

平成 29 年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ～ 10	4
化 学	11 ～ 18	5
生 物	19 ～ 32	5
地 学	33 ～ 40	5

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。
受験番号の記入欄はそれぞれ 2 箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は 100 点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

生 物

1 次の文章 A と B を読んで、問 1 ～ 8 に答えなさい。(配点 20)

A 暗所で発芽した植物の芽生えは、黄白色で細長い。その子葉は小さく閉じたままであり、いわゆる^①「もやし」状態になる。一般に茎の伸長成長は赤色光や青色光で抑えられ、遠赤色光で促進される。赤色光と遠赤色光の作用には、種子の光発芽^②の場合と同じ光受容体がかかわっている。背の高い植物に覆われて陰になった場所^③に届く光^④では、遠赤色光の割合が高く、茎の伸長成長が早められる。これは周囲の植物と競争して背を高くし、光合成のための光を確保することに役立っている。

問 1 下線部^①の芽生えを明所に移すと子葉が緑化する。そのときにつくられる色素の名称を答えなさい。

問 2 下線部^②について、光発芽種子をつくる植物の名称を次の(a)～(e)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(a) キュウリ (b) カボチャ (c) スイカ (d) タバコ (e) ネギ

問 3 下線部^③の光受容体の名称を答えなさい。

問 4 下線部^④について、なぜ遠赤色光の割合が高くなるのか、その理由を 60 字以内で説明しなさい。

B 多くの植物では、気孔は明るいところでは開き、暗いところでは閉じる。気孔の開口は青色光によって調節される。青色光の刺激を受けた孔辺細胞では、その情報が伝達され、膨圧が上昇して孔辺細胞が膨らみ、気孔が開く。青色光受容後の孔辺細胞における応答を調べるために、以下の実験を行った。ある植物の野生株とフトロピン欠損株から、細胞壁を取り除いた孔辺細胞を調製した。それぞれの孔辺細胞を培地に懸濁したものに、青色光を照射し続けた。その時の培地の pH を測定した(図 1)。

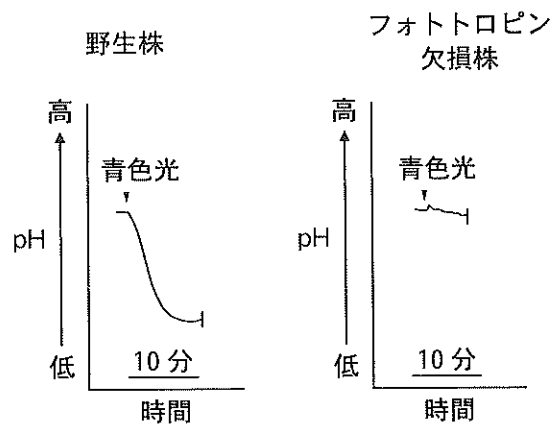


図 1

問 5 図 1 の結果から、青色光の受容後、野生株の孔辺細胞ではどのような応答が引き起こされていると考えられるか、答えなさい。

問 6 次の文章は、孔辺細胞の膨圧の上昇のしくみを説明したものである。 ア と イ に適切な語句を記入しなさい。

図 1 に示された応答後、細胞膜内外の電位差が大きくなり、膜電位依存性の ア チャネルが開口する。これにより大量の ア イオンが細胞内に流入して、イ が上昇することで、水の流入が生じ、膨圧が上昇する。

問 7 下線部⑤について、孔辺細胞の膨圧が高まるとどのようなしくみで気孔が開口するのか、80 字以内で説明しなさい。

問 8 気孔の開閉は植物ホルモンによっても調節されている。気孔の開口と閉鎖にはたらく植物ホルモンをそれぞれ答えなさい。

2 次の文章A～Cを読んで、問1～5に答えなさい。(配点20)

A 核酸には、DNAとRNAがあり、それらの構成単位はヌクレオチドである。ヌクレオチドは、糖、ア、リン酸が1分子ずつ結合したものである。DNAを構成するヌクレオチドの糖はイで、RNAを構成するヌクレオチドの糖はウである。DNAは、2本の逆向きのヌクレオチド鎖が相補的なア間でエ結合し、二重らせん構造をとっている。

問1 文中のア～エに適切な語句を記入しなさい。

B DNAとタンパク質から構成されるバクテリオファージ(以下ファージと略す)は、細菌に感染すると、ファージ自身の遺伝情報にもとづいて次世代のファージ(子ファージ)を産生する。ハーシーとチェイスは、大腸菌のファージを用いて以下のような実験(操作1～4)を行った。

