

平成 23 年度

前期日程

## 理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は  $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 11 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 12 \text{ ページから } 19 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 20 \text{ ページから } 32 \text{ ページ} \end{array} \right\}$  にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理 3 枚、化学 4 枚、生物 4 枚と一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。





# 生物問題

(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

[1] 以下の[A]から[C]の文章を読み、問1～問6に答えよ。

[A]

多くの植物は、光エネルギーを利用して、光合成をおこなっている。ブラックマンは光合成の過程は1つの反応からなるのではなく、光が直接関係していて温度や二酸化炭素濃度の影響を受けない反応(明反応)と、光は直接関係しないで温度や二酸化炭素濃度の影響を受ける反応(暗反応)との2つの段階からなると推論した。

明反応では、光のエネルギーを利用し、を分解してを生成する過程で、還元型補酵素とをつくりだす。暗反応では光エネルギーを必要とせず回路によって大気中の二酸化炭素を固定して炭水化物を生成する。<sup>(3)</sup>

このように光合成を行う植物は無機化合物から有機化合物を生成できることから、生物に分類され、動物などの生物の食糧源になっている。

問1 空欄(ア)、(イ)に適切な分子式を、(ウ)、(エ)、(オ)、(カ)には適切な語句を記せ。

問2 下線部(1)と下線部(2)の反応が起こる葉緑体部分の名称をそれぞれ答えよ。

問3 暗反応は光が直接関係しない反応であるが、ほとんどの植物では、下線部(3)の回路は昼間に働く。その理由を50字以内で説明せよ。

[B]

【実験1】

らせん状になった細い葉緑体を持つアオミドロという緑藻をスライドガラスにのせ、そこに酸素を好む細菌Aを含む培養液を加え、カバーガラスをかけた。さらに空気が入らないようにカバーガラスのまわりを封じ、プリズムで分光したいろいろな色の光を当て、細菌Aの集合状態を顕微鏡で観察した。その結果を図1に模式的に示す。

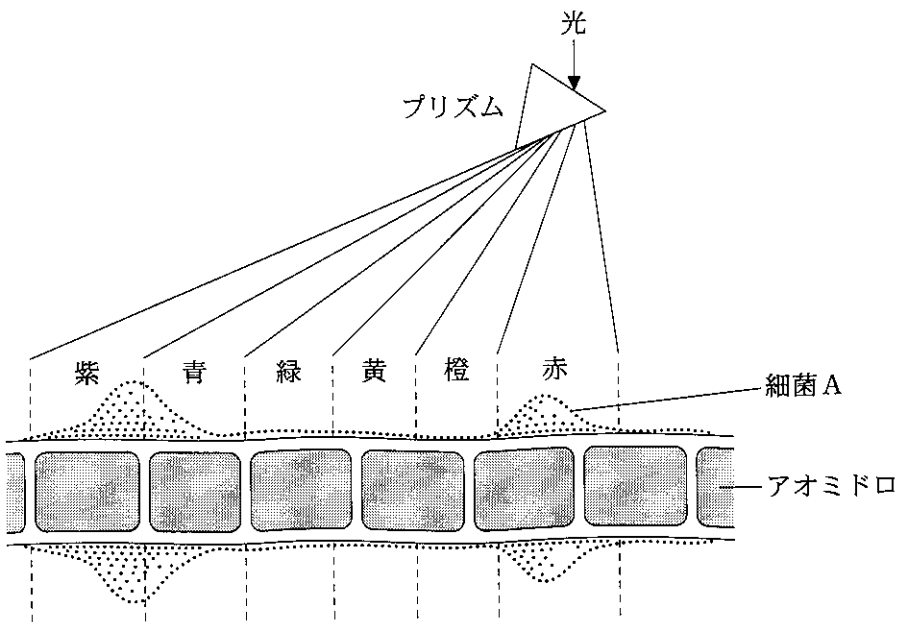


図1

問4 図1に示す現象がどうして起こるかを、「クロロフィル」という言葉を使って、100字以内で説明せよ。

[C]

