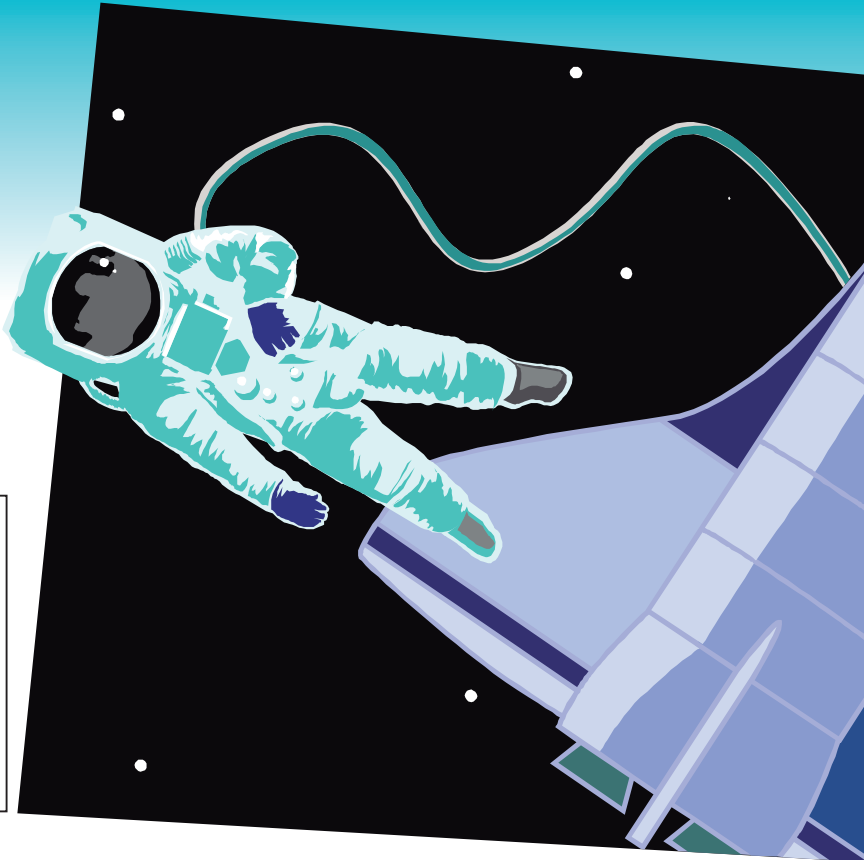


宇宙って、どんなところ？ —大気と真空—



●教材提供●
日本宇宙少年団
横浜分団 竹前俊昭氏

本教材は宇宙とのつながりを軸として科学を身近に感じてもらうために作った科学教材です。本教材の利用による事故等については一切責任を持ちかねますので、本教材の利用は、経験のある指導者の指導の下に行ってください。

2005年3月31日 発行
2013年4月1日 改訂

目標とねらい

「宇宙」の環境で、地上とは大きく違うものの1つに「真空」があります。空気のない宇宙を学習するのみでなく、大気についても考えてみましょう。ここでは、大気と真空に関する学習・実験を次の4つに分けて紹介しています。

1. 地球の大気について考えよう
2. 大気圧実験
3. 真空実験
4. 宇宙と真空

この4つは、順番通りに実施する必要はありません。1つだけで学習できるように、教材の内容もそれぞれ完結しています。

対象学年	小学校高学年以上	所要時間	1～4、それぞれ2～3時間
------	----------	------	---------------

1 地球の大気について考えよう

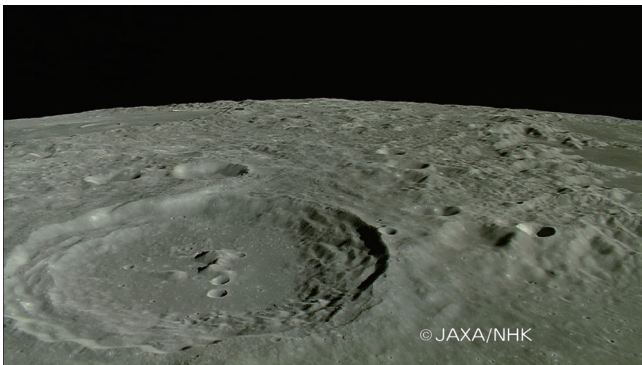
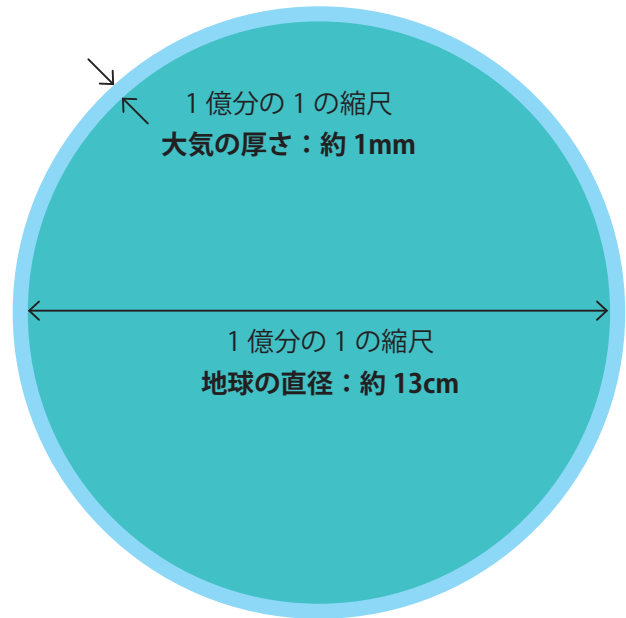
空気のない宇宙を考える前に、空気そのものを考えます。宇宙には空気がなく、地上にはあるわけですが、その境い目は一体どこなのでしょう？ 縮尺モデルを使い、地球大気の厚さ（薄さ）を予想させます。また大気について多角的に調べることによって、大気と人間のつながりに気づかせ、自分と関係のある問題としてとらえさせます。

