

生物

第1問

次の文章を読み、下の問い（問1～4）に答えよ。

タンパク質の構造は、タンパク質をコードする DNA の（ア）で決定される一次構造、および a 二次構造としてらせん状構造をもつ（イ）やβシート構造があり、さらに三次構造、四次構造により決定される。立体構造が形成されることにより、それぞれのタンパク質は固有の機能をもつ。例えば、酵素は特定の基質と結合し、基質と反応中間物のエネルギー差である（ウ）を低下させる作用をもつため、その非存在下ではほとんど起こらない化学反応を進めることができる。酵素濃度が一定のとき、基質濃度がある程度高くなると b 反応速度は一定となる。

c 通常、アミノ酸は酵素によって合成されるが、動物によって体内で十分に合成できないアミノ酸もあり、これらは（エ）と呼ばれ食物として摂取する必要がある。

問1 文章中の（ア）～（エ）に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部 a に関して、次の（1）と（2）に答えよ。

- （1）二次構造の安定化に働く結合を1つ答えよ。
- （2）アミノ酸の側鎖を R としたペプチド結合を描き、二次構造の安定化に働く結合を点線で図示せよ。

問3 下線部 b の時点における酵素と基質の結合状態を簡潔に説明せよ。

問4 下線部 c に関して、次の（1）と（2）に答えよ。

- （1）図1に示すように、酵素 X, Y, Z はアミノ酸 A を基質としてアミノ酸 B を作り出すために必要な反応を触媒する。酵素 X はアミノ酸 B と結合することが明らかとなったため、野生型および変異型の酵素 X を精製して、アミノ酸 B

を様々な濃度で添加して酵素活性を評価したところ、図2の結果を得た。酵素 X のアミノ酸 B による調節メカニズムの名称を記し、その生体内の分子調節機構において果たす役割を簡潔に説明せよ。

- （2）野生型の酵素 X と比較し、変異型の酵素 X に生じたと予想される性質の変化を2つ挙げよ。

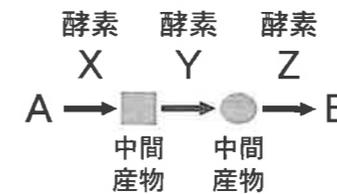


図1 アミノ酸 B の産生経路

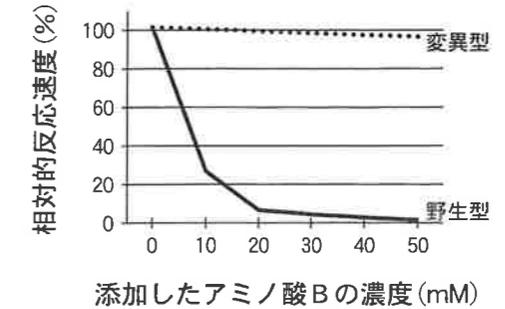


図2 アミノ酸 B が酵素 X の活性に与える影響

第2問

次の文章を読み、下の問い（問1～7）に答えよ。

生物の遺伝情報は、核酸から核酸、および核酸からタンパク質へ伝えられる。図3にはそれらの実在する遺伝情報の流れ、および仮想の流れを区別せずに示し、遺伝情報が伝えられる過程を a～i の矢印で表している。

