

平成26年度10月入学者選抜試験
平成27年度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、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 (フィールド科学系問題)

問 1. 以下の 5 つの用語から 3 つを選び説明せよ。

- (1) 葉面積指数 (Leaf area index)
- (2) 温量指数 (Warmth index)
- (3) 有効積算温度 (Effective accumulated temperature)
- (4) 植物の量的防御物質と質的防御物質 (Qualitative and quantitative defensive substances)
- (5) ニッチ分割 (Niche partitioning)
- (6) 最終収量一定の法則 (The law of constant final yield)

問 2. 日当りの良い場所に生育する植物と林床などの暗い場所に生育する植物が有する「葉の形態的特性ならびに生理学的特性の差異」について、以下の用語をすべて用いて説明せよ。

光補償点、最大光合成速度、暗呼吸、葉厚、葉面積

問 3. 動物では雄個体と雌個体からなる雌雄異体 (dioecy) が一般的であるが、被子植物では雄機能 (雄しべ) と雌機能 (雌しべ) が一つの花に共存する両性花を持つ雌雄同体 (hermaphroditism) が一般的である。なぜ植物では雌雄同体が有利となるのかについての仮説を挙げ、それを証明するための実験方法を例示せよ。

設問番号 2 (フィールド科学系問題)

表 1 は北イマジナリー諸島 (図 1) における 3 種の昆虫 (共通の食草を利用する 2 種の植食者とその捕食寄生者) の分布を示す。

表 1 3種昆虫の在 (+) と不在 (-)

| 島 | 種 1 (植食者) | 種 2 (植食者) | 種 3 (捕食寄生者) |
|---|--------------|--------------|----------------|
| A | + | + | + |
| B | + | + | - |
| C | + | + | - |
| D | + | + | + |
| E | + | + | + |
| F | + | + | + |
| G | + | - | - |
| H | - | + | - |
| I | + | - | - |
| J | - | + | - |
| K | ? | + | + |

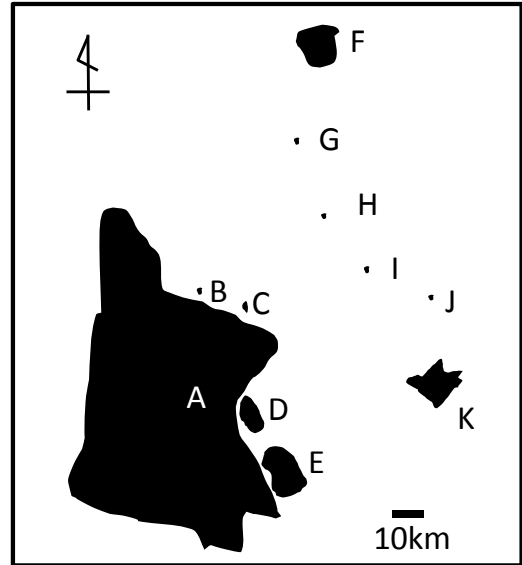


図 1 北イマジナリー諸島

- 問 1.** 種 1 の分布の特徴を記述し、その分布パターンを説明する仮説を挙げよ。
- 問 2.** 島 K に種 1 は分布するか？ 種間相互作用と種の分布についての生態学的知識に基づき予測するとともに、そのように予測した理由を述べよ。
- 問 3.** 北イマジナリー諸島には 30 種以上の昆虫が生息している。島の生物地理学の理論に基づき、島 A, B, E, G, K を昆虫の種数の多い順に並べるとともに、そのように並べた理由を述べよ。

設問番号 3 (フィールド科学系問題)

問 1. 生息地の細分化は、生物種の個体群の絶滅リスクを高める。このプロセスを次の用語を用いて説明せよ。

個体群統計学的 (人口学的) 確率性、近親交配率、遺伝子浮動、正のフィードバック

問 2. 生物多様性の保全を図る際に用いられる「アンブレラ種」について次の問いに答えよ。

- (1) アンブレラ種を定義し、どのような生物種がそれにあてはまるか述べよ。
- (2) 既存の生態情報に乏しいある生物種がアンブレラ種とみなせるかどうかを知りたい。野外調査で明らかにすべき項目を説明せよ。