図2は、光合成に必要な要素が十分に与えられた条件で、温度を25℃と一定にして、光の強さだけを変えることにより、1枚の緑の葉で光合成を行かせた時の、光の強さとみかけの光合成速度の関係を示している。ここで、みかけの光合成速度は1時間に100 cm<sup>2</sup>の葉が吸収するCO<sub>2</sub>の重さ(mg)で示している。

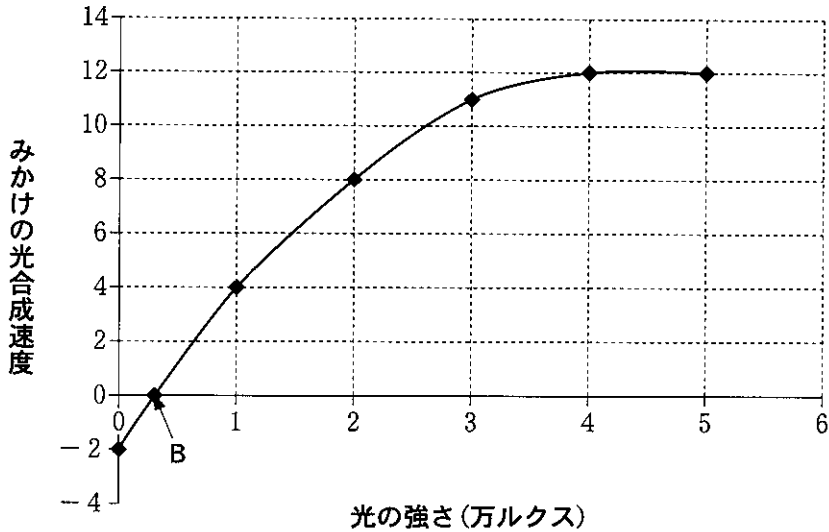


図2

問5 点Bは、何と呼ばれるか答えよ。

問6 図2の条件のもとで、300 cm<sup>2</sup>の緑の葉を14時間2万ルクスの明るい場所に置いた後、引き続いて10時間光の当たらない暗所に置いた時、グルコースはいくら(mg)増加するか答えよ。計算過程も記せ。但し、グルコースは葉から移動せず、呼吸以外には用いられず、呼吸によってただちにCO<sub>2</sub>にまで代謝されるものとする。また、呼吸により生じるCO<sub>2</sub>はグルコース由来のみとする。答は小数点以下を四捨五入し、原子量は、H = 1, C = 12, O = 16とする。

〔2〕 以下の細胞周期に関する文章を読み、それぞれの問に答えよ。

ヒトを含む真核生物の細胞が体細胞分裂により増殖する細胞周期を示したのが図1である。細胞周期の間期はDNA合成準備を行うG1期、DNA合成を行うS期、分裂準備を行うG2期に分けられる。染色体の分離および細胞分裂はM期(分裂期)に起こる。

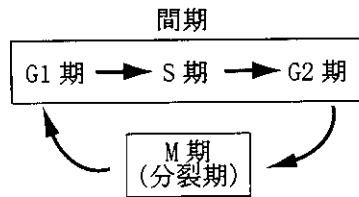


図1

【実験1】

ヒト由来のある培養細胞株を培養すると、様々な細胞周期の細胞が混在した細胞集団が得られた。この集団における各細胞のDNA含量を計測したところ、図2のような分布を得た。

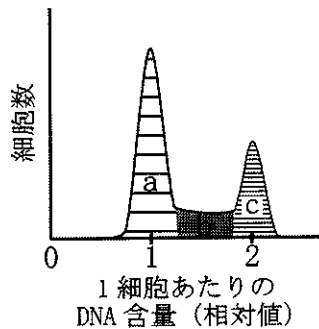


図2

【実験2】

このヒト細胞株は21時間で細胞数が2倍に増える。この細胞のM期は1時間である。DNAがいつ合成されるかを調べるために、放射性同位体標識したヌクレオチドを培地に添加した。するとヌクレオチドの細胞への取り込みはM期終了9時間後に始まり、8時間続いた後に停止するのが観察された。

