

## 蛋白質補給飼料の違いが育成、肥育牛の血漿遊離アミノ酸、成長ホルモン、IGF-I 濃度に及ぼす影響

松長 延吉・銭谷 晶・菅原 正人\*・日高 智・左 久

帯広畜産大学, 畜産管理学科, 帯広市 080

\* 日本曹達株式会社, 市原市 290

### Effect of supplement of protein source on plasma free amino acids, growth hormone and IGF-I in calves and finishing steer

Nobuyoshi MATSUNAGA, Akira ZENIYA, Masato SUGAWARA\*,  
Satoshi HIDAKA and Hisashi HIDARI

Laboratory of Animal Production

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080

\* Nippon Soda Co., LTD., Ichihara-shi 290

キーワード: 蛋白質補給飼料, 血漿遊離アミノ酸, 成長ホルモン, IGF-I, 育成牛, 肥育牛

Key Words: protein source, plasma free amino acids, growth hormone, IGF-I, calves, finishing steer

#### 要 約

ホルスタイン種去勢肥育牛および育成牛に第一胃内分解性の異なる蛋白質補給飼料を給与した時の血漿 FAA, GH および IGF-I 濃度に及ぼす影響について検討した。肥育牛を供試した試験では、蛋白質補給源として魚粕と大豆粕を添加し、魚粕区 (FM 区) と大豆粕区 (SBM 区) の飼料中の粗蛋白質含量が対照区 (C 区) より高くなるように設定した。血漿 IGF-I 濃度は FM および SBM 区で上昇する傾向にあったが、血漿 GH 濃度には変化はなかった。血漿 FAA 濃度は、大豆粕および魚粕給与によって上昇する傾向にあった。このうち、第一胃内非分解性の魚粕を給与することで、制限アミノ酸とされている MET 濃度が SBM 区よりも増加する傾向にあった。育成牛を供試した試験では、蛋白質補給源として魚粕と大豆粕を添加し、高エネルギー・魚粕区 (HFM 区) と高エネルギー・大豆粕区 (HSBM 区) の飼料中の粗蛋白質含量が高エネルギー・対照区 (HC 区) より高くなるように設定した。さらに、TDN 摂取量の違いが供試牛に及ぼす影響を調べるため、低エネルギー・対照区 (LC 区) の飼料は他の 3 区より TDN 含量を低く設定した。日増体量は、HC および HFM 区が LC 区より高くなった。血漿 IGF-I 濃度は、HFM 区が HC および LC 区より高かった。一方、血漿 GH 濃度には、変化はなかった。さらに、GRF 負荷 GH 分泌反応も蛋白質補給飼料の

違いによる差はなかった。血漿 FAA 濃度は、大豆粕および魚粕給与によって上昇する傾向にあった。このうち、蛋白質栄養をみる点で重要な EAA 濃度は、HSBM 区で HC および LC 区よりも増加し、同様な傾向が HFM 区でも認められた。また、窒素蓄積量でも HFM および HSBM 区が LC 区より高くなった。

以上の結果から、特に育成牛で大豆粕または魚粕の給与によって蛋白質栄養が改善され、GH 濃度の変化を介さず IGF-I 濃度の上昇をもたらしたことが考えられた。

#### 緒 言

反芻動物において、栄養状態によって血漿成長ホルモン (GH)、インスリン様成長因子 (IGF-I) 濃度が変化することが知られている。短期間絶食はヒツジで血漿 GH 濃度を増加させ (DRIVER and FORBES; 1981)、また、制限量の飼料を給与された泌乳牛は飽食量給与より血漿 GH 濃度が高くなる (HART et al.; 1978, HOVE and BLOM; 1973)。さらに、BREIER et al. (1986) はアパディーンアンガス去勢牛で濃厚飼料給与を制限した時、GH パルスの振幅が増加し、同時に IGF-I 濃度は低くなることを報告をしている。このような栄養制限時の血漿 GH 濃度の増加は、代謝ホルモンとして維持に必要なエネルギーを脂肪細胞から動員させるためであるとされている (BAUMAN and CURRIE; 1980)。この一方で、低蛋白質飼料を給与した乳牛は高蛋白質飼料を給与した乳牛より血漿 GH 濃度が高くなることが報告されている (KUNG et al.; 1984)

が、今のところエネルギー摂取量の違いについて行なった試験が中心で、蛋白質栄養の違いを目的にして行なわれた研究は少ない。

そこで、本試験は、ホルスタイン種去勢肥育牛および育成牛に第一胃内分解性の異なる蛋白質補給飼料を給与した時の血漿遊離アミノ酸 (FAA), GH および IGF-I 濃度に及ぼす影響を検討した。

