

平成30年度入学試験問題

理 科

物理・化学・生物・地学

注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理4枚，化学5枚，生物4枚，地学4枚，下書き用紙は4枚です。
- 2 出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
物 理	1～9	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数（1または2）の科目を選択し，解答しなさい。
化 学	10～21	
生 物	22～30	
地 学	31～39	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等により解答できない場合は，手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，選択する科目の解答用紙と下書き用紙を切り取り，選択する科目すべての解答用紙に，それぞれ2箇所受験番号を記入しなさい。選択しない科目の解答用紙には受験番号を記入する必要はありません。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙は，試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして机の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 7 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

生 物

第 1 問

抗体に関する次の文章を読み、下の問 1～問 4 に答えよ。

ヒトの遺伝子数は現在約 22,000 と推定されている。一方、抗体はその数をはるかに超える数千万種類も存在することが知られている。このような抗体の多様性はどのようにしてつくり出されるのであろうか。利根川進博士は、そのしくみとして抗体遺伝子の再構成という現象を発見し、その研究によりノーベル賞を受賞した。体細胞のもつ遺伝情報は不変であるが、形質細胞(抗体産生細胞)に分化する能力をもつ(ア)細胞では、例外的に一つひとつの細胞で抗体遺伝子の再構成が行われる。図 1 は抗体の H 鎖をつくる遺伝子の再構成の過程を模式的に示したものである。V, D, J とよばれる 3 つの領域から、それぞれ 1 つの遺伝子断片が選択され、これらが順に再結合されることで H 鎖遺伝子が新たに構成される。図 1 のように V 領域に 45, D 領域に 23, J 領域に 6 つの遺伝子断片がある場合、これらの領域が再結合するだけで、理論的には(イ)種類の異なる遺伝子を再構成することができる。再構成された範囲は、抗体分子の(ウ)とよばれる領域のアミノ酸配列を指定している。また、この遺伝子断片の再結合の過程で、図 1 の矢印で示す 2 か所において、a いくつかのヌクレオチドがランダムに挿入されることが知られている。再構成された H 鎖遺伝子は核内で転写され、生成された mRNA のもつ情報は、RNA とタンパク質とからなる巨大な複合体である(エ)のはたらきにより(オ)される。抗体では L 鎖遺伝子においても同様の再構成が起こるため、H 鎖と L 鎖で形成される抗体には大きな多様性が生じる。このような機構で合成された抗体は、形質細胞から細胞外へと分泌される。

病原体に対する獲得(適応)免疫応答に関わった(ア)細胞の一部は、病原体が排除された後も生体内に残存し、再び同じ病原体が侵入した際にはこれを標的として速やかに抗体産生を行う。これを(カ)という。このときに産生される抗体の量は最初の応答よりも多いため、速やかに病原体が排除される。弱毒化した病原体やその産物を抗原として体内に注入することで特定の感染症を防ぐ(キ)は、このしくみを利用したものである。

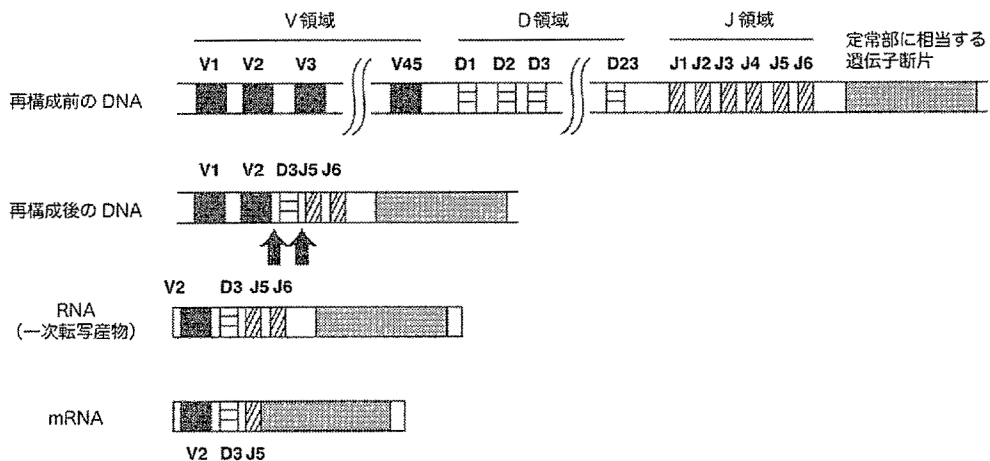


図 1

問 1 文章中の (ア) ~ (キ) に最も適切な語句を入れよ。

問 2 図 1 において、最初に転写された RNA (一次転写産物) と mRNA を比較すると、mRNA では一部の配列が失われていることがわかる。このように一次転写産物の一部の配列が失われる過程を何というか、その名称を答えよ。

