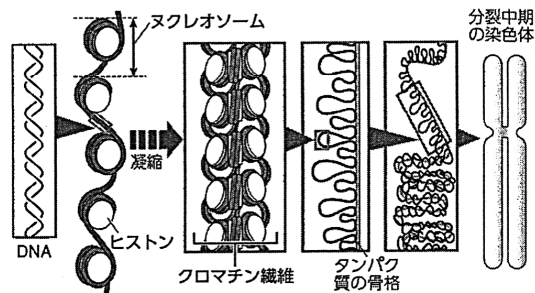


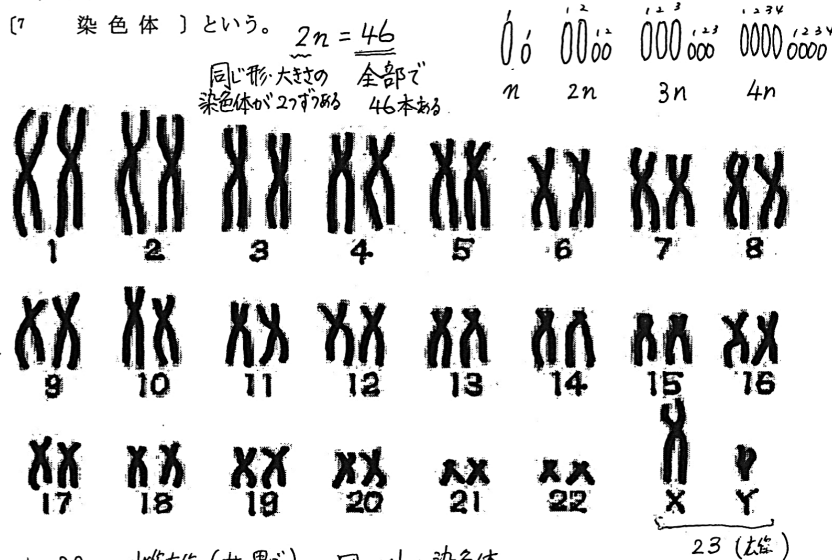
19 遺伝子と染色体

A 染色体の構造

(1) 染色体の構造 真核細胞では、核内のDNAは[1]とよばれるタンパク質に巻きついて、[2]を形成している。ヌクレオソームは積み重なって、[3]とよばれる構造をつくっている。細胞分裂のとき、クロマチン繊維はさらに折りたたまれ、太く短い[4]をつくる。



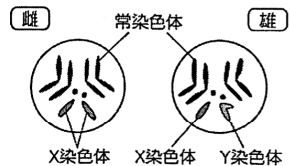
(2) 染色体の構成 体細胞に見られる、同形・同大の対をなす染色体を[5]という。相同染色体がn対あるとき、体細胞の染色体数は2nである(ヒトでは2n=46)。また、雌雄で構成の異なる染色体を[6]染色体)といい、性染色体以外の染色体を[7]染色体)という。



1~22 - 雌雄(女男) 同の染色体
共通でもつ - 常染色体

23 ... 雌(女)は XX
雄(男)は XY
雌雄が異なり
... 性染色体

(3) 性と染色体 ヒトやキロシヨウジョウバエなどの性染色体では、雌雄に共通して見られるほうを[9] X染色体)といい、雄にしか見られないほうを[10] Y染色体)という(雌はX染色体を2本もち、雄はX染色体とY染色体を1本ずつもつ)。



性染色体と性決定

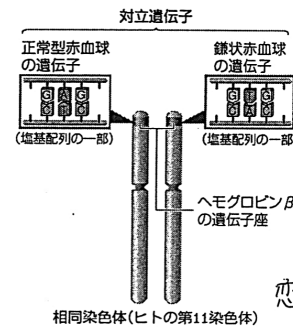
ヒトの場合 ホモ(XX)が雌、ヘテロ(XY)が雄となるが生物によっては逆のものもある。

例 ニワトリ ホモ(ZZ)が雄、ヘテロ(ZW)が雌

- 雄ヘテロ型 ... 雌はホモ型
- 雌ヘテロ型 ... 雄はホモ型
- XY型 XX 雌, XY 雄
- ZW型 ZZ 雄, ZW 雌
- XO型 XX 雌, X 雄
- ZO型 ZZ 雄, Z 雌