### 材料および方法

#### 試験 1 肥育牛

23ヵ月齢のホルスタイン種去勢牛 6 頭 (試験開始時平均体重 695 kg) を供試し、試験は 1994 年 8 月 5 日から同年 10 月 6 日に行なった。1 試験期間を 3 週間とし、それぞれの区の平均体重が同様となるように 2 頭ずつ 3 区に分け、3×3 のラテン方格に配置した。対照区 (C 区) の牛には圧ぺんとうもろこしを主体とした混合飼料と乾草を概ね 3 対 1 の比率で給与し、これを基礎飼料とした。魚粕区 (FM 区) および大豆粕区 (SBM 区) では、これに魚粕と大豆粕をそれぞれ 10% 添加した飼料を給与し、FM 区と SBM 区の飼料中の粗蛋白質含量が対照区 (C 区) より高くなるように設定した。なお、TDN および CP の給与量と目標とした日増体量は表 1 のとおりである。供試した飼料の一般成分は、表 2 に示した。供試牛は個別給餌ドア (カ

ランブロードベント, オリオン, 東京) と運動場を備えた本学肥育牛舎で飼養し、毎日午前 9 時と午後 5 時の 1 日 2 回、設定した給与量に従い飼料を給与した。給与した飼料の一般成分を表 2 に示した。飲水は自由とし、固形塩 (鉱塩エス, 全薬工業, 郡山) を給与した。

採血は、各期 19 日目と 21 日目に 3 頭ずつ 2 群に分けて行なった。採血期間中は、供試牛を個別の代謝ケージで飼養した。試験前日の頸静脈カテーテルを装着し、滅菌したクエン酸ナトリウム溶液 (3.8%) で維持した。採血は、朝給餌直前の 9 時と夕方給餌直前 5 時から翌日午前 1 時までの 8 時間で 20 分おきに 25 回行なった。採取した血液は直ちに氷冷したヘパリン 100 U の入った試験管に移し、3000 rpm で 15 分間遠心分離した。分離した血漿は、分析まで -20℃ で冷凍保存した。

体重は試験開始日と試験開始後 7 日ごとに朝の給餌から 4 時間後に測定し、試験開始日から代謝ケージへ導入する直前までの増体量と日増体量を求めた。

飼料摂取量は 1 日の飼料給与量から翌日に回収した残餌の量を差し引いて求め 1 日の飼料摂取量とし、各試験区内で平均した値を 1 頭当たりの飼料摂取量とした。TDN 摂取量は、飼料摂取量と日本標準飼料成分表 (1987) から推定した TDN 含量から求めた。

血漿 GH 濃度は、oGH (NIDDK-oGH-I-4,

表 1 試験区分と給与飼料の概要

試験区	基礎飼料	蛋白質補給飼料	目標日増体重 (kg)	TDN 給与量 (kg/日・頭)	CP 給与量 (kg/日・頭)
1	C	混合飼料	1.0	10.1	1.6
	FM	+	1.0	9.9	2.4
	SBM	乾草	1.0	10.3	2.5
2	C	混合飼料	1.2	5.4	0.8
	LC	+	0.6	3.7	0.5
	HFM	コーンサイレージ	1.0	4.9	1.0
	HSBM		1.0	5.2	1.1

表 2 供試飼料の一般成分 (原物%)

給与飼料	乾物	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	NFE	TDN	
試験 1	混合飼料	86.4	11.7	2.8	3.2	2.4	66.1	72.0
	乾草	90.8	6.1	1.6	33.3	4.3	45.6	53.8
	魚粕	90.3	57.2	4.8	0.0	24.0	6.3	72.6
	大豆粕	89.3	46.1	0.2	5.6	6.5	30.9	76.6
試験 2	混合飼料	86.3	10.7	0.7	2.4	2.4	69.7	72.0
	サイレージ	27.1	1.6	1.0	4.5	1.6	17.1	17.8
	魚粕	92.3	54.5	8.1	0.0	24.0	6.3	62.8
	大豆粕	88.4	43.1	0.4	3.2	7.1	35.6	76.2

