

2023年10月入学者選抜試験
2024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 1) および 2) を読み、設問に答えなさい。

1) バイオームとは、ある特徴を備えた広範囲の土地に分布する生物群集であり、多くは気候の違いによりまとめられる。陸域植生は、おもに、熱帯多雨林、サバンナ、砂漠、温帯草原、温帯落葉広葉樹林、温帯常緑広葉樹林、タイガ、ツンドラの 8 つのバイオームに大別される。バイオームの決定にはさまざまな環境要因が関与するが、特に (①) が強く作用し、一般に、これらの値が高い (多い) とそのバイオームの一次生産量も高いことが知られる。また、生物の種多様性にも地理的パターンが存在し、(②) で種数が多くなる傾向がある。

問1. ①に最も適した組み合わせを示す記号を 1 つ答えなさい。

- A. 土壌養分量と年間降雨量
- B. 年平均気温と年間降雨量
- C. 土壌養分量と年平均気温

問2. ②に最も適した用語を示す記号を一つ答えなさい。

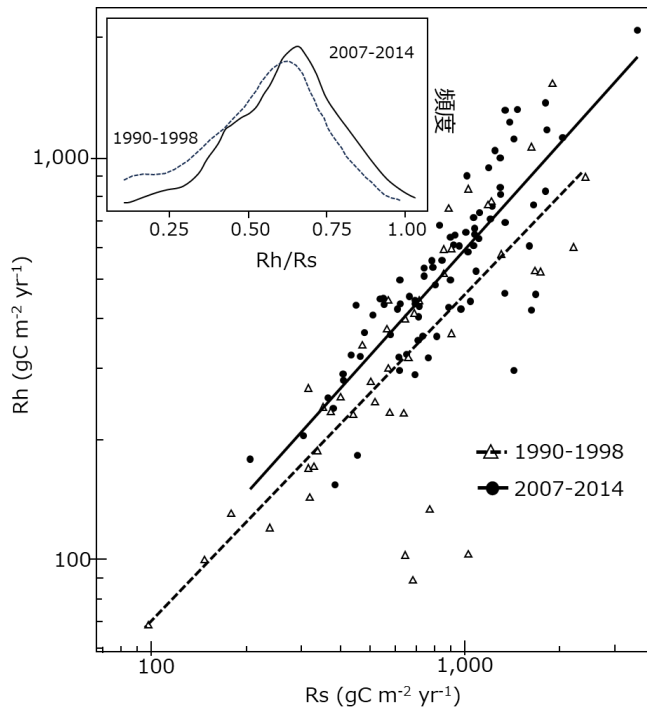
- A. 低緯度
- B. 中緯度
- C. 高緯度

問3. 一次生産量のうち、総一次生産と純一次生産の違いについて 150 字程度で説明しなさい。

2) 陸域生態系における土壌からの CO₂ の放出 (土壌呼吸, Rs) は、土壌動物や微生物などによる従属栄養呼吸 (Rh) と植物根の呼吸である独立栄養呼吸 (Ra) の合計である。Bond-Lamberty *et al.* (2018) は、1990 年から 2014 年の間に世界各地で観測された炭素収支データをもとに、Rs と Rh の関係に注目し、その経年変動や地点間のばらつきおよびその要因を解析した。次の図は結果の一部を抜粋したものである。図から読み取れることを参考に、以下の問いに答えなさい。

(出典: Bond-Lamberty *et al.* 2018, Nature, 560, doi.org/10.1038/s41586-018-0358-x)

(次ページに続く)



Rh/Rsの変動の説明要因
(線形モデルによる)

要因	p 値
観測年	0.009
攪乱	0.364
観測手法	0.086
気温	<0.001
降水量	0.626
土壌炭素量	<0.001
観測年 × 観測手法	0.007
気温 × 降水量	0.064
観測年 × 土壌炭素量	0.104

注釈：モデルで選択された要因のみを記載。
× は相互作用を意味する。

図1. 従属栄養呼吸 (Rh) と土壌呼吸 (Rs) の関係および両者の比 (Rh/Rs) の出現頻度 (散布図内の小グラフ)。1990-1998年と2007-2014年の2つの異なる時期の結果を示している。右の表はRh/Rsの変動を説明できる要因を示している (p 値は要因が偶然で選択される確率)。

問4. 図1 (表を含む) から読み取れる内容のうち、もっとも正しいと思われるものの記号を1つ選びなさい。

- A. 全球で得られた多地点のデータを俯瞰すると、Rs と Rh の間には負の関係がある
- B. いずれの時期でも Rh/Rs には観測地点間のバラツキがなく一定の値を示す。
- C. Rh/Rs は近年、増大傾向にあり、観測年は99%以上の確率で変動に関与している
- D. Rh/Rs の変動には、気温や土壌炭素量は影響しない

