

## 第2章

# 生物のからだをつくる物質

## はじめに

生物のからだをつくる物質については、主に高等学校の生物Ⅱと化学Ⅱで学習してきた。本章では、生命を支える水の特性からはじめて、タンパク質、糖質、核酸、脂質などの有機物の構造と、生物体での機能を解説する。また、無機物の機能についても簡単に述べる。この章を読むにあたって、以下のことを記憶しておくとう理解しやすいであろう。

- (1) 水は極性分子であり、分子間で水素結合を形成する。生体分子には、光学異性体をもつものが多い。
- (2) タンパク質はアミノ酸からなり、特異的な立体構造を形成し、多様な機能を果たす。
- (3) 糖質（炭水化物）は、単糖類、二糖類、多糖類などに分類され、エネルギー源として、また生物体を構築する成分として重要である。
- (4) 核酸はポリヌクレオチドであり、DNA と RNA がある。生体のエネルギー通貨とよばれる ATP も、ヌクレオチドの一種である。
- (5) 脂質には、脂肪、脂肪酸などが含まれ、エネルギー源として重要である。

## 2.1 生体構成成分と水

### 2.1.1 細胞の構成成分

動物細胞を構成する成分の質量比でもっとも多いのは水であり、約60%を占めている。水の次に多いのはタンパク質であり、脂質、糖質などが続く。タンパク質、脂質、糖質、核酸などは、いずれも有機物とよばれる。有機物とは、もともと生物由来の物質のことをさしたもので、炭素を含む化合物のことである（ただし、CO や CO<sub>2</sub> などは有機物には含めない）。炭素化合物から成り立っていることが地球上の生物の一つの特徴である。炭素は結合の手を4つもっており、炭素原子どうしの共有結合により、長い鎖になったり環状になったり、いろいろな構造をつくることので

きる（図2.1A）。このような炭素原子からなる骨格に、さまざまな性質をもつ官能基（化学的性質のもととなる特徴的な構造）が結合することにより、多様な化合物ができあがる（図2.1B, C）。

一方、無機物も重要なはたらきをしており、各種の無機イオンは、浸透圧や pH の調節、シグナル伝達などに重要なはたらきをしている。また、カルシウムは骨をつくる成分であり、体重60 kg の人で約900 g 含まれる。そのほか、鉄や銅なども、微量な成分として生体の機能に必要である。

### 2.1.2 水の特性と生物

水は、われわれにとってはきわめて普通の液体であるが、その性質は生命にとって非常に重要で、水が生命を支えているといっても過言ではない。水分子は図2.2Aのような形をしており、水素原子は正の部分電荷をもち、酸素原子の側には負の

## コラム 数を表す接頭語

化合物の名前には、数を表すことばがついていることがある。例えば上述のペントースは5つ(penta)の炭素をもつ糖(-ose)だから pentose という。数詞のいくつかをあげてみる。

数	数詞	数	数詞
1	モノ (mono)	7	ヘプタ (hepta)
2	ジ (di)	8	オクタ (octa)
3	トリ (tri)	9	ノナ (nona)
4	テトラ (tetra)	10	デカ (deca)
5	ペンタ (penta)	20	イコサ (icosa) またはエイコサ
6	ヘキサ (hexa)	22	ドコサ (docosa)

これらの語は、日常の英単語にも見られる。例えば、3人組はトリオ、三角形はトライアングルである。防波堤にあるテトラポッドは4本足(4=テトラ)、アメリカの国防省は建物が五角形なので通称ペンタゴン(5=ペンタ)とよばれる。8本足のタコはオクトパス(8=オクタ)であるし、音楽のオクターブも8からきている。また、脳などに多い、DHAと略される脂肪酸がある。これはドコサヘキサエン酸(docosahexaenoic acid)の略で、炭素数が22(ドコサ)で、6個(ヘキサ)の二重結合(エンで表す)をもつ脂肪酸のことである。

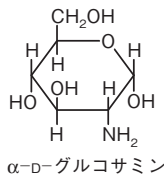
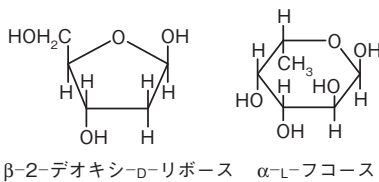