操作1：放射性同位元素の ^{32}P あるいは ^{35}S を含む培地で増殖している大腸菌にファージを感染させ、 ^{32}P でDNAを、 ^{35}S でタンパク質を、それぞれ標識したファージを得た。

操作2： ^{32}P あるいは ^{35}S で標識したファージをそれぞれ未標識の大腸菌に感染させた。2、3分後にミキサー(かくはん機)を用いてかくはんし、大腸菌表面に吸着したファージを振り落とした。

操作3：遠心分離によって沈殿物(大腸菌)と上澄み(ファージおよび培地)に分け、沈殿物と上澄みの ^{32}P および ^{35}S を測定した。その結果、沈殿物からは ^{32}P が検出され、 ^{35}S はほとんど検出されなかった。 ^{35}S のほとんどは上澄みから検出された。

操作4：沈殿物(大腸菌)を培養し、多数の子ファージを確認した。

問2 操作2において大腸菌表面に吸着したファージを振り落とした理由を60字以内で答えなさい。

問3 この実験から、遺伝子の本体はタンパク質ではなく、DNAであることが明らかになった。その理由を説明しなさい。

C ファージの細菌への吸着から子ファージが形成されて溶菌が起こるまでの過程を「ファージの感染サイクル」という。あるファージの大腸菌における感染サイクルに要する時間は約 30 分で、1 個のファージから 100 ～ 200 個の子ファージが形成される。ファージの遺伝子は大腸菌において 3 段階(前期, 中期, および後期)に分かれて発現する。図 1 は、ファージの感染サイクル中に起こるファージ遺伝子の発現を示している。

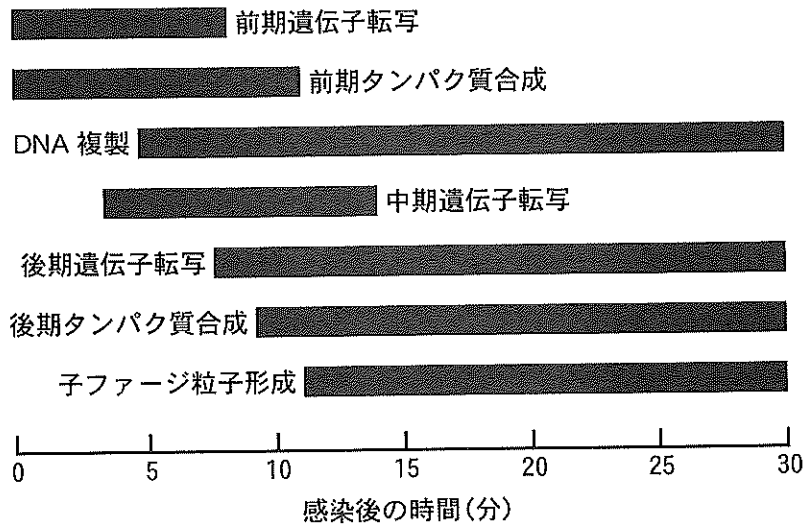


図 1

問 4 ファージは大腸菌に感染する際に RNA ポリメラーゼを持ちこまない。それにもかかわらず、図 1 に示したように、ファージの遺伝子(前期遺伝子)は感染直後から転写される。その理由を 60 字以内で答えなさい。

問 5 大腸菌内で、転写されたファージの mRNA に付着してタンパク質合成を行う粒状の構造の名称を答えなさい。

3 次の文章を読んで、問1～7に答えなさい。(配点20)

哺乳類などでは、体液の水分量や塩分濃度は一定になるように厳密に調節されている。バソプレシンと鉱質コルチコイドは腎臓に作用し、体液の浸透圧を最終的に調節する役割を担っている。

バソプレシンは、ア から分泌され、腎臓の集合管に作用する。集合管の細胞内には水を透過^①させるチャネルを含む小胞が準備され、バソプレシンによりこの小胞がいつせいに集合管の細胞膜上に移動し、水の再吸収が促進される。鉱質コルチコイドは イ から分泌され、細尿管(腎尿管ともよばれる)細胞内に入り、鉱質コルチコイド受容体と複合体を形成する。この複合体は核内で転写調節タンパク質としてはたらき、特定の遺伝子の発現を促進することで Na^+ の再吸収を調節している。

