

ビタミンAが黒毛和種去勢牛の肉質に与える影響

神辺佳弘・桜井由美・小島浩一・福田修¹・久利生正邦・

岸善明²・岩倉直行³・増山秀人⁴

¹家畜衛生研究所

²現酪農試験場

³栃木家畜保健衛生所

⁴市貝農業改良普及センター

要約 本試験では、黒毛和種去勢牛 10 頭を用いてビタミンAの給与量が肉質（特に脂肪交雑）にどのような影響を与えるかを検討した。供試牛は 10 頭で試験期間を肥育前期、13～24 カ月齢、肥育後期を 25～31 カ月齢とし、肥育前期は供試牛 10 頭に対し、ビタミンA無添加飼料を給与した。肥育後期には日本飼養標準に即してビタミンAを給与する「標準区」と1/2量のビタミンA量を給与する「1/2区」を設定した。増体成績については、両区に有意差は認められなかった。肥育前期の1日当たり増体量は標準区 0.69 ± 0.1 kg/日、1/2区 0.66 ± 0.1 kg/日で、肥育後期は標準区 0.78 ± 0.2 kg/日、1/2区 0.73 ± 0.1 kg/日であった。肥育全期間の1日当たり増体量は標準区で 0.74 ± 0.1 kg/日、1/2区が 0.69 ± 0.1 kg/日で、有意差は認められないものの標準区の増体量が良い傾向を示した。また、肥育前期の増体量が後期の増体量より悪かったのは、肥育前期終了間近の増体が著しく減少し、供試牛の体重自体も減少したことによると考えられた。飼料摂取量では、両区に有意差は認められなかった。増体 1 kgに要するTDNは肥育全期間を通じて標準区 8.4 ± 0.6 kg、1/2区 8.6 ± 0.6 となって両区に統計的な有意差は認められなかったが、標準区の方が低い傾向にあった。血漿中のビタミンA濃度の推移は、ビタミンA無添加飼料を給与していた肥育前期は22カ月齢までの間徐々に低下して行き、23～24カ月齢（前期終了時）では、群の平均でビタミンA欠乏症の判断の目安とされる 30IU/dl を大きく下回る 16.5IU/dl (23カ月齢)、 22.3IU/dl (24カ月齢) の値を示した。その後ビタミンAの給与を開始すると約1ヶ月間で急激に上昇し標準区 98.4IU/dl 、1/2区 71.8IU/dl となり正常値の範囲に回復した。その後は1/2区の方が有意に低い値で推移した。肥育前期には両区ともビタミンA無添加飼料を給与してきたが、ビタミンAの低下の早さには個体差が観察され、生後17カ月齢時において標準区に配置してあった牛の方が有意 ($p < 0.05$) に低い値を示した。枝肉重量は標準区が 475.2 ± 44.6 kg、1/2区が 452.2 ± 36.1 kgであった。ロース芯面積は標準区が $55.6 \pm 6.8 \text{cm}^2$ 、1/2区が $52.0 \pm 8.4 \text{cm}^2$ であった。バラの厚さは標準区が 8.0 ± 0.7 cm、1/2区が 7.5 ± 0.3 cmであった。BMSについては標準区 7.6 ± 1.8 、1/2区 4.4 ± 0.5 となり標準区の方が有意に高い ($P < 0.01$) 結果となった。総合的な枝肉の品質は標準区の方が高い結果となった。

緒言

以前より肥育技術の高い一部の和牛肥育農家においては、経験的にビタミンAの少ない濃厚飼料を給与し、脂肪交雑に富んだ高品質牛肉を生産してきた。1980年代後半以降国や県の研究機関が研究課題として取り上げ、ビタミンAを飼料に添加して給与したり注射で投与したりする肥育試験が実施されてきた。これらの試験結果からいろいろな知見が得られ始めており、ビタミンAと肉質の間には負の相関があると考えられるとの報告^{1)～10)} がなされてきているところである。こうした試験結果と以前か

らの経験則に照らし、現在では意図的にビタミンAの給与量を制限した肥育を行っている農家が増加してきている。しかし、依然として必要以上にビタミンAを欠乏させ、ビタミンA欠乏症と考えられる筋間浮腫（ズル）の発生や盲目、歩行障害および増体の減少等を引き起こし¹¹⁾ 著しい経済的損失¹²⁾ を被っている農家も多い。

そこで当試験場では黒毛和種肥育牛において、ビタミンA給与量が肉質に及ぼす影響を調査して、高品質牛肉生産のための肥育技術の検討を平成6年から実施し、第1回目の肥育試験を平成6年5月～平成7

年12月にかけて実施し、肥育前期のビタミンAの制限がBMSを向上させることができることを報告した¹³⁾。そこで、本試験では肥育前期を前回の試験より1ヶ月間延長しビタミンAを制限して飼養し、肥育後期に給与する適正なビタミンA量を検討するため、この間に変更になった日本飼養標準に即して給与する「標準区」とこの半分の量を給与する「1/2区」を設定し肥育試験を実施した。

材料及び方法

(1) 試験区及び供試牛

試験区分、供試牛については表-1 に示した。供試牛の血統は 1 頭を除き父方及び母方父の血統をそろえて実施した。今回の試験については、父を宮崎県産の隆桜、母方父の血統を糸秀をそろえて実施した。試験区の設定は、「ビタミンA1/2区」と「ビタミンA標準区」の2区を設定した。

(2) 試験期間

試験期間は平成8年10月から平成10年5月までとし、平均出荷月齢を31ヶ月齢となるように実施した。肥育期間の設定を表2に示した。肥育前期を生後13から生後24ヵ月齢までとし、肥育後期は生後25から31ヵ月齢までとした。

(3) 飼料の給与

濃厚飼料は、ビタミンA無添加の市販の肥育用配合飼料を用いた。粗飼料は、5cm程度に細切した稲ワラを用いた。市販配合飼料、フスマおよび稲ワラの養分含量を表3に示した。また、市販配合飼料の組成を表4に示した。ビタミンA添加剤の給与パターンを表5に示した。

肥育前期の濃厚飼料は、市販配合飼料に一般フスマを配合しTDN濃度を段階的に調整した。調

整割合を表6に示した。肥育後期の濃厚飼料は市販配合飼料のみを給与した。ビタミンAの添加量は、日本飼養標準^{14,15)}によった。ビタミンA添加剤には米ヌカ1kgに500,000IUのビタミンAを含むよう調整した飼料を用いた。給与方法は、朝の給餌時に濃厚飼料に混ぜて給与した。

(4) 飼養管理

供試牛は各区5頭づつの群管理とし、敷料にはオガクズを使用した。飼料給与は、個体識別給与装置を用いて給与した。給水は自由飲水として、鉈塩は常置した。また、供試牛は導入後(生後10ヶ月齢時)に除角した。

