

各種哺乳動物の乳成分組成の比較

片岡 啓

岡山大学農学部畜産物利用学教室

現在地球上には約5,000種の哺乳動物が生存している。分類表によると、原獣亜綱の単孔目(卵生類)、および真獣亜綱、後獣下綱の有袋目(無胎盤類)と正獣下綱(有胎盤類)4区16目の3グループに別れる。生れた子は、いずれも一定期間、乳腺からの分泌液、乳だけで育てられる。

このことは、乳がそれぞれの子の正常な発育にとって合目的生産物と見なされるゆえんであり、その組成と成分には、種特異性がある。しかし一方、動物間におけるいくらかの共通性と法則性も見られる。

以下は、このような観点から乳を眺めてみたいと思うが、詳しくは山内¹⁾、Jenessら²⁾の総説、³⁾ 嶋田、^{4,5)} Jenessの著書がある。

各種哺乳動物の乳汁組成

表に挙げた数値はJenessらの総説²⁾の一部を引用したものである。脂肪は0.0~53.3%、蛋白質は1.0~23.7%、乳糖は0.0~10.2%、灰分は0.1~2.3%の範囲におよんでいる。

1. 子の栄養要求と乳の組成

生れた子は体蛋白質と骨格と形成しながら成長して行く。しかし、動物の種類によって成長速度が異なる。Abderhaldenは9種類の動物の乳汁組成を分析し、蛋白質と灰分の含量、特にCaとPの含量と成長速度との間に密接な関係のあることを示した。⁶⁾その後Bernhartは乳の全カロリーに対する蛋白質カロリーの比と、生後⁷⁾の体重倍加日数との間に高い相関を認めている。

乳の蛋白質、カゼインはリン蛋白質であり、さらにリン酸カルシウムを結合してカゼインミセルとなり、乳の中に懸濁している。そのために乳は溶解度以上のCaとPを保つことができる。Jenessは33種類の動物乳のカゼイン-Ca-P複合体の結合

モル比が、およそ1:20:18であることを示している。⁵⁾

代謝率は体表面積(長さの2乗)に比例し、消化管の容積は体重(長さの3乗)に比例することから、Blaxter⁸⁾は小型動物の乳は、大型動物の乳よりも濃くなければならないと考えたが、適用できるのは近縁の動物間の一部に限られるようである。⁴⁾

2. 親の生理・生化学的制約と乳の組成

乳特有の糖、乳糖は、グルコースとUDP-ガラクトースから乳腺で合成される。その際、ガラクトシルトランスフェラーゼと共に、乳蛋白質 α -ラクトアルブミンがなければ乳糖ができない。結局、乳腺での α -ラクトアルブミンの生成量が乳糖含量を制御するらしく、数種の動物乳中の両者の⁹⁾含量間に高い相関が認められている。

一方、乳糖は電解質と共に乳の浸透圧に関係する。どの動物の乳もその浸透圧は等しく、血液と等張であるらしい。¹⁰⁾Rookらは、乳糖の生成量が乳汁中に分泌される水の量を制御していると考えている。¹¹⁾そのために、乳糖の多い乳は一般に灰分が少ない。しかし、乳糖を含まない水棲動物オットセイの乳の浸透圧が若干高いことも報告されている。¹²⁾

3. 生態的性質と乳の組成

Ben Shaul¹³⁾は、乳の組成を動物の生態的特徴、特に子の育て方の違いから5つの型に分類した。しかし区分けしたのは表に挙げた動物の1部にすぎない。

Jenessらも、同じような見地から次の3つの型に分類している。

(A) 子の要求にもとづいて授乳する動物—有袋目、霊長目、奇蹄目、および偶蹄目の一部。乳

は乳糖と灰分の合計が固形分の50%以上、全カロリー-の25%以上を乳糖で占める。

(B) 親の都合にあわせて授乳する動物——兎目およびげっ歯目、食肉目、偶蹄目の多く。乳の組成は(A)と(C)の間。

(C) 北極圏動物、水棲動物および一部の砂漠動物——乳は著しく濃厚で特に脂肪が多い。全カロリー-中脂肪のそれは75%以上、乳糖のそれは5%以下。

砂漠動物は水分の維持のために、水棲動物は熱の損失を補うために、脂肪の多い乳を作ると考えられている²⁾。また後者の動物は授乳間隔が長い。系統分類区分を越えて、環境に適応する乳汁組成の対応が感じられる。

4. 動物分類区分と乳の組成

Jennessら¹⁾は、乳固形分中の脂肪、蛋白質および乳糖+灰分の割合を三元座標図にプロットし、目(Order)別に組成上の特徴を示している。乳糖+灰分を乳糖と表現させて頂くと次のようである。

