

平成 30 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

(2017 年 8 月 5 日実施)

注意事項

- 1) これは問題冊子です。試験監督の指示があるまで、2 枚目以降を見ないでください。
- 2) 問題は 4-17 頁目にあり、全部で 7 問です（生物学問題 1-7）。18-20 頁目は下書き用紙です。
- 3) 生物学問題は 7 問のうち 2 問を選択して解答しなさい。
- 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しなさい。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 の別を必ず記入しなさい。例：問題（1 A）
- 5) 解答に使用する答案用紙のすべての上部、所定の欄に受験番号と氏名を必ず記入しなさい。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。試験監督の指示に従って受験しなさい。
- 7) 試験終了後、問題毎に答案用紙を集めます。試験監督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. 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。

動物細胞の細胞膜には増殖因子や神経伝達物質等の受容体が存在する。これらのシグナル伝達に関する細胞膜受容体は (ア) 共役型、(イ) 共役型、酵素共役型に大別される。(ア) 共役型受容体は、細胞膜を (ウ) 回貫通する構造をもつ。リガンドが受容体に結合すると、受容体の細胞内領域と (ア) の相互作用により、エフェクターと呼ばれる標的タンパク質が活性化されシグナルが伝達される。(イ) 共役型受容体は、リガンドに依存して、特定のイオンの細胞膜透過性を変化させる。酵素共役型受容体の多くは (エ) 回膜貫通型の受容体であり、リガンドの結合により細胞内領域の酵素活性が変化する。また、細胞膜受容体の中には、細胞-細胞、および細胞-細胞外マトリックスの結合を担う ⁽¹⁾ 細胞接着に関わる受容体 もある。これらの分子は単に細胞を係留するだけでなく、細胞密度などの感知にも役立っている。

シグナル伝達分子の活性化機構は多様であり、シグナル伝達分子の ⁽²⁾ 分解によって制御される場合 や、リン酸化などの ⁽³⁾ 翻訳後修飾により調節される場合 などがある。また、細胞質において ⁽⁴⁾ 特定の低分子物質の濃度が一過的に増大することによりシグナル伝達経路が活性化される場合 もある。このような低分子物質は一般に (オ) と呼ばれ、カルシウムイオンが例として挙げられる。

このように、細胞外からの情報は受容体で受け取られ、シグナル伝達分子を介して核を含む細胞内小器官や細胞骨格などに伝えられて、増殖促進や抑制、形態変化、アポトーシスといった様々な細胞応答を引き起こす。

問 1. 空欄 (ア)、(イ)、(オ) にはあてはまる適切な語句を答えなさい。また、空欄 (ウ)、(エ) にはあてはまる適切な数字を答えなさい。

問 2. 下線部 (1) および (2) について、それぞれタンパク質性のシグナル伝達分子の具体例をあげなさい。

問3. 下線部(3)について、リン酸化以外の可逆的な翻訳後修飾の例を挙げなさい。また、シグナル伝達分子の活性が翻訳後修飾によって可逆的に調節されることは、細胞応答にとってどのような利点があると考えられるか説明しなさい。

問4. 下線部(4)のような反応を引き起こす低分子物質の例を、カルシウムイオン以外に一つ挙げなさい。また、その物質について、どのようにして細胞質内の濃度が上昇し、どのようにしてシグナル伝達分子として機能するのかを説明しなさい。

問題1 B. 以下の語句のうちから四つを選び、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150～200字程度で説明しなさい。

- ア) GTP キャップ (GTP cap)
- イ) 脂質二重層 (lipid bilayer)
- ウ) キネシン (kinesin)
- エ) 被覆小胞 (coated vesicle)
- オ) シンポート (symport)
- カ) ポリン (porin)

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。

成虫の体長が約 1 mm の土壤線虫である *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*) は、⁽¹⁾ 基本的には雌雄同体であるが、まれに雄個体が生じることから交配が可能であること、生活環が約 3 日間と短いこと、また変異原処理によって突然変異体を比較的容易に分離できることから、遺伝学的解析に適した代表的なモデル生物としてさまざまな研究に利用されている。

