

## 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——

雪印乳業株式会社

\*1技術研究所, \*2分析部

井戸田 正\*1・桜井 稔夫\*1・菅原 牧裕\*1

石山由美子\*1・村上 雄二\*1・前田 忠男\*2

矢野 正幸\*2・下田 幸三\*2・浅居 良輝\*2

**Key Words** : 日本人の乳, 総アミノ酸組成, 遊離アミノ酸組成, 尿素含量, 泌乳期変化

### 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検体を対象として総アミノ酸組成、遊離アミノ酸組成および尿素含量の泌乳期、地域による変化を夏季・冬季に分け検討した。総アミノ酸組成は粗蛋白質含量に類似した泌乳期変化を示したが、窒素1g当たりのアミノ酸組成の泌乳期変化はアミノ酸の種類により異なった。尿素含量は全泌乳期を通じ34.23~43.82mg/100mlを示し、尿素窒素は総窒素に対し5.5~11.7%を占めた。遊離アミノ酸の泌乳期変化は種類により異なるが、全泌乳期を通じグルタミン酸が最も多く含まれ、次いで分娩後31~60日まではタウリンが、61~120日以降はグルタミンが占めた。総遊離アミノ酸含量は36.81~55.26mg/100mlの範囲にあり、泌乳期による変化は少ないが、総アミノ酸に対する割合は泌乳期が進むに従い増加した。

### 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、人乳成分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を研究する上でも基本となる。

最近のわが国の食生活は外食、加工食品の利用などその変化が著しく、さらには各栄養素の摂取量も変化してきている<sup>1)2)</sup>。こうした変化は人乳成分にも影響を与えていると考えられる<sup>3)~5)</sup>。この

ため、著者らは最近のわが国人乳組成を明らかにする目的で、全国各地より得た人乳2279検体を対象として検討を行っている<sup>6)7)</sup>が、この中で最近の日本人乳は粗蛋白質含量が増加していることを報告した。

このことは人乳のアミノ酸組成にも影響を及ぼしていると考えられるが、最近のわが国人乳のアミノ酸組成に関する報告はほとんど見当たらない<sup>8)9)</sup>。また、全国的規模での報告も斎藤ら<sup>10)</sup>、米久保ら<sup>11)</sup>の報告を見るのみである。

一方、人乳中には非蛋白質態窒素成分が窒素として20~30%含まれるが、この成分も母親の摂取する食事により影響されることが報告されている<sup>12)13)</sup>。この成分には、尿素およびグルタミン酸、

別刷請求先：〒350 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

タウリン、ホスホエタノールアミンなどの遊離アミノ酸が含まれ、その栄養生理学的意義として窒素、エネルギー源およびビフィズス菌叢、脂肪消化吸収への寄与、視神経、中枢神経の機能維持などが示唆されている<sup>13)~15)</sup>。

しかしながら、わが国人乳の遊離アミノ酸に関する報告も少なく<sup>11)16)17)</sup>、さらに最近の人乳についての報告は見当たらない。

そこで、最近のわが国人乳の総アミノ酸組成、遊離アミノ酸組成および尿素含量の泌乳期、地域、季節による変化を明らかにする目的で検討を行ったので結果を報告する。

## 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、授乳時刻、授乳方法など種々設定した条件に合致した2279検体を対象とした<sup>9)</sup>。

**試料：**試料は前報<sup>9)</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。

### 分析方法：

(1)総アミノ酸組成：人乳1mlを試験管に採取しβ-メルカプトエタノール0.05%を含む6N塩酸を9ml加え、脱気、窒素置換後、封管し110°C、22時間加水分解した。濾過後、減圧乾固し塩酸を除去した。乾固残渣に0.02N塩酸を加え溶解後50mlに定容し試料とした。シスチンは人乳1mlをナス型プラスチックに採取し新たに調製した過ギ酸(30%過酸化水素：90%ギ酸=1：9)50mlを加え、0°Cで16時間放置した。その後、蒸留水20mlを加え氷冷しつつ47%臭化水素酸4ml添加後、減圧乾固した。乾固残渣は、β-メルカプトエタノール0.05%を含む6N塩酸にて20mlに定容し、この溶液10mlを試験管に採取し脱気、加水分解した後、濾過し減圧乾固した。乾固残渣に0.02N塩酸を加え25mlに定容後試料とした。トリプトファンは人乳2mlを試験管に採取し水酸化バリウム3.0g、蒸留水7ml、β-チオグリコールを1~2滴加え攪拌後密封し、110°C、24時間加水分解後、蒸留水にて100ml

に定容した。炭酸ガスを通気し炭酸バリウムを除去後、試料とした。定量は日立835-50高速アミノ酸分析計を用い、シスチン、トリプトファンは高分離分析法により、また他のアミノ酸は特殊分析法により分析した。

(2)遊離アミノ酸組成：人乳10mlに6%スルホサリチル酸5mlを加え、十分に攪拌後、3,000rpm、15分遠心分離し上清を濾過後、試料とした。定量は日立835-50高速アミノ酸分析計を用い、生体分析法により分析した。

## 結 果

### 1. 総アミノ酸組成

#### (1)経時変化

夏季および冬季試料100ml当たりの分析結果を表1に示した。また、総アミノ酸含量および粗蛋白質含量の経時変化、さらには、これらと最も異なる動態を示したイソロイシン、アルギニン含量の経時変化を夏季および冬季試料の平均値を用い、分娩後3~5日の含量を基準とした相対値で図1に示した。

