

研 究

栄養法別にみた乳児の発育, 哺乳量, 便性ならびに
罹病傾向に関する調査成績 (第11報)

—調粉エネルギーが栄養摂取量に及ぼす影響—

菅野 貴浩, 神野 慎治, 金子 哲夫

〔論文要旨〕

人工栄養児の発育を確認するため, 6 か月齢までの乳児の発育, 哺乳量などを全国で調査した。人工栄養児の体重, 身長には母乳栄養児と有意差がなく, 人工栄養児の発育は母乳栄養児とほぼ同等で, 良好であると考えられた。エネルギーが哺乳量に及ぼす影響を確認するため, 本調査 (68kcal/dl) と2001年に実施した前回調査 (70kcal/dl) の同一銘柄人工栄養児のデータを比較した。前回調査の乳児に比べて, 本調査の乳児の体重あたりの哺乳量は多く, エネルギー摂取量は違いがなかった。乳児は必要なエネルギー摂取量にあわせて哺乳量を調節しているものと考えられた。たんぱく質などの栄養素の摂取量は, 容量あたりではなく, エネルギーあたりに依存するものと考えられた。

Key words : 母乳栄養児, 人工栄養児, 哺乳量, エネルギー摂取量, たんぱく質摂取量

I. はじめに

母乳に代わり得る栄養組成物として乳児用調製粉乳 (以下, 調粉と略す) を摂取した乳児および母乳栄養児の発育, 哺乳量および便性などについて, われわれは1972年以来すでに11回の全国調査を実施した^{1~10)}。前回2001年調査では, たんぱく質の質を整えた調粉で哺育された乳児の発育が, 母乳栄養児とほぼ同等であることを報告した¹⁰⁾。また, エネルギー (kcal/100ml) の異なる調粉を摂取した乳児のエネルギー摂取量は, 調粉のエネルギーによらず同程度であることを報告した¹⁰⁾。

1970年代に調粉のひとつがエネルギー (kcal/100ml) を低減しており, その後, 調粉エネルギーの大きな変更はなかった²⁾。しかし2005年には, たんぱく質や脂質, 糖質のエネルギー比率を母乳に近づけ, 栄養成分の摂取バランスを整えるため, 100ml あたりのエネルギー

が70kcal から68kcal に変更され, たんぱく質は100kcal あたりの濃度で2.34g になるように, 100ml あたり1.64g から1.59g に変更された調粉が発売された。

たんぱく質は, 生体を構成する体たんぱく質や種々の生理活性物質の原料として利用される必須栄養素である。発育が著しい乳児においては, たんぱく質が万が一にも不足しないように十分な量のたんぱく質を摂取することが重要である。その一方で, 乳児期にたんぱく質摂取が過多になると腎臓に負担がかかりやすく, ときには脱水症状などを起こすこともある¹¹⁾。さらに, 胎児期, 乳児期における栄養供給やストレスなどの環境の影響が発達のプログラミングに関与しているとする DOHaD 仮説において, 成人期における生活習慣病発症因子候補のひとつとして, 乳児期における過剰なたんぱく質摂取が指摘されている^{12~14)}。調粉のたんぱく質は, 乳児の良好な成長や発達が確保される範囲内において母乳の濃度に近づくように少なくする

Survey of the Anthropometric Growth, Nutritional Intake,
Fecal Properties, and Morbidity of Infants, in Relation with Feeding Methods (XI)
Takahiro KANNO, Shinji JINNO, Tetsuo KANEKO
(株) 明治 研究本部 食機能科学研究所 (研究職)

別刷請求先: 菅野貴浩 (株) 明治 研究本部 食機能科学研究所 〒250-0862 神奈川県小田原市成田540
Tel: 0465-37-3674 Fax: 0465-36-2776

[2327]

受付 11. 4. 15

採用 13. 1. 29

ほうが望ましい。

近年、日本学術会議から「出生前・子どものときからの生活習慣病対策」として、「育児用ミルクの組成をさらに改良すること」が提言されている¹⁵⁾。さらに2009年には調粉の規格改定により、CODEX 規格に沿ってたんぱく質の下限が100kcal あたり2.1 g から1.8 g に引き下げられている¹⁶⁾。この改定は窒素換算係数の変更も伴っており、実質0.26 g 引き下げられている。調粉のたんぱく質低減に対して社会的機運が高まっている状況にある。

前回調査では他銘柄同士で栄養素摂取量を比較したが、異なる調粉銘柄を比較すると使用する原料や製造工程の詳細が異なることが予想されるため、単純には比較できない。そこで今回、2005年に発売された調粉において乳児の発育、哺乳量を調査するとともに、この調粉と組成以外の要因がほぼ同等である前回調査の調粉の乳児とエネルギー摂取量、たんぱく質摂取量を比較することを目的として、12回目の調査を実施した。

