

# 乳たんぱく質 のすべて

体をつくり、活力を生む、  
良質なたんぱく源。

種類や特徴、  
はたらきを知って、  
健康な体づくり。

# mil



一般社団法人 Jミルク

# Contents

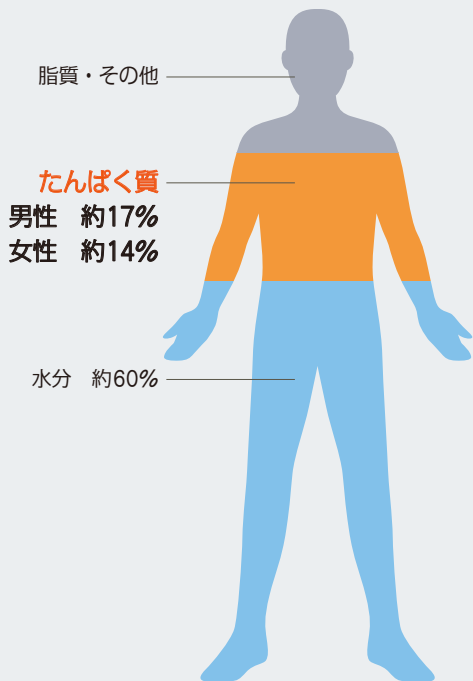
## 乳たんぱく質のすべて

体をつくり、活力を生む、良質なたんぱく源。  
種類や特徴、はたらきを知って、健康な体づくり。

- Part1** **たんぱく質の基本** ..... 1
- (1) ヒトはなぜたんぱく質を食べる? ..... 1
  - (2) たんぱく質を構成するアミノ酸 ..... 2
  - (3) たんぱく質の適切な摂取量は? ..... 3
- Part2** **乳たんぱく質とは** ..... 4
- (1) 高い栄養価とすぐれた消化吸収 ..... 4
  - (2) カゼインの機能性 ..... 6
  - (3) ホエーたんぱく質の機能性 ..... 7
- Part3** **乳たんぱく質と筋肉** ..... 8
- (1) 筋肉が果たす重要な役割 ..... 8
  - (2) 筋肉づくりを栄養面からサポート ..... 9
- Part4** **乳たんぱく質と健康** ..... 10
- (1) アスリートの栄養管理への活用 ..... 10
  - (2) “暑さに強い体”で熱中症予防 ..... 11
  - (3) 高齢期の栄養改善で介護予防 ..... 12
  - (4) ペプチドで広がる可能性 ..... 14
- Part5** **食物アレルギーを正しく知ろう** ..... 15
- Part6** **乳たんぱく質への誤解と疑問に答える** ... 16
- Q. たんぱく質をとりすぎると骨粗しょう症になる? ..... 16
  - Q. 乳たんぱく質は「異種たんぱく質」だから危険? ..... 17
  - Q. 牛乳は殺菌の工程により酵素が死ぬから  
ヒトには消化できない? ..... 17
  - Q. 牛乳は加熱によって乳たんぱく質が変性しているので  
消化が悪く、体によくない? ..... 17

たんぱく質は私たちの体の主成分であり、生きていくうえでなくてはならないものです。私たちは食物からたんぱく質を摂取し、体のなかで合成と分解を繰り返しながら生命をつないでいます。

図1 人体を構成する成分



資料：JミルクHP「ミルク解体新書 第2回 たんぱく質学」(2013年7月)

## (1) ヒトはなぜたんぱく質を食べる？

たんぱく質は、炭水化物、脂質とともに三大栄養素に数えられる、重要な栄養素。英語のプロテイン (protein) の語源は「proteios (いちばん大切な)」というギリシャ語だといわれています。

その言葉どおり、ヒトの体を構成する成分をみると、たんぱく質は水分について多く、男性で全重量の約17%、女性で約14%を占めています **図1**。

なぜ、それほどたんぱく質が存在するのでしょうか。

それは、私たちの体が約10万種類ものたんぱく質によって構成されているからです。そのはたらきには、次のようなものがあります。

### ①体を構成する

たんぱく質は、私たちの体の骨格や筋肉、内臓、皮膚、毛髪、脳や血管など、あらゆる細胞・組織をつくる材料となります。

### ②体の機能を調整する

たんぱく質は、食べ物の消化・吸収をはじめ体内で起こる化学反応の触媒となる酵素、体の機能を調節するホルモン、神経伝達物質、さらに細菌や病原体から体を守る免疫細胞、酸素を運ぶ赤血球、遺伝子などをつくる材料としても使われます。

### ③エネルギー源になる

たんぱく質は、炭水化物 (1gあたり4kcal)、脂質 (同9kcal) よりも割合は少ないものの、分解されてエネルギー源として利用されます (同4kcal)。

このたんぱく質を構成する、最小単位の分子がアミノ酸です。ヒトの体のたんぱく質を構成するアミノ酸は20種類あり、その種類や組み合わせ、量などの違いによって、形状やはたらきの異なるたんぱく質がつくられます。

食品から摂取したたんぱく質は、胃、十二指腸と進みながら消化され、ペプチド (アミノ酸がいくつかつながった断片) を経て、アミノ酸に分解されます (p.14 **図17**)。そして小腸から吸収されると血液に乗って大部分が肝臓や各組織へと運ばれ、そこでヒトの体を構成するさまざまなたんぱく質へと再合成されるのです。

一方、新陳代謝で不要になったたんぱく質はアミノ酸に分解され、尿素やアンモニアなどにつくりかえられ体外に排出されます。

このように、私たちの体内ではたんぱく質の合成と分解、排出が繰り返されています。したがって、健康な体を維持していくには、常に食事からたんぱく質を補給する必要があります。

必須アミノ酸は、1種類でも少ないと、他のアミノ酸がどれだけ豊富にあっても、少ないアミノ酸に見合う量でしか利用できません。動物性たんぱく質はバランスのとれた「良質なたんぱく質」です。

表1 たんぱく質を構成する20種類のアミノ酸

必須（不可欠）アミノ酸	
体内で合成されず、食事などで補う必要があるアミノ酸	
名称	略号
バリン	Val
ロイシン	Leu
イソロイシン	Ile
スレオニン（トレオニン）	Thr
リジン（リシン）	Lys
メチオニン	Met
フェニルアラニン	Phe
トリプトファン	Trp
ヒスチジン	His

非必須（可欠）アミノ酸	
体内で合成できるアミノ酸	
名称	略号
グリシン	Gly
アラニン	Ala
セリン	Ser
アルギニン	Arg
アスパラギン酸	Asp
アスパラギン	Asn
グルタミン酸	Glu
グルタミン	Gln
システイン	Cys
チロシン	Tyr
プロリン	Pro

※アルギニンは小児では必須アミノ酸に含まれる

## (2) たんぱく質を構成するアミノ酸

たんぱく質を構成する20種類のアミノ酸は、「必須（不可欠）アミノ酸」と「非必須（可欠）アミノ酸」の2つに分けられます【表1】。

### ①必須（不可欠）アミノ酸——9種類

私たちの体内で合成できないか、あるいは合成量が少ないために必要量を満たすことができず、食事から摂取しなければならないアミノ酸です。

### ②非必須（可欠）アミノ酸——11種類

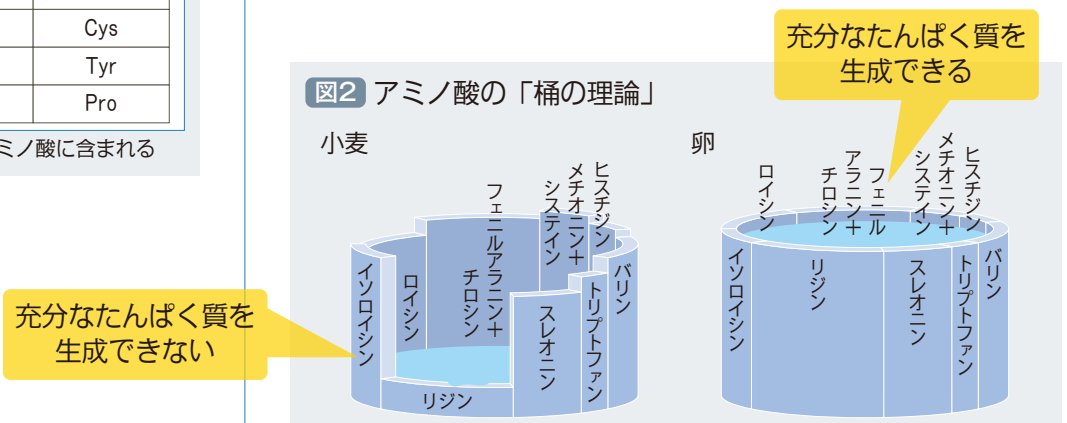
必須アミノ酸とは異なり、体内で合成が可能なアミノ酸です。ただし、非必須だからといって、食事からとる必要がないわけではありません。体内で重要な役割を果たしているものも多く、場合によっては体内で必要な量を合成することができないものもあります。

たんぱく質の栄養価を考えると、大切なのが必須アミノ酸のバランスです。有名な「桶の理論」は、必須アミノ酸を桶の材料の板とみなし、そのバランスをみるものです【図2】。短い板があるとそこまで水が貯められないのと同じで、アミノ酸バランスに凹凸があると、いちばん少ないアミノ酸にあわせてたんぱく質の栄養価が決まってしまう。

つまり、摂取するたんぱく質の「質」を考えないと、たんぱく質をとっているつもりが実は不十分だった、ということがあるのです。よく「良質なたんぱく質をとりましょう」といった表現がなされますが、「良質なたんぱく質」とは、必須アミノ酸をバランスよく含むたんぱく質のことをいいます。

一般的に、卵、肉や魚、乳製品などの動物性たんぱく質食品は、必須アミノ酸をバランスよく含む良質なたんぱく質です。一方、植物性たんぱく質は、小麦やトウモロコシのリジンなど、不足している必須アミノ酸があるため、他の食物で補う必要があります。

