

令和 6 年度
神戸大学大学院理学研究科
博士課程前期課程（修士）生物学専攻入学者
一般選抜試験問題
生物学

(2023 年 8 月 22 日実施)

注意事項

- 1) これは問題冊子です。監督者の指示があるまで、2 枚目以降を見ないでください。
- 2) 問題は 4 - 15 頁にあり、全部で 6 問です（生物学問題 1 - 6）。16 - 17 頁は下書き用紙です。
- 3) 生物学問題は 6 問のうち 2 問を選択して、日本語または英語で解答 下さい。
英語で解答する場合は、英語 1 単語 (1 word) を、日本語 2 文字分をめやすに換算してください。例)「日本語 100 字程度」を「about 50 words in English」をめやすに換算
- 4) 答案用紙（別紙）は、全部で 4 枚です。各問題の問題 A と問題 B の解答を、それぞれ別の答案用紙に記入下さい。答案用紙の上部、問題 () のカッコ内に、解答する生物学問題の番号および問題 A, B の別を必ず記入下さい。例：問題 (1 A)
- 5) 解答に使用する答案用紙のすべての上部、所定の欄に氏名と受験番号を必ず記入下さい。未記入の場合は採点できません。解答欄が不足する場合は、続けて各答案用紙の裏面に記入して構いません。
- 6) 試験時間は 2 時間です。監督者の指示に従って受験下さい。
- 7) 試験終了後、問題毎に答案用紙を集めます。監督者の指示に従ってください。

生物学問題 1

問題 1 A および問題 1 B の両方に解答しなさい。答案用紙はそれぞれ別紙とし、答案用紙の問題番号欄には、1 A、1 B と記しなさい。

問題 1 A. 動物細胞のシグナル伝達に関する以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

ほとんどの細胞外シグナル分子は、(1) 標的細胞表面にある特定の受容体タンパク質に結合する。受容体タンパク質は、細胞外で起こったシグナル分子との結合を細胞内シグナルに変えるシグナル変換器としてはたらく。受容体タンパク質の一つである酵素共役型受容体は、活性化すると酵素として、あるいは細胞内酵素と直接会合することによって細胞内シグナル伝達経路を活性化する。酵素共役型受容体のうち最も多いのは、受容体の細胞質側ドメインがチロシンキナーゼとしてはたらくものであり、これを受容体チロシンキナーゼという。

(2) 活性化した受容体チロシンキナーゼは、複数のタンパク質からなる複合体を形成してシグナルを伝達する。この過程で中心的な役割を果たす分子の一つが Ras タンパク質である。

(3) 活性化した Ras タンパク質は、(4) リン酸化の連鎖反応を引き起こすことによって細胞の増殖を促進し、また、(5) ホスファチジルイノシトール 3-キナーゼを活性化することによって細胞の生存率を上昇させる。

問 1. 下線部 (1) について、細胞表面受容体タンパク質は、シグナル変換のしくみによっていくつかの種類に分類される。酵素共役型受容体以外の受容体を 2 種類、答えなさい。

問 2. 下線部 (2) について、細胞外シグナル分子が結合した受容体チロシンキナーゼが Ras タンパク質を活性化する分子機構について、説明しなさい。

問 3. 下線部 (3) について、以下の①、②に答えなさい。

- ① 多くのがん細胞で恒常的に活性化した変異型 Ras タンパク質が見つかるが、これはタンパク質の性質がどのように変化して活性化したのか、説明しなさい。
- ② Ras タンパク質を標的としたがん治療薬を開発するには、どのようなアプローチが考えられるか、考察しなさい。

問 4. 下線部 (4) について、活性化した Ras タンパク質から細胞増殖に至る一連のリン酸化反応とはどのようなものか、説明しなさい。

問5. 下線部(5)について、以下の①, ②に答えなさい。

- ① ホスファチジルイノシトール 3-キナーゼの活性化から細胞の生存率の上昇に至る経路とはどのようなものか、説明しなさい。
- ② ホスファチジルイノシトール 3-キナーゼと逆の反応を触媒するタンパク質名を答えなさい。

