

## 最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第五報) —— $\alpha$ -ラクトアルブミンおよびラクトフェリン含量について——

雪印乳業株式会社 技術研究所

井戸田 正・菅原 牧裕・桜井 稔夫・村上 雄二  
高橋 伸彰・中埜 拓・中島 一郎

**Key Words** : 日本人の乳,  $\alpha$ -ラクトアルブミン含量, ラクトフェリン含量, 純蛋白質および乳清蛋白質に対する含有比, ラクトフェリンの見掛けの鉄飽和度

### 要 旨

最近の日本人乳の $\alpha$ -ラクトアルブミンおよびラクトフェリン含量を泌乳期, 地域, 季節別に測定した。全国46地区の授乳婦2,434名から入手した人乳2,727検体のうち, 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2,279検体を対象とした。 $\alpha$ -ラクトアルブミンは, 初乳の0.53g/100mlから泌乳期とともに0.23g/100mlへと減少した。純蛋白質, 乳清蛋白質に対する含有比は, 分娩後31~60日で各々35%, 52%と最高値を示した。ラクトフェリンは, 初乳の0.49g/100mlから分娩後61~120日の0.16g/100mlまで減少した後, 泌乳末期で増加した。純蛋白質に対する含有比は, 分娩後3~5日で29%と, 乳清蛋白質に対する含有比は, 分娩後6~10日で42%と最高値を示した。ラクトフェリンの見掛けの鉄飽和度は, 初乳で最低値7%, 分娩後31~60日で最高値14%を示した。また, 最近のわが国人乳の粗蛋白質, 純蛋白質, 乳清蛋白質の増加は $\alpha$ -ラクトアルブミンの増加によるものと考えられた。

### 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。

そのため, 著者らは, 最近のわが国人乳の成分組成を明らかにする目的で, 現在まで, 一般成分, ミネラル成分含量<sup>1)</sup>, 脂肪酸組成, コレステロール, リン脂質含量<sup>2)</sup>, 総アミノ酸組成および遊離ア

ミノ酸組成<sup>3)</sup>, 純蛋白質, カゼイン, 乳清蛋白質, 非蛋白態窒素含量および組成<sup>4)</sup>, 比重および浸透圧<sup>5)</sup>の泌乳期, 地域および季節による変化を報告してきている。

このなかで, 最近のわが国人乳の粗蛋白質, 純蛋白質および乳清蛋白質含量は, わが国の社会経済状態の向上に伴う食生活, 食習慣の変化によって, 増加してきていることを報告した<sup>14)</sup>。

人乳の乳清蛋白質は,  $\alpha$ -ラクトアルブミン, 免疫グロブリン, ラクトフェリン, リゾチーム, 血清アルブミンなど数多くの蛋白質から構成されている。

人乳中のこれらの乳清蛋白質に対する, 母親の社会経済状態および栄養状態の影響については, 幾つかの報告がある<sup>6)~8)</sup>。

別刷請求先: 〒350-11 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  $\alpha$ -ラクトアルブミン含量および純蛋白質、乳清蛋白質に対する含有比の泌乳期変化

泌乳期 (日)	$\alpha$ -ラクトアルブミン 含量(g/100ml)		純蛋白質に対する 含有比 <sup>*1</sup> (%)		乳清蛋白質に対 する含有比 <sup>*1</sup> (%)	
	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
3~5	0.55	0.50	30.6	30.9	38.1	39.9
6~10	0.50	0.47	32.7	30.9	50.7	47.0
11~15	0.46	0.41	36.2	31.5	51.1	47.1
16~30	0.41	0.39	36.3	32.8	51.3	48.8
31~60	0.38	0.36	36.9	33.6	52.7	50.5
61~120	0.30	0.31	32.6	34.1	48.8	53.1
121~210	0.26	0.26	29.2	30.2	43.9	45.9
211~482	0.23	0.22	25.8	24.2	37.3	36.9

\*1 純蛋白質および乳清蛋白質含量は前報<sup>1)</sup>の値を用いた。

人乳の $\alpha$ -ラクトアルブミン含量は、社会経済状態の悪い母親では低値を示すことが報告されている<sup>6)</sup>。また、ラクトフェリン含量に対する影響に関しては、報告は一致しておらず、社会経済状態の悪い母親では高値を示すという報告<sup>6)</sup>と、栄養状態の良い母親では高値を示すという報告<sup>7)</sup>、さらには、差がないという報告<sup>8)</sup>がある。

