

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 ヒトにおいて、体の回転を感知する部位はどれか、最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

ア

- ① うずまき管 ② 耳 管 ③ 耳小骨
④ 前 庭 ⑤ 半規管

問 2 ミトコンドリアを持たない生物はどれか、適切なものを①～⑤から1つ選べ。

イ

- ① アブラナ ② ゼニゴケ ③ ゾウリムシ
④ ネンジュモ ⑤ ミドリムシ

問 3 マウスの体細胞分裂に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

ウ

- ① 分裂期に相同染色体が対合する。
② 分裂期に二価染色体が形成される。
③ 細胞質分裂には動物原体が必要である。
④ 分裂期の細胞の DNA 量は G_1 期の 2 倍である。

問 4 両生類から八虫類への進化の過程で獲得されたこととして最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

エ

- ① 四肢の形成 ② 脊椎の形成 ③ 体温の恒常性
④ 胚膜の形成 ⑤ 肋骨の形成

問 5 骨格筋に関する記述として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

オ

- ① 筋が収縮するとサルコメアが長くなる。
② 筋が収縮すると筋原繊維の中で暗帯は短くなる。
③ 筋繊維の細胞膜が興奮すると筋小胞体は Ca^{2+} を放出する。
④ Na^+ がトロポニンと結合するとトロポミオシンの構造が変化する。
⑤ 明帯にはミオシンフィラメントが、暗帯にはアクチンフィラメントがある。

問 6 ヒトの眼は水晶体の厚みを変えることで遠近の調節を行っている。近くにある物体にピントをあわせる時の調節として最も適切なものを①～⑧から1つ選べ。 カ

- ① 毛様筋を弛緩させることでチン小帯を緊張させ、水晶体を薄くする。
- ② 毛様筋を収縮させることでチン小帯を緊張させ、水晶体を薄くする。
- ③ 毛様筋を弛緩させることでチン小帯を弛緩させ、水晶体を薄くする。
- ④ 毛様筋を収縮させることでチン小帯を弛緩させ、水晶体を薄くする。
- ⑤ 毛様筋を弛緩させることでチン小帯を緊張させ、水晶体を厚くする。
- ⑥ 毛様筋を収縮させることでチン小帯を緊張させ、水晶体を厚くする。
- ⑦ 毛様筋を弛緩させることでチン小帯を弛緩させ、水晶体を厚くする。
- ⑧ 毛様筋を収縮させることでチン小帯を弛緩させ、水晶体を厚くする。

問 7 生命の起源や初期の進化に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

キ

- ① 嫌気性細菌がミトコンドリアの起源であると考えられている。
- ② 地球上の酸素濃度の上昇が三葉虫の絶滅の原因であると考えられている。
- ③ 陸上植物の先駆者とされるクックソニアは孢子で増えていたと考えられている。
- ④ ストロマトライトと呼ばれる層状の構造は古細菌により作られたと考えられている。

問 8 植生の遷移に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 ク

- ① 最初に草原へ侵入する樹種を先駆植物という。
- ② 人工的に植生が変化させられることを二次遷移という。
- ③ 裸地へ最初に侵入する種子には重力散布型のものが多い。
- ④ 極相林であっても、大きなギャップでは陽樹が生育できる。

問 9 ヒトの肝臓のはたらきとして適切なものを①～⑥から2つ選べ。 ケ

- ① 抗体を産生する。
- ② アンモニアを尿酸に変える。
- ③ 血しょう中から尿素を取り除く。
- ④ アルコールやアルデヒドを分解する。
- ⑤ 血しょう中のタンパク質を合成する。
- ⑥ 体内環境を調節するために自律神経系に指令をだす。

問10 被子植物の発生や成長に関する記述として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

コ

- ① 葉の原基は茎頂の中央部に形成される。
- ② 有胚乳種子では、発芽時に必要な栄養は子葉に蓄えられる。
- ③ 受精卵は等分裂して、それぞれから胚柄と胚球が形成される。
- ④ 受精卵から、胚発生を通して幼芽、子葉、胚軸、幼根、種皮が作られる。
- ⑤ 成熟した花粉では、雄原細胞が花粉管細胞の細胞質中に遊離した状態にある。

