

'24

前期日程

# 生 物

(理 工 学 部)

## 注 意 事 項

全問題(①~④)を解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子のページ数は29ページです。解答用紙は4枚です。問題冊子に落丁、  
乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
4. 下書きには問題冊子の余白を利用してください。
5. 解答用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。





1

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

哺乳類は体液を循環させるための心臓や血管をもっている。図1は哺乳類の血液循環を模式的に示したものである。血液循環は心臓の拍動によって維持される。心臓が規則的な収縮リズムで拍動するのは、右心房の上側にある **ア** と呼ばれる場所に集まっている特殊な細胞が、周期的に活動電位を発生するためである。この信号が心臓全体へと伝えられることで、心臓が自発的に拍動する性質を心臓の **イ** という。 **ア** で発生した刺激は、まず心房に伝わり、その後心室へと伝わる。<sup>a</sup> 心筋細胞には、一度活動電位を発生すると、その後一定の長さの不応期があり、この間は電氣的に刺激されても反応しない。<sup>b</sup>

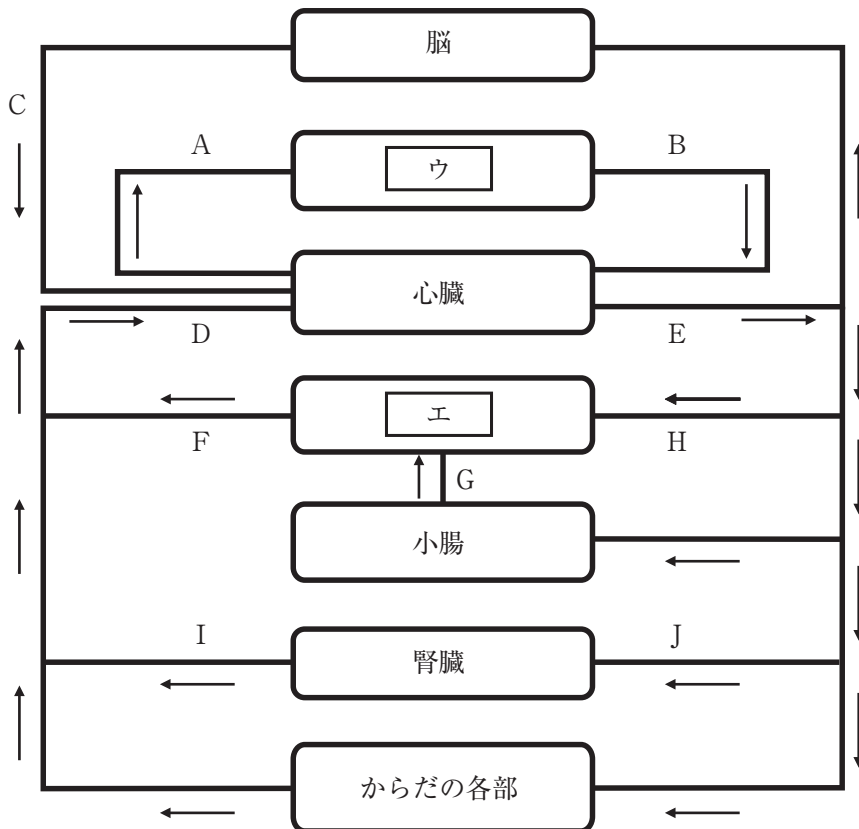


図1 哺乳類の血液循環(模式図)

問 1 本文中の  ,  および図 1 の  ,   
にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 図 1 の血管 A, D, E はそれぞれ心臓のどの部位と直接つながっている  
か, その名称を答えよ。

問 3 次の(i)~(iv)の特徴を示す血液が流れる血管として最も適切なものを,  
図 1 の血管 A~J の中からそれぞれ 1 つずつ選び, 記号で答えよ。

(i) 尿素濃度が最も低い血液

(ii) 尿素濃度が最も高い血液

(iii) 食後にグルコース濃度が最も高い血液

(iv) 酸素ヘモグロビンの割合が最も高い血液

問 4 下線部 a に関して, 刺激が心房から心室に伝わる過程で, 刺激の伝導速  
度が非常に遅い領域を通過する。これにより心房と心室で刺激が伝わるタ  
イミングにずれが生じることは, 心臓から血液を効率的に送り出すために  
どのように役立つと考えられるか, 25 字程度で説明せよ。

問 5 下線部 b に関して, 不応期は神経の軸索でも見られる。神経の軸索にお  
いて不応期があることは, 興奮の伝導にどのような役割をもつと考えられ  
るか, 30 字程度で説明せよ。

問 6 心臓の右心室と左心室の間に穴がある人では, 動脈血中の酸素が不足し  
た状態(低酸素血症)になる場合がある。この人が低酸素血症になる理由  
を, 20 字程度で説明せよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

神経繊維や樹状突起では、刺激によって生じた興奮は活動電流によって細胞膜に沿って伝導する。一方でシナプスでは、神経終末と隣接する細胞の間では興奮が活動電流によって伝導することはなく、神経終末内部のシナプス小胞から放出される物質によって興奮の情報が  される。軸索を伝導してきた興奮が神経終末に達すると、電位依存性イオンチャンネルが開き、イオンが神経終末内部に流入する。流入したイオンのはたらきでシナプス前膜にシナプス小胞が融合することにより、<sup>a</sup>神経伝達物質がシナプス小胞内部からシナプス  に放出される。放出された神経伝達物質は拡散して、シナプス後膜に存在する特異的な受容体に結合する。

