

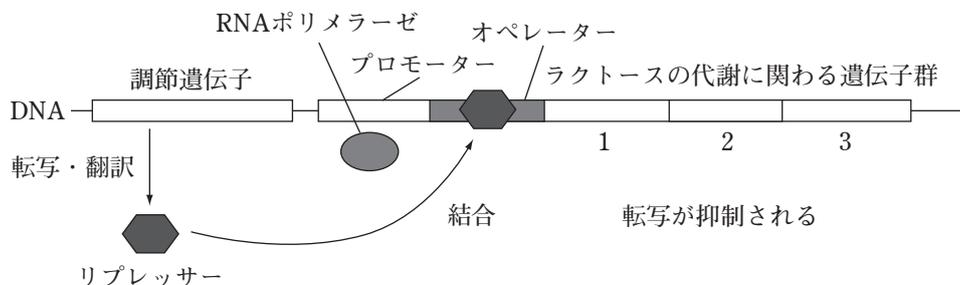
2020 年度大学入試センター試験 解説 〈生物〉

第 1 問 生命現象と物質

A

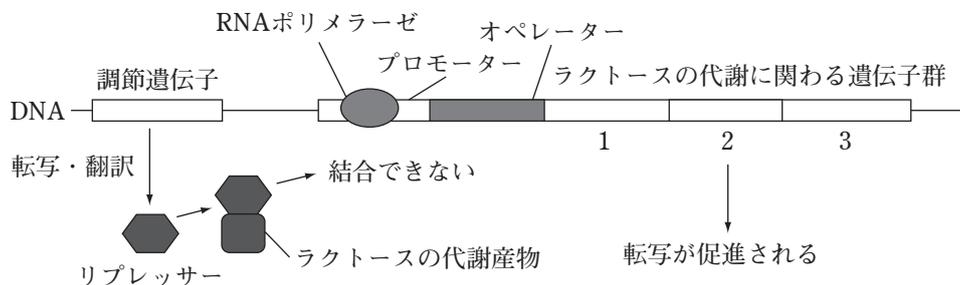
問 1 原核生物では、関連のある遺伝子は 1 つのまとまりとして転写を調節される場合が多い。このまとまりをオペロン (  ) という。その例として、大腸菌のラクトースオペロンがある。ラクトースの代謝に関係する遺伝子群の上流には、リプレッサー ( 調節タンパク質の一種 ) が結合するオペレーター (  ) が存在し、オペレーターのさらに上流には、RNA ポリメラーゼが結合するプロモーターが存在する。

オペレーターにリプレッサーが結合すると、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できなくなり、ラクトースの代謝に関係する遺伝子群の転写は抑制 (  ) される。



(答)  …⑧

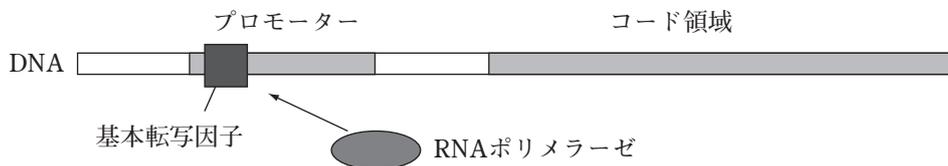
問 2 ラクトースのみを含む培地では、ラクトースの代謝産物がリプレッサーに結合する。この結果、リプレッサーの立体構造が変化してオペレーターに結合できず、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合するため、ラクトースの代謝に関わる遺伝子群の転写が促進される。したがって、④が正しい。