(5) 調査項目

1) 試料摂取量及び飼料の利用性

飼料の給与量は、日本飼養標準の120%を基本的な量として給与したが、毎日の残飼が出ない程度に調整し、給与量が採食量となるような制限給餌とした。

2) 体重測定

試験開始から2週間毎に測定した。

3) 血液性状

分析項目を表7に示した。血液の採取は1ヶ月毎に頸静脈から行った。採血後30分以内に3,000rpm以上、15分以上で血漿を分離し、サンプルは分析時まで-30℃で凍結保存した。

4) 枝肉成績

試験終了後と畜し、枝肉成績を調査した。枝肉格付け成績は(社)日本食肉格付協会の格付員によった。

表1 供試牛の概要と試験区

試験区	耳標	血 統			導 入 時	
		父	母の父	母の母の父	体重(kg)	日齢
1/2 区	6			長久	264	278
	7			茂金	273	288
	8	隆桜	糸秀	隆美	273	277
	9			糸弘 2	254	243
	10			一福	261	296
				平均値	265.0	276.4
標準区	1			茂金	274	240
	2		糸秀	第2光	256	301
	3			長久	265	306
	4	隆桜		利晴	268	278
	5		安隆	幸栄	275	278
				平均値	286.8	250.0

表2 試験期間の設定

	肥育前期	肥育後期
年 月 日	1996. 10. 21～ 1997. 9. 24	1997. 9. 25～1998. 3. 25 (4頭) 1998. 5. 13 (6頭)
期間 (試験区平均)	335 日	196 日 (1998. 3. 25) 235 日 (1998. 5. 13)
生後月齢 (試験区平均)	13～24 カ月齢	25～31 カ月齢

表3 飼料養分量

項 目	DCP (%)	TND (%)
市販配合飼料	9.0	72.5
一般フスマ	13.5	72.3
稲ワラ	1.2	37.6

表4 市販配合飼料組成

項 目	割合 (%)
圧片大麦	60
トウモロコシ	15
フスマ	10
大豆油粕	5
ホミニーフード	3
麦ヌカ	3
米ヌカ	2
その他 (糖蜜、炭酸カルシウム、食塩、リン酸カルシウム)	2

表5 ビタミンA添加剤の給与時期

試験区	肥育前期	肥育後期
標準区	×	○
1/2区	×	○

標準区: 日本飼養標準による給与

1/2区: 日本飼養標準の1/2量給与

表6 市販配合飼料とフスマの割合と期間

時期	市販配合飼料 : フスマ	期間 (日)
1996. 10. 21 ～	7:3	185
1997. 4. 24 ～	9:1	60
1997. 6. 24 ～	10:0	322
1998. 5. 13		

表7 分析項目及び方法

項 目	分析 方法
ビタミンA	栃木県家畜衛生研究所
ビタミンE	で高速液体クロマトグ
β-カロチン	ラフィーにより測定
中性脂肪	
リン脂質	
コレステロール	市販測定キットにより
尿素窒素	分光光度計で比色測定
GOT	
γ-GTP	

結果及び考察

(1) 増体成績と血漿中ビタミンA濃度の推移

試験を実施した「標準区」および「1/2区」について平均体重、1日当たり増体重(DG)の成績を表8に示した。また、血漿中のビタミンA濃度の推移と増体量との関係を図1に示した。肥育後期終了時の体重は標準区が745.0±73.8kg、1/2区が718.0±38.0kg、となり、統計的な有意差は認められなかったが、1/2区の方が小さい結果となった。増体量はビタミンAを制限していた肥

育前期に標準区0.69±0.1kg/日、1/2区が0.66±0.1kg/日となった。これに対して、肥育後期については日本飼養標準に即してビタミンAを加えた標準区が0.78±0.2kg/日、日本飼養標準の1/2のビタミンAを給与した1/2区が0.69±0.1kg/日となり、統計的な有意差は認められないものの、標準区の方が大きな値を示した。肥育全期間での増体量は標準区0.74±0.1kg/日、1/2区が0.69±0.1kg/日となり、肥育全期間を通じての成績も、標準区の成績の方が高かった。前回

の試験結果¹³⁾ではビタミンAを肥育前期制限してきた区と日本飼養標準(1987年度版^{16,17)})に即して給与してきた区との増体量は全く同じ結果となったが、今回の試験では1995年に改訂された日本飼養標準に即して給与したため、改訂時にビタミンAの必要量が約2/3に減ったものを用いて、標準区と1/2区を設定した。1/2区は前回試験のビタミンAの量に換算すると、約1/3程度の量になる、この程度の量になるとビタミンAの低下が原因と考えられる増体量の低下が認められる量になるのではないかと推察された。血漿中のビタミンAの濃度(表10参照)と増体量とを比較すると、増体量は、血漿中のビタミンA濃度が50IU/dlを切った生後19カ月齢以降から低下し始め、血漿中の濃度が20IU/dl以下に落ちた22~23カ月齢時に著しく低下した。また、体重そのものも低下してきたが、この時期がちょうど夏の7~8月に相当したことも原因の一つと考えられ、ビタミンAが低下した状態で暑さ等のストレスが加わると、牛に対しては大きな影響がでるものと推察された。この時期、試験牛の外観は、いわゆる夏毛とは判断しずらく、毛足の長い、ぼさぼさした状態を呈していた。四肢の腫脹は観察されなかったが、全体に牛の動きも緩慢になった様に見受けられ、ビタミンA欠乏症と思われる症状を呈していた。肥育後期に入り標準区ではビタミンAを日本飼養標準に則し42.4IU/kg、1/2区では21/2IU/kgの給与を開始すると約1ヶ月間で両区とも血漿中のビタミンA濃度は急激に上昇し、標準区98.4IU/dl、1/2区71.8IU/dlとなり正常値の範囲に回復した。その後は1/2区の方が有意に低い値で推移した。このことよりビタミンAが欠乏していると考えられる状態でも、日本飼養標準の1/2量のビタミンAを給与すれば血中のビタミンAの量は正常値に戻っていくことが観察された。と殺直前のビタミンA濃度については、標準区で144.4±39.1、1/2区で102.7±13.1になっていた。但馬牛の肥育では出荷時期に100IU/dlにして出荷する肥育を推奨していた報告²⁷⁾があったがその数値に近い数値が1/2区の数値であった。さて、肥育前期には両区ともビタミンA無添加飼料を給与してきたが、ビタミンAの低下の早さには個体差が観察され、生後17カ月齢時において標準区に配置してあった牛の方が有意(p<0.05)に低い値を示した。このことが後述するBMSの向上にもつながっていると考えられた。

