

原 著

乾草自由採食下における濃厚飼料のタンパク質水準が
黒毛和種去勢育成牛の発育・飼料摂取量および血液性状に及ぼす影響

杉本 昌仁・八代田千鶴・佐藤 幸信・宮崎 元・寒河江洋一郎

北海道立新得畜産試験場, 新得町 081-0038

Effect of protein level of concentrates on performance, feed intake and
blood constituents in early-weaned growing Wagyu steers fed hay ad libitumMasahito SUGIMOTO, Chizuru YAYOTA, Yukinobu SATO, Hajime MIYAZAKI
and Yoichoro SAGAE

Hokkaido Prefectural, Shinotoku Animal Husbandry Experiment Station, Shintoku-cyo 081-0038

キーワード : タンパク質含量, 黒毛和種去勢育成牛, 発育, 飼料摂取量, 血液性状

Key words : protein contents, growing Wagyu steers, performance, feed intake, blood constituents

Abstract

The present study aims to determine the effect of the level of protein contents of feeds on feed intake, growth performance and some physiological changes of beef steers during a 6 months growing trial. Fifteen Japanese Black steers approximately weighing 100kg and weaned at the age of 3 months were assigned to three treatment groups with 5 replicates in each treatment. The treatments were 25% (HP), 20% (MP) and 15% (LP) of crude protein levels of concentrate. Steers were given 50gDM/MBS of concentrate and chopped hay ad libitum daily.

Results of the study showed that protein supplementation had no effect on concentrate intakes of the steers among treatment groups. The hay intakes of the steers increased with the level of protein contents 39.6, 41.7, and 46.4gDM/MBS for LP, MP and HP respectively. Thus the total dry matter intake tended to increase with the level of protein contents of concentrate.

Average daily gain, heart girth and belly girth gains of steers in HP was highest in the three treatments, but the difference was not significant.

The serum nonesterified fatty acids concentration in HP group was lowest in the treatments; 77.1 μ Eq/l and significantly different among treatments ($P < 0.01$). The serum urea nitrogen and triiodothyronine level of HP group was 13.5mg/dl, 1.6ng/ml respectively, and were significantly different from MP and LP ($P < 0.01$). The serum thyroxine level tended to be low in LP group.

We can suggest that early-weaned growing Wagyu steers should be given the HP concentrate diet until 9 months of age.

要 約

濃厚飼料の粗タンパク質 (CP) 含量の違いが黒毛和種去勢育成牛における発育および飼料摂取量に及ぼす影響を検討した。3か月齢で離乳した子牛を15頭用い、給与する濃厚飼料のCP含量で3水準(25% : HP, 20% : MP, 15% : LP)を設け、それぞれに5頭ずつ配置した。離乳時の平均体重は約100kgであった。濃

厚飼料の給与量は各区とも50gDM/MBSとし、乾草は自由採食させた。濃厚飼料の摂取量は設定どおりで処理間に差はなかったが、濃厚飼料のCP含量を高めると乾草の摂取量が増加する傾向にあった(LP: 39.9gDM/MBS, MP: 41.8gDM/MBS, HP: 45.1gDM/MBS)。したがって、乾物摂取量(DMI)ではLPからHPへと増加する傾向が見られた。

平均日増体量・胸囲の発育量・腹囲の発育量は、MPやLPと比べてHPで高くなる傾向にあった。体高は、MPやLPと比べてHPで高くなる傾向にあった。LP

におけるCPの充足率は6か月齢まで100%を下回り、MPでも6か月齢まではようやく100%を満たす程度であったが、HPでは7か月齢以降に130%以上となった。

血漿グルコース (Glu) 濃度は、どの月齢においても処理間に有意差は認められなかった。血清インスリン (Ins) 濃度は、6か月齢以降において、MPが他の2区と比較して高値で推移する傾向にあった。血清遊離脂肪酸 (NEFA) はMPやLPと比較してHPで低い値を示した ($P < 0.01$) が、MPとLPの間に有意差はなかった。血清尿素窒素 (UN) およびトリヨードサイロニン (T3) は、MPやLPと比べてHPで高い値を示した ($P < 0.01$)。MPとLPに差はなかった。サイロキシン (T4) はLPで低くなる傾向にあった。

