

## 平成 24 年度入学者選抜学力検査問題

## 理 科

物 理 1 ページ～ 23 ページ

化 学 24 ページ～ 36 ページ

生 物 37 ページ～ 60 ページ

地 学 61 ページ～ 69 ページ

## 注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄には受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、各学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初にかいてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁、乱丁、または印刷の不備なものがあったら申し出なさい。

# 生 物

注 意 1 志望学部・学科により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科	解答する問題番号
教育学部 志望者のうち生物を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 6
理学部 生物学科志望者	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9
理学部 地球科学科志望者のうち生物を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 6 および <input type="checkbox"/> 8 と <input type="checkbox"/> 9 のどちらかの4題について解答する。
医学部 志望者のうち生物を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4
看護学部 志望者のうち生物を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
工学部 志望者のうち生物を選択する者	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
園芸学部 志望者のうち生物を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 7 および <input type="checkbox"/> 8 と <input type="checkbox"/> 9 のどちらかの4題について解答する。

2. 8 と 9 のうち、どちらか1題を選択して解答する必要がある学部・学科の志望者は、選択した問題の解答用紙上部にある選択欄の「選択しました」の○印を黒く塗りつぶして●にしてください。選択しなかった問題の解答用紙にも、受験番号と座席番号を所定欄に記入し、選択欄の「選択しませんでした」の○印を黒く塗りつぶして●にしてください。  
8 , 9 の解答用紙はいずれも回収します。理学部生物学科志望者は、解答用紙の選択欄を●に塗りつぶす必要はありません。

1 次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

真核細胞にはさまざまな細胞小器官が存在する。核は遺伝情報を保持する染色体を含む。ミトコンドリアは好気呼吸によってATP産生をおこなう。葉緑体は植物細胞に存在し、光合成をおこなう。リボソームでは **ア** の合成がおこなわれる。このほかに、小胞体、ゴルジ体、液胞、中心体などがあり、それぞれの役割を担っている。

真核細胞は原核細胞と異なる特徴をもつ。真核細胞は **イ** に包まれた核をもち、生体膜に包まれた細胞小器官をもつ。真核細胞は原核細胞から進化して出現したと考えられている。はじめに原核細胞が出現し、その後<sup>(1)</sup>に別の原核細胞が取り込まれて真核細胞が出現したと考えられている。この考えを共生説(細胞内共生説)といい、1967年にアメリカのマーグリスにより提唱された。この考えによると、はじめに宿主となる原核細胞に **ウ** が取り込まれてミトコンドリアとなり、真核細胞の起源となった。その後、光合成をおこなう原核生物である **エ** が取り込まれて葉緑体となり、これが **オ** 細胞の起源となった。

多細胞生物では、同様の形態とはたらきをもつ細胞が集団を形成しており、これを組織と呼ぶ。動物の組織は上皮組織、結合組織、筋組織、神経組織の4つに分けられる。<sup>(2)</sup> また、組織がまとまって胃、肺、心臓などの器官を形成する。さらに、複数の器官が集まり、消化系、呼吸系、循環系などの一連のはたらきをする器官系を構成する。

このように、多細胞生物では単一の受精卵からさまざまな種類の細胞が形成され、組織、器官、器官系が構成される。この過程で、核に含まれる遺伝子がどのようにはたらいているかを考えるうえでアフリカツメガエルの核移植実験が参考となる。この実験では、アフリカツメガエルの未受精卵に紫外線を照射し、オタマジャクシの小腸上皮細胞から取り出した核を移植し発生させると、アフリカツメガエルの完全な個体が得られた。<sup>(3)</sup><sup>(4)</sup>

問 1 本文中の ア ~ オ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(1)に関して、この考えの根拠となるミトコンドリアと葉緑体の共通点を 2 つ挙げ、40 字以内で答えなさい。

問 3 下線部(2)に関して、次の①~⑤は 4 つの組織のうちどの組織に属するか答えなさい。

- ① 血管内皮細胞(血管内面をおおう細胞)      ② 赤血球
- ③ 軟骨      ④ 毛髪
- ⑤ つめ

問 4 下線部(3)に関して、紫外線を照射した理由を 20 字以内で答えなさい。

問 5 下線部(4)に関して、オタマジヤクシの小腸上皮細胞の核を移植した未受精卵から完全な個体が得られた理由を 60 字以内で答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

アフリカツメガエルの32細胞期の胚は、図1のように動物極側からA, B, C, Dの細胞層に、さらにそれぞれの位置から1, 2, 3, 4の列に分けることができ、固有の識別番号を割り振ることができる。

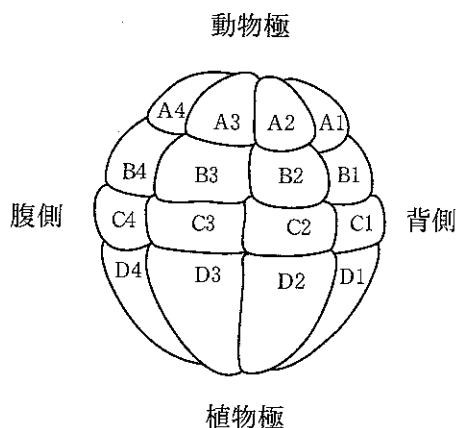


図1 32細胞期の胚(紙面裏側の割球は省略してある)

