

令和4(2022)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37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。

生 物

1

ヒトの肝臓は横隔膜の下に位置し、暗赤色な臓器である。また、消化器系に属する最も大きな臓器で、その重さは成人で1.2~2.0 kgである。肝臓は、ほかの臓器とは異なり、動脈（肝動脈）と静脈（肝静脈）のほかに、消化管、^{すい}膵臓、^ひ脾臓から出る静脈が合流した門脈（肝門脈）とつながっている。肝臓の主なはたらきとして、尿素の合成、^{b)}グリコーゲンの合成と分解、^{c)}さまざまなタンパク質の合成と分解、^{d)}胆汁の生成、解毒作用などが知られている。胆汁は肝臓でつくられ、^{e)}いったん胆嚢に蓄積された後、胆管を通して十二指腸に分泌されている。

病気によって肝臓の機能が著しく損なわれると、他人の肝臓を移植する場合があります。しかし、移植した肝臓は拒絶反応によって生着しないことがある。この主な原因は患者と臓器提供者の間で主要組織適合遺伝子複合体（MHC）^{f)}が異なることである。現在、人工多能性幹細胞（iPS細胞）^{g)}から肝細胞を作製し、肝臓を再生する研究が行われている。

問題 1 下線 a) ~ g) に関連する次の問題に答えよ。

a) 次の問いに答えよ。

1) 動脈と静脈の構造の一般的な違いを2つ答えよ。

2) 肝動脈、肝静脈、肝門脈の中で最も尿素濃度の高い血液が流れているのはどれか、答えよ。

3) ラットを用いて肝門脈の血液が肝臓を経由しないで下大静脈に流れるような手術をした。その結果、脳に障害が起こって昏睡状態になった。その理由を答えよ。

4) 脾臓のはたらきを1つ答えよ。

b) 鳥類では尿素の代わりに尿酸を排出する。尿酸を排出物とすることは鳥類が飛ぶうえで都合が良いと考えられている。どのような点で都合が良いと考えられるか、答えよ。ただし、尿素は水溶性で、尿酸は非水溶性であるという化学的性質に基づいて答えること。

c) グリコーゲンがグルコースから合成される。次の問いに答えよ。

1) グルコースは細胞外から細胞内に移動することができる。そのしくみを答えよ。

2) 血糖値が異常に高くなるとグルコースが尿中に検出される。どの部位で何が起こった結果なのか、答えよ。

d) 次の問いに答えよ。

1) mRNA の塩基配列からタンパク質のアミノ酸配列を決めることができるが、タンパク質のアミノ酸配列から mRNA の塩基配列を特定することはできない。その理由を答えよ。

2) 肝細胞内に主に存在し、分泌されないタンパク質の血液中濃度を測定することによって、肝臓の状態を推定することができる。その理由を答えよ。

3) 肝臓で合成されるタンパク質の1つであるプロトロンビンはトロンビンの前駆体である。トロンビンのはたらきを答えよ。

e) 胆汁は小腸において脂肪の消化・吸収を促進するが、これ以外の胆汁のはたらきを答えよ。

f) MHC の違いを認識し、拒絶反応が起こるまでの過程を答えよ。ただし、次の用語を全て用いること。また、同じ用語を複数回用いてもよい。

[用語] 抗体, キラー T 細胞, ヘルパー T 細胞, B 細胞

g) 患者由来の iPS 細胞から機能に異常がある肝細胞を作製した。この細胞はどのような研究において有用であると考えられるか、答えよ。

生物は周りの環境から様々な情報を受け取り、長い時間をかけて環境に適応する能力を進化させてきた。その1つが季節適応で、例えば温帯域^{a)}に生息する昆虫には、生存に厳しい冬に休眠し、繁殖に都合の良い夏に速やかに成長するものがある。哺乳類と比べてライフサイクルが比較的短い昆虫には1年間に世代を何回か繰り返すものもある。年に一世代のライフサイクルを示すものを一化性、年2回ライフサイクルを繰り返すものを二化性と呼ぶ。一化性の昆虫にはカブトムシ、二化性の昆虫にはニカメイガ、アメリカシロヒトリ^{b)}などがある。