一方で、わが国の調製粉乳は、カゼイン、乳清蛋白質および非蛋白質態窒素組成を人乳組成に近づけるのみならず、最近では、ウシ $\alpha$ -ラクトアルブミン、ウシラクトフェリンの配合によって乳清蛋白質自体の改質も行われるようになってきている。

こうした背景を踏まえ、著者らは、最近のわが国人乳の $\alpha$ -ラクトアルブミンおよびラクトフェリン含量の泌乳期、地域および季節による変化を明らかにする目的で分析を行ったので報告する。

## 対象・方法

試料：全国各地に在住する年齢17歳~41歳までの授乳婦2,434名より、2,727検体の人乳を得た。このうち、①母親は健康であり過度の偏食、ビタミン剤の服用のないこと、②正常分娩であること、③母乳栄養であること、④乳児は健康で出生から

搾乳時までの体重が乳幼児身体発育値の3~97パーセントイル内にあることのほか、前報<sup>1)</sup>に示した搾乳時刻、搾乳方法の条件をすべて満たした2,279検体を対象とした。試料は、これら検体を前報<sup>1)</sup>に示すように泌乳期別、地域別および季節別にそれぞれ混合し作成した。

## 分析方法：

1)  $\alpha$ -ラクトアルブミン：前報<sup>1)</sup>に準じ、ゲル透過カラムを用いた高速液体クロマトグラフィー(HPLC)で定量した。すなわち、試料5mlを4°C下、2,000×g、10分間遠心分離して得た脱脂乳を55%アセトニトリルで50倍希釈した後、HPLC分析に供した。分析条件は、TSKGEL G3000PWXL( $\phi$ 7.6mm×300mm)(東ソー)を2本直列につなげて室温で用い、溶媒組成0.1% TFA:アセトニトリル=45:55、溶出流量0.3ml/min、検出波長210nmとし、HP1050, LC100 SYSTEM (HEWLETT PACKARD) でデータを処理した。

2) ラクトフェリン：前報<sup>1)</sup>に準じ、試料をゼラチン・ペロナル緩衝液(GVB<sup>2+</sup>)で40,000~120,000倍に希釈した後、補体結合反応を用いて定量した。すなわち、予め56°C、30分間加温し非働化した抗ヒトラクトフェリン血清(カッペル)をGVB<sup>2+</sup>で200倍に希釈後、-5°C下に、300 $\mu$ lを同量の希釈試料に加えた。これにさらに、予めGVB<sup>2+</sup>で2CH<sub>50</sub>/mlに調製したモルモット補体液(Miles)を300 $\mu$ l加え混合した。その後、4°C、18時間静置し補体を消費させた後、15分間室温放置し、1.7%感作ヒツジ赤血球(CFキット、デンカ生研)を300 $\mu$ l加え混合し、37°C、90分間保持し溶血反応を行った。蒸留水をブランクとし、反応液を750×g、10分間遠心分離して得た上清の吸光度を、HITACHI 220A Spectrophotometer(日立製作所)を用いて540nmで測定した。

3) 純蛋白質：総窒素から非蛋白質態窒素を差し引き係数6.38を掛けて求めた。

## 結 果

### 1. $\alpha$ -ラクトアルブミン含量

#### 1) 経時変化

各泌乳期の夏季および冬季の混合試料100ml当

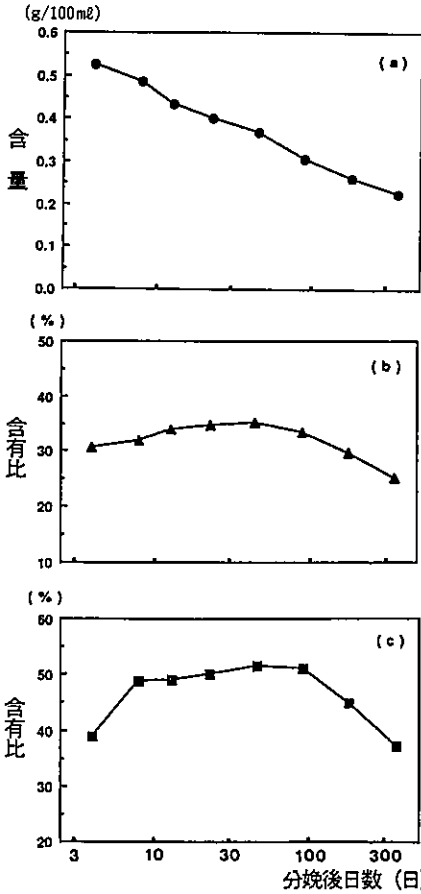


図1 α-ラクトアルブミン含量および純蛋白質、乳清蛋白質に対する含有比  
 (a)α-ラクトアルブミン含量  
 (b)純蛋白質に対する含有比  
 (c)乳清蛋白質に対する含有比

