

1

こん虫やエビ・カニの仲間は、体の内側にかたい骨を持っていません。そのかわり体の外側がかたくなっているため、そのままでは大きくなれません。大きくなるためには脱皮が必要です。脱皮してすぐは、体の外側がやわらかい状態なので大きくなれるのです。だから、こん虫やエビ・カニの仲間は、何回もの脱皮をくり返して成長していきます。

カブトムシなどのこん虫の幼虫は脱皮もしますが、成長が楽なようにもともと体の外側はあまりかたくなっていません。親になり体の外側がかたくなると脱皮をしなくなり、その大きさのままでそれほど長いとはいえない一生を終えます。こん虫はひとつの命が長く生きるのではなく、小さい体で早く世代を交代しているのです。

こん虫のなかには、幼虫から親になる前にさなぎになるものもあります。さなぎを切った中を見ると、親にも幼虫にも似ておらず、どろどろの状態になっています。

カゲロウの仲間の親には口も消化管もないものもあり、そのかわりに軽くて飛びやすい体になっています。こうしたカゲロウは、親になって2時間ほどで死んでしまいます。

こん虫とちがってエビ・カニの仲間には、タカアシガニのように足を開くと3メートルの大きさになるものもあります。脱皮に使うエネルギーは大きいので、エビ・カニの仲間のなかには栄養を補給するために、脱皮したからを自分で食べてしまうものもあります。しかし、エビ・カニの仲間の多くは脱皮したからを自分で食べずに、すぐにその場をはなれてしまいます。その理由は、脱皮したからがかたくて食べにくいということだけではないようです。

問1 次のこん虫のうち、さなぎの時期があるものをすべて選んで記号で答えなさい。

- | | | |
|------------|-----------|-------------|
| ア. アゲハチョウ | イ. イエバエ | ウ. ムネビロカマキリ |
| エ. ミツバチ | オ. オンブバッタ | カ. カブトムシ |
| キ. シオカラトンボ | | |

問2 口や消化管をなくしたカゲロウの親は、まったくものを食べられません。では、何のために親の体になるのでしょうか。

問3 こん虫の仲間には、それほど大きな体を持つものはいません。しかし、エビ・カニの仲間には、タカアシガニのように大きくなることのできるものもあります。それはなぜですか。その理由を書きなさい。

問4 エビやカニが脱皮前に内側に作っておく新しいからがかたいと、どのような不都合がありますか。

問5 エビ・カニの仲間の多くが脱皮したからを食べずに、すぐにその場をはなれるのはなぜですか。その理由を書きなさい。

2

温泉とは、わき出たときか、くみ上げたときに、25℃以上のお湯か水蒸気になっているものをいいます。しかし25℃に達していなくても、決められた成分を、決められた量以上ふくんでいれば、それも温泉といえます。

火山の近くには温泉がたくさんあります。それは、火山の地下にふん火などの火山活動のもとになるどろどろにとけた状態のマグマがあり、そのマグマに熱せられた岩石によって地下水（地面の中にしみこんだ水）が温められたり、マグマやまわりの岩石からいろいろな成分がその地下水にとけこむためです。

また火山地帯でなくても、地下は深いところほど温度が高くなっているため、温度が25℃よりも高くなるような深いところまで地下水がしみこんでいけば、その地下水も自然に温泉になります。

火山地帯ではないこの麻布中学校の近くにも、麻布十番温泉や竹の湯といった温泉があります。これらの温泉水は25℃には達していませんが、くみ上げた水にはいろいろなものがとけこんでいるので立派な温泉です。これらの温泉水は、大昔の地盤の変動で海水が数百メートルの地下に閉じこめられ、その後長い年月を経て変化したものです。

