

昭和30年代以降の肉用牛生産技術の進歩

講師 松 川 正 氏

(元畜産試験場長)

[平成26年9月26日開催]

はじめに

- 1 肉牛生産の現状
- 2 人工授精の普及
- 3 改良方法の変遷と課題
- 4 受精卵移植と体外受精
- 5 肥育方法の進展
- 6 繁殖牛の飼育方法
- 7 飼養基準と飼料成分表

質疑応答

参考資料

解 題

大 賀 圭 治

日本農業研究所平成26年度の第3回講演会は平成26年9月26日(金)に「昭和30年代以降の肉用牛生産技術の進歩」と題して松川正氏が講演された。

松川正氏は、1961年大学卒業後ただちに農林省に入り、主として肉用牛の育種、改良分野の研究に従事された。この間、農林水産技術会議の主席調査官および研究開発官や農業研究センター総合研究官を勤められ、畜産試験場長を最後に1997年7月に農林水産省を退職されました。現在は当日本農業研究所の評議員としてご指導いただいている。

松川正氏の報告は、昭和30年代以降の現在までのわが国畜産の激動期における和牛生産技術の進歩の過程について、肉用牛の育種・改良研究の第一人者であるとともに、研究管理者として50年以上の長きに当たって畜産研究の指導に当たられてきた経験を踏まえてお話しされている。

1960年代以降わが国は経済の高度成長期に入り、国民所得の増加により食生活の洋風化が進み、牛肉を含め畜産物の需要が急増した。しかし、和牛の役牛から肉用牛への転換にもかかわらず牛肉供給が追いつかず、牛肉価格が高騰した。1970年代には乳用雄牛の肉用肥育が盛んになったが、なお、需要に追いつかず、牛肉輸入自由化の論議が盛んとなった。1980年代には度重なる日米交渉で牛肉の輸入枠が大幅に拡大し、1991年には遂に牛肉輸入は割当制度が撤廃され、「関税化」されている。そして、現在もTPP交渉においてアメリカから牛肉輸入関税の大幅な引き下げを迫られている。

ご講演ではまず、肉牛生産の現状について、牛肉の自給率が現状で約4割うち和牛肉が半分弱つまり、和牛肉の牛肉供給に占める割合は2割を切っていること、和牛の中で黒毛和種の比率が上昇し、2010年には96%と圧倒的な割合を占めていることを確認している。

つぎに人工授精について、戦後の牛の生産で一番大きな技術革新は人工授精であると述べられている。日本における人工授精研究はすでに1908年に始まり、戦中の人工膺の開発、戦後の牛の精液の凍結保存、錠剤化精液などから最近ではDNAによる精分別した精液の販売などの技術進歩について述べられている。ここで人工授精技術の進歩では、器具・装置の試作・開発に民間会社が大きな貢

献をしていることを忘れてはならないと述べている。

改良方法の変遷と課題については、昭和30年代くらいまで血統と外貌審査が重要な選抜方法であった。発育速度や肉質などの形質の能力評価をするため、1965年に後代検定と直接検定の二つが始まったが、和牛が役牛から肉用牛への転換に対応するものと位置づけている。この後代検定は県試験場など公的な機関で行われステーション方式と呼ばれたが、収容能力の限界があり、民間肥育場でのデータに基づく広域後代検定が行われるようになった。データ解析手法の精緻化や遺伝的な伝達能力の数量的指標として育種価による能力の向上が図られていると述べている。

1990年代以降に遺伝的疾患のキャリア(保因牛)の診断法が開発され、これが和牛の世界でDNA研究の成果の最大の貢献と述べられている。和牛では優秀な少数の種雄牛に集中するため、近親交配が起りやすいことが遺伝的疾患の多くなることの基本的な要因となっていると指摘している。

1970年代から1990年代にかけて未来の畜産技術として華々しく登場した受精卵移植と体外受精について、産子数は2000年に2万3千頭に達してからは停滞しており、期待したほどではないことを示唆されている。

肥育方法については、新しい肉用牛の肥育方式として昭和30年代には、去勢牛の若齢肥育が注目されたが、そのほかにも理想肥育、壮齢肥育、普通肥育などいろいろな肥育パターンがあったことに触れられている。これは和牛の役牛から肉用牛への転換期において、市場における和牛肉の評価がどのような肥育を求めているのか定かでなかった時代を反映しているようにと思われる。現在では規模が大きな肥育農場の技術の開発能力は県や国の試験場の上をいっている場合があると述べられ、今後の肥育技術開発における、公立機関と民間肥育農場との役割分担と協力を考えるべきことを示唆されている。また、枝肉重量について、和牛と、交雑種、その他(乳用種)、輸入肉の比較から、結婚披露宴でのステーキ肉の紹介にも触れながら、今後の和牛の生産技術開発にとってもつ意味合いを考えるヒントを示唆されているように思われる。

さらに、繁殖雌牛の飼育方法について粗飼料と濃厚飼料のバランスなど適正栄養給与について述べられ、最後に、飼養基準と飼料成分表の作成が地味ではあるが極めて重要な技術開発の成果となっていることが強調されている。

はじめに

司会（田家）ただいまから、平成26年度第3回の日本農業研究所の講演会を開催したいと思います。

本日は、「昭和30年代以降の肉用牛生産技術の進歩」という題名のもと、元畜産試験場長の松川先生にご講演をお願いすることにいたしております。

ご案内のとおり、日本農業研究所の講演会はおおむね3回行っておりまして、第1回は農業生産者の方、そして、地域資源の管理・マネジメントのリーダーの方に加えまして、生産技術研究の分野についてということで3回行っております。

生産技術研究の分野につきましては、きょういらっしゃっている西尾先生を皮切りに一昨年お願いしまして、去年は、藤巻先生に、水稻の品種改良について行っていただきました。

きょうは、そのシリーズの第3弾として、畜産分野の技術研究の進展について、ご講演をいただくわけでございます。

松川先生は、昭和36年に農林省に入省されまして、中国農試あるいは畜産試験場、技術会議を経て、平成6年に畜産試験場長になりまして、9年に退官されまして、その後、畜産技術協会の動物遺伝研究所長として、肉用牛の品種改良あるいは品種の鑑別の研究を一貫して指導されております。

きょう、1時間程度お話をいただきまして、その後、質疑ということにさせていただきますたいと思います。

質疑に当たりましては、今回のご講演につきましては、解題を当研究所の大賀研究員をお願いすることにいたしておりますので、慣例によりまして、質疑の冒頭、大賀研究員に質問をしていただきまして、その後、会場の皆様からお願いするというようにいたしたいと思っております。

なお、講演会の内容につきましては、私どもが毎年発行いたしております「農業研究」の別冊といたしまして、講演の内容、質疑の内容を印刷し、全国の研究機関や大学に配付するというようにいたしております。

長くなりましたが、では、松川先生、よろしくお願ひいたします。

松川 きょうは、「昭和30年代以降の肉用牛生産技術の進歩」という題にいたしました。但实际上に肉用牛の生産技術の研究がいろいろ行われて、技術開発が行われたのは大部分が昭和30年代以降ですので、30年代以降は、実質、戦後の、といっても間違いのないと思っております。

あらゆる技術分野を網羅するだけの力がありませんので、私は、自分が関心があったところだけ、トピックス的に話を進めていきたいと思っております。

1. 肉牛生産の現状

(1) 牛肉の自給率の推移と和牛肉が占める割合—スライド(1)

牛肉の需要供給の関係です。1960年ごろは96%ぐらい自給率があったのですが、1995年以降、40%前後で推移しています。

1960年、70年に九十何%自給率があったのは、決して国内生産量が多かったわけではありません。生産量でいえば、今のほうが、1960年、70年ごろの3倍ぐらい多く生産しています。要するに、当時の日本人は牛肉を食べられなかったというのがこの自給率の高さです。

最近の国内生産の牛肉はどこから来るかということですが、和牛が40%から45%ぐらい。それから、乳用種の比率が高いです。交雑種というのがありますが、交雑種は、ホルスタインに黒毛和種を交配したもので、生まれた子牛の価格はホルスタインより若干高いし、また、黒毛和種はホルスタインより小さいものですから、お産が軽くなるということもあり、今では、ホルスタインの30%ぐらいに黒毛和種が交配されております。交雑種もホルスタイン由来ですので、ホルスタインが国内産牛肉の60%を供給しているといえます。

しかし、私は、黒毛和種と日本短角種ぐらいしか研究対象にしたことがありませんので、きょうは、黒毛和種に限ってお話を進めてまいります。お許してください。

(2) 和牛4品種雌牛の頭数比率—スライド(2)

和牛は4品種と一口にいいますが、1960年ごろは、4品種といっても、無角和種を除く3品種ぐらいが重みがあったのですが、それがだんだん黒毛和種一人の天下になりまして、2010年で95.6%は黒毛和種。今ですと、多分、97%ぐ

らいが黒毛和種になっていると思います。

日本短角種は随分応援団の多い牛で、特に畜産の外の方々の応援が多い品種なのですが、今では、雌の頭数で4,000頭ぐらい。品種として維持するのはかなり厳しい状況です。

下にあるのは黒毛和種と褐毛（あかげ）和種と日本短角種の写真。褐毛（かつもう）和種と畜産の先生でも読む方がいますが、正しくは褐毛（あかげ）和種です。

(3) 役肉用牛から肉用牛へ—スライド(3)

和牛はずっと役牛として飼われてきました。牛が日本へ来て、実際に活躍し始めたのは6世紀といわれております。朝鮮半島の百済から来たのが大部分です。

初めて牛馬の全国統計が行われたのは1877年（明治10年）です。牛は約107万頭であったといいますが、これからは着実に増えております。1956年の270万頭をピークに、そこまでは増えています。

食糧難であった1945年、50年も増えています。ちなみに、現在は1千万頭近くいる豚は、1945年には21万頭、1947年には10万頭だったそうです。牛が戦時中にもふえたのは、1つには、農村から労働力がどんどん兵隊にとられたのが大きかったと思いますし、また、化学工場なども火薬を作るのに必死で肥料などはつくってくれなかったということもあったと思います。

戦後になって、動力耕運機は普及するわ、化学肥料はどんどん供給されるわということになると、牛の役割は小さくなって、急速に数が減って行きました。

こういう情勢を受けて、1962年に家畜改良増殖審議会は、これからは肉用牛として行きなさいということで、名称も役肉用牛から肉用牛になっております。

2. 人工授精の普及

(1) 人工授精—スライド(5)

人工授精の話に移ります。私は、戦後の牛の生産で一番大きな技術革新は人工授精だったと思っています。

左側の図は、和牛あるいは肉用牛で、人工授精がどういうペースで普及した

かを示しています。1947年に10%以下だった人工授精の普及率は、それから10年も経たないうちに74%になりました。1980年ごろには95%にまで普及していますから、この技術がいかに歓迎されたかを示しています。

右側の図は凍結精液の普及率ですが、1965年には1%にも満たなかったものが、1981年、15年も経って行くと、ほぼ100%ととってもいい状況になっております。凍結精液はいかに価値のある技術であったかを示していると思います。

(2) 人工受精技術の進歩(1)—スライド(6)

人工授精技術の進歩です。1908年、日本で家畜人工授精研究が始まったとされています。当時、お医者さんで、ドイツに留学していた石川日出鶴丸さんという方が、革命前のロシアで馬の人工授精に成功したというニュースを聞きつけて、石川先生は医学研究をほっぽらかしてロシアへ行って、そこで馬の人工授精のやり方を勉強して帰って、日本で周辺の人に伝えました。当時は重要なのは牛ではなくて、馬でした。軍馬です。当時軍馬の改良は重要なことであって、人工授精も重要な技術と見られたと思います。

