

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 独立栄養生物である化学合成細菌として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 ア

① 亜硝酸菌 ② シアノバクテリア ③ 大腸菌 ④ 緑色硫黄細菌

問 2 一般に「きのこ」と呼ばれる大型の子実体をつくる種が属する菌類はどれか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。 イ

① グロムス菌類 ② 接合菌類 ③ 担子菌類 ④ ツボカビ類

問 3 原核細胞と真核細胞の両方に当てはまるものとして最も適切なものを①～④から1つ選べ。

ウ

- ① 核を持つ。
- ② 転移 RNA を持つ。
- ③ 粗面小胞体を持つ。
- ④ ミトコンドリアを持つ。

問 4 ヒトの体内におけるグルコース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。

エ

- ① グルコースは細胞膜を自由に通過できる。
- ② 筋細胞は嫌氣的にグルコースを分解し ATP を合成できる。
- ③ グルコースは腎臓でろ過されないため原尿には含まれない。
- ④ 血糖濃度が上昇するとグルカゴンによってグルコースの分解が促進される。

問 5 バソプレシン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。 オ

- ① 腎臓にある内分泌細胞により合成される。
- ② 脳下垂体にある内分泌細胞により合成される。
- ③ 副腎髄質にある神経分泌細胞により合成される。
- ④ 視床下部にある神経分泌細胞により合成される。

問 6 植物ホルモンであるジベレリンの持つ役割として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

カ

- ① エンドウでは茎の伸長を抑える。
- ② ブドウでは果実の成長を抑える。
- ③ オオムギでは種子の発芽を抑える。
- ④ シロイヌナズナでは茎の肥大を抑える。

問 7 ウニにおいて次の A～D の現象が観察される順序として最も適切なものを①～⑨から 1 つ選べ。

キ

A. 精子と卵の細胞膜の融合 B. 先体反応 C. 表層反応 D. 卵割

- ① A→B→C→D ② A→C→B→D ③ A→D→B→C
- ④ B→C→A→D ⑤ B→A→C→D ⑥ B→A→D→C
- ⑦ C→B→A→D ⑧ C→A→B→D ⑨ C→A→D→B

問 8 転写に関する説明として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

ク

- ① RNA ポリメラーゼは終止コドンにより転写を終了する。
- ② 転写の鋳型として用いられる側の DNA 鎖をセンス鎖という。
- ③ RNA ポリメラーゼはヌクレオチド鎖の 5' 末端にヌクレオチドを付加する。
- ④ 転写開始点の近くには、プロモーターと呼ばれる転写開始の目印となる塩基配列が存在する。

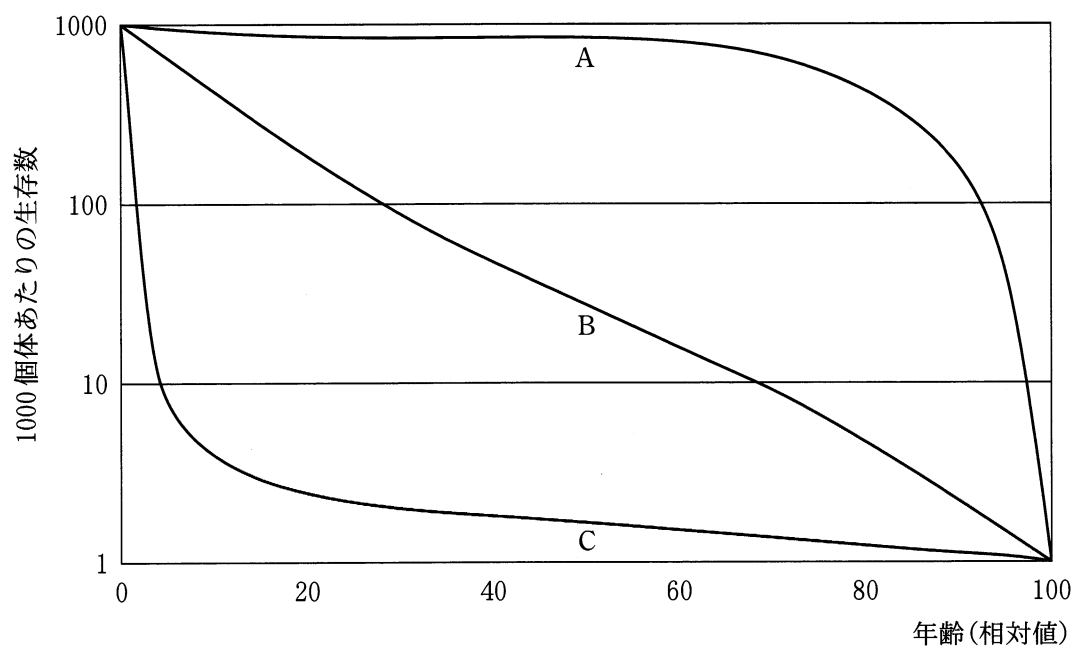
問 9 生物の出現や初期の生物界の変遷について推定されていることとして、最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

