

2016年度 センター試験 本試験 生物

第1問 酵素反応、神経細胞の構造とはたらき

| | |
|-------|---|
| 出題範囲 | 酵素・細胞 |
| 難易度 | ★★☆☆☆ |
| 所要時間 | 8分 |
| 傾向と対策 | Aでは酵素についての基本的な知識問題が、Bではタンパク質合成に関する単純な知識問題とエキソサイトーシスについての思考問題が出題されている。比較的単純な問題が多いので、時間をかけずにさっと解いて流れに乗りたい。特に序盤は簡単なので、ウォーミングアップのつもりで解くようにしよう。過去問を解いて慣れておけば、第1問は比較的スムーズに解けるはずだ。 |

A

問1 1 2 正解は①・③（順不同）

難易度 ★☆☆☆☆

解説

選択肢を順に確認していけばよい。

- ① 正 酵素が作用する物質をその酵素の**基質**といい、酵素は特定の基質にしか作用しない。この性質を**基質特異性**という。
- ② 誤 酵素は自身を変化させずに化学反応の反応速度を上昇させる。よって、酵素を構成するタンパク質のアミノ酸の組成は変化しない。
- ③ 正 酵素は**最適温度**周辺で最もよくはたらくので、最適温度以下では温度が上がれば上がるほど、つまり最適温度に近づくほど、酵素の反応速度は大きくなる。
- ④ 誤 酵素が作用する物質、すなわち基質の濃度は途中までは高くなれば高くなるほど反応速度は上昇し、ある一定の濃度以上になると、すべての酵素が基質と**酵素-基質複合体**を形成している状態になるため反応速度は一定になる。
- ⑤ 誤 ほとんどの酵素は中性の環境下でよくはたらく、弱酸性の環境下ではそのはたらきを鈍らせる。胃ではたらく消化酵素であるペプシンは酸性の環境下でよくはたらくため、すべてというのは誤りである。
- ⑥ 誤 酵素は触媒の一種であり、反応の前後で自身は変化しない。そのため、化学反応の反応速度を高い状態で維持することができるのである。**失活**とは、酵素が最適温度や**最適pH**から大きく離れた状況下に置かれた場合に酵素を構成するタンパク質が**変性**して酵素のはたらきが失われることを指すため、通常の化学反応後に酵素が失活することはない。

以上より、正解は①と③。酵素についての単純な知識問題であるため、間違えたくない。

重要語句

➤触媒

反応の前後で自身は変化しないが、化学反応の反応速度を高める物質。

➤最適温度

酵素が最もよくはたらく温度。この温度に近いほど酵素はよくはたらく。無機触媒を用いた反応では温度が高くなればなるほど反応速度は大きくなるが、酵素はタンパク質であるため、温度が高くなりすぎるとタンパク質が変性し、触媒としてののはたらきを失ってしまう。ヒトの体内の酵素の最適温度はヒトの体温付近である。

➤最適 pH

酵素が最もよくはたらく pH。この pH に近いほど酵素はよくはたらく。無機触媒を用いた反応では反応速度が pH によって左右されないのに対し、酵素は pH が最適 pH から大きく外れるとタンパク質が変性し、失活してしまう。ちなみに、唾液に含まれる **アミラーゼ**、すい臓ではたらく **トリプシン** の最適 pH はそれぞれおよそ 7 と 8 である。

➤酵素 - 基質複合体

基質と酵素が活性部位で結合している状態の複合体のこと。この複合体をつくることで活性化エネルギーが低下し、化学反応の反応速度が高められる。

問 2 3 正解は⑦

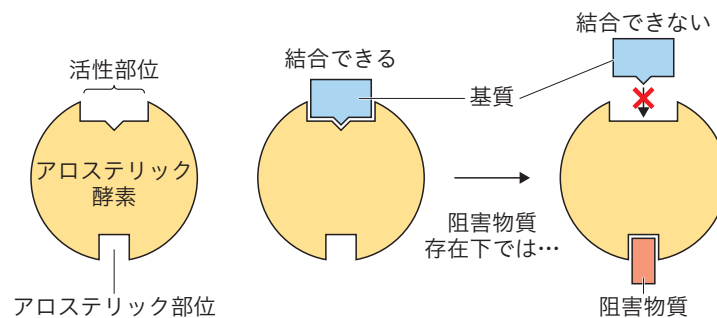
難易度 ★☆☆☆☆

解説

ア にはフィードバック調節が入る。酵素反応によって生じた物質がその物質をつくる酵素反応を調節する仕組みを **フィードバック調節** という。酵素反応を阻害するフィードバック調節を特に **負のフィードバック** という。フィードバック調節が行われることによって物質の濃度や量などが適度に保たれるという利点がある。

ちなみに、**ホメオスタシス** とは **恒常性** のことで、生物の体内環境が常に一定の範囲内に保たれる性質のことを指す。

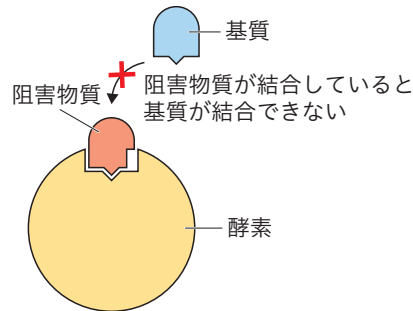
イ にはアロステリック酵素が入る。**アロステリック酵素** は **活性部位** とそれ以外に他の物質が結合できる特有の部位 (**アロステリック部位**) をもち、そこに他の物質が結合すると活性部位の立体構造が変化して酵素と基質が結合できなくなるため酵素の活性が失われる。このような酵素活性の阻害を **アロステリック阻害** という。



アロステリック酵素の構造とアロステリック阻害の仕組み

ちなみに、**補酵素**とは**アポ酵素**（補酵素なしの単体では基質に作用できない酵素）と結合することでアポ酵素に酵素活性をもたせる物質のことを指す。

ウには競争が入る。基質と同じような立体構造をもつ物質は酵素の活性部位と結合できるため、基質と酵素との結合を妨げ、酵素反応を阻害する場合がある。このような酵素反応の阻害を**競争的阻害**（**競争阻害**）という。



競争的阻害の仕組み

エには非競争が入る。アロステリック酵素のように活性部位以外に阻害物質が結合できる部位をもつ酵素などではそれによって酵素反応が阻害される場合がある。このような阻害を**非競争的阻害**という。

以上より、アにフィードバック調節、イにアロステリック酵素、ウに競争、エに非競争を選択している⑦が正解。こちらも酵素に関する基本的な問題であるのでしっかりと正答したい。

重要語句

➤活性部位

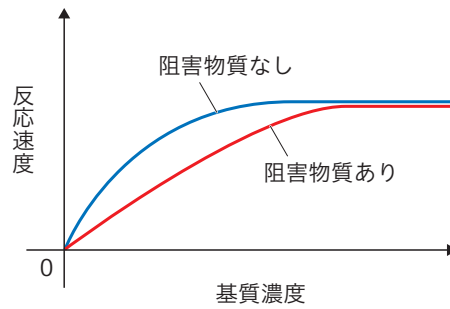
酵素に存在する、基質が酵素に結合する部位。酵素が失活した場合はこの活性部位の立体構造が変化して基質が結合できない状態になっていることが多い。

◆ Check!!

阻害の基質濃度依存性

本問では競争的阻害と非競争的阻害を取り扱った。これらの阻害はなぜそのような名前がついているのだろうか。

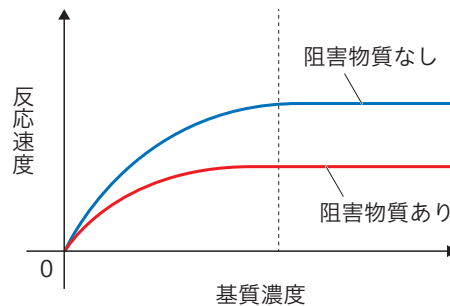
競争的阻害では、基質と似た立体構造をもつ阻害物質が酵素と結合することで基質と結合できる酵素が減少してしまうため、酵素反応が阻害される。したがって、基質の濃度変化に伴う化学反応速度の変化は次のグラフのようになる。



競争的阻害による反応速度の変化

基質濃度が低いと酵素と基質がなかなか結合できないが、基質濃度が高くなるにつれて結合できるようになり反応速度は大きくなる。さらに基質濃度が高まると阻害物質をほぼ無視できるようになるため反応速度が阻害物質なしの場合とほとんど変わらなくなる。このように、基質と阻害物質は酵素の取り合いをしているように見えるため、このような阻害機構は競争的阻害と呼ばれるのである。

一方で、非競争的阻害では阻害物質が活性部位以外の部位に結合した結果、活性部位の立体構造が変化することで基質が酵素に結合できなくなるため、酵素反応が阻害される。したがって、基質の濃度変化に伴う化学反応速度の変化は次のグラフのようになる。



非競争的阻害による反応速度の変化

この場合、阻害物質が結合している酵素の数はすでに決まっており、基質濃度が変化してもその数は一定である。そのため、基質濃度が無限に高くなった場合でも阻害物質がある場合は、阻害物質がない場合に比べて反応速度は低いところで一定になる。このように、基質と阻害物質は酵素の取り合いをしない（基質は阻害物質を差し置いて酵素に結合できない）ため、このような阻害機構は非競争的阻害とよばれるのである。

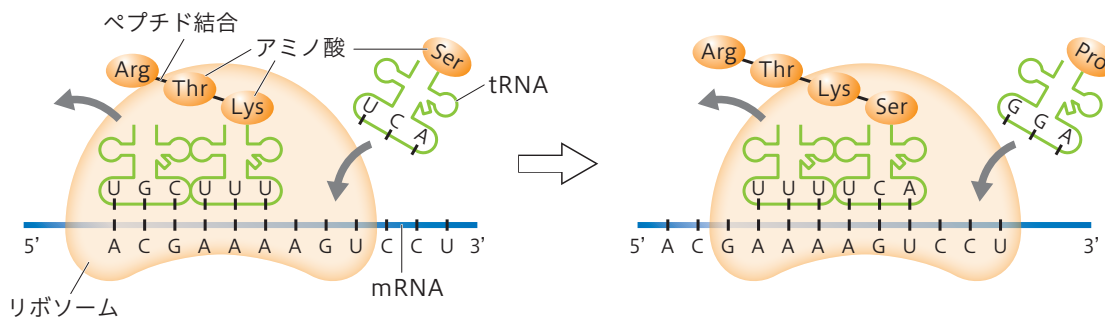
B

問3 4 正解は④ 5 正解は②

難易度 ★☆☆☆☆

解説

オには④リボソームが入る。タンパク質は細胞小器官である**リボソーム**で mRNA が翻訳されてつくられる。リボソーム内では **mRNA のコドン**に対応する**アンチコドン**を有した **tRNA** が mRNA と結合する。tRNA にはそのアンチコドンに対応した**アミノ酸**がくっついており、このアミノ酸が**ペプチド結合**でつながっていくことによりタンパク質が生じる。



翻訳の仕組み

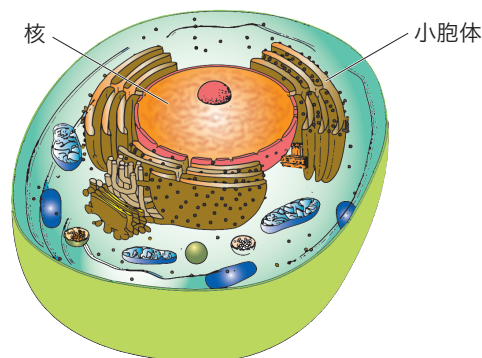
カには②ゴルジ体が入る。**ゴルジ体**では細胞外へ放出されるタンパク質などの物質の濃縮や分配がなされる。ゴルジ体は一重の扁平な袋がいくつか重なったような構造をとり、分泌細胞に多く見られる。

以上より、オは④、カは②が正解。タンパク質に関する基本問題であり、当然正答率も高いことが考えられるのでしっかりと正解したい。

重要語句

➤小胞体

細胞質基質中に核の周囲に広がるように存在している扁平な膜構造。タンパク質合成に関わったり、**小胞**を出芽させて物質の輸送に関わったりしている。



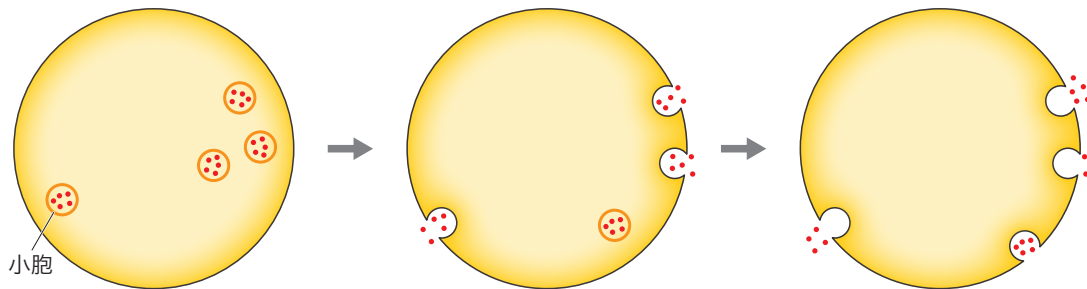
細胞と小胞体

問 4 6 正解は③

難易度 ★★★★★

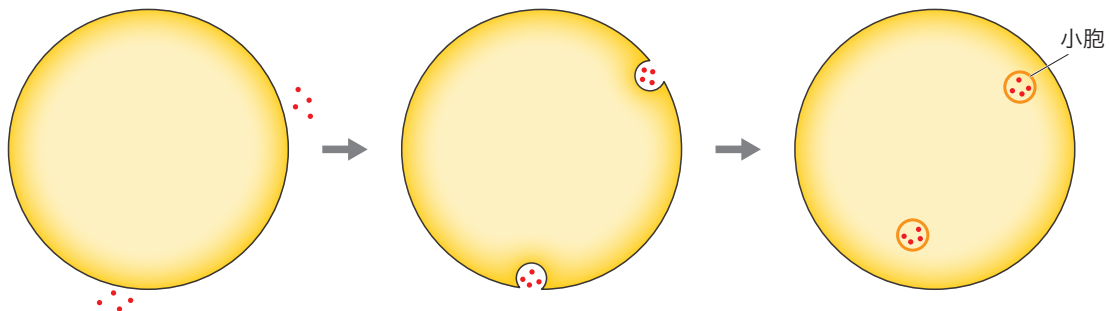
解説

現象 E を表す語はエキソサイトーシスである。小胞が細胞膜と融合することによって小胞内に蓄えられていた物質が細胞外へ放出されることを**エキソサイトーシス** (exocytosis) という。エキソサイトーシスの exo とは「外」を表すギリシャ語である。英語でも輸出を意味する export など、「外」に関する単語に ex が付いている。



エキソサイトーシスの仕組み

エンドサイトーシス (endocytosis) とは細胞が細胞外にある物質を取り込む過程の一種を指す。エンドサイトーシスでは細胞膜から小胞が形成されることで細胞外の物質が細胞内へと取り込まれる。エンドサイトーシスの endo とはギリシャ語で「内」を示す。



エンドサイトーシスの仕組み

実験 1 の説明から、この実験では現象 E、すなわちエキソサイトーシスが生じた部位が斑点上に色素で標識されることがわかり、また、リード文に現象 E が起こるためには Ca^{2+} 濃度が上昇する必要があると書かれているので、この点の数が細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇の程度を表している (Ca^{2+} 濃度が上昇すればするほど点の数は多くなる) ことは納得できるだろう。

ここで条件の違いによる斑点の数を表す図 2 のグラフを表にまとめてみよう。ただし、図 2 のグラフに示されているデータを左側から順に A ~ H と名付ける。

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|------------------------|----|----|------------|------------|-----|----|----|------------|
| 培養液中の Ca^{2+} | - | - | - | - | + | + | + | + |
| 試薬 X | - | + | - | + | - | + | - | + |
| 試薬 Y | - | - | + | + | - | - | + | + |
| 標識された点の数 | 40 | 40 | ほとんど なし | ほとんど なし | 120 | 40 | 80 | ほとんど なし |

(+ は存在する, - は存在しないことを表す)

ここで、試薬 X は細胞膜を介した Ca^{2+} の移動を阻害し、試薬 Y は小胞体膜を介した Ca^{2+} の移動を阻害すること、培養液中の Ca^{2+} が実験に用いた神経細胞の外側にある Ca^{2+} を示していること、標識された点の数は細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇の程度を表していることに注意すると、上の表は次の表のように書きなおせるだろう。

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|-------------------------------|-------|-------|------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| 細胞外の Ca^{2+} | - | - | - | - | + | + | + | + |
| 細胞膜を介した Ca^{2+} の移動 | + | - | + | - | + | - | + | - |
| 小胞体膜を介した Ca^{2+} の移動 | + | + | - | - | + | + | - | - |
| 細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇 | + | + | ほとんど なし | ほとんど なし | + | + | + | ほとんど なし |
| | (程度小) | (程度小) | | | (程度大) | (程度小) | (程度中) | |

(+ は存在する・起こる, - は存在しない・起こらないことを表す)

試薬 X を加えると、細胞膜を介した Ca^{2+} の移動がなくなるのだから上の 2 つの表の 3 行目で + と - の符号は逆になることに注意しよう。4 行目についても同様である。

それではデータに基づいて考えていこう。

データ A から、細胞外に Ca^{2+} が存在していなくても細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇は引き起こされることがわかる。しかし、データ C を見ると、細胞外に Ca^{2+} が存在していないとき、小胞体膜を介した Ca^{2+} の移動が起こらない場合は細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇はほとんど起こらないことがわかるだろう。よって、細胞外に Ca^{2+} が存在していない場合、細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇は小胞体からの Ca^{2+} の供給によって引き起こされていることがわかるだろう。

また、データ G を見ると、小胞体膜を介した Ca^{2+} の移動がない場合も細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇が起こっていることがわかる。このデータでは細胞の外側に Ca^{2+} が存在していることに注目したい。ここで、ひょっとしたら細胞外からも Ca^{2+} が供給されているのではないかという考えが出てくる。そこで、データ G とデータ H を比べてみると、細胞膜を介した Ca^{2+} の移動が阻害されると細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇が起こらないことが確認され、細胞外からも Ca^{2+} が供給されていることがわかる。

細胞外に Ca^{2+} が存在し、なおかつ細胞膜と小胞体膜を介した Ca^{2+} の移動が阻害されていないデータ E では、細胞質基質の Ca^{2+} 濃度の上昇の程度がかなり高くなっている。これは細胞外からも小胞体からも Ca^{2+} の移動が

