

# 令和6年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和6年1月21日

## 理 科 (120分)

### I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は100ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。

物理	4~36ページ
化学	38~58ページ
生物	60~95ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
  - ① 受験番号欄  
受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
  - ② 氏名欄  
氏名・フリガナを記入しなさい。
  - ③ 解答科目欄  
解答する科目を一つ選び、科目的下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

### II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問い合わせに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号				

# 生 物

1 呼吸と発酵に関する次の文（A・B）を読み、下の問1～8に答えなさい。

〔解答番号 1 ~ 8〕

A 生物は、炭水化物・脂肪・タンパク質などの有機物を分解し、これに伴って放出されるエネルギーを用いてATPを合成し、生命活動を営んでいる。炭水化物などの複雑な物質を二酸化炭素などの単純な物質に分解することを異化といい、異化の例としてa呼吸や発酵がある。

呼吸は、大きく分けて解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の3つの過程からなる。解糖系は細胞質基質で行われる代謝経路で、グルコース1分子がピルビン酸2分子に分解される。クエン酸回路はミトコンドリアのアで行われる代謝経路で、bピルビン酸から生じたアセチルCoAがオキサロ酢酸と反応してクエン酸となり、α-ケトグルタル酸、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸を経て、オキサロ酢酸へと戻る。電子伝達系はミトコンドリアのイに存在する複数のタンパク質複合体で構成され、ATP合成酵素によって、グルコース1分子に由来するH<sup>+</sup>から最大でウ分子のATPが生成される。

問1 文中のア～ウにあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。1

	ア	イ	ウ
①	ストロマ	外膜	34
②	ストロマ	外膜	38
③	ストロマ	内膜	34
④	ストロマ	内膜	38
⑤	マトリックス	外膜	34
⑥	マトリックス	外膜	38
⑦	マトリックス	内膜	34
⑧	マトリックス	内膜	38

問2 下線部 a に関して、呼吸、乳酸発酵、アルコール発酵の共通点や相違点についての記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、呼吸から生成される ATP の量は最大であるとする。 2

- ① 1 分子の ATP を合成するために必要なグルコースの量は、呼吸より発酵の方が大きい。
- ② 呼吸ではつくられた NADH がすべて消費されるが、アルコール発酵では一部の NADH が消費されずに残る。
- ③ 呼吸では二酸化炭素が発生するが、アルコール発酵では発生しない。
- ④ 脱水素酵素のはたらきを阻害すると、呼吸の反応は停止するが、乳酸発酵の反応は停止しない。
- ⑤ 脱炭酸酵素のはたらきを阻害すると、呼吸の反応は停止するが、アルコール発酵の反応は停止しない。
- ⑥ 乳酸発酵では、ピルビン酸が乳酸になる過程で ATP が合成される。

問3 下線部 b に関して、次の各物質 1 分子に含まれる炭素の数の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 3

	オキサロ酢酸	クエン酸	$\alpha$ -ケトグルタル酸	コハク酸
①	3	5	3	3
②	3	5	4	3
③	3	6	4	4
④	3	6	5	3
⑤	4	5	4	4
⑥	4	5	5	4
⑦	4	6	5	4
⑧	4	6	6	5

問4 クエン酸回路においてコハク酸をフマル酸にする反応を触媒する酵素を、酵素Xとする。酵素Xによる反応の有無はメチレンブルーを用いて実験的に確かめることができ、メチレンブルーには酸化型（青色）と還元型（無色）がある。酵素Xならびにメチレンブルーを用いた実験に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

- ① 酵素Xによって、1分子のコハク酸から1分子のATPが生じる。
- ② 酵素Xによって、1分子のコハク酸から1分子のNADHが生じる。
- ③ 酵素Xによって、1分子のコハク酸から2分子のFADH<sub>2</sub>が生じる。
- ④ 酵素Xによって、1分子のコハク酸から2つの水素が奪われる。
- ⑤ メチレンブルーを用いた実験では、実験容器から二酸化炭素を除いておく必要がある。
- ⑥ メチレンブルーを用いた実験では、反応溶液の色が無色から青色へと変化することで、脱水素反応が起きたことを確かめることができる。

問5 酸素が得られない状態では、クエン酸回路は停止するが発酵は停止しない。この理由に関する記述A～Dのうち、正しい記述を過不足なく含むものはどれか。 下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

- A クエン酸回路の進行に必要な酸化型の補酵素が枯渀するため。
- B クエン酸回路の進行には、回路内に直接酸素を取り入れる必要があるため。
- C 発酵の反応に必要な酸化型の補酵素は、酸素がなくても生成されるため。
- D 発酵の反応過程で酸素が発生し、この酸素によって発酵の進行に必要な補酵素が供給されるため。

- ① A, B      ② A, C      ③ A, D
- ④ B, C      ⑤ B, D      ⑥ C, D

B 解糖系においてグルコース 1 分子がピルビン酸に分解されるまでの過程は次のようになる。まず、ATP を 1 分子消費してグルコースをグルコース 6-リン酸とする。グルコース 6-リン酸はフルクトース 6-リン酸へと変換されたのち、さらに ATP を 1 分子消費してフルクトース 1,6-ビスリン酸となる。フルクトース 1,6-ビスリン酸は、エ、オ、ピルビン酸の順番で分解されていき、その過程で ATP が 4 分子合成される。したがって解糖系では、グルコース 1 分子につき、差し引き 2 分子の ATP が生成されることになる。

動物の筋組織では乳酸発酵と同じ代謝がみられ、解糖と呼ばれる。筋収縮の直接のエネルギー源は ATP であるが、細胞内に ATP を多く貯蔵することはできないため、解糖や呼吸によって必要な ATP をまかぬ。この他にも、筋組織では高エネルギー物質として力が多量に貯蔵されており、力から ATP を再合成することができる。

筋組織では、細胞外から取り込んだグルコースの代わりに、貯蔵していたグリコーゲンをエネルギー源とすることもある。グリコーゲンが分解される過程では、ATP を消費することなくグルコース-6 リン酸が生成される。C 肝臓ではグルコース-6 リン酸を脱リン酸化してグルコースをつくり血中に放出できるが、筋組織ではこれができず、生成したグルコース-6 リン酸は細胞内でそのまま解糖や呼吸の基質として用られる。

問6 文中の **工** ~ **力** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **6**

	<b>工</b>	<b>オ</b>	<b>力</b>
①	1,3-ビスホスホ グリセリン酸	グリセルアルデヒド 3-リン酸	クレアチン
②	1,3-ビスホスホ グリセリン酸	グリセルアルデヒド 3-リン酸	クレアチニン酸
③	1,3-ビスホスホ グリセリン酸	リブロース 1,5- ビスリン酸	クレアチン
④	1,3-ビスホスホ グリセリン酸	リブロース 1,5- ビスリン酸	クレアチニン酸
⑤	グリセルアルデヒド 3-リン酸	1,3-ビスホスホ グリセリン酸	クレアチン
⑥	グリセルアルデヒド 3-リン酸	1,3-ビスホスホ グリセリン酸	クレアチニン酸
⑦	グリセルアルデヒド 3-リン酸	リブロース 1,5- ビスリン酸	クレアチン
⑧	グリセルアルデヒド 3-リン酸	リブロース 1,5- ビスリン酸	クレアチニン酸

問7 下線部 c に関して、グリコーゲンは  $(C_6H_{10}O_5)_n$  で表される、  $C_6H_{10}O_5$  が多数連なった多糖類である。グリコーゲンを解糖ですべて消費すると仮定するとき、差し引き 1 mol の ATP を生成するのに必要なグリコーゲンの量として最も適当なものはどれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、原子量は H = 1, C = 12, O = 16 とし、1 g のグリコーゲンと 1 g のグルコースでは、生成されるグルコース-6 リン酸の分子数は等しいものとする。 **7** g

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| ① 45 | ② 54  | ③ 60  |
| ④ 84 | ⑤ 135 | ⑥ 180 |

問8 動物から筋組織を摘出し、組織中のクレアチンおよびクレアチンリン酸を取り除いた。その後、次の記述A～Cのいずれかの処理を行い、呼吸または解糖によってATPが合成されるかどうかをしらべた。ATPが合成された処理を過不足なく含むものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。なお、記述A～Cの処理によって呼吸または解糖のある過程を阻害したとき、それ以降の過程も瞬時に停止するものとする。

8

- A 酸素を含む状態で、解糖系のみを完全に阻害した。
- B 酸素を含む状態で、クエン酸回路のみを完全に阻害した。
- C 酸素を完全に除いた。

- ① Aのみ
- ② Bのみ
- ③ Cのみ
- ④ A, B
- ⑤ A, C
- ⑥ B, C
- ⑦ すべて合成される
- ⑧ どれも合成されない

[2] 遺伝情報の発現に関する次の文 (A～C) を読み、下の問1～6に答えなさい。

[解答番号  ~  ]

A DNA の塩基配列が RNA に転写され、RNA の塩基配列がタンパク質に翻訳されることを a 遺伝情報の発現 という。遺伝情報の発現の仕組みはすべての生物で基本的に同じであるが、原核生物と真核生物とでいくつかの違いがみられる。

問1 下線部 a に関して、真核生物の遺伝情報の発現に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- ① mRNA 前駆体が細胞質でスプライシングを受けることで mRNA になる。
- ② mRNA のポリ A 鎖がある程度分解されるとキャップが除去されて、mRNA が急速に分解される。
- ③ DNA の複製は核内で行われるが、RNA への転写は細胞質で行われる。
- ④ DNA ヘリカーゼがクロマチン纖維をほどくことで、複製や翻訳が行われる。
- ⑤ 転写活性化因子がプロモーターから外れることで転写を促進する場合を、正の調節という。
- ⑥ プロモーターに調節タンパク質と RNA ポリメラーゼからなる基本転写因子が結合すると、転写が開始される。

問2 次の図1はあるペプチドを指定するDNA領域を示している。この領域には開始コドンと終止コドンが含まれ、転写産物はスプライシングを受けずに翻訳され、完成したペプチドとなる。a・b鎖のうち翻訳の際に鋳型となるヌクレオチド鎖と、合成されたペプチドを構成するアミノ酸の数の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、開始コドンはAUG、終止コドンはUAA、UAG、UGAである。 2

a鎖 3'-ATGCCCGATGTACAAATTGAGAGCTTAGGATACATCAACTGCTGGC-5'

b鎖 5'-TACGGGCTACATGTTAACGCTCTCGAACATCCTATGTTGACGAACCCG-3'

図1

	鋳型鎖	アミノ酸数
①	a鎖	8
②	a鎖	9
③	a鎖	16
④	b鎖	8
⑤	b鎖	9
⑥	b鎖	16

**B** ヒトゲノムには約2万個の遺伝子が存在すると考えられているが、実際につくられるタンパク質の種類数は10万種類といわれている。遺伝子数よりも翻訳されるタンパク質の種類数の方が多いと考えられる理由の一つが、選択的スプライシングである。

図2はあるmRNA前駆体の模式図である。このmRNA前駆体には7つのエキソンと6つのインtronが含まれており、選択的スプライシングによってエキソンの組合せが異なるmRNAが生成される。また、エキソンBとエキソンbはどちらか一方のみがmRNAに残り、エキソンDとエキソンdはどちらか一方のみが残る場合と両方が残る場合がある。表1はそれぞれのエキソンがmRNAに残る確率と、エキソンDとエキソンdが両方残る確率を示したものである。

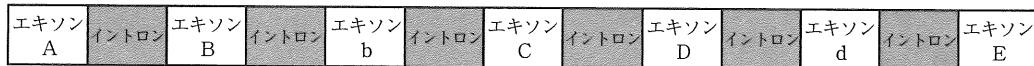


図2

表1

エキソンの名称	mRNAに残る確率(%)
エキソン A	100
エキソン B	80
エキソン b	20
エキソン C	60
エキソン Dのみ	50
エキソン dのみ	40
エキソン Dと エキソン dが 両方残る確率	10
エキソン E	100

問3 この mRNA 前駆体から選択的スプライシングによって生成される mRNA の種類の数は最大でいくつか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

3 種類

- ① 6    ② 8    ③ 12    ④ 14    ⑤ 18    ⑥ 32

問4 この mRNA 前駆体から選択的スプライシングによって、エキソン ABCDdE からなる mRNA が生じる確率（%）として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  4 %

- ① 4.8    ② 6.2    ③ 19.2    ④ 24.0    ⑤ 48.0    ⑥ 62.0

C b 原核生物では機能的に関連のある遺伝子が隣接して存在し、まとめて転写されることが多い。このような遺伝子群をオペロンという。オペロンは調節タンパク質によって発現が調節されており、調節タンパク質がDNAの転写調節領域に結合することによって遺伝子の発現調節が行われる。

大腸菌は呼吸基質としてグルコースを利用するが、培地にグルコースがなくラクトースがあるときはラクトースを利用するのに必要な遺伝子群（<sub>C</sub> ラクトースオペロン）がまとめて発現する。

表2は培養条件1~4で大腸菌を培養した場合の、ラクトースオペロンの発現の有無を示したものである。表中の「+」・「-」は各培地におけるそれぞれの糖の有無を、「有」・「無」はラクトースオペロンの発現の有無を示す。

条件3の場合、アにイが結合し、オペロンの発現は抑制されている。しかし、条件4ではラクトースの代謝産物がイに結合するため、イはアに結合できなくなり、RNAポリメラーゼがウに結合して転写抑制が解除される。

また、大腸菌を条件2で培養すると、図3のような増殖曲線が得られる。グルコースが存在すると、細胞内のd タンパク質Xが不活性な状態に保たれ、ラクトースオペロンが発現しない。そのため、図3中の区間Iでは栄養源として主にエが消費されている。区間IIではオの発現がはじまり、区間IIIでは栄養源としてカを消費されている。

表2

培養条件	グルコース	ラクトース	ラクトースオペロンの発現
条件1	-	-	無
条件2	+	+	無
条件3	+	-	無
条件4	-	+	有

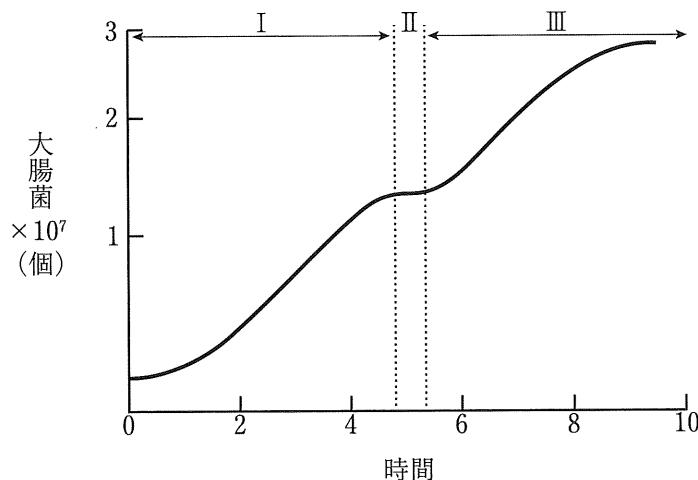


図 3

問5 下線部 b に関して、原核生物の遺伝情報の発現に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 5

