

生 物

(生物基礎・生物)

(注意事項)

1. 解答開始の指示があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子と解答用紙は別になっています。
3. 解答用紙の各ページの所定欄に受験番号、氏名を記入しなさい。
4. 計算等が必要な場合は問題冊子の余白を利用しなさい。
5. 試験終了後は問題冊子を持ち帰りなさい。

生物

第1問 次の文章を読み、問いに答えなさい。

PCR 法を用いて DNA を増幅する。まず、増幅したい塩基配列を含む DNA（鋳型 DNA）、①酵素、4 種のヌクレオチド、増幅させたい領域の端の塩基配列をもつ 2 種類の短い 1 本鎖 DNA（プライマー）などからなる溶液を作製する。その溶液を用いて以下の操作を行う。

- (a) 用意した溶液を約 95℃ に加熱する。
- (b) 溶液の温度を 50 ～ 60℃ に下げる。
- (c) 溶液の温度を約 72℃ に上げる。
- (d) (a) から (c) の過程を 20 から 40 サイクル程度繰り返す。

問1 (1) 下線部①の酵素の一般的な名前を答えよ。

(2) PCR 法で用いるこの酵素がもつ、一般的な酵素にない特性は何か、答えよ。

(3) その特性が PCR 法で必要となるのはなぜか。「解離」という言葉を用いて 60 字以内で答えよ。

問2 (c) の過程ではどのような現象が生じているか。50 字以内で答えよ。

問3 (a) から (c) までの反応を 4 サイクル行った。この時、鋳型となる 2 本鎖の DNA 1 組から、2 種類のプライマーで挟まれた長さの 1 本鎖 DNA は何分子できるか。ただし PCR 法は理想的な条件で、理論上の効率で進んだものとする。

第2問 水生動物の生殖や発生に関する文Ⅰを読み問1～6に、文Ⅱを読み問7・8に答えなさい。

〔文Ⅰ〕

水中で生活する動物の多くは体外受精を行う。海洋生物の一種である①ウニ類も、成熟した雌雄から放卵、放精された卵と精子が海中で受精する。ムラサキウニ（ウニ類の一種）の卵の卵黄膜の外側にはゼリー層がある。精子が卵のゼリー層に到達すると、精子の頭部にある **ア** が壊れ、タンパク質分解酵素などを放出する。さらに精子の細胞膜の先端が糸状に伸びて突起を出す。この一連の反応を **ア** 反応という。さらにゼリー層を突き抜けた精子の **ア** 突起が卵黄膜に接すると、精子と卵の細胞膜が融合し、受精が始まる。

②受精した卵は、ほかの精子が進入できないようにする仕組みが働く。受精卵は卵割を繰り返し、桑実胚、胞胚、原腸胚となり **イ** 幼生を経て **ウ** 幼生となり、稚ウニに変態する（図1）。

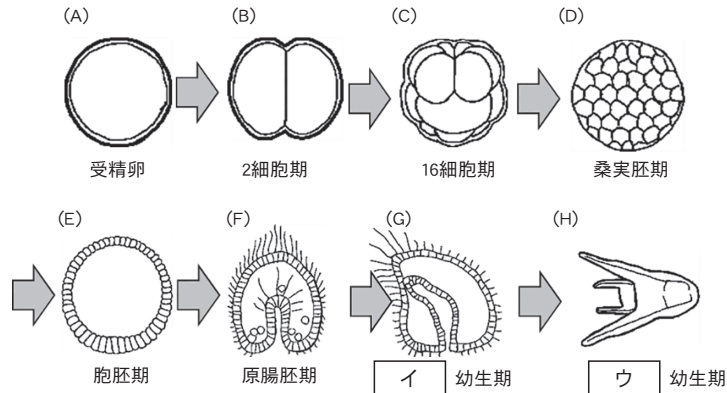


図1 ウニ類の発生

ウニ類のように、卵黄が卵内でほぼ一様に分布している卵を **エ** 卵というのに対し、脊椎動物の魚類や両生類の卵黄は植物極側に偏って分布するため、**オ** 卵という。

