

広島大学 医学部 一般
歯学部 前期

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 25 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、化学、生物、地学の各問題があります。総ページは 53 ページです。
- 2 解答用紙は、生物は 2 枚(表裏の計 4 ページ)です。
物理、化学、地学は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 化学、生物には、選択問題があります。
化学、生物の注意事項をよく読んで解答しなさい。
- 4 下書用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 5 受験番号は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 6 解答は、解答用紙に記入しなさい。
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。
- 7 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。

理 科

物 理	3 ページ～ 10 ページ
化 学	11 ページ～ 22 ページ
生 物	23 ページ～ 46 ページ
地 学	47 ページ～ 53 ページ

10 ページ, 22 ページ, 27 ページ, 35 ページ, 41 ページ, 45 ページ, 46 ページは
白紙です。

以 上

生 物 (4 問)

注 意 事 項

1 〔Ⅰ〕, 〔Ⅱ〕, 〔Ⅲ〕は必須問題である。〔Ⅳ〕は選択問題であり, 〔Ⅳ—a〕または〔Ⅳ—b〕のいずれか一つを選択し解答せよ。解答用紙の選択問題記入欄に, 選択した問題の番号(〔Ⅳ—a〕または〔Ⅳ—b〕)を○で囲み示すこと。

*〔Ⅳ—a〕と〔Ⅳ—b〕を両問とも解答した場合には, 両問とも採点対象とはならず, 〔Ⅳ—a〕と〔Ⅳ—b〕はともに0点になる。

2 字数制限のある設問については, 句読点を含めた字数で答えること。

〔 I 〕 動物の発生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。

脊椎動物の発生過程では、一つの受精卵が卵割を繰り返しながら、三胚葉(外胚葉・中胚葉・内胚葉)に分化したのち、さまざまな組織・器官の細胞になる。図 1 は、アフリカツメガエルの胞胚期の断面図と中胚葉の誘導様式を調べた実験の概略を示したものである。動物極側細胞塊(アニマルキャップ)での筋肉細胞の誘導に関して、次の【実験 1】～【実験 4】を行った。

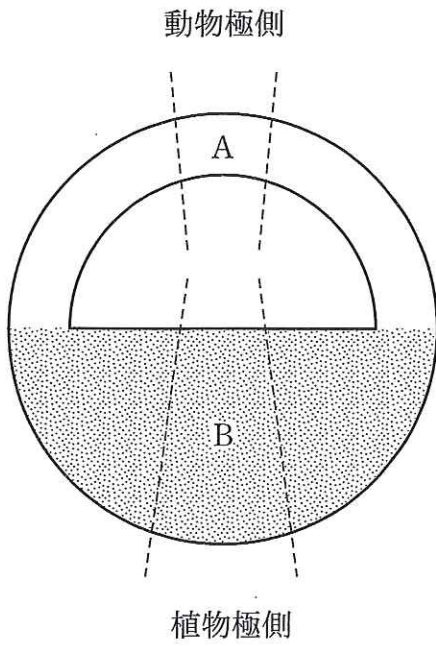
【実験 1】 胞胚から破線部分で切り取ったアニマルキャップ(部分 A)を単独で培養した。その結果、アニマルキャップは外胚葉性組織に分化し、筋肉細胞は出現しなかった。

【実験 2】 2つの切り取ったアニマルキャップ(部分 A)を接触させ、培養(共培養)した。その結果、アニマルキャップは外胚葉性組織に分化し、筋肉細胞は出現しなかった。

【実験 3】 アニマルキャップ(部分 A)と破線部分で切り取った植物極側細胞塊(部分 B)を共培養した。その結果、筋肉細胞は植物極側細胞塊との接触面近くのアニマルキャップに出現した。

【実験 4】 アニマルキャップ(部分 A)と植物極側細胞塊(部分 B)を共培養する際、直径 $0.1 \mu\text{m}$ ($\mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$) の穴が多数開いているフィルター(厚さ $10 \mu\text{m}$) を両細胞塊の間にいれた。フィルターによって両細胞塊が直接接触しないようにしても、筋肉細胞はアニマルキャップに出現した。なお、フィルターは筋肉細胞を誘導しないものとする。