なされるためだと考えられ、上記の2つのことが確認できる。

ちなみに、小胞体のみから Ca^{2+} が供給されるデータ A, B, F よりも、細胞外のみから Ca^{2+} が供給されるデータ G のほうが標識される点の数が多いことから、細胞は小胞体よりも細胞外から多くの Ca^{2+} の供給を受けていることがわかる。

以上より、正解は現象 E を表す語としてエキソサイトーシス、 Ca^{2+} の供給場所として細胞外と小胞体を選択している③。グラフからデータをしっかりと整理して読み取る必要がある問題である。グラフの読み取りを間違えなければ単純な問題なので、正解したい。

(制作：熊井勇介，後藤暁彦)

2016年度 センター試験 本試験 生物

第2問 センチュウの発生、被子植物の受精

| | |
|-------|--|
| 出題範囲 | 発生・生殖 |
| 難易度 | ★★☆☆☆ |
| 所要時間 | 9分 |
| 傾向と対策 | 第2問のAでは動物の発生に関する問題が、Bでは植物の発生に関する問題が出題された。A、Bともに少々長い説明文を読まなければならないが、それらをしっかりと読めば比較的理解しやすい簡単な問題である。時間は多少かかるだろうが、悩みすぎて後半の問題に時間をかけられないということがないようにしたい。考察問題ではあるが、正確な知識も同時に必要とする問題であるので、解けなかった場合は動物や植物の発生に関する分野をしっかりと見直しておこう。 |

A

問1 正解は⑤

難易度 ★☆☆☆☆

解説

選択肢を順に確認していけばよい。

- ① 誤 ウニの卵では1つの精子が卵内に進入すると膜電位の逆転や受精膜形成による**多精拒否**機構がはたらき、他の精子は卵内へ進入できなくなる。よって、そもそも卵内に複数の精子は進入しない。
- ② 誤 **受精膜**は1つ目の精子の卵への進入後に**卵膜**（**卵黄膜**）が細胞膜から分離することで生じる。卵膜は受精後、卵内にある**表層粒**から放出された物質に触れる（**表層反応**）ことで細胞膜から離れて硬化し、受精膜となるのである。
- ③ 誤 受精した際に**精核**と**卵核**は融合して1つの受精卵の核となっており、その後の卵割で分離することはない。精核と卵核が分離してしまうと胚を構成する細胞が精核由来の染色体のみをもつものと卵核由来の染色体のみをもつものの2種類に分かれてしまい、正常な発生が行われなことがわかるだろう。
- ④ 誤 原腸が形成され始めるのは**原腸胚**の初期からであり、桑実胚からではない。原腸胚では**植物極側**（精子の進入地点がないほうの半球の極）の細胞が陥入するようにして原腸が形成されていく。
- ⑤ **正** 原腸胚の中期くらいに原腸の陥入が進んでいくと、その陥入点に**原口**が形成される。ウニでは原口は幼生の**肛門**となり、原腸は**食道**や**胃**となる。また、原腸の先端は外胚葉に達して口となる。

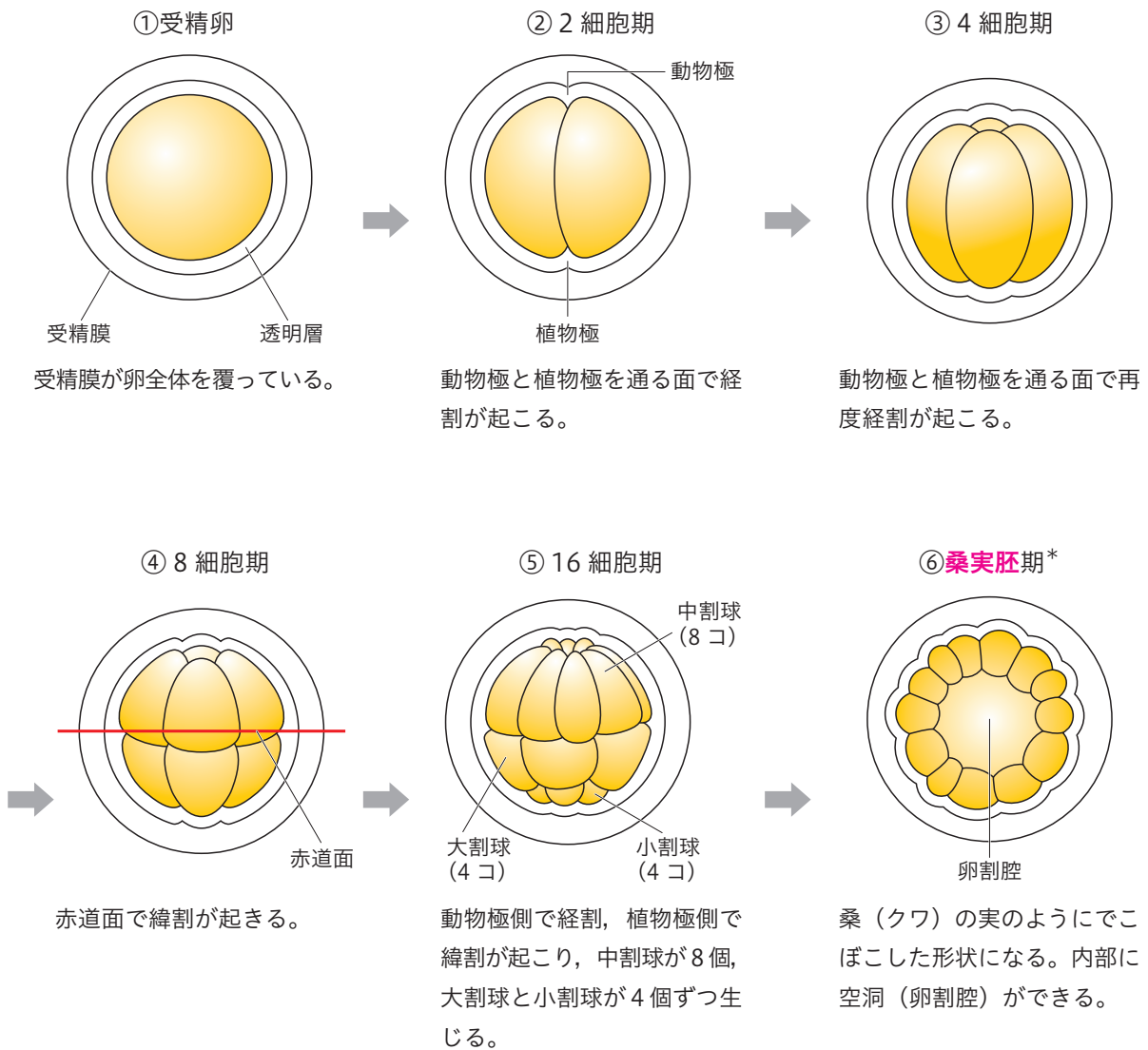
以上より、正解は⑤。選択肢に含まれている記述の誤りを見つけるのが比較的簡単であり、また、⑤も明らかに正しいので正解したい問題である。間違えた場合はウニの発生および受精の過程をもう一度見直しておこう。

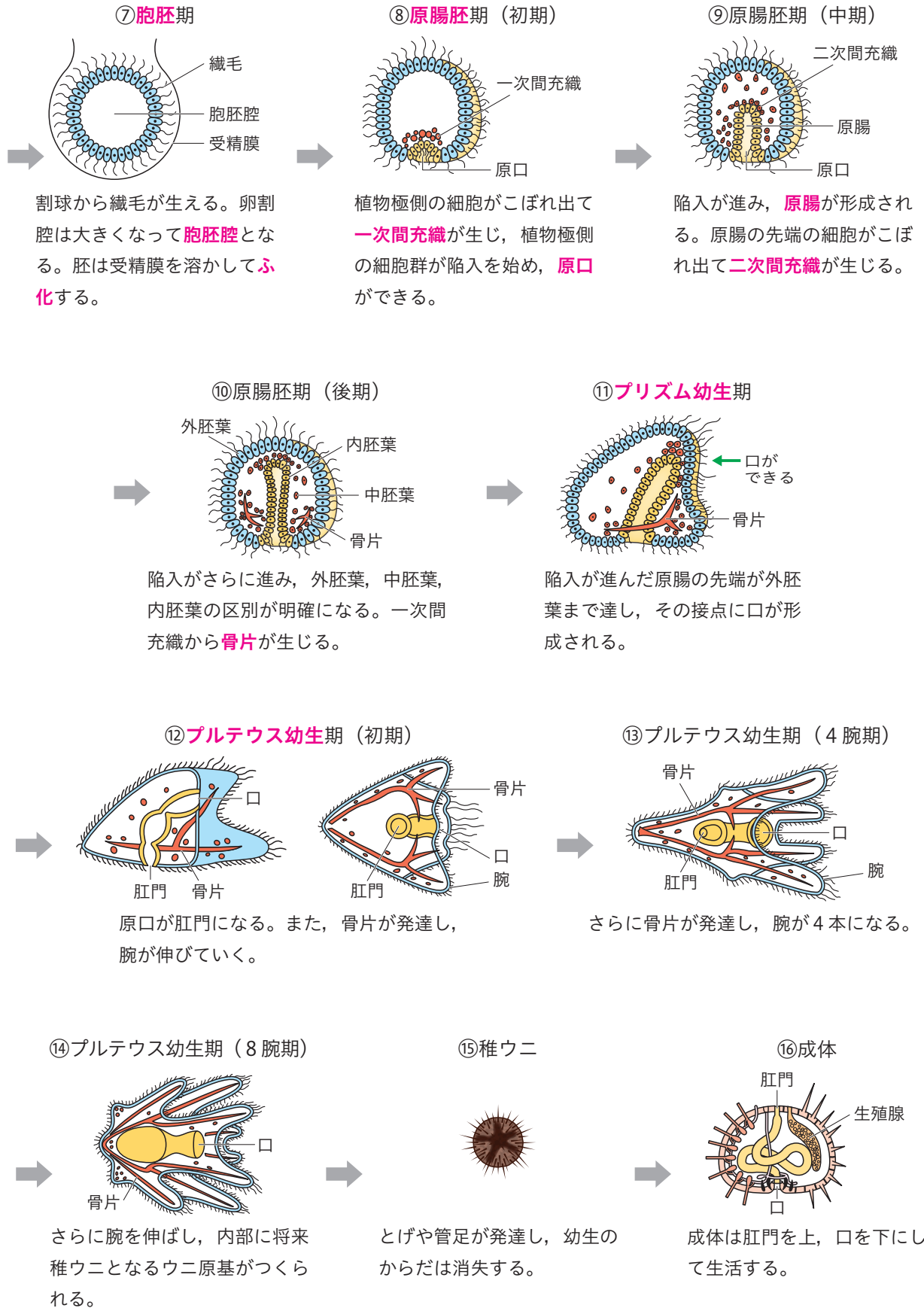
◆ Check!!

ウニの発生

ウニの発生は、受精卵→2細胞期→4細胞期→8細胞期→16細胞期→桑実胚→胞胚→原腸胚→プリズム幼生→プルテウス幼生→稚ウニ→成体というような過程を経る。ウニの卵は**等黄卵**であり、卵黄量が少なく一様に分布しているため、8細胞期まで同じ大きさの割球が生じる。このように、卵割初期においてほぼ同じ大きさの割球ができるような卵割様式を**等割**という。では、受精卵から発生過程を見ていこう。

なお、卵割において縦に卵が割れる場合を**経割**、赤道面に平行な面で卵が横に割れる場合を**緯割**という。地球儀において北極と南極を結ぶ縦の線を**経線**、赤道に平行な線を**緯線**とよぶことから考えると覚えやすい。



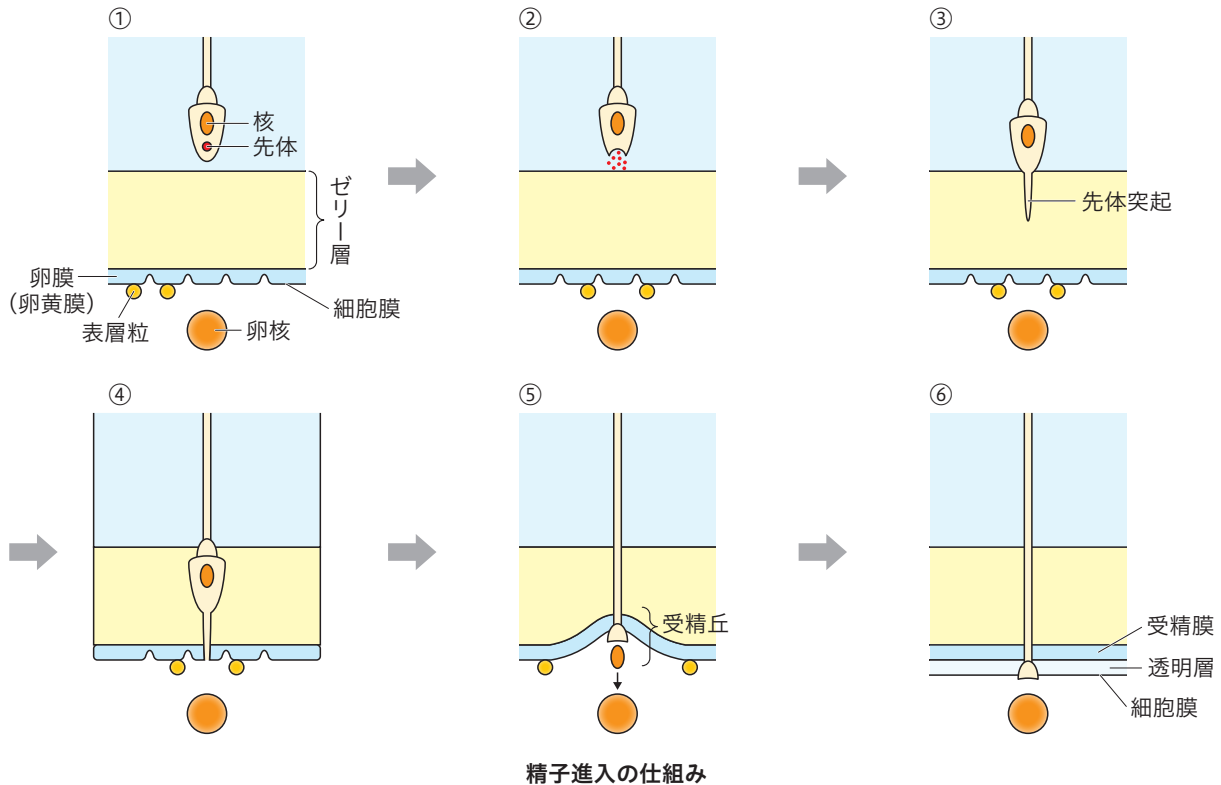


*⑥～⑫, ⑯は断面図。

◆ Check!!

ウニの受精（精子の進入の仕組み）

ウニにおける卵への精子進入の仕組みを確認しよう。



- ①オスから放出された精子は卵に近づく。これは卵から放出される誘導物質の作用による。
- ②精子の先端が卵の周りにある**ゼリー層**に達すると、精子の**先体**が壊れ、先体内の物質（タンパク質分解酵素など）が放出される。
- ③先端の細胞膜は変形し突起状に隆起する。こうしてできる突起を**先体突起**という。精子がゼリー層に達してから先体突起が伸びるまでの反応を**先体反応**という。
- ④精子は鞭毛運動を活発にし、ゼリー層を進んでいく。ゼリー層を通過した精子は、先体突起部分から卵の細胞膜と膜融合を起こす。このとき、細胞内にナトリウムイオンが流入することで膜電位の逆転が起こり（**脱分極**），他の精子が卵へと進入できなくなる。
- ⑤精子が卵の表面に達すると、卵の表面が盛り上がり、**受精丘**が形成される。精子の核は卵内に放出され、この時点から精子の核を**精核**とよぶようになる。
- ⑥**表層粒**内の物質が細胞膜と卵黄膜の間に放出されると（**表層反応**），卵膜（卵黄膜）は細胞膜から離れて**受精膜**が形成される。精核は卵核と融合し、受精が起こる。受精膜の形成により、他の精子は卵内へ進入できなくなる（**多精拒否**）。

問 2 2 3 正解は①・⑤ (順不同)

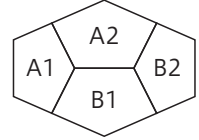
難易度 ★☆☆☆☆

解説

センチュウの4細胞期胚の割球の分化能獲得におけるタンパク質 X と Y のはたらきを考察する問題である。

まず、リード文からわかることを挙げていこう。

- ・ 4つの割球を図1のようにA1, A2, B1, B2と名付ける。
- ・ B1は咽頭と腸に分化する細胞を生み出す能力をもつようになり、この能力を分化能 M とよぶ。
- ・ B1の分化能 M 獲得に関わるタンパク質 X, タンパク質 Y がそれぞれ存在しない変異体 x, 変異体 y を用いて実験を行う。



それでは、実験を見ていこう。各実験の概要を表にまとめる。

実験 1

| 内容 | 分化能 M をもつ割球 | |
|--------------------------------------|-------------|--------|
| 2つの変異体 x および y のそれぞれで分化能 M をもつ割球を調べる | 変異体 x | 存在しない |
| | 変異体 y | B1, B2 |

実験 2

| 内容 | タンパク質が分布する割球 | |
|---------------------------|--------------|--------|
| 野生型でタンパク質 X および Y の分布を調べる | タンパク質 X | B1, B2 |
| | タンパク質 Y | B2 |

では、選択肢を見ていこう。

- ① 正 実験1を見ると、タンパク質 X が存在しない変異体 x では分化能 M をもつ割球が存在していないことがわかる。よって、タンパク質 X は分化能 M の獲得に必要なことがわかる。
- ② 誤 実験1を見ると、タンパク質 Y が存在しない変異体 y でも分化能 M をもつ割球は生じていることがわかる。よって、タンパク質 Y は分化能 M の獲得に必要なことがわかる。
- ③ 誤 実験1を見ると、タンパク質 Y が存在しない変異体 y でも分化能 M をもつ割球が存在していることがわかる。タンパク質 Y が存在しなければタンパク質 X とタンパク質 Y は共存のしようがないので、分化能 M の獲得に2つのタンパク質の共存は必要ないことがわかる。
- ④ 誤 実験2を見ると、タンパク質 Y は割球 B2 のみに存在し、タンパク質 X は割球 B1, B2 に存在することがわかる。また、リード文から、野生型では割球 B1 のみが分化能 M を獲得していることが読み取れ、タン

タンパク質 Y が割球 B2 ではたらく野生型では、割球 B2 でのタンパク質 X のはたらきによる分化能 M の獲得がなされていないことがわかる。これは、タンパク質 Y のはたらきにより、タンパク質 X が分化能 M を獲得させる機能をなくしたためであると考えることができ、タンパク質 Y はタンパク質 X の蓄積を促進しないことがわかる。

