

生 物

解答用紙の所定の欄に記入すること。

I 以下の文を読み、問1—6に答えなさい。

生物は外部環境の影響を受けつつ、からだ内部の諸条件（内部環境）を調節している。のどが渴いた時₍₁₎に水を飲むという行動は体液の浸透圧調節のために重要である。一方、代謝によって生ずる有毒な窒素化合物₍₂₎などを排出するためにも水が必要である。またこのような調節システム自体も、環境に応じて変わる場合がある。たとえば海と河川を行き来するような魚は、おおきく異なる外界の塩分濃度に対して内部の浸透圧調節システム₍₃₎を変更している。ある種のヨコエビ（甲殻類）₍₄₎も広範囲の塩分変化に耐えることができる。その個体発生では幼生₍₅₎の時期をもたず、胚はしばらく母体に保持されて成長するが、その胚を包む卵膜の外側は直接に外液と接触している。その発生と浸透圧調節₍₆₎の関係について調べたところ、図1のようなデータが得られた。

問1 下線（1）の場合にヒトの体内で起こる内分泌現象について書きなさい。解答文中には、ホルモン名、その分泌器官および標的器官、その作用を含めて答えなさい。

問2 下の（a）から（e）に適切な語を入れなさい。ただし、（b）と（d）は分子の名称、（c）と（e）は器官の名称を答えなさい。

3大栄養素のうち下線（2）を生じるものは（ a ）である。水中生活をする動物では一般にこの代謝物を（ b ）のままで排出するが、陸上動物、たとえばヒトでは（ c ）において（ b ）を（ d ）の形に変えて（ e ）でつくられる尿の中に排出する。カエルでは一般にヒトと同じく（ d ）の形にするが、オタマジャクシの時には（ b ）の形で排出しており、発生にともなって窒素排出システムが変更される。

問3 下線（3）のようなシステムを構成するためにはどのような機能をもつ器官が必要だと考えられるか。例にならって3つ答えなさい。

〔例〕 水流をおこす器官

問4 下線(4)のヨコエビと近縁と考えられる生物を下の語群から2つ選んで書きなさい。(順不同。かならず2つ答えること)

ゾウリムシ シャジクモ バフンウニ プラナリア アノマロカリス
アンモナイト ミミズ クモヒトデ ウミウシ ミツバチ メダカ

問5 動物のなかには成体とは大きく異なる体制の発生段階(幼生)をもつものも多く、それぞれ固有の名称で呼ばれている。つぎの語群Aからゴカイの幼生を選びなさい。また、そのような幼生としての発生段階をもたない生物名を、語群Bから2つ選んで書きなさい(順不同。かならず2つ答えること)。

〔語群A〕

ノープリウス	ヴェリジャー	メルクリウス	プラヌラ
トリケラトプス	エフィラ	トリプシン	プルテウス
トロコフォア	ヴォイジャー	アメーバ	ゾエア

〔語群B〕

ショウジョウバエ	バフンウニ	テナガエビ	ニホンザル
ハマグリ	ヒキガエル	ゾウリムシ	カイコ

問6 下線(6)の詳しい仕組みは不明であるものの、前期胚では背器官と呼ばれる装置が、ふ化後では鰓が浸透圧調節を担うことが知られている(図1)。胚発生の後期以降では背器官は退化してかわりに鰓が発達し始める。

(A) 外洋性のカニでは、体液の浸透圧調節のしくみが発達しておらず、体液は外液の海水と等張である。このカニは海水の濃度が通常の半分以下になると生存できない。このカニで外液と浸透圧の関係を調べればどのようなグラフになると考えられるか、解答欄のグラフ中に実線で示しなさい。

(B) 下線(4)のヨコエビ胚に、仮に背器官も鰓も機能しない時期があり、それにもかかわらず胚が成長を続けることができるとすれば、それはどのような場合だろうか。生物の環境適応へのさまざまな可能性を2例考えて書きなさい。