ケ

- ① 環境中の酸素濃度が上昇したことにより化学合成を行う原核生物が繁栄した。
- ② 独立栄養の原核生物は大気中に多量の酸素が存在するようになってから出現した。
- ③ 大気中にオゾン層が形成されたことにより地球に最初の生命が誕生できるようになった。
- ④ 最初の生命は嫌気的な環境で代謝を行うことによりエネルギーを得ていた原核生物である。

Ⅱ 以下の問いに答えよ。

問 1 下図は動物にみられる典型的な3つの生存曲線を模式的に表したものである。



- (1) Aの生存曲線を持つ動物として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。 ア
- ① アサリ ② イワシ ③ シジユウカラ
④ トカゲ ⑤ ニホンザル
- (2) A～Cの生存曲線を持つ動物の中で、相対年齢50の時の死亡率が最も高いのはどれか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。 イ
- ① Aの生存曲線をもつ動物
② Bの生存曲線をもつ動物
③ Cの生存曲線をもつ動物
④ Aの生存曲線をもつ動物とCの生存曲線をもつ動物

問 2 図 1 は、光学顕微鏡により、接眼マイクロメーターを用いて細胞 A の長径を計測したときの像を模式的に表している。このときの接眼マイクロメーターの 1 目盛りの長さは図 2 に示したように、1 目盛りの間隔が $10\ \mu\text{m}$ の対物マイクロメーターを用いて確認できる。

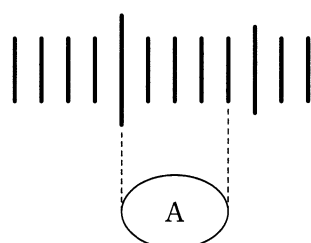


図 1

対物マイクロメーター

接眼マイクロメーター

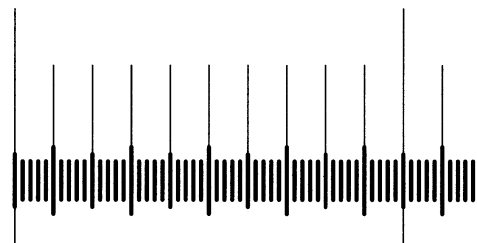


図 2

- (1) 細胞 A の長径の長さを答えよ。例えば値が 1 の場合、 と答えよ。

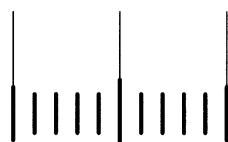
μm

- (2) 図 1 で用いた対物レンズより倍率が半分の対物レンズを使った場合、対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの関係はどのようになるか。もっとも適切な図を①～④から 1 つ選べ。図に示した目盛りのうち、線の細い方を対物マイクロメーター、太い方を接眼マイクロメーターとする。

