

令和5(2023)年度入学者選抜個別(第2次)学力検査問題

理 科

注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で36ページあり、第1～3ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した2科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が2か所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

下 書 用 紙 (切り取ってはいけない)



下 書 用 紙 (切り取ってはいけない)

下 書 用 紙 (切り取ってはいけない)

生 物

1

血管系は心臓と血管からなり、これらの内部を血液が流れる。血液は、赤血球、白血球、血小板の有形成分と血漿^{a)}と呼ばれる液体成分からなる。成人では血液 1 mL あたりの赤血球数は 5×10^9 個程度に保たれている。古くなった赤血球は脾臓や肝臓で破壊されるので、新たに産生される必要がある。動脈血^{b)}の酸素分圧の低下に応答して、腎臓内の特定の細胞からエリスロポエチン^{c)}というホルモンが分泌され、赤血球前駆細胞に作用して赤血球への分化が促進される。また、ヒトの赤血球は核とミトコンドリアをもたず、多量のヘモグロビン^{e)}を含む。

d) 赤血球の表面には、2種類（A型とB型）の抗原があり、血漿中にはこれらの抗原に特異的に結合する抗体（抗A抗体、抗B抗体）があり、この抗原と抗体の組み合わせで、下記の表1に示したように、ABO式血液型は4種類に分けられる。例えば、A型の赤血球をB型やO型のヒトに輸血すると、A抗原と抗A抗体との間で抗原抗体反応が起こって赤血球が凝集してしまう。抗A抗体と抗B抗体は、いずれも出生直後の新生児には存在しないが、数カ月もすると出現するようになる。その仕組みとして、出生後に赤血球表面抗原と類似した物質を持つ細菌（バクテリア）に感染するためだとする細菌感染説がある。

ヒトの血液型はABO式の他に、Rh抗原をもとにしたRh式^{g)}がある。Rh式にはRh(+)とRh(-)の2つの対立遺伝子があり、Rh(+)はRh(-)に対し優性である。

母子間で血液型が異なる場合に問題となるのが血液型不適合妊娠である。通常は母体血と胎児血は直接混じり合うことはない。しかし、母親がRh(-)^{h)}、第一子がRh(+)で、かつ出産の際に胎児の赤血球が母体に流入した場合、第一子は無事に出産される可能性が高いが、第二子がRh(+)であるとこの胎児は死に至ることがある。

[表1] ヒトの ABO 式血液型の抗原と抗体の有無

血液型	A 型	B 型	AB 型	O 型
抗原	A 抗原	B 抗原	A 抗原と B 抗原	なし
抗体	抗 B 抗体	抗 A 抗体	なし	抗 A 抗体と抗 B 抗体

問題 1 下線部 a) ~ h) に関連した次の問題に答えよ。

a) ア) 右心房の上側（頭側）に存在する洞房結節（ペースメーカー）の働きを答えよ。

イ) 左心室と右心室を分離する隔壁を心室中隔と呼び、心室中隔に穴が開いている心室中隔欠損症という疾患がある。この疾患では、右心室血圧が左心室血圧よりも高い状態になると、爪が紫色になったり、全身の器官の機能が低下するなど、症状が悪化する。その理由を答えよ。

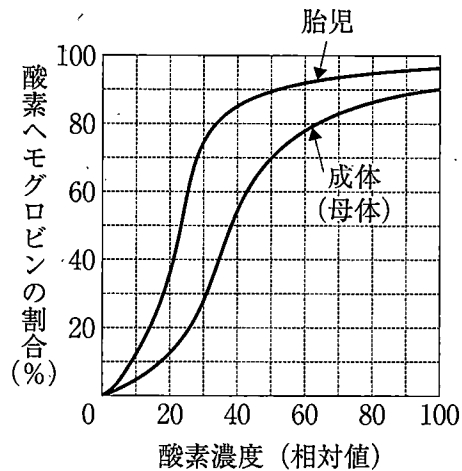
b) 新型コロナウイルス感染者では動脈血の酸素飽和度が低下する可能性が高い。この原因に関して考えを述べよ。