図 2.14 デオキシ糖とアミノ糖

他のほとんどの糖がD型なのに対して、生体物質に含まれるフルコースはL型である。グルコサミンは窒素を含む糖である。

また、グルコサミンなどのようにアミノ基を含むもの(図 2.14)は、総称してアミノ糖とよばれる(炭素、水素、酸素の各原子のほか、窒素原子も含むことになる)。アミノ糖の仲間、後に述べるグリコサミノグリカンの成分である。

## 2.3.2 オリゴ糖

単糖が複数結合したものを**オリゴ糖**(オリゴとは、少数のという意味)という。環状構造をとった糖のヒドロキシ基のうち、アルドースなら1位の炭素に結合したヒドロキシ基、ケトースなら2位の炭素に結合したヒドロキシ基は、他のヒドロキシ基と異なり、OH-C-Oという結合をもっている(ヘミアセタール性水酸基という)。このようなヒドロキシ基と別の糖のヒドロキシ基から水が取れて形成された結合を、グリコシド結合とよぶ。糖にはヒドロキシ基が複数あるので、どのヒドロキシ基の間で結合するかによって、異なるオリゴ糖が形成されることになる(位置を表すために、糖の各炭素には番号がつけられている)。

生体内でとくに重要なオリゴ糖は、単糖が2つ結合した二糖類である(図 2.15)。スクロースは、植物がつくる糖(動物は合成できない)で、人間には砂糖として重要である。マルトースは、ムギの芽が伸びるときに合成されることから、麦芽糖ともよばれる。マルトースは、デンプンやグリコーゲンが分解されるときにも生じる。ラクトースは乳糖ともよばれ、その名のとおり動物の乳(ヒトの母乳にも)に含まれる。

マルトースの構造を見てみよう。結合している2つの糖は、どちらもグルコースである。右側のグルコースの4位のヒドロキシ基(-OH)と左側のグルコースの1位のヒドロキシ基から水が取れて結合していることがわかる(1→4結合という)。ところで、環状構造では、1位に結合しているヒドロキシ基の立体的な位置の違いでαとβのアノマーがあることはすでに述べた。同じグルコース2個が1→4結合する場合でも、α結合したものとβ結合したものでは、異なる二糖類ができる。マルトースはα結合である。このような立体構造の違いが、生物学的に重要な意味をもってくる。このことは、次の多糖類の項で説明する。

るタンパク質（例えば免疫グロブリンなど）は、ほとんどが糖鎖をもっている。

糖タンパク質は、大きなタンパク質分子に短い糖鎖が結合したものをさすが、逆に数百の糖鎖がコアになるタンパク質に結合して、糖が主成分になっているものもある。これを**プロテオグリカン**とよぶ。上に述べたグリコサミノグリカンの多くは、タンパク質と結合している。軟骨のプロテオグリカンの例を図 2.18 に示す。なお、糖と脂質が結合した分子もあるが、それについては脂質の項で述べる。

**ボ核酸 (RNA)** とがある。遺伝子の本体である DNA は、真核生物では核の中に保存されている。そして、遺伝子がはたらくときに必要なのが RNA である。DNA も RNA も、**ヌクレオチド**とよばれる化合物が数多く結合してできている。ヌクレオチドは、遺伝以外でも重要なはたらきをしており、例えば生体内のエネルギー運搬体である ATP もヌクレオチドの一種である。

## 2.4.1 ヌクレオチド

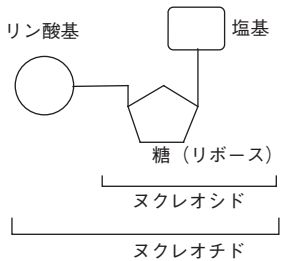
核酸の基本単位をヌクレオチドとよび、塩基、糖、そしてリン酸という 3 つの成分から構成される (図 2.19A)。

一般に「塩基」といえば、酸を中和して塩を生じる物質の総称であるが、ヌクレオチドについて塩基というときは、**プリン**と**ピリミジン**という化合物の誘導体のことをさす (図 2.19B)。プリンにはアデニン (A) とグアニン (G) があり、ピ

