

Before & After
学習前に書こう

遺伝子とは
何だろうか。



ワークシート

第 2 章

2

遺伝の規則性と 遺伝子



スタート動画

1

遺伝の規則性

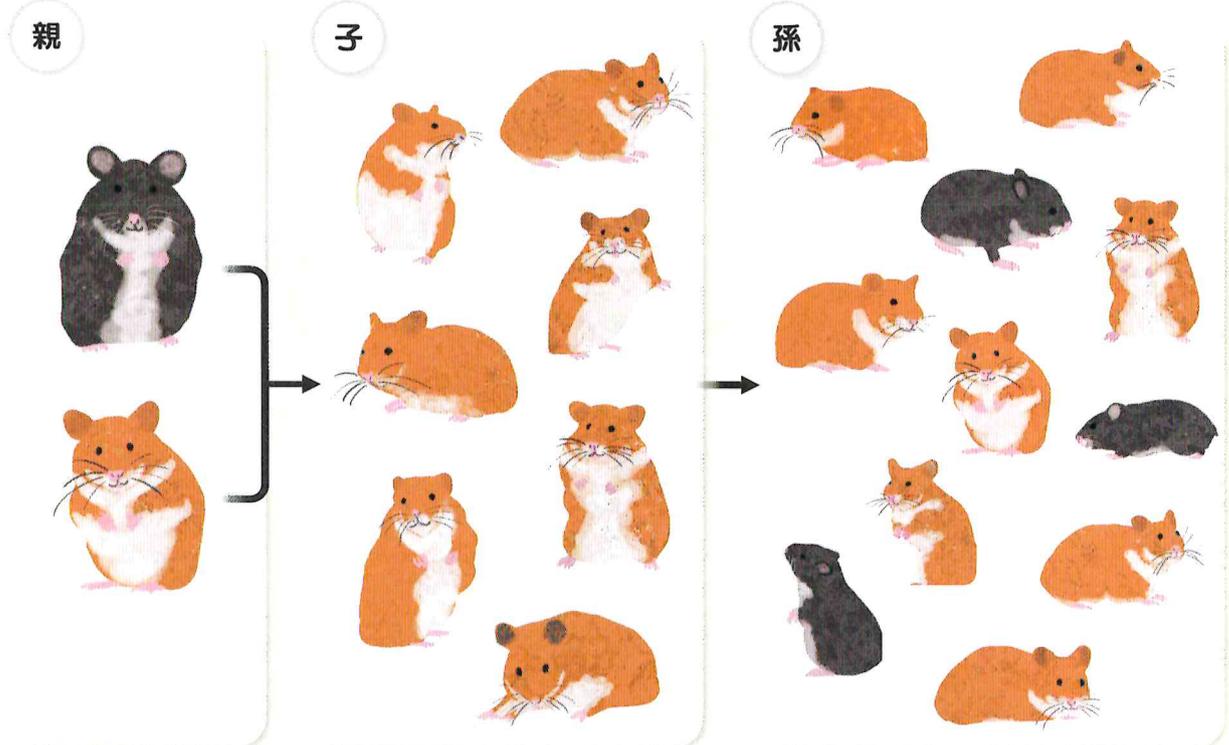


図1 ゴールデンハムスターの毛色の遺伝の例

茶の毛色の個体と黒の毛色の個体との間にできた子の毛色は、全て茶になった。ところが、そうして生まれた茶の毛色の個体どうしの間にできた子(最初の個体から見ると孫にあたる個体)には、茶の毛色の個体と黒の毛色の個体が見られた。

問題発見

レッツ スタート!

図1 から、孫の代で黒の毛色のゴールデンハムスターが再び現れたのはなぜか予想してみよう。

生物がふえていくとき、親のもつさまざまな形質(形や性質など)が子に伝わる。親の形質が子や孫に伝わることを**遺伝**という。細胞内の染色体にある遺伝子が、親の生殖細胞によって、子の細胞に受けつがれることで遺伝が起こる → P.88~90。しかし、このゴールデンハムスターの例のように、親に見られた形質が子に現れなかったり、子に現れなかった形質が孫に現れたりすることがある。遺伝には、何か規則性があるのだろうか。また、形質の現れ方は、遺伝子でどのように説明できるだろうか。





有性生殖では、親の形質は、
どのようにして子や孫に
受けつがれるだろうか。

● エンドウを使ったメンデルの遺伝の実験

19世紀の中ごろ、オーストリアのメンデルは、
エンドウを用いて、種子の形や色などの形質に
注目して、形質の伝わり方を研究した。

エンドウの花は、**図2**のようなつくりをして
いて、自然状態では自家受粉^{じかじゆふん}*1を行う。親、子、
孫と何世代も代を重ねても、その形質が全て親
と同じである場合、それらを純系^{じゆんけい}という。また、
エンドウの種子の形には丸形としわ形があり
(**図3**)、1つの種子にはそのどちらか一方の形
質が現れる。このように、どちらか一方の形質し
か現れない2つの形質どうしを対立形質^{たいりつけいしつ}という。
メンデルは対立形質をもつ純系^{じゆんけい}のエンドウを用
いて交配^{かうはい}(かけ合わせ)*2実験を行った*3。



