

## 令和4年度入学試験問題(前期)

# 理 科(生 物)

### 【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には **1** から **4** までの4問題が印刷されていて、合計12ページである。  
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入しているものは無効である。
5. 解答用紙に指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. **1** から **4** の全ての問題に解答すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

1

次の文章を読み、問(1)～(6)に答えよ。

あらかじめ死滅させたウイルスや細菌、あるいは、病気を起こす力の弱い生き  
た病原体などを注射すると、一次免疫応答を人工的に引き起こすことができる。  
その後、実際の病原体の感染が起こった場合、初めから短時間のうちに二次免疫  
応答が引き起こされるので、効率よく感染症を予防することができる。このよう  
に死滅させた、あるいは弱毒化させたウイルスや細菌を( ① )といい、少量を  
体に注射して免疫記憶を生じさせることにより発病を防ぐことを( ② )とい  
う。以降はこれらに関する実験とその結果についての説明である。

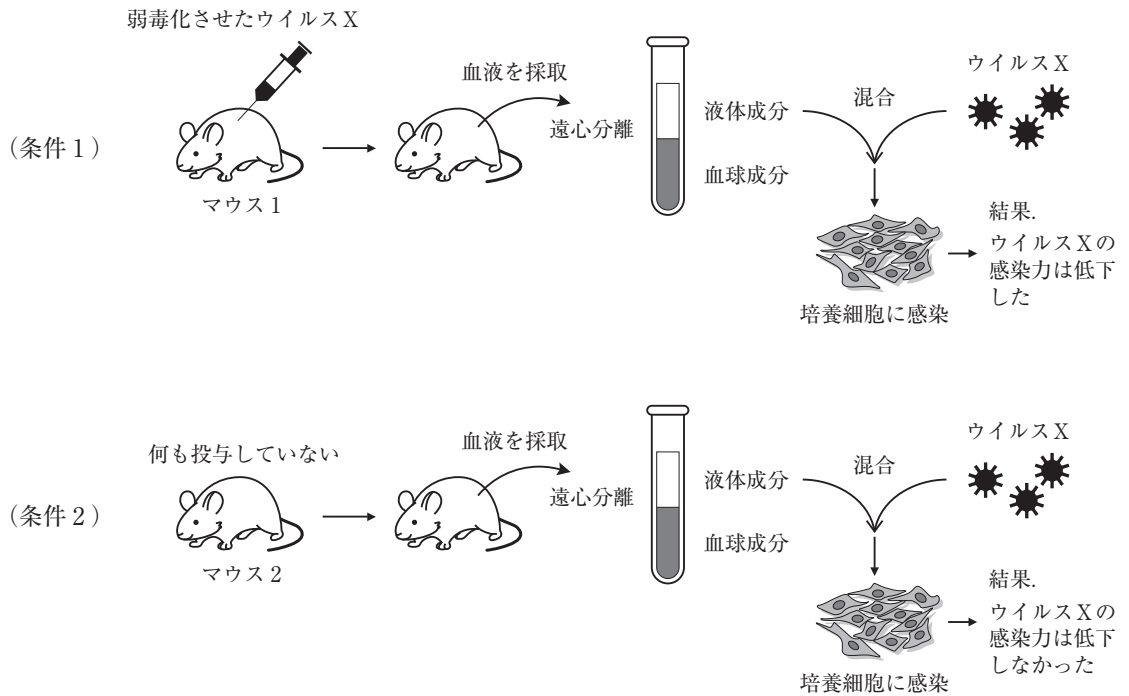


図1. 実験Iの概要

[実験I] 弱毒化させたウイルスXを、マウス1の皮下に、2週間の間をおいて2回注射し、その後、さらに2週間の間をおいてから血液を採取した。採取した血液に血液凝固阻害剤を加えたのち遠心分離し、血球成分と分けて液体成分を回収した。比較対象として、ウイルスXを注射していないマウス2の血液からも同様の液体成分を回収した。次に、それぞれのマウスより回収した液体成分を弱毒化させていないウイルスXと混合し、シャーレで培養したマウスの培養細胞を用いて感染実験を行った。その結果、マウス1由来の液体成分と混ぜ合わせたウイルスXの感染力は低下していたが(条件1)、マウス2由来の液体成分と混ぜ合わせたウイルスXの感染力は低下することはなかった(条件2)。また、液体成分を70℃に加熱したのち、同様の実験を行ったところ、マウス1由来の液体成分を用いた場合でもウイルスXの感染力が低下することはなかった。

