



# 第10回 科学の甲子園ジュニア 全国大会

## 筆記競技

令和4年12月3日

### 注意事項

1. 競技開始の合図があるまでは、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子はこの表紙以外に2ページから29ページまであります。競技開始の合図で全ページ印刷されていることを確認してください。競技中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督の先生に知らせてください。
3. 競技開始の合図があったら、問題冊子および解答用紙の表紙の所定の欄に、都道府県名とチーム番号を記入してください。また、解答用紙の2枚目以降はチーム番号のみを記入してください。
4. 解答はすべて解答用紙に記入してください。解答用紙以外は採点しません。
5. 問題冊子は競技終了後回収します。
6. 問題は第1問～第6問で構成されています。どの問題から取り組んでも結構です。
7. 競技においては、チームのメンバーと話し合って解答して構いません。一人当たりの解答数などの決まりはありませんので、チームで作戦を立てて問題に取り組んでください。
8. 筆記用具以外の道具（電卓、定規、三角定規、コンパス）は、配付されているものを使用してください。
9. 図書および携帯電話、スマートフォン等外部と接続可能な電子機器（スマートウォッチを含む）の持ち込みを禁止します。
10. 終了の合図があるまで、監督の先生の許可なしに、会場の外に出ることはできません。気分が悪くなったとき、トイレに行きたくなったときは、手を挙げて監督の先生に知らせてください。
11. 「終了」の合図で、すぐに筆記用具を置いてください。その後、指示に従い解答用紙をクリップ留めしてください。
12. 本競技の第1位と第2位のチームには表彰があります。得点と同じチームが複数ある場合は、満点の問題の数が多いチームを上位として、第1位と第2位を決定します。満点の問題の数も一致する場合は、満点に一番近い得点の問題の数が多いチームを上位とします。

都道府県名		チーム 番号	
-------	--	-----------	--

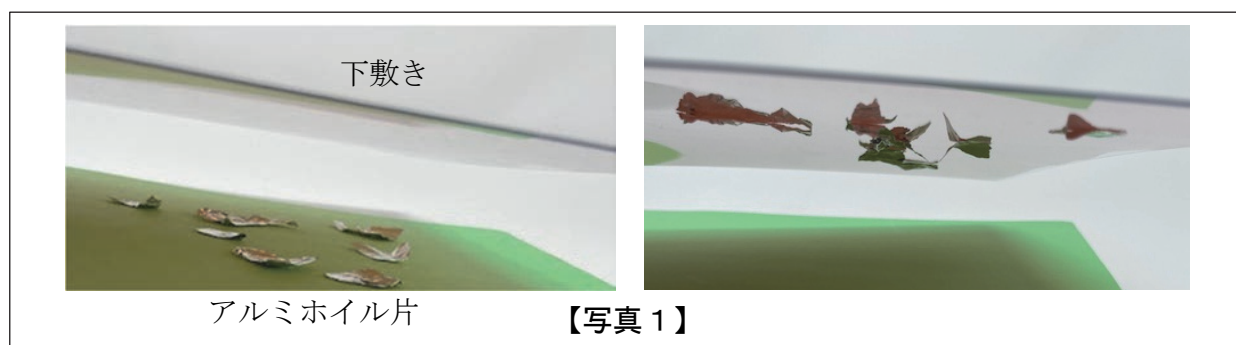
太郎さんは、静電気で「バチッ！」とする経験が多いにもかかわらず、ものをこすると静電気が発生することは知っているものの、静電気そのものの性質について「よく知らないなあ」と思い、いろいろと実験してみることにしました。

まず、下敷きを自分の髪でこすると、「バチッ！」という音がして、髪と下敷きが互いに引き合いました。

「これは小学校の頃によくやってたもんね〜。よし、違うものも下敷きに近づけてみようっと。電気と言えば、金属だよな。家にある金属と言えば……、アルミホイルだ！」

太郎さんは小さくちぎったアルミホイル片を机の上に置き、髪でよくこすった下敷きを上からゆっくり近づけました。

すると、勢いよくアルミホイル片が浮き上がり、【写真1】のように下敷きにくっつきました。



「やっぱり、①金属だからこそ、引きつけられるんだなあ。」

「じゃあ、アルミホイルじゃなくて、紙ならどうなるんだろう？」

今度は、いらなくなった学校のプリントを机の上に置き、髪でよくこすった下敷きを上からゆっくり近づけました。

すると、今度も勢いよくプリントが浮き上がり、下敷きにくっつきました。

「いろいろ試してみたい！」

そう思った太郎さんは、よくこすった下敷きを、様々な軽いものに近づけたところ、これまで同様引きつけられるものはあったけれども、磁石のN極とN極のように反発するようなものは見つかりませんでした。

「静電気は引力ばかり起こるなあ。そうだ、こするのを違うものにかえてみよう！」

下敷きのかわりに、今度は下敷きと同じくらい大きなアルミホイルを用意し、それを手に持ち、髪でこすって、同じように机の上に置いたアルミホイル片や紙片に近づけてみました。そうすると、先ほどのアルミホイル片とプリントのどちらも動きませんでした。

「そもそも金属をこすっても静電気は発生しないんじゃないか？」

そう思った太郎さんは、いろいろ調べてみて、下のような実験があることに気づきました。【実験手順】に書かれている通りに食品用ラップをはがし、持ち手を持ったまま、アルミ缶を机から浮かせた状態で、やはり机の上のアルミホイル片やプリントに近づけてみたところ、今度は勢いよく浮き上がりくっつきました。



1 アルミ缶の上部にアクリル板をセロテープで留め、持ち手を作る。



2 アルミ缶の側面にぴったりと食品用ラップを貼り付ける。



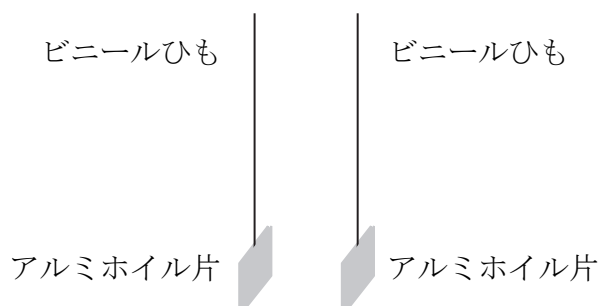
3 持ち手で持ち上げた状態で勢いよくラップをはがす。

【実験手順】

そこで、太郎さんは先ほどの大きなアルミホイルを手で持ち上げ、机から浮いた状態にして、同じように食品用ラップに密着させ、勢いよくはがしました。そして、やはり同じように机の上のアルミホイル片やプリントに近づけてみました。すると、今度はどちらもまったく動きませんでした。

「そうか、A！」

太郎さんは、次に「机の上のアルミホイル片」を「ビニールひもにつるしたアルミホイル片」にかえて実験してみようと思いました。【図1】のように、アルミホイル片をビニールひもにつないだものを2つ用意し、先ほどと同じようにラップを用いて、片方のアルミホイルに静電気を帯びさせ(帯電させ)ました。そして、帯電させたものと帯電していないものを並べ、②アルミホイル片の動きを観察しました。



【図1】帯電させたアルミホイル片と帯電していないアルミホイル片

問1 2, 3ページの文章をすべて読んだうえで下線部①の太郎さんの考えは適切か、それとも適切でないか判断せよ。

また、その根拠を答えよ。

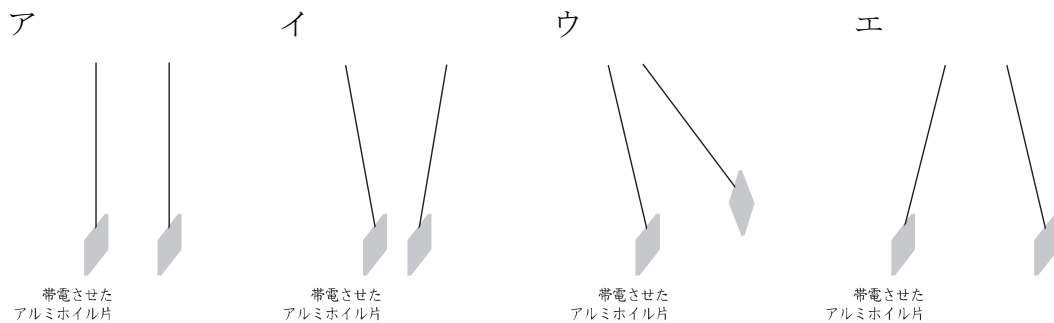
問2 空欄Aには、これまでの実験結果から太郎さんが気づいたことが入る。適切な気づきを示したセリフとして、最も適切なものを次のア～ウの中から1つ選び記号で答えよ。

