

## 最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第二報)

### ——脂肪酸組成およびコレステロール, リン脂質含量について——

雪印乳業株式会社 \*<sup>1</sup>技術研究所, \*<sup>2</sup>分析部

井戸田 正\*<sup>1</sup>・桜井 稔夫\*<sup>1</sup>・菅原 牧裕\*<sup>1</sup>・松岡 康浩\*<sup>1</sup>

石山由美子\*<sup>1</sup>・村上 雄二\*<sup>1</sup>・森口 宏康\*<sup>2</sup>

竹内 政弘\*<sup>2</sup>・下田 幸三\*<sup>2</sup>・浅居 良輝\*<sup>2</sup>

**Key Words**: 日本人の乳, 脂肪酸組成,  $\omega 6/\omega 3$ 比, コレステロール, リン脂質

### 要 旨

最近の日本人の乳組成をもとめるため, 全国46地区の授乳婦2434名より人乳2727検体を入手し, このうち, 母子の健康, 乳児の発育など種々設定した属性に合致した2279検体を対象として脂肪酸組成, コレステロール, リン脂質含量の泌乳期, 地域による変化を夏季・冬季に分け検討した。脂肪酸組成は多価不飽和脂肪酸を含め46種類を定量した。必須脂肪酸であるリノール酸,  $\alpha$ -リノレン酸は分娩後日数とともに増加し, その代謝脂肪酸であるジホモ- $\gamma$ -リノレン酸, アラキドン酸, ドコサヘキサエン酸は減少した。コレステロール含量は16~30日まで減少後一定値を示した。リン脂質含量は分娩後日数とともに減少した。脂肪酸組成には地域差は見られなかったが, コレステロール, リン脂質含量には地域差が認められた。分娩後16~90日の人乳脂肪酸組成の個体差は著しく大きく,  $\omega 6/\omega 3$ 比も2.03~11.25を示し乳児用食品の研究には個体差をも考慮すべきと考えられた。

### はじめに

乳児にとって最適の栄養食品である母乳を科学的に分析し, 人乳組成を把握することは乳児栄養学上きわめて重要であるのみならず, 母乳代替品である乳児用調製粉乳 (以下, 調製粉乳と略す) を研究するうえでも基本となる。

人乳成分は, 同一人での日内変動はもとより, 母親の年齢, 出産回数, 栄養状態, 泌乳期, 在胎週数など母子の諸属性のほか搾乳時刻, 搾乳方法などによっても影響される<sup>1)2)</sup>が, 特に人乳の脂肪酸組成は, 母親の食事内容により大きく影響され

る<sup>3)~6)</sup>。最近のわが国の食生活は, 社会経済の発展とともに著しく欧米化が進み, 外食や加工食品を利用する機会が増えている。また食事内容においても肉, 卵, 乳製品の摂取が増え, 野菜, 魚介類の摂取が減少してきている。これらの変化は, 母親の摂取する脂肪の量と質に, 大きな変化を及ぼしていると考えられる<sup>7)~9)</sup>。

また, 脂質の生理的機能の一つとして重要な必須脂肪酸の作用についても, リノール酸およびその代謝脂肪酸からなる  $\omega 6$ 系列多価不飽和脂肪酸 (以下, PUFA と略す) については従来から明らかにされている<sup>10)11)</sup>が, 最近,  $\alpha$ -リノレン酸に代表される  $\omega 3$ 系列 PUFA に関しても脳, 視神経の発達, 脂質代謝およびプロスタグランジン生成への関与などが人乳中 PUFA を含めて明らかにさ

別刷請求先: 〒350 埼玉県川越市南台1-1-2  
雪印乳業株式会社 技術研究所  
井戸田 正

表1 個乳分析調査対象とその属性

	冬季	夏季
検体数	42	54
泌乳期(日)	46.2±19.3	45.1±19.8
母親の年齢(歳)	27.5±3.1	28.2±4.5
出生体重(男) (g)	3200±395	3208±302
(女)	3208±320	3199±341
児性別(男)	26	26
(女)	16	28
出生順位	1.8±0.6	1.7±0.8
(初産)	12	26
(経産)	30	28

れつつある<sup>12)~14)</sup>。

一方で、PUFAの測定は近年、分離能、再現性に優れたキャピラリーカラムや分析装置の開発により容易となったが、日本人の人乳中PUFAの含量および変動に関する詳細な報告<sup>15)~19)</sup>は少ない。そこでわが国の最近のPUFAを含む人乳脂肪酸組成の泌乳期、地域、季節による変化および個人差を明らかにすべく分析を行った。

また、コレステロールおよびリン脂質は人乳中の主要な脂溶性成分であり、細胞膜の構成成分として重要であることから、併せて分析を行った。

### 対象・方法

**対象：**全国各地に在住する年齢17歳~41歳までの授乳婦2434名より、2727検体の人乳を得、このうち母子の健康、児の発育、搾乳時刻、搾乳方法など種々設定した属性に合致した2279検体を対象とした<sup>2)</sup>。

**試料：**試料は、前報<sup>2)</sup>に記載したように、泌乳期別、地域別および季節別にそれぞれ混合乳を作成し分析を行った。また、脂肪酸組成については個乳分析も行った。

個乳分析用試料についても前報<sup>2)</sup>に記載したように、分娩後16~90日の人乳から、地区および泌乳日数に偏りを生じないように冬季42検体、夏季54検体を選択した。

個乳分析用試料の属性を表1に示す。

### 分析方法：

(1)脂肪酸組成：八尋らの方法<sup>10)</sup>を一部改変し行った。試料3mlに20倍量のクロロホルム-メタノール(2:1)混液を加え、総脂質を抽出した。抽出脂質1g当たり10倍量のn-ヘキサンを加え脂質を溶解した後、2N水酸化カリウム・メタノール1mlを加え、脂肪酸をメチルエステル化した。その後、3~4倍量のn-ヘキサンを加えキャピラリーカラムガスクロマトグラフに注入した。

なお、測定条件は以下のとおりとした。

装置：HP5890型、カラム：Fused Silica DB-WAX 0.25mm×30m、キャリアーガス流量：ヘリウム1ml/min、カラム温度：140~230°C、昇温速度：2°C/min、注入温度：250°C、スプリット比：70:1

(2)総コレステロール含量：試料10mlに内部標準物質5 $\alpha$ -コlestanおよび50%水酸化カリウム水溶液5ml、95%(V/V)エタノール30mlを加えケン化した。その後95%(V/V)エタノール5ml、水40ml、石油エーテル50mlを加え不ケン化物を抽出し、さらに石油エーテル50mlで2回抽出した。抽出液は10%(V/V)エタノール25mlで5回洗浄し、溶媒を留去後95%(V/V)エタノール5mlを加えガスクロマトグラフに注入した。測定条件は以下のとおりとした。

装置：島津GC9A、カラム：Fused Silica DB-1701、0.25mm×15m、キャリアーガス流量：ヘリウム1ml/min、カラム温度：265°C、注入温度：290°C、スプリット比：90:1

(3)リン脂質含量：クロロホルム-メタノール混液改良抽出法<sup>20)</sup>を用い脂質を抽出した。脂質は硫酸一過酸化水素にて湿式分解後、モリブデン青法によりリンを定量した。リン脂質含量はこの値に係数25.4を乗じて求めた。

## 結 果

### 1. 人乳総脂質中の脂肪酸組成

#### 1.1. 経時変化

夏季および冬季試料より得られた脂肪酸組成の泌乳期別平均値を表2に示した。また、組成上さ

表2 泌乳期別脂肪酸組成

(wt%)

