

2019年度

B_b 生物 問題

注意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は24ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～VIとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

 (3と解答する場合)

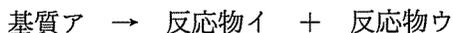
I . 次の文を読み、下記の設問 1～6 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

タンパク質は、多数のアミノ酸が鎖状につながった分子である。タンパク質を構成するアミノ酸には、構造および化学的性質の異なるものが (イ) 種類あり、アミノ酸の配列によってさまざまな立体構造を持つタンパク質が作られる。タンパク質のアミノ酸配列は一次構造と呼ばれているが、そのアミノ酸配列は DNA のもつ 遺伝情報 によって決められている。タンパク質のポリペプチド鎖は、部分的に¹⁾ α ヘリックス構造や β シート構造をとるが、分子全体としては、複雑な 立体構造 をとる。この立体構造を三次構造という。また、タンパク質によっては、複数のポリペプチド鎖が²⁾ 組み合わさった四次構造をもつものもある。タンパク質の立体構造は、その機能と密接な関係を持っている。

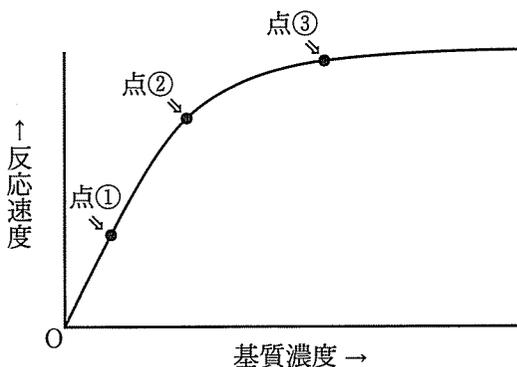
酵素の多くはタンパク質であるが、細胞内のさまざまな化学反応を触媒する。細胞内のグルコースが二酸化炭素と水に分解される過程で ATP が合成される。この過程は、解糖系・クエン酸回路・電子伝達系に分けられ、それぞれの過程で様々な酵素が働いている。解糖系で、1分子のグルコースは2分子の ATP を消費し、2分子のピルビン酸と4分子の ATP、2分子の NADH と H^+ (水素イオン) が生じる。ピルビン酸はミトコンドリアのマトリックスに運ばれ、クエン酸回路に入る。クエン酸回路では、ピルビン酸1分子当たり、1分子の ATP、(ロ) 分子の CO_2 、4分子の NADH と H^+ 、1分子の (ハ) が生じる。解糖系とクエン酸回路で生じた NADH と (ハ) によって運ばれた電子は、ミトコンドリアの内膜にある電子伝達系に渡される。このとき、 H^+ がミトコンドリアのマトリックス側から (ニ) に運ばれる結果、膜を挟んで H^+ の濃度勾配が形成される。そして、 H^+ の濃度勾配によって、ATP 合成酵素は ADP とリン酸から ATP を合成する。

1. 文中の空所(イ)～(ニ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句または数字をしるせ。
2. 文中の下線部1)に示した遺伝情報は mRNA に写しとられる。真核生物の mRNA に関する記述として正しいものを、次の a～d から 1つ選び、その記号をマークせよ。
 - a. 転写によってできた RNA は、エキソンの領域が除かれる過程を経て mRNA となる。
 - b. 1つの遺伝子から複数の異なる種類の mRNA が作られることがある。
 - c. DNA にある遺伝情報が、5' 末端から 3' 末端の方向にあるので、mRNA は 3' 末端から 5' 末端の方向で合成される。
 - d. リボソームは mRNA の 3' 末端から 5' 末端の方向に移動しながらタンパク質を合成する。
3. 文中の下線部2)に示す構造の形成には、ポリペプチドの側鎖間の相互作用や、システインの側鎖間で行われる結合が重要である。システインの側鎖間で行われる結合の名称をしるせ。

4. ある酵素は次の反応を触媒する。



一定濃度の酵素を使って、基質アの濃度を変えて、酵素活性を測定したところ、図の曲線のようにになった。曲線上の点①～③に関する記述として正しいものを、次の a～f からすべて選び、その記号をしるせ。なお、酵素反応は酵素・基質ア複合体を形成した後、基質が反応物イと反応物ウになるものとする。