温泉の中には何らかの原因で温度が変わってしまったり、成分が変わってしまう不安定なものもあります。

問1 海水がそのまま閉じこめられた温泉があったとすると、その温泉水を蒸発させたあと、一番多く残るものは何ですか。

問2 麻布十番温泉や竹の湯の温泉水は、長い間地下に閉じこめられていたため、海水の成分とはかなり異なっていて、コーヒーのような色になっています。

- ① この2つの温泉水は、成分が海水と異なっているばかりではなく、とけているものの大きさも海水よりはうすくなっています。うすくなったのはなぜですか。
- ② コーヒーのような色になっているおもな原因は、大昔の植物の変化したものがとけこんでいるためです。なぜ植物の変化したものが温泉水にとけこんだのですか。その理由としてもっとも適当なものを、次の中から1つ選んで記号で答えなさい。

ア. 地下の温泉水の中で光合成を行う藻の一種が繁殖したことがあった。

イ. マグマから植物の成分がとけ出してきた。

ウ. モグラやミミズがほった穴から植物がじよじよに落ちて入りこんだ。

エ. 温泉をほったときに、地表の植物が混ざってしまった。

オ. 海水が閉じこめられるときに、植物も同時に閉じこめられた。

問3 温泉水の温度や成分が変わってしまう原因としては、いろいろなことが考えられます。温泉水の温度や成分が変わる原因として、考えられないものを次の中から1つ選んで記号で答えなさい。

- ア. 火山のふん火が近づいて、地下のマグマがのぼってきた。
- イ. 地震じしんが起きて地下の状態が変わった。
- ウ. 日食や月食が起きた。
- エ. 大雨の日が続いた。
- オ. 人間がくみ上げすぎた。

問4 温泉水は、お風呂やプール、台所、洗面所などでそのままお湯として利用する方法以外に、どのような利用方法がありますか。具体的な例を1つあげなさい。

問5 温泉のなかには地下深くでは100℃以上のお湯になっているものもあり、そうした温泉がある場所までほりぬくと、その温泉はたちまち（ア）となってもものすごい勢いでふき出てきます。このような（ア）の勢いを利用することが研究され、一部では実用化されています。

- ① 上の文の（ア）に適切な語を入れなさい。
- ② （ア）の勢いは、何に利用されているのですか。具体的な例を1つあげなさい。

3

軽い球と重い球にそれぞれ同じエネルギーをあたえて打ち出すと、軽い球は重い球よりも速く飛びます。また、同じ重さの球の場合は、より速く球を飛ばすためには、より大きいエネルギーをあたえて球を打ち出す必要があります。

このことを確かめるために実験を行い、表1、表2のような結果を得ました。表1から、打ち出した球の速さを同じにする場合には、球の重さを実験1の2倍、3倍、4倍にすると、球にあたえるエネルギーも実験1の2倍、3倍、4倍にしなくてはならないことがわかります。表2から、同じ重さの球を打ち出す場合は、球の速さを実験5の2倍、3倍、4倍にするためには、球にあたえるエネルギーを実験5の4倍、9倍、16倍にしなくてはならないことがわかります。

	実験1	実験2	実験3	実験4		実験5	実験6	実験7	実験8
重さ	1	2	3	4	速さ	1	2	3	4
エネルギー	1	2	3	4	エネルギー	1	4	9	16
表1 打ち出した球の速さを同じにする場合の、球の重さと球を打ち出すときにあたえるエネルギーの関係					表2 同じ重さの球を打ち出した場合の球の速さと球を打ち出すときにあたえるエネルギーの関係				

問1 これらの実験の結果から、球を打ち出すときにあたえるエネルギーと、球の重さや球の速さとの間にはどのような関係があるといえるでしょうか。この関係を書いた下の文の（ア）、（イ）に適切な語を書きなさい。

