

— 静電気の工作・実験 —

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。



●教材提供●
実験アイデア研究家
西山直樹氏

2010年4月1日 発行

目標とねらい

静電気は、身近に体験できる面白い現象です。そして原理を知らない人には（知っている人にも!）マジックにも見える不思議な現象です。宇宙飛行士の若田光一さんも、宇宙で水玉を静電気で吸いつける実験をしていました。

静電気の不思議を子どもたちに体験させ、静電気を利用したおもちゃを作って遊ぶ機会を設けましょう。そうした活動の中から、子どもたちは静電気を身近に感じ、科学的な探究心を深めていくに違いありません。なお、湿度が高いと静電気は起きにくいので、この活動は梅雨の季節には向いていません。他の季節でも湿度が高いときは、エアコンで部屋を乾燥させてから実験しましょう。

★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
------	----------	------	-------

注意 心臓の弱い人やペースメーカーをつけている人の近くで、静電気の実験をしてはいけません。

●用意するもの

※静電気を起こすための道具（ストロー、下敷き、ゴム風船など）は、商品によって静電気が起きやすいものと起きにくいものがあります。事前に、静電気が起きやすいものを見つけておきましょう。

<p>【静電気の実験】</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> プラスチックのストロー <input type="checkbox"/> 清涼飲料などの空き缶（2～3個） <input type="checkbox"/> ティッシュペーパー <input type="checkbox"/> 荷造り用のポリプロピレンのひも <input type="checkbox"/> 塩化ビニール（塩ビ）のパイプ、または、ふくらますと長くなるゴム風船 <input type="checkbox"/> ウール 100%の布 <input type="checkbox"/> プラスチックの下敷き 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> プラスチックの定規 <p>【ライデンびん】</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> プラスチックのコップ 2 個 <input type="checkbox"/> アルミ箔 <input type="checkbox"/> セロハンテープ <input type="checkbox"/> はさみ <input type="checkbox"/> ウールの布
--	--

（次のページに続きます。）

【静電気チェッカー】

- ガラスの広口びん（高さ 10～20cm くらい）
- アルミ箔
- 発泡スチロールの皿

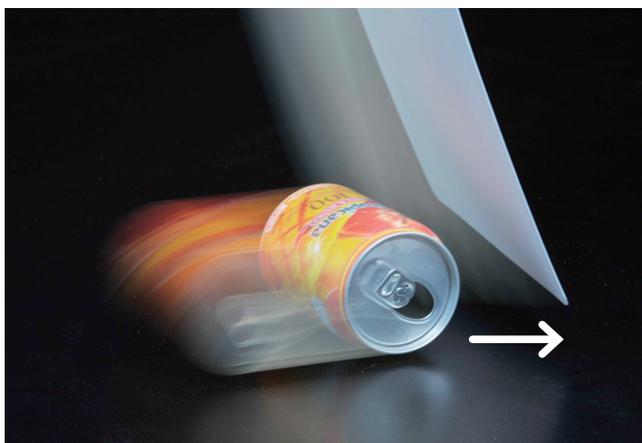
★発展の工作「静電気振り子（19-7 ページ）」「静電気モーター（19-8 ページ）」に必要な材料や道具については、それぞれのページをご覧ください。

1 楽しい静電気の実験をしよう

★この実験の種明かしは 19-4 ページにあります。

下敷きで、触らないのに缶を転がす

プラスチックの下敷きをウールの布でこすり、横に倒した清涼飲料水の空き缶に近づけてみましょう。触らないのに、空き缶を転がすことができます。



静電気で水を曲げる

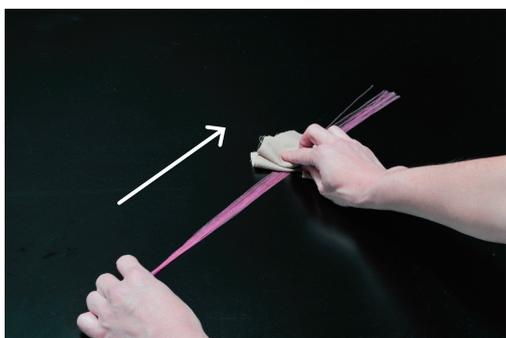
塩ビのパイプやプラスチックの定規をウールの布でこすり、水道の栓を少し開けて水を細く出します。その流れる水の柱に、こすった定規を近づけてみましょう。水の流れが曲がります。



