

理 科

15：00～17：30

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は55ページある。このうち、「物理」は2～11ページ、「化学」は12～28ページ、「生物」は29～47ページ、「地学」は48～55ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

科目	総合入試					学部別入試					歯学部	獣医学部	水産学部
	系					医学部							
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	保健学科						
							看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻			
物理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○								○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

生 物

1 次のⅠとⅡの文章を読み、それぞれの間^aに答えよ。

Ⅰ ヒトにおいて血しょう中グルコース濃度(血糖値)の調節には自律神経系と複数のホルモンが関わる。視床下部は血糖値の変動を感知し、血糖値が低いときには (ア) 神経が活性化され、副腎からアドレナリンや糖質コルチコイド、すい臓のランゲルハンス島のA細胞から (イ) が分泌される。食後など血糖値が上昇した際には、 (ウ) 神経の活性化とグルコースの作用により、すい臓のランゲルハンス島のB細胞でのインスリン分泌が促進される。グルコースによるインスリン分泌については、グルコース取り込みを引き金とした機構^aが知られている。

問 1 文中の (ア) ~ (ウ) に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部 a について、血しょう中グルコース濃度が上昇してから、インスリンがすい臓 B 細胞の外へ分泌されるまでの間の現象(A)~(F)を、適切な順序に並べ替えよ。

血しょう中グルコース濃度が上昇する。

→

→	→	→	→	→
---	---	---	---	---

 →インスリンが細胞外へ分泌される。

- (A) ATP感受性カリウムチャネル(カリウムイオンを細胞外へ輸送)が閉じる。
- (B) 電位依存性カルシウムチャネル(カルシウムイオンを細胞内へ輸送)が開く。
- (C) グルコースがすい臓 B 細胞に取り込まれる。
- (D) 細胞内カルシウム濃度が高まる。
- (E) グルコースを利用した ATP 産生が高まる。
- (F) 細胞内のカリウム濃度が高まる。

問 3 上記の(F)において、細胞膜内外の電位差はどうか下記(A)~(C)のうち正しいものを1つ選び記号で答えよ。

- (A) 大きくなる
- (B) 小さくなる
- (C) 変わらない

問 4 問 2 の一連の応答にはどの程度の時間が必要か。下記(A)~(E)より 1 つ選び記号で答えよ。

- (A) 30 分未満
- (B) 30 分以上～ 1 時間未満
- (C) 1 時間以上～ 2 時間未満
- (D) 2 時間以上～ 8 時間未満
- (E) 8 時間以上～12 時間未満

問 5 インスリンが細胞外へ分泌されるような、細胞内の小胞の内容物を細胞外に放出する機構を何とよぶか答えよ。

問 6 一定時間(8 時間程度)絶食させたヒトにおいて、グルコースを上部小腸内に直接注入すると、血しょう中のグルコース濃度とインスリン濃度が高まる。以下①~④の条件下で、グルコースを上部小腸内に直接注入すると、血しょう中のグルコース濃度とインスリン濃度の上昇の程度は、下線部 b の場合と比べてそれぞれどのようになるか下記の選択肢(A)~(C)より 1 つ選び記号で答えよ。自律神経の代償的作用や、グルコース投与前の食事の影響は考慮しないものとする。

- ① 腸管腔内でアミラーゼのはたらきを阻害した場合
- ② 腸でのグルコース吸収を阻害した場合
- ③ すい臓でのグルコース取り込みを阻害した場合
- ④ 筋肉や脂肪組織でのグルコース取り込みを阻害した場合

- (A) 増大する (B) 減少する (C) 変わらない

II 腎臓でのグルコースの再吸収において、近位尿細管(尿細管は細尿管、腎細管ともよばれる)でグルコースを輸送する細胞膜タンパク質(トランスポーター)のはたらきが重要である。近位尿細管の管腔側にはグルコースへの親和性とグルコースの最大輸送能力(単位時間あたりに輸送できるグルコースの最大量)の異なる2種類のトランスポーター(SGLT 1, SGLT 2)が存在し、近位尿細管上流部で吸収されなかったグルコースをその下流部のトランスポーターが回収することで、ほとんどのグルコースが再吸収される。それぞれのトランスポーターの稼働率(最大輸送能力に対する実際の輸送量の百分率)は通常100%ではなく、予備能が残っている。