問5. Bond-Lamberty *et al.* (2018) は、陸域植生の総一次生産に対する従属栄養呼吸 (Rh) の割合が近年、有意に増加していることを明らかにした。前述の結果とこの知見をもとに考えられる近年の土壌からの CO₂ 放出の変動傾向とそのメカニズムについて、次のキーワードを用いて150字程度で解説しなさい。

キーワード：落葉落枝、土壌有機炭素、気温

設問番号 2 (フィールド科学系科目)

以下の文章 1) および 2) を読み、設問に答えなさい。

1) 嵐や火災などの天災や人為活動などにより、群集から生物を除去し、資源の利用可能性を改変する出来事を(①)と呼ぶ。火山噴火や氷河形成のように、存在していた植生が全滅するような(①)の後に様々な種が移入し、定着した種が次第に置き換わっていくことを(②)と呼ぶ。特に土壌がまだ形成されていないようなところから起きる(②)は(③)と呼ばれる。

このような移り変わりは、氷河が後退してできた裸地(氷河後退域)で特に顕著である。その例として、アラスカのグレーシャーベイで行われた研究がよく知られている。裸地に最初から生育しているのは(ア)などに限られるが、しだいに光合成を行う(イ)が侵入し始め、これらが pH を低下させることで(ウ)が土壌中で成長することを可能とする。そのあとには(エ)と共生する(オ)が植物群集を優占し、その数十年後には同じく(エ)と共生する(カ)が侵入し、密生林を形成する。この林はしばらく安定した状態で存在するが、数百年の間に(キ)に取って代われ、新たな森林が形成される。

問 1. ①～③に当てはまる用語を記述しなさい。

問 2. ア～キに当てはまる生物種を以下のリストから選びなさい。

生物種：矮小低木(チョウノスケソウ)、窒素固定細菌、コケ類、広葉樹(ハンノキ)、地衣類、針葉樹(トウヒ)、真正細菌

問 3. 下線部のように物理的・化学的に環境を改変して、他の生物の住み場所を提供・維持する生物種のことを「生態系エンジニア」と呼ぶ。生態系エンジニアとなりうる生物の名を挙げ*、どのようにその生物が環境を改変するのかを、その生物の生態と他の生物種への影響を含み 100 字程度で説明しなさい。

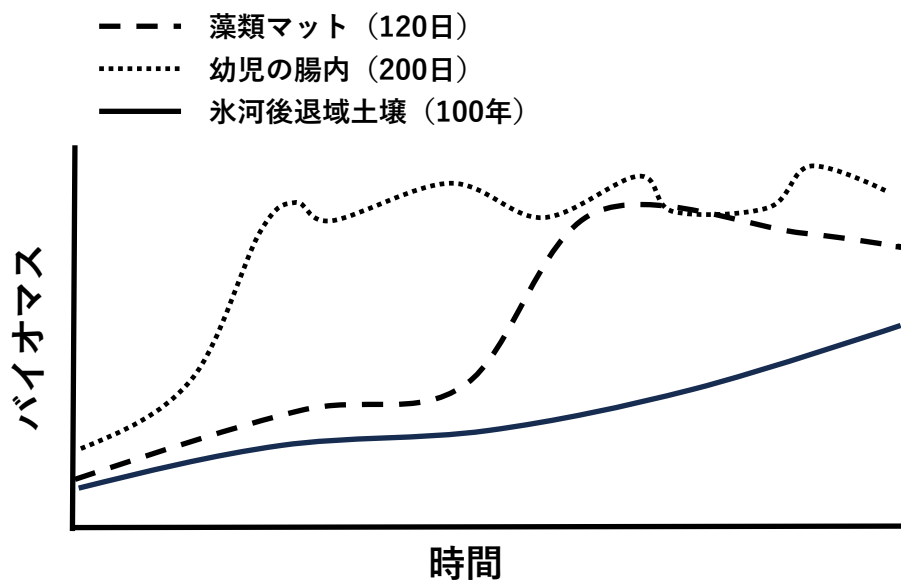
注

*選ぶ生物種のタイプは問わない。

(次ページに続く)

2) 次の図は、さまざまな環境に生息している微生物のバイオマスについて比較した研究論文から改変して引用したものである。以下の問に答えなさい。(出典: Fierer et al. 2010. Changes through time: Integrating microorganisms into the study of succession. *Research in Microbiology*, 161(8), 635-642. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2010.06.002>)

注: 図の横軸「時間」は、凡例中に示した3つの環境、それぞれの年代スケールとする。始まりは移り変わりが始まったタイミングとする。縦軸は各環境における相対的なバイオマスの変化であり、それぞれの環境間との定量的比較はできない。