脂肪酸	泌乳期	3-5	6-10	11-15	16-30	31-60	61-120	121-240	241-482(日)
	検体数	110	181	177	351	562	314	280	149
C8:0		0.07	0.10	0.12	0.10	0.08	0.08	0.10	0.05
C10:0		0.81	1.29	1.62	1.45	1.33	1.25	1.34	1.09
C12:0		4.50	6.00	6.95	5.72	5.20	5.21	5.95	5.80
C13:0		0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
C14:0		7.26	7.67	7.94	6.58	6.15	6.42	7.28	8.54
C14:1		0.15	0.18	0.18	0.18	0.17	0.16	0.17	0.13
iso-C15:0		0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
anteiso-C15:0		0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
C15:0		0.32	0.33	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27
iso-C16:0		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06
C16:0		23.92	22.90	21.46	21.42	21.36	21.38	20.74	21.88
C16:1( $\omega$ 9)		0.49	0.46	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.38
C16:1( $\omega$ 7)		2.55	2.64	2.50	2.69	2.62	2.43	2.38	2.13
C16:1		0.13	0.12	0.11	0.11	0.09	0.07	0.07	0.09
iso-C17:0		0.13	0.13	0.12	0.13	0.14	0.13	0.13	0.12
anteiso-C17:0		0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14
C17:0		0.34	0.35	0.32	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32
C17:1		0.19	0.21	0.19	0.20	0.20	0.19	0.20	0.18
C18:0		5.49	5.67	5.77	6.04	6.13	6.53	6.33	6.47
C18:1( $\omega$ 9)		28.43	27.83	27.64	29.44	29.97	29.64	29.33	27.93
C18:1( $\omega$ 7)		2.96	2.84	2.56	2.64	2.63	2.60	2.46	2.50
C18:2( $\omega$ 6)		11.87	12.04	12.88	13.33	13.96	14.25	14.18	13.99
C18:3( $\omega$ 6)		0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.11	0.10	0.08
C18:3		0.11	0.11	0.12	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14
C18:3( $\omega$ 3)		1.14	1.20	1.37	1.44	1.53	1.48	1.47	1.42
C18:2		0.22	0.24	0.22	0.24	0.23	0.21	0.22	0.20
C20:0		0.21	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.20	0.21
C20:1( $\omega$ 11)		0.23	0.21	0.19	0.22	0.23	0.24	0.20	0.24
C20:1( $\omega$ 9)		0.76	0.62	0.55	0.58	0.58	0.57	0.52	0.54
C20:1( $\omega$ 7)		0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
C20:2		0.09	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06
C20:2( $\omega$ 6)		0.71	0.51	0.41	0.35	0.33	0.30	0.27	0.27
C20:3( $\omega$ 6)		0.53	0.44	0.39	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21
C20:4( $\omega$ 6)		0.59	0.54	0.47	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36
C20:3( $\omega$ 3)		0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05
C20:4( $\omega$ 3)		0.18	0.15	0.15	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09
C20:5( $\omega$ 3)		0.20	0.22	0.23	0.23	0.24	0.24	0.23	0.22
C22:0		0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06
C22:1( $\omega$ 11)		0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.12	0.10	0.13
C22:1( $\omega$ 9)		0.23	0.17	0.15	0.14	0.15	0.14	0.13	0.14
C22:2		0.13	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
C22:4( $\omega$ 6)		0.27	0.17	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07
C22:5( $\omega$ 3)		0.50	0.37	0.32	0.30	0.30	0.29	0.27	0.28
C24:0		0.12	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
C22:6( $\omega$ 3)		1.33	1.24	1.09	1.02	1.00	1.00	0.95	1.04
C24:1( $\omega$ 9)		0.22	0.13	0.09	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05
$\omega$ -6PUFA合計 <sup>a</sup>		14.03	13.77	14.35	14.64	15.20	15.40	15.23	14.98
$\omega$ -3PUFA合計 <sup>b</sup>		3.48	3.28	3.24	3.21	3.26	3.18	3.07	3.10
$\omega$ -6/ $\omega$ -3		4.03	4.20	4.43	4.56	4.66	4.84	4.96	4.83

a:18:2+18:3+20:2+20:3+20:4+22:4( $\omega$ -6系列)b:18:3+20:3+20:4+20:5+22:5+22:6( $\omega$ -3系列)

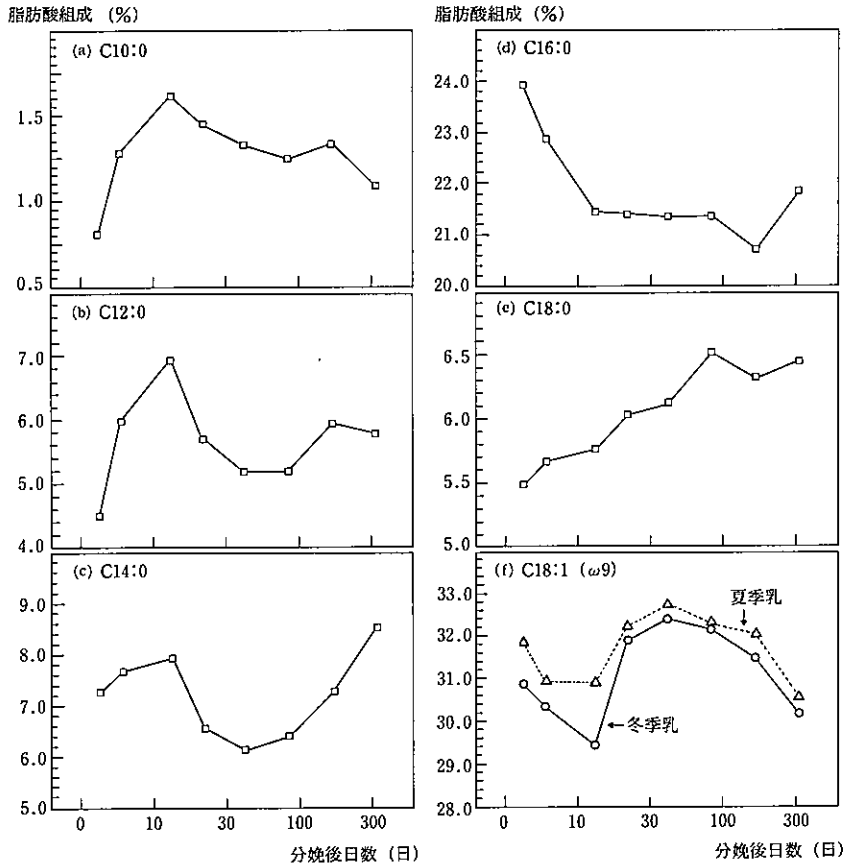


図1 a~f 人乳中飽和脂肪酸およびモノ不飽和脂肪酸の経時変化

らに生理的に重要な脂肪酸の経時変化を、分娩後日数を対数変換し図1 a~f, 図2 a~f に示した。46種類の脂肪酸について定量したが、各泌乳期ともC12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1 ω9, C18:2 ω6 が組成的に主要な脂肪酸であり、これら脂肪酸は各泌乳期において全体の80%以上を占めた。また、C16:0, C18:1 ω9, C18:2 ω6の3種で60%以上を占めた。

飽和酸のうちC10:0, C12:0, C14:0は分娩後11~15日まで増加したが、その後は減少あるいは減少後再び増加するなど一定の傾向を示さなかった。C16:0は分娩後11~15日まで減少し、その後はほぼ一定値を示した。C18:0は泌乳期が進むとともに増加した。

モノエン酸であるC18:1 ω9は分娩後11~15

日まで減少後、31~60日で最大値を示した。

必須脂肪酸であるC18:2 ω6は分娩後61~120日まで、C18:3 ω3は分娩後31~60日まで増加し、その後ほぼ一定値を示した。

また、C18:2 ω6の代謝脂肪酸であるC20:3 ω6, C20:4 ω6は泌乳期が進むとともに減少したが、C18:3 ω3の代謝脂肪酸であるC22:6 ω3は分娩後16~30日まで減少後、ほぼ一定値を示した。なお、C20:5 ω3は約0.2%しか含まれず、変動も小さかった。

PUFA 総量の変化および ω6/ω3比の変化を図3 a~c に示した。ω6系列 PUFA 総量は分娩後61~120日まで増加し、その後減少した。一方、ω3系列 PUFA 総量は泌乳期の進行とともにわずかに減少した。

