

考 察

1 増体性

増体曲線は、増体速度がゆるやかに低下していくパターンをとったが、供試牛のDGが1.07kgとかなり高かったことから、濃厚飼料多給下における増体良好な場合の標準的な増体曲線であると思われる。この曲線が適用できる日齢の範囲としては、供試牛の日齢からすると、300日齢前後から680日齢程度までが適当と考えられる。しかし、(社)日本あか牛登録協会の行った1716頭の去勢肥育牛の調査⁷⁾では、平均生後23.5ヵ月齢時に平均出荷体重は734kgであり、本報告で推定した体重とほぼ一致すること、また、寺田ら⁸⁾は長期間放牧飼養された去勢牛(生後112ヵ月齢)の枝肉構成及び体型を報告しているが、肥育をしないままの状態では体重は970kg程度であり、当時の牛の体格からすると種雄牛の成熟時体重に近いものと思われること、さらに、用いた材料牛の父牛の成熟時体重の平均値は1033kgであり、作成した増体曲線のA値と同程度であることから、作成した増体曲線は実際の体重の推移をよく示し、680日齢以降もやや誤差が大きくなる可能性はあるものの、適用できると考えられる。したがって、この曲線は重要な産肉特性の1つである増体性をよく表わし、増体性(体重及びDG)の基準として利用できるものと思われる。

2 枝肉歩留

枝肉歩留は生体重から枝肉の割合がどれだけあるかを示すが、現在枝肉ベースでの取引が主流をなすことから、肥育過程における枝肉歩留の変化を知ることは重要である。枝肉歩留は、一般的には肥育が進むと高まっていくが、そのパターンは体重、肥育度、飼養条件、品種性、非枝肉部分(内臓、消化管内容物、皮、内臓脂肪等)の割合等によって影響を受ける^{4, 8, 14, 32, 112, 114)}。

本研究の枝肉歩留は終了時体重に対する温と体重の割合で示したが、月齢、終了時体重及び半丸重量に対する変化でみると、H区では、それぞれ23.1ヵ月、637kg、216kgまで急速に増加し、その後、ばらつきが大きいものの平均すると64.1~64.5%で推移した。一方、M区では直線的な増加を示したが、常にH区より低い値をとり、最後にH区と同レベルになる傾向にあった。このように、両区に明らかに差が認められたので、枝肉歩留と各組織重量及びその構成割合との相関を調べたところ、脂肪組織との関係が最も深かった。DGを0.7kg程度にすると、高栄養下に比べ脂肪の成長が大きく停滞した(第2-20~22図)ので、このことがM区における枝肉歩留の低さの大きな要因と考えられる。BergとButterfield⁴⁾も、枝

肉各組織の枝肉重量に対するアロメトリーで相対成長係数が1.0より大きい組織は脂肪のみであったことから、枝肉歩留を高める組織は脂肪しかないと報告している。

そこで、枝肉歩留の変化を脂肪重量及びその構成割合により検討したところ、M区がH区よりやや下方に位置する傾向はあったものの、M区のデータはH区のデータの変動幅の中に含まれたので、両区をこみにして解析した。その結果では、脂肪の成長及びその構成割合が高まることにより枝肉歩留は急速に63.5%まで増加し、その後増加の程度が急激に低下することが明らかとなった。このように、枝肉歩留は脂肪の成長と密接に関連しながら増加していた。

栄養水準を高めると、生体重が同じ場合枝肉歩留が高まる^{14, 118)}、あるいは影響がない^{9, 10, 12)}という両方の報告がある。本研究では、大部分の体重では高まるが、800kg程度になると変わらなくなった。このようなまちまの結果となったのは、牛の品種とその成熟度の時期、栄養水準の程度等の違いにより、脂肪の成長及びその構成割合に差異が生じたかどうかにかかっていると考えられる。

以上のことから、褐毛和種去勢牛の場合、枝肉歩留は肥育に伴い、脂肪の成長と密接に関連しながら63-64%まで増加することが明らかとなった。

3 骨の成長と部位別分布

骨は枝肉を構成する組織の中で最も早期に成長する組織で、筋肉の成長と関係が深い。本研究の結果でも、月齢に伴う成長では、各部位により異なるパターンを示すものの全体としては生後23ヵ月齢時程度から成長速度が鈍化しており、骨が早期に成長する組織であることを物語っている。

終了時体重及び半丸重量に対する成長では、両区で異なるパターンを示した。前述したように、骨は早熟な組織であり、最終的には重量は両区同レベルとなったが、H区ではある時点から成長速度(あるいは成長割合)が大きくなり、一方、M区では全く逆のパターンをとった。この要因としては、次の3つが考えられる。1つは、Guentherら¹⁴⁾がヘレフォード種去勢牛を用いて報告しているように、骨の成長は栄養水準よりも牛の月齢及び肥育期間により密接に関係していることによるものと考えられる。善林ら^{11, 2)}も日本短角種を用いた試験で半丸重量150kgまでの範囲において低栄養区が中及び高栄養区を上回る成長を示したと報告している。2つめは、M区の半丸重量に対する脂肪の成長割合が小さい時期と骨のそれが大きい時期とがほぼ一致しており(第2-14-(2)図及び第2-22図)、脂肪の成長が停滞する条件下で骨

の成長が促進されたことが考えられる。高栄養下では、終了時体重及び半丸重量に対する脂肪の成長が非常に旺盛であり、逆のことがおこった可能性がある。寺田⁹⁾は黒毛和種の雌子牛を3水準(DG:0.4, 0.6, 0.8kg)で育成し、最も高栄養下の区で骨の成長が抑制される傾向を認めている。骨の成長に対して交配種雄牛の影響がどの程度あるかは不明であるが、H区は多数の種雄牛からの産子で、M区はそれらとは異なる1頭の種雄牛からの産子であるので、この影響の可能性が残されている。

各部位別では、月齢に伴う成長は、高栄養下ではロイン、モモ及びネックにおいて直線的で、バラ及びウデにおいては全体と同様生後23-24ヵ月齢時から成長速度が鈍るパターンを示した。DGを0.7kg程度にすると、バラでの成長は直線的であったが、ロイン、モモ、ウデ及びネックでは22-23ヵ月齢時まで成長速度がH区より大きくなり、その後それが大きく鈍化する傾向にあった。また、ウデではどの時期でも高栄養下を上回る成長を示した。

終了時体重に対する成長と半丸重量に対する成長とは、M区のバラ以外はどの部位もよく似たパターンをとった。高栄養下では、ロイン及びバラで直線的な成長、モモ、ウデ及びネックである時点から成長割合が高まる傾向を示した。DGを0.7kg程度にすると、ロインにおける成長は直線的で、モモ、ウデ及びネックにおいてははじめ成長割合が高栄養下よりかなり大きく、その後それが急速に鈍くなる傾向にあった。バラでは、終了時体重に対しては途中から成長割合が増す成長、半丸重量に対しては直線的な成長を示した。また、ウデではどの時期でもM区がH区を上回る成長を示した。

以上のように、月齢、終了時体重及び半丸重量に対する成長パターンは部位によって異なり、DGによっても変わることが明らかである。DGを0.7kg程度とした場合の共通的な特徴としては、前・後軀部位のウデ、ネック及びモモにおける影響で、はじめ高栄養下より早い成長を示し、その後成長速度(あるいは成長割合)が急速に鈍化することと、ウデにおいては常に高栄養下を上回る成長を示すことがあげられる。

部位別の分布は、今まで述べたそれぞれの部位における成長によって変化すると考えられる。しかし、肥育に伴って部位別の割合が大きく変化することはなかった。高栄養下では、ロインで微増、モモで微減の傾向を示し、概ねモモ、ロイン、ウデ、バラ、ネックの順に割合が高かった。DGを0.7kg程度にすると、前述した前・後軀への影響からはじめモモ及びウデで微増した後モモで減少、ロインで概ね微増し、最終的に高栄養下における各部位の構成割合に近づいていく傾向を示した。しかし、ウデにおける割合は高栄養下より高く、概ねモモ、ウデ、ロ

イン、バラ、ネックの順に割合が高かった。

以上のことから、骨の成長を大きく支配するのは、Guentherら¹⁴⁾及び善林ら^{11, 2)}も報告しているように、月齢や肥育日数等絶対的な時間であることが確認された。このことが、体重や枝肉重量等に対する相対成長において栄養水準による変化パターンに差異をもたらした主因であろう。この他、DGを0.7kg程度にするとウデにおける成長の促進によりウデの占める割合が高まる傾向が認められたものの、この程度の栄養水準の違いは骨の成長に対してさほど大きな影響はもたらさないと考えられる。

4 筋肉の成長と部位別分布

枝肉重量に占める骨、筋肉及び脂肪の構成割合は枝肉価値を左右する重要な要因である。とくに、筋肉の割合は正味に利用される肉量を決定するし、その分布状況は枝肉の商品価値に大きく影響する。したがって、筋肉の成長と部位別分布を明らかにすることは、当然のことながら極めて意義深い。

(1) 高栄養下における成長と部位別分布

本研究の結果を整理すると、高栄養下では次のような傾向が認められた。月齢に伴う成長では、各部位とも生後14.1-14.3ヵ月齢時までの成長速度が非常に大きい、その後それがかなり低下し、さらにバラで生後23.5、ウデで同24.9、ネックで同26.2、ロイン及びモモで同27.2ヵ月齢時から極端に鈍化した。枝肉全体としても、同じ傾向にあり、それらの生後月齢は14.1及び25.6ヵ月であった。終了時体重及び半丸重量に対する成長の傾向は互いに似かよっており、ウデで直線的な成長を示した以外、その他の部位ではすべて終了時体重で412-447kg、半丸重量で129-135kgまで急速に成長し、その後成長割合がかなり低下するパターンをとった。枝肉全体としては、やや傾向が異なり、終了時体重に対する場合は445kg及び680kgに成長割合が2段階で低下したが、半丸重量に対する場合では129kgの1段階であった。部位別の分布では、モモ、ロイン、バラ、ウデ、ネックの順に構成割合が高く、その変化としてはロイン及びバラで微増、モモでやや減少、ウデで微減の傾向にあった。

月齢に伴う筋肉の成長は生後14.1-14.3ヵ月齢時から鈍り、さらに同23.5-27.2(全体としては25.6)ヵ月齢時から極めて鈍化することが示された。とくに、後者の月齢からは赤肉の生産効率が極めて低下することは明らかである。黒毛和種においても、生後14~15ヵ月齢時から筋肉の成長が鈍るという報告^{13, 10)}があり、本研究における最初の折曲点とよく一致していた。終了時体重及び半丸重量に対する成長では、月齢での最初の折曲点にほぼ

対応すると考えられるそれぞれの重量から成長割合が鈍化した。終了時体重に対する筋肉全体としての成長は680kgからさらに鈍っており、この体重以降は赤肉の生産効率が極めて低下すると考えられる。岡田ら⁵⁹⁾はホルスタイン種において空体重に対する、また、善林¹¹⁴⁾は黒毛和種及びホルスタイン種において半丸重量に対する成長はほぼ直線的であったと報告し、本研究とは異なる傾向を示した。これらの報告における体重及び半丸重量の上限が本研究より小さかったことによる影響もあると思われるが、品種の違いによるものであろう。

部位別分布の特徴としては、筋肉の成長に伴い高級部位であるロインでの割合が増加していく。また、バラも同様であり、褐毛和種はばらが厚いと俗にいわれることを物語っていると思われる。これらの部位別における成長の違いから、肥育過程における各部位の占める割合の変化としては、ロイン及びバラで微増、ウデで微減、モモでやや減少という傾向で示された。

(2) DGの影響

DGを0.7kgとすると、月齢に対する成長では、ほとんどの部位ではじめ高栄養下より成長速度が小さいが、その後部位によってパターンは異なるものが高栄養下のものと同レベル(モモ・ロイン・バラ)を上回る(ネック・ウデ)成長を示した。枝肉全体としても、はじめ高栄養下よりわずかに成長速度が小さいが、高栄養下のものが生後25.6ヵ月齢時から成長が極めて鈍ったのに対し、その後もかなり大きい速度で成長が持続する傾向にあった。終了時体重に対する成長では、ネック及びウデに加えてモモでも高栄養下を上回る成長を示し、全体としても500kg程度から高栄養下の成長を上回った。さらに、半丸重量に対する成長では、すべての部位で高栄養下の成長を上回り、全体としてもかなり早い段階から上回っていた。

DGを0.7kgにすることにより、筋肉の月齢、終了時体重及び半丸重量に対する成長は、部位により、また比較する項目によりパターンは異なったが、肥育が進むと高栄養下より明らかに上回る成長を示した。Guentherら¹⁴⁾はヘレフォード種去勢牛を栄養水準を高・中の2水準設けて肥育し、月齢を基準とすると高水準で筋肉の生産量が多くなるが、体重にすると栄養水準による差はなくなったと報告している。一方、Waldmanら¹⁰¹⁾はホルスタイン種去勢牛を用いた試験で栄養水準による影響は体重341kgまでないが、高水準(飼料自由摂取)より中水準(高水準の60~70%量)で肥育したものが455~590kgの範囲で筋肉生産量が多かったとして、体重に対する成長での栄養水準の影響を認めている。また、善林

ら¹¹²⁾は日本短角種を高・中・低の3水準で肥育し、半丸重量に対する成長は半丸重量100kg以上では低水準のものが他の2水準を上回ったと報告している。このように、栄養水準の筋肉の成長に対する影響の結果はまちまちであるが、Guentherら¹⁴⁾の報告については他の報告に比べ肥育終了した月齢が若く、終了時体重も小さかったので、影響が出る前に試験終了した可能性がある。また、この他の報告を含め、品種の違いや栄養水準の程度の差とその品種に対する影響の出方の違いといったことが、このような結果をもたらしたと思われる。しかし、終了時体重及び半丸重量は重要な項目ではあるが、脂肪に修飾された重量であり、これらによる検討では、筋肉の成長について真に品種の特性を表わしたり、栄養水準による筋肉成長への影響を検討することにやや難点があると考えられる。このようなことから、数多くの報告では骨重量や無脂体重(骨+筋肉重量)に対する成長やM/B比の変化により検討されている。これらに関しては、次項で考察することにする。

(3) 骨及び骨+筋肉に対する筋肉の成長及びM/B比の変化

前項で述べたように、骨及び骨+筋肉に対する筋肉の成長及び相対成長やM/B比の変化は、脂肪のまったく関与しない重量に対するものであるため、品種間の比較、性的影響、栄養水準の影響等を検討する上でより有効であると考えられ、数多くの報告^{3-5, 90, 98, 112, 114)}がなされている。Bergら⁵⁾は8品種を比較して、勾配よりも骨の幾何平均重量での筋肉重量に大きな差を認め、品種間差のあることを報告している。善林¹¹⁴⁾も黒毛和種、日本短角種及びホルスタイン種で品種間差を認めているが、本研究の結果を比較すると、高栄養下とDGを0.7kgとした場合ではややパターンが異なるものの、黒毛和種と日本短角種との間に位置していた。しかし、臍その他の分離方法の違いから善林¹¹⁴⁾の結果に比較して筋肉を過小評価していると考えられるので、より黒毛和種に近いと思われる。いずれにしても、褐毛和種における筋肉の骨に対する成長は黒毛和種をやや下回り、高栄養下では枝肉における骨重量が18.6kgからかなり鈍ってくると思われる。

DGを0.7kgにすると、筋肉の骨に対する成長は高栄養下とは異なり直線的成長を示し、はじめ高栄養下より勾配は小さいものの枝肉における骨重量23kg程度から高栄養下を上回った。また、両区を直線回帰で表わした場合、高栄養下より勾配が有意に($P < 0.10$)大きかったことから、DGを0.7kg程度とした場合骨に対する成長がやや促進されるものと思われる。善林ら¹¹²⁾は日本短角

種をH・H・M・M・M・H・L・L(H:飼料飽食, M:DG0, 75kg, L:DG0, 60kg)で肥育し、最も栄養水準の低い区は他の3つの区より骨に対する筋肉の成長が抑制されるが、他の3つの区には差がなかったと報告している。また、BergとButterfield⁴⁾はGuentherら¹⁴⁾及びWaldmanら¹⁰⁾のデータを用いて栄養水準の影響を検討しているが、前者では骨に対する筋肉の成長は高水準が中水準を上回り、後者では差が認められなかったとまちまちの報告をしている。前者のデータによる検討は骨重量で18kg程度までであるが、本研究の同じデータ範囲における傾向とよく似ていた。このように、かなり結果が異なっているが、善林ら¹¹⁾が指摘しているように栄養水準を下げすぎると骨に対する筋肉の成長は抑制されると考えられる。そのレベル以上では、栄養水準の程度にもよるが品種によってその現れ方が違ってくるのではないと思われる。

筋肉の骨に対する成長を検討するに当たり、家畜の成長に伴うM/B比の変化をみるのも1つの有効な方法である。このような観点から、M/B比については、品種間の比較^{2, 7, 11)}や栄養水準の影響^{1, 8, 20, 43, 112)}を検討するため、数多くの報告がなされている。一般的に、M/B比は家畜の成長や肥育に伴い大きくなるが、品種により筋肉と骨の成長パターンが異なることから品種間差が認められ^{2, 7, 11)}、BergとButterfield⁴⁾によるとフリージアン種の4.1からシャロレー種の6.8まで幅がある。本研究における高栄養下の結果では、M/B比は骨や骨+筋肉重量の増加に伴い4.4程度までは急速に大きくなるが、その後はばらつきが大きいものの横ばいとなった。したがって、褐毛和種ではM/B比としては4.4という数値が品種の特性を表すものと考えられる。日本で飼養されている黒毛和種、日本短角種及びホルスタイン種の3品種の報告¹⁴⁾では、半丸重量の幾何平均値により補正した骨重量におけるM/B比はそれぞれ5.06、4.11、3.87であり、これらと比較すると褐毛和種は黒毛和種と日本短角種との間の値であった。しかし、前述した理由により褐毛和種は黒毛和種により近い値を示すものと思われる。

栄養水準のM/B比に及ぼす影響については、あるという報告^{1, 14, 112)}、ないという報告^{26, 43)}の両方がある。本研究では、DGを0.7kgとした場合、高栄養下とは異なり直線的に推移し、はじめ高栄養下より低い値で経過するが、骨で24kg、骨+筋肉で130kg程度から高栄養下を上回る変化を示した。このように結果は様々であるが、善林¹¹⁾らが考察しているようにあまり栄養水準が低すぎると確実にM/B比は低下すると考えられる。そのレベル以上の栄養水準では、その程度にもよるが、本研究でみられたように栄養水準が低いものは高いものに比べはじめ低い値で推移し、その後ある時点で同レベル

になると考えられる。というのも、Guentherら¹⁴⁾及びAndersen¹⁾の報告におけるM/B比を連続的にとらえた変化は本研究と同じ傾向にあり、また、栄養水準による影響がないという報告^{8, 26, 43)}においては、ある一時点での比較であるので、その時はすでに差がない時期であった可能性があると思われるからである。この栄養水準を変えてもM/B比が同レベルになる時期は、品種及び栄養水準の差の程度により異なってくると考えられる。

以上、筋肉の成長について様々な角度から検討し、その特徴を明らかにしたが、骨ほどではないにしても筋肉の成長に強く作用するのは月齢等絶対的な時間であると考えられる。部位別の分布では、中軀部位をなすロイン及びバラの全体に占める割合が微増することが明らかとなった。M/B比の変化は、肥育に伴い4.4程度まで上昇することが明らかとなった。DGを0.7kgとした場合、筋肉全体としては、はじめ高栄養下に比べ絶対成長をもやや抑制するものの、その後はあまり変わらないかやや上回る成長を示し、このことが終了時体重や半丸重量に対する相対成長の違いとして現われたと考えられる。部位別の絶対成長に対しては、モモ、ロイン及びバラでの影響は小さく、ネック及びウデでは成長を促進し、部位別の分布では、ネック及びウデでその占める割合が高まり、ロイン及びバラで低下する傾向が認められた。

5 脂肪の成長と部位別及び脂肪組織別分布

これまで、骨及び筋肉の成長と部位別分布の様相について明らかにしてきたが、これら組織とともに枝肉を構成し、その価値を大きく左右するもう1つの組織として脂肪がある。脂肪は3つの組織の中で最も晩熟で、唯一その構成割合を高めていく組織である。一般的には、貯蔵性や品質の面から枝肉には適度の脂肪の付着が望ましく、その程度は国や消費者のニーズによって大きく変わってくる。とくに、わが国では独特の肉質追求から長期間肥育される傾向にあり、牛肉の生産効率の観点から脂肪の成長と部位別及び脂肪組織別分布をとらえることは非常に重要であると考えられる。

(1) 脂肪の成長と部位別分布

ア 高栄養下における成長と部位別分布

高栄養下における結果をまとめると、次のようになる。月齢に伴う成長では、各部位によりパターンが異なるが、ある時点から急激に成長が鈍り、同時にばらつきが大きくなった。成長の鈍化する時期は、ロイン、モモ、ウデ及びネックでは生後22.3-22.7ヵ月齢時と近似していたが、腎臓脂肪で生後20.5ヵ月齢時と最も早く、バラでは生後27.2ヵ月齢時とかなり遅かった。枝肉全体としては、生

後14.1から23.1ヵ月齢時間の成長が著しく、その後はばらつきは大きいものの極めて成長が鈍化した。終了時体重に対する成長と半丸重量に対する成長とは傾向が非常に似かよっていたが、腎臓脂肪以外では終了時体重で445から447kg、半丸重量で129-137kg(ネックのみ104kg)から成長が加速され、さらに、半丸重量に対してはロイン、バラ及びネックで216-217kgから成長割合が大きくなった。腎臓脂肪では、終了時体重で587kg、半丸重量で180kgから成長割合がかなり鈍るパターンを示した。部位別の分布では、バラ、ロイン、モモ、ウデ・ネックの順に構成割合が高く、とくにバラにおける割合が半分近くと多かった。構成割合の変化としては、バラ及びロインで増加、その他の部位で減少する傾向がみられた。

月齢に伴う成長では、全体として生後14.1から23.1ヵ月齢時における成長が旺盛であるが、山崎¹⁰⁵⁾は黒毛和種では枝肉脂肪は生後12.4から23.4ヵ月齢時にかけて直線的に成長すると報告しており、褐毛和種と黒毛和種における脂肪の盛んに成長する時期はかなり似かよっていた。各部位別に成長の鈍る時期が異なっていたが、月齢、終了時体重及び半丸重量に対する成長のパターンから、腎臓脂肪は最も早熟、バラの脂肪は最も晩熟であることが示される。Palsson⁶³⁾は腎臓脂肪は枝肉脂肪より成長が早いとしており、これとよく一致している。また、山崎¹⁰⁵⁾は黒毛和種において最大成長月齢の比較により腎臓脂肪、モモ、マエ、トモバラの順に成長が早いとしており、これと本研究もほぼ似た傾向を示していた。終了時体重及び半丸重量に対する成長では、終了時体重で450kg、半丸重量で130kg程度から成長が加速され、半丸重量では、さらに216kgから一段と加速されているが、脂肪の生産効率是他の組織よりかなり低いことから、これらの時期から枝肉の生産効率も低下すると考えられる。とくに、半丸重量216kg以降は極めて低下すると考えられる。善林¹¹⁴⁾は黒毛和種、日本短角種及びホルスタイン種を用いて、半丸重量に対する成長を検討している。この報告と比較すると、はじめこれら3品種より低い値で推移するが、半丸重量150から190kgの範囲では黒毛和種及びホルスタイン種とほぼ同等であり、その後は上回った。なお、日本短角種は褐毛和種を含め他の3品種を常に上回る成長を示していた。

イ DGの影響

DGを0.7kg程度にすると、すべての部位において、高栄養下より成長が停滞したが、月齢で生後15.5-17.6ヵ月齢時(全体としては16.6ヵ月齢時)、終了時体重で506-571kg(同551kg)、半丸重量で104-173kg(同167kg)までの若い時期に、部位的にはバラ及びロインを中心に停滞し

た。これらの時期以後は、急速に成長し高栄養下のレベルに接近する傾向にあったが、同レベルに到達したのは腎臓脂肪のみであった。枝肉全体としても、同じレベルに到達できなかった。部位別の分布では、高栄養下よりバラ及びロインで割合が低下し、モモで高まり、構成割合の順位はバラ、モモ、ロイン、ネック・ウデとなった。構成割合の変化としては、バラ及びロインで微増、ウデ及びネックで微減、モモであまり変わらない傾向を示した。

このように、DGを0.7kg程度にすることは脂肪の成長に大きく関与したが、脂肪は栄養水準の影響を最も受けやすい組織であることは多くの報告^{1, 4, 8, 14, 26, 43, 51, 101, 110, 113)}が示している。Palsson⁶³⁾及びBergとButterfield⁴⁾は栄養は生命維持器官、骨、筋肉、脂肪の順に分配されるとしているが、本研究における結果も基本的にはこれに従い、高栄養下に比べ異なる成長パターンを示したものと思われる。いずれにしても、DGの高低により同一体重及び枝肉重量において脂肪の成長量、いい替えると枝肉への蓄積量を変えることが可能であることが示された。

各部位における分布についても影響がみられたが、高栄養下に比較して腎臓脂肪及びモモで割合が高まり、ウデ、ネック、ロイン及びバラでは割合が低下した。バラ、ロイン及びモモでは重量が大きいことから、高栄養下に比べバラ及びロインで割合が減少し、モモでは増加した。脂肪の部位別分布に対する栄養水準の影響について、Pattersonら⁶⁴⁾は3つのエネルギー水準での肥育により、またJones³¹⁾は濃厚飼料主体及び粗飼料主体の飼料給与により検討しているが、わずかの部位で栄養水準により差異が認められるもののほとんど影響はないと報告している。腎臓脂肪については、Palsson⁶³⁾は脂肪の中では栄養分配の優先順位が高いと報告しているが、DGが低められると高栄養下と分配のパターンを変え、腎臓脂肪に優先的に栄養が配分されたと考えられる。善林・嶽¹¹³⁾も4つの栄養水準で肥育し、最も低水準区で全脂肪量に対する腎臓+骨盤腔脂肪の生産勾配が最も高かったと報告している。これらのことから、DGを変えることにより脂肪の部位別分布(腎臓脂肪を除く)がかなり変化したことは褐毛和種の品種特性によるものかもしれない。

(2) 脂肪組織別の成長と分布

ア 高栄養下における成長と分布

脂肪組織別の成長と分布についての結果を整理すると、以下のとおりである。筋間及び皮下の構成割合が高く、腎臓及び枝肉内面は低かった。また、筋間は常に皮下を

上回る成長を示した。月齢に伴う成長では、枝肉内面で生後18.2ヵ月齢時、腎臓で同20.5ヵ月齢時、皮下で同22.3ヵ月齢時、筋間で同22.8ヵ月齢時まで急速に進み、その後急激に鈍化した。終了時体重に対する成長と半丸重量に対する成長はよく似たパターンを示し、皮下及び筋間では終了時体重で447kg、半丸重量で129-139kg以降成長が促進された。一方、腎臓では同587kg及び180kg、枝肉内面では同626kg及び198kgまで急速に成長し、その後成長が極めて鈍化した。構成割合の変化は比較する項目によりややパターンが異なったが、概ね筋間で微増、皮下で微減後微増、腎臓で増加後微減、枝肉内面で減少の傾向にあった。

脂肪組織別の成長と分布について、Johnsonら³⁰⁾は210日齢の胎児から生後1,120日齢まで長期にわたって検討し、各脂肪組織重量はどの時点でも筋間で最も大きく、ついで皮下、筋肉内、腎臓、骨盤腔内脂肪の順に大きかったと報告している。全脂肪に対する割合では、筋間で45%程度であり変化せず、皮下では一時30%程度まで増加するがその後はむしろ低下気味に変化するのに対し、筋肉内、腎臓及び骨盤腔内脂肪では初期には高いが成長とともに低下するとしている。また、Kempsterら³³⁾は数多くの品種を組合わせて、また善林・稲山¹¹⁰⁾は日本で飼養されている3品種を用いて検討しているが、品種の組合せ及び品種間に差があることを認めている。この中で、各組織重量の全重量に対するアロメトリーでは、共通的に相対成長係数が皮下で1.0より大きく、筋間で1.0より小さく(このことは、肥育に伴い皮下脂肪の割合が増加し、筋間脂肪の割合が減ることを示す)、腎臓脂肪+骨盤腔内脂肪で品種の組合せや品種間に大きな違いをみている。本研究における結果では、脂肪組織別の割合は筋間、皮下、腎臓、枝肉内面の順に高かったが、このことはJohnsonら³⁰⁾及び善林・稲山¹¹⁰⁾の結果と傾向が同じであった。後者の日本で飼養されている3品種における報告¹¹⁰⁾との比較では、黒毛和種及びホルスタイン種における各脂肪組織の構成割合と似た値を示した。

イ DGの影響

DGを0.7kgとすると、どの脂肪組織においても、時期的には月齢で生後18.5ヵ月齢時、終了時体重で587kg、半丸重量で198kgまでを中心に高栄養下に比べ成長が抑制されていた。脂肪組織別には、今回のデータ範囲内で腎臓及び枝肉内面では高栄養下と同レベルに到達したのに対し、皮下及び筋間(とくに皮下)では成長が強く抑制され、高栄養下より常に低いレベルで推移した。脂肪組織別の分布では、高栄養下に比べ皮下の占める割合が

少なく、その分その他の組織の占める割合が高まっていた。

このように、DGを0.7kg程度にすると、若い時期を中心に皮下及び筋間脂肪(とくに皮下脂肪)の成長が高栄養下に比べ停滞した。Fortinら¹¹⁾は肥育飼料の自由摂取とその65-70%給与の2水準により脂肪の分配を調べ、枝肉重量に対する皮下脂肪の相対成長係数は低水準が高水準より小さく、栄養水準による影響を認めている。また、栄養水準の違いによりホルスタイン種では各脂肪の蓄積に影響しないが、アンガス種では低水準で皮下及び筋間脂肪の蓄積の低下がみられ、品種による反応の違いを報告している。

(3) 骨、筋肉及び骨+筋肉に対する成長

BergとButterfield⁴⁾も指摘しているように、脂肪の成長を検討するに当たり、脂肪より成熟の早い骨及び筋肉や無脂枝肉重量として骨+筋肉に対比して行うことは有効であると思われる。この方法により、脂肪の成長の品種比較^{4, 114)}や栄養水準の影響等^{113, 114)}が検討されている。

ア 高栄養下における成長

高栄養下における結果をまとめると、以下のとおりである。骨に対しては、ややばらつきが大きかったものの直線的な成長を示した。筋肉及び骨+筋肉に対する成長では、筋肉で68.8kg、骨+筋肉で88.0kgからそれ以前より成長割合が大きくなるパターンを示した。

