

2021 年度 桐朋女子中学校 入学試験

論理的思考力&発想力入試  
理数分野

【注意】

- (1) 問題冊子が配られても、開いてはいけません。
- (2) 問題冊子は 1 ページから 14 ページまであります。
- (3) 「はじめてください」と言われたら、まず、問題冊子の表紙と解答用紙 2 枚に、それぞれ受験番号と氏名を書きなさい。
- (4) 問題冊子の余白は、計算や書きこみに使用してもかまいません。
- (5) 答えはすべて解答用紙に書きなさい。
- (6) 解答用紙の※印の空らんには何も書いてはいけません。
- (7) 「やめてください」と言われたら、すぐに筆記用具をおき、解答用紙も問題冊子も表を上にして、机の上におきなさい。
- (8) 試験時間は 50 分間です。

受験番号		氏名	
------	--	----	--

空へゆっくりと浮かんでいく気球。そのしくみはどのようにになっているのでしょうか。

## 1 気球の歴史

先生：気球の歴史は古く、18世紀の終わりごろの1783年までさかのぼります。

桐子きりこ：そんなに昔から気球はあったのですね！

先生：この年に、フランスのパリでは、気球に関する2つの発明があったとの記録が残されています。

桐子：どんな発明だったのですか？

先生：1つは、モンゴルフィエ兄弟がつくった熱気球です。もう1つは、ジャック・シャルルの水素を使った気球です。

桐子：それぞれについて、もう少し詳しく教えてください。

先生：まずは、モンゴルフィエ兄弟の熱気球についてです。モンゴルフィエ家はフランス南部の地方で製紙業を営んでいました。ある日、兄のジョセフはだんろの火にかざしてあった洗たく物が熱気にあおられてフワリとしたのを見て、「木やワラを燃やしたときに出るけむりは空に向かって上がる、だんろの火の熱気で洗たく物があおられる、これらのことから、物を燃やしたときに出るけむりは空気よりも軽いのだ」と思いました。そして、弟のジャックにかたい紙を使ってふくろをつくらせました。

桐子：ふくろの中にけむりをたくさん集めた気球をつくったのですね。どのくらい飛ぶことができたのですか？

先生：記録では、およそ10分間飛行して3 km はなれたところに着地したとされています。そのときのようすをかいた絵（図1）も残っています。



図1

桐子：もう1つのジャック・シャルルの水素を使った気球についても聞かせてください。

先生：モンゴルフィエ兄弟の熱気球の評判はまたたく間に広がりました。フランス人の科学者ジャック・シャルルたちはこの話を聞いて、けむりではなく水素を使う方がよいのではと考えました。水素は空気よりも軽い気体だからです。

桐子：水素って、塩酸が金属をとかすときに出てくる気体のことですか？

先生：その通りです。よく知っていましたね。シャルルたちは、水素を発生させる装置を大量につくりました。水素を発生させる装置といっても、一度にたくさんの水素はつくれなかったのです。ですから、気球をふくらませるためにはかなりの数の装置が必要だったことでしょう。

桐子：それは大変ですね・・・。

先生：さらに、集めた水素を逃がさないような気密性の高いふくろを開発しました。ふくろの内側にうすくゴムをぬって、水素を逃がさないようにしたのです。

桐子：いろいろとくふうがなされたのですね。

先生：こうしてできあがった水素気球（図2）は、約1時間飛行してパリから24 km はなれたところについて落しました。上空1000 m もの高さに達したところで気球がはれつしてしまっただことが原因でした。

桐子：気球がはれつしなければ、もっと長い時間、遠くまで飛んで行くことができたかもしれませんね。

先生：そうかもしれませんね。



図 2

[問題 1]

- (1) 空気の成分として、最も多くふくまれている気体は何ですか。
- (2) あなを開けたかんに木を入れて燃やします。よく燃やせるのは図3のア・イのどちらですか。記号で答えなさい。また、それを選んだ理由も書きなさい。