1928年に農林省畜産試験場で牛の人工授精研究が始まっています。

1941年に、柘田精一さんという方が牛用の人工膣を開発しています。それまでは、精液の研究をするのには、膣の中に射精された精液を回収して、それを研究材料にしていたのですが、膣粘液などによって精液が汚染されるので、実験材料としてはうまくなかったのです。人工膣が開発されて、ほとんど汚染されない精液が回収できたことで、これは研究に大きな進歩をもたらしたと思います。

同じく、柘田さんは授精時期と受胎率の関係を明らかにしています。発情のいつごろ授精すれば受胎率が一番良いのか。発情の末期ごろに授精するのが一番良いということになっております。

括弧内にポルジ&ローソンというのが書いてありますが、1952年、コペンハーゲンで世界繁殖学会があったときに、畜産試験場にいた西川義正先生がそこに出席していて、そこで、牛の凍結保存精液で受胎に成功したという発表があったそうです。西川先生はすぐに、精液を凍結させて使うことの重要性に気がつきました。1952年ですから、サンフランシスコ講和条約が発効した年で、まだイギリスの対日感情が物すごく厳しいときだったと思います。イギリスが世

界に誇ったプリンス・オブ・ウェールズが日本海軍に沈められてから10年ぐら
いしか経っていないころでしたから、憎き日本であったはずなのですが、学会
の帰りがけにイギリスへ行って、ポルジに凍結精液のやり方を教わったという
ことです。

西川先生ですが、馬事研究所からスタートして、戦後は畜産試験場に移り、
それから京都大学へ行って、さらに帯広畜産大学の学長をしておられます。戦
後の日本の人工授精技術の開発をずっとリードしてきた先生です。帯広畜産大
学の学長のとき、学長を2期されておりますが、学内の研究環境の整備に大変
努力されて、助教授や助手クラスの支持は絶大であったと聞いております。帯
広畜産大学を辞めてからは、郷里の女子短大の学長などもされておりました。

(3) 人工受精技術の進歩(1)—スライド(7)

1962年に、永瀬弘さんと丹羽太左衛門さんが精液の錠剤化凍結法に成功して
おります。どういうことをするのかというと、実は私も見たことはないのです
が、ドライアイスの上に、希釈液でちょっと薄めた精液を注射針でポトポト
ッと落とすのだそうです。そうすると瞬間的に錠剤状で凍ってしまう。それは
保存がきくということでした。

ただ、この錠剤化精液は、この精液はどの種雄牛の精液か、識別が困難であ
ったということで、日本では錠剤化精液はほとんど使われなかったですが、ラ
テン・アメリカ諸国や開発途上国など、液体窒素の生産が困難であったところ
では結構使われたと聞いております。

この錠剤化精液には大きな功績がありまして、1つは、精液を凍結するとき
には、時間をかけて、ゆっくり凍らせなければならないというのがこのときま
での常識であったそうですが、瞬間的に凍らせて、これを解かしてみたら精子
には十分な活力があったため、瞬間的に凍らせても大丈夫だということがわか
って、今は急速凍結法になっています。

もう一つは、簡単に凍結精液ができるものですから、凍結する際の希釈液な
どの研究に際して、この希釈液を使って凍結してみたら、融解後の精子の活力
はどうであったというのを研究するのに、良い材料を提供したと聞いておりま
す。なお、丹羽太左衛門さんは牛より豚の改良や繁殖の研究で多くの業績のあ
る方です。

年次が飛びますが、2007年に、家畜改良事業団が性分別した精液を販売するところまでいっております。X精子はY精子より4%ぐらいDNAが多いことに基づいて、フロー・サイト・メーターで分別する。アメリカ農務省の特許です。現在、分別精度90%くらいのを販売していますが、分別しない精液より受胎率がやや落ちるようです。

人工授精技術の進歩で忘れてならないことは、器具・装置の試作・開発に民間会社が大きな貢献をしていることです。

例えば、ここに例に挙げました富士平工業です。この社長さんは、畜産技術の発展に寄与したということで藍綬褒章を受けておりますし、農林水産技術情報協会理事長賞をこの会社の社長が1回、また、会社のどなたかも1回、計2回受けています。いずれも人工授精関係の技術です。

3. 改良方法の変遷と課題

(1) 産肉能力検定の開始—スライド(8)

人工授精から話は変わります。人工授精が普及することは、種雄牛1頭当たりの子牛数が多くなるということで、種雄牛が改良の担い手として重要になってきます。

昭和30年代ぐらいまで、和牛は血統と外貌審査——私達は体型審査といっておりましたが、これが重要な選抜指標でしたが、肉牛となると、発育速度や肉質などの形質の能力評価は、血統や外貌審査だけでは無理であるということで、1965年に後代検定と直接検定の2つが始まっております。

後代検定は、1962年ごろから、和牛はこれから肉用牛として行きなさいということになった年ですが、どういう飼育法で検定していけば良いかという研究が行われて、その結果に基づいて実施されたのが1965年ということです。

(2) 和牛の産肉能力検定—スライド(9)

産肉能力検定のうちの一つの後代検定ですが、種雄牛の候補である雄牛からの去勢された息子6頭を県試験場など公的な機関（ステーション）で肥育します。そこで、発育速度、肉量や肉質——肉質といっても、ほとんど脂肪交雑ですが、それを評価します。

直接法は、種雄牛の候補をステーションで一定期間、約4ヵ月飼育して、そこで発育速度や飼料効率などを調べます。

牛は行儀良く食べてくれないものですから、実際には飼料効率は評価しにくい形質ですが、まずは発育速度ということで、このころでもまだ体型は重要視されていましたので、それも評価して直接法で選抜された雄牛何頭かが後代検定を受けるということで、2段階の評価で種雄牛として選抜されます。

近年では、後代検定を受けて、実際に精液が広く使われてから、今度は子牛の肥育成績をみて、この種雄牛の子の肥育成績は良いという評価が出てきます。そうすると、その種雄牛の精液はたくさん使われますので、和牛の種雄牛の選抜には、実際には3段階の選抜が働いているといっても良いかと思っています。能力検定としては2段階ですが、実際には3段階の選抜が行われているといっても良いでしょう。

(3) ステーション方式後代検定の限界—スライド(10)

ステーション方式で後代検定をするのは、スタートのときから、これはなかなか厳しいということがありました。乳牛も同じ問題を抱えておりましたが、ステーションの収容能力は、スペースの面でも、お金の面でも制約がありまして、検定にかけられる種雄牛候補を増やせない。そのため、選抜強度を強くすることが困難でした。言い遅れましたが、このころの能力検定は、ほとんど県単位で行っていました。

2番目の問題は、息牛数が不十分なこと。不十分ですから、後代検定の正確度も低くならざるを得ない。6頭では少ない。その後、8頭にしたいと思います。それでも頭数としては不十分でした。

また、検定のための飼育期間が民間の肥育期間より短かったものですから、肉質の見極めが不十分であったということもありました。

もう一つの問題。去年行われた後代検定成績と、今年行われた後代検定成績と、一体どっちの牛のほうが良いのか、年次にまたがる比較が困難でした。

ステーション方式の後代検定は、改良には十分な効果を発揮できなかったといえましょう。

(4) 民間肥育場でのデータに基づく後代検定—スライド(11)

そうこうしているうちに、民間の肥育場の肥育の規模が大きくなって行くと

ころが出てきましたし、もう一つは、後で述べるBLUPというデータ解析方法も出てきたものですから、後代検定はステーションでやらなくても良いということで、1990年代の後半から現場後代検定に徐々に移行していきました。これは次のように行われました。

種雄候補牛の子牛、雄と雌を合わせて15頭以上を民間肥育場に預けて、ほかの肥育牛と同じように扱ってもらって、餌のデータはとれませんが、屠畜以降のデータはきちんと集めて解析します。和牛の場合は枝肉になるまで個体識別ができますので、屠畜データに基づいて、いろいろな解析ができます。

1999年からは、家畜改良センターが主催する形で、広域後代検定を行っています。これには、現在は、19の道県が参加して、評価は県単位ではなく統一基準で行っております。後代検定を受ける種雄牛候補は、それぞれの参加県のもので、検定の結果に基づいて選抜するか淘汰するかは参加道県の判断に委されます。

解析手法は、BLUP法による育種価で表示するようにしております。なお、広域後代検定に参加せずに、独自に後代検定を実施している県が3県あり、家畜改良事業団も独自に検定を行っています。

(5) 広域後代検定のしくみ—スライド(12)

広域後代検定の仕組みの図で、家畜改良センターが作った図を借りたものです。広域後代検定には、先ほどいいましたように、19の道県が参加しています。そして、A県もB県も、種雄牛の候補になる雄牛からの子牛を民間の肥育場に預けて肥育します。必要があればその県は何頭でも後代検定にかけられます。

A県、B県が全く独立していると、A県とB県の比較はできませんので、そこに、同期牛と称する子牛も入れて肥育します。同期牛とは同じ種雄牛の子牛のことでこれをA県、B県にも入れるのです。A県、B県だけではなくて、C県にも同じ種雄牛の子牛を入れても良い。D県にも入れても良い。この同期牛の親は1頭でなくても、何頭でも良いわけです。要するに、幾つかの県が全部同じ基準で比較できるようにばらまくわけです。そうしておいて肥育し、枝肉成績を調べる。データは参加道県のをすべて一緒に解析します。

(6) BLUP（最良線形不偏予測）法—スライド(13)

BLUP法は、今、ほとんど世界中の家畜育種の世界を席卷している方法で

すが、best linear unbiased predictionの略でして、アメリカのコーネル大学のヘンダーソン先生が1970年代に実用化しました。数学的には1960年代に既にできていたそうですが、コンピューターの力が伴わなくて、実際に使えるようになったのは1970年代です。

個体の表型値と血縁関係のデータを基に解析します。

日本では、和牛では京都大学の佐々木義之先生、乳牛では帯広畜産大学の光本孝次先生たちがBLUP法による研究を1980年代になって始めています。

個体の表型値は、遺伝的な能力プラス、どこで飼われたか、いつ生まれたか、生まれた年や季節、といったことが影響するので、そういうものを全部モデルの中に取り込んで、多元連立方程式を解くことによって、遺伝的能力を推定して行くわけです。

(7) 育種価—スライド(14)

育種価とは何かということです。畜産の方には常識ですが、育種価とは、子の平均能力が集団平均よりどれだけ上下するかの尺度で、遺伝的な伝達能力の数量的指標です。

乳牛を例にとるとわかりやすいのですが、ある種雄牛の娘牛の平均乳量は、そこら近辺の乳量の平均より1,000キロ優れていたとします。そうしますと、その父親である種雄牛の育種価は2,000キロとなります。それぞれの形質の育種価には単位がつきます。なぜ、1,000キロ優れていたのに、2,000キロが育種価というかといいますと、父親の遺伝子は減数分裂によって個々の娘牛には半分しか伝わっていないからです。あと半分は母親から来る。

全国和牛登録協会は1991年からBLUP法による育種価評価を開始して、現在ですと、種雄牛の全て、また、雌牛の半数は、枝肉形質については育種価評価値を持っています。乳牛では、和牛よりちょっと早く、1989年にBLUP法による育種価評価値を家畜改良事業団から公表しています。

(8) 育種価の推移から見る能力の向上—スライド(15)

この図は、今年の家畜改良増殖目標研究会の資料からですが、1985年から2000年の間に日齢枝肉重量と脂肪交雑スコアの平均育種価がどう推移しているかを示したものです。

日齢枝肉重量とは、枝肉重量を屠畜時の日齢で割ったものですから、これは

枝肉の発育速度を示す形質です。

日齢枝肉重量の平均育種価が一時下がっているのは、牛肉の輸入自由化という事態を迎えて、生産者たちは、発育速度よりは肉質、脂肪交雑が重要だということで、発育能力は劣るけれども、脂肪交雑がすぐれている種雄牛を広く使ったため、日齢枝肉重量が下がるという現象になったと考えられます。

(9) 集団の有効な大きさの推移—スライド(16)

