

筑波大学

平成27年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

- 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)
 ※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて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)
 (知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分
 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	16
地	学	32

注 意

- 1 問題冊子は1ページから39ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
教 育 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
心 理 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
障 害 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
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
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
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
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

生 物

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

動物のからだは様々な種類の細胞から作られる。細胞種が異なっても、保持するゲノムは基本的には同一であるため、それぞれの細胞は遺伝子の発現調節をおこなうことで、必要な形質を獲得している。核内の遺伝子の近傍には [1] とよばれる転写調節領域があり、RNAポリメラーゼやそのはたらきを助ける [2] とよばれるタンパク質が結合する。また、遺伝子上流や下流の離れた場所にも転写調節領域があり、アクチベーター(活性化因子)やリプレッサーなどの調節タンパク質が結合することで、遺伝子発現の量や時期、場所などを調節する。細胞の種類が異なれば、存在する調節タンパク質の種類も異なるため、遺伝子の発現状態は、転写調節領域の種類と、そこに結合する調節タンパク質の組み合わせの違いにより決まる。また、核内ではDNAが [3] に巻きつくことで [4] を形成し、さらに [4] が重なることでクロマチン繊維構造をとるが、この構造がゆるんだり、あるいは密に折りたたまれることによっても、遺伝子の転写の起こりやすさが変化する。

遺伝子組換え技術を利用して、外来遺伝子を組み込んだ動物をトランスジェニック動物とよび、遺伝子の転写調節研究にも利用される。ヒト遺伝子の研究には、転写調節タンパク質の種類やその機能が似ていることなどから、トランスジェニックマウスが用いられることが多い。T博士は、4つのエクソンをもつヒト遺伝子Xの転写調節メカニズムを推察するために、以下の2つの実験をおこなった。

[実験1] 遺伝子Xを含む、5つの異なる長さのヒトゲノムDNA断片(図1、断片I~V)を準備し、それぞれを、微細ガラス針で受精直後のマウス受精卵の核に注入したのち、^(a)胚を代理母にもどして発生を続けさせた(図2)。代理母から産まれた子マウスの尾からDNAを抽出し、 [5] 法によ

り調べた結果、一部の個体でヒト遺伝子 X がマウスのゲノム DNA に挿入されていることがわかった。さらに、その子孫にも外来遺伝子が受け継がれることを確認した。

[実験 2] 5 種類の DNA 断片(図 1, 断片 I ~ V)を、それぞれ完全な長さで保持するトランスジェニックマウス(トランスジェニックマウス I ~ V)について、組織 A と組織 B から mRNA (伝令 RNA)を抽出し、ヒト遺伝子 X の発現量を調べた。その結果の一部を表 1 に示す。

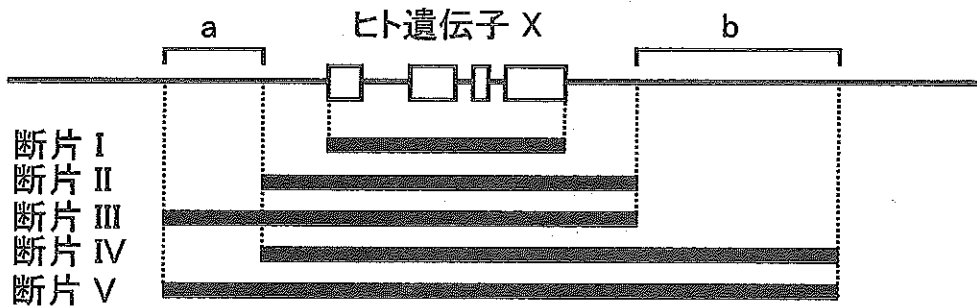


図 1 ヒト遺伝子 X の構造と外来遺伝子として用いた DNA 断片の範囲
(a と b は転写調節領域, 白い四角はエキソンを表す)

