



母乳と人工乳—正しい理解と選択—

母乳の成分

日本人の人乳組成に関する全国調査 —人工乳の目標として—

井戸田 正*

育児用ミルクの改良のために、様々な設定条件のもと、北海道から沖縄の全国各地の授乳婦から採取した人乳を分析して得た、一般成分、ミネラル成分、たんぱく質成分、非たんぱく態窒素成分、アミノ酸、脂質成分、シアル酸含有成分、ビタミンの各成分含量と、比重、浸透圧の泌乳期変化を示した。それらは泌乳期によって、① 変化の少ない成分、② 増加する成分、③ 増加後一定値を維持するか減少する成分、④ 減少する成分、⑤ 減少後一定値を維持するか増加する成分、に分けられる。また、たんぱく質含量と脂肪酸組成は大きな個人差を示した。

はじめに

2005年の新生児は106万人と5年連続減少し、合計特殊出生率も1.25と過去最低を記録した。これまで、国は「エンゼルプラン」、「新エンゼルプラン」、「子ども・子育て応援プラン」など政策的な努力をしてきている。はたして2006年2月以降出生数は6カ月連続で前年同月を上回っているものの、少子・高齢化・人口減少社会の到来と、それが社会・経済に及ぼす影響が危惧される。

国の将来を支える大切な乳児にとっての理想の栄養料は健康でバランスの取れた食生活を過ごしている母親の母乳である。しかし、母乳が不足したり、母親の健康や社会的理由などで、育児用ミルクが求められていることも現実であ

る。

わが国の育児用ミルクは過去80年近く品質改良が続けられ、現在ではまったく安心して利用できる。この改良は母乳の成分、含量、機能に近づけるべく慎重かつ段階的に行われてきているが、基盤となる母乳研究についても盛んに行われてきた。そして、その成果は乳児期の食事摂取基準を設定する際の基礎値などにも利用されている¹⁾。

母乳の成分組成は一定ではなく個人間に限らず個人内でも変動する。そのため、母乳成分を比較検討するにはその母乳試料の属性を把握したうえで行わねばならない。本稿では母乳の成分組成に及ぼす要因と、これまでわれわれが育児用ミルク改良の基礎値を得るために行ってきた全国母乳調査について概説した。なお成分値は資料として利用できるよう表として示したが、地域差、季節差など詳しくは報文^{2)~18)}を参照されたい。

*Tadashi IDOTA (代表取締役社長)
ビーンスターク・スノー株式会社
〒160-0003 新宿区本塩町14

表1 日本人の人乳組成 (夏季乳・冬季乳の平均値)

(100 ml 当り)

