

和歌山県立医科大学

平成 31 年 度

理 科

問 題 冊 子

生 物

第1問 ミトコンドリアに関する以下の文を読み、各問に答えよ。

ミトコンドリアは、エネルギーの産生^(a)のほか、脂質やアンモニアの代謝^(b)など様々な役割を担う細胞小器官である。1つの真核細胞には、多い場合で数百から数千個のミトコンドリアが存在し、ダイナミックな形態変化をともしながら分裂・融合を繰り返している。細胞分裂時には、分裂したミトコンドリアが娘細胞へとほぼ均等に分配される。一方で、胚発生のごく初期では、精子由来のミトコンドリアは様々な機構で排除され、卵細胞由来のミトコンドリアのみが次世代へと引き継がれることが知られている。

ミトコンドリアは、現存の α プロテオバクテリアに近い好気性細菌が原始真核細胞に共生したことにより形成されたと考えられている。これを支持する事実として、ミトコンドリアには核DNAとは異なる独自のDNA(ミトコンドリアDNA, mtDNA)^(c)が存在し、独自の転写・翻訳システムを用いてミトコンドリア機能に必要なタンパク質をミトコンドリア内にて合成していることがあげられる。しかし、かつて好気性細菌のDNAに存在していた遺伝子の多くは進化の過程で消失もしくは核DNAへと移行したと考えられており、現在ヒトのmtDNAには37種類の遺伝子しか残存していない。一方、核DNAに移行した遺伝子は、他の遺伝子と同様に核内で転写され、細胞質基質で翻訳された後にミトコンドリアへと運搬されて機能している。

問1 文中の下線(a)について述べた以下の文を読み、問いに答えよ。

好気的な条件下における真核細胞のエネルギー産生過程は、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の3つの代謝経路に分けることが出来る。これらの代謝経路を通して、1分子のグルコースから最大38分子のATPが産生される。

(1) 好気的条件下における解糖系の最終代謝産物は何か答えよ。また、ヒトの細胞では嫌気的条件下においてこの物質をさらに乳酸へと代謝する。この乳酸へと代謝する経路の、嫌気的条件下でのエネルギー産生における意義を述べよ。

(2) 電子伝達系に関連する以下の文章を読み、文中の(ア)~(カ)に入る適当な語句を記せ。

電子伝達系は4種類の呼吸鎖複合体から成る。解糖系やクエン酸回路で生じた (ア) や (イ) から呼吸鎖複合体へと受け渡された電子は、これら複合体間を次々と移動するが、この際に放出されるエネルギーを利用してミトコンドリアの (ウ) から内膜と外膜の間へと (エ) イオンが輸送される。こうして生じた (エ) イオンの濃度勾配を利用して、最終的にATP合成酵素が (オ) をリン酸化してATPを産生する。呼吸鎖複合体間を流れた電子は、最終的に (カ) 分子の還元を使用される。

問 2 文中の下線(b)について、ヒトのミトコンドリア内には、生体にとって有害なアンモニアを無害で排出しやすい物質へと代謝する経路の一部が存在する。この物質とは何か。また、この代謝を活発に行っている臓器を1つ答えよ。

問 3 文中の下線(c)について、ヒトの mtDNA に関する記述として正しいものをすべて選んで番号で答えよ。

- ① 2本鎖ではなく1本鎖である。
- ② 環状の形態をとる。
- ③ 核膜で覆われている。
- ④ 核DNAと同様なエキソン-イントロン構造が存在する。
- ⑤ チミンを含まず、代わりにウラシルを含んでいる。
- ⑥ 半保存的に複製される。

問 4 細菌の一種である *Streptomyces griseus* から単離された抗生物質シクロヘキシミドは、真核生物のリボソーム 60 S サブユニットに作用してペプチド伸長を阻害するが、原核生物のリボソームに対しては構造の違いから阻害作用を示さないことが知られている。これを踏まえて、以下の問いに答えよ。

