

乾燥トウフ粕多給が乳牛の泌乳前・中期における生産性と 栄養生理状態に及ぼす影響

生田健太郎*・篠倉和己*・小嶋 睦*・和田政夫**

要 約

乾燥トウフ粕多給が泌乳前・中期における乳生産性や栄養生理状態等への影響を検討するため、経産牛8頭を供試し、乾燥トウフ粕を乾物中12%給与する給与区と給与しない対照区に4頭ずつ配置し、分娩後150日間の飼養試験を行なったところ、以下の結果が得られた。

- (1) 乾物摂取量、可消化養分総量摂取量および可消化養分総量充足率では、供試期間を通じて両区間に有意差はなかった。
- (2) 乳量は、分娩から泌乳最盛期にかけて給与区がやや少ない傾向であったが、有意差はなかった。
- (3) 給与区の乳脂肪率は分娩1～3か月後に有意に低く、乳中尿素態窒素濃度は分娩1及び4か月後に有意に高かった。
- (4) 給与区の体重とボディコンディションスコアは分娩後の減少量が少なく、回復が早かった。
- (5) 給与区的第一胃液揮発性脂肪酸中酢酸比率は分娩1及び4か月後に有意に低く、アンモニア態窒素濃度は分娩1か月後に有意に高かった。
- (6) 血液性状では一時的に有意差の認められた項目もあったが、栄養的な異常所見はなかった。

以上より、乾燥トウフ粕は泌乳前・中期においても給与可能であるが、とくに乳脂肪率の低下防止に留意した飼料設計が必要であると考えられる。

Influence of Dried Soybean Curd Residue Feeding on the Milk Production and Nutritional Status in Early to Mid Lactation Stage's Cows

Kentarou I KUTA, Kazumi SASAKURA, Mutsumu KOKAMO and Masao WADA

Summary

To clarify the influence of feeding of dried soybean curd residue on the milk production and nutritional status in early to mid lactation stage, eight multiparous cows were assigned to one of two diets which contained dried soybean curd residue 12% in dry matter (group T) or not contained (group C). The following results were obtained:

- (1) There was no significant difference in dry matter intake, total digestible nutrient (TDN) intake and TDN sufficiency for Japanese Feeding Standard between the two groups during the experimental period.
- (2) There was no significant difference in milk yield between the two groups.
- (3) Milk fat content was significantly lower for group T than group C at 1 to 3 month of postpartum. The concentration of Milk Urea Nitrogen was significantly higher for group T than group C at 1 and 4 month of postpartum.
- (4) The degree of decreasing of body weight and body condition score in postpartum were less, and recovering earlier for group T than group C. There was significant difference in the loss of body weight at 1 month of postpartum.
- (5) In the rumen fluid character, the molar percent of acetic acid were significantly lower at 1 and 4 month of postpartum, and the concentration of ammonium nitrogen were significantly higher at 1 month of postpartum for group T than group C.

2003年8月29日受理

* 農林水産技術総合センター淡路農業技術センター

** 農林水産技術総合センター畜産技術センター

(6) In the blood metabolism, there were nothing nutritional disorder, though there were significantly difference in some item at one time.

The results of the present study suggest that it is required the adequate ingredient of diets to prevent reduction of milk fat content in the feeding of dried soybean curd residue.

キーワード：乳牛，乾燥トウフ粕，乳量，乳成分，第一胃液性状

緒言

トウフ粕は古くから家畜用飼料としての利用が検討されてきた^{5,9,10,19)}が，高水分であるため，輸送コストと保存性に難点があり，利用可能な農家や季節あるいは泌乳期は限られていた^{5,10)}。保存性を高めるため，サイレージ化などの技術も開発された^{12,16,19)}が，調製作業に手間がかかり，あまり普及していない。従って，トウフ粕の飼料利用は未だ少なく，大部分は産業廃棄物として処理経費をかけて処分されている。

一方，食品リサイクル法の基本方針における目標「食品循環資源の再生利用等の実施率を平成18年度までに20%に向上させる」に向けて，食品製造業界では各種廃棄物のリサイクルに真剣に取り組まねばならない現状にある。トウフ粕リサイクルにおける方策の一つとして，再利用上の難点であった高水分を解決するため，処理経費を充当した乾燥トウフ粕の製造がある。

そこで，乾草トウフ粕の利用拡大を図るため，家畜の中でも最も飼料摂取量が多い乳牛での泌乳前・中期における多給試験を行い，乳生産性や栄養生理への影響を検討した。

なお，本研究は兵庫バイオテクノロジー研究会の研究テーマ「植物性食品副産物の地域循環型事業構築プロジェクト」の一部として委託を受けて実施したものである。

材料及び方法

1 供試牛，試験区分及び実施期間

試験にはホルスタイン種経産牛8頭（2～4産，平均3.0産）を供試した。

試験区として，乾燥トウフ粕を給与する給与区と給与しない対照区の2区を設定した。

試験は2002年11月から2003年6月の間に実施した。この間に分娩した牛から順に給与区と対照区へ無作為に配置し，一要因実験法で飼養試験を実施した。各供試牛はそれぞれ分娩後150日間供試した。なお，両区とも1頭ずつ難治性乳房炎のため，試験途中で除外した。