通常のグルコース再吸収への寄与率は、SGLT 1が10~20%、SGLT 2が80~90%である。正常な血糖値のヒトで1日のグルコースろ過量が180グラムの場合、^cSGLT 1による再吸収量を20グラム、SGLT 2による再吸収量を160グラムとする。この時、SGLT 1のはたらきを完全に阻害すると、1日20グラムのグルコースが尿中に排出される。一方、SGLT 2のはたらきを完全に阻害すると、1日60グラムのグルコースが尿中に排出され、上述の寄与率とは一致しない。このことは、低親和性のSGLT 2が上流側、高親和性のSGLT 1が下流側ではたらいっていることを示している。

問 7 SGLT 2を完全阻害した際にSGLT 1が100%稼働していたとすると、下線部cのような通常時のSGLT 1の稼働率は何%となるか整数で答えよ。小数点以下の数値が算出された場合は、小数点第一位を四捨五入すること。

問 8 下線部cにおいてSGLT 2の稼働率が50%であるとする、2つのトランスポーター合計での最大輸送能力は1日何グラムとなるか整数で答えよ。小数点以下の数値が算出された場合は、小数点第一位を四捨五入すること。

問 9 SGLT 2を阻害する薬剤は尿中グルコース濃度を上昇させるが、糖尿病治療薬として用いられる。なぜ有効であるのか簡潔に説明せよ。

問10 表1は血しょう，原尿，尿における各種物質の濃度を示している。イヌリンは体内で合成されない多糖類であり，腎臓での再吸収も分泌もされない物質として，腎臓の機能評価のために静脈注射されたものである。この時の1日の尿量は1,500 mLであった。表1の数値をもとに，腎臓(尿細管と集合管)で再吸収される物質の1日あたりの①再吸収率(%)，②再吸収量(mg)を求め，表1中の物質のうち高い順に4つを記号で選び，解答欄の不等号に合わせて並べよ。

表1 各種物質の血しょう中，原尿中，尿中濃度

(単位：mg/mL)

	血しょう	原尿	尿
(A) イヌリン	0.1	0.1	12
(B) タンパク質	80	0	0
(C) グルコース	1.0	1.0	0
(D) ナトリウムイオン	3.2	3.2	3.5
(E) カリウムイオン	0.2	0.2	1.5
(F) 尿素	0.3	0.3	20

2

次のⅠ～Ⅲの文章を読み、それぞれの間に応えよ。

Ⅰ 動物の卵は、受精によって活性化され、細胞分裂を伴う発生を開始する。卵の極体が放出された場所を [ア] 極とよび、赤道面から [ア] 極のある側を [ア] 半球とよぶ。研究によく使われるアフリカツメガエルにおいては、[ア] 半球は相対的な重さが軽いため上側に位置し、色素粒が多く分布して暗色である。アフリカツメガエルでは、卵に精子が進入したあと、卵の表層が細胞質に対して約30度回転する。この回転を [イ] とよび、これによって精子が進入した点の反対側に色素粒が少ない領域である [ウ] が生じる。精子が進入した側が将来の腹側になる。

動物の受精卵は、分裂を繰り返しながら発生していくが、このような発生初期の細胞分裂のことを [エ] とよぶ。アフリカツメガエルでは、3回目の [エ] が赤道面よりも [ア] 極側で起こる。このように分裂によって違う大きさの割球が生じるような [エ] は [オ] とよばれる。[オ] が起きることは、[カ] が卵の一部に偏って存在することと関係があるとされ、アフリカツメガエルにおいては [キ] 極側に [カ] が多く、その相対的な重さのために下側となる。胚は [エ] を繰り返した後、桑実胚、胞胚とよばれる時期を経て、原腸胚となる。原腸ができる際に、陥入が始まる部分を原口とよぶ。^a 原腸の形成が終わると、神経胚となる。神経胚では、まず背側に神経板が現れ、その両側が盛り上がり中央で融合する。その結果、背側の内部に管状の [ク] が生じる。アフリカツメガエルの胚は神経胚から尾芽胚となり、さらに発生が進むとふ化して幼生となる。

問1 文中の [ア] ~ [ク] に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部aに関連して、動物の種類によって、原口が将来の口になる場合と肛門になる(または原口のすぐ近くに肛門ができる)場合がある。原口が将来の口になる動物のグループを、旧口動物とよぶ。以下の動物のリストのうち、旧口動物をすべて選べ。