II. 調査の対象と方法

1. 調査方法

2006年10月～2007年9月に調査を実施した。調査対象は、出生体重が2,500 g 以上の生後6か月までの乳児とし、先天異常や感染症などを認めないことを保護者に確認して聴取を実施した。調査は日本全国で行い、地域ごとの乳児の出生数分布と分布が同じとなるようにデータを採取した。

病産院または調粉販売店などで実施している乳児栄養相談の際に、栄養士の資格を持つ調査員が調査を実施した。調査に先立ち、本調査の目的や任意性などについて口頭で保護者に説明し、同意を得たうえで行った。用意した調査票に基づき、乳児の栄養法、発育状態、哺乳量、便性などについて、保護者と面接して聴取した。氏名など個人が特定できる情報は聴取しなかった。

乳児の体重、身長は、調査した時点で直近の測定値を聴取した。乳児の哺乳状況、便の状態は、調査の前日を思い出してもらった。便の状態は、調査員が提示した色見本や状態の説明文から母親に選択してもらった。罹病経験は、発熱、下痢または湿疹で医療機関の診察を受けた経験を聴取した。

乳児の月齢は、生後16～45日を1か月齢と分類し、2～6か月齢もそれに準じて分類した。栄養法は、昨日の哺乳量に基づいて分類した。昨日の哺乳がすべて

母乳であった乳児は、日常的に母乳栄養であるとみなして母乳栄養児（母乳）とし、同様にすべて人工乳であった乳児は人工栄養児（人工）と分類した。その他の乳児は混合栄養児（混合）とした。

2. 調粉の組成

調粉 A, B, C, D, E の5銘柄を人工群とした。各調粉の調乳液100ml あたりのエネルギーおよび100kcal あたりのたんぱく質を、それぞれパッケージ表示から算出した（調粉 A；エネルギー 68.2kcal/100ml, たんぱく質2.34g/100kcal, 調粉 B；各同 66.7kcal/100ml, 2.40g/100kcal, 調粉 C；67.2kcal/100ml, 2.38g/100kcal, 調粉 D；66.4kcal/100ml, 2.29g/100kcal, 調粉 E；67.0kcal/100ml, 2.37g/100kcal, 窒素換算係数は6.38）。調粉 A は明治乳業株式会社（現株式会社明治）が2005年に発売した調粉である。ペプチドを主な窒素供給源としている調粉は除外した。

乳児発育、栄養摂取量、便性を示す図には、調粉 A 乳児のデータも併記した。

3. 過去の調粉 A 銘柄の組成

本調査の調粉 A（07年調粉）を、同じ銘柄である2001年調査時調粉 A（01年調粉）、1995年調査時調粉 A（95年調粉）と比較した。各調粉の標準調乳液100ml あたりのエネルギー、たんぱく質および100kcal あたりのたんぱく質は、パッケージ表示から算出した（07年調粉；エネルギー 68 kcal/100ml, たんぱく質1.59 g/100ml, 2.34 g/100kcal, 01年調粉；各同70 kcal/100ml, 1.64 g/100ml, 2.34 g/100kcal, 95年調粉；70 kcal/100ml, 1.71 g/100ml, 2.44 g/100kcal）^{8,9)}。たんぱく質、脂質、糖質の原料および製造工程は基本的に同じである。07年調粉のエネルギー（kcal/100ml）は、01年調粉、95年調粉と比べて低い。一方07年調粉のたんぱく質は、01年調粉、95年調粉と比べて、容量あたり（g/100ml）では低いが、エネルギーあたり（g/100kcal）では01年調粉と同じである。

4. 統計解析

発育状態について、母乳栄養児、人工栄養5銘柄の乳児で比較を行い、栄養摂取量について、人工栄養5銘柄の乳児で比較を行った。便性、罹病経験は、母乳栄養児、人工栄養児で比較を行った。

調粉 A で哺育された乳児の栄養摂取量について、

表 対象乳児の月齢別栄養法の分布

	母乳	混合	人工
1 か月齢	39.2% (8,163)	52.9% (11,007)	8.0% (1,656)
2 か月齢	39.7% (753)	45.5% (863)	14.8% (281)
3 か月齢	47.7% (1,739)	34.9% (1,271)	17.5% (637)
4 か月齢	47.4% (1,941)	30.5% (1,249)	22.0% (902)
5 か月齢	47.4% (1,075)	29.1% (661)	23.5% (534)
6 か月齢	47.9% (347)	28.6% (207)	23.6% (171)