たりのα-ラクトアルブミン含量および純蛋白質、乳清蛋白質含量に対する含有比を表1に示した。また、夏季および冬季試料の平均値の変化を分娩後日数を対数変換し図1に示した。

α-ラクトアルブミン含量は、分娩後3～5日の夏季乳で0.55g/100ml、冬季乳で0.50g/100mlと最高値を示した後、泌乳期が進むとともに減少し、分娩後211～482日では、0.22g/100mlと最低値を示した。

α-ラクトアルブミン含量の純蛋白質および乳清蛋白質含量に対する含有比は、同様の泌乳期変化を示し、初乳から移行乳、成乳へと増加し、分娩後31～60日において、純蛋白質に対する含有比で33～37%、乳清蛋白質に対する含有比で50～53

表2 α-ラクトアルブミンおよびラクトフェリン含量の地域差

地域区分	(g/100ml)			
	α-ラクトアルブミン		ラクトフェリン	
	夏季	冬季	夏季	冬季
北海道	0.35	0.37	0.20	0.24
東北	0.35	0.39	0.18	0.21
関東・甲信越	0.43	0.39	0.19	0.21
中部・東海	0.38	0.37	0.17	0.19
近畿	0.39	0.36	0.18	0.19
中国・四国	0.35	0.37	0.17	0.19
九州・沖縄	0.39	0.39	0.22	0.21

%と最高値を示した後、減少した。

季節間の差は、含量、純蛋白質および乳清蛋白質に対する含有比ともに、分娩後60日まで夏季乳で高値を示した。

2) 地域変化

分娩後16～90日の夏季および冬季試料を対象とした地域変化を表2に示した。

地域および季節間に明らかな差はみられなかった。また、泌乳期別混合試料から得られた分娩後16～30日、31日～60日および61～120日の値と良く一致した結果を示した。

2. ラクトフェリン含量

1) 経時変化

各泌乳期の夏季および冬季の混合試料100ml当たりのラクトフェリン含量および純蛋白質、乳清蛋白質含量に対する含有比、さらには、ラクトフェリンの見掛けの鉄飽和度を表3に示した。また、夏季および冬季試料の平均値の変化を分娩後日数を対数変換し図2に示した。

ラクトフェリン含量は、分娩後3～5日の夏季乳で0.47g/100ml、冬季乳で0.50g/100mlと最高値を示した。その後、分娩後61～120日まで減少し、ほぼ一定値を維持した後、分娩後211～482日で増加した。

表3 ラクトフェリン含量およびその純蛋白質、乳清蛋白質に対する含有比と見掛けの鉄飽和度の泌乳期変化

泌乳期 (日)	ラクトフェリン 含量 (g/100ml)		純蛋白質に対する 含有比* <sup>1</sup> (%)		乳清蛋白質に対 する含有比* <sup>1</sup> (%)		ラクトフェリンの見掛けの 鉄飽和度* <sup>2</sup> (%)	
	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
3~5	0.47	0.50	26.1	30.9	32.5	39.9	7.4	6.4
6~10	0.40	0.43	26.1	28.3	40.6	43.0	8.2	6.8
11~15	0.29	0.28	22.8	21.5	32.2	32.2	11.0	12.1
16~30	0.23	0.24	20.4	20.2	28.8	30.0	12.8	11.3
31~60	0.19	0.18	18.4	16.8	26.4	25.2	14.0	14.3
61~120	0.16	0.16	17.4	17.6	26.0	27.4	13.7	12.8
121~210	0.16	0.14	18.0	16.3	27.0	24.7	11.6	13.4
211~482	0.17	0.18	19.1	19.8	27.6	30.2	12.3	8.6

\*<sup>1</sup> 純蛋白質および乳清蛋白質含量は前報<sup>1)</sup>の値を用いた。\*<sup>2</sup> 鉄含量は前報<sup>1)</sup>の値を、ラクトフェリンの分子量は82,700<sup>9, 10)</sup>を用いた。