鉱質コルチコイドのはたらきによって、どのような mRNA が増加しているかを調べるため次のような実験を行った。鉱質コルチコイドを加えた細尿管細胞と鉱質コルチコイドを加えていない細尿管細胞から、それぞれ RNA を抽出した。逆転写酵素によって一定量の RNA から cDNA^{注1}を合成した後、目的遺伝子に対するプライマー、耐熱性 DNA ポリメラーゼおよび4種のヌクレオチドなどを^②cDNA 溶液に加え、PCR を行った。^③PCR は 95℃で加熱した後、約 60℃に温度を下げ、その後 72℃まで温度を上げた。^④この反応を 20 回繰り返し、DNA を増幅した。いくつかの遺伝子発現を調べた結果、鉱質コルチコイドを加えた細胞では、ナトリウムチャネルの mRNA が増加していた。^⑤

^{注1}mRNA を鋳型^{いがた}にして合成した DNA (相補的 DNA, complementary DNA の略)

問 1 文中の ア と イ に適切な内分泌腺名を記入しなさい。

問 2 下線部①のチャネルの名称を答えなさい。

問 3 スポーツドリンクのような等張溶液を大量に摂取した場合、バソプレシンの分泌はどのように変化するか、次の(a)～(c)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 上昇する (b) 変わらない (c) 低下する

問 4 下線部②では、複数種の RNA が混在している中から mRNA だけをできるだけ多く cDNA に逆転写するように 20 塩基のプライマーを設計した。なお、逆転写反応のプライマーは、反応の起点となる RNA 配列に相補的な DNA を用いる。この逆転写反応に用いたプライマーの塩基配列を答えなさい。ただし、プライマーの塩基配列は左側を 5' 末端、右側を 3' 末端とする。

問 5 図 1 は、下線部③の PCR で増幅したある遺伝子の構造と作製したプライマーの位置を表している。この実験では抽出した RNA に微量のゲノム DNA が混在している可能性があり、RNA から逆転写された cDNA と区別する必要がある。この実験に用いた最も適切なプライマーを図 1 の a ~ d の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

