

令和6年度入学試験問題(後期)

理 科(生 物)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**1** から **3** までの3問題が印刷されていて、合計14ページある。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. **1** から **3** のすべての問題に解答すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

1 次の文章を読み、問(1)～(9)に答えよ。

生物の名前は学名によって表記される。学名を二名法によって表現する方法は、分類学の父とよばれる(①)によって確立された。生物の多様な種のうち類似したものは属にまとめられる。その上位は、科・目・(②)・門・界のように段階的に整理され、系統関係が理解されている。

生物の系統は長い間、動物界と植物界の2つに分けて認識されてきた。17世紀、レーヴェンフックは手製の顕微鏡を用いて微生物を観察したことにより、微生物学の父ともいわれている。ただし、この発見によっても生物の系統に関する考え方はすぐには変わらず、動物および植物以外の界として原生物界が認識されたのは、19世紀になってからだった。その後、原核生物と真核生物の異質性が明らかになり、原生物界に置かれていた細菌類はモネラ界として扱われるようになった(四界説)。自然界における生態的特徴を重視することで、菌類を独立した界として認める五界説も発表された。真核生物の細胞内にみられる、呼吸や光合成に関連する細胞小器官の一部が、原核生物に起源をもつという細胞内共生説も提唱されるようになった。この考えは、受け入れられるまでに時間がかかったが、さまざまな証拠が蓄積されたことにより現在では広く受け入れられている。

1977年にアメリカの(③)とフォックスは、細菌であると従来認識されてきたある生物群が、大腸菌などを含む一般的な細菌類とは大きく異なることを見だし、それを古細菌と名付けた。1990年に、(③)らは全生物を3つのドメインに分ける分類体系も提唱した。この考えも長い間批判的に受け止められてきたが、3ドメインの生物間の違いが明確になるにつれ容認されるようになってきた。以上のように、生物の進化や系統を理解するうえでは、いわゆる微生物をどのようにみなすかが鍵を握っていたといえる。微生物に関する研究やその利用は、生命科学や医学の発展にも大きく貢献した。

問(1) 文章中の空欄(①)と(②)に当てはまる語句をそれぞれ答えよ。

問(2) 100倍の対物レンズを使用した際、接眼マイクロメーターの1目盛りが $1\mu\text{m}$ である光学顕微鏡を用いて下線部Aを観察した。設問(a)と(b)に答えよ。