人工授精が広く行われることは良い面ばかりではありません。集団の有効な大きさが小さくなっています。1960年ぐらいですと、育種単位、繁殖単位は大抵県単位で行われていたのですが、だんだん精液が全国流通するようになるにつれて、集団の有効な大きさが小さくなってきています。

現在、集団の有効な大きさは、20から40ぐらいであろうといわれておりますが、これは改良推進上、大きな問題ですので、和牛登録協会その他、和牛の育種の関係者はどうするか頭を悩ませておりまして、対策の1つは、和牛の集団の中に新たに系統を作って行って、それをローテーションしながら交配する、などが考えられているようです。系統再確立という言葉に登録協会では使っています。

(10) DNA研究の成果—スライド(17)

統計遺伝的な育種の話から飛んで、DNA研究ですが、1991年に豚で、1992年には和牛でゲノム解析研究が組織的に始まっております。

個体識別や親子鑑別は、従来の血液型——血液型といっても赤血球抗原型ですが、この血液型による方法よりはDNAを用いる方が作業が簡便になりました。

DNA研究の成果で、和牛の世界で一番貢献が大きかったのは、遺伝性疾患のキャリア（保因牛）診断が可能になったことだと思います。

個々の遺伝子を同定することによって、発育能力など量的なものを改良することはかなり難しいと思っております。また、SNP（一塩基多型）を用いたゲノミック評価法は、基本的な考え方は統計遺伝と極めて似ているのですが、和牛では今、必要なデータを整備をしているところです。乳牛では、後代検定にかける雄牛を選抜する補助的な情報として、ゲノミック評価法は既に使われていると聞いています。

(11) 家畜改良事業団がキャリア診断実施する遺伝性疾患—スライド(18)

今、家畜改良事業団が和牛についてキャリア診断をしている遺伝性疾患です。診断法を開発したのは全部1990年代以降となっています。

なぜ和牛で、こんなに遺伝性疾患が多いかということですが、和牛では、優秀な種雄牛が出てくると、生産者としては、その種雄牛の娘牛を自分のところの後継繁殖牛として残したい。また、優秀な種雄牛と血縁のものを次の世代の種雄牛として使う場合が多いものですから、どうしても近親交配が起りやすい。不幸にして、優秀な種雄牛が遺伝的不良形質のキャリアだったときには悲劇が起きるということです。昔々、ある県でそういうことが起きて、その系統はかなり淘汰されたという不幸なことがありましたが、幸いなことに、遺伝的不良形質、遺伝性疾患は今までは全部が全部単純劣性遺伝ですから、種雄牛だけキャリアであるかどうかを調べて、キャリアでないものだけを使えば、雌が幾らキャリアであっても、子牛には全く出てこないわけですから、今は、雄牛を能力検定にかけの前に検査をして、キャリアでないことを確かめた上で検定にかけています。そうすれば、雌の集団の中にキャリアがいても不良形質は表面化しないわけです。これは改良する上で随分効果があったと思っております。

4. 受精卵移植と体外受精

(1) 受精卵移植—スライド(19)

受精卵移植、次に体外受精のことをお話しますが、ここでも西川義正先生が出てきます。1952年西川義正先生が受精卵移植の研究を開始しました。開始したといっても、西川先生が自ら手を下してやるわけではなくて、ここに出てくる杉江さんあたりに「おまえ、やれ」といったということでしょう。

受精卵移植は、最初は、日本では人工妊娠といわれておりました。

1964年に杉江佶さんが非外科的な手法——子宮頸管迂回法や頸管バイパス法などといわれますが、これで子牛生産に成功したということで、世界中で、この分野の人たちの注目を浴びました。後年国際胚移植学会のパイオニア賞を受けておりますし、日本農学賞や紫綬褒章も受けております。

1979年には、相馬 正さんや高橋芳幸さんが子宮頸管経由法で子牛を得てお

ります。現在の移植方法はすべて子宮頸管経由法です。

1973年にウイルマット&ローソンが凍結保存した受精卵、胚で子牛を得ております。ウイルマットという人は、これから20年余り後に体細胞クローンのドリーの生産にもかかわります。

2002年には、北海道畜産試験場の蔭山聡一さんが、酪農学園大学、北大などと共同で、Y染色体特異的DNAを調べることによる受精卵の性判別キットを開発しています。このキット開発については、後年の畜産大賞の技術開発部門の賞を受けております。

(2) 受精卵生産過程の図—スライド(20-2)

受精卵の生産には2通りのコースがあります。1つは、まず過剰排卵措置をする。ホルモン投与をして、自然には1回の発情で1つしか排卵しないのを、たくさん排卵させて、そこに人工授精する。そして、受精卵を回収するのですが、体内から受精卵を回収するのは一番大変なところで、子宮を洗浄して、洗浄液を回収して、その洗浄液の中から受精卵を探すということで、これはある程度熟練しないとできない技術です。そして、胚盤胞にまで育ったものを移植します。

畜産試験場の花田章さんが開発した体外受精技術は、食肉処理場から卵巣を持ってきて、未成熟卵子を1つの卵巣から10ぐらい採取する。そして、体外で成熟培養する。この体外で成熟培養することは花田さん達の研究の一つの成果です。

卵子を成熟培養しておいて、片方では精液を洗浄して、その精子で体外受精を行う。普通の繁殖過程では精液は、交配したときに、膣の中に射精されて、精子は頸管を通過して、子宮を通過して、卵管を遡上する間に受精能を獲得するのですが、これを実験室内で、精子洗浄という処理で受精能を獲得させた。これも一つの大きな研究成果です。

受精した後、また体外で培養して、移植可能な胚盤胞にまで育てるということも花田さんたちが開発した研究成果です。そして、胚盤胞にまで育った受精卵を移植します。

(3) 体外受精—スライド(20)

1986年に花田章さんや塩谷康生さん——塩谷さんは花田さんの弟子に当たり

ますが、体外受精による子牛を世界で初めて産ませています。このときには、受精卵を体外培養する技術がまだできていなくて、ウサギの卵管で培養したそうです。初めての体外受精の子が生まれてから3年ぐらい後に、体外で受精卵を培養する技術ができました。

花田さんはこれらの業績で日本農学賞、紫綬褒章、ここの日本農業研究所賞も受けています。

1991年に家畜改良事業団が体外受精卵の生産・販売を開始しています。

(4) 受精卵移植による産子数—スライド(21)

受精卵移植による産子数です。年間2万頭を越えていません。今回調べてみて、意外に少ないと思いました。特に体外授精による産子数が少ない。

初産の牛に入れればお産が軽いということ、また、生まれた子牛は和牛として高く売れるということで、和牛の受精卵をホルスタインの腹に入れるのが多いと思いますが、育種にも使われておりました、例えば、大変乳量の優れたホルスタインの雌から受精卵をとって移植するとか、あるいは、後代検定にかけ種雄牛候補をたくさん生産するために、優秀な雌に過剰排卵させて、そして雄子牛を多くとって、その中から選んで後代検定にかけるといった育種にも使われています。

5. 肥育方法の進展

(1) 肥育技術の変遷(1)—スライド(22)

次は、肥育技術です。1957年、京都大学の土坂章次先生たちが「去勢牛の若齢肥育」という試験成績を発表しました。3～4ヵ月齢で去勢した雄子牛を6ヵ月齢から肥育を開始する。6ヵ月齢は離乳の月齢です。それから1年間肥育して、目標体重は450キロにする。和牛の頭数が減少するのは明白であって、新しい肉牛生産のあり方を模索していた時代であったため、結果は大変注目されたそうです。

当時、和牛の肥育技術体系はいろいろあって、決まった方式がありませんでした。

去勢牛では、一つは理想肥育といわれる方式で、1～2歳から肥育を開始し

て、1年間肥育して、体重650から700キロに仕上げるものでした。

例は少なかったようですが、壮齢肥育といわれるものもありました。

雌牛でも理想肥育といわれる方式があつて、これも体重600～700キロぐらいまで肥育する。普通肥育と称して体重550～600キロぐらいまで肥育するのもありました。

こういう色々なパターンがあつて、これという方式決まっていなかったそうです。

(2) 肥育技術の変遷(2)—スライド(23)

京都大学の研究に反応して、京都大学と東海近畿地方の県畜産試験場、当時はまだ種畜場といったところが多かったと思いますが、協定研究で、去勢牛の若齢肥育試験をくり返し実施しています。その後、肥育試験は全国の県の畜産試験場でたくさん行われていますが、たくさんの試験の中で、技術の輪郭ができていきます。

肥育期間を通じて濃厚飼料の配合割合が一定でも差し支えない。若いときにはどんな配合、中期にはどんな配合、末期にはどんな配合と細かく変えていなくても、大体大丈夫だということになりました。

配合する原材料も、栄養のバランスを考えて、色々なものをまぜ合わせなくても単純でも大丈夫だということもわかりました。

また、肥育牛は、かつては単房あるいは係留方式——単房は個室のことで、係留方式は、スタンションとか、首にロープをつけて、牛があまり広く動けないようにしておくのですが、そういう個別管理から、群飼いへ移っていきます。現在、肥育牛はほとんどが群飼いです。一つの牛房に肥育牛5～6頭、また、1頭当たりの面積はおよそ1坪半、5平米経験的に収れんしてきています。

また、群飼いでは肥育牛を除角することが一般化しました。

濃厚飼料はフレーク状やペレット状にするのが良いということも経験的にわかってきました。私は、肥育技術の進歩に対する県の畜産試験場の貢献は大変大きいと思っています。今では、肥育農場が大きくなっておりまして、彼らの肥育技術の開発能力は、県や国の試験場の上を行っている場合があると私は思っています。試験場が1区10頭ぐらいの規模で試験をするのに対して、肥育業者は1群50頭などの規模で、幾つか比較してみて、これが良いとなれば理屈は

後で考えれば良い。結果が出れば、それで進むわけですから、彼らは技術を開発する力を随分もってきていると思っています。

(3) 肥育技術の変遷(3)—スライド(24)

ビタミンA給与水準と脂肪交雑の関係ですが、肥育現場では、ビタミンAを制限すると脂肪交雑が向上することは知られていたようです。

しかし、度を越した制限では発育不良になったり、夜盲症になったり、筋肉水腫——ズルといっていますが、こういうものが起こったりします。

一方で、ビタミンAの制限は、脂肪交雑、食味を向上させることもわかりました。

また、脂肪細胞にレチノール、レチノイン酸——これはビタミンAの構成物質ですが、こういうものを添加すると、脂肪細胞の分化を抑制することもわかりました。

これらの知見を基に県や国の試験場などが色々試験して、今では肥育ステージに応じたビタミンAの給与レベルが明らかになっております。

(4) 肥育技術の変遷(4)—スライド(25)

肥育期間は徐々に長期化してきています。

1989年の去勢肥育牛の平均枝肉重量が415キロであったものが、2012年には481キロにまでなっています。

もう一つ、肥育技術では、かつては、肥育素牛の選定は極めて重要であって、プロの眼力がないと、なかなか良い素牛が選べなかったといわれていますが、今では、子牛の育成技術も、肥育素牛の遺伝的能力も平準化がかなり進んでいまして、この分野での名人芸の必要性は薄れてきていると思います。

(5) 枝肉重量および日齢枝肉重量の推移—スライド(26)

枝肉重量と日齢枝肉重量の推移です。これは家畜改良センターがまとめたデータをお借りしておりますが、2002年に438キロであった去勢牛の平均枝肉重量は、2012年に481キロになっています。先ほど述べました日齢枝肉重量は0.49であったのが、0.54になっています。つまり、438キロから481キロにまで枝肉重量が大になったにもかかわらず、発育速度は少しも衰えていなくて、かえって上向いているということです。

日齢枝肉重量と枝肉重量、この2つの数字から試算してみますと、去勢牛は

月齢29ヶ月余りまで肥育しているということになります。

枝肉重量は屠殺前体重の62～63%くらいですから、481キロの枝肉重量の牛の出荷時体重は770キロくらいと推測されます。

(6) EU諸国、アメリカにおける平均枝肉重—スライド(27)

