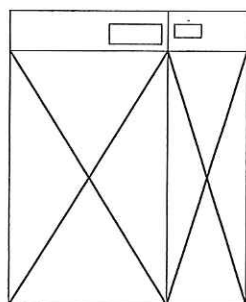


平成26年度入学試験問題（一般入試）

理 科

注 意

1. 問題冊子は、物理：1～7ページ，化学：9～12ページ，生物：13～20ページで、8ページは余白である。問題冊子は、指示があるまで開かないこと。
2. 解答紙は計3枚で、物理：1枚，化学：1枚，生物：1枚である。
3. 解答開始前に、試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目も含めすべての解答紙それぞれ2カ所に受験番号を記入すること。
4. 試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目の解答紙に×印を大きく2カ所記入すること。



5. 「始め」の合図があったら、問題冊子のページ数を確認すること。
6. 解答は、黒色鉛筆(シャープペンシルも可)を使用し、すべて所定の欄に記入すること。欄外および裏面には記入しないこと。
7. 下書き等は、問題冊子の余白を利用すること。
8. 試験終了後、監督者の指示にしたがって、解答紙を物理，化学，生物の順番をそろえること。
9. 解答紙は持ち帰らないこと。

生 物

〔1〕 次の文章を読み、設問に答えなさい。

〔ア〕は単独では増殖できないが、細胞に寄生して増殖することができる。細菌に寄生する〔ア〕のことをファージといい、〔イ〕とタンパク質が主要な構成成分である。ハーシーとチェイスはファージの一つである T_2 ファージの〔イ〕とタンパク質を別々に標識し、ファージが大腸菌に感染する際に、ファージの何が大腸菌内部に侵入するのかを調べた。まず、標識したファージを大腸菌に感染させ、2～3分後にミキサーで攪拌して大腸菌の表面からファージの外殻を取り除き、遠心分離機により大腸菌を沈殿させた。その結果、ファージのタンパク質のほとんどが〔ウ〕に検出され、ファージの〔イ〕は〔エ〕から検出された。さらに、20～30分たつと大腸菌が溶菌し、子ファージが現れた。これら一連の実験により、細菌に侵入する遺伝物質は〔イ〕であり、〔イ〕が遺伝子の本体であることが明らかになった。

1. 空欄〔ア〕～〔エ〕に適切な語句を答えなさい。ただし、〔ウ〕と〔エ〕は上澄みまたは沈殿の語句で答えなさい。

2. 上記の実験ではタンパク質の標識に放射性同位体が用いられた。用いられたものは次のうちどれか、記号で答えなさい。

(a) ^3H (b) ^{125}I (c) ^{32}P (d) ^{35}S

3. ファージが大腸菌に感染する際の様子を模式的に表したのが図1である。

(1) ファージの外殻頭部の径(図1のX)として適切なものを次の(a)～(e)より選び、記号で答えなさい。ただし、大腸菌とファージの大きさの比率は実際の比率を反映していない。

(a) 7 nm (b) 70 nm (c) 700 nm (d) $7\mu\text{m}$ (e) $70\mu\text{m}$

(2) ファージが大腸菌に感染した後の、大腸菌内の様子として可能性のあるものを図2から全て選び、記号で答えなさい。ただし1個のファージが感染したと仮定する。

4. アーバーは大腸菌にファージの一つであるラムダファージを感染させる実験を行った。大腸菌A、B株で増殖させたラムダファージを用いて、大腸菌AまたはB株に対する感染効率を調べた(表1)。