II 以下の問いに答えよ。

問 1 ある細胞をシャーレに入れて培養した。ある時点での細胞数は 1.6×10^4 個であったが、その 48 時間後には 12.8×10^4 個であった。

(1) この細胞の細胞周期は何時間と計算されるか、四捨五入して整数で答えよ。例えば、1 時間であった場合には、 時間とせよ。ただし、この細胞の細胞周期の長さは一定であるとする。

時間

(2) この細胞を固定して調べたところ、143 細胞中の 26 細胞が M 期にあることがわかった。この細胞が M 期に要する時間を算出せよ。ただし、小数点第 2 位を四捨五入した値で答えよ。

時間

問 2 顕微鏡による細胞の大きさの測定のために、接眼マイクロメーターを接眼レンズに入れて観察した。20 倍の対物レンズを使用して 1 目盛りが $10 \mu\text{m}$ の対物マイクロメーターを見ると、図 1 のように見えた。同じ接眼マイクロメーターが入った接眼レンズを使用して 40 倍の対物レンズを使用した時、細胞の大きさは接眼マイクロメーターの 6.5 目盛りに相当した。この細胞の大きさを求めよ。ただし、単位を μm として答えよ。解答は、小数点第 2 位を四捨五入した値で答えよ。例えば、値が 12.34 の場合は とせよ。

μm

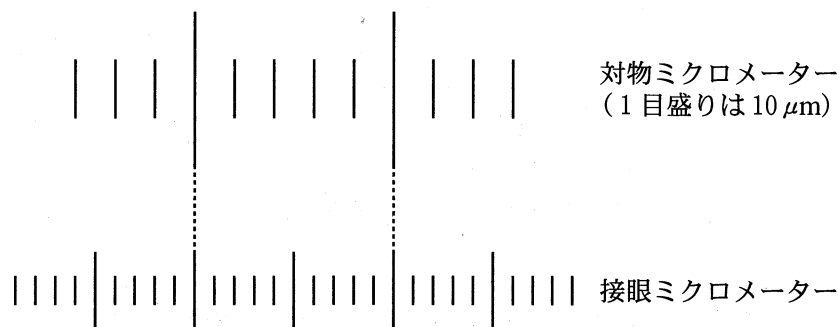


図 1

問 3 植物 A と B は、連続暗期の長さにより花芽の形成が調節される植物である。図 2 は、1 日のうち明期と暗期の時間が異なる 4 つの条件を示す。また、図中の $\leftarrow \rightarrow$ は限界暗期を、矢印は短時間の光照射を示している。

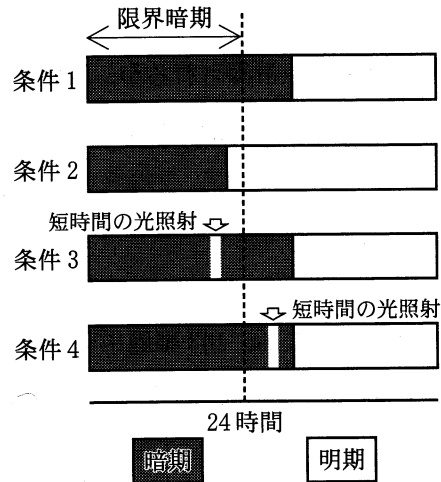


図 2

(1) 植物 A は、条件 1 で花芽を形成するが、条件 2 では花芽を形成しない。また、植物 B は、条件 1 で花芽を形成しないが、条件 2 では花芽を形成する。この時、条件 3, 4 における、植物 A と植物 B の応答として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

植物 A :

植物 B :

	①	②	③	④
条件 3	○	○	×	×
条件 4	○	×	○	×

○花芽を形成する ×花芽を形成しない

(2) 植物 A と B と同様の性質を持つ植物として適切なものを①～⑥からそれぞれ 2 つ選べ。

① アサガオ

② アブラナ

③ オナモミ

④ トウモロコシ

⑤ トマト

⑥ ホウレンソウ

植物 A :

植物 B :