() 内は検体数

本調査と1995年調査, 2001年調査を比較した。

統計解析は, それぞれ分散分析またはカイ 2 乗検定を用い, 多重比較検定はシェフェを用いた。有意水準を 5 % として判定した。

Ⅲ. 調査結果

1. 栄養法の分布

北海道から沖縄まで日本全国で調査を行い, 33,642 名の乳児のデータを採取した。地域ごとの調査乳児数の分布は, 出生数の分布と近い分布を示した (北海道;

調査数分布 3 %, 出生数分布 4 %, 青森・岩手・宮城・秋田・山形・福島; 各同 7 %, 7 %, 茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川・新潟・山梨・長野; 37%, 37%, 富山・石川・福井・岐阜・静岡・愛知・三重; 15%, 15%, 滋賀・京都・大阪・兵庫・奈良・和歌山; 13%, 16%, 鳥取・島根・岡山・広島・山口・徳島・香川・愛媛・高知; 15%, 9 %, 福岡・佐賀・長崎・熊本・大分・宮崎・鹿児島・沖縄; 10%, 12%)¹⁷⁾。月齢別栄養法の分布を表に示した。今回の調査では, 4 か月齢で母乳栄養児が47.4%, 人工栄養児が22.0%であった。今回初めて調査した5 か月齢, 6 か月齢における栄養法の比率は, 4 か月齢乳児の比率とほぼ同じであった。

2. 発育状況

母乳栄養児, 人工栄養児および調粉 A 乳児の体重, 身長, カウプ指数を男女別に図1に示した。いずれも母乳栄養児と人工栄養児との間に有意差は認められなかった。人工栄養 5 銘柄の乳児と母乳栄養児それぞれの間で有意差は認められなかった (データ非提示)。

