

I ~ **VI** の解答は、

すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

I

次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

【配点 25】

原核生物の細胞（原核細胞）は、核をもたず、DNAは液状の成分である **a** に存在し、(A)膜構造をもつ細胞小器官はほとんど存在しない。また、細胞膜の外側には細胞を保護する **b** が存在する。真核生物の細胞（真核細胞）は核をもち、**c** を通して様々な物質が核内外を出入りする。核内の DNA は、**d** と呼ばれるタンパク質に巻き付いて **e** を形成して数珠状につながり、さらに折りたたまれて **f** または **f** 繊維と呼ばれる構造を形成している。

真核生物の細胞質には、ミトコンドリアや葉緑体など、膜構造をもつ細胞小器官が存在する。ミトコンドリアと葉緑体の起源はそれぞれ好気性細菌と(B)シアノバクテリアであり、それらが宿主細胞に取り込まれて、やがて細胞小器官になったと考えられている。(C)この考えを **g** 説という。

膜構造をもつ細胞小器官として、ミトコンドリアや葉緑体のほかに小胞体や **h** や **i** がある。小胞体には、リボソームが多数付着した **j** 小胞体と、付着していない **k** 小胞体が存在する。真核生物では、**j** 小胞体上のリボソームで合成されたタンパク質は小胞に包まれ **h** に移動し、糖の付加などの修飾を受けたのちに細胞表面に移動したり、細胞外に分泌されたりする。このように、物質を細胞外へ分泌する作用を一般に **l** という。

細胞内での物質の分解に関与する細胞小器官である **i** は、不要になったタンパク質や細胞小器官を分解する働きに関わっている。飢餓状態において、**i** が関与して細胞小器官などを分解する働きを **m** という。

問1 文中の **a** ～ **m** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、膜構造をもたない構造体として、リボソームがある。リボソームに関する記述として適切なものを、次の①～④のうちからすべて選び、記号で答えなさい。

- ① rRNA とタンパク質からできている。
- ② タンパク質合成の場となる。
- ③ 微小管を形成する起点となる。
- ④ アントシアンを含むものがある。

問3 下線部(B)について、光合成を行う細菌には、シアノバクテリアのほかに緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌などがある。

- (1) シアノバクテリアと植物が共通してもつ光合成色素の名称を答えなさい。
- (2) 緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌の光合成で、水の代わりに電子供与体となる物質の名称を答えなさい。

問4 下線部(C)について、ミトコンドリアと葉緑体が共通してもつ特徴のうち、**g** 説を支持する根拠となるものの1つは、外膜と内膜の二重の膜をもつことである。これ以外で根拠となるものを2つ答えなさい。

II

次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

【配点 25】

呼吸の過程は、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の3つの段階からなる。呼吸によって分解される物質を^(A)呼吸基質という。

解糖系では、グルコースからピルビン酸が生じる際に、グルコース1分子当たり差し引き **a** 分子の ATP と **b** 分子の NADH がつくられる。解糖系で見られるように、リン酸基をもつ物質のリン酸が酵素反応によって ADP に移されて ATP がつくられることを **c** という。

クエン酸回路では、まずピルビン酸が脱炭酸反応と脱水素反応を受けて、炭素数 **d** 個の **e** になる。次に、**e** は炭素数 **f** 個の **g** と結合し、炭素数6個のクエン酸になる。その後、何段階もの反応を経て **g** に戻る過程で NADH と FADH₂ がつくられる。

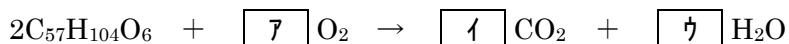
電子伝達系では、解糖系とクエン酸回路でつくられた NADH と FADH₂ を利用してさまざまな反応が起こり、ミトコンドリアの内膜をはさんだ H⁺の濃度勾配ができる。この H⁺が濃度勾配に従って内膜にある **h** の中を通ることで ATP がつくられる。

酵母は、酸素が存在するときは呼吸を優先して行うが、酸素が存在しないときはアルコール発酵によって ATP を合成する。^(B)アルコール発酵では、解糖系の反応で生じたピルビン酸が脱炭酸反応によってアセトアルデヒドになり、さらに還元されてエタノールになる。

