

生 物

教育学部 200点

注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **4** までの計 4 問です。
2. **1** から **4** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(4 の 1) から (4 の 4) までの計 4 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

1 次の問1と問2に答えよ。

問 1. 次の文章に関して(1)~(3)の問いに答えよ。

ある地域に生息する同種の生物集団がもつ遺伝子の全体を と呼び、これに含まれる対立遺伝子の割合を遺伝子頻度という。個体が十分に多いなどの条件がすべて満たされる生物集団では、世代を経ても^①遺伝子頻度は変化せず、集団の遺伝子型の頻度は遺伝子頻度の積に等しくなる。これを という。

大規模な自然災害によって大きな集団の一部だけが生き残った場合、この小さな集団には が強く働き、遺伝子頻度が元の集団のものから大きく変化することがある。このような小集団化による遺伝子頻度の変化は と呼ばれる。

(1) 上記の文章の ~ に入る最もふさわしい語句をそれぞれの語群から選び答えよ。

(ア)の語群：遺伝子群， 遺伝的多様性， 遺伝子座， 遺伝子プール，
DNA 多型

(イ)の語群：ハーディー・ワインベルグの法則， 独立の法則， 分離の法則，
ABCモデル， シャルガフの規則

(ウ)の語群：倍数性， 遺伝的浮動， 遺伝的変異， エネルギー効率，
生態系サービス

(エ)の語群：間接効果， パスツール効果， アロステリック効果，
アリー効果， びん首効果

- (2) ある集団における遺伝子 A とその対立遺伝子 a について、遺伝子型の割合が次の通りである場合、 A の遺伝子頻度と、 a の遺伝子頻度を求めよ。

$$AA : Aa : aa = 3 : 2 : 5$$

- (3) 下線①に示すように (イ) が成立するには、いくつかの条件がすべて満たされる必要がある。その条件として、個体が十分に多いことの他に適切なものを、次の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。
- (a) 注目する形質の間で自然選択がはたっていない。
 - (b) 自由な交配で有性生殖をする。
 - (c) 突然変異が起きる。
 - (d) 他の集団との間で個体の移入や移出がない。
 - (e) 進化が起こるような自然界に生息している。

問 2. 次の文章に関して(1)~(3)の問いに答えよ。

DNA の塩基配列は無作為に突然変異するため、系統的に遠い生物間ほど、近い生物間より塩基配列やアミノ酸配列が異なる。塩基配列やアミノ酸配列に起きた変化の蓄積を という。また、異なる生物において、同じ種類のタンパク質の遺伝子の塩基配列には突然変異が一定の確率で起こり、それに伴ってアミノ酸配列も一定の確率で変化し蓄積する。このような、塩基配列やアミノ酸配列に生じる変化の速度の一定性を という。これらの知見に基づくと、タンパク質のアミノ酸配列を調べることでより、ある 2 種類の生物が共通祖先から何年前に分岐したかを推定することができる。

(1) 上記の文章の と に入る語句として最もふさわしいものを次の語群から選び答えよ。

語群：化学進化，分子進化，共進化，適応度，種分化，

収れん，体内時計，分子時計，アレル，ニッチ

(2) アミノ酸が 1 個置換するのに 870 万年かかることが分かっているタンパク質 P について、生物 X と Y とではアミノ酸に 22 個の違いがあるとす。この場合、生物 X と Y が共通祖先から分岐したのは何年前と推定できるか答えよ。

(3) DNA の塩基配列の変化には塩基の置換の他に欠失や挿入があり、置換に比べて欠失や挿入の方が生物の形質に大きな影響を与える可能性が高い。その理由を、句読点を含めて 60 字以内で答えよ。

2 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

大腸菌は環状の染色体 DNA を遺伝物質としており、複製の際には1か所の複製開始点からプライマーと呼ばれる RNA 鎖を起点として一方向に DNA 合成が開始される。この時に合成されるリーディング鎖は、短い DNA 断片として合成されたのちに、DNA リガーゼによって連結される。DNA 合成の基質は4種類のデオキシリボヌクレオシド三リン酸であり、5'末端から3'末端の向きに伸長して新生鎖が合成される。