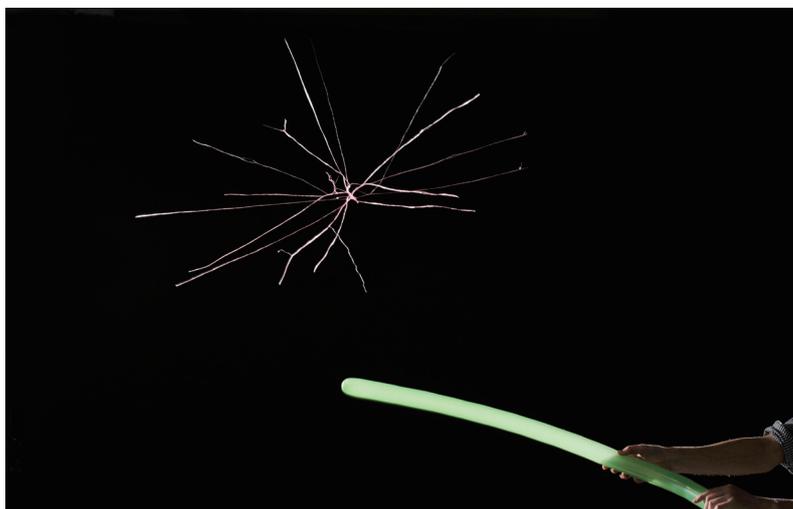
宙に浮かぶ電気くらげ

次のような手順で実験しましょう。

1. 荷造り用のポリプロピレンのひもを長さ 50cm に切り取ります。ひもを平たく開き、2枚重ねになっているものは1枚にはがして、かた方のはしを結びます。結び目以外を細かく割きます。
2. 机の上に細かく割いたひもをのせ、片方の手で結び目を持ち、もう片方の手にウールの布を持って、ひもを何十回もこすります。
3. 長くふくらませた風船や塩ビのパイプを、ウールの布でこすります。
4. 2のひもの結び目を持ち、自分の体に吸いつかないように注意しながら空中に投げ上げ、3の風船をひもの下に近づけると、ひもは開いたまま水中のクラゲのようにふわふわと舞い上がります。



▲ひもをこするときは一方に（この場合は左から右へ）くりかえしこすって静電気をためる。



2 静電気の基礎知識

①ものともをこすり合わせると、帯電する

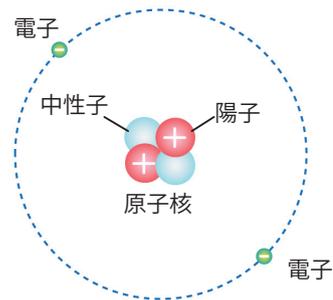
物質は原子という粒からできています。原子は、中心に原子核があり、そのまわりを電子が回っています。原子核は、陽子と中性子からできています。

原子核を構成する陽子と中性子のうち、陽子はプラスの電気を持っています。中性子は、電気をもっていません。一方、原子核のまわりを回る電子は、マイナスの電気をもっています。

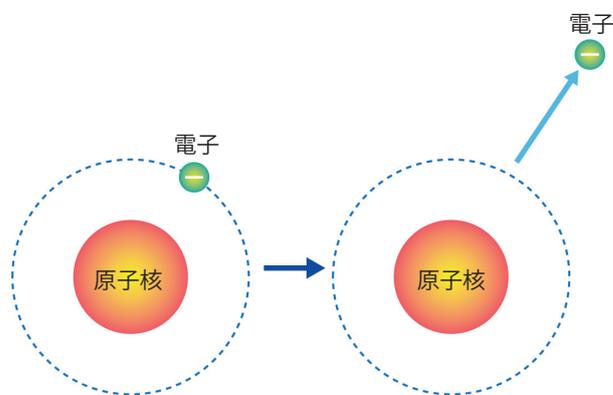
ふだんは、プラスの電気を持つ陽子の数と、マイナスの電気をもつ電子の数は同数で、このとき両者は打ち消しあっているため電気的な性質を示しません。

