

大阪大学大学院理学研究科生物科学専攻
2025年度入学試験問題

生物学、化学・数学・物理学
(2024年8月3日 13:00-15:00)

注意事項

- ◆ この問題冊子には**6問**あります。
- ◆ 開始の合図の後、ページ数を確認し、不足のある場合は監督者に申し出なさい。なお、ページの表記法は、例えば右肩に「【1】1/2」の記載がある問題用紙の場合、「【1】の問題は2ページからなり、そのうちの1ページ目」という意味です。
- ◆ **【1】は必修問題で、必ず解答しなければなりません。**さらに、【2】から【6】の**選択問題**から2問を選んで解答しなさい（どの2問でもよい）。
- ◆ 【1】以外に3問以上解答した場合は、全て採点しません。
- ◆ 解答用紙は、問題毎に1枚ずつ使用しなさい。各解答用紙の上部に「受験番号」と「氏名」を記入し、1行目を空白にして、2行目に【1】のように問題番号を記入し、解答しなさい。
- ◆ この問題用紙は持ち帰っても良い。

【1】 以下の問題文(1)～(10)の文中の(ア)～(ラ)に当てはまる語句や数字を答えよ。

- (1) 光学顕微鏡では見えない小さい対象物を観察するには電子顕微鏡が用いられ、それには(ア)電子顕微鏡と(イ)電子顕微鏡がある。どちらも光の代わりに(ウ)を用い、ガラスレンズの代わりに(エ)で焦点を結ばせる。
- (2) 水酸基のように、分子内に(オ)の偏りが存在するものを(カ)基という。生体分子の多くは分子内に(カ)基をたくさんもち、それらは互いに、あるいは周囲の水分子との間に多数の(キ)を形成する。これが、タンパク質やRNAが水溶液中で(ク)を形成する理由である。
- (3) 抗体すなわち免疫グロブリンは(ケ)字型をしたタンパク質であり、対応する(コ)に対して特異的に結合して体内から排除する機能をもつ。抗体の(コ)結合部位は分子の先端に突き出た(サ)本のループ領域で構成されるが、これらのループが(シ)な配列をもつことがあらゆる(コ)を排除できる免疫のしくみの根本である。
- (4) SDS(ドデシル硫酸ナトリウム)は強い負電荷と(ス)をもち、タンパク質を(セ)させて溶かす作用がある。SDSと複合体を作ったタンパク質は均一な(ソ)をもつため、電場をかけるとゲルの網目内をサイズが大きいものほど(タ)く移動する。これがタンパク質の分離や分析に用いられるSDSポリアクリルアミド電気泳動の原理である。
- (5) ヌクレオソームは約146塩基対のDNAが(チ)つの(ツ)に巻き付いた円盤状をしている。間期の染色体の構造は均一ではなく、凝縮度が高い領域と低い領域に分かれる。後者を(テ)といい、この領域では遺伝子発現が(ト)い。

- (6) 組織から抽出した mRNA から (ナ) によって DNA に作り替えたものが cDNA である。cDNA の c は (ニ) の頭文字である。DNA の特定の配列を増幅させる方法が PCR 法であるが、この反応に必要なのは、鋳型となる DNA、特定の領域にアニールする (ヌ)、耐熱性の (ネ)、そして 4 種の dNTP である。
- (7) 細胞膜の内外の電位差を膜電位と言い、通常の細胞では膜電位は (ノ) の値をもつ。何かの刺激でイオンチャネルが開くとこのバランスが崩れ(これを (ハ) と呼ぶ)、この電位変化の信号 (これを (ヒ) と呼ぶ) は細胞膜に沿って急速に伝播する。
- (8) ヒトの減数分裂の際に (フ) 由来と (ヘ) 由来の染色体分体が分配されるので、配偶子の遺伝的組み合わせは理論的には 2 の (ホ) 乗になるが、実際には染色体ごとに組換えがおこるのでさらに多くの多様性が生まれる。この組換えは (マ) と呼ばれる DNA の交差部位でおこる。
- (9) 真核細胞の分泌タンパク質は、①新生ポリペプチドとして合成されたあとに、② (ミ) や (ム) のような化学修飾を受け、③いよいよ細胞外へ分泌される。①と②がおこなわれる主な場所はそれぞれ (メ)、および (モ) と呼ばれる。
- (10) 熱力学第 (ヤ) 法則では、万物は必ず (ユ) が増大する方向に向かう、と述べる。閉鎖系における、ある化学反応の (ヨ) に注目したときに、これが (ラ) の値を持つときにこの反応は自発的に起こる。

