

添削問題の準備（5回目）

摂南大学理工学部生命科学科

添削問題の準備には基本事項と例題が用意されています。添削問題に取り組む前に基本事項を確認し、例題に取り組んでください。途中であきらめないで、がんばってください。

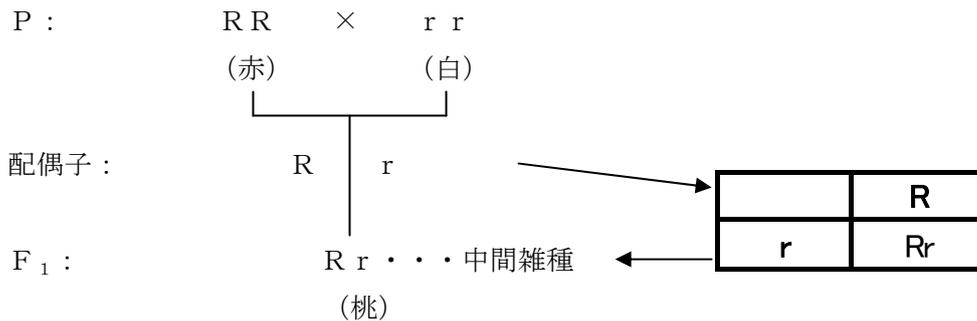
基本事項

4回目では、遺伝の基本であるメンデルの3つの法則を学びました。今回はその応用編として少し特殊な遺伝を一部紹介します。一見難しそうに思えますが、基本的にはすべてメンデルの法則から説明することができます。

(1) 中間雑種

(例) マルバアサガオの花の色

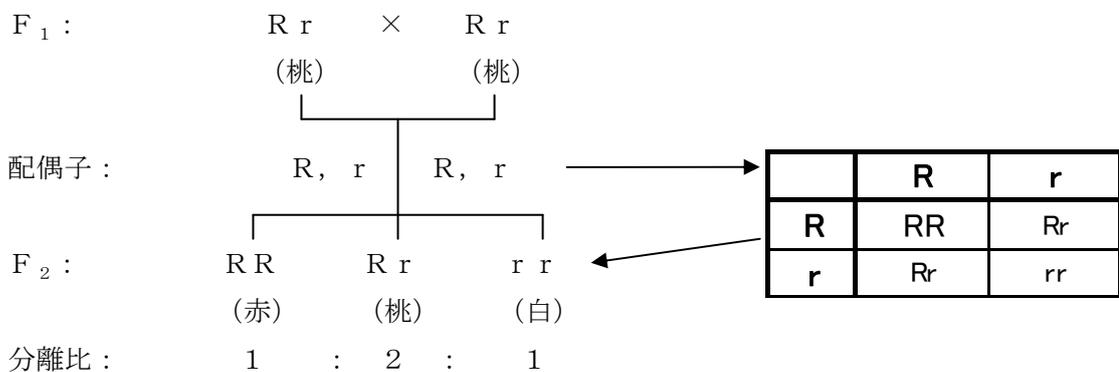
[A] マルバアサガオの赤色花 (RR) と白色花 (rr) の交雑



よって、F₁の表現型の分離比は、赤：桃：白＝0：1：0 となる。(つまり、すべて桃色)