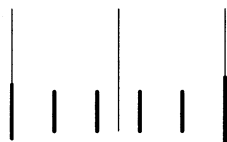
①



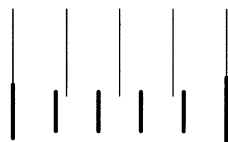
②



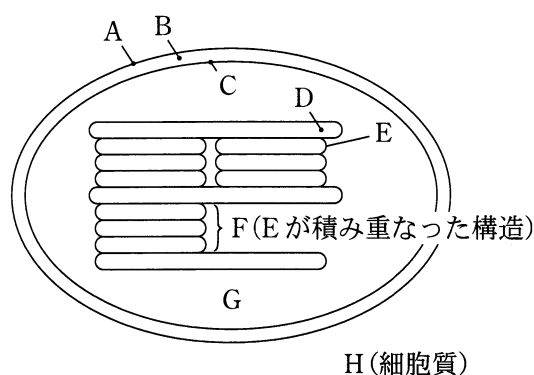
③



④



問 3 下図は葉緑体を模式的に表している。



- (1) 図の A, C, E, F, G に当てはまる語句としてそれぞれに最も適切なものを①～⑨から 1 つ選べ。

A: C: E: F: G:

- ① 外膜 ② グラナ ③ クリステ ④ 細胞壁 ⑤ 細胞膜
⑥ ストロマ ⑦ チラコイド ⑧ 内膜 ⑨ マトリックス

- (2) 光化学系 I と光化学系 II, およびカルビン回路(カルビン・ベンソン回路)の反応が行われる領域もしくは生体膜を答えよ。それぞれに最も適切なものを①～⑥から 1 つ選べ。

光化学系 I と光化学系 II: カルビン回路:

- ① 図中の A の生体膜 ② 図中の B の領域 ③ 図中の C の生体膜
④ 図中の E の生体膜 ⑤ 図中の G の領域 ⑥ 図中の H の領域

- (3) 光合成では H^+ の濃度勾配によるエネルギーを使って ATP 合成酵素により ATP が合成される。このとき、 H^+ はある領域から別の領域に移動する。どの領域からどの領域に H^+ が移動したときに ATP が合成されるか、最も適切なものを①～⑥から 1 つ選べ。

- ① 図中の B から H の領域 ② 図中の H から B の領域 ③ 図中の B から G の領域
④ 図中の G から B の領域 ⑤ 図中の D から G の領域 ⑥ 図中の G から D の領域

- (4) 5.6 L の CO_2 が光合成により固定されたとする。合成される有機物をグルコースとして換算すると、何 g のグルコースが合成されるか答えよ。また、何 L の O_2 が放出されるか答えよ。原子量は $C = 12$, $H = 1$, $O = 16$, 1 mol の気体は 22.4 L とする。小数第 2 位を四捨五入した値で答えよ。例えば値が 1.23 の場合, と答えよ。

グルコース: g

O_2 : L

問 4 動物胚の第 1 回目の体細胞分裂は、細胞質に貯えられている母性因子のはたらきによって進行する。ショウジョウバエの X 遺伝子は、そのような母性因子の 1 つを指定する。X 遺伝子座にはアレル A とアレル a があり、遺伝子型が AA, Aa, aa のメスとオスはすべて正常な生存力をもつ。

下の表は、アレル A とアレル a の様々な組合せをもつメスとオスを交配したときの、產生された胚の発生について示している。なお、各交配では產生されたすべての胚で同じ表現型が見られた。また、第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期で発生が停止した胚がもつ染色体数は、正常な発生を行う胚が同時期にもつ染色体数と一致した。

注) 「アレル」と「対立遺伝子」は同意語である。

交配	メス親の 遺伝子型	オス親の 遺伝子型	胚の発生
1	AA	AA	正常に進行
2	Aa	AA	正常に進行
3	aa	AA	第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期で停止
4	AA	Aa	正常に進行
5	Aa	Aa	正常に進行
6	aa	Aa	第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期で停止
7	AA	aa	正常に進行
8	Aa	aa	正常に進行
9	aa	aa	第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期で停止