ところが、物質どうしをこすり合わせると、一方の物質にあった電子が原子から飛び出して、もう一方の物質に移動することがあります。こうなると、電子が飛び出してしまったほうの物質は「プラス」の電気を帯び、電子が移動してきたほうの物質は「マイナス」の電気を帯びることになります。このように、物質がプラスあるいはマイナスの電気を帯びることを「帯電」といいます。プラスに帯電した物質とマイナスに帯電した物質は引き合います。プラスに帯電した物質どうし、マイナスに帯電した物質どうしはしりぞけあいます。

紙とアクリル（プラスチック）の定規をこすり合わせるとき、紙が定規に吸いついてくるのは、紙がプラスに帯電し、アクリルの定規がマイナスに帯電するからです。



▲原子の構造（ヘリウムの例）。ふだんは陽子と電子は同数。



▲原子からマイナスの電気をもつ電子が飛び出して、原子はプラスの電気を帯びる。

②プラスに帯電、マイナスに帯電はどう決まる？

紙とアクリルをこすり合わせると、紙はプラスに、アクリルはマイナスに帯電するといいましたが、紙は何かとこすりあわせたときでも必ずプラスに帯電するわけではありません。アクリルとこすり合わせたときは、プラスに帯電しますが、ガラスとこすり合わせたときはマイナスに帯電します。

物質と物質をこすり合わせたとき、プラスに帯電しやすいか、マイナスに帯電しやすいか、2つの物質の関係を示した「帯電列」というものがあります。2つのものをこすり合わせたとき、この表の左にあるものはマイナスに帯電しやすく、右にあるものはプラスに帯電しやすいのです。また、左右に遠く離れたものどうしをこすり合わせたときほど、起こる静電気は強くなります。（帯電列は絶対的なものではありません。条件によってこの通りにならないこともあります。）

帯電列														
← (マイナス) に帯電しやすい			帯電しにくい				→ (プラス) に帯電しやすい							
塩化ビニル	ポリエチレン	ポリプロピレン	アクリル	ポリエステル	金属	ゴム	紙	麻	綿 (もめん)	絹 (シルク)	レーヨン	羊毛 (ウール)	ナイロン	ガラス

若田さんも宇宙で静電気の実験！

2009年の12月から国際宇宙ステーションに長期滞在した日本の宇宙飛行士、若田光一さんは、静電気で水玉を引き寄せる実験をしました。そのようすを映した動画をJAXAのホームページで見ることができます。地上で行う水道水を曲げる実験と比べてみましょう。

http://iss.jaxa.jp/library/video/omoshiro_091113.html



参考

18世紀末まで電気といえば「摩擦電気」のことだった

1660年にドイツのオットー・フォン・ゲーリケ(1602-1686)は摩擦によって電気を起こす摩擦起電機を作りました。摩擦電気を使った実験は、見せ物として人々の注目を集めました。

1746年、オランダのペトルス・ファン・ミュッセンブルーク(1692-1761)は「ライデンびん」を発明しました。その結果、摩擦電気で起きた電気をたくさんためて電気についての実験ができるようになりました。(ライデンびんは、オランダのライデン大学で実験に使われ、広く知られるようになったので、この名がつけました。)

ちなみに、日本に初めて摩擦起電機を紹介したのは平賀源内(1728-1779)です。源内は長崎で壊れたライデンびんつきの起電機を手に入れ、数年かけて修理し、1776年にエレキテルを完成させました。

ライデンびんは電気をためることができるといっても、使うと一瞬にしてなくなってしまいます。1800年にイタリアのアレッサンドロ・ボルタ(1745-1827)が電堆(二種類の金属と電解液を用いた最初の化学電池)を発明して、連続的に大きな電気を取り出すことができました。



オットー・フォン・ゲーリケ



ペトルス・ファン・ミュッセンブルーク

19-2 ページ実験の種明かし

【下敷きで、触らないのに缶を転がす】プラスチックの下敷きをウールの布でこすると、マイナスに帯電します。この下敷きを金属の空き缶に近づけると、缶の中のマイナスの電気が反発して遠ざかり、下敷きに近い側はプラスに偏ります。缶の中のプラスの電気が下敷きに引きつけられるので、空き缶が吸い寄せられるように転がります。

