

京都大学

平成 26 年度 入学 試験 問題

理 科

各科目 100 点満点

《配点は、学生募集要項に記載のとおり。》

物 理	(1～12 ページ)	化 学	(13～34 ページ)
生 物	(35～56 ページ)	地 学	(57～69 ページ)

(注 意)

1. 問題冊子および解答冊子は係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほかに 69 ページである。また、解答冊子は表紙のほかに、物理：16 ページ、化学：12 ページ、生物：16 ページ、地学：16 ページ、である。
3. 問題は物理 3 題、化学 4 題、生物 4 題、地学 4 題である。
4. 試験開始後、選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に学部名・受験番号・氏名をはっきり記入すること。表紙には、これら以外のことを書いてはならない。
5. ◇総合人間学部(理系)・理学部・農学部受験者は、物理・化学・生物・地学のうちから 2 科目を選択すること。
◇教育学部(理系)受験者は、物理・化学・生物・地学のうちから 1 科目を選択すること。
◇医学部(医学科)受験者は、物理・化学・生物のうちから大学入試センター試験で受験しなかった科目を含めて 2 科目を選択すること。
◇医学部(人間健康科学科「検査技術科学専攻」・「理学療法学専攻」・「作業療法学専攻」)・薬学部受験者は、物理・化学・生物のうちから 2 科目を選択すること。
◇医学部(人間健康科学科「看護学専攻」)受験者は、生物 1 科目と物理・化学のうちから 1 科目の計 2 科目を解答すること。
◇工学部受験者は、物理・化学の 2 科目を解答すること。
6. 解答は、すべて解答冊子の指定された箇所に記入すること。
7. 解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがある。
8. 解答冊子は、どのページも切り離してはならない。
9. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、選択した科目の解答冊子は持ち帰ってはならない。

生物問題 I

次の文章(A)～(C)を読み、問1～問8に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) ほ乳類は、外界の細菌やウイルスが体内に侵入した際、これらを排除するために免疫系という生体防御機構を備えている。その担い手であるリンパ球は、血液細胞の一種であり、とに大別できる。は、細菌やウイルスの成分に特異的に結合するタンパク質であるを分泌する。

には、すべての血液細胞を生み出すことができる造血幹細胞が存在し、支持細胞からの信号によってが産生される。は造血幹細胞に由来するが、分化の途中で心臓の近くにあるに移動し、固有の支持細胞との相互作用によって増殖と分化が進み、多くの細胞が細胞死によって除去される。細菌やウイルスが侵入すると、は病原体成分を抗原として直接認識し、は血液細胞の一種であるによって処理された抗原を認識する。

問1 文中の～に適切な語句を記入せよ。

問2 文中の下線部について、どのような細胞が除去されるのか、解答欄の枠の範囲内で記せ。

白 紙

(B) ほ乳類の細胞同士の相互作用において、ある細胞が別の細胞に信号を伝えるために用いる代表的なシグナル分子として、ホルモンやサイトカインがある。ある細胞をホルモン H で刺激したとき、細胞膜表面に存在するホルモン H の受容体を介して細胞内において酵素 A と酵素 B の活性が上昇し、最終的に遺伝子 X の転写が誘導される。このときホルモン H に関する細胞の応答について、以下の実験を行った。

実験 1：酵素 A の活性を特異的に阻害する薬剤の存在下で、細胞をホルモン H で刺激したところ、ホルモン H による酵素 B の活性の上昇と遺伝子 X の転写はいずれも誘導されなかった。

実験 2：酵素 B の活性を特異的に阻害する薬剤の存在下で、細胞をホルモン H で刺激した。その結果、図 1 に示したように、薬剤がないときは一過性であった酵素 A の活性は高い状態で維持された。