【2】 DNA の構造とその維持に関する以下の文章 A と B を読み、問いに答えよ。

【A】

生き物の情報の多くは核酸にあり、ヒトの細胞を形作るための遺伝情報は主に DNA の塩基配列の形で蓄えられている。DNA は二重らせんの形状をとるが、その最も一般的なコンフォメーションは B 型である。B 型 DNA は逆向きに並んだ 2 本のポリヌクレオチド鎖が互いにらせんを巻き合う構造をしており、(ア) と (イ) からなる主鎖から内側に塩基が突き出した構造をとる。この 2 本のポリヌクレオチド鎖の⁽¹⁾一方の鎖の塩基が他方の鎖の塩基と規則的に対合することで、二本の絡みあったポリヌクレオチド鎖の間に相補的な関係が生じる。 DNA の代表的なコンフォメーションとして B 型の他に (ウ) 型、Z 型の DNA が知られているが、B 型と (ウ) 型は (エ) 巻きらせん、Z 型は (オ) 巻きらせんの形状をとる。

細胞内の DNA の多くはらせんが更によじれたスーパーコイルあるいは超らせんと呼ばれる構造をとっており、この構造は DNA 複製開始や転写の促進に働く。真核生物の染色体 DNA が複製される際には複製起点に 2 個の Y 字型の複製フォークが形成され、DNA に沿って両方向へ移動しながら DNA を複製する。複製フォークの先頭では (カ) によって ATP 加水分解のエネルギーを用いて二重らせんが解かれ複製フォークが前進する。⁽²⁾複製フォークの構造は非対称であり、(キ) 鎖は連続的に複製されるのに対し、(ク) 鎖では (ケ) と呼ばれる短い断片が合成される。 DNA 合成では (コ) が短い RNA 鎖を合成することから始まり、続いて DNA ポリメラーゼが合成の役割を引き継ぎ DNA 鎖が合成される。

問 1 文章中の (ア) ~ (コ) に当てはまる語句を答えよ。

問 2 下線部(1)について、以下の塩基をプリン塩基とピリミジン塩基に分類せよ。またそれらがワトソン-クリック型塩基対を形成する際に、相補な塩基の間に形成される結合の種類と数について、100 字程度で説明せよ。

[アデニン、チミン、シトシン、グアニン]

問3 下線部(2)について、複製フォークの非対称性が生じる理由について 100～200字程度で説明せよ。

問4 DNA複製途中のヒト培養細胞のDNAトポイソメラーゼの働きを一過的に阻害し、複製フォークの進行速度を測定する実験を行なった。DNAトポイソメラーゼの阻害前に比べると阻害後の複製フォークの進行速度はどのように予想されるか。以下の三つから最も適切なものを選び、その理由を100～200字程度で説明せよ。

[a. 上昇する b. 低下する c. 変化しない]

問5 DNA複製に関する以下の文章から誤りを含む文章を全て選べ。

(a) 大腸菌のDNA複製は単一の複製起点 *oriC* から開始するが、急速に増殖中の大腸菌では染色体DNA全体の複製が完了し細胞分裂が起こる前に、すでに複製された娘 *oriC* から次の複製を開始することができる。

(b) ヒト染色体上には多数の複製起点があるが、それらからほぼ同時にDNA複製が開始されることで、長大なヒト染色体DNAの複製を短時間で完了することができる。

(c) 出芽酵母では複製起点の配列としてよく保存された11塩基対の自律複製配列からDNA複製が開始するが、ヒトでも同様によく保存された短い自律複製配列にORCと呼ばれるタンパク質複合体が結合することにより複製が開始する。

