

DHA・EPA強化牛乳・牛肉の生産

誌名	栄養生理研究会報
ISSN	02864754
著者名	入来,常德 渡辺,和朗 矢澤,一良 阿部,又信
発行元	家畜栄養生理研究会
巻/号	40巻2号
掲載ページ	p. 111-128
発行年月	1996年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



DHA・EPA強化牛乳・牛肉の生産

入来 常德¹⁾・渡辺 和朗²⁾・矢澤 一良²⁾・阿部 又信¹⁾

(¹⁾麻布大学獣医学部・²⁾相模中央化学研究所)

1. はじめに

ヒトや動物の体内では合成されない多価不飽和脂肪酸 (PUFA) であるリノール酸 (18:2 n-6), α および γ -リノレン酸 (18:3 n-3, 18:3 n-6), アラキドン酸 (20:4 n-6) は, 代謝上の相違からn-6系列とn-3系列とに分類される (図1)。すなわち, 哺乳動物ではn-6系列のアラキドン酸はリノール酸, n-3系列のエイコサペンタエン酸 (20:5 n-3, EPA) やドコサヘキサエン酸 (22:6 n-3, DHA) は α -リノレン酸をそれぞれ前駆体とし, 不飽和化と炭素鎖延長の繰り返しにより不飽和度の高い脂肪酸に変換されるが, この二つの系列間は代謝酵素の段階で競合関係にある^{1,2)}。

近年, グリーンランドエスキモー人に心筋梗塞や血栓性疾患がきわめて少ないのは, 伝統的に海産物や魚類の多量摂取にあることがDyerbergら³⁻⁵⁾の疫学的調査によって明らかにされた。これは魚油に豊富なn-3系列の多いPUFAであるEPAやDHAの生理活性によるものであり, 血漿脂質では特にトリグリセリドと超低密度リポタンパク (VLDL) の減少が顕著であった。現在, これらの

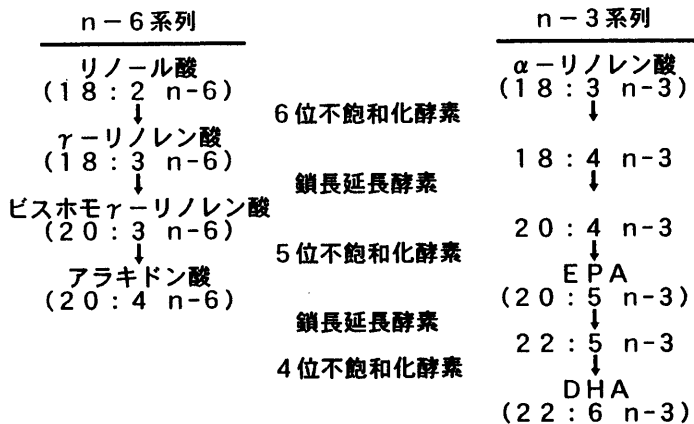


図1 多価不飽和脂肪酸の鎖長延長と不飽和化

PUFAには抗動脈硬化作用、抗血栓作用、抗癌作用、抗炎症作用があることや⁶⁻⁸⁾、加えてDHAは神経系の発達⁹⁻¹²⁾や学習機能の発達(記憶向上)¹³⁻¹⁴⁾に関係することが知られている。さらにEPAとDHAは、アラキドン酸から産生される血小板凝集作用が強いトロンボキサン(TX)A₂や炎症作用の強いロイコトリエン(LT)B₄などの合成を抑制する作用がある。特にEPAはアラキドン酸の代謝を競合的に阻害し、血栓形成作用や炎症作用の弱いTXA₃、LTB₅の前駆物質となる一方で、TXA₂やLTB₄の産生を減少させる¹⁾。

このように特異的な生理活性をもつEPAとDHAは、海産魚の魚油中に含まれている(EPA 10~16%、DHA 5~10%)が、従来は非可食部とされていたカツオやマグロ等大型青背魚の眼窩油中にはトリグリセリドの形で特に高濃度(30~40%以上)に存在する¹⁵⁾。

現在、ヒトの食環境は動物性食品の摂取増加と魚介類、野菜類の摂取減少などによるn-6/n-3比の上昇と、加えて成人病患者、乳児、老人では5位および6位不飽和化酵素(図1参照)の活性低下が指摘されており¹⁾、「日常的」な畜産食品を通してEPAとDHAの摂取が可能となれば食生活の改善にも役立つと考えられる。

反芻動物では、摂取されたPUFAは第一胃内微生物により水素添加を受けるため、DHAやEPAはウシの乳脂肪や体脂肪には含まれないか、含まれていても痕跡程度である¹⁶⁻¹⁸⁾。

そこで、我々はマグロやカツオの頭部から採油・精製された高DHA含有魚油を脂肪酸Ca塩(以下DHA・Ca塩)としてウシに投与し、DHA・EPA強化牛乳および牛肉の生産が可能性かどうか検討した。なお、以下の試験において血漿中ビタミンA、Eの測定は蛍光比色法¹⁹⁾により、またDHA・Ca塩、血漿および牛乳中の脂肪酸組成はSukhijaら²⁰⁾の方法で測定し、炭素鎖14から22までの脂肪酸について示した。

II. DHA・Ca塩の投与が第一胃内発酵および血漿中脂肪酸組成に及ぼす影響

全脂肪酸中高DHA23%、EPA7%含有魚油70%を含むDHA・Ca塩をT油脂株式会社(本社:横浜)の製法特許を基に同社の承諾を得て調製し、その第一胃内安定性と血漿中脂肪酸組成に及ぼす影響について予備的な検討を行なった。

予備試験では第一胃フィステルを装着した体重650kgのホルスタイン種成雌牛2頭に対し、市販牛乳用配合飼料(CP12%、TDN65%)1.2kg/日、トウモロコシ2.3kg/日および稲ワラ4kg/日を8:30時と16:30時の2回に分けて給与した。

まず、調製したDHA・Ca塩の第一胃内安定性を調べるため、ナイロンバッグ法により第一胃内に最高36時間浸漬した結果、DHA含有率は浸漬前と変わらなかった(表1)。

次に、DHA・Ca塩を1週間間隔で朝の飼料給与時に50、150または300gをそれぞれ1回ずつフィステルから第一胃内に投与し、24時間までの血漿脂肪酸組成を調べた。その結果、DHAは150g、EPAは50gから血漿中の増加が確認されたが、いずれもdose responseは明らかでなかった(図2)。

表1 ナイロンバッグ法によりDHA・Ca塩を第一胃内に浸漬した場合のDHA含有率の変化

浸漬時間 (hr)	No1牛	No2牛
	全脂肪酸中 (wt%)	
6	24.9	24.2
12	23.5	23.7
24	23.7	24.6
36	24.0	23.5

浸漬前DHA・Ca塩中のDHA含有量：23.7%

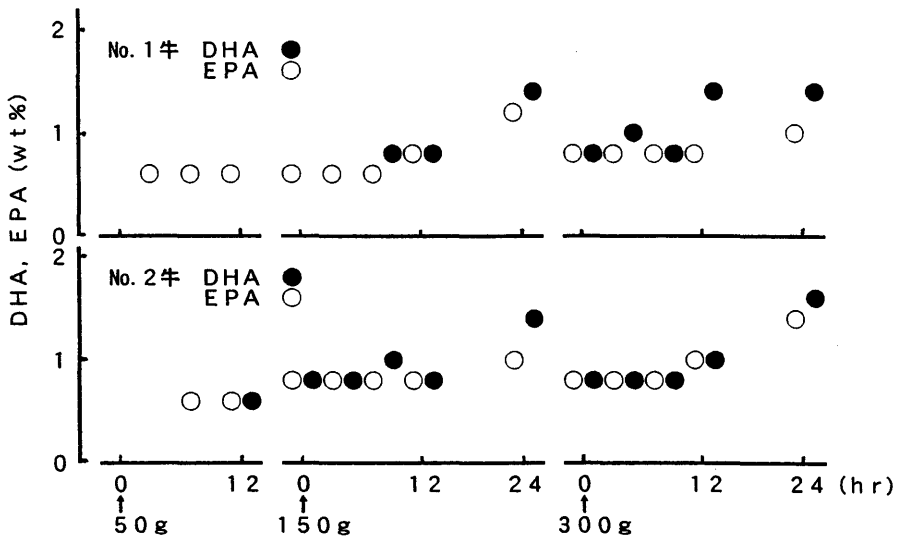


図2 血漿中DHA, EPAの経時変化(予備試験)

