3.01	0.09	1.71	100.00

Note : calculated from data investigated by the Japanese government¹⁴⁾.

褐毛和種は熊本県と高知県の褐色の牛を統一して生まれた品種である。いずれも韓牛が土着した在来牛から改良されたもので¹¹⁾、熊本系はシンメンタールの影響を強く受けており、毛色も褐色の一枚毛であるのに対し、高知系にはシンメンタールの影響が少なく、「毛分け」と称して、鼻鏡、眼の周辺、舌、角、蹄、尾房の黒いものが好まれる点が異なっている。両系が交流した時代もあったが、現在では登録も別々に行われている。

無角和種は山口県の萩市を中心とする地方で造成された黒毛、無角の品種である。1920年にアバディーンアンガス 1 代雑種の雄牛がこの地方の雌牛に交配されたのを最初に、次々に同種が導入、交配されてアンガスの角のない特性と、肉用能力を受継いだものである。したがって、増体能力と肉用体型ではすぐれているが、穀類による肥育を行うと肉質の日本的指標である脂肪交雑がわずかしか入らないのに、皮下、筋間などに余分な脂肪が付き過ぎる大きな欠点をもっている。そのために、黒毛和種に比べて子牛価格が安く、生産農家の経営が成立しかねているのが現状である。

上記の 3 品種の登録事業は1948年から全国和牛登録協会に引き継がれ、1952年には褐毛和種のうちの熊本系のものは、のちに日本あか牛登録協会となる組織で独立して登録されるようになった。

日本短角種はこれら 3 品種に遅れて1945年から褐色東北種の名で県別登録が始まり、1957年に日本短角種登録協会に登録されるようになったものである。この品種は岩手、青森、秋田各県にまたがる在来牛の南部牛に1872年からショートホーン種が交配、改良されてきたもので、奥山放牧にマキ牛繁殖という省力管理方式で維持されてきた¹²⁾。そのために、子牛生産費が格段に安くできることが利点であるが、交配に使われたショートホーン種の雄が乳用タイプと、肉用タイプのいずれにも統一されていなかったこと¹³⁾、自然交配方式をとったために種雄牛の選抜が不十分で斉一性に乏しく、改良途上の品種といえそうである。

以上の和牛 4 品種を含む日本の肉用種雌牛の地方別飼養状況を比率にして示すと Table 1 のとおりで、85%までは黒毛和種、しかも全国に広く分布するが、褐毛和種は原産地である九州、四国以外では東北、北海道に分布し、シェアは10%であり、日本短角種はほとんど東北地方のみで約 3%、無角和種は中国地方のみに分布、シェアは0.1%に満たない。その他の品種は全部合わせても1.7%であるから、日本国内で飼育される肉用牛品種はほとんど全部を、いわゆる和牛が占めているといえよう。

日本では1991年 4 月から牛肉輸入が完全に自由化された。現在ではまだ比較的高い関税(91、

92, 93年度でそれぞれ70, 60, 50%)で国内生産を保護してはいるが、黒毛和種、褐毛和種以外の各品種ではすでに肉牛価格の低落によって、子牛価格が採算割れの状態になり、価格補償の制度が適用されている。黒毛和種が国内で圧倒的なシェアを占め、自由化によっても著しい価格低下がなかった理由は、その肥育されたものの肉質が他の品種よりすぐれ、その品質格差によって肉牛価格が高く、これを反映した子牛価格が高いためといえる。和牛の子牛生産費は実質計算しても30万円前後と高く、肉牛価格の高い黒毛和種でようやく採算が合う程度であり、それ以外の品種では価格の安い分だけ子牛生産費を安くできる条件の地域でのみ成立してきたといえる。黒毛和種に近い肉質をもつ褐毛和種でも生産地はそれぞれ系統の原産地と、東北、北海道の一部など生産費を安くできる地域に限定され、さらに肉質の劣る日本短角種は、もっと生産費の安い条件でのみ成立、無角和種はまさに絶滅の危機にさらされている。もちろん、低価格でも採算が合うように子牛の生産費を切り下げることは、今後の大きな課題であるが、日本の国土条件から生産費の低減には限度があり、海外からの牛肉輸入攻勢にさらされた現在では、和牛の生きる道は肉質格差によって高価格を維持する以外にはありえない。その意味で和牛の遺伝的産肉能力を現在の最高レベルにまで高め、斉一化する育種は重要、かつ緊急の課題なのである。

Ⅲ. 和牛の系統と近代的育種

1. 黒毛和種の系統

県別の登録制度から出発した和牛は、前述の品種として統一されたのちも多数の系統の集合体のような形態を残していた。これは品種としての斉一性を欠く反面、役主体の農用牛から肉用牛への大転換に際しては、大きな遺伝子プールとして役立った。また、家畜育種学の知識では斉一な家畜群を生産するのに、純系を作るよりも、ある程度純粋な集団間の交配による方が有利なことがわかっているので、これらの系統が将来の実用畜生産用素材として有用になる可能性も含まれている。すでに、牛あるいは精液の地域間交流が盛んになったため、古い系統のなかには実質的に消滅したものも多いが、逆に、交配が特定の種雄牛に集中してきた結果、新しい系統らしきものも出現してきた。そこで、和牛のなかで最大の集団である黒毛和種について、地域別の系統について概説してみたい。なお、和牛の系統については石原盛衛氏の著作と伝えられる「和牛種雄牛系統的集大成」¹⁵⁾があり、この項ではこれを大いに参照させていただいた。

黒毛和種のなかでやや特異な存在は兵庫県の系統である。この系統は肉質がすぐれる特性だけでなく、ほとんど完全な閉鎖育種で特性が維持されていることも特徴になっている。閉鎖育種とは、他集団から繁殖用の雌雄を一切導入しないシステムであり、兵庫県の中でも、種雄牛の大多数を生産する美方郡では県内の他の集団に対しても閉鎖育種を続けている。兵庫県の但馬地方は山間僻地であるために、古くから谷筋ごとに多数の系統が作られていたようで、前述の「周助蔓」もそのひとつである。1943年頃になって羽部⁴⁾らの指導によって新しい蔓が造成されるようになり、美方郡東部に「あつた蔓」、同郡西部に「ふき蔓」、城崎郡に「よし蔓」が造成された。兵庫県には、これとほぼ同時代に雄から雄へ継承される種雄牛の系統名があり、上記の蔓がそれぞれ、中土井系、熊波系、城一系と対応して別々の繁殖集団を形成していた。しかし、近親繁殖の悪影響が出たり、時代ごとに著名な種雄牛の精液導入をはかったりして消滅した系統が多く、肉質の特性がとくにすぐれた中土井系・あつた蔓のグループだけが生き残って、現在の兵庫県を代表する種雄牛生産集団となっている。このグループの古い祖先である田尻(1939年生)は他の諸系にも交配されたので、現在の兵庫県内和牛集団に対して遺伝的寄与率が非常に高く、30%にも達しているから¹⁶⁾、兵庫県の和牛は田尻

の系統繁殖集団ということもできる。この集団は体格が小型であるが、向井ら¹⁷⁾は年次とともに体高、胸囲、寛幅の増加を認めており、体高の増加は選抜効果に負うところが大きいという。

兵庫県で生産されて全国各地で利用された種雄牛は非常に多い。古くは丸金、神農(岡山)、秀国、城土井(島根)などがあり、近年では和人(岩手)、茂重波(宮城)、茂富士、安福(岐阜)、忠福(鹿児島)、安美金、森正、紋次郎、谷茂(家畜改良事業団)などが有名で、それに田安土井、茂金波などは凍結精液で各県に利用されたこともある。肉質最重点の現在では、増体能力には欠けるが脂肪交雑のとくにすぐれる兵庫系の種雄牛を、増体能力のすぐれた他系の雌に交配して質、量ともにすぐれた実用牛を生産するのによく利用されている。熊崎と芝田¹⁸⁾は九州地域での兵庫県産種雄牛の去勢産子について、田安土井系と茂金波系の産肉能力を比較し、脂肪交雑、増体速度ともに田安系がすぐれていたことを報告している。

鳥取県にも古くからの系統があったが、栄光(1944年生)の出現以来、栄光系およびその分系が主流になった。分系としては司栄光系、東豊系、気高系があるが、いずれも雄から雄へ伝えられる系統名であり、対応する雌集団が形成されていないので、実質的には1集団と同様である。この集団には兵庫系、岡山系からときおり種雄牛が導入されているが、大きな交流ではなかったために、他の中国各県とは遺伝的にある程度分離しており、栄光の系統繁殖集団を形成していた。肉用能力としては増体性にすぐれるのが特性である。