この概要を図1に示す。

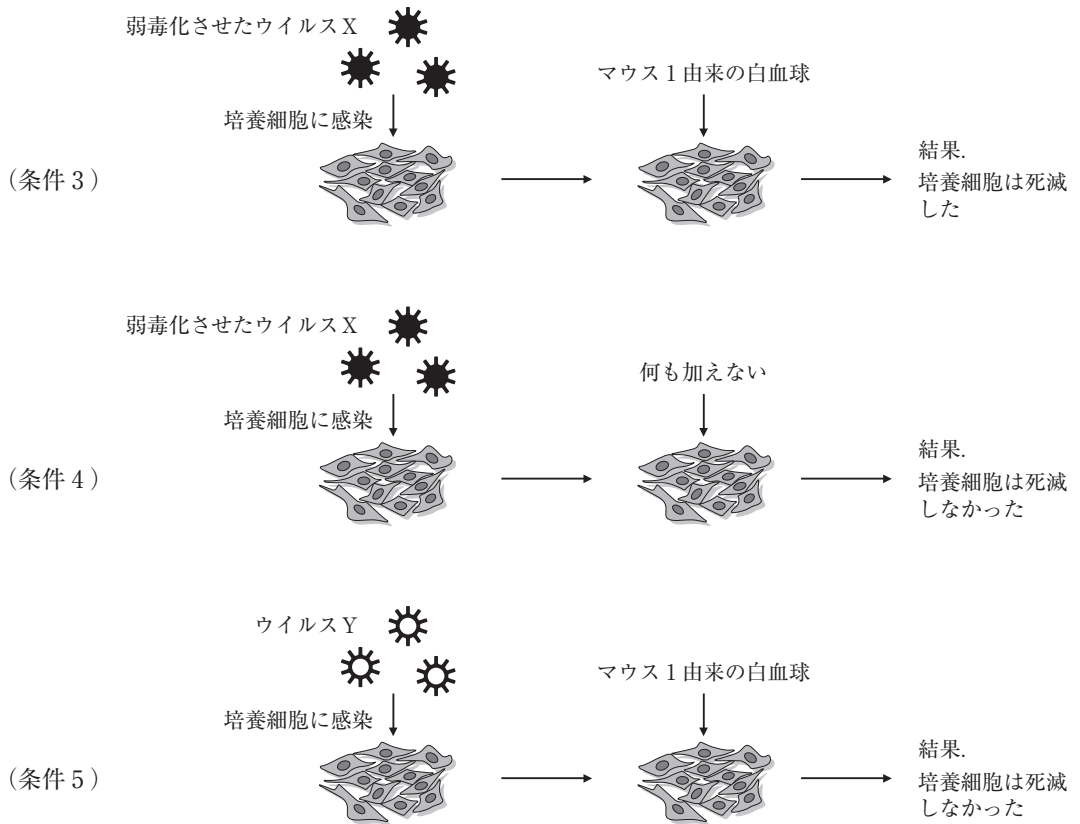


図 2. 実験 II の概要

[実験 II] 実験 I で用いたマウス 1 から回収した血球成分より白血球を分離し、<sup>D</sup>あらかじめ弱毒化させたウイルス X を感染させておいた遺伝的にほぼ同一のマウス由来の培養細胞と混ぜ合わせたところ(条件 3)、数時間後に培養細胞は死滅した。一方、ウイルス X を感染させた培養細胞は、マウス 1 由来の白血球を混ぜ合わせなかった場合においては(条件 4)、死滅することはなかった。また、培養細胞にウイルス X とは別のウイルス Y を感染させた場合においても(条件 5)、マウス 1 由来の白血球を培養細胞と混ぜ合わせても、ウイルス Y を感染させた培養細胞は死滅することはなかった。

この概要を図 2 に示す。

問(1) 下線部Aについて、正しく述べられているものを下記のア～エから全て選べ。

- ア. ウイルスは原核生物に属するため核を持たない。
- イ. 細菌は単細胞真核生物であり適切な培地のみで増殖が可能である。
- ウ. ウイルスは遺伝情報を持たない。
- エ. 細菌は光学顕微鏡で観察することができる。

問(2) 文章中の空欄( ① )と( ② )に当てはまる語句を答えよ。

問(3) 下線部Bの液体成分について、以下の設問(a)と(b)に答えよ。

- (a) この液体成分は何と呼ばれるか名称を答えよ。
- (b) この液体成分にはフィブリノーゲンが含まれているが、これを繊維状に変える作用を示す酵素の名称を答えよ。