アフリカツメガエル胚の
断面図(胞胚期)



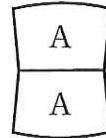
アニマルキャップ
における筋肉細胞
の出現

【実験 1】



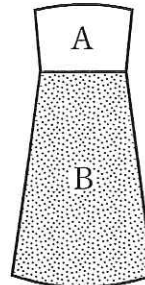
なし

【実験 2】



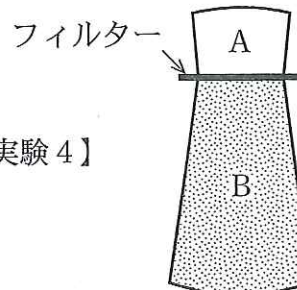
なし

【実験 3】



あり

【実験 4】



あり

図1 実験の概略

問 1 【実験 1】～【実験 4】の結果より，どのようにしてアニマルキャップに筋肉細胞が誘導されたと考えられるか，理由を含めて簡潔に述べよ。

問 2 アニマルキャップと植物極側細胞塊の共培養【実験 3】において，さらに，接触面積を変化させず，植物極側細胞塊の厚さを変えることで，その細胞数を減少させて培養実験を行った。その結果，植物極側細胞塊の細胞数の減少に対応してアニマルキャップに出現する筋肉細胞数が減少することがわかった。筋肉細胞数が減少した理由を簡潔に述べよ。

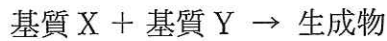
問 3 胞胚および原腸胚から切り取ったそれぞれのアニマルキャップと，胞胚の植物極側細胞塊を組み合わせて共培養実験を行った。その結果，原腸胚のアニマルキャップに出現した筋肉細胞数は，胞胚のものを用いた場合に比べて少ないことがわかった。胞胚と原腸胚のアニマルキャップとの間にどのような違いが生じていると考えられるか，簡潔に述べよ。

このページは白紙です。

〔Ⅱ〕 光合成と酵素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。

光合成のカルビン・ベンソン回路において、ルビスコとよばれる酵素は、二酸化炭素を固定する最も初期の反応を触媒している。ルビスコは、基質として二酸化炭素1分子と炭素数 の物質1分子から、炭素数 の物質を 分子生成する反応を触媒している。この反応以外にも、ルビスコは基質として酸素1分子と炭素数 の物質1分子から、炭素数 と炭素数 の物質をそれぞれ1分子ずつ生成する反応も触媒する(図1)。

一般に、ルビスコの反応のように



で示される酵素反応では、酵素濃度が一定で、基質 X の濃度が十分高い場合、基質 Y の濃度と酵素反応速度の関係は図2のように表される。図2の K_m はミカエリス定数とよばれ、酵素反応速度が最大反応速度 (V_{\max}) の半分 ($\frac{V_{\max}}{2}$) になるときの基質濃度であり、酵素の基質 Y に対する親和性の尺度となっている。

