

令和5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

(2022年8月23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頁目にあり、全部で6問です（生物学問題1-6）。16-17頁目は下書き用紙です。
- 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. 真核生物における糖代謝と ATP 合成に関する以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

主要な糖代謝経路の一つである解糖系は、<sup>(1)</sup> グルコースをグルコース 6 リン酸に変換する反応から始まる。解糖系によって生じたピルビン酸は、ピルビン酸脱水素酵素複合体 (pyruvate dehydrogenase complex) のはたらきにより (ア) に変換されて、<sup>(2)</sup> TCA サイクル (クエン酸回路、クレブス回路ともいう) に入る。TCA サイクルで産生される NADH や FADH<sub>2</sub> は、高いエネルギーを持った電子を保持している。それらの電子は、4 種のタンパク質複合体からなる (イ) によって、ミトコンドリア内膜を挟んだプロトン (水素イオン) 濃度勾配の形成に利用される。ミトコンドリア内膜にある <sup>(3)</sup> F 型 ATP 合成酵素 (F-type ATP synthase, F-type ATPase) は、このプロトン濃度勾配を利用して ATP を合成する。

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。なお、(ア) には化学物質の名称を、(イ) には反応系の名称を答えること。

問 2. 生物中に存在する糖には、多くの種類がある。そのうち、「二糖」に分類される糖の名称を二つ答えなさい。なお、グルコースは「単糖」に分類される。

問 3. 下線部 (1) の反応は、ヘキソキナーゼ (hexokinase) という酵素が担っている。一般に、酵素には生化学反応の速度を大きくするはたらきがある。ヘキソキナーゼはどのようにして、グルコースをグルコース 6 リン酸に変換する反応を加速させているのか 100~200 字程度で述べなさい。

問 4. 下線部 (2) の TCA サイクルにおいて、イソクエン酸脱水素酵素 (isocitrate dehydrogenase) がイソクエン酸を酸化的に脱炭酸して生じる分子 (生成物) と、アミノ酸代謝経路において、グルタミン酸脱水素酵素 (glutamate dehydrogenase) がグルタミン酸を基質として酸化的に脱アミノ反応を起こして生じる分子 (生成物) は同一である。その分子の名称と化学構造式を記しなさい。

問 5. 下線部 (3) の F 型 ATP 合成酵素は、ATP を合成する際に特徴的な構造変化を起こすことが知られている。その構造変化について 50~100 字程度で述べなさい。

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) 転写共役修復 (transcription-coupled repair)
- イ) テロメア (telomere)
- ウ) レトロウイルス (retrovirus)
- エ) 内部リボソーム進入部位 (internal ribosome entry site: IRES)
- オ) 脂質二重層の非対称性 (asymmetry of the lipid bilayer)
- カ) タンパク質の糖鎖修飾 (protein glycosylation)
- キ) 光褪色後蛍光回復法 (fluorescence recovery after photobleaching: FRAP)
- ク) 筋収縮におけるアクチンとミオシン (actin and myosin in muscle contraction)

## 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。

(1) 有性生殖を行う生物は配偶子形成のため、通常の体細胞分裂では見られない分裂様式(減数分裂)を示す。まず、減数分裂の第一分裂では、倍化した相同染色体が対合して二価染色体を形成する。この時、(ア)と呼ばれるタンパク質複合体が第二分裂まで姉妹染色分体間の接着に中心的な役割を果たす。一方、相同染色体間では(イ)と呼ばれる高次構造が形成され、第一分裂前期が終わるまで全長にわたって密着した状態が維持される。この間に特異的に機能する酵素のはたらきによって生じる(ウ)を基点として、(2) 交差とよばれる相同染色体間の物理的交換反応が起きる。この時、2本の非姉妹染色分体同士が交差する部位に見られる染色体の結合構造を(エ)とよぶ。ヒトでは染色体一つにつき平均して2〜3個の交差が生じる。その後、第一分裂後期に相同染色体がランダムに分離し、つづく第二分裂で姉妹染色分体が分離することによって単数体の配偶子形成がなされる。

問 1. 空欄 (ア) ~ (エ) 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、以下の①, ②に答えなさい。

- ① 有性生殖を行うことで生物にどのような影響があると考えられるか、無性生殖の場合と比較して論じなさい。
- ② 減数分裂のエラーによって生じる現象について、実例を一つあげて説明しなさい。

問 3. 下線部 (2) にある交差の結果、遺伝子変換 (gene conversion) とよばれる反応が生じる場合があるが、それはどのような反応か説明しなさい。

問 4. 体細胞分裂と減数分裂の第一分裂では、いずれもそれぞれ 1 回のゲノム DNA 複製と細胞分裂によって、最終的な DNA 量は同じである。もし、減数分裂の第一分裂と同じ様式で体細胞分裂が行われた場合、想定される影響について自由に考察しなさい。