図2 アミノ酸の「桶の理論」



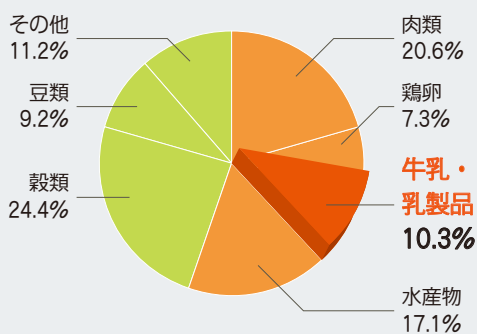
たんぱく質をたっぷり摂取したからといって体がそれだけ大きくなったり、筋肉がついたりするわけではありません。適切な量を知り、バランスのよい食事を心がけることが大切です。

表2 たんぱく質の食事摂取基準 (推奨量)

性別 年齢等	男性 推奨量 (g/日)	女性 推奨量 (g/日)
1~2 (歳)	20	20
3~5 (歳)	25	25
6~7 (歳)	35	30
8~9 (歳)	40	40
10~11 (歳)	50	50
12~14 (歳)	60	55
15~17 (歳)	65	55
18~29 (歳)	60	50
30~49 (歳)	60	50
50~69 (歳)	60	50
70以上 (歳)	60	50
妊婦 (付加量)	/	
初期		+0
中期		+10
後期		+25
授乳婦 (付加量)		+20

資料：「日本人の食事摂取基準（2015年版）」より抜粋

図3 国民1人・1日あたり供給たんぱく質 推移



資料：農林水産省「平成28年度 食料供給表」

### (3) たんぱく質の適切な摂取量は？

#### たんぱく質の食事摂取基準

「日本人の食事摂取基準（2015年版）」では、1日に必要なたんぱく質は摂取エネルギーの13~20%が理想的であり、成人男性で1日60g、成人女性で1日50gが推奨量とされています【表2】。

なお、たんぱく質の必要量は、運動強度に応じてU字形を描くことが知られています。つまり、活発に動き、よく食べる人は、容易に必要な量を満たすことができ、たんぱく質の質にもそこまでこだわる必要はありません。しかし、不活発な人や高齢者など運動量が少ない人はたんぱく質の利用効率が悪くなるため、逆に激しい運動をする人はたんぱく質の分解が高まることから必要量が増え、食事に注意しないとたんぱく質不足に陥る場合があります。

#### 不足すると

たんぱく質が不足すると、体全体の機能低下につながります。また、乳幼児や成長期の子どもの場合、成長障害を招きます。

#### とりすぎると

過剰な摂取分は尿中に排泄されるため、腎臓に負担がかかります。「日本人の食事摂取基準（2015年版）」ではたんぱく質の耐容上限量は設定されていませんが、総エネルギーの「20%を超えた場合の安全性は確認できない」と注意喚起した報告を紹介しています。

#### 日本人の実際の摂取量は

日本人のたんぱく質摂取状況は、2017（平成29）年国民健康・栄養調査結果によれば、1人1日あたり69.4g（男性75.3g、女性64.0g）となっています。このうち、動物性たんぱく質の摂取量は37.8g。戦後間もない1950（昭和25）年は68.1g中17.6gでしたので、実に2倍以上に増えたことになります。

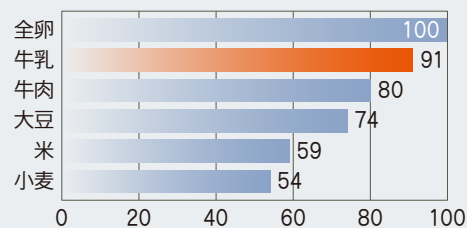
穀類中心の食事から、動物性たんぱく質を組み合わせたバランスのよい食生活へ。日本人の平均寿命の延伸、長寿世界一の達成には、こうした食生活の改善も理由の一つにあげられています。

牛乳・乳製品も、スーパーマーケットやコンビニエンスストアなど身近な店舗ですぐに手に入り、調理しなくてもそのまま食べたり飲んだりできる良質なたんぱく質として広く普及。現在では、日本人のたんぱく質供給源の約10%を占めるまでになっています【図3】。

良質なたんぱく質として知られる「乳たんぱく質」。

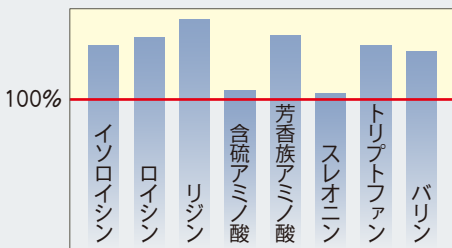
さまざまな指標で、その優秀さが明らかになっています。

図4 生物価の比較



資料：伊藤肇著『乳製品製造学』、p.204-208、光琳

図5 牛乳のアミノ酸スコア



資料：科学技術庁『改訂日本食品アミノ酸組成表』に基づく

表3 たんぱく質の新基準DIAASの比較

	DIAAS
乳たんぱく質（濃縮）	1.18
ホエーたんぱく質（WPI）	1.09
濃縮ホエーたんぱく質（WPC）	0.973
大豆たんぱく質	0.898~0.906
小麦ふすま	0.411
米たんぱく質（濃縮）	0.371

※WPI、WPCについては、p.7コラムにて解説。

資料：Rutherford SM, et al. J Nutr. 2015;145(2):372-9.

乳たんぱく質の質の高さが明らかに！

## (1) 高い栄養価とすぐれた消化吸収

「乳（にゅう）たんぱく」質は、牛乳・乳製品に含まれるたんぱく質の総称です。一般的な普通牛乳で約3.3%含まれており（p.5 図6）その最大の特徴は、栄養価の高さと、消化のよさにあります。近年は、さまざまな機能性も報告されています。

### 乳たんぱく質の特徴——①栄養価の高さ

たんぱく質の栄養価を表す指標はいくつかありますが、乳たんぱく質は、どの指標でみても高水準です。

#### <生物価>

生物価は、食べたたんぱく質がどれだけ消化・吸収されて体内に取り込まれたかを測る指標です（図4）。全卵たんぱく質を100として相対評価値で示すことになっています。

#### <アミノ酸スコア>

アミノ酸スコアは、食品ごとに必須アミノ酸の含有バランスを評価する指標で、スコアが100に近いほど体内でたんぱく質が有効利用されます。

必須アミノ酸はどれか1つでも摂取量が少ないと、最も少ない必須アミノ酸の量までしか利用されません（p.2参照）。

牛乳（図5）やヨーグルト、チーズのアミノ酸スコアは、どれも「100」の良質なたんぱく質。牛乳ならコップ2杯も飲めば、1日に必要な必須アミノ酸量を満たすことができます。発酵食品のヨーグルトなら、たんぱく質の一部がすでにペプチドやアミノ酸まで分解されているため、さらに消化がよいという特徴があります。

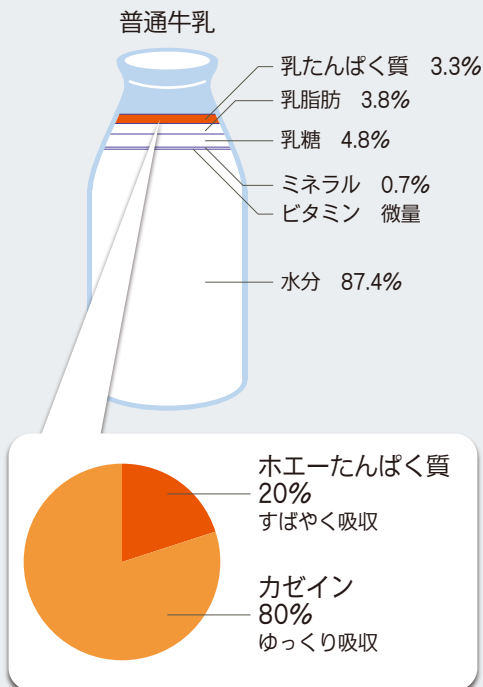
#### <DIAAS（消化性必須アミノ酸スコア）>

2013年にFAO（国際連合食糧農業機関）が新たに提言した指標です※1。より正確な吸収率の測定をもとに、消化のされやすさ、体内での利用効率など、総合的にたんぱく質の「質」を評価する方法で、数値が高いほど、たんぱく源として優秀とされます。

現在、最も信頼度が高いとされるこの指標でも、乳たんぱく質はその栄養価の高さが証明されています（表3）。DIAASのスコアにおいては過剰分の必須アミノ酸も切り捨てずに評価されるため、高品質なたんぱく質源ではスコア値が1（または100%）を超える場合もあります。表3における「乳たんぱく質（濃縮）」などはその好例です。

※1 Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Paper 92. Rome; 2013.