問 4 (1) 図 3 は、一定濃度の酵素と、一定濃度のその基質を反応させた時の生成物量と時間の関係を模式的に表している。酵素の濃度を 2 倍にして同様の実験を行なった場合の結果として最も適切な図はどれか、①～⑤から 1 つ選べ。ただし、実線は 1 倍の酵素濃度を使用した時の結果を、破線は 2 倍の酵素濃度を使用した時の結果を模式的に表しているとする。

ス

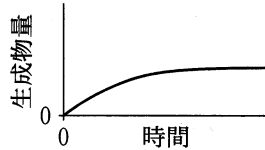
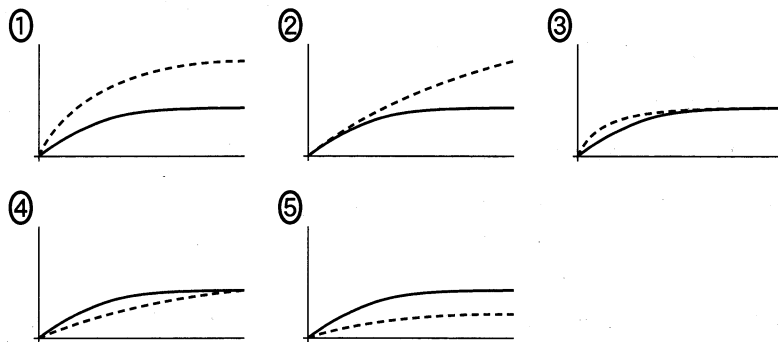


図 3



(2) 図 4 は、一定の酵素濃度で基質濃度を変化させた時の基質濃度と反応初速度の関係を模式的に表している。酵素濃度を 2 倍にして同様の実験を行った場合の結果として最も適切な図はどれか、①～⑤から 1 つ選べ。ただし、実線は 1 倍の酵素濃度を使用した時の結果を、破線は 2 倍の酵素濃度を使用した時の結果を模式的に表しているとする。

セ

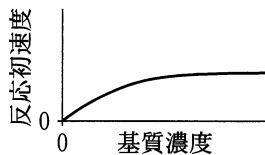
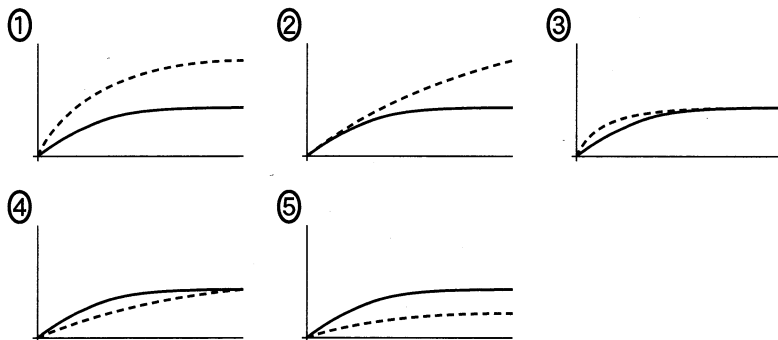


図 4



Ⅲ 以下のA, B, Cの文を読み, 問いに答えよ。

A メダカの血糖値の調節はヒトの血糖値の調節と同様である。メダカのA遺伝子は血糖値の調節に必要であり, A遺伝子の機能を失っているメダカは以下の2つの特徴を示す。

特徴1: 空腹時の血糖値は正常だが, 摂餌後の血糖値は正常なメダカの摂餌後の血糖値に比べて高い。また, 摂餌後の血糖値が空腹時の値に戻る時間は, 正常なメダカに比べて長い。

特徴2: 空腹時の血中のインスリン濃度は正常だが, 摂餌後のインスリン濃度は正常なメダカの摂餌後のインスリン濃度より高い。

問1 インスリンの作用として, 最も適切なものを①~④から1つ選べ。

- ① グリコーゲンの分解を促進する。
- ② 筋肉からのアミノ酸の分泌を促進する。
- ③ グルコースの脂肪への転換を促進する。
- ④ 肝臓でグルコースの取り込みを阻害する。

