

## 飼料中脂肪成分の制御による乳中共役リノール酸含量向上技術の開発

館野綾音、高久未来<sup>1)</sup>、室井章一

1) 現 県北家畜保健衛生所

### 要 約

飼料中脂肪成分の制御による乳中共役リノール酸含量の向上、国産・自給飼料の利活用による生乳生産費の低減の2つを目的として、5つの試験を実施した。

- 1) 乾熱加熱圧片大豆（加熱大豆）を給与飼料乾物中12%添加することにより、乳中共役リノール酸含量は増加した。
- 2) 給与飼料乾物中8%の加熱大豆を添加した飼料は、脂肪酸カルシウムと同等の乳生産を得られたが、乳中共役リノール酸含量に増加傾向は認められなかった。
- 3) 給与飼料乾物中の粗脂肪含量が6～8%の高脂肪飼料を給与しても、日乳量は32 kg以上が得られ、脂肪の増給により乳中共役リノール酸含量は増加する可能性が示された。
- 4) 加熱大豆や綿実を用いて、給与飼料乾物中の粗脂肪含量を7.4%とした高脂肪飼料は、4.1%の低脂肪飼料と比較して、乳中共役リノール酸含量が増加した。また、乾物摂取量や乳量に有意差は認められなかった。
- 5) 加熱大豆や綿実を用いた高脂肪飼料に対し、その半量を生米ぬかに置き換えても、同等の乳生産が得られた。また、ほぼ全量を乾燥トウモロコシや生米ぬかに置き換えても、乳脂率3.5%を維持し、乾物摂取量や日乳量に有意差は認められなかった。
- 6) 輸入飼料の乾草や圧片トウモロコシを、自給飼料のトウモロコシサイレージに置き換えることにより、生乳生産費の低減が図れた。

### 背景と目的

食品に対する消費者のニーズは、安全・安心はもとより、高品質や機能性物質を多く含む食品を求めるなど多様化してきている。このため、生乳の高い生産力を保ちつつ、多様化した消費者ニーズに対応した飼養管理技術の開発が期待されている。生乳に含まれる脂肪酸のひとつに共役リノール酸があり、これは抗がん作用などの機能性を有することが知られている。共役リノール酸は、リノール酸のうち共役の二重結合をもつものの総称であり、そのうち牛乳中には *cis-9,trans-11,octadecadienoic acid* (以下ルメニン酸) が最も多く含まれている<sup>1)</sup>。ルメニン酸は高脂肪飼料、特に大豆や豆腐粕など、リノール酸が多く含まれる飼料を給与することで乳中に生産される<sup>2) 3) 4)</sup>。しかし、脂肪の過度な給与、特に多価不飽和脂肪酸の多給は第一胃発酵を阻害するとして、給与飼料乾物中の脂肪含量は5～6%が上限とされている<sup>5)</sup>。

一方で、近年トウモロコシや大麦などの主要な穀類の高騰が問題となっている。そのため、自給粗飼料の利用拡大と安価な食品製造副産物の多給により、飼料費の低減を図ることが解決策のひとつとして期待されている。

しかし、食品製造副産物の中には脂肪含量の高いものがあり、それが利用の制限にもなっている。

そこで、本研究では以下の2つを目的とし、試験を実施した。①飼料中の適正な脂肪含量を検討し、リノール酸を含む植物油の添加により、乳中共役リノール酸を多く得る技術を開発する。②自給飼料や食品製造副産物等の活用により、飼料費の低減を図る。

まず試験1では、飼料として用いられている油実のうち、多価不飽和脂肪酸組成の異なる油実を給与し、乳生産および乳中共役リノール酸含量に及ぼす影響を検討した。試験2では、脂肪源として加熱大豆や脂肪酸カルシウムを給与し、乳生産および乳中共役リノール酸含量に及ぼす影響を検討した。試験3では、輸入飼料の価格高騰に対応するため、飼料中のエネルギー源を輸入トウモロコシの炭水化物から安価な食品製造副産物の脂肪に代替することを目指し、飼料中の適正な粗脂肪含量を検討した。試験4では、油実を主な脂肪源として用いた高脂肪飼料を長期間給与し、乳生産および乳中共役リノール酸含量に及ぼす影響を検討した。試験5では、高脂肪飼料の脂肪源を油実から食品製造副産物へ置き換え、乳生

産および乳中共役リノール酸含量に及ぼす影響について検討した。

## 試験1

### 多価不飽和脂肪酸組成の異なる油実の比較試験

試験1では、飼料として用いられている油実のうち、多価不飽和脂肪酸組成の異なる大豆と綿実をそれぞれ泌乳中期牛に給与し、乳生産および乳中共役リノール酸含量に及ぼす影響を検討した。

#### 材料および方法

供試牛は、栃木、東京、千葉および愛知の4公立試験場で飼養している2産以上・分娩後10週以降のホルスタイン種泌乳牛23頭を用いた。試験期間は1期3週間（馴致2週間、本試験1週間）の3×3ラテン方格法とし、体重、乾物摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液および乳中脂肪酸組成を調査した。

表1. 試験1  
供試飼料の配合割合および成分(乾物%)

項目\試験区	対照	大豆	綿実
<b>配合割合</b>			
チモシー乾草	29.0	29.0	29.0
アルファルファヘイキューブ	7.0	7.0	7.0
圧片トウモロコシ	17.0	14.4	14.1
圧片大麦	17.0	14.4	14.1
綿実	—	—	12.0
加熱大豆	—	12.0	—
ビール粕	3.0	2.5	2.5
大豆粕	8.5	0.0	6.0
フスマ	12.0	10.2	10.0
ピートパルプ	3.0	7.5	2.5
ビタミン、ミネラル、糖蜜等	3.5	3.0	3.0
<b>成分含量※</b>			
TDN	74.5	76.7	75.2
CP	15.1	15.2	15.2
CPd	10.1	8.9	10.3
CPu	5.0	6.2	4.9
NDF	37.1	36.1	39.7
NFC	38.8	33.8	34.2
EE	3.1	5.2	5.2
デンプン	23.7	20.1	19.7

※成分は設計値

飼料構成を表1に示した。給与飼料乾物中TDNを75~77%、粗蛋白質を15%程度とし、試験区では油実として、加熱大豆を12%（大豆区）、または、綿実を12%（綿実区）配合した。給与飼料乾物中の粗脂肪（EE）含量は、油実を含まない対照区3.1%に対し、油実を多給した2試験区では5.2%に設計した。飼料は加水混合したTMRを

1日2回給与し、自由採食とした。

体重は、本試験開始および終了日に測定し、平均値を用いた。乾物摂取量は飼料給与量と残飼量を秤量し、その一部を乾燥して算出した。乳量は各試験場で1日2回、毎日それぞれ同時刻に搾乳し、測定した。乳成分は、連続3日間の生乳サンプルを採取し、各所で分析した。第一胃内容液は、採食後約4時間に経口もしくは経鼻カテテルを用いて採取した。採取後、pHをガラス電極pH計にて測定した後、遠心した上清を分析まで-20℃以下で凍結保存した。揮発性脂肪酸（VFA）はガスクロマトグラフを、アンモニア態窒素は分光光度計を用いてそれぞれ分析した。乳中脂肪酸組成は連続3日間の乳サンプルを採取し、乳量により加重平均し混合した後-20℃以下で凍結保存した。これを解凍し、ガスクロマトグラフを用いて分析した。