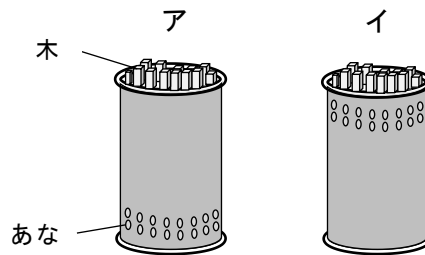


図 3

- (3) 次のア～オを塩酸に入れたとき、水素が発生するものをすべて選び、記号で答えなさい。

ア 割りばし      イ スチールウール      ウ アルミニウムはく  
エ 卵のから      オ ガラス

## ② 温度と空気の体積の関係

先生：シャルルは、空気の体積は温度を上げると大きくなり、温度を下げると小さくなることに気づきました。温められた空気は膨張し、冷やされた空気は収縮するのです。

桐子：そのことが熱気球を空へ浮かせる力に関係があるのですね。

先生：まずは簡単な実験で確かめてみましょう。これ（図4）は、つぶしやすいペットボトルです。この中には空気以外は何も入っていません。ふたをしっかりと閉めてから、これを氷水にひたします。

桐子：ペットボトルが少しへこみました（図5）。

先生：氷水から取り出して、湯につけるとどうなるでしょう。

桐子：へこんでいたペットボトルがふくらみました（図6）！



図4



氷水につけたとき

図5



湯につけたとき

図6

先生：ペットボトルを氷水につけたとき、中の空気が冷やされて収縮したので、ペットボトルがへこんだのですね。そして、湯につけたときは、中の空気が温められて膨張したので、へこんだペットボトルが元の形にもどったわけです。そんな空気の性質を利用して温度計をつくってみましたよ。

桐子：これ（図7）ですね！材料は何ですか？

先生：炭酸飲料が入っていたペットボトルを利用しています。そこに、色水を半分くらい入れました。ペットボトルにゴム栓をし、そこからゴム管をのばしています。ペットボトルに巻き付けてあるゴム管の長さは約3mです。



図7

桐子：どうやって気温を知るのですか？

先生：まずは、この温度計を冷蔵庫で十分に冷やします。その後、冷蔵庫から取り出して倒立させます（図 8）。

桐子：ゴム管の中を色水が進んでいきます。あっ、動きがにぶくなってきました。止まりそうで止まりません・・・。

先生：冷えたペットボトル内の空気が、まわりの気温と等しくなるまで、色水は進みます。

桐子：色水の動きが完全に止まったようです。

先生：今の実験室の気温は 25℃です。色水の止まった位置に黄色のシールをはっておきましょう（図 9）。

桐子：今日は小雪がちらついています。天気予報では最高気温が 5℃くらいだと言っていました。この温度計を屋外に出すとどうなりますか？

先生：やってみましょう。雨風の当たらない場所にしばらく置いて観察してみましょう。

桐子：学校の中庭がちょうどよいですね。

ペットボトル  
内の空気



図 8



25℃のとき  
の位置

図 9

[問題 2]

- (1) この温度計を中庭にしばらく置いておくと、図 9 の 25℃のときの位置から、色水はどのように動きますか。
- (2) 温度の変化で、ゴム管の中を色水が動くのはなぜですか。

桐子：空気が膨張したり収縮したりすることを利用して温度計が作れるということは、温度と空気の体積との間にはどのようなきまりがあるのでしょうか。

先生：それを確かめるために、次の実験をしてみましょう。

《準備》

両はしが開いているストロー状のガラス管の一方から油を注ぎこむ。ガラス管の中央付近まで油がたれてきたところで、もう一方をねんど状接着ざいでふさぎ、空気柱を作った(図10)。

《実験》

- ①大きなメスシリンダーに湯を入れる。そこに、準備したガラス管、ものさし、温度計を入れる(図11)。
  - ②湯をよくかき混ぜる。湯と空気柱の中の空気が同じ温度になるようにしばらく待つ。
  - ③温度計の目盛りを読みとり記録する。また、空気柱の長さをものさしではかり記録する。
  - ④メスシリンダー内の湯を半分くらい捨て、その分の水を加える。
- ※②～④をくり返し、さまざまな温度で、空気柱の長さをはかり記録した。  
※空気柱の長さは、空気柱の体積と比例すると考えてよい。

