聖マリアンナ医科大学

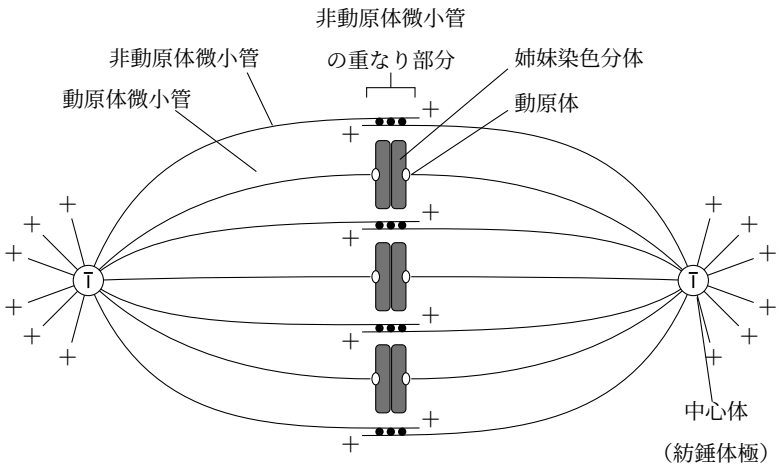
2026 年度　一般選抜　生物

（2 科目　150 分）

1 次の文章を読んで質問に答えなさい。

身体の成長や、大きさ・機能の維持には、細胞の増殖が伴う。身体のほとんどを占める体細胞における通常の細胞分裂は、配偶子形成に特有な（ ア ）分裂と区別して体細胞分裂という。体細胞分裂の目的は、もとの細胞と同じ性質をもつ 2 つの細胞を生み出すことである。そのため細胞には、1 回の細胞周期の中で DNA 複製を正確に一度だけ行い、複製した DNA を娘細胞に等しく分配する仕組みが整えられている。真核生物のゲノムは大部分が核に、ごく一部がミトコンドリアに、植物などでは葉緑体にも存在する。核ゲノムは直鎖状の DNA から構成され、DNA が（ イ ）というタンパク質に巻き付いたクロマチンを基本構造とする。クロマチンは細胞周期の各段階において凝縮の程度が様々に変化する。分裂期にクロマチンが強く凝縮して染色体を形成する際には、さらにコンデンシンなど特殊なタンパク質を必要とする。また、複製された DNA どうし（姉妹染色分体）は、後述するように、娘細胞への等分配の過程が開始されるまで、コヒーシンというタンパク質によってつなぎ留められている。

複製した DNA を娘細胞へ分配する際に中心的な役割を果たすのは、微小管を主成分とする紡錘体（ぼうすいたい）と呼ばれる構造である。動物細胞の場合、体細胞には通常 1 個の中心体があり、DNA 複製の際にこれが 2 個に複製される。これらの中心体を極として微小管が形成され、紡錘体が構築される（**図 1-1**）。微小管は、チューブリンというタンパク質が中心体を極として一定の方向性をもって重合する（次々と結合する）ことで形成されるため、その構造には方向性（極性）があり、微小管の中心体（紡錘体極）側をマイナス端、これと反対側をプラス端と呼ぶ。分裂期の染色体にはそれぞれ一箇所にくびれがあり、そこに動原体と呼ばれる構造が形成される。紡錘体を構成する微小管の一部はここに結合し、これを動原体微小管と呼ぶ。一方、紡錘体の 2 つの極は、逆向きの微小管どうしが特殊なタンパク質を介して間接的に繋がった状態にある。このような微小管を非動原体微小管と呼ぶ。非動原体微小管は、プラス端でチューブリンが重合して伸長することにより、赤道面付近で対向する微小管どうしの重なり部分を維持している。さらに、この重なり部分に存在する特殊なタンパク質（**図 1-1 の●**）のはたらきによって、2 つの紡錘体極を互いに遠ざける力がはたらいている。