以上の結果、調整したDHA・Ca塩は第一胃内で極めて安定で、その脂肪酸は小腸から速やかに吸収され、また1回の投与量は150g以上が望ましいと考えられた。

そこで、このDHA・Ca塩を1日200gずつ第一胃内に連続投与した場合の第一胃内性状、血漿中脂肪酸組成および血漿ビタミンA, E濃度に及ぼす影響を調べた(試験1)。なお、試験1の供試牛と飼料条件は予備試験と同様であった。表2は、DHA・Ca塩を1日1回200gずつ9日間、朝の飼料給与前に第一胃内に連続投与し、投与前日(0日)と最終日(10日)および投与終了後5日目(15日)の朝の飼料給与直前(0hr)と4時間後の第一胃内性状を示す。また、0, 5, 10, 15日目の朝の飼料給与後4時間目の血漿中脂肪酸組成を表3、血漿ビタミンA, E(α -トコフェロール)濃度を図3に示す。

0日、10日および投与終了後5日目に測定した第一胃内の代謝産物濃度には、DHA・Ca塩投与による影響はほとんどみられなかった。脂肪酸Ca塩の投与が第一胃内におけるVFAの産生を抑制し、A/P比を低下させたという報告がなされているが^{21,22)}、本試験ではそのような影響は観察されなかった。

表2 第一胃内代謝産物濃度 (試験1)

	No1牛						No2牛					
	0日 ¹⁾		10日 ¹⁾		15日 ²⁾		0日		10日		15日	
	0hr ³⁾	4hr ³⁾	0hr	4hr	0hr	4hr	0hr	4hr	0hr	4hr	0hr	4hr
pH	7.1	6.8	7.2	7.0	7.1	6.9	7.2	6.8	7.3	6.9	7.1	6.8
NH ₃ - N (mg/dl)	3.1	3.4	6.3	6.3	3.7	3.9	2.5	1.9	4.8	3.6	3.1	3.1
VFA (mmol/dl)	10.4	10.1	8.5	9.1	10.4	9.6	9.6	9.1	11.1	11.5	9.8	12.3
A : P	3.6	3.5	3.0	3.0	3.3	3.0	3.3	3.2	2.6	2.2	3.5	3.4
Protozoa (×10 ⁴ /ml)	40.3	49.8	67.0	45.1	34.2	39.7	72.8	60.6	56.2	50.2	29.4	26.2

¹⁾ DHA・Ca塩投与期 1~10日

²⁾ DHA・Ca塩非投与期 11~15日

³⁾ 朝の飼料給与直前と4時間後

表3 血漿中脂肪酸組成 (試験1)

脂肪酸	No1牛				No2牛			
	0日 ¹⁾	5日 ¹⁾	10日 ¹⁾	15日 ²⁾	0日	5日	10日	15日
	(wt%)							
14 : 0	0.8	1.1	0.9	0.9	0.4	0.7	1.2	1.1
16 : 0	13.9	15.0	17.0	16.8	13.4	10.8	15.6	15.2
16 : 1	3.1	3.1	2.4	3.1	2.4	1.9	2.2	2.4
18 : 0	20.8	12.5	8.9	17.8	19.3	11.7	8.0	17.8
18 : 1	18.4	10.2	7.9	11.7	10.0	8.1	6.5	9.0
18 : 2n - 6	24.0	25.4	20.4	22.0	31.6	29.4	23.5	27.4
18 : 3n - 6	1.1	1.0	1.0	1.4	1.4	1.2	1.1	1.4
20 : 4n - 6	4.7	7.4	8.8	7.2	5.3	8.4	7.9	6.5
20 : 5n - 3 (EPA)	0.8	4.6	7.8	4.9	0.8	4.7	5.9	3.7
22 : 6n - 3 (DHA)	0.5	3.0	4.6	2.2	0.6	4.1	4.5	1.8
n - 6/n - 3	22.9	4.4	2.4	4.3	27.4	4.4	3.1	6.4

¹⁾ DHA・Ca塩投与期 1~10日

²⁾ DHA・Ca塩非投与期 11~15日

DHA・Ca塩の全脂肪酸中 : DHA 23.0%, EPA 7.0%

血漿中の脂肪酸組成は、ステアリン酸とオレイン酸が日数の経過に伴って顕著に減少し、リノール酸 (18 : 2 n - 6) も若干減少した。一方、アラキドン酸 (20 : 4 n - 6), EPA (20 : 5 n - 3) およびDHA (22 : 6 n - 3) は逆に増加し、n - 6/n - 3比は顕著に低下した。なお、n - 6/n - 3比の計算に際し、血漿リノレン酸 (18 : 3) にはn - 6とn - 3の両者がありうるが、ここではすべてをn - 6とみなした。またEPAは、DHA・Ca塩には少なかったにもかかわらず血漿中ではDHAと同程度以上に認められた。

この結果はn - 6PUFAよりもn - 3PUFAが優先的に血漿脂質中に取込まれたこと、およびDHAよりEPAの方が優先的に取込まれたことを示唆する。ラット²³⁾や哺乳期子牛²⁴⁾では血漿中のコレステロールエステル (CE) や、リン脂質の大部分を占めるホスファチジルコリン (PC) 中にはn -

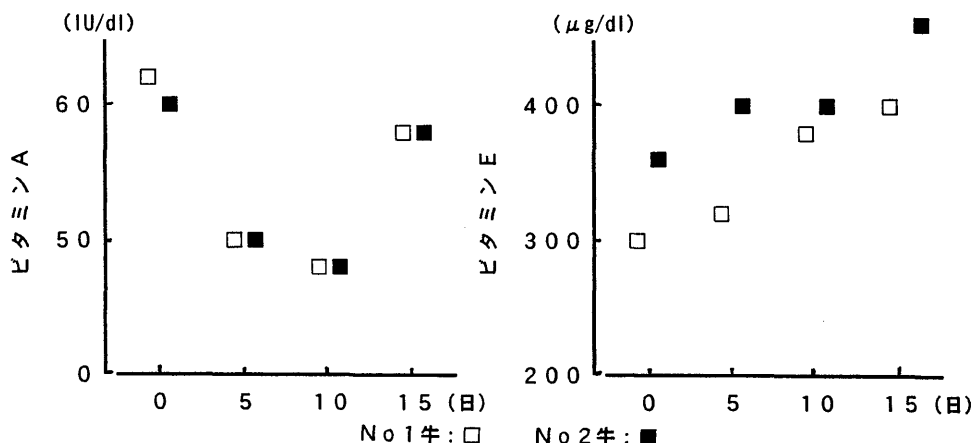


図3 血漿ビタミンA, E濃度(試験1)

3PUFAよりもn-6PUFAが優先的に取込まれることが報告されている。しかし、これらの実験では血漿中TGへの取込みが調べられておらず、我々の試験では血漿脂質の分画がなされなかったため、成牛における脂質代謝の特異性を示唆するか否かは不明である。