問1 文中の **a** ～ **h** に入る最も適切な語句や数値を答えなさい。

問2 下線部(A)について、呼吸基質には、グルコースなどの炭水化物以外にタンパク質と脂肪がある。

- (1) タンパク質はアミノ酸に分解され、アミノ酸はさらに脱アミノ反応により有機酸と物質 X を生じる。この物質 X の名称を答えなさい。
- (2) 脂肪は脂肪酸とグリセリンに分解される。その後、グリセリンが最初に入る反応過程は解糖系、クエン酸回路、電子伝達系のうちのどれか、答えなさい。
- (3) 呼吸で発生する二酸化炭素と消費した酸素の体積比を呼吸商という。脂肪の一種であるトリオレイン ($C_{57}H_{104}O_6$) が呼吸によって分解される化学反応式を以下に示す。 **ア** ～ **ウ** に適切な数字を入れるとともに、トリオレインの呼吸商を、四捨五入して小数第 2 位まで求めなさい。



問3 クエン酸回路では、コハク酸を基質とした脱水素反応が起こる。この反応について調べるために、以下の実験を行った。

【実験】 ラットの肝臓を破碎し、ガーゼでろ過して酵素液とした。この酵素液をツンベルク管の主室に入れ、メチレンブルー（青色）とコハク酸ナトリウム水溶液を副室に入れた（右図）。その後、ツンベルク管内の空気を抜いてから密閉し、副室の溶液を主室の溶液に注いで混合した。その後、主室を 35～40℃の温水に浸し、混合液の色を観察したところ、しばらくすると混合液の色が青色から無色に変化した。



- (1) 混合液の色が青色から無色に変化した理由を簡潔に説明しなさい。
- (2) ツンベルク管内の空気を抜いて密閉した理由を簡潔に説明しなさい。

問4 下線部(B)について、アルコール発酵では、アセトアルデヒドを還元する反応が進行しないと、やがて ATP 合成が停止する。この理由について、簡潔に説明しなさい。

Ⅲ

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

【配点 25】

原核生物では、複数の遺伝子(酵素などのタンパク質の遺伝子)が隣り合って存在し、(A) **a** と呼ばれる遺伝子群を構成している場合がある。大腸菌のラクトース **a** は、ラクトースをグルコースとガラクトースに分解する酵素である **b** の遺伝子を含む3つの酵素の遺伝子からなる。(B)これら3つの遺伝子の転写は調節タンパク質によって調節される。転写を抑制する働きをもつ調節タンパク質は、**c** と呼ばれる。大腸菌は、培地にラクトースが含まれないとき、**c** が **d** に結合することで、RNAポリメラーゼが **e** に結合できず、3つの酵素遺伝子の転写が抑制される。一方、(C)培地にグルコースが含まれずラクトースが含まれるとき、ラクトースの代謝産物であるアロラクトースが **c** に結合すると、**c** が **d** に結合できなくなることで、RNAポリメラーゼが **e** に結合できるようになり、3つの酵素遺伝子の転写が促進される。

真核生物では、調節タンパク質の多くは **f** に結合したのち、さらに **e** に結合した **g** に作用しRNAポリメラーゼのDNAへの結合を促進したり抑制したりすることで遺伝子発現の調節を行っている。

問1 文中の **a** ～ **g** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、

- (1) **a** を構成する遺伝子群の遺伝子発現の特徴として適切なものを、次の①～③のうちから1つ選び、記号で答えなさい。
 - ① 複数の遺伝子が別々のRNAとして転写されて、それぞれ翻訳される。
 - ② 複数の遺伝子がまとめて1本のRNAとして転写されて、それぞれ翻訳される。
 - ③ 複数の遺伝子がまとめて1本のRNAとして転写されたのち、それぞれの遺伝子のRNAに切断されて、それぞれ翻訳される。
- (2) 遺伝子の発現が **a** として調節される利点を簡潔に説明しなさい。

問3 下線部(B)について調べるために、さまざまな大腸菌の変異体を作製した。変異体 X は、グルコースを含まずラクトースのみを含む培地でもラクトースを分解できなかった。変異体 Y では、グルコースもラクトースも含まない培地でも 3 つの酵素遺伝子の転写が見られた。変異体 X および変異体 Y がもつ性質として考えられる可能性を、次の①～⑤のうちからすべて選び、それぞれ記号で答えなさい。

