

令和5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17ページある。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、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たものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. **1** から **4** のすべ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)～(5)に答えよ。

青森県の低地に位置する森林内に生育する野生植物(以降、種Xとする)について、その生態や形態を把握するためにさまざまな調査研究活動を行った。まず、種Xの生育地で野外調査を行った。この調査では、種Xが生育している環境および個体群内の個体の分布様式、また個体の動態(芽生えから枯死までどのように個体数が変化するか)や、繁殖戦略(どのように繁殖するか)について明らかにした。次に、個体を採集し、花の形態について詳しく観察を行った。その結果、種Xがこれまで報告例がない野生植物であったため、新種として発表し、新たに学名を与えた。

問(1) 下線部Aについて、設問(a)と(b)に答えよ。

(a) 野外調査から、種Xが生育している森林は、植物種の多様性が高いことが示された。それはどのような内容の調査から導き出されたものか。適切なものを下の選択肢ア～オからすべて選べ。

- ア. 一定の面積に生育する種Xの個体数を生育段階別に記録する。
- イ. 一定の面積に生育する植物を草と樹木に分け、種名を記録する。
- ウ. 一定の面積に生育する樹木の幹の本数を明らかにする。
- エ. 一定の面積に生育する樹木の樹高と位置を記録する。
- オ. 一定の面積に生育する種Xの花を訪れる昆虫の種数を明らかにする。

(b) 種Xが生育している森林は、主にミズナラやカエデ類、ブナなどで構成されていた。この森林が属するバイオームとして最も適切なものを下の選択肢ア～オから1つ選べ。

- ア：針葉樹林、イ：照葉樹林、ウ：夏緑樹林、
- エ：雨緑樹林、オ：硬葉樹林

問(2) 下線部Bについて、以下の文章を読み、設問(a)と(b)に答えよ。

種 X の個体の分布様式を明らかにするために、個体群内に方形区 (10 m × 10 m) を設置した。方形区内のすべての個体の位置を記録したところ、図 1 が得られた。なお、種 X の平均種子散布距離は約 15 m であった。

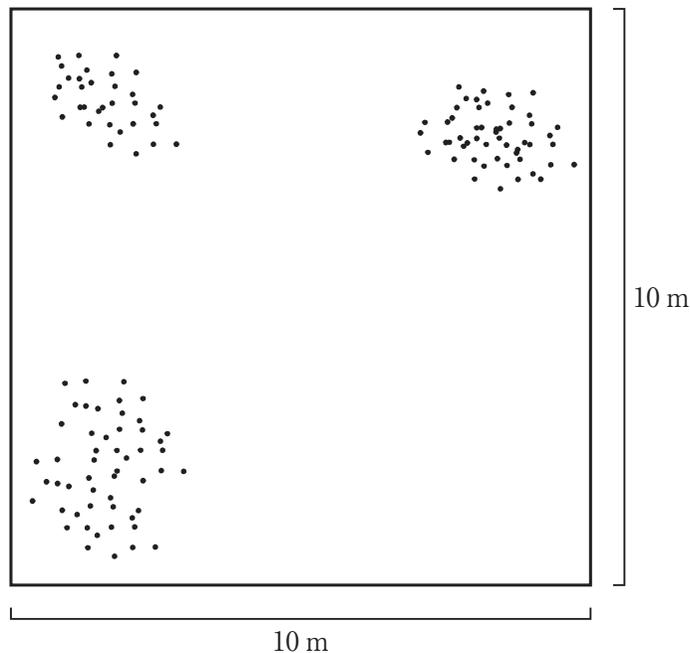


図 1. 種 X の個体の分布

図中の黒い点(・)は個体の位置を示している。

- (a) 図 1 で示されるような個体の分布様式を何と呼ぶか答えよ。
- (b) このような分布になった要因として、最も適切なものを下の選択肢ア～ウから 1 つ選べ。
- ア. 種 X は土壌の特定の条件によってのみ発芽する。
 - イ. 種 X は同種の他個体を避けて発芽する。
 - ウ. 種 X の種子は風によって散布され、ほとんどが発芽する。