☆ このように対立形質に優劣がない場合を**不完全優性**という。また、赤色と白色の中間色である桃色になるF₁のような個体を**中間雑種**という。

[B] さらにF₁どうしを自家受精させたとき

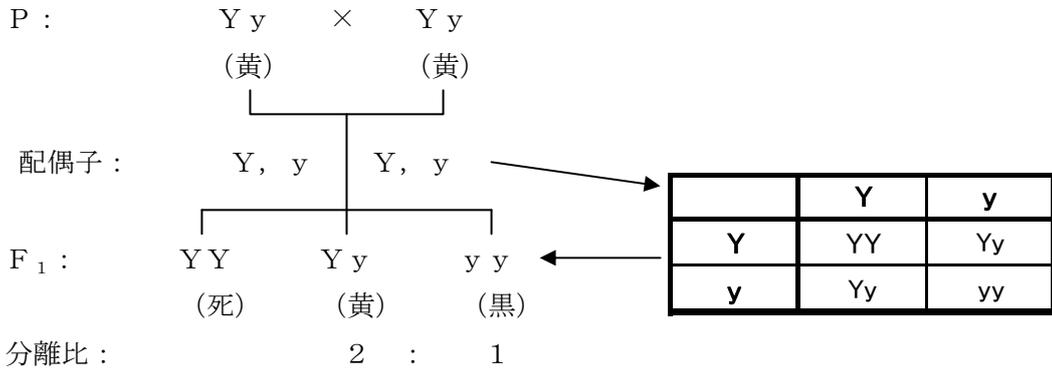


よってF₂の表現型の分離比は、赤：桃：白＝1：2：1 となる。

(2) 致死遺伝子

(例) ハツカネズミの毛の色

毛が黄色のハツカネズミ (Y y) どうしの交配



☆ 遺伝子YがYYのようにホモ接合体になると、その個体は母体内で死ぬ。このYのような遺伝子を**致死遺伝子**という。

よって、F₁の表現型の分離比は、黄色：黒色 = 2：1となる。

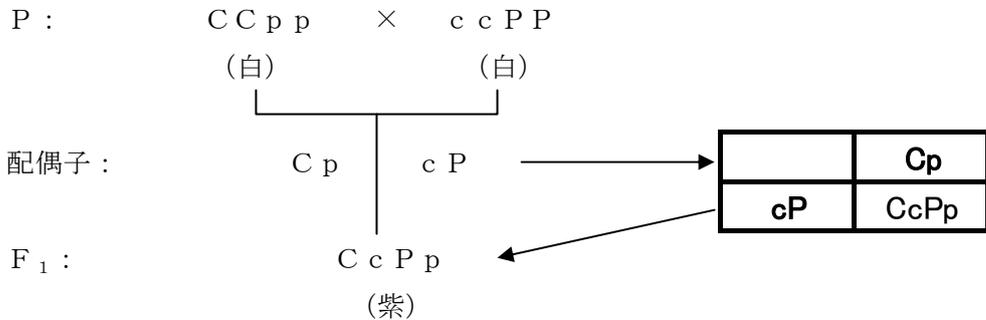
(3) 遺伝子の相互作用による遺伝

遺伝子の相互作用による遺伝は色々あるが、ここでは、補足遺伝子を例にあげる。

(例) スイトピーの花の色 (補足遺伝子)

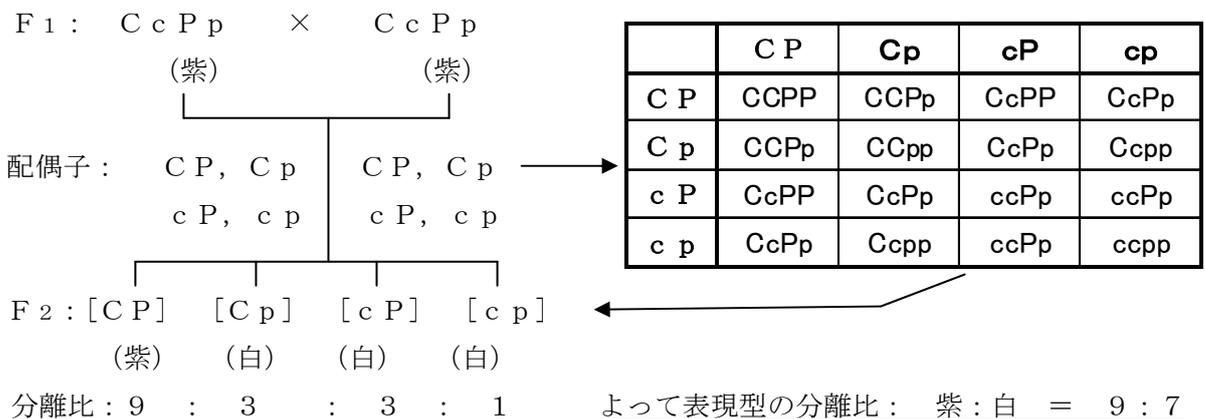
- 色素原をつくる遺伝子 (C) と色素原をつくらない遺伝子 (c) は対立形質
- 色素原を紫に発色させる遺伝子を (P) と発色させない遺伝子 (p) は対立形質

[A] 遺伝子型の異なる白い花どうしの交雑



よってF₁の表現型の分離比は、紫：白 = 1：0 (つまり、すべて紫)