(a) 長さが 0.16mm である単細胞生物を40倍の対物レンズで観察した。このとき、細胞の長さは接眼マイクロメーターの何目盛り分であるか答えよ。

(b) 100倍の対物レンズを用いて、大腸菌を観察した。このとき、接眼レンズを通して見える像として最も適切なものを、図1の選択肢ア～エから1つ選べ。

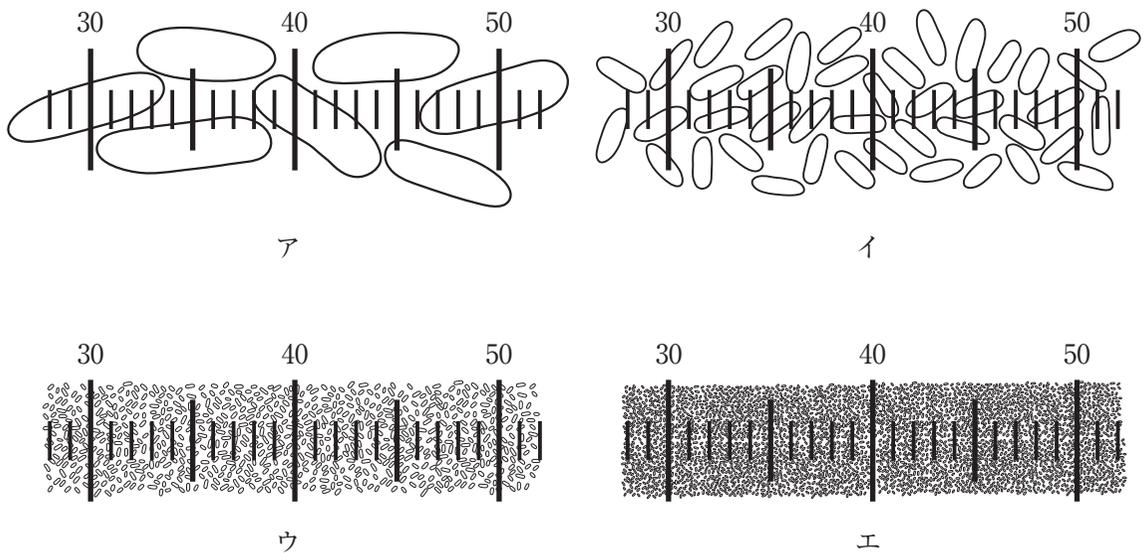


図1. 顕微鏡で観察した大腸菌

問(3) 下線部Bのうち、アカパンカビ(子のう菌門)とシイタケ(担子菌門)が有性生殖した場合に形成する胞子の図として最も適切なものを、図2の選択肢ア～カからそれぞれ1つ選べ。

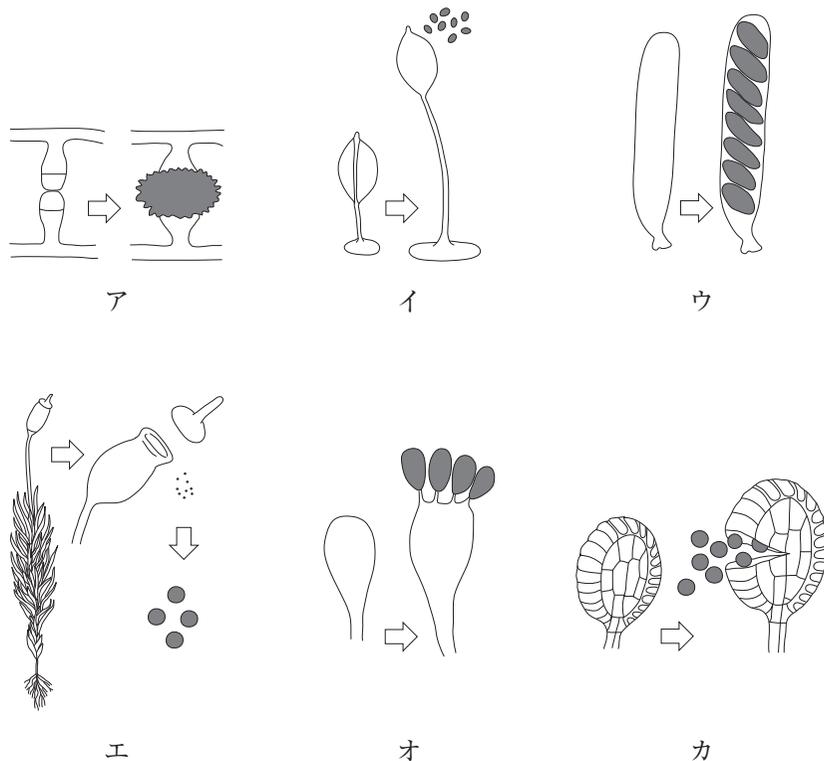


図2. さまざまな生物にみられる胞子(灰色部分)

問(4) 下線部CおよびDに関する2種類の細胞小器官については、原始的な真核生物に、ミトコンドリアのもととなる原始的な好気性細菌が共生したのち、一部ではさらに、葉緑体のもととなる原始的なシアノバクテリアが共生したことに由来すると考えられている。このような順番で細胞内共生したと考えられる理由について、55字以内で説明せよ。

問(7) 下線部Fに関する記述として適切なものを、下の選択肢ア～オからすべて選べ。

- ア. ドメインとは門より上位で、かつ界より下位の分類階級であり、超界ともよばれる。
- イ. 古細菌ドメインの生物は、強酸性の川や熱水噴出孔など極限環境から見いだされるほか、海や沼など身近な環境にも存在する。
- ウ. 原核生物という生物群は、同一の祖先に由来するすべての子孫からなる系統群である。
- エ. 植物界には、古細菌ドメインの生物が細胞内共生したことにより葉緑体となった原始的な系統が存在する。
- オ. 3ドメインのうち、細菌よりも古細菌の方が真核生物に近縁である。

