

令和3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

(2020年8月25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4-13頁目にあり、全部で5問です（生物学問題1-5）。14-16頁目は下書き用紙です。
- 3) 生物学問題は5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（1A）
- 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。監督者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。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. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

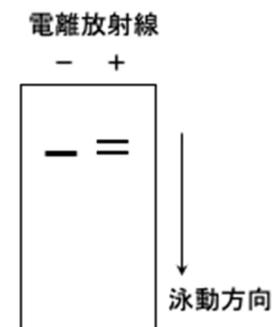
細胞が活発に増殖する際には、ゲノム DNA の複製と細胞分裂を中心とする一連の事象が周期的に繰り返される。真核生物で、この細胞周期の制御において中心的な役割を担っているのが (ア) と呼ばれるタンパク質リン酸化酵素、および翻訳後修飾の一種である (イ) を介したタンパク質分解に関わる因子である。細胞周期には、前段階の事象の完了が確認されるまで次の事象の開始を抑制したり、周囲の栄養環境や DNA 損傷の状態を感知して細胞増殖を停止させる仕組みが備わっている。このような仕組みは (ウ) と総称され、遺伝情報の安定的な維持・伝播や細胞死の回避において特に重要である。タンパク質のリン酸化や分解は、(ウ) の制御においても非常に重要な役割を担っている。

問 1. 空欄 (ア) ~ (ウ) にあてはまる最も適切な語を答えなさい。

問 2. 細胞周期に関連する事象を薬剤により特異的に阻害することで、細胞を特定の時期に停止させることができる。このような阻害剤の例を二つあげ、それぞれが標的とする分子と細胞周期停止のメカニズムを簡潔に説明しなさい。

問 3. 一般に、タンパク質の分解がリン酸化による制御を受ける例が数多く知られている。1) リン酸化が引き金となって標的タンパク質の分解が誘導される場合、2) リン酸化によって標的タンパク質の分解が抑制される場合、それぞれについて例を一つあげ、その分子機構と機能について知るところを述べなさい。

問 4. タンパク質がリン酸化を受けると、SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動における移動度が低下する場合が多い。ヒト培養細胞に電離放射線を照射後、しばらく培養した後に細胞抽出液を調製し、タンパク質 A を特異的に認識する抗体でウエスタンブロット解析を行ったところ、図のように照射前 ( - のレーン) と比較して移動度が低いバンドが新たに出現した。このバンドがリン酸化されたタンパク質 A であることを証明するための実験を考案し、その方法を簡潔に説明しなさい。



問5. DNA 損傷が細胞周期を停止させる効果は、損傷の種類によって異なる。例えば、DNA 二本鎖切断がたとえ1か所でも発生すると細胞周期が速やかに停止しうるのに対して、紫外線照射の場合は細胞内に相当数の DNA 損傷が発生しても細胞周期は必ずしもすぐには停止しない。紫外線照射による DNA 損傷に対して直ちに細胞周期を停止させる仕組みを生物が進化させなかった理由について、自由に論じなさい。

問題1 B. 以下の語句のうちから五つを選び、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) エキソサイトーシス (exocytosis)
- イ) ダイニンとキネシン (dynein and kinesin)
- ウ) F型 ATP 合成酵素 (F-type ATP synthase)
- エ) レポーター遺伝子 (reporter gene)
- オ) Bcl-2 タンパク質 (Bcl-2 protein)
- カ) Ras タンパク質 (Ras protein)

## 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. 次の文章を読んで以下の問 1 ～ 4 に答えなさい。

胚発生において、単一の細胞である受精卵から多種多様な細胞が分化する様子は、生命現象の不思議さを感じることでできる好例である。胚発生における細胞分化は、雌性配偶子に由来する <sup>(1)</sup> 母性効果か、細胞間の相互作用に依存した接合子自身の遺伝子発現のどちらか、あるいはその組み合わせにより制御されているが、いずれの場合においても、いったん細胞が分化すると、その分化状態は細胞分裂を経てもその子孫細胞へと引き継がれることが知られている。このような細胞の分化状態の維持は、しばしば「細胞の記憶 (cell memory)」と表現され、<sup>(2)</sup> エピジェネティックな遺伝子発現制御にもとづく生命現象であると考えられている。