問 4. 前設問で取り上げた氷河が後退してできた裸地(氷河後退域)は図中の他の2つの環境と比べてバイオマス増加のパターンにどのような違いがあるのか述べなさい(字数制限なし)。また、その理由を次のキーワードを用いて100字程度で説明しなさい。

キーワード: 貧栄養、気温、制限

問 5. 幼児の腸内や藻類マットでは期間の途中でバイオマスの増加が停滞している。このことは自然界では無制限の個体群成長(指数関数的個体群成長)が起こらないことを示しており、このような増殖パターンに近い増殖モデルはロジスティックモデルと呼ばれている。このモデルを説明するのに必要な要素である環境収容力とは何かを説明しなさい。また「環境収容力」を含めて、ロジスティックモデルがどのようなモデルであるかを100字程度で説明しなさい。

設問番号 3 (フィールド科学系科目)

以下の文章 1) から 3) を読み、設問に答えなさい。

1) 生物の分類体系について

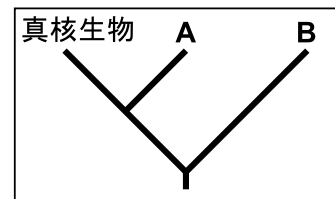
20 世紀の半ばまで地球上の生物は形態・発生学的特徴から 2 つの界もしくは 5 つの界に区分されていた。その後、分子生物学の技術革新と系統解析法に関する理論の発達により生物の系統関係が遺伝子の塩基配列から推定されるようになると、③ドメイン体系が発表された。3 ドメインのうちの 1 つは真核生物 (ユーカリア/ユーカリオータ) であり植物、動物、菌類などで構成されている。真核生物のうち菌類はツボカビ類、接合菌類、子う菌類、(①) ^{※1} の 4 群^{※2} にまとめられる。

注

※1 その子実体が一般的にキノコと呼ばれる群のこと。

※2 全体を 5 群とする見解も存在する。その場合、陸上植物の根と菌根を形成するグロムス類がひとつの系統的まとまりとして扱われる。

問 1. 右図は下線部④の系統関係を示した系統樹である。A と B に該当するドメイン名を答えなさい。



問 2. (①) に入る語句を答えなさい。

2) 菌類の生活環について

多くの菌類は有性生殖または無性生殖により胞子を形成し繁殖するが、有性生殖は相補的な交配型の菌糸 (単相) が寄りあって融合する細胞質融合に始まる。菌糸体の融合した部分には 2 個の単相核がペアの状態が存在する (ヘテロカリオン; 二核性)。とくに (①) や子う菌類では、⑥一定期間ヘテロカリオンの状態が維持された後に核融合が起こり、減数分裂を経て遺伝的に多様な胞子 (単相) が形成される。

問 3. 下線部⑥について、二核性であることの利点を 60 字程度で説明しなさい。

(次ページに続く)

3) 相利共生者としての菌類について

生産者である陸上植物の多くが④根圏で菌類と菌根を形成することで相利共生関係を結んでいる。最も初期の化石植物においても菌根が確認されていることから、菌類との共生が植物の陸上進出を可能にさせたという学説も存在する。

問 4. 下線部④について、根圏で植物と菌根を形成する菌類を菌根菌といい、菌糸の伸長形態から2つの型に分けられる。それぞれの名前を答えなさい。また、それぞれの型の特徴・生育環境を「根の細胞の細胞壁」に着目しながら100字程度で説明しなさい。

問 5. 根圏における陸上植物と他の生物の相利共生の例として根粒菌とマメ科植物の共生関係が挙げられる。この共生関係の概要を200字程度でまとめなさい。

設問番号 4 (フィールド科学系科目)

以下の実験に関する文章を読み、設問に答えなさい。

温帯に生育する樹木の多くは、低温にさらされると (X) する。(X) する上で、温帯性の樹木は低温への耐性がある冬芽を形成するが、そうした冬芽は、春になり暖かい温度に一定期間さらされることで芽吹き、葉が開く。温帯性の樹木であるカエデ類は、同じ樹種でも小さな個体の方が大きな個体よりも開葉の時期が早いことが知られている。同じ樹種でも大きさにより開葉の時期が異なる理由として、以下の 2 つの仮説が考えられた。