①どこからが宇宙（真空）？

厳密には、大気は徐々に薄くなっていくので明確な境界線を引けませんが、人工衛星やロケットが飛ぶ高さを一般に言う宇宙と考え、地球大気の厚さ（薄さ）を予想させます。

その際、地球を直径 13cm の円にすると縮尺が 1 億分の 1 になり、考えやすくなります。最も低いところを飛ぶ人工衛星の高度が約 100km なので、大気の厚さを 100km と考えたとき、1 億分の 1 の縮尺では大気の厚さは 1mm になります。

- (1) これを、厚いと思いますか？ それとも薄いと思いますか？
- (2) この事実から、どんなことを感じるのでしょうか？

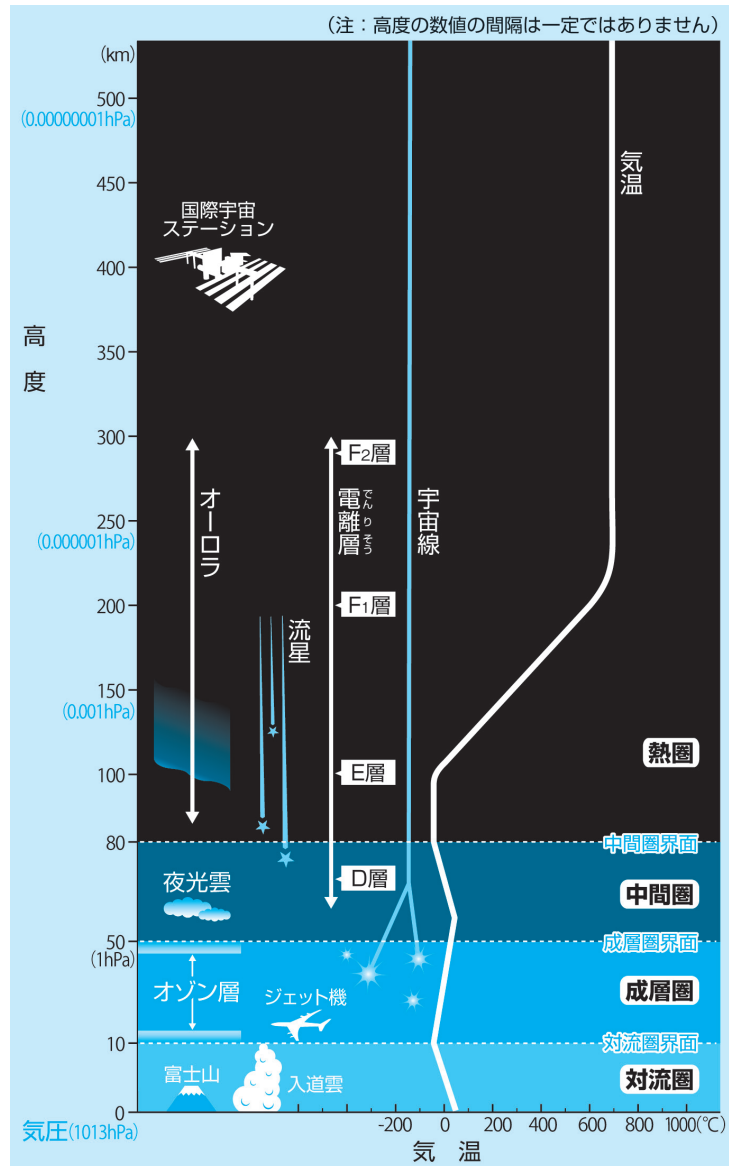


月の写真（左）と地球の写真（右）の輪郭の違い

月の輪郭（宇宙との堺）ははっきりしているのに対して、地球の輪郭はぼんやりしています。この差は大気の有無によるものです。

②高度と空気の薄くなる度合い

- (1) ①では宇宙からの目で大気の薄さ（厚み）を実感しましたが、もう少し詳しく大気について考えてみましょう。つまり 100km の厚みの中で大気はどう薄くなっていくのかを、インターネットを使うなどして調べてみましょう。
- (2) 高い山や飛行機の飛ぶ高さと比べてみましょう。つまり、海の深さと生き物の関係を調べるのと同じことをしてみるのです。大気の海のいちばん底には、人間が住んでいるのです。



③空気って何からできているの？

- (1) これはかなり発展的内容になりますが、大気の成分を調べてみるのもいいでしょう。地表面での成分の割合が高度とともにどう変化していくかを調べて②につけ足すと、より多角的な学習になります。
- (2) ほかの惑星の大気が何でできているのか調べてみると、宇宙へつなげていくことができます。大気のある星・大気のない星を調べていけば、大気のある地球の存在についてより深く考えるきっかけになるでしょう。

④地球大気と環境問題

- (1) 地球大気の成分がどう変化してきたか、その歴史を調べてみるのもいいでしょう。太古の地球から現在までの変化を調べ、これからの予想をしてみましょう。そしてその変化に、人間はどう関与してきたのでしょうか。
- (2) 大気汚染と人間の活動について考え、これからどうしていくべきか話し合ってみましょう。
- (3) オゾンホールを例に取り、生命が大気によって守られていることを知り、その大気に人間が多大な影響を与えていることについて考えてみましょう。

2 大気圧実験

日常生活では、まったくと言っていいほど意識していない空気存在。しかしその空気があるから、さまざまな現象が起こります。ここでは、一見あり得そうにない現象に空気が深く関わっていることに気づかせます。とくに、実感しやすい空気の「力」に関する実験を紹介します。

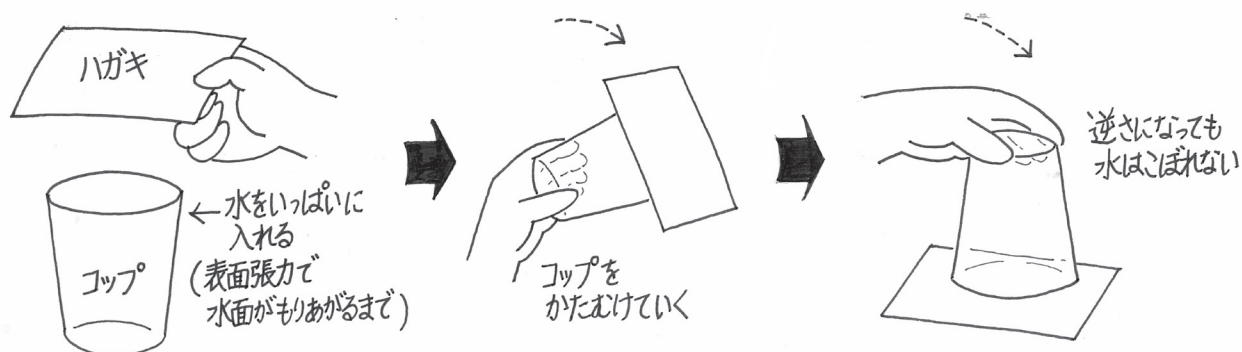
