

## 医学部医学科理科入試問題

下記の注意事項をよく読んで解答してください。

### ○注意事項

1. 生物、物理、化学の3科目から2科目を選択し、解答してください。
2. 解答用紙は、生物1枚(マークシート)、物理1枚(マークシート)、化学1枚(マークシート)となります。
3. 選択しない科目の解答用マークシートには、右上から左下にかけて斜線を引いてください。どの2科目を選択したか、不明な場合はすべて無効となります。また、選択しない科目の解答用マークシートにも受験番号と氏名を書いてください。

受験番号 0001 氏名 東邦太郎
/

4. 「止め」の合図があったら、上から生物、物理、化学の順に解答用マークシートを重ねて置き、その右側に問題冊子を置いてください。

(受験番号のマークの仕方)

### ○解答用マークシートに関する注意事項

1. 配付された問題冊子、全ての解答用マークシートに、それぞれ受験番号(4桁)ならびに氏名を記入し、解答用マークシートの受験番号欄に自分の番号を正しくマークしてください。
2. マークには必ずHBの鉛筆を使用し、濃く正しくマークしてください。  
 記入マーク例：良い例 ●  
 悪い例 ○ ○ ○ ○
3. マークを訂正する場合は、消しゴムで完全に消してください。
4. 所定の記入欄以外には何も記入しないでください。
5. 解答用マークシートを折り曲げたり、汚したりしないでください。

受験番号			
千	百	十	一
0	0	7	2

受験番号			
千	百	十	一
●	●	○	○
○	○	●	○
○	○	○	●
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○

受験番号

氏名

- ・生物の問題は、 1 ページから 14 ページまでです。
- ・物理の問題は、 15 ページから 24 ページまでです。
- ・化学の問題は、 25 ページから 37 ページまでです。

# 生 物

1 バイオームに関する次の文を読み、問1から問5に答えよ。

図1は、北半球および赤道付近における代表的なバイオームである熱帯多雨林、針葉樹林、照葉樹林、サバンナ、ステップ、夏緑樹林、硬葉樹林、雨緑樹林の降水量(棒グラフ)と気温の変化(折れ線グラフ)を示している。棒グラフおよび折れ線グラフについては例にあげた通り、左から1、2、3…月とし12ヶ月分を、さらに、それぞれグラフの下には年間降水量(mm)と年平均気温(°C)を示した。