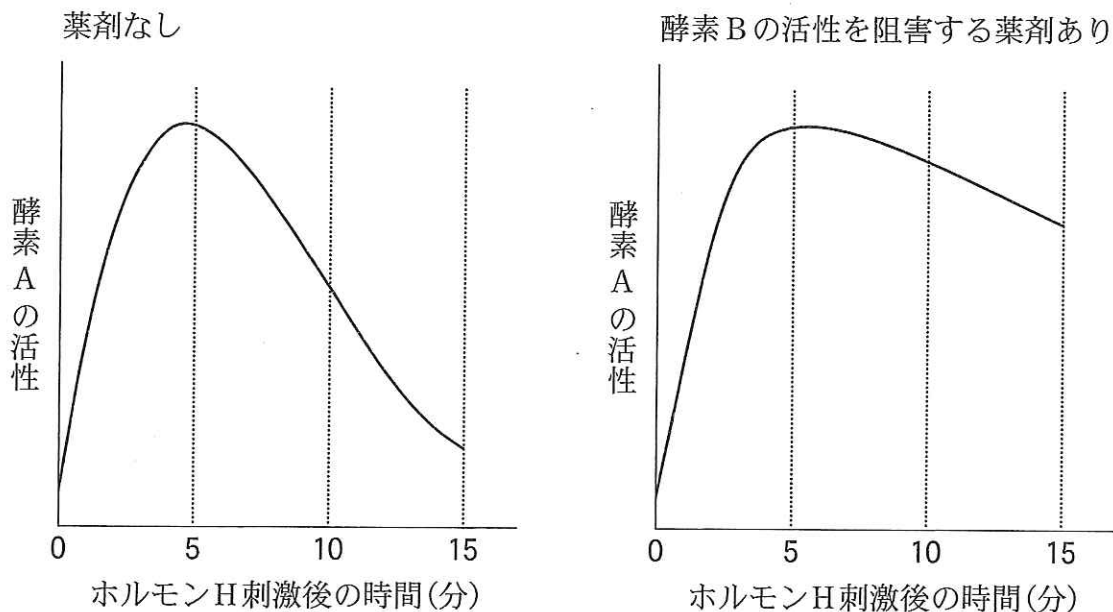


図 1

問 3 実験 1 から、ホルモン H、酵素 A、遺伝子 X はどのような関係にあると考えられるか、解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 4 実験 1 と実験 2 から、酵素 A と酵素 B はどのような関係にあると考えられるか、解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 5 人工的に作られた化学物質 P で細胞を刺激したところ、化学物質 P はホルモン H の受容体に結合して、遺伝子 X の転写を誘導した。このことから、化学物質 P が食事などにより私たちの体に取り込まれると、異常を引き起こす可能性が考えられる。その理由を解答欄の枠の範囲内で記せ。

(C) DNA に突然変異を誘発する化学物質 Q をショウジョウバエに与えたのち、その子孫に現れる表現型や、その表現型の原因となる遺伝子を以下のように解析した。まず、雄のショウジョウバエ成虫に化学物質 Q を与えた後、野生型の雌と交配させて多数の子(第一世代)を得た。これら第一世代それぞれを野生型と交配させ、次世代(第二世代)を得た。さらに、親が同じである第二世代どうしを交配させ、その次の世代(第三世代)を得た。各世代のショウジョウバエ個体を、羽に注目して解析したところ、第一世代で羽の一部が欠けていた個体が見つかった。一方、第一世代、第二世代では正常な羽であったが、第三世代で羽のサイズが極端に大きくなる個体が出現する系統が見つかった。

問 6 化学物質 Q を与えた個体ではなく、その子孫に羽の異常の表現型が現れたのはなぜか。「体細胞」「生殖細胞」という言葉を用いて、解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 7 いずれの系統でも第二世代で初めて表現型が現れることはなかった。表現型が初めて現れる世代が第一世代か第三世代かに別れた理由を、解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 8 化学物質 Q は、DNA を構成する塩基の 1 つであるグアニンに結合してその性質を変化させる。化学物質 Q が結合したグアニンは、シトシンではなくチミンと塩基対を形成する。羽のサイズが極端に大きくなった個体の DNA を解析した結果、遺伝子 Y 上の 1 つの塩基が変化する突然変異が起こり、遺伝子 Y から作られるタンパク質の後半部分が欠損し、機能がなくなっていた。この突然変異はどのアミノ酸をコードする配列上に起きていたと考えられるか。表 1 の遺伝暗号表を参考にしながら、可能性のあるアミノ酸のうち 1 つを解答欄(1)に記入し、その理由を解答欄(2)の枠の範囲内で記せ。ただし、突然変異は全ゲノム中に 1 か所だけ起こったものとする。

表1

UUU UUC	フェニルアラニン	UCU UCC UCA UCG	セリン	UAU UAC	チロシン	UGU UGC	システイン
UUA UUG CUU CUC CUA CUG	ロイシン	CCU CCC CCA CCG	プロリン	UAA UAG	終 止	UGA UGG	終 止 トリプトファン
AAU AUC AUA	イソロイシン	ACU ACC ACA ACG	トレオニン	CAU CAC	ヒスチジン	CGU CGC CGA CGG	アルギニン
AUG	メチオニン			CAA CAG	グルタミン		
GUU GUC GUA GUG	バリン	GCU GCC GCA GCG	アラニン	AAU AAC AAA AAG	アスパラギン リシン	AGU AGC AGA AGG	セリン アルギニン
				GAU GAC GAA GAG	アスパラギン酸 グルタミン酸	GGU GGC GGA GGG	グリシン