問(3) 下線部Cについて、以下の文章を読み、設問(a)~(c)に答えよ。

ある年に発芽した種Xの1000個体を継続して観察した。種Xは多年生で、発芽してから8年目にはじめて開花する個体が現れ、その後、多くの個体が開花し、10年後にはすべての個体が枯死した。発芽から枯死までの個体数の変化をグラフにしたものが図2である。

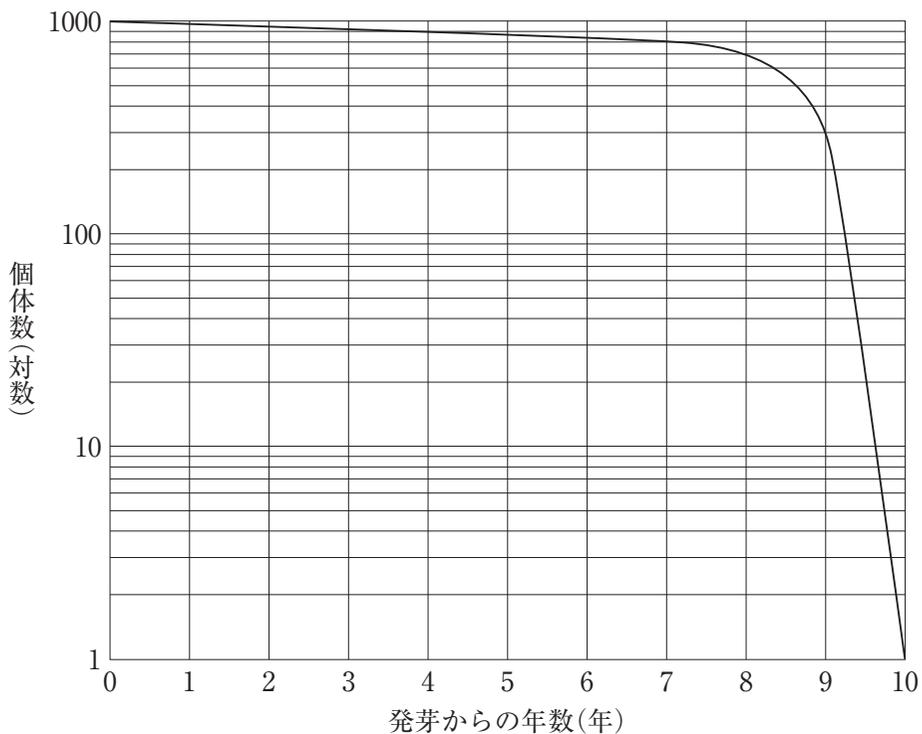


図2. 観察した種Xの個体数の変化
横軸の0は発芽した時を示している。

(a) 図2のように、成長や時間の経過にともなう個体数の変化をグラフにしたものを何と呼ぶか答えよ。

(b) 1年間で種Xの個体数が最も減少したのはどの期間か。最も適切なものを下の選択肢ア～エから1つ選べ。また、その期間での死亡率(%)を、小数第一位を四捨五入し、整数で答えよ。

ア：発芽時～1年後、 イ：発芽7年後～8年後、

ウ：発芽8年後～9年後、 エ：発芽9年後～10年後

(c) 図2のグラフが示す種Xの個体数の変化について、その特徴を次の2つの語句“発芽後数年間”、“開花”を用いて45字以内で説明せよ。

問(4) 下線部DおよびEについて、以下の文章〔I〕と〔II〕を読み、設問(a)と(b)に答えよ。

〔I〕 開花期に種Xの花の観察を行ったところ、1つの花におしべとめしべの両方が存在する両性花であり、葯(やく)が花粉を放出した数日後に柱頭がはじめて受粉可能になることが明らかになった。これは、自己の花粉によって自家受精が生じないようにし、種子生産量の減少や病原体への耐性の低下などが生じる近交弱勢を避けるためのメカニズムの1つであると考えられた。