- ⑤ 正 実験 2 からタンパク質 X は割球 B1 と B2 に、タンパク質 Y は割球 B2 のみに存在することがわかる。①の説明からタンパク質 X は分化能 M の獲得を引き起こすことがわかるが、野生型では割球 B1 のみが分化能 M を獲得している。なぜタンパク質 X が存在する割球 B2 が分化能 M を獲得しないのか、と考えたときに、割球 B1 と B2 の違いはタンパク質 Y の有無であることがわかる。分化能の獲得を引き起こすタンパク質 X をもつ割球のうち、タンパク質 Y の存在しない割球 B1 で分化能 M が獲得され、タンパク質 Y の存在する割球 B2 で分化能 M が獲得されなかったのであるから、タンパク質 Y はタンパク質 X のはたらきを抑制していることがわかる。
- ⑥ 誤 タンパク質 X のはたらきを抑制するタンパク質 Y がタンパク質 X によって分解されるのであれば、野生型の割球 B2 でも分化能 M が獲得されるはずである。

以上より、正解は①と⑤。2つの実験の結果を比較して考えることが大切である。間違えた場合は何が違うのかよく理解してから後日もう一度解いてみよう。

B

問 3 4 5 正解は②・④

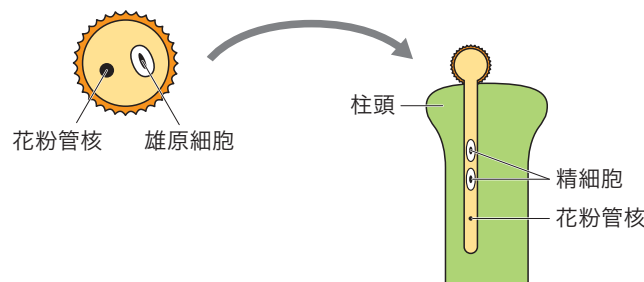
難易度 ★☆☆☆☆

解説

選択肢を順に確認していけばよい。

- ① 誤 2つの精細胞は花粉管細胞ではなく雄原細胞の体細胞分裂によって生じる。

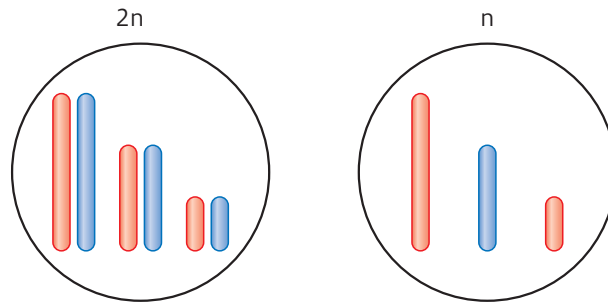
花粉は**花粉管細胞**とその内部にある**雄原細胞**からなる。花粉が柱頭に付着すると花粉は胚珠に向かって**花粉管**を伸ばす。花粉管の中では花粉管核が先頭を進み、雄原細胞の体細胞分裂によって生じた2つの**精細胞**がそれを追うように進んでいく。



花粉の構造と受粉後の変化

- ② 正 雄原細胞は花粉四分子（核相： n ）を構成する4つの娘細胞のうち1つが細胞分裂を起こすことによって生じたものであるから、雄原細胞の核相も n である。

核相とは選択肢の文にも書いてある通り、染色体の構成を表す概念であり、下図のように**相同染色体**（父と母から受け継ぐ同大同形の染色体）が2本ずつ存在する場合を $2n$ 、相同染色体が存在しない場合を n のように表す。多くの生物では、体細胞などの核相は $2n$ であり、配偶子などの核相は n である。

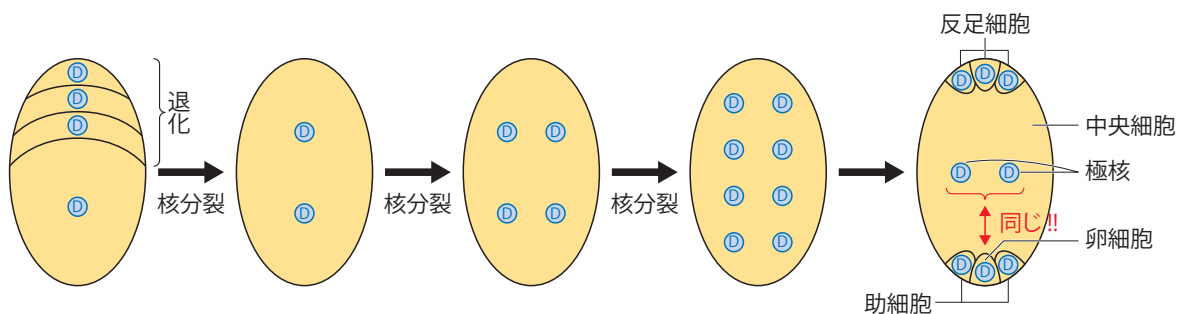


減数分裂における染色体の分配

- ③ 誤 雄原細胞は花粉内ではなく花粉管の中で体細胞分裂を起こして2個の精細胞になる。よって、成熟した花粉内には1つの花粉管核と1つの雄原細胞が含まれる。

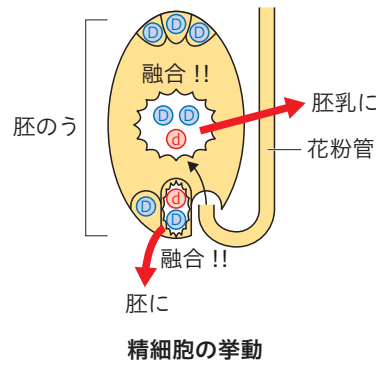
- ④ 正 胚乳の核は**中央細胞**の2つの**極核**と1つの精細胞の核が融合することで生じる。よって、胚乳の核には相同染色体が3本存在し、そのうち2本は中央細胞の極核由来、もう1本は精細胞の核由来である。つまり、胚乳の核の遺伝子型が DDd であれば、2つの同じ遺伝子 D は中央細胞の極核由来の遺伝子、1つだけ異なる遺伝子 d は精細胞の核由来の遺伝子であることがわかる。

ここで、**胚**の核は**卵細胞**の核と精細胞の核が融合してできたものであることに注意しよう。卵細胞の核は胚のう細胞を構成する4つの細胞のうち、最も大きい1つの細胞の核が核分裂を起こして生じた8つの核のうちの1つであり、中央細胞の極核もそのうちの2つから生じたものである。よって、卵細胞の核と中央細胞の極核はまったく同じ染色体をもち、もつ遺伝子もまったく同じである。



胚のう細胞形成のメカニズム

よって、卵細胞の核が遺伝子 D 、精細胞の核が遺伝子 d をもつのだから、それらの核が融合してできる核を有する胚は Dd の遺伝子型を示すことがわかる。



- ⑤ 誤 3つの**反足細胞**は合体することもなく、やがて退化して消失する。受精卵は体細胞分裂を起こすと1つの大きい細胞と1つの小さな細胞が生じるが、**幼根**はこの小さな細胞が細胞分裂を繰り返して生じる多数の細胞の一部が分化することで生じる。**子葉**や**胚軸**もこの多数の細胞の分化によって生じる。
- ⑥ 誤 胚乳が未発達な状態で種子が完成する植物とは**無胚乳種子**のことを指す。無胚乳種子では、胚乳が未発達で分解・吸収されており、子葉に栄養が蓄えられている。

無胚乳種子の反対の性質をもつ**有胚乳種子**では、胚乳が発達し、胚乳に栄養が蓄えられている。

下の表に書いてあるいくつかの代表例を覚えておこう。

| 種子の分類 | 代表例 |
|--------------|-------------------------|
| 無胚乳種子 | クリ, モモ, エンドウ, アブラナ, ナズナ |
| 有胚乳種子 | カキ, トウゴマ, イネ |

以上より、正解は②と④。知識に加え、少し思考力を必要とする問題である。しかし、②や④の正誤判断で迷っても消去法でなんとか正解できる問題である。間違えた場合は植物の配偶子形成をしっかりと見直そう。

◆ Check!!

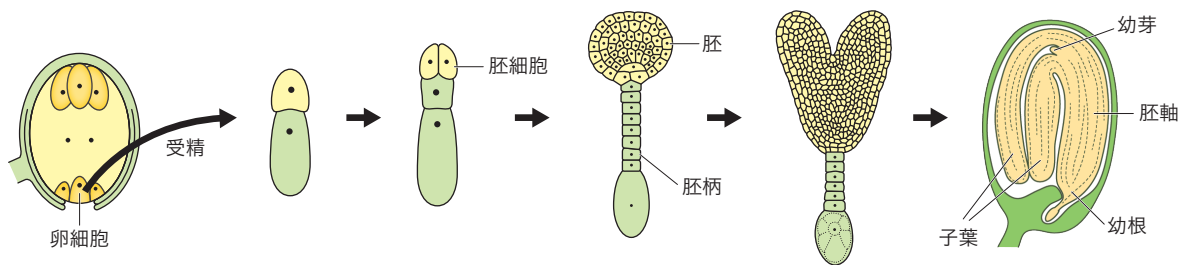
植物の胚発生

植物において、受精した卵細胞からは**胚**が生じる。その胚発生の過程を確認しておこう。

受精した卵細胞はまず体細胞分裂を起こし、小さい細胞と大きい細胞の2つの娘細胞が生じる。小さい娘細胞からは将来胚が生じ、大きい娘細胞からは胚柄が生じる。

小さい娘細胞は体細胞分裂を行うと胚細胞となり、さらに胚細胞が体細胞分裂を繰り返して胚が形成されていく。その後しばらくすると**子葉**、**幼芽**、**胚軸**、**幼根**の構造が明確になる。

大きい娘細胞も体細胞分裂を行い、**胚柄**とよばれる構造が出来上がる。胚柄は胚珠と胚をつなぎ、胚を支えるはたらきをもつ。



植物の胚発生の過程

問 4 6 正解は②・④

難易度 ★★☆☆☆

解説

受精の際の遺伝子 F のはたらきに関する問題である。

まず、実験 3 の説明およびその結果からわかることを挙げていこう。

- ・ 遺伝子 F は正常な受精に必要である。遺伝子 F の対立遺伝子 f はそのはたらきを失っている (= 遺伝子 f のみでは正常な受精が行われない)。
- ・ **雌しべ側**の遺伝子型が **FF** だと、**雄しべ側**の遺伝子型が **FF** でも **Ff** でも胚珠から種子が形成される割合は 100% である (表 1 から)。
- ・ **雌しべ側**の遺伝子型が **Ff** だと、**雄しべ側**の遺伝子型が **FF** でも **Ff** でも胚珠から種子が形成される割合は 50% になる (表 1 から)。

次に、実験 4 の説明およびその結果からわかることを挙げていこう。

- ・ **雌しべ側**の遺伝子型が **FF** だと、**雄しべ側**の遺伝子型が **FF** のとき、花粉管はすべて助細胞で破裂する。

・雌しべ側の遺伝子型が **Ff** だと、雄しべ側の遺伝子型が **Ff** のとき、花粉管は助細胞で破裂するものとしなが
 ら観察される。

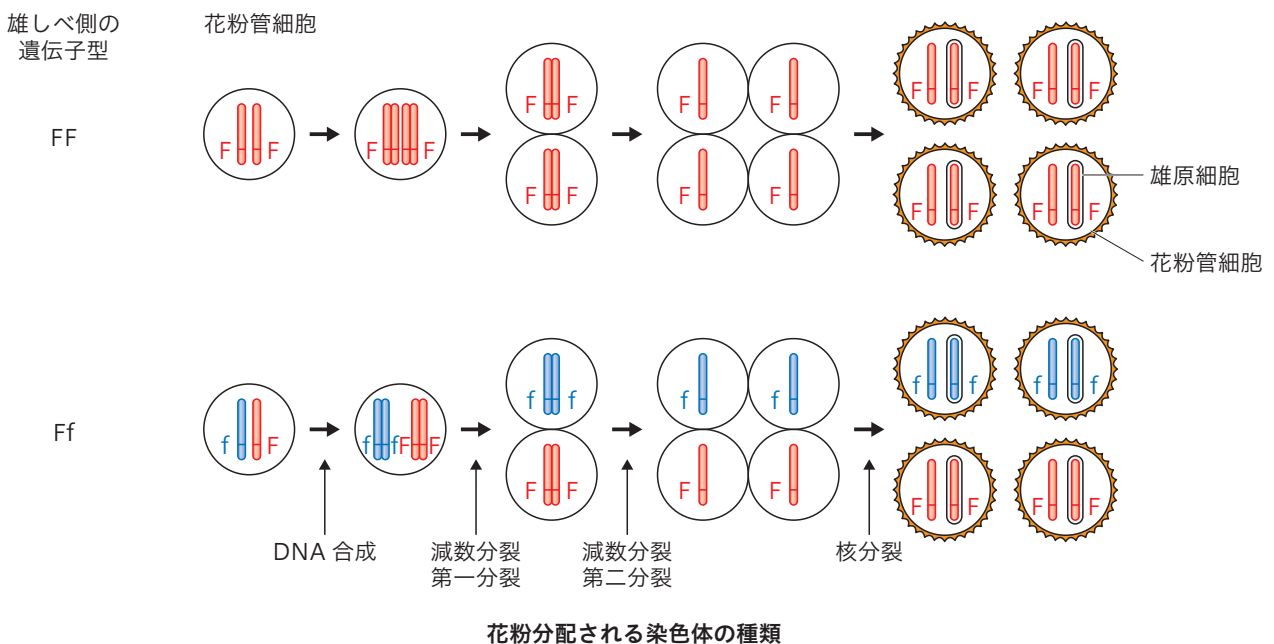
ここで、雌しべ側の遺伝子型が **Ff** だと、雄しべ側の遺伝子型が **FF** でも **Ff** でも胚珠から種子が形成される割
 合は 50% になることに注目しよう。このことから、雄しべ側の遺伝子型が **FF** (正常な遺伝子のみ) でも正常な
 種子形成がなされていないことを考えると、雌しべ側が遺伝子 **f** をもつことによって、正常な受精がなされなく
 なる場合が生じることがわかる。これは、雌しべ側から生じる胚のうち遺伝子 **F** がはたらくことを示している。
 これは雌しべ側の遺伝子型が **FF** であり、雄しべ側の遺伝子型が **Ff** であってもすべてで種子が形成される、すな
 わちすべてで正常な受精が行われることと矛盾しない。

では、雌しべ側の遺伝子型が **Ff** であるとなぜ正常な受精がなされなくなる場合があるのだろうか。その答えは
 実験 4 をみれば推測できるであろう。図 5 をみると、花粉管が助細胞で破裂した場合は 2 個の精細胞が放出され
 ていることがわかる。花粉管が破裂して精細胞が放出されると、放出された精細胞のうち 1 つは卵細胞と、もう
 1 つは中央細胞と正常に受精をすることができるため種子が形成されることがわかる。逆に、図 6 のように助
 細胞で花粉管が破裂しない場合は精細胞が放出されないため、正常な受精が行われず、種子も形成されないこと
 がわかる。雌しべ側の遺伝子型が **FF** の場合は図 5 のみが、雌しべ側の遺伝子が **Ff** の場合は図 5 と図 6 が観察され
 たというリード文中に書いてあることから、遺伝子 **F** は助細胞での花粉管の破裂に必要な遺伝子であることがわかる。

それでは、選択肢を見ていこう。

遺伝子 **F** がはたらく場所の選択肢として、花粉管か胚のうかの 2 通りが用意されている。

花粉管は花粉管細胞によって形成されるので雄しべ側の遺伝子型由来の遺伝子型をもつ。すなわち、雄しべ側
 の遺伝子型が **FF** の場合は花粉管を形成する花粉管細胞の遺伝子型は **F**、**Ff** の場合は **F** と **f** の 2 通りが生じるこ
 とがわかる。



また、胚のうは胚のう母細胞の減数分裂によって生じるから、こちらも同様に雌しべ側の遺伝子型が **FF** の場
 合は胚のうの遺伝子型は **F**、**Ff** の場合は **F** と **f** の 2 通りが生じることがわかる。遺伝子型が **F** の場合、遺伝子 **F**

ははたらくが、遺伝子型が f の場合、遺伝子 F ははたらかない。

では、選択枝を確認していこう。

①, ②, ③ 誤 実験3で雌しべ側の遺伝子型が FF であり、雄しべ側の遺伝子型が Ff であっても（花粉管細胞の遺伝子型が f であっても）すべてで正常な受精が行われていることを考えると、遺伝子 F は花粉管ではたらくしていないことがわかる。

④ 誤 実験3からわかるように、遺伝子 F が胚のうではたらくのは正しいのだが、遺伝子 F が花粉管を胚珠へ誘引するはたらきをもつとしたら、図6のように遺伝子型が f の胚のうでも花粉管は胚珠へ誘引されていることを説明できない。

⑤ 正 遺伝子 F は実験3からわかるように胚のうではたらく、実験4からわかるように花粉管の破裂を引き起こし、正常な受精を促す。

⑥ 誤 実験3からわかるように遺伝子 F が胚のうではたらくのは正しいのだが、遺伝子 F が胚のう内の花粉管を卵細胞に到達させるはたらきをもつならば、重複受精が正常に行われなため遺伝子 F をもつ胚のうでは種子が形成されないはずである。

以上より、正解は⑤。情報量の多い小問だったのではないだろうか。しかし、説明文をしっかりと理解しながら読めば簡単に解けるだろう。植物の配偶子形成についての知識が必要とされるので、わからなかった場合はそこも復習しておこう。

重要語句

➤対立遺伝子

相同染色体の同じ遺伝子座に存在する異なる型の遺伝子。異なる形質の発現を担っている。

➤遺伝子型

FF や Ff など生物がもつ遺伝子の構成のこと。

関連語句

➤遺伝子座

特定の遺伝子が存在する染色体の場所のこと。

(制作：熊井勇介，後藤暁彦)

2016年度 センター試験 本試験 生物

第3問 動物や植物の刺激に対する応答

| | |
|-------|--|
| 出題範囲 | 受容器・神経系・植物ホルモン |
| 難易度 | ★★★☆☆ |
| 所要時間 | 8分 |
| 傾向と対策 | Aは受容器や神経系に関する基本的な知識問題であり、Bは植物ホルモンに関する知識問題および思考問題である。第3問は比較的問題数が多く、特にBは時間がかかると思われるので、高得点をとるためには序盤のAの知識問題をスピーディーにかつ正確に解くことで、Bへの配分時間を増やすことが大切になる。解き始める前にどのような小問があるのかを確認しておくことが重要になるだろう。 |