1) TDN は日本標準飼料成分表 (農水省農林水産技術会議事務局, 1987) から推定し算出した

2) 乾草: チモシー主体混播牧草

3) サイレージ: とうもろこしサイレージ

AFP 8758 C, アメリカ) と oGH 抗体 (NIDDK-anti-oGH-I-2, AFP-C 0123080, アメリカ) を使用して RIA 二抗体法により分析した (MATSUNAGA et al.; 1993). 最小検出量, 分析内変動係数, 分析間変動係数は, それぞれ 0.48 ng/ml, 4.8% および 8.5% であった. 血漿 IGF-I 濃度は, 血漿を酸-エタノール抽出後 (DAUGHADAY et al.; 1980), hIGF-I (Amersham, ARM 4010, lot 30, イギリス), <sup>125</sup>I-IGF-I (Amersham, IM 172, イギリス), IGF-I 抗体 (NIDDK, UB 3-189, アメリカ) を使用して RIA 二抗体法により測定した (ROH et al.; 1996). 血漿 IGF-I 濃度は牛で日内変動がほとんどないことが報告されているので (BREIER et al.; 1986), 9, 17, 21, 1 時の 1 日 4 サンプルについてののみ 1 回で測定した. 最小検出量および分析内変動係数は, それぞれ 6.2 pg/ml および 14.2% であった. 血漿グルコースおよび NEFA 濃度は, 市販の測定用キット (グルコース C II-テストワコー, NEFA-C テストワコー, 和光純薬工業, 大阪) を用いて測定した. 血漿遊離アミノ酸濃度は, IGF-I 同様, 9, 17, 21, 1 時のサンプルのみ測定した. スルホサリチル酸溶液 (2%/V) で除蛋白を行ない, その上清を 0.5 μm<sup>2</sup> ミリポアフィルターを用いて濾過し, 液体クロマトグラフィー (日立アミノ酸分析機 835 型, 東京) に供した. あわせて 3-メチルヒスチジン (3-MH), アンモニア態窒素 (NH<sub>3</sub>), オルニチン (ORN), 尿素態窒素 (UREA) およびシスタチオン (CYCTA) を測定した.

#### 試験 2 育成牛

供試牛は 6 ヶ月齢のホルスタイン種去勢牛 4 頭 (試験開始時平均体重 199.4 kg) を用いた. 試験期間は, 1995 年 5 月 12 日から 1995 年 8 月 31 日までとした. 1 試験期間を 4 週間とし, 最初の 1 週間に馴致期間を

設けた. 試験区分は試験 1 と同様に基礎飼料に魚粕と大豆粕をそれぞれ 10% 添加した飼料を給与し, 高エネルギー・魚粕区 (HFM 区) と高エネルギー・大豆粕区 (HSBM 区) の飼料中の粗蛋白質含量が高エネルギー・対照区 (HC 区) より高くなるように設定した (表 1, 表 2). さらに, TDN 摂取量の違いが供試牛に及ぼす影響を調べるため, 低エネルギー・対照区 (LC 区) の飼料は他の 3 区より混合飼料を減らし, TDN 含量を低く設定した. 飼養管理は試験 1 と同様に行なった.

体重, 飼料摂取量, 代謝体重当たりの摂取乾物 (DM) 量および TDN 要求率は, 試験開始 8 日目から 21 日まで測定した. さらに, 窒素出納を調べるため, 22 日目に供試牛を個別の代謝ケージに導入した. 23 日目朝の給餌時から 25 日目朝の同時刻までの糞と尿を採取し, その窒素含量をケルダール法により測定した. 採血は, 26 日目に行なった. 採血方法および採血時間は試験 1 と同様に行ない, 血漿の GH, IGF-I, グルコース, NEFA および FAA 濃度を測定した. さらに, 成長ホルモン刺激因子 (GRF) に対する GH 分泌反応を調べるため, 生理食塩水および GRF 負荷試験はそれぞれ 27 日目および 28 日目に実施した. h-GRF (1-29 NH<sub>2</sub>) (ペプチド研究所, lot No.400315, 大阪) を体重 1 kg あたり 0.125 μg (HODATE et al. 1985) になるように滅菌した生理食塩水 10 ml に溶かした. これを頸静脈カテーテルより約 5 秒間で注入した. 採血時間は負荷前 20, 10, 直前, 負荷後 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 分とした. 得られた血液サンプルは, 試験 1 と同様に処理し, 血漿の GH, グルコースおよび NEFA 濃度を測定した.

各試験により得られた結果は SAS の GLM を用い, 一元配置分散分析後 DUNCAN の多重比較検定により解析した. GH は, 分泌量の指標として AUC (Area