2 供試飼料

供試した乾燥トウフ粕の成分分析値と，消化率²⁾あるいは推定式⁴⁾を用いて算出したエネルギー価を表1に示す。

また，両区の飼料構成と各構成飼料の成分分析値から算出した養分含量を表2に示す。以下，各項目は表1及び表2の略号にて表記する。

両区とも飼料は完全混合飼料（以下TMRと呼ぶ）の形態で，約20%の残飼が出るように給与量を調節し，1日2回（朝：夕＝4：6）に分けて給与した。対照区はカッティングミキサーで調製したTMRのみを給与した。給与区は乾燥トウフ粕と蒸気圧片トウモロコシを53:47の割合で混合した置換飼料を別途調製し，対照区TMR原物給与量のうち25%分をTMR 1kg当たり置換飼料0.546kgの割合で置換した。従って，給与区では対照区用のTMRに置換飼料を添加し，飼槽内で再度混合した。

3 飼養管理状況

供試牛はコンフォート型タイストール又は広さ3.3m×4.4mの単房にて飼養し，朝は8時30分から給餌と搾乳を行い，夕方は16時に給餌し，17時30分から搾乳した。

4 調査項目，採材間隔及び測定方法

(1) 乾物摂取量

給与量と残飼量及びそれらの乾物率は毎週3日間計測

表1 供試した乾燥トウフ粕の養分含量

成分項目：略号		養分含量
乾物率：DM	(%)	92.75
粗蛋白質：CP	(% in DM)	29.39
粗脂肪：EE	(% in DM)	15.88
可溶性無窒素物：NFE	(% in DM)	34.15
粗繊維：CF	(% in DM)	16.63
酸性デタージェント繊維：ADF	(% in DM)	23.96
中性デタージェント繊維：NDF	(% in DM)	37.61
粗灰分：Ash	(% in DM)	3.96
カルシウム：Ca	(% in DM)	0.289
無機リン：iP	(% in DM)	0.362
可消化養分総量：TDN ¹⁾	(% in DM)	96.43
EE含量補正ME換算TDN ²⁾	(% in DM)	58.37
代謝エネルギー：ME ³⁾	(Mcal/DM, kg)	3.84
EE含量補正ME ⁴⁾	(Mcal/DM, kg)	2.15

1) 日本標準飼料成分表(2001版)²⁾の消化率を基に算出

2) $TDN = (EE\text{含量補正}ME + 0.45) / 1.01 / 0.04409$

3) $ME = TDN \times 0.04409 \times 1.01 - 0.45$

4) $ME = ((0.9713 + 0.1613 \times CP + 0.5582 \times EE + 0.0397 \times CF + 0.1028 \times NFE) - (0.8966 \times (EE - 5))) / 4.18$, 永西⁴⁾

表2 供試飼料の構成と養分含量

飼料名	給与区	対照区
飼料構成 (% in DM)		
乾燥トウフ粕	12.0	
混播サイレージ ¹⁾	15.0	19.1
ビートパルプ	5.7	7.3
圧片トウモロコシ	27.8	23.1
皮付圧片大麦	7.3	9.3
大豆粕	7.1	9.1
綿実	4.5	5.7
アルファルファ乾草	8.6	11.0
チモシー乾草	4.3	5.5
トールフェスク乾草	4.5	5.7
コーングルテンミール	0.9	1.1
ソイプラス ²⁾	1.1	1.5
エナジー120 ³⁾	0.3	0.4
ミネラル・ビタミン	0.9	1.2
養分含量		
DM (%)	63.0	58.2
TDN ⁴⁾ (% in DM)	72.7	72.9
CP (% in DM)	16.9	16.0
EE (% in DM)	5.5	4.0
NDF (% in DM)	33.1	35.2
NFC ⁵⁾ (% in DM)	38.6	38.0

- 1) デントコーン：ソルガム=6:4
- 2) 加熱大豆粕 (TDN=88.2%, CP=48.6%, CPバイパス率=61.8%)
- 3) エネルギーサプリメント (TDN=132%, CP=8.5%, CPバイパス率=42.8%)
- 4) EE含量補正ME換算TDNを用いて算出
- 5) 非繊維性炭水化物 (NFC=100-NDF-CP-EE-Ash)

表3 血液検査項目および方法

検査項目：略号	測定方法
血糖：Glu	乾式自動分析 ¹⁾
遊離脂肪酸：FFA	液状自動分析 ²⁾
βヒドロキシ酪酸：BHB	〃
総コレステロール：Tcho	乾式自動分析
リン脂質：PL	液状自動分析
ヘマトクリット：Ht	毛細管遠心法
血清総蛋白質：TP	屈折法
アルブミン：Alb	乾式自動分析
血中尿素態窒素：BUN	〃
カルシウム：Ca	〃
アスパラギン酸アミノトランスフェラー：AST	〃
γグルタミルトランスペプチダーゼ：GGT	〃