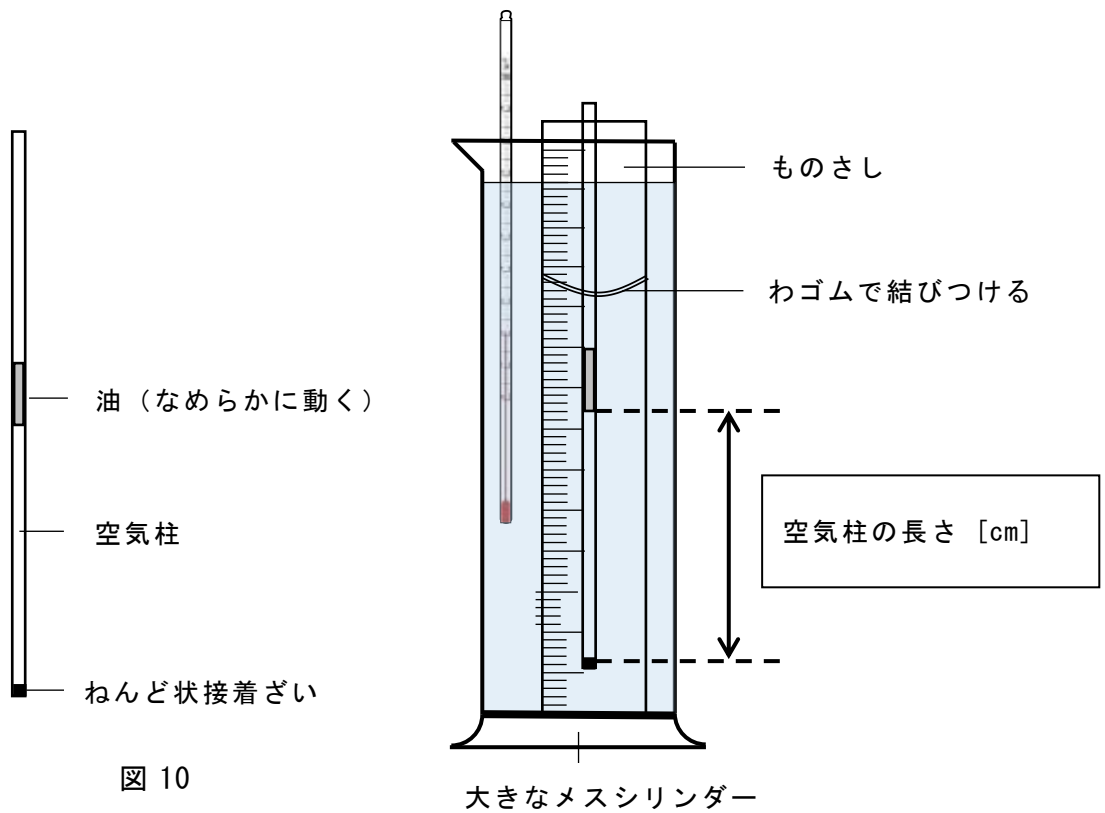


図 10

図 11

《結果》

表 1

温 度 [°C]	77	43	24	12
空気柱の長さ [cm]	14.8	13.4	12.6	12.0

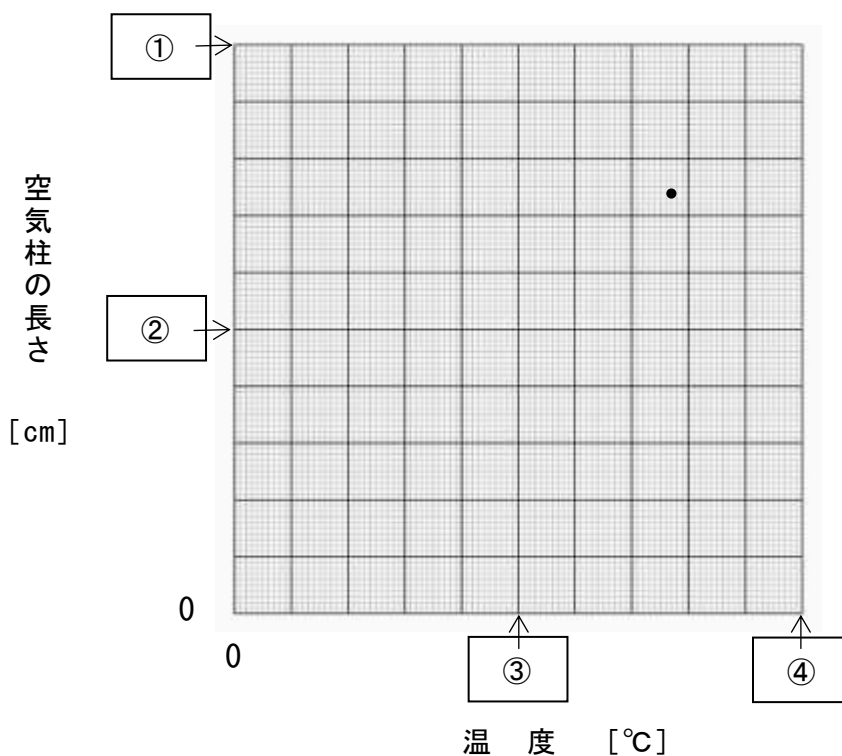


図 12

[問題 3]

