

令和5年度 個別学力試験問題 理 科 (120分)

- 総合選抜
 - 理系Ⅰ、理系Ⅱ、理系Ⅲ
- 学類・専門学群選抜
 - 人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※1科目選択で60分
 - 生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)
 - ※生物資源学類, 地球学類で地理歴史を選択する者は,
地理歴史と理科1科目を合わせて120分
 - 理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類,
工学システム学類)
 - 情報学群 (情報科学類)
 - 医学群 (医学類, 医療科学類)
 - (看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理 1
化	学 8
生	物17
地	学37

注 意

1. 問題冊子は1ページから45ページまでである。
2. 受験者は下表を確認し、志望する学類の出題科目を解答すること。

【出題科目】

選 抜 区 分・学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
総合選抜 理系Ⅰ 学類・専門学群選抜 物理学類 応用理工学類 工学システム学類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須。○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜 化学類	○	◎	○	○	◎印の化学は必須。○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜 生物資源学類 地球学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○印の中から1科目選択
総合選抜 理系Ⅱ 学類・専門学群選抜 生物学類 情報科学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜 医学類 医療科学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜 教育心理学類 心障害科学類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜 看護学類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答

生 物

次ページ以降の問題Ⅰ～Ⅳについて解答せよ。解答はすべて解答用紙の所定欄に記入すること。解答文字数を指定している設問については、数字、アルファベット、句読点、括弧、その他の記号とも、すべて1字として記入せよ。ただし、濁点および半濁点は1字とはしないこと(たとえば、「が」を「が 」とはしない)。

I 次の会話文を読み、以下の問に答えよ。

生徒：「先生、この間、社会科の調べ学習で、クワシオルコルという言葉を知りました。これは、飢えなどで極度の低栄養状態に陥ったことで身体はやせ細るのに、腹部が膨らむ症状のことを指すそうです。低栄養であるにもかかわらず、どうしてお腹が膨らむのでしょうか？」

教師：「それを理解するためには、体液循環のしくみを知る必要があるね。循環するヒトの体液には、大きく分けて血液、、リンパ液の3種類があることは知っているよね？」

生徒：「はい、が心臓のはたらきによって毛細血管からしみ出るとになるんですね？」

教師：「そうだね。はやがて毛細血管やリンパ管に戻るわけだけど、出るときは心臓のポンプ圧があるからよいとして、戻るときにはどうやって戻ると思う？」

生徒：「えーと…、筋肉の動きによってかかる圧力とかかなあ…？」

教師：「それも一つなんだけど、実はに最も多く含まれているアルブミンというタンパク質が大きく関係しているんだ。毛細血管の血管壁には小さな隙間があるけれど、アルブミンは大きな分子だから血管壁を通過できず、大部分は血管内に残る。つまり、血管壁を隔ててアルブミンの濃度差が生じるんだよ。」

生徒：「あっ、この濃度差が原因となってからへ、という流れが生じるんですね？」

教師：「その通り。つまり、アルブミンのおかげで血液との水分のバランスが保たれているんだ。飢餓でお腹が膨らむのは、この水分のバランスが崩れて大量の水分が腹水として溜まっているからなんだよ。」

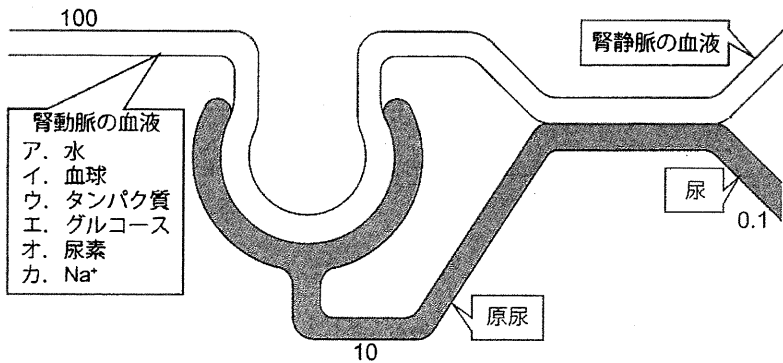
生徒：「なるほど。極度の低栄養状態になってことで水分バランスが崩れてしまうんですね。」