図6 牛乳の成分と乳たんぱく質



資料：文部科学省「日本食品標準成分表2015年版（七訂）」  
Jミルク「メディアミルクセミナー ニュースレター No.16」

## 乳たんぱく質の特徴——②消化のよさ

乳たんぱく質は、大きく2種類に分けることができます。約80%を占める「カゼイン」と、約20%の「ホエーたんぱく質」という、乳特有のたんぱく質です（図6）。

カゼインは水に溶けないたんぱく質で、牛乳中に微粒子状に分散しています。酢などの酸を加えると固まる性質があり、ヨーグルトは乳酸菌がつくった乳酸によってカゼインが固まったものです。

一方、牛乳からカゼインと乳脂肪を取り除いた半透明の液体をホエーといいます（ホエーは、「ホエイ」「乳清」ともよばれます）。ヨーグルトを置いておいたときに上にたまる液体もホエーです。ホエーたんぱく質は、その液体のなかに溶けて存在しています。

興味深いことに、2つの乳たんぱく質は、消化・吸収のスピードが全く異なります。

### <カゼインの消化・吸収>

カゼインは、胃に入ると胃酸によりいったん固まり（凝集）、「カード」とよばれるヨーグルト状になります。このため「牛乳は胃の中で固まるので消化されにくい」と誤解されることがありますが、実際には全く逆で、固まるからこそ消化がよくなります。

凝集により、胃での滞留時間は長くなります。その結果、胃から分泌されるたんぱく質分解酵素ペプシンが、軟らかくすき間が多いカードのすみずみまで入り込み、ゆっくり確実に消化・分解されるのです。

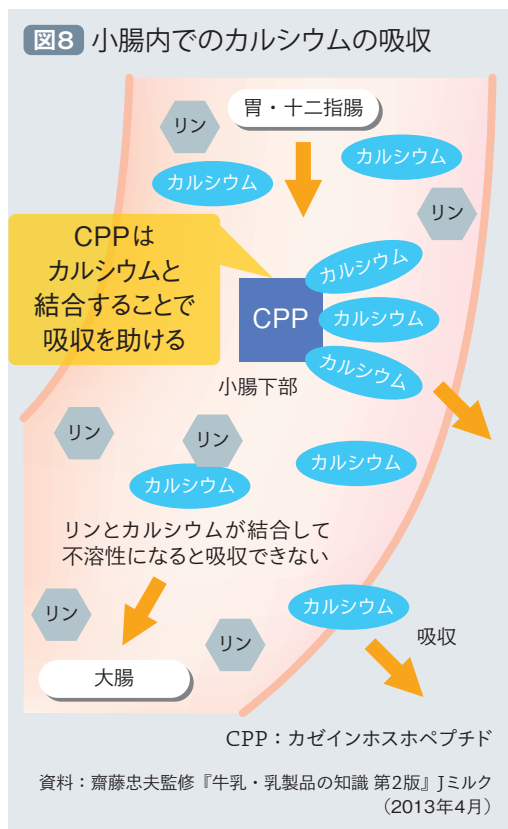
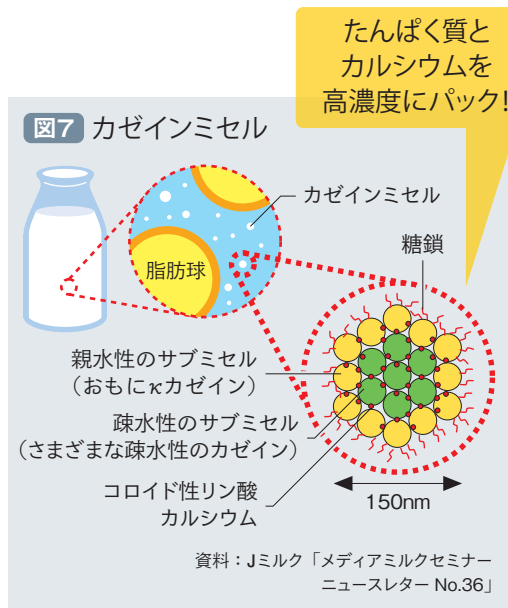
### <ホエーたんぱく質の消化・吸収>

ホエーたんぱく質は、カゼインとは異なり、胃酸では凝集しません。その他の食塊とともにそのまま胃を出て、小腸ですばやく消化・吸収されることがわかっています。

先に吸収されるホエーたんぱく質は、体内でたんぱく質の合成を促進します。一方、後からゆっくり時間をかけて完全に吸収されるカゼインは、たんぱく質の材料となるアミノ酸などの栄養を長く供給。異なる2つの乳たんぱく質のはたらきにより、牛乳の豊かな栄養分が余すところなく吸収・利用されるしくみになっているのです。

これら2つの乳たんぱく質の特徴を知ることは、p.8から後述するような、筋肉づくり、健康づくりのためのいっそう効果的な摂取にもつながります。

さまざまな機能が報告されている乳たんぱく質。ここでは、その80%を占めるカゼインにおいて報告されている機能性をとりあげます。



#### 参考資料

Jミルク「ファクトブック 牛乳・乳製品と骨 カルシウムのすべて」(2019年1月)

## (2) カゼインの機能性

### カルシウムを運び、吸収を助ける

牛乳中のカルシウムは、他の食品に比べて吸収率が高いことが知られていますが、その理由はカゼインのはたらきにあります。

子牛が育つためには、骨の主成分であるリン酸カルシウムを大量に摂取する必要があります。しかし、リン酸カルシウムはほとんど水に溶けません。そこで、まだミルクしか飲めない子牛に必要な成分を供給する大切な役割を担っているのが、カゼインです。

カゼインは、本来は水に溶けるたんぱく質ですが、カルシウムが共存すると水に溶けなくなります。ただしその場合でも、外側を親水性のミセルで囲む構造をとることで、あたかも水に溶けているかのように、固まったり沈殿したりすることなく、分散して存在することができます。この微粒子状の「カゼインミセル」は、なんと牛乳1mL中に15兆個も浮遊しています **図7**。

さらに、カゼインはアミノ酸が多数つながってできていますが、その配列の中にセリンがたくさん集まっている箇所があります。セリンはリン酸が結合できる構造で(リン酸化)、そこにカルシウムが結びつくことによって、カルシウムを安定して保持できるようになっています。

この性質により、牛乳中に存在する全カルシウムのうち、実に約3分の2がカゼインミセルに内包される形で存在しています。水に溶けないリン酸カルシウムが安定的に分散して存在できるのは、カゼインミセルあってこそなのです。「カゼインミセル」の構造については新しい説が言われています。補足説明を用意しましたので併せてご覧ください。

### 小腸でカルシウムの吸収を助けるCPP

胃でイオン化されたカルシウムは、一部が小腸上部で吸収されますが、大部分は小腸下部まで降りてきます。このとき、下部にいくほどpHが酸性から弱アルカリ性になるため、通常ならカルシウムは再びリン酸と結合し、吸収されにくくなってしまいます。

しかし、カゼインが分解される過程で生じる「カゼインホスホペプチド(CPP)」は、元のカゼインと同様にカルシウムをよく保持する能力を維持しており、腸管からのカルシウムの吸収を助けることが解明されています **図8**。

### 免疫力を高める

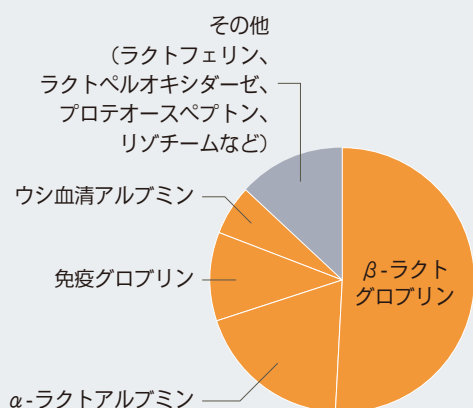
カゼインの構成成分である $\kappa$ -カゼインや、その消化によって遊離するパラ- $\kappa$ -カゼインとカゼイノグリコペプチド(CGP)は、リンパ球の増殖を抑えて抗体の産生を抑制します。このことは、アレルギー反応のような過敏な免疫反応を調節する効果もあることを示しています。

また、 $\kappa$ -カゼインにはアレルギー反応を起こすヒスタミンの放出を抑制するはたらきもあります。



乳たんぱく質の20%は、水溶性のホエーたんぱく質です。ホエーたんぱく質もまた栄養価が高く、機能性や、プロテインとしての利用にも期待が寄せられています。

図9 ホエーたんぱく質の構成成分



資料：Walstra, P. and Jenness, R. (1984) Dairy Chemistry and Physics. New York: John Wiley and Sons.

### Column

#### 用途広がるホエーパウダー

チーズの生産過程などで大量にできるホエー。近年、その栄養価の高さから有効利用が図られるようになりました。プロテインサプリメントにも利用されています。

〈WPC (ホエイプロテイン・コンセントレート)〉

ホエーを分子篩 (ふるい) 膜 (UF 膜) で低分子の乳糖と灰分を除去してたんぱく質含量を高めたもの (たんぱく質の純度は80%以下)。

〈WPI (ホエイプロテイン・アイソレート)〉

乳糖や脂肪の多くを除去し、ホエーたんぱく質含量を90%前後に高めたもの。

#### 参考資料

齋藤忠夫監修『牛乳乳製品の知識 改訂版』Jミルク (2017年10月)

Jミルク「メディアミルクセミナー ニュースレター No.6」(2004年11月)

※1 日本ラクtofelin学会HP「ラクtofelinとは」

※2 Choi HK, et al. Purine-rich foods, dairy and protein intake, and the risk of gout in men. N Engl J Med. 2004;350(11):1093-103.

Choi HK, et al. Intake of purine-rich foods, protein, and dairy products and relationship to serum levels of uric acid: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. Arthritis Rheum. 2005;52(1):283-9.