野生型の *C. elegans* では、孵化後の L1 幼虫が脱皮することで L2 幼虫、L3 幼虫、L4 幼虫の 4 つの幼虫期を経て成虫になる。ところが、*lin-14* 遺伝子の機能喪失変異体は L1 幼虫期をスキップして L2 幼虫として孵化し、脱皮して L3 幼虫、L4 幼虫と発生が進行する。これに対して、*lin-14* 遺伝子の機能獲得変異体は L1 幼虫として孵化した後、脱皮を繰り返しても L1 幼虫のままという表現型を示す。野生型における *lin-14* 遺伝子から転写される mRNA 量は発生段階を通じて一定であるにもかかわらず、その産物である LIN-14 タンパク質の量は、L1 幼虫期がピークで L2 幼虫期にかなり減少し、L3 幼虫期以降はほとんど検出できないレベルになる。*lin-14* 遺伝子内の各変異の位置を調べたところ、機能喪失変異は翻訳領域に、機能獲得変異は終止コドン下流の非翻訳領域に位置することが分かった。興味深いことに、*lin-14* とは異なる遺伝子である *lin-4* の機能喪失変異体は、*lin-14* 遺伝子の機能獲得変異体と同じ表現型を示す。また、*lin-4* 遺伝子の機能喪失変異と *lin-14* 遺伝子の機能喪失変異を二重にもつ個体は、*lin-14* 遺伝子の機能喪失変異体と同じ表現型を示す。

問 1. 下線部 (1) について、*C. elegans* の雌雄同体と雄の遺伝子型の違いは性染色体にあり、雌雄同体が 2 本の X 染色体をもつものに対して、雄は 1 本の X 染色体しかもたない。この事実を基にして、まれに雄が生じる仕組みを推定しなさい。

問 2. 発生過程における LIN-14 タンパク質の役割を推定しなさい。

問 3. *lin-14* 遺伝子と *lin-4* 遺伝子の遺伝学的関係を考察しなさい。

問4. 機能喪失変異の表現型を相補することを指標にして, *lin-4* 遺伝子をクローニングしたところ, この遺伝子はタンパク質をコードしておらず, 22 塩基長の非常に短い RNA を生成することが分かった. *lin-14* 遺伝子の機能獲得変異の位置を考慮に入れて, *lin-4* 遺伝子から生成する RNA の分子機能を自由に論じなさい.

問題2B. 以下のア) ~オ) の語句について, その内容や関連して知られていることを, それぞれ 100~200 字程度で説明しなさい.

- ア) 母性効果遺伝子 (maternal-effect gene)
- イ) エピゲノム (epigenome)
- ウ) 非対称分裂 (asymmetric cell division)
- エ) スプライソソーム (spliceosome)
- オ) 上皮間充織転換 (epithelial-mesenchymal transition)

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. 以下の文章を読んで、各問いに答えなさい。

遺伝情報の担い手である DNA は、⁽¹⁾ ヌクレオチドを基本構成単位とする二本の鎖が相補的な塩基間の水素結合を介して結合することで、二重らせん構造を形成する。 長大なゲノム DNA の正確な複製は、半保存的複製と呼ばれる様式と ⁽²⁾ DNA ポリメラーゼによる DNA 合成のきわめて高い正確性によって達成される。 しかし、DNA ポリメラーゼは稀に塩基の誤対合（ミスマッチ）を起こす。⁽³⁾ ミスマッチ修復は、複製反応の際に生じたミスマッチを解消する進化的によく保存された DNA 修復機構の一つである。

問 1. 下線部（1）について、(a) 塩基とデオキシリボースの間をつなぐ結合、(b) リン酸とデオキシリボースの間をつなぐ結合の名称をそれぞれ答えなさい。

問 2. 下線部（2）について、DNA ポリメラーゼが「高い正確性」を発揮する上で重要な特徴を二つ挙げて説明しなさい。

問 3. 下線部（3）について、ミスマッチを正しく修復するには、複製の鋳型となった DNA 鎖と新しく合成された DNA 鎖とを区別する必要がある。大腸菌のミスマッチ修復機構では、どのように DNA 鎖を区別しているか説明しなさい。