鳥取県からはほとんど全国に種雄牛が供給されている。とくに鹿児島県は鳥取系の影響を最も強く受けており、鳥取亜系ともいえる状態である。また、ほぼ鳥取系といえる種雄牛のなかに、宝春、金水九、第20平茂など脂肪交雑のすぐれたものが出現しているから、鳥取系にも脂肪交雑のすぐれる遺伝子があることは確実である。ただ、現在の鳥取県では島根県の第7糸桜を父とする糸北鶴に頼って肉質良好の実用牛を生産している状態であり、純粋の鳥取系集団は失われようとしている。

岡山県にも「竹の谷蔓」の系統をひく第十三花山の系統があり、多くの種雄牛を産したために現在の岡山県集団に18.8%もの寄与率¹⁹⁾を示している。ちょうど兵庫県の田尻や、鳥取県の栄光のような存在で、岡山和牛は第十三花山の系統繁殖集団となっている。その後、清国系、下前系、大茶系、中屋系、藤良系という種雄牛系統が作られたが、これも雄から雄へ伝えられる系統名で、対応する雌牛集団が分離されていないために、ほとんど消滅して全県で1集団を形成している。ただ、藤良系に属する第十四茂が島根県で生産した息牛、第7糸桜がすぐれた肉質を示したことから注目され、その精液を用いて岡山県で生産した糸藤、平田などが、県内では一旦断絶していた藤良系を復活し、集団全体の血統構成を一変させた。

岡山系は増体能力にすぐれるとともに、外観的に理想的な肉用体型を示したため、和牛が肉用種に変身した当初は大いに注目を浴び、全国に種雄牛が移出された。岐阜県の新月、宮崎県の夏山、鳥取県の第六吉花、島根県の第十四茂などが有名である。しかし、肉質重視の時代になって、県内には脂肪交雑にすぐれる種雄牛が得られず、藤良系の復活でようやく評判を回復した状態である。岡山系集団にも兵庫系、鳥取系の影響があるが、寄与率は小さく、ほぼ独立した集団である¹⁹⁾。ただ、糸藤などが多用されたため、現在では島根系や鳥取系との関係が強くなっていると思われる。

広島県には比婆郡に「岩倉蔓」という古い蔓があり、その子孫によって「あづま蔓」とその雄系に相当する第十野田屋系が作られ、第二十一深川という種雄牛を得て、一時は大いに発展した。また、神石郡にも横利系などがあって、比婆郡とやや離れた集団を形成していた。しかし、1959年頃から始まった優秀個体計画生産研究会(優生計画)で「あづま蔓」の雌に兵庫系の田安土井、茂金波を交配して生産した種雄牛が実用形質にすぐれていたことで多用

され、純粋な広島系はほとんど消滅した。現在の広島系は兵庫系と遺伝的にかなり近接した集団になっている。

島根県にも「ト蔵蔓」という古い蔓があり、独自の系統があった。しかし、大田市に現在の中国農試畜産部があって中国各地の和牛を集めて試験をしており、その種雄牛が地元で交配に利用されたためか、鳥取、岡山、兵庫などの系統が入り混じった集団を形成した。その中では鳥取系が主流をなしていたが、脂肪交雑と増体性にすぐれた種雄牛「第7系桜」が現れてから、血統構成が大きく変化した。この牛の父は前述のとおり岡山系、母方祖父は兵庫系、母方祖母は岡山系と島根の古い系統の混血である。現在の島根系はこの牛の系統繁殖で新しい系統に生まれ変わろうとしている。また、岡山、鳥取をはじめ、全国各地で第7系桜の子孫を種雄牛として利用しているため、全国的に繁殖雌牛の血縁関係を強める一因となっている。

以上のような各地の系統について特徴を比較した成績は少ないが、福島ら²⁰⁾は1950年代の各県共進会の体型測定値から次のように比較している。

兵庫：小型で体長、体幅に乏しく、胸深と尻長がやや大きく、管が細い

鳥取：体型の整備が早く、体長と体幅に富み、胸深が浅く、管が細い

岡山：体幅に富み、胸郭がとくに発達し、尻長は短く、管は太い

広島：体幅、体長はやや小さく、寛幅が広く、尻長が短くて、管が太い

島根：やや大型で伸びがあり、後軀は長くて幅が狭く、とくに坐骨幅に乏しい

このような系統特性には時代とともに変化もみられるものの、今でも残っているように思われる。黒毛和種の繁殖牛集団について野村と佐々木²¹⁻²³⁾は1880年登録の各地の黒毛和種集団について集団構造を分析し、兵庫、鳥取を頂点として、中国各県が種雄牛供給地となっていること、全国の地域集団が種雄牛供給県と血縁関係をもつクラスターに分割できることを示し、各集団の遺伝的距離を推定している。このように、集団の血統構造やその能力との関連を調べることは、労多き作業ではあるが、系統間交配で実用牛の大量生産を計画する場合に重要な役割を果たす可能性がある。

2. 産肉能力検定による選抜と現場検定

和牛が肉専用種へ転換したことに伴い、肉用能力を急速に向上する必要性から、和牛にも産肉能力検定が取り入れられることになった。まず、能力を判定しようとする種雄牛の産子を肥育、屠殺して、その間の増体成績や肉質を判定する産肉能力検定間接法については、吉田ら²⁴⁻²⁶⁾、高尾ら²⁷⁾の報告のように1960年頃から検討されて実用化された。また、種雄牛自身の育成過程における増体や飼料効率を判定しようとする産肉能力検定直接法については、吉田らが²⁸⁾模擬的に行った試験のあと、熊本の押高ら²⁹⁾、岐阜の上田³⁰⁾、兵庫の山南³¹⁾など、実際に種雄牛を育成している各県の試験機関で検定法が検討されて現在の方法が確立された。その後、間接法、直接法ともに検定期間が変更され、間接法の肥育牛頭数にも変化があったが、基本的にはほとんど同様で、種雄牛候補の育成中に、直接法で主として増体能力を選抜し、その種雄牛から採取した精液で試験種付けを行い、産子を間接法にかけて、肉質と増体能力を選抜する2段階選抜の方式が定着している。

このような検定法が和牛の産肉能力を大きく改善したことは明らかで、とくに増体能力に関する改良効果は著しい。わが国の肉用種屠殺頭数とその枝肉生産量から1頭当り枝肉量を計算すると、1966年には234kgであったものが、1989年には391kgまで実に1.67倍の増加となっている。これは牛肉需要の増大と素牛不足、それに飼料価格の割安であったことなどに起因し、肥育技術の改善に負うところが大きい。長期肥育でも採算が合う速度で増体が継続できるまでに、牛自身の増体能力が向上していなければ実現しえなかったものと考えられる。

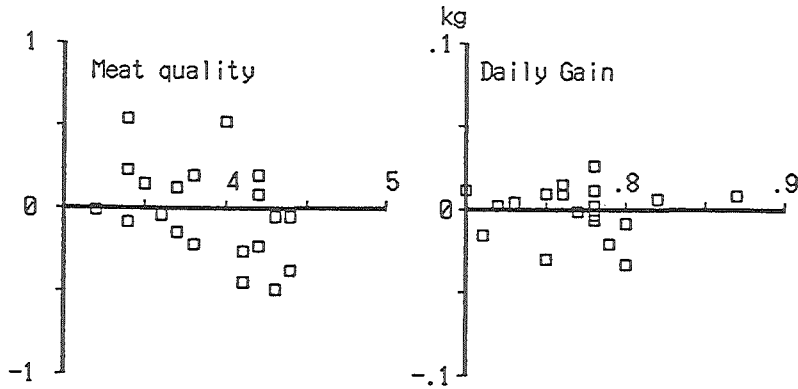


Fig. 1 Correlation between sire means in the official progeny test (on horizontal scale) and sire constants estimated in least-squares analysis of variance for marketing carcass of the sons (on vertical scale).