(1) 胚の第 1 回目の体細胞分裂の進行は、下記①～⑤のどれがもつ X 遺伝子座の遺伝子型の影響を受けるか。最も適切なものを 1 つ選べ。

- ① 卵
- ② 精子
- ③ メス親
- ④ オス親
- ⑤ 受精卵

(2) 第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期の胚に含まれる DNA 量を、卵と精子それぞれがもつ DNA 量を 1 として答えよ。なお、X 染色体をもつ精子と Y 染色体をもつ精子の DNA 量はともに 1 とし、1 桁の整数で答えよ。

- (3) アレル A をもとに合成されるタンパク質が、受精卵においてどのようなはたらきを持っているときにこのような結果が生じるか。最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。

- ① 多精拒否
- ② DNA複製の開始
- ③ 相同染色体の対合
- ④ 胚の前後軸の形成
- ⑤ 複製でできた2本の染色体の分離
- ⑥ 途中で停止している減数分裂の再開

- (4) 表の交配5から得られる次世代のメスのうち、正常な生殖能力を持つオスと交尾してできた胚が全て第1回目の体細胞分裂中期で停止してしまう個体の割合(%)はいくらか。小数第1位を四捨五入した値で答えよ。なお、交配により十分な数の次世代が得られたこととする。例えば値が1の場合、と答えよ。

%

Ⅲ ニューロンの興奮に関する以下の問いに答えよ。

実験 1

生理的塩類溶液で満たした試験槽内に神経繊維試料(ニューロンの軸索部分のみを取り出し、両端をひもで縛ったもの)を浸した。この神経繊維の細胞内に記録電極を挿入し(図1のaの部分)、細胞の外側を基準の電圧(0 mV)として、膜電位を測定した。次に、試料の左端を刺激したところ、図2のような膜電位が観測された。図2の横軸は刺激した時を0とした時間軸を示している。