- 1) 富士ドライケム3030
- 2) 日立7060

した。

(2) 乳量及び乳成分

乳量はミルクメーター (TRU-TEST) で朝夕の搾乳

毎に毎日計測した。

一般乳成分の分析は毎月1回全頭一斉に検体を採取し、兵庫県酪農業協同組合連合会生乳検査所の多成分赤外線分析装置 (SYS-4000; Foss) にて行った。各成分率は朝夕の乳量比によって加重平均した。乳中尿素態窒素 (以下 MUN と呼ぶ) は一般乳成分用に採取した朝の検体を用い、脱脂後、乾式血液自動分析装置 (富士ドライケム3030; 富士フィルム) にて分析した。

(3) 体重及びボディコンディションスコア

体重とボディコンディションスコア (以下 BCS と呼ぶ) は分娩時及び分娩1か月後から1か月間隔で計測した。

体重は牛衡器で実測し、BCSはEdmonsonら³⁾の方法に基づいて評価した。

(4) 第一胃液性状

第一胃液の採材は分娩1か月後から1か月間隔で、毎回13時から採血と併せて実施した。

第一胃液は経口胃汁採取器 (ルミナー; 富士平工業) で300ml以上採取し、直ちにpHメーター (ペーハーライト; SENSONIX) にてpHを測定した。アンモニア態窒素濃度は濾過後、凍結保存した第一胃液20mlに2N-KOH 4mlと蒸留水90mlを加え、自動窒素分析装置 (1035型ケルテックオート:アクタック) による水蒸気蒸留法にて測定した。揮発性脂肪酸 (以下 VFA と呼ぶ) は、濾過した第一胃液2.5mlを24%メタリン酸0.5mlと混和、18時間以上室温放置後、冷却遠心 (3000 rpm, 30分) によって得られた上清を凍結保存し、ガスクロマトグラフィー (HITACH135; 日立製作所) で測定した。

(5) 血液性状

採血は頸静脈からフッ化ナトリウム入り真空採血管及びプレイン真空採血管で行った。採血後直ちに、ヘマトクリット値を計測するとともに、冷却遠心で血漿と血清を分離し、血糖は血漿を用いて、血糖以外の項目は血清を用いて測定した。測定項目と測定法を表3示す。以下、各項目は表3の略号にて表記する。

(6) 疾病発生状況

臨床的に治療を要する疾病について、発症が認められた場合、随時記録した。

乳房炎発症牛の乳汁と乾燥トウフ粕から細菌を分離し、細菌学的検査を行った。

5 統計処理

疾病発生状況以外の各調査項目について、供試期間全体あるいは分娩後月別に給与区と対照区の等分散性を確認後、Student-t検定により平均値の差を検定した。

表4 飼料摂取状況の分娩後月別比較

項目	1か月後	2か月後	3か月後	4か月後	5か月後
乾物摂取量 (kg/日)					
給与区	22.0±2.35	23.0±2.38	25.5±4.01	28.8±4.06	27.7±3.05
対照区	21.4±1.83	26.4±2.56	27.3±2.30	30.4±2.41	27.3±1.19
乾物体重比 (%)					
給与区	3.21±0.07	3.38±0.68	3.67±0.88	4.07±0.75	3.82±0.62
対照区	3.17±0.36	3.91±0.18	4.05±0.37	4.32±0.18	3.84±0.19
TDN摂取量 (kg/日)					
給与区	16.0±1.71	16.7±1.70	18.6±2.93	20.9±2.96	20.2±2.26
対照区	15.6±1.36	19.3±1.88	19.9±1.71	22.2±1.78	19.9±0.90
TDN充足率 ¹⁾ (%)					
給与区	110.7±16.9	93.7± 5.3	103.0±12.6	116.6±20.9	115.8±14.8
対照区	84.5±10.6	92.4±14.3	103.7±11.3	118.3± 9.9	107.9± 3.8
CP摂取量 (kg)					
給与区	3.70±0.39	3.85±0.40	4.29±0.67	4.83±0.68	4.66±0.52
対照区	3.38±0.29	4.18±0.40	4.31±0.37	4.80±0.38	4.31±0.19
CP充足率 ¹⁾ (%)					
給与区	128.4±21.2	106.0± 5.3	116.6±13.3	132.4±24.0	132.4±18.5
対照区	90.7±12.8	97.6±16.0	110.0±13.2	126.4±11.9	115.5± 2.9

平均値±標準偏差

1) 日本飼養標準(1999版)養分要求量¹³⁾に対する充足率

表5 供試期間中の総乳量, 日平均乳量および最高乳量

項目	給与区	対照区
総乳量 ¹⁾ (kg)	5756±846	5841±688
日平均乳量 (kg/日)	39.4±5.8	40.0±4.7
最高乳量 (kg)	50.1±4.7	50.3±7.9