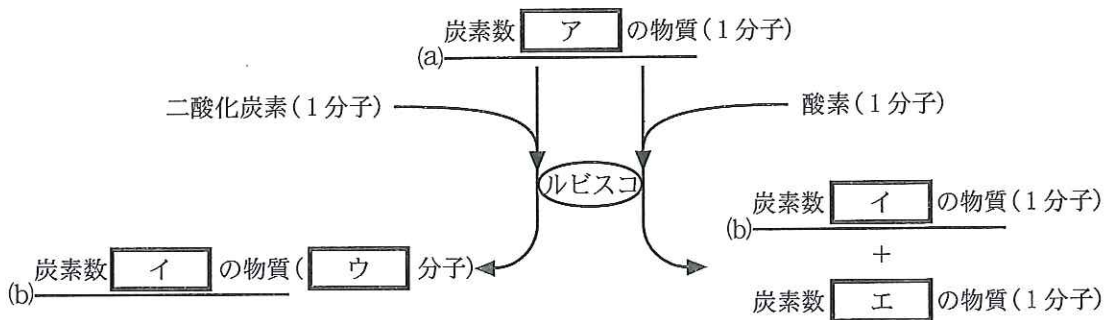


図1

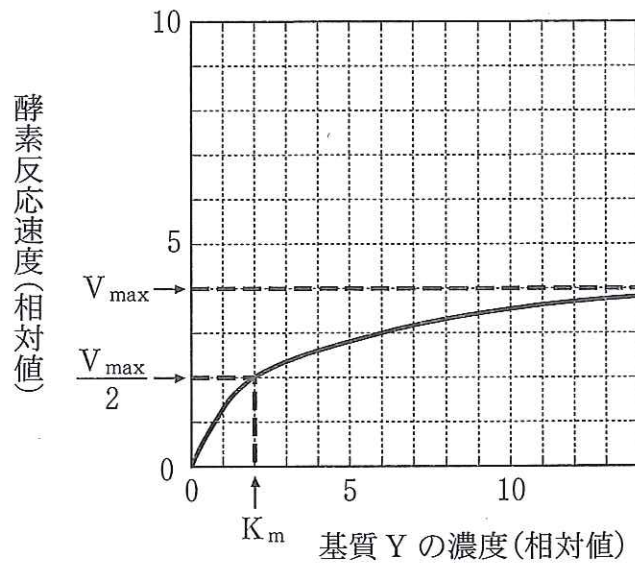


図 2

問 1 上の文章中の ~ にあてはまる適切な数字を記入せよ。

問 2 下線部(a)および(b)の物質はそれぞれ何か, その物質名を記入せよ。

問 3 酵素濃度を図 2 で用いた濃度の半分にした場合, 基質 Y の濃度と酵素反応速度の関係はどのように変化するか。変化したグラフを解答欄に記入せよ。また, この場合, K_m の値はもとの値の何倍になるか, もっとも適切なものを次の①~⑤の中から一つ選び, 番号で答えよ。なお, 解答欄には, もとの酵素濃度の場合のグラフを示している。

- ① 4 倍 ② 2 倍 ③ 1 倍 ④ $\frac{1}{2}$ 倍 ⑤ $\frac{1}{4}$ 倍

問 4 ルビスコが基質として二酸化炭素と酸素のどちらを用いるかは、二酸化炭素と酸素の濃度の比に依存しており、二酸化炭素および酸素を用いる反応速度の比 $\left(\frac{v_{\text{CO}_2}}{v_{\text{O}_2}}\right)$ は(式1)で表すことができる。

$$\frac{v_{\text{CO}_2}}{v_{\text{O}_2}} = \frac{\left(\frac{V_{\text{max}}^{\text{CO}_2}}{K_m^{\text{CO}_2}}\right)}{\left(\frac{V_{\text{max}}^{\text{O}_2}}{K_m^{\text{O}_2}}\right)} \times \frac{\text{二酸化炭素濃度}}{\text{酸素濃度}} \quad (\text{式1})$$

(式1)における記号の説明

- v_{CO_2} : 二酸化炭素と下線部(a)の物質を基質とするルビスコの反応速度
- v_{O_2} : 酸素と下線部(a)の物質を基質とするルビスコの反応速度
- $K_m^{\text{CO}_2}$: ルビスコの二酸化炭素に対する K_m
- $K_m^{\text{O}_2}$: ルビスコの酸素に対する K_m
- $V_{\text{max}}^{\text{CO}_2}$: 二酸化炭素と下線部(a)の物質を基質とするルビスコの最大反応速度
- $V_{\text{max}}^{\text{O}_2}$: 酸素と下線部(a)の物質を基質とするルビスコの最大反応速度

二酸化炭素および酸素を基質として用いるルビスコの反応が下記の条件でおこるとき、反応速度の比 $\left(\frac{v_{\text{CO}_2}}{v_{\text{O}_2}}\right)$ はどのような値になるか。解答は小数点以下第2位を四捨五入して示せ。

反応の条件

- $K_m^{\text{O}_2}$ は $K_m^{\text{CO}_2}$ の 20 倍。
- $V_{\text{max}}^{\text{CO}_2}$ は $V_{\text{max}}^{\text{O}_2}$ の 4.5 倍。
- 水中の酸素濃度は二酸化炭素濃度の 23 倍。
- 下線部(a)の物質は十分な量存在する。