ウニ、ゴカイ、カエル、カツオ、サザエ、ハエ

II ジョン・ガードン(John Gurdon)は、1950年代から、アフリカツメガエルの体細胞の核を卵に移植する実験を行ってきた。まず卵に紫外線を照射し、核に含まれている遺伝情報を破壊した。次に、ある幼生の小腸上皮の細胞から、核を取り出した。この核を、紫外線照射された卵に注入した。多くの卵は正常に発生しなかったが、一部は発生が進み、さらにごく一部は幼生となった。発生中の胚や幼生の細胞を調べると、その遺伝情報は移植した核に由来していた。このことは、移植する核を準備する際に、黒色色素をつくることのできない変異体や、通常^b2つある核小体を1つしかもたない変異体を使うことで確かめられた。

問 3 この実験で示されたことは何か。最も適切なものを以下の(A)~(D)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 分化した幼生の細胞の核は、胚発生に必要な遺伝情報を保持している。
- (B) 紫外線は、成体のカエルには無害だが、卵の核には重大な影響を与える。
- (C) 黒色色素をつくることのできない変異体は、正常な形の発生に必要な遺伝情報をもっていない。
- (D) カエルの核を移植すると、効率よく多くの幼生を得ることができる。

問 4 下線部bに関して、ジョン・ガードンは移植する核を準備する際に黒色色素をつくることができない変異体も用いているが、核小体の変異体を使った研究成果も多く残している。なお、核小体は核の中にある構造体で、主な機能はリボソームの合成である。研究を進める上で、核小体の変異体を使ったほうが有利な点は何か。最も適切なものを以下の(A)~(D)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 黒色色素をつくることができない変異体は紫外線に弱いですが、核小体の変異体は紫外線に耐性をもつこと。
- (B) 核小体の変異体を用いると、黒色色素をつくることができない変異体を用いたときよりも、発生より早い時期から細胞の遺伝情報の由来が判別できる。
- (C) 核小体の変異体を用いることで、細胞分裂がより活発になり、大きな成体のカエルを得ることができる。
- (D) 核小体の変異体を用いることで、黒色色素をつくることができない変異体を用いたときよりも、遺伝的に均一なカエルを得ることができる。

Ⅲ キイロショウジョウバエの卵は、地上に落ちた果物などの基質に産みつけられる。受精卵の中で、前端側にはピコイドという母性効果因子の が局在(偏って存在)している。この が翻訳されて生じるピコイドタンパク質は、その濃度勾配によって胚の 軸を決定する主要な因子の1つである。発生が進み、体の分節(繰り返し)構造ができると、体のどの部分がどのような特徴をもつかを決定する遺伝子である 遺伝子がはたらく。 遺伝子に突然変異が生じると、成虫において本来は1対のはずの翅が2対になったり、触角ができる場所に脚ができるなどの形態異常が生じる場合がある。卵からふ化した幼虫は、基質やその周辺の微生物などを食べて成長し、やがて蛹となる。蛹はやがて羽化して成虫となる。このように、発生の過程で大きく形が変わることを とよぶ。 は、昆虫に限らず、様々な動物でみられる現象である。

問 5 文中の ~ に最も適切な語句を入れよ。

問 6 下線部 c に関連して、ピコイドタンパク質の濃度勾配が胚の広い領域にわたって効果をもつことができるのは、キイロショウジョウバエの胚がもつある重要な特徴と関係がある。その重要な特徴とは何か。最も適切なものを以下の(A)~(D)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 卵が基質に産み付けられた時点で、原腸形成と中胚葉の誘導が完了している。
- (B) 発生の初期にはまだ細胞壁が発達していないために細胞間で物質の移動が起きやすい。
- (C) 発生の初期には受精卵全体を等分する形で分裂が起こり、物質の配分が正確に制御される。
- (D) 発生の初期には核だけが分裂し、細胞質は分割されない。

問 7 下線部 d に関連して、発生の過程を見ることで生物の類縁関係を明らかにするためのヒントが得られる場合がある。図 1 は、エボシガイという動物の幼生のスケッチである。エボシガイはフジツボの仲間であり、19 世紀のはじめ頃までは軟体動物の一種であると考えられてきた。しかし、この幼生がもつ特徴をはじめとする様々な証拠から、現在では軟体動物門とは別の門に分類される。その門は何か答えよ。また、図 1 から読み取れる、その門を特徴づける最も顕著な形質を 1 つ答えよ。

