

5章 分子生物・遺伝⑤

問題

■演習

【1】

解答

問1 ①-液胞 ②-クロロフィル ③-チラコイド

問2 白色花

問3 メンデルは交配実験によって多くの種子や個体を得て、統計的な手法で遺伝のしくみを考えたので、得られる種子が少ないと計算上で誤差が大きくなってしまうから。(75字)

問4 (1) 赤色花：黄色花：白色花 = 0 : 3 : 1

(2) 赤色花：黄色花：白色花 = 9 : 3 : 4

(3) 赤色花：黄色花：白色花 = 3 : 3 : 2

(4) 赤色花：黄色花：白色花 = 1 : 1 : 2

(5) 赤色花：黄色花：白色花 = 1 : 0 : 1

解説

問1 植物は色素として、クロロフィル、カロテノイド、アントシアニンなどをもつ種が多い。カロテノイドには非常に多くの種類があり、カロテンやキサントフィルの他、トマトに含まれるリコピンや、動物の体内ではビタミンAとして働く β -カロテンなどがある。アントシアニンとは、色素本体である「アントシアニジン」に糖が結合した「アントシアニン」の総称である。厳密には使い分けられるが、受験ではアントシアニン = アントシアニンと考えて問題ない。

問2 カロテノイドが合成されても、分解酵素が合成されれば表現型は白色花になる。

問3 メンデルは形質の違いを確認しやすい7つの形質に着目し、交配実験によって数百～数千もの個体を得た。その表現型の分離比にもとづいて、遺伝の法則を見出した。現在では統計学によって、どのくらいの母数であればどのくらいの信頼度なのか、どのくらいの個体数が必要かなど、計算で求めることができる。しかし、メンデルの時代には統計学自体が現在ほど完成していなかったこともあり、確率を求めるときに分母を大きくする(多くの個体を得る)ことで、できる限り誤差を小さくする必要があった。

問4 化合物Cを合成する遺伝子をC, その働きのない遺伝子をc, 化合物Rを合成する遺伝子をR, その働きのない遺伝子をrとする。すると、黄色花の遺伝子型はCCrr, W1はccrr, W2はccRRと表すことができる。

(1) W1(ccrr) × 黄色花(CCrr) → Ccrr $Ccrr \times Ccrr \rightarrow [Cr] : [cr] = 3 : 1$

(2) W2(ccRR) × 黄色花(CCrr) → CcRr

$CcRr \times CcRr \rightarrow [CR] : [Cr] : [cR] : [cr] = 9 : 3 : 3 : 1$

(3) Ccrr × CcRr → [CR] : [Cr] : [cR] : [cr] = 3 : 3 : 1 : 1

(4) CcRr × ccrr → [CR] : [Cr] : [cR] : [cr] = 1 : 1 : 1 : 1

(5) CcRr × ccRR → [CR] : [Cr] : [cR] : [cr] = 2 : 0 : 2 : 0

【2】

解答

A 問1 劣性

根拠：劣性形質の個体どうしの交配から優性形質の個体は現れない。ともに健常者の6の女性と7の男性から遺伝病Aをもつ12の男性が生まれているので、遺伝病Aの遺伝子は劣性とわかる。

問2 50%

問3 12.5%

問4 25%

B 問5 胚

問6 (1) F_1 すべて黒色

F_2 黒色：不完全黒色：こげ茶色：薄茶色 = 9 : 3 : 3 : 1

(2) ① $Hrrtt$ ② $HrrTT$

解説

A

問1 優性形質の個体の場合、優性遺伝子をホモでもつ場合(AA)とヘテロでもつ場合(Aa)がある。よって、優性形質の個体どうしの交配からは劣性形質の個体が現れることもある($Aa \times Aa$ の場合)。しかし、劣性形質の個体どうしの交配から優性形質の個体は現れないはずである。その点に注目して、図1を考える。根拠としては、6-7の組み合わせ以外に8-9の子に14が生まれていることで説明してもよい。

問2 遺伝病Aの原因となる遺伝子を a 、変異していない遺伝子を A とする。まず、この対立遺伝子が常染色体上にあると仮定する。すると、1の遺伝病Aの女性は aa 、2の健常男性は AA となる(a をもたないことはリード文に書かれている)。このとき、子の遺伝子型は Aa なのですべて健常者である。しかし、4と5には遺伝病Aが現れている。よって、仮定は正しくない。

