

# 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

井戸田 正\*, 高道 希代子

## Slipping Point and Solid Fat Content of Lipid in Human Milk and Conventional Infant Formulae

Tadashi Idota\* and Kiyoko Takamichi

*J Jpn Soc Nutr Food Sci* 52: 229-232 (1999)

We have determined the slipping point and the solid fat content (SFC) of lipids in human colostrum (3-5 days postpartum), mature milk (25-44 days postpartum), and some conventional infant formulae. Slipping points were 26.7°C in colostrum and 23.4°C in mature milk. Although the slipping point in one infant formula was higher than that in mature milk, those in others ranged from 20.0 to 22.5°C, which is lower than that in mature milk. Between 10°C and 25°C, the SFC of colostrum was 2% higher than that of mature milk. Lipids in colostrum and mature milk were in the liquid phase over 30°C. SFCs of infant formulae were similar to those of human milk.

**Key Words** slipping point, solid fat content (SFC), human milk, infant formula.

(Received March 18, 1998; Accepted May 6, 1999)

母乳は乳児にとって最良の栄養源であり、含まれる各栄養素の利用性にも優れている。人乳中の脂質もその消化吸収性は良好であり、乳児が摂取するエネルギーの約50%を供給している<sup>1)</sup>。この人乳脂質の利用性が高い理由として、脂肪酸組成、トリグリセリド構造の特異性や胆汁酸活性化リパーゼ (bile salt-stimulated lipase) の存在などが指摘されている<sup>2-5)</sup>。

他方、乳児用調製粉乳 (育児用粉乳と略す) の主要な原料である牛乳中の脂質は、乳児には利用され難い<sup>2)3)5)6)</sup>。そのため現在の育児用粉乳では脂質の消化吸収性を向上させるために、牛乳脂質の大部分を植物性油脂やラードなどで置換して脂肪酸組成やトリグリセリド構造を人乳に近づけたり、吸収され難いパルミチン酸やステアリン酸を減らし吸収されやすい中鎖脂肪酸<sup>9)</sup>を強化するなどが行われている<sup>4)</sup>。

しかしながら、脂質の消化吸収性はそのほかにも、物理化学的特性、すなわち脂肪球の大きさ、脂質の融点あるいは食事脂質中の固体脂と液状油の割合 (固体脂含量) などによっても影響されることが報告されている<sup>3)6-8)</sup>。

たとえば、Langworthy<sup>7)</sup> は種々の動物油、植物油および水素添加油の消化吸収性の比較から、体温以上の融点

をもつ油脂の消化吸収性は悪く、融点と消化吸収性は負の関係にあることを報告している。また、Mattson<sup>8)</sup> は融点よりも体温領域での固形脂含量が消化吸収性のより良い基準として利用できることを指摘している。

このように、脂質の消化吸収性は種々の特性によって影響されるが、人乳<sup>9)10)</sup> や育児用粉乳中の脂質の融点についての報告は少なく、固体脂含量についての報告は見当たらない。

今回、われわれは人乳および市販育児用粉乳中脂質の融点および固体脂含量を測定したので報告する。

### 実験方法

#### 1. 試料

1.1 人乳 栃木県に在住する母児ともに健康な母親を対象として、夏季 (7-8月) に、64名の母親から初乳 (分娩後3-5日, 平均4.3±0.79日) を、また37名の母親から成乳 (分娩後25-44日, 平均31.4±3.69日) を採取した。

1.2 育児用粉乳 わが国で市販されている5社の製品を対象とした。各製品に配合されている油脂は、育児用粉乳A (1996年8月17日製造): パーム核分別油, 大

\* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author)

雪印乳業株式会社栄養科学研究所 (350-1165 川越市南台1-1-2)

Nutritional Science Laboratory, Snow Brand Milk Co., Ltd., 1-2-2 Minamidai, Kawagoe 350-1165, Japan

