

成長ホルモン遺伝子多型の異なる黒毛和種肥育牛における ビタミンA 給与制限時期が増体性および肉質に及ぼす影響

岡 章生*・岩本英治*・龍田 健*

要 約

成長ホルモン (GH) 遺伝子型の異なる黒毛和種去勢牛を用い、ビタミン A 給与制限時期の違いが増体、肉質に及ぼす影響を調査した。供試牛は10か月齢の黒毛和種去勢牛で GH 遺伝子型が AA 型である広島県産 (AA 区) 8頭と BC 型である兵庫県産 (BC 区) 10頭を用い、ビタミン A 給与制限時期 (12-23か月齢: 12か月齢開始区, 16-27か月齢: 16か月齢開始区) によりそれぞれ2区に分けた。ビタミン A は制限時期以外は毎月100万 IU を筋肉注射し、制限時期においても制限終了2か月前から毎月20万 IU を筋肉注射した。また、各区とも23か月齢以降は飼料にビタミン A (400IU/kg 濃厚飼料) を添加して与え、29か月齢でと畜した。

- (1) 体重, 体高, 胸囲, 増体量, 飼料摂取量, 枝肉重量, ロース芯面積及びバラ厚は AA 区が BC 区よりも有意に大きい値を示したが, 脂肪交雑は両区の間には有意な差は見られなかった。
- (2) 体重, 増体量, 枝肉重量, 脂肪交雑, 肉色, ロース芯面積, バラ厚及び皮下脂肪厚は12か月齢開始区と16か月齢開始区で有意な差は見られなかった。
- (3) 胸最長筋脂肪の脂肪酸組成については, AA 区ではオレイン酸とモノ不飽和脂肪酸割合は12か月齢開始区が16か月齢開始区よりも有意に低くなった。
- (4) 以上のことから, ビタミン A 制限開始時期が12~16か月齢では GH 遺伝子型に関係なく増体量, 脂肪交雑には影響しないことが分かった。また, 早期からビタミン A を制限すると AA 型の牛ではモノ不飽和脂肪酸割合が低下することが示唆された。

Effects of Phase of Restricting Vitamin A on Growth and Carcass Characteristics in Different GH Genotypes of Japanese Black Steers

Akiyo OKA, Eiji IWAMOTO and Ken TATSUDA

Summary

We investigated the effects of phase of restricting vitamin A on growth and carcass characteristics in the different bovine growth hormone (GH) genotypes of Japanese Black steers. The GH genotypes of 18 Japanese black steers used in the present study were AA (n=8) and BC (n=10). The steers in each genotype group were divided into two groups based on phase of restricting vitamin A (12-23 months of age; 16-27 months of age). All steers were injected with 1,000,000 IU of vitamin A intramuscularly every month except phase of restricting vitamin A. The animals in the 12-23 group were injected with 200,000 IU of vitamin A similarly at the age of 22-23 month. The steers in the 16-27 group were injected with vitamin A similarly at the age of 26-27 months. All steers were given vitamin A with the feed (400 IU/kg feed) at the age of 23-29 months.

- (1) The AA group had greater ($P<0.05$) body weight, average daily gain, withers height, heart girth, feed intake, carcass weight, longissimus muscle area and rib thickness than did the BC group. There was no significant

2008年8月29日受理

* 兵庫県立農林水産技術総合センター畜産技術センター

difference in marbling score between the AA and BC groups.

- (2) There was no significant difference in body weight, average daily gain, carcass weight, longissimus muscle area and rib thickness, beef color, or marbling score between the 12-23 and 16-27 groups.
- (3) In the AA steers, the 12-23 group had lower ($P<0.05$) percentages of oleic acid and monounsaturated acids in intramuscular lipid than did the 16-27 group.
- (4) These results suggest that phase of restricting vitamin A dose not affect body weight and marbling score despite the GH genotypes, and early restricting vitamin A decreases percentages of monounsaturated acids of intramuscular lipid in the AA steers.

