

第6章 遺伝とは何か

なぜ子どもが親に似るのか、これは大昔からの人々の関心事でした。

子どもはさまざまな特徴を親から受け継いでいるから親に似るのですが、このように特徴が親から子に伝えられることを「遺伝」といいます。親の特徴がどのようにして子に伝わるかを最初に明らかにしたのは、後世「遺伝学の父」と呼ばれるようになったメンデルです。メンデルは、背の低いエンドウマメと背の高いエンドウマメを使って交配を重ね、遺伝情報がどのように伝えられるか実験しました。その結果、遺伝には優性遺伝、劣性遺伝があることが分かったのです。

遺伝をつかさどっているのは細胞の中にある「遺伝子」です。遺伝子を形成しているのはデオキシリボ核酸（DNA）という化学物質です。遺伝子は両親から半分ずつ受け継がれますが、細胞が遺伝子の情報に基づいて各種のタンパク質を合成し、このタンパク質によって体が形作られ、またさまざまな生命活動が営まれています。

親から子への遺伝

電車で向かい側の席に座った母娘2人の顔があまりにそっくりなので、思わずニヤツとした経験をおもちの方も多いでしょう。この場合娘が母に似ているということは、母の体にあった何かが娘に伝わっているということなのです。

なぜ子どもが親に似るのかということは、大昔から人々の関心事でした。生まれたての赤ん坊をみるとどこかが父親に似ていたり、また別の部分は母親に似ていたりしています。それは目であったり耳たぶであったりします。

こうしたことから、子どもは部分ごとに特徴を親から受け継いでいると考えることができます。

このように親の特徴が子に伝えられることを、「遺伝」といって

ます。遺伝学では、親から子に伝えられる特徴のことを、「形質」という難しい表現であらわしています。生物の細胞のなかには目で見ることはできませんが「遺伝子」があり、この遺伝子が両親の生殖細胞である卵子や精子を通じて子に伝わるのです。そして子に伝えられたさまざまな遺伝子が働いて特徴をあらわすので、子は親に似ることになります。最初に体の特徴のことを述べましたが、外形だけでなく性質や体の働き具合も親から子に伝えられます。

メンデルの発見

親の特徴がどのようにして伝わるかを明らかにしたのが、後世「遺伝学の父」と呼ばれるようになったメンデルです。

メンデルは、8年間も研究を続けた結果法則を発見して1866年に発表しましたが、残念なことにメンデルの発見を理解する者は1人もいませんでした。

メンデルの発見とはどのようなものであったのでしょうか。1822年に今のチェコ領であるモラビア地方に生まれたメンデルは、物理学と博物学の教師をしながら、修道院の庭にエンドウマメを育て、親の特徴が子にどのように伝わるかを詳細に観察したのです。

メンデルは、1つの実験として背の高いものと低いものとを交配してみました。背の高い植物体の花の雄しべから花粉を取り出し、それを背の低い植物体の花の雌しべの上におきました。その結果、子ども世代はすべて背の高い植物体でした。背の低いという特徴は消え失せてしまったかのようでした。