- ① 原核生物の RNA ポリメラーゼはタンパク質合成の場としてもはたらくため、転写と翻訳が同時並行で行われる。
- ② 原核生物の遺伝子には、ふつう、インtronが存在しないため、転写が完了する前に翻訳がはじまる。
- ③ 原核生物の DNA は環状の構造をしており、遺伝情報の転写は、転写の開始点を起点に錆型鎖上を両方向へと進んでいく。
- ④ 原核生物の発現に開始コドンは必要なく、任意の塩基から翻訳が開始される。
- ⑤ 1つのオペロンに複数のオペレーターが存在し、素早く多量のタンパク質が合成される。

問6 下線部Cに関して、次の(1)・(2)の問い合わせに答えなさい。

(1) 文中の **ア** ~ **ウ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **6**

	ア	イ	ウ
①	オペレーター	ラクトース	オペレーター
②	オペレーター	ラクトース	プロモーター
③	オペレーター	リプレッサー	オペレーター
④	オペレーター	リプレッサー	プロモーター
⑤	プロモーター	ラクトース	オペレーター
⑥	プロモーター	ラクトース	プロモーター
⑦	プロモーター	リプレッサー	オペレーター
⑧	プロモーター	リプレッサー	プロモーター

(2) 文中の **工** ~ **力** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **7**

	工	オ	力
①	グルコース	$\beta$ -ガラクトシダーゼ	グルコースとラクトース
②	グルコース	$\beta$ -ガラクトシダーゼ	ラクトース
③	グルコース	リプレッサー	グルコースとラクトース
④	グルコース	リプレッサー	ラクトース
⑤	グルコースとラクトース	$\beta$ -ガラクトシダーゼ	グルコースとラクトース
⑥	グルコースとラクトース	$\beta$ -ガラクトシダーゼ	ラクトース
⑦	グルコースとラクトース	リプレッサー	グルコースとラクトース
⑧	グルコースとラクトース	リプレッサー	ラクトース

[3] 植物の環境応答に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～7に答えなさい。

〔解答番号 [1]～[8]〕

A 多くの植物は、日長に反応して花芽形成を行うが、日長に関係なく花芽を形成する植物もあり、これらは中性植物と呼ばれる。日長は葉で感知される。日長を感知すると [ア] と呼ばれる植物ホルモンが [イ] で合成され [ウ] を通って茎頂分裂組織に移動し、花芽の分化を促進する。

問1 中性植物の例として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [1]

- ① アブラナ、エンドウ
- ② アブラナ、サツマイモ
- ③ アブラナ、トウモロコシ
- ④ エンドウ、サツマイモ
- ⑤ エンドウ、トウモロコシ
- ⑥ サツマイモ、トウモロコシ

問2 文中の [ア]～[ウ] にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 [2]

	ア	イ	ウ
①	オーキシン	側芽	師管
②	オーキシン	側芽	道管
③	オーキシン	葉	師管
④	オーキシン	葉	道管
⑤	フロリゲン	側芽	師管
⑥	フロリゲン	側芽	道管
⑦	フロリゲン	葉	師管
⑧	フロリゲン	葉	道管

B 植物の茎の成長には、いくつかの植物ホルモンが関与している。縦方向（頂端—基部軸方向）または横方向（頂端—基部軸と直交する方向）のいずれに成長するかは、植物細胞にある [工] の方向によって、細胞壁を構成するセルロース繊維の合成方向が変わることで決定される。ジベレリンがはたらくとセルロース繊維は [オ] に合成され、細胞は [カ] に成長しやすくなる。茎の伸長成長には、フィトクロムと呼ばれる赤色光受容体が関わっている。

問3 文中の [工] ~ [カ] にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 [3]

工	オ	カ
① アクチンfilaメント	縦方向	縦方向
② アクチンfilaメント	縦方向	横方向
③ アクチンfilaメント	横方向	縦方向
④ アクチンfilaメント	横方向	横方向
⑤ 微小管	縦方向	縦方向
⑥ 微小管	縦方向	横方向
⑦ 微小管	横方向	縦方向
⑧ 微小管	横方向	横方向

問4 光受容体には、フィトクロムの他にクリプトクロムやフォトトロピンがある。これらの光受容体のはたらきに関する記述として最も適当なものはどれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 [4]

- ① クリプトクロムは青色光を受容し、気孔の開口にかかわる。
- ② クリプトクロムは青色光を受容し、光発芽種子の発芽にかかわる。
- ③ クリプトクロムは赤色光を受容し、葉緑体の定位運動にかかわる。
- ④ フォトトロピンは青色光を受容し、茎の伸長抑制にかかわる。
- ⑤ フォトトロピンは青色光を受容し、光屈性にかかわる。
- ⑥ フォトトロピンは赤色光を受容し、気孔の閉鎖にかかわる。

C 茎頂分裂組織が花芽に分化すると、花芽からは花を形成する部位であるがく片、花弁、おしべ、めしべが形成される。シロイヌナズナにおける花の形成のしくみは図1のようなABCモデルで説明される。Aクラス遺伝子は領域1と領域2、Bクラス遺伝子は領域2と領域3、Cクラス遺伝子は領域3と領域4で発現する。Aクラス遺伝子のみが発現する領域1はがく片、Aクラス遺伝子とBクラス遺伝子が発現する領域2は花弁、Bクラス遺伝子とCクラス遺伝子が発現する領域3はおしべ、Cクラス遺伝子のみが発現する領域4はめしべに分化する。また、Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子は、互いの発現を抑制し合っている。これらの遺伝子は調節遺伝子であり、特定の部位への分化に関与する遺伝子の発現を調節している。分裂組織の維持または分裂が終わり完成した組織への分化は、いくつかの遺伝子によって調節されており、Cクラス遺伝子には、茎頂分裂組織のキの幹細胞の分化をクするWUS遺伝子の発現を抑制するはたらきもある。

B 遺伝子		B 遺伝子		A 遺伝子		
A 遺伝子		C 遺伝子				
領域 1	領域 2	領域 3	領域 4	領域 3	領域 2	領域 1
がく 片	花 弁	お しべ	め しべ	お しべ	花 弁	がく 片

図1

問5 文中の **キ**・**ク** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **5**

キ	ク
① 形成中心	促進
② 形成中心	抑制
③ 周辺領域	促進
④ 周辺領域	抑制
⑤ 中心領域	促進
⑥ 中心領域	抑制

問6 A クラス遺伝子の機能が変異により失われると、領域1にめしへ、領域2にお  
しへができる変異体となる。次の(1)・(2)の問い合わせに答えなさい。

(1) A クラス遺伝子の機能が失われた変異体と同様に、調節遺伝子の変異によって  
生じる例として最も適当なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさ  
い。 **6**

- ① 交雑と倍数化によるコムギの進化
- ② 酵素遺伝子の変異によるヒトのフェニルケトン尿症
- ③ 三倍体になったために生じる種なしスイカ
- ④ 触角ができる位置に脚ができる、ショウジョウバエのアンテナペディア変異  
体
- ⑤ ヘモグロビン遺伝子の変異によるヒトのかま状赤血球症

(2) アサガオの野生型の花は、5枚のがく片、5枚の花弁、5本のおしべ、1つのめしべをもち、A, B, C クラスの各遺伝子のはたらきはシロイスナズナと同様である。アサガオで B クラス遺伝子が変異し機能を失った場合の、がく片、花弁、おしべ、めしべの数の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。なお、ある花器官が別の花器官に変異する際、本来の枚数や本数を維持したまま別の花器官に変化するものとする。 7

	がく片	花弁	おしべ	めしべ
①	0	5	6	0
②	0	10	6	0
③	5	0	0	6
④	5	5	1	5
⑤	5	5	5	1
⑥	5	5	6	0
⑦	10	0	0	1
⑧	10	0	0	6

問7 チューリップの花の構造も A, B, C クラス遺伝子の発現の組合せによって形成される。基本的な花の構造はシロイスナズナと同じだが、いずれかのクラスの遺伝子の発現領域が異なるため、花弁、おしべ、めしべをもつが、がく片のない花となる。チューリップの調節遺伝子の発現領域に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 8

- ① A クラス遺伝子が領域 1, 領域 2, 領域 3 で発現する。
- ② B クラス遺伝子が領域 2 でのみ発現する。
- ③ B クラス遺伝子が領域 1, 領域 2, 領域 3 で発現する。
- ④ B クラス遺伝子が領域 2, 領域 3, 領域 4 で発現する。
- ⑤ C クラス遺伝子が領域 1, 領域 2, 領域 4 で発現する。
- ⑥ C クラス遺伝子が領域 2, 領域 3, 領域 4 で発現する。

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

4 個体群と生物多様性に関する次の文（A・B）を読み、下の問1～6に答えなさい。〔解答番号 1 ~ 8〕

A 生態系における食う食われるの関係は、実際には直線的なつながりではなく、相互につながった複雑な **ア** となっている。複数種の生物の **a** 個体群が相互に関係をもちらがら集まって形成される集団を生物群集という。生物群集のなかにおいて、それぞれの生物種が占める生活空間や活動時間はおおよそ決まっており、このように生態系においてある種が占める位置を **イ** という。また、地理的に大きく離れた地域に **イ** の似通う生物が生息している場合、このような生物は **ウ** 種と呼ばれる。

同じ地域に **イ** の似通う生物が存在する場合、**イ** の重複が大きい生物間ほど **エ** が強まり、資源の利用効率が高い種が、利用効率の低い種を駆逐する **オ** が生じる。その一方で、**カ** が成立すると **イ** の重複が小さい生物種間では **オ** が生じず、共存することができる。

問1 文中の **ア** ~ **ウ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **1**

- |   | ア    | イ    | ウ     |
|---|------|------|-------|
| ① | 食物網  | ギャップ | 生態的同位 |
| ② | 食物網  | ギャップ | 相同    |
| ③ | 食物網  | ニッチ  | 生態的同位 |
| ④ | 食物網  | ニッチ  | 相同    |
| ⑤ | 食物連鎖 | ギャップ | 生態的同位 |
| ⑥ | 食物連鎖 | ギャップ | 相同    |
| ⑦ | 食物連鎖 | ニッチ  | 生態的同位 |
| ⑧ | 食物連鎖 | ニッチ  | 相同    |

問2 文中の [ 工 ] ~ [ 力 ] にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 [ 2 ]

工	才	力
① 種間競争	間接効果	共生
② 種間競争	間接効果	すみわけ
③ 種間競争	競争的排除	共生
④ 種間競争	競争的排除	すみわけ
⑤ 捕食圧	間接効果	共生
⑥ 捕食圧	間接効果	すみわけ
⑦ 捕食圧	競争的排除	共生
⑧ 捕食圧	競争的排除	すみわけ

問3 下線部aに関して、下の(1)～(3)の問い合わせに答えなさい。

(1) 個体群を構成する個体数を知る方法として、標識再捕法がある。標識再捕法を用いる際の注意点に関する次の記述A～Cの正誤の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 3

- A 捕獲した際に付ける標識は、対象となる生物に与える影響が少なくなるよう、付けたのち直ぐに消えるものを使用する。
- B 標識を付けられた個体の行動が、標識を付ける前後で変わらないようなものを標識として使用する。
- C 動物の多くは1日の行動時間が決まっているため、より多くのサンプルが得られるよう、2回目の捕獲は最初の捕獲と別の時間帯に行う。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

(2) トノサマバッタにおいて、個体群密度が過度に上昇した状態が数世代続いたときに個体にみられる変化として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

4

- ① 1個体あたりの産卵数の増加
- ② 移動性の増加
- ③ 個体の成長速度の増加
- ④ 体長に対して前翅が長くなる
- ⑤ 集合性が強くなる

(3) メタ個体群は、複数の個体群の集合である。メタ個体群に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

5

- ① メタ個体群は、複数種の生物の個体群からなる。
- ② メタ個体群では、個別の個体群の間で個体の移入・移出がみられない。
- ③ メタ個体群全体での個体数は、個別の個体群と比べて変動しやすい。
- ④ メタ個体群内のある個体群が絶滅しても、他からの移入によって再び個体群が形成されることがある。
- ⑤ メタ個体群では、個別の個体群で異所的種分化が起こりやすい。

問4 次の図1は被食者と捕食者の経時的な個体数密度の変動を示し、図2は被食者と捕食者の個体数変動のモデルを示す。なお、図1中の実線と破線は、それぞれ被食者または捕食者のどちらかを示す。図1中のa～dはそれぞれ、図2中のア～エのいずれかにあてはまる。図1中のa～dと図2中のア～エの組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～④のうちから一つ選びなさい。

6

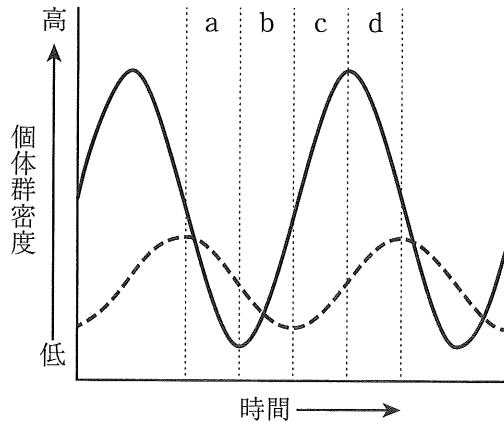


図1

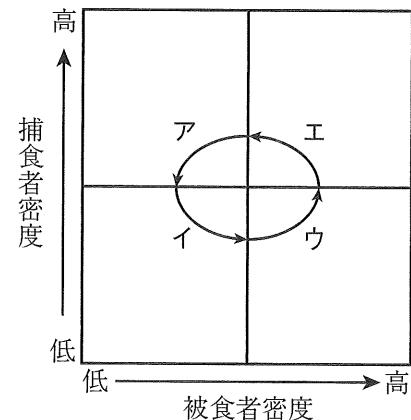


図2

- |   | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| ① | ア | イ | ウ | エ |
| ② | イ | ウ | エ | ア |
| ③ | ウ | エ | ア | イ |
| ④ | エ | ア | イ | ウ |

**B** 生物間にみられる多様性を生物多様性という。地球上には多様な生態系が存在し、それぞれの生態系にはさまざまな生物が多様な関係をもって生息している。生態系を構成する生物は、同種の生物であっても個体間で遺伝子は異なっており、種全体としては多様な遺伝子が存在する。しかし、b 人間活動による影響によって、近年、生物多様性は大きく減少しつつある。

問5 下線部bに関する次の記述A～Dのうち正しい記述を過不足なく含むものとして最も適当なものはどれか。下の①～⑨のうちから一つ選びなさい。 7

- A 開発などによる生息地の分断により個体群の移動が妨げられると、遺伝子の多様性が低下する。
- B 里山は人間が管理する生態系であり、人間が管理をやめることで里山の多様性は高まる。
- C 人が動植物を本来の生息地から別の土地に移すことで、移入先における生物多様性が増加する。
- D 生活排水などが湖に大量に流入して生産者である植物プランクトンが大量に発生すると、酸素が増え、生物多様性が増加する。

- ① Aのみ      ② Bのみ      ③ Cのみ
- ④ A, B      ⑤ A, C      ⑥ A, D
- ⑦ B, C      ⑧ B, D      ⑨ C, D