## (3) ホエーたんぱく質の機能性

ホエーたんぱく質は、さらに細かく分類することができます (図9)。ホエーたんぱく質全体として、またそれぞれの成分で、さまざまな機能性を保持することが報告されています。

### 病原菌の感染予防

免疫系において重要なはたらきを担う免疫グロブリンは、特に初乳に多く含まれ、生まれたばかりの子牛の免疫力を高め、ウイルス性の下痢症を防ぐことが知られています。

また、ラクtofelinは、サルモネラ菌や病原性大腸菌の増殖を抑えて、免疫力を高めることが確認されています。ラクtofelinは胃内のペプシンで分解されると、より高い抗菌性のラクtofelininを生成します。

このほか、細菌の増殖を防ぐラクtofelinaseなどの酵素、細菌の細胞膜を分解して破壊するリゾチーム、病原菌の標的細胞に作用して感染をブロックするα-ラクtoalbuminなどが知られています。

### 多機能たんぱく質「ラクtofelin」

ラクtofelinは上述のように生体防御に重要な役割を果たすほか、ビフィズス菌の増殖による腸内環境の改善、鉄の吸収を調節するはたらきによる貧血の予防・改善作用、抗炎症作用、脂質代謝改善作用などが知られています※1。

### 骨を強化する「MBP」

乳塩基性たんぱく質 (MBP) は、ホエーに含まれるさまざまな微量塩基性たんぱく質の複合物です。骨を強くするはたらきが認められ、特定保健用食品 (トクホ) の関与成分にもなっています。

### 体内の抗酸化物質グルタチオンの生合成を助ける

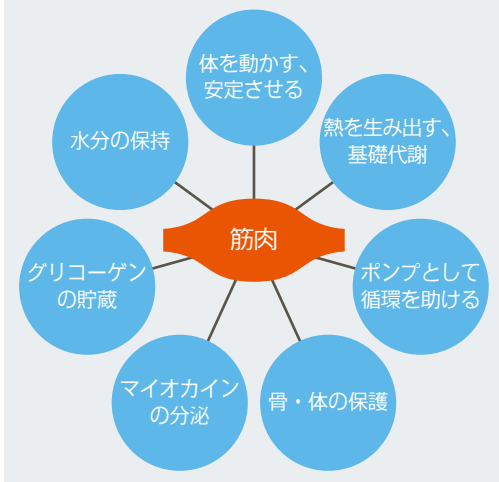
ホエーたんぱく質は、シスチン/システインとγ-グルタミルシステインペプチドを豊富に含み、これらは抗酸化物質グルタチオンの生合成の基質として有用です。グルタチオンは活性酸素種を破壊し、発がん物質の発がん作用を抑えて、がん発症予防に寄与すると考えられています。

### 痛風の発症を抑制

摂取した食品と痛風の発症の関係について12年以上にわたり調査したアメリカの疫学調査によれば、プリン体を多く含む肉類、魚貝類は、摂取量が増えると痛風発症のリスクが高まりましたが、乳製品は、摂取量が増えるにつれて発症リスクが低下しました※2。カゼインとホエーたんぱく質の尿酸排泄促進作用により、血液中の尿酸値を下げているためと考えられます。

筋肉は立ったり歩いたり、姿勢を維持したりといった日常動作の基盤となるだけでなく、私たちが生きていくために欠かすことのできない、さまざまな活動を担っています。

図10 筋肉のおもなはたらき



## (1) 筋肉が果たす重要な役割

たんぱく質が主成分となってつくられる筋肉。水分を除くと、筋肉の80%はたんぱく質です。心臓を動かす心筋、内臓や血管を動かす平滑筋、そして体を動かす骨格筋と、全身の筋肉は大小400以上あります。一般的に「筋肉」と呼ぶ場合は骨格筋を指し、おもなはたらきには次のようなものがあります 図10。

### ①体を動かす、安定させる

全身の骨格にそって付着する骨格筋は、伸び縮みすることで骨が動き、関節の曲げ伸ばしや固定が可能になり、体を動かしたり姿勢を保つたりできるようになります。

### ②熱を生み出す、基礎代謝

筋肉は常にエネルギーを消費し、熱を生み出し体温を保っています。

### ③ポンプとして循環を助ける

筋肉は第二の心臓という言葉もあります。収縮と弛緩によってポンプのようにはたらき、体内の血液やリンパ液の循環を助けています。

### ④骨・体の保護

筋肉は、外からの衝撃を吸収するクッションとなって、外部の衝撃から骨や内臓、関節などを守ってくれます。

### ⑤マイオカインの分泌

マイオカインは、骨格筋から分泌される生理活性因子の総称です。骨格筋のグルコース取り込み増加、筋肥大や運動中の肝臓での糖新生の促進、骨形成や血管新生、インスリン分泌促進など、さまざまな作用をもたらすことが知られています。

このほかにも、筋肉にはグリコーゲンの貯蔵、水分の保持などさまざまなはたらきがあります。

近年、筋肉のはたらきについての研究が進むとともに、多様な機能やその重要性が認識されてきています。筋肉を維持していくことは、私たちの全身の健康と密接にかかわっているのです。

筋肉は、使わなければ加齢とともに衰えていきます。

しかし一方で、筋肉は何歳からでも発達させることができます。筋肉の細胞である筋線維は、トレーニングなどで過負荷がかかると微細な損傷が起こります。それが修復される際に、前と同じ太さではまた同じ負荷で切れてしまうため、元の筋線維よりもわずかに太い状態になります。これを「超回復」といい、繰り返すことで筋肉は太く強くなっていきます。

意識して筋肉をしっかりと鍛えることが、成長期の体づくり、壮年期の活力ある生活、高齢期のQOL（Quality Of Life＝生活の質）の維持・向上を支えます。

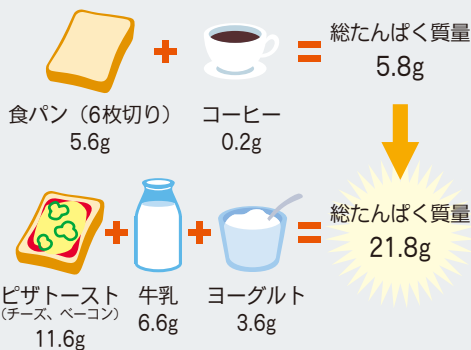
#### 参考資料

厚生労働省「e-ヘルスネット」  
公益財団法人 長寿科学振興財団「健康長寿ネット」  
NHK「視点・論点」解説アーカイブスより、「筋肉と健康長寿——石井直方」（2016年4月19日）

## (2) 筋肉づくりを栄養面からサポート

効率よく筋肉をつけるためには、  
たんぱく質は1日3回20g程度ずつ、  
均等に摂取することを心がけましょう。  
牛乳・乳製品は頼もしいたんぱく源です。

図11 朝食でたんぱく質20g！



資料：藤田 聡監修『筋肉がつく！ やせる！  
タンパク質データBOOK』朝日新聞出版（2018年6月）  
より作成

トップ3は乳たんぱく質！

表4 ロイシンの含有率が高い  
たんぱく質

1位	ホエイプロテイン ホエイたんぱく質からなるプロテイン。 体内への吸収が速く、スピーディーに筋 肉を合成。
2位	ミルクプロテイン ホエイたんぱく質とカゼインからなるプ ロテイン。
3位	カゼインプロテイン カゼインからなるプロテイン。ゆっくり 吸収され、腹持ちがよい。
4位	牛肉
5位	卵
6位	白身魚

資料：藤田 聡監修『筋肉がつく！ やせる！  
タンパク質データBOOK』朝日新聞出版（2018年6月）

### 参考資料

味の素HP「アミノ酸スポーツゼミ」より、「VITALIST・科  
学者からのアドバイス——立命館大学 藤田 聡教授」

※1 Moore DR, et al. Protein ingestion to stimulate  
myofibrillar protein synthesis requires greater  
relative protein intakes in healthy older versus  
younger men. J Gerontol A Biol Sci Med Sci.  
2015;70:57-62.

※2 Phillips SM, et al. Protein "requirements"  
beyond the RDA: implications for optimizing health.  
Appl Physiol Nutr Metab. 2016;41(5):565-72.

※3 日本食品標準成分表2015年版（七訂）

筋肉の「超回復」(p.8参照)には2~3日かかるといわれており、  
その間に成長ホルモンが分泌されて、たんぱく質をはじめミネラル、ビタ  
ミンなどの栄養素をもとに筋線維がつけられます。効率よく筋肉をつける  
ためには、運動だけでなく、食事の見直し、質のよい睡眠も大切です。

### 乳たんぱく質に豊富なロイシンが筋肉づくりをサポート

牛乳・乳製品は、アミノ酸スコア100という理想的なたんぱく源のう  
え、さまざまなビタミン、ミネラルを含んでいます。

しかも、乳たんぱく質は、体をつくるうえで大きなはたらきをする分岐  
鎖アミノ酸 (BCAA / バリン、ロイシン、イソロイシン) が豊富なこと  
が知られています。特にロイシンは重要で、筋肉たんぱく質の合成を強  
く促進するスイッチの役割を果たすと同時に、壊れにくくする作用ももっ  
ています。

カナダでの研究データによれば、「1回の食事で筋肉の合成を最大  
化するために必要なたんぱく質の摂取量」は、高齢者の場合で体重  
1kgにつき0.4g (体重60kgなら24g)、20歳代の場合は0.24g (同  
14.4g) とされています※1。高齢者のほうが摂取量が多いのは、加齢  
に伴いロイシンへの反応が下がるためです。

こうした研究結果から、近年は、より効率的に筋肉の合成を図るた  
めには、ロイシンの効果が毎食得られるよう、朝食、昼食、夕食それ  
ぞれ最低でも0.4g/kg体重、すなわち1日あたり0.4×3=1.2g/kg体  
重は摂取するのが賢明とされています。つまり、この0.4g/kg体重とい  
う数字が、ロイシンのスイッチを入れるために必要なたんぱく質摂取量と  
いうわけです。

しかし、実際の食事でのたんぱく質摂取量を調べると、朝食：  
0.2g/kg体重、昼食：0.3g/kg体重、夕食：0.7g/kg体重と偏りが  
あることがわかりました※2。これでは、トータルで同じ1.2g/kg体重/日  
でも、朝食・昼食はロイシン効果が得られていないことになります。

効率よく筋肉をつけるためには、運動だけでなく、1回の食事ごとに  
20g程度のたんぱく質摂取を心がける必要があります。一般に朝は忙  
しく朝食では最もたんぱく質の確保がむずかしいので、手軽にとり入れら  
れる牛乳・乳製品の摂取を習慣にするとよいでしょう(図11)。普通牛  
乳ならコップ1杯(200g)で6.6g、スライスチーズは1枚(約18g)  
で4.1g、ヨーグルトなら1カップ(約100g)で3.6gの乳たんぱく質が  
摂取できます※3。

