

# 学 力 検 査 問 題

## 理 科

平成 29 年 2 月 25 日

(理科 1 科目受験者)	(理科 2 科目受験者)
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

### 答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理基礎・物理(3～12 ページ)、化学基礎・化学(13～24 ページ)、生物基礎・生物(25～44 ページ)、地学基礎・地学(45～54 ページ)の各問題があります。総ページは 54 ページです。
- 2 解答用紙は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 下書き用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 4 受験番号は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入下さい。
- 5 解答は、解答用紙に記入下さい。  
出願の際に届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 6 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。
- 7 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。

## 生物基礎・生物（5問）

### 注 意 事 項

- 1 字数制限のある設問については、句読点、アルファベット、数字を含めた字数で答えること。

〔 I 〕 次の文章を読み、問 1 ～問 5 に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

動物は水中で出現した。水中を生活の場所にしてきた脊椎動物が、完全な陸上生活を獲得するにあたって、さまざまな体の変革が必要であった。その変革は、発生過程にも顕著な特徴として認められる。陸上で繁殖することができるようになった羊膜動物(羊膜類)では、受精卵が細胞分裂をくり返して、将来、体になる組織だけではなく、それとは別に、陸上で発生するために必要な組織もつくられる。(a) それによって、発生過程の胚が乾燥から保護されたり、老廃物から隔離されたり、ガス交換が行われて、胚の生命が維持されるようになっている。

この羊膜動物の中から、哺乳類が出現した。一部の哺乳類は、胚を保護するこれらの構造物を利用して母親の体内で発生し、親のミニチュアのような子を出産するようになった。(b) 母親の体内で発生が進む哺乳類の発生過程を観察すると、卵割期ではウニの胚によく似るが、図 1 のように、胞胚になるとウニ胚とは違った特徴を示すようになる。胞胚は母親の子宮に着床して、子宮の組織と共同して胎盤を形成する。胚の生命維持に必要な栄養の供給、老廃物の除去、ガス交換は、胎盤を介して母親の循環系を利用して行われることになる。

動物の発生では、受精卵が分裂してできる細胞のすべてが体を構成する細胞にならず、一部の細胞が周囲の細胞や環境から刺激を受けて自ら死んでいくことにより、正常な形がつくられる。(c) 羊膜動物はさらに、受精卵からできる細胞の一部からでも、完全な一個体をつくることのできる性質を積極的に利用して、残りの細胞から胚を保護する組織をつくりだした。それによって、この動物は、陸上で繁殖することができる新たな戦略を獲得して繁栄することになった。