(1) 大腸菌B株で増殖させたラムダファージが大腸菌A株では増殖できない理由を、‘酵素’という語句を用いて説明しなさい。

(2) 大腸菌A株で増殖させたラムダファージは、どちらの大腸菌株でも効率よく増殖する理由を、‘修飾’という語句を用いて説明しなさい。

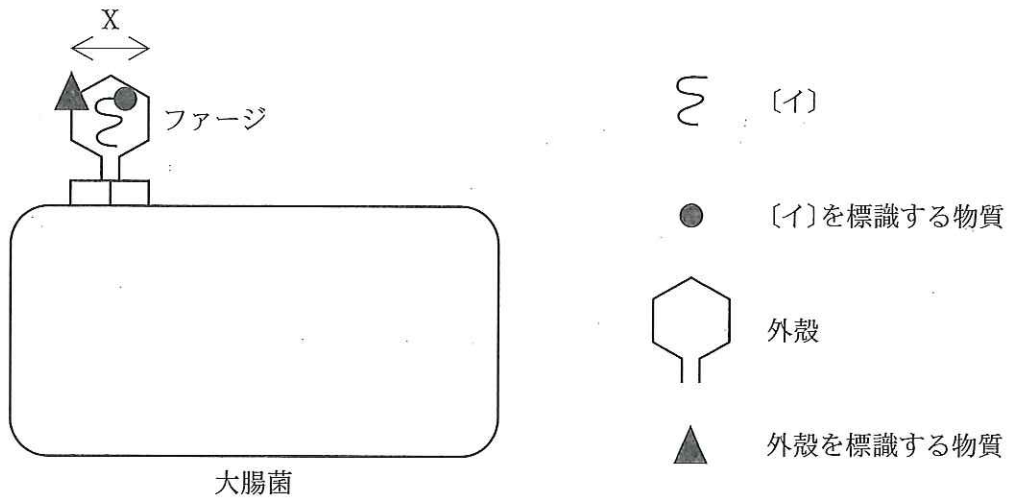


図 1

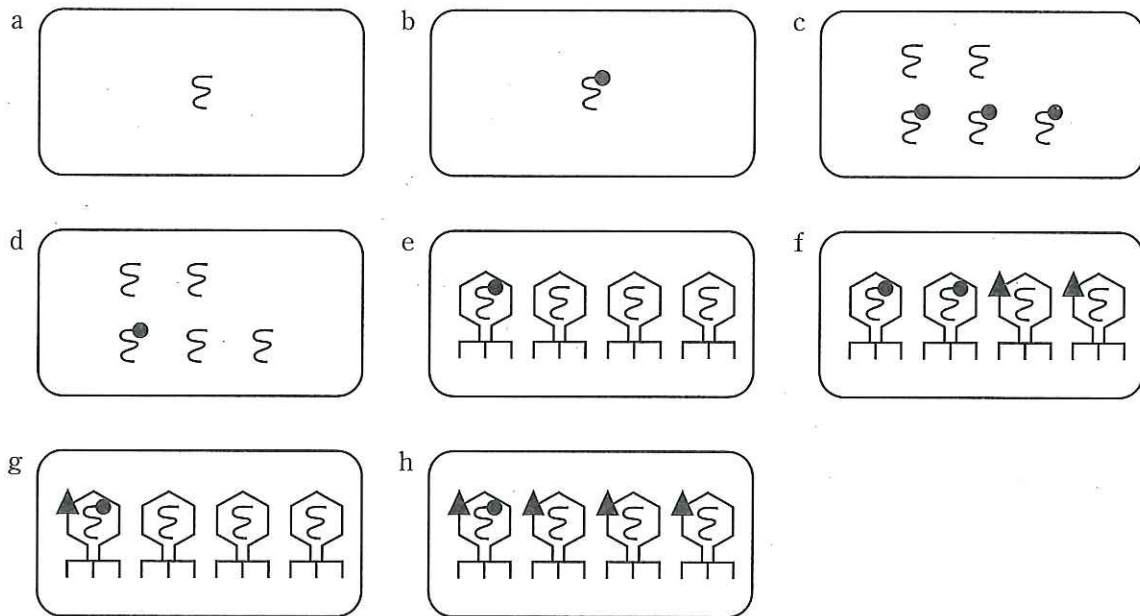


図 2

表 1 それぞれの株におけるラムダファージの感染効率(相対値)