●実験に使う材料・工具など

<p>A-①</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> コップ <input type="checkbox"/> はがき <p>A-②</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 透明な2リットル入りペットボトル <input type="checkbox"/> 透明な500ミリリットル入りペットボトル <input type="checkbox"/> 穴をふさぐパテ、ホットボンドなど <p>A-③</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 殻をむいたゆで卵 <input type="checkbox"/> ガラスのびん（ゆで卵より少し小さい径の口をもつもの） <p>A-④</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> フラスコ <input type="checkbox"/> ゴム風船 <input type="checkbox"/> ガスバーナーなどフラスコを熱する器具 <p>A-⑤</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 新聞紙 <input type="checkbox"/> わりばし 	<p>B-①</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ジュースの空き缶 <p>B-②</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 一斗缶 <input type="checkbox"/> ドラム缶 <input type="checkbox"/> カセットコンロ <input type="checkbox"/> コンクリートブロック、レンガなど <p>B-③</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 広口びん <input type="checkbox"/> ラップフィルム <input type="checkbox"/> 輪ゴム <input type="checkbox"/> 注射器型の真空ポンプ <p>*購入可能な簡易真空ポンプ（理科教材）の例 ナリカ（旧 中村理科工業）大気圧実験セット （CAT.No.C15-6052）</p> <p>B-④</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 金属のボウル（台所用品）同じものを2つ <input type="checkbox"/> 厚紙 <input type="checkbox"/> 大型の吸盤
--	--