| 成分 | 単位 | 移行乳 | | | 成乳 | | | | |
|------------------------|------|------------|-------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|
| | | 初乳 3~5日 | 6~10日 | 11~15日 | 16~30日 | 31~60日 | 61~120日 | 121~240日 | 241~482日 |
| エネルギー ^{※1} | kcal | 65.7 | 66.6 | 70.4 | 68.8 | 68.1 | 66.2 | 65.7 | 62.3 |
| 全固形分 | g | 12.7 | 12.7 | 13.1 | 12.8 | 12.6 | 12.3 | 12.1 | 11.8 |
| たんぱく質 ^{※2} | g | 2.13 | 1.94 | 1.66 | 1.50 | 1.35 | 1.18 | 1.11 | 1.12 |
| カゼイン | g | 0.36 | 0.53 | 0.40 | 0.36 | 0.33 | 0.32 | 0.30 | 0.29 |
| 乳清たんぱく質 | g | 1.35 | 0.99 | 0.89 | 0.80 | 0.72 | 0.60 | 0.58 | 0.61 |
| α-ラクトアルブミン | g | 0.53 | 0.49 | 0.44 | 0.40 | 0.37 | 0.31 | 0.26 | 0.23 |
| ラクトフェリン | g | 0.49 | 0.42 | 0.29 | 0.24 | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.18 |
| 総IgA | mg | 198.4 | 114.1 | 88.7 | 83.4 | 72.9 | 74.6 | 75.5 | 81.5 |
| sIgA | mg | 176.4 | 101.6 | 65.9 | 53.6 | 50.0 | 50.2 | 56.4 | 62.9 |
| IgM | mg | 23.9 | 12.3 | 6.6 | 4.4 | 2.9 | 2.7 | 2.6 | 3.0 |
| IgG | mg | 2.4 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 2.3 | 2.9 |
| IgG1 | μg | 1,014 | 937 | 974 | 853 | 884 | 1,024 | 1,109 | 1,337 |
| IgG2 | μg | 548 | 502 | 495 | 482 | 523 | 556 | 583 | 671 |
| IgG3 | μg | 32 | 23 | 29 | 27 | 30 | 44 | 47 | 64 |
| IgG4 | μg | 49 | 35 | 46 | 45 | 51 | 52 | 49 | 66 |
| 非たんぱく態窒素 | g | 0.42 | 0.41 | 0.37 | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.22 |
| 総遊離アミノ酸 | mg | 41.45 | 40.53 | 36.81 | 40.10 | 42.21 | 49.45 | 55.26 | 43.95 |
| イソロイシン | mg | 0.38 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.15 | 0.20 | 0.13 | 0.20 |
| ロイシン | mg | 0.82 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.46 | 0.41 | 0.43 |
| リジン | mg | 1.35 | 0.69 | 0.52 | 0.43 | 0.41 | 0.42 | 0.39 | 0.30 |
| メチオニン | mg | 0.28 | 0.13 | 0.18 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.17 | 0.13 |
| シスチン | mg | 0.73 | 0.74 | 0.59 | 0.61 | 0.68 | 0.82 | 0.99 | 0.74 |
| フェニルアラニン | mg | 0.39 | 0.30 | 0.30 | 0.31 | 0.31 | 0.32 | 0.29 | 0.25 |
| チロシン | mg | 0.53 | 0.31 | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.24 |
| スレオニン | mg | 1.26 | 1.05 | 0.95 | 1.03 | 1.02 | 1.29 | 1.46 | 1.10 |
| トリプトファン | mg | 0.50 | 0.37 | 0.22 | 0.21 | 0.25 | 0.19 | 0.25 | 0.09 |
| バリン | mg | 0.89 | 0.68 | 0.67 | 0.66 | 0.67 | 0.66 | 0.64 | 0.52 |
| アルギニン | mg | 0.94 | 0.52 | 0.37 | 0.36 | 0.28 | 0.27 | 0.30 | 0.26 |
| ヒスチジン | mg | 0.50 | 0.51 | 0.46 | 0.49 | 0.42 | 0.42 | 0.45 | 0.33 |
| アラニン | mg | 2.06 | 2.30 | 2.03 | 2.13 | 2.12 | 2.36 | 3.07 | 2.20 |
| アスパラギン酸 | mg | 1.16 | 0.86 | 0.66 | 0.68 | 0.78 | 0.94 | 1.17 | 1.12 |
| グルタミン酸 | mg | 15.92 | 18.76 | 17.04 | 19.68 | 20.94 | 24.41 | 26.79 | 21.41 |
| グリシン | mg | 0.44 | 0.52 | 0.62 | 0.78 | 0.81 | 0.99 | 1.23 | 1.03 |
| プロリン | mg | 1.08 | 0.41 | 0.26 | 0.18 | 0.26 | 0.27 | 0.16 | 0.27 |
| セリン | mg | 0.97 | 1.02 | 1.02 | 1.15 | 1.27 | 1.46 | 1.81 | 1.31 |
| アスパラギン | mg | 0.43 | 0.34 | 0.14 | 0.09 | 0.06 | 0.14 | 0.28 | 0.20 |
| グルタミン | mg | 0.31 | 0.77 | 1.32 | 2.46 | 3.66 | 6.54 | 8.27 | 5.93 |
| タウリン | mg | 5.93 | 5.97 | 5.20 | 4.53 | 4.22 | 3.97 | 3.76 | 3.63 |
| ヒドロキシプロリン | mg | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.16 | 0.13 | 0.16 | 0.09 | tr |
| α-amino-n-butyric acid | mg | 0.08 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.11 | 0.14 | 0.17 | 0.12 |
| α-amino adipic acid | mg | 0.08 | 0.04 | tr | tr | tr | tr | 0.02 | tr |
| オルニチン | mg | 0.21 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.16 | 0.11 |
| シトルリン | mg | 0.03 | 0.03 | 0.08 | 0.07 | 0.17 | 0.31 | 0.43 | 0.30 |
| 1-メチルヒスチジン | mg | tr | 0.03 | tr | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| ホスホセリン | mg | 1.83 | 1.45 | 1.06 | 0.80 | 0.77 | 0.70 | 0.65 | 0.46 |
| ホスホエタノールアミン | mg | 1.93 | 1.37 | 1.37 | 1.58 | 1.41 | 1.12 | 1.26 | 1.01 |

表1 (つづき)