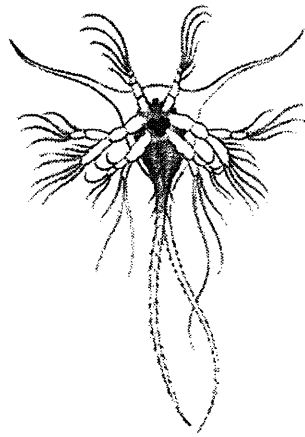


図 1

Thompson, V. J. (1835) より転載

3 次の文章を読み、それぞれの問題に答えよ。

マイクロサテライトは、「CACACA・・・」あるいは「CAGCAGCAG・・・」といった短い塩基配列の繰返しからなる DNA 領域で、動物や植物のゲノム中に広く散在する。一般に、これらの配列は進化的に中立で、その繰返しの数に遺伝的な多型があり、遺伝的多様性の調査や、親子鑑定あるいは個人識別のための標識として広く利用されている。具体的には、相同染色体の同じ位置(座位)にあるマイクロサテライトを含む DNA 領域を PCR 増幅し、電気泳動をしてそれらの長さを比較することで、配列の繰返し数に基づく遺伝的な違いを評価することができる。

ここで、成体の雄(♂) 2 個体(P1, P2)、成体の雌(♀) 2 個体(P3, P4)、および幼若個体 12 個体(J1 ~ J12)からなる動物の集団(群れ)を想定し、マイクロサテライトを利用した親子鑑定と性別判定を試みる。この動物はヒトと同じく 2 倍体ゲノムで XY 型の性決定様式をもつが、幼若個体の段階では外見で性別を判断することは難しい。そして、上記 16 個体について、常染色体のマイクロサテライト 1 座位、および Y 染色体のマイクロサテライト 1 座位についてそれぞれ PCR 増幅を行い、得られた DNA 断片を電気泳動したところ、常染色体の座位では a~h(図 1)、Y 染色体の座位では i, j のバンド(図 2)が確認された。

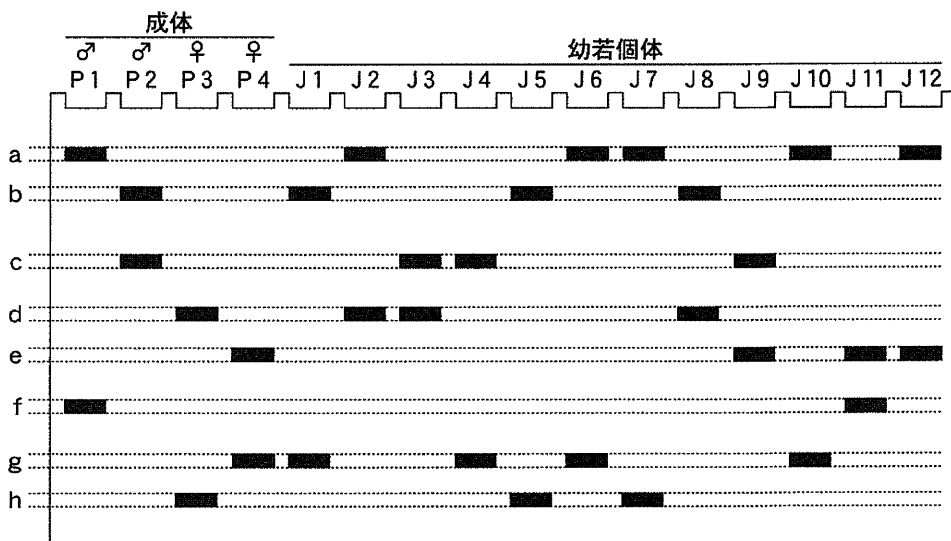


図 1

問 3 下線部 c について、中立説あるいは中立進化に関する説明として適切なものを次の(A)~(E)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 中立説は自然選択説に代わって生物進化を説明するものとして、広く受け入れられている。
- (B) タンパク質をコードする領域でアミノ酸の種類を変える突然変異が生じたとしても、表現型に影響がなければ、その変異は中立的とみなされる。
- (C) 中立的な突然変異は自然選択の影響を受けず時間(世代)とともに蓄積する。そのため、相同な DNA 領域を種間で比較した場合、種が分かれてからの期間が長いほど塩基配列の違いが大きいことが期待される。
- (D) 中立説では、中立進化における遺伝的浮動の効果は無視してよいと考える。
- (E) 一般に、コドン 1 番目とコドン 2 番目に比べて、コドン 3 番目で塩基置換率が高いのは、コドン 3 番目で生じるほとんどの塩基置換がアミノ酸を変えるからである。