生物問題 II

次の文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

細胞には、ゲノム DNA が外的あるいは内的要因によって損傷を受けた場合、そうした傷を修復する仕組みがある。例えば、太陽光に含まれる紫外線によってゲノム DNA が損傷することが知られている。紫外線による DNA 損傷は、多種類の酵素が働くことによって正確に修復される。ここで、遺伝学の研究に多用される出芽酵母を用いて、DNA 損傷の修復にかかわる遺伝子を単離して解析する実験について考えてみる。出芽酵母は単細胞真核生物であり、一倍体(核相 n)、二倍体(核相 $2n$)いずれの状態でも増殖することができる。また、異なる性の一倍体細胞が接合する有性生殖を行うことがある。

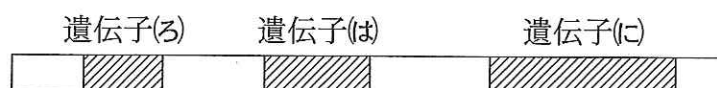
実験 1：一倍体の酵母細胞を変異原性の化学物質で処理して人為的に遺伝子の突然変異を誘発した。これらの変異細胞の中から、紫外線照射によって細胞増殖ができずに死んでしまう 2 つの変異株(X, Y 株)を得た。

問 1 変異株を得るときに一倍体細胞を使用した理由を解答欄の枠の範囲内で記せ。

実験 2 : X, Y 株の原因遺伝子(変異原性の化学物質処理により変異が起こった遺伝子)を同定する目的で次の実験を行った。まず, 野生株の出芽酵母ゲノム DNA を平均長数千ヌクレオチドに断片化し, プラスミドに組み込んだ。こうしてできたプラスミドの集まりをゲノムライブラリーという。このライブラリープラスミドを X 株に導入して, 紫外線を照射したのち寒天培地上で培養した。この時, 導入されたプラスミドは 1 細胞あたり 1 種類であり, 導入後は細胞内で安定に保持され, 紫外線照射によって細胞には新たな変異は起きないものとする。

その結果, 寒天培地上で 3 つのコロニーが形成された。この 3 つのコロニーからプラスミド DNA を回収し, 塩基配列を解析した。その結果, 図 1 に示すようにプラスミドの挿入 DNA 断片上にいくつかの遺伝子が見つかった。斜線部分は遺伝子を示す。

コロニー 1 からの挿入 DNA 断片



コロニー 2 からの挿入 DNA 断片



コロニー 3 からの挿入 DNA 断片



図 1

問 2 図 1 の遺伝子(い)~(は)のうち, X 株の原因遺伝子の候補として最も可能性が高いものを 1 つ選び, 解答欄に記号で答えよ。

実験3：Y株については実験2の方法ではコロニーが生じなかったため、2つ以上の遺伝子に変異があり、いずれの遺伝子に変異しても紫外線抵抗性を失うと解釈した。そこで、図2の上段に示すように、Y株の細胞と野生型の細胞を有性的に接合させ二倍体細胞を作製し、これらを飢餓状態にして減数分裂を誘導した。なお、出芽酵母は動物や植物と同様の減数分裂を行い、二倍体細胞に由来する孢子囊^{のう}の中に4つの一倍体細胞(ア～エ)を作る。

孢子囊に含まれる4つの一倍体細胞を1つずつ培養し、コロニーを形成させた。それぞれのコロニーの一部を新しい寒天培地に植え継ぎ、紫外線を照射して培養した。紫外線抵抗性を示す細胞は増殖し、紫外線抵抗性を示さない細胞は増殖できない。図2の下段には6つの孢子囊(1～6)を用いた結果を模式的に示しているが、実際は多数の孢子囊を用いた。