キーワード：黒毛和種去勢牛，成長ホルモン遺伝子多型，ビタミンA，肉質，増体，脂肪酸組成

緒 言

ビタミンAは哺乳動物の成長や健康にとって不可欠な栄養素である。我々はビタミンAの黒毛和種肥育牛の肉質に対する影響を調べ、15か月齢から23ないし25か月齢時までの間に血液中ビタミンA濃度を低値に保つと脂肪交雑が高くなることを報告した¹¹⁾。黒毛和種には筋肉生産量、脂肪蓄積量の異なるタイプが存在するが^{7, 12, 16)}、これまで我々が試験に用いた牛は全て兵庫県産の但馬牛であり黒毛和種の中では小型の牛であった。ビタミンAは体の大きさあるいは成熟度によって消費量が異なるものと考えられるので、黒毛和種の中でもタイプが異なればビタミンAの影響も異なる可能性がある。

黒毛和種において成長ホルモン(GH)遺伝子の127番と172番のアミノ酸置換を伴う2カ所の塩基配列の違いから3つの遺伝子型(A,B及びC型)が存在し⁵⁾、GH遺伝子型によって産肉性が異なることが示唆されている^{13, 15)}。

そこで、黒毛和種の分類法の一つとしてGH遺伝子多型を用い、遺伝子型がAA型とBC型である去勢肥育牛についてビタミンA給与制限時期が増体性、肉質に及ぼす影響を調べた。

材料及び方法

1 供試牛及び区分

黒毛和種種雄牛の宮島(広島県産)と幸豊土井(兵庫県産)の産子(去勢牛)について予めGH遺伝子型をChikuniら⁴⁾の方法に従って分析した。遺伝子型がAA型であった宮島産子(AA区)とBC型であった幸豊土井産子(BC区)を用い、それぞれをビタミンA給与制限時期(12-23か月齢:12か月齢開始区, 16-27か月齢:16か月齢開始区)により2区に分けた。ビタミンAは制限時期以外は毎月100万IU(チョコラA, エーザイ)を筋肉注射し、制限時期においても制限終了2か月前から毎

月20万IUを筋肉内注射した。また、各区とも23か月齢以降は飼料にビタミンA(400IU/kg濃厚飼料)を添加して与えた。粗飼料はチモシー乾草とイナワラを用い、各区とも同量を1日2回給与した。濃厚飼料は大麥、圧ペントウモロコシ、フスマ及び大豆粕を配合した前期配合(TDN:73.1%,粗蛋白質:16.8%)、中期配合(TDN:73.0%,粗蛋白質:13.3%)及び後期配合(TDN:73.0%,粗蛋白質:13.3%)を用いた。前期(10-17か月齢)は目標DGが0.6~0.7kgになるように給与量を制限し、中期(18-22か月齢)と後期(23-29か月齢)は飽食とし、1日1回給与した。体重、体高、胸囲は毎月測定し、飼料摂取量は毎日確認した。29か月齢で肥育を終了し、と畜した。

2 血液成分

血液は12か月齢から28か月齢まで2か月間隔で採取し、血漿中ビタミンA、ビタミンE、総コレステロール、尿素窒素、遊離脂肪酸(NEFA)、トリヨードサイロニン(T3)及びインスリン様成長因子-1(IGF-1)を測定した。血漿中ビタミンA及びビタミンEは高速液体クロマトグラフによって測定し¹²⁾、NEFAは市販キット(NEFA-Cテスト, ワコー)を用いて測定した。総コレステロール及び尿素窒素は血液自動分析機(富士ドライケム5500, 富士フィルム)により測定した。T3及びIGF-1は分析キット(Amerlex-M T3, Ortho-Clinical Diagnostics; ソマトメジンC, バイエルメディカル)を用いてRIAで測定した。

3 枝肉形質

肉質評価は枝肉を48時間冷蔵した後、第6,7肋間部を切開し、日本食肉格付協会の牛枝肉取引規格に従い格付員が格付けした値を用いた。胸最長筋の粗脂肪含量はエーテル抽出法¹⁴⁾で測定した。また、枝肉断面の胸最長

