

飼料蛋白質のルーメンバイパス率が泌乳最盛期の乳牛の乳生産に及ぼす影響

香川裕一*・生田健太郎*・山口悦司*・高田 修*

要 約

飼料蛋白質のルーメンバイパス率が泌乳最盛期の乳牛の乳生産に及ぼす影響を検討するため、6頭のホルスタイン種泌乳牛を供試し、低バイパス区 (バイパス率: 34.7%) と高バイパス区 (バイパス率: 48.5%) の2区を設け、14日間隔の反転法により飼料給与試験を実施した。

- 1 血清尿素態窒素 (以下BUNと呼ぶ) は低バイパス区のほうが高バイパス区に比較して有意に高く、第1胃液のアモンニア態窒素濃度 (以下NH₃-Nと呼ぶ) も低バイパス区で高い傾向にあった。
- 2 第1胃液の揮発性脂肪酸 (以下VFAと呼ぶ) モル比では、高バイパス区の酢酸モル比 (67.03%) が低バイパス区 (65.45%) よりやや高かったが、プロピオン酸と酪酸のモル比には差がなかった。
- 3 乳量、乳成分にはいずれも有意な差がみられなかったが、高バイパス区の1日当たりの乳量 (37.52 kg) は低バイパス区 (36.47 kg) よりやや多く、1日当たりの乳蛋白質量では高バイパス区 (1.11 kg) が低バイパス区 (1.08 kg) をわずかに上回った。

Effects of Fatty Ruminant Degradability of Dietary Protein on Milk Yield of Peak lactating Dairy Cows

Yuichi KAGAWA, Kentaro IKUTA, Etsuji YAMAGUCHI and Osamu TAKATA

Summary

Six lactating Holstein cows were used in a switch back trial (14day period) for clarification of this effect.

- (1) Blood urea N was significantly higher for diets low in ruminally undegradable CP (LUP) than those high in ruminally undegradable CP (HUP). Rumen ammonia N was higher in LUP.
- (2) The molar percentage of ruminal acetate was higher in HUP (67.03%) than in LUP (65.45%). Moles per 100 mol of propionate and butyrate were the same.
- (3) Milk yield and milk components were virtually the same. Milk yield (37.52 kg/day) and milk protein productions of cows fed HUP (1.11 kg/day) were higher than those fed LUP (1.08 kg/day).

キーワード: 乳牛, 泌乳最盛期, ルーメンバイパス蛋白質, 乳生産, 乳蛋白質率, 血液成分, VFA モル比

緒 言

無脂乳固形分率が成分取引に加味されることになったが、なかでも今後の飲用乳の成分は高蛋白質が要求されるようになる¹⁰⁾。無脂乳固形分率を地域別に比較すると近畿地域が最も低く¹⁰⁾、乳蛋白質への関心の高まりと共に、その向上は急を要する課題となっている。乳牛

の乳成分の向上については、牛群検定等を利用したデータに基づく遺伝的改良が基本であるが、栄養的な関与も大きい。泌乳牛の能力を引き出す合理的な飼料給与技術も必要である¹¹⁾。近年、ルーメンバイパス蛋白質の乳生産に及ぼす影響が盛んに研究されているが^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)}今のところその効果は明確でない。多くの研究例では、蛋白質バイパス率を変えるための飼料内容の変更が大きく、その乳生産への影響も考えられる。そこで今回は、飼料内容の変化による影響をできるだけ排

1995年8月31日受理

* 淡路農業技術センター

除するため、置き換える蛋白質源を複数にし、蛋白質のルーメンバイパス率(高, 低2水準)が泌乳最盛期の乳生産に及ぼす影響を検討した。

材料及び方法

1 試験区分

試験は1期間を14日間(予備期7日, 本期7日)とし, 3期間反復の反転法により実施した。表1に示した当センター飼養のホルスタイン種泌乳牛6頭を年齢, 産歴が等しくなるように3頭ずつ2区分し, A区は低バイパス飼料給与期から, B区は高バイパス飼料給与期から試験を開始した。試験は最高泌乳量に達した後, 乳量が安定した時期に開始した。試験開始時点の平均分娩後日数は54.8日であった。

表1 供試牛

区分	No.	生年月日	産次
A	1	1988. 1.16	4
	2	1989. 7.26	3
	3	1991. 10.23	2
B	4	1989. 4.17	4
	5	1989. 7.27	3
	6	1991. 8.13	2