バッタ目に属するタンボコオロギも初夏と秋に成虫が現れる二化性の昆虫で、^{c)}春に孵化した幼虫は夏の間には速やかに成長して秋に羽化するが、秋以降に孵化した幼虫は休眠して越冬し、翌年の初夏に羽化する。これまでの研究から、幼虫発育のこれら2つのタイプは、幼虫時に経験した日長（日照時間の長さ）により決定することがわかっている。例えば温度25℃の飼育環境で、長日条件下では、孵化した後に幼虫は7～8回の脱皮^{d)}を経てほとんどの個体が孵化後50～60日で成虫になる。しかし短日条件下では、9回以上の脱皮を繰り返してゆっくりと成長し、半数の個体が羽化するまでに120日以上を要する。幼虫の発育で前者のタイプを長日型、後者を短日型と呼ぶ。^①さらなる研究で、飼育環境の温度を30℃にして長日条件下または短日条件下で飼育し、孵化から羽化までの日数および脱皮回数について調べた。その結果、羽化までの発育期間は長日と短日のいずれの条件でも、25℃飼育の場合と比べて大幅に短縮されることがわかった。ただし脱皮回数については、長日条件下では7～8回、短日条件下では9回以上であり、25℃で飼育した幼虫と違いはなかった。これらの結果から、成虫までの脱皮回数は日長により制御され、成虫までの発育期間（成長速度）は温度に影響を受けることが示唆された。

昆虫の成長速度の制御にはインスリン/TOR(target of rapamycin)シグナル伝達系がかかわることが、^{e)}キイロショウジョウバエを用いた研究で示唆されている。^{f)}インスリン/TORシグナル伝達系では、インスリン様ペプチドがその受容体であるインスリン受容体(InR)に結合し、TORなどの様々な分子を活性化し、細胞や組織の成長を促すはたらきがある。タンボコオロギにおいてもこのシ

グナル伝達系が幼虫発育の促進に関わるのかどうかを、RNAi (RNA 干渉) 法によるインスリン受容体遺伝子 (*Inr*) の阻害実験により検証した。対照群ではサンゴ由来の遺伝子である *DsRed2* の RNAi を投与した。その結果、長日と短日^{g)} いずれの条件でも実験群では幼虫の体重が対照群と比較して減少し、長日条件では幼虫期間の有意な延長もみられた。ただし脱皮回数への影響は見られなかった。すなわち InR の発現抑制は、羽化までの脱皮回数には影響しないが、成長速度を有意に低下させることが明らかになった。

問題 1 下線部 a) ~ g) に関連する次の問題に答えよ。

a) 日本の温帯域にあるバイオームには照葉樹林や夏緑樹林などがある。これらを構成する樹種には何があるか、それぞれ代表的なものを以下の植物から全て選べ。

ブナ コルクガシ タブノキ ソテツ コナラ カラマツ
スタジイ トドマツ オリーブ カエデ トウヒ モミ
クスノキ ユーカリ

b) アメリカシロヒトリは外来生物である。外来生物は一挙に増えてしまうことがあるが、どのような場合に一挙に増えることが起こると考えられるか、答えよ。

c) 分類の階層において、「目」の上位の階層と下位の階層を何と呼ぶか、それぞれ答えよ。ただし「上」「下」「亜」は使わない。

d) 次の動物のうち脱皮動物に属するものはどれか、全て選べ。

ワムシ ヒザラガイ カイチュウ プラナリア ミジンコ
ミミズ ダニ

- e) ヒトにおいて、インスリンは血糖値を下げるホルモンとして知られているが、逆に血糖値を上げるホルモンには何があるか、主なものを4つ挙げよ。またそれらの内分泌腺の名称をそれぞれ答えよ。
- f) ショウジョウバエの幼虫の唾腺細胞には唾腺染色体と呼ばれる巨大な染色体が存在する。唾腺染色体では他の場所に比べて膨らんでいる部分（パフ）がみられる。パフが膨らんで見える理由を答えよ。また、発生の段階において染色体上のパフの位置が変わるが、これはどのようなことを意味するのか、答えよ。
- g) ある島のサンゴ礁においてサンゴの種数と生きたサンゴの被度を調査したところ、次のグラフのような結果となった。被度とは海底面に占める生きたサンゴの割合を示す。このサンゴ礁では、サンゴ礁の北側斜面（▲）は強い波浪によりサンゴ礁が破壊されることが多く、南側斜面（○）は波浪の被害が少ない。次の問いに答えよ。