図

- a. 点①では、点②と点③に比べて酵素・基質ア複合体を形成している酵素の割合が多い。
- b. 点①では、点②と点③に比べて酵素・基質ア複合体を形成している酵素の割合が少ない。
- c. 点②では、点①と点③に比べて酵素・基質ア複合体を形成している酵素の割合が多い。
- d. 点②では、点①と点③に比べて酵素・基質ア複合体を形成している酵素の割合が少ない。
- e. 点③では、点①と点②に比べて酵素・基質ア複合体を形成している酵素の割合が多い。
- f. 点③では、点①と点②に比べて酵素・基質ア複合体を形成している酵素の割合が少ない。

5. クエン酸回路の酵素の1つであるコハク酸脱水素酵素に関して、次のような実験を行った。下記の問 i・ii に答えよ。

- ① ツンベルク管の主室に新鮮なニワトリの胸筋のすり潰した液（酵素溶液）を入れ、副室にはコハク酸ナトリウム水溶液と数滴のメチレンブルー（青色）を入れた。
- ② ツンベルク管の内容物を真空ポンプで脱気した後、ツンベルク管を傾けて、副室の溶液を主室に移し、良く混ぜ合わせた。
- ③ 混合後、ツンベルク管を 40℃ で保温し、主室の溶液の色の変化を観察したところ、青色から無色に変わった。

i. ③において、なぜ青色から無色になったと考えられるか。その理由を1行でしるせ。

ii. ①～③において、実験操作を次のア～ウのように変えた。そのときの実験結果としてもっとも適当なものを、下記の a～d から1つずつ選び、その記号をそれぞれマークせよ。ただし、同じ記号を何度選んでもかまわない。

ア. 酵素溶液を 90℃ で 10 分処理した後、実験を行った。

イ. 保温を 40℃ ではなく 20℃ で行った。

ウ. 脱気しないで、実験を行った。

a. 溶液の色の変化は③と同じ速さで変化する。

b. 溶液の色の変化は③よりも速く変化する。

c. 溶液の色の変化は③よりも遅く変化する。

d. 溶液の色の変化は起こらない（非常に少ない）。

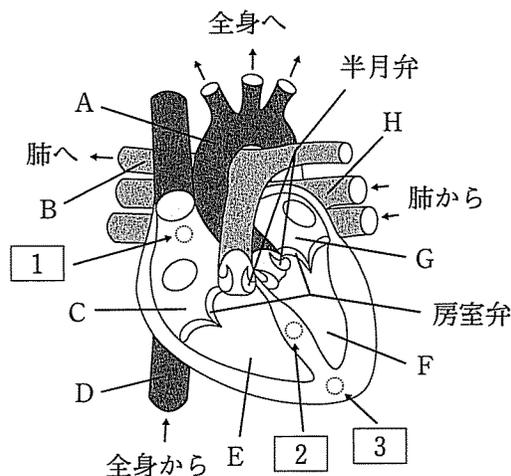
6. 葉緑体の ATP 合成酵素はミトコンドリアの ATP 合成酵素と同様に膜を貫通するタンパク質である。ATP 合成酵素の向きを考慮した場合に、ミトコンドリアのマトリックスに相当する葉緑体内の場所の名称をしるせ。

II. 次の文を読み、下記の設問1～7に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

脊椎動物の場合、心臓から送り出された血液は動脈を¹⁾通って(イ)に入り、静脈を経て心臓に戻る。動脈と静脈の末端部は(イ)でつながっており、赤血球をはじめ血液の主な成分は常に血管内を流れている。この様な血管系を(ロ)という。

血液循環の原動力は、休みなく収縮と弛緩を繰り返す心臓の活動にある。心臓を構成する心筋は骨格筋と同じく明るい部分と暗い部分のしま模様をもつ横紋筋であり、一定のリズムで収縮・弛緩を繰り返す。²⁾心臓には自動的に興奮を繰り返す特殊な細胞群があり、この領域から心臓全体に拍動のリズムを維持する刺激が出て³⁾いる。心臓の拍動は、交感神経と副交感神経の拮抗的な働きによって常に調節されている。⁴⁾激しい運動などによって血液中の酸素が消費され、二酸化炭素の濃度が高まると、これを脳の一部が感知する。この情報が交感神経を経て心臓に伝えられると、心臓の拍動が増加する。反対に、酸素の消費量が減少し、二酸化炭素の濃度が低くなると、副交感神経を経て心臓へ情報が伝えられ、拍動数が減少する。

