

第2部

遺伝子とそのはたらき

親は子を産み、子は成長して親になる。このように生命はつながり、親から子へと世代をこえて、その特徴は伝わっていく。親の形や性質などの特徴が子やそれ以降の世代に現れることを遺伝という。遺伝に関する情報を担う物質は、DNAという分子であり、すべての生物がDNAを持っている。

第2部では、DNAの特徴や、遺伝情報の伝わり方、そして、遺伝情報からタンパク質がつくられる過程を学んでいこう。

第1章

遺伝情報とDNA62

第2章

遺伝情報の複製と分配74

第3章

遺伝情報とタンパク質の合成80



DNAの模型

～玩具のブロックで再現～

DNAの模型は、紙と針金などを用いて自作することもできるが、玩具のブロックを使ってDNAの分子構造を再現した模型がある。二重らせんの幅と高さの比率・塩基の大きさなど実際の形状を正確に再現している。



▲DNAのブロック模型



▲ウメボシイソギンチャク 胃の中で親の体の一部分が分かれて新しい個体ができ、それが口から出される。



中学 1 年

- ・植物の仲間

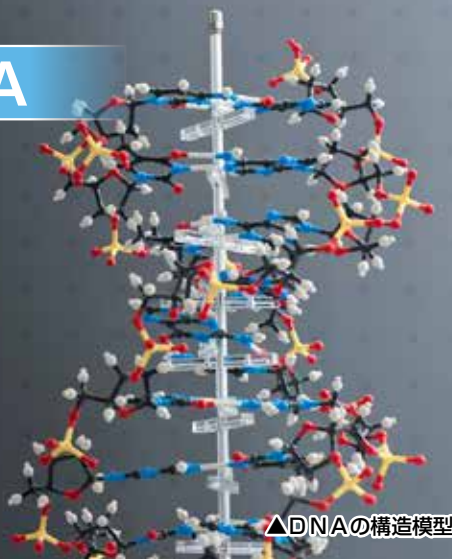
中学 2 年

- ・生物と細胞
- ・動物の仲間
- ・生物の変遷と進化

中学 3 年

- ・生物の成長とふえ方
- ・遺伝の規則性と遺伝子

親と子はよく似ている。生物がもつ形や性質は親から子へと伝えられていく。形や性質を伝える情報を担うDNAとは、どのようなものだろうか。



▲DNAの構造模型

第

1

節

生物と遺伝

◎ 遺伝子とDNA ◎

生物はそれぞれに特有な形や性質をもっており、このような特徴を^{けいしつ}形質という。親の形質が子やそれ以後の世代に受け継がれる現象を^{いでん}遺伝という。

生物の遺伝する形質を規定する要素を^{いでんし}遺伝子といい、遺伝子は染色体に含まれている(図1)。これまでのさまざまな研究により、遺伝子の本体はDNA(デオキシリ^{かく}ボ核^{さん}酸)であることがわかっている。

10

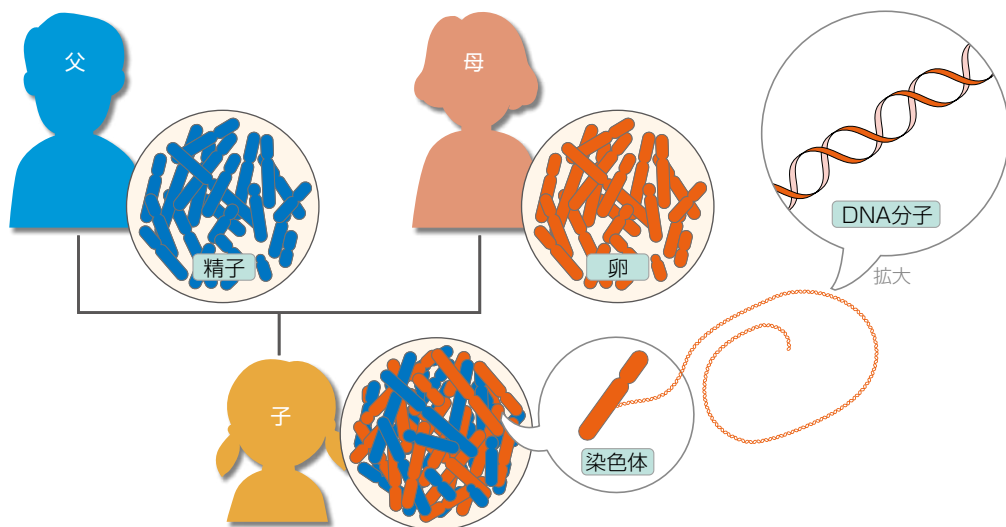


図1 遺伝とDNA 染色体は体細胞分裂中期(→ p. 77)のものである。

◎ 遺伝情報とDNA ◎

生物が自分自身とほぼ同じ形質をもつ子をつくることは、生物の共通性のひとつである。また、すべての生物が遺伝物質としてDNAをもつことは、共通の祖先から由来したことの証拠である。

5 遺伝において親から子へと直接伝わるのはDNAであり、この物質に含まれている遺伝情報をもとにして、子の体がつくられている。

細胞が増殖する際にも、DNAが正確に複製された後にそれぞれ細胞に分配されるため、細胞分裂の前後で同じ遺伝情報が維持されることになる。

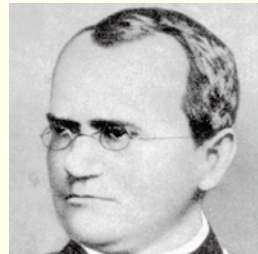


科学史

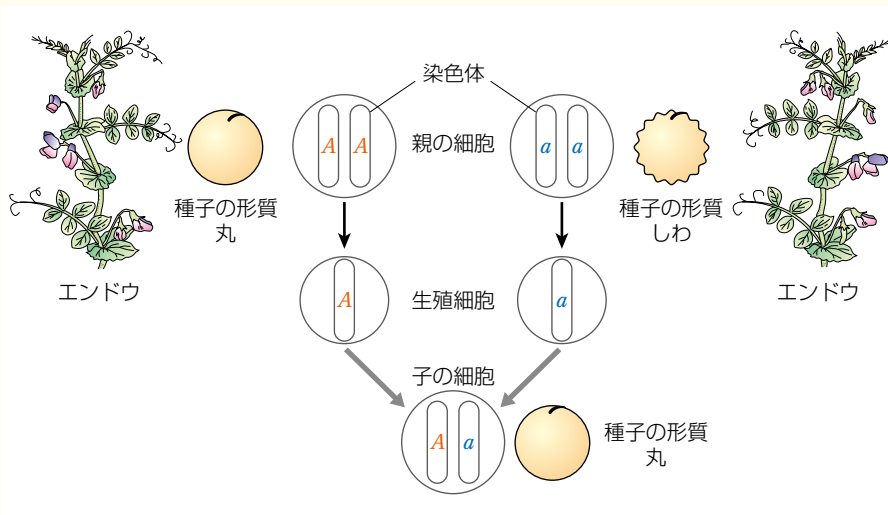
遺伝の法則 ～メンデルの発見～

10 遺伝の法則を発見したのはオーストリアのメンデルであった
1822～1884
(図a)。メンデルは、エンドウの交配実験を行って、その結果を
1865年に「植物の雑種に関する実験」として発表した。

そのとき、形質を支配する要素(後に遺伝子とよばれる)があると仮定し、遺伝は遺伝子が親から子へ伝わることによって起こると考えた。この後の研究から遺伝子は染色体に含まれていることが明らかになった。



図a メンデル



図b エンドウの遺伝のようす 図中のA, aは遺伝子を表す。図中では丸が優性形質である。



メンデルの論文は1865年に発表されたが、彼が生きている間は注目されず、1900年にド・フリース、コレンス、チエルマクによって再発見された。

遺伝子の本体が DNA であることは、次のような研究で明らかになった。

● グリフィスとエイブリーらの実験 ●

肺炎球菌には、外側にさやのある S 型菌とさやのない R 型菌とがある。S 型菌は病原性をもち、肺炎を起こすが、R 型菌は病原性をもたない。イギリスのグリフィスは、加熱して死滅させた S 型菌を R 型菌に混ぜてネズミに注射すると、ネズミの血液中に S 型菌が増殖し、やがて肺炎が起きることを発見した(1928 年, 図 a)。これは、ネズミの体内で R 型菌が S 型菌に変化したことを意味する。

アメリカのエイブリーらは、R 型菌が S 型菌に変化する現象は、ネズミに注射しなくてもペトリ皿で培養した菌でも起きることをみつけた。このような遺伝的性質の変化を形質転換という。さらに、S 型菌の抽出物のタンパク質を分解しても形質転換は起きたが、DNA を分解すると形質転換は起きないことをみつけた(1944 年, 図 b)。このことから、エイブリーらは遺伝的性質を変換させる物質は DNA であるとした。



図 a グリフィスの実験

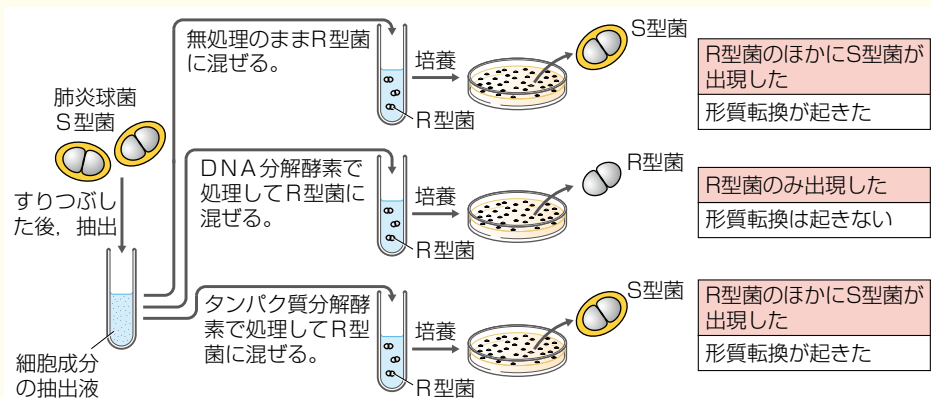


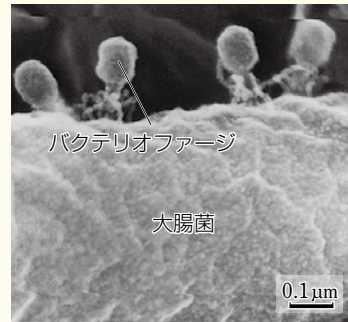
図 b エイブリーらの実験

● ハーシーとチェイスの実験 ●

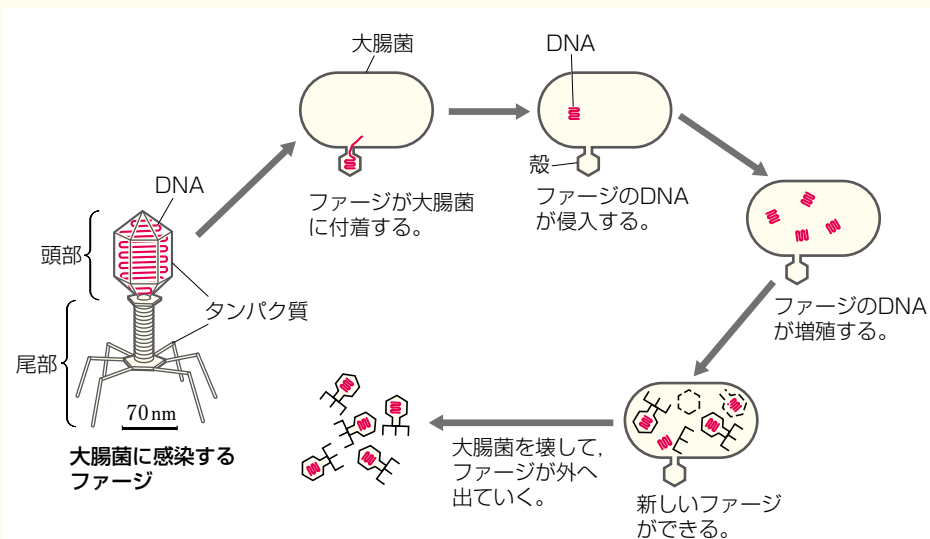
エイブリーらの研究が発表された当時、遺伝子に関する研究の中心はタンパク質であり、まだ DNA への関心は低かった。そのため、エイブリーらの研究は重視されなかった。

DNA が遺伝子の本体であると広く認められたのは、アメリカのハーシーとチェイスが行ったバクテリオファージの研究が発表されてからである。

彼らは、大腸菌に感染してふえるバクテリオファージ(図c)に着目した。バクテリオファージは頭部に DNA があり、頭部の殻と尾部はタンパク質からできている。彼らは、バクテリオファージの DNA とタンパク質に別々の目印をつけ、どちらがバクテリオファージの増殖に関係しているのかを調べた。その結果、バクテリオファージが大腸菌に付着すると、タンパク質の殻と尾部は大腸菌の細胞壁の外に残り、頭部の DNA だけが大腸菌内に入ることがわかった。これは、大腸菌の中に入った DNA が、数百個の新しいバクテリオファージをつくったことを示している(1952年、図d)。このことから、遺伝子の本体は DNA であることが認められるようになった。



図c 大腸菌に付着したバクテリオファージ 走査型電子顕微鏡写真



図d バクテリオファージの増殖

A DNAの構成単位

● 核 酸 ●

^{かくさん}**核酸**は、細胞の核に多く含まれる酸性の物質である。核酸は、**ヌクレオチド**が多数連結した分子であり、ヌクレオチドは、糖にリン酸と塩基が結合した化合物である。^①核酸には、DNAとRNA(リボ核酸、→ p.83)があり、ヌクレオチドをつくる糖の種類と一部の塩基に違いがある。

DNAを構成するヌクレオチドの糖は、**デオキシリボース**である。また、塩基には**アデニン**(A)、**チミン**(T)、**グアニン**(G)、**シトシン**(C)の4種類がある(図2)。

