

10章 生殖・発生⑤

問題

■演習

【1】

解答

問1 器官：相同器官

例：鳥類の翼と哺乳類の前肢

問2 *B* 遺伝子のはたらきを失った花の形状：がく片・がく片・めしべ・めしべ

B 遺伝子が第1領域と第4領域でも発現した花の形状：花弁・花弁・おしひ・おしひ

問3 *A* 遺伝子のはたらきを失った個体

第1領域：*C* 遺伝子

第2領域：*B* 遺伝子, *C* 遺伝子

第3領域：*B* 遺伝子, *C* 遺伝子

第4領域：*C* 遺伝子

C 遺伝子のはたらきを失った個体

第1領域：*A* 遺伝子

第2領域：*A* 遺伝子, *B* 遺伝子

第3領域：*A* 遺伝子, *B* 遺伝子

第4領域：*A* 遺伝子

A 遺伝子と *C* 遺伝子の関係

いずれか一方の遺伝子が発現すると、もう一方の遺伝子発現は抑制される。(34字)

問4 「がく・がく・がく・がく」となる個体

遺伝子型：*AAbbcc*, *Aabbcc* 割合：2.34%

「めしひ・めしひ・めしひ・めしひ」となる個体

遺伝子型：*aabbCC*, *aabbCc* 割合：5.47%

解説

問1 発生的に起源は同じであるのに見た目やはたらきが異なる器官を相同器官という。脊椎動物では、クジラの胸びれ・四足動物(魚類を除く脊椎動物)の前肢は相同器官である。鳥類の場合には前肢が翼になっている。反対に、起源は異なるのに見た目やはたらきが同じ器官を相似器官という。昆虫の翅と鳥類の翼は相似器官である。詳細は、進化の分野で学習する。

問2 問題文をまとめると、以下の表のようになる。

	第1領域 がく片	第2領域 花弁	第3領域 おしひ	第4領域 めしひ
<i>A</i> 遺伝子	○	○	—	—
<i>B</i> 遺伝子	—	○	○	—
<i>C</i> 遺伝子	—	—	○	○

(○が発現, —が発現していない)

B 遺伝子がはたらかなければ、第2領域では *A* 遺伝子だけ、第3領域は *C* 遺伝子だけがはたらく。よって、第1領域から順に、がく片・がく片・めしひ・めしひとなる。また、*B*

遺伝子が第1領域と第4領域でも発現すると、花弁・花弁・おしべとなる。

問3 がく片、花弁、おしべ、めしべの形成について、遺伝子の組み合わせにA遺伝子+C遺伝子はない。A遺伝子のはたらきを失った個体では、本来発現しない第1領域と第2領域でもC遺伝子が発現した。C遺伝子のはたらきを失った個体でも、同様にA遺伝子が発現した。つまり、お互いに抑制し合うので同時に発現することはできないと考えられる。

問4 $AAbbCC \times aaBBCc \rightarrow AaBbCC : AaBbCc = 1 : 1$

がく片のみができる個体では、A遺伝子のみが優性AAあるいはAaで、B遺伝子とC遺伝子は劣性bbccの[Abc]となる。遺伝子はそれぞれ独立の関係にあるので、1つずつ分けて考える。

① $AaBbCC \times AaBbCC$

$$Aa \times Aa \rightarrow [A] : [a] = 3 : 1 \quad Bb \times Bb \rightarrow [B] : [b] = 3 : 1 \quad CC \times CC \rightarrow [C] : [c] = 1 : 0$$

よって、この組み合わせからはccができないので、すべてがく片からなる個体は生まれない。

② $AaBbCc \times AaBbCc$

$$Aa \times Aa \rightarrow [A] : [a] = 3 : 1 \quad Bb \times Bb \rightarrow [B] : [b] = 3 : 1 \quad Cc \times Cc \rightarrow [C] : [c] = 3 : 1$$

[Abc]となるのは、 $3/4 \times 1/4 \times 1/4 = 3/64$ である。

以上をまとめると、②になるのが1/2、②で[Abc]となるのは3/64、両方を満たすのは $1/2 \times 3/64 \times 100 = 2.343\%$ である。

すべてめしべとなる個体も同様に考えればよい。

【2】

解答

- 問1 灰色三日月環を含む割球は正常に発生するが、含まない割球は正常に発生しない。灰色三日月環を含むかどうかで、結果に違いが生じる。(62字)
- 問2 A RNA を腹側割球に直接注入すると二次胚が形成されたことから、A タンパク質は胚の背側を決めるタンパク質である。(55字)
- 問3 (1)
- 問4 背側化因子はB タンパク質の量を減少させるはたらきをもち、B タンパク質が少ない部位でのA タンパク質のはたらきを促している。(60字)