高乳糖型——霊長目および奇蹄目。

高脂肪型——水棲動物。

脂肪蛋白質均等低乳糖型——げっ歯目および兎目。

3成分均等型——有袋目、食肉目および偶蹄目。

以上、各種哺乳動物の乳汁組成にまつわる主要因について述べたつもりであるが、なお多くの要素が絡まり合って、それぞれの動物の乳が作り出されていると考えなければならない。

各種哺乳動物の乳汁成分

乳の成分は次の4つのクラスに分けられている⁴⁾

(1) 器官特異性、種特異性成分——蛋白質および脂質の一部。

(2) 器官特異性、種非特異性成分——乳糖。

(3) 器官非特異性、種特異性成分——アルブミンおよび免疫グロブリンの一部。

(4) 器官非特異性、種非特異性成分——水、カロチノイド、コレステロール、ビタミンおよび塩。

その他多くの成分が、それぞれの子の栄養と生

理に特異的にまた非特異的に、密接に関与しているとみられるが、未知の点が多い。

1. 単孔目

ハリモグラとカモノハシの2種が卵生哺乳類として生存している。現存する他の哺乳類とは、違った系統から発生したらしいが、ともかく最も原始的な哺乳類として、その乳も注目されている。

ハリモグラの乳汁組成は、表に挙げた他に、Griffithsの報告¹⁴⁾があるが、脂肪蛋白質均等低乳糖型である。通常乳の糖含量は、固型分と糖以外の成分含量との差か、糖の還元力を乳糖に換算した値で表わすので、真の乳糖含量とは限らない。Messerら¹⁵⁾は、ハリモグラ乳の糖含量は0.9 ~ 1.1g/100g、そのうちフコシルラクトース29%、ジフコシルラクトース13%、乳糖8%、カモノハシ乳のそれらは1.7g/100g、0%、56%、1%であると報告しており、乳糖は牛乳と違い主要糖ではない。その後、ハリモグラ乳の主要オリゴ糖(50%)が4-0-acetyl- α -N-acetyl-neuraminyl-(2→3) lactose であることが分ったが、この4-0-acetylated sialic acidを作るのは、数少ない動物であるらしい¹⁶⁾。

ハリモグラの乳脂質は全脂肪酸中C_{16:0}酸23.3%、C_{18:1}酸44.6%、C_{18:2}酸12.1%で、その大半を占めるが、このような組成は他の多くの動物にもみられる。しかし、トリグリセリドの1位と3位に飽和酸(主にC_{16:0}酸)を、2位に不飽和酸を優先的にエステル結合しており、他の動物と著しく異なる特徴となっている¹⁸⁾。このような構造は、一般に消化吸収率の低いトリグリセリドとみなされている。

2. 有袋目

このグループの動物は、通常の胎盤を作らず著しく未熟な子を生む。未熟児保育の面から興味のもたれた乳である。

例えば、アカカンガルーの出生子体重は親の1/35,000にすぎない。しかも離乳より前に次の子が生まれ、それぞれが飲む乳と乳頭が区別される。フクロギツネは、後続囊内子には先行囊外子により、成分の薄い桃色の乳を分泌する¹⁹⁾。この色が

Fe結合蛋白質ラクトフェリンか否かは不明であるが、Fe含量(1.6~2.0mg/100ml)は著しく高く、血清の約10倍である。ラットと違い、このレベルが離乳が始まる頃まで続くらしい³¹⁾。

電気泳動の結果から、カンガルー乳の主要カゼイン成分は1種類²⁰⁾、主要ホエー蛋白質は3種類であり、その1つは、アミノ酸組成の類似性から α -ラクトアルブミンと推定されている²¹⁾。ワラビー乳では、子の毛嚢の形成される時期に、蛋白含量の増加を上廻る急激な含硫アミノ酸の増加が指摘されている²²⁾。ホエー蛋白質の構成ならびに組成の変化に起因するのかも知れない²³⁾。

有袋類の乳も、乳糖は主要糖でないらしい。カンガルー乳では、ガラクトースを主とする3糖類から6糖類までの中性オリゴ糖が大部分であり、乳糖は全体の5%以下である。しかしワラビーの場合、囊外子用に糖含量は低い、単糖類の多い乳を分泌することも指摘されている²⁴⁾。ガラクトースの多いことが、他の動物と異なる特徴の1つであり、乳腺酵素活性の特殊性も報告されている²⁶⁾。