では、外国では枝肉重量はどうかということですが、農畜産業振興機構が調べたデータをお借りしてきますと、EUの平均が337キロで、400キロを超える枝肉重量なのはベルギーだけです。ベルギーはどのように知りませんが、毎年、枝肉重量は400キロを超えています。

アメリカでは、2011年のデータですと、平均枝肉重量は351キロ、屠畜時の体重は581キロです。

なぜ日本は枝肉重量がこんなに大きくなるまで肥育するのかですが、一つのヒントは、牛肉の中での和牛のステータスがあると思います。

ここに示した表はこれも農畜産業振興機構が調べたものですが、和牛、交雑種、「その他」は多分ホルスタイン。それに、オーストラリアからの輸入牛肉の相対的価格を示したものです。サーロインであっても、もも肉であっても、2010年であっても、2013年であっても、和牛が100に対して、交雑種75、その他51、輸入肉29。肉の部位が違って、年次が違って、この比率はほとんど変わりません。つまり、和牛は、日本では高いステータスを持っている。ですから、たくさんの飼料を与えて肥育を進めていっても、今までは何とかペイしてきたと思われまます。

しかし、これからは、濃厚飼料の価格は必ず上がっていくと思われまますので、いつまでも、先ほどいいましたように、生体重で760キロ、770キロまで肥育が進められるのか、あるいは、和牛肉が、ほかの肉に比べて、このくらいのステータスを持ち続けられるのか、この辺は和牛にとって重要なことだろうと思います。結婚披露宴に行って、オーストラリア牛肉のステーキですではなくて、和牛のステーキですといわなければ具合が悪いですから、和牛肉のステータスはまだまだあると思っています。

6. 繁殖牛の飼育方法

(1) 繁殖雌牛の飼養(1)—スライド(28)

また話は変わります。繁殖雌牛の飼養技術についてです。

繁殖雌牛の育成時の適正栄養給与水準ということで、草地試験場の鈴木修さん、中国農試の小畑太郎さん、九州農試の中西雄二さんなど、また、東北、中国、九州の和牛の生産県の試験場はこういう課題が多くの研究をされています。

そのうち2つだけ例を引きますが、まずは鈴木さんたちの研究で、濃厚飼料日量2キロ給与で飼育した群と粗飼料のみの給与で飼育した群で比較しますと、初産の交配時体重の280キロ到達時は約5ヵ月の差がありました。一方は14ヵ月齢で達し、他方は19ヵ月齢ぐらいで達する。ただし、3産目の分娩月齢はほぼ同じであった。つまり、受胎率がよくなかったため、3産目までには追いつかれてしまったということです。

中西さんたちの結果ですが、高栄養で飼育すると、初産授精時に既に受胎率は良くない。分娩時に助産を要するものも多かった。2産目の受胎率も不良ということで、繁殖雌牛を育てるときに、余り栄養を良くしてはダメだということがここで出てきています。

(2) 繁殖雌牛の飼養(2)—スライド(29)

繁殖雌牛の栄養給与水準について、東北農試の高橋政義さんたちが行った研究です。

繁殖牛の供試頭数は延べ60頭。日本の試験場で、繁殖牛60頭を一度にそろえられる試験場などはありません。これは足かけ3年のデータを集めたものです。

分娩予定日の13週間前から妊娠牛をそのときの飼養標準に示されているTDN要求量の100%、85%、70%の3群に分けました。分娩予定日13週間前といいますと、生時体重が30キロとすると、胎子の重量は大体7キロぐらいです。胎子は、妊娠してから生まれるまでの間に、指数関数的に上がっていきます。分娩予定日まで、直線的に発育するわけではありませんから、13週間前というと、まだ7キロ、8キロあたりです。

結果は、妊娠期間、生時体重は3群で差がありませんでした。

分娩後8週間の乳量は、授乳用補助飼料あり・なしで比較しているのですが、授乳飼料の補給があれば、70%群のほうがやや大。少なくとも分娩後の乳量には差がなかったということです。

また、70%群は、100%群に比べて、分娩後の子宮修復には差がなかった。初回排卵は発情兆候なしに排卵があるのですが、70%群は、分娩後の初回排卵が5日、初回発情が1週間ぐらい遅れた。1週間ぐらいの遅れであれば、1年1産には支障がないという結論です。

類似の試験が多数あって、いま述べた程度の栄養給与水準であれば分娩後の繁殖には影響なしとの結果の研究が多くあります。

こういう一連の試験の後で、繁殖用雌牛は太らせるなというのが徐々に浸透して行きまして、共進会でも、太り過ぎの雌は、太り過ぎを理由に順位を下げられるようになっていきます。太った牛は立派に見えるのですが、繁殖のためには太らせてはダメということです。

7. 飼養基準と飼料成分表

(1) 飼養基準—スライド(30)

最後に飼養基準と飼料成分表について触れておきたいと思います。これまで肥育牛の飼育、繁殖牛の飼育方などについて話してきましたが、このような内容は飼養基準に全部反映されています。

飼養基準には乳牛版、肉用牛版、豚版、鶏版がありますが、いずれも5～6年毎に改訂されています。この間の研究や技術の進歩を反映させるためです。改訂作業はかつての畜産試験場、いまの畜産草地研究所の栄養研究グループが主に担当します。肉用牛版の初版は1970年で、最新のものは2008年改訂第6版が出ています。

第6版には延べ数で参考文献が875もリストされています。これは章ごとの参考文献数を加えただけで重複については確認していないのですが、これだけの研究論文、資料を調べて、各章の担当者が飼養基準の改訂に当たっているということで、華々しい成果とはいえませんが、これは大きな業績というべきだと思います。

かつては技術会議事務局が刊行していましたが、今は農研機構が刊行しています。

アメリカでは、飼養標準はNRC (National Research Council) が刊行しております。

イギリスにもARC版の飼養標準があったのですが、最近は、予算の関係かどうか、ARC版飼養標準は刊行されていません。

(2) 飼料成分表—スライド(31)

飼料成分表は飼養標準とセットのものなのですが、日本で利用されるほとんどすべての飼料の栄養成分を、鶏、豚、牛別に示したものです。その時々の研究の進歩に応じて、あるいは新しい飼料が登場するとその飼料についても消化試験、代謝試験を行って、それをデータに反映させてきています。飼料成分表も最新版は、改訂第6版です。これも5～6年に1回ぐらい改訂されています。

これらは膨大な情報量を持った冊子であって、もう少し売れても良いのではないかと思っているのですが、畜産農家戸数ほどには売れてはいないそうであります。

とりとめない話でしたが、予定の時間がまいりましたので、これで話を終わらせていただきます。

質 疑 応 答

(1) 大賀圭治氏（解題者）の質問

大賀 どうもありがとうございました。大変広範な和牛の技術研究の流れを非常にわかりやすく説明していただいたと思います。

私は技術の専門家ではございませんが、ただ、昔、牛肉輸入自由化問題にかかわって、牛肉の問題を多少勉強したという立場で、現在もTPPその他、自由化問題にかかわっていますので、そういう観点から、質問なり感想を述べさせていただきます。

最初に、非常にマイナーな技術的なことなのですが、最初のスライドで「牛肉の自給率の推移と和牛肉が占める割合」について、我が国の牛肉供給40%のうちの和牛肉は3分の1ぐらいだと思っていたら、ここでは、約半分が和牛肉

となっているのですが、この乳用種は、多分、乳雄だけなのでしょう。

きょうのお話の中で、我が国の肉用牛生産技術の進歩は、我が国の牛肉供給の中で特別な地位を占めた和牛肉ということで、1つは、評価が非常に高いというお話もありましたが、評価が高いという部分に焦点を合わせた技術開発ではなかったのかという印象を持ちました。そういう理解で良いかどうかということが第1点です。耕種作物等の栽培技術でいえば、育種にかかわる技術開発が重点的に進められてきたと理解いたしますが、それはなぜかといった場合に、先ほど、2つの評価軸があって、牛肉の日齢枝肉重量と脂肪交雑という2つの議論があったのですが、この2つの関係を技術、育種のほうでどう評価されているのだろうかという点が最初の具体的な質問です。脂肪交雑が非常に大事な基準にされているのが日本の和牛肉の大きな特徴だろうと思っているものですから、この2つをどのように組み合わせて評価されるのだろうか。多分、3段階での評価というお話があった中にかかわりがあるのかと思いますが、その点、もう少しお話しただければと思います。

次に、人工授精技術が子牛の生産に大きな役割を果たしたことがよくわかりましたが、人工授精技術と合わせて、後の方で受精卵移植というお話がありました。受精卵移植技術は一時、技術開発の中でも確か1970年代でしたか、大変脚光を浴びましたが、その後、受精卵移植技術の普及の状況はどうなったのでしょうか。華々しくいわれた割に、受精卵移植技術はその後、十分使われているような印象もないのですが、この点について、人工授精技術と合わせてお話しただければと思います。

次に、能力評価について、脂肪交雑と日齢枝肉重量との関係はどうなっているのでしょうか。

それから、黒毛和種は、繁殖雄牛が非常にわずかの限られた雄牛に集中し、全国的に一つの繁殖集団になってきたが、このことは種としての最低限の多様性を確保する上での有効性が限界以下に縮小する危険を伴うものであり、遺伝資源の多様性を確保するための対策が求められているとお話があったと思います。この場合の対策の方向としてどのようなことが考えられるのでしょうか。

次に、和牛の技術開発は、かなり特殊な技術開発ではなかったように思われました。一般に技術開発といったとき、例えば耕種作物でいえば、育種と施

肥や防除などの栽培技術と、もう一つ、資本主義社会での生産技術として一番大事なものは、機械化技術といえますか、労働生産性を上げる技術です。きょうのお話の中で、労働生産性を上げるために、規模を大きくして行ったときに、どうしても必要となるのは施設あるいは機械化の技術だと思います。この点について余りお触れになっていませんが、實際上、我が国では、乳雄の肥育の部門が大規模化していった。繁殖経営も規模は多少大きくなったにしろ、依然として、数頭飼いぐらいの規模のものもまだ多いように思います。今後の展開として、大規模化・機械化という点も非常に大事な技術開発になってくるのではないかという印象があります。

ただ、一方、今、議論になっているTPPや輸入自由化の流れを考えると、我が国の条件下では、大規模な肉用牛経営はとても望めない。いわば量より質を追求すると規模の拡大よりも、少ない頭数でも、とにかく1頭当たりの単価を高くして稼ぐという和牛の今までのやり方に集中すべきなのかどうか。今後の肉用牛生産の環境変化、特にTPPや輸入自由化をいわれている状況の中で、肉用牛生産の技術開発の方向性をどのようにお考えになっているのか、お考えを聞かせていただければと思います。和牛中心で、今までの方向をさらに追求していくのか、さらに乳雄や交雑種等も相当考慮に入れて、新しい方向もまた模索しなければいけないのか、乳雄、交雑種はほとんどギブアップの流れなのかという印象もありますので、この点、ご教示いただければと思います。

以上、あいまいな質問ばかりで申しわけありませんが、よろしくご教示いただければと思います。

松川 たくさんの質問をいただきまして、全部頭に入っているか分かりませんが、順にお答えします。

最初にお話がありました和牛肉の割合についてです。図に示していますように、牛肉の国内供給の中で国内産牛肉の割合、自給率は40%あまりです。この自給部分の中で和牛肉が占める割合が40%あまりですから、国内で消費する牛肉の17~18%が和牛肉となります。と言うことで大賀先生のおっしゃることとのくい違いはないと思います。