| 成分 | 単位 | 移行乳 | | | 成乳 | | | | |
|------------------------------------|----|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | | 初乳 3~5日 | 6~10日 | 11~15日 | 16~30日 | 31~60日 | 61~120日 | 121~240日 | 241~482日 |
| 尿素 | mg | 39.01 | 36.21 | 34.81 | 34.23 | 34.82 | 36.51 | 43.82 | 35.36 |
| アンモニア | mg | 0.60 | 0.57 | 0.48 | 0.50 | 0.49 | 0.53 | 0.55 | 0.33 |
| 上皮成長因子 (EGF) | μg | 15.3 | 13.8 | 10.0 | 7.7 | 8.1 | 6.7 | 4.9 | 5.3 |
| リボ核酸 (RNA) | mg | 1.17 | 1.63 | 2.68 | 2.68 | 1.93 | 1.52 | 1.79 | 1.34 |
| 総ポリアミン ^{※3} | μg | 121.3 | 138.7 | 177.4 | 158.4 | 127.7 | 115.2 | 112.3 | 102.2 |
| プトレッシン | μg | 1.8 | 1.8 | 2.6 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.9 | 2.6 |
| カダベリン | μg | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| スベルミジン | μg | 40.2 | 51.4 | 72.3 | 64.7 | 49.5 | 42.6 | 43.5 | 38.4 |
| スベルミン | μg | 79.3 | 85.5 | 102.5 | 91.0 | 75.7 | 70.2 | 65.9 | 61.2 |
| 総ヌクレオシド ^{※4} | mg | 1.14 | 0.83 | 1.09 | 1.20 | 1.37 | 1.10 | 0.81 | 0.89 |
| シチジン | mg | 0.42 | 0.44 | 0.32 | 0.49 | 0.41 | 0.40 | 0.32 | 0.31 |
| ウリジン | mg | 0.63 | 0.30 | 0.55 | 0.53 | 0.60 | 0.45 | 0.27 | 0.39 |
| アデノシン | mg | 0.09 | 0.09 | 0.22 | 0.18 | 0.36 | 0.25 | 0.22 | 0.19 |
| 総ヌクレオチド ^{※5} | mg | 2.66 | 2.16 | 0.75 | 0.95 | 1.23 | 1.05 | 0.96 | 0.81 |
| シチジル酸 | mg | 1.01 | 0.63 | 0.42 | 0.54 | 0.83 | 0.75 | 0.67 | 0.47 |
| ウリジル酸 | mg | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.01 |
| アデニル酸 | mg | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.07 |
| グアニル酸 | mg | nd | 0.02 | 0.02 | 0.01 | nd | nd | nd | nd |
| イノシン酸 | mg | nd | nd | 0.02 | 0.02 | 0.04 | nd | nd | 0.02 |
| シチジン5'-二リン酸 | mg | 1.52 | 1.38 | 0.20 | 0.23 | 0.25 | 0.19 | 0.18 | 0.24 |
| 総アミノ酸 | mg | 1,815.3 | 1,655.3 | 1,431.0 | 1,273.8 | 1,170.3 | 1,025.4 | 961.0 | 969.3 |
| イソロイシン | mg | 85.7 | 82.6 | 75.5 | 68.6 | 63.3 | 54.4 | 50.5 | 49.6 |
| ロイシン | mg | 179.2 | 165.8 | 145.7 | 130.7 | 120.3 | 104.6 | 98.1 | 98.2 |
| リジン | mg | 122.1 | 113.7 | 101.0 | 89.7 | 82.2 | 70.7 | 65.9 | 65.9 |
| メチオニン | mg | 25.0 | 24.1 | 21.2 | 18.7 | 17.2 | 14.6 | 13.5 | 13.4 |
| シスチン | mg | 42.9 | 37.8 | 31.3 | 32.0 | 29.7 | 28.0 | 20.5 | 21.5 |
| フェニルアラニン | mg | 75.5 | 67.9 | 58.2 | 51.2 | 46.6 | 40.3 | 38.2 | 38.4 |
| チロシン | mg | 78.7 | 71.2 | 61.4 | 54.1 | 49.3 | 42.5 | 40.1 | 40.3 |
| スレオニン | mg | 96.3 | 82.7 | 71.7 | 63.2 | 57.4 | 50.5 | 47.8 | 48.9 |
| トリプトファン | mg | 31.2 | 30.9 | 24.4 | 20.7 | 19.6 | 17.8 | 16.2 | 17.2 |
| バリン | mg | 96.5 | 85.8 | 72.0 | 63.5 | 57.0 | 48.7 | 49.5 | 50.8 |
| アルギニン | mg | 84.3 | 72.0 | 57.2 | 48.2 | 42.5 | 37.8 | 36.6 | 38.7 |
| ヒスチジン | mg | 46.2 | 42.6 | 37.3 | 33.1 | 31.0 | 27.2 | 25.5 | 25.1 |
| アラニン | mg | 80.7 | 71.4 | 59.5 | 52.3 | 47.1 | 41.8 | 39.6 | 41.1 |
| アスパラギン酸+アスパラギン | mg | 183.7 | 166.8 | 141.0 | 126.2 | 113.4 | 96.3 | 91.2 | 91.7 |
| グルタミン酸+グルタミン | mg | 287.7 | 271.5 | 240.6 | 215.8 | 205.2 | 186.6 | 175.0 | 173.1 |
| グリシン | mg | 52.6 | 44.8 | 37.2 | 32.2 | 28.6 | 25.3 | 24.0 | 25.0 |
| プロリン | mg | 147.9 | 138.2 | 123.9 | 110.8 | 104.2 | 90.4 | 84.0 | 83.9 |
| セリン | mg | 99.6 | 86.1 | 72.4 | 63.1 | 56.4 | 48.2 | 45.1 | 47.0 |
| 脂質 | g | 3.22 | 3.41 | 3.87 | 3.71 | 3.76 | 3.61 | 3.64 | 3.22 |
| 総コレステロール | mg | 25.8 | 25.6 | 20.4 | 15.6 | 16.0 | 15.7 | 17.2 | 15.6 |
| リン脂質 | mg | 25.0 | 24.1 | 26.8 | 19.3 | 21.6 | 20.1 | 19.3 | 19.1 |
| 総ガングリリオシド ^{※6} | mg | 1.01 | 1.00 | 1.04 | 1.03 | 1.26 | 1.35 | 1.44 | 1.60 |
| モノシアログングリオシド (G _{M3}) | mg | 0.20 | 0.34 | 0.50 | 0.56 | 0.83 | 1.02 | 1.17 | 1.39 |
| ジシアログングリオシド (G _{D3}) | mg | 0.81 | 0.66 | 0.54 | 0.47 | 0.43 | 0.33 | 0.27 | 0.21 |

表1 (つづき)