(2) 飼料の利用性と血漿中ビタミンA濃度の推

移

飼料の利用性については、表9に示したとおり肥育全期間の飼料摂取量は標準区が、濃厚飼料摂取量7.8±2.8kg/日、粗飼料摂取量1.5±0.6kg/日で、1/2区の濃厚飼料摂取量7.5±2.7kg/日、粗飼料摂取量1.5±1.5kg/日に対して、有意差は認められなかったが摂取量が多い傾向を示した。血漿中のビタミンA濃度が低下すると飼料摂取量が減少するという報告^{24,25)}があり、今回の結果についても、図2に濃厚飼料の摂取量とビタミンA濃度の推移を示したが、肥育前期のビタミンAが低下して行く20カ月齢以降徐々に摂取量も低下して行くことが観察された。その後ビタミンAを添加すると標準区、1/2区ともに飼料の摂取量は回復した。

(3) 血液性状

①血漿中ビタミン濃度の推移

ビタミンA以外の血漿中ビタミン濃度を表10、図3~4に示した。血漿中のビタミンE濃度については標準区、1/2区に有意差は認められなかった。ビタミンEの濃度は飼料の摂取量と一緒に推移しているのではないかと考えられ、ビタミンAが低下して飼料の摂取量が落ちてくると一緒に低下し、24カ月齢以降飼料摂取量が戻ってくると血漿中の濃度も上昇していった。

血漿中β-カロチン濃度について試験開始時から低下し、試験終了時まで低濃度で推移した(表10)。これらの結果は当場の前回の試験結果と同様な結果を示した¹³⁾。

②血漿中脂質成分の推移

血漿中の中性脂肪、総コレステロールおよびリン脂質濃度を表11およびその推移について図5~7に示した。標準区と1/2区の濃度について有意差を認めるものはなかった。中性脂肪、総コレステロールおよびリン脂質濃度はビタミンA欠乏時に減少するという報告もあるが⁸⁾¹⁹⁾、今回の試験結果からも、総コレステロール、リン脂質は血漿中のビタミンAの減少してきた20カ月齢~24カ月齢まで減少傾向を示した。しかし、中性脂肪については肥育開始から出荷時まで徐々に上昇する傾向を示した。血液生化学的検査の成績について正常値²⁶⁾と比較すると、中性脂肪は30~50mg/dlが正常値といわれており、今回の成績は肥育全期間において低い傾向を示した。

総コレステロールについては、80~150mg/dl、リン脂質については80~170mg/dlが正常値の範囲といわれており、今回の結果は生後17~19カ月齢と27~29カ月齢以降において正常値の上限

を越えて推移していた。

③血漿中尿素窒素濃度および酵素濃度

血漿中の尿素窒素濃度を表 1/2 に、またその推移を図 8 に示した。この項目についても、標準区と 1/2 区との間で有意差はなく、同様な推移を示していた。正常値の範囲が 10~16mg/dl であるので、肥育後期の 25 カ月齢以降高めの値で推移した。この値が高いと肝・腎機能障害、循環器障害及び尿路排泄障害が考えられることになるが、今回の試験牛ではあまり問題にするほど高い数値ではないと判断された。

GOT 濃度について、表 12 に、またその推移を図 9 に示した。この項目についても標準区と 1/2 区で同様な推移を示していた。この値の正常値は 40~70karmen 単位であるとされるので、21~24 カ月齢まで血漿中のビタミンA濃度が減少した時期に重なり高い値となって推移していたことが観察された。

γ-GTP 濃度について、表 12 に、その推移を図 10 に示した。これも GOT 濃度の推移とよく似た推移を示したがいずれの月齢においても正常値の範囲内であった。

(4) 枝肉成績

枝肉成績を表 13 に示した。枝肉格付けは標準区が A-4:2 頭、A-5:3 頭、1/2 区は A-3:3 頭、B-3:2 頭であった。標準区の方が良い結果となった。1/2 区の方は B 等級の出現が成績を下げた。枝肉重量は標準区 475.8±44.6 kg、1/2 区 452.2±36.1 であった。ロース芯面積は標準区 55.6±6.8cm²、1/2 区が 52.0±8.4 cm² であった。バラの厚さは標準区 80.0±7.4 mm、1/2 区 75.2±2.8 mm であった。皮下脂肪厚は、標準区 34.4±5.7 mm、1/2 区 30.8±8.2 mm であった。BMS については標準区 7.6±1.8、1/2 区 4.4±0.6 となり、BMS については標準区の方が有意に高い数値を示した (p<0.01)。BCS については標準区が 3.8±0.5、1/2 区は 4.0 であった。きめ・締まり等級は、標準区 4.6±0.6、1/2 区 3.4±0.6 であった。枝肉成績は総合的に見て標準区の方が良い結果となった。

枝肉成績で有意差を認めたのは、BMS の項目であった。一般にビタミンAを制限して肥育すると BMS が高く、BCS が低く、ロース芯面積は大きくなる傾向が認められるという報告がある^{22~24)}。今回の試験は肥育開始の 13 カ月齢から肥育前期終了時とした 24 カ月齢時まで図 1 に示し

たとおり、標準区、1/2 区とも徐々に血漿中のビタミンA濃度は減少した。しかし、14~18 カ月齢時までは標準区に配置したの牛の方が血漿中のビタミンA濃度の低下が早く 17 カ月齢時には有意に低い(p<0.05) 値を示した。直接試験設計でコントロールしたのではなく、ビタミンAの低下量の違いについては個体差が認められると考え、このことが BMS の向上につながった理由の 1 つに上げられると考えられた。²⁴⁾

肥育後期とした 25 カ月齢以降、有意差は認められないものの、標準区の増体量が 1/2 区を上回る傾向を示して推移した。このことが結果として枝肉の充実度を高め、総合的な枝肉成績の向上につながったのではないかと推察している。肥育後期のビタミンAの必要量は、日本飼養標準より少ない量で十分であるとする考え方もあり²⁴⁾ 具体的必要量については、さらに検討する必要があると考えているが、少なくとも今回の結果を見る限り、BCS も標準区の方が低く血漿中のビタミンA量が多いから肉色が濃くなるというようなことも観察されていないことから、肥育後期のビタミンAの給与量は日本飼養標準 (1995 年版) に即して給与したほうが良い結果が得られると判断した。

前回の試験¹³⁾では、1985 年版の日本飼養標準 (66IU/kg) に即して給肥育全期間を給与した区の BCS は 4.6 であったのでこの値は高い数値となっており、ビタミンAの肥育全期間に対する積算量的なものが、肉色に影響するのではないかと考えられた。

表 8 増体成績

	標準区	1/2 区
体重 (kg)		
試験開始時	340.6±33.1	339.8±34.2
前期終了時	581.8±40.7	567.6±38.0
出荷時	745.0±73.8	718.0±38.0
1 日当増体量 (kg/日)		
肥育前期	0.69±0.1	0.66±0.1
肥育後期	0.78±0.2	0.73±0.1
全期間	0.74±0.1	0.69±0.1