ア 直接手で持っているかないかの違いなんだ

イ アルミホイルを机から浮かしてはいけないんだ

ウ アルミホイルが机の上にあるか、机から浮かしているかどうかは関係ないんだ

問3 下線部②について、アルミホイル片の動きはどうなると考えられるか。最も適切なものを次のア～エの中から1つ選び記号で答えよ。



太郎さんは下線部②で観察したことについて深く考えてみました。太郎さんの友達の花子さんは「帯電していない方のアルミホイル片が帯電しているアルミホイル片から少し電気をもらって、そのときに力がはたらいっているのではないか」と考えました。一方、太郎さんは「電気は飛び移ってはいないのではないか」と考えました。

問4  内の花子さんや太郎さんの考えを調べるために、どんな実験を行えばよいか。実験を考えて、図と文章で説明せよ。ただし、使ってよい道具はこれまでの実験に出てきたものに限ることとする。

次に、2つのアルミホイル片とも帯電させて(同じようにラップをはがすことで帯電させて)、近づけてみました。すると、お互いに反発しました。

**問5** 「これまでの実験結果から言えること・わかったこと」を次のア～エの中からすべて選び記号で答えよ。

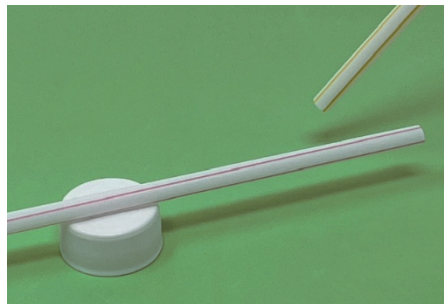
- ア アルミホイルでも静電気を発生させ、帯電させることができる。
- イ 静電気による力は、引き合う場合と反発する場合がある。
- ウ 夏の湿度の高い日では、静電気が発生しにくい。
- エ アルミニウムの中では、-の電気を帯びた電子が自由に動き回っている。

**問4**で答えた実験の結果、このようなケースでは、空気を飛び越えて電気が移動することはないと推察されました。帯電していないのに、力が生じるしくみについて、さらに興味を持った太郎さんは、帯電していないアルミホイル片の内部で何かが起こっているのではないかと考えました。その考えを、次の日、学校の理科の先生に伝えたところ、

「素晴らしい探究心だね。それでは、おもしろい実験を教えてあげよう。」  
と言われ、次の実験を行いました。

まず、2本のストローの一方の端をそれぞれ別のティッシュペーパーでこすりました。

**【写真2】**のように、そのうちの1本のストローをペットボトルのキャップの上に置き、もう1本のストローを近づけ、こすった部分どうしのようにすを観察しました。



**【写真2】** ティッシュでこすったストローを近づけたとき

**問6** **【写真2】**のストローを観察した結果は、これまでの実験結果と矛盾しないものだった。結果の記述として、最も適切なものを次のア～ウの中から1つ選び記号で答えよ。

- ア ストローどうしで引き合った。
- イ ストローどうしで反発した。
- ウ ストローには何の力もはたらかなかった。

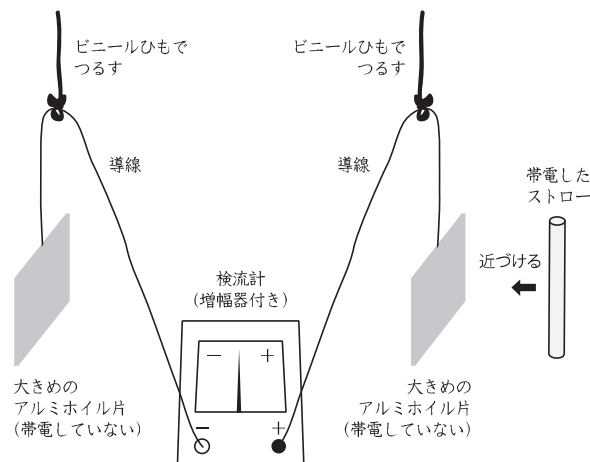
次に、新しいストローを用意してその片端を、今度はプラスチック消しゴムでこすりました。そのストローを、先ほどのキャップの上に置いたストローに近づけました。すると、問6のときとは逆向きの力がはたらきました。

「なるほど！ わかってきたぞ！」

太郎さんは、興奮して先生に言いました。すると、先生は、新たなアドバイスをして下さいました。

「わかってきたようだね。では、さらに、次のような実験をしてごらん。ところで、この実験に用いる検流計という装置だが、今、電気が流れているのか、そしてその電気の流れる向きがどちら向きなのかがわかる装置なんだ。電気の種類についても、理解が深まってきたように思う。実は、電気には「正(+)」と「負(-)」の2種類がある。金属の中には、種類でいうと負の電気を持った「電子」というとても小さな粒子があるんだ。その電子が検流計の一端子から+端子に流れるときに、+の向きに検流計の針が振れるんだ。ちなみに、それは+の電気が逆向きに流れたと考えることもできるね。」

先生のアドバイスを聞いた太郎さんは、下の【図2】のような実験をしました。ストローをアルミホイル片に近づけていくと、近づけている間検流計の針は-に振れ、アルミホイル片と一定の距離を保ってストローを静止させると、針は再び振れなくなりました。また、アルミホイル片はこれまでの実験結果と同じく力を受けて、少し傾いた状態のままでした。



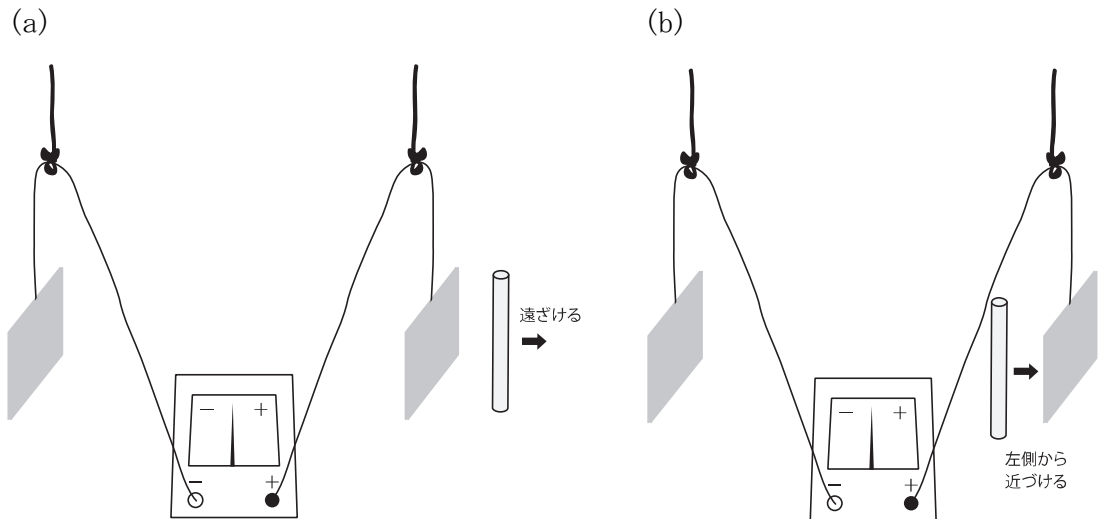
【図2】アルミホイル片と検流計を用いた実験

問7 【図2】の実験結果や、観察したことからわかることとして、最も適切なものを次のア～エの文章の中から選び記号で答えよ。

- ア アルミホイル片はストローに引かれた。ストローには+の電気が帯電していた。
- イ アルミホイル片はストローに引かれた。ストローには-の電気が帯電していた。
- ウ アルミホイル片はストローに反発した。ストローには+の電気が帯電していた。
- エ アルミホイル片はストローに反発した。ストローには-の電気が帯電していた。



問8 【図2】の実験で次の(a), (b)のような操作をしたとき, 検流計の針はどうか。適切なものを「+に振れる」「-に振れる」「振れない」の中からそれぞれ選び答えよ。



【図2】の実験でアルミホイル片が少し傾いた状態のままであるのに, 針が再び振れなくなったことを疑問に思った太郎さんは, そもそも検流計の針の振れの大きさが何を意味するのか, 関心を持ちました。自分でいろいろと調べてみた結果, 検流計を流れている「電流」という値が大きいと針の振れが大きくなることがわかりました。また, 電流は, 電気の量(単位はC[クーロン])と時間(単位は秒)に関係する量で, 次のように決められており, 単位はA[アンペア]ということもわかりました。

$$\text{電流[A]} = 1 \text{ 秒[s]間に通過した電気の量[C]}$$

そこで, 太郎さんは, 電流についてより深く理解しようと, 電池と抵抗を使って回路を作り, 電流計を用いていろいろと測ってみることにしました。

問9 1本の電池に2つの抵抗を並列につないだところ, それぞれ300 mA, 200 mAの電流が流れていることがわかった。髪で下敷きをこすったときに帯電する電気量を0.0000001 Cとしたとき, この回路の電池の+極から1秒間に出てくる電気量は, それの何倍か答えよ。