軟体動物のアメフラシは、水管に接触刺激を与えると、えらを引っこめる反射を示す。しかし、この操作を**継続的に何度も繰り返す**行くと、えらを引っこめる頻度が減り、ついにはえらを動かさなくなる。一方、水管刺激に対するえらを引っこめる反射が弱くなったアメフラシの尾をきつくつかむような強い刺激を加えると、通常では反射を起こさないような弱い水管刺激に対しても、敏感にえらを引っこめるようになる。これを  という。アメフラシのえらを引っこめる反射の  では、水管からの感覚ニューロンの神経終末に、尾からの刺激を伝える介在ニューロンが神経伝達物質を放出する。この神経伝達物質を受容した水管からの感覚ニューロンの神経終末では、神経伝達物質の放出量が増加してえら運動ニューロンへの伝達効率が高まり、反射がそれまでよりも増強された状態になる。

問 1 ア ~ ウ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 シナプスに関する記述として適切ではないものはどれか、次の①~④の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① シナプスには、隣接するニューロンに興奮を引き起こす興奮性シナプスと、隣接するニューロンを興奮しにくくする抑制性シナプスがある。
- ② 神経伝達物質の受容体には、イオンチャネルとしてはたらくもののほかに、Gタンパク質共役型受容体と呼ばれるものも存在する。
- ③ 神経筋接合部で筋細胞に放出される神経伝達物質は、交感神経の終末から臓器の細胞に放出される神経伝達物質と同じである。
- ④ 放出された神経伝達物質は、分解されたりシナプス前膜に再回収されたりすることで、すみやかに消失する。

問 3 下線部 a に関して、シナプス前膜とシナプス小胞の融合に直接はたらくイオンは何か、その名称を答えよ。

問 4 下線部 b に関して、以下の(i), (ii)の間に答えよ。

(i) この現象を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

(ii) なぜこの現象が起こるのかを、「神経伝達物質の量」という言葉を用いて30字程度で説明せよ。

問 5 下線部 c に関して、この際に介在ニューロンから放出される神経伝達物質は何か、その名称を答えよ。

問 6 下線部 c が説明する神経回路として最も適切なものを，図 1 の①～⑧から 1 つ選び，記号で答えよ。

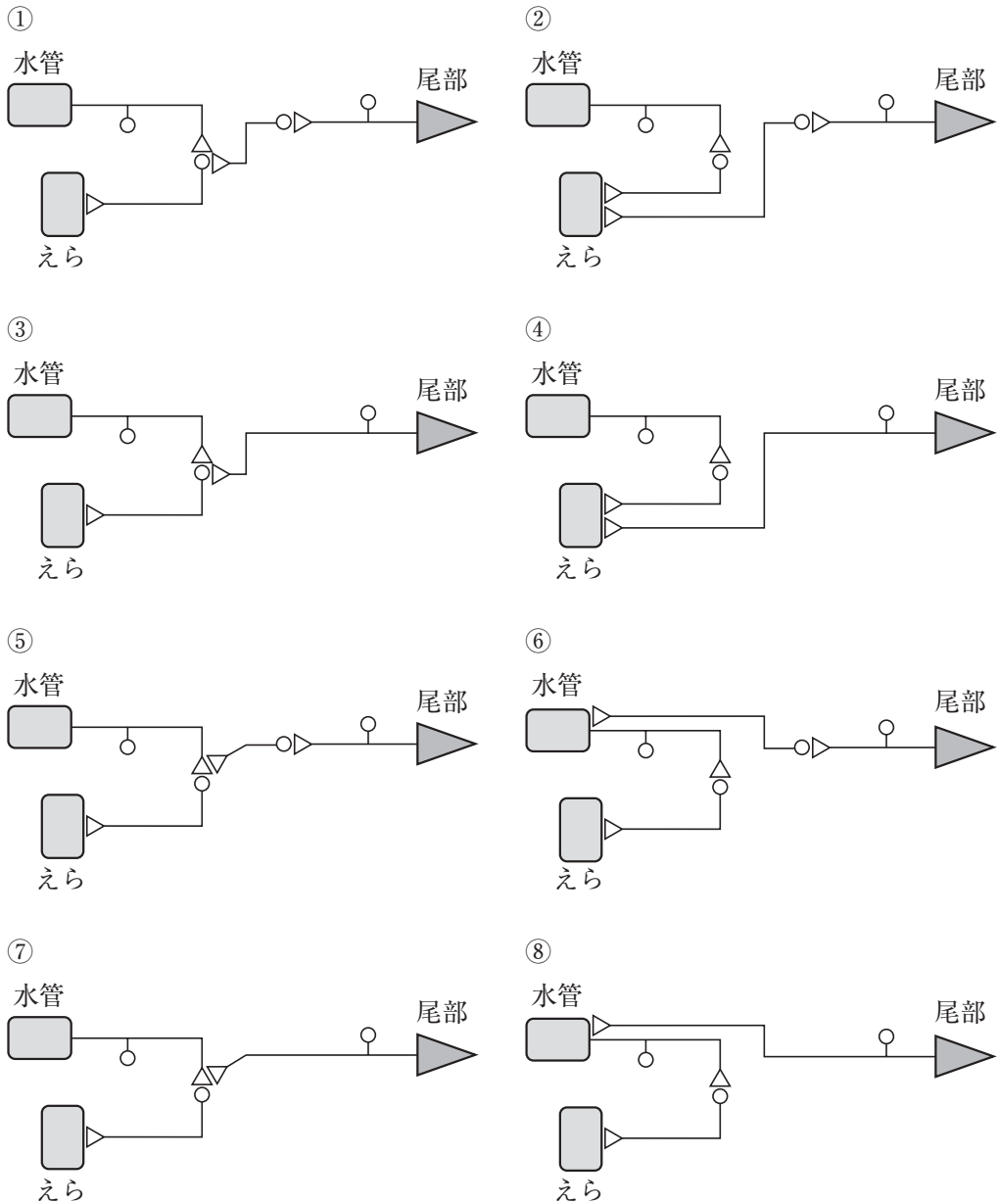


図 1 アメフラシの水管，えら，尾部の間の神経回路図

♀：細胞体      △：神経終末





2

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

生物は共通の祖先から進化してきたと考えられている。生物種が時間とともに進化してきた経路を系統といい、その経路を推定して樹状図で表したものを系統樹という。近年では、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列など<sup>a</sup>の分子データを比較して系統樹を作成する方法がよく用いられる。

