

# カルシウム制御等による高品質牛肉生産技術の開発

櫻井由美、大島藤太、阿久津麗、塩生光男<sup>1)</sup>、野沢久夫<sup>2)</sup>

1) 現 県北家畜衛生保健所、2) 現 上都賀農業振興事務所

## 要 約

本研究では、飼料中のカルシウムを制御することで、カルシウムが黒毛和種去勢肥育牛の肉質に及ぼす影響を検討した。その結果、カルシウム無添加の肥育用飼料を24ヵ月齢から8ヵ月間給与することで、脂肪交雑が高まることが明らかとなった。また、カルシウム制御期間を検証するため、カルシウム無添加の肥育用飼料を28ヵ月齢から4ヵ月間給与したところ、試験区においてビタミンA欠乏症状である前肢の異常や枝肉に水腫が発生したことから、カルシウム制御と血液中ビタミンA濃度との関連が推測された。そこで、カルシウム制御下における適切なビタミンAコントロール技術を検証した結果、ビタミンA濃度を高く維持(50~60IU/dl)した方が、増体量が大きくなることが明らかとなった。したがって、本研究では、飼料中のカルシウムの制御は、脂肪交雑の向上が期待できるが、牛の飼料摂取量が増加することから、ビタミンA濃度を高めることなどにより、肥育後期の増体量を多くして枝肉重量を確保することが必要であると考えられた。

## 目 的

近年、消費者の多様なニーズへの対応や産地間競争の激化などにより、黒毛和種の生産現場では、脂肪交雑の向上を重要視する傾向が強まっている。このことから、肥育中期においてビタミンAをコントロールして脂肪交雑を向上させる飼養管理技術が肥育農家に普及しつつあり、微量栄養素に着目した肉質改善技術も広く知られるようになってきている。

微量栄養素の一つであるカルシウムは、通常、体内において血液中濃度が一定に保たれている。ヒトにおいて栄養学的には、カルシウムを適切に摂取することにより、副甲状腺ホルモンの働きを抑制することが報告されている。カルシウムの摂取量が不足すると、血液中のカルシウム量が減少することによって、体内では血液中の濃度を一定にするために副甲状腺ホルモンが産生される。これが骨に作用し、骨からのカルシウム溶出を促進して、血液中のカルシウム濃度を一定に保つ。一方で、脂肪細胞では、余剰なカルシウムの流入が増加し、脂肪酸合成酵素の活性化及び脂肪分解と脂質酸化が阻害され、脂肪の蓄積が促進される<sup>1),2)</sup>。

生産現場では経験的に、カルシウムの低給与が肉質に良影響を及ぼすと考えられており、牛においても脂肪蓄積に作用している可能性があるが、その作用機序については、畜産分野において、これまでカルシウム添加に関する報告はあるが<sup>3)</sup>、制御した研究はなく、知見もない。

そこで、本研究では、飼料中のカルシウムを制御することで、カルシウムが黒毛和種去勢肥育牛の肉質に

及ぼす影響を検討した。

## 材料及び方法

### 試験1 カルシウム無添加の肥育用飼料を24ヵ月齢から8ヵ月間給与したことによる肉質への影響

#### 1. 供試牛および試験区分

栃木県畜産酪農研究センター芳賀分場産黒毛和種去勢牛8頭を用いた。試験期間は、出荷前の8ヵ月間(24ヵ月齢から32ヵ月齢)であり、23ヵ月齢まで、カルシウム製剤(炭酸カルシウム)を含む配合飼料を用いて、全頭とも同じ条件で肥育し、23ヵ月齢に達した時点で試験区4頭、対照区4頭に区分した。試験区分は、試験区：肥育後期の8ヵ月間(24~32ヵ月齢)に、対照区の配合飼料に添加されているカルシウム製剤を除いたカルシウム無添加の配合飼料を給与してカルシウムを制御する区、対照区：32ヵ月齢まで慣行の市販配合飼料を継続給与する区とした。

また、血液中ビタミンA濃度は、両試験区とも慣行の方法でコントロールを行った。

表1 配合飼料中の成分値(乾物中%)

項目(乾物中%)	試験区 (カルシウム製剤無添加飼料)	対照区 (市販配合飼料)
DM	87.5	87.9
TDN	75.6	75.9
CP	15.6	15.6
Ca	0.20	0.40
P	0.62	0.60

