

平成29年度10月入学者選抜試験
平成30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>

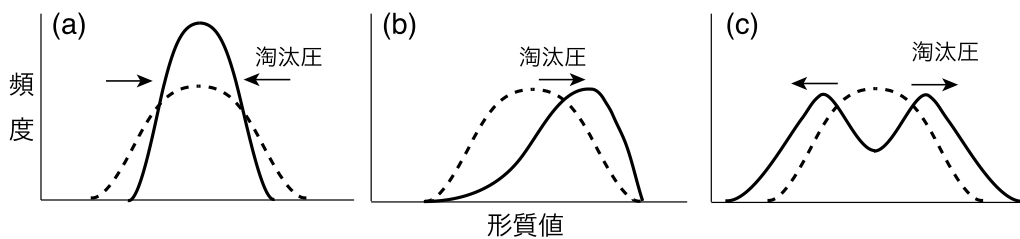
- 出題された12の設問から3設問を選び、解答すること
（解答する3設問はどの系の科目から選択してもよい）
- 解答する設問ごとに1枚の答案用紙を使用すること
（答案用紙が足りなければ裏面を使用すること）
- 答案用紙ごとに受験番号、コース名、氏名を明記すること
- 答案用紙ごとに解答する設問番号を明記すること

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)

問 1. 次の文章を読み、以下の問(1)・(2)に答えなさい。

下の図は、淘汰圧(自然選択圧)が作用した際のある生物種の形質値(連続変量)の変化を模式的に示したものである。点線は淘汰圧が作用する前の形質値の頻度分布、実線は淘汰圧が作用した後の分布、矢印は淘汰の方向を示している。各設問に答えなさい。



- (1) (a), (b), (c) のような形質変化を何とよいか、それぞれ述べなさい。
- (2) (b) のような形質変化が生物の種間相互作用によって引き起こされる生態学的事例を、具体例をあげて説明しなさい。

問 2. 次の進化生態学的用語のうち、3つを選んで説明しなさい。

- (1) 栄養カスケード効果 (trophic cascade effect)
- (2) ベイツ型擬態とミュラー型擬態 (Batesian mimicry and Müllerian mimicry)
- (3) 異所的種分化と同所的種分化 (allopatric speciation and sympatric speciation)
- (4) 表現型可塑性 (phenotypic plasticity)
- (5) 干渉的競争と搾取的競争 (interference competition and exploitative competition)

設問番号 2 (フィールド科学系科目)

以下の文章は、個体群変動に関する実験とその結果についての記述である。これを読み、次ページの問 1、問 2 に答えなさい。

被食者と捕食者の個体群変動に関する次の 3 つの実験(図 1)を行った。

実験 1. 被食者 A 種 (以下、被食者 A と呼ぶ) とその餌となる食物を、最初に 1 回だけ実験区画に入れて、被食者 A の個体数の増減を 110 日間観察した。

実験 2. 実験 1 と同じ条件下で、被食者 A とその餌に加え、被食者 A の捕食者である B 種 (以下、捕食者 B と呼ぶ) を実験区画に入れて、両種の個体数の増減を両種が絶滅するまで観察した。なお、捕食者 B は被食者 A の餌は食べない。

実験 3. 実験 1 の区画をいくつかの同じ面積の小区画に分けた。両種ともこれらのどの小区画の間でも移動できるが、被食者 A のほうが捕食者 B よりも移動しやすいという条件を設けた。また、被食者 A の餌資源量は全ての小区画で同じで、全ての小区画の餌資源の合計量は実験 1 および 2 と同じである。実験開始時の被食者 A と捕食者 B の小区画への導入個体数はランダムに決めた。その他の条件は実験 1 および実験 2 と同じである。両種の総個体数の増減を 110 日間観察した。

(次のページにつづく)