- (1) シクロヘキシミドは、真核細胞の細胞質基質におけるタンパク質合成は阻害するが、ミトコンドリアにおけるタンパク質合成は阻害しない。その理由として考えられることを述べよ。
- (2) 真核生物のミトコンドリアには1,000種類以上のタンパク質が存在している。そこで、シクロヘキシミドがこれら「ミトコンドリアタンパク質」の合成に与える影響を検討した。シクロヘキシミドの効果として最も適当と考えられるものを1つ選んで番号で答えよ。
 - ① 「ミトコンドリアタンパク質」の合成には全く影響を及ぼさなかった。
 - ② 「ミトコンドリアタンパク質」の新たな合成が完全に抑制された。
 - ③ ごく一部の「ミトコンドリアタンパク質」でのみ、新たな合成が抑制された。
 - ④ 大部分の「ミトコンドリアタンパク質」が新たに合成されなくなったが、ごく一部はシクロヘキシミド存在下でも翻訳が続いた。

問 5 ミトコンドリア病に関する以下の文を読み、問いに答えよ。

ミトコンドリアの維持や機能に異常をきたすと様々な臓器障害が引き起こされることが知られている。この疾患群はミトコンドリア病と呼ばれており、主にミトコンドリアでのエネルギー産生に必要な遺伝子に変異が生じることにより引き起こされる。これまでミトコンドリア病の原因となる遺伝子変異が数多く報告されているが、それらには mtDNA に存在する遺伝子の変異と核 DNA に存在する遺伝子の変異の両者が含まれている。細胞質中にはミトコンドリアが多数存在するため、1つの細胞が複数個の mtDNA を保持している。そのため、一部の mtDNA に変異が生じると、正常な mtDNA と異常な mtDNA が同一細胞内に混在した状態が生み出される。mtDNA 上の変異は世代を超えて引き継がれることがあるが、変異 mtDNA の比率は世代間でしばしば変動し、それにともない症状も変化することが知られている。

(1) ミトコンドリア病の患者では全身のあらゆる臓器に障害が起こりうるが、特に中枢神経系に障害が強く現れる例が多く、ミトコンドリア脳症とも呼ばれている。また、ミトコンドリア病の患者ではなくても、低血糖時には他の臓器と比較して中枢神経系の機能低下が起こりやすいことがよく知られている。これらの事象は中枢神経系のどのような特徴によるものと考えられるか、簡潔に述べよ。

(2) あるミトコンドリア病の家系において、図1のAもしくはBのような遺伝形式をとったとした場合、それぞれどの部分にある DNA 上にミトコンドリア病の原因となる遺伝子変異が生じていると考えられるか。以下から1つずつ選んで番号で答えよ。

- | | |
|------------|------------|
| ① mtDNA | ② 核の常染色体 |
| ③ 核の X 染色体 | ④ 核の Y 染色体 |

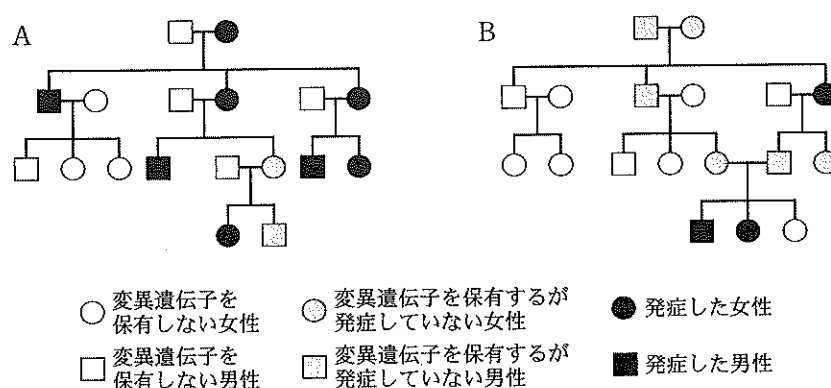


図 1

(3) A, B どちらの家系においても、発症していない両親から産まれた子がミトコンドリア病を発症したケースが存在するが、その理由は異なる。それぞれの家系においてそのようなケースが生じた理由を説明せよ。

第2問 細胞の分化と遺伝子発現調節に関する各問に答えよ。

問1 ヒトの成体中に見出される正常に分化した細胞①～⑨の中から、各問の答えとして適当なものを全て選び、それぞれ番号で答えよ。

- | | | | |
|-----------|--------|-------|--------|
| ① 精原細胞 | ② 精細胞 | ③ 精子 | ④ 第一極体 |
| ⑤ 二次精母細胞 | ⑥ 未受精卵 | ⑦ 赤血球 | ⑧ 樹状細胞 |
| ⑨ マクロファージ | | | |