[B] 次にこのF₁どうしを自家受精させたとき



☆ 遺伝子Cと遺伝子Pが互いに補い合って1つの形質を現す遺伝子を**補足遺伝子**といい、遺伝子Cと遺伝子Pが存在するときのみ紫に発色する。

(4) 複対立遺伝子

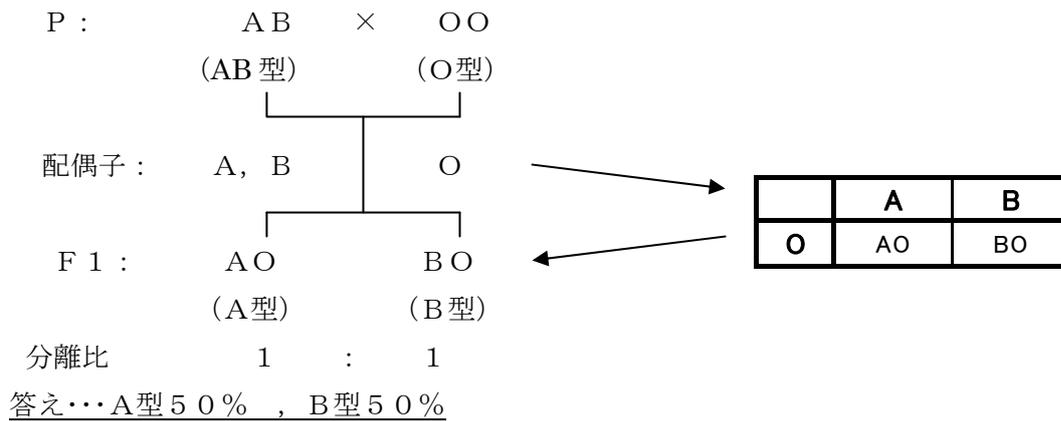
1つの形質に3つ以上の対立遺伝子に関係している遺伝子を**複対立遺伝子**という。

(例) ヒトの血液型

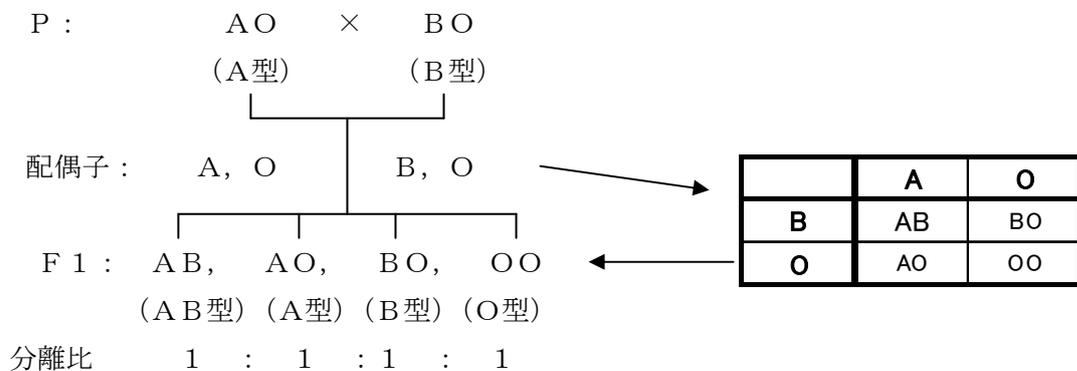
- ① 遺伝子の種類は、A, B, Oの三種類
- ② AはOに対して優性である。
- ③ BはOに対して優性である。
- ④ AとBは不完全優性(優劣がない)である。
- ⑤ A, B, Oの3つのうち、
2つの組合せで血液型が決まる。

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

(問題例1) AB型とO型のヒトが結婚すると、どのような血液型の子供が何%の確率で生まれる可能性があるかを考えてみる。



(問題例2) 遺伝子型がAO型とBO型のヒトが結婚すると、どのような血液型の子供が何%の確率で生まれる可能性があるかを考えてみる。



(5) 伴性遺伝

性染色体には性の決定以外に関する遺伝子も存在する。その遺伝子によって決まる形質は、性によって現れ方が異なってくる。このような遺伝を**伴性遺伝**という。

(例) キイロショウジョウバエの眼の色

- ① キイロショウジョウバエの眼の色には、赤眼 (A) と白眼 (a) がある。
- ② 赤眼は白眼に対して優性である。
- ③ キイロショウジョウバエの性の決定様式は、ヒトと同様にXY型である。
- ④ 眼の色に関する遺伝子は性染色体のX染色体にのみ存在する。(Y染色体には存在しない)