A. 見えない力がかかっている

A-①逆さにしたコップの水

口にあふれるほど水を入れたコップ（表面張力で盛り上がるくらい）の上にハガキを載せ、徐々に傾けていきます。しまいにはコップが逆さになっても、なぜか水はこぼれません。



A-②鳥の水飲み容器

透明なペットボトルで、右の図のような容器を作ります。穴は下にあるにもかかわらず、水があふれ出してきません。

2リットル入りペットボトル

水もれをふせぐため、つぎ目のすきまをパテ、ホットボンドなどでふさぐ

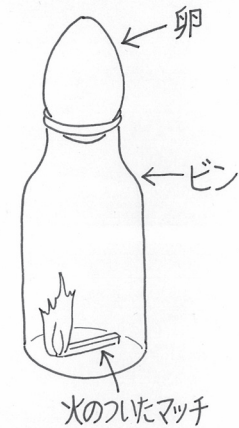
500ml ペットボトル

約半分にカットし、上側になる部分に窓をあける



A-③ゆで卵が容器の中へ

卵より小さな径をもつガラスびんに、殻をむいたゆで卵を載せます。どうしてもゆで卵をビンの中に押し込めそうにありませんが、燃えているマッチ棒をビンの中に入れて、やがてゆで卵はビンの中に入っていきます。



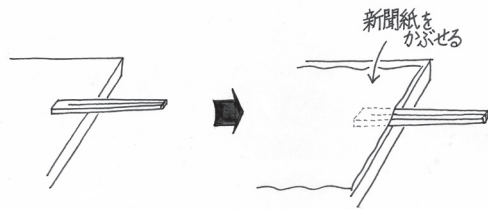
A-④内側にふくらむ風船

フラスコに少量の水を入れ、火にかけて沸騰させじゅうぶんに蒸気を立たせます。フラスコの口にふくらませていない風船をはめてフラスコを冷やすと、風船は内側に向けてふくらんでいきます。口が開いたままの不思議な風船のできあがりです。



A-⑤新聞紙を使ってわりばしを折る

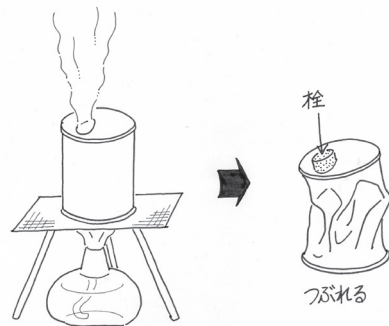
机のはしにわりばしを置き、空手チョップで折ってみましょう。普通ならはしが飛び跳ねて折れませんが、新聞紙を1枚かぶせて空手チョップをすると、わりばしが跳ねずに折れます。しかも新聞紙は破れません。



B. 中の空気をぬくと？

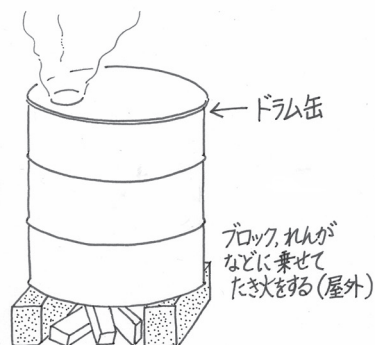
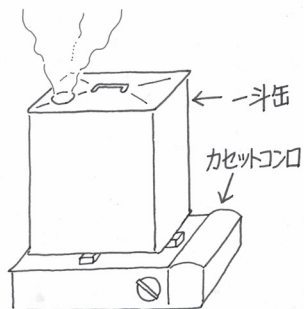
B-①ジュース缶つぶし

ジュースの缶に水を少量入れ、火にかけて沸騰させます。じゅうぶん蒸気が上がったところで栓をして、放置します(冷ます)。すると缶は、何もしないのにつぶれていきます。



B-②一斗缶つぶし・ドラム缶つぶし

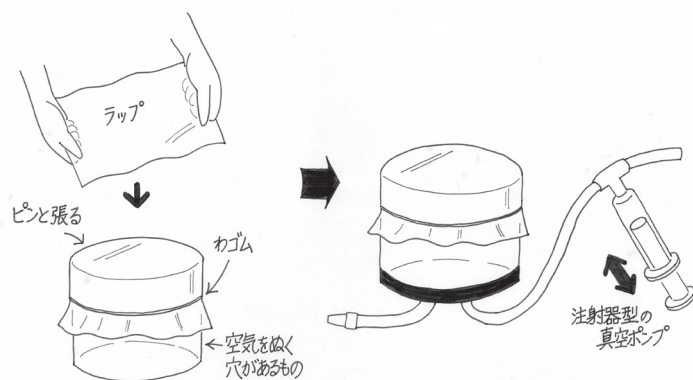
B-①と同様のことを、一斗缶やドラム缶を使って行います。栓をした後、水かけるとさらに早くつぶれます。



