

## 乳牛へのDHAカルシウム塩投与が生乳に与える影響(2)

誌名	石川県畜産総合センター研究報告 = Bulletin of the Ishikawa Pref Livestock Research Center
ISSN	1347913X
著者	織部, 治夫 干場, 宏樹 山本, 宏 大畑, 一芳 菅野, 常雄 坂井, 良輔
巻/号	37号
掲載ページ	p. 8-13
発行年月	2005年3月

## 乳牛へのDHAカルシウム塩投与が生乳に与える影響（第2報）

織部治夫・干場宏樹<sup>1</sup>・山本宏<sup>2</sup>・大畑一芳<sup>3</sup>・菅野常雄<sup>4</sup>・坂井良輔<sup>5</sup>

### Administration Effect of DHA Calcium Salt to Lactating Cows on DHA Concentration in Milk

Haruo Oribe, Hiroki Hoshiba, Hiroshi Yamamoto, Kazuyoshi Oohata, Tsuneo Sugano, Ryoussuke Sakai

キーワード：DHA、生乳、総コレステロール

### 要 約

付加価値の高い生乳生産を図るために、ドコサヘキサエン酸カルシウム塩（DHA-Ca塩）を乳牛に投与して生乳への移行等について調査をし、差別化商品生産の可能性について検討した。

- 1) 分娩直後からDHA-Ca塩を1頭あたり100g、26週間毎日連続投与した（試験1）結果、生乳中に分娩直後はDHAは認められなかったが、分娩後3週目に総脂肪酸中0.11%認められ、その後6週目から26週目まで0.12～0.18%の範囲で横這いの推移を示し、投与終了後の28週目には認められなかった。
- 2) 試験1の結果、投与牛の血漿中総コレステロール濃度は、分娩後、上昇の推移をたどり、18週目以降、正常範囲を超えて推移し、22週目に最高値197mg/dlに達した。血漿中総脂質についても分娩18週後から上限を超えて推移し、22週後以降、大幅に高くなった。
- 3) 分娩1ヵ月後からDHA-Ca塩を1頭当たり200g、24週間毎日連続投与した（試験2）結果、投与2週後に生乳中総脂肪酸中のDHAが0.2%で認められ、その後、上昇し、20週後に0.47%で最高値に達した。投与終了後には総脂肪酸中にDHAは認められなかった。
- 4) 試験2の結果、投与牛の血漿中総コレステロール濃度は、投与開始後から上昇の推移をたどり、24週後に227mg/dlで最高値に達し、投与終了後に低下した。
- 5) 試験1および試験2において前報と同様に、DHA-Ca塩投与終了後に乳脂率、体重およびボディ・コンディション・スコア（BCS）が上昇する傾向が認められた。

### 結 論

近年、消費者の高品質牛乳指向が高まると同時に、生産者乳価の低下、乳廃牛・雄子牛価格の低迷など酪農経営は厳しさを増してきている。

そこで、所得を高めるためのひとつの手段として機能性成分を活用して付加価値の高い生乳を生産する技術が考えられる。

機能性成分のひとつであって人間の血中コレステロール低下、血圧低下、抗癌作用など様々な機能を有する高度不飽和脂肪酸の一つであるドコサヘキサエン酸（DHA）を、牛乳中に移行させ健康食品としての可能性を検討する試みが行われてきた。

入来ら<sup>1)</sup>、矢澤ら<sup>2)</sup>、橋村ら<sup>3)</sup>は第一胃内微生物により水素添加を受けないようにDHA-Ca塩を投与することによってDHA含有牛乳の生産に関する試験を行っている。これらの試験の供試牛は泌乳中後期であり、第1報<sup>1)</sup>において、バイパス油脂の移行性が高いとされる泌乳前期の牛を供試牛として用い、DHA-Ca塩を6週間投与し、DHA等の移行状況及び生乳生産に及ぼす影響について検討した。その結果、DHAは乳脂肪酸中0.73%移行することが認められた。しかし、いくつかの問題点が残った。（1）DHAが生乳中に移行した期間が投与期間の6

週間に限られたこと。（2）供試牛の血漿中総コレステロール・総脂質濃度が上限である150mg/dl、1,400mg/dlを大幅に超え、健康状態が懸念された。（3）DHAカルシウム塩の臭いを嫌って摂取しない牛が見受けられた。そこで、今回、6ヵ月程度の長期に亘ってDHA-Ca塩を投与し、DHAの生乳への移行状況、牛乳生産および供試牛の健康状態に及ぼす影響について検討した。また、この試験を実施するに当たり、DHA-Ca塩を投与しない通常の初乳中のDHA等の濃度を調査する必要があるため、長期投与試験とあわせて検討した。

### 材料及び方法

#### 1. 供試牛

当センター飼養ホルスタイン種泌乳牛 4頭（表1）

表1 試験期間、DHA-Ca塩の投与期間および投与量

区分	試験期間	投与期間	投与量	供試頭数
試験1	分娩2週間前から28週間	分娩直後から26週間	100g/日・頭	1頭
試験2	分娩2週後から29週間	分娩1月後から24週間	200g/日・頭	2頭
試験3	分娩直後から112時間	なし	0g/日・頭	1頭