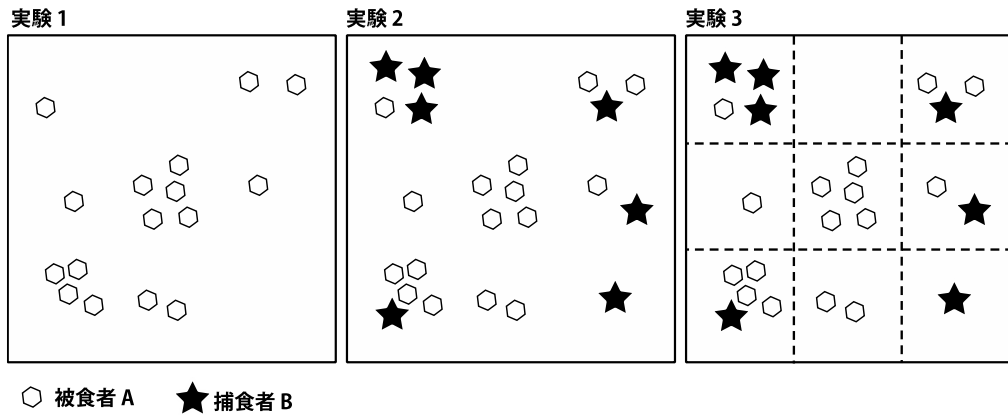


図 1. 各実験の模式図

実験 1～3 によって、次に示す結果 (図 2) が得られた。

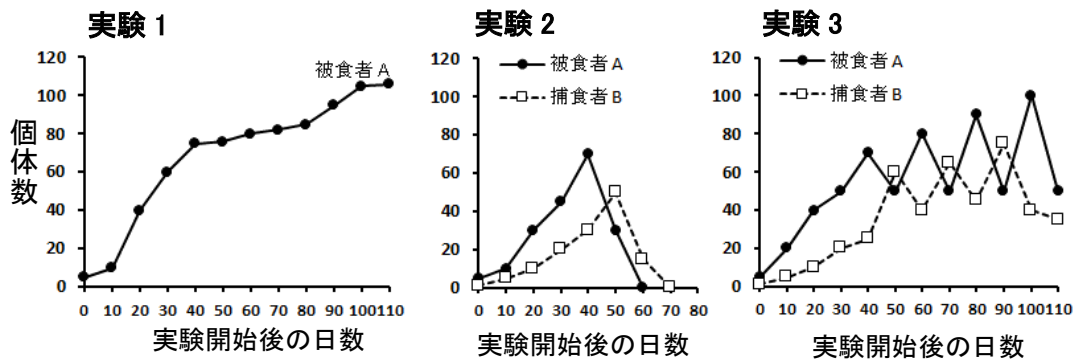


図 2. 実験結果

問 1.

- (1) 実験 2 および実験 3 を行うにあたり、被食者 A に与えた餌の資源量が適当であったかどうか、またそのように判断した理由について説明しなさい。
- (2) 実験 2 において、被食者 A の絶滅がその餌資源量に起因するかどうかについて説明しなさい。

問 2.

- (1) 実験 2 では被食者 A と捕食者 B の両者ともに絶滅した。その理由について説明しなさい。
- (2) 実験 3 では被食者 A と捕食者 B の両者は共存した。その理由について説明しなさい。

なお、問 2 の解答の際、必要なら以下のキーワードを用いても構わない。

キーワード：生息地、パッチ、メタ個体群、移入（移動）、絶滅

設問番号 3 (フィールド科学系科目)

問 1. 海水や a 汽水等の b 塩分を含んだ水に浸った土地に生育するマングローブなどの植物種は、植物体の一部分が塩分を含んだ水に浸ったまま生育できるように環境に適応している。これに関する次の設問に答えなさい。

- (1) 下線部 a に関連して、汽水域とは何かを説明しなさい。
- (2) 下線部 b のような植物が水面下の組織を生かすための形態的な特徴、およびそのはたらきについて説明しなさい。
- (3) 下線部 b のような植物が体内の塩分バランスを調節する仕組みを説明しなさい。

問 2. 葉ができてから枯れ落ちるまでの期間を葉の寿命という。葉の寿命は様々であり、同じ種内でも個体がおかれた生育環境によって、また、異なる種間の生活形(草本と木本、落葉性と常緑性)の違いによって異なる。落葉性においては葉を全くつけていない季節がある。常緑性においては1年の中で個体内の葉の入れ替わりはあるが、葉を全くつけていない季節がない。

木本植物において、

- (1) 葉の光合成能力、
- (2) 葉を構成する物質の違い、
- (3) 生育する環境条件の違い、

を考慮しながら、なぜ落葉性と常緑性の違いがみられるのかを論じなさい。

設問番号 4 (フィールド科学系科目)