問6 生物多様性には遺伝的多様性、種多様性、生態系多様性の3つの段階がある。

生物多様性に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 8

- ① ヒトのMHC分子の多様性は遺伝的多様性であるが、一塩基多型は遺伝的多様性ではない。
- ② ヒトの一塩基多型は遺伝的多様性であるが、MHC分子の多様性は遺伝的多様性でない。
- ③ 種多様性が高いほど、生態系のかく乱への抵抗性が高くなる。
- ④ 生息する種数が同じ場合、どの生物も均等に含まれているよりも、ある1つの種の優占度が高い方が、種多様性が高いと評価される。
- ⑤ 生態系多様性は、遺伝的多様性と種多様性の2つを総合して評価したものである。
- ⑥ 生態系多様性は陸上の植生の相観によって区別され、バイオームとも呼ばれる。

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

5 生物の進化に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～7に答えなさい。

[解答番号  ~  ]

A 生物集団にはさまざまな形質をもつ個体が存在する。生物集団がそれぞれ生息する環境に応じて、生存や生殖に有利な形質をもつ個体がより多くの子を残す結果、次世代では環境により適応した個体が多くなる。これを a 自然選択という。また、環境条件が変化すると、これまでとは異なった形質が有利となる場合があり、世代を経ることで元の集団とは異なった形質をもつ集団となることがある。こうした集団の変化を引き起こす要因を b 選択圧という。

これとは別に c 遺伝的浮動によって変異が集団内に広まっていく場合もある。自然選択や遺伝的浮動により、生物集団に起きる遺伝的形質の頻度の変化が進化の本質であると考えられている。

問1 下線部 a に関して、次の記述 A～C の正誤の組合せとして最も適當なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

- A 自然選択は適応進化をもたらす唯一の要因である。  
B 自然選択によって特定の遺伝子が集団から排除される場合と集団内に広まる場合がある。  
C 進化に関わる自然選択は遺伝的形質にのみはたらく。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問2 下線部bに関して、性選択の結果生じたと考えられる形質に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2

- ① ウマの化石を比較することで、ウマのひづめが長い時間をかけて進化してきたことがわかる。
- ② 北太平洋周辺に生息するトドの雄は、同じ雌の3倍以上の重量がある。
- ③ 工業化とともに、そこに生息するオオシモフリエダシャクの体色が黒化した。
- ④ 毒をもたないハナアブが、毒をもつハチと似た黄と黒の縞模様をもつ。
- ⑤ ハナカマキリは生息場所のランの花によく似た形態をもつ。
- ⑥ マラリアの感染地域ではかま状赤血球症の遺伝子頻度が他の地域と比べて高い。

問3 下線部 c に関して、次の記述 A～C の正誤の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 3

- A 遺伝的浮動とは、集団内の対立遺伝子の割合が偶然の結果によって変化する現象である。
- B 集団の大きさが大きい場合に比べ、小さい場合に遺伝的浮動の影響が大きい。
- C 遺伝的浮動による影響は、生存に不利な遺伝子に対してよりも、生存に有利な遺伝子に対して大きい。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

B イギリスの数学者ハーディとドイツの医師ワインベルグによって発見されたハーディ・ワインベルグの法則は、集団遺伝学の基礎をなす重要な考え方である。この法則が成立するためには、集団に突然変異が起こらない、集団への個体の移出入がない、集団内で交配が任意に行われる、アといった条件が必要である。

問4 次の記述A～Dのうち、文中のアにあてはまる、ハーディ・ワインベルグの法則を成立させる条件の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。4

- A 集団を構成する雌雄の数に差がない
- B 集団内の出生数の年による変動が少ない
- C 集団に対する遺伝的浮動の影響が無視できるほど小さい
- D 集団に自然選択がはたらかない

- ① A, B      ② A, C      ③ A, D
- ④ B, C      ⑤ B, D      ⑥ C, D

問5 二倍体のある生物集団において、1つの形質の決定に関与する、対立関係にある3つの遺伝子 P, Q, R を考える。この形質は遺伝子 P, Q, R のみによって決まり他の対立遺伝子は存在しない。遺伝子 P と遺伝子 Q との間に優劣関係はなく、遺伝子 P および遺伝子 Q は遺伝子 R に対して完全に優性な遺伝子としてはたらく。したがって遺伝子 P のみをもつ個体、または遺伝子 P と R をもつ個体の表現型は [P] となり、遺伝子 Q のみをもつ個体、または遺伝子 Q と R をもつ個体の表現型は [Q] となる。遺伝子 P と遺伝子 Q をもつ個体の表現型は [PQ] であり、遺伝子 R のみをもつ個体の表現型は [R] となる。5000 個体からなるある集団において、この遺伝子の関わる表現型を調査したところ、[P] 1950 個体、[Q] 1200 個体、[PQ] 600 個体、[R] 1250 個体であった。P, Q, R の遺伝子頻度として最も適当なものはどれか。次の①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。なお、この生物集団ではハーディ・ワインベルグの法則が成り立っているものとする。

P  , Q  , R

- |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.1 | ② 0.2 | ③ 0.3 | ④ 0.4 | ⑤ 0.5 |
| ⑥ 0.6 | ⑦ 0.7 | ⑧ 0.8 | ⑨ 0.9 |       |

C 生物は世代を経るに従って DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列が変化する。このような分子に生じる変化を分子進化と呼び、その速度を  $d$  分子時計という。分子時計では、生命活動の根幹にかかわるようなタンパク質やその情報のもとになる DNA から得られるデータを用いることで、かけ離れた分類群に属する生物間の系統関係を検討することができ、また、祖先と同じにする生物間の分岐年代を推定することができる。次の表1は、さまざまな脊椎動物におけるヘモグロビン  $\alpha$  鎮の 141 個のアミノ酸配列の違いを比較し、異なるアミノ酸の数をまとめたものである。

表 1

ウマ	18		
イモリ	62	64	
コイ	68	67	74
ヒト		ウマ	イモリ

問6 今から8000万年前にヒトとウマが共通の祖先から分岐したと考え、表1をもとにして、次の(1)・(2)の問い合わせに答えなさい。

(1) 進化の過程でヘモグロビン $\alpha$ 鎖のある特定の位置のアミノ酸に置換の起こる1年あたりの確率を計算する式として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、共通の祖先から分岐後、ヒトとウマでは互いに同数ずつ異なる位置のアミノ酸に置換が起きたと仮定する。 8

- ①  $18 \div 8000$ 万
- ②  $18 \div 2 \div 8000$ 万
- ③  $18 \div 8000$ 万  $\div 141$
- ④  $18 \div 2 \div 8000$ 万  $\div 141$
- ⑤  $18 \div 8000$ 万  $\times 141$
- ⑥  $18 \div 2 \div 8000$ 万  $\times 141$

(2) タンパク質のアミノ酸1個が置換されるのに必要な年数が一定であると仮定すると、ヒトとイモリが共通の祖先から分岐したのはおよそいつ頃と考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9 年前

- ① 1400万
- ② 2800万
- ③ 5600万
- ④ 1.4億
- ⑤ 2.8億
- ⑥ 5.6億

問7 下線部 d に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 10

- ① アミノ酸配列の大部分がタンパク質の機能に重要な役割を果たしている場合、近縁種の間でのみ分岐年代を推定できる。
- ② 一般に、タンパク質の遺伝子において同義置換が生じる速度は非同義置換が生じる速度に比べて大きい。
- ③ イントロンの変化する速度はエキソンの変化する速度に比べて大きい。
- ④ コドンの3番目の塩基にあたるDNAの塩基は、1番目や2番目の塩基と比べて変化する速度が大きい。
- ⑤ 遺伝子の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列が変化する速度は、生存に重要な機能をもつものほど遅い。
- ⑥ 分子時計の考え方では、生物の生息環境や身体の構造の複雑さの程度、生存した時代によらず、進化速度が一定であることを前提としている。

# 令和6年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和6年1月22日

## 理 科 (120分)

### I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は96ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。  
物理 4~30ページ  
化学 32~55ページ  
生物 56~90ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
  - ① 受験番号欄  
受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
  - ② 氏名欄  
氏名・フリガナを記入しなさい。
  - ③ 解答科目欄  
解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

### II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問1の3と表示のある問い合わせに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号									

# 生 物

1 細胞とタンパク質に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～7に答えなさい。

[解答番号 1 ~ 7]

A 細胞膜は、主にリン脂質とタンパク質から構成されている。リン脂質分子は  
ア の部分を膜の内側に向けた二重層を形成しており、この脂質二重層にタン  
パク質が埋め込まれている。細胞膜の厚さは約 イ nm である。

細胞膜に存在するタンパク質には、膜の内外に物質を輸送する機能をもつもの  
がある。細胞膜を通過しにくいイオンや水、グルコースなどはこのような輸送タンパ  
ク質を介して輸送される。輸送タンパク質は特定の物質のみと結合するため、細胞  
膜は ウ を示す。エなどの一部のホルモンは細胞膜を通過するため、こ  
れらに対する輸送タンパク質は存在しない。また、輸送タンパク質には、濃度勾配  
に逆らって物質を輸送するものと、濃度勾配に従って物質を輸送するものがある。  
濃度勾配に逆らった輸送は オ という。

一方、高分子の物質であるタンパク質は、細胞膜の一部が陷入してタンパク質を  
含む小胞になることで細胞内に吸収される。また、細胞内のタンパク質を含む小胞  
が細胞膜と融合して開口することでタンパク質が細胞外に放出（分泌）される。小  
胞が細胞膜と融合して開口することを カ という。

問1 文中の **ア** ~ **ウ** にあてはまる語句や数値の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **1**

	ア	イ	ウ
①	親水性	5~10	基質特異性
②	親水性	5~10	選択的透過性
③	親水性	50~100	基質特異性
④	親水性	50~100	選択的透過性
⑤	疎水性	5~10	基質特異性
⑥	疎水性	5~10	選択的透過性
⑦	疎水性	50~100	基質特異性
⑧	疎水性	50~100	選択的透過性

問2 文中の **工** ~ **カ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **2**

	工	オ	力
①	アドレナリン	受動輸送	エキソサイトーシス
②	アドレナリン	受動輸送	エンドサイトーシス
③	アドレナリン	能動輸送	エキソサイトーシス
④	アドレナリン	能動輸送	エンドサイトーシス
⑤	糖質コルチコイド	受動輸送	エキソサイトーシス
⑥	糖質コルチコイド	受動輸送	エンドサイトーシス
⑦	糖質コルチコイド	能動輸送	エキソサイトーシス
⑧	糖質コルチコイド	能動輸送	エンドサイトーシス

問3 輸送タンパク質に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

- ① アセチルコリンによってシナプス後細胞のリガンド依存性イオンチャネルが開き、シナプス後細胞に塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ ) が流入する。
- ②  $\text{K}^+$  チャネルは、カリウムイオン ( $\text{K}^+$ ) を濃度勾配に逆らって輸送する。
- ③ 筋細胞の筋小胞体に存在する  $\text{Na}^+$  チャネルは、筋細胞に刺激が与えられると開く。
- ④ グルコース輸送体は、グルコースと結合すると立体構造が変化し、これによってグルコースを通過させる。
- ⑤ ナトリウムーカリウム ATP アーゼが ATP と反応する部位は、細胞外に存在している。
- ⑥ バソプレシンによって腎臓の集合管の上皮細胞でのアクアポリンの発現が抑制される。

問4 下線部に関して、タンパク質が細胞内で合成されて放出（分泌）されるまでの過程を説明した記述として誤っているものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

- ① ゴルジ体から生じた小胞によってタンパク質が細胞膜まで輸送される。
- ② 小胞体上のリボソームで合成されたタンパク質は小胞体内に取り込まれる。
- ③ 小胞は細胞骨格のうち、中間径フィラメントに沿って移動する。
- ④ タンパク質はゴルジ体で糖が付加されるなどの処理を受ける。
- ⑤ タンパク質は mRNA の遺伝情報に基づいてリボソームで合成される。

B 細胞膜に存在するタンパク質には、細胞を隣接する細胞や、細胞外基質に接着させる機能をもつものもある。カドヘリンはカルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) の存在下で細胞どうしを接着させる細胞接着分子である。一方、インテグリンは細胞を細胞外基質と結合させる細胞接着分子である。

動物の組織にはさまざまな細胞接着がみられるが、体表面や消化管の内表面をおおう上皮細胞における細胞接着は、細胞膜の接着タンパク質と細胞内にある細胞骨格が連結し、組織に強度や弾力性を与える [キ]、隣接した細胞が中空のタンパク質によってつながり、低分子の物質やイオンを通過させる [ク]、膜を貫通する細胞接着分子により小さな分子も通れないほど強く結合する [ケ] の3つに分けられる。

問5 文中の [キ] ~ [ケ] にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 [5]

キ	ク	ケ
① ギャップ結合	固定結合	密着結合
② ギャップ結合	密着結合	固定結合
③ 固定結合	ギャップ結合	密着結合
④ 固定結合	密着結合	ギャップ結合
⑤ 密着結合	ギャップ結合	固定結合
⑥ 密着結合	固定結合	ギャップ結合

問6 文中の **キ** の細胞接着は、さらに接着結合、デスモソーム、ヘミデスモソームの3つに分けられる。これらを構成する細胞接着分子および細胞骨格の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

**6**

	細胞接着	細胞接着分子	細胞骨格
①	接着結合	インテグリン	アクチンフィラメント
②	接着結合	カドヘリン	中間径フィラメント
③	デスモソーム	インテグリン	アクチンフィラメント
④	デスモソーム	カドヘリン	中間径フィラメント
⑤	ヘミデスモソーム	インテグリン	アクチンフィラメント
⑥	ヘミデスモソーム	カドヘリン	中間径フィラメント

C 動物が小腸でグルコースを吸収するとき、グルコースは小腸の内腔側から小腸上皮細胞に取り込まれ、小腸上皮細胞の基底部側（血管のある側）から出て、血液中に移動する。このため、グルコースが小腸の内腔から血液中に移動するためには、小腸上皮細胞の細胞膜を 2 回通過しなければならない。このとき、グルコースは小腸上皮細胞の細胞膜（内腔側または基底部側）に存在する 2 種のグルコース輸送体を経由する。また、このグルコースの輸送には、小腸上皮細胞の細胞膜に存在するナトリウムーカリウム ATP アーゼが関与している。

グルコースの輸送のしくみを調べるために、ラットの小腸を用いて以下の実験を行った。

【実験 1】 小腸上皮細胞の内腔側に、細胞外からグルコースと細胞内より高い濃度のナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ ) を与えたところ、グルコースが小腸上皮細胞の基底部側の細胞外まで移動した。一方、小腸の内腔にグルコースのみを与えるても、グルコースは小腸の内腔にとどまつたままだった。

【実験 2】 小腸上皮細胞の内腔側に、細胞外からグルコースと細胞内より高い濃度の  $\text{Na}^+$  を与え、小腸上皮細胞の基底部側に、細胞外からナトリウムーカリウム ATP アーゼの活性を阻害する薬物 X を与えたところ、グルコースの輸送は阻害された。一方、薬物 X を小腸上皮細胞の内腔側に与えたところ、グルコースの輸送は阻害されなかった。なお、薬物 X は細胞膜を通過できない。

問7 次の文は実験1と実験2の結果から、グルコースの輸送のしくみを考察したものである。次の文中の [コ] ~ [ス] にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 [7]