問2 A遺伝子は①~④のうちどれに必要と考えられるか, 最も適切なものを1つ選べ。

- ① すい臓での血糖値の感知
- ② 小腸でのグルコースの吸収
- ③ すい臓からのインスリンの分泌
- ④ 骨格筋でのグルコースの取り込み

B ヒトの網膜の細胞は、視細胞、色素細胞、視神経細胞、連絡神経細胞の4種類に大きく分けられる。図1は網膜の断面において、層状に並ぶこれらの細胞の様子を模式的に示したもので、黒い点は細胞の核を表す。また、上記の4つの細胞は、図1の細胞A~Dのいずれかに相当する。

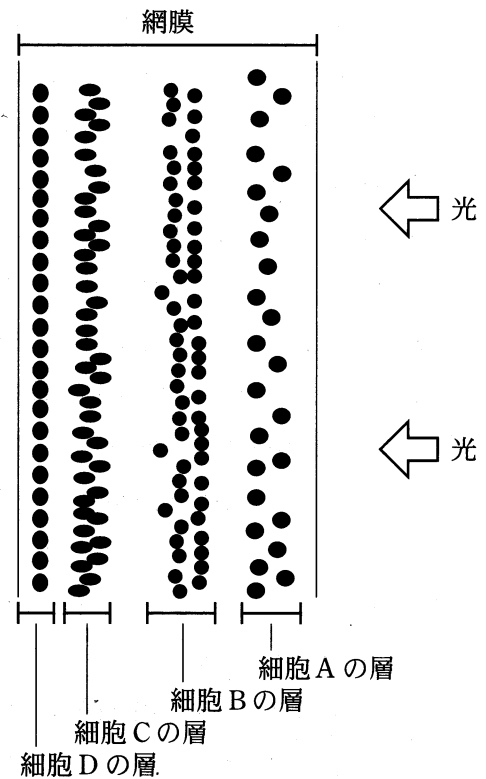


図1

問3 光に関する感覚情報は、網膜の複数の細胞を経て中枢神経系へ伝達される。この感覚情報はどのような順番で図1の細胞を伝わるか、下の ~ にあてはまるものとして最も適切なものを①~④からそれぞれ1つ選べ。なお、光は図1の矢印の向きで網膜へ入射し、光は の細胞により受容されるものとする。

→ → → 中枢神経系
 ① 細胞A ② 細胞B ③ 細胞C ④ 細胞D

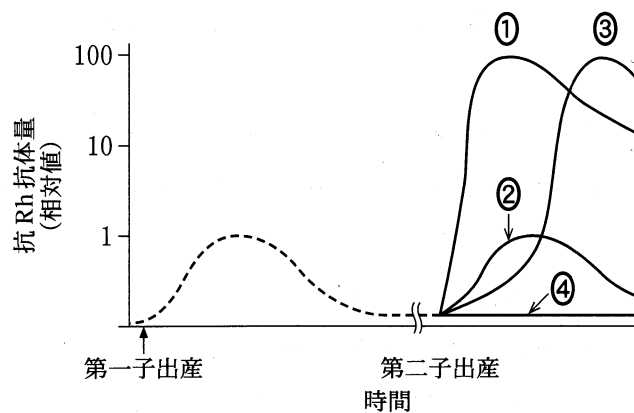
問4 網膜には、黄斑と呼ばれる部位があり、網膜の他の部位とは異なる特徴を持つ。黄斑に関する記述として最も適切なものを①~⑤から1つ選べ。

- ① 網膜から毛様体への移行部である。
- ② 錐体細胞が他の部位よりも多く存在する。
- ③ 網膜の視神経繊維の束が眼球外へ出る部位である。
- ④ 明るい部屋とうす暗い部屋ではその大きさが変化する。
- ⑤ 眼球の水平断面で見ると網膜の中心部から鼻がわに寄っている。