問 3. 下記の(1)－(4)にあてはまる語句を答えよ。

生態系サービス:人々が生態系から得ることのできる便益のことで、食料、水、木材、繊維、燃料などの「【 (1) 】サービス」、気候の安定や水質の浄化などの「【 (2) 】サービス」、レクリエーションや精神的な恩恵を与える「【 (3) 】サービス」、栄養塩の循環や土壌形成、光合成などの「【 (4) 】サービス」などがある。

(平成 26 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書)

設問番号 4 (フィールド科学系問題)

問 1. 次の文章を読み、以下の問について答えよ。

ゲノムとは、後代に運ばれる遺伝物質全般のことを指す。ゲノム地図は、育種や遺伝生態学の分野で有用な情報をもたらす。ゲノム地図は大きく遺伝地図と物理地図の 2 つに分けられる。

- (1) 遺伝地図と物理地図の違いを述べよ。
- (2) 物理地図の作製に利用されるマーカーを 2 種あげ、その特徴を述べよ。

問 2. 植物ホルモンは植物体の一部で少量また微量に生産される。作用場所に運ばれて生理・発生的な反応を調節している。

- (1) 主要な 4 種の植物ホルモンを挙げ、その主な生理的作用を述べよ。
- (2) 植物ホルモンの農業における利用について 2 件挙げ、説明せよ。

設問番号5 (生命科学系問題)

問1. 被子植物の受精に関する次の文を読み、以下の問いに答えよ。

風などによって運ばれた花粉が、柱頭上を被っている粘性のある糖質の物質に付着すると、花粉は(①)を伸長させ、花柱内を通過して胚珠内の胚のうに到達する。(①)は、退化した助細胞に侵入し、(①)の先端が破れて2つの(②)が放出される。(②)の1つは卵細胞と受精し、(③)を形成する。もう一方の(②)は、胚嚢の中央にある二つの極核と融合して、その後、(④)に発達する。この受精の過程は、2つの(②)が関与することから(⑤)受精とよばれる。

問1-1. 空欄(①)～(⑤)に入る適切な語句を答えよ。

問1-2. 四倍体の植物が自家受粉した場合の(④)の組織の倍数性を答えよ。

問1-3. 下線の記述に関して、風以外に花粉を運ぶ例を具体的に述べよ。

問2. メンデルが発見した遺伝の法則に関する次の文を読み、以下の問いに答えよ。

メンデルはエンドウマメを用いた交雑実験から、異なる表現型を示す一組の対立遺伝子が互いに(①)して遺伝することを導いた。これは、メンデルの遺伝の第一法則あるいは(①)の法則とよばれる。

さらにメンデルは、別々の形質を担う2つの遺伝子も互いに(①)するかどうか検証し、メンデル遺伝の第二法則である(②)の法則を見出した。

これらの法則は、配偶子形成過程で生じる特徴的な(③)期の染色体の挙動からも検証することができる。2つの対立遺伝子の(①)は、第一(③)中期の赤道面での染色体のランダムな配置と、引き続いて生じる第一(③)後期での相同染色体の(①)にもとづくものである。この際、個々の染色体が(②)に挙動することが、異なる染色体に存在する遺伝子座が別個に後代に引き継がれる要因となっている。

問2-1. 空欄(①)～(③)に入る適切な語句を答えよ。

問2-2. 下線の記述に関して、体細胞分裂と異なる点について述べよ。

設問番号 6 (生命科学系問題)

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

細胞質に含まれるシヨ糖濃度が、細胞外液に対して高いとき、水は細胞外液から細胞内に拡散して、細胞を膨張させる。このとき、細胞膜を押し広げようとする細胞質の圧力、すなわち [A] が増す。一方、細胞膜を横切って移動する水の正味の流れを止めるのに必要な圧力、すなわち [B] も働く。