A

問1 正解は④

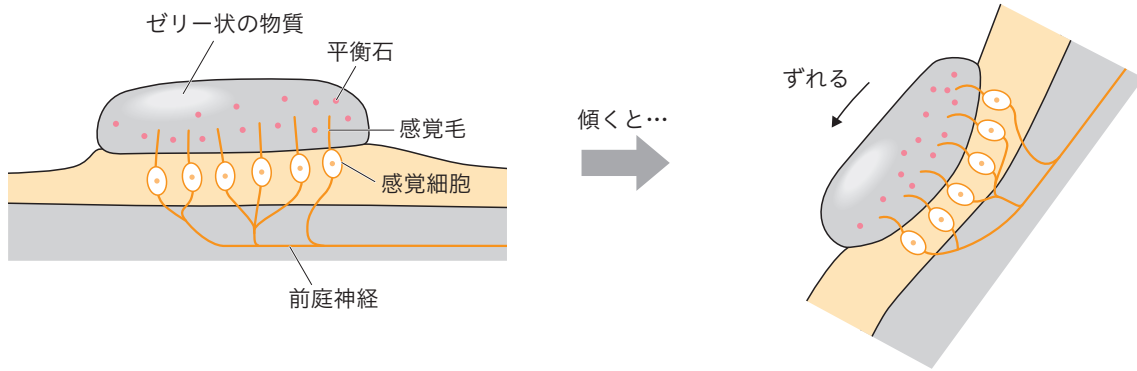
難易度 ★☆☆☆☆

解説

動物は目や耳などの**受容器**によって外界のさまざまな情報を集めている。受容器は特定の情報を効率よく集められるように特殊な構造をもつ。受容器で外界から受容される光や音などの情報は、受容器の中にある**感覚細胞**を刺激し、興奮させる。その興奮が脳に伝わることでそこで興奮が感覚として認知されるのである。このように特定の受容器によって集められ、感覚細胞の興奮を引き起こす特定の情報を**適刺激**という。例を挙げると、目に対する適刺激は光であり、皮膚に対する適刺激は温度や圧力である。

それでは選択肢を順に確認していこう。

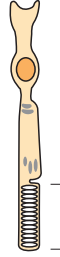

- ① 誤 紫外線は皮膚の適刺激ではない。皮膚に紫外線があたると、表皮組織では、その下にある真皮に有害な紫外線が到達しないようにメラノサイトとよばれる細胞によってメラニン色素が作られ、このメラニン色素が紫外線を吸収する。このように強い紫外線を浴びると表皮組織中のメラニン色素が増大することによって黒くなり、この状態が日焼けとよばれているのである。よって、紫外線は皮膚の感覚細胞を刺激しない。また、脳で紫外線を浴びているという感覚も認知することはできない。
- ② 誤 重力の変化を適刺激とするのは中耳ではなく内耳である。内耳の**前庭**ではからだの傾くと重力のはたらきによってゼリー状の物質の中にある**平衡石**がずれる。それによって平衡石に触れる**感覚毛**が刺激され、感覚細胞が興奮してその興奮が脳に伝わり、脳でからだの傾きが感知されるのである。



からだの傾きを感じ取る仕組み

③ 誤 **桿体細胞**は明暗に反応するだけで光の波長を認識できない。よって、緑色の光は桿体細胞の適刺激ではない。特定の光の波長を適刺激とするのは3種類の**錐体細胞**（青錐体細胞，緑錐体細胞，赤錐体細胞）である。青錐体細胞，赤錐体細胞，緑錐体細胞はそれぞれ青色（波長 430nm 前後），緑色（波長 530nm 前後），赤色（波長 560nm 前後）の光を吸収することで興奮し，この3種類の錐体細胞の興奮の仕方や組み合わせによって脳で認識される色が異なるのである。

最後に，桿体細胞と錐体細胞の違いを簡単に確認しておこう

| | 桿体細胞 | 錐体細胞 |
|--------|--|---|
| 形 |  外節部が棒状 |  外節部が円錐状 |
| 役割 | 明暗を区別 | 色の認識 |
| はたらく場所 | 暗い場所 | 明るい場所 |
| 位置 | 網膜の周辺部 | 黄斑部 |
| その他 | 夜行性動物で発達 | ヒトでは青錐体細胞，緑錐体細胞，赤錐体細胞が存在 |

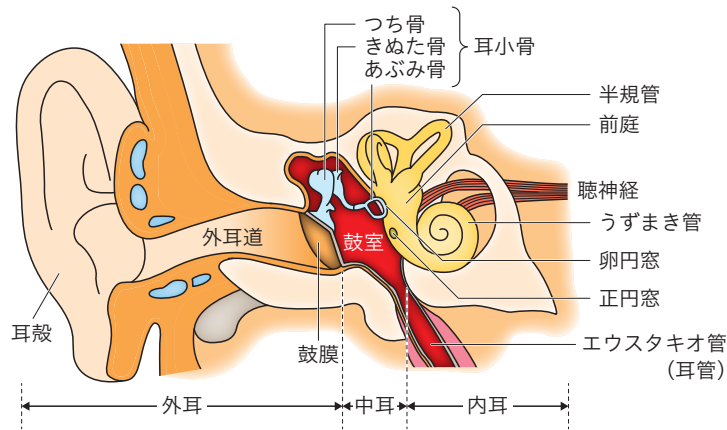
④ 正 舌にある**味細胞**や鼻にある**嗅細胞**ではそれぞれ食べ物や飲み物の中の化学物質，空気中の化学物質によって興奮が引き起こされることで脳にその興奮が伝わり，味やにおいとして認識される。よって，味細胞や嗅細胞の適刺激は化学物質であるといえる。

以上より，正解は④。単純な知識問題であるので落としたいくない。間違えた場合は受容器の復習をそれぞれの適刺激について意識しながら行うとよいだろう。

◆ Check!!

耳の構造とそのはたらき

耳は**外耳**、**中耳**、**内耳**の3つの部位に大別される。それぞれの部位をつくる構造とそのはたらきを確認していこう。



耳の構造

| | 構造名 | 形・位置・はたらきなど |
|----|----------------|--|
| 外耳 | 耳殻 | 我々が普段耳というときにはこの部分のことを指す。音を集め、外耳道へ届ける役割がある。 |
| | 外耳道 | 耳殻によって集められた音を通る狭い空洞の部分。鼓膜へと音を伝える役割がある。 |
| | 鼓膜 | 音の振動に伴って振動する。 |
| 中耳 | 耳小骨 | 3つの骨（外耳側から順につち骨、きぬた骨、あぶみ骨）からなる。鼓膜の振動を増幅してうずまき管内へ伝えるはたらきをもつ。 |
| | 鼓室 | 中耳にある空洞のこと。エウスタキオ管とつながっている。 |
| | エウスタキオ管 | 鼓室内の気圧を調節するはたらきをもつ。エウスタキオ管は咽頭（のどのあたり）と鼓室をつなぐ。飛行機に乗って耳がキーンとなった際に唾を飲むと治るのは気圧調節がうまく行われるためである。 |
| 内耳 | うずまき管 | うずまき状の管で、内部はリンパ液で満たされている。このリンパ液の振動が基底膜を振動させ、聴細胞を興奮させる。 |
| | 前庭 | うずまき管の少し上にある構造。からだの傾きを感知する感覚神経が存在する。 |
| | 半規管 | 互いに直交した3つの管からなる構造。からだの回転を感知する感覚神経が存在する。 |
| | 聴神経 | 聴細胞の興奮を大脳の聴覚中枢に伝える。 |

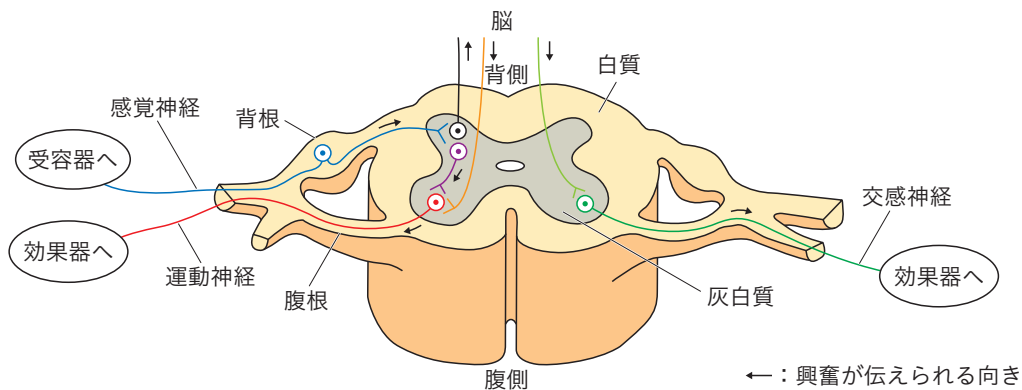
問2 2 正解は④

難易度 ★☆☆☆☆

解説

選択肢を順に確認していけばよい。

- ① 誤 中枢神経系は脳と脊髄にある神経細胞やグリア細胞から形成される。ちなみに、脳は**大脳**、**間脳**、**中脳**、**小脳**、**延髄**などからなる。
- ② 誤 大脳の**新皮質**には視覚などを担う感覚中枢は存在するが、本能行動に関する中枢は存在しない。大脳は**大脳皮質**と**大脳髄質**からなり、大脳皮質はさらに新皮質、古皮質、原皮質に大別される。新皮質には受容器から伝わる情報の処理を担う**感覚野**とからだの部位を意識的に動かす随意運動を担う**運動野**、記憶や思考、認知などの精神活動を担う**連合野**などが存在している。
- 対して、**古皮質**や**原皮質**には本能行動や生命活動などを担う中枢が存在している。
- ③ 誤 大脳に伝わる興奮を中継するのは間脳の**視床**であり、視床下部ではない。間脳の視床下部は自律神経系の中枢および内分泌系の上位中枢である。
- ④ **正** **延髄**には呼吸運動や心臓拍動、血管収縮の中枢、飲み込む、せきやくしゃみをするなどの運動を担う中枢が存在する。
- ⑤ 誤 **脊髄**の内側の髄質には細胞体が集中した灰白色の**灰白質**があり、外側の皮質には軸索が集中した白色の**白質**がある。大脳では内側の髄質が白質、外側の皮質が灰白質と、脊髄とは逆の関係になっていることに注意しよう。
- ⑥ 誤 感覚神経はからだの背側にある**背根**を通して脊髄に入り、運動神経はからだの腹側にある**腹根**を通して脊髄から出ていく。また、交感神経も腹根を通して脊髄から出ていく。



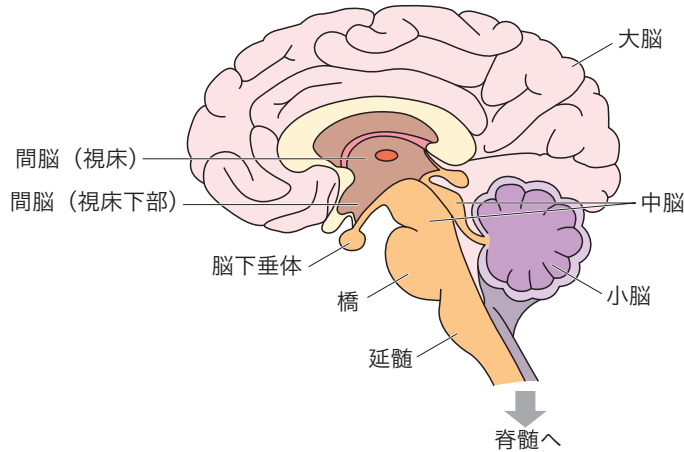
脊髄の断面図

以上より、正解は④。脳や脊髄の各部の役割をしっかりと暗記していなければ解けない問題である。間違えた場合は脳や脊髄の構造、およびそれらの各部の名称やはたらきを暗記するようにしよう。

◆ Check!!

脳の構造とそのはたらき

前述したように脳は**大脳**，**間脳**，**中脳**，**小脳**，**延髄**などからなる。間脳，中脳，延髄と橋とよばれる構造をまとめて**脳幹**という。脳幹は生命維持に必要な中枢である。



脳の構造

| 構造 | | はたらきなど | |
|----|---------|---|----------------------------|
| 大脳 | 新皮質 | 感覚野 | 受容器から伝わる情報の処理 (聴覚野, 視覚野など) |
| | | 運動野 | からだの各部の随意運動の中枢 |
| | | 連合野 | 記憶や思考, 認知などの精神活動の中枢 |
| | 古皮質・原皮質 | 本能的な行動や生命活動の中枢 | |
| 間脳 | 視床 | 感覚神経から大脳に伝わる興奮の中継 | |
| | 視床下部 | 自律神経系, 内分泌系の中枢 | |
| 中脳 | | <ul style="list-style-type: none"> 姿勢保持の中枢 眼球運動の中枢 瞳孔の大きさ調節の中枢 | |
| 小脳 | | <ul style="list-style-type: none"> 運動調節の中枢 からだの平衡保持の中枢 | |
| 延髄 | | <ul style="list-style-type: none"> 呼吸運動の中枢 心臓拍動の中枢 血管収縮の中枢 飲み込み, せき, くしゃみなどの運動の中枢 | |
| 橋 | | 脳の両半球の接合 | |

重要語句

➤グリア細胞

神経系を構成する細胞のうち**神経細胞（ニューロン）**ではない細胞の総称で、神経細胞の機能の補助や増幅などを担っている。有髄神経などにみられる**神経鞘細胞（シュワン細胞）**もグリア細胞に含まれる。

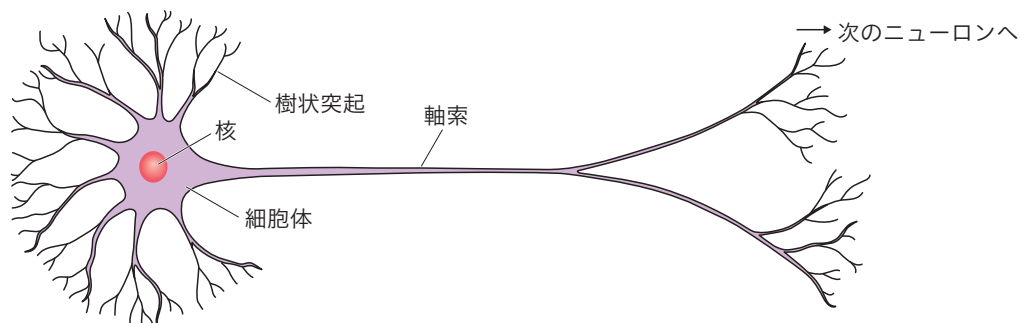
関連語句

➤細胞体

神経細胞において核があり、**樹状突起**から入ってきた情報がまとめられる部分。

➤軸索

神経細胞において細胞体から出る1本の長い突起。細胞体でまとめられた情報を次の神経細胞へと伝達する経路となっている。



神経細胞の構造（無髄神経）

問3 3 正解は⑤

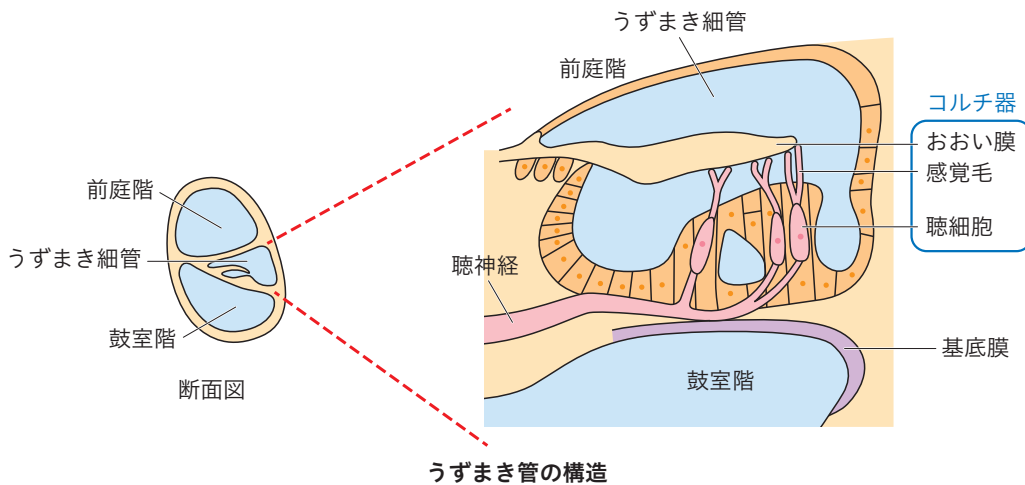
難易度 ★☆☆☆☆

解説

適刺激と受容器の適切な組み合わせを表に埋めていく問題。

アには網膜が入る。**網膜**には感覚細胞である**視細胞**が存在しており、視細胞が光を吸収することで興奮し、その興奮が**視神経**を通過して脳の**視覚野**へと伝えられる。よって、視覚の適刺激は光であり、受容器は網膜であるといえる。なお、**強膜**とは眼球の最外殻であり、眼球の保護などを担っている。

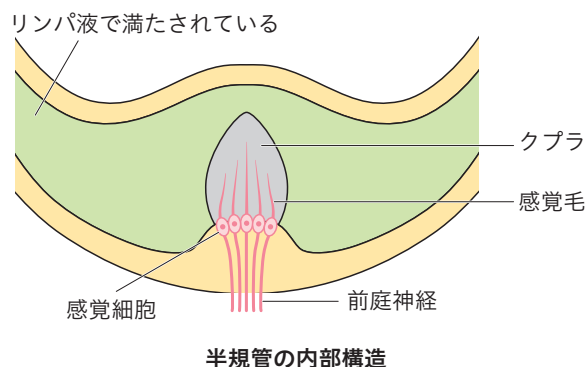
イにはコルチ器が入る。**コルチ器**は**おおい膜**と感覚細胞である**聴細胞**からなり、聴細胞は**感覚毛**を有している。音は空気などの物質の振動によって伝わるので、その振動が**鼓膜**や**耳小骨**を経て**基底膜**に伝わると基底膜の上に存在する**聴細胞**も一緒になって振動し、感覚毛がおおい膜とこすれる。これによって聴細胞が興奮し、その興奮が脳の**聴覚野**へ伝わって音として認識されるのである。



なお、基底膜は鼓室側のほうが厚く、先端に行くにつれて薄くなっており、高い音ほど基底膜の鼓室に近い部分を振動させる。基底膜上の異なる位置には当然異なる聴細胞が存在しており、異なる聴細胞から生じた興奮は聴覚野の異なる部分に伝えられる。そのため聴覚野の異なる部分に伝わった興奮を音の高低として認識することができるのだ。なお、鼓膜は外耳道を通して伝わった空気の振動を耳小骨に伝える役割をもつ構造であり、聴神経を内部にもたず、鼓膜から直接脳へ興奮が伝わることはないため受容器ではない。