問 1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

限られた資源を利用する、ある種の個体群の個体数変動を示すモデルとしてロジスティック式によるモデルが知られている。すなわち個体数を N 、自然状態にある際の増殖率を R 、環境収容力を K としたとき、個体数の微分方程式はロジスティック式を用いて

$$dN/dt = NR(1-N/K)$$

として表される。

この式を拡張した、競争関係にある2種の個体群の個体数変動についてのロトカ・ヴォルテラの競争モデルが提唱されている。種 A と種 B について個体数をそれぞれ N_A 、 N_B とする。これらの種が自然状態にある際の増殖率をそれぞれ R_A 、 R_B 、種 A の 1 個体が種 B の増殖に与える負の影響、および種 B の 1 個体が種 A の増殖に与える負の影響をそれぞれ E_{BA} 、 E_{AB} 、また環境収容力を K_A 、 K_B とする。このとき、ロトカ・ヴォルテラの競争モデルは以下のように表される。

$$\begin{aligned} dN_A/dt &= N_A R_A (1 - (N_A + E_{AB} N_B) / K_A) \\ dN_B/dt &= N_B R_B (1 - (N_B + E_{BA} N_A) / K_B) \end{aligned}$$

これらの連立微分方程式を解析的に解くことはできない。しかしながら、この式を利用して $N_A \cdot N_B$ 平面上に $dN_A/dt = 0$ または $dN_B/dt = 0$ を満たす直線を描くことができる。このような直線をアイソクラインと呼ぶ。2 種の個体数を $N_A \cdot N_B$ 平面上にプロットしたとき、この点がアイソクラインよりも上下あるいは左右に位置しているかどうかを調べることで、 dN_A/dt および dN_B/dt が正の値をとるか、負の値をとるかを判別することができる。その結果をもとに、2種の個体数がどのように変化するか明らかにすることができる。

(1) 図1のような N_A - N_B 平面上のアイソクラインが得られたとする。2種の個体数を N_A - N_B 平面上にプロットしたところ点Cに位置した。この点はどの方向に変化すると考えられるか。また2種の個体数をプロットすると点Dに位置していた場合はどの方向に変化すると考えられるか。点Cおよび点Dそれぞれについて適切と考えられる変化の方向を矢印①～⑧の中から選びなさい。

(2) 図2のような N_A - N_B 平面上のアイソクラインが得られた。いま2種の個体数を N_A - N_B 平面上にプロットしたところ点Fであった。十分な時間が経過した後の種Aおよび種Bの個体数をそれぞれ答えなさい。

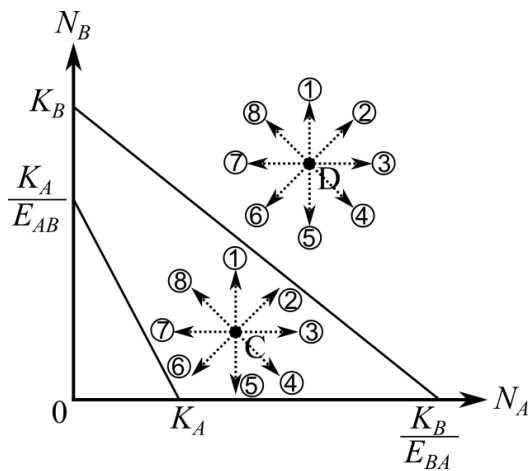


図 1.

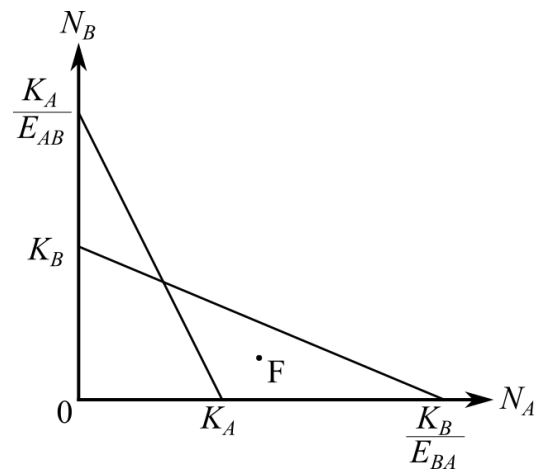


図 2.