脂肪酸組成はハリモグラ乳のそれに似ているが、グリセリド構造にみられた特殊性は指摘されていない。

3. 食虫目, 皮翼目, 翼手目, 貧歯目, 有鱗目

ヒトと同じ正獣下綱, 有爪区に属し特殊な動物が多いが、乳の性質はほとんど知られてない。表に挙げた食虫類と翼手類の乳汁組成は、げっ歯類とほぼ同じ、脂肪蛋白質均等低乳糖型であり、カワネズミだけは水棲動物(C)型である。ハリネズミ(食虫目)およびコウモリ(翼手目)3種の主要脂肪酸は $C_{16:0}$ 酸, $C_{18:0}$ 酸 $C_{18:1}$ 酸で、中鎖脂肪酸を含まず後述のヒトのそれと異なる¹⁷⁾。

4. 霊長目

霊長類の乳はすべて高乳糖(A)型であり、ウマ乳に似ている。牛乳と比較した人乳成分の特徴は、山内の総説²⁸⁾に詳しく述べられているが、他の霊長類の乳も多くの類似点をもつものと考えられる。

主要脂肪酸は、他の多くの動物と同様、炭素数16と18の脂肪酸であるが、 $C_{8:0}$ ~ $C_{14:0}$ 酸の含量が若干高いことが特徴である。また必須脂肪酸

$C_{18:2}$ 酸も多い部類に属する¹⁷⁾。乳の脂肪酸組成は、ヒトでも食餌脂肪の種類によってかなり変動するが²⁸⁾、サル²⁸⁾の $C_{8:0}$ 酸と $C_{10:0}$ 酸はヒトより数倍多い¹⁷⁾。グリセリド構造は2位飽和, 1, 2位不飽和型で、ブタおよびモルモットには似ているが、1, 2位飽和酸傾向の強いウシのそれとは多少異なる。牛乳から調整粉乳を作る際の問題点の1つとされている。

人乳は、蛋白質中約40%がカゼイン, 全窒素中約28%が非蛋白態であり、特に非蛋白態窒素の多い点の特徴である²⁸⁾。人乳に比べると、カニクイザル³⁰⁾とヒビ³¹⁾の乳は、カゼイン比がやや高く、非蛋白態窒素比が低い。人乳には、牛乳の α_s -カゼインおよび β -ラクトグロブリンに相当する成分がなく、 β -カゼインは、P含量のみが異なる6成分から構成されている²⁸⁾。他の霊長類の乳も蛋白質構成に差はないらしい。しかし、ヒビ(真猿亜目)乳蛋白質の電気泳動図は、ヒトよりも原猿類のそれに似ていると言われる³¹⁾。

人乳と牛乳蛋白質のアミノ酸組成を比較して注目される点は、メチオニンとシスチンの比が牛乳で3, 人乳で1であること、およびフェニルアラニンとチロシンの人乳中の含量が低いことである。これらは人乳の低いカゼイン比によると考えられるが、メチオニンからシスチンへの変換酵素および芳香族アミノ酸代謝酵素の未発達な未熟児および新生児にとっては、重要な問題であるらしい²⁸⁾。乳蛋白質に関連する今1つの特異性は、胎盤構造の違いにもとづく免疫グロブリン組成の差である。霊長類の乳は牛乳(主成分1gG)と異なり1gAが主成分である⁵⁾。動物によって、生れた子の病原菌に対する免疫的対応が異なるわけで、人工哺育の際の最大の難問でもある。

種々の糖質が、単糖としてまたオリゴ糖として人乳中に検出されている²⁸⁾。オリゴ糖含量は100ml中約0.6gで、牛乳のそれよりはるかに高い。その構成糖の1つ、N-アセチルグルコサミンはピフィズス因子として知られ、その活性は牛乳よりも高い⁵⁾。

人乳はCaとP, および電解質の濃度が低いが、Ca含量が100ml中ヒト25mgであるのに対して、カニクイザル38.7mg³⁰⁾、成長速度の著しく速いキヌザ

ル92.2mg³¹⁾であることも興味深い。

5. げっ歯目

Jenessら²⁾の総説には、9科19種の動物の乳汁組成が記載されている。ほぼ脂肪蛋白質均等低乳糖型とみられる中で、カイリネズミだけが(C)型である。

げっ歯類の乳脂肪もC_{16:0}酸, C_{18:1}酸, C_{18:2}酸が主要脂肪酸であることに変わりはないが、ラットとマウスはC_{10:0}酸とC_{12:0}酸をそれぞれ約10%含み、その含量は他のげっ歯類のそれよりはるかに高い。その理由は、乳腺中の高いATP citrate lyase活性にもとづくクエン酸からの旺盛な脂肪酸生成によるらしい。そのために、これらの動物の乳汁中クエン酸含量は著しく低い。しかしモルモットの乳脂肪は、これと異なりC_{10:0}酸, C_{12:0}酸を含まず、さらにリスはC_{14:0}酸をも含まない。ラットとモルモットのグリセリドはヒトと同じ2位飽和酸型である。

