

令和 4 年 度

理 科

物	理	1 ページ～10 ページ
化	学	11 ページ～21 ページ
生	物	22 ページ～32 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その1～その3)、化学(その1～その4)、生物(その1～その4)の3科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する2科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

生 物

1 次の(文1)を読み、問1から問6に答えよ。

(文1) 脳の間脳にある は自律神経系と内分泌系を調節し、体温や 血糖濃度などの体内環境を一定の範囲に維持している。自律神経系には交感神経と副交感神経がある。大部分の臓器は交感神経と副交感神経の双方の支配を受けており、⁽²⁾両者のはたらきは 的である。自律神経が働くとき、神経伝達物質として、交感神経の末端からは ，副交感神経の末端からは が分泌される。一方、内分泌系ではホルモンを分泌することで、指令が送られる。ホルモンは内分泌腺でつくられ、 によって全身に運ばれ、特定の器官の標的細胞の に結合し、作用を発揮する。

問1 ~ に入る、最も適当な語を記せ。

問2 下線部(1)について、自律神経系と内分泌系による調節について、それぞれ正しい方を選び、解答用紙の正しい方を丸で囲め。

自律神経系による調節	内分泌系による調節
すばやい調節・ゆっくりとした調節	すばやい調節・ゆっくりとした調節
効果は短期的・効果は持続的	効果は短期的・効果は持続的
意思とは無関係・意思で調節できる	意思とは無関係・意思で調節できる

問 3 下線部(2)について、各器官に対する交感神経および副交感神経の作用を表にまとめた。各器官に対する作用について、それぞれ正しい方を選び、解答用紙の正しい方を丸で囲め。

器官	交感神経	副交感神経
瞳孔	拡大・縮小	拡大・縮小
心臓(拍動)	促進・抑制	促進・抑制
立毛筋	収縮・弛緩	
ぼうこう(排尿)	促進・抑制	促進・抑制

問 4 体温が低下した場合の、自律神経系と内分泌系による体温調節のしくみを説明せよ。

問 5 血糖濃度は一定の範囲に調節されている。図1は糖尿病患者AとBの食事に伴う血糖濃度とインスリン濃度の変化を示したものである。患者AとBの血糖濃度が健康な人比べて高くなっている理由について、それぞれ説明せよ。

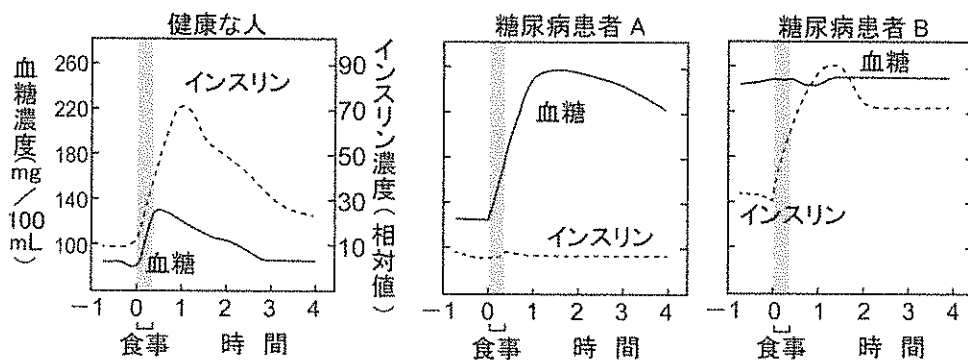


図1 食事に伴う血糖濃度とインスリン濃度の変化

問 6 糖尿病患者が、血糖濃度を下げる薬物治療中に激しい運動を行ったところ、意識喪失の症状が現れた。なぜこのような症状が現れたのか、理由を説明せよ。

2 次の(文2)を読み、問1から問6に答えよ。

(文2) 異なるヒトの血液を混ぜると、組み合わせによっては赤血球が凝集する(集まって塊状になる)ことがある。これは、赤血球の表面に存在する抗原と、血しょう中に存在する抗体とが抗原抗体反応を起こすことによる。この抗原抗体反応によって血液を分類したものを血液型といい、凝集が起こる血液型の組み合わせで輸血を行うことはきわめて危険である。