- (1) 図 12 は、表 1 の結果をグラフに表そうとしたものです。図中の点「●」は、77°Cのときの空気柱の長さが 14.8 cm であったことを示しています。図中のたて軸と横軸の目盛りの空らん①～④にあてはまる数を書き入れなさい。
- (2) 残りの 3 つの結果を解答用紙の図に「●」でかき入れなさい。また、4 つの点を定規を使って、直線で結びなさい。
- (3) この実験では、温度を 10°C 変化させると空気柱の長さはおよそ何 cm 変化しますか。(2) でかいたグラフをもとに考え、小数第 1 位まで答えなさい。
- (4) 0°C まで冷やしたとき、空気柱の長さは何 cm になると予想しますか。(2) でかいたグラフをもとに考え、小数第 1 位まで答えなさい。

### 3 空気の重さ

先生：次に、空気の重さについて考えてみましょう。空気に重さがあることを初めて確かめたのは、イタリアのガリレオ・ガリレイです。彼は、大きなガラスびんの中に、ポンプで空気をおしこみました。それを、はかりにかけてガラスびんとおもりが釣り合うようにしました（図13）。その後でガラスびんの口をあけました。すると、ガラスびんの方が軽くなっておもりをのせた方が重くなったのです。

桐子：逃げ出した空気の重さだけ、びんの方が軽くなったからですね。

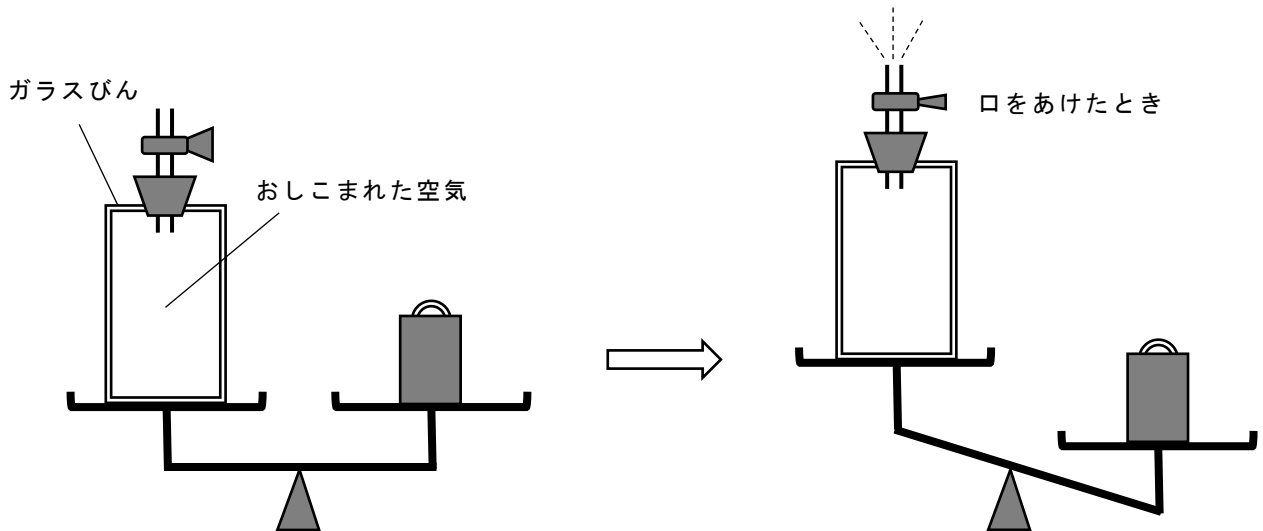


図 13



先生：このようにして、彼は空気にも重さがあることを証明しました。これをもとに、さきほど（5 ページ）の実験をふり返ってみましょう（図 14）。空気柱の中の空気は、冷やすと収縮しました。しかし、重さはどうでしょうか？