1 石川県競馬事業局 2 石川県農林水産部消費流通課

3 ㈱石川県農林業公社内浦放牧場

4 ㈱石川県農林業公社 5 北陸学院短期大学

## 2. 飼養管理方法

### (1) 給与飼料

- ・自家配合飼料  
（配合飼料「ニューハイ18」30.5%、コーンフレーク30.5%、  
圧偏大麦13%、大豆粕4%、ふすま22%）
- ・ビートパルプ
- ・ヘイキューブ
- ・自家産混播牧草ロールベールサイレージ・チモシー乾草

### (2) 飼料給与量と方法

1日当りの給与量としてビートパルプを2kg、ヘイキューブを1kg、混播牧草サイレージを9kg、チモシー乾草を4kgとし、日本飼養標準（1994年版乳牛）の必要TDN量の110%になるように自家配合飼料の給与量を設定した。

自家配合については午前8時、午後1時、午後4時の3回にビートパルプ及びヘイキューブを混合して給与した。

## 3. DHA-Ca塩の投与方法

DHA-Ca塩は魚油から精製したもので油分が69%、総脂肪酸として63%含有しており、脂肪酸組成については表2のとおりであった。

表2 DHA-Ca塩の脂肪酸組成（重量%）

14:0	3.5
16:0	18.4
16:1	4.2
18:0	4.9
18:1	15.3
18:2	2.3
20:0	0.2
20:1	1.3
20:4	1.4
20:5 (EPA)	18.3
22:1	1.8
22:6 (DHA)	27.3
24:0	0.4
24:1	0.7
計	100.0

試験1においては、毎日、夕方の自家配合飼料の給与時に100gを自家配合飼料に混合して投与した。試験2においては昼と夕方の2回の自家配合飼料に毎回100g混合して1日当たり200g投与した。

## 4. DHA-Ca塩の投与期間、試料の採材および分析方法

試験1では、分娩直後からDHA-Ca塩を投与した。血液については分娩2週前に採材し、DHA-Ca塩の投与期間中、約2週間隔で経時的に採乳および採血を行い、投与終了14日後に採乳および採血を行った。

試験2では、分娩1月後からDHA-Ca塩を投与した。投与2,3週間前に採乳および採血を行い、その後約4週間間隔

で経時的に採材を実施した。投与終了後35日目に採乳および採血を実施した。

試験3では、分娩直後から120時間後にかけて、初乳を朝9時、夕方17時の搾乳時に繰り返し採材し、血液を分娩2週前と分娩直後、分娩後1,2,3,6日目に1回づつ採取し、分析に供した。

試験1・2においては生乳については各回、午前9時の搾乳時に採材し、採血は同じ日の午前11時頃に実施した。

生乳の採材時に体重、乳量を測定し、乳質をミルコスキャンで測定した。生乳の脂肪酸組成については、生乳を-80℃で凍結保存後、測定時に解凍し、10分、15,000rpm、0℃で遠心分離後、上層の脂肪層から約50mgの乳脂を取り出し、5%塩酸・メタノールを2ml加え110℃、2時間、メチルエステル化を行った。反応液に蒸留水2ml、ヘキササン4mlを加え、タッチミキサーで脂肪酸メチルエステルを抽出、ヘキササン層を分取し、無水硫酸ナトリウムで乾燥後、ガスクロマトグラフィーで分析を行った。脂肪酸メチルエステルの分離はキャピラリーカラム（ULBON,HR-SS-10、内径0.25mm、長さ30m）を装着したガスクロマトグラフィー（GC-14A,SHIMADZU）を使用した。注入口温度は250℃、カラム温度は150℃より、2℃毎分で220℃まで昇温した。キャリアガスは窒素を、検出器は水素炎イオン化検出器を使用した。各脂肪酸のピークエリアは、自動面積測定機（C-R7A,SHIMADZU）を用い、9種の各メチルエステルの重量の総和を100として、相対的な割合を求めた。

血液は、尾静脈からヘパリン酸ナトリウム入り真空採血管で採取し、2,500rpm、10分、5℃で遠心分離を行い、血漿を得て、一般成分はドライケムでグルコース、総コレステロール、尿素態窒素、総ビリルビン、GOT、GPT、総タンパク質、アルブミン、中性脂肪、尿酸、乳酸脱水酵素、 $\gamma$ -GTP、HDL-コレステロール、無機リン、マグネシウム、ナトリウム、カリウム、塩素を測定した。またリン脂質、総脂質、遊離コレステロールを和光純薬製試薬を用いて吸光度測定により、アポ蛋白B-100を一元放射免疫拡散法を用いて測定した。血漿の脂肪酸組成については、1mlの血漿にメタノール-クロロホルム（2:1）を3ml加えろ過後、4,000rpm、3分で遠心分離し、上層を除去し、クロロホルムで洗浄し、無水硫酸ナトリウムで、無水硫酸ナトリウムで乾燥、エバポレーターで濃縮後、5%塩酸・メタノールを2ml加え110℃、2時間、メチルエステル化を行った。反応液に蒸留水2ml、ヘキササン4mlを加え、タッチミキサーで脂肪酸メチルエステルを抽出、ヘキササン層を分取し、無水硫酸ナトリウムで乾燥後、ガスクロマトグラフィーで分析を行った。