c) エリスロポエチンが赤血球前駆細胞に作用することができる理由を答えよ。

d) ア) ヒトの赤血球において ATP を合成する反応経路の名称を答えよ。

イ) ヒトの赤血球においてミトコンドリアが存在しないことのメリットに関して考えを述べよ。

- e) 胎児と成体（母体）のヘモグロビンの種類は異なる。下記の図1はそれぞれの酸素解離曲線を示す。2つの酸素解離曲線を比較することによって、胎児が受けるメリットに関して考えを述べよ。



【図1】 同じ二酸化炭素濃度で測定した胎児と成体（母体）の酸素解離曲線
横軸の酸素濃度は母体肺胞中の酸素分圧を100としたときの相対値で示している。

- f) 新生児における血液型は何を調べることによって判定されるか、成人の場合と比較して答えよ。
- g) 表1で示したように、血液型がA型のヒトは抗B抗体を持つが、抗A抗体を持たない。一方、血液型B型のヒトは抗A抗体を持つが、抗B抗体を持たない。A型のヒトもB型のヒトも同じように細菌に感染すると考えられるが、なぜA型のヒトは抗A抗体ができないのか、答えよ。
- h) これが起こる理由を答えよ。

1908年前後に開花して以来120年ぶりといわれるハチク（タケの仲間）の開花が全国で進行している。タケは、イネ科に属する多年生植物であり、花を咲かせ種を残した後、^{a)}集団で枯れて消え去るという不思議な生態を持っている。モウソウチクのように開花した後に地下茎まで枯れるタケもあるが、ハチクのように地下茎は枯れないものもあり、地上部分は枯死しても再び地下からタケノコが出てきて再生するものもある。ハチクの開花が120年周期だとすれば、どのようにして120年という途方もない長い年月を測定しているのだろうか、不思議である。

一方、動物の中にも長い周期をもつ昆虫がいる。2021年北米で一斉に羽化して大量発生した17年ゼミがその代表である。^①4月から5月にかけて米東部のメリーランド州や首都ワシントンの一部の地域で始まった。2004年以來の数十億から数兆匹に及ぶ大発生だったため、これまでと同様、さまざまな被害が出た。他のゼミとは違い上手に飛べない17年ゼミは、建物の窓や車、人にぶつかっては、自動車事故を引き起こし、果ては米大統領の首に着地するなどの珍事を引き起こした。レストランではゼミをトッピングにしたタコスを提供したり、揚げ物のレシピを紹介したりするなどブームになる中、米食品医薬品局は、アレルギー反応が出る恐れがあるとしてゼミを安易に食べないように異例の警告を出した。^{b)}

北米では17年ゼミの集団名を「ブルードX（テン）」と呼び、3種類存在し、どれも体長3センチほどで真っ赤な眼が特徴である。羽化のため地上に出て交尾や産卵を行い、数週間で寿命を迎える。17年の99%以上を地中で幼虫のまま、木の根から養分を吸って過ごす。夏がくると幼虫はいっせいに地面からはい出し、1本の木の根もとから数日の間に最大4万匹もの幼虫が出てくることがある。寿命は17年、昆虫としては異様な長生きである。興味深いことに、ある地域では3種類が全く同じ時に一斉に成虫になるという。羽化したばかりの時は入り混じっているにもかかわらず、1、2週間もすると別々の木にすみ分けができあがるという。どうしてそんなことができるのかというと、1日の中で活発に鳴く時刻がそれぞれの種で異なっているからである。^②つまり、時間の経過とともにある木にはある種が多く集まり、別の木には別の種が集まってくるために、異な

る種における交雑はほとんど起こらないというからくりである。このようなことができる背景には、2017年のノーベル生理学・医学賞の対象となった時計遺伝子^③が関与しているからだと考えられている。