(問題例1) 赤眼 (A) のオスと、白眼 (a) のメスから生まれる子供の眼の色の分離比。

ただし、赤眼は白眼に対して優性である。

P : $X^A Y$ × $X^a X^a$
 (赤♂) (白♀)

配偶子 : X^A, Y X^a

	X^A	Y
X^a	$X^A X^a$	$X^a Y$

F₁ : $X^A X^a$ $X^a Y$
 (赤♀) (白♂)

分離比 : 1 : 1 よって分離比は、赤眼♀ : 白眼♂ = 1 : 1

(問題例2) 赤眼 (A) のホモのメスと、白眼 (a) のオスから生まれる子供の眼の色の分離比。

P : $X^A X^A$ × $X^a Y$
 (赤♀) (白♂)

配偶子 : X^A X^a, Y

	X^a	Y
X^A	$X^A X^a$	$X^A Y$

F₁ : $X^A X^a$ $X^A Y$
 (赤♀) (赤♂)

分離比 : 1 : 1 よって分離比は、赤眼♀ : 赤眼♂ = 1 : 1

(問題例3) 赤眼 (A) のヘテロのメスと、白眼 (a) のオスから生まれる子供の眼の色の分離比。

P : $X^A X^a$ × $X^a Y$
 (赤♀) (白♂)

配偶子 : X^A, X^a X^a, Y

	X^a	Y
X^A	$X^A X^a$	$X^A Y$
X^a	$X^a X^a$	$X^a Y$

F₁ : $X^A X^a$ $X^A Y$ $X^a X^a$ $X^a Y$
 (赤♀) (赤♂) (白♀) (白♂)

分離比 : 1 : 1 : 1 : 1

よって分離比は、赤眼♀ : 赤眼♂ : 白眼♀ : 白眼♂ = 1 : 1 : 1 : 1

(6) 完全連鎖と不完全連鎖

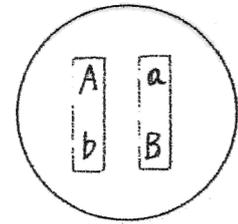
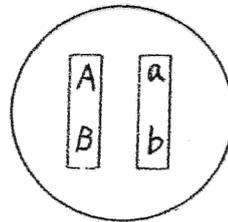
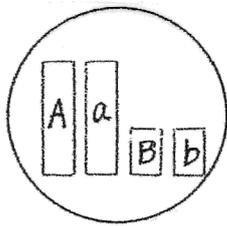
- ① 染色体の数より遺伝子の数の方がはるかに多い。よって、実際には1本の染色体に多数の遺伝子が存在している。
- ② 同じ染色体上に複数の遺伝子があれば、それらの遺伝子は配偶子形成のときにいっしょに行動することになる。このような現象を**連鎖**という。
- ③ よって連鎖しているときはメンデルの独立の法則には従わない。
- ④ 配偶子形成のとき、連鎖している遺伝子の組合せが変わらない場合を**完全連鎖**という。
- ⑤ 配偶子形成のとき、染色体の**乗換え**により遺伝子の組合せが一部変わることがある。これを遺伝子の**組換え**という。このような場合を**不完全連鎖**という。

※ (例は2種の対立遺伝子を示している)

