

令和 7 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

(2024 年 8 月 26 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 枚目以降を見てはいけません。
- 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下さい。 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して下さい。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 の別を必ず記入して下さい。 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して下さい。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して下さい。
- 7) 試験終了後、問題毎に答案用紙を集めます。監督者の指示に従い下さい。

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。

遺伝子の機能を調べるための手法として、変異体の解析があげられる。突然変異体が示す特徴的な表現型の原因となる遺伝子を同定し、その機能の解析を行う研究は、(ア) 遺伝学とよばれる。これに対して、⁽¹⁾ 特定の遺伝子に着目し、その遺伝子活性を操作することにより現れる表現型を解析する研究を (イ) 遺伝学とよぶ。

(ア) 遺伝学における ⁽²⁾ スクリーニング では、表現型を指標にして、さまざまな方法で目的の変異体を選別する。特に、⁽³⁾ 生存に必須な遺伝子の解析には、特定の条件で表現型を示す条件突然変異が有用である。中でも、一定の温度で生育できなくなる ⁽⁴⁾ 温度感受性変異 は、多くの重要な生命現象のメカニズム解明に貢献してきた。

問 1. 空欄 (ア)、(イ) にあてはまる最も適切な語を答えなさい。

問 2. 下線部 (1) について、目的の遺伝子がはたらかないようにする手法を 二つ あげ、それぞれ簡潔に説明しなさい。

問 3. 下線部 (2) の例として、一遺伝子一酵素説の提唱につながったアカパンカビの代謝関連酵素をコードする遺伝子の変異体はどのようなスクリーニング方法で取得されたか、簡潔に説明しなさい。

問 4. 下線部 (3) の理由について、簡潔に説明しなさい。

問 5. 下線部 (4) に関して、出芽酵母では、25°C (許容温度) では生育できるが 37°C (非許容温度) では生育できない温度感受性変異株が多数取得されている。それらの変異箇所を調べると、原因となるタンパク質のアミノ酸配列において、1箇所だけアミノ酸残基が置換されたものが多くみられる。このような変異が温度感受性の原因となる理由について、簡潔に説明しなさい。

問 6. 出芽酵母の温度感受性変異株 A と B について考える。出芽酵母は図 1 に示すような細胞周期で増殖する。S 期に DNA 複製が起こるとともに芽とよばれる突起を生じる。芽が一定以上成長すると M 期に入り、分裂した娘核の一方が芽に送られ、芽の付け根部分で細胞質分裂が起こる。許容温度で培養した野生型株、A 株、B 株を、非許容温度に移して 4 時間培養後、核を染色した結果を図 2 に示す。A 株では芽が伸長し、核が

肥大した細胞が多くみられ，B 株では核分裂は進行するものの細胞がつながったままになっていた。これらの表現型がどのような機能をもつ遺伝子の変異によるものかについて，A 株，B 株を明記した上でそれぞれ 100 字程度で考察しなさい。ただし，細胞周期は約 2 時間で一周するものとする。

