

# 褐毛和種去勢牛の産肉特性に関する飼養学的研究

住尾善彦\* 守田 智\*\* 堀 英臣\*\* 木場俊太郎\*\*

## 緒 言

産肉特性は、食肉を生産する上での諸形質の特徴を指すが、それぞれの品種によって異なり、これをもとに生産技術は検討すべきである。産肉特性を表わす項目は様々であり、終了時体重、枝肉重量、枝肉歩留、枝肉断面での脂肪交雑、枝肉格付、飼料効率、筋肉・脂肪といった組織の成長様相、枝肉の組織構成の変化、肉質の変化等多数あげられるが、ある時点でのデータによる断片的なもの個々のデータは断片的であってもそれらを連続的な変化としてとらえるものに分けられる。食肉の生産技術を論ずる上で重要なのは後者であり、とくに枝肉における筋肉、骨、脂肪の組織の成長等は産肉の基本的なしくみにつながる極めて重要な産肉特性である。

食肉生産の歴史の長い欧米では、このような観点から古くから研究が進められ、とくにHammondo学派の主にヒツジとブタを用いた一連の研究により、1955年には産肉生理に関する基礎的知見が集大成された<sup>1)</sup>。その内容は、組織の成長の優先順位、各組織の体各部位における成長の優先順位及び栄養水準の影響等多岐にわたっている。肉牛についても、BergとButterfield<sup>2)</sup>が基本的な産肉の法則性を明らかにしている。

日本においては、昭和40年頃から黒毛和種において体系的な研究が始められ、日本で飼養されている主要品種では、組織の成長と分布及び体構成や枝肉構成の変化に関する研究(黒毛和種<sup>3, 6, 38, 42, 44, 47, 48, 50, 54, 56)</sup>、日本短角種<sup>40, 51-53, 55)</sup>、ホルスタイン種<sup>20, 31, 32, 50, 52, 54, 56)</sup>)が報告され、それぞれ肥育技術の改善に貢献している。

また、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おり、肥育過程における肉質の変化も重要な産肉形質である。これに関して、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、月齢や体重に対する変化、理化学的な分析、部位別の変化、部位間の差異及び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<sup>17, 33, 41, 45, 46, 49, 53)</sup>。

しかしながら、褐毛和種去勢牛においては、枝肉各組織の成長等に関して、肥育過程における枝肉構成の変化<sup>29)</sup>、筋肉の成長と分布<sup>36, 37)</sup>といった報告はあるものの、調査範囲(月齢や体重)が狭かったり、調査頭数が少なかったり、栄養水準の検討がないなど充分であるとはいえない。また、肉質の変化に関しても、数少ない報告<sup>29, 34, 35)</sup>しかない。したがって、飼養管理面から効率的に生産技術を改善する上で、基礎的な情報が乏しい状況にある。

そこで、高栄養下あるいは1日当たり増体重(以下DGとする)を0.7kg程度で飼養し、離乳後から生後30カ月齢以上の広範囲にわたってと畜した材料牛を用いて、枝肉半丸における骨、筋肉及び脂肪等の成長様相及び肉質の変化等極めて重要な産肉特性について、栄養水準も含めて検討した。

さらに、これらの産肉特性を総合的に検討するとともに、その結果に基づき、飼養試験を実施し、飼養管理の面から褐毛和種の抱える大きな課題である肉質の改善を念頭に置いた合理的な肥育モデルについて検討した。

## 材料及び方法

1 肥育過程における枝肉各組織の成長様相及び肉質の変化

### (1) 供試牛及びその飼養方法

供試牛は、第1表に示すとおり褐毛和種去勢牛42頭で、交配種雄牛は17頭であった。H区は、幼齢の2頭(1、2号牛)及び21、29号牛を除き、第2表の飼養方法により生後9~11カ月齢時から高栄養下で肥育し、生後6.2から31.6カ月齢にかけて順次と畜した。M区は、同一の種雄牛からの産子を用い、生後9~11カ月齢時から試験を開始した。DGが0.7kg程度となるよう第2表の飼養方法により肥育し、生後14.9から30.4カ月齢にかけて順次と畜した。

\*現畜産課 \*\*畜産研究所

第1表 枝肉構成及び肉質の変化等調査に用いた供試牛

区分	材料牛 番号	終了時 月 齢	終了時 体 重 kg	肥育 期 間	肥育期間 DG kg	枝 肉 重 量 (左半丸) kg	備 考	
H区	1	6.2	233.0			60.5	九州農試畜産部から データ提供を受ける	
	2	6.3	219.0			60.9 (右半丸)		
	3	11.1	310.0			93.0		
	4	11.2	296.0			83.0		
		5	12.2	450.0	115	1.61	129.5	
		6	14.0	441.0	103	1.14	132.0	
		7	14.1	447.0	112	1.16	135.0	
		8	16.0	481.0	154	1.01	147.0	
		9	16.0	517.0	161	1.21	159.0	
		10	17.9	555.0	224	1.12	171.0	
		11	18.2	567.0	250	1.13	172.5	
		12	19.9	573.0	307	1.03	180.0	
		13	20.1	546.0	294	0.75	174.5	
		14	20.6	606.0	329	0.94	192.0	
		15	20.9	586.7	329	0.81	188.0	
		16	21.2	675.0	330	1.04	219.0	
		17	21.8	582.0	314	0.79	189.0	
		18	22.0	663.0	329	0.98	203.5	
		19	22.0	645.0	355	0.95	202.5	
		20	22.3	710.0	400	0.92	233.0	
		21	22.4	740.3	476	1.05	233.5	離乳後から試験飼養
		22	23.3	704.0	407	1.00	230.0	
		23	23.5	648.7	406	0.89	216.0	
		24	23.8	721.0	329	0.97	227.5	
		25	23.9	663.0	392	0.92	210.0	
		26	24.9	652.0	433	0.83	210.0	
		27	26.2	679.3	462	0.83	219.5	
		28	26.2	676.0	521	0.72	229.0	
		29	27.2	833.0	609	0.93	263.5	離乳後から試験飼養
		30	29.6	732.0	576	0.75	230.0	
		31	29.9	728.0	612	0.72	231.0	
		32	31.6	670.0	638	0.58	224.0	
M区	1	14.9	440.0	152	0.73	116.0		
	2	15.3	459.0	117	0.74	127.0		
	3	18.3	513.0	213	0.67	139.5		
	4	18.5	482.0	233	0.61	131.5		
	5	22.2	612.0	369	0.71	182.0		
	6	22.9	662.0	394	0.75	198.0		
	7	27.5	751.0	541	0.71	235.0		
	8	27.6	678.0	520	0.67	217.0		
	9	30.0	705.0	569	0.62	222.0		
	10	30.4	799.0	573	0.78	252.0	枝肉重量及び歩留のデータのみ	

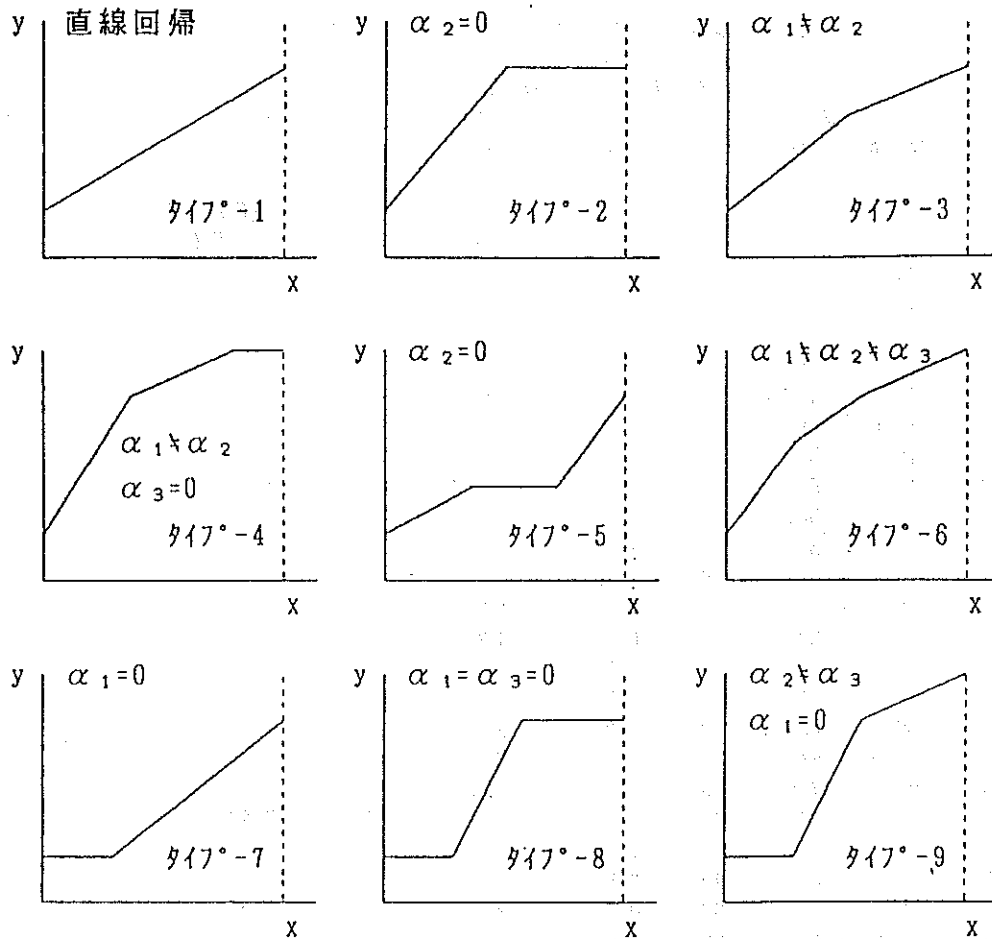
(2) 枝肉各組織の成長様相

枝肉の左半丸(2号牛のみ右半丸)を9つの部分肉に分離後、それぞれの部分肉を刀により骨、筋肉、脂肪及び腱その他に分け、秤量した。これらをもとに、月齢、終了時体重及び半丸枝肉重量(温と体)に対する枝肉各組織の成長について検討した。統計分析には、ある事象を9つのタイプにより2ないし3つの直線回帰に解析す

る大塚の折れ線モデル(第1図)<sup>21, 22)</sup>を用いた。なお、M区の分析については、H区の1~4号牛はM区と栄養水準的にはさほど変わらず、これらを加えて行った方が適当であると思われたので、一部を除き、これらのデータを加えて行った。

(3) 肉質の変化

肉質については、昭和63年4月から評価法が改正され



第1図 9つの折れ線タイプ (大塚(1978)<sup>21)</sup>)  
 注)  $\alpha_1 \sim \alpha_3$ は1~3本めの直線の傾きを示す。