仮説 1: 小さな個体の方が大きな個体よりも開葉までに暖かい温度にさらされなければならない期間が短くてよいという生理的な違いがある。

仮説 2: 小さな個体の芽がおかれている場所が、大きな個体の芽がおかれている場所よりも暖かいという環境の違いがある。

いずれの仮説が妥当か検証するために、以下の実験を行った。

実験内容: 図 A) で示されている研究サイトにおいて、土に生えたままの小さな個体(図中①, 樹高約 50cm)、土に生えたままの大きな個体(図中②, 樹高 20m)、土から掘り取ってポットに植え、地面に置いてある小さな個体(図中③, 樹高約 50cm)、そして、土から掘り取ってポットに植え、大きな個体の芽と同じ高さの台の上まで持って行った小さな個体(図中④, 樹高約 50cm)の芽吹きが進む様子を時期を追って観察した。観察の結果、①~④それぞれの条件の樹木について、図 B-1~4) のような開葉のパターンが観察された。図 B-1)、図 B-2)、図 B-3)、図 B-4) はそれぞれ図 A) 中の①、②、③、④の結果を示す。

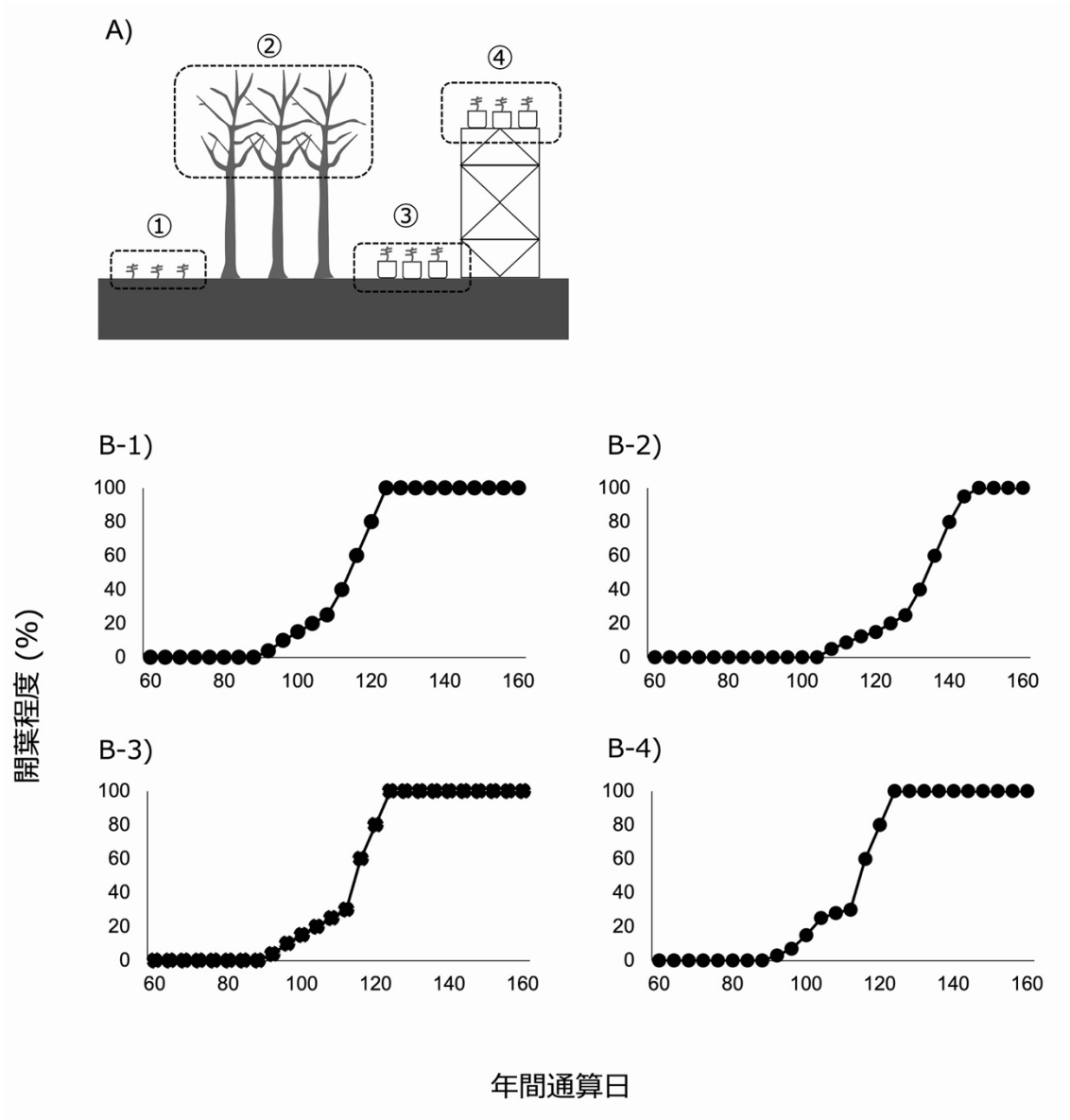
問 1. 文中の (X) に入る適切な単語を述べなさい。

問 2. ③の条件を設けた実験上の理由、およびこのような条件を設けたことで明らかになったことについて 100 字以内で述べなさい。

問 3. 今回の実験から、仮説 1、仮説 2 のどちらが支持されたか。支持された仮説と判断の根拠にした結果について 100 字以内で述べなさい。

(次ページに続く)