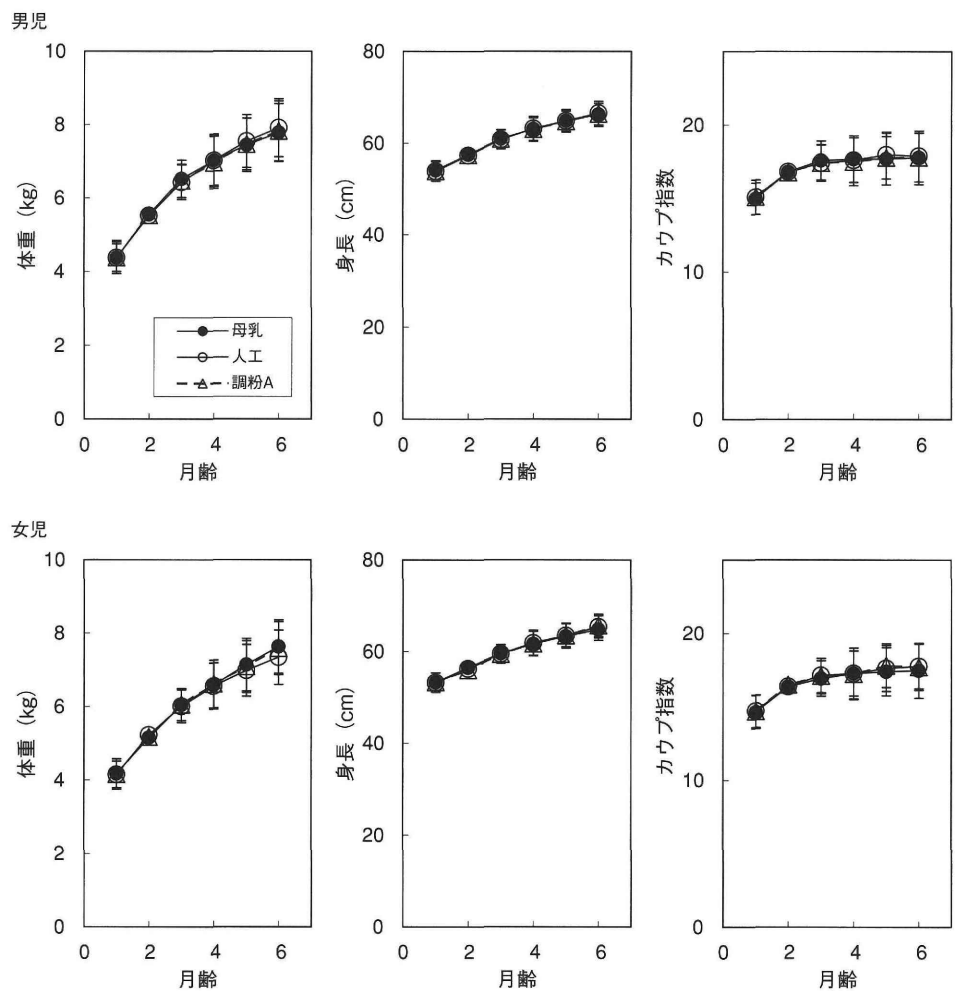


図1 母乳栄養児, 人工栄養児の体重, 身長およびカウプ指数

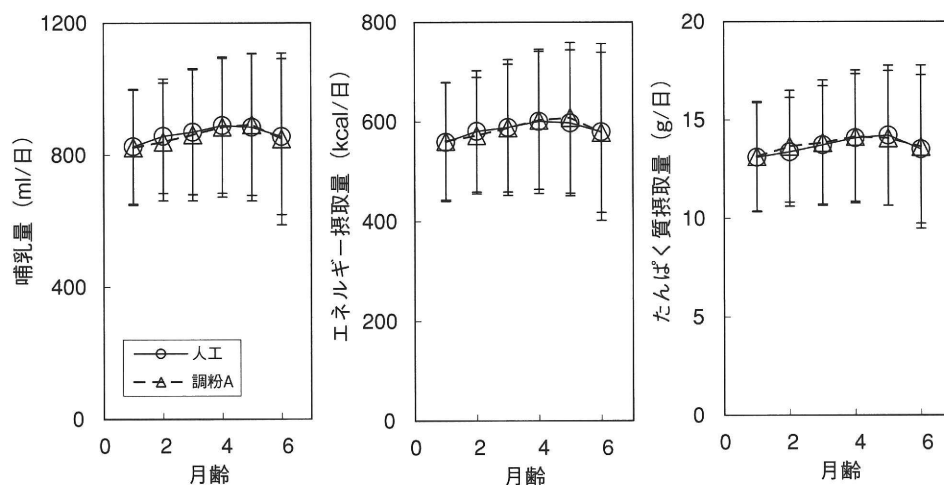


図2 人工栄養児の哺乳量，エネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量

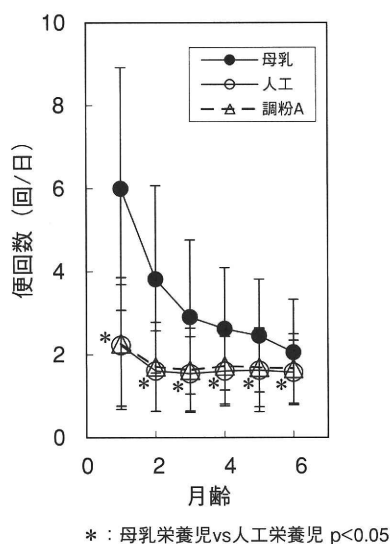


図3 母乳栄養児，人工栄養児の排便回数
*：母乳栄養児vs人工栄養児 $p < 0.05$

3. 哺乳状況および栄養摂取状況

人工栄養児の1日の哺乳量，エネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量を図2に示した。人工栄養児のエネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量の平均は，日本人の食事摂取基準の2005年版，2010年版における推定エネルギー必要量，たんぱく質の摂取目安量を上回っていた^{18, 19)}。エネルギー，たんぱく質の摂取量および体重あたりの摂取量は，人工栄養5銘柄の乳児それぞれの間で有意差は認められなかった（データ非提示）。

4. 便性状況