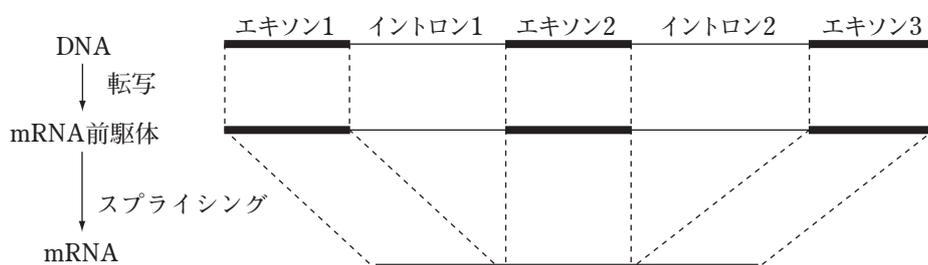
(答)  …④

問 3 真核生物の DNA は、ディスク状のタンパク質であるヒストン (  ) と結合してヌクレオソームを形成している。ヌクレオソームが折りたたまれてクロマチン繊維を形成するが、

このクロマチンがほどかれた領域で、転写が促進される。原核生物とは異なり、真核生物の RNA ポリメラーゼはプロモーターに直接結合できず、基本転写因子 (  ) がプロモーターに結合することが必要になる。



真核生物の場合、核内で転写が行われ、合成された RNA (mRNA 前駆体) は同じ核内 (  ) で、イントロンが取り除かれるスプライシングを受け、mRNA が完成する。



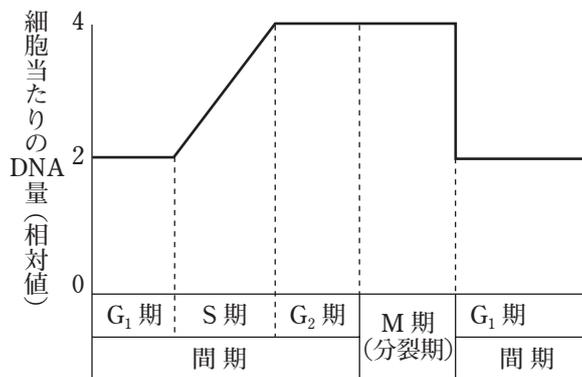
(答)  …⑤

B

問4 分裂終了から次の分裂終了までの1周期を細胞周期という。細胞周期はG<sub>1</sub>期→S期→G<sub>2</sub>期→M期を繰り返す。細胞が細胞周期を1周すると細胞数が2倍になるので、図1から、細胞数が2倍になるまで(細胞数が $5 \times 10^5 \rightarrow 1.0 \times 10^6$ が読みやすい)にかかる時間を読むと、20時間であることがわかる。実験1で「凝縮した染色体をもつ細胞」とは分裂期の細胞のことである。これが10%見られたことから、分裂期にかかる時間は細胞周期の10%であることがわかる。したがって、分裂期にかかる時間は、 $20 \times 0.1 = 2$ 時間であり、②が正しい。

(答)  …②

問5 細胞周期とDNA量の関係を下に示す。



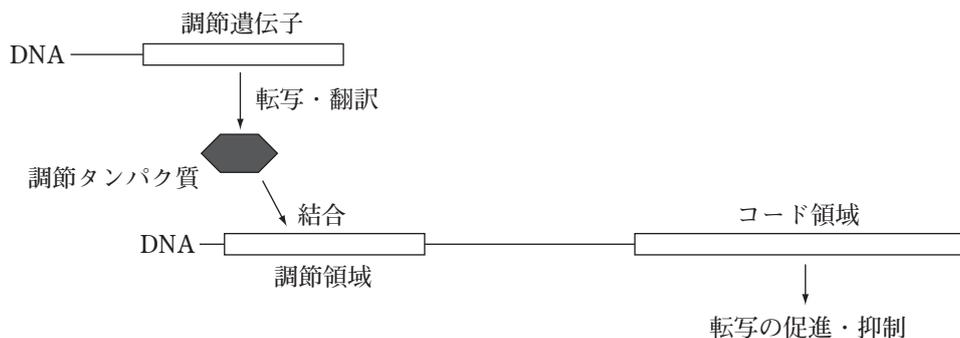
この図と図2を照らし合わせると、A (  ) の範囲にある細胞は  $G_1$  期 (「分裂完了から DNA 複製開始までの時期」)、B (  ) の範囲にある細胞は S 期 (「DNA の複製を行う時期」)、C (  ) の範囲にある細胞は  $G_2$  期 (「DNA の複製完了から複製開始までの時期」) と M 期 (「分裂期」) の時期にあることがわかる。したがって、⑤が正しい。