酸素を多く含んだ鮮紅色の血液を動脈血といい、含まれる酸素の量が少ない暗赤色の血液を静脈血という。⁵⁾下の図はヒトの心臓の断面を示したものである。(ハ)や哺乳類のように、2心房2心室の心臓をもつ脊椎動物では、血液の循環は、静脈血を肺へ送り出す肺循環と、動脈血を全身へ送り出す体循環とからなる。体循環によって全身を循環して心臓に戻ってきた静脈血は、肺循環を経て動脈血となり、再び全身へ送られる。



図

脊椎動物の血液は、液体成分である血しょうに有形成分が浮遊しているものである。血しょうの主成分は水であり、それにタンパク質や無機塩類などが含まれている。有形成分⁶⁾には赤血球や白血球などがある。血球には寿命があり、古くなった細胞は破壊され、新しくつくった細胞と入れ替わる。

1. 文中の空所(イ)～(ハ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
2. 文中の下線部1)の動脈と静脈を比較し、静脈に特徴的な血管の構造を、10字以内でしるせ。
3. 文中の下線部2)の骨格筋に関する次の問 i～iv に答えよ。
 - i. 横紋筋のZ膜とZ膜でしきられた筋原繊維の部分を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
 - ii. 骨格筋の収縮を制御するために筋繊維内部の Ca^{2+} 濃度を調整する細胞小器官の名称をしるせ。
 - iii. 筋肉の弛緩時にアクチン分子のミオシン結合部位を塞いでいるタンパク質の名称をしるせ。
 - iv. 筋収縮時に不足するATPを合成するために、筋細胞内でエネルギーを蓄える役割を果たす高エネルギーリン酸結合をもった物質名をしるせ。
4. 文中の下線部3)の細胞群に関する次の問 i・ii に答えよ。
 - i. 下線部3)が局在する場所の名称をしるせ。
 - ii. 下線部3)が局在する場所としてもっとも適切なものを、図中の 1 ～ 3 から1つ選び、その記号をマークせよ。

5. 文中の下線部 4) の交感神経と副交感神経について、次の問 i ~ iv に答えよ。
- i. 交感神経と副交感神経のように、意思とは無関係にはたらく神経を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
 - ii. 副交感神経が出ている神経部位としてあてはまるものを、次の a ~ f から 3 つ選び、その記号をしるせ。
a. 小脳 b. 間脳 c. 脊髄 d. 中脳 e. 延髄 f. 大脳
 - iii. 心臓の拍動を制御する物質として、交感神経の末端からはノルアドレナリン、副交感神経の末端からはアセチルコリンが分泌される。これらの化学物質を一般に何と呼ぶか、その名称をしるせ。また神経末端部にはこれらの物質を含む袋状の細胞内構造が見られる。その名称をしるせ。
 - iv. 副腎髄質が交感神経の信号を受けるとアドレナリンを分泌する。アドレナリンは血流によって体中に運ばれ、心臓の拍動数を増やしたり、肝臓のグリコーゲンの分解を促進したりする。この様に、ホルモンが様々な細胞のうち特定の標的細胞にのみ反応を引き起こすことができる仕組みを 1 行でしるせ。
6. 文中の下線部 5) に関する次の問 i・ii に答えよ。
- i. 動脈血が流れる領域にあてはまるものを、図中の A ~ H からすべて選び、その記号をしるせ。
 - ii. 図中の E を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
7. 文中の下線部 6) の血液成分について、次の問 i ~ v に答えよ。
- i. 血管の傷口に最初に集まる血液の有形成分を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
 - ii. フィブリンが血球をからめてできる塊状の血液凝固物を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
 - iii. 血液を試験管に入れておくと、血液凝固物の上に淡黄色の液体ができる。この液体を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
 - iv. ヒトの骨髓中に存在する血球形成のもとになる細胞の名称をしるせ。
 - v. ヒトの赤血球は血液 1 mm^3 あたり 500 万個含まれていて、120 日の寿命が過ぎると破壊される。このことから体重 75 kg のヒトが 1 日あたり産生する赤血球の数を計算すると、(N) $\times 10^{10}$ 個になる。空所(N)にあてはまる数をしるせ。ただし、血液量は体重の 8 % であるとし、血液 1 mL の重さを 1 g として計算せよ。