【なるほどね!】

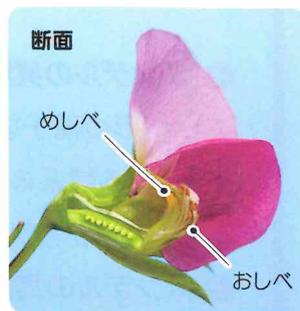
丸形としわ形のちがい

エンドウの丸形の種子としわ形の種子では、胚^{はい}にふく
まれるデンプンの種類が異なることがわかっています。デ
ンプンは、ブドウ糖が多数つながってできており、枝分か
れのあるものとなないものの2種類があります。丸形の種
子には枝分かれのあるデンプンが、しわ形の種子には枝
分かれのないデンプンが、主にふくまれています。枝分か
れのあるデンプンを多くふくむ丸形の種子は、水分をそ
れほど多くふくみません。したがって、乾燥させても形は
ほとんど変わらずに、まるみを保ちます。一方、枝分かれ



図2

エンドウの花のつくり



★1 花粉が同じ個体のめしべについて受粉することを、
自家受粉という。

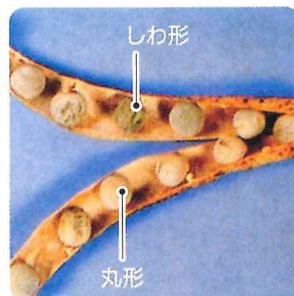


図3

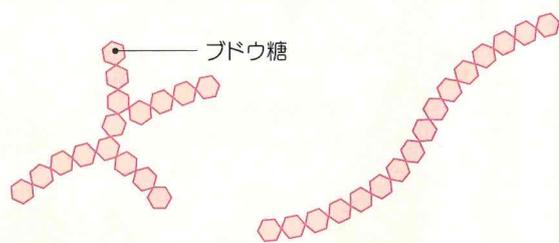
乾燥させたエンドウのさやと種子



★2 生物の個体間で受粉や受精を行うことを交配という。

★3 メンデルが実験を行った7つの対立形質
①種子の形(丸形・しわ形)、②子葉の色(黄色・緑色)、③さや
の形(ふくらんでいる・くびれている)、④さやの色(緑色・黄色)、
⑤茎^{くき}の長さ(長い・短い)、⑥花のつく位置(茎の側方・茎の先
端^{たん})、⑦花の色(紫色・白色)

発展 高校



枝分かれのあるデンプン

丸形の種子に
多くふくまれる。

枝分かれのないデンプン

しわ形の種子に
多くふくまれる。

のないデンプンを多くふくむしわ形の種子は、水分を多く
ふくみます。このため、乾燥させると多量の水分を失って、
しわが寄るのです。

● **メンデルの実験①《子に現れる形質》**

しわ形の種子をつくる純系^{じゆんけい}*1のエンドウの花粉を、丸形の種子をつくる純系のエンドウの花に受粉させた。こうしてできた種子(子にあたる個体)は、全て丸形になった(図1)。

● **メンデルの実験②《孫に現れる形質》**

実験①で得られた丸形の種子(子にあたる個体)を育てて自家受粉させると、できた種子(孫にあたる個体)には丸形としわ形の両方が現れた(図2)。丸形としわ形の数の比は、およそ3:1(5474:1850)になった。

★1 この学習では、しわ形の種子をつくる純系をしわ形の純系、丸形の種子をつくる純系を丸形の純系とよぶ。

子の代に現れない形質が、孫の代に現れることにも何か規則性があるはずだ。



メンデル

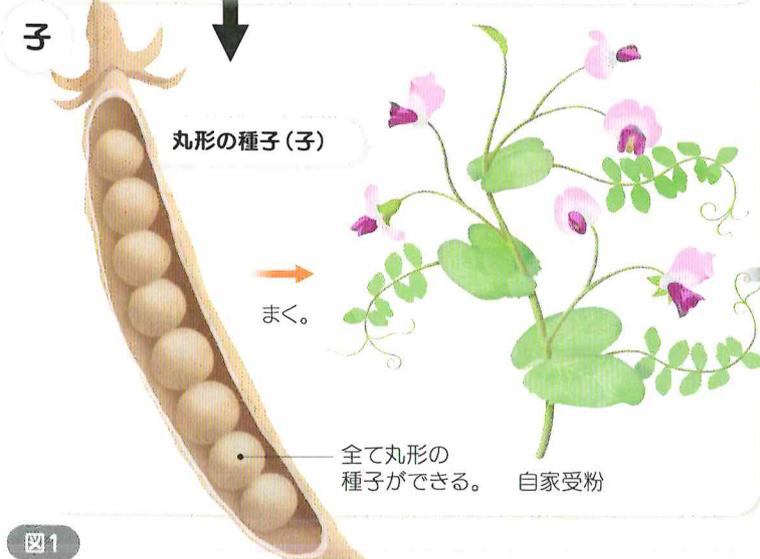
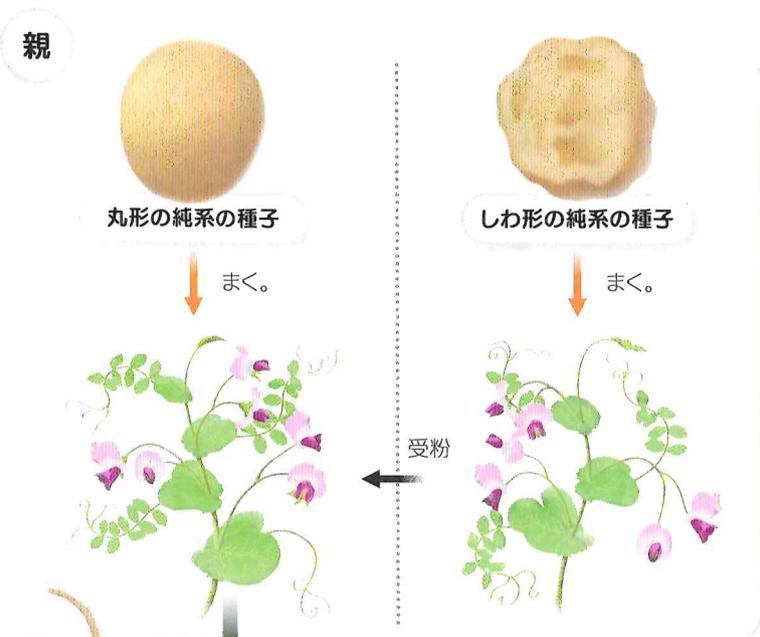