	大腸菌 A 株	大腸菌 B 株
A 株で増殖させたファージ	1	1
B 株で増殖させたファージ	$< 10^{-4}$	1

A 株で増殖させたファージを A 株に感染させた場合の効率を 1 とする。

〔2〕 次の文章を読み、以下の設問に答えなさい。

マウスは、モデル生物として医学の基礎研究で広く利用されている。特に遺伝子の機能を調べる⁽¹⁾ために遺伝子改変マウスがよく用いられる。遺伝子改変マウスの作製法の一つに胚性幹細胞(ES細胞)を用いる技術がある。ES細胞は、胚盤胞の〔ア〕の細胞だけを分離して作られるため、栄養膜から形成される〔イ〕組織には分化できないが、それ以外の様々な細胞や組織に分化できる。このES細胞を利用して遺伝子Xを改変したマウスを作製し、以下の実験を行った。遺伝子Xは脳と肝臓で発現し、5個のエキソンを含む(図1)。塩基配列の長さは1 kb = 1000塩基対の単位で示す。

実験1

相同染色体の片方のみで、遺伝子Xのプロモーターを含む転写調節領域及びエキソン1の欠損を持つマウス(ヘテロマウス)を作製した(図2)。このヘテロマウス同士を交配して、相同染色体の両方に欠損を持つマウス(ノックアウトマウス)を得た。

実験2

実験1で得られたノックアウトマウスと遺伝子改変されていない野生型マウスの脳と肝臓からmRNAを抽出し、〔ウ〕酵素を用いてmRNAに相補的なDNA鎖を合成した。得られたDNA鎖を鋳型として図1に示すプライマー(①~⑤)をすべて混ぜてPCRを行い、その産物を寒天ゲル電気泳動で比較した。すべてのエキソンが連結されたmRNAからは4本のバンドが見られるはずであるが、野生型マウスの脳では5本、肝臓では3本のバンドが見られた(図3)。ノックアウトマウスの脳ではバンドが全く見られなかったことから、脳では遺伝子Xの転写には欠損部位が重要であることが分かる。一方、肝臓では野生型マウスとノックアウトマウスで同じパターンのバンドが見られた⁽²⁾ことから、肝臓では遺伝子Xの転写には欠損部位が重要でないこと⁽³⁾が分かる。上記の実験において、酵素反応は理想的な条件で100%の効率で行われるものとする。また、mRNAができる時イントロンは完全に除去されるものとする。

1. 空欄〔ア〕~〔ウ〕に当てはまる語句を答えなさい。
2. 下線部(1)について、兄弟姉妹同士を何世代も交配させたマウスが用いられる。その理由を答えなさい。
3. 実験1で生まれてきたマウスからDNAを抽出し、図2に示すプライマーA及びBを用いてPCRを行い、その産物を寒天ゲル電気泳動で比較した。野生型マウス、ヘテロマウス、ノックアウトマウスで見られるバンドを解答紙の図に書き込み、バンドの上にDNAの長さ(単位：1 kb = 1000塩基対)を記入しなさい。
4. PCRを行う際、哺乳類由来のDNAポリメラーゼは使用しない。その理由を答えなさい。

5. 下線部(2)について、この結果が生じた原因である現象の名称を答えなさい。
6. 下線部(3)について、このような現象が見られたのはどうしてか、その理由を答えなさい。