● DNAの塩基の数 ●

シャルガフはさまざまな生物の組織からDNAを取り出し、4種類の塩基の数の割合を比較した(表1)。その結果、どの生物のDNAも、AとTの数の割合は等しく、GとCの数の割合も等しいことがわかった(1950年)。このように、DNAのAはTと、GはCと同量存在することをシャルガフの法則という。

表1 DNA中の塩基の数の割合(%)

表中の数値は実験値である。

	アデニン A	チミン T	グアニン G	シトシン C
酵母菌	31.3	32.9	18.7	17.1
ニワトリの赤血球	28.8	29.2	20.5	21.5
ウシの精子	28.6	27.2	22.2	22.0
ヒトの肝臓	30.3	30.3	19.5	19.9

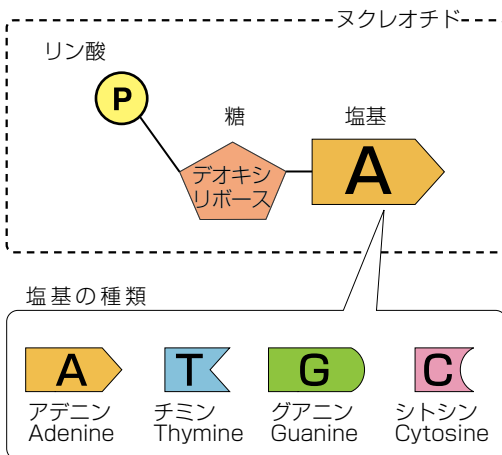


図2 DNAの構成単位

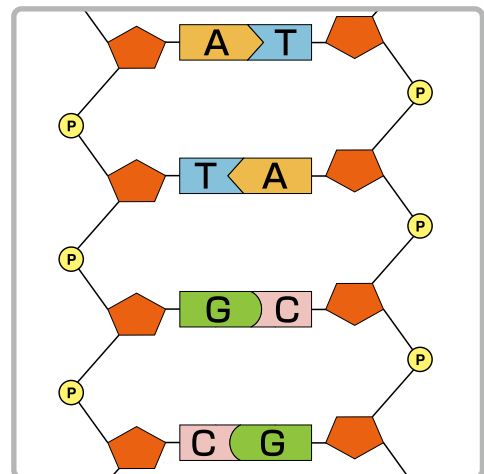


図3 DNAの構造

① ATP(→ p.41)もヌクレオチドのひとつである。

B DNAの二重らせん構造

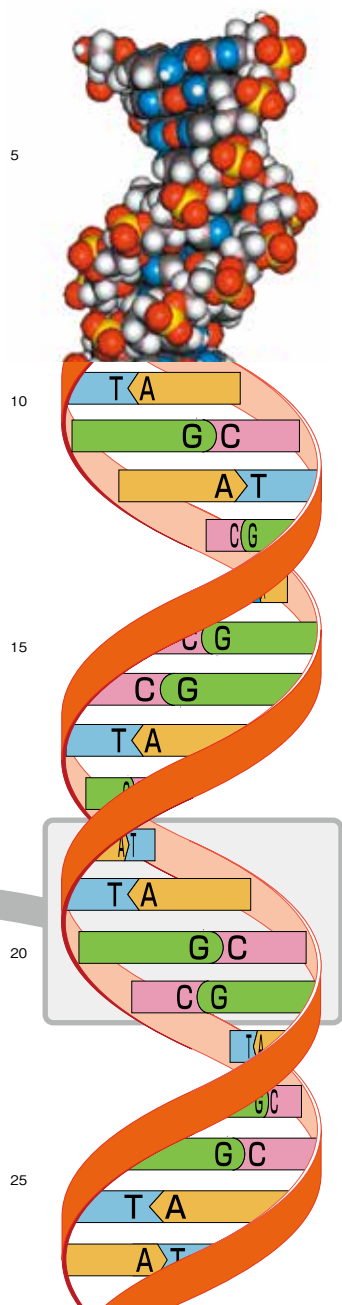


図4 DNAの二重らせん構造モデル 上は分子模型で下は模式図。

1952年、ウィルキンスとフランクリンは、DNAがらせん構造をとることを明らかにし、1953年にワトソンとクリックが、DNAの二重らせん構造のモデルを提案した(→ p. 69, 参考)。このモデルはシャルガフが発見した「AとT, GとCの数がそれぞれ等しい」ことをみごとに説明するモデルだった。

らせんの外側は、ヌクレオチドの糖とリン酸が交互に結合して長い鎖状になっている。一方、らせんの内側は、ヌクレオチドの塩基部分が、向き合う鎖にあるヌクレオチドの塩基と塩基対をつくっている。向き合った塩基は、必ずAとT, GとCが対になる。このような性質を相補性という。

DNAの二重らせん構造のモデルは、2本のヌクレオチド鎖が平行に並び、互いに結合できる塩基が対をつくるように並んでいる。このため、2本の鎖がぴったりと結合してはしごのようになっており、これがねじれてらせん階段状になっている。

実験2-1で、DNAを抽出して、観察しよう。

発展 塩基どうしの結合

DNAは2本のヌクレオチド鎖で構成されている。2本のヌクレオチド鎖は、DNAの塩基どうしの水素を介した弱い結合(水素結合)で結ばれている。塩基のAとTの間には2つの水素結合、GとCの間には3つの水素結合を形成して塩基対をつくっている。この相補性のため、DNAの一方の鎖の塩基配列が決まれば、他方も自動的に決まる。



図a 塩基の水素結合



実験 2-1 ヒトの DNA の抽出

目的 遺伝子の本体である DNA を自分の口腔上皮細胞から抽出する。

準備 ① 0.1%[質量%]プロテイナーゼ K (マイクロチューブに入れて直前まで氷冷)、細胞溶解液、0.6%[質量%]塩化ナトリウム水溶液、95%[体積%]エタノール(直前まで冷凍庫に保存)、1 mL 駒込ピペット、試験管、1.5 mL マイクロチューブ、ミネラルウォーター(小さい紙コップに 3 mL 入れておく)、恒温水槽(50℃に設定)、温度計

【細胞溶解液の調製】

- ① 緩衝液原液の pH の調整：トリスヒドロキシメチルアミノメタン(Tris)12.11 g を 80 mL の蒸留水に溶かし、塩酸を加えて pH8 に調整。放冷後、全体の体積を 100 mL にする。
- ② 10%ドデシル硫酸ナトリウム(SDS)原液の調製：SDS 5.0 g を蒸留水に溶かし、全体の体積を 50 mL にする。
- ③ ①を 5 mL と②を 10 mL 取り、全体の体積が 100 mL になるよう蒸留水で希釈する。

- 方法**
- ① 口を閉じ、ほおの内側を上下の歯で軽くはさんでこすり、口腔上皮細胞をはがす。
 - ② ミネラルウォーターを口に含んで口の中をゆすぎ、その水をいったん紙コップに移した後に、試験管にすべて入れる。
 - ③ ②に細胞溶解液を 2 mL 入れ、試験管をゆっくり振って混ぜ合わせる。
 - ④ ③にプロテイナーゼ K を 0.2 mL 入れ、試験管をゆっくり振って混ぜ合わせる。
 - ⑤ ④の試験管をプロテイナーゼ K が最もよくはたらく 50℃の恒温水槽に 10 分間入れ、プロテイナーゼ K によるタンパク質の分解反応を進める。
 - ⑥ ⑤の試験管に塩化ナトリウム水溶液を 0.1 mL 入れ、試験管をゆっくり振って混ぜ合わせる。
 - ⑦ ⑥の試験管を斜めに傾けて持ち、駒込ピペットを用いてよく冷やしたエタノール約 5 mL を試験管の内壁を伝うようにゆっくり加える。
 - ⑧ 試験管を傾ける角度をゆっくりと変化させ、試料とエタノールの境界面を少し波立たせる。また、試験管を少し回転させ、試料がエタノールと接触するようにする。

結果 方法⑧の試験管で、上層のエタノールと下層の試料との境界面に右の写真のような白い繊維状の DNA の沈殿が生じる。

考察 抽出された白い繊維状の物質が DNA であることを、染色液を用いて確かめる場合、どのような染色液を用いればよいか。また、この実験から、繊維状の物質がタンパク質ではないことがどうしてわかるか。



図 a 抽出した DNA
上部のエタノール層と下部の試料層の間に白い繊維状の DNA が見える。

- ① プロテイナーゼ K …タンパク質を分解する酵素で、細胞質や核のタンパク質を分解する。
- ② 細胞溶解液 …細胞膜や核膜を溶かし、DNA 分子を安定に保つ。
- ③ 緩衝液 …pH を一定に保つ作用がある。DNA は pH8 の溶液中で安定に保たれる。

DNAの立体構造の解明には多くの研究者がかかわっている。このとき、DNA分子の構造を明らかにするために利用された研究法のひとつが、エレクトレンカイゼツ X線回折法である。

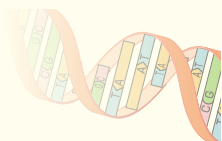
X線を結晶に照射すると、X線は結晶内部の原子配列の規則性に依拠して散乱しながら結晶を透過する。そのため、結晶特有のパターン像、すなわちX線回折像が得られる。このパターンを数学的に処理することによって、結晶内部の原子の配列を推定することができる。

不明瞭なX線回折像しか得られていなかったころ、1916~2004 ウィルキンスが得た純度の高いDNA結晶をもとに、彼の同僚の1920~1958 フランクリンはみごとなX線回折像を撮影した。その画像を見たワトソンは、「胸が高鳴るの

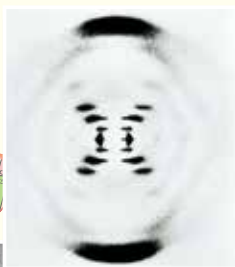
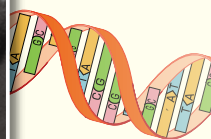
を覚えた。写真の中で一番印象的な黒いクロスの像はらせん構造からしか生じえないものだった」と回想している。このとき、ワトソンが見たX線回折像は、画像をとった^{1928~}フランクリンに無断で見せられたものだった。

ワトソンはクリックとともに二重らせん1916~2004構造が合理的であると考察して論文をかいいた(1953年)。その後、ウィルキンスらによる詳細なDNA構造の発表があり、二重らせん構造が実証され、ワトソンとクリックとウィルキンスはノーベル生理学・医学賞を受賞した(1962年)。

フランクリンは37歳という若さで亡くなり、ノーベル賞の栄誉にあずかることはできなかった。



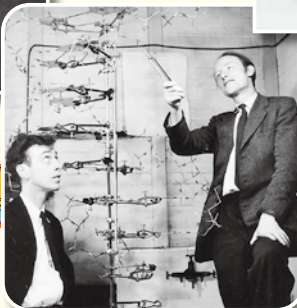
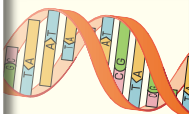
フランクリン



X線回折像



ウィルキンス



ワトソン(左)とクリック(右)

A DNAと染色体

真核生物ではDNAは主に核内に存在し、染色体を構成している。染色体には非常に長いDNA分子が含まれている。染色体は、細胞分裂の際には折りたたまれて、より太く短い棒状の構造となり、これは色素で染色すると、光学顕微鏡で観察できる。染色体の本数は生物種ごとに一定である(表2)。

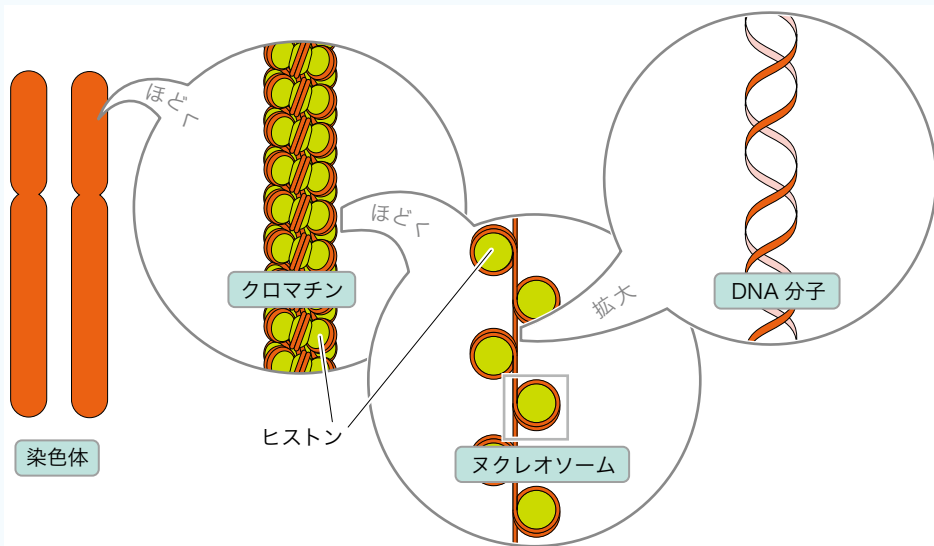
表2 体細胞の染色体数

生物名	染色体数
キイロショウジョウバエ	8
ヒト	46
タラバガニ	208
イネ	24
スギナ	216

発展 染色体の構造

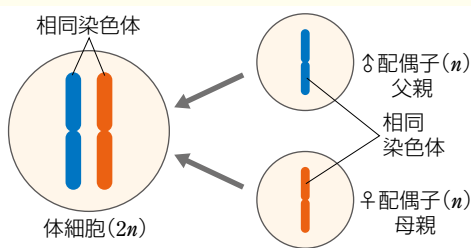
真核生物の染色体は、DNA分子とタンパク質で構成されている。DNA分子はヒストンというタンパク質に巻きついてヌクレオソームを形成し、それらが規則的に折りたたまれて繊維状のクロマチンという構造をとっている。細胞分裂の際には、クロマチンがさらに折りたたまれて太く短い棒状の構造となる。