第2表 供試牛 (枝肉構成及び肉質等調査) の飼養方法

区分	飼養形態	飼料給与方法
H区 (1, 2号牛除く)	群飼 (5~10頭/房)	濃厚飼料多給 (粗濃比 (風乾物) で1~2 : 8程度) 粗飼料 : 乾草 (イタリアンライグラス, ローズグラス) あるいは稲わら
M区	群飼 (5頭/房)	生後24カ月齢時程度まで : DGが0.7 kg程度となるよう粗濃比 (風乾物) を2~1 : 2で調整して給与 粗飼料 : イタリアンライグラス, リードカナリーグラス, ローズグラス乾草 生後24カ月齢時程度以降 : 濃厚飼料多給 (粗濃比 (風乾物) で1~2 : 8程度) 粗飼料 : 稲わら

注1) 両区とも、水及びミネラル固形塩を自由摂取させた。

注2) H区の21, 29号牛については、離乳後から生後14カ月齢程度まで主に黄熟期刈りのコーンサイレージ多給 (濃厚飼料は補給) により、その後はH区の方法により飼料給与した。

た<sup>27)</sup> 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<sup>26)</sup> 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。脂肪交雑、色沢及びきめ・締まりの月齢、終了時体重及び枝肉に占める脂肪割合に対する変化について、(2)と同様に大塚の折れ線モデル<sup>21, 22)</sup> により検討した。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）でスコア一化した。また、(2)と同様M区にはH区の1～4号牛を加えて検討した。

## 2 肥育開始時からの自由採食による肥育試験

### (1) 供試牛

供試牛は、褐毛和種去勢牛15頭（父牛：第八光丸）で、市場から導入し、予備肥育後（除角等を実施）、生後約10カ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カ月齢時に試験を中止した。

### (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3表のとおりであった。

第3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）18）による

### (3) 飼養方法

各区5頭ずつ群飼とし、第4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カ月齢時以降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

## (4) 調査項目

### ア 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。

### イ 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。

### ウ 枝肉調査

第4表に示したとおり生後21及び24カ月齢時に各区とも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。

## 結果及び考察

### 1 枝肉各組織の成長及び枝肉組織構成の変化

#### (1) 枝肉各組織の成長

##### ア 骨の成長

骨の成長様相を第2図に示した。月齢による成長では、両区の成長パターンに大きな変化はなく、生後23カ月齢時程度から成長速度が鈍化した。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。本研究の結果からも骨が早期に成長する組織であることが示唆された。

終了時体重及び半丸枝肉重量に対する成長では、H区では終了時体重481kgおよび半丸枝肉重量155kgからそれ以前より成長割合がやや大きくなり、一方、M区では終了時体重612kgおよび半丸枝肉重量173kgまでの成長割合がそれ以降よりもかなり大きく、両区異なるパターンを示した。前述したように、トータルとしてみれば早熟な組織であり、最終的に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が大きくなり、一方、M区ではまったく逆のパターンをとった。この要因としては、Guentherら<sup>7)</sup> はヘレフォード種去勢牛で生体重を同じにすると中栄養区（DG: 0.77kg）が高栄養区（DG: 0.91kg）より骨が有意に（ $P < 0.05$ ）重く、骨の成長は栄養水準よりも牛の月齢および肥育期間により密接に関係していると報告しているが、同様なことが考えられる。善林<sup>8)</sup> も日本短角種を用いた試験で半丸枝肉重量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。

以上のことから、この程度の栄養水準の差異は骨の絶対成長に対して大きな影響を及ぼさず、Guentherら<sup>7)</sup> 及び善林ら<sup>8)</sup> も報告しているように、骨の成長を大きく支配するのは月齢や肥育日数等絶対的な時間であると考えられる。

この骨の成長の差は、Guentherら<sup>7)</sup> の報告にある

## イ 筋肉の成長

### [高栄養下における成長]

筋肉の成長様相を第3図に示した。H区の月齢に伴う成長では、生後14.1カ月齢時から成長速度が鈍り、同25.6カ月齢時から成長速度が横ばいとなった。終了時体重及び半丸枝肉重量に対する成長では、445 kg及び129 kgから成長割合がそれ以前より低下し、さらに、体重に対しては、680kgから低下した。

以上のことから、筋肉の成長は生後14.1カ月齢時から鈍り、さらに同25.6カ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カ月から筋肉の成長が鈍るという報告<sup>6, 24)</sup>があり、本研究の最初の折曲点とよく一致していた。終了時体重及び半丸枝肉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低下した。さらに、終了時体重に対する成長は680 kgから鈍っており、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。

### [栄養水準の影響]

M区の月齢に伴う成長では、はじめH区よりわずかに成長速度が小さいが、生後21カ月齢時以降はあまり変わらず、生後25.6カ月齢時からH区より成長速度が大きい傾向にあった。終了時体重に対する成長では、500kg程度から高栄養下の成長を上回った。さらに、半丸枝肉重量に対する成長では、130kg程度から上回っていた。このように、DGを0.7kg程度にすると、月齢、終了時体重及び半丸枝肉重量に対して、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をやや上回る成長を示した。しかし、月齢による成長ではM区のデータが少ないうえ、両区ともばらつきが大きいので、明らかに差があるとはいえないかもしれない。

Guentherら<sup>7)</sup>はヘレフォード種去勢牛を高・中の2つの栄養水準で肥育し、月齢を基準とすると高水準が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<sup>40)</sup>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、体重ベースでの栄養水準の影響を認めている。また、善林ら<sup>50)</sup>は日本短角種を高・中・低の3水準で肥育し、半丸枝肉重量に対する成長は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<sup>7)</sup>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。

以上のことから、骨ほどに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。DGを0.7kg程度にすると、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枝肉重量に対する成長の違いとして現われたと考えられる。

## ウ 脂肪の成長

### [高栄養下における成長]

脂肪の成長様相を第4図に示した。H区の月齢に伴う成長では、生後14.1カ月齢時から成長速度が加速され、同23.1カ月齢時から、ばらつきがかなり大きいものの成長速度が横ばいとなった。終了時体重及び半丸枝肉重量に対する成長では、それぞれ447kg及び129kgから成長割合が高まり、さらに、後者に対する成長では216kgから高まった。

これらの結果から、生後14.1から23.1カ月齢時における脂肪の成長は旺盛であることが示された。黒毛和種においても、山崎<sup>43)</sup>は生後12.4から23.4カ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の傾向は似ている。生後23.1カ月齢時以降は、成長速度が横ばいとなり、同時にばらつきが大きくなったが、これは体格の大小等を反映したものである。体重及び枝肉重量に対する成長の結果からすると、この月齢以降でも増体が見込まれる場合脂肪の成長速度はかなり大きいと推測される。終了時体重及び半丸枝肉重量に対する成長では、それぞれ450 kg及び130 kg程度から成長が加速され、後者に対する成長では、さらに216kgから一段と加速されているが、脂肪の生産効率は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、半丸枝肉重量216 kg以降は極めて低下すると考えられる。

### [栄養水準の影響]

M区の成長は、月齢で16.6カ月齢時、終了時体重で551kg、半丸枝肉重量で167kgまで、H区より成長速度(割合)がかなり小さくなった。これらの時期以降、急速に成長しH区のレベルに接近する傾向にあったが、同じレベルに到達できなかった。このように、DGの高低は脂肪の成長に大きく関与していたが、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<sup>1, 2, 7, 10, 12, 16, 40, 48, 51)</sup>が示している。Palsson<sup>23)</sup>

及びBergとButterfield<sup>2)</sup>は、栄養は生命維持器官、骨、筋肉、脂肪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。

以上のことから、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生後月齢で17カ月齢時、終了時体重で550kg、半丸枝肉重量で170kg程度までと主に若い時期を中心に脂肪の成長が抑制されることが明らかとなった。

## (2) 枝肉における組織構成の変化

### [高栄養下における成長]

組織構成の変化について第5図に示した。月齢に対する変化では、骨割合は生後15.6カ月齢時の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カ月齢時の49%まで急速に減少し、その後は減少割合が非常にゆるやかになった。一方、脂肪割合は生後21.7カ月齢時の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ばらつきがかなり大きくなった。終了時体重及び半丸枝肉重量に対する変化では、その傾向が似ていたが、骨割合は295kg及び498kg(83kg及び149kg、以下( )は半丸枝肉重量とする)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、その後減少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、その後増加割合が大きく低下するものの、かなりの割合で増加した。月齢に対する変化については、それぞれの折曲点以降は非常にゆるやかになり、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カ月齢時)以降で良好な増体が見込まれる場合は、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。

わが国では、独特の肉質追求のため肥育期間の長期化や出荷体重の大型化の傾向が強いが、良質牛肉の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。

### [栄養水準の影響]

栄養水準の差異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、月齢によ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枝肉重量による変化では、ばらつきがやや大きいものの終了時体重で546kg、半丸枝肉重量で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17.0カ月齢時、終了時体重時で558kg、半丸枝肉で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、高栄養下よりDGを低下させると、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、栄養水準を変えることにより、同一体重や同一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。ただし、高栄養下より栄養水準を低下させると肥育日数がその程度に応じて長くなることは避けられない。

## 2 肉質の変化

### (1) 高栄養下における変化

肉質の変化について、第6~8図に示した。H区では、月齢、終了時体重及び枝肉に占める脂肪割合のいずれに対する変化でも、第1折曲点から第2折曲点(生後16.9~17.9カ月齢、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、これ以降その程度が非常にゆるやかとなり、同時にばらつきがかなり大きくなる傾向にあった。野外における調査<sup>2,5)</sup>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カ月齢以降あまり変わらず、また、出荷体重でも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。

枝肉に占める脂肪割合は肥育度をよく示すが、竹下ら<sup>3,3)</sup>は、黒毛和種において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の大きさは、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<sup>23)</sup>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<sup>4)</sup>及び善林ら<sup>55)</sup>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<sup>45)</sup>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1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<sup>4, 45, 55)</sup>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。

## (2) 栄養水準の影響

M区では、月齢及び終了時体重に対する変化は、H区に比べ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、H区より評点の向上割合が大きく、生後30カ月齢時、終了時体重800 kg程度で同じ評点値となった。このように、高栄養下より栄養水準を低下させると、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。

脂肪割合に対する変化では、H区よりかなり少ない割合からH区の第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。月齢及び終了時体重による変化とは異なり、高栄養下より栄養水準を下げると、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、1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。

栄養水準と肉質に関しては、Callow<sup>3)</sup>、Waldmanら<sup>40)</sup>、善林ら<sup>55)</sup>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<sup>55)</sup>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。むしろ、1での考察から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。また、これまでの報告<sup>13, 14, 28)</sup>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<sup>55)</sup>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