問 1 会話文中の空欄 と に当てはまる適切な語を記せ。

問 2 会話文中の空欄 と には、それぞれ と のいずれかの内容が当てはまる。それぞれ適切な番号を記せ。

問 3 下線部(a)に関連して、以下の設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) 血液中のさまざまな成分の濃度は、腎臓などによって適切に調節されている。図は、健康な成人の腎臓のはたらきを模式的に示している。腎動脈を流れる血液の主な成分(図中のア～カ)のうち、原尿、尿、腎静脈の血液のそれぞれに確実に含まれる成分をすべて選び、記号で記せ。ただし、図中の数字は、それぞれの部位を単位時間に通過する相対的な液量を表している。



図

- (2) ヒトの血液に含まれる各種イオンのうち、最も量が多いのは Na^+ である。その大部分は食物由来だが、日々の食事に含まれる Na^+ の量が異なっても、血液中の Na^+ 濃度は一定の範囲に収まるよう厳密に制御されている。これをふまえて、一般的に Na^+ を過剰に摂取すると血圧(血管の内壁にかかる血液の圧力)が高くなりやすいと言われている主な理由を、40字以内で記せ。

問 4 下線部(b)に関連して、血管壁や生体膜などの構造で隔てられた2つの区画における物質の濃度差を利用した生命現象は広く存在する。会話文中に示した例以外の具体的な例を1つ挙げ、以下の記載例にならって、何を隔てた何の濃度差が何に利用されているかがわかるように、空欄Ⅰ～Ⅲに適切な語句を記せ。

空欄Ⅰ 空欄Ⅱ
記載例) を隔てた の濃度差が
空欄Ⅲ
 に利用されている。

問 5 会話文中の空欄 に当てはまるクワシオルコルのしくみを説明する句を、空欄の前後とつながる形で、20字以内で記せ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

多くの植物や細菌は、タンパク質を構成するアミノ酸をすべて合成することができる。アミノ酸合成が阻害されると、生存や成長に重大な影響を受ける。5-エノールピルビルシキミ酸-3-リン酸(EPSP)は、植物や細菌がトリプトファン、チロシン、フェニルアラニンの合成過程で必要とする前駆体である。EPSPは、ホスホエノールピルビン酸(PEP)とシキミ酸-3-リン酸(S3P)から、EPSP合成酵素により合成される。PEPと似た構造の物質であるグリホサートは、この酵素反応を特異的に阻害する阻害剤^(a)であり、多くの種類の雑草に有効な除草剤として利用される。しかし、グリホサートは、一般の作物も枯らしてしまうため、作物の栽培期間中は使用されていなかった。その後、グリホサートに感受性を示さない細菌が発見され、その変異型EPSP合成酵素をコードする遺伝子(遺伝子T)を植物に導入することで、植物にグリホサートに対する耐性を与えることができるようになった。このようにして開発されたグリホサート耐性遺伝子組換えトウモロコシやダイズの栽培^(b)では、グリホサートを利用することで効率的な雑草防除が可能となった。

問 1 下線部(a)に関する次の文章 A・B を読み、設問(1)~(4)に答えよ。

A 基質と基質に似た構造をもつ物質が共存すると酵素のはたらきが阻害される^(c)ことがある。この作用を 阻害という。 阻害は、基質濃度を高くすることで打ち消される。一方、酵素の活性部位以外の部位に別の物質が結合することで引き起こされる 阻害では、基質濃度をいくら高くしてもその阻害が打ち消されることはない。

(1) 空欄 と に当てはまる適切な語句を記せ。

(2) 下線部(c)に関して、基質に似た構造をもつ物質の共存によって、 阻害が引き起こされるのはなぜか、考えられる理由を 20 字以内で記せ。

B 次の式は、酵素反応の反応速度(v)と基質濃度(s)の関係を示している。
 V_{max} は、酵素反応の最大反応速度で、基質濃度を変えても、それ以外の反応条件を変えなければ、決まった値となる。また、 K_m は反応速度が V_{max} の半分のときの基質濃度である。

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{max}} \times \frac{1}{s} + \frac{1}{V_{max}}$$