各アミノ酸および総アミノ酸含量は泌乳期が進むに従い減少し、粗蛋白質含量の経時変化に近似した動態を示した。

季節間の差は、チロシン、バリンが冬季で、また、メチオニン、アスパラギン酸が夏季で高い傾向を示した。

窒素1g当たりの各アミノ酸含量の経時変化は100ml当たりの経時変化と全く異なる動態を示した。

代表的な動態を示したフェニルアラニン、イソロイシン、アルギニンの経時変化を、夏季および冬季試料の平均値を用い分娩後3~5日の含量を基準とした相対値で図2に示した。

このほか、フェニルアラニンと同様、経時変化の少ないアミノ酸にはチロシン、トリプトファン、アスパラギン酸があった。またイソロイシンと同様、分娩後31~60日頃まで泌乳期が進むに従い増加し、その後は一定値を維持するかわずかに減少したアミノ酸は、ロイシン、リジン、メチオニン、ヒスチジン、グルタミン酸、プロリンであった。

表1 泌乳期別総アミノ酸組成(季節別)

泌乳期	3~5日		6~10日		11~15日		16~30日		31~60日		61~120日		121~240日		241~482日	
	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季
Isoleucine	84.8	86.5	83.3	81.9	74.5	76.4	68.5	68.6	63.3	63.2	53.7	55.0	50.4	50.5	48.8	50.3
Leucine	176.0	182.4	166.7	164.9	144.6	146.8	131.2	130.2	121.0	119.5	102.9	106.2	97.1	99.0	97.2	99.1
Lysine	119.6	124.6	114.1	113.2	99.7	102.2	89.7	89.7	82.2	82.1	69.2	72.2	64.5	67.2	64.6	67.1
Methionine	24.7	25.2	23.3	24.8	21.1	21.2	18.7	18.7	17.0	17.3	13.8	15.4	12.9	14.1	12.8	14.0
Cystine	41.6	44.2	38.3	37.2	31.1	31.4	35.9	28.0	34.1	25.3	33.8	22.1	19.7	21.3	21.0	21.9
Phenylalanine	73.2	77.7	68.2	67.6	57.8	58.5	51.5	50.8	46.9	46.2	39.4	41.2	37.6	38.8	38.3	38.4
Tyrosine	79.0	78.4	73.1	69.2	62.7	60.0	55.2	53.0	50.4	48.1	42.0	43.0	40.4	39.8	41.4	39.2
Threonine	93.6	99.0	83.2	82.1	71.2	72.2	62.5	63.9	57.3	57.4	49.6	51.4	47.0	48.6	48.7	49.1
Tryptophan	30.8	31.5	28.7	33.0	25.3	23.4	23.0	18.4	19.5	19.6	19.3	16.3	16.9	15.5	20.3	14.1
Valine	104.4	88.5	97.0	74.5	81.1	62.9	71.0	55.9	63.4	50.5	53.1	44.2	56.3	42.7	57.7	43.8
Arginine	81.9	86.6	72.7	71.3	57.3	57.1	48.8	47.6	42.6	42.3	37.5	38.1	36.1	37.0	38.5	38.8
Histidine	45.1	47.2	42.8	42.3	36.8	37.7	33.3	32.9	31.2	30.7	26.6	27.7	25.1	25.9	24.3	25.9
Alanine	78.8	82.6	71.9	70.8	59.0	60.0	53.2	51.4	47.8	46.4	41.4	42.2	39.4	39.8	41.7	40.4
Aspartic acid	177.1	190.3	166.6	167.0	139.1	142.8	124.1	128.2	111.7	115.0	95.3	97.3	88.7	93.7	90.6	92.8
Glutamic acid	284.6	290.7	272.8	270.1	239.9	241.2	217.8	213.7	207.5	202.8	183.7	189.4	176.0	173.9	171.4	174.7
Glycine	50.1	55.0	44.3	45.2	36.8	37.6	32.0	32.4	28.6	28.5	24.9	25.7	23.5	24.5	25.1	24.9
Proline	148.6	147.1	137.1	139.2	124.5	123.3	109.9	111.7	105.4	103.0	88.3	92.5	82.3	85.6	83.7	84.1
Serine	94.8	104.4	85.8	86.4	70.8	74.0	62.9	63.2	56.7	56.0	47.4	48.9	44.1	46.0	46.7	47.2
総アミノ酸含量	1788.7	1841.9	1669.9	1640.7	1433.3	1428.7	1289.2	1258.3	1186.6	1153.9	1021.9	1028.8	958.0	963.9	972.8	965.8
粗蛋白質 <sup>①</sup> (g/100mL)	2.04	2.21	1.94	1.93	1.68	1.63	1.53	1.46	1.36	1.33	1.17	1.18	1.09	1.13	1.13	1.11