表 3 試験期間中の供試牛の日増体重, 代謝体重当たりの TDN 摂取量および CP 摂取量

区	日増体重 (kg/日)	摂取 TDN 量 (g/kgBW <sup>0.75</sup> ・日)	摂取 CP 量 (g/kgBW <sup>0.75</sup> ・日)	
試験 1	C	1.2±0.1	92.7±3.2	9.8±0.1 <sup>c</sup>
	FM	1.6±0.2	88.4±2.0	17.1±0.4 <sup>a</sup>
	SBM	2.2±0.2	89.2±2.4	19.2±0.5 <sup>b</sup>
試験 2	HC	1.3±0.2 <sup>a</sup>	77.0±0.6 <sup>a</sup>	10.1±0.5 <sup>b</sup>
	LC	0.8±0.1 <sup>b</sup>	62.5±2.5 <sup>b</sup>	7.9±0.3 <sup>c</sup>
	HFM	1.3±0.1 <sup>a</sup>	75.4±1.5 <sup>a</sup>	15.1±1.1 <sup>a</sup>
	HSBM	0.9±0.1 <sup>ab</sup>	76.0±3.4 <sup>a</sup>	14.4±1.1 <sup>a</sup>

C: 対照区, FM: 魚粕区, SBM: 大豆粕区  
 HC: 高エネルギー・対照区, LC: 低エネルギー・対照区  
 HFM: 高エネルギー・魚粕区, HSBM: 高エネルギー・大豆粕区  
 平均値±標準誤差で表した  
 a, b, c: 異符号間で有意差あり (P<0.05)

表 4 供試牛の血漿アミノ酸濃度 ( $\mu\text{mol/dl}$ )

	試験 1			試験 2			
	C	FM	SBM	HC	LC	HFM	HSBM
THR	7.35	8.18	8.18	8.65	7.48	9.06	9.08
VAL	27.35	32.19	34.27	25.22 <sup>b</sup>	25.14 <sup>b</sup>	31.51 <sup>b</sup>	33.08 <sup>a</sup>
MET	2.45	2.92	2.74	2.88 <sup>b</sup>	2.50 <sup>b</sup>	3.21 <sup>a</sup>	2.63 <sup>b</sup>
ILEU	11.91	14.00	15.79	13.10	12.72	15.26	16.79
LEU	16.04	18.71	20.15	16.55	16.48	18.50	19.76
PHE	5.36	5.68	6.31	5.86	4.65	5.79	6.03
HIS	6.04	6.83	6.58	14.85 <sup>ab</sup>	14.24 <sup>b</sup>	16.44 <sup>a</sup>	16.45 <sup>a</sup>
LYS	10.05	13.73	12.85	4.74	5.54	5.42	5.54
TRP	5.44	5.90	6.11	3.49	4.06	3.60	3.72
ARG	9.73	13.14	12.43	13.25 <sup>b</sup>	15.99 <sup>b</sup>	18.40 <sup>a</sup>	17.55 <sup>a</sup>
EAA	101.71	121.26	125.40	108.60 <sup>b</sup>	109.50 <sup>b</sup>	126.55 <sup>ab</sup>	130.63 <sup>a</sup>
NEAA	107.40	107.33	114.25	138.32	124.60	133.52	130.52
TOTAL	209.11	228.59	239.65	246.92	234.10	260.07	261.15
UREA	232.46 <sup>b</sup>	428.56 <sup>a</sup>	420.40 <sup>a</sup>	126.13 <sup>b</sup>	117.54 <sup>b</sup>	424.06 <sup>a</sup>	373.75 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub>	9.85	11.05	11.65	19.17	20.11	19.28	15.83
ORN	10.45	10.54	12.44	9.34	8.75	10.61	11.31
3 MH	1.35	1.44	1.11	2.10	3.45	2.58	2.33
E/NE	0.95	1.13	1.11	0.79 <sup>b</sup>	0.88 <sup>b</sup>	0.94 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>a</sup>
Gly/BC	0.34	0.36	0.32	0.56	0.42	0.41	0.35

21:00 の平均値で示した。 C: 対照区, FM: 魚粕区, SBM: 大豆粕区  
 HC: 高エネルギー・対照区, LC: 低エネルギー・対照区, HFM: 高エネルギー・魚粕区  
 HSBM: 高エネルギー・大豆粕区, EAA: 総必須アミノ酸, NEAA: 総非必須アミノ酸  
 NH<sub>3</sub>: アンモニア態窒素, ORN: オルニチン, 3 MH: 3-メチルヒスチジン  
 E/NE:EAA/NEAA, BC: 側鎖アミノ酸 (VAL+LEU+ILEU)  
 a, b: 異符号間で有意差あり (P<0.05)