また, 太郎さんは, モバイルバッテリーに「5000 mAh」というような表記を見つけ, 調べてみると, これは5000 mAの電流を1時間流し続けると, バッテリーから取り出せる電気の量の限界がくるということの意味していることがわかりました。

問10 この「mAh」という単位と最も関連の深いものを下のア～オの中から選び記号で答えよ。

また、このバッテリーをフル充電(バッテリー残量100%)の状態にした後、抵抗につなぎ、0.50 A の電流を 30 分間流し続けたとき、バッテリー残量は何%となるか答えよ。

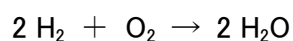
ア 電流      イ 電圧      ウ 抵抗      エ 電気量      オ 電力

式だけでなく、実験や経験を通して理解をすると現象がよくわかり、またたくさんの疑問が出てくるなあ、と思った太郎さんでした。



みなさんはどんな気体を知っていますか？酸素や水素、二酸化炭素などは小学校でも学習したと思います。ここでは、色々な気体について、化学反応式を交えながらその性質について考えていきましょう。なお、化学反応式については以下の枠内の記述を参考にしてください。

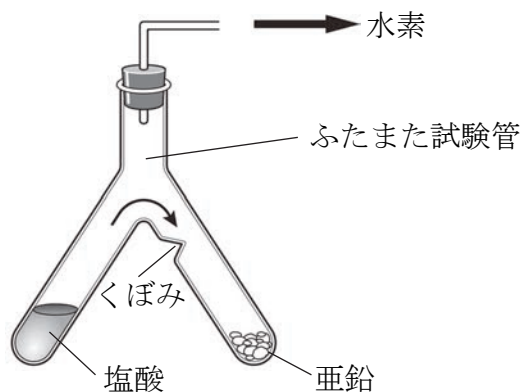
化学反応式とは化学式を使って化学反応を表したものである。例えば、「水素が燃焼すると、酸素と反応して水が生じる」という反応を化学反応式で表すと、



となる。これは、「2個の  $\text{H}_2$  が1個の  $\text{O}_2$  と反応して、2個の  $\text{H}_2\text{O}$  が生成した」ということを表している。このとき、矢印 (→) の左側にある物質と右側にある物質で原子の種類と数がそれぞれ等しくなっている (H 原子は4個、O 原子は2個と種類と数が等しい)。

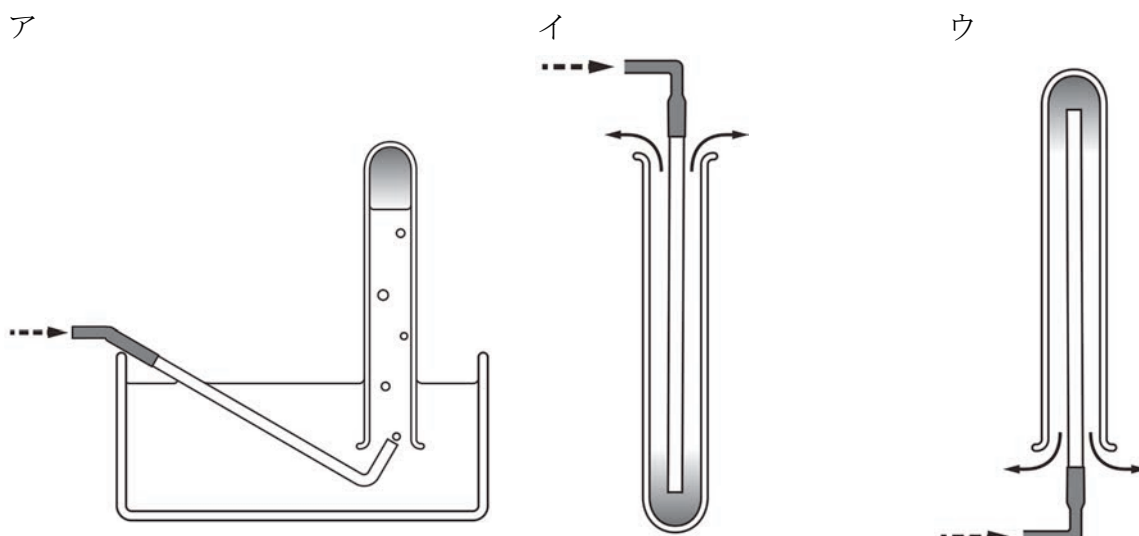
### 【水素】

水素を【図1】の方法でふたまた試験管を使用して発生させた。



【図1】 水素の発生法

問1 発生した水素を集める方法として、次のア～ウの3通りの方法を考えた。集める方法として不適切なものはどれか。記号とその理由を答えよ。

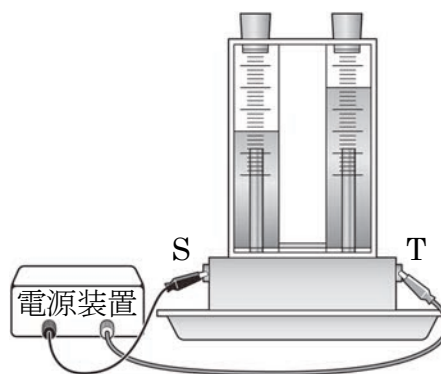


問2 ふたまた試験管のくぼみは何のためにあるか。答えよ。

問3 この反応を化学反応式で答えよ。ただし、反応後は塩化亜鉛（化学式  $\text{ZnCl}_2$ ）が生成している。

問4 発生した水素を確認する方法とその結果を説明せよ。

問5 水素は電気分解でも得ることができる。そこで、【図2】の電気分解装置を使って、水酸化ナトリウムを溶かした水に電流を流したところ、S、Tそれぞれの電極で発生した気体の体積比が2:1であった。水素が発生した電極は、S、Tのどちらか。記号で答えよ。また、それは何極か。漢字二文字で答えよ。

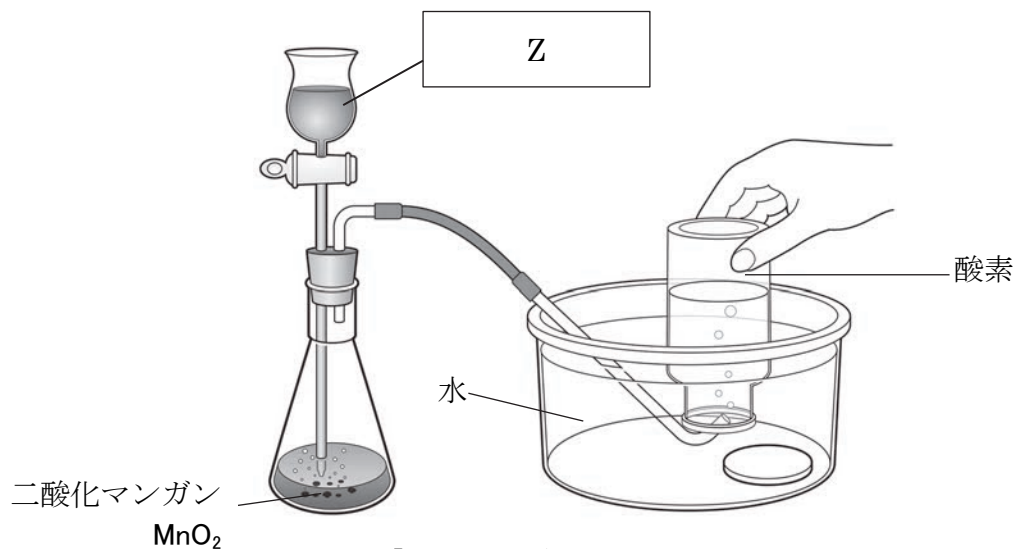


【図2】 水の電気分解装置

問6 水の電気分解で水素を発生させたときの反応を化学反応式で答えよ。

【酸素】

酸素を【図3】の方法で発生させて、集気びん中に集めた。



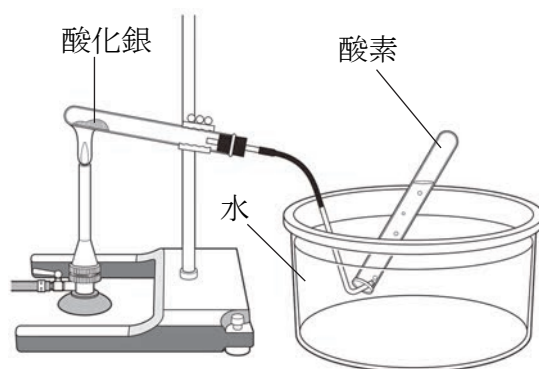
【図3】 酸素の発生法

問7 Zの液体は何か。物質名を答えよ。

問8 この反応を化学反応式で答えよ。ただし、Zに溶けている物質の化学式はH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>である。

