

〔Ⅰ〕以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

全ての生物は生命活動に必要なエネルギーを ATP という ① 高エネルギーリン酸化合物 を介して獲得している。この ATP の生成を伴う代表的な反応は呼吸と光合成である。呼吸では、栄養として食物から取り入れられたブドウ糖は血液中から細胞に取り込まれ、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系を経て、〔A〕 と 〔B〕 に分解され ATP が生成する。解糖系ではグルコースが分解されてピルビン酸になり、このグルコースが分解される過程で水素が放出されると共に補酵素 NAD が還元され  $\text{NAD}[\text{H}]_2$  が生成する。この酵素反応は細胞質で行われる。② 好気呼吸 では、ピルビン酸は ③ ミトコンドリア内 に取り込まれて、クエン酸回路と電子伝達系によって、さらに ATP の産生が行われる。すなわち、ミトコンドリアの基質に取り込まれたピルビン酸は 〔C〕 になり、このとき 〔A〕 と  $\text{NAD}[\text{H}]_2$  が生成する。さらに 〔C〕 はクエン酸回路に入り、2 種類の補酵素  $\text{NAD}[\text{H}]_2$  や  $\text{FAD}[\text{H}]_2$  が生成される。生成された  $\text{NAD}[\text{H}]_2$  と  $\text{FAD}[\text{H}]_2$  は、ミトコンドリア内膜に埋め込まれた酵素複合体に電子を渡し、この電子は最終的に 〔D〕 に渡され、まわりにある水素イオンと結合して 〔B〕 を生成する。この過程を電子伝達系と呼ぶ。こうしてつくられた ATP はミトコンドリアから細胞質へ出て行き、そこで細胞の活動に使われる。

もう一つの ATP の生成を伴う代表的な反応である光合成は、④ 明反応と暗反応 からなっている。明反応は光のエネルギーを利用して 〔B〕 を分解して 〔D〕 を生成し、大気に放出するとともに、補酵素  $\text{NADP}[\text{H}]_2$  と ATP を生産する反応である。暗反応は光に直接依存することなくカルビン・ベンソン回路によって大気中の 〔A〕 を固定して炭水化物を生産する。このように光合成を行う植物は無機化合物から有機化合物を生成できることから独立栄養生物に分類され、動物などの従属栄養生物の食糧源になっている。

問 1 空欄 (A) ～ (D) にあてはまる物質名を、以下の (ア) ～ (エ) からそれぞれ選び記号で答えなさい。

(ア) 活性酢酸    (イ) 水    (ウ) 酸素    (エ) 二酸化炭素

問 2 下線部 ① について、筋肉に含まれ ATP 生成に関わる高エネルギーリン酸化合物名を書きなさい。

問3 下線部②について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 好気呼吸において1モルのグルコースから生成されるATPのモル数を、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の各ステップごとに数字で答えなさい。
- (2) 筋肉で嫌気呼吸によって生成する疲労物質名を書きなさい。
- (3) 微生物による嫌気呼吸は一般に何と呼ばれるか、その語句を記入しなさい。
- (4) 酵母の嫌気呼吸では解糖系で出来たピルビン酸からエチルアルコールが生成し、このことが解糖系を持続的に働かせている。このピルビン酸からエチルアルコールが生成する過程が、解糖系を持続的に働かせるうえで具体的にどのように関わっているか、解答欄に2行以内で説明しなさい。

問4 下線部③について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 細胞内共生説によるとミトコンドリアは、かつては独立した生物であったと考えられている。そう考えられている根拠となるミトコンドリアの構造上の特徴を2つ書きなさい。
- (2) ヒトの筋肉などに障害が出る遺伝病の1つであるミトコンドリア病は、非メンデル遺伝である。その理由を3行以内で説明しなさい。