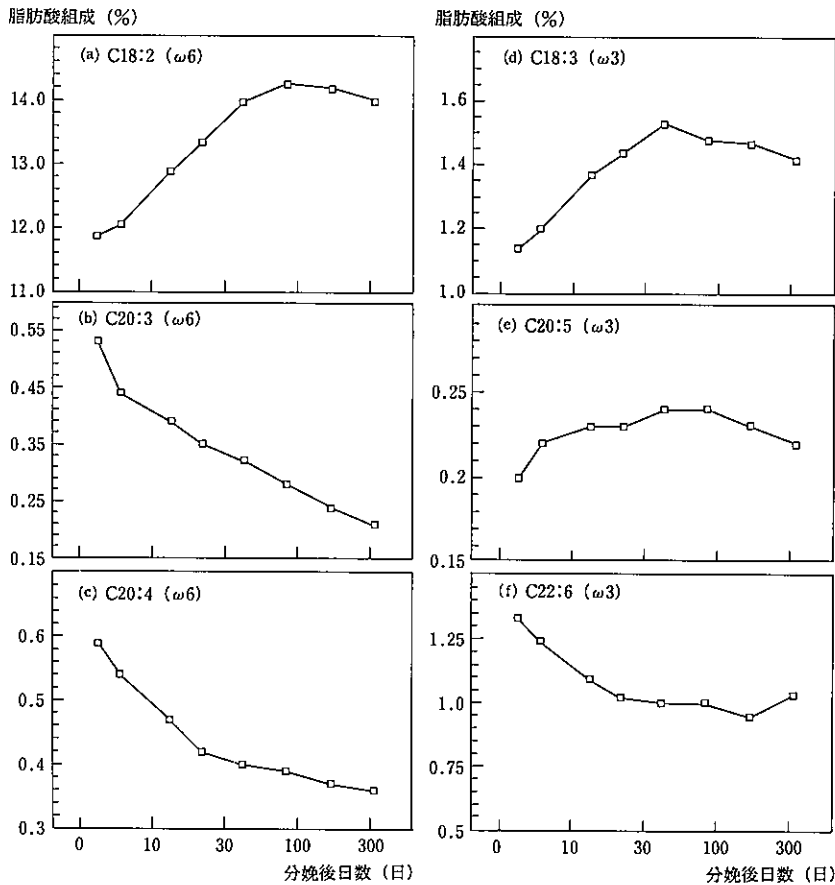


図2 a～f 人乳中  $\omega$ 6,  $\omega$ 3系列多価不飽和脂肪酸の経時変化

$\omega$ 6/ $\omega$ 3比は、分娩後3～5日で4.03を示した後、分娩後121～240日の4.96まで上昇した。

奇数酸、分岐酸の含量はいずれも約0.3%以下であり、また泌乳期に伴う変化も少なかった(表2)。

季節間の差を示した脂肪酸は、モノエン酸であるC16:1  $\omega$ 7およびC18:1  $\omega$ 9の2種であり両者ともに夏季で高値を示した。しかし、その差は小さかった(図1 f)。

### 1.2. 地域変化

夏季および冬季試料より得られた脂肪酸組成の地域別平均値を表3に示した。

各脂肪酸ともに明らかな地域差は認められなかった。また、各脂肪酸ともに泌乳期別混合試料より得た分娩後11～15日、16～60日および61～120日の結果と良く一致した。

$\omega$ 6系列PUFA総量は14.06～16.00%を、 $\omega$ 3系列PUFA総量は2.80～3.50%を占め、また、 $\omega$ 6/ $\omega$ 3比は4.30～5.02を示した。

季節間の差を示した脂肪酸は、泌乳期別混合試料と同様C16:1  $\omega$ 7およびC18:1  $\omega$ 9であり両者ともに夏季で高値を示した。

### 1.3. 個人変動

夏季および冬季の分娩後16～90日の個乳分析結果を表4に示した。

個乳分析より求めた各脂肪酸の平均値は泌乳期別混合試料より得た分娩後11～15日、16～60日および61～120日の結果さらには地域別混合試料の結果と良く一致した。しかし、各脂肪酸は共に個人間に差を示し、特に10%以上の著しく大きな個人差を認めた脂肪酸はC12:0, C14:0, C16:

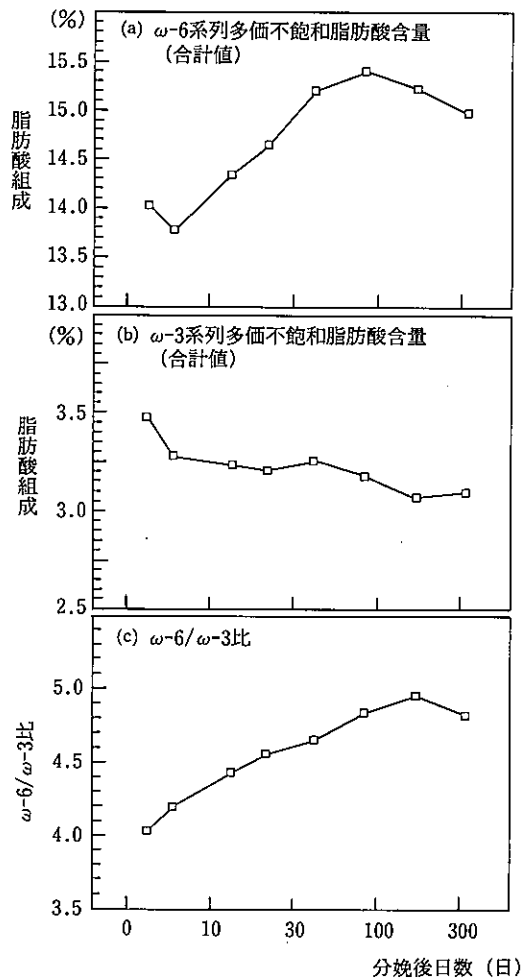


図3 a~c 人乳中  $\omega$ 6,  $\omega$ 3系列多価不飽和脂肪酸含量および  $\omega$ 6/ $\omega$ 3比の経時変化

0, C18:1  $\omega$ 9, C18:2  $\omega$ 6の5種類であった。

特に, C16:0の個人差は大きく, その最高値は32.47% (九州・沖縄地域の第1子女子を出産した24歳の婦人から得た分娩後78日の人乳), 最低値は12.90% (関東・甲信越地域の第1子男子を出産した24歳の婦人から得た分娩後50日の人乳)であり, 個人差は19.57%であった。

必須脂肪酸であるC18:2  $\omega$ 6, C18:3  $\omega$ 3含量は, 各々8.23~22.06%, 0.72~3.44%を示した。さらに,  $\omega$ 6系列および  $\omega$ 3系列 PUFA 総量は各々9.53~23.34%, 1.48~6.57%を示し,  $\omega$ 6/ $\omega$ 3比は2.03~11.25の範囲にあった。

また,  $\omega$ 6,  $\omega$ 3系列 PUFA のうちC18:2  $\omega$ 6

はC18:3  $\omega$ 3およびC20:4  $\omega$ 6と, C20:5  $\omega$ 3はC22:6  $\omega$ 3とそれぞれ正の相関を示した (表5)。

なお各脂肪酸含量と母親の年齢, 出生順位の間には一定の関係は認められなかった。

## 2. 人乳中の総コレステロール含量

総コレステロール含量の経時変化を図4 a, bに, また地域別平均値を表6に示した。

人乳100mlおよび脂質100g当たりの総コレステロール含量は分娩後16~30日まで減少後ほぼ一定値を示した。

また, 地域的には, 北海道, 東北, 九州・沖縄地域で高値を示した。

表3 地域別脂肪酸組成

(wt%)

