

北海道大学 大学院環境科学院 生物圏科学専攻 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）の出題意図と解答例

設問番号1（フィールド科学系科目）

【出題意図】

陸域生態系の物質循環・食物連鎖の根幹をなす植物による炭素固定（光合成）には、様々な戦略が存在することを理解する。

【解答例】

問1.

ブナ、ミズナラ

問2.

(A)

問3.

(C)、(D)、(E)

問4.

林内では、林冠の開葉が始まる前の明るい時期に葉を展開するのが光合成に有利となる。一方で、季節を通して明るい環境では、そのような制約がないため、開葉時期を集中させる必要がない。

問5.

解答例1

林内では季節とともに暗くなるので、光合成速度は低下していく。炭素固定量よりも呼吸による炭素放出量が大きくなる前に落葉させる必要がある。一方で、常に明るい環境では、活発な光合成を長期間継続できる。

解答例2

一斉に開葉するオオアマドコロは葉の老化が同時期に起こるので、ある時期に落葉が集中する。一方で、順次開葉するオオイタドリは、老化時期も展葉時期によって変わるので、個体としては長期間葉を維持できる。

問 6.

解答例 1

個々の葉の寿命が生育シーズン期間よりも短い場合、早く展葉した葉はシーズン途中で落葉する。新葉生産は継続的に起こるので、古葉と新葉の入れ換えにより、保持できる葉数は 10 枚程度になったと考えられる。

解答例 2

個体内では下方の葉は上方の葉によって被陰され、光合成が妨げられる。オオイトドリは順次開葉型なので、新葉が蓄積されると古葉を維持するメリットがなくなるため、保持できる葉数には制限があると考えられる。

設問番号 2（フィールド科学系科目）

【出題意図】

近年、畜産業・農業に起因する環境負荷への関心が高まっている。持続的に畜産業を発展させるうえで認識すべき事項を出題した。動物科学的な問題にとどまらず、関連する分野について総合的な知識を問う出題を意図した。

【解答例】

問 1.

人獣共通感染症という。農場環境からの主な伝播経路は、食肉などの食品を介する経路、糞尿・堆肥や水系を介した環境汚染、作業者や来訪者と家畜の直接接触、および媒介動物を介した伝播に整理できる。

問 2.

抗菌薬は耐性そのものを作り出すのではなく、突然変異などにより既に偶然耐性を獲得していた菌を選択的に生き残らせる。抗菌薬存在下では感受性菌が淘汰され、耐性菌が相対的に増殖して集団中に広がる。

問 3.

- 1) C
- 2) B
- 3) A

問 4.

- A 嫌気
- B 真正細菌
- C 古細菌
- D 硝化
- E アンモニア

問 5.

農場からの糞尿や排水に含まれる窒素・リンが湖沼に流入し、藻類や植物プランクトンが異常増殖した。その死骸を微生物が分解する際に溶存酸素が消費され、貧酸素状態となって魚類が死滅したと考えられる。対策として、糞尿の適切な貯留・処理、施用量の適正化、農地と水域の間への緩衝帯の設置などが挙げられる。

設問番号 3（フィールド科学系科目）

【出題意図】

I. 保全生態学における基礎的知識を問う。また、端的・論理的に説明できる記述能力を問う。

II. 適応進化における基礎的知識および応用的思考能力を問う。また、論理的に説明できる記述能力を問う。

【解答例】

I.

問 1.

6

問 2.

国際自然保護連合（IUCN: International Union for Conservation of Nature）

問 3.

危急（種） Vulnerable (VU)

問 4.

(A)

問 5.

個体数減少により遺伝的多様性が低下し、近交弱勢や環境変化への適応力の低下が起こる。さらに繁殖率の低下や人口学的確率性による絶滅リスクが増し、ますます個体数が減る。この連鎖が続くことで、最終的に絶滅に至る。

Ⅱ.

問 6.

- ① (F)
- ② (B)
- ③ (A)

問 7. いずれか 1 つで正解。

① 寒冷地域では体温を維持する必要がある。体が大きいほど体積に対する表面積の比が小さくなり、熱を逃がしにくい。そのため、寒冷地域の個体ほど大型化する傾向がみられる。

② 寒冷地域では体熱の損失を抑える必要がある。耳や尾などの付属肢が短いほど表面積が小さくなり、熱を逃がしにくい。そのため、寒冷地域の個体ほど付属肢が小さくなる傾向がみられる。

③ 低緯度の地域では日射や紫外線が強いため、皮膚や羽毛を保護する必要がある。そのため色素を多く含む濃い体色が有利となる。一方、高緯度地域では体色が薄くなる傾向がみられる。(紫外線防御)。