肉質に関しても脂肪交雑のすぐれた種雄牛が多数発見されたのは間接法の効果であろう。この情報は直ちに子牛市場に反映して、好成績を得た種雄牛の産子の子牛市場で高く取引される結果を生み、子牛に大きな価格差をつける効果を表した。ただ、これまでのところ、肉質に高い能力を示す種雄牛の出現比率は意外に低く、ある地域の交配種雄牛が数年にわたって1頭の種雄牛に集中するという弊害を生んでいる。その結果は次の世代で他系統の種雄牛を導入しない限り、近親交配になるわけで、系統の特性を維持するのに最も困難な状況に陥るのである。

また、間接法では抜群の能力を示しながら、多数の産子が肥育されてみると成績が思わしくないといった例もあって、間接法の正確度は必ずしも高いとはいえない。Fig. 1は兵庫県有種雄牛の産子について間接法による検定牛の平均値と現場で肥育されたものの最小二乗定数値を比較したものである¹⁶⁾。閉鎖育種によって遺伝的な変異の少ない兵庫系和牛ではあるが、縦軸に表した現場検定での父牛別定数と横軸で表した間接法の平均値の間に一定の関係は見られず、間接法による検定結果にあまり大きな信頼をおけないことが明らかである。その原因は産肉能力検定間接法では肥育される産子数が10頭（古い方式では6頭）に限定されている上に、母方の血統が片寄る可能性もあり、しかも現在の現場での肥育より短期間の肥育であるために、肥育期間中に脂肪交雑がどんどん向上するタイプの種雄牛では、間接検定では能力が過小評価されること等がこの違いを生む原因であろう。兵庫系和牛について月齢と格付成績の関係を調べると、父牛によって早期に頭打ちになるものと33か月以上まで直線的に向上するものが認められた³²⁾。

したがって、このような検定場方式の産肉能力検定は重要な育種手段であることは確かであるが、これだけでは効果的な育種が困難であり、ここに現場検定の必要性を生ずることになる。

一般の農家などで肥育され、枝肉市場等に出荷された肥育牛の成績を用いて統計的に分析し、父牛などの能力を判定する現場検定は1967年頃から井上ら³⁴⁻³⁵⁾、1975年頃から佐々木ら^{36,37)}、武富ら³⁸⁾によって試みられた。和牛では繁殖雌牛のほとんど全部が登録牛であり、その産子には生年月日、生産者、血統を記載した子牛登記証明書をつけて取引している。したがって、肥育後であっても血統、出生地、生年月日等を特定できる場合が多く、とくに預託制度など農協のシステム下におかれたものでは、これらを確実に把握することができる。また、1979年に発足した肉用牛集団育種推進事業では、各県の主要種雄牛の産子に耳標が装着され、そ

れらが肥育されて食肉卸売市場に出荷されると、枝肉成績が家畜改良事業団に報告されるシステムがある。この成績も血統の明らかな牛の産肉成績であるから現場検定の材料として有用である。

現場検定における最大の問題は、個々の農家や肥育施設など、育成条件や肥育条件の全く異なる成績の集合であるために、環境変異が大きいこと、その補正に際して遺伝的効果に歪を与える可能性があることである。しかし、間接検定とは桁はずれに多い産子の肥育成績を扱うために、環境変異は大きくても産肉能力の推定精度を高められる利点がある。初期の分析例は取り扱う頭数も少なく、大型電算機の使えない時代であったが、コンピューターの発達、普及につれて大量のデータを処理できるようになり、充分な信頼がおける程度に発達してきた。

分析法も初期の単純な分散分析から、多数の母数効果や変量効果が入れられる最小二乗分散分析、さらに血縁関係などの情報を取り入れることのできる BLUP 法 (Best Linear Unbiased Prediction) に変わってきた。BLUP 法でも能力を推定しようとする種雄牛間の血縁関係 (A 行列) を用い、父牛のみを考慮した父牛モデル (Sire-model)、母方祖父まで考慮した母方祖父モデル (Grandsire-model) のほか、個体ごとの血縁情報を取り入れる個体モデル (Animal-model) と各種の方法があり、それぞれの正確度が比較され³⁹⁻⁴⁵⁾、いずれも実用化されている⁴⁶⁻⁴⁸⁾。まだ、実際の分析例数がそれほど多くはなく、データを集積するシステムもできてはいるわけではないが、今後はこの現場検定が和牛育種の主流となって、産肉能力が格段に向上するものと期待される。

3. 産肉能力の遺伝率と遺伝相関

産肉能力のような量的形質では、表型が遺伝と環境によって発現するが、その形質が遺伝によって支配される比率である遺伝率は、選抜しようとする形質や集団によって異なることが知られている。遺伝率が違えば効果的な選抜方式が変わるし、期待される選抜効果も異なるわけで、遺伝率は育種上の重要な指標である。和牛の育種に関する統計的な研究が盛んになったのは最近であるが、すでに多数の研究者によって遺伝率が報告されている。なかには口頭発表のみのものもあるので、筆者の知る範囲内で収録してみると Table 2 のようになった。

同じ形質でも数値は全く異なっており、和牛の全集団に通用する代表的な数値を見いだすことは困難である。例えば肥育中の増体速度についてみると、0.76から0.05までさまざまな数値が計算されている。しかし、比較的高い数値を得たものには産肉能力検定間接法の成績を利用したものが多く、すなわち、間接検定の場合は、検定される種雄牛の後代牛が1群で肥育されるための共通環境が混入して、遺伝率が過大評価される可能性が大きく、この遺伝率を頼りにして選抜を行うのは非常に危険である。一方、現場検定では母数効果などで条件を補正しても環境変異が大きく、遺伝率はやや少な目に計算されるもので、とくに、閉鎖集団である兵庫系や、熊本系褐毛和種では小さい数値が報告されている。他の形質についてもほぼ同様の傾向が認められ、間接検定を材料としたときは一般に大きな数値、閉鎖小集団を材料としたときは小さい遺伝率が計算されるものと思われる。したがって、遺伝率の数値は推定誤差も考えに入れるべきであるが、推定に用いた材料によって扱いを考慮すべきであろう。

この表には最初に肥育牛の各形質、次いで直接検定を材料とする種雄牛の諸形質、子牛および繁殖牛の体重、体測定値、子牛価格、審査得点の順序で遺伝率を示した。対象品種としては褐毛和種や日本短角種のものも含まれるが、飼育頭数の多い黒毛和種のものややはり圧倒的に多い。なお、これらの遺伝率については出典を本稿の引用文献としてあらためて示す

Table 2—(1) Heritability Estimates in Wagyu cattles

Traits	Heritability ^{a)}	Breed ^{b)}	Literature ^{c)}	
Fattening Daily Gain	0.36 _a	B-Pr	Matsukawa(1967)JJA 38 S : 110	
	0.36 _a	B-Hg	Inoue & Nakatsu(1967)JKB48 : 2	
	0.27 _a	B	Inoue & Nakatsu(1968)JKB51 : 12-13	
	0.76	B-Pr	Kumazaki(1969)JJA40S : 25	
	0.49	B-Pr	Kumazaki & Sasaki(1971)JJA 42 S : 116	
	0.20 _a	B-Pr	Matsukawa(1973)BTS 45 : 117-170	
	0.36 _c	B-Pr	Inoue(1974)JJA 45 S : 107	
	0.29 _a	B	Taotomi et al. (1079)JAS 69 M : 74	
	0.41 _c	B-Pr	Mukai et al.(1982)JAS 73 M : 163	
	0.43 _a	B	Hashiguchi et al. (1982)JJA 53 : 656-663	
	0.58 _c	B-pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	
	0.59 _c	B-pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198	
	0.05 _c	B-Ok	Inoue(1986)JJA 57 : 29-35	
	0.56 _a	B	Wada & Matsukawa(1986)JAS 78 M : 120	
	0.10 _c	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12	
	0.18 _c	B-Hg	Fukushima et al.(1988)JAS 80 M : 218	
	0.13 _c	R-km	Matsumoto et al.(1990)JNK50 : 11-13	
	0.35 _c	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405	
	Feed Requirement	0.77 _a	B-Pr	Matsukawa(1967)JJA 38 S : 110
		0.37	B-Pr	Kumazaki & Sasaki(1971)JJA 42 S : 116
Carcass Weights	0.08 _c	B	Sasaki et al.(1976)JJA 47 : 354-358	
	0.47 _c 0.56 _a	B	Mukai et al.(1978)JAS68 M : 97	
	0.40 _c	B	Sasaki et al.(1980)JAS71 M : 122	
	0.33 _c	B	Sasaki et al.(1981)JKB 89 : 10	
	0.40 _c 0.33 _c	B	Sasaki(1981) JNK 32 : 11-12	
	0.85 _c	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	
	0.61 _c	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198	
	0.21 _c	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924	
	0.21 _c	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12	
	0.22 _d	B	Wada et al.(1987)JJA 58 : 374-380	
	0.14 _c	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134	
	0.17 _c	R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13	
	Dressing Percentage	0.77	B-Pr	Kumazaki & Sasaki(1971)JJA 42 S : 116
		0.51 _a	B-Pr	Matsukawa(1973)BTS 45 : 117-170
0.31 _c		B-Pr	Inoue(1974)JJA 45 S : 107	
0.12 _c		B	Sasaki et al.(1976)JJA 47 : 354-358	
0.14 _c		B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	
0.04 _c		B-OK	Inoue(1986)JJA 57 : 29-35	
0.46 _d		B	Wada & Matsukawa(1986)JAS 78 M : 120	
0.13 _d		B	Wada et al.(1987)JJA 58 : 374-380	
0.20 _c		R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13	
0.15 _c		N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405	
Rib-eye Area	0.00 _a	B-Pr	Matsukawa(1973)BTS 45 : 117-170	
	0.56 _a	B	Taketomi et al.(1979)JAS 69 M : 74	
	0.57 _a	B	Hashiguchi et al.(1982)JJA 53 : 656-663	
	0.77 _c	B-Pr	Mukai et al.(1982)JAS 73 M : 163	
	0.69 _c	B-pr	Nomura et al(1983)JKB 95 : 37	
	0.44 _c	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	

