

# DNAの複製と分配

## キーワード

体細胞分裂、複製、  
半保存的複製、細胞周期、  
間期、分裂期

講師・監修 佐野寛子

## 学習のねらい

細胞が増えることで、成長したり、体を維持したり、また個体数を増やす生物もいます。細胞が分裂すると、1つの細胞が中身を半分にして2つの細胞になりますが、遺伝情報も半分にしてしまうと、いずれ遺伝情報がほとんど残らなくなってしまいます。そのため、遺伝情報が半分にならないよう、遺伝情報をもつDNAは「複製」されています。「複製」とはどんなしくみなのでしょう？ またどんなタイミングでDNAは複製されるのでしょうか？ まったく同じDNAができる過程遺伝情報が一緒に学んでいきましょう。

## 学ぶ前に考えてみよう

- 細胞が分裂をしても、細胞がもつ遺伝情報が半分に減らないのは、なぜでしょうか？
- 全く同じDNAを2つつくるには、どのようにすればよいのでしょうか？

## 体細胞分裂

すべての生物は細胞を持っていることを以前学びましたね。体の多くの細胞は、体細胞分裂を繰り返すことで、細胞の数を増やして成長したり、受精卵から体をつくったり、単細胞生物なら個体数を増やしたりしています。細胞分裂は、分裂前の細胞（母細胞）から、2つの細胞（娘細胞）ができる生命現象です。

細胞分裂の際に、DNAを含んだ染色体は、凝縮して太い短い染色体へとコンパクトに折りたたまれ、2つの細胞に半分ずつ分かれて移動します。しかし、DNAがもつ遺伝情報が細胞分裂によって毎回半分に減っていってしまうと、必要な遺伝情報がどんどんなくなってしまい、細胞が活動できなくなってしまいます。そのため、細胞分裂を行う前に、DNAをコピーして、全く同じ遺伝情報をもつDNAを合成しておくことで、細胞分裂で半分になっても、もとの遺伝情報を維持することができるのです。

## DNAの複製

DNAがもつ遺伝情報とは塩基配列のことで、全く同じ塩基配列をもったDNAをコピーして合成することを、「複製」といいます。DNAの塩基には、A（アデニン）とT（チミン）、G（グアニン）とC（シトシン）の塩基同士で結合する相補性という特徴がありましたね。また、DNAは2本鎖が塩基同士で結合して、2重らせん構造をつくっています。DNAが

複製される際、2本鎖が塩基同士の結合がはずれて、1本鎖ずつのDNAの鎖に分離します。1本鎖のDNAの鎖の塩基は相補的な塩基がついていないので、それぞれの鎖で塩基の相補性に従って、新たなDNAのヌクレオチドの塩基がAならT、TならA、GならC、CならGにそれぞれ結合し、新たな2本鎖DNAが2組合成されます。

もとのDNAの塩基配列に相補的なヌクレオチドの塩基が結合するので、新しくできた2組の2本鎖DNAは、どちらももとのDNAと全く同じ塩基配列ができあがります。新たにできた2本鎖DNAのうち、半分はもとのDNAの鎖であり、塩基配列を保ったまま複製されているので、これを「半保存的複製」と言います。

### 細胞周期

細胞は細胞分裂を繰り返して増殖しています。細胞が分裂を終了してから、次に細胞が分裂し終わるまでの過程を「細胞周期」といい、この周期の中でDNAの複製と細胞分裂とを何度も繰り返して細胞は増えていきます。細胞周期の中で、細胞分裂を行っている「分裂期

(M期)以外を「間期」といい、DNAの複製は細胞の分裂期の前、すなわち間期の間に進行しており、この段階をS期(DNA合成期)と呼んでいます。

S期の前は、DNAを合成する準備の期間で、G<sub>1</sub>期(DNA合成準備期)といい、細胞自体を成長させたり、DNAを合成するのに必要な酵素や材料を用意したり、DNA自体が損傷していないかなどのチェックが行われたりしています。S期の後は、細胞分裂の準備をしている期間でG<sub>2</sub>期(分裂準備期)といい、細胞分裂を行う酵素や材料を用意したり、DNAが正確に複製されているかチェックが行われていたりします。これらG<sub>1</sub>期、S期、G<sub>2</sub>期をまとめて間期と呼んでいます。細胞の中の染色体は、間期のとき、細長い状態のため、光学顕微鏡で観察しても核の中がもやもやした状態に見えており、染色体としての形を観察することが難しいです。