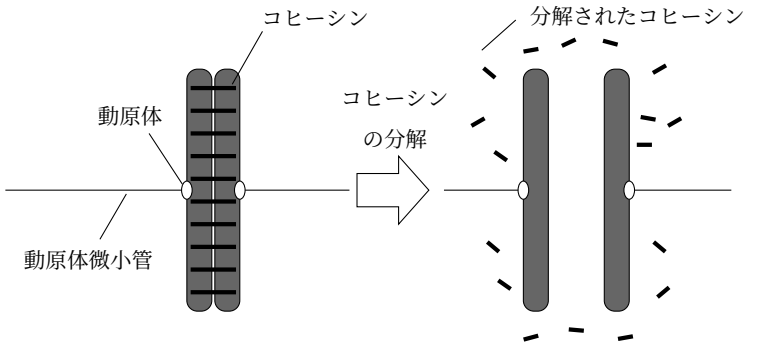
＋ 微小管の「プラス端」

• 逆向きの非動原体微小管をつなぐタンパク質

（参考）非動原体微小管は実際には複数の微小管の断片が特殊なタンパク質を介してつながっているが、この図では非動原体微小管を簡略化してそれぞれ 1 本の微小管として描いた。

図 1-1

紡錘体が形成され、姉妹染色分体を分離する準備が整うと、① コヒーシンの分解による姉妹染色分体の解離、② チューブリンの脱重合（重合していたチューブリンが解離すること）による動原体微小管の短縮、および ③ 非動原体微小管による 2 つの紡錘体極どうしを遠ざけ合う作用とが相まって、姉妹染色分体はそれぞれ反対の紡錘体極へと分かれてゆく（**図 1-2**）。



(A) コヒーシンで連結された姉妹染色分体　　**(B) 両極へ分かれる姉妹染色分体**

図 1-2

〔1〕 文中の空欄（ ア ）および（ イ ）に入る適切な語を答えなさい。

〔2〕 DNA 複製は、DNA 中に多数存在する複製起点と呼ばれる特定の部位から開始される。

1） もし、複製が直鎖状 DNA の一方の端のみから始まり、複製速度が真核生物の平均的な値である毎秒 50 塩基であるとすると、ヒトの染色体 1 本の平均的な長さ 1 億 3000 万塩基対の複製にかかる時間はどの程度か、最も近いものを下の①～⑤から選びなさい。

① 30 秒　② 30 分　③ 30 時間　④ 30 日　⑤ 30 か月

2） 1）の結果を踏まえ、真核生物において複製起点が多数（ヒトゲノムでは数万箇所に達する）存在する利点を 2 行以内で述べなさい。

（注）解答欄は 1 行約 17.5 cm。

〔3〕 DNA 複製の様子を模式的に示す（**図 1-3**）。DNA 複製に際しては、まず塩基対が解離して二重らせん構造がほどけ、一本鎖になったヌクレオチド鎖を鋳型にして、短い RNA 断片が合成される。次いで、その RNA 断片を起点に DNA ポリメラーゼによるヌクレオチド鎖の合成が行われる。DNA ポリメラーゼによるヌクレオチド鎖の合成は、一方の鎖では連続的に進み、他方では不連続に進む。

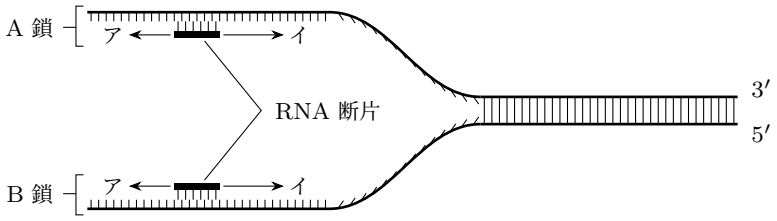


図 1-3

1） 図中の A 鎖と B 鎖の複製方向は、それぞれア、イのどちらか。また、不連続にヌクレオチド鎖の合成が進行するのは A 鎖、B 鎖のどちらか。

2） RNA 断片の名称を答えなさい。

3） 複製において、不連続に合成される個々のヌクレオチド鎖の断片を特に何と称するか。

〔4〕 チューブリンの脱重合による動原体微小管の短縮が、微小管のどの領域で起こるかを解明する目的で、次のような実験を行った。

[実験] ブタ腎臓の細胞に、微小管に結合する蛍光色素を導入して、生きたままの細胞で微小管を観察できるようにした（**図 1-4A**）。ただし、図には動原体微小管以外の微小管は示していな