問題1 B. 以下の語句から五つを選び、それぞれア)～ク)の記号を記して、その内容や関連して知られていることを100～200字程度で説明しなさい。

- ア) 分子シャペロン (molecular chaperon)
- イ) オートファジー (autophagy)
- ウ) アセチル CoA (acetyl CoA)
- エ) ヌクレオチド除去修復 (nucleotide excision repair)
- オ) サイズ排除クロマトグラフィー (size exclusion chromatography)
- カ) ステロイドホルモン受容体 (steroid hormone receptor)
- キ) プロテアソーム (proteasome)
- ク) 免疫沈降法 (immunoprecipitation)

生物学問題 2

問題 2 A および問題 2 B の両方に解答しなさい。答案用紙はそれぞれ別紙とし、答案用紙の問題番号欄には、2 A、2 B と記しなさい。

問題 2 A. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

間期細胞の核におけるクロマチンは、塩基性色素で濃く染まるヘテロクロマチンと、薄く染まるユークロマチンに大別することができる。ヘテロクロマチンでは DNA が高度に凝縮し、S 期後期に DNA 複製が起こり、転写レベルで遺伝子が不活性化されていると考えられている。ヘテロクロマチンの形成過程においては、ヒストン H3 のメチル化などの ⁽¹⁾ ヒストンタンパク質の化学修飾が ⁽²⁾ 近傍のクロマチン領域の凝縮を引き起こすことが知られている。このような分子レベルのクロマチン構造の変化は、しばしば「細胞の記憶」として母細胞から娘細胞に引き継がれ、個体の表現型にも影響を及ぼす。例えば、出芽酵母の遺伝子組換え株やショウジョウバエの染色体逆位系統において、⁽³⁾ ヘテロクロマチン領域が近傍のゲノム領域へと拡大することにより遺伝子発現が変動する（発現する細胞と発現しない細胞が混在する）現象がしばしば観察されるが、このような遺伝子発現の変動は母細胞から娘細胞へと比較的安定に引き継がれる。ヘテロクロマチン形成に限らず、⁽⁴⁾ 「細胞の記憶」が通常の発生過程においても重要な役割を果たしていることを示す数多くの報告があり、現在では「細胞の記憶」は多細胞生物の細胞分化における基本原理の一つであると考えられている。

問 1. 下線部 (1) について、メチル化以外のヒストンタンパク質の化学修飾の例を一つ挙げ、その生物学的役割について 40～60 字程度で説明しなさい。

問 2. 下線部 (2) について、ヘテロクロマチン形成において、特定部位のヒストンタンパク質の化学修飾が近傍のクロマチン領域の凝縮を引き起こすメカニズムについて、100～200 字程度で説明しなさい。

問 3. 下線部 (3) について、この現象の名称を答えなさい。

問 4. 下線部 (4) について、正常発生における「細胞の記憶」の例を一つ挙げ、100～200 字程度で説明しなさい。

問題2 B. 以下の語句から五つを選び、それぞれア)～キ)の記号を記して、その内容や関連して知られていることを100～200字程度で説明しなさい。

- ア) 先体反応 (acrosome reaction)
- イ) がん幹細胞 (cancer stem cell)
- ウ) クラスリン被覆小胞 (clathrin-coated vesicle)
- エ) 原腸陥入 (gastrulation)
- オ) モルフォゲン (morphogen)
- カ) 脂質ラフト (lipid raft)
- キ) *Xist* 遺伝子 (*Xist* gene)

生物学問題 3

問題 3 A および問題 3 B の両方に解答しなさい。答案用紙はそれぞれ別紙とし、答案用紙の問題番号欄には、3 A、3 B と記しなさい。

問題 3 A. 以下の語句から四つを選び、それぞれア)～カ)の記号を記して、その内容や関連して知られていることを 100～200 字程度で説明しなさい(必要に応じて図示してもよい)。

- ア) 軸索輸送
- イ) 概日リズム
- ウ) コルチゾール
- エ) 形質細胞
- オ) 白筋と赤筋(または速筋と遅筋)
- カ) ヘモグロビンの酸素解離曲線