| 成分 | 単位 | 初乳 | | 移行乳 | | | 成乳 | | |
|---------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|
| | | 3~5日 | 6~10日 | 11~15日 | 16~30日 | 31~60日 | 61~120日 | 121~240日 | 241~482日 |
| 炭水化物 ^{※7} | g | 7.05 | 7.04 | 7.26 | 7.36 | 7.22 | 7.25 | 7.13 | 7.20 |
| 乳糖 | g | 5.20 | 5.43 | 5.59 | 5.98 | 6.06 | 6.21 | 6.24 | 6.27 |
| 3'-シリアルラクトース | mg | 15.8 | 13.2 | 12.6 | 14.7 | 12.6 | 13.1 | 11.0 | 14.0 |
| 6'-シリアルラクトース | mg | 72.2 | 76.9 | 72.8 | 61.1 | 46.1 | 25.3 | 19.7 | 11.2 |
| 総シアル酸 | mg | 149.9 | 147.3 | 129.8 | 98.9 | 72.5 | 43.5 | 32.5 | 30.9 |
| クリーム画分中シアル酸 | mg | 5.5 | 1.6 | 2.2 | 4.2 | 4.2 | 4.0 | 4.0 | 3.7 |
| 脱脂乳画分中シアル酸 | mg | 144.4 | 145.7 | 127.6 | 94.7 | 68.3 | 39.5 | 28.5 | 27.2 |
| たんぱく結合型シアル酸 | mg | 36.4 | 33.7 | 29.7 | 19.1 | 13.5 | 7.4 | 4.9 | 4.4 |
| オリゴ糖結合型シアル酸 | mg | 108.0 | 112.0 | 97.9 | 75.6 | 54.8 | 32.1 | 23.6 | 22.8 |
| 灰分 | g | 0.31 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.22 | 0.22 |
| ナトリウム | mg | 33.7 | 27.5 | 22.0 | 17.3 | 15.6 | 13.3 | 12.6 | 14.2 |
| カリウム | mg | 73.8 | 73.3 | 61.9 | 59.1 | 54.7 | 48.7 | 48.7 | 46.4 |
| 塩素 | mg | 68.4 | 58.3 | 47.4 | 40.9 | 40.9 | 40.7 | 40.8 | 43.1 |
| カルシウム | mg | 29.4 | 30.1 | 27.3 | 28.0 | 29.0 | 27.9 | 26.0 | 23.1 |
| マグネシウム | mg | 2.88 | 2.85 | 2.60 | 2.36 | 2.46 | 2.93 | 3.07 | 2.97 |
| リン | mg | 16.8 | 18.6 | 18.0 | 17.3 | 16.1 | 14.3 | 13.6 | 12.5 |
| 鉄 | μg | 45.1 | 42.0 | 44.5 | 38.3 | 35.4 | 28.6 | 25.3 | 24.6 |
| 亜鉛 | μg | 518 | 423 | 363 | 291 | 217 | 132 | 89.8 | 69.4 |
| 銅 | μg | 47.6 | 54.7 | 45.6 | 42.3 | 34.6 | 24.1 | 20.0 | 13.7 |
| ビタミンA (総レチノール) | μg | 192.1 | 145.4 | 108.9 | 77.2 | 75.8 | 62.2 | 63.8 | 58.2 |
| β-カロテン | μg | 22.8 | 16.5 | 5.7 | 4.0 | 2.9 | 3.8 | 4.5 | 3.6 |
| α-トコフェロール | mg | 1.22 | 0.89 | 0.52 | 0.38 | 0.37 | 0.37 | 0.38 | 0.38 |
| β-トコフェロール | mg | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| γ-トコフェロール | mg | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| δ-トコフェロール | mg | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| ビタミンB ₁ | μg | 3 | 5 | 9 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| ビタミンB ₂ | μg | 40 | 42 | 42 | 39 | 40 | 38 | 37 | 35 |
| ナイアシン | mg | 0.07 | 0.12 | 0.24 | 0.26 | 0.23 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |
| パントテン酸 | mg | 0.38 | 0.35 | 0.34 | 0.34 | 0.29 | 0.27 | 0.24 | 0.25 |
| 葉酸 | μg | 3.2 | 4.1 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.1 | 4.5 | 4.0 |
| ビタミンB ₁₂ | μg | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| ビタミンC | mg | 7.2 | 6.3 | 7.5 | 7.1 | 6.7 | 5.9 | 5.7 | 5.3 |
| コリン | mg | 5.4 | 6.7 | 7.0 | 7.1 | 6.7 | 6.4 | 6.7 | 6.9 |
| 比重 | | 1.0336 | 1.0340 | 1.0323 | 1.0321 | 1.0315 | 1.0305 | 1.0302 | 1.0304 |
| 浸透圧 | mOsm/ kg・H ₂ O | 286 | 289 | 290 | 290 | 291 | 289 | 289 | 289 |

※1 エネルギーは、(たんぱく質×4+脂質×9+炭水化物×4)で算出した

※2 たんぱく質は、窒素×6.38で算出した

※3 総ポリアミンをプトレッシン、カダベリン、スベルミジン、スベルミンの合計で表した

※4 総ヌクレオシドをシチジン、ウリジン、アデノシンの合計で表した

※5 総ヌクレオチドをシチジル酸、ウリジル酸、アデニル酸、グアニル酸、イノシン酸、シチジン5'-二リン酸の合計で表した

※6 総ガングリオシドをモノシアロガングリオシド(G_{M3})、ジシアロガングリオシド(G_{D3})の合計で表した

※7 炭水化物は、全固形分からたんぱく質、脂質、灰分を差し引き算出した

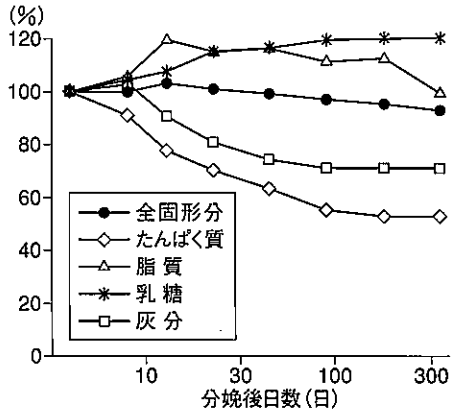


図1 人乳中一般組成の泌乳期変化

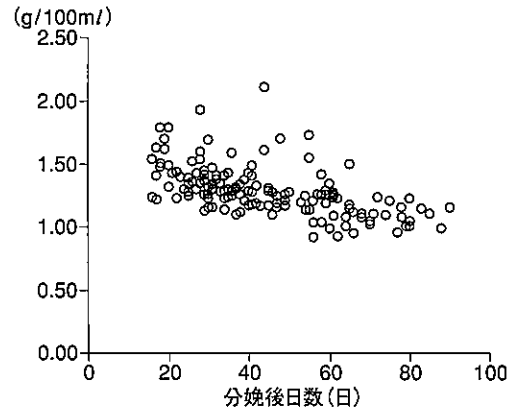


図2 分娩後16～90日の人乳中たんぱく質含量

I. 成分組成に及ぼす要因

人乳の成分組成に関する研究は古くから本邦内外で数多く行われているが、その結果は必ずしも一致していない。それは人乳の組成が様々な要因によって変動するためである。

人乳の成分組成に影響する要因としては、母親の食事内容、栄養状態、健康状態、年齢、出産回数、乳児の在胎週数（成熟児、未熟児）、泌乳期（初乳、移行乳、成乳）、季節、地域、搾乳量、搾乳時刻（日内変化）、1回泌乳時の搾乳部分（泌乳開始、中間、終了時）、搾乳方法（手搾乳、機械搾乳、児哺乳）、分析機器、分析手法などが指摘されている。