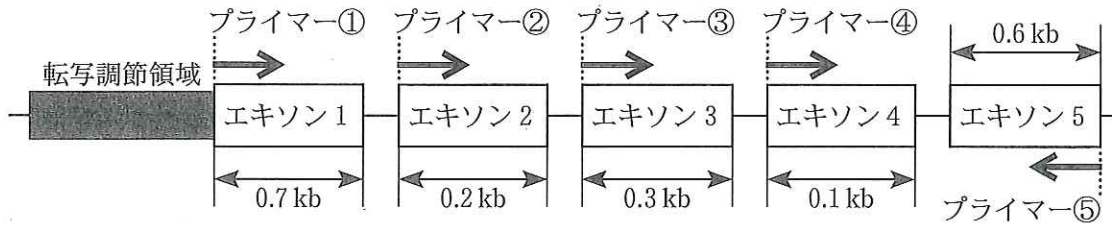


図1 遺伝子Xの構造と実験2で用いたプライマー。プライマーの矢印はPCRによりDNA鎖が伸長される向きを示す。塩基配列の実際の高さと図中の高さは一致しない。

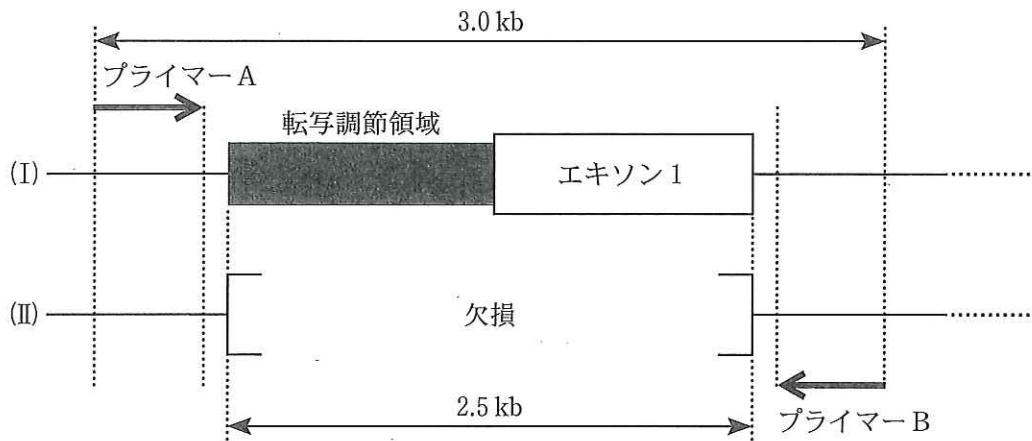


図2 ヘテロマウスの正常型遺伝子X(I)とその改変型(II)のエキソン1とその近傍の構造。

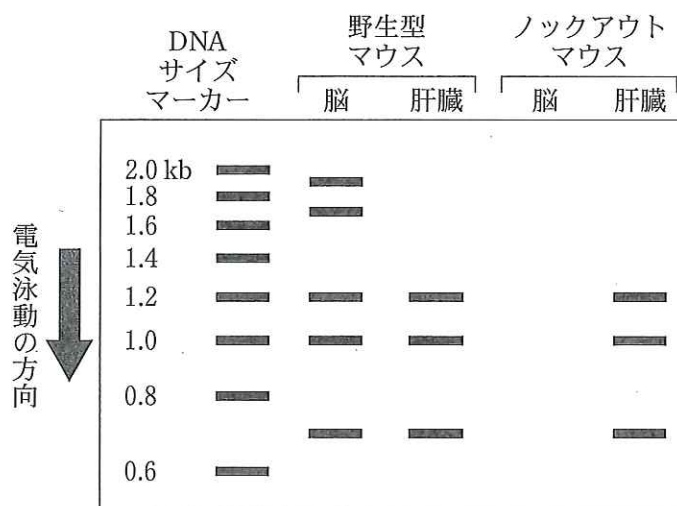


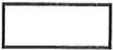
図3 PCR産物の寒天ゲル電気泳動図。

〔3〕 次の文章を読み、設問に答えなさい。

脊椎動物の血液は血管内を流れ、体内を循環することにより個々の細胞に必要な酸素や栄養分など様々な物質を供給し、また二酸化炭素や老廃物など不要になった物質の効率的な除去に働いている。ヒトの場合、血液量は体重の約(ア)%に相当する。その液体成分である血しょうの一部は、毛細血管から組織中にしみ出して(イ)となる。(イ)は再び毛細血管に戻るが、一部はリンパ液としてリンパ管に入り特定の部位で血液に合流する。これら体液の循環には、ポンプ機能を持つ心臓が大きく関わっている。

血液の有形成分は、血管内のみを循環している赤血球と、生体防御に働く白血球、そして血液の凝固に働く血小板からなる。血液中の白血球には、顆粒を持つものや食作用がある大型の細胞や、小型の細胞であるリンパ球が含まれる。一方、胸管など大きなリンパ管を流れるリンパ液中には多数のリンパ球が存在する。

皮下のリンパ節には皮下からのリンパ管が輸入リンパ管として入り、輸出リンパ管として出て行く。また、リンパ節には動脈が入りリンパ節内で分枝し、毛細血管網を形成したのち静脈として出ていく。リンパ球は血管と輸出リンパ管の中には多数流れているが、輸入リンパ管の中は少数である。リンパ節の中には高内皮細静脈と呼ばれる特別な血管が存在し、その血管壁には血管壁を通過中のリンパ球が観察される。