## 2. 給与方法

飼料は、一日2回、配合飼料と細断した稲わらを混合した無水TMR形態でドアフィーダーを用いて飽食給与し、残飼を毎日測定した。飲水は、ウォーターカップ宇及び水飲み場を設置し、自由飲水とした。

## 3. 調査項目

飼料摂取量は、給与量から残飼量を引いて算出した。給与期間中の体重は1ヵ月ごとに測定し、日増体量(D.G)を算出した。また、体内のカルシウム代謝への影響を調査するため、血液は、1ヵ月ごとに朝の飼料給与後のおおむね4時間後(13:00~14:00)に、頸静脈から真空採血管で採血し、遠心分離を行い、得られた血漿を冷凍して株式会社江東微生物研究所に搬送し、血液中のカルシウム濃度、骨吸収マーカーであるI型コラーゲン架橋N-テロペプチド(NTX：骨破壊の指標)の分析を依頼した。枝肉成績は、日本格付協会の牛枝肉取引規格に従って評価した。

### 試験2 カルシウム無添加の肥育用飼料を28ヵ月齢から4ヵ月間給与したことによる肉質への影響

カルシウム制御期間を検証するために、黒毛和種去勢牛8頭を用い、出荷前の4ヵ月間(28ヵ月齢から32ヵ月齢)、試験1と同様に、試験区にのみカルシウム無添加の配合飼料を給与し、飼料摂取量、D.G、血液中のカルシウム濃度、NTX、枝肉成績を調査した。

### 試験3 カルシウム制御下における適切なビタミンAコントロール技術の検証

試験2の結果から、カルシウム制御と血液中ビタミンA濃度との関連が推測されたことから、試験3を実施した。

#### 1. 供試牛および試験区分

栃木県畜産酪農研究センター芳賀分場産黒毛和種去勢牛8頭を用いた。試験期間は、出荷前の8ヵ月間(22ヵ月齢から30ヵ月齢)であり、21ヵ月齢までカルシウム製剤を含む配合飼料を用いて、全頭とも同じ条件で肥育し、21ヵ月齢に達した時点で試験区4頭、対照区4頭に区分した。試験区分は、試験区：22ヵ月齢以降の血液中ビタミンA濃度を高め(50~60IU/dl)に維持する区、対照区：慣行区(30~50IU/dlに維持する区)とし、両試験区とも、22ヵ月齢から30ヵ月齢までカルシウム無添加の配合飼料を給与した。

給与方法は試験1と同様であり、調査項目は、実験1の項目に加え、毎月採血を行い、血液中ビタミンA濃度の推移を調査した。ビタミンA濃度は、県中央畜保健衛生所に分析を依頼した。

## 結果及び考察

### 試験1 カルシウム無添加の肥育用飼料を24ヵ月齢から8ヵ月間給与したことによる肉質への影響

試験期間中のD.Gは、両試験区とも同様の傾向を示したが(図1)、試験期間中の飼料摂取量は試験区が多くなる傾向が認められた( $p<0.06$ ) (表2)。また、枝肉格付は、試験区の方が対照区に比べてA5率が高くなり(表3)、炭酸カルシウムを添加しない飼料を8ヵ月間肥育牛に給与すると、枝肉成績の向上が期待できると考えられた。開始時体重からの増体量、枝肉重量、胸最長筋面積、バラの厚さ、背脂肪の厚さ、歩留基準値は試験区間に有意な差は認められなかった。したがって、カルシウム無添加の肥育用飼料を24ヵ月齢から8ヵ月間給与することで、脂肪交雑が高まることが明らかとなった。