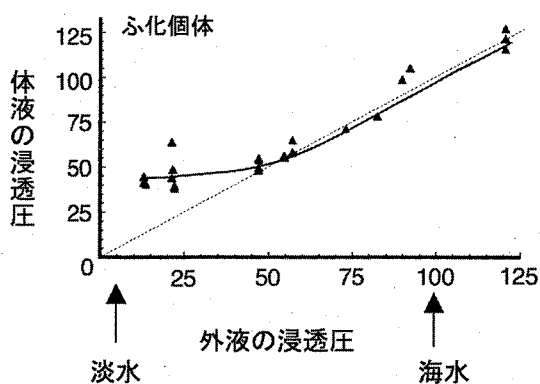
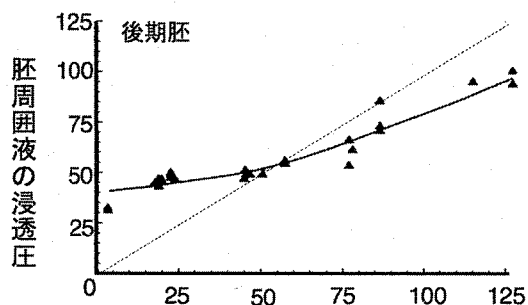
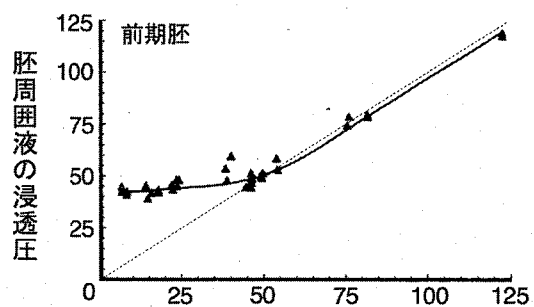
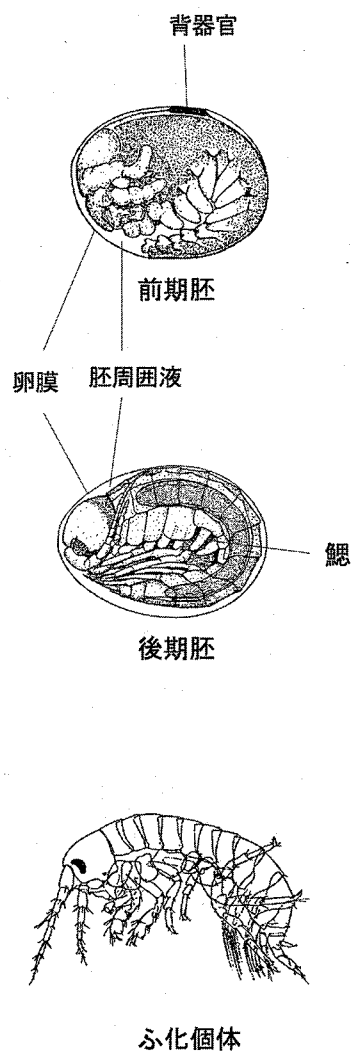


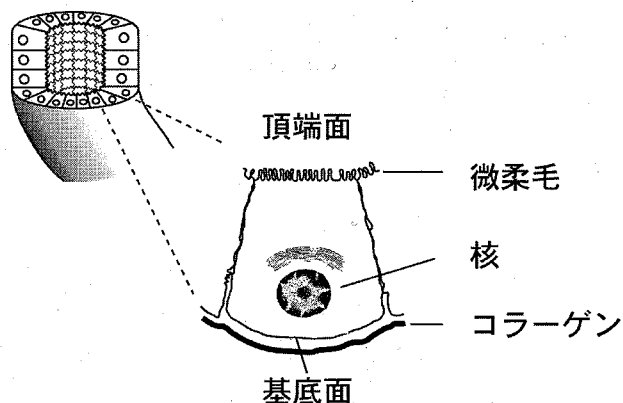
図1 ヨコエビの1種の発生と浸透圧調節

各グラフ横軸は外液の浸透圧，縦軸は前期胚と後期胚では胚周囲液（卵内部で胚を浸している液体）の浸透圧，孵化個体では体液の浸透圧を示す。それぞれの浸透圧は，平均的な海水を100とした相対値で示す。