(a) 自己や近縁(近親)個体の花粉で受精すると、なぜ近交弱勢が生じやすくなるのか。次の2つの語句“対立遺伝子”、“表現型”を用いて40字以内で説明せよ。

〔II〕 種Xの花を訪れる昆虫を観察したところ、ある1種類のガのみが記録された。種Xの花の形態は、このガから吸蜜されるのに適しており、このガの口器の形状も種Xの花からの吸蜜に適していた。また、このガは種Xの蜜のみを餌とすることも明らかになった。

(b) 種Xとこのガは、互いに深く影響を受けながら進化してきたものと考えられる。このような進化を何と呼ぶか答えよ。

問(5) 下線部Fについて、以下の文章中の空欄(①)～(③)に当てはまる語句を答えよ。

生物種の学名は、2つの単語の組み合わせによって表記する。初めにくる単語は(①)、それに続く単語は(②)と呼ばれる。このような表記法は(③)と呼ばれ、リンネによって体系化された。

2 次の文章を読み、問(1)~(5)に答えよ。

DNA の遺伝情報(塩基配列)が、RNA の塩基配列として写し取られる過程が転写である。真核生物における転写では、RNA の合成が開始される部位の近くにあつて特別な塩基配列をもつ(①)という領域に、(②)と呼ばれる複数のタンパク質が結合する。(②)と RNA ポリメラーゼ(RNA 合成酵素)が複合体を形成して、(①)に結合することが転写に必須である。遺伝子の発現調節に関わる DNA の塩基配列は、(①)以外にも複数存在する場合がある。これらの配列は(③)と総称される。(③)に結合して遺伝子の発現を調節するタンパク質は調節タンパク質と呼ばれる。これらの調節タンパク質の多くは、さらに(②)に結合して、RNA ポリメラーゼが DNA へ結合することを促進または抑制する。

真核生物の染色体において、DNA が(④)というタンパク質に巻き付いたビーズ状の基本構造は(⑤)と呼ばれる。図1に示すように、数珠(じゆず)のように連なった一連の(⑤)が折りたたまれることで、クロマチン(クロマチン繊維)が構成される。

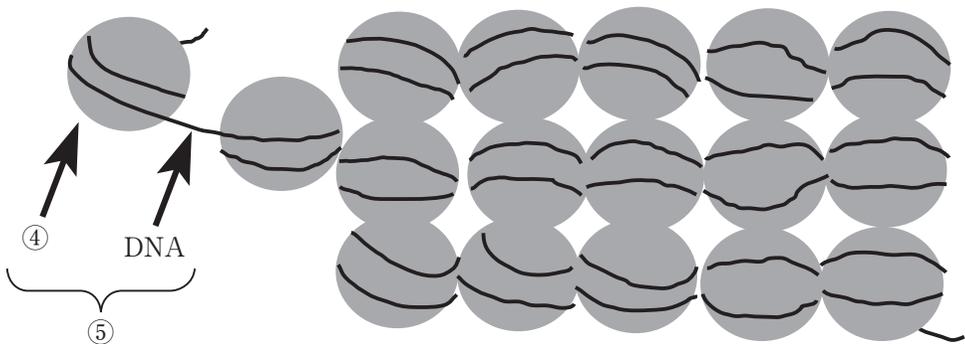


図1. クロマチン(クロマチン繊維)とその構成要素

図中の④, ⑤は本文中の④, ⑤と同一である。

染色体のクロマチンは、図2に示すように、ゆるんだ形状を取る場合と、密に折りたたまれた形状を取る場合とがある。一般に、ゆるんだ形状を取る場合には、その染色体領域に含まれる遺伝子の転写は活発になり、逆に密に折りたたまれた形状を取る場合には、転写は不活発になる。

