

第 1 章

細胞は生命の基本単位

1.1

細胞は生命の基本単位 (生命の3条件)

すべての生命は細胞で構成されています。細胞は、細胞膜で囲まれたとても小さな袋で、その直径は1mmの1/20~1/100ほどで数十マイクロメートル（1ミリの1/1,000： μm ）といわれています。私たちヒトはその細胞が約37兆個集まってできている多細胞生物です。一方で、細胞1個だけで生きている単細胞生物もいます。例えば、ヒトの細胞1個を取り出し、増やすこともできます（培養細胞）。しかし、細胞をそれ以上細かくすると自力で増えることのない物質になることから、生命の基本単位は細胞といえます。では、生命とはなんでしょう？「生命」=「細胞」は、物質ではできない下記の3つの条件を同時に満たすことができます。

1. 自己複製する。（主に遺伝子が担う）
2. エネルギー代謝を行う。（主にタンパク質が担う）
3. 外界と仕切られている。（主に細胞膜が担う）

例えるなら、細胞は、「細胞膜」で囲まれた空間内で、特別な機能を持った何万種類もの「タンパク質」が装置として働く、小さな精密工場といえます。単細胞生物は、生命活動に不可欠なエネルギー生産や代謝、合成、分解、輸送などを1つの工場ですべて賄っています。多細胞生物では、工場である細胞が専門化・分化し、それらがコンビナートを形成し連動することで、より複雑な個体を維持しています。「遺伝子」は、工場内で稼動する装置類である様々なタンパク質の配列を記している設計図です。遺伝子が記されたゲノムは、細胞分裂の度に忠実にコピーされ、全く同じ情報を持った細胞が新たに誕生します。そして細胞は、常にすでに存在している細胞からのみ生まれます。例えば、私たちの細胞は両親の受精卵が分裂して生まれました。両親の細胞も祖母の細胞から生まれてきました。そうしてたどっていくと、私たちの本当の先祖、すなわち「生命の起源」は、地球上に初めて誕生した「細胞」といえます。

近年発達しつつある遺伝子工学技術は、設計図（遺伝子の配列）を人工的に書き換えて、装置（タンパク質）の機能を改変し、工場（細胞）の生産性を高め、あるいはその能力を人間に使いやすい形に改良する技術といえます。したがって、遺伝子工学を理解するには細胞やタンパク質の理解が不可欠です。

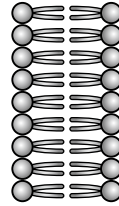
細胞の3要素



遺伝子
(情報)

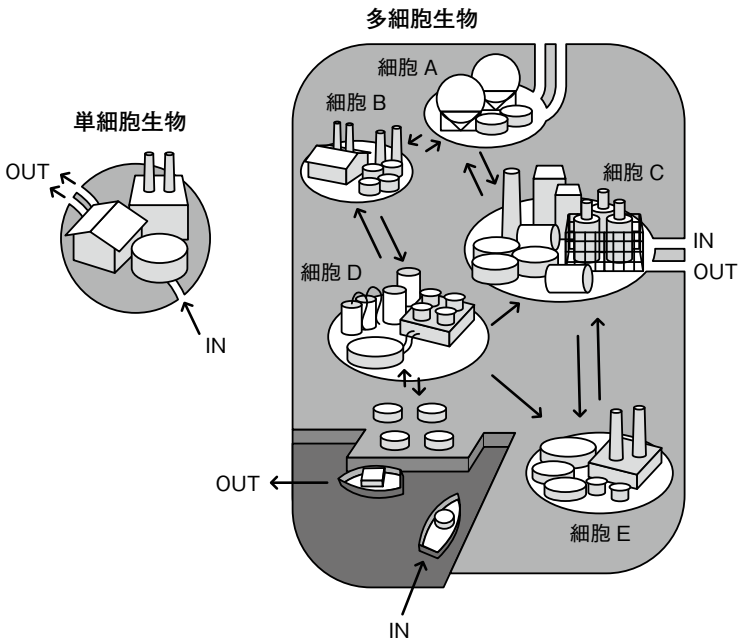


タンパク質
(機能)