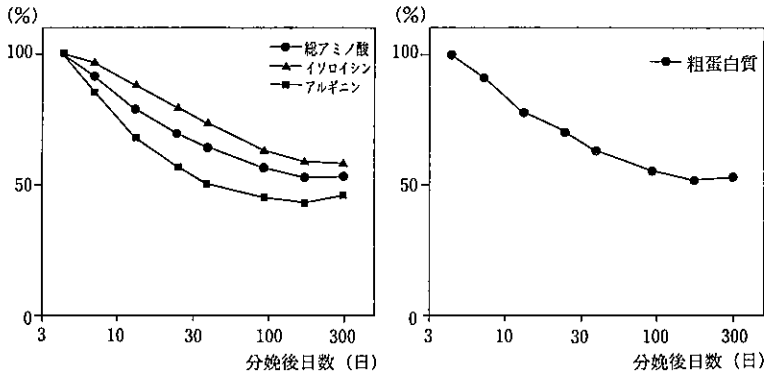


図1 人乳100ml当たりの総アミノ酸および粗蛋白質量の経時変化  
分娩後3～5日の含量を100%とした相対値で示した。

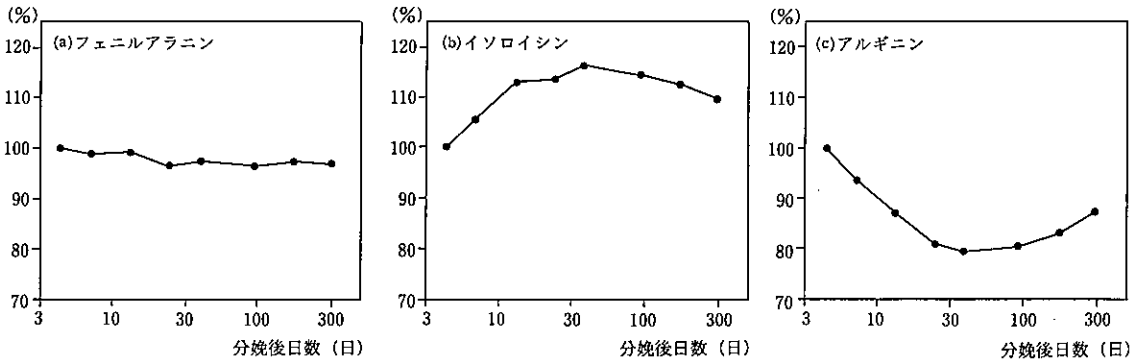


図2 窒素1g当たりの総アミノ酸含量の経時変化  
分娩後3～5日の含量を100%とした相対値で示した。

さらにアルギニンと同様、分娩後31～60日頃まで泌乳期が進むに従い減少し、その後は一定値を維持するかわずかに増加したアミノ酸は、スレオニン、バリン、アラニン、グリシン、セリンであった。

なお、窒素1g当たりの経時変化は100ml当たりの場合に比べ小さかった。

(2)地域変化

夏季および冬季試料の分析結果を平均値で表2に示した。

各アミノ酸および総アミノ酸含量はともに、粗蛋白質含量の地域変化と同様に中部・東海地域、近畿地域および中国・四国地域で低値傾向を示した。

季節間の差は、チロシン、バリンが冬季で高い

傾向を示した。

2. 遊離アミノ酸および尿素含量の経時変化

(1)経時変化

夏季および冬季試料の分析結果を平均値で表3に示した。

各成分の経時変化はイソロイシン、ロイシン、メチオニン、フェニルアラニン、バリン、ヒスチジンなどの変化の少ないもの、グルタミン酸、グルタミン、セリン、グリシンのように泌乳期が進むに従い増加するもの、ホスホセリン、ホスホエタノールアミン、リジン、アルギニン、プロリンのように泌乳期が進むに従い減少するもの、尿素、スレオニン、アスパラギン酸のように分娩後16～30日頃まで減少後増加するものなど成分により動態は異なった。タウリンは分娩後3

表2 地域別総アミノ酸組成

地 域	(mg/100ml)							
	北海道	東北	関東 甲信越	中部 東海	近畿	中国 四国	九州 沖縄	
Isoleucine	63.6	60.4	65.5	62.8	62.7	62.1	65.3	
Leucine	121.8	118.3	124.9	118.2	118.6	117.5	124.8	
Lysine	83.2	81.9	85.1	80.3	80.6	79.6	85.0	
Methionine	17.4	17.1	17.2	15.7	16.4	16.2	17.3	
Cystine	26.6	25.4	25.8	24.1	22.3	23.8	26.0	
Phenylalanine	47.7	46.6	48.2	45.0	45.2	45.2	48.7	
Tyrosine	50.2	49.3	51.1	47.5	47.7	47.9	51.5	
Threonine	59.6	58.7	60.5	55.9	57.2	56.3	61.3	
Tryptophan	19.5	19.7	20.7	17.5	18.8	18.9	20.8	
Valine	60.9	59.0	61.6	57.3	57.2	56.7	61.5	
Arginine	45.5	43.1	45.0	41.5	41.4	41.6	46.6	
Histidine	31.4	30.7	31.8	30.2	30.3	30.4	31.9	
Alanine	48.9	47.6	49.7	45.6	45.4	45.4	49.9	
Aspartic acid	116.3	114.7	120.1	107.6	109.3	110.0	120.1	
Glutamic acid	209.8	202.7	207.9	200.3	202.7	202.0	211.7	
Glycine	30.3	29.6	30.7	28.2	27.8	27.6	31.0	
Proline	105.3	103.1	105.2	97.7	104.4	102.4	106.0	
Serine	58.0	55.8	58.9	54.3	53.9	54.4	59.3	
総アミノ酸含量	1196	1163	1209	1129	1141	1138	1218	
粗蛋白質 <sup>a)</sup> (g/100ml)	1.38	1.35	1.39	1.31	1.32	1.32	1.40	

～5日で5.93mg/100ml, 分娩後6～10日で5.97mg/100mlとほぼ一定値を示した後, 分娩後241～482日の3.63mg/100mlまで減少した。

季節間の差はロイシン, プロリン, セリンが夏季で高い傾向を示した。

対応する総アミノ酸中に占める遊離アミノ酸含量は, グルタミン酸およびアラニンを除き各泌乳期ともに少なく, イソロイシン, ロイシン, フェニルアラニン, チロシン, プロリンでは1%以下であった。