体色は生息環境に溶け込むことで外敵から身を守る働きをもつ。植生の豊かな熱帯林など暗い環境では濃い体色が有利であるため、低緯度地域の個体ほど体色が濃くなる傾向がみられる。(隠蔽色)。

高温多湿な地域では羽毛を分解する細菌が繁殖しやすい。色素を多く含む羽毛は耐久性が高く損傷を受けにくいいため、そのような環境では濃い体色の個体有利となると考えられている。(生体防御)。③の解答例の中でも、いずれか 1 つで正解。

設問番号 4 (フィールド科学系科目)

【出題意図】

生態学の基礎概念と主要な理論を理解し、それらを用いて生物間相互作用、個体

群・群集の動態、生物多様性の維持機構、生活史進化について論理的に説明・予測する能力を評価する。

【解答例】

問 1.

- ① d
- ② b
- ③ c
- ④ a

問 2.

(1)

- ① 増加
- ② 減少
- ③ 増加

(2)

- ① ほとんど変化しない
- ② ほとんど変化しない
- ③ ほとんど変化しない

問 3.

多回繁殖を行う鳥では、一度に最大数の卵を産むと親の生存や将来の繁殖成功が低下する可能性がある。現在の繁殖成功と将来の生存・繁殖成功とのトレードオフがあるため、1 回あたりの産卵数は最大数より少なく進化した。

問 4.

攪乱がほとんど起こらない環境では競争力の高い種が資源を独占し、他種が排除されるため種多様性が低下する。一方、攪乱が頻繁な環境では生物が定着・成長する前に除去されるため、種多様性が低下する。

問 5.

キーストーン種とは、その存在量（個体数やバイオマス）に比して、群集構造に大きな影響を与える種である。生態系エンジニアとは、環境の物理的構造を改変することによって他種に影響を与える生物である。したがって、少数でも環境の物理構造を大きく改変し、その結果として群集構造に大きな影響を与える生物

は、両方に該当すると考えられる。

設問番号 5（生命科学系科目）

【出題意図】

「分子生物学」についての専門的な知識と応用的思考力を問う。

【解答例】

問 1.

- ① クロマチン
- ② 核膜孔（核膜孔複合体でも可）
- ③ プロテアソーム

問 2.

DNA のシトシンのメチル化やヒストン尾部のメチル化やアセチル化などによってクロマチン構造が変化し、遺伝子発現状態が調節される。細胞分裂の際には、（維持）メチラーゼなどの酵素の働きによって、新生 DNA やヒストンでもその状態が維持され、遺伝子発現のパターンが娘細胞へと引き継がれることを細胞記憶とよぶ。

問 3.

DNA 上のエンハンサーなどのシス調節因子に、転写（調節）因子と呼ばれるタンパク質が結合することで、標的遺伝子のプロモーター領域のヒストンが移動するなどの構造変化が起き、露出したプロモーター領域に RNA ポリメラーゼ II がリクルートされ、転写が開始される。

問 4.

- 5′ 末端へのキャップ構造付加
- 3′ 末端へのポリ A 鎖付加

問 5.

- a) 正
- b) 正
- c) 誤。リボソームは RNA とタンパク質から構成される複合体である。
- d) 正

問 6.

miRNA は標的 mRNA に相補的に結合し、RISC を介した mRNA の切断あるいは翻訳の抑制を起こす。翻訳抑制の場合も、標的 mRNA は不安定化し、分解が促進される。

問 7.

50 番目のエクソンが欠損すると翻訳の読み枠が変化し、途中で終止コドンが生じることで正常なジストロフィンタンパク質が産生されなくなる。アンチセンスオリゴを投与すると、51 番目のエクソンをスキップさせることで読み枠が回復し、短縮型ではあるが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。

設問番号 6（生命科学系科目）

【出題意図】

エンタルピー、エントロピー、自由エネルギーなどの概念の理解や分子間の相互作用などの基本的な知識を問う。

【解答例】

問 1.

- ① エンタルピー
- ② エントロピー
- ⑦ 活性化エネルギー
- ⑧ 水素結合

問 2.

- ③ 高
- ④ 高

問 3.

自発的に進行する。

式 4 と式 5 の標準自由エネルギー変化を合算すると式 3 の標準自由エネルギー変化はマイナスとなるため。

問 4.

変わらない。

問 5.

反応に関わる化合物の濃度がそれぞれ 1 M であるという条件。

問 6.