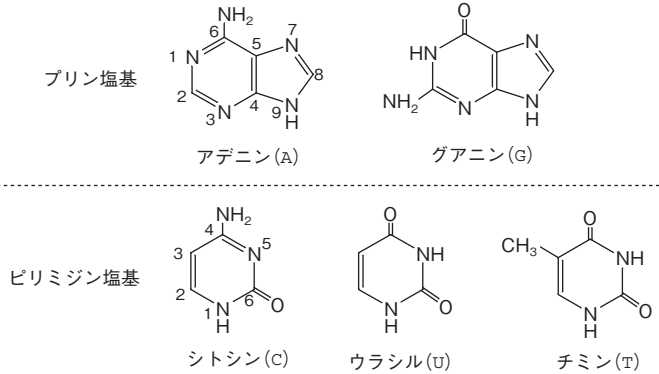
# 2.4 核 酸

核酸という名称は、細胞の核 (3.1.1 項参照) から発見された酸性物質という意味でつけられた。核酸には、**デオキシリボ核酸 (DNA)** とリ

(A) ヌクレオチドの構造の模式図



(B) 塩基の種類



(C) ヌクレオチド

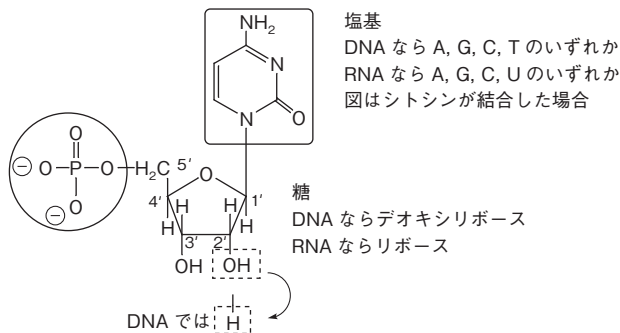


図 2.19 ヌクレオチド

(A) ヌクレオチドの構造。リン酸基は 1 個 (DNA や RNA の場合) から 3 個 (エネルギー運搬体である ATP の場合)。ヌクレオチドからリン酸基を除いた部分 (塩基と糖が結合したものは、ヌクレオシドとよばれる。 (B) 塩基の種類。 (C) ヌクレオチド。

## 第 2 章のまとめ

- (1) 水は、生命にとって、なくてはならないものである。生物にとって重要な水の特性は、水分子間の水素結合によって生じている。また、溶媒としてのはたらきは、水が極性分子であることに起因している。
- (2) タンパク質の多様な機能は、それぞれのタンパク質の立体構造と深く関係している。
- (3) 糖質には、エネルギー源、生物体の構築材料、細胞間の認識などの機能がある。また、タンパク質に結合して、その機能にかかわる糖鎖もある。
- (4) ヌクレオチドは、DNA や RNA などのポリヌクレオチドの構成成分である。またヌクレオチドは、エネルギー運搬体、補酵素、シグナル伝達物質などとして機能している。
- (5) 脂質は、水に溶けにくい性質の生体物質として定義されているので、化学構造的には異なるいくつかのグループを含んでいる。脂質はエネルギー源、生体膜成分、ホルモン、脂溶性ビタミン、その他の生理活性物質として機能している。
- (6) リポタンパク質は、水に溶けにくい脂質を血流で運ぶシステムをつくっている。
- (7) 水溶性ビタミンの多くは、補酵素の成分として代謝にかかわっている。脂溶性ビタミンは、血液凝固、視覚、カルシウム吸収の調節、抗酸化剤などとして、重要な機能を果たしている。
- (8) 生体物質としての無機物には、比較的存在量が多いものと、存在量は微量だが生物にとって必須であるものがある。前者には骨の成分であるカルシウムなどが、後者にはヘモグロビンの成分である鉄や、そのほか多くの金属元素がある。

### 参考書 / ウェブサイト

- 安藤祥司・熊本栄一・兒玉浩明・高崎洋三, 生命の化学——バイオサイエンスの基礎づくり, 化学同人 (2001)
- いかいあつし, はたらくバイオ分子 タンパク質, 東京化学同人 (1988)
- D. Voet, J. Voet, C. Pratt, ヴォート基礎生化学 第 2 版 (田宮信雄・村松正実・八木達彦・遠藤斗志也訳), 東京化学同人 (2007)
- D. L. Nelson, M. M. Cox, レーニンジャーの新生化学 第 4 版 (上・下) (山科郁男監修, 川寄敏祐・中山和久編), 廣川書店 (2007)
- [http://www.pdbj.org/index\\_j.html](http://www.pdbj.org/index_j.html) (タンパク質の立体構造が調べられるデータベース)
- <http://www.gak.co.jp/FCCA/indexj.html> (糖質についての話題)
- <http://lipidbank.jp/> (脂質のデータベース)