問 5 (式1)における $\left(\frac{v_{\text{CO}_2}}{v_{\text{O}_2}}\right)$ の値が大きくなることは、植物における正味の二酸化炭素の固定化効率を上げることになる。これは植物の成長において重要な意味をもつ。C₄植物は $\left(\frac{v_{\text{CO}_2}}{v_{\text{O}_2}}\right)$ の値を大きくするために、C₄ジカルボン酸回路とよばれる機構をもつ。(式1)を考慮して、この回路の役割を簡潔に述べよ。

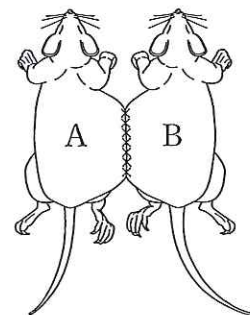
〔Ⅲ〕 動物の恒常性に関する次の文章を読み、問1～問7に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

哺乳類の摂食行動や血糖値の調節は、脳や末梢の器官から分泌される様々な因子によって行われる。

摂食調節に関して興味深い行動を示す二系統のネズミがいる。それぞれをA系統とB系統とよぶ。どちらの系統も摂食行動が活発になっており、過食を示す。この原因は、A系統では、脂肪細胞でホルモンXが作られないためであった。一方、B系統ではホルモンXを受け取るタンパク質が正常に機能しておらず、^(a)血液中のホルモンXの濃度が著しく上昇していた。

また、^(b)インスリンの分泌が減少している状態でも過食を示す場合がある。インスリンは、すい臓の内分泌腺である の 細胞から分泌される。このインスリン分泌は、自律神経系の二つの要素のうち 神経が働いた際におこる。^(c)

問1 図のようにA系統とB系統の二系統のネズミの皮膚と血管を外科的に結合し、互いの血液が交換可能な状態にした。その後、それぞれのネズミは餌に対してどのような反応を示すようになるか、理由を含めて簡潔に述べよ。

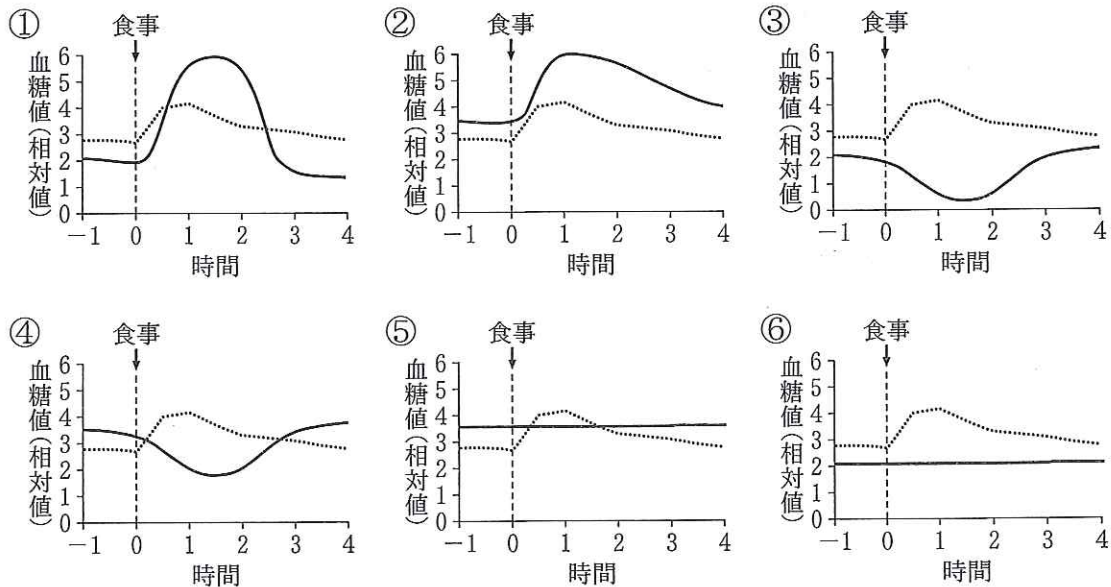


問2 下線部(a)は一般的に何とよばれるか、適切な用語を記入せよ。

問3 下線部(b)の現象が生じる理由を簡潔に述べよ。

問4 上の文章中の ～ にあてはまるもっとも適切な語句を記入せよ。

問 5 インスリンの分泌が減少している場合、食事前後の血糖値の変動はどのようになるか、次の①～⑥のグラフの中からもっとも適切なものを一つ選び、番号で答えよ。なお、インスリンが正常に分泌される場合の血糖値は点線で示し、インスリンの分泌が減少している場合の血糖値は実線で示している。