図1
メンデルの実験①

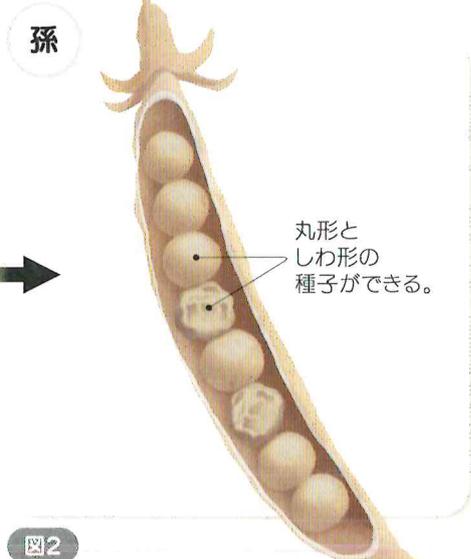


図2
メンデルの実験②

●メンデルの実験の結果

メンデルがエンドウの花を用いて行った実験（交配実験）の結果を整理すると、次のようになる。

ここがポイント

メンデルの実験の結果

- ◎子の代には、両親の一方の形質（丸形）だけが現れた。
- ◎孫の代には、両親の一方の形質（丸形）をもつ個体と、もう一方の形質（しわ形）をもつ個体が現れた。
- ◎孫の代の丸形としわ形の数の比は、およそ3：1になった。

子の代では、一方の親の形質は失われてしまったように見えるが、孫の代では再び両親の形質が現れる。子の代には現れなかった形質は失われたのではなく、かくれていたと考えられる。

メンデルはこの実験結果を説明するために、「形質のもとになるもの」の存在を仮定して、それは個体の中で2つずつあり、その2つは対になっていると考えた。メンデルが考えた「形質のもとになる、対になっているもの」は、現在、遺伝子とよばれているもののことである。

●分離の法則

生物のからだをつくる細胞の染色体は、**図3**のように、同じ形や大きさのものが2本（1対）ずつある*2。この2本の染色体は、両親から1本ずつ受けつがれたものである。この2本の染色体には、形質に対応する遺伝子が存在し、対になっている。例えば、エンドウの種子の形を決める遺伝子を、丸形はA、しわ形はaで表すことにすると、丸形の純系の遺伝子はAA、しわ形の純系の遺伝子はaaという組み合わせの対になる。

からだをつくる細胞で対になっている遺伝子は、減数分裂によってそれぞれ別の生殖細胞に入る（**図4**）。これを**分離の法則**という。受精によって、それぞれの生殖細胞にある遺伝子は、受精卵の中で再び対になり、新たな遺伝子の対をもつ子ができる。次はメンデルの実験を遺伝子に注目して見ていこう。

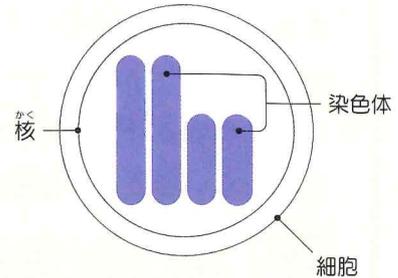


図3

細胞の中の染色体の模式図

★2 対をなす染色体を相同染色体という。

親

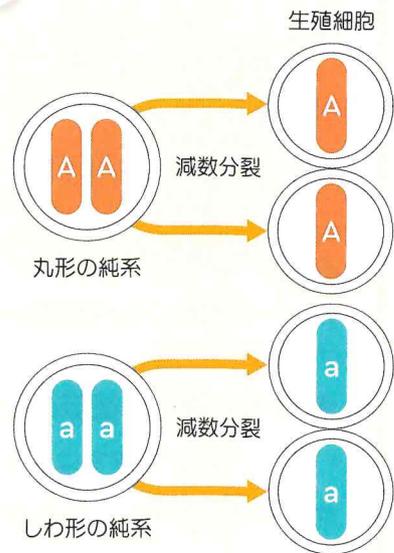


図4

分離の法則の模式図



● 親から子への遺伝のしくみ ~メンデルの実験①~

丸形の純系としわ形の純系の遺伝子の組み合わせは **図1** のように表され、分離の法則によって、丸形の純系のエンドウがつくる生殖細胞に存在する遺伝子はA、しわ形の純系のエンドウがつくる生殖細胞に存在する遺伝子はaとなる。丸形の純系としわ形の純系のエンドウを交配させると、遺伝子の組み合わせがAaの受精卵ができる。この受精卵が種子(子にあたる個体)になると、形は全て丸形になる (**図2**)。

