

令和2年度

14時10分～16時40分

理 科 問 題 冊 子

科目名	頁
物 理	1 ～ 6 頁
化 学	8 ～ 11 頁
生 物	12 ～ 18 頁

注 意 事 項

1. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、この注意をよく読むこと。
2. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、問題冊子ならびに解答用紙は開かないこと。
3. 試験開始の合図〔チャイム〕の後に問題冊子ならびに選択した科目に拘わらず解答用紙の全ページの所定の欄に受験番号と氏名を記入すること。
4. 解答はかならず定められた解答用紙を用い、それぞれ定められた位置に問題の指示に従って記入すること。また、解答用紙に解答以外のことを書かないこと。
5. 解答はすべて黒鉛筆を用いてはっきりと読みやすく書くこと。
6. 解答用紙のホチキスはずさないこと。
7. 質問は文字が不鮮明なときに限り受け付ける。
8. 問題冊子に、落丁や乱丁があるときは手を挙げて交換を求めること。
9. 試験開始60分以内および試験終了前10分間は、退場を認めない。
10. 試験終了の合図〔チャイム〕があったとき、ただちに筆記用具を置くこと。
11. 試験終了の合図〔チャイム〕の後は、問題冊子ならびに解答用紙はいずれも表紙を上にして、通路側から解答用紙、問題冊子の順に並べて置くこと。いっさい持ち帰ってはならない。
なお、途中退場の場合は、すべて裏返しにして置くこと。
12. 選択科目の変更は認めない。
13. その他、監督者の指示に従うこと。

受験番号		氏 名	
------	--	-----	--



生 物

1 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

およそ5億4千万年前に始まる古生代のカンブリア紀に、多様な多細胞生物が誕生し、現在みられるほとんどの動物の門が出現した。現在のところ、最古の脊椎動物と考えられているのは、カンブリア紀前期のチェンジャン（澄江）動物群に含まれるミロクンミンギアという無顎類である。シルル紀になると顎を獲得した脊椎動物が出現し、その中からすぐれた遊泳力をもつ軟骨魚類や硬骨魚類が現れた。デボン紀中期に登場した硬骨魚類の肉鱗類（総鱗類を含む動物群）は、ひれの内部に太い骨が発達していて、浅瀬の生活に適応していたと考えられている。

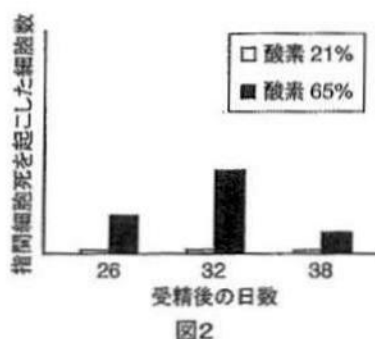
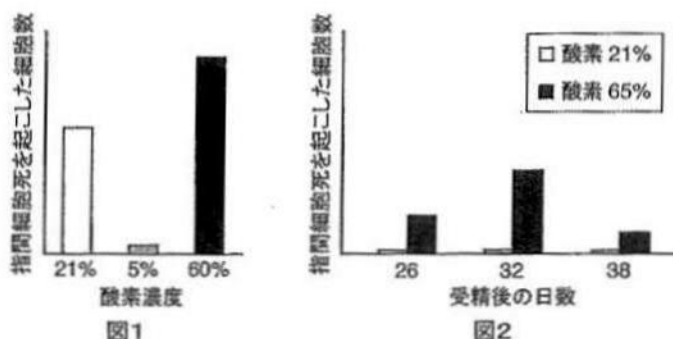
カンブリア紀に繁栄した藻類による光合成の結果、酸素が大気中に蓄積すると、陸上で生物が生活できる環境が整った。その結果、オルドビス紀中期には植物が陸上への進出を始めた。また、動物もシルル紀に節足動物が、デボン紀末には肉鱗類のなかまから両生類が誕生し陸上へ進出した。両生類の成体は四肢をもち肺呼吸を行うが、受精、胚発生、幼生期の生活は水中で行われるため、胚や幼生は水中にわずかに溶けた酸素を利用する。石炭紀後期になると、胚発生が胚膜内で起こる有羊膜類が誕生した。例えば爬虫類のように卵の中で発生する胚の場合は、胚を取り囲むように血管が発達しており、大気中の酸素を取り込むことができる。また、その後出現した哺乳類の胚の場合は、胎盤を介して母親が大気から取り込んだ酸素を得ている。

