

総説

黒毛和種肥育牛の産肉性に影響する要因の検討

岡 章生

兵庫県立農林水産技術総合センター 淡路農業技術センター
〒656-0442 南あわじ市八木養宜中 560-1
E-mail: akio_oka@pref.hyogo.lg.jp

【要約】

黒毛和種肥育牛の枝肉性状と増体量に対するビタミンAの影響を調べた結果、ビタミンAは脂肪交雑に影響し、血液中ビタミンA濃度を肥育の早い時期から低レベルに保つと脂肪交雑がよくなることが分かった。しかし、ビタミンA給与量を制限すると増体量が低下した。次に、脂肪交雑及び増体量に対するビタミンAの作用機序を検討するため、血液中甲状腺ホルモン濃度、インスリン様成長因子-1 (IGF-1) 濃度、インスリン分泌及び成長ホルモン分泌に対するビタミンAの影響を調べた。その結果、ビタミンA制限による増体量の低下にはトリヨウドサイロニンとIGF-1が関与している可能性があった。また、インスリン分泌と成長ホルモン分泌は脂肪交雑に対するビタミンAの影響に関与しないと考えられた。次に肥育前期の給与エネルギー量が枝肉性状に及ぼす影響を調べた結果、給与量を多くして増体量を高くする(1.0 kg/日)とバラ厚が増加し、低くすると(0.6 kg/日)胸最長筋中の脂肪含量が増加することが分かった。さらに肥育期間の違いが枝肉性状に及ぼす影響を調べた結果、肥育期間を20か月から24か月に長くすると枝肉脂肪の脂肪酸組成が変わり、筋肉内脂肪と腎臓周囲脂肪でオレイン酸とモノ不飽和脂肪酸割合が増加した。以上のように、ビタミンA、肥育前期の給与エネルギー量及び肥育期間は黒毛和種肥育牛の枝肉形質に影響する主要因であることが確認された。

キーワード: ビタミンA, 枝肉性状, 血液中ホルモン, 黒毛和種去勢肥育牛, 増体

肥育牛の重量や肉質などの産肉性には遺伝的要因や飼養管理などの様々な要因が関与する。我が国の牛肉の評価は枝肉形質の一つである脂肪交雑に大きく依存している。また、近年、脂肪交雑だけでなく牛肉の風味に関与する脂肪質が着目されている。そこで、黒毛和種肥育牛の増体量と脂肪交雑に大きく影響すると考えられるビタミンAならびに肥育前期の給与エネルギー水準についてその影響を検討し、さらに枝肉脂肪の脂肪酸組成に対する肥育期間の影響を調べたのでその概要を報告する。

【肥育牛の増体量及び脂肪交雑に対する ビタミンAの影響】

肥育牛の増体性や脂肪交雑は品種、血統、年齢、給与飼料、飼育期間などに影響され、特に脂肪交雑を高めることが肥育経営の収益増につながっている。一部の生産者は良い脂肪交雑が得られる飼養方法を経験的に実践していたが、その方法ではビタミンA欠乏症が発生し易い傾向が認められ問題となっていた。そこで、脂肪交雑と増体性に対するビタミンAの影響を明確にするためにビタミンA投与試験を行った [13]。

受理: 2015年4月30日

(1) ビタミン A の増体量及び脂肪交雑に対する影響

試験開始月齢が異なるビタミン A 投与試験を 3 回行った。試験開始月齢を試験 1 では 15 か月齢、試験 2 では 23 か月齢、試験 3 では 25 か月齢とした。各試験とも黒毛和種去勢牛を用い、2 か月間隔でビタミン A100 万 IU を筋肉内投与したものを高ビタミン A 区、投与しなかったものを低ビタミン A 区とした。

血清中ビタミン A 濃度は、図 1 に示したように推移した。体重は、試験 1 では両区に有意な差は認められなかったが、低ビタミン A 区で血清中ビタミン A 濃度が著しく低下した試験後期に増体量が低い傾向を示した (表 1)。試験 2 と 3 では高ビタミン A 区の体重は低ビタミン A 区よりも顕著に増加し、一日増体量は高ビタミン A 区が低ビタミン A 区に比べ有意に高くなった。試験 1 の脂肪交雑 (BMS No.) は高ビタミン A 区が 7.4、低ビタミン A 区が 9.8 と低ビタミン A 区が有意に高くなった (表 1)。この結果から、ビタミン A が脂肪交雑に影響し、ビタミン A レベルを低値に保つと脂肪交雑が高くなると考えられた。しかしながら、23 か月齢から試験を開始した試験 2 では脂肪交雑に差が見られなかった。このことからビタミン A の脂肪交雑形成に影響する時期は肥育前期から中期であると推察された。また、