本試験の結果、3か月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛に対して給与する濃厚飼料のCP含量を25%まで高めることにより乾物摂取量を向上させ体重および体高の発育を高めることが示された。

結 言

肉用牛では5~6か月齢まで授乳していることが一般的に行われてきた (山根, 1982)。日本飼養標準 (1995) でも体重150 kg, すなわち約5か月齢までは母牛が授乳していることを前提に要求量が示されている。しかし最近、採食性に優れた素牛に育成するため、3~4か月齢といった早期離乳の有効性が認識されるようになってきており、MYERS *et al.* (1999) は、152日齢離乳および215日齢離乳の子牛よりも90日齢で離乳した子牛の方が発育や飼料効率が高かったことを報告した。

母乳は良質のタンパク白質やミネラルなどを含有し、離乳が早いほどこれら栄養分の補給に注意を払う必要がある (日本飼養標準, 1995) といわれているが、そのためには良質な粗飼料を十分に与えることに加え濃厚飼料の適切な給与技術に対する知見が重要である。このことについて杉本ら (2000) は、良質乾草を自由採食させる条件下において、3か月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛に給与する濃厚飼料水準を代謝体重 (MBS) あたり50 gDMとするのが適当だとしている。また、崎田ら (1996) は、体重比1.2%の濃厚飼料を給与して育成 (4か月齢~9か月齢) した素牛で肥育期間の採食性や増体が良かったことを報告した。しかしこれらの研究では、用いる濃厚飼料の栄養価、特にタンパク質の影響については十分な検討がなされていない。

そこで、本試験では3か月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛の育成期に乾草自由採食下で給与する濃厚飼料のCP含量の違いが発育・飼料摂取量および血液性状に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

(1) 供試牛および試験処理

3か月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛15頭を供試した。試験処理として、濃厚飼料の設定CP含量で25% (HP)・20% (MP)・15% (LP) の3水準設け、それぞれに5頭ずつ配置した。試験期間は9か月齢までとした。

(2) 飼料および飼養方法

濃厚飼料は試験処理に合わせて配合したものを用いた (表1)。すなわち、HPには市販の育成用配合飼料をベースに乾物量の約15%を大豆粕で代替した飼料を、LPは50%を圧ぺん大麦で代替した飼料を用いた。MPには育成用配合飼料をそのまま用いた。給与量は50 gDM/MBS/day (杉本ら, 2000) と設定した。粗飼料は、約5 cmに細切したチモシー主体乾草を自由採食させた。水およびミネラル固形塩も自由摂取とした。飼料給与は9:30および16:00の1日2回とし、残食量を毎日記録した。

試験期間中は屋外で群飼育とした。飼育場所には牛舎の屋外パドック (10.8 m × 6.3 m) を利用した。パドックの床はコンクリート製で、シェルターとしてカーフハッチを各処理区に3台ずつ設置した。

(3) 調査項目および試料採取

離乳時に体重および体尺測定を行った。以後体重測定は2週間隔で、体尺測定は4週間隔で実施した。4か月齢から4週間隔で頸静脈から採血を行ない、フッ化ナトリウム加採血管に約2 ml, 血清分離剤加採血管に約9 mlを取り分けた。フッ化ナトリウムを加えた血液は速やかに血漿を分離し (3000 rpm・10分)、採取当日中にグルコース (Glu) 含量を測定した。血清分離剤

Table 1 Ingredients and chemical composition of the experimental feeds

Item	Level of protein content ^a			Hay
	HP	MP	LP	
Ingredients ^b				
Formula feed, %	84.9	100	49.9	-
Rolled barley, %	-	-	50.1	-
Soybean meal, %	15.1	-	-	-
Chemical composition				
Dry matter, % of FM	84.5	84.4	84.5	82.9
Organic matter, % of DM	94.0	94.1	95.9	93.4
Crude protein, % of DM	24.5	19.8	16.2	12.7
Neutral detergent fiber, % of DM	17.1	18.2	16.8	73.2
Acid detergent fiber, % of DM	8.6	8.8	7.5	42.2
Crude fat, % of DM	2.6	2.9	2.4	1.9
Total digestible nutrients, % of DM	84.5	84.1	84.1	57.0