個々の細胞の細胞周期を同調させ、たとえばS期の細胞ばかりを集めることができれば細胞周期の研究に有用である。培地に過剰のチミジンを添加するとS期の細胞のDNA合成が停止する。その後、培地を交換して過剰のチミジンを除くと、DNAが正常に合成され始める。この性質を利用して、以下の方法に従い細胞周期の同調を行った。

1. 培地に過剰のチミジンを添加する。
2. 1の16時間後に過剰のチミジンを除く。
3. 2の9時間後に過剰のチミジンを添加する。
4. 3の14時間後に過剰のチミジンを除く。
5. 4の10時間後に細胞を回収する。

### 【実験3】

細胞融合促進処理により、二つの異なる細胞周期のヒト培養細胞を融合する実験をおこなった。G1期の細胞とS期の細胞を融合し、直後に各細胞由来の核を観察したところ、G1期及びS期由来核は両方とも放射性同位体標識したヌクレオチドを取り込んだ。<sup>(2)</sup>一方、G1期の細胞同士を融合した場合、核へのヌクレオチドの取り込みは見られなかった。

### 【実験4】

【実験3】と同様の細胞融合促進処理により、G1期の細胞とM期の細胞を融合したところ、G1期由来核はすぐにM期染色体様の構造を作った。また、その際いずれの核にも放射性同位体標識したヌクレオチドの取り込みは見られなかった。

問1 【実験1】の図2において、a, b, cに含まれる細胞は細胞周期のG1期、S期、G2期、M期のどの時期にあるか答えよ。



問 2 【実験 2】の説明として適当な語句を(ア)～(ク)にあてはめよ。

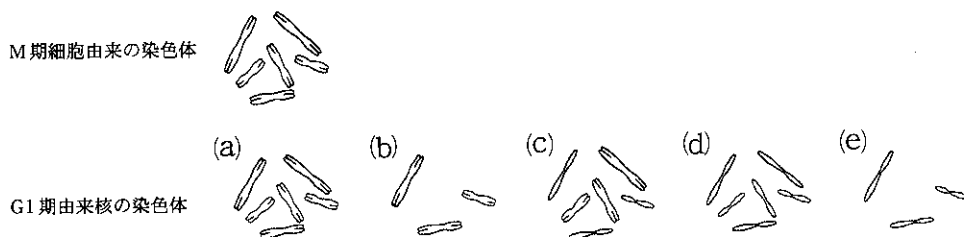
この細胞においてG1期は(ア)時間、S期は(イ)時間、G2期は(ウ)時間であることがわかる。G2 + M + G1 = (エ)時間であるから16時間チミジンが存在すれば、チミジン添加開始時にS期以外にあった細胞はすべて(オ)期のはじめに達したところで停止する。チミジンを除去して9時間経過すると、細胞はすべて(カ)期を終了するが、2度目の(キ)期に入る細胞はない。2回目に14時間のチミジン添加をおこなったのは、すべての細胞の細胞周期を進行させ、(ク)期のはじめに同調させるためである。

問 3 【実験 2】の5において、各細胞のDNA含量と分布を調べた。予想される結果を図2にならって記入せよ。

問 4 【実験 3】の下線部(1)に示した処理に用いる方法を一つ述べよ。

問 5 【実験 3】の下線部(2)の結果になった理由を60字以内で説明せよ。

問 6 【実験 4】において、G1期由来核の染色体が作る構造としてどれが一番適切か。M期細胞由来の染色体を参考にして下図(a)～(e)より一つ選べ。ただし便宜上この細胞は染色体を6本持つものとする。