Table 2—(2) Heritability Estimates in Wagyu cattles (continued)

Traits	Heritability ^{a)}	Breed ^{b)}	Literature ^{c)}
	0.94 _c	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.31 _c	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924
	0.51 _c	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 1-12
	0.64 _c	N	Nagamine et al.(1988)JJA 59 : 130-135
	0.32 _c	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
	0.65 _c	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405
Rib-meat Thickness	0.23 _c	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
Fat Thickness	0.99 _c	N	Nagamine et al.(198)JJA 59 : 130-135
	0.13 _c	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
	0.62 _c	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405
Estimated Meat Rate	0.28 _c	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
Marbling Score	0.41	B-Pr	Kumazaki(1969)JJA 40 S : 25
	0.56	B-Pr	Kumazaki & Sasaki(1971)JJA 42 S : 116
	0.45 _a	B-Pr	Matsukawa(1973)BTS 45 : 117-170
	0.15 _c	B-Pr	Inoue(1974)JJA 45 S : 107
	0.07 _c	B	Sasaki et el.(1976)JJA 47 : 354-358
	0.41 _c	B-Pr	Mukai et al.(1976)JKB 74 : 34
	0.10 _c 0.15 _a	B	Mukai et al.(1978)JAS 68 M : 97
	0.33 _a	B	Taketomi et al.(1979)JAS 69 M : 74
	0.39 _c	B	Sasaki et al.(1980)JAS 71 M : 122
	0.37 _c	B	Sasaki et al.(1981)JKB 89 : 10
	0.30 _c 0.37 _c	B	Sasaki(1981)JNK 32 : 11-12
	0.51 _a	B	Hashiguchi et al.(1982)JJA 53 : 656-663
	0.42 _c	B-Pr	Mukai et al.(1982)JAS 73 M : 163
	0.75 _c	B-Pr	Nomura et al.(1983)JKB 95 : 37
	0.58 _c	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.40 _c	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.53 _c	B-Ok	Inoue(1986)JJA 57 : 29-35
	0.56 _a	B	Wada & Matskawa(1986)JAS 78 M : 120
	0.38 _c	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924
	0.28 _c	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	0.27 _d	B	Wada et al.(1987)JJA 58 : 374-380
	0.63 _c	N	Nagamine et al.(1988)JJA 59 : 130-135
	0.19 _c	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
	0.15 _c	R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13
	0.86 _c	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405
Carcass Grade	0.67	B-Pr	Kumazaki & Sasaki(1971)JJA 42 S : 116
	0.05 _c	B	Sasaki et al.(1976)JJA 47 : 354-358
	0.27 _c	B	Sasaki et al.(1980)JAS 71 M : 122
	0.34 _c	B	Sasaki et al.(1981)JKB 89 : 10
	0.23 _c 0.34 _c	B	Sasaki(1981)JNK 32 : 11-12
	0.42 _c	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.37 _c	B-Pr	Yang et al. (1985)JJA 56 : 193-198
	0.26 _c	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924
	0.54 _d	B	Wada & Matsukawa(1986)JAS 78 M : 120
	0.28 _c	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	0.25 _d	B	Wada et al.(1987)JJA 58 : 374-380
	0.79 _c	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405

Table 2—(3) Heritability Estimates in Wagyu cattles (continued)

Traits	Heritability ^{a)}	Breed ^{b)}	Literature ^{c)}	
Carcase Unit Price	0.62 _c	B	Sasaki et al.(1980)JAS 71 M : 122	
	0.36 _c	B	Sasaki et al.(1981)JKB 89 : 10	
	0.56 _c 0.36 _c	B	Sasaki(1981)JNK 32 : 11-12	
	0.53 _d	B	Wada & Matsukawa(1986)JAS 78 M : 120	
	0.24 _d	B	Wada et al.(1987)JJA 58 : 374-380	
	0.27 _c	B-Hg	Fukushima et al.(1988)JAS 80 M : 218	
Rasing Sire				
Final Weights	0.20 _c	B-Pf	Sasaki et al.(1982)JAA 55 : 771-779	
	0.77 _e	B-Pf	Sasaki & Sakuma(1991)JAS 84 M : 3	
	0.70 _c	R-Km	Ogata et al.(1991)JNK 52 : 12-14	
Daily Gain	0.16 _c	B-Pf	Sasaki et al.(1979)JAS 69 M : 73	
	0.12 _c	B-Pf	Sasaki et al.(1982)JAA 55 : 771-779	
	0.85 _c	B-Pf	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	
	0.20 _e	B-Pf	Sasaki & Sakuma(1991)JAS 84 M : 3	
	0.45 _c	R-Km	Ogata et al.(1991)JNK 52 : 12-14	
Concentrate Intake	0.32 _c	B-Pf	Sasaki et al.(1982)JAA 55 : 771-779	
Roughage Intake	0.22 _c	B-Pf	Sasaki et al.(1979)JAS 69 M : 73	
	0.02 _c	B-Pf	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	
	0.31 _e	B-Pf	Sasaki & Sakuma(1991)JAS 84 M : 3	
	0.30 _c	R-Km	Ogata et al.(1991)JNK 52 : 12-14	
Body Weight				
at Birth	0.23 _a	B	Kumazaki et al.(1962)BCS 9 : 85-95	
	0.38 _a	B	Kumazaki(1963)JAS 49 M : 6	
	0.47 _a	B	Kumazaki & Matsukawa(1963)BCS 11 : 27-42	
	0.57 _a	B	Kumazaki & Matsukawa(1964)BCS 12 : 19-25	
	0.43 _c	B	Sasaki(1980)JJA 51 : 852-859	
	0.31 _c	B	Moriya et al.(1990)JAS 83 M : 51	
30-days at Weaning	0.15 _c	B	Sasaki(1980)JJA 51 : 852-859	
	0.15 _a	B	Kumazaki et al.(1962)BCS 9 : 85-95	
	0.13	B	Kumazaki(1963)JAS 49 M : 6	
	0.14 _a	B	Kumazaki & Matsukawa(1963)BCS 11 : 27-42	
	0.12 _a	B	kumazaki & Matsukawa(1964)JKB 41 : 21	
180-days	0.35 _c	B	Kumazaki & Sasaki(1972)JJA 43 S : 112	
	0.30 _c	B	Sasaki(1980)JJA 51 : 852-859	
	0.27 _c	B	Moriya et al.(1990)JAS 83 M : 51	
	0.19 _c 0.18 _c	B	Matsukawa(1969)JJA 39 S : 44	
Marketing Calves	0.58 _c 0.31 _c	B	Kumazaki(1970)BAM 17 : 47-58	
	0.16 _a	B-Hg	Obata et al.(1973)BCS 20 : 63-69	
	0.12 _c	B-Hg	Inoue & Kawai(1976)SRK 12 : 111-118	
	0.10 _c	B	Sasaki et al.(1983)JKB 95 : 37	
	0.64 _c	B	Oikawa(1987)JAS 79 M : 223	
	0.27 _c 0.33 _c	N	Yamagishi et al.(1987)JNK 4 : 6-8	
	0.63 _d	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 534-541	
	0.34 _c	B	Fujikawa & Tamura(1991)JNK 52 : 4-5	
	12-months	0.65 _a	B	Kumazaki et al(1962)BCS 9 : 85-95
		0.54	B	Kumazaki(1963)JAS 49 M : 6
0.22 _a		B	Kumazaki & Matsukawa(1963)BCS 11 : 27-42	
300-days	0.24 _c	B	Moriya et al.(1990)JAS 83 M : 51	

Table 2-(4) Heritability Estimates in Wagyu cattles (continued)