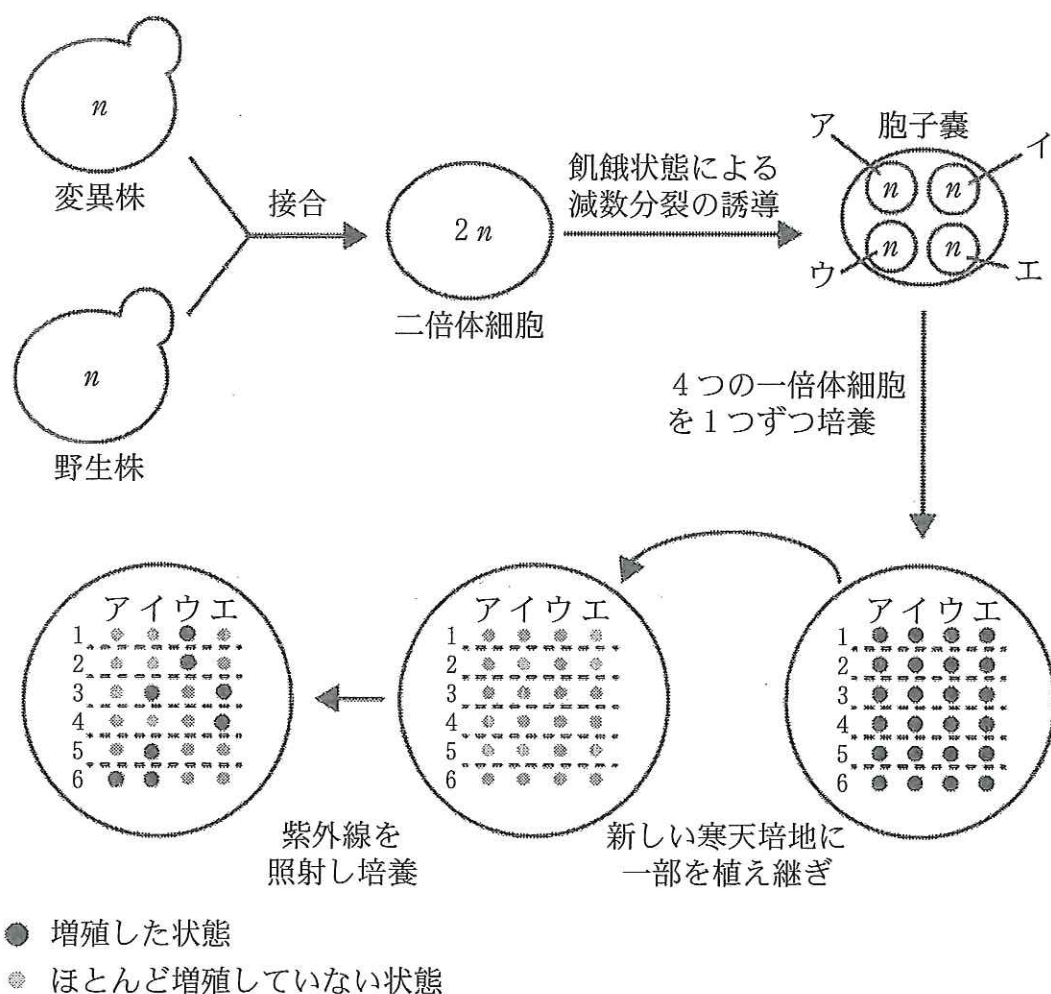


図2

問 3 実験 3 と同様な操作を X 株の細胞を用いて行った。1 つの孢子嚢の中の 4 つの一倍体細胞において、(紫外線抵抗性を示す細胞数) : (紫外線抵抗性を示さない細胞数) の分離比はどのようなになるか。次の(あ)~(お)の中から 1 つ選んで解答欄に記せ。

- (あ) 0 : 4 (い) 1 : 3 (う) 2 : 2
(え) 3 : 1 (お) 4 : 0

問 4 Y 株の細胞を用いて実験 3 を行った。2 つの原因遺伝子が異なる染色体に存在し、減数分裂の際に原因遺伝子を含む染色体領域がいずれも相同染色体と乗換えないとする。このとき 4 つの一倍体細胞において、(紫外線抵抗性を示す細胞数) : (紫外線抵抗性を示さない細胞数) の分離比は孢子嚢によって異なる。多数の孢子嚢で分離比を調べると、各分離比の出現割合(%)はどのようなになるか。解答欄の(あ)~(お)に数字で記せ。

分離比	0 : 4	1 : 3	2 : 2	3 : 1	4 : 0
出現割合(%)	(あ)	(い)	(う)	(え)	(お)

問 5 Y 株の細胞を用いて実験 3 を行った。2 つの原因遺伝子が異なる染色体に存在し、減数分裂の際に相同染色体間の乗換えが起こる場合、(紫外線抵抗性を示す細胞数) : (紫外線抵抗性を示さない細胞数) の分離比の出現割合は問 4 の場合と異なる。出現割合が増加する分離比を、次の(あ)~(お)の中から 1 つ選んで解答欄に記せ。