牛乳・乳製品は、特にロイシンの含有量が高いのが特徴(表4)。  
朝食や昼食にプラスすることで、たんぱく質(ロイシン)摂取量も、ま  
た栄養バランスも、ぐっと改善します。

牛乳・乳製品は、  
スポーツ選手の強い体づくりと  
コンディショニングを、  
食事の面からサポートしています。

#### ●公認スポーツ栄養士

スポーツの現場において、競技者の栄養・食事に関する自己管理能力を高めるための栄養教育や食環境の整備等にいたるまで、栄養サポートを行うスポーツ栄養の専門家。公益社団法人日本栄養士会および公益財団法人日本スポーツ協会の共同認定による資格。

#### ●栄養素密度

食品のエネルギー 100kcalあたりに含まれる栄養素の量。栄養素密度が「高い」ことは、「少ないエネルギー（カロリー）で効率よく必要とされる栄養素をとることができる」ことを表す。栄養素密度が高い食品として、牛乳、鶏卵などがある。

#### 参考資料

Jミルク報道用基礎資料「アスリートの育成・活躍を支える公認スポーツ栄養士 スポーツにおける食の重要性と牛乳の役割」（2017年3月）

藤田 聡監修『筋肉がつく！ やせる！ タンパク質データBOOK』朝日新聞出版（2018年6月）

## (1) アスリートの栄養管理への活用

スポーツや運動を行うすべての人たちを対象に栄養管理を行う「公認スポーツ栄養士」が、特に重視し活用しているのが牛乳・乳製品です。

その最大の理由は、牛乳・乳製品に豊富に含まれるたんぱく質とカルシウムです。ともすれば不足しがちなこれらの栄養素を、牛乳なら1本飲むことで、また食が進まないときでもチーズをひとかけ食べれば摂取でき、さらに栄養バランスも整えることができます。

### アスリートにとって特に重要なカルシウムを補給

骨や歯をつくるだけでなく、血液中にも存在して神経のはたらきや筋肉運動などにかかわるカルシウム。血液中のカルシウムが不足すると、体は貯蔵庫である骨から取り出し補うため、骨がもろくなってしまいます。骨が弱いと、強い負荷がかかる競技ではケガにつながったり、また長距離、競歩などでは疲労骨折も発生しやすくなります。カルシウムを十分にとって運動すれば、骨粗しょう症の予防にもなります。

### メンタルや睡眠にも好影響

牛乳・乳製品は、アミノ酸のトリプトファンも豊富に含んでいます。トリプトファンの習慣的な摂取は睡眠改善につながる事が報告されており、特にすすめられるのが朝の摂取です。朝、トリプトファンの供給源としての牛乳を摂取すると、日中、心を落ち着かせる効果があるセロトニン（脳内物質）の材料になり、夜には、日中のセロトニンの分泌量に応じて自然な睡眠を誘発するメラトニンが生合成されます。朝食にトリプトファン含量の高い牛乳・乳製品を取り入れることで、メンタル面への貢献、よい睡眠が期待できるのです。

### 筋肉づくりを強力にサポート

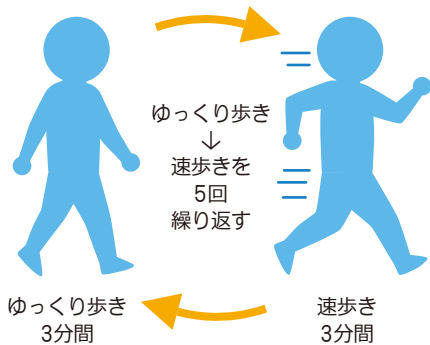
牛乳・乳製品には、運動中の筋肉の消耗抑制、運動後の筋疲労の軽減や筋肉量を増やすBCAAが、大豆や豚肉より多く含まれています。また、運動後できるだけ速やかに牛乳を摂取すれば、水分を補い、エネルギー不足により起こる筋肉の分解を糖質（乳糖）によって防ぎつつ、超回復の材料となる良質のたんぱく質を補給できます。

なお、たんぱく質はたくさんとったからといって、筋肉量も比例して増えるわけではありません。20歳以上の成人の場合、持久性トレーニングを行っている人で「体重1kgあたり1.2～1.4g」、断続的な高強度トレーニングを行っている人で「体重1kgあたり1.4～1.7g」が適切な1日の必要摂取量とされています。「体重1kgあたり2g以上」になると過剰で、食材によっては脂質のとりすぎにもつながります。そうした意味でも、栄養素密度が高い牛乳・乳製品は、必要とされる栄養素をより少ないエネルギーで効率よく補給できる、不可欠な存在です。

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象、高齢社会の進展などを背景に、熱中症での救急搬送者数が増えています。牛乳・乳製品は、暑さに強い体づくりを通して、熱中症対策に役立ちます。

図12 「インターバル速歩+直後に牛乳・乳製品」で暑さに負けない体づくり

インターバル速歩  
1日30分×週4日間、1週間で120分行う。



参考資料

環境省「熱中症環境保健マニュアル2018」(2018年3月)  
Jミルク報道用基礎資料「牛乳で熱中症対策 2015年度版 牛乳+運動による『攻め』の熱中症対策で暑さを克服できる強いカラダを作ろう!」(2015年5月)  
Jミルク報道用基礎資料「牛乳による熱中症対策の有効性 2014年度版 仕事やレジャーで牛乳を取り入れ暑さに負けないカラダを作る!」(2014年5月)

## (2) “暑さに強い体”で熱中症予防

熱中症は、高温多湿な環境に体が適応できないことで生じるさまざまな症状の総称です。従来は高温環境下での労働や運動で多く発生していましたが、近年は日常生活のなかで発症するケースも増えています。体温調節機能が低下している高齢者や、汗腺が未発達で体温調節がまだうまくできない乳児・幼児は、特に注意が必要です。

### 熱中症が起きるメカニズム

体には、熱をつくるはたらき（産熱）と、熱を体の外に逃がすはたらき（放熱）のバランスをとりながら、体温を一定に保つ調節機能があります。産熱を行うのは筋肉、放熱を行うのは主に皮膚の役目です。

産熱が放熱を上回り、熱が体にたまると、体は皮膚表面の血管を拡張して血流量を増やし熱を外に逃がしたり、汗をかいて蒸発する際の気化熱による放熱で体温を下げようとします。

ところが、気温が体温よりも高くなると体表面から外気へ熱を放出できなくなるうえ、多湿だと通常の2～3倍汗を欠かないと発汗による体温調節もできなくなります。その結果、熱中症の症状が起こります。

### 熱中症予防の3つのポイント

熱中症予防に大切なのは、「暑さに強い体」をつくることです。

#### ①暑さに対して体を適応させる

体が暑い季節に慣れることを「暑熱順化（しょねつじゅんか）」といいます。夏が来る前に暑熱順化すれば、わずかな体温の上昇で汗をかくことができる、熱を放散しやすい体になります。

#### ②血液の増量

汗の原料は血液です。血液を増やせばそれだけ汗をかきやすい体質になります。また、①も活発になり、体熱を効果的に放散できます。

#### ③足の筋肉を鍛える

発汗によって血液量が減ると血液の流れが滞り、その結果、脳への血流が不十分になって熱中症が起こります。足の筋肉を鍛えることで、筋肉の収縮と弛緩により血液を再び心臓に戻す「補助ポンプ機能」を強化できます。

### 「インターバル速歩+直後に牛乳・乳製品」が効果的

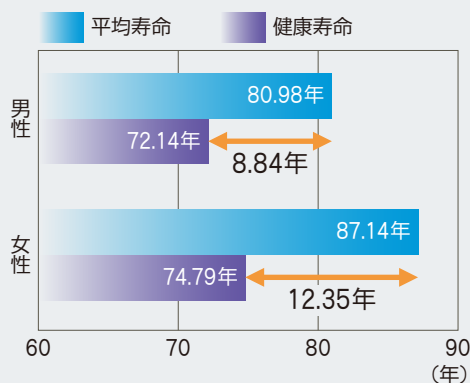
「暑さに強い体」づくりは、ややきつい運動後に牛乳や乳製品を摂取することで達成できます 図12。牛乳が筋肉づくりをサポートしてくれるほか、牛乳のたんぱく質や糖質には肝機能を高め、血液量を増やす効果もあります。

高齢化先進国となった日本で、健康寿命の延伸が課題になっています。「過剰栄養」と「低栄養」が混在する「栄養障害の二重負荷」の解決に、牛乳・乳製品が貢献します。

#### ●健康寿命

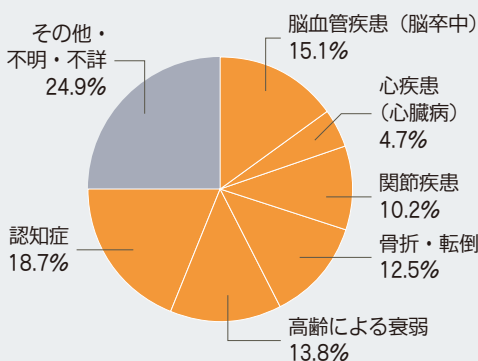
日常的に介護を必要とせず、自立した生活を送れる生存期間のこと。

図13 健康寿命と平均寿命（2016年）



資料：厚生科学審議会 地域保健健康増進栄養部会  
(健康日本21(第二次)推進専門委員会)第11回資料1-1  
(2018年3月)より作成

図14 介護が必要となったおもな原因



\*65歳以上の要介護者等。熊本県を除く。

資料：厚生労働省「国民生活基礎調査」(2016年)