#### 結果および考察

##### 1-1 体重・乾物摂取量・乳生産

結果を表2に示した。体重、乾物摂取量および日乳量は試験区間に有意差は認められなかった。乳成分のうち、乳脂率は試験区間に有意差は認められなかったが、乳蛋白質率は対照区に対し綿実区で低い値を示した（ $P<0.05$ ）。非繊維性炭水化物（NFC）摂取量が少ない場合、第一胃における微生物蛋白質合成量が減少し、その影響を受けて乳蛋白質の合成量が減少する<sup>6)</sup>。本試験における給与飼料乾物中のNFCは、対照区に対し綿実区の方が4.6%低い設計になっており、これが乳蛋白質率の低下に影響したと考えられる。また、乳中尿素窒素（MUN）濃度は綿実区が他の2区に対し高い値を示した（ $P<0.05$ ）が、正常値の範囲内<sup>7)</sup>であった。

表2. 試験1: 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区	対照	大豆	綿実	
供試頭数	23	23	23	
体重	kg	668	673	669
乾物摂取量	kg/日	24.9	24.0	23.8
乳量	kg/日	31.8	32.5	30.4
4%FCM	kg/日	29.9	30.8	29.4
乳脂率	%	3.7	3.70	3.83
乳蛋白質率	%	3.3 <sup>a</sup>	3.21	3.20 <sup>b</sup>
乳糖率	%	4.6	4.5	4.5
乳中尿素窒素	mg/dl	11.5 <sup>b</sup>	12.1 <sup>b</sup>	14.1 <sup>a</sup>

同一行の異符号間に有意差あり（ $P<0.05$ ）

##### 1-2 第一胃内容液

第一胃内容液性状を表3に示した。pH、プロトゾア総数、アンモニア態窒素濃度、総VFA濃度、および酢酸/プロピオン酸（A/P）比のいずれも試験区間に有意差はなく、油実の添加による影響は認められなかった。

表3. 試験1: 第一胃内容液

項目\試験区	対照	大豆	綿実	
pH	6.81	6.77	6.80	
プロトゾア総数	log10/ml	5.3	5.3	5.1
アンモニア態窒素	mg/dL	9.4	10.2	10.3
総VFA濃度	mmol/dL	9.2	9.6	9.9
酢酸/プロピオン酸比		3.1	3.1	3.0

### 1-3 乳中脂肪酸組成

乳中脂肪酸組成を表4に示した。C8～C16の飽和脂肪酸含量は、ほとんどの項目で綿実区<大豆区<対照区の順で有意に高い値であった。C18以降の不飽和脂肪酸であるバクセン酸、リノール酸、 $\alpha$ リノレン酸、およびルメニン酸含量は大豆区で高い値を示した ( $P<0.05$ )。

表4. 試験1: 乳中脂肪酸組成 (mg/ml)

項目\試験区	対照	大豆	綿実
4:0 酪酸	0.47	0.39	0.38
6:0 カプロン酸	1.93	2.04	1.89
8:0 カプリル酸	0.76 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	0.58 <sup>b</sup>
10:0 カプリン酸	1.81 <sup>a</sup>	1.58 <sup>b</sup>	1.22 <sup>c</sup>
12:0 ラウリン酸	1.92 <sup>a</sup>	1.54 <sup>b</sup>	1.20 <sup>c</sup>
14:0 ミリスチン酸	4.95 <sup>a</sup>	4.47	3.96 <sup>b</sup>
16:0 パルミチン酸	9.96 <sup>a</sup>	8.55 <sup>b</sup>	9.84 <sup>a</sup>
18:0 ステアリン酸	2.60 <sup>c</sup>	3.84 <sup>b</sup>	4.57 <sup>a</sup>
18:1 バクセン酸	0.43 <sup>b</sup>	0.67 <sup>a</sup>	0.53
18:1 c9 オレイン酸	4.82 <sup>b</sup>	6.31 <sup>a</sup>	6.96 <sup>a</sup>
18:2 c9c12 リノール酸	0.75 <sup>b</sup>	1.17 <sup>a</sup>	0.79 <sup>b</sup>
18:3(n-3) $\alpha$ リノレン酸	0.08 <sup>b</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.06 <sup>c</sup>
18:2 ルメニン酸	0.16 <sup>b</sup>	0.18 <sup>a</sup>	0.14 <sup>b</sup>

同一行の異符号間に有意差あり ( $P<0.05$ )

乳脂肪の合成経路は、第一胃で生成されるVFA由来と飼料中脂質由来の2つがあり、前者は乳腺内で脂肪酸合成酵素により炭素(C)数が4～16の脂肪酸に合成され、後者はC16の一部と18以上の脂肪酸となる<sup>8)</sup>。不飽和度の高い脂肪の多給は、*trans10*や*trans10, cis12*などのトランス型多価不飽和脂肪酸の生成量を増加させ、これは乳腺における乳脂肪合成を阻害するとされている<sup>5)</sup>。本試験では、*trans10*C18:1や*trans10, cis12*C18:2は測定していないが、同様の作用によりC16以下の脂肪酸が低下した可能性がある。

また、ルメニン酸の産生経路は、①摂取したリノール酸および $\alpha$ リノレン酸が第一胃内で微生物により水素添加され、飽和脂肪酸のステアリン酸まで還元される過程で生成し、乳腺まで移動するものと、②第一胃内で水素添加を受ける際に、中間産物として生成したバクセン酸がそのまま乳腺まで移動した後、不飽和化酵素によりルメニン酸が生成する2つが考えられている<sup>9)</sup>。大豆油に含まれるリノール酸および $\alpha$ リノレン酸は、それぞれ53.5、6.6、綿実油は57.9、0.4 (g/総脂肪酸100g)であり<sup>10)</sup>、

この組成の違いがルメニン酸をはじめ不飽和脂肪酸の生成量に影響した可能性が考えられる。Zhengら<sup>11)</sup>は、綿実油よりも大豆油を添加給与した方が乳中のルメニン酸が増加したと報告している。またDhimanら<sup>2)</sup>は、エクストールド大豆および綿実の給与試験結果の中で、ステアリン酸含量は綿実油より大豆油の方が高いにも関わらず、それらを給与した牛の乳中の値は逆転し、更に不飽和脂肪酸の量は大豆区の方が高かったとしている。本試験でも同様の結果が得られており、綿実区は第一胃内での飽和作用が大豆区より高く、これが乳中ルメニン酸含量の差にも繋がった可能性が考えられる。

以上の結果から、泌乳中期牛に給与飼料乾物中12%の加熱大豆または綿実を添加しても、乳生産に大きな影響を及ぼさなかった。油実の添加により乳中のC8～C16の飽和脂肪酸は低下したが、大豆区は乳中のバクセン酸、リノール酸、ルメニン酸、 $\alpha$ リノレン酸含量が増加し、加熱大豆の給与により乳中の共役リノール酸含量が高まること明らかになった。

### 試験2 加熱大豆と脂肪酸カルシウムの比較試験

試験2では、試験1で共役リノール酸含量の増加した加熱大豆や、ルーメンのバイパス率の高い脂肪酸カルシウム(脂肪酸Ca)を脂肪源としてそれぞれ分娩後の泌乳牛に長期間給与し、乳生産および乳中共役リノール酸含量に及ぼす影響を検討した。

### 材料および方法

供試牛は、栃木、千葉および愛知の3公立試験場で飼養している2産以上のホルスタイン種乳牛17頭を用いた。試験期間は分娩前3週～分娩後13週間とし、体重、乾物摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液、血液性状および乳中脂肪酸組成を調査した。