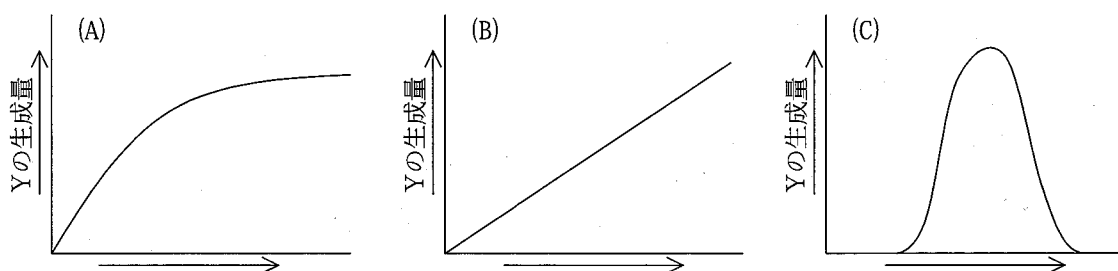
問5 下線部④について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 明反応と暗反応がおこる葉緑体部分の名称をそれぞれ答えなさい。
- (2) 暗反応は光に依存しない反応であるが、ほとんどの植物ではカルビン・ベンソン回路は昼間に働く。その理由を3行以内で説明しなさい。

〔Ⅱ〕以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

完全に隔離され、閉鎖されたある村には十数年に一度流行する風土病があり、これまでに多くの死者を出していた。この事態を見かねた研究グループによって、この風土病の治療薬 X が開発された。この治療薬 X は、それ自身には薬としての効果はないが、体内に取り込まれると酵素 Q によって Y に変換され、変換された Y が薬の効果を発揮することがわかった。しかし、酵素 Q 遺伝子の特定の DNA 塩基配列が G (G 型) から A (A 型) に 1 塩基置き換わった変異型酵素 Q は、X を Y に変換できない。この酵素活性のない変異型酵素 Q (A 型) を発現している村人も多く、風土病に感染した村人に X を投与すると、村人は酵素 Q の遺伝子型に応じて、風土病の症状が全く出ないタイプ、症状は出るが完全に回復するタイプ、全く X が効かず死亡するタイプの 3 つに分類できる。あるとき、この風土病がこれまでにない猛威を振るい、村人全員が感染した。しかし、治療薬 X のおかげで半数以上の人が生き残った。それでも男女を問わず X が効かないタイプの村人は全員死亡した。しばらくして風土病は終息し、生き残った村人は子孫を繁栄させた。それから 10 年後、この完全に閉鎖された村に再び風土病が蔓延し、再び村人全員が感染した。このときも X のおかげで多くの村人の命が救われたが、なかには X が効かないことから風土病の犠牲となった村人もいた。その死者はすべて 10 才以下の男子であった。

問 1 酵素 Q (G 型) による X から Y への変換を測定する実験を行い、以下の (A) ～ (C) のような実験結果を得た。



いずれもグラフの縦軸は Y の生成量を示している。グラフ (A) ～ (C) の横軸は、それぞれ以下の

① ～ ③ のどれに該当するか、番号で答えなさい。

- ① X が大過剰存在する条件下での、酵素 Q のタンパク質量を上昇させたときの実験結果
- ② pH を変化させたときの実験結果
- ③ 酵素 Q が大過剰存在する条件下での、X 量を上昇させたときの実験結果

問2 変異型酵素Q (A型) をコードする遺伝子のDNAの塩基の組成を分析したところ、グアニンの存在率は22%であった。チミンの存在率は何%か、数字で答えなさい。

問3 酵素Q (G型) と変異型酵素Q (A型) から転写されたそれぞれのmRNAの配列の一部を下に示した。1塩基置換によって、G型酵素の1つのアミノ酸が、A型酵素では別のアミノ酸に置き換わっている。

G型 ----CACUGAAGUGAAAA-----

A型 ----CACUAAAGUGAAAA-----

酵素Q (G型) の上記配列から翻訳されるーグリシンートレオニンーグルタミン酸ーバリンーリジンーで示されるアミノ酸配列のうち、どのアミノ酸が何というアミノ酸に置き換わっているか、表1を参考にして答えなさい。