い。また、この色素は微小管の機能を妨げないことが分かっている。次に局所的にレーザー光線を当てて、微小管の機能を妨げることなく微小管の一定の領域のみ蛍光を消失させた（**図 1-4B** の「**印**」（破線））。この細胞をしばらく観察したところ、中心体（紡錘体極）側の微小管（**図 1-4B ア**）と蛍光を消失させた領域（**図 1-4B イ**）は短縮せず（**図 1 － 4C アとイ**）、消光した領域よりも染色体側の微小管（**図 1-4B ウ**）が短縮していた（**図 1-4C ウ′**）。

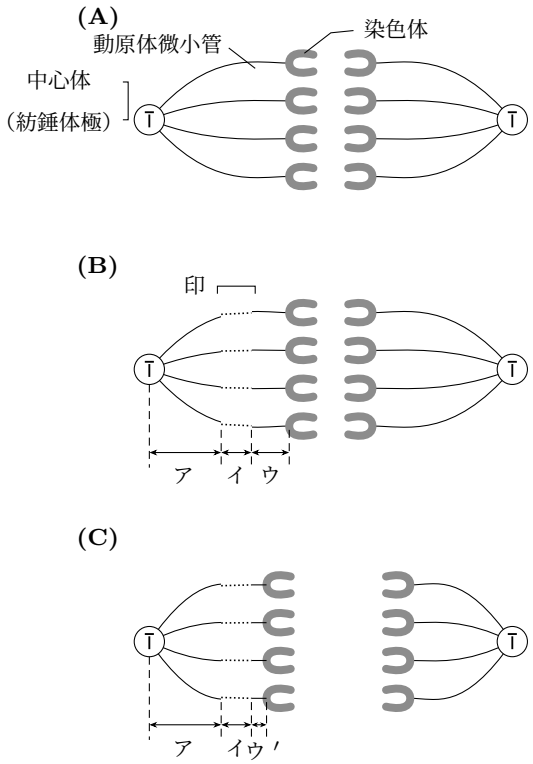


図 1-4

この実験結果から推定される、ブタ腎臓細胞の動原体微小管におけるチューブリン脱重合の概要として適当なものを下の①～④から 1 つ選びなさい。

① 脱重合は主に動原体微小管のマイナス端で起こる。

② 脱重合は主に動原体微小管のプラス端で起こる。

③ 脱重合は動原体微小管のマイナス端とプラス端の両端で同程度に起こる。

④ 脱重合は動原体微小管上の様々な位置で同程度に起こる。

〔5〕 姉妹染色分体が解離するときは動原体微小管が短縮するのに対し、非動原体微小管では対向する微小管どうしが一定の重なり（**図 1-1**）を維持しつつ、お互いを遠ざけるような作用を示す。これに基づくと、紡錘体における微小管が重合するか、脱重合するかの制御について、最も適当

なものを下の①～③から 1 つ選びなさい。

① 動原体微小管と非動原体微小管とで、重合・脱重合は同じように起こる。

② 動原体微小管と非動原体微小管とで、重合・脱重合は全く不規則、無制御に起こる。

③ 動原体微小管か非動原体微小管かによって、別々に重合・脱重合が起こる。

〔6〕 動原体は様々なタンパク質からなる複合体で、動原体微小管の結合部位を提供するほか、紡錘体の両極から動原体微小管が正しく結合したことを確認するまで、コヒーシンの分解を抑制する仕組みをもつ。具体的には、動原体微小管が正しく結合していない動原体には、特殊な酵素が集積し、コヒーシンの切断を引き起こす別の酵素系を阻害する。やがて動原体微小管が全ての動原体に結合すると、コヒーシンの分解を抑制する仕組みが解除される。

1） 酵素とは何か、酵素の定義を 1 行で説明しなさい。

（注）解答欄は 1 行約 17.5 cm。

2） この仕組みがブレーキ役を果たしているのは分裂期のどの段階か、最も適当なものを下の①～⑤から選びなさい。

① 間期から分裂期の前期に至る段階　② 分裂期の前期から中期に至る段階

③ 分裂期の中期から後期に至る段階　④ 分裂期の後期から終期に至る段階

⑤ 分裂期の終期から細胞質分裂に至る段階

3） もしこの仕組みだけが機能せず、その後の細胞分裂の過程が進行したと仮定すると、娘細胞への染色体の分配にどのような異常が生じると予想されるか、例を 1 つ挙げて 2 行以内で説明しなさい。