問(4) 実験 I について、以下の設問(a)と(b)に答えよ。

- (a) ウイルス X の感染力を低下させたマウス 1 の血液由来の液体成分に含まれる物質の名称を答えよ。
- (b) (a)の物質を産生する細胞の名称を答えよ。

問(5) 下線部Cのような結果が得られた理由について、20 字以内で述べよ。

問(6) 下線部Dに示す現象が生じた理由について、70 字以内で述べよ。

2 次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。

生物は、さまざまな酵素を用いて自らの遺伝子を複製している。遺伝子操作では、これらの酵素の特性を利用することにより、遺伝子を自在に加工することができる。特異的な塩基配列を認識して切断する酵素を制限酵素といい、DNAを切断するハサミとして利用される。(①)は、互いに相補的な末端を持つDNA断片、および互いに平滑末端を持つDNA断片を連結する。制限酵素と(①)はDNAの組換えを可能にし、分子生物学を飛躍的に発展させた。

あるDNA断片を検出できる量まで増やそうとするとき、そのDNA断片を複製可能なDNAに組み込み、これを宿主に導入して目的のDNAを増やす。目的のDNA断片の運び手(運び屋)を(②)といい、大腸菌自身のDNAとは別に独立して増えるプラスミドという小さな環状DNAが知られている。遺伝子が宿主に導入されると多くの場合、宿主の形質が変わり、このことを形質転換という。

下記ではプラスミドを用いて目的遺伝子が大腸菌で発現させ、タンパク質を作らせる実験を行った。

[実験Ⅰ] プラスミドに目的遺伝子を組み込むために、まず目的遺伝子に特異的に結合する2つのプライマーを用いてPCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)を行い、目的遺伝子のPCR産物を得た。次にアガロースゲル電気泳動法を行い、1300塩基対からなる直鎖状のPCR産物のバンドを確認した。このPCR産物のDNA配列には3種類の制限酵素X、Y、Zで切断される部位が1箇所ずつ含まれており、いずれも標的部位を完全切断できるものとする。これらの制限酵素は平滑末端を形成せず、粘着末端(突出末端)という切断部に互いに相補的な塩基配列を持つ末端を形成する。

[実験Ⅱ] 実験Ⅰで得られた1300塩基対のPCR産物を、3種類の制限酵素X、Y、Zを使用してそれぞれ処理し、アガロースゲル電気泳動法を行った。図1のイには制限酵素Xのみ処理したPCR産物を、ロには制限酵素Yのみ処理したPCR産物を、ハには制限酵素Zのみ処理したPCR産物を、ニには制限酵素Xと

Yで処理したPCR産物を、ホには制限酵素XとZで処理したPCR産物をそれぞれ電気泳動し、DNA染色を行った。ただし制限酵素X、Y、Zはそれぞれ異なる配列を認識して切断するものとする。

[実験Ⅲ] PCR産物とプラスミドを制限酵素YとZでそれぞれ処理し、(①)によって互いに連結させた。制限酵素YとZで切断されるプラスミド内の部位はそれぞれ1箇所ずつあるものとする。目的遺伝子を組み込んだプラスミドを大腸菌に導入し、薬剤耐性遺伝子による選別を行った。増殖した大腸菌から目的タンパク質を精製し、機能の確認を行った。