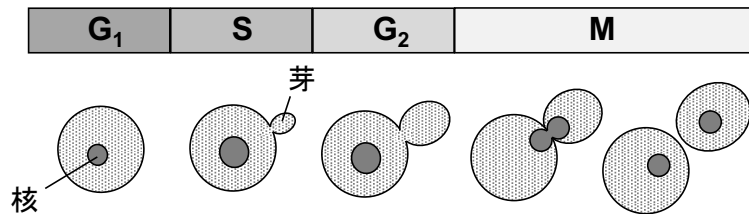


図1：出芽酵母の細胞周期と形態

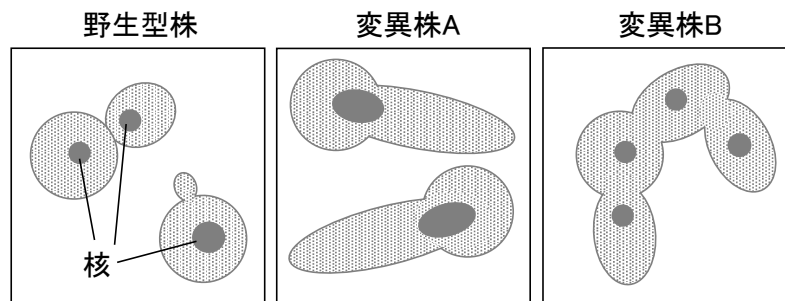


図2：核の染色結果

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) 姉妹染色分体交換 (sister chromatid exchange)
- イ) 核局在化シグナル (nuclear localization signal)
- ウ) 定量 PCR (quantitative polymerase chain reaction)
- エ) レトロトランスポゾン (retrotransposon)
- オ) 小胞体カルシウムポンプ (sarcoplasmic/endoplasmic reticulum calcium pump [Ca^{2+} -ATPase])
- カ) AlphaFold
- キ) (タンパク質における) ジスルフィド結合 (disulfide bond in protein)
- ク) ユビキチンリガーゼ (ubiquitin ligase)

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。

脊椎動物の神経胚は、種を越えて共通性の高い構造を有する。後期原腸胚期に形成された（ア）が屈曲し、胚内部に陥入して神経管となり、中枢神経系の原基となる。やがて神経管前方は⁽¹⁾前脳、中脳、後脳（菱脳）からなる脳胞を生じ、神経管後方は（イ）を生じる。また、神経胚の体幹部では、神経管の腹側に脊索、その側方に体節が存在し、体節は⁽²⁾硬節と皮筋節を生じる。脊索や神経管のフロアプレート（底板）からは（ウ）タンパク質、表皮からは⁽³⁾BMP4 や BMP7 などのタンパク質が分泌され、背腹軸に沿った組織のパターン形成などに寄与している。

一方、（ア）の辺縁領域に由来する神経堤細胞は、神経管の形成時に脱上皮化し、胚内を広範囲に遊走して、色素細胞をはじめ、さまざまな細胞種を生じる。

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. 下線部（1）の前脳領域は、その後、一部が突出して眼胞を生じ、眼胞と接触した頭部外胚葉が肥厚する。この肥厚した組織の名称を答えなさい。

問 3. 下線部（2）の硬節から生じる組織を答えなさい。

問 4. 下線部（3）の BMP などを含む TGF- β ファミリーの受容体タンパク質にリガンドが結合すると、Smad タンパク質がリン酸化される。この一連の過程について、TGF- β ファミリーの受容体タンパク質の構造との関係性がわかるように説明せよ。図を用いてもよい。

問 5. 脊索断片を他の初期胚の神経管側方（神経管と体節の間隙）に移植した場合、どのような組織に、どのような影響があると推測されるか論じなさい。

問 6. ヒトやマウスにおいて、色素細胞（メラノサイト）の前駆細胞であるメラノブラストには受容体型チロシナーゼである Kit タンパク質が発現する。ヒトの先天性疾患として知られるまだら症（限局性白皮症）では、*kit* 遺伝子の変異によって腹部や前額部、四肢の先端などに色素が形成されない白斑が生じる。まだら症において、からだの腹側や四肢先端部に白斑が生じるのはなぜか、理由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。

- ア) ドミナントネガティブ変異体 (dominant-negative mutant)
- イ) ナンセンス変異による mRNA 分解 (nonsense-mediated mRNA decay)
- ウ) ホリデー構造の形成と解消 (formation and resolution of Holliday junction)
- エ) プログラムされた細胞死 (programmed cell death)
- オ) X 染色体不活性化 (X chromosome inactivation)
- カ) 全能性と多能性 (totipotency and pluripotency)
- キ) 合成致死 (synthetic lethality)

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) 伸張反射 (stretch reflex)
- イ) カイロモン (kairomone)
- ウ) アゴニスト (agonist)
- エ) アクアポリン (aquaporin)
- オ) 松果体 (pineal body, pineal gland)
- カ) プラスミン (plasmin)

問題 3 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

ヒトを含む多くの脊椎動物の感覚神経細胞に発現するチャネル Transient receptor potential vanilloid 1 (TRPV1) は、TRP チャネルスーパーファミリーに属する陽イオンチャネルである。

(1) TRPV1 チャネルは、唐辛子の辛味をもたらす主成分であるカプサイシンや 43℃以上の温度など、化学的な刺激や物理的な刺激により活性化することが知られ、周辺の環境温度や自身の体温の検出に重要な役割を担う。TRPV1 チャネルが化学的な刺激や物理的な刺激により引き起こされる「痛み」の知覚に関与することから、(2) 新規の鎮痛剤を開発する際に、ターゲットとして注目されている。このように、TRP チャネルの研究は、(3) 刺激の検出メカニズムの解明のみならず、様々な分野で進められている。