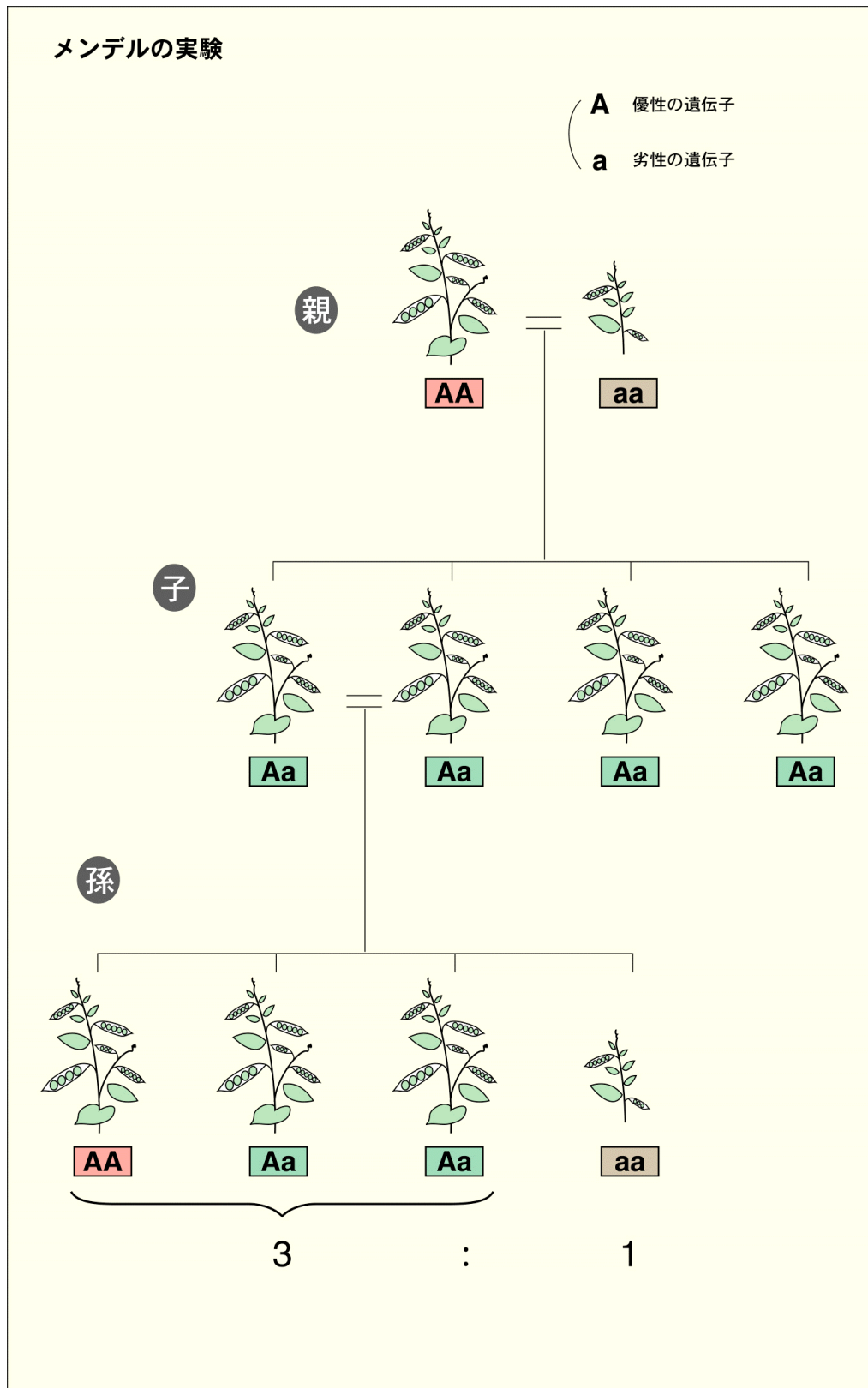
次にこの第2世代の背の高い植物体同士の交配によってできた種子をまいたところ、ここから育った第3世代は背の高いものもあれば背の低いものもありました。子の代に消えてしまったかにみえた背の低いという特徴が、孫の代になって再びあらわれたのです。背の高いものと低いものができる割合は、背の高いものが3に対して背の低いものが1でした。メンデルは、実験を始める前からこの3対1という比率になることを予想していたらしいのです。

メンデルの発見は8年間をかけた研究の成果でしたが、没後16年経った1900年まで、ほとんど知られることがありませんでした。1900年にオランダのド・フリース、ドイツのコレンス、オーストリアのチェルマックの3人がそれぞれ独自にメンデルと同じ結果を得て、過去の文献を調べたところ、メンデルの論文が見つかったのです。これが「メンデルの再発見」というできごとです。そ

れ以来、メンデルは遺伝学の父として有名になったのです。

優性・劣性

遺伝には、優性遺伝と劣性遺伝があることが知られています。メンデルの実験こそ、優性と劣性という考えを最初に示したものでした。



生物の特徴は遺伝子の働きによってあらわれますが、それぞれの特徴を決める遺伝子は1対、つまり2つで1組になっています。そして、対の遺伝子には優性と劣性のものがあり、その組み合わせによって特徴のあらわれ方が決まってくるのです。この1対の遺伝子は、1つは父親（花粉）から、もう1つは母親（胚のう）から受け継いだものです。