Ⅲ. 次の文を読み、下記の設問 1～7 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

窒素は生物にとって重要な元素の 1 つであり、生態系の中を循環している。動植物の枯死体・遺体・排泄物の分解によって生じたアンモニウムイオン (NH_4^+) の多くは、土壌中の亜硝酸菌や硝酸菌などの働きにより硝酸イオンに変えられる。植物はこれらのイオンを根から吸収し、光合成によって有機化合物が作られている葉などで硝酸イオンをアンモニウムイオン¹⁾に変換する。葉の中で生じたアンモニウムイオンはグルタミン酸と結合する。グルタミン酸に結合したアミノ基は、(イ)に渡され、さらに別の有機酸に渡されることで、さまざまな有機窒素化合物が作られる。一方、動物は他の生物に由来する有機窒素化合物を摂取することにより、有機窒素化合物を得る。動物では、有機窒素化合物の代謝の結果で生じたアンモニウムイオンは別の有機窒素化合物の合成に使われるが、肝臓²⁾において、不要なアンモニウムイオンは尿素に変換される。

大気中にはたくさんの窒素 (N_2) が存在しているが、多くの生物は直接これを利用することができない。しかし、窒素固定細菌³⁾は大気中の窒素からアンモニウムイオンを作ることができる。他にも、自然界でおこる(ロ)によっても無機窒素化合物ができる。一方、土壌中の硝酸イオンや亜硝酸イオンの一部は(ハ)の働きで窒素 (N_2) に変えられ、大気中にもどる。

1. 文中の空所(イ)～(ハ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
2. 文中の下線部 1) に関して、葉が光合成するためには、表面にある気孔が開いて二酸化炭素を取り込む必要がある。気孔に関する次の問 i・ii に答えよ。
 - i. 葉に光が当たると気孔が開く。気孔を開かせる効果の高い光の色を、次の a～e から 1 つ選び、その記号をしるせ。どの色でも同じ場合は、f をしるせ。

a. 青色	b. 緑色	c. 黄色
d. 赤色	e. 遠赤色	f. どの色でも同じ
 - ii. 葉の水分が欠乏すると気孔が閉じる。そのときに根や葉で合成され、孔辺細胞に作用する植物ホルモンの名称をしるせ。

3. 窒素を含まない物質としてもっとも適当なものを、次の a～e から 1つ選び、その記号をしるせ。

- a. アクチン b. アラニン c. セルロース
d. DNA e. tRNA

4. 文中の下線部 2) に示す臓器は窒素代謝以外にも様々な重要な働きを担っている。この肝臓に関する次の問 i・ii に答えよ。

- i. 肝臓で合成され、血しょう中に分泌されるタンパク質の中で、もっとも量が多く、血管内の水分を保持するうえで重要であり、また、ホルモンなどのさまざまな物質を結合して全身に運搬する働きをするタンパク質の名称をしるせ。
ii. ヘモグロビンの分解産物で、胆管・消化管を経て体外に排出される胆汁中の脂溶性物質の名称を 1つしるせ。

5. 文中の下線部 3) に示す窒素固定細菌に関する記述として正しくないものを、次の a～d から 1つ選び、その記号をしるせ。

- a. 根粒菌は炭素同化を行うことができない。
b. 根粒菌は単独生活しているときは窒素固定を行わない。
c. クロストリジウムやアゾトバクターは単独生活をしながら窒素固定を行う。
d. ネンジュモはシアノバクテリアの 1種で、窒素固定を行うことができるが、光合成を行うことができない。

6. ある植物を土壌で栽培したところ、植物は根から吸収した硝酸イオンから植物は新たに 14 g のタンパク質を合成した。吸収された硝酸イオンに含まれる窒素の 32 % がタンパク質の合成に使われ、タンパク質の窒素含有率を 16 % とすると、根から吸収された硝酸イオンは何 g か。ただし、原子量は、N = 14, O = 16 とする。

7. グルタミン合成酵素阻害剤であるグルホシネートは、除草剤として用いられている。

グルホシネートに関する次の問 i・ii に答えよ。

- i. グルホシネートによる植物Ⅰの枯死の主な要因が、窒素同化産物の欠乏である場合、グルホシネート処理した植物に、物質 A を与えたときに、枯れずに生育できる。物質 A としてもっとも適当な物質名をしるせ。ただし、物質 A はそのまま根から吸収できるものとする。
- ii. グルホシネートによる植物Ⅱの枯死の主な要因が、アンモニウムイオンの蓄積である場合、グルホシネート処理した植物に、硝酸イオンと同時に酵素 B の阻害剤を与えたときに、枯れずに生育できる。酵素 B としてもっとも適当な酵素名をしるせ。ただし、酵素 B の阻害剤はそのまま根から吸収できるものとする。