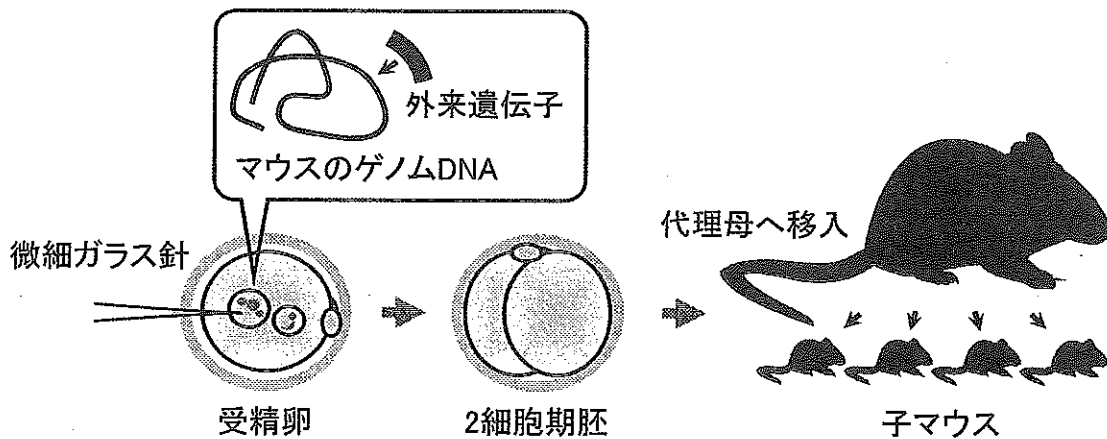


図 2 トランスジェニックマウスの作製

表1 トランスジェニックマウス組織でのヒト遺伝子Xの発現

トランスジェニックマウス	組織 A	組織 B
I	—	—
II	+	+
III	+	—
IV	++	+

—：遺伝子が発現していない。

＋：遺伝子が発現している。

++：＋と比べ、遺伝子の発現量が多い。

ただし、外来遺伝子が挿入されたマウスゲノム DNA の場所にかかわらず、同じ DNA 断片をもつトランスジェニックマウスからは、常に同じ結果が得られるものとする。

問 1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 空欄 に当てはまる、耐熱性 DNA ポリメラーゼを用いて、特定の塩基配列をもつ DNA 領域を増幅する技術の名称を記せ。

問 3 下記の文章の空欄 ～ に当てはまる最も適切な語を、次のア～オから選び、記号で記せ。

T博士は、表1のトランスジェニックマウスI～IVの結果から、「ヒト遺伝子X(図1)の転写調節領域aには、組織 ではたらく が結合し、調節領域bには、組織 ではたらく が結合する」と考え、トランスジェニックマウスVの結果を、組織Aでは「++」、組織Bでは「—」と予想した。

ア. A

イ. B

ウ. A と B の両方

エ. アクチベーター

オ. リプレッサー

問 4 実験 1 の下線部(a)に関連して、受精卵が細胞分裂した後に、一部の細胞でのみ外来遺伝子がゲノム DNA に挿入されたときには、外来遺伝子が全く子孫に受け継がれない可能性がある。どのような場合か、40 字以内で記せ。

問 5 実験 2 で、組織 A と組織 B との間では、ヒト遺伝子 X の mRNA の長さに違いが見られた。この観察の原因となる生物現象の名称を答え、また、その現象が生物にとってどのような利点となるのか、40 字以内で記せ。ただし、両組織において、ヒト遺伝子 X の転写が開始する位置と終結する位置は、それぞれ同じであるとする。

問 6 表 1 の結果について、実際には、同じ DNA 断片を用いたとしても、外来遺伝子がマウスゲノム DNA の異なる場所に挿入された場合には、それらの転写が異なる影響を受ける場合がある。この理由を、本文を参考にして 60 字以内で記せ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ヒトの脳・神経系は1,000億個以上のニューロン(神経細胞)がネットワークを形成しており、そこで電気信号を発生して情報の処理をおこなっている。個々のニューロンで電気信号が生じるしくみには、その構造と特徴が密接に関係している。