ヒトにDHAとEPAのメチルエステルを1日にそれぞれ2.2gおよび3.5gずつ4週間連続投与した実験²⁵⁾で、7日目まではDHAよりもEPAの血漿脂質への取込みが早く、その場合、血漿TGおよびPCへの取込みが速やかであった。また、CE画分中のEPAはPC画分中のEPAの増加よりも遅れて上昇したが、CE画分中のDHAはPC画分中のDHAの増加にもかかわらず上昇しなかった。血漿CEの第3位脂肪酸はPCから供給されるが、脂肪酸アシルの転移を触媒するlecithin: cholesterol acyltransferase (LCAT)はEPAには作用するが、DHAにはほとんど作用しないためであり²⁵⁾、これは子牛にもあてはまる²⁴⁾。したがって、本試験における血漿中EPAの増加にはCE画分中のEPAの増加も関与するが、DHAの増加にはCE画分は関与しないと考えられる。しかしながら、DHAとEPAの投与量の相違にもかかわらず、血漿中ではEPAがDHAと同等以上に増加した原因については、血漿脂質への取込み以外に他の臓器や組織への移行率の差も無視できないと考えられた。

血漿中のビタミンE濃度は、DHA・Ca塩の投与によって低下することはなかったが、ビタミンA濃度は投与期間中に低下し、投与終了後回復する傾向がみられた。

ラットに魚油を投与した場合、脂質の易酸化性が高まるためビタミンEの要求が亢進することが知られている^{26,27)}。したがって、反芻動物の場合でもビタミンEの要求量はPUFAの摂取に比例して増加すると考えられるが、一方では、DHAのように空気中では酸化されやすいものでも、生体内ではそのような過酸化の連鎖反応は起こらず、むしろn-3PUFAがフリーラジカルを補足し、その障害を防御するとの指摘もある²⁸⁾。本試験の結果は後者の見解を支持するものであったが、血漿ビタミンA濃度はDHA・Ca塩投与によって明らかに減少した。ビタミンEの抗酸化作用は特異的にフ

リ-ラジカルを補足することによるが、ビタミンAの抗酸化作用は、PUFAと同様にポリエン化合物として二重結合を多数もつことに起因する。ビタミンEとAとで血漿中濃度の変化に差を生じた原因は不明であるが、あるいはこのような抗酸化作用における相違が関係しているかも知れない。

III. DHA・Ca 塩投与による DHA 含有牛乳の生産

乾乳期に近い乳量12kg前後のホルスタイン種泌乳牛2頭(平均体重550kg)を供試して2回の試験を行なった。各牛には市販乳牛用配合飼料(CP16%, TDN70%)4kg/日, ヘイキューブ2kg/日, スーダン乾草6kg/日を8:30時と16:30時の2回に分けて給与した。

試験2では、1日にDHA・Ca塩150gを2週間、次に非投与期3週間を置いて450gを2週間投与した。投与期間中はいずれも朝の飼料にDHA・Ca塩を混ぜて投与した。

試験3では、1頭にはDHA・Ca塩を朝夕100gずつ、他の1頭には朝1回200gをいずれも飼料に混ぜて連続7週間投与した。試験2, 3で用いたDHA・Ca塩には全脂肪酸中それぞれDHAが23%または28%, EPAが7%または6%含まれていた。

表4は試験2の2回の投与期の直前(0週)と1, 2週目の夕方の飼料給与直前に頸静脈より採血し、血漿中のDHA, EPA割合とn-6/n-3比およびビタミンE濃度を測定した結果を示す。DHA・Ca塩の投与による血漿脂肪酸組成の変化は試験1(表3)と類似であり、EPAおよびDHAの増加およびn-6/n-3比の低下が認められた。また、血漿中ビタミンE濃度にも大きな変化はみられなかった。

表5は試験2における牛乳中の脂肪酸組成を示す。牛乳の脂肪酸組成は血漿中脂肪酸組成ほど大きな変化を受けなかったが、ステアリン酸(18:0)の減少とEPAおよびDHAの増加およびn-6/n-3比の低下が観察された。450g/日の投与時においてNo4牛のEPAが開始時の9倍、DHAが同じく6倍に増加したが、No3牛ではいずれも開始時の2~4倍にすぎなかった。No4牛の場合、この期間中に乳房炎が発生したため牛乳中に体細胞が混入した可能性があり、これがNo3牛以上に牛乳

表4 血漿中DHA, EPA割合およびビタミンE濃度の変化(試験2)

脂肪酸	No3牛						No4牛					
	150 (g/日) ¹⁾			450 (g/日) ¹⁾			150 (g/日)			450 (g/日)		
	0週	1週	2週	0週	1週	2週	0週	1週	2週	0週	1週	2週
	(wt %)											
EPA	1.6	3.5	5.2	2.0	7.9	11.9	1.3	3.5	5.9	1.9	12.8	18.5
DHA	1.0	2.3	2.5	1.2	3.0	3.1	1.2	2.4	2.7	1.3	3.6	4.0
n-6/n-3	15.3	6.6	5.9	14.8	4.0	3.2	17.6	7.3	5.4	15.8	2.4	1.4
Vit. E (μg/dl)	213	291	258	209	191	222	120	176	163	146	140	137

¹⁾ DHA・Ca塩投与量

DHA・Ca塩の全脂肪酸中: DHA 22.9%, EPA 6.9%

表5 牛乳中脂肪酸組成の変化(試験2)

脂肪酸	No3牛						No4牛					
	150 (g/日) ¹⁾			450 (g/日) ¹⁾			150 (g/日)			450 (g/日)		
	0週	1週	2週	0週	1週	2週	0週	1週	2週	0週	1週	2週
	(wt %)											
14:0	14.8	13.5	13.4	14.6	12.3	11.0	12.9	12.5	13.0	11.8	13.7	13.5
16:0	37.0	33.4	33.7	34.9	31.6	30.6	39.3	34.9	37.0	36.4	35.1	37.1
16:1	1.5	1.7	1.8	1.6	2.3	2.5	2.7	2.9	2.8	2.9	4.1	3.8
18:0	10.3	10.6	10.4	11.0	7.8	8.6	6.5	6.3	6.5	6.9	2.0	1.9
18:1	24.5	26.2	25.1	26.0	24.8	30.0	25.7	26.7	25.3	28.7	23.5	21.8
18:2n-6	1.5	1.9	1.7	1.4	1.2	2.1	1.9	2.4	1.9	1.6	1.9	1.5
18:3n-6	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.4	0.7	0.4	0.4	0.6	0.5
20:4n-6	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4	0.5
20:5n-3 (DHA)	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.6	0.9
22:6n-3 (EPA)	0.2	0.5	0.7	0.2	0.5	0.7	0.2	0.6	0.7	0.3	1.5	1.9
n-6/n-3	7.0	4.3	2.9	6.7	2.9	3.1	8.3	4.3	2.9	5.5	1.4	0.9

¹⁾ DHA・Ca塩投与量

DHA・Ca塩の全脂肪酸中：DHA 22.9%，EPA 6.9%

中のEPAとDHAを高めたことも考えられる。いずれにせよ、血漿中ではDHAよりもEPAの増加が顕著であったが、牛乳中ではEPAよりもDHAの増加の方がより顕著であった。

図4、5は試験3における7週間の長期連投中、投与前から投与終了後2週目まで1週ごとに夕刻の飼料給与直前に測定した血漿中DHA、EPA割合、n-6/n-3比およびビタミンE濃度を示す。血漿中脂肪酸組成とn-6/n-3比の変化は試験1(表3)の変化と同様であり、DHA・Ca塩の投与はオレイン酸やリノール酸を減少させる一方、EPAとDHAを増加させ、7週目にはEPAがDHA

