表面張力の不思議を体験しよう！

ー表面張力のおもしろ実験ー

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下さい。



2010 年 4 月 1 日　発行

目標とねらい

微少重力の宇宙では、かつて宇宙飛行士の毛利衛さんが実験で示したように、大きな水の玉が球の形を保ったまま空間を浮遊します。これは、水をつくっている分子が、隣り合う分子とお互いに引き合って縮まろうとするからです。この力――表面張力――は、草の上の水滴が球形になる、いっぱいに入れたコップの水が丸く盛り上がるなど、私たちの身の回りでも興味深い現象を引き起こします。表面張力（分子間にはたらく力）が引き起こすさまざまな面白い現象を実験で再現し、子どもたちといっしょに不思議を体験しましょう。

★ここでは指導例を紹介します。活動実績や子どもたちの年齢等に応じてアレンジし、リーダーの創意工夫を生かしてご活用ください。

対象学年	小学校中学年以上	所要時間	2 ～ 3 時間

●用意するもの

□ガラス板やステンレス板など平滑な面をもつもの
□透明なガラスのコップ
□水
□鉄のゼムクリップ
□アルミニウムの針金（太さ 1mm 程度のもの）
□食器洗い用の洗剤
□プラスチックのフィルム（透明な弁当のふたや OHP シートなど）
□つまようじ
□水槽（幅 30 センチ以上のもの。水槽がなければ底の深い洗い桶でもよい）
□持ち手つきの金網（料理に使うアク取り用の網じゃくし）
□はさみ
□カッターナイフ
□インターネットに接続したパソコン
□できればパソコン画面を拡大して投影するプロジェクタとスクリーン

1　宇宙の水玉実験を見よう



①宇宙では、宙に浮いた水が丸くなる（毛利さんの実験映像を見る）

最初に宇宙飛行士の毛利衛さんが 2000 年にスペースシャトル内で行った宇宙実験の映像を見ましょう。以下のサイトで見ることができます。http://www2.edu.ipa.go.jp/gz/d-etu1/d-muj1/d-mrj1/d-miz1.mpg（IPA の教育用画像素材集。利用する際は利用規約を参照してください。）

あるいは、JAXA ホームページ→広報サービス→デジタルアーカイブス→ビデオアーカイブス（http://jda.jaxa.jp/jda/v1_j.php) で、検索のらんに「水玉実験」と入れて検索すると、毛利さんが水玉実験をしているところを見ることができます。ただし、こちらは編集されていないので、そのシーンを探すのに時間がかかります。

②宇宙の水は大きな球になるのに地上の水玉は……

微少重力の（重力がほとんどない）宇宙では、毛利さんの実験のように水が球形になって空間を漂います。これは、水に表面張力がはたらいているからです。

表面張力は、地上の水にもはたらきます。草の上の水滴が丸くなったり、コップに注いだ水の水面が盛り上がったりするのは、表面張力がはたらいているからです。

地上でも、ごく少量の水なら雨粒や葉の上の水滴のように丸くなります。また、テフロン加工のフライパン表面のように水をはじく性質が強い材質の上では、かなり大きな水玉ができますが、水玉自身の重みでつぶれて、宇宙のような球形にはなりません。



