

4 3 4 4 4 5 【理学部】

理 科 問 題

2024(令和6)年度

【注意事項】

- 理科は2科目を解答すること。試験時間は2科目合計で180分である。
- 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
- この問題冊子の印刷は1ページから15ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に9枚はさみこんである。

科 目	問 題	解答用紙
物 理	1ページから6ページ	3枚(43-1, 43-2, 43-3)
化 学	7ページから10ページ	3枚(44-1, 44-2, 44-3)
生 物	11ページから15ページ	3枚(45-1, 45-2, 45-3)

- 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
- 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること(1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所)。
- 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
- 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
- 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
- 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること(提出方法については、試験終了後の指示に従うこと)。
- 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
- 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び、指示に従うこと。
- 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

45 生物

11 ページから 15 ページ

[I] 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えなさい。

動物の(A)呼吸では、その過程で電子伝達系がはたらき、ATPが合成される。ATPは生体内におけるエネルギーのやりとりの仲立ちとしてはたらいている。ATPがADPとリン酸になるときに放出されるエネルギーは、生体内での物質の合成・筋肉の収縮・(B)能動輸送・発光などのさまざまな生命活動を進めるために使われる。

植物の(C)葉緑体で行われる光合成は、太陽の光エネルギーを利用してATPを合成し、合成したATPを利用して、外界から取り入れた二酸化炭素からデンプンなどの有機物をつくる。光合成の過程は、葉緑体の内部に存在するチラコイド膜とストロマのそれぞれでおこる2つの反応に分けられる。

(1) 下線部(A)の過程である解糖系とクエン酸回路における以下の反応式を完成させなさい。

また、それぞれの反応で、グルコース1分子あたり何分子のATPがつくられるか答えなさい。



(2) 下線部(B)を行うナトリウムポンプについて、その物質輸送のしくみがどのようなものか、80字以内で説明しなさい。

(3) 下線部(C)に含まれる光合成色素の名称を4種類答えなさい。

(4) 植物はさまざまな受容体によって、環境の変化を感じる。植物がもつ光受容体の名称を3種類答えなさい。また、それぞれの光受容体が何色の光を主に吸収するか答えなさい。

(5) ホウレンソウの葉を照度1万ルクスの光の下に置き、二酸化炭素の吸収量を測定すると、葉面積 100 cm^2 あたり毎時20mgであった。また、ホウレンソウの葉を暗所に置き、二酸化炭素の放出量を測定すると、葉面積 100 cm^2 あたり毎時5mgであった。葉面積 220 cm^2 のホウレンソウの葉を1万ルクスの光の下に8時間置いた後、暗所に10時間置いたとき、光合成の結果生じる有機物がグルコースのみであると仮定した場合、ホウレンソウの葉は何mgのグルコースをつくるか、計算過程を示して答えなさい。原子量はH=1, C=12, O=16とし、答えは小数点以下第1位まで求めなさい。

[II] 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えなさい。

問題文 1

メタン酸化細菌は、空気中のメタンを酸化することで得られた(A)ホルムアルデヒド(CH_2O)をさらに複数回の酸化反応によって二酸化炭素と水に分解する。その過程で放出されたエネルギーは、ATPの合成などに用いられる。また、ATPの分解などから得たエネルギーを用いて、(B)ホルムアルデヒドからアミノ酸などを合成する。そのため、メタンを栄養源として与えた培地を用いて、メタン酸化細菌を増殖させることができる。そこで実験者は、環境中から採集したメタン酸化細菌を液体培地が入ったガラス容器に入れ、100 mg/L のメタンを含む 50 mL の空気と共に密閉し、培養装置内でこれを培養した。その後、容器内の空気中のメタン濃度および液体培地中の細胞数を 1 日ごとに測定した。その結果、培地中の細菌は、図 1 のように、はじめは指指数型の増加を示したが、容器内のメタン濃度の減少に伴って(C)増加の速度が緩やかになり、細胞数は S 字型の曲線を描くように変動した。

