

生 物

(問 題)

2016年度

< H28105319 >

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 問題は2～13ページに記載されている。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汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
4. マーク解答用紙記入上の注意
 - (1) 印刷されている受験番号が、自分の受験番号と一致していることを確認したうえで、氏名欄に氏名を記入すること。
 - (2) マーク欄にははっきりとマークすること。また、訂正する場合は、消しゴムで丁寧に、消し残しがないようによく消すこと。

マークする時	☒ 良い	☐ 悪い	☐ 悪い
マークを消す時	☐ 良い	☐ 悪い	☐ 悪い

5. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
6. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
7. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。

I 恒常性の維持と遺伝子の調節に関する以下の設問に答えなさい。

問1

ヒトの血中 Ca^{2+} 濃度の調節に関する説明として、最も適当なものを、①～⑥の中から、1つ選びなさい。

- ① 血中 Ca^{2+} 濃度の上昇を受け、甲状腺から、カルシトニンが分泌され、骨での Ca^{2+} 沈着が起こる。
- ② 血中 Ca^{2+} 濃度の上昇を受け、甲状腺から、パラトルモンが分泌され、骨での Ca^{2+} 沈着が起こる。
- ③ 血中 Ca^{2+} 濃度の上昇を受け、副甲状腺から、パラトルモンが分泌され、骨での Ca^{2+} 溶出が起こる。
- ④ 血中 Ca^{2+} 濃度の低下を受け、甲状腺から、パラトルモンが分泌され、骨での Ca^{2+} 沈着が起こる。
- ⑤ 血中 Ca^{2+} 濃度の低下を受け、副甲状腺から、パラトルモンが分泌され、骨での Ca^{2+} 沈着が起こる。
- ⑥ 血中 Ca^{2+} 濃度の低下を受け、副甲状腺から、カルシトニンが分泌され、骨での Ca^{2+} 溶出が起こる。

問2

ヒトにおける血糖量調節に関する説明として、明らかな誤りがあるものを、①～⑤の中から、1つ選びなさい。

- ① インスリンは血糖量を減少させる効果のあるホルモンである。これに対して、グルカゴン、成長ホルモン、糖質コルチコイドは、血糖量を上昇させる効果のあるホルモンである。
- ② 食事による血糖量の上昇に伴って、インスリンの分泌は増加し、グルカゴンの分泌は減少する。これにより、血糖量の上昇が抑えられ、次第に減少の傾向に転じていく。
- ③ インスリンとグルカゴンはともにすい臓のランゲルハンス島から分泌されるホルモンである。すい臓は血糖量を感じることができるが、間脳からの自律神経による指令を受け、両ホルモンの分泌を調節している。
- ④ 脳下垂体前葉から分泌される甲状腺刺激ホルモンを甲状腺が受容し、甲状腺からチロキシンの分泌される。チロキシンを受容した組織の細胞がグルコースを血中に放出することで、血糖量が増加する。
- ⑤ 脳下垂体後葉から副腎皮質刺激ホルモンが分泌され、これを受容した副腎皮質がアドレナリンを分泌する。アドレナリンを受容した組織の細胞は、タンパク質からの糖新生を行い、血糖量を増加させる。

問3

神経の活動に関する説明として、最も適当なものを、①～⑤の中から、1つ選びなさい。

- ① 神経細胞では、ナトリウムポンプにより、 Na^+ が細胞内へ入り、 K^+ が細胞外へ出ていく。この働きにより静止電位が保たれている。
- ② ミオシンの構造変化が起きることで、神経細胞の電位が変化し、神経での興奮が起こる。
- ③ 自律神経系には、交感神経と副交感神経がある。主な神経伝達物質は、交感神経ではアセチルコリンであるが、副交感神経ではアドレナリンである。
- ④ 神経の伝導は、軸索が細いほど速い。ふつう無髄神経の方が有髄神経より伝導が速い。
- ⑤ 末梢の有髄神経では、軸索にシュワン細胞が巻き付いて髄鞘を形成している。そのため、興奮はランビエ絞輪から次のランビエ絞輪にとびとびに伝わる。