(実験1) それぞれの割球に色素を注入し、尾芽胚まで発生を進めた。発生した尾芽胚から、6種類の組織または器官について32細胞期の各割球に由来する細胞が占めた割合を計算すると表1のようになった。

表1 尾芽胚の組織および器官における32細胞期割球の占める割合

	組 織 お よ び 器 官					
	表 皮	脳	脊 髄	脊 索	体 節	内胚葉
A 割 球	63	51	17	1	2	0
B 割 球	27	39	48	45	32	0
C 割 球	10	10	35	54	64	18
D 割 球	0	0	0	0	2	82
計(%)	100	100	100	100	100	100

(実験2) 図2のように、色素で標識したA割球の細胞層を分離し、別の32細胞期の胚から単離したD割球と結合させた。結合させた割球は、割球分離をおこなわなかった正常胚が尾芽胚に達する時期まで培養し、発生を続けさせた。その結果、D1割球を結合させた場合では、A割球由来の細胞から脊索<sup>せきさく</sup>や筋肉を含む組織が形成された。一方、D3割球を結合させた場合では、A割球由来の細胞から脊索はほとんど形成されずに、筋肉と血球が形成された。なお、D割球と結合させずにA割球を単独で培養すると、表皮のような塊(不整形表皮)となった。

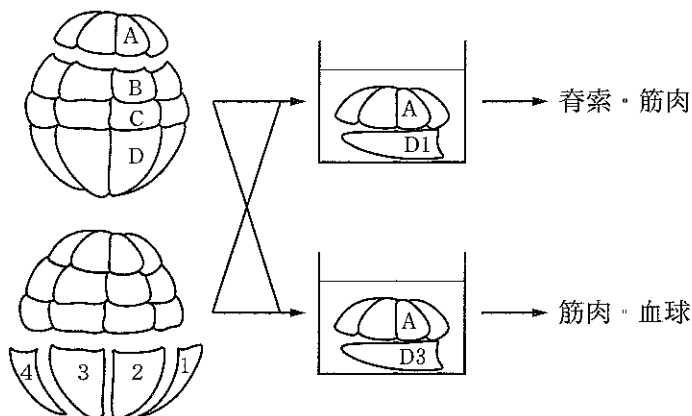


図2 32細胞期の割球分離と再結合実験

(実験3) アフリカツメガエルの胞胚を、図3のように動物極領域の組織片 (AP), 背側赤道領域の組織片 (DMZ), 腹側赤道領域の組織片 (VMZ), 背側植物極領域の組織片 (DVP), 腹側植物極領域の組織片 (VVP) に分離した。次に、それぞれの組織片が直接結合できないように  $0.4\mu\text{m}$  の小孔のあいた膜を介して培養した。16時間後にそれぞれの組織片を分離して、さらに2日間培養した(この間に組織片を分離しない正常な胞胚は尾芽胚に達した)。AP どうしを培養した結果、再び分離した AP には不整形表皮が形成され、筋肉は形成されなかった。一方、AP と DVP を培養した結果、分離した AP に筋肉組織が形成された。

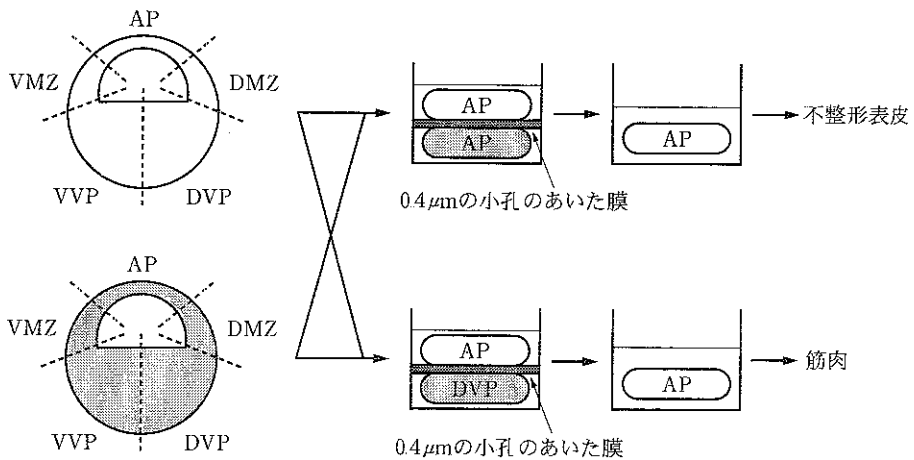


図3 胞胚組織片の分離と再結合実験

問 1 おもに内胚葉に由来する細胞から構成される器官の名称を，消化管以外で二つ答えなさい。

問 2 実験 1 の結果から，A 割球，B 割球，C 割球の尾芽胚における予定運命について，それぞれ最も適切なものを以下の(a)~(g)から選び，記号で答えなさい。

- (a) おもに外胚葉に分化する
- (b) おもに中胚葉に分化する
- (c) おもに内胚葉に分化する
- (d) 外胚葉と中胚葉に分化する
- (e) 外胚葉と内胚葉に分化する
- (f) 中胚葉と内胚葉に分化する
- (g) 全ての胚葉に分化する

問 3 実験 2 において，D 割球が A 割球の予定運命を変更させた現象をなんと呼ぶか，答えなさい。

問 4 実験 1 と 2 の結果から，A 割球の予定運命に対し，D 1 割球と D 3 割球はどのように作用したのか，両者の違いも含めて 100 字以内で答えなさい。