そのため、人乳成分の代表値を得るためには対象とする人乳試料の属性を明確に設定するとともに、全国各地から数多くの試料を収集して行う必要がある。

われわれは北海道から沖縄に到る全国46地区に在住する授乳婦2,434名から、2,727検体の人乳を夏と冬に得、下記の条件を満たす2,279検体を試料として成分分析を行ってきた。また、分析に当っては各成分間の量比についても検討できるよう同一試料を用いた。条件は、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パーセントイル内にあ

る、⑤搾乳時刻は午前9時から午後6時にある、⑥手動式搾乳器を用いた搾乳である、⑦哺乳開始約2分後からの中間乳である（分娩後3～5日の初乳は全量採取）とした。

II. 一般成分、ミネラル (表1)²⁾³⁾

たんぱく質含量は初乳の2.13 g/100 mlから分娩後61～120日の1.18 g/100 mlまで、灰分含量は初乳の0.31 g/100 mlから分娩後31～60日の0.23 g/100 mlまで減少し、その後ほぼ一定値を示した。逆に、乳糖含量は初乳の5.20 g/100 mlから、末期乳の6.27 g/100 mlまで経時的に増加した。また、脂質含量は初乳から移行乳にかけて増加した後、安定し末期乳で減少した。全固形分は初乳から移行乳にかけてわずかに増加し、その後ほぼ単調に減少した。このように、各成分はそれぞれ特徴的な泌乳期変化を示したが（図1）、浸透圧は全泌乳期を通して約290 mOsm/kg・H₂Oとほぼ一定値を示した。

分娩後16～90日の成乳を対象としてたんぱく質含量の個体差を調べたが、最高2.11 g/100 ml、最低0.92 g/100 mlと100 ml当たり1.19 gの大きな個体差を示した（図2）。

ミネラル成分の泌乳期変化は大きく三つのパターンに分けられる。すなわち、①泌乳期を経るとともに単調に減少するナトリウム、カ

表2 日本人乳の脂肪酸組成 (夏季乳・冬季乳の平均値)

(wt%)

| 脂肪酸 | 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 |
|---------------|----------|-------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|
| 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 n-9 | 0.49 | 0.46 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.38 |
| C16:1 n-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 n-9 | 28.43 | 27.83 | 27.64 | 29.44 | 29.97 | 29.64 | 29.33 | 27.93 |
| C18:1 n-7 | 2.96 | 2.84 | 2.56 | 2.64 | 2.63 | 2.60 | 2.46 | 2.50 |
| C18:2 n-6 | 11.87 | 12.04 | 12.88 | 13.33 | 13.96 | 14.25 | 14.18 | 13.99 |
| C18:3 n-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 n-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 n-11 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.22 | 0.23 | 0.24 | 0.20 | 0.24 |
| C20:1 n-9 | 0.76 | 0.62 | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.52 | 0.54 |
| C20:1 n-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 n-6 | 0.71 | 0.51 | 0.41 | 0.35 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.27 |
| C20:3 n-6 | 0.53 | 0.44 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.21 |
| C20:4 n-6 | 0.59 | 0.54 | 0.47 | 0.42 | 0.40 | 0.39 | 0.37 | 0.36 |
| C20:3 n-3 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 |
| C20:4 n-3 | 0.18 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 |
| C20:5 n-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 |

表2 (つづき)

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C22:1 n-11 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.10 | 0.13 |
| C22:1 n-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 n-6 | 0.27 | 0.17 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| C22:5 n-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 n-3 | 1.33 | 1.24 | 1.09 | 1.02 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 1.04 |
| C24:1 n-9 | 0.22 | 0.13 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 |
| others | 1.79 | 1.68 | 2.00 | 2.08 | 2.07 | 2.01 | 2.05 | 1.82 |
| n-6 PUFA 合計 ^{*1} | 14.03 | 13.77 | 14.35 | 14.64 | 15.20 | 15.40 | 15.23 | 14.98 |
| n-3 PUFA 合計 ^{*2} | 3.48 | 3.28 | 3.24 | 3.21 | 3.26 | 3.18 | 3.07 | 3.10 |
| n-6 PUFA n-3 PUFA | 4.03 | 4.20 | 4.43 | 4.56 | 4.66 | 4.84 | 4.96 | 4.83 |
| C18:2 n-6/C18:3 n-3 | 10.4 | 10.0 | 9.4 | 9.3 | 9.1 | 9.6 | 9.6 | 9.9 |

*1 n-6 PUFA 合計 = (C18:2n-6) + (C18:3n-6) + (C20:2n-6) + (C20:3n-6) + (C20:4n-6) + (C22:4n-6)

*2 n-3 PUFA 合計 = (C18:3n-3) + (C20:3n-3) + (C20:4n-3) + (C20:5n-3) + (C22:5n-3) + (C22:6n-3)

リウム, 塩素, 亜鉛, ② 初乳から移行乳にかけて増加もしくは変化しないでその後単調に減少するリン, 鉄, 銅, ③ 泌乳期変化の少ないカルシウム, マグネシウムである。