(1) 両親から引き継いだ染色体全てを含む核を持つものはどれか。

(2) 約半数の核がX染色体を含むものはどれか。

問2 次に示す(a)～(c)それぞれの実験結果からわかることとして最も適切なものを①～⑤の中から1つずつ選んで番号で答えよ。ただし同じ番号を2度以上選んではならない。

- (a) マウスのES細胞(注)をある条件下で培養するとB細胞へと分化した。
- (b) ヒトの皮膚の細胞に特定の数種類の遺伝子を導入して強制的に発現させることにより、分化多能性を有する細胞(iPS細胞)を作製することができた。
- (c) イモリ初期原腸胚の予定神経領域の一部を切り取り、別の初期原腸胚の予定表皮領域に移植すると、移植片は表皮へと分化した。

(注)：哺乳類の発生初期に形成される胚盤胞の内部細胞塊と呼ばれる細胞集団を取り出して培養したもの。

- ① 細胞分化の進行は必ずしも不可逆的なものではない。
- ② 細胞分化は個体発生と無関係に起こりうる。
- ③ 細胞分化は周辺に存在する細胞の影響を受けることがある。
- ④ 親が持つ遺伝子の全てが子に引き継がれるわけではない。
- ⑤ ES細胞は個体を形成する全ての種類の細胞へと分化する能力を有する。

問 3 細胞分化にともなう遺伝子再構成に関する以下の説明文を読み、各問に答えよ。

免疫グロブリンは重鎖と軽鎖と呼ばれる 2 種類のポリペプチドそれぞれ 2 本ずつからなり、いずれのポリペプチドも可変部と定常部からなる。この可変部の多様性は遺伝子再構成などにより生み出され、種々の病原体など多様な抗原への対応が可能となる。図 2 はマウスの形質細胞に見られる免疫グロブリン軽鎖遺伝子の再構成の例を模式的に示したもので、定常部のアミノ酸配列情報は C の部分に、可変部のアミノ酸配列情報は V と J の部分に含まれている。なお、図中の(I)は再構成前の遺伝子 DNA の構造を、(II)は再構成後の遺伝子 DNA の構造を、(III)は mRNA の構造をそれぞれ示すものである。可変部を構成する V は数十種類(ここでは n 種類として、V1, V2, …Vn と表記している)存在し、それらが約 3,000,000 塩基対にわたる遺伝子領域に散在している。J は 5 種類が 1,500 塩基対ほどの領域に存在するが、この J が存在する領域は最も近くにある Vn からでも約 20,000 塩基対離れている。細胞により異なる可変部を持つ軽鎖の合成にあたり、V と J それぞれ 1 つずつが C と結合した状態の軽鎖 mRNA が合成されるのであるが、再構成が終わった遺伝子 DNA には mRNA に含まれない V や J が残っている場合がある(図 2 の例では V1, J4, J5)。

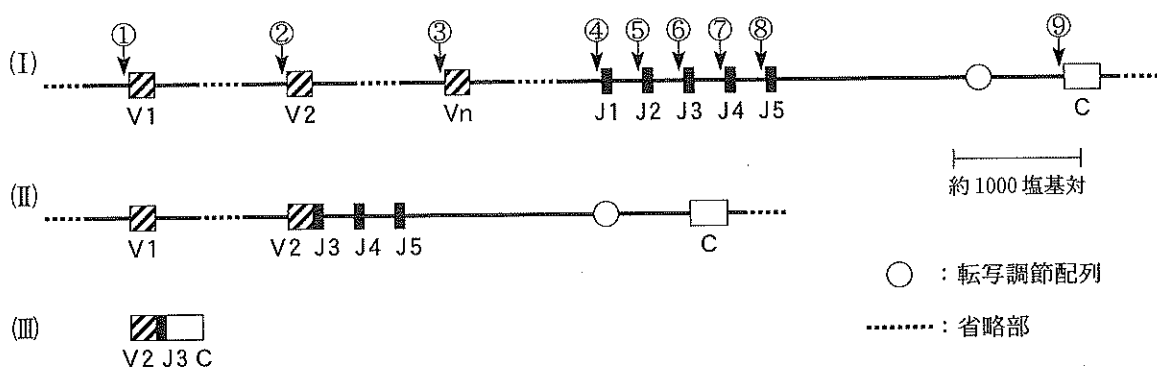


図 2

(1) マウスの細胞の中で、図 2 (II)にある例のように再構成された免疫グロブリン軽鎖遺伝子を持つものはどれか。以下より全て選んで番号で答えよ。

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| ① 受精卵 | ② マクロファージ | ③ キラー T 細胞 |
| ④ ヘルパー T 細胞 | ⑤ B 細胞 | ⑥ 記憶 B 細胞 |
| ⑦ 造血幹細胞 | ⑧ 精子 | |