筋内（ロース芯）脂肪を採取し、ガスクロマトグラフによりミリスチン酸（C14:0）、ミリストレイン酸（C14:1）、パルミチン酸（C16:0）、パルミトレイン酸（C16:1）、ステアリン酸（C18:0）、オレイン酸（C18:1）、リノール酸（C18:2）、リノレン酸（C18:3）、アラキジン酸（C20:0）の組成を分析した。

4 統計処理

統計処理は SAS（1997）の GLM プロシージャを用い

て試験区を変動要因とする分散分析を行い、有意差の検定 5%水準で行った。

結 果

1 飼料摂取量，飼料効率，体重，体高，十字部高，胸囲及び 1 日増体量（DG）

粗飼料摂取量は各区で差が見られなかったが，濃厚飼料摂取量は AA 区が BC 区よりも有意に多くなった（表 1）。飼料効率は 12 か月齢区が良い傾向を示したが，有

表 1 飼料摂取量及び飼料効率

項 目	成長ホルモン遺伝子型				有意差
	A A		B C		
	ビタミン A 制限月齢		ビタミン A 制限月齢		遺伝子型 制限時期
	12-23	16-27	12-23	16-27	
濃厚飼料 (kg)	3988.4 ^a	3990.5 ^a	3216.0 ^b	3419.1 ^b	**
粗飼料 (kg)	1035.0	1047.3	1012.6	1061.8	
TDN 摂取量 (kg)	3333.7 ^a	3339.4 ^a	2759.1 ^b	2928.8 ^b	**
飼料効率 ^c	7.5	7.9	7.6	7.9	

a, b: 異符号間に有意差有り (P < 0.05) c: TDN 摂取量 / 増体重 **: P < 0.01

表 2 体重、体高、胸囲及び 1 日増体量（DG）

項 目	成長ホルモン遺伝子型				有意差
	A A		B C		
	ビタミン A 制限月齢		ビタミン A 制限月齢		遺伝子型 制限時期
	12-23	16-27	12-23	16-27	
体重 (kg)					
10 か月齢	314.0 ^a	316.0 ^a	258.8 ^b	260.2 ^b	**
29 か月齢	760.8 ^a	742.8 ^a	622.8 ^b	632.4 ^b	**
体高 (cm)					
10 か月齢	118.3 ^{a,b}	120.0 ^a	116.4 ^{b,c}	115.0 ^c	**
29 か月齢	140.5	141.3	139.4	139.6	
十字部高 (cm)					
10 か月齢	120.5 ^a	121.3 ^a	117.2 ^{a,b}	115.2 ^b	**
29 か月齢	140.0	140.3	138.0	138.4	
胸囲 (cm)					
10 か月齢	157.3 ^a	160.0 ^a	152.6 ^{a,b}	150.8 ^b	**
29 か月齢	228.5 ^a	227.0 ^a	212.2 ^b	213.8 ^b	**
DG (kg)					
10 - 16 か月齢	0.66	0.63	0.63	0.59	
16 - 23 か月齢	0.79 ^a	0.84 ^a	0.59 ^b	0.70 ^{a,b}	*
23 - 29 か月齢	0.86 ^a	0.72 ^{a,b}	0.75 ^{a,b}	0.67 ^b	
10 - 29 か月齢	0.77 ^a	0.73 ^{a,b}	0.65 ^b	0.66 ^b	**