- ① **c** がつくられない。
- ② **c** にアロラクトースが結合できない。
- ③ **c** が **d** に結合できない。
- ④ RNA ポリメラーゼが **e** に結合できない。
- ⑤ **b** の酵素活性がない。

問4 下線部(C)について、培地にグルコースがなくラクトースがあるときにラクトース **a** の遺伝子が発現する利点を簡潔に説明しなさい。

問5 多細胞の真核生物のからだを構成する細胞は、1 つの受精卵に由来するため、一部の例外を除いてすべての細胞が同じ遺伝情報をもつ。

- (1) 体細胞分裂によって増殖した細胞が、異なる機能や形態をもつようになることを何というか、答えなさい。
- (2) すべての細胞が同じ遺伝情報をもつにもかかわらず、細胞が異なる機能や形態をもつようになる理由を簡潔に説明しなさい。

IV

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

【配点 25】

ニューロン（神経細胞）は、細胞体から多数の突起が伸びている。長い突起は軸索といい、軸索には興奮を伝導させる働きがあり、その軸索の末端を神経終末という。一方、短い突起を **a** といい、ほかの細胞からの興奮を受け取る働きがある。軸索は神経繊維とも呼ばれ、脊椎動物の末梢神経系の多くの軸索は、**b** 細胞でできた **c** という構造で包まれている。また、**b** 細胞の細胞膜が軸索に何重にも巻き付いた構造を **d** という。(A) **d** をもつ神経繊維を有髄神経繊維、**d** をもたない神経繊維を無髄神経繊維という。

(B)ニューロンがほかの細胞などから刺激を受けていないときの膜電位を静止電位という。ニューロンがほかの細胞などから刺激を受け取り、その部分の膜電位が逆転し、その後再びもとに戻る膜電位の変化を活動電位という。(C)活動電位が発生することを興奮という。

神経終末は、ほかのニューロンや筋肉などの効果器と狭いすき間を隔てて接している。この部分をシナプスといい、狭いすき間を **e** という。シナプスにおいて、興奮を伝える側の細胞をシナプス前細胞、興奮を受け取る側の細胞をシナプス後細胞という。興奮がシナプス前細胞の神経終末まで伝わると、**f** 依存性 **g** チャンネルが開き、**g** イオンが神経終末の細胞内に流入する。流入した **g** イオンにより、神経終末にある **h** 内の神経伝達物質が **e** に放出される。この神経伝達物質がシナプス後細胞の細胞膜にある **i** 依存性イオンチャンネルに結合すると、イオンチャンネルが開いて Na^+ などのイオンがシナプス後細胞に流入し、膜電位が変化する。

問1 文中の **a** ～ **i** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、有髄神経繊維の興奮の伝導速度は、無髄神経繊維に比べてはるかに速い。この理由を、「電気的な絶縁体」、「ランビエ絞輪」という用語を用いて簡潔に説明しなさい。

問3 下線部(B)について、静止電位が生じている状態を起点として、活動電位が発生し、再び静止電位の状態に戻るまでの過程について、次の①～④を正しい順序に並べなさい。

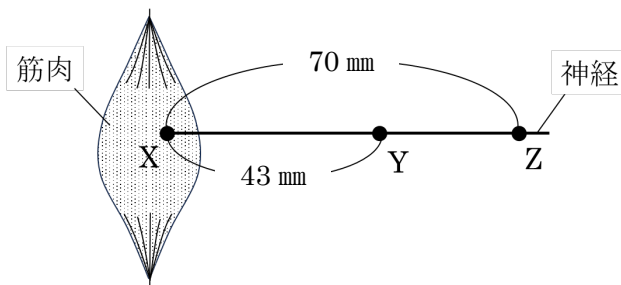
- ① 電位依存性ナトリウムチャンネルが開く。
- ② 電位依存性カリウムチャンネルが開く。
- ③ 膜電位が負になる。
- ④ 膜電位が正になる。

問4 下線部(C)について、

- (1) 活動電位を生じるのに必要な最小の刺激の強さを何というか、答えなさい。
- (2) 興奮が終わった後の部位は、刺激に対してしばらく反応できなくなる。この時期を何というか、答えなさい。