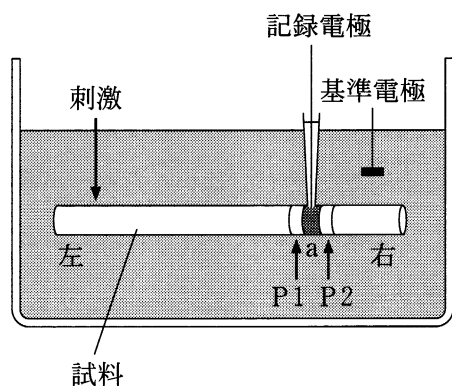


図 1

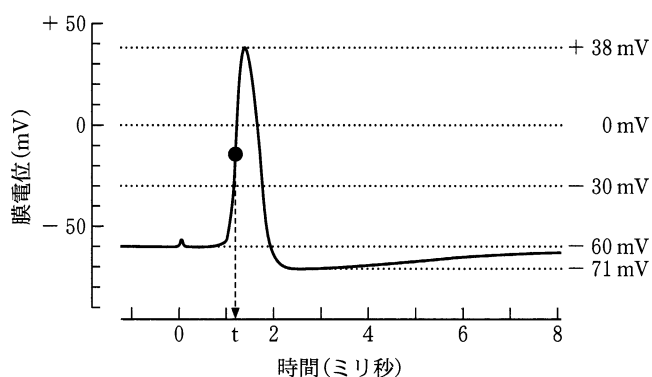


図 2

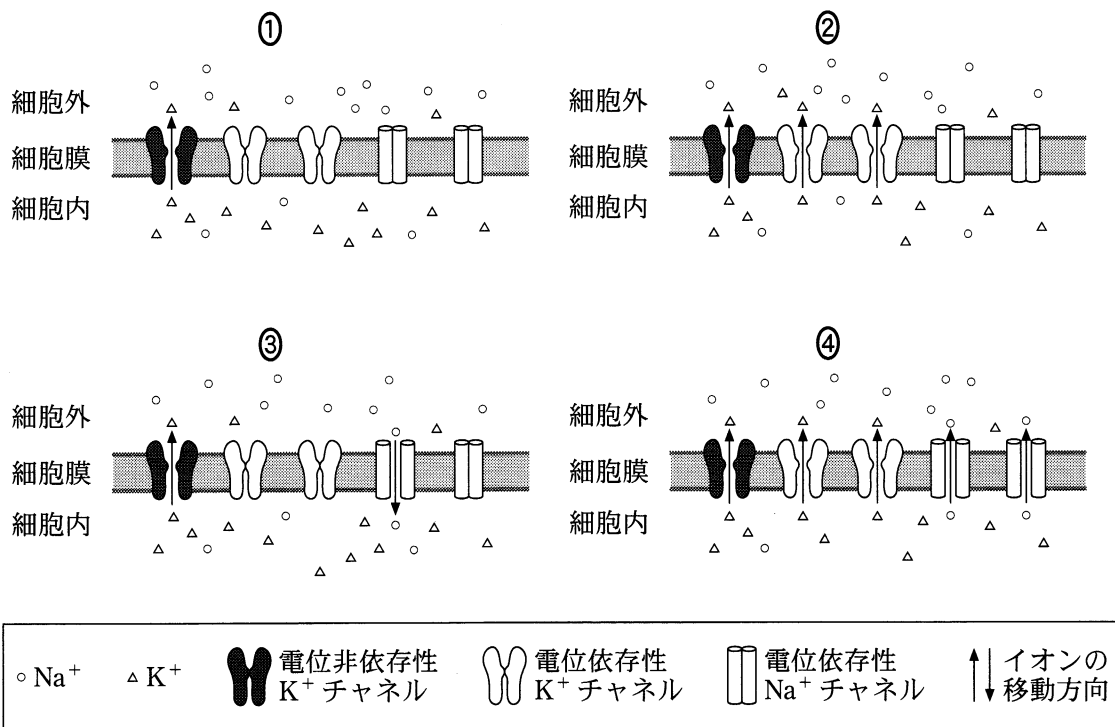
問 1 実験 1 で用いた試料の静止電位として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

ア

- ① + 38 mV
- ② 0 mV
- ③ - 60 mV
- ④ - 71 mV

問 2 図 2 の時間 t において，記録部(図 1 の a)の細胞膜に分布するイオンチャネルの開閉状態と細胞内外の Na^+ (○) および K^+ (Δ) の分布と動きを表す模式図として，最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。なお，このとき Na^+ および K^+ 以外のイオンの影響はないものとする。

イ



問 3 図 1 のように試料を刺激したところ，図 1 の a の部位に活動電位が観察された。この直後に活動電位が発生する部位として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。なお，実験に用いた試料は，軸索周囲に髄鞘構造を持たない無髄神経繊維であり，軸索の構造ならびにイオンチャネルの分布密度は一様であるとする。

ウ

- ① 図 1 の P1
- ② 図 1 の P2
- ③ 図 1 の P1 と P2
- ④ いずれの部位にも活動電位は発生しない。

実験 2

実験 1 に続いて、実験 1 と同じ試料を用いて実験 2 を行った。この実験では、生理的塩類溶液の Na^+ の濃度を 3 分の 1 に減少させ、実験 1 と同じ条件で試料に刺激を行い、膜電位を観測した。

問 4 実験 1 で観測された膜電位と比較したときの、実験 2 で観測された膜電位の特徴として最も顕著なものを①～④から 1 つ選べ。なお、膜電位が正方向に変化する現象を陽性シフト、その逆の現象を陰性シフトという。

エ

- ① 静止電位の陰性シフト
- ② 静止電位の陽性シフト
- ③ 活動電位の最大値の減少
- ④ 活動電位の最大値の増大

図3にシナプスの模式図を示す。シナプス後細胞は、シナプス前細胞AおよびBと興奮性シナプスAおよびBを、シナプス前細胞Cと抑制性シナプスCをそれぞれ形成する。なお、シナプスの構成要素のうち、シナプス前細胞の神経終末(軸索の末端)の細胞膜をシナプス前膜、シナプス後細胞の樹状突起あるいは細胞体の細胞膜をシナプス後膜という。