ウには体の傾きが入る。**前庭器官（前庭）**の中には内部に**平衡石**が散在したゼリー状の物質と**感覚毛**をもつ感覚細胞が存在している。体が傾くと重力のはたらきによってゼリー状の物質も傾き、内部の平衡石は移動する。移動する過程で平衡石が感覚毛に触れると、それが刺激となって感覚細胞は興奮する。興奮は前庭神経を通過して脳へ伝えられ、そこで体の傾きとして認識される。また、ウとエの選択肢として体の傾きと体の回転の2つしか与えられていないので、エには体の回転が入る。

オには半規管が入る。**半規管**の内部は**リンパ液**で満たされており、このリンパ液の動きに合わせて感覚毛が付随したゼラチン状の物質である**クプラ**が揺れ、感覚毛が刺激される。すると感覚細胞が興奮し、前庭神経を通過してその興奮が脳へ伝えられ、そこでその興奮が体の回転として認識される（P.2 問1②の図を参照）。半規管は3つあり、その3つが互いに直交して存在しているため、さまざまな角度の回転に対応できる。

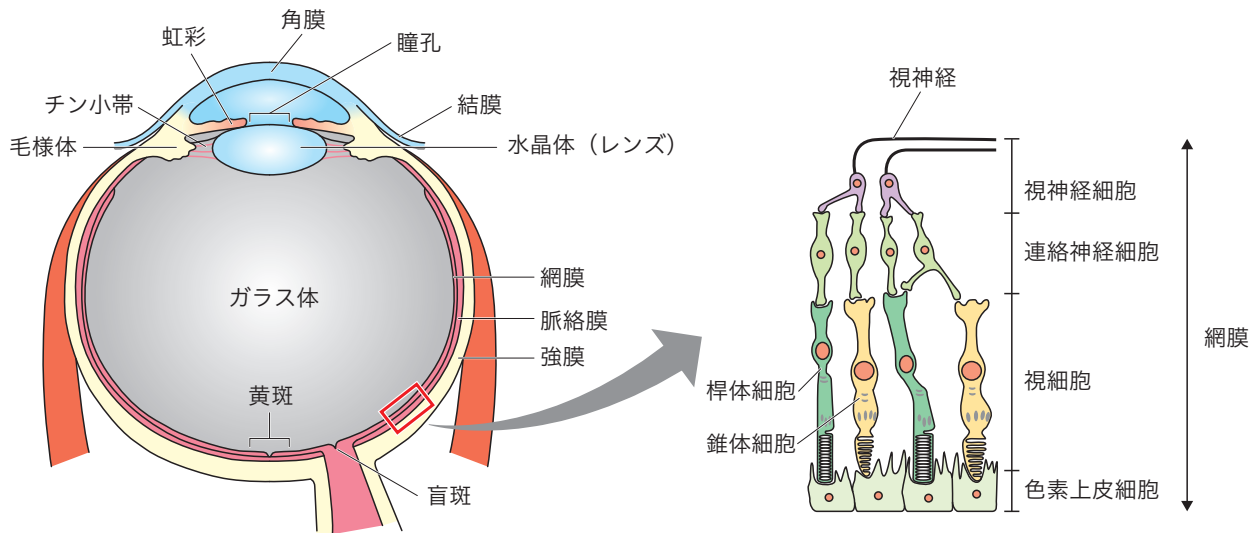


以上より、正解はアに網膜、イにコルチ器、ウに体の傾き、エに体の回転、オに半規管を選んでいる⑤。目と耳の構造や各部の受容器としてののはたらきを知らなければ解けない問題である。基本的な問題であるので、落とさないようにしたい。

◆ Check!!

目の構造とそのはたらき

我々が普段何気なく見ている風景も目という受容器によって取り入れられた光が視細胞を興奮させ、その興奮が脳に伝えられて認識されるものである。目の構造とそのはたらきをしっかりと押さえよう。



左目の断面図

| 構造 | はたらきなど |
|-----------|--|
| 虹彩 | 目に入る光の量を調節する。カメラのレンズのしぼりに相当。 |
| 水晶体 (レンズ) | 光を屈折させ、網膜に像を結ぶ。カメラのレンズに相当。 |
| 毛様体 | 水晶体の厚さを変化させることでピント調節を担っている。 |
| チン小帯 | 水晶体の厚さ調節に関わる。 |
| ガラス体 | ゲル状の透明な物質で、光を透過させる。 |
| 網膜 | 結ばれた像を2種類の視細胞（桿体細胞と錐体細胞）で感知する。カメラのフィルムに相当。 |
| 強膜 | 眼球の最外殻となる膜。眼球の保護を担っている。 |
| 黄斑 | 視野の中心に位置する。錐体細胞が集中して分布している。 |
| 盲斑 | 視神経の束が網膜を貫いている部分。 |

B

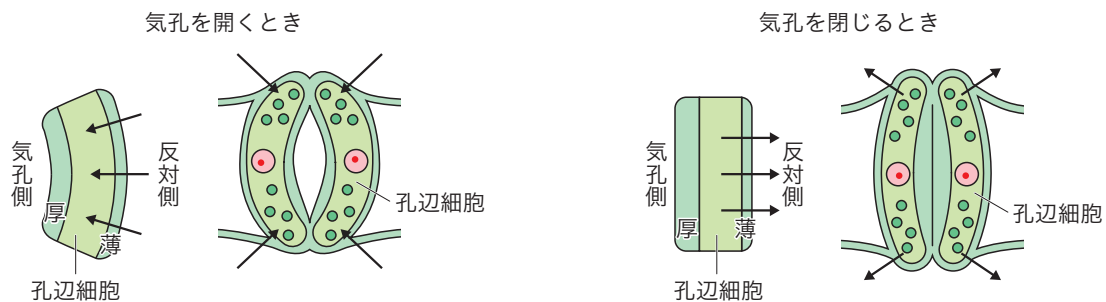
問4 正解は②

難易度 ★☆☆☆☆

解説

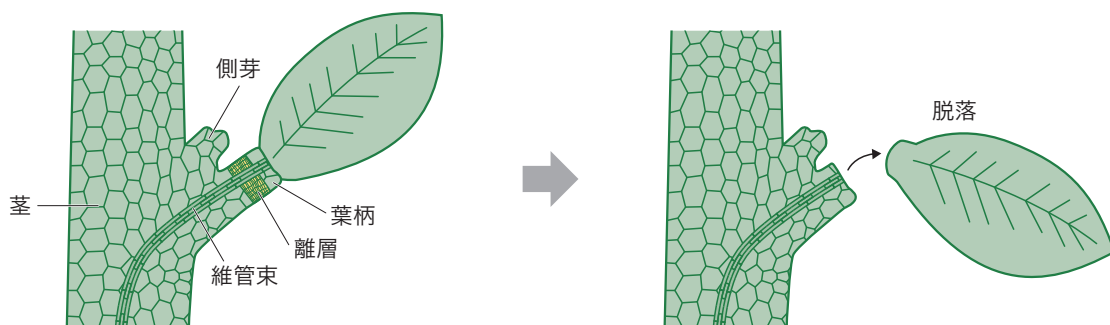
植物ホルモンに関する知識問題である。選択肢を順に確認していこう。

- ① 誤 茎の頂芽が成長しているとき、頂芽でつくられた**オーキシン**は側芽の**サイトカイニン**生成を抑制する。サイトカイニンは側芽の伸長の促進を行うため、サイトカイニン生成を抑制された側芽は成長することができない。このように頂芽が側芽の成長を抑制することを**頂芽優勢**という。頂芽を切り取るとオーキシンが生成されなくなるため側芽でのサイトカイニン生成が行われ、側芽の伸長が起こる。
- ② 正 **アブシジン酸**は**孔辺細胞**の浸透圧を低下させることで孔辺細胞から水を流出させ、**気孔**の閉鎖を促進する。孔辺細胞では気孔側の細胞壁が反対側の細胞壁よりも厚くなっている。そのため、孔辺細胞の浸透圧が増大して水が流入すると孔辺細胞は膨らんで気孔が開くように変形し、孔辺細胞の浸透圧が低下して水が流出すると孔辺細胞はしぼんで気孔が閉じるように変形する。



気孔開閉の仕組み

- ③ 誤 **ジベレリン**は種子の発芽を促進する植物ホルモンである。種子の休眠を促進し、発芽を抑制しているのは**アブシジン酸**である。種子は吸水すると内部でジベレリンを生成し、その作用がアブシジン酸の作用を越えることで種子の発芽が起こる。
- ④ 誤 **エチレン**は離層の形成を促進する植物ホルモンである。エチレンが合成されると、植物の葉柄の付け根に離層と呼ばれる細胞層が形成される。この離層では1つ1つの細胞が小さく、また、細胞壁間の接着を弱める酵素が合成されるので、この層で葉や果実が切り離され、落葉・落果が引き起こる。
- 対して、**オーキシン**や**ブラシノステロイド**といった植物ホルモンは落葉・落果を抑制する。



(葉は簡略化)

離層形成による落葉・落果の仕組み

以上より、正解は②。植物ホルモンに関する基本的な知識問題である。植物ホルモンは頻出の分野であり、また、1種類の植物ホルモンにも何通りかの作用があるので、間違えた場合は解説を読むだけでなく、他の植物ホルモンや、本問で出てきた植物ホルモンの他の作用も含めてしっかりと確認しておきたい。

◆ Check!!

植物ホルモンのまとめ

前述したように、1種類の植物ホルモンは多くの場合複数の作用をもつ。以下の表でそれらをしっかりと復習しておくようにしよう。

| 植物ホルモン | 特徴やはたらき |
|-------------------------------|---|
| オーキシン (主にインドール酢酸 (IAA)) | <ul style="list-style-type: none"> ・頂端分裂組織や若い葉で合成 ・細胞壁を緩めて、膨圧で細胞を伸長させる→成長の促進 ・頂端側から基部側へ一方向の移動 (極性移動) ・腋芽でのサイトカイニン合成を抑制→頂芽優勢の促進 ・頂端に光を当てると光の当たらない側に移動した後、基部側へ極性移動する。 光の当たらない側がより大きく伸長し、全体として光の当たる側に曲がる。(光屈性の促進) ・重力屈性の促進 |
| サイトカイニン | <ul style="list-style-type: none"> ・細胞分裂の促進 ・老化の防止 ・側芽成長の促進 |
| ジベレリン | <ul style="list-style-type: none"> ・伸長成長の促進 ・種子や芽の休眠打破 ・単為結実の促進 |
| アブシシン酸 | <ul style="list-style-type: none"> ・成長阻害 ・気孔閉鎖の促進 ・種子の休眠の誘導 ・葉の老化の促進 |
| エチレン | <ul style="list-style-type: none"> ・伸長成長を抑制し肥大成長を促進 ・果実の成熟の促進 ・落葉の促進 |

問5 5 正解は③

難易度 ★★★★★☆

解説

実験1の結果から、アグロバクテリウム w, x, y を感染させて生じた細胞塊におけるオーキシン濃度とサイトカイニン濃度の比を考察する問題である。

まず、リード文からわかることを列挙していく。

- ・カルス（未分化な細胞の塊）形成にはオーキシンとサイトカイニンが関与する。
- ・カルスに類似した細胞塊は植物にアグロバクテリウムが感染することによっても生じ、それはアグロバクテリ

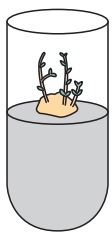
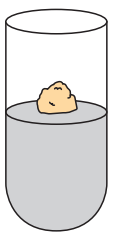
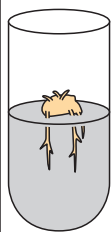
ウムがもつ遺伝子 X と Y が植物に組み込まれて発現し、オーキシンとサイトカイニン濃度の上昇が引き起こることによって生じる。

次に実験 1 の説明からわかることを列挙していく。この実験では 3 種類のアグロバクテリウムを用いて実験を行っている。

- ・野生型 w をタバコに感染させると、カルス状の細胞塊が形成される。
- ・遺伝子 X のはたらきを失った変異体 x をタバコに感染させると、根に分化した細胞塊が形成される。
- ・遺伝子 Y のはたらきを失った変異体 y をタバコに感染させると、芽に分化した細胞塊が形成される。

さて、ここで今回の問題で考察するのはアグロバクテリウム w, x, y をそれぞれ感染させて生じた細胞塊におけるオーキシン濃度とサイトカイニン濃度の比であるということに注意しよう。本問ではこの濃度比（オーキシン濃度/サイトカイニン濃度）を R として、w を感染させて生じた細胞塊における R を R_w 、x を感染させて生じた細胞塊における R を R_x 、y を感染させて生じた細胞塊における R を R_y としている。R の分子がオーキシン濃度、分母がサイトカイニン濃度であることに注意！

ここで、実験 1 の分化に注目してみよう。この分化の仕組みを理解するにはオーキシンとサイトカイニンのはたらきを知っている必要がある。カルスの培養では以下の表のようにサイトカイニンの濃度が低くなるとカルスから根への分化が促進され、オーキシン濃度が低くなるとカルスから芽への分化が促進されることを覚えておこう。

| | | | |
|---------------------|---|--|---|
| オーキシン濃度 (mg/l) | 0.03 | 3.00 | 3.00 |
| サイトカイニン濃度 (mg/l) | 1.00 | 0.20 | 0.02 |
| 変化 |  芽への 分化促進 |  カルスの 成長 |  根への 分化促進 |

遺伝子 X のはたらきを失った変異体 x を感染させたところ、根に分化した細胞塊が形成されていることから、遺伝子 X はサイトカイニンの生成に関わる遺伝子であるということがわかる。また、遺伝子 Y のはたらきを失った変異体 y をタバコに感染させると、芽に分化した細胞塊が形成されたことから、遺伝子 Y はオーキシンの生成に関わる遺伝子であるということがわかる。

以上より、野生型 w を感染させたタバコから生じた細胞塊における R_w の値を基準として考えると、遺伝子 X を失った変異体 x を感染させたタバコから生じた細胞塊では、サイトカイニンの生成量が少なくなるため R_w と比べ R_x のほうが大きくなり、遺伝子 Y を失った変異体 y を感染させた細胞塊では、オーキシンの生成量が少なくなるため R_w と比べ R_y の値は小さくなると考えられる。

以上より、 $R_x > R_w > R_y$ が成立するので、正解は③。オーキシンとサイトカイニンのはたらきについての知識と実験から得られる情報を組み合わせて解かなければならない問題であり、やや難易度の高い問題である。しっかりと与えられる情報を整理して、正解を導けるようにしたい。オーキシンやサイトカイニンのはたらきがわからなかった場合はその他の植物ホルモンとあわせてしっかりと復習しておくようにしたい。

問 6 6 正解は①

難易度 ★★★☆☆

解説

野生型 w を感染させたタバコをオーキシンもサイトカイニンも存在しない培地で培養した際の変化を考察する問題。

野生型 w ではサイトカイニン合成に関わる遺伝子 X とオーキシン合成に関わる遺伝子 Y の両方が正常にはたらくため、それらの正常な遺伝子がタバコのゲノムに組み込まれると、生じた細胞塊ではサイトカイニンとオーキシンの両方が合成されると考えられる。また、実験 1 の結果より、野生型 w をタバコに感染させるとカルス状の細胞塊が形成されたことから、問 5 の解説の表のオーキシン濃度 3.00mg/l、サイトカイニン濃度 0.20mg/l の欄のようにカルスは成長を続けると考えられる。

以上より、正解は①。その他の選択肢についても見ていこう。

- ② 誤 根の分化はサイトカイニン濃度が低下しなければ引き起こらないが、野生型 w を感染させたタバコから生じた細胞塊では遺伝子 X が正常にはたらくので、サイトカイニン濃度の低下は引き起こらないと考えられる。
- ③ 誤 芽の分化はオーキシン濃度が低下しなければ引き起こらないが、野生型 w を感染させたタバコから生じた細胞塊では遺伝子 Y が正常にはたらくので、オーキシン濃度の低下は引き起こらないと考えられる。
- ④ 誤 植物体の再生には分化が必要であるが、実験 1 で野生型 w をタバコに感染させるとカルス状の細胞塊が形成されたことから、脱分化は起こるが、分化は起こらないと考えられる。
- ⑤ 誤 オーキシンやサイトカイニンには細胞分裂を促進するはたらきもあるので、細胞増殖は停止しないと考えられる。

実験 1 の結果から比較的簡単に答えが導ける問題であるので、正解したい。間違えた場合は解説をよく読んで矛盾している部分をよく理解しよう。

(制作：熊井勇介，後藤暁彦)

2016年度 センター試験 本試験 生物

第4問 生物の種間関係

| | |
|-------|---|
| 出題範囲 | 個体群・種間関係・生態系・動物の行動 |
| 難易度 | ★★☆☆☆ |
| 所要時間 | 8分 |
| 傾向と対策 | Aでは個体群に関する典型的な問題が、Bでは種間関係についての知識問題とシャクガの生態に関する単純な思考問題が出題されている。Aの問1、問2は問題集などで1度はやったことのある問題であると思うので、素早く解けるようにしたい。Bについても、さほどひねりのない簡単な問題が集まっているので時間をかけすぎないようにしたい。 |

A

問1 正解は②

難易度 ★☆☆☆☆

解説

問題文で与えられた情報から、ある池のクサガメの個体群密度を推定する問題である。

まず、問題文中の情報をまとめていこう。

- ・池の面積は 5000m^2
- ・標識を付けた個体数は 100
- ・再捕獲した個体数は 120
- ・捕獲した中で標識の付いていた個体数は 4

さて、この問題のように、ある場所に生息する生物の個体数を調べるために一度生物を一定数捕獲して標識した後逃がし、再度捕獲して捕獲した個体のうち標識されている個体の割合から全体の個体数を推定する方法を**標識再捕法**という。

標識再捕法では、次の等式が成り立っているものとしてある場所に生息する生物の個体数を推定する。

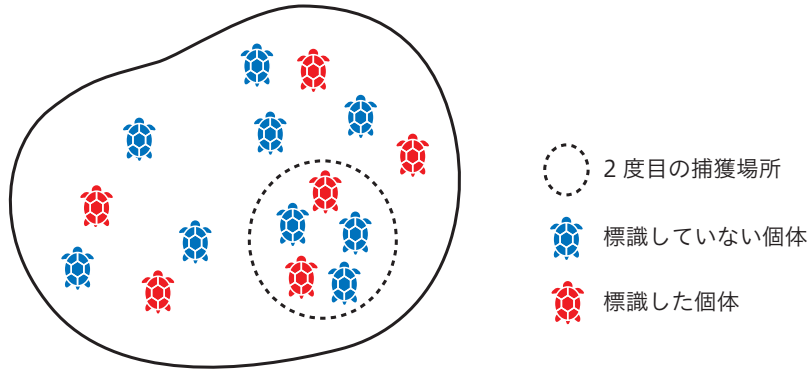
調査したい場所全体に生息する個体のうち1度目の捕獲時に標識した個体の割合

＝

2度目に捕獲した個体のうち標識されている個体の割合

そのため、これに用いる標識は生物に害を与えず、かつ調査中に落ちにくいものでなければならない。また、割合を用いて全体の個体数を推定するため、標識した生物がしっかりと調査したい場所全体に拡散する十分な時間をとってから捕獲する必要がある。拡散しなければ上記の仮定が成り立たず、正確な個体数を求めることはで