両生類の受精卵は卵割を繰り返し、順に桑実胚、胞胚、原腸胚、**カ** 胚、**キ** 胚となり、ふ化する（図2）。

生物

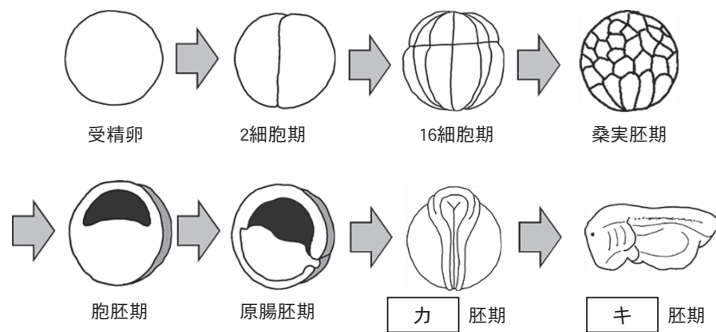


図2 両生類の発生

1920年代、ドイツのフォークトは、イモリの胞胚に局所生体染色法という方法を用いて胚内での細胞の動きを追跡する実験を行った。このような方法で、胚の各領域が将来どのような領域に分化していくかを示したものを③原基分布図（図3）という。原腸胚になると内胚葉、中胚葉、外胚葉の3つの胚葉に区分されるようになる。**カ** 胚（図4）では表皮、神経管、脊索、体節、側板、および内胚葉に区分されるようになり、④発生の進行に伴い、各部位に由来する細胞が、様々な組織や器官へと分化する。

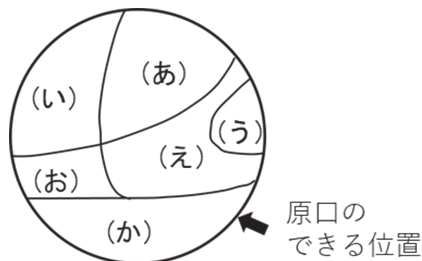


図3 イモリの原基分布図

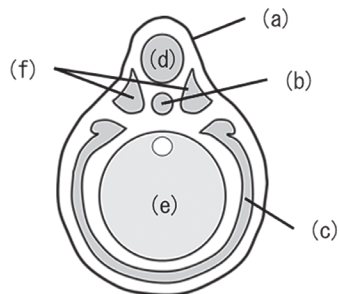


図4 イモリの **カ** 胚の断面図

問1 **ア** ～ **キ** に入る語句を答えよ。

問2 下線部①のウニ類が属する分類群（動物門）の名称を答えよ。

問3 下線部②について、ほかの精子が進入できないようにする仕組みを多精拒否という。多精拒否には「(ア) 受精後1分以内に働く速い反応（速い反応）」と、

「(イ) 反応は遅いが確実な反応 (遅い反応)」の 2 段階の仕組みが存在する。
この 2 つの反応 (仕組み) について、それぞれ 100 字以内で説明せよ。

問 4 ムラサキウニがふ化するのはどの段階か。図 1 中の (A) から (H) の記号で答えよ。

問 5 下線部③の原基分布図 (図 3) 中の (あ) ～ (か) の領域は、将来、図 4 のどの部位に分化するか。記号 (a) から (f) で答えよ。

問 6 下線部④について、次の (ア) から (エ) に示す組織や器官は、図 4 中のどこに由来するものか。記号 (a) から (f) で答えよ (ただし、同じものを繰り返し選んでもよい)。

(ア) 真皮 (イ) 肺 (ウ) 心臓 (エ) 脊椎骨

〔文Ⅱ〕

海産魚類の多くの種では、直径 1 mm 程度の小さな卵を産む。このため、ふ化直後の幼生 (以下、仔魚と記載) は小さく、運動器官、感覚器官、消化器官などが未発達であり、動物プランクトンなどの食物をすぐに食べることができない。卵黄は、ふ化直後の仔魚の成長や運動のためのエネルギー源として重要な役割を果たしている。このことに関連し、以下のような実験を行った。

実験

(方法)

- ・ 卵からふ化した直後の海産魚種 A の仔魚 (供試魚) を、異なる水温条件 (16℃、20℃、25℃) の水槽 (試験区) に 100 個体ずつ移した。
- ・ 各試験区では、無給餌 (餌を与えない) で飼育した。実験中に死滅した個体は、除去した。また、各試験区から毎日 5 個体ずつ生存している供試魚を採取し、体長を測定した。

