

2019 年度大学入試センター試験 解説 〈生物〉

第 1 問 生命現象と物質

A

問 1 ①・②実験 1 では、正常な葉緑体であればチラコイド膜における電子伝達によって NADP^+ が NADPH に還元される反応が起こり、同時に酸素が発生するが、葉緑体片からは基質であるストロマとともに NADP^+ が流出しているため、この反応は起こらない。シュウ酸鉄(Ⅲ)は NADP^+ の代わりにはたらく還元されやすい物質で、シュウ酸鉄(Ⅱ)に還元されて、同時に酸素が発生する。したがって、②は正しい。かつて、光合成で生じた酸素は空気中から取り込んだ二酸化炭素に由来するか、それとも根から取り込んだ水に由来するかという議論があったが、この実験で、空気を取り除いても酸素が発生するので、二酸化炭素に由来しないことがわかる。したがって、①は正しい。

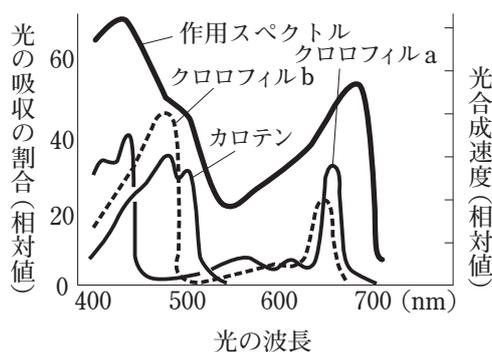
③・④実験 2 では、 H_2^{18}O と CO_2 を与えた場合、光合成で生じた酸素は $^{18}\text{O}_2$ であり、 H_2O と C^{18}O_2 を与えた場合、光合成で生じた酸素は普通の O_2 であることから、この酸素は二酸化炭素ではなく、水に由来することがわかる。したがって、③は正しい。しかし、この実験では有機物に関する情報がまったくないので、二酸化炭素が有機物合成に使われていたかどうかはわからない。したがって、④は適当ではない。

⑤・⑥ $^{14}\text{CO}_2$ を与えて光を短時間照射すると ^{14}C は C_3 化合物に取り込まれ、光を照射しないとどの化合物にも取り込まれないことから、光合成の反応経路で二酸化炭素は C_3 化合物に固定されることがわかる。したがって、⑤は正しい。しかし、この実験では温度が一定であるため、 ^{14}C が C_3 化合物に取り込まれる反応が温度の影響を受けるかどうかはわからない。したがって、⑥は適当ではない。

(答) ・ …④・⑥

問 2 光合成では、光エネルギーはチラコイド()に吸収され、ATP と NADPH が合成される。その後、ストロマ()で ATP のエネルギーと NADPH の還元力を用いて二酸化炭素が還元され、有機物が合成される。このように、チラコイドにおける過程は光が直接関係し、ストロマにおける過程は光が直接関係しない。

光の波長と光合成色素の光の吸収率の関係をグラフ化したものを吸収スペクトル(吸収曲線)、光の波長と光合成速度の関係をグラフ化したものを作用スペクトル(作用曲線)()という。したがって、③が正しい。



(答) …③

B

問3 二重膜で包まれた細胞小器官は、核(㉑)・ミトコンドリア・葉緑体(㉒)の3つである。したがって、③が正しい。

(答) …③

問4 ①・③・⑤物質を濃度勾配にしたがって輸送する場合を受動輸送、物質をエネルギーを用いて濃度勾配に逆らって輸送する場合を能動輸送という。チャネルは特定のイオンや水を受動輸送する輸送タンパク質であり、ナトリウムチャネルはナトリウムイオンのみを通す。また、アクアポリンは水のみを通すチャネルの一種である。したがって、①・⑤は誤りであり、③は正しい。②・④ナトリウムポンプはATPのエネルギーを用いて、ナトリウムイオンを細胞外へ放出し、カリウムイオンを細胞内に取り込んでいるので、どちらも誤りである。