問 6 血糖値の変動に関し、インスリンとは逆の作用をするホルモンがある。そのホルモンの名称と産生部位の組み合わせとして適切なものを次の①～⑦の中からすべて選び、番号で答えよ。

- | ホルモン | 産生部位 |
|------------|----------|
| ① グルカゴン | : 肝臓 |
| ② 成長ホルモン | : 腎臓 |
| ③ アドレナリン | : 副腎髄質 |
| ④ 鉱質コルチコイド | : 副腎皮質 |
| ⑤ 糖質コルチコイド | : 副腎皮質 |
| ⑥ チロキシシン | : 間脳視床下部 |
| ⑦ セクレチン | : 脳下垂体 |

問 7 次の①～⑦の生理的変化のうち、下線部(c)の働きにより生じるものをすべて選び、番号で答えよ。

- ① 胃腸ぜん動の抑制
- ② 血圧の低下
- ③ 立毛筋の収縮
- ④ 瞳孔の縮小
- ⑤ 心臓拍動の促進
- ⑥ 気管支の拡張
- ⑦ 排尿の促進

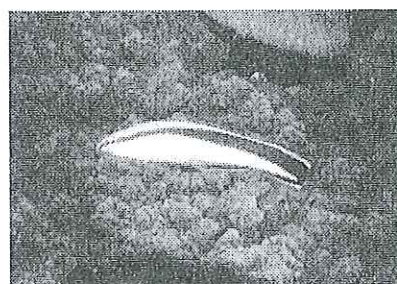
このページは白紙です。

[IV] 選択問題

次の[IV—a]または[IV—b]のいずれか一つを選択し解答せよ。解答用紙の選択問題記入欄に、選択した問題の番号([IV—a]または[IV—b])を○で囲み示すこと。

[IV— a] 生物の集団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。

ホンソメワケベラは、サンゴ礁や岩礁に生息するベラ科の小型魚である(写真)。潜水具を用い、各個体を識別しながら行動観察する野外調査を数日間実施したところ、それぞれの個体の遊泳移動^(a)が、ある特定の範囲内で繰り返されていることに



気づいた。移動は単独で行なわれていたが、同種^(b)の他個体と遭遇した際には、雌雄の別にかかわらず積極的に接近し、攻撃的なつつき行動をみせた。ホンソメワケベラの生息する場所にはいろいろな魚が集まっており、本種は他魚種へと積極^(c)的に接近し、それらの体表面をついばむ行動をひんばんにみせた。ついばみ行動をうけていた魚の中には、魚を食べる大型魚種も含まれていた。

