

最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第十報)

——水溶性ビタミン含量について——

*1雪印乳業株式会社 栄養科学研究所

*2雪印乳業株式会社 品質保証部分析センター

井戸田 正*1・菅原 牧裕*1・矢賀部隆史*1

佐藤 則文*1・前田 忠男*2

Key Words : 人乳, ビタミンB₁, ビタミンB₂, ナイアシン, パントテン酸, 葉酸, ビタミンB₁₂, ビタミンC, コリン

要 旨

最近の日本人乳中の水溶性ビタミン含量の分析を行った。全国46地区の授乳婦2,434名より集めた人乳2,727検体のうち、母子の健康、乳児の発育などの基準に合致した2,279検体を対象として、ビタミンB₁, B₂, ナイアシン, パントテン酸, 葉酸, ビタミンB₁₂, ビタミンCおよびコリン含量の泌乳期, 地域による変化を夏季, 冬季に分けて検討した。人乳中の水溶性ビタミン含量の泌乳期変化は、①初乳または移行乳から成乳となるに従い減少するビタミンB₂, パントテン酸, ビタミンB₁₂およびビタミンC, ②初乳から移行乳, 成乳へと増加した後安定するビタミンB₁およびコリン, ③初乳から移行乳, 成乳へと増加した後, 逆に減少するナイアシンおよび葉酸の3種類に大きく分けることができた。また, 最近のわが国の人乳中のビタミン含量は, ナイアシンを除き, 過去の報告に比べて増加しており, 食生活の変化に伴うビタミン摂取量の増加が影響したものと考えられた。

はじめに

乳児にとって最適の栄養組成物である母乳を科学的に分析して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(育児用粉乳)を開発するうえでも基本となる。

ビタミン類においても、乳児期の必要量は人乳中に含まれるビタミン含量と標準的な哺乳量を基礎として設定されている^{1)~3)}。また、育児用粉乳中のビタミン含量の基準を設定する場合にも、基礎

値の一つとして用いられている。

人乳中のビタミン含量に関する研究は、諸外国においては、現在においても数多く行われている⁴⁾⁵⁾が、わが国では最近その報告は少ない⁶⁾⁷⁾。わが国での人乳中のビタミン含量に関する全国的な規模での研究は、ビタミンK⁷⁾を除き、1960年代に行われた斎藤らの報告⁸⁾⁹⁾をみるのみであり、未だに、四訂日本食品標準成分表の基礎値として利用されている¹⁰⁾。しかし、斎藤らが報告しているビタミンは脂溶性ビタミンであるビタミンAおよびカロチノイドのほか、水溶性ビタミンであるビタミンB₁, B₂およびビタミンCに過ぎない⁸⁾⁹⁾。

一方、人乳中のビタミン含量は、母親の食事内容によって影響される成分と影響されない成分が

別刷請求先：〒350-11 川越市南台1-1-2
雪印乳業株式会社栄養科学研究所
井戸田正

あるとされているが、その意見は必ずしも一致していない^{11)~13)}。そのうえ、斎藤らが研究を行った1960年代以降のわが国の食生活は著しく変化しており¹⁴⁾¹⁵⁾、ビタミンの摂取量も大きく増加している¹⁶⁾¹⁷⁾。

そのため、わが国の最近の人乳中のビタミン含量は変化していると考えられるが、すでに、我々は前報¹⁸⁾で脂溶性ビタミンであるビタミンA、 β -カロチンおよびビタミンEの人乳中の含量について明らかにしている。今回、我々は種々の水溶性ビタミン含量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

対象：前報¹⁹⁾に示すように、北海道から沖縄に至る全国46地区に在住する年齢17~41歳の授乳婦2,434名から2,727検体の人乳を得た。このうち、①母親は健康で過度の偏食、ビタミン剤の服用がない、②正常分娩である、③母乳哺育である、④乳児の体重が出生から搾乳時まで乳幼児身体発育値の3~97パーセント内にある、⑤搾乳時刻は午前10時から午後6時とする、⑦哺乳開始約2分後からの中間乳である（分娩後3~5日の検体は全量を採取した）という基準をすべて満たした2,279検体を対象とした。

試料：検体は前報¹⁹⁾に示すように、1989年1月~3月と7月~9月の2期に分けて採取し、前者を冬季乳、後者を夏季乳とした。

泌乳期別混合試料は、泌乳期がほぼ等比間隔となるように分娩後日数によって3~5日、6~10日、11~15日、16~30日、31~60日、61~120日、121~240日、241~482日の8期に分け冬季乳、夏季乳ごとに等量混合し調製した。