表 9 飼料の利用性

区 分	1 日当たり摂取量 (kg/日)			増体 1 kg に 要した TDN
	濃厚飼料	粗飼料	TDN	
肥育前期				
標準区	7.0±0.3	2.0±0.2	5.7±0.3	8.0±0.4
1/2 区	6.6±0.4	2.0±0.1	5.4±0.3	8.3±1.1
肥育後期				
標準区	9.3±0.2	0.8±0.1	7.0±0.1	8.9±1.0
1/2 区	9.0±0.3	0.8±0.1	6.8±0.2	9.2±1.3
肥育全期間				
標準区	7.8±2.8	1.5±0.6	6.2±2.0	8.4±0.6
1/2 区	7.5±2.7	1.5±1.5	5.9±2.0	8.6±0.6

表 10 血漿成分の推移 (ビタミン)

	標準区	1/2 区
ビタミン A (IU/dl)		
開始時	135.9±36.7	131.4±16.5
肥育前期	22.5±5.4	20.2±5.6
肥育後期	144.4±39.1	102.7±13.1
ビタミン E (μg/dl)		
開始時	83.7±42.8	72.4±19.2
肥育前期	99.9±42.8	81.7±22.3
肥育後期	179.2±65.6	196.2±61.0
β-カロチン (μg/dl)		
開始時	56.8±20.6	49.9±13.1
肥育前期	4.3±1.3	3.7±2.6
肥育後期	3.6±0.7	2.6±0.8

表 11 血漿成分の推移 (脂質)

	標準区	1/2 区
総コレステロール (mg/dl)		
開始時	106.0±2.2	106.0±2.2
肥育前期	95.2±17.2	104.4±19.3
肥育後期	149.6±12.3	167.0±55.2
トリグリセライド [*] (mg/dl)		
開始時	10.2±2.2	8.7±3.7
肥育前期	25.5±3.5	25.6±5.0
肥育後期	27.3±0.5	29.6±6.6
リン脂質 (mg/dl)		
開始時	131.7±29.9	151.7±22.7
肥育前期	117.7±17.2	123.9±16.9
肥育後期	170.6±13.8	149.8±15.1

表 12 血漿成分の推移 (酵素)

	標準区	1/2 区
尿素窒素 (mg/dl)		
開始時	11.8±2.6	12.8±1.4
肥育前期	16.0±2.5	12.7±0.4
肥育後期	16.4±1.9	15.3±2.7
GOT (Karmen)		
開始時	52.1±7.9	51.3±7.2
肥育前期	77.9±21.2	80.3±51.0
肥育後期	56.6±5.0	49.7±3.0
γ-GTP (IU/l)		
開始時	21.2±2.1	23.4±2.2
肥育前期	29.3±6.4	36.4±18.1
肥育後期	30.5±3.1	32.4±3.4

表13 個体別枝肉成績

区分	牛番号	歩留まり		枝肉重量 (kg)	ロース芯面積 (Cm ²)	バラの厚さ (mm)	皮下脂肪厚 (mm)	脂肪交雑 (BMS)	肉色 (BCS)	きめ・締まり 等級
		等級	肉質							
標準区	1	A	4	531	58	78	35	7	4	4
	2	A	5	431	48	77	32	8	4	5
	3	A	5	432	50	77	31	8	4	5
	4	A	5	507	57	93	44	10	3	5
	5	A	4	478	65	75	30	5	4	4
区 平均值				475.8	55.6	80.0	34.4	7.6	3.8	4.6
標準偏差				44.6	6.8	7.4	5.7	1.8	0.5	0.6
1/2区	6	B	3	451	46	78	40	4	4	3
	7	A	3	456	65	73	21	5	4	3
	8	B	3	510	47	75	38	4	4	3
	9	A	3	419	46	78	25	5	4	4
	10	A	3	425	56	72	30	4	4	4
区 平均值				452.2	52.0	75.2	30.8	4.4	4.0	3.4
標準偏差				36.1	8.4	2.8	8.2	0.6	0	0.6