(2) 図 2 (II)に示した遺伝子から(III)のような構造を持つ mRNA が生成されるメカニズムを簡潔に説明せよ。

(3) V1とJ4を含む軽鎖 mRNA も図2に示す例と同様のメカニズムで合成されるところの場合、再構成後の遺伝子 DNA はどのような構造になっていると考えられるか。図2(Ⅲ)にならって解答欄に図示せよ。

(4) 次の文章の空欄(ア)～(ウ)に入れる語句として適当なものを下欄の①～⑩より1つずつ選んで番号で答えよ。ただし同じ番号を2度以上選んではならない。

転写(RNA合成)を効率よく行うためには転写を開始する部位にあるプロモーターに加え、そこから数塩基対～数百塩基対、場合によっては数千塩基対離れた遺伝子 DNA 上に存在する転写調節配列が必要で、免疫グロブリン軽鎖遺伝子の転写促進にかかわる転写調節配列は図2の中の○印で示した部位に存在する。この部位には形質細胞に多く存在するある種の (ア) が結合し、これがプロモーターに結合する (イ) に働きかけて (ウ) による転写を促進する。

- | | | | |
|--------------|----------|----------|---------|
| ① 遺伝子 | ② tRNA | ③ mRNA | ④ リボソーム |
| ⑤ RNA ポリメラーゼ | | ⑥ プライマー | |
| ⑦ オペレーター | ⑧ 転写調節因子 | ⑨ 基本転写因子 | ⑩ 調節遺伝子 |

(5) 図2に例示した様式で遺伝子が再構成されることによって多様な免疫グロブリン軽鎖遺伝子が生まれるが、いずれの遺伝子が転写される際にもプロモーターが必要となる。図2(I)に示した①～⑨の矢印の中で、プロモーターが存在すると考えられる部位を指すものを全てを番号で答えよ。また、そう考えた理由を簡潔に述べよ。

(6) この遺伝子再構成は、免疫グロブリンの多様性確保に役立つ以外に、免疫グロブリン軽鎖遺伝子の転写の活性に対してどのような影響を与えられらるか、理由とともに述べよ。(4)の(ア)～(ウ)の答えとして選んだ語句を用いる場合は、そのまま(ア)～(ウ)の記号を用いること。

第3問 細胞膜における水の輸送に関する以下の文を読み、各問に答えよ。

生物の体を形成する細胞は細胞膜に覆われている。細胞膜は他の生体膜と同様に脂質の二重層からなる基本構造を有し、そこには様々な種類のタンパク質が配置されている。細胞膜が半透性を有する、すなわち溶媒である水の分子は自由に透過するが、そこに溶けている他の分子やイオンは透過しないと仮定した場合、細胞膜をはさんでの水の移動方向は細胞内外の浸透圧によって変化する。ここでいう浸透圧はオスモル濃度(注)に比例し、水は浸透圧の低い方から高い方へ向かって移動する。細胞内と同じ浸透圧である等張液中では細胞膜をはさんでの水の移動は見かけ上なくなる。従来、赤血球の細胞膜が半透性を有することは様々な実験により確認されていた。しかしながら細胞膜の基本構造である脂質二重層における水の拡散速度はごくゆっくりとしたもので、赤血球の細胞膜が持つ水の透過性に関する特性は、人工の脂質二重層においては認められなかった。そこで水を選択的に透過させる水チャネルの存在が予想され、ヒトの赤血球の細胞膜に多く存在するあるタンパク質(ここでは「タンパク質A」と呼ぶ)がその候補としてあげられた。後にこれが水チャネルであることが実証され、アクアポリンと呼ばれるようになった。

(注)：オスモル濃度は osmol/L と表記し、1 リットルの水溶液に含まれる水以外の分子及びイオンの総数が 6.02×10^{23} の場合 1 osmol/L となる。