B 染色体と遺伝子

(1) 染色体と遺伝子座 遺伝子が染色体に占める位置を[11]という。また、相同染色体上の同じ遺伝子座に存在する異なる型の遺伝子を[12]という。

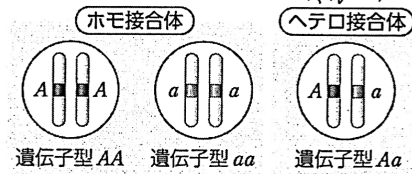


対立遺伝子
血液型のA, B, O
おのれ一重, 二重
f₁f₂

ホモ... () という意味
ヘテロ... ()

恋愛対象の性別が自分の性別と
同じ...ホモセクシャル
異なり...ヘテロセクシャル

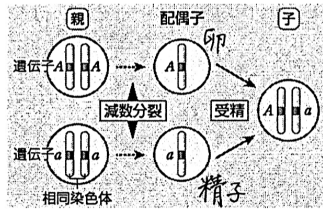
(2) 遺伝子型 ある個体や配偶子のもつ遺伝子の構成を[13]遺伝子型)といい、アルファベットなどの遺伝子記号で表される。また、着目する遺伝子座にある対立遺伝子が同じ個体を[12]という、異なる個体を[13]という。



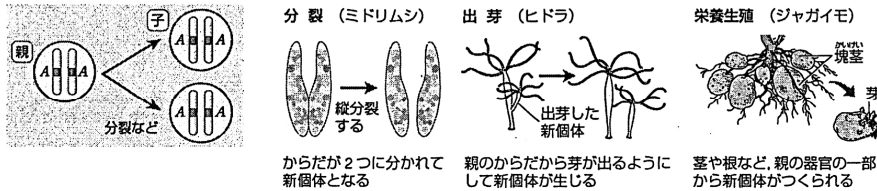
20 減数分裂

A 遺伝情報の分配

多くの多細胞生物では、生殖にかかわる細胞である [1] 細胞がつけられる。生殖細胞のうち、卵や精子のように合体 (接合) して新個体となる細胞を [2] といひ、特に卵と精子の接合を [3] といひ。配偶子の合体による生殖法を [4] 生殖といひ、配偶子は、染色体数を半減させる [5] を経て形成される。



配偶子によらない生殖法である [6 無性生殖] には、分裂、出芽、栄養生殖などの方法がある。このような生殖法では、生じる新個体の遺伝情報は親とまったく同じになる。

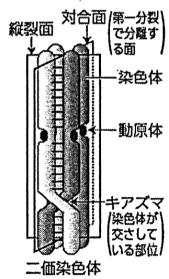


B 減数分裂の過程

(1) 第一分裂 前期には、[6 相同] 染色体どうしが対合して [7] となる。このとき、相同染色体の間で交差が起こり、染色体の一部が交換される [8] が起こる場合がある。中期には、二価染色体が [9] に並び、後期になると二価染色体が対合面から分かれて両極に移動する。終期には細胞質が分かれて2個の細胞となるが、DNAを複製せずに第二分裂前期に入る。

(2) 第二分裂 第一分裂で分離した染色体は、それぞれ第二分裂中期に赤道面に並ぶ。後期には2本の染色体が付着している面 (縦裂面) で分離して、それぞれが両極に移動する。終期には細胞質分裂が起こる。こうして、1個の母細胞から、染色体数の半減した4個の娘細胞ができる。母細胞 → 分裂前の細胞 娘細胞 → 分裂できた細胞

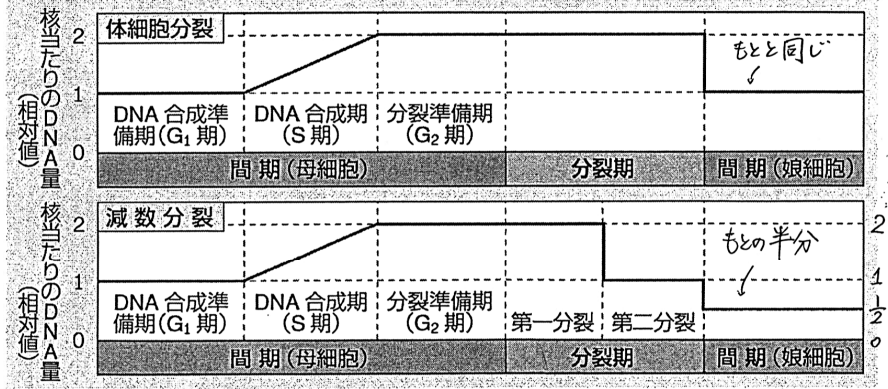
体細胞分裂との違い
 体細胞分裂... 分裂しても染色体の対の数が変わらない (分裂により元と同じコピーがつけられる)
 減数分裂... 分裂すると染色体の対の数が半分になる
 他に、
 ・二価染色体ができる
 ・第一分裂と第二分裂がある