地域別混合試料は、分娩後16~90日の検体を厚生省国民栄養調査の地域ブロック別分類を基本として設定した7地域ごとに、冬季乳、夏季乳別に等量混合し調製した。

分析方法

(1)ビタミンB₁：試料10mlに1N硫酸1.5mlを加えて、沸騰水浴中で30分間加熱後冷却し、4M酢

酸ナトリウム溶液でpH4.5に調整し、5%タカジアスターゼ溶液を1.25ml添加後、39±1°Cで一夜放置した。次に、沸騰水浴中で15分間加熱後冷却し、メタノール5mlを加え、蒸留水で25mlとした後、ろ過(0.45 μ m)し試料溶液とした²⁰⁾²¹⁾。HPLC条件は、カラム：CAPCELL PAC C₁₈ SG300(4.6×250mm)、カラム温度：43°C、注入量：20 μ l、移動相：5mM 1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムを含む50mM リン酸-カリウム溶液/メタノール(80:20)、流速：1.0ml/min、反応液：0.1%フェリシアン化カリウム溶液/5%水酸化ナトリウム溶液(1:1)、0.7ml/min、反応温度：43°C、検出波長：Ex 375nm, Em 450nmとした。

(2)ビタミンB₂：試料溶液はビタミンB₁と同様に調製した。HPLC条件は、カラム：Cosmosil 5 C₁₈(4.6×150mm)、カラム温度：40°C、注入量：20 μ l、移動相：10mM リン酸-ナトリウム溶液(pH5.5)/メタノール(7:3)、流量：0.8ml/min、検出波長：Ex 445nm, Em 530nmとした。

(3)ニコチン酸アミド：試料5mlに1N塩酸0.2mlを加え100°C、10分間加熱した。冷却しエタノール40mlを加えて10分間振り混ぜた後遠心分離した。上清を分取後、沈澱物はエタノール40mlを加え振り混ぜた後、遠心分離し上清を合わせた。減圧下で濃縮してエタノールを蒸発させた後蒸留水で5mlとした。SEP-PAK ALUMINA N CARTRIDGEでクレンジアップ後、ろ過(0.2 μ m)し試料溶液とした。HPLC条件は、カラム：Shodex RSpak DE613(6.0×150mm)、カラム温度：50°C、注入量：50 μ l、移動相：1mM リン酸、流量：1.0ml/min、検出波長：261nmとした。

(4)パントテン酸：試料5mlに蒸留水45mlを加えて121°C、15分間加熱した。冷却後ジアスターゼ0.1g、パバイン0.1g、2.5M酢酸ナトリウム溶液2mlを加えて混和後1N塩酸でpH4.5に調整しトルエンを2~3滴加えて37°C、18時間保持した。これを100°C、10分間加熱後冷却し10%メタリン酸溶液0.3mlを加えて1N水酸化ナトリウムでpH6.8に調整し蒸留水で100mlとした後、ろ過(東洋ろ紙No5C)した。この溶液15mlを蒸留水で100mlに調製し試料溶液とした。定量は *Lactobacillus*

Table 1. Concentrations of water-soluble vitamins in human milk at various days after delivery.

Vitamins	Sample	Days after delivery							
		3-5	6-10	11-15	16-30	31-60	61-120	121-240	241-482
Vitamin B ₁ (μg/100ml)	Summer milk* ¹	3	5	9	13	14	14	14	15
	Winter milk* ²	3	5	9	12	14	13	13	13
Vitamin B ₂ (μg/100ml)	Summer milk	40	43	43	41	41	40	38	37
	Winter milk	39	40	40	36	38	36	36	32
Niacin (mg/100ml)	Summer milk	0.06	0.12	0.25	0.24	0.22	0.18	0.20	0.17
	Winter milk	0.07	0.12	0.23	0.28	0.24	0.20	0.16	0.17
Pantothenic acid (mg/100ml)	Summer milk	0.36	0.35	0.34	0.35	0.29	0.28	0.27	0.25
	Winter milk	0.40	0.35	0.34	0.33	0.28	0.25	0.21	0.25
Folic acid (μg/100ml)	Summer milk	3.0	4.5	5.5	6.4	6.3	5.5	5.2	4.4
	Winter milk	3.4	3.7	5.3	4.4	4.5	4.7	3.8	3.5
Vitamin B ₁₂ (μg/100ml)	Summer milk	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Winter milk	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
Vitamin C (mg/100ml)	Summer milk	6.4	5.7	6.3	6.5	5.9	5.5	5.0	4.8
	Winter milk	8.0	6.8	8.6	7.6	7.4	6.3	6.3	5.8
Choline (mg/100ml)	Summer milk	5.0	6.5	6.7	6.9	6.6	6.1	6.1	6.4
	Winter milk	5.8	6.9	7.2	7.2	6.7	6.6	7.3	7.3

*¹ Human milk was collected in summer.*² Human milk was collected in winter.