問 1. [A] と [B] に入る語句を答えよ。

問 2. 細胞膜を押し広げる細胞質の圧力を P [Pa]、細胞膜を横切って移動する水の正味の流れを止めるのに必要な細胞内の圧力を π [Pa] とする。細胞質への水の流入により細胞質のシヨ糖濃度は低下し、細胞外液のシヨ糖濃度と等しく釣り合った平衡状態に達すると考えられる。この平衡状態において成立する条件を P と π を用いて表せ。

問 3. 細胞質に含まれるシヨ糖濃度が高い場合、動物細胞と植物細胞の間でどのような違いが見られると期待されるか説明せよ。

問 4. 植物の維管束を形成する篩部は、シヨ糖などの有機物を長距離輸送する組織である。篩部では、光合成が活発でシヨ糖を生産する葉（ソース）から、自らの光合成を行わずシヨ糖を消費する根や果実などの組織（シンク）へ向かってシヨ糖の流れが生じる。上記の A と B がシヨ糖の流れを生み出すためにどのように関わっているか、考えられる可能性を簡単に述べよ。このとき、篩部を円柱形の管として捉え、管では圧力差によって流れが生じることを参考にせよ。

設問番号 7 (生命科学系問題)

問 1. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生体膜は、ある物質は通過させるが、他の物質は通過させないという選択性を持っている。膜の選択的透過性により、どの物質が細胞や細胞内小器官に出入りできるかが決まる。物質が生体膜を通過する機構に関する特性を表に示した。

| 輸送機構 | ATP の必要性 | 駆動力 | 膜タンパク質 の必要性 | 特異性 |
|------|-------------|------|----------------|------|
| 単純拡散 | 不要 | 濃度勾配 | 不要 | 非特異的 |
| 促進拡散 | (A) | (B) | (C) | (D) |
| 能動輸送 | (E) | (F) | (G) | (H) |

問 1-1. 表中の (A) ~ (H) の空欄を埋めよ。

問 1-2. 能動輸送には方向性があり、その方向性と輸送する物質の組み合わせにより 3 つに大別できる。それぞれについて例をあげて説明せよ。

問 2. 以下の問いに答えよ。

問 2-1. 次のような配列を持つ鋳型 DNA 鎖から合成される mRNA 分子の配列を記せ。

5'-TTAATCGTACCG-3'

問 2-2. 次のような配列の mRNA 分子でコードされるアミノ酸配列はどのようなになるか。読み枠は 5' 末端から始まるとする。下の遺伝暗号表を参考にして答えよ。

5'-CCUAGUGAUUGGAUGUUG-3'

問 2-3. 無細胞タンパク質合成系にポリ(UUAC)を加えたときに合成されるポリペプチド鎖の配列はどのようなになるか。

遺伝暗号表

| 2nd→ 1st ↓ | U | C | A | G | 3rd ↓ |
|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|
| U | Phe Phe Leu Leu | Ser Ser Ser Ser | Tyr Tyr Stop Stop | Cys Cys Stop Trp | U C A G |
| C | Leu Leu Leu Leu | Pro Pro Pro Pro | His His Gln Gln | Arg Arg Arg Arg | U C A G |
| A | Ile Ile Ile Met | Thr Thr Thr Thr | Asn Asn Lys Lys | Ser Ser Arg Arg | U C A G |
| G | Val Val Val Val | Ala Ala Ala Ala | Asp Asp Glu Glu | Gly Gly Gly Gly | U C A G |

問 3. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

原核生物に特徴的な遺伝子構造であるオペロンは、基本的にプロモーターとオペレーターおよび2つ以上の構造遺伝子から構成されている。大腸菌には、オペロンの転写をコントロールする機構がいくつかある。例として、オペレーターとリプレッサーによる誘導と抑制の制御がある。

ラクトースオペロン (*lac* オペロン) とトリプトファンオペロン (*trp* オペロン) について、ラクトースとトリプトファンがあるときとないときの転写の制御を説明せよ。

設問番号 8 (生命科学系問題)

