

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{1}{12}$

I 次の文章を読み、問いに答えよ。

生物に共通する特徴として、そのからだは細胞が基本単位であることや、生殖によって、その種の遺伝情報をもつDNAを受け継ぐことなどが挙げられる。それぞれの生物種に固有の染色体セットに含まれるすべての^(ア) 遺伝情報を（ 1 ）といい、その生物の生殖細胞1個がもつ遺伝情報に相当する。ヒトの場合、体細胞には2セットの（ 1 ）が含まれている。

大腸菌は、からだが1つの細胞でできた単細胞生物であり、核をもたない（ 2 ）生物である。大腸菌では、（ 1 ）に含まれる遺伝子のすべてが常に発現しているのではなく、自身が置かれた環境によって異なる遺伝子が発現している。大腸菌は、培地に^(イ) グルコースが与えられているとき、ラクトースオペロンに属する遺伝子群の発現が抑制されている。しかし、グルコースがなく、^(ウ) ラクトースのみが与えられた培地に移されると、ラクトースオペロンの発現が誘導される。

ラクトースオペロンが発現するときには、転写を行う酵素である（ 3 ）が、DNA上の（ 4 ）とよばれる領域にまず結合する。このとき、DNA上の（ 5 ）とよばれる領域から、転写の調節にはたらくタンパク質である（ 6 ）が外れていることが必要である。

問1 上の文章の（ ）に適切な語句を入れよ。

問2 下線部（ア）に関して、次の問いに答えよ。

遺伝情報の実体は、DNAの塩基配列である。DNAを構成する2本のヌクレオチド鎖のうち一方のヌクレオチド鎖の方向性は、図1のように模式的に示すことができる。ただし、図1中の「5′」は5′末端側、「3′」は3′末端側を示している。また、図1では、DNAの立体構造については示していない。

5′————— 3′

図1

(a) 解答欄の（ ）に、図1と相補的なヌクレオチド鎖の方向性（5′または3′）を入れよ。

(b) 図1中の5′や3′は、DNAのヌクレオチドに含まれるある構成成分中の炭素原子につけられた番号にもとづいている。この構成成分の名称を答えよ。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{2}{12}$

問3 下線部(イ)に関して、グルコースのみが構成単位となっている炭水化物を、次の①～⑥の中から3つ選んで、番号で答えよ。

- ① グリコーゲン ② セルロース ③ スクロース
④ マルトース ⑤ グリセリン ⑥ 脂肪酸

問4 下線部(ウ)に関して、次の問いに答えよ。

- (a) ラクトースオペロンには、3つの遺伝子が属する。ラクトースオペロンが発現した時に作られる転写産物とタンパク質は何種類か。それぞれ答えよ。
- (b) ラクトースオペロンの発現が異常となった次の2種類の突然変異形質を示す大腸菌(突然変異体Ⅰ・突然変異体Ⅱ)が単離された。ただし、いずれの変異体もラクトースオペロンの構造遺伝子や、転写を行う酵素のDNA上の結合領域(上の文章の(4))に異常はなかった。

突然変異体Ⅰ ラクトースの有無に関わらず、常にラクトースオペロンが発現していた。

突然変異体Ⅱ ラクトースの有無に関わらず、常にラクトースオペロンが発現していなかった。

突然変異体Ⅰと突然変異体Ⅱが突然変異形質を示す理由について、生じた突然変異に触れながら、それぞれ簡潔に説明せよ。ただし、複数の可能性が考えられる場合は、そのうちの1つについて説明すればよく、上の文章の()に入る語句を用いる場合は、文章中の番号を用いてもよい。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{3}{12}$

Ⅱ 次の文章を読み、問いに答えよ。

(ア) 世界には、その地域の気候に対応してさまざまなバイオームが形成されている。気候を決定するおもな要因は、一般に年降水量と年平均気温であり、熱帯や温帯において十分に降水量が多い地域には (1)、やや乾燥した地域には (2)、極端に乾燥した地域には (3) が成立する。また、(3) は、極端に低温の寒帯地域にも成立する。

(イ) 日本でも、各地域の気候に応じてさまざまなバイオームがみられる。日本では、各地で (1) が成立するのに十分な降水量があるため、おもに気温に応じてバイオームが決定される。日本のバイオームは、月平均気温のうち (4) °C以上の各月について、月平均気温から (4) を差し引いた数値を足し合わせた (5) を指標として整理することができる。なお、(4) °Cは、植物の成長や繁殖がうまくできる下限の温度を (4) °Cと考え、導かれた数値である。