問 5 実験 3 の結果から，AP と DVP を，膜を介して培養したことにより，AP に筋肉組織が形成された仕組みを 60 字以内で答えなさい。



3

次の文章を読み、以下の問1～7に答えなさい。

生体内におけるさまざまな化学反応は、酵素のはたらき<sup>(1)</sup>によって円滑に進められる。酵素がはたらきかける相手の物質を基質という。酵素には基質と結合する特有の立体構造をした **ア** がある。酵素のなかには、その作用をあらわすために **イ** と呼ばれる有機物を必要とするものがある。**イ** は分子量が小さな物質であり、**ウ** を利用して酵素タンパク質から分離することができる。化学反応により基質から反応生成物に変わるときには、一般に物質は、まず反応の起こりやすい状態を経過しなければならない<sup>(2)</sup>。このときに必要なエネルギーを **エ** という。

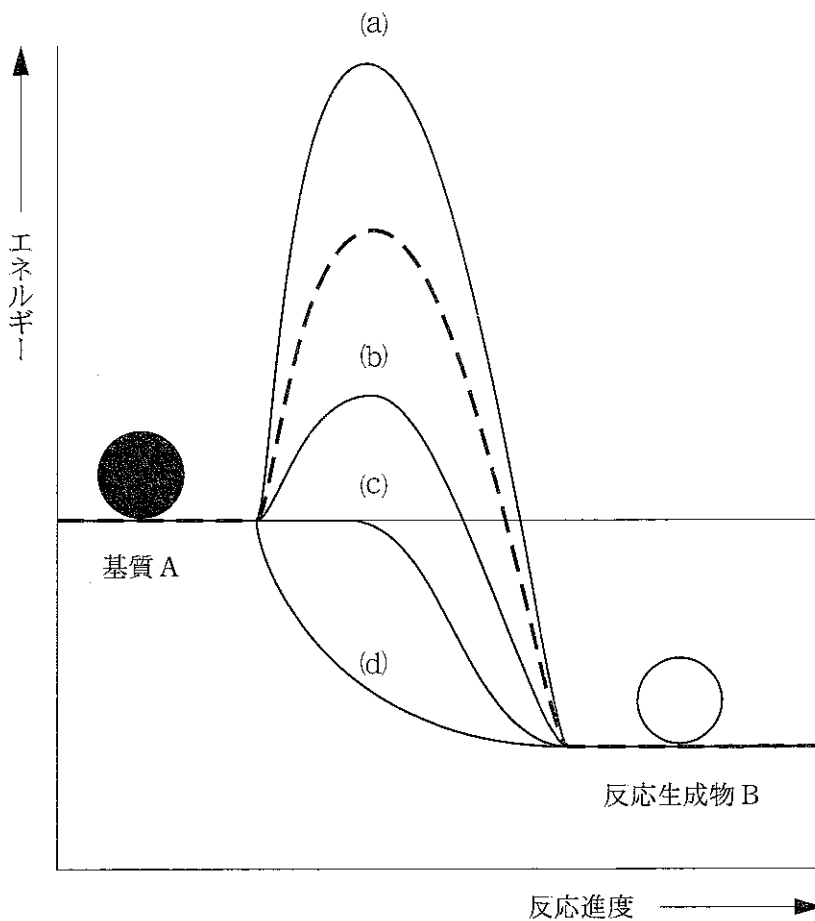
酵素反応では、一連の反応の最終生成物が無制限につくられるのではなく、最終生成物の濃度を調節する仕組みがある。そのひとつがアロステリックな制御であり、このような制御を受ける酵素は、アロステリック酵素<sup>(3)</sup>と呼ばれる。アロステリック酵素の基質濃度と反応速度の関係をグラフにすると、図1のように反応速度は基質濃度に対してS字形になる。

このようなアロステリックな制御は酵素以外のタンパク質にもみられる。その一例がヘモグロビンである。ヘモグロビンはヒトの赤血球に含まれ酸素を運搬するはたらきをするタンパク質であり、 $\alpha$ 鎖と $\beta$ 鎖の2種類のペプチド鎖が2本ずつ集まった四次構造をつくる<sup>(4)</sup>。同じく、酸素と結合するタンパク質には、ヘモグロビンのほかにミオグロビンがある<sup>(5)</sup>。ミオグロビンはアロステリックな制御を受けない。図2に酸素と結合しているヘモグロビンおよびミオグロビンの割合と酸素分圧との関係(酸素解離曲線)をそれぞれ示す。ヘモグロビンの酸素解離曲線は、図1のアロステリック酵素の反応速度と基質濃度との関係と同様にS字形であり、この形状はヘモグロビンの役割に重要な意味をもつ<sup>(6)</sup>。

問 1 文章中の **ア** ~ **エ** にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(1)に関して、生体触媒である酵素が無機触媒と異なる特徴を、60字以内で答えなさい。

問 3 下線部(2)に関して、下図に酵素などの触媒がないときに、基質 A から反応生成物 B にかわる過程のエネルギーの変化の推移を点線で示す。酵素がはたらくときのエネルギーの変化の推移を正しく表している曲線を下図の (a)~(d) から選んで答えなさい。