マウスにおいて時計遺伝子をノックアウトした個体を作製すると、糖尿病になったり、脂質代謝異常になったりして寿命が短くなることが知られている。ヒトにおいては時計遺伝子の異常と寿命についてはまだ研究中であるが、糖尿病患者は健康な人に比べ寿命が平均して10年ほど短くなるといわれている。糖尿病が直接の死因にはならないが、進行した糖尿病が引き起こす様々な合併症が寿命を縮める。つまり高血糖状態^④がもたらす腎不全^{d)}や心疾患、脳梗塞^{e)}などにより死に至る事になる。

問題1 下線部 a) ~ e) に関連した次の問題に答えよ。

a) イネ科植物の繁栄と最も関係が深い地質時代を下記から1つ選べ。

オルドビス紀, 古第三紀, ジュラ紀, 石炭紀, 三畳紀, デボン紀

b) ア) 花粉症が起こる仕組みについて、次の文章の空欄 (1) から (3) に適切な語句を入れよ。

花粉症は、空気中に浮遊するスギなどの花粉の成分がアレルギーとなるが、その反応は通常の細菌に対する免疫反応とは異なり、免疫グロブリンの一つである (1) にアレルギーが結合することによって、(2) 細胞から (3) が放出されることによって、くしゃみや鼻水、目のかゆみなどのアレルギー症状が現れる。

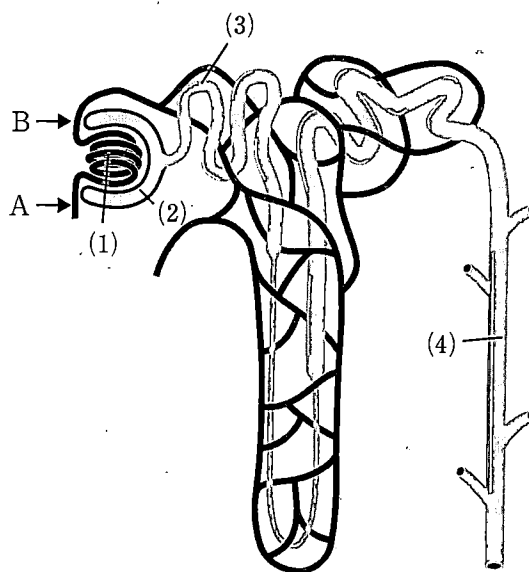
イ) アナフィラキシーショックで死に至ることがあるのはなぜか、答えよ。

- c) ウニは繁殖期になると、雄は精子を雌は卵を海水中に放出して体外受精を行う。その時に精子と卵に起こる反応について、次の言葉をすべて使って説明せよ（同じ言葉を何度使ってもよい）。