筋肉及び骨+筋肉に対する成長では、前述した時点から成長が加速されることが示されたが、骨+筋肉に対しては、その時期と成長割合に品種間差のあることが報告されている⁴⁾。一般的には、この時期が早いほど早熟な品種といわれている。善林¹¹⁴⁾も日本の主要3品種において骨+筋肉に対する成長を検討しているが、本研究の結果と比較すると、黒毛和種及びホルスタイン種ではほぼ直線的な成長であるのに対し、褐毛和種では88.0kgから成長が加速され、成長割合が前2品種より大きくなるので、この頃から褐毛和種が前2品種の成長を上回り、肥育が進むにつれその差が拡大する傾向にあった。また、日本短角種は前3品種より成長割合が極めて大きかった。これらのことから、日本で飼養されている主要4品種の中で、褐毛和種は日本短角種ほどではないにしろ脂肪の成長が旺盛な品種と考えられ、このことに配慮して肥育することが重要であると思われる。

イ DGの影響

DGを0.7kg程度にすると、次の傾向が認められた。骨、筋肉及び骨+筋肉に対する成長では、直線回帰で表

わした場合成長割合が高栄養下より有意に小さかった。さらに、3相の折れ線回帰の方がより適合していたが、DGを0.7kg程度にすると、骨で19.6kg、筋肉で82.4kg、骨+筋肉で102.3kgまで成長が極めて停滞し、その後高栄養下と同程度かわずかに小さい割合で成長した。

このように、DGの高低は脂肪の骨、筋肉及び骨+筋肉に対する成長に大きく影響していたが、主に脂肪の成長が旺盛になる時期を遅らせることにより抑制していた。BergとButterfield⁴⁾及び善林・嶽¹¹³⁾は骨+筋肉に対する成長への栄養水準による影響について報告しているが、本研究とややパターンは異なるものの栄養水準が低いほど脂肪の成長が抑制されており、本研究と一致した傾向にあった。これらのことから、DGの調節により高栄養下に比べ脂肪割合の少ない枝肉の生産が可能であると考えられる。

以上、脂肪の成長について様々な視点から検討したが、次のことが明らかとなった。脂肪は最も晩熟な組織で、高栄養下では概ね月齢で14ヵ月齢時、終了時体重で450kg、半丸重量で130kg程度から成長速度(あるいは成長割合)が加速され、その後肥育が進むほど蓄積が促進される。部位別には、はじめ腎臓脂肪の成長が進み、順次中駆部位のバラ及びロインでの成長が旺盛となる。部位別の分布では、バラ、ロイン、モモ、ウデ・ネックの順に構成割合が高く、とくにバラの占める割合が半分近くと多い。組織構成の変化としては、バラ及びロインで増加、その他の部位で減少する。脂肪組織別では、筋間及び皮下の構成割合が高く、腎臓及び枝肉内面で低く、筋間は皮下を常に上回る。その構成割合の変化としては、概ね筋間で微増、皮下で微減後微増、腎臓で微減後微増、枝肉内面で減少する。また、脂肪の成長は栄養水準による影響を最も受けやすく、DGを0.7kg程度にすると高栄養下より概ね月齢で17ヵ月齢時、終了時体重で550kg、半丸重量で170kg程度までと主に若い時期に、部位的にはバラ及びロイン、組織別では皮下を中心に脂肪の成長が抑制される。

6 枝肉における組織構成の変化

(1) 高栄養下における変化

これまで、枝肉を構成する骨、筋肉及び脂肪の成長様相について様々な角度から検討してきたが、それぞれの組織の成長パターンが異なることから、これらが総合化されて枝肉の組織構成は変化していく。この成長過程における変化としては、一般的には骨割合は減少し、筋肉割合はある期間増加したのち減少し、脂肪割合は全期間を通して増加する。これらの各組織間の相対成長の一般

的な関係は品種が違って同じであるが、各組織間の成長関係はそれぞれかなりの程度品種・系統間に差がみられる^{5, 88, 114, 119)}。これらの差異をもたらす主な要因は、品種・系統に独特なものもあるが、その品種の成熟性に関する違い、とくに脂肪の蓄積や分布に関する特性の違いによるところが大きい¹¹⁹⁾。したがって、脂肪割合が枝肉の組織構成の変化を大きく特徴づけると考えられる。

本研究の結果では、骨割合で減少、筋肉割合で減少、脂肪割合で増加の傾向を示したことから、褐毛和種においても枝肉の組織構成は前述した基本的な原理に基づいて変化すると考えられる。なお、筋肉割合については、全期間にわたって減少しており、この点では異なっていた。具体的な変化についてみると、月齢に対する変化では、骨割合は生後15.6ヵ月齢時の11.5%まで急速に減少し、その後は極めてゆるやかに減少した。筋肉割合は生後21.3ヵ月齢時の49%まで急速に減少し、その後は減少の程度が非常にゆるやかとなった。一方、脂肪割合は生後21.7ヵ月齢時の35%まで急速に増加し、その後は横ばいとなった。また、それぞれの折曲点からはばらつきがかなり大きくなった。終了時体重及び半丸重量に対する変化では、そのパターンがよく似ていたが、骨割合は295及び498kg(83及び149kg、以下()は半丸重量とする)の2段階で減少割合をゆるめながら減少した。筋肉割合は582kgの51%(189kgの50%)まで急速に減少し、その後その割合がかなりゆるやかになった。これに対し、脂肪割合は310kg(90kg)まで急激に増加し、その後その割合が大きく低下するものの、かなりの割合で増加した。月齢に対する変化は折曲点以降は非常にゆるやかで、同時にばらつきがかなり大きくなっているが、これは主に材料牛の体格の大小や成熟度の差異を反映したものと考えられる。したがって、筋肉及び脂肪割合の折曲点(生後21.3-21.7ヵ月齢時)以降で良好な増体が望める場合は、終了時体重及び半丸重量に対する変化でみられるようなより早いペースで筋肉割合が減少し、脂肪割合が増加すると思われる。わが国では、独特の肉質追求のため肥育期間の長期化や仕上げ体重の大型化の傾向が強いが、良質な牛肉生産を目指す上でも効率的な生産を図るために枝肉の組織構成の変化、とくに筋肉及び脂肪割合の変化をよく理解してこれらの面とのバランスをとる必要がある。

各部位における傾向としては、ロイン及びネックでは枝肉全体の変化とよく似ていたが、筋肉割合が枝肉全体よりやや高く(とくにネック)、その分脂肪割合が低かった。モモ及びウデでは、筋肉及び骨の割合が枝肉全体及び他の部位よりかなり高く、脂肪割合はその逆であった。

これら部位は体の支持や運動に関わる機能を有する部位であるので、当然のことながら骨及び筋肉がよく発達し、脂肪が蓄積しにくく、このような結果をもたらしたと考えられる。一方、バラでは、逆に骨及び筋肉割合が最も低く、脂肪割合は最も多かった。このことは、筋肉の部位別分布の検討から、バラはその割合が増加していく部位であるが、同様に脂肪も部位別分布で割合が増加していく部位であり、脂肪が筋肉より増加のテンポがかなり大きいことによる結果であろう。いずれにしても、肥育が進むにつれバラへは脂肪の蓄積が促進され、脂肪割合が高まっていくと考えられる。

(2) DGの影響

DGの高低は枝肉の各組織の成長に影響することを明らかにしたが、中でも脂肪の成長に対する影響が大きかった。このことにより、組織構成の変化も高栄養下に比べかなりパターンが異なっていた。骨割合は、はじめ高栄養下より高く推移するが、肥育が進むにつれ同レベルになっていった。筋肉割合は、月齢に対する変化では高栄養下よりゆるやかに減少し、終了時体重及び半丸重量に対する変化では、ばらつきがやや大きいものの終了時体重で546kg、半丸重量で168kgまで59%程度で横ばいとなり、その後急速に低下したが、常に高栄養下より高く推移した。脂肪割合は、月齢で生後17.0ヵ月齢時、終了時体重で558kg、半丸重量で170kgまでばらつきが大きいものの16-17%で横ばいとなり、その後急速に増加し、高栄養下のものに接近していったが、同レベルには到達

しなかった。このように、高栄養下に比較してDGを低めると、主に脂肪割合が低下し、筋肉割合が増加したが、肥育がかなり進んだ状況下でも、程度は小さくなるもののこのことが持続されていた。これらのことは、DGの調節により、同体重や同枝肉重量において筋肉割合が多く脂肪割合の少ない枝肉生産が可能であることを示している。各部位における組織構成の変化に対する影響としては、どの部位でも、また月齢及び半丸重量のいずれに対する変化でも、高栄養下に比べ脂肪割合が少なく、骨及び筋肉割合、とくに筋肉割合が多くなった。とりわけ、DGを低めることにより脂肪成長の抑制が強かったロイン及びバラとモモにおいてこの傾向が強かった。

7 筋肉及び脂肪における成長の転換時期

これまで、枝肉における各組織の成長について様々な角度から検討してきた。枝肉を構成する組織の中で、筋肉は牛肉そのものであり、脂肪は善林¹¹⁾も指摘しているように枝肉を大きく特徴づける組織であり、また、この2つの組織で枝肉のかなりの部分を占めるので、この2つの組織は牛肉を生産する上で最も重要な組織であるといえる。そこで、これらの成長に焦点を絞り、その転換時期について検討した。

組織全体としての成長は、脂肪の月齢に対する成長以外では比較する項目(月齢、終了時体重、半丸重量等)が変わっても、そのパターンは基本的には同じであった。すなわち、筋肉では右下がり、脂肪では右上がりの成長

第2-8表 枝肉各組織の成長における折曲点とその月齢、終了時体重及び半丸枝肉重量

組織 (Y)	比較項目 (X)	折曲点 (X, Y)	1 番目の折曲点			2 番目の折曲点		
			月 齢	終了時体重	半丸枝肉重量	月 齢	終了時体重	半丸枝肉重量
筋 肉	月 齢	(14.1, 76) (25.6, 110)	<u>14.1</u>	436	132	<u>25.6</u>	697	225
	終了時体重	(445, 75) (680, 105)	14.4	<u>445</u>	136	22.8	<u>680</u>	218
	半丸枝肉重量	(129, 74)	13.8	425	<u>129</u>			
脂 肪	月 齢	(14.1, 27) (23.1, 78)	<u>14.1</u>	436	132	<u>23.1</u>	685	220
	終了時体重	(447, 31)	14.5	<u>447</u>	137			
	半丸枝肉重量	(129, 29) (216, 72)	13.8	425	<u>129</u>	22.7	675	<u>216</u>
	筋肉重量	(69, 29)	12.8	408	120			
	骨+筋肉重量	(88, 32)	13.1	425	125			

注) アンダーライン以外は、それぞれの関係からの推定値

を示した。そこで、各組織の成長の折曲点についてそれぞれの関係からよりわかりやすい月齢、終了時体重及び半丸重量に標準化し(第2-8表)、各組織の成長を総合的に検討した。折曲点が1つあるいは2つの場合があったが、それぞれの折曲点はかなり似かよった値を示した。最初の折曲点は、筋肉では生後13.8-14.4ヵ月齢時、終了時体重で425-445kg、半丸重量で129-136kgにおいて筋肉重量74-76kgの時点、脂肪では同12.8-14.5ヵ月齢時、同408-447kg、同120-137kgにおいて脂肪重量27-32kgの時点であった。2つ目の折曲点は、筋肉では同22.8-25.6ヵ月齢時、同680-697kg、同218-225kgにおいて筋肉重量105-110kgの時点、脂肪では同22.7ヵ月齢時、同675kg、同216kgにおいて脂肪重量72kgの時点であった。

最初の折曲点は、数字をまるめると生後14ヵ月齢時、終了時体重430kg、半丸重量130kg程度となるが、この時点で2つの組織の成長が大きく変わることは明らかである。すなわち、筋肉はこの時点の75kg程度まで急速に成長し、その後成長速度(割合)が鈍る。一方、脂肪はこの時点から成長が急速に促進され、成長速度(割合)が筋肉を上回る。2つ目の折曲点は、月齢で幅もやや大きかったが、生後23-25ヵ月齢時、終了時体重680-700kg、半丸重量215-225kg程度(筋肉重量105-110kg、脂肪重量70kg程度)と考えられる。このように、やや幅が大きかったのは、肥育が進むと体格の大小等の個体差が出てくるためと思われる。この時点以降で、まだかなり増体がある場合は、筋肉の成長は著しく鈍く、脂肪の成長が極めて旺盛なことは明らかである。したがって、質との関連も考慮しなければならぬが、この時期は肥育の終了を決定する上でかなり重要なポイントになると考えられる。このように、牛肉を生産する上で最も重要な組織である筋肉及び脂肪の成長において2つの大きな転換時期が明らかとなった。

8 DGの枝肉構成の変化に及ぼす影響

DGを0.7kg程度にすると、高栄養下と比較して枝肉における各組織の成長に関与し、それに伴って枝肉の組織構成等へも影響していた。その概要を第2-34図にまとめたが、脂肪の成長に対する影響が大きかった。高栄養下に比べ、主に脂肪の成長が盛んになる時期が遅れることにより、成長が抑制されていた。部位及び脂肪組織別では、バラ・ロイン及び皮下・筋間(とくに皮下)での影響が強く、全体に占める割合がバラ・ロインで減少、モモ・ウデで増加し、皮下で減少、筋間・腎臓・枝肉内面で増加した。また、枝肉歩留は脂肪の成長と関連が深いことから、脂肪の成長の抑制により低下した。

月齢に伴う骨の成長に対してはほとんど影響がなかつ

たが、体重及び枝肉重量に対する成長に対してはそのパターンをかなり変えていた。すなわち、高栄養下に比較して若い時期に成長が進み、その後肥育が進むと高栄養下の成長割合が大きくなり、双方同レベルになる傾向がみられ、とくにモモ、ウデ及びネックでこの傾向が強かった。同様なことをGuentherら¹⁴⁾がヘレフォード種で、善林ら^{11,12)}が日本短角種で報告しているが、DGを高栄養下より低下させた場合、高栄養下と同じ体重や枝肉重量では月齢が進んでおり、絶対成長に対しては影響がほとんどなかったことがこのような結果を招いた主な要因と考えられる。いずれにしても、骨の成長に対しては、月齢や肥育日数等絶対的な時間の影響が大きいと考えられる。しかし、DGを0.7kgとした場合、明らかにウデにおける成長を促進し、ウデの占める割合を高めていた。

筋肉の成長に対する影響としては、月齢に伴う成長では高栄養下よりはじめ成長速度がわずかに小さいが、その後ほぼ変わらない成長を示し、月齢が進むにつれやや上回る成長を示した。また、ネック及びウデにおいては、かなり若い時期から高栄養下を上回る成長を示した。これらが主因となり、体重及び枝肉重量に対する相対成長では部位によりパターンは異なるものの、肥育が進むにつれ高栄養下を上回って成長した。同様なことは、日本短角種^{11,12)}及びホルスタイン種¹⁰⁾でも報告されている。これらのことは、骨の成長で検討したように、筋肉の成長に対しても絶対的な時間の影響が大きいことに主に起因していると考えられる。部位別の分布に対する影響では、高栄養下と比較してウデ及びネックで増加し、ロイン及びバラで減少した。このことは、ウデ及びネックにおいて高栄養下を上回る成長を示したことによるものと思われる。

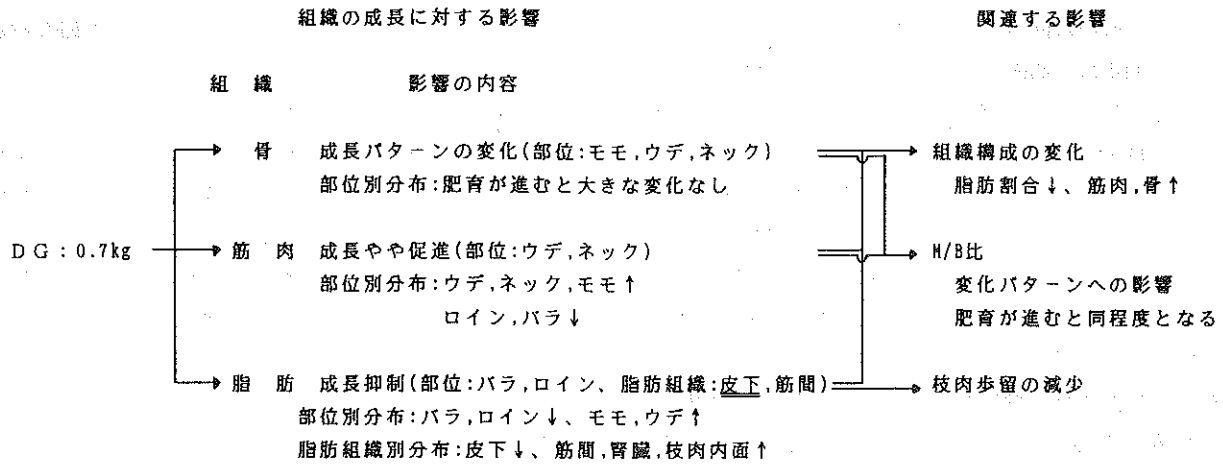
骨及び筋肉の成長に対する影響から、M/B比の変化パターンを変えていた。高栄養下では、急速に上昇して4.4程度で横ばいになるが、DGを0.7kgにすると直線的に上昇し、肥育が進むと高栄養下と同程度となるパターンを示した。

枝肉における各組織の成長への関与により、組織構成の変化に対して影響していた。とくに、脂肪成長の抑制により脂肪割合が減少し、その分筋肉割合が主に増加していた。さらに、肥育がかなり進んだ状況下でも、程度はやや小さくなるがこの傾向が持続されていた。部位では、脂肪成長の抑制の強かったバラ及びロインでこの傾向が強かった。

以上、枝肉における各組織の成長や組織構成等に対するDGの影響について検討したが、高栄養下よりDGを低下させることにより同じ体重や枝肉重量において高栄

養下より脂肪割合の少ない枝肉の生産が可能である。また、影響を強く受けたのは晩熟と考えられる組織や部位

であったので、DGの低下は牛体の生理的成熟を高栄養下より遅らせる可能性の高いことが示唆された。



第2-34図 枝肉における組織成長等に及ぼすDGの影響

小 括

増体性も重要な産肉特性の一つであるが、褐毛和種の去勢牛では増体性をよく表わす発育基準的なものがほとんどないので、肥育期間における増体曲線の作成を試みた。

さらに、産肉特性の中でもとくに重要と考えられる高栄養下での枝肉における骨、筋肉及び脂肪の各組織の成長及びそれに伴う枝肉の組織構成の変化について、月齢・体重・枝肉重量に対する成長や変化、部位別の成長と分布、各組織間の相対成長等により検討した。さらに、DGを0.7kg程度に制限した場合、このことがどのように影響するか併せて検討した。その結果、概ね以下のことが明らかとなった。

1 増体性

肥育試験及び産肉能力間接検定の調査牛102頭を用いて、プロデューの発育曲線の当てはめにより増体曲線を作成した。その結果は、 $y = 1041(1 - 1.3066e^{-0.00201t})$ (y : 体重, t : 日齢)で、高栄養下における肥育期間の増体の様相をよく表わすものと考えられた。

2 枝肉構成の変化及びDGの影響

(1) 各組織の成長と部位別(組織別)分布

ア 骨

月齢に伴う成長では、生後22.9ヵ月齢時から成長速度

が鈍るパターンを示した。一方、終了時体重及び半丸重量に対する成長では、中途から(481kg及び155kg)成長割合がやや高まるパターンを示した。部位別の分布は、概ねモモ、ロイン、ウデ、バラ、ネックの順に割合が高く、その変化としてはロインで微増、モモで微減した。

イ 筋肉

筋肉の成長は、生後14.1-14.3ヵ月齢から鈍り、さらに部位により同23.5-27.2(全体としては25.6)ヵ月齢から極めて鈍化した。終了時体重及び半丸重量に対する成長では、月齢における最初の折曲点にほぼ対応すると考えられるそれぞれの重量から成長が鈍り、終了時体重に対しては全体の成長として680kgからさらに鈍化した。部位別の分布では、モモ、ロイン、バラ、ウデ、ネックの順に割合が高く、その変化としては、部位別における成長の違いからロイン及びバラで微増、ウデで微減、モモでやや減少した。

ウ M/B比の変化

M/B比は、骨や骨+筋肉重量の増加に伴い4.4程度まで急速に大きくなり、その後ばらつきが大きいものの横ばいとなったので、この値が褐毛和種の特性を表わすものと考えられた。これは日本で飼養されている主要4品種の中では、黒毛和種に次ぎ高い値である。

エ 脂肪

脂肪は最も晩熟な組織で、概ね月齢で生後14ヵ月齢時、

終了時体重で450kg、半丸重量で130kg程度から成長速度(割合)が高まり、その後肥育が進むほど蓄積が促進された。部位別には、はじめ腎臓脂肪の成長が進み、順次中軀部位のバラ及びロインの成長が旺盛となった。部位別の分布では、バラ、ロイン、モモ、ウデ・ネックの順に構成割合が高く、とくにバラの占める割合が半分近くと多かった。組織構成の変化としては、バラ及びロインで増加、その他の部位で減少した。脂肪組織別では、筋間及び皮下の構成割合が高く、腎臓及び枝肉内面で低く、筋間は皮下を常に上回った。その構成割合の変化としては、概ね筋間で微増、皮下で微減後微増、腎臓で微減後微増、枝肉内面で減少した。

(2) 組織構成の変化

組織構成は、各組織の成長パターンが異なるので、それらが総合化されて変化していくと考えられる。褐毛種の特徴としては、骨割合は生後15-16ヵ月齢時、終了時体重500kg、半丸重量150kg程度に11.5%程度まで急速に減少し、その後ゆるやかに減少した。筋肉割合は生後19-21ヵ月齢時、終了時体重580-630kg、半丸重量180-200kg程度に49-51%まで急速に減少し、その後ゆるやかな減少となった。一方、脂肪割合については、月齢に対する変化では生後22ヵ月齢時の35%まで急速に増加し、その後ばらつきが大きいものの横ばいとなるが、終了時体重及び半丸重量に対する変化では、一定の割合で増加し続けた。

部位別における特徴としては、ロイン及びネックでは枝肉全体の変化とよく似ているが、筋肉割合が枝肉全体よりやや高く(とくにネック)、その分脂肪割合が低かった。モモ及びウデでは、筋肉及び骨割合が枝肉全体及び他の部位よりかなり高く、脂肪割合は低かった。逆に、バラでは骨及び筋肉割合が最も低く、脂肪割合は最も多かった。

(3) DGの影響

DGを0.7kg程度することは、高栄養下と比較して枝肉における各組織の成長に関与し、それに伴って枝肉の組織構成等へも影響した。とくに、脂肪の成長に対する影響が大きく、高栄養下に比べ主に脂肪の成長が盛んになる時期が遅れることにより、成長が抑制された。部位及び脂肪組織別では、バラ・ロイン及び皮下・筋間(とくに皮下)での影響が強く、全体に占める割合がバラ・ロインで減少、モモ・ウデで増加し、皮下で減少、筋間・腎臓・枝肉内面で増加した。また、枝肉歩留は脂肪の成長と関連が深いことから、脂肪の成長の抑制により低下した。

月齢に伴う骨の成長に対しては、ほとんど影響はない

が、体重及び枝肉重量に対する成長に対してはそのパターンをかなり変えた。すなわち、DG0.7kgでは高栄養下に比較して若い時期に成長が進み、その後肥育が進むと高栄養下の成長速度が大きくなり、双方同レベルになる傾向がみられ、とくにモモ、ウデ及びネックでこの傾向が強かった。DGを0.7kg程度にした場合、高栄養下と同じ体重や枝肉重量では月齢が進んでおり、絶対成長に対しては影響がほとんどなかったことがこのような結果を招いた主な要因と考えられた。いずれにしても、骨の成長に対しては月齢や肥育日数等絶対的な時間の影響が大きかった。筋肉の月齢に伴う成長に対する影響としては、高栄養下よりはじめ成長速度がわずかに小さいが、その後ほぼ変わらない成長を示し、月齢が進むにつれやや上回る成長を示した。また、ネック及びウデにおいては、かなり若い時期から高栄養下を上回る成長を示した。これらが主因となり、体重及び枝肉重量に対する相対成長では部位によりパターンは異なるものの、肥育が進むにつれ高栄養下を上回って成長した。これらのことは、骨の成長で検討したように、筋肉の成長に対しても絶対的な時間の影響が大きいことに主に起因していると考えられた。部位別の分布に対する影響では、高栄養下と比較してウデ及びネックで増加し、ロイン及びバラで減少した。このことは、ウデ及びネックにおいて高栄養下を上回る成長を示したことによる。

骨及び筋肉の成長に対する影響から、M/B比の変化パターンを変え、高栄養下ではM/B比は急速に上昇して4.4程度で横ばいになるのに対し、直線的に上昇し、肥育が進むと高栄養下と同程度となるパターンを示した。

DGは枝肉における各組織の成長への関与により、組織構成の変化に対して影響した。とくに、脂肪成長の抑制により脂肪割合が減少し、その分、筋肉割合が主に増加した。さらに、肥育がかなり進んだ状況下でも、程度はやや小さくなるがこの傾向が持続された。部位では、脂肪成長の抑制の強かったバラ及びロインでこの傾向が強かった。

Ⅲ章 肥育過程における肉質の変化

前章では、産肉の基本的しくみにつながる枝肉の各組織の成長や組織構成の変化といった産肉特性を明らかにしたが、もう1つの極めて重要な産肉特性として、脂肪交雑を中心とした肉質があげられる。緒言で述べたように、肉質の改善は褐毛和種の抱える最重要課題である。わが国では、肉質を極端に重視した独特の枝肉評価及び取引がなされてきたが、平成3年4月から牛肉の輸入自由化(最終関税50%)、さらにガット・ウルグアイ・ラウンド交渉による関税の漸次低下(平成12年の38.5%まで)という情勢の中、国産牛では肉質により取引価格の格差がますます増大している⁸⁹⁾。このようなことから、肉質の向上をねらって肥育期間の長期化及び出荷体重の大型化の傾向が強くなり、生産効率の低下が憂慮される。したがって、肥育過程における肉質の変化を把握することは、このような弊害を防止する意味も無論のことながら、肥育技術を検討する上で極めて重要である。

肥育過程における肉質の変化に関しては、黒毛和種、日本短角種、ホルスタイン種及びこれらの交雑種では、月齢に対する変化、生体重に対する変化、理化学的な分析、部位別の変化、部位間の差異、枝肉構成との関連等といった面から研究がなされている^{93, 95, 103, 107, 108, 111, 117)}。しかしながら、褐毛和種については一部に報告^{80, 92, 94)}はあるものの、これらの情報が極めて乏しい状況にある。

そこで、褐毛和種の肥育過程における肉質の変化について、枝肉における組織構成調査を行った去勢牛を用いて、月齢、終了時体重及び枝肉における各組織の成長とそれに伴う組織構成の変化との関連から検討を加えた。さらに、DGを0.7kg程度にした場合の影響についても併せて検討した。

試験方法

供試牛は、前章と同じ褐毛和種去勢牛42頭(第2-2表)であった。肉質については、昭和63年4月から評価法が改正された¹⁴⁾ところであるが、本報告ではデータの継続性を考慮して旧規格の解説書¹⁹⁾に基づき、第6-7(一部7-8)肋骨間のロース切開面で評価した。実際の評価は、脂肪交雑、色沢、きめ・締まり及び脂肪の質・色沢の4項目で行われるが、前3項目について月齢、終了時体重及び枝肉における各組織の成長等との関係を検討した。

なお、色沢及びきめ・締まりは極上=4、上=3、中=2、並=1、等外=0(±は0.3加減)でスコア化した。また、M区にはH区の若齢の4頭(個体番号1-4)を加えて検討した。

統計分析には、前章と同様に大塚の折れ線モデル^{91, 92)}を用いた。H区における枝肉に占める脂肪割合では、特異的な最大評点値の影響で折曲点が頂点となる折れ線に解析される等、そのままでは意味のある解析ができなかったため、最大評点の1頭及び最も若齢の2頭の計3頭を除き、1つの折曲点をもつモデルにより分析した。同様に、M区においては、月齢と色沢、終了時体重と色沢、終了時体重ときめ・締まり、枝肉に占める脂肪割合で、H区から加えた4頭を除外して分析した。なお、1本目の直線がX軸と交わる点を第1折曲点(これ以前は評点0の直線とする)、モデルにより求めたものを第2折曲点とした。

結果

1 高栄養下における変化

肉質と月齢、終了時体重、枝肉重量及び枝肉における各組織の成長との相関係数を第3-1表に示した。いずれも有意な($P < 0.01$)相関係数を得たが、どの項目でも色沢、きめ・締まり、脂肪交雑の順に高く、脂肪交雑はデータの変動が大きく前2項目よりやや低かった。また、骨及び筋肉の割合において負であった他はすべて正の値を示した。肉質の項目別では、脂肪交雑は脂肪の割合、脂肪総重量及び筋肉の割合で比較的高い値を示した。色沢では、全体的に高かったが、中でも枝肉重量、脂肪総重量、脂肪の割合及び終了時体重で高かった。きめ・締まりでは、色沢よりもやや値は低く、項目別では脂肪の割合、終了時体重及び枝肉重量で高かった。これらのことから、各組織の成長や加齢に伴い、肉質は改善されていくが、とくに脂肪組織の成長との関連の深いことが示された。

月齢及び終了時体重は肥育技術を検討する上で最も重要な項目であり、また脂肪の割合は肥育度を的確に示す指標といえ、肉質の各項目とも相関係数が高かった。そこで、これらに対する肉質の変化について検討を行った。月齢に伴う結果を第3-1図に示したが、脂肪交雑では2つの折曲点があり、第1折曲点(13.7, 0.1)から第2折曲

点(16.9, 1.7)にかけて評点が急速に向上し、その後勾配が非常にゆるやかになった。また、第2折曲点以降データの変動がかなり大きくなった。色沢及びきめ・締まりについても、2つの折曲点をもち、きめ・締まりの第1折曲点(10.3, 0.0)の月齢がやや若く、第2折曲点以降のデータの変動が小さいことを除き、脂肪交雑と同様の傾向にあった。したがって、月齢に伴う肉質の向上は、生後16.9-17.9ヵ月齢時まで急激に進み、その後、その度合がかなり小さくなることが示唆された。