Ⅱ 以下の文を読み、図を参照しながら問1－8に答えなさい。

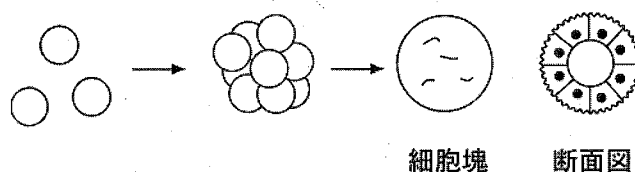
動物の体の中には、外界と通じる中空のパイプのような構造⁽¹⁾がある。これらのパイプの内表面をおおっている細胞⁽²⁾には、パイプの内側に向いている面（頂端面）に微柔毛（微絨毛）や繊毛（線毛）などの構造をもつものがある。細胞の側面は隣の細胞と密に接着している。また、頂端面の反対側を基底面といい、コラーゲンと呼ばれる細胞外タンパク質と接している（図1）。頂端面と基底面では、細胞膜に埋め込まれているタンパク質⁽³⁾の種類が異なる。このように、頂端面と基底面の方向に極性（非対称性）をもつ⁽⁴⁾ことにより、これらの細胞は一定の方向から情報を受け取ったり、一定の方向にイオンや物質を分泌・吸収したりすることができる。細胞が極性をもつ仕組みを明らかにするために以下の2つの実験がなされた。

図1 パイプの内表面をおおっている細胞
頂端面と基底面の方向に極性をもつ。



【実験1】 ある「パイプのような構造」の内表面をおおっている細胞は、頂端面に微柔毛をもち、頂端面の細胞膜にはタンパク質 A がある。また、基底面の細胞膜にはタンパク質 B がある。「パイプのような構造」を酵素処理することによって、極性をもつ個々の細胞をばらばらにして培養液中に浮遊させたとところ極性が失われた。その後、個々の細胞は培養液中で分裂増殖し10個以上の細胞からなる集合体を作り、7日後には球形の細胞塊が多数得られた。その断面を詳しく調べたところ、どの細胞塊も中央の空洞を囲む一層の細胞群からなり、細胞塊の外側に頂端面を特徴づける微柔毛をもっていた（図2）。細胞塊の外側にタンパク質 A をもち、細胞塊の内側（中心部に形成された空洞面）に基底面を特徴づけるタンパク質 B をもつこともわかった。

図2 実験1で形成された細胞塊
断面図の波線は微柔毛を表す。



問1 下線(1)の「パイプのような構造」の例を3つ答えなさい。ただし、ひとつながりになっていて、各部分で異なる名称があるものについては、適切な部分の名称をひとつ選んで答えなさい。

問2 下線(2)の「パイプの内表面をおおっている細胞」の一般的な名称を答えなさい。

問3 下線(3)の細胞膜(リン脂質二重層)に埋め込まれるタンパク質にはどのようなものがあるか、機能の異なるものを2つ答えなさい。

問4 下線(4)の極性は、細胞膜だけでなく細胞質にも認められる。例えば、ある細胞では、「膜に包まれた扁平な袋が積み重なっているような構造をしていて、細胞内で作られたタンパク質を仕分けして様々な方向に送り出す機能を持っている細胞小器官」が、核と頂端面の間にしばしば観測された。この細胞小器官の名称を答えなさい。

問5 実験1から考えられることとして、もっとも妥当なものをひとつ選び記号で答えなさい。

- ア. 細胞の極性は頂端面から入る刺激が引き金となって生じた。
- イ. 細胞の極性は基底面から入る刺激が引き金となって生じた。
- ウ. 細胞の極性は隣接する細胞群との接着が引き金となって生じた。
- エ. 細胞の極性は一度失われると失われたままであった。
- オ. 細胞の極性はタンパク質Aの機能によって生じた。
- カ. 細胞の極性はタンパク質Bの機能によって生じた。

【実験 2】 実験 1 の細胞塊が多数浮遊する培養液に、適当な濃度のコラーゲン液を加えてゆるやかに混合し、0, 8, 16, 24, 48時間後に細胞塊を取り出した（図 3）。タンパク質 A が細胞塊の外側にあるか内側にあるかを調べ、それぞれの細胞塊の個数を数え、細胞塊の全数に占める割合をグラフにした（図 4a）。つぎに、タンパク質 A の検出方法とは別の方法で、たんぱく質 B についても細胞塊における局在を調べ同様のグラフにした（図 4b）。