ナトリウムーカリウム ATP アーゼは、小腸上皮細胞の [コ] 側の細胞膜上に存在していると考えられる。また、小腸上皮細胞の内腔側の細胞膜に存在するグルコース輸送体を GT1、基底部側の細胞膜に存在するグルコース輸送体を GT2 とすると、[サ] はナトリウムーカリウム ATP アーゼが形成した  $\text{Na}^+$  の濃度勾配を駆動力として  $\text{Na}^+$ とともにグルコースを輸送し、[シ] は濃度勾配に従ってグルコースを輸送しており、これによってグルコースが小腸上皮細胞の内腔側から基底部側に移動すると考えられる。また、血液からグルコースを取り込む筋細胞や脂肪細胞などの細胞は血糖濃度が十分高いときのみグルコースを取り込むことから、[ス] によってグルコースを細胞内に取り込んでいると考えられる。

	コ	サ	シ	ス
①	基底部	GT1	GT2	GT1
②	基底部	GT1	GT2	GT2
③	基底部	GT2	GT1	GT1
④	基底部	GT2	GT1	GT2
⑤	内腔	GT1	GT2	GT1
⑥	内腔	GT1	GT2	GT2
⑦	内腔	GT2	GT1	GT1
⑧	内腔	GT2	GT1	GT2

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

〔2〕 遺伝情報の発現に関する次の文（A・B）を読み、下の問1～6に答えなさい。

〔解答番号 1 ~ 14〕

A 遺伝情報を担う a DNA は 2 本のヌクレオチド鎖がらせん構造をとっている。  
DNA が b 複製されるときは、酵素によって二重らせんが解かれ、相補的な塩基が結合することによってヌクレオチド鎖が伸長する。

問1 下線部 a に関して、DNA の構造に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 1

- ① A と T の塩基対間の水素結合の数は C と G の水素結合の数より少ない。
- ② DNA のヌクレオチド鎖には方向性があり、二重らせんを構成するヌクレオチド鎖は互いに逆平行となるように結合している。
- ③ DNA のヌクレオチド鎖の末端部であるテロメアは、複製のたびに長くなっていく。
- ④ DNA は結晶構造をとることができるために、X 線回折により構造が調べられた。
- ⑤ ヌクレオチドを構成する塩基の種類にかかわらず、二重らせん 1 回転に含まれるヌクレオチドの数は一定である。

問2 下線部 b に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 2

- ① 岡崎フラグメントは DNA リガーゼによって DNA 鎮と相補的に結合する。
- ② 岡崎フラグメントは後に分解されるため、複製された DNA 鎮には残らない。
- ③ DNA の二重らせんを開く酵素は DNA リガーゼである。
- ④ DNA 鎮のデオキシリボースと次のヌクレオチドのリン酸とを結合する酵素は、DNA ポリメラーゼである。
- ⑤ ラギング鎖が複製を開始するにはプライマーが必要であるが、リーディング鎖の複製の開始にはプライマーは必要ない。

問3 次の文章を読み、下の(1)～(3)の問い合わせに答えなさい。

ワトソンとクリックの発表した DNA 二重らせんモデルに基づいて DNA の複製は半保存的に行われることが予想されていたが、初めて実験的にそれを証明したのはメセルソンとスタールである。以下にその実験の概要を述べる。

【実験】 窒素の非放射性同位体である  $^{15}\text{N}$  のみを窒素源として大腸菌を長時間培養し、c 大腸菌内の窒素をほぼすべて  $^{15}\text{N}$  に置き換えた。その後、d 細胞分裂直後の大腸菌を  $^{14}\text{N}$  を含む培地に移し、分裂増殖させた。 $^{14}\text{N}$  を含む培地で分裂した直後の大腸菌から DNA を抽出し、塩化セシウム密度勾配遠心法により、その密度の違いに基づいて分離した。図 1 は、遠心分離後の遠心管を示したものである。

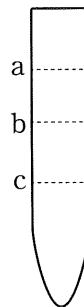


図 1

(1) 下線部 c に関して、 $^{15}\text{N}$  を含まない物質として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、次の①～⑥はすべて大腸菌に含まれている物質である。

3

- |       |         |          |
|-------|---------|----------|
| ① RNA | ② ATP   | ③ グリコーゲン |
| ④ DNA | ⑤ リポソーム | ⑥ ロイシン   |

(2) 下線部 d のように細胞分裂直後の大腸菌を  $^{14}\text{N}$  を含む培地に移し、2回分裂させた。2回目の分裂直後に DNA を抽出し、遠心分離を行った。遠心分離後の遠心管（図 1）中の分離された DNA の整数比 (a : b : c) として最も適当なものはどれか。次の①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし、同じ選択肢を複数回選んでもよく、数字は最も簡単な整数比にしなさい。なお、a, b, c のいずれかの位置に DNA が存在しない場合、その位置の DNA の比は 0 とする。

a 4, b 5, c 6

- |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 0 |     |

(3) (2)のように<sup>14</sup>Nを含む培地中で細胞分裂直後の大腸菌を2回分裂させた後,<sup>15</sup>Nを含む培地に戻してさらに1回分裂させた。<sup>15</sup>Nを含む培地での分裂直後にDNAを抽出し、遠心分離を行った。遠心分離後の遠心管(図1)中の分離されたDNAの整数比(a:b:c)として最も適当なものはどれか。次の①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし、同じ選択肢を複数回選んでもよく、数字は最も簡単な整数比にしなさい。なお、a, b, cのいずれかの位置にDNAが存在しない場合、その位置のDNAの比は0とする。

a  , b  , c

- |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 0 |     |

B バイオテクノロジーとは、生物がもつ機能を活用する技術の総称である。具体的には遺伝子組換え技術、DNA の塩基配列を調べる技術、遺伝子発現の解析などが含まれる。遺伝子組換えを行うには、e DNA の切断、別の DNA との連結、さらに組換えた f DNA を細胞に導入する必要がある。

問4 下線部 e に関して、制限酵素は DNA の特定の塩基配列を認識して切断する酵素である。特定の 4 塩基対からなる DNA 配列を認識して切断する制限酵素が 4000 塩基対の DNA を切断する場所の数として最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。なお、この制限酵素が認識する配列は回文配列であるとする。 10

- ① 4      ② 8      ③ 9      ④ 10  
⑤ 12      ⑥ 16      ⑦ 19      ⑧ 30

問5 下線部 f に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 11

- ① アグロバクテリウムが感染するとアグロバクテリウムのプラスミドは宿主の動物細胞の DNA に組みこまれる。  
② プラスミドのように、遺伝子を導入する際に利用される、目的の遺伝子を運搬することのできる物質をベクターと呼ぶ。  
③ プラスミドは細菌の内部に存在する小型の 2 本鎖の環状 DNA である。  
④ プラスミドは細胞自体の DNA とは独立に複製され、細胞分裂に伴って娘細胞に分配される。  
⑤ プラスミドは制限酵素切断部位に、発現させたい遺伝子を組みこむことができる。

問6 次の文章を読み、下の(1)～(3)の問い合わせに答えなさい。

図2は2種類のプラスミド(pGFPとpUC19)の模式図であり、図中の $P_{lac}$ ,  $O$ はそれぞれラクトースオペロンのプロモーター、オペレーターを示す。 $amp^r$ は抗菌物質アンピシリンの耐性遺伝子、 $GFP$ は緑色蛍光タンパク質遺伝子、 $lacZ$ はラクトース分解酵素( $\beta$ -ガラクトシダーゼ)の遺伝子、 $ori$ は複製起点、 $P_{amp^r}$ は $amp^r$ 遺伝子のプロモーターである。

大腸菌を培養する寒天培地に表1のように条件1～4の実験区を設けた。各条件で用いた大腸菌懸濁液は100  $\mu$ Lである。ただし条件1では、条件2～4に用いたのと同じ大腸菌懸濁液に対して10倍希釈を3回行ったものを用いた。X-galは $\beta$ -ガラクトシダーゼの基質で分解されると青色になる。また、IPTGはラクトースに類似した物質で、リプレッサーに結合して、リプレッサーがオペレーターに結合するのを阻害する。また、細胞1個に取りこまれるプラスミドは1種類のみである。

37°Cで24時間培養後、コロニーの数、コロニーの色、紫外線を短時間当てた時のGFPの蛍光の有無を観察した。その結果をまとめたものが表1である。表中のコロニー形成率は(出現したコロニーの数) × 100 / (播種した菌数)(%)とした。さらに、条件3と条件4で出現したコロニーを色とGFPの蛍光の有無によってX、Y、Zの3種類に分け、結果をまとめたものが表2である。

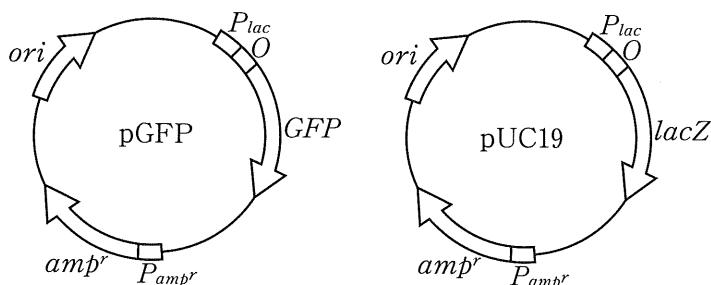


図2

表1

実験条件			実験結果			
	プラス ミド	アンピ シリン	X-gal と IPTG	コロニーの色	コロニーの GFPの蛍光	コロニー 形成率 (%)
条件1	なし	なし	なし	白	なし	100
条件2	なし	あり	なし	コロニーなし	なし	0
条件3	あり	あり	なし	白	なし	20
条件4	あり	あり	あり	白：青 = 3 : 1	あり：なし = 3 : 1	20

表2

コロニーの分類	コロニーの色	GFPの蛍光
X	白	あり
Y	白	なし
Z	青	なし

(1) コロニー X~Z の大腸菌について説明した次の記述 A~F のうち正しい記述を過不足なく含むものはどれか。下の①~⑧のうちから一つ選びなさい。

12

- A コロニー X の大腸菌は pGFP のみを取りこんだ。
- B コロニー X の大腸菌は pUC19 のみを取りこんだ。
- C コロニー Y の大腸菌はプラスミドを取りこまなかった。
- D コロニー Y の大腸菌は pGFP と pUC19 のどちらか一方を取りこんだ。
- E コロニー Z の大腸菌は pUC19 のみを取りこんだ。
- F コロニー Z の大腸菌は pGFP のみを取りこんだ。

- ① A, C, E      ② A, C, F      ③ A, D, E      ④ A, D, F
- ⑤ B, C, E      ⑥ B, C, F      ⑦ B, D, E      ⑧ B, D, F

(2) 条件 4 に用いた大腸菌のうち pGFP を取りこんだ大腸菌の割合として最も適当なものはどれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 13 %

- ① 0      ② 1.0      ③ 5.0      ④ 7.5
- ⑤ 10.0      ⑥ 12.5      ⑦ 15.0      ⑧ 20.0

(3) 条件 1 で形成されたコロニーの数は 100 個であった。条件 4 の実験を行ったときに形成されたと予想されるコロニーの総数として最も適当なものはどれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 14 個

- ①  $1 \times 10^2$       ②  $2 \times 10^2$       ③  $1 \times 10^3$       ④  $2 \times 10^3$
- ⑤  $1 \times 10^4$       ⑥  $2 \times 10^4$       ⑦  $1 \times 10^5$       ⑧  $2 \times 10^5$

〔3〕 免疫に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～6に答えなさい。

〔解答番号 1 ～ 6 〕

A 免疫は体内に侵入した異物を認識して排除するしくみである。免疫に関わる器官には **ア**、**イ**、**ウ**、リンパ節などがある。免疫担当細胞はすべて**ア**の造血幹細胞から分化するが、リンパ球のうちT細胞は**イ**で成熟する。

免疫にかかわる細胞のうち、マクロファージなどの食細胞は**エ**というパターン認識受容体をもち、体内に侵入した細菌やウイルスの病原体に特有の構造を認識して、食作用によってこれを排除する。このような食作用による免疫反応を自然免疫といい、反応は早く、非特異的である。また、マクロファージは**オ**を放出して、炎症を引き起こす。

一方、リンパ球によって認識される物質を抗原といい、リンパ球のうちヘルパーT細胞は、樹状細胞などから抗原提示を受けると**オ**を放出して、免疫担当細胞を活性化する。リンパ球のうちB細胞は、受容体で抗原を認識した後にヘルパーT細胞によって活性化されると**カ**に分化して、抗体を産生し、体液中に放出する。抗体は抗原と結合して病原体の感染力や毒性を弱め、食細胞による病原体の排除を促進する。また、リンパ球のうちキラーT細胞は、ウイルスに感染された細胞などを直接攻撃して死滅させる。このようなリンパ球を中心とした免疫反応を適応免疫（獲得免疫）といい、反応は遅いが、特異的である。また、抗原の1回目の侵入に対する反応よりも、2回目以降の反応の方が反応は速く大きくなる。この現象を免疫記憶という。

問1 文中の **ア** ~ **ウ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 **1**

- |   | ア  | イ  | ウ  |
|---|----|----|----|
| ① | 胸腺 | 骨髓 | ひ臓 |
| ② | 胸腺 | ひ臓 | 骨髓 |
| ③ | 骨髓 | 胸腺 | ひ臓 |
| ④ | 骨髓 | ひ臓 | 胸腺 |
| ⑤ | ひ臓 | 胸腺 | 骨髓 |
| ⑥ | ひ臓 | 骨髓 | 胸腺 |

問2 文中の **工** ~ **力** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **2**

- |   | 工   | オ      | 力     |
|---|-----|--------|-------|
| ① | HLA | サイトカイン | 形質細胞  |
| ② | HLA | サイトカイン | マスト細胞 |
| ③ | HLA | ヒスタミン  | 形質細胞  |
| ④ | HLA | ヒスタミン  | マスト細胞 |
| ⑤ | TLR | サイトカイン | 形質細胞  |
| ⑥ | TLR | サイトカイン | マスト細胞 |
| ⑦ | TLR | ヒスタミン  | 形質細胞  |
| ⑧ | TLR | ヒスタミン  | マスト細胞 |

問3 適応免疫に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

- ① アレルギーに適応免疫の反応がかかわることはない。
- ② HIV というウイルスによってB細胞が破壊されることでエイズが発症する。
- ③ 血清療法では抗体を含む血清を注射して、毒素に対する免疫記憶を成立させる。
- ④ 関節リウマチやⅡ型糖尿病は免疫不全による疾患の例である。
- ⑤ 免疫記憶は樹状細胞の一部が記憶細胞となって残ることにより起こる。
- ⑥ ワクチン接種による病気の予防は適応免疫のしくみを利用している。

B 免疫反応には、病原体の認識にかかわる受容体や、抗体、MHC 分子など、さまざまなタンパク質が関わっている。

抗体分子は免疫グロブリンというタンパク質で、H鎖とL鎖がそれぞれ2つずつ結合しており、产生する細胞によって構造の変わる可変部と、構造の変わらない定常部（不变部）がある。

