

2026年10月入学者選抜試験

2027年4月入学者選抜試験

修士課程（博士前期課程）
入学試験問題
（専門科目）

<解答上の注意>

- 出題された12の設問から3設問を選び、解答すること
（解答する3設問はどの系の科目から選択してもよい）
- 解答する設問ごとに1枚の答案用紙を使用すること
（答案用紙が足りなければ裏面を使用すること）
- 答案用紙ごとに受験番号、科目名、氏名を明記すること
- 答案用紙ごとに解答する設問番号を明記すること

北海道大学
大学院環境科学院 生物圏科学専攻

設問番号 1 (フィールド科学系科目)

以下の文章 I と II を読み、設問に答えなさい。

I. ㊸日本の中部地方以北では、落葉広葉樹林が発達する。林床の光環境は季節的に大きく変化する。早春の林床は明るいが、初夏にかけて林冠の開葉が始まると林内は急速に暗くなる。夏の間は暗い状態が続き、秋に樹木の落葉が始まると、林内は再び明るくなる。このような光環境の季節変化に対して、林床植物はさまざまな葉の特性を進化させてきた。主な開葉タイプとして、雪解け直後に葉を展開して初夏に消失する㊸早春植物、春に開葉して秋に落葉する夏緑性植物、一年中葉を維持している㊸常緑性植物、夏の暗い時期に落葉する夏期落葉性植物などがある。これらは、光合成による炭素獲得戦略は、同所的に生育する植物種間でも多様であることを示している。

問 1. 下線部㊸について、日本の落葉広葉樹林で優占する代表的な樹種を 2 つ挙げなさい。

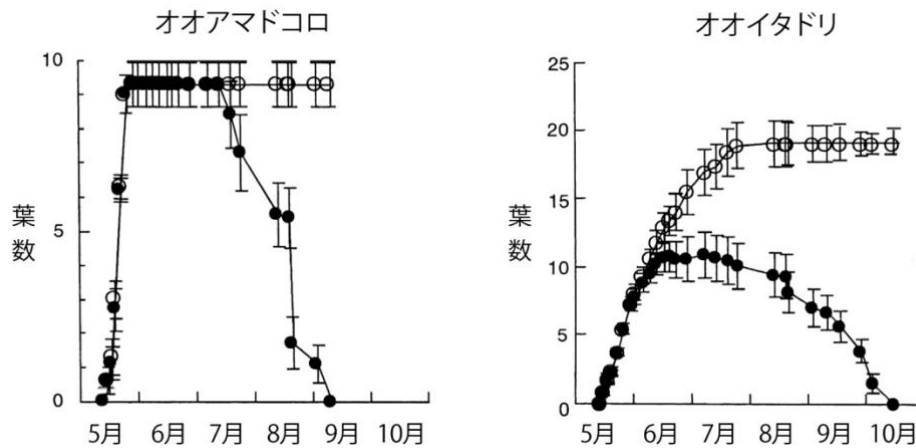
問 2. 下線部㊸について、早春植物の一般的特性として、以下の(A)～(E)から適切な説明を一つ選び、記号で答えなさい。

- (A) 最大光合成速度と呼吸速度が高い
- (B) 短期間に葉を何回も入れ換える
- (C) 一般に草丈が高い
- (D) 薄くて大きな葉を持ち、耐寒性は低い
- (E) 一年生植物が多い

問 3. 下線部㊸について、林床環境に生育する常緑性植物の一般的特性として、以下の(A)～(E)から適切な説明を 3 つ選び、記号で答えなさい。

- (A) 最大光合成速度と呼吸速度が高い
 - (B) 暗い時期には光合成を停止し、明るい時期にだけ光合成を行う
 - (C) 窒素含有量の少ない、頑丈な葉を持つ
 - (D) 光補償点が低い
 - (E) 成長速度は低い、耐寒性は高い
- (次ページに続く)

II. 落葉広葉樹林の林床に生育するオオアマドコロと、林外の明るい場所に生育するオオイタドリは、いずれも夏緑性の多年生草本植物である。下図は、これら 2 種の季節的な開葉・落葉パターンを比較したものである。図から読み取れる種間の違いについて、以下の設問に答えなさい。



2 種の草本植物の開葉・落葉パターン。白丸は個体当たりの積算葉数、黒丸は現存する葉数を示す(平均値±標準誤差)。出典：Kikuzawa (2003) *Functional Ecology* 17, 29-38.

問 4. オオアマドコロは 5 月中に一斉に開葉するのに対し、オオイタドリは 5 月から 7 月にかけて順次開葉している。このような展葉パターンの違いについて、考えられる理由を 100 字程度で説明しなさい。

問 5. オオアマドコロはオオイタドリに比べて、葉を保持している期間（光合成期間）が短い。このような葉の保持期間の違いについて、考えられる理由を 100 字程度で説明しなさい。

問 6. オオイタドリはシーズン中に約 20 枚の葉を生産するが、一度に保持している葉数はせいぜい 10 枚程度しかない。このような葉の生産数と保持数の違いについて、考えられる理由を 100 字程度で説明しなさい。

設問番号 2 (フィールド科学系科目)

以下の文章を読み、設問に答えなさい。

現代の畜産は、飼料・水・エネルギー・医薬品といった資源を多量に投入する集約的な生産へと発展し、生産性を飛躍的に向上させてきた。これは、増え続ける世界人口に動物性タンパク質を供給するのに不可欠な基盤となってきた。しかし、その裏側ではさまざまな問題が顕在化しつつある。多数の家畜を高密度で飼養する環境は、④ヒトと動物の間で伝播する感染症の温床となりうる。また、⑤病原菌による疾病の管理に用いられてきた抗菌薬は薬剤耐性菌の増加を招き、耐性菌やその遺伝子(プラスミド等)が環境中へと拡散していく。さらに、ウシの消化管から放出されるメタンや、⑥糞尿の処理過程で生じるガスは強力な温室効果を持つため気候変動に影響を与える。すなわち⑦農場は外界から隔離された生産の場ではなく、生物・養分・気体を周辺環境や人間社会とやり取りする一つの開放系として捉えることができる。