a, b, c: 異符号間に有意差有り (P < 0.05) **: P < 0.01, *: P < 0.05

表3 枝肉形質

項目	成長ホルモン遺伝子型				有意差
	A A		B C		
	ビタミンA制限月齢		ビタミンA制限月齢		
	12-23	16-27	12-23	16-27	遺伝子型 制限時期
枝肉重量 (kg)	476.2 ^a	475.0 ^a	375.0 ^b	387.6 ^b	**
脂肪交雑 (BMS No.)	4.0	5.3	5.0	5.2	
肉色 (BCS No.)	3.5	4.3	3.8	3.6	
ロース芯面積 (cm)	52.5 ^a	50.0 ^{ab}	42.8 ^c	47.0 ^{bc}	**
バラ厚 (cm)	7.7 ^a	7.7 ^a	6.4 ^b	6.8 ^{ab}	**
皮下脂肪厚 (cm)	3.4 ^a	3.3 ^{ab}	2.8 ^{ab}	2.7 ^b	
歩留基準値 (%)	72.6	72.4	72.2	73.0	
筋粗脂肪含量 (%)	26.1	30.7	31.0	28.8	

a, b, c: 異符号間に有意差有り (P < 0.05) ** : P < 0.01

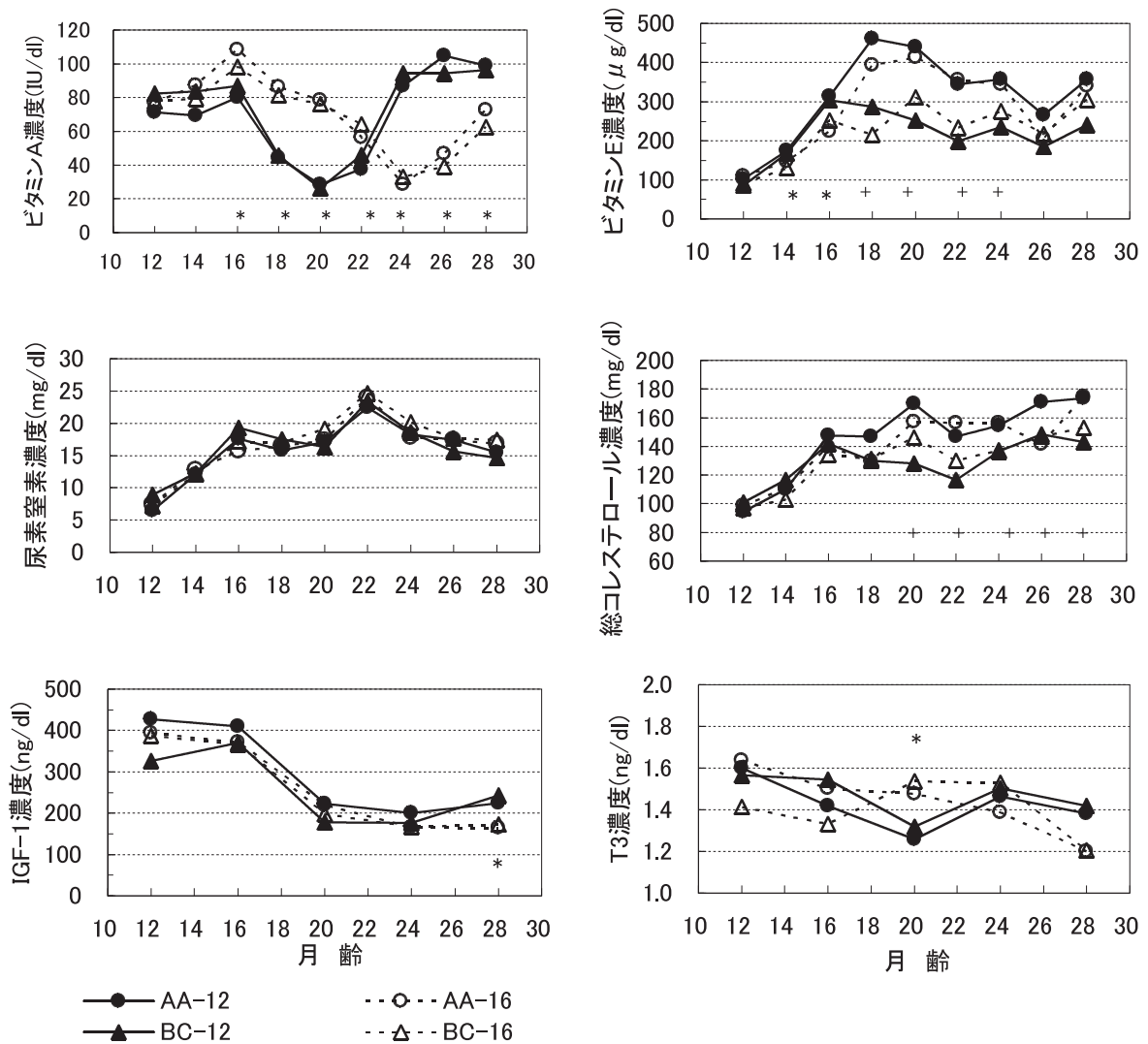


図1. GH遺伝子型がAAとBCである肥育牛の血液成分の推移

* : ビタミンA制限時期による影響あり (P < 0.05)

+ : GH遺伝子型による影響あり (P < 0.05)

表4 胸最長筋脂肪の脂肪酸組成

項 目	成長ホルモン遺伝子型				有意差	
	A A		B C		遺伝子型	制限時期
	ビタミンA 制限月齢 12-23	16-27	ビタミンA 制限月齢 12-23	16-27		
C 14 : 0	3.6 ^a	2.9 ^b	3.4 ^a	2.9 ^b		**
C 14 : 1	1.4	1.1	1.3	1.1		
C 16 : 0	31.0 ^a	28.4 ^b	29.8 ^a	28.1 ^b		*
C 16 : 1	4.3	3.9	4.0	3.9		
C 18 : 0	10.8	10.3	10.5	10.8		