問 1. 下線部 (1) について、TRPV1 チャネルを発現する感覚神経細胞の膜電位を計測する実験を行ったところ、カプサイシンの存在下では活動電位が発生する温度の閾値が下がった。その理由を考察しなさい。

問 2. 下線部 (2) について、TRPV1 チャネル阻害薬は鎮痛剤の作用を持つが、副作用を伴うことから、実際には臨床では使用されていない。TRPV1 チャネルが検出する刺激の種類を加味して、TRPV1 チャネル阻害薬でどのような副作用が生じる可能性があるか、考えを述べよ。

問3. 下線部(3)について、温度刺激に対するカエルの逃避行動は、TRPV1チャネルを発現する感覚神経細胞の応答に依存する。以下の実験をふまえて、問い①、②に答えなさい。

(カエルの行動実験)

生息環境の温度が異なるカエルA種とB種をそれぞれ観察容器に入れ、容器内の水温を35℃から45℃までくり返し変化させる実験を行った。その結果、水温に応じた逃避行動が観察された。

A種：水温が38℃に達したときに、逃避行動を示すカエル個体が現れた。2, 3, 4回目と刺激を繰り返すと、徐々に逃避行動を示すカエル個体の数が減った。

B種：水温が41℃に達したときに、逃避行動を示すカエル個体が現れた。2, 3, 4回目と刺激を繰り返すと、徐々に逃避行動を示すカエル個体の数が増えた。

(TRPV1チャネルの活性測定実験)

B種のTRPV1チャネルを発現する培養細胞に、下図のように、繰り返し温度刺激を与えた。その際、膜電位固定法により培養細胞の膜電流を計測したところ、以下に示す陽イオンの流入が観察できた。なお、膜電流の変化について、TRPV1チャネルを介する陽イオンの流入以外の影響は無視できるものとする。

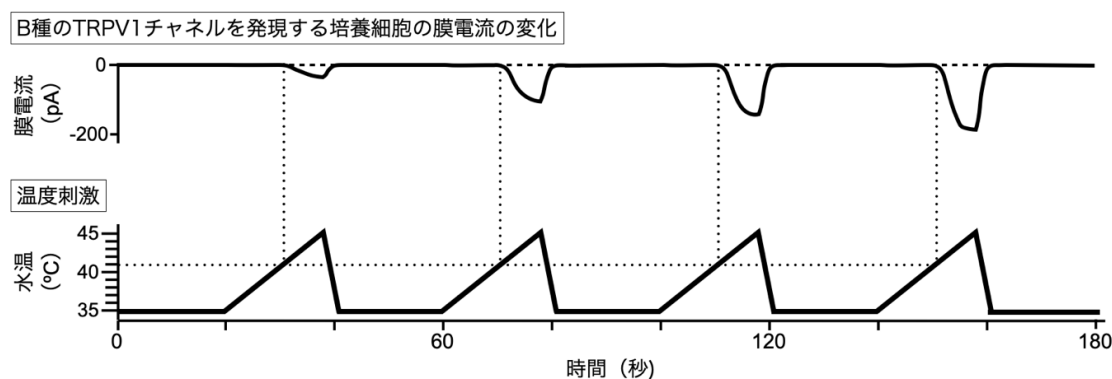


図 B 種の TRPV1 チャネルを発現する培養細胞における膜電流測定の結果

- ① 図で示す温度刺激のように、35℃から45℃まで徐々に水温を上げた時に、A種またはB種のどちらかのTRPV1チャネルを発現した培養細胞では、どちらが先に膜電流が流れはじめるかを答えなさい。
- ② A種のTRPV1チャネルを発現する培養細胞を用いて、上図のような繰り返し温度刺激を与える実験を行った時の膜電流変化を図示しなさい。なお、図の上部に膜電流、下部に温度刺激を図示しなさい。