▲テフロン面の上にできた水玉（比較のために米粒を置いた）。

2　表面張力って何？

①水の表面が丸くなっていることを確かめましょう。

ア．平らなガラス板やステンレス板などに水滴を落として、その形を観察します。

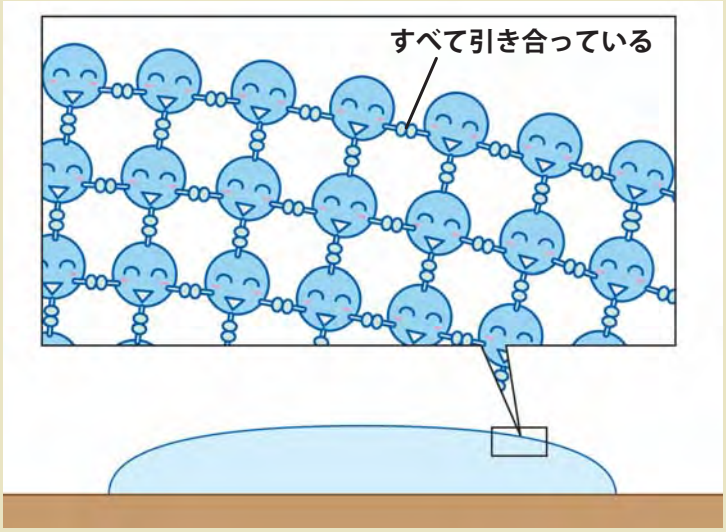
イ．コップにいっぱいに水を満たして、盛り上がる水の形を観察します。



②表面張力とは何か、子どもたちに説明します（16-3 ページの「参考」を参照）。年齢や学年に応じて、理解できる範囲で解説しましょう。このあと行う実験で“表面張力を体験すること”に重きを置きます。

参考　水玉はどうして丸くなる？　表面張力とは？

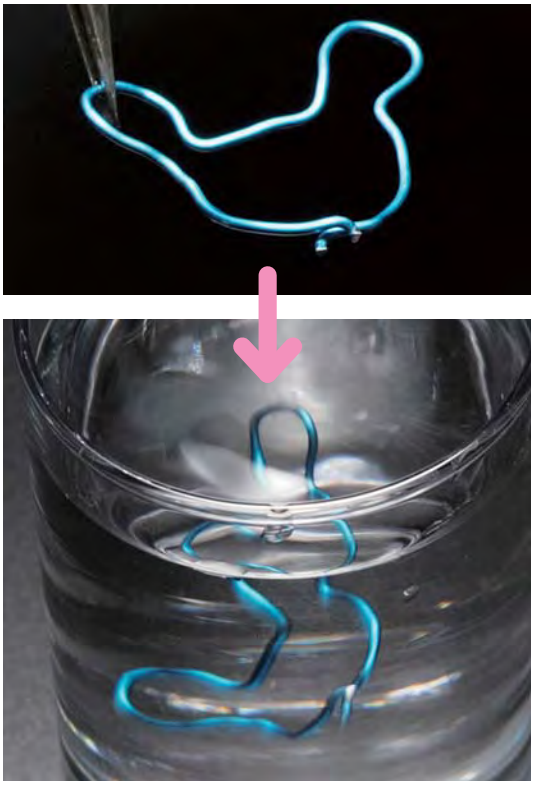
水をつくっているのは、水の分子です。平らな机の上に垂らした水は、丸く盛り上がった水玉となっていますが、このとき水玉の中のほうにある分子は、自分の周囲のあらゆる方向の分子と引き合い安定しています。一方、水玉の表面にある分子は上側に自分と引き合う水の分子がありません。その結果、表面の分子は内側に引かれることになり、水は表面積を小さくするように丸くなります。このように、液体の分子どうしが引き合って、表面積を小さくするようにはたらく力を表面張力といいます。



3　楽しい実験で表面張力を確かめよう

実験①　針金の動物を浮かべよう

アルミニウムの針金で好きな形を作って、コップの水に浮かべてみましょう。（浮かびやすくするには、平坦に作る工夫が必要です。横から見て凸凹していると浮かびません。）



▲凸凹していると浮かばない。



●アルミニウムの針金が水に浮かぶわけ

水の表面にはたらく表面張力（分子どうしが引き合う力）が、アルミニウムの針金の重さを支えているからです。

実験② 洗剤を１滴垂らすと？



鉄のゼムクリップが浮いている水に、洗剤をたらすとどうなるでしょう？



●ゼムクリップが水に沈むわけ

洗剤の主成分は、界面活性剤といわれるもので、表面張力を低下させるはたらきがあります。そのため、水は針金を支えられなくなり沈んだのです。

実験③ 洗剤エンジンのボートを作ろう



プラスチックのシート（透明な弁当のふたや OHP シートなど）を船（ボート）の形に切ります。できたボートの船尾に、洗剤をつまようじで少しつけて水に浮かべてみましょう。ボートは、どうなるでしょう？