次に、遺伝子が性染色体上にあると仮定する。男女ともに遺伝病が現れているので、Y染色体ではなくX染色体上にあるとわかる。1の女性は X^aX^a 、2の男性は X^AY と表せる。これより、6の女性は X^AX^a でヘテロ接合とわかる。7の男性は X^AY なので、10の女性は

$$X^AX^a \times X^AY \rightarrow X^AX^A : X^AX^a = 1 : 1$$

問3 10の女性は $1/2$ の確率で X^AX^A である。健常者の男性と結婚した場合、

$$X^AX^A \times X^AY \rightarrow \text{男性 } X^AY \text{のみ, 女性 } X^AX^A \text{のみ}$$

10の女性は $1/2$ の確率で X^AX^a である。健常者の男性と結婚した場合、

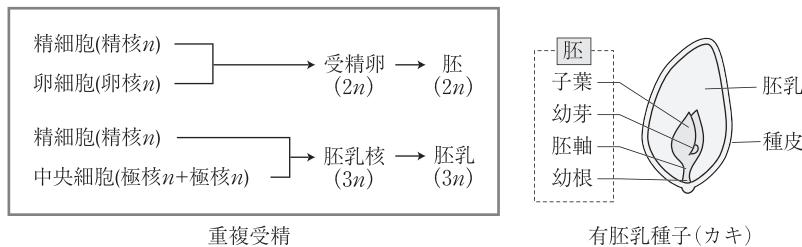
$$X^AX^a \times X^AY \rightarrow \text{男性 } X^AY : \boxed{X^aY} = 1 : 1, \text{ 女性 } X^AX^A : X^AX^a = 1 : 1$$

遺伝病なのは□で囲んだ人である。よって、 $1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$

問4 最初の子が遺伝病であったことから、10の女性は X^AX^a とわかる。よって、2番目の子が遺伝病となるのは、 $1/2 \times 1/2 = 1/4$ である。

B

問5 被子植物では、卵細胞と精細胞の受精によって受精卵ができ、極核を含む中央細胞と精細胞の受精によって胚乳ができる。一方、種皮はめしべの珠皮(胚囊を包み胚珠を形成している)と同じである。



問6 種皮は抑制遺伝子 *I* をもつと着色しないので, *R*, *T* にかかわらず種子の色は黄色になる。

ii のときは, *R* と *T* の組み合わせによって種子の色が決まる。

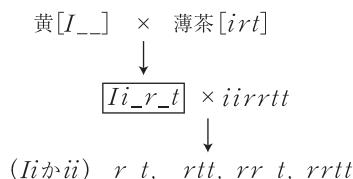
[*IRT*], [*IRt*], [*IrT*], [*irt*]… 黄色

[*iRT*]… 黒色 [*iRt*]… 不完全黒色 [*irT*]… こげ茶色 [*irt*]… うす茶色

(1) $iiRRTT \times iirrtt \rightarrow iiRrTt$

$$iiRrTt \times iiRrTt \rightarrow [iRT] : [iRt] : [irT] : [irt] = 9 : 3 : 3 : 1$$

(2) もどし交雑とは、子を親と同じ遺伝子型の個体と交配することである。この問題の場合には、薄茶色の個体は *iirrtt* の劣性ホモ個体である。劣性ホモ個体との交配なので、検定交雑と同様に、子の表現型と親の遺伝子型の組み合わせが等しい。また、遺伝子 *I* にだけ注目すると、 $II \times ii \rightarrow Ii$ $Ii \times ii \rightarrow Ii : ii = 1 : 1$ となる。*Ii* は必ず黄色なので、*ii* の(黄色以外になる)表現型の分離に着目する。



① *ii* であるときに薄茶色 *rrtt* のみが生まれているので、交配に用いた個体(上図の□)は *Iirrtt*。よって最初の黄色ダイズ個体は *IIrrtt*。

② こげ茶色 *rrTT* と薄茶色 *rrtt* が生まれているので、交配に用いた個体(上図の□)は *IirrTt*。よって最初の黄色ダイズ個体は *IIrrTT*。

【3】

解答

- 問1 紫外線によって損傷したDNAの修復にはたらく。
別解) がん化した細胞にアポトーシスを起こさせる。
- 問2 劣性遺伝
- 問3 3
- 問4 (e)

解説

問1 紫外線によって損傷を受けるのは、DNAである。DNAは塩基部分で紫外線を吸収し(260nmの波長がよく吸収される)，チミンどうしが隣り合っている部位で、塩基どうしが結合する突然変異が生じることがある。こうなると、二重らせんがゆがむなどの損傷が起こり、複製が正しく行われなかったり、停止してしまう。そこで細菌類から哺乳類にいたるまで、紫外線により損傷を受けた部位を修復する酵素をもっている。ヒトでは、さまざまな方法によってDNAを修復する機構がある。

なお、修復が追い付かず損傷が残りすぎた場合、細胞自ら死んでいくアポトーシスが起る。アポトーシスに関与する遺伝子があり、その遺伝子のはたらきによってDNAは断片化され、最終的には食作用によって処理される。