グリホサートによる EPSP 合成酵素の阻害について調べるため、精製した EPSP 合成酵素を用い、基質濃度とグリホサート濃度のみを変えて、次の実験 1 と実験 2 を行った。

実験 1

グリホサートあり (50 $\mu\text{mol/L}$) となしの 2 通りの条件で、PEP 濃度を一定 (1 mmol/L) にして、S3P 濃度を 50~500 $\mu\text{mol/L}$ の範囲で変えて反応速度を測定した。グリホサートあり (●) となし (○) の測定値を、横軸を S3P 濃度の逆数、縦軸を反応速度の逆数としてグラフ上にそれぞれプロットし、直線で結んだ (図 1)。

実験 2

グリホサートあり (3 $\mu\text{mol/L}$) となしの 2 通りの条件で、S3P 濃度を一定 (1 mmol/L) にして、PEP 濃度を 10~100 $\mu\text{mol/L}$ の範囲で変えて反応速度を測定した。グリホサートなし (○) の測定値を、横軸を PEP 濃度の逆数、縦軸を反応速度の逆数としてグラフ上にプロットし、直線で結んだ (図 2)。

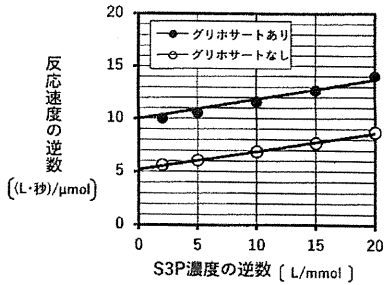


図 1

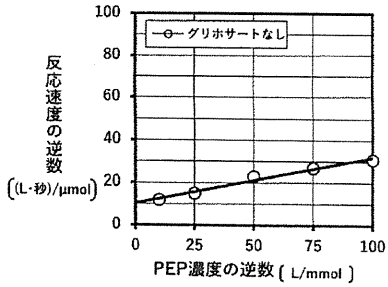


図 2

- (3) 実験 1 のグリホサートなしの結果を、横軸を S3P 濃度、縦軸を反応速度としてグラフを描くと、図 3 のように示される。グリホサートありの結果はどのように示されるか。解答欄の図中に描き加えよ。

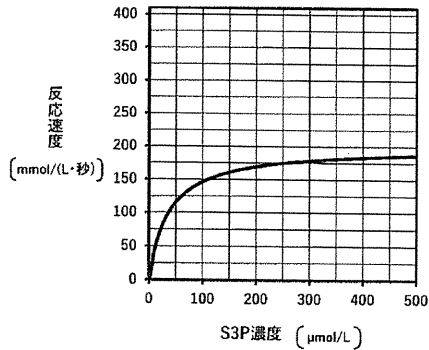


図 3

- (4) 実験 2 のグリホサートありの結果のうち、PEP 濃度が $10.0 \mu\text{mol/L}$ のときの反応速度は $11.1 \text{ nmol}/(\text{L} \cdot \text{秒})$ であった。これをもとに、グリホサートありの場合の PEP 濃度の逆数と反応速度の逆数の関係を示すグラフを、解答欄の図中に描き加えよ。

問 2 下線部(b)に関して、種苗会社が農家に栽培用として販売するトウモロコシの種子(栽培用種子)は、雄花を除去した純系トウモロコシの雌花が、別系統の純系トウモロコシの花粉を受粉して生じた種子(雑種第一代)である。農家はこの種子を農地に播いて栽培し、自家受粉によって得た種子を食料・飼料用トウモロコシの種子として出荷する。遺伝子組換えトウモロコシでも同様に、栽培用種子は、ある遺伝子組換えトウモロコシの純系の雌花が、別の純系の非組換えトウモロコシの花粉を受粉して生じた種子である。これをふまえ、ゲノム中のただ 1 か所に遺伝子 T が組み込まれたグリホサート耐性遺伝子組換えトウモロコシの栽培用種子に関して、以下の設問(1)と(2)に答えよ。ただし、トウモロコシは二倍体(2n)である。