1. 文中の(ア)、(イ)に適切な語句を入れなさい。
2. 図1はヒトの心臓の模式図である。①～③の血管の名称を答え、解答紙の図中にある3箇所の  の中に、血流の方向を矢印で記入しなさい。また、心臓がポンプとして機能するために必要な構造で、図1に示されていないものがある。その構造を解答紙の図に描きなさい。

リンパ球について以下の実験を行った。

実験1：ラットの血液中のリンパ球の一部を取り出し、色素で標識し、静脈から再度血液中に戻した。時間を追って標識リンパ球の存在部位を調べると、血中では減少し、リンパ液およびリンパ節内では増加した。

実験2：ラットの最も太いリンパ管(胸管)に管を挿入し、胸管のなかを流れるリンパ液を全て体外の容器に連続的に集めた。4日間、毎日容器に溜ったリンパ液中のリンパ球数(流出リンパ球数)を次のA～Dの条件下で調べると、図2のような結果になった。

- A：静脈内には何も注入しない。
- B：流出したリンパ球を静脈内に再注入し続ける。
- C：死んでいるリンパ球を静脈内に再注入し続ける。
- D：細胞を除去したリンパ液を静脈内に再注入し続ける。

3. 実験2において、条件A, C, Dでは流出リンパ球数が次第に減少し、また条件Bでは流出リンパ球数の減少が止まり、同じ量のリンパ球が流出し続けるようになったのはなぜか、理由を答えなさい。