25 か月齢から始めた試験 3 では、ビタミン A を投与しても脂肪交雑に影響がみられず、枝肉重量が大きくなった。

[肥育牛の増体量及び脂肪交雑に対する ビタミン A の作用機序の検討]

ビタミン A が肥育牛の増体量と脂肪交雑に影響することが分かったが、その作用機序は十分に解明されていない。そこで、成長及び脂質代謝に関与するインスリン、甲状腺ホルモン、インスリン様成長因子-1 (IGF-1) 及び成長ホルモン (GH) に対するビタミン A の影響を検討した。

(1) 甲状腺ホルモン及びインスリン分泌に対する ビタミン A の影響

ビタミン A はラットのインスリン分泌に影響することが示されている [1]。また、グルコースは牛において筋肉内に蓄積される脂肪の重要な前駆物質であることが報告されている [15]。そこで、14 か月齢の黒毛和種去勢牛 8 頭を用い、血清中ビタミン A 濃度を高値で推移させた牛を高ビタミン A 区、低値で推移させたものを低ビタミン A 区とし、21,29 か月齢時にインスリン (0.2U/kg 体重) 及びグルコース (0.2g/kg 体重) を負荷し、インスリン及びグルコース濃度の推移を調べた [10]。飼料摂取量は両区の間には差が見られなかったが、体重は高ビ

表1 ビタミン A 投与試験における体重と枝肉性状

項目	試験1 ^a		試験2 ^a		試験3 ^a	
	高	低	高	低	高	低
頭数	5	4	4	4	4	4
開始時体重 (kg)	344.8	369.8	474.5	470.5	498	481.5
終了時体重 (kg)	625.4	645.0	658.0	602.5	602	557.5
1 日増体量 (kg)	0.60	0.59	0.63 *	0.46	0.47 *	0.35
枝肉重量 (kg)	393.1	414.7	400.1	371.8	360.0	330.4
皮下脂肪厚 (cm)	2.3	1.8	-	-	1.7	1.5
肉色 (BCS No.)	4.4	4.3	4.8	4.3	4.0	4.0
脂肪交雑 (BMS No.)	7.4 *	9.8	7.0	6.0	5.5	5.3

^a : 試験 1, 2, 3 のビタミン A 処置開始月齢はそれぞれ 15, 23, 25 か月齢。

* 各試験の低ビタミン A 区との間に有意差あり (P < 0.05)。

高 : 高ビタミン A 区 低 : 低ビタミン A 区

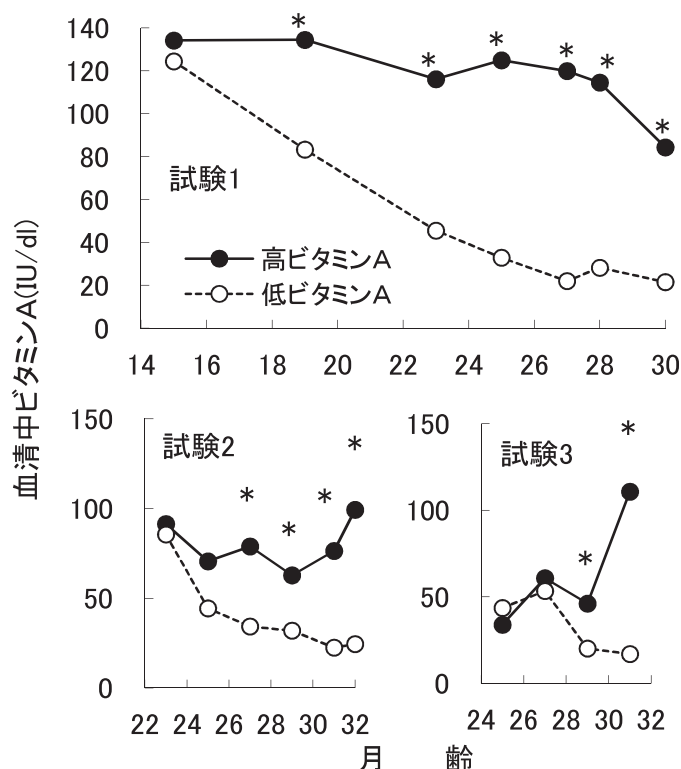


図1 血清中ビタミンA濃度の推移
*: 低ビタミンA区との間に有意差あり(P<0.05)

