

# (1) 和牛改良の過去から未来へ

公益社団法人 全国和牛登録協会 専務理事 穴田 勝人

## 1. 和牛の経済形質

家畜の経済形質に共通していることは、人々に経済的な価値をもたらすということである。ところが、その経済的な価値は、国民の社会生活状況や食文化に影響を受けるため、国によって、あるいは地域によっても多少異なっている。さらに、家畜は飼育環境の影響も大きく受けることから、その地域の気候や風土にも適したものでなければならない。このように家畜の経済形質は、国民生活上の要求と飼育されている地域の環境適応性の要求とを同時に満たしていくことで向上させていくことができる重層的な構造となっている。そして、前者は主に遺伝的改良による部分が大きく、後者は飼養管理の改善による部分が大きいと考えられている。

和牛は、古来より日本の国民生活と農業とともに歩んできた日本固有の農用家畜（いわゆる農用牛）であり、飼育されてきたその地域における生産と利用との立地条件に最も適合するように改良されてきた歴史を持ち、日本独特の発展を遂げてきた家畜である。本会は1948年（昭和23年）3月3日に和牛生産者の意思によって運営される民主的な登録団体として発足したが、当時の和牛に要求された経済形質は、主として米麦作主体の農業経営形態と、牛肉の需要との二元的要因によって

要求された形質から始まっている。つまり、役利用上からの要求では、牽引能力あるいは耕起能力などで、肉利用上からの要求では、産肉能力すなわち、発育能力、増体能力、飼料利用性、肥育性（仕上がり能力）、歩留、脂肪交雑、脂肪の質、色、硬さ等々に関するものであった。その後、日本は高度経済成長期を迎え、工業化が進み、和牛は農用牛から肉用種としての転換が迫られたのである。和牛はここから新たに肉用種としての歩みを始めることとなるが、その後も関係者の皆さんの並々ならぬ努力の結果で、今や和牛は世界に誇れる肉用種となり、世界一美味しい牛肉をつくる品種として海外からも高く評価され、日本固有の知的財産と言われるまで発展してきた。このように、和牛の特筆すべき能力として産肉能力が存在することは確かであるが、改めて、家畜の基本的な能力である種牛能力や生来具備する能力を十分に発揮できる機能的な体型等が、生産性の更なる向上につながることで、これからの新たな改良重点目標となっている。

和牛は、国民生活上での要求を満たすため、1つの品種の中で数々の経済形質の改良を進めてきたが、このことは、そもそも和牛にこのような多様な潜在能力（遺伝的多様性）が備わっていて初めて成し得た改良の成果であり、今回は、この多様な経済能力について、時代の変遷とともにどう変化し、どう改良が

(表 1) 日本最古の蔓牛

名称	造成地	造成者	年代	特色
竹の谷蔓	岡山県新見市(旧阿哲郡)	浪花千代平	1830年代	体格大, 乳房良, 強健, 連産, 長命, 角色良, 性質温順
ト蔵蔓	島根県仁多郡	ト蔵甚兵衛	1855年頃	同上
岩倉蔓	広島県庄原市(旧比婆郡比和町)	岩倉六右衛門	1843年	性質良, 角, 顔, 長命, 連産, 体躯, 乳房良
周助蔓	兵庫県美方郡香美町(旧小代村)	前田周助	1845年	長命, 連産, 強健, 資質良

全国和牛登録協会編. 2007.これからの和牛の育種と改良(改訂版)

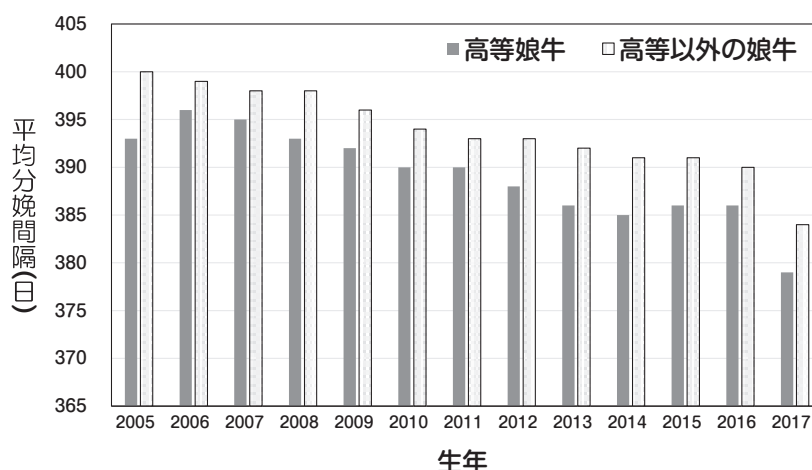
進められてきたのか今後の改良の方向性も見据えながら、順を追って見ていくこととする。