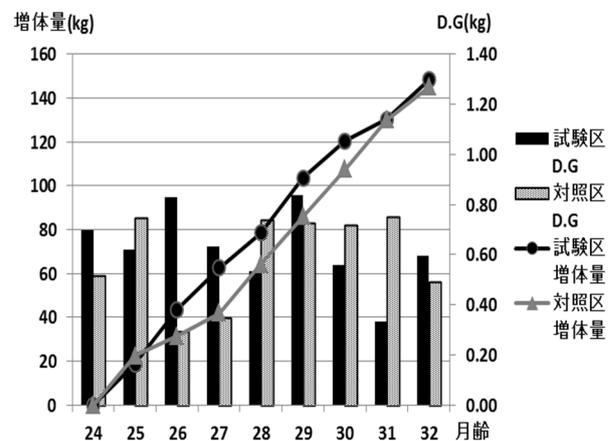


図1 開始時体重からの増体量及び月齢毎のD.G

表2 飼料摂取量及び粗収入

		区分	試験区	対照区
摂取量	飼料摂取量計(kg)		2,627( $p<0.06$ )	2,233
	うち配合飼料		2,417	2,054
	うち稲わら		210	179
飼料費	飼料費計(円)		166,720	141,715
	うち配合飼料(@64.2)		155,161	131,890
	うち稲わら(@55)		11,559	9,825
枝肉価格(円)		923,591	889,792	
粗収入(円)	枝肉価格-飼料費		756,871	748,077
粗収入比較	試験区/対照区		1.01	

表3 枝肉成績

項目	試験区(n=4)	対照区(n=4)
枝肉重量(kg)	586.5	549.0
胸最長筋面積(cm <sup>2</sup> )	66.3	53.3
バラの厚さ(cm)	8.4	8.7
皮下脂肪の厚さ(cm)	3.0	3.1
脂肪交雑(BMS No.)	9.0	7.8
格付:頭数	A5:4頭	A5:2頭、A4:2頭

さらに、体内のカルシウム代謝への影響を調査したところ、血液中のカルシウム濃度は、両試験区とも常時11mg/dl程度に保たれているものの、NTXが28ヵ月齢に高くなる傾向が認められた(p<0.06)(図2)。カルシウム制御開始後4ヵ月の28ヵ月齢には、牛体内のカルシウムが欠乏、骨を破壊して骨内のカルシウムを血液中に放出することで、血液中カルシウム濃度を維持したと考えられた。

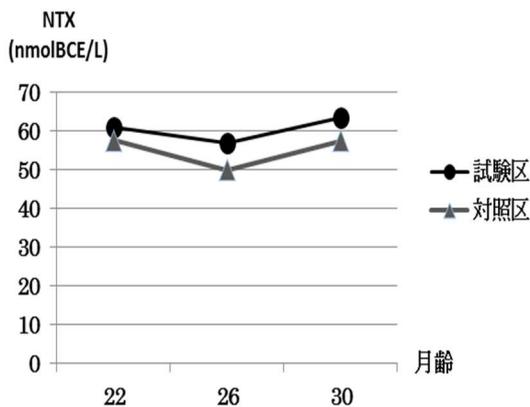


図2 骨吸収マーカー(NTX)の推移

### 試験2 カルシウム無添加の肥育用飼料を28ヵ月齢から4ヵ月間給与したことによる肉質への影響

1頭あたり飼料摂取量、D.G、枝肉格付とも試験区間に有意な差は認められなかった(表4)。D.Gの平均値は試験区の方が大きかったが、個体間のばらつきが大きいことから、試験区間では差が出なかったものと推察された。一方、試験区では、ビタミンA欠乏症状である前肢の異常や枝肉に水腫が発生した。

ビタミンAは、破骨細胞の活性を刺激し、骨からのカルシウムの放出を増加させることが報告されていることから<sup>4)</sup>、試験2では、カルシウム制御と血液中ビタミンA濃度との関連が推測された。

表4 飼料摂取量及びD.G

区分	頭数(頭)	飼料摂取量(kg)	D.G(kg)
試験区	4	1,298	0.77
対照区	2	1,048	0.53

### 試験3 カルシウム制御下における適切なビタミンAコントロール技術の検証

対照区の1頭については、試験開始から6ヵ月後に急性誇張症により死亡したため、対照区は3頭を供試

牛とした。BMS No.には試験区間で有意な差は認められなかったが(表5)、増体量は、試験区の方が対照区に比べて有意に高い値を示した(p<0.05)(図4)。骨吸収マーカーであるNTX(骨破壊の指標)は、試験区の方が対照区に比べて高い傾向にあったが、両試験区とも同様の推移を示した(図5)。したがって、ビタミンA濃度を高く維持(50~60IU/dl)した方が、増体量が大きくなることが明らかとなった。