問 4. 森林の林床に生育する小さな個体が大きな個体よりも早い時期に開葉することが生存上で有利に働く理由にはどのようなものが考えられるか。早く開葉することには、早い時期から光を成長へ利用することができる一方で、開葉したばかりの葉が春先の霜の害に遭いやすくなることを考慮して 200 字以内で述べなさい。



注1) 年間通算日とは1月1日から通して数えた日にちを示し、12月31日は365となる。

注2) 開葉程度は各個体についての複数の冬芽の中で開葉した冬芽の数の割合である。0%は1つも開葉しておらず、100%はすべての芽が開葉している状態を示す。

設問番号 5 (生命科学系科目)

以下の文章を読んで問 1、2、3、4 に答えなさい。

プロテアーゼは、タンパク質をより小さなポリペプチドや構成アミノ酸への分解を触媒する (①) の総称である。この酵素は、基質となるタンパク質内のペプチド結合に (②) を付加して切断する。

プロテアーゼはその作用様式や活性中心の構造からいくつかのタイプに分類される。基質となるタンパク質鎖の末端アミノ酸を一つずつ遊離させるプロテアーゼを一般に (③) ペプチダーゼといい、タンパク質内部のペプチド結合を切断するプロテアーゼを (④) ペプチダーゼという。また、活性中心にかかわるアミノ酸残基などに基づいて、セリンプロテアーゼ、アスパラギン酸プロテアーゼ、チオールプロテアーゼ、メタロプロテアーゼに分類されることが多い。

このうち、セリンプロテアーゼの多くは活性中心に触媒残基としてセリン (Ser)、ヒスチジン (His)、アスパラギン酸 (Asp) の 3 残基を有しているが、ヒスチジンおよびアスパラギン酸残基は他のアミノ酸残基に置換されているものもある。これら 3 残基はアミノ酸配列上では隣接していないが、空間的には Ser-His-Asp の順に水素結合で結ばれるように配置されており、セリン残基側鎖の γ 位の酸素原子の (⑤) が高められている。

プロテアーゼの生理的機能は多岐に及ぶが、その活性は巧みに調節されている。例えば、⑥ プロテアーゼインヒビターによる活性阻害、pH などの環境要因、細胞内あるいは組織内の局在などによって、プロテアーゼは機能するよう厳密に制御されている。また、⑦ プロテアーゼが他の酵素の一部を限定分解することによって、その酵素活性を調節することもある。

問 1. 上記の空欄 (①) ~ (⑤) に入る適切な語句を下記から選びなさい。

酸化還元酵素、転移酵素、親水性、疎水性、酸素、水素、アミノ、カルボキシ、エキソ、エンド、加水分解酵素、水分子、異性化酵素、親水性、疎水性、求核性、求電子性

問 2. 下線部⑥について、一般に酵素の阻害には可逆的および不可逆的なものがある。可逆的阻害のうち、競争阻害と非競争阻害についてその違いを 200 字程度で説明しなさい。

(次ページに続く)

問 3. 下線部⑦について、一例をあげ、200 字程度で説明しなさい。

問 4. セリンプロテアーゼのトリプシンは、ポリペプチド中のリジンやアルギニンのカルボキシ側のペプチド結合を特異的に切断する。この基質特異性と質量分析計を利用して、タンパク質の同定が行われることがある。その方法について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。

ヘモグロビンは赤血球中の主要なタンパク質であり、酸素分子を組織に運搬する働きを持つ。ヘモグロビンは 2 つの α グロビン鎖と 2 つの β グロビン鎖からなり、各グロビン鎖には鉄原子を含むヘムが結合している。

ヒトのゲノムでは、 β グロビン遺伝子座は第 11 染色体上に位置し、 ϵ 、 $^G\gamma$ 、 $^A\gamma$ 、 ψ 、 δ 、 β の 6 個の β 様グロビン遺伝子群がこの順に並んでいる。このうち ψ 遺伝子は偽遺伝子である。

それぞれの β 様グロビン遺伝子は発生段階特異的に発現する。 ϵ グロビンは胚の時期特異的に、2 つの γ グロビンは主に胎児の時期に発現する。また、 δ と β は出生後に発現する。ただし δ グロビンの占める割合は小さく、 β グロビンが大部分を占める。