表 5 蛋白質補給飼料給与時の供試牛の GHAUC, 血漿 IGF-I, グルコース, NEFA 濃度

試験	区	GHAUC (ng/ml・480 min)	血漿中濃度		
			IGF-I (ng/ml)	グルコース (mg/dl)	NEFA ( $\mu\text{Eq/l}$ )
試験 1	C	1241.1	485.5±82.2	78.5±0.7	22±1
	FM	1337.0	542.6±107.4	79.6±0.5	20±1
	SBM	1281.3	502.1±71.5	78.1±0.8	16±1
試験 2	HC	2763.8	531.8±116.7 <sup>b</sup>	100.2±2.1	24±2
	LC	3284.3	485.4±153.2 <sup>b</sup>	92.4±2.8	26±10
	HFM	2825.3	803.6±44.4 <sup>a</sup>	99.5±1.8	43±16
	HSBM	2741.2	602.5±176.1 <sup>ab</sup>	98.1±1.2	30±10

C: 対照区, FM: 魚粕区, SBM: 大豆粕区  
 HC: 高エネルギー・対照区, LC: 低エネルギー・対照区  
 HFM: 高エネルギー・魚粕区, HSBM: 高エネルギー・大豆粕区  
 平均値±標準誤差で表した  
 a, b: 異符号間で有意差あり (P<0.05)

Under the Curve) を用いて比較を行なった。なお、GRF 負荷試験においては負荷前 3 点の平均濃度を基礎 AUC とし、負荷後、これとの有意差が認められた時点までの AUC を負荷後 AUC とした。血漿 IGF-I,

グルコースおよび NEFA 濃度は、平均値で比較をした。

## 結果および考察

### 試験1 肥育牛

表3に供試牛の日増体量、代謝体重当たりのTDNおよびCP摂取量、日増体量を示した。日増体量はSBM区で高く、C区で低い傾向がみられたが、有意差はなかった。代謝体重当たりのTDN摂取量は、飼料間に差はみられなかった。代謝体重当たりのCP摂取量h、蛋白質補給飼料を給与したFMおよびSBM区がC区より有意に高かった。蛋白質補給飼料添加によって増体が改善される方向にあった。

表4に血漿FAA濃度を示した。必須アミノ酸(EAA)は1日を通してFMおよびSBM区がC区より高い傾向があり、非必須アミノ酸(NEAA)には差はみられなかった。必須アミノ酸と非必須アミノ酸比(EAA/NEAA比)もFMおよびSBM区がC区より高い傾向がみられた。EAA/NEAA比およびグリシンと側鎖アミノ酸比(GLY/BCAA比)は、反芻動物の蛋白質栄養と血漿FAA濃度との関係を検討するのに用いられている。蛋白質摂取量の増加によって、EAA/NEAA比は一般に増加するといわれている(阿部; 1975)。また、蛋白質栄養が改善される時、グリシン(GLY)濃度の減少とともに側鎖アミノ酸(BCAA)濃度の増加が起こるので、GLY/BCAA比は蛋白質栄養の尺度として有効であることが知られている(浜田ら; 1987)。このことから、魚粕または大豆粕の給与によりEAA濃度が増加し、蛋白質栄養が改善される傾向にあることが示された。また、NH<sub>3</sub>濃度は1日を通してFMおよびSBM区でC区より高い傾向があり、UREA濃度はFMおよびSBM区がC区より有意に高かった。この事実はFMおよびSBM区はC区より蛋白質栄養が良く、過剰なアミノ酸が脱アミノ反応により尿素に変換されていたと考えられる。さらに、MET濃度はFM区がSBM区よりも高い傾向にあり、第一胃内非分解性の魚粕を給与することで制限アミノ酸とされているMET濃度が増加する傾向にあった。

表5にGHAUC、血漿IGF-I、グルコースおよびNEFA濃度を示した。GHAUCは、飼料間に差は認められなかった。体重が700kgの乳用種去勢牛の肥育に要する粗蛋白質量とTDN摂取量はそれぞれ7g/W<sup>0.75</sup>・日、69.1g/W<sup>0.75</sup>・日であり(MOSELEY et al.; 1988)、低蛋白質区であるC区においてもこれを満たしていたため、FMおよびSBM区で蛋白質飼料補給の効果が少なかったことが考えられた。血漿IGF-I濃度はFMおよびSBM区が高く、C区が低い傾向があり、蛋白質補給飼料が栄養状態を変化させていることが推察された。血漿グルコースおよびNEFA濃度は、それぞれ飼料間に差はみられなかった。