（注）解答欄は 1 行約 17.5 cm。

〔7〕 動物細胞では、姉妹染色分体の紡錘体極方向への分配が正しく進行するのに引き続いて、細胞膜の適切な位置で細胞をくびるような力が作用し、細胞質分裂が起こる。このような力を細胞膜に与えるのは、細胞骨格とこれに協同する繊維（フィラメント）状のタンパク質から成る収縮環と呼ばれる装置であり、収縮環を構成するタンパク質と力の発生メカニズムは骨格筋の筋原繊維とほぼ同等である。

1） 骨格筋において、相互のすべりにより筋収縮の力を生じさせる 2 種類のフィラメントを構成するタンパク質の名称を 2 つ答えなさい。

2） 収縮環が形成されるのはどこか、最も適当なものを①～⑤から選び記号で答えなさい。

① 紡錘体極　　② 紡錘体の全体

③ 赤道面に配置された染色体　　④ 細胞膜全体

⑤ 細胞膜のうち紡錘体の赤道面が通る領域

2 次の文章を読んで質問に答えなさい。

光合成は、光エネルギーを用いて ATP や NADPH を合成し、これらを利用して有機物を合成する反応である。植物が行う光合成は[a]葉緑体で行われ、チラコイド膜で起こる反応による ATP や NADPH の合成と、（ ア ）で起こる有機物の合成に分けられる。

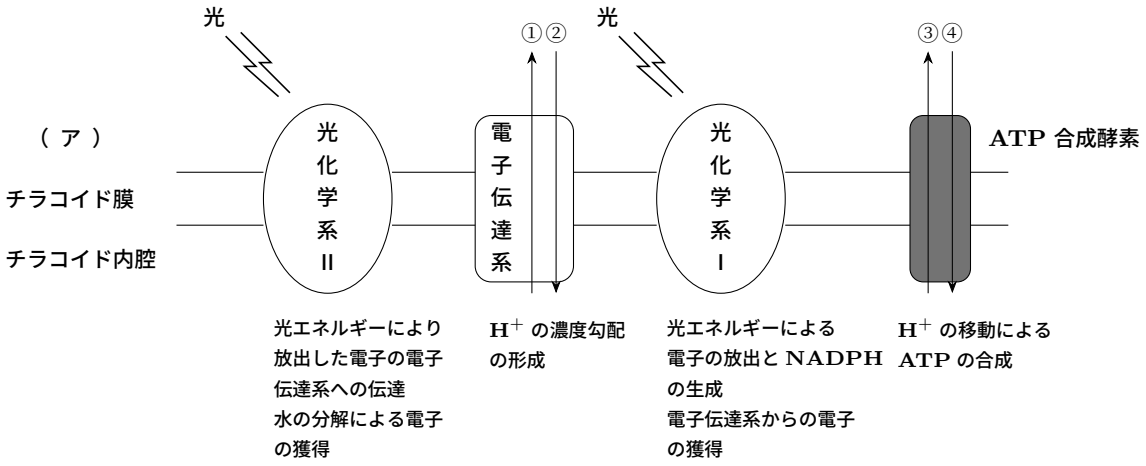
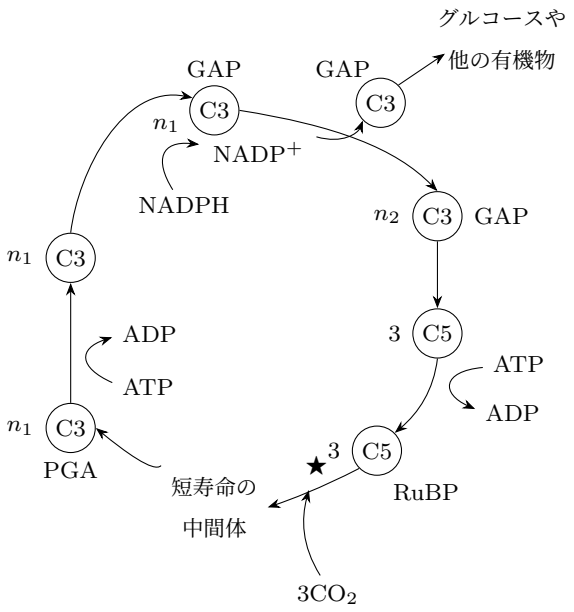