ラクトフェリン含量の純蛋白質含量に対する含有比は、含量と同様の泌乳期変化を示し、分娩後3~5日の夏季乳で26.1%、冬季乳で30.9%と最高値を示した。しかし、乳清蛋白質含量に対する含有比の泌乳期変化は、これらとは異なる泌乳期変化を示した。すなわち、分娩後3~5日から6~10日にかけて増加後、分娩後16~30日まで減少し、ほぼ一定値を維持した。その後、再び分娩後211~482日で増加した。

また、ラクトフェリンの見掛けの鉄飽和度は、分娩後3~5日で7%と最低値を示した後、分娩後31~60日の約14%まで泌乳期とともに増加し、その後、減少した。

季節間の差は、含量、純蛋白質および乳清蛋白質に対する含有比ともに、分娩後10日まで冬季乳で高値を示した。

## 2) 地域変化

分娩後16~90日の夏季および冬季試料を対象とした地域変化を表2に示した。

北海道および九州・沖縄で、高値傾向を、また、冬季で高値傾向を示した。また、泌乳期別混合試料より得られた分娩後16~30日、31~60日および

61~120日の値と良く一致した結果を示した。

## 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、人乳の乳清蛋白質である $\alpha$ -ラクトアルブミン、ラクトフェリンについても、栄養学的、免疫学的、生理学的な検討が成されている。

$\alpha$ -ラクトアルブミンは、人乳の乳清蛋白質のなかで最も多い蛋白質であり<sup>10)</sup>、乳糖合成酵素の機能発現を助ける成分として乳腺での乳糖合成に与かっている。また、そのアミノ酸組成は、含硫アミノ酸および必須アミノ酸が多く、新生児のアミノ酸必要量に対してバランスも良いため、高い栄養価を示す<sup>11)~13)</sup>。

牛乳の $\alpha$ -ラクトアルブミンは、人乳の $\alpha$ -ラクトアルブミンとアミノ酸組成が近似しており、そのアミノ酸配列には72%の相同性がある。そのため、ヒトに対する抗原性も低いと考えられている<sup>13)</sup>。

一方で、最近のわが国の調製粉乳は、その蛋白質組成を人乳組成に近づけるため、カゼインを減量し、乳清蛋白質を増量している。しかし、牛乳

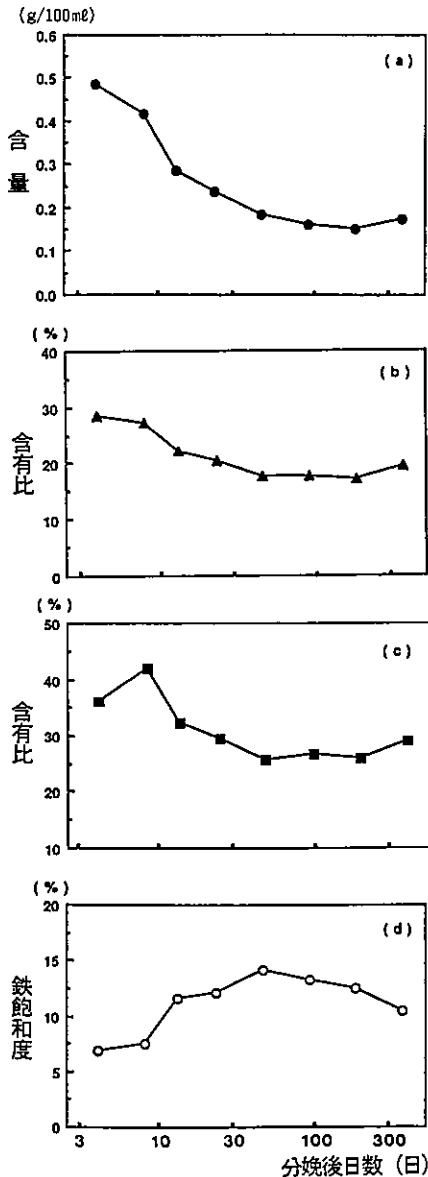


図2 ラクトフェリン含量, 純蛋白質, 乳清蛋白質に対する含有比および見掛けの鉄飽和度  
 (a)ラクトフェリン含量  
 (b)純蛋白質に対する含有比  
 (c)乳清蛋白質に対する含有比  
 (d)見掛けの鉄飽和度