Traits	Heritability ^{a)}	Breed ^{b)}	Literature ^{c)}
Adult Cows	0.34 _c	N	Chiba et al.(1990) JAS 83 M : 58
Body Measurements of Cows			
Withers Heights	0.21 _a 0.16 _c 0.89 _c	B B N	Iwasaki et al.(1981) JAS 72 M : 122 Oikawa et al.(1989) JJA 60 : 894-896 Chiba et al.(1990) JAS 83 M : 58
Depth of Chest	0.51 _a	B	Iwasaki et al.(1981) JAS 72 M : 122
Heart Girth	0.26 _c	N	Chiba et al.(1990) JAS 83 M : 58
Hip Width	0.22 _c	B	Oikawa et al.(1989) JJA 60 : 894-896
Croup Length	0.41 _c	B	Oikawa et al.(1989) JJA 60 : 894-896
Calf Price	0.06 _c 0.49 _c 0.52 _c	B-Hg B B	Inoue & Kawai (1976) SRK 12 : 111-118 Oikawa (1987) JAS 79 M : 223 Fujikawa & Tamura (1991) JNK 52 : 4-5
Judging Score			
Total	0.36 _a 0.38 _b 0.11 _a 0.37 _b	B R-Km	Inoue & Ookita (1970) JJA 41 S : 48 Nakatsu et al.(1970) JJA 41 S : 48
Quality	0.62 _c	B	Sasaki et al.(1985) JAS 77 M : 125
Mid-barrel	0.45 _c	B	Sasaki et al.(1985) JAS 77M : 125

^{a)} _a : half-sib correlation, _b : daughter-dam regression, _c : Least-squares analysis of variance, _a : BLUP, _e : DF-REML.

^{b)} B : Japanese Black, R : Japanese Brown, N : Japanese Short-horn -Pr : Official progeny test, -Pf : Performance test -Hg : Hyogo-strain, -Ok : Okayama-strain, -Km : Kumamoto-strain.

^{c)} BAM . . . : Bull. Fac.Agr.Univ. Miyazaki Vol. . .
 BAK . . . : Bull. Fac.Agr.Kagoshima Univ. Vol. . .
 BCS . . . : Bull. Chugoku Nat. Agr. Exp.Sta. Vol. B . .
 BTS . . . : Bull. Tohoku Nat. Agr. Exp. Sta. Vol. . .
 JAA . . . : J. Anim. Sci. Vol. . .
 JAS . . M : Supplement for . . th meeting in Soc. Jap. Anim. Sci. Tech.
 JJA . . : Jap. J. Anim. Sci. Tech. or Jap. J. Zootech. Sci. Vol. . . , S=Supplement.
 JKB . . . : J. Kansai-Br.Soc. Jap. Anim. Sci. Tech. Vol. . .
 JNK . . . : Jap. J. Soc. Beef Cattle Res. Vol. . .
 SRK . . . : Sci. Rep. Fac. Agr. Kobe Univ. Vol. . .

ことなく、表中だけに略称で示した。

実用能力の育種では、能力を向上すべき実用形質は常に複数であって、その間の遺伝相関によっては、一方の形質の選抜が他方の形質にマイナスの選抜を加える可能性もある。したがって、産肉形質間の遺伝相関も育種に欠かせない重要な指標である。和牛について遺伝相関が盛んに計算され始めたのは、電算機の利用が容易になった1980年代以後であって、報告例はそれほど多くない。そこでこれを一括表示すると Table 3 のようになる。ここでも相関の絶対値が1を越えるような不合理なものは省略し、出典は表内だけに示した。

このうちで最も問題になるのは増体性と肉質のような重要な形質間の関係である。もし、この両者に負の遺伝相関が存在すれば、例えば、直接検定で増体性の選抜を強く行うことが肉質を悪化させることになるからである。表をみると、増体速度と脂肪交雑の遺伝相関には0.40から-0.50までのさまざまな数値が計算されており、一見どれを信用して良いのか判断に迷うところである。しかし、この遺伝相関が大きな負の値を示したのを見ると、全国的な

Table 3—(1) Genetic Correlations between traits in Wagyu cattle

Traits	Genetic correlation ^{a)}	Breed ^{b)}	Literature ^{c)}
Daily Gain			
-Carcass Weight	1.00 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.78 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.95 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	0.88 _a	R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13
-Dressing Percentage	-0.51 _b	B-Pr	Matsukawa(1973)BTS 45 : 117-170
	0.04 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.20 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	-0.03 _a	R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13
	0.89 _a	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405
-Rib-eye Area	-0.16 _a	B	Hashiguchi et al.(1982)JJA 53 : 656-663
	0.54 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.35 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.50 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	-0.14 _a	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405
-Marbling Score	-0.01 _b	B-Pr	Matsukawa(1973)BTS 45 : 117-170
	-0.35 _a	B	Hashiguchi et al.(1982)JJA 53 : 656-663
	-0.50 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.05 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.24 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	0.05 _a	R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13
	0.40 _a	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405
-Carcass Grade	0.31 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	0.38 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	0.14 _a	B-Hg	Fukushima et al.(1988)JAS 80 M : 218
	0.39 _a	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405
-Unit Price	0.14 _a	B-Hg	Fukushima et al.(1988)JAS 80 M : 218
Carcass Weight			
-Rib-eye Area	0.65 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.44 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.57 _a	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924
	0.69 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	0.15 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
-Dressing Percentage	0.15 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.51 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.38 _a	R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13
-Rib-meat Thickness	0.81 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
-Fat Thickness	-0.33 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
-Estimated Meat Rate	0.36 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134
-Marbling Score	-0.43 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	-0.01 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	-0.28 _a	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924
	0.26 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
	-0.18 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-34
	0.03 _a	R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13
-Carcass Grade	0.22 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.17 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	-0.37 _a	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924
	0.42 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12
Dressing Percentage			
-Rib-eye Area	0.73 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	0.11 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.20 _a	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405
-Marbling Score	0.23 _b	B-Pr	Matsukawa(1973)BTS 45 : 117-170
	-0.31 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
	-0.04 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
	0.00 _a	R-Km	Matsumoto et al.(1990)JNK 50 : 11-13

Table 3—(2) Genetic Correlations between traits in Wagyu cattle (continued)

Traits	Genetic correlation ^{a)}	Breed ^{b)}	Literature ^{c)}	
-Carcass Grade	-0.18 _a	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405	
	0.11 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	
	0.06 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198	
	-0.16 _a	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405	
Rib-eye-Area				
-Rib-meat Thickness	0.20 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134	
-Fat Thickness	-0.52 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134	
-Estimated Meat Rate	0.96 _a	B	Fukurara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134	
-Marbling Score	0.79 _a	B-Pr	Mukai et al.(1976)JKB 74 : 34	
	0.37 _a	B	Hashiguchi et al.(1982)JJA 53 : 651-663	
	-0.32 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	
	0.04 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198	
	-0.37 _a	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924	
	0.33 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12	
	0.63 _a	N	Nagamine et al.(1988)JJA 59 : 130-135	
	0.21 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-34	
	0.43 _a	N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405	
	-Carcass Grade	0.15 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37
		0.13 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198
		-0.33 _a	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924
0.55 _a		B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12	
0.30 _a		N-Pr	Kuchida et al.(1990)JJA 61 : 401-405	
Marbling Score				
-Rib-meat Thickness	0.29 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134	
-Fat Thickness	-0.04 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134	
-Estimated Meat Rate	0.30 _a	B	Fukuhara et al.(1989)JJA 60 : 1128-1134	
-Carcass Grade	-0.98 _a	B-Pr	Sasaki et al.(1983)JNK 36 : 36-37	
	0.97 _a	B-Pr	Yang et al.(1985)JJA 56 : 193-198	
	0.96 _a	B	Oikawa & Kyan(1986)JJA 57 : 916-924	
	0.98 _a	B-Hg	Ootagaki et al.(1987)JNK 44 : 10-12	
	Carcass Grade			
-Unit Price	0.85 _a	B-Hg	Fukushima et al.(1988)JJA 80 M : 218	
Daily Gain in Rasing Sire				
-Concentrate Intake	0.39 _a	B-Pf	Sasaki et al.(1982)JAA 55 : 771-779	
-Roughage Intake	-0.07 _a	B-Pf	Sasaki et al.(1982)JAA 55 : 771-779	
	-0.70 _c	R-Km	Ogata et al.(1991)JNK 52 : 12-14	
Concentrate Intake in Raising Sire				
-Roughage Intake	-0.39 _a	B-Pf	Sasaki et al.(1982)JAA 55 : 771-779	
Body Weight at Birth				
-Body weight at 30-d.	0.90 _a	B	Sasaki(1980)JJA 51 : 852-859	
-at 6-months	0.94 _b	B	Kumazaki et al.(1962)BCS 9 : 85-95	
-at 180-d	0.78 _a	B	Sasaki(1980)JJA 51 : 852-859	
-at 12-months	0.56 _b	B	Kumazaki et al.(1962)BCS 9 : 85-95	
Body Weight at 30-days				
-at 180-d.	0.95 _a	B	Sasaki(1980)JJA 51 : 852-859	
Body Weight at 6-months				
-at 12-months	0.68 _b	B	Kumazaki et al.(1962)BCS 9 : 85-95	

^{a)} _a : Least-squares analysis of variance, _b : half-sib correlation.