^aHP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

^bDry matter basis

加採血管に採取した血液は、採取後 37°C のインキュベーター内に 10~15 分間放置してから血清を分離 (3000 rpm・10 分) し、分析まで -30°C で保存した。試験終了時に超音波測定器 (スーパーアイミート, 富士平工業) による皮下脂肪厚の測定を行なった。測定部位は、肩胛骨の後端部とした。

(4) 分析項目および分析方法

供試した飼料 (乾草・育成用配合飼料・大豆粕・圧ぺん大麦) の成分組成を分析した。分析項目は、乾物 (DM)・有機物 (OM)・粗脂肪 (CF)・中性デタージェント繊維 (NDF)・酸性デタージェント繊維 (ADF)・粗タンパク質 (CP) とした。分析は常法 (小坂, 1994) に従った。乾草については *in vitro* 乾物消化率 (IVDMD) を測定し、IVDMD から可消化養分総量 (TDN) を推定した。育成用配合飼料の TDN 含量は、メーカー保証値を DM 含量 (実測値) で除して算出した。大豆粕および圧ぺん大麦の TDN 含量は日本標準飼料成分表 (1995) の値を用いた。乾草および濃厚飼料の成分組成ならびに可消化養分含量を表 1 に示した。

血清の分析項目は、遊離脂肪酸 (NEFA)・尿素窒素 (UN)・インスリン (Ins)・トリヨードサイロニン (T3)・サイロキシニン (T4) とした。NEFA・UN・Glu は、自動分析機 (Beckman, CX7) で比色定量し、Ins・T3・T4 の定量には市販のキット (Boehringer Mannheim, エンチムンテスト) を用いた。

(5) 衛生管理

離乳時にビタミン AD3E 剤 (文永堂, AD3E 注; パルミチン酸レチノール: 500,000 IU/ml, コレカルシフェロール: 75,000 IU/ml, 酢酸トコフェロール: 100 mg/ml) を筋肉注射した。投与量は 0.5 ml/頭とした。ビタミン A に換算すると 25 万 IU である。試験期間中の健康状態は、毎日朝の飼料給与時に確認した。

(6) 統計処理

計算には SAS の GLM プロシジャを用いた (SAS, 1995)。血液成分のデータは、濃厚飼料の CP 水準 (試験処理) を 1 次因子とし、月齢および試験処理×月齢の交互作用を 2 次因子とする分割区法として解析した (竹内ら, 1990; GILL, 1986)。試験処理×月齢の交互作用が有意となった場合は、月齢の進行にともなう変動が試験処理間で異なると見なし、CONTRAST ステートメントを用いて傾向性の検定 (竹内ら, 1990; HESS *et al.*, 1994) を各試験処理ごとに行なった。他のデータは試験処理を要因とする一元配置分散分析を行ない、平均値間の差の検定には SCHEFFE 法を用いた。

結 果

飼料摂取量を表 2 に、月齢にともなう推移を図 1 に示した。群飼育したため、飼料摂取量の統計的検定はしなかった。濃厚飼料の摂取量は設定どおり 50 gDM/MBS であった。乾草の摂取量は HP で 46.4 gDM/MBS, MP で 41.7 gDM/MBS, LP で 39.6 gDM/MBS であり、濃厚飼料の CP 含量が高まるにつれて

Table 2 Effect of the level of protein contents of feeds on feed intake in Wagyu steers^a.

Item	Level of protein content ^b		
	HP	MP	LP
Feed intake, gDM/MBS/day			
Concentrate	49.4	49.8	49.5
Hay	46.4	41.7	39.6
Total	95.8	91.4	89.1
TDN ^c intake, g/MBS/day	68.5	65.9	64.4
NDF ^d intake, g/MBS/day	42.2	39.3	37.1
CP ^e intake, g/MBS/day	18.2	15.4	13.2

^aNo statistical analysis for this data.