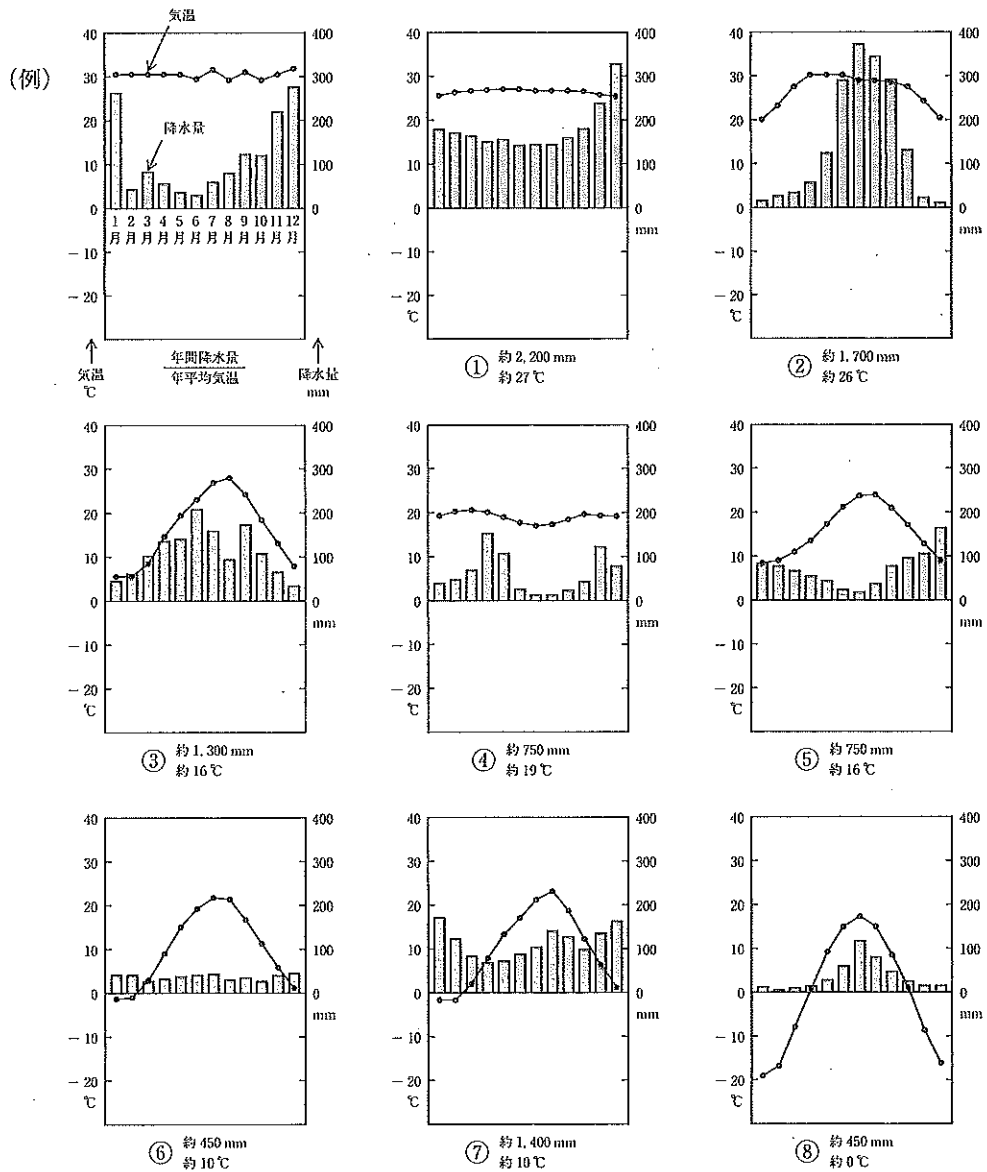


図1

問 1 図 1 で、カラマツ、エゾマツ、トドマツに代表される森林を構成しているのはどれか。

- a. ①    b. ②    c. ③    d. ④    e. ⑤    f. ⑥    g. ⑦    h. ⑧

問 2 図 1 で、イネ科の植物や低木が点在し、シマウマやライオンが生息しているのはどれか。

- a. ①    b. ②    c. ③    d. ④    e. ⑤    f. ⑥    g. ⑦    h. ⑧

問 3 地中海性気候を代表するバイオームと、図 1 の降水量、気温の組合せとして、正しいのはどれか。

- a. 夏緑樹林-⑦    b. 夏緑樹林-⑤    c. 硬葉樹林-③    d. 硬葉樹林-⑤  
e. 雨緑樹林-⑦    f. 雨緑樹林-②    g. 照葉樹林-③    h. 照葉樹林-④

問 4 常緑広葉樹により構成されているバイオームとして正しいのはどれか。

- a. 熱帯多雨林, 雨緑樹林, 夏緑樹林    b. 熱帯多雨林, 雨緑樹林, 照葉樹林  
c. 熱帯多雨林, 雨緑樹林, 硬葉樹林    d. 熱帯多雨林, 夏緑樹林, 照葉樹林  
e. 熱帯多雨林, 照葉樹林, 硬葉樹林    f. 雨緑樹林, 夏緑樹林, 照葉樹林  
g. 雨緑樹林, 夏緑樹林, 硬葉樹林    h. 雨緑樹林, 照葉樹林, 硬葉樹林  
i. 夏緑樹林, 照葉樹林, 硬葉樹林