ミンA区が有意に重くなった(表2)。脂肪交雑は低ビタミンA区が高ビタミンA区よりも有意に高くなり、皮下脂肪厚は高ビタミンA区が有意に厚くなった。血清中ビタミンA濃度は、図2に示したように推移した。インスリン負荷による血漿中グルコース濃度の変化には両区の間には差は認められなかった。また、グルコース負荷によりインスリン濃度は両区ともに著しく上昇したが、インスリンの反応下面積は両区に有意な差は認められなかった。このことから血液中ビタミンA濃度の高低はインスリン分泌または組織のインスリン感受性には影響しないと推察され、ビタミンAの脂肪交雑形成に対する作用にはインスリンは関与しないと考えられた。

甲状腺ホルモンは牛の増体あるいは肉質に関与すると言われている[4,9,19]。上記の高ビタミンA区と低ビタミンA区について、血液中の甲状腺ホルモンを調べたところ、サイロキシンは両区で有意差は認められなかったが、トリヨードサイロニンは低ビタミンA区が有意に低い値を示した時期があった(図3)。このことから、ビタミンAの摂取量を少なくすると、

血液中トリヨードサイロニン濃度が低くなると考えられ、ビタミンAの増体効果にはトリヨードサイロニンが関与している可能性が示唆された。

(2) 黒毛和種肥育牛のGH及びIGF-1に対するビタミンAの影響

ビタミンAの代謝物であるレチノイン酸はラットの下垂体細胞で成長ホルモン分泌とmRNAレベルを刺激することが報告されている[8]。また、牛にGHを投与すると脂肪の蓄積が抑制される[3]。これらのことから、ビタミンAがGH分泌に影響し、脂肪交雑形成に関与する可能性が考えられる。IGF-1は主にGHの刺激によって肝臓で産生されるが、肥育牛において血液中IGF-1濃度は増体量[5,17]及び飼料効率[16]と正の相関があることが示されている。そこで、血中ビタミンA濃度を高くした牛と低くした牛の成長ホルモン及びIGF-1濃度を調べ、ビタミンAの増体量、脂肪交雑に対する作用機序を検討した[11]。

10か月齢の黒毛和種去勢牛13頭を高ビタミンA区7頭と低ビタミンA区6頭に分け、高ビタミンA区には毎月100万IUのビタミンA

表2 ビタミンAレベルが飼料摂取量、体重及び枝肉性状に及ぼす影響

項 目	高ビタミンA	低ビタミンA
飼料摂取量 (kg/日)	7.95	8.02
体重 (kg)		
14か月齢	348.8	353.5
30か月齢	655.5 *	606.8
一日増体量(kg/d)	0.60 *	0.49
枝肉重量(kg)	410.7	391.1
脂肪交雑 (BMS No.)	5.3 *	7.8
肉色 (BCS No.)	3.8	3.8
ロース芯面積 (cm ²)	43.5	46.3
皮下脂肪厚 (cm)	3.3 *	2.4

*:低ビタミンA区との間に有意差あり(P<0.05)

表3 ビタミンAレベルが飼料摂取量、体重及び枝肉性状に及ぼす影響

項 目	高ビタミンA	低ビタミンA
飼料摂取量 (kg/日)	8.23	8.02
体重 (kg)		
10か月齢	243.4	246.2
30か月齢	657.0 *	605.8
一日増体量(kg/d)	0.68 *	0.60
枝肉重量(kg)	409.1 *	386.1
脂肪交雑 (BMS No.)	3.9 *	9.0
肉色 (BCS No.)	4.1	4.0
ロース芯面積 (cm ²)	48.9 *	58.7
皮下脂肪厚 (cm)	3.3 *	2.7

*:低ビタミンA区との間に有意差あり(P<0.05)

表4 ビタミンAレベルが成長ホルモン分泌に及ぼす影響

項 目	高ビタミンA	低ビタミンA
10か月齢		
全平均値 (ng/ml)	5.2	4.2
ピーク頻度 (数/6h)	2.7	3.0
ピークの高さ(ng/ml)	8.4	6.8
ピークの面積 (ng/ml)	196	138
20か月齢		
全平均値 (ng/ml)	4.4	3.8
ピーク頻度 (数/6h)	2.9	3.0
ピークの高さ(ng/ml)	6.6	6.1
ピークの面積 (ng/ml)	88	94
30か月齢		
全平均値 (ng/ml)	1.4	0.6
ピーク頻度 (数/6h)	3.0	2.0
ピークの高さ(ng/ml)	2.8	2.2
ピークの面積 (ng/ml)	51	37