C 18 : 1	45.0 ^a	48.8 ^b	46.8 ^{ab}	49.0 ^b		**
C 18 : 2	1.5	1.5	1.5	1.5		
飽和脂肪酸	46.8 ^a	43.3 ^b	45.2 ^{ab}	43.2 ^b		*
モノ不飽和脂肪酸割合	51.6 ^a	55.2 ^b	53.2 ^{ab}	55.3 ^b		*
多価不飽和脂肪酸割合	1.6	1.6	1.6	1.6		

a, b: 異符号間に有意差有り(P < 0.05) ** : P < 0.01 , * : P < 0.05

有意な差は見られなかった。体重と胸囲は試験開始時、終了時ともに AA 区が BC 区よりも有意に大きい値を示した(表2)。体高と十字部高は試験開始時では AA 区が BC 区よりも有意に高かったが、終了時には差は見られなかった。体重、体高、十字部高及び胸囲についてはビタミン A 制限時期による影響は認められなかった。DG は 16-23 か月齢時に 16 か月齢開始区が高い傾向を示し、23-29 か月齢時には 12 か月齢開始区が高い傾向を示した。16 か月齢以降 AA 区が BC 区よりも高い傾向を示し、試験期間全体の DG は AA 区が BC 区よりも有意に大きかった。

2 血液成分

血漿中ビタミン A 濃度は 14 か月齢までは各区とも約 80IU/dl であったが、16 か月齢で若干上昇した(図1)。16 か月齢以降はビタミン A 制御開始時期による差があり、22 か月齢までは 16 か月齢開始区が高く、その後は 12 か月齢開始区が有意に高くなった。血漿中ビタミン E 濃度は 14 及び 16 か月齢時には 12 か月齢制限開始区が有意に高い値を示したが、その後は GH 遺伝子型による差があり、AA 区が BC 区よりも有意に高くなった。血漿中尿素窒素濃度は各区に差は見られなかったが、総コレステロール濃度はビタミン E と同様に AA 区が高くなった。血漿中 IGF-1 濃度は 28 か月齢時のみ 16 か月齢開始区が低くなった。T3 も一時的に差が見られ、20 か月齢時に 12 か月齢開始区が低くなった。