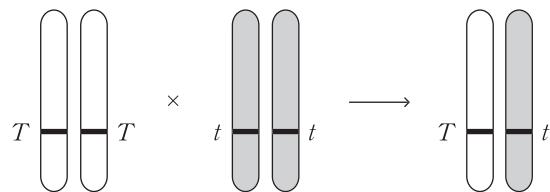
問2 Z系統の形質が優性であれば、 F_1 も皮膚がん発生の早期化が認められるはずである。

下線部③に「雌雄差がない」とあるので、常染色体上の遺伝子であることも予測できる。

問3 皮膚がん発生の早期化にかかわる遺伝子をa、その対立遺伝子をAとする。するとZ系統はaa、C系統はAAと表せるので、 F_1 はAaである。よって F_2 は $Aa \times Aa \rightarrow AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1$ なので、[a] : [A] = 1 : 3である。

問4 まず、簡単な例で考えてみる。

ある遺伝子 T とその対立遺伝子 t が、線の部分にあるとする。遺伝子型 TT の個体と遺伝子型 tt の個体を交配すると、 F_1 の遺伝子型は Tt となる。染色体の乗換えが起こらないとすると、右図のようになる。



ここでは、 AA または Aa のとき皮膚がんの早期発生形質が認められず、 aa では皮膚がんの早期発生形質が認められる。(a)～(e)のそれぞれの部位において、Z 系統由来の黒・黒となっているときに皮膚がんが早期に発生している(図中の○)ものを探す。たとえば、(a)では右から 2 番目の染色体が白・白のときに○となっているので不適である。

添削課題

解答

問1 親①, ②は発病していないが、子供の⑦, ⑧が発病しているから。

問2 結論：なし

根拠：⑩の持つ④からの染色体は④と同じCAリピート数である。しかし、④の持つ染色体のQとRの位置のくり返し回数が同じため、PQの間、RSの間で組換えが起こると⑩の持つ染色体と同じになる。よって組換えが起こっていないとはいきれないから。

問3 結論：R

理由：発病している⑦と⑧が共通して持っているリピート多型は、Qの位置の2と5、Rの位置の5と4である。しかし、⑥もQの位置に2と5を持つのに発病していない。よって、遺伝子Mが存在するのはRの近くであると考えられる。

問4 結論：発症する。

理由：⑦や⑧と同様に、Rの位置に5と4が存在するので、遺伝子Mが劣性ホモになるため。

問5 結論：可能性がある。

理由：⑩よりRの位置に5を受け継ぐことができ、⑪は⑥から4を受け継ぐことができるので、その4が⑪から受け継がれれば子供は遺伝子Mが劣性ホモになり発症するから。

解説

ゲノム中には短鎖縦列型反復配列(Short Tandem Repeat)、またはマイクロサテライト(以下MSと略す)とよばれる2～数塩基ほどのくり返し配列がある。たとえば、下図のような場合、CAという単位が6回くり返されている。このMSは同一種であれば染色体の同じ位置に存在するが、くり返し回数は個体によって違がある。MSも親から子へと受け継がれるので、くり返し回数に注目することで親子鑑定が可能となる。MSはエキソン、イントロンのどちらにも見られる。一部の病気は、このくり返し回数の異常によって起こっている。



遺伝的多型としては、MSのようなくくり返し配列以外に、1塩基の変化もある。これをSNP(スニップ)という。SNPはエキソンだけではなく、イントロンやプロモーター領域にも見られる。

問1 優性形質の個体どうしから劣性形質の個体が生まれることはある。しかし、劣性形質の個体どうしから優性形質の個体は生まれない。①、②はP～Tのいずれの部位でもヘテロとなっている(くり返し回数が2本の染色体で異なる)。親の遺伝子型がヘテロ接合体の場合は、子の遺伝子型が劣性ホモになると発病する。

問2 繰り返し回数に注目して考察せよとある。④の右側(3-5-2-4-6)と⑩の右側は同じくり返し回数である。同じ位置でくり返し回数が同じ場合には、組換えが起こってもわからない。

問3 発症するのは劣性ホモ接合体となるときなので、⑦と⑧でくり返し回数の組み合わせが同じところを探す。すると、Q(2-5)とR(5-4)が共通している。①～⑥でQ(2-5)、R(5-4)となっているものを探すと、⑥でQ(2-5)となっている。もし、Qの近くに遺伝子Mがあれば、⑥も発症しているはずなので不適である。

問4 ⑨においてR(5-4)となっている。

問5 Rに注目する。⑩はR(5-2)なので、⑪がR(n-4)となれば子どもにR(5-4)の組み合わせが現れる(nはいずれの数字でもよい)。