C ヒトの代表的な血液型には、ABO 式のほかに Rh 式がある。Rh 式血液型では、赤血球表面の Rh 抗原の有無で型が決まり、Rh(+)型と Rh(-)型の 2 種類にわけられる。Rh(-)型のヒトの血管に Rh(+)型の赤血球が入れば、Rh 抗原に対する抗体(抗 Rh 抗体)がつくられる。Rh(-)型の母親が Rh(+)型の子を妊娠した場合を Rh 式血液型不適合妊娠と呼ぶ。通常、妊娠中は、胎盤のはたらきにより母体の血液と子の血液は混ざり合わない。しかし、出産時に胎盤が傷つくことで、子の血液が母体の血管に入り、抗 Rh 抗体がつくられる。抗 Rh 抗体は胎盤を通過するため、一度つくられた抗体は、次子の妊娠中、子の血管に入る。次子が Rh(+)型であれば、血管に入ったこの抗体は子の赤血球を溶血させてしまう。

Rh 抗原の有無は一組の対立遺伝子 X と x で決まり、遺伝子型が XX または Xx であれば Rh (+)型となり、遺伝子型が xx であれば Rh(-)型になるとして、以下の問いに答えよ。

問 5 ある Rh(-)型の母親は、Rh(+)型の第一子を妊娠・出産後、Rh(+)型の第二子を妊娠した。第二子の出産後、母体がつくる抗 Rh 抗体量はどのように変化すると考えられるか、最も適切なものを①~④から 1 つ選べ。ただし、子の血液が母体の血管に入るのは出産時のみとする。また、破線で示した曲線は第一子出産から第二子出産までの期間の抗 Rh 抗体量の変化を示している。



問 6 ある Rh(-)型の母親は、第一子、第二子を妊娠・出産後、第三子を妊娠した。すべての子の父親が遺伝子型 Xx の Rh(+)型である場合、第三子において Rh 式血液型不適合妊娠を原因とする赤血球の溶血が起こる確率を答えよ。解答は、小数点以下第 3 位を四捨五入した値で答えよ。例えば、答えが 0.123 の場合は、 . とせよ。

.

IV 以下のA, Bの文を読み, 問いに答えよ。

A 神経の興奮伝導と筋収縮のしくみを調べるために, 座骨神経と筋がつながったウシガエルの神経筋標本を用いて実験を行った。図1は, 実験装置の模式図である。筋の両端を糸で縛り, 片端の糸は金属棒に固定した。もう片端の糸は筋の張力を計測できるセンサーに結びつけた。また, 座骨神経の表面には, 神経の興奮を記録するための一対の記録電極(R1とR2)が接している。

実験では, S1またはS2の地点に瞬間的な電気刺激を与え, 座骨神経に生じた興奮をオシロスコープによって観察した。この記録法は, どちらか一方の記録電極の電位を基準に, 2極間の電位差を検出するものである。今回の実験ではR2を基準とした。

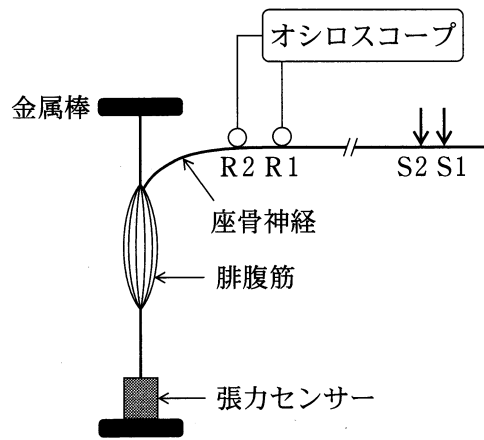
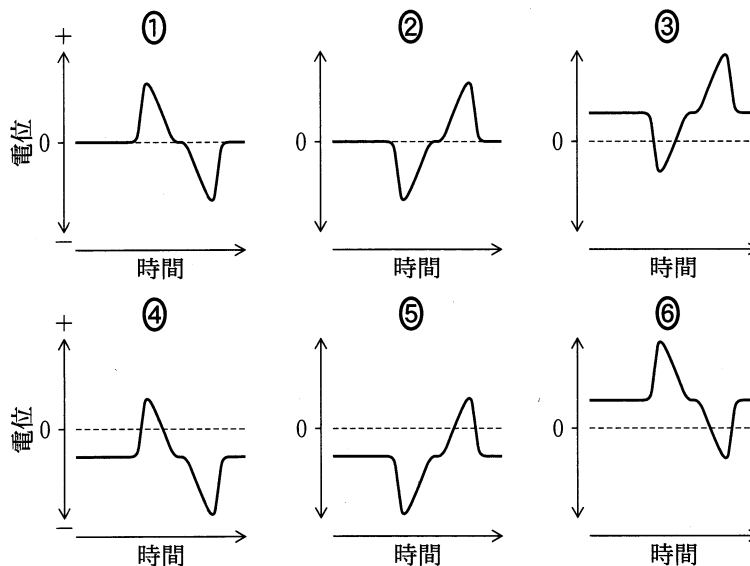