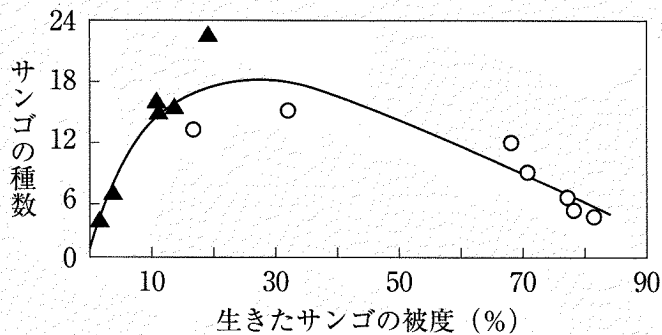


図1 サンゴの被度と種数の関係

- 1) 波浪の影響を多く受け、生きたサンゴの被度が低い場所と、波浪の影響をほとんど受けず、生きたサンゴの被度が高い場所ではともに種数が少ない。どうしてそのような結果になったのか、それぞれ理由を答えよ。

2) サンゴの白化現象は地球温暖化に伴う海水温の上昇が原因の1つであるが、海水温の上昇によりどのようにして白化現象が起こるのか、そのしくみを答えよ。

問題2 下線部①について、次の問題に答えよ。

成虫までの脱皮回数を指標とし、タンボコオロギの発育タイプ（長日型、短日型）が幼虫のどの時期に決定されるのかを次の実験により調べた。孵化したばかりの1齢幼虫を4グループ用意し、孵化直後から長日条件で飼育後、それぞれ2齢、3齢、4齢、5齢幼虫に脱皮した直後に飼育環境を短日条件に切り替え、その後は短日条件で飼育した。それぞれのグループの幼虫（各100匹）が成虫になるまでに脱皮した回数とその個体数を調べ、その結果を表1に示す。次の問いに答えよ。

表1 短日条件に切り替えるタイミングと成虫になるまでの脱皮回数

脱皮回数*	短日条件に切り替えるタイミング			
	2 齢幼虫	3 齢幼虫	4 齢幼虫	5 齢幼虫
7 回	0	92	98	100
8 回	0	8	2	0
9 回	0	0	0	0
10 回	0	0	0	0
11 回	0	0	0	0
12 回	45	0	0	0
13 回	40	0	0	0
14 回	15	0	0	0

*：孵化してから成虫になるまでの脱皮回数

- 1) 表1の脱皮回数を参考にし、タンボコオロギの発育タイプがどの時期に決定するのかがわかるようなグラフを描け。
- 2) タンボコオロギの発育タイプの決定について実験結果からわかることを答えよ。

2018年米国ボストンで開催された地球深部の生命を探る国際会議では、様々な微生物の報告が相次ぎ、海と陸（地表）に続き、第3の生物圏が存在することが分かり、にわかに注目されるようになった。深さ1,000メートルを超える海底からさらに2,000メートル以上掘り進んだ地下には、生息数は少ないものの微生物が存在し、種類が判明したものの中にはメタン生成菌が存在していた。陸地においても地下の探索がなされており、^{a)}例えば南アフリカの金鉱脈の地下2,000メートルを越えた地点で微生物が発見されている。金鉱脈には亀裂が多く、隙間に溜まったわずかな水の中に微生物が生き残っていたのだ。これらの微生物は細菌が中心だが、その種類は数万種以上であると考えられている。地下深部には酸素はほとんどなく、有機物などの栄養源も乏しい極めて過酷な環境で、どうやって生きているのかは最大の謎である。そのような環境下では、微生物は1千年から1万年に1度しか分裂できないと^{b)}考えられている。このような特殊な環境に研究者がひきつけられるのは、生命が存在する条件とは何かという根源的な課題を解決するために格好の材料になるからである。