問 1 下線部(a)について詳しく調査したところ、次の図1のような結果が得られた。

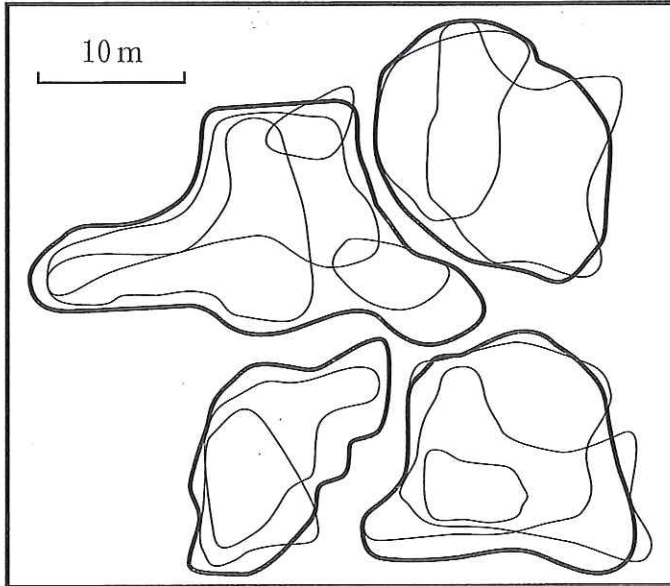


図1 オス4個体(太線),
メス11個体(細線)
の移動範囲

本種の縄張りと行動圏の特徴について述べた次の①～⑧の中から、図1の結果の説明として適切なものを二つ選び、番号で答えよ。

- ① オスは縄張りを持ち、単独で空間を占有・防衛する。
- ② オスは縄張りを持ち、他のオス個体から空間を占有・防衛する。
- ③ オスは縄張りをもたず、性別にかかわらず他個体と行動圏を広く重複させる。
- ④ オス・メスともに縄張りを持ち、それぞれ単独で空間を占有・防衛する。
- ⑤ オス・メスともに縄張りをもたず、性別にかかわらず他個体と行動圏を広く重複させる。
- ⑥ メスは縄張りを持ち、単独で空間を占有・防衛する。
- ⑦ メスは縄張りを持ち、他のメス個体から空間を占有・防衛する。
- ⑧ メスは縄張りをもたず、性別にかかわらず他個体と行動圏を広く重複させる。

問 2 下線部(b)について詳しく調べるため、ほぼ同じ場所に生息するホンソメワケベラ 5 個体を対象に、1 個体ずつ 40 分間の追跡行動観察を行った。追跡観察個体が他個体をつついた回数(勝ち)、および他個体からつつかれた回数(負け)を記録した。表 1 はその結果を集計したものである。各個体のカッコ内の数字は全長(cm)を示す。

表 1

		つつかれた回数(負け)				
		個体 A (7.0)	個体 B (8.5)	個体 C (10.0)	個体 D (7.5)	個体 E (8.0)
つ つ い た 回 数 (<u>勝 ち</u>)	個体 A		0	0	1	0
	個体 B	6		1	3	2
	個体 C	5	4		5	4
	個体 D	5	1	1		1
	個体 E	7	1	0	3	

これらの 5 個体がどのような優劣(順位)関係にあるか、次の①～⑦の中から表の結果の解釈として適切なものを二つ選び、番号で答えよ。

- ① 個体間の優劣(順位)には、各個体の全長が影響する。
- ② つついた回数とつつかれた回数を合計した値には、各個体の全長が影響する。
- ③ 個体 A・個体 D・個体 E は、互いが 3 すくみ(3 つどもえ)の状態にある。
- ④ 個体 B・個体 C・個体 E は、互いが 3 すくみ(3 つどもえ)の状態にある。
- ⑤ 各個体は全長が近い個体に対して、つつき行動をひんぱんにみせる。
- ⑥ 各個体はより小さい個体に対して、つつき行動をひんぱんにみせる。
- ⑦ 各個体はより大きい個体に対して、つつき行動をひんぱんにみせる。

問 3 下線部(C)について詳しく調べるため、さらに追跡行動観察を行ったところ、他に餌を食べているような行動はみられず、下線部(C)の行動によりホンソメワケベラは餌を得ているものと考えられた。他魚種はホンソメワケベラが近づくまで静止していた(以下、ポーズとよぶ)。採集したホンソメワケベラの消化管内容物を分析したところ、魚類の体表、ひれ、えらなどにつく小さな甲殻類の残骸、魚の体表を覆う粘液物質、さらには魚のうろこが見つかった。

この結果をもとに、以下の問(1)~問(4)に答えよ。

問(1) ポーズをとる他魚種に対して、ホンソメワケベラが何らかの利益を与えている場合、これら 2 者間の関係は何とよばれるか、次の①~⑤の中からもっとも適切なものを一つ選び、番号で答えよ。

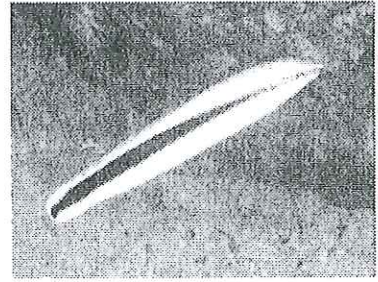
- | | | |
|------|--------|--------|
| ① 寄生 | ② 片利共生 | ③ 相利共生 |
| ④ 中立 | ⑤ 片害 | |