遺伝子疾患である鎌状赤血球症は、 β グロビン遺伝子に生じた 1 塩基置換の変異 (S 型) がアミノ酸配列を変化させてしまうことによって生じる。この変異のホモ接合体では、変異型のヘモグロビン分子は末梢組織中のような低酸素状態になると繊維状に重合し、その結果、赤血球が鎌状に変形し、血栓や溶血などの症状を引き起してしまう。一方、S 型のヘテロ接合体は、通常は鎌状赤血球症を示さない。

このような重篤な症状を引き起す遺伝子型であるにもかかわらず、症状を示さない場合がある。これらのヒトの赤血球では、胎児の時期にのみ発現する γ グロビンが出生後も継続して発現し、S 型の β グロビンによる症状が軽減されていることが知られており、hereditary persistence of fetal hemoglobin (HPFH) と呼ばれている。

最近、ゲノムワイド関連解析 (GWAS) によって、この HPFH の原因遺伝子が探索された。その結果、第 2 染色体の *BCL11A* 遺伝子の第 2 イントロン中の一塩基多型 (SNP) が HPFH と強く関連していることがわかった。

BCL11A 遺伝子は主にリンパ球や赤血球の前駆細胞である赤芽球で発現する転写調節遺伝子であることが知られていた。そこで、 $BCL11A$ と β グロビンを発現する赤芽球細胞において、HPFH と関連している SNP の場所を含む *BCL11A* 遺伝子の第 2 イントロン部分を欠失させたところ、*BCL11A* 遺伝子の発現が消失し、 β グロビンに加えて γ グロビンが発現するようになった。

(次ページに続く)

問 1. 下線部㉔について、 β 様グロビン遺伝子群はどのように進化してきたと考えられるか。150 字程度で説明しなさい。

問 2. 下線部㉕について、 γ グロビンから β グロビンに置換するのはなぜだと考えられるか。100 字程度で説明しなさい。

問 3. 中央アフリカを中心として、鎌状赤血球症を引き起こす S 型変異の遺伝子頻度が他の地域よりも有意に高いことが知られている。その理由は何か。100 字程度で説明しなさい。

問 4. ゲノムワイド関連解析とはどのような解析方法か。100 字程度で説明しなさい。

問 5. *BCL11A* 遺伝子の第 2 イントロンにはどのような機能が存在していると考えられるか。50 字程度で説明しなさい。

問 6. 下線部㉖について、この実験から考えられる *BCL11A* の機能とは何か。50 字程度で説明しなさい。

設問番号 7 (生命科学系科目)

以下の文章を読んで問 1、2、3、4 に答えなさい。

従来からの DNA 塩基配列決定には (①) 法が最も用いられている。まずひとつの DNA 断片を対象に相補的な塩基配列を (②) 基質によって伸長させる。塩基ごとに異なる蛍光標識がされた (③) 基質が伸長末端に付加すると伸長反応が止まる。この反応産物を (④) 電気泳動で分子量によって分離し、分子量が (⑤) 順に蛍光検出することで、対象 DNA 断片の塩基配列を決定する。このサンガーシーケンサーと比較して、(⑥) シーケンサーは大量・安価に塩基配列を決定できる。その結果、様々な生物の全 (⑦) 塩基配列を解読することが簡便になった。生物特有の機能を担う遺伝子が明らかになると同時に、多くの機能未知遺伝子の存在が指摘された。機能未知遺伝子の解析法として、⑧細胞中の遺伝子機能を不活性化 (もしくは活性化) することで生物における機能を解析する方法等が行われている。

問 1. 上記の (①) ~ (⑦) に入る最も適切な語句を下記から答えなさい。

大きい、小さい、新時代、次世代、ゲノム、細胞、アミノ酸、ddNTP、dNTP、dATP、ダイターミネーター、ダイプライマー、キャピラリー、SDS-PAGE

問 2. 遺伝子からタンパク質を生産する仕組みは、真核生物と原核生物で大きく異なる。真核生物について説明した項目を下記 a) ~ d) から全て選びなさい。

- a) mRNA は細胞質にあるリボソーム上で翻訳される
- b) 一つの mRNA に複数の遺伝子が転写されている
- c) 転写は RNA ポリメラーゼによって核内で行われる
- d) 不要なタンパク質はプロテアソームで分解される

(次ページに続く)

問 3. ⑧について細胞中の遺伝子機能を不活化するため、細胞や個体のゲノムを編集する強力な新技術 CRISPR-Cas9 システムが開発された。この技術がどのような原理に基づいて対象遺伝子を不活性化するのかを下記用語を用いて 200 字程度で説明しなさい。