間期 (母細胞)	第一分裂		
	前期	中期	後期
2n = 4	7 明確な核が消え、相同染色体が対合し (7) をつくる。	10 紡錘体ができ赤道面に並ぶ。	2n = 4 両極に移動する。
終期/前期	中期	後期	終期
細胞板ができ細胞が二分される。	紡錘体ができ赤道面に並ぶ。	両極に移動する。	細胞板ができ細胞が二分される。
		n = 2	n = 2
			間期 (娘細胞)

前期... 核が消えて染色体がむき出しになる 中期... 細胞中央 (赤道面) に染色体が並ぶ
 後期... 端に染色体が移動する 終期... 細胞が分かれる (核が復活する)

(3) 減数分裂とDNA量の変化 減数分裂では、間期にDNA量が2倍となった後、2回の連続した分裂が起こる。そのため、娘細胞1個当たりのDNA量は、母細胞の [11] となる。
 分裂前にDNAを2倍にする



<メンデルの遺伝の法則>

21② 遺伝子の多様な組み合わせ

A メンデルの遺伝の法則

生物がもつ、形や形質などの特徴を [1 形質] といい、形質が親から子に伝わる現象を [2 遺伝] という。1865年、オーストリアの [3] は、エンドウを用いた実験により、次の3つの遺伝の法則を発見した。

- [4 の法則] ... 形質には優性と劣性があり、雑種第一代(F₁)には優性の形質が現れる。
- [5 の法則] ... 配偶子が形成される時、対立遺伝子は互いに分離して、別々の配偶子に入る。
- [6 の法則] ... 2つ以上の対立形質は、他の対立形質に関係なく、それぞれ独立に遺伝する。

遺伝に関する基礎用語

- [7 対立形質] ... 互いに対立し、対をなしている形質 例 丸としわ
- [8 遺伝子型] ... 遺伝子の組み合わせを遺伝子記号を用いて表したもの 例 AA, aa
- [9 表現型] ... 実際に現れる形質 例 丸, しわ
- [10 ホモ接合体] ... 同じ遺伝子を対にもつ個体 例 AA, aa ⇒ 純系ともい
- [11 ヘテロ接合体] ... 対立遺伝子を対にもつ個体 例 Aa ⇒ 雑種ともい

【例題2】

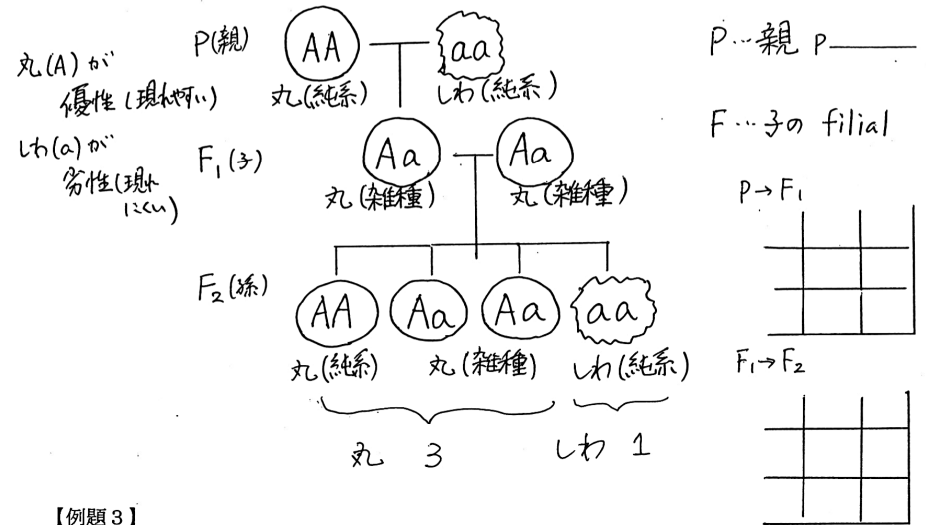
次の文の () に適する語を書け。

- (1) 遺伝の法則をはじめて発見したのは (①) である。
- (2) (①) が仮定した、形質を決めるもととなり、配偶子によって子に伝えられる要素を (②) という。
- (3) 遺伝の3法則とは、(③) の法則、(④) の法則、(⑤) の法則である。
- (4) 何代自家受精をくり返しても同じ形質しか現れないものを (⑥) という。