原核生物では、ヒストンに巻きついた染色体は見られず、DNA分子は環状で細胞質基質の中にそのまま存在している。

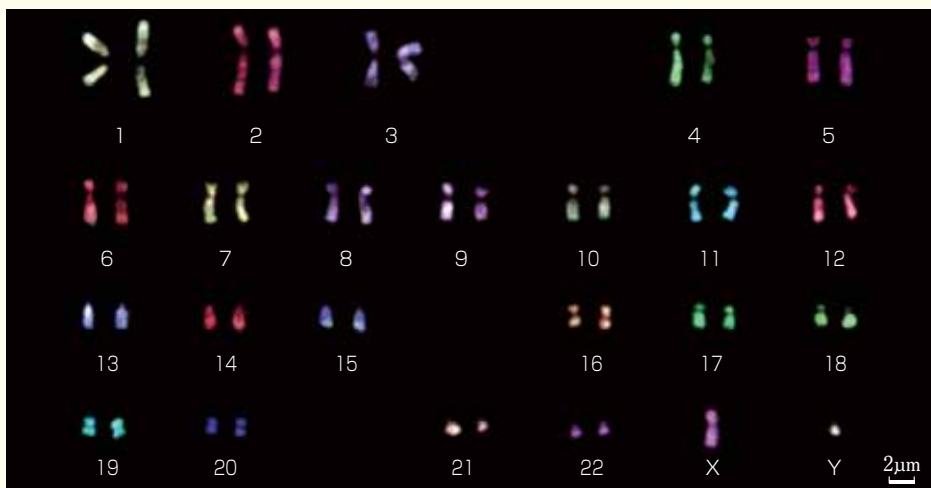


図a DNA分子と染色体

1つの体細胞には、形や大きさが同じ染色体が2本ずつある。この1対の染色体を相同染色体という(図a)。相同染色体の片方は父親、もう一方は母親に由来したものである。相同染色体の対の数を n で表すと、体細胞の染色体数は $2n$ となる。ヒトは $2n=46$ である。

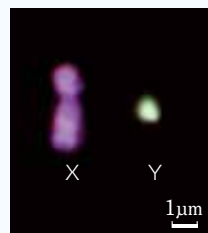


図a 相同染色体



図b ヒト(男性)の体細胞分裂中期(→ p.77)の染色体のようす 特殊な染色をすることで染色体を染め分けている。各相同染色体を対にして並べてある。

ヒトの体細胞の染色体は46本ある。44本は常染色体といい、男女共通であるが、残り2本は性染色体といい、男性ではXとYであり、女性では2本ともXとなっている。ヒトではY染色体上に男性決定遺伝子があり、XY型という。性決定のしくみは生物によって異なる。バタヤトンボでは、雄がXしかもたず、^{オオノコ}XO型といわれる。一方、鳥類のように、雄では2本とも同じ性染色体(ZZ)であり、雌では異なる性染色体(ZW)となる生物も知られている。



図a ヒト(男性)の性染色体

B DNAの遺伝情報

● ゲノム ●

ある生物の生殖細胞がもつ染色体にある全遺伝情報を**ゲノム**という。1つの細胞には完全なゲノムが含まれており、ゲノムの本体はDNAである。体細胞のもつ染色体には、母親由来のものと父親由来のものの2セットがあり、1セットの染色体のもつ遺伝情報がゲノムに相当する。遺伝情報はDNAの4つの塩基であるA、T、G、Cの配列からなる。近年、多くの生物のゲノムの塩基配列が解読され、遺伝情報と生物の形質との関係が明らかになりつつある。

● DNAと遺伝子 ●

ヒトには約22,000個の遺伝子があり、遺伝子の占める部分は全DNAの約2%の領域といわれている。染色体を構成するDNAのすべてが遺伝子なのではなく、遺伝子はDNA上に点在している(図5)。DNAの大部分は、遺伝子以外の領域で占められている。

● ゲノムプロジェクト ●

ある生物がもつゲノムを解読して、全遺伝情報を明らかにしようとするのがゲノムプロジェクトである。

ヒトでは、核の染色体を構成する約30億対の塩基とミトコンドリアにある約1万7千対の塩基の配列すべてが明らかにされ、ヒトゲノムプロジェクトは、2003年に解読完了が宣言された。

表3 いろいろな生物の遺伝子の数

生物名	塩基対の数	遺伝子の数
大腸菌	約460万	約4,300
酵母菌	約1200万	約6,300
シロイヌナズナ	約1億2000万	約25,000
線虫	約9700万	約19,000
キイロショウジョウバエ	約1億8000万	約13,600
アメリカムラサキウニ	約8億1000万	約23,000
ヒト	約30億	約22,000

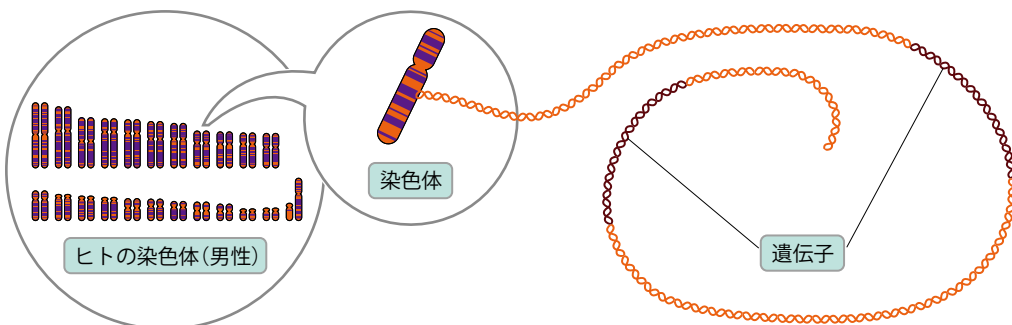


図5 染色体と遺伝子の関係

① ミトコンドリアは独自にDNAをもち、その遺伝情報をミトコンドリアゲノムという。

ゲノムの解読と遺伝子の研究によって、私たちは遺伝情報を人為的に改変して有用な物質をつくり出したり、遺伝情報を医療に役立てたりすることができるようになった。ここでは、ゲノムと遺伝子に関するいくつかの話題をみていこう。

● 遺伝子診断 ●

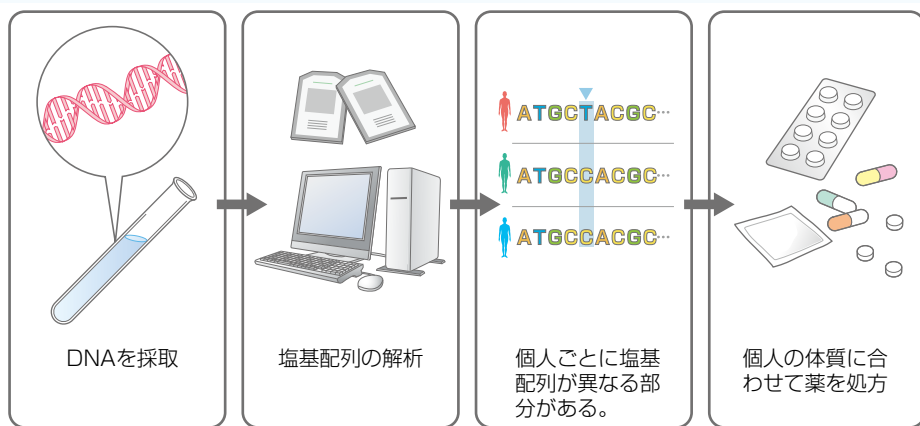
遺伝子を診断することにより、病気と関連のある遺伝子をもっていることがわかれば、病気の予知がある程度可能になり、発病する前に生活習慣の改善など対策をとることができる。一方、治療法がない病気の場合は、治療が難しい病になる可能性が高いことをあらかじめ知ることになる。知らないでいる権利をどのように守るかが重要な問題となる。

● 遺伝情報の管理 ●

例えば、ヒトのアポリポタンパク質E (アポE) 遺伝子は3タイプあり、そのどれをもっているかによって認知症のリスクが異なる。この情報は、保険会社や雇用時に悪用されかねない。そのため、個人の遺伝情報の利用・管理にあたっては、プライバシーを保護するためにそれらを慎重に運用しなければならないことが法律で定められている。

● オーダーメイド医療 ●

ヒトゲノムの解読の結果、ゲノムの中には個人ごとに塩基配列の異なる部分が多くあることがわかった。例えば、薬を代謝することに関与する遺伝子がいくつか知られているが、人によってそれらの遺伝子が直列に2つ以上並び重複を起こしたり、遺伝子の一部が失われる欠失が見られたり、特定の塩基配列中の一塩基が異なったりすることによって、薬の代謝能力が個人ごとに異なることがわかってきた。薬の種類や投薬量を個人ごとに最適化するというオーダーメイド医療が始められている。



図a オーダーメイド医療の未来像

遺伝情報はどのようにして正確に伝えられるのだろうか。遺伝物質であるDNAはどのように複製されるのだろうか。

10μm

▲体細胞分裂のようす(タマネギ根端細胞) 色素で染色している。

第1節

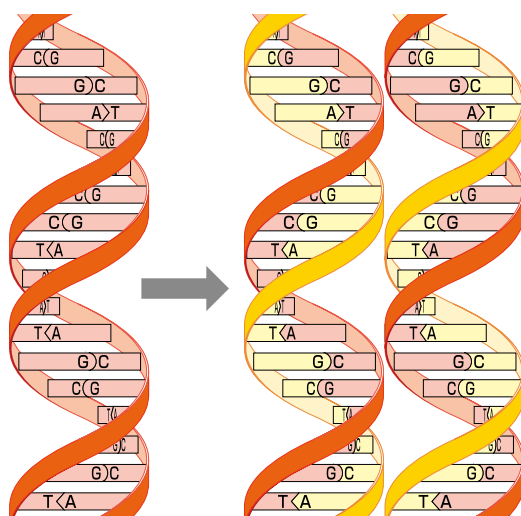
遺伝情報の複製

細胞は多くの場合、2つに分かれることによってふえる。細胞分裂には、体をつくる細胞がふえるときに行われる^{たいさいぼうぶんれつ}体細胞分裂と、生殖細胞をつくるときに行われる^{げんそう}減数分裂がある。分裂前の細胞を^は母細胞、分裂によってできた細胞を^{むすめさいぼう}娘細胞という。

A DNAの複製

体細胞分裂の場合、娘細胞がもつDNAの塩基配列は母細胞がもつDNAと同じである。これは、分裂に先立って、母細胞に含まれるDNAとまったく同じ塩基配列をもつDNAが合成されているからである。このようなDNA合成をDNAの^{ふくせい}複製という。

複製されたDNAは、分裂によって2つの娘細胞に分配される。このようにして、細胞が分裂するとき、DNAの遺伝情報は、母細胞から娘細胞に正確に伝えられている(図6)。



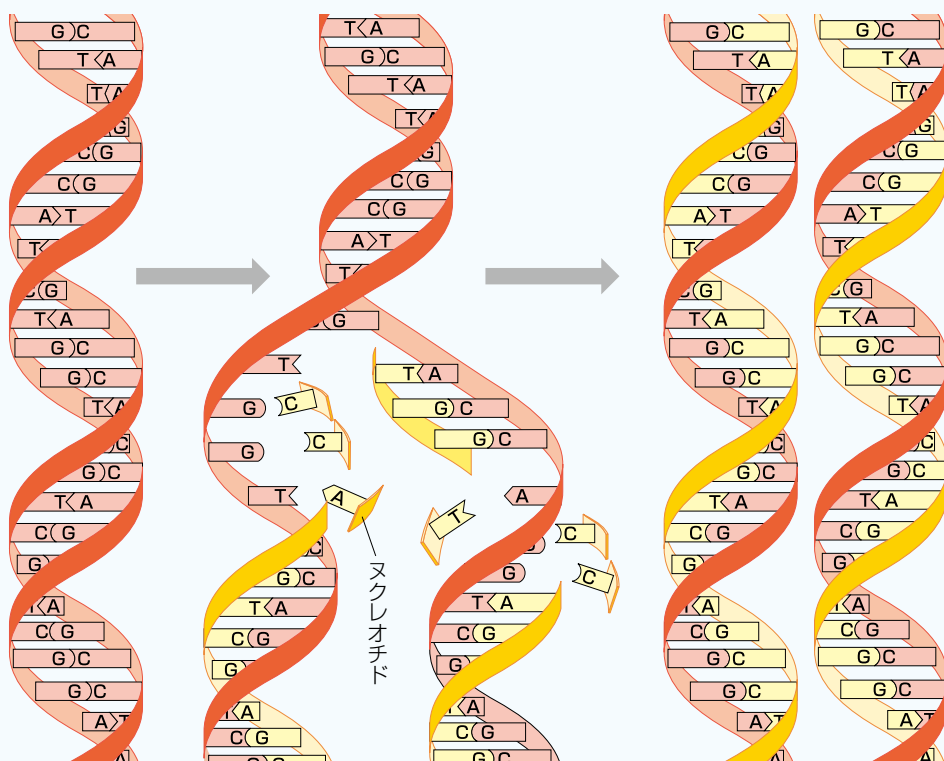
【図6】 DNAの複製のようす 左がもとのDNA、右が複製によって2組になったDNAである。塩基配列は、もとのDNAも、複製されたDNAも同じである。

●半保存的複製●

DNAが複製される時、まず、2本鎖DNAの塩基どうしの結合が切れて1本鎖にほどこける。ほどこけた2組の1本鎖のそれぞれを鋳型として、ヌクレオチドが結合して新しい鎖がつくられ2組の2本鎖になる。このように、片方はもとの鎖のまま、もう一方は新しく合成されるような複製のしかたを半保存的複製という。

