

2025年 2月 19日実施

2025年度（春季）
立教大学大学院 理学研究科 博士課程前期課程
生命理学専攻 入学試験問題
（生命理学）

[注意] *合図があるまでこのページをめくらないこと。

1. 解答用紙が5枚配られていることを確認せよ。そうでない場合は挙手して試験監督者に伝えよ。
2. 配られたすべての解答用紙に受験番号を記入せよ。
3. 解答はすべて解答用紙に記入し、問題ごとに解答用紙1枚を使用せよ。
4. 問1～10の中から5問を選び解答せよ。ただし、6問以上答えてはならない。
5. 解答用紙の左上に、選択した問題の番号を記入すること。たとえば問1を選択した場合には、「1」ではなく「問1」と記入すること。解答用紙の裏面を使用してもよいが、その場合には表面の所定の欄に○印を記入すること。
6. 質問がある場合は挙手して試験監督者に伝えよ。

問 1. 真核生物の転写の開始と終結に関する以下の設問 (1) ~ (5) に答えよ。

- (1) 転写開始点の上流にあるプロモーター領域内の TATA 配列に結合するタンパク質の名称をしるせ。
- (2) 設問 (1) のタンパク質をコアにして、プロモーター領域には基本転写複合体が形成され、その複合体によって RNA ポリメラーゼ II がリクルートされる。RNA ポリメラーゼ II は TF II H によってリン酸化されることで転写を開始する。そのリン酸化されるドメインは 7 つのアミノ酸配列がタンデムに繰り返す構造をしている。そのドメインの名称をしるせ。さらに、そのドメイン内の 7 つのアミノ酸の中で、リン酸化されるアミノ酸の番号と種類をしるせ。
- (3) 転写が 20~30 塩基進行すると、転写は一旦停止する。停止している RNA ポリメラーゼ II がリン酸化されると停止が解除され、転写が再開する。リン酸化されるアミノ酸残基は、設問 (2) に記載したドメイン内にある。転写の一旦停止を解除するリン酸化酵素の名称をしるせ。さらに、ドメイン内の 7 つのアミノ酸の中で、リン酸化されるアミノ酸の番号と種類をしるせ。
- (4) 転写終結を引き起こす染色体 DNA 上の配列を一般的に何と呼ぶか。その名称をしるせ。
- (5) 転写終結の魚雷モデル (Torpedo model) について説明せよ。

問 2. 染色体 DNA の複製に関する以下の設問 (1) ~ (2) に答えよ。

- (1) 染色体の複製を行う DNA ポリメラーゼは、ポリメラーゼ活性の他に 3' → 5' エキソヌクレアーゼ活性をもつ。染色体複製における 3' → 5' エキソヌクレアーゼ活性の役割を説明せよ。
- (2) 次の酵素はいずれも染色体 DNA の複製の過程で重要な役割を果たす。それぞれの酵素の活性を説明するとともに、染色体複製における役割を述べよ。
 - (a) プライマーゼ
 - (b) DNA ヘリカーゼ
 - (c) トポイソメラーゼ

問 3. イオンの電気化学ポテンシャルに関する以下の設問 (1) ~ (3) に答えよ。温度 300K、pH 7.0、気体定数 $R = 8.3 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ 、ファラデー定数 $F = 96500 \text{ Cmol}^{-1}$ 、 $\ln 2 = 0.69$ 、 $\ln 3 = 1.1$ 、 $\ln 5 = 1.6$ 、 $\ln 7 = 1.9$ とし、解答は有効数字 2 桁で求めよ。

- (1) 細胞膜の両側の K^+ 濃度が 150 mM と 5.0 mM であるとき、 K^+ により生じる拡散電位 (K^+ の薄い側を基準とした濃い側の電位) を求めよ。
- (2) ある細胞の細胞内における K^+ 濃度と Na^+ 濃度がそれぞれ 150 mM と 10 mM であり、細胞外における K^+ 濃度と Na^+ 濃度がそれぞれ 5.0 mM と 150 mM であるとき、この細胞の膜電位 (細胞外を基準とした細胞内の電位) を求めよ。膜電位はこれらのイオンの拡散電位のみから形成され、細胞膜の K^+ 透過性は Na^+ 透過性の 60 倍であるとする。

- (3) 設問(2)の細胞膜の Na^+ 透過性が刺激により、設問(2)の600倍に変化した時の膜電位を求めよ。ただし、 Na^+ 透過性以外に変化は無いものとする。

問4. 糖新生およびグリコーゲン代謝に関する以下の設問(1)～(4)に答えよ。

- (1) 糖新生は、ピルビン酸などから複数の酵素反応を経てグルコースを産生する反応であり、血中グルコース濃度を維持するために重要である。細胞内には、グルコースからピルビン酸を産生する逆の代謝経路Aも存在する。代謝経路Aの名称を答えよ。
- (2) 糖新生と代謝経路Aは複数の酵素を共用しているが、フルクトース-6-リン酸とATPからフルクトース-1,6-ビスリン酸を生成する酵素は、代謝経路Aだけで働く酵素である。糖新生において、その逆反応であるフルクトース-1,6-ビスリン酸からフルクトース-6-リン酸の生成を触媒する酵素Bの名称と、糖新生と代謝経路Aのそれぞれにおいて、別の酵素が必要となる理由を1つ答えよ。
- (3) グリコーゲンの合成と分解は、血中グルコース濃度の調節に重要な役割を果たしている。肝臓や筋肉に貯蔵されたグリコーゲンは、酵素Xにより切断され、産物Yが生成する。酵素Xと産物Y、それぞれの名称を答えよ。
- (4) 酵素Xの活性は、細胞内のセカンドメッセンジャーにより調節されている。その機構を簡潔に説明せよ。