41
43

B 一遺伝子雑種 ... 中学理科で扱ったエンドウの種子(豆)の遺伝

- ① 1組の対立形質に着目して交雑したときに得られる雑種。
- ② 優性ホモ接合体(AA)と劣性ホモ接合体(aa)を交雑すると、F₁には [12 優性] の形質のみが現れる。 → 同じ個体にある雄いと雌いどで受粉を起させること
- ③ F₁を自家受精して得られた雑種第二代(F₂)では、表現型の分離比が、優性形質:劣性形質 = [13 3 : 1] の割合で現れる。



【例題3】

- ショウジョウバエの体色は、正常体色(茶色)と黒体色がある。両系統を交雑したところ、F₁はすべて正常体色となり、F₂には両方の形質のものが現れた。次の問いに答えよ。
- (1) 正常体色、黒体色のどちらが優性の形質か。... 現状可い方が優性
 - (2) F₂で、正常体色と黒体色は、どのような比で現れるか。... F₂はF₁どうしを交雑してできた子(孫)
 - (3) 優性の形質を表す遺伝子をB、劣性をbとして、Pの正常体色個体、黒体色個体および、F₁の遺伝子型を書け。
 - (4) F₁とPの黒体色個体を交雑させると、正常体色と黒体色はどのような比で現れるか。

42
44

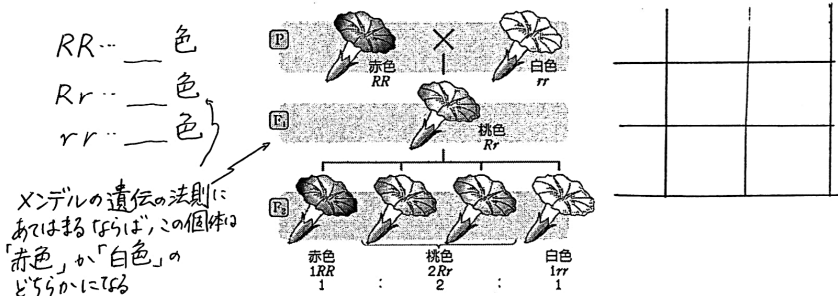
<メンデルの遺伝の法則にあてはまらないケース>

21③ 遺伝子の多様な組み合わせ

A 不完全優性

マルバアサガオの赤い色の花(RR)と白色の花(rr)の品種を交雑すると、F₁はすべて桃色(Rr)となる。これはRとrの優劣関係が不完全なため、この関係を[]という。また、得られた桃色の個体のように、両親の中間の形質を現すものを[]という。

F₂の分離比は、赤色 : 桃色 : 白色 = [] : [] : []



【例題4】

オシロイバナの赤色の花と白色の花の品種を交雑したところ、F₁はすべて桃色の花になった。赤色の遺伝子をA、白色の遺伝子をaとして、次の問いに答えよ。

- Pの赤色の花、白色の花および、F₁の桃色の花の遺伝子型を書け。
- F₁の桃色の花を自家受精させて得られるF₂について、表現型の分離比を書け。

43
45

B 複対立遺伝子

ヒトのABO式血液型には、A型、B型、AB型、O型の4つの表現方法がある。血液型を決める遺伝子には、A、B、Oの3種類があり、AとBはともにOに対して優性でAとBの間には優劣関係はない。このように3つ以上の遺伝子が対立関係にあるとき、これらの遺伝子を[]という。

血液型

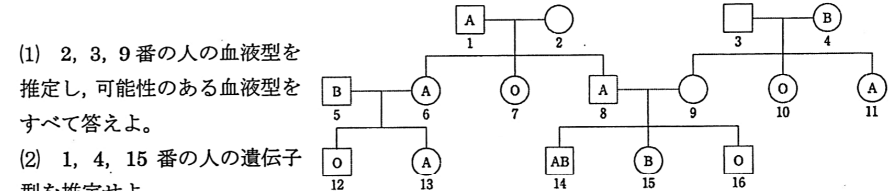
A, B, Oの3つの遺伝子が
A型, B型, O型, AB型の
4つの血液型が決まる