- (あ) 0 : 4 (い) 1 : 3 (う) 2 : 2
(え) 3 : 1 (お) 4 : 0

問 6 Y 株の 2 つの原因遺伝子が異なる染色体に存在していると仮定する。実験 2 と実験 3 の手法を組み合わせる原因遺伝子の候補を絞り込みたい。その方法を解答欄の枠の範囲内で記せ。

生物問題 III

次の文章(A)、(B)を読み、問1～問7に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

- (A) ほ乳類においては、視覚情報は光刺激として眼球に入り、レンズの働きによって網膜上に結像する。網膜の中央部の ア には イ、またその周辺では ウ という視細胞が多い。視細胞は光刺激を神経活動に変換し、視神経を介して脳の視床という場所に情報を送る。視床における神経細胞は、視覚刺激に対する反応の様式によって、グループに分けられている。1つのグループ(グループX)の神経細胞は ア 内の狭い領域から入力を受け、また、活動電位を引き起こす最低限の光が比較的強い。別のグループ(グループY)の神経細胞は網膜の比較的広い領域から入力を受け、弱い光でも活動する。視床の神経細胞はさらに大脳皮質に情報を送る。その入力をもとに、大脳皮質では、網膜がとらえた画像の再構築が行われる。

問1 ア ～ ウ に当てはまる適切な語句を解答欄に記せ。

問2 ヒトは暗所では色の識別をすることが難しいが、それはなぜか。解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

問3 暗所と明所ではヒトが知覚できる画像の解像度が異なる。その理由として考えられることを、文章(A)を参考にして、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

白 紙

(B) 植物は様々な色素を用いて光を受容し、利用している。図1はクロロフィルaとクロロフィルb、およびカロテンの吸収スペクトルを示す。これらの色素は葉緑体の に多く存在し、 を吸収する。 を使い、 と から と を生産する光合成を起点として、 が に変換され、 はその植物自身だけでなく、食物連鎖を介して他の生物でも利用される。

また、植物は周囲の環境を把握するための情報源としても光を利用する。植物では、光環境に応じて個体レベルや細胞レベルで様々な応答が誘導される。これに働く色素の1つとしてフィトクロムがある。フィトクロムには、波長660nm付近の赤色光を吸収するPr型と、波長730nm付近の遠赤色光を吸収するPfr型の2つの型がある。Pr型が赤色光を吸収するとPfr型に変化し、Pfr型が遠赤色光を吸収するとPr型に戻る。Pfr型とPr型の割合に応じて、植物は様々な応答を示す。

図2は晴天時に太陽光から地表が受けるエネルギー量の波長分布を示す。この分布は環境によって変化し得る。例えば、直接太陽光を受ける場合に比べて、葉の陰^①では遠赤色光エネルギー量に対する赤色光エネルギー量の割合が 。そのような環境にいる植物においては、Pr型フィトクロムの量に対するPfr型フィトクロムの量の割合が 。その結果、例えば主茎や葉柄の伸長が起こる。これは、生育に不利な環境からいち早く脱出するための、植物の巧みな生存戦略の1つである。

また、あるシダの胞子は、吸水をしても暗所では発芽しない。しかし、吸水後4日目以降に5分間程度赤色光を受けるだけで、その後暗所におかれても数日後に発芽がみられる。この胞子の赤色光による発芽誘導にも、赤色光を吸収する他の色素^②ではなく、フィトクロムがかかわっていることが知られている。