問1 生体膜に関する以下の問に答えよ。

(1) 細胞の中に存在する構造体の中で生体膜を含むものを以下より全て選んで番号で答えよ。

- | | | | |
|--------|---------|---------|-------|
| ① 核 | ② リボソーム | ③ 葉緑体 | ④ 中心体 |
| ⑤ ゴルジ体 | ⑥ 分泌小胞 | ⑦ リソソーム | |

(2) 生体膜の厚さとして適当なものを1つ選んで番号で答えよ。

- | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| ① $0.5 \sim 1 \text{ nm}$ | ② $5 \sim 10 \text{ nm}$ | ③ $50 \sim 100 \text{ nm}$ |
| ④ $0.5 \sim 1 \text{ }\mu\text{m}$ | ⑤ $5 \sim 10 \text{ }\mu\text{m}$ | |

問 2 「タンパク質 A」が水チャネルを形成するという仮説の検証実験に関する以下の説明文を読み、問に答えよ。

アフリカツメガエルの卵母細胞を等張液である 0.2 osmol/L の塩溶液中から 0.07 osmol/L の塩溶液中へ移した後、細胞の体積の変化を観察した結果、図 3 のグラフに示すように軽微な変化を示すにとどまった。ここで上記の仮説を検証するため、0.2 osmol/L の塩溶液中にあるアフリカツメガエルの卵母細胞にあらかじめ「タンパク質 A」の mRNA 5 ng(注 1)を含む水 50 nL(注 2)を注入した後 3 日経ってから 0.07 osmol/L の塩溶液中へ移して、細胞膜をはさんでの水の移動による細胞の体積の変化を観察するという実験を行った。

(注 1) : 1 ng = 1×10^{-9} グラム (注 2) : 1 nL = 1×10^{-9} リットル = 1×10^{-3} 立方ミリメートル

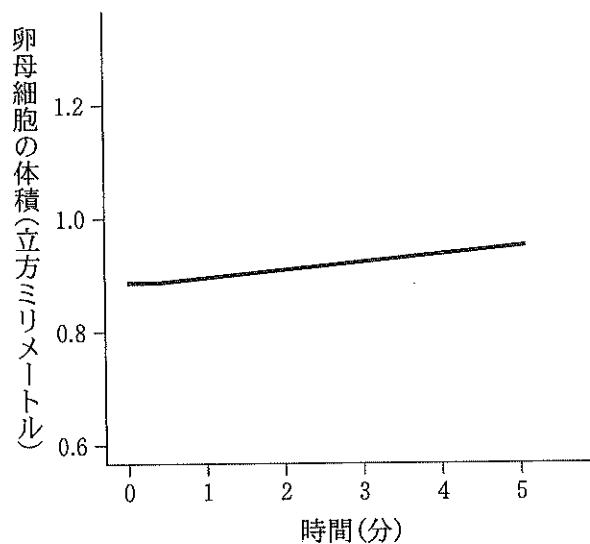


図 3

(1) この検証実験に用いる細胞が満たすべき条件として適当なものを 2 つ選んで番号で答えよ。

- ① 遺伝子組換えが容易である。
- ② 液体の注入が容易である。
- ③ 強固な細胞骨格により細胞形態が安定している。
- ④ 水チャネルは存在しないか少量である。
- ⑤ 細胞膜上にタンパク質が存在しない。