問 4

次の模式図は、複製起点から DNA 合成が開始して間もない状態を表している。矢印はヌクレオチド鎖の合成の方向を示し、短い矢印の連続は、複製が断続的に行われることを示している。DNA の複製を表す模式図として最も適当なものを、①～⑤の図の中から、1 つ選びなさい。

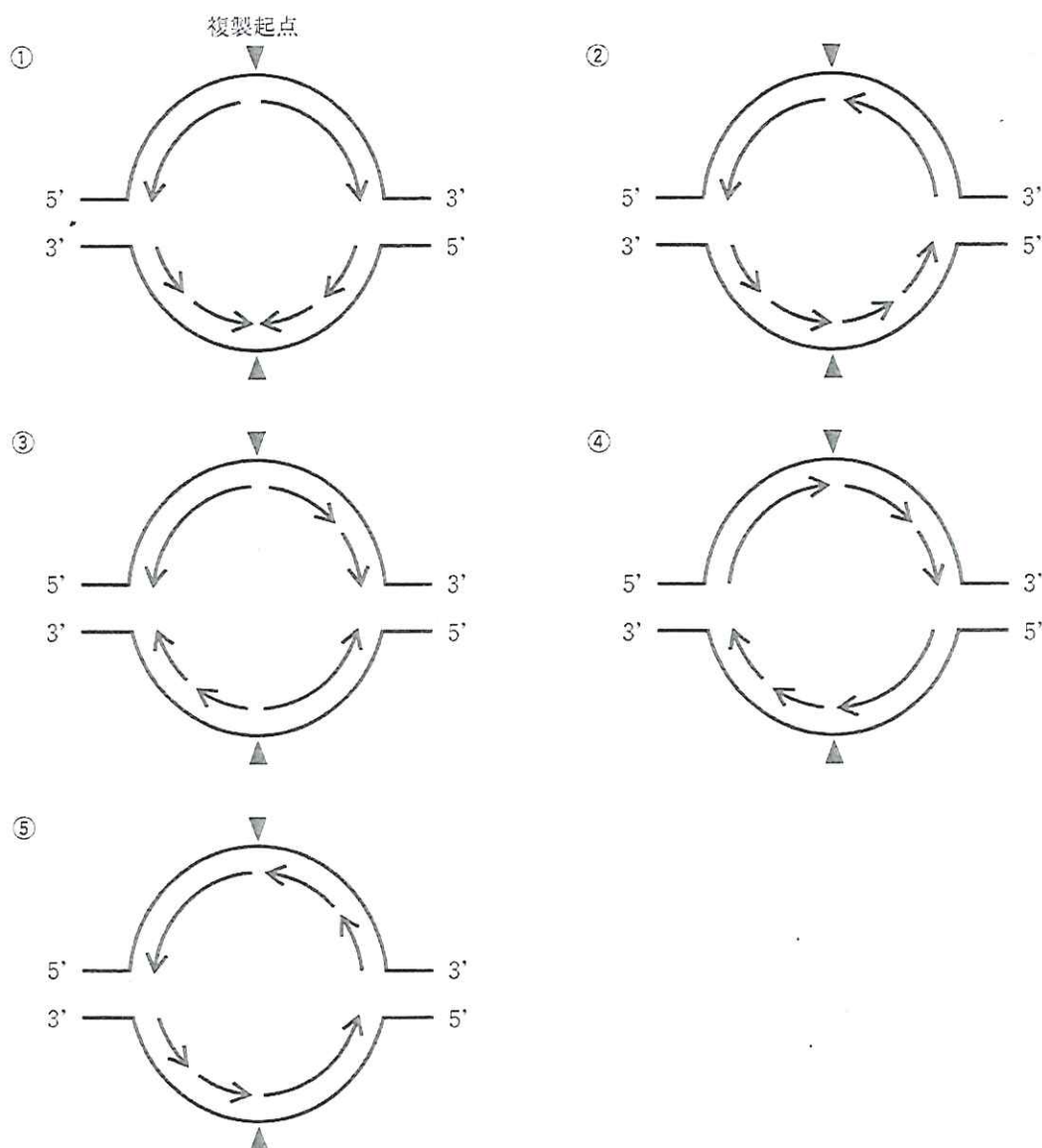


図 1

問 5

大腸菌のオペロンに関する説明として、最も適当なものを、①～⑤の中から 1 つ選びなさい。

- ① オペロンとは、構造遺伝子、その転写に関わる調節領域、リプレッサーをコードする調節遺伝子をまとめたものである。
- ② リプレッサーがオペレーターに結合していると、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できず、構造遺伝子の転写は開始しない。
- ③ オペロンでは、オペレーター、構造遺伝子、プロモーターが順に並んでいる。
- ④ ラクトース分解酵素群の誘導は、グルコースが調節領域に結合しているリプレッサーに作用することで開始される。
- ⑤ トリプトファン合成酵素群の抑制は、十分な量のトリプトファンが RNA ポリメラーゼに結合し、その転写活性を低下させることで持続する。

Ⅱ 脳の神経症状を特徴とするヒトの遺伝性難病W病の原因遺伝子xの働きを明らかにするために下記の<実験Ⅰ>と<実験Ⅱ>が行われた。以下の設問に答えなさい。

<実験Ⅰ>