## 2. 種牛能力について (1935年頃~現在)

種牛能力は、家畜の経済形質の中でも、最も基本的能力として位置づけられ、繁殖能力や哺育能力あるいは強健性や性質など含め、繁殖牛として求められる総合的な能力を指すものである。種牛能力は、古来より様々な手法をとりながら改良されてきたものであるが、基本的な考え方としては、極端に悪いものを集団から除外し、一定レベル以上の能力を持ったものを集団内に保留し、集団全体の平均レベルを徐々に上げていくという考え方であった。これは、種牛能力についての遺伝率が低いこともあり、種牛能力の改良に対して、極端に強い選抜圧をかけて1世代で大きな遺伝的改良量を求めていくことはできないためである。また、和牛集団は個々の農家の飼養する雌牛の集合体であり、極端な選抜淘汰は不可能で、何世代にもわたって漸次平均レベルを押し上げ、遺伝的に斉一性のある集団にしていく性質のものである。また、種牛能力の改良には、1つの選抜指標に限定した選抜を実行することも難しく、外貌審査や自身の実績値、そして血縁関係のある個体も含めて総合的に判断しながら選抜していくことが重要である。一方で、このゆるやかな改良手法とは少し趣を異にする手法で種牛能力の

改良を牽引してきたものが存在する。それは「蔓(つる)」あるいは「蔓牛」と呼ばれるものである。和牛がまだ品種として成立する以前の1850年前後のことであるが、中国地域の山間地には蔓(系統)と呼ばれるものが存在していた。蔓とは、特定の優良形質に關与する複雑な遺伝因子が相当程度にホモ化された集団として位置づけられ、蔓牛とはその蔓に属し、その蔓の特色を備えているものであると定義されている。この時代、日本では、まだ近代的な遺伝学は発達していなかったが、当時の繁殖者が優れた鑑識と経験を持ち、一定不変な選抜淘汰を励行するとともに、血縁関係を十分に考慮しつつ、ある場合においては極端な近親交配をし、さらに生産された個体を見て交配関係を考え、多くの犠牲を伴いながらも蔓や蔓牛が当該地域で成立し、守られてきたのである。その結果、蔓牛は優良牛の代名詞となり、蔓に属するものは経済価値も高く評価され、一時、蔓造成が盛んとなった。しかしながら、当時の蔓には明確な基準がなく、繁殖者個人の能力に依存し、有名無実となった蔓も多数見られた。そのため、全国統一の登録事業がスタートする1945年前後に、改めて、兵庫、岡山、広島、鳥取、島根県等の中国地域を中心に発達していた蔓を調査し、新しい蔓を造成するための教本としたのである。その時、整理されたものが表1に示す4つの蔓であり、いわゆる日本最古の蔓と呼ばれているものである。

(図1) 高等登録牛の娘牛の分娩間隔



蔓は共通して種牛能力に優れており、このことが経済価値を高めたのである。とくに種牛能力のなかでも、一生涯に多数の丈夫な産子を残してくれる長命連産性のような繁殖能力を重要な価値ある経済形質として捉え、優秀な個体の選抜と交配、現在で言うところの系統内交配によって優良な遺伝子をホモ化させ、蔓の造成が行われていたのである。

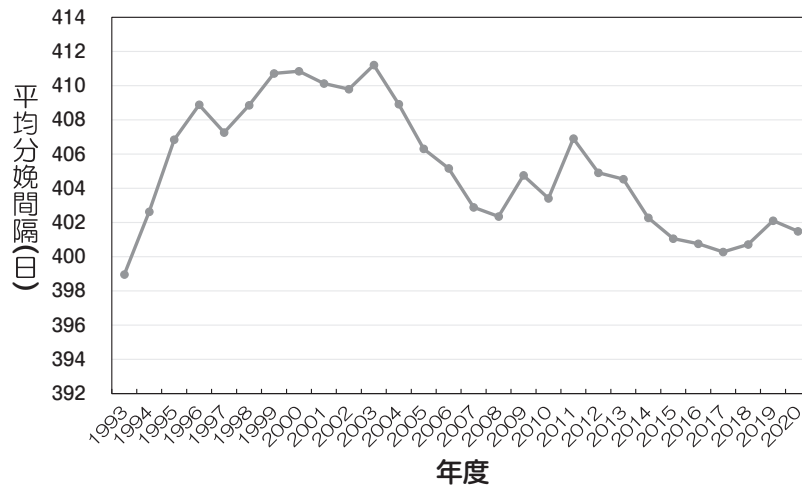
このように蔓の造成においては、積極的に種牛能力のなかでも繁殖能力の改良を進めていく手法も取られたが、登録制度上では、個々の農家の飼育する雌牛に対して極端な選抜淘汰は不可能であるから、最低限の繁殖能力が備わっているもののみが登録牛になれるという考え方を基に、基本・本原登録において、雌牛では、授精された状態（受胎している状態）で審査を受審することとなっている。つまり、登録制度の礎がここに形成されている。登録するということは繁殖に供用することであるから、繁殖能力があることを確認した上で、審査標準に基づく外貌審査を実施し、一定レベル以上の経済能力を備えたものを合格としている。さらに、登録制度の中では、とくに優秀な繁殖能力を持った個体を積極的に確保するため、基本・本原登録の上に、高等

登録という登録制度を設けている。高等登録は、基本・本原登録牛に対する後代検定の意味合いが含まれており、実際の繁殖能力を確認することとしている。現在の高等登録の繁殖能力に関する資格条件としては、初産月齢が28ヵ月以内、3産以上し平均分娩間隔が400日以内、流死産は1回以内とされている。ここで、優秀な繁殖能力を備えた高等登録牛の改良成果を確認するため、図1に高等登録牛の娘牛と高等登録以外の娘牛との分娩間隔の比較をした結果を示した。