地下にわずかでも水が残っていれば、生命が生き残れるなら、地球外でも生命が存在する可能性が考えられる。火星は35億年ほど前までは地球と同じように豊富な水があり、生命が誕生していてもおかしくない環境だったと考えられている。2021年に火星に着陸したアメリカの探査機「パーシビアランス」は、ジェゼロクレーターと呼ばれるかつて水が溜まり、湖になっていたと考えられる場所に着陸した。パーシビアランスは自力で走行できるローバー（探査車）タイプであり、様々な場所を探索し、探査機内に搭載した分析装置で生命の痕跡を見つ^{c)}ける計画である。火星で生命の痕跡が見つかれば、広い宇宙の多くの星に生命が存在する期待が膨らむ。

アポロ11号でアームストロング船長が月に足を踏み入れてから50年あまりが経ち、今では月探索の目的は変わってきている。それは月には大量の水が存在するかもしれないからである。水は生命誕生に必要なだけでなく、電気分解するとエネルギー源になる酸素と水素を作り出せる。このため、十分な水が確保でき^{d)}るなら、火星より遠い天体に向かう基地としての月の利用価値が高まる。現在、

多くの国が月着陸を目指し、水探索の競争が始まっている。

話を地球に戻そう。約 46 億年の歴史を持つ地球に生命が誕生したのは、およそ 38 億年前と考えられている。生命の誕生には、すでに述べてきたように「水」、すなわち豊富なミネラルを含む環境である「海」の存在が不可欠であった。最初は細菌類のような単細胞生物であり、およそ 10 億年前には多細胞生物が生まれ、次第に複雑な生物が誕生した。約 5.4 億年前以降の地層からは、それ以前に比べ多種多様な無脊椎動物が出現した。^{e)} 一方、およそ 5 億年前に出現した脊椎動物の祖先は、オーム貝などの頭足類による捕食から逃れるために、鰭や筋肉を発達させていった。シルル紀になると、無顎類の中から顎を持つ原始的な魚類^{がく}が現れ、デボン紀になると、軟骨魚類や現生の魚類の多くが属する硬骨魚類^{ひれ}が出現した。中には現在もほぼ当時のままの姿を残していると言われているシーラカンスなども存在する。

やがて魚類は、栄養豊富な海から汽水域へと生息域を拡大し、中には淡水にも適応できるような種も現れ、ついに上陸に成功するようになる。^{f)} この陸への適応には多くの困難が待ち受けていた。すなわち水域から陸地への環境変化に適応するためには、少なくとも重力や呼吸、浸透圧の変化に対して、対処する手段^{g)}を獲得する必要がある。^{h)}

問題 1 下線 a) ~ h) に関連する次の問題に答えよ。

- a) リボソーム RNA の塩基配列を基に分子系統樹を描くと、生物は 3 つのドメインに分かれる。メタン生成菌が属するドメインを答えよ。
- b) 1 千年から 1 万年に 1 度しか分裂できないのはなぜか、考えを述べよ。
- c) 地球上ではグリーンランドの約 38 億年前の地層から生命の痕跡が発見されているが、それは何か答えよ。
- d) 地球上において、最初に水を分解して酸素を発生した生物だといわれているものは何か、答えよ。

- e) このような現象は何と呼ばれているか答えよ。
- f) 最初に上陸したのは植物であり、最古の化石としてシルル紀の地層から見つかった陸上植物の名前を答えよ。
- g) 重力に耐えるためには、四肢の発達を含め骨格の発達が重要である。骨に貯蔵されている主なミネラルを2つ答えよ。また、水生動物においては、周りに豊富に存在した生体反応にとって重要なあるミネラルが、陸生動物になると不足しがちになる。そのミネラル不足から身を守るために発達したと考えられる内分泌器官を1つ答えよ。
- h) 魚類における鰓^{えら}と心臓、哺乳類における肺と心臓の関係が分かるように、解答欄の□をつなぐ血管を書き入れよ。解答欄の□は、それぞれ鰓、肺、心臓をあらわしている。また、心臓内を領域に分け、それぞれの名称を書き入れるとともに、全体の血液の流れを矢印を用いて描け。