図4Aにシナプス前細胞Aの軸索を刺激したときのシナプス前細胞Aの神経終末の膜電位を、図4Bにそのときのシナプス後細胞の細胞体の膜電位を示す。横軸は刺激した時を0とした時間軸を示している。

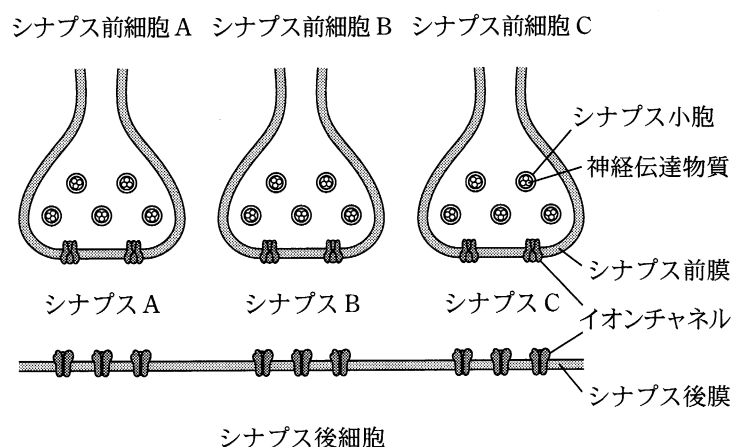


図3

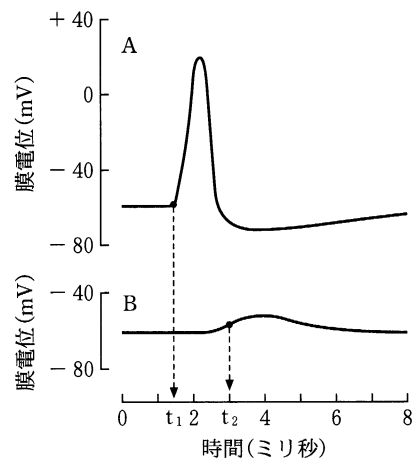


図4

問5 図4の時間 t_1 から時間 t_2 までの間にシナプスAに起こる変化に関する記述として、適切なものを①～④から1つ選べ。 オ

- ① 神経伝達物質がシナプス後膜のリガンド依存性イオンチャネルと結合する。
- ② シナプス後膜で開口している電位依存性 K^+ チャネルの数が最大となり、 K^+ がシナプス後細胞外に流出する。
- ③ シナプス前膜に分布する電位依存性 Ca^{2+} チャネルが開口し、 Ca^{2+} がシナプス前細胞の神経終末内に流入する。
- ④ シナプス小胞がシナプス前膜と融合し、エキソサイトーシスにより、シナプス小胞内の神経伝達物質がシナプス間隙に放出される。

図3のシナプス前細胞A～Cの軸索をそれぞれ単独で刺激すると、シナプス後細胞の細胞体に図5に示す膜電位が観察された。横軸は、刺激した時を0とした時間軸を示している。破線は、シナプス後細胞の軸索に活動電位が発生するために必要な最小の膜電位を示している。