生物

(結果)

- ・各試験区から採取した供試魚の体長の平均値は、図5のような推移を示した。
- ・各試験区とも、実験はふ化後6日目まで継続したが、25℃の試験区では全ての供試魚がふ化後5日目で死滅したため、ふ化後4日目で実験を打ち切った。

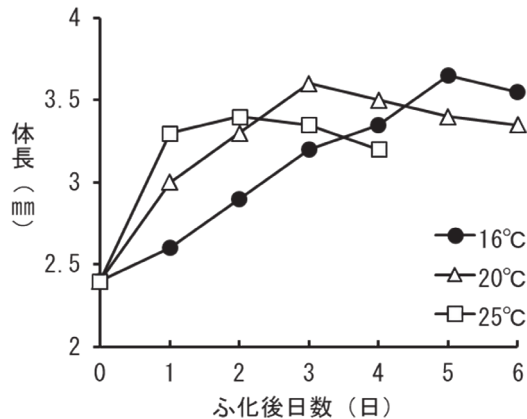


図5 海産魚種Aを異なる水温条件で無給餌飼育した際の平均体長の推移

問7 文Ⅱの実験について、各試験区の供試魚の平均体長は、ある時期を境に増加から減少する傾向がみられる（図5）。その理由について考察し、40字以内で説明せよ。

問8 実験の結果（図5）に関する解釈や考察について、間違っていると考えられるものを全て選び、（ア）から（エ）の記号で答えなさい（複数回答可）。

- （ア）供試魚のふ化からふ化後1日目までの成長率（1日当たりの成長量）は、水温が高いほど高い傾向がある。
- （イ）供試魚の平均体長の最大値は、水温が高いほど大きくなる傾向がある。
- （ウ）水温は、ふ化直後の卵黄の消費率（1日当たりの卵黄の消費量）に影響を及ぼしていない。
- （エ）水温は、ふ化直後の海産魚種Aの飢餓耐性や生き残りに影響を与えている可能性がある。

第3問 バイオームとその分布に関する以下の文章を読み、問いに答えなさい。

下の表1は、1892年と2023年に観測された、北海道のある都市の月平均気温と、2100年に各月の平均気温が2000年の観測値に対して5.1℃上昇しているというシナリオに基づいた推定値を示したものである。また、図1は、表1の値から計算した暖かさの指数※（黒丸）と、この都市のすぐ近くに高山があると仮定したときの、標高700mで観測されると推定される月平均気温から計算した、暖かさの指数（白丸）を示す。図1中の点線で囲んだ範囲は、日本において、あるバイオームが出現しやすい暖かさの指数の範囲である。

※：月平均気温が5℃以上の月において、月平均気温から5℃を引いた値の1年間の合計値。

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
1892年	-11.4	-7.6	-6.0	3.6	9.3	14.9	20.5	19.4	16.7	7.4	-0.7	-8.3
2023年	-7.9	-6.1	2.8	8.8	13.4	18.0	22.8	23.7	20.1	11.6	5.6	-3.3
2100年	-3.0	-3.3	3.1	10.0	17.6	20.9	25.8	26.9	22.1	15.1	7.1	-0.6

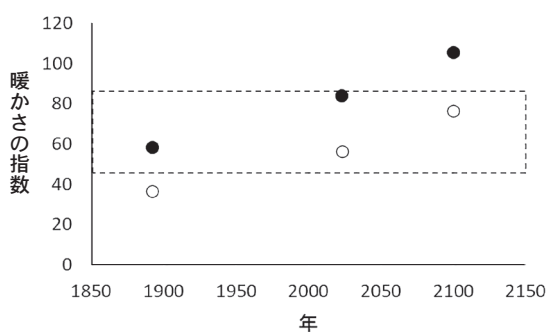


図1

問1 1892年と2023年の暖かさの指数を比べると顕著な上昇がみられ、今後もさらに上昇するため、暖かさの指数から予想されるバイオームが変化すると考えられる。この都市が含まれると予想される現在のバイオームと、2100年時点で予想されるバイオームをそれぞれ答えよ。