・ガイド RNA ・ Cas9 ・ 二本鎖切断

問 4. CRISPR-Cas9 システムは、農作物生産改良への応用利用が期待されている。この技術が従来の遺伝子工学的手法と比較して優れている点を 50 字程度で答えなさい。

設問番号 8 (生命科学系科目)

以下の文章を読み、設問に答えなさい。

動物細胞のリソソームは、高分子を加水分解するための酵素群を持つ膜の袋である。リソソームの酵素はリソソーム内の(①)環境で活性が最も高い。加水分解酵素群は(②)でつくられて、次に(③)に運ばれて、その後、修飾を受ける。

リソソームは様々な状況において細胞内消化を行う。アメーバなどは小さな生物や餌となる顆粒を(④)と呼ばれる過程によって取り込む。ヒトの細胞の中でも、白血球の一つである(⑤)は、(④)を行う。細菌などを取り込んで消化することにより、体を守ることに役立つ。

問 1. 空欄 (①) ~ (⑤) に入る、最も適切な語句を答えなさい。

問 2. 次の中から、誤っていると思われるものを一つ選び、その誤った語句を指摘し、正しい語句を書きなさい。解答例 e) 光合成→呼吸

- a) リソソームの加水分解酵素は、細胞自身の有機物を再利用するために働くことがある。
- b) 液胞膜は溶質の輸送に選択性を持つ。
- c) 多くの海水生の単細胞真核生物は、細胞外に余分の水を排出する収縮胞を持つ。

問 3. 植物細胞では、液胞に含まれた特定の有機化合物が、動物との相互作用において役割を果たすことがある。その役割の例を二つ挙げなさい。

問 4. 成熟した植物細胞には、小さな液胞が合体して発達した大きな中央液胞がある。中央液胞の果たす主要な役割としてイオンの貯蔵場所である以外に考えられる役割と大きな液胞を持つ利点を一つ挙げなさい。

設問番号 9 (水圏・海洋学系科目)

次の海藻類の光合成色素に関する文章を読み、以下の問に答えなさい。

海藻類は陸上植物と共通の光合成色素以外に、分類群によって、それぞれ特有の色素を持っている。この光合成色素組成の差異により、光を直接受けることができる潮間帯や、海水により減衰した微弱な光しか届かない潮下帯には、それぞれ異なる種が優占している。光は水中では急激に減衰するが、中でも (1) 光が最も速やかに減衰し、(2) 光と (3) 光が最も深いところまで届く。全ての分類群に共通な主となる光合成色素は (4) で、緑藻では陸上植物と同様にクロロフィル *b*、(5) 等が光捕集色素 (補助色素) として存在する。褐藻では (6)、(7)、紅藻では (8)、(9) がそれぞれ特異的な色素として存在する。特に (7) や (9) は海中の深くまで届く (2) 光を吸収し、効果的に光合成に利用できる。また深所に生育するミル等の緑藻類では (2) 光を吸収できる (10) を持っている。

問 1. 空欄 (1) ~ (10) に入る適切な語句を、以下にある語句群から選びなさい。

青色、赤色、黄色、緑色、カロテン、クロロフィル *a*、クロロフィル *c*、シフォンキサンチン、フィコエリスリン、フィコシアニン、フコキサンチン、ルテイン

問 2. 紅藻類では同一の種であっても、潮間帯の上部の個体と下部の個体では体色が異なることがよくある。この現象は何が原因と考えられるか 100 字以内で説明しなさい。

問 3. 緑藻アナアオサと紅藻スサビノリの生活史について、核相の変化、減数分裂、生殖細胞 (遊走細胞) の形状、世代間の体サイズの違いに着目しながら、以下のキーワードを過不足なく使用し、それぞれ 200 字程度で説明しなさい。

キーワード

緑藻アナアオサ 配偶子、配偶体、孢子体、遊走子

紅藻スサビノリ 殻孢子、精子嚢、接合孢子 (果孢子)、接合孢子嚢 (果孢子嚢)、造果器、配偶体、孢子体、葉原孢子 (単孢子)

設問番号 10 (水圏・海洋学系科目)

漁業に関する次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

海洋域の魚類は多様であるが、(①) と (②) に大きく分けられる。前者は水中を泳ぎ回り、後者は海底やその近辺で暮らしている。(①) には、カタクチイワシ類、サバ類、マグロ類などがおり、(②) には、メルルーサ類、ハドック類、マダラ類などがいる。また、ほとんどの海域で生物はまばらに生息している。それは、海の溶存栄養塩類が希薄なために (③) が低いからである。その結果、漁業上の重要魚種の資源量は、海洋の中でも (④) と (⑤) という 2 つの環境に集中する傾向がある。大陸の周辺には、極めて緩傾斜の棚状の地形が分布し、これを (④) という。(④) の海域は陸に近く、河川から栄養塩が豊富に供給されるために食料が豊富である。また、下層から栄養塩を表層に運ぶ流れのある領域を (⑤) という。世界の数少ない (⑤) には、アフリカ西部、北アメリカ西部、南アメリカ西部の沖合などがある。