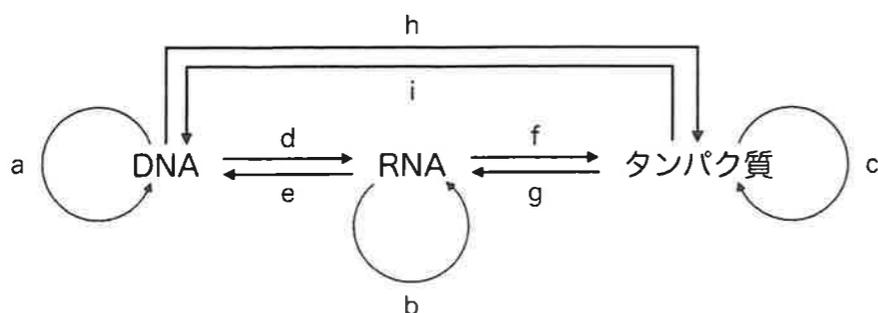


図3 遺伝情報の流れ

問1 生物が行う複製，転写，翻訳はそれぞれどの過程か。図3の a～i のアルファベットから選んで答えよ。

問2 ウイルスは、DNA あるいは RNA とそれを覆う自らのタンパク質などからできている。ウイルス自身では生物が行う遺伝情報の流れを基本的に行えないため、生物に侵入した後、生物の遺伝情報の流れを利用する。新型コロナウイルス（ここでは 2019 年末から世界的にパンデミックを起こした SARS-CoV-2 のことを指す）は RNA ウイルス（遺伝情報を RNA にもつウイルス）である。このウイルスは図3の e を行う酵素を遺伝情報としてもっていないため、e の過程を行えない。このウイルスが自らの子孫をつくるために必要なすべての過程を図3の a～i のアルファベットから選んで答えよ。

問3 新型コロナウイルスは一本鎖プラス鎖 RNA ウイルスである。プラス鎖 RNA はセンス鎖 RNA ともいい、遺伝情報をもつ側の RNA のことを指す。次の（1）と（2）に答えよ。

（1）このウイルスが子孫をつくるために必要な遺伝情報の流れを、プラス鎖（センス鎖）RNA を RNA⁺、マイナス鎖（アンチセンス鎖）RNA を RNA⁻ として図示せよ。

（2）（1）の遺伝情報の流れを行うためには、このタイプのウイルス特有の酵素が必要である。どのような性質の酵素であるか答えよ。

問4 新型コロナウイルスの遺伝子検査（核酸を検出する検査）は PCR 法を利用する。検査は一般的に生物あるいはウイルスが行う種々の反応を模倣したものが多く、PCR 法も図3のある過程を模倣したものである。このウイルスの検出に際して実際に高感度の PCR 法が使用されていることを考慮して、このウイルスを遺伝子検査するために必要なすべての過程を図3の a～i のアルファベットから選んで答えよ。

問5 新型コロナウイルスの検査には抗原検査もある。抗原検査はタンパク質を検出するものであるが、遺伝子検査に比べて感度が低い。それは、図3の a～i の過程のいずれかを生物あるいはウイルスが実行できないためである。その過程（アルファベット）を文章中に入れて、抗原検査の感度が低い理由を 100 字以内で説明せよ。

問6 病原体の抗原情報を保ったまま病原性を消失させたものを接種すると、人為的に免疫応答（一次応答）を引き起こすことができる。その後、実際に病原体が体内に侵入した場合には、記憶細胞がはたらいて、即座に二次応答が起こるため、発症を未然に防いだり、症状をやわらげたりする効果がある。このとき接種する抗原をワクチンという。新型コロナウイルスに対しては、抗原情報をもつ核酸（mRNA）を接種する mRNA ワクチンが使用された。このワクチンは図3のどの過程を利用したものか。a～i のアルファベットから選んで答えよ。

問7 抗原情報をもつ核酸として mRNA の他に DNA を使用することも可能である。同じ抗原情報をもつ mRNA あるいは DNA を細胞に導入して使用するものとする。これらがヒト細胞に導入された後、どのようなステップを経て抗原をつくるのか、その違いを 100 字以内で説明せよ。

(次のページにも問題があります。)

第3問

次の文章を読み、下の問い（問1～5）に答えよ。

外界からの刺激は眼や耳などの（ア）で感知され、その情報は感覚神経を介して（イ）神経系に伝えられる。例えば、ヒトなどの脊椎動物では、光刺激は眼の網膜にある（ウ）で受け取られ、（エ）の視覚野に情報が伝えられることで、視覚が生じる。（イ）神経系では、感知された刺激の情報が統合・処理され、運動神経や自律神経を介して、適切な信号が筋肉などの（オ）に伝えられる。

神経は多数のニューロンから構成されており、ニューロンは情報を電気的な信号に変換して伝えている。このしくみには、a 細胞内外のイオン濃度差によって生じる膜内外での電位差、つまり膜電位が関与している。b 刺激を受けていない状態の動物細胞では、細胞外を基準とすると細胞内は負の電位を示しており、これを静止電位という。

ニューロンが刺激を受けると、c 電位依存性ナトリウムチャンネルと電位依存性カリウムチャンネルのはたらきにより、一過的に膜電位が上昇した後、再び元の静止電位に戻る。この電位の変化を活動電位といい、活動電位がニューロンの軸索に沿って伝わっていくことで情報が運ばれる。

さらに、d 活動電位がニューロンの軸索の末端に到達すると、神経伝達物質と呼ばれる化学物質が放出される。これを近接するニューロンや（オ）が受け取って、情報が伝えられていく。