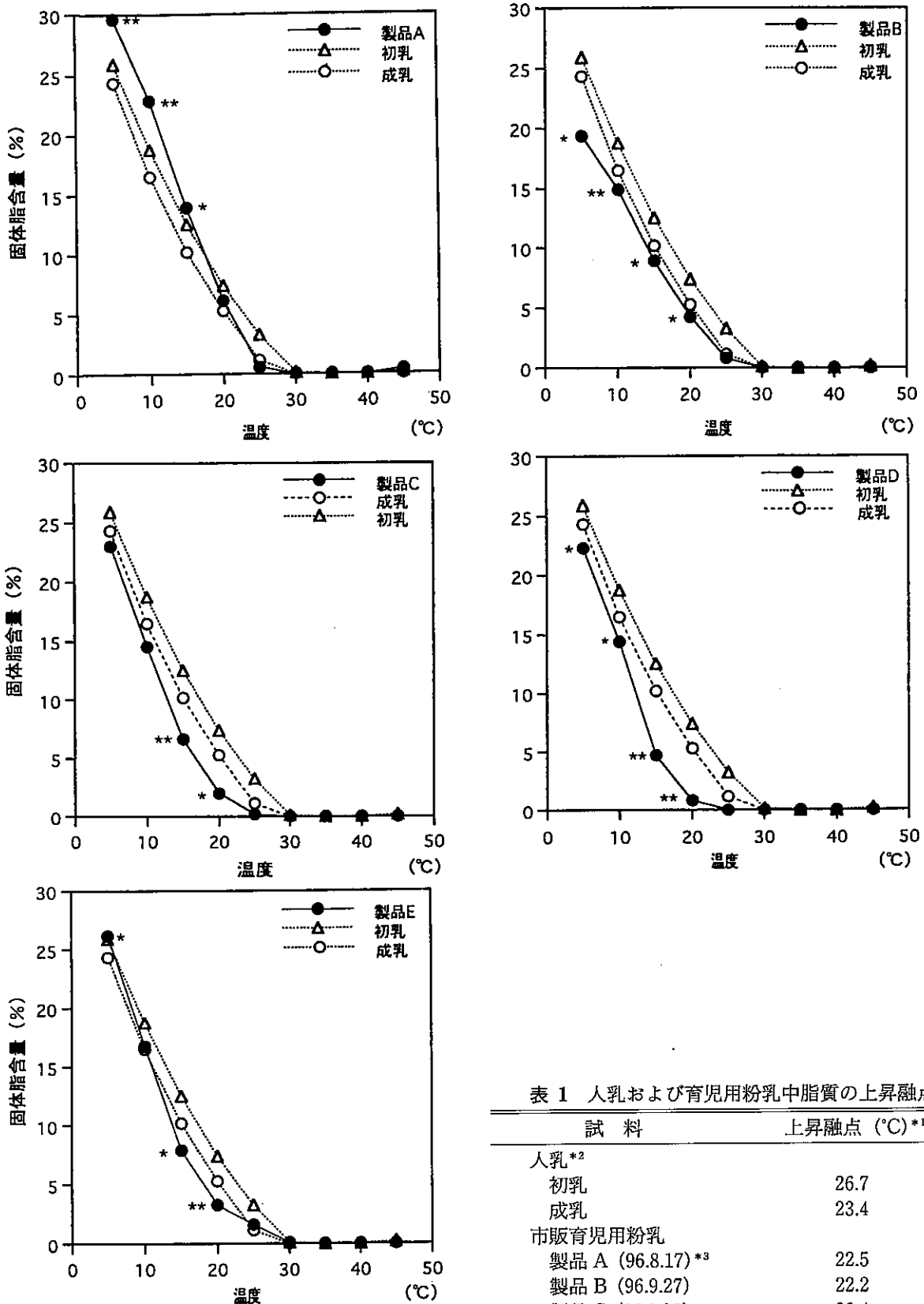


図1 人乳および育児用粉乳中の脂質の各測定温度における固体脂含量  
成乳に対して有意差を示した部分に\* ( $p < 0.05$ ) または\*\* ( $p < 0.01$ ) を付した。

表1 人乳および育児用粉乳中脂質の上昇融点

試料	上昇融点 (°C)* <sup>1</sup>
人乳* <sup>2</sup>	
初乳	26.7
成乳	23.4
市販育児用粉乳	
製品A (96.8.17)* <sup>3</sup>	22.5
製品B (96.9.27)	22.2
製品C (96.8.27)	20.4
製品D (95.3.9)	20.0
製品E (96.7.24)	24.4

\*<sup>1</sup>自動融点・軟化点測定装置 EX-873W-A (エレクトクス科学) を用いた。  
\*<sup>2</sup>初乳は分娩後 4.3±0.79 日, 成乳は分娩後 31.4±3.69 日に採取した。  
\*<sup>3</sup>括弧内は製造日を示した。