このうち, 鉄, ナトリウム, 銅, 亜鉛は初乳から末期乳にかけて, おのおの46%, 58%, 71%, 87%減少した。

III. カゼイン, 乳清たんぱく質, 非たんぱく態窒素成分 (表1)⁴⁾

人乳の窒素成分はカゼイン, 乳清たんぱく質, 非たんぱく態窒素成分の三つに大きく分けられる。

従来, 多くの小児科学や乳児栄養学の成書では, 人乳のたんぱく質はカゼインと乳清に分けられ, その比率も20~45%, 30~60%と様々である。この違いは測定法上の問題(カゼイン画分への乳清たんぱく質の混入)と非たんぱく態窒素成分の扱いにある。われわれは混入たんぱく質を測定, 補正してカゼインおよび乳清たんぱく質を求めるとともに, 両成分の分離が困難な分娩後15日までの初乳と移行乳では電

気泳動法を用いて測定した。その結果, 人乳のカゼインは初乳で約17%, 移行乳, 成乳で約25%を, 乳清たんぱく質は初乳で約63%, 移行乳, 成乳で約54%を示した。また, 非たんぱく態窒素成分は全泌乳期を通して約21%とほぼ一定値を示した。

IV. 乳清たんぱく質 (表1)⁵⁾⁶⁾

人乳の乳清たんぱく質は α -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たんぱく質で構成されている。

α -ラクトアルブミン含量は初乳の0.53 g/100 mlから泌乳期を経るとともに減少した。 α -ラクトアルブミンの純たんぱく質および乳清たんぱく質に対する割合は初乳から移行乳, 成乳になるに従い増加し, 分娩後31~60日では純たんぱく質対比33~37%, 乳清たんぱく質対比50~53%と最高値を示した。

ラクトフェリン含量は初乳で0.49 g/100 mlを示した後, 分娩後61~120日の0.16g/100 mlまで減少し, その後ほぼ一定値を示した。ラク

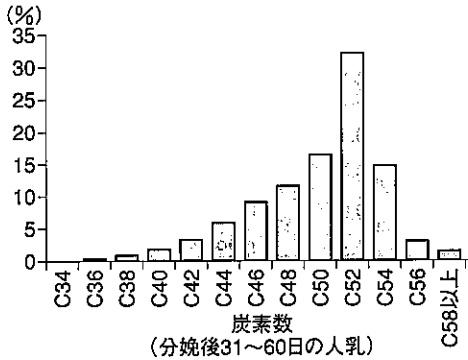


図3 人乳トリグリセリドの分子量分布

トフェリンの純たんぱく質に対する割合は初乳で28.5%と最高値を示した後減少した。また、乳清たんぱく質に対する割合は初乳から移行乳へ増加した後減少した。

人乳には免疫グロブリンIgA, sIgA, IgM, IgGが含まれ乳児を感染から守っている。このうち、総IgA, sIgA, IgM含量は初乳で最高値を示した後、分娩後16~30日まで急激に減少し、以降ほぼ一定値を示した。一方、IgGおよび各IgGサブクラスは初乳よりも末期乳で高値を示すという他の免疫グロブリンとは異なる泌乳期変化を示した。また、総免疫グロブリンに対する含有比はsIgAで60~80%、IgMで3~10%、IgGで1~3%であり、sIgAの重要性が示された。

V. 非たんぱく態窒素成分(NPN)(表1)^{7)~10)}

人乳の非たんぱく態窒素成分には、リボ核酸(RNA)、ヌクレオチド、ポリアミン、上皮成長因子(EGF)、遊離アミノ酸、尿素など、乳児の栄養生理上きわめて重要な物質が数多く含まれている。

このうち、リボ核酸、ヌクレオチド、ポリアミンは乳児の未熟な消化管上皮細胞の増殖や分化を促進し成熟化させることで高分子の腸管透過を防ぐ働きが知られている。そして、アレルギーの発症と母乳中のリボ核酸、ポリアミン含量の検討から、アレルギーを発症していない乳児が哺乳していた母乳にはこれらの成分がより

多く含まれていることが指摘されている。

リボ核酸含量は初乳の1.17 mg/100 mlから移行乳の2.68 mg/100 mlにまで増加し、その後泌乳期が進むとともに減少した。また、ヌクレオチドがシチジル酸、ウリジル酸、グアニル酸、イノシン酸として全泌乳期を通して0.54~1.14 mg/100 ml含まれている。このように人乳総ヌクレオチドの約30~80%をリボ核酸由来のヌクレオチドが占めている。

ポリアミンの中で最も含量が多いのはスペルミンで、次いでスペルミジン、プトレッシンであり、カダベリンは検出限界以下であった。そして総ポリアミン含量はリボ核酸の泌乳期変化と同様に初乳の121.3 μg/100 mlから移行乳の177.4 μg/100 mlへと増加した後、徐々に減少した。

上皮成長因子(EGF)は初乳の15.3 μg/100 mlから泌乳期が進むとともに減少した。

遊離アミノ酸のなかで主要なものは、グルタミン酸、タウリン、アラニンであるが、遊離アミノ酸の泌乳期変化は種類によって増加したり減少したりする。総遊離アミノ酸含量は全泌乳期を通して36.81~55.26 mg/100 ml含まれている。総アミノ酸に対する割合は2.2~5.6%の範囲にあった。また、尿素含量は全泌乳期を通して34.23~43.82 mg/100 ml含まれ、総窒素の5.5~11.7%を占めており窒素源として無視できない。

VI. 総アミノ酸組成(表1)¹⁰⁾

人乳100 ml当たりの各アミノ酸含量の泌乳期変化はたんぱく質含量とよく似た動きを示し、初乳から移行乳、成乳へと減少した。

しかし、窒素1g当たりの各アミノ酸含量の泌乳期変化は100 ml当たりの変化とはまったく異なる動態を示し、大きく三つのパターンに分かれる。すなわち、①フェニルアラニン、トリプトファン、アスパラギン酸などの泌乳期変化の少ないアミノ酸、②イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、ヒスチジンなど