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。

多くの植物は二酸化炭素と水から光エネルギーを使って有機化合物を合成する光合成を行う。光合成は細胞小器官である葉緑体で行われる。葉緑体の外側には外包膜、内包膜という二重の膜が存在し、さらに内包膜の内側の空間には（ア）膜をもつ。内包膜と（ア）膜の間の空間は（イ）とよばれ、（ア）膜の内部の空間は（ウ）とよばれる。（ア）膜上には光化学反応を行う光化学系Ⅰと光化学系Ⅱなどが存在し、⁽¹⁾ 水から得られた電子が光エネルギーで励起され、様々なタンパク質や色素間で伝達されることにより ATP と還元物質（エ）を作り出す。次に、生産された ATP と（エ）を利用して、（イ）において二酸化炭素から糖をはじめとする有機物が合成される。この反応の第 1 段階である二酸化炭素の固定は、⁽²⁾ リブローズ-1, 5-二リン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ：RuBisCO（Ribulose-Bisphosphate Carboxylase/Oxygenase）のカルボキシラーゼ活性によって触媒され、リブローズ-1, 5-二リン酸と二酸化炭素から二分子の（オ）を生成する。⁽³⁾ 植物は、自然環境下で刻一刻と変化する光の強度や水分環境、温度など光合成を取り巻く要因に適応するため、様々な仕組みを備えている。

問 1. 空欄（ア）～（オ）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、この反応で ATP が合成される仕組みを 100 字程度で説明しなさい。

問 3. 下線部（2）について、RuBisCO がもつオキシゲナーゼ活性がはたらくと、光照射下で酸素を消費し二酸化炭素を放出する光呼吸という現象が起こる。光呼吸は二酸化炭素固定の側面からみると光合成の効率を低下させる無駄な反応のようにみえるが、光呼吸を抑制すると自然環境下ではむしろ生育が悪くなり枯死する場合もある。光呼吸の生理的意義について考えられることを述べなさい。

問 4. 下線部（3）について、光は光合成のエネルギー源であるが、強すぎる光は光合成系にとってストレスとなる。植物が強光ストレスに適応するために備えている仕組みを光呼吸以外に二つ挙げ、それぞれ 100 字程度で説明しなさい。

問題 4 B. 以下の植物生理学に関する語句を全て選び、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) フィトクロム
- イ) サイトカイニン
- ウ) パターン誘導免疫
- エ) 春化处理
- オ) 種子の休眠
- カ) シンプラスト

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) 先駆種 (パイオニア種)
- イ) 絶対送粉共生系
- ウ) 生物多様性ホットスポット
- エ) 繁殖干渉
- オ) 同所的種分化

問題 5 B. 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。

1992 年に地球サミットで「生物の多様性に関する条約」が締結されて以降、世界中で生物多様性保全に対する関心は高まりつつある。日本では、2023 年に第 6 次「生物多様性国家戦略」が策定された。本戦略によると、生物多様性損失を引き起こす要因は、1) 開発など人間活動による危機、2) 自然に対する働きかけの縮小による危機、3) (ア) による危機、4) 地球環境の変化による危機の四つに分類される。

生物多様性を保全する意義を社会に説明するために、生態学では、生物多様性と生態系機能の関係を解明する研究が盛んに行われている。生物多様性と生態系機能の関係を明らかにするには、実験的アプローチが有効である。(1) 特定のギルドを対象として、種数を操作した後に、生態系機能を測定する研究は数多く報告されるが、(2) 生態系を構成する生物群集全体を対象とした操作実験はあまり多くない。

一般に、生物多様性が増加すると生態系機能が向上することによって、質の高い生態系サービスを楽しむことが知られている。しかし、近年では、(3) 生物多様性が増加すると負の生態系サービス (ecosystem disservice) が増大する事例も報告されている。

問 1. 空欄 (ア) 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 草本植物の種数を操作することにより、草本群落の一次生産量を測定する圃場実験を行ったところ、下図のような結果を得た。種数が増えると一次生産量が増加し、徐々に頭打ちとなる。このパターンの主要なメカニズムを二つあげて、それぞれ100字程度で説明しなさい。
- ② 上述の二つのメカニズムが、相対的にどの程度重要であるか評価する実験と解析方法を提案し、150字程度で説明しなさい。なお、必要に応じて、説明に図を用いてもよい。