IV. 次の文を読み、下記の設問 1～7 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

あるタンパク質 G を指定している遺伝子 g を、 $lacZ$ 遺伝子を欠いた大腸菌に導入する実験を次のように計画した。用いた大腸菌はアンピシリン耐性遺伝子とカナマイシン耐性遺伝子を発現しない限り、抗生物質アンピシリンと抗生物質カナマイシンに感受性を示す。

- ① PCR により遺伝子 g を増幅する。このとき、増幅された遺伝子 g の両末端には、タンパク質 X1 とタンパク質 X2 で切断される配列を導入する。ただし、タンパク質 X1 と X2 が認識する配列は完全に異なり、遺伝子 g の内部にはタンパク質 X1 と X2 が認識する配列はないとする。
- ② PCR で増幅された DNA をタンパク質 X1 および X2 で切断する。
- ③ ベクタープラスミドをタンパク質 X1 および X2 で切断する。ここで使用するベクタープラスミドは、アンピシリン耐性遺伝子と $lacZ$ 遺伝子をもつ。タンパク質 X1 と X2 はベクタープラスミド上では $lacZ$ 遺伝子の内部の配列だけを 1 カ所ずつ切断する。X1 と X2 で切断後は、アンピシリン耐性遺伝子を持つ方の DNA 断片を用いる。
- ④ ②と③で得られた DNA 断片をタンパク質 Y によってつなぎ合わせる。
- ⑤ つなぎ合わせたプラスミドを大腸菌にいれ、抗生物質アンピシリンと X-gal を含む寒天培地にまき、 37°C で一晩保温する。コロニーを形成した大腸菌で $lacZ$ 遺伝子からタンパク質が産生されると、無色の X-gal は加水分解され、ガラクトースと不溶性の青い物質を生じ、そのコロニーは青色になる。
- ⑥ できたコロニーが正しく遺伝子 g の配列を含むかどうかを DNA の塩基配列を決定することで確認する。

DNA の塩基配列を解析するために広く用いられている方法は、一般的にサンガー法（ジデオキシ法）と呼ばれる。この方法では、DNA の一方の鎖を鋳型として相補的な DNA を合成する際に、基質として通常の 4 種類のヌクレオチド以外に 4 種類の特殊なヌクレオチドを加える。この 4 種類の特殊なヌクレオチドは、それぞれ異なる蛍光物質で標識されている。この蛍光標識は DNA 合成に影響を与えない。通常のヌクレオチドに加えて、この特殊なヌクレオチドを反応に混ぜ、条件を適切にすることで、ヌクレオチド 1 個から全ての長さの DNA を網羅した様々な DNA 断片ができ、これを電気泳動により分離する。その後、各断片の蛍光を順次読み取ることで、元の塩基配列を知ることができる。

1. 遺伝子 *g* の 5' 末端付近と 3' 末端付近の配列を次に示す。途中の配列は として省略している。

5'-ATGGTGAGCAAGGGCGAGGAGCTGTTCCACC

ACTCTCGGCATGGACGAGCTGTACAAGTAA-3'

遺伝子 *g* を増幅するプライマーの塩基配列としてもっとも適当なものを、次の a ~ h からすべて選び、その記号をしるせ。なお、タンパク質 X1 と X2 で切断するために必要な塩基配列を **X1** と **X2** で示す。また、プライマーの左が 5' 末端、右が 3' 末端である。**X1** と **X2** がプライマーの適切な場所に付加された場合は、PCR 反応に影響しないものとする。

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| a. X1 ATGGTGAGCAAGGGCGAGG | b. GGACGAGCTGTACAAGTAA X2 |
| c. X1 TACCACTCGTTCCTCCGCTCC | d. CCTGCTCGACATGTTTCATT X2 |
| e. ATGGTGAGCAAGGGCGAGG X1 | f. X2 TACTTGTACAGCTCGTCC |
| g. TACCACTCGTTCCTCC X1 | h. X2 AATGAACATGTCGAGCAGG |

2. タンパク質 X1 および X2 は DNA 配列のうち、特定の数塩基を認識して切断する。遺伝子工学の分野でよく使われるこのようなタンパク質を一般的に何と呼ぶか、その名称をしるせ。

3. タンパク質 Y の名称をしるせ。

4. 以下の実験 A ~ D を行った。タンパク質 X1, X2, Y は完全に DNA に作用する (DNA の切れ残りやつなぎ残りは無い) ものとする。また、プラスミド DNA は環状にならないと、大腸菌の中で安定に維持されないとする。