高等登録牛の娘牛の平均分娩間隔を調べてみると、高等登録牛以外の娘牛よりも、総じて平均分娩間隔が約5～7日程度短い値を示している。高等登録である母牛の優秀な繁殖能力が少なからず娘牛に伝わっているものと考えている。これも長い間、高等登録が積み上げてきた改良成果と言え、このような形で和牛は選択登録制度を採用することで、登録事業を通じ繁殖能力の改良を何世代にもわたり推進してきたのである。次に、黒毛和種全体で見た場合の平均分娩間隔について、最近どのように推移してきているかを図2に示す。

全国の平均分娩間隔は、1995年頃からはばらくの間一時的に長くなったが、最近の傾向と

(図2) 全国の平均分娩間隔 (黒毛和種)



(表2) 分娩間隔の遺伝的パラメーター

遺伝分散	永続的環境分散	繁殖農家分散	残差分散	遺伝率	反復率
271.7	196.6	364.7	3525.5	0.062	0.107

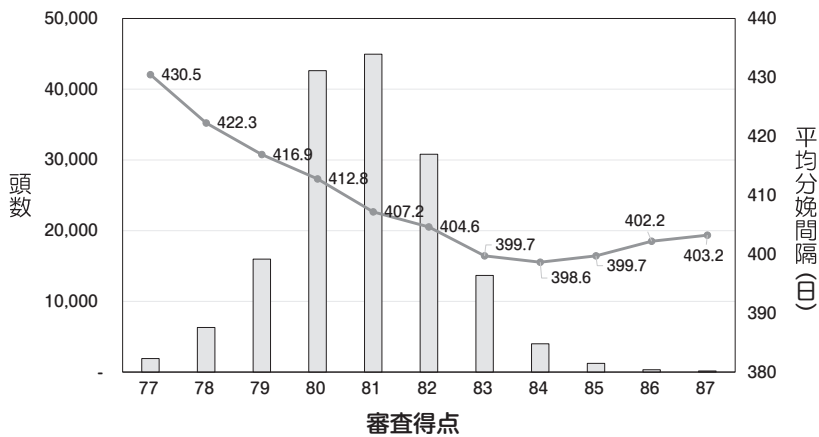
しては、あまり大きな変化は見られない状態が続いている。産肉能力優先の和牛改良が進められてきた結果とも考えられるが、和牛は本来1年1産できる能力を備えた家畜であるとするならば、もう少し積極的に繁殖能力の改良を試みていく必要がある。そのため、協会では、年2回分娩間隔の育種価評価を実施しており、繁殖能力の遺伝的改良に努めているところである。最新(令和3年4月)の分析では、平成2年10月から平成30年9月までに登録審査を受審した繁殖雌牛を対象として、2産以上の産歴がある1,561,659頭の雌牛の記録を用いて育種価評価を行った。なお、その分娩間隔の遺伝的パラメータを表2に示す。

分娩間隔の育種価評価にあたっては、繰り返し得られるすべての産次の記録を用いる反復率モデルを採用している。表2の永続的環境分散は、子宮環境や後天的に獲得した個々の雌牛に特有な効果による分散で、同じ雌牛から繰り返し得られる記録の似通いから遺伝と繁殖農家の分散を除いたものである。この

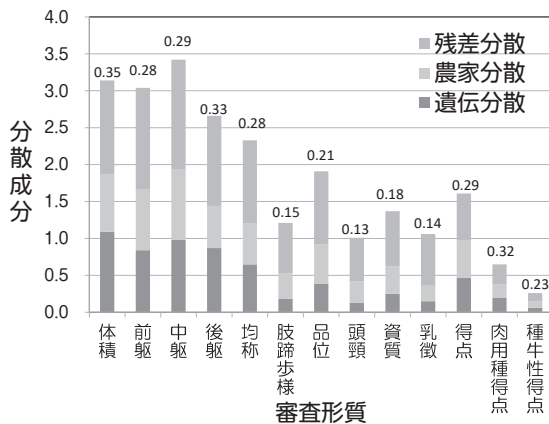
ように、分娩間隔については、長らく自然選択を受け、繁殖農家の分散や残差分散が大きいため、遺伝率は0.1より低い値となっている。遺伝分散も少なからず存在しているが、まだ積極的な繁殖能力の遺伝的改良にはたどり着いていない。

そのため、協会では、生産性の高い集団づくりに向けて、2012年度に種牛能力の改良に重点を置いた審査標準に改正した。さらに確実な種牛能力の遺伝的改良を図っていくため、これら審査関連形質と繁殖形質との関連について、JRA畜産振興事業を利用し、審査関連形質と繁殖形質との関連を調査した。その結果、分娩間隔実績値と審査得点とは好ましい関係(図3)が見られた。現在、遺伝的能力の高い個体を効率的に選抜し、遺伝的改良速度を上げるために、次のJRA畜産振興事業を活用し、ゲノム全域にわたって網羅的に繁殖能力と関連するSNP情報を探索し、それらを活用した種畜選抜の手法を検討している。