母乳栄養児，人工栄養児における24時間の排便回数を図3に示した。人工栄養児は母乳栄養児に比べていずれの月齢でも有意に排便回数が少なかった。母乳栄養児，人工栄養児における便の固さの分布を図4に，

便の色の分布を図5に示した。各月齢で，便の固さ，便の色ともに人工栄養児と母乳栄養児に有意差が認められた。便においては，1～5か月齢において有意差が認められた（データ非提示）。

5. 罹病傾向

月齢別の母乳栄養児，人工栄養児の罹病傾向を図6に示した。「湿疹ができて病院に行ったことがある」比率は，0～1か月齢，1～2か月齢において母乳栄養児に比べて人工栄養児が有意に低かった。「発熱で病院に行ったことがある」，「下痢をして病院に行ったことがある」比率は，母乳栄養児と人工栄養児との間で有意差は認められなかった。

6. 調粉A銘柄での比較

本調査，2001年調査および1995年調査で同じ銘柄である調粉Aの乳児における体重あたりの哺乳量，エネルギー摂取量およびたんぱく質摂取量を図7に示した。2001年調査，1995年調査は4か月齢までの調査である。エネルギー摂取量を各調査時と比較すると，月齢ごとに有意差はなかった。一方本調査時の哺乳量は，1か月齢および4か月齢において，2001年調査時および1995年調査時に比べて有意に多く，全体として哺乳量が多い傾向を示した。また本調査時のたんぱく質摂取量は，2001年調査時と差はなく，1995年調査時と比べて1か月齢，2か月齢にて有意に少なかった。