の主要な乳清蛋白質は、 $\beta$ -ラクトグロブリンであり、この蛋白質は人乳に含まれないことから、単に乳清蛋白質を増量しても、その蛋白質組成およびアミノ酸組成を人乳に近づけることはできない<sup>14)</sup>。また、 $\beta$ -ラクトグロブリンは、牛乳蛋白質

のなかで最も強い抗原性を持つと考えられていることから好ましくない<sup>13)</sup>。

そのため、調製粉乳の蛋白質の質的改良には牛乳 $\alpha$ -ラクトアルブミンの利用が適切であると指摘されている<sup>11),12)</sup>。

人乳の $\alpha$ -ラクトアルブミン含量は、1970年にLey & Jenness<sup>15)</sup>によって、0.48g/100mlと報告されて以降、Nagasawaら<sup>16),17)</sup>、Forsum<sup>18)</sup>、Lönnerdalら<sup>19)</sup>、Hambraeusら<sup>20)</sup>、Sanchez-Pozoら<sup>6),21)</sup>、Woodhouse & Lönnerdal<sup>22)</sup>の報告がみられるにすぎない。また、わが国では、Nagasawaら<sup>16),17)</sup>の報告をみるのみである。

Nagasawaらは、分娩後4~8日の初乳で0.42g/100ml、11~60日の成乳で0.28g/100ml<sup>16)</sup>と、また、泌乳1~4カ月の成乳で0.259~0.186g/100ml<sup>17)</sup>と報告している。Forsum<sup>18)</sup>は、1人の母親の人乳を初乳から泌乳58日まで測定し、経時的に0.484g/100mlから0.298g/100mlまで減少することを報告している。さらに、Sanchez-Pozoら<sup>6)</sup>は、特異的な泌乳期変化、すなわち、分娩後6~15日の0.296g/100mlから、16~30日の0.572g/100mlまで増加後、31~60日で0.343g/100ml、60日以降で0.205g/100mlと減少することを報告している。

このように、人乳中の $\alpha$ -ラクトアルブミン含量とその泌乳期変化は、報告によって異なるが、著者らの結果は、Forsum<sup>18)</sup>の結果に近いものであった。しかし、Sanchez-Pozoら<sup>6)</sup>の結果に比べ、初乳では高値を、分娩後16~30日の成乳では低値を、また、Nagasawaら<sup>16),17)</sup>、Woodhouse & Lönnerdal<sup>22)</sup>の結果に比べ高値を示した。

$\alpha$ -ラクトアルブミンの純蛋白質および乳清蛋白質に対する含有比についても報告は少なく、乳清蛋白質中の含有比について、Nagasawaらは、51.8%含まれる<sup>23)</sup>と報告し、その後、さらに、分娩後4~8日の初乳で32%、12~54日の成乳で46.5%へと増加すること<sup>16)</sup>、泌乳1~4カ月の成乳で35.7~42.7%含まれること<sup>17)</sup>を報告している。また、Forsum<sup>18)</sup>は、混合乳を対象として粗蛋白質中に23.6~42.9%含まれると報告している。Sanchez-Pozoら<sup>21)</sup>は、純蛋白質に対する含有比の泌乳期変化を検討し、分娩後5日までの初乳の

23.2%から16～30日の成乳の35.9%まで増加後、60日以降の成乳では28.1%へと減少すると報告している。

このように、純蛋白質および乳清蛋白質に対する $\alpha$ -ラクトアルブミンの含有比は、初乳から成乳へと増加した後、減少すると報告されているが、著者らの結果も、同様の泌乳期変化を示した。しかし、著者らの値は、Sanchez-Pozoら<sup>21)</sup>の結果と近いものであったが、Nagasawaら<sup>16)17)</sup>、Forsum<sup>18)</sup>の結果に比べ高値を示した。

ラクトフェリンの生理効果としては、鉄吸収促進、抗菌、細胞増殖・分化、免疫機能調節などが報告されている<sup>12),24)</sup>。

人乳中ラクトフェリン含量に関する報告は多く<sup>25)</sup>、わが国でも、Nagasawaら<sup>16),26)</sup>、河方<sup>27)</sup>、新飯田ら<sup>28)</sup>、外間ら<sup>29)</sup>、Hiraiら<sup>30)</sup>によって報告されている。

Nagasawaら<sup>16)</sup>は、分娩後2～5日の初乳で0.49g/100ml、6～10日の移行乳で0.45g/100ml、11～60日および61～210日の成乳で0.21g/100ml、0.16g/100mlと報告している。その後、Nagasawaら<sup>26)</sup>、河方<sup>27)</sup>、Hiraiら<sup>30)</sup>もほぼ同様の結果を報告している。