問4 この酵素Q遺伝子は、常染色体、X染色体またはY染色体のうち、どの染色体上に位置すると考えられるか、答えなさい。

表1 遺伝暗号表

|              |          |             |             |
|--------------|----------|-------------|-------------|
| UUU フェニルアラニン | UCU セリン  | UAU チロシン    | UGU システイン   |
| UUC フェニルアラニン | UCC セリン  | UAC チロシン    | UGC システイン   |
| UUA ロイシン     | UCA セリン  | UAA 終止      | UGA 終止      |
| UUG ロイシン     | UCG セリン  | UAG 終止      | UGG トリプトファン |
| CUU ロイシン     | CCU プロリン | CAU ヒスチジン   | CGU アルギニン   |
| CUC ロイシン     | CCC プロリン | CAC ヒスチジン   | CGC アルギニン   |
| CUA ロイシン     | CCA プロリン | CAA グルタミン   | CGA アルギニン   |
| CUG ロイシン     | CCG プロリン | CAG グルタミン   | CGG アルギニン   |
| AUU イソロイシン   | ACUトレオニン | AAU アスパラギン  | AGU セリン     |
| AUC イソロイシン   | ACCトレオニン | AAC アスパラギン  | AGC セリン     |
| AUA イソロイシン   | ACAトレオニン | AAA リジン     | AGA アルギニン   |
| AUG メチオニン    | ACGトレオニン | AAG リジン     | AGG アルギニン   |
| GUU バリン      | GCU アラニン | GAU アスパラギン酸 | GGU グリシン    |
| GUC バリン      | GCC アラニン | GAC アスパラギン酸 | GGC グリシン    |
| GUA バリン      | GCA アラニン | GAA グルタミン酸  | GGA グリシン    |
| GUG バリン      | GCG アラニン | GAG グルタミン酸  | GGG グリシン    |

〔Ⅲ〕以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

ヒトの体は約60兆個、約200種類もの多様な細胞でつくられている。これらの細胞は、1個の細胞である受精卵が細胞分裂をくり返して細胞数を増やすと同時にさまざまな細胞に分化することで生じたものである。①それぞれの細胞に特有な形態や機能を担う分子は、多くの場合、タンパク質である。細胞の分化は、それぞれの細胞に特有なタンパク質をつくり出す遺伝子が、各細胞で選択的に発現することによっておこる。この選択的な発現は、②調節遺伝子から合成された調節タンパク質が遺伝子の転写を誘導または抑制することによって行われる。生物の発生の過程では、ある調節遺伝子の活性化が他の遺伝子の選択的な発現を引きおこし、それがさらに別の細胞の遺伝子の選択的な発現につながっていくという連続的な遺伝子の発現がおこる。この結果、未分化な細胞がさまざまな分化していくのである。

このような発生に關与する調節遺伝子や調節タンパク質が同定される以前から、発生学者は動物の体のデザインを決定する基本的な原理を探究していた。1924年、シュパーマンは、イモリの初期原腸胚の中胚葉と内胚葉が胚内部へと陥入する部分である (A) という組織を切り取り、同じ発生段階にある他の胚の腹側となる場所に移植した。その結果、本来の頭部の他に、移植した組織の周囲からもう1つ別の頭部がつけられた。これは移植された組織が他の細胞に働きかけて別の組織をつくり出したと考えられ、このように周囲の組織の運命決定に影響を与える胚の一部分は (B) と名づけられた。しかし、(B) から発せられる分化誘導因子の実体は60年以上の間、不明であった。1989年に浅島誠はアフリカツメガエルの胚から取り出した組織を培養して (C) というタンパク質を加えたところ、(C) の濃度に応じて、心臓や筋肉などさまざまな組織を誘導できることを見いだした。これは中胚葉の分化を誘導する因子がこの調節タンパク質であることを意味している。③これまでに、分化誘導因子として作用する多くの調節遺伝子や調節タンパク質が発見されている。

発生にともなって細胞が分化するとき、④核のもつ遺伝情報は、細胞が分化しても変化せず、全遺伝情報が保持されている。皮膚の上皮細胞や赤血球などは細胞の寿命が短いので、それらのもとになる細胞は絶えず体細胞分裂を行って不足する細胞を補っている。この元になる細胞は幹細胞とよばれるが、分化できる細胞の種類は限られている。1981年、エヴァンスはマウスの初期胚（胚盤胞）の内部細胞塊から採取した細胞を培養皿の中で培養することで、神経細胞や筋細胞などさまざまな細胞に分化できるES細胞をつくり出した。また、2006年に山中伸弥によって開発されたiPS細胞は、皮膚などの分化した細胞に、3～4つの遺伝子を導入するだけで簡単に樹立できる。⑤iPS細胞は、ES細胞とともに、再生医療や創薬研究への応用が期待されている。