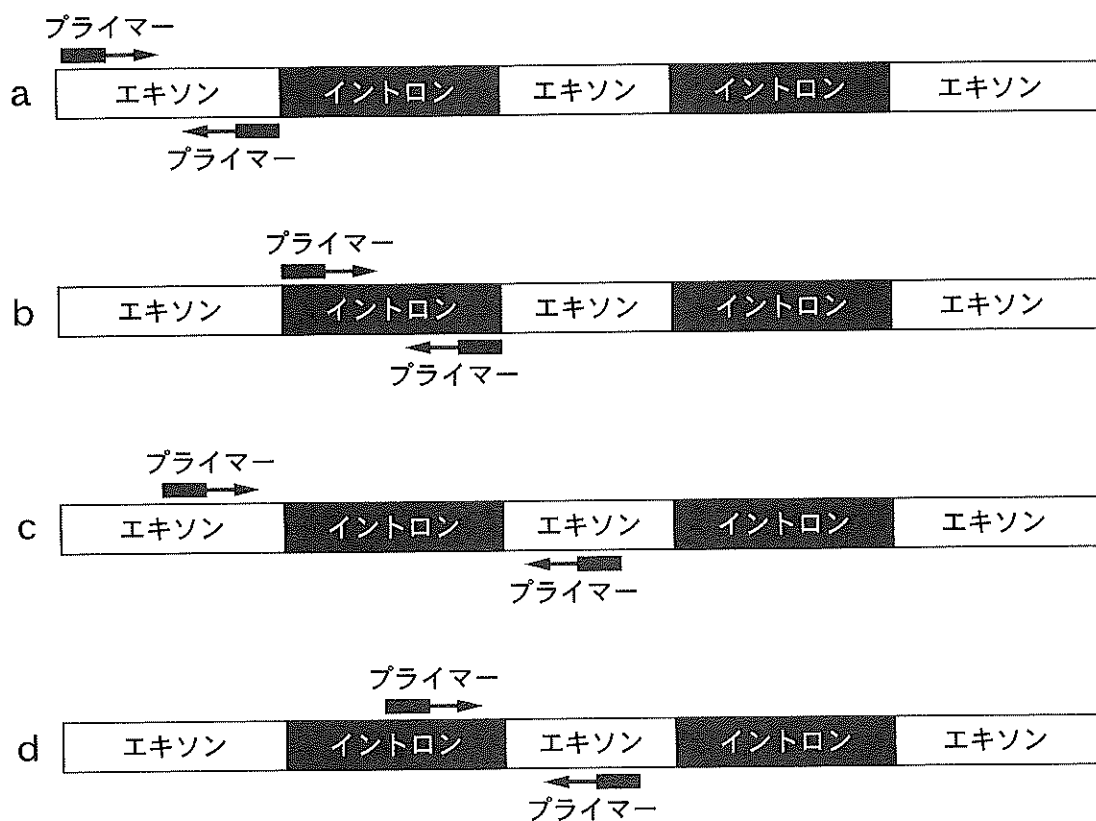


図 1

問 6 下線部④の実験で、最初に 95℃ に加熱した理由を 30 字以内で説明しなさい。

問 7 図 2 は、鉱質コルチコイドが作用する細尿管細胞の模式図である。下線部⑤で増加したナトリウムチャンネルは、ナトリウム-カリウム ATP アーゼ(ナトリウムポンプ)とともに Na^+ の再吸収を調節している。これらのタンパク質は、細尿管細胞内のどこに存在すると考えられるか、図 2 の a ~ dの中から最も適切なものを 1 つ選び、記号で答えなさい。

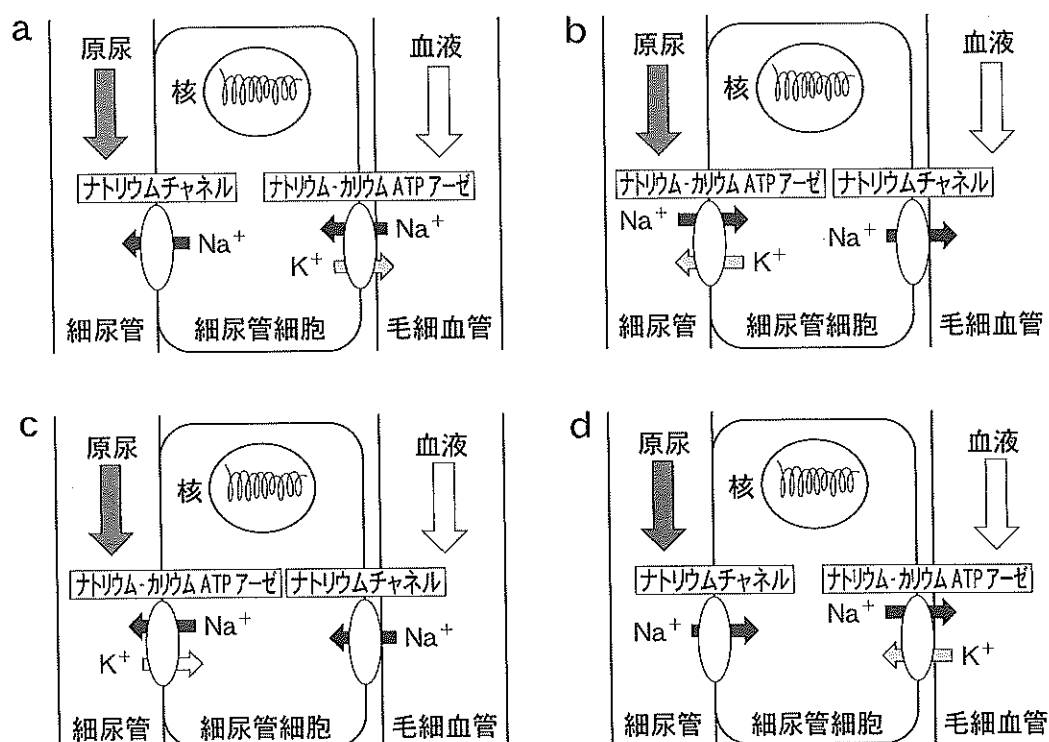


図 2

4 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点20)

動物の精子形成では、減数分裂を完了した精細胞はべん毛を伸長させるとともに、アの多くを失って運動する精子となる。卵形成では、卵母細胞は減数分裂第一分裂前期に長期間とどまり、^①胚発生に必要な物質を蓄積しながら成長する。無脊椎動物では減数分裂第一分裂前期で受精が起こることがあるが、ほとんどの脊椎動物では第二分裂中期で受精が起こる。一方、ウニでは減数分裂が完了した後に受精が起こるので、未受精卵の卵核の染色体はイで取り囲まれている。