平均値±標準偏差

1) 分娩後5~150日目の合計乳量

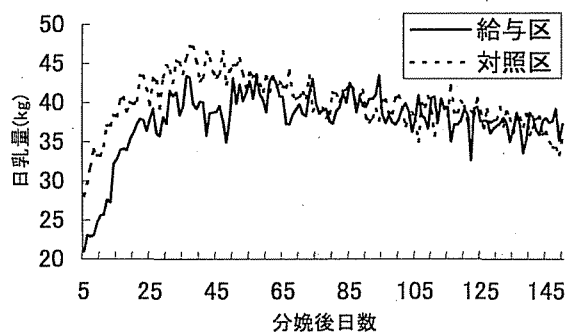


図1 日乳量の推移

結 果

1 飼料摂取状況

分娩後月別の乾物摂取量, 乾物体重比, TDNとCPの摂取量と日本飼養標準養分要求量¹³⁾に対する充足率を表4に示す。

いずれの項目も供試期間を通じて両区の間には有意差はなかった。

2 乳量

日乳量の推移を図1に, 供試期間中の総乳量, 日平均乳量及び最高乳量を表5に示す。

日乳量の推移では分娩から泌乳最盛期(分娩後約50日間)までは給与区が約5kg少なかったが, それ以降両区に明瞭な差は見られなくなった。

総乳量, 日平均乳量は給与区がやや少ない傾向であったが, 両区の間には有意差はなかった。

3 乳成分

分娩後月別の乳成分率とMUN濃度を表6に示す。

乳脂肪率は常に給与区が低く, 分娩1か月後(給与区: 3.49%<対照区: 4.47%), 2か月後(給与区: 3.34%<対照区: 4.09%), 3か月後(給与区: 3.40%<対照区: 3.81%)で, 有意差(P<0.05)が認められた。

MUN濃度は分娩3か月後を除いて給与区が高く, 分娩1か月後(給与区: 16.8mg/dl>対照区: 10.1mg/dl)及び4か月後(給与区: 15.1mg/dl>対照区: 12.4mg/dl)で有意差(P<0.05)が認められた。

乳蛋白質率, 無脂固形分率及び乳糖率では両区の間には有意差はなかった。

4 体重及びボディコンディションスコア

体重とBCSの推移とそれらの分娩時を基点とした増減の推移を図2に示す。

体重とBCSとも供試期間を通じて両区の間には有意差はなかった。分娩時を基点とした増減量は体重とBCS

表6 乳成分率および乳中尿素態窒素濃度の分娩後月別比較

項 目	1 か月後	2 か月後	3 か月後	4 か月後	5 か月後
乳脂肪率 (%)					
給与区	3.49±0.40 b	3.34±0.17 b	3.40±0.10 b	3.56±0.63	3.58±0.11
対照区	4.47±0.32 a	4.09±0.39 a	3.81±0.16 a	3.89±0.41	3.93±0.33
乳蛋白質率 (%)					
給与区	3.29±0.16	3.19±0.18	3.25±0.20	3.27±0.13	3.26±0.10
対照区	3.61±0.34	3.06±0.17	3.26±0.12	3.32±0.13	3.43±0.16
無脂固形分率 (%)					
給与区	8.94±0.13	8.85±0.24	8.90±0.18	8.91±0.14	8.89±0.07
対照区	9.12±0.23	8.73±0.24	8.91±0.16	8.96±0.19	9.06±0.19
乳糖率 (%)					
給与区	4.65±0.04	4.67±0.08	4.65±0.03	4.65±0.01	4.63±0.06
対照区	4.51±0.16	4.67±0.08	4.65±0.05	4.64±0.06	4.63±0.06
MUN ¹⁾ 濃度 (mg/dl)					
給与区	16.8±1.61 b	15.8±2.60	14.3±0.45	15.1±1.06 b	18.6±3.60
対照区	10.1±3.04 a	12.8±2.06	14.5±1.86	12.4±0.67 a	9.4±6.09

平均値±標準偏差

両区間に有意差あり. a, b: P<0.05

1) Milk urea nitrogen (乳中尿素態窒素)