問 1 下線部(a)の組織名を 3 つあげよ。また、それらの総称を答えよ。

問 2 下線部(b)の特徴をもつ動物の総称は何か、答えよ。

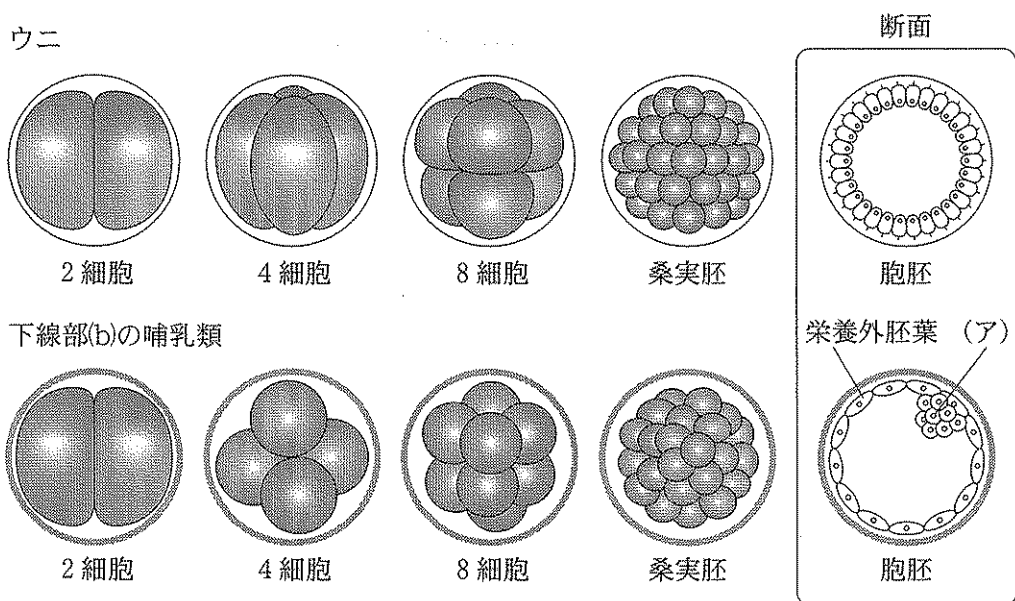


図 1

問 3 図 1 に示された等割を行うウニと哺乳類の卵で、共通している最も顕著な特徴は何か、答えよ。また、図 1 の(ア)で示された部位の名称を答えよ。

問 4 下線部(c)で述べた、細胞が死んでいく現象を何と呼ぶか、答えよ。

問 5 図 1 の胞胚にみられる(ア)の部分に、同じ種から得られた別の胞胚の同じ部分から取り出した細胞を移植した。移植を受けた胚からはどのような個体が生じると考えられるか。また、それはどのような理由によるか、細胞の性質等を含めて 80 字以内で説明せよ。

このページは白紙です。

〔Ⅱ〕 植物の生殖に関する次の文章を読み、問1～問3に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

光合成生物が進化の過程で海から陸上に進出し、乾燥した陸地に適応する過程で、受精のしくみが大きく変化した。コケ植物とシダ植物のすべてと  や  など裸子植物の一部では、鞭毛をもつ精子が作られるが、被子植物では鞭毛をもたない精細胞がつくられる。被子植物では受粉がおこると雌しべの柱頭に付着した花粉が発芽し、花粉管が伸び、胚珠の内部の胚のうに向かって伸びていく。花粉管の内部には2個の精細胞があり、それぞれが別の細胞と融合する重複受精を行う。1つは胚のうの内部の卵細胞と受精し、もう1つは  と融合する。このうち前者は  ，後者は胚乳となる。

問1 文章中のア～エに当てはまる最も適当な語句を以下の①～⑩から1つずつ選び、番号で答えよ。

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ① アカマツ | ② イチョウ | ③ ソテツ  | ④ ゼンマイ |
| ⑤ 中央細胞 | ⑥ 胚    | ⑦ 反足細胞 | ⑧ 種皮   |
| ⑨ 助細胞  | ⑩ 子房   |        |        |

問2 下線部(a)の方法による受精は、鞭毛をもつ精子による受精と比較して、どのような利点があるか、20字以内で説明せよ。

問 3 下線部(a)の現象について、異なる 2 種の植物(植物 A, 植物 B)を用いて、以下の 2 つの実験(実験 1, 実験 2)を行った。問(1)~問(3)に答えよ。

[実験 1] 以下の異なる条件で、植物 A の花粉の発芽を観察し、発芽率を 50 時間ごとに記録して図 1 に示した。

- 1) ショ糖を含む寒天培地上に花粉をまくと、300 時間後までに、ほぼすべての花粉が発芽し、花粉管が伸長した(グラフの a)。
- 2) ショ糖および植物 A の異なる個体の雌しべの柱頭の粘液を含む寒天培地上では、150 時間後までに、ほぼすべての花粉が発芽し、花粉管が伸長した(グラフの b)。
- 3) ショ糖および植物 B の雌しべの柱頭の粘液を含む寒天培地上では、300 時間後までに、ほぼすべての花粉が発芽し、花粉管が伸長した(グラフの c)。
- 4) ショ糖および花粉を得た花と同一の花の雌しべの柱頭の粘液を含む寒天培地上では、300 時間後においてもほとんどの花粉が発芽していなかった(グラフの d)。