### (3) 高齢期の栄養改善で介護予防

日本人の健康寿命と平均寿命には、男女とも約10年の差がありません(図13)。つまり、約10年は要介護の期間があるということです。

介護が必要になったおもな原因(図14)からは、今、日本が直面している新たな問題が浮き彫りになります。栄養面からみると、脳血管疾患や心疾患は、肥満ひいては生活習慣病など「過剰栄養」の結果、骨折・転倒、衰弱などはたんぱく質やカルシウム不足からくる「低栄養」の結果といえます。このように過剰栄養と低栄養が混在していることを「栄養障害の二重負荷」といいます。

牛乳・乳製品は、過剰栄養、低栄養、どちらの解決にも有用であることを示す研究成果が蓄積されています。「栄養障害の二重負荷」対策に欠かせない食品としての認識が高まっています。

#### 脳血管疾患、心疾患

近年の研究により、牛乳・乳製品が日本人に多い脳血管疾患(脳卒中)やその予備軍である高血圧、糖尿病に対して「予防」にはたらく、心疾患(心筋梗塞など)に対しても「中立的」かやや「予防」にはたらくことが示されています※1。

#### 関節疾患、骨折・転倒、衰弱

近年、高齢者が要介護や寝たきりの状態になる要因として、「サルコペニア」「フレイル」や「ロコモティブシンドローム」という概念が定着しつつあります。

#### <サルコペニア>

加齢や疾患により筋肉量が減少し、筋力や身体機能が低下している状態を指します。

#### <フレイル>

加齢に伴って筋力や心身の活力が低下した状態のことで、健康な状態と日常生活でサポートが必要な介護状態の間を意味します。フレイルには、サルコペニアのほか、疲労感や気力の低下なども含まれます。

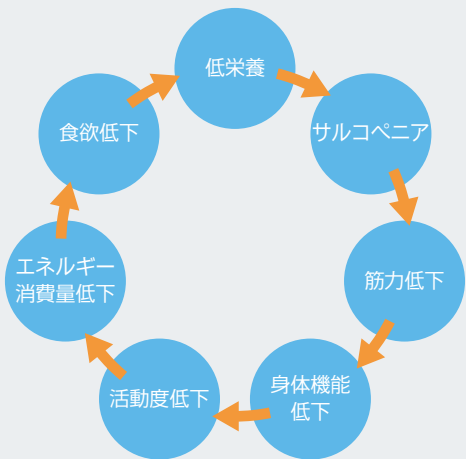
#### <ロコモティブシンドローム(運動器症候群、略称:ロコモ)>

骨や関節、筋肉といった運動器の障害により、歩行や日常生活に支障をきたし、寝たきりや要介護になっていたり、要介護になる危険性が高い状態を指します。

これらのリスクを高めている要因の一つが「低栄養」です。高齢者は自分でも気がつかないうちに低栄養状態になっていることがあります。

※1 Jミルク「ファクトブック 牛乳・乳製品摂取と生活習慣病発症に関する最新情報」(2017年12月)にて詳報

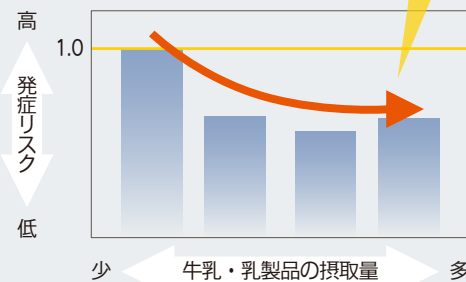
図15 フレイルサイクル



資料：Jミルク報道用基礎資料「日本人の栄養問題の変遷と今、直面する“栄養障害の二重負荷” 問題解決の鍵を握る牛乳の力」（2016年3月）

多くとっている人は  
リスクが下がる傾向

図16 牛乳・乳製品の摂取量別  
アルツハイマー病リスク



久山町研究1081名、60歳以上、1988-2005年、多変量調整  
資料：Ozawa M, et al. J Am Geriatr Soc. 2014;62(7):1224-30より改変

参考資料

- 公益財団法人 長寿科学振興財団「健康長寿ネット」
- 公益社団法人 日本整形外科学会「ロコモティブシンドローム 2015年度版 ロコモティブシンドローム」
- Jミルク報道用基礎資料「日本人の栄養問題の変遷と今、直面する“栄養障害の二重負荷” 問題解決の鍵を握る牛乳の力」（2016年3月）
- Jミルク報道用基礎資料「認知症とその予防 生活習慣・食生活の改善へ向けて」（2016年12月）
- Jミルク報道用基礎資料「高齢者の健康と牛乳」（2015年2月）
- 石井直方総監修『別冊NHKきょうの健康 “筋力アップ”で健康 今からでもできる!「動けるカラダ」づくり』NHK出版（2016年11月）

加齢による身体機能の低下（咀嚼〈そしゃく〉や嚥下〈えんげ〉機能、消化能力など）、また体力や気力の低下による食生活管理能力の減退（少食、食事回数が減る、好きなものや同じものばかり食べるなど）などが原因です。その結果、たんぱく質やエネルギーの摂取量が低下してしまうのです。

必要なエネルギーとたんぱく質をとらなければ、筋肉の分解が進み、たんぱく質の合成能力も低下するため、やせて筋力が低下し、身体機能が低下します。すると活動度が低下し、エネルギー消費量が減り、必要とするエネルギー量も減ります。そして必要なエネルギー量が減れば食欲もなくなり、低栄養がさらに進行するのです。これを「フレイルサイクル」といいます（図15）。

フレイルサイクルに陥らないためには、運動と栄養の両面からの対策により、筋肉を維持すること。しかし、高齢になると活動量が減ってエネルギーの必要量は少なくなる一方で、骨格や筋肉を保つたんぱく質の必要量は変わりません。少ないエネルギーで栄養をとる、特にたんぱく質を食べる工夫が必要です。

その意味でも、栄養素密度が高く、骨格や筋肉の維持に有効にはたらく牛乳・乳製品は、低栄養対策に最適といえます。フレイル予防にも、運動プラス直後に牛乳が効果的です。

認知症

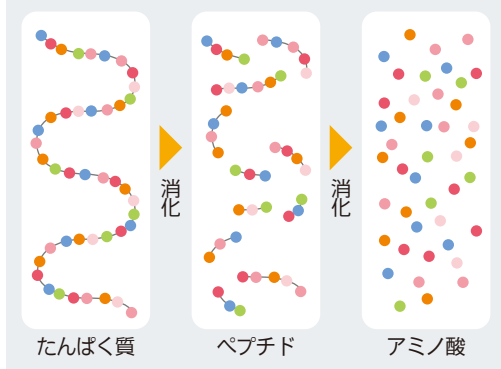
認知症は、ここまで説明してきた介護原因と深い関係にあります。脳卒中の結果、認知症を発症する例もあれば、低栄養がもたらしたフレイルが認知機能の低下を招くこともあります。牛乳・乳製品は、これらの原因に有効にはたらくと同時に、牛乳に含まれる成分が認知機能低下を抑制することも示唆されています。

大規模な疫学調査「久山町研究」（九州大学大学院医学研究院）では、牛乳・乳製品を食事に加えることが認知症予防につながる可能性が示されました。牛乳・乳製品の摂取量の増加にともない、アルツハイマー型認知症の発症率は有意に低下し、血管性認知症の発症率も有意に低下したことが報告されています（図16）。

なお、運動をすると筋肉から分泌されるマイオカイン（p.8参照）のなかには、脳の神経細胞を保護し記憶力の低下を防ぐはたらきをもつものもあることがわかっています。運動と筋肉は、認知症予防にも効果的なのです。

たんぱく質は、ペプチドにすることで、さらに利用可能性が広がります。乳児のアレルギー用ミルク、健康管理に貢献する機能性食品なども、すでに発売されています。

図17 たんぱく質の消化の過程



## (4) ペプチドで広がる可能性

アミノ酸は、ペプチド結合とよばれる一定のルールに従い結合していきます。はっきり決まっているわけではありませんが、一般に、2~100個程度つながったものを「ペプチド」といい、それ以上をたんぱく質とよんでいます（図17）。

ペプチドはさらに、アミノ酸が2個つながったジペプチド、3個のトリペプチド、10個程度までのオリゴペプチド、それ以上のポリペプチドに分類されます。

ペプチドは、たんぱく質からアミノ酸への消化過程でできる中間産物ともいえることから、消化の負担が少なく、吸収がよいのが特徴です。生理活性が期待できるペプチドもあり、栄養面、機能性の両面で期待が寄せられています。

### ミルクアレルギーの赤ちゃん用ミルク

酵素や分離精製技術を用いて乳たんぱく質の分子量を小さくすることで、アレルギー性を示さないようにすることが可能です。乳児用にアレルギー性を低減させたミルクも発売されています。

### 臨床の現場での栄養源として

ジペプチドとトリペプチドは、ペプチドのまま、アミノ酸よりも早く吸収される経路があることがわかっています。消化の必要がなく、消化管機能が低下した腸管でも吸収が容易なことから、臨床の現場では手術後の患者などに使われる消化態栄養剤（窒素源）に活用されています。栄養価のすぐれたホエーペプチドはよい原料となっています。

### さまざまな健康効果に期待

血糖値を低下させるインスリン、胃酸の分泌を促進するガストリンなど、数多くのホルモンはペプチドです。ペプチドの多くはこのように生理活性があり、近年、その健康効果に期待が寄せられています。

牛乳・乳製品においても、カルシウムの吸収を助けるカゼインホスホペプチド（CPP、p.6参照）をはじめ、さまざまな機能を持ったペプチドが報告されています（表5）。

表5 乳ペプチドの機能

乳ペプチド名	知られている作用
オピオイドペプチド	神経の興奮をしずめる
カゼイノグリコペプチド（CGP）	ビフィズス菌の増殖促進 リンパ球の増殖を抑えて抗体の産生を抑制
カゼインホスホペプチド（CPP）	小腸下部でのカルシウムの吸収を助ける T細胞やB細胞を活性化して抗体の産生を促進
γ-グルタミルシステインペプチド	発がんを抑制する抗酸化物質グルタチオンの前駆体