〔3〕 以下の文章を読み、問1～5に答えよ。

T君は、大学に進学すると、もともと興味をもっていた神経のことを知りた  
 と思い、研究室のX教授を訪問した。X教授に勧められ、原索動物のホヤについ  
 て勉強することにした。図書館で本を読んで勉強し、以下の4つのことを学んだ。

1. 8細胞期のホヤ胚は左右対称であり、4種類の割球から成る。動物極側は小  
 型のa, bから、植物極側は大型のA, Bから成り、a, b, A, Bの割球は2  
 個ずつ存在する。各割球の予定運命は明確に決まっており、a割球からは表皮  
 細胞や神経系細胞が、A割球からは脊索などが分化する。
2. ホヤは脊椎動物の祖先と類縁であることが知られており、その発生の仕組み  
 (1)  
 や組織の配置の様子が脊椎動物のそれらに近い。
3. アクチン繊維の形成を阻害する薬物Cを含む海水中でホヤ胚を培養する  
 (2)  
 と、卵割が止まるが、発生時間に伴う核の分裂は、通常の海水中で培養した胚  
 とほぼ同じタイミングで起こり、幼生の各細胞型で発現するタンパク質が発現  
 するようになる。
4. 8細胞期にB割球2個をガラス針で除去した後、海水中で培養すると、45  
 (3)  
 時間後に神経系や色素細胞が形成される。一方、A割球2個をガラス針で除去  
 した場合には、神経系や色素細胞が形成されない。a割球2個を除去した場合  
 にも、神経系や色素細胞が形成されない(図1)。

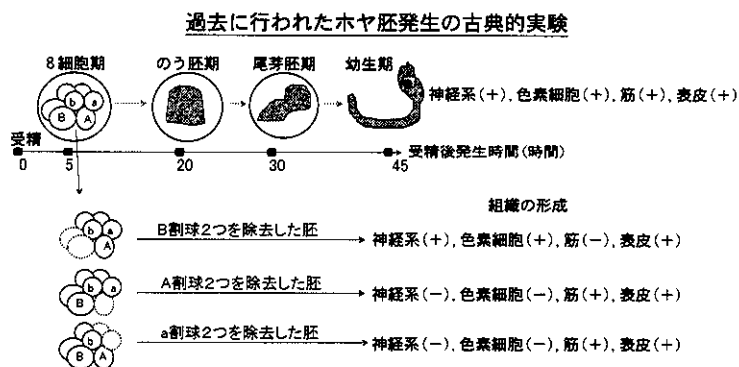


図1

T君は、ホヤ胚の特徴を使って神経系細胞の分化の仕組みを調べたいと思い、  
 X教授と相談しながら、夏休みを利用して以下の実験を行った。

【実験 1】

8細胞期に、各割球をガラス針の先端を丸くしたもので単離し、a割球単独のもの、a割球とA割球を接着させたもの、a割球とB割球を接着させたものを作成し、薬物Cを含む海水中で培養した(図2)。一方、これらの胚と同時に受精して得られた胚を対照群とし、薬物Cを含まない海水中で培養した。対照群の胚が幼生としてふ化した時期に、薬物Cを含む海水中で培養したa割球が神経系細胞へ分化したかどうかを調べるため、ガラス管微小電極を用いて細胞膜の電気的興奮性を調べた。図3は、a割球-A割球の組み合わせで培養した際にa割球から記録された膜電位変化の例である。a割球単独で培養した場合に、同様の条件で記録された膜電位変化を点線で示す。a割球-A割球の組み合わせで培養した際には、正の電位に一過的に大きく上昇する活動電位が見られた。調べたa割球の数と実際に活動電位を示した細胞数を図2に示した。電気記録に用いた細胞外溶液のイオン組成を図3右に示してある。