表現型	遺伝子型
A型	AA, AO
B型	BB, BO
AB型	AB
O型	OO

AとO... Aが優性 O < A
BとO... Bが優性 O < B
AとB...
⇒ Aをもつ... A型
Bをもつ... B型
AとBをもつ... AB型

【例題5】

下図は、ある家系を調査した結果をまとめたものである。図で○は女性を、□は男性を表し、1~16の番号で個人々人を区別している。○あるいは□の中にABO式血液型を記入しているが、不明の場合は記入していない。次の各問いに答えよ。



- 2, 3, 9番の人の血液型を推定し、可能性のある血液型をすべて答えよ。
- 1, 4, 15番の人の遺伝子型を推定せよ。
- 14番の男性がAB型の女性と結婚した場合、生まれてくる子の血液型とその可能性を%で答えよ。

例⑤ 血液型の遺伝子は両親から1つずつ引き継ぐ。AB型は「AB」、O型は「OO」の組合せしかない
(半分は母親から、もう半分は父親から)

(1) 9の人... このような問いは加減する方が早いから考える (ABもOもいる方が早い)

8 (A型) x 9 (?型) → 14 (AB型), 15 (B型), 16 (O型)

AB型の子がいる ⇒ 片方の親はA, 片方の親はBとわかる
O型の子がいる ⇒ 両方の親はOとわかる

①, ②を組みあわせると、一方の親はAO, 片方の親はBOとわかる ⇒ 9の人は AO と遺伝子型は BO

30人
3/? x 4/B? (B型) → 0/O型, A/A型
子にA型いる ⇒ 親(3か4)の片方はAを1つ持つ
⇒ 4の人はB型である? 4の人がAをもつのは早い
⇒ 3の人は少なくともAを1つ持つ
3の人がAAと仮定すると子にO型はいないはずである ⇒ 矛盾するからAAではない

よって30人はAAではないからAO
よって30人は AO 型

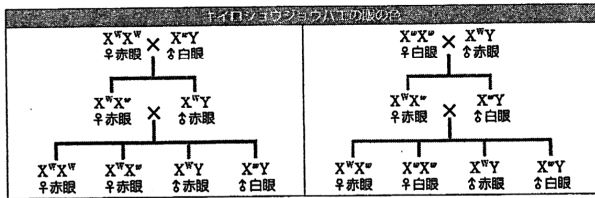
20人
1/A? x 2/? (A型) → 0/O型, A/A型
子にO型がいるので両方の親もOを1つ持つ ⇒ 4はAO, 2はO

よって20人は AO 型

46

㉔ 伴性遺伝

遺伝子が性染色体上にある場合は、性別によって遺伝の結果が異なる。このような遺伝を() という。

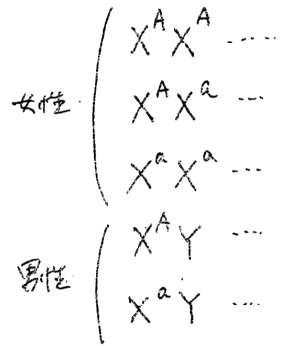


() ... (色盲とも呼ばれていた) も伴性遺伝の例

() によく見られる

A ... 正常の遺伝子

a ... 色覚異常の遺伝子



$X^A X^a$
この人は X^a をもつが
異常が現れない
このような組合せの人を
() という

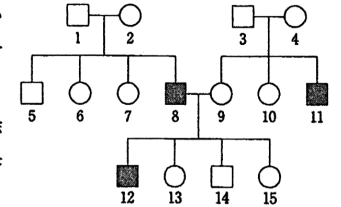
【例題6】

次の図は、ある血友病患者の家系を調査したものである。○は女性、□は男性、■は男性の血友病患者を表し、1~15の番号で個人を区別している。なお、ヒトの性の決定様式はXY型であり、血友病の遺伝は、X染色体上の劣性遺伝子によることが知られている。これについて、下の各問いに答えよ。