生物種間のDNAの塩基配列の違いは、突然変異や遺伝子頻度の変化などにより生じる。突然変異には、DNAの塩基配列に置換・欠失・挿入などが起こる遺伝子突然変異と、染色体の構造や数が変化する染色体突然変異がある。突然変異は個体ごとに偶然起こる現象である。<sup>b</sup>したがって、種間の塩基配列に違いが生じるためには、個体レベルで生じた突然変異が種全体に広がる必要がある。

ある生物集団がもつ遺伝子の全体を遺伝子プールといい、集団中に含まれる個々の対立遺伝子の割合を遺伝子頻度という。遺伝子頻度に増減が起こると、<sup>c</sup>遺伝子プールの構成が変化するが、特定の条件下では<sup>d</sup>ハーディー・ワインベルグの法則が成り立ち、次世代の遺伝子頻度は変化しない。逆にこの法則が成り立たない条件下では、次世代の遺伝子頻度に変化し遺伝子プールの構成が変化する可能性があるので、生物集団の進化が可能となる。

問1 すべての生物に共通して見られる特徴として適切なものを、次の①～⑤から2つ選び、記号で答えよ。

- ① 基本的な遺伝暗号はごく一部の例外を除いて、共通している。
- ② 無機物のみから有機物を合成することができる。
- ③ 自己増殖する能力をもっている。
- ④ DNAは核の中に存在している。
- ⑤ タンパク質だけを触媒として用いている。

問 2 下線部 a に関して、DNA の塩基配列を比較することで、生物種間の系統関係を推定できる。表 1 は共通の祖先およびそこから派生した 7 種の生物 (A, B および ①~⑤) のある遺伝子の塩基配列の特定部分を示したもので、共通の祖先の配列と異なる塩基を下線つき太字で示してある。この塩基配列から系統関係を推定して図 1 のような系統樹を作成した。生物 A および生物 B は、すでに系統樹に書き入れてある。図中の ア ~ オ にあてはまるのは生物 ①~生物 ⑤ のどれか、記号で答えよ。ただし、この系統樹の分岐間の距離は、塩基配列の違いの割合を反映していない。

表 1 共通の祖先と 7 種の生物の特定部分の塩基配列

共通の祖先	AAGTTCGATTCGAGGTTCGAATCCGA
生物 A	AAGT <u>G</u> CGAG <u>T</u> TCGTGGTTA <u>G</u> TATCCGA
生物 B	AAGTTCGATTCGAGG <u>C</u> TCGAG <u>T</u> GCGA
生物 ①	AAGT <u>G</u> CGAG <u>T</u> TCGTGGTTCGAATCCGA
生物 ②	AAGTTCGATTCGAGG <u>C</u> TCGAAT <u>G</u> CGA
生物 ③	AAGT <u>G</u> CGAG <u>T</u> TCGAGGTTCGAATCCGA
生物 ④	AAGTTCGATTCGAGG <u>C</u> TCGAATCCGA
生物 ⑤	AAGT <u>G</u> CGAG <u>T</u> TCGTGGTTA <u>G</u> AATCCGA

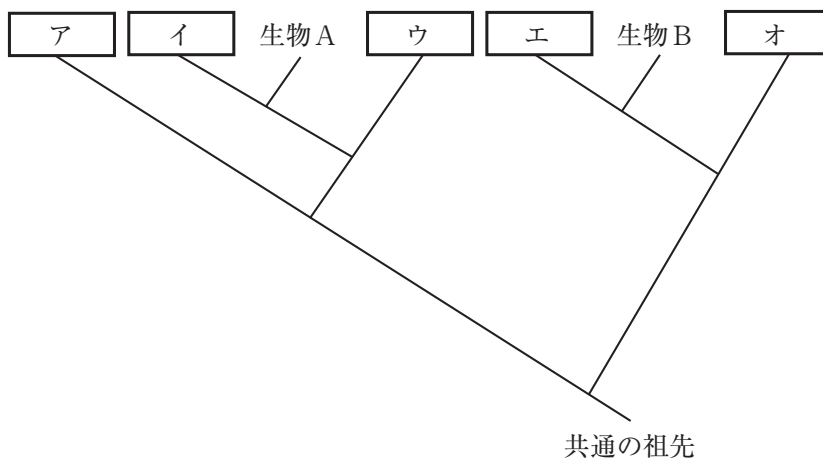


図 1 7 種の生物の系統樹

問 3 下線部 b に関して，図 2 は 2 対の相同染色体の，正常な場合およびさまざまな染色体突然変異の場合を模式的に示したもので，**A**～**H** は染色体上の異なる遺伝子領域を表している。以下の(i)～(iii)の変異にあてはまるものとして最も適切なものを，図 2 の①～⑤の中からそれぞれ 1 つずつ選び，記号で答えよ。

- (i) 欠失(染色体が切断され，染色体の一部が欠けること)
- (ii) 転座(異なる 2 本の染色体に切断が起こり，その切断された断片どうしが交換されること)
- (iii) 逆位(染色体の一部が切断され，つなぎ合わさるときに遺伝子領域の順番が逆転すること)