図 2-1

葉緑体における ATP や NADPH の合成は、[b]光合成色素によって吸収された光エネルギーが、光化学系Ⅰ、Ⅱの反応中心の光合成色素である（ イ ）に集められるところから始まる。エネルギーを受け取った（ イ ）は活性化し、電子を放出する（光化学反応）。電子を失った（ イ ）は、光化学系Ⅱでは水の分解によって生じた電子を、また光化学系Ⅰでは光化学系Ⅱから電子伝達系を経て伝達されてきた電子を受けとってそれぞれ活性化前の状態に戻る（**図 2-1**）。光化学系Ⅰでは、放出された電子が $NADP^+$ に渡り、NADPH が生成される。また、[c]光化学系Ⅱから放出された電子が電子伝達系を移動する際に H^+ が輸送され、水の分解による H^+ の生成と併せて、チラコイド膜の内外に H^+ の濃度勾配が生じる。この濃度勾配を利用して、ATP 合成酵素が ATP を合成する。

（ ア ）では、二酸化炭素が還元されて有機物が合成される。この反応経路を[d]カルビン回路（カルビン・ベンソン回路）と称する（**図 2-2**）。



C3, C5 はその分子の炭素数を示す。
それぞれの分子の左側の数字、n_1、n_2 は分子数を示す。
ATP、NADPH の分子数、H_2O は省略されている。

図 2-2

イネやダイズなどでは、e気孔から取り入れた大気中の二酸化炭素をそのままカルビン回路に取り入れて有機物を合成する。まず、二酸化炭素とリブロース 1,5-ビスリン酸（RuBP）が結合し、中間体を経てホスホグリセリン酸（PGA）ができる。PGA は多くの酵素のはたらきでグリセルアルデヒド 3-リン酸（GAP）を経て RuBP になる。これで回路は一回りする。

GAP は解糖系において生成される中間産物と同じ物質であり、この GAP からグルコースなどの有機物が合成される。

〔1〕 文中の空欄（ ア ）および（ イ ）に入る適切な語を答えなさい。

〔2〕 下線 a について、以下の問に答えなさい。

1） 葉緑体は、太古のシアノバクテリアに由来する細胞小器官であると考えられている。このような考え方を何と称するか。

2） 1）のような考え方のもとになっている根拠を 2 行以内で説明しなさい。

（注）解答欄は 1 行約 17.5 cm。

〔3〕 下線 b により、植物の葉は緑色に見える。その理由について、光合成色素の吸収スペクトルに留意して 2 行以内で説明しなさい。

（注）解答欄は 1 行約 17.5 cm。

〔4〕 下線 c について、以下の問に答えなさい。

1） 電子伝達系、ATP 合成酵素における H^+ の移動方向として適切なのは、それぞれ**図 2-1** の①〜④のどれか。

2） このような、光エネルギーに依存した ATP 合成を特に何と称するか。

〔5〕 下線 d について、以下の問に答えなさい。

1） **図 2-2★** において、二酸化炭素と RuBP を結合させる酵素の名称を答えなさい。略称でも差し支えない。

2） **図 2-2** にあるように、3 分子の二酸化炭素が回路に取り込まれたとき、図中の n_1、n_2 の数（分子の個数）を答えなさい。

3） 実験室で、ある植物を十分な光が照射された環境に置いた。なお、温度、水、栄養、二酸化炭素の条件も適切に保たれていた。そこから、二酸化炭素濃度だけを人為的に下げ、PGA と RuBP の量の変化を調べた（**図 2-3A**）。PGA の量の変化を示しているのは i）および ii）のどちらか。また、そのように判断した根拠を 3 行以内で説明しなさい。