問1 文章中の（ア）～（オ）に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部 a に関して、下の問いに答えよ。

動物細胞の細胞内外ではイオン濃度が大きく異なる。 Na^+ と K^+ の濃度差を維持している膜タンパク質の名称を答え、そのタンパク質の特徴をイオンチャンネルと比較して説明せよ。

問3 下線部 b に関して、次の（1）と（2）に答えよ。

（1）静止電位が生じるしくみを説明せよ。

（2）細胞内の K^+ の半量を Na^+ に置き換えるとどうなるか。次の①～④から正しいものを選び、番号で答えよ。

- ① K^+ の濃度勾配は小さくなり、静止電位は正の方向に変化する。
- ② K^+ の濃度勾配は小さくなり、静止電位は負の方向に変化する。
- ③ K^+ の濃度勾配は大きくなり、静止電位は正の方向に変化する。
- ④ K^+ の濃度勾配は大きくなり、静止電位は負の方向に変化する。

問4 下線部 c に関して、（1）～（3）の薬物をニューロンに作用させ、閾値を超える刺激を与えたときに膜電位はそれぞれどのようなようになるか答えよ。

- （1）電位依存性ナトリウムチャンネルのはたらきを阻害する薬物
- （2）電位依存性カリウムチャンネルのはたらきを阻害する薬物
- （3）電位依存性ナトリウムチャンネルが閉じる過程を阻害する薬物と電位依存性カリウムチャンネルのはたらきを阻害する薬物を混合した薬物

問5 下線部 d の情報伝達に関する次の文章を読み、下の問いに答えよ。

ある神経細胞へ薬物Aを作用させると、シナプス前細胞に刺激を与えてもシナプス後細胞へ情報が伝わりにくくなっていた。このとき、次の3つの実験結果を得た。

結果1：刺激を与えたとき、シナプス前細胞の活動電位は正常であった。

結果2：刺激直後、シナプス間隙にある神経伝達物質Xの量は減少していた。

結果3：シナプス後細胞にあるXの受容体は正常にはたらいっていた。

薬物Aはどのようなタンパク質のはたらきを阻害している可能性があるか。次の①～⑤から適切なものをすべて選び、番号で答えよ。

- ① シナプス前細胞の軸索の末端にある、電位依存性カルシウムチャンネル
- ② シナプス前細胞の軸索にある、電位依存性ナトリウムチャンネル

- ③ 放出された X をシナプス前細胞内に回収するタンパク質
- ④ シナプス前細胞のシナプス小胞と細胞膜の融合に関与しているタンパク質
- ⑤ シナプス後細胞にある X の受容体を阻害するタンパク質

第 4 問

次の文章を読み、下の問い（問 1～4）に答えよ。

窒素は窒素ガスとして大気の約 80% を占めているが、a 窒素ガスを直接栄養分として利用できる生物（窒素固定生物）は少ない。窒素固定生物は大気中の窒素ガスを直接利用して（ア）をつくることができる。また、生物の遺骸（いがい）や排出物が土壌で分解されることによっても（ア）がつくられ、さらに（ア）は（イ）のはたらきによって硝酸イオンにかえられる。植物は、（ア）や硝酸イオンを根から吸収し、アミノ酸を経てタンパク質や核酸などの有機窒素化合物をつくっている。このように窒素を含む化合物を取り込んで有機窒素化合物をつくるはたらきを（ウ）という。一方、硝酸イオンの一部は（エ）により窒素ガスにかえられて大気に戻る。

人類は窒素ガスから化学的に窒素肥料を合成しており、b 窒素肥料に含まれる窒素が環境中に流出し、生態系の窒素循環に大量に加わると、窒素循環のバランスが崩れて生態系に大きな影響が及ぶ。

問 1 文章中の（ア）～（エ）に最も適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a に関して、窒素固定生物の具体例を 2 つ答えよ。

問 3 下線部 b に関して、窒素などを含む栄養塩類の水域生態系への大量の流入により引き起こされる現象を何と呼ぶか、その名称を答えよ。また、その現象が過度に進行することにより生じる水域生態系内の変化を 2 つ答えよ。

問 4 問 3 で答えた現象を防止または軽減するため、人間活動を含む窒素循環においてどのような対策が考えられるか、2 つ簡潔に答えよ。