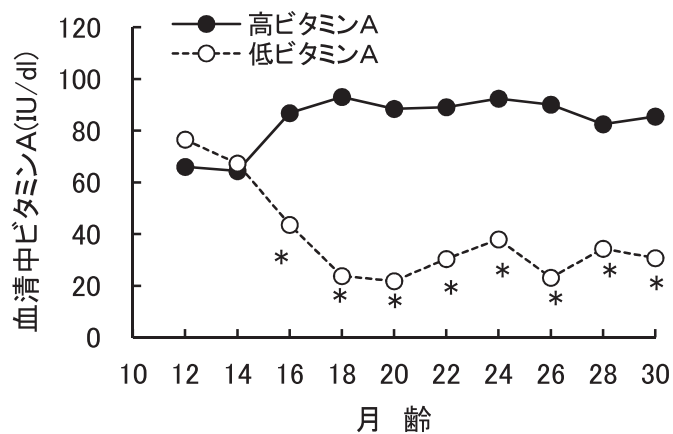


図2 血清中ビタミンA濃度の推移
*: 低ビタミンA区との間に有意差あり(P<0.05)

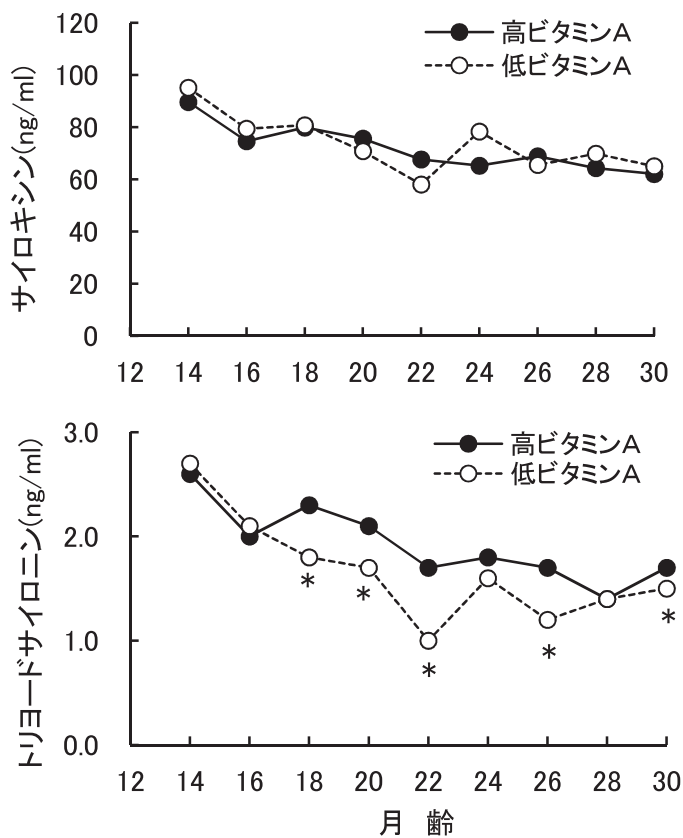


図3 血清中甲状腺ホルモン濃度の推移
*: 高ビタミンA区との間に有意差あり

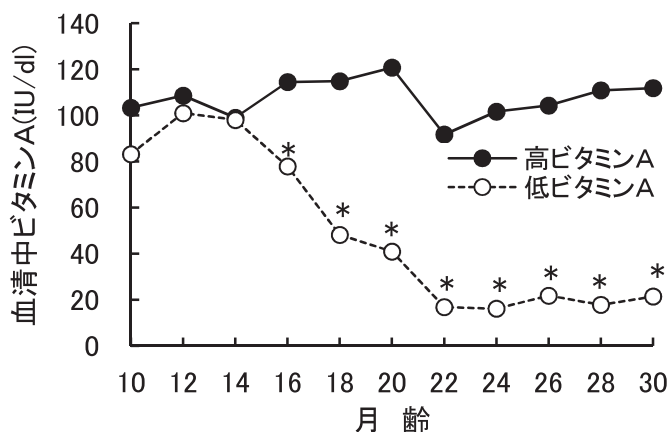


図4 血清中ビタミンA濃度の推移
*: 高ビタミンA区との間に有意差あり

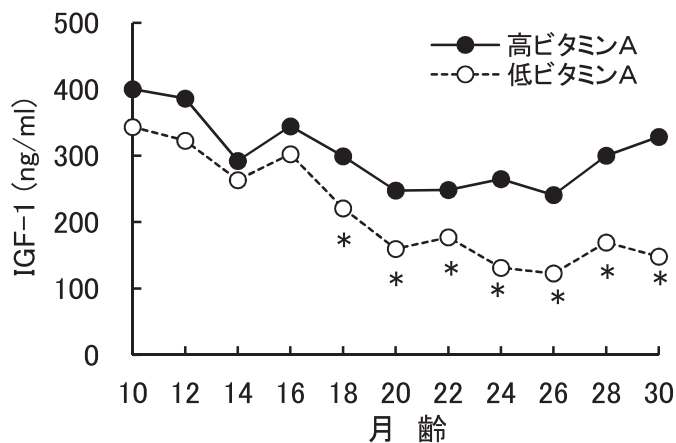


図5 血清中インスリン様成長因子-1(IGF-1)濃度の推移
*: 高ビタミンA区との間に有意差あり

を筋肉注射し、低ビタミンA区は14か月齢まで同量のビタミンAを与えた。21か月齢以降は濃厚飼料中に300IU/kgの割合でビタミンAを添加して両区に与えた。10,20及び30か月齢時に15分間隔で6時間の採血を行い、血液中成長ホルモン濃度を調べた。その結果、試験期間中の飼料摂取量は両区の間には差はみられなかったが、増体量は高ビタミンA区が低ビタミンA区よりも有意に高くなった(表3)。枝肉重量は高ビタミンA区が低ビタミンA区よりも有意に大きくなった。脂肪交雑とロース芯面積は低ビタミンA区が高ビタミンA区よりも顕著に高い値を示した。皮下脂肪厚は高ビタミンA区が低ビタミンA区よりも厚くなった(表3)。血清中ビタミンA濃度は、低ビタミ

ンA区が16か月齢以降高ビタミンA区よりも有意に低い値となった(図4)。血液中IGF-1濃度は、低ビタミンA区では徐々に低下し18か月齢以降高ビタミンA区に比べ有意に低い値で推移した(図5)。血漿中平均成長ホルモン濃度、パルス頻度及びパルス振幅も月齢が進むにつれて低下したが、両区の間には顕著な差は認められなかった(表4)。これらの結果からビタミンAがGHを介さずIGF-1レベルに影響すると考えられ、ビタミンAの増体量に対する作用にはIGF-1が関与している可能性が示唆された。また、ビタミンAの脂肪交雑に対する作用にはGHは関与していないと考えられた。

【肥育前期の給与エネルギー水準の検討】

肥育前期の粗飼料の与え方によって肥育成績が異なるが、粗飼料と濃厚飼料の比率が重要なのかそれとも粗飼料の絶対量が必要なかが明確でない。そこで、増体性が異なる黒毛和種を用いて肥育前期の粗飼料を一定量与えたとき濃厚飼料の給与量によって産肉性が異なるかどうかを調べた [12]。