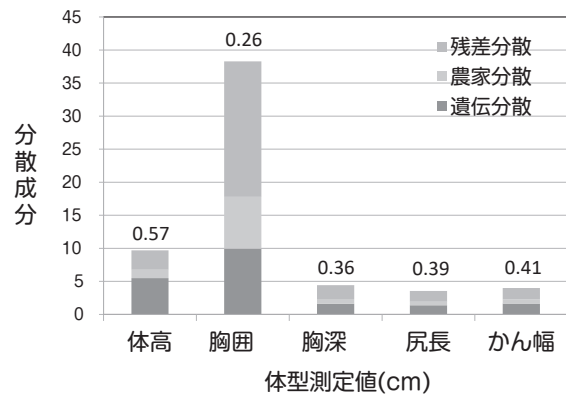
(図3) 審査得点と平均分娩間隔の関係



(図4) 審査形質の遺伝率



(図5) 体型測定値の遺伝率



### 3. 発育能力および増体能力 (1965年頃~現在)

1965年頃には日本は高度経済成長期を迎え、工業化が進んでいく中で、和牛は、農用牛から肉用牛へと用途の変更が迫られた。ここで和牛に求められた肉用牛としての能力は、発育能力、増体能力が中心となるが、家畜の経済的な性格の用途変更は世界的に見ても例がなく、大きな混乱を招きかねなかったが、関係者全体の理解と協力を得て、和牛は10年あまりのうちに、日本独特の肉用種完成宣言がなされた。ここでは、審査標準の改正とその周知徹底が大きな鍵を握ることとなった。漸次、審査標準の改正を重ねながら、段階をおって発育、体積の比重を大きくし、これらの遺伝的能力の改良を進めていったので

ある。また、その後も、発育能力、増体能力の改良は進んでいくこととなる。ただし、品種としての斉一性の概念は崩さず、効率的な生産性の高い牛肉生産の在り方として、日本の飼育環境に適したサイズであるべきとされた。このように発育能力、増体能力の改良において、審査標準に基づく外貌審査の果たす役割は大きかった。この選抜方法の優れている点は、登録牛全個体が審査標準に基づく審査を受け、審査成績(観察値)を持っている点である。これが和牛登録制度の特徴でもある。外貌から発育能力や増体能力を判断しているのである。ここで一度、外貌審査の遺伝的部分を確認しておく。現在の審査形質の遺伝率(図4)と体型測定値の遺伝率(図5)を次にまとめる。

審査形質においても体型測定値においても

(表3) 直接検定法年度別成績一覧

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	
頭数	206	232	200	190	204	187	195	182	200	176	
DG	1.12	1.15	1.15	1.14	1.1	1.12	1.17	1.16	1.19	1.17	
体高	123.5	124.5	124.8	124.9	124.2	124.9	125.9	125.8	125.4	125.5	
σ	0.31	0.65	0.67	0.69	0.51	0.75	1.00	0.92	0.88	0.94	
胸囲	167.8	169.0	170.3	168.8	168.6	168.9	170.2	170.8	170.9	170.8	
胸深	60.9	61.4	61.4	61.3	60.8	61.4	61.7	61.7	61.4	61.5	
尻長	47.9	48.1	48.5	48.3	48.3	48.6	49.0	49.1	48.7	48.9	
かん幅	42.7	43.1	43.3	43.2	43.1	43.4	43.8	43.9	43.7	43.9	
体重	388.7	399.6	403.7	399.1	395.6	399.1	411.8	411.8	412.5	409.8	
σ	0.06	0.39	0.40	0.28	0.23	0.33	0.61	0.56	0.67	0.61	
摂 取 量	濃厚飼	-10.5	-12.1	-15.3	-24.5	-19.2	-28.3	-17.1	-17.1	-18.3	-24.4
	粗飼料	-2.4	-2.2	4.0	-10.5	-0.4	9.1	12.1	7.0	-6.0	-5.6
	CD		3.1	-2.1	-0.8	-0.2	1.3	-1.0	-1.1	-3.4	-0.5
	TDN	3.8	0.9	3.0	-5.2	0.6	-5.7	-0.8	-7.0	-9.0	-15.8

遺伝率が中程度と比較的高い推定値が得られている。このことは、観察値に基づく個体選抜でも、ある程度改良の成果が得られることを示している。さらに重要な点は、和牛は、繁殖牛として供用する場合、必ず登録審査を受審しなければならず、この段階で、外貌審査によって一定の篩いかけられる点である。極端に発育能力や増体能力の劣る個体は、将来和牛集団に望ましくない遺伝子を残す可能性があるため、登録審査には合格しない。また、登録審査において外貌審査をすることは、登録牛全頭が審査得点を持つことと等しく、能力を表す客観的な評価値が全頭得られることは、和牛改良上、非常に重要な点である。これらの審査標準に基づく合理的な選抜が功を奏し、和牛集団内における雌牛側からの発育能力や増体能力の遺伝的改良が進んだのである。

さらに、これに続いて、発育能力および増体能力の改良については、種雄牛における産肉能力検定法（1968年施行）のうち直接検定法の役割も非常に大きかった。人工授精の普及により和牛改良における貢献が非常に大きくなった種雄牛については、とくに厳しい選抜を重ねながら、改良が進められてきた。その1つの選抜として、直接検定法が挙げられ