終了時体重に対する変化を第3-2図に示した。いずれの項目も2つの折曲点をもち、月齢に対する変化とよく似た傾向を示した。すなわち、第1折曲点から第2折曲点にかけて評点が急速に向上し、第2折曲点以降勾配が非常に小さくなった。また、第2折曲点以降データの変動が大きくなった。終了時体重に対する肉質の変化は、534-555kgまでに急激に向上し、その後、その度合がかなり小さくなることが示唆された。

脂肪の割合に対する変化も、前の2つの分析結果と同様な傾向を示し(第3-3図)、脂肪の割合が17.7から25.4%(脂肪交雑)、16.5から26.1%(色沢)、15.6から26.2%(きめ・締まり)にかけて評点が急速に向上後、その勾配が非常にゆるやかになった。ただし、第2折曲点以降の直線の勾配は、月齢及び終了時体重でのそれよりやや大きかった。脂肪の割合による肉質の変化は、25.4-26.2%までは急速に向上し、その後その度合はかなり低下するもの、月齢及び終了時体重よりもその程度はやや大きいことが示唆された。

2 DGを0.7kg程度にした場合の変化

肉質と月齢、終了時体重及び枝肉における各組織の成長との相関係数は(第3-1表)、いずれも有意($P < 0.01$)であったが、H区より概ね高く、とくに脂肪交雑でその傾向が強かった。どの項目でも、色沢及びきめ・締まりは概ね同程度の値を示し、脂肪交雑よりも高かったが、H区に比べ脂肪交雑が色沢及びきめ・締まりにかなり接近していた。また、H区と同様に骨及び筋肉の割合において負であった以外はすべて正の値を示した。肉質の項目別では、脂肪交雑は月齢、筋間及び腎臓脂肪重量、脂肪総重量で高い値をとった。色沢では、月齢、枝肉重量、筋間及び腎臓脂肪重量、脂肪総重量で高かった。きめ・締まりでは、月齢、筋肉重量、筋間脂肪重量で高かった。これらのことから、加齢や各組織の成長に伴い肉質は向上していくが、DGを0.7kgにした場合とくに加齢及び脂肪組織の成長との関連の深いことが示された。

月齢に対する変化を第3-1図に示した。脂肪交雑では、生後11.6及び18.5ヵ月齢時の2つの折曲点があったが、

H区とは変化パターンが異なり、第2折曲点以降の勾配がそれ以前とあまり変わらず、第1折曲点からほぼ直線的に向上した。その結果、H区とは生後29ヵ月齢時程度に同評点値となった。色沢及びきめ・締まりではよく似た傾向を示したが、第1折曲点(生後15.1及び13.8ヵ月齢時)から第2折曲点(同18.5及び18.3ヵ月齢時)にかけて評点値が1.5及び1.9まで急速に上昇し、その後その度合が低下した。しかし、第2折曲点以降もH区より評点の上昇速度はかなり大きく、評点値は生後30ヵ月齢時程度に同じになった。

終了時体重に対する変化(第3-2図)では、各項目とも似かよったパターンを示した。いずれも2つの折曲点があり、第2折曲点(脂肪交雑以下それぞれ414kg, 447kg, 421kg)から第2折曲点(同482kg, 482kg, 500kg)にかけてかなり狭い範囲で評点値が急速に上昇し、その後その度合がかなり緩慢になった。第2折曲点の評点値はH区の1/2から1/3程度であったが、第2折曲点以降の向上割合はH区よりかなり大きく、800kg程度で両区同じになった。

枝肉に占める脂肪割合に対する変化(第3-3図)でも、各項目ともよく似た傾向を示した。いずれも脂肪割合25.0%の時点で脂肪交雑で2.0、色沢で3.0、きめ・締まりで2.9まで直線的に上昇し、その後横ばいとなった。H区と比較すると、脂肪割合がより少ない時期から評点が向上していたが、両区の第2折曲点は25-26%で近似していた。

考 察

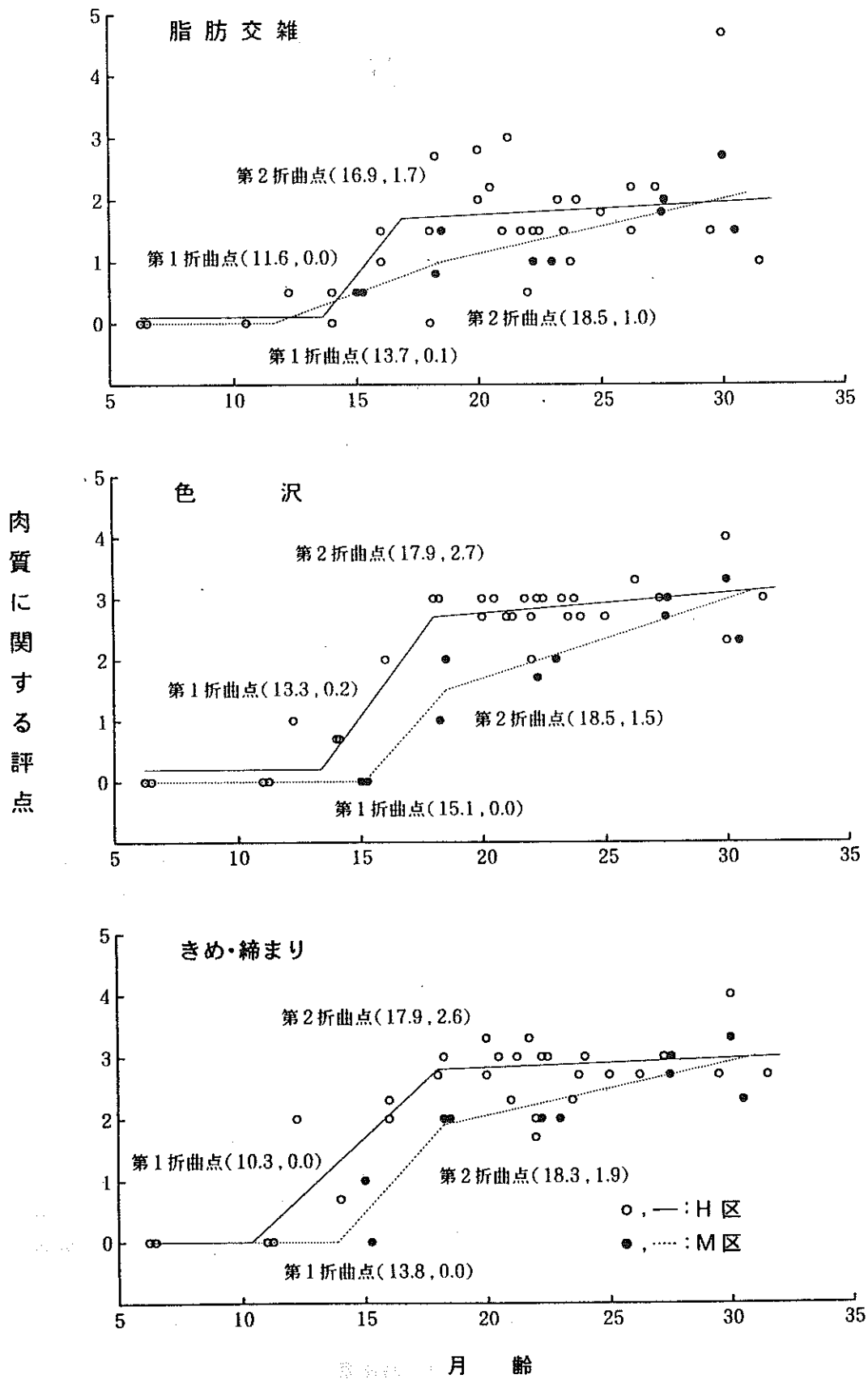
1 高栄養下における変化

月齢及び体重は、肥育に関して論議する上で大きな項目であり、とくに仕上げを決定する場合の重要な判断材料になっていると考えられる。これらの面から肉質の変化を検討した結果、生後16.9-17.9ヵ月齢時、または終了時体重534-555kgまでに肉質の向上が急速に進み、その後その度合がかなり小さくなることが明らかになった。(社)日本あか牛登録協会は、1451頭及び1716頭に及ぶ去勢肥育牛の2回の調査を実施し、出荷月齢で1ヵ月、出荷体重で25kgの幅で階層区分することにより各階層の比較検討を行っている^{70, 71)}。その結果では、肉質をよく反映していると考えられる枝肉単価は生後21ヵ月齢以降あまり変わらず、また出荷体重でも数少ない階層でやや高かったものの、600kg以上ではあまり変わらなかった。このことは、本研究の結果とよく符合するものと考えられ、本研究の結果は褐毛和種去勢牛の標準的な傾向を示すものと思われる。黒毛和種においても、中丸ら⁵²⁾は

第3-1表 肉質(脂肪交雑、色沢、きめ・締まり)と月齢、終了時体重、
枝肉重量及び枝肉構成諸項目との相関係数

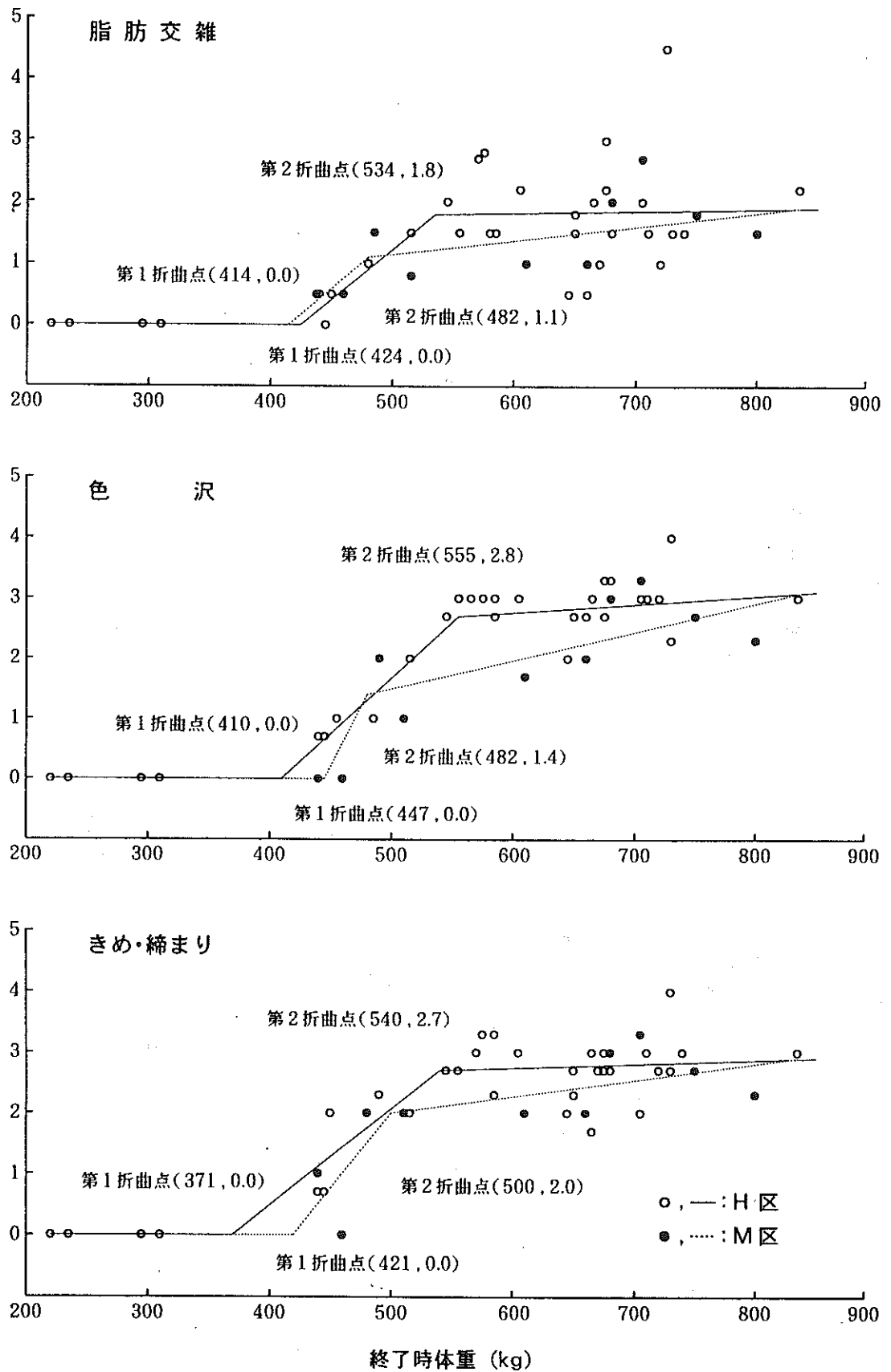
項 目	H 区			M 区		
	脂肪交雑	色 沢	きめ・締まり	脂肪交雑	色 沢	きめ・締まり
月 齢	0.619	0.858	0.793	0.913	0.922	0.924
終了時体重	0.634	0.887	0.834	0.857	0.882	0.895
半丸枝肉重量	0.638	0.896	0.832	0.863	0.899	0.889
枝肉構成諸項目						
骨 重 量	0.566	0.829	0.765	0.810	0.818	0.865
割 合*	-0.616	-0.828	-0.828	-0.838	-0.854	-0.849
筋肉 重 量	0.601	0.859	0.804	0.865	0.884	0.899
割 合*	-0.652	-0.857	-0.826	-0.783	-0.818	-0.794
脂肪 皮下重量	0.581	0.828	0.761	0.810	0.872	0.803
筋間重量	0.648	0.844	0.774	0.904	0.936	0.901
内面重量	0.629	0.863	0.756	0.823	0.848	0.841
腎臓重量	0.619	0.806	0.757	0.887	0.938	0.885
総 重 量	0.677	0.892	0.827	0.880	0.923	0.876
割 合*	0.685	0.886	0.851	0.808	0.852	0.793

* 各組織重量の枝肉重量に占める割合



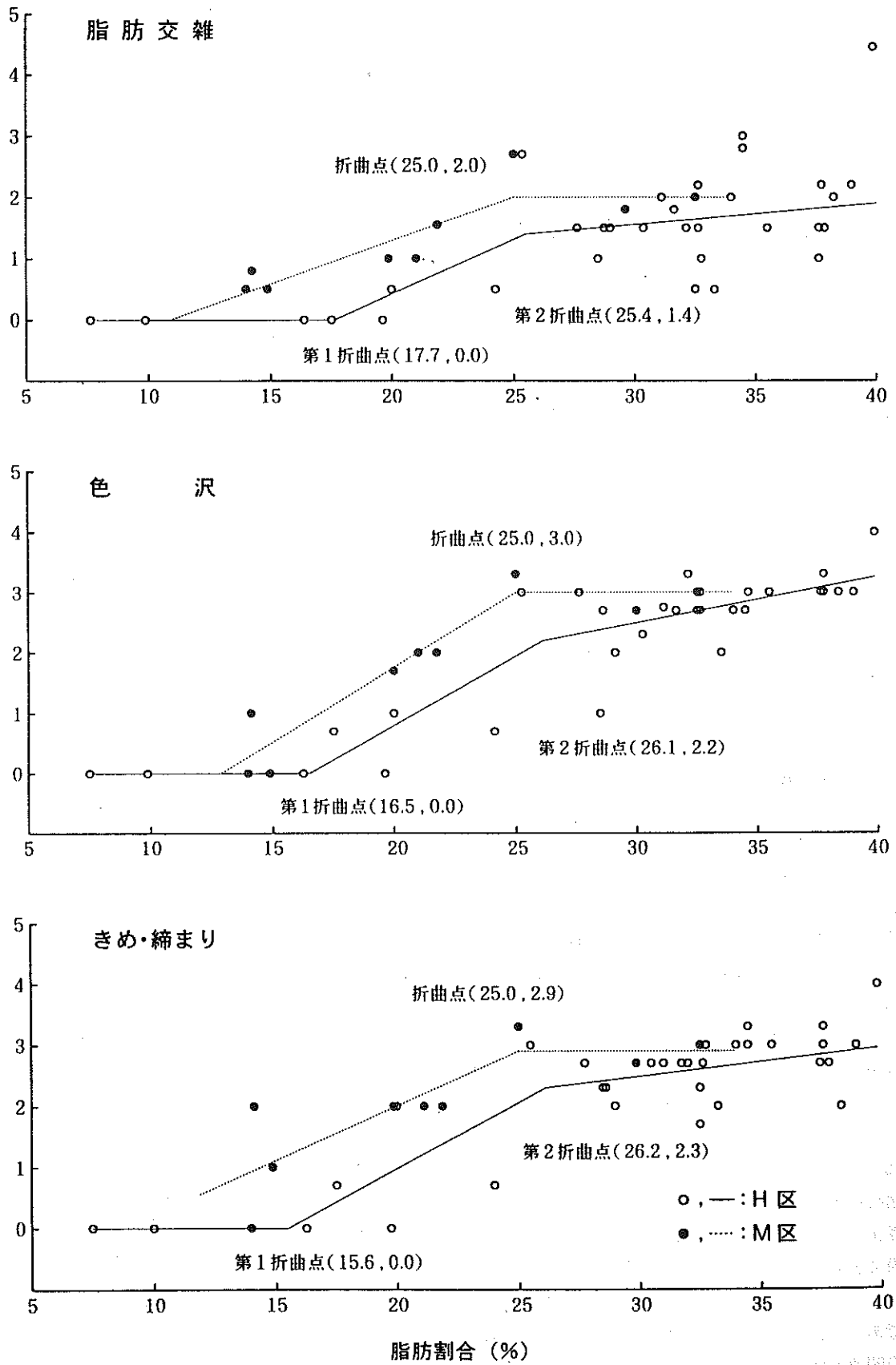
第3-1図 月齢に伴う肉質の変化

肉質に関する評点



第3-2図 終了時体重に対する肉質の変化

肉質に関する評点



第3-3図 枝肉に占める脂肪割合に対する肉質の変化

脂肪交雑能力の高い種雄牛産子を用いた試験で、生後21から30ヵ月齢の間での脂肪交雑にあまり差がなかったと報告している。

枝肉に占める脂肪割合は肥育度をよく示すと考えられるが、これによる肉質の変化については、第2折曲点の25.4-26.2%までは急速に向上し、その後その割合が低下するパターンをとった。また、第2折曲点以降データの変動が大きくなり、とくに脂肪交雑でその傾向が顕著であった。黒毛和種において、竹下ら^{8,9)}は脂肪交雑は枝肉に占める脂肪の割合が高まるとともに改善されるが、ばらつきも大きくなり、この要因としては遺伝的な影響が大きいと報告している。本報告の結果も、向上する脂肪交雑の評点値がやや低いことを除き、この報告とよく一致しており、第2折曲点以降のばらつき大きさは、遺伝的な影響が大きいと考えられる。

月齢、終了時体重及び枝肉に占める脂肪の割合と肉質の変化について検討したが、いずれの場合も肉質は第1折曲点から第2折曲点にかけて急速に向上し、その後その程度が非常に小さくなるという共通的な傾向を示した。しかも、肉質向上のピークともいふべき第2折曲点は現在の出荷月齢や体重よりもかなり早い時期に位置している。Palsson^{6,9)}は、枝肉を構成する主要組織の中で脂肪が最も遅く成長し、さらに脂肪組織の中では筋肉内脂肪が最後に蓄積されると報告し、これが従来の定説となっていた。しかしながら、Cianzioら¹⁰⁾及び善林ら¹¹⁾は筋肉内脂肪含量と枝肉の脂肪重量との相対成長式による検討から、また山崎¹⁰⁾は部分肉ごとの筋肉中の脂肪含量の月齢による変化についての自己触媒反応式による検討を行い、筋肉内への脂肪の蓄積は他の枝肉脂肪組織よりも少なく、蓄積のピークも早い時期に生じるのではないかと報告している。本報告でも肉質向上のピークはかなり早い時期であり、前章で明らかにしたように枝肉脂肪組織の成長のピークは遅いので、褐毛和種においてもこれらの報告^{10, 10), 11)}に符合するものと思われる。したがって、肉質の向上を図るため肥育期間を長期化したり、出荷体重を大型化するためにも限界があり、肥育過程における肉質の変化をよく理解し、余剰脂肪の回避等生産効率とのバランスをとることが重要であろう。

第2折曲点すなわち肉質向上のピーク以降、いずれの場合もデータの変動が大きくなり、とくに脂肪交雑で顕著であった。この要因としては、枝肉に占める脂肪の割合の関連で検討したように、遺伝的なものが大きいと考えられる。善林¹¹⁾は黒毛和種、日本短角種、ホルスタイン種およびこれらの交雑種において筋肉中への脂肪蓄積に及ぼす要因を検討し、そのパターンは品種により異なるが、同一品種内あるいは交雑種でも交配種雄牛に

よって異なることを報告している。本報告で用いた供試牛の種雄牛は16頭と多く、このことがデータの変動を大きくしているかもしれない。

2 DGの影響

月齢及び終了時体重に対する変化では、DG 0.7kgの場合、高栄養下に比較してはじめ評点の向上割合がゆるやかであるか、向上しはじめる時期が遅れるか、あるいはその両方のパターンを示した。その後、高栄養下より評点の向上割合が大きく、生後30ヵ月齢時、終了時体重800kg程度で同じ評点値となった。このように、DGを0.7kg程度にすると、高栄養下に比べはじめ肉質の向上がやや遅れ、その後徐々に追いついていくと考えられる。

枝肉に占める脂肪割合に対する変化では、高栄養下よりかなり少ない割合から高栄養下の第2折曲点よりわずかに少ない時点まで評点が直線的に上昇し、その後横ばいとなった。このように、月齢及び終了時体重による変化とは異なり、DGを0.7kg程度にすると、脂肪割合に対する肉質の向上は早められるが、最終的な評点値は高栄養下と変わらないと考えられる。これは、前章で述べたようにDGの差により枝肉の脂肪の成長が抑制されたことによる影響であろう。これらのことから、DGの高低は肉質の向上パターンを変えるが、最終的に到達する肉質自体にはあまり影響しないと思われる。また、II章で考察したように、DGを低下させると、成熟の遅い部位や組織の成長を抑制する傾向にあることから、牛体の生理的成熟を遅らせると考えられるので、肉質の向上に対してはむしろマイナス要因になる可能性が強い。

栄養水準と肉質に関しては、Callow⁹⁾、Waldmanら¹⁰⁾、善林ら¹¹⁾が肉専用種、兼用種、乳用種を用いて筋肉内脂肪含量の比較により報告しているが、黒毛和種で栄養水準が中-高のものが高-高より優れていた¹¹⁾以外は、ほぼ栄養水準が高いほどよい傾向にある。褐毛和種では、今回の結果からDGを0.7kg程度にし(中程度の栄養水準に相当すると思われる)、終了時体重を高栄養下と同程度にするため肥育期間を長くしても肉質の向上にはつながらないと考えられる。また、I章の結果から、褐毛和種では黒毛和種で報告された中-高水準の肥育で肉質が向上する¹¹⁾というようなことは認められない。したがって、肉質の向上には高栄養の飼養体系が適していると思われる。

3 肉質の向上対策

褐毛和種の抱える課題の中では、緒言でも触れたように品質の向上が最も重要である。今回の結果をみると、いずれの場合も第2折曲点以降でも脂肪交雑で「2」程度、

色沢及びきめ・締まりで「上」程度である。しかもバラツキが大きく、肉質としては不十分であるので、かなり向上させる必要があると考えられる。このためには、評価値の絶対レベルを変動を少なくして上昇させなければならないが、高い評点の個体もあることから、種雄牛の選抜や繁殖牛の遺伝的能力の向上等育種的手法による改善が有効であると思われる。

一方、飼養管理面からの対策としては、今回の結果を踏まえると次のように考えられる。高栄養下及びDGを0.7kg程度にした場合の肉質の標準的な変化パターンを明らかにしたが、先ほどの考察から高栄養による肥育が褐毛和種では適切であろう。高栄養下では、肉質向上は生後18.5ヵ月齢時、終了時体重555kgまでにかかなりの部分がなされることから、この時期までの飼料給与法に改善の余地があると考えられる。遺伝的な能力や成熟時期等の条件が同じであれば、摂取した栄養素の配分は前述したPalsson^{6,9)}の報告に基本的に従い、筋肉内脂肪、すなわち脂肪交雑への配分は最後となる。したがって、摂取養分が多いほど脂肪交雑が入り、肉質が向上すると考えられるので、肉質向上のピーク時までに飼料摂取量や給与飼料の養分濃度を高め、従来より給与養分量を多くすることにより肉質向上の可能性があると推測される。

小 括

褐毛和種去勢牛の肥育過程における肉質の変化を明ら

かにするため、高栄養下で肥育した32頭及びDGを0.7kg程度にして肥育した10頭を用い、肉質(脂肪交雑、色沢、きめ・締まり)と月齢、終了時体重及び枝肉における各組織の成長との関係について検討を加えた。

肉質と月齢、終了時体重及び枝肉における各組織の成長との相関は、高栄養下では枝肉の脂肪重量及び枝肉に占める脂肪割合等で高く、肉質の変化は脂肪組織の成長と関連の深いことが示された。一方、DGを0.7kg程度とした場合月齢及び筋間脂肪等の脂肪重量で高く、加齢及び脂肪組織の成長と関連の強いことが示された。

月齢、終了時体重及び枝肉に占める脂肪割合に対する変化では、高栄養下では生後16.9-17.9ヵ月齢、終了時体重534-555kg及び脂肪割合25.4-26.2%までに評点が急速に向上し、このピーク以降その程度が非常にゆるやかとなった。また、データの変動が大きくなり、とくに脂肪交雑でその傾向が強かった。DGを0.7kg程度とした場合、高栄養下に比べ変化パターンを変えるが、最終的な評点値が向上することはないと考えられた。

これらのことから、肉質は加齢や各組織(とくに脂肪組織)の成長に伴い急速に向上していくが、そのピーク以降はその程度が非常にゆるやかになることが明らかとなった。また、飼養管理面からの肉質向上対策としては、高栄養による飼養体系が適しており、肉質の向上ピークまでの飼料給与管理において改善の余地のあることが示唆された。

IV章 肥育開始時からの自由採食による肥育方式

褐毛和種去勢牛の肥育においては、肥育期間は13~14ヵ月間(生後23~24ヵ月齢出荷)が一般的であるが、II及びIII章で明らかにした肥育過程における枝肉の各組織の成長及び肉質の変化といった産肉特性からみて、肥育期間を短縮し、より若齢での出荷の可能性が示唆された。事実、最近の枝肉共進会出品牛や間接検定調査牛の中に、生後21~22ヵ月齢で体重もすでに700kgを超え、肉質も優れたものが数多くみられている。

これらのことから、濱ら¹⁹⁾は出荷月齢を生後20ヵ月齢程度に設定し、肥育期間短縮の限界を模索するとともに、その場合の適切な飼料給与法について併せて検討した。その結果では、3つの飼料給与法(肥育前期サイレージ多給8週間及び17週間、全期濃厚飼料飽食)により肥育したが、増体成績はどの給与法でもほとんど変わらなかったものの、枝肉の格付成績は濃厚飼料飽食区が優れており、III章で推測したとおりの結果を示した。

そこで、本試験では肉質向上に重点を置き、肉質向上のピークまでの増体をII章で示した標準的な増体より高めるため、試験開始から濃厚飼料及び粗飼料の自由採食による肥育試験を実施した。また、同時に2つの配合飼料を用いて4つの濃厚飼料給与法について比較検討した。さらに、肥育終了を生後21から25ヵ月齢程度とし、肥育開始当初からの自由採食下における出荷月齢の影響についても併せて検討を行った。

試験方法

1 供試牛

[試験1]

供試牛は褐毛和種去勢牛15頭(父牛:第八光丸)で、生後9ヵ月齢時程度に市場から導入し、予備飼育後(除角等を実施)、生後約10ヵ月齢時に試験を開始した。なお、C区の1頭については右後肢異常のため、生後16.8ヵ月齢時に試験を中止した。

[試験2]

供試牛は去勢牛4頭(父牛:第三光丸)で、生後9-10ヵ月齢時に市場から導入し、予備飼育後(除角等を実施)、生後約11ヵ月齢時に試験を開始した。

2 供試飼料

濃厚飼料は、栄養価の異なる市販の2種類の配合飼料

を用いた。粗飼料については、試験開始当初の濃厚飼料飽食に向けての馴致期にトウモロコシホールクロップサイレージ、試験中途に適宜ローズグラス乾草を給与したが、ほとんどが稲わらであった。配合飼料及び稲わらの養分等は第4-1表のとおりであった。

第4-1表 供試飼料及びその養分(現物%)

供試飼料	形態	DCP	TDN
配合飼料1	マッシュ	13.0	71.5
配合飼料2	マッシュ・フレーク	10.0	74.0
稲わら*		1.2	37.6

*日本標準飼料成分表(1987年版)^{5,6)}による

3 飼養方法

[試験1]

各区5頭ずつ群飼とし、第4-2表に示す給与設計により肥育開始から4週間の馴致期間後、飼料を自由採食させた。自由飲水とし、ミネラル固形塩を自由になめさせた。なお、生後21ヵ月齢時以降A区の2頭は単房で飼養し、B区及びC区は同じパドックで群飼した(B+C区とする)。

第4-2表 飼料給与設計及び出荷月齢

区分	生後月齢			
	10	15	21	24
A区	配合1	配合1	配合1	
B区	配合2	配合2	配合2	
C区	配合1	配合2	配合2	
枝肉調査			各区3頭	2頭

[試験2]

試験1と同じ牛房で群飼し、濃厚飼料は生後15ヵ月齢時程度まで配合2、それ以降は配合1を自由採食させた。粗飼料については、試験開始当初の馴致期間以外は稲わらを自由採食させた。その他、飲水及びミネラル固形塩等は試験1と同様とした。

4 調査項目

(1) 増体状況

体重測定を2週間毎に、体各部位の測定を概ね6週間毎に行った。

(2) 飼料摂取量

飼料給与は朝夕2回(8:00及び16:00)とし、適宜残食量を測定した。

(3) 枝肉調査

試験1では、第4-2表に示したとおり生後21及び24ヵ月齢時に各区とも3頭(C区は2頭)及び2頭について、枝肉重量、枝肉歩留、第6-7肋骨間におけるばらの厚さ、皮下脂肪の厚さ、ロース芯面積、肉質各項目等の調査を行った。試験2では、生後20.9から24.5ヵ月齢時にかけて順次試験1と同様の調査を実施した。

(4) 枝肉の組織構成

試験1におけるA区で1頭、試験2で2頭の計3頭について、II章で実施した方法により骨、筋肉、脂肪及び腱その他の組織構成を調査した。

結 果

1 増体成績

[試験1]

