

令和3年度
入学試験問題

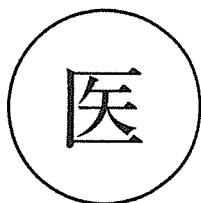
理 科

注 意 事 項

(1) 出題科目およびページは、下表のとおりです。次のいずれか2つを選択してください。

科 目	頁	科 目	頁	科 目	頁
物 理	1～8	化 学	1～11	生 物	1～7

- (2) 問題は、指示があるまで開かない。
(3) 解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること。
(4) 物理、化学、生物の中から2科目のみ解答すること。



(令和3年1月31日 一般入試・前期)

生 物

解答は必ず別に配付する解答用紙に記入すること。
漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。

I.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

生体の恒常性維持には、細胞外液量を適切に調節することが重要である。間脳では、体液の **ア** を感知して、**イ** の神経分泌細胞からバソプレシンが産生される。バソプレシンは、軸索を通過して運ばれた後、**ウ** から血中に分泌される。血中に分泌されたバソプレシンは、腎臓の細尿管に続く **エ** の受容体に結合して、**オ** の発現を増加させることにより、原尿からの **カ** の再吸収を促進する。蒸留水を1リットル飲んだ後は、血中バソプレシン濃度が **キ** し、**カ** の再吸収が **キ** することにより、尿量が **ク** する。その結果、血液の **ア** は元に戻る。

細胞外液量の調節に重要なその他のホルモンとして、**ケ** と糖質コルチコイドが挙げられる。糖質コルチコイドは **イ** や **コ** に **サ** のフィードバックをかけることにより、それ自体の血中濃度を適切に保っている。

問 1. 文章中の **ア** ~ **サ** に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. バソプレシンの受容体は細胞のどの部分に存在するか。

問 3. 血液から原尿をろ過する腎臓の部位は何か。

問 4. 次のうち、**オ** を通過するものはどれか。記号で答えよ。

- a. ナトリウムイオン b. カリウムイオン c. 塩化物イオン
- d. カルシウムイオン e. a ~ d のいずれでもない

問 5. 体液よりも高張の食塩水、または体液と等張の食塩水を1リットル飲んだ。数分後のバソプレシン分泌はどうなるか。それぞれの場合について答えよ。

問 6. 糖質コルチコイドが血糖を増加させる機序を、40字以内で答えよ。

問 7. **コ** から分泌され、糖質コルチコイドの分泌を刺激するホルモンは何か。

問 8. 糖質コルチコイドや **ケ** が細胞に作用する際の分子機構を、70字以内で答えよ。

問 9. **ケ** が腎臓での再吸収を促進するイオンは、次のうちどれか。記号で答えよ。

- a. カルシウムイオン b. マグネシウムイオン c. 鉄イオン
- d. カリウムイオン e. ナトリウムイオン

(次頁に続く)

問 10. 次のうち、副腎から分泌されるものはどれか。記号で答えよ。

- a. パラトルモン b. チロキシン c. アドレナリン d. グルカゴン
e. セクレチン

II.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

生体には、病原体など異物の侵入を認識してこれを排除する免疫のしくみがある。ヒトの免疫反応に関わる器官には、胸腺、脾臓、リンパ節などがある。ヒトの胸腺は心臓の上で両肺の間に挟まれて存在し、その絶対重量は思春期に最も大きく、その後成人では減少していく。ニワトリにもヒトと同じく胸腺があり、心臓の上に数珠状に連なって存在する。一方、ニワトリには、ヒトにはないファブリキウス嚢がある。ファブリキウス嚢は直腸、排尿口、生殖口が一体となった総排泄腔(そうはいせつこう)のすぐ手前の腸壁が、背側に膨らみ出した袋状の器官である。

Robert Goodらは、ニワトリの胸腺とファブリキウス嚢が免疫反応に与える影響を調べるため、ふ化直後のニワトリから胸腺やファブリキウス嚢を摘出する実験を行った。

① ふ化直後に胸腺摘出を行ったニワトリの背中に、ふ化後2週間で別のニワトリから皮膚を移植すると、11例中9例で移植後27日目までに移植片が拒絶され、脱落した。一方、ふ化直後に胸腺表面を被う皮膚を切開し、しかし胸腺は摘出しなかった対照のニワトリでは、17例中15例で27日目までに別のニワトリからの移植片が拒絶された。同時に背中の別の場所に移植された自己皮膚組織は、いずれの例でも拒絶されることはなかった。

次に、ふ化直後に胸腺またはファブリキウス嚢を摘出し、さらに放射線照射を行ったニワトリに、3週間後に皮膚移植を行った。皮膚切開だけを行い、放射線を照射した対照のニワトリでは、15例中14例で10日以内に別のニワトリからの移植片が拒絶され、移植片が27日目まで生着した例はなかった。一方、② 胸腺を摘出した後放射線を照射したニワトリでは、12例中5例で別のニワトリからの移植片が27日目まで生着していた。ファブリキウス嚢を摘出して放射線照射を行ったニワトリでは、15例全てで10日目までに別のニワトリからの移植片が拒絶された。対照のニワトリやファブリキウス嚢摘出と放射線照射を行ったニワトリで見られた移植片拒絶の割合に比べ、胸腺摘出後に放射線照射を行ったニワトリで見られた移植片拒絶の割合が低かったのが偶然である確率は、1/100以下である。