問 4 下線部(3)に関して、アロステリック酵素がどのように反応生成物の濃度を調節しているかについて、100字以内で答えなさい。

問 5 下線部(4)に関して、タンパク質の一次構造、二次構造、三次構造に関連する構造を以下の選択肢から選んでそれぞれ記号で答えなさい。

- (a) ジグザグ状の構造    (b) ペプチド結合    (c) S-S結合

問 6 下線部(5)に関して、ミオグロビンの役割を20字以内で答えなさい。

問 7 下線部(6)に関して、ヘモグロビンの酸素解離曲線のS字形がヘモグロビンの役割に重要な意味をもつ根拠を、図2を参考にして80字以内で答えなさい。

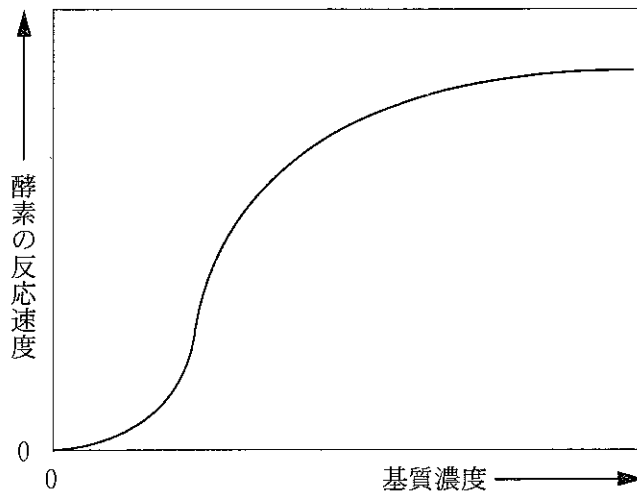
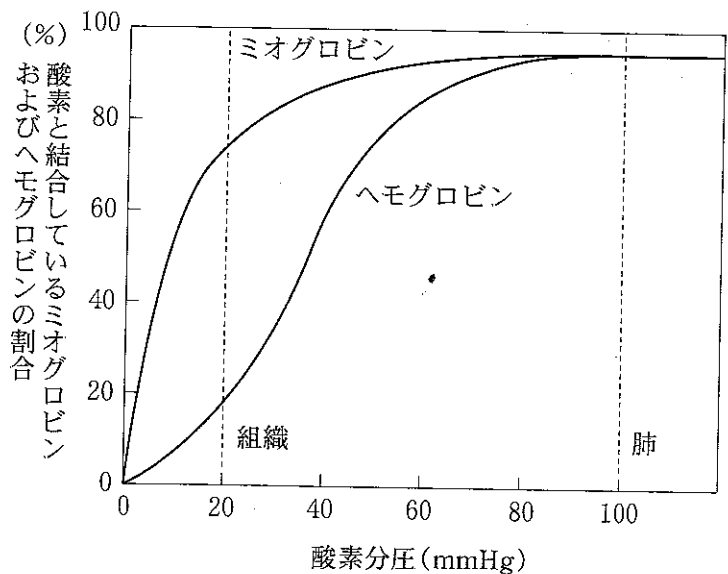


図1



分圧：複数種類の分子が混合している気体(混合気体)の場合、  
 その中の各気体の濃度は分圧で示す。分圧の単位は、こ  
 こでは mmHg で表してある。  
 組織と肺の酸素分圧をそれぞれ点線で示す。

図 2

4 次の文章を読み、以下の問1～4に答えなさい。

図1は伴性遺伝に従う遺伝病Xの1家系を示している。この遺伝病は1つの遺伝子Mの異常が原因である。第1世代にはX染色体の遺伝子型が示されている。第1世代の男性1-1と男性1-3の遺伝子座Mに遺伝病Xを引き起こす異常遺伝子mがあり、発症者は黒く塗りつぶされている。

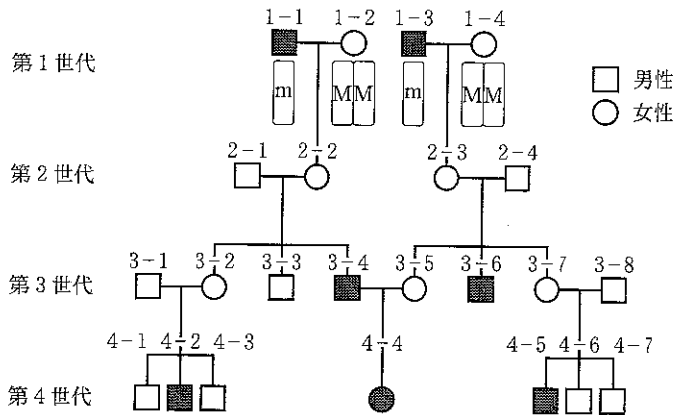
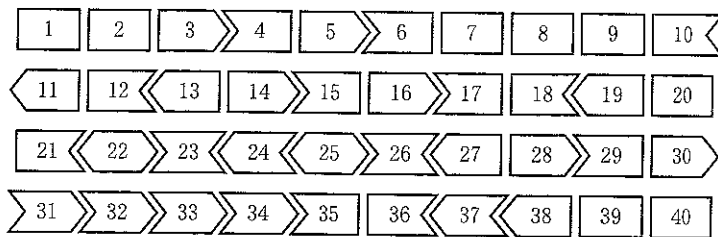


図1



- || コドンの3番目の塩基と1番目の塩基の間のエキシンの結合を示す。
- ⟨⟨ コドンの1番目の塩基と2番目の塩基の間のエキシンの結合を示す。
- ⟩⟩ コドンの2番目の塩基と3番目の塩基の間のエキシンの結合を示す。