メンデルの実験①では、子の代では両親の一方の形質だけが現れた。Aaという遺伝子の組み合わせをもつ子は、遺伝子aをもっているが、遺伝子Aが伝える形質(丸形)しか現れず、遺伝子aが伝える形質(しわ形)はかかれていた。対立形質の遺伝子の両方が子に受けつがれた場合 (**図2**)、丸形のように子に現れる形質を**顕性形質**(優性形質)、しわ形のように子に現れない形質を**潜性形質**(劣性形質)という*1。

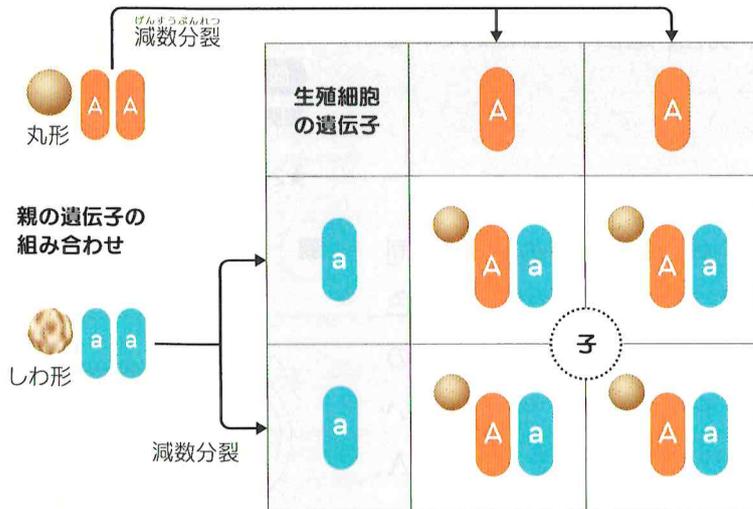


図2

メンデルの実験①における遺伝子の組み合わせ
子は全て丸形となる。

● 子から孫への遺伝のしくみ ~メンデルの実験②~

メンデルの実験では子から孫への遺伝子の伝わり方は規則性があるだろうか。子にあたる、遺伝子の組み合わせが「Aa」のエンドウどうしを交配させてできる孫の代の形質について、モデルを使って考えてみよう。

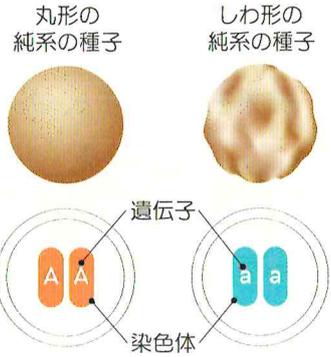


図1

丸形としわ形の純系の遺伝子の組み合わせ
遺伝子をアルファベットで表す場合、慣例的に、顕性形質を表す遺伝子は大文字で、潜性形質を表す遺伝子は小文字で表す。

★1 子に現れる形質を優性形質、現れない形質を劣性形質とよぶこともある。優性形質、劣性形質という用語は、その形質が子に現れるか現れないかという意味で使われており、その形質がすぐれているか、おとっているかという意味で使われるわけではない。



遺伝子の組み合わせ

実習の目的 2人1グループで遺伝子カードの組み合わせをつくり、子から孫への遺伝の規則性を調べる。

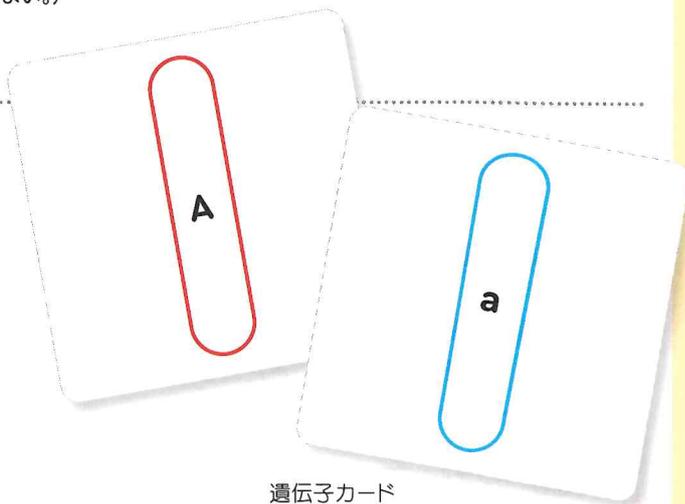
実習の方法

準備する物 □厚紙(色のちがうビー玉やおはじきなどでもよい。) □ふくろ(中が見えないもの) □記録用紙

ステップ 1

遺伝子カードを作成する

- 1 種子の形を丸形(顕性形質)にする遺伝子をA、しわ形(潜性形質)にする遺伝子をaとして、ひとりひとりが厚紙でAとaの遺伝子カードを1枚ずつ作成する。



遺伝子カード

ステップ 2

グループごとに遺伝子の組み合わせをつくり、表にまとめる

- 2 遺伝子カードを自分のふくろに入れる。2人で1グループとなる。
- 3 ふくろの中を見ないようにして、2人で同時に遺伝子カードを1枚ずつとり出し、遺伝子カードの組み合わせをつくる。
- 4 この遺伝子の組み合わせを記録用紙に記録する。
- 5 遺伝子カードをふくろの中にもどす。
- 6 ③～⑤を合計50回くり返す。(試行回数50回)