問 3 抗体が病原体に結合した後に起こる生体防御反応を 1 つあげて説明せよ。

問 4 下線部 a の過程は、抗体をつくる遺伝子の多様性の増大に寄与しているが、一方で挿入されるヌクレオチドの数によっては、正常な抗体がつかられないことがある。その理由を説明せよ。

第2問

iPS 細胞を用いたすい臓の形成と移植に関する次の文章を読み、下の問 1～問 4 に答えよ。

a iPS 細胞は、皮膚などから採取した細胞に、初期胚や幹細胞ではたらくいくつかの遺伝子を導入して作製する。iPS 細胞はさまざまな細胞へと分化できることから、iPS 細胞を臓器の再生医療に応用する研究が行われている。

b すい臓は、ランゲルハンス島 A 細胞や B 細胞からはホルモンを、外分泌腺からは消化酵素を含むすい液をそれぞれ分泌する臓器である。X 系統のマウス (マウス X) の皮膚の細胞から作製した iPS 細胞を、すい臓を形成できない Y 系統のマウス (マウス Y) の胚盤胞 (胞胚に相当) に注入して発生させると、生まれたマウス Y の体内にすい臓が形成されていた。そのすい臓の各組織には、マウス X とマウス Y に由来する細胞が表 1 の通りに分布していた。

すい臓から分泌されるホルモンが正常にはたらかないと、血中のグルコース濃度 (血糖値) の調節機能に不具合が生じて糖尿病になる。c 糖尿病を発症したマウス X に、上述した方法でマウス Y の体内に形成されたすい臓を移植したところ、糖尿病の症状が改善された。しかし、d 移植後しばらくして拒絶反応が起こり、移植したすい臓は機能しなくなった。

表 1 移植したすい臓の各組織における細胞の分布

細胞	ランゲルハンス島	外分泌腺	血管
マウス X に由来する細胞	あり	あり	あり
マウス Y に由来する細胞	なし	なし	あり

問1 下線部 a に関連して、iPS 細胞や ES 細胞に関する記述として適切なものを、次の①～⑥のうちからすべて選び番号で答えよ。

- ① iPS 細胞や ES 細胞はもともと骨髄や肝臓などにも存在し、組織を構成する分化した細胞をつくるはたらきがある。
- ② プラナリアを切断すると、全身に散在している ES 細胞が切断部に集まり、増殖・分化して再生が起こる。
- ③ ヒトの場合、ES 細胞から分化させた細胞を移植すると、ほとんどの場合拒絶反応が起こる。
- ④ iPS 細胞を培養してカルスをつくり、培養条件を変えることで完全な個体にまで育つ体細胞由来の胚（受精卵からの胚と区別して不定胚という）をつくることができる。
- ⑤ iPS 細胞や ES 細胞は、オーガナイザーのように未分化な胚の細胞にはたらきかけて器官や組織をつくらせるはたらきがある。
- ⑥ 山中伸弥博士は、iPS 細胞を世界ではじめてつくり出すことに成功し、その功績によりノーベル賞を受賞した。

問2 下線部 b に関連して、すい臓の(ア)ランゲルハンス島 A 細胞、B 細胞、および外分泌腺は、(イ)血管とは異なる胚葉に由来する。(ア)と(イ)のそれぞれが由来する胚葉の名称を答えよ。

問3 下線部 c に関連して，図2は，マウス X におけるランゲルハンス島から分泌されるホルモンの血中濃度①と血糖値②の，給餌前後の変化を模式的に表したものである。横軸は時間経過を示し，点線は糖尿病を発症した状態の値を，実線はすい臓を移植して糖尿病の症状が改善された状態の値を示している。①のホルモンの名称を答えよ。また，②において，すい臓の移植によって血糖値が低下した理由を簡潔に説明せよ。