増体成績を第4-3-(1)表及び第4-1図に示した。各区ともほぼ順調に増体し、平均体重で生後21ヵ月齢時に695.1kg、生後24ヵ月齢時に723.8kgになった。平均のDGは生後21ヵ月齢時までは1.06kgと非常に良好で、生後21ヵ月齢時までの増体はII章で作成した増体曲線をかなり上回った。その後のDGは0.62kgとかなり低く、生後24ヵ月齢時まででは0.92kgと低下した。

区別にみると、生後16ヵ月齢時程度から増体に差が認められはじめ、生後21ヵ月齢時にはB区、A区、C区の順に体重及びDGが大きかった。生後21から24ヵ月齢時までの増体は、A区とB区が同じでC区がこれよりかなり劣った。

第4-3-(1)表 増体成績(試験1)

区分	牛番号	体 重(kg)			D G(kg)		
		開 始 時	21ヵ月齢時	24ヵ月齢時	~21ヵ月齢	21~24ヵ月齢	~24ヵ月齢
A 区	1	398.8	801		1.26		
	2	344.2	694		1.07		
	3	299.7	667		1.12		
	4	343.8	627.5	699	0.86	0.78	0.85
	5	361.2	660	718	0.91	0.63	0.85
	平均	349.5	689.9	708.5	1.04	0.71	0.85
B 区	6	378.5	758.5		1.16		
	7	369.2	791.5		1.29		
	8	351	740		1.19		
	9	299	670.5	746	1.13	0.82	1.06
	10	297.7	633	687	1.04	0.59	0.93
平均	339.1	718.7	716.5	1.16	0.71	1.00	
C 区	11	353.7	603.5		0.76		
	12	352.2	673.5		0.98		
	13	360.5	694.5	757	1.04	0.68	0.94
	14	365.8	717.5	736	1.07	0.20	0.88
	平均	358.1	672.5	746.5	0.96	0.44	0.91
総平均		348.2	695.1	723.8	1.06	0.62	0.92

[試験2]

生後20.9から24.5ヵ月齢時に肥育終了したが、個体により増体に差があり(第4-3-(2)表)、終了時体重(581-808kg)及びDG(0.64-1.10kg)にかなり大きなばらつきが認められた。平均の増体成績は、試験1で最も成績の悪かったC区よりやや劣った。

第4-3-(2)表 増体成績(試験2)

牛番号	終了時 月 齢 (月)	体 重(kg)		DG (kg)
		開始時	終了時	
1	20.9	373.3	680.5	1.05
2	21.9	358.5	638.5	0.84
3	24.5	345.0	808.0	1.10
4	23.4	326.3	581.0	0.64
平 均	22.7	350.8	677.0	0.91
標準偏差	1.6	20.0	96.4	0.21

2 飼料及び養分摂取量

[試験1]

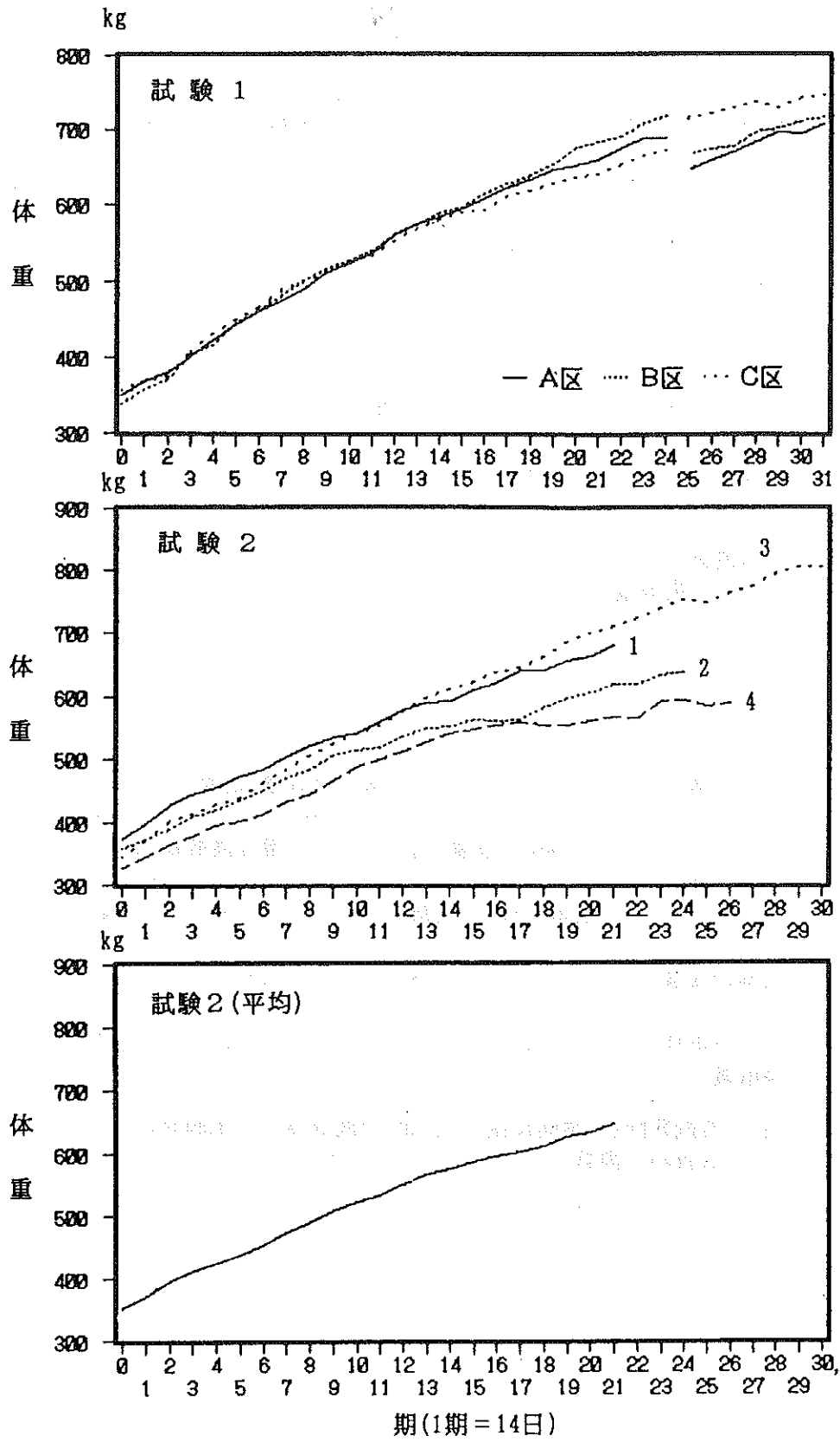
飼料及び養分摂取量を第4-4-(1)表、第4-2図及び第4-3図に示した。生後21ヵ月齢時までの結果についてみると、濃厚飼料はB区(9.31kg/日)がA区(8.67kg/日)及びC区(8.58kg/日)より8%程度多く、平均すると8.87kg/日とかなり高い摂取レベルであった。粗飼料(稲わら換算)は、B区、A区、C区の順に多かった。養分摂取量については、DCPはDCP含量の高い配合1を全期間摂取したA区、C区、B区の順に多かった。TDNは、TDN含量の高い配合2を全期間摂取し、摂取量も多かったB区が他の2つの区より11%程度多かった。このように濃厚飼料及びTDN摂取量に差が認められたが、差が現れはじめたのは増体同様生後16ヵ月齢時頃(第4-2及び4-3図の13期)からであった。

生後21から24ヵ月齢時の結果については、濃厚飼料はB+C区(9.53kg/日)がA区(8.50kg/日)よりも12%程度多かったが、粗飼料は逆にA区がB+C区よりも多かった。養分摂取量は、DCPはA区がB+C区よりも15%程度、TDNはB+C区がA区よりも14%程度多かった。

[試験2]

試験開始後336日間の群飼期間(試験1の生後21ヵ月齢時までに相当)における飼料及び養分摂取量を第4-4-(2)表、第4-2図及び第4-3図に示した。濃厚飼料摂取量は飽食に達すると、ほぼ8-9kgのレベルで推移したが、試験1で濃厚飼料摂取量が最も少なかったC区よりやや少な

かった。粗飼料摂取量(稲わら換算)は1日当たり1.54kgで、試験1のどの区よりも多かった。養分摂取量については、1日当たりDCPで0.97kg、TDNで6.47kgで、DCPは試験1のB区とほぼ同じであったが、TDNは試験1のA区及びC区よりやや少なかった。



第4-1図 体重の推移

第4-4-(1)表 飼料及び養分摂取量(試験1)

区 分	~21ヵ月齢				21~24ヵ月齢			
	濃厚飼料	粗飼料 ¹⁾	DCP	TDN	濃厚飼料	粗飼料	DCP	TDN
A 区	2,850 (8.67) ²⁾	433.8 (1.32)	379.2 (1.15)	2,201.8 (6.69)	781.6 (8.50)	100.2 (1.09)	102.9 (1.12)	596.7 (6.49)
B 区	3,063.9 (9.31)	464.4 (1.41)	315.5 (0.96)	2,463.5 (7.49)	B+C区 876.7 80.2 89.2 680.2 (9.53) (0.87) (0.97) (7.39)			
C 区	2,821 (8.58)	403.4 (1.23)	333.9 (1.01)	2,224.4 (6.76)				
平 均	2,918.3 (8.87)	434.7 (1.32)	340.8 (1.04)	2,304.8 (7.01)	845.0 (9.19)	96.9 (0.94)	93.8 (1.02)	652.4 (7.09)

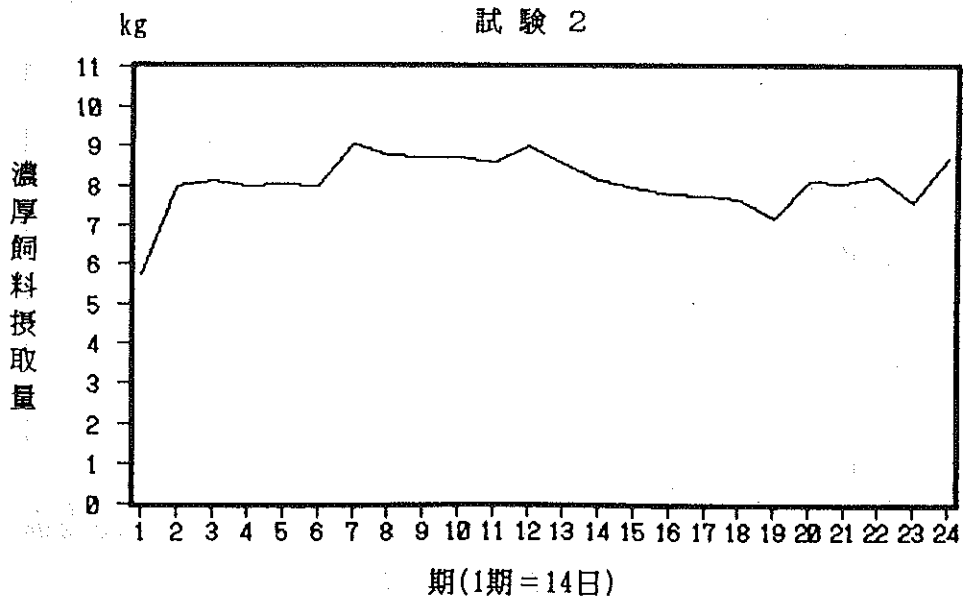
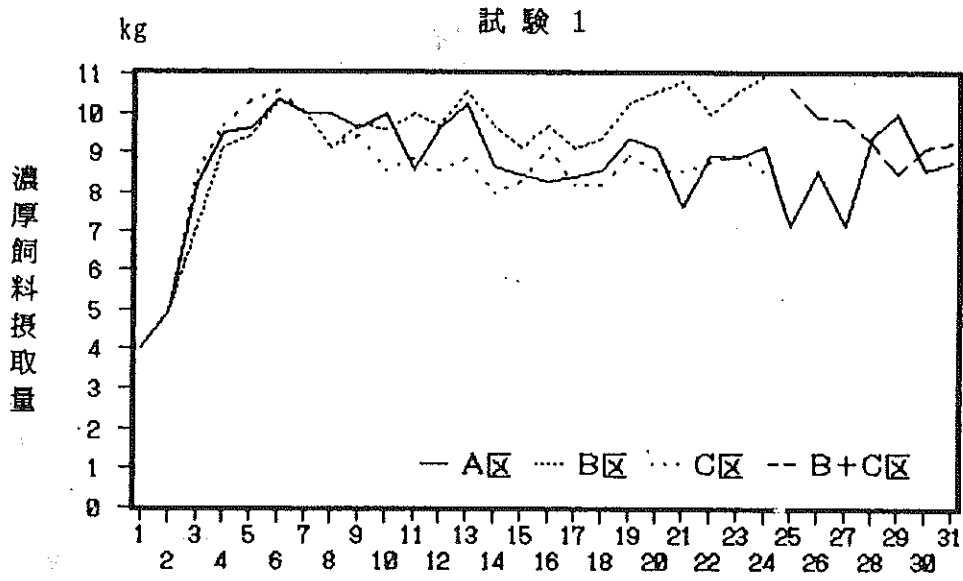
注1) 稲わら換算

2) 1日当たり摂取量

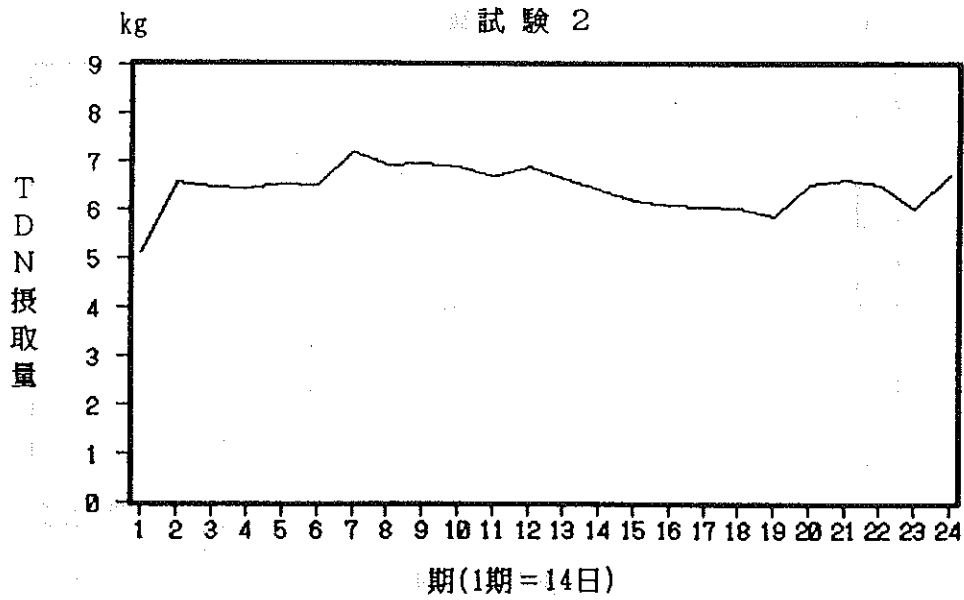
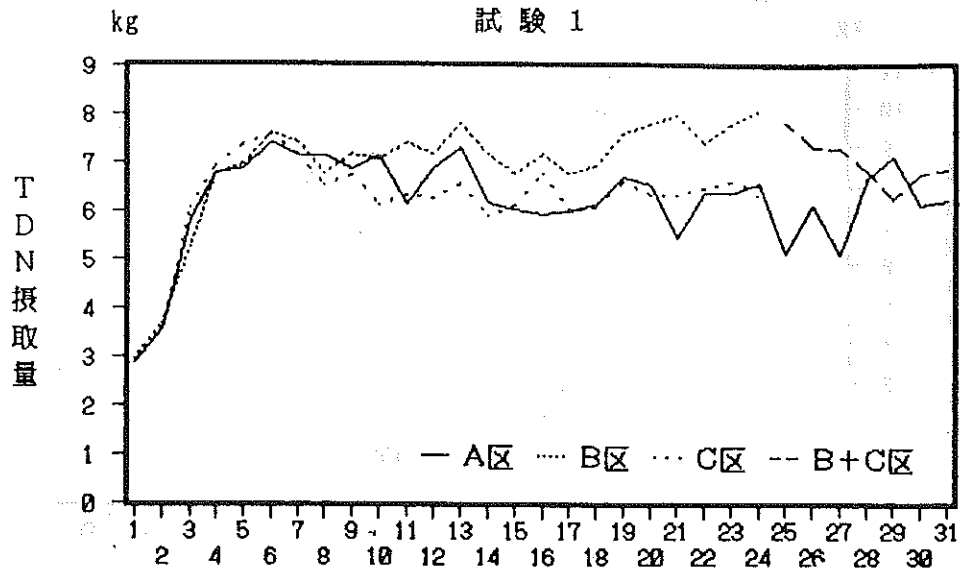
第4-4-(2)表 飼料及び養分摂取量(試験2)

区 分	飼料摂取量(kg)		養分摂取量(kg)	
	濃厚飼料	粗飼料	DCP	TDN
通算摂取量	2,723.7	518.3	325.2	2173.5
1日当たり 摂取量	8.11	1.54	0.97	6.47

注) 群飼期間(試験開始後336日間)の摂取量で、粗飼料については稲わら換算



第4-2図 濃厚飼料摂取量(kg/日)の推移



第4-3図 TDN摂取量(kg/日)の推移

3 枝肉成績

〔試験1〕

枝肉成績の主に量に関する結果を第4-5-(1)表に示した。枝肉重量は、増体成績と同様な傾向にあった。枝肉歩留は、区間ではあまり差がなく、生後24ヵ月齢時が21ヵ月齢時よりやや高くなった。ロース芯面積は、B区が他の2区よりやや大きかった。ばら厚は、B区、C区、A区の順に厚く、生後24ヵ月齢時が21ヵ月齢時よりやや厚かった。皮下脂肪厚は、C区、A区、B区の順に厚く、生後24ヵ月齢時が21ヵ月齢時より厚かった。歩留基準値は、B区、A区、C区の順に大きく、生後24ヵ月齢時には21ヵ月齢時より低下した。

枝肉成績の質に関する結果を第4-5-(2)表に示した。区間では、いずれの月齢においても、各項目ともB区、A区、C区の順に良く、とくにB区が優れていた。月齢間では、いずれの区においても、各項目とも生後24ヵ月齢時が21ヵ月齢時よりも良かった。全体としてみても、肉質等級「3」以上の割合が86%と非常に良好であった。

肉質の主体をなす脂肪交雑と終了時月齢あるいは終了時体重との関係を、試験牛すべてをこみにして第4-4-(1)図に示した。終了時月齢との関係は、相関係数は正

であるが、有意ではなかった。終了時体重との関係では、5%水準で有意に近い正の相関であり、終了時月齢よりも関係が強かった。21ヵ月齢時終了の試験牛に限定すると(第4-4-(2)図)、脂肪交雑と終了時体重とは高い正の相関(5%水準で有意)があった。

〔試験2〕

枝肉成績を第4-6表に示した。枝肉重量は終了時体重と同様にばらつきが大きかった。枝肉歩留は終了時月齢とともに高くなる傾向が認められ、平均でも66.8%と高かった。ロース芯面積も、平均53.5cm²と大きかった。ばら厚はあまり大きな差はなかったが、平均で6.9cmとやや薄めの結果であった。皮下脂肪厚はほぼ月齢とともに厚くなり、平均では2.4cmであった。歩留基準値は平均73.3%と高く、すべてAランクであった。

肉質については、平均で脂肪交雑1.8(評点値)、肉色4.3(等級値で以下同様)、締まり・きめ4.0、脂肪の色・質5.0と非常に良好であり、格付も「5」及び「3」等級が各2頭で、「3」等級以上が100%と良好であった。肉質と終了時月齢や終了時体重との間に明確な傾向は認められなかった。

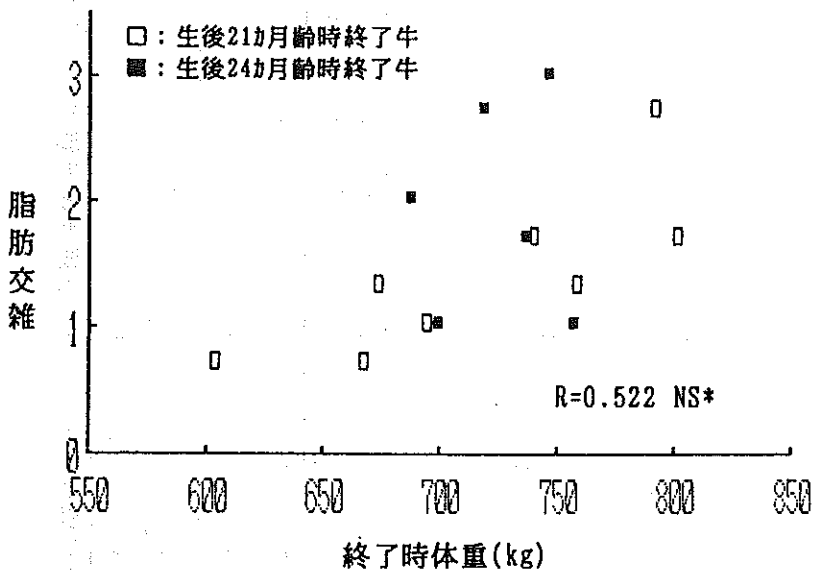
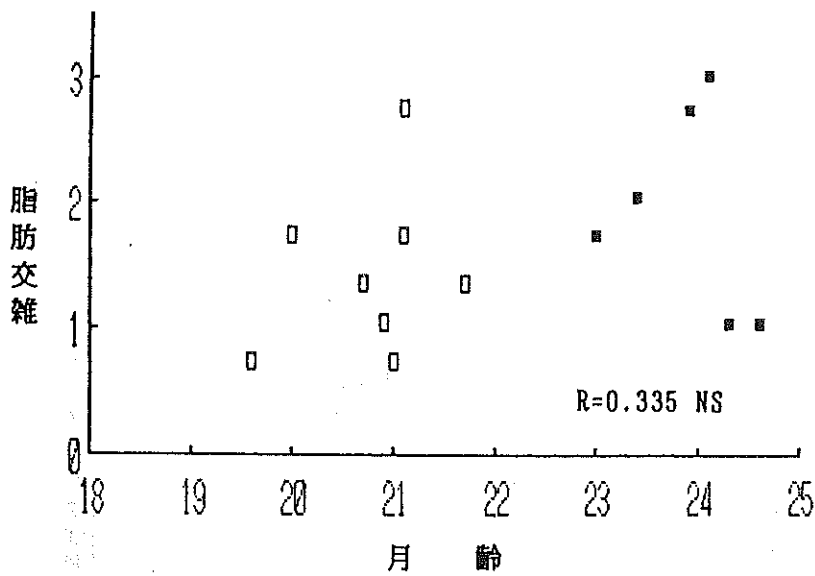
第4-5-(1)表 枝肉成績(試験1)

区分	生後21ヵ月齢時						生後24ヵ月齢時					
	枝肉重量(kg)	枝肉歩留(%)	ロース芯面積(cm ²)	ばら厚(cm)	皮下脂肪厚(cm)	歩留基準値(%)	枝肉重量(kg)	枝肉歩留(kg)	ロース芯面積(cm ²)	ばら厚(cm)	皮下脂肪厚(cm)	歩留基準値(%)
A区	512	65.4	48.7	7.0	3.0	71.5	443.5	66.4	48.8	7.4	2.2	73.4
	425.5	64.0	47.5	7.0	2.0	73.3	437.5	64.1	54.7	6.6	2.9	72.9
	414.5	64.9	49.0	6.0	2.8	72.2						
月齢平均	450.7	64.8	48.4	6.7	2.6	72.3	440.5	65.3	51.8	7.0	2.6	73.2
全平均	446.6	64.9	49.7	6.8	2.6	72.7						
B区	471	64.7	58.0	8.2	2.8	74.2	480.5	67.5	52.3	8.2	3.0	73.2
	489.5	64.9	54.4	8.2	1.3	74.9	419.5	64.5	43.9	6.6	2.3	72.4
	454	63.3	58.3	8.0	1.9	75.1						
月齢平均	471.5	64.3	56.9	8.1	2.0	74.7	450	66.0	48.1	7.4	2.7	72.8
全平均	462.9	65.0	53.4	7.8	2.3	73.9						
C区	386	65.8	50.0	6.1	2.7	72.9	489	67.5	42.5	8.6	4.3	70.8
	420.5	65.0	45.5	7.8	4.5	71.4	468	67.0	51.4	8.8	4.3	72.4
月齢平均	403.3	65.4	47.8	7.0	3.6	72.2	478.5	67.3	47.0	8.7	4.3	71.6
全平均	440.9	66.3	47.4	7.8	4.0	71.9						
月齢平均	446.6	64.7	51.4	7.3	2.6	73.2	456.3	66.2	48.9	7.7	3.2	72.5
総平均	450.8	65.4	50.4	7.5	2.9	72.9						

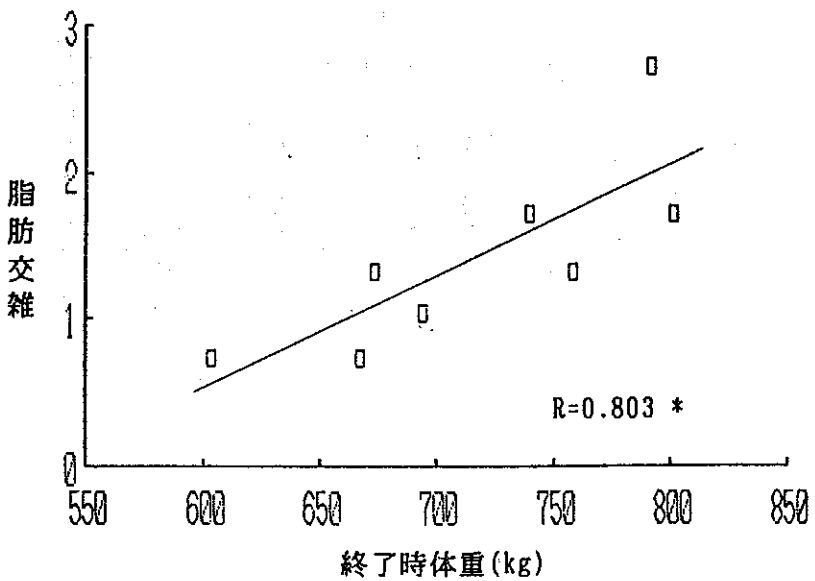
第4-5-(2)表 枝肉の格付成績(試験1)

区 分	生後21ヵ月齢時					生後24ヵ月齢時				
	脂肪 交雑	肉 色	締まり き め	脂肪 色・質	格 付	脂肪 交雑	肉 色	締まり き め	脂肪 色・質	格 付
A 区	1.7	4	4	5	B-4	1.0	3	3	5	A-3
	1.0	3	3	5	A-3	2.7	5	5	5	A-5
	0.7	3	2	5	A-2					
月齢平均	1.1	3.3	3.0	5.0	3.0	1.9	4.0	4.0	5.0	4.0
全平均	1.4	3.6	3.4	5.0	3.4					
B 区	1.3	4	3	5	A-3	3.0	5	5	5	A-5
	2.7	5	5	5	A-5	2.0	5	4	5	A-4
	1.7	4	3	5	A-3					
月齢平均	1.9	4.3	3.7	5.0	3.7	2.5	5.0	4.5	5.0	4.5
全平均	2.1	4.6	4.0	5.0	4.0					
C 区	0.7	3	2	5	A-2	1.0	4	3	5	B-3
	1.3	3	3	5	A-3	1.7	4	3	5	B-3
生後平均	1.0	3.0	2.5	5.0	2.5	1.4	4.0	3.0	5.0	3.0
全平均	1.2	3.5	2.8	5.0	2.8					
生後平均	1.4	3.6	3.1	5.0	3.1	1.9	4.3	3.8	5.0	3.8
総平均	1.6	3.9	3.4	5.0	3.4					

注) 各項目の評価は(社)日本食肉格付協会により、脂肪交雑は評点値で、以下の項目は等級値である。



第4-4-(1)図 終了時月齢あるいは体重と脂肪交雑との関係



第4-4-(2)図 終了時体重と脂肪交雑との関係(生後21ヵ月齢時終了牛)

4 枝肉の組織構成

枝肉の組織構成の調査結果を第4-7-(1)表に、調査した3頭の終了時月齢、終了時体重及び半丸枝肉重量による標準的な組織構成(Ⅱ章の回帰式から推定)を第4-7-(2)表に示した。調査牛3頭は大型の牛であり(とくに、試験1-1及び2-3)、増体成績も良好であったが、組織重量は終了時月齢による標準的な推定値に比べ、脂肪以外で大きかった。とくに、筋肉重量でその差が大きかった。終了時体重及び半丸枝肉重量による標準的な推定値に対しては、骨重量ではあまり変わらなかった。筋

肉重量では、終了時月齢による場合ほどではなかったものの、実測値の方が大きかった。逆に、脂肪重量では実測値の方がかなり小さかった。

組織の構成割合では、実測値は終了時月齢による標準的な推定値に比較して、ほぼ筋肉割合が高く、脂肪及び骨割合(とくに脂肪割合)が小さかった。終了時体重及び半丸枝肉重量による標準的な推定値に対しては、骨割合では実測値の方がやや小さいものもあったが、かなり似かよった値を示した。筋肉割合では、実測値の方が高く、逆に、脂肪割合ではかなり小さかった。

第4-6表 枝肉成績(試験2)

NO	終了時 月 齢 (月)	枝 肉 重 量 (kg)	枝 肉 歩 留 (kg)	ロース 芯面積 (cm ²)	ばら厚 (cm)	皮 下 歩 留 脂肪厚 (cm)	基 準 値 (%)	肉 質 *				格 付
								脂肪 交 雑	肉 色	締 まり き め	脂 肪 色・質	
1	20.9	439.0	65.8	57.2	6.8	2.3	74.0	1.3	3	3	5	A-3
2	21.9	407.0	66.0	48.7	7.0	2.0	73.3	2.3	5	5	5	A-5
3	24.5	539.0	68.0	55.1	7.1	2.6	72.4	1.3	4	3	5	A-3
4	23.4	377.0	67.4	53.1	6.5	2.5	73.6	2.3	5	5	5	A-5
平 均	22.7	440.5	66.8	53.5	6.9	2.4	73.3	1.8	4.3	4.0	5.0	4.0
標準偏差	1.6	70.4	1.1	3.6	0.3	0.3	0.7	0.6	1.0	1.2	0.0	1.2