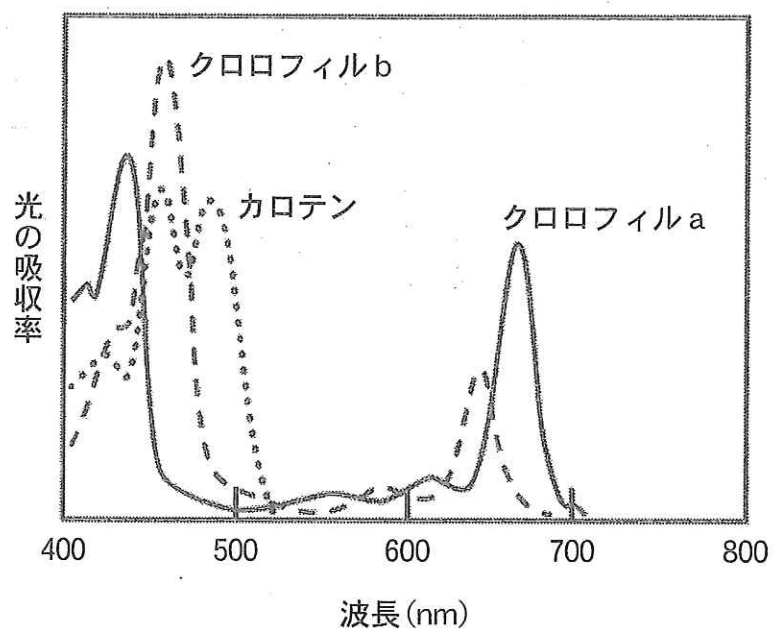


図 1

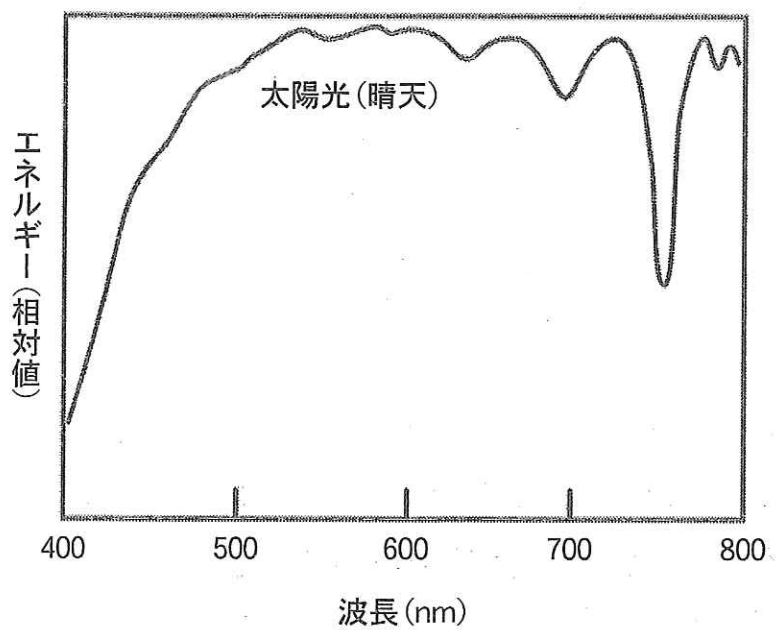


図 2

問 4 ～ に当てはまる最も適切な語句を下記から選び答えよ。なお、 と , および と の解答の順序は問わない。

アミノ酸, アンモニウム塩, 運動エネルギー, 外膜, 化学エネルギー, 核酸, 酸素, 硝酸塩, ストロマ, 炭素, 窒素, チラコイド, 糖, 内膜, 二酸化炭素, 光エネルギー, 水

問 5 と に入る語句の組み合わせとして適切なものを(あ)～(え)の中から選び、解答欄に記入せよ。

- (あ) サ：大きくなる シ：大きくなる
- (い) サ：大きくなる シ：小さくなる
- (う) サ：小さくなる シ：大きくなる
- (え) サ：小さくなる シ：小さくなる

問 6 下線部①の現象はどのようにして起こると考えられるか。図 1 と図 2 を参考にして、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

問 7 下線部②を、同じシダの胞子を用いて確認したい。ここに、同じエネルギー量の赤色光または遠赤色光のいずれかの光を、5分単位で何度でも照射できる照明装置がある。胞子に対する光照射の条件をどのように設定し、どのような結果が得られればよいか、解答欄の枠の範囲内で記せ。ただし、光照射は吸水後4日目の胞子にだけ行うものとする。

白 紙

生物問題 IV

次の文章(A), (B)を読み, 問1～問8に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) ミドリムシは, 光合成による独立栄養での生育(以降, 光独立栄養とする)と, 暗所での従属栄養による生育(以降, 従属栄養とする)が可能である。今回の実験で用いるミドリムシAとミドリムシBは主に無性的に2細胞に分かれて増殖する。これらのミドリムシは, 相互に大きさや細胞形態がよく似ているものの, 光学顕微鏡で区別することは可能である。光独立栄養では, 光照射下で培養し, 従属栄養では, 光独立栄養と同じ培地に炭素源として乳酸とグルタミン酸を加えて, 暗所で培養した。図1は, ミドリムシAとミドリムシBの光独立栄養と従属栄養での生育状況を示したもので, 横軸に培養時間, 縦軸に細胞密度を示している。細胞密度は, 培養液の濁り具合(濁度)から算出した値を対数表示している。細胞数が2倍になると濁度も2倍になる。図1の光独立栄養, 従属栄養の直線の傾きは, ミドリムシAでそれぞれ0.018/時間, 0.018/時間, ミドリムシBでそれぞれ0.032/時間, 0.011/時間であった。