ラット乳のカゼインは、アミノ酸組成およびその配列の類似性、キモシン感受性などの結果から、β-カゼインおよびκ-カゼイン様成分の存在が確認されている^{5,33)}。人乳と同様α_s-カゼインはない。κ-カゼインの存在は、ラット乳においてもカゼインミセルの形成に関与していると考えられる。ホエー蛋白質中、血清アルブミンはげっ歯類に限らず、すべての動物の乳に存在するとみられている。またα-ラクトアルブミンも、乳糖を含む乳にはすべて存在するとみられ、ラット³⁴⁾、マウス³⁵⁾、モルモット³⁶⁾の乳にはその存在が確かめられている。しかし、ラットのα-ラクトアルブミンは他の動物のそれと異なり、糖蛋白質であるらしい³⁷⁾。げっ歯類の乳汁免疫グロブリンは、ブタと同じ初乳1g G, 常乳1g A型である⁵⁾。

ラット乳は、CaとPを始め、FeとCuの含量が高いが⁴⁰⁾、Feの約70%はカゼインに会合しているといわれる⁴¹⁾。最近、人乳中に存在し乳児のZn吸収を助長するとみられるZnリガンドの1つが、ラット乳中にも検出され、その類似性と生理機能に関する検討が行われている⁴²⁾。

6. 兎 目

カイウサギの子はaltricial, ノウサギの子はprecocious, しかしその乳の組成にはほとんど差がない。

ウサギの乳脂肪はC_{8:0}酸とC_{10:0}酸がいずれも約20%に達し¹⁷⁾、極端に多い。これはラットと同様クエン酸からの脂肪酸生成の他に、乳期の進行につれ活性の高まるacetyl-CoA synthetaseによる、酢酸からのアセチルCoAの生成が加わるためと考えられる⁴³⁾。このことは、ウサギの初乳脂質の短鎖脂肪酸含量が常乳に比べて低い⁴⁴⁾ことと符合しているようである。しかし、動物によって脂肪酸組成が異なることの合目的性の有無は分らない。

ウサギ乳には、β-カゼインと共にα_{s1}-カゼイン⁴⁵⁾およびκ-カゼイン様蛋白質⁴⁶⁾の存在が確認されている。理化学的性質を比較して、牛乳蛋白質と他の動物乳蛋白質との間に相同性が確認された成分は、β-カゼインに比べてα_s-カゼインの方が少ないようである⁵⁾。

免疫グロブリンはヒトと同じ1g A型である。

7. 鯨 目

典型的な(C)型乳である。脂肪酸はC_{16:1}酸(約20%)が著しく多く、また炭素数20以上の脂肪酸も多い¹⁷⁾。マッコウクジラの主要乳蛋白質は、カゼイン2成分、ホエー蛋白質3成分であるが⁴⁷⁾、それらの性状は明らかにされていない。

8. 食 肉 目

一般に脂肪含量の多い乳は乳糖が少ない。その典型が、アシカ科とアザラシ科の動物の乳、(C)型である。クマの乳もこれに近い。オットセイ乳は乳糖痕跡、脂肪50%以上、水分35%、その組成はまさに硬質チーズに近い。通常、授乳間隔が2~3日、長い時は1週間という⁴⁸⁾のも脂肪の多い理由の1つと考えられている。

乳糖の最も重要な生理的役割は、Caの吸収促進作用であると考えられている。しかし、乳糖をまったく持たないアシカの乳が、その作用を他の糖あるいはビタミンDで補うのか、現在それを推測する資料はない。いずれにしても、乳糖分解酵

素を持たないアシカの子に、乳糖はむしろ有害でさえある。

食肉動物の乳脂肪は短鎖脂肪酸をまったく含んでない。¹⁷⁾ おそらく乳腺での脂肪酸の合成はほとんど行われぬものと考えられ、イヌに投与した¹⁴C重炭酸ナトリウムの乳脂肪への移行は著しく低い。⁴⁹⁾

それに引き替え、乳蛋白質構成は多彩のようである。イヌ乳は α_{s1} -カゼイン、 β -カゼインおよび β -ラクトグロブリンを含み、⁵²⁾ 他の動物でも、牛乳よりも複雑な電気泳動図を示すという報告例が多い。^{4,50)} また、ネコはアルギニンとタウリンを必須とするが、ネコ乳中にそれらの含量の高いことも指摘されている。^{53,54)}