桐子：閉じこめられているから重さは変わっていないと思います。

先生：その通りです。では、77°C のときと 12°C のときとで、空気柱の長さ 1 cm あたりの重さを比べてみましょう。

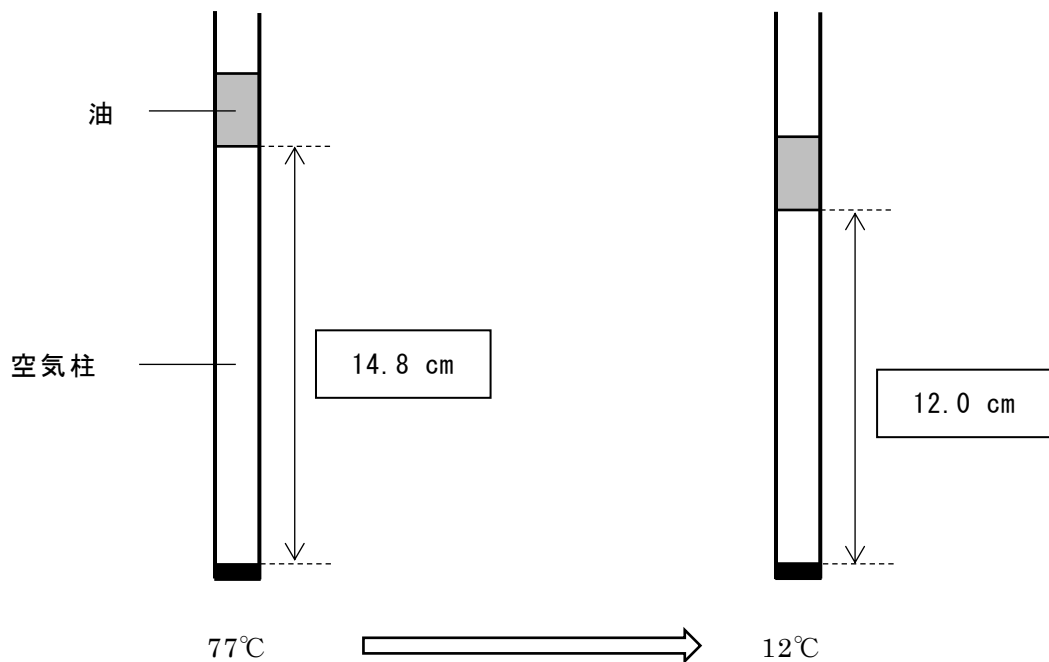


図 14

[問題 4]

空気柱の中の空気の重さを  $2 \text{ m g}$  <sup>ミリグラム</sup> として、あとの問いに答えなさい。

- (1) 空気柱の長さ 1 cm あたりの重さは、77°C のときと 12°C のときを比べると、どちらの方が大きいですか。
- (2) 12°C のとき、空気柱の長さ 1 cm あたりの重さは、77°C のときに比べて何倍になっていますか。小数第 1 位まで求めなさい。

#### 4 温度と空気の「密度」の関係

桐子：ここまでの学習で、空気についての性質がいろいろと分かってきました。また、体積や重さを比べるときには、きちんと基準を決めないと比べられないことも分かりました。

先生：その通りですね。空気の温度を変化させると、それにもなって体積が変化しますが、これは同じ重さの空気と考えている場合です。では、同じ体積の空気の場合はどうでしょうか。ある体積あたりの重さを「密度」といいます。ここでは、いろいろな温度での  $1000 \text{ cm}^3$  あたりの空気の重さ（密度）を表にまとめました（表 2）。

表 2

温度 [°C]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.293	1.288	1.284	1.279	1.274	1.270	1.265	1.261	1.256	1.252
10	1.247	1.243	1.239	1.234	1.230	1.226	1.221	1.217	1.213	1.209
20	1.205	1.201	1.197	1.193	1.189	1.185	1.181	1.177	1.173	1.169
30	1.165	1.161	1.157	1.154	1.150	1.146	1.142	1.139	1.135	1.132
40	1.128	1.124	1.121	1.117	1.114	1.110	1.107	1.103	1.100	1.096
50	1.093	1.090	1.086	1.083	1.080	1.076	1.073	1.069	1.067	1.063
60	1.060	1.057	1.054	1.051	1.048	1.045	1.041	1.038	1.035	1.032
70	1.029	1.026	1.023	1.020	1.017	1.015	1.012	1.009	1.006	1.003
80	1.000	0.997	0.995	0.992	0.989	0.986	0.983	0.981	0.978	0.975
90	0.973	0.970	0.967	0.965	0.962	0.959	0.957	0.954	0.952	0.949
100	0.947	0.944	0.941	0.939	0.936	0.934	0.932	0.929	0.927	0.924