表層粒, 卵黄膜, アクチンフィラメント, タンパク質分解酵素,
受精膜, ゼリー層

- d) 図2は腎臓の構造を示す。

ア) 空欄 (1) から (4) に適切な名称を入れよ。



【図2】腎臓の構造

- イ) 図2のAの部位とBの部位ではどちらの方の血液流量が多いか、答えよ。なお、等しい時はABと書け。

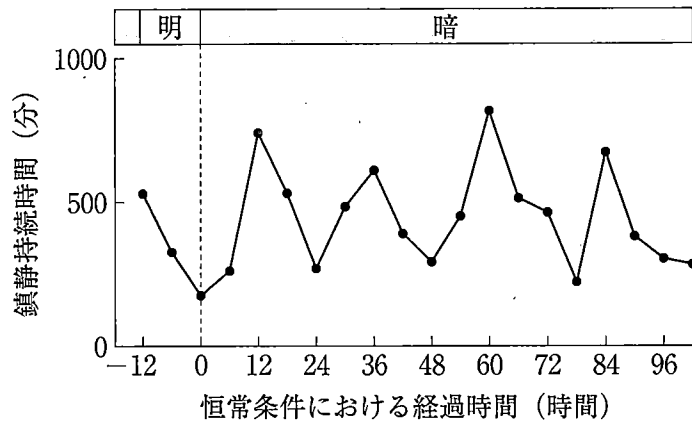
- e) ア) 次の脳の部位のうち、脳幹と呼ばれる部分をすべて選べ。

大脳, 中脳, 間脳, 小脳, 橋, 延髄

- イ) 脳幹の機能を説明せよ。

問題2 下線①～④に関連した次の問題に答えよ。

- ① 北米の17年ゼミのように限られた地域に一気に大量発生するメリットに関して考えを述べよ。
- ② 図3は、マウスにある薬物を6時間毎に一定量投与した時(●)の鎮静効果の持続時間を調べたグラフである。図3から何がいえるか結果を述べよ。また、そのような結果を導いたメカニズムに関して推測できることを述べよ。



【図3】 ある薬物投与による鎮静効果の持続時間

恒常条件とは、温度・湿度一定、恒暗条件のことである。

- ③ 時計遺伝子の1つとしてピリオド遺伝子がある。ショウジョウバエでは、1,224個のアミノ酸、ヒトでは1,290個のアミノ酸がつながったタンパク質に翻訳されるが、両者は長さも違えば配列も異なっている。しかし、時計遺伝子としての性質を持つために重要な配列は種を超えて保存されている。ショウジョウバエでは、243番目のバリンがアスパラギン酸に置き換わる変異体では時計の周期が長くなり、589番目のセリンがアスパラギンに置き換わった変異体は時計の周期が短くなることが分かっている。464番目のアミノ酸であるグルタミンをコードしている塩基が終止コドンになった変異体の時計の周期はとなると予想されるか、推測して答えよ。また、そのように考えた理由も述べよ。
- ④ 高濃度のグルコースを入れた水槽でキンギョを長期間飼育して、キンギョに高血糖状態を作った。ヒトでは血液中の全ヘモグロビンの中で糖化しているヘモグロビン (HbA1c) の量を測定し、その比 (%) を算出することによって、過去1~2か月間の血糖値の状態を把握している。ヒトのHbA1cに対する抗体を用いた抗原抗体反応を利用した方法でキンギョのHbA1cの濃度を測定したところ検出されなかった。なぜか、その理由を考えて述べよ。

「鏡に写る己の姿の醜さに驚いて、油汗をタラーリ、タラーリと流します」の「ガマの油売り」の口上で知られているガマとは俗にいうヒキガエルのことで、これは両生綱無尾目ヒキガエル科ヒキガエル属に分類されるカエルの総称である。ヒキガエルは主に山沿いの平地や山間部に生息するが、産卵期には池に入り、紐状の卵塊を産む。ヒキガエルは眼の後ろにある耳腺や体中にあるイボ状の突起から乳白色の物質を分泌する。この乳白色の物質はプフォトキシンと呼ばれ、数種類の強心性ステロイドが含まれる。この分泌液を集めて固めたものが蟾酥と呼ばれる漢方薬で、強心作用や局所麻酔作用などの効果がある。

ヒキガエルは視覚刺激の種類によって、異なる定位行動を示す。餌になるような小さな動く物体がヒキガエルの視野に入ると、まずはその物体に向き直る。次に忍び寄り、舌で絡め捕る。それが昆虫などの餌であれば飲み込む。一方、ヒキガエルは天敵であるヘビに出会うと、体を膨らませ、四肢を踏ん張った姿勢をとる。

環形動物門に属するヒルはヒキガエルに対して特に害を及ぼさないが、ヒルの姿勢や動きによっては、ヒキガエルはヘビと混同してしまう。例えば、ヒルが頭部を空中に持ち上げた時にヒキガエルはヘビに対して行うのと同様の行動をとることがある。その一方で、ヒルが地上を這って動いている時には、ヒキガエルは獲物に対して行う定位行動を示す。ドイツのイエルク・ペター・エバートのグループは、ヒキガエルが刺激のどのような特徴によって餌か敵かを識別するのかを、数種の図形を視覚刺激として用いて調べた。その実験結果から、棒線が動くことが餌であることを判断するうえでのかぎ刺激であると考えた。