問 4 下線部 d について、遺伝的多様性に関する説明として適切でないものを次の(A)~(E)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 血縁の近い個体どうしが交配する割合が高くなると、その集団の遺伝的多様性は高くなる。
- (B) 遺伝的多様性が高ければ、生息環境に変化が生じたとしても、その環境に対応して生存できる個体がいる可能性が高くなる。
- (C) 同じ種でも、地理的に離れている集団の間では、遺伝子構成に違いがある傾向が認められる。
- (D) 遺伝的多様性が減少することで、将来、薬の開発などに役立つ可能性がある遺伝子資源が少なくなることが考えられる。
- (E) 個体数が減少した集団の遺伝的多様性は、個体数が多い集団に比べて高くなる。

問 5 下線部 e について、この集団(群れ)における、常染色体マイクロサテライトのバンド a, d, g の頻度(対立遺伝子頻度)を、小数点第 4 位を四捨五入して求めよ(例: 0.123)。

問 6 下線部 e について、幼若個体 J1, J4, J9 の両親は、それぞれ次の(A)~(D)のどれか。記号で答えよ。

(A) P1 と P3

(B) P1 と P4

(C) P2 と P3

(D) P2 と P4

問 7 下線部 e について、成体 P1 ~ P4 では、特定の雌雄がペアとなって交配している可能性^(A)、あるいは雌雄が自由に交配している可能性^(B)のどちらが高いと推察されるか、記号で答えよ。また、そのように推察される理由を述べよ。

問 8 下線部 e について、図 2 において、幼若個体 J1, J2, J6, J8, J9, J12 でバンドが観察されなかった理由はどう考えられるか。次の 2 つのキーワードを用いて、25 字以上 50 字以内(句読点を含む)で説明せよ。

キーワード

Y 染色体, PCR

4 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

冬に新千歳空港の西にひときわ白く見える山が樽前山である。真っ白に見える理由は、過去の火山活動の影響で、普通なら雪の上に抜き出さずの高木がまだ生えていないためである。冬には登山口までの車道は封鎖されるが、夏には標高700 mの登山口まで車で行くことができ、多くの登山者が訪れる。

登山口の周囲は森林に囲まれているが、しばらく登ると森林が途切れて森林限界となる。森林限界付近まで生えている樹木の優占種はミヤマハンノキやダケカンバである。このうち、ミヤマハンノキの根には根粒^aが形成され、その中で放線菌により (ア) が行われる。森林限界より上で目立つのは低木のイソツツジや草本のイワブクロであるが、本州や北海道の (イ) 帯に多いハイマツやコマクサも一部で見られる。ミヤマハンノキ以外の植物の多くは根粒をもたず、根に菌類が共生^bして植物が土壤栄養分を吸収するのを助けている。被子植物の草本であるコマクサは樽前山にはもともと生育していなかった (ウ) 生物と考えられ、環境省により除去作業が行われている。

森林限界から上に登るとともに植生はまばらになり、土壌が未発達^cの裸地が目立つようになる。岩石や火山灰で滑りやすい登山道^dをさらに進むと、やがて火山活動で生じた窪地(カルデラ)の縁(外輪山)の上の標高965 m地点に到達する。カルデラは直径約1.2 kmのほぼ円形で、その中央には直径約500 mの溶岩ドームがあり、ところどころから噴気が上がっている。標高1,022 mの外輪山山頂へはもうすぐである。

樽前山の外輪山山頂から北を見ると、風不死岳が見える。風不死岳の山頂の標高は1,102 mで、樽前山よりもやや高いが、ほぼ山頂まで森林に覆われる。風不死岳は樽前山より古い火山で、最後に噴火したのは約4,500年前である。樽前山も今後噴火^eが起こらなければ、4,500年後には森林に覆われていることであろう。