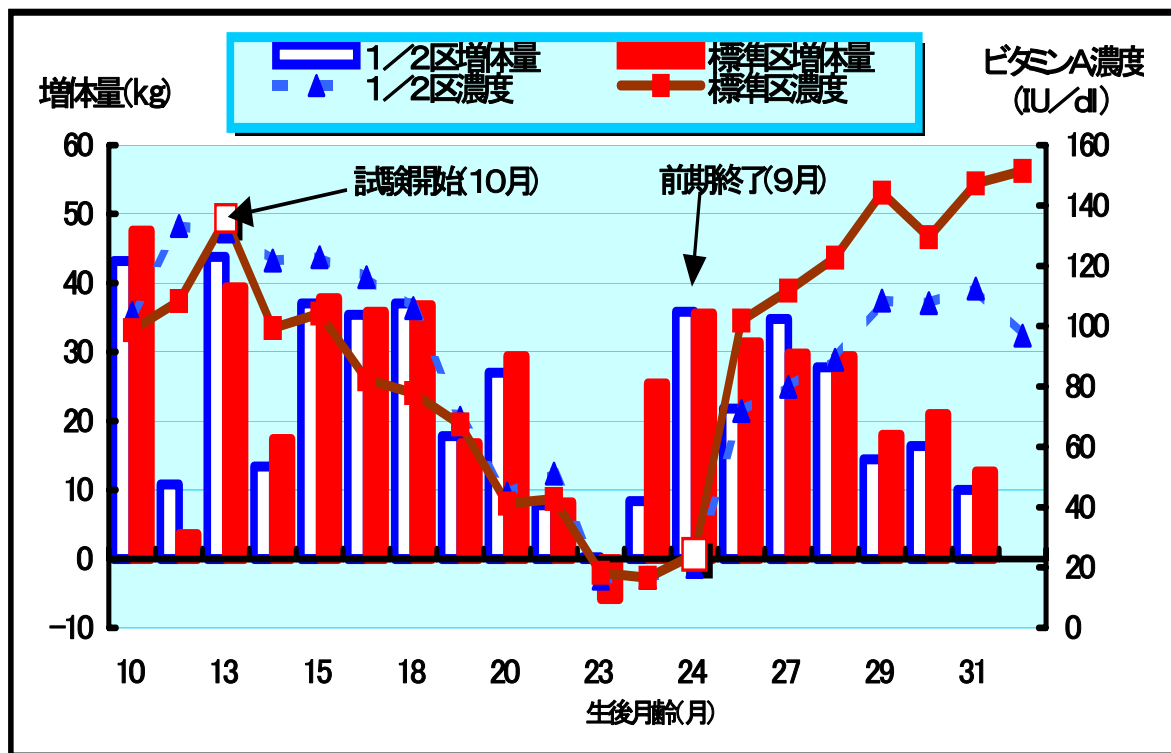


図1 ビタミンA濃度の推移と増体

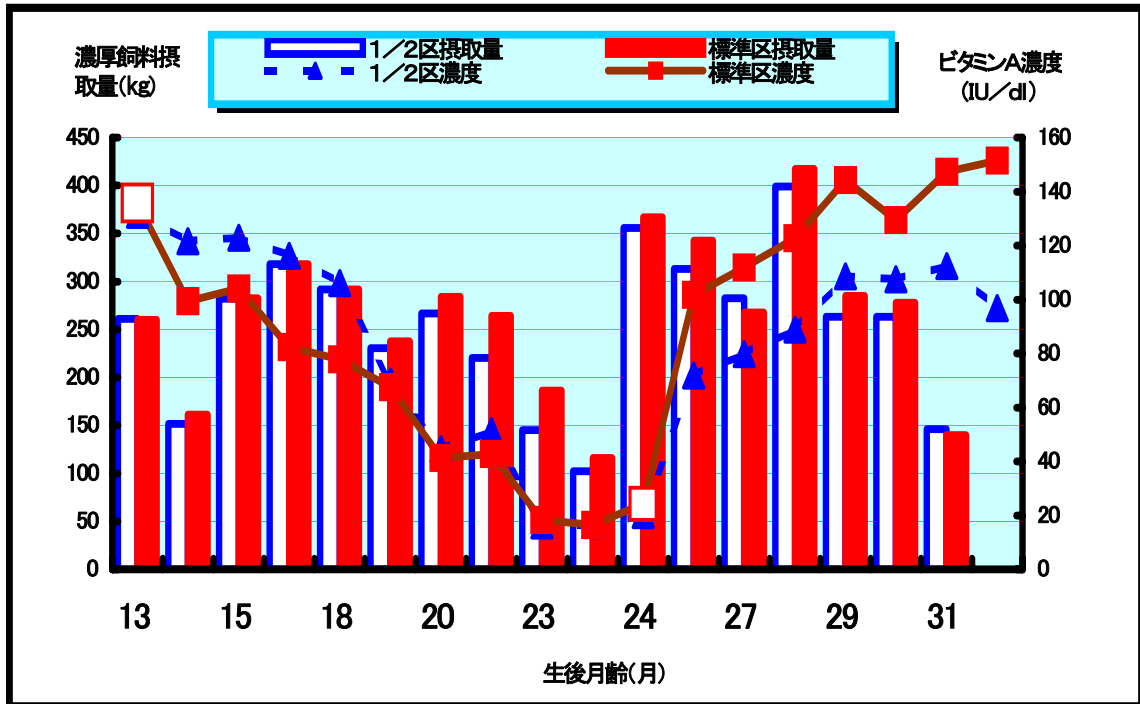


図2 ビタミンA濃度の推移と濃厚飼料摂取量

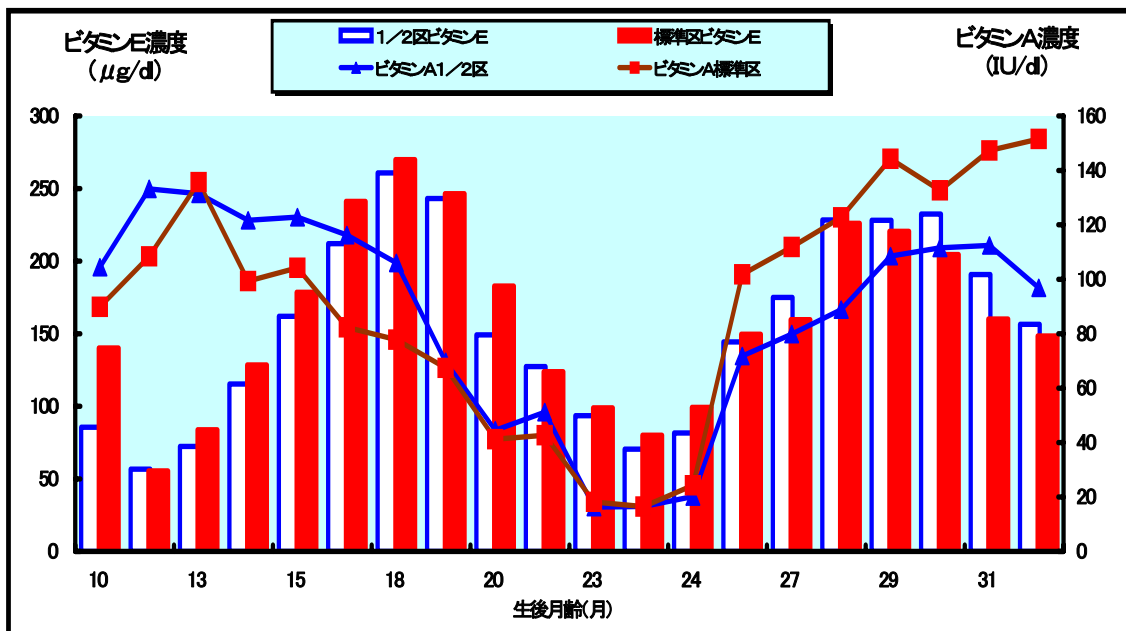


図3 ビタミンAとビタミンE濃度の推移

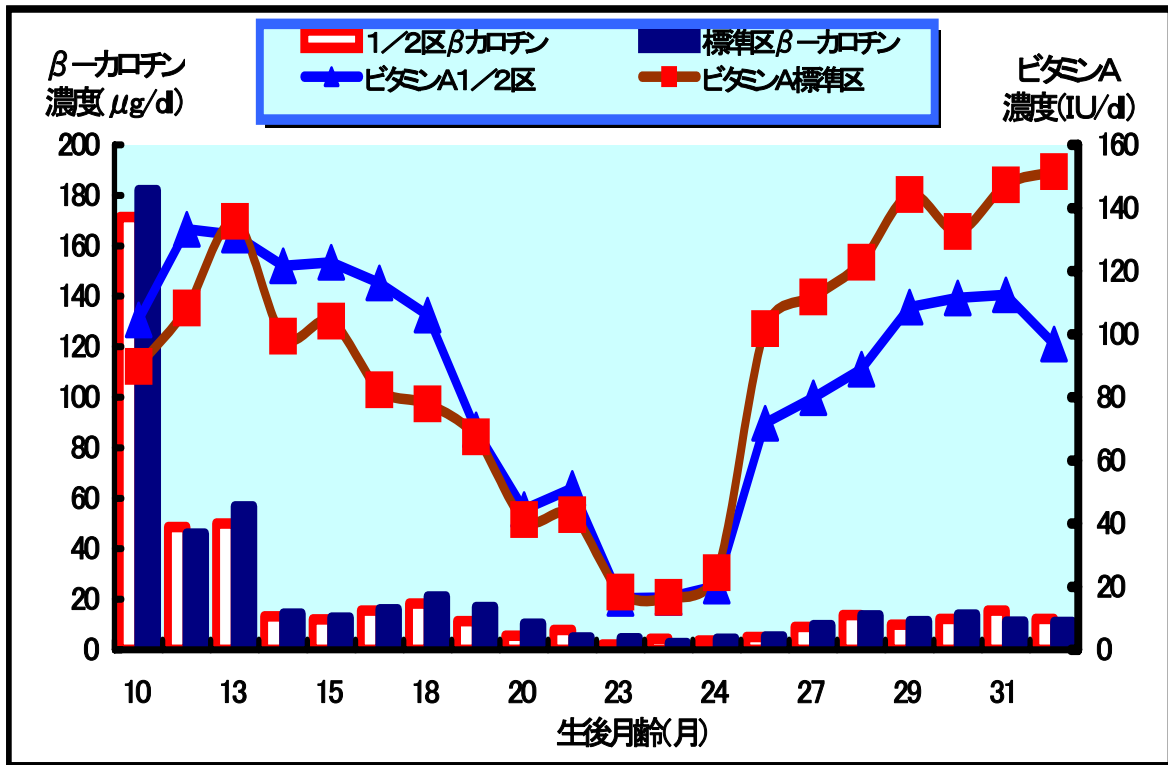


図4 ビタミンA濃度とβ—カロチン濃度の推移

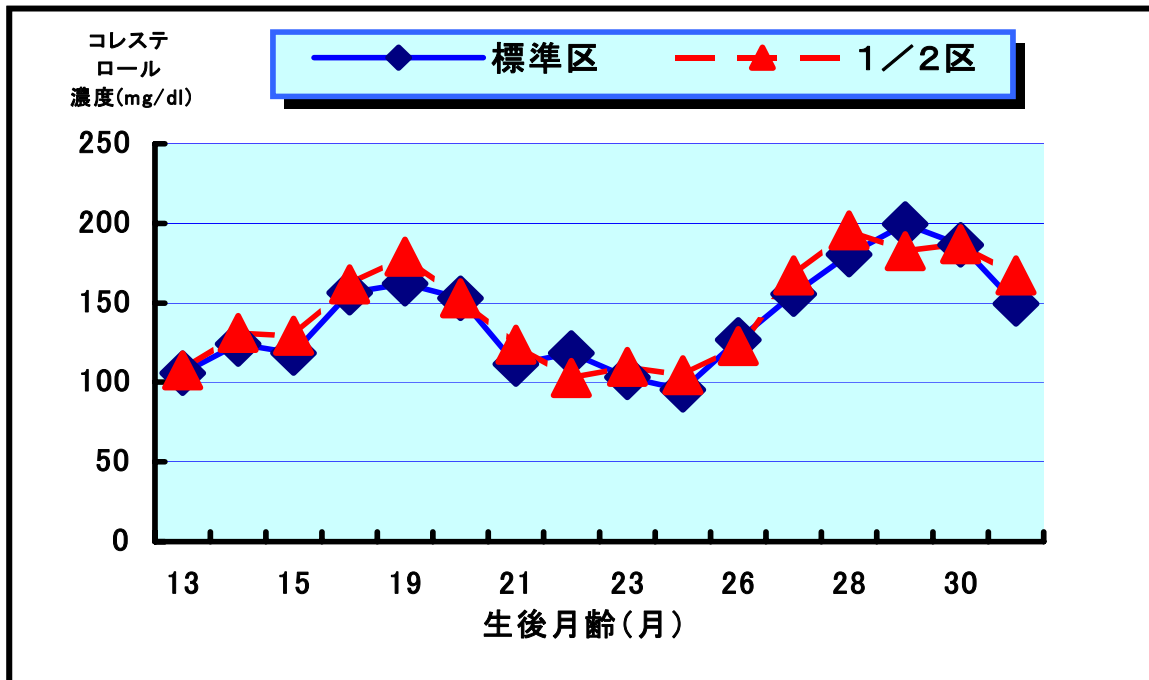


図5 コレステロール濃度の推移

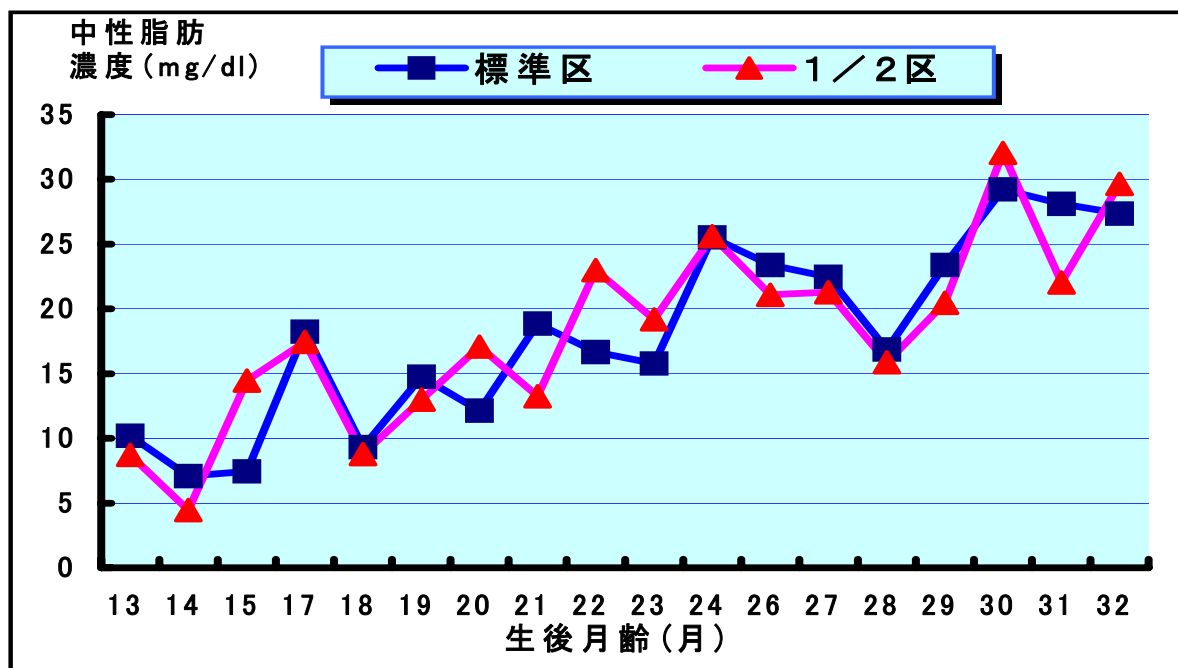


図6 中性脂肪濃度の推移

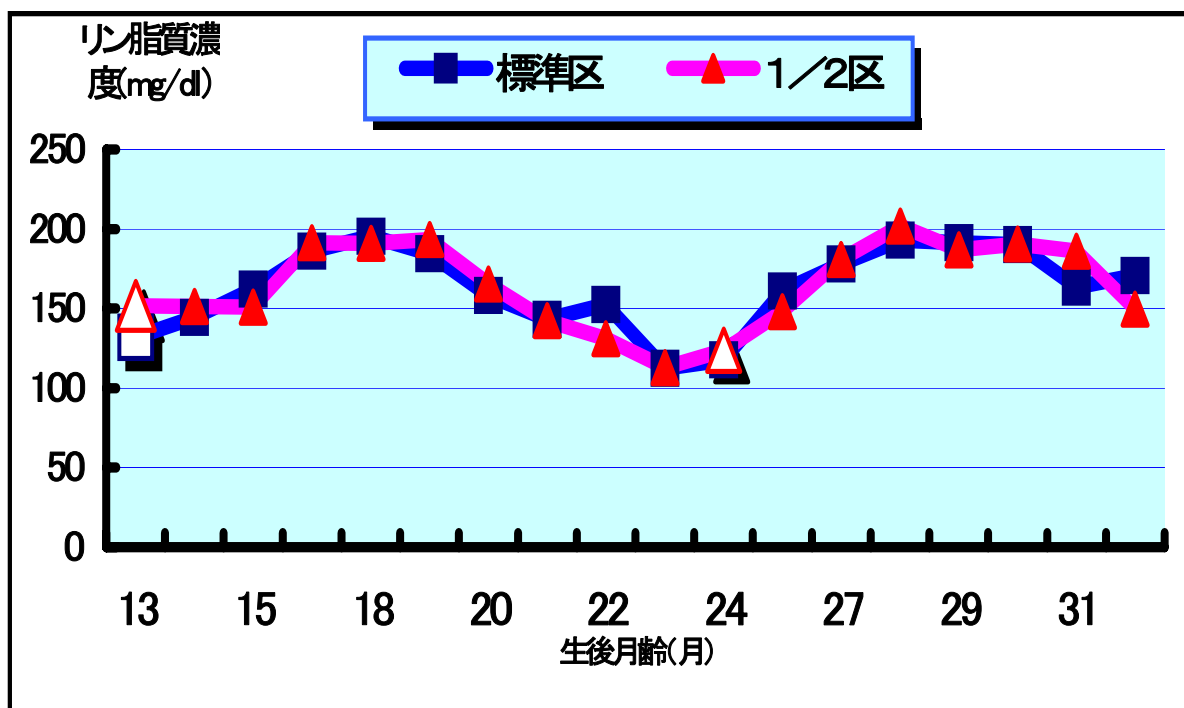


図7 リン脂質濃度の推移

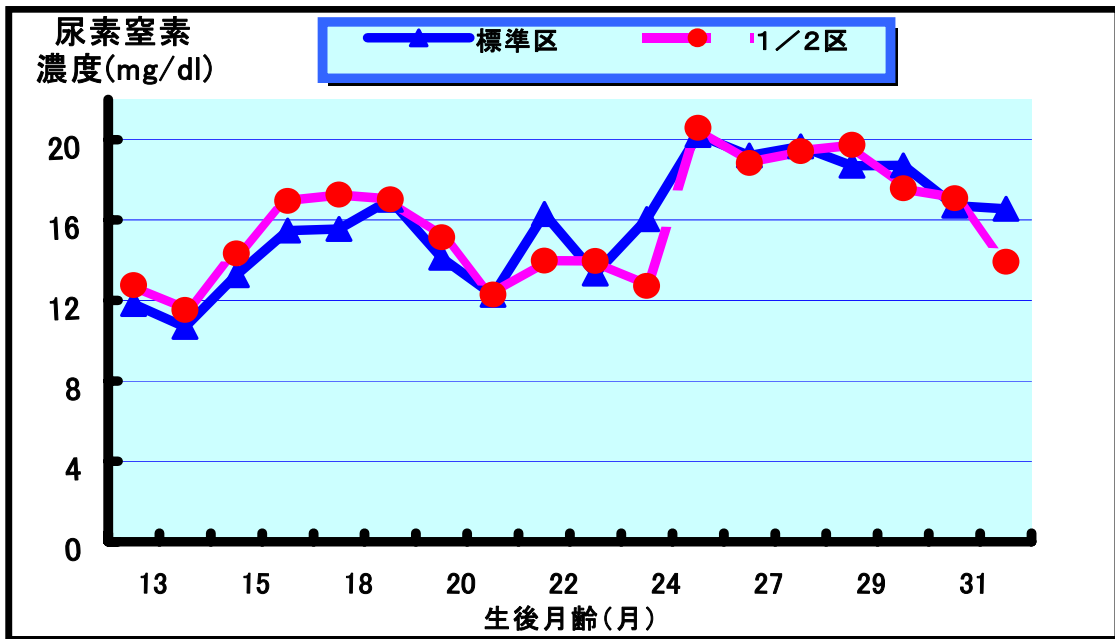


図8 尿素窒素濃度の推移

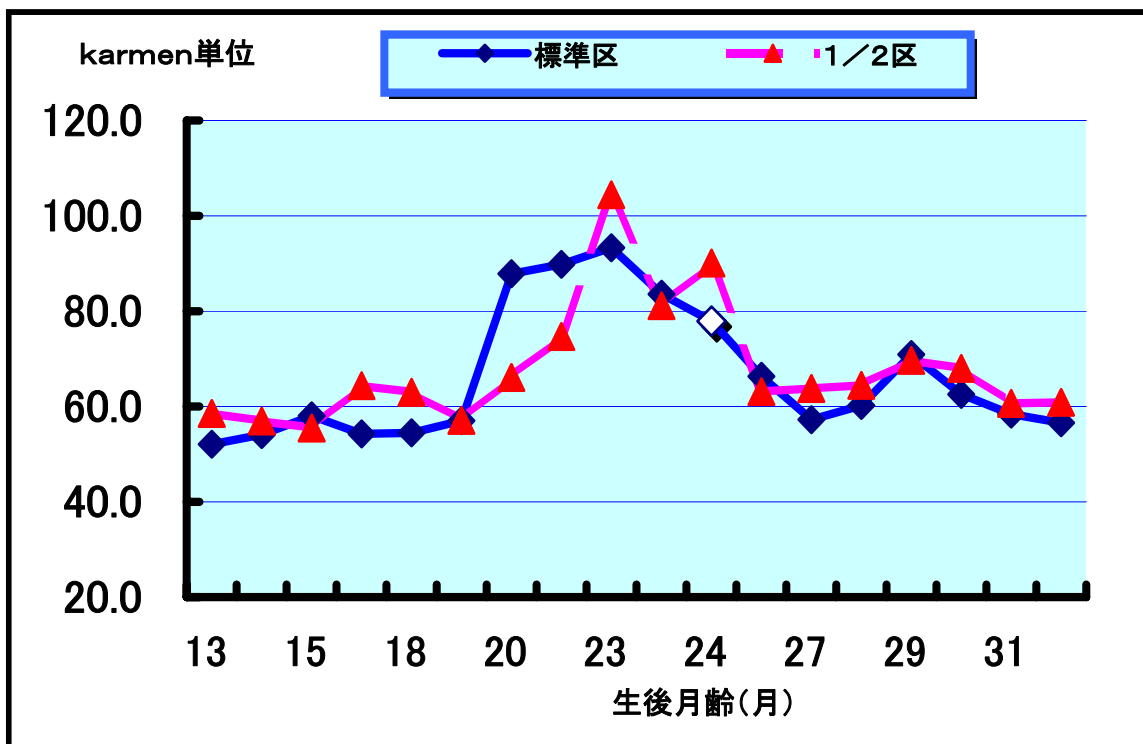


図9 GOT酵素活性の推移

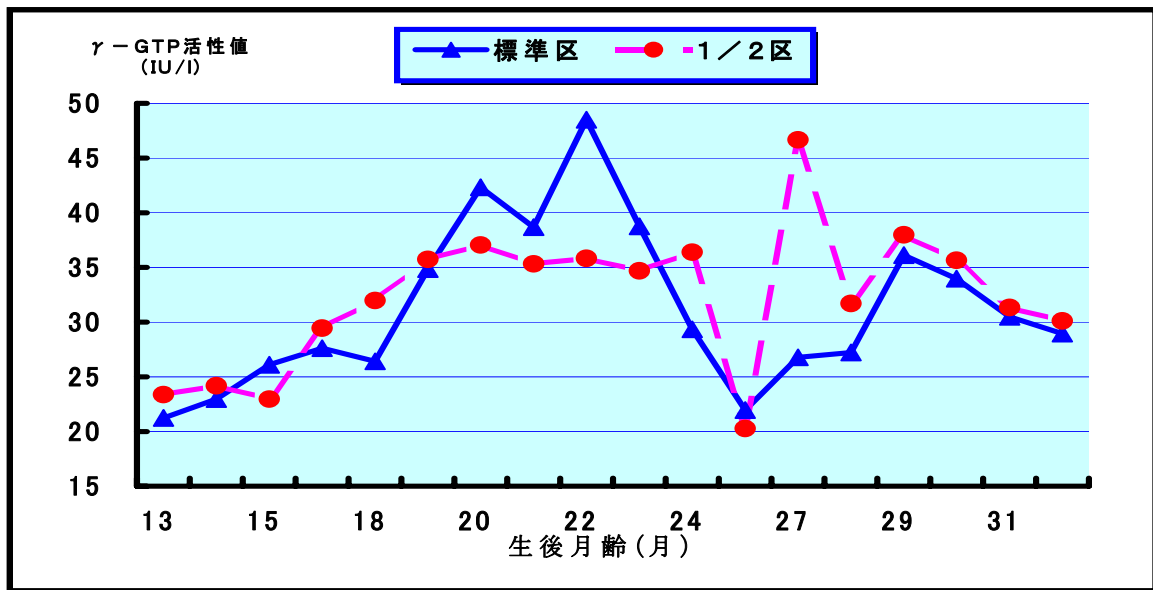