る。直接検定法とは、生後6～7ヵ月齢の種雄牛候補について、112日間（16週）の発育能力、増体能力、飼料利用性を調査するものであり、この成績に基づいて一定の選抜がかけられる。とくに検定期間中のDG（一日当たりの増体量）については、重要な種雄牛の選抜指標となっていた。なお、最近の直接検定では、種雄牛の発育能力や増体能力についての改良が進んできたこともあり、DGの全国平均（表3）としては、概ね1.1kg/day程度で安定しており大きな変化はない。このようにして、日本独特の肉用種となった和牛は種雄牛側からの発育能力や増体能力の遺伝的改良も進められたのである。

#### 4. 産肉能力（1990年頃～現在）

和牛の産肉能力については、大きく肉量と肉質の能力に分類される。肉用種としては、動物性タンパク質としての供給が主な役割であり、和牛には、まず、発育能力や増体能力が求められ、産肉能力の中で肉量が求められた。一方で、和牛の肉質については概して本質的に優れており、ばらつきがあったものの、全体としては良好なレベルであり、当時は、今とは枝肉格付規格は異なるが、今の格付で

というような最上クラスのBMSNo.12を求めていくものではなく、中程度以上のもので揃えることを目標としていた。しかし、1991年牛肉輸入自由化に伴い、一層の脂肪交雑の改良が求められ、肥育期間が長期化し、より高いレベルの肉質が求められることとなる。ここで、産肉能力の遺伝的改良を考える時に重要なことは、前述の発育能力や増体能力とは根本的に異なり、観察値（枝肉成績）は屠畜しなければ得られない情報であるという点である。つまり、効率良く遺伝的改良を進めていくためには、発育能力や増体能力とは別の改良手法をとらなければならないことを示しているのである。

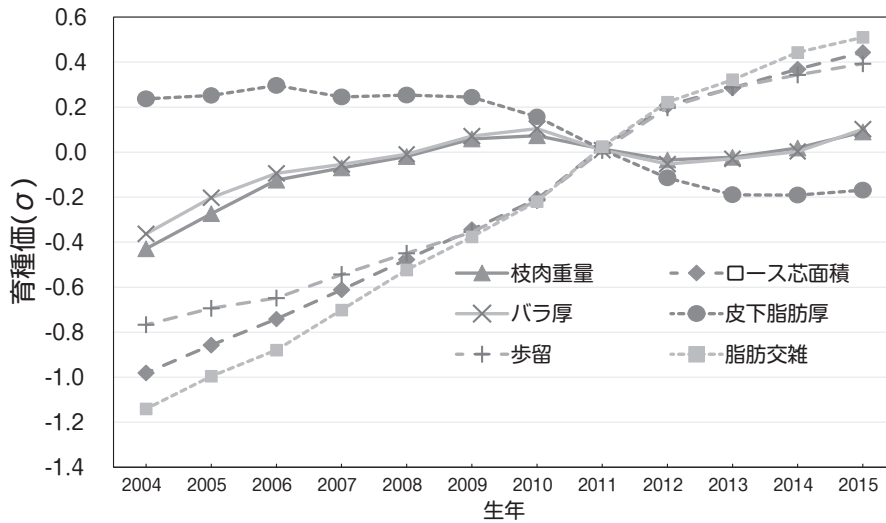
当初は、外貌から肉質を予測できないかと同様な調査研究がなされ、資質の良いものが肉質も良いという考え方があったが、実際にはあまり強い相関関係は見られず、外貌審査による選抜だけでは思い通りの結果が得られなかった。なお、種雄牛については、産肉能力検定法（1968年施行）のうち間接検定法という後代検定の手法がとられていた。種雄牛の後代の枝肉成績を調査し、その後代の成績に基づき種雄牛の遺伝的能力を推定して、種雄牛の選抜を図ろうというものであった。確かに、間接検定法において優秀な種雄牛が選抜されたことは間違いがないが、間接検定法における課題は、母牛の能力について考慮されていない点であった。したがって、間接検定法では成績が良かったにも拘わらず、実際の現場の成績は悪かった、あるいはその逆の結果が出ることもあり、限られた半きょうだい平均による選抜は、正確度の点において十分なものではなかった。さらに、間接検定法で好成績を残す種雄牛造成というものは、父牛側に注目してきた結果、半分の影響力を持つ母牛（種雄牛造成用雌牛）の選抜が産肉能力

に関して強い選抜になっていないこともあって、選抜強度は不十分で、高能力を持つ種雄牛造成の確率もあまり高くなかった。その課題を解消するため、次に考えられた手法は、後代の枝肉成績に注目して種雄牛造成用の母牛を選抜することであった。ただし、ここでも本牛の記録ではなく、少数の後代の記録であり、結果としては遺伝的能力の高い雌牛を効率良く選抜していくには及ばなかった。