(d) ヒト染色体末端は長い反復配列で構成されたテロメアからなるが、この染色体末端の複製では自身に鋳型となる短いRNAをもつテロメラーゼと呼ばれる酵素が働く。

問6 ヒトのDNA修復と突然変異に関する以下の文章から誤りを含む文章を全て選べ。

(a) 突然変異の要因の一つとしてDNAポリメラーゼの起こす誤対合があるが、誤って取り込まれたヌクレオチドはその多くがDNAポリメラーゼ自身のもつ校正機構によって取り除かれる。

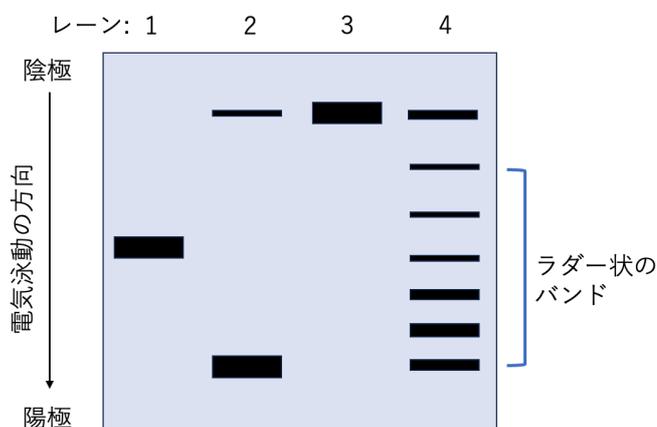
(b) 校正機構をすり抜けた誤対合が誤対合修復系（ミスマッチ修復系）によって修復される際は、誤対合した2個のヌクレオチドが無作為に修復される。

- (c) グアニンが活性酸素により酸化されて生じる7,8-ジヒドロ-8-オキシグアニンはシトシンだけではなくアデニンとも塩基対を容易に形成するため、G:C 塩基対から T:A 塩基対へのトランジション変異を引き起こす原因の一つとなる。
- (d) 紫外線照射によって生じたピリミジン二量体は DNA グリコシラーゼが光のエネルギーを利用してピリミジン間に生じた共有結合を切ることによって修復される。

【B】

制限酵素 *EcoRI* サイトを一箇所含む約 3 キロ塩基対の環状二本鎖プラスミド DNA を用いて以下の (A) ~ (D) に挙げる実験を行なった。反応終了後、各々の反応液を一部分取し、除タンパク質後に 1%アガロースゲル-TAE バッファーで電気泳動した。電気泳動後のアガロースゲルをエチジウムブロマイド染色した後に DNA を紫外線により検出したところ、下のアガロースゲル写真の模式図で示す DNA の泳動パターンとなった。なお反応は各々の酵素の至適条件で行われ、必要な場合にはマグネシウムイオンや ATP など酵素反応に必要な因子を加え反応させた。反応時間が充分な場合は最終産物のみが、反応時間が短時間の場合は中間産物と最終産物が観察されるものとする。

- (A) 大腸菌からアルカリ法によりプラスミド DNA を単離した。
- (B) (A) の DNA を仔ウシ胸腺 DNA トポイソメラーゼ I と短時間反応させた。
- (C) (A) の DNA を制限酵素 *EcoRI* と充分時間反応させた。
- (D) (C) の DNA を単離したのち T4 フェージ DNA リガーゼと充分時間反応させた。



問7 アガロースゲル写真の模式図から (A) ~ (D) の反応産物の泳動像にもっとも近いと考えられるレーンを選び、以下の例に従い記せ。

(A) : レーン ()

(B) : レーン ()

(C) : レーン ()

(D) : レーン ()

問8 レーン 4 では模式図横に示したようにラダー状のバンドが観察された。ラダー状のバンドが観察された理由を、各々のバンドに含まれる DNA の構造の違いとともに 200 字程度で述べよ。