* 各項目の評価は(社)日本食肉格付協会により、脂肪交雑は評点値で、以下の項目は等級値である。

第4-7-(1)表 枝肉の組織構成

区分	終了時 月齢 (月)	終了時 体重 (kg)	左枝肉 重量 (kg)	組織重量(kg)				構成割合(%)			
				骨	筋肉	脂肪	腱ほか	骨	筋肉	脂肪	腱ほか
試験1-1	21.1	801.0	256.5	27.48	123.22	80.00	21.44	10.90	48.87	31.73	8.50
試験2-1	20.9	680.5	220.0	22.44	112.46	65.74	14.46	10.43	52.29	30.56	6.72
試験2-3	24.5	808.0	270.0	27.98	137.12	78.30	19.78	10.63	52.10	29.75	7.52
平均	22.2	763.2	248.8	25.97	124.27	74.68	18.56	10.65	51.09	30.68	7.58
標準偏差	2.0	71.7	25.9	3.06	12.36	7.79	3.65	0.24	1.92	1.00	0.89

第4-7-(2)表 II章の回帰式から推定した枝肉の標準的な組織構成

区分	調査牛の属性	組織重量(kg)				構成割合(%)		
		骨	筋肉	脂肪	骨	筋肉	脂肪	
試験1-1	実測値	27.48	123.22	80.00	10.90	48.87	31.73	
	終了時月齢	21.1	21.93	96.78	66.88	11.31	48.88	33.93
	終了時体重	801.0	27.37	116.24	97.28	10.66	46.47	39.74
	半丸枝肉重量	256.5	27.10	117.35	99.40	10.66	46.80	39.39
試験2-1	実測値	22.44	112.46	65.74	10.43	52.29	30.56	
	終了時月齢	20.9	21.79	96.18	65.76	11.32	48.90	33.60
	終了時体重	680.5	23.82	105.19	74.63	11.14	48.76	34.51
	半丸枝肉重量	220.0	23.99	104.89	74.64	11.11	48.56	34.80
試験2-3	実測値	27.98	137.12	78.30	10.63	52.10	29.75	
	終了時月齢	24.5	24.05	107.07	77.92	11.23	48.51	34.98
	終了時体重	808.0	27.57	116.88	98.60	10.63	46.34	40.04
	半丸枝肉重量	270.0	28.25	121.96	108.56	10.50	46.15	41.09

考 察

1 野外の肥育成績との比較

肥育開始からの濃厚飼料飽食方式の評価を行うため、なるべく条件をそろえ、濱ら¹⁾の濃厚飼料飽食区の結果を本研究に含め、(社)日本あか牛登録協会の調査した野外の肥育成績⁷⁾と比較検討した(第4-8表、第4-5図)。導入時及び終了時月齢は野外よりやや若く、肥育日数はやや短かった。とくに、出荷月齢を生後20ヵ月齢程度に設定した濱ら¹⁾の結果(第十重川)は終了時月齢が3ヵ月若く、肥育日数も71日短かった。導入時体重は、月齢の若かった試験牛の方が野外よりも小さかった。終了時体重は、高TDN以外どの種雄牛産子も試験牛が野外よりも小さく、とくに終了時月齢を生後20ヵ月齢程度に設定した第十重川及び増体成績のやや悪かった第三光丸でその差が大きかった。DGについては、試験牛が野外より高TDNで優れ、第三光丸で劣った以外は、あまり差がなかった。

枝肉成績では、枝肉歩留はどの区分でも試験牛が高く、枝肉重量は、終了時体重が野外より小さかったにもかかわらず、第八光丸では試験牛が野外より大きかった。また、野外が試験牛より第三光丸ではやや大きく、第十重

川ではかなり大きかったが、平均ではほとんど同じ重量であった。脂肪交雑及び枝肉単価については、どの区分でも試験牛が野外よりも優れていた。本研究の肉質等級の構成割合を第4-6図に示したが、「2」等級の割合が極めて少なく、質の高い「4」等級以上の割合がかなり多く、供試牛を出荷した昭和63年から平成2年度の熊本県における褐毛和種去勢牛の格付成績³⁾に比較して、供試牛全体としてもあるいはどの区分でも優れていた。

2 肥育開始時からの自由採食による肥育方式の評価

野外の肥育成績⁷⁾と比較すると、終了時体重、DG、枝肉重量等の量的な面では、出荷月齢の設定が若く終了時体重が小さかったり(第十重川)、増体成績がやや悪かった(第三光丸)ため、前者が後者よりもやや劣る種雄牛もあった。しかし、平均値の比較では、終了時月齢が1.6ヵ月若かった前者が後者より終了時体重が30kg程度小さかったが、DGはほぼ同じで、枝肉歩留は逆に前者が後者より高く、枝肉重量はほとんど同じであった。これらのことから、量的な面では、肥育開始時からの自由採食方式は野外における肥育とあまり変わらないと考えられる。

従来、骨や筋肉、いわゆる実質成長が旺盛な時期から

第4-8表 野外の肥育成績との比較

区分(種雄牛等)	頭数	増体成績					枝肉成績				
		導入時月齢	終了時月齢	肥育日数	体重(kg)	DG(kg)	枝肉重量(kg)	枝肉歩留(%)	脂肪交雑	枝肉単価(円)	
第八光丸1)	14	8.2	22.1	425	298	719	1.00	450.8	65.4	1.61	1,774
本 第三光丸2)	4	9.2	22.7	411	314	677	0.89	440.5	66.8	1.80	1,925
研 第十重川3)	4	9.0	20.3	350	323	653	0.94	412.5	65.4	1.58	1,738
究 高TDN4)	5	8.3	22.1	423	290	745	1.09	462.9	65.0	2.14	1,930
平均(計)	22	8.6	21.9	409	305	700	0.97	442.0	65.6	1.64	1,795
野 第八光丸	165	9.6	23.2	412	321	736	1.01	438.6	63.8	0.71	1,651
野 第三光丸	180	9.5	23.2	416	319	734	1.00	447.3	65.3	1.14	1,756
野 第十重川	70	9.5	23.3	421	327	743	0.98	450.7	65.0	0.92	1,711
外 波丸5)	58	9.6	23.1	409	325	733	0.99	442.8	64.7	1.12	1,765
外 第十光丸5)	25	9.3	22.7	409	329	745	1.02	450.2	64.7	1.42	1,817
全 体	1,716	9.7	23.5	420	323	734	0.98	441.9	64.5	0.91	1,699

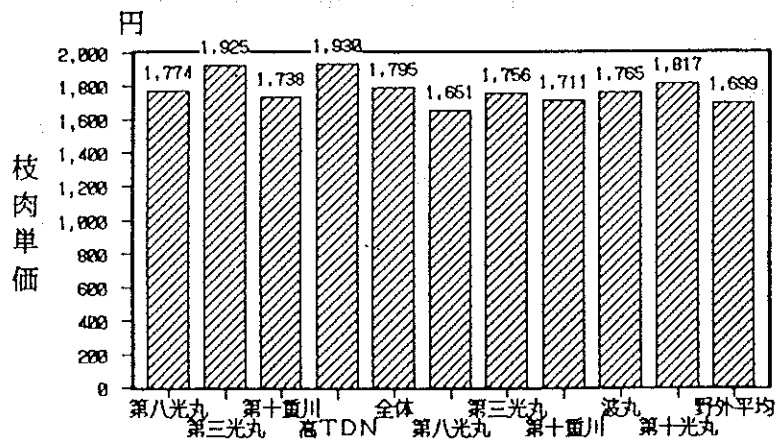
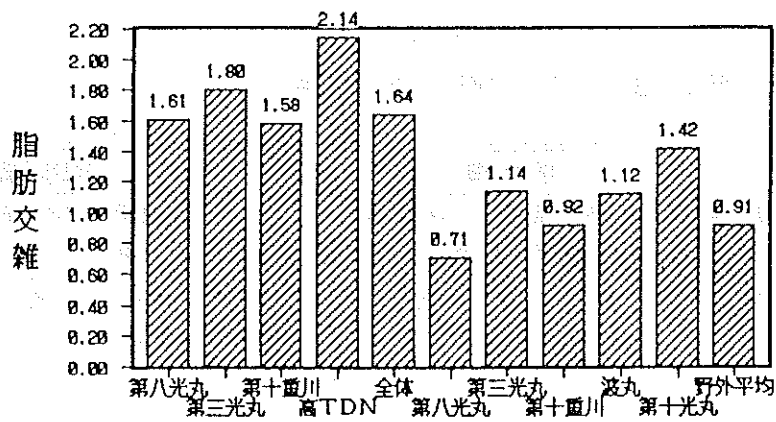
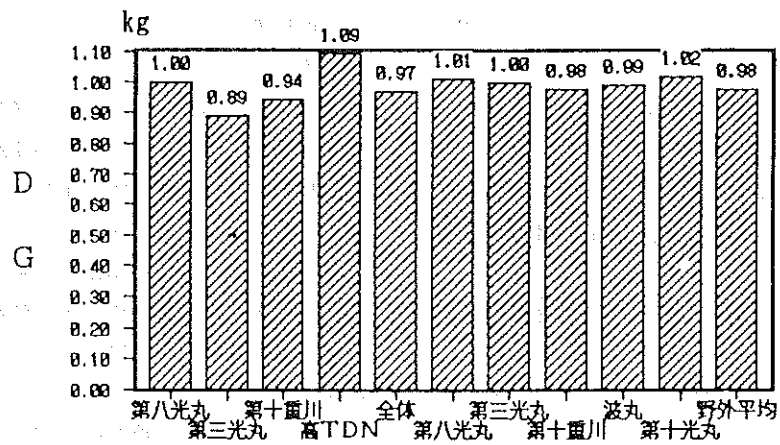
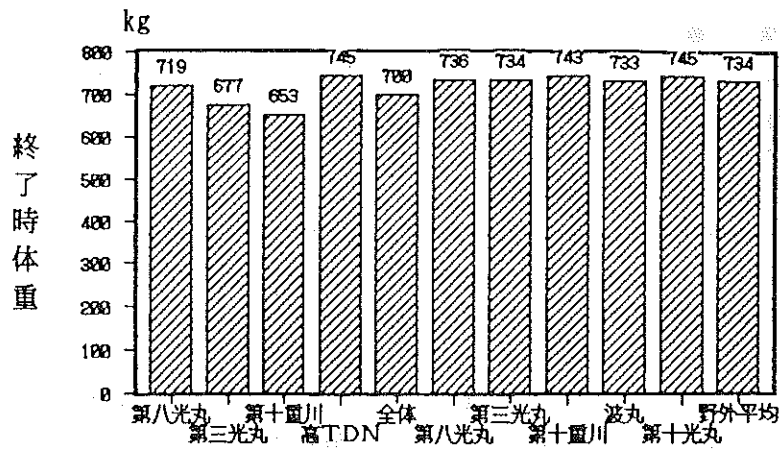
注1) 試験1全体

2) 試験2

3) 濱らの飽食区

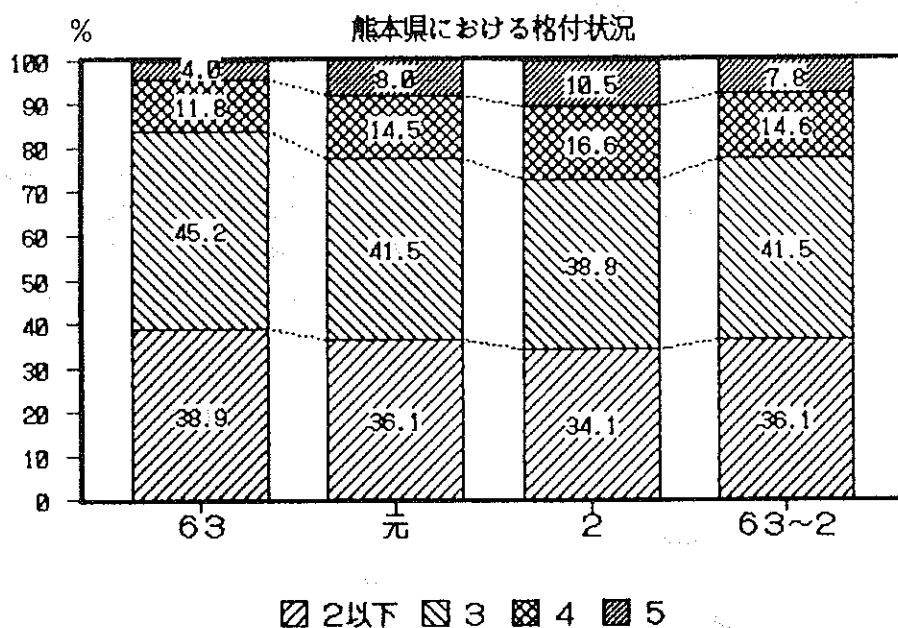
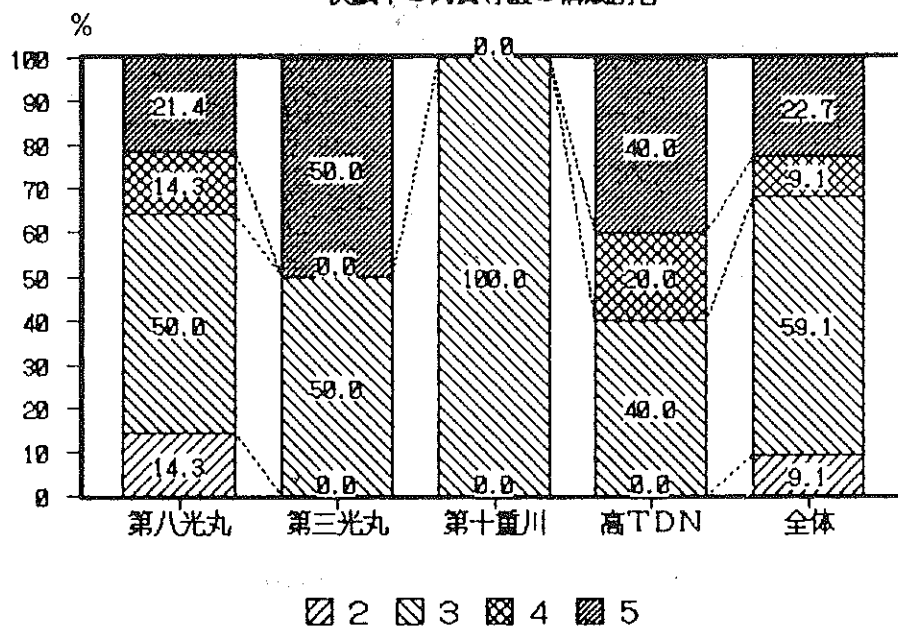
4) 試験1・B区

5) 好成績の種雄牛の調査結果で、参考のため掲載した



第4 - 5 図 野外の肥育成績との比較

供試牛の肉質等級の構成割合



第4-6図 肉質等級の比較

あまり高栄養で肥育すると脂肪の成長が促進され、骨や筋肉の成長が抑制されるといわれることが多かった。II章の結果でも、高栄養下では若い時期に体重及び枝肉重量に対する骨の成長がやや抑制される傾向が認められている。しかし、枝肉の組織構成の調査結果では、調査頭数が3頭と少なく、II章の標準的な成長との月齢による比較から大型と思われる牛が多かったが、標準的な組織重量と比較して骨や筋肉の成長が抑制されてはならず、むしろ筋肉重量はかなり大きかった。また、標準的な組織構成と比べても、筋肉割合が高く、脂肪の割合がかなり少なく、脂肪の蓄積が過度に促進されることはなかった。褐毛和種は、ホルスタイン種ほどではないにしても大型な品種と考えられ、種雄牛⁸²⁾及び繁殖雌牛⁴⁹⁾の体格にみられるように大型化が進んでいる。Berg⁹⁾は晩熟な(言い替えば大型な)タイプは高栄養で肥育しても脂肪の成長だけが促進されることはないと報告していることから、肥育開始時から自由採食により肥育しても、脂肪の成長だけが促進されて極端に筋肉や骨の成長が抑制されることはないと考えられる。しかしながら、褐毛和種ではまだ体格にかなりばらつきがみられることから、小型のものでは脂肪の蓄積に十分配慮しなければならぬと考えられる。

肉質の面における野外の肥育成績¹¹⁾との比較では、どの種雄牛及び平均値でも、脂肪交雑及び枝肉単価は供試牛の方が優れていた。また、脂肪交雑に関するEPD(遺伝的伝達能力)の評価が低い⁴⁸⁾種雄牛(第十重川及び第八光丸)を父牛とする供試牛が多かったにもかかわらず、肉質等級の構成割合は「5」:22.7、「4」:9.1、「3」:59.1、「2」:9.1%と「2」等級の割合が極めて少なく、同時期の熊本県における格付結果⁹⁹⁾よりもかなり優れており、肉質的に非常に良好であった。したがって、肥育開始時からの自由採食による肥育方式は褐毛和種の大きな課題である肉質面での改善効果が大きいと考えられる。

以上、肥育開始時からの自由採食による肥育方式の評価を行ったが、量的な面でも問題はなく、肉質面では改善効果が大きいことから、牛肉の輸入が自由化され、国産牛では肉質による枝肉価格差が拡大する中で、この方式は有効な肥育方法の1つであるといえる。

3 飼料給与パターン

肥育における濃厚飼料給与法は、一般的には肥育前期にDCPを高くTDNを低くし、肥育の進行に伴い徐々に前者を低く後者を高めていくことが望ましいとされ、実際、多数の農家でこのような方法で飼養されていると思われる。本研究では、DCP含量が高くTDN含量がやや低い飼料、TDN含量の高い飼料を用い、4つの給

与方法を検討した。全体としても、増体成績及び枝肉成績、とくに質の面で良好な成績を示したが、中でもTDN含量の高い飼料を給与した区が優れていた。試験1では、全期間TDN含量の高い飼料を給与したB区が増体成績、枝肉成績とも他の2つの区よりかなりいい結果であった。また、TDN含量の高い飼料を生後15ヵ月齢程度まで給与した試験2でも、増体成績にはやや問題を残したが、枝肉成績は試験1・B区と変わらず、非常に優れていた。試験設計時には、試験開始時からのTDN含量の高い濃厚飼料の自由採食は脂肪蓄積が促進され、体高の低い牛になる懸念をもったが、結果的にはロース芯面積が大きく、ばらが厚く、皮下脂肪は薄く、歩留基準値の高い(第4-5-(1)表)好ましい枝肉を生産した。坂井ら⁶⁵⁾も黒毛和種と日本短角種の交雑種を用い、肥育前半を中心にTDN含量の高い濃厚飼料を給与したものが枝肉の格付成績が優れていたと報告しており、本研究の結果とほぼ一致している。これらのことから、給与濃厚飼料としては、TDN含量の高いものが望ましいと考えられる。

この他、試験1・B区が優れた要因としては、III章で推測したように養分摂取量の差によるところが大きいと考えられる。他の区においても濃厚飼料摂取量が多かったと推測される牛の中に増体及び枝肉成績とも良好なものが多く、濃厚飼料の高い採食レベルを維持させることの重要性が示唆される。内山¹⁰⁰⁾は、黒毛和種の間接検定調査牛で濃厚飼料の高い採食レベルを維持したものが増体成績及び肉質が優れていたと報告しており、本研究の結果と一致している。したがって、飼料給与法としてはTDN含量の高い飼料を早めに自由採食させ、高い採食レベルを維持することが重要である。

4 増体パターン

試験1の結果では、II章で示した標準的な増体と比較して上回る増体を示し、若い時期ほどDGが高かった。とくに、質・量の両面で優れた成績を収めたB区での傾向が強かった。このように、若い時期にDGが高いことはIII章で明らかにした肉質の主な改善期に十分に栄養を摂取したことを示し、肉質向上を左右する筋肉内脂肪へは基本的には最後に栄養配分される⁶³⁾ので、このことは肉質の向上にとってプラスになると考えられる。したがって、B区のように若い時期から標準を上回るような増体パターンをとることが重要であると思われる。

さらに、試験1において肉質の主体をなす脂肪交雑と終了時月齢あるいは体重との関係は、体重が月齢よりも大きかった。とくに、生後21ヵ月齢時では終了時体重と高い正の相関があり(第4-4-(2)図)、終了時体重の大き

いものほど脂肪交雑が優れていた。これらのことから、肥育開始時から飼料をうまく摂取させ、高い採食レベルを維持することにより標準を上回る増体をさせ、なるべく終了時体重を大きくすることが重要である。第4-4-(2)図からすると、生後21ヵ月齢時までに650kg以上、できれば700kg程度まで増体させることが望ましい。

5 出荷月齢

本研究では、出荷月齢を生後21から25ヵ月齢程度として比較検討した。試験1において、生後21と24ヵ月齢時における肉質の比較では、後者が優れていた。しかし、全頭こみにした終了時体重と脂肪交雑との相関は5%水準で有意に近い正の相関(第4-4-(1)図)ではあったものの、生後21ヵ月齢時よりも脂肪交雑との関係が小さくなるので、体重を大きくすることによる脂肪交雑の改善効果が小さくなると思われる。したがって、体重を大きくすることによる脂肪交雑、ひいては肉質の改善効果は、生後21ヵ月齢時までは大きく、その後はある程度の改善効果のあることが示唆される。しかしながら、通常は、Ⅲ章で示したように生後月齢で18.5ヵ月程度、終了時体重で550kg程度からは肉質の改善効果は小さく、このような改善効果は、肥育開始時から濃厚飼料の高い採食レベルが維持できた時にしか得られないものと思われる。

このように、肥育開始時からの自由採食による肥育方式では生後24ヵ月齢程度まではある程度の肉質の改善効果が期待できるが、出荷月齢を遅らせるほどⅡ章で明らかにしたように脂肪の蓄積が促進されるのに伴い、筋肉の構成割合が減少し、牛肉の生産効率が低下する。その度合は、大型の牛では枝肉の組織構成の結果(第4-7表)から小さいと考えられるが、小型の牛ほどその危険性が高いと思われる。したがって、肥育開始時からの自由採食による肥育方式においては、生後21ヵ月齢程度に小型のものや脂肪の蓄積が十分であると思われるものから出荷しはじめ、生後24ヵ月齢程度までに出荷を終えること

が適当であろう。

小 括

Ⅱ及びⅢ章で明らかにした産肉形質の特性に基づき、とくに肉質的な面を重視し、肥育開始時からの自由採食による肥育方式を検討した。この方式を、供試牛とほぼ同時期に出荷された野外の肥育成績⁷⁾や熊本県における格付結果⁸⁾との比較検討により評価したところ、量的な面では何ら問題はなく、肉質面では改善効果が非常に大きいことがわかった。したがって、この肥育方式は、牛肉の輸入が自由化され、国産牛において肉質による価格差がますます拡大する状況下では、有効な肥育方法であると思われる。

飼料給与法としては、TDN含量の高い濃厚飼料を全期間給与した区が増体、肉質とも非常に優れていたことから、TDN含量の高い濃厚飼料を自由採食させ、高い採食レベルを維持することの重要性が示唆された。また、終了時体重と脂肪交雑との関係の検討から、生後21ヵ月齢時までに少なくとも650kg、できれば700kg程度まで増体させられれば、肉質の良好なものが期待できると思われる。

この方式では、肉質の向上は生後21ヵ月齢程度までが大きく、その後はその度合が鈍るものの、生後24ヵ月齢程度まではある程度の(通常に比べやや大きい)改善が認められた。また、Ⅱ章で明らかにしたように出荷月齢が遅くなるほど脂肪の蓄積が促進され、生産効率が加速度的に低下してくることから、牛の体格の大小や生体からみた脂肪の蓄積状況をみながら、生後21ヵ月齢程度から出荷しはじめ、24ヵ月齢程度までに出荷を終えることが適当であると考えられた。元来、褐毛和種は採食性及び増体性に優れるといわれており、自由採食による肥育方式はこの特性を活かした有効な肥育方法であると思われる。

V章 総合考察及び結論

1 産肉特性及びこれに基づく肥育ステージの区分

(1)産肉特性

これまで、様々な角度から産肉特性について検討を加え、とくに産肉の基本的なしくみに関わる項目を中心に明らかにした。この中で、とくに重要であると思われる肥育過程における連続的なデータに基づく産肉特性について、以下に総合的に検討した。

ア 増体性

まず、I章において昭和50年代前半の肥育試験の比較により増体性を検討し、一般的な出荷月齢である生後24ヵ月齢時の生体重が700kg以上で、それまでのDGが0.9-1.0kg程度であることを示した。さらに、種雄牛^{8,2)}や繁殖牛⁴⁾の体格が大きくなったこと及びどのような増体をするかの検討がなされていなかったことから、昭和63年から平成3年度までに実施された肥育試験及び産肉能力間接検定の調査牛102頭を材料牛として、ブローダーの発育曲線への当てはめにより増体曲線の作成を行った。この結果は、 $y = 1041(1 - 1.3066e^{-0.002014t})$ (y :生体重, t :生後日齢)で、高栄養下における肥育期間の増体状況をよく表わしており、肥育期間における体重値やDG値の1つの基準として利用できると思われる。ちなみに、本曲線により推定した生後24ヵ月齢時における生体重は730kg程度で、生後10ヵ月齢時からのDGは1.0kgである。

イ 枝肉歩留

枝肉歩留は、一般的には肥育が進むと高まり、そのパターンは体重、肥育度、飼養条件、品種、性、非枝肉部分(内臓、消化管内容物、皮、内臓脂肪等)の割合等によって影響を受ける^{4, 8, 14, 32, 112, 114)}。本研究の枝肉歩留は終了時体重に対する温と体重量の割合で示したが、高栄養下では月齢で生後23.1ヵ月齢時、終了時体重で637kg、半丸枝肉重量で216kgまで急速に増加し、その後ばらつきが大きいものの、平均すると64.1-64.5%で推移した。DGを0.7kg程度にすると、直線的な増加を示したものの高栄養下に比べ常に低い値をとり、栄養水準による差が認められた。このことは、DGの低下により脂肪の成長が抑制されたことによるものと考えられる。BergとButterfield⁴⁾も、枝肉における各組織の枝肉重

量に対するアロメトリーで相対成長係数が1.0より大きい組織は脂肪しかないことから、枝肉歩留を高める組織は脂肪しかないと報告しているところである。さらに、枝肉歩留を脂肪重量及びその枝肉に占める割合で検討したところ、高栄養下及びDG0.7kgのものをこみにして解析することができた。その結果では、脂肪の成長及びその構成割合が高まることにより枝肉歩留は急速に63.5%まで高まり、その後増加の程度が急激に低下する傾向が認められた。これらのことから、枝肉歩留は肥育に伴い、脂肪の成長と密接に関連しながら63-64%まで高まっていくことが明らかとなった。

ウ 枝肉における各組織の成長

[骨]

骨は枝肉を構成する組織の中で最も早期に成長する組織で、筋肉の成長と関係が深い。高栄養下では、生後23ヵ月齢時程度から成長速度が鈍るパターンを示した。一方、終了時体重及び枝肉重量に対する成長では、中途から成長割合がやや高まるパターンを示した。DGを0.7kg程度にしても、高栄養下と比較して絶対成長ではほとんど差がなかったが、組織重量に対する成長では、最終的な組織重量は同程度となるものの、中途から成長割合がかなり鈍化するほぼ逆の成長パターンを示した。DGを0.7kg程度にした場合、高栄養下に比べ同じ体重や枝肉重量でも月齢が進んでおり、絶対成長に対して影響がほとんどなかったことがこのような結果を招いた主要な要因と考えられる。同様なことをGuentherら¹⁴⁾はヘレフォード種去勢牛で、善林ら¹¹²⁾は日本短角種去勢牛で報告している。いずれにしても、骨の成長に対しては月齢や肥育日数等時間的な要因の影響が大きく、このことは褐毛和種にも当てはまる。

[筋肉]

筋肉は牛肉の本体をなすが、筋肉の重量及び枝肉に占める構成割合は肉量を決定し、その部位別分布は枝肉の商品価値に大きく影響する。高栄養下では、筋肉の成長は生後14.1-14.3ヵ月齢時から鈍り、さらに部位により同23.5-27.2(全体としては25.6)ヵ月齢時から極めて鈍化することが示された。体重及び枝肉重量に対する成長では、月齢における最初の折曲点にほぼ対応すると考えられるそれぞれの重量から成長割合が鈍化し、体重に対する全

体としての成長は680kgからさらに鈍ることが明らかとなった。

部位別の分布では、肥育が進むにつれ高級部位であるロイン及びバラにおける筋肉割合が高まっていくことが明らかとなった。

DGの影響としては、以下のことが明らかとなった。月齢に対する成長では、高栄養下よりはじめ成長速度がわずかに小さいが、その後ほぼ変わらない成長を示し、月齢が進むにつれやや上回る成長を示す。また、ネック及びウデにおいては、かなり若い時期から高栄養下を上回る成長を示す。これらが主因となり、体重及び枝肉重量に対する成長では部位によりパターンは異なるものの、肥育が進むにつれ高栄養下を上回って成長する。同様なことは、日本短角種¹¹⁾及びホルスタイン種¹⁰⁾の去勢牛でも報告されている。これらのことは、骨の成長で検討したように、筋肉の成長に対しては絶対的な時間の影響が大きいことに主に起因していると考えられる。部位別の分布に対する影響では、高栄養下と比較してネック及びウデでやや多くなり、ロイン及びバラでやや少なくなる。このことは、ネック及びウデにおいて高栄養下を上回る成長を示したことによる影響が大きいと考えられる。

[M/B 比]

M/B比は、一般的に家畜の成長や肥育に伴い大きくなるが、品種により筋肉と骨の成長パターンが異なることから品種間差が認められ^{2, 7, 11)}、BergとButterfield⁹⁾によるとフリージャン種の4.1からシャロレー種の6.8まで幅がある。このため、M/B比の骨や骨+筋肉重量に対する変化により品種間差や栄養水準の影響の検討が数多くなされている。褐毛和種では、高栄養下において骨や骨+筋肉重量の増加に伴い、4.4程度まで急速に大きくなるが、その後ばらつきが大きいものの横ばいとなることが明らかとなった。したがって、この値が品種の特性を表わすものと考えられるが、日本における主要4品種の中では黒毛和種に次ぎ高い値である。

DGを0.7kg程度にすると、直線的な増加を示し、高栄養下よりはじめ低い値で推移するが、肥育が進むと同程度かやや大きな値となったので、その影響としては、高栄養下に比べはじめ筋肉の骨に対する成長を遅らせるが、肥育が進むと変わらなくなると考えられる。

[脂 肪]