☆A, a, B, bが独立している場合

☆A, Bとa, bが完全連鎖

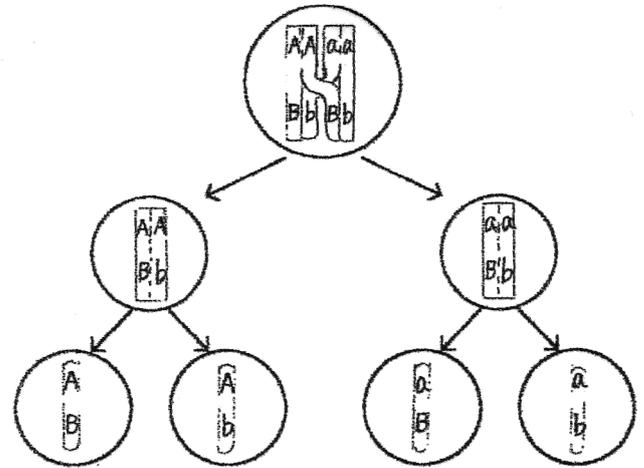
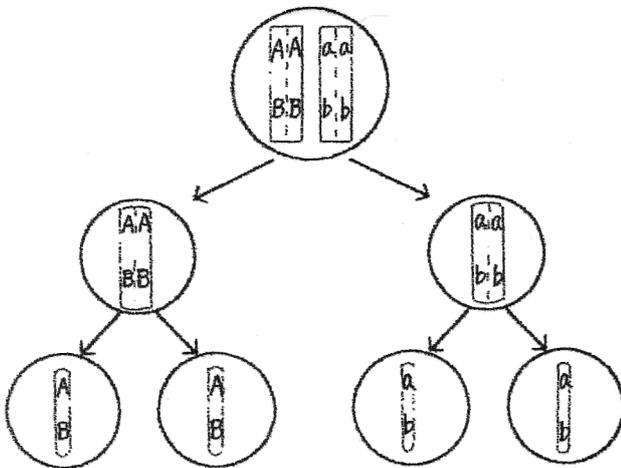
☆A, bとa, Bが完全連鎖



※ (配偶子形成の仕方)

☆完全連鎖している場合

☆不完全連鎖している場合



※ では、サイトピーの例で実際に問題を解いてみよう。

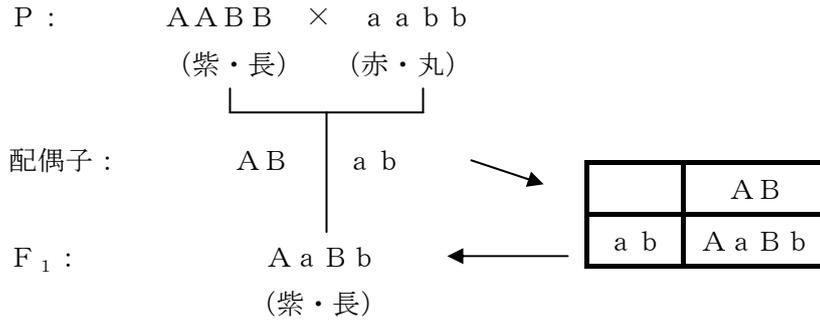
(例) サイトピー

サイトピーの花の色には、紫色 (A) と赤色 (a) があり、紫色は赤色に対して優性である。

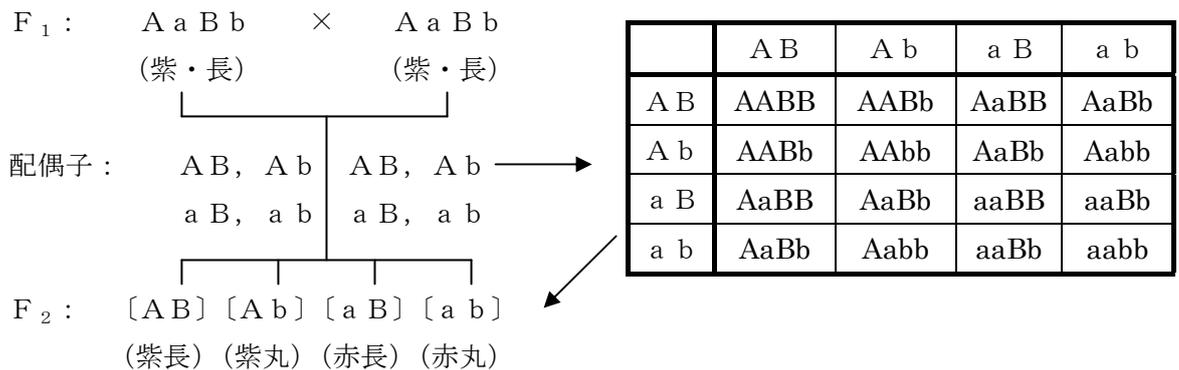
また、花粉の形には、長い (B) と丸い (b) があり、長い花粉は丸い花粉に対して優性である。

紫色で長い花粉のホモ接合体と赤色で丸い花粉のホモ接合体を交雑したときの、F₁とF₂の表現型の分離比を求めてみる。

① 2種類の対立遺伝子(花の色と花粉の形)が**独立**している場合(別の染色体上にある)