図1

問1 S1での瞬間的な電気刺激後, どのような電位の変化がオシロスコープによって記録されるのか, 最も適切な波形を①~⑥から1つ選べ。 ア



問 2 S1での瞬間的な電気刺激後, R1とR2の記録電極間に電位差が生じ始める時間(潜伏期)は1ミリ秒であり, S2で刺激した際の潜伏期は0.74ミリ秒であった。S1とS2の距離は1.1cmである。これらの値を用いて, 神経の興奮が伝導する速度を求めよ。解答は, 小数第2位を四捨五入した値を答えよ。例えば12.3の場合は, . とせよ。

. m/秒

問 3 図2は記録電極周辺部を拡大したものである。S1へ瞬間的な電気刺激後, 図中の灰色部分に興奮が伝導してきたとする。このとき, オシロスコープによって記録される電位(電圧)はどのようなになるか, 最も適切なものを①~③から1つ選べ。

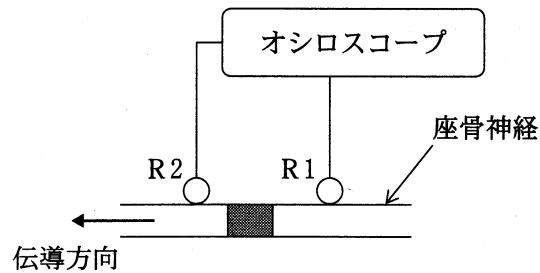


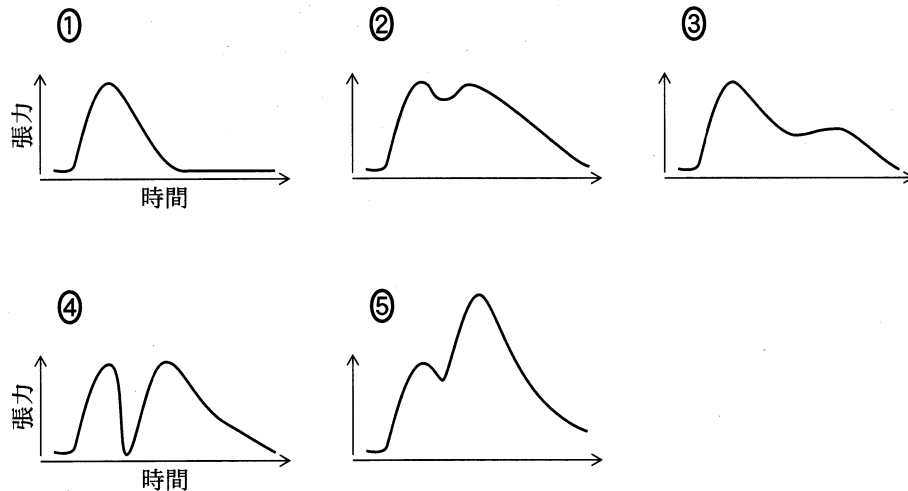
図2

- ① プラスの値 ② マイナスの値 ③ 電位を生じない(ゼロ)

問 4 電気刺激によって生じた神経の興奮が運動神経終末に到達すると、シナプス小胞からシナプス間隙に向かって神経伝達物質が放出される。この伝達物質はシナプス後細胞である筋細胞(筋繊維)の膜に存在する受容体に結合し、その細胞膜に活動電位を発生させる。このときの神経伝達物質を①～⑤から1つ選べ。 キ