動物の卵は、受精すると活発な細胞分裂を始める。発生の過程では、細胞増殖による成長だけでなく、決められた時期に決められた細胞が死んでいくプログラム細胞死による形態形成が起こる。その例として、ヒトやニワトリにおける指の形成が挙げられる。通常的环境下で発生途上にあるニワトリ胚では、前肢芽・後肢芽ともに将来指と指の間になる領域で細胞死（指間細胞死）が起こり、残った部分から指が形成される。アフリカツメガエルでは、前肢には水かきは無いが、後肢には水かきがある。しかし、アフリカツメガエルの幼生（オタマジヤクシ）では、通常的环境下では前肢芽・後肢芽とも指間細胞死は観察されず、指および指間の成長のバランスで水かきができるかどうかが決まる。

- [1] 生物の系統関係を推定する方法を箇条書きで列挙しなさい。
- [2] 現生の無顎類および肉鱗類をそれぞれ一つずつ挙げなさい。
- [3] 顎を獲得した動物は無顎類と比べて食性がどのように変化したか、3行以内で説明しなさい。
- [4] 酸素の蓄積によって形成され、生物の陸上での生活を可能にしている大気中の層の名称を答えなさい。また、その役割を1行で説明しなさい。
- [5] 発生初期にみられる細胞分裂を何と称するか、またその特徴を箇条書きで列挙しなさい。
- [6] ニワトリおよびアフリカツメガエルを用いて行われた指間細胞死に関する実験を以下に示す。それを読み、1)～3)の間に答えなさい。



[実験1] 正常発生において指間細胞死が起こる時期のニワトリ胚を飼育中の装置に、空気の酸素濃度を 21% (正常酸素濃度)、5%、あるいは 60% にして供給し、前肢芽の第 1-2 指間の領域について、プログラム細胞死を観察した。その結果を図 1 に示す。



[実験2] 正常発生において指が形成される時期のアフリカツメガエルの幼生を飼育中の装置に、空気の酸素濃度を 21% (正常酸素濃度)、あるいは 65% にして供給し、後肢芽の第 3-4 指間のプログラム細胞死を観察した。その結果を図 2 に示す。

- 1) 実験 1 および 2 から導き出される結論を 2 行以内で説明しなさい。
- 2) 通常の発生過程において指間細胞死による指の形成を動物が行うようになったきっかけは何だと考えられるか、1 行で説明しなさい。
- 3) ニワトリと同じく鳥類に属するアヒルは水かきをもつ。アヒルで水かきができる仕組みをどう説明するのが合理的か、水かきの形成メカニズムを 2 行以内で説明しなさい。

2 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

動物の体内では、生命活動により老廃物が生成される。例えば不要となったタンパク質や過剰なアミノ酸は分解される際に有害なアンモニアを生じる。哺乳類では、アンモニアは (ア) において毒性の低い尿素に変換され、腎臓から排出される。脊椎動物の腎臓は (イ) 由来の器官で、左右に一对存在する。

図 3 は哺乳類の腎単位 (ネフロン) を周囲の血管と共に一部省略して示したものである。血液は糸球体を通過する際に血漿が血管の外にこし出されてボーマン囊に入る。こし出された原尿は細尿管 (腎細管) と集合管を通過する過程で、身体に必要な成分の多くが再吸収される。図 4 は、細尿管を図 3 の C の位置で輪切りにしたものである。細尿管を構成する細胞どうしは密着結合によって強固に結合して管を形成しており、細尿管の細胞は細尿管の内腔側で原尿に接し、他方の側で組織液に接している。ナトリウムイオンやグルコースは細胞膜の脂質二重層を直接透過できないので、再吸収には膜タンパク質による輸送が必要となる。細尿管の細胞にはグルコース輸送体が 2 種類ある。そのうち SGLT という輸送体は、ナトリウムイオンの濃度勾配に従ってグルコースをナトリウムイオンと共に同じ方向に運ぶ性質をもつ。一方もう一つのグルコース輸送体 GLUT は、グルコースだけをその濃度