*純系：自家受粉を繰り返し、多くの遺伝子型の組成をホモ接合に近づけた
個体群

- (1) この栽培用種子の胚、胚乳、種皮の細胞について、遺伝子 T の n あたりの数はそれぞれいくつか。整数または最も簡単な分数で記せ。
- (2) この栽培用種子を播いて栽培し、自家受粉によって種子(雑種第二代)を得た。この種子から発芽したトウモロコシにグリホサートを散布したとき、生き残る個体と枯死する個体の比率はいくらであると考えられるか、最も簡単な整数比で記せ。ただし、グリホサートを散布したとき、純系の非組換えトウモロコシの自家受粉によって生じた種子では、発芽したすべての個体が枯死し、遺伝子組換えトウモロコシの栽培用種子では、発芽したすべての個体が生き残るものとする。

(次ページに問題Ⅲがあります。)

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生体膜は、膜による物質の拡散防止、膜を介した物質の輸送、外部からの情報の受容や情報伝達などのはたらきをもち、細胞が機能を発揮する上で重要である。生体膜には複数のタンパク質が存在し、これらが機能するためには、生体膜を構成する脂質やそれらの膜タンパク質が、膜内および膜上を自由に動ける状態であることが不可欠である。^(a)

生体膜の流動性や柔軟性は、それを構成するリン脂質に含まれる脂肪酸の性質と密な関連がある。脂肪酸は、炭素が16~20個程度の炭化水素基の末端にカルボキシル基が付いた分子であり、膜脂質では二分子の脂肪酸がカルボキシル基でグリセリンとエステル結合している。一般に脂肪酸の融点は、炭化水素基に二重結合を含まない飽和脂肪酸の方が高く、炭化水素基にシス型の二重結合を含む不飽和脂肪酸では低くなる。例えば、炭素数16の飽和脂肪酸であるパルミチン酸の融点は62.9℃であり、シス型の二重結合を1つもつ不飽和脂肪酸であるパルミトレイン酸の融点は-0.1℃である。したがって、不飽和脂肪酸を多く含む生体膜の方が、流動性に富んでいる。生体内で脂肪酸は、飽和脂肪酸として合成された後、脂^(b)脂肪酸の決まった位置に二重結合を導入する酵素(脂肪酸不飽和化酵素)によって不飽和化される。

脂肪酸の融点の違いが生体膜の流動性や柔軟性にあたえる影響は、身近な食用油脂の性質の違いからも推測される。油脂は、グリセリンの3つの水酸基にそれぞれ脂肪酸がエステル結合したもので、リン脂質と構造が似ている。動物性の牛脂やラード、バターは飽和脂肪酸を多く含み、常温で固体である。一方、オリーブ油やコーン油のような植物性の油脂は、不飽和脂肪酸の割合が高く、常温で液体である。植物性油脂の不飽和脂肪酸を飽和化することで、マーガリン様の常温で固体の油脂を作ることができる。ある種の金属化合物の存在下で水素を吹き込むことは、油脂の脂肪酸を飽和化する手法である。^(c)この手法は細胞にも直接ほどこすことができる。

問 1 下線部(a)に関連して、脂質とタンパク質からなる生体膜の二次元的に柔軟な性質を説明するモデルを何と呼ぶか、名称を記せ。

問 2 下線部(b)に関連して、図 1 は、36 °C で培養したシアノバクテリアを様々な温度で 30 分間処理し、それらの細胞の脂肪酸不飽和化酵素遺伝子 (*desA*) の mRNA 量を調べたものである。mRNA の存在量は、その遺伝子の転写と mRNA の分解のバランスによって決まる。

