令和７年度北海道大学大学院生命科学院
生命科学専攻　修士（博士前期）課程
入学者選抜試験問題

専門科目（生命システム科学コース）

令和６年８月２０日（火曜日）実施

13:00～15:00（120 分）

答案作成上の注意

1）６問中より3問を選択し、各問題につき１枚の解答用紙を使用して解答してください。

2）解答用紙には問題ごとに受験番号と氏名を明記し、選択した問題番号を〇で囲んでください。

3）解答は解答用紙の表面のみを使用し、裏面は記入しないでください。

4）解答用紙のみを3枚提出してください。

問題 1

問1.　以下の文章は，真核生物の細胞内における小胞体の機能に関して述べている。

真核生物の細胞内において，［（ア）］の外膜は，小胞体の膜と連続している。小胞体の細胞質側の表面には，リボソームが多数結合しており，［（イ）］とよばれる。一方，リボソームがほとんど結合していない小胞体は［（ウ）］とよばれており，脂質合成等の機能を担っている。［（ウ）］は，細胞の種類によって特異的な機能を有する場合があり，副腎皮質細胞では［（エ）］の合成を行っている。また，［（ウ）］は，［（オ）］イオンの貯蔵場所ともなっており，［（オ）］イオンの放出および取り込みは細胞内シグナル伝達において重要な役割を果たす。

(1) 空欄（ア）～（オ）に適切な語句を入れよ。

(2) （イ）では，タンパク質が小胞体内に輸送される仕組みがあり，タンパク質合成における重要なプロセスとなっている。小胞体内へのタンパク質取り込み機構について述べよ。その際に，「シグナル識別粒子」の機能に言及すること。

問2.　核膜には，大型で複雑な構造をもつ［（A）］が貫通しており，核局在タンパク質の輸送を制御している。核局在タンパク質の輸送制御機構について，（A）の名称を挙げた上で述べよ。

問3.

(1) 細胞内オルガネラ間のタンパク質輸送において，輸送小胞の出芽と融合が重要な役割を担う。ゴルジ体からリソソーム（エンドソーム経由）への輸送に関わる被覆小胞形成機構について，被覆タンパク質の名称と共に述べよ。

(2) リソソーム内では，細胞質区画とは異なる pH となることが知られている。リソソーム内の pH の特徴とその意義，そうした pH の維持機構について述べよ。

問題２

植物の成長と環境適応について，次の文章を読み，以下の問に答えよ。

独立栄養生物である種子植物は根を発達させ，土壌中の無機塩類や水を吸収し，光合成によって得たエネルギーを利用して同化を行う。植物は土壌中の窒素化合物を取り込む一方，マメ科の植物で見られるように，細菌との共生関係において大気中の窒素ガスから窒素化合物を得ることのできる植物もある。

問1. 吸収された無機塩類や水は，木部を通じて葉などに分配され，同化産物は師部を通して各組織に転流する。種子植物の木部を構成する細胞（死細胞）の特徴，師部を構成する細胞の特徴をそれぞれ述べよ。

問2. 窒素固定細菌は土壌細菌と根粒細菌に大きく分けられる。土壌細菌が窒素から生産する窒素化合物，およびそれが植物に吸収されるまで，細菌によって変換される窒素化合物名を答えよ。

問3. 根が根粒細菌によって根粒を形成するまでの過程を記述せよ。

問4. 根粒組織の発達過程では，サイトカイニンとオーキシンによる信号伝達系が関与することがわかっている。そこであるマメ科植物において，サイトカイニンとオーキシンの信号伝達系の活性を同時に測定したいと考えた。同時に測定する方法を 2 種類記述せよ。

問題 3

神経細胞における情報伝達に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

神経細胞内、および神経細胞間の情報伝達は、電気的および化学的な 2 種類の信号によって行われている。神経細胞は–60 mV から–80 mV 程度の①静止電位を形成しているが、刺激を受けると膜電位が変化する。この刺激に応じてナトリウムチャネルが開口すると神経細胞は［ （ A ）］する。この［ （ A ）］が［ （ B ）］と呼ばれるレベルに達すると、活動電位が発生する。活動電位は［ （ C ）］で最初に発生し、軸索に沿って②一方向に伝導される。無髄神経では③軸索の直径が大きいほど活動電位の伝導速度は速い。

神経細胞から他の細胞への情報伝達はシナプスで行われる。シナプス終末に活動電位が到達すると、化学シナプスでは［ （ D ）］が放出される。放出された［ （ D ）］は［ （ E ）］、あるいは［ （ F ）］を介してシナプス後細胞へ化学的に情報が伝達される。カリウムイオンとナトリウムイオンの両方に透過性を持つ［ （ E ）］の場合は、シナプス後細胞において［ （ G ）］が発生し、一方塩化物イオンを選択的に透過させる［ （ E ）］の場合は、［ （ H ）］が発生し、化学的信号から電気的信号に変換される。一方、［ （ F ）］はその下流でアデニル酸シクラーゼやホスホリパーゼＣの活性を制御することで、細胞内［ （ I ）］濃度を変動させる。このようにして情報の伝達が起こっている。

問1. 問題文中の（ A ）から（ I ）に入る適当な語句を入れよ。ただし同じ記号には同じ語句が入ることとする。

問2.