次のご質問です。和牛についての生産技術開発の中では、評価を高める面に、つまり高級肉生産に力点が置かれていたのは事実です。評価を高める面からの

技術的アプローチとしては、育種の方向と肥育技術があります。

牛肉の輸入自由化が俎上にあがる前は、行政も研究側も、生産のコストダウンを重視していました。育種目標では、増体能力をもっと重視する、肥育技術では、放牧肥育を取り入れてみる、肥育期間をもっと短縮するなど、それぞれが努力しました。しかし、現実には、高級肉を生産する方が生産者としてはメリットがあったので、残念ながらこの考え方も技術もあまり浸透しませんでした。発育速度が優れている種雄牛より、脂肪交雑に優れている種雄牛の精液に人気がありました。生産コストが少々上昇しても、市場評価、枝肉単価の高い肉を生産する方が、個々の生産者には経営上の利益がある場合が多かったためだと思います。牛肉輸入自由化後はこの傾向に拍車がかかりました。

日齢枝肉重量と脂肪交雑の関係ですが、日齢枝肉重量は前に述べましたように発育速度の指標になります。スライド15で示しましたようにこの二つの能力はそれぞれ上昇しています。生物学的には両形質間の遺伝相関はほとんどゼロ。脂肪交雑は枝肉単価を決める重要な形質であり、発育速度は枝肉重量を決める重要な形質ですから、双方ともそれぞれ独立に重要な形質と言えます。ただし、最近では脂肪交雑はもう十分である、これ以上の改良は不要との意見があります。私も同感です。

次は受精卵移植についてです。おっしゃるように当時の畜産局も普及に努力をして、受精卵移植技術は現在では普通の技術になっています。しかし、先に示したグラフにありますように、受精卵移植による子牛数はそれほど増えていない。年間2万頭に達していません。

原因として考えられるのは、多くの場合、人工授精で間に合うということと、受精卵の価格を加えた技術料は人工授精より高くなり、妊娠率も人工授精の受胎率より低い。そのため、生まれた子牛は人工授精による子牛より多くの負債を背負って生まれてくることになります。そうすると、受精卵移植による子牛の価値でそれがカバーできるかということになります。受精卵移植で生まれる子牛の素性の内訳は、調べてみてもよく分かりませんが、改良に使う場合なら、生まれたときに背負っている負債はかなりカバーできると考えられます。肥育素牛として使う場合には、受卵牛が黒毛和種かホルスタインかで状況は大きく変わってくると思います。

受精卵移植技術について話を広げますと、1970年代からアメリカではジェーム・プラズム・エバリュエーション・プログラム（遺伝資源評価計画）という名で、ヨーロッパの大型の牛をアメリカに導入して、アメリカの肉牛生産の場に取り入れたらどういう効果があるかをかなり広範な場面について、ミート・アニマル・リサーチ・センターで研究しました。そのとき、生体で輸入するより受精卵で輸入する方が検疫も容易、輸送コストも低いということで、受精卵で持ち込んでいます。オーストラリア和牛のことが話題に上りますが、この場合にもオーストラリアは受精卵としてアメリカから持ち込んでいます。最近は生体でも持ち込んでいるようですが。

つぎに、集団の有効な大きさが小さくなることへの対策ですが、これはなかなか難題です。平均近交係数も1985年の4.7%から2009年には7.6%へと上昇しています。ある会合で、冗談としてですが、種雄牛あたりの精液供給本数に上限を設けてはどうかという話が出たことがあります。むろん、こんな強権的なことが日本でできるわけがありません。

ということであれば、先ほど触れましたように、完全な閉鎖集団ではないにしろ、和牛本体とは若干縁の薄い集団を改めて作ろうという考えが出てきてまして、すでに実行に移されています。和牛では昔から何々の系統と言われる集団がありますので、それらの活用も考えられているようです。

最後のご質問についてです。和牛について、量か質かという議論はあまり意味を持たなくなっていると思います。すでにお示ししましたように、発育能力は着実に向上していますし、質の重要な要素である脂肪交雑はもう十分だと言われるほどに向上しています。

和牛の肥育が長期化しているのは、高価な牛肉の生産を目指しているためといわれます。それも事実ですが、もう一つの理由として、肥育素牛価格も考えなければならないと思います。

農畜産業振興機構のデータによりますと、アメリカの肥育素牛価格は、1ドル100円換算で、和牛の肥育素牛の体重とほぼ同じ280キロ前後の牛が8万円前後で手に入ります。日本ではこれが50万円です。この違いは大きい。これだけ素牛価格が高いと、どうしても肥育期間を延ばして出荷時体重を大きくする方向に行かざるを得ません。280キロで50万円かそれ以上する素牛を肥育して、ア

メリカ並みの体重ではとても出荷できません。簡単なシミュレーションをやってみれば、このことはすぐ明らかになります。

経営の規模のことですが、乳雄や交雑種肥育では経営規模はかなり大きくなっております。そして、乳雄、交雑種肥育で規模拡大ができるのであれば、和牛肥育で規模拡大ができないことはないと思います。事実、和牛肥育でも規模の大きい肥育経営が増えています。

和牛生産の主な問題は、子牛生産の段階、繁殖経営にあります。子牛1頭が45万円、50万円、あるいは60万円しても、繁殖経営から撤退する農家が多い。繁殖農家戸数の推移を見ればこのことは明らかです。そして繁殖農家の規模拡大は遅々としています。

では、この対策をどうすればいいのか。技術の問題も多いでしょうし、技術開発側が逃げるわけにはいきませんが、技術問題だけではないと思います。

この辺は大賀先生あたりからも適切なお提言がいただける分野ではないかと思っています。

もう一つ付け加えておきたいのは、乳雄、交雑種の肥育は、酪農経営を支える要素の一つでもありますから、簡単にギブアップするわけにはいかないということです。ではどんな技術開発が、と言われても残念ながら適切な返事ができませんが。

生産技術の中で、労働生産性の向上についての技術に触れていないとのご指摘がありました。おっしゃるとおりです。肉牛の生産技術の中には、飼料作物や草地に関する技術、家畜衛生の問題などもありますが、施設・機械などに関することも含めて、残念ながら私はこれらの分野はあまり勉強してきませんでした。勉強してこなくて、あまり知らないことをこのような席では話すのは、はばかりがあるといいますか、話す勇気がありませんでした。肝心なことを抜かしたと言われそうですが、お許してください。

技術開発の方向をどう考えるのかとのご質問もありましたが、私のように不勉強な老人は、過去のことは少しは話せても、未来のことはあまり話さない方がいいと思っています。下手に話せば鬼に笑われます。

大賀 総括的な話で1つだけ追加させて下さい。これからの技術開発について、松川先生が何かアドバイスするような方向があるのか。とりわけT P Pや

牛肉の輸入自由化がさらに拡大して行く中で、これから何が大事になっていくのか、ご感想があればと思います。

もう一点、質問し忘れたのですが、大規模な肥育経営がどんどん出てくると、県の試験場の役割がなくなってくるような話があったのですが、そういう場合には、試験研究と大規模な肥育経営との連携といたしますか、協力し合った研究といった方向性は考えられないのだろうか。いや、現実にもうやっつけられるのかもしれませんが、そこら辺、教えていただきたいと思います。よろしく。

松川 大規模な経営が出てくると県や国の研究機関の役割はなくなるのかとといえば、そんなことはないと思います。ただし、研究機関が発する情報の主な受け手が質的に変わっていくのであれば、研究機関側も質的に変わっていかなければならないことも確かでしょう。

鶏や豚は、牛より一足先に大規模になっていまして、飼養管理的な分野では、国や県の試験場の役割は小さくなりました。それでも、衛生の分野を除いても、育種の問題や細かい栄養素の問題などは、試験研究機関が出て行かなければならない場面が多いですから、大規模な肥育経営が出てきて、飼養管理的な面で自ら技術を開発する力を備えてきたとしても、公的研究機関の必要性がなくなるものではないと思っています。

試験研究機関と大規模な肥育経営の連携のことですが、これは重要なことだと思います。先ほど述べました、現場後代検定はその一つの姿と言えましょう。そのほかに、大規模肥育経営と研究機関が、具体的にどのような連携研究を行っているかについては情報をもっていません。

肥育に限らず、生産現場と連携した研究活動は今後増えていくと考えます。生産現場が抱える問題点を十分理解する上でも、連携は重要だと思っています。

(2) 白井英男氏の質問

白井 白井といいます。

昔、畜産局におりまして、久しぶりに畜産の話を聞かせていただきまして、ありがとうございました。

皆様のご努力下、技術改良が相当進んでおるのをよく勉強できまして、あ

りがとうございました。

先ほどの質問にもありましたが、諸外国から貿易障壁を減らせという話が色々出てまいりまして、そのたびごとに、当然、アメリカの力が強いわけですから、アメリカから色々なプレッシャーがかかって、貿易障壁の大きな一つであります関税がそのたびごとに下げられている。狙い撃ちされているという時代なのですが、そのプレッシャーに負けて、下げざるを得ないという事態になるときに、国内の生産者に対するいいわけもあって、色々アイデアを出して、生産性を高めて行こうではないか、お金を一杯いつぎ込みますという形で、その場しのぎとはいませんが、色々してきているのですね。

行政的に考えれば、関税を下げるわけですから、当然、それに対抗できる国内生産が必要になってきますので、その大丈夫だという目標を定めて、それに向かって邁進するといえますか、努力するということにならざるを得ないと思うのですが、私の経験から行くと、生産分野を担当しているところが関係者を説得するのに、わかりやすくいえば、大蔵省、財務省からお金を取ってきて、生産対策として、こういうことをしますという形で打ち出して、当面、糊塗してきた。そのたびごとに関税が下がってきたという感じがするのですが、今考えてみると、基本的には、そういうものに対抗するには、技術の分野で色々な目標があって、もちろん、家畜改良目標などはあるのですが、目標を定めて、それに向かって金をつぎ込んで、日本の畜産、日本の肉用牛生産をこういう形にするから納得してくれ、大丈夫なのだという形にして行くべきであったろうという感じをもつのです。

ただ、私は、技術の分野の改良・発展の話は今日初めて聞いたものですから、もしかして、そういう形でご努力されてきたのかなという気もするのですが、今度のTPPについても同じようなことが必要になってくるのではないかなと。10年後、20年後に関税をこれだけ下げるといっているのであれば、それに向かって、技術開発、技術改良を、こういう目標を定めて、これだけすると。したがって、日本の肉用牛生産はこういう形になります、あるいは飼料生産はこういうことになりますということが必要なのではないかという気がしますが、もしそういうものがありましたら、ご教示いただければありがたいと思います。

松川 目標を定めて邁進するべきであるというのは全く同感ですが、では、

具体的にどういう目標を立てるべきかについては、不勉強な私には手に余ることです。空想的目標ではいけませんし、現実的な目標であるためには、どのような基礎研究があるかの情報も必要ですが、その辺が不勉強です。

白井 わかりました。いや、私は、現状についても色々問題があるし、解決しなくてはいけない問題があるとすると、TPPといった大きなときは、それをブレイクスルーする絶好のチャンスだと思うのです。ぜひ関係者の皆さんで目標を定めていただいて打ち破る。そうすると、一つ別な段階に発展するのではないかという気がしたものですから、あえて申し上げた次第です。失礼しました。

松川 激励ありがとうございました。現役の研究者に、こういう場で、こういう力強いお言葉をいただきましたということをお伝えします。

司会 ちなみに、当研究所もつくばに農場を持っておりまして、繁殖牛が60頭。今、毎年50頭ぐらい生産・出荷しているのですが、生産が非常に不安定で、効率化のため人数を少なくすれば、牛に対する個別管理が不足して、色々な障害が出てくるということで、技術的に非常に悩んでいるのですが、そういう面でも、安定的な、平易な技術が普及すると良いなというのが生産者としての感想です。