問9 発生した酸素を確認する方法とその結果を説明せよ。

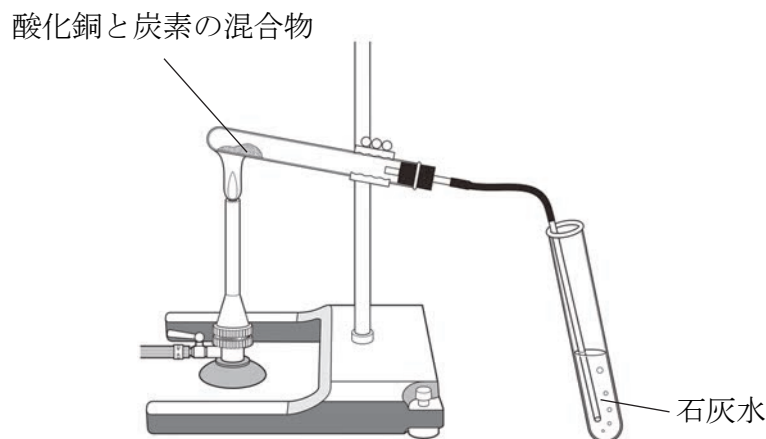
問10 酸素は【図4】のような発生装置を利用して、酸化銀（化学式Ag<sub>2</sub>O）を加熱しても得ることができる。この反応を化学反応式で答えよ。



【図4】 酸素の発生装置

### 【二酸化炭素】

ステンレス皿でうすく広げた銅粉をよくかき混ぜながら充分長い時間加熱し、酸化銅（化学式  $\text{CuO}$ ）を得た。さらに【図5】の方法で酸化銅と炭素の混合物を加熱して、二酸化炭素を発生させた。



【図5】 二酸化炭素の発生装置

問11 試験管の中でおきている反応を化学反応式で答えよ。

問12 発生した二酸化炭素を石灰水に通じたところ、白い沈殿が生じた。石灰水は水酸化カルシウムの水溶液であることに注意して、このときの反応を化学反応式で答えよ。

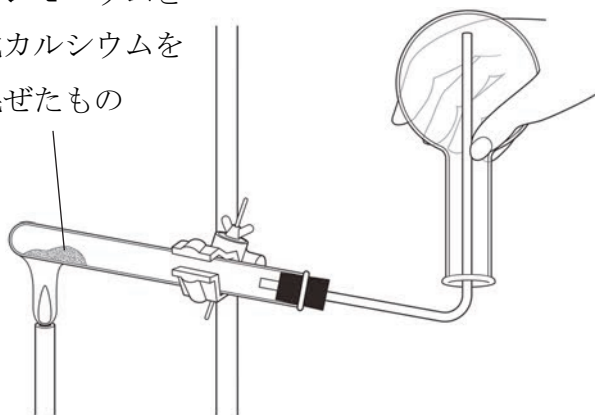
問13 この実験で酸化銅のかわりに酸化マグネシウムを使用したけど、気体は何も発生しなかった。このことと問10の結果から、炭素原子、銅原子、マグネシウム原子、銀原子の4種類の原子の酸素と結びつく強さの順番がわかる。4種類の原子の酸素と結びつく強さについて強い順に元素記号で並べよ。

問14 通常、実験室で二酸化炭素を発生させるときには炭酸カルシウムにうすい塩酸を加える。この反応を化学反応式で答えよ。

## 【アンモニア】

アンモニアを【図6】の方法で発生させた。

塩化アンモニウムと  
水酸化カルシウムを  
よく混ぜたもの

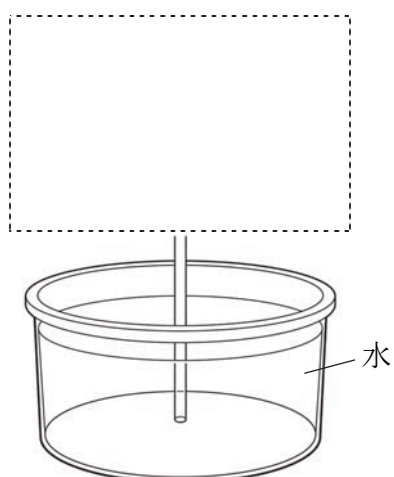


【図6】 アンモニアの発生装置

問15 試験管の口を下げておくのはなぜか。答えよ。

問16 この反応を化学反応式で答えよ。

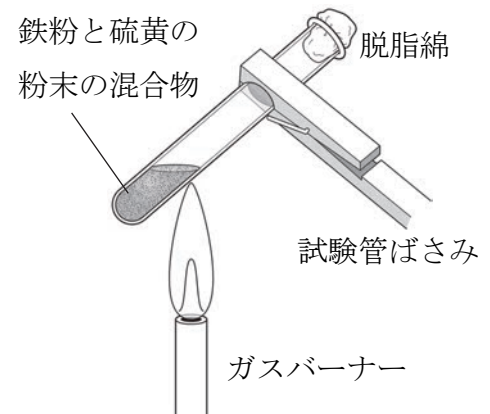
問17 アンモニアを集めた丸底フラスコを使うと、噴水を作ることができる。図は、アンモニアによる噴水をつくる装置の下の部分であり、a～eは噴水を作る実験についての説明文を、適当に区切って並べかえたものである。装置の点線内の部分を解答用紙に描き、a～eを正しい順番に並べかえて、記号順に答えよ。ただし、説明文はaから始まる。



- a: スポイトの水を丸底フラスコの中に押し出すと、その水にアンモニアが溶け始める。
- b: 丸底フラスコの中の圧力はますます下がり、噴水はしばらく続く。
- c: ガラス管から噴出した水にさらにアンモニアが溶ける。
- d: 水槽の水がガラス管の中を上ってくる。
- e: 丸底フラスコの中の圧力が下がり始める。

### 【気体 X】

鉄粉と硫黄の粉末を乳鉢でよく混ぜた混合物を試験管に入れ，【図 7】のように混合物の上部を加熱した。加熱部分が赤くなってから加熱をやめたが，反応は混合物全体に広がり，黒色の硫化鉄（化学式  $\text{FeS}$ ）ができた。



【図 7】 加熱の様子

問 18 加熱をやめても反応が続いたのはなぜか。説明せよ。

問 19 反応後にできた硫化鉄に塩酸を加えたところ，気体 X が発生した。気体 X の化学式を明らかにして，この反応を化学反応式で答えよ。

**【総合問題】**

炭酸ナトリウムはガラスを作るときに欠かせない物質であり、また、医薬品の原料としてもたくさん使われている。炭酸ナトリウムをつくるには、自然界にたくさんある塩化ナトリウム（食塩の主成分として海からたくさん採れる）と炭酸カルシウム（石灰石の主成分として山からたくさん採れる）を混ぜたら、以下の反応式がおきて炭酸ナトリウムがたくさん得られて良さそうだが、実際には不可能である。



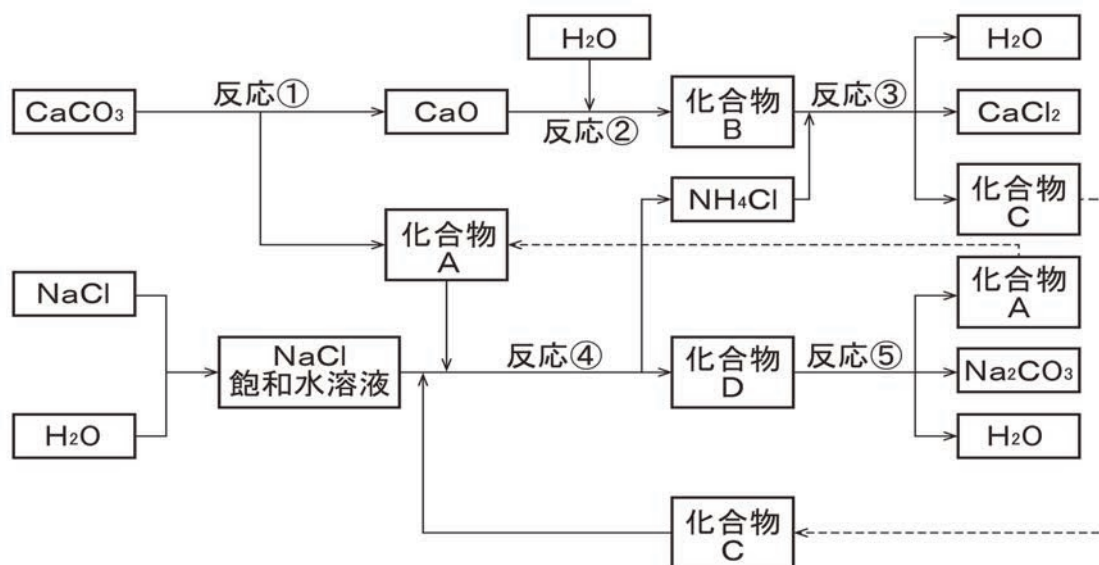
問 20 この反応がおきない理由は、反応式を構成する 4 種類の化合物のうち 1 つの物質の水への溶解度が極端に小さいことが理由である。この化合物の化学式を書け。