問 5 図 2 は、日本の本州中部地方でのバイオームの垂直分布を表している。図 2 の(ア), (イ), (ウ)にあてはまるのはどれか。

- a. 熱帯多雨林  
b. 針葉樹林  
c. 照葉樹林  
d. サバンナ  
e. ステップ  
f. 夏緑樹林  
g. 硬葉樹林  
h. 雨緑樹林

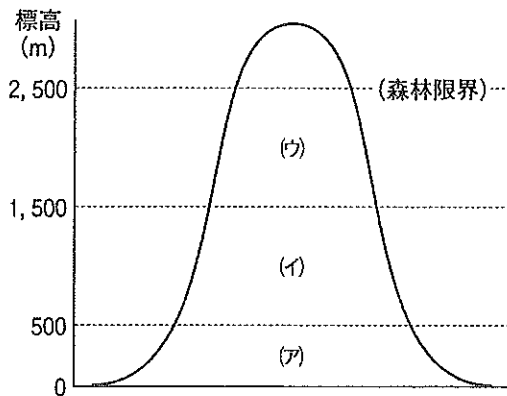


図 2

2 神経細胞(ニューロン)と心臓に関する次の文を読み、問1から問5に答えよ。

感覚神経や神経細胞などでは、わずかな刺激でも鋭敏に反応する。刺激を受容した感覚細胞や神経細胞では、細胞膜のイオン透過性が変化し、電気的な変化が生じる。このような電気的な変化を興奮という。

右の図1は、神経細胞に刺激を与えた前後での細胞内外での電気的な変化を表している。図1の①～②間は、刺激前の静止状態を示している。この期では、静止電位が発生している。静止電位は、細胞膜のナトリウムポンプ

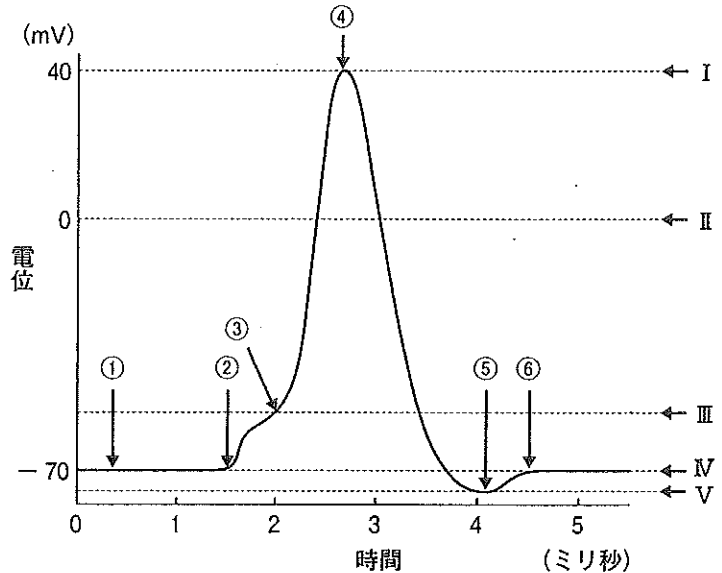


図1

( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase)が、ATPを1分子使用して、(ア)の3分子を細胞内から細胞外へ、(イ)の2分子を細胞外から細胞内へ移動させることによって発生する。

心臓の収縮(拍動)も電気的な信号によってコントロールされている。心筋細胞は、一定のリズムで収縮する性質を持っている。マウスの心臓を取り出し、心筋細胞を細胞培養すると培養皿の中で規則正しい収縮をくり返す。しかしながら、生体では、運動などが負荷されると必要に応じて心拍数がコントロールされ、心房・心室が円滑に連動している。これを司るのが刺激伝導系である。刺激伝導系は、右心房の上部にある洞房結節(ペースメーカー)という特殊な部位から規則正しい電気信号が、心臓全体に伝えられる。そのため、心臓は他から刺激を受けなくとも自動的に拍動することができる。

心臓の機能不全治療薬として利用されているジゴキシン、ジギトキシン、ウアバインなどのジキタリス配糖体は、ナトリウムポンプを阻害することで強心作用を発揮する。ジキタリス配糖体は、ナトリウムポンプの $\alpha$ -サブユニットに結合しナトリウムポンプの機能を阻害する。そのため、細胞内の(ア)の濃度が上昇する。心筋細胞では、ナトリウムポンプ以外にも(ア)と(ウ)の交換輸送体が存在する。この交換輸送体は、交換比3:1で(ア)と(ウ)を逆方向へ輸送する。その結果、ジキタリス配糖体によってナトリウムポンプが阻害された心筋細胞では、細胞内外での(ア)の濃度差が低くなり、(ウ)の細胞外への排出が減少するため細胞内(ウ)濃度が上昇する。そのため、筋肉細胞で特に発達した(エ)に蓄えられる(ウ)量が増加し、心筋の収縮能力を増大させるため強心作用が現れる。この他にも、ジキタリス配糖体には、交換神経の緊張を和らげる働きもあり、脈をゆっくりさせることで心房細動などの頻脈性不整脈に効果を発揮する。