図2は、世界のおもなバイオームと気候の関係を示したものである。

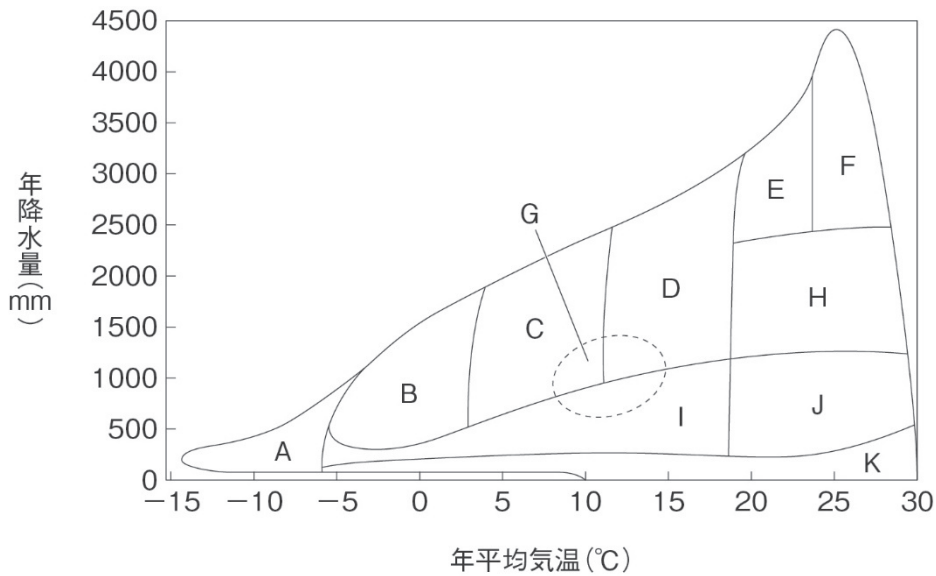


図2

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{4}{12}$

問1 上の文章の()に適切な語句を入れよ。ただし、(4)は、整数で答えよ。

問2 下線部(ア)に関して、次の問いに答えよ。

(a) 図2中のCとHのバイオームに共通する特徴について、バイオームを構成する植物の共通した特徴に触れながら、簡潔に説明せよ。

(b) 図2中のIとJのバイオームの相観上の相違について、簡潔に説明せよ。

問3 下線部(イ)に関して、次の問いに答えよ。

(a) 次の(1)～(3)の日本の各地点の海岸線近くでみられるバイオームとして最も適当なものの記号を、図2中のA～Kの中からそれぞれ1つずつ選んで答えよ。また、そのバイオームの名称の番号を、次の①～⑥の中からそれぞれ1つずつ選んで答えよ。

(1) 石垣市(沖縄県) (2) 高知市(高知県) (3) 宮古市(岩手県)

① 針葉樹林 ② 夏緑樹林 ③ 照葉樹林 ④ 熱帯多雨林
⑤ 亜熱帯多雨林 ⑥ 雨緑樹林

(b) (a)の(1)～(3)の各地点のバイオームを構成するおもな樹種として最も適当なものを、次の①～⑧の中からそれぞれ1つずつ選んで答えよ。

① アラカシ ② アカマツ ③ ヘゴ ④ エゾマツ
⑤ コメツガ ⑥ ブナ ⑦ ヤシャブシ ⑧ シラビソ

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{5}{12}$

Ⅲ 次の文章を読み、問いに答えよ。

酵母は、呼吸とアルコール発酵の両方を行うことができる生物である。呼吸のうち、解糖系は（ 1 ）で、クエン酸回路と電子伝達系は^(ア) ミトコンドリアで、それぞれ進行する。解糖系では、グルコースは^(イ) ピルビン酸に分解される。解糖系で生じたピルビン酸は、ミトコンドリアに運ばれ、（ 2 ）となつてから^(ウ) オキサロ酢酸と反応して^(エ) クエン酸になる。クエン酸は、（ 3 ）反応によって炭素数を減少させ、ケトグルタル酸やコハク酸などを経て、再びオキサロ酢酸に戻る。^(オ) この過程で獲得された還元力を利用して、^(カ) 電子伝達系を駆動させ、多くのATPが合成される。

^(キ) アルコール発酵は、酸素を用いない代謝系で基質を不完全にしか酸化できないため、基質あたりのATP合成効率が低い。しかし、酵母が常に酸素を利用できる環境にあるわけではなく、呼吸に加えてアルコール発酵も行えることは、酸素の有無に関わらず異化を進行させられるという点で意義があるといえる。