表1や表2の結果から、それぞれ次のような関係があることがわかる。

「球を打ち出すのに必要なエネルギーは（ア）に比例する。」

「球を打ち出すのに必要なエネルギーは（イ）×（イ）の値あたに比例する。」

さらに上の2つの文を1つにまとめると、下のようになる。

「球を打ち出すのに必要なエネルギーは（ア）×（イ）×（イ）の値に比例する。」

問2 球を打ち出すときにあたえるエネルギーを同じ大きさにして、重さの異なる球Pと球Qを打ち出したところ、球Pは球Qの $\frac{1}{3}$ 倍の速さで飛んで行きました。このことから、球Pの重さは、球Qの重さの何倍だとわかりますか。

さて、この実験結果は人間の目には見えないような非常に小さな粒^{つぶ}、例えば食品などにふくまれるたんぱく質の粒などにも当てはまります。2002年にノーベル化学賞を受賞した田中耕一さんの研究の原理もこれを利用したものです。そこで、以下のような装置を用いて、ある試料（調べたいもの）にふくまれるたんぱく質の粒について実験を行いました。

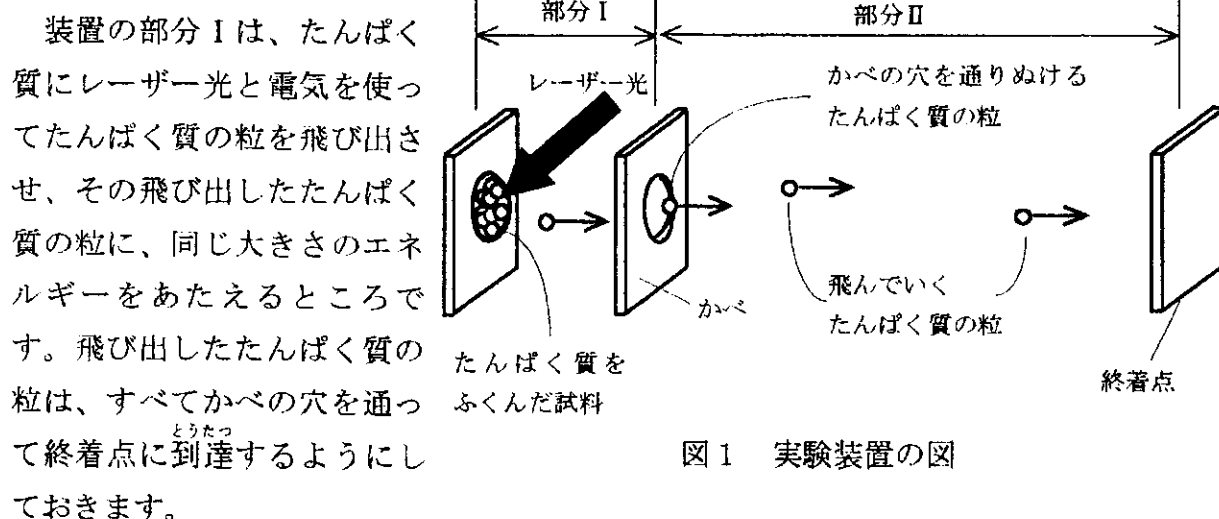


図1 実験装置の図

装置の部分Ⅱは、かべの穴を通過したたんぱく質の粒が、部分Ⅱを通過するのにかけた時間と、終着点にたどり着いた粒の数の比をはかるところです。かべの穴を通りぬけたたんぱく質の粒は、それぞれの粒の重さによって決まる速さのままで、同じ道のり（部分Ⅱの長さ）を飛んで終着点にたどり着きます。粒の重さが異なると速さも異なるので、かべの穴を通過してから終着点にたどり着くまでの時間も異なることになります。

ここで、あらかじめ重さがわかっている粒Zを基準として、その重さを1とします。以後、たんぱく質の粒の重さは、粒Zの重さの何倍になるかで表すこととします。

まず粒Zと、たんぱく質Aの粒だけをふくむ試料①を使って、それらの粒がかべの穴を通過してから終着点にたどり着くまでの時間を計りました。この実験の結果、たんぱく質Aの粒の重さがどれも粒Zの10000倍であることがわかりました。この実験結果について、以下の問いに答えなさい。