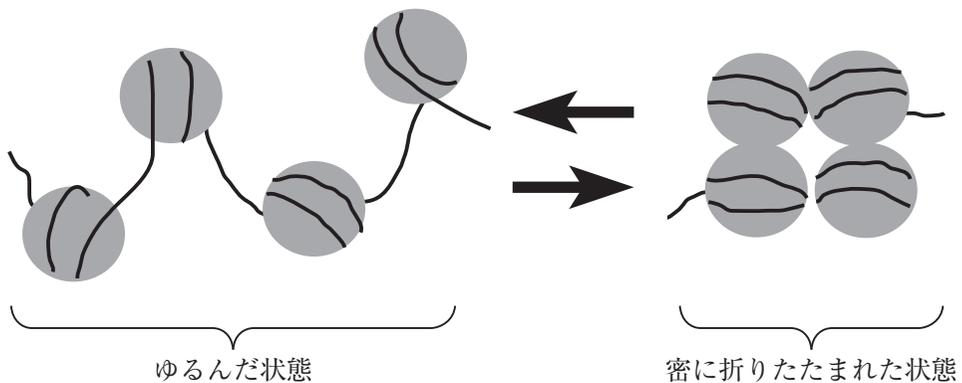


図2. クロマチンの折りたたみ状態の変化

動物の発生の過程では、1個の受精卵の細胞が(⑥)と呼ばれる間期が短い細胞分裂を繰り返し行う。(⑥)によって生じた細胞を割球という。割球は成長を伴わずに分裂するため、(⑥)が連続して起こることで、各割球は次第に小さくなる。発生が進むにつれて未分化な細胞が次第に分化していき、さまざまなタイプの細胞が生じる。哺乳類では、発生初期の胚の細胞はさまざまな組織の構成要素に分化する能力(多能性)をもっているのに対して、一度分化した細胞では、この能力は失われる。しかし、すでに分化した細胞に特定の4つの遺伝子を導入することで多能性を回復させ、人工多能性幹細胞(iPS細胞)を作製できることが、2006年に初めて報告された。

問(1) 文章中の空欄(①)～(⑥)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) 原核生物では見られない、真核生物に特有な転写・翻訳の機構の記述として最も適切なものを下の選択肢ア～エから1つ選べ。

ア. 調節タンパク質は、細胞質から核へ移動して転写を制御する。

イ. mRNA が転写されている途中で、その mRNA からの翻訳を開始することにより、速やかなタンパク質合成を行う。

ウ. 機能的に関連のある遺伝子群がオペロンを構成し、まとめて転写の調節を受ける。

エ. 配列が異なる複数種類の開始コドンから翻訳が始まることで、タンパク質合成が効率よく起こる。

問(3) 細胞の分化に関する記述として最も適切なものを下の選択肢ア～エから1つ選べ。

ア. 分化した細胞では、転写されなくなった遺伝子はやがてゲノムから失われる。

イ. 分化をとげた異なるタイプの細胞(例えば、肝臓の肝細胞と大脳皮質の神経細胞)の間では、両者で共通して発現する遺伝子はない。

ウ. 両生類の初期の原腸胚において、予定中胚葉域に生じる形成体の細胞の多くは、その後、脳や脊髄の神経細胞へと分化する。

エ. 発生の過程で未分化な細胞がどのようなタイプの細胞に分化するかは、周囲の細胞から受ける影響によって変わることがある。

問(4) 甲状腺刺激ホルモン，アクチンとミオシン，ヘモグロビン，ロドプシンのそれぞれを大量に産生または保持する細胞として最も適切なものを下の選択肢ア～コから1つずつ選べ。

- | | |
|----------------|---------------|
| ア：甲状腺の細胞， | イ：眼の水晶体の細胞， |
| ウ：赤血球， | エ：副腎皮質の細胞， |
| オ：骨格筋の筋細胞， | カ：腎臓の集合管の細胞， |
| キ：脳下垂体前葉の細胞， | ク：脳下垂体後葉の細胞， |
| ケ：網膜の桿(かん)体細胞， | コ：視床下部の神経分泌細胞 |

