

DNAの倍加

講師

渡邊 正治

今回学ぶこと

オリンピックやパラリンピックのような大きなイベントが成功するかどうかは、どれだけ念入りに準備してきたかで決まります。細胞分裂は細胞にとっての一大イベントであり、これも緻密な準備があるからこそ成功するのです。分裂に先立ってどのような準備がなされているのか、学んでいきましょう。

調べておこう、覚えておこう

細胞周期, 間期, 分裂期, G_1 期, S 期, G_2 期, M 期,
DNA 量

間期と分裂期

体細胞分裂の過程には、分裂に先立って準備を行う間期と呼ばれる時期がある。タマネギの根を顕微鏡で観察すると、根の先端には分裂が盛んな組織がある。しかし、分裂組織であっても分裂期の細胞よりも間期の細胞の方が圧倒的に多い。これは、分裂期よりも間期の方が時間を要することを意味している。最も大切なことは、分裂に先立って遺伝子の本体であるDNAを複製することだが、それ以外にも様々な準備と、準備が上手くいっているかどうかのチェックが行われている。顕微鏡観察では、大きな変化が見られない間期の細胞の中では、様々な物質間で活発な相互作用が繰り返されているのである。

細胞周期

分裂組織の細胞は、分裂期と間期を繰り返している。細胞分裂が終わってから、次の分裂が終わるまでを**細胞周期**という。細胞周期は**間期**と**分裂期**からなるが、間期はさらに、**G₁期**(DNA合成準備期)、**S期**(DNA合成期)、**G₂期**(分裂準備期)に分けられる。分裂期は**M期**ともいう。現在、細胞が各期で異なる蛍光色を発するように、遺伝子进行操作することが可能になっている。S期の「S」は合成を意味する英語「synthesis」の頭文字であるが、実際には単にDNAという物質を合成するだけでなく、遺伝情報である塩基配列まで正確に同じものがつくられる複製が行われている。細胞分裂を終えると細胞は小さくなる。したがって、大きな受精卵の分裂(卵割)を除いては、分裂後の間期に栄養の供給を受けて成長する。G₁期にはヌクレオチドなどの合成やDNAの複製に関わるタンパク質などの物質が活発につくられている。DNA合成の準備が整うとS期に入り、DNAが複製される。DNAは非常に長い分子であるが、その複製は途中のたくさんの位置から一斉に始まるので、数時間で複製を終えることができる。DNAの複製が終わるとG₂期に入り、細胞分裂に必要なタンパク質などの合成が行われる。このような準備には時間がかかるので、どの生物の細胞周期を見ても分裂期に比べて間期の方が長い。そして、各段階で準備が上手くいっているのかを厳密にチェックするしくみがあるため、娘細胞への遺伝情報の正確な受け渡しが、高い確率で成功するのである。

細胞周期における DNA 量の変化

フローサイトメーターという機器を使うと、たくさんの細胞集団における個々の**DNA量**を短時間で調べることができる。すなわち、どのくらいのDNA量の細胞が何個くらいあるのかが分かる。その結果、細胞をDNA量の相対値が1の集団、1~2の集団、2の集団に分けることができる。相対値1はG₁期の集団、1~2の間はS期の集団、2はG₂期とM期の集団に対応する。各期における細胞当たりのDNA量の変化をグラフにすると、G₁期ではDNA量が変化せず、S期で2倍まで増加し、G₂期とM期の途中までは2倍のまま推移して、細胞が2つに分離するM期の終わりにもとの量に戻る。このことは、分裂に先立って、S期にDNAが複製され、細胞分裂により均等に分配されることを示唆している。緻密な準備とチェックにより、複製によるDNAの倍加と均等な分配が成功しているのである。なお、有性生殖を行う生物は両親から受け継いだ2組の染色体を持っており、DNA量の変化を表すグラフにおいて、G₁期の細胞のDNA量の相対値を2、複製後の量を4として表すこともある。

Column

体細胞分裂の過程には、厳密な点検を行うチェックポイントが存在し、このチェックをクリアできない細胞は次の段階に進めない。G₁期では、分裂に必要な物質が蓄積されているかということや、DNAに損傷がないかということなどがチェックされる。G₂期ではDNAの複製が正確に行われたかがチェックされる。ここを通過できるとM期に入り、M期では、染色体が赤道面に並んだかがチェックされる。染色体が赤道面に並ぶということは、細胞の両極からの力が均等にかかっていることを意味するので、染色体が均等に分配されることになる。このように、体細胞分裂の過程は石橋を叩いて渡るかのように慎重に進められるため、損傷のないDNAが高い精度で娘細胞に引き継がれるのである。エラー率は限りなくゼロに近いが、わずかにミスが残ることがある。このことが突然変異に繋がり、生物が進化する余地を残すのである。