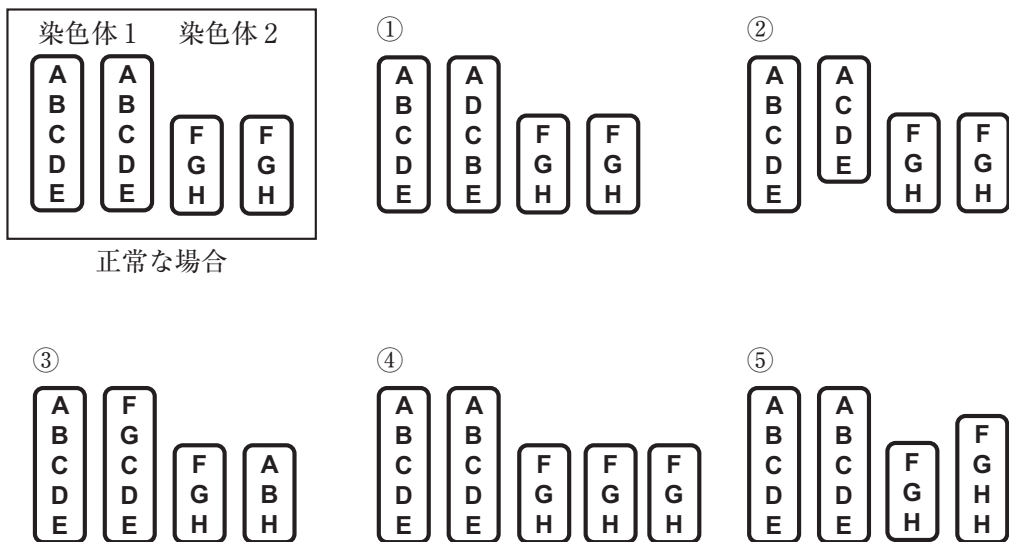


図 2 染色体の構造や数に変化が起こる突然変異の模式図

問 4 下線部 c に関して，自然選択がはたらかない場合でも，単なる確率的な過程によって，遺伝子プールの構成が世代を経て変わることがある。このような遺伝子頻度の変化を何と呼ぶか，その名称を答えよ。

問 5 下線部 d に関して，ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つ条件として適切ではないものはどれか，次の①～⑤の中から1つ選び，記号で答えよ。

- ① すべての個体が自由に交配する。
- ② 集団が十分に大きい。
- ③ ほかの集団との間に個体の移出や移入が起こらない。
- ④ ある一定の割合で突然変異が起こる。
- ⑤ 個体によって生存力や繁殖力の差がない。

問 6 対立遺伝子として，遺伝子  $A$  と遺伝子  $a$  が存在する生物集団  $L$  中には，遺伝子型  $aa$  をもつものが 1000 個体中 90 個体存在するものとする。以下の(i)～(iv)の間に答えよ。

- (i) 遺伝子  $A$  の遺伝子頻度を  $p$ ，遺伝子  $a$  の遺伝子頻度を  $q$  としたとき，生物集団  $L$  中の  $p$  と  $q$  の値をそれぞれ求めよ。
- (ii) ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つとき，生物集団  $L$  の次世代集団  $M$  中の 2000 個体のうち，遺伝子型  $Aa$  をもつ個体の数を求めよ。
- (iii) (ii)で生じた生物集団  $L$  の次世代集団  $M$  に自然選択がはたらいて遺伝子型  $aa$  をもつ個体のみがすべて絶滅したとする。自然選択後の次世代集団  $M$  での遺伝子頻度  $p$  と  $q$  の値を，それぞれ小数点第 3 位を四捨五入して求めよ。

- (iv) (iii)と同様な自然選択が，次世代集団  $M$  以降の世代の集団にも起こり続けた場合，世代が進むにしたがい，遺伝子頻度  $p$  はどのような値に近づくか，その値を答えよ。



(2) 次の文章を読んで、問1～問8の答を解答欄に記入せよ。

RNAはDNAと異なり、通常1本のヌクレオチド鎖として存在し、ヌクレオチドを構成する糖がリボースである。リボースとデオキシリボースの化学構造の違いは、リボースでは5個の炭素のうち、番の炭素にヒドロキシ基(-OH)が結合していることである。RNAには、tRNA、rRNAおよびmRNAなどがある。tRNA、rRNA、mRNAはいずれもという酵素によって合成される。

mRNAは、DNAの遺伝情報を写し取り、タンパク質の設計図としてリボソームに伝える役割をしている。一方、rRNAはタンパク質の設計図としての役割はなく、リボソームタンパク質と結合してリボソームを構成する。リボソームは、mRNA上を塩基分ずつ移動しながら、コドンが指定する通りに次々とアミノ酸をつないでいく。このようにリボソームは、タンパク質合成において中心的な役割を担っている。

問1 , にあてはまる適切な数字をそれぞれ記せ。

問2 にあてはまる適切な語句を記せ。

問3 真核生物のtRNAに関する記述として適切ではないものはどれか、次の

①～⑥の中から2つ選び、記号で答えよ。

- ① tRNAは、何度でも同じ種類のアミノ酸を運ぶことができる。
- ② tRNAには、mRNAのコドンと相補的な塩基配列をもつ領域がある。
- ③ tRNAの塩基配列には、全長のタンパク質となるすべての遺伝情報が含まれている。
- ④ tRNAは酵素のはたらきによって、それぞれに対応した特定のアミノ酸と結合する。
- ⑤ tRNAは、細胞質基質中に存在する。
- ⑥ tRNAに結合したアミノ酸は、mRNAのコドンと結合する。



問 4 真核生物の rRNA およびリボソームに関する記述として適切ではないものはどれか、次の①～⑤の中から2つ選び、記号で答えよ。

- ① rRNA は、核の内部にある核小体で DNA から転写される。
- ② mRNA には、まずリボソームの大サブユニットが結合し、次に小サブユニットが結合して翻訳が始まる。
- ③ リボソームは、mRNA に写し取られた遺伝情報を 5' → 3' 方向に翻訳する。
- ④ 粗面小胞体にはリボソームが付着している。
- ⑤ リボソームによる翻訳は、転写と同じ核内で行われる。