### 試験2 育成牛

表3に供試牛の日増体重、代謝体重当たりのTDNおよびCP摂取量、日増体量を示した。日増体量はHCおよびHFM区が2区とも1.3kgでLCおよびHSBM区の0.9kgより有意に高く(P<0.05)、HSBMおよびLC区の間には差はなかった。代謝体重当たりのTDN摂取量は、LC区が他の3区より有意に低くなった(P<0.05)。これは、LC区のTDN給与量が他の3区より低かったためであろうと考えられる。また、代謝体重当たりのCP摂取量は蛋白質補給飼料を給与したHFMおよびHSBM区が他の2区より有意に高く、HC区はTDN給与量を低く設定したLC区より有意に高くなった。CP摂取量の少ないHC区の日増体重がCP摂取量の多いHFM区と比較して差がなかったことから、LC区の日増体量がHC区より低くなったのは摂取TDN量が少なかったことが原因であると考えられる。FLUHARTY et al. (1994)は、コーンサイレージを給与した去勢牛(平均体重237kg)に大豆粕と血紛を添加した時の供試牛の日増体量を測定した。その結果、第一胃内非分解性である血紛を給与すると、第一胃内分解性である大豆粕を給与するより日増体量は増加すると報告している。このことは、本試験でFM区の日増体量がSBM区より高かったことと一致する。HCおよびHSBM区の間にTDN摂取量の差はなく、CP摂取量はHSBM区がHC区よ

表6 コーンサイレージ給与下で蛋白質補給飼料給与時の窒素(N)出納

	試 験 区			
	HC	LC	HFM	HSBM
糞中N排泄量	34±4	34±7	43±6	42±5
尿中N排泄量	12±2	14±2	20±3	21±2
総N排泄量	46±5	48±8	63±4	63±6
N摂取量	101±3 <sup>b</sup>	81±3 <sup>c</sup>	145±8 <sup>a</sup>	144±4 <sup>a</sup>
N蓄積量	55±8 <sup>ab</sup>	33±8 <sup>b</sup>	82±12 <sup>a</sup>	82±9 <sup>a</sup>

HC: 高エネルギー・対照区, LC: 低エネルギー・対照区  
 HFM: 高エネルギー・魚粕区, HSBM: 高エネルギー・大豆粕区  
 平均値±標準誤差で示した(g/頭・日)  
 a, b, c: 異符号間で有意差あり(P<0.05)

り有意に高かったが、HSBM 区の日増体量が HFM 区より低い傾向であったことは、後述するように EAA のうち MET 濃度が低いと考えられた。

表 4 に血漿 FAA 濃度を示した。EAA は HSBM 区で HC および LC 区よりも有意に増加し、HFM 区は HC および LC 区よりも増加する傾向があった。NEAA は各区で有意差はなく、TAA は HFM および HSBM 区で HC および LC 区よりも増加する傾向があった。そのため EAA/NEAA 比は、HSBM 区が HC および LC 区よりも有意に増加し ( $P < 0.05$ )、HFM 区が HC および LC 区よりも増加する傾向があった。また GLY/BCAA 比は HFM および HSBM 区で HC および LC 区より低くなる傾向があった。このことから、魚粕または大豆粕の給与により血漿 FAA 濃度が増加し、蛋白質栄養が改善されることが明らかとなった。

さらに、MET 濃度が HFM 区で HC、LC および HSBM 区より有意に増加した ( $P < 0.05$ )。このことは、魚粕給与により制限アミノ酸とされている MET 濃度が増加することを示している。血漿 UREA 濃度は 1 日を通して HFM および HSBM 区が HC および LC 区より有意に高かった ( $P < 0.05$ )。これも試験 1 と同様、過剰なアミノ酸が脱アミノ反応により尿素に変換されているものと考えられる。

表 6 に窒素出納を示した。窒素摂取量は蛋白質補給飼料を給与した HFM および HSBM 区が HC および LC 区より有意に高く、HC 区は LC 区より有意に高くなった ( $P < 0.05$ )。一方、尿中の窒素量は HC および LC 区が HFM および HSBM 区より低い傾向にあったが、糞中の窒素量および総窒素排泄量は飼料間で差はなかった。その結果、窒素蓄積量は HFM および HSBM 区が HC 区より高い傾向があり、LC 区より有意に高くなった ( $P < 0.05$ )。サフォーク種去勢ヒツジに稲わらとともに魚粕または大豆粕を給与すると窒素蓄積量が給与していない区より増加することが報告されており、本試験の結果はこの試験と一致した (松岡