細胞膜は 1 の二重層できており、その中にタンパク質がモザイク状に分布している。細胞の内外には各種のイオンが存在しており、その濃度は細胞の内と外では大きく異なる。電気信号の発生に重要な役割をはたす K^+ と Na^+ で比較すると、細胞外液中の K^+ 濃度を基準としたときの、細胞外液と細胞内液の K^+ 濃度はそれぞれ1.0と31.1、 Na^+ 濃度は31.1と3.3である。^(a) このイオン濃度の差が電気信号を生じる要因の1つになっている。

細胞膜そのものはイオンを通さないが、細胞膜にはイオンなどの物質を運搬するしくみが備わっている。その1つがイオンチャネルである。イオンチャネルには後シナプス膜に存在する 2 チャネルや、電位変化によって活動する電位依存性チャネルなどがある。ニューロンが活動していない状態(静止状態)では、電位に依存せずに K^+ を透過させるカリウムチャネルが常に開いた状態になっている。^(b)

細胞に閾値以上の刺激^{いさち}が加わると、電位依存性ナトリウムチャネルが開いて Na^+ が細胞内に流入する。その結果、細胞内の電位が上昇し、細胞内外の電位が逆転する。その後、電位依存性ナトリウムチャネルが閉じるとともに、電位依存性カリウムチャネルが開き、最終的に静止電位に戻る。^(c) この一連の電位変化を活動電位という。

このような活動電位の発生のしくみを調べるため、以下の3つの実験をおこなった。

[実験1] イカの巨大軸索を切り取り、軸索の内側および外側に、組成の異なる一定の溶液を流し続けることができる標本作製した。このような標本を用い、細胞膜内外の溶液のイオン濃度を人為的に変えて膜電位を測定した。細胞外液と細胞内液の相対的な濃度を、生体内と同様に K^+ が1.0(細胞外)と31.1(細胞内)、 Na^+ が31.1(細胞外)と3.3(細胞内)にして膜電位を測定し、閾値以上の刺激を与えると、図1に示す結果が得られた。