ヒトの脳から抽出した mRNA を鋳型として DNA を合成する反応を行い、脳で発現しているタンパク質をコードする DNA 群 (cDNA) を得た。この DNA を材料とし遺伝子 x を特異的に増幅する 2 つのプライマー (各々 18 塩基) を用いて PCR 法を行いタンパク質 X をコードする 1300 塩基対の DNA 断片 (Q とする) を得た。

<実験Ⅱ>

<実験Ⅰ>で得た Q の両端に図 2 に示すように *Bam*HI と *Bgl*II という 2 つの制限酵素の認識配列 DNA を付加した。*Bam*HI と *Bgl*II が認識する配列と切断部位は図 3 に示す。図 2 の断片を *Bam*HI と *Bgl*II で完全切断した後、図 4 に示す大腸菌のプラスミド (全長 5000 塩基対) の *Bgl*II 部位に挿入連結した。このプラスミドにはあらかじめ動物細胞内で遺伝子発現を起こすのに必要な 700 塩基対のプロモーター DNA 断片 (P とする) が挿入してある。得られた組換えプラスミドの中から Q が挿入されたものを選別した。

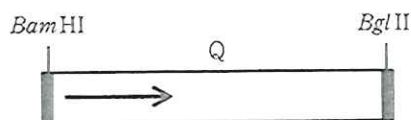


図 2. タンパク質 X をコードする cDNA 断片 Q (1300 塩基対)
矢印は転写の方向を表す



図 3. *Bam*HI と *Bgl*II の認識配列
矢印は切断部位を示す

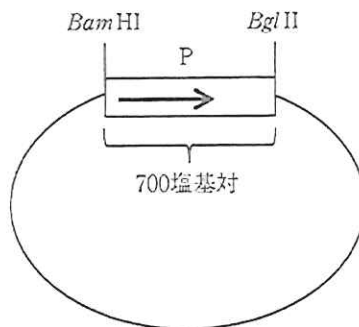


図 4. 大腸菌プラスミドの構造
全長は 5000 塩基対であり、矢印はプロモーター P が転写する方向を表す。
P の両端には *Bam*HI と *Bgl*II の認識配列が各々 1 か所存在する。