問 4. DNA ポリメラーゼを用いた DNA 塩基配列決定法の原理を説明しなさい。

問題 3 B. 以下の語句のうちから四つを選び、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。

- ア) 酵素の基質特異性
- イ) タンパク質の四次構造
- ウ) レクチン
- エ) ステロイド
- オ) イオン交換クロマトグラフィー
- カ) 質量分析によるタンパク質の同定法

生物学問題 4

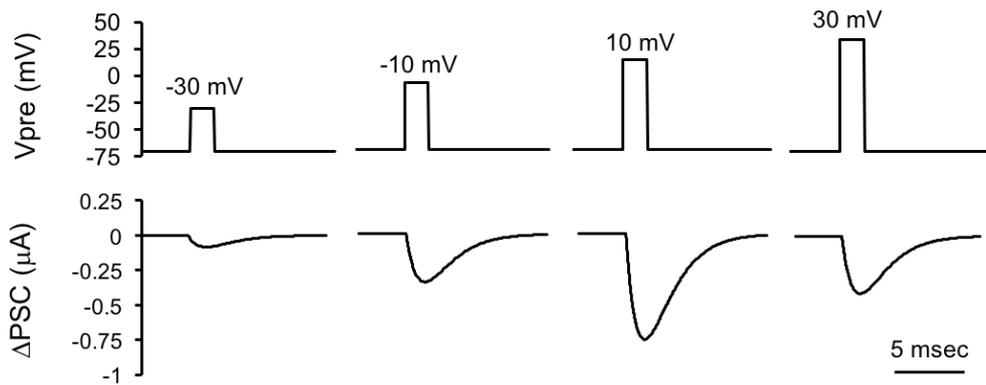
問題 4 A および問題 4 B の両方に解答しなさい。答案用紙はそれぞれ別紙とし、答案用紙の問題番号欄には、4 A、4 B と記しなさい。

問題 4 A. 以下の語句のうちから四つを選び、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。

- ア) 静止膜電位と K^+ チャンネル
- イ) 痛覚とサブスタンス P
- ウ) オキシトシン
- エ) 体内時計
- オ) 自然免疫
- カ) 視床下部

問題 4 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

高等動物の組織間液や体液中における Ca^{2+} 濃度は 2～20 mM であり、静止状態における小胞体内の Ca^{2+} 濃度も多くの場合これと同程度である。一方、静止状態における細胞質中の Ca^{2+} 濃度は 1 μ M 以下であり、細胞内 Ca^{2+} 濃度上昇は効率的なシグナル伝達の手段となる。このため複数の経路が細胞質の Ca^{2+} 濃度を上昇させ、様々な細胞現象を誘導する。一例としてシナプスにおける Ca^{2+} 濃度依存的な神経伝達物質の放出が挙げられる。イカの巨大シナプスは容易にガラス電極を刺入することができるため、シナプス前終末とシナプス後膜それぞれにおいて、(1)複数の電極を用いて膜電位を固定し、膜電流を測定することが可能である。(2)そこで、下図に示すようにシナプス前終末の膜電位 (V_{pre}) を -70 mV に固定し、2.5 ミリ秒 (msec) の間だけ -30 mV～30 mV に変化させたところ、電位に応じて異なる大きさのシナプス後電流 (ΔPSC) が発生し、その振幅は V_{pre} を 10 mV に変化させたときに最大となった。