●ボートが前に進むわけ

水面に浮かんでいるボートの後方の水は、洗剤によって表面張力が弱まります。水の分子の引っぱる力が弱まるわけです。一方、ボートの前方の水は、表面張力が強いまま、すなわち分子の引っぱる力が強いままです。そのため、ボートは前に引っ張られて進むのです。

発展●その１

うずまき型のプラスチックを浮かべてみよう

右のように渦巻き型にプラスチックを切り取って、中心の●のところにつまようじの先で洗剤をつけ、水に浮かべてみましょう。

うずまきは、どんな動きをするでしょう？

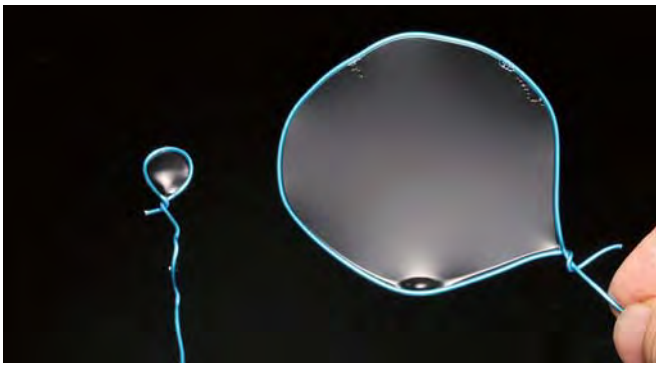


発展●その２

シャボン液の膜を張ってみよう

①針金で枠を作り、枠の中にシャボン液の膜を張ってみましょう。（シャボン液は、洗剤を水に溶かして作ります。）