表7 第一胃液性状の分娩後月別比較

項 目	1 か月後	2 か月後	3 か月後	4 か月後	5 か月後
pH					
給与区	6.38±0.14	6.32±0.07	6.36±0.16	6.40±0.11	6.55±0.16
対照区	6.47±0.49	6.46±0.24	6.31±0.21	6.48±0.17	6.40±0.30
総VFA ¹⁾ 濃度 (mmol/dl)					
給与区	14.3±1.19	14.8±1.84	13.6±2.05	13.1±1.02	13.7±1.89
対照区	12.8±0.92	11.9±0.19	13.7±0.78	13.0±1.84	14.0±1.48
VFA 構成比率 (%)					
酢酸					
給与区	63.3±1.36 d	64.7±3.15	64.5±1.97	63.5±0.73 d	65.6±1.78
対照区	69.0±0.95 c	66.0±1.55	67.1±3.06	66.7±0.50 c	65.2±2.49
プロピオン酸					
給与区	24.7±2.11 b	25.0±3.93	23.8±1.89	24.6±0.38 d	23.0±2.99
対照区	19.1±1.50 a	22.1±0.93	21.5±3.03	21.5±0.70 c	22.8±3.10
酪酸					
給与区	9.6±1.38	8.4±0.83	9.7±1.10	9.7±0.39	9.5±0.84
対照区	9.9±0.59	9.6±0.80	9.5±0.62	9.5±0.53	9.7±0.81
A/P ²⁾ 比					
給与区	2.58±0.28 d	2.66±0.51	2.72±0.28	2.58±0.07 d	2.89±0.44
対照区	3.66±0.29 c	3.01±0.18	3.19±0.53	3.11±0.12 c	2.90±0.50
アンモニア態窒素濃度 (mg/dl)					
給与区	9.28±0.78 b	8.17±1.89	9.95±1.68	9.21±1.63	10.01±5.16
対照区	7.32±0.87 a	9.62±1.45	7.71±0.75	8.95±2.42	9.52±1.36

平均値±標準偏差

両区間に有意差あり. a, b: P<0.05 c, d: P<0.01

1) 揮発性脂肪酸

2) 酢酸/プロピオン酸比

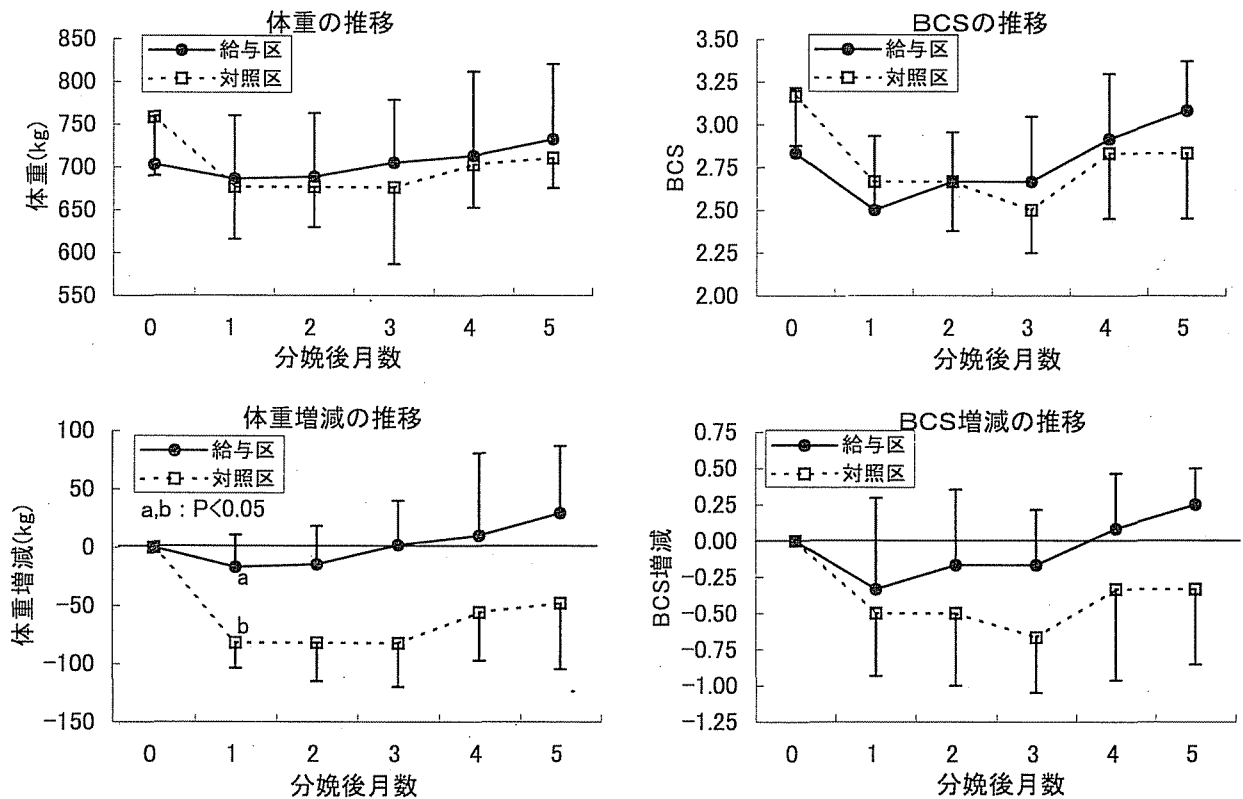


図2 体重およびボディコンディションスコアの推移と分娩時を基点とした増減の推移
両区間に有意差あり。a, b: $P < 0.05$

とも給与区の方が減少量が少なく、体重の増減量では分娩1か月後(給与区: -17kg <対照区: -82kg)で有意差($P < 0.05$)が認められた。また、減少後の回復も給与区の方が早く、体重では分娩3か月後から、BCSでは分娩4か月後から給与区は正へ転じたが、対照区では負のままであった。