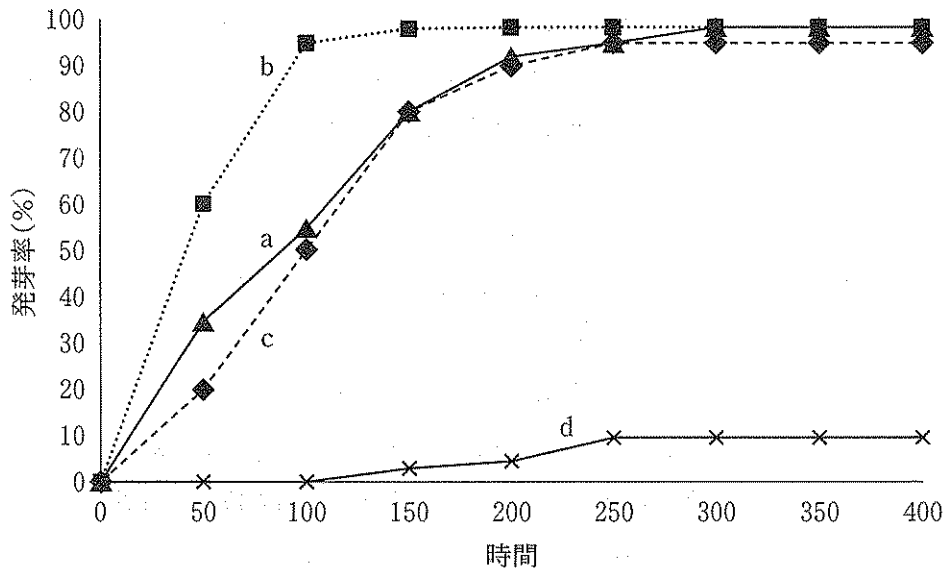


図1

問(1) 実験1の結果から考えられる植物Aの性質として最も適当なものを

以下の①～④から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 花粉の発芽にはショ糖が必要である。
- ② 花粉の発芽は、植物Bの雌しべの柱頭に含まれる物質によって強く抑制される。
- ③ 同一の花での受精を排除するしくみをもっている。
- ④ 花粉の発芽には、雌しべの柱頭に含まれる物質が必要である。

[実験 2] 以下の異なる条件で、植物 B の受精の様子を観察した。

- 1) 雌しべに同一の花から得た花粉をつけたところ、花粉はすべて発芽し、伸長した花粉管の先端は胚のうの内部に到達し、受精が行われた。
- 2) 雌しべに植物 A の花粉をつけたところ、植物 A の花粉はすべて発芽し、花粉管は雌しべの内部に伸長したが、その先端が胚のうに到達することはなかった。
- 3) あらかじめ、紫外線レーザーを用いて胚のうの内部の卵細胞を除去してから、雌しべに同一の花から得た花粉をつけたところ、花粉はすべて発芽し、花粉管の先端は胚のう内部の、かつて卵細胞が存在した部位へ向かって伸長した。
- 4) あらかじめ、紫外線レーザーを用いて、胚のうの内部の 2 つの助細胞のみを除去してから、雌しべに同一の花から得た花粉をつけたところ、花粉はすべて発芽し、花粉管は雌しべの内部に伸長したが、その先端が胚のうに到達することはなかった。

問(2) 実験 2 の結果から考えられる植物 B の性質として最も適当なものを以下の①～⑤から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① 花粉の発芽は卵細胞が分泌する物質によって促進される。
- ② 花粉の発芽は助細胞が分泌する物質によって促進される。
- ③ 卵細胞が分泌する物質は、同種の植物の花粉管の伸長する方向を制御し、卵細胞へ花粉管の先端を誘導する。
- ④ 助細胞が分泌する物質は、同種の植物の花粉管の伸長する方向を制御し、隣接する卵細胞へ花粉管の先端を誘導する。
- ⑤ 同種の他の花との間では、受精を排除するしくみをもっている。