しかしながら、アニマルモデルBLUP法による育種価評価の導入により、和牛の産肉能力改良は飛躍的に進むこととなった。アニマルモデルBLUP法による育種価評価は、集められたすべての後代の枝肉成績、肥育情報そして肥育牛から遡れる血統情報を利用し、種雄牛も雌牛も同時にかつ正確に、遺伝的能力が評価されるという非常に効率良いシステムであった。このアニマルモデルBLUP法は世界中の家畜育種に応用され急速に広まっていったが、和牛においては世界の中でもいち早くこの新たな手法を取り入れることに成功したのである。これは、和牛には、登録事業上蓄積されてきた全血統データをフルに利用できるメリットがあったことと、将来を見据え育種価評価体制（情報収集体制）の準備を進めてきたためである。当時、和牛は、国際競争時代を迎え、海外からの輸入牛肉に置き換えられてしまうのではないかという危機感もあり、非常に厳しい時代であったが、この手法のお陰で、急速に産肉能力の遺伝的改良が進められ、和牛が世界でも認められる肉用種として一気に駆け上っていく1つの要因となった。

現在、産肉能力に関わる育種価評価については、45道府県52地域に及び、評価に用いられた肥育牛頭数は約581万頭、育種価評価された種雄牛は延べ約8万頭、繁殖雌牛は約

(図6) 供用中雌牛育種価の年次推移



(表4) 全共を通じての枝肉成績の推移

全共	第6回 大分	第7回 岩手	第8回 岐阜	第9回 鳥取	第10回 長崎	第11回 宮城	平成28年度 全国※
頭数	123	150	186	179	175	183	
月齢	23.7	23.5	23.4	23.4	23.5	23.6	29.1
枝肉重量(kg)	429.0	418.6	412.6	434.3	446.4	482.5	492.7
コース芯面積(cm <sup>2</sup> )	47.6	51.5	51.7	54.0	58.3	66.4	61.2
バラ厚(cm)	6.8	7.5	7.1	7.4	7.6	8.7	8.0
皮下脂肪厚(cm)	2.8	2.2	2.3	2.2	2.4	2.3	2.5
歩留(%)	72.3	73.9	73.6	73.9	74.3	75.8	74.3
脂肪交雑(BMSNo)	6.1	7.1	6.3	6.6	6.6	8.3	6.9
MUFA(%)				57.1	57.6	54.4	

※平成28年度日本食肉格付協会 黒毛和種去勢牛の平均

510万頭、そのうち地域内供用中雌牛は約30万頭とされており、育種価判明率については52.9%となっており、期待育種価まで含めると約8割の和牛が同一基準で評価された選抜指標を持っていることとなり、これらを活用することによって、正確度と選抜強度が高まり、雌牛集団の産肉能力の遺伝的改良については図6のとおり急速に進んだ。同時に、年次毎の格付成績は毎年成績が向上し、まさに遺伝的改良の成果と飼養管理技術の向上の成果である。

また、これまでの全国和牛能力共進会（以下「全共」という。）の結果で見る枝肉成績(表4)についても結果が向上してきていることがわかる。全共肉牛の部では、1966年開催の

第1回全共以来、出品牛の出荷月齢は24ヵ月齢未満と設定されており、和牛の潜在的な産肉能力がどこまで備わっているかを見極めていく意味があって設定されているものであるが、2017年開催の第11回宮城全共の結果には著しい産肉能力の改良成果が見られ、ほとんどの形質において、同時期の去勢肥育牛の一般出荷である約29ヵ月齢の平均枝肉成績を上回るレベルを実現したのである。一方で、実際の現場では、経済価値のことを考えると29ヵ月齢以上までは肥育しなければならないという意見も根強い。では29ヵ月齢以上の肥育牛と比較して何が足りないのだろうか。1つには、MUFA（一価不飽和脂肪酸）や水分含量の差が影響しているのではないかと



考えられる。MUFA割合が高いものは、融点が低く、脂肪の口溶けがよく、風味も良いとされるが、一般的に若い月齢の枝肉は、脂肪の質がやや白っぽく固めであると言われる。また、肉の締まりが良いものは、保水性が良く、多汁性に富むとされるが、一般的に若い月齢の枝肉は、ドリップが多く、水分含量が多いとも言われる。それでは、これらを実際に測定してみて、比較していくことから始めたいということで、光学測定機器を用いたMUFAや牛肉の一般成分の測定を狙いとし、JRA畜産振興事業を活用してそれぞれの検量線を作成し、現在では、枝肉市場において非破壊かつ迅速に、そして多くの測定値が得られる体制を整えることができたところである。

まだその他にも29ヵ月齢以上の枝肉との差は考えられるが、こういった課題を1つ1つ可能な限り数値化し、一般出荷牛と比較して遜色ないレベルにまで到達できることを示すことができれば、肉量・肉質レベルを落とさず、肥育期間の短縮、ひいては効率的な牛肉生産が可能となると考えている。今後もさらに追究していくことが重要である。

## 5. 飼料利用率 (2010年頃~)

飼料利用率については、和牛改良が始まった当初は、栄養価の低い飼料でも十分に食い込み、発育、増体し、繁殖にも供する能力があるという意味合いが強かった。また、飼料要求量（1kg当たりの増体に要する飼料摂取量）という考え方もあったが、その数字によって選抜をしていく程度のものでもなかった。