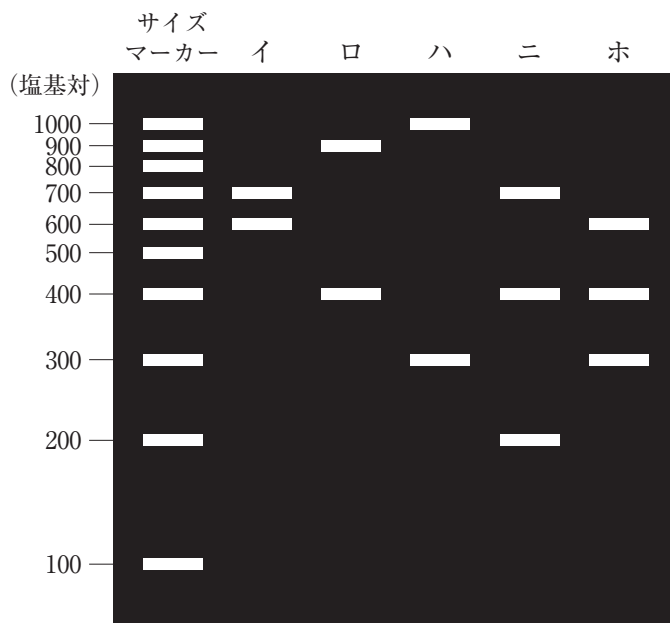


図1. 制限酵素処理したPCR産物の電気泳動結果

問(1) 文章中の空欄(①)と(②)に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

問(2) 下線部Aについて、以下の設問(a)と(b)に答えよ。

(a) PCR法では95℃、50℃～60℃、72℃を繰り返してDNAを増幅する。この50℃～60℃ではどのような反応が生じているか30字以内で述べよ。

(b) PCRを何サイクル行くと元のDNA量の5000倍を超えてくるか答えよ。ただし、PCRの増幅効率は100%とする。

問(3) 下線部Bについて、次のア～ウの文章で正しいものには○を、誤っているものには×を解答欄に記入せよ。

ア. DNA断片は緩衝液中で正(+)に帯電する。

イ. 寒天ゲルの網目が細かいほどDNA断片は速く泳動される。

ウ. 長いDNA断片よりも短いDNA断片のほうが速く泳動される。

問(4) 実験Ⅱと実験Ⅲについて、以下の設問(a)と(b)に答えよ。

(a) PCR産物を制限酵素YとZで切断した場合、得られるDNA断片の塩基対の長さに該当するものを下の選択肢ア～スから全て選択せよ。

(b) PCR産物とプラスミドを制限酵素YとZで切断した場合、プラスミドに組み込むことができるDNA断片の塩基対の長さに該当するものを下の選択肢ア～スから1つ選択せよ。

ア：100塩基対， イ：200塩基対， ウ：300塩基対， エ：400塩基対，

オ：500塩基対， カ：600塩基対， キ：700塩基対， ク：800塩基対，

ケ：900塩基対， コ：1000塩基対， サ：1100塩基対， シ：1200塩基対，

ス：1300塩基対



3 次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。

植物の成長過程を観察すると、種子を土に蒔くことで発芽して成長し、根、茎、葉の各器官を持つ植物になる。この時、器官を発生させる分裂組織のうち、茎の伸長には先端部に( ① )が、根の伸長には先端部に( ② )がある。それぞれ活発な細胞分裂により新たな細胞を作り続けることによって成長を続ける。茎と根の維管束を構成するものは根から吸収した水や無機塩類の通り道となっている( ③ )と葉の光合成産物を各器官に届ける( ④ )がある。( ③ )と( ④ )の間には( ⑤ )という分裂組織がある。成長した植物では体内の特定の部位で合成される( ⑥ )と総称される生理活性物質が形態形成、発生、成長などを制御している。頂芽の成長が活発な時は側芽の成長が抑えられており、頂芽が切り取られた時は<sup>A</sup>側芽の成長が促進される。一般に、植物はある一定の大きさになると花を咲かせ、果実が作られ子房内に種子が形成される。種子が成熟する際には<sup>B</sup>( ⑦ )という物質の含有量が上昇し、胚の成長を停止して貯蔵物質を蓄積したり、乾燥に対する耐性を獲得したりして( ⑧ )に入る。植物は自ら作る( ⑨ )という物質により、果実の軟化、果皮の着色といった成熟が促進される。葉柄や果柄の基部に( ⑩ )と呼ばれる特別な細胞層が形成され落葉や落果が起こる。

問(1) 文章中の空欄( ① )～( ⑩ )に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

問(2) 植物は光合成を行い、繰り返し新たな芽、茎、葉を作り出して成長を続ける。このような成長を何と呼ぶか答えよ。

問(3) 下線部Aについて、以下の設問(a)~(d)に答えよ。

- (a) 側芽に対して頂芽が優先されているこの現象を何と呼ぶか答えよ。
- (b) 頂芽を切り取った時、物質Xを切り口に塗ることで側芽の伸長は抑えられる。物質Xの名称を答えよ。
- (c) 植物体内で物質Xは茎の先端部側から基部側へ移動している。この物質Xの移動には方向性がある。物質Xの移動の現象を何と呼ぶか答えよ。
- (d) 頂芽を切り取らなかった場合でも、側芽に物質Yを与えると側芽が成長する。物質Yの名称を答えよ。

問(4) 下線部Bについて、以下の設問(a)~(c)に答えよ。

- (a) コムギでは、種子を蒔くだけでは発芽した後十分に成長しても花芽を形成しにくい。一方、発芽した種子に低温を一定期間与えると花芽が形成されるようになる。このような低温にさらされることで花芽形成が誘導される現象を何と呼ぶか答えよ。
- (b) 植物の花芽形成では葉で合成される物質Zが茎の先端部に移動して花芽の形成を促進している。この物質Zの名称を答えよ。
- (c) 植物は日長を葉で感じ取ることによって花芽形成するものもある。長日植物において日本の冬至ごろに花を咲かせたい場合はどのような処理をすればよいのか 30 字以内で説明せよ。