問9 上記 (A) ~ (D) の反応産物をエキソヌクレアーゼあるいはエンドヌクレアーゼで処理した。これらの酵素によって切断された反応産物を (A) ~ (D) からすべて選べ。

エンドヌクレアーゼ :

エキソヌクレアーゼ :

【3】 植物細胞壁に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

細胞という用語は、Robert Hooke がコルクを顕微鏡観察した際に見出した小部屋に由来する。動物細胞では主要な細胞骨格の一種である（ア）が細胞に強度を与えているのに対して、植物細胞では代わりに細胞壁を発達させることで細胞の強度を保っている。植物細胞を細胞壁分解酵素で処理すると球状の（イ）へと形が変化することから、細胞壁には細胞の形を規定する役割があると考えられている。

細胞壁を主に構成する（ウ）微繊維は、（ウ）合成酵素複合体が⁽¹⁾表層微小管上を動くことで方向性をもって作られる。植物細胞において細胞壁を貫いて隣接細胞間を連結する構造として原形質連絡が知られているのに対し、動物細胞において機能的に類似する細胞間連絡の構造としては（エ）が知られている。原形質連絡は、その内側に（オ）より生じたデスモ小管と呼ばれる細い管状構造をもち、⁽²⁾細胞間で物質のやりとりを担う。中でも、一次原形質連絡は細胞質分裂中に作られる⁽³⁾細胞板内に（オ）が留まることで、細胞間に形成される。

細胞壁空間には多くの情報伝達物質が存在し、細胞膜を貫通する細胞表面受容体を介して細胞内にシグナルを伝える。植物ステロイドホルモンの1つである⁽⁴⁾ブラシノステロイドは細胞膜貫通型の受容体 BRI1 によって認識され、細胞質に存在する標的タンパク質のリン酸化・脱リン酸化の反応を経て最終的に核へと情報を伝えるが、⁽⁵⁾これは動物におけるステロイドホルモンのシグナル伝達様式とは大きく異なる。また別の情報伝達の例として、⁽⁶⁾細胞が病原菌や害虫等により損傷を受けた際には、その周囲の細胞が細胞膜貫通型受容体を介して抵抗性を誘導することが知られている。

問1 文章中の（ア）～（オ）に当てはまる語句を答えよ。

問2 下線部(1)について、表層微小管の配向と細胞伸長方向の関係性について100字程度で説明せよ。

問3 下線部(2)について、原形質連絡を通るとされる物質を以下の (a) ~ (e) よりすべて選べ。

- (a) 無機イオン
- (b) 低分子 RNA
- (c) 花成ホルモン
- (d) ウイルスゲノム
- (e) 転写調節因子

問4 下線部(3)について、細胞質分裂における細胞板の形成過程を以下の語句をすべて用いて 100 字程度で説明せよ。

【フラグモプラスト、微小管、小胞】

問5 下線部(4)について、受容体 BRI1 に蛍光タンパク質 GFP を融合させ、植物細胞における細胞内局在の観察実験をおこなった。ブラシノステロイドを処理する前には細胞膜に GFP 蛍光がみられたが、処理後 30 分では細胞内にドット状の蛍光がみられ、処理後 60 分ではほぼすべての蛍光が消失した。この観察結果を踏まえて、ブラシノステロイドを受容した後に BRI1 に起こる変化について、細胞内輸送の観点を含めて 100 字程度で説明せよ。

問6 下線部(5)について、動物におけるステロイドホルモンのシグナル伝達機構について 100 字程度で説明せよ。

問7 下線部(6)について、植物において損傷部の周囲の細胞が細胞膜貫通型受容体を介して損傷を感知する際に、受容体が認識するリガンドとして想定されるものを2つ挙げ、損傷の感知にどのように働くかそれぞれについて 50 字程度で述べよ。

【4】 発生過程における細胞集団の選択的親和性に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

発生過程で組織や器官の構造は、細胞集団が秩序をもって配列することで作り上げられる。細胞集団は胚の体内で何らかのルールに従って移動するが、そのルールの一つに、選択的親和性が挙げられる。