以上のように、肉質の向上に対しては、高栄養による飼養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カ月齢時、終了時体重555 kgまでにかんが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<sup>23)</sup>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。

## 3 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る。1つ目(P<sub>11</sub>)は生後14カ月齢時、終了時体重430kg、枝肉重量(半丸)130kg程度、2つ目(P<sub>12</sub>)は同23~25カ月齢時、同680~700kg、同215~225kg程度の時点である。筋肉はP<sub>11</sub>まで急速に成長し、その後P<sub>12</sub>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、P<sub>12</sub>からは成長速度(割合)が急激に低下し、一方、脂肪はP<sub>11</sub>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P<sub>12</sub>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については、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(P<sub>21</sub>)から2つ目(P<sub>22</sub>)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。P<sub>21</sub>は月齢で生後10.3~13.7カ月

齢時、終了時体重で371~424kg、脂肪割合で15.6~17.7%であり、P<sub>22</sub>は同16.9~17.9カ月齢時、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、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、P<sub>11</sub>とP<sub>21</sub>とは、概ね月齢（生後14カ月齢程度）及び体重（430kg程度）で一致している。これをP<sub>1</sub>とし、P<sub>22</sub>から生後18カ月齢時、体重550kg程度の時期をP<sub>2</sub>、P<sub>12</sub>から生後23カ月齢時、体重680kg程度の時期をP<sub>3</sub>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9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P<sub>1</sub>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<sub>1</sub>からP<sub>2</sub>までを肥育中期、肉質の向上が大きく鈍るP<sub>2</sub>以降を仕上げ期に区分できる。また、P<sub>3</sub>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。

#### 4 肥育開始時からの自由採食による肥育試験及びこれに基づく肥育モデルの検討

##### (1) 試験結果

###### ア 増体成績

増体成績を第5表及び第10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カ月齢時に695.1kg、生後24カ月齢時に723.8kgになった。平均のDGは生後21カ月齢時までは1.06kgと非常に良好で、その後のDGは0.62kgとかなり低く、生後24カ月齢時までは0.92kgと低下した。区別にみると、生後16カ月齢時程度から増体に差が認められはじめ、生後21カ月齢時には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カ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。

###### イ 飼料及び養分摂取量

飼料及び養分摂取量を第6表及び第11図に示した。生後21カ月齢時までは、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カ月齢時頃からであった。

生後21から24カ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。

###### ウ 枝肉成績

枝肉成績の主に量に関する結果を第7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カ月齢時が21カ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カ月齢時が21カ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カ月齢時が21カ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カ月齢時には21カ月齢時より低下した。

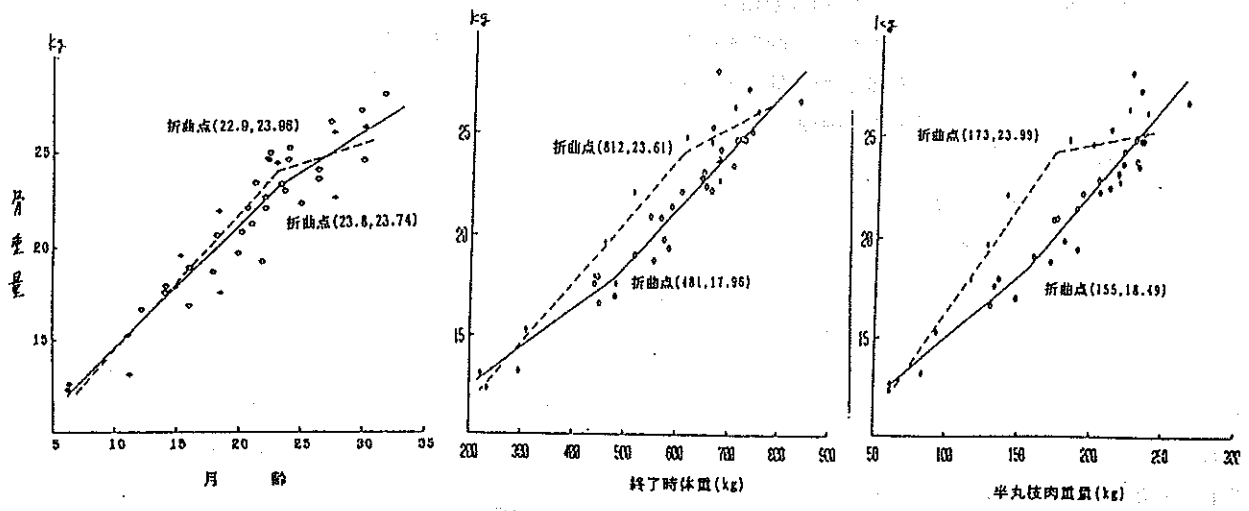
枝肉成績の質に関する結果を第8表に示した。区間では、いずれの月齢においても、各項目ともB区、A区、C区の順に良く、とくにB区が優れていた。月齢間では、いずれの区においても、各項目とも生後24カ月齢時が21カ月齢時よりも良かった。全体としてみても、肉質等級「3」以上の割合が86%と非常に良好であった。

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12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。生後21カ月齢時終了の試験牛に限定すると（第13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。

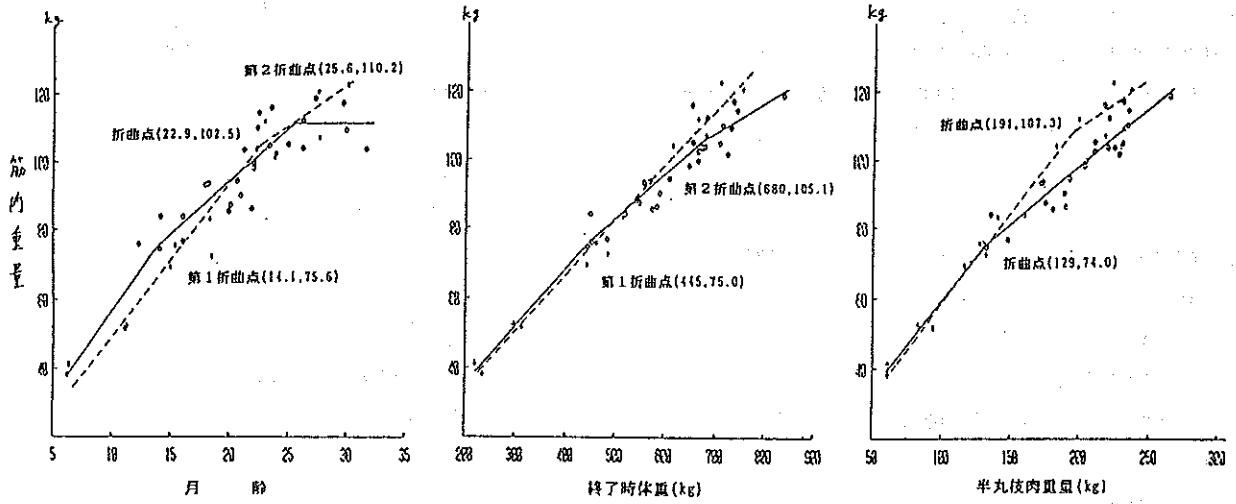
###### (2) 野外の肥育成績との比較

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<sup>8)</sup>の濃厚飼料飽食区の結果等を本研究に含め、野外の肥育成績<sup>2,5)</sup>と比較検討した（第9表、第14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カ月齢程度に設定した濱ら<sup>8)</sup>の結果（第十重川）は終了時月齢が3カ月若く、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カ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