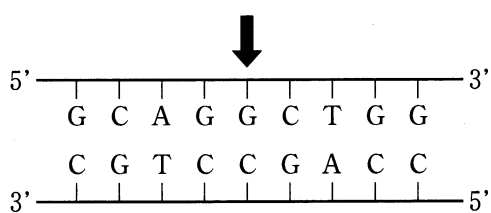
- ① アスパラギン酸 ② アセチルコリン ③ γ -アミノ酪酸
 ④ グリシン ⑤ グルタミン酸

問 5 S1への瞬間的な1回の電気刺激により、筋が単収縮し、張力が発生した。次に、40ミリ秒の間隔で2回の電気刺激を与えたとき、どのような張力曲線が得られるか、最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。ただし、刺激強度は1回目と2回目で同じであり、1回の電気刺激による単収縮の張力が限界に達しない刺激強度を用いる。 ク



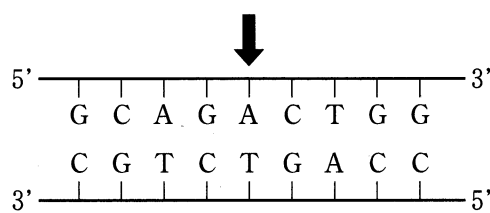
B DNAの複製においてDNAポリメラーゼは中心的な役割をはたしている。DNAポリメラーゼは、鋳型鎖の塩基に対して相補的な塩基をもつヌクレオチドを連続的に取り込みながら新生鎖を伸長する。

問6 図3-1は酵母の染色体の一部の塩基配列を表す。矢印で示した位置の塩基対が、G-CからA-Tに置き換わった酵母が見つかった(図3-2)。この塩基対の置換は、S期(DNA合成期)に、DNAポリメラーゼが鋳型鎖の塩基に対して誤った塩基をもつヌクレオチドを取り込み、それが修復されなかったために生じた。このとき、この塩基対の置換は、DNAポリメラーゼのどのような誤りにより引き起こされたか、①~⑥から可能性のあるものをすべて選べ。 ケ



正常な塩基配列

図3-1



変異をもつ塩基配列

図3-2

- ① 鋳型鎖のCに対して、Aをもつヌクレオチドを取り込んだ。
- ② 鋳型鎖のCに対して、Cをもつヌクレオチドを取り込んだ。
- ③ 鋳型鎖のCに対して、Tをもつヌクレオチドを取り込んだ。
- ④ 鋳型鎖のGに対して、Aをもつヌクレオチドを取り込んだ。
- ⑤ 鋳型鎖のGに対して、Gをもつヌクレオチドを取り込んだ。
- ⑥ 鋳型鎖のGに対して、Tをもつヌクレオチドを取り込んだ。

問 7 酵母の染色体の特定の部位に、764 塩基対の DNA 断片を異なる向きで挿入した。これにより、図 4 に示す、挿入方向 1 の塩基配列をもつ酵母と、挿入方向 2 の塩基配列をもつ酵母が得られた。この挿入配列を含む領域は、S 期において、複製起点 A から始まる複製の進行によって複製される。