1955年、Holtfreterらは両生類の神経胚の予定表皮領域と神経板領域を一部切り出し、(1)細胞接着を阻害して全細胞をバラバラにした細胞懸濁液を、寒天でコートしたペトリ皿上に置き、(2)細胞接着を再び機能させて再集合塊を形成させた。すると、2種類の細胞タイプは均一に混じり合うのではなく、それぞれの細胞タイプ同士が選別された。すなわち、(3)神経板の細胞は内側に、表皮細胞はその外側を包み込むように配置した(図1)。また、中胚葉細胞が神経板細胞と表皮細胞と混合されると、外側には表皮細胞が、中心部には神経板細胞が神経管を作り、その間に中胚葉由来の細胞層が形成された。Holtfreterはこれを選択的親和性(selective affinity)という観点から解釈した。親和性の高い組織は隣同士に配置するように移動し、そのような選別が形態形成の原理の1つであるとした。

この現象は、1960年代にSteinbergらにより細胞は各集団の細胞接着力をもとに、再集合塊の表面の自由エネルギーを最小にするように動くという「差次的接着仮説(differential adhesion hypothesis)」により説明された。この仮説では、(4)細胞タイプaとbが異なる接着力を持ち、細胞タイプa同士の接着が細胞タイプaとb、もしくは細胞タイプbとbとの接着よりも強い場合は、細胞タイプaが再集合塊の内部に入り込み、細胞タイプbによって覆われるという選別が起きるとされた。Steinbergらはその後、そのような選別は(5)組織の表面張力の差が原因であると予測し、両生類胚からそれぞれの胚葉組織を単離してそれぞれの表面張力を測定した。その結果、(6)細胞塊の内部に動く組織の表面張力は高く、外側を覆う組織の表面張力は低いことが示され、各胚葉を構成する細胞の接着力の差で生み出される組織表面の張力を最小にする方向に細胞が動いていると理解された。

現在では、選択的親和性を決める組織の表面張力は、細胞の接着力と(7)各細胞の張力の比率、細胞の物理的特性、組織の形態と構造などにより制御されると考えられており、分子の機能とともに物理学的な解析が進められている。