脂肪酸	地域	北海道	東北	関東 甲信越	中部 東海	近畿	中国 四国	九州 沖縄
	検体数	72	91	110	109	60	117	155
C8:0		0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07
C10:0		1.22	1.29	1.27	1.30	1.21	1.31	1.31
C12:0		5.13	5.55	5.23	5.18	4.62	5.18	5.46
C13:0		0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
C14:0		6.28	6.97	6.54	6.26	5.86	6.45	6.69
C14:1		0.16	0.16	0.16	0.17	0.19	0.18	0.17
iso-C15:0		0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06
anteiso-C15:0		0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08
C15:0		0.26	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.29
iso-C16:0		0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06
C16:0		21.80	21.51	22.08	21.52	22.59	22.57	22.06
C16:1( $\omega$ 9)		0.41	0.42	0.41	0.41	0.41	0.40	0.42
C16:1( $\omega$ 7)		2.74	2.53	2.51	2.65	2.66	2.66	2.78
C16:1		0.11	0.10	0.08	0.09	0.12	0.09	0.11
iso-C17:0		0.13	0.12	0.12	0.13	0.15	0.14	0.13
anteiso-C17:0		0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.17	0.16
C17:0		0.30	0.30	0.31	0.32	0.37	0.34	0.33
C17:1		0.18	0.18	0.18	0.20	0.23	0.20	0.21
C18:0		6.31	5.97	6.12	6.11	6.69	6.30	6.04
C18:1( $\omega$ 9)		30.13	28.37	29.20	29.70	30.31	29.30	29.26
C18:1( $\omega$ 7)		2.69	2.47	2.60	2.65	2.89	2.69	2.65
C18:2( $\omega$ 6)		13.06	14.72	14.24	14.02	12.87	13.19	13.41
C18:3( $\omega$ 6)		0.11	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11
C18:3		0.15	0.15	0.15	0.14	0.12	0.13	0.15
C18:3( $\omega$ 3)		1.45	1.63	1.52	1.54	1.24	1.39	1.37
C18:2		0.24	0.21	0.22	0.23	0.25	0.24	0.22
C20:0		0.21	0.21	0.21	0.20	0.22	0.21	0.21
C20:1( $\omega$ 11)		0.30	0.25	0.21	0.24	0.21	0.19	0.19
C20:1( $\omega$ 9)		0.62	0.58	0.55	0.59	0.58	0.59	0.57
C20:1( $\omega$ 7)		0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C20:2		0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
C20:2( $\omega$ 6)		0.32	0.34	0.35	0.34	0.32	0.32	0.35
C20:3( $\omega$ 6)		0.31	0.35	0.34	0.32	0.30	0.31	0.33
C20:4( $\omega$ 6)		0.36	0.39	0.39	0.40	0.39	0.39	0.42
C20:3( $\omega$ 3)		0.06	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06
C20:4( $\omega$ 3)		0.14	0.15	0.14	0.14	0.11	0.13	0.13
C20:5( $\omega$ 3)		0.29	0.26	0.21	0.22	0.19	0.20	0.20
C22:0		0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
C22:1( $\omega$ 11)		0.14	0.13	0.10	0.13	0.09	0.11	0.09
C22:1( $\omega$ 9)		0.16	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15
C22:2		0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
C22:4( $\omega$ 6)		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09
C22:5( $\omega$ 3)		0.33	0.32	0.29	0.29	0.27	0.27	0.29
C24:0		0.04	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05
C22:6( $\omega$ 3)		1.04	1.07	0.94	1.04	0.94	1.02	1.02
C24:1( $\omega$ 9)		0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07
$\omega$ -6PUFA合計 <sup>a</sup>		14.24	16.00	15.51	15.27	14.06	14.39	14.71
$\omega$ -3PUFA合計 <sup>b</sup>		3.31	3.50	3.17	3.30	2.80	3.07	3.07
$\omega$ -6/ $\omega$ -3		4.30	4.57	4.89	4.63	5.02	4.69	4.79

a:18:2+18:3+20:2+20:3+20:4+22:4( $\omega$ -6系列)b:18:3+20:3+20:4+20:5+22:5+22:6( $\omega$ -3系列)

表4 個乳脂肪酸組成

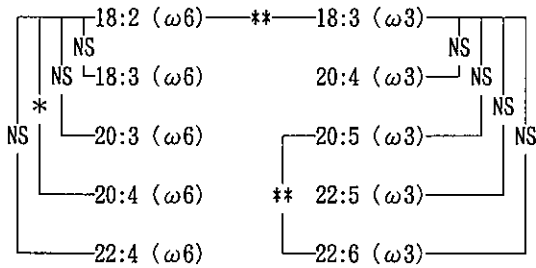
(wt%)

季節 脂肪酸	冬季乳				夏季乳			
	平均	最小值	最大值	標準偏差	平均	最小值	最大值	標準偏差
C8:0	0.14	0.04	0.35	0.079	0.16	0.04	0.36	0.072
C10:0	1.46	0.83	2.59	0.407	1.58	0.85	2.68	0.425
C12:0	5.49	2.96	10.56	1.944	5.87	2.21	12.74	2.262
C13:0	0.02	tr	0.05	--	0.02	tr	0.05	--
C14:0	6.14	3.58	11.14	1.946	6.34	3.05	15.11	2.491
C14:1	0.18	0.08	0.46	0.077	0.17	0.06	0.37	0.072
iso-C15:0	0.06	0.03	0.12	0.020	0.06	0.03	0.19	0.028
anteiso-C15:0	0.08	0.03	0.16	0.032	0.08	0.02	0.19	0.050
C15:0	0.28	0.14	0.44	0.070	0.28	0.13	0.64	0.098
iso-C16:0	0.06	0.02	0.11	0.019	0.06	0.02	0.11	0.029
C16:0	21.39	15.31	32.47	2.972	20.38	12.90	27.46	2.729
C16:1( $\omega$ 9)	0.39	0.26	0.50	0.055	0.40	0.30	0.55	0.052
C16:1( $\omega$ 7)	2.50	1.34	3.79	0.597	2.54	1.29	3.95	0.671
C16:1	0.10	0.04	0.20	0.033	0.10	0.06	0.17	0.027
iso-C17:0	0.13	0.07	0.22	0.037	0.13	0.06	0.22	0.048
anteiso-C17:0	0.16	0.06	0.29	0.049	0.15	0.07	0.34	0.063
C17:0	0.34	0.23	0.67	0.098	0.32	0.18	0.59	0.081
C17:1	0.21	0.11	0.46	0.070	0.21	0.11	0.47	0.058
C18:0	6.37	4.62	8.63	0.877	5.97	3.93	8.95	1.219
C18:1( $\omega$ 9)	29.89	21.45	35.25	3.176	29.98	21.86	36.24	3.535
C18:1( $\omega$ 7)	2.64	1.69	3.35	0.378	2.55	1.60	3.32	0.305
C18:2( $\omega$ 6)	13.60	9.49	21.10	2.784	14.18	8.23	22.06	2.913
C18:3( $\omega$ 6)	0.11	0.04	0.19	0.033	0.12	0.06	0.27	0.045
C18:3	0.14	0.05	0.26	0.058	0.13	0.04	0.31	0.068
C18:3( $\omega$ 3)	1.46	0.78	3.44	0.477	1.43	0.72	2.78	0.498
C18:2	0.24	0.13	0.37	0.067	0.24	0.11	0.63	0.084
C20:0	0.20	0.13	0.35	0.036	0.20	0.13	0.31	0.045
C20:1( $\omega$ 11)	0.21	0.06	1.72	0.262	0.22	0.06	0.94	0.176
C20:1( $\omega$ 9)	0.55	0.34	0.91	0.117	0.57	0.34	1.15	0.184
C20:1( $\omega$ 7)	0.05	0.03	0.11	0.017	0.05	0.03	0.11	0.186
C20:2	0.04	0.02	0.13	0.023	0.05	0.02	0.12	0.025
C20:2( $\omega$ 6)	0.32	0.24	0.48	0.049	0.33	0.17	0.55	0.068
C20:3( $\omega$ 6)	0.32	0.18	0.57	0.083	0.33	0.17	0.58	0.086
C20:4( $\omega$ 6)	0.39	0.25	0.52	0.067	0.43	0.30	0.64	0.074
C20:3( $\omega$ 3)	0.06	0.04	0.10	0.014	0.06	0.03	0.11	0.017
C20:4( $\omega$ 3)	0.13	0.07	0.37	0.061	0.13	0.04	0.70	0.096
C20:5( $\omega$ 3)	0.23	0.05	0.89	0.166	0.24	0.06	0.78	0.159
C22:0	0.06	0.03	0.11	0.013	0.06	0.03	0.10	0.016
C22:1( $\omega$ 11)	0.10	tr	1.26	--	0.10	tr	1.01	--
C22:1( $\omega$ 9)	0.14	0.09	0.26	0.034	0.14	0.08	0.34	0.052
C22:2	0.04	0.02	0.10	0.014	0.04	0.02	0.09	0.013
C22:4( $\omega$ 6)	0.10	0.06	0.16	0.024	0.10	0.05	0.18	0.030
C22:5( $\omega$ 3)	0.27	0.12	0.66	0.118	0.29	0.12	0.67	0.131
C24:0	0.04	0.02	0.09	0.014	0.04	0.02	0.12	0.017
C22:6( $\omega$ 3)	0.98	0.37	2.99	0.551	1.01	0.38	2.61	0.515
C24:1( $\omega$ 9)	0.06	0.04	0.17	0.022	0.06	tr	0.23	--
$\omega$ -6PUFA合計 <sup>a</sup>	14.92	10.78	20.96	2.935	15.56	9.53	23.34	2.971
$\omega$ -3PUFA合計 <sup>b</sup>	3.13	1.70	6.57	1.055	3.13	1.48	6.07	1.020
$\omega$ -6/ $\omega$ -3	5.09	2.03	7.52	1.253	5.44	2.10	11.25	1.875