問1 上の文章の（ ）に適切な語句を入れよ。

問2 下線部（ア）に関して、電子顕微鏡でミトコンドリアを観察した場合の模式図を、生体膜の構造に注意してかけ。また、図中に、クエン酸回路と電子伝達系が進行するミトコンドリアの部位をそれぞれ矢印で示し、その部位の名称をそれぞれ示せ。

問3 下線部（イ）～（エ）の物質が1分子あたりに含む炭素原子の数を、それぞれ答えよ。

問4 下線部（オ）に関して、還元力とは還元型の補酵素や還元型の電子受容体を示している。還元型の補酵素または還元型の電子受容体の名称を、2つ答えよ。ただし、解答は省略された表記でよいが、結合する水素原子の数に注意せよ。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{6}{12}$

問5 下線部(カ)に関して、ミトコンドリアで進行する電子伝達系が関係するATP合成とよく似たしくみで、葉緑体でもATPが合成される。次の【葉緑体で進行するATP合成のしくみ】の文章を読み、葉緑体で進行するATP合成のしくみとの相違点に注意しながら、ミトコンドリアで進行する電子伝達系が関係するATP合成のしくみについて、簡潔に説明せよ。

【葉緑体で進行するATP合成のしくみ】

電子伝達系を構成するタンパク質群を流れる電子のエネルギーを利用して、 H^+ がストロマからチラコイド内腔へ能動的に運ばれることで、チラコイド膜を介した H^+ の濃度勾配が形成される。チラコイド膜上のATP合成酵素を介してチラコイド内腔からストロマ側へ H^+ が拡散するときに、ATPが合成される。このような、光エネルギーを用いてATPを合成する反応は、光リン酸化とよばれる。

問6 下線部(キ)に関して、酵母が行うアルコール発酵によって、ある量のグルコースがすべて消費されたものとする。次の問いに答えよ。

- (a) アルコール発酵の化学反応式を答えよ。ただし、すべて化学式で示し、エネルギーの出入りは考慮する必要はない(ATPについて示す必要はない)。
- (b) 同量のグルコースがすべて呼吸によって消費された場合に獲得されるATP量は、アルコール発酵によって獲得されるATP量の何倍になるか。ただし、呼吸は最大のATP合成効率で進行したものとし、整数で答えよ。

問7 発酵には、アルコール発酵以外に、乳酸発酵もある。乳酸発酵の化学反応式を答えよ。ただし、すべて化学式で示し、エネルギーの出入り(ATP)についても示すこと。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{7}{12}$

IV 次の文章を読み、問いに答えよ。

ヒトには、自己と非自己を区別して非自己を排除する免疫のしくみが備わっている。このしくみが顕著にみられるものに、適応免疫（獲得免疫）がある。^(ア) 角質層による（ 1 ）防御、^(イ) 酵素や酸による（ 2 ）防御をくぐり抜けて体内に侵入した病原体は、食作用のような（ 3 ）免疫によって排除される。（ 3 ）免疫と適応免疫は密接に関わっており、その橋渡し役の細胞としては（ 4 ）が重要である。（ 4 ）は^(ウ) 食作用で取り込んだ病原体（抗原）の断片を^(エ) 細胞表面のタンパク質に結合させる。（ 5 ）に移動した（ 4 ）の行う抗原提示は、（ 6 ）に認識されるが、体液性免疫の場合には、特に（ 6 ）の一種である（ 7 ）による認識が重要である。活性化した（ 7 ）は（ 8 ）を分泌して、^(オ) 自身が認識できる抗原と同一抗原に対する抗体を産生することができる（ 9 ）を選択的に活性化させる。活性化された（ 9 ）は増殖し、形質細胞（抗体産生細胞）へと分化する。形質細胞は^(カ) 抗原に特異的な抗体を産生する。抗体は抗原の表面構造を認識して、抗原抗体反応を起こす。抗原と抗体の複合体は、最終的に大形の食細胞である（ 10 ）の食作用によって処理される。

問1 上の文章の（ ）に適切な語句を入れよ。

問2 下線部（ア）に関して、ヒトの皮膚の角質層や毛髪に多数含まれ、多くのS-S結合（ジスルフィド結合）を含む繊維状のタンパク質の名称を答えよ。また、この繊維状のタンパク質などのタンパク質が集合してできた、非常に強度がある細胞骨格の名称を答えよ。