飼料構成を表5に示した。給与飼料乾物中8%の加熱大豆を加えた大豆区に対し、脂肪酸Ca区ではパーム油由来の脂肪酸Caを同2%加えた。給与飼料乾物中のEE含量は、両区とも同程度に設計した。分娩前3週から試験飼料の給与を開始した。分娩前は所定の混合割合より粗飼料は多く、それ以外の飼料は少なく給与し、分娩日が近づくに従って所定の混合割合に近づけた。分娩日～4日後までは試験飼料を徐々に増給し、分娩後5日以降は加水混合したTMRを給与、自由採食とした。尚、分娩後5日～11日を分娩後第1週とし、以降はこれに準ずる。

体重は週1回測定した。乾物摂取量は飼料給与量と残飼量を秤量し、その一部を乾燥して算出した。日乳量は、各試験場で1日2回、毎日それぞれ同時刻に搾乳し測定

した。乳成分は、毎週1日分の乳サンプルを採取し各所で分析した。また、分娩後1、3、5、9、および13週に血液を頸静脈から、第一胃内容液を経口または経鼻カテーテルを用いて、いずれも採食後約4時間に採取した。採血はヘパリンナトリウム入りの採血管を用い、遠心分離後に得た血漿を、分析まで-20℃以下で凍結保存した。血漿中一般生化学成分を、血液自動分析装置を用いて分析した。第一胃内容液の分析方法については試験1に準じた。

表5. 試験2  
供試飼料の配合割合および成分(乾物%)

項目\試験区	大豆	脂肪酸Ca
配合割合		
チモシー乾草	31.9	28.7
アルファルファヘイキューブ	5.0	6.9
圧片トウモロシ	19.3	18.8
圧片大麦	12.6	16.2
加熱大豆	7.4	—
綿実	1.9	—
ビール粕	—	1.9
大豆粕	12.0	8.4
フスマ	7.9	10.1
ビートパルプ	—	2.1
脂肪酸カルシウム	—	1.8
トウフ粕(乾燥)	—	1.5
糖蜜	1.2	3.0
ビタミンミネラル	0.8	0.6
成分含量※		
TDN	77.7	77.4
CP	18.0	14.8
EE	4.6	4.7
NDF	34.7	35.3
NFC	37.3	39.8

※成分は設計値

## 結果および考察

### 2-1 体重・乾物摂取量・乳生産

結果を表6に示した。体重、乾物摂取量および日乳量は分娩後13週間の平均値を示したが、試験区間に有意差は認められなかった。MUN濃度は大豆区で高い値を示

表6. 試験2: 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区	大豆	脂肪酸Ca
供試頭数	8	9
体重	kg 629	651
乾物摂取量	kg/日 25.0	24.8
乳量	kg/日 42.1	41.0
乳脂率	% 3.70	3.90
乳中尿素窒素	mg/dL 17.6 <sup>a</sup>	12.7 <sup>b</sup>

同一行の異符号間に有意差あり(P<0.05)

した(P<0.05)が、正常値<sup>7)</sup>の範囲内であった。一般に、粗蛋白質(CP)摂取量が高くなると乳中および血中の尿素窒素濃度は上昇する<sup>7)12)</sup>ため、本試験においても給与飼料中のCP含量が影響したと考えられる。

### 2-2 血液性状・第一胃内容液

結果は5、9、および13週の平均値を表7に示した。血液性状のうち、尿素窒素(BUN)濃度は大豆区で高い値を示した(P<0.05)が、これはMUNと同様に給与飼料中のCP含量が影響したと考えられる。遊離脂肪酸は脂肪酸Ca区で高い値を示した(P<0.05)が、正常値の範囲内<sup>13)</sup>であった。

第一胃内容液において、pH、アンモニア態窒素、総VFA濃度、およびA/P比は、試験区間に有意差は認められなかった。

表7. 試験2: 第一胃内容液および血液性状

項目\試験区	大豆	脂肪酸Ca
血液		
総コレステロール	mg/dL 185.1	220.2
GOT	IU/L 82.7	71.8
γGTP	IU/L 21.8	26.2
尿素窒素	mg/dL 21.9 <sup>A</sup>	15.7 <sup>B</sup>
遊離脂肪酸	μEq/L 125.0 <sup>a</sup>	184.2 <sup>b</sup>
第一胃内容液		
pH	6.9	7.0
アンモニア態窒素	mg/dL 14.4	11.3
総VFA濃度	mmol/d 9.2	10.0
酢酸/プロピオン酸比	2.5	3.0

同一行の異符号間に有意差あり(大文字P<0.01, 小文字P<0.05)

### 2-3 乳中脂肪酸組成

乳中脂肪酸組成の5、9、および13週の平均値を表8に示した。試験区間に有意差は認められなかったが、試験期間中、脂肪酸Ca区ではパルミチン酸、大豆区ではリノール酸含量が高く推移する傾向があり、これは給与飼料中の脂肪酸組成が影響したと考えられる。

表8. 試験2: 乳中脂肪酸組成(mg/ml)

項目\試験区	大豆	脂肪酸Ca
8:0 カプリル酸	0.50	0.55
10:0 カプリン酸	1.03	1.15
12:0 ラウリン酸	1.24	1.47
14:0 ミリスチン酸	3.81	4.22
16:0 パルミチン酸	8.24	11.69
18:0 ステアリン酸	3.89	3.16
18:1 パクセン酸	0.86	0.63
18:1 c9 オレイン酸	6.05	6.13
18:2 c9c12 リノール酸	1.02	0.91
18:3(n-3) αリノレン酸	0.15	0.11
18:2 ルメニン酸	0.17	0.17
20:3(n-3)	0.04	0.02

Bayourthe ら<sup>14)</sup> は、カノーラ油について、油実には脂肪酸 Ca と同等の第一胃バイパス性を有する可能性を示している。本試験においても、乳脂率に有意差は認められなかったが、大豆区で飼料由来と推察される脂肪酸が乳中でも高く確認されたことから、加熱大豆の脂肪は、脂肪酸 Ca と同等の第一胃バイパス性を有する可能性がある。しかし今回はバイパス率を測定しなかったことから、今後の検討が必要である。

以上の結果から、分娩後 13 週間の乳牛に給与飼料乾物中 8% 程度の加熱大豆を添加しても、脂肪酸 Ca を用いて給与飼料乾物中 EE 含量を同程度にしたものと比較して、体重、乾物摂取量、および乳量に影響はなく、乳成分も適正値の範囲内であったことから、飼料乾物中 8% 程度の加熱大豆の長期給与は可能であると考えられる。また、加熱大豆の脂肪は高い第一胃バイパス性を有する可能性が示唆された。

### 試験3 飼料中粗脂肪割合の限界水準調査試験

試験 1 では、加熱大豆の給与により生乳中の共役リノール酸含量が増加した。そこで試験 3 では、加熱大豆を用いて給与飼料乾物中の EE 含量を 6~8% に設計した飼料を泌乳中期牛に給与し、飼料中の適正な EE 含量および生乳中の共役リノール酸含量に及ぼす影響を検討した。

#### 材料および方法

供試牛は、当センター（旧酪農試験場）で飼養している 2 産以上・分娩後 100 日以降のホルスタイン種泌乳牛 6 頭を用いた。試験期間は 1 期 17 日間（馴致 14 日間、本試験 3 日間）の 3×3 ラテン方格法とし、体重、乾物摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液、血液性状、乳中脂肪酸組成および生産費を調査した。