問1

＜実験Ⅰ＞で用いた1個のプライマーと全く同じ配列はヒトゲノム中に何個あると期待できるか、最も適切なものを①～⑩の中から1つ選びなさい。ただしヒトゲノムは30億塩基対とし、ACGTの各塩基はゲノム中に等確率に存在しているものとする。また $4^5 = 10^3$ と近似してよい。

- ① 0.001 ② 0.002 ③ 0.01 ④ 0.02 ⑤ 0.1
⑥ 0.2 ⑦ 1.0 ⑧ 2.0 ⑨ 10.0 ⑩ 20.0

問2

＜実験Ⅱ＞で得られる組換えプラスミドDNA内でタンパク質Xを発現させるためにはPとQの向きが同じでなければならないが、実際には様々な連結反応の産物が生成する。PとQが同一方向で連結した組換えプラスミドDNAを*Bam*HIと*Bgl*IIの両方で完全に切断すると、どのような大きさ（塩基対）のDNA断片が生成するか、最も適切な組み合わせを以下の①～⑤の中から選びなさい。ただし*Bam*HIと*Bgl*IIの認識配列は図2、図4に示した部位以外には存在しないものとする。

- ① 5000と2000 ② 4300と2000 ③ 4300と1300と700 ④ 5600と700 ⑤ 6300と700

問3

＜実験Ⅰ＞と＜実験Ⅱ＞を遂行するために必要な酵素の組み合わせのうち、最も適切なものを①～⑩の中から選びなさい。

- ア RNAポリメラーゼ
イ DNAポリメラーゼ
ウ DNAリガーゼ
エ DNAヘリカーゼ
オ 逆転写酵素
カ デオキシリボヌクレアーゼ
キ リボヌクレアーゼ
ク DNAプライマーゼ
ケ DNAトポイソメラーゼ

- ① ア、ウ、オ ② ア、ウ、キ ③ ア、ウ、ク ④ イ、ウ、オ ⑤ イ、ウ、ク
⑥ イ、エ、オ ⑦ ウ、オ、ク ⑧ ウ、カ、ク ⑨ エ、オ、ク ⑩ エ、キ、ケ

<実験Ⅲ>

<実験Ⅱ>で得られた組換えプラスミドDNAをマウスの受精卵の核に注入し、トランスジェニックマウスを作製した。出生したマウスを調べたところタンパク質Xが脳に過剰に発現していることが確認されたが、肝臓、腎臓、皮膚では発現しなかった。トランスジェニックマウスの脳を顕微鏡で観察した結果、Xは神経細胞のリソソームにのみ局在していた。またトランスジェニックマウスの脳内での他の遺伝子の発現を調べたところ、遺伝子zがコードするタンパク質Zの量が野生型のマウスに比べて著しく減少していた。そこで脳内のzのmRNAの含量を調べたが、野生型のマウスの含量と差がなかった。

問4

次の事柄のうち、<実験Ⅲ>の結果から推定できるものはどれか、最も可能性が高いと考えられる組み合わせを、

①～⑩の中から選びなさい。

- ア タンパク質Xは転写調節タンパク質である。
- イ タンパク質Xはタンパク質Zの翻訳を抑制する。
- ウ タンパク質Xはタンパク質Zを分解するタンパク質分解酵素活性を有する。
- エ タンパク質Xはシナプス伝達を促進する。
- オ タンパク質ZがW病の発症に関係している。
- カ タンパク質Zは神経細胞の生存に必須である。
- キ W病は優性遺伝により発病する。
- ク W病は劣性遺伝により発病する。
- ケ プロモーターPは受精卵で働く。
- コ プロモーターPは肝臓の細胞では働かない。

- ① ア、ウ、オ、カ ② ア、エ、オ、ケ ③ イ、ウ、エ、キ ④ イ、ウ、オ、ク
- ⑤ イ、ウ、オ、コ ⑥ イ、ウ、キ、ケ ⑦ ウ、エ、オ、カ ⑧ ウ、エ、オ、ク
- ⑨ ウ、オ、カ、キ ⑩ エ、カ、ク、コ