問 21 1861 年にベルギーの化学者ソルベー（Ernest Solvay 1838-1922）は、ある気体を用いることで、炭酸ナトリウムを簡単に大量生産することに成功した。この方法をソルベー法という。

【図 8】にソルベー法のメカニズムを示したが、この【図 8】の①～⑤までの反応を 1 つの反応式にまとめると、



となる。ある気体（【図 8】中の化合物 C）を用いることで、直接はおこらない反応を実現したことがソルベー法の工夫点である。



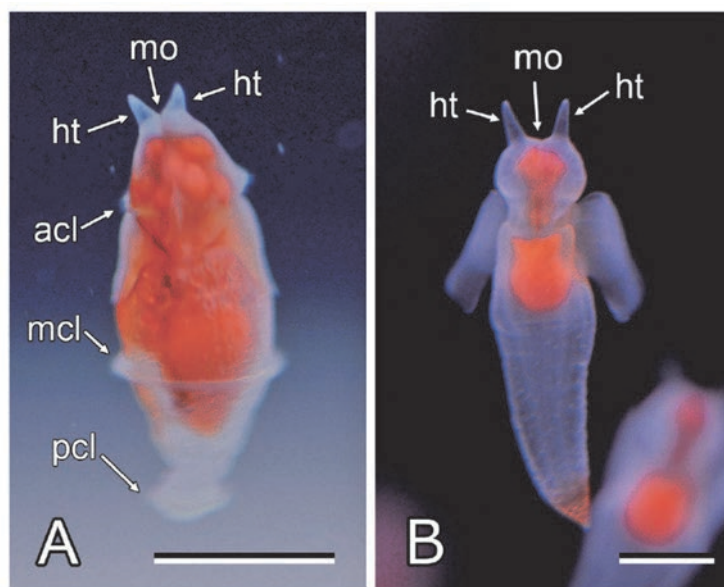
**【図 8】** ソルベー法のまとめ

化合物 A～D の化学式を答えよ。



北海道の冬、流氷の訪れとともに現れ、“流氷の天使”ともよばれるクリオネ（【図1】）は、軟体動物のなかまに分類される。【図1】のクリオネは、学名(注1)では、新種(A)は *Clione okhotensis*(クリオネ・オホーテンシス)、以前から知られていたもの(B)は *Clione limacine*(クリオネ・リマキナ)といい、またそれぞれ和名(注1)では、ダルマハダカカメガイとダイオウハダカカメガイとよばれる。軟体動物の中では、巻き貝の ① や ② , 貝殻の退化した ③ や ④ とともに腹足類というグループに属する。クリオネは、幼生のある段階では貝殻をもつが、成長すると貝殻を退化させて、そのからだのどこにも貝殻は見あたらない。腹足類の特徴である足を腹部にもつが、それを使ってものの表面をはうことはなく、翼のように動かして、水中を泳ぐ。この特徴から、この翼のような足は翼足とよばれ、翼足をもつ腹足類は特に翼足類とよばれる。つまり、クリオネは“殻をもたない翼足類”に属する。

(注1) 学名は、世界共通の規則によってつけられた、生物の種類の世界共通の名前である。和名は、日本で一般的に使われる名前である。ここでは、以後、学名をカタカナ表記したものをを用いる。



【図1】 流氷とともに訪れるクリオネ

新種のクリオネ・オホーテンシス(A)と以前から知られていたクリオネ・リマキナ(B)。

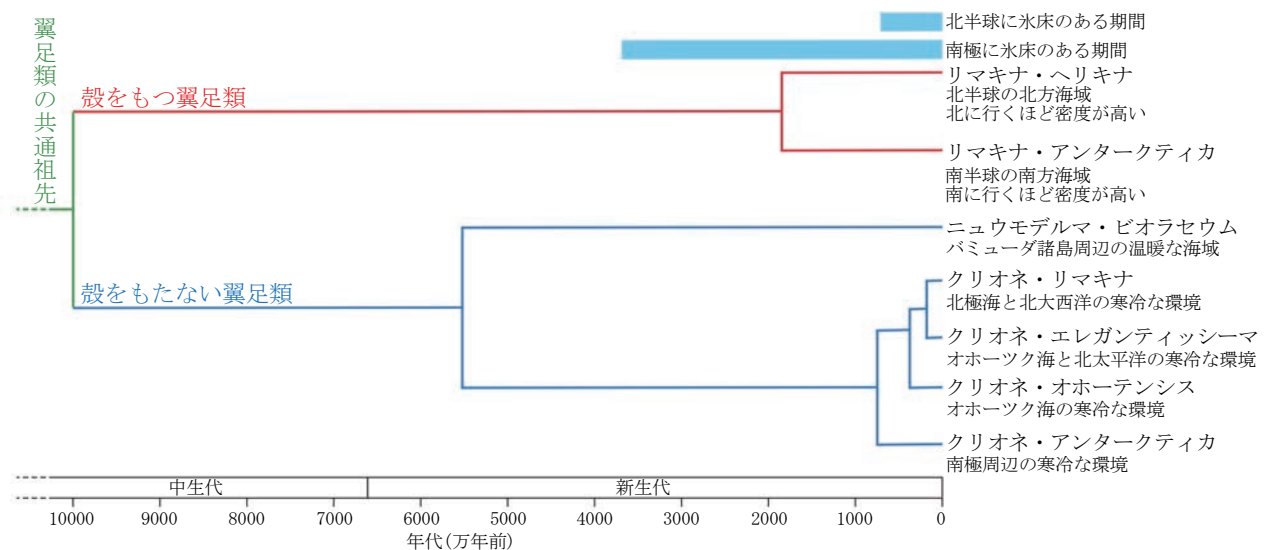
mo : 口, ht : 触手, acl, mcl, pcl : 繊毛環(前方, 中央, 後部)。スケール : 2 mm。(Yamazaki and Kuwahara (2016). J. Molluscan Studies 83:19-26 より)

問1 空欄①～④に入る生物を，次の(ア)～(ケ)のうちから1つずつ選べ。

- |           |          |          |
|-----------|----------|----------|
| (ア) ナマコ   | (イ) ナメクジ | (ウ) フジツボ |
| (エ) サザエ   | (オ) アサリ  | (カ) ウミウシ |
| (キ) カタツムリ | (ク) ウニ   | (ケ) シジミ  |

クリオネの仲間は，北極の周辺と南極の周辺の海域，つまり，⑤北半球と南半球の互いに遠く離れた寒冷な海域に生息している。形態的特徴の相違から別種であるとして，北半球のクリオネはクリオネ・リマキナ，南半球のクリオネはクリオネ・アンタークティカとよび，およそ 100 年におよぶ長い間，世界にはこの2種のクリオネだけがいるとされてきた。ところが，2015 年ごろになって詳しい研究がおこなわれるようになると，オホーツク海で採集されるクリオネには，クリオネ・リマキナだけではなく，形態的特徴や繊毛運動による遊泳という点でも，クリオネ・リマキナと区別できるクリオネがいることがわかった。新種のクリオネ・オホーテンシスの発見である（【図1】）。そこで，従来から知られていたクリオネも含めて，DNA を調べたところ，クリオネ・オホーテンシスはやはりクリオネ・アンタークティカよりもクリオネ・リマキナに近縁であること，従来からクリオネ・リマキナとしてきたものには，生息域の異なる2種(クリオネ・リマキナとクリオネ・エレガンティッシーマ)がいることがわかり，進化の上でどのように分かれてきたかを推測することができた（【図2】）。

クリオネ・リマキナを初めとする北半球のクリオネは“殻をもつ翼足類”であるリマキナ・ヘリキナを，また南半球のクリオネ・アンタークティカはリマキナ・アンタークティカを特異的なえさとしている。これらはみな，翼足類のなかまであり，中生代の後期に共通の祖先から分かれたことがわかっている（【図2】）。新生代の初期には地球は非常に高温であったが，次第に寒冷化し，氷河が現れて氷期と間氷期をくり返すようになった。