ヒキガエルの視覚系で最初に情報処理がなされるのは網膜である。網膜を構成する細胞には視細胞、アマクリン細胞、双極細胞、神経節細胞などがある。視細胞である桿体細胞と錐体細胞は双極細胞を介して神経節細胞につながっている。この網膜の神経節細胞の軸索が束になり視神経を構成する。

問題1 下線部 a) ~ j) に関連する次の問題に答えよ

a) ヒキガエルは卵をゼリー層で包んだ卵塊を産む。一方で、樹上性のモリアオガエルは水面にせり出した樹木の枝先に白い泡で包んだ卵塊を産む。卵が泡に包まれることのメリットを述べよ。

b) ステロイドと強心剤に関連した以下の問題に答えよ。

ア) 脂溶性ホルモンであるステロイドホルモンはコレステロールを原料として合成される。ヒトのホルモンのうちステロイドホルモンを1つ挙げ、そのホルモンの分泌器官を答えよ。

イ) 植物のトリカブトには強心作用を持つアコニチンが含まれる。植物ではアコニチンは、液胞に貯蔵される。物質の貯蔵以外に液胞の主な働きを1つ答えよ。

c) 定位行動は生得的行動の一種である。次の行動のうち生得的行動に当てはまらないものはどれか、全て選んで番号で答えよ。

- ① 雄のカイコガが雌の分泌する性フェロモンに反応し、雌の方に向かう。
- ② ミドリムシが明るいとところに集まる。
- ③ ミツバチが蜜のある花の色を覚える。
- ④ 伝書バトが見知らぬ遠距離の土地から帰巣する。
- ⑤ あるニホンザルの芋洗い行動が同じ群れの他個体に広がる。
- ⑥ フクロウが暗闇の中で起きたかすかな音の方を向く。
- ⑦ イヌに餌を与える前にベルの音を聞かせていると、ベルの音だけで唾液を出すようになる。

d) 毒へびに噛まれたときに血清療法で治療することがある。血清療法とはどのような治療法か、答えよ。

e) 環形動物は冠輪動物に属する動物群の1つである。

ア) 冠輪動物の名称は、環形動物などの成長過程において、繊毛が環状に存在する幼生期を経ることに由来する。その幼生の名称を答えよ。

イ) 冠輪動物に分類される動物を以下の中から全て選び、答えよ。

エビ、アサリ、ナメクジウオ、プラナリア、ヒドラ、ムカデ、
タコ、センチュウ

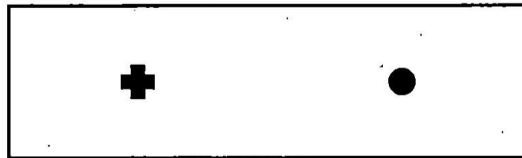
f) チスイビルなどの唾液には吸血した時の血液の凝固を阻害するヒルジンという物質が含まれている。ヒルジン以外に、ヒト血液の凝固を阻害するために用いられる物質の名称を1つ答えよ。

g) 一般的にかぎ刺激とは何か、答えよ。また、かぎ刺激によって起こる繁殖期のイトヨの行動を1つ挙げよ。

h) 網膜は視覚の受容器で、適刺激は光である。ヒトの受容器で、化学物質を適刺激とする受容器を2つ挙げ、それにより生じる感覚をそれぞれ答えよ。

i) 光が当たると桿体細胞が興奮するが、分子レベルではどのようなことが起きているのか、答えよ。

j) 視神経が眼球から出る部分を盲斑という。盲斑には視細胞がなく、光が当たっても受容されない。眼における盲斑と黄斑の距離を調べるために、図4の盲斑検出板を使って実験を行った。但し、実際には \oplus 印と \bullet 印の大きさはともに 5 mm で両者間の距離は 80 mm とする。