飼料構成を表 9 に示した。給与飼料乾物中、輸入チモシー乾草 20%、圧片トウモロコシ 16.7% を混合した対照区に対し、乾草とトウモロコシを半減した半量給与区、全く含まない無給与区の 3 区とした。乾草とトウモロコシを減少させた部分は、トウモロコシサイレージ、綿実、トウフ粕、フスマ等に置き換えた。給与飼料乾物中の EE 含量は対照区 6.8%、半量給与区 7.5%、無給与区 8.1% に設計した。ただし、3 試験区ともデンプン含量が低いいため糖・デンプン・有機酸類（NCWFE）を 30% 以上に設計した。飼料は加水混合した TMR を 1 日 2 回給与し、自由採食とした。

表9. 試験3 供試飼料の配合割合および成分(乾物%)

項目\試験区	対照	半量給与	無給与
<b>配合割合</b>			
チモシー乾草	20.0	10.0	—
圧片トウモロコシ	16.7	8.4	—
トウモロコシサイレージ	17.2	25.7	34.1
トウフ粕(乾燥)	8.0	12.0	16.0
ビール粕(乾燥)	3.0	3.5	4.0
大豆粕	2.0	2.0	2.0
加熱大豆	9.9	9.9	9.9
綿実	5.0	6.5	8.0
ビートパルプ	8.4	9.7	11.2
フスマ	5.5	8.0	10.5
その他	4.3	4.3	4.3
<b>成分含量</b>			
TDN※	78.5	78.7	78.8
CP※	16.2	17.6	18.9
CPd※	9.5	10.6	11.7
NDF※	39.9	41.1	42.4
EE	6.4	7.1	7.7
デンプン※	17.0	13.9	10.8
NCWFE※	35.6	35.2	34.8

※設計値

乾物摂取量は飼料給与量と残飼量を秤量し、その一部を乾燥して算出した。乳量は 1 日 2 回、毎日同時刻に搾乳し測定した。乳成分は 1 日分の乳サンプルを採取し、酪農業協同組合の分析センターに分析を依頼した。血液の分析には、スポットケムおよび分光光度計を用いた。その他の採材方法および分析方法は試験 1、2 に準じた。生産費については、配合飼料価格はメーカーからの聞き取り、自給飼料のトウモロコシサイレージは 9 円/原物 kg、乳価 90 円/kg として算出した。

#### 結果および考察

##### 3-1 体重・乾物摂取量・飼料中成分・乳生産

給与飼料乾物中 EE 含量（配合飼料：メーカーからの聞き取り、粗飼料：飼養標準値）は、3 試験区とも設計値よりも低い値を示したが、対照区 6.4%、半量給与区 7.1%、無給与区 7.7% と、適正上限値と推奨される 6%<sup>5)</sup>

表10. 試験3: 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区	対照	半量給与	無給与
供試頭数	6	6	6
体重	kg 640	644	644
乾物摂取量	kg/日 21.9	22.9	21.0
乳量	kg/日 32.5	35.4	36.8
乳脂率	% 4.17	4.18	4.17
乳蛋白質率	% 3.17	3.24	3.23
無脂固形分率	% 8.74	8.86	8.79
乳中尿素窒素	mg/dl 16.2 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	19.2 <sup>b</sup>

同一行の異符号間に有意差あり(P<0.05)

を超える値だった(表9)。体重、乾物摂取量は試験区間に有意差はなく、日乳量は、有意差はないものの3試験区とも32kg/日以上であった(表10)。乳脂率は試験区間に有意差は認められなかったが、3試験区とも4%を超える高い値を示した。MUN濃度は無給与区で高い値を示した( $P<0.05$ )が、これは給与飼料中のCP含量が影響したと考えられる。

### 3-2 血液性状・第一胃内容液

結果を表11に示した。血液性状の各項目は、試験区間に有意差は認められなかった。

第一胃内容液のプロトゾア総数は、試験区間に有意差はないが、EE含量が高まるにつれて減少し、*Isotricha*は顕著に減少した( $P<0.05$ )。 *Isotricha*などの全毛虫類は、*Entodinium*などの小型貧毛虫類と比較して増殖速度が遅く<sup>15)</sup>、環境の変化の影響を受けやすい。本試験において、飼料構成の違いがプロトゾアに影響を与えたと考えられるが、第一胃内容液のその他の項目に有意差はなく、発酵への大きな影響はなかったと考えられる。

表11. 試験3:血液性状および第一胃内容液

項目\試験区		対照	半量給与	無給与
<b>血液</b>				
総コレステロール	mg/dL	262.3	273.5	295.5
尿素窒素	mg/dL	17.5	19.0	20.7
遊離脂肪酸	$\mu\text{Eq/L}$	120.0	152.2	99.2
<b>第一胃内容液</b>				
総VFA濃度	mmol/dL	8.5	8.5	9.9
pH		6.9	6.8	6.7
プロトゾア総数	$10^5/\text{ml}$	9.6	9.3	8.8
<i>Entodinium</i>	$10^5/\text{ml}$	7.1	7.1	7.5
<i>Epidinium</i>	$10^5/\text{ml}$	1.1	1.4	1.0
<i>Isotricha</i>	$10^5/\text{ml}$	1.4 <sup>Aa</sup>	0.8 <sup>b</sup>	0.3 <sup>B</sup>
アンモニア態窒素	mg/dL	20.7	19.8	17.9
酢酸/プロピオン酸比		3.2	3.1	3.0

同一行の異符号間に有意差あり(大文字 $P<0.01$ , 小文字 $P<0.05$ )

### 3-3 乳中脂肪酸組成

乳中脂肪酸組成を表12に示した。試験区間に有意差は認められなかったが、試験1と同様にC8~C16の飽和脂肪酸含量はEE含量が高まるにつれて減少した。ルメニン酸含量は、試験区間に有意差は認められなかったが、無給与区が高い値を示し、また、バクセン酸含量はEE含量が高まるにつれて上昇する傾向を示した。ヒトの生体内に取り込まれたバクセン酸の一部は、共役リノール酸に変換されるという報告があり<sup>16)</sup>、乳中のバクセン酸含量を高めることも有意義であると考えられている。梅田ら<sup>3)</sup>は、トウフ粕の給与によりルメニン酸含量が高まる傾向があると報告しており、本試験においても対照区<半量給与区<無給与区の順にトウフ粕を増給していることから同様の結果が得られたと考えられる。

表12. 試験3:乳中脂肪酸組成(mg/ml)

項目\試験区	対照	半量給与	無給与
8:0 カプリル酸	0.59	0.53	0.50
10:0 カプリン酸	1.19	1.02	0.96
12:0 ラウリン酸	1.45	1.23	1.16
14:0 ミリスチン酸	4.66	4.34	4.07
16:0 パルミチン酸	10.55	9.37	9.41
18:0 ステアリン酸	3.93	4.00	4.36
18:1 バクセン酸	0.62 <sup>a</sup>	0.68	1.01 <sup>b</sup>
18:1 c9 オレイン酸	6.33	7.24	7.64
18:2 c9c12 リノール酸	1.32	1.21	1.48
18:3(n-3) $\alpha$ リノレン酸	0.18	0.15	0.19
18:2 ルメニン酸	0.29	0.27	0.32
20:3(n-3)	0.05	0.06	0.13

同一行の異符号間に有意差あり( $P<0.05$ )