問 2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

動物などの個体群において個体数を推定する手法の一つとして、一部の個体を捕獲してこれらに何らかのマークを付けたうえで放し一定期間をおいたのちに再び捕獲を行う、標識再捕獲法(マークアンドリキャプチャ法)がある。標識再捕獲法には幾つか手法が提案されているが、最も古典的で単純な方法として **Petersen 法**がある。

Petersen 法では初回到個体群から捕獲を行って得られた個体数を数えたうえでこれらにマークをつけて放し、一定期間後に2回目の捕獲を行う。2回目の捕獲の際に得られた個体数と、そのうちマークのあった個体数を数える。(a)2回目の捕獲の際に得られた個体数に占めるマークのあった個体数の比率が、個体群の総個体数に占める初回の捕獲の際に得られた個体数の比率と等しくなると仮定して、個体群の総個体数を推定する。

- (1) ある生物の個体群について **Petersen 法**による標識再捕獲を行った。初回の捕獲では40個体が得られ、これらにマークを付けて放した。2回目の捕獲では60個体が得られ、うち15個体にマークがあった。**Petersen 法**を用いて個体群の総個体数を推定しなさい。
- (2) 現実の個体群に **Petersen 法**を用いると、個体数が過大に推定される場合が多い。これは **Petersen 法**の仮定が現実と一致していないことに起因すると考えられる。**Petersen 法**による個体数推定は、どのような仮定に基づいているか。問題文中の下線部(a)の仮定以外に必要な仮定を3つ挙げなさい。

設問番号 5 (生命科学系科目)

次の文章をよく読み、以下の問に答えなさい。

酵素は生体高分子の触媒で、化学反応を促進する。酵素が作用する分子は基質と呼ばれ、反応速度を上げるが、基質と生成物の化学平衡は変えない。多くの化学触媒は広範囲の反応を触媒し、通常、反応物に対して選択性は高くない。対照的に、(a)酵素は通常、選択性が高く、特定の反応のみを触媒する。 (b)基質は、活性部位と呼ばれる酵素の特定の領域に結合する。 活性部位に結合すると、基質は反応生成物に変換され、酵素から解離する。

酵素の触媒活性は、温度および pH の影響を受ける。(c)酵素には、それぞれ至適温度および至適 pH があり、最大活性を示すような高次構造をとっている。 (d)阻害剤と呼ばれる化学物質は、酵素の活性を低下あるいは停止する。 阻害剤は酵素の機能を調節することから薬として使用されていることがある。

(e)酵素の中には、触媒活性発現のために非タンパク質分子である補因子を必要とするものがある。 生理的条件下において、酵素活性は、(f)アロステリック制御、可逆的な共有結合による修飾、(g)酵素前駆体の切断による活性化、 酵素量の調整などの様々な制御機構によって調節される。

問 1. 下線部(a)について、酵素のこのような性質を何というか、書きなさい。

問 2. 下線部(b)について、酵素の“鍵と鍵穴説”を 200 文字程度で簡単に説明しなさい。

問 3. 下線部(c)について、至適温度を超えると酵素活性が急激に低下する理由をタンパク質の二次構造と三次構造等をキーワードとして 300 文字程度で説明しなさい。

問 4. 下線部(d)について、阻害剤の作用様式には主に 4 つのタイプ(拮抗阻害、非拮抗阻害、不拮抗阻害、混合型阻害)がある。このうち、拮抗阻害(競合阻害)について 200 文字程度で説明しなさい。

問 5. 下線部(e)について、代表的な補因子のグループを 2 つ挙げなさい。

問 6. 下線部(f)について、アロステリック酵素を 200 文字程度で簡単に説明しなさい。

問 7. 下線部(g)について、その実例を挙げて 200 文字程度で簡単に説明しなさい。

設問番号 6 (生命科学系科目)

以下の文章を読み、次の問いに答えなさい。

細胞内のタンパク質の合成は、「DNA→mRNA→タンパク質」という遺伝子発現過程を経る。mRNA からタンパク質を合成する過程を(①) と呼ぶ。タンパク質合成装置である(②)は 50 種以上の(③)と数種類の rRNA から構成される複合体である。原核生物の(②)の大きさは(④)S と表される。(②)は大小 2 つのサブユニットから構成され、原核生物の大サブユニットは(⑤)S、小サブユニットは(⑥)S と表される。(1) S は沈降係数を表す単位であり、複合体の値の(④)S は各サブユニットの(⑤)S と(⑥)S の単純な加算にはならない。

細菌のタンパク質合成の開始は、mRNA の開始コドン上流に存在する保存配列と(②)小サブユニットとの結合による。この際、保存配列と小サブユニットの(⑦)S rRNA が塩基対を形成する。(2) 原核生物の系統解析に、(⑦)S rRNA の配列が広く用いられる。

