

育児用ミルクの種類と製造方法

井戸田 正
Tadashi Idota

Key words : 育児用ミルク, 乳児用調製粉乳, フォローアップ・ミルク

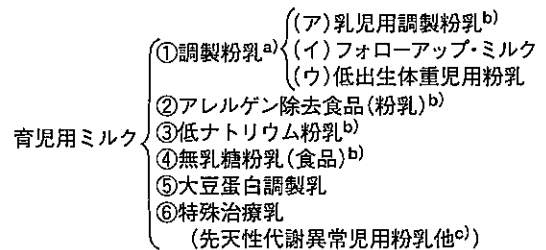
はじめに

少子高齢化が叫ばれて久しい。我が国の出生数は1971～1974年の第二次ベビーブーム以降年々減少し、2003年にはおよそ112万人となった。また、合計特殊出生率も1.29と、人口を維持するに必要な2.10を大きく下回って最低値を記録した。この出生数の減少は人口構造にひずみを生じさせ、我が国の社会・経済に深刻な影響を及ぼすことが危惧されている。そのため、国は「次代の社会を担う子どもが健やかに生まれ、かつ、育成される社会の形成に資することを目的」として、「少子化社会対策基本法」「次世代育成支援対策推進法」を施行し、対策を講じている。

乳児にとっての理想の栄養料は健康な母親からの母乳である。しかし、現実には母乳が不足したり、母親の健康や社会的理由などで、育児用ミルクが必要とされていることも事実であり、育児用ミルクが将来の我が国を支える大切な乳児を健康に育てるうえで果たす役割には重大なものがある。

育児用ミルクの種類^{1～3)}

現在、我が国で乳幼児の哺育に利用されている育児用ミルクには、対象および用途によってさまざまな製品が提供されている。具体的には、乳児用調製粉乳、フォローアップ・ミルク、低出生体重児用粉乳や、アレルギー疾患児用のアレルギー用粉乳(ア



- a) 乳等省令(食品衛生法)による名称
b) 特別用途食品(健康増進法)としての名称
c) 一部、医薬品として認可された製品がある

図1 育児用ミルクの種類

ルゲン除去食品)や大豆蛋白調製乳のほか、特殊治療乳(先天性代謝異常児用粉乳ほか)などがある(図1)。

このうち、乳児用調製粉乳、フォローアップ・ミルク、低出生体重児用粉乳については、「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令(乳等省令)」(食品衛生法)で調製粉乳に指定されており、使用する乳および乳製品以外の原材料の種類および混合割合について厚生労働大臣の承認が必要である。また、乳児用調製粉乳は健康増進法に基づく特別用途食品としての乳児用食品にも指定されており、熱量、蛋白質、灰分、ビタミン類、ミネラル類など20成分について許可基準が設定されている(表1)。そのため、これを販売するに当たっては、前述した乳等省令に基づく承認のほかに、表示内容についての厚生労働大臣の許可も必要とされている。

表 1 各種乳汁の成分組成例

(100 ml 当り)