松川 おっしゃるとおりでして、和牛の繁殖でも、ホルスタインほどではないですが、分娩間隔が長くなっています。過去何年かにわたって、繁殖研究は、卵をいじったり、エンブリオをいじったりするのがメインテーマであったのですが、実は人工授精の受胎率を上げることの方がずっと肝心だと私は思っているのです。ホルスタインでは受胎率が上がったわけではないですが、この辺に原因があるらしいというのはわかってきつつあるそうです。肉牛でも受胎率向上に向けた研究を一生懸命やっているという話を聞きまして、心強く思っているところです。

残念なのは、人工授精の受胎率が5%上がったといっても注目してくれる人は少ない。受精卵やエンブリオをいじってそれでどうしたという類の研究の方が世の注目を浴びる。地味な研究にももう少し光を当てる評価のあり方も検討していいと思っています。

(3) 木村 滋氏の質問

木村 昔、蚕のホルモンの研究をしておりましたので、気づいたことを質問いたします。

肥育に関して、アメリカでは成長ホルモンを使って、その結果、ヨーロッパの輸入禁止という事態を招いていると聞いたのですが、成長ホルモンとの関係で、肉の安全性の問題をどのようにお考えになっているかということをお聞きしたいのです。

松川 私は、ホルモン剤を肥育の場で応用しても、そんなに障害があるものとは思っていませんが、少なくとも日本では肥育過程ではホルモン剤は全く使っていませんので、国産牛肉は大丈夫ということになります。

アメリカあたりでは、肉生産にも使いますが、泌乳牛に成長ホルモンを使うことはかなり広範に行われていると聞いています。

オーストラリアでも使われているのではないかといいますが、それは公表されていないので、よくわかりません。

木村 安全性の問題でヨーロッパが対立しているのは、どの辺を考えて……。

松川 安全性の基準が違うのだと思いますが、アメリカ側は、それは一つの非関税障壁であるといっているそうです。

木村 科学的な証明はないのですか。

松川 それをラットに食べさせてどうのこうのという試験はあったと思いますが、日本では肉生産にホルモンは使っていないので、私は安心してしまして、その辺の勉強はしておりません。申しわけありません。

(4) 上野川修一氏の質問

上野川 大変興味あるお話、ありがとうございました。

私は、肉そのものについて関心がありますので、お聞きしたいのですが、例えば牛の遺伝子解析が進んでいるとお伺いしたと思うのですが、その技術が肉の品質、例えば成分の変動とか、そしてさらにおいしさに反映されているような、研究が必要ではないかと思うのですが、現時点では、それはどのような形で行われているのかというのが1点。

もう一つ、先ほど、ご質問があったと思うのですが、ビタミンAの投与は脂

肪交雑を妨げるというお話だったと思うのですが、例えば、飼料成分で行われているようなことがあるのかどうか。そして飼料による肉の品質をコントロールする方法は、現状はどうなっているかということについてお教えいただければ非常に幸いなのですが、よろしくお願いします。

松川 最初のご質問は、肉のおいしさとDNA研究の関係であったかと思いますが、今のところ、肉のおいしさということで、和牛でDNA研究をしている例としては、脂肪酸組成を支配する幾つかの遺伝子について研究しているところはあります。ただし、それは肉の味の周辺をつついているような……。例えば、オレイン酸含有量は肉の味に関わるそうですが、この含有量に影響を与える遺伝子がわかってきたという実績はあります。

もう一つ。ビタミンA制限の場合のように、脂肪交雑をコントロールするような操作は、研究の段階ですがビタミンCを投与することが試みられているそうです。そのほか餌で、トウモロコシのようにカロチンの多い餌は肥育末期には与えない。これはビタミンAを制限することと、脂肪色を黄色くしない意図があると思います。大麦などのほうが肉質をよくすることは経験的に行われています。

上野川 どうもありがとうございました。

(5) 一瀬裕一郎氏の質問

一瀬 農林中金総合研究所の一瀬と申します。

質問が3点ございます。

第1点目は、先ほど、受精卵移植の技術は、すぐ食肉処理する肥育素牛に対して適用してもペイしないというお話がありましたが、それでは、繁殖雌牛をふやすために、受精卵移植という技術を適用したならば、ペイする可能性はあるのかどうかということをお教えください。それが第1点目です。

第2点目は、近年、和牛の近交係数が4から7へと上がってきたというお話がありましたが、日本国内で閉鎖育種を行っております但馬牛の現在の近交係数は25%前後と聞いておりますが、現実的には、近交係数が上がったことによる弊害は出ていないということも聞いております。ということは、素人考えなのですが、別の系統を育成して、新たな血を和牛に入れる必要性が本当にある

のかどうかということが良くわからないので、教えていただければと思います。

第3点目は、日本には2種類、在来牛と呼ばれる牛がいるかと思いますが、そのうちの、山口県の天然記念物であります見島牛と呼ばれる在来牛は、脂肪交雑のBMSの値が11ぐらいということで、和牛を上回る肉質を誇っている牛だそうですが、なぜ、そのような在来牛に注目が集まってこなかったのか、もしその理由がおわかりであれば、教えていただきたいと思います。

以上、3点、よろしく願いいたします。

松川 わかりやすい質問をいただきまして、ありがとうございます。

受精卵移植で生まれた子牛をすぐ肥育して肉にしてしまうのではもったいない、それでは受精卵移植のコストは回収しかねるだろうと申し上げました。受精卵移植で繁殖用の雌牛を増やすことについてですが、受精卵移植で増やすにしても、腹は要るわけです。その腹は、受精卵移植をしたときの雌と人工授精したときの雌とどちらが良いかということになってきて、受精卵移植をしたからといって、繁殖雌牛が増えるということには必ずしもならない。腹は限られているわけですから、それを人工受精用の腹に使うか、受精卵移植用の腹に使うかの選択の問題になります。そこはあるかと思います。

但馬牛の近交係数の上昇の件です。但馬牛は長いこと閉鎖集団として選抜淘汰をくり返してきて、不良遺伝子は排除されたり、頻度が低くなっている可能性はあります。平均近交係数が上がるということは、どの牛も似たりよったりになってしまうことであって相加的遺伝分散が小さくなるということですので、これは改良の上でプラスにならないことは明らかです。

3番目、見島牛の肉質のことですが、日本の在来牛は、本来、脂肪交雑が入りやすい牛であったと私は思っております。明治時代にヨーロッパからいろいろな牛を持ってきて、交雑して、脂肪交雑の能力は、在来の明治までの牛に比べれば悪くなったと思うのです。

ただ、見島牛は、ご存じのように、雌の平均体重で260キロか270キロぐらいの牛なのです。見島牛の遺伝子を和牛に取り込んで、その上で今の和牛の大きさにまでするには何世代もかかるわけですから、それではメリットがないと思って、やらなかったのだと私は思っています。260~270キロというのは本当にかわいい牛なのです。今、和牛の成雌の体重は480キロを超えているのではない

かと思っております。

一瀬 1点目について、補足的な質問をさせてください。

私が意図していたのは、ホルスタインの代理母を使って、和牛の繁殖雌牛を増やそうといったことがペイするのかどうかということなのですが、いかがでしょうか。

松川 今のご質問を受けて、一瀬さんの最初の質問を十分理解していなかったことに気づきました。お恥ずかしい次第です。

ホルスタインを代理母にする場合なら、和牛の受精卵を入れて、生まれた子牛を肥育して肉にしても十分ペイする場合が多いと思います。前にグラフで示しました受精卵移植によって生まれた子牛の多くはこのケースではないかと思っています。

受精卵移植によって繁殖雌牛を増やすことについてですが、現在でも和牛雌子牛が未経産のまま肥育に回されるケースは多いのです。雌子牛が足りないわけではなくて、それを繁殖牛として飼育する方が足りないのです。

ホルスタインを代理母として受精卵移植をするのであれば、性判別した受精卵、あるいは性判別した精液で生産した雄の受精卵を移植して、肥育素牛にする方が良いと思います。

一瀬 わかりました。ありがとうございます。

昭和30年代以降の肉用牛生産技術の進歩

松 川 正

牛肉の国内供給源としては、和牛、交雑種、ホルスタインがあり、この中では和牛が最大なので、以下は和牛に話題を絞って進める。

1 人工授精技術

戦後の牛生産技術の中で最大の技術革新であった人工授精技術は、和牛では1947年には10%以下の普及率であったが、1960年にはほぼ90%に達した。凍結精液の利用は1965年頃から始まり、1980年にはほぼ100%になった。

2 種雄牛の能力評価

人工授精が普及するにつれて、改良に及ぼす種雄牛の役割が大きくなる。和牛における種雄牛の産肉能力検定（後代検定、直接検定）は1965年から実施された。開始当初は、後代検定も県畜産試験場などで行われたが（ステーション方式）、1990年代後半から後代牛を一般の肥育現場で飼育する方式に移行した（現場後代検定、フィールド検定）。解析手法はBLUP法、能力表示は育種価である。

3 黒毛和種における集団の有効な大きさ

黒毛和種では、繁殖集団、改良集団が県を単位としていた時代から、全国が一つの繁殖集団の時代へと移行しつつある。このことは集団の有効な大きさの縮小につながるものであり、対策が求められている。

4 ゲノム研究の成果

和牛におけるゲノム研究の成果として最大のものは、多くの遺伝性疾患のキャリア診断法を開発したことであろう。産業上問題になる遺伝性疾患のほとんどは単純劣性遺伝。

5 受精卵移植と体外受精

受精卵（胚）を非外科的に移植して産子を得た業績や、卵巣から未成熟卵を採取して、体外で成熟培養し、体外で受精させ、これを体外で移植可能な受精卵（胚盤胞）にまで培養する技術は世界的にも高く評価された業績であった。

6 肥育技術の変遷

1957年に去勢牛若齢肥育試験成績が京都大から発表され、新しい肥育技術研究の先駆けとなった。この後、数多くの肥育技術研究が主として県試験場で行われ、現在につながる多くの技術が開発された。去勢牛若齢肥育の当初の目標体重450kgは、現在では750kgを超えていると見られる。

7 繁殖用雌牛の飼育技術

和牛の選抜指標が外貌審査得点であった影響もあり、ある程度肉付きのある雌牛が評価される傾向にあった。しかし、育成牛や繁殖牛の栄養条件と繁殖成績についての多くの研究成績は、繁殖牛は太らせるな、の結論であり、牛の見方も変わっていった。

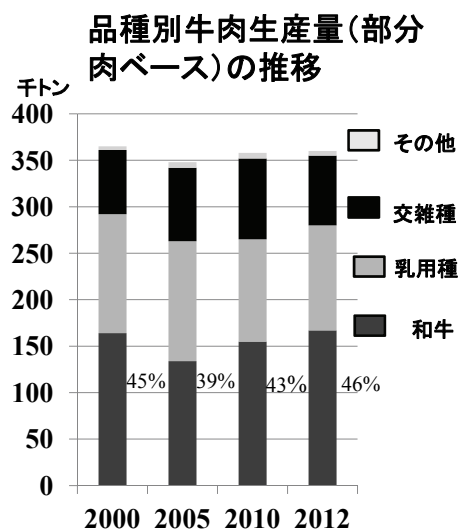
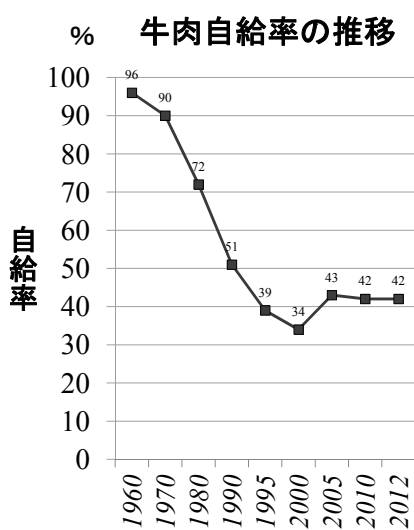
8 飼養標準と飼料成分表

飼養標準は、成長過程、生産過程に応じて、給与すべき栄養素の量などを示したもので、肉用牛版飼養標準は1970年初版。栄養学や飼養技術の進歩を取り入れつつ改訂を行い、2008年に改訂第6版公表。飼料成分表は1975年初版、2009年に改訂第6版を公表。