(答) …③

問5 食塩濃度が赤血球の溶質濃度よりも高いとき、食塩濃度が高くなるほど、水が食塩水側に移動する(水が食塩水に引っ張られると考えるとわかりやすい)。この結果、赤血球の体積は小さくなる。また、食塩濃度が赤血球の溶質濃度と等しいとき、水の移動はなく、赤血球の体積は変わらない。食塩濃度が赤血球の溶質濃度よりも低いとき、食塩濃度が低くなるほど、水が赤血球内に移動する。この結果、赤血球の体積は大きくなり、水に浸したときは赤血球が膨張しすぎて破裂する。以上をまとめると、外液の食塩濃度は赤血球の体積と反比例の関係にある。したがって、最も赤血球の体積が小さい㉒が最も食塩濃度が高く、体積変化のない㉑、体積が大きくなる㉓、大きくなりすぎて破裂した㉔の順に食塩濃度は低くなる。

(答) …⑤

第 2 問 生殖と発生

A

問 1 性染色体構成は、雌は XX，雄は XY であり， $Z^{\text{茶}}$ ， $Z^{\text{黒}}$ は X 染色体上の遺伝子であるので，雌の三毛ネコの遺伝子型は $Z^{\text{茶}}Z^{\text{黒}}$ ，黒の雄の遺伝子型は $Z^{\text{黒}}Y$ と置くことができる。これらの交配の結果を次の交配表に示す。

	$Z^{\text{黒}}$	Y
$Z^{\text{茶}}$	$Z^{\text{茶}}Z^{\text{黒}}$	$Z^{\text{茶}}Y$
$Z^{\text{黒}}$	$Z^{\text{黒}}Z^{\text{黒}}$	$Z^{\text{黒}}Y$

茶と黒の両方の遺伝子をもつものは次代のうち $\frac{1}{4} \times 100 = 25\%$ である。

(答) …①

問 2 雌の三毛ネコ（遺伝子型 $Z^{\text{茶}}Z^{\text{黒}}$ ）では， $Z^{\text{茶}}$ をもつ X 染色体が不活性化された細胞（ $Z^{\text{黒}}$ のみ発現し，この部分は黒色になる）と $Z^{\text{黒}}$ をもつ X 染色体が不活性化された細胞（ $Z^{\text{茶}}$ のみ発現し，この部分は茶色になる）の両方が存在している。核移植によって X 染色体が完全に初期状態になったとしても，胚発生の段階で，どちらかの X 染色体が不活性化することになる。したがって，やはり三毛ネコになる。しかし，どちらの X 染色体が不活性化するかは，確率の世界であり，核移植に用いた三毛ネコとまったく同じになることはまずない。したがって，②が正しい。

(答) …②

B

問 3 遺伝子の転写・翻訳は同じ細胞で行われるので，図 2 から，ポリペプチド A は葉肉細胞でつくられることがわかる。また，図 3 から，ポリペプチド A は気孔密度を上昇させるはたらきがあることがわかる。したがって，③が正しい。

(答) …③

問 4 ポリペプチド A を欠く変異体 a は野生型よりも気孔密度が低くなることから，ポリペプチド A には気孔密度を上昇させるはたらきがあることがわかる。これは図 3 の結果と一致する。一方，ポリペプチド B を欠く変異体 b は野生型よりも気孔密度が高くなることから，ポリペプチド B には気孔密度を低下させるはたらきがあることがわかる。また，ポリペプチド A とポリペプチド B の両方を欠く変異体 ab の気孔密度がポリペプチド B を正常に合成する変異体 a と同じであることから，ポリペプチド B は単独では気孔密度の低下にははたらかず，ポリペプチド A のはたらきを抑制することで，気孔密度を低下させることがわかる。したがって，④が正しい。