問題2 下線①魚類に関連する次の問題に答えよ。

1) 下記の図2は、細菌、植物以外に、魚類、鳥類、哺乳類に属する動物で、これまで分かっているゲノムサイズの分布（幅）を示したものである。魚類は①～③のどれか答えよ。またそう考えた理由についても述べよ。

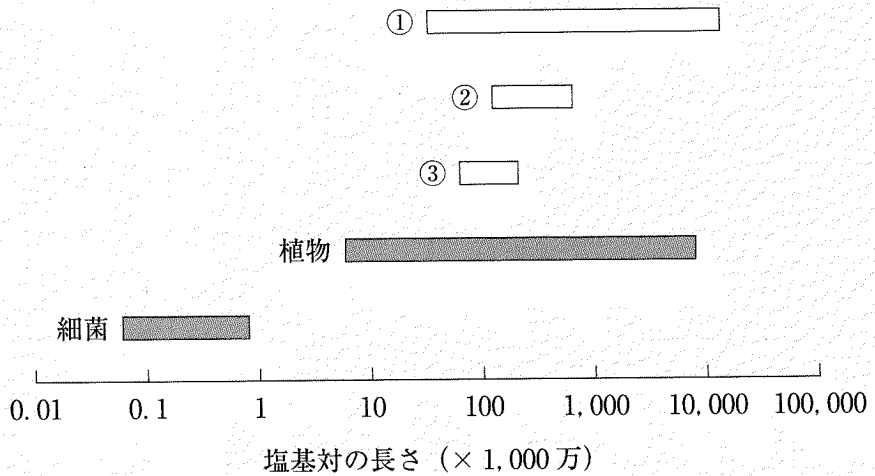


図2 細菌、植物と魚類、鳥類、哺乳類のゲノムサイズの分布

2) あきら君は、学習記憶に関する論文の中に、「魚類を含む多くの動物は、新たな物体に遭遇すると、探索行動すなわち周囲の状況を積極的に調査する行動を示し、新奇な物体に対して興味を示す」という文言を見つけたので、自らキンギョを使って実験をすることにした。

あきら君が立てた下記の実験計画において、いくつか適切でない（不十分な）部分がある。重要だと考えられる問題点を3つ選び、その理由と共に、より良い方法を考えて書け。

<実験計画>

あきら君は、昨日キンギョの専門店で購入した元気なキンギョを10匹用意して、早速実験に取り掛かった。実験は、まず30 cm × 30 cm × 30 cm の水槽に青色の丸い物体を2つ用意して水中に図3のように配置して5分間学習させた。もしもこの青色の物体を覚えているとすると、翌日（試験日）、片方だけ黄色の丸い物体に代えた時に、黄色の物体に近づくだらうと考えた。また、その論文の中ではエストラジオールという脂溶性のホルモンには、記憶の増強作用があるということが書かれていたので、その点についても確かめることにした。青色の物体を5分間学習させた後、実験群（5匹）は、DMSO という有機溶媒に溶かしたエストラジオールを麻醉下で腹腔内に投与して、翌日の記憶のスコアを調べ、何もしない対照群（5匹）の記憶のスコアと比較した。

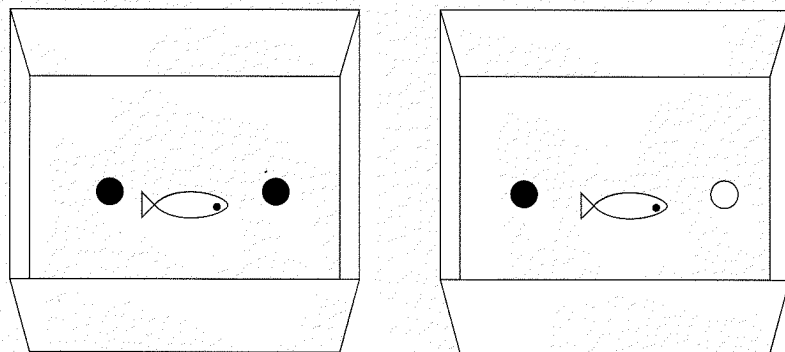


図3 学習日（左）と試験日（右）の物体（●青色と○黄色）の配置