9. 管歯目、長鼻目、岩狸目、海牛目

いずれも種属数は少なく、乳の性質もほとんど知られてない。乳汁組成は表に示したものの以外にマナティー（海牛目）の報告がある。やはり水棲動物の特徴を備え乳糖を含まない。⁵⁵⁾ ゾウの乳脂肪は、 $C_{10:0}$ 酸 (29.4%) と $C_{12:0}$ 酸 (18.3%) の含量が著しく高い¹⁷⁾ が、同じ草食動物でもマナティーはクジラに似て短鎖脂肪酸を含まない。⁵⁵⁾

10. 奇蹄目

ウマの乳の組成がヒトのそれに似ていることは、先にも述べた。しかし、ウマ乳の脂肪含量はやや低く、なぜかサイ（サイ亜科）に至っては異常に低い (0.0~0.3%)。ウマ科の動物の乳が、ほぼ同じ成熟度で生れ、ほぼ同じ環境で生活するウシ科の動物よりも、霊長類の乳に似ているのも不思議である。しかも、ウマ乳の蛋白質成分はウシのそれらと似ており、⁵⁾ 脂肪酸組成はヒトのそれに似、¹⁷⁾ 免疫グロブリン組成はブタのそれに似ている。⁵⁾ 複雑な動物である。

11. 偶蹄目

表の組成から推察すると、シカ科と一部のウシ科の動物の乳がB型乳とみられる。

反すう動物は、第4胃で生産される酢酸と β -オキシ酪酸を前駆物質として、乳腺で脂肪酸を合成する。その乳脂肪は $C_{4:0}$ ~ $C_{14:0}$ 酸までの短鎖および中鎖脂肪酸、特に酪酸を含むことが他の動

物と異なる特徴である。¹⁷⁾ 偶蹄類とはいえ、非反すう動物のブタ（猪豚亜目）はこれらの脂肪酸をほとんど含まず、ラクダ（核脚亜目）は両者の中間である。¹⁷⁾

偶蹄類の乳は、蛋白質中カゼインの多いことが特徴である。他の動物では、げっ歯類がこれに近い。⁴⁾ 牛乳の主要蛋白質は、 α_{s1} 、 β -および κ -カゼイン、および血清アルブミン、 α -ラクトアルブミンおよび β -ラクトグロブリンであるが、ブタ乳カゼインの電気泳動図は、牛乳のそれとまったく異なり、⁵⁰⁾ ラクダ乳には β -ラクトグロブリンがない。ウシの免疫グロブリンは1g G型、ブタのそれは、初乳は1g G、常乳は1g A型である。しかもブタの場合、常乳中にも両者の濃度が非常に高い。乳の特異成分、 β -ラクトグロブリンが何らかの生理活性を持つか否かは、現在不明であるが、抗ウシ β -ラクトグロブリンとの間に免疫交叉反応を生ずるのは、ウシ科のそれに限られている。⁵⁾ 同じことが他の動物の乳蛋白質にも当てはまり、系統差が開くにつれてその類似性は薄れて行く。他の乳成分についても同様である。

以上、単純な比較にとどまってしまうが、哺乳動物が種によって形態が異なるのと同じように、乳の組成も誠に多種多様である。山内¹⁾の言葉を借りると、5,000種の哺乳動物には5,000種の乳がある。それを鍵と錠の関係に例えられている。それは、哺乳動物が誕生して2億年近い歴史を経て、それぞれ異なった環境に適した生理的ならびに形態的分化をとげた動物に適合した乳の姿であろう。

故東大教授佐々木林治郎先生は、よく乳の本質ということを書いておられたとのことである。それが錠を開く鍵であるかも知れない。人乳と牛乳の研究は、かなりのレベルに進んではいるが、他の動物の乳に関する研究はまだ緒についたばかりであり、系統的に乳の姿を把握することは到底できない。しかし、乳は生れた子の生命と成長を支えて行くための本質的な生きて食物として存在し、その組成にはある種の共通性がみられ、それぞれの子の育ち方に対して最適のバランスを維持しているようにみられる。個々の乳成分は、血液から直接に、また血液中の成分を前駆物質として乳腺

で合成され、それぞれの割合で乳に移行する。これは種属間における乳汁組成の相違と同時に、乳汁成分の器官特異性および種特異性をもたらす結果となる。特に乳の免疫機能にみられる種間差は重要な問題であると言われている。また乳と脳神経系の栄養学との関連性も、今後の重要な課題として指摘されている。

動物の乳を人の力で作ることは、到底不可能である。しかし、少しでも乳と乳の本質を解きほぐして行くことにも意義があり、それを通じて実験動物のための人工乳の改良があり、その実験的実証をふまえて、乳児の人口哺育改善の糸口を得ることもつながると考えている。