(答) …④

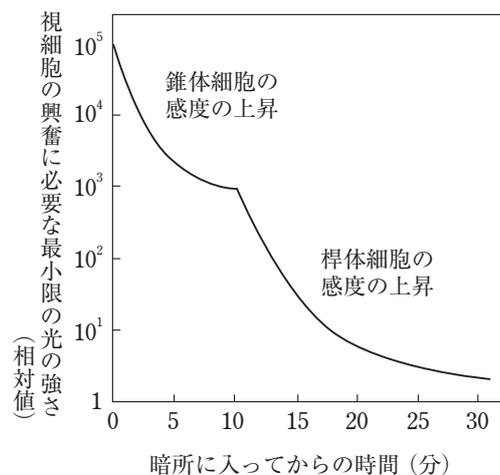
問5 葉や茎の表皮組織の表面はクチクラ(層)()で覆われている。クチクラ(層)は「ろう」でできており、乾燥を防いでいる。また、根の先端には柔らかい分裂組織() (根端分裂組織)があるが、これを保護するため、先端に堅い根冠が存在している。したがって、が正しい。

(答) …

第3問 生物の環境応答

A

問1 暗くなると最初は見えにくいですが、やがて見えるようになる。これを暗順応()という。この過程では、視細胞の感度が上昇するが、錐体細胞は感度があまり上がらないので、暗くなるとはたらくことができない。一方、桿体()細胞は錐体細胞よりはるかに感度が上昇して暗くてもよくはたらくので、暗くても見えるようになるのである。図1にあるように、桿体細胞は青()色に見える光の波長をよく吸収するので、夕方薄暗くなると、景色が青っぽく見えるのである。



(答) …

問2 問3にある図3がヒントになっている。黄斑には錐体細胞が集中して分布し、桿体細胞は周辺部に多い。暗い星を直視すると、感度の低い錐体細胞が分布する黄斑に像が結ばれるため、よく見えない。したがって、は誤りである。少し視点をずらすと、感度の高い桿体細胞の分布する網膜の領域に像が結ばれるので、よく見えるようになる。したがって、が正しい。なお、目を大きく見開いてもよく見えないものが見えるようにはならない。また、周りに明るい街灯があると、桿体細胞内のロドプシンが分解されて感度が低下し、暗い星はよく見えないようになる。したがって、・は誤りである。

(答) …

問3 眼の網膜に映る像は上下左右が逆さまになって映る。これを倒立像という。つまり、図3の $A \cdot B \cdot + \cdot C \cdot D$ は、網膜では $D \cdot C \cdot + \cdot B \cdot A$ となる。この結果、鼻側の 20° 付近の盲斑に B の像が結ばれることになるが、盲斑には視細胞が存在しないので、B は見えないことになる。したがって、②が正しい。

(答) …②

B

問4 前文の内容をまとめると、野生型では、タンパク質 X で窒素源不足を感知することで遺伝子 Y を根で発現させ、硝酸イオンの取り込みを促進する。しかし、実験1の図4～図6を見ると、寒天培地 A で窒素源の不足を感知しているのは右の根であるにもかかわらず、根における遺伝子 Y の発現量が増加しているのは左の根である。このことから、右の根で感知した窒素源不足の情報が左の根に伝わったと考えられる。

実験2では、タンパク質 X を欠く変異体 x と野生型を接ぎ木している。図8の左から2番目のグラフ $\left(\frac{\text{野生型}}{\text{変異体 x}}\right)$ を見ると、左から1番目の対照実験 $\left(\frac{\text{野生型}}{\text{野生型}}\right)$ と結果が変わらない。

このことから、 $\frac{\text{野生型}}{\text{変異体 x}}$ では、窒素源不足を感知した根から、この情報を地上部 ()

のタンパク質 X に伝えていると考えられる。このことは、残りの2つのグラフからも裏付けられる。左から4番目のグラフ $\left(\frac{\text{変異体 x}}{\text{野生型}}\right)$ を見ると、左から3番目の対照実験 $\left(\frac{\text{変異体 x}}{\text{変異体 x}}\right)$