【実験 A】 ① ~ ⑥ の実験を計画通りに行った。

【実験 B】 ② と ③ でタンパク質 X1 を入れないで、① ~ ⑥ の実験を行った。

【実験 C】 ④ でタンパク質 Y を入れないで、① ~ ⑥ の実験を行った。

【実験 D】 ⑤ で抗生物質アンピシリンの代わりに抗生物質カナマイシンを入れて① ~ ⑥ の実験を行った。

実験A～Dそれぞれで得られるコロニーの色としてもっとも適当なものを、次のa～dから1つずつ選び、その記号をしるせ。ただし、同じ記号を何度選んでもかまわない。

- a. 白いコロニーのみが形成された。
- b. 青いコロニーのみが形成された。
- c. 白いコロニーと青いコロニーの両方が形成された。
- d. コロニーは形成されなかった。

5. 全長 720 塩基対の遺伝子 g の野生型を含む大腸菌に紫外線を照射すると緑色の蛍光を発する。一方、変異型 $g1$ と $g2$ は紫外線を照射しても蛍光を発しない。その変異部位を特定するために、野生型と変異型 $g1$ および $g2$ の塩基配列を決定した。その結果、481～510 番目の塩基付近に変異が見いだされた。野生型とそれぞれの変異型の塩基配列を示す。数字は遺伝子 g の塩基の番号を示す。下のコドン表を参考にして、それぞれの変異型の説明として正しいものを、下記の a～d から 1つずつ選び、その記号をしるせ。ただし、同じ記号を何度選んでもかまわない。

野生型

1 481
ATG GGCATCAAGGTGAACTTCAAGATCCGCCAC

変異型 $g1$

1 481
ATG GGCATCAAGGTGAACTTCAATATCCGCCAC

変異型 $g2$

1 481
ATG GGCATCAAGTGAAGTCAAGATCCGCCACA

- a. 1 塩基欠失が起こった結果、終止コドンが現れた。
- b. 1 塩基置換は見いだされたが、アミノ酸配列に影響はなかった。
- c. 1 塩基置換が起こり、終止コドンが現れた。
- d. 1 塩基置換が起こり、アミノ酸置換が起こった。

6. サンガー法（ジデオキシ法）で文中の下線部で示したような特殊なヌクレオチドを加えると、DNAの合成が止まる。それは、特殊なヌクレオチドが通常のヌクレオチドと比較して、どのような特徴を持つためか。その特徴を1行でしるせ。

7. サンガー法（ジデオキシ法）で、特殊なヌクレオチドを過剰に加えたとき、合成されるDNAはどうなると予想されるか。もっとも適当なものを、次のa～dから1つ選び、その記号をしるせ。

- a. DNAに多くの変異が導入される。
- b. 短いDNA断片が多く合成される。
- c. 長いDNA断片が多く合成される。
- d. 反応に影響しない。

コドン表

		コドンの二番目の塩基									
		U		C		A		G			
コドンの一番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U	
		UUC		UCC		UAC		UGC		C	
		UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A	
		UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G	
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U	
		CUC		CCC		CAC		CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG		CGG		G	
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U	
		AUC		ACC		AAC		AGC		C	
		AUA		ACA		AAA	リシン (リジン)	AGA	アルギニン	A	
		AUG	メチオニン	ACG		AAG		AGG		G	
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U	
		GUC		GCC		GAC		GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG		GGG		G	

V. 次の文を読み、下記の設問1～4に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

遺伝子の染色体上の位置を遺伝子座という。ある遺伝子座に存在し得る遺伝子として複数の異なるものがあるとき、これらを対立遺伝子という。同一染色体上の2つの遺伝子座にある遺伝子は、減数分裂によって配偶子に分配される際に行動を共にする。このような同一染色体上に存在する遺伝子は互いに（イ）しているという。これに対して、異なる染色体に存在する遺伝子は（ロ）しているという。2つの遺伝子が（イ）していても、2つの遺伝子座間で染色体の乗換えが起こると、その組合せが変わる。これを遺伝子の組換え¹⁾という。遺伝子の組換えは、2つの遺伝子間の距離が大きくなるほど起こりやすい。この関係を用いれば、同一染色体上にある3種類の遺伝子を対象にして組換え価を求め、遺伝子の相対的な位置²⁾を推定することができる。