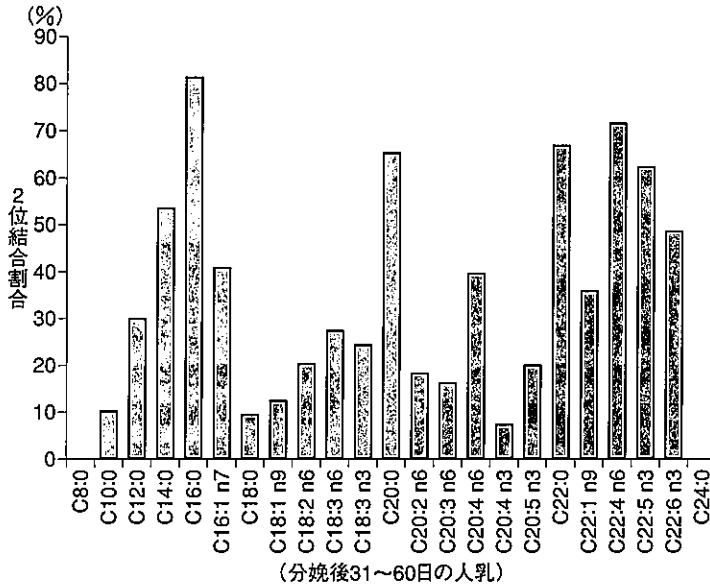


図4 人乳トリグリセリドにおける各脂肪酸の2位結合割合

の分娩後31~60日頃まで増加し、その後一定値を維持するか、わずかに減少するアミノ酸、③アルギニン、スレオニン、バリン、アラニンなどの分娩後31~60日頃まで減少し、その後一定値を維持するか、わずかに増加するアミノ酸である。

VII. 脂質 (表1, 2)^{11)~13)}

人乳脂質は乳児の必要なエネルギーの約50%を供給するほか、必須脂肪酸の給源、エイコサノイドの前駆体、脂溶性ビタミンの媒体として重要な機能を果たしている。人乳に含まれる脂質の約98%をトリグリセリド(TG)が占めている。また、人乳の脂質は消化吸收されやすく、その理由として、脂肪酸組成、TG構造の特異性、リパーゼの存在、脂質の融点、体温域での固体脂含量などが指摘されている。

人乳TGの分子量分布の泌乳期変化は少なく、全泌乳期とも炭素数(C)52のTGをピークとしてC46からC54が全体の80%以上を占めている(図3)。上昇融点は初乳で26.7℃、成乳で23.4℃を、また、30℃で脂質は液状となり固体脂は含まれない。

人乳の主要な脂肪酸はC12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1n-9, C18:2n-6の6種類であり、全体の80%を占めている。必須脂肪酸のうち、C18:2n-6およびC18:3n-3は泌乳期を経るとともに増加するが、逆に、それらの代謝脂肪酸であるC20:3n-6, C20:4n-6およびC22:6n-3は減少する。

人乳の脂肪酸組成は母親の食事によって最も影響される成分である。分娩後16~90日の人乳96検体を調べた結果でも、C18:2n-6は8.23%~22.06%と約3倍ものバラツキを、C18:3n-3も0.72%から3.44%と約5倍もの個体差を示した。

必須脂肪酸は個々の摂取量のほか、摂取比率が重要であり、FAO/WHOではC18:2n-6/C18:3n-3比率として5~15を勧めている。われわれの個乳分析の結果でも5.49~22.69の範囲にあった。

人乳TGへの脂肪酸結合位置の泌乳期変化は少ない。主要な脂肪酸のうちC16:0は2位に75~80%結合しており、C18:1n-9およびC18:2n-6は1, 3位に各々90%, 80%ほど特異的に結合している(図4)。

総コレステロールおよびリン脂質含量は初

乳から分娩後 16~30 日にかけて減少した後、ほぼ一定値を示した。

VIII. シアル酸 (表 1)^{14)~16)}

シアル酸は人乳に 3'-シアリルラクトース (3'-SL), 6'-シアリルラクトース (6'-SL) などのオリゴ糖のほかに、糖脂質であるガングリオシド, κ -カゼイン, ラクトフェリンなどの糖たんぱく質として含まれている。また、シアル酸は生体内で分泌液, 体液, 組織などに広く存在しているが、特に脳にはガングリオシド, 糖たんぱく質の構成成分として多く含まれている。

乳児期は中枢神経系の器官形成と機能の発達が急速に行われるが、乳児のシアル酸の合成能は未熟で母乳はシアル酸の重要な給源と考えられている。そして、シアル酸投与による、大脳や小脳のシアル酸の増加と記憶学習能の向上が乳児期ラットで報告されている¹⁹⁾。また、SL やガングリオシドには細菌, ウイルスや、細菌が産生する毒素と結合することによって乳児を感染から守る機能が知られている¹⁹⁾。

総シアル酸含量は初乳および移行乳で約 150 mg/100 ml と多く含まれているが、泌乳期を経るとともに減少し末期乳では約 30 mg/100 ml に減少する。このなかの主要な成分はオリゴ糖に結合しているシアル酸であり、全泌乳期を通じて 72~77% を占めている。

シアル酸を含有するオリゴ糖のうち、3'-SL は全泌乳期を通じて 10~17 mg/100 ml とほぼ一定量含まれている。しかし、6'-SL は初乳および移行乳で 70 mg/100 ml 以上含まれているが、泌乳期とともに減少し末期乳では約 10 mg/100 ml に減少する。また、3'-SL と 6'-SL のシアル酸がシアル酸含有オリゴ糖の中で占める割合は 40~60% であり最も主要なシアル酸含有オリゴ糖である。