$1000 \text{ cm}^3$  あたりの空気の重さ [g]

桐子：この表はどのように見たら良いのですか？

先生：そうですね。この表を読み取るには、少し説明が必要ですね。例えば、25℃の空気 1000 cm<sup>3</sup>あたりの重さ（密度）を知りたいときには、『20の行の5の列』の数字を読み取ります（表3）。

桐子：え〜っと、『1.185 g』ですね。

先生：その通りです。

表 3

温度 [°C]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.293	1.288	1.284	1.279	1.274	1.270	1.265	1.261	1.256	1.252
10	1.247	1.243	1.239	1.234	1.230	1.226	1.221	1.217	1.213	1.209
20	1.205	1.201	1.197	1.193	1.189	1.185	1.181	1.177	1.173	1.169
30	1.165	1.161	1.157	1.154	1.150	1.146	1.142	1.139	1.135	1.132
40	1.128	1.124	1.121	1.117	1.114	1.110	1.107	1.103	1.100	1.096
50	1.093	1.090	1.086	1.083	1.080	1.076	1.073	1.069	1.067	1.063
60	1.060	1.057	1.054	1.051	1.048	1.045	1.041	1.038	1.035	1.032
70	1.029	1.026	1.023	1.020	1.017	1.015	1.012	1.009	1.006	1.003
80	1.000	0.997	0.995	0.992	0.989	0.986	0.983	0.981	0.978	0.975
90	0.973	0.970	0.967	0.965	0.962	0.959	0.957	0.954	0.952	0.949
100	0.947	0.944	0.941	0.939	0.936	0.934	0.932	0.929	0.927	0.924

1000 cm<sup>3</sup>あたりの空気の重さ [g]

[問題 5]

(1) 1000 cm<sup>3</sup>あたりの空気の重さが 1.100 g のとき、この空気は何℃ですか。

表 2 の数値を読み取り、答えなさい。

(2) (1)の温度の空気 70 Lは何 g ですか。

5 気球が浮くには

先生：さて、気球が浮くにはどうしたらよいか考えてみましょう。  
ここに、風船が浮かんでいます（図 15）。この中に入っている  
気体は何だか知っていますか？

桐子：ヘリウムですね。

先生：その通りです。ヘリウムの密度は空気よりも小さく、風船を浮  
かせることができますのです。そして、水素の密度はヘリウムよ  
りもさらに小さいです。そのため、シャルルの気球にも利用さ  
れたのでした。

桐子：なるほど。熱気球が浮くのは、空気を温めると密度が小さくなるからですね。

先生：さあ、これまでの学習をふまえて、熱気球を離陸させるための条件を考えてみ  
ましょう。気球の袋の部分を球皮きゅうひといいますが、球皮内の空気を何℃以上に温  
めると、気球は浮かぶのでしょうか。

桐子：50℃くらいに温めると浮かぶのでしょうか？

先生：具体的に小型の熱気球で考えてみましょう。球皮の容積を 2000 L、気球の機体  
の重さ（球皮とかごの重さをふくめて）を 500 g とします。気温が 14℃であ  
ったとして、球皮内の空気を桐子さんが予想した 50℃まで温めます（図 16）。球  
皮内には外の空気は入りにくくなっており、球皮内の空気の温度はすべて等しい  
ものとします。