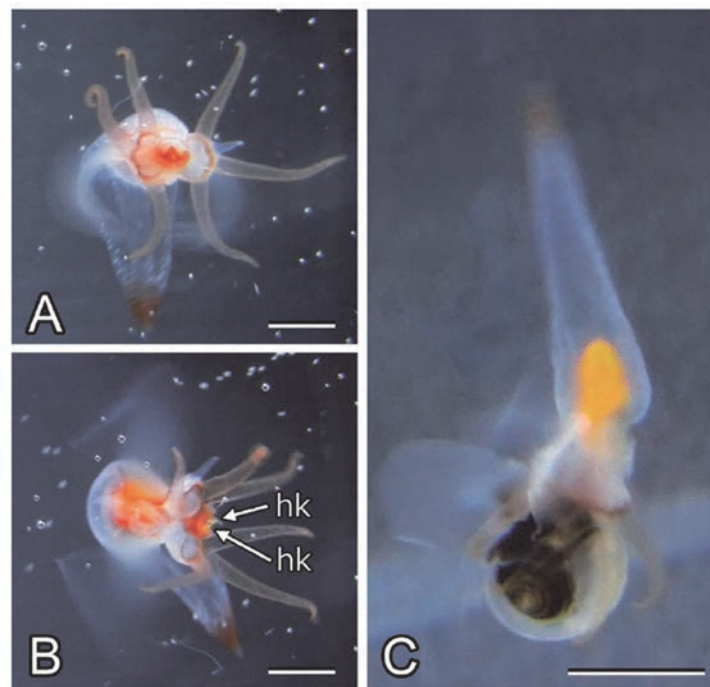


【図2】 クリオネを含む翼足類の一部の動物の進化

問2 下線部⑤のクリオネの分布について、クリオネがどのようにして南北に遠く離れた寒冷環境に生息するに至ったかを、【図2】に触れながら説明せよ。

クリオネのなかまは、頭部にバツカルコーンという3対の突起をもつ（【図3】）。クリオネ・リマキナの入った水槽<sup>すいそう</sup>にえさであるリマキナ・ヘリキナを静かに入れると、クリオネ・リマキナの頭部にそれまでは体の中にかくれていたバツカルコーンが現れて、クリオネ・リマキナがえさに近づき<sup>おそ</sup>襲いかかってバツカルコーンで包みこむ。それから、クリオネ・リマキナは、えさの殻をくぐり、その柔らかい部分を吸いこんで食べる。

クリオネには、目や耳のないことが知られている。それでも、クリオネ・リマキナは、えさに触れる前に、近くまで来たえさの存在をすばやく⑥感知して、バツカルコーンを突出させる。さらに、えさがバツカルコーンに触れると、クリオネ・リマキナは、これを別の感覚で⑦感知してバツカルコーンを屈曲させてえさをとらえる。



【図3】 クリオネ・リマキナのバツカルコーンと<sup>むっじ</sup>摂餌(えさをとって食べること)

A：口辺にいっぱいひろがった3対のバツカルコーン。B：開いた口のところに見える1対のフック。

C：バツカルコーンでえさのリマキナ・ヘリキナを包みこんだところ。

hk：フック。スケール：1 mm。(Yamazaki and Kuwahara (2016). J. Molluscan Studies 83:19-26 より)

問3 下線部⑥と⑦の感知について、クリオネ・リマキナがそれぞれどのような感覚かんかくを使ってリマキナ・ヘリキナを感知したのか。使われた感覚として推定できるものを、次の(ア)～(カ)のうちから1つずつ選べ。

- (ア) 温覚      (イ) 冷覚      (ウ) 触覚  
(エ) 視覚      (オ) 平衡感覚へいこう      (カ) 化学感覚

クリオネが体の中にかくれていたバツカルコーンを、体から突き出すことができるのは、筋肉と循環系のはたらきが関わっている。クリオネの循環系は、脊椎動物や⑧一部の無脊椎動物の循環系が閉鎖循環系であるのとは異なり、開放血管系である。クリオネの心臓には、⑨1つの心房と1つの心室がある。閉鎖循環系、例えばヒトの循環系では、⑩心臓（【図4】）を出た動脈は、枝分かれして次第に細くなり、やがて⑪を経て細い静脈につながり、静脈は、細い静脈が合わさってより太い静脈となることをくり返して心臓もどに戻る。

⑪の管壁には水と小さな分子を透過させるが、大きな分子であるアルブミンなどのタンパク質や赤血球などを透過させにくい性質があるので、⑫血管の内部にある血液と血管外にある組織液をその成分によって区別することができる。開放血管系では、血管の内部にある液体と組織液は成分では区別できず、循環する液体は血リンパとよばれる。

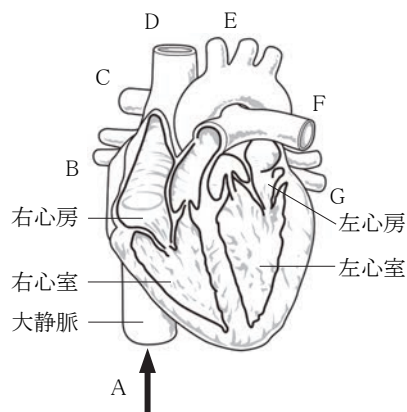
クリオネの心臓からポンプ作用で動脈へと送り出された血リンパは、枝分かれする動脈あるいは組織間の体腔にある隔壁によって導かれて、腹部の臓器、頭部あるいは翼足へと向かい、体腔内で折り返して体の後方を循環して、静脈を経て心臓に戻る（【図5】）。バツカルコーンを突き出すときには、心臓の拍動を強めるとともに、頸部の筋肉の収縮で首を細くして、頭部からの血リンパの戻りを抑える。すると、頭部の体腔内の圧力が高まって、バツカルコーンは、内圧の高まった管状ゴム風船のように、膨らんで突出する。バツカルコーン管壁には、⑬輪状筋と縦走筋があり、バツカルコーンが突出していく過程ではそれぞれ弛緩しかんしているが、えさをとらえ、押さえこむ過程では、輪状筋は全体的に均一に収縮し、縦走筋は一部分で強く収縮するなどして、それぞれの収縮がうまくコントロールされる。

問4 下線部⑧について、循環系が閉鎖循環系である無脊椎動物を、次の(ア)～(カ)のうちから1つ選べ。

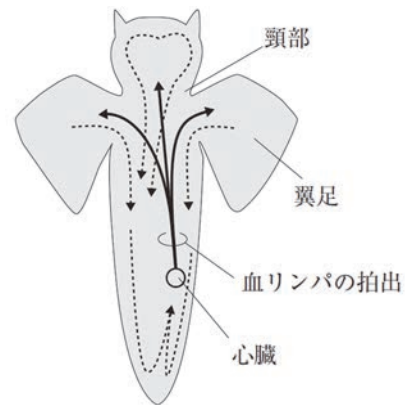
- (ア) イセエビ      (イ) ミツバチ      (ウ) プラナリア  
(エ) マダコ      (オ) ホタテガイ      (カ) イソギンチャク

問5 下線部⑨の心房と心室について、それぞれの数は動物の種類によって決まっている。それでは、脊椎動物の両生類とほ乳類ではどのようなになっているか。心房と心室の数の組み合わせを、次の(ア)～(ク)のうちから1つずつ選べ。

	心房	心室
(ア)	0	1
(イ)	0	2
(ウ)	1	0
(エ)	1	1
(オ)	1	2
(カ)	2	0
(キ)	2	1
(ク)	2	2



【図4】 ヒトの心臓



【図5】 クリオネの循環系

(参考 : Szymik and Satterlie (2017). Invertebrate Biology 136 : 290-300)

問6 下線部⑩のヒトの心臓について、【図4】の血管B～Gでの血液の心臓への出入を、血管Aの例にならって、解答欄に矢印で記せ。

問7 空欄⑪に入る語句を記せ。

問8 下線部⑫について、ふつうヒトの血液に含まれるが、組織液には含まれないあるいは明らかに少ないものを、次の(ア)～(カ)のうちから3つ選べ。

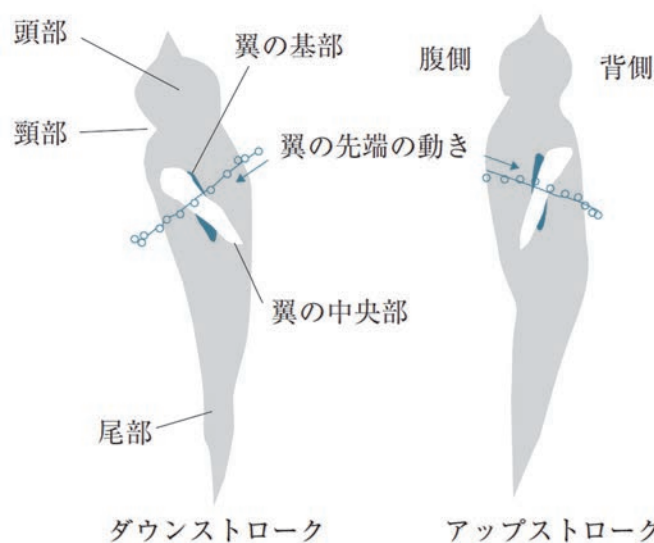
- |           |                 |          |
|-----------|-----------------|----------|
| (ア) 血小板   | (イ) ブドウ糖(グルコース) | (ウ) アミノ酸 |
| (エ) アルブミン | (オ) カリウムイオン     | (カ) 赤血球  |