問 1. 下線部④のような感染症を何と言うか答えなさい。また、このような感染症が農場環境から人間へ伝播する経路を 100 字程度で説明しなさい。

問 2. 下線部⑤について、薬剤耐性菌が広がる理由を、自然選択の観点から 100 字程度で説明しなさい。

問 3. 家畜やヒトと、それらに随伴する生物の間では、種間相互作用を持つことがある。次の 1)～3) の関係は、選択肢 A～C のいずれに該当するか答えなさい。

- 1) シラミやダニは動物の体表に付着して生存・生殖に適した環境を得る一方、宿主にはそう痒や疾病を引き起こす。
- 2) 動物の皮膚や腸内の常在菌の一部は、宿主から栄養や生息環境を得るが、宿主には明確な利益も不利益も与えない。
- 3) ニワトリやブタの腸内に生息する一部の細菌は、宿主から栄養と生息環境を得る一方、病原菌の定着を妨げたりビタミンを供給したりして宿主の健康に寄与する。

《選択肢》 A：相利共生 B：片利共生 C：寄生

(次ページに続く)

問 4. 下線部㉔について、次の文章は家畜糞尿の貯留・処理過程で温室効果ガス等が発生する条件や仕組みを説明したものである。空欄 A～E に入る適切な語句を下の選択肢から選りなさい。

スラリー貯留などの（ A ）的な糞尿貯留では、（ B ）による有機物の分解・発酵と（ C ）によるメタン合成反応によりメタンガスが発生する。堆肥化中や土壌施用後のように好気と嫌気が混在する条件では、窒素の（ D ）と脱窒により一酸化二窒素ガスが発生する。また、切り返しや水分管理が不良だと、一酸化二窒素に加え（ E ）の放出が増えうる。

《選択肢》 高温, 低温, 好気, 嫌気, 真菌, 真正細菌, 原虫, 古細菌, アンモニア, 固定, 硝化, 硫化, 触媒, 酵素, 窒素分子, NO_x

問 5. 下線部㉕に関連して、次の問いに答えなさい。ある畜産農場の近くの湖沼で、夏季にアオコが大発生し、魚類が死滅する事態が生じたとする。この事態が農場とどのように関係する可能性があると考えられるか。原因となる物質と過程を説明したうえで、農場側がとりうる対策を 150 字程度で論じなさい。

設問番号 3 (フィールド科学系科目)

以下の文章 I と II を読み、設問に答えなさい。

I. 現在、人間活動や気候変動の影響により、多くの生物が絶滅の危機に瀕している。その規模や速度から、現在は第 (①) の大量絶滅の時代に入ったと指摘されている。世界中の生物の絶滅リスクを評価・比較するために、(②) は絶滅危惧種をまとめた「レッドリスト」を公表している。ここでは評価された種が、その絶滅の危険性に応じて、絶滅 (EX)、野生絶滅 (EW)、深刻な危機 (CR)、危機 (EN)、(③)、準絶滅危惧 (NT)、低懸念 (LC) などのカテゴリーに分類されている^{*1}。これまでに 15 万種を超える生物が評価されており、絶滅種 (EX) は約 (④) 種にのぼる。

^{*1} これらに加えて、データ不足 (DD) および未評価 (NE) の項目もある

問 1. 空欄①に入る最も適切な数字を答えなさい。

問 2. 空欄②に入る組織の名称を答えなさい。英名・略名でも可とする。

問 3. 空欄③に入るカテゴリーを答えなさい。英名・略名でも可とする。

問 4. 空欄④に入る最も近い数字を下から 1 つ選び、(A) ～ (E) の記号で答えなさい。

(A) 1, 000、(B) 10, 000、(C) 100, 000、(D) 500, 000、(E) 1, 000, 000

問 5. 生息地の悪化や外来種の導入などによって、ある生物の個体数が減少すると、その減少がさらに加速する正のフィードバック機構が働くことがある。この“絶滅の渦”と呼ばれる現象を下の語句を全て用いて 200 字以内で説明しなさい。

(A) 確率性、(B) 遺伝、(C) 近交弱勢

(次ページに続く)

II. 多くの生物は、生息環境の違いに応じて形態や色彩などの形質に地理的変異を示す。このような変異のうち、緯度に沿って連続的に変化する現象は「緯度クライン」と呼ばれる。

㊦体サイズに関しては、一般に高緯度ほど大型化する傾向が知られている。例えば、スウェーデンに生息するヘラジカでは、同種内でも北に生息する個体ほど体大きいことが報告されている。また、クマ科の種間比較においても、高緯度に生息するホッキョクグマは体が大きく、低緯度に生息するマレーグマは体が小さいなどの傾向が見られる。ただし、この場合は系統的な違いも影響している点に注意が必要である。

さらに、㊦付属肢の長さについては、寒冷地ほど耳や四肢が短くなる傾向がある。例えば、ウサギ属では高緯度に分布する種ほど耳や四肢が短く、低緯度の種ほどこれらが長い。このような体サイズや付属肢に関する緯度クラインは、主に哺乳類や鳥類で多く報告されており、熱収支に関わる適応と考えられている。