図 15

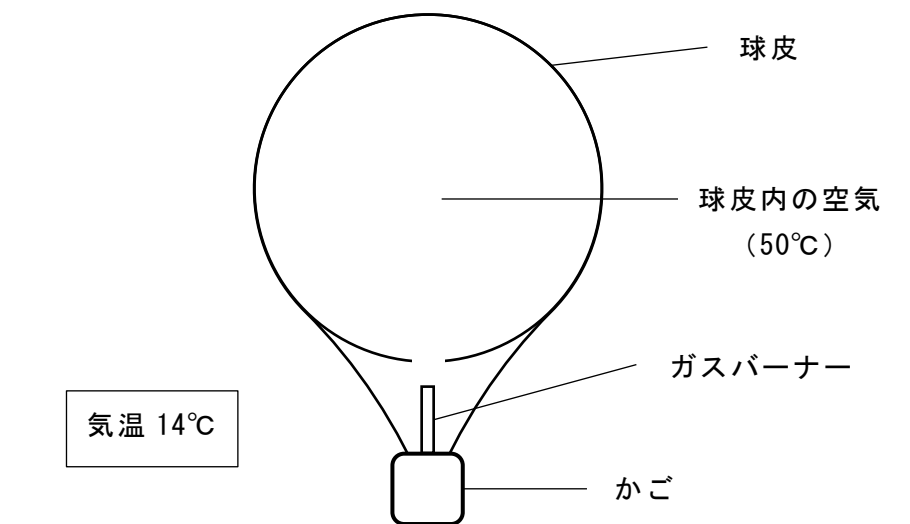


図 16

先生：9 ページの表 2 から考えてみましょう。50℃の空気の重さは、1000 cm<sup>3</sup>あたりでは、14℃のときよりも( ① ) g 軽くなっています。球皮の容積は 2000 L ですから( ② ) g 軽くなります。気球の機体の重さは 500 g なので、球皮内の空気を 50℃に温めても気球は浮かびません。ですから、50℃ではだめですね。

桐子：球皮内の空気の温度をもっと高くする必要があるのですね。

[問題 6]

- (1) 文中の空らん①と②にあてはまる数値を答えなさい。
- (2) この場合、球皮内の空気の温度を最低何℃まで温めると、気球は浮かびますか。ただし、温度は整数で答えるものとします。
- (3) 実際に人を乗せる熱気球の機体の重さは、気球に乗る人の重さも含めて、500 kg にもなります。この気球を離陸させるには少なくとも球皮の体積を何 L にすればよいですか。なお、気温は 14℃で、球皮内の空気は(2)で求めた温度まで温めることとします。

## 6 気球の利用

桐子：人を乗せて熱気球を浮かせるためには、とても大きな球皮が必要なのですね。

先生：シャルルはそのことにいち早く気づきました。そこで、空気を温めるより、密度がとても小さな水素を使った方が簡単に気球を持ち上げるだろうと考えたのです。また、昔はガスバーナーなどの加熱器具はありませんでしたから、球皮内の空気の温度を保つために毛糸や麦わらを燃やし続けなければならなかったことも水素を選んだ理由の一つだと思います。

桐子：モンゴルフィエ兄弟がつくった熱気球よりもシャルルたちがつくった水素気球の方が長く飛んでいました。

先生：そうでしたね。ところで、20世紀の初めになると、水素気球は人を乗せて高度3000 m 以上も飛ぶようになりました。さらに、水素気球にエンジンとプロペラをつけた飛行船へと発展しました。1910年ごろには、ドイツのある会社が、人々を飛行船に乗せていろいろな目的地へ連れていく豪華な旅を始めます。そして、1929年までに、大西洋を渡り、ヨーロッパとアメリカ大陸との間を行き来するようになりました。船で行くよりもずっと速く大西洋を横断できたのです。

桐子：国際的な空の旅が始まったのですね！

先生：しかし、水素気球の活やくは長くは続きませんでした。1937年に、アメリカ合衆国のニュージャージー州で水素を使った大型飛行船ヒンデンブルク号のばく発事故が起こりました(図17)。燃え上がる飛行船の映像は世界中に広まって、飛行船は危険な乗り物であるとのイメージを人びとに強く植え付けました。その結果、人を乗せた気球に水素を使うことが全面的に禁止されました。



図 17

先生：ちょうど同じころ、プロパンガスのボンベとガスバーナーを組み合わせた新しい熱気球が発明されました。現在、私たちがよく知っている形の熱気球です。これにより熱気球は復活をとげて、おもにスポーツ競技として発展しています（図18）。



図 18

桐子：今日は、気球についていろいろと学ぶことができました。昔の人びとのさまざまなくふうによって、現在の気球があるのですね。そんな気球に乗って、風まかせの空の旅を試してみたくくなりました。

[問題 7]

熱気球と水素気球のそれぞれの特ちょうをできるだけあげなさい。また、それらの利用方法を考えて書きなさい。ただし、どのような特ちょうを活かした方法なのかも説明しなさい。