昭和30年代以降の 肉用牛生産技術の進歩

松川 正

1 牛肉の自給率の推移と和牛肉が占める割合

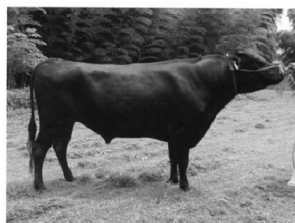


2 和牛4品種雌牛の頭数比率（%、千頭）

年次	1960	1980	1990	2000	2010	2010年の頭数*
黒毛和種	76.4	86.7	86.2	93.9	95.6	717
褐毛和種	22.1	8.9	8.4	4.2	2.1	16
日本短角種	0.9	3.1	2.8	1.0	0.5	4
無角和種	0.3	0.2	0.1	0	0	0.2

* 肥育牛を除く

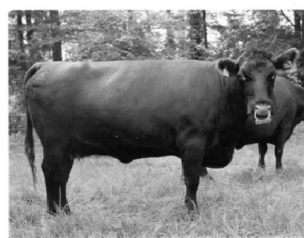
中央畜産会:家畜改良関係資料 (2011)



黒毛和種 (雌)



褐毛和種 (雌)

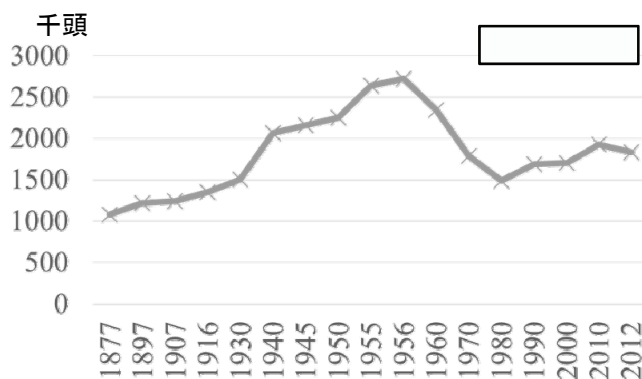


日本短角種 (雌)

3 役肉用牛から肉用牛へ

- ・和牛4品種合計の頭数は1956年(昭31)の272万頭をピークに減少に転ずる
- ・1962年(昭37) 家畜改良増殖審議会
和牛は今後肉利用に重点をおいて改良
名称も役肉用牛から肉用牛へ

和牛(肉専用種)頭数の推移(千頭)

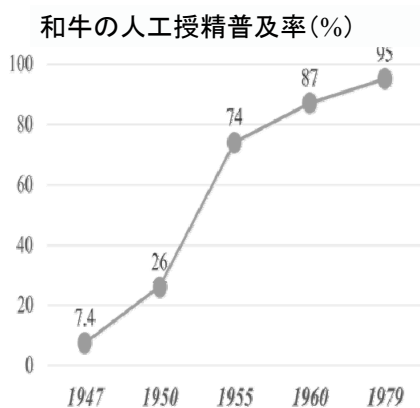


4 水田で働く牛の写真



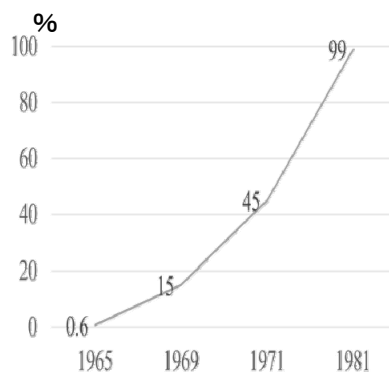
5 人工授精

- ・和牛の繁殖に人工授精が用いられ始めたのは1933年
(昭8)頃から (トリコモナス症の予防のため)



(畜産発達史本編、1966;家畜人工授精講習会テキスト、1989)

肉用牛人工授精における凍結精液の割合



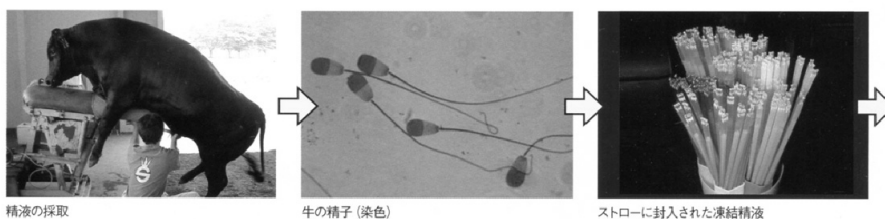
(家畜人工授精講習会テキスト、1989)

6 人工授精技術の進歩(1)

- ・1908年(明41)頃 日本で家畜人工授精研究が始まる
- ・1928年(昭3) 畜産試験場で牛の人工授精研究始まる
- ・1941年(昭16) 柘田精一 牛用人工膣開発
- ・1950年(昭25) 柘田精一 授精時期と受胎率の関係を明らかに
(1952年 ポルジ&ローソン 牛凍結保存精液で受胎に成功)
- ・1954年(昭29) 西川義正 凍結精液の研究開始
(西川義正:馬事研究所、畜産試験場、京都大学、帯広畜産大学長、学士院会員)
精液凍結法、精液希釈液開発など日本の人工授精の技術開発をリード

7 人工授精技術の進歩(2)

- ・1962年(昭37) 永瀬弘・丹羽太左衛門(畜産試験場) 精液の錠剤化凍結法に成功
- ・2007年(平19) 家畜改良事業団が(野外試験を重ねた上で) 性分別精液販売開始(90%の分別率)
(X精子はY精子より4%DNA量が多いことに基づき、フロー・サイト・メーターで分別、USDAの特許)
- ・器具や装置の試作・開発に民間会社が果たした役割は大きい(富士平工業株式会社)



(やさしい畜産技術の話から)

8 産肉能力検定の開始

- ・人工授精が普及すると種雄牛が改良の担い手として重要
- ・これまでの和牛の改良では血統と外貌審査得点が主要な選抜指標
- ・外貌審査は発育速度、肉質などの形質の能力評価には限界
- ・1965年(昭40)和牛産肉能力検定間接法(後代検定)開始
- ・1965年(昭40)和牛産肉能力直接法開始

9 和牛の産肉能力検定

○間接法(後代検定)

- ・種雄牛候補の去勢息牛6頭を県試験場など(ステーション)で肥育
- ・発育速度、肉質(脂肪交雑)を評価

○直接法

- ・種雄牛候補をステーションで一定期間飼育
- ・発育速度、飼料効率などを評価

- ・直接法で選抜された雄牛が後代検定を受ける2段階選抜

10 ステーション方式後代検定の限界

(ステーションの収容能力の制約から)

- ・検定にかける種雄牛候補数を増やせない(選抜強度が弱い)
- ・息牛数が不十分(正確度が低い)
- ・肥育期間が民間一般より短期(肉質の見極めが困難)
- ・異なる時期に行われた後代検定成績の比較が困難

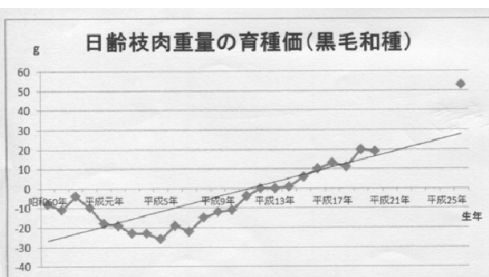
11 民間肥育場でのデータに基づく後代検定 (現場後代検定、フィールド検定)

- ・1990年代後半(平成初年)から現場後代検定に徐々に移行
(種雄牛候補の子牛雌雄計15頭以上を民間肥育場で肥育)
- ・1999年(平11)から広域後代検定(家畜改良センター)
現在19道県が参加
(参加道県の種雄牛候補を現場後代検定、統一基準で評価)
- ・解析手法はBLUP法による育種価評価

14 育種価

- ・子の平均能力が集団平均よりどれだけ上下するかの尺度
- ・遺伝的伝達能力の数量的指標
- ・全国和牛登録協会は1991年(平3)からBLUP法による育種価評価を開始
- ・現在では種雄牛のすべて、雌牛の半数が枝肉形質の育種価評価値をもつ
(乳牛では1989年(平元)からBLUP法による種雄牛評価値を公表、家畜改良事業団)

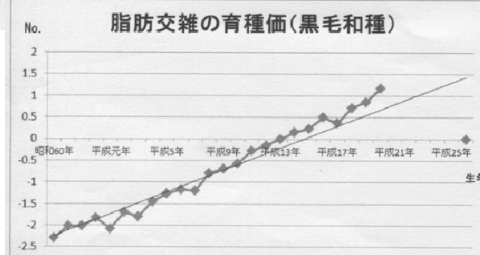
15 育種価の推移から見る能力の向上



(家畜改良増殖目標研究会資料)

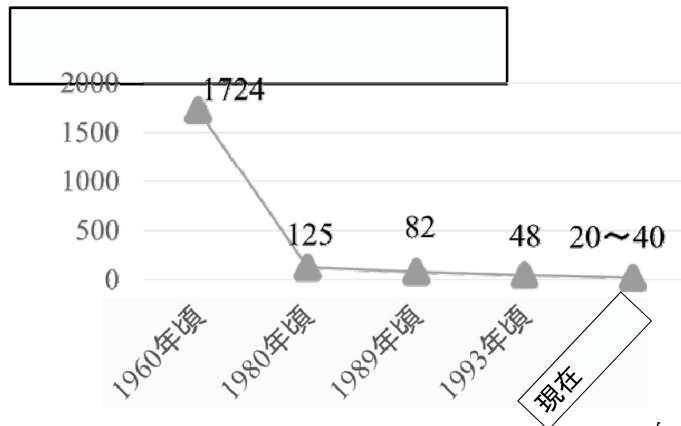
資料：全国域での種雄牛及び繁殖雌牛の遺伝的能力の推移について
注：平成13年に生産された種雄牛の育種価の平均値を0(基準)

日齢枝肉体重＝
枝肉重量/屠畜時日齢



資料：全国域での種雄牛及び繁殖雌牛の遺伝的能力の推移について
注：平成13年に生産された種雄牛の育種価の平均値を0(基準)とした。

16 集団の有効な大きさの推移



向井文雄 (2011)

- 2000年前後は登録牛の50%程度が上位5頭の種雄牛の子。現在は30~40%程度
- 生涯にわたる子牛生産数が20万頭を超える種雄牛も

17 DNA研究の成果

- 1991年(平3)豚で、1992年(平4)には和牛でゲノム解析研究が組織的に始まる
- 個体識別、親子鑑別は従来の血液型(赤血球抗原型)による方法より簡便、正確に
- 多くの遺伝性疾患のキャリア診断が可能に
- 個々の遺伝子を同定することにより発育能力などを改良することは困難か
- SNPによるゲノミック評価法は和牛では今後の課題

18 家畜改良事業団がキャリア診断実施する 遺伝性疾患

遺伝性疾患名	典型的症状	診断法開発年
バンド3欠損症	溶血性貧血	1996
第XIII因子欠損症	臍帯出血、止血不良	1996
クローディン16欠損症	腎不全、過長蹄	1999
チェディアックヒガシ症候群	止血不良、血腫	1999
モリブデン補酵素欠損症	腎不全	2000
眼球形成異常症	小眼球など	2007
IARS異常症	発育異常	2013