## 結 果

### 〔試験1〕

生乳中の脂肪酸の組成割合を表3に示した。

DHAについては分娩直後と投与2週後には認められなかったが、投与3週後には0.11%と、認められ、その後6週後からは、継続してどの週にも認められ、18週後に0.18%と最高値を示し、平均して0.15%の濃度を示した。DHAはDHA-Ca塩の投

表3 生乳脂肪酸組成割合(重量%)【試験1】

	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	α-C18:3	γ-C18:3	C20	C20:1	C20:4	C20:5	C22	C22:1	C22:1	C22:6	C24	C24:1
														(EPA)		trans		cis		(DHA)			
分娩直後	0.31	1.97	1.99	4.04	4.14	11.50	30.95	1.58	14.18	25.18	2.91	0.51	0.01	0.31	0.00	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
分娩2週後	0.32	1.66	1.42	2.55	2.29	8.74	28.96	1.99	18.46	29.27	2.94	0.54	0.01	0.45	0.13	0.15	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3週後	0.35	2.17	2.07	4.19	3.98	12.32	33.79	1.82	10.00	24.08	3.28	0.49	0.01	0.60	0.23	0.17	0.17	0.12	0.00	0.00	0.11	0.08	0.00
4週後	0.33	1.73	1.54	3.01	3.04	11.84	33.38	1.74	12.66	26.43	2.81	0.48	0.00	0.63	0.24	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6週後	0.30	1.68	1.52	3.26	3.29	11.89	31.43	1.37	15.74	24.69	2.97	0.43	0.00	0.56	0.14	0.12	0.14	0.15	0.07	0.00	0.17	0.08	0.00
8週後	0.32	1.98	2.02	4.57	4.76	14.06	33.17	1.19	13.17	19.56	3.31	0.45	0.00	0.55	0.15	0.11	0.15	0.13	0.06	0.00	0.17	0.07	0.06
10週後	0.27	1.98	1.95	4.23	4.63	13.99	34.39	1.19	14.02	19.20	2.49	0.37	0.00	0.50	0.11	0.10	0.11	0.15	0.06	0.04	0.13	0.08	0.00
12週後	0.28	1.76	1.84	4.40	4.86	15.07	35.94	1.30	10.99	18.61	2.96	0.40	0.00	0.70	0.18	0.10	0.20	0.12	0.06	0.00	0.15	0.08	0.00
14週後	0.29	1.76	1.82	4.29	4.80	15.27	36.50	1.47	9.73	19.04	3.22	0.46	0.00	0.63	0.16	0.10	0.14	0.11	0.07	0.00	0.14	0.00	0.00
16週後	0.29	1.77	1.81	4.30	4.86	15.25	37.68	1.54	9.83	18.26	2.76	0.38	0.00	0.77	0.16	0.09	0.00	0.11	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
18週後	0.30	1.76	1.83	4.38	4.99	14.58	35.04	1.46	10.89	19.85	3.23	0.43	0.00	0.62	0.15	0.09	0.00	0.12	0.08	0.00	0.18	0.00	0.00
20週後	0.27	1.77	1.81	4.13	4.69	14.17	33.77	1.46	11.84	21.04	3.15	0.48	0.00	0.57	0.13	0.10	0.14	0.13	0.08	0.04	0.16	0.07	0.00
22週後	0.31	1.84	1.83	4.17	4.50	13.69	35.93	1.65	10.97	20.20	3.17	0.43	0.00	0.51	0.12	0.10	0.12	0.12	0.07	0.00	0.14	0.06	0.06
24週後	0.30	1.73	1.77	4.06	4.59	13.51	33.30	1.47	12.39	21.17	3.53	0.46	0.00	0.67	0.27	0.09	0.14	0.14	0.08	0.06	0.15	0.07	0.05
26週後	0.29	1.76	1.82	4.34	5.06	14.48	35.18	1.54	11.13	19.12	3.66	0.44	0.00	0.55	0.11	0.10	0.00	0.12	0.06	0.00	0.16	0.07	0.00
28週後	0.31	1.87	1.87	4.34	5.09	13.70	37.74	1.77	10.69	18.52	3.17	0.39	0.00	0.35	0.00	0.10	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表4 血漿中脂肪酸組成割合(重量%)【試験1】