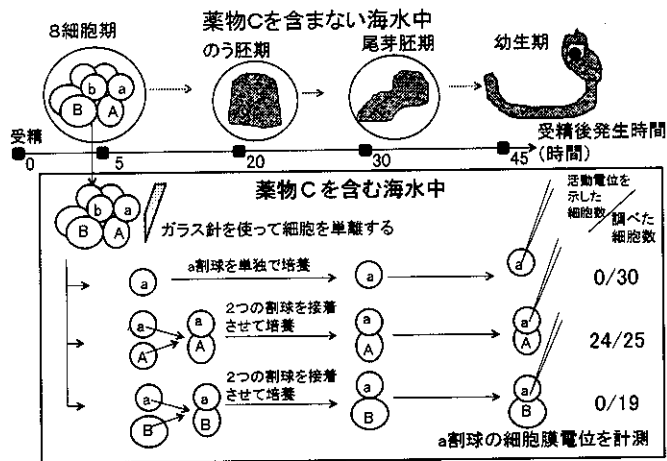


図 2

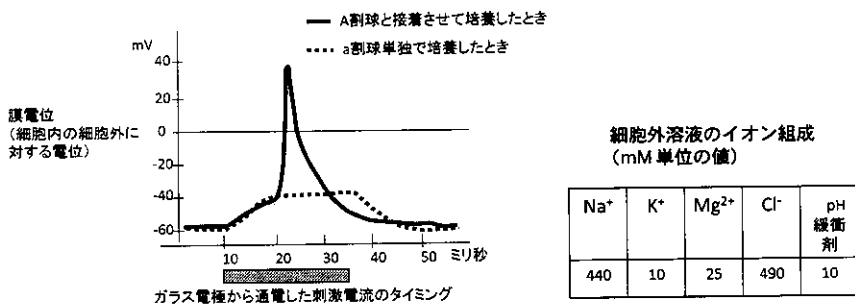


図 3

【実験 2】

神経系細胞分化における細胞間相互作用を詳しく調べるため、【実験 1】と同様 a 割球 1 個と A 割球 1 個を接着させて、薬物 C を含む海水中で培養した。培養の途中で A 割球をガラス針で除去し、a 割球単独の状態での培養を続けた。A 割球の除去は、受精後 30 時間、25 時間、20 時間、15 時間で行った(図 4)。図 4 の右の数字は、対照群の胚が幼生になる頃に、細胞膜電位を調べた a 割球の数と、実際に活動電位を示した細胞数である。

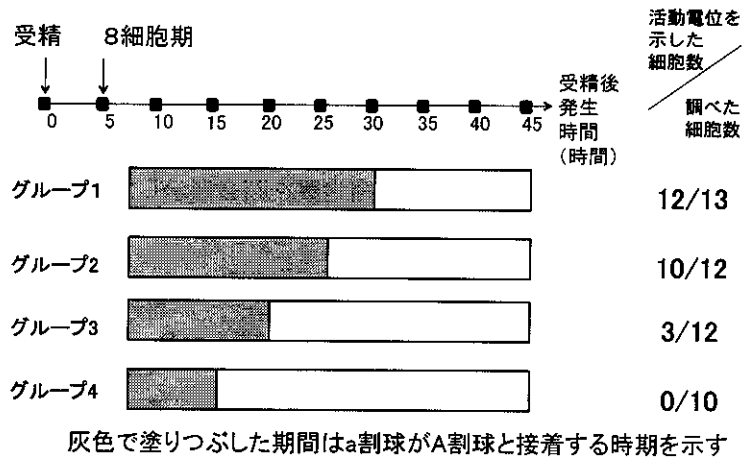


図 4

【実験 3】

図 4 のグループ 1 の方法で培養した a 割球から、受精後 35 時間、45 時間、55 時間の 3 つの異なる発生時期に、図 3 と同様の方法で細胞膜電位を調べたところ、受精後 55 時間では受精後 45 時間後に比べ、活動電位の立ち上がりが速く<sup>(4)</sup>なっていた。受精後 35 時間では活動電位は見られなかった。