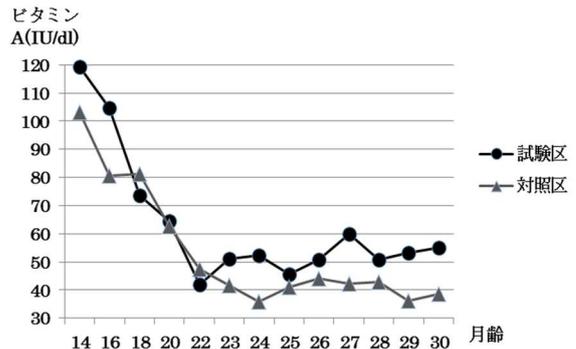


図3 血中ビタミンA濃度の推移

表5 枝肉成績

項目	試験区(n=4)	対照区(n=4)
枝肉重量(kg)	586.5	549.0
胸最長筋面積(cm <sup>2</sup> )	66.3	53.3
バラの厚さ(cm)	8.4	8.7
皮下脂肪の厚さ(cm)	3.0	3.1
脂肪交雑(BMS No.)	9.0	7.8
格付:頭数	A5:4頭	A5:2頭、A4:2頭

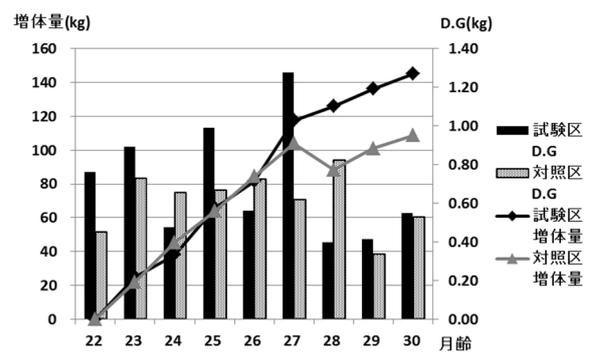


図4 開始時体重からの増体量及び月齢毎のD.G

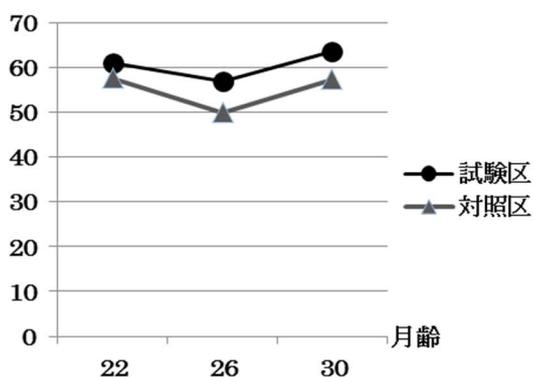


図5 骨吸収マーカー (NTX) の推移

の飼料摂取量が増加することから、ビタミンA濃度を高めることなどにより、肥育後期の増体量を多くして枝肉重量を確保することが必要であると考えられた。

表6 飼料摂取量及び粗収入

区分		試験区	対照区
摂取量	飼料摂取量計(kg)	2,721	2,450
	うち配合飼料	2,503	2,254
	うち稲わら	218	196
飼料費	飼料費計(円)	172,686	151,430
	うち配合飼料(@64.2)	160,713	140,650
	うち稲わら(@55)	11,972	10,780
枝肉販売価格(円)		1,410,687	1,281,548
粗収入(円)	枝肉販売価格-飼料費	1,238,001	1,130,118
粗収入比較	試験区/対照区	1.10	

また、試験1及び試験3において「販売価格－飼料費」に試験区間の差は認められなかったものの、試験3では試験区の方が対照区と比較して、増体量が有意に高く、枝肉重量が大きくなったことから、「販売価格－飼料費」は対照区に比べて約1割高くなった(表5, 表6)。

以上の試験1から試験3の結果より、飼料中のカルシウムの制御は、脂肪交雑の向上が期待できるが、牛

### 参考文献

- 1) Zemel MB, Shi H, Greer B, Dirienzo D, Zemel PC. Regulation of adiposity by dietary calcium. FASEB J. 2000 ; 14 : 1132-1138.
- 2) Michael B, Zemel P, Facn. Review : The Role of Dairy Foods in Weight Management. Journal of the American College of Nutrition. 2005 ; Vol.24, No.6 : 537S-546S.
- 3) 岩木史之・岡 章生 第二リン酸カルシウム給与が黒毛和種去勢肥育牛の産肉性に及ぼす影響 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 2003 ; 39 : 6-9.
- 4) Lijuan H, Thomas L, Anders S, Annica Jacobson, Hakan M. Retinoic Acid Increases Proliferation of Human Osteoclast Progenitors and Inhibits RANKL-Stimulated Osteoclast Differentiation by Suppressing RANK. PLoS ONE. 2010 ;Vol. 5, Issue10 : e13305.