樹状細胞は抗原提示のとき、とりこんだ抗原を MHC 分子にのせて提示する。また、有核の体細胞も自己の MHC 分子を細胞膜上に発現させている。他人の移植片が拒絶されるのは、この MHC 分子が個人間で異なっており、キラー T 細胞などの免疫細胞によって非自己の細胞と認識されるためである。

問4 抗体可変部の遺伝子は、H鎖についてV, D, Jの3群、L鎖についてV, Jの2群の遺伝子断片からなり、B細胞が分化する過程で再編成される。いまH鎖のV, D, Jがそれぞれ40種類、25種類、6種類、L鎖のV, Jがそれぞれ40種類、8種類の遺伝子断片を含むとすると、理論上何通りの抗体が生じることになるか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4 通り

- ①  $1.92 \times 10^6$       ②  $3.84 \times 10^6$       ③  $1.92 \times 10^7$   
④  $3.84 \times 10^7$       ⑤  $1.92 \times 10^8$       ⑥  $3.84 \times 10^8$

問5 ヒトのMHC分子の遺伝子は6遺伝子座からなり、各遺伝子座に数百～数千の対立遺伝子が存在するため、MHC分子は数千種類以上ある。各遺伝子座がホモ接合であることはほとんどなく、血縁関係のない個人間では一致することが非常にまれである。互いに血縁関係のない両親から生まれた兄弟姉妹間で、MHC分子が完全に一致している確率（%）として最も適当な数値はどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、ヒトのMHC遺伝子は同じ染色体上の6つの遺伝子座に存在するが、組換えは起こらないものとする。 5 %

- ① 0      ② 12.5      ③ 25  
④ 33      ⑤ 50      ⑥ 67

C NK 細胞はリンパ球の一種で、他のリンパ球からの活性化を受けずにウイルス感染細胞やがん細胞を攻撃して死滅させる。また、NK 細胞は、樹状細胞と協働してヘルパー T 細胞を活性化する物質（以下、物質 C）を分泌するため、免疫反応を促進する細胞と考えられている。しかし、近年になって NK 細胞が免疫反応を抑制する細胞（以下、NK（-）細胞）に分化することがわかった。

この NK（-）細胞について調べるために、次のような実験を行った。

【実験 1】 マウスに物質 C を投与すると、マウス体内の NK 細胞は NK（-）細胞に分化した。また、NK（-）細胞には、樹状細胞などの抗原提示細胞のみに発現する MHC 分子（MHC II とする）が発現した。物質 C を投与しなかったマウスの NK 細胞は MHC II が発現していなかった。

【実験 2】 マウスから得た NK 細胞をシャーレで培養し、物質 C を投与しても、NK 細胞は NK（-）細胞に分化しなかった。また、MHC II も発現しなかった。

【実験 3】 マウスから得た NK 細胞をシャーレで培養し、物質 C を投与した後、マウス体内に移入すると、NK 細胞は NK（-）細胞に分化し、MHC II を発現した。

【実験 4】 NK 細胞と NK（-）細胞における MHC II 遺伝子の mRNA の発現量を調べたところ、どちらの細胞でも MHC II 遺伝子の mRNA は発現していないかった。

【実験 5】 MHC II 遺伝子を欠損しているマウスから得た NK 細胞をシャーレで培養し、物質 C を投与した後、MHC II 遺伝子を欠損していない正常なマウスの樹状細胞とともに培養すると NK 細胞は NK（-）細胞に分化し、MHC II を発現した。

【実験 6】 NK 細胞と NK（-）細胞が抗原提示をするかを調べたところ、どちらの細胞も抗原提示をしなかった。

問6 実験1～6から考えられる結論について説明した次の記述A～Dのうち正しい記述を過不足なく含むものとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

6

- A NK（-）細胞でMHCⅡが発現することは、NK（-）細胞が抗原提示細胞に分化したことを意味する。
- B NK（-）細胞のMHCⅡは樹状細胞から供給されている可能性がある。
- C 物質Cは単独でNK細胞を活性化し、NK（-）細胞に分化させる。
- D 樹状細胞はNK細胞でのMHCⅡの合成を誘導する。

- ① Aのみ
- ② Bのみ
- ③ Cのみ
- ④ Dのみ
- ⑤ A, C
- ⑥ A, D
- ⑦ B, C
- ⑧ B, D

4 神経系とホルモンによる体内環境の維持に関する次の文 (A~C) を読み、下の問

1 ~ 6 に答えなさい。〔解答番号  ~  〕

A ヒトの神経系は中枢神経系と末梢神経系からなる。中枢神経系は脳と脊髄に分けられ、脳は大脳・間脳・中脳・小脳・延髄からなる。末梢神経系には、脳から出る12対の脳神経と、脊髄から出る  対の脊髄神経が含まれる。大脳皮質は領域によって役割が異なっている。図1はヒトの脳を左側面から見た模式図であり、随意運動は  の領域、聴覚は  の領域が担っている。ヒトの反応や行動には大脳が関与しないものも知られており、反射と呼ばれる。

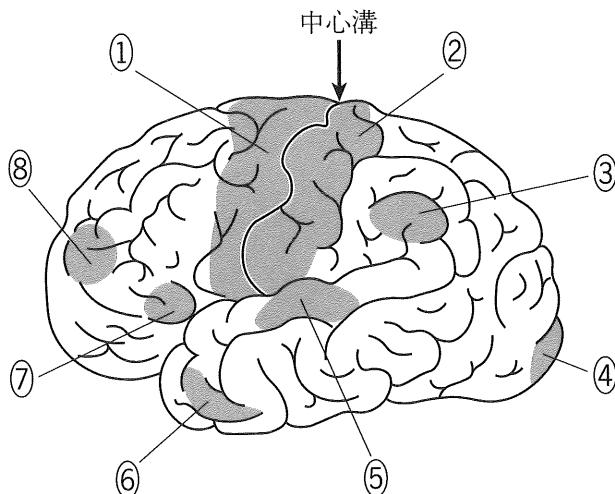


図1

問1 文中の  にあてはまる数字として最も適当なものはどれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。

- ① 10      ② 12      ③ 23      ④ 24      ⑤ 31      ⑥ 46

問2 文中の  ・  にあてはまる領域として最も適当なものはどれか。

図1中の①~⑧のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。

イ  , ウ

B 脊髄は膝蓋腱反射の中枢としてはたらく。膝蓋腱反射は、膝下を軽く叩かれた刺激を伸筋の筋紡錘が感知し、膝関節を伸展させる伸筋が収縮することで起こる。

問3 次の図2は、膝蓋腱反射に関与する神経回路（反射弓）の模式図である。また、図中のシナプスi～iiiのシナプス後細胞は、それぞれ $\text{Na}^+$ チャネルあるいは $\text{Cl}^-$ チャネルをもつとする。膝蓋腱反射が起こる際に、図2のシナプスi～iiiのシナプス後細胞で開くイオンチャネルの組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 4

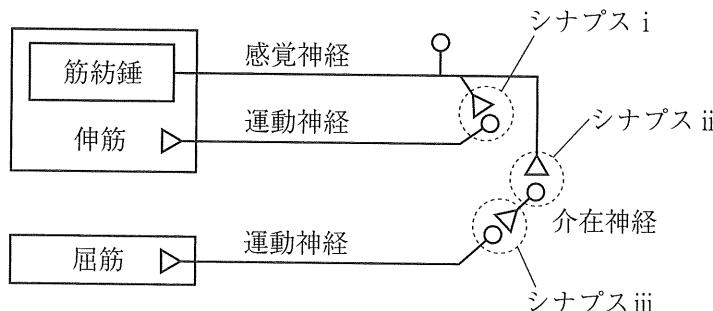


図2

シナプスi	シナプスii	シナプスiii
① $\text{Cl}^-$ チャネル	$\text{Cl}^-$ チャネル	$\text{Cl}^-$ チャネル
② $\text{Cl}^-$ チャネル	$\text{Cl}^-$ チャネル	$\text{Na}^+$ チャネル
③ $\text{Cl}^-$ チャネル	$\text{Na}^+$ チャネル	$\text{Cl}^-$ チャネル
④ $\text{Cl}^-$ チャネル	$\text{Na}^+$ チャネル	$\text{Na}^+$ チャネル
⑤ $\text{Na}^+$ チャネル	$\text{Cl}^-$ チャネル	$\text{Cl}^-$ チャネル
⑥ $\text{Na}^+$ チャネル	$\text{Cl}^-$ チャネル	$\text{Na}^+$ チャネル
⑦ $\text{Na}^+$ チャネル	$\text{Na}^+$ チャネル	$\text{Cl}^-$ チャネル
⑧ $\text{Na}^+$ チャネル	$\text{Na}^+$ チャネル	$\text{Na}^+$ チャネル

C 血糖値が低下すると **エ** からの刺激により、**オ** から **カ** が分泌される。また、すい臓のランゲルハンス島 A 細胞から分泌されるグルカゴンなども血糖値を上昇させる作用をもつ。一方、インスリンは血糖値を低下させる。次の図 3 はインスリン分泌のしくみの概略である。インスリンを分泌するすい臓のランゲルハンス島 B 細胞の細胞膜には、 $\text{Na}^+$  ポンプの他に、 $\text{Ca}^{2+}$  チャネル、グルコース輸送体、ATP と結合すると閉鎖する  $\text{K}^+$  チャネルがあり、インスリン分泌は以下のようないくつかの過程を経て起こることが知られている。

【過程 1】 細胞外のグルコース濃度が上昇すると、グルコース輸送体を介してグルコースが細胞内へ流入する。

【過程 2】 グルコースが消費され、細胞内で ATP 濃度が上昇する。

【過程 3】 ATP が結合することで  $\text{K}^+$  チャネルが閉じ、膜電位が変化する。

【過程 4】  $\text{Ca}^{2+}$  チャネルが開き、 $\text{Ca}^{2+}$  が細胞内へ流入する。

【過程 5】 インスリンが分泌される。

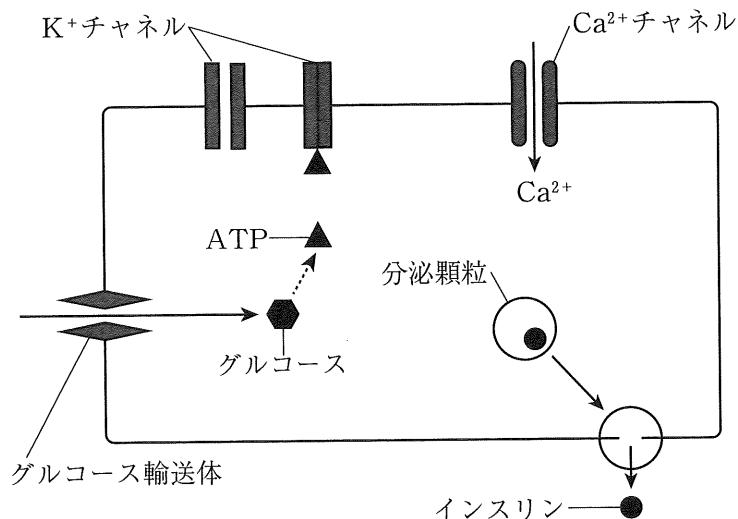


図 3

問4 文中の [工] ~ [力] にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 [5]

	工	オ	力
①	交感神経	副腎髄質	アドレナリン
②	交感神経	副腎髄質	鉱質コルチコイド
③	交感神経	副腎皮質	アドレナリン
④	交感神経	副腎皮質	鉱質コルチコイド
⑤	副交感神経	副腎髄質	アドレナリン
⑥	副交感神経	副腎髄質	鉱質コルチコイド
⑦	副交感神経	副腎皮質	アドレナリン
⑧	副交感神経	副腎皮質	鉱質コルチコイド

問5 ホルモンのはたらきに関する次の記述 A～C の正誤の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 6

- A 脂溶性ホルモンである糖質コルチコイドは、核内の DNA と単独で結合して、遺伝子発現を調節する。
- B 水溶性ホルモンであるインスリンは、細胞膜にある受容体と結合して、細胞内へのグルコースの取り込みを促進する。
- C インスリンの分泌は、図3の経路以外に、自律神経系からの刺激によっても引き起こされる。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問6 図3で示されたインスリン分泌の過程のいずれかに関わるタンパク質の遺伝子に変異が起こり、インスリン分泌が正常より増加している場合、考えられる変異として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 7

- ①  $K^+$  チャネルの遺伝子に変異があり、ATP と結合しなくても閉じている。
- ②  $K^+$  チャネルの遺伝子に変異があり、ATP と結合できない。
- ③  $Ca^{2+}$  チャネルの遺伝子に変異があり、グルコースが流入すると閉じる。
- ④  $Ca^{2+}$  チャネルの遺伝子に変異があり、膜電位が変化しても開かない。
- ⑤ グルコース輸送体の遺伝子に変異があり、グルコースを輸送できない。
- ⑥ 分泌顆粒を細胞膜に融合させるタンパク質に変異があり、融合が起こらない。

(下 書 き 用 紙)

生物の試験問題は次に続く。

**5** 植生の多様性と分布に関する次の文 (A・B) を読み、下の問 1～7 に答えなさい。〔解答番号  ~  〕

A a 植生が時間と共に方向性をもって変化することを b 遷移という。

植物は外界の環境要因を感知し反応する。さまざまな外的要因の中で c 光条件は植物にとって最も重要な環境要因の一つである。光は光合成のエネルギー源であるばかりでなく、生理的条件や成長を調節する情報となる。

問 1 下線部 a に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- ① 植生の外観をバイオームと呼ぶ。
- ② 植生に非生物的環境を加えたものを生態系と呼ぶ。
- ③ 植生は極相樹種によって決定される。
- ④ 植生を構成する植物のうち、量的割合の高い種を優占種と呼ぶ。
- ⑤ 草原は降水量の多い地域に成立する植生で、階層構造がみられることが多い。
- ⑥ 優占種となる植物は木本であり、草本は含まれない。

問 2 下線部 b に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

- ① 植生の遷移は必ず極相林まで達する。
- ② 遷移の後期に生育する樹木の種子は重力散布型のものが多い。
- ③ 遷移の後期に生育する樹木は照度が低くても芽生えが生育できる陰樹が多い。
- ④ 遷移の初期に進入する植物には窒素固定細菌と共生しているもののがみられる。
- ⑤ 遷移の初期に進入する植物は水分や栄養塩類が乏しい条件でも生育できる。

問3 下線部cに関して、次の図1は植物Aの葉に当たる光の強さと二酸化炭素吸収速度の関係を表している。植物Aを4万ルクスの明所で12時間、暗所で12時間置いて栽培した場合に、植物Aの葉 $100\text{ cm}^2$ あたりで1日に増加する有機物量(mg)として最も適当なものはどれか。下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、吸収された $\text{CO}_2$ はすべてグルコース( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )の合成に使われ、光の強さによらず呼吸速度は一定であり、葉において消費されたグルコースはすべて呼吸のみに使用されたものとする。また、原子量はC=12, H=1, O=16とする。3 mg