	C14	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	α-C18:3	γ-C18:3	C20	C20:1	C20:4	C20:5	C22	C22:1	C22:1	C22:6	C24	C24:1
														trans	cis	(DHA)		
分娩2週前	1.68	20.77	1.17	22.30	13.69	29.47	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	3.24	0.34	0.00	0.96	0.86	0.00	0.00
分娩直後	2.54	17.74	2.17	13.01	11.32	43.90	6.71	0.00	0.00	0.00	0.00	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
分娩2週後	1.62	16.51	2.12	12.95	11.14	49.13	4.53	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3週後	1.93	17.31	1.96	9.89	10.47	52.28	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4週後	1.54	16.40	1.89	13.31	10.22	49.50	4.81	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6週後	1.38	10.45	1.75	7.46	5.57	65.60	5.88	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8週後	1.12	12.45	1.17	14.23	6.56	55.78	4.40	0.00	0.00	0.00	1.29	2.16	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00
10週後	1.34	12.90	0.90	17.61	6.08	53.17	4.45	0.00	0.00	0.00	1.22	1.72	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00
12週後	1.29	11.39	1.00	13.84	5.41	61.63	4.52	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14週後	1.12	11.18	0.78	14.74	6.22	58.34	4.22	0.00	0.00	0.00	1.07	1.57	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00
16週後	0.96	12.79	0.66	19.09	6.54	52.86	3.65	0.00	0.00	0.00	1.17	1.47	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00
18週後	0.93	12.75	0.00	19.66	5.86	54.40	2.99	0.00	0.00	0.00	1.12	1.41	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00
20週後	5.50	20.85	3.36	6.54	10.34	49.14	4.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22週後	3.81	18.02	1.60	13.86	8.09	50.05	1.56	0.00	0.00	0.00	0.76	0.91	0.39	0.00	0.00	0.58	0.38	0.00
24週後	0.91	9.81	0.59	20.55	5.20	57.04	3.73	0.00	0.00	0.00	0.98	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26週後	1.27	9.30	0.94	9.59	5.37	66.85	4.03	0.00	0.00	0.00	1.07	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28週後	1.87	11.47	0.88	14.56	7.07	58.55	3.52	0.00	0.00	0.00	1.15	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

与中は6週以降常に認められたが、投与終了2週後には認められなかった。

DHAとともに、高度不飽和脂肪酸の一種であるEPAについては分娩直後に0.21%認められたが、その後低下し、投与終了2週後には認められなかった。

DHA摂取量と生乳中DHA含有量で表すDHAの移行率は7.1%であった。

その他の脂肪酸の含有率についてはα-リノレン酸(C18:3)は投与前、投与中はほぼ一定の値で推移し、投与終了後に低下した。リノール酸(18:2)については、調査期間中ほぼ横這いであった。ステアリン酸(C18)とオレイン酸(C18:1)は分娩2週後が最も高く、その後低下した。酪酸(C4)から(C10)はほぼ横這い、C12からC16までは徐々に増加する傾向が認められた。血漿中の脂肪酸の組成割合を表4に示した。

DHAについては分娩2週前に0.86%認められたが、分娩後は認められず、分娩8週後から認められた。EPAについては分娩2週前3.24%であり、分娩直後に2.62%認められたが、その後減少の推移をたどった。

α-リノレン酸については投与前から投与4週目までやや減少の推移をたどったが5週目から上昇の推移をたどり、投

与前の水準以上の値を示し、投与終了後さらに上昇した。

ステアリン酸とオレイン酸は投与中、急激に低下し、6~7週目に最低値を示し、その後上昇した。

乳量及び乳質の推移を表5に示した。

表5 乳量、乳質、体重およびBCSの推移【試験1】

	乳量 (kg)	乳脂率 (%)	無脂固形分率 (%)	乳蛋白質率 (%)	乳糖率 (%)	体重 (kg)	BCS
分娩1週後	10.3	4.41	9.00	3.83	4.17	-	2.9
2週後	15.7	4.60	8.58	3.15	4.43	483	-
3週後	15.4	3.16	8.45	2.83	4.62	-	-
4週後	15.3	2.60	8.38	2.78	4.60	475	3.0
6週後	16.0	3.31	8.63	2.86	4.77	477	-
8週後	16.3	3.42	8.54	2.83	4.71	460	3.25
10週後	15.6	3.28	8.48	2.78	4.70	467	3.25
12週後	16.5	3.32	8.73	2.96	4.77	465	3.25
14週後	16.3	3.45	8.81	3.05	4.76	474	3.25
16週後	16.0	3.62	8.84	3.10	4.74	491	3.25
18週後	15.5	3.55	8.81	3.10	4.71	492	3.25
20週後	15.7	3.89	9.01	3.21	4.80	482	3.25
22週後	16.2	4.04	9.00	3.27	4.73	484	3.25
24週後	15.2	3.97	9.06	3.32	4.74	485	3.25
26週後	15.0	3.96	9.12	3.36	4.76	498	3.25
28週後	14.1	4.47	9.12	3.36	4.77	517	-

乳量は分娩直後から増加し、12週後に最高値を示したが、これは通常分娩後の乳牛の生理的影響と考えられる。乳脂率は投与期間中、徐々に上昇し、投与終了後の28週には大きく上昇した。

血漿中一般成分の推移を表6に示した。肝機能を表すGOTは分娩直後および2～3週後は高く、その後低下し、20週頃から増加の推移をたどった。GPTについても20週頃から高く推移した。

血漿中脂質関連項目の推移を表7に示した。

総脂質、総コレステロール、リン脂質の濃度が投与中上昇し、総脂質については18週以降、上限の400mg/dlを超え、22週には673.3mg/dlと最高値を示した。総コレステロールについては、前報(投与量300g/日・頭)に比べると、上昇の度合いは小さかったが、上限の150mg/dlを超え、22週に197mg/dlと最高値を示した。総コレステロールの内、HDLコレステロールは分娩2週前、分娩直後が70～80%と総コレステロール中の割合が高く、その後22週後には28%まで低下した。また血漿中アポ蛋白B100濃度は分娩3週後から急激に上昇し、以降横這いの推移を示した。