（注）根拠の解答欄は 1 行約 17.5 cm。

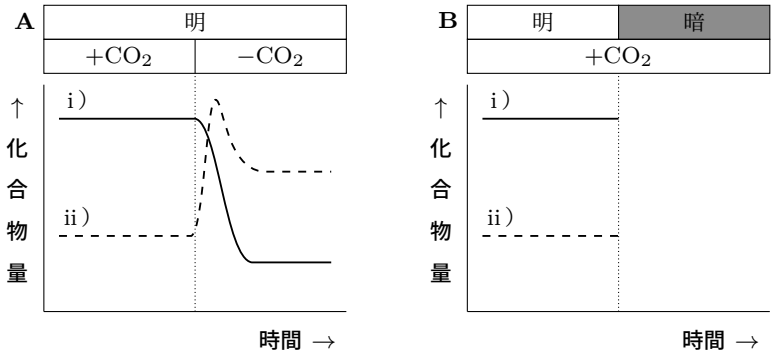


図 2-3

4） 3）のように、ある植物を十分な光が照射された環境に置いた（温度、水、栄養、二酸化炭素の条件も適切である）。そこから、二酸化炭素濃度は変えずに、光照射を停止して、PGA と RuBP の量の変化を調べた（**図 2-3B**）。ただし、図には暗条件に切り替えてからの変化は描かれていない。暗条件に切り替え後、PGA と RuBP の量はどのように変化し始めると

予想されるか、「増加する」、「減少する」、「変化しない」のいずれかをそれぞれ答えなさい。

〔6〕 下線 e について、以下の問に答えなさい。

1） 気孔の開口は、孔辺細胞がある光を受容すると起こる。孔辺細胞がもつ光受容体の名称と受容する光の色を答えなさい。

2） 気孔の閉鎖に関与する植物ホルモンの名称を答えなさい。

〔7〕 光合成は一部の細菌でも行われる。

1） 紅色硫黄細菌がもつ光合成色素は何か。

2） 紅色硫黄細菌とシアノバクテリアの光合成について、以下の（ A ）～（ C ）に入る化学式の組み合わせとして正しいのはどれか。下の（あ）～（た）からそれぞれ選びなさい。

$$6CO_2 + (\ A\ ) + \text{光エネルギー} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + (\ B\ ) + (\ C\ )$$

	A	B	C
（あ）	$6H_2S$	6S	$6H_2O$
（い）	$6H_2S$	6S	$12H_2O$
（う）	$6H_2S$	12S	$6H_2O$
（え）	$6H_2S$	12S	$12H_2O$
（お）	$12H_2S$	6S	$6H_2O$
（か）	$12H_2S$	6S	$12H_2O$
（き）	$12H_2S$	12S	$6H_2O$
（く）	$12H_2S$	12S	$12H_2O$

	A	B	C
（け）	$6H_2O$	$6O_2$	$6H_2O$
（こ）	$6H_2O$	$6O_2$	$12H_2O$
（さ）	$6H_2O$	$12O_2$	$6H_2O$
（し）	$6H_2O$	$12O_2$	$12H_2O$
（す）	$12H_2O$	$6O_2$	$6H_2O$
（せ）	$12H_2O$	$6O_2$	$12H_2O$
（そ）	$12H_2O$	$12O_2$	$6H_2O$
（た）	$12H_2O$	$12O_2$	$12H_2O$

3 次の文章を読んで質問に答えなさい。

生体には、異物の侵入を防いだり、侵入した異物を除去したりする、免疫という生体防御の仕組みがある。この免疫は、大きく自然免疫と獲得免疫（適応免疫）に分けられる。しかし、免疫は常に適切に機能するとは限らず、免疫の不全や過剰な防御反応が体調不良や疾患の原因となることもある。また、免疫の仕組みは病原体への予防や治療の基礎となるだけでなく、研究手法としても利用されている。

〔1〕 以下の 1）～4）は、自然免疫と獲得免疫（適応免疫）、どちらを説明したものか。解答欄には、自然免疫であれば「A」、獲得免疫であれば「B」、両方に当てはまる場合は「○」、どちらにも当てはまらない場合は「×」と記入しなさい。