問 5 真核生物の mRNA および転写に関する記述として適切ではないものはどれか、次の①～⑥の中から2つ選び、記号で答えよ。

- ① 転写の際には、基本転写因子と呼ばれる複数のタンパク質がプロモーターに結合する。
- ② 細胞では、すべての遺伝子が転写され続けるが、細胞内の mRNA の全量は一定に保たれている。
- ③ 多くの場合、mRNA 前駆体から mRNA ができる過程で mRNA の前駆体のヌクレオチド鎖の一部が取り除かれる。
- ④ 1 種類の mRNA 前駆体からは、常に 1 種類の mRNA が合成される。
- ⑤ mRNA には、アミノ酸に翻訳されない領域が開始コドンの前と終止コドンの後ろに存在する。
- ⑥ mRNA の一部と同じ塩基配列をもつ短い 2 本鎖 RNA が細胞中にあることによってその mRNA が分解される現象を、RNA 干渉という。

問 6 RNA を遺伝物質として用いるウイルスの中でレトロウイルスに分類されるものは、RNA を鋳型にして DNA を合成する酵素をもつ。この酵素を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 7 下線部 a に関して、DNA のアンチセンス鎖の塩基配列に以下のような配列が含まれていた。この配列に対応して合成される mRNA の塩基配列を、5′ 末端から答えよ。

5′ - GCTACCTAGAA - 3′

問 8 真核生物の mRNA の 3′ 末端には特徴的な塩基配列が付加されている。その構造を何と呼ぶか、その名称を答えよ。



3

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

体内の恒常性を維持するためには、意思とは無関係に作用する自律神経系と<sup>a</sup>  
ア 腺から分泌されるホルモンが協調してはたらくことがある。その代表例に血糖量の調節が挙げられ、健康なヒトの空腹時の血糖濃度はおよそ0.1%前後で維持されている。激しい運動などにより血糖量が減少した場合、間脳の イ に存在する、血糖量を調節する中枢が低血糖の情報を感知する。その情報は自律神経の一つである ウ 神経を通じて エ やすい臓のランゲルハンス島のA細胞に伝えられ、その結果 エ からはアドレナリン、ランゲルハンス島のA細胞からは オ が分泌される。アドレナリンや オ は肝臓にはたらきかけ、カ のグルコースへの分解を促すことにより、血糖量を増加させる。一方、食事などにより血糖量が増加すると、別の自律神経である キ 神経を通じてすい臓のランゲルハンス島のB細胞が刺激され、ク が分泌される。ク はグルコースの細胞内への取り込みや細胞内での呼吸による消費を促進するとともに、肝臓や筋肉におけるグルコースから カ への合成を促す。

このような調節作用がうまくはたらかず、高血糖状態が続く病気を糖尿病と呼ぶ。糖尿病によって高血糖状態が続くと神経や血管の障害が起こり、腎臓のろ過機能が低下し、さらに悪化すると腎不全となる。腎臓移植は腎不全を根本的に治療する唯一の手段であるが、移植された腎臓に対する拒絶反応が生じることが多い。これは移植された腎臓のMHC分子がヘルパーT細胞によって非自己と認識されて、ケ 細胞を主体とした体液性免疫とT細胞を主体とした コ 免疫による拒絶反応が起こることによる。このため、臓器移植における拒絶反応を防ぐためには、体液性免疫と コ 免疫の両方の制御が重要となる。

問 1 ア ~ コ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a に関して、神経とホルモンについての一般的な記述として最も適切なものを、次の①～⑤の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① ホルモンより神経の方が短時間で作用し、その効果も持続する。
- ② 神経よりホルモンの方が短時間で作用し、その効果も持続する。
- ③ ホルモンより神経の方が短時間で作用するが、その効果は持続しにくい。
- ④ 神経よりホルモンの方が短時間で作用するが、その効果は持続しにくい。
- ⑤ 神経とホルモンはほぼ同時間で作用し、その効果の持続時間もほぼ同じである。

問 3 ヒトの腎臓に関する記述として適切ではないものはどれか、次の①～⑤の中から 2 つ選び、記号で答えよ。

- ① 横隔膜の下側で背骨の左右に 1 個ずつ存在する。
- ② 内胚葉に由来する器官である。
- ③ 腎臓の内部には、尿を生成する腎単位と呼ばれる構造が存在する。腎単位は、ボーマンのうと糸球体からなる腎小体とそれから伸びる細尿管からなる。
- ④ 腎動脈から入った血液が糸球体でろ過され、糸球体の周りを取り囲むボーマンのうへこし出されて原尿が生成される。
- ⑤ 腎臓で生成された尿中のタンパク質以外の成分の濃度は、血しょう中の成分濃度とほぼ同じである。

問 4 原尿は 1 日に約 180 L つくられるが、体外に排出される尿の量はわずか約 1.5 L である。このような差が生じる理由を 20 字程度で説明せよ。

問 5 MHC 分子に関する記述として適切なものはどれか，次の①～⑥の中から 2 つ選び，記号で答えよ。

- ① 1 種類の MHC 分子は通常，1 種類の抗原ペプチドとしか複合体をつくらない。
- ② 抗体と同様に遺伝子再編成の結果，MHC 分子の多様性が生み出される。
- ③ ヒトのほとんどすべての体細胞で発現している。
- ④ キラー T 細胞がウイルス感染細胞を見つけるために必要である。
- ⑤ NK 細胞ががん細胞を攻撃するために必要である。
- ⑥ マクロファージがトル様受容体を介して異物を認識するために必要である。