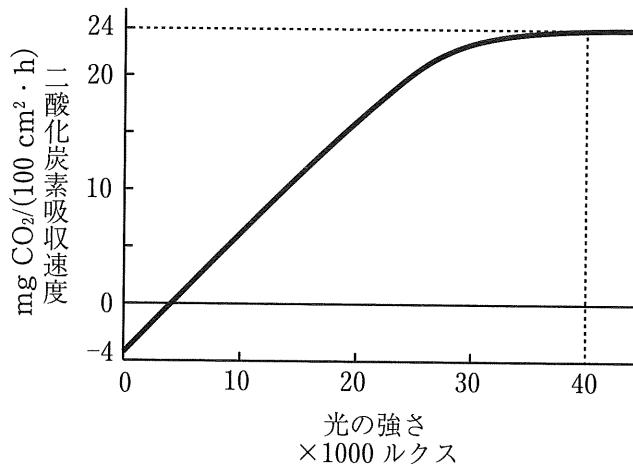


図1

- |       |        |        |
|-------|--------|--------|
| ① 164 | ② 184  | ③ 192  |
| ④ 270 | ⑤ 5760 | ⑥ 8100 |

B 植物や藻類の d 光合成は葉緑体で行われる。光合成の反応はチラコイドで行われる反応とストロマで行われる反応に分けられる。

チラコイドの ア では イ と酸素の発生が起こる。さらに電子が電子伝達系を流れるうちに  $H^+$  が ウ から エ へ輸送され、 $H^+$  の濃度勾配が形成される。そしてこの  $H^+$  が ATP 合成酵素を通って オ に移動するときに ATP が合成される。また、カ でも光エネルギーによるクロロフィルの活性化が起り、NADPH がつくられるとともに、電子伝達系で生じた  $e^-$  が受け取られる。光合成の効率はさまざまな環境要因によって影響を受ける。e C<sub>4</sub> 植物や CAM 植物は高温・低 CO<sub>2</sub> 条件下でも効率的に炭素固定を行う。

問4 文中の ア ~ ウ にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 4

ア	イ	ウ
① 光化学系 I	ATP 合成	ストロマ
② 光化学系 I	ATP 合成	マトリックス
③ 光化学系 I	水の分解	チラコイド内腔
④ 光化学系 I	水の分解	マトリックス
⑤ 光化学系 II	ATP 合成	ストロマ
⑥ 光化学系 II	ATP 合成	チラコイド内腔
⑦ 光化学系 II	水の分解	ストロマ
⑧ 光化学系 II	水の分解	チラコイド内腔

問5 文中の **工** ~ **力** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **5**

	工	オ	力
①	ストロマ	チラコイド内腔	光化学系 I
②	ストロマ	チラコイド内腔	光化学系 II
③	ストロマ	マトリックス	光化学系 II
④	チラコイド内腔	ストロマ	光化学系 I
⑤	チラコイド内腔	ストロマ	光化学系 II
⑥	チラコイド内腔	マトリックス	光化学系 I
⑦	マトリックス	ストロマ	光化学系 I
⑧	マトリックス	チラコイド内腔	光化学系 II

問6 下線部 d について、以下の実験を行った。下の(1)~(3)の問い合わせに答えなさい。

密閉できるガラス容器に单細胞性緑藻であるクロレラの懸濁液を浅く入れて、最初の 3 分間（前半）と次の 3 分間（後半）、それぞれ表 1 に示す条件のもとで実験 A～実験 D を行い、光合成に関わる補酵素の量、ATP 量、ADP 量、O<sub>2</sub> 発生量及び二酸化炭素吸収量を測定した。なお、表の中の「明」は十分な光を 3 分間当て続けたことを、「暗」は 3 分間暗黒に保つたことを、「あり」は容器中の大気に二酸化炭素が含まれることを、「なし」は容器中の大気から二酸化炭素を取り除いたことを示す。なお、光合成では、葉緑体内でつくられた ATP や NADPH のみが利用されるものとする。

実験の結果、次の 1・2 の結果が得られた。

【結果 1】 実験 D の前半では酸素が発生し続けたが、実験 A の前半では酸素の発生が途中で止まった。

【結果 2】 実験 A, C, D で当てた光は十分に強いことから、光合成の速度は二酸化炭素の濃度によって制限されていたと考えられる。ただし、実験 D の前半では二酸化炭素が吸収され続けたが、実験 A の後半では二酸化炭素の吸収が途中で止まった。

表 1

	前半		後半	
	光条件	CO <sub>2</sub> 条件	光条件	CO <sub>2</sub> 条件
実験 A	明	なし	暗	あり
実験 B	暗	なし	暗	あり
実験 C	暗	なし	明	あり
実験 D	明	あり	暗	あり

(1) 実験 A の前半と後半で、クロレラ体内の NADP<sup>+</sup>, NADPH, ATP, ADP に起こる変化として最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。

実験 A の前半 6, 実験 A の後半 7

	NADP <sup>+</sup>	NADPH	ATP	ADP
①	減少	減少	減少	増加
②	減少	減少	増加	減少
③	減少	増加	減少	増加
④	減少	増加	増加	減少
⑤	増加	減少	減少	増加
⑥	増加	減少	増加	減少
⑦	増加	増加	減少	減少
⑧	増加	増加	増加	増加

(2) 実験 A～実験 D における、光合成に関わる補酵素に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 8

- ① 実験 B の後半では、補酵素の還元は行われない。
- ② 実験 B の前半の終わりには、NADPH の量が増加している。
- ③ 実験 C の後半では、補酵素の還元が行われる。
- ④ 実験 D の前半では、補酵素の還元が行われる。
- ⑤ 実験 D の前半の終わりには、NADPH が残っている。

(3) 実験 A～実験 D の後半における二酸化炭素の吸収量の大小関係として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9

- ① A > C > D
- ② B > C > D
- ③ B > D > A
- ④ C > A > B
- ⑤ C > B > D
- ⑥ D > B > A

問7 下線部 e に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 10

- ① CAM 植物は気孔を夜間に閉じている。
- ② CAM 植物は  $\text{CO}_2$  を、昼間はリンゴ酸に蓄え、夜間はカルビン・ベンソン回路で固定する。
- ③  $\text{C}_4$  植物で、 $\text{CO}_2$  が取りこまれて最初にできる化合物はリブロースビスリン酸である。
- ④  $\text{C}_4$  植物のカルビン・ベンソン回路は葉肉細胞にある。
- ⑤  $\text{C}_4$  植物のルビスコに直接  $\text{CO}_2$  を供給するのはリンゴ酸である。

# 令和6年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和6年2月27日

## 理 科 (120分)

### I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は100ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。

物理	4~36ページ
化学	38~60ページ
生物	62~94ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
  - ① 受験番号欄  
受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
  - ② 氏名欄  
氏名・フリガナを記入しなさい。
  - ③ 解答科目欄  
解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

### II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問い合わせに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨

受 験 番 号				

# 生 物

1 タンパク質と酵素に関する次の文（A・B）を読み、下の問1～7に答えなさい。

[解答番号 1 ~ 8 ]

A 生体触媒といわれる酵素は、転写や翻訳、代謝など、細胞内で進行するさまざまな化学反応を促進している。生体内の安定した物質が化学反応を起こすには、これらの物質が化学反応の起こりやすい状態になる必要がある。酵素は、この状態に変化させるために必要なエネルギーを **ア** することで、常温、常圧でも化学反応を進行させている。

a 酵素は主にタンパク質でできているが、タンパク質は酵素の他にも生体内のさまざまな機能を担っている。 b タンパク質は、アミノ酸がペプチド結合により鎖状に結合したポリペプチドからなり、固有の立体構造をとることでその機能を発揮する。 タンパク質の立体構造に最も影響を与えるのはアミノ酸配列である。アミノ酸の **イ** はその種類によって、水溶性、疎水性、正電荷をもつ、負電荷をもつなどの特性があり、これらの相互作用によってポリペプチドが最も安定するように折りたたまれる。

酵素には **ウ** と呼ばれる部位があり、基質はこの部位で酵素と結合し、化学反応が促進される。それぞれの酵素の **ウ** は固有の立体構造をもち、この構造に適合する物質のみが結合するため、特定の酵素は特定の基質にのみ作用する。

問1 文中の **ア** ~ **ウ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **1**

- | ア     | イ  | ウ         |
|-------|----|-----------|
| ① 大きく | 主鎖 | アロステリック部位 |
| ② 大きく | 主鎖 | 活性部位      |
| ③ 大きく | 側鎖 | アロステリック部位 |
| ④ 大きく | 側鎖 | 活性部位      |
| ⑤ 小さく | 主鎖 | アロステリック部位 |
| ⑥ 小さく | 主鎖 | 活性部位      |
| ⑦ 小さく | 側鎖 | アロステリック部位 |
| ⑧ 小さく | 側鎖 | 活性部位      |

問2 下線部 a に関して、生体内で触媒作用を示すタンパク質以外の物質として最も  
適当なものはどれか。次の①~⑤のうちから一つ選びなさい。 **2**

- ① RNA
- ② クロロフィル
- ③ ステロイド
- ④ デンプン
- ⑤ リン脂質

問3 下線部 b に関して、タンパク質の構造やアミノ酸に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 3

- ① タンパク質を構成するアミノ酸は 18 種類あるが、成人はそのうち 9 種類を十分に合成することができない。
- ② タンパク質には、複数のポリペプチドが組合わさってできている四次構造をとるものがある。
- ③ 1 本のポリペプチドが折りたたまれてつくる分子全体の構造を三次構造といい、pH や温度などによって影響を受ける。
- ④ タンパク質のアミノ酸配列を一次構造といい、一次構造が変わるとタンパク質の立体構造も変わることがある。
- ⑤ タンパク質の立体構造にみられる部分的に特徴のある構造を二次構造といい、らせん状の  $\alpha$  ヘリックス構造などがある。

問4 過酸化水素の分解反応を促進する触媒には、酵素であるカタラーゼと無機触媒である酸化マンガン(IV)がある。これらの触媒による反応の違いを調べるために、肝臓片（カタラーゼを含む）、または酸化マンガン(IV)のいずれかを含む試験管A～Hを用意し、5分間反応させて気泡の発生量を調べたところ、表1のような結果となった。この結果に対する考察として最も適当なものはどれか。下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、肝臓片（カタラーゼ）と酸化マンガン(IV)のどちらもない場合、気泡は発生しないものとする。

4

表1

試験管	A	B	C	D	E	F	G	H
蒸留水 (mL)	1	0	1	1	0	1	1	5
塩酸 (mL) <sup>※1</sup>	0	1	0	0	1	0	0	1
過酸化水素 (mL) <sup>※2</sup>	5	5	5	5	5	5	5	0
肝臓片（カタラーゼ） <sup>※3</sup>	○	○	○	○	—	—	—	○
酸化マンガン(IV) <sup>※3</sup>	—	—	—	—	○	○	○	—
反応温度 (℃)	4	30	30	80	30	30	80	30
気泡発生量 <sup>※4</sup>	+	—	++	—	++	++	+++	—

※1 10% 塩酸

※2 5% 過酸化水素水

※3 肝臓片（カタラーゼ）または酸化マンガン(IV)を加えた場合は「○」、加えていない場合は「—」と表記

※4 「+」の数が多いほど気泡の発生量が多いことを表し、気泡の発生がみられないものは「—」と表記

- ① 試験管 A の気泡発生量が試験管 C と比べて少ないのは、反応温度が低いためにカタラーゼが失活しているからである。
- ② 試験管 B で気泡が発生しないのは、反応溶液の pH が高いためにカタラーゼが変性しているからである。
- ③ 試験管 D では反応温度が高すぎるためカタラーゼが失活してしまっているが、加える過酸化水素の量を増やせば気泡は発生するようになる。
- ④ 試験管 E では気泡が発生するが試験管 B では気泡が発生しないのは、カタラーゼとは異なり酸化マンガン(IV)は塩酸の影響を受けないからである。
- ⑤ 試験管 G の気泡発生量が試験管 F と比べて多いのは、温度が高いほど分子運動が活発になり、酵素-基質複合体が形成されやすいからである。
- ⑥ 試験管 H で気泡が発生しないのは基質である過酸化水素を加えていないからで、蒸留水の代わりに過酸化水素を加えていれば気泡は発生した。

問5 ある酵素について、最適温度と最適pHの条件のもとで、一定量の酵素に対する基質濃度と初期の反応速度の関係を調べる実験を行ったところ、次の図1で示された実線のグラフのようになつた。条件を1つだけ変えてさらに実験を行うとき、予想されるグラフの形（図1中の点線A～Dのうちのいずれか）とその理由として最も適当なものはどれか。下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

5

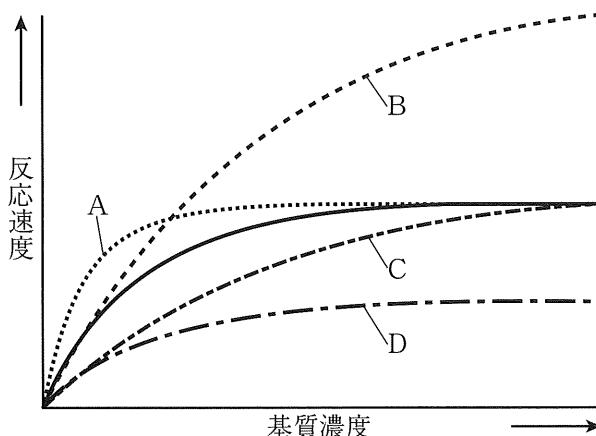


図1

- ① 競争的阻害を起こす物質を一定量追加すると、Cのようなグラフになる。これは、基質濃度が高くなるにつれて阻害物質の影響が小さくなるからである。
- ② 競争的阻害を起こす物質を一定量追加すると、Dのようなグラフになる。これは、基質が結合する酵素の部位に阻害物質が結合するからである。
- ③ 非競争的阻害を起こす物質を一定量追加すると、Cのようなグラフになる。これは、阻害物質により酵素の立体構造が変化するからである。
- ④ 非競争的阻害を起こす物質を一定量追加すると、Dのようなグラフになる。これは、基質が結合する酵素の部位に阻害物質が結合するからである。
- ⑤ 酵素の濃度を2倍にすると、Aのようなグラフになる。これは、酵素と基質が結合する確率が大きくなり、基質濃度が小さいときのグラフの傾きが大きくなるからである。
- ⑥ 酵素の濃度を2倍にすると、Bのようなグラフになる。これは、酵素と基質が結合する確率が大きくなり、最大反応速度が大きくなるからである。

**B** DNA は、化学物質や放射線、複製時の誤りなどによって塩基配列が変化することがあり、この変化が形質にもたらす影響はさまざまである。

かま状赤血球症は、血液中の酸素が不足すると赤血球がかま状に変形し、毛細血管でつまつたり赤血球の膜が破れて貧血を起こしたりする病気である。その原因となる遺伝子 S では、塩基配列の 1 か所で A が T に置換しており、翻訳されるタンパク質のうち 6 番目のアミノ酸がグルタミン酸からバリンに変わる。c 遺伝子 S を  
ホモ接合でもつヒトは重篤な貧血となり死亡率が高くなるが、遺伝子 S と正常型遺  
伝子 A をヘテロ接合でもつヒトは症状が軽い。また、かま状赤血球症は貧血を引  
き起こすが、一方でマラリアに対して抵抗性を示すため、マラリアの流行地域では  
遺伝子 S の頻度が比較的大きい。