3 枝肉形質

枝肉重量は AA 区が BC 区よりも有意に重く、ロース芯

面積とバラ厚も GH 遺伝子型により異なったが、ビタミン A 制限時期による差はなかった(表3)。脂肪交雑と粗脂肪含量は各区で有意な差は認められなかった。

胸最長筋の脂肪酸組成は GH 遺伝子型による差はなかった。GH 遺伝子型に関係なくビタミン A 制限時期によって C14:0 と C16:0 は 12 か月齢制限開始区が 16 か月齢制限開始区に比べ有意に高くなった(表4)。C18:1 及びモノ不飽和脂肪酸割合は AA 型では 12 か月齢制限開始区が 16 か月齢制限開始区に比べ有意に低かった。

考 察

ビタミン A は哺乳動物の成長や健康にとって不可欠な栄養素であり、日本飼養標準では肉用牛の場合体重 1 kg 当たり日量 42 AIU が必要とされている。今回の試験では体格の大きく異なる牛に同量のビタミン A を筋肉注射し、粗飼料も同量を給与したが、血漿中ビタミン A 濃度は AA 型と BC 型で同様の推移を示した。この結果から肥育牛ではビタミン A の給与量を体重に基づいて設定する必要がないと推察される。

また、血漿中ビタミン A 濃度が 16 か月齢で若干上昇したが、これは粗飼料のロットが -カロチン含量の高いものに変ったためと考えられる。血漿中ビタミン E 及び総コレステロール濃度は 18~20 か月齢以降 AA 区が BC 区よりも有意に高くなったが、これは AA 区の飼料摂取量が多くなったことによるものと考えられる。

IGF-1 レベルは、肉用牛において飼料の利用効率³⁾、増体量⁶⁾に関与している。我々は肥育牛の血液中ビタミン A 濃度が低下すると IGF-1 濃度が低下することを報

告した^{9,10}。今回の試験では IGF-1 濃度は28か月齢時のみ16か月齢開始区が12か月齢開始区より低く、ビタミン A の影響が認められたが、20か月齢時では16か月齢開始区の血漿中ビタミン A 濃度が約80IU/dl と高いにもかかわらず IGF-1 濃度が低下した。この IGF-1 濃度の低下はビタミン A 以外の要因によるものと考えられるが、現時点ではその原因は不明である。T3 も IGF-1 と同様に血液中ビタミン A 濃度が低下すると血液中濃度が低下する⁹。本試験においても各区で血漿中ビタミン A 濃度に大きな差が見られた時期に T3 濃度に差が認められた。

我々は肥育牛において血液中ビタミン A 濃度を低値に保つと脂肪交雑が高くなることを明らかにし^{9,10,11}、15か月齢から23ないし25か月齢時の間に血液中ビタミン A 濃度を低値に保つと脂肪交雑が高くなると考えた。今回の試験では、ビタミン A 給与制限時期を12-23か月齢と16-27か月齢の2区を設け、血漿中ビタミン A 濃度が最も低値を示した月齢はそれぞれ20及び24か月齢と4か月の差が見られた。しかしながら、ビタミン A 制限時期は枝肉重量、脂肪交雑、ロース芯面積、バラ厚及び皮下脂肪厚に影響しなかった。このことからビタミン A の制限開始時期は12か月齢から16か月齢までの間であれば肥育牛の産肉性に影響しないと考えられる。

胸最長筋脂肪中のモノ不飽和脂肪酸割合は12か月齢開始区が16か月齢開始区に比べ有意に低くなった。ビタミン A は stearoyl-CoA desaturase 遺伝子の発現に関するとの報告があり⁸、早期よりビタミン A を制限すると stearoyl-CoA desaturase 活性に変化が起りモノ不飽和脂肪酸割合が低下する可能性がある。

以上のことから、タイプの異なる肥育牛においても、ビタミン A 給与制限の開始時期が12~16か月齢では、体重、DG 及び脂肪交雑に差がないことが分かった。また、胸最長筋脂肪中の脂肪酸組成は、早期からビタミン A を制限すると AA 型の牛ではモノ不飽和脂肪酸割合が低下することが示唆された。