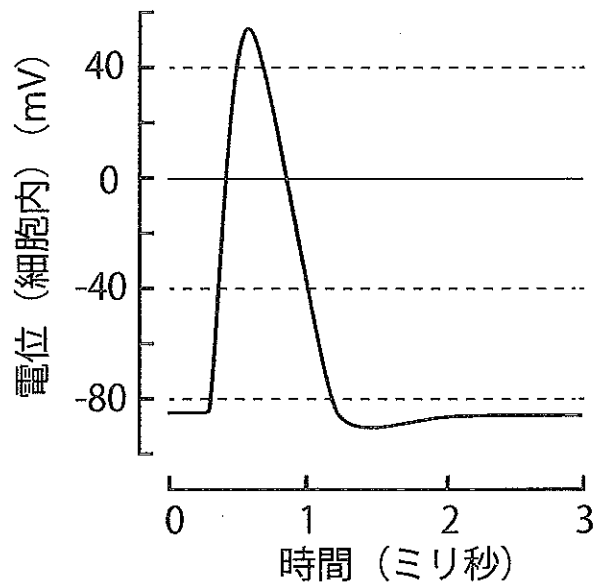


図1

[実験2] 実験1で用いた標本で、細胞外の Na^+ をすべて K^+ に置き換えて膜電位を測定し、実験1と同じ強さの刺激を与えた。

[実験3] 実験1で用いた標本で、細胞内の K^+ の半分を Na^+ に置き換えて膜電位を測定し、実験1と同じ強さの刺激を与えた。

問1 空欄 と に当てはまる最も適切な語を記せ。

問2 下線部(a)について、このようなイオンの濃度勾配を維持するための物質輸送の名称を記せ。また、そこではたらくタンパク質の名称を記せ。

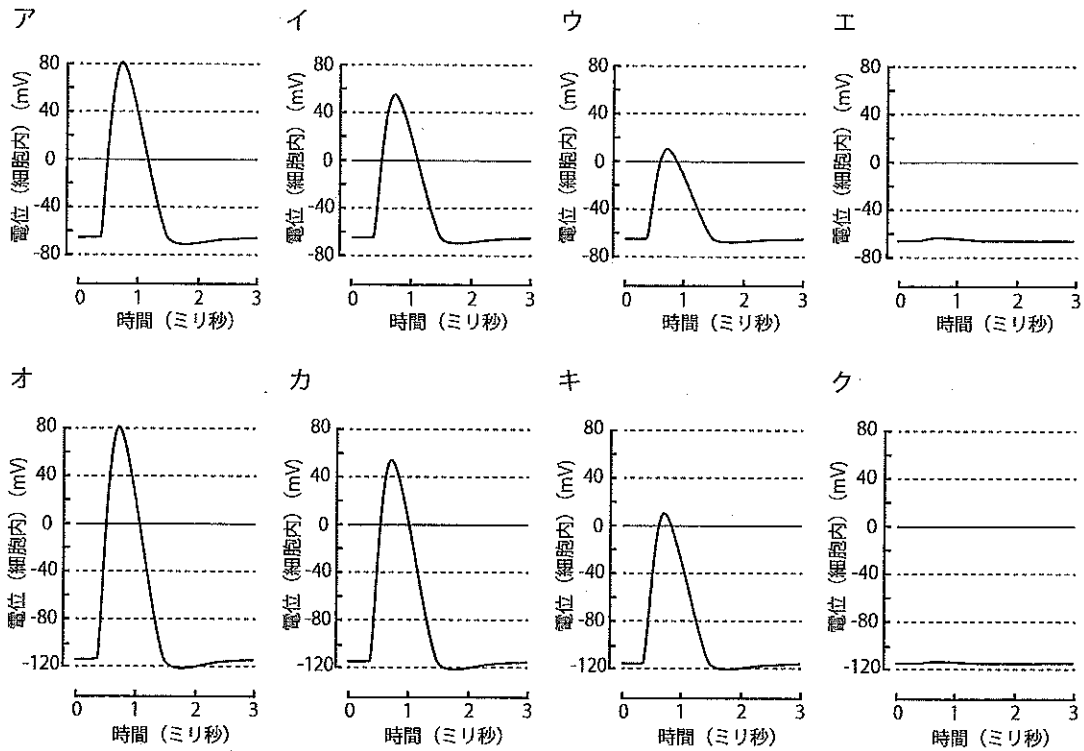
問3 下線部(b)に示す事実は静止電位が生じるために重要である。これにより静止電位が生じる理由を80字以内で記せ。

問4 下線部(c)について、電位依存性カリウムチャネルを阻害する薬物を投与してこのチャネルが開かないようにしたとき、活動電位にどのような変化が生じるか、予想される結果を40字以内で記せ。

問 5 [実験 2] で予想される結果を以下のア～カから選び、記号で記せ。

- ア. 静止電位に変化はなく、活動電位が生じる。
- イ. 静止電位に変化はなく、活動電位は生じない。
- ウ. 静止電位がおよそ 0 mV まで上昇し、活動電位が生じる。
- エ. 静止電位がおよそ 0 mV まで上昇し、活動電位は生じない。
- オ. 静止電位がおよそ -100 mV まで低下し、活動電位が生じる。
- カ. 静止電位がおよそ -100 mV まで低下し、活動電位は生じない。

問 6 [実験 3] で予想される結果を以下のア～クから選び、記号で記せ。



(次ページに第Ⅲ問があります。)