しかし、分裂中には染色体は凝縮して、光学顕微鏡ではっきり染色体として観察することができます。前期では核膜が消失しつつあり、染色体が凝縮してひも状になっているのを観察することができます。中期では、太く短い染色体が細胞の赤道面に並び、後期では、赤道面にならんでいた太く短い染色体が両側に移動する様子が観察できます。終期では、細胞が2つに分かれようとしている状態で、両側に分かれた太く短い染色体が各々細いひも状にほだけ始めています。S期に複製されたDNAは、分裂期の後期のタイミングで、正確に両側へと半分に分けられており、両側に移動した各々のDNAは、全く同じ遺伝情報をもっているのです。

### “探究”してみよう！

- いろいろな生物の細胞周期の時間を調べてみよう。各々の生物の細胞分裂の時間について、各々の利点について考えてみよう。
- DNAの複製で、遺伝情報を一部間違えて複製してしまったとき、細胞はどのように修復しているか、調べてみよう。

### column



### 細胞分裂に回数制限

生物は細胞分裂を繰り返すことで、成長したり、けがを修復したり、単細胞生物なら個体数を増やしたりすることができます。しかし、生物の細胞分裂には回数制限があり、我々ヒトの細胞にも、もちろん回数制限があるのです。ヒトの細胞は約 50 回細胞分裂を行うと、細胞分裂がしにくくなったり、分裂できない状態になったりします。この理由は、DNA の両側の末端部にあります。DNA の末端部には、塩基配列「TTAGGG」が何度も繰り返されて並んでいる領域があり、この領域を「テロメア」と呼んでいます。DNA の複製の際に、テロメアの領域の端の一部が複製しきれず、複製の度に少しずつ短くなるのです。複製の度に末端部が短くなっていても、テロメアの繰り返し配列がある間は問題なく複製と細胞分裂が繰り返されます。しかし、テロメアの領域がなくなると、必要な遺伝情報の領域まで削れてしまうので、DNA が損傷を受けた状態となり、DNA の複製は止まり、細胞分裂もできなくなります。テロメアが短くなることは、細胞の老化といえます。このため、通常の体細胞は必要以上に分裂を行わず、G<sub>1</sub> 期から G<sub>0</sub> 期に入り、必要に応じて細胞分裂を進めたり、止めたり、調節をしています。

細胞の中には、テロメアを伸ばすことができる細胞もあります。生殖細胞をつくる細胞は、テロメアを伸ばす酵素をもっているので、何度でも DNA を複製して細胞分裂を繰り返すことができます。生物の種が次世代へと引き継がれ続けるしくみにもつながっているのです。他に「がん細胞」もテロメアを伸ばしています。このため、栄養さえあればほぼ無限に細胞分裂を繰り返すことができるので、がん細胞は増え続けてしまうのです。

通常の体細胞はテロメアを伸長させないのでしょうか？ 細胞は複製を何度も繰り返すことで、時々複製で間違いが起きて遺伝情報にエラーが入ってしまったり、DNA が損傷してしまったりします。そのため、エラーや損傷した DNA をもつ細胞が増殖しないように、制限をかけていると考えられています。細胞分裂の制限によって、細胞の再生のしにくさが、傷の治りにくさにつながり、私たちの老化現象にも関連します。テロメアを適切に伸ばすことができるようになれば、細胞の分裂回数に制限がなくなるので、不老不死も夢ではないかもしれません。

テロメアの研究は、がん細胞を抑制するしくみの解明や、老化現象のしくみの解明にもつながり、現在も研究が進められています。