半保存的複製では、鋳型となる1本鎖の塩基がAならば新しい鎖の塩基はT、GならばCというように、それぞれ相補的な塩基対が形成される。その結果、新しくできた2組のDNAの塩基配列は、もとのDNAの塩基配列と全く同じになる。DNAの複製には、DNAポリメラーゼ(DNA合成酵素)などの多くの酵素がはたらいている。

DNAの複製が半保存的であることは、メセルソンとスタールの実験によって証明された(1958年)。



図a 半保存的複製のようす

● 細胞周期 ●

細胞分裂によってできたばかりの娘細胞が、再び2つの細胞に分裂するまでの周期的な過程を細胞周期さいぼうしゅうきという。細胞周期は、分裂期と間期に分けることができる(図7)。

● 分裂期 ●

分裂が行われている時期を分裂期ぶんれつ き(M期)といい、M期は前期・中期・後期・終期に分けることができる。

● 間期 ●

分裂が終了してから、次の分裂が始まるまでを間期かん きという。間期は、DNAを複製するDNA合成期ごうせい き(S期)・M期が終わってからS期が始まるまでのDNA合成準備期ごうせいじゅんび き(G₁期)・S期が終わってからM期が始まるまでの分裂準備期ぶんれつじゅんび き(G₂期)に分けることができる。G₁期に通常の細胞周期から外れ、分裂をやめる細胞もある。この時期をG₀期という。このような細胞は、特定の形やはたらきをもった細胞になる。

● 細胞周期とDNA量の変化 ●

体細胞分裂では細胞が分裂する前のG₁期の母細胞と、分裂後の娘細胞のG₁期における細胞あたりのDNA量は等しい。これは、間期でDNAが複製され、もとの量の2倍になって、M期で2つの細胞に均等に分配されるためである(図8)。

一方、減数分裂では、母細胞のDNA量が半減するようにDNAが分配されて、卵や精子などの生殖細胞ができる。また卵と精子の受精によって、受精卵の核内のDNA量は体細胞と同じ量になる。

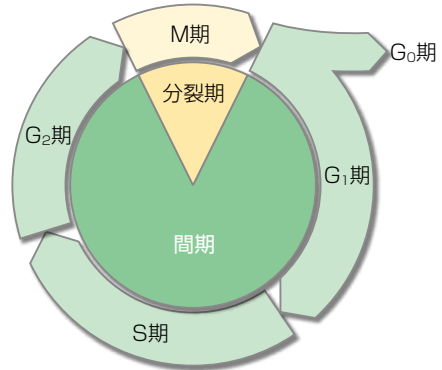


図7 細胞周期

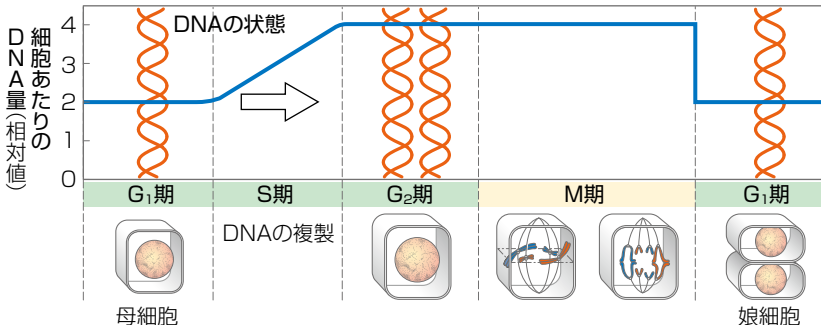


図8 体細胞分裂における細胞あたりのDNA量の変化 S期にDNAが複製される。G₂期のDNA量はG₁期の2倍になる。

● 細胞周期と遺伝情報の分配 ●

体細胞分裂において、M期の前期では、染色体は太く短い棒状になり、核膜は見えなくなる。中期では、染色体が細胞の中央に集まる。後期では、染色体が分かれ、細胞の両端に移動する。終期では、細胞質が2つに分かれ始める(図9)。

- 5 分裂期を終えたばかりの娘細胞は母細胞に比べて小さいが、栄養分の吸収や物質の合成などを盛んに行い成長する。じゅうぶんに成長した後、DNAの複製が始まり、全く同じ遺伝情報をもったDNAがもう1組できる。このようにDNAの遺伝情報は次の世代に正確に伝えられる。

実験2-2で、体細胞分裂のようすを観察しよう。

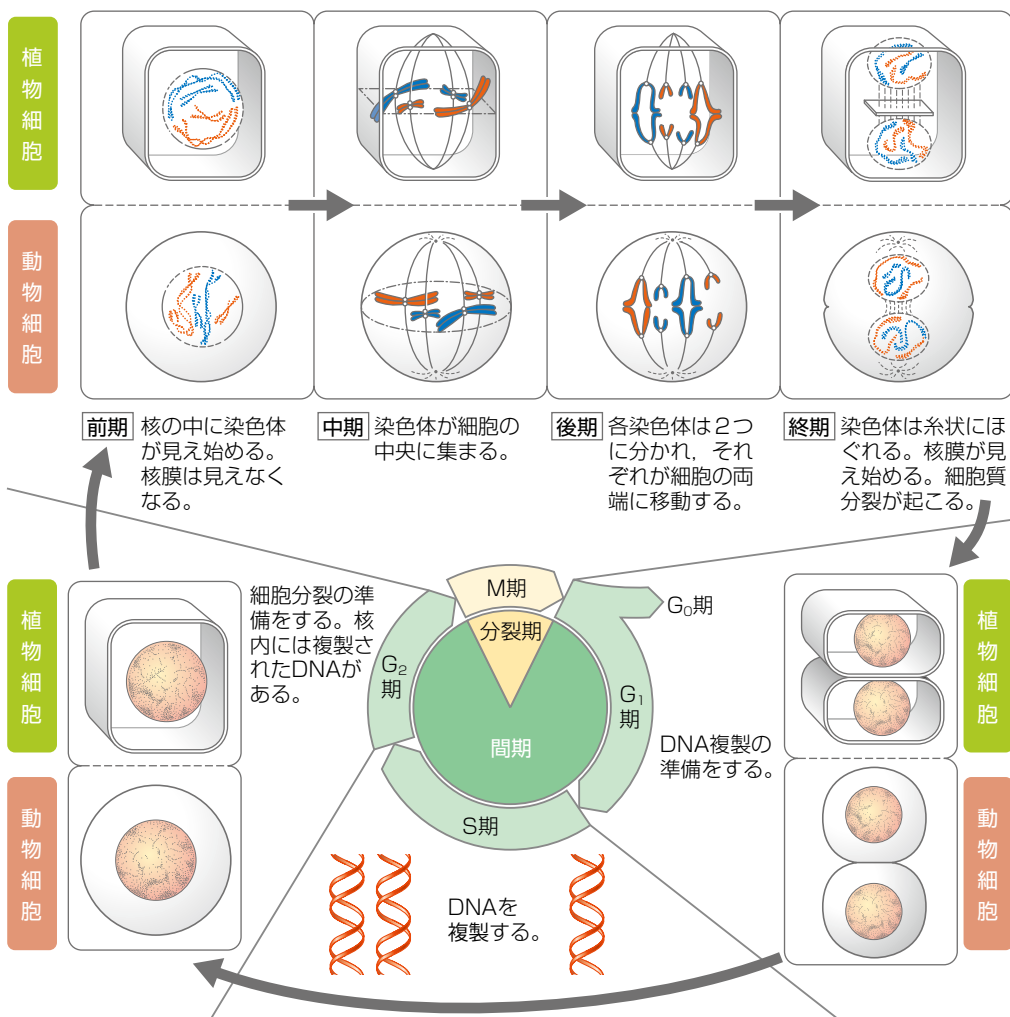


図9 細胞周期と遺伝情報の分配 模式図の細胞は染色体の数を4本として示している。



実験 2-2 間期と分裂期の細胞の観察

顕微鏡の使い方 p.12~13
試料の調整 p.14

目的 植物の根の先端部分(根端)には、盛んに体細胞分裂をしている細胞の集まり(分裂組織)がある。根端分裂組織のプレパレートを作成して、細胞周期のさまざまな時期の細胞や染色体の形態変化を観察する。



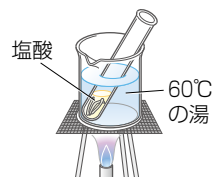
準備 発根したネギ(図 a), 95%[体積%]エタノール, 酢酸, 4%[質量%]塩酸, 1%酢酸オルセイン溶液, ビーカー, 温度計, ガスバーナー, ペトリ皿, ろ紙, メス, 検鏡用具

図 a 発根したネギ

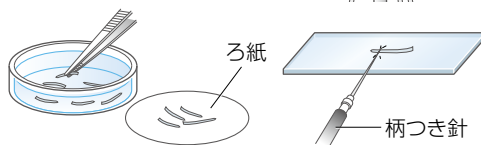
固定液の調製: 95%エタノールと酢酸を 3:1 の体積比で混合

方法 ① 発根したネギをそのまま固定液に 5 分間浸す。

② 固定された根端を 60℃ の 4% 塩酸に 10 秒間浸す。

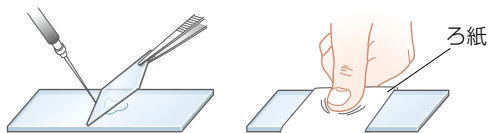


③ 取り出した根端を水洗いした後、ろ紙で水を吸い取り、スライドガラスの上のせ、根端から 2~3 mm の部分を残し、ほかは捨てる。



④ 酢酸オルセイン溶液を滴下し、約 5 分間染色する。

⑤ カバーガラスをかけ、ろ紙ではさんで親指で強く押しつぶす。



⑥ 顕微鏡で細胞を観察する。まず、低倍率で分裂期の細胞を探し、染色体がよく見える細胞を見つけ、拡大して観察し、スケッチする。

結果 間期の細胞が多かったが、分裂期(前期, 中期, 後期, 終期)の細胞も観察できた(図 b)。

分裂組織の全細胞数に対する分裂期の細胞数の割合はおおよそ 5~20% 程度であった。

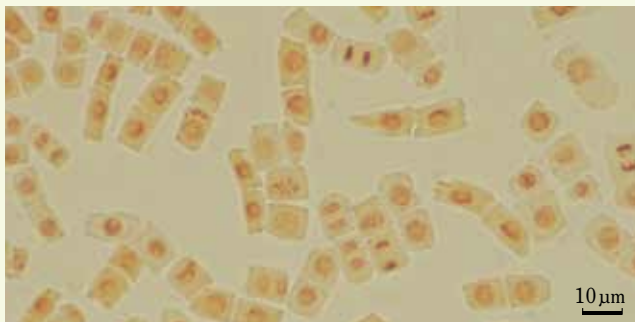
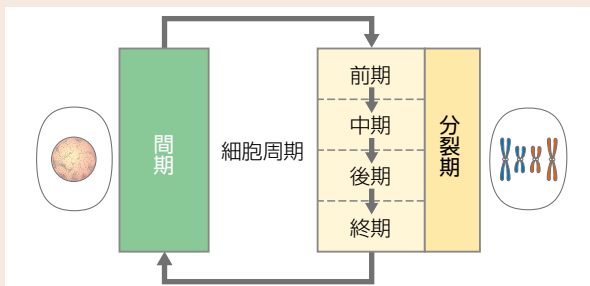


図 b ネギの体細胞分裂(根端分裂組織)



体細胞分裂の盛んな組織のプレパラートをつくり、細胞周期のそれぞれの時期の細胞数を数えたところ、下の表のようになった。なお、それぞれの時期の細胞数は、その時期にかかる時間の長さ に 比例 するとし、細胞周期に要する時間は 20 時間とする。

観察したすべての細胞	300 個
間 期	240 個
前 期	30 個
中 期	15 個
後 期	6 個
終 期	9 個



- (1) 前期に要する時間の長さを求めよ。
- (2) 細胞周期のうち分裂期に要する時間の長さの割合(%)を求めよ。
- (3) 分裂期に要する時間の長さを求めよ。

参考 話題

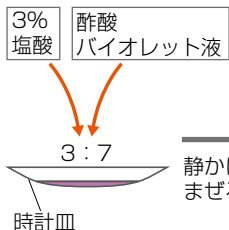
細胞の固定・解離・染色の簡便法

一般には、採取した根端は、固定・解離・染色の処理をしてプレパラートを作成する(→ p. 78)。しかし、それらを一度にまとめて行う簡便法でプレパラートを作成することもできる。

準備 3%[質量%]塩酸、酢酸バイオレット液(メチルバイオレット 0.5g を 30%酢酸 100 mL に溶かす)、50%グリセリン液(グリセリンを水で 2 倍に希釈)。グリセリン液は水で代用してもよい。

方法 塩酸と酢酸バイオレット液を 3 : 7 の体積比で混合した固定・解離・染色液を使用直前につくり、時計皿に入れる。この液に発根させたネギの根端を約 5 ~ 10 分程度浸し、固定、解離、染色を一度に行う。水を入れたペトリ皿で根端を水洗する。以後の手順は p.78 の方法と同様にする。

試薬の作成



固定・解離・染色

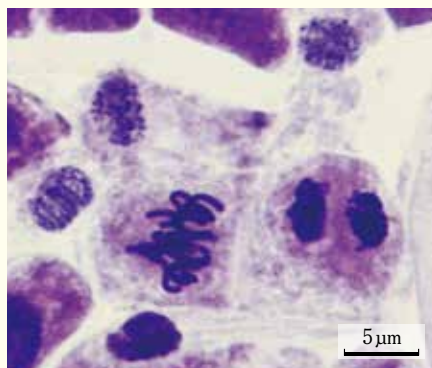


図 a 簡便法による観察例
(発根したネギの根端)

遺伝情報をもとに合成されるさまざまな種類のタンパク質は、さまざまな生命活動で特定の役割を担っている。タンパク質はどのようなしくみで合成されるのだろうか。



タンパク質を多く含む食品▶

第 1 節

遺伝子の発現とタンパク質

A セントラルドグマ

生命活動に必須の情報は DNA に含まれ、その情報をもとに、タンパク質がつくられる。DNA の情報をもとにしてタンパク質が合成されることを、遺伝子の^{はつげん}発現という。