背の高い植物体と背の低い植物体を交配して背の高いものだけができたとすれば、背の高いという特徴が優性です。べつに背の高いことが良いから優性といっているわけではありません。子の世代では背の低いという特徴が隠れて、高いという特徴だけしか出てこなかったのです。この場合は高いという特徴を優性というのです。同じように、低いという特徴は子の世代では隠れているので、これを劣性というのです。

次に孫の世代になると、背の高いものも低いものも出てきます。これをどのように説明すればいいのでしょうか。

いま高いという特徴をあらわす遺伝子をAとし、低いという特徴をあらわすものをaとします。AAという遺伝子をもつ親（背が高い）とaaという遺伝子をもつ親（背が低い）の交配からできた子は、それぞれの親から1つずつ遺伝子を受け継ぎますから、Aaという対の遺伝子を持ちます。

Aは優性なので、子どもはみんなAが働いて背が高くなります。この場合aの特徴は隠れています。

次にAaの遺伝子をもつ子供同士を交配すると、AA、Aa、Aa、aaの4つの組み合わせができます。

これらの組み合わせをみると、Aを含む遺伝子の対が3つであるのに対してAを含まないaaの対が1つであるので、結果として背の高いものが背の低いものの3倍となります。

これが、メンデルの行った実験で孫の世代に背の高いものが3、低いものが1の割合で出た理由です。

遺伝子の構造と働き

遺伝をつかさどっているのが遺伝子です。人は6～10万種類の遺伝子をもつとされていますが、正確にはまだ分かっていません。

遺伝子を形成しているのが、デオキシリボ核酸という化学物質です。ふつうは英語のかしら文字をとってDNAと呼んでいます。よ

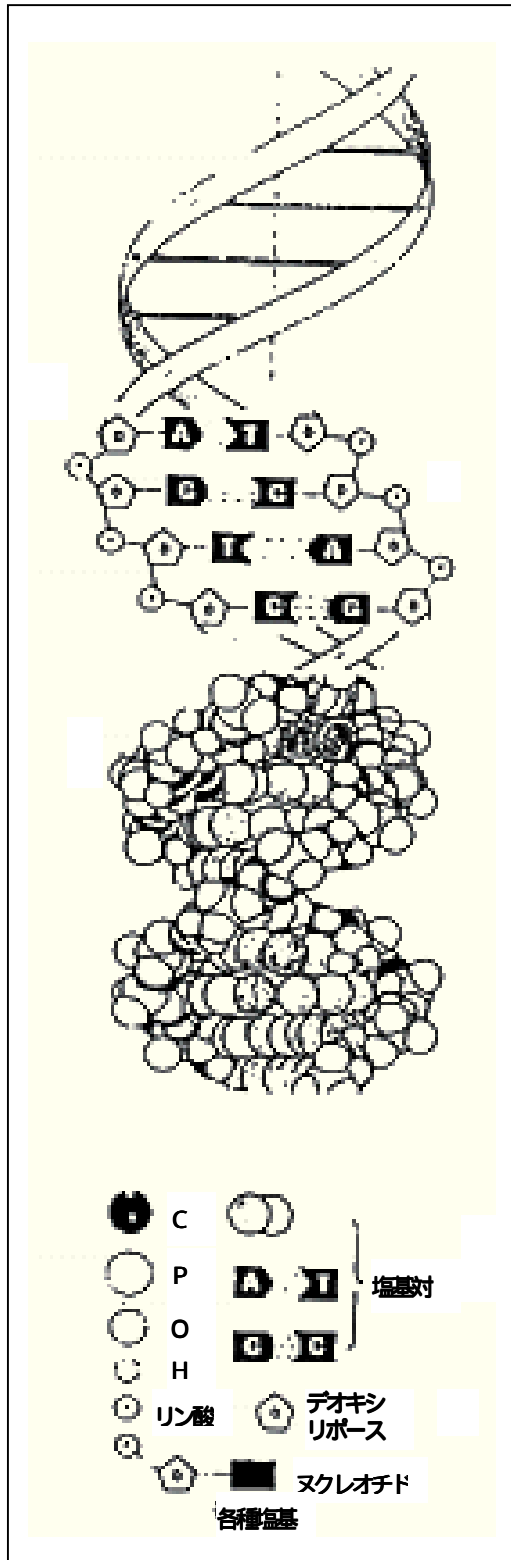
く遺伝子というところを簡単にDNAと叫びます。

DNAの分子構造を明らかにしたのは、アメリカの生物学者ワトソンとイギリスの物理学者クリックです。2人は、DNAは2重らせん構造になっていると1953年に発表しました。

彼らは、DNAは2本の長い鎖がねじれあったもので、この鎖はデオキシリボースという糖にリン酸がついたものからなっており、この2本の鎖の間を塩基という化学物質がつないでいると考えました。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種類があり、AとT、GとCの量は等しいことが分かりました。そこで、2本の鎖はA-T、あるいはG-Cの結合で互いに結びついていると考えました。この考えが正しかったことは、後日明らかになりました。