(1) 下線部①に関して、いかにして神経細胞では静止電位が形成されるのか説明せよ。［ ］内の語句を全て用いること。

［ポンプ　平衡電位　ナトリウム　カリウム　勾配］

(2) ヒトがカリウムイオンを多く含む野草などを大量に食べ続けると、主に神経や筋などの興奮性細胞に障害を生じる高カリウム血症になる。この障害は正常な活動電位の発生が損なわれるが、その理由について、問 2-1 と関連づけて説明せよ。

問3. 下線部②のように、活動電位が一方向に伝導される理由を「不応期」という語句を用いて説明せよ。適宜図を用いても良い。

問4. 下線部③のように、無髄神経では直径が大きいほど伝導速度は速くなる。しかしヒトの坐骨神経中の運動神経の方が、より直径の大きいイカの巨大神経よりも伝導速度が速いのはなぜか、説明せよ。適宜図を用いても良い。

問題４

問1.　自然選択は，集団中のどの表現型が適応的かにより，３つの方法で遺伝的形質の頻度分布を変える。以下の用語について，簡潔に説明せよ。具体例や図を用いて論述しても構わない。

（１）方向性選択

（２）分断化選択

（３）安定化選択

問2.　次の文章を読んで，（ア）～（オ）に入る適切なものを（A）～（J）から１つ選び、記号で答えよ。

動物の行動は，脳からの指令が運動神経をつたって筋肉を活動させることで生じる。骨格筋は筋細胞と呼ばれる多数の細長い糸状の構造物で構成され，その両端は［（ア）］によって骨と繋がっている。骨格筋は［（イ）］とも呼ばれ、太い［（ウ）］フィラメントと細い［（エ）］フィラメントの一部が重なっている。［（ウ）］フィラメントの頭部が ATP を分解しながら、［（エ）］フィラメントへの結合と乖離を繰り返すことで、フィラメントの間の［（オ）］が引き起こされる。

（A）平滑筋（B）速筋（C）横紋筋（D）振り子動作（E）滑り運動（F）サルコメア（G）ミオシン（H）アクチン（I）腱（J）関節

問3.　自然選択は，種の利益や生活する集団の利益のためではなく，自分自身の利己的な利益のために行動するような生物個体を設計すると考えられている。それに対して，ある個体が他個体の利益のために，自己の適応度を犠牲にするような利他行動は，一見矛盾しているように見える。利他行動の進化を説明する、包括適応度について説明せよ。

問題５

発生とシグナル伝達、タンパク質合成に関する以下の問に答えよ。

問1.　次の文は動物の発生について書かれた文である。文中に間違いがあれば正しく直せ。間違いがない場合、間違いなしと記入せよ。

(1) 両生類の胚において、背腹軸は受精の前に形成される。表層回転によって背側決定因子が移動し、到着した領域で背側領域を形成する。背側決定因子のない側は、腹側領域を形成する。

(2) 鳥類の胚は、胞胚期に形成される胚盤葉上層から生じる。胚盤葉上層に原条と呼ばれる線が形成され、この領域から上層の細胞が胞胚腔に移動し内胚葉と外胚葉を形成する。

問2.　両生類の腹側領域は､分泌タンパク質の BMP によってその発生運命を誘導される。BMP は細胞膜にあるレセプターに結合し、細胞内部にシグナルを伝達する。このように細胞がリガンドを認識し細胞内にシグナルを伝達、最終的に細胞応答を起こす一連の「シグナル伝達」について、一般的な仕組みを説明せよ。

問3.　動物の胚の軸形成・パターン形成において、モルフォゲンは非常に重要な役割を果たす。親指から小指の指のパターンは、モルフォゲンによって形成される代表的な例である。「肢芽の後方（将来の小指側）」で強く発現する Shh を「肢芽の前方（将来の親指側）」で発現させると、正常な指とは鏡像対象の並びで過剰な指が形成された。この結果から考察される、親指から小指の指の並びを決める原理について述べよ。また、鏡像対象の並びで過剰な指を形成する理由を説明せよ。

問4.　動物の卵母細胞は発生に必要な因子を数多く持つ。その中で、受精後に必要となるタンパク質を細胞質に蓄えた mRNA から合成する仕組みが存在する。真核生物の細胞は mRNA からどのようにタンパク質を合成するのか、次のキーワードをすべて用い説明せよ。

キーワード [リボソーム、tRNA、ペプチド結合、開始コドン、解離因子]

問題６

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

減数分裂は配偶子をつくる過程であり、①ヒトでは卵巣と精巣で行われている。通常の有糸分裂と違い、一度の DNA 複製の後に二度の分裂が起きることで、一倍体細胞を作り出す。減数分裂では、減数第一分裂前期に②シナプトネマ構造と呼ばれる構造ができることによって［　（ア）　］が対になり、その際に父系と母系の姉妹染色分体間で交差が起こる。交差が起きた場所には［　（イ）　］が生じる。なお、減数分裂において一倍体細胞ができるのは減数第［　（ウ）　］分裂である。