問(3) 植物 A では植物 B と比較して 1 つの花から大量の花粉が形成されていた。その理由について、60 字以内で説明せよ。実験 1 と実験 2 の結果から推定される、生殖に関する両種の性質の違いをもとにすること。

このページは白紙です。

〔Ⅲ〕 ニューロンとシナプスに関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

ある種の動物からニューロンをとりだして培養すると、体内にあったときの性質に応じてニューロン間のシナプスが形成されることがある。培養ニューロンが図1のようなシナプスを形成した場合について、次の実験1～3を行った。なお、この培養ニューロンは、一般的なニューロンの性質に従うものとする。

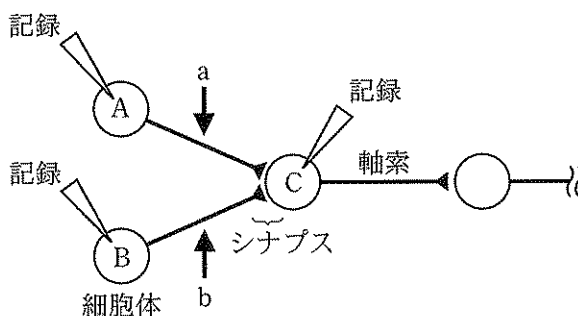


図1

〔実験1〕 図1のように、ニューロンA, B, Cそれぞれの細胞体に記録電極を刺し入れ、膜電位を記録した。また、ニューロンA, Bの軸索のa, bの位置に刺激電極をあて、電気刺激を与えることによりニューロンを興奮させることができるようにした。刺激の強さは、この実験を含むすべての実験で、同じになるようにした。この状態で、ニューロンAの軸索をaの位置で1回だけ刺激すると、ニューロンCの細胞体からは図2に示すような  性シナプス後電位が記録された。また、ニューロンBの軸索をbの位置で1回だけ刺激すると、ニューロンCの細胞体からは図3に示すような  性シナプス後電位が記録された。

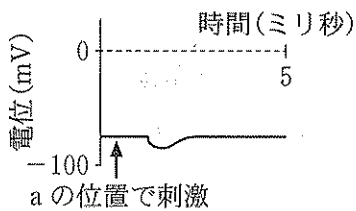


図 2

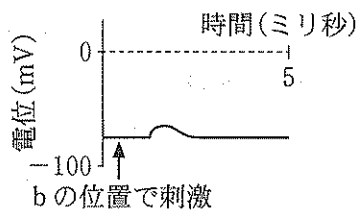


図 3

問 1 文章中のア、イに当てはまる最も適当な語句を答えよ。

[実験 2] ニューロン B の軸索を b の位置で時間間隔をあけて 2 回刺激すると、ニューロン C の細胞体からは図 4 のような反応が記録された。また、短い時間間隔で 2 回刺激すると、ニューロン C の細胞体からは図 5 のような反応が記録された。