細胞膜
(区画)

単細胞と多細胞



 ワンポイント

細胞内は精密工場

1.2

DNA、染色体、ゲノム、 遺伝子

ニュースや新聞で、DNA鑑定、染色体異常、ゲノム編集、遺伝子治療といった言葉をよく聞きます。では、それぞれの言葉がどう違うの？と聞かれて、とっさに答えられる人は少ないのではないのでしょうか？

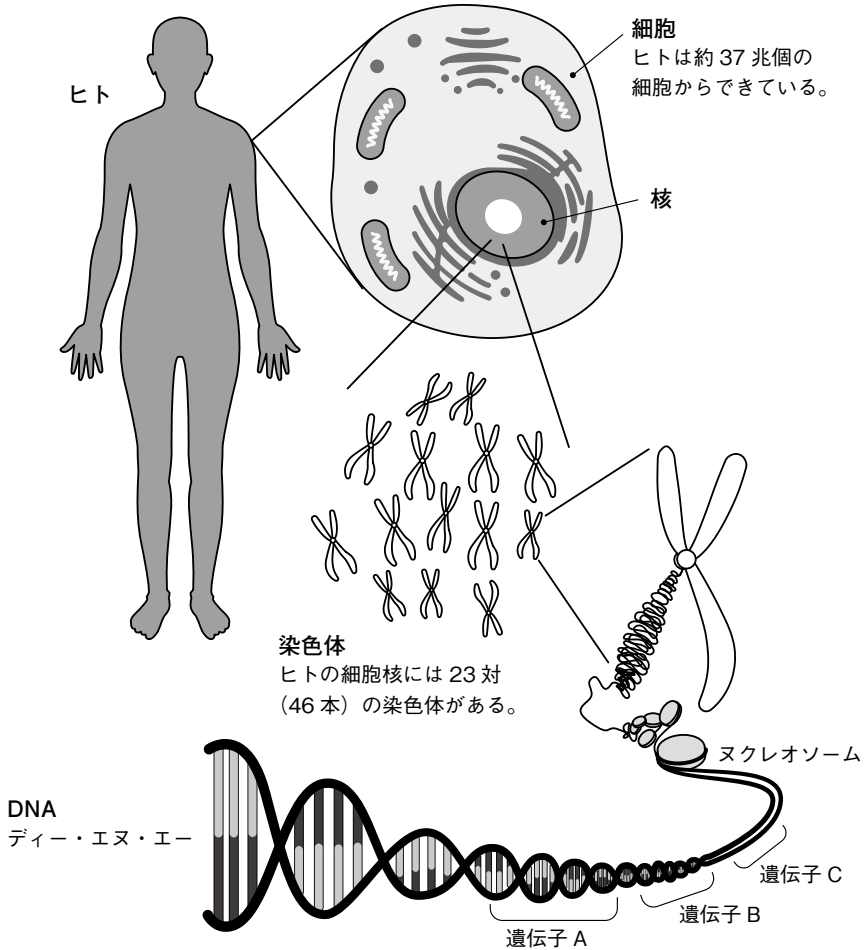
染色体とは…染色体は細胞の核内で見られる構造です。この構造はヒストンと呼ばれる糸巻きポピンのようなタンパク質に、DNAが巻き付いたもの（ヌクレオソーム）が、棒状にまとまったものです。細胞分裂時にはっきりと見えるようになり、色素でよく染まることから、そう名づけられました。例えばヒトには、それぞれ父親と母親から受け継いだ2コピーからなる常染色体が22対と、性染色体が1対現れます。