(答)  …⑤

## 第2問 生殖と発生

A

問1 動物の受精卵は、体細胞分裂の一種である卵割 (  ) を繰り返すことで多細胞化する。細胞の分化過程では、特定の遺伝子の発現が促進・抑制されるが、この過程では、遺伝子の上流にある転写 (  ) を調節する領域 (転写調節配列、転写調節領域、調節領域) に調節タンパク質 (  ) が結合することで行われる。



(答)  …⑦

問2 ①・②・③まず、細胞が分化するためには特定の遺伝子の発現の促進・抑制が必要なので、核を含む赤卵片が必要である。したがって、④の結果は必要ない。また、推論は、「黒卵片のみに筋肉細胞を決定づける能力がある」であるので、赤卵片に精子をかけて胚をつくっても筋肉細胞が分化しないという結果が必要不可欠である。したがって、⑤の結果は必要である。なお、①の結果は、どの細胞でも表皮細胞ではたらく遺伝子を核内に含んでいるので、必要ではない。②・③赤卵片に黒卵片と融合してから精子をかけて胚をつくり、筋肉細胞が分化する結果が得られ、⑤の結果を合わせれば、黒卵片に筋肉細胞を決定づける能力があると推論できるので、④の結果は必要である。しかし、茶卵片、白卵片にも黒卵片と同様の能力があるかもしれないので、それを否定するために④の結果も必要となる。したがって、⑥が正しい。

(答)  …⑥

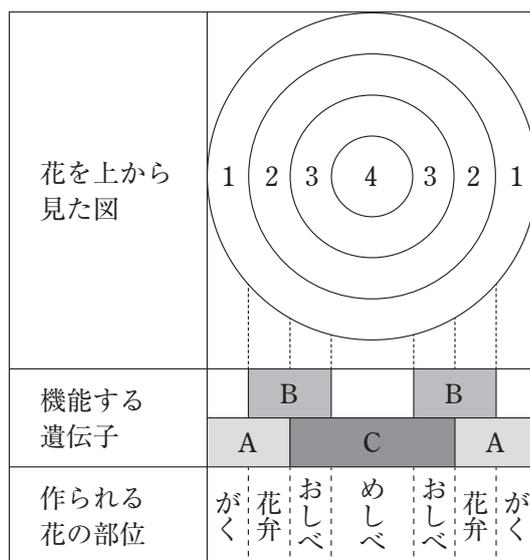
問3 実験1～4の結果から、黒卵片中の RNA は単独で筋肉細胞の分化に関係し、タンパク質は筋肉細胞の分化に関係がないことがわかる。したがって、①～③、⑦～⑨は誤りである。しかし、

黒卵片中の RNA がどのように筋肉細胞の分化に関わっているのか、これらの実験からは何もわからない。したがって、⑤のみ推論することができ、④、⑥は誤りである。なお、RNA の場合、酵素のように触媒活性をもつ場合もあれば、翻訳されて生じたタンパク質がはたらく場合もあり、また RNA 干渉のように遺伝子発現に関係する場合があるので、推論するときには注意が必要である。

(答) 3 …⑤

B

問4 ABC モデルの知識がないと解けない問題である。まず、両性花の場合、花器官は下図のように外側から領域 1～4 に分かれ、それぞれがく片、花弁、おしべ、めしべが配置する。これらの花器官の形成には A クラスの遺伝子、B クラスの遺伝子、C クラスの遺伝子が行っている。A クラスの遺伝子と C クラスの遺伝子は互いに発現を抑制しており、A クラスの遺伝子は領域 1、2 ではたらく、C クラスの遺伝子は領域 3、4 ではたらく。また、B クラスの遺伝子は A、C クラスの遺伝子とは関係なく、領域 2、3 ではたらく。