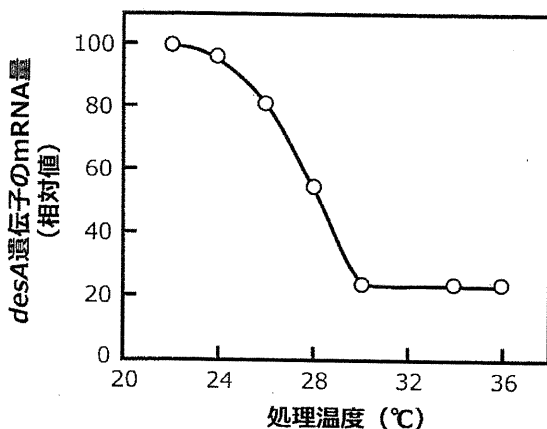


図 1 様々な温度条件での *desA* 遺伝子の mRNA の量

図 1 の実験結果だけでは言えないことを、以下のア～オからすべて選び、記号で記せ。

- ア. *desA* 遺伝子の転写は処理温度の低下によって促進される。
- イ. *desA* 遺伝子の mRNA 量は処理温度がある温度より低いと増加する。
- ウ. *desA* 遺伝子の mRNA は処理温度がある温度より高いと不安定になる。
- エ. 低温条件での生育には *desA* 遺伝子の発現が必要である。
- オ. このシアノバクテリアは 36 °C 以上の温度では生育できない。

問 3 下線部(C)に関連して、図 2 はシアノバクテリアの培養温度を 36℃ に保ったまま、細胞に水素付加処理を 5 分間ほどし、膜脂質の脂肪酸の不飽和度を低下させた際の、*desA* 遺伝子の mRNA 量の経時変化を示したものである。図 1 と図 2 の実験結果をふまえると、*desA* 遺伝子の mRNA 量の増加を引き起こす要因は、何のどのような変化だと考えられるか、15 字以内で記せ。

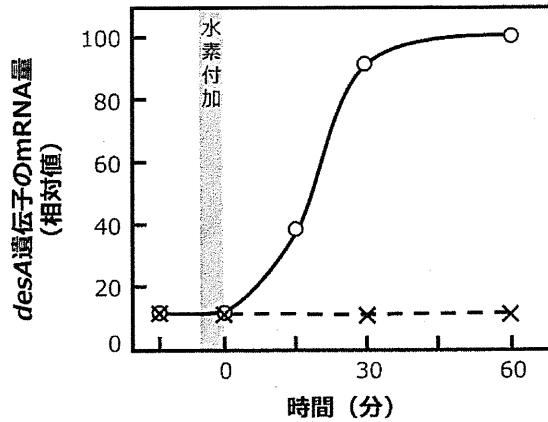


図 2 細胞への水素付加後の *desA* 遺伝子の mRNA の量

- : 水素付加を行った実験
- × : 水素付加を行わなかった実験

水素付加は、-5分から0分まで5分間行った。

問 4 *desA* 遺伝子をもたない別の種のシアノバクテリアの細胞に、*desA* 遺伝子を導入し発現させた(これを *desA* 遺伝子導入株とする)。*desA* 遺伝子を導入していない野生株と *desA* 遺伝子導入株を、それぞれ 22℃ と 34℃ で培養し、様々な温度条件で 60 分間処理した後、もとの培養温度に戻し、10 分後に光合成活性を測定した。図 3 は各温度で処理した後の光合成活性を相対値で示したものである。

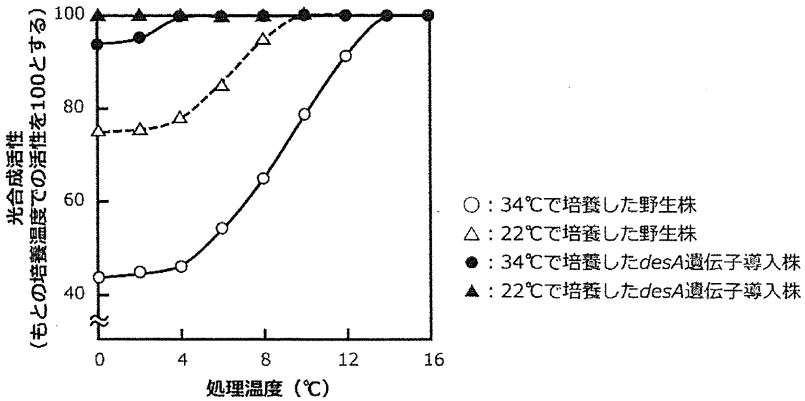


図 3 低温処理による光合成活性の変化

図 3 の実験結果からわかることを、以下のア～オから すべて 選び、記号で記せ。

- ア. このシアノバクテリアの野生株の光合成活性は低温処理により低下する。
- イ. あらかじめ低い温度で培養すると、低温処理による光合成活性の低下は抑えられる。
- ウ. *desA* 遺伝子が発現すると、低温処理による光合成活性の低下が抑制される。
- エ. シアノバクテリアは、低温でも生育できるように *desA* 遺伝子を獲得した。
- オ. *desA* 遺伝子の有無は、低温処理前の光合成活性に影響しない。