^bHP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

^cTotal digestible nutrients

^dNeutral detergent fiber

^eCrude protein

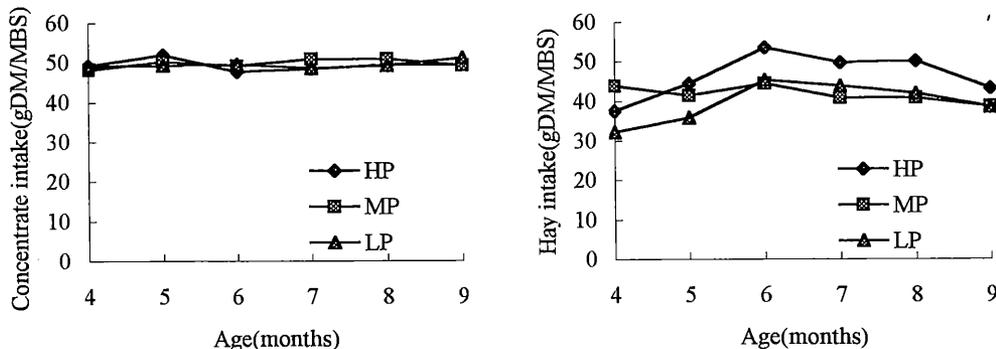


Figure 1 Effect of level of protein content of feeds on concentrate and hay intake in Wagyu steers.

HP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

乾草の摂取量は増加する傾向にあった。したがって、合計の乾物摂取量は LP から HP へと高まる傾向を示した。用いた濃厚飼料中の TDN 含量には差がなく約 84% であったが、TDN 摂取量は LP から HP へと増加する傾向にあった。NDF 摂取量は、MP および LP と比べて HP で高くなる傾向が見られた。CP 摂取量は LP から HP へ増加傾向にあった。

供試牛の発育を表 3 に示した。平均離乳日齢は 93~99 日で離乳体重は約 100 kg であった。試験終了日齢は平均で 273~276 日齢の範囲にあり、終了体重は HP が 283.1 kg, MP が 273.8 kg, LP が 273.2 kg となった。試験期間中の平均日増体量は HP で大きくなる傾向にあった。試験期間中における体高の発育は、HP で高くなる傾向にあった。同様に、胸囲と腹囲の発育も HP で高くなる傾向にあった。試験終了時における「体重/体高比」および「腹囲/胸囲比」には処理間差がなかった。試験終了時における皮下脂肪厚は差が認められなかった。飼料要求率は MP で小さく、LP で大きくなる傾向が見られた。

日本飼養標準(1995)から算出した CP 要求量に対する充足率の推移を図 2 に示した。要求量の計算に先立って、月齢にともなう体重の推移を SAS の CONTRAST ステートメントを用いて傾向性の検定を行った(竹内ら, 1990)。1 次項~5 次項の効果を検討したところ、1 次項だけが有意($P<0.01$)となったため体重の変化はどの区も直線的だとみなされた。そこで要求量の計算に用いる日増体量は全て表 3 の ADG を用いた。LP では 6 か月齢まで CP 要求量を満たしていなかった。MP でも 6 か月齢までは約 100% であった。HP では 7 か月齢以降の CP 充足率が 130% を超えた。

血中 Glu および Ins 濃度は、試験処理×月齢の交互

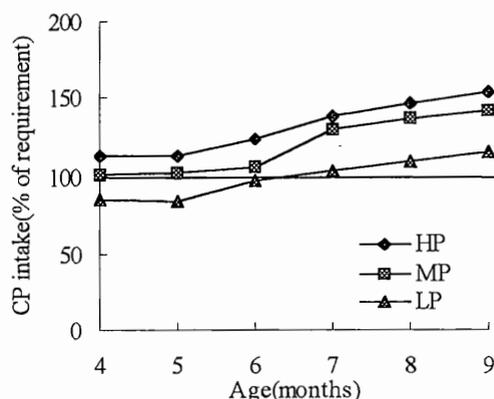


Figure 2 Effect of the level of protein contents of feeds on crude protein intake in Wagyu steers.