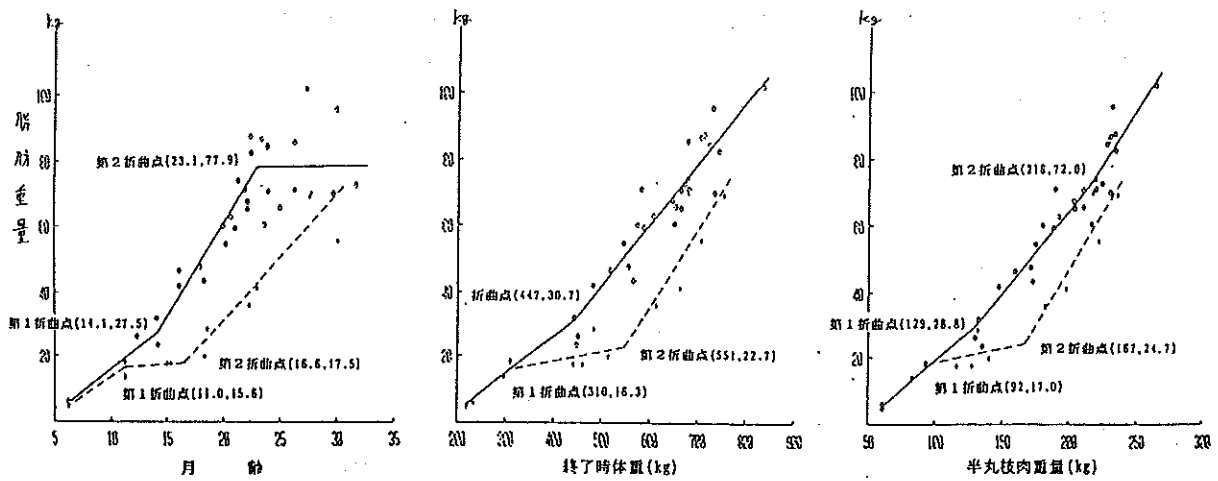




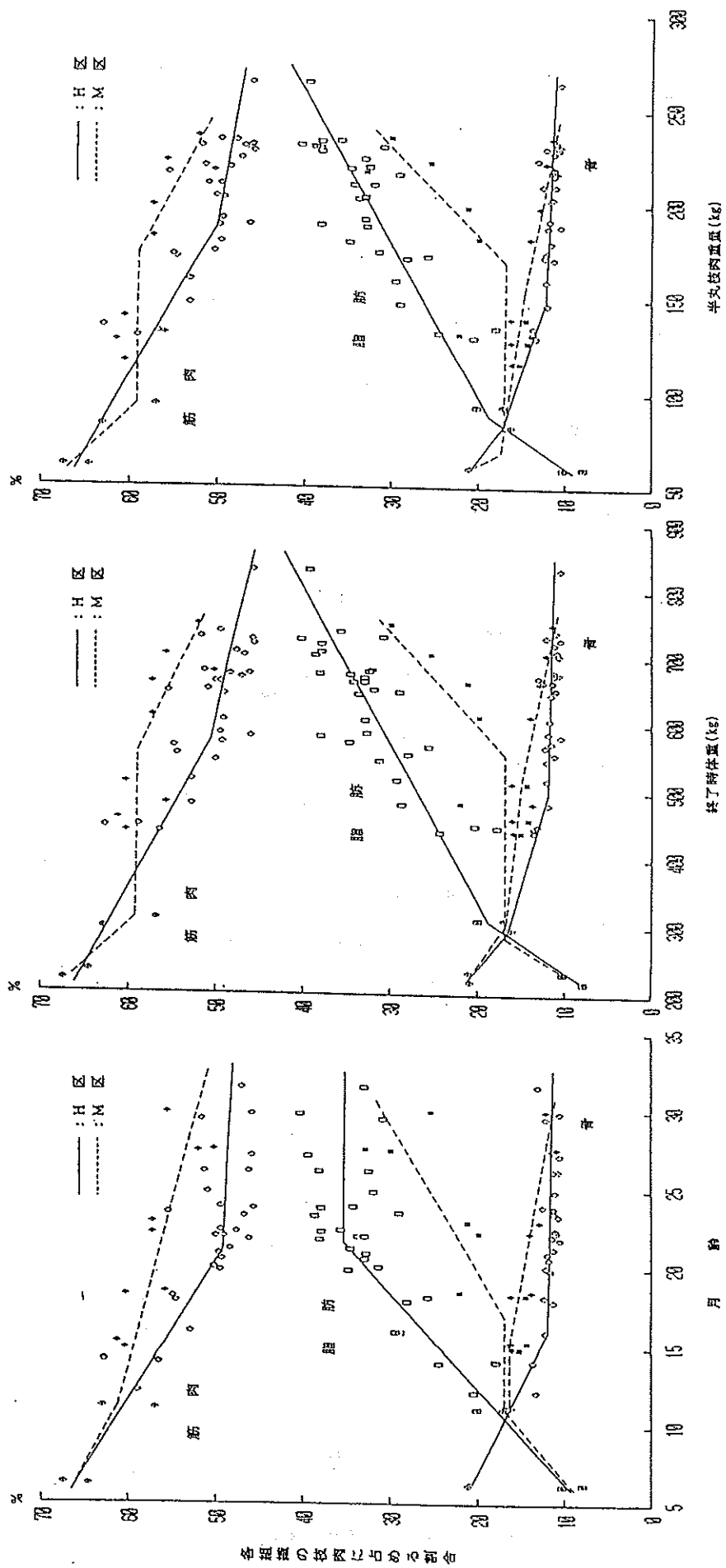
第2図 骨の成長様相



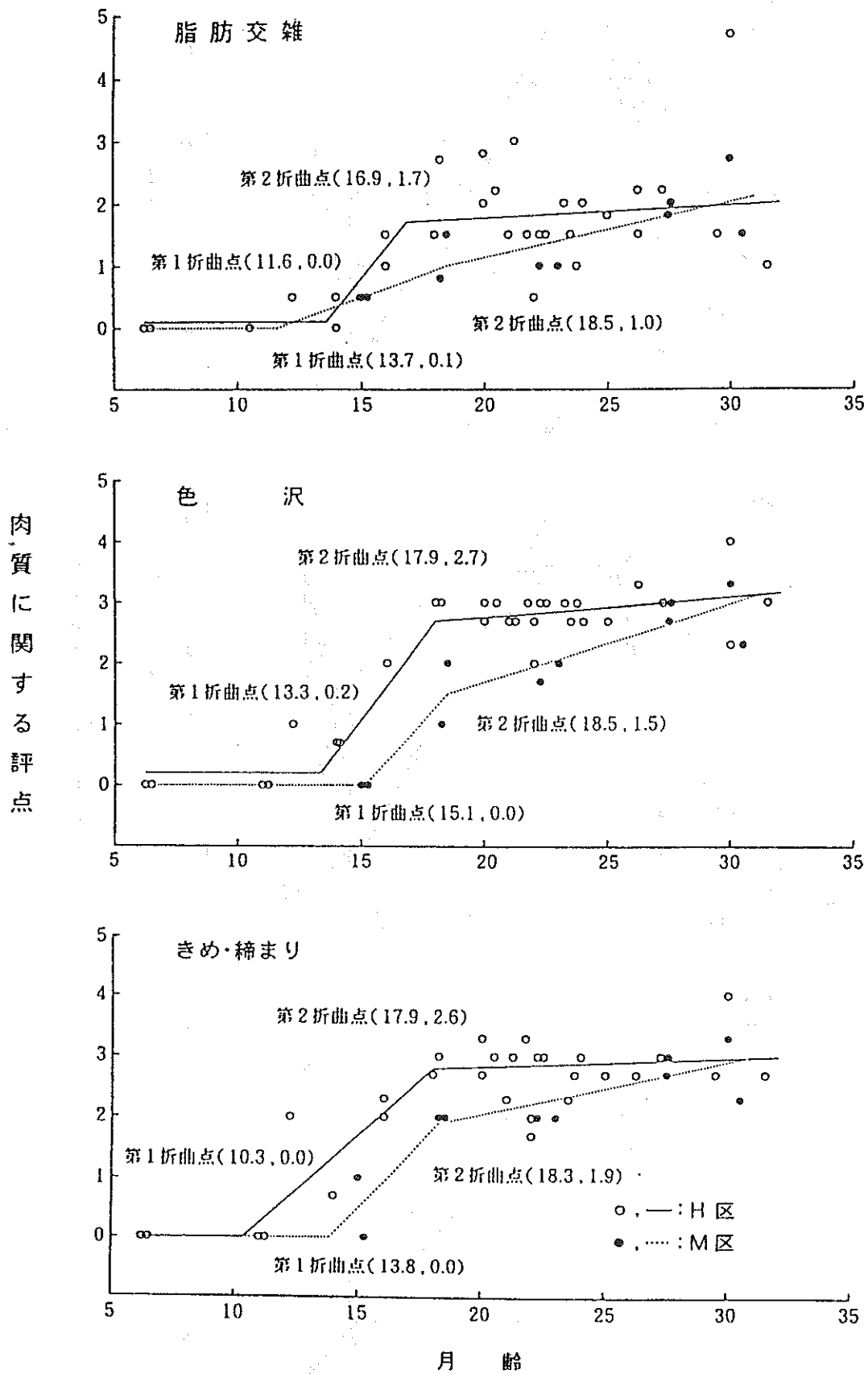
第3図 筋肉の成長様相



第4図 脂肪の成長様相

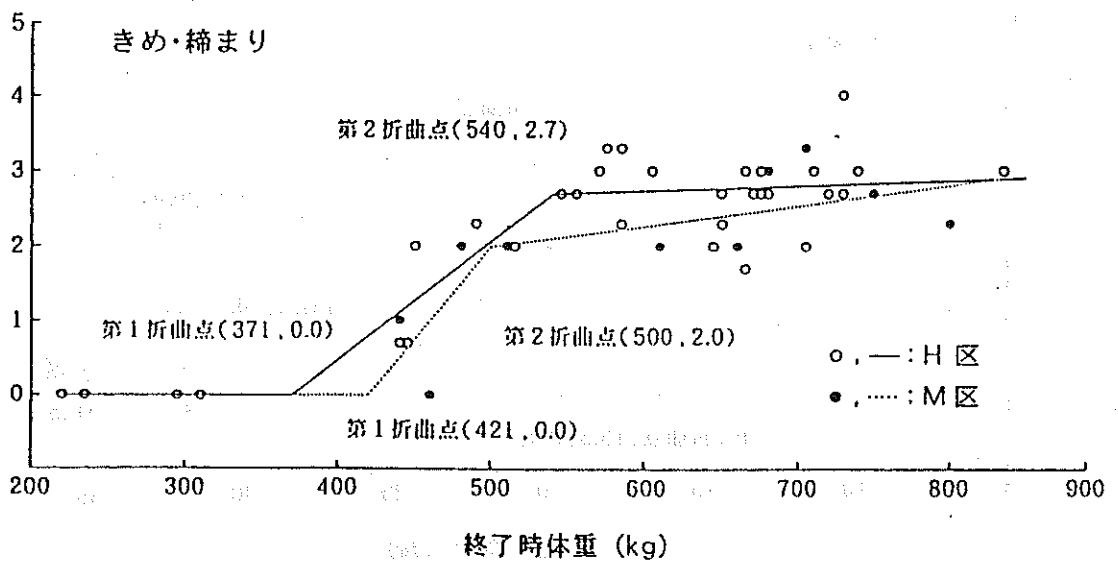
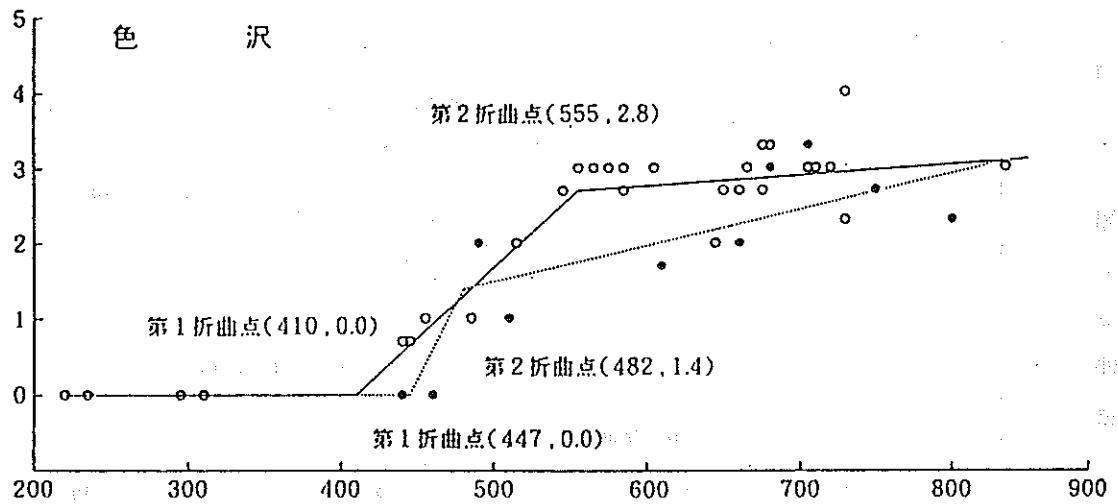
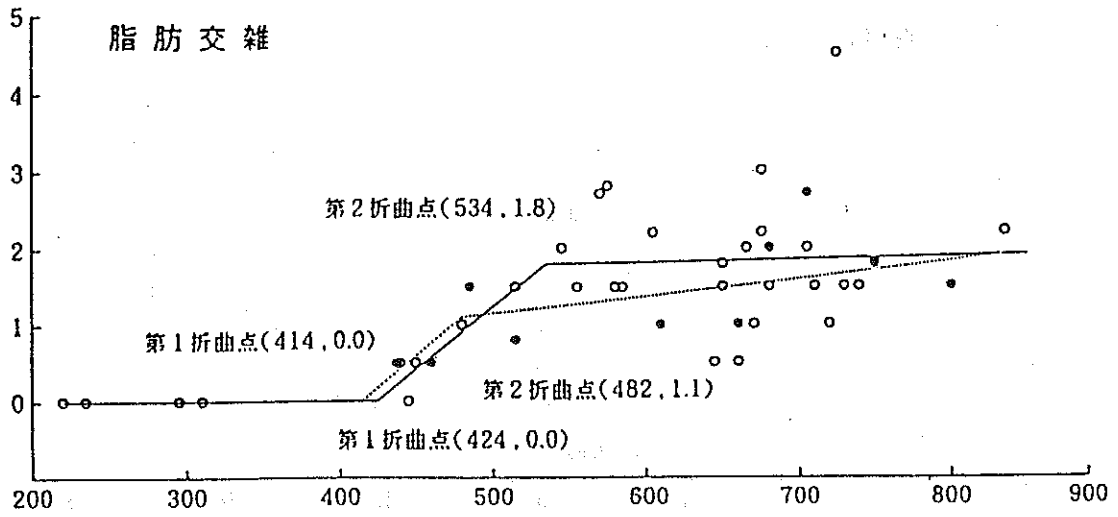