問3 部分Ⅱを飛んだたんぱく質Aの粒の速さは、粒Zの速さの何倍ですか。

問4 たんぱく質Aの粒が終着点にたどり着くまでの時間は、粒Zが終着点にたどり着くまでの時間の何倍ですか。

次に、表3で示したA～Gのたんぱく質のうち、たんぱく質Aをふくむ何種類かのたんぱく質からなる試料②で実験しました。この実験の結果、それぞれの粒が終着点にたどり着くまでの時間の比と、終着点にたどり着いたたんぱく質の粒の数の比は、図2のグラフのようになりました。同じ種類のたんぱく質の粒はすべて同じ重さであり、異なる種類のたんぱく質の粒はそれぞれ異なる重さを持つものとして以下の問いに答えなさい。

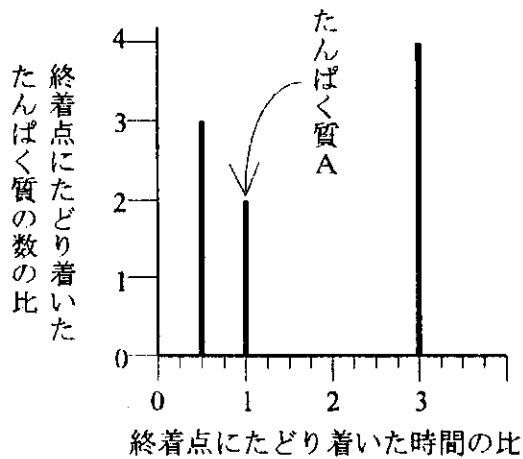


図2 試料②の実験結果

種類	重さ(倍)
たんぱく質A	10000
たんぱく質B	2500
たんぱく質C	5000
たんぱく質D	20000
たんぱく質E	30000
たんぱく質F	90000
たんぱく質G	100000

表3 たんぱく質の粒の重さ

問5 実験結果をまとめた図2と、たんぱく質の粒の重さを表した表3から、試料②にふくまれるたんぱく質の種類と、その粒の数の比を、書き方の例にならって答えなさい。

書き方の例 $A : D : G = 1 : 3 : 2$

問6 上と同様な実験から試料についてわかることを、次の中からすべて選んで記号で答えなさい。

- ア. ふくまれているたんぱく質の粒ごとに重さの比がわかる。
- イ. ふくまれているたんぱく質の粒を、種類ごとに分けて取り出すことができる。
- ウ. ふくまれているたんぱく質の粒が何種類あるかがわかる。
- エ. ふくまれているたんぱく質の種類ごとに、たんぱく質の粒の数の比がわかる。
- オ. ふくまれているたんぱく質の粒のさまざまな性質がわかる。

4

底から高さ14cmまで太さが変わらないペットボトルを用意し、側面の一番下に穴を開けます。まず、その穴を指でふさいで水を320cm³入れたところ、水面の高さが底から12.8cmになりました。次に、穴をふさいでいた指をはなすと、図1の右のように穴から水が出てきて、水面が下がっていききました。この水は、最初は勢いよく

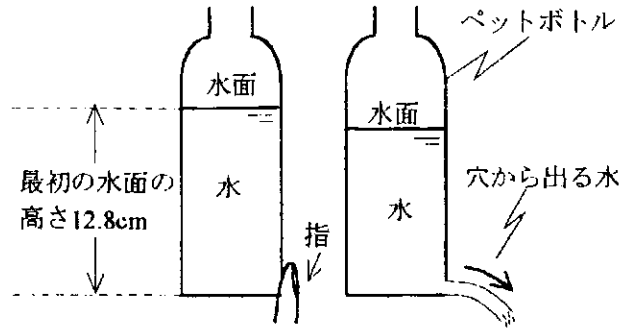


図1

速く出てくるので遠くまで飛びましたが、時間がたつにつれて勢いが弱くおそくなっていききました。この水をビーカーで受けて10秒ごとにその体積を量り、その値を表1に示しました。また、表1の値をグラフにしたものが図2、図3です。