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生物の分類体系は、主に形態や発生、生態的特徴にもとづいて提案されてきた。タンパク質のアミノ酸配列の解読がおこなわれるようになると、それらを用いた種間の類縁関係の推測が可能となった。1960年代の初めごろには、いろいろな動物のヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列の比較から、その配列変化が時間の経過とともに一定の割合で起こることがわかり、種が分かれた時期の推測も可能となった。この配列変化の速度を [1] とよぶ。 [1] は他のタンパク質のアミノ酸配列や DNA の塩基配列でも成り立つ場合があることが明らかとなった。また、機能的に重要な分子ほど配列変化の速度が遅く、逆に、重要でない分子では配列変化の速度が速い傾向にあることもわかってきた。これらの発見は生物の系統を探求する分子系統学という新たな研究分野の発展につながった。

1970年代に微生物学者のウーズらは、リボソーム RNA の塩基配列を用いた分子系統学的研究によって、それまで1つのグループとして考えられてきた原核生物が2つに大別されることを見出した。1つは大腸菌やシアノバクテリアなどが含まれる [2] のグループであり、もう1つは高度好塩菌や超好熱菌などが含まれる [3] のグループである。その後、これらとは明瞭に識別される [4] のグループを加え、生物全体を3つに大別する分類体系が提案された。この分類体系において、それぞれのグループは [5] と呼ばれる。

今から約40億年前に地球上に出現したと推定される生物は、原核生物と考えられている。原核生物の大きな特徴は細胞内に核膜で包まれた染色体を有していないことであり、また、 [4] でみられる細胞小器官をもっていない。 [4] への進化は、先祖型の原核生物からいろいろな種類の原核生物が分化し、そのうちのいくつかのなかまから起こったと考えられている。

問 1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)について、遠縁な種も含んだ広い範囲の生物群の系統関係を明らかにするため、リボソーム RNA が用いられた有用性はどのような点にあると考えられるか、70 字以内で説明せよ。

問 3 下線部(b)について、高度好塩菌や超好熱菌などを含むグループでは、細胞膜を構成する脂質が別のグループのものと生化学的に大きく違うことが知られており、それが極限環境での生息を可能にする要因の 1 つと考えられている。このグループの細胞膜を構成する脂質の名称を記せ。

問 4 下線部(c)に関連して、このような生物の分類体系が提唱される以前に、ホイッタカーやマーグリスによって提唱された分類体系を何というか、その名称を記せ。また、その分類体系に示された生物グループのうちで、原核生物ではないグループの名称を全て記せ。

問 5 下線部(d)について、原核生物にはみられない細胞小器官のうち、核以外の例を 2 つ記せ。

問 6 図 1 は、リボソーム RNA の塩基配列にもとづいた生物の系統樹である。図中の A ~ C に当てはまる生物の組み合わせとして正しいものを、以下のア ~ カから 1 つ選び、記号で記せ。

- | | | |
|------------|--------|---------|
| ア. A 卵菌 | B メタン菌 | C 乳酸菌 |
| イ. A 枯草菌 | B 乳酸菌 | C 肺炎双球菌 |
| ウ. A 肺炎双球菌 | B 変形菌 | C 卵菌 |
| エ. A 乳酸菌 | B メタン菌 | C 担子菌 |
| オ. A メタン菌 | B 担子菌 | C 乳酸菌 |
| カ. A 変形菌 | B 枯草菌 | C メタン菌 |