【静電気で水を曲げる】ウールの布でこすってマイナスに帯電した塩ビのパイプを近づけると、水道水には2つのことが起こります。極性を持った水の分子はパイプに近い側がプラス(水素原子)に、反対側がマイナス(酸素原子)になるように向きを変えます。また、水道水は導体とほぼ同じように電気を通しますので、パイプ近くの水道水はマイナスの電気が逃げて行ってプラスに帯電します。この実験で水道水が引き寄せられて大きく曲がるのは、後者の現象が強く影響しているためと考えて良いでしょう。

【空中に浮かぶ電気くらげ】ポリプロピレンのひもは、ウールの布でこすることにより、マイナスに帯電します。風船(や塩ビのパイプ)も、ウールの布でこすることによりマイナスに帯電します。その風船を、ひもで作ったくらげに近づけると、反発し合います。ひものクラゲは軽いので舞い上がるのです。

3 静電気をためるライデンびんを作ろう

アルミ箔を巻きつけたプラスチックのコップを2つ重ねると、それだけで、放電させると発光するほどの静電気をためることができます。

プラスチックのコップによって絶縁された、2つのアルミ箔の表面に静電気がたまるのです。(内側のアルミ箔が-に、外側のアルミ箔が+に帯電します。)



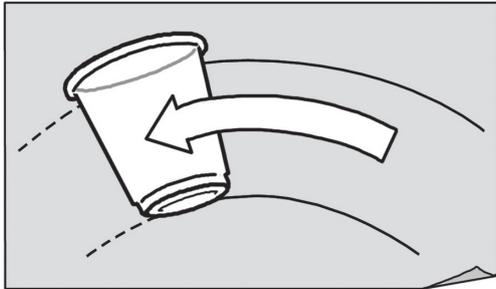
塩ビのパイプをこすり帯電させる。

アンテナの先端をコップの側面に近づけると放電して発光する。



●用意するもの● プラスチックのコップ2個、アルミ箔、ストロー、塩ビのパイプ、ウールの布

1 アルミ箔の上にコップを押しつけてながら転がし、型を取ります。

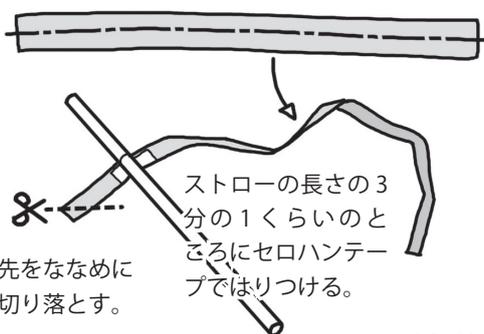


2 型にそって切りぬいたアルミ箔をコップに巻きつけます。これを2つ作ります。



しわができないように巻きつけ、セロハンテープでとめる。

3 細く切ってたたんだアルミ箔で、アンテナ(導線を兼ねる)を作ります。



先をななめに切り落とす。

ストローの長さの3分の1くらいのとこにセロハンテープではりつける。

4 アンテナをはさみこんでコップを重ねます。



ストローをコップの中に立てる。

はさみこむ。

完成



ここを持つ。

先端を側面に近づけると放電する。

ウールの布で塩ビパイプを(20~50回ほど)こすり、アンテナにときどきさわるときの距離で帯電させます。

4 静電気チェッカー（箔検電器）を作ろう

びんの中のアルミ箔の開きで静電気を見つけることができます。（開いているときは静電気が起きている。閉じているときは起きていない。）静電気を帯びたところに近づけると、同種の電気が2枚のアルミ箔（開閉板）に帯電するので、アルミ箔どうしが反発し合い開くのです。