Ⅲ 摂食や代謝を調整するホルモンの1つであるレプチンに関する以下の設問に答えなさい。

レプチンは脂肪細胞で産生されるポリペプチドホルモンである。レプチンは脳に作用して、摂食を抑制し、エネルギー消費（代謝）を上昇させる作用がある。レプチンにかかわる遺伝子異常により、極端な肥満を呈した2種類のマウス（マウスA、マウスB）、および正常マウスを用いて、＜実験Ⅰ＞、＜実験Ⅱ＞、＜実験Ⅲ＞の3つの実験を行った。以下は各実験の方法と得られた結果である。マウスA、マウスBのもつ遺伝子異常は異なるものであり、いずれも常染色体劣性遺伝により肥満が発現する。なお、実験方法に書かれている接合手術とは、2匹のマウスの体の一部を外科手術で接合し、体内循環を共有させるものである。

＜実験Ⅰ＞

正常マウスとマウスAの接合手術を行い、数日間観察した。マウスAの摂食量は次第に低下し、代謝は上昇し、体重は減少した。

＜実験Ⅱ＞

正常マウスとマウスBの接合手術を行い、数日間観察した。マウスBの摂食量は変化せず、代謝や体重も変わらなかった。

＜実験Ⅲ＞

マウスAとマウスBの接合手術を行い、数日間観察した。マウスAの摂食量は急激に低下した。代謝は上昇し、体重は減少した。マウスBの摂食量や体重には変化が見られなかった。

問1

接合手術を行う前のマウスAの血液中のレプチン濃度は、どうであったと考えられるか、最も適切なものを①～⑤の中から、1つ選びなさい。

- ① ほぼ0
- ② 正常マウスのレプチン濃度とほぼ同じ
- ③ 正常マウスのレプチン濃度より高い
- ④ マウスBのレプチン濃度とほぼ同じ
- ⑤ マウスBのレプチン濃度より高い

問2

接合手術を行う前のマウスBの血液中のレプチン濃度は、どうであったと考えられるか、最も適切なものを①～⑤の中から、1つ選びなさい。

- ① ほぼ0
- ② 正常マウスのレプチン濃度とほぼ同じ
- ③ 正常マウスのレプチン濃度より高い
- ④ マウスAのレプチン濃度とほぼ同じ
- ⑤ マウスAのレプチン濃度より低い

問3

＜実験Ⅱ＞において、マウスBに接合された正常マウスはどうなったと予想されるか、最も適切なものを①～⑤の中から、1つ選びなさい。

- ① 手術前と変わらなかった。
- ② 摂食量が上昇して、体重が増加した。
- ③ 代謝が上昇し、体重は減少した。
- ④ 摂食量が上昇し、代謝も上昇した。
- ⑤ 摂食量が低下し、代謝も低下した。体重は変化しなかった。

問4

マウスAの異常に関する説明のうち、最も適切なものを①～⑥の中から、1つ選びなさい。

- ① 標的細胞の異常
- ② 細胞膜受容体の異常
- ③ フィードバックの異常
- ④ ホルモン分泌の異常
- ⑤ 核内受容体の異常
- ⑥ 視床下部におけるホルモン放出ホルモンの異常