時間 (秒後)	10	20	30	40	50	60	70	80
10秒間に出た水の体積 (cm ³)	75	65	55	45	35	25	15	5
出てきた水の合計体積 (cm ³)	75	140	195	240	275	300	315	320

表1

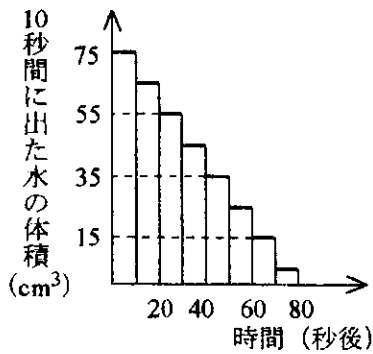


図2

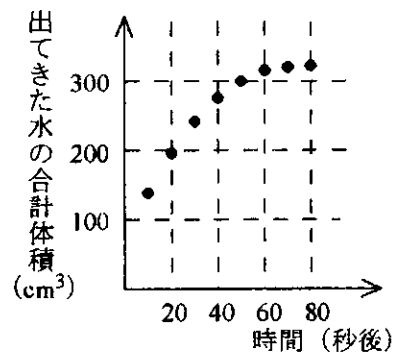
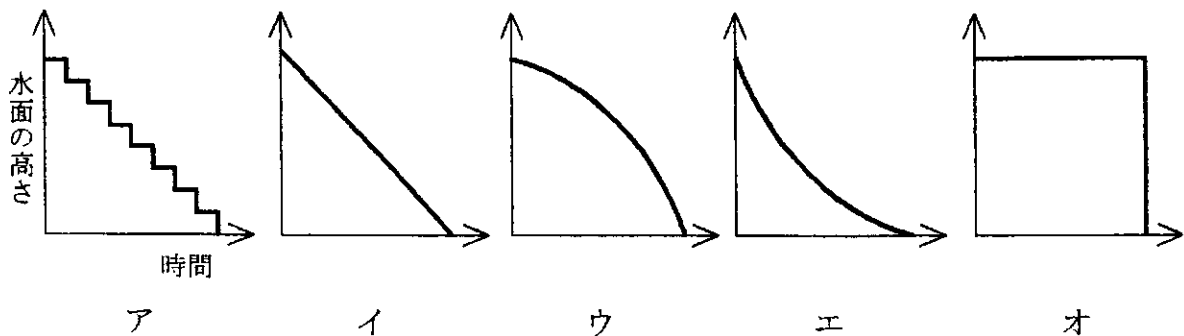


図3

問1 水が穴から出始めてから時間が経過すると、ペットボトル内の水面の高さはどう変わっていきますか。その変化を示したグラフを、下から1つ選んで記号で答えなさい。ただし、横じくを水が出始めてからの時間、縦じくを水面の高さとします。



問2 穴から水が出始めて30秒後から40秒後までに、水面の高さは何cm変化しましたか。

さて、コップの水にストローを入れると、ストローの内側にも水が入って、外側とほぼ同じ高さの水面になります。このときストロー内にあった空気の一部は、入ってきた水によってストローの上端からおし出されたこととなります。

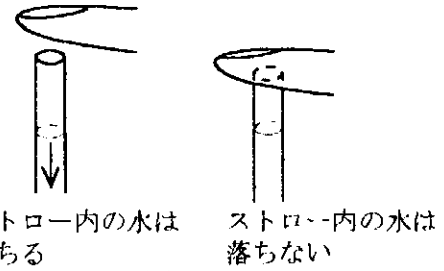


図4

このストローを水から引き上げると、内側に入った水は落ちてしまいます。しかしストローの上端を指で

完全にふさいでから引き上げると、ストロー内の水の量や空気の量に関係なく水は落ちません。ほんの少しの時間だけ指をずらして空気が入りできるようにすると、水は落ちますが、水が全部落ちないうちに再び完全にふさぐと、また水は落ちなくなります。