- ① ● カードを1枚とり出すことは、減数分裂で1つの生殖細胞に1つの遺伝子が入ることに対応する。
- 遺伝子の組み合わせをつくることは、受精に対応する。

理科の見方・考え方



試行回数が少ないと、たまたまどちらか一方が多くなるといった偶然性による影響が大きくなり、結果のばらつきが大きくなる。試行回数を多くすると偶然性は打ち消されるので、試行回数を多くするためにクラス全体でデータを処理するなどしてもよい。

結果の見方 ● 孫の代に、遺伝子の3通りの組み合わせがそれぞれ何回出現したかを求める。

考察のポイント ● 丸形としわ形が現れる回数の比は、試行回数とどのような関係があるか。

表1

あるクラスの遺伝子の組み合わせの例（試行回数50回）
試行回数^{★1}をふやすと、3:1に近づく。

グループ1の結果			グループ2の結果		
丸形	しわ形		丸形	しわ形	
AA	Aa	aa	AA	Aa	aa
12	25	13	11	27	12
37		13	38		12

グループ3の結果			グループ4の結果		
丸形	しわ形		丸形	しわ形	
AA	Aa	aa	AA	Aa	aa
12	23	15	13	24	13
35		15	37		13

★1 数学で学ぶこと

確率→中1



他教科の内容

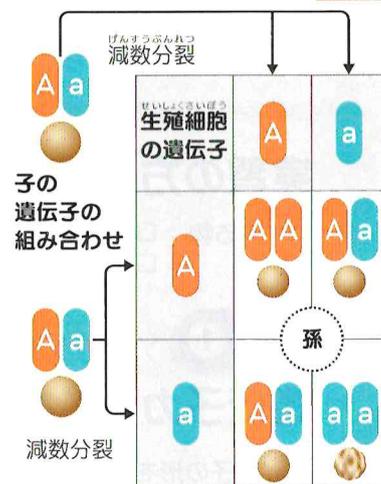


図1

孫の代の遺伝子の組み合わせ



シミュレーション

ふり
返り

探究をふり返ろう

実習1の結果(表1)から、メンデルの実験②の結果を実証することができただろうか。

私の実験では、孫の代で丸形：しわ形が3:1になったよ。



メンデル

表2 メンデルの実験の結果

形質		種子の形	さやの色	茎の長さ
親	顕性形質	丸形	緑色	長い
	潜性形質	しわ形	黄色	短い
子の形質		全て丸形	全て緑色	全て長い
孫に現れた 個体数	顕性形質	5474	428 } 580	787 } 1064
	潜性形質	1850		
孫の形質の比		丸形：しわ形 2.96:1	緑色：黄色 2.82:1	長い：短い 2.84:1

● 孫に現れる形質の個体数の比

メンデルが調べた対立形質は、どれも孫の代は顕性形質と潜性形質の比がおおよそ3:1になることがわかった(表2)。

実習1では、1つのグループだけでは、丸形：しわ形が3:1にならなかったけれど、クラス全体の結果をまとめると、メンデルの実験の結果に近づくね。

95ページの? に対する自分の考えをまとめよう。

(使用するキーワード→減数分裂、遺伝子)



【歴史にアクセス】



資料動画

メンデル 遺伝の規則性の発見

メンデルは1822年、農家に誕生
まず良かったが成績はよく、
上級の学校に進学

その後、修道院に入る

教師になるべく
試験を2回受けたが合格せず、

結局そのまま修道院に残った

メンデルの所属した
修道院は布教に加え
学術研究もさかんで、
さまざまな学者がいた

メンデルもここで
自然科学の研究に没頭していく

当時、親の形質が
混ざり合い、子の形質が
決まると考えられていた

また、どの世代にも現れる
形質と、ある世代では消え、
後からまた復活する
形質があることは
観察からわかってきた

混ざるのなら
子に現れず、
孫に現れるのは
おかしい……

メンデルは、このなぞに
ついて研究を始めた

メンデルはエンドウの
異なる形質を研究

それぞれのかけ合わせを何度もくり返した

そして8年後

うむ、
やはり
そうだ

形質は
粒子のようなもので、
次の世代に
伝わっていく

これは
すごい
発見だ

粒子は
ペアになっていて、
それが2つに分かれて
子に伝わる

そして粒子のペアの形質には、
「より下の世代に伝わっていきやすいもの」と
「そうでないもの」があるんだ

メンデルは粒子（のちに遺伝子とよばれるもの）の存在を
世界で初めて発見し、
分離の法則などを発表しました

しかし、当時は数学を
用いて生物を分析する
というアイデアが
理解されず、

研究成果は
評価されなかった

彼の研究が脚光を浴びたのは
1900年

見つけた!!