3

バイオテクノロジーに関する次の文1、文2を読み、問1から問5に答えよ。

(文1)

近年の遺伝子組換え技術の発展に伴い、大腸菌などを利用して、他生物種由来の有用なタンパク質を短時間で効率的に生産できるようになった。大腸菌では、染色体DNAの他に(ア)と呼ばれる染色体とは独立して増殖する小さな環状のDNAを持つ。この(ア)に目的の遺伝子を挿入し、大腸菌に導入することで、大腸菌などの細菌に目的とするヒト由来のタンパク質を合成させることができる。

膨大な染色体DNAの中から、大腸菌の(ア)に挿入する遺伝子の塩基配列だけを選択的に増幅する方法の一つにPCR法がある。PCR法では、(イ)と呼ばれる酵素と、増幅したい塩基配列の両末端部と相補的な短い1本鎖DNAである(ウ)を用いることで、増幅したい塩基配列だけを選択的に増幅することができる。

問1 文中の(ア)、(イ)、(ウ)にあてはまる語句はどれか。

- |           |              |
|-----------|--------------|
| a. ウイルス   | b. ペプチド      |
| c. マーカー   | d. リガーゼ      |
| e. プライマー  | f. プラスミド     |
| g. レポーター  | h. DNAポリメラーゼ |
| i. プロモーター | j. クローニング    |

問2 文1の下線部のような実験を行う場合、PCR法で鋳型とする遺伝子のDNA塩基配列は、ヒト染色体DNAの塩基配列ではなく、mRNAと相補的なDNA塩基配列を用いる。その理由として適切なものはどれか。

- ヒトの遺伝子は、細菌にとっては有害であるため。
- DNAよりもRNAの方が、化学的に安定であるため。
- ヒトは、細菌と異なるタンパク質翻訳機構を持つため。
- ヒトのゲノムの大きさが、細菌のそれと比べて大きいため。
- 1つの遺伝子からは、1つのタンパク質しか翻訳されないため。
- ヒトの染色体DNAは、タンパク質に翻訳されない配列を含むため。
- 細菌は、逆転写酵素を持つために、一部のRNAからDNAが逆転写されるため。

(文2)

オワンクラゲ由来の緑色蛍光タンパク質(GFP)は、外からエネルギーを受けると緑色の蛍光を発する。この GFP 遺伝子を他の特定の遺伝子配列に挿入することで、挿入した遺伝子が発現する組織において GFP の蛍光を観察することができる。

遺伝子  $B$  の機能を知るため、ノックアウトマウスを作製することにした。まず、遺伝子  $B$  の一部の配列を GFP 遺伝子に組換えた遺伝子  $B'$  を作製した。次に、マウスの発生初期にあたる胚盤胞由来の胚性幹細胞(ES 細胞)と呼ばれるあらゆる組織に分化できる幹細胞に遺伝子  $B'$  を導入した。この遺伝子  $B'$  を持った ES 細胞を胚盤胞に注入した。ES 細胞は全能性をもっているため、胚盤胞の内部細胞塊と混じりあい、生まれてくる一部のマウスは、内部細胞塊由来の細胞と注入された ES 細胞のどちらをも持つキメラマウスとなる。キメラ率(細胞の混合度)が高いマウスでは、ES 細胞は精巣に入り込み、ES 細胞由来の精子が形成される。得られたキメラマウスの中で、精子の一部に遺伝子  $B'$  を持つオスを 1 匹得ることができた( $F_0$  世代)。