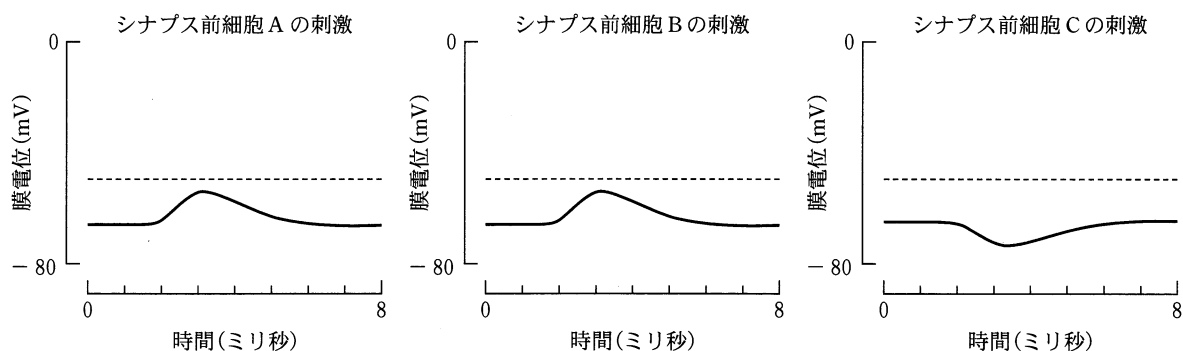


図5

問6 このシナプス後細胞の軸索に活動電位が発生するのはどのようなときか、最も適切なものを

①～④から1つ選べ。

カ

- ① シナプスAを介したシナプス後電位が1秒間隔で2回発生するとき。
- ② シナプスAを介したシナプス後電位とシナプスBを介したシナプス後電位が同時に発生するとき。
- ③ シナプスAを介したシナプス後電位とシナプスCを介したシナプス後電位が同時に発生するとき。
- ④ シナプスBを介したシナプス後電位とシナプスCを介したシナプス後電位が同時に発生するとき。

Ⅳ 以下の問いに答えよ。

問 1 図 1 は、ある 1 本のポリペプチドから構成されるタンパク質全体の立体構造をリボンモデルで模式的に表示したものである。図 1 の濃灰色(a)はらせん状の構造を示し、黒色(b)は平行に並んだ 3 つの矢印による板状の構造を示している。

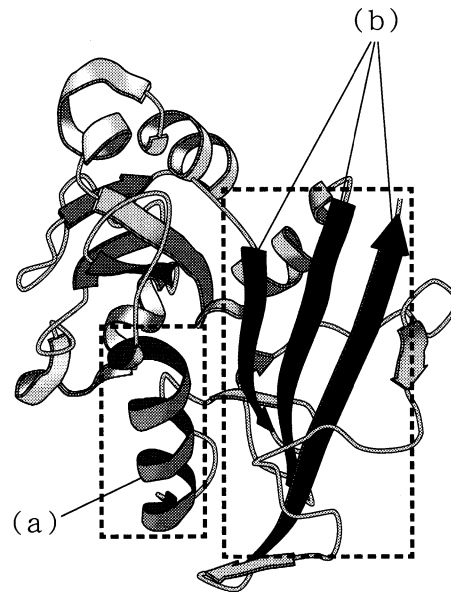


図 1

(1) 図 1 全体が示すものとして最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

ア

- ① タンパク質の一次構造
- ② タンパク質の二次構造
- ③ タンパク質の三次構造
- ④ タンパク質の四次構造

(2) 図1(a)のらせん構造内 n 番目アミノ酸の主鎖のカルボニル基($C=O$)と $n+4$ 番目アミノ酸の主鎖のイミノ基($N-H$)との間で形成される結合は、らせん構造を安定化させている。この結合として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。 イ

- ① 水素結合
- ② 配位結合
- ③ ペプチド結合
- ④ 疎水性相互作用
- ⑤ ジスルフィド結合

(3) 図1(b)の構造として最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。 ウ

- ① サルコメア
- ② シャペロン
- ③ β シート構造
- ④ 小サブユニット
- ⑤ 二重らせん構造
- ⑥ α ヘリックス構造

問 2 タンパク質 X は多くの生物種に存在し、一部のアミノ酸配列に違いはあるがその機能は保存され、細胞増殖過程に重要な役割を果たす酵素である。いずれの生物種においてもタンパク質 X の酵素の働き(酵素反応)が阻害されると細胞増殖が抑制される。酵素反応が強く阻害されるほど、細胞増殖が強く抑制される。

タンパク質 X の基質 S の濃度と反応初速度の関係は、式 1 に従い図 2 のグラフで表すことができる。V は反応初速度、[S] は基質濃度、V_{max} は最大の反応初速度(反応初速度 V の最大値)、K_m は反応初速度が V_{max} の半分のときの基質濃度である。

$$V = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{K_m + [S]} \quad \dots \text{式 1}$$