問(5) 下線部Aについて、以下の文章を読み、設問に答えよ。

ハエやユスリカの幼虫のだ腺(唾腺)の細胞には、だ腺染色体という巨大な染色体が存在し、その中にはパフと呼ばれる膨らんだ部分が観察される。ショウジョウバエのだ腺染色体におけるパフの位置は、図3に示すように、幼虫から蛹(さなぎ)になるまでの間に変化する。

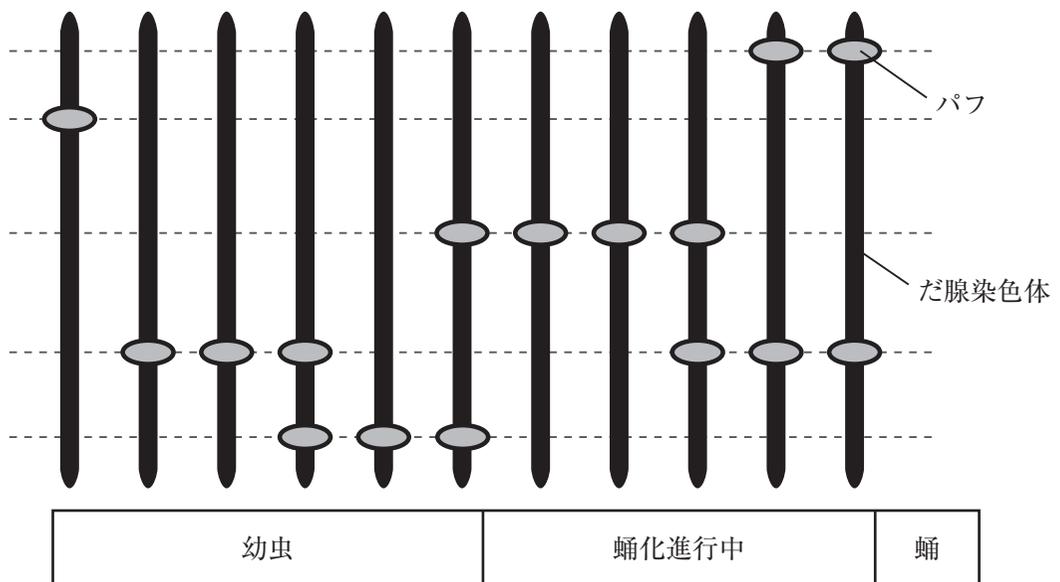


図3. ショウジョウバエの発生段階とパフの位置の変化

(設問) 図3のような発生段階に応じたパフの位置の変化は、遺伝子の発現調節に関して、どのようなことを示しているか。次の語句(順不同)をすべて用いて60字以内で説明せよ。

- | |
|--------------------------------------|
| 遺伝子
転写
パフ
発生段階
活発
不活発 |
|--------------------------------------|

3

次の文章を読み、問(1)~(5)に答えよ。

リンゴ園に新たにリンゴの苗木を植える時に、苗木の頂端を切断の上、植物成長調節剤を散布することがある。この植物成長調節剤には植物ホルモンである(①)が含まれており、多くの側芽を萌芽させ、伸長させる効果があるため、効率的に目的の樹形に誘導できる。

リンゴ園で新しい枝が伸びる方向を観察すると、隣接する樹の陰になる光条件のわるい方向に伸びる枝より、光条件のよい樹列間に向かって伸びる枝が多い。このように枝(茎)が光の強い方向に向かって成長する性質を(②)という。この反応は、枝の先端(上端)で合成された植物ホルモンの(③)が日なた側から日陰側に移動することで開始される。その際、光を受容する色素タンパク質は(④)である。この植物ホルモンはその後、重力方向に輸送され、もっぱら下方にある細胞に伝達される。したがって、枝の上端から下端まですべての部位において、日なた側より日陰側でこの植物ホルモンの濃度が高くなり、日陰側の細胞が伸長する結果、枝は光の強い方向に屈曲して成長する。このような、方向性をもった植物ホルモン等の移動を(⑤)と呼ぶ。