図2

遺伝病Xは遺伝子Mの特定のエクソンが欠失することで発症し、症状の軽いB型と症状の重いD型との2種類がある。遺伝子Mには40のエクソンがあ

り、欠失するエクソンに含まれる塩基数が3の倍数であればB型、3の倍数でなければD型になることが知られている。図2は各エクソンに含まれる塩基数をもとに作成したスプライシング後の mRNA の模式図であり、各番号はエクソンを示している。

問 1 発症者の遺伝子異常がどれも同じものと仮定すると、第4世代の患者 4-4 のもつ遺伝子型を次の(a)~(e)から選び、その理由を30字以内で答えなさい。

- (a) MM                      (b) Mm                      (c) mm  
(d) M                        (e) m

問 2 欠失エクソンに含まれる塩基数が3の倍数のとき、症状が重いD型ではなく、軽いB型になる理由を70字以内で答えなさい。

問 3 発症者3-4の欠失エクソンがエクソン14からエクソン20であったとき、図2から考えて、発症者3-4の表現型について正しいものを次の(a)~(d)から選び、その理由を30字以内で答えなさい。

- (a) B型                      (b) D型  
(c) B型とD型              (d) B型でもD型でもない

問 4 特定の塩基配列に相補的なヌクレオチドを用いてスプライシングの段階で操作することにより、特定のエクソンを取り除くことができる。発症者3-6の欠失エクソンがエクソン16からエクソン26であったとき、あるエクソンをさらに取り除いて症状の重いD型から症状の軽いB型にするためには最小限、どのエクソンを欠失させればよいか。次の(a)~(e)から選び、その理由を30字以内で答えなさい。

- (a) エクソン 14  
(b) エクソン 15  
(c) エクソン 27  
(d) エクソン 28  
(e) エクソン 29

5

次の文章を読み、以下の問1～3に答えなさい。

マウスの培養細胞をすりつぶした後に、ろ過して細胞の破片を取り除いた細胞破碎液を、図1のように段階的に遠心分離機にかけて、細胞小器官を分画した。こうして、核が多量に含まれる沈殿A、ミトコンドリアが多量に含まれる沈殿B、小胞体が多量に含まれる沈殿C、および上澄みA、B、Cの画分を得た。上澄みCには膜をもつ細胞小器官は含まれていなかった。次に、それぞれの画分からDNAとRNAを取り出して精製した。

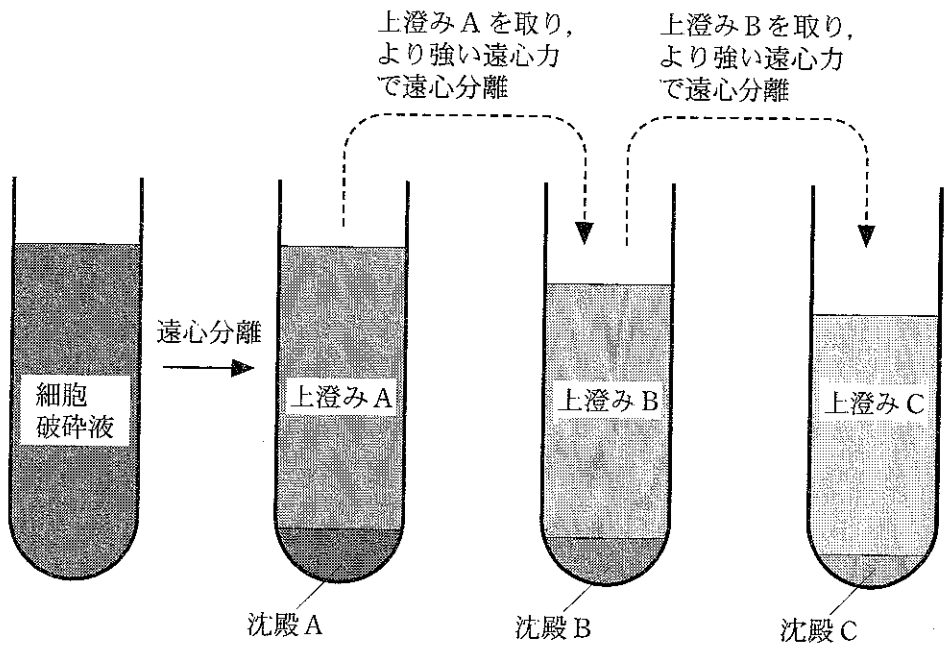


図1 遠心分離による細胞小器官の分画

問1

- (1) 沈殿A以外にDNAが含まれる画分はどれか。上澄みB、沈殿B、上澄みC、沈殿Cの中から選んで、答えなさい。
- (2) 沈殿Aと(1)で答えた画分においては、DNAの存在する状態が大きく異なっている。どのように異なっているか、60字以内で答えなさい。