plantarum ATCC 8014を用いた微生物学的試験(比濁法)^{20,21)}によった。

(5)葉酸：試料30mlを弱酸性陰イオン交換樹脂(DAIAION WA10)に通液し葉酸を吸着した後水洗し、1N水酸化ナトリウム溶液30mlおよび0.5M酢酸ナトリウム溶液30mlを用いて溶出した。溶出液を2N塩酸を用いてpH 8.0に調整した後蒸留水を加えて100mlとし、その8mlに2.5M酢酸ナトリウム溶液0.08mlおよび4%過マンガン酸カリウム溶液0.2mlを加え、沸騰水浴中で10分間静置した。冷却後過剰の過マンガン酸カリウムを3%過酸化水素液で分解し蒸留水を加えて10mlとした後、ろ過(0.45μm)し試料溶液とした。HPLC条件は、カラム：CAPCELL PAK C₁₈ AG120 (4.6×250mm)、カラム温度：45°C、移動相：50mMリン酸二水素カリウム、流量：0.9ml/

min、検出波長：Ex 350nm, Em 450nmとした。

(6)ビタミンB₁₂：試料10mlに蒸留水10mlを加えて混和し0.05%シアン化カリウム溶液0.02mlおよび酢酸緩衝液5mlを加えて100°C、30分間加熱した。冷却後、10%メタリン酸溶液0.3mlを加えて混和後10%水酸化ナトリウム溶液でpH 7.0に調整後蒸留水で100mlとして、ろ過(東洋ろ紙No.5C)し試料溶液とした。定量は *Lactobacillus leichmannii* ATCC 7830を用いた微生物学的試験(比濁法)²¹⁾によった。

(7)総ビタミンC：試料2mlに5%メタリン酸溶液8mlを加えて激しく振り混ぜた後、遠心分離し上清をろ過(0.45μm)した。ろ液5mlに0.2%インドフェノール溶液を加えて酸化した後、5%チオ尿素5mlを加え、さらに、2%2,4-ジニトロフェニルヒドラジン溶液1mlを加えて混和し、

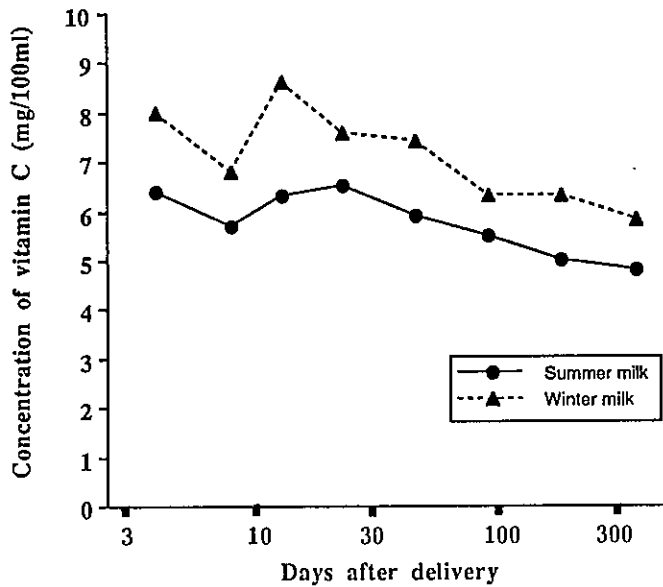


Fig. 1. Changes in vitamin C concentration in human milk after delivery.

50°C, 90分間静置した。冷却し, 酢酸エチル10mlを加えて混和した後, 遠心分離し上清を試料溶液とした²⁰⁾。HPLC条件は, カラム: NUCLEOSIL 100-3(6.0×150mm), 注入量: 20 μ l, 移動相: n-ヘキサン/酢酸エチル/n-プロパノール/酢酸(40:30:2:1), 流量: 1.3ml/min, 検出波長: 495nmとした。

(8)コリン²²⁾: 試料6mlに塩酸6mlを加え, 100°C, 45分間加熱した。冷却後蒸留水50mlを加え6N水酸化ナトリウム溶液でpH7.0に調整し, 0.8%カタラーゼ溶液0.8mlを加え10分間静置した。活性炭で脱色後, ろ過(東洋ろ紙No.5B)し, 4M酢酸ナトリウム溶液5mlを加えた後, 蒸留水で100mlに調製し試料溶液とした。試料溶液2.5mlに, 別途調製した発色剤(リン脂質C-テストワコー)2.5mlを加え, 37°C, 5分間保持後, 冷却し吸光度(波長600nm)を測定した。

結 果

1. 人乳中の水溶性ビタミン含量の泌乳期変化
夏季および冬季試料の分析結果をTable 1.に示した。

人乳中の水溶性ビタミン含量の泌乳期変化はそ

の種類によって異なるが, 次の3種類に分けることができた。①初乳または移行乳から成乳になるに従い減少するビタミンB₂, パントテン酸, ビタミンB₁₂およびビタミンC (Fig. 1), ②初乳から移行乳, 成乳へと増加した後安定化するビタミンB₁およびコリン(Fig. 2), ③初乳から移行乳, 成乳へと増加し, その後減少するナイアシンおよび葉酸 (Fig. 3)。