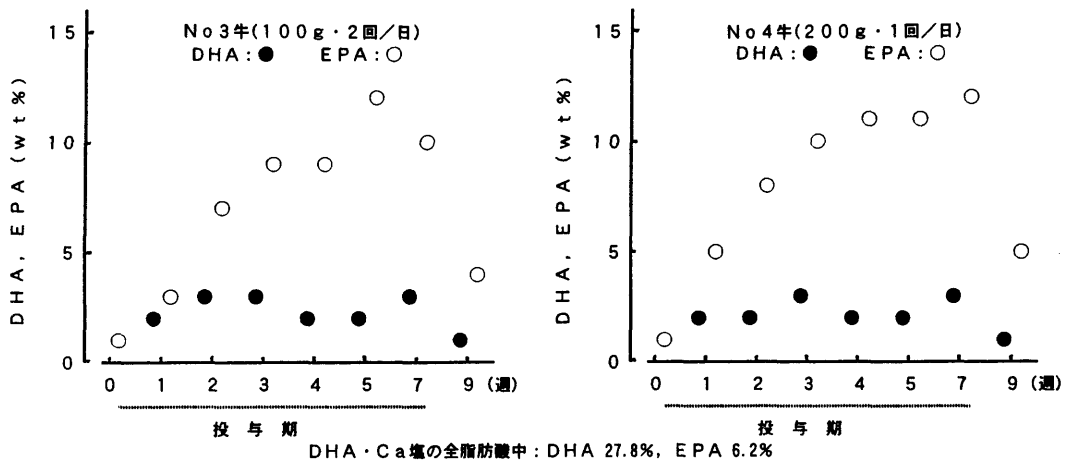


図4 血漿中DHA、EPAの経時変化(試験3)

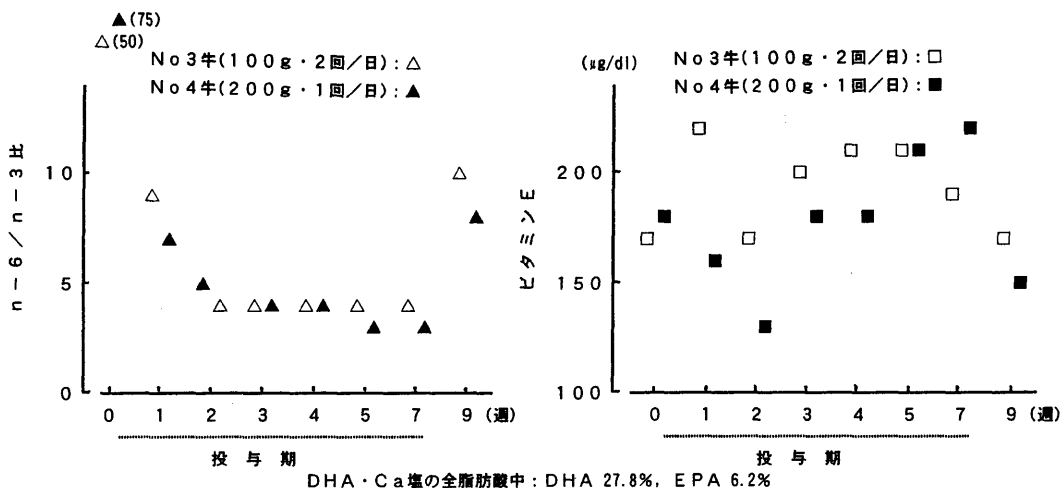


図5 血漿中n-6/n-3比，ビタミンEの経時変化（試験3）

に比べて約4~5倍高くなった。また，長期の連投にもかかわらず血漿ビタミンE濃度の減少は認められなかった。DHA・Ca塩の投与方法の相違（1日100g×2回 VS 1日200g×1回）による差は認められなかった。

図6，7は試験3の牛乳全脂肪酸中DHA，EPA割合とn-6/n-3比を示す。EPAとDHAは1週目から増加し，その割合はEPAが0.3~0.5%，DHAは0.8~1.2%の範囲にあり，明らかにDHAの方が2~3倍多かった。また，DHA・Ca塩の投与は血漿中と同様にn-6/n-3比を減少させた。DHA・Ca塩の投与方法による違いは血漿中と同様に明らかではなかった。

表6は，試験3におけるDHAとEPAの牛乳への移行率を示す。2週から7週までの牛乳中のEPA含量の平均値はそれぞれNo3，10mg/dlおよびNo4，12.3mg/dl，DHA含量の平均値はNo3，22.1mg/dlおよびNo4，25.7mg/dlであり，乳量の平均値はNo3，10.5kg/日およびNo4，12.8kg/日であった。その結果，EPAの牛乳への移行率は12~18%，DHAのそれは6~9%となり，EPAの移行率はDHAの2倍高かった。全脂肪酸中オレイン酸60%とリノール酸20%を含む保護ナタネ粕を給与した場合，両者の牛乳への移行率がそれぞれ32%と31%であったとする報告²⁹⁾や，保護サフラワー油を投与した場合のリノール酸移行率が22%であったとする報告³⁰⁾に比べると，特にDHAの移行率は著しく低かった。

反芻動物では炭素数18以上の飽和および不飽和脂肪酸は，主として血漿中をキロミクロンやVLDLとして運搬されるTGから供給され，乳脂肪合成において長鎖脂肪酸の2/3はTGに由来する^{31, 32)}。ヒトではn-3PUFAは血漿中TG画分より以上にPCやCE画分中に取込まれるが³³⁾，PCやCEは直接乳脂肪合成には利用されない³⁴⁾。EPAやDHAの牛乳への移行率が低いのは，そのためかも知

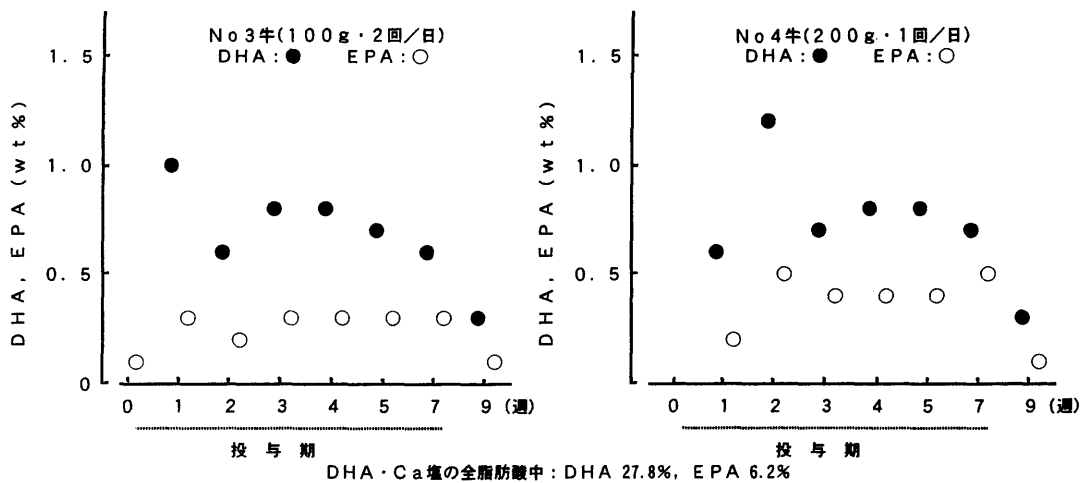


図6 牛乳中DHA, EPAの経時変化(試験3)