遺伝子の発現では、まず、DNA の塩基配列を写し取った RNA という分子がつくられ、その RNA をもとにタンパク質が合成される (図 10)。このように、遺伝情報は DNA から RNA を経てタンパク質へ、一方向に流れるという考え方があり、これをセントラルドグマという。セントラルドグマは遺伝子の発現の大原則と考えられている。

DNA の塩基配列を写し取りながら RNA がつくられる過程を^{でんしゃ}転写、RNA の塩基配列が^{ほんやく}アミノ酸配列に読みかえられ、タンパク質が合成される過程を翻訳という。

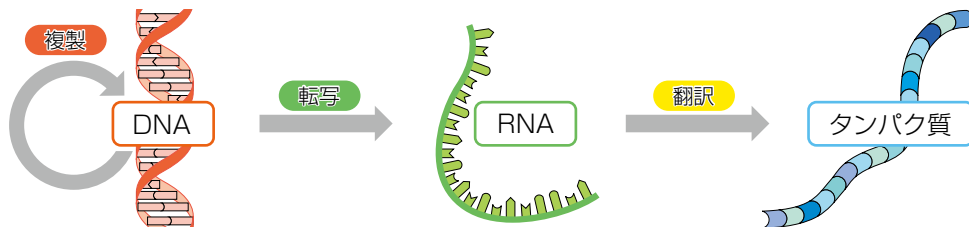
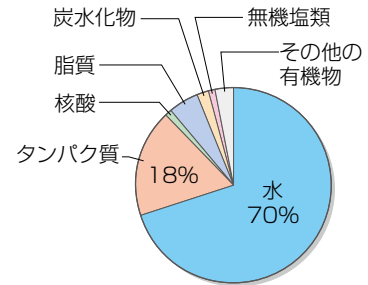


図10 遺伝情報の流れ

B タンパク質

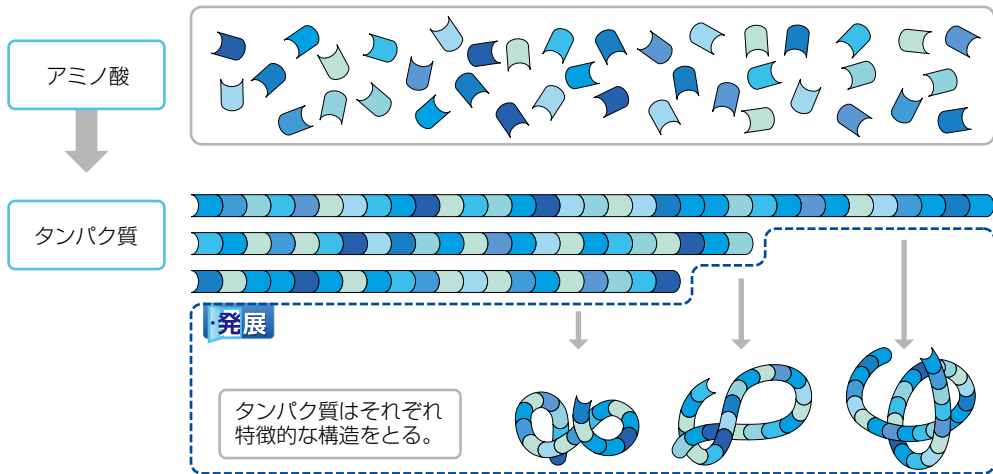
タンパク質^{しつ}は生体内のさまざまな場面ではたらくており、生物の形質はタンパク質のはたらきがもとになっているといえる(図11)。

タンパク質の種類は多く、動物の結合組織などの構造を保つコラーゲン、筋肉の構成成分のアクチンやミオシン、血糖濃度を調節するホルモン(→ p.134)のインスリンなど、どれもタンパク質である。また、呼吸や光合成をはじめとする代謝にかかわる酵素もタンパク質である。



【図11】 哺乳類の細胞をつくる成分【質量%】 水以外では、タンパク質が主要成分である。

タンパク質は、鎖状につながった多数の**アミノ酸^{さん}**で構成されている。アミノ酸の並び順を**アミノ酸配列^{さんはいれつ}**といい、タンパク質の種類ごとにアミノ酸の数とアミノ酸配列は決まっている。タンパク質の種類によってははたらきが異なるのは、アミノ酸の数とアミノ酸配列が異なるからである(図12)。



【図12】 アミノ酸とタンパク質 アミノ酸が多数結合してタンパク質になる。



ポイント

消化酵素によるタンパク質の分解

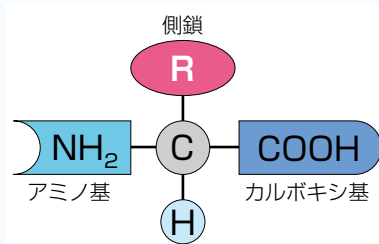
食物に含まれる栄養分は、消化管を通る間に、さまざまな消化酵素によって分解される。食物に含まれるタンパク質は、胃や小腸で分解されてアミノ酸になり、体内に吸収される。アミノ酸は、主に細胞や組織、酵素をつくるのに使われる。

発展

タンパク質の詳しい構造

● アミノ酸 ●

アミノ酸は、炭素原子Cに、**アミノ基**($-\text{NH}_2$)・**カルボキシ基**($-\text{COOH}$)・**水素原子**($-\text{H}$)・**側鎖**($-\text{R}$)が結合してできている(図a)。タンパク質を構成するアミノ酸の側鎖は20種類あり、それによりアミノ酸も20種類に分けられる。



図a アミノ酸の基本構造

このうち、体内で合成できないものや必要量を合成しにくいものを**必須アミノ酸**という(図b)。これらは食物として摂取する必要がある。

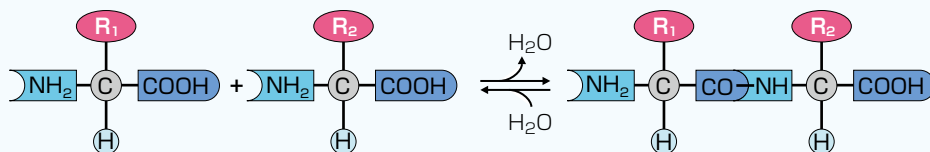
トリプトファン	トレオニン
フェニルアラニン	リシン
メチオニン	ロイシン
バリン	イソロイシン
ヒスチジン	

図b ヒト成人の必須アミノ酸

● ペプチド結合 ●

タンパク質を構成するアミノ酸は、隣り合うアミノ酸どうしが、一方のアミノ酸のカルボキシ基と、もう一方のアミノ酸のアミノ基の部分で結合している。これを**ペプチド結合**といい、1つのペプチド結合が形成される過程で水分子が1つ取れる(図c)。

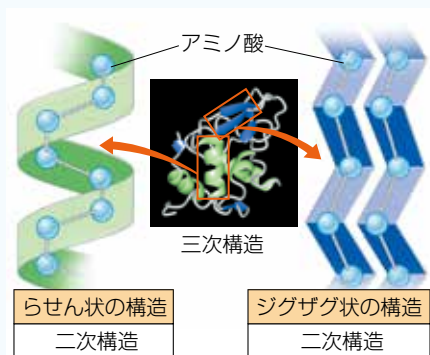
アミノ酸がペプチド結合により多数結合した鎖状のものを**ポリペプチド**という。タンパク質はポリペプチドでできている。



図c ペプチド結合によるアミノ酸の連結

● タンパク質の立体構造 ●

ポリペプチドのアミノ酸配列を**一次構造**という。ポリペプチドは折りたたまれて、らせん状やジグザグ状になったりする。このような部分的な立体構造を**二次構造**という。二次構造が立体的に配置され、**三次構造**といわれる一定の立体構造をとる(図d)。この立体構造がタンパク質の機能と深くかかわっており、タンパク質の種類ごとに立体構造が異なる。



図d タンパク質の立体構造

A RNA

タンパク質のアミノ酸配列は、DNAの塩基配列によって決められている。DNAの塩基配列の情報は、そのままアミノ酸配列を指定するのではなく、最初に**RNA**(**リボ核酸**)に写し取られる。

● RNAの構造 ●

RNAはDNAと同様にヌクレオチドが多数連結した鎖状の分子だが、二重らせん構造ではなく通常は1本鎖として存在する。

RNAのヌクレオチドの糖は**リボース**で、DNAのものとは異なる。また、塩基の種類も1つだけ異なっている。RNAの塩基のうちアデニン(A)、グアニン(G)、シトシン(C)の3種類はDNAと同じであるが、DNAのチミン(T)のかわりにRNAには**ウラシル**(U)が含まれる(図14)。

DNAの塩基配列の情報を写し取ったRNAを**mRNA**(**伝令RNA**)という。

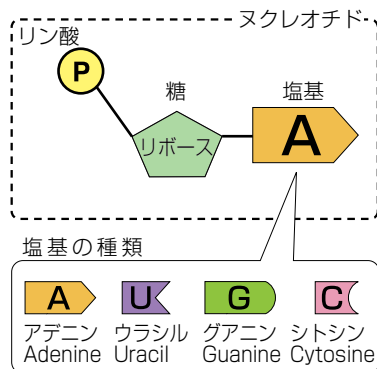


図13 RNAの構成単位

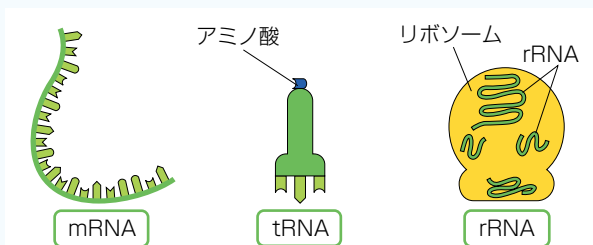
	DNA	RNA
糖	デオキシリボース	リボース
塩基	A T G C	A U G C

図14 DNAとRNAの構成単位の比較
ヌクレオチドを構成する糖と一部の塩基に違いがある。

発展

さまざまなRNA

RNAにはmRNAのほかに、アミノ酸を運搬する**tRNA**(**転移RNA**)や、タンパク質合成の場となるリボソームに含まれる**rRNA**(**リボソームRNA**)があり、タンパク質合成において重要な役割を果たしている。



図a さまざまなRNA

● 転 写 ●

mRNAは、DNAの塩基配列を写し取りながらつくられる。この過程を^{てんしゃ}転写という。

転写は、DNAの一部の塩基対の結合が切れ、2本鎖がほどけることから始まる。次に、ほどけたDNAの片方の鎖の塩基に、RNAのヌクレオチドの塩基が相補的に結合し、隣り合うヌクレオチドが連結され、mRNAが合成される。その結果、DNAの塩基配列を写し取ったmRNAがつくられる。

RNAはDNAの塩基であるチミン(T)のかわりにウラシル(U)をもつ。そのため、DNAのAにはUが相補的に結合し、TにはA、CにはG、GにはCが相補的に結合する(図15)。

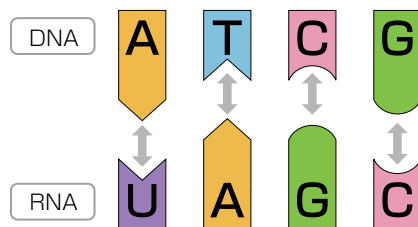


図15 DNAとRNAの塩基相補性

● 翻 訳 ●

mRNAの塩基配列にもとづいてアミノ酸が並び、タンパク質が合成される。この過程を^{ほんやく}翻訳という。

翻訳では、mRNAの3つの塩基が一組となって、特定の1つのアミノ酸を指定している。mRNAの塩基3つの配列に対応してアミノ酸が並び、隣り合うアミノ酸がつながることでDNAの遺伝情報をもとにしたタンパク質が合成される(図16)。