第一の泌乳期パターンである初乳または移行乳から成乳になるに従い減少するビタミン群のうち, ビタミンB₂含量は, 分娩後6~15日の移行乳の42 μ g/100mlから分娩後241~482日の35 μ g/100mlまで減少した。パントテン酸含量は, 分娩後3~5日の初乳の0.38mg/100mlから分娩後241~482日の0.25mg/100mlまで減少した。ビタミンB₁₂含量は, 分娩後3~10日の初乳および移行乳の0.04 μ g/100mlから分娩後31~60日の0.02 μ g/100mlまで減少した。ビタミンC含量は, 分娩後11~15日の移行乳の7.5mg/100mlから分娩後241~482日の5.3mg/100mlまで減少した。

第二の泌乳期パターンである初乳から移行乳, 成乳へと増加した後安定化するビタミン群のうち, ビタミンB₁含量は, 分娩後3~5日の初乳の

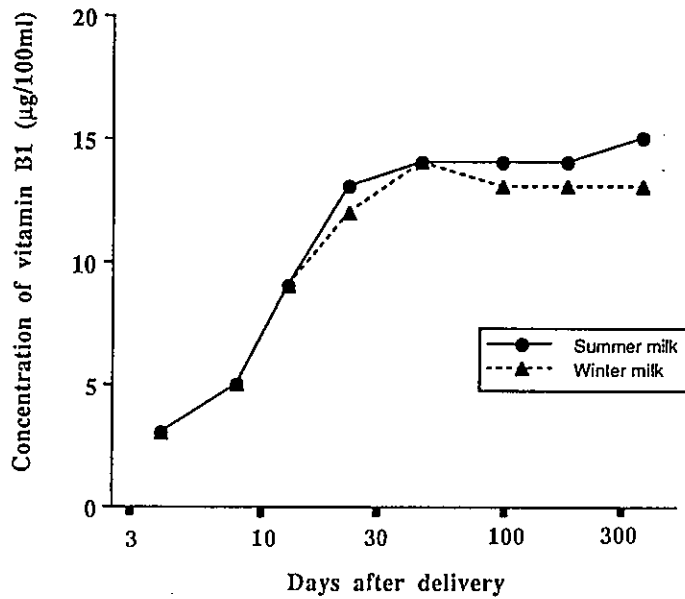


Fig. 2. Changes in vitamin B1 concentration in human milk after delivery.

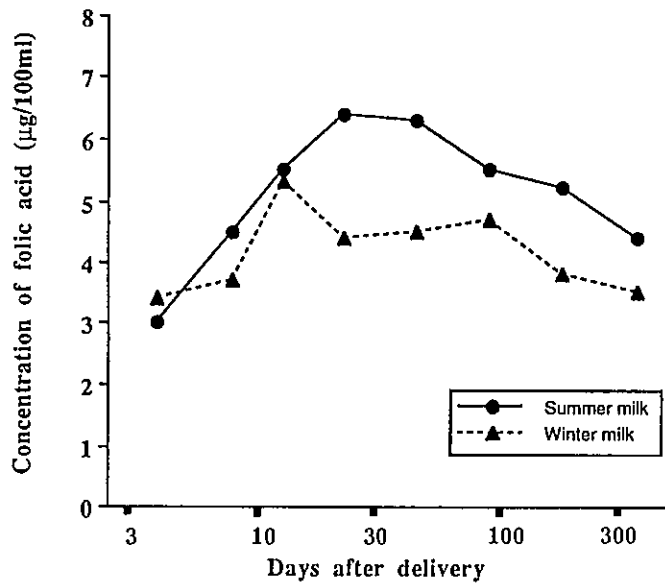


Fig. 3. Changes in folic acid concentration in human milk after delivery.

3 µg/100mlから分娩後31~60日の14µg/100mlまで増加した後、ほぼ一定値を維持した。また、コリン含量は、分娩後3~5日の初乳の5.4mg/100mlから分娩後16~30日の7.1mg/100mlまで増加した後、ほぼ一定値を維持した。

第三の泌乳期パターンである初乳から移行乳、成乳へと増加し、その後減少するビタミン群のうち、ナイアシン含量は、分娩後3~5日の初乳の0.07mg/100mlから分娩後16~30日の0.26mg/100mlへと増加後、分娩後241~482日の0.17mg/100mlま

Table 2. Concentrations of water-soluble vitamins in human milk at various areas in Japan.

Vitamins	Sample	Hokkaido	Tohoku	Kanto/ Koshin'etu	Chybu/ Tokai	Kinki	Chyugoku/ Shikoku	Kyushyu/ Okinawa
Vitamin B ₁ (μg/100ml)	Summer milk* ¹	13	14	14	14	13	14	13
	Winter milk* ²	13	14	13	13	13	13	12
Vitamin B ₂ (μg/100ml)	Summer milk	41	41	37	39	37	38	40
	Winter milk	38	41	33	36	34	32	34
Niacin (mg/100ml)	Summer milk	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.17	0.20
	Winter milk	0.22	0.23	0.23	0.25	0.22	0.23	0.19
Pantothenic acid (mg/100ml)	Summer milk	0.27	0.31	0.32	0.29	0.28	0.28	0.29
	Winter milk	0.34	0.28	0.30	0.27	0.27	0.28	0.28
Folic acid (μg/100ml)	Summer milk	5.9	6.7	6.0	6.2	7.0	5.8	5.8
	Winter milk	3.5	3.7	3.8	3.4	3.6	3.0	3.2
Vitamin B ₁₂ (μg/100ml)	Summer milk	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
	Winter milk	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02
Vitamin C (mg/100ml)	Summer milk	6.5	6.2	6.8	6.2	5.7	6.3	5.9
	Winter milk	7.6	7.8	8.1	8.0	7.5	7.8	8.1
Choline (mg/100ml)	Summer milk	5.7	6.3	5.8	6.5	6.3	6.4	6.3
	Winter milk	7.4	7.2	7.5	7.2	6.9	7.2	7.0

*¹ Human milk was collected in summer.