問題 3 B. 動物細胞における Ca^{2+} に関する以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

(1) 細胞外 Ca^{2+} 濃度の実験的操作が様々な生物現象に影響を与えることから、 Ca^{2+} は細胞機能の調節に重要な役割を果たすと考えられてきた。細胞質の Ca^{2+} 濃度が上昇するメカニズムは細胞外からの流入と細胞内 Ca^{2+} ストアからの放出に分けられ、それぞれ多様な Ca^{2+} チャネルにより担われている。流入を担うチャネルとしては、神経細胞や筋肉細胞といった興奮性細胞の (2) 膜電位依存性 Ca^{2+} チャネル がよく知られている。一方、放出を担うチャネルとしては、セカンドメッセンジャーである (ア) により活性化される小胞体上の Ca^{2+} チャネルがある。また、主に興奮性細胞では細胞内の Ca^{2+} などにより活性化されるリアノジン受容体も知られている。

Ca^{2+} が細胞機能の調節に広く関与する理由の一つとして、(3) 細胞外や小胞体内の Ca^{2+} が 1 mM 程度であるのに対し、細胞質の濃度は 100 nM 程度と著しく低いことが挙げられる。 これにより上記の Ca^{2+} チャネル活性化は細胞質の Ca^{2+} 濃度を大きく変化させる。また、結果として平滑筋の収縮やシナプスの可塑性に関与する (イ) などの細胞内 Ca^{2+} 結合タンパク質は、 Ca^{2+} との結合状態が明確に遷移する。このような Ca^{2+} 結合タンパク質の性質を利用して GCaMP などの Ca^{2+} 感受性蛍光タンパク質が開発され、遺伝子工学に基づく Ca^{2+} イメージングが実現している。これまで Ca^{2+} イメージングは培養細胞や脳スライスなどの標本を対象として行われてきたが、(4) 近年では組織の光散乱が可視化の障害となる生体 (in vivo) マウスの脳活動などにも研究が広がりつつある。

- 問1. 下線部(1)について、 Ca^{2+} が調節する細胞機能を一つ挙げ、これに対する細胞外 Ca^{2+} 濃度の実験的操作が与える影響を理由も含めて述べなさい。
- 問2. 下線部(2)について、膜電位依存性 Ca^{2+} チャネルが関与する現象を一つ挙げ、それについて膜電位依存性 Ca^{2+} チャネルが活性化される過程を述べなさい。
- 問3. 空欄(ア)、(イ)にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。
- 問4. 下線部(3)について、細胞質の Ca^{2+} 濃度を低く維持するメカニズムを一つ挙げ、説明しなさい。
- 問5. 下線部(4)について、生体マウスの大脳皮質における神経細胞を対象とした Ca^{2+} イメージングを可能にした実験手法を一つ挙げ、簡潔に説明しなさい。

生物学問題 4

問題 4 A および問題 4 B の両方に解答しなさい。答案用紙はそれぞれ別紙とし、答案用紙の問題番号欄には、4 A、4 B と記しなさい。

問題 4 A. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

多細胞生物では、シグナル分子を用いた細胞間コミュニケーションが、組織の分化や器官の発生、あるいは環境に対する応答において重要な役割を果たす。被子植物では、隣接する細胞間・組織間や、根とシュートなど異なる器官間において、必要なシグナル分子を伝達し、適切な成長・発生、環境応答を調節している。これらのシグナル分子には、(1) 原形質連絡、(2) 極性輸送、(3) 細胞外への分泌などの手段を介して、比較的短い距離ではたらくものや、(4) 維管束を通過して長距離輸送されて作用するものがある。

問 1. 下線部 (1) に関して、以下の (a)、(b) に答えなさい。

- (a) 原形質連絡の基本的な構造と役割について説明しなさい。なお、図を用いてもよい。
- (b) 根の表皮細胞で吸収した水分・栄養塩が維管束の細胞に送られるには、どのような経路があるか、根の構造と原形質連絡の役割を踏まえて説明しなさい。なお、図を用いてもよい。