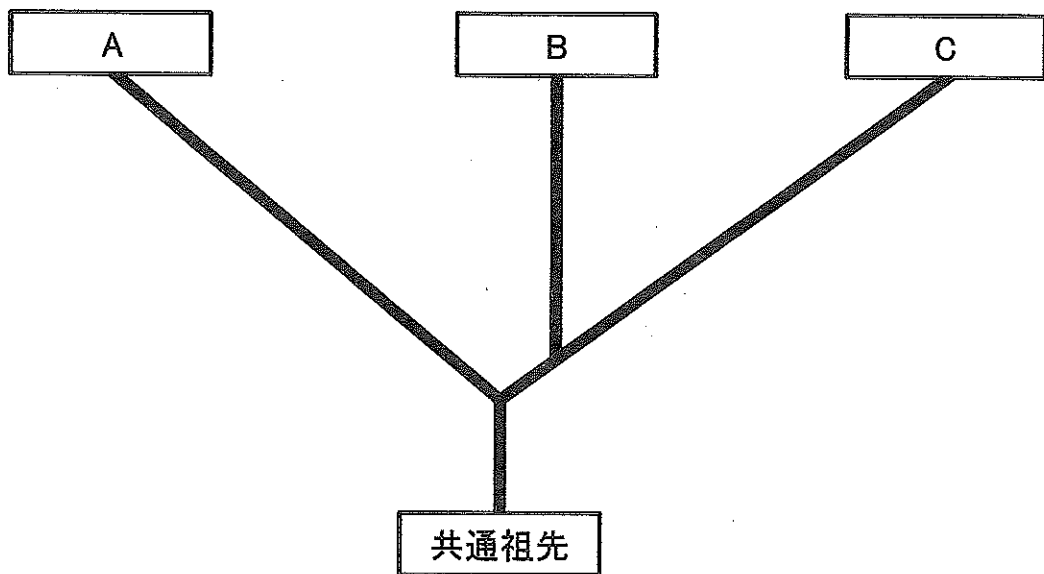


図 1

(次ページに第Ⅳ問があります。)

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ペルーには「グアノは聖者ではないが多くの奇蹟をもたらす」とのことわざがある。これは、「グアノ」が高い濃度で窒素やリンなどの植物の栄養となる元素を含むため、肥料として用いられた際に、予想以上の農作物の成長をもたらすことに由来する。この「グアノ」は、海鳥の排泄物^{はいせつ}が堆積したものであり、「グアノ」を豊富に産出する要因は、ペルー沖の海域における植物プランクトンによる有機物の高い生産量である。

低緯度の海域では、植物プランクトンの光合成による有機物の生産がおこなわれる表層の水温と、それより深い下層の水温との差が一般に大きく、その間には水温躍層^{すいおん}とよばれる水温が大きく変化する層がある。このような海域においては、表層と下層で濃度に差が認められる物質もある。^(a)これに対して、同じく低緯度に位置するペルー沖の海域においては、通常、表層水温は周囲と比べて低く、水温躍層は周囲ほど発達していない。これが、同海域における植物プランクトンによる高い有機物の生産量の原因となっている。^(b)

通常は表層の水温が低いペルー沖の海域であるが、表層の水温が上昇するエルニーニョが時々発生する。このエルニーニョ期には、水温などの環境要因の変化だけではなく、生息する生物にも大きな変化が生じ、植物プランクトンでは、現存量の低下と群集組成^(c)の変化がおこる。また、図1に示すように、通常期とエルニーニョ期では、植物プランクトンのサイズ(大きさ)の組成が大きく異なっている。

このような生産者のサイズの組成の変化は、食物連鎖の構造にも影響を与える。これは、海洋生態系の食物連鎖では、餌となる生物とそれを摂食する生物のサイズの関係が大きな意味をもつからである。そのため生産者のサイズが異なる通常期とエルニーニョ期では、食物連鎖の構造も影響を受けることになる。^(d)通常期のペルー沖で認められるように、植物プランクトンの生産量の高さに加え、生産された有機物が効率的に海鳥まで受け渡されることが、豊富な「グアノ」の産出につながっている。^(e)