グルタミン酸およびアラニンは, 分娩後3～5日で各々5.5%, 2.6%と最低値を示した後増加し, 分娩後121～240日で各々最高値15.3%, 7.8%を示した。

また, 各泌乳期での総アミノ酸含量中に占める全遊離アミノ酸含量も, 分娩後3～5日で最低値2.2%を示した後, 分娩後121～240日の最高値5.6%まで増加した。

各泌乳期における主要成分を表4に示した。

各泌乳期を通じ最も多い成分は尿素であり, グルタミン酸がこれに次いだ。グルタミン酸に次ぐ成分としては, 分娩後31～60日までタウリンが, 分娩後61～120日以降グルタミンが占めた。このほか, アラニンが2mg/100ml以上含まれた。

なお, 各泌乳期での総窒素中に占める尿素窒素含量は, 分娩後3～5日の最低値5.5%から分娩後121～240日の最高値11.7%まで増加した。

## (2)地域変化

夏季および冬季試料の分析結果を平均値で表5に示したが, 地域間および季節間に一定の関係を認めなかった。

## 考 察

哺乳動物は生後しばらくの間, 母体から分泌される乳汁のみを栄養源として発育するが, これら哺乳動物の成長速度と乳汁の蛋白質含量の間には密接な関係のあることが示されている。すなわち, 成長の早い哺乳動物では乳汁の蛋白質含量が高

表3 泌乳期別遊離アミノ酸組成および尿素含量

泌乳期(日)	(mg/100ml)								
	3~5	6~10	11~15	16~30	31~60	61~ 120	121~ 240	241~ 482	
Isoleucine	0.38	0.20	0.20	0.19	0.15	0.20	0.13	0.20	
Leucine	0.82	0.43	0.43	0.43	0.41	0.46	0.41	0.43	
Lysine	1.35	0.69	0.52	0.43	0.41	0.42	0.39	0.30	
Methionine	0.28	0.13	0.18	0.12	0.13	0.14	0.17	0.13	
Cystine	0.73	0.74	0.59	0.61	0.68	0.82	0.99	0.74	
Phenylalanine	0.39	0.30	0.30	0.31	0.31	0.32	0.29	0.25	
Tyrosine	0.53	0.31	0.31	0.30	0.29	0.28	0.28	0.24	
Threonine	1.26	1.05	0.95	1.03	1.02	1.29	1.46	1.10	
Tryptophan	0.50	0.37	0.22	0.21	0.25	0.19	0.25	0.09	
Valine	0.89	0.68	0.67	0.66	0.67	0.66	0.64	0.52	
Arginine	0.94	0.52	0.37	0.36	0.28	0.27	0.30	0.26	
Histidine	0.50	0.51	0.46	0.49	0.42	0.42	0.45	0.33	
Alanine	2.06	2.30	2.03	2.13	2.12	2.36	3.07	2.20	
	(2.6)	(3.3)	(3.4)	(4.1)	(4.5)	(5.7)	(7.8)	(5.4) <sup>a</sup>	
Aspartic acid	1.16	0.86	0.66	0.68	0.78	0.94	1.17	1.12	
Glutamic acid	15.92	18.76	17.04	19.68	20.94	24.41	26.79	21.41	
	(5.5)	(6.9)	(7.1)	(9.1)	(10.2)	(13.1)	(15.3)	(12.4) <sup>a</sup>	
Glycine	0.44	0.52	0.62	0.78	0.81	0.99	1.23	1.03	
Proline	1.08	0.41	0.26	0.18	0.26	0.27	0.16	0.27	
Serine	0.97	1.02	1.02	1.15	1.27	1.46	1.81	1.31	
Asparagine	0.43	0.34	0.14	0.09	0.06	0.14	0.28	0.20	
Glutamine	0.31	0.77	1.32	2.46	3.66	6.54	8.27	5.93	
Taurine	5.93	5.97	5.20	4.53	4.22	3.97	3.76	3.63	
Hydroxyproline	0.12	0.11	0.11	0.16	0.13	0.16	0.09	tr	
$\alpha$ -amino-n-butyric acid	0.08	0.11	0.11	0.12	0.11	0.14	0.17	0.12	
$\alpha$ -amino adipic acid	0.08	0.04	tr	tr	tr	tr	0.02	tr	
Ornithine	0.21	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.16	0.11	
Citrulline	0.03	0.03	0.08	0.07	0.17	0.31	0.43	0.30	
1-methylhistidine	tr	0.03	tr	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	
Phosphoserine	1.83	1.45	1.06	0.80	0.77	0.70	0.65	0.46	
Phosphoethanolamine	1.93	1.37	1.37	1.58	1.41	1.12	1.26	1.01	
Ethanolamine	0.37	0.47	0.56	0.48	0.46	0.40	0.38	0.32	
総遊離アミノ酸含量	41.45	40.53	36.81	40.10	42.21	49.45	55.26	43.95	
	(2.2)	(2.4)	(2.5)	(3.1)	(3.6)	(4.7)	(5.6)	(4.5) <sup>a</sup>	
Urea	39.01	36.21	34.81	34.23	34.82	36.51	43.82	35.36	
	[5.5]	[5.6]	[6.2]	[6.8]	[7.7]	[9.2]	[11.7]	[9.4] <sup>b</sup>	
Ammonia	0.60	0.57	0.48	0.50	0.49	0.53	0.55	0.33	
総合計	81.06	77.31	72.10	74.83	77.52	86.49	99.63	79.64	

( )<sup>a</sup>: 各泌乳期に於ける対応する総アミノ酸中に占める遊離アミノ酸含量[ ]<sup>b</sup>: 各泌乳期に於ける総窒素中に占める尿素窒素量