問1. 空欄 (①) ~ (⑦) に適切な語句または数字を入れなさい。

問2. 真核生物がもつ 3 種類の RNA ポリメラーゼのうち、mRNA 合成に関与するものの名称を答えなさい。

問3. 真核生物の成熟した mRNA がもつ 5'端と 3'端の特徴的な構造をそれぞれ答えなさい。また、この構造の役割をそれぞれ簡潔に説明しなさい。

問4. 下線部(1)について、単純な可算にならない理由を 100 文字程度で説明しなさい。

問5. 下線部(2)について、系統解析に用いられる理由を 100 文字程度で説明しなさい

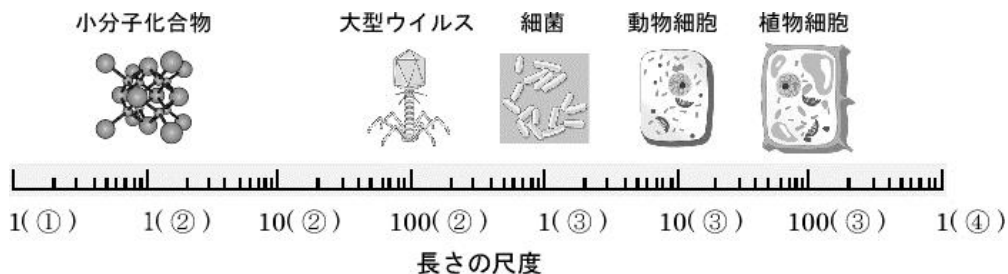
問6. SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動法によって、タンパク質を分子の大きさごとに分離できる理由を 200 文字程度で説明しなさい。

設問番号 7 (生命科学系科目)

次の文章は、生物の多細胞化について述べたものである。説明文をよく読み、各設問に答えなさい。

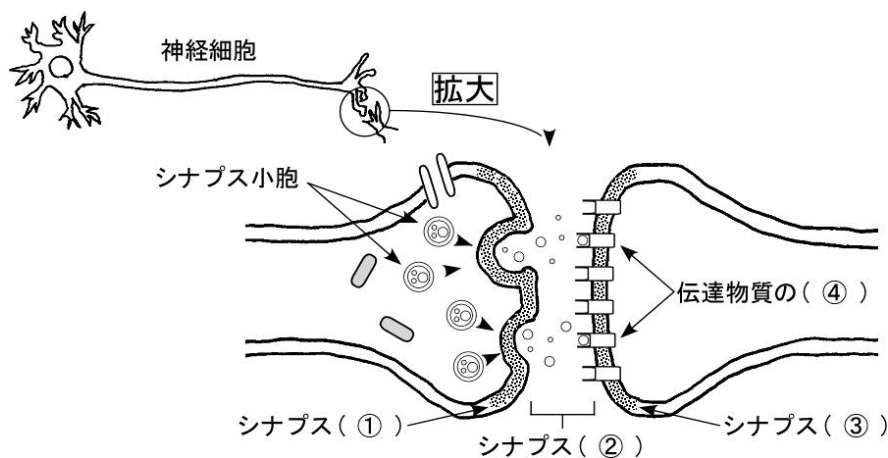
生物を構成する細胞数の違いで大別すると、単細胞生物と多細胞生物に分かれる。動物界や植物界など、いわゆる高等生物と呼ばれる生き物は、すべて多細胞生物なので、多細胞生物の出現は、生物の進化に変革をもたらした画期的な出来事だといえる。数多くの細胞が協力しながら、個体を形成する多細胞生物が出現したことにより、今日の我々に繋がるいくつかの細胞機能も同時に育まれてきた。多細胞生物が個体を作り上げる際には、細胞が無秩序に増殖を繰り返すのではなく、それぞれの細胞が特殊化や専門化を進めながらも、個体としての一体性を保ったままで、生命活動を維持する必要がある。そのために、細胞同士の接着や、細胞間の情報伝達の仕組みを発達させてきた。①細胞の情報交換の方法は、主に情報を送る側と受け取る側の距離によって、a) 直接接触、b) 傍分泌型シグナル、c) 内分泌型シグナル、d) シナプス型シグナルの4つに分類される。単細胞生物から多細胞生物へと進化した道筋の詳細は不明であるが、動物、植物、菌類は、それぞれ独立に多細胞化しており、生物は進化の過程において、複数回にわたって多細胞性を獲得したと推測されている。②比較的最近になって多細胞化した生物として、緑藻に属する群体ボルボックスが知られている。

問 1. 以下の図は、様々な生物の細胞の大きさを模式的に表したものである。空欄(①)～(④)に入る、正しい長さの単位を答えなさい。



問 2. 下線部①について、可溶性分子による細胞間の情報伝達の様式は、a)~d)の4つのタイプに分類されるが、それぞれの特徴を50文字ずつ程度で説明しながら、その違いを比較しなさい。