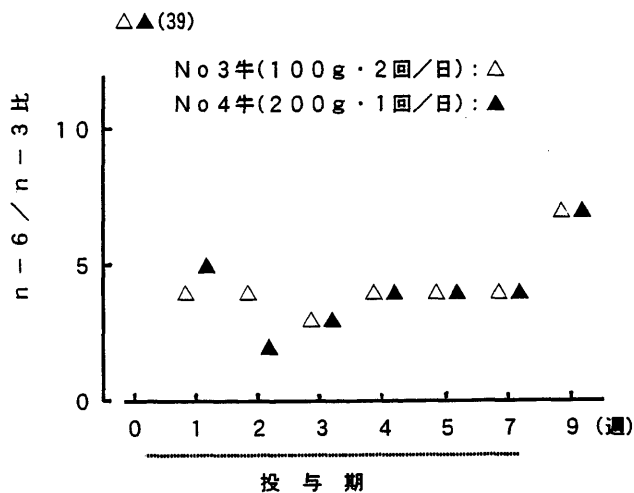


図7 牛乳中n-6/n-3比の経時変化(試験3)

表6 牛乳への移行率(試験3)

	投与量 (g/日)		牛乳中 (g/日)		移行率 (%)	
	DHA	EPA	DHA	EPA	DHA	EPA
No. 3牛 ¹⁾	36.1	9.0	2.3	1.1	6.4	12.2
No. 4牛 ²⁾	36.1	9.0	3.3	1.6	9.1	17.8

¹⁾ DHA, Ca塩投与量 100g・2回/日

²⁾ DHA, Ca塩投与量 200g・1回/日

れない。しかしながら、リノール酸は乳牛でも主としてPC、CE画分に取り込まれることが知られており³⁴⁾、真の原因は不明である。

ヒトでは、DHAやEPAの投与は血中VLDLおよびTGを減少させる³³⁾。反芻動物でもリノール酸やサフラワー油を投与した場合に同様の現象が認められている^{35,36)}。その原因として、肝臓におけるVLDLの合成と血中への放出が抑制されるか、または末梢組織におけるリポプロテインリパーゼ活性の増加が想定されている³⁴⁾。後者は乳腺や脂肪組織における脂肪合成の促進を意味するが、事実、乳牛に対する保護サフラワー油の投与は、牛乳のリノール酸含量を増加させるばかりでなく乳脂率や乳脂量を増加させる^{16, 29, 30)}。DHAやEPAにも同様の効果が期待されたが、今回の試験からは明らかでなかった。

IV. DHA・Ca塩投与によるDHA含有牛肉の生産

体重844kgと738kgのホルスタイン種老廃牛2頭(No5, No6)と体重466kgのジャージー種1頭(No7)を供試し、各牛には市販乳牛用配合飼料(CP16%, TDN70%)とスーダン乾草を1:2の割合で、1日に体重の2.2%相当を8:30時と16:30時の2回に分けて給与した。

高DHA含有魚油(全脂肪酸中DHA23%, EPA6%含有)をもとに調整したDHA・Ca塩をNo6牛とNo7牛には1回100gずつ朝夕2回飼料に添加して5週間連日投与し、No5牛には投与せずに対照とした。これらの供試牛は試験終了後に地元の食肉公社で屠殺し、解体作業中に種々の臓器や組織の一部を採取した。

また、一夜冷蔵庫に保管した枝肉から部分肉(ロース、カタ、モモ、バラ)および貯蔵脂肪(腹腔内、腎臓周辺)の一部を採取し、部分肉については赤身と脂身とに分け、いずれも分析時まで凍結保存した。なお、試験期間中DHA・Ca塩の投与直前(0週)から屠殺直前(5週)まで1週ごとに、夕方の飼料給与直前に頸静脈から採血し、血漿脂肪酸組成とビタミンE濃度を測定した。

DHA・Ca塩の投与によって血漿中のDHA、EPA割合は増加したが、ビタミンE濃度の減少はみられなかった。しかし、血漿中のEPAはホルスタイン種であるNo6牛よりジャージー種No7牛の方が高かったが、その原因が体重差によるのか品種の違いによるかは不明である(図8)。

表7は肝・腎・脾・肺・心臓中の脂肪酸組成とn-6/n-3比を示す。これらすべての臓器には対照牛でもEPAとDHAが1%前後存在したが、DHA・Ca塩の投与により増加した。EPAとDHAの取込みは肝臓で最も顕著であり、EPAは約10倍、DHAは20~30倍も増加し、n-6/n-3比は大きく低下したが、それ以外の臓器では両者の増加は4倍以下であった。EPAとDHAの肝臓での取込みが顕著であったのは、肝臓ではPC画分の割合が他の臓器に比べて多い²⁴⁾ためかも知れない。EPAは腎臓と脾臓でも明らかに増加したが、ラットの腎臓ではDHAよりもEPAが選択的にリン脂質に取り込まれることが知られている²³⁾。さらに、DHA・Ca塩の投与によって肝臓以外ではオレイン酸が減少したが、肝臓ではリノール酸の減少が顕著であった。

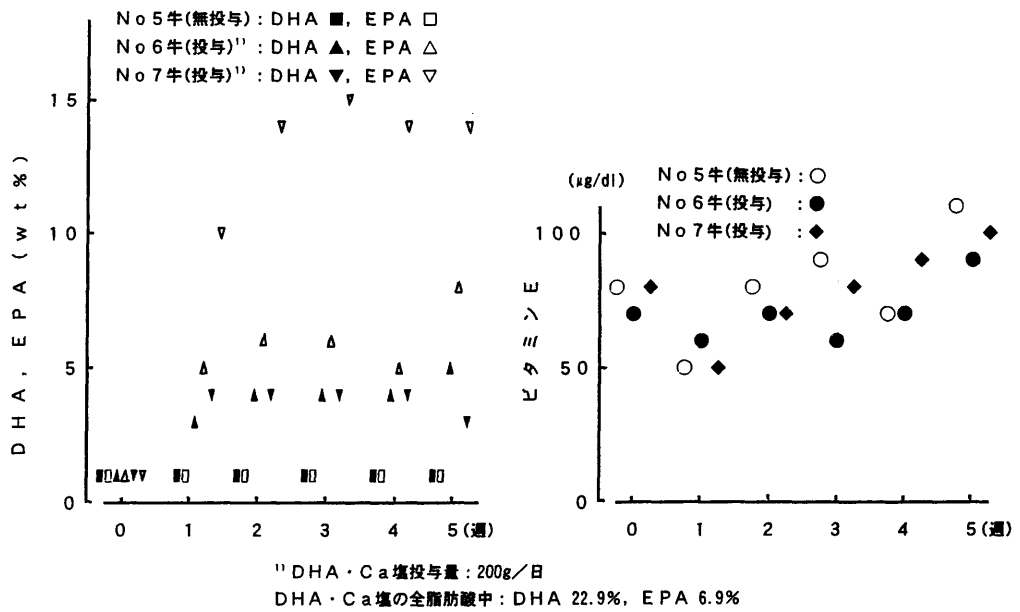


図8 血漿中DHA, EPAおよびビタミンEの経時変化

表7 肝・腎・脾・肺・心臓中の脂肪酸組成(試験4)

	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:4	EPA	DHA	n-6/ n-3
	(wt %)										
肝臓											
No5	1.4	17.2	1.3	27.9	14.0	10.9	0.4	7.3	0.6	0.5	16.9
No6 ¹⁾	0.4	14.0	0.8	29.3	10.7	4.4	0.9	8.3	5.9	15.1	0.6
No7 ¹⁾	0.6	16.9	1.8	21.9	20.6	4.9	1.1	5.8	7.7	9.1	0.7
腎臓											
No5	0.5	18.3	1.6	15.6	20.6	10.8	0.8	16.4	1.7	2.4	6.8
No6	0.3	19.8	1.0	16.1	15.3	9.7	0.5	15.1	8.3	5.0	1.9
No7	0.5	21.8	1.5	15.4	16.3	7.7	- ²⁾	12.6	12.1	4.9	1.2
脾臓											
No5	-	17.3	1.2	21.3	18.3	4.8	-	15.5	1.0	1.7	7.5
No6	-	17.9	1.0	21.2	15.5	4.6	-	14.1	4.1	5.2	2.0
No7	-	22.9	1.6	19.0	15.5	4.8	-	12.4	6.1	4.9	1.6
肺臓											
No5	1.1	24.5	2.4	15.5	32.9	2.3	0.2	5.9	0.4	1.6	4.2
No6	1.1	25.6	2.0	17.4	27.0	2.9	-	6.1	1.4	4.4	1.6
No7	0.8	25.3	2.6	12.2	27.6	2.9	-	6.2	2.5	5.2	1.2
心臓											
No5	0.4	11.8	3.0	13.6	32.1	10.5	1.0	8.0	1.3	0.5	10.8
No6	0.4	12.5	2.3	15.6	23.9	15.5	1.6	8.4	3.0	1.6	5.5
No7	0.1	12.5	1.9	12.3	30.7	13.7	0.9	5.9	4.0	1.7	3.6