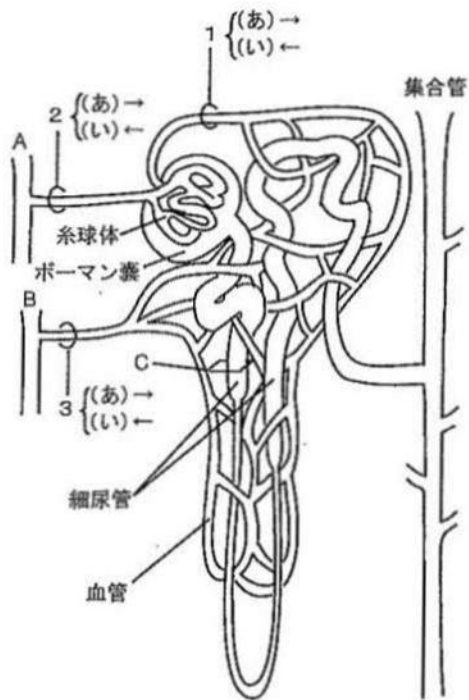


図3

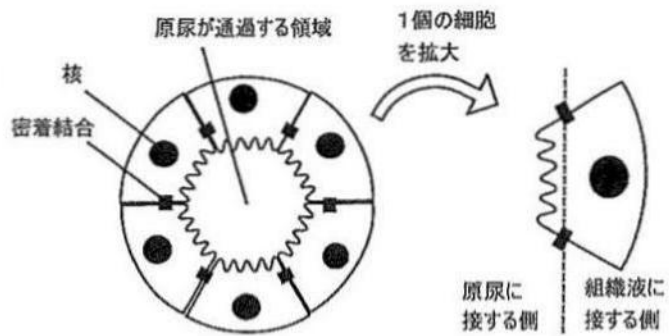


図4

勾配に従って輸送する。密着結合は細胞どうしを接着すると共に細胞膜を二つの領域に区切っている。図4に示すように、細尿管細胞の細胞膜は原尿に接する側と組織液に接する側とに区切られ、(a) それぞれの側にナトリウムポンプ、SGLT、GLUTが適切に配置されることにより、細尿管細胞を介した原尿から組織液へのナトリウムイオンとグルコースの移動を可能にしている。再吸収さ

れた成分は腎単位周辺の血管の血液に取り込まれ、これらを取り込んだ血液は腎静脈を介して腎臓の外に出てゆく。

尿量は身体の状態により変動する。血液量減少の情報は視床下部に存在する (b) バソプレシン (抗利尿ホルモン) をつくる神経分泌細胞に伝えられ、バソプレシンの分泌が促される。バソプレシンは集合管における水の再吸収を増加させ、尿量が減少する。

腎臓は、血液から老廃物を排出する機能に加え、別の機能をもつ。例えば、腎臓の細尿管や血管の間には特殊な細胞が存在し、血液中の酸素濃度の低下に反応して (c) エリスロポエチン という糖タンパク質を血中に放出する。エリスロポエチンは、骨髄において赤血球の選択的な増加を引き起こす。

[1] 空欄 (ア) および (イ) に入る適切な語を答えなさい。(ア) は臓器、(イ) は胚葉の名称である。

[2] 図3で示した腎単位の周囲の血管のうち、図中1~3における血流の向きは(あ)または(い)のいずれか、正しい組み合わせを①~⑧から選び、記号で答えなさい。さらに、動脈と静脈はA、Bのいずれか、答えなさい。

- | | |
|------------------------|------------------------|
| ① 1- (あ)、2- (あ)、3- (あ) | ② 1- (あ)、2- (あ)、3- (い) |
| ③ 1- (あ)、2- (い)、3- (あ) | ④ 1- (あ)、2- (い)、3- (い) |
| ⑤ 1- (い)、2- (あ)、3- (あ) | ⑥ 1- (い)、2- (い)、3- (あ) |
| ⑦ 1- (い)、2- (あ)、3- (い) | ⑧ 1- (い)、2- (い)、3- (い) |



[3] イヌリンとよばれる物質は、糸球体でこし出されるが細尿管と集合管で再吸収も分泌もされない。ある人の血漿中のイヌリン濃度が一日を通じて 0.030 mg/mL と一定で、その日の一日の尿量が 2.0 L、尿中のイヌリン濃度が 3.0 mg/mL であったとする。1) ~ 3) の間に答えなさい。