問1 文中の (ア) ~ (ウ) に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a のミヤマハンノキやダケカンバなどの日なたでの生育に適した植物を陽生植物という。一方、イタヤカエデやサワシバなどの日かげでの生育に適した植物を陰生植物という。図 1 は植物の光-光合成曲線を示した模式図である。図 1 の A および B における光の強さを、それぞれ光 点および光 点とよぶ。以下の問に答えよ。

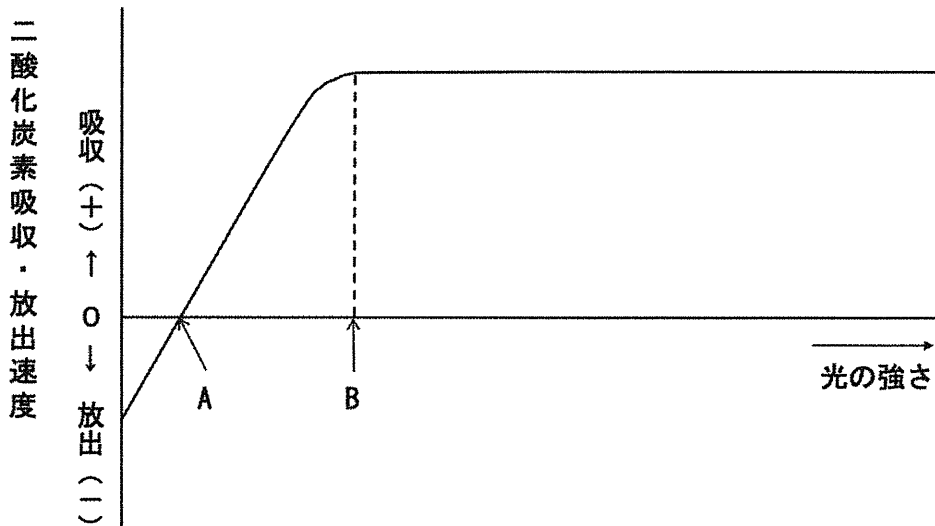


図 1

問 2-1 文中の と に適切な語句を入れよ。

問 2-2 一般に、日なたでは陽生植物のほうが光をめぐる競争で有利だが、日かげでは陰生植物のほうが生存に有利である。このことは陽生植物と陰生植物の光-光合成曲線の違いにより説明できる。図2に示した陽生植物(X)と陰生植物(Y)の光-光合成曲線の組み合わせのうち適切なものを(A)~(D)からすべて選び、記号で答えよ。

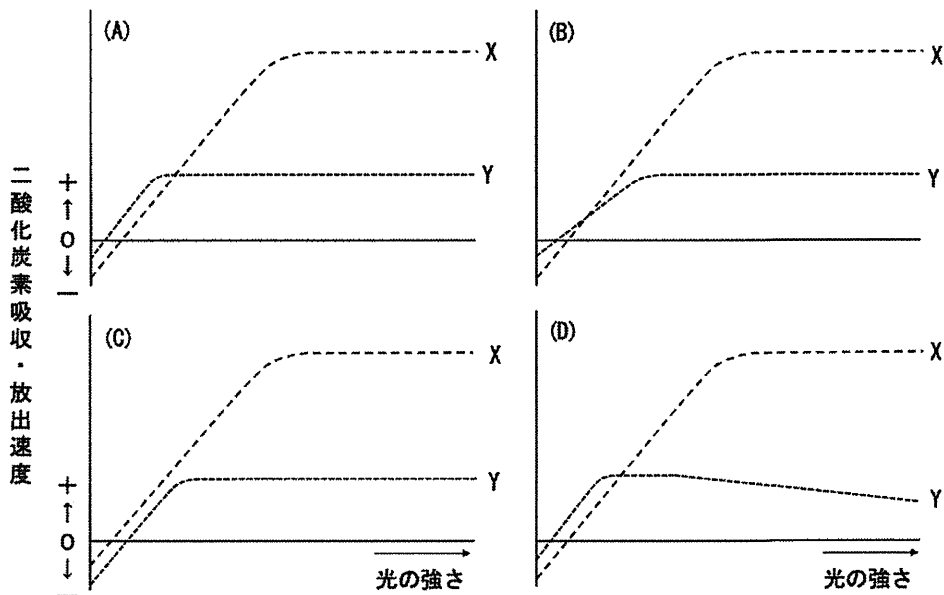


図 2

問 3 下線部 b について、植物と菌類の共生は、菌類が植物の養分吸収を助ける一方で、植物が菌類に利益を与える場合は、相利共生となる。植物が菌類に与える利益について 10~20 字(句読点を含む)で説明せよ。