問 1 下線部(1)に関連して、脊椎動物の体の構造や発生の特徴として、正しいものには○を、誤っているものには×をつけよ。

- (a) 主要な骨格は体内にある。
- (b) 中枢神経系は胚発生の過程で内側へ陥入して管状になって、背中側に形成される。
- (c) 中枢神経系は胚発生の過程で内側へ陥入するが管状にはならず、腹側に形成される。
- (d) 体節構造を持たない。
- (e) 神経にはミエリン構造による髄鞘を持つものがある。

問 2 下線部(2)は、薬物 C の処理で割球が多核の細胞のまま分化することを意味している。もし【実験 1】(図 2)のように 8 細胞期に薬物 C による処理を行い、a 割球を単離して薬物 C 存在下で培養すると、4 周期分の細胞周期がまわった時期に、ひとつの a 割球あたり核の数はいくつになると予想されるか、答えよ。

問 3 下線部(3)と図 1 の内容から、ホヤ胚の神経系の発生の仕組みについてどのようなことが言えるか、100 字以内で述べよ。

問 4 【実験 2】で得られた結果から、T 君は、神経系細胞の分化の仕組みについて「受精後 25 時間くらいまでの細胞接着が重要であることがわかった」と X 教授に話した。すると X 教授は、「この結論はとても面白いけれど、神経系細胞の分化に、細胞接着している時間の長さが重要なのか、あるいは、受精後のどの時期に細胞接着がおこっているかというタイミングが重要なのかは、今回の実験だけではわからないね」と言った。X 教授の言う 2 つの可能性を区別するには、これまでの実験を踏まえて新たにどのような実験を行えばよいか、100 字以内で説明せよ。

問 5 【実験 3】で、下線部(4)の理由として適切なものを下記の(a)~(e)のうちから 1 つ選択せよ。細胞膜の面積は発生時間により変化しないものとする。

- (a) 発生時間と共に細胞内のカリウムイオン濃度が減少した。
- (b) 発生時間と共に細胞内の ATP の濃度が減少した。
- (c) 発生時間と共に細胞膜のナトリウムチャネルの数が増えた。
- (d) 発生時間と共にナトリウムポンプの機能が低下した。
- (e) 発生時間と共に細胞内のナトリウムイオン濃度が上昇した。

〔4〕 免疫に関する以下の文章を読み、問1～問6に答えよ。

(文中の体積の単位記号*l*は、リットルを表す。)

【実験1】

破傷風菌が産生する毒素Xを10匹のネズミに20 ng ずつ注射すると、筋肉麻痺や痙攣けいれんといった神経症状を起こして全てのネズミが4日以内に死亡した。一方、毒素Xを化学処理により無毒化した物質(物質Y)を10 μg 注射してから1ヶ月経過したネズミ(グループA)では、20 ng の毒素Xを注射しても10匹中4匹が生き残った。また、物質Yを5 μg ずつ1ヶ月間隔で2回注射して(a)から1ヶ月経過したネズミ(グループB)では、20 ng の毒素Xを10匹に注射しても全てのネズミが生き残った。

(b)

【実験2】

グループAのネズミから採取した血清を10倍希釈あるいは1,000倍希釈し、それぞれ4 μg/mlの毒素X溶液と1:1容量で混合した。37℃で1時間放置した後、各混合液10 μlを10匹のネズミに注射したところ、10倍希釈した血清を用いた場合は全てのネズミが生き残ったが、1,000倍希釈した血清を用いた場合は8匹のネズミが4日以内に死亡した。一方、グループBのネズミから採取した血清を1,000倍希釈あるいは10,000倍希釈して同様の実験を行ったところ、1,000倍希釈した血清を用いた場合は全てのネズミが生き残ったが、10,000倍希釈した血清を用いた場合は3匹のネズミが4日以内に死亡した。また、血清を熱湯に30分間浸けてから同様の実験を行った場合には、10倍希釈した血清(c)を用いても全てのネズミが4日以内に死亡した。