染色体の乗換えが起こると、同一染色体上の遺伝子の組み合わせが変化する場合がある。一方、放射線やある種の化学物質によって細胞が損傷を受けると、DNAの塩基配列が変化することがある。突然変異には、DNAの塩基配列に変化が生じるものと、染色体の数や構造に変化が生じるものがある。染色体の数が不足または過剰になったものを異数体、2倍、3倍となったものを（ハ）という。

有性生殖を行う生物では、生殖細胞に生じた突然変異が次世代に継承される。生存や生殖に有利な形質をもつ個体は多く生き残り、多くの子を残すと考えられる。この過程を（ニ）という。一方、中立的な突然変異は（ニ）を受けず、一定の速度で蓄積する。したがって、2つの種において共通の起源をもつタンパク質のアミノ酸配列を比較すると、種が分かれてからの期間が短いほどアミノ酸置換数が小さく、分かれてからの期間が長いほど多くの置換が起こっている傾向がみられる。DNAの塩基配列でも同じような変化がみられる。これらの分子の変化速度を利用して、2種の生物が分岐した年代を推定³⁾することができる。

1. 文中の空所(イ)～(ニ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。
2. 文中の下線部1)の遺伝子の組換えについて、ショウジョウバエを用いて次の実験を行った。下記の間 i～iii に答えよ。

【実験】

ショウジョウバエの体色を決める遺伝子と翅の形を決める遺伝子は同じ染色体上にある。体色を決める遺伝子には、正常体色になる対立遺伝子 B と黒体色になる対立遺伝子 b が知られており、翅の形を決める遺伝子には、正常翅になる対立遺伝子 W と痕跡翅になる対立遺伝子 w が知られている。 B と W はそれぞれ b と w に対して優性である。正常体色・正常翅の雌と黒体色・痕跡翅の雄を交配させたところ、生まれた F_1 の個体は全て正常体色・正常翅の個体になった。この F_1 の雌に黒体色・痕跡翅の雄を交配させ、生まれた子の表現型と個体数を調べると、下の表のようになった。

体 色	正常	正常	黒色	黒色
翅の形	正常	痕跡翅	正常	痕跡翅
個体数	455	65	65	455

- i. 交配に用いた F_1 の雌の遺伝子型をしるせ。
- ii. F_1 の雌に形成された配偶子の遺伝子型と表から予想される分離比を整数でしるせ。
- iii. F_1 の雌の配偶子形成における組換え価 (%) を有効数字3桁でしるせ。

3. 文中の下線部 2)の方法に従って3つの遺伝子間の距離を調べる次の実験を行った。下記の間 i ~ iv に答えよ。

【実験】

X, Y, Z の3つの遺伝子は同一染色体上にあり、それぞれには X と x, Y と y, Z と z の対立遺伝子がある。X, Y, Z は x, y, z のそれぞれに対して優性を示すことがわかっている。これら3つの遺伝子の位置関係を調べるために、3つの遺伝子ともに優性ホモの遺伝子型をもつ個体と劣性ホモの遺伝子型をもつ個体を掛け合わせて F₁ 個体を得た。さらにこの F₁ 個体に劣性ホモの遺伝子型をもつ個体を交配させたところ、生まれた子の表現型と個体数は下の表のようになった。また、この表から組換え価を求めると、3つの遺伝子の位置関係は下の図のように推定された。

表 F₁ と劣性ホモ個体の交配により生まれた子の表現型と個体数

表現型	XYZ	xyz	XYz	xyZ	Xyz	xYZ	XyZ	xYz
個体数	280	260	4	6	175	170	55	50

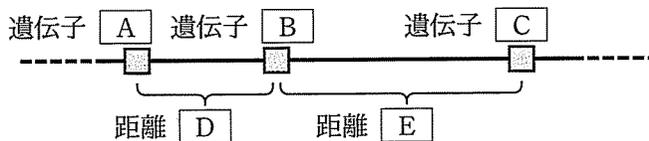


図 予想される3つの遺伝子座の位置関係

- i. 遺伝子間の距離は組換え価に比例すると仮定し、3つの遺伝子の位置関係を推定し、図の A ~ C それぞれにあてはまる遺伝子名をしるせ。ただし、D は E より小さいものとする。
- ii. 図の D と E の距離を組換え価 (%) で求め、有効数字3桁でしるせ。
- iii. 染色体の乗換えが起こる場合にみられる相同染色体の交差部位を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
- iv. 劣性形質の純系の個体と交配させて、染色体の乗換えを起こした配偶子の割合を求める方法を何と呼ぶか、その名称をしるせ。