各種哺乳動物の乳汁組成

動物	全固形分	脂肪	蛋白質	カゼイン	乳糖	灰分		
単孔目 ハリモグラ科	ハリモグラ	—	9.6	12.5	7.3	0.9	—	
有袋目 オポッサム科	パージアオポッサム	24.4	7.0	4.8	2.8	4.1	—	
	クスクス科	フクロギツネ	24.5	6.1	9.0	—	3.2	1.6
	カンガルー科	ワラビー	13.4	0.9	4.0	2.2	3.4	0.9
		アカカンガルー	20.0	3.4	4.6	2.3	6.7	1.4
		ケナガワラルー	21.7	6.5	8.7	—	1.3	1.5
		アカクビワラビー	13.0	4.6	4.0	—	4.5	0.8
食虫目 ハリネズミ科	ハリネズミ	20.6	10.1	7.2	—	2.0	2.3	
	トガリネズミ科	カワネズミ	35.0	20.0	10.0	—	0.1	0.8
		タンビネズミ	19.9	6.5	11.0	—	3.2	0.8
翼手目 ヒナコウモリ科	ヒナコウモリ種	40.5	17.9	12.1	—	3.4	1.6	
	ヘラコウモリ科	ヘラコウモリ種	12.1	1.7	4.4	—	5.4	0.6
	オヒキコウモリ科	オヒキコウモリ種	34.4	18.9	11.1	—	3.7	0.7
霊長目 ロリス科	ノロマザル	—	11.8	3.6	2.7	6.2	—	
	キツネザル	—	4.6	5.5	—	4.5	—	
	オマキザル科	リスザル	12.2	1.0	3.0	—	7.0	0.2
	キヌザル科	キヌザル	13.1	3.1	3.8	1.5	5.8	0.4
	オナガザル科	オナガザル	12.3	2.9	2.1	—	7.2	0.3
		アカゲザル	15.4	4.0	1.6	1.1	7.0	—
		ヒ	14.4	5.0	1.6	—	7.3	0.3
	ショウジョウ科	オランウータン	11.5	3.5	1.5	1.1	6.0	0.2
		チンパンジー	11.9	3.7	1.2	—	7.0	0.2
	ヒト科	ヒト	12.4	3.8	1.0	0.4	7.0	0.2
齧歯目 リス科	ハイイロリス	39.6	24.7	7.4	5.0	3.7	1.0	
	ビーバー科	ビーバー	33.0	19.8	9.0	—	2.2	2.0
	キヌゲネズミ科	カルホルニアマウス	—	18.5	12.9	—	1.7	—
		シロアリマウス	—	17.0	10.1	—	1.8	—
		キャニオンマウス	—	13.5	9.2	—	2.0	—
		ゴールデンハムスター	22.6	4.9	9.4	6.7	4.9	1.4
	ネズミ科	ラット	21.0	10.3	8.4	6.4	2.6	1.3
		マウス	29.3	13.1	9.0	7.0	3.0	1.3