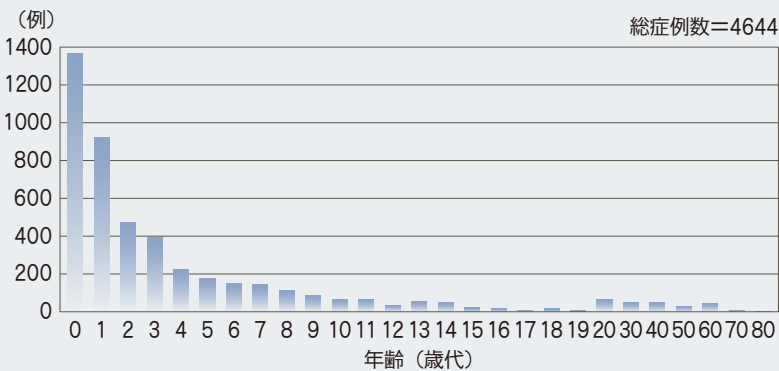
その他、降圧作用、疲労回復や安眠作用、認知機能の改善、など

資料：齋藤忠夫監修『牛乳乳製品の知識 改訂版』Jミルク（2017年10月）、一般社団法人 日本乳業協会HP「牛乳の栄養と機能」



たんぱく質を含む食品は  
すべてアレルゲンとなる可能性があり、  
牛乳も、卵・小麦と並んで  
小児型食物アレルギーの  
主要アレルゲンとされています。

図18 年齢別即時型食物アレルギー患者数



※20歳以上は10代区切りで集計。

資料：消費者庁「平成27年度 食物アレルギーに関連する食品表示に関する調査研究事業報告書」

#### 参考資料

Jミルク「メディアミルクセミナー ニュースレター」No.16 (2008年5月)、No.22 (2010年3月)、No.33 (2013年9月)

JミルクHP「ミルク解体新書 第5回 食物アレルギー学」(2013年12月)

※1 宇理須厚雄総監修「ぜん息予防のためのよくわかる食物アレルギー対応ガイドブック2014」独立行政法人環境再生保全機構 (2014年)

#### column

#### 食物アレルギーと間違われやすい症状

牛乳を飲むことで、おなかが張る、ゴロゴロする、下痢をするなどの不快症状が現れる「乳糖不耐」。こちらは病気というわけではありません。

近年の研究で、大腸に善玉菌が多ければ乳糖は分解され、不快症状が出にくいことが明らかになっています。温める、少しずつ飲むなど、飲み方を工夫しながら続けることで、多くの人は牛乳を飲むことができるようになります。代わりに乳糖の少ないヨーグルトやチーズを食べるのもおすすめです。

食物アレルギーとは、食べたり、触ったり、吸い込んだりした食物に対して、体を守るはずの免疫のシステムが過剰に反応して起きる有害な症状をいいます。食物アレルギーのほとんどは、食物に含まれるたんぱく質がアレルゲンとなって発症します。

私たちは、たんぱく質（アミノ酸）を摂取し続けなければ生きていけません。このため体には、消化管や免疫で何段階も防御しながら、安全に食物からアミノ酸を体内に取り込むしくみが備わっています。

ところが、こうしたしくみが体質的に弱かったり未熟だったりすると、

体内に侵入してきたアレルゲンに対して抗体が作られてしまいます。そして再びその食物を食べるなどすると、免疫システムはたらき、かゆみや鼻づまり、息苦しさ、炎症といったアレルギー症状を起こすのです。

たんぱく質を含む食品はすべてアレルゲンとなる可能性があるため、牛乳も例外ではありません。おもなアレルゲンとしては、牛乳の場合、 $\alpha$ <sub>s1</sub>-カゼイン、 $\beta$ -ラクトグロブリンなどが知られています。ほかにも、鶏卵のオボムコイド、オボアルブミン、小麦のグリアジン、グルテニン、そばの

24kDa、16kDa、甲殻類（えび・かに）のトロポミオシン、大豆の7sグロブリン、ディフェンシン、米の14~16kDaなどがあげられます。これらはいずれも日常よく食べられる食品です。

牛乳は、卵・小麦とともに、1歳前後に最も多く認められる小児型の食物アレルギーの主要アレルゲンとされています。しかし、だからといって、牛乳やこれらの食品を危険と考えることはありません。

乳幼児期に発症した食物アレルギーの多くは、成長とともに治癒することが期待できます（図18）。一般的に、鶏卵、牛乳、小麦、大豆は、アレルギーが治りやすい食品です。調査方法によってその率は異なりますが、3歳までに鶏卵で約40%、牛乳は約60%の幼児が治癒していきとされています※1。

気になる症状が出たときには、自己判断せず、速やかに医療機関を受診することが大切です。特に牛乳アレルギーの場合、カルシウム不足への対応が欠かせません。医師の指導のもと、適切に対応していくことが求められます。

## たんぱく質を とりすぎると

## 骨粗しょう症になる？

### ● システマティック・レビュー、メタ・アナリシス

現在最もエビデンスレベル（証拠性の強さ）が高いとされる手法。「システマティック・レビュー」は、複数の研究結果を集積し、偏りなどを省いて総合的に検証する。「メタ・アナリシス」は採択した複数の研究の結果を統計学的手法で定量的に統合する。

### ● 大腿骨近位部骨折

大腿骨（太ももの骨）が骨盤につながるところで起きる骨折。骨粗しょう症で骨がもろくなっている高齢者に多発し、寝たきりの大きな原因となる。

※1 「骨の健康に対する食事性たんぱく質の有益性と安全性——骨粗鬆症、変形性関節症、筋骨格疾患の臨床的および経済的側面に関する欧州学会および国際骨粗鬆症財団により承認された、専門家による合意文書」 Rizzoli R, et al. Benefits and safety of dietary protein for bone health—an expert consensus paper endorsed by the European Society for Clinical and Economical Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis, and Musculoskeletal Diseases and by the International Osteoporosis Foundation. Osteoporos Int. 2018;29(9):1933–1948.

※2 Jミルク「ファクトブック『アンチミルク』に答える解説集」（2018年2月）

**たんぱく質の高摂取は、骨に有害な影響を与えません。カルシウムを適切に摂取していればむしろ有益です。**

高たんぱく質食を摂取すると、その代謝で生じる酸を中和するために骨のカルシウムが溶け出して使われ、そのため骨粗しょう症や骨折リスクが高くなるという説があります。

骨は、絶えず新しい骨をつくる「骨形成」と古い骨を壊す「骨吸収」を繰り返しています。しかし、たんぱく質（特に含硫アミノ酸を多く含む動物性たんぱく質）を大量にとると、軽度の代謝性アシドーシス（血液が酸性に傾いた状態）を招き、骨形成が阻害される一方で、骨吸収が促進。骨粗しょう症や骨折リスクが高くなるというのです。

この説については専門家の間でも長く議論が交わされてきましたが、近年、複数の大規模なシステマティック・レビューやメタ・アナリシスが、相次いでたんぱく質摂取と骨の健康との関連性について検討。その結果、バランスのとれた食事からの酸負荷と骨粗しょう症に因果関係は認められず、むしろたんぱく質の摂取が骨の健康に寄与することが示されました。動物性と植物性によるリスクの差も認められませんでした。

「骨粗鬆症、変形性関節症、筋骨格疾患の臨床的および経済的側面に関する欧州学会」と「国際骨粗鬆症財団」は、これらの結果をさらに分析。2018年9月、たんぱく質摂取の骨の健康に対する有益性と安全性についての専門家による合意文書を発表しました※1。

### たんぱく質摂取と骨の健康の関連についての結論

- 高たんぱく質食は、摂取源の種類（動物性か植物性か）にかかわらず、骨に有害な影響を与える原因にはならない。
- カルシウム摂取量が適切なら、たんぱく質を推奨量を超えて摂取しても、加齢にともなう骨量減少、大腿骨近位部骨折のリスク低減にむしろ有益である。
- 高齢者のたんぱく質摂取については、不十分な摂取のほうが、過剰摂取よりも深刻な問題を招く。

なお、この合意文書では、たんぱく質とカルシウムの両方を含む牛乳・乳製品の摂取が、骨形成と骨吸収のバランスを整え、カルシウム代謝調節ホルモンや骨代謝マーカー、骨密度によい影響を与えるという、数々の信頼のおける研究からの結果報告に着目。カルシウムをしっかり摂っている場合、たんぱく質の摂取が骨の健康にも結びつくとする結論の大きな根拠となりました。

これまで一部に「牛乳の飲みすぎがたんぱく質の過剰摂取を招き、骨粗しょう症になる」という説がありましたが※2、これで心配には及ばないということが明らかになりました。

乳たんぱく質は  
「異種たんぱく質」だから  
危険？

牛乳は殺菌の工程により  
酵素が死ぬから  
ヒトには消化できない？

牛乳は加熱によって  
乳たんぱく質が  
変性しているので  
消化が悪く、  
体によくない？

乳たんぱく質は、長い食経験をもつ  
安全なたんぱく質です。

ヒトにとって摂取可能な同種たんぱく質は、乳児が摂取する母乳中のたんぱく質だけです。それ以外の食事由来のたんぱく質は、動物性・植物性を問わず、すべて異種たんぱく質です。

ヒトは、食物からたんぱく質（アミノ酸）を摂取し続けなければ、生きていくことはできません。異種たんぱく質を摂取して消化し、自分の体をつくるたんぱく質へと再合成することが栄養代謝であり、生命活動そのものなのです。牛乳は、有史以来数千年にわたり世界中で消費されてきた、ヒトにとって大切な異種たんぱく質源です。この長い食経験こそ、牛乳の安全性の証明といえます。