豆油, パーム油, 魚油, 月見草油, 育児用粉乳 B (1996年9月27日製造): 大豆油, パーム油, ヤシ油, ラード分別油, 魚油, 育児用粉乳 C (1996年8月27日製造): 大豆油, パーム油, パーム核油, 魚油, 育児用粉乳 D (1995年3月9日製造): パーム分別油, パーム核油, 大豆油, 魚油, 育児用粉乳 E (1996年7月24日製造): オールオ油, ヤシ油, 大豆油, ラード, パームオレインである。

## 2. 分析方法

2.1 総脂質画分の抽出 人乳試料に10倍量のクロロホルム:メタノールを2:1の割合で混合した溶媒を加え, 総脂質画分を抽出した<sup>11)</sup>。64名の母親から得た初乳700.2 mLおよび37名の母親から得た成乳510.5 mLからおのおの17.20 g, 17.71 gの脂質を得た。

2.2 融点(上昇融点) 自動融点・軟化点測定装置 EX-873W-A (エレックス科学) を用いて測定した<sup>12)</sup>。

2.3 固体脂含量 基準油脂分析試験法<sup>13)</sup>に準拠し5-45°Cの範囲において5°C間隔で測定した。なお, テンパリング温度は26.7°Cとした。装置には固体脂含量分析計 PRAXIS MODEL SFC-900 (Praxis社) を用いた。

上昇融点の測定は4回, 固体脂含量は2回行い, 各図表には平均値で示した。統計処理は一元配置分散分析を行い, 平均値の差の検定を Student's *t*-test にて行った。なお, 個体脂含量測定値の正規性は別途把握した。

## 結果および考察

初乳および成乳脂質の上昇融点はおのおの26.7°C, 23.4°Cを示し, 初乳脂質の上昇融点は成乳脂質に比べて有意に高値を示した ( $p < 0.01$ ) (表1)。

育児用粉乳 A-D の上昇融点は20.0-22.5°Cと成乳の23.4°Cより有意に低値 ( $p < 0.01$ ) を, 育児用粉乳 E は24.4°Cと有意に高値を示した ( $p < 0.01$ ) (表1)。

人乳脂質の融点について, Macy *et al.*<sup>10)</sup> は白人の人乳を対象として泌乳6-10日の移行乳で32°C, 成乳で26.0-26.5°Cと, 移行乳に比べて成乳で低値を示すことを報告している。また, 斉藤ら<sup>9)</sup> は日本人の人乳を対象として分娩後75日までの成乳で夏季23.4-28.3°C, 冬季22.8-30.3°Cと報告している。本研究結果も初乳に比べて成乳で低値を示したが, Macy *et al.* の値<sup>10)</sup> に比べて低く, 斉藤ら<sup>9)</sup> の範囲内であった。

融点は一般に短鎖飽和脂肪酸や不飽和脂肪酸で低値を示し, 長鎖飽和脂肪酸で高値を示すが, それら脂肪酸の不飽和度はヨウ素価に反映する。斉藤ら<sup>9)</sup> は前述した成乳脂質のヨウ素価を測定し, 夏季乳で70.9-79.1, 冬季乳で71.1-82.6と Macy *et al.* の成乳の61.65<sup>10)</sup> より高いことを報告し, その理由として, 日本人の人乳脂質が不飽和脂肪酸を多く含むためと指摘している。参考としてわれわれも初乳および成乳に含まれる脂質のヨウ素価をウィイス-シクロヘキサン法を用いて各1例測定したが, その値は初乳72.7, 成乳74.2と, 斉藤ら<sup>9)</sup> の範囲内で, また, Macy *et al.* の値<sup>10)</sup> より高く上昇融点の結果と整

合性を有するものであった。

人乳および育児用粉乳中の脂質を対象として, 5°Cから45°Cまでの範囲で5°C間隔で測定した固体脂含量を図1に示した。

初乳中の脂質の固体脂含量は10-25°Cにおいて成乳より約2%有意に高値を示した ( $p < 0.05$ ) が, 30°Cでは両者ともに液状となった。育児用粉乳の固体脂含量はいずれの試料においても人乳に近いパターンを示した。しかし, 育児用粉乳 A および E は低温域で成乳値より有意に高値を示したが, 温度が高くなるに従い成乳値とほぼ同等か低値を示すようになった。一方, 育児用粉乳 B は5-20°Cで, 育児用粉乳 C は15, 20°Cで, 育児用粉乳 D は5-25°Cで人乳値よりも有意に低値を示した。また, 人乳と同様に各育児用粉乳ともに30°Cでは液状となった。