体外受精をおこなうウニでは、精子が未受精卵を包んでいるウに到達すると、精子頭部の先端にあるエの内容物が放出される。その後、精子は卵黄膜を通過して卵と融合する。

アフリカツメガエルの未受精卵は、受精に適した溶液中では -20 mV の膜電位をもち、精子を加^②えると受精し、卵の膜電位は 6 mV まで上昇した(図1)。この電位の上昇を受精電位という。受精後3分くらいまでに、卵細胞膜の直下にあるオの内容物が放出され、卵黄膜を受精膜に変化させる。受精電位の役割を調べるため、未受精卵の膜電位を人為的に一定に保ったまま、精子を加えた^③時の受精率を調べた(図2)。また、受精前の膜電位を -20 mV に保った卵において、受精後も膜電位を -20 mV に保つと1つの卵に複数の精子が進入した。

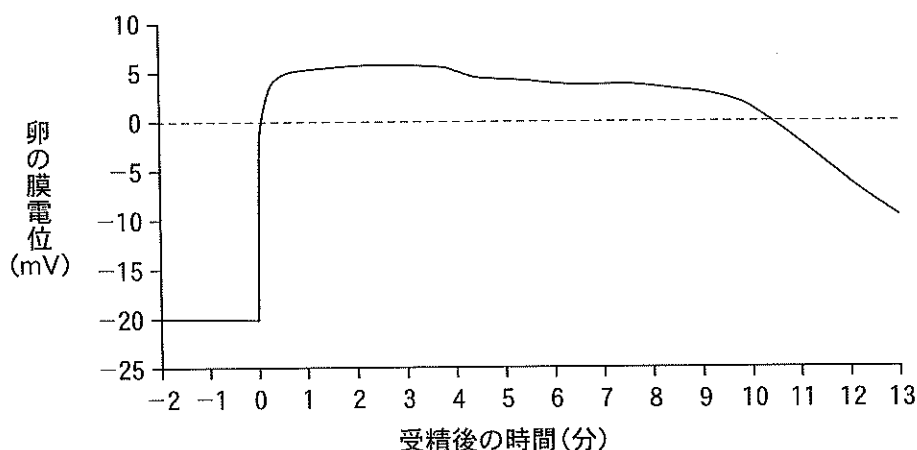


図1

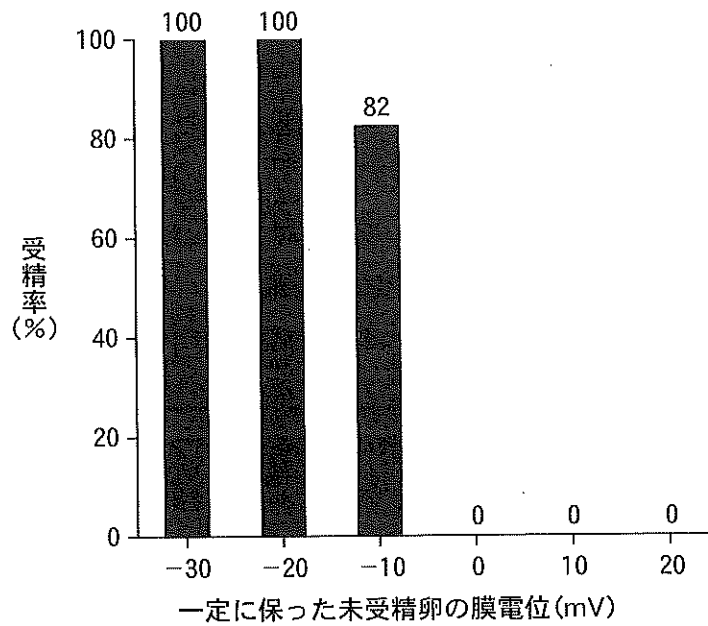


図 2

問 1 文中の ア ～ オ に適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部①の時期に卵母細胞で蓄積される物質のうちから、胚発生における体軸の決定に重要な mRNA またはタンパク質の名称を 1 つあげ、その物質の受精卵での分布と体軸の決定での役割を答えなさい。

問 3 受精時と初期胚の発生時における受精膜の役割を、それぞれ 1 つあげなさい。

問 4 下線部②と③の結果から、アフリカツメガエルの受精において受精電位はどのような役割をもつと考えられるか答え、その理由を説明しなさい。

5 次の文章 A と B を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 20)