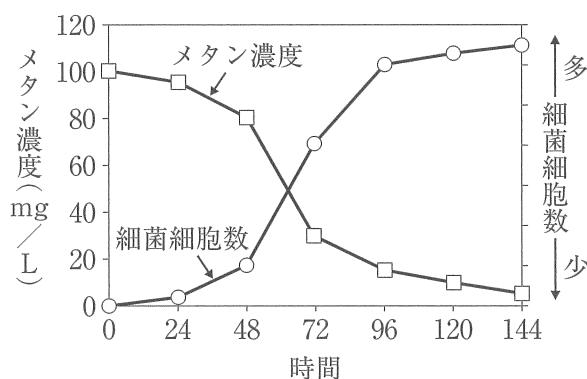


図 1 ガラス容器内のメタン濃度とメタン酸化細菌細胞数の時間ごとの変動

- (1) 下線部 (A) および (B) は、それぞれ同化・異化のどちらの作用を表しているか答えなさい。
- (2) 下線部 (C) について、培地中の細菌の細胞数の増加速度がしだいに緩やかになった理由として、容器内のメタンの減少以外に考えられるものを 60 字以内で説明しなさい。
- (3) 図 1 に示す結果を基に、この細菌が最も活発に増殖していた期間に容器内のメタンが消費された速度を計算した。その値として適当なものを以下の①～⑤から選び、番号で答えなさい。ただし、細菌のはたらきや測定操作によって生じる、ガラス容器内の空気や液体培地の体積の増減は無視できるものとする。
- ① 0.05 mg/時間 ② 0.10 mg/時間 ③ 1.04 mg/時間
④ 2.08 mg/時間 ⑤ 2.50 mg/時間

問題文 2

つづいて実験者は、このメタン酸化細菌のゲノムを解読し、この細菌がもつメタン酸化に関する遺伝子について調査をおこなった。その結果、メタン酸化酵素(メタンモノオキシゲナーゼ)を構成する3つのタンパク質をそれぞれコードすると推定される遺伝子 x , y , z が見つかった。それぞれ隣接して存在しているこの3つの遺伝子は、共通の調節遺伝子のはたらきによりまとめて転写調節を受ける a と呼ばれる遺伝子群であると考えられた。このうち遺伝子 x は、開始コドンの最初の塩基から終止コドンの最後の塩基までの長さが774塩基対であった。一般に、細菌を含む(D)原核生物では真核生物とは異なり、遺伝子配列の中にアミノ酸配列の情報を持たない b と呼ばれるDNA部分を含むことが無いため、遺伝子 x は終止コドンを除いた各コドンが指定する c 個のアミノ酸からなるタンパク質をコードしていると推定された。遺伝子 x , y , z について、別の細菌株がもつ既知のメタン酸化酵素の遺伝子と塩基配列を比較したところ、(E)既知のメタン酸化酵素の遺伝子のある1箇所の塩基「C」が遺伝子 x では塩基「A」に置き換わっていたことがわかった。

(4) 文章中の空欄 a ~ c に入る適当な語句もしくは数字を答えなさい。

(5) 下線部(D)に関する以下の文章を読み、文章中の空欄 d ~ h に入る適当な語句を答えなさい。

原核生物の細胞では d と細胞質の区別が無く、細胞質基質中に存在するDNAから転写されたRNAは e と呼ばれる加工を受けることなくそのまま f としてはたらくことができる。なおかつ、転写途中の f に g が付着し、転写と h がほぼ同じ場所で同時に起こるため、効率よくタンパク質合成をおこなうことができる。

(6) 下線部(E)について、遺伝子 x は既知のメタン酸化酵素の遺伝子と塩基配列が異なっていたが、この細菌はメタンを栄養源として利用し増殖できたことから、遺伝子 x , y , z から発現されるタンパク質が構成する酵素はメタン酸化酵素としての機能を失っていないと実験者は予想した。遺伝子配列中の1塩基が置換する変異(塩基「C」→塩基「A」)が生じた場合でも発現されたタンパク質の機能が変わらなかった理由を、以下の遺伝暗号表を参考にしながら2つ予想し、それぞれ70字以上100字以内で説明しなさい。