〔試験2〕

生乳中の脂肪酸の組成割合を表8に示した。

投与開始2週後に生乳中総脂肪酸中のDHA含有率が0.2%認められ、その後、上昇し、20週後に0.47%で試験期間中、最も高くなった。投与終了後には総脂肪酸中にDHAは認められなかった。

DHAの移行率は11.8%であった。

リノール酸が投与終了後に、最低値を示したが、その他の脂肪酸についてはどれも期間中、横這いで目立った傾向は認められなかった。

血漿中の脂肪酸の組成割合を表9に示した。

DHAについては投与前の分娩2週後に0.41%で認められ、そ

表6 血漿中一般成分の推移【試験1】

	Glu (mg/dl)	BUN (mg/dl)	T-Pro (g/dl)	Alb (g/dl)	GOT (IU/L)	GPT (IU/L)	UA (mg/dl)	Ca (mg/dl)
分娩2週前	71	8	6.0	3.4	34	—	0.5	9.8
分娩直後	87	9	6.5	3.9	62	—	0.5	9.7
分娩2週後	59	8	6.5	3.6	52	—	0.4	10.1
3週後	60	8	6.6	3.7	53	1	0.7	9.6
4週後	57	7	6.5	3.4	43	3	0.5	9.7
6週後	61	9	6.5	3.7	40	2	0.5	9.3
8週後	61	7	6.6	3.9	41	4	0.6	10.3
10週後	58	9	7.0	3.7	41	9	0.6	9.9
12週後	67	9	6.5	3.6	41	9	0.6	10.4
14週後	72	7	7.4	3.9	48	13	0.6	10.6
16週後	56	10	6.5	3.5	45	5	0.7	9.9
18週後	63	11	6.4	3.8	51	5	0.7	9.9
20週後	67	13	6.7	3.9	49	12	0.6	9.4
22週後	64	11	6.6	3.9	50	8	0.7	10.3
24週後	68	10	6.3	3.7	64	13	0.6	9.9
26週後	63	8	6.4	3.8	48	13	0.6	9.6
28週後	62	10	6.8	3.7	57	13	0.7	10.1

表7 血漿中脂質関連項目の推移【試験1】

	総脂質 (mg/dl)	総コレステロール (mg/dl)	HDLコレステロール (mg/dl)	リン脂質 (mg/dl)	遊離コレステロール (mg/dl)	中性脂肪 (mg/dl)	アポ蛋白B-100 ( $\mu\text{g/ml}$ )
分娩2週前	138.0	62.0	46.0 (74.2)	24.7	22.6	14.0	390.6
分娩直後	88.3	63.0	54.0 (85.7)	40.8	22.2	14.0	359.4
2週後	88.3	77.0	56.0 (72.7)	24.7	22.2	10.0	390.6
3週後	161.1	76.0	61.0 (80.3)	56.8	22.2	10.0	546.9
4週後	190.6	90.0	61.0 (67.8)	27.7	22.2	8.0	578.1
6週後	187.2	115.0	80.0 (69.6)	108.1	22.2	8.0	531.3
8週後	206.9	128.0	79.0 (61.7)	153.3	22.2	10.0	546.9
10週後	241.6	144.0	86.0 (59.7)	175.4	22.2	8.0	515.6
12週後	238.1	143.0	86.0 (60.1)	130.2	22.2	8.0	578.1
14週後	345.4	160.0	107.0 (66.9)	185.4	22.2	8.0	578.1
16週後	225.8	143.0	86.0 (60.1)	96.0	22.2	11.0	609.4
18週後	457.9	164.0	84.0 (51.2)	146.2	22.2	11.0	609.4
20週後	451.8	190.0	84.0 (44.2)	232.6	29.3	9.0	593.8
22週後	673.3	197.0	55.0 (27.9)	230.6	34.4	10.0	609.4
24週後	492.3	184.0	116.0 (63.0)	212.6	25.4	10.0	578.1
26週後	590.8	190.0	86.0 (45.3)	270.8	30.9	8.0	484.4
28週後	—	178.0	105.0 (59.0)	270.8	33.6	9.0	—

( )は、総コレステロール中のHDLコレステロールの割合

表8 生乳中脂肪酸組成割合(重量%)【試験2】

	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	$\alpha$ -C18:3	$\gamma$ -C18:3	C20	C20:1	C20:4	C20:5	C22	C22:1	C22:1	C22:6	C24	C24:1
													(EPA)		trans		cis		(DHA)				
投与前	0.39	1.98	1.96	4.15	4.23	11.81	29.85	1.32	13.35	27.04	3.02	0.49	0.00	0.35	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
投与2週後	0.39	2.23	2.35	5.30	5.81	15.45	34.43	0.91	11.03	18.35	2.86	0.21	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
7週後	0.34	2.17	2.32	5.45	6.01	16.21	35.46	1.07	9.16	17.26	3.26	0.44	0.00	0.47	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
11週後	0.36	2.13	2.31	5.63	6.39	17.58	36.24	1.32	7.56	15.46	3.42	0.42	0.00	0.81	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00
15週後	0.34	2.15	2.48	6.26	7.20	15.89	33.49	1.06	9.46	16.67	3.46	0.45	0.00	0.56	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00
20週後	0.33	2.12	2.20	5.30	5.87	17.21	37.25	1.21	8.37	15.48	2.94	0.35	0.00	0.66	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00
24週後	0.32	1.93	2.08	5.28	6.18	17.60	36.88	1.41	8.14	16.05	2.93	0.39	0.00	0.72	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
終了5週後	0.34	2.08	2.19	5.38	6.17	16.02	36.74	1.18	9.84	16.50	2.82	0.47	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表9 血漿中脂肪酸組成割合(重量%)【試験2】