問 2. 下線部 (2) に関して、植物ホルモンのオーキシンは、隣接する細胞間を極性輸送される。以下の (a)、(b) に答えなさい。

- (a) オーキシンの極性輸送を直接担うタンパク質ファミリーの名称を一つ答え、その構造と機能に関する特徴について説明しなさい。
- (b) (a) で答えたタンパク質ファミリーを介したオーキシンの極性輸送が起こる組織・器官を一つ挙げ、その組織・器官の成長・発生、環境応答におけるタンパク質ファミリーの役割について説明しなさい。

問 3. 下線部 (3) に関して、細胞外に分泌されるシグナル分子としてペプチドホルモンが知られている。シロイヌナズナでは、数多くのペプチドホルモンが、それらの受容体を介して適切な成長・発生、環境応答を調節している。ペプチドホルモンの名称を一つ挙げ、その役割と作用機構について知られていることを 100~200 字程度で説明しなさい。なお、図を用いてもよい。

問4. 下線部（4）に関して，以下の問に答えなさい。

シロイヌナズナの花成を誘導するフロリゲンとして作用する FT タンパク質は，日長条件に応じて葉の篩部で作られ，維管束を通過して茎頂分裂組織に輸送され，転写因子と複合体を形成し，花芽分裂組織決定遺伝子の発現を直接活性化する。シロイヌナズナとは異なる植物種 A のゲノムには，FT 相同遺伝子が複数存在する。この FT 相同遺伝子群のうち，フロリゲン遺伝子として機能する FT オルソログ遺伝子を同定するには，どのような実験的証拠があればよいか，具体的な実験を計画し，FT オルソログ遺伝子と判断できる結果とともに説明しなさい。ただし，植物種 A はシロイヌナズナと同様に長日植物であり，アグロバクテリウムを介した形質転換による遺伝子導入が可能である。なお，図を用いてもよい。

問題4 B. 以下の植物生理学に関する語句を全て選び，それぞれア)～オ)の記号を記して，その内容や関連して知られていることを100～200字程度で説明しなさい。

- ア) セルロース合成酵素複合体
- イ) 細胞膜プロトンポンプ (H^+ -ATPase)
- ウ) 植物の紫外線耐性機構
- エ) 全身獲得抵抗性
- オ) アーバスキュラー菌根菌

生物学問題 5

問題 5 A および問題 5 B の両方に解答しなさい。答案用紙はそれぞれ別紙とし、答案用紙の問題番号欄には、5 A、5 B と記しなさい。

問題 5 A. 以下の生態学に関する語句を全て選び、それぞれア)～オ)の記号を記して、その内容や関連して知られていることを 100～200 字程度で説明しなさい。

- ア) 貧栄養化
- イ) レジームシフト
- ウ) 理想自由分布
- エ) 表現型可塑性
- オ) β 多様性

問題 5 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

生態系内においては、捕食などを介して高次栄養段階における個体数の変動が低次栄養段階の生物に影響を与えることがあり、この影響を（ア）という。ヒトによる狩猟や漁獲は餌生物を消費する点で捕食に類似しているが、これらヒトの活動は自然界で広く見られる捕食とは異なり、野生動物の⁽¹⁾ 個体群動態を不安定化させていることが報告されている。

また、ヒトは野生動植物を捕獲するだけでなく、栽培や養殖・畜産・⁽²⁾ 都市環境の整備を行い⁽³⁾ 生態系の物理的環境を大きく変化させ、地球環境に負荷をかけながら暮らしている。このような環境への負荷を指標化した概念として（イ）があり、この指標はヒトが生活や生産活動をするために必要な、有効な地表面をどれくらい利用しているかを表している。

問 1. 空欄（ア）、（イ）にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部（1）について、個体群動態に影響を与える四つの過程を挙げながら、どのように個体群サイズが変動するのかを 150 字程度で説明しなさい。

問3. 下線部(2)に関連し、ヨーロッパのシジュウカラの鳴き声を、音環境が異なる都市と郊外の森で比較すると、都市では郊外よりも低音の鳴き声が少ないことが示されている。以下の情報を参考に、なぜこのような違いが見られるようになったのか200字程度で考察しなさい。