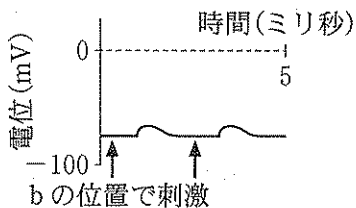


図 4

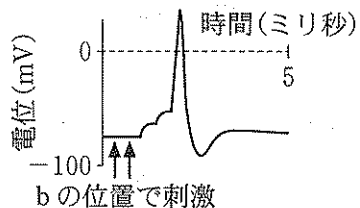
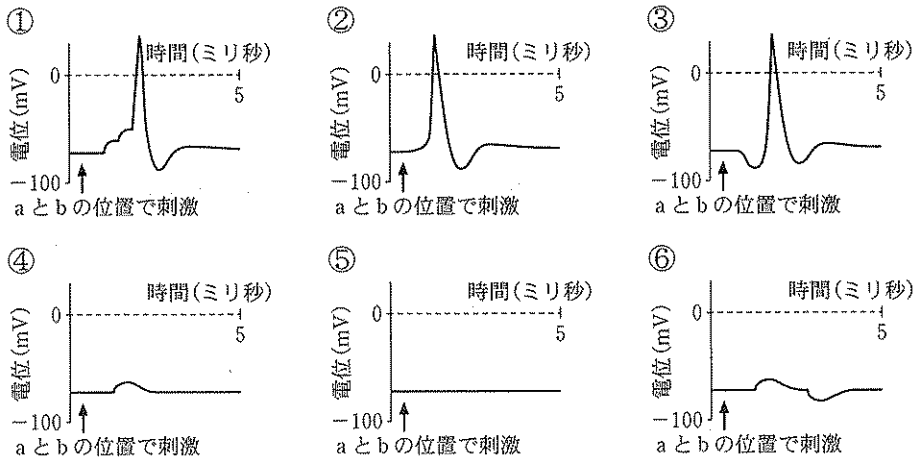


図 5

問 2 図 4 に示した刺激条件では、ニューロン C は活動電位を発生しなかったが、図 5 に示した刺激条件では、ニューロン C は活動電位を発生した。それはなぜか。「シナプス後電位」という用語をつかって、その理由を 40 字以内で説明せよ。

問 3 ニューロン A の軸索とニューロン B の軸索を、それぞれ a と b の位置で同時に刺激すると、ニューロン A, B, C の細胞体からはそれぞれどのような電位変化が記録されると予想されるか。以下の①～⑥から最も適当なものを1つずつ選び、番号で答えよ。



[実験 3] 培養液にカドミウムイオンを加え、ニューロン B の軸索を b の位置で 1 回刺激すると、ニューロン C の細胞体には電位変化があらわれなかった。また、培養液にカドミウムイオンを加えた状態で、ニューロン B の神経伝達物質を培養液に滴下したところ、ニューロン C の細胞体が興奮した。なお、カドミウムイオンは活動電位の発生を阻害しないことがわかっている。

問 4 実験 3 の結果から導き出される仮説として考えうるものを以下の①～⑥から 2 つ選び、番号で答えよ。

- ① カドミウムイオンは、ニューロンの不応期を延長する効果をもつ。
- ② カドミウムイオンは、ニューロンの軸索における跳躍伝導を阻害する。
- ③ カドミウムイオンは、電位依存性のナトリウムイオンチャンネルのはたらきを阻害する。
- ④ カドミウムイオンは、電位依存性のカルシウムイオンチャンネルのはたらきを阻害する。
- ⑤ カドミウムイオンは、ニューロン C の受容体のはたらきを阻害する。
- ⑥ カドミウムイオンは、ニューロン B のシナプス小胞のはたらきを阻害する。

〔IV〕 生態と環境に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

里山のため池であるA池には、さまざまな生物が生息している。水辺で生育する水生植物には、光や水温、溶け込んでいる硝酸塩やリン酸塩のような  塩類などの環境に応じて、ヨシのように植物体の一部が水面に出る  植物、ヒシのように葉が水面に浮かぶ浮葉植物、クロモのように植物体の全部が水中に沈む沈水植物がある。水中の植物や植物プランクトンは光合成を行うが、1日あたりの総光合成量と呼吸量がほぼ一致している水深を  深度といい、それより浅い層を  層という。

A池周辺に生息するトンボ類昆虫の中には、選択的に水生植物を産卵基質として利用している種がいる。たとえば、クロイトトンボは、潜水産卵を行って浮葉植物や沈水植物の組織内に卵を産み付け、孵化した幼虫は、水草につかまってミジンコ類などの動物プランクトンを食べて成長する。<sup>(a)</sup> 一方、水生植物を産卵基質として利用しないシオカラトンボでは、飛翔しながら腹端で水面をたたいて水中に産卵し、孵化した幼虫は、池の底でおもにユスリカ幼虫などの底生動物を食べて成長する。<sup>(b)</sup>