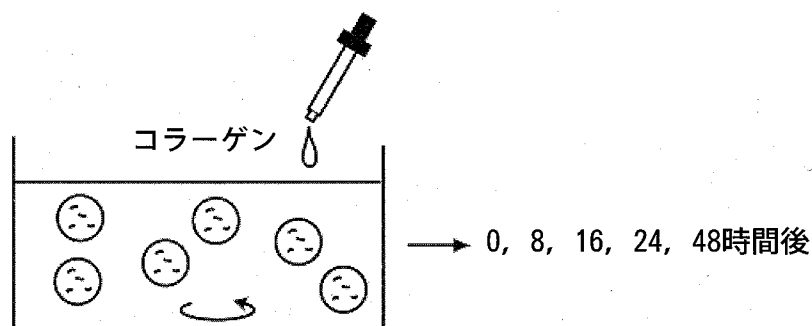


図 3 実験 2 の操作

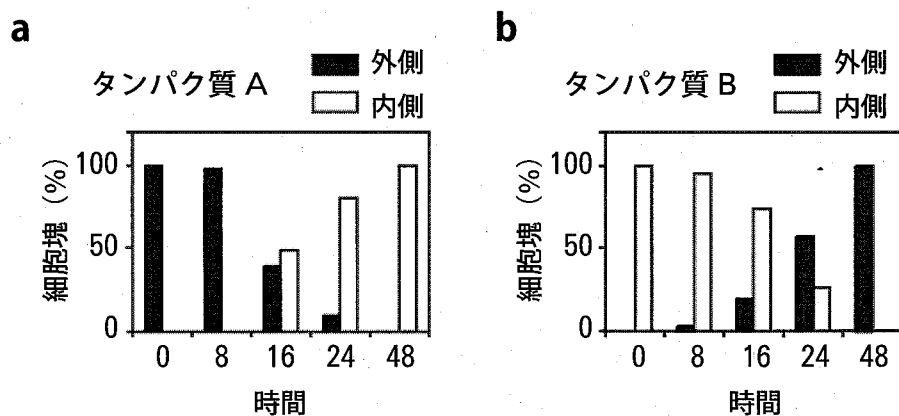


図 4 タンパク質 A とタンパク質 B が細胞塊の外側にあるか内側にあるかを調べたグラフ

問6 実験2のグラフに基づき、48時間後の細胞塊の断面図を示しなさい。その際、実験1(図2)の断面図を参考にしなさい。

問7 実験2で細胞塊の外側にコラーゲンを加えたことにより、何が起こったかを簡潔に説明しなさい。

問8 実験2終了後、実験に用いた細胞がコラーゲンを少しずつ細胞外に分泌する性質をもっていることが判明した。この事実と実験2の結論をふまえて実験1の現象に新たな解釈を与えなさい。

Ⅲ 以下の文 [A]・[B] を読み、問 1－8 に答えなさい。

[A]

眼は光を受容する感覚器官である。もっとも単純な眼は原生生物であるミドリムシ(Euglena)⁽¹⁾でみられる(図1)。べん毛の基部の近くにある膨大部と、そのすぐそばにあり色素を含む眼点とが組み合わさって光受容器となる。膨大部には光検出器があり、ミドリムシがべん毛をゆらして水中で泳ぐと、ここに光が当たったり、眼点の色素によって光が遮断され影になったりする。このような光受容器は光の方向だけを区別できる。

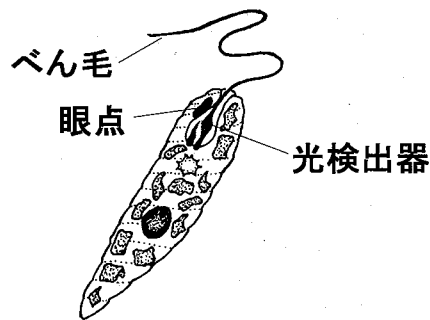


図1 ミドリムシ

光を受容する細胞(光受容細胞)が複数個集まり、光を遮断する色素を含む細胞の上に平らに並んだもの(図2a)が感覚器官としての眼の原型であり、へん形動物の一部にみられる。光を遮断する色素が球状に囲み、杯状眼(図2b)ができると、光受容器の方向選択性が増す。杯状眼の開口部が十分小さければ、光の焦点を合わすことができるので、ピンホール・カメラが作るのと同じような像を作ることができる。アワビ(*Haliotis*)やオオムガイ(*Nautilus*)⁽²⁾はこのような眼をもっている。ピンホール・カメラの小さな穴は通過する光の量を少なくしてしまうので、杯状眼の光検出能力はあまり高くはない。そこで、光を集める力を増すためにレンズが必要となる。レンズはまた、焦点をさらによく合わせてくれる。眼でレンズの役割をするのが水晶体である。