ら; 1988)。このことは、血漿 FAA の結果と同様に、HFM および HSBM 区で蛋白質栄養が改善されていることを示している。

表 5 に GHAUC、血漿 IGF-I、グルコースおよび NEFA 濃度の結果を示した。GHAUC は、LC 区が他の 3 区より高い傾向があった。KUNG et al. (1984) は、低蛋白質飼料 (CP 11%) を給与したホルスタイン種乳牛は高蛋白質飼料 (CP 17%) を給与した乳牛より血漿 GH 濃度が有意に高くなったことを報告しているが、同様な蛋白質レベルを給与した本試験では高い傾向が認められたものの有意ではなかった。このことは、牛乳を生産し蛋白質栄養が悪化している乳牛に対して、肥育牛同様、育成牛の LC 区でも蛋白質栄養は満たされており、他の区との差が小さかったことが考えられる。血漿 IGF-I 濃度は HFM 区が有意に高く、HC および LC 区が有意に低くなった ( $P < 0.05$ )。COHICK et al. (1989) や DAVIS et al. (1987) は、泌乳牛の静脈内に GH を投与すると血漿 IGF-I 濃度が上昇すると報告した。また、FROESH et al. (1985) は血漿 IGF-I 濃度は GH 濃度に依存しており、血漿 GH 濃度が増加すると血漿 IGF-I 濃度が上昇すると報告している。しかしながら、本試験では血漿 GH 濃度の変化は認められず、GH 濃度を介して血漿 IGF-I 濃度を変化させるに至らなかったと思われる。PELL et al. (1993) は、ヒツジに CP 12% と 20% の飼料を与えて血漿 IGF-I 濃度と増体量を測定した。その結果、血漿 IGF-I 濃度は、CP 12% の区が CP 20% の区より有意に低下したことを報告した。このことから、蛋白質栄養が悪化すると GH 濃度を介さずに血漿 IGF-I 濃度が減少し、増体量も減少すると考えられる。本試験においても、TDN 摂取量の低い LC 区の血漿 IGF-I 濃度が有意に低く、増体量が低くなる傾向がみられた。血漿グルコース濃度、血漿 NEFA 濃度はそれぞれの区で差はみられなかった。

表 7 に GRF 負荷前後にお血漿 GH 濃度から算出した GHAUC、血漿グルコースおよび NEFA 濃度を示

表 7 供試牛への蛋白質補給飼料給与時の GRF 負荷に対する GHAUC、血漿グルコース、NEFA 濃度

	GHAUC		グルコース濃度 (mg/dl)		NEFA 濃度 (mEq/l)		
	基礎	負荷後	負荷前	負荷後	負荷前	負荷後	
	(ng/ml · 20 min)	(ng/ml · 120 min)					
試験 2	HC	224.7	2386.1	96.9 ± 4.4	99.8 ± 2.8	29 ± 2	38 ± 3
	LC	272.0	2421.4	90.6 ± 2.1	92.2 ± 1.6	58 ± 6	66 ± 5
	HFM	241.2	2354.7	103.2 ± 4.3	107.5 ± 2.0	32 ± 4	37 ± 3
	HSBM	213.1	2410.6	94.0 ± 3.9	102.3 ± 3.3	29 ± 2	31 ± 2

C: 対照区, FM: 魚粕区, SBM: 大豆粕区, HC: 高エネルギー・対照区, LC: 低エネルギー・対照区  
 HFM: 高エネルギー・魚粕区, HSBM: 高エネルギー・大豆粕区  
 基礎 AUC: GRF 負荷前 20 分～0 分の AUC, 負荷 AUC: GRF 負荷後 0～120 分の AUC  
 平均値 ± 標準誤差で表した

した。各区で GRF 負荷により血漿 GH 濃度は有意に上昇したが、負荷前後の AUC は飼料間で差はなかった。GRF 負荷前後の血漿グルコースおよび NEFA 濃度は負荷後わずかに増加する傾向があったが、有意な差ではなかった。また、飼料間に差は認められなかった。以上の結果より、GRF 負荷による GH 分泌能、血漿グルコースおよび NEFA 濃度は、今回の蛋白質栄養の変化では変化しないことが明らかになった。また、生理食塩水負荷によって GHAUC、血漿グルコースおよび NEFA 濃度に変動は認められなかった。

以上、大豆粕または魚粕の給与によって蛋白質栄養が改善され、GH 濃度の変化を介さずに IGF-I 濃度の上昇をもたらしていることが明らかとなった。しかしながら、蛋白質要求量を満たしている今回の試験では、蛋白質補給による効果が薄いことを示している。しかも、その効果は肥育牛よりも育成牛の方が強く、これは肥育牛では成長ステージがすでに蛋白質蓄積よりも脂肪蓄積に回っているためであろうと推察された。

## 謝 辞

本試験を行なうにあたり、oGH、oGH 抗体、IGF-I 抗体を贈与していただいたアメリカの National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK) ならびに Harbor-UCLA の Dr.Parlow に感謝の意を表す。

## 文 献

阿部 又信, 淡井 仁志, 入来 常德 (1975) 尿素または大豆粕を窒素源とする精製飼料を稲わらとともに給与中の牛の第一胃内性状および血漿遊離アミノ酸. 日畜会報, 46: 621-629.