問 5 以下の文章を読み、設問(1)と(2)に答えよ。

光合成では、 膜に存在する II と I の間で、光合成色素によって捕集された光のエネルギーを用いた電子伝達を行う。こういった電子伝達系では、膜内に存在する のようなタンパク質複合体や電子を受け渡す物質の間で、順序よく電子が受け渡されることが必要である。その結果、 や NADPH が生産され、 回路によって CO₂ の固定に利用される。

(1) 空欄 ~ に当てはまる適切な語を記せ。

(2) 膜脂質の不飽和化が、低温条件下での光合成活性にどのように影響すると考えられるか、上記の文章をふまえて 70 字以内で記せ。

(次ページに問題Ⅳがあります。)

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

海洋の主な生産者は植物プランクトンであり、植物プランクトンによって生産される有機物が海洋生態系を支えている。この有機物の生産に影響する光や水温、無機栄養塩類といった非生物的环境要因は、季節や海域によって変動するため、植物プランクトンとその消費者の現存量や生産量もそれにともなって変動する。^(a)

北緯 50 度の沿岸域における、植物プランクトンの珪藻と環境要因の季節変動を見てみよう。図 1 は、海洋表層における珪藻の現存量と動物プランクトン数の 1 年間の変化を示している。図 2 は、海表面の水温、日射量および無機栄養塩濃度の 1 年間の変化を示している。珪藻の現存量は、冬の間は低く維持されていたが、3 月から 5 月にかけて増加し、5 月中旬以降に減少し始めた。この海域では、春に増殖する珪藻が、それを捕食する節足動物のカイアシ類、そして魚類などの消費者を支える重要な役割を担っている。^(b)^(c)

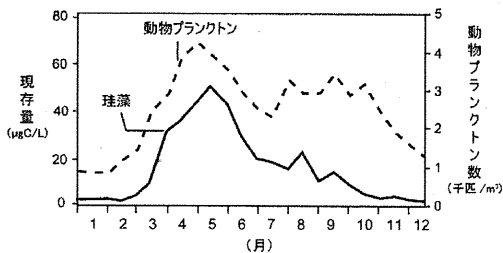


図 1

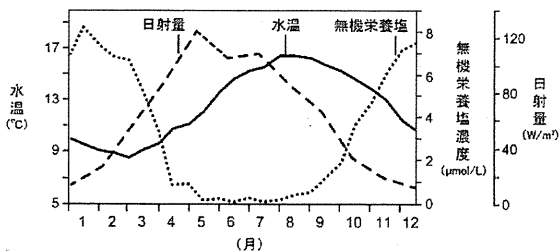
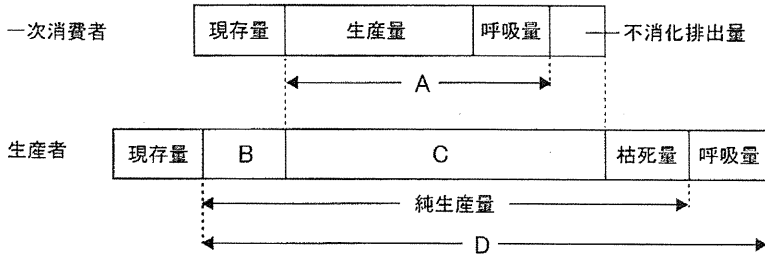


図 2

問 1 下線部(a)に関して、図 3 は生産者と一次消費者の物質収支を表している。図 3 の A～D に当てはまる適切な語を記せ。



問 2 下線部(b)に関して、珪藻の現存量の 3～5 月における増加と 5 月中旬に見られた減少は、複数の環境要因の変化によって引き起こされたと考えられる。この珪藻の増減を引き起こした環境要因の変化として考えられるものを、以下のア～オからそれぞれ 1 つずつ選び、記号で記せ。