5 第一胃液性状

分娩後月別のpH, 総VFA濃度, VFA構成比率, アンモニア態窒素濃度を表7に示す。

VFA中酢酸比率は分娩5か月後を除いて、給与区が低く、分娩1か月後(給与区: 63.3% <対照区: 69.0%)と4か月後(給与区: 63.5% <対照区: 66.7%)で有意差($P < 0.01$)が認められた。一方、プロピオン酸比率は常に給与区が高く、分娩1か月後(給与区: 24.7% >対照区: 19.1% , $P < 0.05$)と4か月後(給与区: 24.6% >対照区: 21.5% , $P < 0.01$)で有意差が認められた。また、酢酸/プロピオン酸比(以下A/P比と呼ぶ)でも同様に分娩1か月後(給与区: 2.58 <対照区: 3.66)と4か月後(給与区: 2.58 <対照区: 3.11)で有意差($P < 0.01$)が認められた。

アンモニア態窒素濃度は分娩2か月後を除いて、給与

区が高く、分娩1か月後(給与区: 9.28mg/dl >対照区: 7.32mg/dl)では有意差($P < 0.05$)が認められた。

pH, 総VFA濃度, VFA中酪酸比率では両区間に有意差はなかった。

6 血液性状

分娩後月別の各血液成分値を表8に示す。

両区間に有意差($P < 0.05$)が認められた項目と分娩後月数は、FFA濃度の分娩4か月後(給与区: $90\mu\text{Eq/l}$ >対照区: $61\mu\text{Eq/l}$)、Ht値の分娩1か月後(給与区: 26.0% <対照区: 28.7%)、TP濃度の分娩1か月後(給与区: 7.23g/dl <対照区: 7.87g/dl)及びGGT濃度の分娩2か月後(給与区: 27IU/l <対照区: 30IU/l)であった。

7 疾病発生状況

乳房炎が給与区で3頭、対照区で1頭発生し、そのうち、給与区と対照区の各1頭は治療に長期間を要し、再発を繰り返したため、試験から除外した。

乳房炎乳汁からは環境性連鎖球菌が分離された。一方、乾燥トウモロコシ粕からは *Staphylococcus hominis* とグラム陽性桿菌(同定不可)が分離された。

表8 血液性状の分娩後月別比較

項 目	1 か月後	2 か月後	3 か月後	4 か月後	5 か月後
Glu濃度 (mg/dl)					
給与区	64.0±7.55	64.7±3.21	64.0±1.73	62.0±2.65	62.0±1.73
対照区	60.3±6.66	64.3±2.31	67.0±1.00	69.3±4.16	65.7±4.16
FFA 濃度 (μEq/l)					
給与区	104± 19	87± 7	74±16	90±11 b	87±16
対照区	346±230	98±41	66±21	61± 7 a	75± 9
BHB 濃度 (μmol/l)					
給与区	906±613	468±129	563±116	490±111	542± 78
対照区	972±739	533±114	544±207	533±106	559±112
Tcho 濃度 (mg/dl)					
給与区	199± 40	314±69	351±97	353±104	374±97
対照区	220± 15	280±19	258± 6	280± 22	280±46
PL 濃度 (mg/dl)					
給与区	186± 28	273±49	286±56	309±83	315±68
対照区	211± 18	245± 7	234±14	252±24	244±34
Ht 値 (%)					
給与区	26.0±1.00 b	26.7±1.53	29.7±1.53	30.7±0.58	31.0±1.00
対照区	28.7±1.15 a	30.0±2.65	30.3±2.08	30.3±2.08	30.0±1.00
TP 濃度 (g/dl)					
給与区	7.23±0.29 b	8.03±0.67	7.57±0.47	7.80±0.26	7.90±0.36
対照区	7.87±0.21 a	7.90±0.10	7.67±0.42	7.83±0.15	7.60±0.53
Alb 濃度 (g/dl)					
給与区	4.20±0.00	4.10±0.30	3.80±0.10	3.83±0.12	3.93±0.06
対照区	4.23±0.31	4.13±0.50	4.00±0.36	3.97±0.23	3.87±0.32
BUN 濃度 (mg/dl)					
給与区	16.3±1.12	15.9±2.00	15.8±2.58	15.7±2.61	16.8±1.20
対照区	13.2±2.57	14.2±2.96	15.0±3.94	15.5±2.07	16.3±0.55
Ca 濃度 (mg/dl)					
給与区	9.77±0.15	10.10±0.46	9.40±0.60	9.80±0.44	9.67±0.40
対照区	9.87±0.06	9.90±0.46	9.70±0.20	9.97±1.12	9.53±0.42
AST 濃度 (IU/l)					
給与区	67± 8.1	73± 5.3	66± 6.1	72± 8.7	68±12.6
対照区	84±24.0	79±17.6	81±14.5	83±14.6	76±19.2
GGT 濃度 (mg/l)					
給与区	23±4.9	27±1.5 b	28±3.0	29±3.6	31±4.2
対照区	28±4.9	30±1.0 a	33±2.9	35±2.5	34±3.6