第5図 各組織の枝肉に占める割合の変化



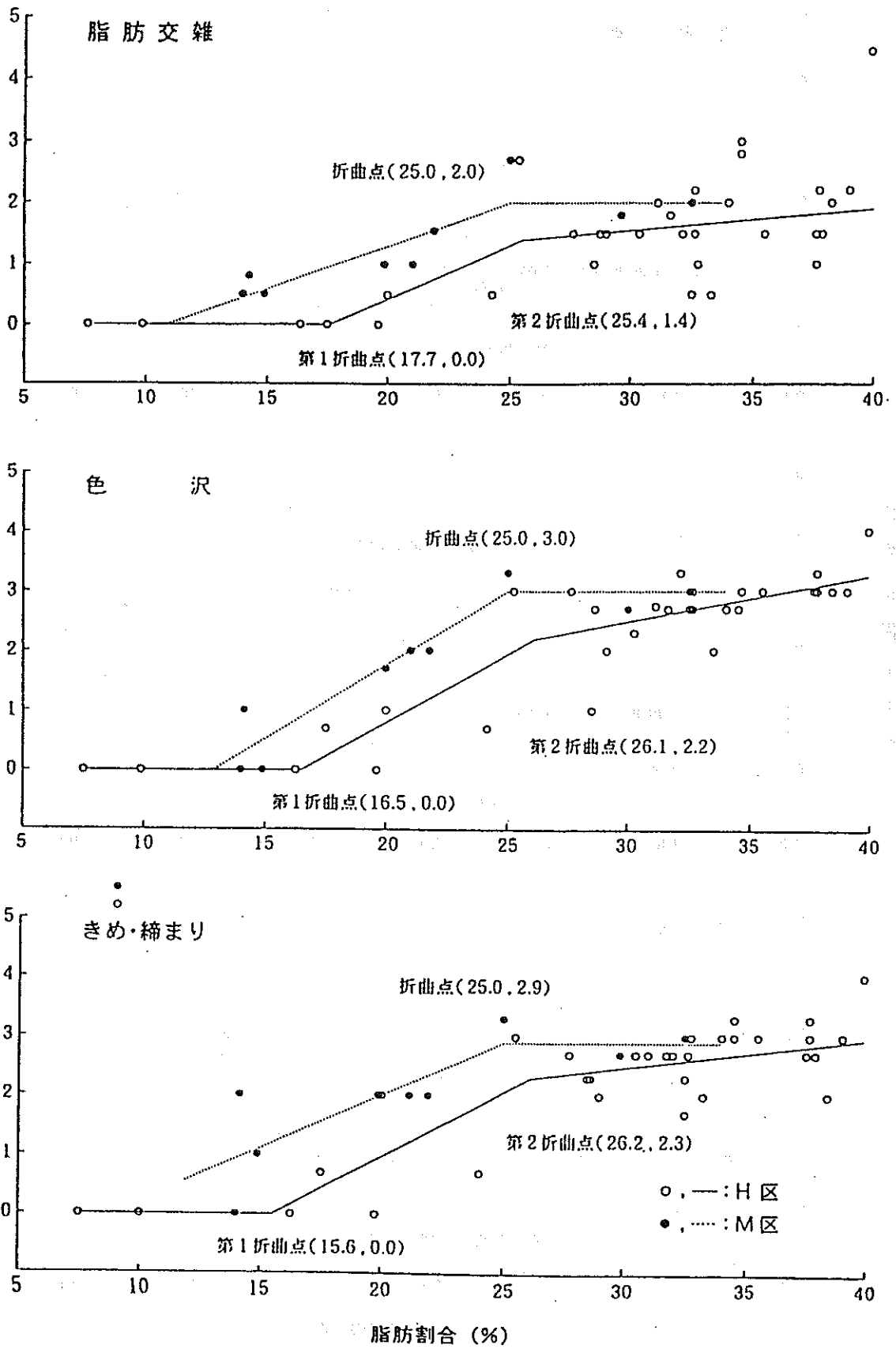
第6図 月齢に伴う肉質の変化

肉質に関する評点

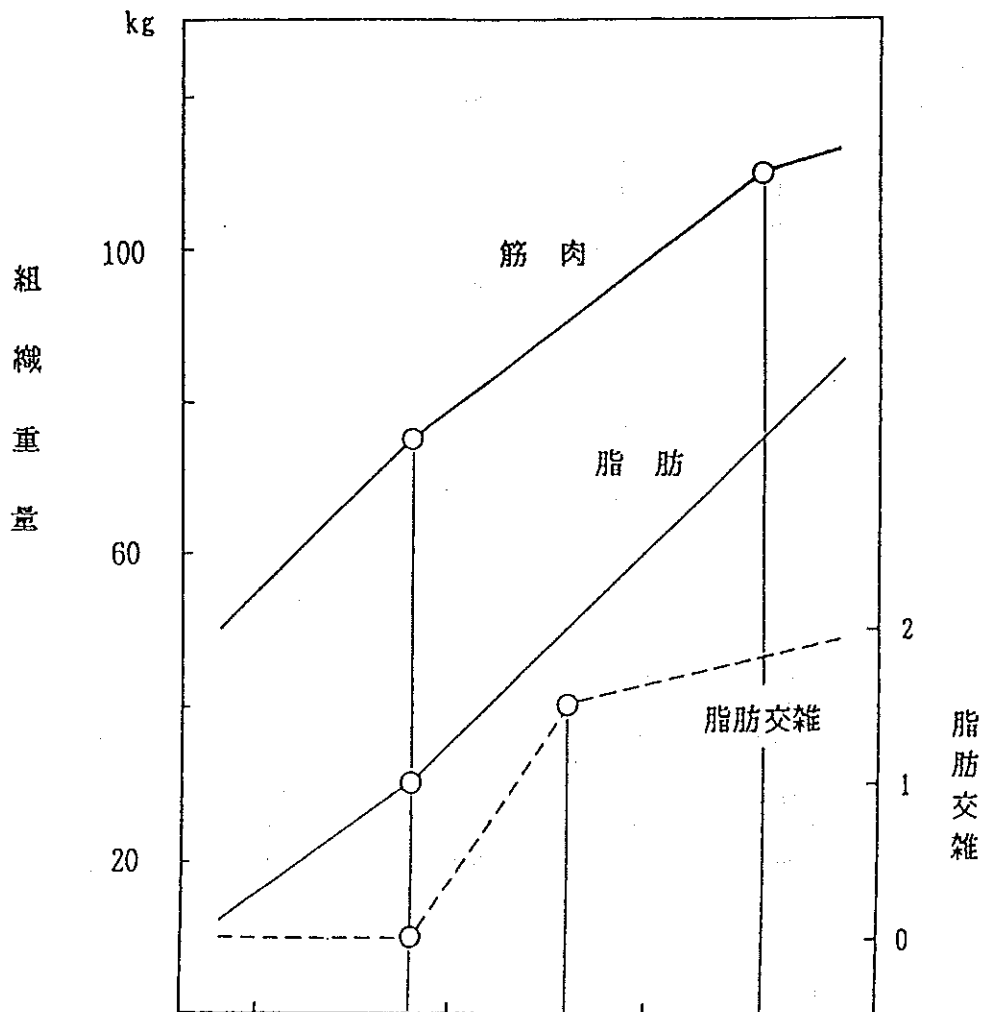


第7図 終了時体重に対する肉質の変化

肉質に関する評点



第8図 枝肉に占める脂肪割合に対する肉質の変化



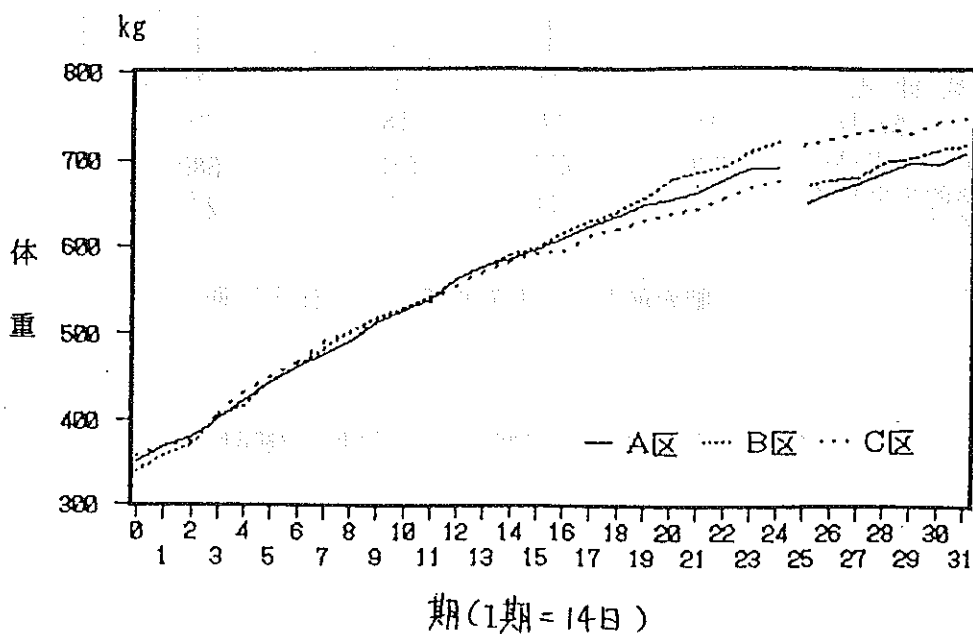
変曲点	P <sub>1</sub>			P <sub>2</sub>			P <sub>3</sub>		
月 齢(月)	10	14	18	23					
標準的体重(kg)	320	430	550	680					
標準的半丸枝肉重量(kg)		130	170	220					
肥育ステージ	肥育前期			肥育中期			仕上げ期		