近年は、外国や他の地域から人為的に持ち込まれた外来生物が繁殖して生態系にさまざまな影響を与えているが、A池にはオオクチバスとアメリカザリガニの2種が生息している。外来生物法において特定外来生物に指定されているオオクチバスは肉食性であり、<sup>(c)</sup> アメリカザリガニ、ギンブナ、ミナミヌマエビおよびトンボ類幼虫を食べている。また、雑食性のアメリカザリガニは、ミナミヌマエビのほかにヒシやクロモなどの水生植物および落葉を食べている。現在、生態系を復元するためにオオクチバスの駆除が日本各地で行われている。

問1 文章中のア～エに当てはまる適当な語句を答えよ。

問2 下線部(a)、(b)のような生物群集における各種の役割、すなわち生息場所や餌などの資源利用についての位置付けを何というか、適当な語句を答えよ。

問 3 下線部(c)について、外来生物法では、生態系、人体および農林水産業に問題を引き起こす国外由来の外来生物を特定外来生物として指定し、その取扱いを規制している。外来生物法におけるオオクチバスの取扱い原則について、正しいものを以下の①～⑤から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 生きたオオクチバスを保管したり、飼育することができる。
- ② 生きたオオクチバスを販売したり、譲渡することができる。
- ③ 生きたオオクチバスを運搬することができる。
- ④ 釣ったオオクチバスをその場で放すこと(キャッチ アンド リリース)ができる。
- ⑤ 釣ったオオクチバスをその場で殺処置した上で、持ち帰って食べることはできない。

問 4 A池に生息するギンブナの個体数を推定するために、標識再捕法による調査を行った。まず、池の任意の数ヵ所で投網により100個体のギンブナを捕獲し、背びれに標識を装着した後に放流した。2日後に120個体を捕獲したところ、10個体に標識が認められた。A池のギンブナの個体数を推定し、答えよ。ただし、最初と2日後の捕獲は同様の方法で行い、調査期間中はギンブナ個体数の増減がないものとする。

問 5 現在 A 池には、図 1 のような「捕食—被食関係」があるものとする。この池のすべてのオオクチバスを駆除し、1 年後にトンボ類幼虫の生息密度を調査したところ、駆除前と比較してシオカラトンボは増加したが、クロイトトンボは大きく減少した。クロイトトンボが減少した理由について、80 字以内で記述せよ。