一方、㊦体色においても緯度クラインがしばしば認められ、高緯度ほど淡色型が増加する傾向が知られている。例えば、同種のフクロウにおいても、北海道に生息する亜種エゾフクロウは九州や四国に生息する亜種キュウシュウフクロウよりも体色が薄い。ニホンザルでも屋久島の個体群は暗色であるが下北半島の個体群は淡く灰色寄りである。ただし、体色のパターンは単純な緯度依存ではなく、湿度や降水量などの環境要因とも強く関連することが指摘されている。体色の緯度クラインは哺乳類や鳥類だけでなく、ナミテントウのような昆虫でも報告されている。

以上のように、㊦生物には、分類群を超えて類似した形態変異の地理的パターンが繰り返し現れることが知られている。これは、生物が環境条件に適応する過程で、異なる系統においても共通した方向の変化が生じることを示している。一方で、こうした共通のパターンは、体サイズ、付属肢、体色といった形質ごとに、熱収支、湿度、光環境など、それぞれ異なる要因や仕組みによって生み出されている場合が多い。このように、生物に見られる地理的変異は、共通した傾向と多様なメカニズムの両面から理解することが重要である。

(次ページに続く)

問 6. 下線部①～③のような傾向は異なる分類群で確認されたことから、一般性がある現象として“○○の法則”と呼ばれている。下線部①～③それぞれについて何と呼ばれているか、以下の (A) ～ (F) から選び記号で答えなさい。

- (A) グロージャーの法則、(B) アレンの法則、(C) ハミルトンの法則、
(D) ガウゼの法則、(E) アロメトリーの法則、(F) ベルクマンの法則

問 7. 下線部①～③は環境適応の一例と考えられる。①～③のうち 1 つを選び、そのような形質が適応的な理由を 100 字程度で説明しなさい。

問 8. 進化の多くは人間の観察期間を超える時間尺度で進行するため、そのメカニズムは間接的な証拠から推論されることが多い。下線部①のような現象は自然選択による適応進化が起きたことを示唆している。この現象が、進化のメカニズムとして自然選択を支持する有力な根拠となる理由を 100 字程度で説明しなさい。

設問番号4（フィールド科学系科目）

問1. 以下にあげる①から④の研究テーマについて、最も適切な生態学の分野を、下の選択肢（a～d）から選びなさい。なお、各選択肢（a～d）は、それぞれ1つの研究テーマに対応する。

- ①森林から供給される落葉が溪流の栄養循環に及ぼす影響を調べる研究
- ②複数の大陸と海洋から収集したデータを用いて、種多様性の地理的パターンを解析する研究
- ③河川水温がフクドジョウの生存や繁殖を介して個体数に及ぼす影響を調べる研究
- ④湖への外来魚の侵入が在来魚類の種組成や食物網の構造に及ぼす影響を調べる研究

選択肢

- a) 群集生態学
- b) 地球生態学
- c) 個体群生態学
- d) 生態系生態学

問2. 大型魚種、小型魚種、動物プランクトン種、植物プランクトン種の4つの栄養段階からなる食物連鎖を考える。人間の漁獲によって大型魚種の個体数が著しく減少したとする。このとき、①小型魚種、②動物プランクトン種、および③植物プランクトン種の個体数は、(1) トップダウン制御を受けている場合と(2) ボトムアップ制御を受けている場合で、それぞれどのように変化すると予想されるか。「増加」、「減少」、および「ほとんど変化しない」の中から最も適切なものを選びなさい。

(1) トップダウン制御を受けている場合

- ① 小型魚種
- ② 動物プランクトン種
- ③ 植物プランクトン種

(2) ボトムアップ制御を受けている場合

- ① 小型魚種
- ② 動物プランクトン種
- ③ 植物プランクトン種

（次ページに続く）

問 3. ある鳥類では、一回あたりの繁殖で産む卵の数は、その繁殖で潜在的に親鳥が育てることのできる最大の雛数よりも少ないことが知られている。このような繁殖戦略が進化した理由を、「多回繁殖」と「トレードオフ」の2つの用語を用いて 200 字以下で説明しなさい。

問 4. 同じような資源を利用する多数の種から構成される生物群集において、洪水や火災、伐採などの攪乱が頻繁に起こる場所と、ほとんど起こらない場所では、いずれも攪乱が中程度に起こる場所と比べて種多様性が低下する。それぞれの場合について、その理由を 100 字程度で説明しなさい。

問 5. キーストーン種および生態系エンジニアについて、それぞれの定義を説明しなさい。また、どのような生物であれば両方に該当すると考えられるかを説明しなさい (200 字以内)。

設問番号 5（生命科学系科目）

I. 以下の文章を読み、設問に答えなさい。

真核生物細胞における遺伝子発現は多段階のプロセスからなり、各プロセスが調節を受ける。ゲノム DNA は、ヒストンタンパク質および非ヒストンタンパク質とともに（ ① ）と呼ばれる複合体を形成して細胞核に収められる。細胞の性質はどの遺伝子を選択的に転写するかによって規定されており、その転写状態を安定的に保持する仕組みとして④エピジェネティック制御がある。RNA ポリメラーゼ II は、通常単独では DNA に結合できず、⑤複数のタンパク質が協調的に働くことで RNA ポリメラーゼ II が DNA に結合し、転写を開始する。転写された RNA はスプライシングの他、いくつかの⑥プロセッシングを受けて成熟した mRNA となり、（ ② ）を通過して核外に搬出される。成熟した mRNA は細胞質へ輸送された後、⑦リボソームによって翻訳される。また、⑧マイクロ RNA (miRNA) は標的 mRNA に結合し、遺伝子発現を抑制することが知られている。翻訳後、正しい折りたたみ構造をとることができなかったポリペプチドは、多くの場合（ ③ ）というタンパク質複合体によって分解される。