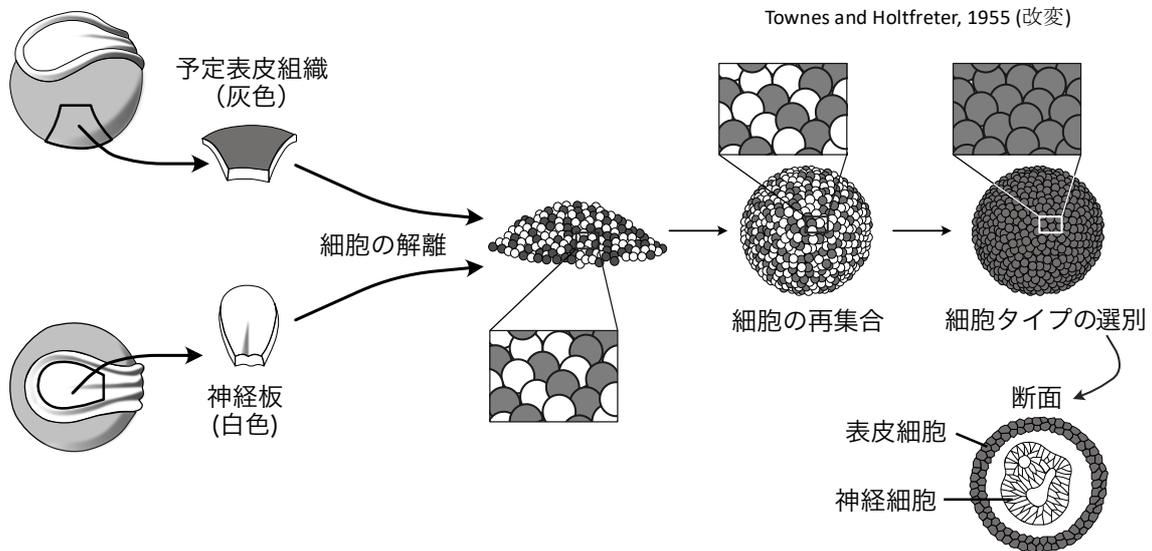


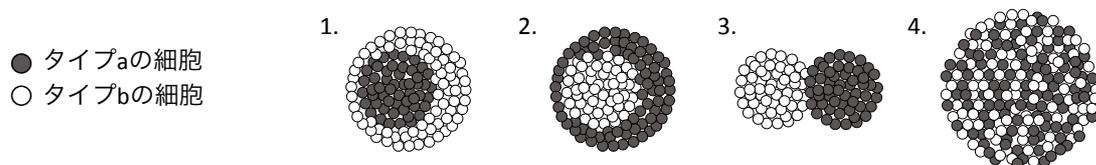
図 1 組織の配置を決める選択的親和性を発見した実験

問 1 下線部(1)と(2)に関連して、密着する細胞同士を可逆的に解離し、再び集合させる手法がいくつか知られている。それらの手法のうち1つを 100 字程度で答えよ。また、その主なターゲット分子名 (遺伝子名) の候補を答えよ。

問 2 下線部(3)に関して、記載されている 3 つの組織の中で最も親和性が低いと推測される組み合わせを以下から選べ。

1. 神経板細胞と中胚葉
2. 神経板細胞と表皮細胞
3. 中胚葉と表皮細胞

問 3 下線部(4)に関連して、Steinberg の差次的接着仮説に従うとすると、細胞タイプ a 同士の接着が細胞タイプ a と b 間の接着より弱いか同等の場合、どのような細胞配置になるかを 1~4 から選べ。各図は細胞塊の断面を表すものとする。タイプ b 同士の接着はタイプ a 同士と同程度とする。



問4 下線部(5)と(6)に関連して、ここまでの本文で述べられた内容から、選択的親和性における細胞の接着力と組織の表面張力の関係について 100 字程度で述べよ。

問5 問4で述べた細胞の接着力と組織の表面張力の関係を明らかにする実験と、両者の関係が組織の配置を決定することを検証する実験を考え、その内容を100–150 字程度で説明せよ。

問6 下線部(7)に関連して、単一細胞で表層の張力を生み出す細胞内分子の複合体の名称を答えよ。また、その複合体が張力を生み出す分子的仕組みを 50 字程度で記載せよ。

【5】 真核生物のモータータンパク質と細胞骨格に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

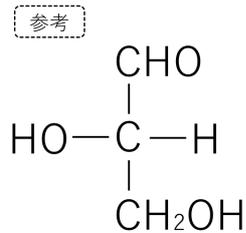
真核生物では、細胞骨格をレールとして、その上を直進運動するモータータンパク質が3種類知られる：(ア)、キネシン、ダイニンである。これらは、ATPの化学エネルギーを力学的な力に変換する酵素である。モータータンパク質(ア)は、アクチン繊維の上を運動する。それに対して、キネシンとダイニンは、(イ)というタンパク質が繊維状に重合した構造体である微小管の上を運動する。⁽¹⁾微小管は極性をもち、ダイニンは微小管の(a. プラス端からマイナス端 / b. マイナス端からプラス端)の方向へと運動する。ダイニンは、複数の⁽²⁾ATP加水分解部位をもち、⁽³⁾アロステリック酵素の1種であると考えられている。ダイニンは細胞内で有糸分裂や物質輸送に働くが、⁽⁴⁾細胞小器官「繊毛」の運動を駆動することでも知られている。

問1 文中の(ア)、(イ)に当てはまる語句を答えよ。

問2 文中におけるダイニンの微小管上の運動方向について、(a. プラス端からマイナス端 / b. マイナス端からプラス端)のどちらが正しいか？aかbかで解答せよ。