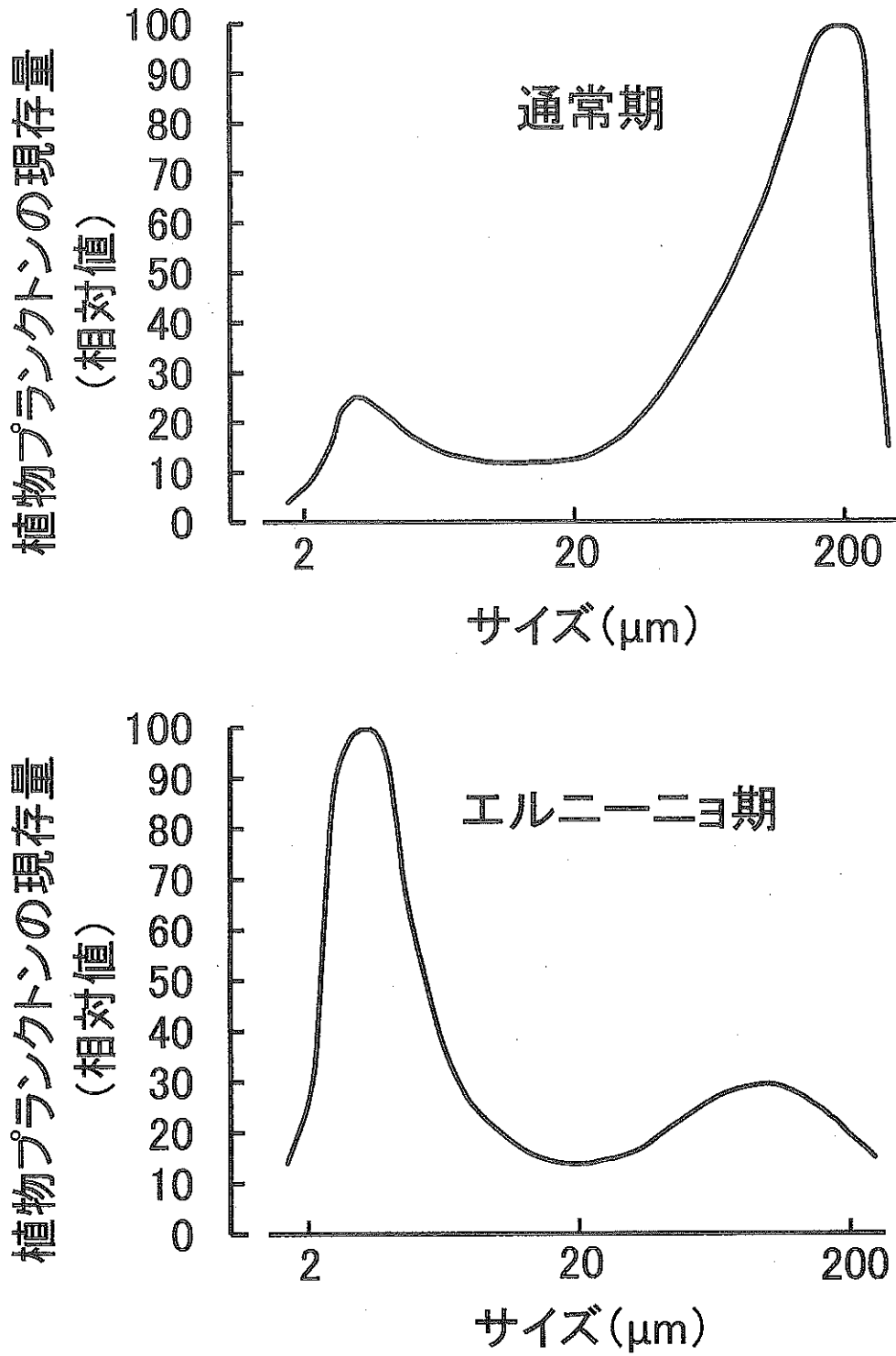


図1 通常期とエルニーニョ期における植物プランクトンのサイズ別現存量

問 1 下線部(a)に関連し、下記のア～ウの物質で、表層の濃度が下層の濃度より高い場合はAを、低い場合はBを記せ。

ア. 栄養塩

イ. 酸素

ウ. 二酸化炭素

問 2 下線部(b)のように、通常のペルー沖の海域では、他の低緯度の海域に比較して、植物プランクトンの有機物の生産量が高くなる理由について 40 字以内で記せ。

問 3 下線部(c)について述べた下記の文章の空欄 [1] ~ [4] に当てはまる最も適切な語を、次のア～シから選び、記号で記せ。

植物プランクトンを調査する方法の1つとして、光合成色素の測定があげられる。[1] は、すべての分類群に含まれる光合成色素であるが、その他の [2] 色素とよばれる光合成色素には、特定の分類群にのみ含まれるものもある。通常期のペルー沖では、[1] に加えてクロロフィルcの濃度が高いことから、[3] 類が高い割合を占めることが推定できる。