問1 空欄(A)～(C)に入る最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2 下線部①について、以下の(a)～(e)の細胞をそれぞれ最もよく特徴づけるタンパク質は、以下の語群(ア)～(セ)のどれに相当するか、記号で答えなさい。

(a) 桿体細胞 (b) 筋細胞 (c) ランゲルハンス島 $\beta$ 細胞 (d) 赤血球 (e) 唾腺細胞

語群

|            |            |              |
|------------|------------|--------------|
| (ア) アミラーゼ  | (イ) インスリン  | (ウ) インスリン受容体 |
| (エ) クリスタリン | (オ) ケラチン   | (カ) 抗体       |
| (キ) シトクロム  | (ク) トロンビン  | (ケ) ヒストン     |
| (コ) ペプシン   | (サ) ヘモグロビン | (シ) ミオシン     |
| (ス) リガーゼ   | (セ) ロドプシン  |              |

問3 下線部②について、遺伝子の発現を調節する仕組みとして、真核生物とは異なり、原核生物にはオペロンという単位が存在する。オペロンとは何か、解答欄に3行以内で説明しなさい。

問4 下線部③について、以下の問いに答えなさい。

(1) ショウジョウバエで最初に発見された、体節の決定に関わる調節遺伝子を特に何とよぶか、その語句を記入しなさい。

(2) 眼の形成を誘導する調節遺伝子として、ハエではアイレス遺伝子、マウスではPax6遺伝子の存在が知られている。マウスPax6遺伝子をハエの脚部で発現させるとどうなるか、以下の(A)～(E)から正しいものを選び記号で答えなさい。

- (A) マウスの眼がハエの脚部に形成される
- (B) マウスの眼がハエの頭部に形成される
- (C) ハエの眼がハエの脚部に形成される
- (D) ハエの眼がハエの頭部に形成される
- (E) ハエの脚がハエの頭部に形成される

問5 下線部④について、この例外となるヒトの正常細胞を1つ挙げ、その細胞に分化する過程で遺伝情報がどのように変化するか、解答欄に2行以内で説明しなさい。

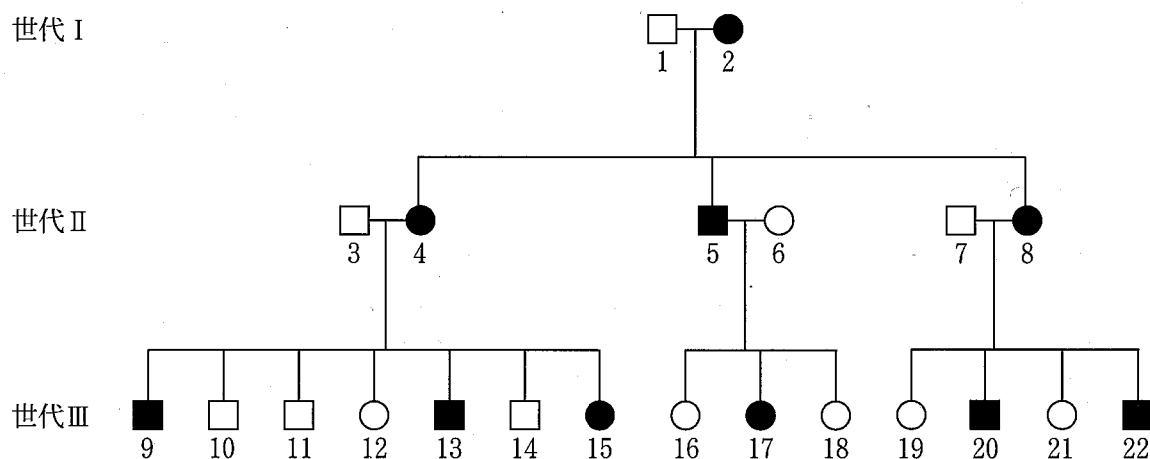
問6 下線部⑤について、iPS細胞がES細胞と比べて、再生医療のツールとして実用上優れていると考えられている理由を2つ挙げ、それぞれ解答欄に2行以内で説明しなさい。