水晶体のかたちは動物によって異なるが、サカナではほぼ球形で光の屈折力が強い。はっきりした像をとらえるために、サカナはこの水晶体を前後させて対象物に焦点を合わせる。ヒトなどのほ乳類の眼には、これとは異なる遠近調節機構⁽³⁾が備わっている。光は水晶体で屈折されて[問4]の上に像を結ぶ。像は視神経によって脳へ伝えられる。[問4]はカメラのフィルムに相当する。サカナやヒトの眼をカメラ眼(図2c)と呼ぶ。しかし、水晶体が備わっているが、カメラ眼とは異なるしくみで対象物を見る眼もある。節足動物の複眼⁽⁵⁾(図2d)である。これは多くの光学的に独立な個眼から構成される。ひとつひとつの個眼にはそれぞれ1個の水晶体と光受容細胞の集まり(普通8個からなり、側面は光を遮断する色素細胞で囲まれる)がある。個眼が見ることのできる視野[注:]は2～3度で、複眼の視野の小部分で、かつ重ならない領域である。

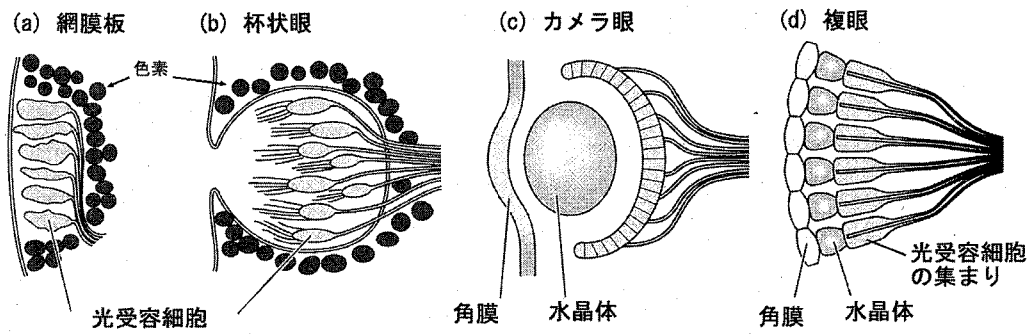


図2 さまざまなかたちの光受容器官

注：視野とはヒトの場合で説明すれば、頭を動かさないで真っ直ぐ前を見つめた状態で見ることのできる外界の範囲のこと（図3を参照）。その広がり、正面中央を0度とし左右に向かってそれぞれ、10度、20度……60度のように表す。右眼で見た場合、その視野の右半分は左眼の視野より広くなり、左眼ではその逆で、左右それぞれの眼で見た視野は必ずしも一致しない。一方、1個の光受容細胞にとっての視野は、脊椎動物のカメラ眼ではとても小さく0.02度程度にしかない。

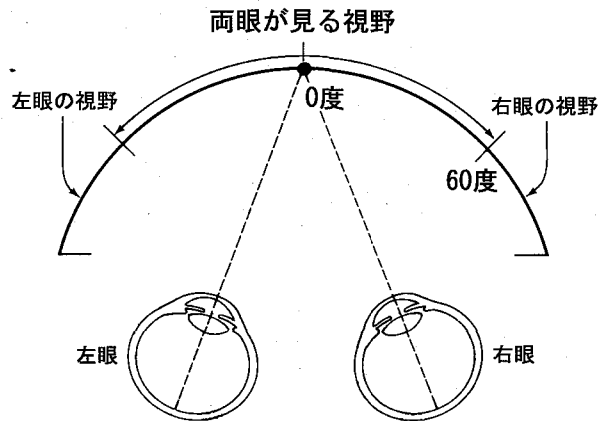


図3 視野の説明

問1 下線(1)がエネルギー獲得の観点で、同じ原生生物界に属するゾウリムシと大きく違う点は何か。解答欄に記入してある語句に続けて答えなさい。

問2 下線(2)は進化の歴史のなかでの出現は非常に古く、古生代最初のカンブリア紀にさかのぼる。この時期に爆発的に急増した生物群の特徴を、それ以前(先カンブリア紀)と比較して述べよ。解答欄に記入してある語句に続けて答えなさい。

問3 下線(3)はどのような機構か。サカナの場合と対照させて答えよ。

問4 空欄[問4]を適当な組織の名称で埋めよ。

問5 下線(5)をもつオニヤンマ(*Anotogaster*)が見ている像はどのようなものか、考えてみてい。図4左は脊椎動物のカメラ眼が矢印(a)を見た場合を示してある。矢印(a)は水晶体の光屈折によって逆転し、カメラ眼のなかで矢印(b)のようになった像を受容していることを表現している。これにならって、図4右に示した複眼が矢印をどのように受容しているか、解答欄に図示しなさい。矢印は視野内のかなり広い範囲を占めているものとする。