第9図 産肉特性に基づく肥育ステージの区分 (模式図)



第5表 増体成績

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



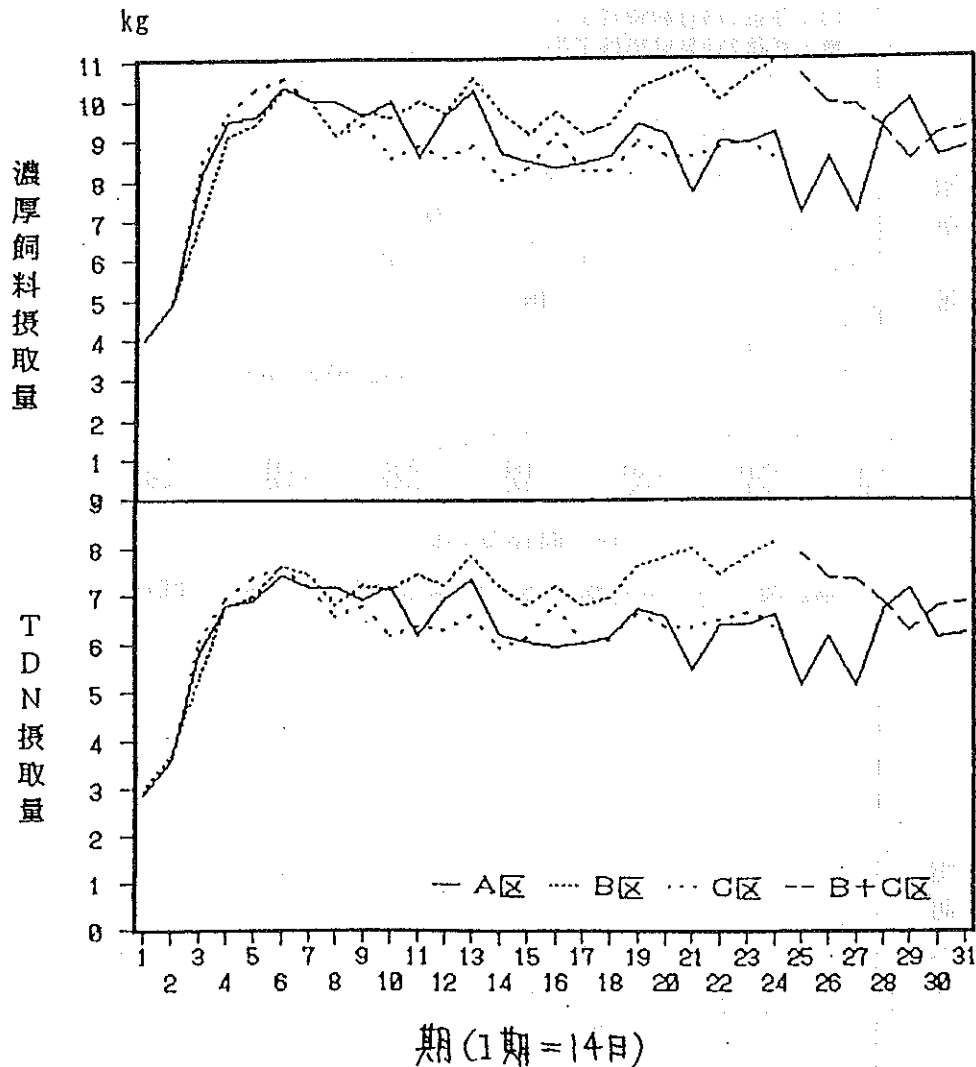
第10図 体重の推移

第6表 飼料及び養分摂取量

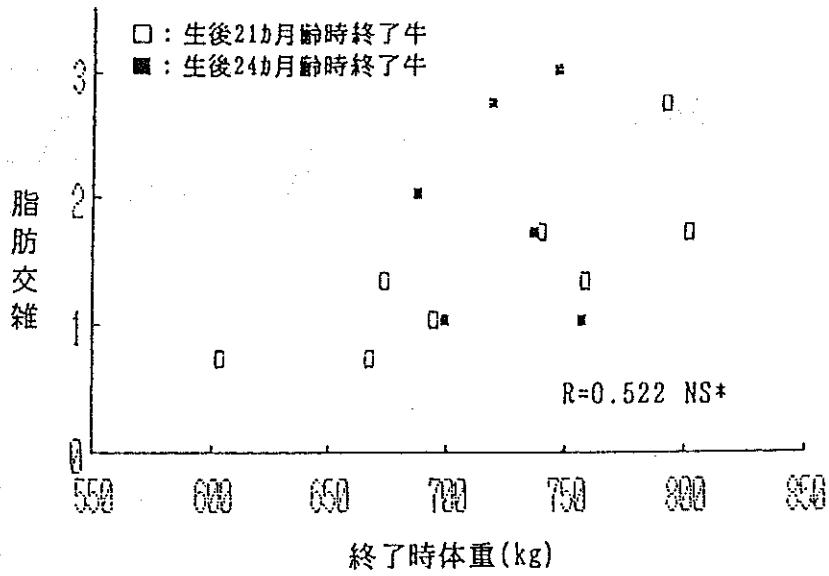
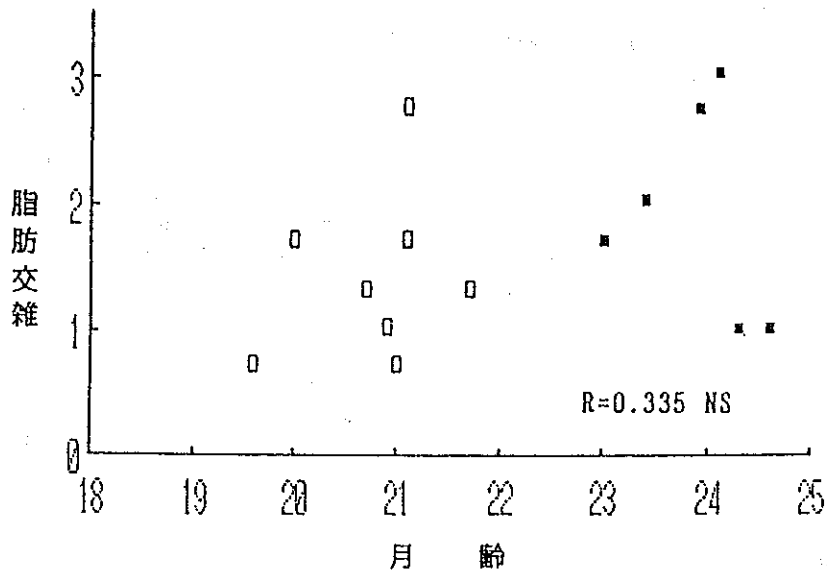
区 分	～21カ月齢				21～24カ月齢			
	濃厚飼料	粗飼料 <sup>1)</sup>	DCP	TDN	濃厚飼料	粗飼料	DCP	TDN
A 区	2,850 (8.67) <sup>2)</sup>	433.8 (1.32)	379.2 (1.15)	2,201.8 (6.69)	781.6 (8.50)	100.2 (1.09)	102.9 (1.12)	596.7 (6.49)
B 区	3,063.9 (9.31)	464.4 (1.41)	315.5 (0.96)	2,463.5 (7.49)	B+C区			
C 区	2,821 (8.58)	403.4 (1.23)	333.9 (1.01)	2,224.4 (6.76)	876.7 (9.53)	80.2 (0.87)	89.2 (0.97)	680.2 (7.39)
平均	2,918.3 (8.87)	434.7 (1.32)	340.8 (1.04)	2,304.8 (7.01)	845.0 (9.19)	86.9 (0.94)	93.8 (1.02)	652.4 (7.09)