ABO式血液型の場合、血液型はA型、B型、O型、AB型の4つに分けられる。抗原には固有の構造をもった2種類の糖鎖(糖が共有結合でつながったもの)があり、異なった血液型のヒトの赤血球表面には異なった糖鎖抗原が存在している(表1)。また、それぞれの血液型のヒトの血しょう中には、そのヒトの赤血球表面に存在する糖鎖抗原に対する抗体は存在せず、存在していない糖鎖抗原に対する抗体のみが存在する(表1)。

血液型	赤血球表面に存在する糖鎖抗原	血しょう中に存在する抗体
A型	A型	抗B抗体
B型	B型	抗A抗体
O型	なし	抗A抗体と抗B抗体
AB型	A型とB型	なし

表1 ABO式血液型において、それぞれの血液型のヒトがもつ糖鎖抗原と抗体

A型の糖鎖抗原とB型の糖鎖抗原は、基本となる共通の糖鎖の末端に、それぞれ異なった糖が1つ付加されたものである。A型糖鎖の場合はN-アセチルガラクトサミンが、B型糖鎖の場合はガラクトースが付加されている(図2)。

ABO式血液型は、常染色体上の単一の遺伝子座に存在する3つの対立遺伝子の組み合わせにより決まる。A型の対立遺伝子(A型遺伝子)から作られるタンパク質は、共通の糖鎖の末端にN-アセチルガラクトサミンを付加する酵素であ

り、B型の対立遺伝子(B型遺伝子)から作られるタンパク質は、共通の糖鎖の末端にガラクトースを付加する酵素である(図2)。これに対して、O型の対立遺伝子(O型遺伝子)から作られるタンパク質は、酵素としての機能をもたない。

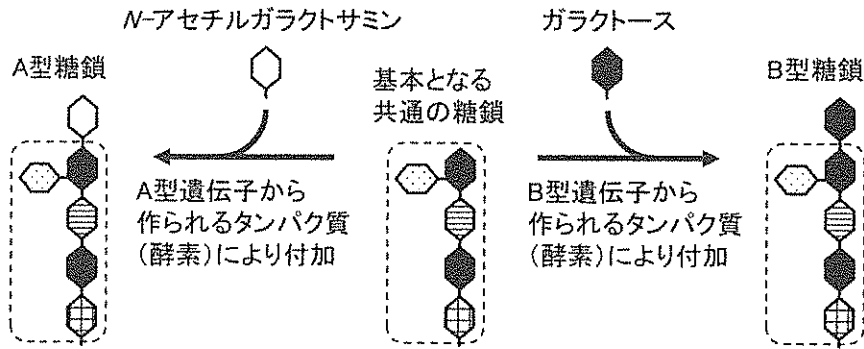


図2 ABO式血液型を決める糖鎖

代表的なA型遺伝子(A型遺伝子の中で最も多くのヒトにみられるもの)と代表的なB型遺伝子の塩基配列を比較すると、全長にわたってよく似ており、どちらからも354アミノ酸からなるタンパク質が作られる。それらのアミノ酸配列を比較すると、両者の間で4箇所のみ異なっている。また、代表的なO型遺伝子は、代表的なA型遺伝子と比較すると、塩基が1つ欠失している以外は塩基配列が同じである。⁽³⁾

これら3つの対立遺伝子に加え、まれな対立遺伝子として、シスAB型がある。シスAB型遺伝子をもつヒトは、もう一方の対立遺伝子がどれであっても血液型はAB型になる。⁽⁴⁾シスAB型遺伝子は、A型遺伝子とB型遺伝子をつぎはぎしたような塩基配列をもっている。