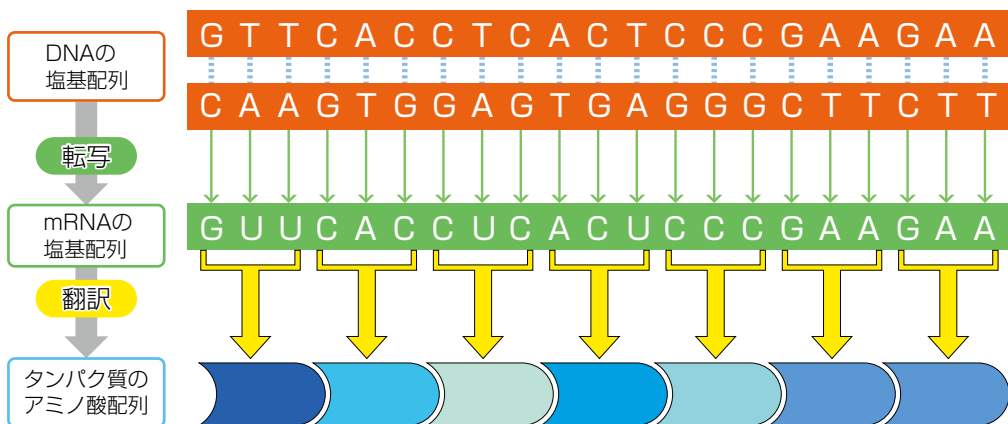
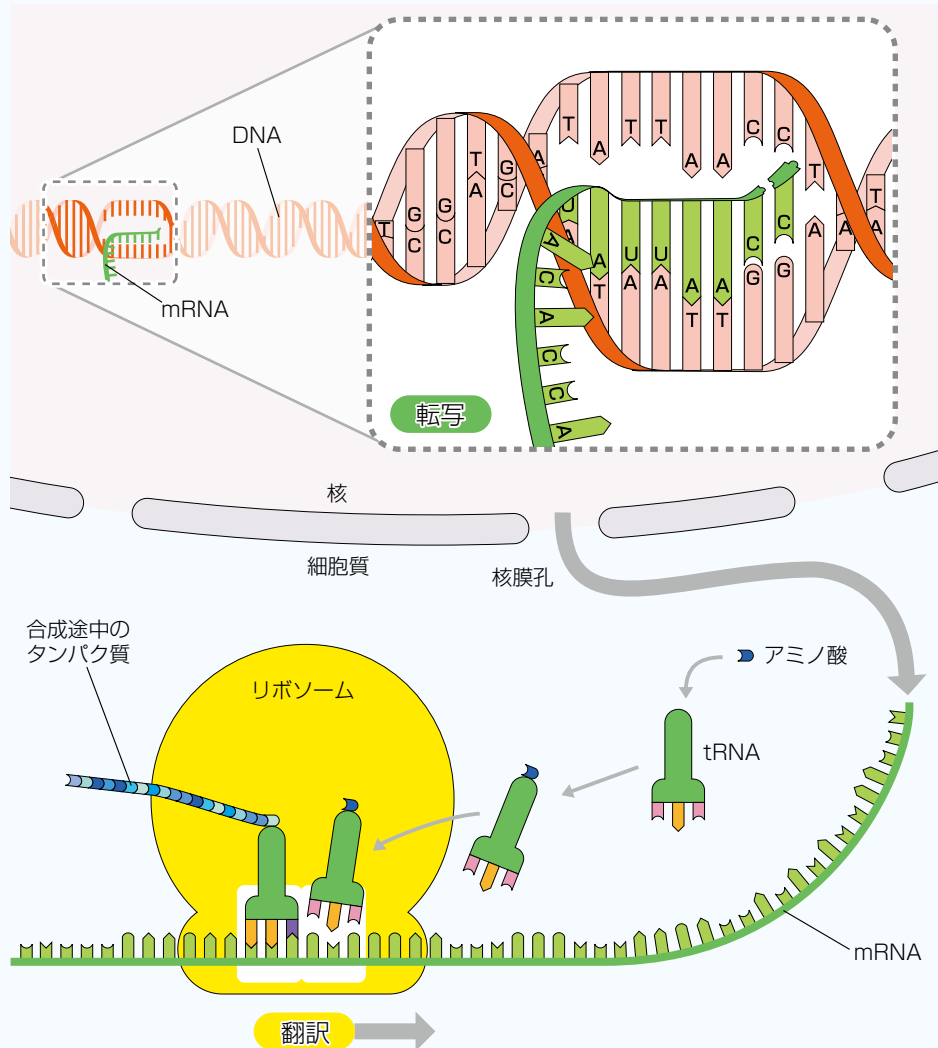


図16 転写と翻訳



図a 転写と翻訳のようす

核内で DNA の二重らせんの一部が塩基の部分で分かれ、片方の鎖の塩基配列が RNA に写し取られる(転写)。DNA の情報を写し取った mRNA は核膜の孔(核膜孔)から出て細胞質に移動する。細胞質に移動した mRNA にはリボソームが結合する。リボソームはタンパク質を合成する場である。細胞質には、tRNA といわれる RNA があり、アミノ酸をリボソームに運ぶはたらきをしている。tRNA によってリボソームに運ばれたアミノ酸は、隣のアミノ酸と結合し、タンパク質が合成されていく(翻訳)。

● スプライシング ●

DNA の 2 本鎖がほどけ、片方の鎖の塩基に相補的なヌクレオチドが連結することにより、DNA の塩基配列が RNA に転写される。RNA の合成は **RNA ポリメラーゼ**(RNA 合成酵素)という酵素によって行われる。

真核生物では、RNA ポリメラーゼにより転写された RNA には、mRNA になる部分と、取り除かれる部分がある。mRNA になる部分を**エキソン**といい、取り除かれる部分を**イントロン**という。イントロンは、**スプライシング**という過程により除かれる。

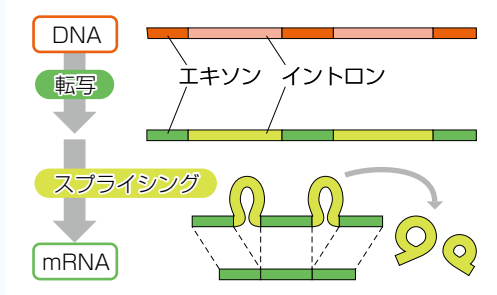


図 a 転写とスプライシング

● 遺伝暗号 ●

翻訳の過程では、mRNA の連続した 3 つの塩基が一組となって 1 つのアミノ酸を指定する。連続した塩基 3 つの一組を**トリプレット**という。mRNA のトリプレットは、塩基配列からアミノ酸を指定する暗号文に見たてられ、**コドン**(^{いでんあんごう}遺伝暗号)といわれる。

タンパク質を構成するアミノ酸は 20 種類あるのに対して、mRNA の塩基は 4 種類である。もし、1 種類の塩基が 1 種類のアミノ酸を指定していると仮定すると、 4^1 で 4 種類のアミノ酸しか指定できない。3 個続きの塩基で 1 種類のアミノ酸を指定すれば 4^3 で 64 通りとなり、20 種類のアミノ酸を指定するのにじゅうぶんとなる。

		第2番目の塩基				
		ウラシル(U)	シトシン(C)	アデニン(A)	グアニン(G)	
第1番目の塩基	U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	U C A G
		UUC	UCC	UAC	UGC	
		UUA	UCA	UAA (終止コドン)	UGA (終止コドン)	
		UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン	
	C	CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U C A G
		CUC	CCC	CAC	CGC	
		CUA	CCA	CAA	CGA	
		CUG	CCG	CAG	CGG	
	A	AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U C A G
		AUC	ACC	AAC	AGC	
		AUA	ACA	AAA	AGA	
		AUG (開始コドン) メチオニン	ACG	AAG	AGG	
	G	GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U C A G
		GUC	GCC	GAC	GGC	
		GUA	GCA	GAA	GGA	
		GUG	GCG	GAG	GGG	

表 a コドン表

実際には 61 種類のコドンが 20 種類のアミノ酸を指定する。複数のコドンが 1 種類のアミノ酸に対応することが多く、例えば、フェニルアラニンを指定しているコドンには UUU と UUC の 2 種類がある。

表 a はコドンに対応するアミノ酸の種類を示している。例えば 1 番目が C で、2 番目が U ならば、3 番目はどの塩基であってもロイシンというアミノ酸に対応することがわかる。この表のうち、AUG を開始コドンといい、メチオニンに対応するが、同時にタンパク質合成の開始の信号となっている。また、UAA、UAG、UGA を終止コドンといい、このトリプレットでタンパク質の合成は停止する。

● 翻 訳 ●

核で転写された mRNA は核膜孔から出て、細胞質に移動し、mRNA にリボソームが結びつく。細胞質には、tRNA(転移 RNA)といわれる RNA があり、これがアミノ酸をリボソームに運ぶ。tRNA はアミノ酸の種類に応じてそれぞれ 1 種類以上あり、コドンに結合するアンチコドンという 3 個一組の塩基配列をもつ。それぞれの種類の tRNA は、それぞれに対応する特定のアミノ酸と結合する。

① アミノ酸と結合した tRNA はリボソーム上に移動して、アンチコドンを介して mRNA のコドンと結びつき、こうしてアミノ酸がリボソームに運ばれる。

② tRNA が運んできたアミノ酸が、合成途中のポリペプチドに、ペプチド結合により結びつく。

③ リボソーム上の mRNA の位置が少しずれ、左側の tRNA がはずれる。

④ ①～③が繰り返されることにより、タンパク質が合成されていく。

このように、mRNA や tRNA が仲立ちとなって、DNA の塩基配列がもつ遺伝情報に対応した特定のアミノ酸配列をもつタンパク質が合成される。

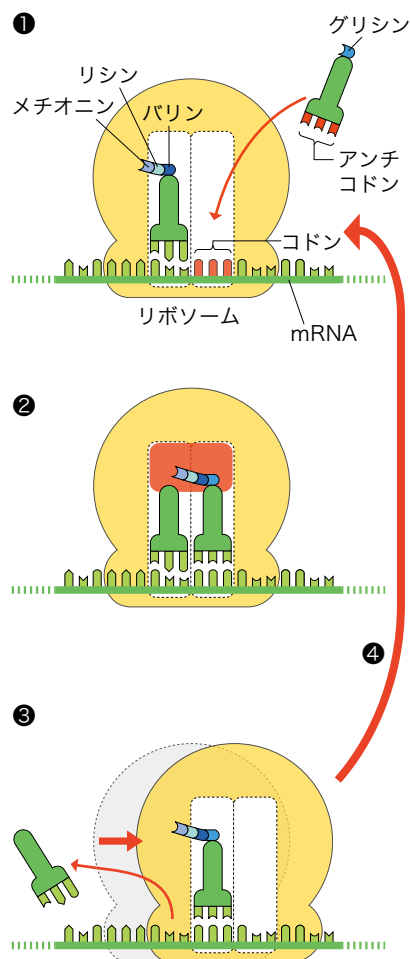


図 b 翻訳のしくみ

A 遺伝子の発現

ユスリカやショウジョウバエなどの幼虫のだ液を分泌する細胞の染色体は、ほかの細胞の分裂中期の染色体の200倍ほどの大きさがある。この染色体をだ腺染色体^{せんせんしよくたい}という(図17)。だ腺染色体は普通の染色体より、はるかに太くて長いため、観察しやすい。だ腺染色体には、膨らんでいる部分があり、これをパフという。パフでは転写が活発に行われており、そこにある遺伝子からRNAが転写されている。

実験2-3で、パフを観察しよう。



図17 アカムシユスリカの幼虫のだ腺染色体

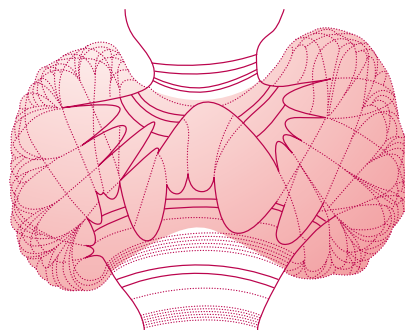
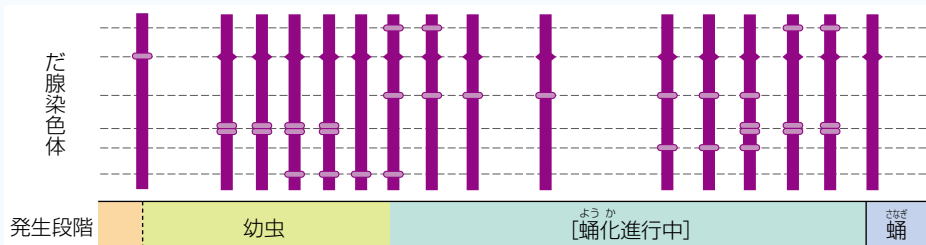


図18 パフの模式図

・発展

パフの位置の変化

パフの生じる場所には、脱皮の前後や幼虫期、蛹になる過程の時期など、発生段階によって違いが見られる。同じ種であれば、同じ発生段階にいる個体すべてに、パフの位置は共通している。このことから、染色体上のすべての遺伝子が常に転写されているわけではなく、その時期に必要な遺伝子だけが転写され、ほかの遺伝子は休止状態にあることがわかる。



図a キイロショウジョウバエの発生段階とパフの位置の変化



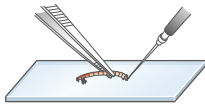
実験 2-3 パフの観察

➡ 顕微鏡の使い方 p.12~13

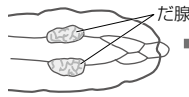
目的 ユスリカの幼虫のだ腺染色体は巨大で観察しやすい。DNAを青緑色に、RNAを桃色に染め分けるメチルグリーン・ピロニン染色法によって、だ腺染色体におけるDNAとRNAを観察する。

準備 ユスリカの幼虫、メチルグリーン・ピロニン染色液、グリセリン、ろ紙、検鏡用具、スポイト

方法 ① ユスリカの幼虫をスライドガラスにのせ、だ腺を取り出す。



胸の中央をピンセットで押さえ、頭部を柄つき針で押さえながら引き抜く。



頭部にくっついて、約1mmの大きさの透明なだ腺が1対出てくる。

だ腺だけを残して、ほかの不透明なものを取り除く。



だ腺

②

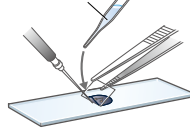
メチルグリーン・ピロニン染色液



メチルグリーン・ピロニン染色液を滴下し、3~10分間染色する。

③

グリセリン



グリセリンを1滴落とし、カバーガラスをかけ、ろ紙をのせて軽く押しつぶした後、顕微鏡で観察する。



アドバイス

だ腺の見分け方

ユスリカの内容物のうち不透明(白)なものが消化管で、だ腺は透明である。スライドガラスを持ち、上から透かして見ると、透明なだ腺は見つけやすい。

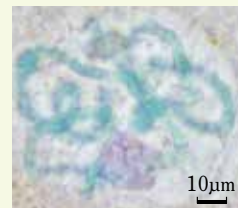


- ④ だ腺染色体の膨らんでいる部分(パフ)の位置を確認する。
- ⑤ だ腺染色体のメチルグリーンの青緑色とピロニンの桃色の染め分けを調べる。
- ⑥ パフの位置、青緑色と桃色の染め分けがわかるようにだ腺染色体のスケッチをする。

結果 ①だ腺染色体には、多数の横じまがあり、その幅や間隔は場所によって異なっていた。

②だ腺染色体には、膨らんでいる部分(パフ)が観察された。

③だ腺染色体は、全体的に青緑色に染色され、パフの周囲は桃色に染色されていた。



図a ユスリカ幼虫のだ腺染色体

● 特定の遺伝子の発現 ●

動物の体を構成する細胞には、筋肉を構成する細胞、だ腺の細胞、すい臓でインスリンを合成する細胞、赤血球になる細胞など、多くの種類があり、それぞれ特定の遺伝子が発現している(図 19)。体細胞分裂を繰り返した細胞が、特定の形態や機能をもつようになることを^{ぶんか}分化という。細胞が同じ遺伝情報を持ちながら特定の形やはたらきをもつようになるのは、すべての遺伝子が発現するのではなく、その細胞が特定のはたらきをするためにそれぞれ異なった遺伝子を発現しているからである。