問5 カエルのふくらはぎの筋肉とそれにつながる神経を取り出して、下図の神経筋標本を作製した。神経と筋肉の接合部である点 X から 43 mm 離れた点 Y に短時間の電気刺激を与えると 4.6 ミリ秒後に筋肉が収縮し、点 X から 70 mm 離れた点 Z に短時間の電気刺激を与えると 5.5 ミリ秒後に筋肉が収縮した。

- (1) この神経の伝導速度は何 m/秒か、答えなさい。
- (2) 点 X で筋肉に直接短時間の電気刺激を与えると、1.3 ミリ秒後に筋肉が収縮した。このとき、神経と筋肉の接合部において興奮の伝達にかかる時間は何ミリ秒か、四捨五入して小数第 1 位まで求めなさい。



V

次の文章を読み、問1～問8に答えなさい。

【配点 26】

生物が日長の変化に反応する性質を **a** という。植物の花芽形成には、日長が関与しており、葉が花芽形成に適した日長を感知すると、**b** と総称される物質が葉で合成される。**b** は **c** を通って **d** まで移動し、花芽形成を促進する。花芽形成を開始する基準となるのは明期の長さではなく、連続した暗期の長さであり、その閾値となる連続暗期の長さを **e** という。(A)連続暗期が **e** よりも長くなると花芽が形成される植物を短日植物という。

植物は、多くの光受容体をもつ。例えば、(B)気孔の開口にはフオトトロピンという光受容体が関与しており、**f** 色の光を受容する。また、(C)光発芽種子の発芽にはフィトクロムという光受容体が関与している。フィトクロムは **g** 色光を受容すると P_{fr} 型になり、**h** 色光を受容すると P_r 型になる。さらに、(D)茎の成長の制御にも(E)フィトクロムなどの光受容体が関与している。

問1 文中の **a** ～ **h** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、

- (1) 暗期の途中で光を照射し、連続暗期の長さを短くすることで、短日植物は花芽を形成しなくなる。このような処理のことを何というか、答えなさい。
- (2) 日長や暗期の長さに関係なく花芽を形成する植物のことを何というか、答えなさい。

問3 植物の花芽形成は生育時の温度の影響を受けることもあり、その例として春化と呼ばれる現象が知られている。春化とはどのような現象か、簡潔に説明しなさい。

問4 下線部(B)について、

(1) フォトトロピンが光を受容してから気孔が開くまでの過程について、次の

①～④を正しい順序に並べなさい。

① 孔辺細胞の膨圧が上昇する。

② 水が孔辺細胞内に流入する。

③ カリウムイオンが孔辺細胞内に流入する。

④ 孔辺細胞内の浸透圧が上昇する。

(2) 気孔の開閉以外に、フォトトロピンが関与している植物の環境応答として適切なものを、次の①～④のうちから1つ選び、記号で答えなさい。

① 茎の光屈性 ② 花芽形成の調節 ③ 離層の形成 ④ 果実の成熟

問5 下線部(C)について、フィトクロムは光を受容することで植物細胞内を移動して、ある植物ホルモンの合成を誘導し、発芽を促進する。(1) この植物ホルモンの名称を答えなさい。また、(2) P_{fr} 型と P_r 型のどちらのフィトクロムが細胞内のどこに移動するのか、簡潔に説明しなさい。

問6 光発芽種子には小さいものが多く、種子に蓄えられている栄養分が少ない。このことを踏まえて、光発芽種子が光で発芽する特性にはどのような利点があるか、簡潔に説明しなさい。

問7 下線部(D)について、茎が成長する際に、(1) 縦方向のセルロース繊維をふやす植物ホルモンと、(2) セルロース繊維どうしのつながりを緩める植物ホルモンの名称について、それぞれ答えなさい。

問8 下線部(E)について、(1) フィトクロム以外で茎の成長の制御にかかわる光受容体の名称と、(2) この光受容体は何色の光を受容するか、それぞれ答えなさい。

VI

次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

【配点 24】

生物の個体群では、各個体の分布様式は3つの様式に大別される。**a** 分布は風で種子が散布される植物の個体群などに見られ、**b** 分布は採食や巣づくりなどがしやすい場所に集まる動物で見られ、**c** 分布は他個体を避ける性質をもつ動物の個体群などで見られることがある。また、ある場所に定着した個体が日常的に動き回る範囲を行動圏といい、行動圏の中で、同種の他個体を排除する空間を縄張りという。