¹⁾ 投与区: DHA・Ca塩投与量 200g/日

²⁾ Not detected

DHA・Ca塩の全脂肪酸中: DHA 22.9%, EPA 6.9%

表8は卵巣と子宮中の脂肪酸組成を示す。卵巣には対照牛でもEPAとDHAがわずかに存在したが、子宮ではEPAは検出されなかった。卵巣ではドコサペンタエン酸(22:5 n-3)が検出された。これらの組織ではDHA・Ca塩投与によるEPAとDHAの増加はわずかであった。

表9は脳、網膜、延髄および視神経中の脂肪酸組成を示す。これらの組織はEPAよりDHAの方が多く、特に脳と網膜にはDHAが多かったが、DHA・Ca塩の投与はそれの割合にはほとんど影響せず、n-6/n-3比も変化しなかった。DHAは子牛²⁴⁾やラット^{37,38)}の脳や網膜に多く、いずれもリン脂質中のホスファチジルエタノールアミン画分に偏在し、中枢神経の機能的発達に必須とさ

表8 卵巣・子宮中の脂肪酸組成(試験4)

	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2 n-6	18:3 n-6	20:4 n-6	EPA n-3	22:5 n-3	DHA n-3	n-6/ n-3
	(wt %)										
卵巣											
No5	14.8	1.3	17.2	23.7	5.8	0.5	11.9	0.5	3.2	1.9	3.3
No6 ¹⁾	16.0	1.0	17.9	23.1	6.5	0.3	12.2	1.5	3.6	3.4	2.3
No7 ¹⁾	16.4	1.2	15.9	26.2	5.7	0.4	11.1	1.9	4.9	3.4	1.7
子宮											
No5	14.8	1.3	19.9	31.1	3.5	— ²⁾	12.3	—	—	1.6	9.9
No6	13.4	1.2	22.1	28.0	5.0	—	13.6	—	—	2.7	6.9
No7	14.2	1.0	19.1	27.9	5.1	—	11.0	1.7	—	3.2	3.3

¹⁾ 投与区: DHA・Ca塩投与量 200g/日

²⁾ Not detected

DHA・Ca塩の全脂肪酸中: DHA 22.9%, EPA 6.9%

表9 脳・網膜・延髄・視神経中の脂肪酸組成(試験4)

	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2 n-6	18:3 n-6	20:4 n-6	EPA n-3	22:5 n-3	DHA n-3	n-6/ n-3
	(wt %)										
脳											
No5	0.4	14.7	0.3	20.4	23.7	0.3	— ²⁾	4.2	—	11.3	1.5
No6 ¹⁾	0.4	14.3	0.3	21.4	22.6	0.3	—	4.7	—	12.2	1.4
No7 ¹⁾	0.4	15.9	0.3	20.9	23.5	0.4	—	4.7	—	12.8	1.4
網膜											
No5	17.9	0.7	16.6	21.0	5.1	0.2	10.1	1.3	2.5	8.1	1.6
No6	18.8	0.9	15.5	24.8	5.5	0.2	10.2	1.3	2.3	4.7	1.9
No7	17.2	0.8	16.7	24.3	5.4	0.3	9.5	2.0	3.6	5.3	1.4
延髄											
No5	0.2	10.5	0.4	16.4	28.9	—	—	2.3	—	4.6	4.2
No6	0.2	10.2	0.5	16.2	30.5	—	—	1.9	—	4.1	5.1
No7	0.2	10.0	0.3	15.1	28.1	—	—	1.5	—	3.5	5.6
視神経											
No5	—	9.9	—	15.5	30.6	—	—	1.6	—	2.7	7.1
No6	—	10.1	—	15.4	30.5	—	—	1.6	—	2.6	7.3
No7	0.2	10.0	0.4	17.0	30.3	—	—	1.8	—	2.7	6.7

¹⁾ 投与区: DHA・Ca塩投与量 200g/日

²⁾ Not detected

DHA・Ca塩の全脂肪酸中: DHA 22.9%, EPA 6.9%

れている。脳や網膜のDHAは、肝臓で α -リノレン酸から合成されたDHAがリポタンパクとして血流に放出され、これらの組織に優先的に取込まれるものとされている³⁹⁾。また、 α -リノレン酸が不足する食餌を成ラットに7週間投与した場合、肝臓、心臓および精巢のDHA含量は減少したが、脳では変化しなかったことが報告されている³⁹⁾。

今回の結果は、逆にDHAを外側から投与しても神経組織中のDHAは増加しないことを示唆し、DHAがこれらの組織において必須の成分として固有の生理活性をもつ可能性を裏づけた。なお、表に示した神経組織中では網膜のみ22:5 n-3が検出されたのは、ロドプシン中のレチナールなど網膜中には特異な脂溶性物質が含まれていることと無縁ではないと考えられる。

表10は腎臓周辺、腹腔内および眼窩脂肪中の脂肪酸組成を示す。これらの脂肪組織にはEPA, DHAはもとよりアラキドン酸(20:4 n-6)も検出されず、DHA・Ca塩の投与によってもそれらの割合は増加しなかった。また、試験4では採取し忘れた皮下脂肪についても、試験3でDHA・Ca塩200g/日を7週間連続投与後バイオプシーで採取したが、これらの脂肪酸は検出されなかった。貯蔵脂肪中にDHAやEPAが入りにくいのは、これらのn-3PUFAが血漿TGよりリン脂質中に取り込まれやすい³⁹⁾ことに加えて、ウシの脂肪組織ではC20以上の長鎖脂肪酸が本質的にTGの合成に利用されにくい、あるいは貯蔵脂肪の代謝回転が遅いために取込まれにくいのかも知れない。

表11はカタ、バラ、ローズ、モモのいわゆる「脂身」に相当する部分の脂肪酸組成を示す。筋内脂肪ではあるが、分離採取が可能な程度の大きさをもつ脂肪の固まりであった。この部分は貯蔵脂肪の脂肪酸組成と近似で、DHA, EPA, アラキドン酸は検出されず、DHA・Ca塩の投与によっても増加しなかった。

表10 腎臓周辺・腹腔内・眼窩脂肪中の脂肪酸組成 (試験4)

	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2 n-6	18:3 n-6	20:4 n-6	EPA n-3	DHA n-3
	(wt %)									
腎臓周辺脂肪										
No5	3.3	32.9	1.3	35.0	21.7	1.3	- ²⁾	-	-	-
No6 ¹⁾	2.9	30.0	1.4	32.1	26.0	1.5	-	-	-	-
No7 ¹⁾	3.5	27.6	3.3	12.5	44.8	1.4	-	-	-	-
腹腔内脂肪										
No5	2.3	20.7	3.4	15.7	52.0	0.6	-	-	-	-
No6	2.9	28.2	1.8	25.9	32.6	1.0	0.2	-	-	-
No7	2.6	24.0	3.6	12.6	50.0	1.5	-	-	-	-
眼窩脂肪										
No5	3.2	30.0	1.8	25.3	31.3	1.8	0.3	-	-	-
No6	3.2	30.6	1.7	24.7	32.0	1.6	0.3	-	-	-
No7	3.9	33.3	2.2	18.1	34.1	2.8	0.5	-	-	-