a:18:2+18:3+20:2+20:3+20:4+22:4( $\omega$ -6系列)b:18:3+20:3+20:4+20:5+22:5+22:6( $\omega$ -3系列)



表5 各脂肪酸間の相関関係



ω 6 系列PUFA量 — NS — ω 3 系列PUFA量  
 ω 6 系列長鎖PUFA量 — NS — ω 3 系列長鎖PUFA量

\* : P < 0.01  
 \*\* : P < 0.05  
 NS : 相関関係なし  
 PUFA量 : 炭素数18以上のPUFAの合計値  
 長鎖PUFA量 : 炭素数20以上のPUFAの合計値

なお、季節間の差異については一定の関係を認めなかった。

3. 人乳中のリン脂質含量

リン脂質含量の経時変化を図5 a, bに、また地域別平均値を表6に示した。

人乳100mlおよび脂質100g当たりのリン脂質含量はともに泌乳期とともに減少した。

地域的には、中部・東海、近畿地域で低値を示した。また、季節間の差異については一定の関係を認めなかった。

考 察

母乳は乳児、特に新生児にとって、理想的な栄養源であり、その栄養学的、免疫学的、生理学的な意義は高く評価されている。

人乳成分中脂質のエネルギー供給源としての意義は大きく、乳児は必要なエネルギーの約50%を脂質に依存している<sup>2)21)</sup>。また、人乳脂質は牛乳脂質に比べ消化吸収性が優れている<sup>22)</sup>という特徴をもつ。さらに、脂質は脂溶性ビタミンの媒体や、エイコサノイドの前駆体として利用されるほか、リン脂質、コレステロールのように細胞膜の構成成分として生体の正常な機能維持にも不可欠な成分をも含んでいる。

人乳に含まれる脂肪酸として Jensen ら<sup>23)</sup>は167種類を報告しているが、人乳の脂肪酸は乳腺にお

表6 地域別総コレステロール・リン脂質含量

(mg)

地域	北海道	東北	関東 甲信越	中部 東海	近畿	中国 四国	九州 沖縄
総コレステロール							
冬季乳	19.3 <sup>a</sup> (526)	17.9 <sup>b</sup> (497)	14.8 (454)	14.5 (373)	14.0 (420)	14.6 (453)	15.1 (465)
夏季乳	15.5 (432)	17.2 (444)	15.5 (456)	15.3 (429)	14.4 (475)	14.8 (453)	17.6 (486)
平均値	17.4 (479)	17.6 (471)	15.2 (455)	14.9 (401)	14.2 (448)	14.7 (453)	16.4 (476)
リン脂質							
冬季乳	19.8 <sup>a</sup> (540)	17.7 <sup>b</sup> (492)	20.3 (623)	18.7 (481)	16.2 (486)	19.3 (599)	19.9 (612)
夏季乳	23.9 (666)	22.0 (568)	21.2 (624)	16.0 (448)	16.8 (554)	17.4 (532)	19.3 (533)
平均値	21.9 (603)	19.9 (530)	20.8 (624)	17.4 (465)	16.5 (520)	18.4 (566)	19.6 (573)

a: 人乳100ml 当たり含量  
 b: 脂質100g 当たり含量

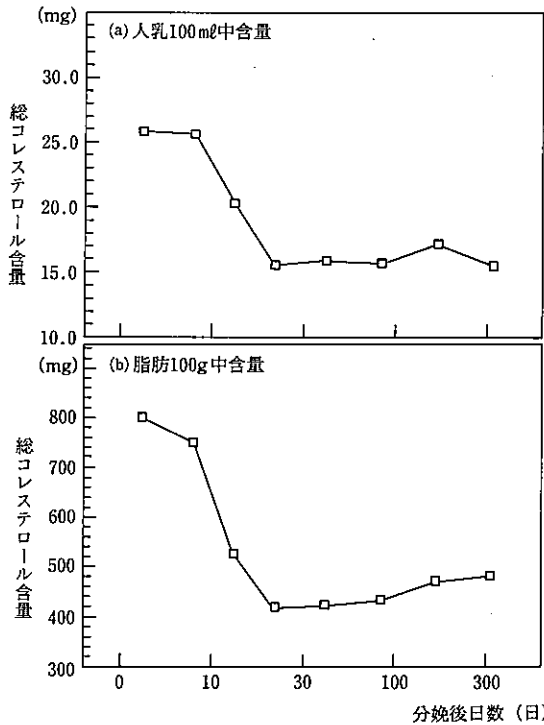


図4 a, b 人乳中総コレステロール含量の経時変化

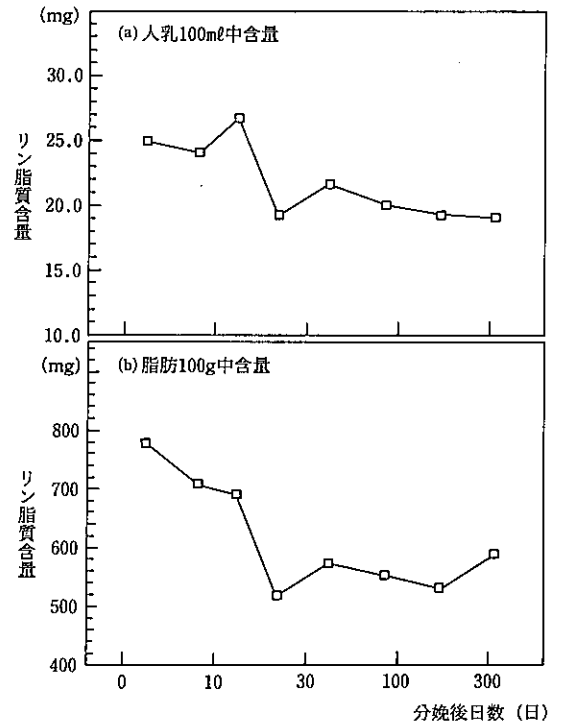


図5 a, b 人乳中リン脂質含量の経時変化

いて局部的に合成され乳汁に移行する脂肪酸 (C10:0, C12:0, C14:0) と、食餌から吸収され乳汁に移行する脂肪酸, さらには, 他の組織で合成後, 血液を介して乳汁に移行し分泌される脂肪酸から成り<sup>24)</sup>, 人乳の脂肪酸組成は乳腺機能の発達程度や母親が摂取する食餌の質および量に影響される。

泌乳初期においては乳腺での脂肪酸合成能は未熟であり, 泌乳開始後C10:0, C12:0, C14:0は増加する<sup>16)~18)24)~26)</sup>。このように人乳中の脂肪酸組成は分娩後経時的に変化するが, 泌乳期による変化について, 米久保ら<sup>9)17)</sup>は泌乳期が進むとともにC16:0, C20:3 $\omega$ 6, C22:6 $\omega$ 3が減少し, C18:0, C18:2 $\omega$ 6, C18:3 $\omega$ 3が増加することを報告している。また, 八尋ら<sup>16)</sup>は2~5日の初乳と1カ月および2カ月の成乳を比較し, C10:0, C12:0は成乳で有意に高値を, C16:0は逆に低値を示すことを認めている。