問 3. 以下の図は、神経系におけるシナプス型シグナルを模式的に示したものである。各部(①)~(④)の名称を答えなさい。また、シナプス小胞を経て放出される、実際の化学伝達物質の名前を2つあげて、それぞれの生理作用を100文字程度で説明しなさい。



問 4. 下線部②について、単細胞のクラミドモナスを祖先種とする、群体性ボルボックス目では、様々な細胞数を持つものが知られている。単細胞生物から多細胞生物へと移行した原因を調べるために、単細胞生物ではないが完璧な多細胞生物でもない、中間的な性質を持つゴニウムという種類に注目して、単細胞のクラミドモナスや多細胞性のボルボックスとのゲノム情報を比較したところ、現在の生物界に広く分布する、細胞周期の調節を行う RB (retinoblastoma) や、その制御因子である cyclin D1 などのタンパク質をコードする遺伝子を多細胞化の過程で新たに獲得していることがわかった。この研究報告を踏まえて、生物の多細胞化の初期段階には、どのような細胞機能が必要なのか、150文字程度で考察しなさい。

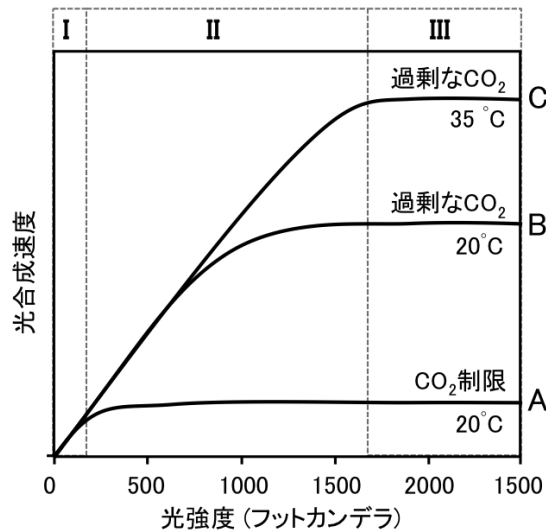
設問番号 8 (生命科学系科目)

問 1. ミトコンドリアと葉緑体のエネルギー代謝には様々な共通点がある。例えば、ミトコンドリアと葉緑体では共に電子伝達系が作り出すプロトン駆動力によって ATP が生成される。以下の問いに答えなさい。

(1) ミトコンドリアと葉緑体の ATP 生成に関与するリン酸化反応の違いを 100 文字程度以内で説明しなさい。

(2) ミトコンドリア電子伝達系と葉緑体電子伝達系 (非循環的) の電子供与体をそれぞれひとつずつ挙げなさい。

問 2. 以下は Blackman が測定した光合成速度の図であり、この測定により「限定要因説」(“Blackman’s law of limiting factors”)が提唱された。この図に関わる以下の問いに答えなさい。

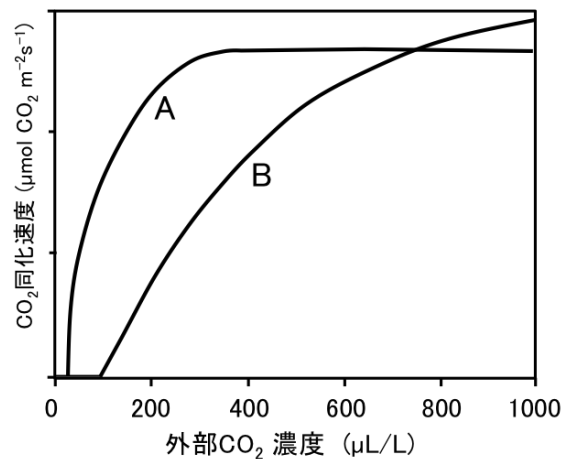


(1) この図で示されている光合成速度に影響する三つの要因を挙げなさい。

(2) 図に示してある A 及び B の条件において、光が十分に強い時に光合成はそれぞれの要因によって制限されているか述べなさい。

- (3) 条件 C は光合成の最大速度とされている。なぜ温度をこれ以上あげても光合成速度は上がらないかを 50 文字程度で説明しなさい。
- (4) 図で示されている結果により、Blackman は光合成とは光を直接利用する段階と利用しない段階があると結論した（光反応と暗反応）。なぜそのように結論付けられるかを 200 文字程度で説明しなさい。必要に応じて、図にラベルしてある I-III の段階を言及してもよい。