引用文献

- (1) Abe, K., K. Ishibashi, M. Ohmae, K. Kawabe and G. Katsui (1977): Determination of vitamin A in serum and liver by high-speed liquid chromatography: *Vitamin 51*, 275-280
- (2) Abe, K., M. Ohmae, K. Kawabe and G. Kamei (1979): Application of micro particle columns for the high-performance liquid chromatographic determination of vitamin A, E and ubiquinone: *Vitamin 53*, 385-390
- (3) Bishop, M. D., R. C. M. Simmen, F. A. Simmen and M. E. Davis (1989): The relationship of insulin-like growth factor-I with postweaning performance in Angus beef cattle: *J. Anim. Sci.* 67, 2872-2880
- (4) Chikuni, K., Y. Fukumoto, R. Tanabe, S. Muroya and S. Ozawa (1997): A simple method for genotyping the bovine growth hormone gene: *Anim. Genetics* 28, 230-232
- (5) 千国幸一・長妻常人・田畑利幸・門間美千子・齋藤昌義・小沢忍・小堤恭平 (1994): 和牛において見いだされた成長ホルモ遺伝子の多型: *日畜会報* 65, 340-346
- (6) Hannon, K., A. Gronowski and A. Trenkle (1991): Relationship of liver and skeletal muscle IGF-1 mRNA to plasma GH profile, production of IGF-1 by liver, plasma IGF-1 concentrations, and growth rates of cattle: *Pro. Soc. Exp. Biol. Med.* 196, 155-163
- (7) 三橋忠由・三津本充・小沢 忍 (1997): 黒毛和種去勢牛の増体および枝肉肉質に対する種雄牛、肥育前期粗飼料および肥育後期濃厚飼料の影響: *日畜会報* 68, 403-413
- (8) Miller, C. W., K. M. Waters and J. M. Ntambi (1997): Regulation of hepatic stearoyl-CoA desaturase gene 1 by vitamin A: *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 231, 206-210
- (9) Oka, A., T. Dohgo, M. Juen and T. Saito (1998): Effects of vitamin A on beef quality, weight gain, and serum concentrations of thyroid hormones, insulin-like growth factor-I, and insulin in Japanese Black steers: *Anim. Sci. Technol.* 69, 90-99
- (10) Oka, A., F. Iwaki and T. Dohgo (2004): Effects of vitamin A deficiency on growth hormone secretion and circulating insulin-like growth factor-1 concentration in Japanese Black steers: *Anim. Sci.* 78, 31-36
- (11) Oka, A., Y. Maruo, T. Miki, T. Yamasaki and T. Saito (1998): Influence of vitamin A on the quality of beef from the Tajima strain of Japanese Black cattle: *Meat Sci.* 48, 159-167
- (12) Ozawa, S., T. Mitsuhashi, M. Mitsumoto, S. Matsumoto, N. Itoh, K. Itagaki, Y. Kohno and T. Dohgo (2000): The characteristics of muscle fiber types of longissimus thoracis muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers: *Meat Sci.* 54, 65-70
- (13) Schlee, P., R. Ggaml, O. Rottmann and F. Pirchner (1994): Influence of growth-hormone genotypes on

- breeding values of Simmental bulls: J. Anim. Breed. Genet. 111, 253-256
- (14) 鈴木敏郎 (2000): 新食品ハンドブック (株式会社建帛社 . 東京)57-58
- (15) Tatsuda, K., A. Oka, E. Iwamoto, Y. Kuroda, H. Takeshita, H. Kataoka and S. Kouno (2008): Relationship of the bovine growth hormone gene to carcass traits in Japanese Black cattle: J. Anim. Breed. Genet. 125, 45-49
- (16) 善林明治 (1993): 去勢肥育牛の枝肉組織生産の純粋種および交雑間比較 : 日畜会報 64, 149-155
-