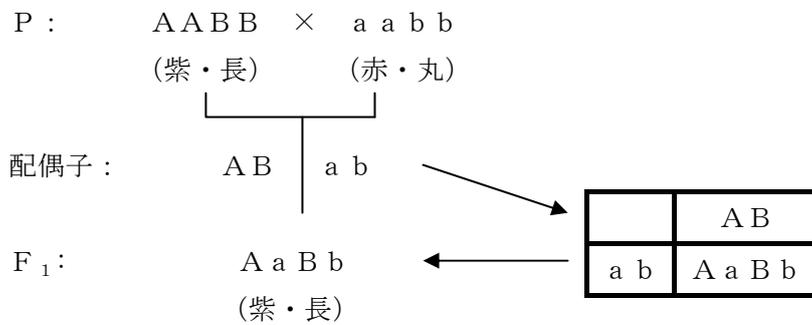
よって、表現型の分離比は、紫長 : 紫丸 : 赤長 : 赤丸 = 1 : 0 : 0 : 0



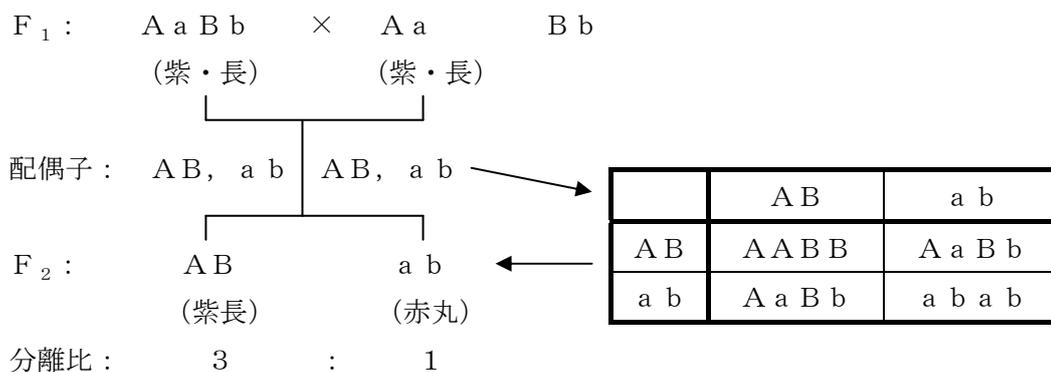
分離比 : 9 : 3 : 3 : 1

よって、表現型の分離比は、紫長 : 紫丸 : 赤長 : 赤丸 = 9 : 3 : 3 : 1

② A Bとa bが**完全連鎖**している場合



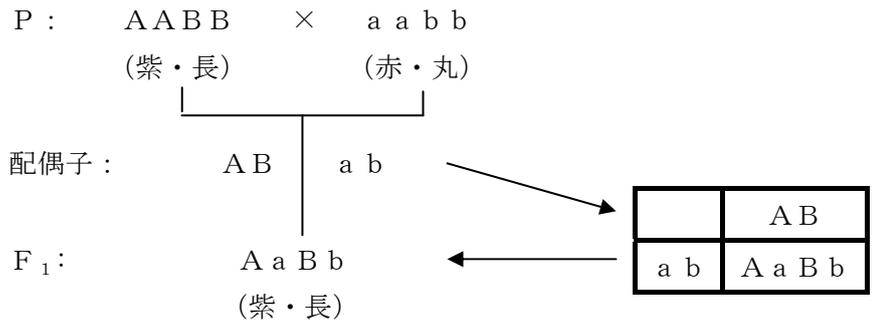
よって、表現型の分離比は、紫長 : 紫丸 : 赤長 : 赤丸 = 1 : 0 : 0 : 0