②うまくシャボン液の膜が張れたら、水で同じように膜が張れるか試してみましょう。



▲水（左）では小さな膜しか張れない。右はシャボン液の膜。

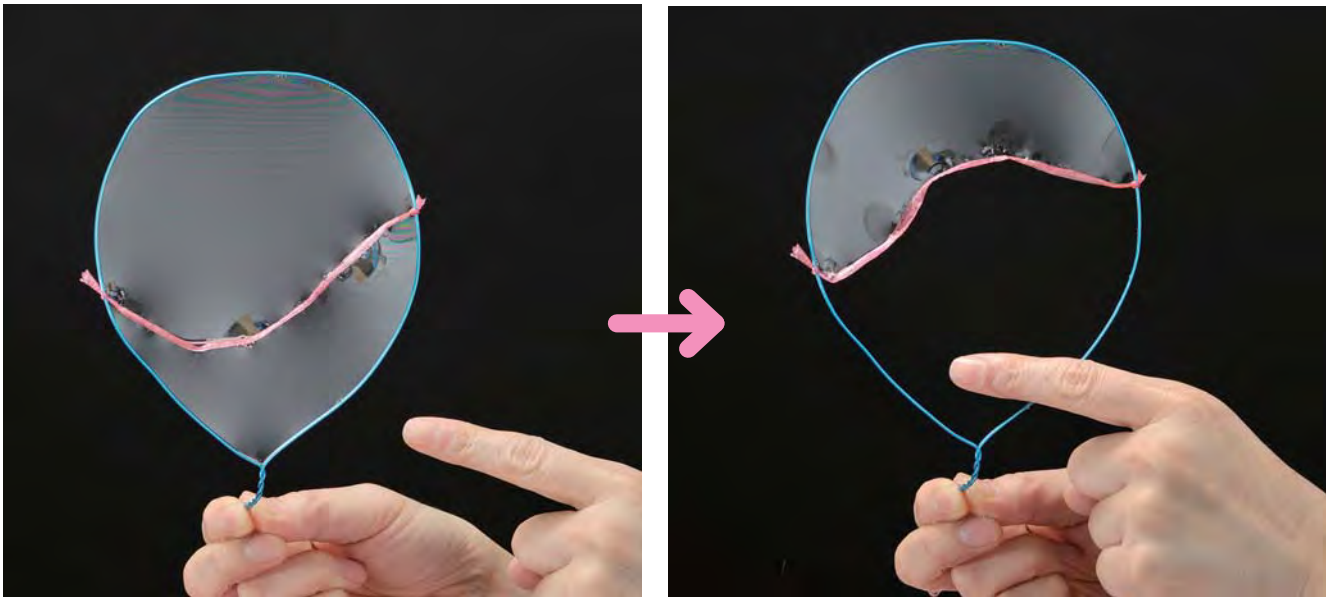
●シャボン液だと膜が張れるのに水だと張れないわけ

水は、表面張力がとても強いので、細かい網目のようなところでないと膜が張れません。膜が引っぱられて切れてしまうのです。シャボン液は、界面活性剤のはたらきで表面張力が弱いので、大きな膜を張ることができます。

2つに分けた丸い枠にシャボン液の膜を張り、下の膜を指で破ると？

①針金で枠を作り、枠の中をひもで２つに分けて、その両方にシャボン液の膜を張ります。

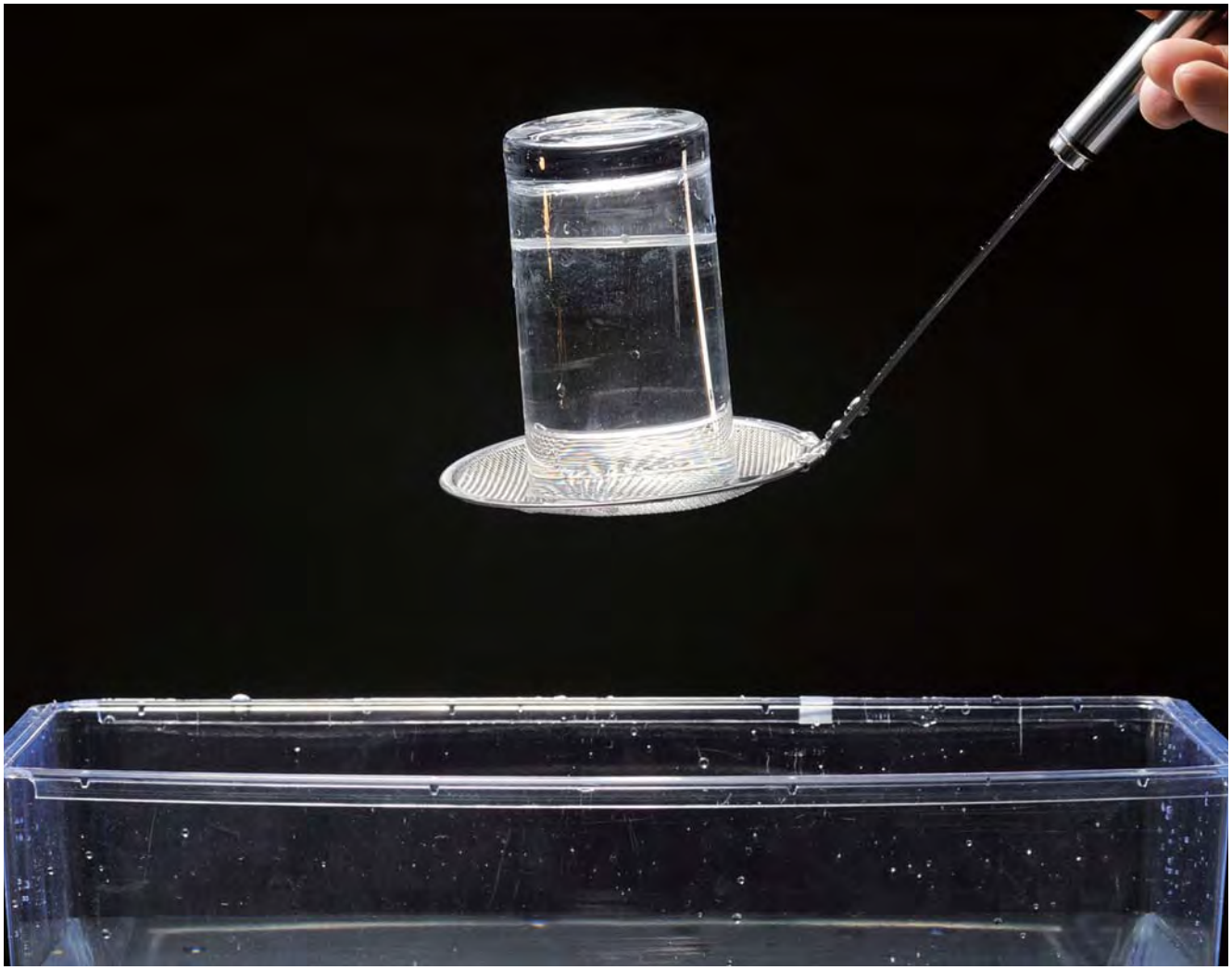
②下の膜を指で破ると、ひもが上のしゃぼん液の表面張力によって、引っぱられるのが観察できます。