平均値±標準偏差

両区の間有意差あり. a, b: P<0.05

考 察

トウフ粕は一般に CP, EE, NDF の含量が比較的高いという飼料特性がある。しかし、これら主要成分含量は製法の違い等により、大きくばらつき、CP, EE が多いほど、NFE や CF あるいは有機細胞壁が低くになるとされている^{1,9)}。本試験で供試した乾燥トウフ粕の成分含量は日本標準飼料成分表⁹⁾の平均値に近似し、甘利ら⁹⁾の分類ではグループ D に該当する CP, EE とともに比較

的高い品質のものであった。

そこで、本試験では、このようなトウフ粕の飼料特性を考慮し、成分的な偏りを補正するため、易利用性炭水化物の含量が高く、繊維成分の低い圧片トウモロコシの給与割合を調整して、両区の供給養分量を揃えた。そのため、乾物摂取量や養分摂取量に有意差はなかったものと考えられた。

乳量については、低下傾向¹⁰⁾あるいは有意に低下⁹⁾とする報告がある。本試験においても分娩から泌乳最盛期

にかけて給与区が少なく推移したため、総乳量や日平均乳量がやや少なくなったが、養分摂取量に有意差がなかったことから乳量についても有意な減少とはならなかったと考えられた。

乳成分率については、乳量の低い牛や泌乳期を対象とした試験^{5,10)}では低下等の悪影響は認められていない。また、泌乳前・中期の高泌乳牛を対象とした試験⁹⁾でも本試験のように蒸気圧片トウモロコシの増給をせず、トウフ粕給与により、NDFとEEが高く、NFCが低くなる飼料構成では乳脂肪率は有意に高くなった。

一方、松永ら¹³⁾は有意ではないがトウフ粕給与量の増加に伴って乳脂肪率が低下傾向になったとし、乳脂肪率と関連の強い第一胃液VFA中の酢酸比率が有意に減少したことを報告している。本試験においても給与区の乳脂肪率と酢酸比率及びA/P比が全般的に低く、逆に、プロピオン酸比率が高く、両区の間には有意差が認められる時期もあった。

トウフ粕は脂肪(EE)含量が高いが、その組成は不飽和脂肪酸が多い¹⁴⁾。一般に、牛脂や椰子油などの飽和脂肪酸を給与した場合は乳脂肪率が高くなるが、不飽和脂肪酸では、乳脂肪率は逆に低下するとされている^{5,11,16)}。また、第一胃液性状についても不飽和脂肪酸の多い油脂を給与すると酢酸が減少し、プロピオン酸が増加することが報告されている¹³⁾。さらに、トウフ粕はNDF含量も多いが、乾草類の繊維と異なり初期消化速度が非常に速く¹⁾、第一胃液pHを急激に低下させることに加え、形状が粉末状であるため、反芻を誘発するようなルーメン壁への物理的刺激効果はないと考えられる。以上のような、トウフ粕が含有する脂肪や繊維の特性及び試験区間における給与方法の違いが第一胃発酵に影響し、第一胃液の酢酸比率が低下した結果、乳脂肪率も低下したものと考えられた。

給与区的第一胃液中アンモニア態窒素濃度は全般的に高く、分娩1か月後では有意差が認められた。また、第一胃内で微生物体蛋白質合成に利用されなかった余剰アンモニアの最終代謝産物であるBUN濃度とMUN濃度も全般的に給与区が高く、MUN濃度では有意差が認められた時期もあった。これらの値は飼料中の分解性蛋白質と易利用性炭水化物(発酵エネルギー)のバランスによって左右される⁷⁾。本試験の場合、トウフ粕給与に伴うCP含量増加に対し、蒸気圧片トウモロコシの増給によりバランスを調整した。しかし、分娩1か月後では養分摂取量と充足率は給与区が高いにもかかわらず、Ht値とTP濃度が有意に低かったことから、第一胃微生物体蛋白質の合成効率は低かったことが推察された。第一

胃微生物の活性は脂肪の多給で阻害されるが、給与区においてもEE含量は5.5%で、許容範囲内¹⁰⁾にある。従って、給与区の飼料構成では、未だ分解性蛋白質と易利用性炭水化物のバランスが不完全であるか、もしくは両成分の主たる供給源間における消化速度の違い等により第一胃微生物体蛋白質の合成効率が低下し、第一胃内の余剰アンモニア濃度が対照区に比べ高くなったと考えられた。