分離比 : 3 : 1

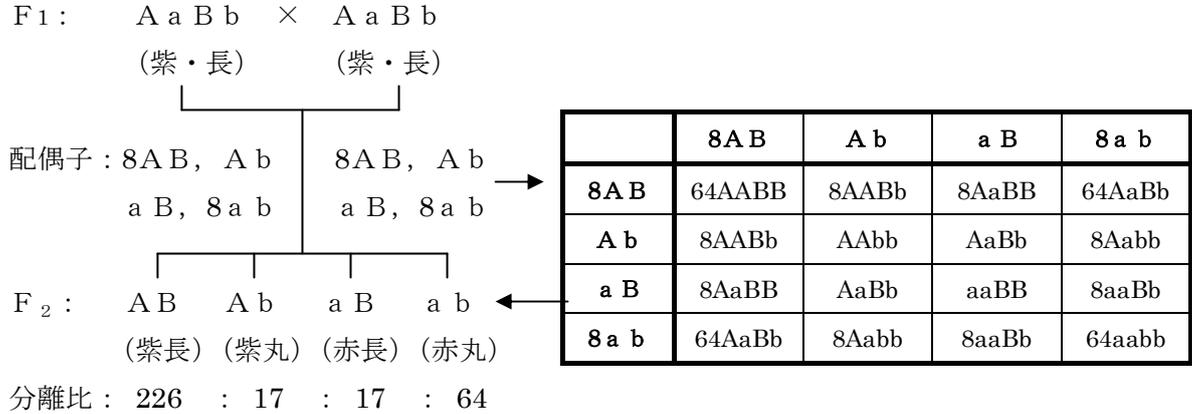
よって、表現型の分離比は、紫長 : 紫丸 : 赤長 : 赤丸 = 3 : 0 : 0 : 1

③ ABとa bが連鎖していて組換えが起こった場合（不完全連鎖）（例・・・n=8）



よって、表現型の分離比は、紫長：紫丸：赤長：赤丸 = 1：0：0：0

次にF₁どうしを自家受精させてF₂をつくる。ここで、完全連鎖の配偶子と、組換えが起きている配偶子との割合を8：1とする。（n=8）



よって、表現型の分離比は、紫長：紫丸：赤長：赤丸 = 226：17：17：64

☆ ABとa bが連鎖している場合、表現型の分離比は、
 紫長：紫丸：赤長：赤丸 = 3n+4n+2 : 2n+1 : 2n+1 : n
 であらわされる。

(7) 組換え価

相同染色体間で乗換えが起こり、遺伝子の組み換えが起こったときの割合をいう。

$$\begin{aligned} \text{組換え価 (\%)} &= \frac{\text{組み換えのおこった配偶子の数}}{\text{F}_1 \text{の全配偶子数}} \times 100 \\ &= \frac{\text{組み換えによって生じた個体数}}{\text{検定交雑によって生じた全個体数}} \times 100 \quad \text{で求める。} \end{aligned}$$

(例) n=8の場合

$$\text{組換え価 (\%)} = \frac{1+1}{8+1+1+8} \times 100 = \text{約 } 11.1\%$$

(例題1) 不完全優性

マルバアサガオを下のような組合せで交雑した。交雑して得られたF₁の表現型の分離比を答えなさい。ただし、赤花遺伝子はR、白花遺伝子はrとする。また、Rとrとの関係は不完全優性である。

- ①RR × Rr ②rr × Rr ③Rr × Rr ④RR × rr

(解説) ☆赤と白の関係は不完全優性なので、Rrは中間色の桃色になる。

- (解答) ① 赤：桃：白 = 1：1：0 ② 赤：桃：白 = 0：1：1
③ 赤：桃：白 = 1：2：1 ④ 赤：桃：白 = 0：1：0

(例題2) 抑制遺伝子

カイコの繭の色には一般的な白色(y)と珍しい黄色(Y)がある。また、カイコには、繭の色を抑制する遺伝子(I)と抑制しない遺伝子(i)がある。ただし、黄色の繭は、白色に対して優性で、繭の色を抑制する遺伝子は、抑制しない遺伝子に対して優性である。

- (1) 遺伝子型がIIyyと、iiYYの両親を交雑した結果から生じるF₁の遺伝子型を答えなさい。またそれは何色ですか。
- (2) F₁とF₂の表現型の分離比をもとめなさい。