表1 遺伝暗号表(一部を抜粋)

UUU	フェニルアラニン	UCU		UAU	チロシン	UGU	システイン
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	ロイシン	UCA	セリン	UAA	終止コドン	UGA	終止コドン
UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン

[III] 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えなさい。

問題文 1

脊髄反射の例としてヒトの膝蓋腱反射がある。ひざのすぐ下を軽くたたいたとき、ひざ上にある伸筋がわずかに伸ばされる。この長さの変化を伸筋の中央にある筋紡錘にまきついた
a ニューロンが感知し興奮する。この興奮が脊髄の b 根を経て脊髄内にある
c ニューロンへと伝えられる。この c ニューロンの興奮が、ひざ上の伸筋へと興奮を伝えることにより、伸筋が収縮して足がはね上がる。このとき、a ニューロンの軸索は脊髄内で枝分かれして、c ニューロンとは別の d ニューロンを興奮させる。この d ニューロンは先ほどの c ニューロンとは別の e ニューロンとシナプスをつくるが、このシナプスは e 性シナプスであるため、このニューロンが接続する屈筋は収縮しない。このようなしくみが、伸筋と屈筋が同時に収縮して足がこわばることを防いでいる。

- (1) 文章中の空欄 a ~ e に入る適当な語句を答えなさい。
- (2) 運動神経が興奮して、神經筋接続を経て筋肉を収縮させるときに、運動神経の末端から放出される物質は何か答えなさい。また、この物質に対する筋肉がもつ受容体は、どのようなしくみで細胞膜を脱分極させるのか、75字以内で説明しなさい。
- (3) (2)の現象が筋肉の表面で起きたとき、この脱分極を筋肉内部に伝えるしくみと、そのしくみにより筋肉内部に生ずる変化を90字以内で説明しなさい。

問題文 2

筋肉はさまざまな遺伝子のはたらきによってつくり上げられている。それらの遺伝子に先天的な欠損や変異が存在すると、先天性ミオパチーと総称される筋肉の疾患を発症する。この疾患群の中には、原因遺伝子が常染色体ではなく X 染色体上に存在するケースもある。形質の現れ方が性別によって異なる遺伝を、特に f 遺伝と呼ぶ。以下の図は X 染色体にある劣性(潜性)遺伝子が引き起こす疾患の有無と性別を示した家系図である。ただし、○は健常な女性、□は健常な男性、●は疾患を発症した女性、■は疾患を発症した男性を示す。

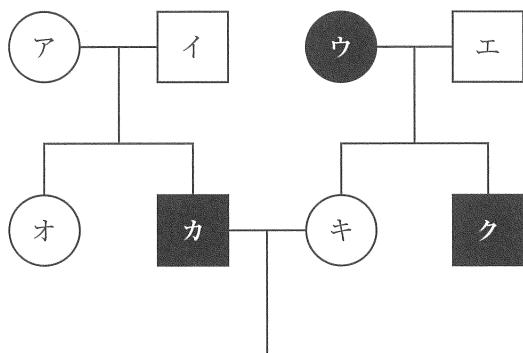


図1 X 染色体の劣性遺伝子による疾患の有無と性別を示した家系図

- (4) 文章中の空欄 f に入る適当な語句を答えなさい。
- (5) 常染色体に遺伝子座をもつ劣性遺伝子が、その劣性形質を表現型として示すためにはどのような条件が必要か、40字以内で答えなさい。
- (6) X 染色体上の原因遺伝子について、優性(顕性)遺伝子を A 、劣性遺伝子を a としたとき、図中アおよびクの遺伝子型はどのように表現されるか、以下の選択肢から選びなさい。
選択肢： X^AX^A X^AX^a X^aX^a X^AY X^aY
- (7) 図中オおよびキが原因遺伝子をもつ確率はそれぞれ何%か答えなさい。
- (8) 図中カとキの間に生まれる子が疾患を発症する可能性は何%か答えなさい。