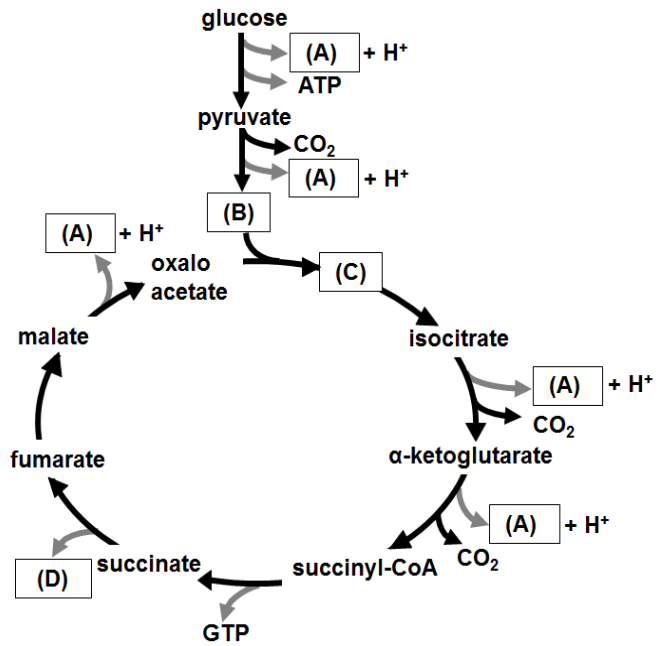
次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

細胞は、生命機能を維持するため、エネルギーを獲得するしくみをもつ。図は、解糖系およびクレブス回路の概略を示している。

解糖系では、1 mol のグルコースから 2 mol のピルビン酸が生成され、正味 2 mol の ATP と 2 mol の (A) が生成される。

好気条件下では、1 mol のピルビン酸が脱炭酸され、1 mol の (A) と 1 mol の (B) が生成される。(B) のアセチル基がオキサロ酢酸と結合すると (C) が生成され、クレブス回路が開始する。

クレブス回路 1 周で、1 mol の (B) から 3 mol の (A)、1 mol の (D)、1 mol の GTP がつくられる。(A) や (D) は高エネルギー電子をもつ電子供与体 (活性運搬体) である。高エネルギー電子は電子伝達系に渡され、最終的には酸素に受け渡され水が生成される。電子伝達の過程で形成されたプロトン勾配によって ATP 合成がされる。



問 1. (A) ~ (D) にあてはまる化合物名を答えよ。

問 2. 嫌気条件下で酵母はアルコール発酵を行い、解糖で生成されたピルビン酸からエタノールを生成する。エタノールは酵母の細胞にとってエネルギー源にはならず、蓄積した場合には有害である。なぜ酵母はエタノールを生成するのかを説明せよ。

問 3. クレブス回路の炭素化合物はアミノ酸など重要な生体分子を合成するための基質としても使われる。化合物が回路外へ取り出されても、クレブス回路がただちに停止しない理由を説明せよ。

問 4. 生体内の反応の多くは酵素によって行われる。酵素 Z は単一の基質 X から単一の生成物 Y を生じる反応を触媒し、以下のミカエリス-メンテンの式に従う。なお、ここでは、 v_0 は反応の初速度、 V_{max} は最大速度、 $[S]$ は基質濃度、 K_m はミカエリス定数である。

$$v_0 = \frac{V_{max} [S]}{[S] + K_m}$$

酵素 Z の K_m と V_{max} を推定するための実験を説明せよ。

設問番号 9 (水圏海洋圏科学系問題)

海洋の水温・塩分に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

海洋の水温・塩分は、太陽放射、蒸発・降水、移流、拡散など様々な要因で時空間的に変動している。海面水温は一般的に低緯度域で高く、高緯度域で低い。しかし東西方向にも変動は見られ、例えば、(1)北太平洋亜熱帯海域の海面水温は西部で高く、東部で低い。(2)海面塩分に関しては、緯度方向に単調増加・減少せず、亜熱帯海域で高く、亜寒帯海域で低い傾向がある。しかし、(3)塩分を構成する主要化学成分の(4)相対的な比率は全海洋でほぼ一定であることが知られている。また、(5)海洋の水温・塩分は海水の密度を決定し、密度分布から海面高度分布、海流分布を推定することができる。