このA、T、G、Cがどういう順序で並んでいるかによって、さまざま異なる遺伝情報を記録しているのです。例えば、鎖でつなぐ塩基がA-T-Tというふうに並んでいると、それはアミノ酸のイソロイシンをあらわしています。同様にG-C-Tならアラニンを、T-C-Tならセリンをあらわしています。そして仮に塩基の配列がA-T-T、G-C-T、T-C-Tとなっていれば、設計図通りイソロイシン、アラニン、セリンというようにアミノ酸が順番に並べられることとなります。生物は、細胞内でこのいわば「生命の設計図」である遺伝情報に基づいて、各種のタンパク質を合成するのです。

タンパク質はアミノ酸が結びつい



遺伝暗号表

塩基	アミノ酸	塩基	アミノ酸	塩基	アミノ酸	塩基	アミノ酸
TTT	フェニルアラニン	TCT	セリン	TAT	チロシン	TGT	システイン
TTC	フェニルアラニン	TCC	セリン	TAC	チロシン	TGC	システイン
TTA	ロイシン	TCA	セリン	TAA	ナンセンス**	TGS	ナンセンス**
TTG	ロイシン	TCG	セリン	TAG	ナンセンス**	TGG	トリプトファン
CTT	ロイシン	CCT	プロリン	CAT	ヒスチジン	CGT	アルギニン
CTC	ロイシン	CCC	プロリン	CAC	ヒスチジン	CGC	アルギニン
CTA	ロイシン	CCA	プロリン	CAA	グルタミン	CGA	アルギニン
CTG	ロイシン	CCG	プロリン	CAG	グルタミン	CGG	アルギニン
ATT	イソロイシン	ACT	トレオニン	AAT	アスパラギン	AGT	セリン
ATC	イソロイシン	ACC	トレオニン	AAC	アスパラギン	AGC	セリン
ATA	メチオニン*	ACA	トレオニン	AAA	リジン	AGA	アルギニン
ATG	バリン	ACG	トレオニン	AAG	リジン	AGG	アルギニン
GTT	バリン	GCT	アラニン	GAT	アスパラギン酸	GGT	グリシン
GTC	バリン	GCC	アラニン	GAC	アスパラギン酸	GGC	グリシン
GTA	バリン	GCA	アラニン	GAA	グルタミン酸	GGA	グリシン
GTG	バリン	GCG	アラニン	GAG	グルタミン酸	GGG	グリシン

※：メチオニンはタンパク質合成の開始点となる。

※※：ナンセンスはタンパク質合成の終了点となる。

たもので、タンパク質を構成するもとなっているアミノ酸は20種類あります。遺伝暗号も、20のアミノ酸に対応したものと、始まりと終わりを示す記号（いずれも3つの塩基で構成）をもっています。このアミノ酸がどのような順序で結びつくかで、タンパク質の種類が決まるのです。つまり遺伝子が塩基の配列の形で持っている遺伝暗号により、どんな臓器ができるかが決まるのです。これが遺伝情報のことを生命の設計図という理由です。