大腸菌の染色体 DNA は約460万塩基対からなり、染色体上には約4,200個の遺伝子が存在する。原核細胞では、機能的に関連する遺伝子がまとまった(1) という単位で転写が調節されることが多い。プロモーター近傍にある調節タンパク質が結合する領域を(2) という。転写を抑制する調節タンパク質は(3) とよばれ、(3) が(2) に結合できなくなると、(1) の mRNA が転写され、個々のタンパク質が翻訳される。

細菌は様々な手段を用いて、周囲の微生物と情報をやり取りして自己の生存に有利な条件を作り出す能力をもつ。一部の細菌では、プラスミド上に存在する薬剤耐性遺伝子(*)を他の細菌から受け取り、この薬剤が作用しにくくなる性質を獲得する場合がある。一方、ヒトにとって有用なタンパク質の遺伝子を人為的にプラスミドに組み込み、これを細菌などに導入して目的のタンパク質を発現させてワクチンや医薬品に利用することも行われている。このような場合、細菌由来の制限酵素でプラスミドと目的遺伝子の DNA 鎖を切断し、DNA リガーゼで結合させる方法がある。

(*) その遺伝子をもった生物に薬剤に対する抵抗性を与える遺伝子

問 1. 下線(a)~(f)の語句について、正しいければ○を、誤っていれば正しい語句を記入せよ。

問 2. 下線部(ア)の大腸菌の遺伝子発現について、次の中から正しいものを一つ選択し、記号を答えよ。

- ① 多くの遺伝子にはエキソンとイントロンが存在する。
- ② 染色体 DNA を構成する 2 本鎖のうち、全ての遺伝子で同じ側の鎖から転写される。
- ③ 染色体 DNA 2 本鎖のうち、RNA に転写される鎖をセンス鎖という。
- ④ 遺伝子の転写と同時に翻訳が行われる。
- ⑤ リボソームは mRNA の上を 3' → 5' 方向に向かって移動する。

問 3. 文章中の(1)~(3)に適切な語句を記入せよ。

問 4. 下線部(イ)について、適切な文章を一つ選択し、記号を答えよ。

- ① プラスミドは染色体 DNA に含まれる 2 本鎖の直鎖状 DNA である。
- ② プラスミドは染色体 DNA に含まれる 1 本鎖の直鎖状 DNA である。
- ③ プラスミドは染色体 DNA とは独立した 1 本鎖の環状 DNA である。
- ④ プラスミドは染色体 DNA とは独立した 2 本鎖の環状 DNA である。

問 5. 下線部(ウ)について、生物が自己以外の遺伝子を受け取り、新しい遺伝的形質を獲得する現象の名称を答えよ。

問 6. 下線部(エ)について、細菌は制限酵素をもつことによって、どのような利点を有するようになるかを 80 字以内で答えよ。

問 7. 図 1 は 2 種類の制限酵素 *Hpa* I と *Sma* I の DNA 認識配列と切断部位を示したものである。図 2 は、ある 2 本鎖断片の一方の鎖の 5' 側から 3' 側の塩基配列を表しており、(X) は塩基配列が不明の部分とする。この 2 本鎖 DNA を *Hpa* I で完全に切断すると、16 および 19 塩基対からなる 2 断片が生じた。一方、*Sma* I で完全に切断すると 10、11 および 14 塩基対の 3 断片が生じた。この時、(X) の塩基配列を 2 通り答えよ。

制限酵素	認識配列と切断部位(↓)
<i>Hpa</i> I	$\begin{array}{c} \downarrow \\ 5' -GTT AAC- 3' \\ 3' -CAA TTG- 5' \end{array}$
<i>Sma</i> I	$\begin{array}{c} \downarrow \\ 5' -CCC GGG- 3' \\ 3' -GGG CCC- 5' \end{array}$

図 1. 制限酵素の認識配列と切断部位

5' -TGGTATACCC (X) CGGGAGCAGTTAAC- 3'