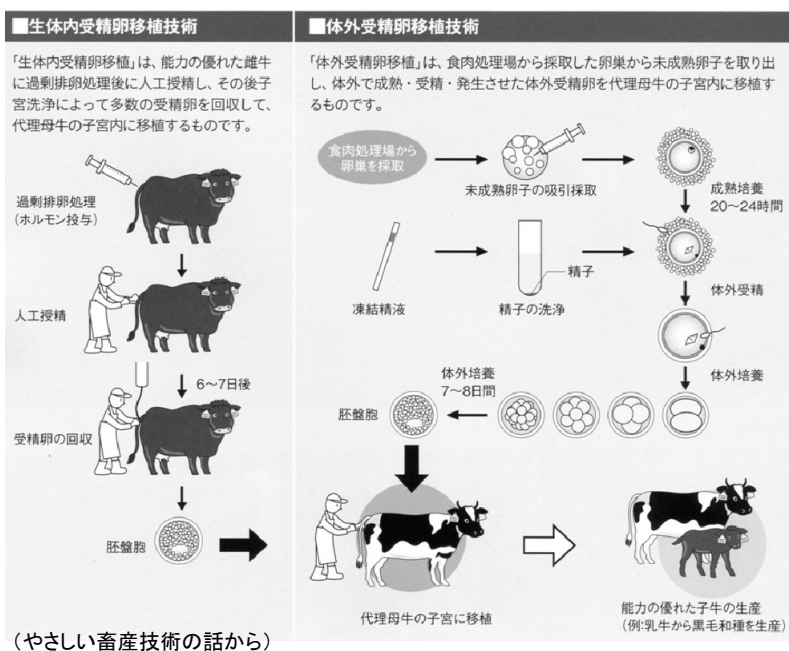
19 受精卵移植

- (1950年受精卵移植による子牛が初めて誕生 (ウイレット))
- 1952年 (昭27) 西川義正らが受精卵移植 (人工妊娠) 研究を開始
 - 1964年 (昭39) 杉江侑 (畜試) 非外科的手法 (子宮頸管迂回法) による子牛 (国際胚移植学会パイオニア賞、日本農学賞、紫綬褒章)
 - 1979年 (昭54) 相馬正 (畜試)、高橋芳幸 (日高種畜牧場) が子宮頸管経由法で子牛
 - (1973年 ウイルマット&ローソン (ARC)凍結保存胚で子牛)
 - 1979年 (昭54) 杉江侑 (畜試) 凍結保存胚で子牛
 - 2002年 (平14) 蔭山聡一ら (北海道畜試) Y染色体特異的DNAによる受精卵の性判別キット (LAMP法)

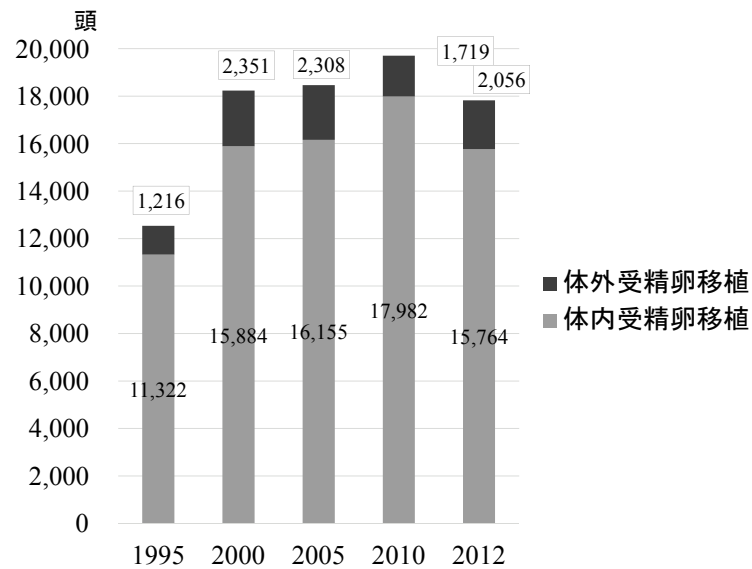
20 体外受精

- ・ 卵巣から未成熟卵（卵巣あたり約10個）を採取
 - ・ この卵を体外で成熟培養（20～24時間）
 - ・ 精子に受精能を獲得させ、先体反応を誘起
 - ・ 体外受精（媒精）
 - ・ 受精卵を移植可能な胚にまで体外で培養（7～8日間）
- ・ 1986年（昭61）花田章・塩谷康生ら（畜試）体外受精による子牛
（この時は受精卵をウサギ卵管で培養）
（花田章：畜産試験場、信州大学、日本農学賞、紫綬褒章、日本農研賞）
- ・ 1991年（平3）家畜改良事業団が体外受精卵の販売開始

20 - 2 受精卵生産過程の図



21 受精卵移植による産子数



農林水産省畜産部ホームページから

22 肥育技術の変遷 (1)

- 1957年(昭32) 上坂章次ら(京都大) 「去勢牛若齢肥育」試験成績を発表
(3~4カ月齢去勢、6カ月齢肥育開始、1年間肥育、目標体重450kg)
- 和牛頭数が減少するのは明白。新しい肉牛生産のあり方を模索していたときでもあり、この結果は注目される
- この当時、和牛の肥育技術体系は確立されていなかった
- 去勢牛では、
理想肥育(1~2歳から肥育開始、約1年肥育、体重650~700kg)
壮齢肥育(2~3歳から肥育開始、肥育期間約半年、体重550~600kg)
- 雌牛では、理想肥育(体重600~700kg)、普通肥育(体重550~600kg)、老廃牛肥育など

23 肥育技術の変遷（2）

- 京都大学の研究に反応して、京都大学と、主として東海近畿地方の県畜産試験場（種畜場）の協定研究で去勢牛の若齢肥育試験を実施。その後肥育試験は全国で行われる
- 一連の試験で技術の輪郭ができあがっていく
 - 肥育期間を通じて濃厚飼料の配合割合が一定でも支障ない
 - 配合する原材料を単純化しても支障ない
 - 肥育牛は、単房あるいは繋留方式による個別管理から群飼いへ
 - 群飼いでは肥育牛を除角することが一般化
 - 濃厚飼料はフレーク状やペレット状にするのがよい
- 肥育技術の進歩に対する県試験場の貢献は大きい

24 肥育技術の変遷（3）

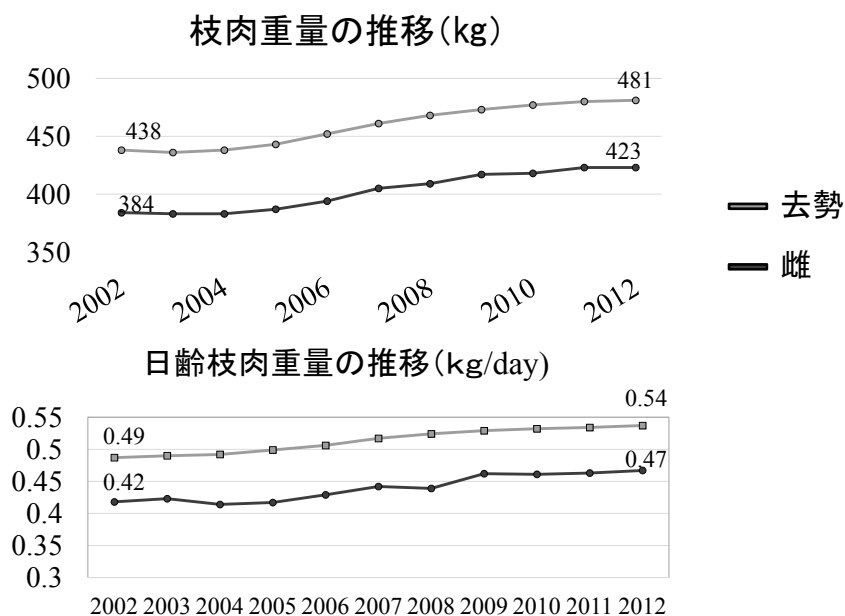
- （ビタミンAと脂肪交雑）
- 肥育現場では経験的にビタミンAを制限すると脂肪交雑が向上するとされていた
 - しかし、不足すると、発育不良、夜盲症、筋肉水腫など
 - 実験の結果、ビタミンA制限は脂肪交雑、食味とも向上させる
 - 脂肪細胞にレチノール、レチノイン酸を添加すると脂肪細胞の分化を抑制（京都大）
 - 肥育ステージに応じた給与レベルが明らかにされた（県畜産試験場などの研究）

25 肥育技術の変遷 (4)

- 肥育期間は徐々に長期化し
- 1974年（昭49）の協定試験（京都大・東海近畿中国九州各県畜試）では、去勢牛肥育終了時月齢24カ月、目標体重630kg、枝肉重量388kg
- 1989年（平元）の去勢肥育牛の平均枝肉重量415kg、2012年（平24）の平均は481kg

• かつては肥育素牛の選定が重要であった。現在は子牛の育成技術も肥育素牛の遺伝的能力も平準化が進んでいる

26 枝肉重量および日齢枝肉重量の推移



27 EU諸国、アメリカにおける平均枝肉重

EU27カ国平均：337kg

(2011年、農畜産業振興機構調べ)

(400kgを超えるのはベルギーのみ)

アメリカ：351kg (屠畜時体重581kg)

和牛肉の国内市場における評価(和牛肉を100とした場合の相対評価)

	サーロイン				もも肉			
	国産牛肉			輸入肉 (豪州)	国産牛肉			輸入肉 (豪州)
	和牛	交雑種	その他		和牛	交雑種	その他	
2010年	100	75	51	29	100	71	55	31
2013年	100	74	53	29	100	69	53	28
注	農畜産業振興機構調べ							
	交雑種は黒毛和種×乳用種、その他は乳用種							

28 繁殖雌牛の飼養 (1)

○繁殖用雌牛育成時の適正栄養給与水準

- ・鈴木修 (草地試)、小畑太郎 (中国農試)、中西雄二 (九州農試)、東北、中国、九州地方の県畜試などの試験研究
- ・鈴木ら (1976、1977) の結果
(濃厚飼料日量2kg給与群と粗飼料のみ給与群で比較すると)
- ・初産交配体重 (280kg) では約5カ月齢の差。しかし、3産目分娩月齢はほぼ同じ
- ・中西ら (1978、1981) の結果
(高栄養で育成すると)
- ・初産授精時にすでに受胎率不良、分娩時に助産を要するもの多い、2産目の受胎率不良も多い

29 繁殖雌牛の飼養 (2)

- 繁殖雌牛の栄養給与水準（東北農試・高橋政義ら（1983）の結果から）
- ・繁殖牛供試頭数 60頭、分娩予定日前13週間、飼養標準のTDN要求量の100%、85%、70%の3群に（結果）
 - ・妊娠期間、生時体重には3群で差なし
 - ・分娩後8週間の乳量は、授乳飼料の補給があれば70%群の方がやや大
 - ・70%群は100%群に比して、子宮修復は差なし、分娩後初回排卵が約5日、初回発情が約1週間遅れた（1年1産には支障なし）
 - ・類似の試験多数。分娩後の繁殖に影響なしとの結果も多い
 - ・繁殖用雌牛は太らせるな →徐々に浸透

日本短角種の角輪



30 飼養標準

- ・家畜の成長過程、生産量等に応じて、給与すべき適正な栄養素の量や飼料給与に際して配慮すべき事項を示したものの
- ・データはそれまでの国内外の栄養・飼養に関する研究成果に基づく
- ・日本飼養標準（肉用牛）初版は1970年（昭45）公表（乳牛用初版は1965年）
- ・栄養学、飼養技術の進歩を取り入れて改訂を繰り返し、現在は改訂第6版（2008年（平20）公表）
- ・2008年版はA4版、234ページ、参考文献数は延べ875



日本飼養標準・肉用牛(2008年版)

31 飼料成分表

- ・日本で利用される飼料の栄養成分の値を鶏、豚、牛別に示したもの
- ・同じ飼料であっても利用する畜種によって栄養価は異なる
- ・栄養価は消化試験や代謝試験（酵素法など人工消化試験も含む）に基づく
- ・飼料安全法による飼料栄養価の表示は日本標準飼料成分表に記載された栄養価による
- ・日本標準飼料成分表は1975年（昭50年）初版、以後新しい飼料（例えばDDGSや飼料イネなど）や研究結果を取り入れつつ改訂
- ・最新版は改訂第6版（2009年（平21）公表）



日本標準飼料成分表(2009年版)