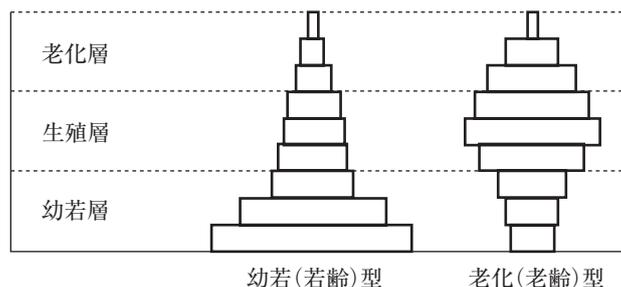
と結果が変わらないことから、地上部のタンパク質 X が、窒素源不足を感知した根からこの情報を得ていると考えられる。このことと実験1の結果を合わせて考えると、窒素源不足を感知した地上部のタンパク質 X のはたらきで、左の根、すなわち周囲に窒素源が十分ある根 () の遺伝子 Y の発現を上昇させることで、硝酸イオンの取り込みが促進されることが考えられる。

(答) …① …③

第4問 生態と環境

A

問1 年齢ピラミッドの幼若(若齢)型と老化(老齢)型は次のようなグラフになる。



幼若型は、幼若層の個体が若くなるほど多いため、将来これらが成長して生殖層になり子を増やすので、個体数は増えることになる。一方、老化型は幼若層の個体が若くなるほど少ないため、個体数は減少していくことになる。図1を見ると、ジャコウウシの個体数は指数関数的に増えていることがわかる。このことから、ジャコウウシにとっての資源（空間や食料など）が十分あると考えられる。したがって、1988年の年齢ピラミッドは将来個体数が増える幼若（若齢）型（）になる。1990年も同じ幼若（若齢）型であるので、個体数は増加していく（）ことが予想される。

(答) …①

問2 Aの前文にある「群れをつくることによって、捕食者に対する警戒や防衛の能力の向上、餌の発見効率の向上といった利益が得られる反面、捕食者に見つかりやすくなったり餌を奪いやすくなったりするという不利益も生じる」という記述がヒントになる。

①～③季節X、季節Yに関係なく、オオカミが多くなるほど群れは大きくなることがわかる。このことから、群れを大きくすることで捕食者（オオカミ）に対する警戒や防衛の能力を向上させていると考えられる。したがって、②が正しく、①・③は誤りである。④～⑦図2を見ると、オオカミの有無に関係なく、餌を見つけやすい季節Xよりも餌を見つけにくい季節Yの方が、群れが大きいことがわかる。このことから季節Yでは、群れを大きくすることで、餌の発見効率を向上させていると考えられる。したがって、④・⑤は誤りであり、⑦が正しい。なお、群れを大きくすると餌を奪い合う不利益が生じるので、⑥は誤りである。餌の発見効率の上昇による利益が餌を奪い合う不利益を上回るので、群れを大きくしているのである。

(答) ・ …②・⑦

B

問3 実験1に、図4が耐塩性の指標とすること、実験2に、図6が種の競争力の指標とすることが書かれていることに着目して選択肢を1つずつチェックする。①耐塩性の指標である図4を見ると、鉢内塩分濃度が最も高いときに相対現存量の低い種Aが最も耐塩性が低い種であることがわかる。したがって、正しい。②図4を見ると、鉢内塩分濃度が0.7%のとき、種Bの相対現存量は最も低く、耐塩性が最も低い種であることがわかる。また、種の競争力の指標である図6を見ると、鉢内塩分濃度が0.7%のときの優占度は種Bが最も高く、種の競争力が最も高い種であることがわかる。したがって、誤りである。③種間競争がない単植の図3を見ると、鉢内塩分濃度が0%のとき種Cの現存量が最も大きいことがわかる。また、種間競争がある混植の図5を見ると、鉢内塩分濃度が0%のとき種Cの現存量が最も小さいことがわかる。したがって、正しい。④種間競争がない単植の図3を見ると、鉢内塩分濃度の増加に伴い、すべての種の現存量が減少していることがわかるので、誤りである。⑤種間競争がある混植の図5の鉢内塩分濃度が0%のときの値から種間競争がない単植の図3の鉢内塩分濃度が0%のときの値を差し引けばよい。種Aでは $4.8 - 2.2 = 2.6$ (g)、種Bでは $7.5 - 3.3 = 4.2$ (g)、種Cでは