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。その際、必要に応じて図を用いてもよい。

- ア) 脊索 (notochord)
- イ) 上皮間充織転換 (epithelial-mesenchymal transition)
- ウ) 側方抑制 (lateral inhibition)
- エ) ゲノムインプリンティング (genomic imprinting)
- オ) 優性変異 (顕性変異) (dominant mutation)
- カ) CRISPR/Cas9
- キ) mRNA ワクチン (mRNA vaccine)

### 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。

- ア) 自然免疫
- イ) 逆転電位 (反転電位)
- ウ) グルコーストランスポーター
- エ) 幼若ホルモン
- オ) ミオシン軽鎖キナーゼ (MLCK)
- カ) 運動単位

問題 3 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

カイコガのオスは、メスが分泌する<sup>(1)</sup>性フェロモンを触角で検出すると定型的なフェロモン源探索行動を示す。カイコガの性フェロモンの主成分はボンビコールというアルコールで、触角のおよそ 17000 個のボンビコール受容細胞によって検出される。受容細胞の活動電位は、嗅覚の一次中枢である触角葉でおよそ 40 個の投射ニューロン\*に伝達される。その後、ボンビコールの情報はさらに高次中枢へと伝わり、最終的に行動司令へと変換される。

(2)カイコガにおけるボンビコール検出の時間特性を調べるため、受容細胞に発現するボンビコール受容体 (BmOR1) を、クラミドモナス由来の光活性化陽イオンチャネルであるチャネルロドプシン 2 (ChR2) に置き換えた組換え個体を作成し、一定の強さの青色光刺激に対する投射ニューロンの応答を解析した。その結果、1 回照射では探索行動をほとんど引き起こさないような短い光刺激であっても、60 ミリ秒以内の間隔で連続して 2 回照射すると、投射ニューロンの発火頻度が大きく増加し、高い確率で探索行動を引き起こした。

\* 昆虫において触角葉で処理された匂い情報をさらに高次の中枢へ伝えるニューロンの名称

問1. 下線部(1)について、以下の①, ②に答えなさい。

① 以下の文章の空欄(ア), (イ)にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

生物が体外に分泌し、同種他個体に作用する化学物質をフェロモンといい、このうち行動を引き起こすものを(ア)フェロモン、器官の形成や生理機能に影響を与えるものを(イ)フェロモンという。

② (ア)フェロモンのうち、性フェロモン以外で知っている例を一つ挙げ、どのような生物でどのような行動を引き起こすものであるか、説明しなさい。

問2. 下線部(2)について、以下の①, ②に答えなさい。

① この実験において、通常の匂い刺激を用いた検証ではなく、光遺伝学による光刺激を用いた検証を行うことで、刺激を制御する上でどのような利点があると考えられるか述べなさい。

② 光遺伝学においてChR2と並んでよく使われる分子として、好塩菌由来の光活性化内向きCl<sup>-</sup>ポンプであるハロロドプシンがある。この分子を発現した神経細胞は光刺激によってどのような応答を示すか、その機構とともに説明しなさい。

問3. カイコガの性フェロモン検出は非常に感度が高く、ごくわずかなボンビコール分子を受容するだけで探索行動が発現する。本文に書かれた受容細胞と投射ニューロンの接続様式をふまえて、カイコガ性フェロモンの高感度検出の神経機構として推察されるしくみを説明しなさい。

## 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。

芽生えた後に移動することができない植物にとって、種子が発芽する季節や場所は、個体および種の存続を大きく左右する。一般に、種子の発芽に必要な条件は、水と酸素の存在、そして適切な温度である。しかし、これらの条件下でも発芽しない種子休眠とよばれる現象が知られている。植物種によって休眠の解除に必要な環境条件は異なり、一定期間の低温にさらされることで休眠が解除される植物種や、光によって休眠が解除される植物種も存在する。例えば <sup>(1)</sup> レタスの種子発芽は赤色光によって促進され、遠赤色光によって抑制される。 また、アフリカの乾燥した大地に生育する根寄生植物のストライガの種子は、宿主植物の根から分泌される <sup>(2)</sup> ストリゴラクトン によって休眠が解除される。<sup>(3)</sup> 発芽したストライガは、宿主植物の根の内部に自身の根の組織を侵入させ、宿主から養水分を収奪することで生育する。

問 1. 種子発芽を促進する代表的な植物ホルモンの名称を一つ答え、そのシグナル伝達のしくみを 100 字程度で説明しなさい。

問 2. 下線部 (1) について、この現象に関わる光受容体の名称を答えなさい。またこの光受容体に関わる種子発芽以外の生理応答を一つ挙げ、その制御の仕組みについて 100 字程度で説明しなさい。

問 3. 下線部 (2) について、根寄生植物の種子発芽促進以外に知られているストリゴラクトンの作用を二つ答えなさい。

問 4. 下線部 (3) について、以下の問に答えなさい。

ストライガは、アブシシン酸受容体の下流で作用する 2 型タンパク質脱リン酸化酵素 (PP2C) を複数種もつが、そのうちの一つはアミノ酸配列の変化によってアブシシン酸受容体と結合できない。この PP2C 機能の変化がアブシシン酸応答に影響を及ぼし、宿主植物からの養水分の収奪を促進する。そのしくみについて、アブシシン酸のシグナル伝達を踏まえて説明しなさい。