このキメラマウスに野生型のメス(遺伝子型  $BB$ )を交配させ  $F_1$  世代を得た。 $F_1$  世代のマウスの中から、遺伝子型  $BB'$  の個体同士を交配すると、 $F_2$  世代でノックアウトマウス(遺伝子型  $B'B'$ )が得られた。このノックアウトマウスを調べたところ、卵巣で緑色の蛍光が確認された。また、ノックアウトマウスの卵巣は野生型よりも極端に小さく、配偶子形成は観察されなかった。

遺伝子型  $BB'$  の個体では、ノックアウトマウスと同様の緑色の蛍光が観察されたが、卵巣のサイズと配偶子形成は正常であった。オスでは全てのマウスで緑色の蛍光は観察されず、配偶子形成も正常であった。また、卵巣以外に異常は観察されなかった。

問 3 文2の内容から推測される事柄について適切なのはどれか。

- 遺伝子  $B$  は、X 染色体上にある。
- 遺伝子  $B$  は、卵巣の発達を抑制する。
- 遺伝子  $B$  は、卵母細胞の減数分裂を阻害する。
- 野生型マウスでは、遺伝子  $B$  は卵巣で発現している。
- ノックアウトマウスでは、免疫機構が正常に働いていない。
- GFP が、卵巣組織に蓄積したことにより、卵巣の機能が阻害された。



問 4 この遺伝子  $B$  のノックアウトマウスでどのような異常が起きているかを調べるための実験として誤っているのはどれか。

- a. 野生型の卵巣を、ノックアウトマウスに移植する実験を行う。
- b. 野生型の遺伝子  $B$  を持つウイルスベクターを、卵巣に注入する。
- c. 野生型マウスで、成長段階ごとに遺伝子  $B$  の発現量を測定する。
- d. このノックアウトマウスの細胞から全能性幹細胞を作製し、クローン個体を作製する。
- e. 野生型とノックアウトマウスの卵巣の RNA を抽出し、さまざまな遺伝子の発現量を比較する。
- f. GFP を発現している細胞の形態について、ノックアウトマウスと遺伝子型  $BB'$  の個体で比較する。

問 5  $F_2$  世代で得られた全てのマウスを自由に交配させて  $F_3$  世代を得た。 $F_3$  世代で成体のノックアウトマウスが得られる頻度として最も近いのはどれか。ただし、遺伝子型による生存率の差はないものとする。

- |          |         |           |         |           |
|----------|---------|-----------|---------|-----------|
| a. 9.5 % | b. 11 % | c. 13.5 % | d. 15 % | e. 16.5 % |
| f. 18 %  | g. 20 % | h. 25 %   | i. 35 % | j. 50 %   |

4 次の文1, 2を読み, 問1から問6に答えよ。

(文1)

酵母菌は, 酸素の少ない環境でも生育することができる。この場合, 細胞内に取り込まれたグルコースは, 発酵(嫌気呼吸)によって(ア)と(イ)に分解される。一方, 酸素が十分存在する環境で生育した酵母菌では, <sup>(1)</sup>グルコースは解糖系, クエン酸回路, 電子伝達系を通じて二酸化炭素と水に分解される。<sup>(2)</sup>これにともなういくつかの酸化反応において, 酸化型補酵素は還元されて還元型補酵素となる。<sup>(3)</sup>還元型補酵素は再び酸化され, それにともなって大量のATPが作られる。

問1 文中の(ア)と(イ)にあてはまる物質はどれか, 2つ選べ。

- a. 水                      b. 乳酸                      c. クエン酸                      d. ピルビン酸  
e. 二酸化炭素              f. エタノール              g. アセトアルデヒド

問2 文1下線部(1)の過程で, ADPからATPが生成する反応の記述として正しいのはどれか。

- a. 脱水素酵素によって無機リン酸がADPに結合する。  
b. リン酸化酵素によって無機リン酸がADPに結合する。  
c. ATP合成酵素によって無機リン酸がADPに結合する。  
d. 脱水素酵素によって反応基質のリン酸基がADPに結合する。  
e. リン酸化酵素によって反応基質のリン酸基がADPに結合する。  
f. ATP合成酵素によってADPに反応基質のリン酸基が結合する。