フェニルケトン尿症は、アミノ酸であるフェニルアラニンの代謝に障害が起こることにより引き起こされる病気で、フェニルアラニンをチロシンに代謝する酵素の遺伝子 P が変化することによって発症することが知られている。遺伝子 P は 13 個のエキソンと 12 個のイントロンをもち、12 番目のイントロンの部分にある塩基 G が A に変化すると、スプライシングで 12 番目のエキソンが除かれてしまい、正常な酵素 P が合成されない。

問6 下線部 c について、次の条件 1~3 が成り立つマラリア流行地域を仮定する。  
下の(1)・(2)の問い合わせに答えなさい。

【条件 1】 遺伝子型  $AA$  のヒトは、一部が子をつくれる年齢に達する前にマラリアで死亡するが、それ以外は子をつくれる年齢に達する。

【条件 2】 遺伝子型  $AS$  のヒトは、すべて子をつくれる年齢に達する。

【条件 3】 遺伝子型  $SS$  のヒトは、すべて子をつくれる年齢に達する前に死亡する。

(1) 条件 1~条件 3 のとき、この地域のある年の新生児集団（集団 X とする）の遺伝子型の割合は、 $AA : AS : SS = 64 : 32 : 4$  であった。また遺伝子型  $AA$  のヒトが子をつくれる年齢に達するまでの生存率は 75% であった。集団 X における遺伝子 S の頻度について、新生児における頻度を  $q_0$ 、子をつくれる年齢に達したときの頻度を  $q_1$  とするとき、 $q_0$  と  $q_1$  の数値の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 6

	$q_0$	$q_1$
①	0.20	0.18
②	0.20	0.20
③	0.20	0.22
④	0.40	0.18
⑤	0.40	0.20
⑥	0.40	0.22

(2) 条件1～条件3のとき、この地域において、ある時期からマラリアの病原体であるマラリア原虫が完全に駆除されたとする。十分長い年月が経ったとき、この集団における遺伝子Aと遺伝子Sについて、推測される記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、この地域では外部との遺伝的交流はなく、遺伝子Aと遺伝子Sに突然変異は起こらないものとする。また、この地域のヒト集団は偶然による遺伝子頻度の変化が無視できるくらい、十分に大きい。

7

- ① 遺伝的浮動によって、遺伝子Aと遺伝子Sのいずれかがこの地域から排除される。
- ② 遺伝的浮動によって、遺伝子Aと遺伝子Sの頻度は変化しない。
- ③ 自然選択によって、遺伝子Aがこの地域から排除される。
- ④ 自然選択によって、遺伝子Sがこの地域から排除される。
- ⑤ ハーディ・ワインベルグの法則によって、遺伝子Aと遺伝子Sのいずれかがこの地域から排除される。
- ⑥ ハーディ・ワインベルグの法則によって、遺伝子Aと遺伝子Sの頻度は変化しない。

問7 DNAの変化とタンパク質への影響に関する次の記述A～Cの正誤の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。なお、変異によって新たな開始コドンは生じないものとする。 8

- A 開始コドンより上流の領域で1塩基の欠失が生じるとフレームシフトが起こり、翻訳されるタンパク質はまったく異なるものになる。
- B エキソン領域に突然変異が生じても翻訳されるタンパク質は変わらないことがある。
- C イントロン領域にどのような突然変異が生じてもスプライシングで除かれるため、翻訳されるタンパク質に影響はない。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

2 生殖と発生に関する次の文（A・B）を読み、下の問1～6に答えなさい。

〔解答番号 1 ~ 7〕

A 動物の配偶子は減数分裂によって形成される。雄性の配偶子である精子は精巣でつくられ、雌性の配偶子である卵は卵巣でつくられる。精子や卵のもととなる細胞はアができる以前から始原生殖細胞として存在し、アができるとその中に移動する。出生の時期のヒトでは、精子のもととなる細胞は体細胞分裂によって増殖するイとして存在するが、卵のもととなる細胞はウとして存在する。

問1 文中のア～ウにあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。1

	ア	イ	ウ
①	原腸	一次精母細胞	始原生殖細胞
②	原腸	一次精母細胞	一次卵母細胞
③	原腸	精原細胞	一次卵母細胞
④	原腸	精原細胞	卵原細胞
⑤	生殖巣	一次精母細胞	始原生殖細胞
⑥	生殖巣	一次精母細胞	一次卵母細胞
⑦	生殖巣	精原細胞	一次卵母細胞
⑧	生殖巣	精原細胞	卵原細胞

問2 始原生殖細胞のG<sub>1</sub>期の細胞の核相を2n, DNA量を2とすると、精原細胞のG<sub>1</sub>期の細胞と二次卵母細胞における核相とDNA量の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。

精原細胞  二次卵母細胞

	核相	DNA量
①	$n$	1
②	$n$	2
③	$n$	4
④	$2n$	1
⑤	$2n$	2
⑥	$2n$	4

問3 配偶子に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- ① 精細胞から精子が形成される際に、小胞体のはたらきで先体がつくられる。
- ② 精子形成の過程で精細胞は、1回の体細胞分裂を行い精子となる。
- ③ ヒトの精子は、核と先体とミトコンドリアをもつ頭部と、鞭毛でできた尾部の2つからなる。
- ④ ヒトの卵形成の過程では、排卵の直前に、二次卵母細胞が減数分裂の第二分裂の状態になる。
- ⑤ ヒトの卵を取り囲む卵黄膜の外側には、ゼリー層が存在する。
- ⑥ 卵形成の過程で、極体が生じる側を植物極という。

**B** 発生の過程において、どのようにして組織や器官を特定の場所につくりあげていくのかという研究から、カドヘリンというタンパク質が発見された。カドヘリンは細胞接着などに関与する物質であり、現在では 120 種類以上存在すると考えられている。最近では、カドヘリンは発生の過程だけでなく、がんの転移や脳のネットワーク形成にもかかわっているなどとして注目を集めている。

細胞接着におけるカドヘリンのはたらきについて調べるために次の実験 1~4 を行った。なお、実験に使用した細胞は、カドヘリン以外に  $\text{Ca}^{2+}$  の影響を受ける細胞接着タンパク質をもたない。

【実験 1】 培養皿で細胞を培養したところ、数日後には培養皿の底面に細胞が接着し、細胞どうしが密着する状態にまで増えていた。

【実験 2】 実験 1 で得られた細胞にトリプシンを加えたところ、細胞は塊をつくった状態で培養皿の底面からはがれた。

【実験 3】 実験 2 で得られた細胞塊に、トリプシンの活性を保ったまま  $\text{Ca}^{2+}$  のはたらきを失わせる物質である EDTA を加えたところ、細胞塊は崩壊した。塊が崩壊した細胞に EDTA のはたらきを上回る量の  $\text{Ca}^{2+}$  を加えたが、細胞は塊を形成しなかった。

【実験 4】 実験 2 で得られた細胞塊に、トリプシンの活性を失わせる処理を行った後 EDTA を加えたところ、細胞塊は崩壊した。塊が崩壊した細胞に EDTA のはたらきを上回る量の  $\text{Ca}^{2+}$  を加えたところ、細胞は再び塊を形成した。

問4 カドヘリンは、デスマソームと呼ばれる細胞接着ではたらく。デスマソームではたらく細胞骨格の名称と、その細胞骨格を構成するタンパク質の名称の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

	細胞骨格の名称	タンパク質の名称
①	アクチンフィラメント	ケラチン
②	アクチンフィラメント	チューブリン
③	中間径フィラメント	ケラチン
④	中間径フィラメント	チューブリン
⑤	微小管	ケラチン
⑥	微小管	チューブリン

問5 ニワトリの神経管形成の過程におけるカドヘリンに関する次の記述 A～C の正誤の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 6

- A カドヘリンは同じ種類どうしが結合するため、神経板の端どうしが接着して神経管を形成し、神経管は表皮から切り離される。
- B 神経堤細胞ではカドヘリンが発現しないため、神経管から遊離して様々な場所へ移動する。
- C 神経板に発現するカドヘリンは、表皮でみられるものと同じ種類である。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問6 実験1~4からわかつることに関する記述として最も適当なものはどれか。次の

①~⑥のうちから一つ選びなさい。 7

- ① EDTAはトリプシンの機能を阻害して、細胞間の接着を促進する。
- ② 過剰量の  $\text{Ca}^{2+}$ には、常に細胞どうしを接着させるはたらきがある。
- ③ カドヘリンは、 $\text{Ca}^{2+}$ の存在下ではトリプシンにより分解されない。
- ④ カドヘリンをトリプシンで分解しても、 $\text{Ca}^{2+}$ が存在すれば細胞どうしの接着は形成される。
- ⑤ 細胞間の接着にはタンパク質がかかわっているが、細胞と培養皿底面との接着にはタンパク質はかかっていない。
- ⑥ カドヘリンが細胞どうしを接着させるとき、 $\text{Ca}^{2+}$ を必要としない。

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

〔3〕 植物の環境応答に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～8に答えなさい。

〔解答番号 1 ～ 8 〕

A オオムギやイネなどの種子では、休眠と発芽は植物ホルモンであるXとYのはたらきによって調節される。休眠状態では植物ホルモンXの作用が植物ホルモンYよりも大きく、発芽では植物ホルモンYの作用が植物ホルモンXよりも大きくなる。発芽のしくみは次のとおりである。胚でつくられた植物ホルモンYは  
アにはたらきかけ、アミラーゼの合成が誘導される。アミラーゼはイ中のデンプンを糖に変え、胚は糖を吸収する。それにより胚の浸透圧がウし、吸水がエされる。その結果、胚が成長する。

問1 文中のア～エにあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 1

ア	イ	ウ	エ
① 糊粉層	胚乳	上昇	促進
② 糊粉層	胚乳	上昇	抑制
③ 糊粉層	胚乳	減少	促進
④ 糊粉層	胚乳	減少	抑制
⑤ 胚乳	糊粉層	上昇	促進
⑥ 胚乳	糊粉層	上昇	抑制
⑦ 胚乳	糊粉層	減少	促進
⑧ 胚乳	糊粉層	減少	抑制

問2 植物ホルモン X と Y の名称の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2

植物ホルモン X      植物ホルモン Y

- |   |        |        |
|---|--------|--------|
| ① | アブシシン酸 | エチレン   |
| ② | アブシシン酸 | ジベレリン  |
| ③ | エチレン   | アブシシン酸 |
| ④ | エチレン   | ジベレリン  |
| ⑤ | ジベレリン  | アブシシン酸 |
| ⑥ | ジベレリン  | エチレン   |

問3 植物の種子には光発芽種子と暗発芽種子がある。次の記述 A～F のうち、光発芽種子と暗発芽種子に関して正しく説明した記述を過不足なく含むものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 3

- A 光発芽種子の例にレタス、暗発芽種子の例にカボチャがある。
- B 光発芽種子の例にトマト、暗発芽種子の例にレタスがある。
- C 光発芽種子には大型なものが多く、暗発芽種子には小型なものが多い。
- D 光発芽種子には小型なものが多く、暗発芽種子には大型なものが多い。
- E 光発芽種子では、フィトクロムの赤色光吸収型は発芽を促進する。
- F 光発芽種子では、フィトクロムの遠赤色光吸収型は発芽を促進する。

- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| ① A, C, E | ② A, C, F | ③ A, D, E |
| ④ A, D, F | ⑤ B, C, E | ⑥ B, C, F |
| ⑦ B, D, E | ⑧ B, D, F |           |

**B** 屈性は a オーキシンの濃度差によって起こると考えられている。光屈性では b 光受容体であるフォトトロピンが関わっている。光屈性のしくみは、細胞膜におけるオーキシン輸送体の分布の変化によって説明されている。

問4 下線部 a に関して、フォトトロピンが光を受容すると、幼葉鞘の先端部での一部のオーキシン排出輸送体の細胞膜上での分布が変化する。オーキシンは、細胞外から細胞内へ移動する際は輸送タンパク質と拡散によって、細胞内から細胞外へ移動する際はオーキシン排出輸送体によって移動する。図1のように幼葉鞘に左側から光を当てたとき、幼葉鞘の先端の細胞におけるオーキシン排出輸送体の分布の変化として最も適当なものはどれか。下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、選択肢中の細胞の向きと光の当たる方向は図1と同じである。

4

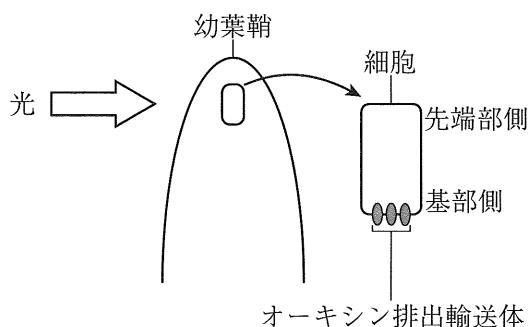


図1

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥

問5 下線部 b に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

- ① クリプトクロムは青色光を受容し、気孔の開口に関与する。
- ② クリプトクロムは赤色光を受容し、落葉・落果の抑制に関与する。
- ③ 短日植物の花芽形成における光中断には、フィトクロムが赤色光を受容することが特に有効である。
- ④ フィトクロムは光発芽種子の核内にも存在し、発芽を促進する際に核内から細胞質へ移動する。
- ⑤ フォトトロピンは青色光を受容し、光発芽種子における発芽を促進する。
- ⑥ フォトトロピンは赤色光を受容し、葉緑体の定位運動に関与する。

C 植物の根は **オ** の重力屈性を示し、そのしくみは次のとおりである。植物体を水平に置くと、重力により茎の **カ** 細胞や根冠の **A** 中の **B** は、細胞内でその配置を変える。それによりオーキシンは、根では **キ** 側に輸送される。

問6 文中の **オ** ~ **キ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **6**

- |   | オ | カ    | キ |
|---|---|------|---|
| ① | 正 | 維管束鞘 | 上 |
| ② | 正 | 維管束鞘 | 下 |
| ③ | 正 | 内皮   | 上 |
| ④ | 正 | 内皮   | 下 |
| ⑤ | 負 | 維管束鞘 | 上 |
| ⑥ | 負 | 維管束鞘 | 下 |
| ⑦ | 負 | 内皮   | 上 |
| ⑧ | 負 | 内皮   | 下 |

問7 文中の **A** · **B** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①~⑨のうちから一つ選びなさい。 **7**

- |   | A      | B       |
|---|--------|---------|
| ① | 極体     | アミロプラスト |
| ② | 極体     | ゴルジ体    |
| ③ | 極体     | 小胞体     |
| ④ | コルメラ細胞 | アミロプラスト |
| ⑤ | コルメラ細胞 | ゴルジ体    |
| ⑥ | コルメラ細胞 | 小胞体     |
| ⑦ | 中央細胞   | アミロプラスト |
| ⑧ | 中央細胞   | ゴルジ体    |
| ⑨ | 中央細胞   | 小胞体     |

問8 植物体を水平に置いた際に茎で生じる重力屈性に関して、屈性の方向（正負）、オーキシンの分布の変化、オーキシンが多く分布する部位での細胞の成長の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

8

	屈性の方向	分布	細胞の成長
①	正	下方に多く分布	促進
②	正	下方に多く分布	抑制
③	正	上方に多く分布	促進
④	正	上方に多く分布	抑制
⑤	負	下方に多く分布	促進
⑥	負	下方に多く分布	抑制
⑦	負	上方に多く分布	促進
⑧	負	上方に多く分布	抑制