著者らの結果は、これらの報告値と良く一致したが、新飯田ら<sup>28)</sup>は、分娩後1～3カ月の成乳で0.06g/100mlと、外間ら<sup>29)</sup>は分娩後1カ月の成乳で平均0.112g/100mlと、著者らの結果に比べ低値を報告している。

ラクトフェリンの純蛋白質および乳清蛋白質に対する含有比に関する報告は少なく、乳清蛋白質に対する含有比については、Nagasawaら<sup>16)</sup>の12～54日の成乳で35.0%含まれるとする報告をみるのみである。著者らの結果は、これに比べ低値を示した。一方で、純蛋白質に対する含有比は、河方<sup>27)</sup>、Hiraiら<sup>30)</sup>によって、分娩後3～7日の初乳で約20%、20日以降の成乳で約16%と泌乳期とともに減少することが報告されている。著者らの結果も同様の泌乳期変化を示したが、河方<sup>27)</sup>、Hirai<sup>30)</sup>らの報告に比べ高値を示した。しかし、この違いは、ラクトフェリン含量の違いによるものではなく、純蛋白質の測定法が異なり、純蛋白質

含量が、著者らの結果に比べ高値を示していることによる。

ラクトフェリンの見掛けの鉄飽和度について、Reddyら<sup>31)</sup>は、9%と報告している。また、最近、Hiraiら<sup>30)</sup>は、分娩後1～3日の初乳で約8.7%、分娩後4～60日で約13%と報告している。著者らの結果は、Reddyら<sup>31)</sup>の結果に比べ高値を示したが、Hiraiら<sup>30)</sup>の結果とほぼ同じ値を示した。

さて、著者らは、わが国人乳の成分組成に関する一連の検討のなかで、最近のわが国人乳の純蛋白質および乳清蛋白質含量が、社会経済状態の向上に伴う食生活、食習慣の変化とともに増加してきていることを報告した<sup>1),4)</sup>。

このことは、人乳中の $\alpha$ -ラクトアルブミン、免疫グロブリン、ラクトフェリンなどの乳清蛋白質を構成する蛋白質の含量が変化してきていることを示唆している。

しかし、これら成分に関するわが国での全国規模での研究はなく、著者らの結果を従来の報告と比較検討することは問題を有すとも考えられるが、著者らの結果では、これら成分に大きな地域差を認めなかった。そこで、1970年初頭に行われたNagasawaら<sup>16),17),26)</sup>の結果と比較検討した。

著者らの結果は、Nagasawaら<sup>16),17),26)</sup>の報告に比べ、 $\alpha$ -ラクトアルブミン含量は高値を、ラクトフェリン含量はほぼ同値を示している。また、乳清蛋白質に対する含有比では、 $\alpha$ -ラクトアルブミンで高値を、ラクトフェリンで低値を示しており、この結果は、最近のわが国人乳の粗蛋白質含量、乳清蛋白質含量の増加が $\alpha$ -ラクトアルブミン含量の増加によるものと考えれば整合性を持つ。

一方で、人乳中 $\alpha$ -ラクトアルブミン含量は、社会経済状態の悪い母親では低値を示すことが報告されている<sup>6)</sup>。また、ラクトフェリン含量は、社会経済状態の悪い母親では高値を示すという報告<sup>6)</sup>と、栄養状態の良い母親では高値を示すという報告<sup>7)</sup>、さらには、差がないという報告<sup>8)</sup>がある。

このことから、最近のわが国人乳の粗蛋白質、純蛋白質および乳清蛋白質含量の増加は、わが国の社会経済状態の向上に伴う食生活、食習慣の変化により $\alpha$ -ラクトアルブミン含量が増加したこ

とによるものと考えられた。

## 結 論

母乳は乳児、特に新生児にとって理想的な栄養源である。

そのため、わが国の調製粉乳は、人乳組成に近づけるべく種々の改良が行われている。最近では、カゼイン、乳清蛋白質、非蛋白態窒素の粗窒素成分の改良に留まらず、ウシ $\alpha$ -ラクトアルブミン、ウシラクトフェリンの配合による乳清蛋白質成分の質的改良も行われるようになってきている。