*² Human milk was collected in winter.

で減少した。葉酸含量は、分娩後3～5日の初乳の3.2μg/100mlから分娩後16～30日の5.4μg/100mlまで増加し、その後、分娩後241～482日の4.0μg/100mlまで減少した。

季節間の差はビタミンB₂および葉酸含量が夏季乳で高い傾向を示し、ビタミンCおよびコリン含量は冬季乳で高値傾向を示した。ビタミンB₁、ナイアシン、パントテン酸およびビタミンB₁₂含量の季節間の差は小さかった。

2. 人乳中の水溶性ビタミン含量の地域変化

夏季および冬季試料の分析結果をTable 2.に示した。

各ビタミン含量ともに、明らかな地域差は認められなかった。また、泌乳期別混合試料より得た分娩後16～30日, 31～60日および61～120日の結果と良く一致した。

季節間の差は泌乳期変化の場合と同様にビタミン

B₂および葉酸含量が夏季乳で高い傾向を示し、ビタミンCおよびコリン含量は冬季乳で高値傾向を示した。

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摂取して発育することから、母乳は乳仔(児)期の発育に必要なビタミンをはじめとするすべての栄養素を含んでいると考えられている。

しかし、人乳中のビタミン含量は、報文、時代によって異なっており⁴⁾⁵⁾¹¹⁾、成書に記載されている人乳中のビタミン含量もかなり異なった値となっている⁵⁾¹⁰⁾²³⁾²⁴⁾。

一方、わが国での人乳中のビタミン含量に関する研究は、分析されているビタミンの種類、人乳試料の泌乳期、地域、季節および検体数などが限

Table 3. Representative values for water-soluble vitamins in mature human milk

Nutrient	Present study (31-60 days)	Saito et al. ^{*1} (30-75 days)		Standard Tables of Food Composition in Japan ^{*2}	Nelson, Textbook of Pediatrics ^{*3}	Nutrition of Normal Infants ^{*4} and Nutrition in Infancy ^{*5}	Textbook of Gastroenterology
		Urban	Rural				
Vitamin B ₁ ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	14	9.4 (9.1)	13.4 (13)	10.3 (10)	16.0	20.0	14.2
Vitamin B ₂ ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	40	39.1 (37.9)	26.8 (26)	31.0 (30)	36.0	50.0	37.3
Niacin ($\text{ng}/100\text{ml}$)	0.23	—	—	0.2 (0.2)	0.147	0.2	0.183
Pantothenic acid ($\text{mg}/100\text{ml}$)	0.29	—	—	—	0.2	0.26	0.246
Folic acid ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	5.4	—	—	—	5.2	5.0	—
Vitamin B ₁₂ ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	0.02	—	—	—	0.03	0.03	—
Vitamin C ($\text{mg}/100\text{ml}$)	6.7	6.8 (6.6)	3.2 (3.1)	5.2 (5)	4.3	6.0	5.2
Choline ($\text{mg}/100\text{ml}$)	6.7	—	—	—	—	10.0	7.7

*1 Values calculated using specific gravity, 1.0324³². Values in parenthesis are adapted from ref. 8, 9, which are per 100g.

*2 Values calculated using specific gravity, 1.0324³². Values in parenthesis are adapted from ref. 10, which are per 100g.

*3 Adapted from ref. 23.

*4 Adapted from ref. 5.

*5 Adapted from ref. 24. Value of choline was calculated using choline-N

られたものであり、広範囲にわたる報告は見当たらない。そのため、現在、わが国で人乳中のビタミン含量の標準値として用いられている四訂日本食品標準成分表にも1960年代に行われた斎藤らの報告が未だに参考にされている¹⁰⁾。

しかし、斎藤らが研究を行った1960年以降のわが国の食生活は、社会経済状態の向上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¹⁴⁾¹⁵⁾。また、食事内容も肉、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。

このような変化は、わが国のビタミン摂取量にも大きな影響を与えている。国民栄養調査によれば、わが国の1人1日当たりの水溶性ビタミンの摂取量は、1960年にはビタミンB₁で1.05mg、ビタミンB₂で0.72mg、ビタミンCで75mgであった¹⁶⁾ものが、1989年にはおのおの1.34mg、1.23mg、138mg¹⁷⁾と1960年に比べて約30~80%も増加しており、米国でのビタミンB₁摂取量1.40mgおよびB₂摂取量1.71mgに近づいている³⁾。