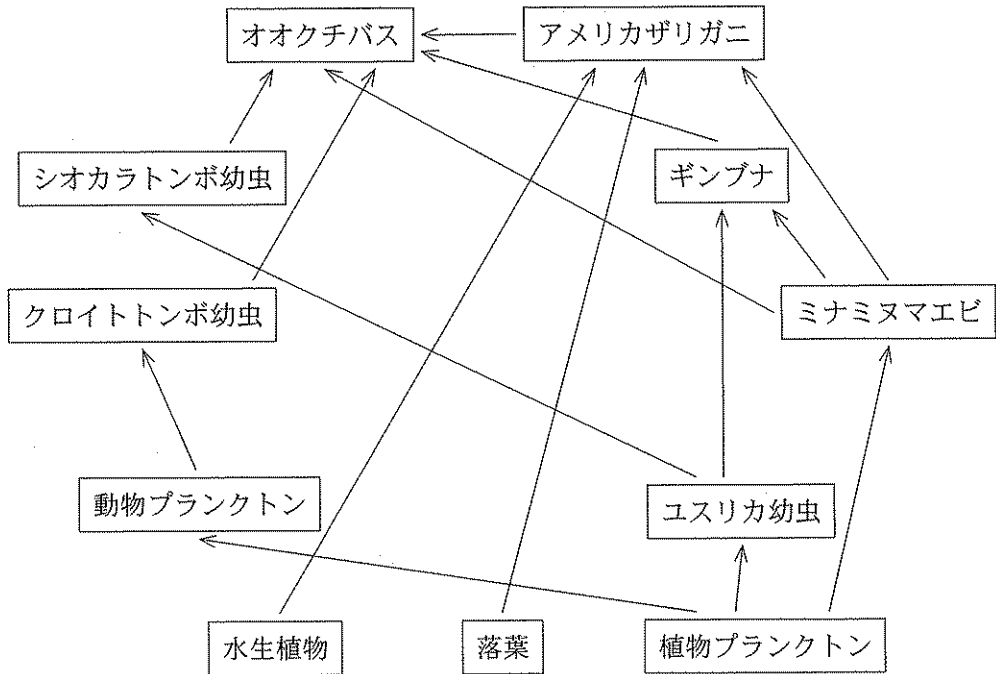


図 1

〔V〕 分子系統解析に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

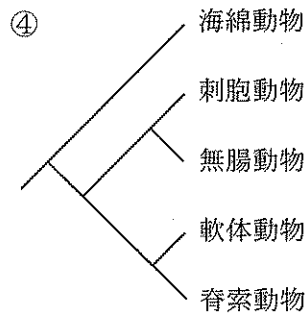
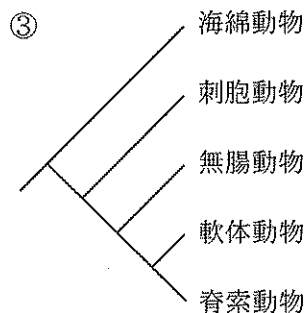
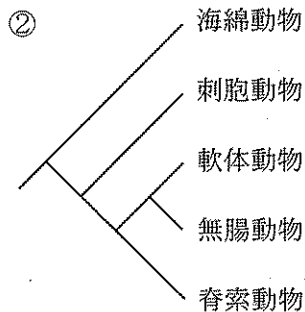
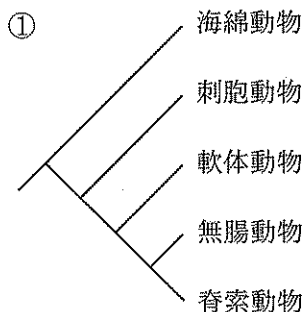
生物の分類体系は不変のものではなく、新しい知見に基づいて常に見直されている。無腸動物はおもに海に生息する無脊椎動物のグループで、三胚葉からなる左右相称の体をもつ。無腸動物は、以前は形態的な類似から扁形動物門の中の無腸目に分類されていたが、分子系統解析の進展により、扁形動物とは系統的に異なる動物であることが分かった。そのため、扁形動物門から独立して無腸動物門という門を新たにつくり、そこに分類することが提案された。

海産無脊椎動物には、サンゴのように体内に単細胞の藻類を共生させ、その光合成産物を利用して生きているものがある。渦鞭毛藻類を共生藻としてもつ、ある無腸動物(以下、Xとする)の小サブユニットリボソームRNA(以下、rRNAと略す)遺伝子の塩基配列を用いた分子系統解析を行うために、以下の実験操作を行った。

まず、Xの個体全体からDNAを抽出・精製した。ここにはXと体内の共生藻の両方のDNAが含まれていた。このDNAを鋳型として、PCR法によりrRNA遺伝子の一部を増幅し、これを抗生物質アンピシリンに対する耐性遺伝子を発現できるプラスミドDNAに組み込んだ。これを用いて大腸菌を形質転換し、アンピシリンを含む寒天培地上で培養した。寒天培地上に形成された大腸菌のコロニーを複数個選り、プラスミドDNAを抽出・精製した。