- 1) この人の、この日一日にこし出された原尿の量は何 L か。
- 2) この人の腎臓の水の再吸収率は何 % か。
- 3) この人の腎臓の水の再吸収率が 1% 低下すると、一日の尿量は何倍になるか。

[4] 下線部 (a) について、1) および 2) の間に答えなさい。

- 1) ナトリウムポンプの働きを 3 行以内で述べなさい。ただし、次の語をすべて 1 回以上用いること。

[ナトリウムイオン カリウムイオン ATP 濃度勾配]

- 2) 図 5 に細尿管の細胞を模式的に示す。○で示した 3 つの膜タンパク質は、それぞれナトリウムポンプ、SGLT、GLUT のいずれかで、その内の 1 つが原尿に接する側に、残りの 2 つが組織液に接する側に局在している。原尿側、組織液側にそれぞれの膜タンパク質があるか、解答欄の例にならい、解答欄の図に書き入れなさい。さらに、それぞれにおける、イオンやグルコースの輸送の向きを解答欄の図に書き入れなさい。

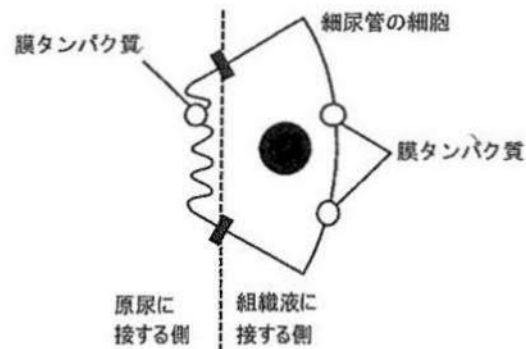


図 5

[5] 細尿管の細胞の原尿に接する側は図 4 に示したように入り組んだ構造をもつ。このような形態をもつことの意義を 2 行以内で説明しなさい。

[6] 下線部 (b) について、1) および 2) の間に答えなさい。

- 1) ホルモンの一一般的な働き方について述べた下の文中の空欄 (ウ) および (エ) に入る適切な語をそれぞれ漢字 2 字、漢字 3 字で答えなさい。

ホルモンは特定の細胞で作られたのち血液によって運ばれて (ウ) 細胞にだけ作用する。これは (ウ) 細胞には (エ) という特定のホルモンだけに結合して活性化されるタンパク質が存在するためである。ホルモンには水に溶けやすいものと、水に溶けにくいものがある。水に溶けやすいホルモンに対する (エ) は細胞膜に存在し、ホルモンと (エ) が結合すると様々なタンパク質がリン酸化などの修飾を受ける。その結果、特定のタンパク質の機能が活性化または不活性化されたり、細胞における配置が変わるなどする。

- 2) 集合管において、水は水チャネル (アクアポリン) という膜タンパク質を通して細胞を出入りする。また、バソプレシンは水溶性ホルモンである。バソプレシンの集合管の細胞に

対する作用のしかたとして適当と考えられるものを二つ選びなさい。

- ① 細胞膜の脂質二重層に直接作用して部分的に溶かす。
- ② 集合管の細胞の数を増やして集合管を長くする。
- ③ 細胞と細胞の間にすき間を作らせる。
- ④ 細胞膜に存在する水チャネルの数を増やす。
- ⑤ 細胞膜に存在する水チャネルの水の通りやすさを高める。

〔7〕下線部 (c) について、血球は、図 6 に示すように造血幹細胞と呼ばれる多能性の幹細胞から形成される (図にはリンパ球の分化は描かれていない)。エリスロポエチンが不足すると、赤血球の前駆細胞では DNA の断片化を経て細胞死に至ることがわかっている。エリスロポエチンは図 6 の①～③のうち、どの段階に作用して赤血球の増加につながるか、作用する段階は○、作用しない段階は×と答え、それぞれ判断の理由を 1 行で述べなさい。