成分名	単位	乳児用調製粉乳の基準 ^{a)}	乳児用調製粉乳 ^{b)}	フォローアップ・ミルク ^{c)}	牛乳 ^{d)}
熱量	kcal	65~75	67.2	67.0	69.1
蛋白質	g	1.5~2.2	1.60	2.10	3.41
脂質	g		3.61	3.02	3.92
炭水化物	g		7.14	7.92	4.95
灰分	g	0.25~0.40	0.29	0.56	0.72
ビタミン A	μg	53~105	58.5	54.6	40.2
ビタミン B ₁	mg	0.028~	0.04	0.04	0.04
ビタミン B ₂	mg	0.042~	0.10	0.10	0.15
ビタミン B ₆	mg	0.025~	0.05	0.06	0.03
ビタミン B ₁₂	μg	0.11~	0.13	0.14	0.31
ビタミン C	mg	5.6~	6.2	7.0	1.0
ビタミン D	μg	0.7~1.4	1.2	1.5	0.3
ビタミン E	mg	0.5~	0.51	0.48	0.1
ビタミン K	μg		2.3	2.1	2.1
ナイアシン	mg	0.175~	0.65	0.70	0.10
パントテン酸	mg		0.26	0.28	0.57
葉酸	μg		6.5	7.0	5.2
ビオチン	μg		(0.53)		
β-カロチン	μg		5.2	5.6	
コリン	mg		6.5		
カルニチン	mg		(2.34)		
リノール酸	g	0.21~	0.59	0.42	0.11 ^{e)}
γ-リノレン酸	mg		1.8		
α-リノレン酸	g		0.07	0.07	0.02 ^{d)}
ドコサヘキサエン酸	mg		9.1	7.4	
リン脂質	mg		27.3		
アルギニン	mg		50.7		
シスチン	mg		29.9		
タウリン	mg		4.6		
ヌクレオチド	mg		0.78	0.78	
リボ核酸	mg		2.9		
ポリアミン	μg		8.1		
オリゴ糖	g		0.16	0.14	
シアル酸	mg		27.3		
ガングリオシド GM ₃	mg		0.17		
カルシウム	mg	35~	45.5	100.0	113.5
リン	mg	18~	26.0	50.0	96.0
鉄	mg	0.7~	0.8	1.0	0.02
ナトリウム	mg	14~42	19.5	28.0	42.3
カリウム	mg	56~140	65.0	98.0	154.8
マグネシウム	mg	4~	4.8	9.9	10.3
塩素	mg	39~105	40.3	70.0	
マンガン	μg		3.9		
銅	μg		40.6		10.3
亜鉛	mg		0.34		0.41
ヨウ素	μg		(3.6)		
セレン	μg		(0.85)		

^{a)} 特別用途食品の表示許可について(衛発第 781 号)。^{b)} 乳児用調製粉乳「ビーンスタークすこやか」解説書から引用。
^{c)} フォローアップ・ミルク「ビーンスタークつよいこ」解説書から引用。^{d)} 五訂日本食品標準成分表・普通牛乳(科学技術庁資源調査会, 2000)を用いて 100 ml に換算。^{e)} 五訂日本食品標準成分表・普通牛乳および日本食品脂溶性成分表(脂肪酸・コレステロール・ビタミン E)(科学技術庁資源調査会, 1989)を用いて算出。

乳児用調製粉乳とフォローアップ・ミルクの違い⁴⁾

乳児期の栄養は、母乳またはそれに代わる乳児用調製粉乳のみで哺育される授乳期栄養と、離乳食と乳汁によって栄養が充足される離乳期栄養の二つに大きく分けられる。

母乳や乳児用調製粉乳は授乳期である生後5~6カ月までの乳児が必要とする栄養成分をすべて満たすことができ、その意味で完全食品である。そのため、後述するように乳児用調製粉乳は母乳の成分、含量、機能、そして母乳栄養児の発育にいかにか近づけるかを課題として多年にわたり研究と改良がなされてきた。

他方、フォローアップ・ミルクは生後9カ月以降の乳幼児が対象である。栄養の主体となる離乳食をベースとして、併せてフォローアップ・ミルクを利用することで必要な栄養素を充足できるように設計・調製されており、その意味で栄養補完食品である。

このように乳児用調製粉乳とフォローアップ・ミルクの役割、意義は全く異なっており、それゆえに成分組成も大きく異なっている(表1)。

このような位置付けから、フォローアップ・ミルクの成分組成を設計するには、基礎資料として、離乳期以降の乳幼児の食事・栄養摂取実態を示すデータが必要とされるが⁵、全国的な規模での調査は限られている。これに資するため、ビーンスターク・スノーの中盤ら^{5,6)}は2度にわたって乳幼児の栄養摂取実態調査を全国的な規模で行っている。それによれば、離乳食と牛乳を摂取している1歳から1歳半の幼児の場合、その54%がビタミンDの食事摂取基準を下回っていたし、鉄についてはほとんどの児で下回っていた。フォローアップ・ミルクには、これら栄養素も強化されており、この点からも機能の一端が理解されるものと考えられる。

乳児用調製粉乳の歴史^{1~3,7)}

我が国の乳児用調製粉乳は過去80年近くにな

たって改良が続けられ、現在では安心して使用できる。ここに至るまでの品質改良の歴史は、加糖粉乳期、70%調製粉乳期、特殊調製粉乳期、そして現在の調製粉乳期に大きく分けることができる。