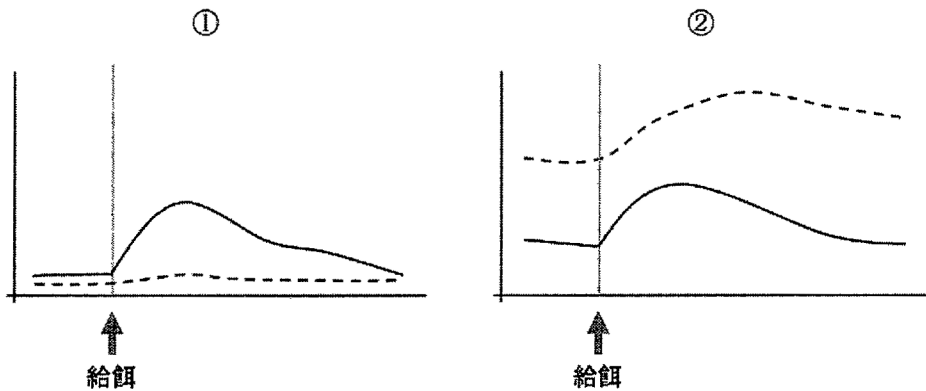


図2

問4 下線部 d に関して，マウス Y の体内に形成されたすい臓を，糖尿病を発症したマウス X に移植したときに，拒絶反応が起こった理由を簡潔に説明せよ。

(次のページにも問題があります。)

第3問

心臓と血液循環に関する次の文章を読み、下の問1～問5に答えよ。

動物において、心臓は血液を押し出すポンプの作用をしており、血液循環に重要な器官である。脊椎動物の血管系は、心臓から押し出された血液が血管を通過して全身に運ばれ、心臓まで戻る閉鎖血管系である。他方、無脊椎動物の節足動物であるエビやカニの血管系は、心臓から押し出された血液が、間もなく血管から外に出て、いろいろな器官や組織の間を自由に流れてから再び血管に戻る開放血管系である。脊椎動物の心臓は筋肉（心筋）からなり、この心筋の強い収縮により血液を体中に押し出すのである。脊椎動物の心臓の構造は、図3のように血液を送り出す心室と血液が戻ってくる心房とからなり、魚類には1つの心房（1心房）と1つの心室（1心室）があり、両生類は2心房1心室、哺乳類は2心房2心室である。

ヒトの心臓は、休むことなく毎分約70回の（ア）により血液を供給し続ける。この（ア）は、（イ）神経と（ウ）神経により調節されている。血液中の二酸化炭素濃度が増加すると、（イ）神経の末端から（エ）が心臓で分泌され、（ア）が激しくなり、その結果血流量が増し、酸素供給量を高める。反対に、血液中の二酸化炭素濃度が低下すると、（ウ）神経の末端から（オ）が心臓で分泌され、（ア）が緩やかになる。このように循環する血流量は自律神経により適切に調節されている。

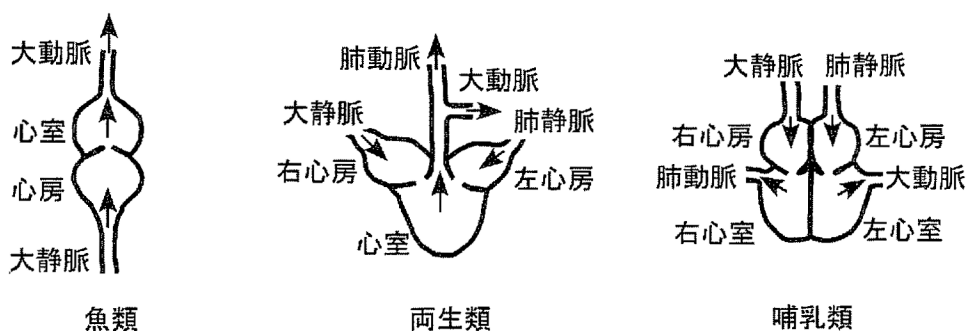


図3

問 1 文章中の（ ア ）～（ オ ）に最も適切な語句を入れよ。

問 2 閉鎖血管系は開放血管系より優れている。どのような点が優れていると考えられるか，簡潔に説明せよ。

問 3 心筋は横紋筋である。横紋筋が収縮するしくみに関する説の名称をあげ，簡潔に説明せよ。

問 4 両生類の心臓が哺乳類の心臓より劣る点を簡潔に説明せよ。

問 5 ヒトの心臓の左心室の筋層は右心室の筋層よりも厚い。それにはどのような理由が考えられるか，簡潔に説明せよ。

第4問

池 A に生息する水生生物に関する次の文章を読み、下の問 1～問 5 に答えよ。

池 A で水生生物の分布調査（調査 1）を行ったところ、ミナミメダカやフナ類などの魚類、ヌマエビ類などの甲殻類、魚類や甲殻類を捕食するナマズやドンコなどの肉食性の魚類、カワニナなどの貝類、およびヒシやオニバスなどの水草が確認された。