これらのことから、水面の上の空気の出入りが自由だと水は落ちますが、空気が出入りできないようにすると水は落ちないことがわかります。ここで、水面の上の空気の出入り自由な場合の水面を、空気の出入りが自由な水面と名付け、水面の上の空気の出入りが何かでふさがれている場合の水面を、空気の出入りができない水面と名付けます。

問3 前の実験で使ったペットボトルの穴を指でふさいで水を入れ、ふたを回しながらしっかりとしました。次に、穴をふさいだ指をはなしても穴から水が出ませんでした。それはなぜですか。その理由を書きなさい。

もう1本同じペットボトルを用意し、同じ位置に同じ大きさの穴を開けました。こちらのペットボトルのふた（ふたA）には穴を開けてストローを通し、ストローのまわりから空気がもれないようにふたに固定しました（図5）。

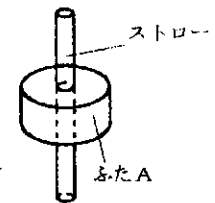


図5

次に図6のように、ペットボトルの穴を指でふさいで水を入れ、ふたAをゆっくり回しながらしっかりとしました。

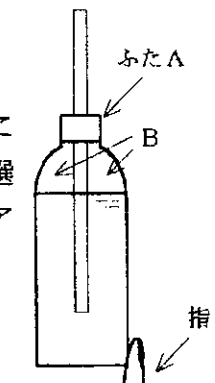


図6

問4 ふたAをしめたとき、ストローの内側の水面の高さはどの高さになっていますか。次のa・bから理由を、c～eから水面の高さを選んで文を作るとき、正しい文となる組み合わせはどれですか。次のア～カから選んで記号で答えなさい。

- ア. a-c イ. a-d ウ. a-e
- エ. b-c オ. b-d カ. b-e

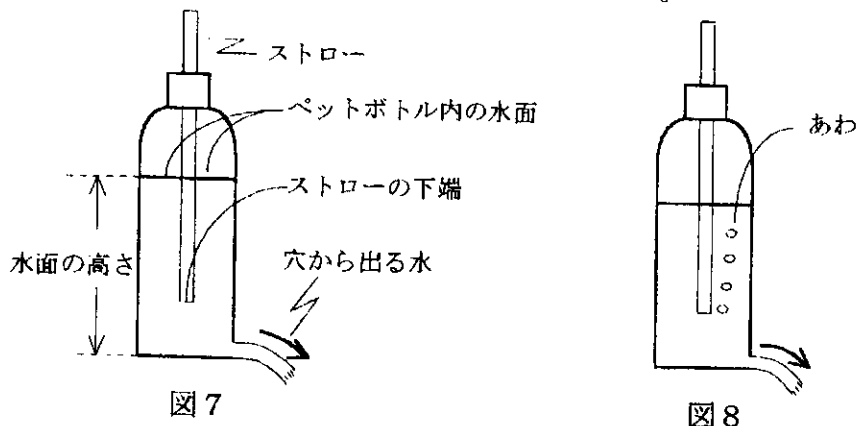
【理由】

- a. 空気が出入りしながらふたがしまっていくから、
- b. ふたがしまっていく途中でペットボトル内のBの部分の空気がおしこまれるから、

【水面の高さ】

- c. ストローの内側も外側もほぼ同じ高さの水面になる。
- d. ストローの外側よりも内側の水面の方が1センチほど高くなる。
- e. ストローの外側よりも内側の水面の方が1センチほど低くなる。

最初の実験と同じように側面の穴を指でふさいだまま水を 320cm^3 入れ、水面の高さを底から 12.8cm にしてから、ストロー付きのふたAをしめます。次に穴をふさいでいた指をはなすと、図7のように水が出て水面が下がっていきま^{かたん}した。そのとき、ストロー内の水面はすぐにストロー下端と同じ高さに下がって、そのまま60秒後まで変わりませんでした。また、ストローの下端からは図8のようにあわが出ていました。