この静電気チェッカーを使うと、こすった風船でも静電気が起きているところと、起きていないところを見分けることができます。

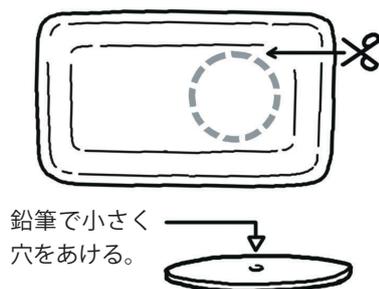


●用意するもの● ガラスの広口びん（高さ10～20cmくらい）、アルミ箔、発泡スチロールの皿、ウールの布

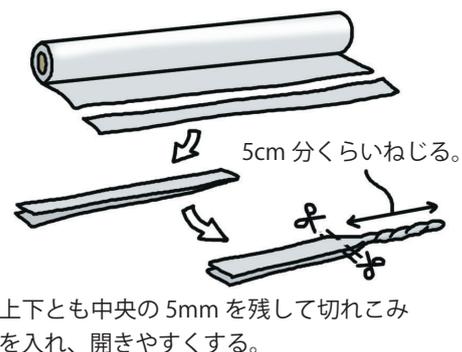
- 1** 発泡スチロールの皿にびんの口を押しつけ、回して型をとります。



- 2** 型のラインにそってはさみで切りぬき、中央に小さな穴をあけます。



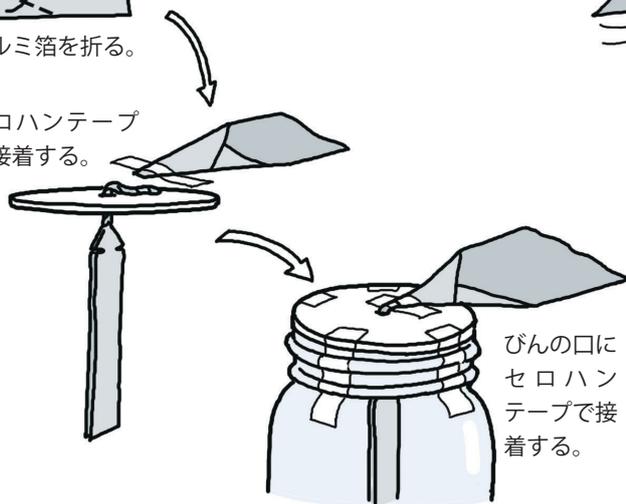
- 3** アルミ箔を1cm幅に細長く切って折りたたみ、はしをねじって開閉板を作ります。



- 4** 開閉板を②の丸い発泡スチロールに通し、長方形に切り取ったアルミ箔を図のように折って、開閉板の先にセロハンテープで接着します。



セロハンテープで接着する。



完成



ウールの布やティッシューパーでこすった風船、下敷き、定規などを近づけると……

風船の静電気を帯びている部分を近づけると、開閉板が開く。

開いたまま閉じないときは、手で触れると閉じる。

発展 ● その1

静電気振り子を作ろう

●静電気振り子が振れ続けるわけ●

マイナス (-) に帯電したストローを缶につけると、缶は一の電気を帯びます。すると、糸に吊したアルミの球は、内部に+電気があるため缶に引きつけられます。そして、缶に触れた球は一に帯電し、一に帯電した缶と反発し合っけふりが触れます。振り子の球はもうひとつの缶に当たり、缶から机へと一の電気を逃がします。このようにして、ストローの一電気が次々に伝わる中で、振り子の球は缶と引き合い反発し合っけ振れ続けるのです。