式 3: -34.5 (-34.4)、式 4: 25.7、式 5: -60.2 (-60.1)

まず、式 4 の ΔG から求める

$$\Delta G = 13.8 \text{ (kJ/mol)} + 8.31 \text{ (J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times 310 \text{ (K)} \times \ln([G6P]/[\text{glucose}][\text{Pi}])$$

$$\text{ここで、}(4 \times 10^{-4}) / (2 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3}) = 10^2$$

$\ln 10^2$ はヒントを参考に $2.30 \times \log_{10} 10^2$ となるので、4.60 となる

$$\Delta G = 13.8 + 8.31 \times 310 \times 4.60 / 1000 = 25.7 \text{ (kJ/mol)} \text{ となる。}$$

また、式 5 に関しては

$$\Delta G = -30.5 \text{ (kJ/mol)} + 8.31 \text{ (J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times 310 \text{ (K)} \times \ln ([\text{ADP}][\text{Pi}]/[\text{ATP}])$$

$$\ln Q = \ln ([\text{ADP}][\text{Pi}]/[\text{ATP}]) = \ln ([2 \times 10^{-5}][2 \times 10^{-3}] / [4 \times 10^{-3}]) = 2.30 \times (-5)$$

= -11.5 なので、上の式に代入すると

$$\Delta G = -30.5 + 8.31 \times 310 \times (-11.5) / 1000 = -60.2 \text{ (kJ/mol)} \text{ (計算の順番によって、-60.1 も正解)}$$

したがって、式 3 の ΔG は $25.7 - 60.2 = -34.5 \text{ (kJ/mol)}$ となる (-34.4 も正解)

問 7.

アスパラギン酸とグルタミン酸

問 8.

疎水結合 (疎水効果、疎水性相互作用なども可)

設問番号 7 (生命科学系科目)

【出題意図】

シグナル伝達は細胞応答において極めて重要であり、ホルモンの作用を例としてシグナル伝達に関する基本的な知識を問う。また、グラフで示された実験結果

を読み取り、考察する力を試す。

【解答例】

問 1.

- ① ランゲルハンス島(膵島)
- ② cAMP
- ③ カルシウム
- ④ エキソサイトーシス
- ⑤ 二次(セカンド)メッセンジャー
- ⑥ 酵素共役型受容体(酵素結合型受容体、受容体型チロシンキナーゼ)
- ⑦ イオンチャネル共役(結合)型受容体

問 2.

ペプチド B インスリン

ペプチド C グルカゴン

問 3.

シグナル伝達経路は複数の段階から構成されていることで、微弱な入力シグナルを大きな生理学的出力へと増幅する機能をもつ。また、各段階は、フィードバック制御やフィードフォワード制御などの調節機能が組み込まれており、これにより細胞応答は高い精度で制御される。さらに、異なる経路間で情報の統合や、単一の経路から情報の分岐によって、細胞は複雑な情報処理を実現し、多様な細胞応答を生成することが可能となる。

問 4.

ペプチド A の効果は、ペプチド D に及ばないものの、ランゲルハンス島 β 細胞に作用し、インスリン分泌を促進することを示している。したがって、 β 細胞にはペプチド A を認識する受容体が存在すると推測される。さらに、ペプチド A とペプチド D による β 細胞への作用がペプチド E によって強く阻害されることから、両ペプチドが同一の受容体を介して作用する可能性が高い。ペプチド E がこの受容体に結合してペプチド A、D の作用を阻害していると仮定すると、ペプチド E は受容体への結合能を有するものの、受容体を活性化できず、シグナル伝達を誘導できないと考えられる。また、ペプチド D の作用はペプチド E によって濃度依存的に阻害されることから、受容体の占有を通じてペプチド D の作用を競合的に阻害するアンタゴニストとして機能している可能性が示唆される。

設問番号 8 (生命科学系科目)

【出題意図】

細胞膜の構造と機能に関する理解度、および、細胞壁が植物の浸透圧応答や物質輸送に与える影響に関する理解度を問う。

【解答例】

問 1.

問 1-1.

リン脂質は親水性領域と疎水性領域の両方を持つ両親媒性分子であり、疎水性の尾部を二重層の内側に向け、親水性の頭部を水側に向けている。

問 1-2.

膜タンパク質は、親水性領域を膜外に突き出し、疎水性の側鎖をもつアミノ酸が連続した領域を膜内に埋め込む形で存在する。

問 1-3.

流動モザイクモデル

問 2.

a) 誤：(濃度が高い側から濃度が低い側)

b) 誤：(極性分子、イオン)

c) 誤：(運搬体タンパク質、トランスポーター、ポンプなど)

問 3.