著者らも脂肪酸の種類による特異的な変化を認

めた。すなわち, 乳腺で合成されるC10:0, C12:0, C14:0は泌乳開始後増加した。C16:0, C20:3 $\omega$ 6, C22:6 $\omega$ 3は米久保らの結果と同様泌乳期が進むとともに減少し, C18:0, C18:2 $\omega$ 6, C18:3 $\omega$ 3は増加した。しかし, 米久保らはC20:4 $\omega$ 6の泌乳期変化を認めていないが, 著者らの結果では泌乳期とともに減少した。また, C16:0, C18:0, C18:1 $\omega$ 9, C18:2 $\omega$ 6は米久保らの値に比べ低値を, 特にC18:0は5~6%低値を示した。一方, C12:0, C20:4 $\omega$ 6, C20:5 $\omega$ 3, C22:6 $\omega$ 3は高値を示した。一方, 斉藤ら<sup>24)</sup>は人乳の脂肪酸組成は初乳, 成乳ともに個人間の変動が大きく, 分娩後の日数により一定の傾向は示さず, 各脂肪酸の含量と泌乳期との間には, 統計的な有意差はないとしている。

人乳中脂肪酸は, Potter ら<sup>4)</sup>, Harris <sup>5)</sup>ら, Guthrie ら<sup>6)</sup>, 米久保ら<sup>9)17)</sup>が報告しているように, 母親の摂取する食餌とくに摂取脂肪の種類と量により影響される。著者らも人乳中の主要な脂肪酸

であるC16:0で12.90~32.47%, C18:1  $\omega$ 9で21.45~36.24%さらに、必須脂肪酸であるC18:2  $\omega$ 6, C18:3  $\omega$ 3で各々8.23~22.06%, 0.72~3.44%と大きな変動を認めた。

近年わが国では動脈硬化、心臓病、脳卒中など成人病の増加から、食品中脂質に含まれる脂肪酸、コレステロール等の脂溶性成分が注目され、これに伴いわが国での摂取脂肪酸の変遷、すなわち、 $\omega$ 6系列、 $\omega$ 3系列 PUFA 摂取量の増加、P/S比および  $\omega$ 6/ $\omega$ 3比の低下が明らかにされてきた<sup>7)8)</sup>。

このような摂取脂肪酸の変化は、人乳の脂肪酸組成にも影響を及ぼしているものと考えられるが、日本人の人乳中 PUFA の含量や組成に関する報告は、近年成されるようになったばかりであり<sup>15)~18)</sup>、現時点ではわが国の食生活の変化が人乳中 PUFA に及ぼす影響を考察することは困難である。

人乳は乳児にとって唯一の必須脂肪酸の給源である。人乳には必須脂肪酸としてリノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸のほか、これらの代謝脂肪酸である $\gamma$ -リノレン酸、ジホモ- $\gamma$ -リノレン酸、アラキドン酸、ドコサヘキサエン酸が含まれるが、リノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸の主な役割はこれら代謝脂肪酸に変換後、膜脂質の機能維持やエイコサノイド合成に利用されることにある<sup>27)</sup>。

リノール酸の必須性は、その欠乏が成長障害、皮膚炎、出血傾向、易感染症を生ずることなどから確認されているが、 $\alpha$ -リノレン酸については部分的な改善効果しかなく、その必須性に疑問が持たれていた<sup>10)</sup>。しかし、最近ヒトでの欠乏症が報告される<sup>28)~30)</sup>とともに、その代謝脂肪酸であるドコサヘキサエン酸は脳、網膜などの細胞膜構成脂肪酸として多量に含まれ、それらの発達と機能に重要な役割を持つことが示され、発達期中枢神経系、網膜へのドコサヘキサエン酸の集積不良は学習能、視力の低下を来すとされている<sup>12)~14)31)</sup>。

一方で、PUFA の胎児および児への蓄積は妊娠第3期から出生後18カ月にかけて行われるが、新生児ではリノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸からジホモ-

-リノレン酸、アラキドン酸、ドコサヘキサエン酸など代謝脂肪酸へ転換する能力が低いといわれている<sup>32)~35)</sup>。また、これら代謝脂肪酸の組織への取り込みはリノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸に比べて速いことが報告されており<sup>36)</sup>、初乳でジホモ- $\gamma$ -リノレン酸、アラキドン酸、ドコサヘキサエン酸含量が高値を示すことは、乳児の未熟性および、これら代謝脂肪酸の必要性を裏付けるものと考えられる<sup>25)27)</sup>。

著者らも泌乳初期でのリノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸の低値、ジホモ- $\gamma$ -リノレン酸、アラキドン酸、ドコサヘキサエン酸の高値を、また泌乳期の進行にともなうリノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸の増加、ジホモ- $\gamma$ -リノレン酸、アラキドン酸、ドコサヘキサエン酸の減少を認めており、母乳の合目的性を明示するものとする。

また、リノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸の不飽和化、鎖長延長によるジホモ- $\gamma$ -リノレン酸、アラキドン酸、ドコサヘキサエン酸への代謝はこれら  $\omega$ 6系列 PUFA および  $\omega$ 3系列 PUFA が相互に拮抗しあうことから、乳汁中  $\omega$ 6/ $\omega$ 3比は乳児の脂肪酸代謝に重要な影響を及ぼす。このため FAO/WHO では、人工乳中の脂肪酸組成は PUFA を含め栄養状態の良い母親の人乳脂肪酸組成と良く合致したものとするとともに、 $\omega$ 6、 $\omega$ 3系列脂肪酸量のバランスも取れたものにすべきであるとし、 $\omega$ 6/ $\omega$ 3比としては人乳と同じ約5とすることを勧告している<sup>37)</sup>。また Carroll<sup>38)</sup>は同様に  $\omega$ 6/ $\omega$ 3比について5~15を、Neuringer ら<sup>39)</sup>は人乳値である4~10を勧告している。

わが国人乳中の  $\omega$ 6/ $\omega$ 3比について、米久保ら<sup>17)</sup>は分娩後3~5日で最低値5.67を、また21日~3カ月未満で最高値6.22を示したと報告している。また八尋ら<sup>16)</sup>は初乳で4.43、成乳で6.43と報告している。著者らの結果では分娩後3~5日で4.03を示した後121~240日の4.96まで上昇し、FAO/WHO の勧告値に近い値を示した。

しかしながら、著者らの分娩後16~90日の個乳分析結果によれば  $\omega$ 6/ $\omega$ 3比は2.03から11.25の範囲で大きな変動を示した。この変動も母親の食餌による影響と考えられることから、乳児にとつ

での最適値を単に人乳の平均値とすることには問題があるとする考えもある<sup>40)41)</sup>。

人乳は人工乳に比べコレステロール含量が高く、母乳栄養児の血清コレステロール含量も人工栄養児に比べ高値を示す<sup>42)</sup>。

新生児はコレステロールを合成できるが、必要量を合成出来るかは不明である。大多数の哺乳動物は、その乳汁にコレステロールを豊富に含んでおり、生合成で不足するコレステロールは乳から補っているといわれている<sup>43)</sup>。

コレステロールは細胞膜の重要な構成成分であり、胆汁酸や各種ステロイドホルモン合成の出発物質でもあるが、新生児期にコレステロールが乳汁を含め食餌から供給されない場合、ステロイドホルモン、胆汁酸を合成する能力が低下すると考えられている<sup>43)</sup>。また、Fomon<sup>44)</sup>はコレステロールが中枢神経系の発達に必要であるとの仮説を、Reiserら<sup>45)</sup>は乳児期のコレステロール摂取が成熟期の食餌性高コレステロール血症の発症予防に寄与する可能性を報告している。中山<sup>46)</sup>もコレステロールが脳髄鞘の形成に関与するとともに、血清コレステロール値調節能力の発達に必要であると推察している。