〔Ⅳ〕以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

3世代にわたって独特の言語障害がみられる、きわめて珍しい家系がある。<sup>①</sup>連鎖解析により、この言語障害の原因となっている遺伝子の染色体上の位置が特定され、その位置の遺伝子配列解析から FOXP2 遺伝子に突然変異がみつかった。この言語障害では、ヒトが話すときに必要となる咽頭、舌、唇などの筋肉の動きをスムーズに細かくコントロールする能力に問題が生じている。他の霊長類はこのような洗練された細かい筋肉のコントロール能力をもっていないことから、FOXP2 遺伝子はヒトが言葉を発音できるような進化的躍進を可能にした重要な遺伝子の1つではないかと予想された。

そこで、ヒトの他に、<sup>②</sup>代表的な霊長類であるチンパンジー、ゴリラ、オランウータン、アカゲザル（ニホンザルの近縁種）、そして最も近縁関係の離れた哺乳類であるマウスにおける FOXP2 遺伝子の塩基配列解析が行われた。<sup>③</sup>その結果、マウスと1億3千万年隔てて進化した霊長類との間で、FOXP2 のアミノ酸配列の違いは1つのアミノ酸のみであり、ほとんど変化していなかったのに対して、ヒトと700万年前に分岐した他の霊長類との間には2つのアミノ酸変化がみられた。このヒト特有のアミノ酸変化は、何らかの形で明瞭な話し言葉によるコミュニケーション能力の飛躍的發展につながり、強い正の自然選択を受けた可能性がある。

問1 この言語障害を示す3世代の家系図の一部を以下に示す。ここで正方形は男性、丸は女性、黒塗りは言語障害のある個人を表している。



この言語障害の遺伝の形式として、最も可能性の高いものを、以下の(A)～(D)から一つ選び記号で答えなさい。ただし、家系図の中の個人Ⅱ-3(□)、Ⅱ-6(○)およびⅡ-7(□)は、お互いに全く異なる家系の出身であると仮定する。

- (A) 常染色体性優性遺伝 (B) 常染色体性劣性遺伝 (C) 伴性優性遺伝 (D) 伴性劣性遺伝



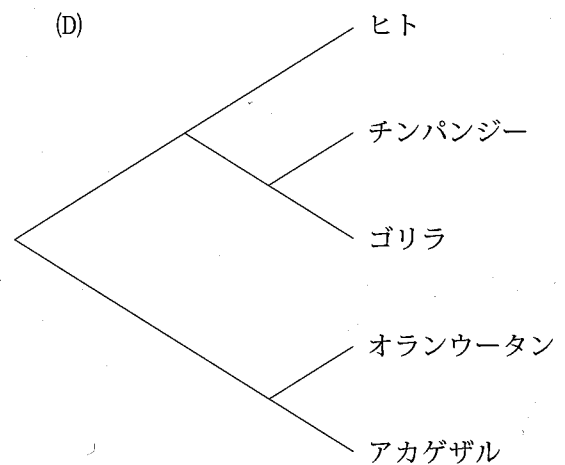
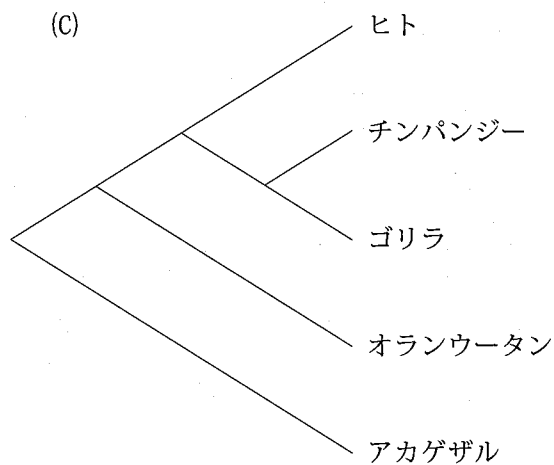
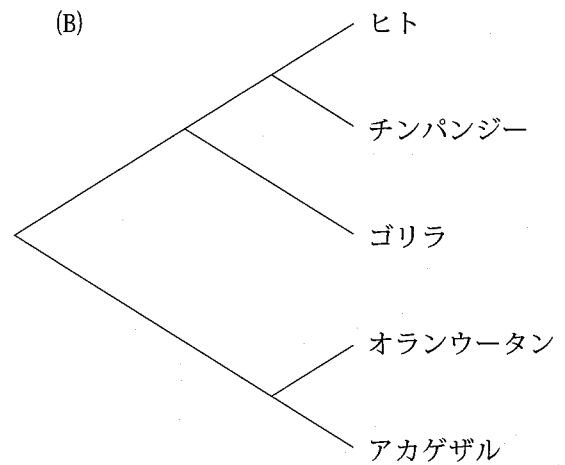
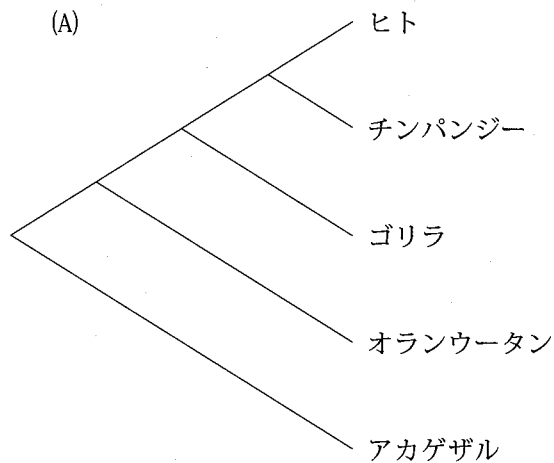
問2 下線部①に関する以下の文章の空欄(ア)～(エ)に入る最も適切な語句または人名をそれぞれ記入しなさい。