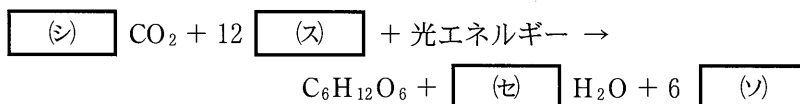
図 2. DNA 断片の塩基配列

3 次の問1～問5に答えよ。

問 1. 以下の文章を読み、空欄 (ア) ～ (サ) に入る適切な語句を答えよ。

植物の葉緑体では、光合成により有機物が合成される。葉緑体は、扁平な①袋状構造である (ア) と、その周囲の基質である (イ) から構成されている。(ア) の膜では、電子が (ウ) から電子伝達系と呼ばれる反応系内を移動して (エ) へと伝達される。この伝達された電子は、最終的に、(オ) に渡され、(カ) が生産される。また、電子伝達系などの働きによって (ア) 内の水素イオン濃度が高くなり、この濃度勾配を利用して (キ) が合成され、光エネルギーが化学エネルギーに変換される。一方、(イ) では、これらを利用して CO_2 が有機化合物に固定される (ク) が進行する。このとき、 CO_2 はまず、5炭糖である (ケ) と結合し、3炭糖の (コ) が合成される。この反応を触媒する酵素は、(サ) と呼ばれる。その後、(コ) は、(カ) や (キ) によって還元され、複数の酵素反応を経て有機化合物となる。

問 2. 上記の下線部①について、グルコースが合成されるとき、全体の反応式は以下ようになる。(シ) ～ (ソ) に適する数字、または化学式を答えよ。



問 3. 図 3 は、ある植物のクロロフィル a とクロロフィル b の吸収スペクトルを模式的に表している。この図に基づいて植物の葉が緑色に見える理由を波長の範囲と光の色を示しながら 60 字以内で説明せよ。

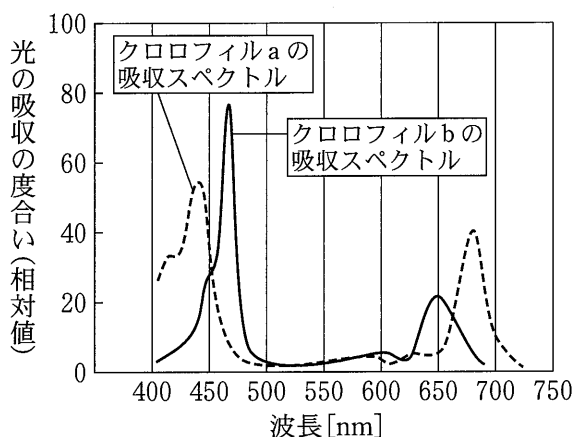


図 3. クロロフィル a と b の吸収スペクトル

問 4. 植物は光合成を行うために気孔から CO_2 を吸収する必要がある。気孔の開閉のしくみについて、下記の語句をすべて使い、60 字以内で説明せよ。

語句：孔辺細胞、アブシジン酸、膨圧、水分

問 5. 気孔開閉について、以下の(a)~(e)の文から正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 光合成による CO_2 の消費が進むと、葉肉細胞周辺の CO_2 濃度が低下することで、気孔の開口が促される。
- (b) 葉に光があたると光受容体フォトプシンによって感知され気孔が開く。
- (c) CAM 植物では、夜間に気孔が開き、リンゴ酸の形で CO_2 を一時的に細胞内に蓄える。
- (d) 高温下では、植物体内の蒸散を促進するため常に気孔が開いている。
- (e) 気孔は、孔辺細胞の外側が伸びて細胞全体が湾曲することで開く。

4 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

ニューロンは、核のある細胞体と多数の突起から構成される。これらの突起のうち、短く枝わかれの多いものを といい、1本の長く伸びた突起を という。 には、シュワン細胞やオリゴデンドロサイトなどのグリア細胞が何重にも巻きついた構造をもつ 繊維と、そのような構造をもたない 繊維がある。ニューロンは を介して他の細胞から情報を受け取り、 を通して別のニューロンや効果器に情報を伝達する。