4 動物のニューロンと筋肉のはたらきに関する次の文 (A~C) を読み、下の問 1 ~ 6 に答えなさい。〔解答番号 1 ~ 7 〕

A 脊椎動物の神経系を構成するニューロン（神經細胞）では、静止状態の膜電位は細胞外に対して細胞内が  $-50\sim-90\text{ mV}$  となっており、これを静止電位と呼ぶ。ニューロンが閾値以上の強さの刺激を受けると膜電位は瞬間に変化し、細胞内が細胞外に対して  $+30\sim+60\text{ mV}$  となる。この膜電位の変化を活動電位と呼び、ニューロンが活動電位を発生することを興奮と呼ぶ。次の図 1 は、興奮の発生に伴う膜電位の変化を示した模式図である。静止電位の維持や活動電位の発生は、ニューロンの細胞膜にあるイオンチャネルとポンプのはたらきによって行われている。

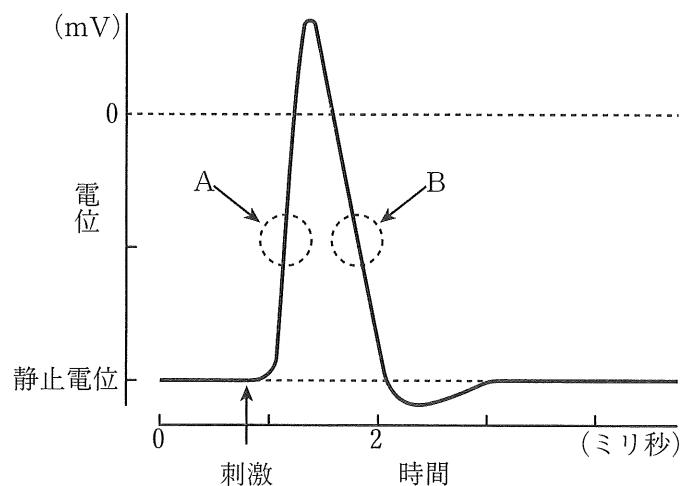


図 1

問1 図1のAおよびBの時点でのイオンチャネルの状態とイオンの移動に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑦のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。

A  , B

- ①  $\text{Na}^+$  チャネルが開き、 $\text{Na}^+$  が細胞外へ流出している。
- ②  $\text{Na}^+$  チャネルが開き、 $\text{Na}^+$  が細胞内へ流入している。
- ③  $\text{Na}^+$  チャネルは閉じているが  $\text{K}^+$  チャネルが開いて、 $\text{K}^+$  が細胞外へ流出している。
- ④  $\text{Na}^+$  チャネルは閉じているが  $\text{K}^+$  チャネルが開いて、 $\text{K}^+$  が細胞内へ流入している。
- ⑤  $\text{Na}^+$  チャネルも  $\text{K}^+$  チャネルも閉じていて、イオンの移動はない。
- ⑥  $\text{Na}^+$  チャネルも  $\text{K}^+$  チャネルも開いていて、細胞内外のイオン濃度が等しく保たれている。
- ⑦  $\text{Na}^+$  チャネルも  $\text{K}^+$  チャネルも開いていて、 $\text{Na}^+$  と  $\text{K}^+$  の移動がつり合っている。

**B** 刺激によって活動電位が発生すると、興奮部と隣接する静止部の間に微小な活動電流が流れ、それによって隣接部が興奮する。これを繰り返しながら、興奮がニューロンの軸索を伝わっていくことを伝導と呼ぶ。軸索が髓鞘で包まれている有髓神経纖維では、髓鞘をもたない無髓神経纖維より伝導速度が大きいことが知られている。

問2 中枢神経と末梢神経で髓鞘を形成する細胞の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

- | 中枢神経         | 末梢神経       |
|--------------|------------|
| ① アストロサイト    | オリゴデンドロサイト |
| ② アストロサイト    | シュワン細胞     |
| ③ オリゴデンドロサイト | アストロサイト    |
| ④ オリゴデンドロサイト | シュワン細胞     |
| ⑤ シュワン細胞     | アストロサイト    |
| ⑥ シュワン細胞     | オリゴデンドロサイト |

問3 座骨神経には、下肢の筋肉を収縮させる運動神経の神経纖維と、下肢の感覚を中枢に伝える感覚神経の神経纖維が混在している。神経纖維束における興奮の伝導について調べるために、カエルの座骨神経を用いて次の実験を行った。

座骨神経の表面に、図2に示すように刺激電極と記録電極を取り付け、活動電位を発生させるのに十分な強さの電気刺激で1回のみ刺激し、記録電極Xで電位変化を記録すると図3のAのようになつた。同様にして記録電極Yで電位変化を記録すると、図3のBのようになつた。このような結果になつた理由として最も適当なものはどれか。下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

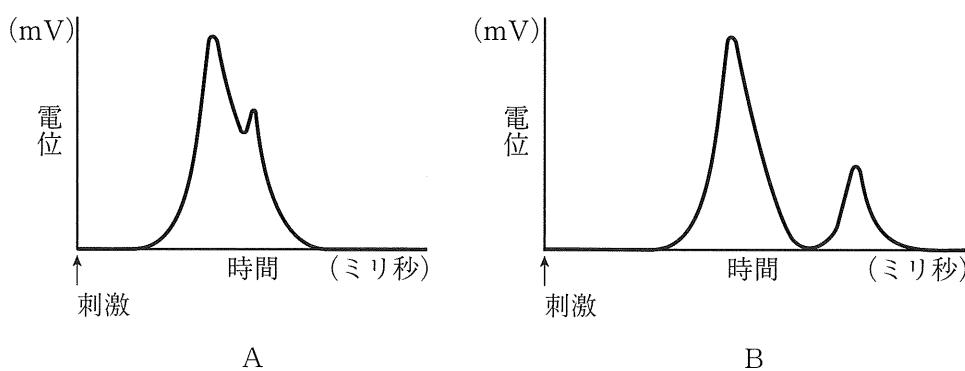
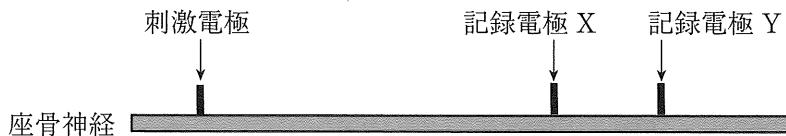


図3

- ① 座骨神経は、閾値の異なる神経纖維が集まつてできているため。
- ② 座骨神経は、興奮が両方向に伝導するため。
- ③ 座骨神経は、刺激により閾値の大きさが変化するため。
- ④ 座骨神経は、全か無かの法則に従わない神経纖維からなるため。
- ⑤ 座骨神経は、伝導速度の異なる神経纖維が集まつてできているため。
- ⑥ 座骨神経は、不応期が長く、反応しない神経纖維があつたため。

C 運動神経を伝導する興奮は骨格筋に達し、筋収縮を調節している。骨格筋は筋繊維と呼ばれる細胞からなり、運動神経末端から放出される神経伝達物質である [ア] を受け取ると、収縮に至る過程が開始される。筋繊維を構成する筋原纖維を顕微鏡で観察すると、明るく見える明帯と暗く見える暗帯が繰り返される特徴的な横縞がみられる。明帯は [イ] 部分である。筋収縮は、ATP がミオシン分子の頭部に結合し、分解されてエネルギーを生じることで起こる。骨格筋は、運動神経から繰り返し刺激を受けることで収縮を維持し、刺激がなくなると [ウ] イオンが [エ] されることで骨格筋が弛緩する。

問4 文中の [ア]・[イ] にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [5]

ア

イ

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| ① アセチルコリン         | アクチンフィラメントが存在する |
| ② アセチルコリン         | ミオシンフィラメントが存在する |
| ③ $\gamma$ -アミノ酪酸 | アクチンフィラメントが存在する |
| ④ $\gamma$ -アミノ酪酸 | ミオシンフィラメントが存在する |
| ⑤ セロトニン           | アクチンフィラメントが存在する |
| ⑥ セロトニン           | ミオシンフィラメントが存在する |

問5 骨格筋は、ミオシン頭部の立体構造が変化してアクチンフィラメントを引き込むことで収縮する。筋収縮は、以下のような段階を経て起こる。この過程のうち、アクチンフィラメントの引き込みが起こる段階として最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 6

段階1：ミオシン頭部にATPが結合する。 ←

↓

段階2：ATPがADPとリン酸に分解され、ミオシン頭部の立体構造が変化する。

↓

段階3：ミオシン頭部とアクチンフィラメントが結合する。

↓

段階4：ADPとリン酸がミオシン頭部から離れる。 →

- |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| ① 段階1       | ② 段階2       | ③ 段階3       |
| ④ 段階4       | ⑤ 段階1と段階2の間 | ⑥ 段階2と段階3の間 |
| ⑦ 段階3と段階4の間 | ⑧ 段階4と段階1の間 |             |

問6 文中のウ・エにあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 7

ウ

エ

- |         |                   |
|---------|-------------------|
| ① カルシウム | 細胞質から筋小胞体内へ受動的に拡散 |
| ② カルシウム | 細胞質から筋小胞体内へ能動輸送   |
| ③ カルシウム | 筋小胞体から細胞質へ受動的に拡散  |
| ④ カルシウム | 筋小胞体から細胞質へ能動輸送    |
| ⑤ ナトリウム | 細胞質から筋小胞体内へ受動的に拡散 |
| ⑥ ナトリウム | 細胞質から筋小胞体内へ能動輸送   |
| ⑦ ナトリウム | 筋小胞体から細胞質へ受動的に拡散  |
| ⑧ ナトリウム | 筋小胞体から細胞質へ能動輸送    |

〔5〕 生物群集と生態系に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～7に答えなさい。

〔解答番号 1 ～ 7 〕

A 陸上には図1に示す気候に応じたバイオームが存在する。図中のA～Jはそれぞれ雨緑樹林、硬葉樹林、熱帯多雨林・亜熱帯多雨林、ステップ、針葉樹林、照葉樹林、砂漠、夏緑樹林、ツンドラ、サバンナのどれかである。

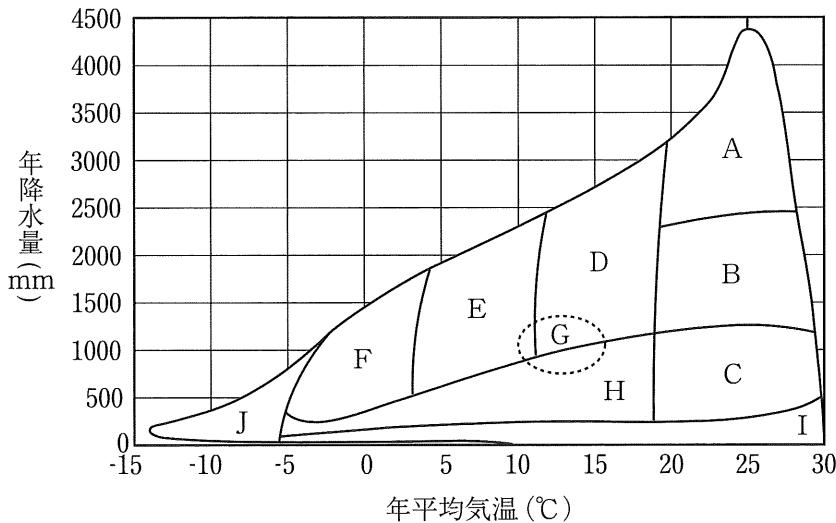


図1

問1 バイオームに関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 1

- ① 緯度に応じたバイオームの分布は垂直分布と呼ばれる。
- ② 沖縄ではガジュマル、オリーブ、チークが優占種である。
- ③ 硬葉樹林は夏に雨が多く、冬に乾燥する地域に分布する。
- ④ サバンナ、砂漠は荒原である。
- ⑤ 日本のバイオームは主に降水量によって決まる。
- ⑥ 年平均気温が0°C以下でも森林が形成されるところがある。

問2 図1中のA～Jのうち、サバンナとステップの組合せとして最も適当なものは  
どれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2

- |   | サバンナ | ステップ |
|---|------|------|
| ① | A    | B    |
| ② | B    | C    |
| ③ | C    | H    |
| ④ | D    | I    |
| ⑤ | H    | C    |
| ⑥ | I    | J    |

問3 日本の平地で形成される極相を北から順に示したものとして最も適当なものは  
どれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

- |   |         |   |         |
|---|---------|---|---------|
| ① | E→G→D→B | ② | F→E→D→A |
| ③ | F→E→G→D | ④ | I→C→B→A |
| ⑤ | I→H→G→D | ⑥ | J→F→E→D |

B 次の表1は、地球上の主要な生態系における生産者の純生産量（推定値）を示したものである。

表1

生態系		面積 ( $10^6 \text{ km}^2$ )	世界全体の 純生産量 ( $10^{12} \text{ kg/年}$ )
陸地	森林	41.6	72.4
	草原	45.4	48.7
	荒原	33.3	8.9
	その他	29.0	9.1
	合計	149.3	139.1
海洋		360.7	100.0
地球全体		510.0	239.1

問4 次の文は表1について述べたものである。文中の [ア] ~ [エ] にあてはまる数値の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①~⑧のうちから一つ選びなさい。

[4]

地球全体で生産される有機物（純生産量で  $2.391 \times 10^{14}$  kg/年）のうち、地球の全面積の約 [ア] 割を占める陸地では約 [イ] %が、約 [ウ] 割を占める海洋では約 [エ] %が生産されていることがわかる。

	ア	イ	ウ	エ
①	3	28	6	42
②	3	28	6	71
③	3	58	7	42
④	3	58	7	71
⑤	4	28	6	42
⑥	4	28	6	71
⑦	4	58	7	42
⑧	4	58	7	71

問5 森林、草原、海洋について、単位面積あたりの純生産量 (kg/m<sup>2</sup>・年) の大きさの比較として最も適当なものはどれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。

[5]

- |                |                |
|----------------|----------------|
| ① 海洋 < 森林 < 草原 | ② 海洋 < 草原 < 森林 |
| ③ 森林 < 草原 < 海洋 | ④ 森林 < 海洋 < 草原 |
| ⑤ 草原 < 森林 < 海洋 | ⑥ 草原 < 海洋 < 森林 |

C 表2はある生態系におけるエネルギー収支 ( $\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{年}$ ) の一部を示したものである。生産者の総生産量は  $480 \text{ J}/\text{cm}^2 \cdot \text{年}$  であった。

表2

	被食量	枯死 死亡量	呼吸量	成長量	不消化 排出量
生産者	72	12.0	100.0	296.0	—
一次消費者	15.0	1.9	19.5	29.2	6.4
二次消費者	0	1.6	6.7	4.9	1.8

問6 一次消費者の同化量として最も適当なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 6  $\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{年}$

- ① 13.2      ② 46.1      ③ 52.5      ④ 65.6      ⑤ 72.0

問7 二次消費者のエネルギー効率は一次消費者のエネルギー効率のおよそ何倍になるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 7 倍

- ① 0.7      ② 1.5      ③ 2.1      ④ 2.8      ⑤ 3.5