動物			全固形分	脂肪	蛋白質	カゼイン	乳糖	灰分
齧歯目	テンジクネズミ科	モルモット	16.4	3.9	8.1	6.6	3.0	0.8
	バカ科	アグーチ	30.8	19.3	4.7	3.4	1.8	1.3
	カプロミス科	カイリネズミ	41.5	27.9	13.7	9.3	0.6	1.3
兔目		カイウサギ	32.8	18.3	13.9	—	2.3	1.8
		ノウサギ	—	19.3	19.5	—	0.9	—
		シロオウサギ	36.1	17.9	12.5	3.6	1.0	2.0
鯨目	マッコウクジラ科	マッコウクジラ	43.5	36.4	3.8	—	—	—
	イッカク科	シロイルカ	41.0	26.9	10.6	—	0.7	0.8
	イルカ科	ゴンドウクジラ	51.3	43.8	—	—	—	0.5
		バンドウイルカ	41.7	33.0	6.8	3.9	1.1	0.7
		ネズミイルカ	45.8	41.1	—	—	1.3	0.6
	コクジラ科	コクシラ	59.4	53.0	—	—	—	—
	ナガスクジラ科	シロナガスクジラ	57.1	42.3	10.9	7.2	1.3	1.4
		イワシクジラ	—	28.2	8.1	—	—	1.0
		ナガスクジラ	45.8	32.4	12.8	4.8	0.3	1.0
	食肉目	イヌ科	イヌ	23.5	12.9	7.9	5.8	3.1
キツネ			18.1	6.3	6.3	—	4.6	1.0
タヌキ			19.0	3.5	8.0	—	6.6	1.0
クマ科		ヒグマ	11.0	3.2	3.6	—	4.0	0.2
		ハイイログマ	40.6	22.3	11.1	6.7	0.6	1.5
		ホッキョクグマ	47.6	33.1	10.9	7.1	0.3	1.4
アライグマ科		アライグマ	—	4.2	6.1	3.0	4.8	1.1
		ハナグマ	34.9	14.9	7.4	3.5	6.4	1.0
イタチ科		ミンク	21.2	3.4	7.5	—	2.0	1.0
		スカンク	34.6	10.8	10.8	1.0	2.7	1.5
		カワウソ	38.0	24.0	11.0	—	0.1	0.8
ネコ科		ネコ	—	4.8	7.0	3.7	4.8	1.0
		ヒョウ	19.4	6.5	11.0	—	4.2	0.8
ライオン科		ライオン	30.2	17.5	9.3	5.7	3.4	—
		オットセイ	65.4	53.3	8.9	4.6	0.1	0.5
		アシカ	52.7	36.5	13.8	—	0.0	0.6
アザラシ科		タテゴトアザラシ	61.6	52.5	5.9	3.8	0.9	0.5
		ハイイロアザラシ	67.7	53.2	11.2	—	2.6	0.7
		ズキンアザラシ	50.2	40.4	6.7	—	0.0	0.9
管歯目		ツチブタ	31.5	12.1	14.3	9.5	4.8	1.4
長鼻目		インドゾウ	21.9	11.6	4.9	1.9	4.6	1.4
		アフリカゾウ	20.9	9.3	5.1	—	3.7	0.7
奇蹄目	ウマ科	ロバ	11.7	1.4	2.0	1.0	7.4	0.5
		ウマ	11.2	1.9	2.5	1.3	6.2	0.5
		シマウマ	11.9	2.1	2.3	1.2	8.3	—

	動物	全固形分	脂肪	蛋白質	カゼイン	乳糖	灰分	
奇蹄目	バク科	バク	15.7	3.4	5.7	—	—	1.0
	サイ科	クロサイ	8.1	0.0	1.4	1.1	6.1	0.3
		シロサイ	8.4	0.3	1.4	—	6.7	0.2
偶蹄目	イノシシ科	ブタ	18.8	6.8	4.8	2.8	5.5	—
	ベッコリー科	ベッコリー	16.4	3.5	5.4	4.0	6.5	0.6
	カバ科	カバ	11.5	3.5	5.3	—	4.3	0.8
		ラクダ科	ラクダ	16.2	2.4	7.3	6.2	6.0
	キリン科	フタコブラクダ	15.0	5.4	3.9	2.9	5.1	0.7
		ヒトコブラクダ	13.6	4.5	3.6	2.7	5.0	0.7
		オカピ	18.5	2.0	6.9	5.7	5.1	1.4
	シカ科	キリン	22.9	12.5	5.6	4.8	3.4	0.9
		ニホンジカ	36.1	19.0	12.4	—	3.4	1.4
		アカシカ	34.1	19.7	10.6	—	2.6	1.4
	ウシ科	トナカイ	33.1	16.9	11.5	—	2.8	—
		グランドカゼル	34.1	19.5	10.4	—	2.8	—
		マウンテンガンゼル	36.1	19.0	12.4	—	3.3	1.5
		インパラ	35.3	20.4	10.8	—	2.4	1.4
		ウシ	12.7	3.7	3.4	2.8	4.8	0.7
		ヤク	17.3	6.5	5.8	—	4.6	0.9
		スイギュウ	17.2	7.4	3.8	3.2	4.8	0.8
ヤギ		13.2	4.5	2.9	2.5	4.1	0.8	
ヒツジ	19.3	7.4	5.5	4.6	4.8	1.0		
オオツノヒツジ	34.0	16.0	12.1	—	3.4	1.3		

Jenness R. et al (1970) より

文 献

- 1) 山内逸郎：代謝, 13, 565 (1976)
- 2) Jenness, R. et al. : Dairy Sci. Abstr., 32, 599 (1970)
- 3) 鶴田文三郎：ミルク博士の本, 地球社(1981)
- 4) Larson, B.L. et al. : Lactation III, 3~107, Academic Press. (1974)
- 5) Fox, P.F. : Developments in Dairy Chemistry I, 84~114, II, 1~35, Applied Science Publishers (1983)
- 6) Abderharden, E. : Z. Physiol. Chem., 26, 487, 27, 408 (1899)
- 7) Bernhart, F.W. : Nature(London), 191, 358 (1961)
- 8) Kon, S.K. et al. : Milk; The Mammary Gland