問5

マウスBの遺伝子異常の結果、その働きに恒久的な異常が生じている体内の組織、細胞、あるいは細胞成分はどれか。最も適切なものを①～⑤の中から、1つ選びなさい。

- ① 脂肪細胞の細胞膜
- ② 脂肪細胞の核
- ③ 膵臓の β 細胞
- ④ 肝臓
- ⑤ 視床下部
- ⑥ 大脳皮質

IV 異種個体群間の相互作用に関する以下の設問に答えなさい。

コウノアケハダニ（またはコウノシロハダニ、以下「ハダニ」と呼ぶ、体長平均0.085 mm）とカブリダニの1種（以下「カブリダニ」と呼ぶ、体長平均0.340 mm）を次のように工夫した飼育箱の中でいっしょに飼育したところ、2種は共存した。飼育箱には、つねに風を送り、ハダニの餌である複数のオレンジを分離して置いた。それぞれのオレンジには細い棒を立てて、ハダニだけが移動できるようにした（ハダニは糸をはいて風に乗って別のオレンジへと移動することができた）。また、箱内の各所にはワセリンの障壁をつくり、カブリダニが自由に移動できないようにした。図5はこれら2種の時間経過にともなう個体数変動を表わしたものである。

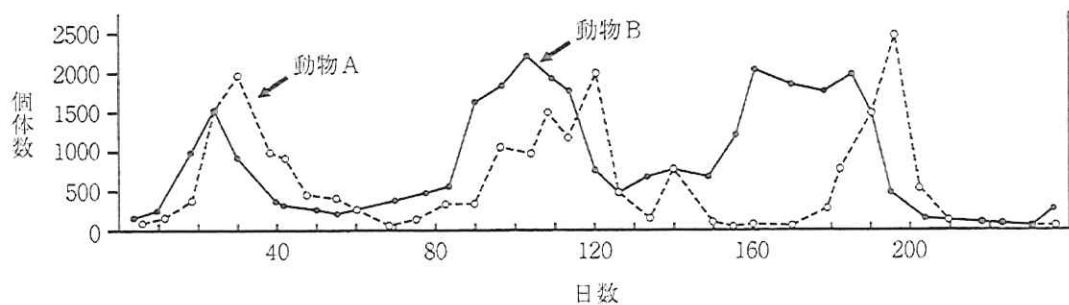


図5. 飼育箱におけるコウノアケハダニとカブリダニの1種の個体数の変動

問1

2種はどのような関係にあると考えられるか、最も適当なものを①～⑤の中から1つ選びなさい。

- ① 強い競争関係 ② 片利共生 ③ 相利共生 ④ 捕食・被食関係 ⑤ 相互作用のない関係

問2

カブリダニの個体数変動は、動物A、動物Bのどちらと考えられるか、最も適切なものを①～②の中から1つ選びなさい。

- ① 動物A ② 動物B

問3

2種の個体数変動がなぜ図5のようになるのか、その理由のうち、最も適切なものを①～⑤の中から1つ選びなさい。

- ① 捕食者の増減に少し遅れて被食者の増減が起こった。
- ② 被食者の増減に少し遅れて捕食者の増減が起こった。
- ③ それぞれの種で個体数の増加にともない密度効果が発生し、その都度個体数が減少した。密度効果にともない個体数の増減は周期的に発生した。
- ④ 2種はニッチが近いために、強い種間競争が引き起こされ、周期的に競争的排除の関係が発生した。
- ⑤ 風が吹くために中規模攪乱が起き、優占種が間引かれる効果によって2種は共存できた。

問4

グラフの左軸は一方の種の個体数変動を示すスケールである。もう一方の種の個体数変動を示すスケールを右軸に書き込むとすると、どれが最も適切か、①～④の中から1つ選びなさい。

- ① 左軸右軸ともに同じスケール
- ② 10頭ずつ0～50頭の範囲
- ③ 100頭ずつ0～500頭の範囲
- ④ 1000頭ずつ0～5000頭の範囲

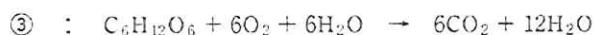
問5

飼育箱の環境を単純にして（細い棒やワセリンを取り去り、送風を停止した）、オレンジだけをまとめて置き、2種の飼育を続けた。その後2種の個体数はどのように推移したと考えられるか、最も適切なものを①～⑤の中から1つ選びなさい。