問3 文1下線部(2)の過程で, 酸素を消費し二酸化炭素を生成する経路の組合せとして正しいのはどれか。

	酸素を消費する過程	二酸化炭素を生成する過程
a	解糖系	クエン酸回路
b	解糖系	電子伝達系
c	クエン酸回路	解糖系
d	クエン酸回路	電子伝達系
e	電子伝達系	解糖系
f	電子伝達系	クエン酸回路

問 4 文1下線部(3)の過程を詳しく見るために、膜の  $H^+$  透過性を高める物質を酵母菌を培養した液に少量加えたところ、酸素消費が増加してグルコースの消費が速くなった。この結果として考えられるのはどれか。

- a. 細胞質基質の  $H^+$  濃度が低下し、還元型補酵素の酸化が促進した。
- b. ミトコンドリア膜の基質透過性が増したため、代謝速度が速くなった。
- c. 細胞膜の透過性が増したため、細胞質基質のグルコース濃度が上がった。
- d. ミトコンドリアマトリックスの  $H^+$  濃度が低下し、還元型補酵素の酸化が促進した。
- e. ミトコンドリア内膜と外膜の間の  $H^+$  濃度が低下し、還元型補酵素の酸化が促進した。

(文2)

グルコースの酸化過程で生じるコハク酸は、図1に示すようにコハク酸脱水素酵素により酸化されてフマル酸となる。この反応を調べるために以下の実験を行った。

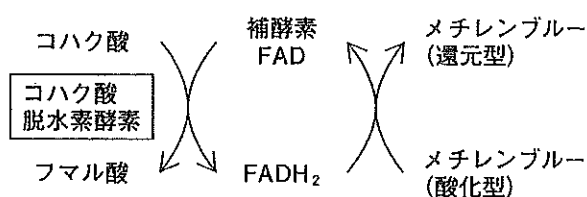


図1

図2のツンベルク管の主室に酵母菌をすりつぶした液(酵母抽出液)を入れ、表1のよう

な実験を行った。実験Iから実験IVでは、副室に表1に示した試薬を入れ、排気口から真空ポンプで内部の空気を排出後、ツンベルク管を傾けて副室の溶液を主室に混ぜ合わせた。

30℃で、5分間静置した後に主室内の溶液の色を観察したところ、実験I、III、IVでは青色を、実験IIでは無色を呈した。さらに数分間放置すると実験Iと実験IIIでは青色がうすくなったが、実験IVの青色は変化しなかった。

なお、酸化型のメチレンブルーは青色で、還元されると無色となる指示薬である。また、マロン酸の分子構造はコハク酸によく似ている。

表1

		実験I	実験II	実験III	実験IV
主室	酵母抽出液	5 mL	5 mL	5 mL	5 mL
副室	5%コハク酸溶液	-	1 mL	1 mL	-
	5%マロン酸溶液	-	-	1 mL	1 mL
	水	2 mL	1 mL	-	1 mL
	メチレンブルー溶液	0.5 mL	0.5 mL	0.5 mL	0.5 mL

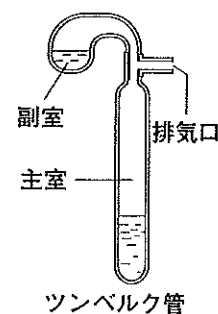


図2

問 5 上記の実験で、起きていることとして正しいのはどれか。

- a. マロン酸が、メチレンブルーを還元した。
- b. 酵母抽出液だけでは、フマル酸は生成しない。
- c. マロン酸は、フマル酸の生成を非競争的に阻害した。
- d. マロン酸を酸化する反応で、補酵素 FAD が還元した。
- e. マロン酸の酸化により、コハク酸脱水素酵素が失活した。
- f. コハク酸を加えたことで、FAD 以外の補酵素も還元された。
- g.  $\text{FADH}_2$  の濃度が低下したので、メチレンブルーが還元された。
- h. メチレンブルーが無色となっても、コハク酸の酸化は続いている。

問 6 実験でツンベルク管から空気を抜いた理由として正しいのはどれか。

- a. 酵素が、還元するのを防ぐため。
- b. 酵素が、酸化するのを防ぐため。
- c. 補酵素が、還元するのを防ぐため。
- d. 補酵素が、酸化するのを防ぐため。
- e. コハク酸が、還元するのを防ぐため。
- f. コハク酸が、酸化するのを防ぐため。
- g. メチレンブルーが、還元するのを防ぐため。
- h. メチレンブルーが、酸化するのを防ぐため。