【実験3】

物質Yを1 μg ずつ1ヶ月間隔で3回注射してから1ヶ月経過したネズミ(グループC)から採取した血清を10,000倍希釈して【実験2】と同様の実験を行ったところ、10匹全てのネズミが生き残った。

【実験4】

1ヶ月前にBCGを接種したモルモットの皮膚内に結核菌に由来するタンパク質を注射すると、1～2日後に炎症を起こして赤くはれる現象(ツベルクリン反応)が認められた。このモルモットから血清およびリンパ球を採取し、それぞれ別のモルモットの血管内に投与した。これらのモルモットの皮膚内に結核菌に由来するタンパク質を注射すると、血清を投与されたモルモットのツベルクリン反応は陰性のままであったが、リンパ球を投与されたモルモットではツベルクリン反応が陽性になった。

(注)  $1\mu\text{g} = 10^{-3}\text{mg}$ ,  $1\text{ng} = 10^{-6}\text{mg}$ ,  $1\mu\text{l} = 10^{-3}\text{ml}$ , BCG: 実験室で長期培養を繰り返すことでヒトに対する毒性が失われた結核菌

問1 次の文章の(ア)～(オ)に適切な語句を記入せよ。

生体には外界から侵入してくる細菌やウイルスを非自己物質として認識し、これらを排除して恒常性を維持する免疫という機構が備わっている。免疫は、生体に生まれつき備わっている(ア)免疫と、生後に病原体や抗原に接触することによって備わる(イ)免疫とに分けられる。(イ)免疫は一度接触した病原体や抗原に対してある期間にわたって(ウ)を保持する。この特徴を利用して人工的に感染症にかかりにくくする方法が(エ)であり、無毒化した毒素や弱毒化した病原体など、(エ)に使用される抗原のことを(オ)という。

問2 【実験1】において、あらかじめ物質Yを注射しておいたネズミが毒素Xの注射によって死ななくなった理由を「抗原」という言葉を使って100字以内で述べよ。

問3 【実験1】において、投与した物質Yの総量が同じであるにもかかわらず、下線部(a)と(b)の生き残ったネズミの割合が異なる理由について100字以内で述べよ。

問 4 【実験 2】において、下線部(C)の処理によって全てのネズミが死亡した理由について 40 字以内で述べよ。

問 5 【実験 3】において、10 匹のグループ C のネズミに 20 ng の毒素 X を注射した場合に予想される結果とその理由について、【実験 1】と【実験 2】の結果を参考にして 100 字以内で述べよ。

問 6 【実験 4】の結果に基づいて、次の文章の(カ)～(コ)に入る語句を下記の〈語群〉から選択して番号で答えよ。

結核菌は細胞内に侵入して生存・増殖できるので、その排除には主に(カ)や(キ)が働く(ク)免疫を活性化することが必要とされる。接種された BCG は(カ)に取り込まれて、その抗原情報が(キ)に伝えられる。その後、抗原情報を受け取った(キ)は結核菌が体内に侵入してきた場合にも働いて、(カ)を活性化して結核菌を効率よく攻撃させる。また、(キ)は、結核菌に感染した細胞を特異的に攻撃することで感染の進展を抑制する。(キ)のもとになる細胞は骨髄で作られるが、その成熟・分化の場は(ケ)であるため、生まれつき(ケ)が形成不全の個体においては、(ク)免疫が主体となる臓器移植時の(コ)反応が起こらない。

〈語 群〉

- |              |            |          |
|--------------|------------|----------|
| (1) B 細胞     | (2) T 細胞   | (3) 脾 臓  |
| (4) 胸 腺      | (5) 扁桃腺    | (6) 凝 集  |
| (7) グロブリン    | (8) 拒 絶    | (9) 不 全  |
| (10) マクロファージ | (11) アレルギー | (12) 体液性 |
| (13) 遺伝性     | (14) 細胞性   | (15) 原発性 |