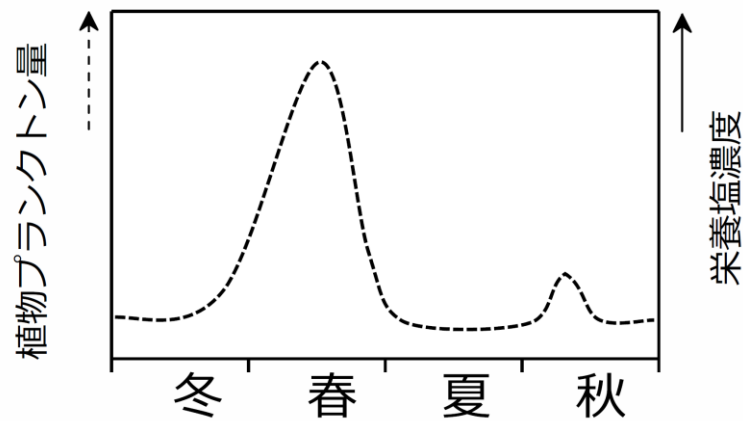
問 3. C_3 植物及び C_4 植物の外部 CO_2 濃度と CO_2 同化速度を以下に図示してある。以下の問いに答えなさい。



- (1) C_3 植物と C_4 植物の光合成機構の主な違いを 200 文字以内で説明しなさい。
- (2) A のパターンを示す植物は C_3 植物、 C_4 植物のどちらか記しなさい。
- (3) 植物 A は植物 B に比べて、低 CO_2 濃度条件で CO_2 同化速度が大きい。その理由を 100 文字以内で説明しなさい。

設問番号 9 (水圏海洋圏科学系科目)

下の図は一般的な温帯・亜寒帯海域の表層における植物プランクトン生物量の季節変化を示した概念図である。



問 1. 上の図を解答用紙に書き写すとともに、新たに栄養塩濃度の季節変化を書き加えなさい。ただし、両者の相対的な量的関係は問わない。

問 2. 植物プランクトン生物量および栄養塩濃度がこのような季節変化を示す理由を、冬季、春季、夏季、秋季に分けて、それぞれ 100 字程度で説明しなさい。なお、以下に示す 5 つの語句を最低 1 回は用いて記述しなさい。

- ・ 鉛直混合
- ・ 日射量
- ・ 有光層 (真光層)
- ・ 水温躍層
- ・ 植物プランクトンブルーム

設問番号 10 (水圏海洋圏科学系科目)

問 1. 通し回遊魚に関する次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

通し回遊魚の生活史は、孵化・成長・産卵を河川と海洋のどちらで行うかで、(①)、(②)、および(③)に分類される。これら通し回遊魚は地理的分布が異なり、(①)は低緯度域、(②)は高緯度域、(③)は両者の中間域に分布する場合が多い。これらのタイプの分布の変異は、産卵場所が海洋、あるいは河川であるかの違い、および緯度により異なる海洋と河川の生物生産力に起因していると考えられている。

例えば、低緯度の生産力の低い海域で生まれた(④)は、低～中緯度の生産力の高い河川に遡上して成長し、産卵のため(①)するようになる。一方で高緯度の生産力の低い河川で生まれた(⑤)は、豊富な餌を求めて降海して高緯度の海域で成長し、産卵のため(②)するようになる。そして(③)する魚類には海洋型の(⑥)や淡水型の(⑦)などが認められ、両者はそれぞれ(①)と(②)の中間的な特徴を示すことが知られている。

(1) 空欄①～③にあてはまる、それぞれ適切な用語を書きなさい。

(2) 空欄④～⑦に入る魚種についてそれぞれ以下から選びなさい。

アユ、コイ、ウナギ、スズキ、マイワシ、サケ、クロマグロ

問 2. 資源管理に関する次の用語をそれぞれ簡潔に説明しなさい。

- (1) TAC (Total Allowable Catch)
- (2) CPUE (Catch Per Unit Effort)
- (3) VPA (Virtual Population Analysis)
- (4) IQ (Individual Quota)
- (5) MSY (Maximum Sustainable Yield)

設問番号 11 (水圏海洋圏科学系科目)