5 次の免疫に関する次の文1、文2を読み、問1から問6に答えよ。

(文1)

脊椎動物の免疫には、自然免疫と獲得免疫(適応免疫)がある。獲得免疫は、抗原となる特定の病原体や異物に対して引き起こされる免疫で体液性免疫と細胞性免疫がある。いずれも病原体や異物を取り込んだマクロファージや樹状細胞が、異物の情報をヘルパーT細胞へ伝える。

情報を得たヘルパーT細胞は、体液性免疫と細胞性免疫に関与する。体液性免疫ではB細胞を活性化させ異物に対する抗体を産生する。また、細胞性免疫ではキラーT細胞を活性化させ病原菌に感染した細胞などを攻撃し排除する。

問1 獲得免疫における記憶細胞についての記述として正しいのはどれか、2つ選べ。

- a. ヒト免疫不全ウイルス(HIV)は、記憶細胞を初期化する。
- b. 記憶細胞は、体液性免疫と細胞性免疫のいずれにも存在する。
- c. 血清療法は、記憶細胞を活性化し、その細胞数を増やす治療法である。
- d. ワクチンによる予防接種が有効なのは、記憶細胞の働きのためである。
- e. インフルエンザに毎年のように感染するのは、ウイルス感染しても記憶細胞ができないためである。

問2 哺乳動物に、ある抗原を注射したときに起こる免疫応答を、縦軸に抗体量、横軸に日数経過として図に示した。1回目の抗原注射の40日後に同じ抗原を注射した場合、予想される免疫応答を示す曲線として最も適当なのはどれか。図1のa～hから選べ。

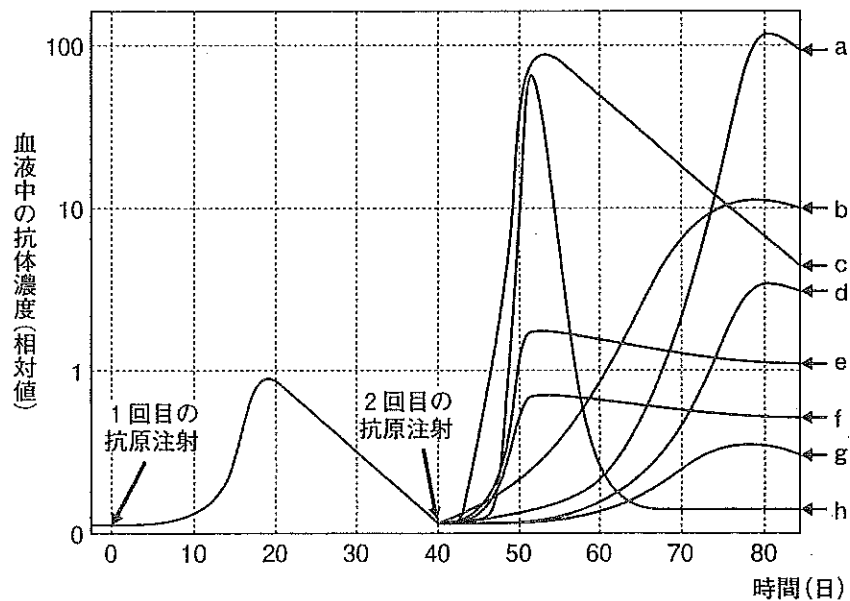


図1

(文2)

肝臓や腎臓などの臓器の機能が低下し、他人から臓器を移植したとき、その臓器が患者の体に生着せず、拒絶反応によって脱落することがある。これは患者の持っている免疫系が移植臓器を非自己と識別して排除するために起こる。全く同じ遺伝子組成を持つ同系統のハツカネズミ間で皮膚を移植すると、拒絶反応は起こらずに移植片は生着するが、系統の異なるハツカネズミ間で皮膚を移植すると、拒絶反応により移植片は排除され、脱落する。これは細胞表面に存在するタンパク質が、系統間で異なるため、このタンパク質が自己と非自己の識別に利用されている。