典型的な「細胞の記憶」の例として、ショウジョウバエのポリコム遺伝子群 (*Pc-G*) およびトリソックス遺伝子群 (*trx-G*) によるホメオティック遺伝子複合体の発現制御をあげることが出来る。<sup>(3)</sup> ホメオティック遺伝子はショウジョウバエの各体節の個性を決定しており、その前後軸に沿った発現パターンは、卵極性遺伝子や分節遺伝子の働きにより胚発生初期に決定される。また、ホメオティック遺伝子間にも相互作用があり、より後方に発現するホメオティック遺伝子は、より前方に発現する遺伝子の発現を抑制することが知られている。ホメオティック遺伝子の発現制御因子の多くは胚発生後期までに消失するが、胚発生期に決定されたホメオティック遺伝子の発現パターンは成体まで維持される。この発現パターンの維持には *Pc-G* による発現抑制および *trx-G* による発現活性化が必要であり、*Pc-G* あるいは *trx-G* の変異体では、胚発生初期のホメオティック遺伝子の発現パターンに変化はないものの、それ以降の発生段階では発現が不安定になり、しばしばホメオティック変異体と同様の表現型を示す。例えば、<sup>(4)</sup> *Pc-G* の機能欠失変異体では、翅 (他の昆虫の前翅に相当) が平均棍 (他の昆虫の後翅に相当) に似た構造へと変化する。また、これとは逆に、*trx-G* の機能欠失変異体では、平均棍が翅に似た構造へと変化する。

問 1. 下線部 (1) について、胚発生における母性効果の例を一つあげ、100～200 字程度で説明しなさい。

問 2. 下線部 (2) について、ホメオティック遺伝子複合体以外のエピジェネティックな遺伝子発現制御の例を一つあげ、100～200 字程度で説明しなさい。

問3. 下線部(3)について、ホメオティック遺伝子の遺伝子産物に共通する特徴を100字程度で答えなさい。

問4. 下線部(4)について、翅の成虫原基(幼虫の体内にある、将来成虫構造を形成する組織)には *Antennapedia* (*Antp*) 遺伝子が、平均棍の成虫原基には *Ultrabithorax* (*Ubx*) 遺伝子がそれぞれ強く発現しており、これらのホメオティック遺伝子の働きにより翅と平均棍の違いが生じると考えられている。*Pc-G* の機能欠失変異体において *Antp* と *Ubx* の発現パターンがどのように変化するかを考察し、翅が平均棍に似た構造へと変化する理由を説明しなさい。

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) 非対称細胞分裂 (*asymmetric cell division*)

イ) ゲノム編集におけるガイドRNA (*small guide RNA in genome editing*)

ウ) 遺伝子変換 (*gene conversion*)

エ) RNA干渉のオフターゲット効果 (*off-target effects of RNA interference*)

オ) 多能性幹細胞 (*pluripotent stem cell*)

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. 以下の語句のうちから四つを選び、その記号 (ア～シ) 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) 平衡電位       | (イ) 補体の古典経路   |
| (ウ) プライマーフェロモン | (エ) 筋紡錘       |
| (オ) 鎌状赤血球症     | (カ) 下垂体前葉ホルモン |
| (キ) 原形質連絡      | (ク) 頂端分裂組織    |
| (ケ) 光呼吸        | (コ) ジベレリン     |
| (サ) フラグモプラスト   | (シ) 自家不和合性    |