活動電位の発生は、細胞膜上の輸送タンパク質の働きによってイオンが細胞内外を移動することによって生じる。静止状態のニューロンでは細胞内の Na^+ 濃度は細胞外より a (イ：高く、ロ：低く)、 K^+ 濃度は細胞内で b (イ：高い、ロ：低い)。刺激を受けると が開き、 Na^+ が c (イ：細胞外、ロ：細胞内) に移動する。このため、細胞内の電位が d (イ：正、ロ：負) となり、活動電位が発生する。

問 1. 文中の ~ に入る適切な語句を答えよ。また、文中の $a \sim d$ については () 内のいずれかを選択し記号で答えよ。

問 2. 下線①の構造を何というか。また、 ではこの構造がとぎれてくびれているように見える部分がある。この部分の名称を答えよ。

問 3. において、問 2 の構造および部分的特徴が興奮の伝導に重要な役割を担っている。下記の語句を用い、 における興奮の伝導を 40 字以内で説明せよ。また、この伝導様式の名称を答えよ。

語句：絶縁体，興奮

問 4. 下線部②の静止電位が形成される仕組みについて、以下の(ア)~(エ)より正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (ア) 静止状態では、ナトリウムポンプがATPのエネルギーを使用して細胞内に Na^+ および K^+ を運んでいる。
- (イ) ナトリウムポンプによる Na^+ と K^+ の移動とは別に、細胞内の電位に関係なくカリウムチャンネルが常に開き静止電位が生じている。
- (ウ) 神経伝達物質による刺激により静止電位が形成されている。
- (エ) 活動電位の発生後は静止電位に戻るために電位依存性カリウムチャンネルが開く。

問 5. 図4のように、1本のニューロンに不応期に入らない充分な時間において、A, B, Cの刺激を与えたときの状態として、正しいものをひとつ選び記号で答えよ。

- (ア) A, B, Cのすべてで活動電位が発生し、その大きさはA, B, Cの順に大きい。
- (イ) A, B, Cのすべてで活動電位が発生し、その頻度はA, B, Cの順に高い。
- (ウ) AおよびBの刺激があるために、Cでは活動電位が発生しない。
- (エ) Aでは活動電位が生じず、B, Cで活動電位が発生し、CではBより活動電位が大きい。
- (オ) Aでは活動電位が生じず、B, Cで活動電位が発生し、CではBよりその頻度が高い。

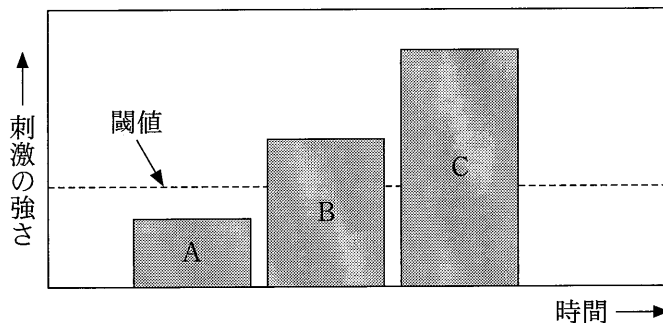


図4. 1本のニューロンに対する刺激の強さ

問 6. 図 5 は神経繊維の束の刺激の強さと興奮の大きさとの関係を示したものである。図中の D と E で反応を示すニューロンはどのような性質を持つニューロンか，「閾値」を用いて 48 字以内で説明せよ。

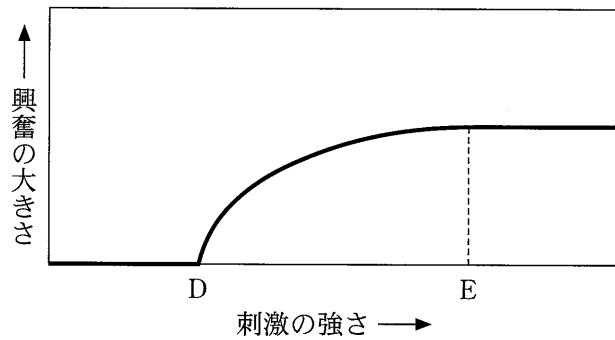


図 5. ニューロンの束における刺激の強さと興奮の大きさとの関係

D：興奮が最初に生じる刺激の強さ

E：興奮が最大となる刺激の強さ