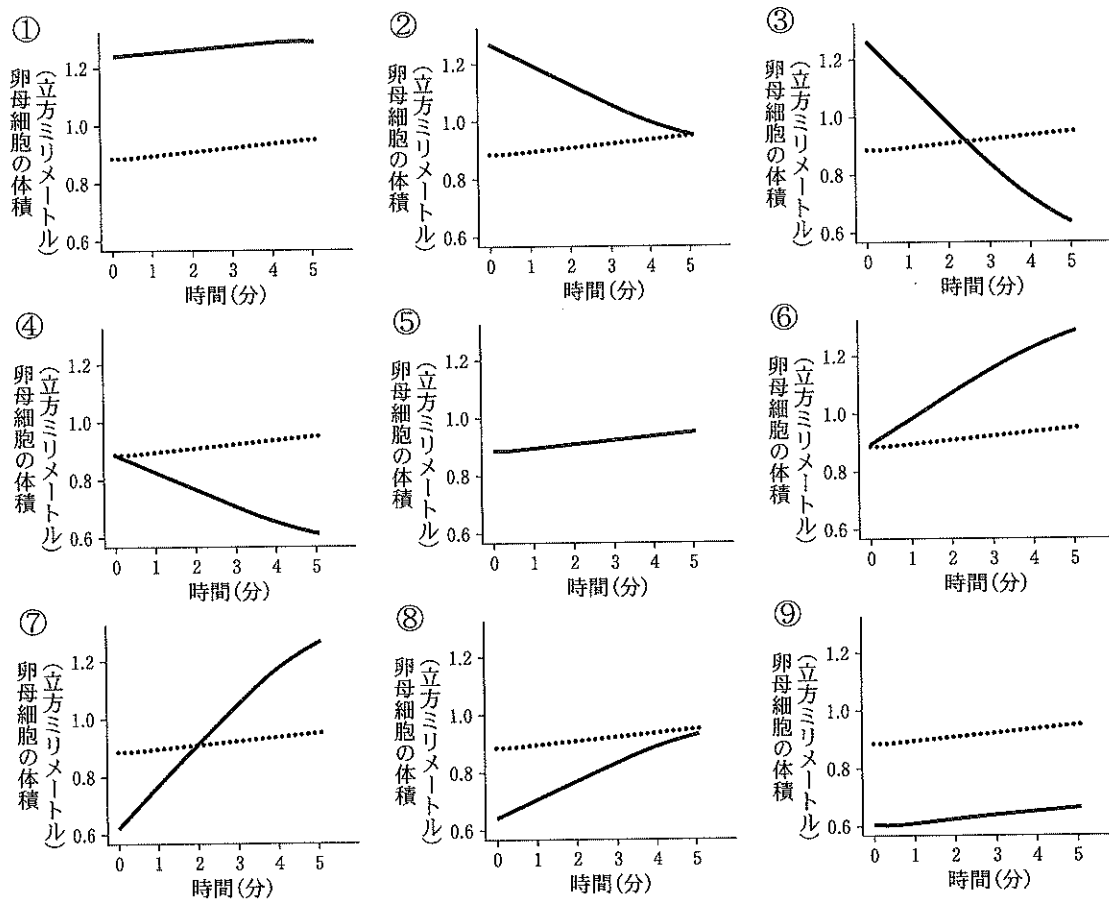
(2) 図 3 に示した実験結果は、(1)で選んだ条件のどちらを満たしていることを示すものか、番号で答えよ。またここで用いる細胞がその条件を満たすべき理由を述べよ。

- (3) 仮説の真偽に関わらず「タンパク質 A」の mRNA を導入してから 3 日の間に、等張液中にあるアフリカツメガエルの卵母細胞において起こることが予想される事象を、順を追って述べよ。ただし以下の用語を全て用いること。

リボソーム 細胞膜

- (4) 「タンパク質 A」の mRNA 導入の効果を正しく判断するためにはどのような対照実験を行うべきか。適当な細胞の種類と施すべき処置について答えよ。

- (5) 仮説が正しい場合にはどのような結果になると考えられるか、「タンパク質 A」の mRNA を導入した細胞と対照実験に用いた細胞それぞれについて下のグラフから 1 つずつ選んで番号で答えよ。



注意：点線は図 3 のグラフを比較のため示したものである。

- (6) 「タンパク質 A」の mRNA を導入した卵母細胞を、赤血球の水チャネルを介した水の移動を阻害することが知られている塩化第二水銀を添加した 0.07 osmol/L の塩溶液中へ移して体積の変化を観察する実験を行った。上記の仮説が正しい場合に予想される結果について理由とともに文章で説明せよ。ただし、添加した塩化第二水銀が、塩溶液のオスモル濃度を与える影響は無視できるほど小さいものとする。

問 3 哺乳類の腎臓におけるアクアポリンの役割に関する以下の説明文を読み、問に答えよ。

尿の生成過程において、原尿に含まれる水は細尿管や (ア) において再吸収される。この際、水はこれらを形成する上皮細胞を通過して血管へと移動するが、 (ア) の上皮細胞の細胞膜の水の透過性は (イ) と呼ばれるホルモンによる調節を受けている。 (イ) が腎臓の (ア) の上皮細胞に到達すると 10 分程度で細胞膜の水の透過性が急速に高まる。そして (イ) の濃度が低下すると、水の透過性は元の状態に戻る。細尿管や (ア) においては水の外、ナトリウムイオンも再吸収され、これは (ウ) と呼ばれるホルモンにより調節される。