このような背景から、現在のわが国の人乳中の水溶性ビタミン含量は、斎藤ら⁸⁾⁹⁾および四訂日本食品標準成分表の値¹⁰⁾に比べ増加し、欧米での報告値に近づいていると考えられる。そこで、今回の我々の結果を斎藤ら⁸⁾⁹⁾および四訂日本食品標準成分表の値¹⁰⁾、さらには、欧米諸国の成書の代表値⁵⁾²³⁾²⁴⁾と比較検討した (Table 3)。なお、斎藤らは、都市部と農村部の人乳中のビタミン含量には差があると報告している⁸⁾⁹⁾ことから、その時代のわが国の平均的なビタミン含量はこの範囲内にあるものとして考察した。

我々の成乳中のビタミンB₁含量は、14 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ と斎藤らの9.4~13.4 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ および四訂日本食品標準成分表の10.3 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ に比べて高値で、欧米諸国の14.2~20.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ に近い値となっている。同様に、ビタミンB₂含量も、斎藤らの26.8~39.1 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 、四訂日本食品標準成分表の31.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ に比べて、我々の結果は40 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ と高値であり、欧米諸国の36~50.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ に近く、食事の影響が与えられた。

しかし、ビタミンC含量については、今回の結

Table 4. Levels of water-soluble vitamins in human milk, and current recommendations for infant formula

Nutrient	Present study* ¹ (31-60 days)	Japanese Standard* ²	FAO/WHO CODEX* ³ 1981	AAP* ⁴ 1976	ESPGAN* ⁵ 1977	Proprietary infant formulas* ⁶
Vitamin B ₁ ($\mu\text{g}/100\text{kcal}$)	20.6 (4.4-24.0)	≥ 40	≥ 40	≥ 40	≥ 40	58-115
Vitamin B ₂ ($\mu\text{g}/100\text{kcal}$)	58.0 (51.7-63.6)	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	80-172
Niacin (mg/100kcal)	0.34 (0.09-0.41)	≥ 0.25	≥ 0.25	≥ 0.25	≥ 0.25	0.82-1.20
Pantothenic acid (mg/100kcal)	0.42 (0.32-0.63)	—	≥ 0.3	≥ 0.3	≥ 0.3	0.33-0.58
Folic acid ($\mu\text{g}/100\text{kcal}$)	7.9 (4.4-9.3)	—	≥ 4.0	≥ 4.0	≥ 4.0	8.0-20.0
Vitamin B ₁₂ ($\mu\text{g}/100\text{kcal}$)	0.029 (0.029-0.070)	≥ 0.12	≥ 0.15	≥ 0.15	≥ 0.15	0.19-0.40
Vitamin C (mg/100kcal)	9.8 (7.6-12.7)	≥ 8.0	≥ 8.0	≥ 8.0	≥ 8.0	8.8-9.7
Choline (mg/100kcal)	9.8 (7.3-11.8)	—	≥ 7	≥ 7	—	7.8-16.0

*¹ Values in the parenthesis represent the range of contents of vitamin in human milk throughout whole lactational period.

*² Adapted from ref. 26.

*³ Adapted from ref. 27.

*⁴ Adapted from ref. 28.

*⁵ Adapted from ref. 29.

*⁶ Contents of vitamins of proprietary infant formulas in Japan.

果は6.7mg/100mlであり、齊藤らの3.2~6.8mg/100ml、四訂日本食品標準成分表の5.2mg/100mlに比べて高値であるほか、欧米諸国の4.3~6.0mg/100mlに比べてもやや高値を示した。これは、わが国のビタミンC摂取量が1960年には75mg、1989年には138mgであったのに対して、米国でのビタミンCの摂取量は93mg³⁾と、わが国に比べて低値となっていることが一つの理由と考えられた。

また、今回のナイアシン含量の結果は、四訂日本食品標準成分表および欧米諸国の値に近いものであった。これは、わが国に於ける総ナイアシン当量としての摂取量が一人一日当たり約32mgで過去ほとんど変化しておらず²⁵⁾、また、米国での摂取量34mg³⁾とも近いとめと考えられた。

以上のように、今回の結果はナイアシンを除いて、齊藤ら⁸⁾⁹⁾および四訂日本食品標準成分表の人乳値¹⁰⁾に比べて高値であり、最近のわが国の人乳中の水溶性ビタミン含量は、欧米諸国の含量に近づいていると考えられる。そのため、四訂日本食品標準成分表の人乳中のビタミンB₁、B₂およびビタミンC値が、現在のわが国の人乳中のビタミン含量を代表しているかについては検討すべき課題と考える。

育児用粉乳のビタミン含量についての規格・基準には、わが国の「乳児用調製粉乳たる標示の許可基準」²⁶⁾のほかに、FAO/WHO CODEX²⁷⁾、アメリカ小児科学会²⁸⁾、欧州小児消化器病栄養学会²⁹⁾によって設定されたものがあるが、これらの値はほぼ同じになっている (Table 4)。