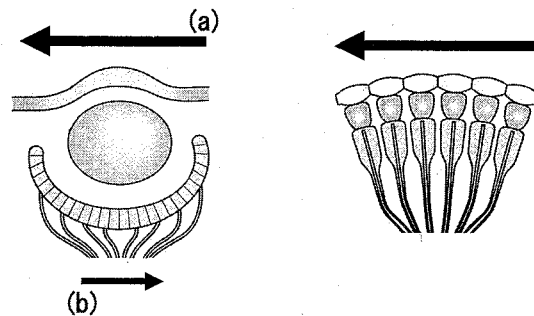


図4 カメラ眼(左)と複眼(右)の見る像

[B]

サカナやほ乳類以外にもカメラ眼をもつ動物がいる。アンドンクラゲ科に属するクラゲ(*Tripedalia cystophora*)⁽⁶⁾には普通のクラゲと異なり、集光力の優れたカメラ眼があり、サカナのように機敏に泳ぐこともできる。彼らはカリブ海沿岸のマングローブの生い茂ったラグーン(潟, かた)に棲息し、マングローブの根が岸から突き出した浅瀬に集まって浮遊生活している。このクラゲのからだの4隅に小さな柄が1つずつあり(図5)、それぞれに2個のカメラ眼がある(図6)。水晶体の後ろには多数の光受容細胞を含む[問4]があり、前には光の量を調節する[問7]もある。カメラ眼1の水晶体を取り出し、実験室で光をあてて結ぶ像を調べてみると、カメラのように焦点の合ったきれいな像ができることがわかった。しかし、不思議なことに焦点の合う位置をクラゲ⁽⁸⁾の体内に当てはめると、[問4]から50~100 μm ほど体内の方へ離れたところであった。さらに、1個の光受容細胞が光を受け取れる外界の範囲は約20度であることも分かった。なお、カメラ眼2の特性は基本的にカメラ眼1と同様であった。

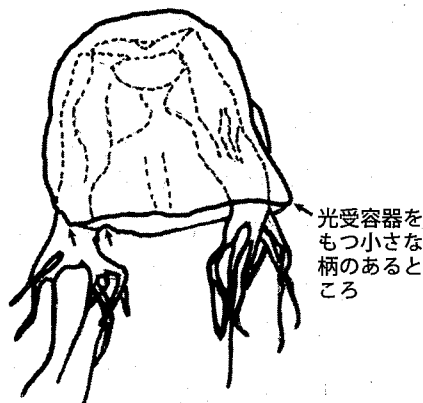


図5 *Tripedalia cystophora*

カメラ眼をもつ柄のあるところを矢印で示す(柄は小さくて示されていない)。

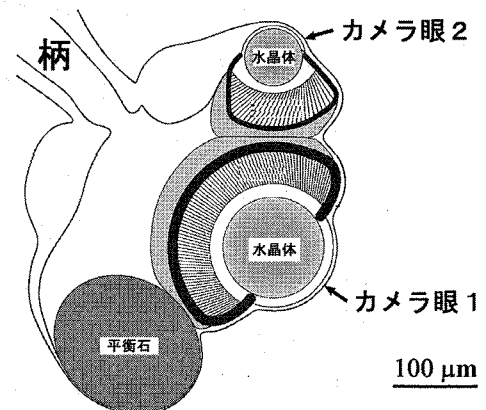


図6 1本の柄にあるカメラ眼

問6 下線(6)では動物の名前が *Tripedalia cystophora* と表記されている。このラテン語表記は、問題文[A]と問5におけるラテン語表記(*Euglena*, *Haliotis*, *Nautilus*, *Anotogaster*)と比べて意味がどのように異なるのか、解答欄に記入してある語句に続けて答えなさい。

問7 空欄[問7]を適当な語句で埋めよ。

問8 下線(8), すなわち *Tripedalia cystophora* がどうしてこのような眼(焦点の合う位置が離れていること, 光受容細胞の視野が広いことなど)をもっているのか。クラゲの棲息環境を考え, 生物学的に的確な想像をなさい。このような眼をもつことの利点や目的を考えること。