エーリヒ・フォン・チェルマク

ユージョー・ド・フリース

カール・コレンス

メンデルの死後、同様の研究を
独自に進めていた3人の研究者が、
それぞれに遺伝の法則を発見する

34年前に
もう発見されてた!?

こうしてメンデルの功績は
死後に評価された

メンデルが明らかにした
基本原理は、今でも
遺伝学の基礎をなしている

2 遺伝子の本体と研究成果の活用

図1のように、トウモロコシの入ったかんづめの表示を見てみると、「遺伝子組換えでない」と書かれていた。遺伝子組換え → P.104 のトウモロコシと、遺伝子組換えではないトウモロコシのちがいなどについて調べていこう。

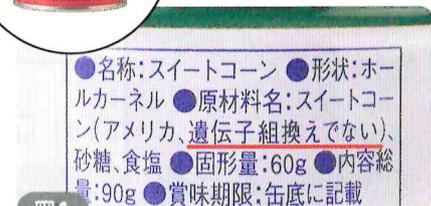


図1 トウモロコシのかんづめの食品表示

？ 遺伝子の本体とその研究成果は、どのように利用されているだろうか。

遺伝子は染色体の中に存在する。遺伝子の本体は、DNA^{★1} (デオキシリボ核酸) といい、染色体にふくまれる物質である。染色体の中に存在する遺伝子是不変ではなく、染色体が複製される際に → P.80、遺伝子の本体であるDNAに変化が起きて^{★2}、子に伝えられることがある。このような場合には、親や祖先に現れなかった形質が子に現れることがある。

★1 DNAは、deoxyribonucleic acid (デオキシリボ核酸の英語名) の略称である。

★2 DNAの一部が失われたり、置きかわったりなどの変化が起きることで、子の形質に影響を及ぼすことがある。

調べて発表しよう

遺伝子やDNAに関する研究成果について、調べた事例をまとめて発表し合おう。



基礎操作

情報収集のしかた

実験や観察、調査を行ってレポートをまとめるときには、図書室の本や新聞のほかに、インターネットの検索サービスなどを活用して情報を集めるとよい。その際、以下の点に注意する。 → P.2

- 他人のつくった文章や画像を作者の許可なく使うことは、法律で制限されているので、注意が必要である。
- 他人の文章などを参考にした場合は、必ず作者名や本の名前、出版年、出版社名などをレポートに記録しておく。
- 情報には誤ったものや、危険なものがあることに注意する。

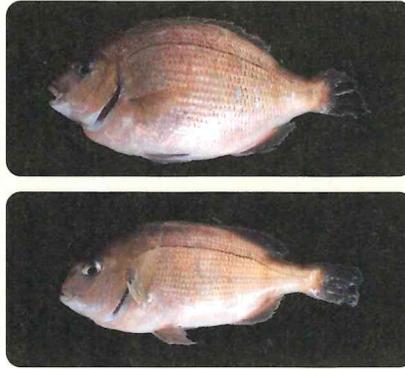




資料動画



遺伝子組換えトウモロコシ(上)と非遺伝子組換えトウモロコシ(下)
遺伝子組換えにより害虫に食べられないもの、除草剤でかれないものなどができた。



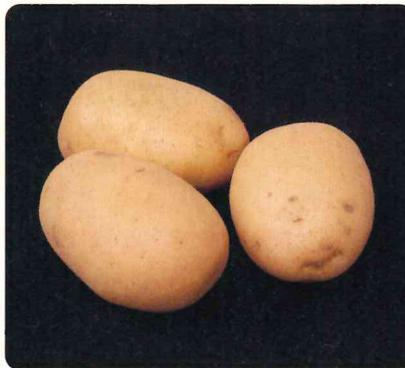
「肉厚マダイ」(上)と通常のマダイ(下)
上の写真の「肉厚マダイ」は、通常のマダイのDNAの一部を除いてつくられた、筋肉がふえたマダイである。



バイオ燃料
光合成を行う生物などから燃料(油など)をつくる研究が進められている。



緑色に光る絹糸でつくられたドレス
光るクラゲの蛍光色にかかわる遺伝子を入れた遺伝子組換えカイコによって、光る糸が作られる。



毒素を低減させたジャガイモ
ジャガイモにふくまれる天然毒素(ソラニンやチャコニンなど)により中毒を起こすことがある。遺伝子を変化させる技術を使い、毒素を低減させたジャガイモが開発されている。



インスリン
糖尿病患者の治療薬として用いられており、遺伝子組換え技術の活用によって大量生産ができるようになった。



世界各地で栽培されているイネの果実
種子の数が多品種、洪水に強い品種、病気に強い品種など、さまざまな種類のイネが開発されている。

青色のバラやカーネーション
かつては青色のバラは存在しなかった。遺伝子組換えによってつくられた品種である。



図2 遺伝子やDNAを活用したさまざまな例

● 現在にいたるまでの遺伝子やDNAの活用

人類は、自然に起こった遺伝子（DNA）の変化によって個体の性質が変化したものを見つけだしたり、交配の組み合わせを変えたりすることで品種改良を行ってきたが、長い年月と手間がかかっていた。近年、遺伝子やDNAに関する研究はめざましく発展し、その研究の成果が農業、食料、医療、環境など、さまざまな分野で活用^{★1}されている →P.103。例えば、異なる種類の生物や、別の個体の遺伝子を入れる遺伝子組換え^{くみか}という技術がある。これにより比較的短時間で、より正確に目的とするものをつくり出すことができるようになった。今後も研究は進み、より画期的な技術により、私たちの生活はよりよいものになっていくだろう。しかし、それらの技術によってうみ出されたものによる生物や環境への影響^{えいぎょう}は、はっきりしていないことが多いため、どのようにつき合っていけばよいのか考え続けていく必要がある。