4 次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。

筋原繊維は( ① )の細胞質に多数存在し、顕微鏡で観察すると図1のように明るく見える( ② )と暗く見える( ③ )が交互に連なり、( ② )の中央は( ④ )で仕切られている様子が見られる。( ④ )で挟まれた間を( ⑤ )という。筋原繊維はミオシンで構成される太いフィラメントと、主にアクチンで構成される細いフィラメントが規則的に重なり合った構造をとり、これが筋原繊維特有の縞模様をなしている。筋収縮は運動神経からの刺激を受けると、筋原繊維を覆う( ⑥ )からカルシウムイオンが放出されて( ⑦ )に結合することが引き金となり、ATPをエネルギー源としてアクチンフィラメントはミオシンフィラメントの間に入り込む。これは( ⑧ )と呼ばれる筋肉の運動機構である。ミオシンはATPを分解する酵素としての機能を有しており、ATPの分解で得られたエネルギーを筋収縮に使う。神経からの興奮の伝達がなくなると、カルシウムイオンは再び( ⑥ )へ取り込まれ、ミオシンフィラメントがアクチンフィラメントから離れて筋肉は弛緩する。

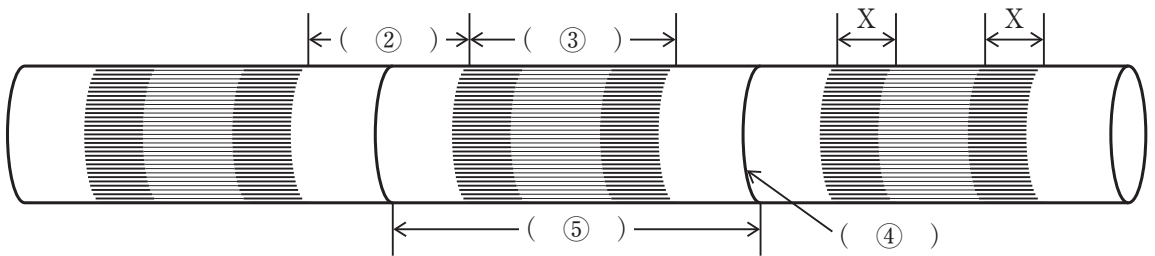


図1. 筋原繊維

問(1) 図1は筋原繊維の模式図である。文章中および図1中の空欄( ① )~( ⑧ )に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

問(2) ミオシンフィラメントの長さを  $1.6\ \mu\text{m}$ 、アクチンフィラメントの長さを  $1.0\ \mu\text{m}$  とする。( ⑤ )の長さは、弛緩した状態で  $3.4\ \mu\text{m}$ 、収縮した状態で  $2.2\ \mu\text{m}$  とする。図1に示す濃い縞模様の幅Xは、弛緩と収縮で何  $\mu\text{m}$  変化するか。なお( ⑤ )の構造は左右対称とする。

問(3) 筋肉は激しく運動した際、酸素を使わずに次のような反応を経て ATP を合成できる。



この反応に関連する以下の設問(a)~(d)に答えよ。

(a) 上のような ATP を合成してエネルギーを獲得する反応を何というか答えよ。

(b) この反応によってグルコース 1 分子から最終的に生成する ATP の分子数を答えよ。

(c) これと同じ反応を利用して製造される乳加工食品を 1 つ答えよ。ただし、商品名による解答は不可とする。

(d) 死亡直後の脊椎動物の筋肉は、乳酸の蓄積によって pH の低下を引き起こす。やがてカルシウムイオンの調節がうまく働かなくなり、カルシウムイオンが筋原繊維中に放出されたままになる。このことによって筋肉にどのような現象が発生すると考えられるか。30 字以内で説明せよ。ただし、数字や記号(イオン式を含む)は 1 文字として扱うとする。

問(4) ミオシンに関連する以下の設問(a)~(c)に答えよ。

- (a) ミオシンは植物細胞内にも存在する。これは葉緑体などといった細胞小器官の移動に関わり、この動きは顕微鏡でも観察できる。この現象を何と  
いうか答えよ。
  
- (b) 細胞骨格である微小管上を移動して細胞内輸送などに関わるタンパク質  
について、ミオシン以外に2つ答えよ。
  
- (c) ミオシンや問(4)の設問(b)のように、ATP からエネルギーを得て細胞骨  
格に沿って移動するタンパク質を総じて何と  
いうか答えよ。