注1) 稲わら換算

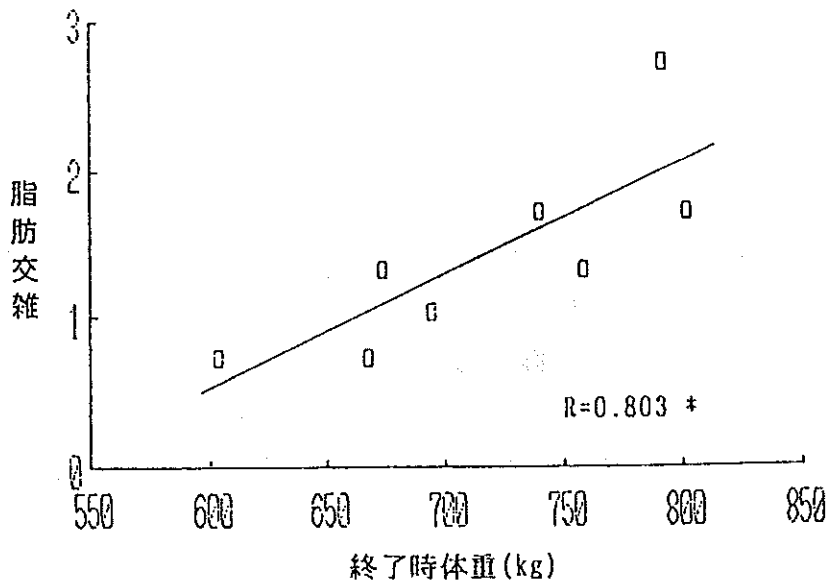
2) 1日当たり摂取量



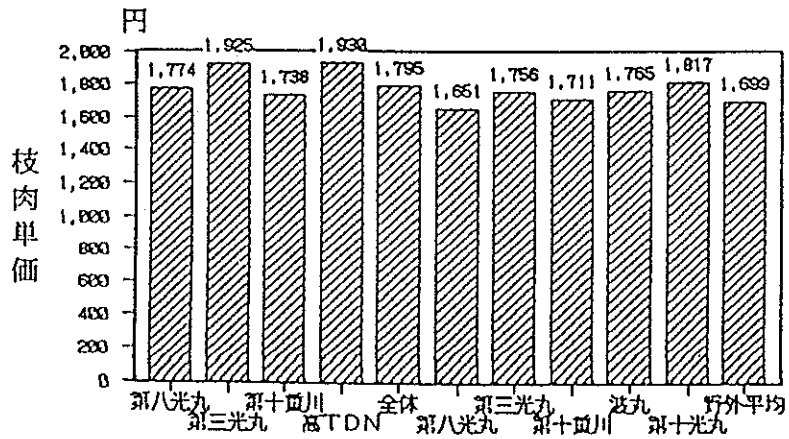
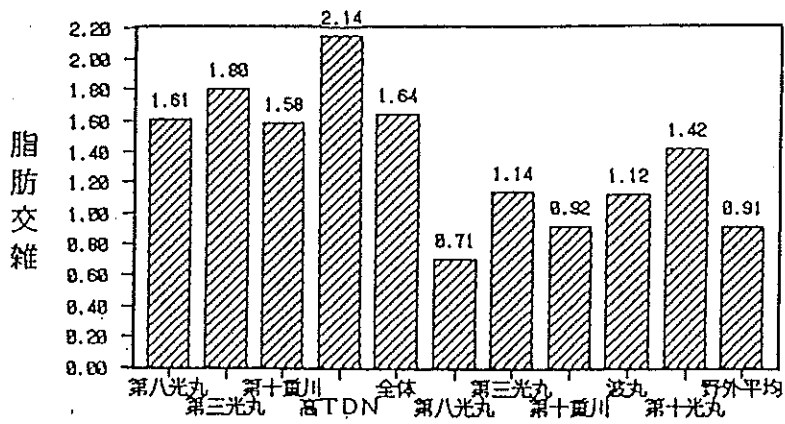
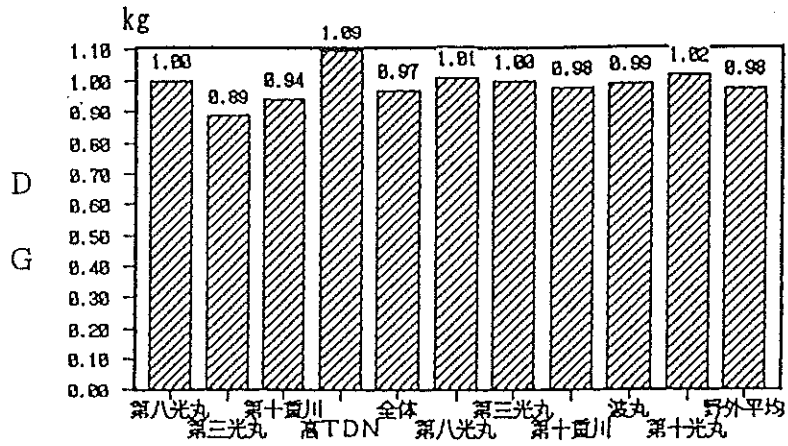
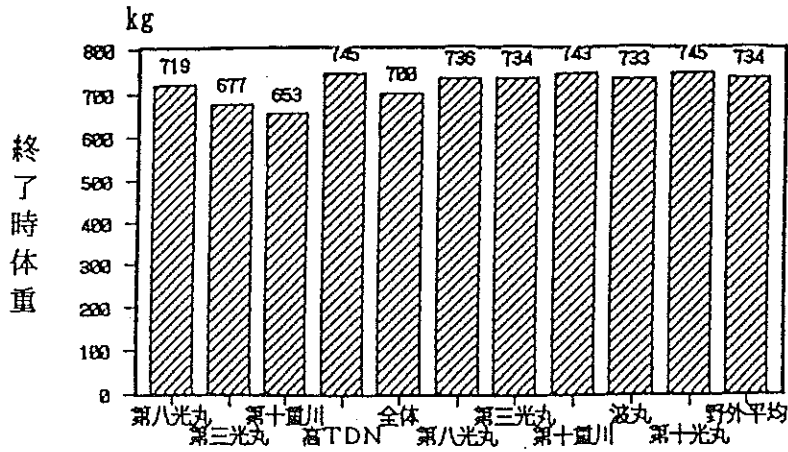
第11図 飼料及び養分摂取量 (kg/日) の推移



第12図 終了時月齢あるいは体重と脂肪交雑との関係



第13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)



第14図 野外の肥育成績との比較

第7表 枝肉成績

区 分	生後21カ月齢時						生後24カ月齢時					
	枝肉重量 (kg)	枝肉歩留 (%)	ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	ばら厚 (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留基準値 (%)	枝肉重量 (kg)	枝肉歩留 (%)	ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	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8表 枝肉の格付成績

区 分	生後21カ月齢時						生後24カ月齢時					
	脂肪交雑	肉色	締まり	脂肪格付	脂肪交雑	肉色	締まり	脂肪格付	脂肪交雑	肉色	締まり	脂肪格付
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(株)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9表 野外の肥育成績との比較

区分 (種雄牛等)	増体成績						枝肉成績				
	頭数	導入時	終了時	肥育 日数	体重 (kg)		D G (kg)	枝肉重量 (kg)	枝肉歩留 (%)	脂肪 交雑	枝肉単価 (円)
		月 齢	月 齢		導入時	終了時					
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
第三光丸	180	9.5	23.2	416	319	734	1.00	447.3	65.3	1.14	1,756
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
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

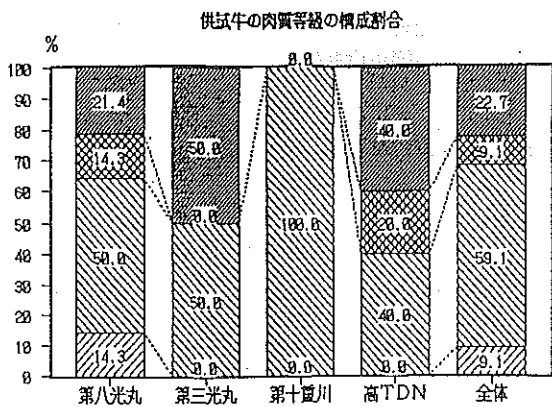


図2 3 4 5

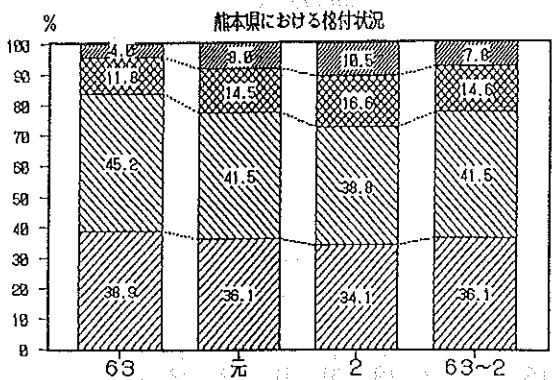


図2以下 3 4 5

第15図 肉質等級の比較

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15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<sup>1)</sup>と比較して、供試牛全体としてもあるいはどの区分でも優れていた。

(3) 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<sup>2)</sup>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こと等により、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カ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。

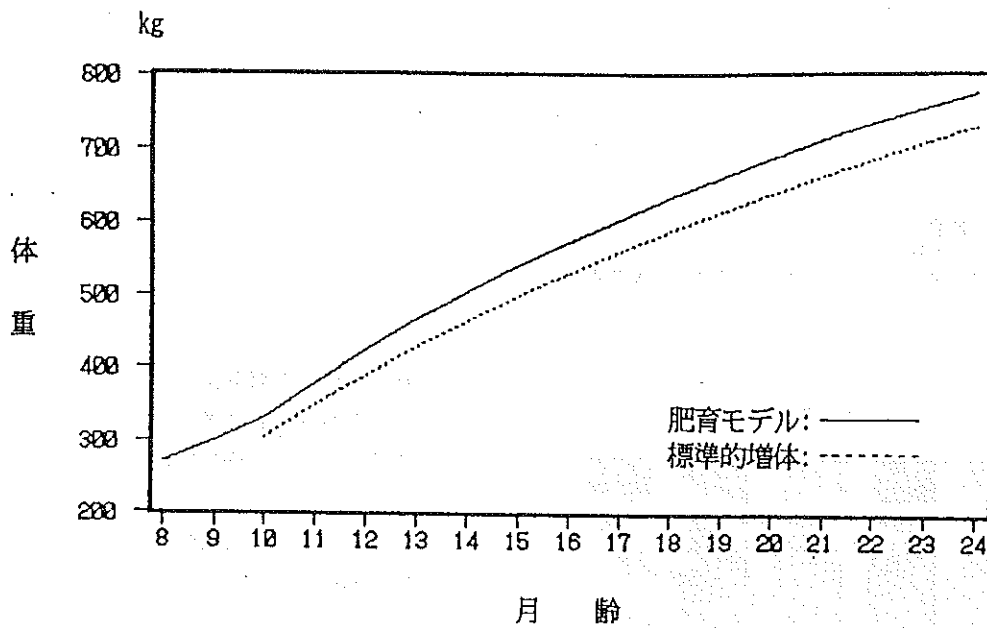
肉質の面における野外の肥育成績<sup>2)</sup>との比較では、



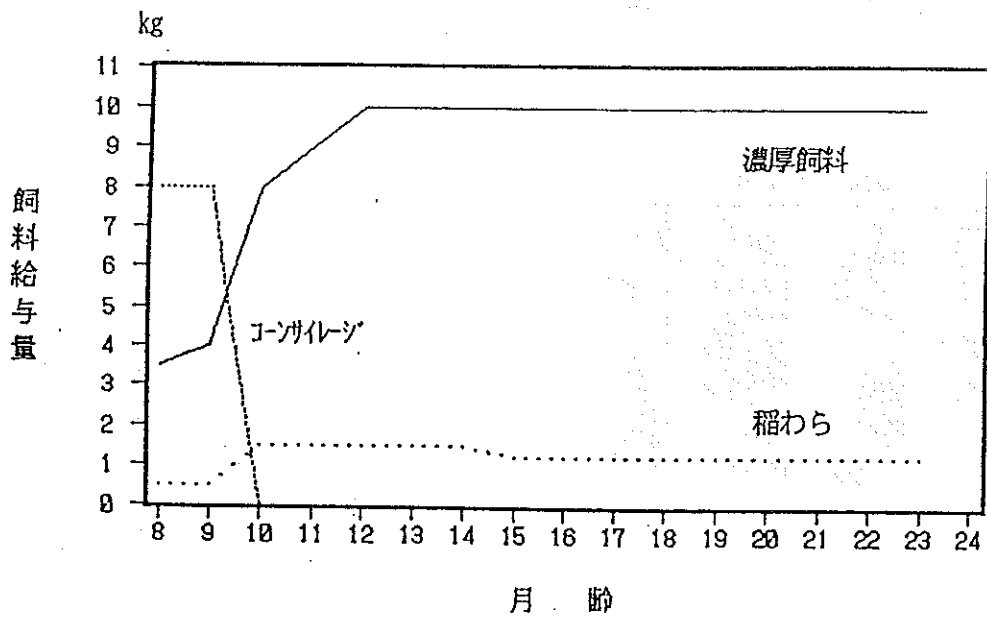
第10表 肥育モデルにおける増体と標準的増体との比較

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 <sup>1)</sup>	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 <sup>2)</sup>	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 I・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