きない。よって、長時間経ってもなかなか移動しないような生物種にはこの方法は適用できない。



標識再捕法による調査の例

標識された個体が十分に拡散した状態である上の図を見てほしい。標識されていない種も移動するため、それを考慮すると、個体数が十分であれば調査したい場所の中では捕獲場所に関わらず上式がほぼ成り立つはずである（例えば上図では2度目に捕獲した個体（個体数：5）のうち標識されている個体（個体数：2）の割合は $2 \div 5$ で0.4，調査したい場所全体に生息する個体（個体数：15）のうち1度目の捕獲時に標識した個体（個体数：6）の割合は $6 \div 15$ で0.4と一致する）。

では、以上のことを踏まえて今回の問題を考えよう。今回要求されているのは池のクサガメの個体群密度（個体/m²）である。個体群密度は、

$$\text{池にいるクサガメの個体数} \div \text{池の面積}$$

で求められるが、池の面積は問題文中に書いてあるので、池にいるクサガメの個体数がわかればよい。これをXと置いて、標識再捕法の考え方をういて求めることにしよう。

池に生息する個体数はX，そのうち1度目に捕獲時に標識した個体数は100であり，2度目に捕獲した個体数は120，そのうち標識されている個体数は4であるから，上式より，

$$\frac{100}{X} = \frac{4}{120}$$

これを計算すると， $X = 3000$ が求められる。よって，個体群密度は，

$$3000 \text{ 個体} \div 5000\text{m}^2 = 0.6 \text{ (個体 /m}^2\text{)}$$

により，**0.6**（個体/m²）と求められる。

以上より，正解は②。標識再捕法を知らなければ解けない問題である。知っていれば最終的に求めるのが個体群密度であることに注意すればそれほど難しい問題ではないので，落としたいくない。知らなかった場合は標識再捕法の仕組みまで理解するようにしよう。

問2 2 正解は②

難易度 ★☆☆☆☆

解説

グラフからゾウリムシ X とゾウリムシ Y がどのような関係にあるか考察する問題である。

まず、図1のグラフを見ていこう。図1のグラフは水槽に1Lの培地を入れ、ゾウリムシ X とゾウリムシ Y をそれぞれ単独で培養した際にそれぞれの個体数がどのように変動するかを示したグラフである。グラフを見ると、それぞれの個体数は急激に増加して少しの時間一定となった後、少しずつゆるやかに減少していていることがわかる。

では、図2のグラフを見ていこう。図2のグラフは水槽に1Lの培地を入れ、ゾウリムシ X とゾウリムシ Y を混合して培養した際にそれぞれの個体数がどのように変化するかを示したグラフである。グラフを見ると、2種とも図1のグラフに比べて最初の個体数の増加率が低く、変化がなくなった際の個体数も少ない。また、ゾウリムシ Y に関しては個体数が一定になった後急激に減少していることがわかる。

以上のことを踏まえて選択肢を見ていこう。

- ① 誤 ゾウリムシ X と Y には種間相互作用があるからこそ、2種を混合して培養した際にそれぞれを単独で培養したときとは異なる個体数の変化が見られるのである。種間相互作用がない場合、図1のグラフと図2のグラフは全く一緒になるはずである。
- ② 正 同じ資源をめぐる競争しているからこそゾウリムシ X と Y を混合して培養した際に食物の不足などが生じ、それぞれの種で個体数の増加率が低く、変化が一定となった際の個体数も少なくなったのである。また、ゾウリムシ Y の個体数が急激に減少したのはゾウリムシ X との競争に敗れたためであると考えられる。
- ③ 誤 互いに利用しあう共生である相利共生では両者がそれぞれ利益を得て単独で培養したときよりもそれぞれの個体数は多くなるはずである。しかし、図2のグラフからもわかるように両者の個体数は単独で培養したときよりも少ない上にゾウリムシ Y に関しては個体数が急激に減少し、0になっている。よって、両者の関係は相利共生ではないことがわかる。
- ④ 誤 ゾウリムシ Y がゾウリムシ X を専門に捕食する捕食者だとしたら、混合して培養した際にゾウリムシ X が増加するとそれを食べるゾウリムシ Y は増加し、ゾウリムシ X が減少するはずであるが、実際には図2のグラフからゾウリムシ X が増加しているのにも関わらずゾウリムシ Y は減少していることがわかる。ちなみに、ゾウリムシ Y が減少していなくても、ゾウリムシ X は急激な減少をしていないことから、ゾウリムシ X もゾウリムシ Y を捕食するわけではなく、両者の間に食う－食われるの関係（被食者－捕食者相互関係）はないと考えられる。

以上より、正解は②。知識をあまり必要としない考察問題である。ひねりもあまりない問題であるので、時間をかけずに正答したい。間違えた場合は解説をよく読んでなぜその選択肢が違うのか理解しよう。

◆ Check!!

種間相互作用

生物の種間にはさまざまな相互作用が存在する。片方だけが利益を得る相互作用もあれば、上記の問のように両方が不利益を被る相互作用も存在する。ここではその利益と不利益の観点から種間の相互作用を確認していこう。

| 種間相互作用の種類 | 種 A | 種 B | 代表例 (種 A と種 B) | 特徴 |
|-----------|-----|-----|----------------|------------------------------|
| 相利共生 | ○ | ○ | アリとアブラムシ | 双方が利益を得る |
| 片利共生 | ○ | - | コバンザメとサメ | 片方が利益を得る もう片方には利益も不利益もない |
| 中立 | - | - | キリンとシマウマ | 双方に利益も不利益もない |
| 片害共生 | - | × | アオカビと肺炎菌 | 片方に不利益がある もう片方には利益も不利益もない |
| 捕食 | ○ | × | オオクチバスとワカサギ | 片方が利益を得る もう片方が不利益を被る |
| 寄生 | ○ | × | コマユバチとガの幼虫 | 片方が利益を得る もう片方が不利益を被る |
| 競争 | × | × | ヒメゾウリムシとゾウリムシ | 双方が不利益を被る |

(○は利益を得ること, ×は不利益を被ること, -は影響がないことを表している。)

B

問 3 正解は⑤

難易度 ★☆☆☆☆

解説

には食物連鎖, には間接効果が入る。

食物連鎖とは食う－食われるの関係が鎖状につながり, 生産者に始まりさまざまな**栄養段階**を経て高次の捕食者へとエネルギーが移行する過程のことである。

また, **間接効果**とは, 直接的には食う－食われるの関係にない生物間の作用のことである。

さて, 問題文中にもあるとおり, 多くの捕食者は, 他方でより高次の捕食者に食べられる被食者でもある。よって, 2 種間の生物で生じる相互作用は, 食物連鎖を通じた間接効果によりその 2 種以外の生物にも影響を与えるのである。例として, ラッコとウニとコンブの関係が挙げられる。ウニはコンブを食べ, ラッコはウニを食べる。仮に乱獲によってラッコの個体数が急激な減少をしてしまったとしよう。すると, ラッコに食べられるウニの個体数は減少し, ウニはその個体数を増加させると考えられる。すると, ウニに食べられるコンブの量が増加し,

コンブの個体数は減少してしまうだろう。結果、ラッコの乱獲が一見何の関係もないコンブの減少を引き起こしてしまうのである。生産者であるコンブが減少すると、生態系のバランスが大きく崩れ、生物が住めないような環境になってしまう。このように、ラッコとウニの相互作用はコンブにも影響を及ぼし、さらにはそこに住む生物すべてに影響を及ぼす可能性があるのである。

□ウ□には食物網が入る。一般に捕食者は何種類かの被食者を食べる。よって、現実の世界では食物連鎖はさまざまな生物間で複雑に絡み合い、そのエネルギーが移動する経路は網状になっている。これを**食物網**とよぶ。

最後に、残りの語句を確認していこう。

密度効果とは、個体群密度の変化に伴って個体群に現れる影響のことである。

環境形成作用とは、生物が非生物的環境（大気や水など）に及ぼす作用のことである。

生態ピラミッドとは、各栄養段階の個体数や生物量、生産力を栄養段階が下位のものから順に積み上げていったグラフのようなものである。多くの場合ピラミッド状に積み上がっていくため、この名が付いた。各段階の個体数を表すものを**個体数ピラミッド**、生物量を表すものを**生物量ピラミッド**、生産力を表すものを**生産力ピラミッド**という。

以上より、正解は□ア□に食物連鎖、□イ□に間接効果、□ウ□に食物網を選択している⑤。単純な知識問題であるので、時間をかけずに正解したい。

関連語句

➤ 栄養段階

生産者を起点とする食物連鎖における各段階のこと。生産者、一次消費者、二次消費者などがある。高次の捕食者は低次の捕食者を捕食する。

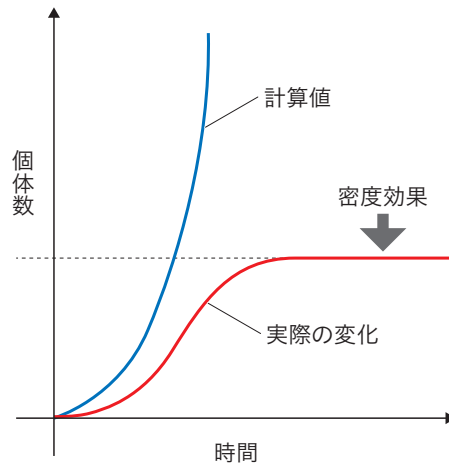
◆ Check!!

密度効果

前述のように、**密度効果**とは個体群密度の変化に伴って個体群に表れてくる影響のことである。これだけを聞いても理解するのは難しいだろう。「百聞は一見に如かず」なので、いくつか密度効果の例を見ていこう。

ショウジョウバエの個体数の変化

ある容器にショウジョウバエとその餌を入れて培養すると、ある時期までは個体数が増加し続けるが、そこから個体数が一定になったり、減少してしまったりする。これは個体数の増加によってショウジョウバエの個体群密度が高まり、餌不足や生活空間の不足、排出物の増加による生活環境の悪化などによって個体数の増加が抑えられるためであり、密度効果がはたらいっていることがわかる。



計算による個体数変動モデルと実際の変化

トノサマバッタの形態や行動の変化

トノサマバッタは個体群密度の変化に伴ってその形態や行動を著しく変化させる。個体群密度が小さいときのトノサマバッタの形態を**孤独相**といい、大きいときの形態を**群生相**という。それぞれの特徴的な形態や行動を比較しながら見ていこう。



(左)：孤独相 (右)：群生相

| | 孤独相 | 群生相 |
|-------------------------|----------|--------|
| 体色 | 緑, 褐色 | 茶色 |
| 前胸背 | 盛り上がっている | へこんでいる |
| はねの長さ (からだの長さとの相対的に) | 短い | 長い |
| 後ろ足の長さ | 長い | 短い |
| からだの大きさ | 大きい | 小さい |
| 産卵数 | 多い | 少ない |
| 卵の大きさ | 小さい | 大きい |
| 集合性 | なし | あり |
| 移動性 | なし | あり |
| 発育速度 | 遅い | 速い |

孤独相では個体群密度が小さいため体が大きくなっても問題なく、新たな生活場所を求めて長距離を移動する必要もないためはねが相対的に短い。また、産卵数が多く、1つ1つの卵の大きさは小さい。(1つの卵を産むのに必要な資源やエネルギーを少なくして多く産めるようにしていると考えられる。)

一方で、群生相では個体群密度が大きいため、生活空間を有効に利用できるように体が小さくなっており、食物や新たな生活空間を求めて長距離を移動する必要があるため、はねが相対的に長い。また、産卵数は次の世代でまた個体数が増加しすぎてしまうことのないように少なくなっており、1つ1つの卵の大きさは大きい。

このように、個体群密度の変化に伴って形態や行動が著しく変化することを**相変位**という。

問4 4 正解は⑥

難易度 ★★☆☆☆

解説

食うほうの生物(=捕食者)の影響を受けて、食われるほうの生物(=被食者)に生じた適応について正しい文を選ぶ問題である。

選択肢を順に確認していこう。

- ① **正** ハト(=被食者)は群れをつくって行動することにより、タカ(=捕食者)などを早めに発見できる確率を上げて被食を避けている。これはタカ(=捕食者)に対応してハト(=被食者)が適応した例といえる。
- ② **正** 植物(=被食者)の中には有毒な化学物質をつくったり、トゲを枝や葉に発達させたりすることによって昆虫や鳥(=捕食者)による捕食を防ぐものも存在する。これは昆虫や鳥(=捕食者)に対応して植物(=被食者)が適応した例といえる。
- ③ **誤** ホッキョクグマ(=捕食者)は狩りをする際にアザラシ(=被食者)に見つかりにくいように背景の氷の色と似た白色の毛をもっている。これは、アザラシ(=被食者)の影響を受けてホッキョクグマ(=捕食者)が適応した例であり、題意に適していない。
- ④ **正** コウモリ(=捕食者)は超音波を用いて餌となるガ(=被食者)などの昆虫を探し出している。あるガの仲間(=被食者)はこのコウモリの超音波を聴くと急降下してコウモリに見つかりにくいようにし、捕食を免れている。これは、コウモリ(=捕食者)に対応してガの仲間(=被食者)が適応した例である。

以上より、正解は①と②と④を選択している⑥。被食者と捕食者を見分けるだけの単純な考察問題であり、落としたくない。

問 5 5 正解は②

難易度 ★☆☆☆☆

解説

実験 1～3 からシャクガがどのように樹皮にとまる向きを決定しているのかを考え、どのような背景をつくればシャクガが翅^{はね}と背景の縞模様をそろえてとまるのか考察する問題である。各実験では頭を上または下に向けて壁にとまった個体の個体数を N_A 、頭を横向きにして止まった個体の個体数を N_B として、両者の数を比較している。

それでは各実験の概要を見ていこう。なお、実験で用いた表面がざらざらした白い壁に、表面が滑らかな黒いテープを貼って作成した容器のうち、縦の縞模様があるものを容器 X、横の縞模様があるものを容器 Y とする。

| | 内容 | 目的 | 結果 |
|------|---|--------------------------------|--|
| 実験 1 | 容器 X, Y を用いて N_A と N_B の数をそれぞれ数えた | シャクガが壁の縞模様に対してどのようにとまるのか確かめるため | 容器 X : $N_A < N_B$ 容器 Y : $N_A > N_B$ |
| 実験 2 | 容器 X, Y を用いて暗い条件下で N_A と N_B の数をそれぞれ数えた | シャクガが視覚に頼ってとまり方を決定しているのか確かめるため | 容器 X : $N_A < N_B$ 容器 Y : $N_A > N_B$ |
| 実験 3 | 容器 X, Y の壁を透明なフィルムで覆い、触感が均一な壁をつくって N_A と N_B の数をそれぞれ数えた | シャクガが触覚に頼ってとまり方を決定しているのか確かめるため | 容器 X : $N_A \doteq N_B$ 容器 Y : $N_A \doteq N_B$ |

以上のことを踏まえて選択肢を見ていこう。

- ① 誤 シャクガが縞模様を視覚で認識しているのならば、実験 1 を暗黒条件下で行った実験 2 ではシャクガは縞模様を認識できないために容器 X, Y とも $N_A \doteq N_B$ となるはずである。シャクガは縞模様を視覚で認識していないからこそ縞模様の見えない暗い条件下でも同じ結果が出たのである。よって、視覚によって縞模様が認識可能な背景をつくっても、シャクガは翅の縞模様と背景の縞模様の向きを一致させてとまらないと考えられる。
- ② 正 実験 1 と 3 の比較から、触感を均一にすると N_A と N_B がほぼ等しくなったことから、シャクガは触覚によって縞模様を認識していることがわかる。よって、触覚によって縞模様を認識できるような背景をつくればシャクガはそれを認識して縞模様をそろえてとまると考えられる。
- ③, ④ 誤 実験 1, 2 からわかるように縞模様が縦、横かはシャクガが縞模様をそろえてとまる条件には含まれない。縞模様の方向がシャクガのとまる向きを決定付けているならば、実験 1 において、容器 X または Y のどちらか一方のみで $N_A > N_B$ または $N_A < N_B$ 、もう一方で $N_A \doteq N_B$ となる結果が出るはずである。

以上より、正解は②。実験は 3 つあるが単純な実験結果からの考察問題である。わからなかった場合は解説を読んで解きなおしておこう。

(制作：熊井勇介，後藤暁彦)

2016年度 センター試験 本試験 生物

第5問 フィンチの進化、生物の変遷と人類の進化

| | |
|-------|--|
| 出題範囲 | 進化・人類 |
| 難易度 | ★★★☆☆ |
| 所要時間 | 7分 |
| 傾向と対策 | Aでは進化に関する問題が、Bでは生物の変遷や人類の進化に関する問題が出されている。Aは比較的簡単な問題だが、Bは正確な知識を必要とする問題もあり、正答率は低かっただろうと考えられる。Bで出された分野は基本的に用語を暗記するだけでなく、それらを時代の流れなどと併せて整理できていないと、満点をとるのは困難である。しかし、それを意識して学習できれば満点をとることも難しくない。ライバル達と差を付けることのできる分野でもあるので、しっかりと復習しておきたい。 |

A

問1 正解は④

難易度 ★★☆☆☆

解説

には適応放散が入る。リード文にあるように、生物がさまざまな環境で生活する過程で、それぞれの環境に合った異なる形態や機能を進化によって身につけ、それぞれの環境に適応したさまざまな種に分化することを**適応放散**とよぶ。適応放散は比較的短期間で起こることも多い。

その他の単語についても確認しておこう。

①の**順応**とは、ある生物の個体が環境の変化に対応して変化していくことである。順応に要する期間はその個体の一生に収まり、数日間から数週間などの非常に短い期間で起こるのが特徴である。

順応と間違えやすい言葉として**適応**が挙げられる。適応とは、ある生物種が遺伝的な変化によって、ある環境で生活するのに有利な形質を得ることである。それに対し、順応とは、ある個体が遺伝的な変化とは無関係に、環境に合わせて形態や行動や生理などを変化させることである。北極などに分布するホッキョクグマ（体長 2.5m 程度）と日本にも分布しているツキノワグマ（体長 1.5m 程度）のように、寒い地域ほどクマの大きさが大きくなるのは遺伝的な変化であるため適応であり、ヒトが北極に行っても南国に行っても生活できるのは生理的な調節による順応である。

②の**共進化**とは、複数種の相互作用する生物において、1つの種の進化に伴ってその他の種もそれに合わせるように進化をすることである。例として、ハチドリとランの関係が挙げられる。ハチドリのくちばしが長いのはランの長い花からも蜜を吸えるようにするためであり、進化によってランの花が長くなるとハチドリのくちばし

も長くなるように変化してきたと考えられている。

③の**分子進化**とは、突然変異などによって、DNA の塩基配列やそれをもとにつくられるタンパク質が変化するような進化のことである。生物の進化を分子レベルで見ているので、このようによばれる。

⑤の**競争的排除**（競争排除）とは、同じような**ニッチ**に属する生物種の種間競争により、競争に負けた種が絶滅することをいう。

以上より、正解は④。やや紛らわしいが単純な知識問題であるので正解したい。進化の分野の生物用語は似たようなものが多いので、混同してしまわないように注意しよう。実例を覚えると忘れにくいので実例もあわせて理解するようにしたい。また、進化は1 個体の生涯の中では起こり得ないことに注意してほしい。

関連語句

➤分子時計

置換などによって DNA の塩基配列が変化すると、その DNA が指定するアミノ酸の配列も変化する場合がある。このような塩基やアミノ酸の置換は一定の速度で進むものと仮定して、生物の種間の塩基配列やアミノ酸配列の違いによって進化の分岐点を推定したものの仮説を分子時計という。

➤ニッチ

生態的地位ともいう。ある種が住んでいる環境の中で占める地位のこと。生活空間や食物連鎖、活動時間などによって決定される。

◆ Check!!