問 2

- (1) アクチンの mRNA は上澄み C に含まれていた。一方、沈殿 C にもある種のタンパク質の mRNA が含まれていた。沈殿 C に含まれているのはおもにどのようなタンパク質の mRNA か、答えなさい。
- (2) mRNA からの翻訳に不可欠な細胞小器官が含まれていると考えられる画分をすべて答えなさい。
- (3) 試験管内で、上澄み C から精製したアクチンの mRNA を鋳型として、相補的な塩基配列をもつ DNA を合成した。この DNA の合成に用いる酵素の名前を答えなさい。
- (4) この酵素はおもに何に由来しているか答えなさい。
- (5) 試験管内で、この酵素を作用させて合成した DNA は一本鎖である。この一本鎖の DNA に別の酵素を作用させて、二本鎖の DNA にした。二本鎖の DNA にするのに用いる酵素の名前を答えなさい。
- (6) この合成した二本鎖の DNA と沈殿 A に含まれるアクチン遺伝子の DNA とは、塩基配列において大きな違いがある。この違いを 60 字以内で説明しなさい。

問 3 アクチンの mRNA を鋳型として合成した相補的な塩基配列をもつ一本鎖の DNA の塩基配列の一部を、図 2 に示す。この配列には、アクチンのタンパク質の 1 番目のアミノ酸に対応する mRNA の部分に相補的な塩基配列も含まれている。

TTGATCTGTGGTACACGCTGCTTCTGCTCTGGTGGCGAGAACACA

図 2 アクチンの mRNA を鋳型として合成した一本鎖 DNA の塩基配列の一部

- (1) アクチンのタンパク質の 9 番目のアミノ酸に対応する mRNA の塩基配列を答えなさい。
- (2) アクチンのタンパク質が合成される時に、5 番目に使われる tRNA のアンチコドンの塩基配列を答えなさい。



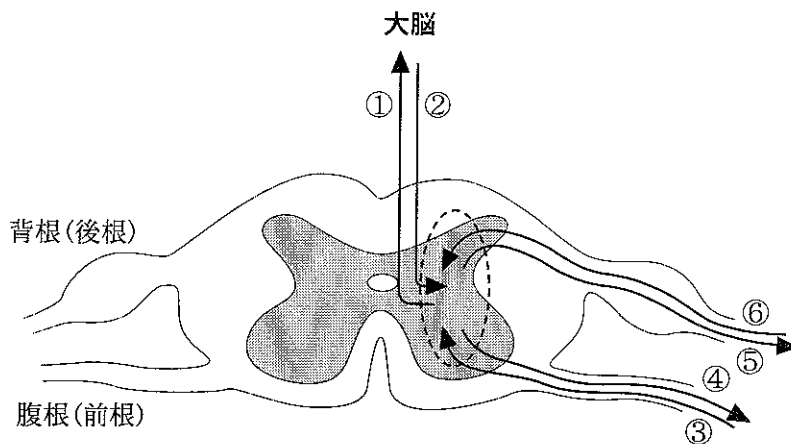
6 次の文章を読み、以下の問1～6に答えなさい。

動物特有の組織である神経系は **ア** と **イ** に大きく分けられ、前者をもつものにはヒドラ、後者をもつものにはバツタがある。カエルなど脊ついで動物の神経系は、脳と脊髄からなる **ウ** とそこに入出入りする **エ** からなる。ヒトの脳は脳を5つの部分からなるが、このうちの生命維持に特に重要な役割を果たす間脳、**オ**、延髄を合わせて **カ** とよぶ。間脳は視床と **キ** に分けられ、**キ** は **ク** や内分泌系を通じて身体の状態を一定に保つなどの作用をつかさどる。

問1 上記文章の **ア** ～ **ク** にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 図1は脊髄の横断面を示している。手が熱いものに触れた時に、素早く手を引っ込める屈筋反射には、脊髄にある複数のニューロンが関与する。屈筋反射の反射弓を構成する神経伝達の方向と順番のうち正しいものを、次の(a)～(h)の中から一つ選び、記号で答えなさい。

- (a) ③→⑤                      (b) ③→①→②→⑤                      (c) ⑥→④  
 (d) ⑥→①→②→④                      (e) ③→①                      (f) ⑥→①  
 (g) ②→⑤                      (h) ②→④



矢印は神経伝導の方向を示し、点線内の経路の詳細は省いてある。

図1 脊髄の横断面

問 3 脳のある部分を損傷した結果、「ふらついてうまく自転車に乗れない」,  
「平均台の上でバランスをとれない」などの症状が出た。この人は脳のどの部  
分を損傷したかを答えなさい。ただし、随意運動にかかわる機能は正常で  
あった。

問 4 一個のニューロンの軸索に電気刺激を 0.0001 秒というごく短い時間与  
え、細胞外部に対する膜内部の電位の変化を測定した。刺激の強度を徐々に  
強くした場合、以下の(a)~(e)の中のどの結果に最も近くなるか。選択肢の中  
から一つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 刺激を強くするに従って、活動電位の最大値が上昇した。
- (b) 刺激を強くするに従って、静止電位が上昇した。
- (c) 刺激を強くするに従って、一回の刺激で発生する活動電位の発生回数が増えた。
- (d) 刺激を強くしていったら、それまで発生しなかった活動電位が突然現われた。
- (e) 刺激の強弱にかかわらず、同じパターンの活動電位が常に見られた。

問 5 一般に有髄神経繊維は無髄神経繊維に比べて神経伝導速度が大きい。この理由を以下のキーワードをすべて用いて 150 字以内で答えなさい。

キーワード：跳躍伝導、活動電位、電気的絶縁作用、ランビエ絞輪、<sup>すいしょう</sup>髄鞘

問 6 神経連絡のある 2 個のニューロンの間では、神経情報は一方向にしか流れず、逆流することはない。

- (1) この機構を可能にするため、ニューロンはある物質を作る。そのような物質の一般的名称を答えなさい。
- (2) 上記物質が含まれる細胞小器官の名称を答えなさい。