問3 下線部（イ）に関して、ヒトの皮膚や粘膜からの分泌物に含まれ、細菌の細胞壁を分解する酵素の名称を答えよ。

問4 下線部（ウ）に関して、細胞膜を陥入させて小胞を形成し、細胞外の物質を細胞内に取り入れる作用は、免疫応答以外の場面でもみられる。この作用は、一般に何とよばれるか。

問5 下線部（エ）に関して、この抗原提示に利用される細胞表面のタンパク質は何とよばれるか。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{8}{12}$

問6 下線部(オ)に関して、活性化した(7)が、自身が認識できる抗原と同一抗原に対する抗体を産生することができる(9)を選択的に活性化させるしくみについて説明した次の文章の【 X 】に入る適切な記述を、簡潔に答えよ。ただし、文章中の(7)と(9)は、上の文章に入る語句と同じものである。

(9)は細胞表面にもつある種のタンパク質によって特定の抗原を認識しており、(9)は認識した抗原を【 X 】。すなわち、(9)は、抗原提示細胞としてはたらくことができる。そして、この抗原提示が(7)のもつ細胞表面のタンパク質によって特異的に認識される。

問7 下線部(カ)に関して、抗体は体液によって全身に運ばれていく。血液以外の体液の名称を、2つ答えよ。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{9}{12}$

V 次の文章を読み、問いに答えよ。

常温・常圧のヒトの生体内で、円滑に化学反応が進行するためには、酵素のはたらきは欠かせない。酵素は（ 1 ）の一種であるため、反応の前後で自身が変わることはない。また、基質といったん（ 2 ）を形成して、化学反応の進行に必要な（ 3 ）を低下させることで反応速度を大きくする。

ヒトから採取したトリプシンを用いて一定濃度のトリプシン溶液を作製した。一定量のトリプシンの基質が、トリプシンのはたらきによって分解されていくとき、時間経過に伴う基質の残存量を調べる実験1を行った。図3は、実験1の結果を示している。トリプシンは、すい液に含まれる（ 4 ）酵素で、（ 5 ）を分解する。ペプシンはトリプシンと同様に（ 5 ）を分解する（ 4 ）酵素であり、おもに（ 6 ）の中ではたらく。だ液中に含まれるアミラーゼは、（ 7 ）を分解する。酵素によって分解する基質が異なることを基質（ 8 ）という。

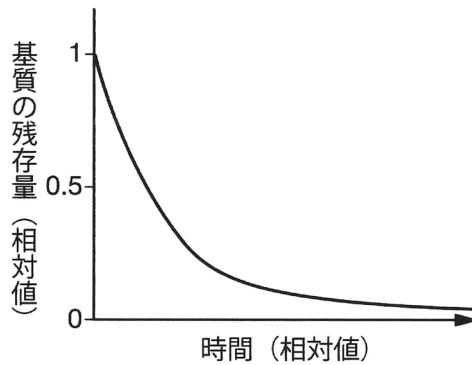


図3

問1 上の文章の（ ）に適切な語句を入れよ。

問2 図4は、酵素を含む溶液のpHが、酵素のはたらきに与える影響を示している。図4の①～④の中から、トリプシン、ペプシン、アミラーゼを示しているものをそれぞれ選んで、その番号を答えよ。

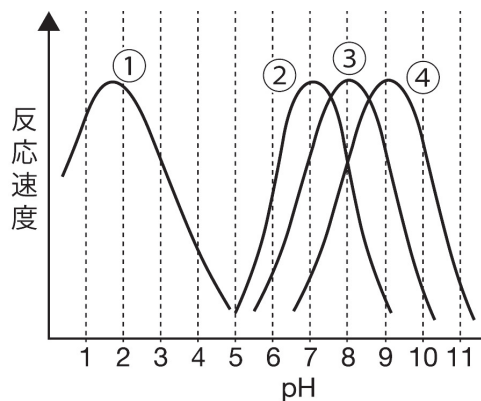


図4

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{10}{12}$

問3 実験1で用いたもの(図3の結果が得られる反応液)と同じ反応液を用いて、トリプシンの活性部位と本来の基質と同程度に結合性を示すが、トリプシンのはたらきは受けない物質Yを入れた。それ以外の反応条件は、実験1の条件から変更しておらず、物質Yとトリプシンの活性部位との結合は可逆性があるものとする。次の問いに答えよ。

(a) 実験1で用いたものと同じ反応液を用いて、物質Yを入れたとき、どのようなグラフが得られると考えられるか。解答欄に実線でかけ。ただし、解答欄の図中の点線は、図3のグラフと同じものである。

