

I 次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。

子は親に似る。これは、親の体をつくるタンパク質と同じものを、子もつくることができるからだ。これを可能にする物質が、細胞の核の中におさめられたDNA（デオキシリボ核酸）である。

DNAとは、親から受けついで1冊の本だ。その本に書かれているのは、個々のタンパク質のカタチを指示した文章である。この文章は、アルファベットや漢字ではなく、塩基という化学物質の文字でつづられている。アルファベットはAからZまでの26文字であるが、塩基にはA（アデニン）、T（チミン）、G（グアニン）、C（シトシン）のたった4種類しかない。

これら4種類の塩基が、鎖のように一列に並んだものがDNAである。そして、2本の鎖が向かい合って、(1) 構造を形づくる。

私たちの体をつくる細胞たちは、原則的にすべて同じDNAをもつ。これは、細胞が二つに分裂するとき、あらかじめDNAが正確に複製されるためだ。

a) 複製されるDNAでは、まず、2重らせんがほどかれる。ほどかれた2本の鎖のそれぞれにDNAの材料が追加されて、二つの2重らせんが合成される。こうしてDNAは複製され、細胞から細胞へ、また親から子へと受けつがれていくのである。

タンパク質は、核の外でつくられる。だが、タンパク質のつくりかたを記したDNAは、核の中におさめられており、核の外に持ち出すことはできない。いわば、図書館に厳重に管理された、持ちだし禁止の本のようなものだ。

そこで細胞は、DNAに書かれた文章をコピーし、そのコピーを核の外に持ち出す。コピーされた書類にあたる物質を、RNA（リボ核酸）という。DNAをコピーしてRNAをつくることを生物学では(2) とよぶ。

RNAは、DNAとよく似た化学物質である。DNAはA、T、G、Cという4種類の塩基をもつのに対し、RNAも4種類の塩基をもつ。ただし、RNAではTのかわりに(3) となる（A、G、CはDNAとRNAで共通）。

DNAに書かれた文章の一つ一つを遺伝子とよぶ。ヒトのDNAにはおよそ2万5000もの遺伝子が書かれているが、どの遺伝子をコピーするのかは、それぞれの細胞が置かれた状況に応じて決まる。

コピー機の役割を果たすのは、(4) とよばれる、10個以上のタンパク質が合わさってできた装置である。(4) は、ほかのタンパク質の助けを借りて、コピーする遺伝子の先頭位値に結合する。その後、DNAの2重らせんをこじ開けてDNAの文字情報（塩基配列）をコピーしたRNAをつくっていく。出来たRNAには、b) 先頭に特別な印がつけられる。

DNAのコピーとしてつくられたRNAは、そのままの形で核の外に運びだされるわけではない。RNAは、核から運びだされる前に、編集される必要があるのだ。

実は、DNAの文章（遺伝子）の中には、タンパク質をつくる上で無意味な情報がところどころに存在する。したがって、DNAをコピーしたRNAにも、無意味な情報がそのまま残っている。これをイントロンとよぶ。

RNAを、タンパク質の設計図として完成させるには、イントロンをとりのぞき、意味のある部分（これを (5) という）だけをつなぎ合わせなければならない。この作業はちょうど、録画したVTRから不要な部分を削除して、残したい内容だけをつなぎ合わせるようなものである。

この編集作業は (6) とよばれる。この作業をになうのは、6個の部品からなるスプライトソームとよばれる装置である。

まず、スプライトソームの2個の部品が、RNAのイントロンのはじまりと終わりの位置に結合する。次いで、残りの部品が合わさってスプライトソームが完成し、イントロンを投げ縄のような形にたぐりよせる。そして、最後に、スプライトソームのはたらきで、イントロンがRNAから切り取られる。

(6) を終えたRNAには、その印として、エクスポーチンというタンパク質が結合する。このエクスポーチンは、核の外に出るための通行手形の役割を果たす。こうして、編集の済んだRNAだけが、完成品として核の外（細胞質）へと運びだされていくのである。

核の外に運びだされたRNA(メッセンジャーRNA)は、タンパク質の合成工場である (7) と結合する。タンパク質の材料は、私たちが食事によってとりこんだり、みずから合成したりしたアミノ酸だ。

タンパク質のカタチは、(8) 種類あるアミノ酸を、どの順番でつなげるかで決まる。その順序を決めるのが、RNAの情報だ。RNAのもつ情報をアミノ酸の順序へと置きかえる過程を、生物学では (9) とよぶ。

RNAの情報を、アミノ酸の順序に置きかえるのは単純ではない。RNAの塩基は4種類だが、アミノ酸は (8) 種類もある。これはちょうど、1から4までの数字だけで書かれた暗号文を、(8) 種類のアルファベットを使った文書へと解読するようなものだ。

RNAがもつ情報の解読方法は、1960年代の研究によって明らかになった。メッセンジャーRNAの塩基3文字からなる“暗号”が、1個のアミノ酸に対応していることが判明し、暗号とアミノ酸の対応がすべて解明されたのである。この対応関係を表にしたものが、遺伝暗号表だ。

暗号とアミノ酸を実際に結びつけるのは、(10) とよばれる分子の役目だ。(10) は、分子の中に二つの重要な部分をもつ。一つはアミノ酸と結合する部分で、もう一つは暗号であるメッセンジャーRNAの塩基3文字（コドン）と結合する部分だ。

(10) は、特定のアミノ酸と結合したあと、(7) へと移動し、メッセンジャーRNAのコドンと結合する。(7) がメッセンジャーRNA上を動いていくにつれて、コドンが指定する順序でアミノ酸が次々に運ばれ、それらが数珠つなぎにつながっていく。