B-③ラップフィルム破裂

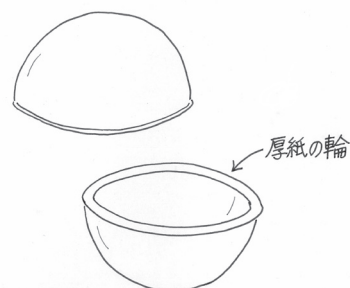
広口びんの口にラップフィルムを張り、輪ゴムでとめます。

びんの中の空気を抜いていくと、内側に凹んだラップフィルムが大きな音を立てて破裂します。



B-④マグデブルグ球

金属のボウル（台所用品）を使って、マグデブルグ球を作ります。ボウルの間には、厚紙で作った輪を水で濡らして挟んでおきます。ボウルの中にアルコールを少し入れて火をつけ、素早くボウル同士を合わせます。火が消えて温度が下がれば、いくら引っ張っても2つのボウルは離れません。なお、ボウルを引っ張るときは、大型の吸盤を利用するといいでしょう。



科学する心を
育てよう

- ①日常生活における大気圧は、上下左右どの方向にも同じ力で作用しています。つまりA-①では常にハガキを押しつける向きにはたらき、A-②では水面を下に押しつける向きに大気圧がはたらいています。またA-⑤では、わりばしにかぶせた新聞紙（大面積）を大気圧がおさえつけているので、折ることができるのです。
- ②これら大気圧は、空気の重さによって生まれます。空気は軽いものだと思いますが、わたしたちにのしかかっている空気の重さは相当なものです。人間は、空気の海の底に住んでいるのです。
- ③大気圧をじかに感じるには、栓をした注射器を引っ張ってみるのがいいでしょう。なぜ引っ張るのに力が必要なのか？ 何が引っ張るのを妨げているのかを考えると、見えない大気圧が見えてきます。
- ④身近な例としては、吸盤がなぜくっついて離れないのか考えるのもいいでしょう。何が吸盤をおし続けているのかを考えます。
- ⑤吸盤の内側に少しでも空気が入ると、途端に吸盤が離れてしまうのはなぜでしょう。大気圧の力の向きを矢印でかいて考えると、より理解しやすくなります。
- ⑥物が動いていないときは、その物に力が何もはたらいていないか、もしくは、はたらいている力が釣り合っているかのどちらかです。とくに見えない空気の力はないものだと思います。中の空気をぬくと初めて外から力が加わったように見えますが、内外で釣り合っていた力のバランスが崩れたのです。A-③、A-④、B-①、B-②、B-③、B-④の実験は、内側の圧力が低くなったため、外側からの力（大気圧の差）がはたらいた結果です。
- ⑦なるべく真空ポンプを使用しなくても済むように、B-③以外は空気を抜く（減圧する）のに水蒸気や火を利用しています。水は水蒸気（気体）になると体積が1,700倍にもなります。沸騰したお湯の水蒸気で満たされた容器では、空気は追い出されています。ここで容器にふたをして冷やすと、水蒸気が水にもどり体積が極端に小さくなり、気圧も下がるのです。
- ⑧A-③やB-④では、燃焼して膨張した空気が容器の外へ出て行きます。その後、容器内が冷えてくると圧力も下がるのです。これら物質の状態・体積変化を理解するのは、小学生ではむずかしいと思います。目の前で起きた現象について、力の観点で理解させるのが第一でしょう。

安全対策

A-①やA-②では水を使うので、こぼれても困らない場所で実験をしましょう。またA-③、A-④、B-①、B-②、B-③、B-④では減圧するのに火やお湯を使用するので、その取り扱いには大人が行うなどの注意が必要です。A-⑤やB-④では力を加えるので、広い場所で周囲の安全を確認してください。B-③では大きな音がするので、あらかじめ驚かないように言うておきましょう。