5

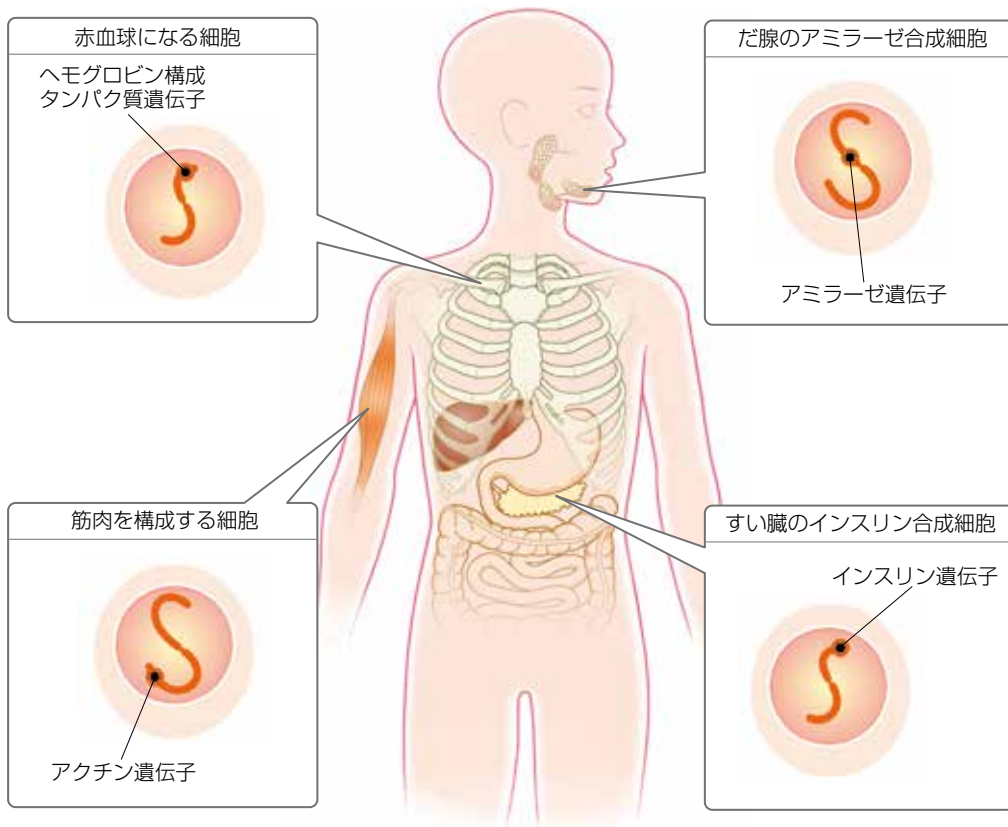


図19 体を構成するさまざまな細胞と発現する遺伝子

● 遺伝情報の維持 ●

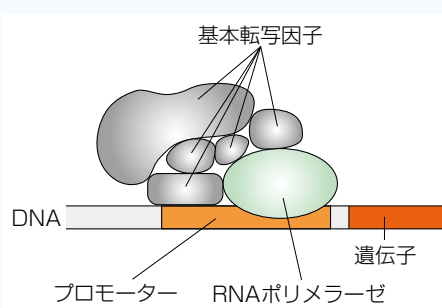
体細胞分裂では、DNAは正確に複製され、娘細胞に正確に分配されるので、それぞれの細胞の核にあるDNAの遺伝情報は、原則的には変化しない。

10

多細胞生物の体は真核細胞で構成されており、それらの細胞は同じ遺伝情報をもっている。同じ遺伝情報をもっている、さまざまな形やはたらきをもつ細胞に分化するのは、遺伝子の発現を制御するしくみが存在するためである。

● 転写の開始 ●

転写には、RNA ポリメラーゼ (RNA 合成酵素) というタンパク質がかかわる。RNA ポリメラーゼは、DNA の塩基配列にあるプロモーターといわれる領域に結合して mRNA の合成を行う。しかし、RNA ポリメラーゼだけではプロモーターと結合することはできず、基本転写因子といわれる複数のタンパク質からなる構造体の助けを必要とする。

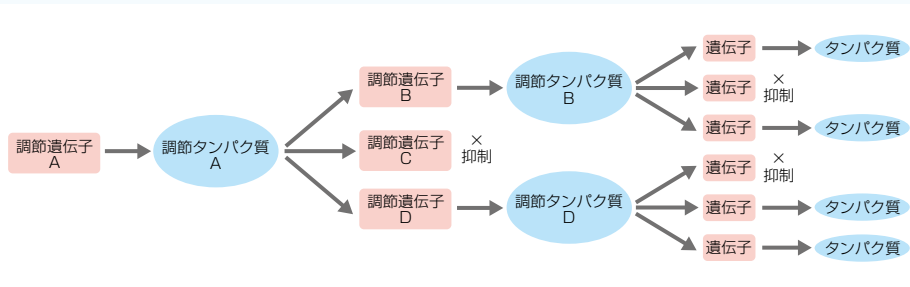


図a 真核生物の転写の開始

● 転写の調節のしくみ ●

基本転写因子とRNAポリメラーゼの複合体がプロモーターと結合するのを促進したり、抑制したりすることで、転写を調節するタンパク質がある。このような機能をもつタンパク質を、一般に調節タンパク質という。なお、調節タンパク質の遺伝子は調節遺伝子といわれる。例えば、筋肉を構成する細胞では、アクチンの発現を促進させる調節タンパク質がはたらき、アクチン遺伝子の転写を促進させる。また、筋肉の構成には必要がない遺伝子は、その発現を抑制する調節タンパク質がはたらき、その遺伝子の転写が抑制される。

調節タンパク質自体も別の調節タンパク質によって発現が制御されていることが多い。このように、複数の遺伝子の発現が調節されることによって、細胞が特定の形やはたらきをもつようになる。



図b 調節タンパク質による遺伝子の発現調節

受精卵のように、その種がもつすべての細胞に分化し、完全な個体を形成する能力を^{ぜんのうせい}全能性という。動物では、体を構成する細胞は同じ遺伝情報をもっているが、分化すると全能性は失われる。しかし、全能性を失っても、さまざまな細胞に分化する能力をもつ細胞の存在も知られており、この能力を^{たのうせい}多能性という。近年、細胞の分化に関する研究の発展は目覚ましく、細胞の分化にかかわる遺伝子や、多能性の維持にかかわる遺伝子が発見されている。多能性を維持した細胞を得る技術や、分化した細胞に特定の遺伝子を発現させて多能性をもたせる技術が開発されており、それらの技術の医療への応用が期待されている。

●幹細胞●

動物では発生が進むにつれて、ほとんどの体細胞は多能性を失うが、多能性を維持したまま自己複製できる細胞がある。この細胞を^{かんさいぼう}幹細胞という。ヒトの体の組織にも何種類かの幹細胞があるが、その能力は限定されていて、すべての種類の細胞になることはできない。ある組織の中にあつて、その組織の細胞に分化する能力をもつ幹細胞を^{そしきかんさいぼう}組織幹細胞という。

●ES細胞●

哺乳類の胚の内部の細胞の塊を取り出し、細胞を培養して、多能性をもつ細胞を選別すると、細胞分裂する能力と多能性の両方を維持した細胞が得られる。この細胞を^{さいぼう はいせいかん}ES細胞(胚性幹細胞)という(図a)。ES細胞は、培養条件を変えることにより、さまざまな細胞をつくりだすことができる。しかし、ES細胞は胚からしか得られないため、ヒトに応用するには倫理的な問題がある。

【さまざまな幹細胞】

1. 組織幹細胞

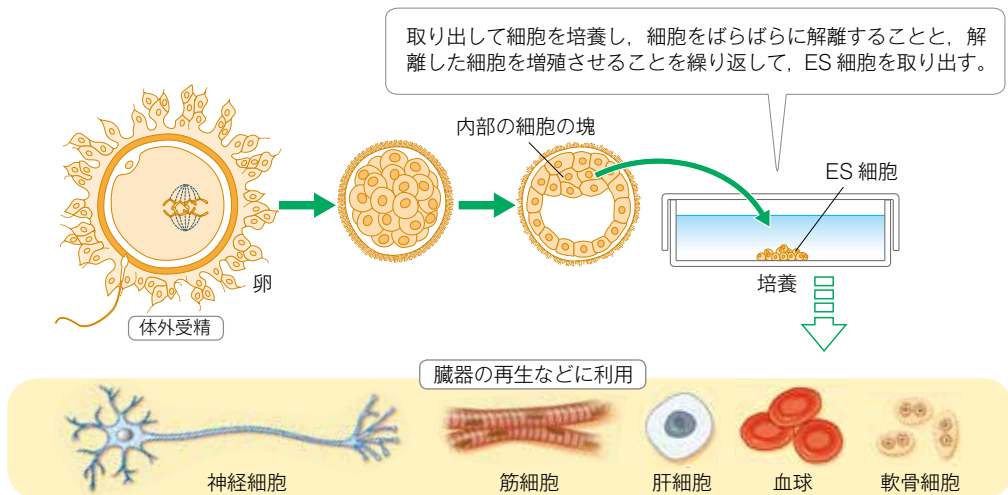
体の組織にある幹細胞。それぞれの組織の細胞をつくる。

2. ES細胞

胚から得られた幹細胞。さまざまな細胞をつくる。

3. iPS細胞

成体の体細胞をもとにつくられた幹細胞。さまざまな細胞をつくる。



図a ES細胞から各細胞への分化

●核移植実験とiPS細胞●

ガードンは、紫外線で核を不活性にしたカエルの未受精卵に、おたまじゃくしの細胞から取り出した核を移植した。核を移植された未受精卵の中には、正常に発生し成体になるものもいた。この結果から、特定の機能をもつようになった細胞であっても、核の遺伝情報は受精卵のときと同じであることを示した。また、分化した細胞においても、ある条件下では全能性をもつ細胞に戻せることを示した。

その後、山中伸弥らは、マウスやヒトの皮膚細胞に、転写にかかわる4種類の遺伝子を人為的に発現させることで、人工的に幹細胞をつくりだすことに成功した。このような方法でつくられた細胞を **iPS細胞(人工多能性幹細胞)** (さいぼう じんこう たのうせい かんさいぼう induced pluripotent stem cell) という。

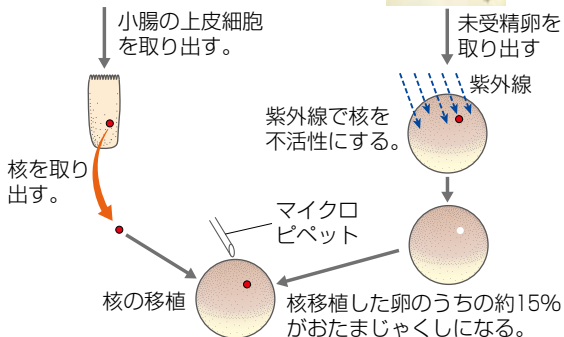
ガードンと山中伸弥は、分化した細胞においても未分化の細胞に戻り、多能性を持たせられることを発見した功績によって、2012年にノーベル生理学・医学賞を受賞した。

iPS細胞は、患者本人の細胞からつくることができるため、ES細胞のように胚を使う必要がない。また、移植組織に対する拒絶反応(→ p.155)もないと考えられるため、iPS細胞から分化させた細胞や組織を、機能が低下した組織や器官に移植し、機能を回復させる医療への応用が期待されている。

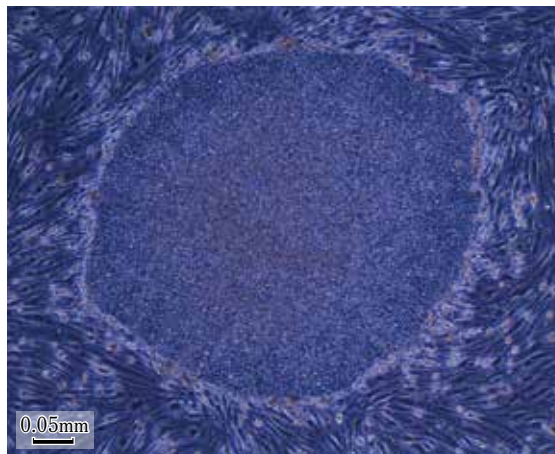
アフリカツメガエルの
おたまじゃくし



アフリカツメガエルの成体



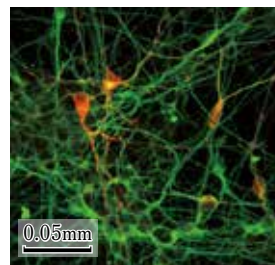
図b 核の移植実験



図c ヒトのiPS細胞 中央の丸い部分がiPS細胞の集まり。



図d 山中伸弥



図e ヒトのiPS細胞から分化した神経細胞(オレンジ色) 特殊な染色をしている。



探究活動2

細胞周期の各期に要する時間の推定

→ 関連 p.76~79

細胞周期は間期と分裂期に分けられる。細胞周期が同調しておらず、盛んに分裂している細胞集団では、観察できた各期の細胞の数は、細胞周期の1周期における各期に要する時間の長さにはほぼ比例していると考えられる。これをもとに、細胞周期の各期に要する時間の割合を推定する。

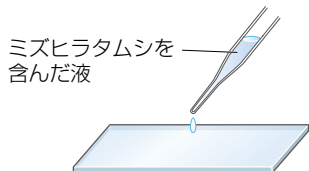
課題の選定 ミズヒラタムシ(ユープロテス, 図 a)は池などにすむ単細胞生物である。核の形態が間期のG₁期, S期, G₂期と分裂期(M期)のそれぞれで異なるという特徴がある。核の形態の違いにより細胞周期のどの時期にあるかを判定し、各期の細胞数の割合を求め、そこから細胞周期の各期に要する時間の割合を推定してみよう。