問 4 下線部 c のようにコマクサが除去されるのは、生態系に悪影響を及ぼすと考えられているためである。コマクサの悪影響と考えられていることとして適切な記述を(A)~(D)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 在来種であるハイマツと花粉を運ぶ昆虫をめぐって競争する。
- (B) 在来種であるハイマツと交雑して遺伝的かく乱を引き起こす。
- (C) 在来種であるイワブクロと生育場所をめぐって競争する。
- (D) コマクサの種内競争により自己間引きが起こる。

問 5 下線部 d について、森林限界より上で土壌が未発達である理由に関して適切な記述を(A)~(D)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 登山道の外も岩石や火山灰だらけなので、土壌が未発達なのは登山者の踏みつけ以外が原因である。
- (B) 土壌の材料となる岩石や火山灰の風化が起きないため土壌が生成されない。
- (C) 植物がまばらにしか生えていないので、土壌の材料となる落葉がほとんど供給されない。
- (D) 気温が低いことで落葉が速やかに分解されるため腐植層(腐植土層)が形成されない。

問 6 下線部 e について、植生がある方向性をもって移り変わっていく現象を遷移とよぶ。遷移には大きく分けて (カ) 遷移と (キ) 遷移があるが、樽前山の森林限界より上で起こっているのは (カ) 遷移である。次の間に答えよ。

問 6-1 文中の (カ) と (キ) に適切な語句を入れよ。

問 6-2 (キ) 遷移として適切な記述を(A)~(D)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) アラスカの氷河が後退した侵食跡地で起こる遷移
- (B) インドネシアの熱帯雨林の伐採跡地で起こる遷移
- (C) ブラジルの放棄された家畜の放牧跡地で起こる遷移
- (D) アイスランド沖の海上に出現した島の上で起こる遷移

問 7 樽前山の森林限界が標高 700 m 程度と低いのは火山活動の影響のためであり、気候が原因ではない。月平均気温が 5℃ を超える月について、月平均気温から 5 を引いた数値を求め、それを足し合わせたものを「暖かさの指数」という。北海道には、暖かさの指数が 45～85 の冷温帯に成立する 樹林と、暖かさの指数が 15～45 の亜寒帯に成立する 樹林が存在するとされる。以下の問に答えよ。

問 7-1 文中の と に適切な語句を入れよ。

問 7-2 表 1 に示す新千歳空港(標高 22 m)の月平均気温(℃)から樽前山の外輪山山頂における暖かさの指数を計算し、四捨五入して整数で答えよ。ただし、どの月においても標高が 100 m 上がるごとに気温は 0.55℃ 低下するものとする。また、火山活動は気温に影響を及ぼさないものとする。

表 1

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
-5.7	-5.4	-0.7	5.1	10.6	15.2	18.1	20.8	17.0	10.5	4.0	-2.7

問 7-3 暖かさの指数から判断して、樽前山の外輪山山頂は冷温帯または亜寒帯のどちらに相当するか答えよ。

問 8 図 3 はミヤマハンノキ、放線菌、ハイマツ、コマクサの間の関係を示す系統樹である。①～③に当てはまる生物名を答えよ。

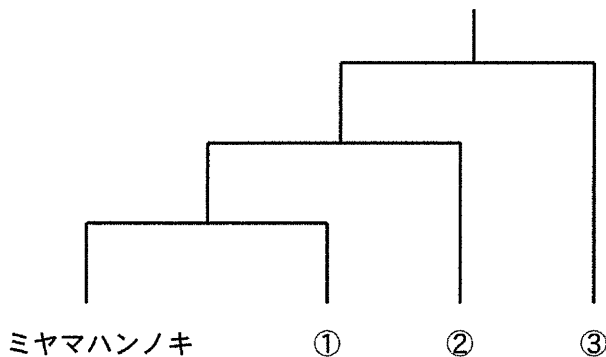


図 3