ベルクマンの法則・アレンの法則

環境への適応に関する興味深い法則としてベルクマンの法則とアレンの法則が挙げられる。1 つずつ見ていこう。

➤ベルクマンの法則

先ほども紹介したように、同じクマの仲間でも北極に分布するホッキョクグマ（体長 2.5m 程度）と日本本土にも分布するツキノワグマ（体長 1.5m 程度）、熱帯などに分布するマレーグマ（体長 1.3m 程度）の体長の差からわかるように寒い地域ほどクマの体の大きさは大きくなる。このように、寒い地域に分布する動物ほど大型化するという法則をベルクマンの法則とよぶ。これは、体積あたりの体の表面積を小さくすることで発熱量に対する体表面からの放熱量の割合が少なくなるためであると考えられている。



ホッキョクグマ



ツキノワグマ



マレーグマ

➤アレンの法則

同じキツネの間でも、北極圏に分布するホッキョクギツネとアフリカや中東の砂漠地帯に分布するフェネックの耳の大きさからわかるように、寒い地域ほど耳の大きさは小さくなる。このように、寒い地域に分布する動物ほど耳やしっぽなどの突出部が小さくなるとする法則をアレンの法則とよぶ。これは、突出部からの放熱量を少なくするためであると考えられている。



ホッキョクギツネ



フェネック

以上の2つの法則は生物がさまざまな環境に適応した結果、成立した法則である。これら2つの法則を意識して動物を見てみると楽しみが増えるだろう。

問 2 正解は③・⑦（順不同）

難易度 ★★★☆☆

解説

くちばしの太さと長さにおける遺伝子 X と遺伝子 Y のはたらきを考察する問題である。

図 2 は遺伝子発現量の変化とその変化に伴うくちばしの長さや太さの変化を示している。この図からわかることを次の表にまとめていく。なお、図 2 のグラフには発現量変化なしの項目も存在しているが、これは対照実験としての結果であり、発現量が通常の場合のくちばしの大きさを示している。通常の場合のくちばしの太さの相対値は 1 であり、長さの相対値は 3 であることに注意してほしい。

| | くちばしの太さ | くちばしの長さ |
|-------------------|---------|---------|
| 遺伝子 X のみ発現量増加 | 変化しない | 長くなる |
| 遺伝子 Y のみ発現量増加 | 太くなる | 変化しない |
| 遺伝子 X, Y ともに発現量増加 | 太くなる | 長くなる |

以上のことを踏まえて選択肢を見ていこう。

- ① 誤 遺伝子 Y はくちばしの太さを増加させるが、遺伝子 X は増加させない。遺伝子 X がくちばしの太さを増加させるのだとしたら遺伝子 X のみ発現量が増加した際にくちばしの太さが太くなるはずである。
- ② 誤 遺伝子 X はくちばしの長さを増加させるが、遺伝子 Y はその効果を抑制しない。抑制するのであれば、遺伝子 Y のみ発現量が増加した際にくちばしの長さは減少するはずである。
- ③ 正 遺伝子 X のみ発現量が増加したときくちばしの太さは変化せず、遺伝子 Y のみ発現量が増加したときにくちばしの太さは増加している。
- ④ 誤 遺伝子 X はくちばしの長さに影響するが、遺伝子 Y は影響しない。実験から遺伝子 X のみ発現量が増加したときにくちばしの長さは長くなり、また遺伝子 Y のみ発現量が増加したときにくちばしの長さは変化していない。
- ⑤, ⑥ 誤 種 A では共通祖先に比べてくちばしが太く変化している。くちばしが太くなるためには遺伝子 Y の発現量が増加する必要があるが、遺伝子 X の発現量は変化する必要がない。
- ⑦ 正 種 B では共通祖先に比べてくちばしが短く変化している。くちばしが短くなるためには遺伝子 X の発現量が減少する必要があるが、遺伝子 Y の発現量は変化する必要がない。よって、遺伝子 X の発現量は関係しているが、遺伝子 Y の発現量は関係していない。
- ⑧ 誤 遺伝子 X の発現量は関係しているが、遺伝子 Y の発現量は関係していない。

以上より、正解は③と⑦。今回の問題では遺伝子 X と遺伝子 Y は相互に影響しないためそれを考慮する必要がなく、比較的解きやすい問題であったと思う。与えられたグラフを見て正確な判断ができるようにしておきたい。

B

問 3 4 正解は①

難易度 ★★★☆☆

解説

今回は図 3 の矢印 D の時期に起こったことについて問われている。

破線は被子植物の化石として見つかる科の数を示しているのだから、破線の開始点は被子植物の出現時期と一致する。よって、矢印 D は現在と被子植物が出現した時期のちょうど中間あたりの時期を指していることに注目して解いていこう。また、矢印 D の直前に化石として見つかるは虫類の科の数は大幅に減少していることにも注目したい。

被子植物の出現時期は今からおよそ 1 億 3000 万年前の中生代中期（ジュラ紀末期～白亜紀前半）である。

それでは選択肢を見ていこう。

- ① 正 **アンモナイト** は今からおよそ 6600 万年前の中生代の白亜紀の末期に絶滅した。アンモナイトは大型は虫類である恐竜と同じ時期に絶滅したので、図 3 のグラフの実線が矢印 D の指す時期の直前で急激に低下しているのも納得できる。アンモナイトが中生代の示準化石であることを覚えていれば被子植物の出現後に絶滅が起きたことを推測できるだろう。
- ② 誤 **三葉虫類** の大量絶滅が起こったのは古生代の末期である。よって、被子植物が出現するより以前に起こった出来事であることがわかる。
- ③ 誤 **無顎類** はヌタウナギやヤツメウナギからわかるように現生しており、そもそも絶滅していない。なお、現生している無顎類はヌタウナギ類とヤツメウナギ類だけである。
- ④ 誤 **哺乳類** が出現したのは今からおよそ 2 億 2 千万年前の中生代の三畳紀である。よって、被子植物が出現するより以前に起こった出来事であることがわかる。現在見つかった最初の哺乳類はアデロバシレウスとよばれるネズミのような姿をした生物であり、卵を産んでいたと考えられている。
- ⑤ 誤 **恐竜類** が誕生したのは中生代の三畳紀である。恐竜類などの虫類が繁栄したのは中生代のジュラ紀であるから、恐竜類はそれ以前に誕生していたと考えて誤りであると判断するのもよい。
- ⑥ 誤 **鳥類** は中生代のジュラ紀に小型の恐竜から出現したと考えられている。よって、被子植物が出現するより以前に起こった出来事であることがわかる。

以上より、正解は①。選択肢を見て、おおまかな地質時代や年代を判断することができれば正解を導けるので、落としたくない問題である。進化の分野は覚えていると思ってもど忘れしやすいものが多いので、暗記するだけでなくいくつか実戦形式の問題を解いてみるとよい。進化の分野では問題を解いて初めて暗記の定着度を知ることができる。

関連語句

➤示準化石

地層ができた年代を知るための手掛かりとなる化石のこと。短期間に広範囲で繁栄した生物種が適している。下の表で代表例を確認しよう。

| 地質時代 | 示準化石となる生物 |
|------|-----------|
| 古生代 | 三葉虫, フズリナ |
| 中生代 | アンモナイト |
| 新生代 | ビカリア |

➤示相化石

地層が堆積した場所の当時の環境を知るための手掛かりとなる化石のこと。生息条件が限られており、現生の生物との比較等によって生息できる環境の条件をある程度推察できる種が適している。

| 示相化石の生物種 | 示相化石が示す環境 |
|----------|------------|
| アサリ | 浅い海 |
| シジミ | 湖沼や河口付近 |
| サンゴ | 暖かくきれいな浅い海 |

◆ Check!!

地質時代と生物の変遷

地質時代は地球誕生から現在までのことを指し、先カンブリア時代、古生代、中生代、新生代の4つに大別される。さらに古生代はカンブリア紀、オルドビス紀、シルル紀、デボン紀、石炭紀、ペルム紀に、中生代は三畳紀、ジュラ紀、白亜紀に、新生代は第三紀と第四紀に分けられる。各代および紀の生物相の特徴をしっかりと覚えておこう。

| 地質時代 | 年代 (億年前) | 生物の変遷など |
|----------|----------|--------------------------------------|
| 先カンブリア時代 | 46 | 地球誕生 |
| | 40 | 生物誕生 (原核生物であったと推定されている) |
| | 21 | 真核生物出現 ^(注1) |
| | 10 | 多細胞生物出現 |
| | 6.5 | エディアカラ生物群 が繁栄 ^(注2) |

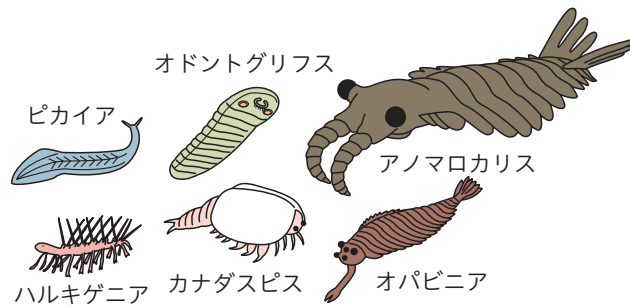
| | | | |
|-------------|------------|------|---|
| 古 生 代 | カンブリア紀 | 5.4 | 海水中の酸素・カルシウムイオン濃度上昇 多くの動物門が出現（カンブリア紀の大爆発） ^(注3) バージェス動物群 ^{チェンジャン} ・澄江動物群が繁栄 ^(注4) 無顎類 （最初の脊椎動物）誕生 ^(注5) |
| | オルドビス紀 | 4.9 | 三葉虫類 の繁栄 |
| | シルル紀 | 4.4 | 陸上植物出現 ^(注6) 昆虫類出現 |
| | デボン紀 | 4.2 | 魚類繁栄（軟骨魚類や硬骨魚類の出現） ^(注7) 裸子植物 出現 ^(注8) 両生類出現 |
| | 石炭紀 | 3.6 | 湿地にシダ植物の巨大な森林出現 ^(注9) は虫類出現 |
| | ペルム紀（二畳紀） | 3 | シダ植物衰退 大量絶滅（三葉虫類など） |
| 中 生 代 | 三畳紀（トリアス紀） | 2.5 | 哺乳類の出現 |
| | ジュラ紀 | 2 | 恐竜などは虫類・アンモナイト・裸子植物繁栄 鳥類の出現 ^(注10) |
| | 白亜紀 | 1.4 | 被子植物 の出現 ^(注11) 大量絶滅（恐竜類，アンモナイト類など） |
| 新 生 代 | 古第三紀 | 0.6 | 哺乳類の多様化と繁栄 被子植物の繁栄 |
| | 新第三紀 | 0.23 | 人類の出現 ^(注12) |
| | 第四紀 | 0.02 | ヒト（ホモ・サピエンス）の出現 ^(注13) |

注1 真核生物は内部にミトコンドリアや葉緑体をもっている。ミトコンドリアは**好気性細菌**，葉緑体は**シアノバクテリア**が原核細胞内で共生するようになった結果生じたと考えられている（共生説）。20～30億年前の地層にはシアノバクテリアの死がいや泥などからなる**ストロマトライト**という層状の構造をもつ岩石からも多く発見されており，当時シアノバクテリアが存在していたことを裏付けている。

注2 **エディアカラ生物群**は南オーストラリアのエディアカラで先カンブリア時代の末期に栄えていたと思われる生物の化石群である。硬い殻のような構造をもたない，クラゲ類に似た扁平な体をした生物が中心で，運動能力は低く，捕食者はまだいなかったと考えられている。

注3 カンブリア紀になると生産者の光合成により海水中の酸素濃度が高まり，また，カルシウムイオン濃度も高まったと考えられている。これにより，大型のものも含め**さまざまな生物が誕生し，その中には捕食者から身を守るためにカルシウムからなる硬い殻をもつようになったものもある**。また，ひれや肢をもつようになったものもある。このようにカンブリア紀に多種多様な生物が誕生したことを「**カンブリア紀の大爆発**」とよぶ。生物種の急激な増加を大爆発と形容しているのであり，火山などが爆発したことを指すわけではないことに注意しよう。

注4 カンブリア紀の大爆発によって多種多様な生物が出現したが，カナダのロッキー山脈や中国の澄江^{チェンジャン}から見つかった化石群からは当時の生態系を知ることができる。前者で見つかった化石群をバージェス動物群といい，後者で見つかった化石群を澄江動物群という。バージェス動物群では**アノマロカリス**や**ピカイア**といった奇妙な形をした生物を見つけることができる。



バージェス動物群でみられた生物の推定

- 注 5 **無顎類**とはその名のとおりに口はもつがそれを開閉する顎をもたない生物である。現生のヤツメウナギやヌタウナギの祖先であり、無顎類は最初に出現した脊椎動物であることを覚えておこう。
- 注 6 生物が陸上へ進出する際にネックになったのは紫外線である。紫外線は生物にとって有害であり、細胞に悪影響を及ぼす。しかし、光合成生物によって大気中の酸素濃度が上昇すると、紫外線によって酸素からオゾン層が形成され、地表に届く紫外線が適度に保たれるようになった。これにより生物は陸上へ進出可能となり、最初に植物が陸上へと進出した。現在見つかった最も古い陸上植物は**クックソニア**とよばれるものであり、維管束をもたず、胞子を用いて増殖する。
- 注 7 デボン紀になるとさまざまな魚類が出現した。サメやエイなどからなる**軟骨魚類**と現生している多くの魚類も属する**硬骨魚類**が出現した。当時の原始的な硬骨魚類は原始的な肺をもっており、現生のハイギョなどはこの原始的な硬骨魚類である。
- 注 8 **裸子植物**とは胚珠が子房に包まれておらず、むき出しになっている種子植物のことである。裸子植物はデボン紀に誕生したと考えられており、中生代にはそれまで繁栄していたシダ植物に変わり繁栄した。イチヨウやソテツなどが例として挙げられる。
- 注 9 石炭紀になると大型化した（～数十 m）シダ植物が森林を形成した。石炭紀は比較的温暖で湿潤だったと考えられており、湿地を中心にシダ植物が森林を形成した。
- 注 10 鳥類は小型の恐竜からの進化によって誕生したと考えられている。かつては鳥類とは虫類の中間的な特徴をもつ**始祖鳥**が鳥類の直接の祖先とされていたが、最近の研究によって始祖鳥は鳥類と共通の祖先から鳥類とは異なる進化を遂げた生物であることが明らかになった。
- 注 11 **被子植物**とは胚珠が子房に包まれている種子植物のことである。子房に包まれることで胚珠の乾燥を防ぐことができ、また、子房から果実が発達するため、動物がその果実を種子とともに食べて移動し、排便することで種子がさまざまな場所へ散布され、分布が広がった。
- 注 12 今からおよそ 700 万年前ごろ人類が誕生した。現在見つかった最初的人类はサヘラントロプス・チャデンシスとよばれる猿人であり、すでに直立二足歩行をしていたと考えられている。人類は進化によって脳体積を増加させていった。
- 注 13 我々ヒトは、分類上は**ホモ・サピエンス**という新人に属している。ホモ・サピエンスは今からおよそ 20 万年前に誕生し、現在も世界中で繁栄している。

問 4 5 6 **正解は⑥・⑧（順不同）**

難易度 ★★☆☆☆

解説

人類の誕生についての知識問題である。選択肢を順に確認しておこう。

- ① 誤 **アウストラロピテクス**などの初期の人類を猿人とよぶが、人類は類人猿などと異なり二足歩行を行う方向に進化を遂げた生物であるため、アウストラロピテクスも二足歩行を行っていた。アウストラロピテクスよりも前に出現したラミダス猿人も、骨盤の形からすでに直立二足歩行を行っていたと考えられている。
- ② 誤 アウストラロピテクスの脳容積はその頭骨から我々**ホモ・サピエンス**の3分の1程度であったと推定されており、類人猿とあまり変わらなかったと考えられている。
- ③ 誤 サルのなかまが属する**霊長類**^{れいちやうるい}は樹上生活に適応するため、木の枝をつかみやすいように前肢の親指が残りの4本と向き合うような位置関係にある(**拇指対向性**)^{ぼしだいこうせい}。人類は霊長類から進化したため、アウストラロピテクスも拇指対向性を有していると考えられる。人類は樹上生活を営まないが、道具などのものをつかむ上でこの指の位置関係は重要であると考えられる。
- また、霊長類は枝をつかみやすいように**平爪**をもち、立体的に見える範囲が広がるように両眼が顔の前面についている(立体的に見える範囲が広がると距離感をつかみやすくなり、木の枝から枝への移動が容易になる)。そのため、霊長類から進化した人類もこうした特徴を有している。ちなみに、樹上生活に適応していないイヌなどは尖った**かぎ爪**を有している。
- ④ 誤 アウストラロピテクスが出現したのはおよそ420万年前である。700万年前に出現したのは現在発見されている最古の人類であるサヘラントロプス・チャデンシスである。
- ⑤ 誤 人類は火を用いることができるため、食物の調理や加工によって比較的柔らかいものを多く食べるようになった。そのため顎は進化の過程で退化し、類人猿に比べ小さくなっていった。よって、ヒト(ホモ・サピエンス)は類人猿よりも小さな顎をもつ。
- ⑥ **正** **大後頭孔**^{だいこうとうこう}とは脊椎が頭骨に入る部分のことを指し、ヒトを含めアウストラロピテクス以降の人類ではこれが頭骨の真下に位置していることがわかっている。これが頭骨の真下に位置することで脊椎が地面に対して垂直に頭部を支えることができるようになり、直立二足歩行を行いやすくしているのである。大後頭骨は骨盤の構造とともに直立二足歩行の指標となるので確認しておこう。
- ⑦ 誤 ヒトでは**眼窩上隆起**^{がんかじょうりゅうき}が退化してなくなっている。ゴリラなどの類人猿では眼窩上隆起は発達しており、その存在意義についてはいまだにわかっていないが、硬いものを噛む際のショックを吸収する役割があると考えられている。
- ⑧ **正** ホモ・サピエンスはおよそ20万年前にアフリカで出現した。