同一の染色体にある複数の遺伝子は、配偶子形成の際に常に離れずに遺伝するわけではなく、染色体が部分的に交換されるために、新しい遺伝子の組み合わせができる。この遺伝子の (ア) が起こる割合を表す (ア) 価は、染色体上の遺伝子間の距離とよく相関する。この性質を利用した (イ) という方法を用いて、アメリカの (ウ) らは、ショウジョウバエの同一の染色体上にある多くの遺伝子の位置を明らかにした (エ) を作成した。このような解析は一般には実験により行われるが、ヒトを対象とした場合にも、遺伝病の存在する家系の協力を得て、遺伝子マーカーという目印を用いて調べた染色体の伝わり方と病気の伝わり方とを比較することにより調べることができる。このようにして病気に関与する遺伝子の染色体上の領域を決めることを連鎖解析という。

問3 下線部②の霊長類に関して、それぞれ6つの表現形質(I～Ⅵ)をもつか(○)、もたないか(×)を調べた結果、以下の表のようになった。

| 表現形質    | 形質Ⅰ | 形質Ⅱ | 形質Ⅲ | 形質Ⅳ | 形質Ⅴ | 形質Ⅵ |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ヒト      | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   |
| チンパンジー  | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   |
| ゴリラ     | ○   | ○   | ×   | ×   | ○   | ×   |
| オランウータン | ○   | ×   | ○   | ×   | ×   | ×   |
| アカゲザル   | ×   | ×   | ×   | ×   | ×   | ×   |

- (1) この表のデータから予想される5つの霊長類の系統関係として確率的に最も確からしいものを、以下の(A)～(D)から一つ選び記号で答えなさい。



- (2) 形質 I に最もよくあてはまるものを、以下の(A)～(D)から一つ選び記号で答えなさい。

(A) 直立二足歩行 (B) 色覚の復活 (C) 尾の退化 (D) 一夫一婦制

- (3) 形質 VI にあてはまるものとして、大脳の発達が挙げられる。大脳の中でも特にヒトで発達している、言語・記憶・思考・判断・創造など複雑な精神活動を司る部分を何とよぶか、その語句を記入しなさい。

問4 下線部③の結果から、FOXP2は非常に重要な機能をもつタンパク質であることがわかる。  
なぜアミノ酸変化が少ないと重要な遺伝子といえるのか、その理由を2行以内で説明しな  
さい。

平成21(2009)年度 看護医療学部 問題訂正

| 教科・科目 | 誤   | → | 正   |
|-------|---|---|---|
| 生物    | <p>p.10 [IV] 問3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ それぞれ6つの表現形質 (<u>I ~ IV</u>)をもつか</li> </ul> | → | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ それぞれ6つの表現形質 (<u>I ~ VI</u>)をもつか</li> </ul> |