一方、エルニーニョ期には、シアノバクテリアが主要な植物プランクトンの1つとして生息するが、これは、色素として [4] を含んでいる。このように、光合成色素の測定により、顕微鏡では観察が困難な、小さいサイズの植物プランクトンの生息を確認することができる。

ア. 緑藻

イ. ケイ藻

ウ. 紅藻

エ. 光合成細菌

オ. シャジクモ

カ. 主

キ. 補助

ク. フコキサンチン

ケ. フィコビルリン

コ. バクテリオクロロフィル

サ. クロロフィルa

シ. クロロフィルb

問 4 図 2 は海洋の食物連鎖に関係する主な生物のサイズを示している。図 1 および 2 を参考に、下線部(d)について、エルニーニョ期の食物連鎖の構造の特徴を 60 字以内で記せ。

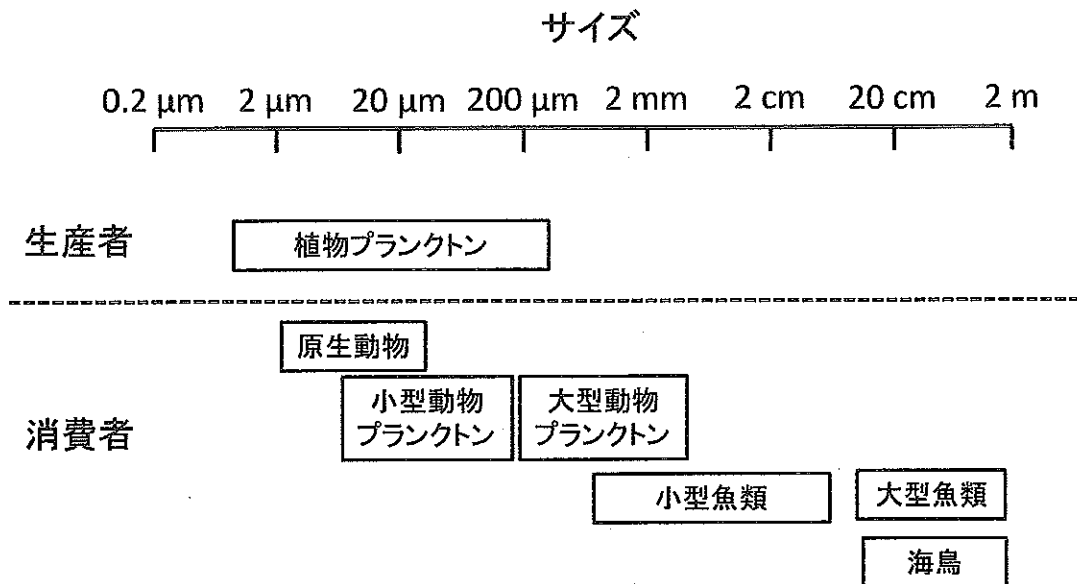


図 2 海洋に生息する生物のサイズ

問 5 下線部(e)について、その理由を 50 字以内で記せ。