3 真空実験

いよいよ空気がない状態で、見慣れたものがどう変化するかを実験します。真空の状態をつくるには、次のような方法があります。必要に応じて、揃えましょう。

①自作できる真空ポンプ

そのまま使えるのは注射器。大型注射器の先端にゴム栓をし、注射器の中に物を入れて実験します。

②簡易実験が可能な真空ポンプ（転用可能な市販品）

科学実験教材として市販されているもののほかに、真空保存容器、真空漬け物容器やワイン酸化防止ポンプなどの台所用品も活用可能です。

③購入可能な簡易真空ポンプ（理科教材）

ナリカ（旧 中村理科工業） 大気圧実験セット（CAT.No.C15-6052）

④本格的な真空ポンプ

理科教材のカタログに何種類か紹介されています。また購入しなくても、近くの学校（中高）から借りることが可能かもしれません。

A. まわりの空気がなくなると？

A-①しぼんだ風船

おなじみの実験です。空気をぬいていくと、しぼんでいた風船は空気を入れていないのにふくらんできます。

A-②マシュマロ・コココーラ

今日のおやつはマシュマロとコココーラです。これを真空の宇宙空間に出したらどうなるでしょう？

B. 真空世界の現象

B-①低温沸騰

ぬるま湯を真空容器に入れ空気をぬいていきます。100℃でもないのに、泡が出て沸騰してきます。お湯といっしょに温度計を入れておくと、水温の変化のないことがはっきりわかります。

B-②燃焼

真空容器の中にローソクを立て、火をつけます。真空容器を密閉するとやがて火は消えますが、真空引きしたほうが早く火が消えます。

B-③音

ブザーを真空容器の内側に触れないように（ぶら下げるなどして）取りつけて、音を鳴らします。空気を抜いていくと、聞こえる音はどんどん小さくなっていきます。

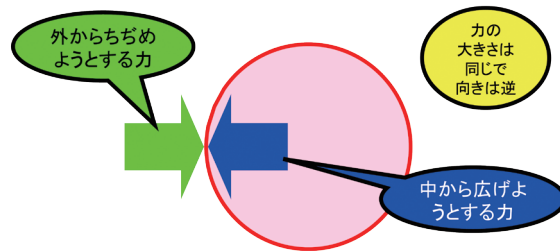
B-④低抵抗（真空落下）

透明な長い筒の中に金属と鳥の羽を入れ、真空引きした後、上下を逆さにして落下させます。金属と鳥の羽が同時に落下します。

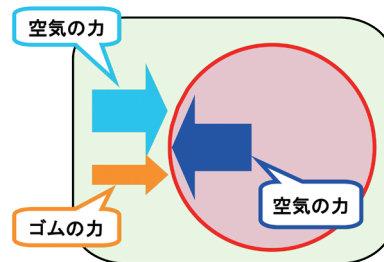
A. ～周りの空気が無くなると？～

①前項の大気圧実験では中の空気をぬきましたが、ここでは実験する物のまわりの空気をぬきます。空気をぬく前にどう変化するか予想させ、なぜそう思ったのか考えることが大切です。子どもの半数近くは、大気圧実験のときと同様につぶれると予想します。ここでもまた力を矢印で表し、どの向きにはたらいっているかを考え理解させます。

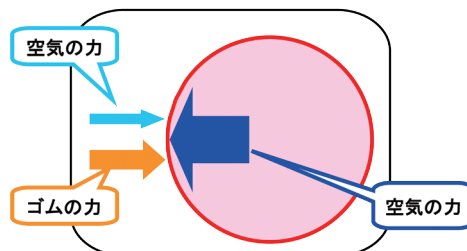
(1) 丸くふくらんでいる風船は、何もしなければ大きさは変わらない。でも実は目に見えないいくつかの力が風船に働いている。「中から広げようとする力」と「外からちぢめようとする力」が同じだから形は変わらないし、どの部分にも同じ力が働いているから丸くなっている。



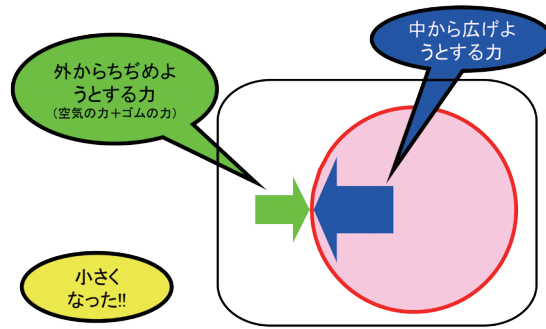
(2) この風船を容器の中に入れる。それぞれの力の元は何か考えてみると、「外からちぢめようとする力」はゴムの(ちぢもうとする)力と、風船の外側の空気の力。「中から広げようとする力」は、風船の内側の空気の力。



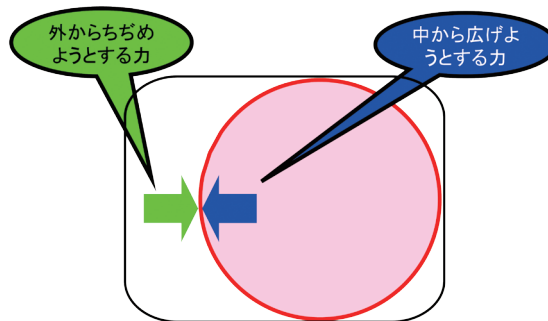
(3) 容器の空気をぬくとどうなるか？つまり、風船の周り、うす緑色の空気が無くなると、「外からちぢめようとする力」のうち、ゴムの力は変わらないが空気力は弱くなる。一方、「中から広げようとする力」は変わらない。