問1 A型のヒトの赤血球を凝集させるのはどの血液型のヒトの血しょうか、すべて挙げよ。

問2 下線部(1)のように、自己のもつ成分に対しては免疫反応が選択的に抑えられていることを何と呼ぶか、記せ。

問 3 下線部(2)のように、酵素が特定の物質にしか作用しないという性質を何と呼ぶか、記せ。

問 4 下線部(3)について、O 型遺伝子から作られるタンパク質が酵素としての機能をもたないのはなぜか、考えられる理由を述べよ。

問 5 下線部(4)について、シス AB 型遺伝子をもつヒトの血液型が AB 型になるのはなぜか、考えられる理由を述べよ。

問 6 輸血できる血液型の組み合わせが限られているため、輸血用血液の不足がしばしば問題となっている。そこで、酵素を用いて輸血用血液の血液型を変換する技術の開発が進められている。A 型の赤血球を、いずれの血液型の患者にも輸血できるように変換するためには、どのような性質を備えた酵素を用いれば良いか、酵素の備えるべき性質を挙げよ。

3 次の(文3)を読み、問1から問5に答えよ。

(文3) 生物の体は、前後、背腹、左右を区別することができ、これらの方向に沿った軸を体軸という。体軸は、発生の過程で決定される。例えば、アフリカツメガエルにおいて、背腹軸形成は受精時に始まる。受精の際、アフリカツメガエルの精子は動物半球から進入する。受精後、卵の表層が細胞質に対して約30°⁽¹⁾回転し、精子の進入点の反対側に と呼ばれる色の变化した部分が現れる。この部分は将来 になる。卵形成の過程で卵に蓄えられた mRNA やタンパク質が背腹軸形成に重要な役割を果たすことが知られている。このような卵形成の過程で卵に蓄えられた因子は一般に と呼ばれている。

その後、発生が進むと三胚葉が分化し、様々な器官が形成される。このとき、⁽²⁾胚のある領域が、隣接する領域の分化の方向性に影響を及ぼす現象が知られている。例えば、目の形成の際、神経管の一部が突出して となり、 が として表皮に作用し、水晶体への分化を する。さらに、水晶体は として周辺の表皮に作用し、角膜への分化を する。このように、 によって形成された組織が別の組織を することを、 という。

問1 文中の ~ に入る、最も適当な語句を記せ。
 については、背側か腹側のどちらか答えよ。

問2 以下に挙げた語は、異なる発生段階におけるアフリカツメガエルの胚の名称である。これらの胚について、記号を時系列に沿って並べ替えよ。

(ア) 原腸胚 (イ) 尾芽胚 (ウ) 胞胚 (エ) 神経胚 (オ) 桑実胚

問 3 下線部(2)について、中胚葉から形成される器官を以下から全て選び、記号で答えよ。

- (ア) 表皮 (イ) 小腸上皮 (ウ) 骨格筋 (エ) 水晶体
(オ) 腎臓 (カ) 網膜 (キ) 脊髄 (ク) 脊椎骨
(ケ) 肝臓腺上皮 (コ) 肺上皮

問 4 下線部(1)について、以下の実験を行った。

<実験 1> 受精直後の卵に紫外線を照射したところ、表層回転が起こらず、腹側の組織のみ分化した。

<実験 2> 受精後、表層回転が終わった直後の胚に紫外線を照射したところ、正常胚と同様に背腹軸形成が起こった。

<実験 3> 受精直後の卵の植物極とその周辺を切除すると、表層回転は起こったが、腹側の組織のみ分化した。

これらの実験結果に矛盾しないものを以下から 3 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 実験 1 において、紫外線の照射により腹側組織が分化したのは、背側を決定する因子が破壊されたためである。
(イ) 実験 1 において、紫外線の照射により腹側組織が分化したのは、紫外線により表層回転が阻害されたためである。
(ウ) 腹側を決定する因子が、表層回転により精子の進入点の反対側から除かれることで背側組織が形成される。
(エ) 腹側組織の分化を阻害する因子が、表層回転により植物極から移動することが背腹軸形成に重要である。
(オ) 腹側を決定する因子は、受精前は植物極に局在する。
(カ) 背側を決定する因子は、受精前は植物極に局在する。