問 6 獲得免疫が自然免疫と異なる特徴の 1 つが免疫記憶である。免疫記憶が起こるしくみを，「記憶細胞」という語句を用いて 60 字程度で説明せよ。



(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

細胞膜は、細胞の内部と外界を隔てる役割をはたすとともに、物質の出入りを調節したり、細胞外からの刺激を受容して細胞内へ情報伝達したりするはたらきをもつ。その厚さは、約  であり、リン脂質の脂質二重層にさまざまな膜タンパク質が配置された構造である。また、リン脂質やタンパク質は膜内を比較的自由に移動することができる。このような膜構造モデルを  という。真核細胞に見られる細胞小器官などのさまざまな細胞内の構造体の膜も細胞膜と基本的に同じ構造をしており、これらをまとめて生体膜という。

細胞は、必要な物質を吸収し、不要な物質を排出する必要があるため、生体膜には、特定の物質を選択的に透過させる性質がある。生体膜の脂質二重層を直接通過できる物質は限られており、通過しにくい物質の中では、脂質二重層を貫通して存在する輸送タンパク質を介して移動することが可能な物質のみが生体膜を通過できる。輸送タンパク質の1つである  は腎臓の集合管上皮などの細胞膜に存在して、水分子の細胞膜透過性を高めている。このほかにはグルコースやアミノ酸などを高濃度側から低濃度側へ通過させる輸送タンパク質がある。このような濃度勾配にしたがった物質の輸送は、 と呼ばれ、エネルギーを必要としない。これに対し、濃度勾配に逆らって物質を輸送する能動輸送では、ATPのエネルギーが利用される。細胞内外での  $\text{Na}^+$  と  $\text{K}^+$  の分布のかたよりを維持する分子機構には、 がはたらいっている。

細胞膜の脂質二重層や輸送タンパク質を通過できない大きな分子の移動は、細胞膜による包み込みや細胞膜への小胞の融合によって行われる。細胞外への輸送方法の1つとして、ゴルジ体から分離した分泌小胞が、細胞膜に融合して小胞内部のタンパク質を細胞外へ放出する  がある。動物細胞では、多くのホルモンや消化酵素などがこの方法で細胞外へ分泌される。細胞内へタンパク質などを取り込む場合には、細胞膜の一部が陥入してタンパク質を外液



ごと取り込んだ小胞が形成される。この小胞がリソソームに融合すると、小胞中のタンパク質がリソソーム中へ放出され、リソソーム内に存在する **カ** のはたらきにより、タンパク質の **キ** 結合が切断される。

問 1 **ア** ~ **キ** にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 **A** にあてはまる厚さとして最も適切なものを、次の①~⑥の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 10  $\mu\text{m}$
- ② 10 nm
- ③ 1 mm
- ④ 1  $\mu\text{m}$
- ⑤ 0.1  $\mu\text{m}$
- ⑥ 0.1 mm

問 3 下線部 a に関して、生体膜をもたない細胞内の構造体を、次の①~⑥の中からすべて選び、記号で答えよ。

- ① ミトコンドリア
- ② 小胞体
- ③ 葉緑体
- ④ リボソーム
- ⑤ リソソーム
- ⑥ 液胞

問 4 下線部 b に関して，細胞内外における  $K^+$  と  $Na^+$  の濃度の記述として最も適切なものを，次の①～④の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

- ①  $K^+$  は細胞の内側の方が外側より濃度が高く， $Na^+$  は外側の方が内側より濃度が高い。
- ②  $K^+$  は細胞の内側の方が外側より濃度が低く， $Na^+$  は外側の方が内側より濃度が低い。
- ③  $K^+$ ， $Na^+$  とともに細胞の内側の方が外側より濃度が高い。
- ④  $K^+$ ， $Na^+$  とともに細胞の外側の方が内側より濃度が高い。

問 5 通常，生体内で輸送タンパク質を介さずに脂質二重層を直接通過する物質を，次の①～⑤の中から 2 つ選び，記号で答えよ。

- ① カリウムイオン
- ② アミノ酸
- ③ グルコース
- ④ ステロイドホルモン
- ⑤ 酸素

問 6 脂質二重層を直接通過できる物質はどのような性質をもつか，その性質のうちの 1 つを答えよ。



## 4

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

ある一定の地域に生息し、さまざまな関係を及ぼしあっている生物の個体群の集まりが生物群集であり、さらに、光、水、大気、土壌および温度のようなそれを取り巻く非生物的環境を含めたひとまとまりを生態系という。生態系を構成する生物は、生産者である  栄養生物と消費者である  栄養生物に大別され、消費者は、生産者を直接捕食する一次消費者、一次消費者を捕食する二次消費者、さらに高次の消費者にわけられる。また、有機物を無機物に分解する過程にかかわる生物は分解者と呼ばれ、物質循環に重要な役割を担っている。生産者は、太陽からの光エネルギーを利用して物質生産を行い、光エネルギーを化学エネルギーに変換して有機物中に蓄える。したがって、エネルギーは食物連鎖を通じて物質とともに生態系内を移動することになり、<sup>a</sup>最終的に熱エネルギーとして系外へ放出される。生態系における物質生産や物質収支を把握することは、生態系の特徴を理解するうえで重要である。

生物群集を構成する個体群の特徴は、個体数のほか、単位生活空間あたりの個体数である個体群密度や、単位空間あたりの個体群の総重量である  などで表される。適度な生活空間と食物などの生存と繁殖に必要な資源があれば時間とともに個体群は成長するが、際限なく増え続けるというわけではない。自然界では、多くの個体が捕食や病気、環境の変化などで死亡する。同世代の生存個体数の時間経過に伴う変化を表す生存曲線は、その形状に基づいて大きく3つの型に分類される。生物群集の中で成立する個体群間の関係として、実際の生態系では、捕食者が複数種を捕食するなど複雑に食物連鎖が絡み合った  が形成されている。また、異種個体群間には、被食者－捕食者相互関係に加えて、競争や共存などの多様で複雑な関係も形成されている。例えば、ヒメゾウリムシとゾウリムシの間には被食者－捕食者相互関係はないが、<sup>d</sup>実験室で1つの容器内で混合飼育した場合、図1のようにゾウリムシの個体群密度が減少し、やがて全滅してしまう。このような現象を競争的  という。これは、 の重なりが大きい場合に生じやすいと