脂肪は枝肉を構成する主要3組織の中で最も晩熟な組織で、唯一その構成割合を高めていく組織である。高栄養下における成長では、次のような特徴が明らかにされ

た。月齢に対する成長では、部位により時期にかなり幅があるが(腎臓:生後20.5, ロイン・モモ・ウデ・ネック:同22.3-22.7, バラ:同27.2ヵ月齢時)、ある時点から急激に成長が鈍り、同時にばらつきが大きくなる。全体としては、生後14.1から23.1ヵ月齢時の成長が著しく、その後はばらつきが大きいものの、成長が極めて鈍化する。体重に対する成長と枝肉重量に対する成長とは傾向が非常に似かよっているが、大部分の部位で体重で445-447kg、枝肉重量(半丸)で129-137kgから成長が加速され、さらに枝肉重量に対する成長では216-217kg(半丸重量)からロイン、バラ、ネック及び全体で成長割合が大きくなる。腎臓脂肪では、同587kg及び180kgから成長割合がかなり鈍る。部位別の分布では、バラ、ロイン、モモ、ウデ・ネックの順に構成割合が高く、とくにバラにおける割合が半分近くと多い。構成割合の変化としては、バラ及びロインで増加、その他の部位で減少する。

脂肪組織別の成長と分布に関する特徴としては、次のことが明らかとなった。枝肉内面で生後18.2ヵ月齢時、腎臓で同20.5ヵ月齢時、皮下で同22.3ヵ月齢時、筋間で同22.8ヵ月齢時まで成長が急速に進み、その後成長が急激に鈍化する。体重に対する成長と枝肉重量に対する成長とはよく似たパターンを示し、皮下及び筋間では体重で447kg、枝肉重量(半丸)で129-139kg以降成長が促進される。一方、腎臓では同587kg及び180kg、枝肉内面では同626kg及び198kgまで急速に成長し、その後成長が極めて鈍化する。また、筋間は皮下を常に上回る成長を示す。これらの組織別の構成割合は、筋間及び皮下で高く、腎臓及び枝肉内面で低い。構成割合の変化としては、比較する項目によりややパターンが異なるが、概ね筋間で微増、皮下で微減後微増、腎臓で増加後微減、枝肉内面で減少の傾向にある。

DGを0.7kg程度とした場合の影響としては、次のことが明らかとなった。すべての部位において高栄養下より成長が抑制されたが、月齢で生後15.5-17.6ヵ月齢時(全体では16.6ヵ月齢時)、体重で506-571kg(同551kg)、枝肉重量(半丸)で104-173kg(同167kg)までと若い時期を、部分的にはバラ及びロインを中心に抑制される。これらの時期以降は、急速に成長し高栄養下のレベルに近づくが、同じレベルに到達するのは腎臓脂肪のみで、全体としても到達しない。部位別の分布に対する影響では、高栄養下よりバラ及びロインで割合が低下し、モモで高まり、構成割合の順位は高栄養下と異なりバラ、モモ、ロイン、ネック・ウデとなる。部位別の構成割合の変化に対する影響としては、高栄養下とやや異なり、バラ及びロインで微増、ウデ及びネックで微減、モモであまり変わらない傾向を示す。このように、脂肪の部位別の成長

及び分布に大きく関与する。

脂肪組織別の成長及び分布に与える影響としては、次の傾向がみられた。どの脂肪組織においても月齢で生後18.5ヵ月齢時、体重で587kg、枝肉重量(半丸)で198kgまでを中心に高栄養下に比べ成長が抑制される。とくに、皮下に対する抑制が強く、脂肪組織別の分布では高栄養下に比べ皮下の占める割合が低く、その分その他の脂肪組織の占める割合が高まる。

エ 枝肉の組織構成の変化

これまで、枝肉を構成する各組織の成長について検討してきた。各組織の成長パターンが異なり、それらが総合化されて枝肉の組織構成は変化していくが、その特徴としては以下のことが明らかとなった。全般的には、骨割合で減少、筋肉割合で減少、脂肪割合で増加という通常の原則的な変化を示す。高栄養下では、骨割合は生後15.6ヵ月齢時の11.5%まで急速に減少し、その後は極めてゆるやかに減少する。筋肉割合は生後21.3ヵ月齢時の49%まで急速に減少し、その後は減少の程度が非常にゆるやかとなる。一方、脂肪割合は生後21.7ヵ月齢時の35%まで急速に増加し、その後は横ばいとなる。ただし、それぞれの折曲点からはデータのばらつきが大きくなる。体重及び枝肉重量に対する変化では、そのパターンがよく似ているが、骨割合は295及び498kg(83及び149kg、以下()は枝肉重量(半丸)とする)の2段階でその減少割合をゆるめながら減少する。筋肉割合は582kgの51%(189kgの50%)まで急速に減少し、その後減少割合がかなりゆるやかとなる。これに対し、脂肪割合は310kg(90kg)まで急速に増加し、その後増加割合が大きく低下するものの、かなりの割合で増加を続ける。なお、月齢に伴う変化は折曲点以降では非常にゆるやかで、同時にデータのばらつきがかなり大きい傾向にあるが、これは主に材料牛の体格の大小や成熟度の差異を反映したものと考えられ、生後21.3-21.7ヵ月齢時以降で良好な増体が得られる場合は、体重及び枝肉重量に対する変化でみられるようなより早いペースで筋肉割合が減少し、脂肪割合が増加するものと思われる。

部位別における傾向としては、ロイン及びネックでは枝肉全体の変化とよく似ているが、筋肉割合が枝肉全体よりやや高く(とくにネック)、その分脂肪割合が低い。モモ及びウデでは、筋肉及び骨割合が枝肉全体及び他の部位よりも高く、脂肪割合は低い。バラでは、逆に骨及び筋肉割合が最も低く、脂肪割合は最も高い。

DGの高低は枝肉における各組織の成長に影響し、中でも脂肪の成長に対する影響が大きいことがわかったが、このことは、同時に組織の構成割合の変化にも関与して

おり、その傾向を次のとおり明らかにした。骨割合は、はじめ高栄養下より高く推移するが、肥育が進むにつれ同レベルに近づいていく。筋肉割合は、月齢に伴う変化では高栄養下よりゆるやかに減少し、体重及び枝肉重量による変化では、データのばらつきはやや大きいものの体重で546kg、枝肉重量(半丸)で168kgまでは59%程度で横ばいとなり、その後急速に低下するが、常に高栄養下より高く推移する。脂肪割合は、月齢で生後17.0ヵ月齢時、体重で558kg、枝肉重量(半丸)で170kgまでは16-17%で横ばいとなり、その後急速に増加し、高栄養下のレベルに接近していく。このように、DGを低下させると高栄養下と比較して主に脂肪割合が低下し、筋肉割合が増加するが、このことは肥育がかなり進んだ状況下でも、その程度は小さくなるものの持続される。

各部位における組織構成の変化に対する影響としては、どの部位でも、また月齢及び枝肉重量のいずれに対する変化でも、高栄養下に比べ脂肪割合が少なく、骨及び筋肉割合(とくに筋肉割合)が多く、とりわけ、脂肪成長の抑制を強く受けたロイン及びバラとモモにおいてこの傾向の強いことが明らかとなった。

オ 肉質の変化

Ⅲ章では、日本では経済的な面から極めて重要な産肉特性である肉質の変化(脂肪交雑、肉色及びきめ・締まり)について、月齢、体重及び枝肉に占める脂肪割合との対比により明らかにし、併せてそれらに対するDGの影響を検討した。その特徴としては、高栄養下ではいずれの場合も2つの折曲点があり、1つ目から2つ目の折曲点にかけて急速に向上し、その後向上する程度が急激にゆるやかとなるよく似たパターンを示した。最初の折曲点は月齢で生後10.3-13.7ヵ月齢時、体重で371-424kg、枝肉に占める脂肪割合で15.6-17.7%であり、2つ目の折曲点はきめ・締まりが脂肪交雑及び肉色よりやや若い時期であったが、同16.9-17.9ヵ月齢時、同534-555kg、同25.4-26.2%であり、かなり近似した時期であった。これらのことから、肉質の向上は2つ目の折曲点までにそのかなりの部分が終了することが明らかとなった。

DGの影響としては、次の傾向が認められた。月齢及び体重に対する変化では、高栄養下に比べはじめ評点の向上割合がゆるやかとなるか、向上しはじめる時期が遅れるか、あるいはその両方により肉質の向上が遅れる。その後高栄養下より評点の向上割合が大きく、月齢で生後30ヵ月齢時、体重で800kg程度で高栄養下と同程度となる。枝肉に占める脂肪の割合に対する変化では、高栄養下よりかなり少ない割合から高栄養下の2つ目の折曲点よりわずかに少ない割合まで評点が直線的に上昇し、そ

の後横ばいとなる。このように、枝肉に占める脂肪割合に対する肉質の向上はその時期は早められるが、最終的な評点値は高栄養下と変わらない。このことは、DGの差により脂肪の成長が抑制されたことに起因するものと考えられる。これらのことから、DGは肉質の向上パターンを変えるが、最終的に到達する肉質自体にはあまり影響しないと思われる。むしろ、II章で考察したようにDGを低めると成熟の遅い部位や組織の成長を抑制する傾向にあることから、牛体の生理的成熟を遅らせると推測されるので、肉質の向上に対してはマイナス要因になる可能性が強い。

(2)産肉特性に基づく肥育ステージの区分

以上、重要な産肉形質の特性について示した。その中で、牛肉生産と最も関わりの深い筋肉及び脂肪では、高栄養下において成長の上で次の2つの大きな転換時期のあることが示された(第2-8表)。1つ目(P₁₁)は生後14ヵ月齢時、終了時体重430kg、枝肉重量(半丸)130kg程度において筋肉75kg、脂肪30kg程度で、2つ目(P₁₂)は同23-25ヵ月齢時、同680-700kg、同215-225kgにおいて筋肉105-110kg、脂肪70kg程度である。筋肉及び脂肪の成長の特徴としては、筋肉はP₁₁まで急速に成長し、その後P₁₂まではそれ以前よりも成長速度(割合)は低下するものの、まだかなりの速度(割合)で成長するが、P₁₂からは成長速度(割合)が急激に低下し、一方、脂肪はP₁₁までは筋肉より成長速度(割合)はやや小さいが、その後筋肉よりかなり大きな速度(割合)で成長し、とくにP₁₂からは筋肉との成長速度(割合)の差が拡大することが明らかにされた。

また、日本では経済的な面から極めて重要である肉質の変化(脂肪交雑、肉色及びきめ・締まり)について明らかにした。その特徴としては、高栄養下では月齢、終了時体重及び枝肉に占める脂肪割合に対する変化として、1つ目(P₂₁)から2つ目(P₂₂)のポイントにかけて急速

に向上し、その後向上する程度が急激にゆるやかとなるよく似たパターンを示した。P₂₁は月齢で生後10.3-13.7ヵ月齢時、終了時体重で371-424kg、枝肉に占める脂肪割合で15.6-17.7%であり、P₂₂はきめ・締まりが脂肪交雑及び肉色よりやや若い時期であったが、同16.9-17.9ヵ月齢時、同534-555kg、同25.4-26.2%であり、かなり近似した時期であった。

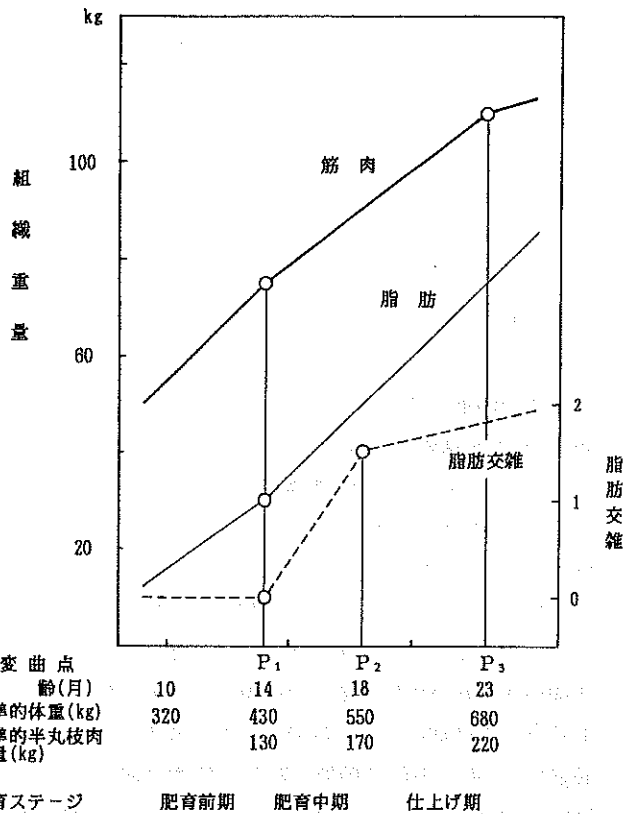
このように、産肉形質を大きく特徴づける筋肉と脂肪の成長及び肉質の変化からみて大きな転換時期がいくつか示された。その中で、P₁₁とP₂₁とは、きめ・締まりではやや時期がずれてはいるが、概ね月齢(生後14ヵ月齢程度)及び生体重(430kg程度)で一致している。これをP₁とし、P₂₂から生後18ヵ月齢時、生体重550kg程度の時期をP₂、P₁₂から生後23ヵ月齢時、生体重680kg程度の時期をP₃とすると、これらを用いることにより飼養管理を検討する上で有効であると思われる肥育ステージの区分が可能である。すなわち、第5-1図に示すように、組織の成長及び肉質の変化の特徴から肥育前期、肥育中期及び仕上げ期の3つに区分できる。筋肉の成長が最も旺盛なP₁までを肥育前期、脂肪が筋肉の成長を上回り、同時に肉質が急速に向上するP₁からP₂までを肥育中期、肉質の向上が大きく鈍るP₂以降を仕上げ期に区分できる。また、P₃は仕上げ期に位置するが、これ以降筋肉の成長がかなり鈍化することから出荷開始を示す重要な時期であると考えられる。

肥育ステージによる特徴を整理すると(第5-1表)、肥育前期では筋肉の成長が最も旺盛であるが、いわゆる目にみえる肉質の改善は認められない。肥育中期では、筋肉の成長がやや鈍り、一方、脂肪の成長が活発となり、脂肪が筋肉の成長速度(割合)を上回る。また、同時に肉質が急速に向上する。仕上げ期では、筋肉の成長はP₃までは肥育中期と変わらないが、P₃以降はかなり鈍化し、脂肪の成長は極めて旺盛である。肉質については、向上する程度が非常に低下すると考えられる。

第5-1表 各肥育ステージにおける産肉特性

肥育ステージ		肥育前期	肥育中期	仕上げ期	
変曲点		P ₁	P ₂	P ₃	
生後月齢(月)		10	14	18	23
標準的体重(kg)		320	430	550	680
産肉特性	筋肉の成長	◎	○	○	△
	脂肪の蓄積	○	◎	◎	◎
	肉質の向上	—	◎	△	△

注) ◎:極めて大きい ○:大きい △:小さい



第5-1図 産肉特性に基づく肥育ステージの区分(模式図)

2 産肉特性に基づく肥育モデル

(1) 高栄養飼養による肥育モデル

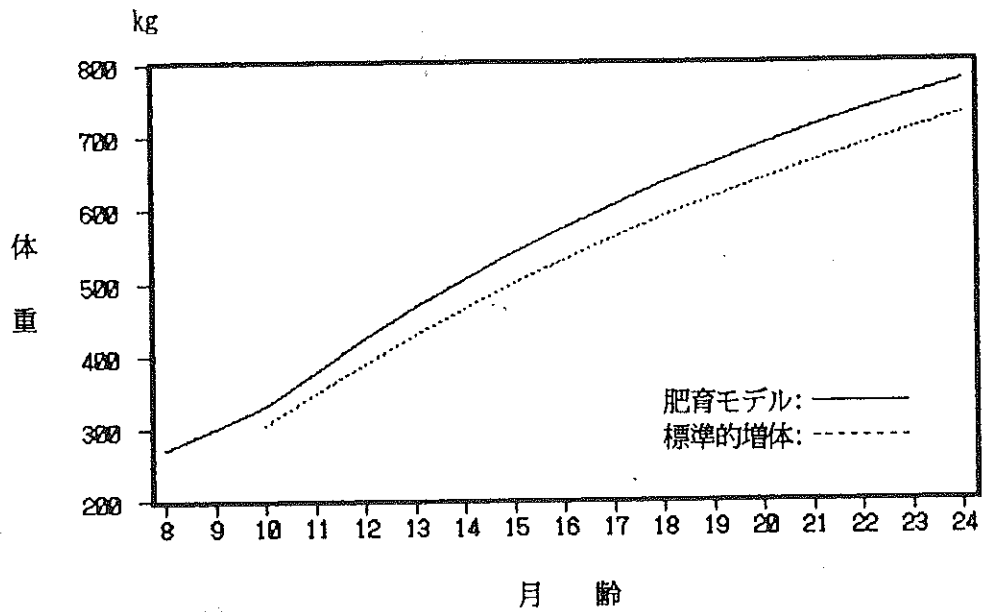
緒言でも述べたように、牛肉の輸入自由化に伴い国産牛枝肉の肉質による取引価格の格差が拡大し⁵⁸⁾、一方、褐毛和種では枝肉の格付における肉質等級の低いものの割合がかなり多く⁵⁹⁾、現況では品質を高めることが最大の課題である。褐毛和種去勢牛の産肉特性について明らかにしてきたところであるが、その中で、肉質の改善に対しては肥育開始時からの高栄養飼養による肥育体系が適していることがわかり、IV章ではこのことを肥育開始時からの自由採食による飼養試験により実証した。そこで、最も成績のよかった区(試験1・B区)の結果をもとに、肉質の向上を主眼とした肥育モデルの策定を行った。

[増体パターン]

試験1・B区の増体結果を用いて、II章と同じ方法により増体曲線を作成し、肥育モデルの増体パターンとした(第5-2図及び第5-2表)。II章で示した標準的な増体と比較して、若い時期ほどDGが高い増体パターンとなっている。このことは、試験開始時の体重等からみて試験1・B区の供試牛がやや大型であったことも影響してい

ると考えられるが、成熟時体重の推定値にあまり差がなかったことから、増体をより若い時期から高めて出荷時体重を成熟時体重により近づけることが肉質の向上のためには重要であると思われる。また、より若い時期からDGが高められれば、肉質改善のかなりの部分がなされる肥育中期までに十分に栄養が給与されたことを示し、基本的には肉質向上を左右する筋肉内脂肪へは最後に栄養配分される⁶⁰⁾ので、このことも肉質の向上にとってプラスとなる。しかし、この増体パターンはかなり高レベルであるので、標準パターンとこのパターンの間の増体をさせ、なるべく後者に近づけるようにすることが重要であると考えられる。

いわゆる育成的な意味合いの強い時期から高栄養水準で肥育すると、脂肪の成長が急速に促進され、実質成長である骨及び筋肉の成長を抑制する危険性も考えられたが、かなりTDN濃度の高い(74%)濃厚飼料を肥育開始から自由採食させた試験1・B区の枝肉切開面におけるロース芯面積、ばらの厚さ及び皮下脂肪の厚さ等の結果ではそのような傾向は認められなかった。また、試験1・B区の結果ではないものの、同様なパターンで肥育した3頭について行った枝肉の組織構成調査の結果(第4-7表)でも、材料牛が大型のものが多かったこともあろうが、標準的なものに比べむしろ筋肉の割合が高く、脂肪の割合が低かった。これらのことから、そのような危険性は小さいと考えられる。Berg⁶¹⁾も晩熟な(言い替えれば大型な)タイプは高栄養で肥育しても脂肪の成長だけが促進されることはないと報告しているところである。



第5-2図 肥育モデルにおける増体と標準的増体との比較

第5-2表 肥育モデルにおける増体と標準的増体との比較

区 分	日 齢																
	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	730	
肥育モデル ¹⁾	体重	324	371	416	458	497	533	567	599	628	656	682	706	729	750	770	776
	D G	1.63	1.52	1.42	1.33	1.24	1.16	1.08	1.01	0.95	0.88	0.83	0.77	0.72	0.67	0.63	0.62
標準的増体 ²⁾	体重	298	341	382	421	457	492	524	554	583	609	635	659	681	702	722	728
	D G	1.48	1.40	1.31	1.24	1.16	1.10	1.03	0.97	0.91	0.86	0.81	0.76	0.72	0.68	0.64	0.62

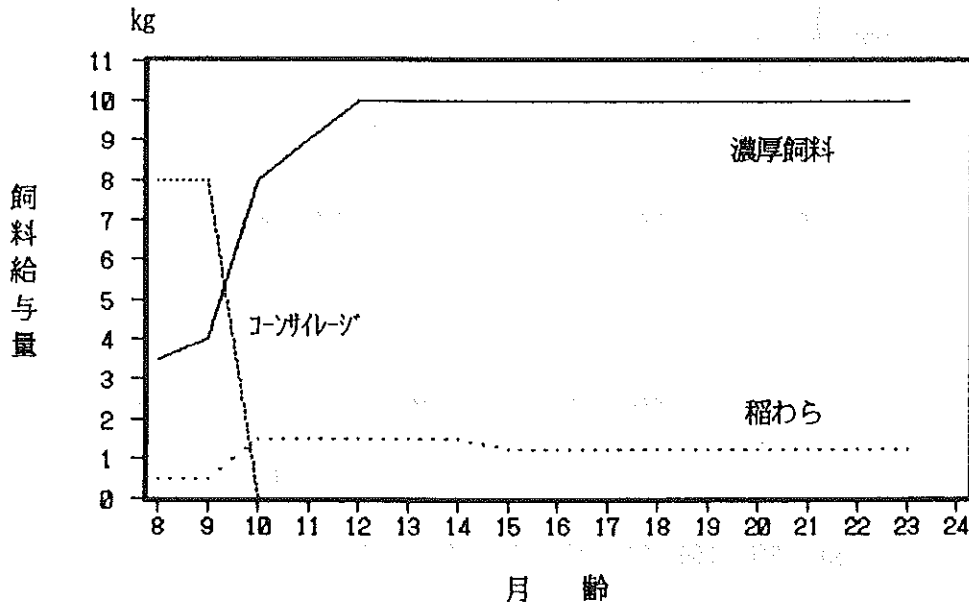
注1) 試験1・B区の結果をもとに作成した増体曲線による増体モデル

2) II章で示した増体曲線による増体

[飼料給与パターン]

このモデルにおける飼料給与パターンを試験1・B区の飼料摂取量の結果(第4-2図)をもとに作成し、日本飼養標準(肉用牛)⁵⁾に対する養分充足率と併せて第5-3図及び第5-3表に示した。導入時(生後8ヵ月齢時)から生後10ヵ月齢時までは良質粗飼料(ここではコーンサイレージで例示)を多給し、生後9ヵ月齢時から濃厚飼料を徐々に増給し始め、生後10ヵ月齢時以降は自由採食(目安として

生後10ヵ月齢時:8kg/日程度、生後12ヵ月齢時以降:10kg/日以上)とする。給与する濃厚飼料については、TDN濃度の高いもの(ここではDCP10%、TDN74%の飼料で例示)を用い、筋肉の成長を考慮して生後15ヵ月齢時までは給与量の0.5kgを大豆粕で給与する。粗飼料については、自由採食を原則とするが、目安としては生後15ヵ月齢時までは稲わらを1.5kg/日程度、それ以降1.2kg/日程度給与する。



第5-3図 肥育モデルにおける飼料給与パターン

第5-3表 肥育モデルにおける飼料給与量及び養分充足率

月 齢	体 重 (kg)	D G (kg)	必要養分量 (kg) ¹⁾				飼料給与量 (kg)				養分給与量 (kg)			
			D	M	DCP	TDN	濃厚飼料	大豆粕	コーンサイラック	稲わら	D	M	DCP	TDN
8	270	1.00	5.76	0.41	4.24	3.0	0.5	8.0	0.5	5.89 (102) ²⁾	0.54 (133)	4.39 (104)		
9	300	1.00	6.21	0.40	4.57	5.5	0.5	4.0	0.5	6.86 (110)	0.79 (198)	5.44 (119)		
10	330	1.57	9.34	0.55	7.29	7.5	0.5		1.5	8.27 (89)	1.02 (185)	6.50 (89)		
11	378	1.47	9.68	0.51	7.49	8.5	0.5		1.5	9.14 (94)	1.12 (220)	7.24 (97)		
12	423	1.37	9.88	0.47	7.57	9.5	0.5		1.5	10.01 (101)	1.22 (259)	7.98 (105)		
13	465	1.28	10.02	0.44	7.61	9.5	0.5		1.5	10.01 (100)	1.22 (277)	7.98 (105)		
14	504	1.20	10.13	0.41	7.63	9.5	0.5		1.5	10.01 (99)	1.22 (297)	7.98 (105)		
15	540	1.12	10.17	0.40	7.59	10.0			1.2	9.74 (96)	1.03 (258)	7.85 (103)		
16	574	1.04	10.16	0.38	7.51	10.0			1.2	9.74 (96)	1.03 (271)	7.85 (105)		
17	606	0.97	10.15	0.38	7.44	10.0			1.2	9.74 (96)	1.03 (271)	7.85 (106)		
18	635	0.91	10.16	0.37	7.40	10.0			1.2	9.74 (96)	1.03 (279)	7.85 (106)		
19	663	0.85	10.14	0.35	7.32	10.0			1.2	9.74 (96)	1.03 (295)	7.85 (107)		
20	689	0.79	10.09	0.34	7.23	10.0			1.2	9.74 (97)	1.03 (303)	7.85 (109)		
21	713	0.74	10.07	0.34	7.17	10.0			1.2	9.74 (97)	1.03 (303)	7.85 (110)		
22	735	0.69	10.03	0.33	7.10	10.0			1.2	9.74 (97)	1.03 (312)	7.85 (111)		
23	756	0.65	10.03	0.32	7.06	10.0			1.2	9.74 (97)	1.03 (322)	7.85 (111)		
24	776													
計		1.04 ³⁾	4,621	195	3,411	4,347	106	365	587	4,496 (97)	499 (256)	3,593 (105)		

注1) 日本飼養標準・肉用牛(1987年版)⁵⁷⁾による必要養分量 2) 同必要養分量に対する養分充足率 3) 通算DG

先に示した増体パターンをもとに日本飼養標準(肉用牛)⁵⁷⁾により算定したDM、DCP及びTDN必要量に対する充足率は、DMでは生後13ヵ月齢時の若い時期までは100%以上となっているが、それ以降は96-97%程度であり、所定の増体を示せば十分に採食できる量であると考えられる。DCPの充足率については、最低でも133%で、月齢が進むほど充足率が高くなっているが、DCP 13%の濃厚飼料を飽食させたIV章の試験1・A区の結果からみて問題ないと思われる。TDNの充足率では、濃厚飼料を飽食にするまでの増給時期(生後10-11ヵ月齢時)に100%を下回るが、その他は概ね105-110%の充足率であり、所定の増体が得られると考えられる。

いずれにしても、所定の増体を得るには所定の養分を摂取させる必要があり、とくに、このモデルにおいては通常よりも摂取させる養分量が多い。したがって、褐毛和種の高い採食性をいかして飼料をより多く採食するように誘導する必要があり、このためには採食性の高い飼料を選択することは無論のこと、飼槽の形状・配置・1頭当たりの幅、牛床面積、敷料管理等牛をとりまく環境を快適に整えることが極めて重要である。なお、I章でも示したが、濃厚飼料を多給すると尿石症等生理的障害による疾病が発生しやすいので、十分留意する必要がある。

[出荷時期]

枝肉における筋肉や脂肪の成長及び肉質の向上パターンといった産肉特性(第5-1図・第5-1表)から、出荷時期の大きな目安として生後23ヵ月齢時、生体重680kg程度が示された。さらに、このモデルの飼料給与方法、すなわち肥育開始時からの自由採食方式では、生後21ヵ月齢時までは体重が大きいほど肉質が良好であり(第4-4-(2)図)、その後は肉質の改善効果はそれ以前よりかなり小さくなるものの、生後24ヵ月齢時程度までは通常よりも肉質の向上が認められることを明らかにした。したがって、生後24ヵ月齢時程度まではある程度の肉質の向上が期待できるものの、出荷月齢を遅らせるほどII章で示したように筋肉の成長が鈍り、脂肪の蓄積が促進され、牛肉の生産効率が低下する。その程度は、枝肉の組織構成の結果(第4-7表)から大型の牛では小さいと考えられるが、小型の牛ほど大きくなるので、生後21ヵ月齢時程度から小型のものや生体外貌等から脂肪の蓄積が十分であると思われるものから出荷しはじめ、生後24ヵ月齢時程度までに出荷を終えることが適当であろう。

ここに示した増体及び飼料給与パターンにより肥育し、適正な出荷ができれば、量的にも満足でき、質的にも肉質等級で「2」等級以下の低位等級の割合が少なく、「4」等

級以上の高位等級割合の高い枝肉の生産が期待される。

(2)粗飼料利用による飼養体系

元来、牛は草食動物であり、基本的には食糧と競合しない繊維質飼料の給与により良質な蛋白質である牛肉が生産できる。ところが、日本においては、様々な事情から一般的に粗飼料の生産コストより濃厚飼料の購入単価が安かったり、牛肉の輸入自由化により国産牛では肉質による取引価格の格差が拡大したりして、輸入穀類を主体とした高栄養飼養による生産体系をとらざるをえないのが現状である。しかしながら、将来的には世界の情勢の変化により輸入穀類の価格高騰や牛肉の輸入量の減少等は十分予想されることである。このような状況下では、本来の姿である粗飼料を積極的に利用する生産体系が重要となってくる。

褐毛和種は、粗飼料の利用性の高い品種といわれているが、肥育における粗飼料の利用性についていくつかの特徴を明らかにした。すなわち、肥育前期5ヵ月間程度を粗飼料主体で飼養することにより、TDN必要量の1/4を粗飼料で給与でき、高栄養で肥育したものと質・量ともに同等以上の枝肉の生産ができる。さらに、生産コストが比較的安いトウモロコシホールクロップサイレージが利用できれば、TDN必要量の1/2以上が粗飼料から給与できる。また、肥育において粗飼料を利用する場合、非常に重要であると考えられる増体水準の産肉性に及ぼす影響についても明らかにした。DGを0.7kg程度とした場合、高栄養で肥育したものに比べ体重や枝肉重量を同程度にすると肥育期間が長くなるものの、主に脂肪の成長が抑制されることにより筋肉割合の高い好ましい枝肉が生産できる。しかし、肉質に対してはプラスの効果はない。

このように、粗飼料を積極的に利用する飼養体系に対して、すべてではないにしてもいくつかのかなり重要な特徴を示すことができた。ここでは、これらをもとにした飼養試験を実施しなかったため、具体的な飼養モデルは呈示できなかったが、情勢の変化に応じてこれらの特性をうまく組立てれば、粗飼料をいかした飼養体系の構築は比較的容易であると思われる。