魚類は大陸周辺の比較的浅い海域に群れを作るので、海洋における大陸周辺の漁業は非常に大きな産業となっている。そこでは魚類は餌を食べて繁殖し、また多くの漁業重要種は数千～数 100 万尾もの群れに集まる。これら魚群は、音響探査機などの計測機器で発見することができる。計測機器を使用し、大がかりな漁業船団は魚群を見つけると、トロール網や旋網、流し網などの様々な漁網を展開し魚類を漁獲する。

問 1. 空欄 (①) ～ (⑤) に適切な語句を入れなさい。

問 2. 下線部について、魚群の探索に使用される音響探査機はどのようなものがあるか、またその仕組みについても 200 字程度で説明しなさい。

問 3. 海洋生物資源の持続的利用を考えた場合に、流し網の使用に関する問題点を 300 字程度で説明しなさい。

設問番号 11 (水圏・海洋学系科目)

親子関係を定量的に示す再生産モデルで広く使われている Beverton-Holt 型と Ricker 型モデルについて下記の問いに答えなさい。

Beverton-Holt 型の再生産曲線は下式で示される。

$$R = \alpha S / (1 + \beta S)$$

ここで、 S : 産卵量、 R : 加入量、 α および β : 定数

このモデルでは、 S が小さいとき、 R は (1) とほぼ等しいが、 S が大きくなると、 R は (2) に漸近する。

一方、Ricker 型の再生産曲線は下式で示される。

$$R = \alpha S e^{-\beta S}$$

ここで、 S : 産卵量、 R : 加入量、 e : ネイピア数、 α および β : 定数

このモデルでは、 S が小さいとき、 R は (3) とほぼ等しいが、 $S = (4)$ で R は極大値 (5) をとり、 S が大きくなると R は (6) に漸近する。

問 1. 上記文中の (1) ~ (6) に入る最も適当な数値、数式を下記から選びなさい (重複選択可、 e はネイピア数)。

- ① α 、② β 、③ e 、④ $1/\alpha$ 、⑤ $1/\beta$ 、⑥ $1/e$ 、⑦ $\alpha\beta$ 、⑧ α/β 、⑨ β/α 、
⑩ $\alpha/(\beta e)$ 、⑪ $\beta/(\alpha e)$ 、⑫ α/S 、⑬ β/S 、⑭ αS 、⑮ βS 、⑯ 1、⑰ 0

問 2. X 軸に“産卵量 (S)”、Y 軸に“加入量 (R)”をそれぞれ取り、Beverton-Holt 型と Ricker 型再生産モデルを模式的に図示しなさい。その際、問 1 の (2)、(4)、(5) および (6) の数値もしくは数式を図中に示しなさい。

問 3. Beverton-Holt 型の定数 α および β は、生物の挙動の面からみるとどのような意味があるかをそれぞれ約 20 字以内で答えなさい。

問 4. Ricker 型はサケ類に適応されることが多い。その理由を約 50 字以内で述べなさい。

設問番号 12 (水圏・海洋学系科目)

海水の塩分に関連する以下の設問に答えなさい。

問 1. 海洋学で使用される塩分の二つの概念を示し、定義と単位と測定方法を含め、それらの違いが分かるようにそれぞれ 100~200 字程度で説明しなさい。

問 2. 海洋の表層水の平均的な塩分が緯度によってどのように変化するかを北緯 40 度から南緯 40 度までの変化として図示しなさい。ただし、X 軸に緯度を、Y 軸に塩分を示し、それぞれの軸に目盛りと数値を明記しなさい。また、塩分がそのような緯度変化を示す理由を 200 字以内で簡潔に説明しなさい。

問 3. 以下に示すデータを用いて、海洋におけるナトリウムの滞留時間を、計算過程・単位を示したうえで求めなさい。海水中のナトリウム濃度は定常状態であるものとする。

項目	数値
海洋の表面積	4.0 億 km ²
海洋の平均水深	4000 m
海水の塩分	35
塩分に占めるナトリウムの割合	30 % (重量)
河川から海洋への年間淡水流入量	3000 万 km ³
河川水中のナトリウム濃度*	6.0 mg/L

注 *河川水中濃度は循環塩を補正した値である

問 4. 問 3 と同様にケイ素の滞留時間を求めると、ナトリウムの滞留時間よりも三桁程度小さな値となる。その理由を説明しなさい。