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) ~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) 光周性花成
- イ) アグロバクテリウム
- ウ) カルビン回路
- エ) 花の ABC モデル
- オ) 根粒菌の Nod ファクター
- カ) エフェクター誘導免疫

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) 見かけの競争
- イ) 形質置換
- ウ) メタ個体群
- エ) 栄養カスケード
- オ) ギルド

問題 5 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

現在、生物多様性を脅かす様々な問題が叫ばれて久しい。生物多様性の劣化の要因としては、生息地の消失、乱獲、外来種の侵入による捕食や交雑などが挙げられる。また、<sup>(1)</sup> 生息地が消失せずとも、分断されると生物種や群集に負の影響が生じる。このため断片化された生息地を保全するためには、生息地間を（ア）で結ぶことも、有効な施策である。

<sup>(2)</sup> 面積の小さな島々では他所で見られない生態系（島嶼生態系）が育まれていることが多い、特に大陸と陸続きになった歴史をもたない海洋島では多くの種が独自の進化を遂げている。一方、海洋島の生物は絶滅の危機にもさらされやすいことが明らかになっている。このように、生物多様性は高いが人間活動による破壊の危機に瀕している地域を（イ）とよぶ。

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、生息地の分断化が生物種や群集に及ぼす負の影響を 150 字程度で説明しなさい。

問 3. 下線部（2）に関連し、海鳥は、陸域並びに沿岸域の海域の一次生産を高め、島嶼生態系の維持に大きな役割を果たすことが報告されている。この理由を生態系間のつながりの観点から 150 字程度で説明しなさい。

問 4. 外来種と在来種の交雑は、純粋な在来種の遺伝子系統が失われることが問題点の一つとされる。その一方で、外来種との交雑は、遺伝的多様性の増加に貢献するという反論もある。これらの主張に対するあなたの考えを自由に論じなさい。

## 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) 湧昇域
- イ) 帯状分布
- ウ) 赤潮
- エ) 多重置換
- オ) 系統樹におけるクレード
- カ) 共有派生形質
- キ) スーパーグループのプランテ

問題 6 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

種を認識し、命名し、整理していく学問分野は分類学とよばれる。スウェーデンの生物学者であるリンネ (Carolus Linnaeus, 1707-1778) は近代的な分類学の父とよばれ、<sup>(1)</sup>「自然の体系 (Systema Naturae)」という著書において、現在も採用されている生物分類の方法であるリンネ式階層分類体系を発案した。

分類の第一歩は、種の認識である。種を定義する基準に関しては、さまざまな議論があるが、一般に、同種の他個体と自由に交配し、生殖能力をもつ子孫を生み出すことができる範囲を種として認識する考え方が広く受け入れられている。この考え方は<sup>(2)</sup> 生物学的種概念とよばれる。

分類の第二段階は、認識した種を命名し、新種として記載することである。生物に使用する学名が、世界中で混乱なく、統一的に使われるように定められた国際的な規則がある。例えば、種の命名において、分類群と学名は一対一の関係でなければならない。このような命名に関する規則をまとめたものは<sup>(3)</sup> 国際命名規約とよばれる。

分類の第三段階は、他の種との関係が明確になるように整理することである。一般に、分類体系は種の進化の道筋である系統関係を反映したものであることが望ましい。<sup>(4)</sup> 20 世紀後半に分子系統学が誕生し、信頼性の高い系統関係を推定することが比較的容易になった。このようにして築き上げられた分類体系に基づき、種を正確に同定することは、生物多様性を扱う様々な活動を行う上で必要不可欠な場合が多い。

問 1. 下線部 (1) について、リンネが発案した生物の命名法の名称を答えなさい。また、リンネ式階層分類体系の内容を 50～100 字程度で説明しなさい。

- 問2. 下線部(2)について、生物学的種概念以外にもいくつかの種概念が知られている。生物学的種概念以外の種概念の名称を一つ挙げ、その特徴について生物学的種概念との違いがわかるように100~200字程度で説明しなさい。
- 問3. 下線部(3)について、以下の①, ②に答えなさい。
- ① 種の命名に関して、標本が持つ役割を50~100字程度で説明しなさい。
  - ② 別の種として記載された2種が、後の研究によって同じ種であることが判明したとする。この場合、国際命名規約上、これら2種の学名はどのような扱いになるか、簡潔に説明しなさい。
- 問4. 下線部(4)について、これまでに多くの分子系統樹構築法が考案されており、これらは用いるデータの違いによって、距離行列法と形質状態法の二つに分けることができる。「①距離行列法」と「②形質状態法」に属する代表的な分子系統樹構築法の名称を、番号①, ②を記して、それぞれ一つずつ答えなさい。
- 問5. 種内に地域変異があることが分類を難しくする要因になる場合が知られている。種内の複数集団において、集団間の分化の程度を遺伝的に調べる方法の内容を、手順や注意点を含めて具体的に説明しなさい。