(1) 文中の (ア) ~ (ウ) に入る適当な語句を記せ。

(2) ホルモン (イ) の効果として適当な記述を 1 つ選んで①~④の番号で答えよ。

- ① 尿の量を増加させ、血圧を上げる。
- ② 尿の量を増加させ、血圧を下げる。
- ③ 尿の量を減少させ、血圧を上げる。
- ④ 尿の量を減少させ、血圧を下げる。

(3) 図 4 はラットの腎臓から取り出した (ア) を用いて上皮細胞におけるアクアポリンタンパク質の分布に対する (イ) の影響を調べた結果を示すグラフである。グラフの縦軸は、細胞膜に存在するアクアポリンの量の、細胞内の小胞上に存在するアクアポリンの量に対する比である。なお、上皮細胞におけるアクアポリンの総量に大きな変化がないことが別の実験により確認されている。これらの情報から、(イ) が (ア) の上皮細胞において水の透過性を調節するメカニズムの一部を読み取ることができるのであるが、それはどのようなものか説明せよ。(ア) ~ (ウ) に該当する用語を用いる場合はそのまま記号を用いること。

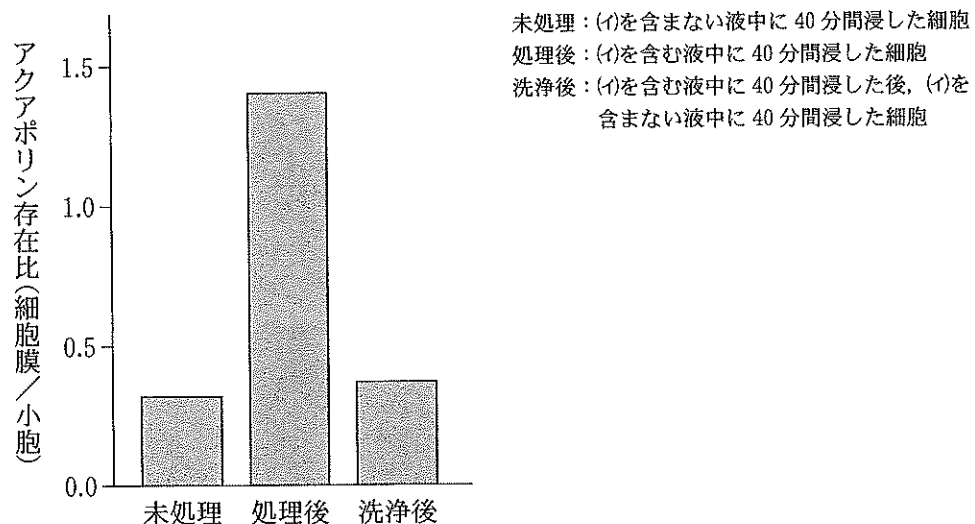


図 4

第4問 DNAの複製と突然変異に関する以下の文を読み、各問に答えよ。

DNAが複製される際には、まずDNAヘリカーゼという酵素が塩基間の水素結合を切り、二本鎖が開裂して部分的に一本鎖になる。引き続きそれぞれのヌクレオチド鎖を鋳型にして (ア) が相補的なヌクレオチド鎖を合成していく。この際、ヌクレオチド鎖の合成は必ずしも連続的に進行せず、場合によっては岡崎断片と呼ばれる短いDNA断片の合成を繰り返し、後にこれらを (イ) によりつなぎ合わせるという方法がとられる。また、二本鎖が開裂した部分の周辺ではDNAの二重らせん構造に歪み(ねじれ)が生じ、DNA複製の進行が妨げられる。DNAトポイソメラーゼIという酵素には、片方のヌクレオチド鎖を一時的に切断することでこのねじれを解消する作用がある。キジュという植物から発見されたカンプトテシンという物質は、DNAと結合した状態のDNAトポイソメラーゼIに結合し、この酵素反応を阻害することでDNAの複製を妨げ、細胞死を引き起こすことから、抗がん剤として利用される。しかし継続的に投与するうちに、カンプトテシンに耐性を持ったがん細胞が出現する例が知られている。

問1 文中の(ア)、(イ)にあてはまる酵素名を答えよ。

問2 下線部について、このような一見非効率的な複製方法をとる理由と最も関連の深い記述を以下より1つ選んで番号で答えるとともに、その理由を説明する上で重要なDNAの構造上の特徴を1つ述べよ。