花器官とはたらく遺伝子の関係をまとめると以下の表になる。

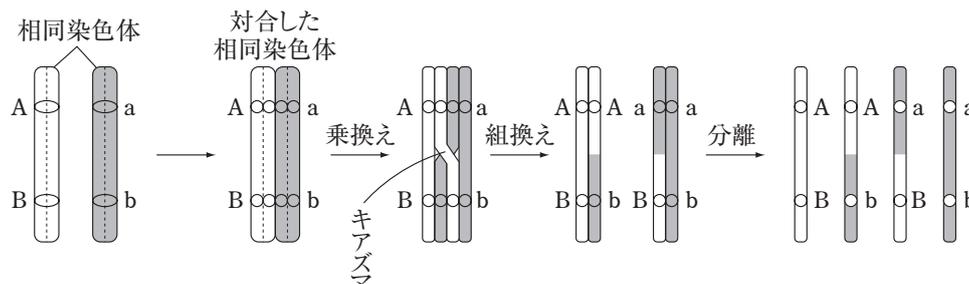
	はたらくクラス	花の構造
領域 1	A	がく片
領域 2	A と B	花弁
領域 3	C と B	おしべ
領域 4	C	めしべ

変異体 X の場合、がく片のみが分化するので、領域 1～4 のすべてでクラス A の遺伝子しかはたらくしていない。つまり、B、C クラスの遺伝子の機能を失っていると考えられる。したがって、③が正しい。変異体 Y の場合、めしべとおしべのみが分化し、花弁とがく片が分化し

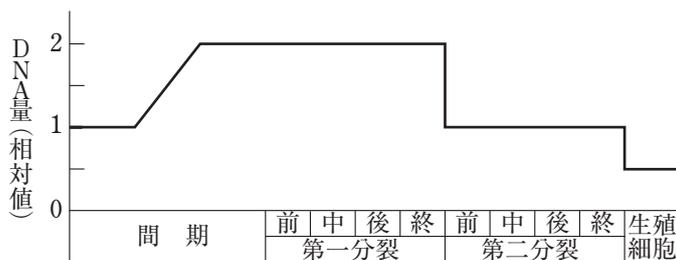
ていないので、花卉とがく片の分化に必要な A クラスの遺伝子の機能を失っていると考えられる。したがって、①が正しい。

(答)  …③  …①

問 5 減数分裂の第一分裂前期に、相同染色体が対合し、二価染色体が形成される。この二価染色体では、染色体の乗換え (  ) が起こり、遺伝子の組換えが起こることがある。



減数分裂時の DNA 量の変化を次の図に示す。



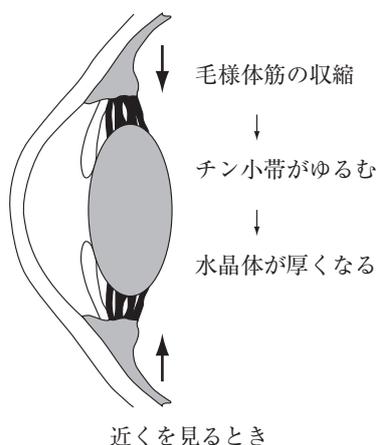
上の図で減数分裂に入る前の細胞の DNA 量を 1 とすると、第 1 分裂終了時の DNA 量も 1 であり、 $1 \div 1 = 1$  倍 (  ) になっていることがわかる。また、第 2 分裂終了時には DNA 量は 0.5 であるので、 $0.5 \div 1 = \frac{1}{2}$  倍 (  ) になっていることがわかる。したがって、⑥が正しい。

(答)  …⑥

### 第 3 問 生物の環境応答

A

問 1 下図に近くを見るとき目の反応を示す。毛様筋の収縮方向に注意しよう。近くを見るときは、毛様筋が収縮 (前進) し、チン小帯が緩み、水晶体が厚くなる。逆に、遠くを見る場合は、毛様筋は弛緩 (後退) し、チン小帯が引っ張られ、水晶体が薄くなる。したがって、⑤が正しい。