一方で、最近のわが国人乳は、粗蛋白質および乳清蛋白質含量が増加しているが、これは、 $\alpha$ -ラクトアルブミン含量の増加によるものと考えられた。

このような $\alpha$ -ラクトアルブミン含量の増加は、わが国人乳の蛋白質の栄養価を向上させていると考えられるが、乳児に対する意義は、今後さらに検討すべき課題と考える。

稿を終えるに当たり、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。

## 文 献

- 1) 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, 阪本隆男, 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, 日児栄消誌 1991; 5: 145-158.
- 2) 井戸田 正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 松岡康浩, 石山由美子, 村上雄二, 森口宏康, 竹内政弘, 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, 日児栄消誌 1991; 5: 159-173.
- 3) 井戸田 正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 石山由美子, 村上雄二, 前田忠男, 矢野正幸, 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(第三報)総アミノ酸組成および遊離アミノ酸組成について, 日児栄消誌 1991; 5: 209-219.
- 4) 井戸田 正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 高橋伸彰, 石山由美子, 村上雄二, 中埜 拓, 矢野正幸, 浅居良輝: 最近の日本人乳組成に関する全国調査(第四報)純蛋白質, カゼイン, 乳清蛋白質, 非蛋白態窒素含量およびその含有比について, 日児栄消誌 投稿中
- 5) 井戸田 正, 桜井稔夫, 石山由美子, 村上雄二: 最近のわが国における人乳の浸透圧と比重, 雪印乳業研究

- 所報告 1992; 98: 13-19.
- 6) Sanchez-Pozo A, Morales JL, Izquierdo A, Martinez-Valverde A, Gil A: Protein composition of human milk in relation to mother's weight and socioeconomic status. *Hum Nutr: Clin Nutr* 1987; 41C: 115-125.
  - 7) Houghyon MR, Gracey M, Burke V, Bottrell C, Spargo RM: Breast milk lactoferrin levels in relation to maternal nutritional status. *J Pediatr Gastroenterology and Nutrition* 1985; 4: 230-233.
  - 8) Hennart PF, Beausseur DJ, Delogne-Desnoeck JB, Dramaix MM, Robyn CE: Lysozyme, lactoferrin, and secretory immunoglobulin A content in breast milk: influence of duration of lactation, nutrition status, prolactin status, and parity of mother. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 32-39.
  - 9) Rey MW, Woloshuk SL, deBoer HA, Pieper FR: Complete nucleotide sequence of human mammary gland lactoferrin. *Nucleic Acids Research* 1990; 18: 5288.
  - 10) Bezkorovainy A: Human milk and colostrum proteins, A review. *J Dairy Sci* 1977; 60: 1023-1037.
  - 11) Forsum E: Nutritional evaluation of whey protein concentrations and their fraction. *J Dairy Sci* 1974; 57: 665-670.
  - 12) Lönnerdal B: Whey proteins in human milk. In: Atkinson SA, Lönnerdal B, editors. Protein and non-protein nitrogen in human milk. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1989: 29-42.
  - 13) Heine WE, Klein PD, Reeds PJ: The importance of  $\alpha$ -lactalbumin in infant nutrition. *J Nutr* 1991; 121: 277-283.
  - 14) 井上太郎: 人乳と牛乳の蛋白質の比較. 小林 登, 多田啓也, 藪内百治編. 新小児医学体系 第3巻A 小児栄養 I. 東京: 中山書店, 1986: 62-64.
  - 15) Ley JM, Jenness R: Lactose synthetase activity of  $\alpha$ -lactalbumin from several species. *Arch Biochem Biophys* 1970; 138: 464-.
  - 16) Nagasawa T, Kiyosawa I, Kuwahara K: Amounts of lactoferrin in human colostrum and milk. *J Dairy Sci* 1972; 55: 1651-1659.
  - 17) Nagasawa T, Kiyosawa I, Fukuwatari Y, Kitayama T, Uechi M, Hyodo Y:  $\alpha$ -lactalbumin and serum albumin in human milk. *J Dairy Sci* 1973; 56: 177-180.
  - 18) Forsum E: Determination of  $\alpha$ -lactalbumin in human milk. *J Dairy Sci* 1975; 59: 15-18.
  - 19) Lönnerdal B, Forsum E, Hambraeus L: The protein content of human milk. I. A transversal study of swedish normal material. *Nutr Rep Int* 1976; 13: 125-134.
  - 20) Hambraeus L, Lönnerdal B, Forsum E, Gebre-Medhin M: Nitrogen and protein components of human milk. *Acta Paediatr Scand* 1978; 67: 561-