表4 各泌乳期における主要成分

順位	泌乳期 (日)								
	3~5	6~10	11~15	16~30	31~60	61~120	121~240	241~482	
1	Urea	Urea	Urea	Urea	Urea	Urea	Urea	Urea	} a
2	Glu	Glu	Glu	Glu	Glu	Glu	Glu	Glu	
3	Tau	Tau	Tau	Tau	Tau	Glun	Glun	Glun	
4	Ala	Ala	Ala	Ala	Ala	Ala	Ala	Ala	} b
5	Pea	Pser	Pea	Pea	Pea	Pea	Pea	Pea	
6	Pser	Pea	Glun	Pea	Pea	Ser	Ser	Ser	} c
7	Lys	Thr	Pser	Ser	Ser	Thr	Thr	Asp	
8	Thr	Ser	Ser	Thr	Thr	Pea	Gly	Thr	
9	Asp	Asp	Thr	Pser	Gly	Gly	Pea	Gly	
10	Pro	Cys	Val	Gly	Asp	Asp	Asp	Pea	

タウリン、ホスホエタノールアミンおよびホスホセリンはTau, Pea, Pserと略記した  
 a: 5mg/dℓ以上含まれる成分 b: 2mg/dℓ以上含まれる成分 c: 1mg/dℓ以上含まれる成分

表5 地域別遊離アミノ酸組成および尿素含量

地 域	(mg/100ml)							
	北海道	東 北	関 東 甲信越	中 部 東 海	近 畿	中 国 四 国	九 州 沖 縄	
Isoleucine	0.20	0.18	0.23	0.19	0.18	0.19	0.21	
Leucine	0.44	0.40	0.49	0.42	0.42	0.42	0.46	
Lysine	0.42	0.39	0.61	0.43	0.37	0.42	0.54	
Methionine	0.13	0.12	0.19	0.13	0.13	0.13	0.14	
Cystine	0.71	0.74	0.71	0.77	0.71	0.73	0.72	
Phenylalanine	0.25	0.29	0.33	0.31	0.30	0.31	0.31	
Tyrosine	0.27	0.29	0.38	0.30	0.24	0.24	0.32	
Threonine	1.10	1.01	1.04	1.11	1.06	1.05	1.04	
Tryptophan	0.31	0.25	0.33	0.27	0.24	0.24	0.33	
Valine	0.69	0.62	0.76	0.68	0.65	0.65	0.69	
Arginine	0.33	0.32	0.43	0.28	0.30	0.31	0.37	
Histidine	0.46	0.43	0.47	0.52	0.49	0.51	0.45	
Alanine	2.31	2.23	2.33	2.37	2.32	2.21	2.29	
Aspartic acid	0.76	0.72	0.74	0.79	0.79	0.73	0.78	
Glutamic acid	20.76	20.31	21.27	22.77	22.98	22.22	21.17	
Glycine	0.82	0.84	0.87	0.84	0.82	0.80	0.83	
Proline	0.25	0.13	0.30	0.22	0.23	0.19	0.12	
Serine	1.30	1.24	1.11	1.37	1.37	1.29	1.22	
Asparagine	0.32	0.31	tr	tr	tr	tr	tr	
Glutamine	3.92	4.14	3.36	3.76	4.16	3.46	2.90	
Taurine	4.36	3.92	4.10	4.19	4.41	4.06	3.91	
Hydroxyproline	tr	tr	0.11	tr	0.11	0.16	0.09	
α-amino-n-butyric acid	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.11	
α-amino adipic acid	tr	0.02	tr	tr	tr	tr	tr	
Ornithine	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	
Citrulline	0.19	0.14	0.18	0.18	0.19	0.14	0.19	
1-methylhistidine	tr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
Phosphoserine	0.79	0.76	0.89	0.90	0.75	0.73	0.80	
Phosphoethanolamine	1.52	1.60	1.56	1.58	1.54	1.50	1.52	
Ethanolamine	0.46	0.45	0.47	0.46	0.46	0.44	0.45	
総遊離アミノ酸含量	43.30	42.10	43.51	45.10	45.48	43.39	42.11	
Urea	31.78	35.67	35.20	35.52	36.65	35.27	34.61	
Ammonia	0.46	0.46	0.57	0.49	0.48	0.50	0.54	
総 合 計	75.54	78.23	79.28	81.11	82.61	79.16	77.26	

く、一方、成長の遅いヒトなどの場合では、乳汁の蛋白質含量が低いことが知られている<sup>14)</sup>。このことから母乳は乳仔（児）期の栄養として最適なものと考えられている。

蛋白質は乳児の体を形づくる筋肉、骨格、皮膚、毛髪や生命現象の重要な担い手である酵素、抗体、ホルモンの構成成分であり、成長の極めて盛んな乳児期には、質、量ともに適切な蛋白質の摂取が必要である。

蛋白質の栄養価は、それを構成するアミノ酸の種類および量によって規定されるが、母乳は乳児の必要とする必須アミノ酸を充足する<sup>18)</sup>。

一方、最近のわが国の食生活は外食、加工食品の利用などその変化が著しく、人乳成分にも影響を与えていると考えられる。著者らは、すでに、わが国人乳の粗蛋白質含量が過去30年の間に約14%増加していることを報告した<sup>9)</sup>。

この人乳中粗蛋白質含量の変化は、人乳のアミノ酸組成にも変化を与えていると考えられるが、最近のわが国人乳のアミノ酸組成に関する報告<sup>9)10)</sup>はほとんど見られない。また、全国規模での人乳のアミノ酸組成に関する報告も、斉藤ら<sup>10)</sup>、米久保ら<sup>11)</sup>の報告が見られるのみである。