生物

問 2 この都市のすぐ近くに高山があると仮定したときの、標高 700 m の場所の暖かさの指数も同様に顕著に上昇してきたと推定される。1950 年頃から問 1 と同様にバイオームが変化してきたと予想されるが、天然林を構成する樹種ごとでは、このバイオームの変化から考えて生息域が今後、標高の高い位置へと拡大すると考えられる樹種と、縮小すると考えられる樹種に分けることができる。以下の樹種群の中から、最も適当なものをそれぞれ 1 つずつ答えよ。

樹種群： オリーブ、チーク、ハイマツ、フタバガキ、ブナ

問 3 寒冷が原因で成長が妨げられていた樹種には、温暖化に伴い、純生産量や現存量が増加する可能性があると考えられる。一方、温暖化に伴い、純生産量が減少する可能性もある。温暖化に伴って純生産量が減少するのはどのような場合と考えられるか、20 字以内で答えよ。ただし、温暖化に伴って総生産量は変わらないと仮定する。

問 4 この都市と同標高の森林において、今後樹種の入替わりが起きるとして、その速度は種子の拡散速度に依存すると考えられる。拡散速度に影響する要因として考えられるのは、種子の形や大きさのほか、動物によるものがあると考えられる。動物はどのように種子の拡散速度に影響しているのか、100 字以内で答えよ。

第4問 文Ⅰを読み問1に、文Ⅱを読み問2～4に答えなさい。

〔文Ⅰ〕

動物の行動には、経験しなくても生まれつき備わっている典型的なものがある。刺激に対して一定方向への移動運動をすることを とよび、例えば、ダンゴムシは光の来る方向とは逆方向へ移動する負の を示す。また、ある刺激に対して起こる特定の決まった行動を とよび、その例として、繁殖期のイトヨ（トゲウオの一種）の雄が、卵で膨れた雌の腹を 刺激としてジグザグダンスを行って求愛を示すことなどがある。

一方、動物が生まれてから後の経験や訓練により新しい行動を習得することを とよび、 によって変化した行動を習得的行動という。その例として、カモのひなをふ化直後に親から離れた際に、ふ化後初めて見た一定の範囲の大きさの動くものであれば、それが何であれ、その後を追うようになる。この を という。また、空腹なイヌに餌を与えると唾液を流すが、餌を与えることと同時にブザー音を鳴らすことを繰り返すことにより、ブザー音を聞いただけで唾液を流すようになる を、 という。

問1 ～ に入る語句を答えよ。なお、同じカタカナの空欄には、同じ語句が当てはまる。

〔文Ⅱ〕

観察学習とは、他個体の行動を観察する経験を通じて行動が変化することである。観察学習では、自身が経験するリスクをおかすことなく、ものごとを覚えることができる（例、毒キノコを食べ体調を壊す他個体を観察し、自身はその毒キノコを食べないようにするなど）。