図10 γ -GTP活性の推移

参考文献

- 岡章生、三木隆広、丸尾善之、山崎宗延、有吉哲志、藤井英通、黒毛和種肥育牛の肉質に対するビタミンAの影響、1992、臨床獣医、Vol10、No. 11: 34-40
- 岡章生、1991、黒毛和種肥育牛におけるビタミンAと肉質の関係、畜産コンサルト、323: 21-27
- 高橋孝雄、海老名真一、三澤隆、阿部浩之、酒井淳一、渡辺栄次、1993、黒毛和種肥育牛におけるビタミンAと肉質の関係、家畜診療、359: 5-11
- 甫立京子、1995、ビタミンAと肥育牛の肉質との関係、栄養生理研究会報、39、2: 157-171
- 木村容子、1988、ビタミンA欠乏症の最近の知見について(1)、家畜診療、304: 5-16
- 松原英二、西野庄一、加藤賢治、阿佐見秀明、松村明、小林道幸、1995、群馬県における出荷肥育牛の血中ビタミン含量と肉質との関連、畜産の研究、49、5: 37-41
- 浜田龍夫、1992、和牛のビタミンA欠乏と問題点、臨床獣医、10、11: 15-18
- 中井麻生、北和夫、長谷川幹治、平光正博、1992、黒毛和種肥育牛におけるビタミンA欠乏症、臨床獣医、10、11、25-30