- ① 強い相互作用の結果、2種の間にはニッチ分化が起こり、まったく無関係に個体数変動を示すようになった。
- ② ハダニは増加を続け、この密度効果によって、カブリダニは減少し、絶滅した。
- ③ ハダニはカブリダニの捕食を回避する適応行動を発達させて、カブリダニだけが絶滅した。
- ④ 捕食者であるカブリダニが被食者であるハダニを捕食して絶滅させてしまい、カブリダニも後に餌不足のために絶滅した。
- ⑤ 十分な餌があるためにハダニは増加し、ハダニから分泌液をもらうカブリダニもゆっくりと増加して共存した。

V 生物の系統と進化に関する以下の設問に答えなさい。

1 下記の①～④は生物の代表的な代謝の反応式である。



問1

上記の反応が生物の進化にともなって出現した順番に、(A)～(D)と並べると、それぞれに入る最も適切な番号はどれか、①～④の中から、1つずつ選びなさい。

(A) → (B) → (C) → (D)

2 次の文を読んで以下の設問に答えなさい。

地球上の生物は、分類学の初期には、動物と植物の2つの界に分けられたが、その後、原生生物界と菌界が追加されて4つの界に分けられるようになった。さらに、(A) 原生生物界のなかの細菌の仲間の特徴が、他の生物と大きく違っていることが明らかになり、この仲間は原核生物界として独立し、生物は原核生物と真核生物に分けられるようになった。さらに分子レベルでの解析によって、原核生物は、細菌（バクテリア）と古細菌（アーキア）の2つのグループに分けられることが明らかになった。そこで、現在では生物を大きく真核生物、細菌、古細菌の3つのグループに分け、このグループをドメインとよんでいる。(B) この3つのドメインは共通の祖先から進化したと考えられている。

問1

下線部(A)の説明として、明らかな誤りがあるものを①～⑤の中から、1つ選びなさい。

① 原核生物のDNAは環状であるが、真核生物のDNAは線状である。

② 原核生物では転写の過程が完了しないうちに翻訳が始まるが、真核生物では転写が終了してから翻訳が開始する。

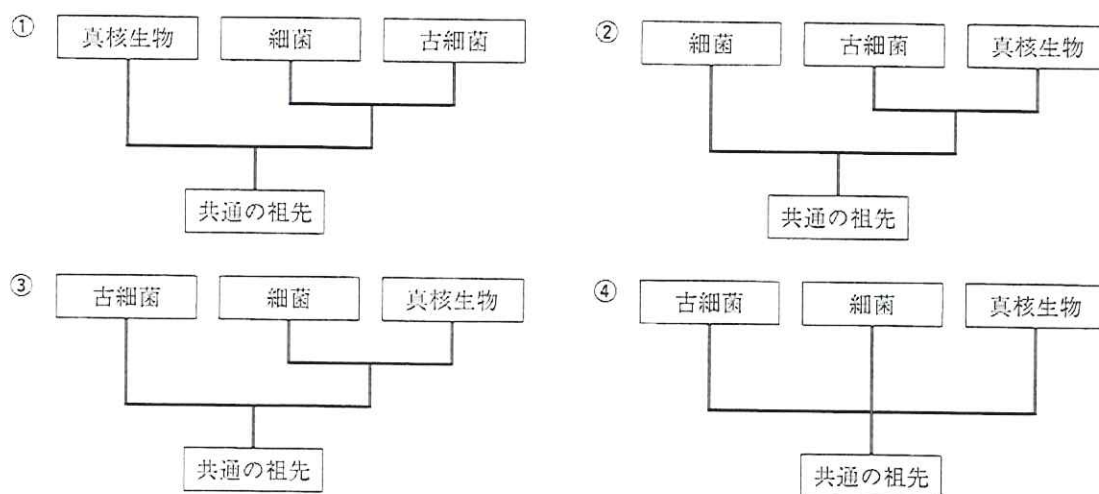
③ 転写の際に、原核生物ではRNAポリメラーゼがプロモーターを認識して結合するが、真核生物ではRNAポリメラーゼの結合には基本転写因子が必要である。