### 3-4 生産費

生産費の結果を図1に示した。1日1頭当たりの飼料費は、対照区1,362円、半量給与区1,316円、無給与区1,110円であった。乳飼比は、対照区47.5%、半量給与区41.5%、無給与区33.6%であり、無給与区で低い値を示した( $P<0.05$ )。これは、輸入乾草や圧片トウモロコシを自給飼料のトウモロコシサイレージに置き換えたことによると考えられる。

以上の結果から、泌乳中期牛に給与飼料乾物中の粗脂肪が6~8%の高脂肪飼料を給与しても、32kg/日の乳量を得られ、生産性に大きな影響を及ぼさず、粗脂肪の増給により乳中の共役リノール酸含量は増加する可能性が示された。また、輸入乾草や圧片トウモロコシの代替として自給飼料のトウモロコシサイレージを用いることで、生産費の低減を図れることが明らかになった。

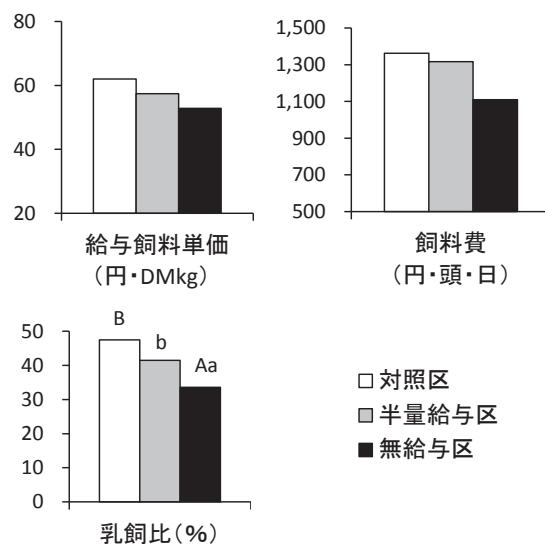


図1 試験3 生産費

異符号間に有意差あり(大文字 $P<0.01$ , 小文字 $P<0.05$ )

#### 試験4 油実を用いた高脂肪飼料の長期給与試験

試験3では、給与飼料乾物中の EE 含量が約8%の高脂肪飼料を給与しても、泌乳中期牛の乳生産に大きな影響はなかった。そこで試験4では、高脂肪飼料の主な脂肪源に加熱大豆や綿実といった油実を用い、分娩後の泌乳牛に長期間給与し、乳生産および乳中共役リノール酸含量に及ぼす影響を検討した。

#### 材料および方法

供試牛は栃木、千葉、山梨および愛知の4公立試験場で飼養している2産以上のホルスタイン種乳牛24頭を用いた。試験期間は分娩前3週～分娩後15週間とし、体重、飼料摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液、血液性状、乳中脂肪酸組成および生産費を調査した。

飼料構成を表13に示した。給与飼料乾物中、輸入チモシー乾草20%、圧片トウモロコシ21%を給与する対照区に対し、乾草とトウモロコシをトウモロコシサイレージ、加熱大豆、綿実、トウフ粕およびフスマに置き換えた脂肪区の2区とした。給与飼料乾物中の EE 含量は、対照区4.5%に対し脂肪区では8%に設計した。飼料給与方法および試験週次の数え方、各調査項目の採材方法、分析方法については試験2に準じた。生産費は、配合飼料および乾草はメーカー・農協からの聞き取り、トウモロコシサイレージは9円/原物kg、乳価は90円/kgとして算出した。

表13. 試験4  
供試飼料の配合割合および成分(乾物%)

項目\試験区	対照	脂肪
<b>配合割合</b>		
チモシー乾草	20.0	—
トウモロコシサイレージ	16.5	33.0
圧片トウモロコシ	21.0	8.7
加熱大豆	9.1	13.5
綿実	—	8.2
ビートパルプ	9.4	11.0
フスマ	5.5	9.7
糖蜜	1.8	2.6
大豆粕	11.8	—
トウフ粕(乾燥)	—	9.6
ビール粕(乾燥)	3.0	1.8
その他	1.9	1.9
<b>成分含量</b>		
TDN※	77.1	78.7
CP	15.5	15.9
CPd※	11.1	10.9
NDF	37.7	34.3
EE	4.1	7.4
デンブン※	19.8	16.3
NCWFE※	33.7	32.0

※設計値

消化試験は、上記の飼養試験とは別に東京の公立試験場で飼養している分娩後11～19週のホルスタイン種泌乳中期牛4頭を用いて実施した。試験期間は1期3週間のクロスオーバー法とし、連続3日間の全糞と飼料を採取し消化率を測定した。

#### 結果および考察

##### 4-1 体重・乾物摂取量・飼料中成分・乳生産

給与飼料乾物中 EE 含量 (TMR 実測値) は、両区とも設計値よりも低い値を示したが、脂肪区では乾物中7.4%の高脂肪飼料であった(表13)。体重、乾物摂取量、日乳量、および乳成分の分娩後15週間の平均値を表14に示した。いずれの項目も試験区間に有意差は認められなかった。体重について対照区と脂肪区で20kg程度の開きがあるが、試験飼料給与開始前(分娩前4週)の体重は、対照区で659.8、脂肪区で639.7kgであり、元々の体重差が影響したと考えられる。

表14. 試験4: 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区	対照	脂肪
供試頭数	12	12
体重	kg 651	627
乾物摂取量	kg/日 25.5	24.0
乳量	kg/日 42.0	41.3
乳脂率	% 4.0	3.9
乳蛋白質率	% 3.1	2.9
無脂固形分率	% 8.6	8.6
乳中尿素窒素	mg/dL 11.3	10.1

##### 4-2 血液性状・第一胃内容液

結果は5、9、および13週の平均値を表15に示した。血液性状の各項目に有意差は認められなかった。

第一胃内容液について、*Entodinium* 以外のプロトゾアの割合は、脂肪区で低い値を示した ( $P < 0.05$ )。照井ら<sup>17)</sup>は、粗飼料としてサイレージを給与されている牛は、全プロトゾア中の *Entodinium* 以外の割合が低かったと報告している。本試験の脂肪区は粗飼料にトウモロコシサイレージのみを用いており、これが *Entodinium* 以外のプロトゾアの減少に影響した可能性がある。しかし、*Entodinium* を含めたプロトゾアの総数では試験区間に有意差が認められなかったため、第一胃内発酵に大きな影響は及ぼさなかったと考えられる。

表15. 試験4:血液性状および第一胃内容液

項目\試験区		対照	脂肪
<b>血液</b>			
総コレステロール	mg/dL	210.1	236.5
中性脂肪	mg/dL	8.4	10.0
尿素窒素	mg/dL	19.5	18.7
γ GTP	IU/L	30.2	28.1
遊離脂肪酸	μEq/L	155.1	169.2
総ケトン	mmol/L	0.9	0.7
<b>第一胃内容液</b>			
pH		6.6	6.5
総VFA濃度	mmol/dL	10.3	11.4
酢酸/プロピオン酸比		2.7	2.4
プロトゾア総数	10 <sup>4</sup> /ml	7.2	6.9
Entodinium 以外の割合	%	9.1 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>
アンモニア態窒素	mg/dL	9.4	9.5

同一行の異符号間に有意差あり(P<0.05)