9.0 - 1.2 = 7.8 (g) となり、 $A < B < C$ の順に大きくなるので、誤りである。⑥種 B では、種間競争がある混植の図 5・図 6 を見ると、現存量は鉢内塩分濃度が 0.2 ~ 0.4% のときに最大であるが、優占度は鉢内塩分濃度が 0.6 ~ 0.8 のときに最大であるので、誤りである。

(答) · …①・③

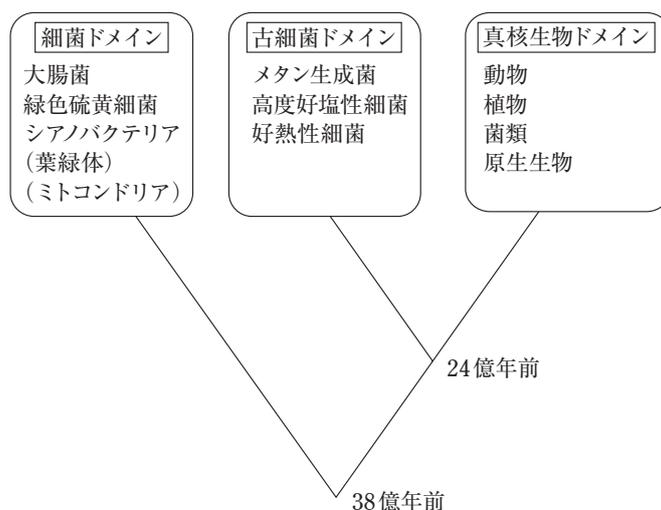
第 5 問 生物の進化と系統

A

問 1 分類階級は、上位のものから順に、界・門・綱・目・科・属・種である。したがって、④が正しい。

(答) …④

問 2 rRNA (リボソーム RNA) の塩基配列の比較から、生物は真核生物、細菌 (バクテリア)、古細菌 (アーキア) の 3 つのドメインに分かれるという説を 3 ドメイン説という。これらの系統関係を次図に示す。



共通祖先から最初に分岐したのは細菌であり、後に古細菌と真核生物が分岐している。したがって、図 1 のドメイン C は細菌である。細菌 (ドメイン C) から 2 本の破線がドメイン B に伸びているので、ドメイン B はミトコンドリアや葉緑体をもつ真核生物であり、残りのドメイン A は古細菌であることがわかる。したがって、②が正しい。

(答) …②

問 3 図 1 の には古細菌に属する生物が入る。また、 には真核生物に属する生物が入るが、破線を考慮に入れなければならない。細胞内共生説 (共生説) によれば、まず好気性細菌が共生してミトコンドリアになる。図 1 の下側の破線がこれを示している。後に、シ

アノバクテリアが共生して葉緑体になる。これが上側の破線である。したがって、 は葉緑体をもつ真核生物に限定される。①緑色硫黄細菌，③シアノバクテリア，④大腸菌は細菌に属する。②メタン生成菌（メタン菌）は古細菌に属する。したがって，これが の答えである。⑤～⑨はすべて真核生物であるが，このうち葉緑体をもつのは，⑨ゼニゴケだけである。したがって，これが の答えである。

(答) …② …⑨

B

問4 地質時代において，5.4～4.9億年前は古生代カンブリア()紀であり，無脊椎動物が爆発的に出現した時期であり，これをカンブリア大爆発という。なお，オルドビス紀は4.9～4.4億年前である。

ヒトが属するのは脊椎()動物であり，カンブリア紀には脊椎動物の特徴をもつ最古の化石が見つかっている。なお，棘皮動物はウニ・ナマコ・ヒトデの仲間であり，ナメクジウオやホヤの属する原索動物や脊椎動物と同じ新口動物である。