人乳100ml当たりの各アミノ酸含量は、泌乳期が進むに従い粗蛋白質含量と同様に減少することが知られている<sup>10)11)19)</sup>。著者らの結果でも同様の動態を示した。

しかしながら、著者らの結果では改定日本食品アミノ酸組成表の人乳値<sup>9)</sup>に比べ、イソロイシン、ロイシン、トリプトファン、バリン、プロリン含量が高値を示したが、逆に、米久保らの報告<sup>11)</sup>に比べ各泌乳期ともに低値を示した。

また、分娩後3～5日の初乳および分娩後241～482日の成乳では、著者らの結果は米久保らの報告に比べ各アミノ酸ともに低値を示した。この違いは検体を得た母親の食事、年齢、分娩後日数、試料の採取量などによる<sup>10)</sup>とも考えられるが定かではない。

人乳窒素1g当たりのアミノ酸含量の経時変化は、100ml当たりの経時変化に比べ著しく小さく、さらに、その動態はアミノ酸の種類により異なる

ことが知られている<sup>10)19)</sup>。

Harzerら<sup>19)</sup>は、泌乳2日から36日までの人乳アミノ酸組成を分析し、グルタミン酸、プロリン、イソロイシン、ロイシン、ヒスチジン、リジンは泌乳期が進むに従い増加し、逆に、スレオニン、セリン、グリシン、アラニン、シスチン、バリン、アルギニンは減少すると報告している。また、アスパラギン、メチオニン、チロシン、フェニルアラニン、トリプトファンはほぼ一定値を示すと報告している。

著者らの結果でも、メチオニン、シスチンを除きHarzerらと同じ経時変化を示した。

しかし、Harzerらは、泌乳36日以降の経時変化については報告していない。著者らの結果では、分娩後31～60日まで泌乳期が進むに従い増加するアミノ酸はその後は一定値を維持するかわずかに減少し、分娩後31～60日まで減少するアミノ酸はその後は一定値を維持するかわずかに増加した。しかし、その変動は分娩後31～60日までの変化に比べて少ないものであった。

このように、窒素1g当たりのアミノ酸含量の経時変化がアミノ酸の種類による異なる理由として、Harzerら<sup>19)</sup>は人乳蛋白質を構成する各種蛋白質成分の泌乳期変化が異なるためと報告している。すなわち、人乳蛋白質を構成するカゼインおよび乳清蛋白である分泌型IgA、 $\alpha$ -ラクトアルブミン、ラクトフェリンなどの含量は各泌乳期で各々異なっており、さらに、これら蛋白質を構成するアミノ酸組成も各々異なっているためである。

FAO/WHO/UNU 合同特別専門委員会、欧州共同体委員会は、乳児の必須アミノ酸必要量および乳幼児用食品の蛋白質評価の基準として、ヒト成乳の必須アミノ酸組成を用いている<sup>18)20)</sup>が、著者らの結果は、これらとほぼ同じ値を示した。さらに、改定日本食品アミノ酸組成表の人乳値<sup>9)</sup>および斉藤らの値<sup>10)</sup>ともほぼ同値を示した。

一方で、人乳窒素1g当たりの必須アミノ酸含量は成乳においても変化するが、成乳期間内での変化は少なく、日本人乳児の必須アミノ酸パターンもFAO/WHO/UNU 合同特別専門委員会値が適用できると考えられた。



人乳の窒素成分には蛋白質のほか非蛋白態窒素成分が窒素として20~30%含まれる<sup>13)</sup>。

人乳中遊離アミノ酸の意義について、西川ら<sup>16)</sup>は総アミノ酸に比べ量的に少ないことから、栄養源としての寄与は少ないとしている。一方、Pambiancoら<sup>21)</sup>、米久保ら<sup>11)</sup>は、新生児は消化機能が未熟であり有益と推察している。また、Harzerら<sup>15)</sup>は、タウリン、グルタミン酸、ホスホエタノールアミン、尿素などの意義として、胆汁酸抱合および亜鉛吸収への寄与、小腸へのエネルギーおよび窒素の供給、ビフィズス菌叢への寄与、成長調節画分の構成成分としての作用などを推察している。

人乳に含まれる尿素は窒素として約11~20mg/100mlと報告されている<sup>13)22)23)</sup>が、著者らの結果でも34.23~43.82mg/100ml(窒素として15.96~20.43mg/100ml)と、ほぼ同値を示した。

また、人乳中尿素窒素は総窒素に対し7~10%を占めると報告されている<sup>24)</sup>が、この人乳中の尿素が乳児によって利用されることは、Heinら<sup>25)</sup>およびDonovanら<sup>26)</sup>により示されている。著者らの結果でも分娩後3~5日で最低値5.5%、分娩後121~240日で最高値11.7%を示し、窒素源としての意義は無視できないと考えられる。

人乳遊離アミノ酸含量の泌乳期による動態には、増加、減少あるいは変化の少ないものが存在すると報告されているが、各動態を示すアミノ酸の種類は報告により必ずしも一致していない<sup>11)17)</sup>。

著者らの結果では、このほかに分娩後16~30日頃まで減少し、その後増加するという動態を示すスレオニン、アスパラギン酸および尿素が存在した。

また、タウリンの経時変化は特異的であり、ほぼ一定値を維持するとの報告<sup>15)</sup>と泌乳開始後4~5日頃まで増加し、その後減少するとの報告<sup>11)17)27)</sup>がある。著者らの結果では、分娩後6~10日まで、ほぼ一定値を維持した後減少した。その含量は西川ら<sup>17)</sup>、Zaima<sup>27)</sup>の報告に近い値を示した。