問 1. 空欄（ ① ）～（ ③ ）に入る、最も適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部④について、エピジェネティック制御に用いられる化学修飾について具体的に述べるとともに、エピジェネティック制御による細胞記憶の仕組みについて、以下の語句を用いて 100～150 字程度で説明しなさい。

シトシン、ヒストン

問 3. 下線部⑤について、関係するシス調節配列とタンパク質に言及して、その過程を 100～150 字程度で説明しなさい。

問 4. 下線部⑥について、RNA が受けるスプライシング以外のプロセッシングを 2 つ挙げなさい。

（次ページに続く）

問 5. 下線部㉔に関して、次の文を読んで正しい場合には「正」、間違いの場合には「誤」と答えなさい。さらに、「誤」の場合は下線部を修正して正しい文を述べなさい。

- a) 開始メチオニン tRNA は伸長メチオニン tRNA と異なる配列を持つ。
- b) 一つの mRNA に複数のリボソームが結合して同時に翻訳を行うことがある。
- c) リボソームは RNA のみから構成される複合体である。
- d) 真核生物では、終止コドンが存在しない mRNA は、品質管理機構による分解の対象となる。

問 6. 下線部㉕に関して、miRNA による遺伝子発現抑制機構について説明するとともに、結果として標的 mRNA がどのような運命をたどるか、50～100 字程度で述べなさい。

II. 以下の文章を読み、設問に答えなさい。

デュシェンヌ型筋ジストロフィー（以下 DMD と表記）とは、ジストロフィンと呼ばれる、筋肉で発現する 79 個のエクソンからなる巨大な遺伝子に変異があり、その遺伝子がコードするタンパク質の機能が損なわれるために全身で筋肉の萎縮が起こる重篤な疾患である。図は、ジストロフィン遺伝子に関して、健常者の mRNA とそれがコードするタンパク質と、ある DMD 患者の mRNA の一部の配列を示す。この患者では、50 番目のエクソンの欠損によってジストロフィントタンパク質が産生されない。そこで、治療を目的として、51 番目のエクソンに相補的な配列を持つアンチセンスオリゴヌクレオチドをこの患者に投与し、筋肉組織に取り込ませた。すると、スプライシング過程で 51 番目のエクソンの組み込みが阻害され、㉔49 番目と 52 番目のエクソンが結合した mRNA が筋肉組織内で作られた。その結果、部分的に機能を持つジストロフィントタンパク質が産生され、筋萎縮の緩和が見られた。

健常者のジストロフィン

	エクソン 49	エクソン 50	エクソン 51	エクソン 52
mRNA	...CCAGUGAAG	AGGAAGUUA...AUUGGAGCCU	CUCCUACUCAG...AAGCAGAAG	GCAACAAUG...
タンパク質	Pro Val Lys	Arg Lys Leu Ile Gly Ala Ser Pro Thr Gln	Lys Gln Lys	Ala Thr Met

DMD 患者のジストロフィン

	エクソン 49	エクソン 51	エクソン 52
mRNA	...CCAGUGAAG	CUCCUACUCAG...AAGCAGAAG	GCAACAAUG...

|||||
アンチセンスオリゴヌクレオチド

(次ページに続く)

問 7. 下線部㊦のような mRNA が作られることによって、なぜ部分的に機能を持つジストロフィンタンパク質が産生されるようになったのか、150～200 字程度で説明しなさい。

設問番号 6 (生命科学系科目)

以下の文章を読み、設問に答えなさい。

ギブスの自由エネルギー (以下、自由エネルギー: G) は、特定の化学反応が自発的に進行するか、しないかを見積もる際に有用な関数である。自由エネルギーは一般的に以下の式で表される。

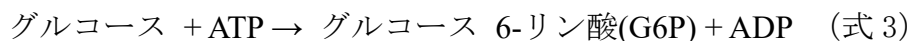
$$G = H - TS \quad (\text{式 1})$$

この式において、 H は (①) を表し、 T は絶対温度、 S は (②) を表す。 H はさらに内部エネルギー U (教科書によっては E と表記されることもある)、圧力 P と体積 V を用いて以下の式で表される。

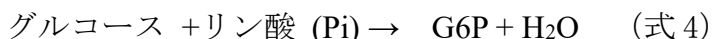
$$H = U + PV \quad (\text{式 2})$$

化学反応において、固体、液体のみが関わる場合は、圧力と体積の変化は計算上無視できることが多いので、 H の変化は U の変化とほぼ同一となる。

解糖系の第一段階の反応である以下の反応 (式 3) の自由エネルギー変化 (ΔG) について考える。



この反応は、以下の 2 つの反応にわけて考えることができる。



これらの物質の構造を考慮すると、グルコースと G6P を比べると G6P の方が U や H が (③) く、ATP と ADP を比べると ATP の方が U や H が (④) いと予想される。式 3 から式 5 の ΔG は原理的には反応温度での ΔH と ΔS がわかれば計算できる。実際に細胞内の化学反応の ΔG を見積もる場合、生化学における^⑥標準条件での自由エネルギー変化 ΔG° (教科書によっては ΔG° と表記されることもある) がすでに計算されている場合が多いので、 ΔH や ΔS を計算する必要はなく、 ΔG° をもとに ΔG を見積もることが多い。

(次ページに続く)

ここでは、式 4 の ΔG° は 13.8 kJ mol^{-1} 、式 5 では $-30.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ とする。 ΔG° を使うと以下の式から反応の自由エネルギー変化を見積もることができる。