- 永渕哲也、吉武一郎、中山雅祺、長友邦夫、1994、牛の筋肉水腫における生化学的および病理組織学的所見、臨床獣医、12、7: 56-61
- 甫立京子、1996、飼料・栄養研究—そのレビュー

- 一と明日一(9)、肥育牛の肉質に係わるビタミンAの機能、畜産の研究、50、9: 1031-1038
- 牛見忠蔵、1984、ビタミンA欠乏症、臨床獣医、2、9: 51-55
- 檀渕誠、1995、肉用牛生産情報、6: 10-15
- 阿久津和弘、増山秀人、神辺佳弘、福田修、川田智弘、小池則義、田中実、西方勝雄、1996、黒毛和種肥育牛における微量元素と肉質に関する試験、栃木県畜産試験場研究報告、1-8
- 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(1995年版)、中央畜産会
- 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(1995年版)、中央畜産会
- 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)、中央畜産会
- 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
- 長友邦夫、島松亀久雄、中山雅祺、1995、佐賀県における筋肉水腫発生防止策、臨床獣医、13、10: 66-73
- 真柳敦夫、冬木忠清、虎谷卓哉、1994、黒毛和種肥育牛の出荷と血液成分の変動、12、5: 39-47
- 中西直人、三津本充、佐藤耕太、三橋忠由、小沢忍、後藤治、山下明登、199、ビタミンAが黒毛和種去勢牛の血液成分と産肉性に及ぼす影響、第

91回日本畜産学会講演要旨、2I-15

21) 田上勇、甫立京子、渡辺健、船橋利浩、倉科馨、
199、肥育牛の血漿中ビタミンAがミネラル（鉄
と銅）と肉色に及ぼす影響、第91回日本畜産学会講
演要旨、2I-16

22) 田中実、江面和彦、福田雅彦1994、黒毛和種肥
育牛におけるビタミンAが肉質に及ぼす影響に関
する調査（第1報）、栃木県家畜衛生研究所報告、
31-34

23) 福田修、岩倉直行、田中実、1995、黒毛和種肥
育牛におけるビタミンAが肉質の及ぼす影響に関
する調査（第2報）

24) 甫立京子、1999、肥育牛におけるビタミンA制
御における肉質改善、肉用牛研究会報、67:22-28

25) 牛病学（第2版）、近代出版：578-5811）

26) 獣医臨床生化学（第4版）、近代出版：884-895

27) 肥育牛の肉質改善国産牛肉生産技術（肉質改善）
平成7年3月、全国肉用牛事業協同組合