#### 4-3 乳中脂肪酸組成

乳中脂肪酸組成の5、9、13、および15週の平均値を表16に示した。C18以降の長鎖脂肪酸含量は、脂肪区で高い値を示し(P<0.05)、バクセン酸含量は2.6倍、ルメニン酸含量は1.8倍まで増加した。また、有意差はないもののC4~C16までの飽和脂肪酸含量は脂肪区の方が低い値を示した。つまり、油実を多く用いたことにより、給与飼料由来の脂肪がそのまま乳脂肪まで移行し、乳中の長鎖脂肪酸含量が増加したと考えられる。しかし、乳腺における短鎖脂肪酸の合成阻害<sup>5)</sup>も同時に起こっていたと推察され、その結果、生乳中の脂肪酸全体量は試験区間に差がなく、乳脂率にも差が認められなかったと考えられる。

表16. 試験4:乳中脂肪酸組成(mg/ml)

項目\試験区		対照	脂肪
4:0 酪酸		0.82	0.90
6:0 カプロン酸		0.55	0.56
8:0 カプリル酸		0.53	0.47
10:0 カプリン酸		1.14	0.99
12:0 ラウリン酸		1.43	1.17
14:0 ミリスチン酸		3.98	3.64
16:0 パルミチン酸		9.60	8.04
18:0 ステアリン酸		3.00 <sup>B</sup>	4.66 <sup>A</sup>
18:1 バクセン酸		0.52 <sup>B</sup>	1.36 <sup>A</sup>
18:1 c9 オレイン酸		5.64 <sup>b</sup>	7.12 <sup>a</sup>
18:2 c9c12 リノール酸		1.14 <sup>B</sup>	1.84 <sup>A</sup>
18:3(n-3) αリノレン酸		0.17 <sup>B</sup>	0.26 <sup>A</sup>
18:2 ルメニン酸		0.16 <sup>B</sup>	0.29 <sup>A</sup>
20:3(n-3)		0.05	0.05

同一行の異符号間に有意差あり

(大文字P<0.01, 小文字P<0.05)

#### 4-4 生産費

生産費の15週間の平均値を図2に示した。1日1頭当たりの飼料費は、対照区で1,659円、脂肪区で1,168円、乳飼比は、対照区で44.9%、脂肪区で31.7%であり、どちらも脂肪区が低い値を示した(P<0.01)。これは、配合飼料価格は試験区間にあまり差がなかったが、脂肪区において輸入乾草や圧片トウモロコシを自給飼料のトウモロコシサイレージに置き換えたためと考えられる。

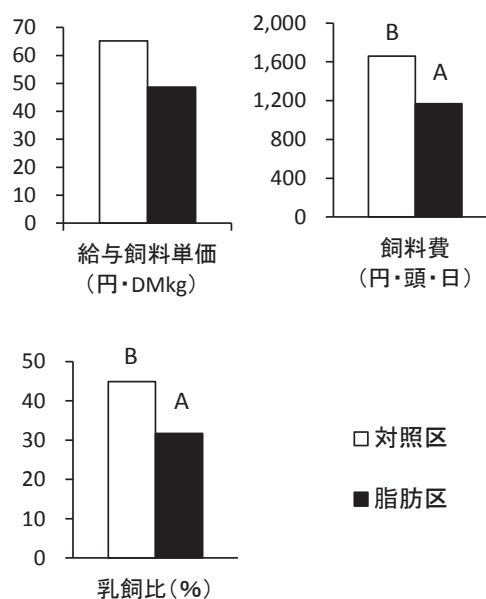


図2 試験4:生産費

異符号間に有意差あり(P<0.01)

#### 4-5 消化率

消化率を図3に示した。EE消化率は、対照区78.4%、脂肪区88.8%と脂肪区で高い値を示した(P<0.05)が、その他の項目は試験区間に有意差は認められなかった。

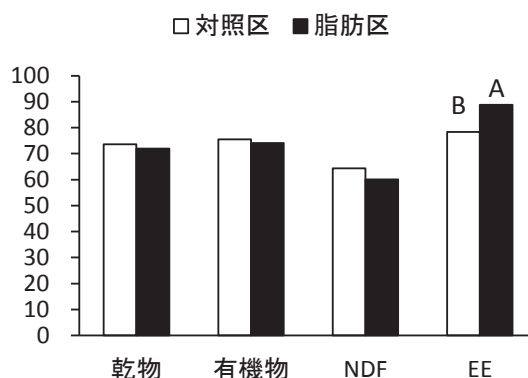


図3 試験4:消化率

異符号間に有意差あり(P<0.05)



脂肪の給与は第一胃内微生物およびその活性に影響を及ぼし、繊維の消化率を低下させるとされている<sup>5)</sup>が、古賀ら<sup>18)</sup>は、高脂肪飼料の給与により NDF の消化率は高まる傾向にあったと報告している。本試験においても、高脂肪飼料の給与による NDF 消化率の低下は認められなかった。また、EE 消化率の増加は摂取量の違いが影響したと考えられるが、詳細は不明である。

以上の結果から、分娩後 15 週間に、主に加熱大豆・綿実を用いた高脂肪飼料（乾物中 EE 含量 7.4%）を給与しても、体重、乾物摂取量、乳量を低下させることなく、乳成分も適正値の範囲内であったことから、長期給与が可能であると考えられる。また、乳中の共役リノール酸含量は高脂肪飼料の給与により増加した。更に、輸入飼料の乾草や圧片トウモロコシを自給飼料のトウモロコシサイレージに置き換えることで、乳生産に影響を及ぼすことなく、生産費の低減が図れることが明らかになった。

### 試験5 副産物を用いた高脂肪飼料の給与試験

試験4では、油実を中心に用いた高脂肪飼料を長期給与しても生産性に大きな影響はなかったことから、試験5では、高脂肪飼料の脂肪源を大豆や綿実からトウフ粕や生米ぬかといった食品製造副産物へ置き換え、泌乳前中期牛の乳生産および乳中共役リノール酸含量に及ぼす影響を検討した。

### 材料および方法

供試牛は、栃木、千葉および愛知の3公立試験場で飼養している分娩後45日以降のホルスタイン種泌乳牛16頭を用いた。試験期間は、1期3週間（馴致2週間、本試験1週間）の3×3ラテン方格法とし、体重、乾物摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液、血液性状、乳中脂肪酸組成、生産費および消化率を調査した。

飼料構成を表17に示した。試験4の脂肪区と同じ設計の油実区に対し、油実の半分を生米ぬかに置き換えたものを半分区、ほぼ全量を生米ぬか・トウフ粕に置き換えたものを副産物区とした。給与飼料乾物中のEE含量は3試験区とも8%に設計した。飼料給与方法およびその他の採材方法、分析方法は試験1・2に、生産費の算出は試験4に準じた。

消化試験は、愛知の公立試験場で飼養しているホルスタイン種泌乳牛4頭を用いて実施した。試験期間は1期3週間の3×3ラテン方格法とし、最終週の連続3日間の全糞と飼料を採取し、消化率を測定した。

表17. 試験5

供試飼料の配合割合および成分(乾物%)			
項目\試験区	油実	半分	副産物
配合割合			
トウモロコシサイレージ	33.0	33.0	33.0
圧片トウモロコシ	8.7	8.0	7.3
加熱大豆	13.5	6.8	2.7
綿実	8.2	4.1	—
ビートパルプ	11.0	11.0	11.0
フスマ	9.7	8.5	6.8
糖蜜	2.6	1.4	0.9
コーングルテンミール	—	3.3	4.4
トウフ粕(乾燥)	9.6	9.6	14.9
生米ぬか	—	10.8	16.0
ビール粕(乾燥)	1.8	1.3	0.6
炭酸カルシウム	1.5	1.8	2.0
その他	0.4	0.4	0.4
成分含量			
TDN※	78.5	77.7	77.7
CP	16.7	16.5	16.2
CPd※	9.5	9.3	9.1
NDF	33.0	32.4	33.0
EE	6.7	7.5	7.9
デンプン※	16.3	16.8	16.7
NFC※	31.6	31.4	31.3
Ca/P※	2.2	1.6	1.5