(b) 物質Yの作用は、一般に何とよばれるか。

問4 実験1で用いたものと同じ反応液を用いて、次の(a)・(b)のように条件を変更したとき、それぞれどのようなグラフが得られると考えられるか。解答欄に実線でかけ。ただし、解答欄の図中の点線は、図3のグラフと同じものである。また、(a)・(b)に示す条件以外は、実験1の条件から変更していないものとする。

(a) トリプシン濃度を半分にした。

(b) トリプシンの基質の量を半分にした。

問5 次に、トリプシン溶液を用いて、トリプシンの基質濃度(以下、基質濃度とする)を段階的に変更し、それぞれの基質濃度における反応速度を調べる実験2を行った。図5は、実験2の結果を示したものである。下の問いに答えよ。

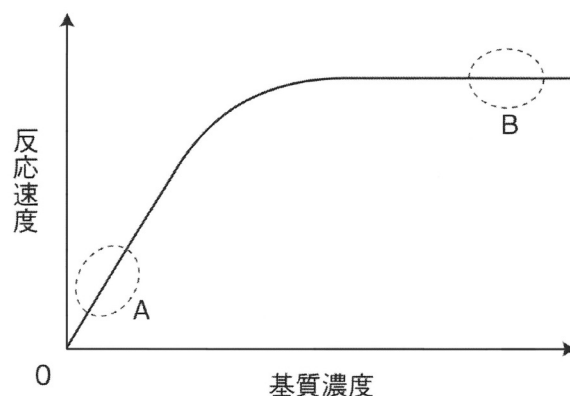


図5

(a) 図5中のAで、基質濃度にほぼ比例して反応速度が大きくなっている理由を、簡潔に説明せよ。

(b) 図5中のBで、基質濃度を高くしても反応速度が変化しない理由を、簡潔に説明せよ。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{11}{12}$

VI 次の文章を読み、問いに答えよ。

腎臓は、老廃物の排出器官であり、体液の塩類濃度の調節器官でもある。ヒトの場合、腎臓を構成する基本単位である（ 1 ）は、腎臓1つあたり約100万個存在する。（ 1 ）は、毛細血管が球状に密集した（ 2 ）を（ 3 ）が取り囲んだ（ 4 ）、さらにそれに続く（ 5 ）から構成される。

表1は、ある健康な成人の血しょう中、原尿中および尿中の成分（mg/100mL）を示したものである。このヒトの尿量は、1日あたり2Lであることがわかっている。ただし、表1中のイヌリンとは、キクイモという植物の地下部から得られた多糖類である。イヌリンを静脈に注射すると、血しょう中から原尿中へすべてろ過されるが、再吸収されずにただちに尿中に排出される。

表 1

| 成分 | 血しょう | 原尿 | 尿 |
|-----------------|------|-----|-------|
| タンパク質 | 7000 | 0 | 0 |
| グルコース | 100 | 100 | 0 |
| 尿素 | 30 | 30 | 2000 |
| 尿酸 | 2 | 2 | 50 |
| Na ⁺ | 300 | 300 | 300 |
| K ⁺ | 17 | 17 | 147 |
| Cl ⁻ | 365 | 365 | 600 |
| イヌリン | 100 | 100 | 12000 |

問1 上の文章の（ ）に適切な語句を入れよ。

問2 タンパク質が原尿中に検出されない理由を、物質の大きさにも触れながら、簡潔に説明せよ。

問3 グルコースが尿中に検出されない理由を、からだへの必要性にも触れながら、簡潔に説明せよ。

問4 尿中に含まれる表1中の無機塩類の成分（Na⁺、K⁺、Cl⁻）のうち、最も濃縮率が高い成分を答えよ。また、その濃縮率はいくらか。ただし、必要な場合は小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで答えよ。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

生 物 $\frac{12}{12}$

問5 このヒトにおいて、1日あたりの原尿量は何Lか。ただし、必要な場合は小数第1位を四捨五入し、整数で答えよ。

問6 このヒトにおいて、 Na^+ の1時間あたりの再吸収量は何gか。ただし、必要な場合は小数第1位を四捨五入し、整数で答えよ。

問7 このヒトにおいて、 K^+ の再吸収率は何%か。ただし、必要な場合は小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで答えよ。

問8 このヒトにおいて、原尿中に含まれていた水のうち、何%が尿へ排出されたか。ただし、必要な場合は小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで答えよ。

問9 ヒトの場合、尿素は体内においてどの物質に由来し、どの器官で生成され、どのような経路で体内を移動するか。次の用語をすべて用いて簡潔に説明せよ。

分解, 脱アミノ反応, 血液, 尿中へ排出