	C14	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	$\alpha$ -C18:3	$\gamma$ -C18:3	C20	C20:1	C20:4	C20:5	C22	C22:1	C22:1	C22:6	C24	C24:1			
													(EPA)		trans		cis		(DHA)		
投与前	1.31	14.70	1.67	12.36	12.94	48.28	4.88	0.09	0.00	0.00	1.09	2.04	0.00	0.00	0.16	0.41	0.11	0.00			
投与2週後	1.18	12.46	0.91	12.54	8.64	55.19	4.46	0.06	0.08	0.00	0.73	2.52	0.00	0.00	0.13	1.03	0.09	0.00			
7週後	1.29	12.06	0.95	12.76	8.17	54.43	5.00	0.08	0.17	0.00	0.38	2.98	0.00	0.00	0.17	1.52	0.07	0.00			
11週後	1.42	9.47	0.82	6.47	7.70	64.41	5.03	0.04	0.00	0.00	0.32	2.85	0.50	0.00	0.25	0.75	0.00	0.00			
15週後	1.01	11.17	0.67	12.31	7.26	57.06	4.14	0.03	0.07	0.00	0.47	3.66	0.00	0.00	0.18	2.00	0.00	0.00			
20週後	0.95	12.93	0.57	15.24	7.54	51.17	3.44	0.02	0.14	0.00	1.01	4.07	0.20	0.00	0.44	2.25	0.07	0.00			
24週後	1.03	10.54	0.62	12.15	7.37	57.09	4.46	0.03	0.06	0.00	0.48	3.73	0.22	0.00	0.41	1.83	0.00	0.00			
終了5週後	1.18	10.59	0.60	11.88	6.94	61.43	5.08	0.13	0.07	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.35	0.64	0.00	0.00			

の後、上昇し、投与20週後に2.25%で最高値を示し、投与終了5週後には大きく低下し、0.64%を示した。

α-リノレン酸、リノール酸は投与終了後に高くなる傾向が認められた。アラキドン酸(C20:4)は投与終了後には認められなかった。

乳量、乳質、体重およびBCSの推移を表10に示した。

乳脂率、無脂固形分率、乳蛋白質率は投与中に比べ、投与終了後に高くなった。なかでも乳脂率は大幅に高くなったが、これは、試験1および前報と同様の傾向であった。

血漿中一般成分の推移を表11に示した。GOT,GPTはともに上昇の推移を示し、投与終了5週後にはGOTは低下したが、GPTはさらに上昇した。

血漿中脂質関連項目の推移を表12に示した。

血漿中総コレステロール濃度は投与開始後から上昇し、投与7週後に正常範囲の上限である150mg/dℓを超え、24週後に227mg/dℓで最高値を示したが、投与終了後に低下した。

【試験3】

初乳中の脂肪酸の組成割合を表13に示した。

DHAは分娩直後に0.1%認められ、最も高い値であった。その後低下し、夕方の搾乳時に認められ、朝の搾乳時には認められず、112時間後には認められなかった。

また、EPAは分娩直後が最も高く0.35%認められたが、以後96時間後まで漸減し、112時間後に認められなかった。

血漿中の脂肪酸の組成割合を表14に示した。

初乳中に認められたDHAは血漿中には分娩2週前および分娩6週後までの期間には認められなかった。

EPAは分娩2週前には認められなかったが、分娩直後から6日後まで横這いの推移を示した。

血漿中脂質関連項目の推移を表16に示した。

いずれの項目においても分娩2週前に比べ、分娩後は低く推移した。

総脂質、総コレステロールは初乳期間中はほぼ横這いで推移したが、アポ蛋白B-100は2日後から上昇の推移を示した。

表10 乳量、乳質、体重およびBCSの推移【試験2】

	乳量 (kg)	乳脂率 (%)	無脂固形 分率 (%)	乳蛋白 質率 (%)	乳糖率 (%)	体重 (kg)
投与前	18.4	3.56	8.86	3.17	4.73	559
投与2週後	20.1	2.58	8.61	2.87	4.74	558
7週後	19.7	3.35	8.90	3.09	4.81	569
11週後	20.0	2.80	8.87	3.16	4.71	576
15週後	17.9	3.71	8.90	3.21	4.69	589
20週後	19.3	3.26	8.94	3.25	4.70	611
24週後	20.6	3.12	9.00	3.32	4.68	617
終了5週後	17.6	4.36	9.26	3.55	4.72	644