※設計値

### 結果および考察

#### 5-1 体重・乾物摂取量・飼料中成分・乳生産

給与飼料乾物中EE含量(TMR実測値)は3試験区とも設計値よりも低い値を示した(表17)。体重、乾物摂取量、日乳量を表18に示したが、試験区間に有意差は認められなかった。乳脂率は3試験区とも3.5%以上を示し、副産物区<半分区<油実区の順に高い値を示した( $P<0.05$ )。

表18. 試験5: 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区	油実	半分	副産物
供試頭数	16	16	16
体重	kg 668	666	667
乾物摂取量	kg/日 24.6	25.2	25.2
乳量	kg/日 32.3	33.8	34.4
4%FCM	kg/日 32.2	32.6	31.6
乳脂率	% 4.07 <sup>a</sup>	3.83	3.54 <sup>b</sup>
乳蛋白質率	% 3.24	3.34	3.32
無脂固形分率	% 8.80	8.80	8.60
乳中尿素窒素	mg/dl 12.8	11.9	11.6

同一行の異符号間に有意差あり( $P<0.05$ )

#### 5-2 血液性状・第一胃内容液

結果を表19に示した。BUN濃度は、副産物区に対し油実区で高い値を示した( $P<0.01$ )が、3試験区とも正常値<sup>19)</sup>の範囲内であった。血中の無機リンは油実区で有

意に低かった ( $P < 0.01$ )。これは、無機リンを含む生米ぬかの給与の有無が影響したと考えられる。カルシウムは、試験区間に有意差は認められなかった。

第一胃内容液のアンモニア態窒素は、油実区が高い値を示した ( $P < 0.05$ ) が、正常値<sup>19)</sup>の範囲内であった。生田ら<sup>20)</sup>はトウフ粕の給与が第一胃内発酵に影響し、乳脂率の低下がみられたと報告しているが、トウフ粕と同時に生米ぬかを用いた高脂肪飼料給与では逆に増加した報告もある<sup>18)</sup>。今回は、生米ぬかを用いたことにより、飼料が含有する脂肪酸中の飽和度がトウフ粕のみの場合と比較して高くなり、第一胃内発酵に及ぼす影響が低減された可能性が考えられる。

表19. 試験5: 血液性状および第一胃内容液

項目\試験区		油実	半分	副産物
<b>血液</b>				
総コレステロール	mg/dL	293.8	281.2	272.0
中性脂肪	mg/dL	11.9	10.2	9.9
尿素窒素	mg/dL	18.9 <sup>A</sup>	16.4	14.3 <sup>B</sup>
遊離脂肪酸	$\mu\text{Eq/L}$	138.8	120.3	106.9
無機リン		4.2 <sup>A</sup>	5.3 <sup>B</sup>	5.3 <sup>B</sup>
<b>第一胃内容液</b>				
総VFA濃度	mmol/dL	9.8	8.9	9.1
pH		6.7	6.8	6.7
プロトゾア総数	$10^4/\text{ml}$	9.7	9.9	9.9
総VFA濃度	mmol/dL	9.8	8.9	9.1
アンモニア態窒素	mg/dL	11.7 <sup>a</sup>	9.4 <sup>b</sup>	8.7 <sup>b</sup>
酢酸/プロピオン酸比		2.5	2.6	2.4

同一行の異符号間に有意差あり(大文字 $P < 0.01$ , 小文字 $P < 0.05$ )

### 5-3 乳中脂肪酸組成

乳中脂肪酸組成を表20に示した。ステアリン酸、リノール酸、および $\alpha$ リノレン酸含量は、油実区で高い値を示した ( $P < 0.05$ ) が、バクセン酸、ルメニン酸含量は試験区間に有意差は認められなかった。しかし、ルメニン酸含量については一番低い副産物区でも0.32 mg/mlを示

表20. 試験5: 乳中脂肪酸組成 (mg/ml)

項目\試験区		油実	半分	副産物
4:0 酪酸		1.81	1.82	1.55
6:0 カプロン酸		0.69	0.62	0.62
8:0 カプリル酸		0.59	0.56	0.57
10:0 カプリン酸		1.12	1.13	1.16
12:0 ラウリン酸		1.28	1.35	1.41
14:0 ミリスチン酸		4.12	4.14	4.24
16:0 パルミチン酸		9.60	9.06	9.05
18:0 ステアリン酸		4.27 <sup>A</sup>	3.45 <sup>AB</sup>	2.95 <sup>B</sup>
18:1 バクセン酸		1.13	0.91	0.93
18:1 c9 オレイン酸		7.12	6.66	6.10
18:2 c9c12 リノール酸		1.93 <sup>A</sup>	1.52 <sup>B</sup>	1.43 <sup>B</sup>
18:3(n-3) $\alpha$ リノレン酸		0.27 <sup>A</sup>	0.18 <sup>B</sup>	0.18 <sup>B</sup>
18:2 ルメニン酸		0.41	0.34	0.32

同一行の異符号間に有意差あり( $P < 0.01$ )

しており、試験4の対照区(低脂肪飼料)と比較すると2倍の値である(図6)。このことから、副産物を用いた高脂肪飼料でも、乳中のルメニン酸含量は増加すると考えられる。

### 5-4 生産費

生産費を図4に示した。1日1頭当たりの飼料費は、油実区1,118円、半分区1,088円、および副産物区1,048円であった。乳飼比は、油実区39.7%、半分区36.9%、副産物区35.4%であり、有意差はないものの副産物の割合が高まるにつれて、乳飼比は低くなる傾向を示した。今回は飼料メーカーに配合を依頼したが、単味飼料で副産物を用いることにより生産費の更なる低下の可能性があると考えられる。

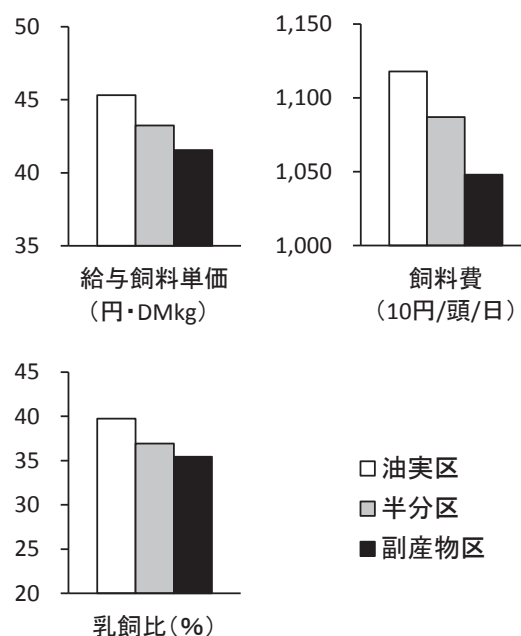


図4 試験5: 生産費

### 5-5 消化率

消化率を図5に示した。いずれの項目も、試験区間に有意差は認められなかった。このことから脂肪源の油実から副産物への置き換えは、消化率に影響がなかったと考えられる。

以上の結果から、泌乳前中期牛に高脂肪飼料を給与する際、大豆や綿実を中心に用いた飼料に対し、その半量を生米ぬかをと代替しても、同等の生産性が得られた。さらに、ほぼ全量を生米ぬかやトウフ粕で代替すると、乳脂率で油実より若干低い値がみられる(3.5%)が、その他の項目では同等の生産性が得られた。乳中の共役リ