4. 文中の下線部 3) について、次の問 i ~ iii に答えよ。

- i. 文中の下線部 3) の分子の変化速度を一般的に何と呼ぶか、その名称をしるせ。
- ii. タンパク質を指定する遺伝子の塩基配列において、アミノ酸の変化を伴わない同義置換とアミノ酸の変化を伴う非同義置換を比較すると、同義置換が蓄積する速度は非同義置換の速度より大きい。その理由として正しいものを、次の a ~ e からすべて選び、その記号をしるせ。
 - a. 同義置換ではアミノ酸の変化を伴わないため、塩基配列の変化が起きやすくなるから。
 - b. 同義置換にはタンパク質を指定しない領域の塩基置換も含まれるから。
 - c. 同義置換はタンパク質の機能が保存される中立な突然変異のため、変異が集団内に固定されやすいから。
 - d. 非同義置換ではアミノ酸の変化を防ぐための修復機構が働き、塩基の置換速度が遅くなるから。
 - e. 非同義置換では、アミノ酸の変化により不利な突然変異が起こった個体が集団から排除されるから。
- iii. ヒトと動物 A の間でタンパク質 P のアミノ酸置換数を調べると 18 ヶ所に違いが認められた。化石の研究から、ヒトと動物 A は今から 9000 万年前に共通の祖先から分岐したと推定される。タンパク質 P の 1 個のアミノ酸が変化するのに要する時間を計算した結果、(T) $\times 10^6$ 年、となった。空所(T)に当てはまる整数をしるせ。ただし、タンパク質 P のアミノ酸配列の変化は、動物種に関係なく、一定の速度で起きるものとする。

VI. 次の文を読み、下記の設問 1～5 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

動物においては、体内に侵入した病原体などの異物の多くは、自然免疫によって排除される。異物に侵入された部位では、局所的な痛みや腫れを伴うことがある。侵入した部位近くの細胞から分泌されたヒスタミンなどの物質によって、血管が拡張して毛細血管の透過性が高まって漏れ出る水分が増えて水ぶくれができる。また、神経が刺激され痛みも生じる。次に、食細胞の中ではもっとも数が多く、内部に顆粒を持った（イ）は、その部位に集まってきて、異物を食作用などで排除するとともに死滅する。同様に集まってきた単球は（ロ）に分化し、侵入してきた異物や死んだ細胞を処理すると同時に、血液中にインターロイキンを放出する。インターロイキンは脳の（ハ）にある体温調節中枢はたらきかけ全身の体温を上昇させる。

自然免疫で排除しきれなかった異物に対しては、B細胞やT細胞が中心となる獲得免疫（適応免疫）でその異物を排除する。このように免疫は病原体などの異物から体をまもっているが、その機能が低下したり異常な反応をすると、さまざまな病気を引き起こすことがある。

1. 文中の空所(イ)～(ハ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
2. 文中の下線部 1) に示す一連の反応は一般的に何と呼ぶか。その名称をしるせ。
3. 文中の下線部 2) に示す B 細胞に関する記述として正しいものを、次の a～d から 1 つ選び、その記号をしるせ。
 - a. 免疫グロブリンを指定する遺伝子の塩基配列は、B 細胞と他の種類の細胞の間では異なるが、全ての B 細胞の間では同じである。
 - b. B 細胞は抗原提示細胞からの抗原情報だけを受け取り、形質細胞に分化する。
 - c. 1 つの形質細胞は 1 種類の抗体を産生する。
 - d. 胸腺のないマウスには B 細胞がないので、形質細胞がなく、抗体による異物排除ができない。

4. 文中の下線部 3) に示すように、異物に対して免疫がはたらくが、自分自身の体もっている物質、あるいは自分が作り出した物質には免疫がはたらかないようになっている。このような現象を一般的に何と呼ぶか、その名称をしるせ。
5. 文中の下線部 4) に示すように、免疫はさまざまな病気に関係している。次の問 i ~ iii に答えよ。
- i. ヒト免疫不全ウイルスが主に感染する細胞として、もっとも適当な細胞の名称をしるせ。
 - ii. ある細胞表面にはアレルゲンに対する抗体が結合し、その抗体にアレルゲンが結合すると、その細胞はヒスタミンなどを放出する。この細胞の名称をしるせ。
 - iii. I 型糖尿病は、自己免疫疾患の 1 つである。このとき、免疫の標的となる細胞がある器官の名称をしるせ。

【以下余白】