2 試験飼料

試験飼料の構成を表2に示した。低バイパス区は主な蛋白質源として大豆粕と生大豆を用い, 高バイパス区は加熱大豆, コーングルテンミール, 乾燥ビール粕を用い置き換えた。飼料内容の変化による影響をできるだけ排除するため, 置き換える蛋白質源を複数にした。エネルギー・蛋白質水準はほぼ同水準として, 蛋白質バイパス率だけを変化させ, 低バイパス区のバイパス率を34.7%, 高バイパス区のバイパス率を48.5%とした。なお, バイパス率は, 日本飼養標準⁵⁾に示す構成飼料個々の蛋白質バイパス率より求めた。

3 飼料給与

飼料給与法は朝と夕方2回の分離給与とした。給与量は各試験期に入る前7日間の平均乳量, 試験期に入った時点で乳脂率と体重から日本飼養標準に基づいて求め, TDN充足率101.7~103.2%, CP充足率113.2~115.9%の範囲で給与した。なおミネラルは別途に一定量を給与した。

4 測定項目

14日間の試験期の後半の7日間について, 残飼量を計り, 飼料摂取量を調査した。乳量は後半の7日間計測した。乳成分は13日目の夕方と14日目の朝に搾乳した。

表2 試験飼料

飼料名	配合割合(%)	
	低バイパス区	高バイパス区
チモシー	22.2	22.2
ハイベール	17.8	17.8
ハイキューブ	8.9	8.9
ビートパルプ	13.3	13.3
トウモロコシ	22.2	22.2
フスマ	2.2	2.2
市販配合飼料	4.4	4.4
大豆粕	4.4	0
生大豆	4.4	0
加熱(加圧)大豆	0	4.4
コーングルテンミール	0	2.2
乾燥ビール粕	0	2.2
TDN (%)	73.7	73.5
CP (%)	16.8	16.7
NDF (%)	39.1	40.3
蛋白質バイパス率 (%)	34.7	48.5

牛乳について, ミルコスキャンで, 乳脂肪率, 乳蛋白質率, 乳糖率, 無脂乳固形分率を測定した。第1胃液と血液は14日目の午前の飼料給与から約5時間後に採取した。体重は14日目に計測した。

5 第1胃液検査

第1胃液はカウサッカーで採取し, 2重ガーゼで濾過した後検査に供した。pHはpHメーターで測定した。VFAモル比は第1胃液を24%メタリン酸で処理し, 1晩静置後の上清を検体とし, 水素イオン化検出器付きガスクロマトグラフ(島津 GASCHROMATOGRAPH GC-14B)で測定した。充てん剤はThermon-1000+H₃PO₄を用い, 測定条件はカラム温度150℃, 検出器温度150℃とした。NH₃-Nはオートケルダールで測定した。

6 血液成分

血液は頸静脈から真空採血管により採取し, 赤血球数(以下RBCと呼ぶ), 白血球数(以下WBCと呼ぶ), ヘマトクリット値(以下Htと呼ぶ)を測定した。血清について, 血清総蛋白(以下Tpと呼ぶ)は屈折計, BUN, 血糖(以下GLUと呼ぶ), 総コレステロール(以下T-choと呼ぶ), γ-グルタミルトランスアミノ酸(以下GGTと呼ぶ), グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ(以下GOTと呼ぶ), グルタミン酸ピルビン酸トランスアミナーゼ(以下GPTと呼ぶ), カルシウム(以下Caと呼ぶ), 無機燐(以下IPと呼ぶ)については富士ドライケム3030で遊離脂肪酸(以下NEFAと呼ぶ)はNEFACテストワコーで測定した。

表3 飼料摂取状況

項目	低バイパス区	高バイパス区
乾物摂取量 (kg)	23.7	24.0
DM 体重比 (%)	3.35	3.55
TDN 充足率 (%)	99.2	98.9
CP 充足率 (%)	111.2	111.5

結 果

1 飼料摂取

飼料摂取状況を表3に示した。乾物摂取量から推定される栄養充足率は低バイパス区でTDN 99.2%, CP 111.2%, 高バイパス区でTDN 98.9%, CP 111.5%とほぼ同水準であった。なお、すべての供試牛の体重は試験期間中漸増した。

2 産乳量及び乳成分

産乳量及び乳成分を表4に示した。乳量、乳成分にはいずれも有意な差はみられなかったが、高バイパス区の1日当たりの乳量は37.52 kgで、低バイパス区の36.47 kgよりやや多く、乳脂肪率も、高バイパス区が3.45%と低バイパス区の3.38%をやや上回った。乳蛋白質率はほぼ同じで、高バイパス区が2.96%, 低バイパス区2.97%であったが、1日当たりの乳蛋白質量では高バイパス区が1.11 kgで低バイパス区の1.08 kgをやや上回った。