¹⁾ 投与区: DHA・Ca塩投与量 200g/日
DHA・Ca塩の全脂肪酸中: DHA 22.9%, EPA 6.9%

²⁾ Not detected

表 11 脂身部分中の脂肪酸組成 (試験 4)

	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2 n-6	18:3 n-6	20:4 n-6	EPA n-3	DHA n-3
	(wt %)									
カ タ										
No5	2.4	26.3	2.8	20.5	40.2	0.9	- ²⁾	-	-	-
No6 ¹⁾	2.8	27.3	2.4	20.0	39.2	1.1	-	-	-	-
No7 ¹⁾	1.8	21.8	2.8	10.7	47.4	1.4	-	-	-	-
ハ ラ										
No5	2.7	25.2	3.1	17.9	43.5	0.9	-	-	-	-
No6	3.0	28.6	2.1	23.2	34.8	0.9	-	-	-	-
No7	2.4	27.1	1.7	21.0	37.0	1.5	0.3	-	-	-
ロース										
No5	1.8	23.6	3.8	12.1	47.1	0.2	-	-	-	-
No6	2.1	24.4	3.4	14.9	44.5	1.0	0.2	-	-	-
No7	2.5	30.0	3.7	11.4	43.2	1.9	0.4	-	-	-
モモ										
No5	2.2	25.9	2.6	18.5	41.3	1.3	0.2	-	-	-
No6	2.0	26.3	2.5	18.2	41.4	1.3	0.3	-	-	-
No7	2.4	28.1	2.5	14.5	41.8	2.1	0.5	-	-	-

¹⁾ 投与区: DHA・Ca塩投与量 200g/日

²⁾ Not detected

DHA・Ca塩の全脂肪酸中: DHA 22.9%, EPA 6.9%

表 12 赤身部分中の脂肪酸組成 (試験 4)

	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2 n-6	18:3 n-6	20:4 n-6	EPA n-3	DHA n-3	n-6/ n-3
	(wt %)										
カ タ											
No5	1.5	21.6	3.7	14.1	44.2	4.0	0.5	1.7	0.2	- ²⁾	31.0
No6 ¹⁾	1.9	22.5	2.6	18.4	35.0	6.1	0.8	2.0	0.5	0.7	7.4
No7 ¹⁾	2.5	27.9	4.5	9.7	42.8	3.2	0.4	0.6	0.3	0.4	6.0
ハ ラ											
No5	1.2	20.0	3.9	13.5	43.6	4.9	0.6	2.2	0.3	-	25.7
No6	2.0	23.5	2.4	18.8	35.3	5.8	0.7	1.7	0.4	0.6	8.2
No7	2.0	24.2	3.1	12.5	44.1	4.1	0.5	1.1	0.5	0.5	5.7
ロース											
No5	1.7	23.7	5.5	8.9	48.4	2.9	0.4	0.9	-	-	
No6	3.0	26.6	4.6	11.5	42.2	2.1	0.5	0.4	0.1	0.2	10.0
No7	2.6	29.1	5.3	7.8	45.0	2.7	0.4	0.5	0.2	0.3	7.2
モモ											
No5	1.0	19.0	4.8	8.9	45.1	5.1	0.5	3.1	0.5	-	17.4
No6	2.3	25.9	3.0	13.6	40.3	2.3	0.5	1.6	0.4	0.5	4.9
No7	1.3	24.5	3.1	10.0	38.4	6.7	0.8	3.7	1.4	1.5	3.9

¹⁾ 投与区: DHA・Ca塩投与量 200g/日

²⁾ Not detected

DHA・Ca塩の全脂肪酸中: DHA 22.9%, EPA 6.9%

表 12 は各部分肉の「赤身」部位の脂肪酸組成を示す。分離採取できないほど細かな筋内脂肪もこれに含まれる。対照牛ではロースを除いてアラキドン酸 (20:4 n-6) と EPA がわずかに検出さ

れたが、DHAはいずれにも検出されなかった。しかし、DHA・Ca塩の投与によりDHAは明らかに増加し、EPAもわずかに増加したが、アラキドン酸は減少傾向を示しn-6/n-3比も低下した。赤身部分には生体膜脂質としてのリン脂質が含まれるが、DHAやEPAはTG中に取込まれた可能性よりも、リン脂質の第2位脂肪酸としてアラキドン酸と置き換えられた可能性が強い。

ジャージー種のNo7牛は、ホルスタイン種のNo5牛よりモモ赤身におけるEPAとDHAの増加が大きかった。しかし体重差によるのか、それとも品種差によるのかは現時点では不明である。

試験4では老廃乳牛に200g/日のDHA・Ca塩を5週間投与することによって赤身肉、肝臓、心臓、子宮などの可食部分のDHA、EPA含量を増加させることができた。血漿中のDHA、EPAは連投1週間以内に恒常値に達したことから(図8)、投与期間を延長しても可食部分への取込みが増加するとは思われず、逆に投与期間を3週間程度に短縮しても同程度の取込みが期待できるのではないかと考えられる。

V. ま と め

DHA・Ca塩投与によるDHA含有牛乳および牛肉の生産を目的として行なった予備試験を含めて計6回の試験結果をまとめると、以下の通りであった。

- 1) 供試したDHA・Ca塩(高DHA魚油70%含有)は、第一胃内で安定で、第一胃内醗酵に影響を与えず、成牛に1回150g以上投与すると血漿中DHA、EPAが増加したが、dose responseはあまり明らかでなかった。
- 2) このDHA・Ca塩中には全脂肪酸中DHAが23~28%、EPAが6~7%含まれていたが、血漿中ではEPAの増加がDHAの増加を上まわった。
- 3) 1日200gのDHA・Ca塩投与により牛乳中のDHA、EPAが増加する一方、n-6/n-3比が低下した。
- 4) しかし牛乳への移行率は低く、DHAで6~9%、EPAでは12~18%であった。
- 5) 1日200gのDHA・Ca塩を老廃牛に5週間投与した結果、赤身肉を含む可食部分のDHA、EPAが増加し、n-6/n-3比は低下したが、その効果は肝臓で最も顕著であった。
- 6) しかしDHA、EPAは脂肪組織や部分肉の脂身には移行せず、脳や神経組織でもそれらの増加は認められなかった。
- 7) 1日200gのDHA・Ca塩を最大7週間投与しても血漿ビタミンE濃度は減少しなかったが、ビタミンA濃度は5日間でも低下した。

以上の結果、DHA・Ca塩の投与によるDHA・EPA含有牛乳・牛肉の生産は可能と考えられたが、それらの風味や保存性、流通上の問題などに関してはさらに検討の余地が残されている。しかし乳牛に対する魚粉の投与は既に行なわれており、DHA、EPAを添加した牛乳も一部で市販されているので、大きな障害にはならないであろう。要は、DHA・EPA含有牛乳・牛肉が機能性食品として消