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln(Q) \quad (\text{式 6})$$

この式において、 R は気体定数で、 T は絶対温度である。 Q は反応商（当該の化学反応の生成物の濃度 (mol L^{-1}) の積を反応物の濃度 (mol L^{-1}) の積で除した値）を示しており、例えば化合物 A と化合物 B が反応して、化合物 C と化合物 D が生成する場合は式 7 になる。（なお、「細胞の分子生物学」などの一部の教科書では Q は平衡定数 K であると記載しているが、本問においては反応商と平衡定数は同等と考えてよい。）

$$Q = \frac{[C][D]}{[A][B]} \quad (\text{式 7})$$

ΔG° から考えると式 3 の反応は標準条件において（⑤）と予想される。酵素がこの反応を触媒する場合、酵素が介在しない場合と比べて ΔG は（⑥）。

式 3 の反応を触媒する酵素の一つにヘキソキナーゼという酵素がある。この酵素では、基質の一つであるグルコースに対して酵素の特定のアミノ酸残基 X の側鎖が図 1 に示すように相互作用をする。このような相互作用によって、酵素は反応の（⑦）を下げる。細胞内におけるさまざまな分子の結合・相互作用の様式は共有結合を含めて⑤種類に分類されるが、その中で図 1 のような結合・相互作用の様式を（⑧）とよぶ。

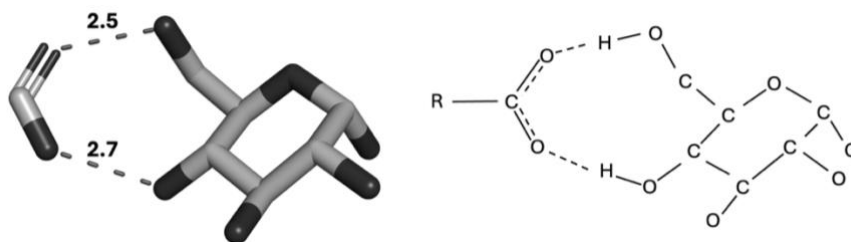


図 1 ヘキソキナーゼのアミノ酸残基 X とグルコースの相互作用

図中の R はヘキソキナーゼのアミノ酸残基 X の側鎖の一部である。左側には構造モデルと酵素と基質の酸素原子間の距離（Å）を、右側にはこのモデルの原子の配置を表示している。設問に関係のない原子は省略されている。

（次ページに続く）

問 1. 空欄 (①)、(②)、(⑦)、(⑧)に入る、適切な語句を答えなさい。

問 2. 空欄 (③) と (④) に入る、適切な語句をそれぞれ以下から 1 つ選び答えなさい。

高 低 等し

問 3. 空欄 (⑤) に入る、適切な語句を以下から 1 つ選び答えなさい。また、そのように答えた根拠を答えなさい。

自発的に進行する 自発的には進行しない

問 4. 空欄 (⑥) に入る、適切な語句を以下から 1 つ選び答えなさい。

上がる 変わらない 下がる

問 5. 下線④の標準条件は 1 気圧、pH 7.0、温度 (25°C または 37°C) などの反応条件を含む。標準条件に含まれる気圧、pH、温度以外の条件を具体的な数字を用いて説明しなさい。

問 6. ヒトの細胞内 (37°C) の細胞質基質において、下記の化合物が以下の濃度である場合に、式 3、式 4、式 5 のそれぞれの反応の ΔG (kJ mol^{-1}) を計算し、有効数字 3 桁で解答しなさい。計算の経過についても記載すること。ただし、 H_2O の濃度は無視してよい (計算に含めない)。下記の単位において、 K はケルビンである。また、式 6 において $R = 8.31$ ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)、 $T = 310$ (K)、 $\ln(Q) = 2.30 \times \log_{10}(Q)$ とする。 $\log_{10}(Q)$ は単位なしとして計算する。

化合物名	細胞質基質における濃度 mol L^{-1}
グルコース	2.00×10^{-3}
ATP	4.00×10^{-3}
G6P	4.00×10^{-4}
ADP	2.00×10^{-5}
Pi	2.00×10^{-3}

(次ページに続く)

問 7. 図 1 のアミノ酸残基 X として考えられるアミノ酸の名称を 2 つ答えなさい。

問 8. 下線⑥の 5 種類の様式のうち、問題文中の空欄（ ② ）が主な要因と考えられる結合・相互作用の様式として最も適切なものを 1 つ答えなさい。

設問番号 7 (生命科学系科目)

以下の文章を読み、設問に答えなさい。

生理学的、薬理的活性を持つポリペプチドが自然界から数多く見出されている。1992 年 Eng らは、北アメリカに生息するトカゲの一種、*Heloderma suspectum* の唾液からラットの膵臓の (①) に作用し、細胞内 (②) 濃度を上昇させるペプチド A を分離、同定した。

脊椎動物では、摂食後に血糖値が上昇すると膵臓の (①) にある β 細胞からペプチド B が分泌される。分泌されたペプチド B は肝臓や脂肪細胞、骨格筋細胞に作用し、血糖の取り込みを促進し、血糖値を低下させる。一方、空腹時などに血糖値が低下すると、同じく (①) にある α 細胞からペプチド C が分泌される。ペプチド C は肝臓でのグリコーゲン分解を促進し、血糖値を上昇させる。

ペプチド C は α 細胞でまず前駆体ポリペプチドとして合成される。その後、特定の部位で切断され、成熟型のペプチド C となる。この前駆体は、腸の粘膜中に存在する L 細胞でも合成されているが、L 細胞では α 細胞とは異なる切断様式を受け、ペプチド C ではなくペプチド D が産生される。