- and It Secretion, 2, 305, Academic Press (1961)
- 9) Ley, J.M. et al. : Arch. Biochem. Biophys., 138 (1970)
 - 10) Luckey, T.D. et al. : J. Nutr., 54, 345 (1955)
 - 11) Rook, J.A.F. et al. : J. Dairy Res., 34(1967)
 - 12) Dryden, G.L. et al. : Comp. Biochem. Physiol. A, 60, 213 (1978)
 - 13) Ben Shaul, D.M. : Int. Zoo Yb., 4, 333 (1962)
 - 14) Griffiths, M. : Comp. Biochem. Physiol., 16, 383 (1965)
 - 15) Messer, M. et al. : Science, 180, (4082) 201 (1973)
 - 16) Kamerling, J. D. et al. : Carbohydrate Res., 100, 331 (1982)
 - 17) Glass, R. L. : Comp. Biochem. Physiol., 22, 415 (1967)

- 18) Grigor, M.R. : *ibid.* 65, 427 (1980)
- 19) Gross, R. et al. : *J. Diss. Child.*, 98, 768 (1959)
- 20) Sloan, R.E. et al. : *Comp. Biochem. Physiol.*, 4, 47 (1961)
- 21) Bell, K. et al. : *Molecular Cellular Biochem.*, 29, 3 (1980)
- 22) Renfree, M.B. et al. : *Biology of the Neonate*, 40, 29 (1981)
- 23) Green, S.W. et al. : *Aust. J. Biol. Sci.*, 35, 145 (1982)
- 24) Mossop, G.S. et al. : *Proc, Aust. Biochem. Soc.*, 9, 34 (1976)
- 25) Messer, M. et al. : *Aust. J. Biol. Sci.*, 32, 519 (1979)
- 26) Vernon, J.K. et al. : *ibid.*, 34, 401 (1981)
- 27) Stull, J.W. et al. : *J. Dairy Sci.*, 47, 676 (1964)
- 28) 山内邦男 : *農化.*, 53, R37, R49 (1979)
- 29) Breckenridge, W.C. et al. : *Canad. J. Biochem.*, 47, 761 (1969)
- 30) Nishikawa, I. et al. : *Exp. Anim.*, 25, 253 (1976)
- 31) Buss, D.H. : *Comp. Biochem. Physiol. B.*, 59, 5 (1978)
- 32) Turton, J.A. et al. : *Folia Primatologica*, 29, 64 (1978)
- 33) Visser, S. et al. : *J. Dairy Sci.*, 64, 559 (1981)
- 34) Aschaffenburg, R. : *Biochem. Biophys. Acta.*, 82, 188 (1964)
- 35) Bibadeau Dumas, B. : *ibid.*, 54, 400 (1964)
- 36) Bibadeau Dumas, B. et al. : *ibid.*, 82, 494 (1964)
- 37) Mckenzie, R.M. et al. : *J. Dairy Sci.*, 61, 714 (1978)
- 38) Roberts, H.R. et al. : *ibid.*, 37, 538 (1954)
- 39) Byun, S.M. et al. : *ibid.*, 65, 531 (1982)
- 40) 片岡啓ら : *酪科研.*, 21, A142 (1972)
- 41) Loh, T.T. et al. : *J. Dairy Sci.*, 57, 339 (1973)
- 42) Hurley, L.S. et al. : *Proc. National Acad. Sci. USA.*, 74, 3547 (1977)
- 43) Mellenberger, R.W. et al. : *Biochem. J.* 138, 373 (1974)
- 44) 片岡啓ら : *酪科研.*, 24, A15 (1975)
- 45) Aschaffenburg, R. et al. : *Nature*, 180, 376 (1957)
- 46) Testud, M. et al. : *Biochemie*, 55, 1085 (1973)
- 47) Jenness, R. et al. : *Comp. Biochem. Physiol. A*, 61, 383 (1978)
- 48) 林壽郎 : *標準原色図鑑全集*, 別巻, 動物Ⅱ, 77, 保育社 (1968)
- 49) Luick, J.R. et al. : *Amer. J. Physiol.*, 199, 733 (1960)
- 50) 片岡啓ら : *酪科研.*, 21, A27 (1972)
- 51) Pilson, M.E.Q. et al. : *Science*. 135, 104 (1962)
- 52) Nagasawa, T. et al. : *J. Dairy Sci.*, 55, 1550 (1972)
- 53) 中江利孝ら : *酪科研.*, 22, A20 (1973)
- 54) Anderson, P.A. et al. : *J. Anim. Sci.*, 49, 1227 (1979)
- 55) Backman, K.C. et al. : *Comp. Biochem. Physiol. A*, 62, 873 (1979)