供試牛は黒毛和種去勢牛で大型である広島県産 (L 区) と小型である兵庫県産 (S 区) を用い、肥育前期 (10 ~ 17 か月齢) の給与エネルギー水準によりそれぞれ 2 区に分けた。すなわち、日本飼養標準から目標とする DG を 1.0kg とした高エネルギー区 (1.0 区) と目標 DG を 0.6kg とした低エネルギー区 (0.6 区) に分け、L-1.0 区 (3 頭), L-0.6 区 (4 頭), S-1.0 区 (3

頭), S-0.6 区 (4 頭) の 4 区を設定した。粗飼料はチモシー乾草と稲ワラを用い、各区とも同量を給与した。濃厚飼料は前期配合 (TDN : 73.1%, 粗蛋白質 : 16.8%) と後期配合 (TDN : 73.0%, 粗蛋白質 : 13.3%) を用い、前期は目標 DG になるように給与量を制限し、後期 (18 ~ 29 か月齢) は飽食とした。また、10 か月齢時には 6 時間 15 分間隔で経時採血し血液中成長ホルモン濃度を RIA で測定した。

肥育前期の DG は L 区ではほぼ設定通りとなったが、S 区では 1.0 区が 0.8kg と設定より低い値となった (表 5)。体重は試験開始時より L 区が S 区より顕著に重くなっていたが、肥育前期の給与エネルギー水準は肥育終了時の体重には影響しなかった (表 5)。10 か月齢時の血液中 6 時間平均成長ホルモン濃度は、L 区が $17.2 \pm 5.1\text{ng/ml}$, S 区が $12.1 \pm 3.2\text{ng/ml}$ と

表5 肥育前期の給与エネルギー水準が体重と一日増体量(DG)に及ぼす影響

項 目	体 型				有意差	
	大型(L)		小型(S)		体 型 (L-S)	前期DG (1.0-0.6)
	前期目標DG 1.0	前期目標DG 0.6	前期目標DG 1.0	前期目標DG 0.6		
頭数	3	4	3	4		
体重(kg)						
10か月齢	330.3	328.3	305.3	295.5	*	
17か月齢	518.3 ^a	455.5 ^b	461.0 ^{ab}	423.3 ^b	*	*
29か月齢	742.7 ^a	730.5 ^a	612.3 ^b	583.5 ^b	**	
DG(kg)						
前期(11-17か月齢)	0.96 ^a	0.65 ^c	0.80 ^b	0.66 ^c		**
後期(18-29か月齢)	0.63 ^a	0.77 ^a	0.43 ^b	0.45 ^b	**	
全期間(11-29か月齢)	0.75 ^a	0.73 ^a	0.56 ^b	0.52 ^b	**	