ペプチド D は多様な生理作用を示す。例えば、 β 細胞からのペプチド B の分泌促進、 α 細胞からのペプチド C 分泌抑制、肝臓でのグルコース産生抑制、胃腸運動の抑制、さらに食欲抑制や満腹感の誘発などである。

ペプチド D が β 細胞の表面にある特異的受容体に結合すると、GDP 結合型の不活性型 G タンパク質が GTP 結合型の活性型に変換される。活性化された G タンパク質はアデニル酸シクラーゼを活性化し、細胞内 (②) 濃度を上昇させる。増加した (②) によってタンパク質キナーゼ A が活性化し、その後いくつかの段階を経て、細胞内 (③) イオン濃度が上昇、最終的に分泌小胞に含まれるペプチド B が (④) によって細胞外へ分泌される。

細胞外の状況変化を伝える、ペプチド B、C、D のような分子は細胞外シグナルと呼ばれる。細胞外シグナルの特異的受容体への結合から細胞応答に至る一連の過程はシグナル伝達と総称される。また、(②) や (③) イオンなどのような、細胞内のシグナル伝達を担う小型の化学物質は (⑤) と呼ばれる。細胞表面の特異的受容体はその構造から次の 3 群が主に知られている。ペプチド C や D が結合する G タンパク質共役型受容体、ペプチド B が結合する受容体が属する (⑥)、そしてリガンドが結合することで構造変化を起こし開口が調節される (⑦) の 3 群である。

(次ページに続く)

問 1. 空欄（①）～（⑦）に入る、最も適切な語句を答えなさい。

問 2. ペプチド B とペプチド C の名称を答えなさい。

問 3. 多くのシグナル伝達経路は複数の分子や酵素による多段階の反応から構成されている。その考えられる 3 つの利点を合わせて 150～200 字程度で答えなさい。

問 4. *Heloderma suspectum* から発見されたペプチド A のアミノ酸配列はヒトのペプチド D と同一性が 53%あることから、1993 年に Göke らは以下の実験を行った。

効果検証のためのペプチドとしてペプチド A とペプチド D の他に、ペプチド A の N 末端の 8 個のアミノ酸残基を除去したペプチド E を用意した。ラットから分離した（①）を 10 mM のグルコースを含む溶液に浸し、分泌されるペプチド B 量を測定し、これをコントロール値とした。この溶液に、実験対象とするペプチドを加え、分泌されたペプチド B を定量した。図 1 はコントロール値に対するペプチド B の増加率をプロットしたグラフである。左のグラフはペプチド A を加えた場合、右のグラフはペプチド D を加えた場合である。プロットの▲印は 0.1 nM のペプチド E も同時に加えた場合、■印は 100 nM のペプチド E を同時に加えた場合、●印は加えなかった場合である。6 回の実験の平均値をプロットし、標準誤差をエラーバーで示してある。

この実験の結果が示すことを述べた上で、ペプチド E の作用機序について考察されることを「アンタゴニスト」という用語を用いて 300～400 字程度で述べなさい。

（次ページに続く）

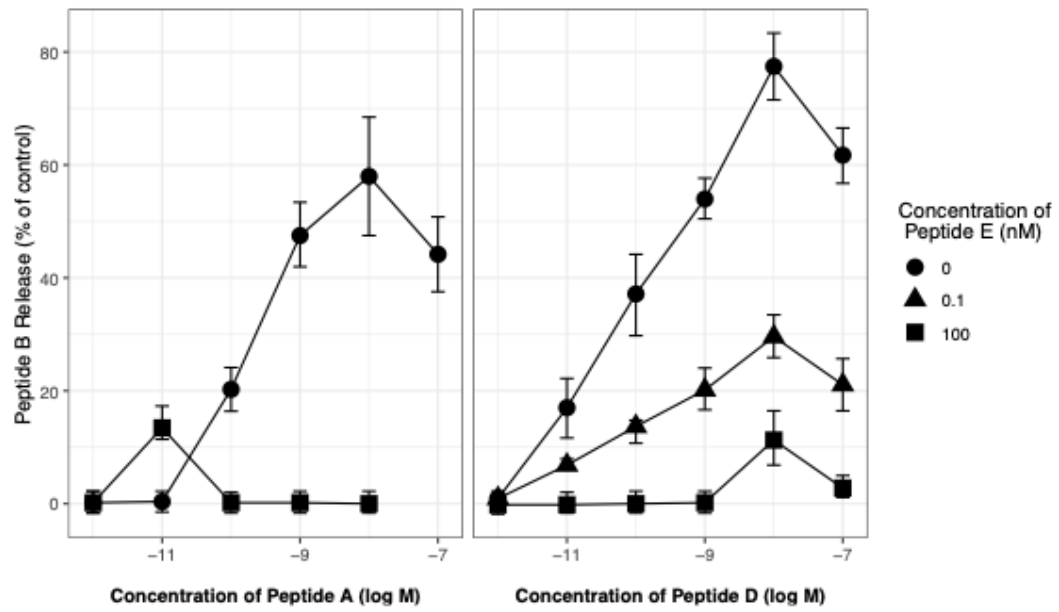


図 1 ペプチド B の放出に対するペプチド E の効果 * Göke et al. (1993) *Journal of Biological Chemistry* 268 (26), 19650-19655. を一部改変。

設問番号 8 (生命科学系科目)