- 問 1. 細胞質の Ca^{2+} 濃度を細胞外に対して非常に低く保つために、細胞質の Ca^{2+} を除去する能動輸送を 1 つ挙げ、その駆動力が何か答えなさい.
- 問 2. 細胞質の Ca^{2+} 濃度が上昇する経路を 2 つ挙げ、それぞれの引き金となるシグナル分子または生理現象を簡潔に述べなさい.
- 問 3. シナプス伝達以外に細胞質の Ca^{2+} 濃度上昇が関与する細胞現象を 1 つ挙げ、 Ca^{2+} がこの現象を誘導する過程を説明しなさい.
- 問 4. 下線 (1) に関連して、膜電流の測定に膜電位の固定が不可欠である理由を述べなさい.
- 問 5. 下線 (2) に関連して、シナプス前終末の膜電位を変化させるとシナプス後電流の振幅がこのように変化する理由を、「 Ca^{2+} の平衡電位」という語句を用いて説明しなさい.

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. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

植物細胞は、その細胞膜の周りをセルロースなどから成る ⁽¹⁾ 細胞壁 により囲まれており、隣り合う細胞の細胞壁が中葉を介して接着しているため、細胞は移動しない。そのため植物の成長は、細胞分裂と ⁽²⁾ 細胞伸長 のパターンがどのように制御されているかに大きく依存する。

植物細胞の分裂と伸長は、微小管を始めとする細胞骨格によって制御されている。植物細胞では、M 期に先立つ分裂準備期に将来細胞分裂面になる細胞膜内側に (ア) が出現する。M 期の前期に入ると分裂面をはさんだ両側に紡錘体微小管が現れる。前中期になると (ア) は消失し、紡錘体微小管のプラス端が染色体の動原体の領域に結合する。中期、後期を経て染色体が 2 つの極の方向に移動し分配が完了すると、紡錘体微小管は消失する。終期の細胞質分裂の過程で、新しく形成された娘細胞核と細胞分裂面の間に微小管やアクチン繊維からできた (イ) が形成され、ここに (ウ) 由来の小胞が集合して細胞板を形成しながら辺縁に向かって拡大する。新しい細胞板は、最終的に親細胞の細胞壁と融合し、2 つの娘細胞が形成される。また ⁽³⁾ 植物の様々な細胞においては、細胞分裂を伴わない特殊な細胞周期が観察され、細胞あたりの DNA 量が細胞によって異なる場合がある。

問 1. 空欄 (ア) ~ (ウ) 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、植物の細胞壁の成分をセルロース以外に二つ挙げなさい。

問 3. 下線部 (2) に関して、根や茎の伸長領域において、細胞は横方向 (根や茎の伸長方向と直交する方向) へほとんど伸長せず、縦方向 (根や茎の伸長方向) に伸長する。この仕組みについて、下記の語句を全て用い、図を描いて説明しなさい。

<セルロース微繊維, 微小管, 細胞壁のゆるみ>

問 4. 下線部 (3) について例を一つ挙げて説明しなさい。

問5. シロイヌナズナの芽生えを, ある化学物質 X で処理すると主根の成長が促進された. そこで化学物質 X がどのような仕組みで主根の成長を促進したのか, 仮説を立てて考察しなさい. また, その仮説を検証するために, どのような実験を行えばよいか, 説明しなさい.

問題5B. 植物に関係する以下のア) ~カ) の語句について, 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) 水分屈性
- イ) アーバスキュラー菌根菌
- ウ) 蒸散
- エ) 休眠
- オ) 静止中心
- カ) シアン耐性呼吸

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. 生態学に関する以下のア) ~ オ) の語句について、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) 理想自由分布 (ideal free distribution)
- (イ) β 多様性 (β diversity)
- (ウ) 有効集団サイズ (effective population size)
- (エ) 形質置換 (character displacement)
- (オ) トレードオフ (trade-off)

問題 6 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

生物多様性を生み出す大きな原動力の一つとして生物間相互作用が挙げられる。生物種間の相互作用は、被子植物の多様性を生み出した要因としても重要視される。例えば、多くの被子植物は、花粉や蜜などの報酬を提供することで、花粉媒介者に受粉の手助けをしてもらっており、この関係性は（ア）と呼ばれる。特に、⁽¹⁾ 同じ分類群の花粉媒介者を利用する植物は、系統的に離れていても共通した表現形質群を持つことが知られている。この現象を（イ）という。