(答)  …⑤

問2 ①神経に短い刺激を1回与えた場合、筋肉は速やかに収縮してすぐに弛緩する。これは単収縮(単縮)であるので、誤りである。②筋小胞体から放出されるのは、カルシウムイオンであるので、誤りである。③シナプスでは、シナプス前ニューロンの軸索の末端から放出された神経伝達物質を、シナプス後ニューロンの受容体が受容することで興奮が一方に伝達されるので、正しい。④末梢神経系は、自律神経系と体性神経系からなるので、誤りである。⑤興奮が軸索に沿って伝わることを伝導、隣接する細胞に伝わることを伝達というので、誤りである。⑥有髄神経繊維には絶縁性の髄鞘があり、興奮は髄鞘を飛び越え、ランビエ絞輪に伝わる跳躍伝導が起こるため、髄鞘のない無髄神経繊維に比べて伝導速度が大きい。したがって、誤りである。

(答)  …③

問3 ①～③実験1・実験2の結果から、雌の性フェロモンがないと、雄は反応しないことがわかる。また、実験1・実験2の結果から、雄は両側の触角がないと雌の性フェロモンに反応できず、片側の触角がないと雌の性フェロモンに反応はできるが、雌に接近はできないことがわかる。したがって、片側の触角があれば性フェロモンを感知できると考えられ、③が正しく、①・②は誤りである。④・⑤実験1と実験3の結果から、雄は視覚情報がなくても、雌の性フェロモンに反応して模型に近づくことができることがわかる。したがって、④は誤りで、⑤が正しい。⑥実験2で、片側の触角を切除した雄では、模型に近づけなかったことから、雌に近づくためには両側の触角が必要であると考えられるので、誤りである。したがって、⑧が正しい。

(答)  …⑧

## B

問4 図1の結果から、乾燥ストレスを与えると、変異体Cは野生型と同様にアブシシン酸を合成できるが、変異体Dはアブシシン酸を合成できていないことがわかるので、アブシシン酸の合成に関しては、変異体Cは正常で、変異体Dは異常であると考えられる。したがって、②が正しい。

(答)  …②

問5 遺伝子 X は、アブシシン酸が作用していることを直接的に示す指標であるので、アブシシン酸を噴霧して、遺伝子 X の発現量が増加すれば、乾燥耐性が誘導されと考えられる。図2を見ると、アブシシン酸を噴霧すると、遺伝子 X の発現量は変異体 C では増加せず、変異体 D では増加するので、乾燥耐性は、変異体 C では回復せず、変異体 D では回復すると考えられる。したがって、③が正しい。

(答)  …③

問6 オオムギ種子では、胚(  )で合成されたジベレリンが糊粉層(  )にはたつきかけて、アミラーゼ合成を誘導する。合成されたアミラーゼは胚乳(  )に貯蔵されたデンプンを水溶性の糖に分解する。この糖が胚に吸収され、発芽に利用される。したがって、②が正しい。

(答)  …②

## 第4問 生態と環境

A

問1 ヒアリはアブラムシから甘露という利益を得て、アブラムシはヒアリにテントウムシの捕食から守ってもらうという利益を得ている。このように、2種の個体群の相互作用において、両者ともに利益がある場合、相利共生(  )という。ワタ畑からヒアリを除去すると、テントウムシによるアブラムシの捕食が盛んになり、アブラムシが減少する。この結果、アブラムシによるワタの食害は減少(  )する。したがって、②が正しい。

(答)  …②

問2 ①個体数が減少すると、近親交配が起こる確率が高まる。近親交配によって、遺伝子のホモ接合になる割合が増加する(純系に近くなる)ため、遺伝的多様性が低下する。また、遺伝的浮動によって偶然、特定の対立遺伝子が集団中から消滅する確率も高くなる。したがって、正しい。②・③個体数が減少すると、食物や空間をめぐる競争は緩和されるので、誤りである。④個体数が減少すると、種によっては相変異による形態や行動が変化する(孤独相になる)場合があるが、孤独相は個体数を増やすのに適しているため、絶滅の要因とはならない。したがって、誤りである。⑤個体数が減少しても、他の種との競争(種間競争)の緩和にはならず、むしろ競争的排除を受けやすくなる。したがって、誤りである。