7 次の文章を読み、以下の問1～4に答えなさい。

細胞膜は、厚さが10 nm程度の薄い膜で、電子顕微鏡で観察すると、暗・明・暗の構造が見える。細胞膜は、細胞内外をしきるだけでなく、物質の出入りの調節、その他重要な役割を担っている。細胞への水の出入りは、細胞膜の<sup>(1)</sup>  にもとづいておこなわれる。

植物細胞を蒸留水に入れると、水が細胞内に移動し、細胞壁を押し圧力 () が発生する。このとき、細胞壁面は  と等しい圧力で、元に戻ろうとする圧力が発生し、吸水が妨げられる。細胞内の浸透圧と  の差に相当する圧力が吸水力としてはたらく。

植物の根によって吸水された水は、根の皮層を経て道管または仮道管に達し、さらに植物体内を上昇して葉に到達する。セコイアは地球上で最も樹高が高く100 mを超えている。吸水された水の大部分は葉で<sup>(2)</sup>  によって失われる。根は、土壌中から特定の  を吸収する。これは、細胞膜が  という性質をもっているためである。細胞膜の性質に関して、以下のような実験をおこなった。

【実験】

高張液となる濃度のマンニトールまたは尿素溶液に細胞壁分解酵素を溶解させた。植物の葉を幅1 mm長さ1 cm程度に切り刻み、切り刻んだ葉をこれらの酵素液に入れ、25℃の定温条件下に放置した。一定時間経過後、顕微鏡で観察したところ、マンニトールを使用した溶液中には、細胞壁が溶けて細胞膜だけになった細胞(プロトプラスト)が浮遊していた。一方、尿素を使用した溶液中には、プロトプラストが壊れて細胞の破片が浮遊していた。

問1 上の文章中の  ～  にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(1)で細胞膜が関係する役割を一つ答えなさい。

問 3 下線部(2)に関して、以下の問(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 100 m まで水を持ち上げるのに必要な気圧は何気圧になるか、水銀の比重を 13.5 として小数点以下 2 桁で答えなさい。なお、1 気圧は水銀を 760 mm 持ち上げる圧力に相当する。
- (2) セコイアが重力に逆らって水を 100 m 以上吸水できる理由として、次の(a)~(e)の中から正しいものを全て選び、記号で答えなさい。
- (a) 水が通る道管は生細胞でできており、道管細胞がエネルギーを消費して水を吸い上げている。
  - (b) 道管内の水は切れ目なくつながっている。
  - (c) 道管内の水は軽くなるように細切れになっている。
  - (d) 吸水は道管だけでは不十分なので、師管でもおこなわれる。
  - (e) 根の細胞の浸透圧が上昇し、根圧が生じる。

問 4 実験で尿素を使用した場合、プロトプラストが壊れた理由を 70 字以内で説明しなさい。

8 次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

植物群集の総生産量(同化量)から生産者自身の呼吸量を差し引いたものが純生産量となる。純生産量からさらに、、などの量を差し引いたものが植物群集の成長量となる。植物では、環境条件の変化に対応して総生産量や成長量などの変化がおきる。また、根、茎、葉などの各部分の成長に違いが生じ、個体全体重量に対する各部分の重量が相対的に変化する現象がみられる。植物のこの変化は、環境条件の変化が植物の成長に与える影響を緩和させる方向にはたらくことが多い。

問1 文中のとにあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 ある植物群集内に生息する一次消費者群集の同化量と呼吸量を調べた。一次消費者群集の同化量と呼吸量の比は、植物群集の総生産量(同化量)と呼吸量の比よりも小さい。その理由を40字以内で答えなさい。

問3 大気中の二酸化炭素濃度を上昇させると、一般的に植物群集の総生産量は一時的に増加する。このように増加する理由を40字以内で答えなさい。

問 4 大気中の二酸化炭素濃度が高いままで長期間維持されると、一般的にやがて植物群集の総生産量は減少し、成長量はもとの値に近づく。この原因の一つとして、総生産量を維持するために必要な資源となる環境要因のいくつかが相対的に不足することがあげられる。

(1) 不足する環境要因を一つ答えなさい。なお、光は十分にあって不足する環境要因にはならないとする。

(2) この不足する環境要因を得るために、下線部で示したような現象がおこる。このとき植物は総生産量をできるだけ維持するために、(1)で答えた環境要因の不足に対して、ある部分の割合を増やして対応している。その部分の名称を答えなさい。

(3) 植物のこのような反応は、結果として成長量を低下させることになる。どうしてそうなるかを 60 字以内で答えなさい。

問 5 不足する環境要因に対する生物の反応には共通する点が多い。光の弱い場所に生育している植物は、光の強い場所に生育している植物に比べて総生産量が少ないが、そのような環境でも成長することができる。どのような形態的特質がそれを可能にしているかを 60 字以内で答えなさい。

9 次の文章を読み、以下の問1～6に答えなさい。

生物間の類縁関係は系統樹という図を使って示すことができる。系統樹は外部形態や発生様式のデータをもちいて作ることができるほか、タンパク質のアミノ酸配列やDNAの塩基配列をもちいて作ることができる。後者の方法で作られた系統樹は特に、分子系統樹と呼ばれ、近年では、さまざまな生物の系統関係を示すのに使われている。<sup>(1)</sup>