問 3-1.

赤血球は低張液に浸すと、水は細胞から出ていくよりも入ってくる方が多いため、赤血球は破裂し、高張液に浸すと、水は出ていく方が多いため、赤血球は収縮した状態になる。

問 3-2.

植物細胞でも、低張液に浸すと、細胞内に入ってくる水の方が多いために、細胞が膨らむ。植物細胞には細胞壁があり、細胞壁はある程度の弾性を持つために膨らむ一方、膨圧と呼ばれる圧力が生じるため、水の取り込みは抑えられるようになる。細胞は膨らんで張り切った状態になる。植物細胞を高張液に浸すと、細胞外に出る水の方が多いために、細胞が収縮し、細胞膜は細胞壁から離れ、原形質分離と呼ばれる現象を起こす。

問 4.

- ① アポプラスト
- ② シンプラスト
- ③ カスパリー

問 5.

問 5-1.

シンクは、成長中の根や芽、茎、果実、展開中の葉、夜間の葉。

ソースは、日中十分な光の下での（成熟）葉、成長する地上部に糖を送り出すときの塊茎や鱗茎。

問 5-2.

シンク側での細胞の成長や代謝で糖が消費されたり、デンプンのような不溶性の物質に変換されたりすることにより、糖の濃度勾配が形成される。

設問番号 9（水圏・海洋学系科目）

【出題意図】

細胞生物学の基礎知識を基盤として、系統群ごとの鞭毛の多様性、生物の環境応答機構、および海藻類の生活環に関する理解を総合的に問う。

【解答例】

問 1.

- ① 9
- ② 2
- ③ 2
- ④ 0
- ⑤ 3

問 2.

動物の精子 (2)

ストラメノパイル (3)

渦鞭毛藻類 (1)

問 3.

細菌の鞭毛は微小管ではないタンパク質で構成された繊維状構造となっており、細胞

膜に囲まれていない。鞭毛の根元には細胞膜に埋め込まれたリング状のモーターが存在し、フックを介して繊維状の鞭毛本体につながる。鞭毛は回転運動をし、細胞を推進させる。

問 4.

光や化学物質などの外部刺激に応じて、細胞や生物が特定の方角へ移動する性質である。

問 5.

- (1) 孢子体は大型の葉状で、配偶体は小型の糸状を示す異形である。
- (2) 孢子体から孢子が形成される際に行われる。
- (3) 2本の鞭毛によって遊泳する。
- (4) 雌性配偶体からは卵、雄性配偶体からは2本の鞭毛を持つ精子が放出される。

設問番号 10（水圏・海洋学系科目）

【出題意図】

生殖生理学の基礎知識を基盤として、有性生殖動物における卵形成および減数分裂によって子孫の遺伝的多様性が生じる機構についての理解を総合的に問う。

【解答例】

問 1.

- ① 第1
- ② 前
- ③ 第2
- ④ 中

問 2.

減数分裂の過程で起こる染色体の独立分配と染色体の組換えによって配偶子の遺伝的多様性が生ずる。減数第一分裂において各々の相同染色体対の母系染色体と父系染色体はそれぞれ独立して娘細胞に分配されていく。また、相同染色体対が形成される減数第一分裂前期に非姉妹染色分体の間で交差が起こり、組換え染色体が形成され、個々の染色体がモザイク状に両親由来の遺伝子を持つことになる。姉妹染色分体は等価ではなくなり、娘細胞の遺伝子型の数を殖やすことになる。

問 3.

春機発動が始まると、脳下垂体前葉から濾胞刺激ホルモン（FSH）の分泌が高まり、血流を介して卵巣に到達し、卵胞の発達を刺激し、卵母細胞を取り囲む濾胞細胞でエストロジオールの産生を促進する。卵胞が十分に成長すると、脳下垂体前葉から黄体形成ホルモン（LH）の大量分泌が起こり、卵巣に到達した LH は卵胞を刺激して排卵を引き起こす。

問 4.

有性生殖で生み出される子孫は同一の親から生まれた兄弟間でも様々な遺伝子型を持ち、同一の遺伝子型を持つ個体は生じない。様々な遺伝子型が存在することで、新たな病原体との出会いや環境要因が急激に変化するような場合でも、生存および繁殖の成功を高めることができるかもしれない。もう 1 つの利点として、有害な遺伝子の組み合わせを集団中から排除しやすくなるということも考えられる。

設問番号 1 1（水圏・海洋学系科目）

【出題意図】

指数関数的成長モデルおよびロジスティック成長モデルの基礎となる個体群成長式の導出と、その生物学的意味の理解を問う。

【解答例】

問 1.