a このように、さまざまな生物が存在することを（ア）という。この池で確認されたミナミメダカは、その生息数が各地で減少し絶滅の危機に瀕している。このような生物種のことを（イ）という。環境省は、絶滅のおそれのある野生生物種の生息状況などをまとめたレッドデータブックを刊行し、ミナミメダカも（イ）として掲載している。

調査 1 を実施した 2 年後に、池 A では魚類のオオクチバスが新たに確認された。オオクチバスは、もともとは日本に生息していなかった生物種であり、（ウ）とよばれる。環境省と農林水産省は、在来の b 生態系 に及ぼす影響が特に大きな（ウ）を（エ）に指定し、オオクチバスもその 1 つに選定している。

オオクチバスが池 A の生態系に及ぼす影響を調べるため、再び、水生生物の分布調査（調査 2）が実施された。その結果、多数のオオクチバスが確認されたとともに、c 水生生物の種や個体数が、調査 1 のときに比べ大きく変化していることがわかった。さらにその数年後には、アメリカザリガニの侵入も新たに確認された。アメリカザリガニは水草なども好んで摂食する雑食性の（ウ）であり、池 A の水生動植物への影響が懸念された。なお、アメリカザリガニの侵入後にオオクチバスを捕獲して胃内容物を調べたところ、複数の生物種が確認されたが、その中にはアメリカザリガニも含まれていた。

問1 文章中の（ア）～（エ）に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部 a に関連して、（ア）を考える場合に重要となる3つの視点（階層）をあげよ。

問3 下線部 b に関連して、図4は3つの生物種（A, B, C）を例として生態系の構造を図示したものである。図中の（オ）～（ク）に最も適切な語句を入れよ。

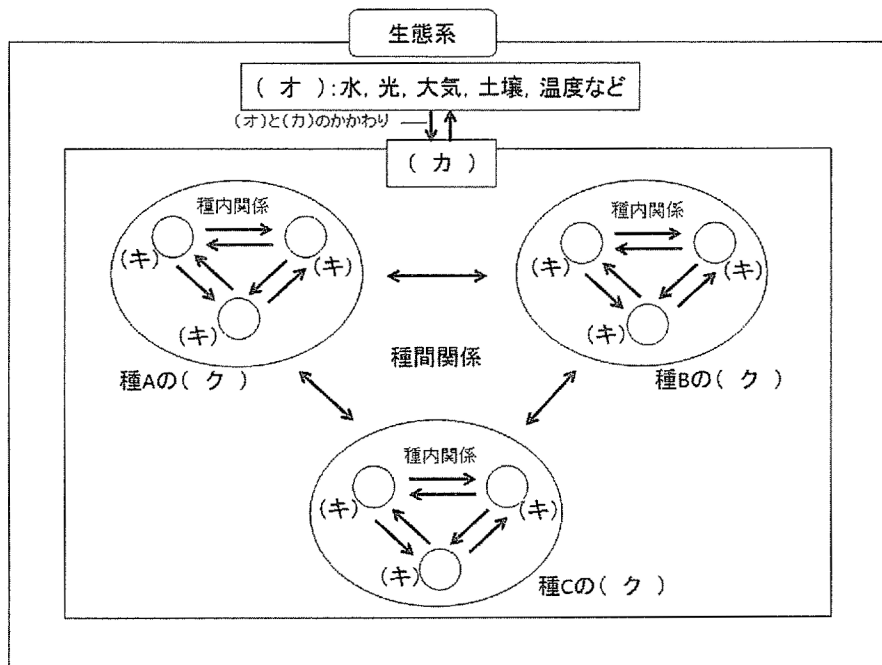


図4

問4 下線部 c に関して、調査2のときの水生生物の種や個体数は、調査1のときと比べてどのように変化していたと考えられるか、150字以内で説明せよ。

問5 オオクチバスとアメリカザリガニが侵入した池Aにおいて、個体数が増加したオオクチバスのみを駆除した場合、池Aに生息している水生生物の種や個体数は、どのように変化すると予測されるか、理由も含めて150字以内で説明せよ。