- 565.
- 21) Sanchez-Pozo A, Lopez J, Pita ML, Izquierdo A, Guerrero E, Sanchez-Medina F, Martinez Valverde A, Gil A : Changes in the protein fractions of human milk during lactation. *Ann Nutr Metab* 1986 ; 30 : 15-20.
  - 22) Woodhouse LR, Lönnerdal B : Quantitation of the major whey proteins in human milk, and development of a technique to isolate minor whey proteins. *Nutr Res* 1988 ; 8 : 853-864.
  - 23) 長沢太郎, 清沢 功, 朝内ひろ美, 桑原邦介 : 人乳乳清蛋白質のアクリルアミドゲル電気泳動とゲル濾過による分画. *農化* 1970 ; 44 : 89-95.
  - 24) 川上 浩 : ラクトフェリンの生物活性と受容体. *化学と生物* 1992 ; 30 : 807-812.
  - 25) Harzer G, Haschke F : Whey proteins. In : Renner E, editor. *Micronutrients in milk and milk-based food products*. London : Elsevier Science Publishers, 1989 ; 132-144.
  - 26) Nagasawa T, Kiyosawa I, Takase M : Lactoferrin and serum albumin of human casein in colostrum and milk. *J Dairy Sci* 1974 ; 57 : 1159-1163.
  - 27) 河方則裕 : ヒト lactoferrin の生化学的性質および母乳中の動態について. *日医大誌* 1984 ; 51 : 426-440.
  - 28) 新飯田裕一, 高柳直己, 寺嶋秀幸, 堀野清孝 : ELISA による母乳および新生児糞便中ラクトフェリンの測定とその意義. *日児誌* 1988 ; 92 : 1496-1501.
  - 29) 外間登美子, 石川清美, 辻野久美子 : 母乳中のラクトフェリン濃度について. *小児保健研究* 1989 ; 48 : 388-391.
  - 30) Hirai Y, Kawakata N, Satoh K, Ikeda Y, Hisayasu S, Orimo H : Concentrations of lactoferrin and iron in human milk at different stages of lactation. *J Nutr Sci Vitaminol* 1990 ; 36 : 531-544.
  - 31) Reddy V, Bhaskaram C, Raghuramulu N, Jagadeesan V : Antimicrobial factors in human milk. *Acta Paediatr Scand* 1977 ; 66 : 229-232.

The latest survey for the composition of human milk obtained from Japanese mothers.  
Part V. The contents of  $\alpha$ -lactalbumin and lactoferrin.

Technical Research Institute, Snow Brand Milk Products Co., Ltd.

Tadashi IDOTA, Makihiro SUGAWARA, Toshio SAKURAI, Yuzi MURAKAMI,  
Nobuaki TAKAHASHI, Taku NAKANO, Ichiro NAKAJIMA

The latest survey for the contents of  $\alpha$ -lactalbumin and lactoferrin in Japanese mother's milk was performed. In the winter and summer of 1989, milk specimens were randomly collected from 2,434 mothers at different periods of lactation (3-482 days postpartum) living at various districts in Japan. Out of them, 2,279 milk specimens were used for analysis. The influences of lactational stage, seasonal changes and geographical differences upon the contents of  $\alpha$ -lactalbumin and lactoferrin in composite specimens were investigated.  $\alpha$ -lactalbumin content ranged from 0.53 g/100ml to 0.23 g/100ml, decreasing according to the progress of lactational period. The ratio of  $\alpha$ -lactalbumin content to the true protein content was maximum, 35%, at 31-60 days postpartum and that to the whey protein content was maximum, 52%, at 31-60 days postpartum. Lactoferrin content decreased from 0.49 g/100ml at 3-5 days postpartum to 0.16 g/100ml at 61-120 days postpartum and increased to 0.18 g/100ml at 241-482 days postpartum. The ratio of lactoferrin content to the true protein content was maximum, 29%, at 3-5 days postpartum and that to the whey protein content was maximum, 42%, at 6-10 days postpartum. The apparent iron saturation of lactoferrin was minimum, 7%, at 3-5 days postpartum, and maximum, 14%, at 31-60 days postpartum. The content of whey protein was significantly higher than that in the previous results reported by Saito et al (1965). The difference in whey protein content seems to be due to the increase in  $\alpha$ -lactalbumin.