Y系統およびZ系統のハツカネズミを用いて皮膚移植を行い、実験Ⅰ～実験Ⅲを行った。

実験Ⅰ あらかじめ胸腺を除去したY系統に、Z系統から皮膚移植する。

実験Ⅱ Z系統のばらばらにしたリンパ節の組織を、生後すぐに注射して成体にまで育てたY系統に、Z系統から皮膚移植する。

実験Ⅲ Y系統とZ系統を交配したF<sub>1</sub>に、Z系統から皮膚移植する。

その結果、それぞれの実験で、Y系統マウスに移植されたZ系統の皮膚は、実験によってY系統マウスに生着するものと、拒絶反応によって脱落するものがみられた。

問3 実験Ⅰの結果と理由の組合せとして正しいのはaからhのどれか。

理由

- ① 胸腺を除去しても細胞性免疫は働く。
- ② 胸腺を除去しても体液性免疫は働く。
- ③ 胸腺を除去すると体液性免疫は働かない。
- ④ 胸腺を除去すると細胞性免疫は働かない。

	結果	理由
a	生着	①
b	生着	②
c	生着	③
d	生着	④
e	脱落	①
f	脱落	②
g	脱落	③
h	脱落	④

問 4 実験Ⅱの結果と理由の組合せとして正しいのは a から h のどれか。

理由

- ① 生後すぐに Z 系統のリンパ節組織を Y 系統に注射すると Z 系統の細胞を非自己として認識しない。
- ② 生後すぐに Z 系統のリンパ節組織を Y 系統に注射しても Z 系統の細胞を非自己として認識する。
- ③ 生後すぐに Z 系統のリンパ節組織を Y 系統に注射すると Y 系統でも Z 系統の免疫系が働く。
- ④ 生後すぐに Z 系統のリンパ節組織を Y 系統に注射しても Y 系統では Z 系統の免疫系は働かない。

	結果	理由
a	生着	①
b	生着	②
c	生着	③
d	生着	④
e	脱落	①
f	脱落	②
g	脱落	③
h	脱落	④

問 5 実験Ⅲの結果と理由の組合せとして正しいのは a から h のどれか。

理由

- ① Y 系統と Z 系統を交配した  $F_1$  は、両系統のどちらも非自己として認識しない。
- ② Y 系統と Z 系統を交配した  $F_1$  は、両系統のどちらも非自己として認識する。
- ③ Y 系統と Z 系統を交配した  $F_1$  は、Y か Z 系統のどちらかを非自己として認識しない。
- ④ Y 系統と Z 系統を交配した  $F_1$  は、かならず母親に用いた系統を非自己として認識しない。

	結果	理由
a	生着	①
b	生着	②
c	生着	③
d	生着	④
e	脱落	①
f	脱落	②
g	脱落	③
h	脱落	④

問 6 ヒトの場合、自己と非自己の識別に利用される細胞表面のタンパク質は、ヒト白血球抗原(HLA)と呼ばれ、第6染色体にある6対の遺伝子によって抗原型が決定する。これら6対の遺伝子それぞれに多数の対立遺伝子があり、膨大な組合せが存在するため、他人と抗原型が一致するのは非常に稀である。また、これら6対の遺伝子は、染色体上で近接して存在し遺伝子間での組換えはほとんど起こらない。同じ両親から生まれた兄弟姉妹の間で、この6対の遺伝子の組合せを比較した場合、最も適当なのはどれか。

- a. すべて同じ組合せになる。
- b. 同じ組合せにはならない。
- c.  $\frac{1}{2}$  の確率で同じ組合せになる。
- d.  $\frac{1}{4}$  の確率で同じ組合せになる。
- e.  $\frac{1}{6}$  の確率で同じ組合せになる。
- f.  $\frac{1}{8}$  の確率で同じ組合せになる。
- g.  $\frac{1}{12}$  の確率で同じ組合せになる。
- h.  $\frac{1}{16}$  の確率で同じ組合せになる。
- i.  $\frac{1}{64}$  の確率で同じ組合せになる。
- j.  $\frac{1}{128}$  の確率で同じ組合せになる。