一方で、Jensenら<sup>23)</sup>は人乳中コレステロール含量は変動が大きく、また一定の傾向も示さないことから、乳児にとってその生理的重要性は低いとしている。

人乳中コレステロール含量に関して Jensenら<sup>23)</sup>、Lauerら<sup>47)</sup>は経時的に一定の傾向が認められないことを報告しているが、八尋ら<sup>48)</sup>、Harzerら<sup>25)</sup>は各々、初乳で28.5mg/100mlおよび35mg/100mlを、成乳で12.0~17.8mg/100mlおよび20mg/100mlと、いずれも初乳で高値を示すことを報告している。また米久保ら<sup>17)</sup>は分娩後20日頃まで減少することを、中山<sup>45)</sup>は分娩後15日の10.3mg/100mlから3~4カ月の5.8~6.5mg/100mlまで減少することを報告している。

著者らの結果でも、分娩後3~5日の25.8mg/100mlから16~30日の15.6mg/100mlまで減少することがわかった。またこの値は、中山の結果に比べ高値を示したが、八尋らおよび米久保らの結果

と良く一致した。

このようにコレステロール含量が初乳で高値を示すことは、中山が推察しているように母乳の合目的性を示すものと考えられる。

リン脂質はコレステロールとともに細胞膜の主要な構成成分であり、乳児の脳、神経系の発達に極めて重要である。しかしながら、リン脂質は体内で合成されるため、人乳中リン脂質の意義は栄養学的に一部コリンおよびPUFAの給源と考えられているのみであり、リン脂質の意義としては、リン脂質が脂肪球膜を構成し脂肪球の微細化、分散化に寄与し、その結果として脂肪の消化・吸収を促進することにあるといわれている<sup>21)49)</sup>。

人乳のリン脂質含量について、Harzerら<sup>25)</sup>は40mg/100mlと各泌乳期でほぼ一定値を示すことを、また米久保ら<sup>17)</sup>も分娩後21日~3カ月未満で21.0mg/100mlを示し分娩後7~9カ月までほぼ一定値を維持することを報告している。さらに中山<sup>46)</sup>は分娩後15日から12カ月までの人乳中リン脂質含量の変動を検討し、16.0~27.5mg/100mlで一定の傾向を示さないことを、八尋ら<sup>48)</sup>は初乳、成乳中含量を検討し9.5~30.9mg/100mlを報告している。

著者らの結果もこれらとほぼ同値を示したが、泌乳期の進行による減少を認めた。リン脂質が初乳で高値を示すことは、新生児の脂質吸収にリン脂質が寄与しているものと考えられる。

## 結 語

人乳は乳児にとって理想的な栄養源であり、人乳成分の把握は乳児栄養学上きわめて重要であるが、調製粉乳の研究も人乳組成を基本として進められている。わが国の最近の調製粉乳の改良は著しいが、一方でその基本となる人乳組成の全国規模での調査はここ10数年間行われていない。また、人乳組成は泌乳期のほか、母親や乳児の諸属性により変化することから、著者らは日本人の最新の人乳組成をもとめるため、特にこの点を考慮し検討した。

多価不飽和脂肪酸を含む脂肪酸組成は各々特有の泌乳期変化を示したが、必須脂肪酸を含めて、脂肪酸組成の個人差は大きく、調製粉乳など乳児

用食品の研究には個人差をも考慮した中で検討する必要があると考えられた。

また、コレステロールおよびリン脂質含量が初乳で高値を示すことは、母乳の合目的性を示し、新生児期での生理的および栄養学的必要性を満たすものと考えられるが、その意義に関しては今後さらに研究が必要と考えられる。

稿を終るに当たり、母乳の提供に種々ご援助ご協力頂きました全国各地の病産院の先生、看護婦、栄養士の皆様およびお母様方に感謝致します。

また、本論文の要旨は平成2年10月、第17回日本小児栄養消化器病学会に於いて発表した。

#### 文 献

- 1) 齊藤健輔：乳の組成，乳児栄養学，高井俊夫編，朝倉書店，東京，p. 16~24, 1968.
- 2) 井戸田 正，桜井稔夫，石山由美子，村上雄二，窪田潤一，伊井直記，坂本隆男，土岐良一，下田幸三，浅居良輝：最近の日本人乳組成に関する全国調査（第一報）一般組成およびミネラル成分について，日本小児栄養消化器病学会雑誌，5（1）：1991.
- 3) Insull, W., Hirsch, J., James, T., Ahrens, E. H. : The fatty acids of human milk, II. Alterations produced by manipulation of caloric balance and exchange of dietary fats, J Clin Invest, 38 : 443~450, 1959.
- 4) Potter, J. M., Nestel, P. J. : The effects of dietary fatty acids and cholesterol on the milk lipids of lactating women and the plasma cholesterol of breast-fed infants, Am J Clin Nutr, 29 : 54~60, 1976.
- 5) Harris, W. S., Conner, W. E., Lindsey, S. : Will dietary  $\omega$ -3 fatty acids change the composition of human milk?, Am J Clin Nutr, 40 : 780~785, 1984.
- 6) Guthrie, H. A., Picciano, M. F., Sheehe, D. : Fatty acid patterns of human milk, J Pediatr, 90 : 39~41, 1977.
- 7) 堀口美恵子，坂本 清：日本人の脂肪摂取の年次推移，臨床栄養，76 : 385~391, 1990.
- 8) 坂井恵子，石川晶子，奥山治美：わが国における摂取脂肪の量と質の年次変化，油化学，39 : 196~201, 1990.
- 9) 米久保明得，山本良郎，飯田耕司，高橋 断，土屋文安：日本人の母乳組成に関する研究（第2報）—脂肪酸組成ならびにトランス型脂肪酸含量について—，小児保健研究，40 : 547~554, 1981.
- 10) 木村修一：必須脂肪酸の生化学と生理作用，ビタミン学 I，日本ビタミン学会編，東京化学同人，東京，p. 312~320, 1980.
- 11) 井手 隆： $\gamma$ -リノレン酸の代謝調節機能，日本農芸化学会誌，62 : 46~49, 1988.
- 12) 島崎弘幸： $\alpha$ -リノレン酸の必須性と機能，日本農芸化学会誌，62 : 42~45, 1988.
- 13) Neuringer, M., Conner, W. E., Petter, C. V., Barsted, L. : Dietary omega-3 fatty acid deficiency and visual loss in infant rhesus monkeys, J Clin Invest, 73 : 272~276, 1984.
- 14) Neuringer, M., Conner, W. E., Lin, D. S., Barsted, L., Lack, S. : Biochemical and functional effects of prenatal and postnatal  $\omega$ 3 fatty acid deficiency on retina and brain in rhesus monkeys, Proc Natl Acad Sci USA, 83 : 4021~4025, 1986.
- 15) 大元習子：低出生体重児における  $\omega$ -3系列脂肪酸強化粉乳の赤血球膜  $\omega$ -3および  $\omega$ -6系列脂肪酸含量への影響，日本小児科学会雑誌，94 : 224~234, 1990.
- 16) 八尋政利，村上雄二，皆川憲夫，阿彦健吉：キャピラリーカラムガスクロマトグラフィーによる母乳中脂肪酸組成，日本栄養・食糧学会誌，41 : 263~271, 1988.
- 17) 米久保明得，有馬裕史，山本良郎：日本人の母乳組成に関する研究（第3報）—多価不飽和脂肪酸組成，ステロールおよびリン脂質含量について—，小児保健研究，46 : 349~352, 1987.
- 18) 炭原加代，橋本 皓：人乳の初乳，移行乳，成熟乳の脂肪酸組成とトランス脂肪酸について，大阪府立看護短大紀要，7 : 65~70, 1985.
- 19) 日本食品脂溶性成分表（脂肪酸・コレステロール・ビタミンE），科学技術庁資源調査会編，大蔵省印刷局，東京，p. 120~121, 1989.
- 20) 堤 忠一：クロロホルム-メタノール混液改良抽出法，食品分析法，日本食品工業学会食品分析法編集委員会編，光琳書店，東京，p. 133~136, 1982.
- 21) Renner, E. : Milk and dairy products in human nutrition, Milk fat in infant diets, W-GmbH, Volkswirtschaftlicher Verlag, München, p. 51~52, p. 56~60, 1983.
- 22) Koldovsky, S. : Studies on fat absorption (retention), Nutrition in Pediatrics (ed. by Walker, W. A., Watkins, J. B.), Little, Brown and Company, Boston, p. 265~267, 1985.
- 23) Jensen, R. G., Hagerty, M. M., McMahon, K. E. : Lipids of human milk and infant formulas: a review, Am J Clin Nutr, 31 : 990~1016, 1978.
- 24) 齋藤健輔，古市栄一，近藤 敏，川西悟生，西川 勲，中里薄志，野口洋介，土肥 達，野口絢子，新郷珠美子：日本人の乳に関する研究，雪印乳業技術研究所報告，69 : 51~75, 1965.
- 25) Harzer, G., Haug, M., Bindels, J. G. : Biochemistry of human milk in early lactation, Z Ernährungswiss, 25 : 77~90, 1986.
- 26) Bitman, J., Wood, D. L., Hamosh, M., Hamosh, P., Mehta, N. R. : Comparison of the lipid composition of breast milk from mothers of term and preterm infants, Am J Clin Nutr, 38 : 300~312, 1983.
- 27) Gibson, R. A., Kneebone, G. M. : Fatty acid com-