考えられている。

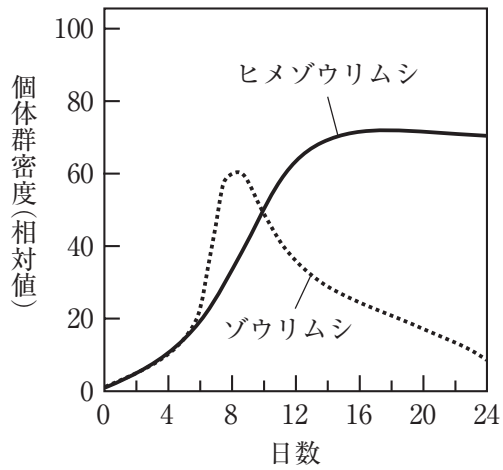


図1 実験室の飼育容器内でヒメゾウリムシとゾウリムシを混合飼育したときの個体群密度の経時変化の例

問 1  ～  にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a に関して、ある生態系におけるエネルギー収支が表 1 のようになったとすると、以下の(i), (ii)の間に答えよ。

(i) 生産者の純生産量、一次消費者の同化量 X と成長量 Y を、それぞれ求めよ。

(ii) 食物連鎖の各栄養段階において、前の段階のエネルギー量のうち、その段階でどれぐらいのエネルギーが利用されるかの割合(%)を示したものを、エネルギー効率という。この生態系へ入射する太陽エネルギーが  $4.97 \times 10^5 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$  であるとする。生産者および一次消費者のエネルギー効率(%)を、それぞれ小数点第 2 位を四捨五入して求めよ。

表 1 ある生態系におけるエネルギー収支

単位： $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$

	生産者	一次消費者	二次消費者
同化量(総生産量)	536.8	X	15.0
呼吸量	112.7	21.2	8.6
被食量	73.8	15.9	0
枯死・死滅量	11.1	1.5	0.1
成長量	339.2	Y	6.3
不消化排出量	—	2.4	0.9

問 3 下線部 b に関して、生息地域内で活発に移動する生物の個体数を推定するため、以下の調査を行った。(i), (ii)の間に答えよ。

《調査概要》

ある池の魚類の個体数を調査するため、対象となる魚類を投網で 90 個体捕獲し、それぞれに目印をつけて放流した。一定期間経過後に、投網を用いて再度対象となる魚類を 120 個体捕獲したところ、そのうち 6 個体に目印が認められた。

(i) この調査方法を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

(ii) 総個体数の推定値を求めよ。

問 4 下線部 c に関して，図 2 に示す 3 つの典型的な生存曲線に関する記述として適切なものはどれか，次の①～⑥の中からすべて選び，記号で答えよ。

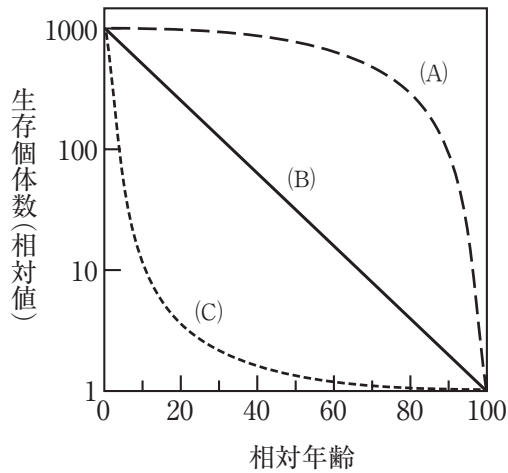


図 2 3 つに大別された生存曲線の概形

- ① シジュウカラは(A)のタイプにあてはまる。
- ② は虫類の多くは(B)のタイプにあてはまる。
- ③ マイワシは(C)のタイプにあてはまる。
- ④ (A)のタイプにあてはまる生物では，産卵・産子数が多いことに加え，卵や子が大きい傾向が強い。
- ⑤ (B)のタイプにあてはまる生物の，各時期の死亡数はほぼ一定である。
- ⑥ (C)のタイプにあてはまる生物は，ときおり大発生をすることがある。



問 5 下線部 d に関して，ヒメゾウリムシとゾウリムシの例とは異なり，競争を減らすことで一方が絶滅することなく，ともに生存していくしくみと代表的な生物の組み合わせとして適切なものを，次の①～⑥の中からすべて選び，記号で答えよ。

	しくみ	代表例
①	なわばり	アユとオイカワ
②	利他行動	はたらきバチと女王バチ
③	アリー効果	オオクチバスとホンモロコ
④	食いわけ	ヒメウとカワウ
⑤	寄生	クロオオアリとアブラムシ
⑥	すみわけ	ヤマメとイワナ

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

バイオームとは、植生を構成する植物とそこに生息する動物や微生物を含むすべての生物の集まりのことである。外から見てわかる植生の様子を  という。地球上には  によって区分されるさまざまなバイオームが成立している。世界の陸上のバイオームは、森林、 、さらに植物がまばらに生える  に大別される。それらは、さらに  に基づいていくつかの型に分かれる。その地域のバイオームがどの型になるかは、植物の分布に大きな影響を与える気候要因である年  と年平均気温によく対応する。森林は植生が占める空間が大きく、構造も複雑である。発達した森林では、構成する植物の高さにそった階層構造がみられ、森林内の環境も多様である。上層の葉が密に茂ると、下層への光の透過が妨げられるため、森林内の光環境は平均すれば下層ほど暗い。しかし、森林内の光環境は、森林の階層構造と太陽の方向や天気の影響を受けるため、森林内の場所、1日の時刻や季節により大きく変動する。例えば、冬<sup>a</sup>の落葉樹林の林内は高木が葉を落とすため、夏に比べてずっと明るくなる。