「酵素をとる」ことに栄養学的な意味はありません。  
牛乳は消化のよい食べ物です。

酵素は、摂取した食べ物を消化・吸収・代謝したり、体の中で起こるほとんどの化学反応を引き起こす触媒として必須のたんぱく質です。体にとって必要な酵素は、体内でアミノ酸から合成されますので、食物などから摂取する必要はありません。

食物中の酵素は消化管から分泌される「たんぱく質分解酵素」によって分解され、酵素活性を失います。牛乳中の酵素も、もともと微量で加熱殺菌によっても酵素活性を失いますが同様に、いずれにしろ食物中の酵素がなければ消化できないということはありません。ヒトの消化酵素は十分に乳たんぱく質を分解し、栄養として利用できます。

高温殺菌の加熱によって消化が悪くなったり、  
栄養価が変わることはありません。

日本の牛乳の9割以上は120～150℃ 1～3秒で超高温瞬間殺菌（UHT）されています。120℃以上で加熱すると乳たんぱく質は加熱変性を起こしますが、栄養価には変化はありません。「変性」という言葉が、悪いものになるように誤解されているようです。

一般的に、たんぱく質は加熱によって「変性」します。変性とは、たんぱく質の立体構造が変化することで、卵を加熱してゆで卵や目玉焼きにしたり、肉や魚を煮たり焼いたりするときにかかる変化と同じです。焦げのできるような極端な加熱温度・時間の場合は別ですが、加熱による変性でたんぱく質のアミノ酸組成が変わるわけではなく、栄養価に変化はありません。むしろ変性させることにより消化・吸収されやすくなり、相対的な栄養価は上昇します。

## Part 2 乳たんぱく質とは (2) カゼインの機能性 (冊子 p.6)

### 「カゼインミセル」の構造についての補足説明

骨の主成分はリン酸カルシウムです。これを子牛の胃の中に大量に届けなければなりません。ところが、リン酸カルシウムは骨の成分ですから当然ですが、水に溶けません。子牛の食べ物はミルクしかありません。子牛が無理なく摂取できるように、リン酸カルシウムをミルク中に析出することなく大量に含ませる必要があります。

本来水に溶けないリン酸カルシウムを牛乳中で安定的に分散して存在できるようにしているのが「カゼインミセル」です。果たしてどのような構造・メカニズムによってこれを実現しているのでしょうか？ この点について興味もたれ、昔から研究の対象とされてきました。

「カゼインミセル」の構造として、日本ではこれまで「サブミセルモデル」が広く受け入れられてきました。これは、もう一段階小さいミセル構造（サブミセル構造）があり、これらが集合して全体のミセルを形成していると考えられるものです。これを模式的に表現したのが本文中 p.6 図7です。

しかし、実は 2000 年以降ミルクサイエンスの領域では、サブミセル構造の存在を否定した「ナノクラスターモデル」が主流となっていますので、これについて補足説明します。

「クラスター」とは、もともとはブドウの房のようなものの意味で、同種のもものが沢山集まってできた集合体を指すことばです。転じて特定の技術であるとか、主義・信条等を持った人間集団に対しても、「〇〇クラスター」といった言い方がされることがあります。化学の領域では、原子や分子が数個から数千個程度集まったものをクラスターと呼んでいます。

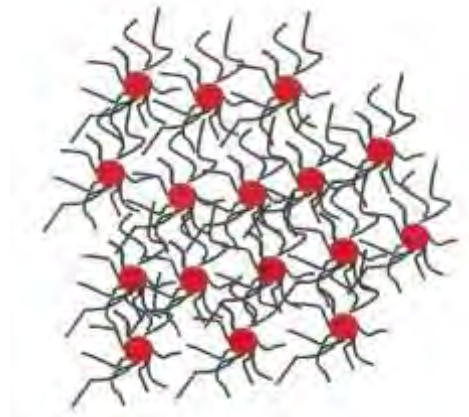
カルシウムイオンは2価の陽イオン、リン酸イオンは3価の陰イオンであることから、カルシウムとリン酸が交互に多数繋がって、大きさがナノメートルレベルのクラスター構造をとることができます。リン酸カルシウムナノクラスター（CP ナノクラスター）と呼ばれます。これがカゼイン分子の集まりのなかに分散していると考えられます。

次に、カゼインはたんぱく質ですからアミノ酸が多数繋がってできています。たんぱく質を構成するアミノ酸の中にセリンというアミノ酸残基があるのですが、カゼイン中のセリンはリン酸化されています（ホスホセリン）。本文でも説明しましたが、このホスホセリンはカルシウムと親和性を持ち結合できます。CP ナノクラスターの中のカルシウムが、カゼイン中のホスホセリンと結合できるため、この性質によりカゼイン分子がCP ナノクラスターを介して架橋できることとなります。このようにしてカゼインミセルが安定に形成されている、こうしたイメージでとらえられているようです。カゼインのホスホセリンに結合するCP ナノクラスターのイメージについては、Jミルク FACTBOOK「牛乳・乳製品と骨 カルシウムのすべて」p.6 図7に示していますので、併せてご覧ください。

「CP ナノクラスターモデル」については、その概念を「サブミセルモデル（本冊子 p.6 図7）」ほど明確な形で示すことはできません。実際ミセル内のカゼインは、結晶構造をもたず、原子や分子が不規則に密集している状態のアモルファス構造であることが判明しています（参考文献1、2）。ナノクラスターモデルは、主として電

子顕微鏡写真などで得られたデータについて、従来言われていたサブミセルモデルでは説明のつかない現象などを説明するものとして提出されてきました。

右図は Holt の 1992 年の論文（参考文献 3）に基づいた模式図です（「チーズを科学する」 NPO 法人チーズプロフェッショナル協会 幸書房刊 p.17 から同協会の許可を得て引用）。図中、赤い丸がリン酸カルシウムクラスター（CP）、黒い紐状のものがカゼインです。CP のカルシウムがカゼイン中のホスホセリンと結合していることを表しています。



このように、現在では「サブミセル」構造の存在についてはほぼ否定され、「ナノクラスターモデル」での説明が主流になっています。しかし、それでもなおまだ完全に解明できたとは言えず、さらなる研究が必要と考えられています。前出の Holt は、その後もカゼインミセルの構造の研究を続け、2016 年にはカゼイン分子が集まって半径 100nm ぐらいの球状のミセルを形成し、その中に CP ナノクラスターが 800 個ぐらいを含むとするモデルを提示しています（参考文献 4）。

なかなか難しい話ですが、カゼインミセルの構造モデルに関しては、その歴史的経過も含めて下記 参考文献 5 に詳述されており、上述の 2016 年に Holt によって提出されたカゼインミセルの模式図も掲載されています。また、上に挙げた書籍「チーズを科学する」はチーズに関する科学的な解説書ですが、カゼインミセルに限らず、乳タンパク質やアミノ酸、乳脂肪等についてもわかりやすく解説されていますので、ご興味のある方はぜひご参照ください。

#### ◆参考文献 1

McGann TCA, Buchheim W, Kearney RD, et al; Composition and ultrastructure of calcium phosphate-citrate complexes in bovine milk systems. *Biochim Biophys Acta* **760**(3), 415-420 (1983).

#### ◆参考文献 2

Lyster RLJ, Mann S, Parker SB et al; Nature of micellar calcium phosphate in cow's milk as studied by high resolution electronic microscopy. *Biochim Biophys Acta* **801**(2), 315-317 (1984).

#### ◆参考文献 3

Holt C; Structure and stability of bovine casein micelles. *Adv. Protein Chem.*, **43**, 63-151 (1992).

#### ◆参考文献 4

Holt C; Casein and casein micelle structures, functions and diversity in 30 species. *Int. Dairy J.*, **60**, 2-13 (2016)

#### ◆参考文献 5

青木孝良、水野礼、木村利昭、堂迫俊一；カゼインミセルの構造モデルと乳の加工 *Milk Science* **66**, No.2, 125-143 (2017).



監修

人間総合科学大学大学院 教授

## 桑田 有 (くわた・たもつ)

1968年3月 北海道大学大学院 修士課程修了

1968年4月 (株) 明治乳業入社 中央研究所配属

1980年8月 カナダブリティッシュコロンビア大学 客員研究員

1985年3月 農学博士 (北海道大学)

1989年4月 明治乳業 技術開発研究部 部長

1999年4月 明治乳業 栄養科学研究所 所長

2001年6月 明治乳業 常務取締役 研究本部 本部長

2003年 お茶の水女子大学ライフワールド・ウオッチセンター  
非常勤講師

2006年 昭和女子大学生生活科学部 非常勤講師

2006年 明治大学リハビリアカデミー 非常勤講師

2006年7月 明治乳業 常務取締役退任 顧問に就任

2008年4月 人間総合科学大学大学院 教授に就任

2010年より人間総合科学大学大学院 人間総合科学研究科 健康  
栄養科学専攻 専攻長、現在に至る

---

### 参考資料

○齋藤忠夫監修『牛乳乳製品の知識 改訂版』Jミルク (2017年10月)

○JミルクHP「ミルク解体新書 第2回たんぱく質学」(2013年7月)

<https://www.j-milk.jp/knowledge/nutrition/berohe000000e3ag.html>

---

本件に関するお問い合わせ先

一般社団法人 Jミルク

広報グループ

TEL : 03-5577-7492 FAX : 03-5577-3236

URL : <https://www.j-milk.jp/>

E-mail : [info@j-milk.jp](mailto:info@j-milk.jp)

平成30年度生乳需要基盤確保事業 独立行政法人農畜産業振興機構 後援

※本文中におけるデータ、コンテンツにつきまして、メディアに転載される際には、  
転載許可をご確認いただく必要がございます。

※本資料は日本のメディアの方々に向けた情報で提供資料です。本資料に記載さ  
れております画像や有識者紹介につきましては、承諾が必要なものもございませ  
るので、WEB、広告などに無断転載されることのないよう、お願い申し上げます。