人乳に最も多い遊離アミノ酸は、各泌乳期とも

グルタミン酸であることが報告されている<sup>11)17)28)29)</sup>。しかしながら、この他の主要な遊離アミノ酸と泌乳期との間には一定の関係が認められていない<sup>17)</sup>。グルタミン酸以外の主要な遊離アミノ酸として、西川ら<sup>17)</sup>は、分娩後2~4日の初乳でタウリン、プロリン、アラニンを、分娩後6~10日の移行乳でタウリン、アラニン、ホスホエタノールアミンを、分娩後24~35日の成乳でタウリン、グルタミン、アラニンを報告している。さらに、泌乳97~117日の人乳を用いた検討ではセリン、アラニン、スレオニンが主要遊離アミノ酸であったと報告している<sup>16)</sup>。一方、米久保ら<sup>11)</sup>は泌乳21日から3カ月未満の人乳では、タウリン、アラニンが多く含まれると報告している。

著者らの結果では、主要な遊離アミノ酸と泌乳期との間に一定の関係をみとめ、タウリン、アラニン、ホスホエタノールアミンは泌乳期が進むに従い順位が下がり、逆に、グルタミン、セリンは主要成分となった。

人乳に含まれる遊離アミノ酸は窒素として3~6mg/100mlしか含まれず総アミノ酸含量に比べわずかで、また、泌乳期に伴う変化は少ないと報告されている<sup>13)19)29)</sup>。西川ら<sup>16)</sup>は泌乳97~117日の人乳では平均30.8mg/100ml含まれ、総アミノ酸に対し約3.3%含まれることを、Svanbergら<sup>30)</sup>は分娩後2~5カ月の人乳で約5%含まれることを報告している。一方、Pambiancoら<sup>21)</sup>は4週時の成乳中遊離アミノ酸は1週時の初乳に比べ倍量に増加することを報告している。

著者らの結果は、西川ら、Svanbergらの報告に近く、遊離アミノ酸含量は全泌乳期を通じ36.81~55.26mg/100ml(窒素として1.28~2.49mg/100ml)の範囲で、ほぼ一定した値を示し、また、総アミノ酸に対する割合は分娩後3~5日の2.2%から分娩後121~240日の5.6%まで約2.5倍に増加した。

このように、遊離アミノ酸含量が各泌乳期を通じほぼ一定値を示す意義として、Clarkら<sup>23)</sup>は人乳の浸透圧を一定に維持するためと推察しているが、これら遊離アミノ酸の栄養生理学的意義については、いまだ不明な点が多く今後さらに検討す

べき課題と考える。

## 結 論

母乳は乳児にとって理想的な栄養源であるが、母乳のアミノ酸組成も乳児にとり最適なものである。

一方、わが国の最近の乳児用調製粉乳は人乳組成を目標として、著しく改良されてきているが、わが国人乳のアミノ酸組成に関する報告は少ない。さらには、最近のわが国人乳組成は変化していると考えられることから、最近の人乳アミノ酸組成を求めるため検討した。検討に際しては人乳成分が泌乳期のほか、母親や乳児の諸属性により変化することから、この点を特に考慮し行った。

窒素1g当たりの総アミノ酸組成は、FAO/WHO/UNU 合同特別専門委員会および欧州共同体委員会の値とほぼ同値を示し、これらは日本人乳児の必須アミノ酸パターンとしても適用できると考えられた。

また、尿素窒素は総窒素に対し5.5~11.7%を占め、窒素源としての意義は無視できないと考えられた。さらに、遊離アミノ酸には消化機能の未熟な新生児での栄養学的意義、人乳浸透圧維持作用などが推測されているが、その意義は明らかとは言えず、今後さらに検討すべき課題と考える。