人乳および育児用粉乳の脂質の固体脂含量については, われわれが渉猟しえた文献には見いだせなかった。今回, われわれが測定した育児用粉乳の固体脂含量はいずれも人乳に近い結果を示しており, 人乳と同様に30°C以上においては液状であった。他方, 牛乳脂質の固体脂含量は5°C:47%, 10°C:39%, 15°C:27%, 20°C:13%, 25°C:8%, 30°C:2%, 35°C:0%と人乳や育児用粉乳より高値を示す(未発表データ)。

現在, わが国で市販されている育児用粉乳では, その主要な原料である牛乳中の脂質の大部分を植物性油脂やラードなどで置換して脂肪酸組成やトリグリセリド構造を人乳に近づけることが行われている。その結果, 上昇融点や個体脂含量も人乳値に近づいたものと考えられる。

## 要 約

ヒト初乳, 成乳および育児用粉乳中の脂質の上昇融点および固体脂含量を測定した。初乳および成乳の上昇融点はおのおの26.7°C, 23.4°Cであり, 育児用粉乳の上昇融点は20.0-24.4°Cの範囲にあった。初乳の固体脂含量は成乳より約2%高値を示した。また, 育児用粉乳の固体脂含量の温度による変化は人乳に近いパターンを示した。本研究で育児用粉乳中脂質の上昇融点および固体脂含量が人乳に近いことを明らかにしたが, これは現在の育児用粉乳の脂肪酸組成やトリグリセリド構造が人乳に近づけるよう調製されているためと考えられる。

## 文 献

- 1) 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 (1991) 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誌 5, 145-58.
- 2) 村上龍助 (1987) 栄養素の代謝と所要量. 脂質: 新生児の栄養と代謝, (馬場一雄, 小林 登編) 小児科 MOOK No. 48, p. 45-56. 金原出版, 東京.
- 3) Fomon SJ (1993) Fat. In: Nutrition of Normal

- Infants, p. 147-76. Mosby, St. Louis.
- 4) 井村総一 (1987) 人工栄養：新生児の栄養と代謝, (馬場一雄, 小林 登編) 小児科 MOOK No. 48, p. 115-23. 金原出版, 東京.
  - 5) Koldovsky O (1985) Digestion and absorption of carbohydrates, protein, and fat in infants and children. In: Nutrition in Pediatrics. Basic Science and Clinical Application (Walker WA, Watkins JB, eds), p. 253-77. Little Brown and Company, Boston.
  - 6) 松尾 保, 守田哲朗 (1979) 脂質代謝：乳幼児栄養学, p. 164-76. 医歯薬出版, 東京.
  - 7) Langworthy CF (1923) The digestibility of fats. *Ind Eng Chem* **15**: 276-8.
  - 8) Mattson FH (1959) The absorbability of stearic acid when fed as a simple or mixed triglyceride. *J Nutr* **69**: 338-42.
  - 9) 斉藤健輔, 古市栄一, 近藤 敏, 川西悟生, 西川 勲, 中里薄志, 野口洋介, 土肥 達, 野口絢子, 新郷珠美子 (1965) 日本人の人乳に関する研究. 雪印乳業技術研究所報告 **69**, 51-75.
  - 10) Macy IG, Kelly HJ, Sloan RE (1953) The composition of milks, Publ. 254, NAS, NCR, Washington, D.C.
  - 11) ハ尋政利, 村上雄二, 皆川憲夫, 阿彦健吉 (1988) キャピラリーカラムガスクロマトグラフィーによる母乳中脂肪酸組成. 日本栄養・食糧学会誌 **41**, 263-71.
  - 12) 兼松 弘, 木下葉子, 新谷 勲, 松本太郎 (1981) 食用固形油脂融点測定の自動化について (第6報) エレックスの装置を用いた上昇融点. 油化学 **30**, 881-3.
  - 13) 日本油化学会 (1996) 暫 1-<sub>1996</sub> 固体脂含量. NMR法：基準油脂分析試験法 (II) 1996 年版.
- (1998年3月18日受付, 1999年5月6日受理)