表11 血漿中一般成分の推移【試験2】

	Glu (mg/dl)	BUN (mg/dl)	T-Pro (g/dl)	Alb (g/dl)	GOT (IU/L)	GPT (IU/L)	UA (mg/dl)	Ca (mg/dl)
投与前	59.5	5.5	6.9	3.2	52.5	2.5	0.7	10.3
投与2週後	60.0	7.5	6.9	3.3	39.5	9.0	0.7	10.3
7週後	65.0	7.5	7.6	3.4	53.5	13.0	0.7	10.9
11週後	61.0	5.5	7.4	3.6	61.0	13.5	0.7	10.1
15週後	61.5	4.5	7.3	3.5	54.0	9.0	0.6	9.6
20週後	59.0	7.5	7.3	3.7	75.5	17.5	0.7	10.7
24週後	61.0	10.0	7.1	3.8	86.5	15.5	0.6	9.7
終了5週後	56.0	8.0	7.1	3.7	62.5	18.5	0.7	9.9

表12 血漿中脂質関連項目の推移【試験2】

	総脂質 (mg/dl)	総コレステロール (mg/dl)	HDLコレステロール (mg/dl)	中性脂肪 (mg/dl)	アポ蛋白 B-100 (μg/ml)
投与前	427	96.5	61.0 (63.2)	6.0	176.5
投与2週後	448	135.0	66.5 (49.3)	7.5	283.5
7週後	522	165.0	83.5 (50.6)	8.0	202.5
11週後	552	188.5	85.0 (45.1)	8.5	245.3
15週後	576	200.5	82.0 (40.9)	7.5	261.0
20週後	596	211.0	83.5 (39.6)	10.0	287.5
24週後	652	227.0	82.5 (36.3)	7.5	270.0
終了5週後	564	174.0	74.0 (42.5)	8.0	274.5

( )は、総コレステロール中の HDL コレステロールの割合

表13 初乳中脂肪酸組成割合 (重量%)【試験3】

	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	α- C18:3	γ- C18:3	C20	C20:1	C20:4	C20:5 (EPA)	C22	C22:1 trans	C22:1 cis	C22:6 (DHA)	C24	C24:1
分娩直後	0.19	0.83	0.71	1.58	2.60	12.88	44.66	2.12	7.87	22.65	2.17	0.50	0.01	0.30	0.12	0.30	0.35	0.07	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
16時間後	0.20	0.94	0.83	1.88	2.88	12.78	44.13	2.11	7.88	22.72	2.16	0.48	0.01	0.25	0.07	0.28	0.33	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
24時間後	0.23	1.07	0.92	1.97	2.81	12.02	41.33	1.84	9.16	24.92	2.20	0.50	0.01	0.28	0.12	0.29	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40時間後	0.25	1.11	0.94	2.01	2.86	11.89	40.58	1.84	9.59	25.25	2.19	0.50	0.01	0.28	0.13	0.26	0.30	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
48時間後	0.34	1.37	1.11	2.23	2.93	11.93	43.08	1.90	1.23	29.62	2.45	0.56	0.01	0.33	0.14	0.27	0.32	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
64時間後	0.36	1.34	1.06	2.04	2.66	10.60	36.87	1.61	12.54	27.04	2.36	0.54	0.00	0.25	0.13	0.23	0.29	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
72時間後	0.39	1.44	1.13	2.10	2.61	10.19	35.21	1.52	13.31	27.88	2.43	0.56	0.01	0.35	0.09	0.22	0.26	0.09	0.06	0.00	0.08	0.07	0.00
88時間後	0.45	1.60	1.28	2.33	2.79	10.34	33.61	1.44	14.18	27.76	2.53	0.58	0.01	0.33	0.09	0.21	0.24	0.11	0.05	0.00	0.00	0.08	0.00
96時間後	0.45	1.58	1.22	2.14	2.56	9.56	32.87	1.35	14.85	29.15	2.52	0.58	0.01	0.36	0.09	0.19	0.23	0.11	0.05	0.00	0.05	0.09	0.00
112時間後	0.42	1.46	1.15	2.03	2.39	9.05	31.85	1.47	17.47	28.95	2.63	0.62	0.00	0.33	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表14 血漿中脂肪酸組成割合 (重量%)【試験3】

	C14	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	α- C18:3	γ- C18:3	C20	C20:1	C20:4	C20:5 (EPA)	C22	C22:1 trans	C22:1 cis	C22:6 (DHA)	C24	C24:1
分娩2週前	5.27	33.70	0.00	28.02	10.37	22.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
分娩直後	3.51	23.00	2.67	13.81	16.30	32.12	5.92	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00
1日後	1.88	23.07	1.71	19.83	17.26	28.45	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.83	0.37	0.00	0.86	0.00	0.34	0.00
2日後	2.59	20.94	2.36	13.57	15.01	35.77	6.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	0.99	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00
3日後	2.13	17.41	2.42	12.78	12.57	42.02	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.30	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00
6日後	2.01	19.77	2.35	16.48	13.52	37.10	6.88	0.00	0.00	0.00	0.00	1.88	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表15 血漿中一般成分の推移【試験3】