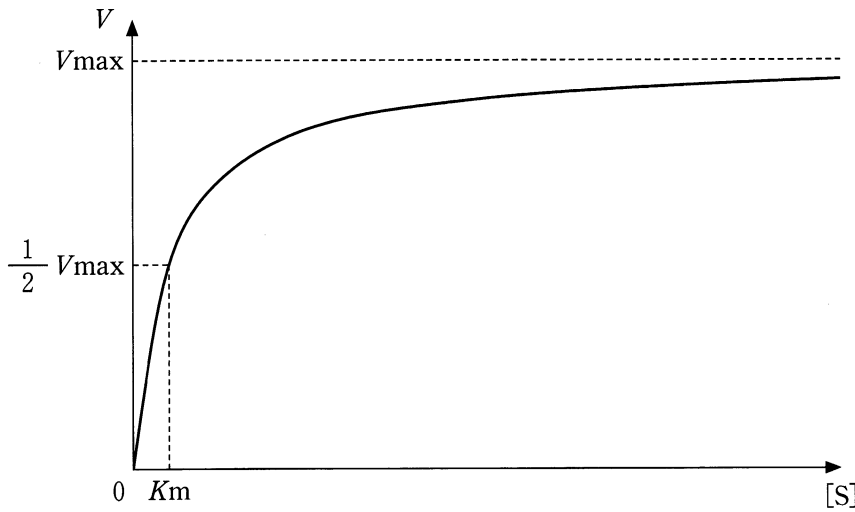


図 2. タンパク質 X の基質濃度 [S] と反応初速度 V の関係

阻害薬 A, B, C, D は、いずれもタンパク質 X の基質 S とよく似た立体構造を持ち、タンパク質 X の活性部位に結合することによって、タンパク質 X と基質 S の結合を妨げ、酵素の働きを阻害する。表 1 は、阻害薬 A, B, C, D が細菌、マラリア原虫、哺乳類のタンパク質 X の酵素の働きを半分にするために必要な阻害薬の濃度(IC 50)である。

表 1. タンパク質 X に対する IC 50(ナノ mol/L)

タンパク質 X の 阻害薬	細菌の タンパク質 X	マラリア原虫の タンパク質 X	哺乳類の タンパク質 X
阻害薬 A	2400	2200	2000
阻害薬 B	7	1800	350000
阻害薬 C	2500	0.5	1800
阻害薬 D	0.1	0.7	0.2

値はナノ mol/L 単位で表示。1 ナノ mol/L は 1×10^{-9} mol/L。

(1) 阻害薬 A, B, C, D によるタンパク質 X の酵素反応の阻害はどのような阻害か, 最も適切なものを①~④から 1 つ選べ。 エ

- ① 競争的阻害
- ② 非競争的阻害
- ③ アロステリック効果による阻害
- ④ フィードバックの効果による阻害

(2) 図 2 の $V_{\max}$ と K_m は, 阻害薬 A, B, C, D のいずれか 1 つを加えたことによりそれぞれどのように変化するか, 最も適切なものを①~③から 1 つ選べ。ただし阻害薬の濃度はタンパク質 X に対する IC 50 (表 1) とする。同じ選択肢を複数回使用しても良い。

$V_{\max}$: オ K_m : カ

- ① 大きくなる。
- ② 小さくなる。
- ③ 変化しない。

(3) 最も低い濃度でヒトの細胞増殖を抑制する阻害薬はどれか, 最も適切なものを①~④から 1 つ選べ。 キ

- ① 阻害薬 A
- ② 阻害薬 B
- ③ 阻害薬 C
- ④ 阻害薬 D

(4) ヒトに用いる抗菌薬(細菌感染の治療薬)として最も適しているものを①~④から 1 つ選べ。 ク

- ① 阻害薬 A
- ② 阻害薬 B
- ③ 阻害薬 C
- ④ 阻害薬 D