(答)  …①

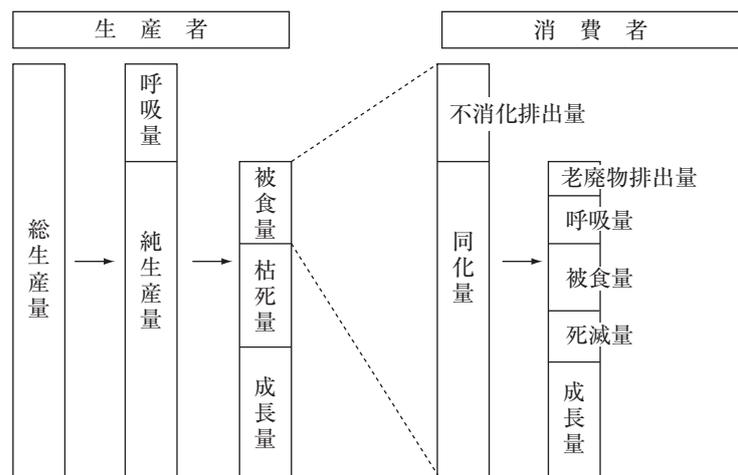
問3 ハチ、アリ、シロアリ(  )は、コロニーを形成する昆虫(社会性昆虫)である。これらは少数の女王と多数のワーカー(  )からなる。一方、共同で子育てを行う(共同繁殖という)哺乳類や鳥類では、子育てを手伝うヘルパー(  )が存在する。ヘルパーは

生殖能力をもち、やがて独立して自身が子を残すが、ワーカーの場合、一生を通して生殖能力をもたない(  )。したがって、②が正しい。

(答)  …②

B

問4 生態系における物質収支を下図に示す。純生産量＝被食量＋枯死量＋成長量であるので、②が正しい。



(答)  …②

問5 図1で、虫なし区の成長量のみを見ると、富栄養土壌と貧栄養土壌の両方(  )において、富栄養植物の方が貧栄養植物よりも成長量が大きく、成長能力が高いといえる。被食防御の能力が高い(  )植物の場合、昆虫による食害が少ないため、虫あり区と虫なし区の成長量の差が小さくなる。富栄養土壌と貧栄養土壌の両方で、貧栄養植物は、虫あり区と虫なし区の成長量にほとんど差がないので、被食防御の能力が高い(  )といえる。一方、富栄養植物は、虫あり区と虫なし区の成長量の差が大きいため、貧栄養植物よりも被食防御の能力が低い(  )といえる。

(答)  …③  …④  …⑤  …④

## 第5問 生物の進化と系統

A

問1 生存や繁殖に影響しない中立な突然変異の場合、遺伝子頻度の偶然による変化、すなわち遺伝的浮動(  )によって集団中に広まる。2種間で塩基配列に違いがある部分がある場合、その部分が生存や繁殖に影響があれば、どちらかが選択され、もう片方は集団中から排除されるはずである。したがって、種間でみられる塩基配列の違いの多くは、生存や繁殖に影響しない(  )突然変異に由来している。時間が進むと、塩基は常に一定の割合で変化す

る(これを分子時計という)ので、種間の塩基配列の違いは、共通祖先から分岐してからの年月が長いほど大きい(  )という傾向がある。したがって、①が正しい。

(答)  …①

問2 W の遺伝子頻度は 0.8 であるので、w の遺伝子頻度は  $1 - 0.8 = 0.2$  である。この集団の遺伝子型の頻度は次の表のようになる。

	0.8 W	0.2 w
0.8 W	0.64 WW	0.16 Ww
0.2 w	0.16 Ww	0.04 ww

したがって、遺伝子型頻度(個体数の割合)は、 $WW : Ww : ww = 0.64 : 0.32 : 0.04$  となり、④が正しい。

(答)  …④

問3 同義置換の場合、アミノ酸配列に変化はないので、生存や繁殖に影響がない。したがって、表1のうち、同義置換のデータを見る必要はない。遺伝子 X ~ Z のどれも非同義置換は同じ確率で起こるが、個体の生存や繁殖に有害な作用が起こった場合、集団中から排除されて残らないので、塩基置換の率が低い遺伝子ほど、個体の生存や繁殖に有害な作用が起こっている確率が高い(生存や繁殖への影響が大きい)と考えられる。したがって、④が正しい。