(④)は、光合成においても重要な役割を果たしており、この色素が光を受容すると、リンゴの葉は二酸化炭素を取り込むために気孔を開く。一方、光合成の光化学反応は葉緑体内にある(⑥)の膜上で行われる。(⑥)において光エネルギーを吸収する色素には、光化学系ⅠやⅡの反応中心を占める(⑦)や、黄色あるいは橙色の(⑧)がある。

実際にリンゴ園で次のような光合成速度の測定実験を行った。

〔実験1〕 8月のある日の午前中、リンゴの葉を1枚選び、樹から切り離すことなく葉を実験用の小さな箱(同化箱)に封入した。同化箱の中の空気の温度は25℃で一定に制御し、二酸化炭素濃度を400, 600, 800, 1000 ppmと段階的に変えながら、さまざまな光強度の下で光合成速度を測定したところ、みかけの光合成速度について図1に示すような測定結果が得られた。

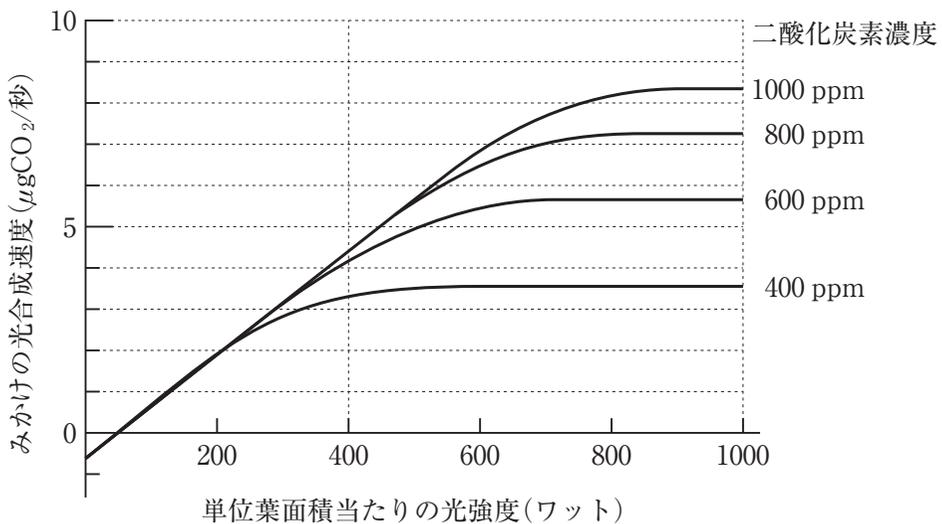


図1. 実験1の測定結果

〔実験2〕 実験1とは異なる日の午前と午後に、同じ葉と実験装置を用いて、同化箱の中の空気の温度を25℃に保ち、二酸化炭素濃度400 ppm、光強度1000ワットの下での光合成速度と蒸散速度を測定した。すると、午後^Aに測定された蒸散速度は午前^Aに測定されたものより明らかに減少していた。

収穫時期が近づいてくると、リンゴの果実内で植物ホルモンの(⑨)が多く生成されるようになる。(⑨)は一般に果実の成熟を促す効果があるが、同時に果実や葉の基部で(⑩)の形成を促す。そのため、一部のリンゴ品種では、収穫する直前に果実が自然に落果してしまう現象が起こる。これを防ぐため、植物成長調節剤の散布が行われている。この落果を防ぐ植物成長調節剤には(③)が含まれており、(⑨)の作用を抑制する働きがある。

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) 実験1の結果(図1)から結論できる内容として、適切なものを下の選択肢ア～エから2つ選べ。