(1) この家系の血友病が、家系図中に生じた突然変異でないとするとき、血友病の遺伝子をもつことが確実な人の番号をすべてあげよ。

(2) (1)の解答をもとにして考えた場合、確実にもつ人を除き、血友病の遺伝子をもつ可能性があると考えられる人の番号をすべてあげよ。

(3) 図の女性が血友病でない男性と結婚して、生まれてくる子が血友病である可能性を、男性の場合と女性の場合に分けてそれぞれ%で答えよ。



〈メンデルの遺伝の法則にあらはれないケース〉

21① 遺伝子の多様な組み合わせ

A 減数分裂による遺伝子の組み合わせ

- (1) 遺伝子の独立 図1の遺伝子A(a), D(d)のように、異なる染色体上に存在する遺伝子は [1] しているという。独立している遺伝子は、減数分裂において、互いに影響しあうことなく配偶子に分配される→ [2] 独立の法則]。
- (2) 遺伝子の連鎖と組換え 図2の遺伝子A(a), B(b)のように、同一の染色体上に存在する遺伝子は [3] しているという。これらの遺伝子の中で染色体の [4] 乗換え] が起こる場合、乗換えを起こした染色体では、新たな遺伝子の組み合わせができる (遺伝子Aとb, および遺伝子aとBが新たに連鎖する)。これを遺伝子の [5]] という。
- (3) 組換え価 全配偶子のうち、組換えを起こした配偶子の割合 (%) を [6]] という。

独立... 1本の染色体に1種類の遺伝子だけがある状態 (中学でやったのはこう)
連鎖... 1本の染色体に複数の種類の遺伝子がある状態 (新しく出した内容)

$$\text{組換え価 (\%)} = \frac{\text{一部}}{\text{全体}} \times 100$$

図1

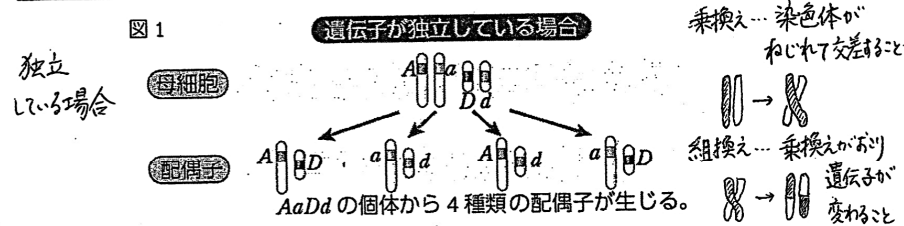
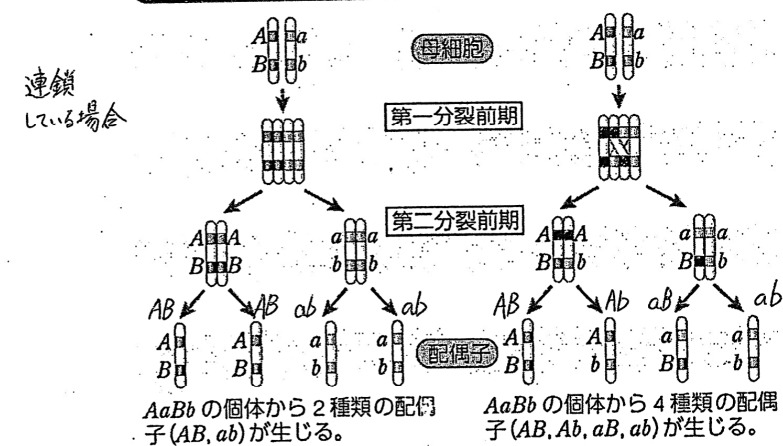


図2 8~9割以上、普通はこう

染色体の乗換えが起こらない場合 全体の数%~数+%くらい、一部は



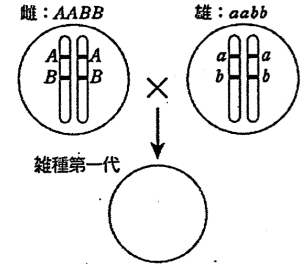
B 受精による遺伝子の組み合わせ

減数分裂では、配偶子への染色体の分配と遺伝子の組換えによって、配偶子の種類は膨大なものになる。その配偶子どうしの受精によって生じる子の遺伝子型はさらに多様になる。このように、有性生殖では、減数分裂と受精によって、きわめて多様な遺伝子の組み合わせが生じることになる。

【例題1】

図は、ある生物(2n=2)の雄雌の体細胞における、2組の対立遺伝子A(a), B(b)と染色体の関係を示したものである。

- (1) 図の雑種第一代がつくった配偶子200個の遺伝子型を調べたところ、遺伝子型がAB, abの配偶子が80個ずつあり、Ab, aBの配偶子が20個ずつあった。このとき、遺伝子A-B間の組換え価 (%) を求めよ。