この中で品質の実質的な改良は、1951年に制定された乳等省令でその規格が設定された70%調製粉乳期に始まったといえる。名称が示すように、全脂粉乳に各種ビタミンとショ糖、可溶性多糖類(滋養糖)を30%添加することによって始まった。

その後、1959年乳等省令が改定され、「特殊調製粉乳」の規格が制定されたのを契機として、それ以降急速に母乳の成分組成に近づけることが進められることとなった。乳等省令の改訂によって、母乳の組成に類似させるために必要な栄養素の添加が認められたこと、そして、従来66.5%以上とされていた乳固形分が60%以上へと下げられたことと、従来16%以上とされていた乳脂肪の項目が廃止されたことにより、蛋白質量の低減や乳清蛋白質の増強、脂肪置換などが可能となったためである。この品質の改良とあいまって、この時代には調乳・授乳法も大きく変わった。それまで月齢に応じて調乳濃度を変えたり、砂糖や α 化澱粉を加えたりする必要があったものが、同じ濃度での調乳(単一処方)や粉乳のみでの授乳(単品調乳)が可能となった。

1979年再び乳等省令が改定され、現在の「調製粉乳」となった。そして、乳固形分は50%以上へと下げられ、さらなる改良努力が続けられてきている。

このように、「特殊調製粉乳」以降の品質の改良は、一貫して母乳の成分・含量・機能に近づけるべく慎重に、段階的に行われてきた。当然のことながら、目標である母乳についても盛んに研究されており、全国的規模での調査も斎藤ら⁸⁾(雪印乳業、ビーンスターク・スノー)、山本ら⁹⁾(明治乳業)や井戸田ら¹⁰⁾(ビーンスターク・スノー)によって行われ、成分組成、機能改良の基礎資料として用いられている。

このような改良の歴史を食品機能の視点から俯瞰してみると、粗化学的成分を母乳に近づけ、かつ乳児の栄養・代謝機能に適した栄養成分にするという第一次機能の改良から、母乳に含まれる乳児の機能

発達を助ける成分や生体調節成分の強化という、第三次機能の改良へと変化してきているといえることができる。

現在の乳児用調製粉乳の特徴^{1~3)}

母乳の蛋白質含量は牛乳のおよそ半量である。その組成はカゼイン 26%, ホエイ (乳清) 蛋白質 53%, 非蛋白態窒素 (NPN) 21% であり、消化吸収性に優れたホエイ蛋白質と生理機能成分に富む NPN を多く含むという特徴を有しており、乳児の未熟な消化機能、生理代謝機能にうまく適合している。そして、蛋白質量のみならず、シスチン、アルギニン、タウリンなどの必須アミノ酸、準必須アミノ酸も過不足なく含まれている。

発育の盛んな乳児にとって、質、量ともに適切な蛋白質の摂取が必要であるが、我が国の乳児用調製粉乳は、蛋白質組成やアミノ酸組成の改良に伴って段階的に母乳に近づけられてきた (表 2)。

生活環境や食生活の変化から、アレルギー疾患が増えているといわれている。この点に対してもさまざまな配慮がなされてきている。質的改良に伴う蛋白質含量の低減のみならず、アレルギー性の高い β -ラクトグロブリンを低減するための分解や α -ラクトアルブミンの増強が行われている。また、NPN 成分であるヌクレオチド、リボ核酸、ポリアミンには、未熟な消化管の発達を助け蛋白質の腸管透過を防ぐ作用や免疫系のバランス (Th1/Th2) を調節する作用が知られているが、それらについても強化されるようになっている。このほか、脂質 (n-6/n-3 比の調節や γ -リノレン酸を始めとする多価不飽和脂肪酸の配合) や糖質 (オリゴ糖の配合による腸内菌叢の改善) などの改良ともあいまって、人工栄養児のアレルギー罹患率も母乳栄養児に近いものとなっている。

母乳の脂質含量は牛乳とほぼ同じであるが、脂肪酸・トリグリセリド組成には大きな違いがある。母乳の脂質は消化・吸収性に優れ、リノール酸、 α -リノレン酸、アラキドン酸、ドコサヘキサエン酸 (DHA) などの多価不飽和脂肪酸 (PUFA) やリン脂質 (スフィンゴミエリン、ホスファチジルコリン) も多