問(8) 下線部Gに関する次の文章中の空欄(④)に当てはまる語句を答えよ。

ヒトのインスリン遺伝子を大腸菌のプラスミドに組み込むことで、糖尿病の治療に必要なインスリンを大腸菌で大量生産できるようになった。この技術では、ウイルスに感染した細菌が、ウイルスのDNAを切断し排除する際に用いる(④)というタンパク質が利用されている。

問(9) 下線部Gの例のうち、PCR法では、ある微生物に由来するDNAポリメラーゼを用いることで、目的のDNA断片を増幅させることができる。この酵素は元々どのような環境に生息する微生物から単離され、どのような特徴をもつためにPCR法に利用できるのかを、50字以内で説明せよ。

2 次の文章を読み、問(1)～(7)に答えよ。

ヒトの肝臓は体内で最も大きい臓器であり、体重の約 1/50 の重さを占める。肝臓は、(①)と呼ばれる基本単位から形成されている。肝臓には肝動脈、肝静脈に加え、胃や小腸などの消化管やひ臓から出る静脈を集めた(②)という血管が存在する。さらに肝臓は、A ビリルビンと胆汁酸を含むB 胆汁を排出するための(③)を有している。

肝臓の機能は多岐にわたっており、生体内の化学工場とも呼ばれる。肝細胞では、C カタラーゼなど多様な酵素がはたらき、さまざまな物質の合成や貯蔵、分解が行われている。肝臓は、D 血糖値の調節、血しょうタンパク質の合成と分解をはじめとした、生体にとって重要な役割を担っている。

問(1) 文章中の空欄(①)～(③)に当てはまる語句を答えよ。

問(2) 下線部Aは、ある生体物質が分解される過程で生じる物質である。この生体物質が何であるか答えよ。

問(3) 下線部Bは、肝臓から出て貯蔵、濃縮された後に排出される。これが貯蔵される臓器と排出される臓器をそれぞれ答えよ。

問(4) 下線部Cについて，設問(a)~(c)に答えよ。

- (a) カタラーゼはどのような化学反応を触媒する酵素か。化学反応式を示せ。
- (b) (a)の化学反応を加速する無機触媒を1つ答えよ。
- (c) 図1の実線Aおよび点線Bは，カタラーゼもしくは(b)の無機触媒を用いた化学反応のグラフを示している。どちらがカタラーゼを用いた反応か答えよ。またそのように判断した理由を次の3つの語句“一次構造”，“二次構造”，“三次構造”を用いて80字以内で説明せよ。

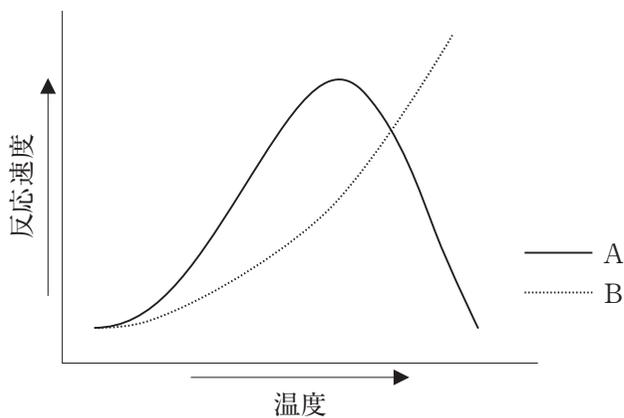


図1. 温度と反応速度の関係

問(5) 下線部Dについて，設問(a)と(b)に答えよ。

(a) 低血糖になった場合，肝臓ではどのような反応が起こると考えられるか。20字以内で説明せよ。

(b) 肝臓に対して(a)で解答した反応を促すホルモンとその分泌組織の組合せを2つ答えよ。

問(6) 肝硬変などの肝臓の機能が著しく低下する疾患では，意識障害やけいれんといった症状を示すことがある。この症状は，肝臓が正常に機能しないことで体内に蓄積する，ある有害物質が主な原因で引き起こされることがわかっており，その予防のためにはタンパク質の摂食制限が必要になる。それはなぜか，該当する有害物質名を含めて100字以内で説明せよ。