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

表6 肥育前期の給与エネルギー水準が枝肉性状に及ぼす影響

項 目	体 型				有意差	
	大型(L)		小型(S)		体 型 (L-S)	前期DG (1.0-0.6)
	前期目標DG 1.0	前期目標DG 0.6	前期目標DG 1.0	前期目標DG 0.6		
枝肉重量(kg)	462.7 ^a	448.7 ^a	378.7 ^b	359.3 ^b	**	
脂肪交雑 (BMS No.)	3.7	3.5	3.3	4.8		
肉色 (BCS No.)	4.0	3.8	4.7	4.5		
ロース芯面積 (cm ²)	55.7 ^a	49.0 ^{ab}	45.3 ^{ab}	44.3 ^b		
バラ厚 (cm)	7.2	6.7	7.2	6.6		*
皮下脂肪厚 (cm)	2.9 ^a	2.4 ^{ab}	2.3 ^{ab}	2.0 ^b		
胸最長筋中粗脂肪含量(%)	25.1 ^a	29.6 ^{ab}	24.9 ^a	34.2 ^b		**

ab: 異符号間に有意差あり(P<0.05) **:P<0.01, *:P<0.05

有意にL区が高い値を示した。このことから増体性の違いには血液中成長ホルモン濃度が関与していると考えられた。枝肉重量はL区がS区より約80kg重くなり、バラ厚はL.0区が0.6区よりも厚くなった(表6)。

以上のことから、肥育前期に高エネルギー飼料で増体を大きくするとバラ厚は大きくなり、筋肉中の脂肪含量は少なくなると考えられた。筋肉中脂肪含量(脂肪交雑)に対する効果は小型の牛で顕著に現れることが分かった。

【牛枝肉脂肪の脂肪酸組成に対する肥育期間の影響】

近年、和牛肉の生産において脂肪交雑だけでなく美味しい牛肉を生産しようという取り組みが活発に行われている。牛肉の美味しさについての客観的な評価は難しいが、昔から食肉業者の間では脂肪の質によって牛肉の美味しさが決まると言われてきた。また、牛肉脂肪の脂肪酸組成でオレイン酸あるいはモノ不飽和脂肪酸割

合が多いと風味が良くなることが報告されている[18,20]。枝肉脂肪の脂肪酸組成は血統、給与飼料、肥育期間などによって変わることが知られている。肥育期間あるいは屠畜月齢も脂肪酸組成に影響するが[2,7,14]、それらの報告では屠畜月齢が24か月齢までと一般的な黒毛和種肥育牛の屠畜月齢に比べかなり若い。

そこで、黒毛和種去勢牛の枝肉形質及び蓄積脂肪の脂肪酸組成に及ぼす肥育期間の影響を明確にするために、同一の種雄牛から生産された10か月齢の去勢牛10頭を用いて、20か月間肥育し30か月齢で屠畜する区(20か月区)と24か月間肥育し34か月齢で屠畜する区(24か月区)にそれぞれ5頭ずつ振り分けた[6]。屠畜後、枝肉断面の皮下脂肪、筋間脂肪、筋内脂肪、腎脂肪及び胸最長筋を採取し、脂肪酸組成を測定した。その結果、枝肉格付成績には屠畜月齢の影響は認められなかった(表7)。蓄積脂肪の脂肪酸組成は、皮下脂肪では、24か月区が20か月区に比べてパルミトレイン酸割合が有意に

表7 肥育期間の違いが枝肉性状に及ぼす影響

項目	20か月区	24か月区
枝肉重量(kg)	390.8	374.4
脂肪交雑(BMS No.)	6.0	7.4
肉色(BCS No.)	3.4	3.8
ロース芯面積(cm ²)	49.4	45.6
バラ厚(cm)	7.2	6.6
皮下脂肪厚(cm)	3.1	3.2
胸最長筋粗脂肪含量(%)	33.7	37.2