タンパク質の合成は、アミノ酸をただ並べればすむのではない。タンパク質は、正しく折りたたまれてはじめて、その機能に最も適したカタチをもつことができるのだ。

細胞の中には、完成前のタンパク質が正しく折りたたまれるのを助ける装置がある。それを分子シャペロンとよぶ（介添人の意味）。代表的な分子シャペロンに、HSP70とHSP60がある。

HSP70は、(7) で合成中のタンパク質に結合する。この結果、合成中のタンパク質が正しく折りたたまれる前に、ほかのタンパク質と結合してかたまりをつくってしまう（凝集）ことが避けられる。

一方、HSP60は、折りたたみに失敗したタンパク質に、“更正”のチャンスをあてる装置だ。大きな樽のような姿をしたHSP60の中に、正しく折りたたまれなかったタンパク質が収容されると、折りたたみのやり直しがおきる。こうして、折りたたみに失敗したタンパク質の多くが、もう一度正しい形に折りたたまれるのである。

だが、それでも、正しく折りたたまれない場合もある。そんな不良品は、シュレッターのような装置である (11) へと運ばれ、アミノ酸へと分解される。こうしたタンパク質の品質管理機構が、タンパク質が正しく折りたたまれることを保障している。

ここまで見てきた現象はどれも、体中の細胞で、日常的におきている。巧妙に役割分担された装置たちのはたらきによって、私たちの生命は保たれているのである。

「タンパク質はこうしてできる」 (「ニュートン」2008年2月号より引用)

問1 1-11までの空欄に入る適切な語句を記入せよ。

問2 下線部 a と b に関して、それぞれ質問に答えよ。

- a) 複製される2本鎖のうち、一方の鎖はいったん短い断片として複製され、あとで連結される。この断片は、一般に何と呼ばれているか。
- b) 「先頭につけられる特別な印」の名称を書きなさい。

問3 「タンパク質のカタチは、DNAの情報によって決まる」。これは、フランシス・クリック博士が、1958年に唱えた概念である。この概念は何と呼ばれているか。

問4 ここで述べられているタンパク質のできかたは、真核生物でのメカニズムであるが、原核細胞でのメカニズムは真核細胞とは多少異なっている。50字以内でその違いを説明しなさい。

III 以下の文章を読んで各設問に答えよ。

現代の医学では科学の進歩に伴って様々な技術が医療現場に導入されている。特に、医療機器の発展はめざましく、多くの患者の命を救うのに役立っている。古典的な物理学は、古くから医療に取り入れられ、物理的な指標を長年にわたって診断に用いることも多々ある。例えば、血圧は人体の状態を把握する上で、簡便かつ非常に有用な指標であり、①（最高血圧）と②（最低血圧）から、心臓や血管の状態を把握することができる。

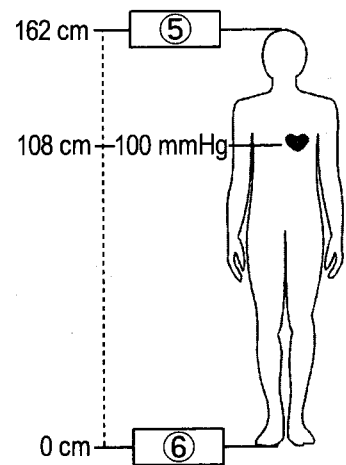
しかし、血圧は測定を行う位置によって測定値が変動することが知られている。この現象を理解するためには、ベルヌーイの定理に基づいた理解が不可欠である。ベルヌーイの定理は、

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{一定}$$

A
B

と表現され、左辺第2項目Aは③、第3項Bは④を表している。ただし、 P は血管内の圧力、 ρ は血液の密度、 v は血流の速度、 g は重力加速度、 h は高さである。

ベルヌーイの定理を用いると、身長162 cmの人の心臓位置が108 cmの高さで、その位置での血圧が100 mmHgであったと仮定すると、頭頂部では血圧が⑤ mmHgと計算できる。また、高さ0 cmとなる爪先部では、血圧が⑥ mmHgとなる。もし、血圧測定時の腕の高さが、心臓の高さから±10 cmの範囲であったとすると、心臓位置での血圧100 mmHgの場合に、⑦%の誤差を含むこととなる。



問1 文章中の空欄①～⑦を埋めよ。ただし、水銀の密度は 13.5 g/cm^3 、重力加速度は 10 m/s^2 、 37°C における血液の密度は 1.0 g/cm^3 として計算せよ。割り切れない場合は小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで記載すること。

問2 以下の設問に答えよ。ただし、 $1 \text{ mmHg} = 135 \text{ N/m}^2$ として計算すること。割り切れない場合は小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで記載すること。

① 動脈中の血流の速度は、動脈の太さによって変化すると考えられる。大動脈の太さが2.5 cm、動脈の太さが0.5 cmとし、大動脈から10本の動脈に分岐したと仮定する。大動脈での血液の流速が20 cm/sの時、動脈での血液の流速を計算せよ。ただし、血圧が大動脈と動脈で変化がないと仮定せよ。

② 実際には大動脈と動脈での血圧は異なる。大動脈中の血圧を101 mmHg、動脈中の血圧を100 mmHgとし、大動脈中の血液の流速を30 cm/sと仮定した場合、動脈中の血液の流速をベルヌーイの定理を用いて計算せよ。ただし、脈拍による圧力の変化および高さの変化は無いと仮定せよ。