マアジという魚は群れをつくる魚である。「マアジは仲間の行動を見て、その行動を学習できるのか」を検証するため、以下の方法により実験を行った。

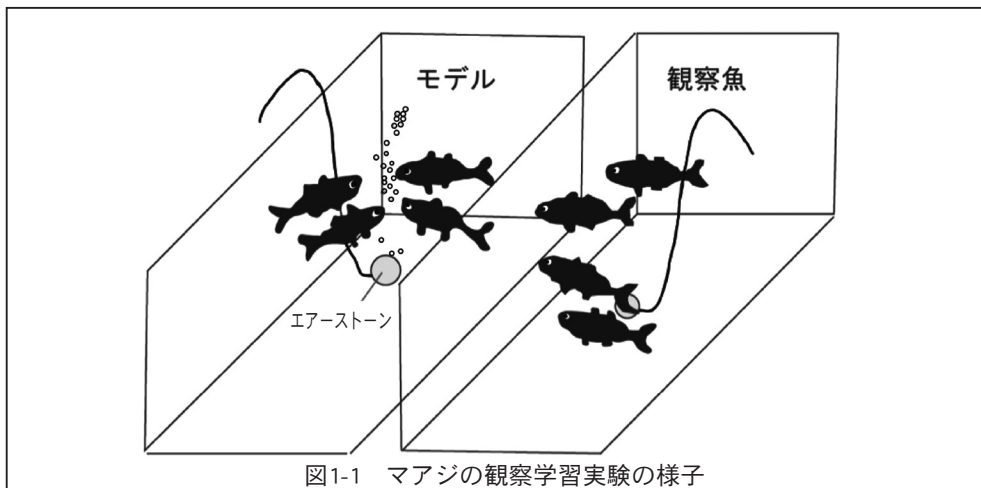
生物

<実験1>

(手続き1) エアーストーンを中央に設置した水槽にマアジ4匹を入れる(図1-1)。エアレーション*が始まると、60秒後にそのエアレーションの気泡(刺激)のあるところに餌を与えるということを30分ほどの間隔をあげ繰り返す。この訓練を繰り返すと、マアジは、エアレーションが始まると、その気泡に、餌がなくても近づくようになる。つまり、エアレーションの気泡が餌場であることをマアジは学習する。

※エアレーションとは、ポンプを使用し、水中に空気を送り込むことである。ブクブクと泡立つ様子から通称「ブクブク」とよばれることもある。実験1ではエアレーションの気泡が刺激となっている。

(手続き2) 実験1の手続き1により魚が学習した後、次はその学習した魚(以降、モデルとよぶ)の入った水槽の隣に、観察する魚(以降、観察魚とよぶ)を入れた水槽を設置する。そして、モデルがエアレーションに近づき餌を食べている様子を観察魚に見せた(図1-1)。10回の観察後、魚を休ませるために1晩おき、観察魚にモデルと同様にエアレーションの学習(手続き1)を訓練した。「モデルを観察したことで、後の観察魚の学習が促進されるか」を検証し、①実験1の結果は図1-2のとおりである。観察学習をしていない魚(非観察魚)の学習過程(図1-2上)と比較し、観察魚(図1-2下)では学習の傾向に差がみられた。



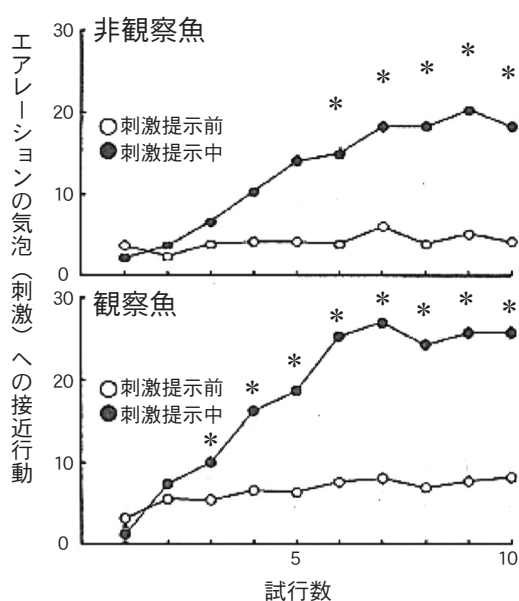


図1-2 マアジの学習過程

非観察魚（上図）と観察魚（下図）のエアレーションの気泡（刺激）を餌場として覚える過程。*は統計的に有意差があり、つまり、この図では、刺激提示中にエアレーションの気泡（刺激）にマアジが集まっていることを示している。

図1 マアジの観察学習実験

前述したとおり、マアジは、群れをつくるが、実は生まれてすぐに群れをつくるわけではない。生まれて間もないころ、マアジたちはバラバラに生活しており、成長するにつれ、近接して同じ方向に泳ぐようになり、いわゆる群れ行動をとるようになる。つまり、マアジは成長するにつれ、社会的な環境が変化する。そのため、マアジのもつ学習の能力は、社会環境の変化に応じて変わるのかを実験2と実験3で検討した。体の大きさの異なる体長15mmの稚魚と体長35mmの稚魚で実験を行った。

<実験2>

まず、体長15mmの稚魚と体長35mmの稚魚で群れ行動の程度に違いがあるかを確認した。

生物

(手続き) 体サイズの差で稚魚の群れ行動の程度が異なるのかを、個体間距離と頭位交角を調べ検討した。一般的に、群れを形成する魚同士は個体間距離が小さくなる。また、頭位交角とは個体と個体の頭の向きの角度で、群れを形成する魚たちは同じ方向を向いて行動するため頭位交角はゼロに近くなる。群れを形成する魚同士の個体間距離はおおむね体長の1～3倍程度であり、頭位交角はゼロに近くなりランダム(90度)よりは小さくなる。