- position of human colostrum and mature breast milk, *Am J Clin Nutr*, 34 : 252~257, 1981.
- 28) Holman, R. T., Johnson, S. B., Hatch, T. F. : A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities, *Am J Clin Nutr*, 35 : 617~623, 1982.
  - 29) Bjerve, K. S., Fischer, S., Wammer, F., Egeland, T. :  $\alpha$ -linolenic acid and long-chain  $\omega$ -3 fatty acid supplementation in three patients with  $\omega$ -3 fatty acid deficiency : Effect on lymphocyte function, plasma and red cell lipid, and prostanoid formation, *Am J Clin Nutr*, 49 : 290~300, 1989.
  - 30) Anderson, G. J., Connor, W. E. : On the demonstration of  $\omega$ -3 essential-fatty-acid deficiency in humans, *Am J Clin Nutr*, 49 : 585~587, 1989.
  - 31) Lamptey, M. S., Walker, B. L. : A possible essential role for dietary linolenic acid in the development of the young rat, *J Nutr*, 106 : 86~93, 1976.
  - 32) Crawford, M. A., Hassam, A. G., Stevens, P. A. : Essential fatty acid requirements in pregnancy and lactation with special reference to brain development, *Prog Lipid Res*, 20 : 31~40, 1981.
  - 33) Clandinin, M. T., Chappell, J. E., Heim, T. : Do low weight infants require nutrition with chain elongation-desaturation products of essential fatty acid?, *Prog Lipid Res*, 20 : 901~904, 1981.
  - 34) Crawford, M. A., Hassam, A. G., Rivers, J. P. W. : Essential fatty acid requirements in infancy, *Am J Clin Nutr*, 31 : 2181~2185, 1978.
  - 35) Koletzko, B., Schmidt, E., Bremer, H. J., Haug, M., Harzer, G. : Effects of dietary long-chain polyunsaturated fatty acids on the essential fatty acid status of premature infants, *Eur J Pediatr*, 148 : 669~675, 1989.
  - 36) Sinclair, A. J. : Long-chain polyunsaturated fatty acids in the mammalian brain, *Proc Nutr Soc*, 34 : 287~291, 1975.
  - 37) 金田尚志監訳 : 人間の栄養における食用油脂の役割  
FAO/WHO 合同専門家委員会報告, 医歯薬出版, 東京, p. 21~35, 1977.
  - 38) Carroll, K. K. : Upper limits of nutrients in infant formulas : Polyunsaturated fatty acids and trans fatty acids, *J Nutr*, 119 : 1810~1813, 1989.
  - 39) Neuringer, M., Anderson, G. J., Connor, W. E. : The essentiality of n-3 fatty acid for the development and function of the retina and brain, *Annu Rev Nutr*, 8 : 517~541, 1988.
  - 40) Hariharan, K. : Role of essential fatty acids (EFAs) in infant nutrition, *J Sci Ind Res*, 43 : 335~349, 1984.
  - 41) Koletzko, B., Mrotzek, M., Bremer, H. J. : Fatty acid composition of mature human milk in Germany, *Am J Clin Nutr*, 47 : 954~959, 1988.
  - 42) 竹内 徹, 横尾京子訳 : 母乳哺育ガイドブック—その理論から指導のしかたまで—, 医学書院, 東京, p. 55~56, 1983.
  - 43) 内藤寿七郎訳 : インファント・ニュートリション, 同文書院, 東京, p. 146~147, 1978.
  - 44) Fomon, S. J. : A pediatrician looks at early nutrition, *Bull N. Y. Acad Med*, 47 : 569~578, 1971.
  - 45) Reiser, R., Sidelman, Z. : Control of serum cholesterol homeostasis by cholesterol in the milk of the suckling rat, *J Nutr*, 102 : 1009~1016, 1972.
  - 46) 中山孝之 : 北日本における母乳中脂質, 総コレステロール, リン脂質の組成に関する研究, *日本小児科学会雑誌*, 85 : 1615~1625, 1981.
  - 47) Lauber, E., Reinhart, M. : Studies on the quality of breast milk during 23 months of lactation in a rural community of the Ivory Coast, *Am J Clin Nutr*, 32 : 1159~1173, 1979.
  - 48) 八尋政利, 丸井公男, 近藤 敏 : 人乳脂質組成について—主に中性脂質を中心として—, 雪印乳業技術研究所報告, 74 : 107~118, 1976.
  - 49) Harzer, G., Haschke, F. : Micronutrients in human milk, *Micronutrients in milk and milk-based food products* (ed. by Renner, E.), Elsevier Science Publishers, London, p. 173~177, 1989.

The latest survey for the composition of human milk obtained from Japanese mothers.

Part II. Changes of fatty acid composition, phospholipid and cholesterol contents during lactation.

Technical Research Institute, \*Food Research Laboratory, Snow Brand Milk Products Co., Ltd.

Tadashi IDOTA, Toshio SAKURAI, Makihiko SUGAWARA, Yasuhiro MATUOKA, Yumiko ISHIYAMA, Yuzi MURAKAMI, Hiroyasu MORIGUCHI\*, Masahiro TAKEUCHI\*, Kosou SHIMODA\*, Yoshiteru ASAI\*

The latest survey for fatty acid composition, and phospholipid and cholesterol contents of human milk from Japanese mothers was performed. Milk specimens were randomly collected twice, i.e., at summer and winter, in the year of 1989 from 2434 mothers at different stage of lactation (3~482 days postpartum) living at various districts in Japan. Out of them 2279 milk specimens were used for the analysis.

Forty-six different fatty acids, including long-chain polyunsaturated fatty acids were determined. The influences of lactational stage, seasonal changes, or geographical differences upon fatty acid composition, and phospholipid and cholesterol contents were analyzed using the composite specimen. On the other hand, fatty acid composition was also analyzed for the individual specimen, since it was considered to have a great significance on the nutrition for new borns and infants.

With the progress of lactational period, the ratio of linoleic acid, and  $\alpha$ -linolenic acid to total fatty acids increased, whereas their derivative acids, i.e. di-homo- $\gamma$ -linolenic and arachidonic acids decreased. The content of cholesterol continued decreasing from 3 days postpartum to 30 days, and remained constant afterwards. The content of phospholipid kept to decrease during whole lactation period (3~482 days postpartum) . Fatty acid composition did not differed from district to district with a significance, in contrast to significant differences of phospholipid and cholesterol contents.

Fatty acid composition varied greatly among individual mothers, i.e. the ratio of  $\omega$ -6 to  $\omega$ -3 ranging from 2.03 to 11.25 for the milk from mothers of 16~90 postpartum.

The importance of taking into consideration of such variations was recognized for developing the new infant formula and the related products.

---