(4) つまり、「中から広げようとする力」の方が、「外からちぢめようとする力」より大きくなる。

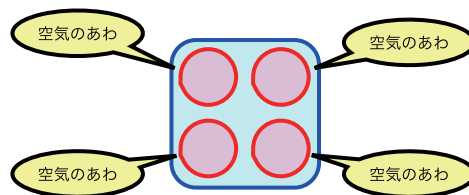


(5) その結果、「中から広げようとする力」が「外からちぢめようとする力」と同じ大きさになるところまで風船が膨らむ。

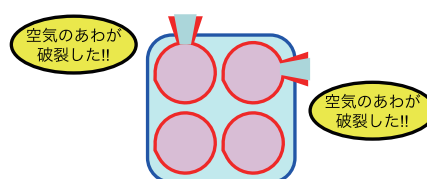


②風船で現象が理解できたら、マシュマロやコカコーラについても理解は容易になります。マシュマロやコカコーラの中には、小さな空気が風船になって詰まっていると考えればいいでしょう。なお、マシュマロは大気圧にもどすと元の大きさより縮んでしましますが、これは真空引きで気泡が破裂したためと考えられます。

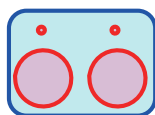
(1) マシュマロが柔らかいのは中に空気の泡をたくさん含んでいるから。



(2) 容器の中を真空にすると、風船が膨らんだ様に泡が膨らんでマシュマロは大きくなる。この時、膨らみ過ぎた泡のいくつかは破裂してしまう。



- (3) 容器を大気圧に戻すと泡も元の大きさに戻るが、破裂した泡は潰れるまで小さくなってしまふ。するとマシュマロ全体も元より小さい大きさになってしまう。



- ③ A-①では丸い風船の代わりに、ゴム手袋を使うほうがより子どもたちを引きつけることができます。指を折って畳んでおけば、ゴム手袋が生きている様にムクムクと動き出します。
- ④ A-②では整髪ムースを使うのも面白いでしょう。コカコーラより強烈なのはビールですが、注意しましょう。泡や水分が真空ポンプに悪影響を与え、故障のもとになります。

B. ～真空世界の現象～

- ⑤ここで取りあげた実験は、どれも一般的なもののばかりです。教科書や科学実験集の真空実験で、必ずと言っていいほど取りあげられているものです。しかし目の前で起きている現象が、宇宙と本当に結びついている（宇宙を身近に感じている）でしょうか。そこで実験後に、宇宙での映像を見たり、その現象について話し合ってみたりすることが大切だと思います。
- ⑥例えば低温沸騰から発展して、人間の身体の変化について考えるのはどうでしょう。人間の体内には血液をはじめたくさんの水分があります。もし普段着のまま宇宙空間に出たら、人間の身体（血液・体液）はどうなってしまうのでしょうか？ そうならないために着る服が、宇宙服です。
- ⑦酸素のない（真空の）宇宙では、ロケットは燃料をどのようにして燃やしているのでしょうか？ ロケットは、必要な酸素を持っているのです。液体燃料の場合、水素・酸素の組合せが代表的です。固体燃料は、燃料と酸化剤が混ぜ合わされています。
- ⑧宇宙での戦争を描いたSF映画やアニメーションでは、爆発して大音響がとどろくシーンが出てきますが、本当にそんな音がするのでしょうか？ こんなことを話し合ってみるのも面白いですね。（ただ映画やアニメで効果音がなかったら、恐ろしくつまらないものになってしまうでしょうね）
- ⑨真空落下については、アポロ宇宙飛行士が月面で金属と鳥の羽を同時に離して、同時に月面に落ちる映像があります。

安全対策

実験の一般的な注意のほかに、ポンプ（可動部のあるもの）を使用する際には注意が必要です。子どもが直接扱うのが危険な場合には、大人が実施して見せるとよいでしょう。

4 真空と宇宙

真空という宇宙環境をある程度学習した後、さらに宇宙開発と結びつきの強いより具体的な話題に入ります。ここでは、展開方法の例と、科学する心を育てるための具体的なヒントを記します。実際の学習では、図書館やインターネットで調べることに加えて、宇宙開発に直結した資料が欲しいところです。JAXAの「コズミックカレッジ」では、このようなテーマを数多く取りあげています。コズミックカレッジのテキストやビデオ等の教材を利用するといいでしょう。