実験④　逆さにしたコップの水を「金網」で支えよう

ア．水槽とプラスチックのコップ、そして持ち手つきの金網（料理に使うアク取り用の網じゃくしがよい。ただし、丸い網の直径がコップの直径より大きいもの）を用意します。

イ．水槽の水にコップを沈め、水中に沈めた金あみの上にコップをさかさまにのせます（このときコップには水が入ったまま）。そのまま静かに金網とコップを持ち上げます。コップの中の水はこぼれません。金網にはすき間があるのに、なぜ水は落ちないのでしょう？



★うまくいかないときは？

金あみでコップを持ち上げると、水が落ちてしまうかもしれません。そのとき、少し水が落ちて空気が入ってしまっても、途中で水の落ちるのが止まれば、実験は成功です。コップのふちを水平にしたまま、そっと持ち上げることが成功のポイントです。

●金網から水がこぼれないわけ

金網の目に入った水は、表面張力のはたらきにより幕を張るように網目をうめています。水の分子どうしが引っ張り合う表面張力が、コップの水を支えます。さらに、網目をうめた水の表面には大気圧がはたらき、下から水を支えます。この２つの力――表面張力と大気圧――が、網目から水が落ちないように支えているのです。

参考 表面張力が起こす対流「マランゴニ対流」の実験が「きぼう」で行われている



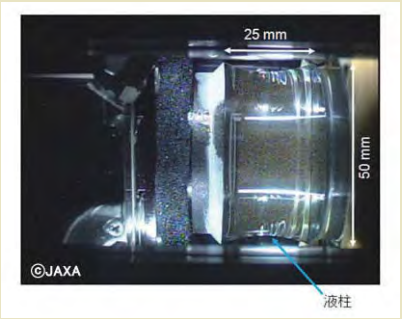
▲国際宇宙ステーション（ISS）のきぼう実験棟（CG）

私たちがふだんの暮らしの中で見たり感じたりする対流は、熱対流です。鍋ややかんで水を温めるとき、冷たくて密度の大きい水は沈み込み、温められて密度の小さくなった水は浮き上がり、ぐるぐると回り動きながら温まっていきます。このように、温度による密度の差によって起こる対流を、熱対流といいます。

対流には、表面張力によって起こるものもあります。「マランゴニ対流」と呼ばれるもので、温度勾配や濃度勾配によって、液体表面の表面張力が不均質になることが原因で、液体の流れが引き起こされる対流です。

このマランゴニ対流は、シリコンなどの半導体材料を溶かして再結晶するときに発生するので、関係者を悩ませています。この対流が発生するときれいな結晶ができないのです。

マランゴニ対流に関しては、まだわからないことがたくさんあります。国際宇宙ステーションのきぼう実験棟では、微小重力の環境を活かして、マランゴニ対流の謎を解き明かす研究が行われています。微小重力の宇宙では、熱対流の影響がないので、地上ではできないマランゴニ対流の研究ができるのです。