以上より、正解は⑥と⑧。やや細かい知識が要求される問題ではあるが、⑥と⑧以外の選択肢が明らかな誤りであるため正解してほしい問題である。間違えた場合は人類の出現や進化についてもう一度見直しておこう。

(制作：熊井勇介，後藤暁彦)

2016年度 センター試験 本試験 生物

第6問 イネ科植物の特徴とPCR法

| | |
|-------|---|
| 出題範囲 | 花芽形成・光合成・バイオテクノロジー |
| 難易度 | ★★★★☆☆ |
| 所要時間 | 5分 |
| 傾向と対策 | イネに関する出題である。1つの分野からではなく、花芽形成や光合成、PCR法といったさまざまな分野から出題されている。分野が小問ごとに異なるので多少戸惑いを覚えるかもしれないが、難問はないので落ち着いて解くようにしたい。 |

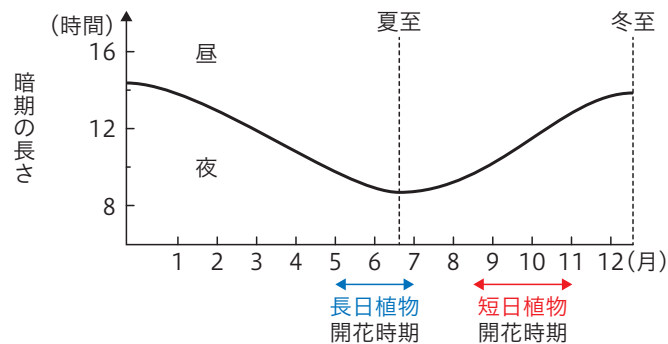
問1 正解は②

難易度 ★★★★★☆☆

解説

選択肢を順に確認していけばよい。

- ① 誤 イネは長日植物ではなく、夏から秋に開花する**短日植物**である。**長日植物**は主に春から初夏に開花する。
長日植物と短日植物の花芽形成は暗期の長さによって支配されており、暗期の長さは一年の中で次の図のように変化する。



暗期の周年変化と花芽形成の時期

この図を見ると、一年で最も日が長いのは6月の下旬頃の**夏至**の日であるということがわかる。よって、1日の暗期が一定時間以下になったときに花芽をつくる長日植物の開花時期は春から初夏の頃であるということがわかる。イネはご存じの通り夏に開花するので長日植物ではない。

- ② 正 日長は葉で感知され、その光刺激が葉で**フロリゲン**の合成を促進する。フロリゲンは師管を通過して茎の先端部にある**茎頂分裂組織**に輸送され、そこで花芽形成を促進する。茎頂分裂組織は葉にも花にも分化できるという特徴をもつ。
- ③ 誤 **春化处理**では発芽種子を高温下ではなく低温下に置く。秋まきコムギが開花するためには冬の低温にさ

らされる必要があり，秋まきコムギの種子を春にまいても成長はするが冬の低温を経験できないため開花しない。春化处理をすると，冬の低温を経験したことと同値になるため，秋まきコムギを春にまいても開花および結実する。春化处理をすると，栽培期間を短くできるというメリットがある。

- ④ 誤 長日植物は1日の暗期が一定の時間（この長さを**限界暗期**という）以下になると花芽を形成するため，長日植物に暗期が限界暗期よりも短くなるように光照射を行うと花芽が形成される。
- ⑤ 誤 トウモロコシのような**中性植物**は日長や暗期と関係なく花芽を形成する。

以上より，正解は②。正確な知識がなければ解けない問題である。間違えた場合は花芽形成についてしっかりと復習しておこう。

重要語句

➤短日植物

夏から秋に開花する，1日の暗期の長さが限界暗期以上になると花芽が形成される植物。代表例はアサガオ，ダイズ，イネ，キク。

➤長日植物

春から初夏に開花する，1日の暗期の長さが限界暗期以下になると花芽が形成される植物。代表例はアブラナ，コムギ，ダイコン，ホウレンソウ。

➤中性植物

日長や暗期の長さとは無関係に花芽が形成される植物。代表例はトマト，タンポポ，キュウリ，トウモロコシ，ナス。

問2 正解は②

難易度 ★★☆☆☆

解説

には3， にはホスホグリセリン酸， にはカルビン・ベンソン回路， にはC₃が入る。イネやコムギに限らずタンポポやトマトといった多くの植物は光合成の過程において**葉肉細胞**で1分子の二酸化炭素（CO₂）を1分子のC₅化合物（**リブローズニリン酸**）と反応させ，C₃化合物である**ホスホグリセリン酸**を2分子つくり出す。この反応は**カルビン・ベンソン回路**の一部である。CO₂から最初に生じる産物がC₃化合物であるため，このような植物は**C₃植物**とよばれる。

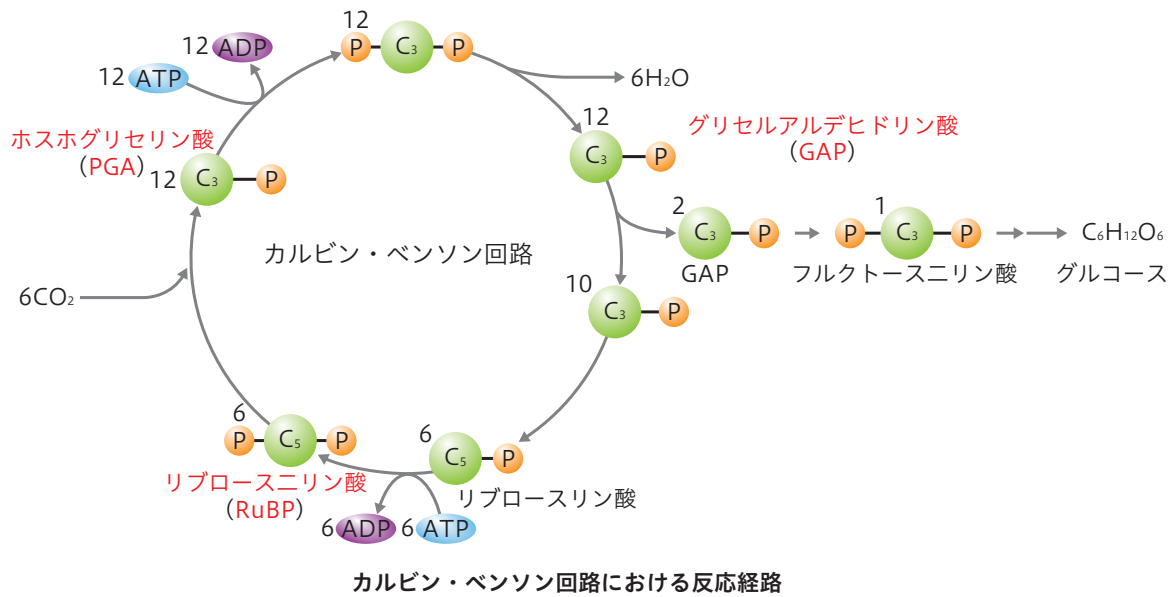
また， には4， にはC₄が入る。トウモロコシやサトウキビ，ススキなどといった熱帯原産の植物は，まず取り込んだ二酸化炭素（CO₂）を葉肉細胞でC₃化合物と反応させ，C₄化合物である**オキサロ酢酸**とする。オキサロ酢酸は**リンゴ酸**などに変化して蓄積され，**維管束鞘細胞**でCO₂を離す。離されたCO₂はカルビン・ベンソン回路に入り，前述のC₃植物と同じ過程をたどる。CO₂から最初に生じる物質がC₄化合物であるため，このような植物はC₄植物とよばれる。C₄植物は二酸化炭素をリンゴ酸として固定しておけるため，乾燥時に気孔をなかなか開けないような状況（気孔を開くと蒸散により水分が失われてしまう）でもCO₂をリンゴ酸から得て光合成を行うことができ，C₃植物に比べて乾燥に強い。

以上より、正解は **ア** に 3, **イ** にホスホグリセリン酸, **ウ** にカルビン・ベンソン回路, **エ** に C_3 , **オ** に 4, **カ** に C_4 を選択している②。種々の光合成に関する単純な知識問題である。カルビン・ベンソン回路で登場する物質はやや覚えにくいだが、頻出なので何度も復習するとよい。

重要語句

➤ **カルビン・ベンソン回路**

葉緑体のストロマで起こる炭素化合物に関する反応の経路。次図のような経路で炭素化合物が変化していく。



➤ **C_n 化合物**

1 分子中に炭素（元素記号：C）を n 個含む化合物。例えば、ホスホグリセリン酸は 1 分子に炭素を 3 つ含むので、C₃ 化合物である。

問 3 **3** 正解は⑧

難易度 ★★★★★

解説

まず、問題文からわかることを列挙していこう。

- ・この問題で取り扱うイネのゲノムは 4 億塩基対であり、そのゲノム DNA の重さは 0.01μg である。
- ・ゲノム上に 1 つだけ存在する 400 塩基対の遺伝子領域について PCR を行った結果 0.1μg の DNA 断片が得られた。

それでは、本問が PCR を行った遺伝子領域の DNA 量が何倍になったかを問うていることに注意して考えていこう。

まず、DNA 量の指標となるものは何か考えると、問題文に書かれている DNA の重さがその指標として使えそうだということに気付くだろう。つまり、400 塩基対の遺伝子領域の DNA の重さを求め、0.1μg の DNA 断片

の中にそれが何個分含まれているかを求めればよいということがわかる。

そして、400 塩基対の遺伝子領域の DNA の重さを求めるには、DNA の 1 塩基対あたりの重さを求める必要がある。問題文から 4 億塩基対で $0.01\mu\text{g}$ のゲノム DNA を使用したことがわかるので、DNA の 1 塩基対あたりの重さは、4 億 $= 4 \times 10^8$ であることに注意して、

$$\frac{0.01\mu\text{g}}{4 \times 10^8(\text{塩基対})} = \frac{1}{4} \times 10^{-10}(\mu\text{g}/\text{塩基対})$$

であることがわかる。

よって、400 塩基対の遺伝子領域の DNA の重さは、

$$\frac{1}{4} \times 10^{-10}(\mu\text{g}/\text{塩基対}) \times 400(\text{塩基対}) = 10^{-8}\mu\text{g}$$

であることがわかる。

よって、生じた DNA 断片 $0.1\mu\text{g}$ の中に含まれる 400 塩基対の遺伝子領域の DNA の数は、

$$\frac{0.1\mu\text{g}}{10^{-8}\mu\text{g}} = 10^7$$

よって、もともと存在していた 400 塩基対の遺伝子領域の DNA は 1 個だったので、 10^7 倍になったことがわかる。

以上より、正解は⑧。順を追ってしっかりと考えていけばすぐにわかる問題である。DNA 量の指標となるものは何なのか考えるとわかりやすい。

(制作：熊井勇介，後藤暁彦)

2016年度 センター試験 本試験 生物

第7問 ミツバチの役割分化

| | |
|-------|--|
| 出題範囲 | 個体群 |
| 難易度 | ★★★☆☆ |
| 所要時間 | 5分 |
| 傾向と対策 | 社会性昆虫に関する出題である。第6問との選択問題であるが、思考問題が2問あり（第6問は1問）、片方は難しい問題であるので、第6問を選択するほうが賢明かもしれない。第6問、第7問は問題数が少なく、解くのに多くの時間は必要ないだろうから、両方解いてみて、自信のあるほうを選ぶという方法もある。 |

問1 1 2 正解は①・⑥（順不同）

難易度 ★★☆☆☆

解説

実験の結果から働きバチが内役^{ないえき}と外役^{がいえき}に分化する仕組みを考察する問題である。

実験に用いたのは孵化後4日齢のワーカーであり、このときにはまだ役割は決まっていない（内役と外役とに分化していない）。それでは、各実験の概要を見ていこう。

| | 内容 | 結果 |
|-----|---|--------------|
| 実験1 | 羽化後4日齢のワーカーを単独で培養 | 11日齢までに外役に分化 |
| 実験2 | 羽化後4日齢のワーカーをそれよりも若いワーカー（羽化後0～3日齢）とともに培養 | 11日齢までに外役に分化 |
| 実験3 | 羽化後4日齢のワーカーをそれよりも老いたワーカー（羽化後5日齢～）とともに培養 | 11日齢までに内役に分化 |

では、以上を踏まえて選択肢を見ていこう。

- ① 正 実験1～3を見ると、羽化後4日齢のワーカーは、どのワーカーとともに培養するか（あるいは単独で培養するか）によって、その後どのように分化するかが決定されることがわかる。これは異なる日齢の個体間で相互作用を起こし、分化の方向が決められるためだと考えられる。よって、役割は個体間の相互作用に影響すると考えられる。
- ② 誤 同じ4日齢のワーカーが、実験1と2では外役に、実験3では内役に分化している。よって、日齢のみでは役割の分化は決定されないことがわかる。
- ③ 誤 ①参照。役割がどのように分化するかは異なる日齢の個体間の相互作用によって決定される。
- ④ 誤 実験2において羽化後4日齢のワーカーをより若いワーカーとともに培養したところ外役に分化したことから、より若いワーカーの存在によって外役への分化は抑制されないことがわかる。抑制されていたとした

ら実験 2 で羽化後 4 日齢のワーカーは内役に分化しているはずである。

- ⑤ 誤 実験 3 において、羽化後 4 日齢のワーカーをより老いたワーカーとともに培養したところ、内役に分化した。このことから、より老いたワーカーの存在によって内役への分化は抑制されないことがわかる。抑制されるならば、実験 3 で羽化後 4 日齢のワーカーは外役に分化しているはずである。
- ⑥ 正 実験 3 において、羽化後 4 日齢のワーカーをより老いたワーカーとともに培養したところ、内役に分化した。このことから、ワーカーの外役への分化がより老いたワーカーによって抑制されていることがわかる。

以上より、正解は①と⑥。選択肢の文が類似しているので矛盾を探すのは比較的簡単だったのではないだろうか。間違えた場合はどこが違うのか解説を読んでしっかりと理解しておこう。

関連語句

➤コロニー

同じ種類の生物によって形成される集団のこと。

問 2 正解は⑤

難易度 ★★★★★☆

解説

問題文中の情報からハチの雌がどのような行動を取れば自身の遺伝子をもつ個体を増やすことができるのか考察する問題である。

には $\frac{1}{2}$ が入る。減数分裂によって、母のもつ相同染色体のうち、一方の染色体だけが卵に受け継がれる。どちらの相同染色体が受け継がれるかは等確率で、 $\frac{1}{2}$ である。この卵が雄の精子と受精することで娘が生じる。そのため、母のある染色体が娘に受け継がれる確率は $\frac{1}{2}$ である。

には「娘を生んで育てる」が、 には「妹を育てる」が入る。イ、ウは両方とも「娘を生んで育てる」か、「妹を育てる」の 2 通りから選択することになっている。

ここで、もう一度この問題が問うていることを思い出そう。問われているのはハチの雌が自分と同じ遺伝子を多くもつ個体を増やすためにとる行動である。つまり、そのための行動として、「娘を生んで育てる」か、「妹を育てる」の 2 通りから選択することになっている。

この問題の最終ゴールを思い出せたら、注目すべきところがあるであろう。注目すべきところは問 2 の問題文中に書いてある「ある染色体が母から娘に受け継がれる確率は $\text{ア}\left(\frac{1}{2}\right)$ 」という部分と「ある染色体を娘どうしがともにもつ確率は $\frac{3}{4}$ 」という部分である。この両者の $\frac{1}{2}$ と $\frac{3}{4}$ という数字を比べると $\frac{3}{4}$ という数字のほうが大きいことがわかる。ある染色体を娘どうしがともにもつ確率なのだから、ハチの雌が自分と同じ遺伝子を増やすためには、娘を生むよりも、同じ親から生じた妹を育てるべきであるということがわかる。

以上より、正解は に $\frac{1}{2}$ 、 に「娘を生んで育てる」、 に「妹を育てる」を選択している⑤。

最後に、どのようにして問題文中の「ある染色体を娘どうしがともにもつ確率は $\frac{3}{4}$ 」という結論が導かれたのかを考えていこう。

まず、「ある染色体を娘どうしがともにもつ確率」を言い換えると、「姉のもつ染色体を妹ももつ確率」である。娘は母由来の染色体と父由来の染色体を同数ずつもつ。そのため、姉のもつある染色体が母由来である確立と父由来である確率はどちらも $\frac{1}{2}$ である。

また、本文より、母のもつある染色体が娘に受け継がれる確率は $\frac{1}{2}$ 、父のもつある染色体が娘に受け継がれる確率は1である。姉のもつある母由来（あるいは父由来）の染色体は、当然母（あるいは父）ももっている。したがって、姉のもつ染色体を妹ももっている確率は次のように求められる。

$$\underbrace{\frac{1}{2}}_{\substack{\text{染色体が} \\ \text{母由来である確率}}} \times \underbrace{\frac{1}{2}}_{\substack{\text{母から妹に} \\ \text{受け継がれる確率}}} + \underbrace{\frac{1}{2}}_{\substack{\text{染色体が} \\ \text{父由来である確率}}} \times \underbrace{1}_{\substack{\text{父から妹に} \\ \text{受け継がれる確率}}} = \frac{3}{4}$$

この $\frac{3}{4}$ という数字を導き出すのは、生物の知識というよりも数学的な思考力が要求されるため比較的難しい。この $\frac{3}{4}$ という数字を導く問題が出されたとしたら正答率は相当低かっただろう。出題者は $\frac{3}{4}$ という数字を問題文中に書いておくことで正解にたどり着くことのできる人数を増やしたかったのだと考えられる。問題文をしっかりと読んでその意図をつかむことができれば正解できる確率も上がるのではないだろうか。ただ、それがわかっていてもやはり最後の2つの選択肢はやや難しい。時間もかかるので、本番では解きにくい問題である。

(制作：熊井勇介，後藤暁彦)