HP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

Protein requirement was calculated from Japanese Feeding Standard for Beef Cattle (1995)

作用が有意となったため処理間で加齢にともなう変動が異なると見なされた(図 3)。Glu における傾向性の検定では、MP で 1 次項 ($P<0.01$)・2 次項 ($P<0.05$)・3 次項 ($P<0.05$) が有意で、LP でも 1 次項 ($P<0.01$) が有意となり月齢にともなう減少が認められたのに対して、HP では 2 次項 ($P<0.01$)・3 次項 ($P<0.05$)・4 次項 ($P<0.01$) が有意となり月齢にともなう上下変動が見られただけであった。しかし、どの月齢においても試験処理間に差は見られなかった。Ins では、MP および LP は 1 次項 ($P<0.01$) だけが有意となり、月齢の進行とともに直線的に増加することが示された。一方 HP では、1 次項 ($P<0.01$) と 2 次項 ($P<0.05$) の両方が有意となり曲線的な推移を示

Table 3 Effect of the level of protein contents of feeds on growth performance in Wagyu steers.

Item	Level of protein content ^a						P
	HP		MP		LP		
	mean	se	mean	se	mean	se	
Initial weight, kg	100.5	7.1	104.4	7.1	100.9	7.1	0.91
Final weight, kg	283.1	16.1	273.8	16.1	273.2	16.1	0.89
Average daily gain, kg	1.04	0.05	0.94	0.05	0.96	0.05	0.39
Withers height gain, cm	24.7	1.0	21.0	1.0	22.4	1.0	0.06
Heart girth gain, cm	47.2	2.1	43.2	2.1	41.8	2.1	0.20
Belly girth gain, cm	66.6	3.0	59.4	3.0	58.4	3.0	0.15
Weight/height ratio ^b	2.5	0.1	2.5	0.1	2.5	0.1	0.83
Belly/heart ratio ^c	120.5	0.9	118.1	0.9	119.5	0.9	0.22
Backfat depth ^d , cm	0.86	0.08	0.66	0.08	0.86	0.08	0.15
DM intake/gain	5.0	—	4.9	—	5.3	—	—

^aHP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

^bWeight/height ratio was calculated as follows; body weight/withers height×100, used values obtained at the end of the experiment (9mo).

^cBelly/heart ratio was calculated as follows; belly girth/heart girth×100, used values obtained at the end of experiment (9mo).

^dBackfat depth was measured at the end of the experiment (9mo).

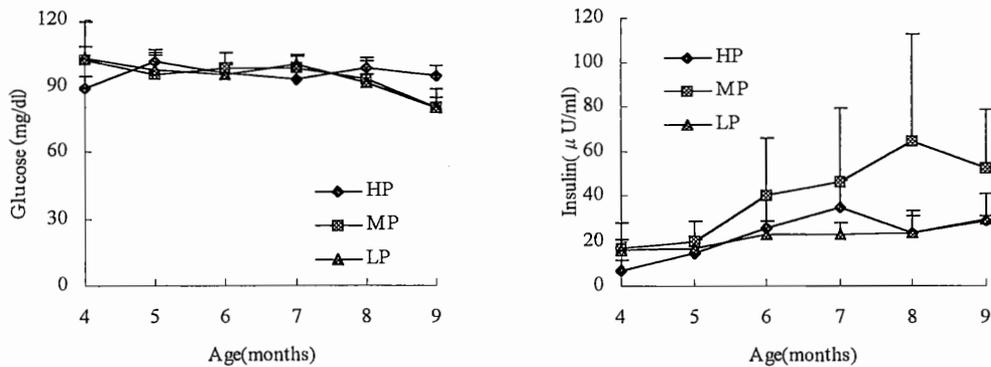


Figure 3 Effect of the level of protein contents of feeds on plasma glucose and serum insulin concentration in Wagyu steers.