^{b)} B : Japanese Black, R : Japanese Brown, N : Japanese Shorthorn.

-Pr : Official progeny test, -Pf : Performance test.

-Hg : Hyogo-strain, -Km : Kumamoto-strain.

^{c)} BCS : Bull. Chugoku Nat. Agr. Exp. Sta. Vol. B . . .

BTS : Bull. Tohoku Nat. Agr. Exp. Sta. Vol. . . .

JAA : J. Anim. Sci. Vol. . . .

JAS : M : Supplement for . . . th meeting in Soc. Jap Anim. Sci Tech.

JJA : Jap. J. Anim. Sci. Tech. Vol. . . ., S=Supplement

JKB : J. Kansai-Br. Soc. Jap. Anim. Sci. Tech. Vol. . . .

JNK : Jap. J. Soc. Beef Cattle Res. Vol. . . .

間接検定成績や、鹿児島県の集団など、各地の系統が入り交じったものを材料としたものであることに気付く。このような混在集団では、兵庫系の父牛の産子が肉質ではすぐれるが、増体が不良となる傾向が強く、他の系統のものには増体が良好で肉質不良のものが多いために、遺伝相関は負になりやすい。ところが兵庫系集団や日本短角種のような比較的均一な集団を対象として分析したものでは、数値は大きくないが正の遺伝相関が計算されている場合が多く、この重要な2形質に必ずしも負の遺伝相関があるとは判定できない。兵庫系集団のなかでは安美土井の系統が増体と肉質の双方にすぐれていることが、正の遺伝相関を示す理由と思われ、同様な現象は兵庫系以外でも第7系桜の系統にもみられるから、増体性と脂肪交雑の育種は互いに他を妨げないと考えてもよいのかも知れない。

枝肉重量と脂肪交雑や格付の関係でも上記と同様な現象が認められる。したがって、多数の系統が混在する集団では実用2大形質に負の相関が認められる場合が多いが、その場合でも両者の同時選抜は不可能でないことが暗示されているのである。選抜指数を使えば両形質を同時に効率よく選抜できるはずであるが、小集団での遺伝相関が負でなかったことから、両者は別々に選抜が可能であり、ともに最高水準に到達させることも不可能ではないと考えられる。ただ、この方策によるのが有利か、あるいは後述のように両形質を別々の系統で選抜し、系統間交配で双方にすぐれた実用牛を生産するのが有利かは今後の研究課題であろう。

IV. 和牛育種の問題点と今後の課題

現代の家畜育種学ではポリジーンの考え方が主流になっており、和牛の育種でもこの方式に従って研究が進められている。ポリジーンとは、ひとつの形質の発現にはかなり多数の遺伝子が関与するために、個々の遺伝子の優劣関係を無視して相加効果のみに注目して選抜しても、十分に育種効果をあげられるというものである。これは確かに一面の真理であって、相加効果のみの選抜で急速に能力を向上しうるのは多数の家畜で実証されている。しかし、実際の生産面では品種間交配や系統間交配が盛んに利用されているのも事実で、鶏では品種を無視した4元交配、豚では品種間の3元交配が実用畜生産の常識となっており、肉用牛でも世界的には雑種生産が多い。これは相加効果のみの選抜には限界があって、より一層の能力向上には非相加効果も利用すべきことを示すものであろう。

和牛の育種を考える場合、集団全体の大きさがそれほど大きなものではないことを考慮に入れる必要がある。集団が十分に大きくて多数の分集団が存在する場合は、常に近親交配を避けながら高能力個体間の交配が持続できるから、相加効果のみの選抜でも自然に非相加効果を利用した育種が可能となる。しかし、集団が小さければ高能力個体との交配と近交回避に矛盾を生じ、選抜強度を弱めることと近交退化の双方によって実用能力の向上が妨げられることになる。

和牛は過去には多数の地方系統が存在したが、凍結精液の普及によって種雄牛の交配可能頭数と交配圏が飛躍的に大きくなり、現在では県単位程度の系統がわずかに残存するだけで、ほとんどの系統は消失した。すなわち、分集団がほとんど消失して1品種1集団の状態になったといっても過言でないであろう。それどころか、輸入牛肉との肉質格差を保つために、肉質のすぐれた種雄牛との交配に狂奔した結果、全国の和牛がごく少数の種雄牛の孫あるいは曾孫といった近縁関係になろうとさえしている。これでは繁殖雌牛の頭数では大きな集団にみえても、種雄牛を通じての近縁関係で行き詰まり、あと2~3代でどの種雄牛を交配しても近親交配になるという可能性も出てきた。

全国和牛登録協会の集計によって子牛登記頭数の多い種雄牛⁴⁹⁾の上位10頭をみると Table

Table 4 Main sires and number of their calf-registered offsprings

	Number of offsprings	Father of the sire	Grand fathers of the sire	
			Paternal	Maternal
Yasu-mi-kane	131,557	Yasumi-di	Tayasui-doi	Shige-kane-nami
Toshi-taka	97,654	Tou-kou	Ke-daka	Kedaka
Tada-fuku	85,960	Yasumi-doi	Tayasui-doi	Shige-kane-nami
Mori-masa	80,113	Tomori-doi	Tafuku-doi	Kikumidoi
Tani-shige	69,658	Yasutani-doi	Yasumi-doi	Yasuchiyo-doi
Tsune-toku	68,992	Toku-fuji-doi	Tafuji-doi	Shige-kane-nami
Hira-shige, 20	65,920	Ke-daka	Toyo-san	Ke-daka
Fuku-masa	62,720	Sige-kane-nami	Shige-fuku	Kikumidoi
Mon-jiroo	57,443	Yasumi-doi	Tayasui-doi	Tamori-doi
Kiku-masa	51,637	Kikunori-doi	Kikumidoi	Hide-masa

4に示すとおりで、田安土井、田森土井、菊美土井、茂金波(以上いずれも兵庫系)、気高(鳥取系)の息牛または孫牛である。それに最近では第7系桜(島根系)の子孫が加わって、これら種雄牛の系統だけで全国の肥育牛の大多数を占めるようになった。これらの中には増体性のすぐれたものもあるが、共通点は肉質のすぐれることにある。つまり、肉質に信頼性の高い種雄牛を交配することによって、能力の高い肉牛を生産しようとしているわけである。このようにして生産された産子のうち、雌牛は次の世代の繁殖牛となる場合が多いから、同系の種雄牛を交配すれば近親交配となって、実用能力の低下を覚悟せねばならない。そこで、兵庫系の娘には鳥取系の種雄牛を交配、その娘には島根系の種雄牛といった輪番交配を行うことになる。もし、この3系統がそれぞれ分離した独立集団であり続けるならば、一巡したのちにも第一の系統との交配に戻ることで、ある程度の近交回避が行われ、2回転程度までは実用性を維持できるであろう。ところが、原種牛集団でこれらの系統間交配が起ってしまうと、もはや、輪番交配の効果を期待できなくなるのである。すでに鳥取系と島根系の系統間交配はかなり進行しており、分離不可能になることは眼に見えている。

このような系統間交配の利用は多数の地方系統の消滅をもたらし、能力向上のための選抜を強めようとしても、近交回避のためには選抜圧を弱めて種雄牛頭数を確保しなければならぬといった矛盾を生じてしまうわけである。この現象は閉鎖育種を続けてきた兵庫県で、1970年頃から経験してきたところで、かたくなに純血を保ってきたために、現在でも種牛生産集団として生き残ったのであるが、そのための近交係数上昇と実用能力の停滞を経験してきた。筆者は兵庫県系和牛の育種に早くからたずさわってきたことから、閉鎖集団としたままで近交を避けながら実用能力を高める手段について模索を続け、助言を行ってきた。まず第一は県有種雄牛の飼養頭数増加で、精液利用本数の少ない種雄牛も含めて常時30頭程度の種雄牛を確保するようにした結果、近交回避のための交配が可能になった。次に行ったのが、県指定の繁殖基礎雌牛集団の血統調査と指定交配で、電算ファイルに血統を記録し、主要種雄牛との仮想交配産子の近交係数を調べて近交を避けられる種雄牛を選択した。これらの処置により全体の近交係数上昇をかなり防げたはずである。また、前述のような輪番交配による実用能力の維持、向上を計画し、当時残存していた美方郡西部の熊波系、城崎郡の奥土井、城一系、美方郡東部の中土井系と分離して、3集団の輪番交配による実用牛の生産方式を県当局に提言した(1972年)。この3系統分離論は兵庫県の施策にも盛り込まれたが、現実には直接的な実用能力を追い求める流れに逆らえず、いまだに独立した系統は実現していない。現在では県自身の手で系統分離と必要種雄牛の生産を行うべく、施設整備と雌牛の確保を行