同種の動物が密な集団をつくり、統一的な行動をとる場合、そのような集団を**d**という。一般に、**d**を形成すると、1個体当たりの外敵に対する警戒時間が**e**するが、個体間で食物をめぐる争う時間が**f**する。**d**の中で優劣関係が見られる場合があり、これを**g**制という。また、一部の動物の**d**では、親以外の個体が繁殖を手伝う場合があり、このような繁殖のしかたを**h**という。

ミツバチなどは、コロニーと呼ばれる複雑な組織をもつ集団を形成して生活し、**i**昆虫と呼ばれる。コロニーでは、ふつう、1個体の女王と、女王の娘にあたる多数のワーカー（働きバチ）および少数の雄で構成される。ミツバチの女王とワーカーは雌であり、両親から染色体を受け継いでおり、ゲノムを2セットもつ。一方、雄は未受精卵から生まれるため、1セットのゲノムをもつだけである。図1は、ミツバチにおける遺伝子の伝わり方について簡単に示したものである。

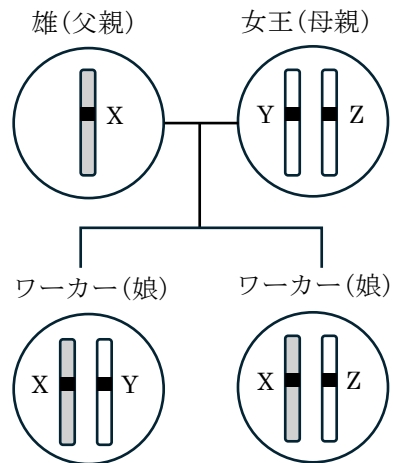


図1

問1 文中の **a** ~ **i** に入る最も適切な語句を答えなさい。ただし、**e** と **f** には「増加」と「減少」のいずれかが入る。

問2 下線部について、

(1) 縄張りを形成する生物として最も適切なものを、次の①~④のうちから1つ選び、記号で答えなさい

- ① ワタリバツタ ② マイワシ ③ アユ ④ ゾウリムシ

(2) 図2は、縄張りの大きさに対して、利益または労力の大きさの関係を表したものである。利益を表す曲線はAとBのうちのどちらか、記号で答えなさい。

(3) 縄張りの大きさが最適となるのは、図2のa~dのどの大きさのときか、記号で答えなさい。さらに、その理由を「利益」と「労力」という用語を用いて簡潔に説明しなさい。

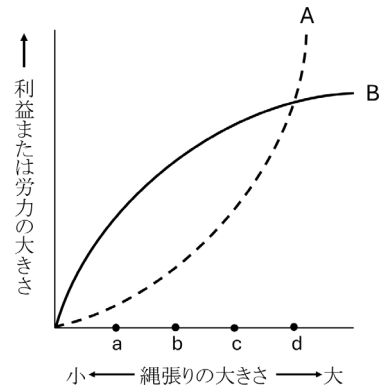


図2

問3 図1に示すように、雄の染色体のある遺伝子座に遺伝子Xが、雌の染色体の同じ遺伝子座に対立遺伝子YとZがあったとする。ミツバチの血縁度に関する以下の文中の **ア** ~ **ウ** に入る数値を整数または既約分数で答えなさい。

個体間で共通の遺伝子をもつ確率を血縁度という。雄（父親）は自分がもつすべての染色体をワーカー（娘）に受け継がせるので、ある2匹のワーカーが父親由来の遺伝子Xを共通してもつ確率は **ア** である。また、女王（母親）は相同染色体のどちらか一方をワーカーに受け継がせるため、2匹のワーカーが母親由来の遺伝子Yまたは遺伝子Zを共通してもつ確率は **イ** である。ゆえに、ある2匹のワーカーの間の血縁度は **ウ** となる。母娘間の血縁度は1/2であることから、ワーカーは自ら子を残すよりも、妹にあたる卵や幼虫の世話をを行った方が、自分にとって血縁度のより高い個体を残すことにつながる。