HP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.
A treatment×age interactions were detected.

Table 4. Effect of the level of protein contents of feeds on blood constituents in Wagyu steers^a.

Item	Level of protein content ^b						P	Contrast ^c	
	HP		MP		LP			Linear	Quadratic
	mean	se	mean	se	mean	se			
Nonesterified fatty acids, μEq/l	77.1 ^B	12.2	117.4 ^{AB}	12.3	130.8 ^A	12.5	<0.01	0.79	0.85
Urea nitrogen, mg/dl	13.5 ^A	0.5	10.7 ^B	0.5	9.2 ^B	0.5	<0.01	0.10	0.25
Triiodothyronine, ng/ml	1.6 ^A	0.1	1.3 ^B	0.1	1.2 ^B	0.1	<0.01	0.44	0.17
Thyroxin, μg/dl	8.7	0.3	8.5	0.3	7.7	0.3	0.06	0.21	0.12

^aNo treatment×age interactions (P>0.05) were detected.

^bHP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

^cObserved significance level for linear and quadratic effects of age.

^{A,B}Least squares means in the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

した。また、6か月齢以降においてMPが他の2区と比較して高値を示す傾向がみられた。GluとIns以外の血液成分値は表4に示した。濃厚飼料中のCP含量を高めると血中NEFAは低下した (P<0.01)。UNは、濃厚飼料のCP含量の増加に伴って高くなり、MPおよびLPと比較してHPでは有意に (P<0.01) 高い値を示した。T3はHPで有意に高い値を示し (P<0.01)、T4はLPで低くなる傾向が見られた。

考 察

本試験では、乾草も含めた摂取飼料中のCP含量が、平均でそれぞれ19% (HP)・17% (MP)・15% (LP)と算出された。飼料中の窒素含量はDMIに影響し (ALBRO, 1993)、タンパク質飼料を添加すると粗飼料の摂取量が向上するといわれている (McCOLLUM and GALYEAN, 1985; CATON *et al.*, 1988)。ANDERSON *et al.* (1988) は、CP含量が10%の飼料を給与した肥育牛で、12%および14%の飼料を給与した牛より飼料摂取量が低下する傾向にあると報告した。また DELCURTO *et al.* (1990) の研究では、2.9%CPの乾草を基礎飼料とし、CP含量が12%・28%・41%の濃厚飼料を肉牛に給与したところDMIは28%の区が最も高く12%の区が最も低かった。本試験では、粗飼料として

CP13%程度の良質乾草を給与して試験を行ったが、濃厚飼料のCP含量を15%から25%へ高めると乾草の摂取量が増加する傾向にあり、飼料中のタンパク質含量を高めるとDMIが向上するとしたこれらの報告と同様の結果が得られた。

ANDERSON *et al.* (1988) は、CP含量が10%の飼料を給与した肥育牛で、12%および14%の飼料を給与した牛より増体が低かったとしている。本試験では育成牛での試験を行っているが、HPと比較してMPやLPでADGが低くなる傾向にあった

HPでは他の処理区と比較して体高の発育が高くなる傾向にあった。小沢 (1994) は、素牛の体高が高ければ高いほど肥育期に入ってから増体に優れることを指摘している。このことは、育成期の発育が体重の増加だけでなく体高など骨格の発育にも考慮する必要があることを示唆している。また、体重/体高比は「Fattening index」(Oka, 1999)と呼ばれ、肥満の程度を表す指標と考えられている。本試験のHPはADGも大きくなる傾向にあったが、育成終了時の体重/体高比は他の区と差はなく、HPの体重増が肥満によるものではないことが示された。