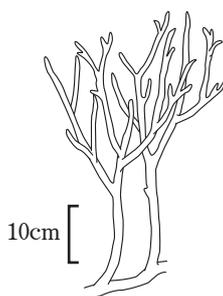
(答)  …④

B

問4 図1の系統樹では、近縁種であるほど、分岐してからの年数が少ないと考えられる。ギンゴケと近縁なのは、同じコケ植物のゼニゴケ(  )である。ハスと近縁なのは、同じ被子植物であるアジサイ(  )である。残りのアカマツ(  )は裸子植物であり、ハスやアジサイと分岐してからの年数が長い。したがって、③が正しい。

(答)  …③

問5 維管束をもつが根や葉をもたない植物とはシダ植物の祖先と考えられているリニア(次図)のことである。リニアは古生代シルル紀(4.2 ~ 4.4 億年前)の地層から発掘される化石生物である。したがって、①が正しい。なお、リニアを知らなくても、オゾン層が形成され、生物が陸上進出できるようになったのが約4億年前であることを知っていれば、①を選択することができる。



リニア

(答)  …①

問6 ギンゴケなどコケ植物の根は分化しておらず、からだ全体 (  ) で水分を吸収している。表2の時間0分の含水率が8%であるので、重量100のうち  $100 - 8 = 92$  は体物質の重量である。含水率は、処理時間45分の場合、 $\frac{(205 - 92)}{205} \times 100 \approx 55.1\%$ 、90分の場合、 $\frac{(235 - 92)}{235} \times 100 \approx 60.1\%$  であるので、処理時間90 (  ) 分の時点で生命活動を回復していると考えられる。したがって、②が正しい。

(答)  …②

## 第6問 生命現象と物質, 生物の環境応答

問1 実験2で、GFPの末尾に酵素X1の末尾の7つのアミノ酸の配列をつないだGFP-1はペルオキシソームで、GFP、およびGFPの末尾に酵素X2の末尾の2つのアミノ酸の配列をつないだGFP-2は細胞質基質で緑色蛍光がみられたことから、タンパク質のペルオキシソームへの輸送に関わっているのは、X1の末尾の7つのアミノ酸 (  ) に含まれる配列であると考えられる。また、実験1で、酵素X1と酵素X1から末尾の7つのアミノ酸を削除したタンパク質で同等の酵素の活性を示したことから、X1の末尾の7つのアミノ酸の配列は、酵素Xの活性を変化させない (  ) と考えられる。したがって、③が正しい。

(答)  …③

問2 1つのコドンは3つの塩基からなり、1つのアミノ酸を指定することから判断する。酵素X1は末尾に7つのアミノ酸の配列をもつので、mRNAは終止コドンまでに  $7 \times 3 = 21$  個の塩基配列をもち、酵素X2は末尾に2つのアミノ酸の配列をもつので、mRNAは終止コドンまでに  $2 \times 3 = 6$  個の塩基配列をもち、したがって、酵素X1に対応するのはmRNA-Aであり、酵素X2に対応するのはmRNA-Cである。したがって、②が正しい。

(答)  …②

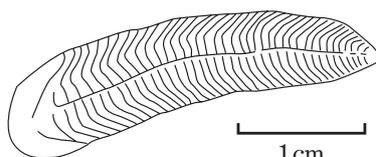
問3 レタスの種子は光発芽種子であり、光受容体は赤色光と遠赤色光を受容するフィトクロム