ア. 実験に用いた葉における光合成の最適温度は25℃である。

イ. 光補償点は二酸化炭素濃度に関係なく一定である。

ウ. 光飽和点は二酸化炭素濃度に関係なく一定である。

エ. 光強度が200ワットの時は、二酸化炭素濃度を上昇させても光合成速度は上昇しない。

問(3) 図1の結果を読み取り、光強度が400ワットの場合と1000ワットの場合について、二酸化炭素濃度が0～1000ppmの範囲で、二酸化炭素濃度とみかけの光合成速度の関係を示すグラフを作成せよ。なお、図1のグラフから読み取った数値は黒丸(●)で示し、曲線はなめらかに描くこと。

問(4) 実験2において、午後に測定された光合成速度は、午前と比べてどのようになっていたと考えられるか。“気孔”という語句を用いて、理由とともに100字以内で答えよ。

問(5) 下線部Aのようになったのは、どのような気象条件または土壌条件であったためと考えられるか。どちらかの条件について、20字以内で説明せよ。

4

免疫に関する問(1)~(4)に答えよ。

問(1) 文章中の空欄(①)~(⑨)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。

われわれの免疫は、大きく分けて2つのしくみで構成され、両者が協調しあって体に侵入した異物を排除する。1つのしくみは、体に侵入した病原体を好中球や(①)、あるいは(②)のような食細胞が取り込んで消化・分解し、排除する(③)免疫である。これらの食細胞は、病原体に幅広く共通して存在する物質、例えば、細菌の細胞壁成分、細菌のべん毛タンパク質、ウイルスに特徴的な2本鎖RNAなどを認識するトル様受容体を持っている。トル様受容体を介して活性化された食細胞は、(④)と称されるタンパク質を分泌することで、食細胞の食作用をさらに増強したり、他の免疫細胞を局所に呼び寄せたり、毛細血管の血管壁を拡張したりする。この結果、感染部位が熱をもって赤く腫れることがあり、この反応を(⑤)と呼ぶ。

もう1つのしくみは(⑥)免疫と呼ばれ、個々の病原体を特異的に認識し、排除する免疫反応である。この免疫反応を担う細胞は、リンパ球であるT細胞とB細胞である。さらにT細胞は、(⑦)T細胞と(⑧)T細胞の2つに分類される。(①)と(②)は、細胞内に取り込んで消化・分解した病原体由来の抗原断片を、主要組織適合性抗原(MHC抗原)の先端部に結合して細胞表面に提示する。この提示された抗原断片を、(⑦)T細胞が細胞膜にあるT細胞受容体で認識することで(⑥)免疫が始動する。(⑧)T細胞はウイルス感染細胞の排除に関わっている。一方、B細胞は(⑨)細胞に分化することで抗体を産生・分泌し、この抗体の病原体への特異的結合が起点となり、さまざまな排除反応が誘導される。(⑧)T細胞およびB細胞の活性化には、(⑦)T細胞から分泌される(④)を介した指令が必要となる。

問(2) 設問(a)~(e)に答えよ。

- (a) 毒ヘビにかまれた場合，体内に入った毒素を速やかに無毒化する必要がある。この無毒化は，あらかじめウマなどの動物に毒素を接種してつくらせた抗体を含む血液成分を注射することで誘導できる。この無毒化を誘導する治療法を何と呼ぶか答えよ。
- (b) HIV(ヒト免疫不全ウイルス)に感染することで発症する病気を何と呼ぶか答えよ。
- (c) 卵白などがアレルギーとなって，急激な血圧低下や呼吸困難に陥る状態を何と呼ぶか答えよ。
- (d) 本来，外界の有害な異物に対して起こる免疫反応が，自分自身の正常な細胞や組織に対して起こることで生じる病気の総称を何と呼ぶか答えよ。
- (e) 免疫機能の低下により，ふだんなら感染しないような病原性の弱い病原体に感染することを何と呼ぶか答えよ。

問(4) 病原体Xの予防接種によって誘導される免疫のしくみについて，次の語句
(順不同)をすべて用いて120字以内で説明せよ。

弱毒化または死滅した病原体X
発症の抑制や軽減
病原体Xの感染
一次応答
二次応答
記憶細胞