問 1-1.

$$\Delta N / \Delta t = B - D$$

問 1-2.

$$B = bN, D = mN$$

したがって、

$$\Delta N / \Delta t = bN - mN \quad \text{または}$$

$$\Delta N / \Delta t = (b - m) N$$

問 1-3.

$$r = b - m \quad \text{より、}$$

$$\Delta N / \Delta t = r N$$

問 1-4.

$r > 0$ のとき個体数 N は増加する。

$\Delta N / \Delta t = r N$ なので、

個体数が大きくなるほど単位時間あたりの増加量も大きくなる。

または、

指数関数的に増加する。

問 2.

問 2-1.

さらに支えることのできる個体数：

$$K - N$$

個体群成長に利用可能な環境収容力の割合：

$$(K - N) / K$$

または、

$$1 - N / K$$

問 2-2.

$$\Delta N / \Delta t = r N (1 - N / K)$$

または、

$$\Delta N / \Delta t = r N ((K - N) / K)$$

問 2-3.

$$N = 0.1K : \Delta N / \Delta t = 0.09 r K$$

$$N = 0.5K : \Delta N / \Delta t = 0.25 r K$$

$$N = 0.9K : \Delta N / \Delta t = 0.09 r K$$

最大： $N = 0.5 K$ の場合

問 2-4.

個体数が少ないと繁殖個体数が少なく、個体数が多いと資源不足で一個体あたりの増加率が低下するため、中間の $N = 0.5K$ で増加速度が最も大きくなる。

設問番号 1 2 (水圏・海洋学系科目)

【出題意図】

水圏環境の食物網、一次生産を制御する光と栄養塩、植物プランクトンブルームと水産業の関係に関する基礎知識を問う。

【解答例】

問 1.

微生物ループは、細菌や原生生物などの微生物が水圏環境で有機物を循環させる仕組みである。植物プランクトンが光合成で有機物を作り、動物プランクトンに捕食され、さらに高次捕食者へとエネルギーが伝わる古典的食物連鎖とは異なり、微生物ループでは、細菌が動植物プランクトンや生物の死骸、排泄物から水中に放出された溶存有機物（DOM）を取り込む。鞭毛虫や繊毛虫などの原生生物が細菌を捕食し、さらに動物プランクトンに食べられる。つまり、微生物ループは、再び元の古典的食物連鎖へ有機物やエネルギーを組み込む役割を果たしている。微生物ループは、水圏生態系の物質循環の効率を高め、栄養塩の再生にも貢献する、水圏生態学で重要な概念である。

問 2.

水中に入った光は指数関数的に減衰する。式で表現すると、

$$I_z = I_0 \cdot \exp(-k \cdot z)$$

となり、ここで I_z はある深度における光量子 ($\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、 I_0 は海や湖の表面の光量子、 k は光の消散係数（もしくは減衰係数、 m^{-1} ）、 z は深度（m）である。消散係数 k は水分子以外にも、植物プランクトンやその他の懸濁物質、溶存物質の濃度によって変化し、外洋域と比べて沿岸域ではこれら物質の量が多くなるため、 k の値は大きくなり、光が届く水深は浅くなる。植物プランクトンが光合成を行うために十分な太陽光が到達する深度は、表面を 100% とした時におよそ 0.1 - 1% になる深度であり、この深度で光合成と呼吸が等しくなる。この深度を日補償深度と呼ぶ。純光合成（光合成 - 呼吸）がプラスになるのは日補償深度より浅い層に限られ、この層を有光層と呼ぶ。有光層は、外洋の熱帯・亜熱帯域では 150 m 以浅であるが、沿岸域では 10 m に満たない場合もある。

問 3.

赤潮には以下の 4 タイプがある。

1. 大量増殖赤潮：基本的には無害であるが、大量増殖して水質悪化による貧酸素水塊を引き起こし、魚介類を斃死させる。
2. 有毒赤潮：ホタテなどの二枚貝を毒化させ、食物網を通じてヒトにも健康被害を与え、場合によっては死に致らせる赤潮。麻痺性貝毒、下痢性貝毒、記憶喪失性貝毒、神経性貝毒、シガテラ毒などがある。

3. 有害赤潮：ヒトには無毒だが、主に養殖魚介類を中心に大量斃死を引き起こす。多岐にわたる中高級魚介類の養殖に数十億円の漁業被害をもたらす。
4. 珪藻赤潮：大量増殖し栄養塩を消費してしまうため、ノリの色落ち被害を引き起こす。