★1 技術・家庭で学ぶこと

生物育成の技術
→中学 技術



他教科の内容

食物アレルギーと原因物質検査への活用

3年O組 ○○○○
△△△△

【動機】
おうちの身のまわりには、卵や豆、カニなどのアレルギーの原因となる食品がたくさんあります。お母さんが食べているお肉のお弁当にも、アレルギー物質として「卵成分・小麦・大豆」と書いてありました。アレルギー検査には、遺伝子やDNAに関する技術が使われています。これを聞き、くわしく調べたいと思いました。自然現象や生物の遺伝子検査について調べたいです。

【調べ方】 図書館にある本や、インターネットを使って調べました。
【調べた結果】

食品にふくまれるDNAの中に、カニやエビ、小麦などの生物のDNAがふくまれているか調べることで、それらの原材料がふくまれている食品かどうかを知ることができます。

① 食品のDNAを抽出する。② DNAをPCRで増幅する。③ PCR産物を電気泳動して、DNAの長さをはかる。

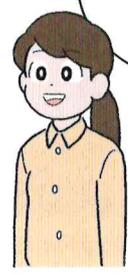
図1

遺伝子やDNAに関する研究成果について調べたレポート例

私たちは食物アレルギー検査について調べました (図1)。

! 102ページの(?)に対する自分の考えをまとめよう。
(使用するキーワード → 遺伝子、DNA)

利点だけでなく、欠点も考えることが必要だね。



活用 **学びをいかして考えよう**
調べた事例のメリットとデメリットを考えてみよう。

おてがる科学 **発展 | 高校**

身近な食物のDNAをとり出してみよう

- ① 食塩水(水200 cm³に食塩10 gを加えたもの)に家庭用食器洗剤1 gを入れ、よくかき混ぜる(DNA抽出液)。
- ② DNAをとり出す材料(ブロッコリーの花芽10~15 g、鳥のレバー60 gなど)をペースト状になるまですりつぶす。
- ③ ②にDNA抽出液30 cm³を加えておだやかにかき混ぜる。
- ④ レバーの場合、かき混ぜた後、ピーカーごと80℃のお湯で10分あたためる。
- ④ ③の液をガーゼでこす。
- ⑤ こした液と同量の冷やしたエタノール(約30 cm³)をピーカーのかべに伝わらせながら入れる。



ブロッコリーの花芽からとり出したDNA



資料動画



【なるほどね!】

DNA

DNA分子の構造は、模式的に示すと2本のリボンがらせん状に巻きつき合った構造をしています。これを二重らせん構造といいます(図2)。DNAは図2のように、A、T、G、Cの記号で表される4種類の構成要素が多数並んでいる物質です。多様な生物が存在するのは、主にDNAのこれらの構成要素の、並び方のちがいによるものです。DNAは簡単には変化しないため、形質は何代にもわたって正確に子孫に伝えられます。しかし、長い間に、さまざまな原因によって変化することがあります。DNAのもつこれらの特性は、長い生命の歴史のなかで、形質が変化した生物が出現し、進化(→P.111)が起こるしくみにとって重要であると考えられています。

私たちのからだをつくる全ての細胞の中には、内容的に等しい遺伝子がふくまれています。遺伝子の本体は

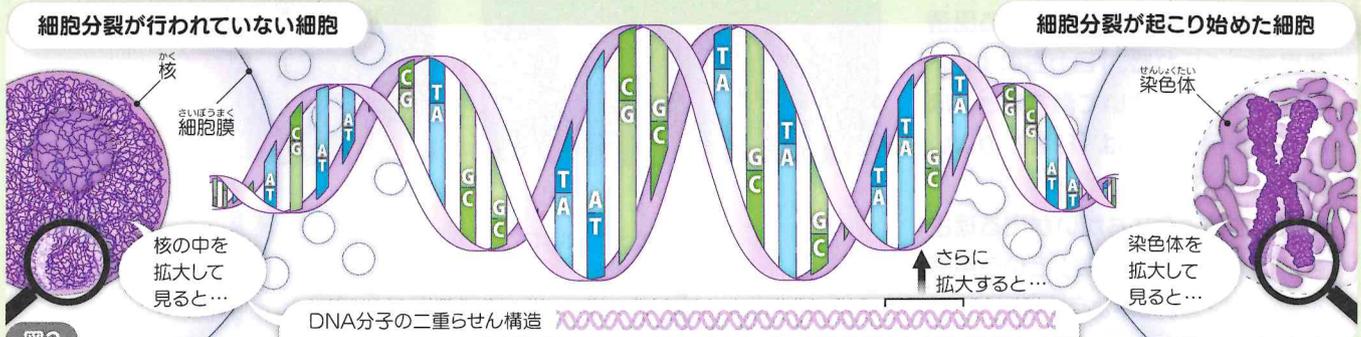


図2 DNA分子の構造の模式図

突然変異

エンドウの丸形の種子をつくる遺伝子Aと、しわ形の種子をつくる遺伝子aは、最初から両方があったわけではなく、丸形の形質に関する遺伝子に変化が起きて、もう一方の遺伝子ができたと考えられています。その結果、種子の形(形質)が変化しました。このような遺伝子の変化のことを突然変異といい、エンドウの種子の形のほかに、図4のような例があります。