問題 3 B. 次の問題 (問 1、問 2) のうちから一つを選び、その番号 (問 1 または問 2) を記して解答しなさい。

問 1. 光遺伝学による神経活動の操作について、以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

クラミドモナスの走光性における光センサーとして同定されたチャンネルロドプシンは、プロトンを含む陽イオンを光依存的に透過するチャンネルタンパク質である。チャンネルロドプシンを神経細胞に発現させて光を照射した場合、脱分極がおこり活動電位が発生する。チャンネルロドプシンを代表とする光活性化イオンチャンネルを利用して標的とする神経細胞の活動を制御するアプローチが光遺伝学である。視床下部の摂食中枢における神経細胞にチャンネルロドプシンを発現させ、これを光刺激することで摂食行動が誘導される例が知られており、ステレオタイプな行動については光遺伝学を用いた神経回路のマッピングが大きな成果を上げている。これに対して、大脳皮質の認知機能などについては個々の神経細胞が特定の機能を担っていることが稀であるため、光遺伝学が行動操作に成功した例はほとんどない。

(問 1-1) チャンネルロドプシンの活性化が脱分極を誘導することからどのような陽イオン選択性があると考えられるか、ナトリウムイオンとカリウムイオンという言葉を使って説明しなさい。

(問 1-2) チャンネルロドプシンを発現した神経細胞を光刺激することにより誘導された神経活動を測定する方法を一つあげ、具体的に説明しなさい。

(問1-3) 視床下部が調節することが広く認められている生理機能を摂食行動以外に一つあげ、視床下部がどのように調節しているか説明しなさい。

(問1-4) 音と電気ショックを組み合わせた連合学習(恐怖学習)に関与する神経回路をマッピングするために光遺伝学を利用するとしたらどのようなアプローチが考えられるか述べなさい。なお、恐怖学習により音に対して神経活動が亢進する細胞では immediate early gene の一つである *c-fos* の発現が上昇することが知られている。

問2. 以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

植物の生育は外界のさまざまな環境要因によって大きく影響を受ける。これらの環境要因には、(1) 光, (2) 重力, 温度, (3) 水分(乾燥), 大気組成, 栄養塩などの非生物的要因と、病気を引き起こす病原体や (4) 共生関係を持つ生物などの生物的要因が含まれる。

(問2-1) 下線部(1)に関して、光は光合成のエネルギー源として用いられるだけでなく、光受容体を介してさまざまな光応答に作用する。以下の(ア)から(エ)の光応答のうち、フォトトロピンが光受容体として関わる応答をすべて選び、(ア~エ)の記号で答えなさい。

(ア) 光周性花成, (イ) 葉緑体定位運動, (ウ) 避陰反応, (エ) 光屈性反応

(問2-2) 下線部(2)に関して、維管束植物の根や茎は重力方向に対して正または負の重力屈性反応を示す。これらの器官には重力を感受する特殊な細胞(平衡細胞)が存在する。根と茎における平衡細胞は、どのような細胞が分化したものか、細胞の名称をそれぞれ答えなさい。また、それらの細胞が平衡細胞であると考えられる実験的根拠について、知られていることを説明しなさい。

(問2-3) 下線部(3)に関して、水分の少ない乾燥条件では植物は葉の気孔を閉じることにより蒸散を抑える。気孔の閉口に関わる細胞の名称と植物ホルモンの名称をそれぞれ答えなさい。また、その植物ホルモンが気孔の閉口を誘導する仕組みについて、次の語を用いて説明しなさい。

$Ca^{2+}$ , 陰イオンチャネル, 脱分極,  $K^{+}$ 遊離チャネル, 膨圧

(問2-4) 下線部(4)に関して、マメ科植物は根粒を形成し、窒素を固定する根粒菌と共生している。根粒の形成過程について、次の語を用いて説明しなさい。

フラボノイド, Nod ファクター, 感染糸, バクテロイド

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. 以下の生態学に関するア) ~ 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) 間接効果
- イ) 中規模かく乱仮説
- ウ) 包括適応度
- エ) 共進化
- オ) 防衛共生系

問題 4 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

ある空間内に存在する同一種の集まりを個体群という。個体群密度が低いとき、生物の個体数は、その生物が潜在的にもっている（ア）に応じて指数関数的に増加する。しかし一般には、(1) 個体群密度が高まるとともに、成長率、繁殖率、および生存率等の低下を引き起こす（イ）が生じる。それにより、個体数の増加率は次第に低下する。