費者にどの位アピールするかにかかっている。

VI. 謝 辞

本試験の遂行にあたり、脂肪酸分析を担当された元相模中央化学研究所の斎藤政則氏に深く感謝します。

引 用 文 献

- 1) Kinsella, J.K., B.Lokesh and R.A.Stone, 1990, Dietary n-3 polyunsaturated fatty acid and amelioration of cardiovascular disease : possible mechanisms, *Am.J.Clin.Nutr.*, 52 : 1 - 28.
- 2) 秋山健吾, 1995, Single Cell Oilの用途開発, *日農化会誌*, 69 : 729 - 733.
- 3) Bang, H.O., J, Dyerberg, 1972, Plasma lipids and lipoproteins in greenlandic west coast eskimos, *Acta med.scand.*, 192 : 85 - 94.
- 4) Bang, H.O., J, Dyerberg, 1976, The composition of food consumed by greenland eskimos, *Acta med.scand.*, 200 : 69 - 73.
- 5) Dyerberg, J., H.O, Bang, E, Stoffersen, 1978, Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis?, *Lancet.*, 2 : 117 - 119.
- 6) Yetive, J.Z, 1988, Clinical application of fish oils, *J.Am.Med.Assoc.*, 260 : 665 - 670.
- 7) Von Schacky, C, 1988, Prophylaxis of atherosclerosis with marine omega-3 fatty acids : a comprehensive strategy, *Ann.Interm.Med.*, 107 : 890 - 899.
- 8) Leaf, A., and P.C.Weber, 1988, Cardiovascular effects of n-3 fatty acids, *N.Engl.J.Med.*, 318 : 549 - 557.
- 9) Neuringer, M., G.J, Anderson and W.E.Connor, 1988, The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain, *Ann.Rev.Nutr.*, 8 : 517 - 541.
- 10) Uauy, R.D., D.G.Birch, E.Birch, J.E.Tyson and D.R.Hoffman, 1990, Effect of omega-3 fatty acids on retinal function in very low birth weight infant, *Pediatric Res.*, 28 : 485 - 492.
- 11) Anderson, G.J., W.E.Connor and J.D.Corriss, 1990, Docosahexaenoic acid is the preferred dietary n-3 fatty acid for the development of the brain and retina, *Pediatric Res.*, 27 : 89 - 97.
- 12) Martin, R.E., E.B.R.De Turco and N.G.Bazan, 1994, Developmental maturation of hepatic

- n-3 polyunsaturated fatty acid metabolism : supply of docosahexaenoic acid to retina and brain, *J.Nutr.Biochem.*, 5 : 151 - 160.
- 13) Lamptey, M.S., and B.L.Walker, 1976, A possible essential role for dietary linolenic acid in the development of the young rat, *J.Nutr.*, 106 : 86 - 93.
 - 14) Wainwright, P.E, 1992, Do essential fatty acids play a role in brain and behavioral development, *Neurosci.Biobehav.Rev.*, 16 : 193 - 205.
 - 15) 矢澤一良・影山治夫, 1991, ドコサヘキサエン酸の生理活性, *油化学*, 40 : 974 - 978.
 - 16) 阿部又信・山本嘉博・上原良吾・萩原国威・佐藤民生, 1976, 乳牛, 肥育牛に対するカプセル油給与試験, *日畜会報*, 47 : 639 - 647.
 - 17) Schauff, D.J., and J.H.Clark, 1992, Effects of feeding diets containing calcium salts of long-chain fatty acids to lactating dairy cows, *J Dairy Sci.*, 75 : 2900 - 3002.
 - 18) Spain, J.N., and C.E.Polan, 1995, Evaluating effects of fish meal on milk fat yield of dairy cows, *J Dairy Sci.*, 78 : 1142 - 1153.
 - 19) 日本ビタミン学会 (編), 1983, ビタミン学実験法 I, 194 - 252, 東京化学同人, 東京.
 - 20) Sukhija, P.S., and D.L.Palmquist, 1988, Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *J.Agric.Food Chem.*, 36 : 1202 - 1206.
 - 21) Chalupa, W., B.Vecchiarelli, A.Elser and D.S.Kronfeld, 1986, Ruminal fermentation In Vivo as influenced by long-chain fatty acids, *J Dairy Sci.*, 69 : 1293 - 1301.
 - 22) Jenkins, T.C., 1993, Symposium : Advances in ruminant lipid metabolism, Lipid metabolism in the rumen, *J Dairy Sci.*, 76 : 3851 - 3863.
 - 23) Huang, Y.S., B.A.Nassar and D.F.Horrobin, 1986, Changes of plasma lipids and long-chain n-3 and n-6 fatty acids in plasma, liver, heart and kidney phospholipids of rats fed variable levels of fish oil with or without cholesterol supplementation, *Biochim.Biophys.Acta.*, 879 : 22 - 27.
 - 24) Jenkins, K.J., and J.K.G.Kramer, 1990, Effects of dietary corn oil and fish oil concentrate on lipid composition of calf tissues, *J.Dairy Sci.*, 73 : 2940 - 2951.
 - 25) Subbaiah, P.V., D.Kaufman and J.D.Bagdade, 1993, Incorporation of dietary n-3 fatty acids into molecular species of phosphatidyl choline and cholesteryl ester in normal human plasma, *Am J Clin Nutr.*, 58 : 360 - 368.
 - 26) Farwer, S.R., and De Boer, B.C.J, E.Haddeman, G.A.A.Kivits, A.Wiersman and B.H.J.C. Danse, 1994, The vitamin E nutritional status of rats fed on diets high in fish oil, linseed oil or sunflower seed oil, *Br.J.Nutr.*, 72 : 127 - 145.

- 27) 藤巻正生, 1988, 食品機能, 207 - 213, 学生出版センター, 東京.
- 28) 奥山治美, 1995, 栄養による脳機能の活性化 - DHA, 日農化会誌, 69 : 583 - 585.
- 29) Ashes, J.R., P.S.V.Welch, S.K.Gulati, T.W.Scott and G.H.Brown, 1992, Manipulation of fatty acid composition of milk by feeding protected canola seeds, J.Dairy Sci., 75 : 1090 - 1096.
- 30) Goering, H.K., C.H.Gordon, T.R.Wrenn, J.Bitman, R.L.King and F.W.Douglas, Jr, 1976, Effect of feeding protected safflower oil on yield, composition, flavor, and oxidative stability of milk, J.Dairy Sci., 59 : 416 - 425.
- 31) Palmquist, D.L., and T.C.Jenkins, 1980, Fat in lactation rations: review, J.Dairy Sci., 63 : 1 - 14.
- 32) Bauchart, D., 1993, Lipid absorption and transport in ruminants, 1993, J.Dairy Sci., 76 : 3864 - 3881.
- 33) Schoute, H.C.B., C.M.Van Gent, J.B.Luten and A.Ruiter, 1981, The effect of various intakes of ω 3 fatty acids on the blood lipid composition in healthy human subjects, Am.J.Clin.Nutr., 34 : 1752 - 1757.
- 34) 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.
- 35) Pan, Y.S., L.J.Cook and T.W.Scott, 1972, Formaldehyde treated casein - safflower oil supplement for dairy cows, J.Dairy Res., 39 : 203 - 208.
- 36) Plowman, R.D., J.Bitman, C.H.Gordon, L.P.Dryden, H.K.Goering, T.R.Wrenn, L.F.Edmondson, R.A.Yoncoskie and F.W.Douglas, Jr, 1972, Milk fat with increased polyunsaturated fatty acids, J.Dairy Sci., 55 : 204 - 208.
- 37) Anding, R.H., and D.H.Hwang, 1986, Effects of dietary linolenate on the fatty acid composition of brain lipids in rats, Lipids., 21 : 697 - 701.
- 38) Scott, B.L., and N.G.Bazan, 1989, Membrane docosahexaenoate is supplied to the developing brain and retina by the liver, Proc.Natl.Acad.Sci.USA., 86 : 2903 - 2907.
- 39) Bourre, J.M.E., O.S.Dumont, M.J.Piciotti, G.A.Pascal and G.A, Durand, 1992, Dietary α - linolenic acid deficiency in adult rats for 7 months dose not alter brain docosahexaenoic acid content, in contrast to liver, heart and testes.Biochimica et Biophysica Acta., 1124 : 119 - 122.