問3 下線部(1)について、細胞内で微小管のプラス端は頻繁に伸長と退縮を繰り返す特性をもつ。この特性の名称を答えよ。また、この特性の分子基盤を100~200字程度で簡潔に説明せよ。

問4 下線部(2)について、ダイニンが ATP を加水分解する際、ダイニン分子内のアルギニン残基が重要な役割を担う。アルギニンの、荷電していない遊離アミノ酸としての構造を、フィッシャー投影式で示せ。参考として、グリセルアルデヒドのフィッシャー投影式を以下に示す。



問5 下線部(2)について、ダイニンの ATP 加水分解反応をミカエリス・メンテン型 (式1) であると見なしてみよう。ダイニン濃度 10 nM、ATP 濃度 50 μM のとき、ダイニンによる ATP 加水分解反応の初速度は 4.8×10^{-3} nM/s であり、 V_{\max} は 1.2×10^2 nM/s と見積もられた。この時、ダイニンの ATP 加水分解反応の K_M を求めよ。

式1

$$v_0 = \frac{V_{\max} [S]}{K_M + [S]}$$

また、ダイニン濃度を 2 倍 (20 nM) に増やした場合の、ATP 加水分解反応の V_{\max} と K_M を求めよ。

問6 下線部(3)について、「アロステリック酵素」とは何か? 「基質」と「活性部位」という単語を必ず 1 度は使用して、200 字程度で説明せよ。

問7 下線部(4)について、真核生物で観察される繊毛と、大腸菌などのバクテリアで観察されるべん毛では、その構造・構成要素・運動機構にどのような違いがあるか? 下の語群にあげた 4 つの単語を必ず 1 度は使用して、200~300 字程度で説明せよ。解答には、説明の補足として図を含めても良い。

語群：フラジェリン 周辺微小管 回転モーター 9+2 構造

【6】 インスリンの配列と構造に関する以下の文章を読み、問に答えよ。

インスリンは、(ア)に点在するランゲルハンス島から分泌され、筋肉細胞や脂肪細胞など様々な細胞の表面に発現するインスリン(イ)と結合する。インスリン(イ)はチロシンキナーゼの一種で、チロシン残基の(ウ)を通して細胞内にシグナルを伝達し、(エ)の取り込みを促進することで血糖値を下げる役割を果たす。

ヒトのインスリン遺伝子は11番染色体にコードされており、転写・翻訳されて一本鎖のポリペプチドが合成される。その後、ポリペプチドのN末端にあるシグナル配列が切断され、さらにCペプチドと呼ばれる領域が除去されることで、最終的にA鎖とB鎖のみから構成される成熟したインスリンとなる。

切断前の全長インスリンについて、アミノ酸配列を複数の生物種間で比較した結果を図1に示す。また、タンパク質立体構造データベースから取得された切断後のヒト成熟インスリンの立体構造(Database ID: 1TRZ)を図2に示す。