細胞膜、細胞壁および物質輸送に関する以下の設問に答えなさい。

問 1. 真核生物の細胞膜は、主にリン脂質からなる二重層で構成されている。

問 1-1. リン脂質の分子構造を説明し、それぞれの構造が、脂質二重層の中でどこに位置しているのかを 50～100 字程度で述べなさい。

問 1-2. 細胞膜を貫通するタンパク質は、その中のどのような領域が、どのような配置で細胞膜に存在しているのか、40～80 字程度で述べなさい。

問 1-3. 脂質二重層の状態やタンパク質の存在様式を表現する形で名づけられた、細胞膜の分子構築モデルの名称を答えなさい。

問 2. 細胞膜を介した分子の移動に関する以下の説明文の下線部が正しい場合には「正」、間違いの場合には「誤」と答えなさい。さらに、「誤」の場合は下線部を正しい語句に修正しなさい。

a) 分子はランダムに運動するが、受動拡散の場合には、見かけ上、分子は濃度が低い側から濃度が高い側に拡散する。

b) 多くの非極性分子は、脂質二重層を通過できないため、それらの輸送には、膜を貫通する輸送タンパク質が関与する。

c) チャネルタンパク質は、エネルギーを消費し、濃度勾配に逆らった溶質の移動に関わる。

問 3. 細胞壁をもたない細胞が等張の外液に浸されると、細胞膜を通過する水の正味の移動はなくなる。低張液、高張液におかれた場合、水の出入りおよび細胞の外観がどのように変化するかを以下の 2 つの細胞について説明しなさい。

問 3-1. 動物細胞の中で赤血球について、70～140 字程度で述べなさい。

問 3-2. 動物細胞とは異なり、細胞壁をもつ植物細胞について、100～200 字程度で述べなさい。

(次ページに続く)

問 4. 次の文章を読み、空欄（①）～（③）に入る、最も適切な語句を答えなさい。

植物の組織は、2つの主要な区画に分けられる。（①）は、生きている細胞の外側すべてで、細胞壁や導管要素や仮道管の内部も含む。（②）は、植物の生きている細胞のサイトゾルすべてであり、細胞同士をつなぐ細胞質のチャンネルである原形質連絡も含む。植物の組織や器官内には、（①）経路、（②）経路、膜通過経路がある。（②）経路では、植物に吸収された物質は、一度細胞膜を通過する必要がある。根から吸収された水や無機塩類は、根毛、皮層を通り、維管束柱の木部に到達する。皮層の一番内側には内皮があり、内皮細胞の細胞壁には、（③）線と呼ばれるロウ物質の帯があり、水や無機塩類の移動が妨げられる。そのため（①）経路を通して運ばれた水や無機塩類は、細胞膜を通らなければ、維管束に入ることができない。

問 5. 導管液が常に根から葉へ一方的に輸送されるのに対して、師管液は糖を生産する部位から消費または貯蔵する部位へと、環境や植物の発達段階に応じて異なる方向に流れる。糖を正味で生産する器官をソースと呼び、正味で消費する、もしくは貯蔵する器官をシンクと呼ぶ。

問 5-1. どのような器官がどのような状態の時にソースとなるのか、またはシンクとなるのか、それぞれ2つ以上の例をあげて答えなさい。

問 5-2. ソースとシンクの間で糖の濃度勾配がどのようにして形成されるのか、50～100 字程度で述べなさい。

設問番号 9 (水圏・海洋学系科目)

以下の文章を読み、設問に答えなさい。

動物の精子や、藻類および一部の植物の配偶子は、細胞表面から突き出た鞭毛と呼ばれる運動器官をもち、水中を移動する。㉔鞭毛は主に微小管の集合によって構成されている。鞭毛の根元には基底小体が存在し、この構造は動物細胞の中心体に見られる中心小体と共通した特徴を持つ。鞭毛の基本的な内部構造は真核生物の中で共通しているが、㉕本数や形態、付属構造には系統群ごとに多様性がみられる。なお、㉖細菌にも鞭毛が存在し、運動器官として働くが、その構造は真核生物の鞭毛とは大きく異なる。

㉔世代交代を行う藻類の中には、孢子体世代と配偶体世代の両方で、鞭毛を持った生殖細胞が形成されるものがある。

問 1. 下線部㉔に関連して、以下の文章は真核生物の鞭毛構造を説明したものである。空欄①～⑤に当てはまる数字を入れなさい。

鞭毛では①つの②連微小管が環状に配置され、その中心に③本の単独微小管が存在することから、「①+③」構造と呼ばれる。一方、基底小体では中心の単独微小管が④本であることから、「①+④」パターンとなる。ただし、基底小体では①つの⑤連微小管が環状に配置されている。

問 2. 下線部㉕に関連して、以下の (1)～(3) は、動物の精子、ストラメノパイル、渦鞭毛藻類のいずれかの鞭毛の説明である。それぞれに該当するものを選びなさい。

- (1) 体表の横溝および縦溝に沿って伸びる 2 本の鞭毛をもつ。
- (2) 体の後方に伸びる 1 本の鞭毛をもつ。
- (3) 小毛の生えた羽状鞭毛と、小毛を持たないむち型鞭毛の 2 本の鞭毛をもつ。

問 3. 下線部㉖に関連して、細菌の鞭毛構造の特徴について 150 字程度で説明しなさい。なお、次の 3 つのキーワードを必ず含めること。

キーワード： 細胞膜 ・ 繊維 ・ モーター

問 4. 鞭毛運動には細胞の走性が大きく関わっている。生物における走性とはどのような性質であるかを説明しなさい。

(次ページに続く)

問 5. 下線部①に関連して、コンブ類(褐藻)は、孢子体と配偶体の間で世代交代を行う。コンブ類の生活環に関する以下の(1)～(4)を、それぞれ簡潔に説明しなさい。