これらの規格・基準値の設定に当たっても人乳値が基礎値の一つとして用いられているが、我々の測定した人乳中のビタミン含量とこれらの規格・基準値の間には、幾つかの成分で相違がみられた。すなわち、ビタミンB₁含量の規格・基準値(40 $\mu\text{g}/100\text{kcal}$ 以上)は、我々の分娩後31~60日の成乳値約21 $\mu\text{g}/100\text{kcal}$ (全泌乳期で4.4~24.0 $\mu\text{g}/100\text{kcal}$)に比べて約2倍となっている。また、ビタミンB₁₂の規格・基準値(0.12または0.15 $\mu\text{g}/100\text{kcal}$ 以上)も我々の分娩後31~60日の成乳値0.029 $\mu\text{g}/100\text{kcal}$ (全泌乳期で0.029~0.070 $\mu\text{g}/100\text{kcal}$)に比べて約4~5倍となっている。逆に、

葉酸含量の規格・基準値 ($4 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ 以上) は、我々の分娩後31~60日の成乳値 $7.9 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ (全泌乳期で $4.4 \sim 9.3 \mu\text{g}/100\text{kcal}$) に比べて約1/2となっている。

すでに、ビタミン B_{12} 含量の基準値については、FAO/WHO CODEX 委員会において $0.15 \mu\text{g}/100 \text{ kcal}$ から $0.1 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ へ低減することが検討されている³⁰⁾。また、前原³¹⁾は、母乳栄養児と幾つかの葉酸含量の育児用粉乳で哺育した乳児の血清葉酸含量を比較検討し、文献考察を加えた結果、育児用粉乳中の葉酸含量は、 $8 \sim 12 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ が適正と指摘しており、葉酸含量の基準値についても今後検討すべき課題と考えられる。

しかし、現在、わが国で市販されている育児用粉乳のビタミン含量は、これらの規格・基準のほか、今回の人乳値をもほぼ満たすものであった (Table 4)。

結 論

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。

わが国の人乳中のビタミン含量に関する全国調査は、ビタミンKを除き、ここ30年間行われていない。しかし、この間、わが国のビタミン摂取量は著しく増加しており、最近の人乳中のビタミン含量も変化していると考えられる。そのため、最近の人乳中の水溶性ビタミン含量を明らかにするため検討した。

人乳中の水溶性ビタミン含量の泌乳期変化は、①初乳または移行乳から成乳になるに従い減少するビタミン、②初乳から移行乳、成乳へと増加した後安定するビタミン、③初乳から移行乳、成乳へと増加した後、逆に減少するビタミンの3種類に大きく分けることができた。

最近のわが国の人乳中のビタミン含量は、食生活の変化によるビタミン摂取量の増大に伴い増加していると考えられた。

また、育児用粉乳のビタミン B_1 および B_{12} 含量に対する規格・基準値は、人乳中の含量に比べて高く、逆に、葉酸は低値となっており、今後検討

すべき課題と考えられた。しかし、現在、わが国で市販されている育児用粉乳は、今回の人乳値をほぼ満たしていた。

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医師、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) Riedel, B. D., and Greene, H. L.: Vitamins, Neonatal Nutrition and Metabolism (eds. by Hay, W. W.), Mosby-Year Book, St. Louis, p.143-170, 1991.
- 2) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修: 第五次改定日本人の栄養所要量, 第一出版, 東京, p.114-125, 1994.
- 3) Subcommittee on the Tenth Edition of the RDAs, Food and Nutrition Board, Commission on Life Sciences, National Research Council: Recommended Dietary Allowances (10th ed.), National Academy Press, Washington, D. C., p.78-173, 1989.
- 4) Bates C. J., and Prentice A.: Breast milk as a source of vitamins, essential minerals and trace elements. *Pharmac. Ther.*, 62: 193-220, 1994.
- 5) Fomon S. J.: Nutrition of Normal Infants. Mosby-Year Book, St. Louis, p.359-395, p.410, 1993.
- 6) 今村昭一: 母体血および母乳における鉄・葉酸・ビタミン B_{12} について, 日本産科婦人科学会雑誌, 33: 1053-1061, 1981.
- 7) 米久保明得, 一丸 泉, 山本良郎, 土屋文安: 母乳中のビタミンK含量. *医学のあゆみ*, 126: 1037-1038, 1983.
- 8) 斎藤健輔, 古市栄一, 野口洋介, 竹崎暎子, 今村正男: 日本人の人乳に関する研究 (第4報) 人乳のビタミン組成について. *栄養と食糧*, 15: 408-415, 1963.
- 9) 斎藤健輔, 野口洋介, 野口絢子: 農村部人乳の要因 (妊娠授乳期用粉乳, 経過日数, 採取乳量) 別にみた人乳成分について. *栄養と食糧*, 20: 148-149, 1967.
- 10) 科学技術庁資源調査会編: 四訂日本食品標準成分表, 大蔵省印刷局, p.188-189, p.598-599, 1982.
- 11) 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.58-72, 1968.
- 12) 清澤 功: 食事成分が母乳に及ぼす影響. *小児医学*, 22: 807-819, 1989.
- 13) Anderson G. H.: Human milk feeding, *Ped. Clin. North Am.*, 32: 335-353, 1985.
- 14) 雨宮和彦: 食生活の変遷と加工食品, 家政学シリーズ11 食生活と加工食品, 日本家政学会編, 朝倉書店, 東京, p.191-207, 1989.
- 15) 山崎文雄: 公衆栄養, 家政学シリーズ9 食生活と栄養, 日本家政学会編, 朝倉書店, 東京, p.90-108, 1993.
- 16) 厚生省公衆衛生局栄養課編: 昭和57年版国民栄養の現状, 第一出版, 東京, p.31, 1982.
- 17) 厚生省保健医療局健康増進栄養課編: 平成5年版国民