	Glu (mg/dl)	BUN (mg/dl)	T-Pro (g/dl)	Alb (g/dl)	GOT (IU/L)	GPT (IU/L)	UA (mg/dl)	Ca (mg/dl)
分娩2週前	55	7	6.9	3.7	19	—	0.4	9.1
分娩直後	89	5	6.3	3.3	67	4	0.5	6.8
1日後	54	4	6.5	3.3	71	—	0.6	8.9
2日後	57	5	6.4	3.6	74	—	0.5	7.8
3日後	51	6	6.6	3.4	63	1	0.6	8.9
6日後	58	5	6.9	3.5	47	—	0.5	8.9

表16 血漿中脂質関連項目の推移【試験3】

	総脂質 (mg/dl)	総コレステロール (mg/dl)	HDLコレステロール (mg/dl)	リン脂質 (mg/dl)	遊離コレステロール (mg/dl)	中性脂肪 (mg/dl)	アポ蛋白 B-100 ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )
分娩2週前	162.2	68.0	38.0(55.9)	62.9	22.2	25.0	406.3
分娩直後	88.3	41.0	36.0(87.8)	24.7	22.2	6.0	218.8
1日後	88.3	44.0	33.0(75.0)	24.7	22.2	8.0	210.8
2日後	74.0	48.0	37.0(77.1)	23.7	22.2	8.0	296.9
3日後	74.0	42.0	34.0(81.0)	23.7	22.2	7.0	265.6
6日後	74.0	49.0	41.0(83.7)	24.1	22.2	7.0	343.8

( )は、総コレステロール中の HDLコレステロールの割合

## 考 察

前報およびこの報告からDHA-Ca塩を投与している期間は6週間の短期、6ヵ月の長期いずれも生乳の乳脂肪中の一脂肪酸としてDHAが移行することが認められた。DHAの他、EPAについても同様に移行することが認められた。

前報では泌乳前期の6週間にDHA-Ca塩の投与量を300g/日・頭として試験を実施し、生乳への移行率は15.7%であったが、試験1では7.1%、試験2では11.8%であった。

この結果から投与量が多いほど、また泌乳前期の牛の方が移行率が高くなると考えられた。

DHA-Ca塩の投与牛はどれも血漿中総コレステロール濃度、総脂質濃度が投与期間中、上昇し、正常範囲を超えた。また、肝機能の状態を表すGOT、GPT濃度についても同様に上昇し、試験2ではGOTが正常範囲を超えたことから、健康に及ぼす影響が懸念される。

第一胃内微生物による水素添加を受けずにDHAの形で吸収させて、生乳に移行させるためにDHA-Ca塩として投与したが、移行率から考慮すると、DHAの一部は第一胃で分解され、より低級な脂肪酸に変化して、血中に移行してコレステロールや総脂質の合成に関与したと考えられる。土屋ら<sup>3)</sup>は毎日300gのDHA-Ca塩の投与を2週間続けて、血漿中総コレステロールおよび中性脂肪の増加が認められたため、長期間投与の際は、正常範囲を超える可能性を考慮すべきとしているが、今回の試験で長期投与でもDHA-Ca塩の投与量を減じることで、血漿中のこれらの濃度を急激に上昇させない程度に推移させられることが示された。血漿中の総コレステロール濃度および総脂質等の上昇を考慮するとDHA-Ca塩の投与量は1日1頭当たり100gから200gの範囲内が適当と考えられる。

分娩後4日目までの初乳中にはDHA、EPAが認められ、分娩直後の初乳中が両者とも最も濃度が高く、その後、低下し4日目を過ぎてから認められなくなった。出生直後の子牛にはDHA、EPAが必須であり、初乳から吸収するものと考えられる。

分娩2週前および分娩6日後までの血漿中にDHAが認められなかったが、初乳中にDHAが認められたことは、乳腺でDHAが新たに合成されたと考えられた。

DHA-Ca塩は魚油を精製した高価な物質であるので、今後は自然に高度不飽和脂肪酸を含む物質を投与するか、DHA-Ca塩の投与を毎日ではなく隔日投与にする等の投与量の削減を図り、生産コストを考慮したDHA牛乳生産のの実用化を図る必要がある。

## 引用文献

- 1) 入来常德・渡部和郎・矢澤一良・阿部又信、DHA・EPA強化牛乳・牛肉の生産、栄養生理研究会、40(2):1-11-128.
- 2) 矢澤一良・斎藤政則・渡部和郎(相模 中央化学研究所)、家畜肉・鶏卵および牛乳における脂質構成脂肪酸の改質(その3)、平成6年度食肉に関する助成研究調査成果報告書vol. 13、199 5-12、財団法人 伊藤記念財団
- 3) 橋村慎二・田仲修・田中靖彦・中岡道明、高泌乳牛の乳成分向上に関する試験、(1) 牛乳の機能性物質(DHA)移行に関する試験、神奈川畜産研究所(平成8年6月)資料・8-2
- 4) 織部治夫・干場宏樹・大畑一芳・坂井良輔、乳牛へのDHAカルシウム塩給与が生乳に与える影響(第1報)、石川県畜産総合センター研究報告、33:1-7、1999
- 5) 土屋聖子・鈴木秀歌・加藤雅通、DHAの経口投与が泌乳牛に与える影響の検討、静岡県畜産試験場試験研究報告、26:6-10、2000