- ・シジュウカラは本来、高音と低音を組み合わせた鳴き声をもつ。
- ・シジュウカラのオスはなわばり誇示やメスへの求愛に鳴き声を用い、体の大きい個体のほうが小さい個体よりもより低音の鳴き声をだせる。とくに、つがい形成やなわばり争いが行われる時期に、低音を多用する傾向にある。
- ・都会では低音を多く含む背景音がある（低音は聞こえにくい）。

問4. 下線部(3)のように生態系の物理的環境を大きく変化させる種のことを生態系エンジニアという。ヒト以外の生態系エンジニアの例を一つ挙げ、その改変した環境が他の種の生物や生態系にどのような影響を及ぼすか100字程度で説明しなさい。

生物学問題 6

問題 6 A および問題 6 B の両方に解答しなさい。答案用紙はそれぞれ別紙とし、答案用紙の問題番号欄には、6 A、6 B と記しなさい。

問題 6 A. 以下の生物学に関する語句から五つを選び、それぞれア)～キ)の記号を記して、その内容や関連して知られていることを 100～200 字程度で説明しなさい。

- ア) 創始者効果 (founder effect)
- イ) 自然淘汰説 (theory of natural selection)
- ウ) ホロタイプ (holotype)
- エ) 混合栄養 (mixotrophy)
- オ) 微生物ループ (microbial loop)
- カ) 渦鞭毛藻類の葉緑体 (plastid of dinoflagellates)
- キ) 円石藻 (coccolithophore)

問題 6 B. 分子系統学に関する以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

DNA 塩基配列情報などの分子情報に基づく系統推定は分子系統学とよばれるが、分子系統学の基礎となる考え方は、20 世紀半ばから発展した分岐学に基づく部分が多い。分岐学では、生物の特徴のうち、相同な形質を (ア) と (イ) にわけ、(ア) の共有に基づいて生物のグループ分けを行う。ただし、相同な形質を (ア) と (イ) に分けるためには、(1) 形質進化の方向性についての情報が必要である。

形態形質と比べ、(2) 分子情報には系統推定を行う上でいくつかの利点が存在する。例えば、DNA 塩基配列情報では個々の塩基を形質とみなすことで、一度に多数の形質を比較することができる。比較する形質が多いため、分子系統解析においては、(3) 各クレードの信頼性について、統計的な検定を行うことも可能である。一方で、分子系統解析の結果は形態情報に基づく分類体系と矛盾することもあり、(4) 分子系統樹と整合性のある分類体系の作成に問題が生じる場合も知られている。

問 1. 空欄 (ア)、(イ) にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

- 問 2. 下線部 (1) に関して、形質進化の方向性を判断する方法について簡潔に説明しなさい。
- 問 3. 下線部 (2) に関して、系統推定に分子情報を用いることについて、多くの形質が一度に得られること以外の利点を一つ挙げ、簡潔に説明しなさい。
- 問 4. 下線部 (3) に関して、クレードの信頼性を統計的に推定する方法として、データの重複抽出を行うブートストラップ法がよく知られる。この方法において統計的支持の強さを表すブートストラップ値が低くなるのはどのようなクレードか、簡潔に説明しなさい。
- 問 5. 分子系統学的解析の結果、従来は単一種とみなされていたサンプルが統計的に支持される二つのクレードに分かれ、形態情報などと合わせて考えると、別種であることが明らかとなった。このような状況において、分類学的手続きを行うためには、追加でどのような解析を行う必要があるか。簡潔に説明しなさい。
- 問 6. 下線部 (4) に関して、形態的に区別可能で別種とされてきた 2 種について、それぞれ日本各地からサンプルを収集した。これら 2 種のサンプルを分子系統学的解析にかけた結果、2 種が混在するクレードが、複数形成されるという結果が得られた。このような結果が得られた原因について、自由に考察しなさい。また、その仮説の妥当性について検証するために、追加でどのような解析を行うべきか、説明しなさい。