また, 図2は, ミドリムシAとミドリムシB, およびクロレラCの酸素発生速度と光強度の関係を示したものであり, クロレラは光独立栄養のみで生育する。なお, 3種の生物の呼吸速度は, ほぼ同等であった。

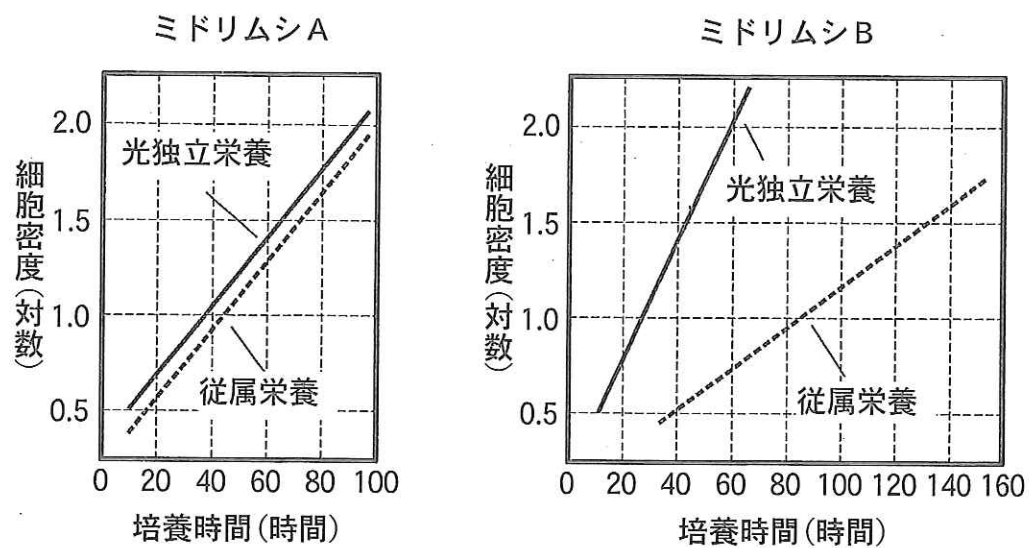


図 1

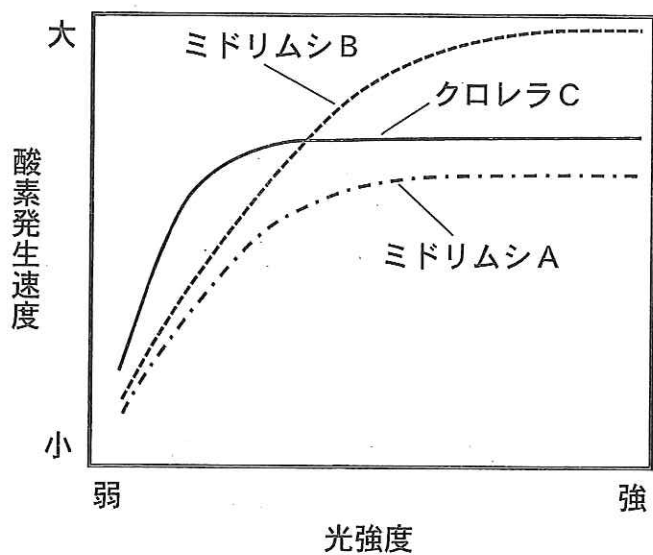


図 2

問 1 光独立栄養条件下のミドリムシ A とミドリムシ B の培養液(図 1 における細胞密度 1.0)からそれぞれ同量をとって混合し、光独立栄養条件で 2 日間培養した。培養液 1 mL 中に含まれているミドリムシ A とミドリムシ B の細胞数は、どちらの方が多くなっていると考えられるか、解答欄アに記せ。

また、従属栄養条件下のミドリムシ A とミドリムシ B の培養液(図 1 における細胞密度 1.0)からそれぞれ同量をとって混合し、従属栄養条件で 2 日間培養した。培養液 1 mL 中に含まれているミドリムシ A とミドリムシ B の細胞数は、どちらの方が多くなっていると考えられるか、解答欄イに記せ。なお、いずれの培養においても、2 つの生物は相互の生育に影響を及ぼさないものとする。