問 1. 下線(1)の理由を 200 字以内で説明せよ。

問 2. 下線(2)の理由を、北太平洋を例に 200 字以内で説明せよ。

問 3. 下線(3)に関し、海洋の塩分を構成する主要化学成分（イオン）5 種類を、名称または化学式で記述せよ。

問 4. 下線(4)に関し、海洋の塩分を構成する主要化学成分の相対的な比率は全海洋でほぼ一定である理由を、「滞留時間」というキーワードを用いて、200 字以内で説明せよ。

問 5. 下線(5)で言う海流とは、地衡流のことである。北半球において地衡流は海面が高い方を右に見て流れる。そのメカニズムを「コリオリ力」、「圧力傾度力」のキーワードを用いて説明せよ（字数制限なし）。

設問番号 10 (水圏海洋圏科学系問題)

水産資源を持続的に利用するため基本的な管理方策には、(1)取り残し(産卵)資源量一定方策、(2)漁獲率一定方策、(3)漁獲量一定方策がある。これら3つの方策について、それぞれ説明し、長所短所を述べよ。

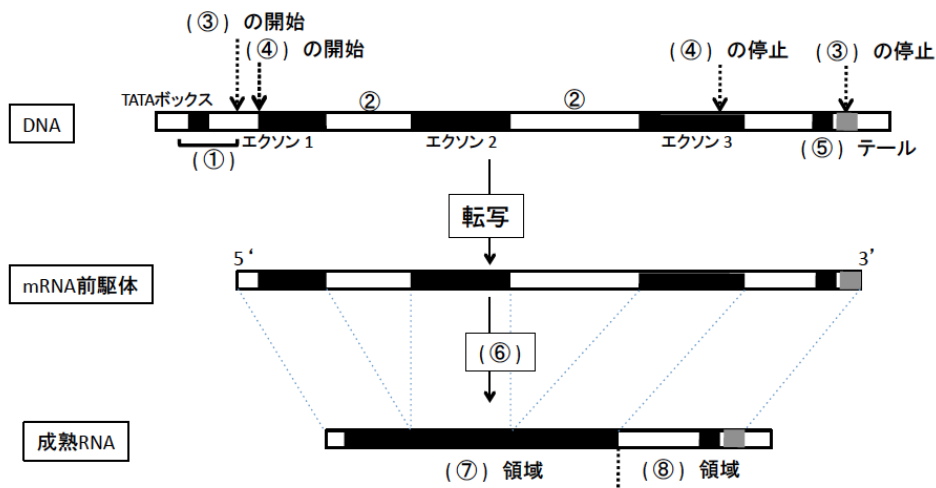
設問番号 1 1 (水圏海洋圏科学系問題)

問 1. 以下の文章は、遺伝子工学技術について述べたものである。(①) ~ (⑦) にあてはまる用語などを入れよ。

遺伝子工学の基礎技術には、DNA の切断、結合、増幅、塩基配列の決定がある。DNA の切断には、DNA 中の数塩基配列を特異的に認識して内部を切断する (①) が用いられる。DNA を結合する酵素は、(②) で、①で切断した DNA に外来の DNA 断片を結合させた DNA を (③) とよぶ。

PCR は、(④) のことで、3つの単語のイニシャルである。PCR は、3つの行程からなる。一つ目は、目的 DNA の (⑤) による1本鎖への解離、次に1本鎖 DNA と (⑥) との結合、続いて耐熱性細菌由来の (⑦) 存在下、高温で DNA を伸長させる。この3つの反応を繰り返すことで、目的 DNA の分子を指数関数的に増幅させることができる。

問 2. 下図は、遺伝子の構造と mRNA への転写の過程を模式的に図示したものである。模式図の (①) ~ (⑧) に用語を入れて図を完成させよ。 その際、下記の用語を使用してもよい。
(テロメア、プロモータ領域、ベクター、ポリ C、翻訳、転写、コドン)



設問番号 1 2 (水圏海洋圏科学系問題)

海洋における主要栄養塩と微量栄養塩の違いについて以下の点に着目して説明せよ。

着目点：定義、種類・化学形態、水平的・鉛直的分布、植物プランクトン細胞内での役割、植物プランクトン生長の制限要因となる海域・時期