ゲノムとは…染色体の数は、生物の種類によって違います。1コピーの全染色体の中に含まれる全DNAのことを、ゲノムといいます。全ゲノム配列とは、染色体に含まれる全DNA（A、T、G、Cの4種類の塩基からなる）の配列情報です。酵母で1,200万塩基対、植物（シロイヌナズナ）で1億4,000万塩基対、ヒトで32億塩基対にもなります。例えばヒトの核をテニスボールの大きさとするると、DNA鎖の長さは40km（山手線一周以上）になります。現在、ヒトをはじめ何種類もの生物の全ゲノムの情報が解読され、ネット上で公開されています。

遺伝子とは…ゲノムのなかで、タンパク質の意味のある配列が記されている領域を遺伝子（gene）と呼びます。遺伝子はゲノム上で飛び飛びに存在します。例えば、酵母のゲノム上には6,000個ぐらい、ヒトやモデル植物シロイヌナズナのゲノム上には3万個ぐらいの遺伝子が存在します。

DNAとは…DNA（デオキシリボ核酸）は「塩基」「糖（デオキシリボース）」「リン酸」が1つずつ結合した遺伝情報を担う分子です。「塩基」には「アデニン（A）」「グアニン（G）」「シトシン（C）」「チミン（T）」の4種類あります。3つの塩基の組み合わせ（コドン）が、20種類のアミノ酸のうちのどれかを指定します。例えば、GCT、GCC、GCA、GCGはアミノ酸アラニンを指定します。TGT、TGCはアミノ酸システインを指定します。また、ATGは翻訳をはじめの開始コドンとして、逆にTAA、TAG、TGAは翻訳をストップする終止コドンとして働きます。

ヒトの核の基本構造



ワンポイント

ヒトでは 32 億塩基対の DNA が、23 対の染色体に折りたたまれている

1.3 タンパク質

タンパク質という言葉が小学校の家庭科で初めて習った人も多いかと思いますが。家庭科の教科書には「タンパク質・糖質・脂質は3大栄養素です」と書かれていたと思います。ただ、生物学的な観点からは少し違います。タンパク質はあらゆる生物のあらゆる細胞機能を発動する、生命にとって最も重要なパーツです。糖質や脂質もタンパク質の働きにより合成されます。タンパク質は、アミノ酸がつながった鎖（ペプチド）が複雑に折りたたまれた、サイズが数～数十ナノメートル（ $1\mu\text{m}=1/1,000\text{mm}$ の $1/1,000:\text{nm}$ ）程度の小さな化合物です。タンパク質を構成するアミノ酸は20種あり、その配列は、ゲノム上で遺伝子情報として記されています（1.2）。その情報が読み取られて、細胞内で何万種類ものタンパク質が作られます。タンパク質の機能は驚くほど多様で高度です。例えば、細胞の中で行われる化学反応（生化学反応）の多くは、酵素と呼ばれるタンパク質群が反応を触媒し、生命活動に必要なあらゆる物質を作り出しています。また、それらの物質を細胞の各所や細胞外に送るのは、細胞骨格という繊維状タンパク質の上を運動するモータータンパク質の役割です。さらには、DNAを複製したり、RNAを合成したりするのもポリメラーゼと呼ばれるタンパク質が行っています。細胞膜の成分であるリン脂質の合成にも多くのタンパク質が合成酵素として働いています。また、細胞の形を決めたり、細胞同士をつなげたりするのもタンパク質の役割です。また、下村脩博士が発見したことで有名な、クラゲの発光に使われるGFP（Green Fluorescent Protein）も蛍光タンパク質と呼ばれるタンパク質の一種です（5.11）。細胞外のほとんどの生体構造（骨や細胞壁）も、細胞内のタンパク質の働きにより作り出され細胞外に送られています。

例えば、時計からゼンマイや歯車を抜くともはやただの箱になるように、細胞からタンパク質を除くと、ただの小さな袋になるといえます。そういう意味で、タンパク質は生命の本体そのものといっても良いのではという気がします。最近の人類のナノ工学には目覚ましい発展がありますが、いまだタンパク質ほど小さくかつ高機能なナノマシンをゼロから人間の手で作りに出することはできていません。