また、和牛産肉能力検定法が導入された当時は、わが国の飼料基盤を考慮し、飼料利用

性が重視されたが、残念ながら今日では忘れられているようである。しかしながら、今後の世界の食料生産を考えれば、極めて重要な経済形質として重視すべき能力である。現在は、飼料利用率を表す能力の指標として、余剰飼料摂取量(RFI)を示している。RFIとは、飼料利用率の効率を表す1つの指標で、一定の増体を保ったなかでの飼料効率に関する能力を表すものである。現在、直接検定牛についてはRFIの育種価評価を実施しており、改めて種雄牛選抜の重要な指標として活用しなければならない。また、飼料利用率の改良を進めていく上では、その観察値が重要となってくるが、現在、和牛における飼料利用率に関するデータは、かなり限られたデータしかなく、種雄牛の直接検定法で得られた成績か、あるいは現場後代検定法等において独自に収集されている肥育牛の飼料摂取量のデータしかないのが実態である。飼料利用率の能力情報収集の場の確保も極めて重要である。

また、直接検定法において算出されるRFIの育種価評価を実施しているものの、産肉能力などと比較すると、まだまだ記録を持つ個体が少ないこともあり、選抜指標としての利用は今後の課題とされている。したがって、現在、JRA畜産振興事業を活用して、飼料利用率（RFI等）に係るゲノム情報を活用した評価法の検討および改良に資する調査を行っているところである。直接検定法におけるRFIの種雄牛育種価が、実際その後代の肥育時における飼料利用率にどの程度影響を及ぼすのか等、当該事業を活用しながら、データ収集と検証作業を進めているところである。

## 6. これからの和牛改良

和牛の経済形質である、種牛能力、発育能

力と増体能力、産肉能力、飼料利用性においてそれぞれの改良の経過を見てきたが、発育能力や増体能力、産肉能力の改良が進み、一定レベルまでそれぞれの能力が到達したことを考えると、これからの和牛改良において重要になってくるのは、種牛能力や飼料利用性などの生産性に関わる能力である。さらには、産肉能力の中でも、脂肪の量（脂肪交雑）ではなく、脂肪の質（MUFA）に関する遺伝的改良である。とくに、産肉能力については、MUFAも含めた食味性等に係わる形質の改良にシフトしていく必要がある。そのため、和牛はこれらの改良の方向性に向かって進んでいくべきであり、また、これらの改良の成果を実証展示する場として、2022年に第12回鹿児島全共を開催する。「和牛新時代 地域かがやく和牛力」という改良上の目標を第12回鹿児島全共の開催テーマに掲げ、平素の改良事業に取り組んだ成果として、生産者はもちろんのこと、一般消費者まで含め、広く国民の皆さんにも、このような新たな和牛の価値観について情報発信しつつ、新たな和牛の価値観構築につなげていきたいと考えている。これまでの全共においても、改良成果の実証展示に向けて、JRA畜産振興事業の助成をいただいていたところであり、また、これらの新たな和牛の価値観の構築作業を始めて行く段階においても、JRA畜産振興事業の支援をいただいております、これら含めて、改めてこの場をお借りして感謝申し上げます。

さて、今後の課題としては、まだ残されているものも多数ある。例えば、MUFAを和牛改良目標としていくためには、MUFAのデータ収集体制と育種価評価体制を効率的に構築していくことが急がれる。現在の枝肉格付規格の中に盛り込まれれば、偏りなく格付成績とともにデータ収集が可能となるが、現

段階では各道府県単位かつ枝肉市場単位でデータ収集に取り組まれているところである。そして、このデータ収集体制から育種価評価体制の構築に結びつけ、種牛の選抜にまでその利用を推進していきたいと考えている。和牛の脂肪の質は、他の枝肉形質と同じように中程度の遺伝率が推定されており、遺伝的改良が可能な形質であることがわかっている。現在、脂肪の質については、27道府県で育種価評価が実施されており、肥育牛延べ頭数303,174頭から育種価評価された種雄牛は延べ16,334頭、県内供用中雌牛は83,262頭となっており、推定育種価判明率は15.6%である。第12回鹿児島全共では、第7区脂肪の質評価群という新たな区を設定しており、この区への出品取り組みを足掛かりとして、各県における脂肪の質育種価評価体制の整備と、これからの一層の改良推進を図っていただきたいと考えている。

次の課題は、牛肉の一般成分（水分、粗タンパク質、粗脂肪）の測定とその応用である。まずは、牛肉の栄養に係わる基礎的情報を把握していくことから始めたい。牛肉の一般成分については、JRA畜産振興事業により収集した枝肉582サンプル（6-7肋骨間のリブローズ約1cm程度）について、独立行政法人家畜改良センターにおいて理化学分析を実施していただいた。そのうち、BMSNo.6以上の一般成分を表5に示した。牛肉の一般成分におけるバランスは、食味性にも強く影響を与えるものである。とくに、粗タンパク質と粗脂肪含量のバランスは重要な基礎的情報であろう。表5によると、BMSNo.10以上になると粗脂肪含量は平均的に50%以上となっているが、一方で粗タンパク質は10%程度まで減少していることがわかっている。粗脂肪含量の多さは、まさに脂肪交雑改良の成果で

(表5) BMSNo.別ロース芯断面における牛肉一般成分の平均値 (n=582)

BMSNo.	6	7	8	9	10	11	12
水分(%)	42.6	41.3	39.3	38.4	36.9	35.7	32.3
粗タンパク質(%)	13.8	13.3	12.5	12.3	11.2	11.1	9.8
粗脂肪(%)	43.0	44.8	47.8	48.7	51.3	52.9	57.5