ここで、タンパク質のアミノ酸配列の違いをもちいて、系統樹を作成する場合を考えてみよう。表1は、脊ついで動物7種のヘモグロビン $\alpha$ 鎖のアミノ酸配列について、種間で異なるアミノ酸の個数と割合をまとめたものである。この表をみると、アミノ酸が異なる割合は、ヒトとウシとの間で最も小さくなることがわかる。そこで、この7種の中では、ヒトとウシが最も近縁であると考え、両者を「枝」と呼ばれる線で結びつける。「枝」どうしが合わさるところは「節」と呼ばれ、そこには2つの種の共通祖先が位置すると考える。表1に示したアミノ酸配列の違いにもとづいて、同様の操作を繰り返すことで得られたのが、図1に示した系統樹である。この系統樹では、1つの「節」から分かれた2つの枝のそれぞれが、末端の現生生物に到達するまでの長さ(水平方向の長さの合計)は等しくなるように作られている。

この系統樹を作るのに用いたヘモグロビン $\alpha$ 鎖のアミノ酸配列では、アミノ酸1個が変化するのに必要な時間はほぼ一定であるといわれている。化石の研究から、ヒトとウシの系統が分かれたのは、今から7500万年前であるとされている。この値を使って、1個のアミノ酸が置換されるのにかかった年数の平均は、次の式で推定できる。

$$7500 \text{ 万年} \div (17 \div 2) \cong 880 \text{ 万年} \quad (\text{式1})$$

問 1 下線部(1)の分子系統樹に関して述べた文章として、正しくないものを、下の選択肢(a)~(d)から二つ選んで記号で答えなさい。

(a) DNA は全ての生物がもっているのもので、どの遺伝子の塩基配列を用いても、動物、植物、菌類、原生動物、全てを含めた系統樹を作ることができる。

(b) DNA データは形態データに比べて系統関係の推定に利用できる情報量が多いため、精度の良い推定が可能になる。

(c) DNA の塩基配列どうしの違いは、塩基置換のみによって生じる。

(d) 共通祖先から分かれた二つの生物の間では、分かれてからの時間が長いほど、遺伝子に多くの変化が蓄積される。

問 2 表 1 の空欄(1)、(2)に入るべき数値を答えなさい。

問 3 図 1 の系統樹中、空欄(3)、(4)に入る生物名を答えなさい。

問 4 上でもちいた脊ついで動物 7 種のヘモグロビン  $\alpha$  鎖のアミノ酸配列について、それぞれの配列に対応する DNA の塩基配列を明らかにして、分子系統樹を作成したとする。このとき、2 種間で、異なるアミノ酸の個数と異なる塩基の個数を比較すると、どちらが大きくなるか。理由とともに、80 字以内で答えなさい。

問 5 式 1 では、ヒトとウシの系統が分かれた年代である 7500 万年という値を、両者間で異なるアミノ酸の個数である 17 をさらに半分にした値で割っている。このとき、両種間で異なるアミノ酸の個数の半分の値で割る必要があるのはどうしてか、80 字以内で説明しなさい。

問 6 式 1 で計算した 880 万年という値と、表 1 に示された種間で異なるアミノ酸の個数をもちいて、ヒトとコイの系統が分かれたのは、今から何万年前であったかを答えなさい。



表1. 脊ついで動物7種のヘモグロビン $\alpha$ 鎖のアミノ酸配列間の違い

対角線より上は2種間で異なるアミノ酸の個数。対角線より下はアミノ酸配列の長さを140個とした場合に2種間で異なるアミノ酸の割合(%)。

	ヒト	カンガルー	ウシ	コイ	イモリ	イヌ	サメ
ヒト		27	17	68	62	23	79
カンガルー	19.3		26	71	67	33	80
ウシ	12.1	18.6		65	64	(1)	75
コイ	48.6	50.7	46.4		74	67	85
イモリ	44.3	47.9	45.7	52.9		65	84
イヌ	16.4	23.6	20.0	47.9	46.4		80
サメ	56.4	57.1	53.6	60.7	(2)	57.1	

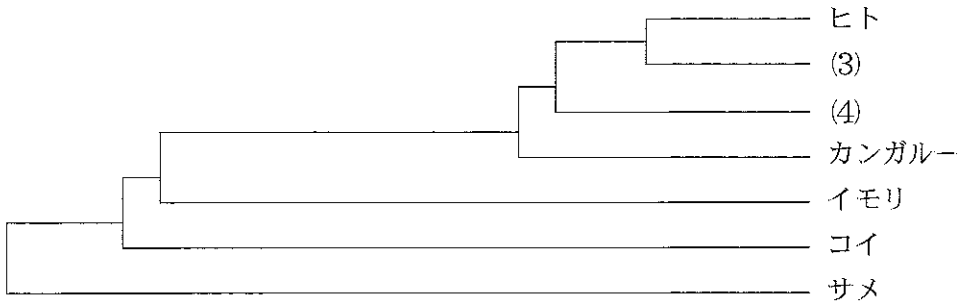


図1. ヘモグロビン $\alpha$ 鎖のアミノ酸配列の違いにもとづく脊ついで動物7種の系統樹  
表1のデータにもとづいて作られたもの。