3 第1胃液性状

第1胃液性状を表5に示した。第1胃液性状はいずれの項目についても有意差はみられなかった。酢酸モル比は高バイパス区が67.03%で低バイパス区の65.45%よりやや高い傾向を示した。プロピオン酸と酪酸のモル比には差がなく、酢酸プロピオン酸比(A/P比)はそれぞれ低バイパス区が3.16, 高バイパス区が3.35であった。NH₃-Nは低バイパス区が6.94 mg/dlで高バイパス区の5.0 mg/dlより高い傾向を示した。

4 血液成分

血液成分を表6に示した。

低バイパス区はBUNは16.6 mg/dlで高バイパス区は

表4 産乳量及び乳成分

項目	低バイパス区	高バイパス区
乳 量 (kg/day)	36.47	37.52
乳 脂 肪 率 (%)	3.38	3.45
乳 蛋 白 質 率 (%)	2.97	2.96
無脂乳固形分率 (%)	8.49	8.48
乳 脂 肪 量 (kg/day)	1.23	1.29
乳 蛋 白 質 量 (kg/day)	1.08	1.11

表5 第1胃液性状

項目	低バイパス区	高バイパス区
PH	6.61	6.56
VFAモル比		
酢酸 (%)	65.45	67.03
プロピオン酸 (%)	20.70	20.02
酪酸 (%)	10.47	10.07
吉草酸 (%)	3.38	2.88
A/P比	3.16	3.35
NH ₃ -N (mg/dl)	6.94	5.0

14.5 mg/dlより有意に高かった。他の測定項目については有意な差はなくほぼ同様の値を示した。またいずれも正常値の範囲にあり、両区とも栄養が充足された状態で大きな変化はなく、健康状態に異常はみられなかった。

考 察

本試験では、飼料蛋白質のルーメンバイパス率が産乳、特に乳蛋白質の生産にいかに関与しているかを知ることが目的とした。このため、エネルギー・蛋白質水準が同一で、蛋白質バイパス率が異なる低バイパス飼料と高バイパス飼料を設計した。バイパス率の差は13.8%であったが、粗飼料を十分に給与することを前提条件とした場合には、これ以上の差は付け難いものと考えられた。

蛋白質バイパス率は飼料構成により変化することが予想される。BUNは第1胃で分解された蛋白質の量を反映し、第1胃アンモニア態窒素濃度と強い相関がある²⁾。低バイパス区はBUNが有意に高く、第1胃液のNH₃-N濃度も高い傾向を示したことから、設計したとおり低バイパス区と高バイパス区の蛋白質バイパス率に差があったと判断された。またBUN値はいずれも正常範囲に

表6 血液成分

項目	低バイパス区	高バイパス区
RBC (10 ⁴ /mm ³)	656.9	667.3
WBC (10 ³ /mm ³)	7.5	8.6
Ht (%)	31.8	32.0
TP (g/dl)	7.6	7.5
BUN (mg/dl)	16.6 a	14.5 b
GLU (mg/dl)	71.9	71.4
TCHO (mg/dl)	195.3	229.2
NEFA (μEq/l)	91.8	91.4
GGT (U/l)	23.2	22.9
GOT (U/l)	56.7	56.9
GPT (U/l)	26.9	27.4
Ca (mg/dl)	8.6	8.8
iP (mg/dl)	5.4	5.2

a, b 間に5%水準で有意差有り

あり、高バイパス区でも第1胃分解性蛋白質は不足なく確保されていた。さらに血液生化学検査成績は、供試牛が試験期間中を栄養の不足なく推移したことを示した。以上のことから、比較的純粋に蛋白質バイパス率が乳生産に及ぼす影響をみる事ができたと思われた。

VFA モル比の変化は、他の報告^{2, 4)}と同様で高バイパス区の酢酸割合がやや多く、プロピオン酸割合がやや少なかったが、有意差はなかった。蛋白質バイパス率の変化がVFA モル比の変動に及ぼす影響は比較的小さいものと思われた。