IV. 考 察

今回の調査では，前回2001年調査よりも調査対象を拡げ，6か月齢までの乳児33,642名を調査した¹⁰⁾。こ

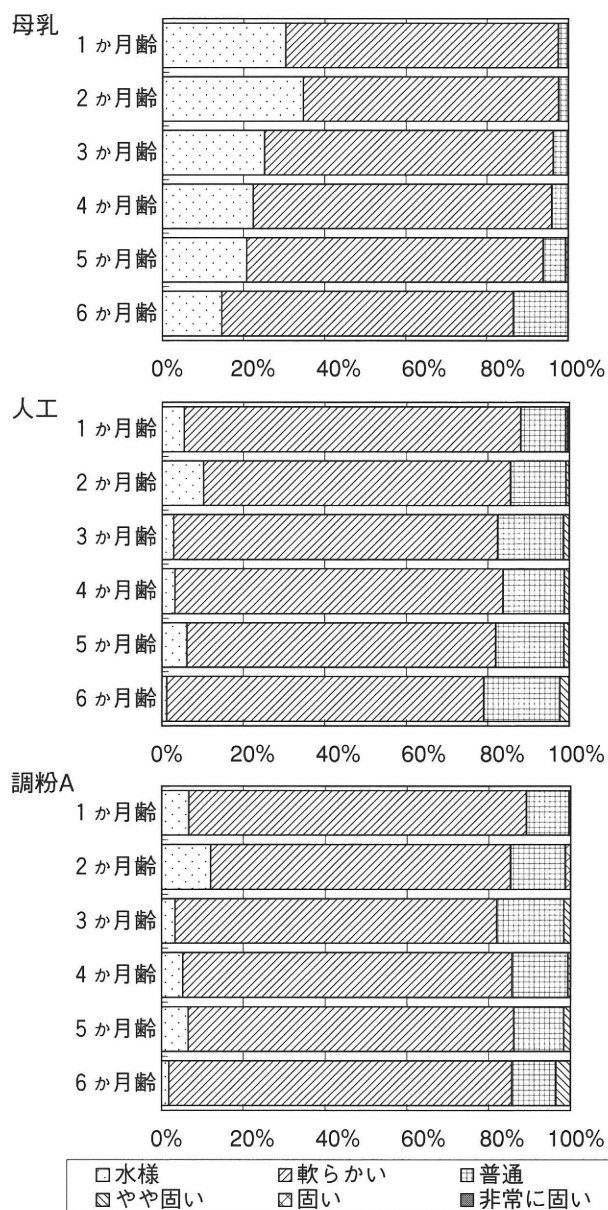


図4 母乳栄養児, 人工栄養児の便の固さ

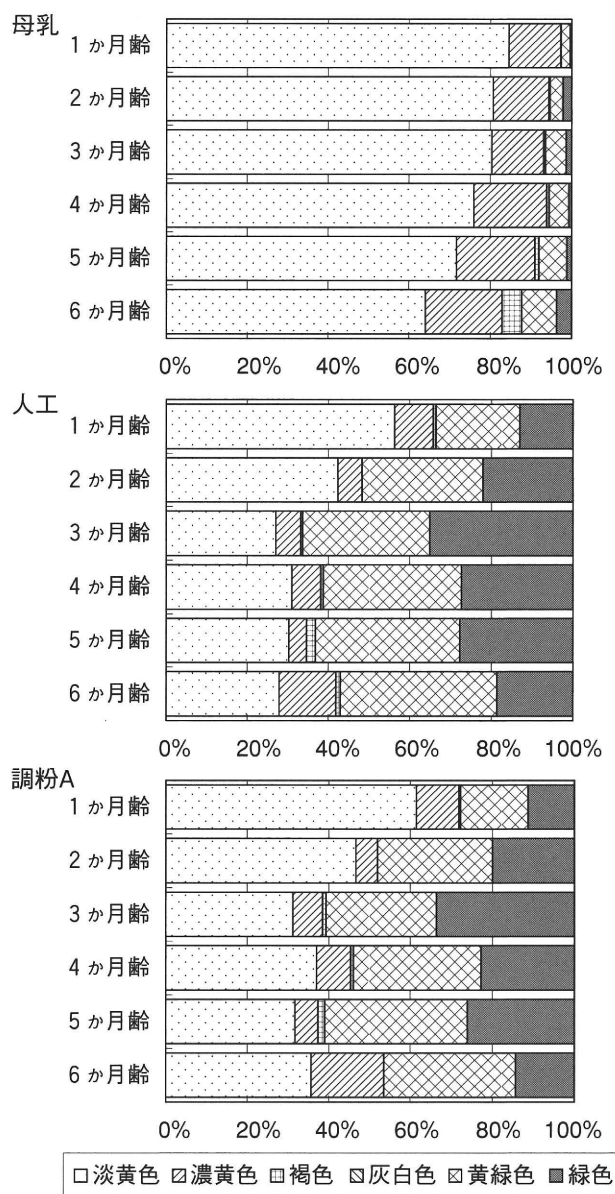


図5 母乳栄養児, 人工栄養児の便の色

の調査数は、2007年における出生数の約3%に相当する¹⁷⁾。健常な乳児は哺乳量が安定していると考え、調査では記憶が明確であることが期待される昨日の哺乳量から栄養法の分布を推察した。本調査の結果は、2001年調査（母乳栄養児34.8%, 人工栄養児35.3%）や2000年の厚生労働省調査（母乳栄養児35.9%, 人工栄養児39.5%）と比較して、母乳栄養児の比率が高く、人工栄養児の比率は低い結果であった^{10, 20)}。母乳哺育推進が浸透して、母乳栄養児の比率が高まったものと考えられる。

各月齢における人工栄養児の体重、身長、カウプ指数は母乳栄養児と有意差がなかったことから、人工栄養児の発育は母乳栄養児とほぼ同じであると考えられる。米国では母乳栄養児の体重増加は人工栄養児に比

べて少ないとの報告があるが、1985年以降のわれわれの調査では、4か月齢までの母乳栄養児と人工栄養児との間に発育の差は認められなかった^{5-10, 21)}。

人工栄養児の便は母乳栄養児と比較して、排便回数が少なく、「水様」便、「軟らかい」便の比率、「濃黄色」便、「淡黄色」便の比率が少ない性状であった。しかし前回2001年調査と比較すると、排便回数、「水様」便+「軟らかい」便の比率、「濃黄色」便+「淡黄色」便の比率が高くなり、母乳栄養児に近づいた¹⁰⁾。