プラスミドDNAに組み込まれたPCR産物の塩基配列を決定したところ、S1とS2という2種類の塩基配列がみられた。これらはいずれも、真核生物の核ゲノムにあるrRNA遺伝子と高い類似性がみられ、Xまたは共生藻の核ゲノムのrRNA遺伝子に由来する配列だと考えられた。そこで、S1、S2に加えて、データベースから取得した3種の動物(扁形動物、棘皮動物、海綿動物)と古細菌(アーキア)のrRNA遺伝子配列を用いて、分子系統解析を行った。解析には約1300塩基対の配列を用いた。

問 1 下線部(a)の記述をもとに推定すると、無腸動物は他の動物とどのような系統関係にあると考えられるか。以下の可能性①～④の中から最も考えにくい系統関係の番号を選べ。



問 2 下線部(b), (c)のように、生物は門や目などの階層的な分類階級にまとめられている。以下の空欄ア～ウに入る分類階級を漢字で記せ。

(上位) 界—門—[ ア ]—目—[ イ ]—[ ウ ]—種 (下位)

問 3 下線部(d)では、形質転換した大腸菌をアンピシリンを含む寒天培地上で培養している。このとき誤ってアンピシリンを含まない寒天培地上で培養すると、どのような不都合が生じるか、45字以内で述べよ。

問 4 以下の図は下線部(e)の解析で得られた分子系統樹である。系統樹の右には解析に用いた各 rRNA 遺伝子の塩基配列中の、同じ位置の連続する 4 塩基の塩基種を示している。以下の(ア)～(オ)の文章のうち、正しいものを 2 つ選び、記号で答えよ。

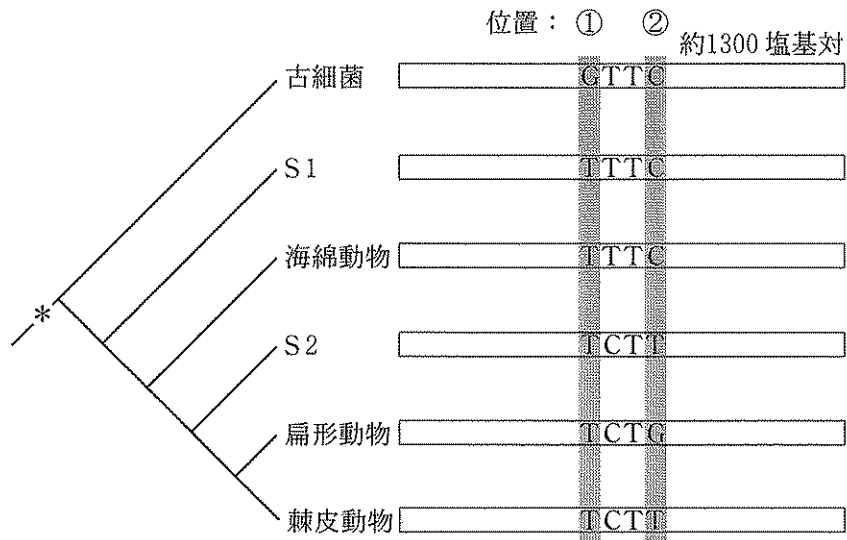


図 1

- (ア) 分子系統樹の形から、S2 配列は共生藻ではなく X 自身に由来する配列だと推定できる。
- (イ) 分子系統樹の形から、棘皮動物の rRNA 遺伝子よりも扁形動物の rRNA 遺伝子の方が S2 配列と進化的に近いことが分かる。
- (ウ) 分子系統樹の形から、S2 配列よりも S1 配列の方が古細菌の rRNA 遺伝子と進化的に近いことが分かる。
- (エ) 位置①の塩基は古細菌の rRNA 遺伝子では G、それ以外では T である。古細菌は原始的な生物なので、これらの共通祖先の配列(図中の\*)では、位置①の塩基は G だった可能性がもっとも高い。
- (オ) 位置②の塩基は扁形動物では G、S2 と棘皮動物では T、それ以外では C である。この位置では共通祖先から進化する過程で少なくとも 2 回、塩基の変化が起きたと考えられる。

このページは白紙です。