- 栄養の現状, 第一出版, 東京, p.29, 1993.
- 18) 矢賀部隆史, 村上雄二, 井戸田 正, 前田忠男, 中島一郎: 最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第七報) ビタミンA, β -カロチンおよびビタミンE含量について. 日本小児栄養消化器病学会雑誌, 9: 8-15, 1995.
- 19) 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.
- 20) 日本薬学会編: 衛生試験法・注解1990, 金原出版, 東京, p.344-383, 1990.
- 21) 衛栄第44号, 乳児用調製粉乳の標示許可の取扱について. 昭和57年5月13日
- 22) 前田忠男, 岡野千恵, 三宅 徹, 澤 潤一: 酵素法による乳及び乳製品中のコリンの定量. 食品衛生学雑誌, 34: 32-37, 1993.
- 23) Behrman R. E., and Vaughan V. C.: Nelson Textbook of Pediatrics (12th Ed.), W. B. Saunders, Philadelphia, p.155, 1983.
- 24) George D. E., and DeFrancesca B. A.: Human milk in comparison to cow milk, Textbook of Gastroenterology and Nutrition in Infancy (2nd ed.), (eds. by Lebenthal E.), Raven Press, New York, p. 239-261, 1989.
- 25) 若村明子, 上岡 薫, 鈴江緑衣郎, 平林文字: 最近の国民栄養調査資料をもとに算出したナイアシンの摂取量並びにそれに及ぼす生活環境要因とその年次推移. ビタミン, 67: 23-29, 1993.
- 26) 衛発第781号, 特別用途食品の標示許可について. 昭和48年12月26日
- 27) Joint FAO/WHO Food Standards Programme CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION: CODEX ALIMENTARIUS, vol. 4, Foods for special dietary uses (including foods for infants and children), 2nd ed., p.16-24, 1994.
- 28) AAP Committee on Nutrition: Commentary on breast-feeding and infant formulas, including proposed standards for formulas. Pediatrics, 57: 278-285, 1976.
- 29) ESPGAN Committee on Nutrition: Guidelines on infant nutrition. I. Recommendations for the composition of an adapted formula. Acta Paediatr. Scand., Suppl. 262: 1-20, 1977.
- 30) Joint FAO/WHO Food Standards Programme CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION: Report of the 19th Session of the CODEX Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. ALINORM 95/26, p. 8, 1995.
- 31) 前原光夫: 市販育児用調製粉乳の葉酸含量と乳児の血清葉酸濃度の関連について. 日本小児科学会雑誌, 91: 3232-3234, 1987.
- 32) 斉藤健輔, 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. 雪印乳業技術研究所報告, 69: 1-103; 1965.

The latest survey for the composition of human milk obtained from Japanese mothers.
Part X. Content of water-soluble vitamins.

Nutritional Science Laboratory, *Quality Assurance Department, Inspection
Center, Snow Brand Milk Products Co., Ltd.

Tadashi IDOTA, Makihiro SUGAWARA, Takafumi YAKABE
Norifumi SATO, Tadao MAEDA*

The content of water-soluble vitamins, namely, vitamin B₁, vitamin B₂, niacin, pantothenic acid, folic acid, vitamin B₁₂, vitamin C, and choline, in human milk from Japanese mothers was examined. Over 2,700 specimens of human milk were collected at 3-482 days postpartum from 2,434 mothers living in various districts in Japan in the winter and summer of 1989. Out of them 2,279 specimens were used for the analysis. Three changing patterns were detected during the lactational stage. The contents of vitamin B₂, pantothenic acid, vitamin B₁₂, and vitamin C gradually decreased from colostrum or transitional milk to mature milk, whereas those of vitamin B₁ and choline increased from colostrum to mature milk, and remained constant afterwards. The contents of niacin and folic acid increased from colostrum to mature milk, and decreased afterwards. The content of water-soluble vitamins in human milk are higher in this study than that found in the previous survey (Saito et al., 1963, 1967), except for the content of niacin. These results suggest that the increased content of vitamins in human milk may reflect changes in eating habits during the past 30 years in Japan.