古賀ら⁹⁾の試験ではトウフ粕給与区で有意ではないが増体率が高かったとしている。本試験においても養分摂取量及び乳生産量に有意差がなかったにもかかわらず、給与区の体重及びBCSの回復が早く、とくに体重の増減では分娩1か月後で有意差が認められた。このような増体への影響は、飼料中脂肪の不飽和度が増すにつれて、分娩後におけるBCSの回復が早くなるとの報告¹⁷⁾もある。また、本試験では分娩2~5か月後にかけてTcho濃度やPL濃度といった飼料由来の血中脂質成分が給与区で高い傾向にあった。これらのことから、給与区でみられた増体効果はトウフ粕が含有するEEの脂肪酸組成によるものと考えられた。

西村ら¹⁸⁾は生トウフ粕給与で腐敗によると思われる乳房炎が多発し、その結果、風味が低下したと報告している。本試験でも給与区で乳房炎が多発したが、腐敗しにくい乾燥トウフ粕を給与したこと、乳房炎乳汁と供試トウフ粕から分離された主要菌種が一致しなかったことから、トウフ粕給与による直接的な影響とは考えにくい。

今まで、本試験のように乾燥トウフ粕を泌乳前・中期の高泌乳牛へ多給した試験成績の報告は少ない。本試験の飼料摂取状況、乳量、血液性状では乾燥トウフ粕多給による悪影響は認められなかった。従って、乾燥トウフ粕は高泌乳期や高泌乳牛にも給与できる可能性が高く、安価に入手可能となれば、飼料コスト低減につながることから、酪農家にとってもメリットはあるものと考えられた。その場合、乳脂肪率をモニターしながら、乾草類の給与割合(有効繊維含量)を調節し、必要に応じてバイパス油脂を添加するなどの工夫が必要であると考えられた。

引用文献

- (1) 甘利雅弘・古賀照章・阿部 亮(1994):豆腐粕の牛飼料としての飼料価値と消化特性:畜産試験場研報 54, 35-41
- (2) 独立行政法人 農業技術研究機構(2001):日本標準飼料成分表(2001版)78-79
- (3) Edomonsen, A.D., I.J.Lean, L.D.Weaver,

- T.Farver and G.Webster (1989) : A body condition scoring chart for holstein dairy cows : J. Dairy Sci. 72, 68-78
- (4) 永西 修 (2002) : 泌乳牛用高脂肪飼料の栄養価の推定式の作成 : 畜産技術, 571, 44-46
- (5) 後藤 治・大石登志雄・藤島直樹 (1990) : 豆腐粕を利用した搾乳肥育技術 : 福岡総農試研報 C-10, 5-8
- (6) 広瀬可恒 (1966) : 乳牛の科学 (農山漁村文化協会) 324-328
- (7) 生田健太郎・小嶋 睦・篠倉和己・函城悦司 (2000) : 乳中尿素態窒素と乳蛋白率による泌乳牛の栄養診断 : 日獣会誌, 53, 289-292
- (8) 井上直人・古賀照章・浅井貴之・太田堯道 (1989) : 豆腐粕における一般6成分の変動の実態 : 長野畜試研報 22, 16-23
- (9) 古賀照章・斉藤友喜・吉田宮雄・石崎重信・室井章一・関 誠・清水景子・加藤泰之・内田哲二・砂長伸司・木村容子・川嶋賢二・竹中昭雄・永西 修・寺田文典 (2001) : NDFと脂肪含有量に富む食品製造副産物の給与が泌乳前期の乳生産に及ぼす影響 : 日畜会報 72, J351-J358
- (10) 小嶋 睦 (2001) : 未利用資源としての生トウフ粕の利用—冬季における中・後期泌乳牛において有効— : デーリィマン, 51(3), 46
- (11) 松永 寛・染田 保・崎元道男 (1997) : 豆腐粕給与が乳牛の乳質に及ぼす影響 : 大阪農技セ研報 33, 32-37
- (12) 森 達摩・西村和彦・亀岡俊則・松永 寛 (1994) : 豆腐粕サイレージの品質に及ぼす乳酸菌および糖蜜の添加効果 : 大坂農技セ研報 30, 42-45
- (13) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1999) : 日本飼養標準 乳牛 (中央畜産会) 26-29
- (14) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1999) : 日本飼養標準 乳牛 (中央畜産会) 77-79
- (15) 西村和彦・藤谷泰裕・崎元道男 (1995) : 豆腐粕サイレージ給与による牛乳風味の改善 : 大阪農技セ研報 31, 43-45
- (16) 西村和彦・森 達摩・崎元道男・藤谷泰裕・松永 寛 (1997) : 単味飼料重層による豆腐粕サイレージの保存性の向上 : 大阪農技セ研報 33, 38-41
- (17) Pantoja, J., J.L.Firkins and M.L.Eastridge (1996) : Fatty acid digestibility and lactation performance by dairy cows fed fats varying in degree of saturation : J. Dairy Sci. 79, 429-437
- (18) 田中桂一 (1978) : 脂肪の添加給与と乳牛の乳脂肪分泌について : 日畜会報 49, 81-88
- (19) 山本静二・辻井弘忠 (1988) : 自家配トウフ粕サイレージの調製とその消化試験 : 畜産の研究 42, 1172