人乳の主要なガングリオシドは G_{M3} および G_{D3} である。 G_{M3} 含量は初乳の 0.20 mg/100 ml から末期乳の 1.39 mg/100 ml まで泌乳期を経

るとともに増加するが、 G_{D3} 含量は逆に初乳の 0.81 mg/100 ml から末期乳の 0.21 mg/100 ml まで減少した。総ガングリオシド ($G_{M3} + G_{D3}$) 含量は分娩後 16~30 日まで約 1 mg/100 ml と一定であったが、その後徐々に増加した。

IX. ビタミン (表 1)¹⁷⁾¹⁸⁾

ビタミンはその化学的性質から水溶性ビタミンと脂溶性ビタミンに大別される。それらは代謝反応の補酵素として作用し成長や細胞分化に重要な役割を果たしている。

水溶性ビタミンの泌乳期変化は大きく三つに分かれる。すなわち、① 初乳または移行乳から成乳へと減少するビタミン B_2 , B_{12} , C, パントテン酸, ② 初乳から移行乳, 成乳へと増加した後安定する B_1 , ③ 初乳から移行乳, 成乳へと増加した後に減少するナイアシン, 葉酸である。

これに対して脂溶性ビタミンはともに経時的に減少する。しかし、その程度は成分によって異なっており、末期乳で β -カロチン含量は初乳の約 16% に、ビタミン A, α -トコフェロール, β -トコフェロール含量は約 30% に、 γ -トコフェロール, δ -トコフェロール含量は約 70% にまで減少した。

おわりに

母乳哺育が乳児にとって理想であることは論を要しない。ただ、それはお母さんの健康とバランスの取れた健全な食生活が前提になっている。現実には国民栄養調査で指摘されているように 20~30 歳代女性の朝食の欠食やエネルギー、各種栄養素の摂取不足という食生活の問題や、低体重者 (やせ) や低出生体重児の割合の増加が問題となっている。また、「母乳育児の推進については数多く取上げられているものの、それを支える食事について、妊娠期から継続した形での情報提供が少ない」との課題もあり、厚生労働省によって「妊産婦のための食生

活指針」が検討・公表されている。関係者は今後とも科学的な知見に基づいて、次代を担う乳児の健やかな成長に寄与していきたいものである。

文 献

- 1) 田中平三：日本人の食事摂取基準(旧栄養所要量), 周産期医, 35(増刊号): 17-23, 2005.
- 2) 井戸田正, 桜井稔夫, 石山由美子, 他：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. 日小児栄消病会誌, 5: 145-158, 1991.
- 3) 井戸田正, 桜井稔夫, 石山由美子, 他：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, 98: 13-19, 1992.
- 4) 井戸田正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 他：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. 日小児栄消病会誌, 8: 18-27, 1994.
- 5) 井戸田正, 菅原牧裕, 桜井稔夫, 他：最近の日本人乳組成に関する全国調査(第五報) α -ラクトアルブミンおよびラクトフェリン含量について. 日小児栄消病会誌, 8: 28-35, 1994.
- 6) 佐藤則文, 中埜 拓, 村上雄二, 他：最近の日本人乳組成に関する全国調査(第十一報) 免疫グロブリン濃度の泌乳期変化. 日小児栄消病会誌, 11: 49-55, 1997.
- 7) Sugawara M, Sato N, Nakano T, et al: Profile of nucleotides and nucleosides of human milk. J Nutr Sci Vitaminol, 41: 409-418, 1995.
- 8) 川上 浩, 中埜 拓, 前田忠男, 他：最近の日本人乳組成に関する全国調査(第八報) 人乳ポリアミンの組成と泌乳期別濃度変化. 日小児栄消病会誌, 9: 115-121, 1995.
- 9) Matsuoka Y, Idota T: The concentration of epidermal growth factor in Japanese mother's milk. J Nutr Sci Vitaminol, 41: 241-251, 1995.
- 10) 井戸田正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 他：最近の日本人乳組成に関する全国調査(第三報) 総アミノ酸および遊離アミノ酸組成について. 日小児栄消病会誌, 5: 209-219, 1991.
- 11) 井戸田正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 他：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. 日小児栄消病会誌, 5: 159-173, 1991.
- 12) 中埜 拓, 村上雄二, 井戸田正：最近の日本人乳組成に関する全国調査(第九報) 人乳脂質のトリグリセリド構造について. 日小児栄消病会誌, 9: 122-132, 1995.
- 13) 井戸田正, 高道希代子：人乳および乳児用調製粉乳中脂質の上昇融点と固体脂含量. 日栄・食糧会誌, 52: 229-232, 1999.
- 14) 井戸田正, 松岡康浩, 菅原牧裕, 他：人乳シアル酸含量の泌乳期変化. 日栄・食糧会誌, 47: 357-362, 1994.
- 15) 井戸田正, 松岡康浩, 中埜 拓, 他：人乳中のシアルラクトース含量の泌乳期変化. 日栄・食糧会誌, 47: 363-367, 1994.
- 16) 川上 浩, 出家栄記, 村上雄二, 他：最近の日本人乳組成に関する全国調査(第六報) 人乳ガングリオシドの泌乳期別濃度変化と脂肪酸組成に関する研究. 日小児栄消病会誌, 8: 36-43, 1994.
- 17) 井戸田正, 菅原牧裕, 矢賀部隆史, 他：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. 日小児栄消病会誌, 10: 11-20, 1996.
- 18) 矢賀部隆史, 村上雄二, 井戸田正, 他：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. 日小児栄消病会誌, 9: 8-15, 1995.
- 19) 中埜 拓, 菅原牧裕, 川上 浩：母乳中のシアル酸. その組成と機能. Neonatal Care 秋季増刊号 13: 1159-1167, 2000.