問(2) 上記のような相互関係にある場合、ホンソメワケベラは採食活動を通じて、ポーズをとる魚の何を変化させて、どういう効果を与えると考えられるか、簡潔に述べよ。

問(3) ポーズをとる他魚種に対して、ホンソメワケベラが利益をまったく与えていない場合、これら 2 者間の関係は何と呼ばれるか、次の①~⑤の中から適切なものを二つ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|------|--------|--------|
| ① 寄生 | ② 片利共生 | ③ 相利共生 |
| ④ 中立 | ⑤ 片害 | |

問(4) イソギンポ科ニセクロスジギンポは、ホンソメワケベラと類似した体型および体色をもつ(写真)。ニセクロスジギンポの生息場所はホンソメワケベラとほぼ重複し、他魚種がニセクロスジギンポに接近し、ポー



ズをとることもあった。ニセクロスジギンポを追跡観察すると、岩をつつく行動がひんぱんにみられ、標本個体の消化管内容物を分析すると、主に魚卵や、ゴカイなどの水底に生息する無脊椎動物の残骸が見つかった。このニセクロスジギンポは、ホンソメワケベラと似た特徴をもつことで、どういう利益を得ていると考えられるか、簡潔に述べよ。

このページは白紙です。

〔IV—b〕 生物の進化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。

赤血球中に含まれるヘモグロビンの大部分を占めるヘモグロビンAは、2本のポリペプチド鎖(α 鎖と β 鎖)からなっている。共通祖先が有していた原始ヘモグロビンのアミノ酸が進化の過程で置換し、現存する生物種固有のヘモグロビン α 鎖となったと考えられている。

ヒトと脊椎動物7種のヘモグロビン α 鎖の間で、異なっているアミノ酸の数を表1に示した。いろいろなタンパク質のアミノ酸が置き換わる速度(アミノ酸置換速度)は、生物種に関係なくほぼ一定であることが知られている。このアミノ酸置換数をもとに図1のような分子系統樹を作成することができる。

表1 ヒトと脊椎動物7種のヘモグロビン α 鎖の間で異なるアミノ酸の数

	アカゲザル	イヌ	ウシ	ウマ	ニワトリ	マウス	マグロ
ヒト	5	23	17	18	42	19	65

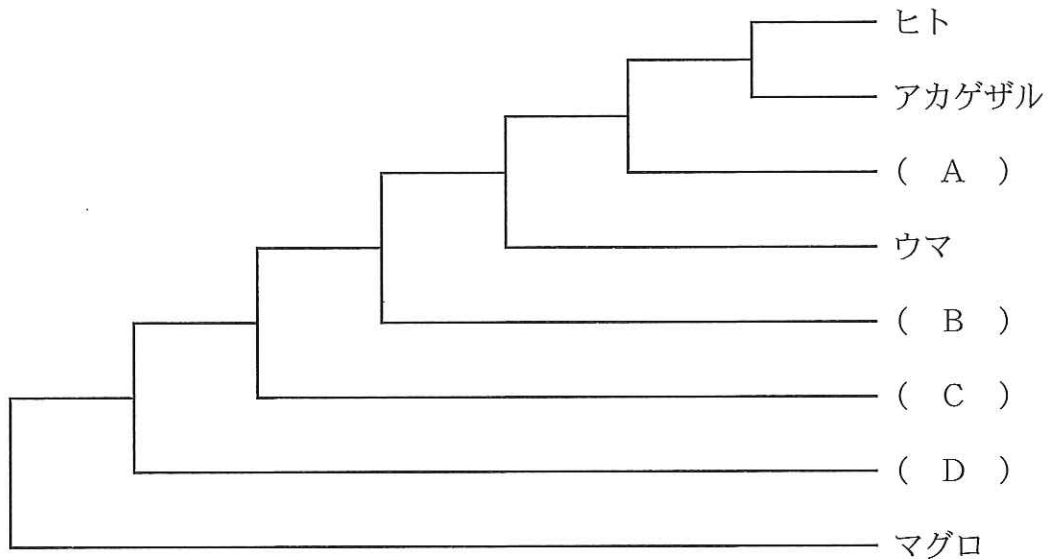


図1 ヘモグロビン α 鎖のアミノ酸置換数をもとに作成した分子系統樹

問 1 次の問(1)~問(3)に答えよ。

問(1) 図の分子系統樹において、(A)~(D)にあてはまる生物名を表 1 の中に記した生物種から選んで答えよ。

問(2) 化石の記録から、ヒトとウマの共通祖先が分岐した時期は今から 8,000 万年前にさかのぼると推定されている。これをもとに表 1 および図 1 を参照して、1 個のアミノ酸の置換に必要な時間は何年になるか、有効数字 2 桁で答えよ。計算式も記入せよ。