これらの発育、便性、罹病傾向の状況を総合すると、人工栄養児は母乳栄養児とほぼ同等で良好な発育を示していると考えられる。

今回、組成以外の要因の影響を可能な限り排除する

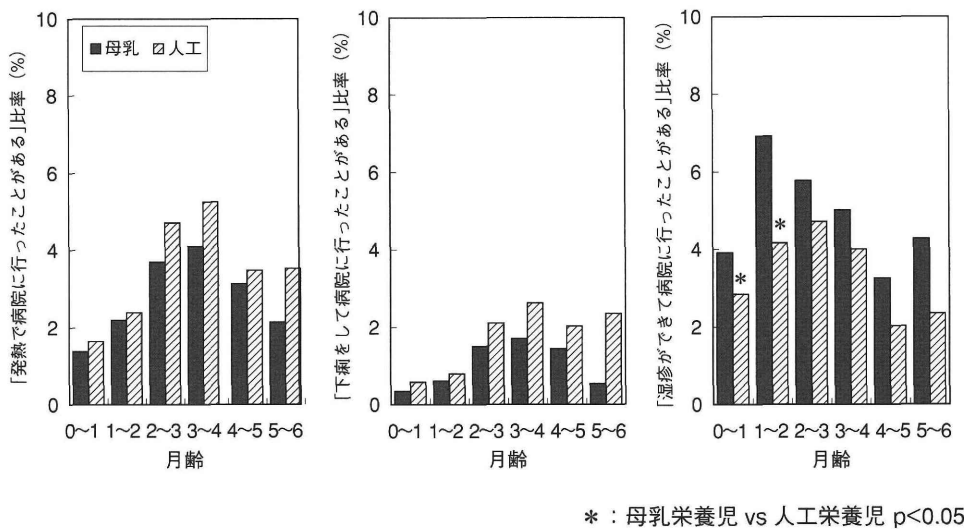


図6 母乳栄養児、人工栄養児の罹病傾向

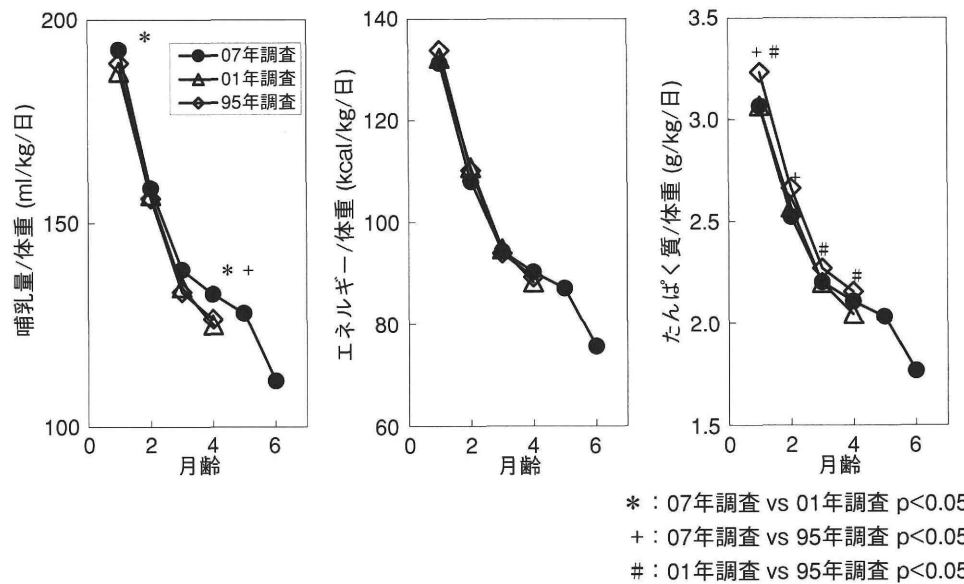


図7 2007年調査時、2001年調査時、1995年調査時における調粉A乳児の哺乳量、エネルギー摂取量、たんぱく質摂取量

ため、同じ銘柄の調粉の乳児を比較した。その結果、2001年調査時に異なる銘柄の乳児で比較した結果と同様に、本調査においてもエネルギー(kcal/100ml)が低い調粉の乳児において体重あたりの哺乳量が多く、エネルギー摂取量が同等であった¹⁰⁾。また本調査時のたんぱく質摂取量は、2001年調査時と同程度であり、1995年調査時よりも少なかった。乳児は必要なエネルギー摂取量にあわせて哺乳量を調節し、たんぱく質などの栄養摂取量はエネルギーあたりに基づくことをあらためて示唆している。

ヨーロッパでは小児肥満防止に向けた大規模な介入試験が進行しており、2009年に2歳までの途中経過が報告されている²²⁾。それによると、1歳までたんぱく質が高い調粉(100kcalあたり乳児用調粉2.9g、フォ

ローアップ調粉4.4g)で哺育された乳児は、たんぱく質が低い調粉(各同1.77g、2.2g)で哺育された乳児に比べ、身長で差はないものの、6か月齢、12か月齢、24か月齢でBMIが高かったことが報告されている。さらに乳児期におけるたんぱく質摂取の影響として、2歳以降で体重、BMIなどに差が認められることも報告されている²³⁻²⁵⁾。一方でたんぱく質摂取量が不足すれば、身長増加が母乳栄養児と同等でもBMIが高くなることが報告されている²⁶⁾。今後、調粉のたんぱく質は、乳児の安全性を確保しながら1歳以降の発育まで長期的な試験が必要と考えられる。

乳児にとって最良の栄養供給源は母乳であり、母乳栄養児の発育や状態に人工栄養児を近づけていくことが調粉改良の目指すところである。乳児の適切な発育

だけでなく、卒乳後の永きにわたる健康状態にも配慮するうえで、調粉のたんぱく質の質の向上と量の低減は引き続き重要な課題である。今回の成績は、乳児のたんぱく質摂取量に直接影響するエネルギーあたりのたんぱく質に十分配慮すべきであることを強く示唆している。安全性を十分に確保する必要がある調粉で、その改良の妥当性を評価するには、本調査のような継続的な乳児の発育調査が重要であると考ええる。