問(7) 肝細胞からDNAを精製し，塩基組成を調べた結果，チミンが28.7%含まれていることがわかった。このDNAに含まれているシトシンは何%か，四捨五入して小数第一位まで答えよ。

3 次の文章を読み、問(1)～(3)に答えよ。

生物の代謝は、同化と異化に大別することができる。同化はエネルギーを与えて単純な物質から複雑な物質を合成する反応であり、異化は複雑な物質を単純な物質に分解してエネルギーを取り出す反応である。呼吸では、解糖系によってグルコースをピルビン酸に分解したのち、クエン酸回路によってピルビン酸を二酸化炭素にまで分解する。この過程で放出されるエネルギーは、アデノシン二リン酸(ADP)と無機リン酸からアデノシン三リン酸(ATP)を合成する反応や、還元型補酵素である NADH と FADH₂ の生成に使われる。ミトコンドリアの電子伝達系では、NADH と FADH₂ の還元力を用いて酸素を水に還元すると同時に、ミトコンドリア内膜の内外に水素イオン濃度勾配(濃度差)を形成する。ミトコンドリアの ATP 合成酵素は、この水素イオン濃度勾配を利用して ATP を合成する。ミトコンドリアにおけるこのような代謝を酸化リン酸化という。合成された ATP は、例えばアミノ酸を多数結合させてタンパク質を合成する反応において消費される。このように、生物は環境中の物質からエネルギーを取り出し、そのエネルギーを用いて生体の構成に必要な多様な物質を合成する。また、植物は生体物質の合成に光エネルギーを利用することもできる。

問(1) 下線部 A～C について、設問(a)と(b)に答えよ。

- (a) 下線部 A～C に示した反応は、同化あるいは異化のどちらの作用か、それぞれ適切なものを答えよ。
- (b) 真核細胞において、下線部 A～C に示した反応が行われる細胞内の区画として最も適切なものを、下の選択肢ア～エからそれぞれ 1 つ選べ。

ア：核、 イ：細胞質基質、 ウ：ミトコンドリア、 エ：リボソーム

問(2) 下線部Dに関する次の文章を読み、設問(a)と(b)に答えよ。

植物は、光合成によって得られるエネルギーを利用して、多数の有機化合物を合成する。このとき、水と二酸化炭素の他にも、複数の物質を環境中から取りこむ必要がある。核酸、タンパク質、クロロフィルの合成には、窒素を含む化合物の獲得が不可欠である。DNA と、タンパク質のほとんどは、窒素の他にもそれぞれ異なる元素を含むため、これらの元素を含む物質の取りこみも重要である。

(a) DNA とタンパク質に含まれる元素として最も適切なものを、下の選択肢ア～エからそれぞれ1つ選べ。

ア：カリウム、 イ：リン、 ウ：硫黄、 エ：ヨウ素

(b) 下線部Eについて、植物が窒素を含む化合物を得る仕組みとして適切なものを、下の選択肢ア～エから2つ選べ。

ア. マメ科植物は、根粒菌が窒素固定により得たアンモニウムイオンを利用する。

イ. マメ科植物は根粒菌に寄生して、窒素を含む化合物を得る。

ウ. 多くの植物は、硝酸還元酵素と亜硝酸還元酵素のはたらきによって、気孔から取り入れた空気中の窒素をアンモニウムイオンに変換することができる。

エ. 多くの植物は、土壌中の硝酸イオンを取り入れて有機物の合成に利用する。

問(3) 植物の光合成に関する以下の文章を読み、設問(a)～(e)に答えよ。なお、設問(b)～(d)において、空欄の同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

植物における光合成は、光エネルギーを利用して生成された NADPH と ATP のエネルギーを用いて、糖を合成する代謝系である。葉緑体では、チラコイド膜上に配置されたタンパク質複合体(図1)によって電子伝達が行われる。