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3年5月、第45回日本栄養・食糧学会総会にて発表した。

## 文 献

- 国民栄養の現状(昭和51年国民栄養調査成績), 厚生省公衆衛生局栄養課編, 第一出版, 東京, p. 31~43, 1979.
- 平成2年版国民栄養の現状(昭和63年国民栄養調査成績), 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修, 第一出版, 東京, p. 33~57, 1990.
- 斎藤健輔: 乳の組成, 乳児栄養学, 高井俊夫編, 朝倉書店, 東京, p. 21~24, 1968.
- Gontzea, J.: 栄養不足の泌乳能に及ぼす作用, 妊婦・授乳婦の栄養と母児の健康, 澤崎千秋, 柳澤洋二訳, 第一出版, 東京, p. 83~94, 1974.
- 今村栄一: 母親の栄養, 育児栄養学—乳児栄養の実際一, 日本小児医事出版社, 東京, p. 227~228, 1990.
- 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) 一般成分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: 145~158, 1991.
- 井戸田 正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 松岡康弘, 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, 日本小児栄養消化器病学会雑誌, 5: 159~173, 1991.
- 守田哲郎, 小林嘉一郎, 河野幸治, 荻原温久: 低出生体重児を産んだ母親からの母乳のタンパク質およびアミノ酸組成, 必須アミノ酸研究, 117: 46~48, 1988.
- 改定日本食品アミノ酸組成表, 科学技術庁資源調査会・資源調査所編, 大蔵省印刷局, 東京, p. 48~49, p. 96~97, p. 142~143, 1986.
- 斎藤健輔, 古市栄一, 近藤 敏, 川西悟生, 西川 勲, 中里溥志, 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, 畜印乳業技術研究所報告, 69: 75~84, 1965.
- 米久保明得, 小野田敏明, 文倉美幸, 不動田和子, 山本良郎: 日本人の乳組成アミノ酸組成および遊離アミノ酸組成, 日本栄養・食糧学会誌, 42: 194~197, 1989.
- Renner, E.: Milk protein, Milk and dairy products in human nutrition, W-GmbH, Volkswirtschaftlicher Verlag, München, p. 99~101, 1983.
- 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. 125~173, 1989.
- 若生 宏, 畠山富而: 母乳の組成と栄養学的再検討, 小児栄養のすべて, 小児科MOOK No 3, 馬場一雄, 小林 登, 若生 宏編, 金原出版, 東京, p. 98~115, 1978.
- Harzer, G., Franzke, V., Bindels, J. G.: Human milk nonprotein nitrogen components: changing patterns of free amino acids and urea in the course of early lactation, Am J Clin Nutr, 40: 303~309, 1984.
- 西川 勲, 村田信子, 出家栄記, 川西悟生, 古市栄一: 人乳と牛乳の窒素分布および非たん白態窒素化合物について, 栄養と食糧, 29: 77~83, 1976.
- 西川 勲, 吉田晴彦, 阿彦健吉, 上田敦生: 人乳と牛乳の遊離アミノ酸含量ならびに育児用粉乳へのタウリン補足が乳児の血清タウリン値に及ぼす影響, 日本栄養・食糧学会誌, 37: 301~309, 1984.
- 井上五郎訳: アミノ酸の評点パターン, エネルギー・蛋白質の必要量, 必須アミノ酸研究委員会編, 医歯薬出版, 東京, p. 100~105, 1989.
- Harzer, G., Haug, M., Bindels, J. G.: Biochemistry of human milk in early lactation, Z Ernährungswiss, 25: 77~90, 1986.
- Commission of the European Communities:

- Modified proposal for a Council Directive on the approximation of the laws of the Member States relating to infant formulae and follow-up milks, Official Journal of the European Communities No C 285/18, 1986.
- 21) Pamblanco, M., Portolés, M., Paredes, C., Ten, A., Comin, J. : Free amino acids in preterm and term milk from mothers delivering appropriate- or small-for-gestational-age infants, *Am J Clin Nutr*, 50 : 778~781, 1989.
  - 22) Ross, S. A., Clark, R. M. : Nitrogen distribution in human milk from 2 to 16 weeks postpartum, *J Dairy Sci*, 68 : 3199~3201, 1985.
  - 23) Clark, R. M., Ross, S. A., Hill, D. W., Ferris, A. M. : Within-day variation of taurine and other nitrogen substances in human milk, *J Dairy Sci*, 70 : 776~780, 1987.
  - 24) Soupart, P., Moore, S., Bigwood, E. J. : Amino acid composition of human milk, *J Biol Chem*, 206 : 699~704, 1954.
  - 25) Heine, W., Tiess, M., Wutzke, K. D. : <sup>15</sup>N tracer investigations of the physiological availability of dietary urea nitrogen in mother's milk, *Acta Paediatr Scand*, 75 : 439~443, 1986.
  - 26) Donovan, S. M., Lönnerdal, B., Atkinson, S. A. : Bioavailability of urea nitrogen for the low birthweight infant, *Acta Paediatr Scand*, 79 : 899~905, 1990.
  - 27) Zaima, K. : Taurine concentration in the perinatal period, *Acta Paediatr Jpn*, 26 : 169~177, 1984.
  - 28) Rassin, D. K., Sturman, J. A., Gaull, G. E. : Taurine and other free amino acids in milk of man and other mammals, *Early Hum Dev*, 2/1 : 1~13, 1978.
  - 29) Lemons, J. A., Reyman, D., Moye, L. : Amino acid composition of preterm and term breast milk during early lactation, *Early Hum Dev*, 8 : 323~329, 1983.
  - 30) Svanberg, U., Gebre-Medhin, M., Ljungqvist, B., Olsson, M. : Breast milk composition in Ethiopian and Swedish mothers III. Amino acids and other nitrogenous substances, *Am J Clin Nutr*, 30 : 499~507, 1977.

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

— Part III. Composition of amino acids and related nitrogenous compounds —

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

Tadashi IDOTA, Toshio SAKURAI, Makihiro SUGAWARA, Yumiko ISHIYAMA, Yuzi MURAKAMI,  
Tadao MAEDA\*, Masayuki YANO\*, Kosou SHIMODA\*, Yoshiteru ASAI\*

The latest survey for the contents of total amino acids, free amino acids and other nitrogenous compounds in human milk from Japanese mothers was performed. Milk samples at various stages of lactation (3-482 days postpartum) were collected from various districts of the nation during summer and winter in the year of 1989. The lactational, seasonal and regional influences on the contents were studied, analyzing composite samples which were resulted from the blockrandomization of 2279 individual specimen.

The changing patterns during lactational stage in total amino acid contents were similar to the pattern of total nitrogen content, whereas the ratio of each amino acid content to total nitrogen content differed in each amino acid. The content of urea ranges from 34.82 to 43.82mg/dℓ throughout the whole lactation period, and urea nitrogen occupied 5.5~11.7% of total nitrogen. The changing patterns during lactational stage in free amino acid contents also differed in each amino acid. However glutamic acid was always dominant throughout whole lactational period, followed by taurine until 60 days postpartum, then by glutamine afterwards. The content of total free amino acids did not change greatly, ranging 36.81 to 55.26mg/dℓ. Proportion of total free amino acids to total amino acids increased according to the progress of lactational period.