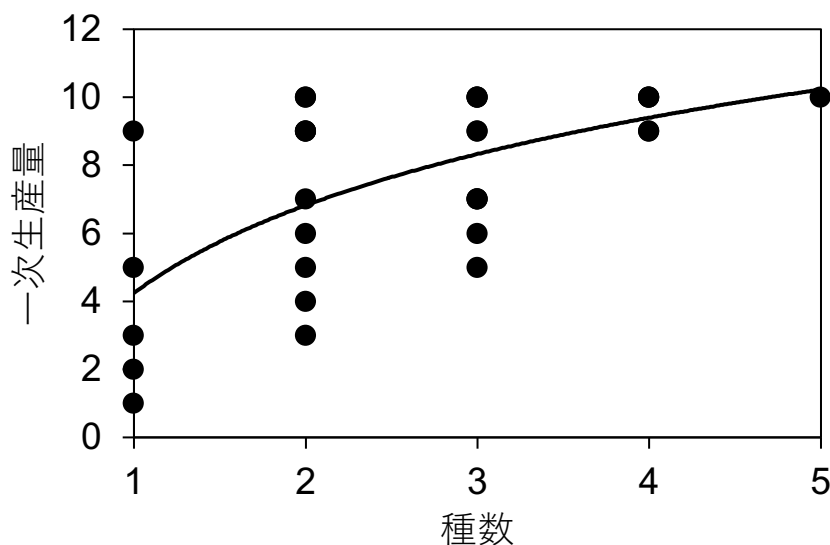


図 草本群落の種数と一次生産量の関係

問3. 下線部(2)について、生物群集全体を対象とした研究事例が少ない理由を多栄養段階系の観点から二つあげ、それぞれ50字程度で説明しなさい。

問4. 下線部(3)について、自然に対する働きかけが縮小傾向にある里山における負の生態系サービスとして想定される例を80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. 以下の系統分類，進化および生物多様性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) DNA バーコーディング (DNA barcoding)
- イ) (生物の) 国際命名規約 (international code of nomenclature)
- ウ) 遺伝子重複 (gene duplication)
- エ) 平衡選択 (balancing selection)
- オ) 集団ボトルネック (population bottleneck)
- カ) 分子時計 (molecular clock)
- キ) 地衣類 (lichen)

問題 6 B. 次の文章を読んで，各問に答えなさい。

葉緑体はシアノバクテリアと真核生物の⁽¹⁾ 細胞内共生によって成立したオルガネラである。葉緑体ゲノムはシアノバクテリアのゲノムと比べてサイズの縮小，遺伝子数の減少が起こっており，⁽²⁾ 葉緑体ではたらくタンパク質のほとんどは核ゲノムにコードされている。アーケプラスチダの葉緑体は一次共生に直接由来するが，⁽³⁾ その他の藻類は一次共生で葉緑体を得た生物ではなく，緑藻もしくは紅藻に由来する葉緑体をもつ生物である。クリプト藻，ハプト藻，オクロ藻（珪藻類や褐藻類を含む系統），渦鞭毛藻は紅藻に由来する葉緑体をもつ藻類で，⁽⁴⁾ これら 4 群がもつ葉緑体は単一の紅藻に由来することが支持されている。

問 1. 下線部 (1) について，葉緑体以外に細胞内共生で成立したオルガネラの名称とその由来をそれぞれ一つ答えなさい。

問 2. 下線部 (1) について，葉緑体が細胞内共生によって生じたとされる根拠を，独自のゲノムをもつこと以外に二つ述べなさい。

問 3. 下線部 (2) について，緑藻類や陸上植物において核ゲノムにコードされているタンパク質がどのように葉緑体に輸送されるかについて説明しなさい。

問4. 下線部(3)について, クリプト藻は紅藻との二次共生に由来する藻類である考えられる根拠を述べなさい。

問5. 下線部(4)について, ごく最近, これらの生物が共通してもつクロロフィル *c* を合成する酵素の遺伝子が同定された。この遺伝子はオクロ藻の一部, クリプト藻, ハプト藻, 光合成性の渦鞭毛藻で見つかり, いずれも核ゲノムにある。4群の生物がもつこの遺伝子は単系統となり, 紅藻, および4群の藻類に近縁な非光合成性の生物には見つかっていない。この遺伝子の起源と進化史について, 葉緑体獲得の進化仮説を踏まえて考察しなさい。