解説

問1 イモリやカエルの卵では、受精のときに精子が進入した側とは反対側に、灰色三日月環という色素が薄い部分が生じる。これは、表層細胞質と内部細胞質の位置がずれるからで、表層回転という。

卵の植物極付近には、ディシェベルドという母性因子がある。表層回転によって、この母性因子が灰色三日月環の生じる位置に移動する。ディシェベルドによって、この後に続く背側化が引き起こされるため、灰色三日月環を含むかどうかが重要である。

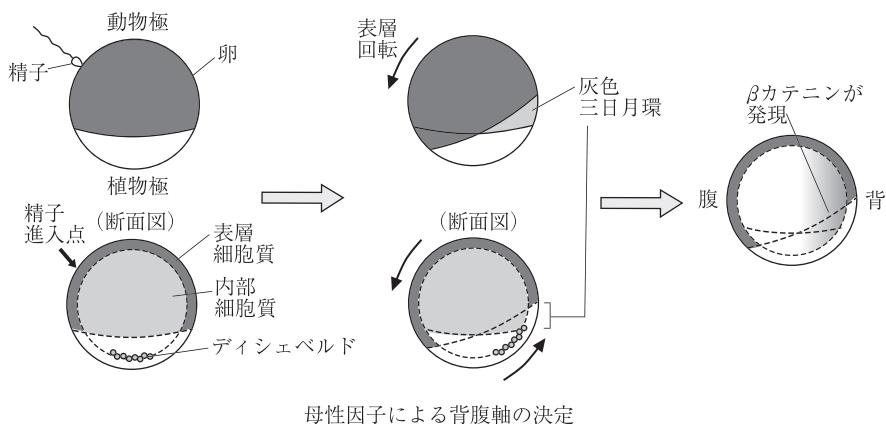
問2 問題文の3段落目から「二次胚は背側を決めるタンパク質の mRNA の注入でも形成される」とわかる。実験1で、A RNA を腹側割球に注入すると二次胚が形成されたことから、A RNA は背側を決めるタンパク質の mRNA である。つまり、A タンパク質は背側を決めるタンパク質である。

問3 まず、頭部肥大については問題文や実験からはわからないので、(3), (4)は不適切である。また、実験1で背側構造が小さくなったのは、B RNA を背側割球に注入したときである。この設問では「腹側割球に注入」とあるので、背側構造が小さい胚ができることは別の事柄である。よって(5), (6)も不適切である。

「B タンパク質には背側の決定を阻害する効果がある」、「B タンパク質は A タンパク質のはたらきに対して影響を与える」とある。一定量の A RNA に B RNA を加えた混合液なので、B RNA の量が増えるにつれて A タンパク質のはたらきが阻害されると考えられる。よって、(1)が適している。

問4 「A タンパク質は B タンパク質のはたらきに影響を与えない」ので、別の物質が B タンパク質を阻害しなければ、A タンパク質によって背側の決定が起こらなくなってしまう。設問文より、A タンパク質と B タンパク質は、ともに胚の背側、腹側の両方に分布する。また、図1-1より、背側化因子は背側に存在している。以上より、背側化因子が B タンパク質を阻害することで、A タンパク質による背側決定を促しているとわかる。

この実験における「背側化因子」はディシェベルド、A タンパク質は β カテニン、B タンパク質は GSK-3 と考えられる。



ディシェベルドが原口背唇部付近に移動して GSK-3 を抑制することで、 β カテニンがはたらけるようになり、背側化にかかる遺伝子の発現が促される。

【3】

解答

問1 ヒトの赤血球には核が含まれないから。

問2 キメラマウスは、すべての細胞が iPS 細胞由来ではない。よって、生殖細胞が iPS 細胞由来であるオスとメスを交配させることで、すべての細胞が iPS 細胞由来の個体を得る必要がある。

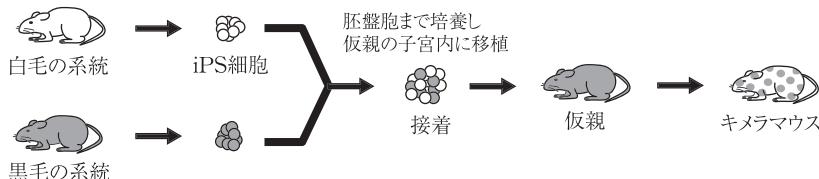
問3 リンパ球では細胞が分化するときに、遺伝子の再構成が起こる。そのため、特定の抗原にしか反応できない個体となるから。

問4 ES 細胞は初期胚に由来するので、移植されるヒトの細胞ではなく、拒絶反応が起こる可能性が高い。しかし、移植されるヒトの細胞由来の iPS 細胞をつくり人工臓器を作製して移植すれば、拒絶反応は起こらない。