ノール酸含量は、トウフ粕と生米ぬかを用いた高脂肪飼料の給与により増加すると考えられる。さらに、トウフ粕と生米ぬかの利用は飼料費低減の可能性があると考えられる。

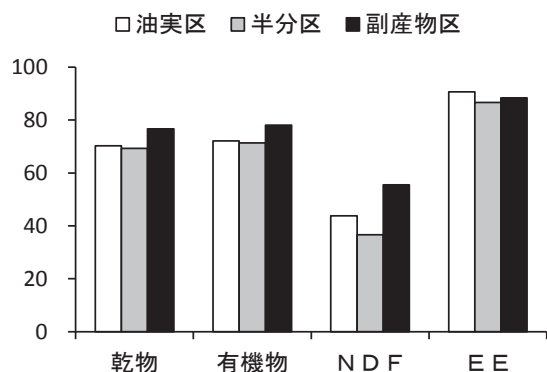


図5 試験5:消化率

### まとめ

共役リノール酸は、牛乳が元来有する機能性物質として注目を集めている。本試験において、乳中の共役リノール酸含量向上のための飼料給与技術を示せたことは、

今後の牛乳消費に対して付加価値を高められると考えられる。

高脂肪飼料の長期給与について、本試験では給与飼料乾物中7%程度のEE含量でも、乳生産に大きな影響を及ぼさなかった。これは食品製造副産物など高脂肪飼料原料を用いる際、ひとつの目安になると考えられる。しかし、各飼料の第一胃パイパス性や長期給与による繁殖性、泌乳後期における有効性など、更なる検討が必要である。

また、自給飼料のトウモロコシサイレージ、および食品製造副産物の利活用により、生乳生産費の低減が図れた。試験5において、油実と食品製造副産物で飼料費に有意差は認められなかったが、地域で生産される副産物を安価に入手できれば、油実の価格と比較しながら利用することで、更なるコストダウンが可能であると考えられる。

しかしながら、食品製造副産物を利用する際は、製造ロットごとに成分が大きく変化することもあるため、種類ごとの特性を理解し、使い分ける必要がある。また、生米ぬかなど特に変敗しやすいものについては、使用する時期なども考慮しながら、利用する際に牛の健康管理等への注意が必要である。

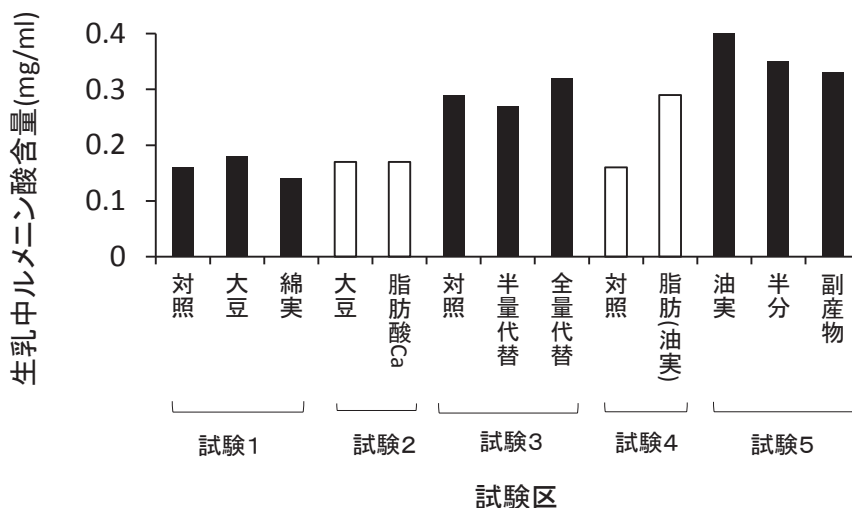


図6 各試験区の生乳中ルメニン酸含量

## 参考文献

- 1) (社) 全国家畜畜産物衛生指導協会(2001). .生産獣医療システム 乳牛編3. 農文協. 298-302.
- 2) Dhiman TR, Helmink ED, McMahon DJ, Fife RL, Pariza MW(1999). Conjugated Linoleic Acid Content of Milk and Cheese from Cows Fed Extruded Oilseeds. *J Dairy Sci.* 82(2) :412-9.
- 3) 梅田剛利, 太田剛, 北崎宏平, 馬場武志(2010). 乾燥豆腐粕を混合した TMR 給与が泌乳初期の生乳中共役リノール酸 (CLA) 割合に及ぼす影響. 福岡県農業総合試験場研究報告. 29:86-89.
- 4) 福岡県農総試(2006). 乾燥豆腐粕を活用した共役リノール酸高含量生乳の生産、九州沖縄農業研究成果情報.
- 5) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構(2006). 日本飼養標準・乳牛(2006年版). (社) 中央畜産会.
- 6) Batajoo KK, Shaver RD(1994). Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci.* 77:1580-1588.
- 7) 生田健太郎, 小鴨睦, 篠倉和己, 函城悦司(2000). 乳中尿素態窒素と乳蛋白質率による泌乳牛の栄養診断. 日獣会誌. 53:289-292
- 8) (社) 農山漁村文化協会(2010). 農業技術体系 畜産編2 乳牛①. 追録第29号 203-211.
- 9) 田中圭一(2004). 反芻動物由来の畜産物(牛乳, 牛肉) 中共役リノール酸 (CLA) とその生理機能. 北畜会報. 46: 1-13.
- 10) 五訂増補 日本食品標準成分表 脂肪酸組成編 第1表 脂肪酸組成.
- 11) Zheng HC, Liu JX, Yao JH, Yuan Q, Ye HW, Ye JA, Wu YM(2005). Effects of dietary sources of vegetable oils on performance of high-yielding lactating cows and conjugated linoleic acids in milk. *J Dairy Sci.* 88(6) :2037-42.
- 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(10) :1075-1080
- 13) 関東東海7都県(1998). 低コスト・高品質牛乳生産のための乳牛飼養管理技術の開発に関する試験成績. 栃木県酪農試験場研報別冊.
- 14) Bayourthe C, Enjalbert F, Moncoulon R(2000). Effects of different forms of canola oil fatty acids plus canola meal on milk composition and physical properties of butter. *J Dairy Sci.* 83(4) :690-696.
- 15) R.E. Hungate(1966). Rumen and Its Microbes. Academic Press Inc.
- 16) Wilson R, Lyall K, Payne JA, Riemersma RA(2000). Quantitative analysis of long-chain trans-monoenes originating from hydrogenated marine oil. *Lipids.* 35(6) :681-7
- 17) 照井英樹, 安宅一夫(2007). 異なる管理下におけるホルスタイン乳牛のルーメンプロトゾアの観察. 酪農学園大学紀要 別刷. 32(2) :239-243.
- 18) 古賀照章, 斎藤友喜, 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. *Anim Sci J.* 72(9) :J351-J358.
- 19) (社) 全国家畜畜産物衛生指導協会(1999). 生産獣医療システム 乳牛編2. 農文協. 27, 41.
- 20) 生田健太郎, 篠倉和己, 小鴨睦, 和田政夫(2004). 乾燥トウモロコシ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. 兵庫農技総研報(畜産). 40:19-17.