問9 下線部⑬の輪状筋と縦走筋について、それぞれの収縮がえさをとらせ、押さえこむ過程で、どのようにコントロールされ、どのように役立っているかを説明せよ。

クリオネの比重は海水の比重よりも大きいので、泳がないと沈んでしまう。クリオネは、ふつう、頭を上尾を下に向けた姿勢を保っており、翼足の基部付近に左右一対ある平衡胞(バランスにかかわる感覚器の一つ)からの情報による神経の指令を受けた筋肉の収縮で、翼を巧みに動かして、“立ち泳ぎ”をしている。この姿が愛らしく見え、“天使”になぞらえている。翼を背側から腹側へ振る動作を“ダウンストローク”といい、腹側から背側へ振る動作を“アップストローク”という。

ダウンストロークでは、⑭，アップストロークでは、⑮ 動かすことで、体が上方へと浮く力を生み出し、比重差のために沈んでしまうのを防いでいる(【図6】)。

尾を刺激されたり、えさを感知したりすると、翼の動作をパワーアップして、上方あるいは体の向きを変えてえさの方向にスピードを上げて泳ぐ。この泳ぎモードの切りかえは、ヒトでの歩き(walk)から走り(run)への切りかえに相当するものとして、さまざまな方向から研究されている。



【図6】 クリオネ・リマキナの遊泳時の翼の動き

問 10 空欄⑭と⑮に入る語句を，次の(ア)～(カ)のうちから 1 つずつ選べ。

- (ア) 翼の背面を斜め下方に向けて，翼を斜め下方に
- (イ) 翼の背面を斜め下方に向けて，翼を斜め上方に
- (ウ) 翼の背面を斜め上方に向けて，翼を斜め下方に
- (エ) 翼の背面を斜め上方に向けて，翼を斜め上方に
- (オ) 翼の背面を水面と平行に保って，翼を背側から腹側に
- (カ) 翼の背面を水面と平行に保って，翼を腹側から背側に



さくらさんとアッピン、兵庫県のマスコット「はばタン」がイタリアの科学者ガリレオ・ガリレイについて話をしています。会話文を読み、下の問い（問1～問8）に答えなさい。

はばタン：「ガリレオ・ガリレイ」って聞いたことある？

アッピン：「それでも地球はまわっている！」の人だ。今から400年くらい前の人だっけ？

さくら：たしかオランダで発明されたばかりの  を自分で作って、初めて夜空に向けた人よね。そしていろんな発見をしたの。

はばタン：そうだ。(a)月の表面がつるつるではなく、でこぼこで山と谷があるって発見したよね。

アッピン：ほかにも、(b)地球以外の惑星のまわりをまわる天体たちを発見したよね。

さくら：あとは、(c)土星のまわりに耳のようなものが見えたこととか、 が見かけの大きさを変えながら大きく満ち欠けするのを見つけたことね。これらの発見は、当時のヨーロッパの人たちが信じていた(d)天動説ではなく、地動説のほうが観測事実をうまく説明できる一歩になったと教科書で読んだわ。

はばタン：「他の人の話を一方的に信じてしまって、なぜあなたは自分自身の眼で見なかったのですか？」とガリレオはいつているそうよ。

さくら：自分の眼で見て、自分の頭で考えることが大切なんだね。わかった、アッピン？

問1 上の会話文中の  に入る最も適当な実験・観測用具の名称を1つ答えよ。

問2 上の会話文中の  に入る最も適当な惑星は何か。その名称を答えよ。

問3 上の会話文中の下線部(a)について、月の表面に多数あるくぼみを何というか。その名称を答えよ。

問4 上の会話文中の下線部(b)の「地球以外の惑星」と「まわりをまわる天体」は、それぞれ何か。その名称を答えよ。

問5 上の会話文中の下線部(c)は何を示すか。その名称を答えよ。

問6 上の会話文中の下線部(d)について、天動説と地動説はどのようにちがうか。簡単に説明せよ。

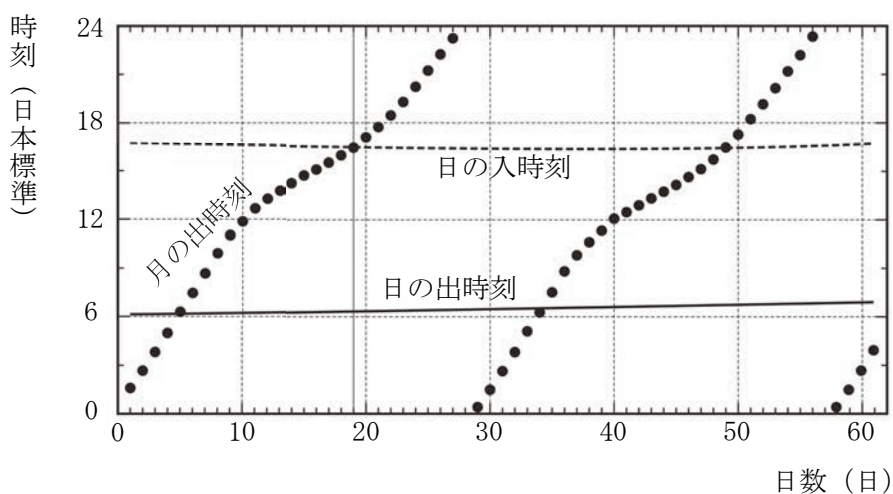
はばタン：そういえば、太陽と月って、毎日のぼってくる時間がちがうよね。特に、月は 1 日ごとに大きく変わるよね。どうしてだろう？

さくら：  じゃないかな？

アッピン：実際に、日の出や月の出の時間がどれくらい変わるか調べてみようか。

20xx 年 11 月 1 日を 1 日目として、そこから 2 ヶ月ほどの「日の出時刻」、「日の入時刻」、「月の出時刻」の変化をグラフにまとめてみた（【図 1】参照）。

さくら：ここから何がわかるかしら？



【図 1】 11 月 1 日から約 2 ヶ月間の、日の出時刻(—)、日の入時刻(---)、月の出時刻(●●●)の変化

問 7 上の会話文中の  に入るさくらの回答として、適切な文章を考えて答えよ。

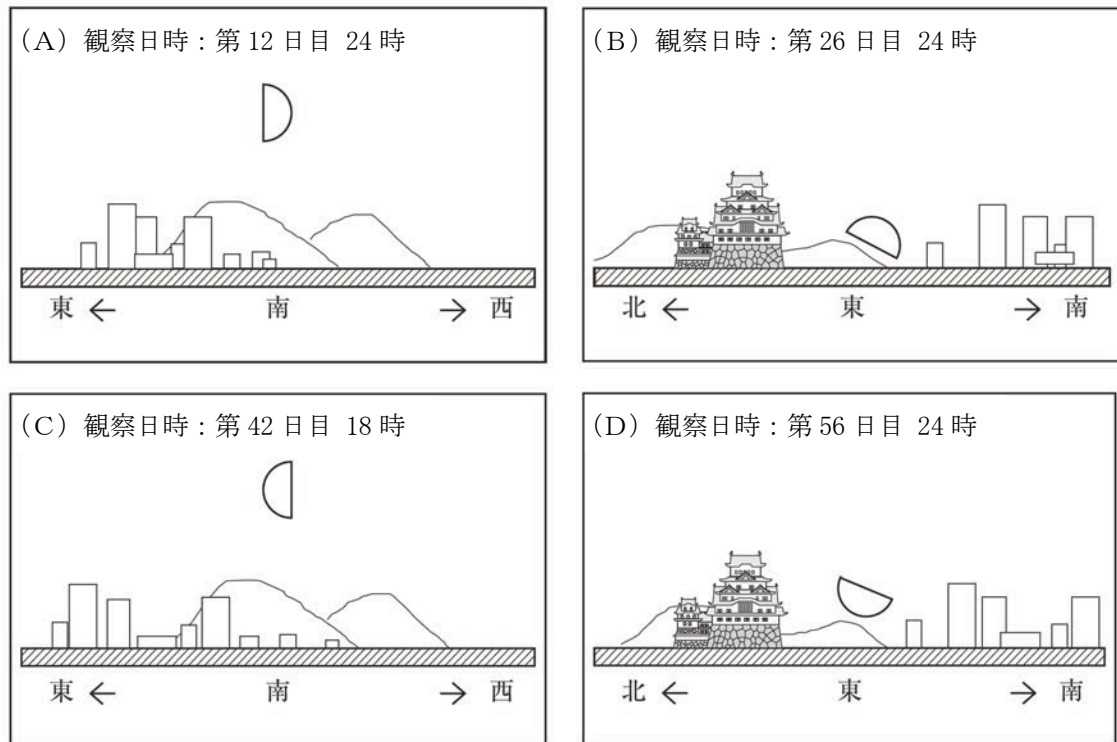
問 8 【図 1】で第 19 日目に観察される月の形は、どのようなものか。下の【図 2】の(ア)～(ク)から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