表8 肥育期間の違いが枝肉脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

	脂 肪 酸 組 成 (%)											
	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	SFA ¹⁾	MUFA ²⁾	PUFA ³⁾
皮下脂肪												
20か月	2.4	1.5	22.5	5.1	9.0	56.6	2.3	0.1	0.6	34.4	63.2	2.4
24か月	2.4	2.3	22.3	7.3*	6.4	56.6	2.1	0.1	0.6	31.6	66.2	2.2
筋間脂肪												
20か月	2.5	1.6	23.7	5.4	8.6	55.3	2.2	0.1	0.6	35.3	62.3	2.4
24か月	2.3	1.6	22.6	5.7	8.2	56.8	2.0	0.1	0.5	33.7	64.1	2.1
筋内脂肪												
20か月	3.0	1.3	28.3	4.5	9.9	50.5	2.0	0.1	0.4	41.5	56.4	2.1
24か月	2.7	1.2	26.6	4.7	9.8	52.8*	1.8	0.1	0.3	39.3*	58.7*	1.9
腎臓脂肪												
20か月	2.8	0.7	26.4	2.3	19.0	46.2	2.1	0.1	0.5	48.6	49.2	2.3
24か月	2.4	0.7	24.0*	2.5	15.5*	52.6*	1.8	0.1	0.4	42.4*	55.7*	1.9

¹⁾:飽和脂肪酸(C14:0,C16:0,C18:0,C20:0の合計)

²⁾:モノ不飽和脂肪酸(C14:1,C16:1,C18:1の合計)

³⁾:多価不飽和脂肪酸(C18:2,C18:3の合計)

*:対照区との間に有意差あり(P<0.05)

増加したが、その他の脂肪酸に有意な差は認められなかった(表8)。筋間脂肪では、すべての脂肪酸において有意な差は認められなかった。しかし、筋肉内脂肪では、24か月区が20か月区に比べてオレイン酸割合とモノ不飽和脂肪酸割合が有意に増加し、飽和脂肪酸割合が有意に減少した。腎臓周囲脂肪は筋肉内脂肪よりもその差が顕著であった。このことから、黒毛和種去勢牛における20か月間から24か月間までの肥育期間の延長は、蓄積脂肪のモノ不飽和脂肪酸割合を増加させ体表に近い脂肪に比べて深部の脂肪ほどその影響が大きくなることが明らかとなった。

以上のように黒毛和種肥育牛の増体及び脂肪交雑にビタミンAが大きく影響することが分かった。肥育前期から中期にかけてビタミンAを制限すると脂肪交雑が高くなり、さらに、肥育後期にビタミンAを高レベルにすると増体量も改善されると考えられる。しかし、ビタミンAレベルをコントロールしても牛が十分に飼料を摂取しなければ良好な増体量と肉質は望めない。牛が効率よく飼料を摂取できる環境を整えることが重要と考える。また、肥育前期の給与エネルギー量を制限すると脂肪交雑が高くなったが、近年、黒毛和種では育種改良が進み増体性の優れた牛が多くなっている。大型の牛では肥育前期に制限しても脂肪交雑が高くなる可能性は低いかもしれない。また、肥育期間を長くすると牛肉の風味が良くなると言われているモノ不飽和脂肪酸割合が増加した。しかし、肥育期間を長くすると飼料効率が低下するため、美味しさを追求するのがあるいは脂肪交雑と増体量の生産性を重視するのかが目標とする牛肉を見定めた上で肥育期間を決定する必要があると考える。

[引用文献]

1. Chertow, B.S., Blamer, W.S., Baranetsky, N.G., Sivitz, W.I., Cordle, M.B. Thompson, D. and Meda, P. 1987. Effects of vitamin A deficiency and repletion on rat insulin secretion in vivo and in vitro from isolated islets. *J. Clin. Invest.*, 79:163-169.
2. Clemens, E., Arthaud, V., Mandigo, R. and Woods, W. 1973. Fatty acid composition of

- bulls and steers as influenced by age and dietary energy level. *J. Anim. Sci.* 37:1326-331.
3. Dalke, B. S., Roeder, R.A., Kasser, T.R., Veenhuizen, J.J., Hunt, C.W., Hinman, D.D. and Schelling, G.T. 1992. Dose-response effects of recombinant bovine somatotropin implants on feedlot performance in steers. *J. Anim. Sci.* 70:2130-2137.
4. Hayden, J.M., Williams, J.E., and Collier, R.J. 1993. Plasma growth hormone, insulin-like growth factor, insulin, and thyroid hormone association with body protein and fat accretion in steers undergoing compensatory gain after dietary energy restriction. *J. Anim. Sci.* 71:3327-3338.
5. Hannon, K., Gronowski, A. and Trenkle, A. 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. *Exp. Biol. Med.* 196:155-163.
6. Iwamoto, E., Oka, A. and Iwaki, F. 2009. Effects of the fattening period on the fatty acid composition of fat deposits and free amino acid and inosinic acid contents of the longissimus muscle in carcasses of Japanese Black steers. *Anim. Sci. J.* 80:411-417.
7. Leat, W.M.F. 1975. Fatty acid composition of adipose tissue of Jersey cattle during growth and development. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 85:551-558.
8. Morita, S., Fernandez-Mejia, C. and Melmed, S. 1989. Retinoic acid selectively stimulates growth hormone secretion and messenger ribonucleic acid levels in rat pituitary cells. *Endocrinol.* 124:2052-2056.
9. Mears, G.J., Mir, P.S., Bailey, D.R.C. and Jones, S.D.M. 2001. Effect of Wagyu genetics on marbling, backfat and circulating hormones in cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 81:65-73
10. Oka, A., Dohgo, T., Juen, M. and Saito, T. 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.
11. Oka, A., Iwaki, F. and Dohgo, T. 2004. Effects of vitamin A deficiency on growth hormone secretion and circulating insulin-like growth factor-I concentration in Japanese Black steers. *Anim. Sci.* 78:31-36.
12. Oka, A., Iwaki, F., Iwamoto, E. and Tatsuda,