- (1) 孢子体と配偶体の形態的特徴
- (2) 減数分裂のタイミング
- (3) 無性生殖細胞の特徴
- (4) 雌雄配偶体が放出する配偶子の特徴

設問番号 10（水圏・海洋学系科目）

魚類の生殖に関する以下の文章を読み、設問に答えなさい。

動物には⑩有性生殖と無性生殖という 2 つの生殖様式が存在するが、ほぼ全ての魚類は有性生殖を行う。多くの魚類では孵化後の成長の過程で未分化であった生殖腺が卵巢または精巢へと分化する。生殖腺が卵巢に分化すると生殖細胞は卵原細胞と呼ばれるようになる。卵原細胞は有糸分裂により数を殖やすと、減数分裂を開始するが、減数（①）分裂（②）期で停止する。⑪春機発動（または第二次性徴期、思春期）が始まり、成熟期になると、停止していた減数分裂は再開するが、減数（③）分裂（④）期で再び停止し、減数分裂が完了しない状態で排卵されて受精可能な卵子となり体外に放出される。

問 1. 上の文章の空欄（①）～（④）に入る最も適当な語句を下記から選びなさい。語句は繰り返し使用してもよい。

語句：第一、第二、前、中、後、終

問 2. 下線部⑩に関連して、有性生殖では親と子の染色体の構成が異なる。このような遺伝的多様性が生ずる理由を、減数分裂のメカニズムの観点から、以下の語句を全て用いて 200 字程度で説明しなさい。

語句：相同染色体対、父系染色体、母系染色体、姉妹染色分体、
非姉妹染色分体、組換え染色体

問 3. 下線部⑪に関連して、春機発動が始まると、脳下垂体から分泌されるホルモンの刺激により、卵母細胞とそれを取り囲む体細胞により構成される卵胞が発達する。春機発動により卵胞が発達する内分泌支配機構について、脳下垂体を起点にして説明しなさい。

問 4. 魚類には卵から単為発生する種も少数存在するが、ほとんどの種は有性生殖を行う。有性生殖は、複雑な配偶子形成を経て、雄と雌が出会わなければ子孫を残すことはできない。そのようなコストを払ってもなお有性生殖が圧倒的に優勢な理由について説明しなさい。

設問番号 1 1 (水圏・海洋学系科目)

個体群の成長に関する下記の設問に答えなさい。

問 1. 個体数 N の個体群 A の成長について考える。この個体群 A には移入および移出がなく、資源は十分に存在し、一個体あたりの出生率および死亡率は一定であると仮定する。なお、各記号の意味は以下の通りである。

Δt	個体群成長を調査した時間間隔
ΔN	時間間隔 Δt における個体数の変化
B	単位時間あたりの出生個体数
D	単位時間あたりの死亡個体数
b	一個体あたり・単位時間あたりの出生率
m	一個体あたり・単位時間あたりの死亡率

問 1-1. 個体群 A について、単位時間あたりの個体数の変化 $\Delta N / \Delta t$ を B および D を用いて表しなさい。

問 1-2. 個体群 A の B を b および N を用いて、また D を m および N を用いて表し、それらを用いて、 $\Delta N / \Delta t$ を b 、 m および N を用いて表しなさい。

問 1-3. 個体群 A について、一個体あたりの増加率 r を $r = b - m$ と定義するとき、問 1-2 で導いた式を r を用いて表しなさい。

問 1-4. 個体群 A の個体数 N が増加するのは、一個体あたりの増加率 r がどのような値をとるときか。また、そのとき個体数 N はどのように増加するか説明しなさい。

(次ページに続く)

問 2. 同じ個体群 A について考える。問 1 では資源制限がない場合を考えたが、ここでは個体数 N の増加に伴って資源制限が生じる場合を考える。 K をその環境で収容できる最大の個体数（環境収容力）とする。

問 2-1. 個体数が N のとき、その環境でさらに支えることのできる個体数を、 N および K を用いて表しなさい。また、個体数 N が環境収容力 K に達したときに 0 となり、 N が十分小さいときに 1 に近づく「個体群成長に利用可能な環境収容力の割合」を、 N および K を用いて表しなさい。

問 2-2. 問 1-3 で導いた式と、問 2-1 で求めた「個体群成長に利用可能な環境収容力の割合」を用いて、資源制限を考慮した個体数の変化を表す式を導きなさい。

問 2-3. 問 2-2 で導いた式を用いて、個体数が環境収容力の 10%、50%、90% である場合 ($N=0.1K$ 、 $N=0.5K$ 、 $N=0.9K$) について、それぞれの $\Delta N/\Delta t$ を r および K を用いて表しなさい。また、これら 3 つの条件のうち、個体数の増加速度が最も大きくなるのはどの条件か答えなさい。

問 2-4. 問 2-3 で選んだ条件において、個体数の増加速度が最も大きくなる理由を、個体数の多さと資源制限の強さに着目して生物学的に説明しなさい（100 字以内）。

設問番号 1 2 (水圏・海洋学系科目)

水圏環境の食物網や一次（基礎）生産に関する以下の設問に答えなさい。

問 1. 海洋や湖沼などの水圏環境における微生物ループについて 300 字程度で説明しなさい。

問 2. 光は一次生産を制御する重要な因子の一つである。水中に入射した光が深度と共にどう変化するか、また、水柱の光と植物プランクトンの光合成との関係について、300 字程度で説明しなさい。式や図を用いて説明してもよい。

問 3. 栄養塩も一次生産を支配する重要な因子であるが、過剰な栄養塩の供給などにより発生する赤潮は、養殖を含めた漁業生産に大きな影響を及ぼしている。有害有毒藻類によって引き起こされる赤潮は主に 3 つもしくは 4 つのタイプに分類される。それぞれのタイプについて簡潔に説明しなさい。