高泌乳期は第1胃で生産される微生物蛋白だけではアミノ酸の供給が不足するため、第1胃を素通りして腸管で吸収されるバイパス蛋白質の給与が必要であると言われる¹⁴⁾。しかし、バイパス蛋白質の産乳に及ぼす影響は一定でなく、泌乳量の増加を認めた報告^{2, 4)}があるが、効果がない場合^{3, 8)}もあり、乳蛋白質率が向上した例は少ない。藤城ら²⁾は飼料蛋白質のルーメンバイパス率が泌乳初期乳生産に及ぼす影響について検討した一連の研究の中で、蛋白質バイパス率の高い加熱大豆を生大豆と置き換えることにより泌乳初期生産は増加したが、乳成分については乳脂肪率、乳蛋白質率、無脂乳固形分率のいずれもが低下したことを報告している。今回の試験結果では、高バイパス区の乳量は低バイパス区よりやや多かったが、乳成分の大きな変化はなかった。日産乳量が30 kg 台後半の泌乳牛では、給与飼料の栄養水準が充足された状態で一定していれば、蛋白質バイパス率を高めても乳蛋白質率は向上しないものと思われた。ただし、今回設計した試験飼料を比較すると、高バイパス飼料を給与した場合の産乳成績がやや優れ、飼料費もわずかに安いと、泌乳最盛期の飼料としては高バイパス飼料を給与した方が有効と思われた。また、佐藤ら^{11, 12, 13)}は、乳蛋白質率とTDN充足率の間に正の相関関係が、乳蛋白質率とBUNとの間に負の相関関係があると述べていることから、さらにエネルギー給与量を高めてバイパス蛋白質を補給すれば、乳蛋白質率が向上したのかもしれない。

近年、魚粉やバイパスアミノ酸の補給により、乳蛋白質率の向上をみたとする報告^{5, 7, 9)}も少数あり、今後は最適量の第1胃分解性蛋白質を確保した上で、バイパス蛋白質を効率的に給与する方法を検討する必要がある。

引用文献

- (1) C. G. Schwab, C. K. Bozak and N. L. Whitehouse (1992) Amino Acid Limitation and Flow to Duodenum at Stages of Lactation. 1. Sequence of Lysine and Methionine Limitation: J. Dairy Sci. 75, 3486-3502
- (2) 藤城清司・新城恒二・玉江俊嗣・石崎重信他(1987) : 高泌乳牛飼養給与技術の体系化に関する研究: 千葉畜セ特研報 1
- (3) J. B. Holter, H. H. Hayes, N. Kierstead and J. Whitehouse (1993) : Protein-Fat Bypass Supplement for Lactating Dairy Cows: J. Dairy Sci. 76, 1342-1352
- (4) L. E. Armentano, S. J. Bertics and J. Riesterer (1993) : Lack of Response to Addition of Degradable Protein Diet Fed to Midlactation Dairy Cows: J. Dairy Sci. 76, 3755-3762
- (5) Louis E. Armentano and Sandra M. Swain (1993) : Lactation Response to Ruminally Protected Methionine and Lysine at Two Amounts of Ruminally Available Nitrogen: J. Dairy Sci. 76 : 2963-2969
- (6) 農林水産省農林水産技術会議事務局(1994) : 日本飼養標準乳牛1994年版(中央畜産会)
- (7) 扇勉・花田正明・蜂崎康裕・高橋雅信・斉藤繁・芹川慎・八田忠雄(1995) : 魚粉給与が乳量・乳成分および血清遊離アミノ酸濃度に及ぼす影響: 第90回日本畜産学会大会講演要旨 33
- (8) R. A. Christensen, G. L. Lynch and J. H. Clark (1993) : Influence of Amount and Degradability of Protein on Production of Milk and Components by Lactating Holstein Cows: J. Dairy Sci. 76, 3490-3496
- (9) 斉藤繁・武中慎治・三嶋俊雄・扇勉・八田忠雄(1995) : バイパスアミノ酸製剤投与が高泌乳牛の頸動脈、乳腺静脈差に及ぼす影響について: 第90回日本畜産学会大会講演要旨 32
- (10) 佐々木敏雄(1994) : これからの飲用向け生乳の乳質一生乳取引および乳牛改良における乳成分の評価のあり方: 畜産の研究 48, 1253-1260
- (11) 佐藤博(1991) : 乳牛における乳脂率および乳蛋白質率と血漿成分の関係: 日畜会報 62, 996-999
- (12) 佐藤博・花坂昭吾・松本光人(1992) : 乳牛における血漿成分、栄養摂取、牛乳尿素、乳脂率および乳蛋白質率の関係: 日畜会報 63, 1075-1080
- (13) 佐藤博・花坂昭吾・松本光人(1994) : 牛乳中の真の蛋白質割合と乳牛の栄養摂取状態との関係: 日畜会報 65, 850-855
- (14) 津田恒之(1987) : 新乳牛の科学(農山漁村文化協会)