解説

問1 当たり前のことであるが、細胞が分化したり再分化したりできるのは、遺伝子のはたらきによるものである。ヒトの成熟した赤血球には核が含まれないので、遺伝子を導入してもとくに反応は起こらない。

問2 キメラマウスの作製に iPS 細胞を使うときは、次のように行う。



白毛(毛色に関する遺伝子型 aa)マウス由来の iPS 細胞を作製し、黒毛(遺伝子型 AA)マウスの初期胚と混合し、胚盤胞まで成長したら仮親の子宮に移植する。こうして生まれたのがキメラマウスである。このキメラマウスどうしを交配すると、雌雄ともに生殖細胞が iPS 細胞由来であれば、白色の個体が生まれる。雌雄どちらか一方のみ、あるいは雌雄ともに生殖細胞が黒毛マウス由来であるときは、黒色の個体が生まれる。こうすると、見た目で iPS 由来のマウスかどうか判断できる。

問3 リンパ球は核をもっているが、B 細胞が抗体産生細胞に分化するときには遺伝子の再構成が起こる。そのため、1つの抗体産生細胞は1つの抗原にのみ結合する抗体をつくるようになる。詳しくは免疫の分野で学習する。

問4 解答のような答えの他に、倫理面からの問題点を答えることも考えられる。しかし、生物学的な観点からの答えとした方が、この設問においては適切である。

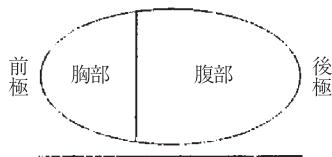
添削課題

解答

問1 卵形成のときに卵巣の中で合成される。

問2 母親は bcd^+/bcd^- なので、すべての卵に bcd^+ の mRNA が含まれていたから。

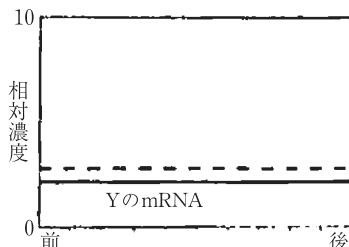
問3 (下図)



問4 (イ)

問5 (イ), (カ)

問6 (下図)



解説

問1 受精卵の細胞内で合成されるのであれば、ヘテロの受精卵では bcd^+ の mRNA が正常に発生するはずである。また、実験3で bcd^- をホモにもつ受精卵が正常に発生しているので、受精卵で bcd^+ の mRNA が合成されているのではないとわかる。実験2で bcd^- をホモにもつ雌の卵に由来する受精卵がすべて死んでしまったことから、卵が形成されるまでに bcd^+ の mRNA が合成されたと考えられる。実際、ビコイド mRNA は、卵母細胞を取り囲んでいる細胞で合成され、卵黄とともに卵に送り込まれている。

問2 頭部と胸部が形成されるかどうかは、 bcd^+ の mRNA が卵の前極に含まれるかどうかで決まる。よって、卵の遺伝子型ではなく、母親の遺伝子型で決まる。実験3では母親は bcd^+/bcd^- であるので、卵には bcd^+ の mRNA が送り込まれている。

問3 図1a, bより、タンパク質 P は頭部ができるには相対濃度がおよそ 7 以上、胸部ができるにはおよそ 1.5 ~ 7、腹部ができるには 1.5 以下とわかる。図1dでは、変化させたタンパク質 P の相対濃度は最大でも 5 程度である。よって、頭部はできずに胸部と腹部だけとなる。胚の図をかくときには、横軸(前 ⇄ 後)に注意して、どこまでが胸部でどこから腹部か明確にすること。

問4 タンパク質 X の濃度が高いところでは、タンパク質 Y の濃度が低い。また、タンパク質 X の濃度が高いところでも Y の mRNA 濃度は変わらない。これより、タンパク質 X は

YのmRNAの転写を阻害することはないが、翻訳を阻害すると考えられる。

問5 遺伝子Xをもたない雌親から生まれた胚では、腹部がない。これより、遺伝子Xのはたらきによって腹部が形成されると考えられる。しかし、X、Yともにもたない雌親から生まれた胚では、腹部が形成されている。以上のことより、タンパク質Xが直接腹部を形成するというより、タンパク質Yの発現を抑えることで腹部が形成されたと考えられる。もし、タンパク質Xがタンパク質Yを分解しているのであれば、タンパク質Yを卵の後方で人為的に増やしてもタンパク質Yがなくなるため、腹部は形成されるはずである。しかし、人為的にタンパク質Yを卵の後方で増やすと、胚は腹部の構造をもたないことから、タンパク質Xはタンパク質Yを分解しないとわかる。

問6 タンパク質Xがなければ、タンパク質Yは存在する。

B3/B3J

東大・難関大・医学部生物

東大生物



会員番号

氏名