A ヒトの赤血球には、ヘモグロビンというタンパク質が含まれている。ヘモグロビンは、肺のような高酸素濃度下では酸素と結合しやすく、鮮紅色の ア となるが、組織のような低酸素濃度下では酸素を解離しやすい性質をもつ。一方、筋細胞に多く含まれる イ は、低酸素濃度下でも酸素と結合しやすい性質をもち、酸素を受け取り蓄える。ヘモグロビンは、 α 鎖 2 本、 β 鎖 2 本の 4 本のポリペプチドから成り、それぞれに酸素と結合する ウ が 1 分子結合している。

表 1 は、さまざまな脊椎動物のヘモグロビン α 鎖を構成するアミノ酸配列を比較し、アミノ酸の① 違いの数を示したものである。アミノ酸の置換は、時を刻む時計のようにほぼ一定の速度で進むことから、エ という考え方が生まれた。それによると、共通の祖先より分岐してからの期間が長い生物間ほど、アミノ酸における違いの数が大きい傾向がある。このようなタンパク質のアミノ酸配列の変化や、DNA の塩基配列の変化を分子進化という。表 2 に示すように、この分子進化② の速度はタンパク質により異なっている。

表 1 さまざまな脊椎動物間でのヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列におけるアミノ酸の違いの数

	ヒト	ゾウガメ	イルカ	ツメガエル	ナキウサギ	パンダ	カンガルー	ニワトリ
ヒト								
ゾウガメ	53							
イルカ	23	54						
ツメガエル	60	64	64					
ナキウサギ	13	51	28	58				
パンダ	19	51	27	61	18			
カンガルー	27	51	35	61	27	29		
ニワトリ	35	53	39	67	40	39	41	

遺伝子	非同義置換 ^{注1}	同義置換 ^{注2}
アクチン α	0.01	2.92
インスリン	0.20	3.03
α グロブリン	0.56	4.38
成長ホルモン	1.34	3.79
インターフェロン β 1	2.38	5.33

注² 同義置換：塩基が変化してもアミノ酸配列が変わらない塩基置換

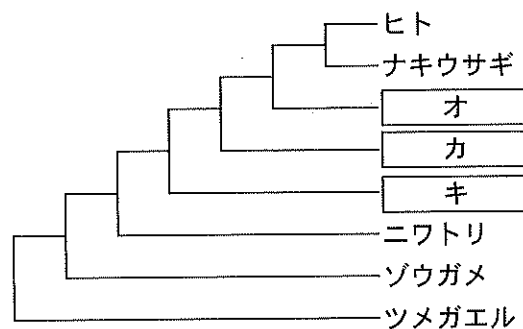
問 2 下線部①について、表 1 のデータにもとづいて分子系統樹を作成した結果、図 1 のようになった。図中の

オ

 ～

キ

 に適切な動物名を表 1 から選び、記入しなさい。



問 3 下線部②について、表 2 で示すように、非同義置換ではタンパク質間で分子進化の速度に大きな違いがある。一方、同義置換ではタンパク質間で分子進化の速度の差は小さい。その理由を「機能」と「中立」という語句を用いて 100 字以内で説明しなさい。

B 鎌(かま)状赤血球貧血症は、赤血球が鎌状に変形して貧血になる遺伝病である。この病気の原因は、異常ヘモグロビンにあることが明らかになっている。これらの患者のヘモグロビンβ鎖では、6番目のグルタミン酸に対応するコドン(トリプレット)に1塩基置換が起き、グルタミン酸がバリ
③ンに変異している(非同義置換)。この異常ヘモグロビン遺伝子の保因者はマラリアに抵抗性を持つが、ホモの場合、多くは成人前に鎌状赤血球貧血症を発病して死亡する。興味深いことに、アフリ
カのマラリアが流行する地域では異常ヘモグロビンの遺伝子頻度が高い。これは、ヒトにおける自④
然選択の一例として知られている。マラリアは、熱帯から亜熱帯に広く分布する原虫感染症であり、赤血球に寄生するマラリア原虫により引き起こされる。

問 4 下線部③に関連して、一般的に、アミノ酸に対応するコドンのうち、何番目の塩基が置換した場合に同義置換が最も起こりやすいと考えられるか、答えなさい。

問 5 下線部④に示されているように、生存に不利な異常ヘモグロビンの遺伝子頻度がこの地域で高い理由を、「ホモ」と「ヘテロ」という語句を用いて100字以内で説明しなさい。