摘 要

本研究は、褐毛和種去勢牛の肥育における飼養管理面からの改善を図るため、産肉の基本的なしくみを示す産肉特性、すなわち肥育過程における枝肉の各組織の成長とそれに伴う組織構成の変化及び肉質の変化等について検討した。さらに、これらの産肉特性について総合的な

検討を行い、飼養管理上で重要な要件を明らかにするとともに、褐毛和種の最重要課題である肉質向上に重点を置いた肥育モデルの策定を行った。その概略は以下のとおりであった。

1 現在の慣行的な生後24ヵ月齢時出荷に対応して実施された飼養体系の異なる肥育試験の比較検討により、増体、飼料の利用性、枝肉等に関する産肉特性を明らかにした。しかし、これらの結果はある時点での断片的な情報に過ぎず、これらから産肉上の基本的なしくみを知ることはできない。したがって、肥育に伴う枝肉における各組織の成長とそれに伴う組織構成の変化及び肉質の変化といった極めて重要な産肉特性を明らかにすること、また、増体性は肥育において大きな判断材料の1つであるので、増体曲線として示す必要があること等の問題点が抽出された。

2 増体性を連続的な形で示すため、肥育試験及び産肉能力間接検定の調査牛102頭の成績を用いて、プロデューの発育曲線の当てはめにより肥育期間における増体曲線を作成した。その結果、 $y = 1041(1 - 1.3066e^{-0.002014t})$ (y : 体重, t : 生後日齢)の式が得られた。この曲線は、高栄養下における肥育期間の体重の推移をよく表わすものと考えられ、肥育期間における体重値やDG値の1つの基準として利用できることが示された。

3 褐毛和種去勢牛における産肉の基本的しくみを明らかにするため、高栄養下で枝肉における骨、筋肉及び脂肪の各組織の成長及びそれに伴う枝肉の組織構成の変化について、月齢・体重・枝肉重量に対する成長や変化、部位別の成長と分布、各組織間の相対成長等により検討した。さらに、DGが0.7kg程度の場合について併せて検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 高栄養下における特徴

ア 骨の月齢に伴う成長では、生後22.9ヵ月齢時から成長速度が鈍った。一方、体重及び半丸枝肉重量に対する成長では、中途から(481kg及び155kg)成長割合がやや高まった。部位別には、概ねモモ、ロイン、ウデ、バラ、ネックの順に構成割合が高く、成長が進につれロインで微増、モモで微減した。

イ 筋肉の成長は、生後14.1-14.3ヵ月齢から鈍り、さらに部位により同23.5-27.2(全体としては25.6)ヵ月齢か

ら極めて鈍化した。体重及び半丸枝肉重量に対する成長では、月齢における最初の折曲点にほぼ対応すると考えられるそれぞれの重量から成長が鈍り、終了時体重に対しては全体の成長として680kgからさらに鈍化した。部位別の分布では、モモ、ロイン、バラ、ウデ、ネックの順に割合が高く、成長が進むにつれて各部位における成長の違いからロイン及びバラで微増、ウデで微減、モモでやや減少した。

ウ M/B比は、骨や骨+筋肉重量の増加に伴い4.4程度まで急速に大きくなり、その後ばらつきが大きいものの横ばいとなったので、この値が褐毛和種の特性を表わすものと考えられた。

エ 脂肪は最も晩熟な組織で、概ね月齢で生後14ヵ月齢時、終了時体重で450kg、半丸重量で130kg程度から成長速度(割合)が高まり、その後肥育が進むほど蓄積が促進された。部位別には、はじめ腎臓脂肪の成長が進み、順次中軀部位のバラ及びロインの成長が旺盛となった。部位別の分布では、バラ、ロイン、モモ、ウデ・ネックの順に構成割合が高く、とくにバラの占める割合が半分近くと多かった。組織構成の変化としては、バラ及びロインで増加、その他の部位で減少した。脂肪組織別では、筋間及び皮下の構成割合が高く、腎臓及び枝肉内面で低く、筋間は皮下を常に上回った。成長に伴う構成割合の変化としては、概ね筋間で微増、皮下で微減後微増、腎臓で微減後微増、枝肉内面で減少した。

オ 組織構成の変化としては、骨割合は生後15-16ヵ月齢時、体重500kg、半丸枝肉重量150kg程度に11.5%程度まで急速に減少し、その後ゆるやかに減少した。筋肉割合は生後19-21ヵ月齢時、体重580-630kg、半丸枝肉重量180-200kg程度に49-51%まで急速に減少し、その後ゆるやかな減少となった。一方、脂肪割合については、月齢に対する変化では同22ヵ月齢時の35%まで急速に増加し、その後ばらつきが大きいものの横ばいとなるが、体重及び半丸枝肉重量に対する変化では、一定の割合で増加し続けた。

部位別における特徴としては、ロイン及びネックでは枝肉全体の変化とよく似ているが、筋肉割合が枝肉全体よりやや高く(とくにネック)、その分脂肪割合が低かった。モモ及びウデでは、筋肉及び骨割合が枝肉全体及び他の部位よりかなり高く、脂肪割合は低かった。逆に、バラでは骨及び筋肉割合が最も低く、脂肪割合は最も多かった。

(2) DGの影響

ア DGを0.7kg程度にすると、骨の成長は、月齢に対する場合は高栄養下とほとんど変わらないが、体重及び枝肉重量に対する成長ではそのパターンをかなり変えた。すなわち、高栄養下に比較して若い時期に成長が進み、その後肥育が進むと高栄養下の成長割合が高まり、双方同レベルになる傾向がみられ、とくにモモ、ウデ及びネックでこの傾向が強かった。DGを0.7kgにした場合、高栄養下と同じ体重や枝肉重量では月齢が進んでおり、絶対成長に対しては影響がほとんどなかったことがこのような結果を招いた主な要因と考えられた。いずれにしても、骨の成長に対しては月齢や肥育日数等絶対的な時間の影響が大きいと考えられた。

イ 筋肉の場合、月齢に対する成長では高栄養下よりはじめ成長速度がわずかに小さいが、その後ほぼ変わらない成長を示し、月齢が進むにつれやや上回る成長を示した。また、ネック及びウデにおいては、かなり若い時期から高栄養下を上回る成長を示した。これらが主因となり、体重及び枝肉重量に対する成長では部位によりパターンは異なるものの、肥育が進むにつれ高栄養下を上回って成長した。これらのことは、骨と同様、筋肉の成長に対しても絶対的な時間の影響が大きいことに主に起因していると考えられた。部位別の分布に対する影響では、高栄養下と比較してウデ及びネックで増加し、ロイン及びバラで減少した。このことは、ウデ及びネックにおいて高栄養下を上回る成長を示すことによっていた。

ウ 骨及び筋肉の成長に対する影響から、DGを0.7kg程度にするとM/B比の変化パターンを変え、高栄養下ではM/B比は急速に上昇して4.4程度で横ばいになるのに対し、直線的に上昇し、肥育が進むと高栄養下と同程度となるパターンを示した。

エ DGは枝肉における各組織の成長への関与により、組織構成の変化に対して影響した。とくに、DGを0.7kg程度にすると脂肪成長の抑制により脂肪割合が減少し、その分筋肉割合が主に増加した。さらに、肥育がかなり進んだ状況下でも、程度はやや小さくなるがこの傾向が持続された。部位では、脂肪成長の抑制が強かったバラ及びロインでこの傾向が強かった。

4 肉質の変化について検討したところ、月齢、生体重及び枝肉に占める脂肪割合による変化では、高栄養下

では生後16.9-17.9ヵ月齢、生体重534-555kg及び脂肪割合25.4-26.2%までに評点が急速に向上し、このピーク以降その程度が非常にゆるやかとなった。また、データの変動が大きくなり、とくに脂肪交雑でその傾向が強かった。DGを0.7kg程度にすると、高栄養下に比べ変化パターンが異なったが、最終的な評点値が向上することはないと考えられた。これらのことから、肉質は加齢や各組織(とくに脂肪組織)の成長に伴い急速に向上していくが、そのピーク以降はその程度が非常にゆるやかになることが明らかとなった。また、飼養管理面からの肉質向上対策としては、高栄養による飼養体系が適しており、肉質の向上ピークまでの飼料給与管理において改善の余地のあることが示唆された。

5 以上、明らかにされた産肉特性を総合的に検討したところ、飼養管理の面から非常に重要と思われる3つの転換時期(P_1 , P_2 , P_3)が明らかになった。すなわち、 P_1 : 生後14ヵ月齢時(体重430kg)、 P_2 : 同18ヵ月齢時(同550kg)及び P_3 : 同23ヵ月齢時(同680kg)の3つの時期で、筋肉の成長が最も旺盛な P_1 までを肥育前期、脂肪が筋肉の成長を上回り、同時に肉質が急速に向上する P_1 から P_2 までを肥育中期、肉質の向上が大きく鈍る P_2 以降を仕上げ期に区分できた。また、 P_3 は仕上げ期に位置するが、これ以降筋肉の成長がかなり鈍化することから出荷時期を左右する重要な時期であることが示唆された。

6 これらの産肉特性に基づき、とくに肉質面を重視して、標準的な増体より高い増体をさせるため、肥育開始時からの自由採食による飼養試験を実施した。その結果、野外の肥育成績や熊本県における格付結果と比較したところ、量的な面では何ら問題はなく、肉質面で改善効果が非常に大きいことがわかった。とくに、TDN含量の高い濃厚飼料を全期間自由採食させた区は質・量ともに非常に優れていた。したがって、この肥育方式は、牛肉の輸入が自由化されたことにより、国産牛の枝肉価格が低下するとともに肉質による価格差がますます拡大する状況下では、有効な肥育方法であることがわかった。

7 飼養試験における質・量ともに最も成績の良好であった区の結果をもとに、肉質向上を主眼とした肥育モデルの策定を行った。その要点としては、①増体を標準的なものより高めるため、TDN含量の高い(74%程度)濃厚飼料を肥育開始時から自由採食させ、なるべく高い採食レベルを維持する。②生後21ヵ月齢時

までに少なくとも650kg、できれば700kg程度まで増体させる。③牛の体格の大小や生体からみた脂肪の蓄積状況をみながら、生後21ヵ月齢時程度から出荷しはじめ、24ヵ月齢程度までに出荷を終えること等が示された。

謝 辞

本研究をとりまとめるに当たり、終始懇切なご指導を賜り、かつご校閲の労をおとりいただいた北海道大学教授朝日田康司博士に衷心から感謝の意を表す。また、北海道大学教授上山英一博士、同教授清水弘博士ならびに同助教授大久保正彦博士には、ご校閲の労をおとりいただき、有益なご助言を賜り、さらに熊本県農業研究センター畜産研究所木場俊太郎所長には、本研究のとりまとめの機会とご激励をいただいた。ここに深甚なる謝意を表す。

本研究は、昭和57年から平成3年まで熊本県畜産試験場(現在熊本県農業研究センター畜産研究所)において実施したものであり、この間、畜産試験場元場長秦定氏ならびに同元場長松本良一氏、畜産研究所元所長広松重弘氏ならびに前所長田口芳昭氏からは多大なご指導とご便宜をいただいた。

研究の実施に当たっては、熊本県畜産試験場元場長寺元一人氏にご尽力いただき、さらに、畜産試験場(現熊本県農業研究センター畜産研究所)の堀英臣氏(現畜産研究所研究主幹)、濱清輝氏(現農政部畜産課)、守田智氏(現畜産研究所)ならびに猪野敬一郎氏(現八代農業改良普及所)のご助言とご協力を得た。九州農業試験場元畜産部長八木満寿雄博士ならびに同畜産部寺田隆慶元研究室長には適切なお助言をいただいた。

また、熊本県畜産試験場(現熊本県農業研究センター畜産研究所)の職員ならびに臨時職員各位には、供試牛の飼養管理あるいは枝肉の解体調査等において絶大なご協力をいただいた。さらに、熊本市農業協同組合の小田義忠氏ならびに中川逸雄氏には、枝肉の解体で多大なご協力をいただいた。

ここに、以上の各位に衷心より感謝の意を表す次第である。

引用文献

- 1) Andersen, H. R. : The influence of slaughter weight and level of feeding on growth rate, feed conversion and carcass composition of bulls. *Livestock Prod. Sci.*, 2, 341 - 355, 1975.
- 2) Berg, R. T. and R. M. Butterfield : Muscle: bone ratio and fat percentage as measures of beef carcass composition. *Anim. Prod.*, 8, 1 - 11, 1966.
- 3) Berg, R. T. and R. M. Butterfield : Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. *J. Anim. Sci.*, 27, 611 - 619, 1968.
- 4) Berg, R. T. and R. M. Butterfield : New concept of cattle growth. Sydney University Press, Sydney, 1976.
- 5) Berg, R. T., B. B. Andersen and T. Liboriussen : Growth of bovine tissues
2. Genetic influences on growth patterns of muscle, fat and bone in young bulls. *Anim. Prod.*, 26, 245 - 258, 1978.
- 6) Berg, R. T. : Manipulation of growth and carcass composition of cattle, Strategies for the most efficient beef production (Proceedings of the international symposium on beef production). 145 - 157, Kyoto, 1983.
- 7) Broadbent, P. J., C. Ball and T. L. Dodsworth : Growth and carcass characteristics of purebred and crossbred cattle with special reference to their carcass lean : bone ratios. *Anim. Prod.*, 23, 341 - 348, 1976.
- 8) Callow, E. H. : Comparative studies of meat VII. A comparison between Hereford, Dairy Shorthorn and Friesian steers on four levels of nutrition. *J. Agric. Sci., Camb.*, 56, 265 - 282, 1961.
- 9) Callow, E. H. : Comparative studies of meat VIII. The percentage of fat in the fatty and muscular tissues of steers and the iodine number of the extracted fat, as affected by breed and level of nutrition. *J. Agric. Sci., Camb.*, 58, 295 - 307, 1962.
- 10) Cianzio, D. S., Topel, D. G., Whitehurst, G. B., Beitz, D. C. and Self, H. L. : Adipose tissue growth in cattle representing two frame sizes : Distribution among depots. *J. Anim. Sci.*, 55, 305 - 312, 1982.
- 11) Fortin, A., J. T. Reid and A. M. Maiga : Effect of level of energy intake and influence of breed and sex on growth of fat tissue and distribution in the bovine carcass. *J. Anim. Sci.*, 53, 982 - 991, 1981.
- 12) 福原利一・土屋平四郎・西野武蔵・山崎敏雄 : 若齢去勢牛の肥育過程における体構成の発育に関する研究(第2報) 8, 12, 16, 18ヵ月齢における牛体構成と枝肉諸

- 形質について. 中国農試報B16号,123-162,1968.
- 13) 福原利一・山崎敏雄・西野武蔵・小沢忍・土屋平四郎 : 若齡去勢牛の肥育過程における体構成の発育に関する研究(第3報)枝肉構成からみた仕上げ時期の検討. 中国農試報B18,1-10,1970.
- 14) Guenther, J. J., D. H. Bushman, L. S. Pope and R. D. Morrison : Growth and development of the major carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. *J. Anim. Sci.*, 1184-1191,1965.
- 15) 拝高欣弥・篠崎茂彦・吉川泉 : 肉用牛(褐毛和種)若齡肥育試験(第1報). 熊本畜試報,昭和38年度,1-16,1964.
- 16) 拝高欣弥・中島宣好・岩見照也・重森正美・林明任 : 褐毛和種産肉能力直接検定成績. 熊本畜試報,昭和43年度,147-153,1969.
- 17) 拝高欣弥・中島宣好・岩見照也・重森正美・林明任 : 褐毛和種産肉能力間接検定成績. 熊本畜試報,昭和43年度,154-162,1969.
- 18) 濱清輝・住尾善彦・木場俊太郎 : 地域農業開発プロジェクト研究(第2報)3. 褐毛和種におけるホールクロップサイレージ多給長期育成の産肉性と肉質. 熊本畜試報,昭和62年度,48-58,1988.
- 19) 濱清輝・住尾善彦・木場俊太郎 : 褐毛和種去勢牛の肥育期間短縮に関する試験(第1報). 熊本農研セ畜研成書,平成元年度,12-15,1990.
- 20) Hammond, J. : Progress in the physiology of farm animals. Butterworth, London, 1955.
- 21) 原山佑・拝高欣弥・木場俊太郎・重森正美・吉川泉 : 肉用牛(褐毛和種)若齡肥育試験(第2報). 熊本畜試報,昭和38年度,17-31,1964.
- 22) 原山佑・拝高欣弥・重森正美 : 肉用牛(褐毛和種)若齡肥育試験. 熊本畜試報,昭和39年度,37-47,1965.
- 23) 原山佑・重森正美・拝高欣弥 : 草地放牧による褐毛和種(去勢)若齡肥育試験. 熊本畜試報,昭和40年度,17-28,1966.
- 24) 原山佑・重森正美・林明任 : 肉用牛(褐毛和種)若齡肥育試験 - 放牧方式による省力管理試験 -. 熊本畜試報,昭和42年度,61-72,1968.
- 25) 原山佑・酒見武典・長尾公正・井迫 : 自給穀類利用による肥育試験 高水分貯蔵大麦の利用. 熊本畜試報,昭和48年度,89-98,1974.
- 26) Henrickson, R. L., L. S. Pope and R. F. Hendrickson : Effect of rate of gain of fattening beef calves on carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 24, 507-513,1965.
- 27) 井口賢三 : 和牛の研究. 北海道帝国大学農学部紀要, 9,261-304,1921.
- 28) 猪貴義・後藤信男・星野忠彦・佐藤博編 : 動物の成長と発育. 36-41,朝倉書店,東京,1987.
- 29) 伊藤慎一・印牧美佐生・森田光夫・山田道夫・田辺義弘・永村敏勝・並河鷹夫・富田武 : 熊本県産褐毛和種の血液蛋白および血液型遺伝子構成と韓牛およびシンメンタール種との遺伝的類縁関係. 日畜会報,59,433-445,1988.
- 30) Johnson, E. R., R. M. Butterfield and W. J. Pryor : Studies of fat distribution in the bovine carcass. I. The partition of fatty tissues between depots. *Aust. J. Agric. Sci.*, 23,381-388,1972.
- 31) Jones, S. D. M. : Carcass tissue yield and distribution in three biological types of cattle fed grain or forage-based diets. *Can. J. Anim. Sci.*, 65,363-374,1985.
- 32) Kauffman, R. G., M. D. Van Ess and R. A. Long : Bovine compositional interrelationships. *J. Anim. Sci.*, 43,102-107,1976.
- 33) Kempster, A. J., A. Cuthberton and G. Harrington : Fat distribution in steer carcass of different breeds and crosses. 1. Distribution between depots. *Anim. Prod.*, 23,25-34,1976.
- 34) 木村貞夫・黒肥地一郎・美濃貞治郎 : 褐毛和種の肥育試験. 九州農試年報,昭和28年度(畜産部),4-5,1954.
- 35) 木場俊太郎 : 熊本産褐毛和種における種雄牛の遺伝的寄与率について. 西日本畜産学会報,34,33-35,1991.
- 36) 古賀脩 : 登録協会設立以前のあか牛の改良. 日本あか牛登録協会30年の歩み,1-9,熊本,1982.
- 37) 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,東京,198.
- 38) 熊本県阿蘇郡畜産組合 : 阿蘇郡畜産組合三十年小史, 167-194,熊本,1929.
- 39) 熊本県農政部畜産課資料,1991.
- 40) 熊崎一雄・芝田猛 : 和牛の優良系統造成に関する基礎的研究 III. 褐毛和種の産肉形質を支配する遺伝的要因. 九州東海大農紀要,3,23-30,1984.
- 41) 黒肥地一郎・滝本勇治・岩成寿・美濃貞治郎・吉田正三郎・田中彰治・上田敬介・寺田隆慶・橋爪徳三・針生程吉・森本宏 : 肉用牛の飼養標準に関する研究 II. 去勢牛の若齡肥育における濃厚飼料と粗飼料の割合. 九州農試報,15,331-366,1970.
- 42) 桑原重良 : 「肥後のあか牛」の史的展望. あか牛,29,5-34,熊本,1972.

- 43) Lawrence, T. L. J. and J. Pearce : Some effects of wintering yearling beef cattle on different planes of nutrition. *J. Agric. Sci., Camb.*, 63, 23-24, 1964.
- 44) 円山繁・酒見武典・中島宣好・田口耕太郎・赤星達正・井迪 : 加工副産物(ミカンジュース粕)利用による肥育試験. 熊本畜試報, 昭和50年度, 64-79, 1976.
- 45) 円山繁・吉村征弥・松本道夫・中島宣好・酒見武典・田口耕太郎・赤星達正・井迪 : 自給穀類利用に関する試験(第3報) 飼料用大麦サイレージ(ホールクロップ、ソフトグレイン)利用による肉牛肥育. 熊本畜試報, 昭和51年度, 93-110, 1977.
- 46) 円山繁・松本道夫・岩下秀逸・吉村征弥・赤星達正 : 肥育前期粗飼料(生草)多給による仕上月齢別肥育試験(第1報). 熊本畜試報, 昭和52年度, 33-60, 1978.
- 47) 円山繁・吉村征弥・松本道夫・岩下秀逸・恒松正明・石山範昭・赤星達正・井迪・寺本一人 : 粗飼料利用による経済的肉牛(あか牛)肥育技術体系確立試験 粗飼料利用による肥育法と濃厚飼料飽食法の比較試験 肥育素牛条件と目標体重までの増体と産肉性の検討. 熊本畜試報, 72-98, 1979.
- 48) 松本道夫・中嶋達彦・平山忠一・緒方喜代子・後藤孝一 : 肉用牛改良情報システムの確立、調査試験(第1報) フィールド情報を活用した褐毛和種の発育並びに枝肉形質に関する分散分析及びBLUP法による種牛評価. 熊本農研七番研成書, 平成元年度, 161-167, 1990.
- 49) 松尾昭雄・古賀脩・岡本悟・小林真 : あか毛和種における繁殖基礎雌群の体型的特質と繁殖性. 昭和62年度食肉に関する助成研究調査成果報告書, Vol.6, 54-61, 1988.
- 50) Mukhoty, H. and R. T. Berg : Influence of breed and sex on the allometric growth patterns of major bovine tissues. *Anim. Prod.*, 13, 219-227, 1971.
- 51) Murray, D. M., N. M. Tulloh and W. H. Winter : Effect of three different growth rates on empty body weight, carcass weight and dissected carcass composition of cattle. *J. Agric. Sci., Camb.*, 82, 535-547, 1974.
- 52) 中丸輝彦・近藤三郎・和田研一・三井博・野村幸男・上畑薫・関与次・樋口宜万・臼井正直 : 自給飼料利用と肥育月齢差が和牛の産肉性へ及ぼす影響 第1報 21~30ヵ月齢における産肉性の検討. 岐阜県肉牛試研報, 27, 1-9, 1988.
- 53) 中西直人・山崎敏雄・臼井實・三橋忠義 : 筋肉間における筋肉内脂肪含量の関係. 肉用牛研究会報, 50, 48-50, 1990.
- 54) 農林省畜産局編 : 畜産発達史, 347-353, 東京, 1966.
- 55) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 : 肉牛の前期粗飼料多給による若齢肥育法. 新しい技術(第15集), 6-10, 東京, 1977.
- 56) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 : 日本標準飼料成分表(1987年版), 58-59, 中央畜産会, 東京, 1987.
- 57) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 : 日本飼養標準・肉用牛(1987年版), 中央畜産会, 東京, 1987.
- 58) 農林水産省統計情報部 : 食肉流通統計月報 NO133-153, 1990, 1991, 1993.
- 59) 岡田光男・河上尚実・小堤恭平・篠原旭男 : ホルスタイン種去勢牛の体構成および枝肉構成における変化と黒毛和種との比較. 草地試研報, 7, 121-130, 1975.
- 60) 岡田光男・河上尚実・小堤恭平 : Compensatory growthにおけるホルスタイン種去勢牛の枝肉の量的質的变化. 草地試研報, 10, 111-119, 1977.
- 61) 大塚雍雄・吉原雅彦 : 1ないし2の折曲点をもつ折れ線モデルのあてはめ. 応用統計学, 5, 239, 1975.
- 62) 大塚雍雄 : 折れ線モデルのあてはめ. 農林研究計算センター報告A14, 1-31, 1978.
- 63) Palsson, H. : Progress in the physiology of farm animals. Vol.2, 430-542, Butterworths, London, 1955.
- 64) Patterson, D. L., M. A. Price and R. T. Berg : Patterns of muscle, bone, and fat accretion in three biological types of feedlot bulls fed three dietary energy levels. *Can. J. Anim. Sci.*, 65, 351-361, 1985.
- 65) 坂井禮吉・愛木拓五郎・飯野美喜男 : 農事組合法人西岳肉牛牧場成績, 1991.
- 66) 酒見武典・原山佑・岩見照也・長尾公正・井迪 : 肉用牛(若齢肥育)の飼料給与設定に関する研究. 熊本畜試報, 昭和49年度, 56-71, 1975.
- 67) 酒見武典・原山佑・矢野信俊・赤星達正・井迪 : 自給穀類利用に関する試験 1. 未乾燥貯蔵大麦(ソフトグレイン)の肥育試験. 熊本畜試報, 昭和49年度, 72-83, 1975.
- 68) 社団法人日本あか牛登録協会 : 褐毛和種種雄牛の正常発育曲線, 1960.
- 69) 社団法人日本あか牛登録協会 : あか牛の産肉性に関する指標, 1983.
- 70) 社団法人日本あか牛登録協会 : 経済的肉牛生産のための生産肥育比較調査等事業報告書, 5-17, 1988.
- 71) 社団法人日本あか牛登録協会 : あか牛優良雌牛選抜法確立ならびに交雑種肉質調査報告書, 1-20, 1991.
- 72) 社団法人日本食肉格付協会 : 牛・豚枝肉取引規格の

- 解説書 a, 9 - 31, 1979.
- 73) 社団法人日本食肉格付協会：牛・豚枝肉取引規格の解説書 b, 11 - 17, 1979.
- 74) 社団法人日本食肉格付協会：新しい牛枝肉取引規格, 1988.
- 75) 社団法人全国和牛登録協会：黒毛和種正常発育曲線, 1989.
- 76) 芝田清吾：むかしのあか牛. あか牛(創立十周年記念号), 12 - 17, 熊本, 1962.
- 77) 住尾善彦・円山繁・吉村征弥・松本道夫・恒松正明・赤星達正・寺本一人：粗飼料利用による経済的肉牛(あか牛)肥育技術体系確立試験(第2報)粗飼料利用による肥育法と濃厚飼料飽食法の比較試験 肥育素牛条件と粗飼料利用期間の検討. 熊本畜試報, 昭和54年度, 39 - 73, 1980.
- 78) 住尾善彦・吉村征弥・松本道夫・恒松正明・磯川宗逸：肥育前期粗飼料多給方式における仕上げ月齢の検討. 熊本畜試報, 昭和57年度, 59 - 88, 1983.
- 79) 住尾善彦・吉村征弥・松本道夫・恒松正明・磯川宗逸：飼料米の混合給与が産肉性に及ぼす影響. 熊本畜試報, 昭和57年度, 59 - 88, 1983.
- 80) 住尾善彦・堀英臣・広松重弘：褐毛和種去勢牛の肥育過程における枝肉構成及び肉質の変化 枝肉構成等からみた仕上げ時期の検討. 熊本畜試報, 昭和58年度, 75 - 87, 1984.
- 81) 住尾善彦・堀英臣・広松重弘：肥育後期における大麦給与割合が産肉性に及ぼす影響. 熊本畜試報, 昭和59年度, 59 - 65, 1985.
- 82) 住尾善彦・守田智・野田伸司・木場俊太郎：褐毛和種雄牛のサイズの変化. 第55回(平成4年度)九州農業研究発表会専門部会発表要旨, 41 - 42, 1992.
- 83) 竹下潔・田中彰治・吉田正三郎：乳用雄子牛の肥育過程における肉量・肉質の変化 - 体重500kgと600kgの比較 - . 東北農試研報, 43, 209 - 223, 1972.
- 84) 竹下潔・吉田正三郎・田中彰治・西村宏一：乳用種去勢牛の育成・肥育に伴う枝肉の構成に関する研究. 東北農試研報, 50, 99 - 111, 1975.
- 85) 竹下潔・吉田正三郎・西村宏一・常石栄作：枝肉の分離脂肪の割合とロース芯脂肪交雑の関係に対する肉用牛の品種差について. 日畜会報, 48, 371 - 372, 1977.
- 86) 滝本勇治・黒肥地一郎・岩成寿・美濃貞治郎：若齢牛の代償性成長に関する研究 第1報仕上肥育前における低栄養飼養が肥育牛の代償性成長におよぼす影響. 九州農試年報, 昭和44年度, 559, 1971.
- 87) 滝本勇治・黒肥地一郎・岩成寿・美濃貞治郎：草地放牧が若齢肥育牛の栄養および牛肉生産に関する研究 - 草地放牧が若齢肥育牛の養分摂取量、エネルギー消費量および産肉性におよぼす影響 - . 九州農試年報, 昭和45年度, 59 - 65, 1972.
- 88) 滝本勇治・黒肥地一郎・美濃貞治郎・中西雄二・岩成寿：若齢牛の代償性成長に関する研究 第2報放牧時における育成肥育牛の養分所要限界と仕上肥育効果. 九州農試年報, 昭和46年度, 54 - 61, 1973.
- 89) 滝本勇治・黒肥地一郎・中西雄二・美濃貞治郎・古沢睦男：草地放牧における若齢牛の栄養および肉生産に関する研究 - 若齢肥育における人工草地の集約的利用効果 - . 九州農試年報, 59 - 62, 1975.
- 90) 滝本勇治・黒肥地一郎・中西雄二・美濃貞治郎・渡辺昭三・伊藤稔・亀岡喧一・湯沢勝・近藤郁夫・片山政男・藤田浩三・石橋明・酒見武典・函師隆一・安田三郎：肉用牛の飼料給与基準(若齢肥育)の設定に関する研究 第2報 TDNの給与水準とその中に占める粗飼料の割合および肥育パターンが増体量および飼料効率におよぼす影響. 九州農試報, 18, 175 - 196, 1976.
- 91) 滝本勇治・黒肥地一郎・中西雄二・美濃貞治郎：若齢牛の代償性成長に関する研究 第3報草利用による若齢肥育法と濃厚飼料飽食肥育法との増体および産肉性の比較. 九州農試年報, 昭和50年度, 63 - 67, 1977.
- 92) 滝沢静雄・八木満寿雄・美濃貞次郎・中西雄二・犬童幸人：牛筋肉中の総色素含量の経時的変化について. 九農研, 46, 158, 1984.
- 93) 寺田隆慶：育成時における高栄養飼養と体構成 - 肉用繁殖雌牛 - . 草, 47, 36 - 46, 1985.
- 94) 寺田隆慶・住尾善彦：褐毛和種去勢牛肥育におけると殺月齢と肉質. 九農研, 48, 180, 1986.
- 95) 寺田隆慶：日本式牛の大割肉片における標準筋群の分布. 九農研, 49, 163, 1987.
- 96) 寺田隆慶・中西雄二・金子浩之：褐毛和種における標準筋群の分布 (1)雌牛における標準筋群の成長様相. 肉用牛研究会報, 52, 15 - 16, 1991.
- 97) 寺田隆慶・金子浩之・沢村浩・林治雄：長期間放牧された褐毛和種去勢牛の体型および枝肉構成 - 放牧飼養による完熟値 - . 平成元年度日本草地学会大会講演要旨, 133 - 134, 1989.
- 98) The Royal Smithfield Club : A comparison of the growth of different types of cattle for beef production. Report of major beef research project. London, 1966.
- 99) 土屋平四郎・福原利一・西野武蔵・山崎敏雄：若齢去勢牛の肥育過程における体構成の発育に関する研究 (第1報) 双子去勢牛による予備試験. 中国農試報B15号, 27 - 41, 1967.