問 1. 以下に記した専門用語は、魚類などでしばしば見られる生殖様式を指す。それらの用語を詳しく説明しなさい。ともに幾つかのパターンがあることに留意しなさい。

- (1) 隣接的雌雄同体
- (2) 単性生殖

問 2. 配偶者選択に関する以下の文書をよく読み、各設問に答えなさい。

- (1) 有性生殖を行う生物は、それぞれの異性と配偶することで繁殖する。一般的な魚類では、雌と雄とでは、配偶者の選び方が異なる。その理由を「配偶子の違い」を考慮して説明しなさい。
- (2) (1) の一般的な魚類に対して、例外としてタツノオトシゴ、ヨウジウオが挙げられる。これらの種では、雌雄で配偶者の選び方が、一般的な生物と逆になる。その理由はなぜか、説明しなさい。

設問番号 12 (水圏海洋圏科学系科目)

次の文章を読み、設問に答えなさい。

波や流れが穏やかな沿岸の河口域には、砂や泥などの細かい粒子の底質からなる堆積物底が広がる。河口域は、塩生湿地、干潟、アマモ場など多様な環境が存在し、生物多様性や生産性が高く、①人間の生活にも有益なさまざまな生態系サービスを提供している。

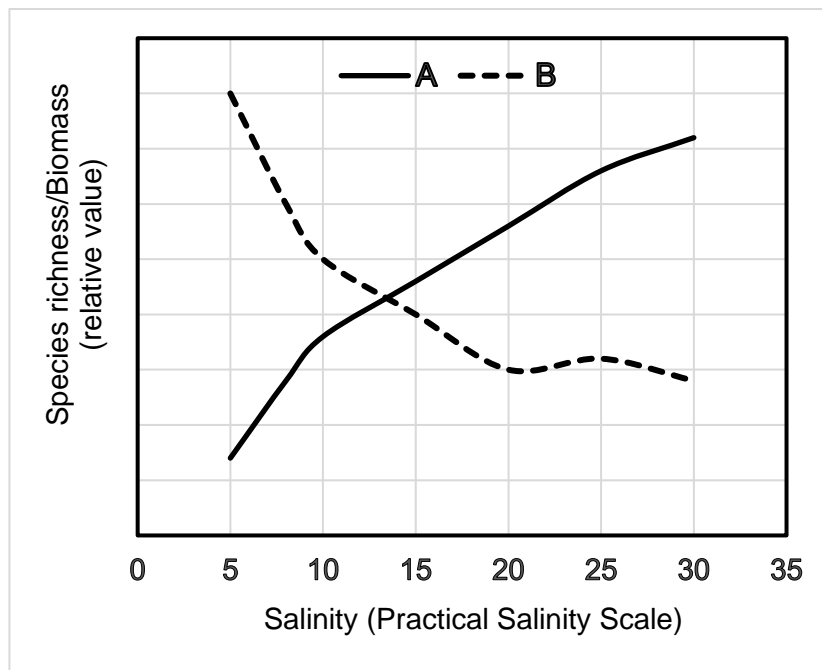
河口域で最も特徴的な点は、陸水と海水が混じり合うことによる塩分の変化である。②河川流入は塩分だけでなく、水温、栄養塩濃度、濁度など水質のさまざまな条件を変化させ、そこに生息する生物にも大きな影響を与える。

③河口域は人間生活の影響を最も受けやすい海洋生態系でもある。干潟、アマモ場などの海洋生物にとって貴重な生息環境は世界的に減少し続けており、その保全と持続的な利用のための施策の立案が急務となっている。

問 1. 下線①について、生態系サービス（人類が生態系から得ている利益の総称）は、供給サービス（人間が直接利用する資源の提供）、調整サービス（気候、水質、土壌などの制御・調整）、文化的サービス（精神的、文化的な利益の提供）、基盤サービス（他のサービスを維持するための生産や物質循環等のプロセス）に分類される。河口域が提供する4種の生態系サービスについて具体例を1つずつ挙げ、それぞれ40字程度で説明しなさい。

問 2. 下線②について、下図は、塩分勾配のある典型的な河口域で底生動物を定量的に調査したときの種数と生物量をグラフにしたものである。

- (1) 種数は A と B のどちらであるかを記入しなさい。
- (2) 河口域で底生動物の種数と生物量はなぜこのような変異を示すか、その理由を説明しなさい。



問 3. 下線③について、沿岸域のなかでも特に河口域の生物群集や生物多様性が人間活動の影響を受けやすい理由について、下記のすべての用語を1回以上使用して説明しなさい。

埋め立て、栄養塩、海面上昇、外来種、気候変動、港湾、集中豪雨、人口、農業、排水