- ア. 動物プランクトン数の増加と無機栄養塩濃度の減少
- イ. 水温の下降と無機栄養塩濃度の減少
- ウ. 水温の上昇と日射量の増加
- エ. 日射量の増加と無機栄養塩濃度の減少
- オ. 日射量の減少と動物プランクトン数の減少

問 3 下線部(C)に関連して、この沿岸域と温帯の外洋域における食物連鎖の例を
 図4に示す。以下の設問(1)~(3)に答えよ。

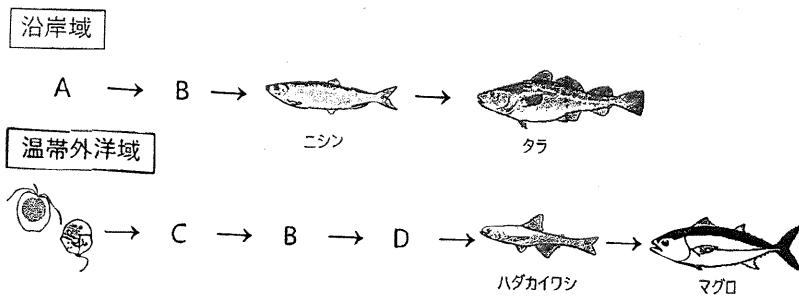
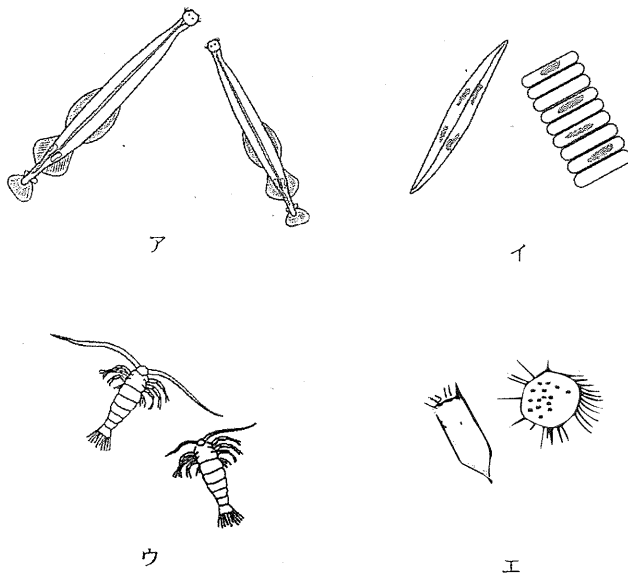


図4

(1) 図4のA~Dに当てはまるプランクトンを以下のア~エから選び、記号
 で記せ。



(2) この沿岸域にある実験区を設けた。この実験区では、図4に示す食物連鎖が形成されていた。ある年の秋に、この実験区内に、ある海洋生物Qを新規に投入したところ、翌年3月頃には、Qの被食者の個体数が図1を観測した年よりも大きく減少した。食物連鎖の観点から、その年の3～4月のプランクトンAは、前年よりも減少すると予想された。このとき、海洋生物Qとして最も適切だと考えられる生物を以下のア～ウから選び、記号で記せ。また、プランクトンAが減少すると予想された理由を60字以内で記せ。

- ア. タラを捕食するサメ イ. プランクトンBを捕食するイワシ
ウ. ニシンを捕食するサケ

(3) 表1は、沿岸域と温帯外洋域それぞれの1年間の植物プランクトンの純生産量と魚食性魚類の生産量を示している。図4に示した食物連鎖において、沿岸域の生態効率が、温帯外洋域の1.5倍であるとき、表1のXに当てはまる数値はいくらになるか、解答欄に記せ。ただし、ここでは、ある栄養段階における生態効率を、一つ前の栄養段階の純生産量もしくは生産量に対する、ある栄養段階の生産量の割合として計算した。また、各栄養段階の生態効率は各海域内で一定とする。

表1

	沿岸域	温帯外洋域
植物プランクトンの年間純生産量 (gC/m ²)	300	75
魚食性魚類の年間生産量 (mgC/m ²)	X	0.75