CP充足率 (図1)を見ると、MPでも6か月齢まではかろうじて満たしているという程度であり、LPで

は6か月齢までは要求量を下回った。HPでは、7か月齢以降充足率が130%を超え、CP摂取量が過剰になることが示唆された。一方、血中UN濃度をみると、HPで有意に高い値を示した($P < 0.01$)がその値は平均で13.5 mg/dlであり、月齢にともなう増減は統計的に認められなかった。血中UN濃度は20 mg/dlを超えるとタンパク質やエネルギー摂取の過不足と疑われるが、本試験のHPでは正常な範囲内であったと考えられる。

Ins・T3・T4は生体内で物質代謝を調節しているが、いずれもanabolic hormon(s)と呼ばれ(VERDE and TRENKLE, 1987)同化作用を導いている。特に、T3とT4の主な作用はタンパク質合成を促して正の窒素平衡を起こすこと(堀江, 1997)とされている。また、T3・T4のタンパク質同化作用は成長ホルモン(GH)との共同作用によるもので幼動物においてその作用が大きい。VERDE and TRENKLE (1987)は、代謝体重当たりの乾物摂取量が大きく成長速度の速い大型種牛の方が小型種牛よりも血中のT3・T4濃度は高かったとしている。本試験ではHPでT3が有意に高い値を示し、T4はLPで低くなる傾向が見られた。T3はT4の約10倍の親和性をもって標的細胞に結合し、それに比例して大きい生物学的活性をもっている(堀江, 1997)。OKA *et al.* (1998)は、ビタミンAを制限した肥育牛でT3が低値で発育も低かったことを指摘し、HAYDEN *et al.* (1993)もT3およびT4が増体および乾物摂取量と正の相関を示すと報告した。血中甲状腺ホルモンレベルから考えると、HPではMPやLPよりもタンパク質合成が促進されていたと推察されるが、このことは、HPで発育が大きくなる傾向にあったことを支持する結果と考えられる。一方ANDERSON *et al.* (1988)は、飼料中のCP含量と血中T3・T4濃度に関係がないとしており、本試験とは異なった結果を報告している。これは、ANDERSON *et al.* (1988)の試験が本試験より低いCPレベルでの比較をしているためではないかと推察される。本試験においてもMPとLPの間には有意な差が認められなかった。

一般に、エネルギー摂取量が高まるにつれて血中のIns濃度は上昇する(WAGHORN *et al.*, 1987)といわれており、体脂肪の動的平衡が正の方向に傾く。STEEN (1996)は、ME摂取量が同じでもタンパクの高い飼料を給与したウシの方が枝肉中の脂肪含量が多かったとしており、WAGHORN *et al.* (1987)も羊を用いた試験でタンパク摂取量が多くなると血中GH濃度が減少し脂肪合成が高まると報告している。本試験ではLPからHPへと、CP摂取量だけでなくTDN摂取量も増加する傾向にあったが、血中Ins濃度はHPで高まるようなことはなかった。また、体重/体高比や皮下脂肪厚には処理間差がなく、HPで脂肪蓄積が高まっているとは認められなかった。これは、

STEEN (1996)やWAGHORN *et al.* (1987)が用いた動物と本試験で供試した動物の成長ステージが異なることに起因するのかもしれない。本試験では3~9か月齢の育成牛で試験を行っており、6か月間で体重は2.7~2.8倍になっている。このような発育の著しい時期では飼料中のCP含量を高めても脂肪蓄積の増加には寄与しないものと考えられた。

本試験の結果、CP13%程度の良質乾草を自由採食させ、50 gDM/MBSの濃厚飼料を給与して黒毛和種去勢牛を育成する場合、濃厚飼料のCP含量を25%まで高めることにより乾物摂取量を向上させ体重および体高の発育を高めうることが示された。