BAUMAN, D. E., and W. B. CURRIE, (1980) Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanism involving homeostasis and homeorhesis. J. Dairy Sci., 63: 1514-1529.

BREIER, B. H., J. J. BASS, J. H. BUTLER and P. D. GLUCKMAN, (1986) The somatotrophic axis in young steers: Influence of nutritional status on pulsatile release of growth hormone and circulating concentrations of insulin-like growth factor I. J. Endocrinol., 111: 209-215.

COHICK, W. S., K. PLAUT, S. J. SECHEN and D. E. BAUMAN, (1989) Temporal pattern of insulin-like growth factor-I response to exogenous bovine somatotropin in lactating cows. Domest. Anim. Endocrinol., 6: 263-274.

DAVIS, S.L., (1972) Plasma levels of prolactin, growth hormone, and insulin in sheep following the infusion of arginine, leucine and phenylalanine. Endocrinology, 91: 549-555.

DAUGHADAY, W. H., I. K. MARIZ and S.L. BLETHEN, (1980) Inhibition of access of bound somatomedin to membrane receptor and immunobinding sites: A comparison of radioreceptor and radioimmunoassay of somatomedin in native and acid-ethanol-extracted serum. J.Clin. Endocrinol. Metab., 51: 781-788.

DRIVER, P. M. and J. M. FORBES, (1981) Episodic growth hormone secretion in sheep in relation to time of feeding, spontaneous meals and short term fasting. J.Physiol., 317: 413-424.

FLUHARTY, F. L., S. C. LOERCH and F. E. SMITH, (1994) Effects of density and protein source on diet digestibility and performance of calves after arrival at the feedlot. J.Anim. Sci., 72: 1616-1622.

FROESH, E. R., C. SCHMID, J. SCHWANDER and J. ZAPF, (1985) Actions of insulin-like growth factors. Ann. Rev. Physiol., 47: 443-467.

浜田 龍男, 新林 恒一 (1987) 血漿遊離アミノ酸パターンは泌乳牛の蛋白質栄養の有効な評価尺度になりうるか. 栄養生理研究会報. 31: 175-184.

HART, I. C., J. A. BINES, S. V. MORANT and J. L. RIDLEY, (1978) Endocrine control of energy metabolism in the cow: Comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high and low-yielding cattle at various stages of lactation. J.Endocrinol., 77: 333-345.

HODATE, K., T. JOHKE, A. KAWABATA, H.FUSE, S. OHASHI, M. SHIRAKI and S. SAWANO, (1985) Influences of dose, age and sex on plasma growth hormone response in goats and sheep to synthetic human growth hormone-releasing factor. Jpn. J. Zootech. Sci., 56: 41-48.

HOVE, K. and A. K. BLUM, (1973) Plasma insulin and growth hormone in dairy cows; Diurnal variation and relation to food intake and plasma sugar and acetoacetate levels. Acta Endocrinol., 73: 289-303.

KUNG, Jr. L., J.T. HUBER, W.G. BERGEN and D. PETITCLERC, (1984) Amino acids in plasma and duodenal digesta and plasma growth hormone in cows fed varying amounts of protein of differing degradability. J. Dairy Sci., 67: 2519-2524.

農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1987) 日本標準飼料成分表 (1987年度版). 中央畜産会. 東京.

MATSUNAGA, N., K.T. NAM, T. KUHARA, S. ODA, A. OHNEDA and Y. SASAKI, (1993) Inhibitory effect of volatile fatty acids on GRF-induced GH secretion

- in sheep. *Endocr. J.*, 40: 529-537.
- 松岡 栄, 松岡 豊, 藤田 裕 (1988) 蛋白質とエネルギー摂取量および蛋白資源の違いがメソ羊の尿素窒素成分の分布に与える影響. *日畜会報*. 59: 261-268.
- MOSELEY, W. M., G. R. ALANIZ, W. H. CLAFLIN and L. F. KLABILL, (1988) Food intake alters the serum growth hormone response to bovine growth hormone releasing factor in meal-fed holstein steers. *J. Endocrinol.*, 117: 253-259.
- PELL, J. M., J. C. SAUNDERS and R. S. GILMOUR, (1993) Differential regulation of transcription initiation from insulin-like growth factor-I (IGF-I) leader exons and of tissue IGF-I expression in response to changed growth hormone and nutritional status in sheep. *Endocrinology*, 132: 1797-1807.
- ROH, S. G., N. MATSUNAGA, S. HIDAKA and H. HIDARI, (1996) Characteristics of growth hormone secretion responsiveness to growth hormone-releasing peptide-2 (GHRP-2 or KP102) in calves. *Endocr. J.*, 43: 291-298.