表 2 育児用粉乳の蛋白質含量の変遷

年代	育児用粉乳 ^{a)} (g/100 ml)
70%調製粉乳時代	
1953~1958 年	3.1~3.2
特殊調製粉乳時代	
1959~1965 年	2.0~3.1
1966~1968 年	1.95~2.00
1969~1974 年	1.88~2.00
1975~1976 年	1.81~2.00
新調製粉乳時代	
1977~1981 年	1.76~1.82
1982~1989 年	1.69~1.81
1990~1996 年	1.61~1.69
1997 年~	1.59~1.61
<hr/>	
人乳 (31~60 日) ^{b)}	1.35

^{a)} 4 社製品 (ビーンスターク・スノー、明治、森永、和光堂) の調乳時の含量範囲

^{b)} 井戸田, 1996¹⁰⁾

く、乳児の重要な給源となっている。現在の乳児用調製粉乳では、リノール酸、 α -リノレン酸、 γ -リノレン酸やアラキドン酸、DHA などの必須脂肪酸含量や、n-6 系 PUFA/n-3 系 PUFA 比、リノール酸/ α -リノレン酸比、リン脂質含量が母乳に近づけられているとともに、消化・吸収性の改善、中枢神経系の機能発達、アトピー性皮膚炎の改善などのために、大豆油、ラード、魚油、月見草油などが用いられている。

母乳の糖質は、乳糖とオリゴ糖のみで構成されていること、およそ 130 種類ものオリゴ糖が 0.3~2.4 g/ml と豊富に含まれていることが特徴的である。最近の乳児用調製粉乳には、腸内でのビフィズス菌叢の形成と便性を母乳栄養児に近づけることを目指して、オリゴ糖が配合されているが、その種類は母乳に含まれているガラクトシルラクトースやシアリルラクトースのほかに、フラクトオリゴ糖、ラフィノース、ラクチュロースが用いられている。このうち、シアリルラクトースはビフィズス菌の増殖を助ける働きのほか、合成能の未熟な乳児へのシアル酸の給源として脳・中枢神経系の発達に関与し、またシアル酸含有糖脂質であるガングリオシドともども感染

防御因子としても重要な働きをしていると考えられている¹¹⁾。感染防御因子として、このほかラクトフェリン、ラクトアドヘリンが強化されるようになっている。

乳児にとって、牛乳のミネラルは過量である。現在の乳児用調製粉乳では、脱塩・分離分画技術を用いてミネラル含量を低減しつつ、バランスも整えられている。マンガン、銅、亜鉛、ヨウ素、セレンなどの微量元素についても配慮されている。ビタミン各成分についても適量に調整されている。

乳児用調製粉乳の製造方法^{2,12)}

現在の乳児用調製粉乳は、未熟な乳児の消化吸收、代謝、排泄機能に適するように、他の食品には見られない多岐にわたる成分組成の調製が行われている。そして、目的の成分組成とするために極めて多くの種類の原材料が適宜配合されている。各社で用いられている原材料や製造工程には異なる部分があり、図2には基本的な製造工程の概要を示した。

目標とする製品の成分組成を得るために、組成標準化工程においてさまざまな原材料が混合される。蛋白質含量と、カゼイン・乳清蛋白質組成の標準化には、全粉乳、脱脂粉乳、ホエイパウダー(脱塩)、蛋白質濃縮ホエイパウダー、ホエイ蛋白濃縮物、カゼイン、乳糖などの牛乳由来原材料が用いられる。これらは受入れ検査に合格した生乳を連続遠心式の清浄化装置で微細な異物などを除いた後、さまざまな工程を経て製造される。そして、脂質含量や脂肪酸組成を調整するために各種の調整脂肪を加え、さらにはデキストリン(可溶性多糖類)、ビタミン類、ミネラル類、アミノ酸などを配合して組成を標準化する。標準化された調乳液は脂肪分離を防ぐため、均質機を用いて脂肪球を細分化(均質化)する。殺菌後、真空濃縮機によって短時間に固形率を約50%まで濃縮した液を、噴霧乾燥機により熱風で瞬間的に乾燥させ粉乳にする。この間、粉乳の溶解性を向上させるために造粒させ、一定の粒度にするために篩過した後、容器に計量・充填する。ついで脂質の酸化を防ぎ保存性を高めるために、容器内の空気を除