1）白血球が関わる。　　2）ウイルスなどが感染した細胞を認識して除去する。

3）血液中のグルコース濃度を一定に保つ。　　4）ワクチンを接種した直後に最初に働く。

〔2〕 ラットの生体において、皮膚の下に墨汁を注入し、一定時間後にその組織を取り出してプレパラート標本を作製した。これを光学顕微鏡にて観察したところ、一部の細胞の中に墨汁の粒子が取り込まれている像が得られた。これは、異物を細胞の内部に取り込む仕組みが働いた結果である。これについて以下の問に答えなさい。

1） 墨汁の粒子を細胞内に取り込んでいた細胞を 2 つ挙げなさい。

2） 細胞が異物を取り込んだ後、これを分解・処理する際に主要な役割を果たす加水分解酵素を含む細胞小器官として最も適切なのはどれか。

① 核　　② リソソーム　　③ リボソーム

④ 滑面小胞体　　⑤ 粗面小胞体　　⑥ ミトコンドリア

〔3〕 皮膚や臓器の移植を受けた個体が、移植された皮膚や臓器を攻撃し、定着させないようにする拒絶反応を示すことがある。拒絶反応が起きない（あるいは起きにくくなる）のはどれか、下の①～⑤から全て選びなさい。ただし、どれも該当しない場合は「無し」と答えなさい。

① B 細胞が欠損しているマウスに別の個体の皮膚を移植した場合

② ヌードマウス（胸腺を欠損したマウス）に別の個体の皮膚を移植した場合

③ 免疫抑制剤を投与したマウスに別の個体の皮膚を移植した場合

④ 自身の皮膚を自身の体の別の部位に移植した場合

⑤ 自身の体細胞から作製した iPS 細胞由来の心筋細胞を自身に移植した場合

〔4〕 ヒト免疫不全ウイルス（HIV）について以下の問に答えなさい。

1） HIV に感染した人の免疫機能が著しく低下した状態を何というか。アルファベット 4 文字で答えなさい。

2） HIV 感染者では免疫力が低下するため、健康な人では通常発症しない感染症にかかることがある。このような感染症を何というか。

3） 2）の現象が起こる理由を 2 行以内で説明しなさい。説明に際しては以下の語を必ず用い、用いた語に下線を付すこと。

語群： ヘルパー T 細胞　キラー T 細胞　B 細胞

（注）解答欄は 1 行約 17.5 cm。

〔5〕 花粉症は、スギやヒノキなどの花粉を原因とするアレルギー反応の 1 つである。初めて花粉の成分が体内に侵入すると、免疫系はこれを抗原（アレルゲン）として認識し、抗体の一種である免疫グロブリン E（IgE）を産生する。IgE は肥満細胞（マスト細胞）の表面に結合して備えられる。再び花粉成分が侵入すると、IgE を介して肥満細胞が刺激され、ヒスタミンなどの化学伝達物質が放出される。放出されたヒスタミンは、血管の透過性を高めたり、知覚神経を刺激したりする作用を持ち、その結果として鼻水、くしゃみ、鼻づまり、目のかゆみなどの花粉症の典型的な症状を引き起こす。

以下のアレルギーに関する説明のうち正しいのはどれか、下の①〜⑥から全て選びなさい。ただし、どれも該当しない場合は「無し」と答えなさい。

① 花粉症の症状は自然免疫が主に働くことにより起こる。

② 花粉症の症状は細胞性免疫が主に働くことにより起こる。

③ アレルギー反応は全て生まれつき決まっており、後天的には起こらない。

④ アレルゲンとは毒性物質であり、毒性の強さに応じて症状が現れる物質である。

⑤ 急激な症状を局所的（鼻や目など）に呈することをアナフィラキシーショックという。

⑥ アレルギーはアレルゲンがナチュラルキラー細胞（NK 細胞）に取り込まれ、抗原提示されることで起こる。

〔6〕 ヒトの様々な培養細胞におけるタンパク質 X の細胞内局在を特定するために、抗原抗体反応を利用した免疫染色実験を行った。このタンパク質 X は、ヒトの細胞内に局在しているタンパク質であり、膜タンパク質として細胞表面には存在していない。また免疫染色とは、抗原抗体反応を利用し、組織や細胞内における特定の分子（抗原）の存在や局在を検出・可視化する手法である。その手順を以下に示す。