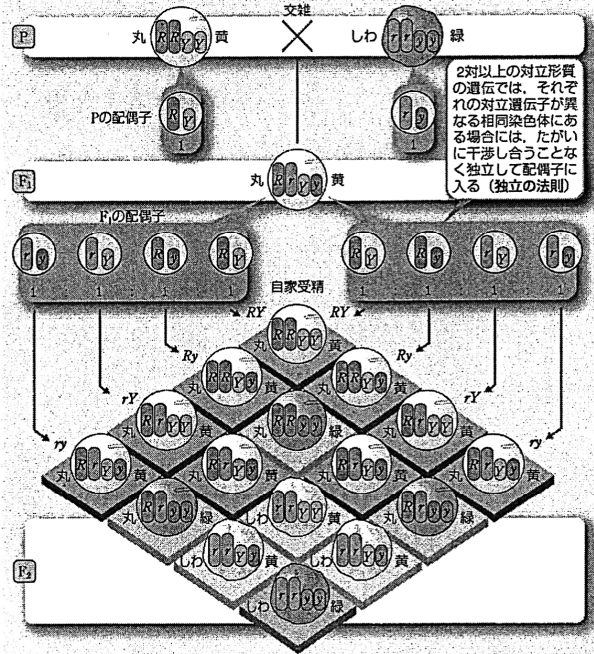


- (2) 遺伝子A-B間の組換え価 (%) が10%の場合、図の雑種第一代がつくった配偶子が全部で100個あるとすると、遺伝子型がAB, Ab, aB, abの配偶子は理論上何個ずつあるか。

21④ 遺伝子の多様な組み合わせ

A 二遺伝子雑種

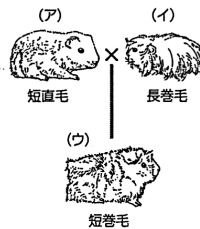
- ① 2組の対立形質に着目して交雑したときに得られる雑種。
- ② 二遺伝子雑種のF₂は、表現型が9:3:3:1の割合で現れる。



【例題7】

モルモットには、体毛を短毛にする遺伝子Aと長毛にする遺伝子a、巻毛にする遺伝子Bと直毛にする遺伝子bがある。Aはaに対して、Bはbに対してそれぞれ優性で、独立して遺伝する。いま、(ア)短毛で直毛の雌と(イ)長毛で巻毛の雄を両親として交雑したところ、F₁はすべて(ウ)短毛で巻毛の個体であった。

- (1) 文中に示された下線部(ア)、(イ)、(ウ)の個体の遺伝子型をそれぞれ答えよ。
- (2) (ウ)の雌と、長毛で直毛の雄を交雑した。
 - ①(ウ)のつくる配偶子の遺伝子の組み合わせの種類と、その比を求めよ。
 - ②生じる子の表現型と、その分離比を求めよ。
- (3) (ウ)の雌雄を交雑すると、子の表現型の分離比はどのようになるか。



B 検定交雑

→ aa, rr, yy など
 劣性ホモ接合体と交雑することにより、もとの個体の遺伝子型が推定できる。
 このような交雑を [] という。

【例題8】

あるネズミには、毛の色が黒色のものと白色のものがある。これらのネズミを用いて次の実験に示す交配を行い、それぞれの結果を得た。
 これらの結果から、実験に用いた⑦~⑩のそれぞれの個体の遺伝子型を推定せよ。ただし、優性遺伝子をA、劣性遺伝子をaとして答えよ。

- [実験1] 黒⑦ × 白⑧ (結果) 黒12匹
 [実験2] 黒⑨ × 白⑩ (結果) 黒6匹 白6匹
 [実験3] 黒⑦ × 黒⑨ (結果) 黒9匹 白3匹

【例題9】

エンドウの種子の丸(A)はしわ(a)に対して劣性であり、子葉の黄色(B)は緑色(b)に対して優性である。遺伝子型の不明な丸・黄に劣性ホモのしわ・緑(aabb)を交雑したところ、丸・黄:丸・緑:しわ・黄:しわ・緑=1:0:1:0となった。次の問いに答えよ。

- (1) 遺伝子型の不明な丸・黄から生じる配偶子の遺伝子型とその分離比を書け。
- (2) この丸・黄の遺伝子型を書け。
- (3) 劣性ホモの個体を交雑して相手の遺伝子型を推定することを何というか。