問 5 アフリカツメガエルの卵では、背腹軸決定に重要な 3 種類の C が
見つかっており、ここではタンパク質 α 、タンパク質 β 、タンパク質 γ と呼
ぶことにする。受精前の卵では、タンパク質 α は植物極に、タンパク質 β
と γ は細胞質全体に一様に分布していた。これらのタンパク質について、以
下の実験を行った。

<実験 1> タンパク質 α と β を試験管内で混合し、十分な時間静置し
た。その後、各タンパク質の量を測定すると、どちらのタンパク質量も量
変化しなかった。

<実験 2> タンパク質 α と γ を試験管内で混合し、十分な時間静置した。
その後、各タンパク質の量を測定すると、どちらのタンパク質量も量
変化しなかった。

<実験 3> タンパク質 β と γ を試験管内で混合し、十分な時間静置した。
その後、各タンパク質の量を測定すると、タンパク質 β の量は変化しな
かったが、タンパク質 γ はほとんど検出されなかった。

<実験 4> タンパク質 α 、 β 、 γ を試験管内で混合し、十分な時間静置し
た。その後、各タンパク質の量を測定すると、タンパク質 α と β の量は
変化せず、タンパク質 γ の量はわずかに減少した。

<実験 5> タンパク質 γ を作る mRNA を、4 細胞期における腹側割球に
注入し、発生を進行させると、腹側に二次胚が形成された。

これらの結果から、タンパク質 α 、 β 、 γ はどのように背腹軸を決定する
と考えられるか述べよ。

4 次の(文4)を読み、問1から問3に答えよ。

(文4) 異なる種の生物どうしが生存や繁殖に影響を及ぼし合いながら、互いの形質が選択圧となって適応進化が起こる現象を、共進化という。例として、花と訪花昆虫の関係を挙げることができる。南アフリカと周辺国に生息するゴマノハグサ科の *Zaluzianskya microsiphon* という植物(以下 *Zm*)の花は、花筒と呼ばれる筒状の部分が長く、その奥に蜜が溜まっているため、訪花昆虫は非常に長い口器がなければ蜜を得ることができない。この花の送粉者は、ハエの仲間の *Prosoeca ganglbaueri*(以下 *Pg*)であり、実際に長い口器を持っている(図3)。この虫が花を訪れ、蜜を得ようと口器を花に差し込むと、頭部に花粉が付着し、その後同種の花を訪れたときに受粉させる。*Pg* の口器の長さが花筒に対して足りない場合は、蜜を得ることができない。一方、*Zm* の花筒が短すぎると *Pg* の頭部が雄しべや雌しべに触れず、*Zm* は種ができにくい。*Pg* と *Zm* は広く分布しているが、それぞれの地域で集団を作っている。そこで8つの地域で *Pg* と *Zm* を採集し、口器の長さや花筒の長さを測定し、各地域での平均値を計算して、*Pg* の口器の長さの順にグラフにした(図4)。さらに、観察を行った地域の一部では、ランの一種の *Disa nivea*(以下 *Dn*)も一緒に自生していた。*Dn* の花は距と呼ばれる突出部を持ち(図3)、*Zm* の花筒と同様に非常に長くなっていた。また、*Pg* が *Dn* の花を訪れ、距に口器を差し込んでいるのが確認された。ただし、この花の距には訪花昆虫への報酬となる蜜が入っていない。そこで、*Dn* の距の長さも測定し、平均値をグラフに記した(図4)。