(解説) ☆遺伝子Iは黄色(Y)の発現を抑制するので、たとえYが存在してもIが存在していれば、Yの発現は抑制され、黄色にはならず、白色の繭になる。

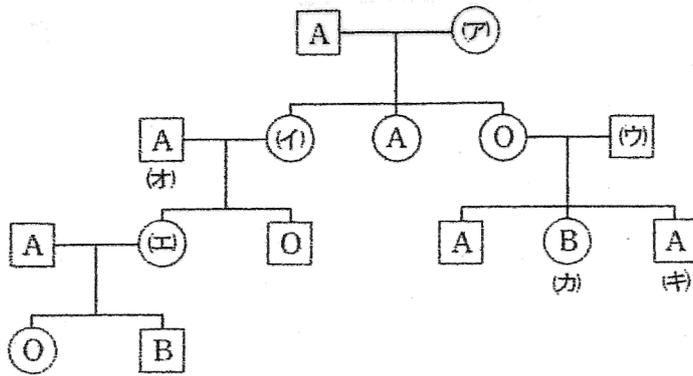
☆ Iのように色の発現を抑える遺伝子を、**抑制遺伝子**という。

☆ 表現型にはIY, Iy, iY, iyがあるが、そのうち黄色のなるのはiyだけで、IY, Iy, iYは白色となる。

- (解答) (1) IiYy ・ 白色
(2) F₁の分離比は、 白：黄 = 1：0
F₂の分離比は、 白：黄 = 13：3

(例題3) ヒトのABO式血液型

次の図は、ある家系のABO式血液型の遺伝を示したものである。□は男性、○は女性を示している。



- (1) ア～エの血液型を答えなさい。
- (2) オ、カの遺伝子型を答えなさい。
- (3) キの人がO型の人と結婚すると、どんな血液型の子供がどれくらいの割合(%)で生まれてきますか。
- (4) カの人がAB型の人と結婚すると、どんな血液型の子供がどれくらいの割合(%)で生まれてきますか。

(解説) ☆ O型の子供の両親は、必ず父母ともにOの遺伝子を少なくとも1個は持っている。
☆ 子供や孫の血液型から逆に考えて答えを導いてみよう。

- (解答) (1) ア. B型 イ. B型 ウ. AB型 エ. B型
(2) オ. AO カ. BO
(3) A型50%, O型50%
(4) A型25%, B型50%, AB型25%

(例題4) 伴性遺伝 (ヒトの赤緑色覚異常)

赤緑色覚異常の遺伝子は性染色体のX染色体にのみ存在する。色覚異常ではない遺伝子をR、色覚異常の遺伝子をrとする。また、Rはrに対して優性である。次の問いに答えなさい。

- (1) 母親が色覚異常で、父親が正常な場合、生まれてくる子供が色覚異常になる確率は何%ですか。男女別に答えなさい。
- (2) 母親が正常で、父親が色覚異常の場合、生まれてくる子供が色覚異常になる確率は何%ですか。男女別に答えなさい。
- (3) このように男女で現れる形質が異なる遺伝を何遺伝といいますか。

- (解説)
- ☆ 男性は性染色体がXYなので、XYならば色覚異常となる。
 - ☆ 女性は性染色体がXXなので、XXならば色覚異常となる
 - ☆ 女性の場合XXならば、Rが優性なので色覚異常にはならない。
このような人を**潜在者**という。
 - ☆ このように女性はXXがホモの場合のみ色覚異常になるので、男性に比べ色覚異常になる確率がかなり低い。
 - ☆ 赤緑色覚異常になる確率は、女性は約500人に1人、男性は約20人に1人とも言われている。

- (解答)
- (1) 女性・・・0%, 男性・・・100%
 - (2) 女性・・・0%, 男性・・・0%
 - (3) 伴性遺伝

(例題5) 連鎖

スイトピーの花の色には紫 (A) と赤 (a) がある。また花粉の形には長いもの (B) と丸いもの (b) がある。Aはaに対して優性で、Bはbに対して優性である。いま、遺伝子Aとb、aとBが連鎖しているとして、次の問いに答えなさい。

また、F₁に赤花で丸い花粉のものを交雑すると、

紫長 : 紫丸 : 赤長 : 赤丸 = 1 : 5 : 5 : 1 となった。

(1) 両親の遺伝子型が、AA bb と、aa BB のとき、F₁の遺伝子型を答えなさい。

(2) F₁を自家受精させF₂をつくった。F₂の表現型の分離比を答えなさい。

(3) この場合、組換え価は何%ですか。四捨五入して整数で答えなさい。

(解説) ☆ 遺伝子Aとb、aとBは常にいっしょに行動する。

☆ 両親の配偶子は、それぞれAbとaB

☆ F₁と劣性ホモaa bbの交雑を検定交雑という。

☆ 検定交雑により、形成される配偶子の割合がわかる。

☆ この場合、完全連鎖5に対して、配偶子の組換えが1の割合で起きたことがわかる。

☆ 組換えがおこってできた配偶子はABとab

(解答) (1) AaBb

(2) 紫長 : 紫丸 : 赤長 : 赤丸 = 73 : 35 : 35 : 1

(3) 17%