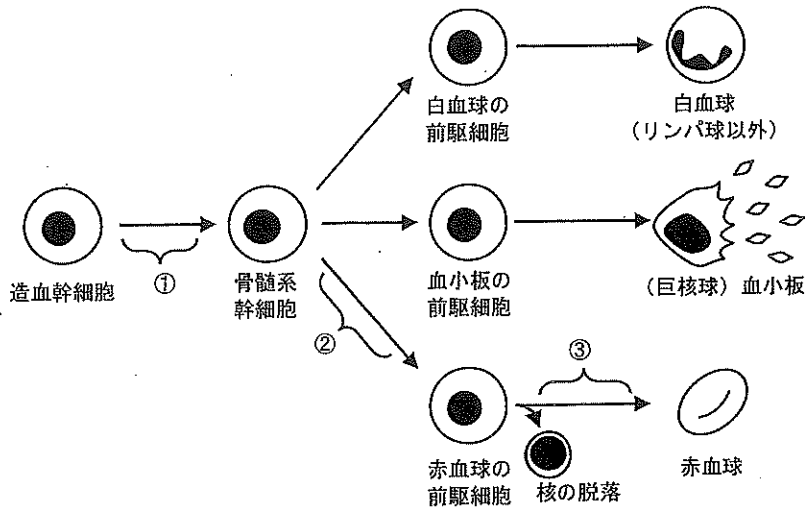
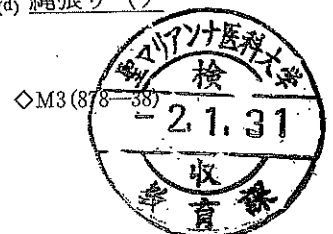


図 6

3 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

生態系は、ある区域に生息する動物や植物などの生物群集と非生物的環境との両者から構成される。生態系の構成要素の一部であるヒトも、その (a) 生態系から多くの恩恵を得ている。この恩恵を受け続けるためにも、生物多様性の保全は非常に重要である。生物多様性には (ア) 多様性、種多様性、(イ) 多様性という三つの段階がある。生物多様性を維持するには、まず生物多様性そのものを知ることが不可欠である。種多様性については、多様な種そのものの理解だけでなく、種間関係の複雑さへの理解も必要で、それには異種個体群間の関係 (被食者-捕食者相互関係、種間競争、(b) 共生 など) や、個体群内の関係が含まれる。

同種の個体は集まって (c) 群れ と呼ばれる集団をつることがある。群れの大きさは、群れを作ることの利益と不利益のバランスで決まる。また時には、個体あるいは群れが、同種のお他個体や他の群れを寄せ付けず、特定の領域を占有するように振る舞うことがある。この領域のことを (d) 縄張り (テ



リトリー)と呼ぶ。また、同種の集団として、(e) ハチやアリ、シロアリなどの(ウ)はコロニーとよばれる個体群を形成し、構成員による分業が顕著であることが知られている。

[1] 空欄(ア)～(ウ)に入る適切な語を答えなさい。ただし(ア)と(イ)は解答の順序を問わない。

[2] 下線部(a)について、ヒトが生態系から受ける恩恵を生態系サービスという。生態系サービスは役割の違いを元に、(A) 基盤サービス、(B) 供給サービス、(C) 調整サービス、(D) 文化的サービスに分けられる。以下の短文はそれぞれどのサービスに含まれるか、(A)～(D)から選びなさい。選択肢は重複なく一度ずつ選ぶこととする。

- 1) 植物などが地盤の保水力を高めること
- 2) 熱帯雨林の微生物を元にした医薬品開発
- 3) 湿原の花の季節にみられる美しい景観
- 4) 森林の光合成による酸素放出

[3] 下線部(b)について、1) および2) の間に答えなさい。

1) 片利共生の説明として最も適するものを(1)～(5)から選びなさい。

- (1) 種Aが種Bを捕食する。
- (2) 種Aが種Bから利益を得て、種Bは種Aから不利益を受ける。
- (3) 種Aが種Bから利益を得て、種Bは種Aから利益も不利益も受けない。
- (4) 種Aが種Bから利益を受けるとともに、種Bが種Aから利益を受ける。
- (5) 種Aが種Bから利益を受けることと、種Bが種Aから利益を受けることが交互に起こる。