タンパク質は人間の体を形作っている重要な要素であるのはもちろんですが、体内で時々刻々進んでいる各種の反応や遺伝子の働きをコントロールする役割も果たしています。生体内の反応を促進する「酵素」もタンパク質ですし、いろいろなホルモンも大部分はタンパク質です。

タンパク質の合成

タンパク質は細胞の中で合成されます。まず細胞核内にある遺伝物質であるDNAの2本の鎖がほどけて1本ずつに分かれ、その1

本のDNAを原本にして複製が作られます。その材料はDNAによく似たりボ核酸（RNA）と呼ばれる物質です。複製が作られた後原本であるDNAは大事にしまわれ、複製のRNAがタンパク質合成に使用されます。RNAにはDNAの塩基に対応する塩基があり、それを手本にアミノ酸が順序通りに結びつけられ、タンパク質が作られるのです。

遺伝子は染色体の中にある

遺伝の話に遺伝子とともに必ず登場するのが染色体です。これは名前から分かる通り色素に染まる性質をもっています。遺伝をつかさどる遺伝子は、この染色体の中に線状に配列されています。

細胞の内部は細胞質と核と呼ばれるものからできています。核はふつつ細胞1個ごとに1個ずつあり、その内部には染色系というものがあります。細胞が分裂するときは、染色系は染色体という特別な形を形成します。

もう少し詳しくみると、細胞分裂が始まると核の中にあつた染色系はらせん状に収縮し、タンパク質などが加わって太く短くなります。このときは塩基性色素に染まり、顕微鏡で見ることができます。これが染色体です。

人間の染色体は人種に関係なくすべて46本あります。よくみると同形同大のものが2個ずつあります。つまり23対になりますが、これは女性の場合であつて、男性の場合は同形同大のものが22対で、もう1対は大きいのと小さいのが1個ずつになっています。

染色体は、大きさの順に並べて番号がつけられています。1番から22番までは常染色体と呼ばれており、男女共通です。最後の23番目の1対は性染色体と呼ばれており、男性の場合の同形同大でない対がこれに相当し、長い方がX染色体、短い方がY染色体です。女性の場合はX染色体が2本になっています。

体を作っている細胞が2つに分裂して増えるとき、染色体もそれぞれ複製を作つて新しい細胞に移っていきます。ですから、何回細胞分裂を繰り返しても染色体の数と形は変わりません。

精子や卵子（これらを配偶子といい、生殖細胞の1つです）を作るときは、減数分裂という特別な分裂が行われます。染色体が複製を作つてをせず、それぞれの対の一方だけが配偶子に入ります。ですから精子も卵子も、親がもっていた染色体のうちの半分の23本の染色体をもつことになります。

人の染色体（男性）



細胞分裂のため染色体が複製され、分裂に移る前の染色体を切り離し、大きさの順に並べたもの。大きさと形から23対に分けられる。倍加した状態なので、それぞれの腕が2本になっているが、通常は1本である。（元放射線影響研究所 阿波章夫氏提供）

こうしてできたそれぞれ23本の染色体をもつ配偶子が合体すると、23対つまり46本の染色体をもつ受精卵ができるわけです。

親から子へ伝えられる特徴も、このような営みの結果としてあらわれてくるわけですが、親と子の遺伝子は半分は同じものですから、特徴も当然似たものとなってきます。

生殖細胞（精子・卵子など）と体細胞の違い

よく細胞に遺伝子の変化が起きると、それがすべて子孫に伝えられ病気のもとになると考える人がいるようですが、これは大きな誤りです。

この章の初めにも述べましたが、親の特徴は生殖細胞を通じて子孫に伝えられます。人の体の中の細胞は、生殖細胞もそのほかの細胞も同じ遺伝子をもっており、遺伝子の変化は生殖細胞もそのほかの体の細胞も同様の仕組みで起きます。しかし、その変化が子孫に

伝わるかどうかという点では、この両者はまったく異なります。すなわち生殖細胞に起きた遺伝子の変化は子孫に伝わりますが、体の細胞は生殖にはまったくかかわり合いがありませんから、それが子孫に伝わることはありません。