- ① DNAヘリカーゼによるDNA二本鎖の開裂にはATPなどからのエネルギー供給が必要である。
- ② 酵素(ア)はヌクレオチド鎖の3'末端にのみ新たなヌクレオチドを結合させる。
- ③ 酵素(イ)はヌクレオチド鎖の5'末端と3'末端を結合させる。
- ④ DNAの複製にはプライマーが必要である。
- ⑤ DNAの複製に用いられるプライマーはRNAからなり、後に分解除去される。

問 3 DNAトポイソメラーゼIの酵素活性は、活性部位に位置するアミノ酸の種類により変化することが知られている。図5にはDNAトポイソメラーゼIの活性部位の一部(A部位, B部位)のアミノ酸配列(I)~(Ⅲ)と、カンプトテシン非存在下および存在下におけるDNAトポイソメラーゼ活性の有無との関係が記してある。この図から得られる情報をもとに、A部位に位置するアスパラギンとB部位に位置するチロシンの役割を簡潔に答えよ。

	A	B	カンプトテシン非存在下	カンプトテシン存在下
(I)	セリン	チロシン	有	有
(II)	アスパラギン	チロシン	有	無
(Ⅲ)	アスパラギン	フェニルアラニン	無	無

図 5

問 4 がん細胞がカンプトテシンに対する耐性を獲得する過程を述べた以下の文を読み、各問に答えよ。

細胞が死滅しない程度の薄いカンプトテシンを含む培養液でがん細胞の培養を始め、徐々にカンプトテシンの濃度を上げていくと、本来のがん細胞であれば死滅してしまうような高い濃度のカンプトテシンを含む培養液中でも増殖するようになった。

(1) このような耐性獲得のメカニズムについての仮説の1つとして、カンプトテシン耐性がん細胞のDNAトポイソメラーゼIはカンプトテシンによって阻害されない形に変異しているというものが挙げられる。これが正しいとした場合、以下の細胞に存在するDNAトポイソメラーゼIの活性部位のアミノ酸配列は、図5にある(I)~(Ⅲ)のどれに対応すると考えられるか、記号で答えよ。

- (a) 上記のような条件で培養する前のがん細胞
- (b) 最終的に高い濃度のカンプトテシンを含む培養液中で増殖し続けているがん細胞

(2) 高い濃度のカンプトテシンを含む培養液中で増殖しているがん細胞のDNAトポイソメラーゼIには、このような変異が実際に起こっていることが知られている。これを踏まえて、カンプトテシンにより増殖が抑制されていた均一ながん細胞の集団が、高い濃度のカンプトテシンを含む培養液中でも増殖し続けることが出来るがん細胞の集団へと変化した経緯を考察し、順を追って説明せよ。

問 5 薬剤耐性の問題は抗菌剤においても確認されており、抗菌剤の不適切な使用により耐性菌の出現することが知られている。以下にあげた記述の中で、病原菌による薬剤耐性獲得のメカニズムについての説明として適切でないものを1つ選んで番号で答えとともに、選んだ理由を述べよ。

- ① 細胞壁の形成を阻害するある抗菌剤に対する耐性菌は、この抗菌剤を分解する酵素を産生する。
- ② タンパク質合成を阻害するある抗菌剤に対する耐性菌は、この抗菌剤をリン酸化することにより不活性化する酵素を産生する。
- ③ 細胞壁の形成を阻害するある抗菌剤に対する耐性菌では、この抗菌剤の標的となる酵素がこの抗菌剤と結合できない形に変異している。
- ④ タンパク質合成を阻害するある抗菌剤に対する耐性菌では、この抗菌剤の細胞内への透過性が高まっている。

問 6 カンプトテシンを作る植物としてはキジュの他に、これとは遠縁のクサミズキ、チャボイナモリなどが知られている。動物、植物を問わず多くの生物において、DNA トポイソメラーゼ I の A 部位や B 部位の^(a)アミノ酸は同じであるが、これら 3 種についてはいずれも、カンプト^(b)テシン耐性がん細胞のものと同じように変異している。

(1) 下線部(a)について、図 5 を参考にして A 部位と B 部位のアミノ酸の名称を答えよ。

(2) 下線部(b)について、このような事象と最も関連の深いものを以下より 1 つ選んで番号で答えよ。

- ① 中立進化 ② 収束進化 ③ 大進化 ④ 遺伝的浮動 ⑤ 適応放散