同種による個体数調節（種内競争）に加えて、（ウ）の重複する他種との種間競争もまた、生物の個体数調節に影響する。(2) ロトカ・ヴォルテラの競争方程式は、競争係数を考慮することで、種内競争と種間競争の相対的な強さを評価し、競争関係にある二種の共存条件を導き出している。

強い競争関係にある二種の共存に、第三の種が大きく影響を及ぼす場合もある。例えば、岩礁潮間帯において、フジツボとイガイの仲間は、固着面をめぐって強い競争関係にある。捕食者であるヒトデの仲間は、捕食によってこの種間競争を緩和することで、両者の共存を可能にし、(3) ひいては岩礁潮間帯の種多様性維持に寄与している。

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）について、この記述とは逆に、個体群密度が高まるとともに、個体の適応度が高まる現象を何というか答えなさい。また、そのような現象が生じる理由として考えられることを一つあげて説明しなさい。

問 3. 下線部（2）について、以下の①、②に答えなさい。

- ① 競争係数を考慮することで、種内競争と種間競争の相対的な強さをどのように評価したのかを 100 字以内で説明しなさい。
- ② 二種が安定して共存できる条件とはどのようなものかを 100 字以内で説明しなさい。

問 4. 下線部（3）について、捕食行動を通して生態系全体に大きなインパクトを与える捕食をキーストーン捕食という。キーストーン捕食が生態系にインパクトを与える他の具体例を一つあげて、その仕組みを説明しなさい。

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. 以下の語句のうちから五つを選び、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) ヌクレオモルフ
- イ) ストレプト植物
- ウ) 3 ドメイン説
- エ) 同所的種分化
- オ) 遺伝的浮動
- カ) 水温躍層

問題5 B. 次の文章を読んで、以下の各問いに答えなさい。

様々な生物が形成する配偶子や孢子などの生殖細胞のもつ形態的特徴は、系統を強く反映している場合が多い。例えば、オピストコンタに属する（ア）の一部は、配偶子が後ろ向き一本鞭毛をもつという点で、配偶子の形態的特徴を後生動物と共有している。また、珪藻は例外的であるものの、黄金色藻や褐藻、（イ）などはマスチゴネマと呼ばれる鞭毛表面の小毛を共有形質としてもつが、<sup>(1)</sup> それ以外の点でも特徴的な形態をもつ配偶子や遊走子を形成し、その特徴から「ヘテロコンタ」と呼ばれることもある。同様に、紅色植物（紅藻）の真正紅藻綱やウシケノリ藻綱の有性生殖では、受精毛をもつ卵細胞と精子により受精が行われるが、<sup>(2)</sup> 紅藻の精子は他の藻類の精子ではあまり見られない特徴をもつことが知られている。

問1. 空欄（ア）と（イ）の生物群は、生態系においては分解者としてよく知られている。それぞれに入る最も適切な生物群の名称を答えなさい。

問2. 下線部（1）について、ヘテロコンタという名前の由来となった遊走細胞の形態的特徴について15文字程度で述べた上で、ヘテロコンタとオピストコンタの遊走細胞の鞭毛の動きと進行方向について説明しなさい。

問3. 紅藻（真正紅藻綱やウシケノリ藻綱）の有性生殖過程に関して、以下のa), b)に答えなさい。

a) 下線部（2）について、紅藻類の精子の特徴とは何か、10文字程度で述べなさい。

b) 真正紅藻綱においては果孢子体とよばれる世代（構造）が知られている。果孢子体の形成過程について知るところを述べた上で、果孢子体を形成することの生態的意義について説明しなさい。

問4. 遊走細胞の形態以外で、綱かそれ以上（それより上位）の分類階級において系統を反映していると考えられる形質を一つ挙げ、系統群ごとの多様性について詳しく説明しなさい。