第16図 肥育モデルにおける増体と標準的増体との比較



第17図 肥育モデルにおける飼料給与パターン

第11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) <sup>1)</sup>				飼料給与量 (kg)				養分給与量 (kg)			
			D	M	DCP	TDN	濃厚飼料	大豆粕	コンサイー	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) <sup>2)</sup>	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 <sup>3)</sup>	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)<sup>57)</sup>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

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<sup>15)</sup>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<sup>11)</sup>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一つであるといえる。

#### (4) 肉質の向上を主眼とした肥育モデル

以上のように、肥育開始時からの自由採食による肥育方法は肉質の改善効果が大きいことがわかった。そこで、

最も成績のよかった区(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について検討した。

#### ア 増体パターン

本試験の増体は、住尾ら<sup>30)</sup>の示した標準的な増体に比べ上回る増体を示し、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区でこの傾向が強かった。このように、若い時期にDGが高いことは2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<sup>23)</sup>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、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カ月齢時では終了時体重と高い正の相関があり(第13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13図からすると、生後21カ月齢時までに650kg以上、できれば700kg程度まで増体させることが望ましい。

これらのことから、B区増体結果を用いて増体曲線を作成し、肥育モデルの増体パターンとした(第16図及び第10表)。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。

#### イ 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、3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。坂井ら<sup>24)</sup>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、B区が優れた要因としては、2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。内山<sup>25)</sup>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。

これらのことから、B区の飼料摂取量の結果(第11図)をもとに、飼料給与パターンを作成し、日本飼養標準(肉用牛)<sup>19)</sup>に対する養分充足率と併せて第17図及び第11表に示した。導入時(生後8カ月齢時)から生後10カ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カ月齢時から濃厚飼料を徐々に増給し始め、生後10カ月齢時以降は自由採食(目安として生後10カ月齢時:8kg/日程度、生後12カ月齢時以降: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カ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カ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。

先に示した増体パターンをもとに日本飼養標準(肉用牛)<sup>19)</sup>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カ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、DCP13%の濃厚飼料を飽食させた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カ月齢時)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。

#### ウ 出荷月齢

本研究では、出荷月齢を生後21及び24カ月齢程度として比較検討したが、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12図)ではあったものの、生後21カ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カ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、2で示したように生後月齢で18.5カ月程度、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カ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1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、大型の牛では小さく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カ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カ月齢程度までに出荷を終えることが適当であろう。

### 摘 要

褐毛和種は、熊本県を中心に飼養されているが、肥育技術の基本となるべき産肉特性で不明な点が多く、また、量的な面では満足できるものの、不適切な飼養管理も1つの要因となり、下位等級が多くばらつきが大きい等肉質面では問題が残されている。

そこで、本研究では飼養管理技術の改善による効率的な牛肉生産を図るため、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格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、栄養水準も含めて検討した。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について検討した。その大要は、以下のとおりであった。

1 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等により検討したところ高栄養下における特徴としては、以下のことが明らかとなった。①骨の月齢に伴う成長では、生後22.9カ月齢時から成長速度が鈍ったが、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。②筋肉の成長は、生後14.1カ月齢から鈍り、同25.6カ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、体重に対しては全体の成長として680 kgからさらに鈍化した。③脂肪は最も晩熟な組織で、概ね月齢で生後14カ月齢時、終了時体重で450 kg、半丸重量で130 kg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。④組織構成の変化としては、骨割合は生後15~16カ月齢時、体重500 kg、半丸枝肉重量150 kg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カ月齢時、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カ月齢時の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。

2 さらに、DGを0.7kg程度にして検討したところ、この影響としては、次のことが明らかとなった。①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、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た。②筋肉の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。③脂肪の成長に対する影響が最も大きく、概ね生後17カ月齢時、体重で550kg、半丸枝肉重量で170kg程度までと若い時期に高栄養下より成長が抑制された。④DGは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。

3 肉質の変化については、月齢、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カ月齢、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。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、最終的な評点値は向上しなかった。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。

4 以上の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つの転換時期が明らかになった。すなわち、P<sub>1</sub>:生後14カ月齢時(体重430kg)、P<sub>2</sub>:同18カ月齢時(同550kg)及びP<sub>3</sub>:同23カ月齢時(同680kg)で、筋肉の成長が最も旺盛なP<sub>1</sub>までを肥育前期、脂肪が筋肉の成長を上回り、肉質が急速に向上するP<sub>1</sub>からP<sub>2</sub>までを肥育中期、肉質の向上が大きく鈍るP<sub>2</sub>以降を仕上げ期に区分できた。また、P<sub>3</sub>は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。

5 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、野外の肥育成績等と比較したところ、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。

6 飼養試験の結果をもとに、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カ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カ月齢時程度から出荷しはじめ、24カ月齢程度までに出荷を終えること等が示された。

#### 引用文献

- 1) Andersen, H. R. : *Livestock Prod. Sci.*, 2, 341-355, 1975.
- 2) Berg, R. T. and R. M. Butterfield : *New concept of cattle growth*. Sydney University Press, Sydney, 1976.
- 3) Callow, E. H. : *J. Agric. Sci., Camb.*, 58, 295-307, 1962.
- 4) Cianzio, D. S., Topel, D. G., Whitehurst, G. B., Beitz, D. C. and Self, H. L. : *J. Anim. Sci.*, 55, 305-312, 1982.
- 5) 福原利一・土屋平四郎・西野武蔵・山崎敏雄 : 中国農試報 B 16号, 123-162, 1968.
- 6) 福原利一・山崎敏雄・西野武蔵・小沢忍・土屋平四郎 : 中国農試報 B 18, 1-10, 1970.
- 7) Guenther, J. J., D. H. Bushman, L. S. Pope and R. D. Morrison : *J. Anim. Sci.*, 1184-1191, 1965.
- 8) 濱清輝・住尾善彦・木場俊太郎 : 熊本農研セ畜研成書, 平成元年度, 12-15, 1990.
- 9) Hammond, J. : *Progress in the physiology of farm animals*. Butterworth, London, 1955.
- 10) Hendrickson, R. L., L. S. Pope and R. F. Hendrickson : *J. Anim. Sci.*, 24, 507-513, 1965.
- 11) 熊本県農政部畜産課資料, 1991.
- 12) Lawrence, T. L. J. and J. Pearce : *J. Agric. Sci., Camb.*, 63, 23-24, 1964.
- 13) 円山繁・松本道夫・岩下秀逸・吉村征弥・赤星達正 : 熊本畜試報, 昭和52年度, 33-60, 1978.
- 14) 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・井畑・寺本一人 : 熊本畜試報, 72-98, 1979.
- 15) 松本道夫・中嶋達彦・平山忠一・緒方喜代子・後藤孝一 : 熊本農研セ畜研成書, 平成元年度, 161-167, 1990.
- 16) Murray, D. M., N. M. Tulloh and W. H. Winter : *J. Agric. Sci., Camb.*, 82, 535-547, 1974.
- 17) 中西直人・山崎敏雄・臼井實・三橋忠義 : 肉用牛研究会報, 50, 48-50, 1990.
- 18) 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.
- 19) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 : 日本飼料標準・肉用牛(1987年版), 中央畜産会, 東京, 1987. 20) 岡田光男・河上尚実・小堤恭平・篠原旭男 : 草地試研報, 7, 121-130, 1975.
- 21) 大塚雍雄・吉原雅彦 : 応用統計学, 5, 29-39, 1975.
- 22) 大塚雍雄 : 農林研究計算センター報告 A 14, 1-31, 1978.
- 23) Palsson, H. : *Progress in the physiology of farm animals*. Vol. 2, 430-542, Butterworths, London, 1955.
- 24) 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.
- 25) 社団法人日本あか牛登録協会 : あか牛優良雌牛選抜法確率ならびに交雑種肉質調査報告書, 1-20, 1991. 26) 社団法人日本食肉格付協会 : 牛・豚枝肉取引規格の解説書, 11-17, 1979.
- 27) 社団法人日本食肉格付協会 : 新しい牛枝肉取引規格, 1988.
- 28) 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 : 熊本畜試報, 昭和54年度, 39-73, 1980.
- 29) 住尾善彦・堀英臣・広松重弘 : 熊本畜試報, 昭和58年度, 75-87, 1984.
- 30) 住尾善彦・守田智・松本道夫・木場俊太郎 : 西日本畜産学会報, 35, 39-41, 1992.
- 31) 竹下潔・田中彰治・吉田正三郎 : 東北農試研報, 43, 209-223, 1972.
- 32) 竹下潔・吉田正三郎・田中彰治・西村宏一 : 東北農試研報, 50, 99-111, 1975.
- 33) 竹下潔・吉田正三郎・西村宏一・常石栄作 : 日畜会報, 48, 371-372, 1977.
- 34) 滝沢静雄・八木満寿雄・美濃貞次郎・中西雄二・犬童幸人 : 九農研, 46, 158, 1984.
- 35) 寺田隆慶・住尾善彦 : 九農研, 48, 180, 1986.
- 36) 寺田隆慶 : 九農研, 49, 163, 1987.
- 37) 寺田隆慶・中西雄二・金子浩之 : 肉用牛研究会報, 52, 15-16, 1991.

- 38) 土屋平四郎・福原利一・西野武蔵・山崎敏雄：中国農試報B15号, 27-41, 1967.
- 39) 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.
- 40) Waldman, R. C., W. J. Tyler and V. H. Brungardt : J. Anim. Sci., 32, 611-619, 1971.
- 41) 山谷洋二・三谷克之輔・並河澄：日畜会報, 59, 619-627, 1988.
- 42) 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：中国農試報B19, 39-51, 1971.
- 43) 山崎敏雄：中国農試報B23, 53-85, 1977.
- 44) 山崎敏雄：中国農試報B25, 29-46, 1981.
- 45) 山崎敏雄：草地試研報, 18, 69-77, 1981.
- 46) 山崎敏雄：草地試研報, 20, 119-131, 1981.
- 47) 山崎敏雄：草地試研報23号, 57-72, 1982.
- 48) 山崎敏雄：草地試研報40号, 99-117, 1989.
- 49) 山崎敏雄・中西直人・小堤恭平・臼井實・三橋忠由・河上尚實：草地試研報, 42, 83-94, 1989.
- 50) 善林明治・嶽肇：日畜会報, 49, 670-679, 1978.
- 51) 善林明治・嶽肇：日畜会報, 50, 392-401, 1979.
- 52) 善林明治：日畜会報, 58, 301-308, 1987.
- 53) 善林明治：日畜会報, 58, 309-316, 1987.
- 54) 善林明治・稻山真理子：日畜会報, 58, 381-387, 1987.
- 55) 善林明治・鍋田肇・元辻毅：日畜会報, 59, 39-48, 1988.
- 56) 善林明治：日畜会報, 61, 308-314, 1990.