参考文献

- ANDERSON, P. T., W. G. BERGEN, R. A. MERKEL, W. J. ENRIGHT, S. A. ZINN, K. R. REFSAL and D. R. HAWKINS (1988). The relationship between composition of gain and circulating hormones in growing beef bulls fed three dietary crude protein levels. *J. Anim. Sci.*, **66**: 3059-3067.
- CATON, J. S., A. S. FREEMAN and M. L. GALYEAN (1988). Influence of protein supplementation on forage intake, in situ forage disappearance, ruminal fermentation and digesta passage rates in steers grazing dormant blue grama rangeland. *J. Anim. Sci.*, **66**: 2262-2271.
- DeLCURTO, T., R. C. COCHRAN, D. L. HARMON, A. A. BEHARKA, K. A. JACQUES, G. TOWNE and E. S. VANZANT (1990). Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: 1. Influence of varying supplemental protein and (or) characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.*, **68**: 515-531.
- GILL, J. L. (1986). Repeated measurement: Sensitive tests for experiments with few animals. *J. Anim. Sci.*, **63**: 943-954.
- HAYDEN, J. M., J. E. WILLIAMS, and R. J. COLLIER (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.
- HESS, B. W., K. K. PARK, L. J. KRYSL, M. B. JUDKINS, B. A. McCracken and D. R. HANKS (1994). Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: Effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.*, **72**: 2113-2123.

- 堀江滋夫 (1997) 原著 24 版ハーパー生化学, 甲状腺ホルモンの項訳, 上代淑人 監訳, 第 24 版, 569-574, 丸善, 東京.
- 小坂清巳 (1994) 粗飼料の品質評価ガイドブック, 飼料の化学分析の項執筆, 自給飼料評価研究会 編, 第 1 版, 6-14, 日本草地協会, 東京.
- McCOLLUM, F. T. and M. L. GALYEAN (1985). Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. *J. Anim. Sci.*, **60**: 570-577.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局 編 (1995) 日本標準飼料成分表 (1995 年版), 72-75, 中央畜産会, 東京.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局 編 (1995) 日本飼養標準肉用牛 (1995 年版), 47-50, 中央畜産会, 東京.
- OKA, A., T. DOHGO, S. OHTAGAKI and M. JUEN (1999). Effects of roughage level on growth, beef quality, ruminal contents and serum constituents in Japanese Black steers during the growing period. *Anim. Sci. J.*, **70**: 451-459.
- OKA, A., Y. MARUO, T. MIKI, T. YAMASAKI and T. SAITO (1998). Influence of vitamin A on the quality of beef from Tajima strain of Japanese black cattle. *Meat Sci.*, **48**: 159-167.
- 小沢 忍 (1994). 肥育素牛選定上の留意点と肥育の方法. *肉牛ジャーナル*, **12**: 28-37.
- 崎田昭三・宮園歴造 (1996) 肥育素牛の効率的育成技術の確立 (第 1 報) -子牛育成期間 (4 カ月齢から 9 カ月齢) 中の給与飼料の相違がその後の発育および産肉性に及ぼす影響-. *長崎県畜試研報*, **5**: 12-21.
- SAS インスティテュートジャパン (1995) SAS/STAT ソフトウェア ユーザーズガイド Ver6, 第 1 版第 3 刷, 569-603. SAS インスティテュートジャパン, 東京.
- STEEN, R. W. J. (1996) Effects of protein supplementation of grass silage on the performance and carcass quality of beef steers. *J. Agri. Sci. (Camb)*, **127**: 403-412.
- 杉本昌仁・佐藤幸信・寒河江洋一郎 (2000) 乾草自由採食下における濃厚飼料の給与水準が 3 か月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛の発育に及ぼす影響. *新得畜試研報*, **23**: (印刷中).
- 竹内 啓 監修 (1990) SAS による実験データの解析, 第 1 版第 2 刷, 253-266, 東京大学出版会, 東京.
- VERDE, L. S. and A. TRENKLE (1987). Concentrations of hormones in plasma from cattle with different growth potential. *J. Anim. Sci.*, **64**: 426-432.
- WAGHORN, G. C., D. S. FLUX and M. J. ULYATT (1987). Effects of dietary protein and energy intakes on growth hormone, insulin, glucose tolerance and fatty acid synthesis in young wether sheep. *Anim. Prod.*, **44**: 143-152.
- 山根道資 (1982) 新編 和牛大成, 和牛の飼養管理の項執筆, 上坂章次 編著, 第 4 版, 183-189, 養賢堂, 東京.