- ②(結果) 体長15mmの稚魚たちの個体間距離は体長の10倍程度であり、頭位交角は平均80度であり、ランダムな方向である90度に近い値であった。一方で、体長35mmの稚魚たちの個体間距離は体長の2倍程度であり、頭位交角は平均30度だった。

<実験3>

観察学習の能力が、体長15mmの稚魚と体長35mmの稚魚の間で差があるかを検討した。サイズ別に、「モデルを観察することにより、のちの観察魚の学習が促進されるか」を調べた。実験3の手順は、一部を除き実験1と同様であったため、以下の手順説明の実験1との重複部分は一部省略している。

(手続き1) エアーストーンを中央に設置した水槽に、マアジ4匹を入れ行動を観察する。そして、エアレーションの気泡が消えると、エアーストーンのある場所に餌を与えるということを30分ほどの間隔をあけ繰り返した。この訓練を繰り返すと、マアジは、エアレーションの気泡が消えると、餌がなくてもそこに近づくようになる。つまり、エアレーションの気泡が消えたあとのエアーストーンの場所を、マアジは餌場として学習する。

(手続き2) 手続き1により魚(モデル)が学習した後、観察魚にモデルがエアーストーンに近づいて餌を食べている様子を見せた。10回の観察後、観察魚にエアレーションの学習(手続き1)を訓練した。③実験3の結果は図2のとおりである。なお、図2に表記してある「非観察魚」とはモデルの行動を観察する手続きを経ずに、手続き1のみを行ったマアジのことである。

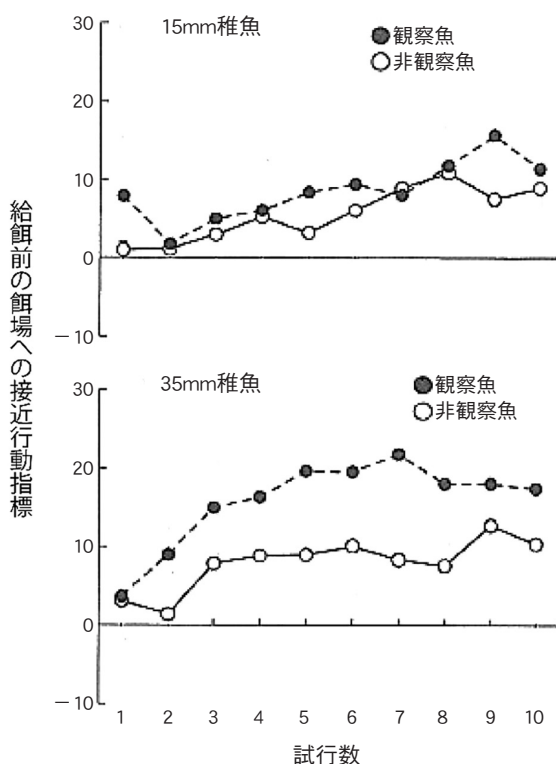


図2 体長ごとの観察魚・非観察魚の学習過程

出展：高橋宏司（2024）『ヒト心あれば魚心』より文章と図を抜粋・一部改変

問2 「マアジは仲間の行動を見て、その行動を学習できるのか」の検証結果を、下線部①の図1－2の結果を読み取り、250字以内で説明せよ。

問3 「体長が15mmと35mm間で、マアジの稚魚の群れ行動の程度（個体間距離と頭位交角）にちがいはみられるか」を下線部②の実験2の結果をもとに、社会的な発達という観点に着目しながら、150字以内で説明せよ。なお、数字と単位（mm）はそれぞれ1字として扱う。

問4 「マアジのもつ学習の能力は、成長の過程で変化するか」を、下線部②に示す実験2の結果および下線部③に示す実験3の結果（図2）をもとに、社会環境（例．群れ行動の程度）という観点に着目しながら、180字以内で説明せよ。なお、数字と単位（mm）はそれぞれ1字として扱う。