科学する心を
育てよう

A. 真空と宇宙

①真空とロケット

真空の宇宙へ乗り出すにはどんな工夫・仕組みが必要なのか、宇宙開発の現場を見てみましょう。

真空の宇宙では燃料を燃やせないことは、実験をしてわかりましたが、なぜロケットなのでしょう。飛ぶものの代表として、プロペラ推進・ジェット推進・ロケット推進を取りあげ、考えてみましょう。これらの3つは、「後ろにガス（プロペラは空気）を押し出した反動で前に進む」という原理を用いることでは変わりません。ただし、このガスをどう作り出しているかが違うのです。

②真空と人工衛星

宇宙を飛び続ける人工衛星の燃料は、どうなっているのでしょうか？ 真空の宇宙では、ブレーキがかかりません。これは真空落下実験でも確認済みです。アンテナを地上に向けたり姿勢を変えるのに燃料は必要ですが、飛行機のように、飛び続けること自体に燃料は必要ないのです。

③真空と人間（船外活動と宇宙服）

人間が普段着のまま宇宙空間に出たらどんなことになるか、今までの真空実験から想像してみましょう。肺には空気がたくさん入っているので、いわば風船のようなものです。したがって、真空中では血液や体液は、体温でも沸騰してしまうでしょう。また血液中には酸素や二酸化炭素が溶け込んでいますが、それらも泡になってしまうかもしれません。こう考えた上で宇宙服について学習すると、より効果があると思います。またゴム手袋の上に軍手をはめて、指を動かしにくい宇宙服の体験を試みるのもいいでしょう。

④真空と生活

真空の宇宙はとてもきびしい環境ですが、身近に真空を利用したものはないか考えてみましょう。例えば、フリーズドライは真空引きすることによって水分をぬく方法で、多くの保存食に利用されています。

B. 真空と熱

- ⑤空気がないと、熱の伝わり方も変わってきます。人工衛星の表面を覆っている金色のフィルムは、何のためでしょう？ 空気のない宇宙では、日向と日陰の温度差が数10度～100度になります。このフィルム（サーマルブランケットやMLIと呼びます）は熱を伝えにくいしくみになっていて、人工衛星を熱から守っているのです。
- ⑥熱をコントロールするのに真空を使う身近な例としては、魔法瓶があります。魔法瓶は二重構造になっていて、外側と内側の容器の間には空間があります。この空間（真空）が、内の熱が外に逃げるのを防いでくれます。

C. 惑星と大気

- ⑦ここまで来ると「比較惑星学」になってしまいますが、私たちの大気のある地球を見つめ直すいい機会になります。大気のない代表は月です。アポロ飛行士の月面活動の映像を見たりしながら、大気のない世界を学習してみましょう。
- ⑧薄い大気があるのは火星です。多くの探査機が火星の気象（砂嵐・夕焼け）を観測しています。また火星の大気は、地球上ではどれくらいの高度に相当するのでしょうか？
- ⑨濃い大気があるのは金星です。しかしその濃さから、地表のようすは地球とはまったく異なります。金星の大気その成分は何でしょう？ ほかに大気のある惑星や衛星について、調べてみましょう。
- ⑩最後は、地球について考えてみましょう。なぜ地球には大気があるのでしょうか？ 大気をつなぎとめておく力や、大気をはぎ取ろうとする力は何でしょう？ 重力・磁気圏・太陽風など新たな知識が必要になりますが、高校生ならこれくらい幅広い目で地球を見つめてほしいものです。
- ★真空の宇宙へ出るには、人間には宇宙服が必要なことがわかりました。宇宙船の中は、宇宙服が必要ない環境が作られています。一連の真空の学習を通して、地球も宇宙に浮かぶ一つの宇宙船として見る視点を、子どもたちが持ってくればと思います。

学習指導要領との関連

小学校	4年	理科（粒子）	空気と水の性質
小学校	5年	理科（地球）	天気の変化
小学校	6年	理科（生命）	生物と環境
中学校	1年	理科（エネルギー）	力と圧力
中学校	2年	理科（地球）	気象観測
中学校	3年	理科（生命・地球）	生物と環境
中学校	3年	数学（図形）	図形の相似

キーワード 真空、大気、圧力、気圧、酸素、宇宙、熱

①あなたが行った大気圧実験（A-①～⑤）について、実験の方法と結果をまとめましょう。

実験A- ()

●実験の方法

	☒
--	---

●実験の結果

--

●実験からわかったこと

--

●この実験と同じ現象を確かめられる別の実験など、思いついたことを書いておきましょう。（*中学生以上）

--

②あなたが行った大気圧実験 (B-①~④) について、実験の方法と結果をまとめましょう。

実験B- ()

●実験の方法

●実験の結果

●実験からわかったこと

●実験を行うにあたって注意したことや工夫したこと、調べたこと (*中学生以上)