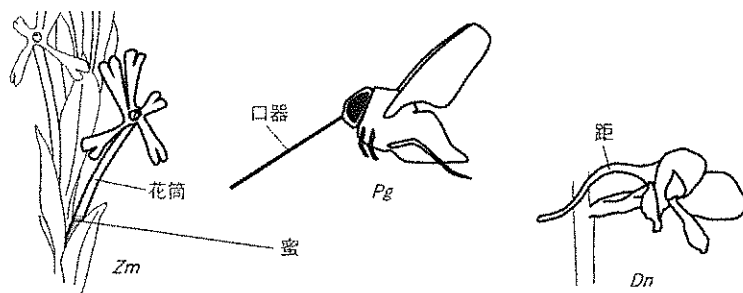


図3 *Zm*、*Pg*、*Dn* の略図

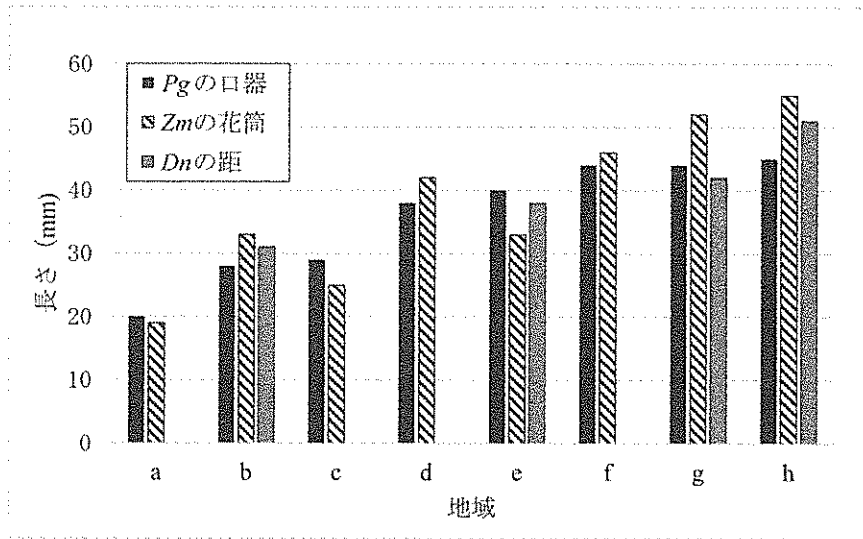


図4 各地域のPgの口器の長さ、Zmの花筒の長さ、Dnの距の長さの平均値

問1 仮に、地域bでZmの花筒の長さが今回の測定と比べて30%長くなった状態が続いたとする。他地域との交流が無いと仮定し、十数年後に再び地域bでPgの口器の長さ、Dnの距の長さの測定を行ったとすると、どのような結果が得られると予想されるか、理由と合わせて述べよ。

問2 仮に、地域bでDnの距の長さが今回の測定と比べて30%長くなった状態が続いたとする。他地域との交流が無いと仮定し、十数年後に再び地域bでPgの口器の長さ、Zmの花筒の長さの測定を行ったとすると、どのような結果が得られると予想されるか、理由と合わせて述べよ。

問 3 共進化について説明する際にそれぞれの生物が意志を持って変化させているかのように表現されることがある。共進化と考えられているヤブツバキとツバキシギゾウムシの関係を例に挙げると、「ヤブツバキは、分厚い果皮に包まれた果実を付ける。ツバキシギゾウムシという昆虫は、メスの成虫が長い口吻を用いてヤブツバキの果皮に穴を開けて中の種子に産卵する。ふ化した幼虫は種子を食べて成長する。ヤブツバキは果皮を厚くすることでツバキシギゾウムシに対抗し、一方で、ツバキシギゾウムシは口吻を長くする事で厚くなった果皮に対抗してきた」と表現される。しかし、この説明は厳密には正しくない。この共進化のヤブツバキ側について考えると、「遺伝的変異によって、ヤブツバキの果皮の厚さが厚い個体や薄い個体が生じたが、果皮の厚いヤブツバキの場合は、ツバキシギゾウムシが訪れても開けた穴が種子まで届かず、結果として幼虫に種子を食べられないため多くの種子が生き残った。一方、果皮の薄いヤブツバキの場合は、ツバキシギゾウムシの幼虫に種子を食べられてしまい、生き残った種子が少なかった。このようなことが繰り返され、結果としてヤブツバキの遺伝子プールの中に、厚い果皮を持つようにする遺伝子の頻度が高くなった結果、全体としてみると次第に果皮が厚くなっていった」と表現するのが厳密である。そこで、この例を参考に、*Pg* の口器と *Zm* の花筒が図 4 のように地域ごとに概ね同じ長さになった過程を、厳密な表現で説明せよ。