大学院生のシステムさんは、自身の研究を進める中で X 遺伝子がマウスの精巣で発現していることを発見した。X 遺伝子は肝臓の転写因子をコードすることがわかっていたが、精巣における情報は皆無であったため、指導教員と相談のうえ X 遺伝子の精巣における発現・機能解析を行うこととした。はじめに、X 遺伝子の精巣における発現を調べるために③*in situ* ハイブリダイゼーション解析と免疫組織化学染色解析を行ったところ、X 遺伝子は精巣のライディッヒ細胞と精母細胞に発現することがわかった。この結果は、④生後 3 日目から生後 56 日目までの精巣を使った定量的逆転写 PCR 解析の結果とも一致した。システムさんは、X 遺伝子がライディッヒ細胞でテストステロン合成の調節に関わるのではないかと仮説をたてて、⑤精巣からライディッヒ細胞を単離して培養を始めた。

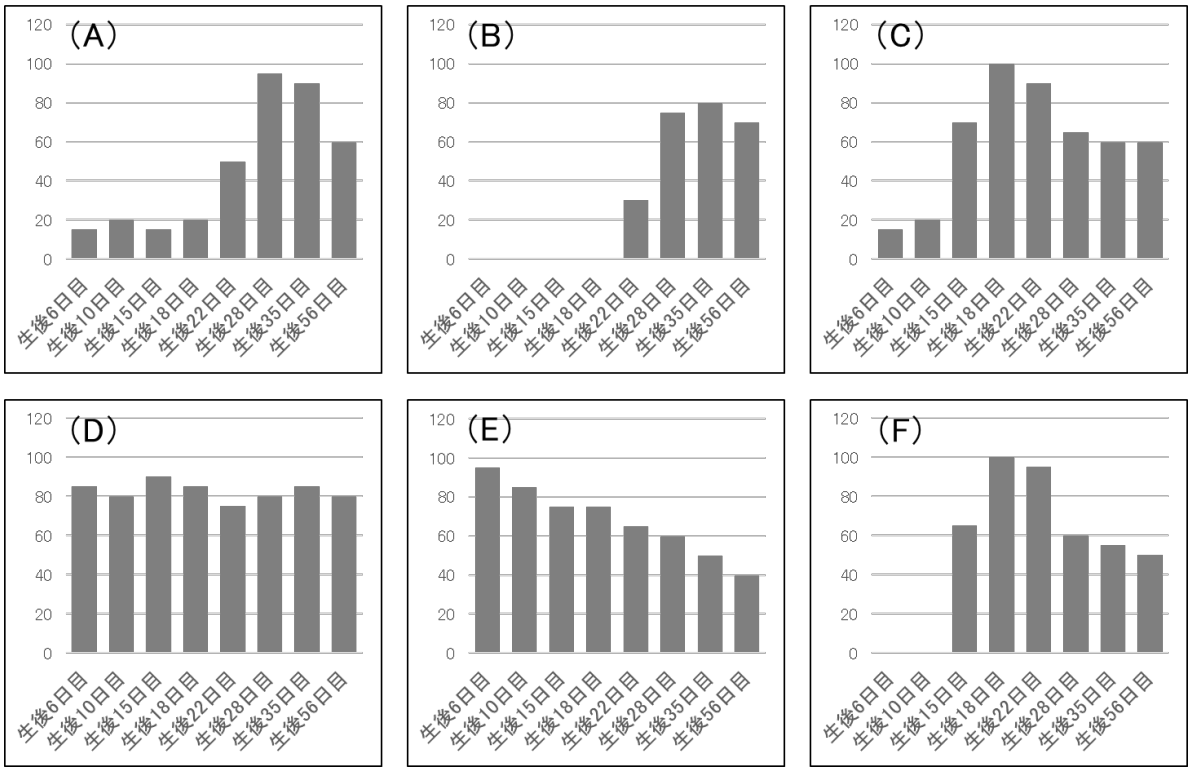
問1. 文章中の空欄［　（ア）　］～［　（ウ）　］に適切な語句を入れよ。

問2.　下線部①について、卵巣における減数分裂と精巣における減数分裂の違いを 2 つ述べよ。

問3.　下線部②は、横断繊維、軸芯、コヒーシンの各要素からなり、父由来と母由来の姉妹染色分体をつないでいる。これらの成分がどのようにつながっているかわかるようにシナプトネマ構造を図に描け。

問4.　下線部③はいずれも遺伝子発現を調べるための手法であるが、その目的には違いがある。その違いとは何か。また、このうち *in situ* ハイブリダイゼーション法について、その原理がわかるように概要を説明せよ。

問5.　下線部④について、発生過程で最初の減数分裂は生後 10 日目から生後 20 日目に起きる。このことをふまえて、定量的 RT-PCR の結果として最も適切なグラフを次の（A）～（F）から 1 つ選んで記号で答えよ。なお縦軸は X 遺伝子の相対的発現量である。



問6.　下線部⑤について、この細胞培養系を使ってシステムさんの仮説を検証するための実験を 1 つ提案し、仮説が正しい場合に予想される結果を説明せよ。