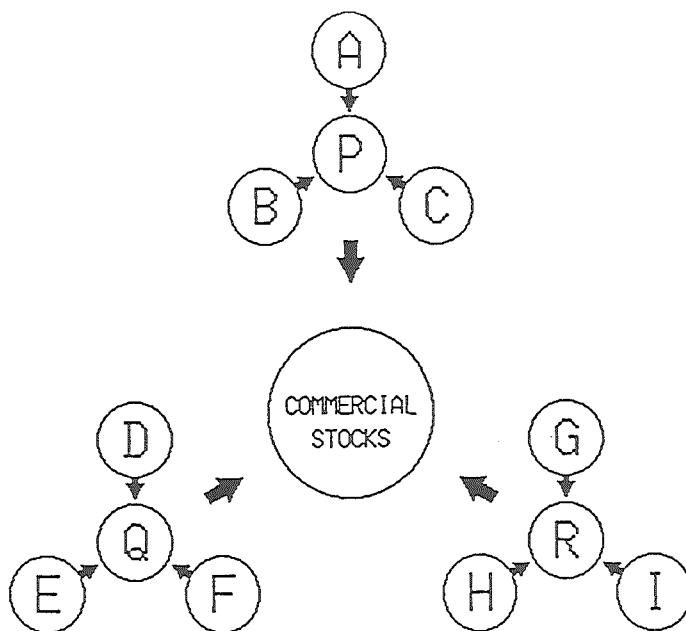


Fig. 2 Illustration of 3×3 rotational mating in producing commercial stock. Breeding strain "P" are produced by the rotational mating between stocks belonging to "A", "B" and "C" sub-strains, and commercial stocks are produced by the mating between stocks belonging to "P", "Q" and "R" strains.

っていると聞く。

このような3元輪番交配方式をさらに発展して、筆者は1986年に3×3元輪番交配による実用牛生産を提案した⁵⁰⁾。すなわち、Fig 2のようにA, B, Cという原々種集団の3元輪番交配でPの原種集団を増殖しながら維持し、同様にD, E, FでQ集団を維持、さらにG, H, IでR集団を維持すると、P, Q, Rの輪番交配で常に実用牛を生産できるというものである。実用牛集団は原種集団あるいは原々種集団から種雄牛を得て交配するが、輪番交配によるヘテロシス効果は1～2回転で薄れるから、常に元の集団から雌牛の供給も受けねばならず、原種集団では生産牛自身の実用能力は最高でなくとも、種雌牛の販売で利益を得て維持が可能となるはずである。原種集団と原々種集団の関係も同様で、どの集団もそれぞれに利益の分配を受けられるわけである。

ところが、上述のように繁殖雌牛の所有者である農家の意思を尊重する限り、系統の分離は実現が非常に困難な問題である。すなわち、実用牛生産に使える種雄牛(いわゆる止め雄)は、同系交配を重ねることで生産が可能であり、後代検定で選抜もできるが、その種雄牛と交配して効果のある雌牛を生産するための種牛集団、つまり止め雄とは血縁関係が薄く、止め雄の欠点を補完できる特性を備えた集団は、その集団自身で最良の実用牛を作れないために維持が難しく、たちまち止め雄集団に侵食されてしまうのである。したがって、典型的な3元輪番交配が成立するためには、3系統のいずれもがほぼ同レベルの実用能力をもつ必要がある、現実には非常に困難といえることができる。それよりは、止め雄との交配で最高の実用能力を示す雌牛の供給集団を作成し、この集団の内部はとくに分集団に分割することなく、集団内で作られた10頭前後の種雄牛の輪番交配で、極端な近交を避けながら維持する方法が

むしろ現実的かも知れない。この雌牛供給集団では止め雄集団との交配は絶対に行わず、したがって生産子牛は肉用もと牛としての価値は低いが、雌牛を高価で販売することで利益を得るわけである。

非相加効果を利用する育種方式には、これまで効果的な選抜手段が不足していた。つまり、既存の系統を多数集めて、それぞれの組み合わせの交配試験を行い、最良の組合せを捜すのが従来の育種手段である。しかし、大動物でこのような交配試験を行うのは時間もかかり過ぎて無駄が多い。筆者は集団のなかのさまざまな交配結果ともいえる現場成績を分析する際に、非相加効果の強弱を祖先ごとに見いだす手段を求めて模索を続けた結果、ひとつの育種理論に到達した。すなわち、各個体の父に対する祖先の遺伝的寄与率と母に対するそれを別々に計算し、その和 (SGC) の各形質に対する回帰がその祖先の及ぼす相加効果を表し、寄与率の積 (PGC) の回帰がその祖先の及ぼす優性効果を表すということを、理論的に証明した⁵¹⁾。さらに SGC、PGC の二乗や SGC と PGC の積の回帰は上位性効果を表すこともわかった。したがって、いくつかの祖先の SGC と PGC を独立変数とする最小二乗分散分析を行えば、各祖先の遺伝的能力を相加効果と優性効果に分けて推定することが可能となるわけである。もし、これらの2次項を独立変数に加えると上位効果も判定することができる。

この分析法を使うと PGC が負の有意な回帰を示すような祖先が時に登場する。SGC が等しい場合の PGC を考えると、この祖先の遺伝的寄与率が対象牛の父方か母方の一方でゼロのときに最低、父方と母方で等しい場合には最大になるはずである。PGC が負の回帰を示すことは、PGC がゼロ (父か母の一方だけ) のときにその形質が最大になり、PGC が最大 (父方と母方が平等) のときにその形質が最小になるのであるから、その祖先はその形質に対して優性効果を表す遺伝子を多く伝えたことを意味する。つまり、このような祖先の遺伝的寄与率が大きい個体と、全く遺伝的寄与を受けていない個体を交配すると、優性効果によってその形質を高められるわけである。したがって、この種の分析で PGC が負になる祖先を探し出して、その祖先の寄与率の高い系統と全く寄与していない系統を作り、この系統間交配を行えば優性効果を利用した育種が可能になる。この分析では SGC 回帰も計算されるが、これを利用する選抜は他の分析法と同じである。すなわち、育種価の高い種雄牛の産子を選抜するのと同様に、SGC 回帰が大きな正の値を示す祖先の子孫を選抜するわけである。ただし、祖先の遺伝的寄与率の大小を目安にして選抜するのであるから、雌雄どちらにも適用でき、また、種畜の計画生産にも利用できることで、応用範囲は広いはずである。しかし、この分析の最大の狙いが優性効果を利用する育種法にあることはもちろんである。

上記の優性効果を利用する育種法にしても、相加効果のみを利用する育種法にしても、効果をあげるためには多数の現場成績を集めて分析する必要がある。分析そのものは数名の研究者によって分析用プログラムが作成され、利用できるようになった。しかし、現場成績を収集するシステム、これを分析する組織はまだ完成されていない。それぞれの研究者がデータを提供してくれる協力者を探し、それぞれのスタッフの労力によって細々と分析しているに過ぎないのである。したがって、今後の課題の第1は成績収集と分析を行う組織作りである。家畜改良事業団あるいは全国和牛登録協会などの組織を利用するのが妥当と思われるが、必ずしも一元化する必要はなく、競って成績収集能力を高め、効率的な育種法を探るべきであろう。

また、非相加効果を利用する育種法は、まだ全く軌道に乗っていない状態である。通常の分析法に加えて、筆者の考案した SGC、PGC を独立変数に加えた分析を行えば優性効果を利用するための祖先は見いだせるはずであり、上位性効果の利用も夢ではない。ただ、BULP 法などに比べると祖先を遡って調査する世代数が大きく、調査に労力を多く要するこ

とが予想される。しかし、この間にもすぐれた産肉能力を求めて、現場での種雄牛の淘汰は速やかに進行しており、遺伝資源の範囲はどんどん狭められている。したがって、この方法も速やかに実行に移さなければ、将来に禍根を残す可能性が大きい。ともかく、和牛の産肉能力育種については研究史の浅いこともあって、まだ今後の課題が多いことは事実である。今こそ、和牛にとって産肉能力育種の研究を急速に進展すべき時と考える次第である。