問 2 ミドリムシ B の光独立栄養において、細胞分裂が終了してから、次の分裂が終了するまでにおよそ何時間かかっているか。下から選んで解答欄に記せ。ただし、 $\log_{10} 2 \div 0.3$ である。

10 時間 20 時間 30 時間 40 時間 50 時間 60 時間

問 3 ミドリムシ A とミドリムシ B が富栄養化した浅い湖沼に同時に生育している場合、両者が分布する水深は少し異なると考えられる。より浅い場所に多く分布すると考えられるミドリムシ種を解答欄ウに、より深い場所に分布すると考えられるミドリムシ種を解答欄エに記し、その理由を解答欄オの枠の範囲内で説明せよ。

問 4 ミドリムシ A、ミドリムシ B、クロレラ C の 3 つの生物が混合された細胞懸濁液がある。この細胞懸濁液においてクロレラ C が最も早く生育するための適切な工夫とその理由を解答欄の枠の範囲内で説明せよ。ただし、3 つの生物は、相互の生育に影響を及ぼさないものとする。

白 紙

- (B) 図3は、温帯に位置するある湖の表層における、水温、無機養分濃度、植物プランクトン密度の年間変動を模式図として示している。この湖では、表層と深層の水の混合が冬に起こる。なお、この湖には動物プランクトンや魚類も生息する。

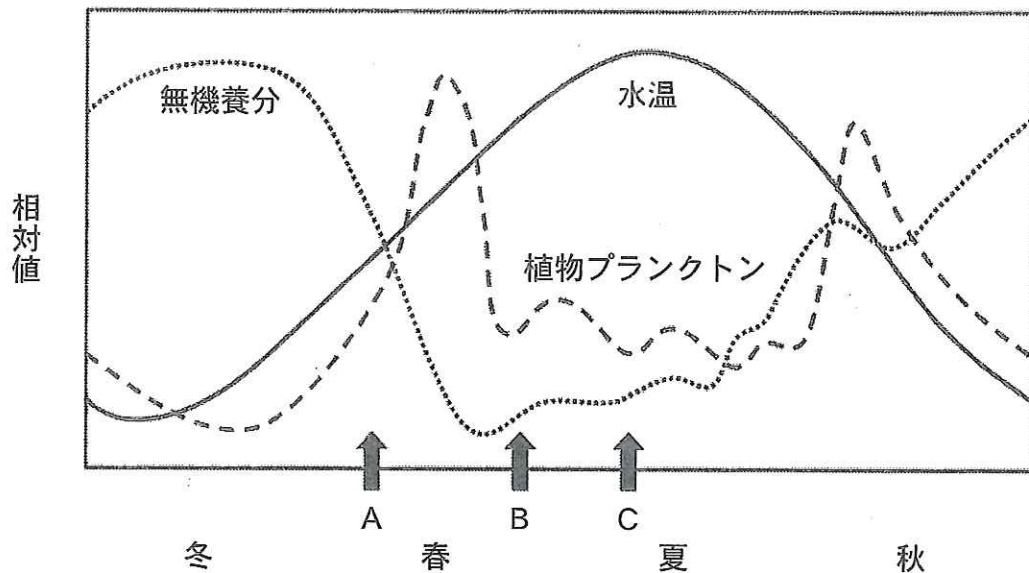


図3

- 問5 初春(矢印A)には、水温および光量が上昇するのに伴い、植物プランクトンの増殖が盛んになる。この時期に優占する植物プランクトンは、どのような特性をもつ種と考えられるか。解答欄の枠の範囲内で記せ。
- 問6 図3には動物プランクトンの増減が示されていないが、初春から夏の時期における動物プランクトンの増減パターンはどのようになると考えられるか。解答欄の枠の範囲内で記せ。
- 問7 夏期には、植物プランクトンの密度は低く抑えられている。この時期(矢印C)に優占する植物プランクトンは、どのような特性をもつ種と考えられるか。食物連鎖の観点から考え、解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 8 この湖で、小魚を食べる魚を大量に捕獲したことにより、動物プランクトンを主に食べる小魚が初春(矢印A)に大量に増えたとする。初春(矢印A)から晩春(矢印B)の期間における植物プランクトン密度は、図3で示されている植物プランクトン密度と比較して、高くなるか、低くなるか。食物連鎖の観点から、予想される変化を選び、解答欄カに記せ。また、その理由を、解答欄キの枠の範囲内で記せ。

生物問題は、このページで終わりである。