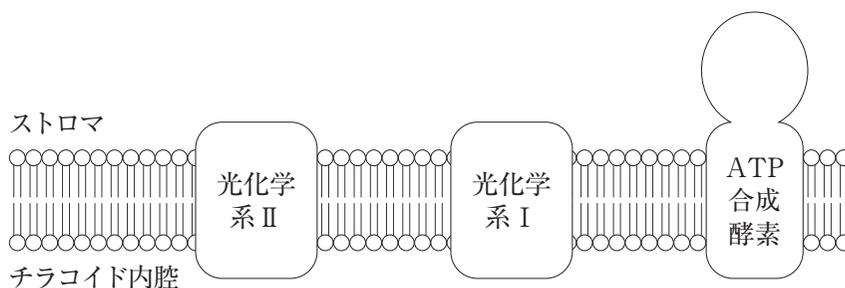


図1. チラコイド膜上のタンパク質複合体の模式図

チラコイド膜上のタンパク質複合体のうち、光エネルギーを吸収して反応するのはクロロフィルを結合した光化学系 I と光化学系 II である。光化学系 II は、光エネルギーを用いて水を分解し、チラコイド内腔(チラコイドの内側)に水素イオンを放出するとともに、光化学系 I に電子を受け渡す。この反応は、次の反応式 X で表される。



4 個の電子が光化学系 II から光化学系 I に受け渡される過程において、8 個の水素イオンがストロマからチラコイド内腔へと輸送される。光によって活性化された光化学系 I は、光化学系 II から受け取った電子と同じ数の電子を放出し、ストロマ側で NADP^+ を還元して NADPH を生成させる。この反応は、次の反応式 Y で表される。



光が当たっているとき、反応式 X と、光化学系 II から光化学系 I への電子伝達にともなう水素イオンの移動によって、水素イオンの濃度はチラコイド内腔のほうがストロマよりも高くなる。この濃度勾配に応じて、水素イオンは ATP 合成酵素の中を通過する。このとき ATP 合成酵素の構造が変化し、ADP がリン酸化されることで ATP が合成される。この反応は、次の反応式 Z で表される。



反応式 Y と Z によって合成された NADPH と ATP は、葉緑体のストロマにおいて カルビン・ベンソン回路 を駆動する。
F

- (a) 下線部 F について、カルビン・ベンソン回路の中で、二酸化炭素とリブローズ 1,5-ビスリン酸(リブローズ二リン酸)から 3-ホスホグリセリン酸を合成する反応を触媒する酵素の略称を、カタカナ 4 文字で答えよ。
- (b) 電子伝達と ATP 合成に関して、問(3)の説明文と化学反応式を参照しながら、次の文章中の空欄(①)～(⑤)に当てはまる数字を、それぞれ整数で答えよ。

光化学系 II で 2 分子の水が分解されるとき、(①)個の電子が放出されるとともに、(②)分子の水素イオンがチラコイド内腔に放出される。(①)個の電子が光化学系 II から光化学系 I に受け渡される過程で、ストロマからチラコイド内腔へと移動する水素イオンは(③)分子である。水分解で生じた(①)個の電子がすべて NADP^+ の還元に使われるとき、NADPH は(④)分子生成される。この過程を全体としてみると、2 分子の水が分解された結果、(④)分子の NADPH が生成されるとともに、チラコイド内腔において水素イオンが(⑤)分子増加する。(⑤)分子の水素イオンは、ATP 合成酵素による ATP の合成に用いられる。