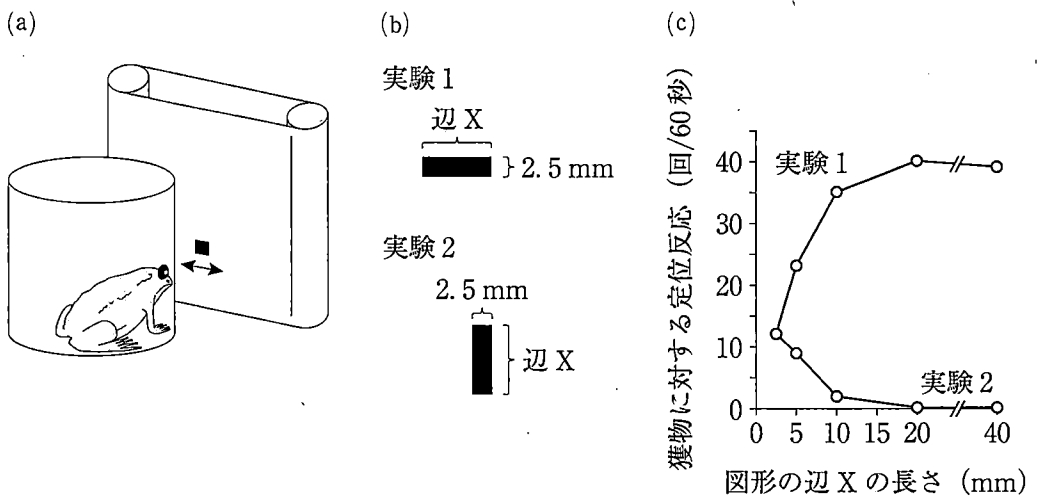


[図4] 盲斑検出板

左眼を閉じ、右眼の前方に検出板を置き \oplus 印を正視した。眼を動かさないようにして検出板を前後に動かし、 \bullet 印が見えなくなる所で止めた。右眼と検出板の \oplus 印との距離を測定すると 280 mm だった。眼の直径（水晶体から黄斑までの距離）を 24 mm とした場合、盲斑と黄斑の距離は何 mm か、計算式とともに求めよ。なお有効数字は 2 桁とする。

問題2 下線①について以下の文を読み、問題に答えよ。

あきら君は、エバートの実験を参考にして、かぎ刺激として用いる四角形の縦と横の長さをいろいろと変えた時にヒキガエルがどのような反応をするのかを調べようと思った。あきら君はヒキガエルをガラスの円筒の中に入れて、円筒から約7 cmの距離に回転ベルト装置を置いた。視覚刺激として、黒い紙で作った図形を回転ベルト装置の白地のベルトに張り付け、図形がヒキガエルの視界から消えないように一定速度で往復運動させた(図5(a))。まずは一辺の長さが2.5 mmの正方形から始め、その図形の大きさをいろいろと変え、次の実験1と実験2を行った(図5(b))。実験1では水平方向にのびる長方形を用い、垂直方向(縦)の辺を2.5 mmに固定し、水平方向(横)の辺Xを2.5 mmから段階的に40 mmまで伸ばしていった。実験2では垂直方向にのびる長方形を用い、水平方向の辺を2.5 mmに固定し、垂直方向の辺Xを2.5 mmから段階的に40 mmまで伸ばしていった。いずれの実験も60秒間行い、それぞれの図形を2秒で1往復する速度で水平方向に往復運動させた。ヒキガエルが図形の動く方向を追うように頭を向ける行動を獲物に対する定位反応とし、各実験において図形に対する定位反応の回数をそれぞれ調べ、その結果をグラフにした(図5(c))。



【図5】 実験方法の概要 (a, b) と実験結果(c)

(注意) 図の説明は問題文に記載している。

ア) 実験1と実験2の結果(図5(c))から、ヒキガエルは視野に入った刺激のどのような特徴から獲物であると認識していると考えられるか、答えよ。

イ) 黒い長方形(縦2.5 mm×横40 mm)の図形を用いて、ア)で答えた刺激の特徴をさらに詳しく調べるためには、刺激の何を変化させるとよいか、仮説を立て、それを明らかにするための具体的な実験計画を述べよ。