2) 以下の組合せ①～⑧から、片利共生の関係にあるものを二つ選びなさい。

- | | |
|---------------|----------------|
| ① アリとアブラムシ | ② イソギンチャクとクマノミ |
| ③ カクレウオとナマコ | ④ カッコウとオオヨシキリ |
| ⑤ コバンザメとサメ | ⑥ ヒトとカイチュウ |
| ⑦ ホンソメワケベラとクエ | ⑧ ミツパチと虫媒花 |

[4] 下線部(c)について、群れをつくることによって得られる利益と、群れをつくることによって被る不利益を一つずつ、それぞれ1行で説明しなさい。



[5] 下線部 (d) について、アユは、餌量や個体密度により、縄張りをもちずに群れを形成する個体と、縄張りをもつ個体とに別れる。図7に、ある河川における群れアユと縄張りアユの個体数比率、および、群れアユ、縄張りアユそれぞれの各体長の相対出現頻度を示す。個体群密度が異なる (A) ~ (C) はある地点のそれぞれ異なる年のデータである。例えば、(A) の年には群れアユ、縄張りアユの割合がそれぞれ62%、38%であったことを示して、それぞれのアユの体長分布がヒストグラムで示されている。図7から読み取れることとして正しいと考えられるものをI) ~IV) から二つ選びなさい。

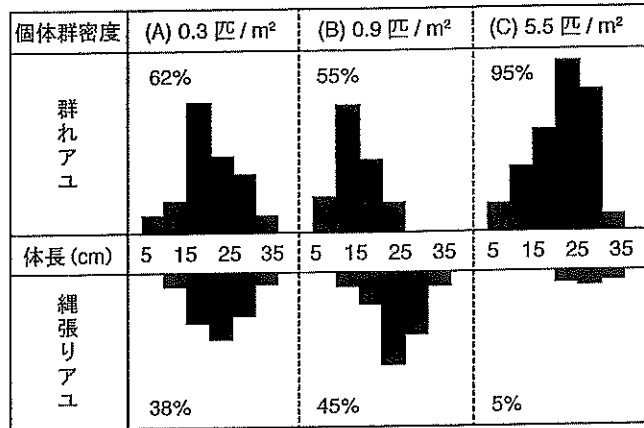


図7

それぞれ異なる年のデータである。例えば、(A) の年には群れアユ、縄張りアユの割合がそれぞれ62%、38%であったことを示して、それぞれのアユの体長分布がヒストグラムで示されている。図7から読み取れることとして正しいと考えられるものをI) ~IV) から二つ選びなさい。

- I) 縄張りアユは群れアユより体長が大きい傾向にある。
- II) 個体群密度と群れアユの割合は比例関係にある。
- III) (C) の年は (A) (B) の年よりも縄張りの維持コストが低い。
- IV) (A) の年の群れアユは (B) の年の群れアユに比べて餌の獲得量が多い。

[6] 下線部 (e) について、セイヨウミツバチは同一の女王から産まれた血縁の個体でコロニーを形成する。コロニーでは、女王のみが産卵し、有性生殖で産まれる雌の個体 (核相は2n) のほとんどが生殖能力をもたない働き蜂 (ワーカー) となり、ローヤルゼリーを継続して得た個体だけが次の女王になる。繁殖時期になると、次代の女王蜂に加えて、単為生殖によって雄蜂が産まれてくる (核相はn)。羽化した雄蜂は特定の時間帯にそれぞれのコロニーを飛び立って特定の空間に集合する。そこへ未交尾の新女王蜂が飛来し、交尾が行われる。交尾を終えた新女王蜂は帰巢し、蓄えた精子を用いて産卵を開始する。1) および2) の間に答えなさい。

1) 次の i) ~iii) の血縁度を小数もしくは分数で答えなさい。

- i) 女王蜂と子 (雌)
- ii) 父が同じと仮定したときの、同一女王から生まれたワーカー姉妹
- iii) 父が異なると仮定したときの、同一女王から生まれたワーカー姉妹

2) 同一コロニー内のワーカー姉妹を無作為に採取し、DNA の解析結果からワーカー姉妹間の血縁度を求めた。その結果、あるコロニーにおけるワーカー姉妹間の血縁度の平均値は0.288であった。この解析結果から、セイヨウミツバチの繁殖方法についてどのようなことが推定されるか、2行以内で説明しなさい。