もあるが、その反面、ロース芯内の粗脂肪含量の増加は粗タンパク質の減少を意味し、うま味成分と関連があるアミノ酸（グルタミン酸）や核酸物質（イノシン酸）などは減少する傾向を示している。従来から粗脂肪含量が30～40%程度の牛肉（粗タンパク質では13～16%程度と推定）で、うま味が最も強く表れている傾向があるとも報告されており、過度の粗脂肪含量の増加は食味性への悪影響が懸念される。したがって、今後、和牛の食味性の改良を進めていくにあたっては、脂肪の質のみならず牛肉の一般成分についても配慮しておくことが必要である。

さらに、一般成分の利用においては、新しい形での利用の可能性もある。つまり、同じBMSNo.（目視による評価）でも粗脂肪含量（光学測定値）には幅があり、これを交雑脂肪の形状との関連で見ると、同じBMSNo.の中では、粗脂肪含量が少ない方が小ザシになる傾向が見られる。これは、ロース芯表面の見た目の交雑脂肪の形状というよりも、ロース芯内の粗脂肪含量から判断する交雑脂肪の程度を反映する新たな肉質評価の視点となり、食品としての評価上重要となろう。

脂肪の質（MUFA）や一般成分（水分、粗タンパク質、粗脂肪）の測定値の他にも、呈味成分と言われるアミノ酸や核酸物質、グリコーゲンやグルコースなどの測定とデータ収集にも関心が高まっている。今後は、今の和牛の肉量、肉質レベルを一定レベル以上に保ちながら、幅広く食味性に関する知見を集積し、和牛の特色を再認識していく流れをつ

くっていくことが必要である。多様な消費者ニーズに応えていくためにも、改めて和牛肉の多様な価値観を再認識することが重要である。現行の枝肉形質は、ゲノミック評価に頼らずとも、1990年代に入って構築されてきた効率的な種牛の評価法や選抜交配法が十分に機能していると考えられるべきであり、今後は、新たな和牛の価値観にかかわる形質の数値化に必要な手法や選抜交配手法などに改良努力をシフトしていくことが求められている。

また、飼料利用性については、現在、JRA畜産振興事業を活用し、RFIの遺伝的能力評価についてDNA情報を活用した評価精度の向上を図り、選抜指標としての活用を検討している。また、直接検定法を終了した個体について、飼料利用性にかかわるゲノム解析等を行うとともに、後代肥育牛における飼料の利用性との遺伝的関連性について検証作業を進めているところである。

最後に、産肉能力の遺伝的改良が進んできた一方で、産肉能力優秀な特定系統の種雄牛に供用が偏り、集団の有効な大きさの減少が喫緊の課題として挙げられている。今、地域の特色ある牛づくりを取り戻すことが大事であり、JRA畜産振興事業を活用し、黒毛和種牛審査標準による種畜選抜を受けた繁殖雌牛についてゲノム構造分析を行うとともに、特定のゲノム構造を有するグループ毎に生涯生産性に関連する形質の調査を行い、遺伝的多様性を維持しながら、生涯生産性に優れた個体を選抜することとしている。つまり、今後は、和牛集団全体としての遺伝的多様性に

配慮しながら、和牛が潜在的に備えている多様な能力を考慮した形で遺伝的改良を効率的かつ効果的に進めていかなければならない時代となっている。一方で、昨今では個々の個体についても産肉能力（枝肉6形質）のゲノミック評価がもはやされており、利用方法を誤れば遺伝的多様性の減少や近交係数の上昇等をより加速させてしまうのではないかと危惧される。

さらに、ゲノミック評価において注意しなければならない点は、正確度に関する情報である。つまり、その評価モデルの中において正確度が高いように見えても、ゲノミック評価に係わる情報（用いられたデータや分析モデル等）が未確認の状態では、比較すべき基準があいまいであると言わざるを得ず、その場合のゲノミック評価は半ばブラックボックスから算出された単なる数値でしかなく、結果として改良上の効果は極めて薄いと考えられる。したがって、ゲノミック評価においては、改良対象形質をよく精査し、まずは同じデータや同じ分析モデルを用いた中で、得られた評価値の特徴をよく確認しながら、検証作業を進めていくことが肝要である。

また、育種改良の原則は、いつの時代でも投資に見合う改良量が得られるかどうかことが重要であり、例えば、産肉能力（枝肉6形質）については、既に、関係者の長い年月の改良努力のお陰で、極めて少ない投資で大きな改良を達成してきたことは前述したとおりである。したがって、産肉能力（枝肉6形質）のゲノミック評価において、投資に見合う成果を得ようとする時、そのコストを無視することは改良の基本原則に合わないと考えられる。和牛集団全体の現状の改良レベルを考えて、ゲノミック評価の信頼性や実用性をよく吟味し、改良が遅れている形質や改良が急が

れるが測定値が得にくい形質等に対しての効果的な利用を検討していくべきであり、わが国の食料生産を担う和牛にとって必要な形質は何かを真摯に見直し、今一度、改良目標との整合性を精査することが必要な時期になっているのではないであろうか。遺伝的多様性にも配慮した改良目標の設定と、その目標達成に向けたゲノミック評価の応用が肝要である。