① タンパク質 X に対する抗体（抗 X 抗体）の作製

異種動物（ウサギ）にヒトのタンパク質 X を抗原として投与することで、抗 X 抗体の産生を誘導した。タンパク質 X の投与を一定の間隔で複数回行い、その後にウサギの血液を採取し、血清から抗 X 抗体を精製した。

② 免疫染色によるタンパク質 X の検出・可視化

転写されている mRNA の解析などによってタンパク質 X を発現していることが分かっているヒトの培養細胞 a をホルムアルデヒドで固定し、タンパク質を化学的に架橋した（この操作により、細胞構造を保ち、タンパク質を不溶化する）。次いで低濃度の界面活性剤を用い、細胞膜を部分的に破壊した。

このようにして得られた試料に、まず抗 X 抗体を一次抗体として作用させた（**図 3-1**）。さらにその一次抗体を認識する抗体（ここでは、別の動物で作製した「ウサギ免疫グロブリンに対する抗体」を蛍光標識したもの）を二次抗体として作用させた。これを蛍光顕微鏡で観察することで、二次抗体に由来する蛍光シグナルに基づき、培養細胞 a におけるタンパク質 X の細胞内局在を可視化することができた（**図 3-1**）。

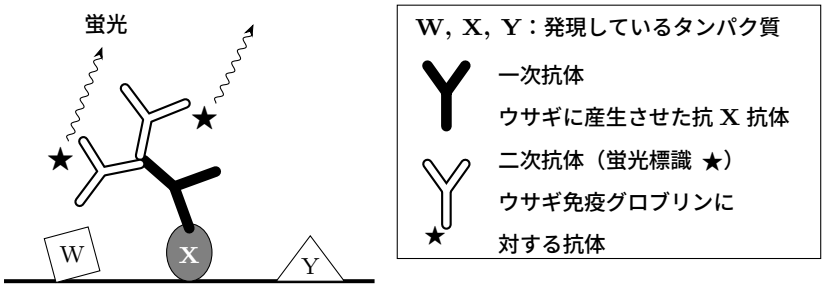


図 3-1

1） 上の手順①において、ウサギにタンパク質 X の投与を複数回行っている。この理由として考えられることを 1 行で説明しなさい。

（注）解答欄は 1 行約 17.5 cm。

2） 上の手順②において、細胞に抗体を作用させる前に細胞膜を部分的に破壊した理由を 1 行で説明しなさい。

（注）解答欄は 1 行約 17.5 cm。

3） 免疫染色の手法においては、実際には、作製した抗体が目的の抗原以外の分子にも弱く結合する場合がある。これを非特異的結合という。

他の解析により、ヒトのタンパク質Ｙを発現していることが分かっているヒトの培養細胞ｂ、タンパク質Ｙを発現していないことが分かっているヒトの培養細胞ｃ、およびタンパク質Ｙの発現が不明なヒトの培養細胞ｄを用意した。タンパク質Ｙに対する抗体（抗Ｙ抗体）を作製し、上の手順と同様に免疫染色を行った。また、二次抗体のみを用いた免疫染色も併せて行った。

下の表に示した①～⑧のうち、細胞ｄにおいてタンパク質Ｙの局在が観察できたと主張できるものとして最も相応しいのはどれか。なお、表中の「＋」は二次抗体に由来する蛍光が確認されたことを示し、「－」は蛍光が確認されなかったことを示している。

	細胞ｂ（Ｙを発現している）		細胞ｃ（Ｙを発現していない）		細胞ｄ（Ｙの発現が不明）	
	一次抗体＋二次抗体	二次抗体のみ	一次抗体＋二次抗体	二次抗体のみ	一次抗体＋二次抗体	二次抗体のみ
①	＋	＋	＋	＋	＋	＋
②	＋	－	＋	－	＋	－
③	＋	－	＋	＋	＋	＋
④	＋	－	－	－	＋	－
⑤	＋	－	－	－	＋	＋
⑥	－	－	－	－	＋	－
⑦	－	－	＋	＋	＋	＋
⑧	－	－	＋	－	＋	－