情報収集と仮説の選定 ネギの根端を用いた体細胞分裂の観察結果(p.78)から、分裂期よりも間期のほうが、所要時間が長いと考えられる。また、間期のうち、DNAを複製するS期が最も時間が必要なのではないかと考え、次のような仮説を立てた。

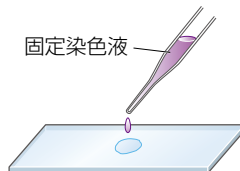
仮説 「ミズヒラタムシの細胞周期における相対的な時間はS期が最も長い。」

準備 ミズヒラタムシ, 検鏡用具, 固定染色液(固定液と1%酢酸オルセイン溶液の等量混合物), つまようじ, スポイト

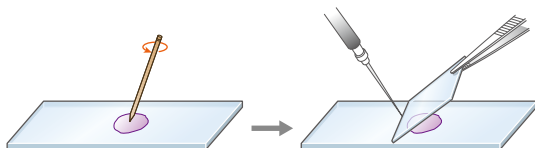
方法 ① スポイトを用いて、ミズヒラタムシを含んだ液を1滴、スライドガラスに落とす。



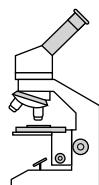
② ①の液に、スポイトを用いて固定染色液を1滴加える。



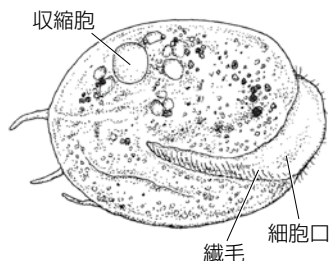
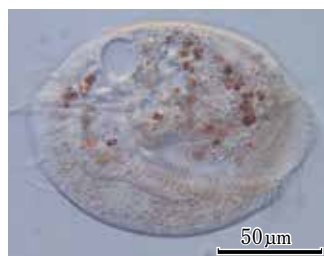
③ つまようじで混ぜた後、カバーガラスをかける。



④ 顕微鏡で核の形態を観察し、判定表(表a)を参考に、細胞周期のどの時期にあたるかを判定する。

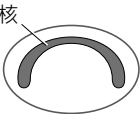
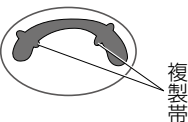
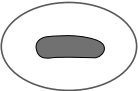
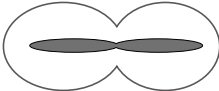


① 固定液の調製…95%[体積%]エタノールと酢酸を3:1の体積比で混合した固定液。



図a ミズヒラタムシ(下はスケッチ) 細胞口で食物を取り込み、収縮胞で水分量を調節している。

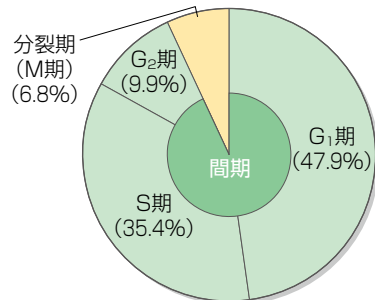
表a 核の形態による細胞周期の各期の判定表

時 期	間 期			分裂期 (M期)
	G ₁ 期	S期	G ₂ 期	
核の形				
核の特徴	細胞の成長とともに核は伸長する。核は長いひも状になり、「3」あるいは「C」の字形になる。	DNA複製の場である複製帯が見られる。S期の最初に両端に現れた一対の複製帯は、複製の進行とともに核の中央に移動し、中央で合体して複製が終わる。	核は凝縮して、長さがもとの半分以上になり、太さは増して、棒状(ソーセージ状)になる。	細胞が中央でくびれて落花生状になる。それとともに、核が伸長し、分裂して、2つの娘細胞ができる。ここで見られる核分裂はこれまで学習した分裂とは異なり、核が直接くびれるようにして起こる。

結果 観察した各期の個体数は下表のようになった。

	G ₁ 期	S期	G ₂ 期	M期	合計
観察個体数	472	349	98	67	986
割合 [%]	47.9	35.4	9.9	6.8	100

観察した個体のうち約93%が間期であり、分裂期は約7%と少なかった。また、間期で最も多いのはG₁期で、間期の個体の約51%を占めていた。



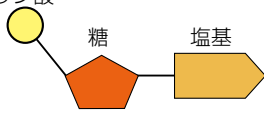
図b ミズヒラタムシの細胞周期

- 5 **考察** 観察した個体のうちほとんどが間期であったことから、ミズヒラタムシの細胞周期に要する時間のほとんどは間期が占めていると考えられる。また、間期のうちG₁期にある個体が全体の約半分を占め、最も多いことから、G₁期に要する時間が最も長いと考えられる。よって仮説は誤りであることがわかった。

- 10 しかし、S期にある個体も多く、その割合からS期に要する時間はG₁期に次いで長いといえる(図b)。

第1章 遺伝情報とDNA

p.62~73

- 形質**／生物がもつ形や性質の特徴。 (⇒ p.62)
- 遺伝**／親の形質が子やそれ以後の世代に受け継がれる現象。 (⇒ p.62)
- 遺伝子**／生物の遺伝する形質を規定する要素。 (⇒ p.62)
- 核酸**／ヌクレオチドが多数連結した分子。細胞の核に多く含まれる酸性の物質。 (⇒ p.66)
- ヌクレオチド**／リン酸
リン酸・糖・塩基からできている化合物。

- DNA(デオキシリボ核酸)**／遺伝子の本体。DNAを構成するヌクレオチドの糖はデオキシリボースで、塩基はアデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)の4種類がある。 (⇒ p.66)
- 塩基の相補性**／DNAの塩基のAとT、GとCは、相補的に結合する。 (⇒ p.67)
- 二重らせん構造**／ワトソンとクリックが提案したDNAの構造。 (⇒ p.67)
- 染色体**／DNA分子を含む構造。酢酸カーミンや酢酸オルセインなどの染色液でよく染まる。 (⇒ p.70)
- ゲノム**／ある生物の生殖細胞がもつ染色体にある全遺伝情報。 (⇒ p.72)

第2章 遺伝情報の複製と分配

p.74~79

- 細胞分裂**／細胞分裂には、体をつくる細胞がふえるときに行われる**体細胞分裂**と生殖細胞をつくるときに行われる**減数分裂**がある。 (⇒ p.74)
- DNAの複製**／分裂に先立って、母細胞に含まれるDNAと同じ塩基配列をもつDNAがもう1組つくられること。 (⇒ p.74)
- 細胞周期**／細胞分裂の周期的な過程。分裂期(M期)と間期に分けられる。 (⇒ p.76)
- 分裂期(M期)**／分裂が行われている時期。前期、中期、後期、終期に分けられる。 (⇒ p.76)

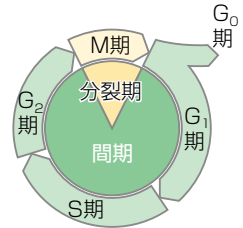
- 間期**／分裂が終わってから次の分裂が始まるまでの時期。G₁期、S期、G₂期に分けられる。 (⇒ p.76)

- DNA合成準備期(G₁期)**／M期が終わって

- からS期が始まるまでのDNA合成の準備をする時期。 (⇒ p.76)

- DNA合成期(S期)**／DNAの複製をする時期。 (⇒ p.76)

- 分裂準備期(G₂期)**／S期が終わってからM期が始まるまでの分裂の準備をする時期。 (⇒ p.76)



第3章 遺伝情報とタンパク質の合成

p.80~93

- 発現**／DNAの情報をもとにしてタンパク質が合成されること。 (⇒ p.80)
- RNA(リボ核酸)**／ヌクレオチドが連結した鎖状の分子で、糖としてリボースをもつ核酸。塩基はアデニン(A)、ウラシル(U)、グアニン(G)、シトシン(C)の4種類がある。 (⇒ p.83)
- mRNA(伝令RNA)**／DNAの塩基配列の情報を写し取ったRNA。 (⇒ p.83)
- 転写**／DNAの塩基配列を写し取りながらmRNAがつくられる過程。 (⇒ p.84)
- 翻訳**／mRNAの塩基配列にもとづいてアミノ酸が並び、タンパク質が合成される過程。 (⇒ p.84)

- セントラルドグマ**／DNAの塩基配列を写し取ったmRNAがつくられ、mRNAの塩基配列をもとにアミノ酸の配列が決定されてタンパク質が合成されるという遺伝子の発現の流れが一方方向であるという考え方。 (⇒ p.80)



第1章 遺伝情報とDNA

- 問1 生物がもつ形や性質などの特徴を何というか。
- 問2 生物がもつ形や性質などの遺伝する特徴を規定する要素を何というか。
- 問3 問2の解答の本体は何という物質か。
- 問4 リン酸・糖・塩基からできている核酸の構成単位を何というか。
- 問5 DNAの構成単位に含まれる糖を何というか。
- 問6 DNAの構成単位に含まれる塩基を4種類あげよ。
- 問7 DNAの片方の鎖の塩基ともう片方の鎖の塩基において、AとT、GとCのように、特異的に結合する関係を何というか。
- 問8 ワトソンとクリックが提案したDNAの構造を何というか。
- 問9 細胞分裂の中期に観察しやすい、DNA分子を含む構造を何というか。
- 問10 ある生物の生殖細胞がもつ染色体にある全遺伝情報を何というか。

第2章 遺伝情報の複製と分配

- 問1 体をつくる細胞がふえるときの細胞分裂を何というか。
- 問2 生殖細胞が生じるときの細胞分裂を何というか。
- 問3 同じ塩基配列をもつDNAがもう1つつくられることを何というか。
- 問4 細胞分裂の周期的な過程を何というか。
- 問5 次の細胞周期の時期を何というか。
- (1) 分裂が行われている時期。
 - (2) 分裂が終わってから次の分裂が始まるまでの時期。
 - (3) M期が終わってからS期が始まるまでのDNA合成の準備をする時期。
 - (4) DNAの複製をする時期。
 - (5) S期が終わってからM期が始まるまでの分裂の準備をする時期。

第3章 遺伝情報とタンパク質の合成

- 問1 スクレオチドが連結した鎖状の分子で、糖としてリボースをもつ核酸を何というか。
- 問2 アミノ酸が多数結合してできたものは何か。
- 問3 DNAの情報をもとにしてタンパク質が合成されることを何というか。
- 問4 DNAの塩基配列をmRNAに写し取することを何というか。
- 問5 mRNAの塩基配列にもとづいてアミノ酸が並び、タンパク質が合成されることを何というか。
- 問6 DNAからタンパク質へ遺伝情報が一方向に流れるという考え方を何というか。

1 DNAの構造 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

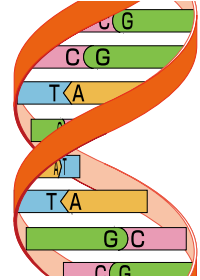
核酸は細胞の核に多く含まれる物質であり、[①]のほかに[②]がある。これらは[③]が多数結合した鎖状の分子で、[④]・糖・塩基からできている。[①]の場合、糖は[⑤]で、塩基には、[⑥](A)、[⑦](T)、[⑧](G)、[⑨](C)の4つの種類がある。

(1) ①～⑨に適する語句を答えよ。

(2) 右図のような、DNA分子の構造を何というか。また、このような構造のモデルを提案した研究者を2名あげよ。

(3) 右図の、DNAの一方の鎖が決まれば、もう一方の鎖の塩基配列が決まるような関係性を何というか。

(4) DNAに含まれるCの個数の割合が24.0%のとき、Aの割合は何%か。



2 遺伝子とゲノム 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

ある生物の生殖細胞がもつ染色体にある全遺伝情報を[①]という。また、ある生物がもつ塩基配列をすべて解読し、全遺伝情報を明らかにしようとするのが[①]プロジェクトである。[①]プロジェクトへの取り組みの結果、DNAのうち[②]としてはたらく領域は、[①]全体のごく一部であることがわかった。

(1) ①、②に適する語句を答えよ。

(2) 下表は、キイロショウジョウバエとヒトについて、ゲノムあたりの総塩基対数と遺伝子数を示したものである。ヒトの1本の染色体には、平均で何個の遺伝子があると計算できるか。小数点以下を四捨五入して答えよ。ただし、ヒトの生殖細胞がもつ染色体は23本である。

生物名	総塩基対数	遺伝子の数
キイロショウジョウバエ	1.8×10^8	13,600
ヒト	3.0×10^9	22,000

(3) DNAのうち遺伝子としてはたらくしていない領域の割合は、キイロショウジョウバエとヒトではどちらが大きい。ただし、1個の遺伝子は、平均 1.2×10^3 塩基対からなるものとする。

3 遺伝情報の複製と分配 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

体細胞分裂の場合、間期の[①]期に、母細胞に含まれるDNAと全く同じ塩基配列をもつDNAが合成される。このようなDNA合成をDNAの[②]という。その後、[③]期の間に2つのDNAは娘細胞にそれぞれ分配され、娘細胞は母細胞と同じ遺伝情報をもつようになる。[③]期の後期には細胞質が2つに分かれ、分裂は完了する。この一連の周期的過程を細胞周期という。

一問一答
(P.97)

解答

第1章 問1 形質 問2 遺伝子 問3 DNA(デオキシリボ核酸) 問4 ヌクレオチド
問5 デオキシリボース 問6 アデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)
問7 相補性 問8 二重らせん構造 問9 染色体 問10 ゲノム

-

- 10

- 15

- 20

DNA の配列 $\begin{cases} \text{G T T C A C C T C A C T C C C G A A G A A} \\ \vdots \\ \text{C A A G T G G A G T G A G G G C T T C T T} \end{cases}$

- 25

99