4. リンパ球は、リンパ節の高内皮細静脈の血管壁をどの方向に通過していると考えられるか、記号で答えなさい。

- (a) 血液中 → リンパ節組織内
- (b) 血液中 ← リンパ節組織内
- (c) 血液中 ↔ リンパ節組織内

5. リンパ節の機能を考えて、リンパ球の動きにはどのような働きがあるか、答えなさい。

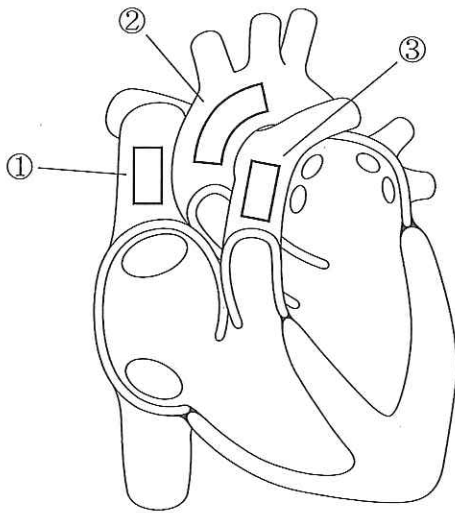


図1

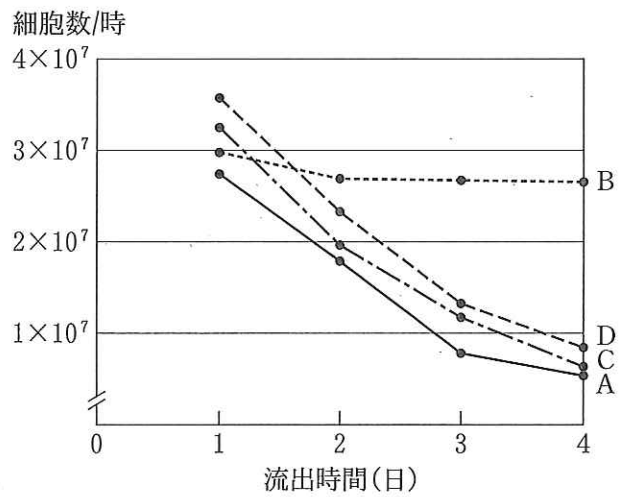


図2 流出リンパ球数の変化

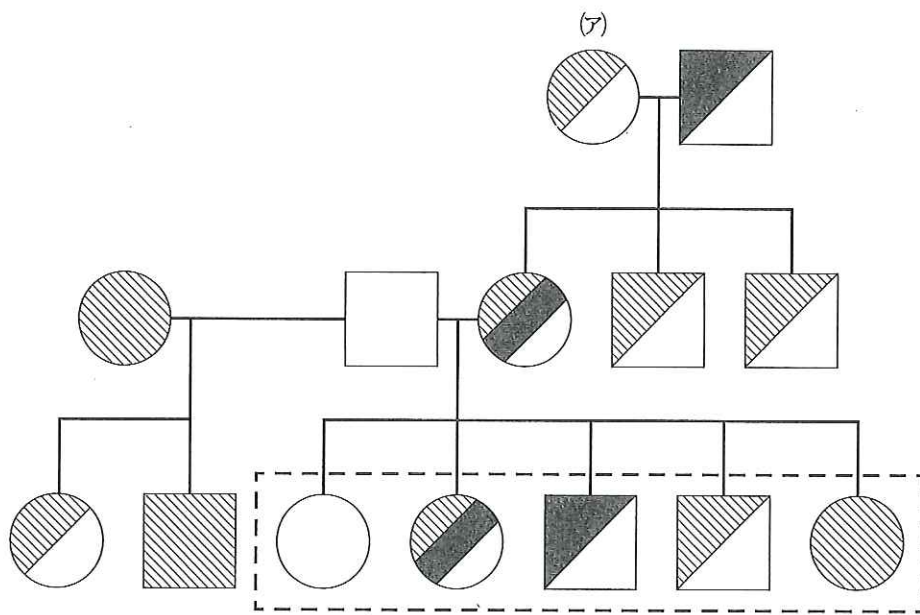
〔4〕 次の問題文を読み、設問に答えなさい。

ネコを含めた大部分の哺乳類の性決定様式はXY型である。雌では発生のごく初期の過程で細胞ごとにランダムに2本のX染色体の一方が働かなくなり(不活性化)、不活性化したX染色体上の遺伝子は機能を失う。それ以降の細胞分裂を経ても、その不活性化状態は固定されたままになり、子孫細胞は同じX染色体の不活性化が維持される。X染色体の不活性化が起こる理由は、X染色体上の遺伝子から作られるタンパク質の量を雄と雌で等しくするためと考えられている。

減数分裂の際に性染色体の分配がうまくいかないと、作られる精子や卵の性染色体数が異常となり、その結果、性染色体を過剰に持つ個体や少なく持つ個体を生じる。たとえばXXY, XYY, XXX, Xなどである。X染色体を過剰に持つXXYは雄の表現型を示すが不妊である。この場合も雌と同様に2本のX染色体の一方がランダムに不活性化する。この不活性化のため、XXYの形質の多くはXYと変わらない。

茶黒白の三色斑の毛並を持つ三毛猫の毛色は、a遺伝子、B遺伝子とその対立遺伝子b、D遺伝子によって定められる。三毛猫はほとんどが雌で遺伝子型はaaBbDD又はaaBbDdである。三毛猫の雄はまれにしか生まれず不妊である。a遺伝子は毛色に影響しない。対立遺伝子Aはすべての毛色をつくる遺伝子に対して優性で、A遺伝子が1つでもあれば毛色を白色にする。B遺伝子は毛色を茶色にし、b遺伝子は黒色にする。D遺伝子は白斑を作る遺伝子で、対立遺伝子dにはその働きはない。D遺伝子が1つでもあれば白斑ができる。これらの遺伝子の中にはX染色体に存在する遺伝子がある。

1. 茶白斑雌と黒白斑雄から図に示すような子孫が生まれた。毛色を規定する遺伝子がA, a, B, b, D, dのみとしたとき、(ア)の遺伝子型として可能性のあるものをすべて答えなさい。
2. A, a, B, b, D, dのうち、どの遺伝子がX染色体上にあるか答えなさい。
3. 点線で囲った(イ)の兄弟でこれ以外にも生じる可能性のある雄の表現型をことばで答えなさい。ない場合はなしと答えなさい。
4. 三毛猫ではなぜ茶色と黒色の毛色が斑状に現れるのか説明しなさい。
5. 雄の三毛猫が現れる理由を説明しなさい。
6. 減数分裂の際に、常染色体の分配がうまくいかないと常染色体数が異常な個体を生じるが、性染色体の場合と異なり、重篤な障害を生じたり致死である場合が多い。その理由を説明しなさい。



(イ)



ただし四角形は雄，円形は雌を表す

図