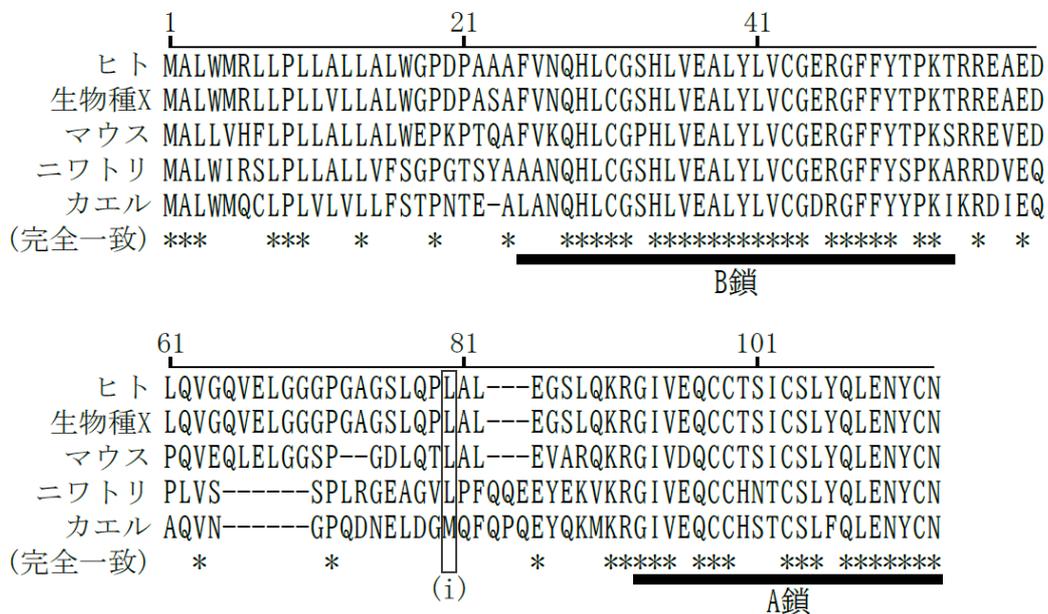


図1. 切断前の全長インスリンを使ったマルチプルアライメント



図2. ヒト成熟インスリンの立体構造

問1 (ア) ~ (エ) に当てはまる語句を答えよ。

問2 図1に示す生物種Xの配列について、ヒトの配列との一致率(%)を計算し、小数点以下を切り捨てて整数で答えよ。また、Xがどのような生物種であるかを推定し、理由とともに述べよ。

問3 B鎖の最初の5残基を正規表現で表すと[FAL][VA][NK]QHと記述することができる。同様の方法で、A鎖全体を正規表現で記述せよ。

問4 図1の(i)で示した位置について、以下の式で定義される情報エントロピーを計算せよ。ここで、式中のAAはその位置で観察されたアミノ酸の集合であり、 $p(a)$ をあるアミノ酸 a が観察された割合とする。(i)の位置にはアミノ酸LとMだけが観察されているので、他のアミノ酸を考慮する必要はない。また、 $\log_2(0.1) = -3.32$ とする。

$$H = - \sum_{a \in AA} p(a) \log_2 p(a)$$

問5 図1において、CペプチドはA鎖とB鎖の間の領域である。Cペプチドの情報エントロピーの平均値はA鎖・B鎖の平均値と比較して（高く・低く）なる。すなわち、Cペプチドの配列保存度はA鎖やB鎖に比べて（高い・低い）。上記文の括弧内で適切な語句を選択せよ。また、Cペプチドの配列保存度がこのようになる理由を推定し説明せよ。

問6 図1のように、3本以上の配列を対応する残基が縦に並ぶように整列したものをマルチプルアライメントと呼ぶ。マルチプルアライメントの説明として正しいものを以下の中から3つ選べ。

- (a) 配列の一致率が60%以上の場合に利用できる。
- (b) 配列間の進化的関係を明らかにするために利用できる。
- (c) データの背後にある隠れた状態列を推測するための確率モデルである。
- (d) 状態遷移確率と出力確率を用いて配列を生成することができる。
- (e) 保存された配列モチーフの発見に利用できる。
- (f) Clustal Omega や MAFFT などのツールが利用されている。

問7 図2は、ヒトの成熟インスリンの立体構造である。右側（灰色）のA鎖と左側（黒色）のB鎖から構成されるヘテロ二量体である。図中の記号※で示す部分は、A鎖とB鎖の間に形成される共有結合を表している。この結合を形成するアミノ酸の種類、および結合の名称と特性を説明せよ。

問8 下線部に関して、生命科学分野における様々な実験データは、データベースに集約され誰もが利用できるように公開されている。(a)～(d)の情報が蓄積されているデータベースとして最も適切なものを、以下の選択肢からそれぞれ選べ。

- (a) 生命医学系の論文や書籍の情報
- (b) タンパク質の立体構造データ
- (c) ヒトの一塩基多型や挿入・欠失などの情報を集めたデータベース
- (d) RNA-Seq やマイクロアレイなどの遺伝子発現データ

(選択肢) ChEMBL, GenBank, PDB, PubMed, KEGG PATHWAY, GEO, dbSNP