問5. 遺伝子発現に関する以下の設問(1)～(2)に答えよ。

- (1) 真核生物の遺伝子は一般的にイントロンを含んでいる。真核生物の遺伝子発現におけるイントロンの役割について述べよ。
- (2) 次の語句を説明せよ。
(a) シグマ因子
(b) tRNAのゆらぎ対合
(c) RNAエディティング

問6. 生体膜を介した物質の輸送に関する以下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 生体膜を介した物質の輸送は2種に分類でき、一つは受動輸送である。もう一つの輸送について、その名称と輸送の機構を、受動輸送と対比しながら、簡潔に説明せよ。
- (2) 腸管上皮細胞において、腸管内腔よりグルコースを体内に吸収するために2つの輸送体と1つのポンプが働いている。グルコースの吸収の流れ(腸管内腔→腸管上皮細胞→体内の細胞

外液) に沿って、それぞれのステップで働く輸送体またはポンプの名称と、その輸送機構についてエネルギーの要求性も含めて説明せよ。

- (3) 神経細胞のシナプス間隙では、シナプス前細胞から神経伝達物質を放出することにより刺激を伝達している。活動電位がシナプス前細胞の神経終末に到達してから、神経伝達物質が放出されるまでの過程に働くチャネルを挙げて、膜融合も含めた神経伝達物質の放出過程を説明せよ。

問7. 受容体を介したエンドサイトーシスに関する以下の設問(1)～(4)に答えよ。

- (1) 低密度リポタンパク質(LDL)の体内での役割を簡潔に答えよ。
- (2) エンドサイトーシスの分子機構について、特に小胞の形成や切断に関わる分子を中心に説明せよ。
- (3) LDLは細胞膜でLDL受容体と結合し、エンドサイトーシスの後に運ばれたリソソームでLDL受容体より離れる。受容体との結合が、細胞膜とリソソームで変化するメカニズムを説明せよ。
- (4) LDLとLDL受容体と同じように、トランスフェリンも細胞膜でトランスフェリン受容体と結合し、エンドサイトーシスの後にリソソームに運ばれる。しかし、リソソームでトランスフェリンはトランスフェリン受容体から解離せず、最終的にトランスフェリン受容体と共に細胞膜に戻り、そこで解離する。トランスフェリンがリソソームで受容体から解離しない生物学的メリットを答えよ。

問8. タンパク質精製に関する以下の設問に答えよ。

下の表に示した水溶性の球状タンパク質A、B、Cの混合溶液から、タンパク質Bを精製したい。どのような実験手法を用いて、どのような手順で行えば精製できると考えられるかを説明せよ。用いる実験手法について、原理と概要を記し、それぞれの段階でのA、B、Cのふるまいについても述べる。ただし、タンパク質A、B、Cには精製用のタグは付加されておらず、これらに対する抗体はないものとする。

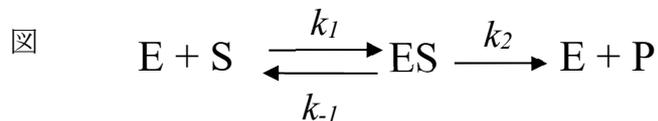
タンパク質	分子量	等電点
A	4万	4
B	10万	4
C	10万	10

問9. 次の文章を読み、以下の設問(1)～(3)に答えよ。

細胞内の核酸に含まれる塩基は、ある頻度で脱アミノ化される。DNA中のアデニン(A)が脱アミノ化されるとヒポキサンチンに変わり、これはチミンよりもシトシンと塩基対合を作りやすい。(ア)ヒポキサンチンは通常は修復機構により除かれるが、(イ)除かれなかった場合には塩基置換変異の原因になる。一方、DNA中のグアニンが脱アミノ化されるとキサンチンに変わるが、(ウ)これはヒポキサンチンのように変異の原因になることはない。

- (1) 下線(ア)について、DNA中に生じたヒポキサンチンを取り除く修復機構の名称を記し、その機構を説明せよ。
- (2) 下線(イ)について、DNA中のA:TペアのAがヒポキサンチンに変化し、これが除かれなかった場合、このA:Tペアがどのような過程でどのような変異に変化するかについて、図示しながら説明せよ。なお解答では、ヒポキサンチンをHと表記せよ。
- (3) 下線(ウ)について、なぜキサンチンは変異の原因にならないのだろうか、考えられる原因を述べよ。

問10. 図に示す酵素反応に関する以下の設問(1)～(4)に答えよ。ただし、E、S、P、ESはそれぞれ、酵素、基質、反応生成物、酵素・基質複合体を表し、 k_1 、 k_{-1} 、 k_2 は図中のそれぞれの反応速度定数を表す。基質は過剰に存在し、酵素との結合や反応の進行による基質の濃度変化は無視してよい。



- (1) 基質結合に迅速平衡が成立するための条件を示せ。
- (2) 基質結合に迅速平衡を仮定し、ミカエリス・メンテン(Michaelis-Menten)の式を導け。
- (3) 基質結合に迅速平衡が成立しなくても、ある仮定をすることでミカエリス・メンテン(Michaelis-Menten)の式を導くことができる。どのような仮定かを示せ。
- (4) 設問(3)に基づいて、ミカエリス・メンテン(Michaelis-Menten)の式を導け。

以上