穴から出た水をビーカーで受けて、10秒ごとにその体積を量ったところ、表2のようになりました。この表からもわかるように、水が出始めてから60秒間は、10秒間ごとに同じ体積の水が穴から出ています。ペットボトル内の水面は60秒後にストローの下端に達し、それからは10秒ごとに穴から出て行く水の体積がだんだん少なくなっています。

図9は、10秒間に穴から出てくる水の体積と時間の関係をグラフにしたものです。図10は、ペットボトル内の水面の高さと指をはなしてからの時間の関係をグラフにしたものです。

時間 (秒後)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10秒間に出た水の体積 (cm^3)	40	40	40	40	40	40	35	25	15	5
出てきた水の合計体積 (cm^3)	40	80	120	160	200	240	275	300	315	320

表 2

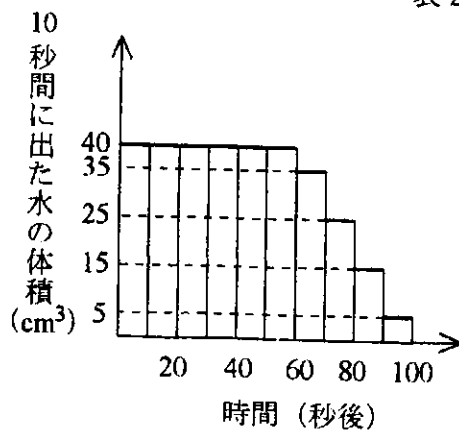


図 9

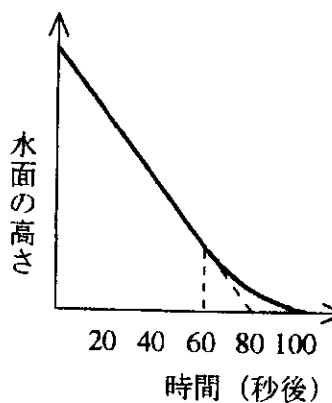


図10

問5 指をはなして穴から水が出始めてから10秒後までに、水面の高さは何cm変化しましたか。また、60秒後から70秒後までの間では、水面の高さは何cm変化しましたか。

問6 ペットボトル内の水面の高さは、60秒後までは一定の割合で低くなりました。つまり、10秒間ごとに穴から出る水の体積は一定でした。この理由を説明した下の文章の(①) ~ (⑥) 内のア・イのうち、正しい方を選んで記号で答えなさい。

ペットボトル内の水面は $\left[\begin{array}{l} \text{① ア. 空気の出入りが自由な水面} \\ \text{イ. 空気の出入りができない水面} \end{array} \right]$ だが、ストロー

内の水面は、 $\left[\begin{array}{l} \text{② ア. 空気の出入りが自由な水面} \\ \text{イ. 空気の出入りができない水面} \end{array} \right]$ である。そして、10秒間ごと

に穴から出る水の体積は、図1や図7、図8の場合でも同じように、底から

$\left[\begin{array}{l} \text{③ ア. 空気の出入りが自由な水面} \\ \text{イ. 空気の出入りができない水面} \end{array} \right]$ までの高さで決まる。

この実験の最初の60秒間は、 $\left[\begin{array}{l} \text{④ ア. 空気の出入りが自由な水面} \\ \text{イ. 空気の出入りができない水面} \end{array} \right]$ となっている

$\left[\begin{array}{l} \text{⑤ ア. ペットボトル内の水面} \\ \text{イ. ストロー内の水面} \end{array} \right]$ の高さが $\left[\begin{array}{l} \text{⑥ ア. ペットボトル内の水面} \\ \text{イ. ストロー内の下端} \end{array} \right]$

の高さのままで変わらないので、10秒ごとに穴から出ていく水の量は一定だったのである。

<問題はここで終わりです>