文 献

- 1) 伊藤記念財団編：日本食肉文化史(初版)，32—34，144—151，176—183，217—225，伊藤記念財団，東京(1991)
- 2) 鑄方貞亮：日本古代家畜史，河出書房，東京(1945)
- 3) 兵庫県畜産会編：但馬牛物語(初版)．26—28，234—236，兵庫県畜産会，神戸(1979)
- 4) 羽部義孝：菱の造成とつる牛，産業図書，東京(1948)
- 5) 榎間真介：肥育事業発達のと(兵庫県農林部畜産課編：兵庫の和牛)(初版)，169—170，兵庫県農林部畜産課，神戸(1981)
- 6) 杉田義佐・田村耕一郎：外国種の輸入と雑種生産(兵庫県農林部畜産課編：兵庫の和牛)(初版)，70—96，兵庫県農林部畜産課，神戸(1981)
- 7) 安東秀郎・柏原 要・梶並嘉芳・嘉長頼栄・片寄 功・林 正夫：和牛(肉用牛)の変遷(岡山県畜産史編纂委員会編：岡山県畜産史)，391—726，岡山県畜産史編纂委員会，岡山(1980)
- 8) 並河 澄：黒毛和種の改良経過と現在の遺伝的特性．畜産の研究，**39**，109—115(1985)
- 9) 羽部義孝：和牛の本質とその育種の改良の現在及び将来(全国和牛登録協会編：最新の和牛)(2版)，13—27，産業図書，東京(1951)
- 10) 西田孝雄：和牛改良史。(羽部義孝編：肉用種と牛全講)(増訂改版2版)，57—78，養賢堂，東京(1975)
- 11) 古賀 脩・岡本 悟：あか牛の改良経過と現在の遺伝的特性・畜産の研究，**39**，116—122(1985)
- 12) 水間 豊：日本短角種の改良経過と現在の遺伝的特性，畜産の研究，**39**，123—128(1985)
- 13) 上坂章次：畜産学概論(増訂改版1版)，77—78，養賢堂，東京(1972)
- 14) 小池久典：最近の特定肉用牛の飼養動向，肉牛ジャーナル，**3**(10)，12—19(1990)
- 15) 全国和牛登録協会編：和牛種雄牛系統的集大成，全国和牛登録協会，京都(1974)
- 16) 井上 良：肉用牛の遺伝的改良に関する諸問題．畜産システム研報**5**，1—7(1991)
- 17) 向井文雄・岡西 剛・辻 莊一・太田 進：黒毛和種閉鎖育種集団における繁殖雌牛の体測定値の遺伝的趨勢．日畜会報**63**，398—406(1992)
- 18) 熊崎一雄・芝田 猛：九州地方における兵庫県産種雄牛の産肉形質に関する遺伝的評価．日畜会報**54**，463—469(1983)
- 19) 井上 良：岡山系黒毛和種繁殖雌牛集団の血統構成的特色．日畜会報**57**，985—991(1986)
- 20) 福島豊一・井上 良・西浦 宏・荻野充胖：和牛の所謂産地の特色に関する生物統計学的研究．兵庫農大研報**3**，63—68(1958)
- 21) 野村哲郎・佐々木義之：黒毛和種における県間での種雄牛の動きおよび各府県集団の遺伝的寄与からみた繁殖構造．日畜会報**57**，372—378(1986)
- 22) 野村哲郎・佐々木義之：黒毛和種における増殖県の集団構造ならびにそれらと種牛供給県との間の血縁度．日畜会報**59**，880—889(1988)
- 23) 野村哲郎・佐々木義之：多変量解析による黒毛和種集団の遺伝的分化に関する研究．日畜会報**57**，372—378(1986)
- 24) 吉田正三郎・熊崎一雄・土屋平四郎・田中彰治・上田敬介：和牛の産肉能力増進に関する研究．I．中国農試報**B 9**，55—74(1962)
- 25) 吉田正三郎・田中彰治・上田敬介・加藤国雄・熊崎一雄：和牛にける産肉能力検定方法に関する研究．1．中国農試報 **B 11**，1—25(1963)
- 26) 吉田正三郎・熊崎一雄・田中彰治・上田敬介・木村 繁・板倉俊吉・加藤国雄：和牛における産肉能力検定方法に関する研究．2．中国農試法 **B 12**，1—17(1964)
- 27) 高尾 登・林 正夫・梶並嘉芳・嘉寿頼栄：和牛産肉能力検定(間接法)結果，和牛肥育研会報**2**，9—10(1965)
- 28) 吉田正三郎・上田敬介・田中彰治・松川 正：和牛における産肉能力検定方法に関する研究．3．中国農試報 **B 13**，1—19(1965)
- 29) 拝高欣弥・木場俊太郎・重森正美・林 明任：褐毛和種における能力検定(直接法)成績について．和牛肥育研会報**2**，11—12(1965)
- 30) 上田信一：和牛産肉能力直接検定法の確立に関する試験(中間報告)．和牛肥育研会報**2**，12—13(1965)
- 31) 山南好一：和牛産肉能力検定法の確立に関する予備試験成績．和牛肥育研会報**3**，11(1965)

- 32) 井上 良：兵庫系和牛の枝肉形質に対する月齢の影響。肉用牛研究会報46, 45 (1988)
- 34) 井上 良・中津 篤：農家における肥育成績を用いた種雄牛の産肉能力判定法について。日畜関西支部報48, 2 (1967)
- 35) 井上 良・中津 篤：産肉能力の現場検定に関する研究。日畜関西支部報51, 12-13 (1968)
- 36) 佐々木義之・向井文雄・並河 澄：市場に出荷された肥育牛の体重・枝肉形質および枝肉単価に関する統計学的検討。日畜関西支部報71, 25 (1975)
- 37) 佐々木義之・江藤啓一郎・向井文雄・並河 澄：生産・肥育地帯での肉牛成績による種雄牛の産肉能力に対する現場後代検定の可能性。日畜会報47, 354-358 (1976)
- 38) 武富萬治郎・新中須淳孝・上野初夫・浜崎満洋・前田芳実・橋口 勉・小山田巽：鹿児島県における黒毛和種、種雄牛の産肉能力について。鹿大農学報27, 77-88 (1977)
- 39) 伊藤要二・佐々木義之：枝肉市場成績を用いた種雄牛評価に対する母方祖父の影響。日畜会報56, 619-623 (1985)
- 40) 佐々木義之・伊藤要二・高崎 充：フィールドの産肉能力記録に基く各種種雄牛評価法間の比較。日畜会報57, 120-125 (1986)
- 41) 佐々木義之・佐々江洋太郎：フィールド記録を用いた BLUP 法による肉用種種雄牛評価のためのモデルの検討。日畜会報59, 23-30 (1988)
- 42) 和田康彦・柏木宣久：ABIC を用いた黒毛和種去勢牛のフィールドデータによる種雄牛評価モデルの検討。日畜81回大会要旨17 (1989)
- 43) 石田孝史・向井文雄：Animal Model による育種価予測に及ぼす週及世代数の影響。日畜84回大会要旨 1 (1991)
- 44) 三宅 武・佐々木義之・守屋和幸：屠肉形質に関する種雄牛評価を想定した場合における母方祖父モデルと個体モデルとの比較。日畜85回大会要旨175 (1991)
- 45) 向井文雄・石田孝史：Animal Model による育種価予測に及ぼす週及世代数の影響。日畜関西支部報119, 33 (1991)
- 46) 和田康彦・塩見雅史・松川 正：黒毛和種の現場後代検定成績に対する反復 BLUP 法の適用。日畜会報58, 374-380 (1987)
- 47) 長嶺慶隆・林 孝・佐藤 博・西田 朗・小松繁樹：日本短角種の発育速度と枝肉形質の遺伝的改良。日畜会報59, 130-135 (1988)
- 48) 福原利一・守屋和幸・原田 宏：新牛枝肉取引規格の歩留等級形質に関する遺伝的パラメーターの推定と種雄牛評価。日畜会報60, 1128-1134 (1989)
- 49) 家畜改良事業団：黒毛和種種雄牛案内。家畜改良事業団, 東京 (1992)
- 50) 井上 良：和牛の繁殖構造の問題点と系統再造成の提案。肉用牛の改良に関するシンポジウム報告書203-206, 全和登協, 京都 (1986)
- 51) 井上 良：祖先の遺伝的寄与率の和と積を利用する遺伝子型推定の理論。日畜会報61, 377-384 (1990)