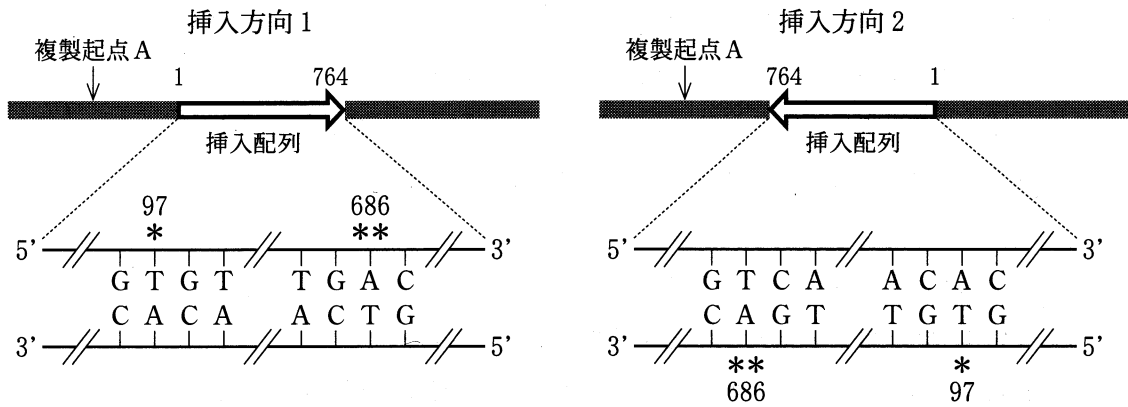


図 4

挿入配列の領域が複製されるとき、97 番目の T(*)と 686 番目の A(**)を含むヌクレオチド鎖は、リーディング鎖とラギング鎖、どちらの新生鎖の鋳型となるか、適切なものを ①~④から 1つ選べ。

	①	②	③	④
挿入方向 1	リーディング鎖	リーディング鎖	ラギング鎖	ラギング鎖
挿入方向 2	リーディング鎖	ラギング鎖	リーディング鎖	ラギング鎖

問 8 酵母の DNA 複製時に新生鎖を伸長する酵素として、DNA ポリメラーゼ X と DNA ポリメラーゼ Y がある。これらがそれぞれリーディング鎖とラギング鎖の両方を伸長するのか、それともどちらか一方だけを伸長するのかを明らかにするため、下記の特性を持つ変異型の DNA ポリメラーゼを用いて、実験 1 と 2 を行った。

変異型 DNA ポリメラーゼ X の特徴

- ・ 正常な DNA ポリメラーゼ X と同じ新生鎖を伸長する。
- ・ 正常な DNA ポリメラーゼ X と同じ速度でヌクレオチド鎖を伸長する。
- ・ 鋳型鎖の T に対して、G をもつヌクレオチドを取り込みやすい。

変異型 DNA ポリメラーゼ Y の特徴

- ・ 正常な DNA ポリメラーゼ Y と同じ新生鎖を伸長する。
- ・ 正常な DNA ポリメラーゼ Y と同じ速度でヌクレオチド鎖を伸長する。
- ・ 鋳型鎖の T に対して、T をもつヌクレオチドを取り込みやすい。

実験1：正常な DNA ポリメラーゼ X と変異型 DNA ポリメラーゼ X が引き起こす DNA 複製時の誤りの頻度を比較した。図4に示された挿入方向1の塩基配列をもつ酵母と挿入方向2の塩基配列をもつ酵母をそれぞれ培養した後、97番目の塩基対 T-A が C-G に置換された頻度を表1に示す。

表1

97番目の塩基対 T-A の C-G への置換 (正常な DNA ポリメラーゼ X が挿入方向1の場合に引き起こした置換の頻度を1としたときの相対値)		
	挿入方向1	挿入方向2
正常な DNA ポリメラーゼ X	1	1
変異型 DNA ポリメラーゼ X	20	1

実験2：正常な DNA ポリメラーゼ Y と変異型 DNA ポリメラーゼ Y が引き起こす DNA 複製時の誤りの頻度を比較した。図4に示された挿入方向1の塩基配列をもつ酵母と挿入方向2の塩基配列をもつ酵母をそれぞれ培養した後、686番目の塩基対 A-T が T-A に置換された頻度を表2に示す。

表2

686番目の塩基対 A-T の T-A への置換 (正常な DNA ポリメラーゼ Y が挿入方向1の場合に引き起こした置換の頻度を1としたときの相対値)		
	挿入方向1	挿入方向2
正常な DNA ポリメラーゼ Y	1	1
変異型 DNA ポリメラーゼ Y	19	1

以上の結果から、DNA ポリメラーゼ X と DNA ポリメラーゼ Y には、リーディング鎖とラギング鎖のどれを伸長する役割があると判断されるか、最も適切なものを①～③からそれぞれ1つ選べ。

DNA ポリメラーゼ X

DNA ポリメラーゼ Y

- ① ラギング鎖
- ② リーディング鎖
- ③ ラギング鎖とリーディング鎖の両方