また、生物間相互作用を持つ種同士は、それぞれの生物が互いに選択圧となって影響を及ぼしあうことがある。これを（ウ）と呼ぶ。植物と花粉媒介者との（ウ）の顕著な例としては、マダガスカルに分布するラン科植物である *Angraecum sesquipedale* とキサントパンスズメガの関係が挙げられる。*Angraecum sesquipedale* は、20 cm を超える長さの距を持ち、その距と対応する長さの口吻を持つスズメガに花粉の媒介を託している。このことは、⁽²⁾ 両者の形態が、互いに影響を及ぼし合いながら進化したことを示唆している。

問 1. 空欄（ア）～（ウ）に入る最も適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部（1）について、動物媒花のうち、ハナバチ媒花、チョウ媒花、ガ媒花の特徴を、それぞれ 100 字程度で説明しなさい。また、該当する植物名を 1 つずつ挙げなさい。

問 3. 下線部（2）について、*Angraecum sesquipedale* の「長い距」とスズメガの「長い口吻」は、どのような選択圧によって進化したと考えられるかを、「進化的軍拡競争」の概念を踏まえて、150~200 字程度で説明しなさい。なお、*Angraecum sesquipedale* の距の底部には蜜がたまっているものとする。

生物学問題 7

問題 7 A および問題 7 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、7 A、7 B と記しなさい。

問題 7 A. 以下の語句のうちから四つを選び、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。

- ア) 生物多様性条約
- イ) タクソン
- ウ) アーキア
- エ) 多核嚢状体
- オ) 灰色植物
- カ) 受精毛

問題 7 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

ある生物種の交配可能な集団中に存在する遺伝子において、1 つの遺伝子座における対立遺伝子の頻度（割合）を遺伝子頻度という。⁽¹⁾ 自然集団中の遺伝子頻度はさまざまな要因によって変化する。例えば、ある遺伝子座において対立遺伝子間で生存に有利・不利の関係がある場合、自然選択によって相対的に有利な対立遺伝子が集団中に広まったり、相対的に不利な対立遺伝子が消失したりする。一方、⁽²⁾ ある条件下では、自然選択によって対立遺伝子の多様性が維持されることがある。

⁽³⁾ ある集団が、他の集団から隔離された状態が長く続くと、その間にそれぞれの集団に独自の遺伝的な変化が蓄積し、やがて両者の個体が出会っても、交配できなくなる場合がある。このような現象を生殖的隔離といい、その結果、種分化が起こる。この場合、地理的（物理的）な障壁によって生殖的隔離が成立して種が形成されることを（ア）種分化といい、一方、⁽⁴⁾ このような障壁なしに種が形成されることを（イ）種分化という。
⁽⁵⁾ ガラパゴス諸島やハワイ諸島などの海洋島では、共通の祖先から進化した近縁種群が多く存在することから、種分化の研究が盛んに行われてきた。

問 1. 下線部（1）に関して、自然選択以外に集団中の遺伝子頻度を変化させる集団遺伝学的な要因を 2 つ答えなさい。

問 2. 下線部（2）のような自然選択は平衡選択とよばれる。中央アフリカの熱帯熱マリアの発生地域における鎌状赤血球対立遺伝子の頻度を例に用いて、平衡選択の仕組みを説明しなさい。

問 3. 下線部（3）に関して、このような考え方に基づく種概念の名称を答えなさい。

問 4. 空欄（ア）と（イ）に入る最も適切な語句を答えなさい。

問 5. 下線部（4）に関して、生殖的隔離は、接合前隔離と接合後隔離に分けることができる。接合前隔離と接合後隔離はどのような要因で起こると考えられるか、それぞれ例を挙げて説明しなさい。

問 6. 下線部（5）で示した例のような近縁種群の急速な進化は適応放散とよばれるが、その仕組みを具体例を挙げて説明しなさい。