問(3) ヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列の違いと脊椎動物の進化との間にはどのような関係があると考えられるか、40 字以内で述べよ。

問 2 表 2 に、8 種の脊椎動物について、ヘモグロビン α 鎖の一部のアミノ酸配列を示した。伝令 RNA (mRNA) のトリプレットと対応するアミノ酸の表(コドン表)を表 3 に示した。第 18 番目のアミノ酸および第 19 番目のアミノ酸について、生物進化に伴うアミノ酸置換をひきおこす DNA 配列の変化を推定し、伝令 RNA と相補的な(対になる)DNA 鎖について、(ア)~(ウ)にあてはまるもっとも適切な DNA の塩基配列を記入せよ。なお、一つのアミノ酸置換はトリプレットで一つの塩基置換がおこった結果によるものと仮定する。

第 18 番目のアミノ酸の変化に伴う DNA 塩基配列

Ile(ア) \longrightarrow Val(CAG)

第 19 番目のアミノ酸の変化に伴う DNA 塩基配列

Ser(イ) \longrightarrow Ala(ウ) \longrightarrow Gly(CCG)

問 3 表 2 の第 40 番目から第 44 番目のアミノ酸は、生物種間での置換が見られない。これはどのようなことを意味するか、50 字以内で述べよ。

表2 ヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列

生物種	アミノ酸配列番号									
	18	19	...	39	40	41	42	43	44	45
マウス	- Val -	Gly	...	Thr -	Thr -	Lys -	Thr -	Tyr -	Phe -	Pro -
イヌ	- Val -	Gly	...	Thr -	Thr -	Lys -	Thr -	Tyr -	Phe -	Pro -
ヒト	- Val -	Gly	...	Thr -	Thr -	Lys -	Thr -	Tyr -	Phe -	Pro -
アカゲザル	- Val -	Gly	...	Thr -	Thr -	Lys -	Thr -	Tyr -	Phe -	Pro -
ウシ	- Ile -	Gly	...	Thr -	Thr -	Lys -	Thr -	Tyr -	Phe -	Pro -
ウマ	- Ile -	Gly	...	Thr -	Thr -	Lys -	Thr -	Tyr -	Phe -	Pro -
ニワトリ	- Ile -	Ala	...	Pro -	Thr -	Lys -	Thr -	Tyr -	Phe -	Ser -
マダモ	- Ile -	Ser	...	Gln -	Thr -	Lys -	Thr -	Tyr -	Phe -	Ala -

表3 コドン表

1番目の塩基	2番目の塩基								3番目の塩基
	U(ウラシル)		C(シトシン)		A(アデニン)		G(グアニン)		
U	UUU	Phe (フェニルアラニン)	UCU	Ser (セリン)	UAU	Tyr (チロシン)	UGU	Cys (システイン)	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu (ロイシン)	UCA		UAA	(終止)	UGA	(終止)	A
	UUG		UCG		UAG		UGG	Trp (トリプトファン)	G
C	CUU	Leu (ロイシン)	CCU	Pro (プロリン)	CAU	His (ヒスチジン)	CGU	Arg (アルギニン)	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Gln (グルタミン)	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	Ile (イソロイシン)	ACU	Thr (トレオニン)	AAU	Asn (アスパラギン)	AGU	Ser (セリン)	U
	AUC		ACC		AAC		AGC	C	
	AUA		ACA		AAA	Lys (リシン)	AGA	Arg (アルギニン)	A
	AUG	Met(開始) (メチオニン)	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	Val (バリン)	GCU	Ala (アラニン)	GAU	Asp (アスパラギン酸)	GGU	Gly (グリシン)	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	Glu (グルタミン酸)	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

表中の(開始), (終止)はそれぞれ開始コドン, 終止コドンを意味する。