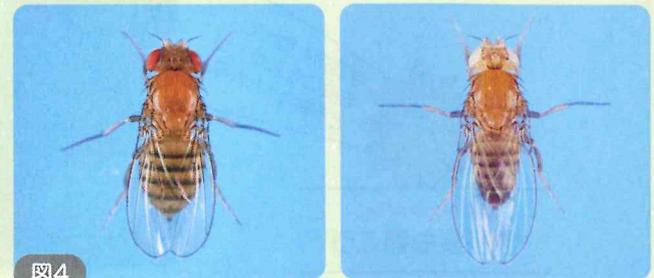


図4 キイロショウジョウバエの目の色
キイロショウジョウバエの目の色は通常赤いが(左)、遺伝子に突然変異が起こり、それが次の世代に伝わると、目の色が白色の個体(右)が生まれることがある。

DNAです。より詳しくいうと、DNAの4種類の構成要素の並び方が、遺伝子として意味をもちます。第1章で学んだように、体細胞分裂が行われる際には、染色体が複製されます。このときに染色体の中のDNAも複製されます(図3)。複製されたDNAは、4種類の構成要素の並び方が、複製される前のDNAと同じになっています。このようにDNAが正確に複製されるため、どの細胞にも内容的に等しい遺伝子がふくまれることになるのです。

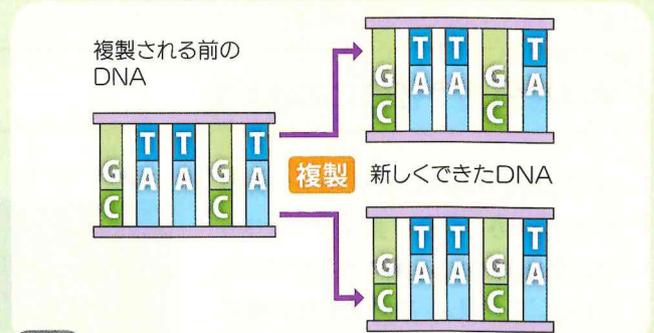


図3 DNAの複製



資料動画



学んだことをチェックしよう

1 遺伝の規則性 → P.95, 97

- エンドウの種子には、丸形としわ形があり、1つの種子にはどちらかの形質しか現れない。この丸形としわ形のように、対になっている形質を()という。
- 生殖細胞がつくられるとき、対になっている遺伝子が別々の生殖細胞に入る。この法則を()という。

2 遺伝子の本体と研究成果の活用 → P.102, 103

- 遺伝子の本体は、()である。
- 遺伝子やDNAを操作する技術を活用した例を1つあげなさい。

学びを生活や社会に広げよう

右の写真の「四角いスイカ」は、果実ができ始めてから、強化プラスチックの型枠にはめて育てることによってつくられる。しかし、このスイカの種子をまいて育てると、「四角いスイカ」はできず、「丸いスイカ」ができる。

一方、遺伝子組換え技術による品種改良でつくられた、「日もちのよいトマト」の種子をまいて育てると、ほとんどの種子からは「日もちのよいトマト」ができる。

両者でこのようなちがいが出る理由を、「遺伝子」と「形質」という用語を使って説明してみよう。

— 自分の考えをノートに書こう —



学習前と比べて自分の考えがどう変わったかな。

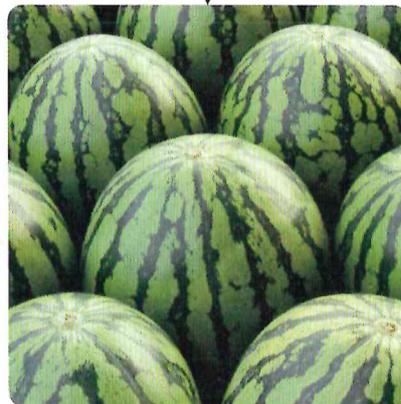
Before & After
学習後も書こう

遺伝子とは何だろうか。

四角いスイカ



↓
種子をまいて育てる。

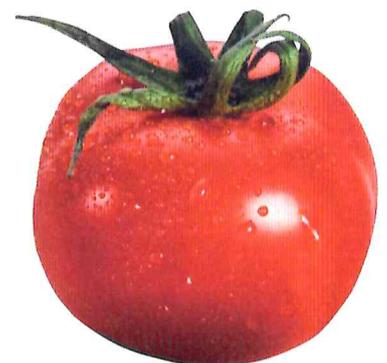


丸いスイカができる。

日もちのよいトマト



↓
種子をまいて育てる。



ほとんどの種子からは、日もちのよいトマトができる。