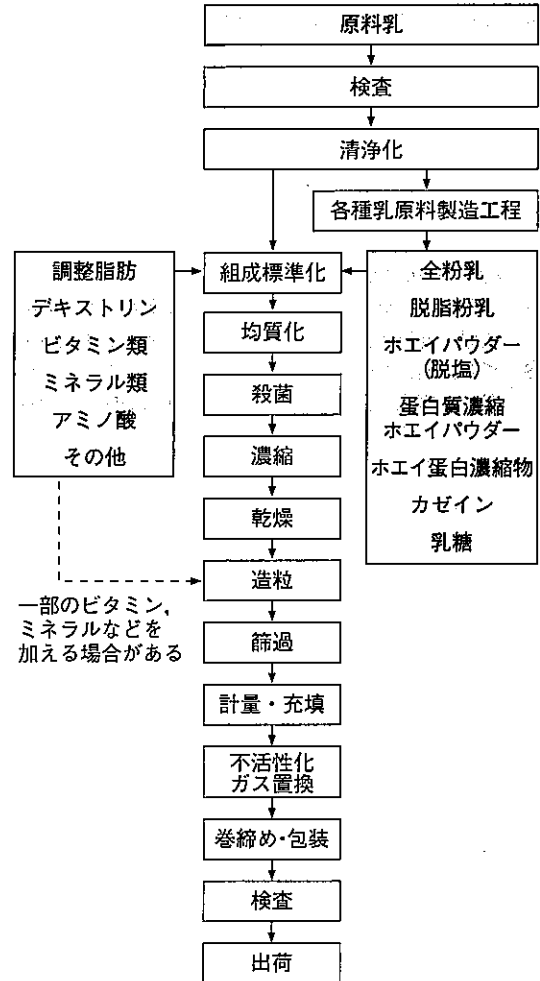


図2 乳児用調製粉乳の製造工程(川瀬, 1992; 土肥ら, 1977 に加筆)^{2,12)}

いてから不活性化ガス(窒素・二酸化炭素)を吹き込み、容器内に残存する酸素量をおよそ3%以下に置換する。最後に、蓋を巻締め、包装し、厳重な品質検査後に出荷される。

文献

1. 今村榮一：新・育児栄養学—乳児栄養の実際，日本小児医事出版社，東京，pp286-312，2005
2. 川瀬興三：調製粉乳。山内邦男，横山健吉編：ミルク総合辞典，朝倉書店，東京，pp298-322，1992
3. 井戸田 正：乳児用調製粉乳の変遷—母乳をめざして。周産期医学 28：63-68，1998

4. 井戸田 正：フォローアップ・ミルク. *New Food Industry* 36：43-51, 1994
5. 中埜 拓, 井戸田 正, 中島一郎：離乳食からの栄養摂取に関する全国実態調査. *日本小児栄養消化器病学会雑誌* 9：16-27, 1995
6. 中埜 拓, 加藤 健, 小林直道, 他：乳幼児の食生活に関する全国実態調査 離乳食および乳汁からの栄養素等の摂取状況について. *小児保健研究* 62：630-639, 2003
7. 三野和雄：わが国における育児用粉乳の歴史. 高井俊夫編：乳児栄養学, 朝倉書店, 東京, pp73-98, 1968
8. 斉藤健輔, 古市栄一, 近藤 敏, 他：日本人の人乳に関する研究. *雪印乳業技術研究所報告* 69：1-103, 1965
9. 山本良郎, 米久保明得, 飯田耕司, 他：日本人の母乳組成に関する研究(第1報). *小児保健研究* 40：468-475, 1981
10. 井戸田 正：わが国産婦の母乳の成分組成. 奥山和男監修：臨床新生児栄養学, 金原出版, 東京, pp122-131, 1996
11. 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* 13(秋季増刊)：1159-1167, 2000
12. 土肥 達, 林 弘道：粉乳. 林 弘道編：乳業技術綜典(上巻), 酪農技術普及学会, 東京, p279, 1977

* * *