(次頁に続く)

次に、ファブリキウス嚢を摘出して放射線照射を行ったニワトリの筋肉内に、ウシの血清アルブミンタンパク質を注射し、3日後と5日後に同じタンパク質を血管内に注射した。最初の注射から22日が過ぎたところで血液を採って調べたところ、ウシの血清アルブミンに対する抗体は検出できなかった。一方、放射線照射だけを行った対照のニワトリに同じようにウシの血清アルブミンを注射すると、全ての例で血液中にウシの血清アルブミンに対する抗体が検出できた。

Jacques Millerはマウスを用いて胸腺摘出実験を行った。出生後16時間以内に胸腺を摘出したマウスに、遺伝的に異なる系統のマウスから皮膚移植を行うと、7例中5例で移植片は45日以上生着していた。一方、生後5日目で胸腺摘出を行ったマウスに、同じように遺伝的に異なる系統のマウスから皮膚移植を行うと、5例全てで11日以内に移植片が拒絶された。生後16時間以内に胸腺摘出を行った群で見られた移植片生着の割合と生後5日目で胸腺摘出を行った群の移植片生着の割合の偏りが偶然に生じる確率は、3/100以下である。

問 1. 放射線照射により、下線部①と下線部②のような違いが生じた理由は何か。60字以内で答えよ。

問 2. ニワトリにおける胸腺摘出とファブリキウス嚢摘出の実験結果から、ニワトリで移植片の拒絶に関わる細胞と抗体産生に関わる細胞は、それぞれどこで作られると考えられるか。50字以内で答えよ。

問 3. ヒトで抗体産生細胞に分化するリンパ球は、何と呼ばれるか。

問 4. ヒトにはファブリキウス嚢は存在しない。ヒトでは、抗体産生細胞に分化するリンパ球はどこで作られるか。

問 5. 遺伝的に胸腺を欠損するヌードマウスと呼ばれるマウス系統がある。ヌードマウスに遺伝的に異なる系統のマウス個体から皮膚を移植すると、どうなると考えられるか。

問 6. ヌードマウスの血液中では、正常のマウスと比べてある種類のリンパ球の数が非常に少なくなっている。そのリンパ球は、何と呼ばれるか。

問 7. Millerの実験から、マウスで遺伝的に異なる系統の個体に由来する移植片を認識できるような受容体を持ったリンパ球が作られる過程について、どのようなことがわかるか。75字以内で答えよ。

Ⅲ.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

DNAの二重らせん構造を発見したワトソンとクリックは、DNAの複製は 的であるという仮説を立てた。すなわち、まず親二本鎖DNAが一本鎖DNAに分離され、それぞれの一本鎖DNAを鋳型として、 な塩基配列をもつヌクレオチド鎖が新しく作られるという複製過程である。この仮説を検証する実験がメセルソンとスタールにより行われた。まず、窒素源として $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ しか存在しない培地中で大腸菌を培養することにより、親DNAを窒素原子の同位体である ^{15}N で標識し、元のDNAより比重を大きくした。じゅうぶん長い時間培養した後、窒素源として $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地に移し、随時DNAを抽出した。そして、 ^{14}N と ^{15}N の相対的含量を密度勾配遠心分離法により測定し、 ^{15}N のみを含む二本鎖DNA、 ^{15}N と ^{14}N の両方を含む二本鎖DNA、 ^{14}N のみを含む二本鎖DNA、それぞれの割合を比較した。以上の実験から、DNA複製は 的であることが立証された。

DNAは多くの場合、 から両方向に複製される。最初に がATP加水分解のエネルギーを使って、塩基間の 結合を開裂させ、特定部分の二本鎖DNAをほどく。別の酵素によって、二本鎖のほどけた部分の一部と な塩基配列をもつ短いRNAである が合成される。次にそれぞれのヌクレオチド鎖の塩基を鋳型として、 な塩基を持つヌクレオチドが により次々と結びつけられ、新たなヌクレオチド鎖が形成される。

問 1. 文章中の ～ に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. メセルソンとスタールの実験において、窒素源として $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ しか存在しない培地中で大腸菌をじゅうぶん長い時間培養した後、窒素源として $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地に移した。2回の分裂を終えたところで大腸菌からDNAを抽出し、これを遠心分離した。DNAのバンド(層)はどこに見られるか。解答用紙の図に線で示せ。