◀きぼうで行われているマランゴニ対流実験では、シリコーンオイルという液体で大きな柱（液柱）を作り、液柱の表面の流速や温度の分布、内部の流れの変化を調べる。写真は、実験で生成された液柱。

「ワインの涙」はマランゴニ対流の例

日常生活の中で見られるマランゴニ対流の例としては「ワインの涙」があります。ワインを注いだグラスを軽く揺らしてしばらく待っていると、グラスの壁の液面よりやや上に、波のような模様が現れます（アルコール度が高めの赤ワインだと現れやすい）。これをよく見ると、グラスの壁から涙がしたたり落ちるように見えます。

この現象については、JAXA の Web ページ「物質科学実験 Marangoni」の中で、次のように解説されています。http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/first/marangoni/kaisetsu.html

1．グラス内面のワイン薄膜表面からアルコールが蒸発します。（ワインは大雑把にはアルコールと水でできている）
2．薄膜の先端部ほどアルコール濃度が低下するので、その部分の表面張力が大きくなります。（アルコールの表面張力は水より小さい。）
3．このように薄膜の表面上に表面張力の差ができると、表面張力の大きい部分に向かって表面の液体が引き寄せられ、その影響で表面以外の液体も重力に逆らって上向きに流れます。
4．吸い上げられたワインからは、ますますアルコール分が蒸発しますが、水分はその場に残るので、たまってきた水分が円周方向に一定の間隔で涙のようにしたたり落ちます。

★興味のある方は、ワインを楽しむとき確かめてみましょう。



▲ワインの涙

科学する心を育てよう

①表面張力が引き起こす現象を、毎日の暮らしの中から探してみましょう。

②表面張力を利用して水に浮いている昆虫には、どのようなものがいるでしょうか。

③洗剤をつけることで水面を走るボートのように、表面張力を利用して動くおもちゃを考えてみましょう。

④石けんや洗剤を使うと汚れが落ちやすくなるのはなぜか、調べてみましょう。

⑤シャボン玉がなぜできるのか考えてみましょう。

⑥よくふくらんで、なかなか割れないシャボン玉を作りましょう。シャボン液に、どんなものをどのくらい配合したらよいかインターネットや本で調べ、実験しながら確かめましょう。

安全対策

①針金やつまようじ、プラスチックのシートなどで、子どもたちが目を突かないように注意しましょう。

②水槽やコップなど、ガラスが割れてけがをすることがないように気をつけましょう。

③合成洗剤が手についたら、早めに水で洗い落としましょう。

④合成洗剤が目や口に入らないように気をつけましょう。

⑤プラスチックのシート（板）を切るとき、はさみやカッターナイフを使います。リーダーは、『活動教材集』安全管理 1-3 ページ「カッターナイフの使い方」、1-4「はさみの使い方」をよく読んで、刃物の正しい使い方を指導しましょう。子どもたちの作業中は、事故が起きないようにしっかり見守ってください。

⑥プラスチックのシートは薄くて硬いので、手などを切らないように、扱いにじゅうぶん気をつけさせましょう。

⑦ぬらしてもよい場所、ぬらしてもよいかっこうで、実験させましょう。

学習指導要領との関連

小学校	5年	理科（粒子）	**物の溶け方**
小学校	6年	理科（粒子）	**水溶性の性質**
中学校	1年	理科（粒子）	**水溶液**
中学校	2年	理科（粒子）	**物質の成り立ち**

キーワード	表面張力、水、分子、重力、微小重力

発行　：宇宙航空研究開発機構　宇宙教育センター
協力　：財団法人日本宇宙少年団 YAC、株式会社学研教育出版、編集チームモルオ有限会社
絵　　：鳥飼規世

©JAXA2010　無断転載を禁じます