大気中の酸素濃度が増加し，成層圏中にオゾン層が形成されると，地上に降り注ぐ紫外線量が減少し，生物の陸上進出が可能になった。現在，主なものでは，脊椎動物や節足()動物，植物などが陸上に進出している。なお，刺胞動物はサンゴ，クラゲ，イソギンチャク，ヒドラの仲間であり，陸上には進出していない。

(答) …③

問5 ①エディアカラ生物群は，先カンブリア時代の末期に出現した扁平な柔らかい構造をもった大型の多細胞生物である。したがって，誤りである。⑤裸子植物には子房はなく，胚珠がむき出しであるので，誤りである。残りの選択肢はすべて正しい文章である。

(答) ・ …①・⑤

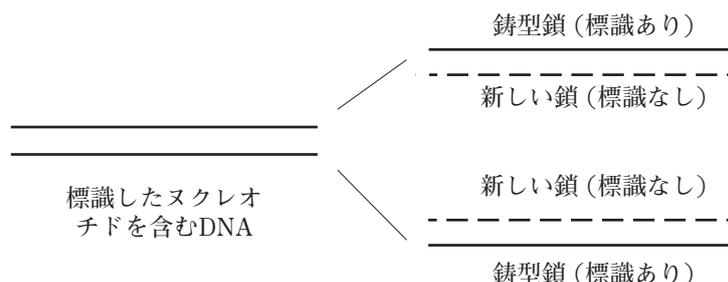
問6 陸上植物に最も近縁であると考えられている生物はシャジクモ類である。シャジクモ類はコケ植物の造卵器に類似した雌性生殖器をもつ，細胞分裂の様式，べん毛の微細構造，DNAの塩基配列の類似性などから，コケ植物に最も近縁の生物であると考えられている。