- K. 2007. Effects of growth rate during the early fattening period on growth, carcass characteristics and circulating hormones in the different growth hormone genotypes of Japanese black steers. *Anim. Sci. J.* 78:142-150.
13. Oka, A., Maruo, Y., Miki, T., Yamasaki, T. and Saito, T. 1998. Influence of vitamin A on the quality of beef from the Tajima strain of Japanese Black cattle. *Meat Sci.* 48:159-167.
14. Rule, D.C., MacNeil, M.D. and Short, R.E., 1997. Influence of sire growth potential, time on feed, and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of the ground carcass and longissimus muscle of beef steers. *J. Anim. Sci.* 75:1525-1533.
15. Smith, S.B. and Crouse, J.D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *J. Nutr.* 114:792-800.
16. Stick, D.A., Davis, M.E., Loerch, S.C. and Simmen, R.C.M. 1998. Relationship between blood serum insulin-like growth factor I concentration and postweaning feed efficiency of crossbred cattle at three levels of dietary intake. *J. Anim. Sci.* 76:498-505.
17. Suda, Y., Nagaoka, K., Nakagawa, K., Chiba, T., Yusa, F., Shinohara, H., Nihei, A. and Yamagishi, T. 2003. Change of plasma insulin like growth factor-1 (IGF-1) concentration with early growth in Japanese beef cattle. *Anim. Sci. J.* 74:205-210.
18. 鈴木啓一, 横田祥子, 塩浦宏陽, 島津朋之, 飯田文子. 2013. 試食パネルによる黒毛和種牛肉の食味性に及ぼす肉質等級, 性と脂肪酸組成の影響の評価. *日本畜産学会報.* 84:375-382
19. Verde, L.S. and Trenkle, A. 1987. Concentrations of hormones in plasma from cattle with different growth potentials. *J. Anim. Sci.* 64:426-432.
20. Westerling, D.B. and Hedrick, H.B. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J. Anim. Sci.* 48:1343-1348.

The factors affecting the carcass characteristics and weight gain in Japanese Black steers

Akio Oka

Hyogo Prefectural Technology Center of Agriculture, Forestry and Fisheries,
Awaji Agricultural Technology Center,
Minami-Awaji, Hyogo 656-0442, Japan

[Abstract]

The effects of vitamin A on the carcass characteristics and weight gain were investigated in Japanese Black steers. Vitamin A influenced marbling in beef carcasses, and maintaining low serum vitamin A level resulted in high-degree marbling. It was considered that serum vitamin A concentration influenced marbling formation during the early fattening stage. But the restriction of vitamin A intake lowered the average daily gain (ADG). Serum concentrations of thyroid hormones, insulin-like growth factor-1 (IGF-1), insulin and growth hormone in Japanese Black steers were estimated to elucidate the mechanism of vitamin A on carcass marbling and ADG. The decrease of ADG in low vitamin A steers seemed to be affected by triiodothyronine and IGF-1. It was considered that the secretions of insulin and growth hormone might not influence the effect of vitamin A on beef marbling. The effects of growth rate during the early fattening period on growth, carcass characteristics in Japanese black steers were investigated. A high growth rate (1.0 kg/day) increased the rib thickness, and a low growth rate (0.6 kg/day) increased the fat content of longissimus muscle. The effects of the fattening period on carcass characteristics and fatty acid composition of fat deposits were evaluated in Japanese Black steers. The prolongation of the fattening period from 20 to 24 months increased the percentage of oleic acid and total monounsaturated fatty acid in intramuscular and perinephric fat. Thus it can be concluded that vitamin A, growth rate and fattening period are primary factors affecting the carcass characteristics and weight gain in Japanese Black steers.

Key words: carcass characteristics, circulating hormones, growth rate, Japanese Black steer, vitamin A