- 100)内山正二：鹿児島県における黒毛和種の産肉能力。平成元年度九州農業研究推進会議畜産部会大家畜分科会研究資料,3・1-3・18,1989.
- 101)Waldman, R. C., W. J. Tyler and V. H. Brungardt : Changes in the carcass composition of Holstein steers associated with ration energy levels and growth. J. Anim. Sci.,32,611-619,1971.
- 102)Winchester, C. F., R. L. Hiner and V. C. Scarborough : Some effects on beef cattle of protein and energy restriction. J. Anim. Sci.,16,426-436,1957.
- 103)山谷洋二・三谷克之輔・並河澄：ホルスタイン種およびF₁(黒毛和種×ホルスタイン種)去勢牛の肥育過程における筋肉内脂肪含量の変化。日畜会報,59,619-627,1988.
- 104)山崎敏雄・小沢忍・塩谷康生・加藤国雄・福原利一・西野武蔵・土屋平四郎：若齢去勢牛の肥育過程における体構成の発育に関する研究(第4報)8~24ヵ月齢における牛体各組織の発育。中国農試報B19,39-51,1971.
- 105)山崎敏雄：肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響(第1報)黒毛和種去勢牛の体諸器官,諸組織の発育について。中国農試報B23,53-85,1977.
- 106)山崎敏雄：肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響(第2報)屠殺前体重と牛体組織の発育について。中国農試報B25,29-46,1981.
- 107)山崎敏雄：肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響Ⅲ.黒毛和種去勢牛の脂肪交雑と部分肉筋肉内の脂肪含量の月齢変化について。草地試研報,18,69-77,1981.
- 108)山崎敏雄：肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響Ⅳ.肉の色調と硬度の月齢に伴う変化。草地試研報,20,119-131,1981.
- 109)山崎敏雄：肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響Ⅴ.黒毛和種去勢牛の赤肉及び脂肪のアロメトリーと分布の変化について。草地試研報23号,57-72,1982.
- 110)山崎敏雄：肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響Ⅵ.屠殺前体重及び月齢と体組織重量,体構成,組織分布の関係。草地試研報40号,99-117,1989.
- 111)山崎敏雄・中西直人・小堤恭平・臼井實・三橋忠由・河上尚實：肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響Ⅷ.黒毛和種去勢牛とホルスタイン種去勢牛の肉量と肉質の比較。草地試研報,42,83-94,1989.
- 112)善林明治・嶽肇：牛屠体の構成と筋肉:骨比に及ぼす栄養水準の影響。日畜会報,49,670-679,1978.
- 113)善林明治・嶽肇：去勢牛の枝肉脂肪生産とその分布,および内臓脂肪生産に及ぼす栄養水準の影響。日畜会報,50,392-401,1979.
- 114)善林明治：黒毛和種,日本短角種およびホルスタイン種去勢肥育牛の枝肉組織の発育パターンと枝肉構成の差異。日畜会報,58,301-308,1987.
- 115)善林明治：黒毛和種,日本短角種およびホルスタイン種去勢肥育牛の骨および筋肉の発育と枝肉中分布。日畜会報,58,309-316,1987.
- 116)善林明治・稲山真理子：黒毛和種,日本短角種,ホルスタイン種去勢肥育牛の枝肉中脂肪の蓄積と分布。日畜会報,58,381-387,1987.
- 117)善林明治・鍋田肇・元辻毅：去勢肥育牛の筋肉内脂質含量に及ぼす品種と栄養水準の影響。日畜会報,59,39-48,1988.
- 118)善林明治：去勢肥育牛の筋肉の成長と分布の品種間比較。日畜会報,61,308-314,1990.
- 119)善林明治：牛肉生産の国際化と生産技術の課題。栄養生理研究会報,35,117-132,1991.
- 120)全国肉用牛協会：乳用種去勢牛審査基準,1973.

付 表

付表1 終了時体重、枝肉重量及び枝肉歩留の回帰

区分	従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	決定 係数
H 区	終了時体重	月 齢	3	(23.0,685)	41.9	27.95	574.6	4.79			0.964
	枝肉重量	月 齢	3	(23.3,442)	-8.1	19.32	371.0	3.04			0.943
		終了時 体 重	1		-33.5	0.687					0.991
	枝肉歩留	月 齢	2	(23.1,64.5)	52.0	0.539	64.5	0			0.740
		終了時 体 重	2	(637,64.1)	50.9	0.021	64.1	0			0.676
		枝肉重量 (半丸)	2	(216,64.5)	52.4	0.056	64.5	0			0.716
		脂肪重量 (n=41)*	3	(58.8,63.5)	53.3	0.175	62.1	0.025			0.749
		脂肪割合 (n=41)*	3*	(31.7,63.5)	49.9	0.427	58.7	0.150			0.727
終了時体重	月 齢	1		82.1	22.81					0.964	
枝肉重量	月 齢	1		14.2	15.32					0.974	
M 区		終了時 体 重	6	(317,186) (440,232)	-27.6	0.674	68.5	0.371	-103	0.760	0.996
	枝肉歩留	月 齢	1		43.4	0.668					0.906
		終了時 体 重	1		40.4	0.030					0.861
		枝肉重量 (半丸)	1		44.2	0.079					0.906

* 両区を併せて解析した結果

付表2 部位別重量の回帰

区分	従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁	b ₁	a ₂	b ₂	a ₃	b ₃	決定係数
H 区	ロイン	月 齢	3	(23.3,45.8)	-2.0	2.053	32.6	0.565			0.940
	モモ		3	(22.7,59.6)	7.4	2.298	46.2	0.592			0.913
	バラ		3	(22.6,58.3)	-11.4	3.091	39.6	0.828			0.891
	ウデ		2	(24.1,27.6)	2.9	1.024	27.6	0			0.902
	ネック		4	(14.4,10.0) (26.2,15.5)	0.1	0.686	3.3	0.467	26.2	0	0.881
	ロイン	終了時体重	1		-5.1	0.074					0.972
	モモ		1		4.6	0.081					0.956
	バラ		3	(450,32.1)	-9.7	0.093	-21.0	0.118			0.952
	ウデ		1		1.3	0.037					0.955
	ネック		3	(441, 9.9)	-1.1	0.025	1.6	0.019			0.940
	ロイン	枝肉重量(半丸)	1		-1.2	0.214					0.981
	モモ		1		8.9	0.234					0.961
	バラ		3	(126,28.6)	-4.9	0.266	-13.4	0.333			0.957
	ウデ		1		3.3	0.106					0.961
	ネック		3	(129, 9.6)	-0.1	0.075	2.7	0.054			0.945
M 区	ロイン	月 齢	3	(18.3,27.3)	3.5	1.301	-7.0	1.875			0.987
	モモ		1		9.2	1.986					0.956
	バラ		3	(17.2,28.6)	0.9	1.609	-13.9	2.470			0.960
	ウデ		1		3.4	0.953					0.960
	ネック		1		0.5	0.560					0.947
	ロイン	終了時体重	3	(513,27.1)	1.0	0.051	-19.0	0.090			0.984
	モモ		1		2.1	0.087					0.993
	バラ		6	(301,18.5) (507,29.0)	-11.0	0.098	3.2	0.051	-35.8	0.128	0.982
	ウデ		1		0.0	0.042					0.987
	ネック		3	(459, 8.8)	0.8	0.017	-5.0	0.030			0.985
	ロイン	枝肉重量(半丸)	3	(158,30.4)	0.6	0.189	-5.2	0.226			0.993
	モモ		3	(148,48.2)	3.0	0.306	16.7	0.213			0.990
	バラ		3	(155,33.5)	-2.5	0.232	-16.4	0.322			0.991
	ウデ		3	(168,24.7)	0.8	0.142	9.3	0.092			0.989
	ネック		1		-0.1	0.074					0.984

付表3 骨の回帰

区分	従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁	b ₁	a ₂	b ₂	決定係数
H 区	ロイン	月 齢	1		1.56	0.1481			0.860
	モモ		1		3.14	0.2002			0.834
	バラ		3	(23.8, 3.97)	1.18	0.1170	2.33	0.0687	0.880
	ウデ		3	(23.8, 5.11)	1.47	0.1526	3.91	0.0504	0.877
	ネック		1		0.65	0.0371			0.761
	枝肉全体		3	(23.8, 23.7)	7.70	0.6743	13.46	0.4322	0.910
	ロイン		終了時体重	1		1.04	0.0061		
	モモ	3		(555, 6.71)	2.96	0.0068	0.72	0.0108	0.867
	バラ	1			0.95	0.0044			0.851
	ウデ	3		(481, 3.82)	1.48	0.0049	0.84	0.0062	0.895
	ネック	3		(517, 1.26)	0.57	0.0013	0.33	0.0018	0.813
	枝肉全体	3		(481, 18.0)	7.69	0.0213	3.82	0.0294	0.917
	ロイン	枝肉重量(半丸)		1		1.34	0.0176		
	モモ		3	(189, 7.07)	3.25	0.0202	0.72	0.0336	0.867
	バラ		1		1.18	0.0127			0.862
	ウデ		3	(159, 4.00)	1.69	0.0145	1.17	0.0178	0.904
	ネック		3	(159, 1.24)	0.66	0.0036	0.37	0.0055	0.836
	枝肉全体		3	(155, 18.5)	8.63	0.0635	5.27	0.0851	0.926
M 区	ロイン		月 齢	3	(22.9, 5.10)	1.25	0.1677	3.96	0.0495
	モモ	3		(22.1, 8.18)	2.78	0.2440	7.89	0.0132	0.869
	バラ	3		(11.6, 2.19)	2.09	0.0080	0.64	0.1338	0.924
	ウデ	3		(22.9, 5.29)	1.30	0.1746	4.36	0.0406	0.939
	ネック	2		(22.2, 1.61)	0.49	0.0504	1.61	0	0.846
	枝肉全体	3		(22.9, 24.0)	7.12	0.7349	19.01	0.2158	0.911
	ロイン	終了時体重		1		1.03	0.0063		
	モモ		3	(553, 7.86)	1.93	0.0107	6.28	0.0029	0.913
	バラ		3	(482, 2.77)	1.45	0.0027	-0.65	0.0071	0.961
	ウデ		3	(585, 5.03)	0.88	0.0071	2.64	0.0041	0.962
	ネック		2	(612, 1.62)	0.37	0.0020	1.62	0	0.879
	枝肉全体		3	(612, 23.6)	5.35	0.0298	13.57	0.0164	0.951
	ロイン		枝肉重量(半丸)	1		1.45	0.0185		
	モモ	3		(155, 8.07)	1.80	0.0403	7.60	0.0030	0.917
	バラ	1			1.00	0.0149			0.942
	ウデ	3		(158, 5.03)	0.79	0.0267	3.81	0.0077	0.963
	ネック	2		(173, 1.63)	0.39	0.0072	1.63	0	0.882
	枝肉全体	3		(173, 24.0)	5.46	0.1068	20.06	0.0227	0.950

付表4 筋肉の回帰

区分	従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁ a ₃	b ₁ b ₃	a ₂	b ₂	決定係数
H 区	ロイン	月 齢	4	(14.3,17.2) (27.2,26.0)	-0.05 26.03	1.2035 0	7.29	0.6901	0.903
	モモ		4	(14.2,27.3) (27.2,37.6)	4.67 37.60	1.5975 0	16.08	0.7914	0.858
	バラ		4	(14.1,14.9) (25.5,23.1)	-0.94 23.06	1.1220 0	2.62	0.8698	0.882
	ウデ		4	(14.1,10.6) (24.9,15.4)	2.04 15.44	0.6084 0	4.34	0.4458	0.837
	ネック		4	(14.0,5.93) (26.2,8.66)	0.38 8.66	0.3958 0	2.78	0.2247	0.845
	枝肉全体		4	(14.1,75.6) (25.6, 110)	6.07 110.2	4.932 0	32.96	3.025	0.898
	ロイン		終了時体重	3	(447,17.0)	-1.28	0.0410	4.04	0.0291
	モモ	3		(447,27.1)	3.53	0.0528	11.83	0.0342	0.904
	バラ	3		(446,15.3)	-2.22	0.0391	1.59	0.0306	0.939
	ウデ	1			2.21	0.0185			0.900
	ネック	3		(441,5.99)	-0.33	0.0143	2.11	0.0088	0.903
	枝肉全体	6		(445,75.0)	2.58 42.79	0.1626 0.0917	17.72	0.1286	0.954
	ロイン	枝肉重量(半丸)		3	(129,16.6)	0.25	0.1260	5.94	0.0820
	モモ		3	(135,27.1)	5.75	0.1585	14.21	0.0958	0.906
バラ	3		(135,15.3)	-0.55	0.1172	3.65	0.0861	0.941	
ウデ	1			3.23	0.0530			0.900	
ネック	3		(130,5.89)	0.23	0.0437	2.65	0.0250	0.903	
枝肉全体	3		(129,74.0)	7.81	0.5112	29.81	0.3413	0.953	
M 区	ロイン		月 齢	3	(18.3,16.8)	3.25	0.7388	-0.47	0.9419
	モモ	1			1.02	0.8333			0.944
	バラ	3		(23.2,15.7)	1.62	0.6083	7.96	0.3350	0.943
	ウデ	3		(22.9,5.29)	1.30	0.1746	4.36	0.0406	0.939
	ネック	6		(17.4,5.67) (22.2,9.12)	1.38 4.94	0.2461 0.1880	-6.93	0.7228	0.979
	枝肉全体	3		(22.9, 102)	10.19	4.028	44.29	2.539	0.960
	ロイン	終了時体重		3	(510,16.7)	1.72	0.0293	-5.87	0.0442
	モモ		1		4.56	0.0489			0.978
	バラ		3	(482,14.7)	-0.06	0.0307	-5.69	0.0424	0.987
	ウデ		3	(482,11.4)	1.57	0.0205	-1.92	0.0277	0.980
	ネック		3	(412,4.76)	1.01	0.0091	-2.91	0.0186	0.983
	枝肉全体		1						0.983
	ロイン		枝肉重量(半丸)	1		1.60	0.1077		
	モモ	3		(164,34.1)	3.99	0.1836	20.50	0.0828	0.971
バラ	1			0.17	0.1096			0.984	
ウデ	3	(182,15.5)		1.09	0.0794	6.47	0.0498	0.975	
ネック	3	(185,8.85)		-0.35	0.0496	2.31	0.0353	0.979	
枝肉全体	3	(191, 107)		6.41	0.5289	54.38	0.2775	0.986	

付表5-(1) 部位別脂肪の回帰(H区)

従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁ a ₃	b ₁ b ₃	a ₂	b ₂	決定係数
ロイン	月 齢	4	(20.6, 10.22)	-4.34	0.7056	-47.05	2.7755	0.899
			(22.4, 15.12)	15.12	0			
モモ		4	(18.2, 7.27)	-2.24	0.5224	-17.40	1.3553	0.890
			(22.3, 12.83)	12.83	0			
バラ		2	(27.1, 36.12)	-11.00	1.7398	36.12	0	0.803
ウデ			4	(19.8, 2.64)	-0.59	0.1629	-12.32	
	(22.4, 4.59)	4.59		0				
ネック		2	(22.7, 4.00)	-1.24	0.2310	4.00	0	0.760
枝肉全体			4	(14.1, 27.49)	-13.76	2.9242	-51.93	
	(23.1, 77.92)	77.92		0				
ロイン	終了時体重	3	(447, 5.21)	-3.53	0.0195	-11.91	0.0383	0.928
モモ		3	(447, 5.30)	-2.65	0.0178	-8.11	0.0300	0.907
バラ		3	(447, 11.68)	-7.58	0.0431	-25.43	0.0830	0.887
ウデ		3	(450, 1.56)	-0.26	0.0041	-3.74	0.0118	0.824
ネック		3	(447, 1.91)	-0.73	0.0059	-1.97	0.0087	0.814
枝肉全体		3	(447, 30.73)	-19.47	0.1123	-53.31	0.1880	0.940
ロイン	枝肉重量(半丸)	6	(135, 5.28)	-2.77	0.0596	-8.66	0.1032	0.949
			(217, 13.73)	-16.58	0.1397			
モモ		3	(135, 5.17)	-1.76	0.0514	-6.48	0.0863	0.923
バラ			6	(129, 11.38)	-6.33	0.1368	-15.45	
	(216, 29.31)	-44.45		0.3415				
ウデ		3	(137, 1.55)	-0.08	0.0119	-3.12	0.0340	0.834
ネック			6	(104, 1.32)	-0.37	0.0161	-0.97	
	(216, 3.76)	-4.12		0.0365				
枝肉全体		6	(129, 28.80)	-14.77	0.3366	-35.73	0.4985	0.954
			(216, 71.99)	-74.59	0.6783			

付表5-(2) 部位別脂肪の回帰(M区)

従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁	b ₁	a ₂	b ₂	決定係数
				a ₃	b ₃			
ロイン	月 齢	6	(11.0, 2.61)	-1.65	0.3856	1.42	0.1077	0.899
(17.6, 3.32)			-10.06	0.7594				
モモ		6	(11.0, 3.21)	-1.69	0.4433	2.61	0.0541	0.930
(16.8, 3.52)			-8.27	0.7003				
バラ		6	(11.0, 6.12)	-4.05	0.9224	5.21	0.0818	0.912
(16.6, 6.57)			-17.65	1.4587				
ウデ	5	(8.3, 1.08)	-1.12	0.2641	1.08	0	0.945	
(15.5, 1.08)		-1.97	0.1967					
ネック	6	(11.1, 1.05)	0.09	0.0859	0.98	0.0059	0.853	
(15.5, 1.08)		-1.42	0.1593					
枝肉全体	6	(11.0, 15.60)	-8.47	2.1898	11.90	0.3371	0.927	
(16.6, 17.49)		-45.78	3.8122					
ロイン	終了時体重	6	(310, 2.77)	-4.68	0.0240	1.25	0.0049	0.866
(560, 3.99)								
モモ		6	(310, 3.34)	-5.01	0.0270	2.17	0.0038	0.954
(564, 4.32)			-22.86	0.0482				
バラ		6	(306, 6.24)	-11.11	0.0568	3.34	0.0095	0.914
(558, 8.62)			-44.35	0.0950				
ウデ	6	(310, 1.16)	-1.18	0.0075	0.76	0.0013	0.907	
(571, 1.51)		-6.66	0.0143					
ネック	3	(506, 1.31)	0.25	0.0021	-2.95	0.0084	0.878	
枝肉全体	6	(310, 16.30)	-24.85	0.1327	8.12	0.0264	0.925	
(551, 22.66)		-108.84	0.2386					
ロイン	枝肉重量(半丸)	6	(93.6, 2.99)	-3.38	0.0680	1.45	0.0164	0.915
(172, 4.27)			-19.50	0.1382				
モモ		6	(89.2, 3.36)	-3.78	0.0801	1.94	0.0160	0.973
(169, 4.63)			-16.89	0.1277				
バラ		6	(84.1, 5.90)	-9.18	0.1794	2.29	0.0430	0.946
(170, 9.61)			-35.58	0.2655				
ウデ	6	(93.0, 1.20)	-0.77	0.0211	0.71	0.0053	0.936	
(173, 1.62)		-5.11	0.0389					
ネック	3	(140, 1.31)	0.22	0.0078	-1.62	0.0210	0.903	
枝肉全体	6	(92.5, 16.95)	-17.21	0.3693	7.39	0.1034	0.954	
(167, 24.68)		-86.82	0.6669					

付表6 組織別脂肪の回帰

区分	従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁ a ₃	b ₁ b ₃	a ₂	b ₂	決定係数	
H区	皮下	月 齢	4	(20.5, 18.72) (22.3, 26.36)	-6.57 29.36	1.2343 0	-101.60	5.8772	0.865	
	筋間		4	(19.1, 21.21) (22.8, 35.68)	-8.05 35.68	1.5285 0	-54.72	1.3553	0.821	
	腎臓		3	(20.5, 8.18)	-3.71	0.5811	4.46	0.1818	0.728	
		枝肉内面		3	(18.2, 4.81)	-1.82	0.3641	2.97	0.1006	0.767
		枝肉全体		4	(14.1, 27.49) (23.1, 77.92)	-13.76 77.92	2.9242 0	-51.93	5.6311	0.887
	皮下	終了時体重		3	(447, 9.91)	-5.57	0.0346	-23.22	0.0741	0.867
	筋間	3	(447, 12.16)	-7.37	0.0437	-28.70	0.0914	0.899		
	腎臓	3	(587, 7.82)	-4.77	0.0215	1.31	0.0111	0.728		
		枝肉内面	3	(626, 5.53)	-2.26	0.0124	5.53	0	0.753	
		枝肉全体	3	(447, 30.73)	-19.47	0.1123	-53.31	0.1880	0.940	
	皮下	枝肉重量(半丸)	3	(139, 10.22)	-4.12	0.1030	-20.00	0.1030	0.886	
	筋間		6	(129, 11.48) (214, 31.53)	-5.81 -43.90	0.1340 0.3518	-18.84	0.2349	0.917	
	腎臓		3	(180, 7.58)	-3.71	0.0627	1.42	0.0342	0.739	
		枝肉内面	2	(198, 5.53)	-1.57	0.0358	5.53	0	0.749	
		枝肉全体	6	(129, 28.80) (216, 71.99)	-14.77 -74.59	0.3366 0.6783	-35.73	0.4985	0.954	
	M区	皮下	月 齢	5	(11.0, 4.76) (17.7, 4.76)	-2.29 -18.07	0.6391 1.2914	-18.07	1.2914	0.850
筋間		3		(17.4, 10.83)	-2.27	0.7544	-19.25	1.7324	0.947	
腎臓		3		(16.1, 2.33)	-0.59	0.1812	-6.31	0.5372	0.944	
		枝肉内面	3	(18.5, 2.66)	-0.01	0.1444	-1.72	0.2372	0.855	
		枝肉全体	6	(11.0, 15.60) (16.6, 17.49)	-8.47 -45.78	2.1898 3.8122	11.90	0.3371	0.927	
皮下		終了時体重	3	(554, 5.62)	0.83	0.0087	-37.75	0.0783	0.825	
筋間			6	(310, 6.70) (575, 13.35)	-9.70 -53.95	0.0530 0.1171	-1.07	0.0251	0.948	
腎臓			6	(310, 1.61) (513, 2.97)	-2.66 -11.76	0.0138 0.0287	-0.47	0.0067	0.951	
		枝肉内面	6	(343, 2.31) (550, 2.46)	-2.24 -5.96	0.0133 0.0153	2.07	0.0007	0.870	
		枝肉全体	6	(310, 16.30) (551, 22.66)	-24.85 -108.84	0.1327 0.2386	8.12	0.0264	0.925	
皮下		枝肉重量(半丸)	3	(171, 6.58)	0.30	0.0367	-32.71	0.2293	0.876	
筋間			3	(191, 18.48)	-5.08	0.1235	-47.88	0.3480	0.971	
腎臓			3	(156, 3.61)	-1.49	0.0328	-8.25	0.0762	0.969	
		枝肉内面	6	(92.9, 1.85) (198, 3.56)	-1.27 -8.00	0.0336 0.0584	0.33	0.0163	0.909	
		枝肉全体	6	(92.5, 16.95) (167, 24.68)	-17.21 -86.82	0.3693 0.6669	7.39	0.1034	0.954	

付表7 組織構成割合の回帰

区分	従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁ a ₃	b ₁ b ₃	a ₂	b ₂	決定係数
H区	筋肉 脂肪 骨	月齢	3	(21.3,48.86)	72.97	-1.131	51.19	-0.109	0.821
			2	(21.7,34.98)	-0.93	1.652	34.98	0	0.878
			3	(15.6,11.45)	27.04	-1.000	11.84	-0.025	0.929
	筋肉 脂肪 骨	終了時体重	3	(582,50.62)	74.63	-0.041	61.69	-0.019	0.793
			3	(310,18.43)	-17.66	0.116	4.98	0.043	0.858
			6	(295,16.65) (498,11.87)	34.39 13.86	-0.060 -0.004	23.57	-0.024	0.952
	筋肉 脂肪 骨	枝肉重量(半丸)	3	(189,50.04)	72.47	-0.119	59.14	-0.048	0.812
			3	(90.0,18.46)	-11.39	0.332	7.15	0.126	0.871
			6	(82.9,16.68) (149,11.99)	32.18 13.82	-0.187 -0.012	22.57	-0.071	0.952
M区	筋肉 脂肪 骨	月齢	3	(11.1,61.07)	71.79	-0.966	66.02	-0.446	0.752
			5	(11.1,16.20) (17.0,16.20)	-0.92 -1.58	1.545 1.046	-1.58	0	0.821
			5	(11.8,15.77) (15.3,15.77)	26.54 20.99	-0.913 -0.342	15.77	0	0.952
	筋肉 脂肪 骨	終了時体重	5	(310,59.18) (546,59.18)	84.51 78.91	-0.082 -0.036	59.18	0	0.784
			5	(276,16.87) (558,16.87)	-28.28 -22.33	0.164 0.070	16.87	0	0.807
			6	(296,16.44) (513,15.08)	34.80 24.37	-0.062 -0.018	18.27	-0.006	0.939
	筋肉 脂肪 骨	枝肉重量(半丸)	5	(93.0,59.02) (168,59.02)	79.13 77.62	-0.216 -0.111	59.02	0	0.814
			5	(85.0,16.92) (170,16.92)	-11.71 -18.58	0.337 0.209	16.92	0	0.841
			6	(70.4,16.66) (153,14.84)	46.88 22.25	-0.429 -0.049	18.21	-0.022	0.950

付表8 枝肉各組織及びM/B比の各組織に対する成長及び変化における回帰

区分	従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁ a ₃	b ₁ b ₃	a ₂	b ₂	決定係数
	筋肉	骨	2	(18.59, 85.90)	-52.32	7.435	23.26	3.370	0.926
	脂肪		1		-61.39	5.630			0.827
	M/B比		2	(16.93, 4.40)	0.11	0.253	4.40	0	0.558
H区	脂肪	筋肉	3	(68.81, 29.15)	-26.08	0.803	-54.59	1.217	0.808
	筋肉		1		-3.34	0.842			0.997
	脂肪		3	(88.03, 31.70)	-32.38	0.728	-58.31	1.023	0.824
	M/B比		2	(92.74, 4.41)	1.66	0.030	4.41	0	0.640
	筋肉	骨	1		-30.75	5.666			0.963
	脂肪		5	(13.99, 20.47)	-114.18	9.624	20.47	0	0.712
	M/B比		1	(19.61, 20.47)	-90.54	5.661			0.716
M区	脂肪	筋肉	6	(57.13, 19.82)	-26.24	0.806	16.18	0.064	0.844
				(82.41, 21.43)	-65.74	1.058			
	筋肉		1		-5.02	0.854			0.999
	脂肪	骨+筋肉	5	(72.89, 20.74)	-32.54	0.731	20.74	0	0.832
	M/B比		1	(102.3, 20.74)	-73.36	0.920			0.838
			1		2.57	0.014			

付表9 肉質の変化における回帰

区分	従属変数 (Y)	独立変数 (X)	タイプ	折曲点	a ₁ a ₃	b ₁ b ₃	a ₂	b ₂	決定係数
H区	脂肪交雑 色 沢	月 齢	9	(13.7,0.09)	0.09	0	-6.82	0.505	0.482
				(16.9,1.72)	1.41	0.018			
	きめ・締まり	9	(13.3,0.20)	0.20	0	-7.17	0.553	0.896	
			(17.9,2.73)	2.20	0.030				
	脂肪交雑 色 沢	終了時体重	9	(10.3,0.00)	0	0	-7.60	0.348	0.783
				(17.9,2.63)	2.23	0.023			
	きめ・締まり	9	(424,0.00)	0	0	-6.91	0.0163	0.488	
			(534,1.79)	1.58	0.0004				
	脂肪交雑 色 沢	脂肪割合	3	(410,0.00)	0	0	-7.96	0.0194	0.922
(555,2.81)				2.31	0.0009				
きめ・締まり	3	(371,0.00)	0	0	-5.92	0.0160	0.818		
		(540,5.70)	2.43	0.0005					
M区	脂肪交雑 色 沢	脂肪割合	3	(25.4,1.43)	-3.30	0.1863	0.69	0.0291	0.452
	きめ・締まり	3	(26.1,2.15)	-3.69	0.2237	0.09	0.0788	0.752	
	3	(26.2,2.30)	-3.42	0.2185	1.09	0.0463	0.668		
M区	脂肪交雑 色 沢	月 齢	5	(11.6,0.00)	0	0	-1.63	0.1406	0.859
				(18.5,0.98)	-0.72	0.0915			
	きめ・締まり	9	(18.5,1.51)	-6.75	0.4467	-0.73	0.1210	0.896	
			(13.8,0.00)	0	0	-5.72	0.4146	0.926	
	脂肪交雑 色 沢	終了時体重	9	(18.3,1.86)	0.32	0.0846			
				(414,0.00)	0	0	-6.45	0.0156	0.764
	きめ・締まり	3	(482,1.06)	-0.29	0.0028				
			(500,2.02)	-10.96	0.0260	0.72	0.0026	0.665	
	脂肪交雑 色 沢	脂肪割合	2	(482,1.43)	-18.09	0.0405	-0.84	0.0047	
(25.0,2.02)				-1.55	0.1426	2.02	0	0.800	
きめ・締まり	2	(25.0,2.96)	-3.20	0.2470	2.96	0	0.913		
		(25.0,2.90)	-1.67	0.1833	2.90	0	0.719		