(c) カルビン・ベンソン回路に関して、図2を参照しながら下の文章中の空欄(⑥)と(⑦)に当てはまる数字を、それぞれ整数で答えよ。

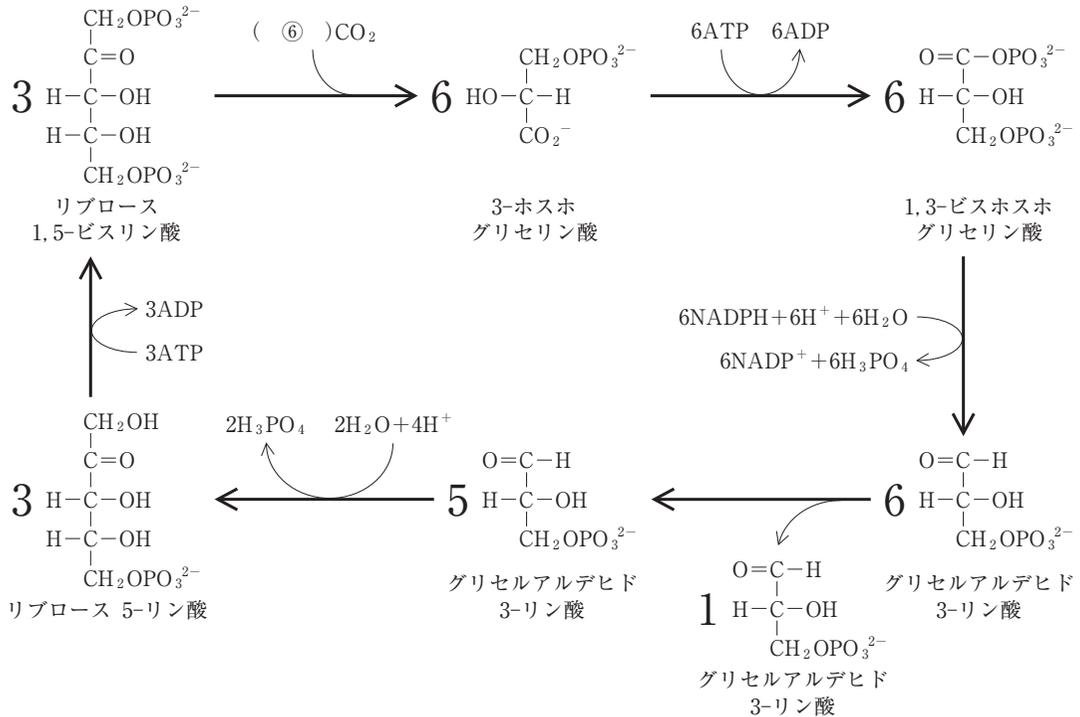


図2. カルビン・ベンソン回路における反応の概要

炭素化合物の構造式の左側に反応に関わる分子数を示した。

(⑥)には問題文中と同じ数字が入る。

グリセルアルデヒド 3-リン酸は、葉緑体における光合成産物として糖や他の有機物の合成に利用される。カルビン・ベンソン回路によって1分子のグリセルアルデヒド 3-リン酸を新しく合成するためには、(⑥)分子の二酸化炭素が必要とされる。(⑥)分子の二酸化炭素が取りこまれて1分子のグリセルアルデヒド 3-リン酸が新しく合成され、リブロース 1,5-ビスリン酸が再生されるすべての過程で消費される NADPH は6分子、ATP は(⑦)分子である。

- (d) 電子伝達, ATP 合成とカルビン・ベンソン回路の関係性について, 次の文章中の空欄(⑧)に当てはまる数字を整数で答えよ。なお, 問題文中に示された反応以外の影響については考えないものとする。

チラコイド膜における 2 分子の水分解の結果生じる NADPH は(④) 分子, ATP 合成に用いられる水素イオンは(⑤) 分子である。また, 1 分子のグリセルアルデヒド 3-リン酸の合成に必要な NADPH は 6 分子, ATP は(⑦) 分子である。カルビン・ベンソン回路に必要な NADPH と ATP の量比と, 電子伝達と ATP 合成において生成される NADPH と ATP の量比を正確に釣り合わせるためには, ATP 合成酵素は(⑧) 個の水素イオンが通過するごとに 1 分子の ATP を合成する必要がある。実際には, 葉緑体 ATP 合成酵素の効率がこの値よりも低いため, 植物は NADPH と ATP の生成比率を調節する仕組みを発達させている。

- (e) 光合成を行っている植物に, 光を遮る覆いをかぶせた。この後, 10 分程度の中に, 葉緑体においてチラコイド膜内外の水素イオン濃度勾配はどのように変化するか。そのように考える理由を含めて, 次の語句(順不同)をすべて用いて 90 字以内で説明せよ。なお, 問題文中に記述されていない反応が, 水素イオン濃度や電子伝達, ATP 合成に与える影響は無視できるものとする。

電子伝達 ATP 合成