④ 細胞内構造の中で、細胞膜、リボソーム、細胞壁は原核細胞にも真核細胞にもみられる。

⑤ 真核生物である植物がもつクロロフィルの種類は、原核生物のなかの光合成細菌とは異なっているが、シアノバクテリアとは同じである。

問2

下線部 (B) について、3つのドメインの系統を表した図として最も適切と考えられるものを、①～④の図の中から1つ選びなさい。



3 次の文を読んで以下の設問に答えなさい。

図6は植物の系統樹を示したものである。植物が陸上に進出して進化する過程では、乾燥から身を守り、また、重力に適応する必要があった。(A) そのような適応のひとつが維管束の発達である。維管束を持っているのは、図6の中の (ア) よりも上の植物である。そして維管束の本部が主に道管から構成されているのは (イ) であり、その他の植物では仮道管から構成されている。

(B) また、系統樹で (ウ) よりも上に位置する植物では、生活環のなかで (エ) が、これも陸上の環境への適応のひとつと考えられる。

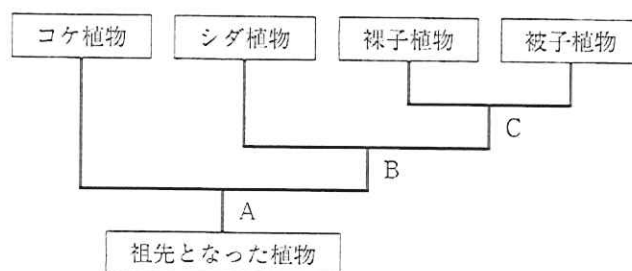


図6. 植物の系統樹

問1

下線部 (A) の文中の (ア) と (イ) に入る語の組み合わせとして、最も適当なものを、以下の①～⑤の中から1つ選びなさい。

- ① (ア) : A (イ) : 裸子植物と被子植物
- ② (ア) : A (イ) : 被子植物
- ③ (ア) : B (イ) : 裸子植物と被子植物
- ④ (ア) : B (イ) : 被子植物
- ⑤ (ア) : C (イ) : 被子植物

問2

下線部（B）の文中の（ウ）と（エ）に入る語及び文の組み合わせとして、最も適当なものを、以下の①～⑥の中から、1つ選びなさい。

- ① （ウ）：A （エ）：胞子体が配偶体よりも発達している
- ② （ウ）：B （エ）：胞子体が配偶体よりも発達している
- ③ （ウ）：C （エ）：胞子体が配偶体よりも発達している
- ④ （ウ）：A （エ）：配偶体が胞子体よりも発達している
- ⑤ （ウ）：B （エ）：配偶体が胞子体よりも発達している
- ⑥ （ウ）：C （エ）：配偶体が胞子体よりも発達している

4 動物の系統分類について、以下の設問に答えなさい。

問1

以下の①～⑤の中から三胚葉性ではない動物を1つ選びなさい。

- ① プラナリア ② センチュウ ③ イソギンチャク ④ ウニ ⑤ ホヤ

問2

原口以外の場所に口ができる動物を新口動物という。以下の①～⑤の中から、新口動物を1つ選びなさい。

- ① プラナリア ② ヒトデ ③ タコ ④ ミミズ ⑤ センチュウ

問3

以下の①～⑤の中から脱皮をしない動物を1つ選びなさい。

- ① トカゲ ② ワムシ ③ ミジンコ ④ フジツボ ⑤ センチュウ

問4

以下の①～⑤の中から脊索を形成しない動物を1つ選びなさい。

- ① エイ ② ヤツメウナギ ③ ナメクジウオ ④ ナマコ ⑤ ホヤ

〔以 下 余 白〕