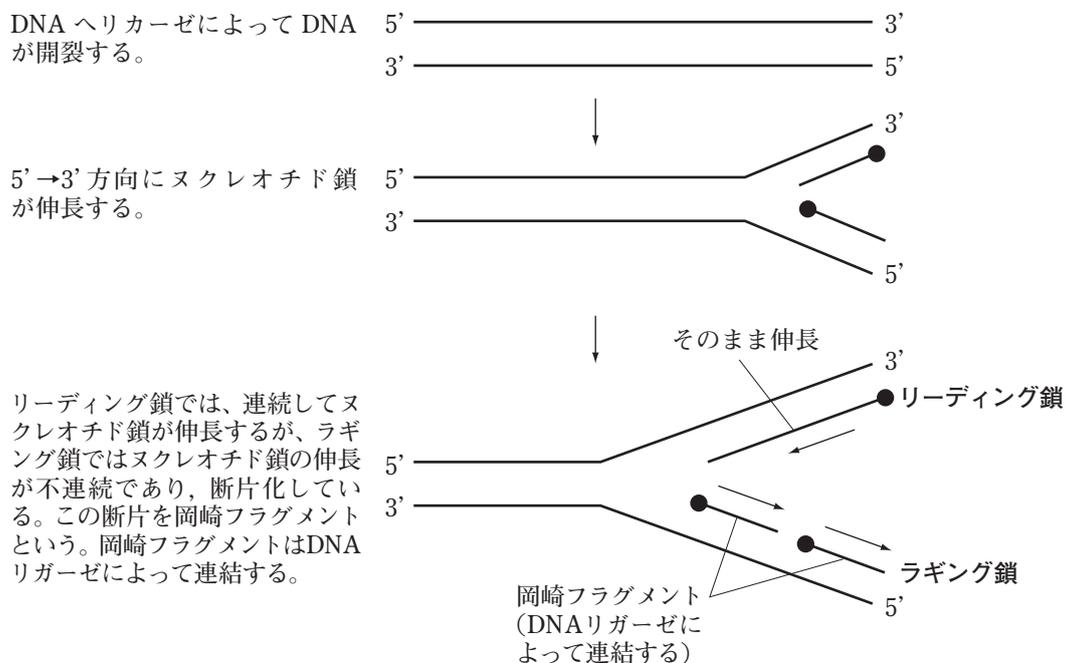
(答) …④

第 6 問 DNA の複製と遺伝情報の転写・発現

問 1 DNA の 2 本の標識のあるヌクレオチド鎖を鋳型にして、新しいヌクレオチド鎖が合成されるが、合成された新しい鎖は標識ヌクレオチドを含まない。しかし、この標識のない新しい鎖と標識のある鋳型鎖が 2 本鎖を形成して DNA を形成するので、この DNA は標識ヌクレオチドを含むことになる。したがって、1 回分裂直後の大腸菌の DNA は必ず標識ヌクレオチドを含んでいる。したがって、標識ヌクレオチドを含むゲノムをもつ大腸菌の割合は 100 () % である。



DNA の複製の過程は次のように、片方は連続的に合成される。これをリーディング鎖 () 鎖という。もう片方は不連続的に合成される。これをラギング鎖という。ラギング鎖に見られる短いヌクレオチド鎖を岡崎フラグメントという。岡崎フラグメントは DNA リガーゼにより連結され、長いヌクレオチド鎖になる。



(答) ...④

第 7 問 生物の種間関係

問 1 前文に「虫こぶ内部の組織を食べて成長するハエ幼虫」とあるので、ハエは植物食性動物であり、一次消費者である。また、「ハチ幼虫は、ハエ幼虫を捕食した後、虫こぶ内部の組織を食べて成長する」とあるので、ハチ()は、一次消費者を食べる二次消費者でもあり、一次消費者でもある。

表 1 で、虫こぶの直径が 2 cm 以上の場合、ハチの産卵成功率が 6% と低く、鳥による捕食率が 23% と高いので、ハエ幼虫が鳥()によって死亡したときの虫こぶの平均直径は 2 cm を上回ると考えられる。実際、表 2 では平均値 2.2 cm となっている。一方、虫こぶの直径が 2 cm 未満の場合、ハチの産卵成功率が 81% と高く、鳥による捕食率が 5% と低いので、ハエ幼虫がハチ()によって死亡したときの虫こぶの平均直径は 2 cm を下回ると考えられる。実際、表 2 では平均値 1.7 cm となっている。

(答) …③

問 2 鳥の生息地が消失すると、大きな虫こぶをつくるハエの幼虫が鳥による捕食を免れるので、直径が大きい()虫こぶが増加すると予想される。虫こぶの直径が大きくなると、産卵管の長いハチが子孫を残すのに有利となるので、産卵管は長くなる。このようにハエとハチの間では、生存や繁殖に影響を及ぼしながら進化する共進化()が起こると予想される。

(答) …②

問 3 自然選択は、次の 3 つの要素からなる。

- ・ 個体にはさまざまな変異がある。
- ・ 環境に適応した変異をもつ個体が生き残る。
- ・ この変異が子孫に受け継がれる。

① 個体間の遺伝的変異に応じて繁殖力や生存率に差がある場合、世代を重ねていく間に、繁殖力や生存率の高い個体が生き残り、その変異が子孫に広まっていくので、正しい。② 自然選択の結果、生息環境に適した形質をもつことを適応(適応進化)というので、正しい。③ 人間の様々な形質、例えば直立二足歩行、大きな大脳などはヒトの祖先から自然選択によって受け継いできた形質である。したがって、正しい。④ イギリスのマンチェスターでは産業革命によってオオシモフリエダシャクというガに工業暗化が起こっている。これは人間の活動によって起こった環境の変化が自然選択の原因となったものである。したがって、誤りである。⑤ 生物集団の遺伝的構成を変化させる原因として自然選択以外の大きなものとして、中立進化が挙げられる。中立進化では、生存や繁殖に有利も不利もない中立な変異が、遺伝的浮動によって偶然に集団中に固定されて起こる。したがって、正しい。

(答) …④