ある場所の植生が、時間とともに変化していく現象を  という。火山の噴火などによって生じる裸地のように、植物が生育しておらず  も十分に形成されていない場所は、 を保つ力に乏しく、植物の栄養分となる窒素なども少ない。そのため、そのような厳しい環境に耐えられる植物が  の初期にまず現れる。それによりその場所の非生物的環境が変化し、それまで生育できなかった植物が侵入する。これが繰り返されて植生が変化していく。 の進行を促す環境要因の1つが地表に届く光の量である。日当たりのよい環境での生育に適した樹木は、葉の光合成速度<sup>c</sup>が比較的高く成長も速い。

問1  ～  にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a にあてはまる地点として最も適切なものを，図 1 の①～⑥の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

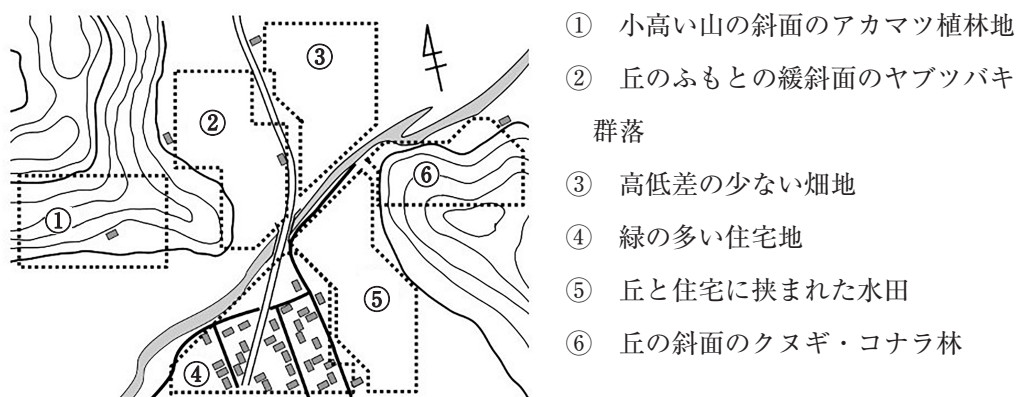


図 1 地形図と各地点の特徴

問 3 群馬県のバイオームについて，以下の(i)，(ii)の間に答えよ。

(i) 下の表 1 は群馬県の桐生市と草津町の 2022 年の月別平均気温である。表 1 のデータを使って桐生市と草津町の暖かさの指数を，それぞれ求めよ。

表 1 桐生市と草津町の 2022 年の月別平均気温(℃)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
桐生市	3.1	3.6	10.0	14.9	18.3	22.8	27.1	26.9	23.5	15.8	12.6	5.6
草津町	-5.1	-5.0	1.7	7.8	11.2	15.8	20.0	20.1	16.9	9.5	5.8	-1.6

- (ii) 下の表2はバイオームの名称と暖かさの指数の関係である。(i)で求めた値と表2を参考にして、2つの地域のバイオームの名称をそれぞれ推測し、①～④の記号で答えよ。

表2 日本のバイオームと暖かさの指数の関係

バイオームの名称	暖かさの指数
① 亜熱帯多雨林	240 ～ 180
② 照葉樹林	180 ～ 85
③ 夏緑樹林	85 ～ 45
④ 針葉樹林	45 ～ 15

問4 下線部bに関して、このような種(植物)を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問5 下線部cに関して、植物は呼吸を行って二酸化炭素を放出し、光合成によって二酸化炭素を吸収する。単位時間あたりの植物の二酸化炭素の吸収量および放出量を、それぞれ光合成速度、呼吸速度という。以下の(i)～(v)の間に答えよ。

- (i) 二酸化炭素を取り込む最初の反応を触媒する酵素は何か、その名称を答えよ。
- (ii) 呼吸速度と光合成速度が釣り合うときの光の強さを何と呼ぶか、その名称を答えよ。
- (iii) 光が十分な強さになると、それ以上光を強くしても、光合成速度は一定になる。そのときの光の強さを何と呼ぶか、その名称を答えよ。

- (iv) 日当たりのよい環境で良く生育する樹木が日陰の環境では育ちにくいのはなぜか、図2のグラフを参考に、30字程度で説明せよ。

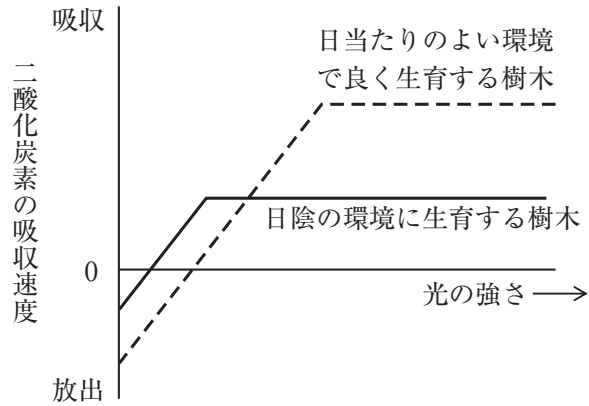


図2 光の強さと二酸化炭素の吸収速度の関係

- (v) 水中に届く光の量は深さや濁りが増すと減少するため、ある水深で水中植物の呼吸速度と光合成速度が釣り合う。そのときの水深を何と呼ぶか、その名称を答えよ。