(ウ)である。また、光屈性や気孔の開口にはフォトトロピン(エ)が関わっている。フィトクロムを欠損した植物 A の変異体では赤色光や遠赤色光に対して応答できず、酵素 X1 と酵素 X2 の mRNA の存在量比が変化しなかったことから、正常な植物 A では、赤(オ)色光に応答して酵素 X1 と酵素 X2 の mRNA の存在量比を変えていると考えられる。したがって、⑤が正しい。

(答) 3 …⑤

## 第7問 生物の進化

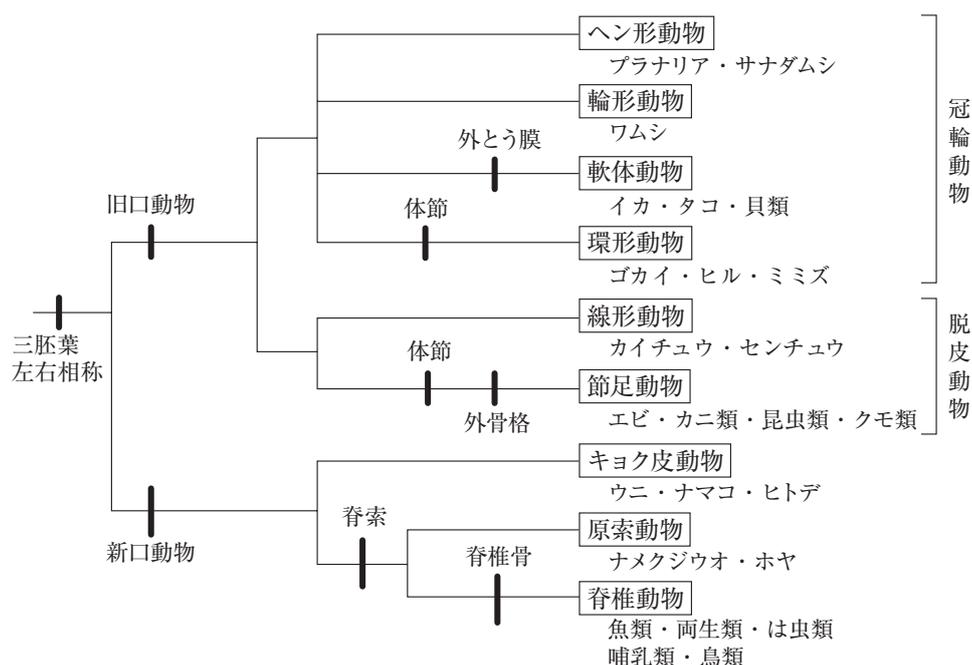
問1 原始大気中には酸素はほとんど存在していなかったが、酸素発生型の光合成(ア)を行うシアノバクテリアの出現、その後の藻類の出現により、水中および大気中の酸素濃度が高くなり、成層圏中に紫外線を吸収するオゾン(イ)層が形成され、生物は陸上に進出した。最初の生物は海中で生じ、約6億年前の先カンブリア時代末期には、下図のような軟らかいからだをもった扁平な多細胞生物であるエディアカラ生物群(ウ)の化石がみつかる。



スプリギナ

(答) 1 …⑧

問2 旧口動物の系統樹を下図に示す。



①～④節足動物は線形動物と同じ旧口動物(原口が将来の口になる)であり、棘皮動物は新口動物(原口やその付近が肛門になる)であるので、①が正しく、②～④は誤りである。⑤～⑧節足動物と環形動物はそれぞれ独立に体節を獲得したが、軟体動物には体節はないので、⑤が正しく、⑥～⑧は誤りである。

(答)  ・  …①・⑤

問3 図1を見ると、クロロフィルbとデオキササンチン、およびネオキササンチン(  )はCとDにのみ認められる。クロロフィルbをもつのはアナアオサ(緑藻)と陸上植物のシロツメクサ(  )のみである。クロロフィルcはA(アラメ:褐藻)のみ、B(マクサ:紅藻)はクロロフィルbをもたないこと、アナアオサとシロツメクサの光合成色素はすべて共通していることから、緑藻(  )が陸上植物に最も近縁であると考えられる。したがって、③が正しい。

(答)  …③