(ア) (イ) (ウ) (エ) (オ) (カ) (キ) (ク)



【図 2】 月の形

問9 【図1】の期間にあたる20xx年の11月から12月までの間に、先生から月の見え方をスケッチするように宿題が出された。ところが、何人かのクラスメイトは、実際には月の観察をせずに、いい加減なスケッチを描いて提出してしまったようだ。【図3】の(A)～(D)は、はばタンのクラスメイトたちが提出したもので、1つだけ正しく描写したスケッチが含まれている。その1つを選んで、(A)～(D)の記号で答えよ。



【図3】 月の見え方のスケッチ

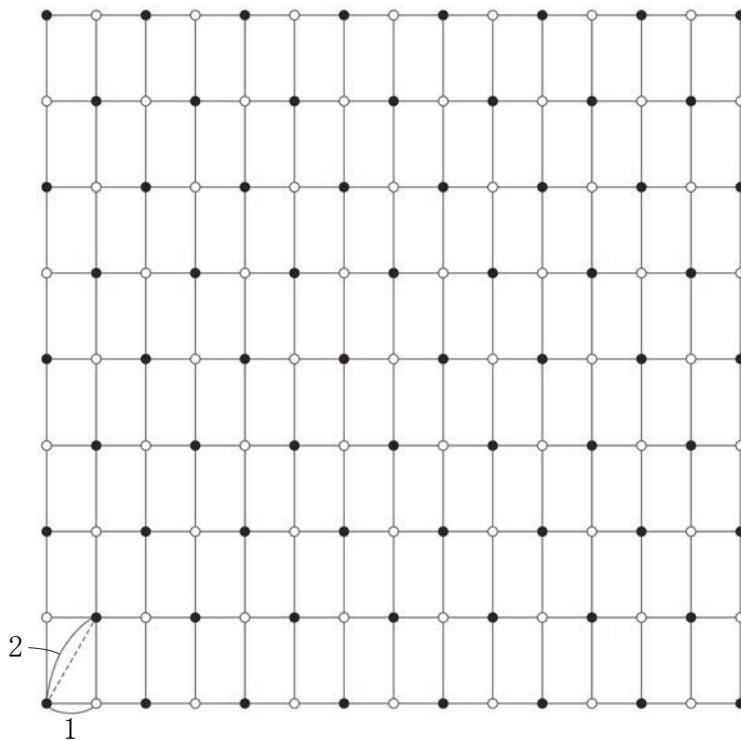
下図のような合同な長方形を  $14 \times 8$  に敷き詰めて作った格子(長方形格子と呼ぶ)がある。それぞれの長方形の水平な辺の長さとお角線の長さの比は  $1:2$  になっている。ここでは敷き詰められている長方形の頂点となっている点(黒と白に色分けされている)を格子点と呼ぶ。その格子点の6個を頂点とする正六角形を長方形格子上の正六角形と呼ぶことにする。

以下の問いに答えなさい。

問1 正六角形の内部の点で、その正六角形の6個の頂点からの距離が等しい点を、その正六角形の中心と呼ぶ。長方形格子上の正六角形の中心も格子点になっていることを説明しなさい。

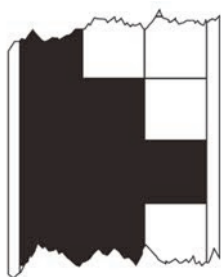
問2 長方形格子上の1つの正六角形の頂点およびその中心はすべて同色(白または黒)の格子点であることを説明しなさい。

問3 回転や平行移動によって重なるものを除くと、 $14 \times 8$  の長方形格子上の正六角形は何種類あるか。そのすべてを1つずつ解答用紙の長方形格子に赤鉛筆で描きなさい。



古代文様の一部が発掘された。【図1】が発掘された文様である。この古代文様について、これまでに以下のことが判明した。

- ・文様は同一の「図柄」の繰り返しでできていて、「図柄」を必ず2個以上含む。「図柄」は、文様全体の中で、途中で切れてしまうことはなく必ず完全な形で含まれる。
- ・「図柄」は【図2】に示すルールにしたがっている。
- ・文様は【図1】を含む。



【図1】

- ・ひとつの「図柄」は複数の行から構成される。
- ・ひとつの行は、左から並んだセル1，セル2，セル3から成る。
- ・「図柄」を構成する行は、以下のA，B，Cのいずれかである。
  - A セル1のみ黒く塗られている。
  - B セル1とセル2が黒く塗られている。
  - C 行全体（セル1，セル2，セル3のすべて）が黒く塗られている。
- ・ひとつの「図柄」の中の行の並びは、以下の規則にしたがう。
  - (1) 「図柄」の1行目はAである。
  - (2) Aである行の次の行は、必ずBである。
  - (3) Bである行の次の行は、必ずCである。
  - (4) 前の行がBであるようなCである行の次の行は、BかCのいずれかである。
  - (5) 前の行がCであるようなCである行の次の行は、必ずCである。

【図2】

文様の一部である【図1】が，【図2】に示される規則に沿っていることを確認してみる。【図1】の1行目はAであるので，規則(2)により2行目はBとなっている。2行目はBであるので，規則(3)により3行目はCとなっている。2行目がB，3行目がCであるので，規則(4)により4行目はBかCのいずれかでなければならないが，ここではBとなっている。

さて、これまで判明したことに基づいて古代文様と同じ文様を作り出すプログラムを作ろうとしている。【図3】にそのプログラムを示すが、空欄ア、イはどのように書けばよいかまだわからない部分である。

Tを文様全体の行数とする  
Hを「図柄」の行数とする  
Nを  とする  
i = 0 とする  
i < Nの間  
    セル1を黒く塗って次の行に移動する  
    セル1とセル2を黒く塗って次の行に移動する  

イ

  
を繰り返す

【図3】

- 問1 これまでに判明したことに基づくと、文様全体の行数が6になることはあるか。あるなら、考えられる文様の例をひとつ描け。ないなら、その理由を答えよ。
- 問2 文様全体の行数を8としたとき、文様全体はどうなるか。考えられる例をひとつ描け。
- 問3 問2の答えを得られるように、【図3】の空欄ア、イを埋めてプログラムを完成させよ。ただし、プログラムの開始時点ですべての行のすべてのセルは白く塗られている。また、プログラムにより黒く塗られた部分が文様となる。【図3】のプログラムは、文様全体の行数Tが8のときに正しく動けばよい。
- 問4 文様全体の行数を12としたとき、考えられる文様は何通りあるか。

問5 文様全体の行数が8以外であっても、これまでに判明したことに基づく文様を作り出せるように考えたプログラムが、以下の【図4】である。空欄はまだどのように書けばよいかわかっていない部分である。ここでTはHで割りきれぬものとし、Lは2以上 $\frac{H}{2}$ 以下であるものとする。【図4】の空欄を埋めてプログラムを完成させよ。ただし、プログラムの開始時点ですべての行のすべてのセルは白く塗られている。また、プログラムにより黒く塗られた部分が文様となる。なお、空欄ウは、【図3】の空欄アと同じでも異なっても構わない。

```

Tを文様全体の行数とする
Hを「図柄」の行数とする
Lを「図柄」中でセル1とセル2の両方のみを黒く塗る行の数とする
Nを  とする
i = 0 とする
i < Nの間
    セル1を黒く塗って次の行に移動する
    セル1とセル2を黒く塗って次の行に移動する
    j = 0 とする
    j < L - 1の間
        
    を繰り返す
    k = 0 とする
    k < H - ()の間
        
    を繰り返す
    i を1増やす
を繰り返す

```

【図4】