謝 辞

今回の調査にご協力いただいた保護者のみなさま、調査機会をいただいた病産院、調粉販売店諸施設、および実際の調査にあたった当社栄養士の諸氏に感謝する。

著者らはいずれも株式会社明治の従業員であり、この研究は株式会社明治の研究費を用いて実施された。

本論文の要旨は、第55回日本小児保健学会（2008年）にて発表した。

文 献

- 1) 土屋文安, 関口すみ江. 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量および便性に関する調査成績. 小児保健研究 1974; 32: 322-331.
- 2) 土屋文安, 山本良郎, 米久保明得, 他. 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量および便性に関する調査成績 (第2報). 小児保健研究 1979; 38: 133-139.
- 3) 土屋文安, 山本良郎, 米久保明得, 他. 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量および便性に関する調査成績 (第3報). 小児保健研究 1980; 39: 252-262.
- 4) 土屋文安, 山本良郎, 米久保明得. 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量および便性に関する調査成績 (第4報). 小児保健研究 1984; 43 (6): 618-626.
- 5) 土屋文安, 米久保明得, 山本良郎. 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量, 便性ならびに罹病傾向に関する調査成績 (第5報). 小児保健研究 1988; 47 (3): 357-362.
- 6) 山本良郎, 米久保明得. 栄養法別にみた乳児の発育, 哺乳量, 便性ならびに罹病傾向に関する調査成績 (第6報). 小児保健研究 1993; 52 (4): 465-471.
- 7) 米久保明得, 菅野貴浩, 山本良郎. 栄養法別にみた乳児の発育, 哺乳量, 便性ならびに罹病傾向に関する調査成績 (第7報). 小児保健研究 1997; 56 (1): 103-113.
- 8) 米久保明得, 菅野貴浩. 栄養法別にみた乳児の発育, 哺乳量, 便性ならびに罹病傾向に関する調査成績 (第8報). 小児保健研究 1999; 58 (1): 93-103.
- 9) 菅野貴浩, 米久保明得. 栄養法別にみた乳児の発育, 哺乳量, 便性ならびに罹病傾向に関する調査成績 (第9報). 小児保健研究 2005; 64 (4): 585-593.
- 10) 菅野貴浩, 米久保明得. 栄養法別にみた乳児の発育, 哺乳量, 便性ならびに罹病傾向に関する調査成績 (第10報). 小児保健研究 2005; 64 (4): 594-601.
- 11) American Academy of Pediatrics, Protein. Kleinman RE, eds. Pediatric Nutrition Handbook 6th Edition. Illinois: American Academy of Pediatrics, 2009: 325-342.
- 12) Barker DJ. The origins of the developmental origins theory. J Intern Med 2007; 261 (5): 412-417.
- 13) 板橋家頭夫. 低出生体重児の栄養—今後の方向性を考える. 日本未熟児新生児学会雑誌 2008; 20 (1): 46-51.
- 14) Dover GJ. The Barker hypothesis: how pediatricians will diagnose and prevent common adult-onset diseases. Trans Am Clin Climatol Assoc 2009; 120: 199-207.
- 15) 日本学術会議臨床医学委員会健康・生活科学委員会合同生活習慣病対策分科会. 提言 出生前・子どものときからの生活習慣病対策. 東京: 日本学術会議 2008.
- 16) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長. 特別用途食品の表示許可等について. 食安発第0212001号. 2009.
- 17) 厚生統計協. 厚生 の 指標 臨時増刊 国民衛生の動向 2007年. 厚生 の 指標 2007; 54 (9): 502P.
- 18) 第一出版株式会社編集部. 厚生労働省策定日本人の食事摂取基準 (2005年版). 東京: 第一出版株式会社, 2005.
- 19) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討会. 日本人の食事摂取基準 (2010年版). 東京: 第一出版株式会社, 2009.
- 20) 厚生労働省雇用均等・児童家庭局母子保健課乳幼児身体発育調査専門委員会. 乳幼児身体発育値 平成12年乳幼児身体発育調査報告書. 東京: 母子保健事業団, 2002.
- 21) Dewey KG. Growth characteristics of breast-fed compared to formula-fed infants. Biol Neonate 1998; 74 (2): 94-105.
- 22) Koletzko B, von Kries R, Closa R, et al. Lower

protein in infant formula is associated with lower weight up to age 2 y : a randomized clinical trial.

Am J Clin Nutr 2009 ; 89 (6) : 1836-1845.

- 23) Scaglioni S, Agostoni C, Notaris RD, et al. Early macronutrient intake and overweight at five years of age. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000 ; 24 (6) : 777-781.
- 24) Gunnarsdottir I, Thorsdottir I. Relationship between growth and feeding in infancy and body mass index at the age of 6 years. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003 ; 27 (12) : 1523-1527.
- 25) Gunther AL, Buyken AE, Kroke A. Protein intake during the period of complementary feeding and early childhood and the association with body mass index and percentage body fat at 7 y of age. *Am J Clin Nutr* 2007 ; 85 (6) : 1626-1633.
- 26) Fomon SJ, Ziegler EE, Nelson SE, et al. Infant formula with protein-energy ratio of 1.7 g/100 kcal is adequate but may not be safe. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1999 ; 28 (5) : 495-501.

[Summary]

This study is an occasional survey study that was conducted since 1972 to ensure the nutritional adequacy of newly developed infant formulas when they are launched. We obtained data from every area of Japan with respect to formula intake, anthropometric growth, fecal properties, and health conditions for Japanese infants up to 6

months of age who were fed with breast milk or an infant formula. The body weight and length did not show statistically significant differences between breast-fed and formula-fed infants. Generally, both groups showed acceptable health conditions and growth. The energy concentration of one of the formulas that we surveyed was reduced from 70 to 68 kcal/dl recently. We compared the data in this obtained survey for infants fed with the revised formula with the data obtained from the previous survey in 2001 for infants fed with the previous formula, in order to determine whether the decrease in the formula's energy concentration affected its intake. The formula intake volume in terms of body weight in the current survey was greater than that in the previous survey, but the energy intake in terms of body weight was the same for both surveys. This finding was attributable to the fact that the intake volume increased with decrease in formula energy concentration in the current survey. These results suggest that the formula intake in infants is regulated to maintain equivalent total energy intake. Thus, the intake of nutrients, for example, protein, in infants is related to the formula content on the basis of energy content and not volume.

[Key words]

breast-fed infants, formula-fed infants,
formula intakes, energy intakes, protein intakes