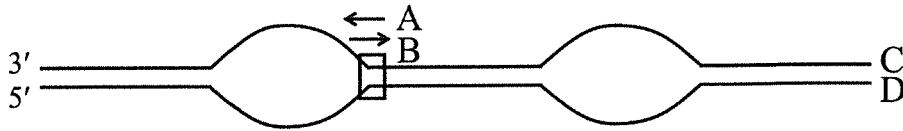
ただし、 ^{15}N のみを含む二本鎖DNA、 ^{14}N のみを含む二本鎖DNAをそれぞれ遠心分離したとき、DNAのバンド(層)が図の矢印の位置に見られるものとする。

問 3. 同様にして、窒素源として $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地に移して n (≥ 1) 回分裂後の、 ^{15}N と ^{14}N の両方を含む二本鎖DNAの割合を1とすると、 ^{14}N のみを含む二本鎖DNAの割合はどのように表されるか。数式で答えよ。

問 4. 問3の状態から、大腸菌を窒素源として $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地に再び戻し、1回分裂させた。このときの ^{15}N と ^{14}N の両方を含む二本鎖DNAの割合を1とすると、 ^{15}N のみを含む二本鎖DNAの割合はどのように表されるか。数式で答えよ。

(次頁に続く)

問 5. 下の図は文章中の 付近における親二本鎖DNAの構造を模式的に示したものである。



(1) 四角で囲んだ位置におけるDNA複製フォークの移動方向は、AとBのどちらか。記号で答えよ。

(2) 四角で囲んだ位置におけるラギング鎖の鋳型となるのは、CとDのどちらか。記号で答えよ。

問 6. ヒトの細胞では、文章中の 1分子によるDNA複製の速度が、毎秒100ヌクレオチドであるとする。全ゲノムDNAを24時間で複製するためには、文章中の が、1細胞あたり最低いくつ必要か。ヒトの細胞には母親由来と父親由来のゲノムが含まれており、それぞれが 3×10^9 塩基対でできているとする。

IV.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ある種の珪藻には、右の図のようなスフェロイドボディ(楕円体)とよばれる細胞小器官がある。楕円体は、かつては独立して生活していたシアノバクテリアが珪藻細胞内に取り込まれた、^①真核細胞の第3の細胞内共生体ではないかと考えられている。

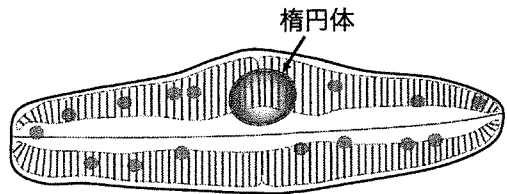


図. 楕円体を有する珪藻の一種

珪藻における楕円体の機能は、^②マメ科植物にとっての共生細菌である の役割に似ている。 のような細菌の営みは、生態系を構成する重要な要素となっている。例えば、硝化菌は環境中のアンモニウムイオン(NH_4^+)から植物が利用しやすい硝酸イオン(NO_3^-)を生成することで、窒素循環を支えている。これはたつきは、^③ による反応と、硝酸菌による反応の2段階の過程により支えられている。これらの細菌は、この反応で得られたエネルギー(ΔE)を 回路での炭酸同化に用いている。生じた NO_3^- は植物によって吸収され、 NH_4^+ に変換されてから利用される。また、^④ NO_3^- の一部は という細菌によって窒素分子(N_2)へと変換される。この過程を という。

(次頁に続く)

植物体内で NH_4^+ は、まずアミノ基($-\text{NH}_2$)として [カ] に付加され [キ] が生成される。次に、転移酵素のはたらきにより [ク] にアミノ基が転移して [カ] がつくられる。その後、 [カ] のアミノ基はほかの有機酸へと転移されて、いろいろなアミノ酸がつくられる。例えば、ピルビン酸から [ケ] が、 [コ] からアスパラギン酸がつくられる。さらに、これらアミノ酸をもとにタンパク質や核酸などの生体に必要な有機窒素化合物がつくられる。この過程は [サ] と呼ばれる。

問 1. 文章中の [ア] ~ [サ] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部①について、真核細胞の第1・第2の細胞内共生体の名称を答えよ(順序は問わない)。

問 3. 下線部②の役割を50字以内で答えよ。

問 4. 下線部③のそれぞれの過程の反応式を書け。

問 5. 下線部④の過程を表した次の文の、空欄(i)~(iii)に入る最も適切な語句を解答欄に答えよ。

ヒトの細胞のミトコンドリアが、最終的に還元される物質として(i)を利用するように、[エ] は NO_3^- や NO_2^- を電子の受け手として電子伝達系を駆動させることによって、細胞膜をはさんだ(ii)を形成し、そのエネルギーを利用して(iii)を合成している。

問 6. 動物は、植物などに由来する有機窒素化合物を材料に、自身の有機窒素化合物を組み立てつつ、不要な窒素原子はアンモニアや尿素などとして排出している。鳥類やは虫類では、さらに尿酸として多くの窒素分を排出している。鳥類などが不要な窒素を尿酸として排出することの利点は何か。60字以内で答えよ。

(以上)