2つの缶の間に吊したアルミ箔を丸めた球が、静電気のためにはげしく往復運動します。

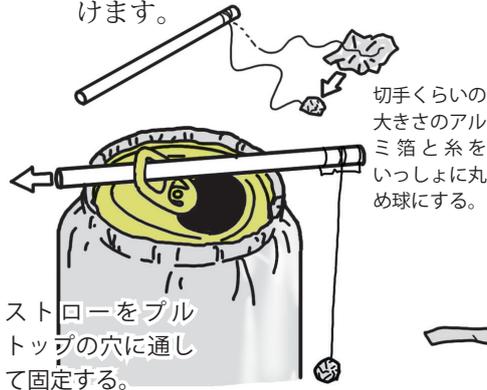


●用意するもの● 350mlのアルミ缶2本、アルミ箔、ストロー（紙袋に入ったもの）、木綿糸、ティッシュペーパー

1 空き缶にアルミ箔を巻きます。これを2つ作ります。



2 半分に切ったストローに、アルミ箔の球をつけた糸を図のようにつけます。



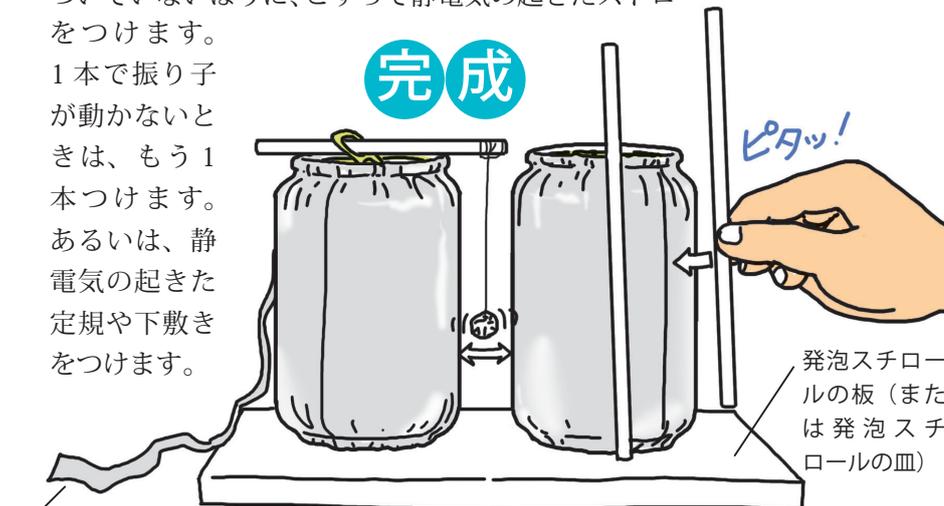
3 アルミ箔で作ったアース線を張りつけます。



発泡スチロールの板の上に缶をのせて、2つの缶が振り子から2mmくらい離れるように置き、アース線についていないほうに、こすって静電気の起きたストローをつけます。

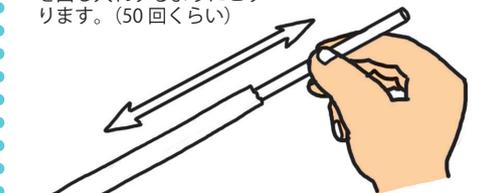
1本で振り子が動かないときは、もう1本つけます。あるいは、静電気の起きた定規や下敷きをつけます。

完成

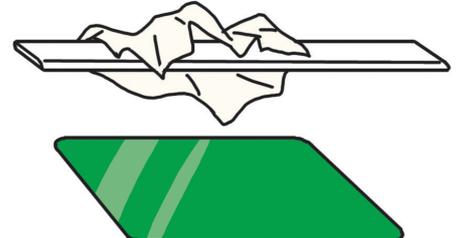


【静電気を起こす方法】

A. ストローの袋でストローを出し入れするようにこすります。（50回くらい）



B. プラスチックの定規や下敷きをティッシュペーパーでこすります。



発展●その2

静電気モーターを作ろう

静電気モーターはその名の通り、静電気のみで回ります。意外なほど力強く、速く回るので、是非作ってみましょう。

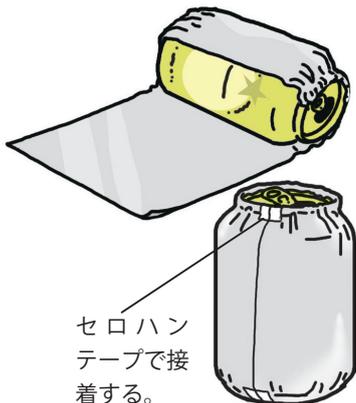
●静電気モーターが回るわけ●

マイナス (-) に帯電したラップを缶につけると、缶は一の電気を帯びます。この一電気はコップのアルミテープに伝わり、アルミテープは一に帯電して電極と反発するので、コップを回転させる力が生まれます。そして、反対側の缶の電極に触れて、缶から机へと、一の電気を逃がします。これをくり返すことで、コップは回転し続けるのです。



●用意するもの● 350mlのアルミ缶3本（1本はスクリューキャップのついたボトル缶がよい。）、アルミ箔、プラスチックのコップ、画鋲（プッシュピン）、アルミテープ（台所用品）、ドリンク剤や食塩の小びん

1 空き缶にアルミ箔を巻きます。これを2つ作ります。

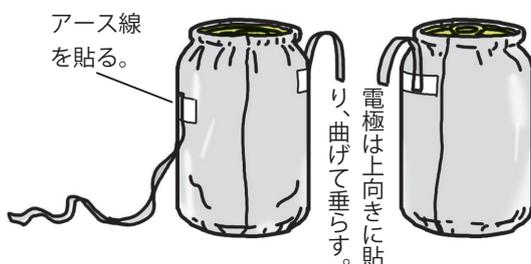


2 図のようにそれぞれの缶に電極をつけ、片方にはアース線をつけます。

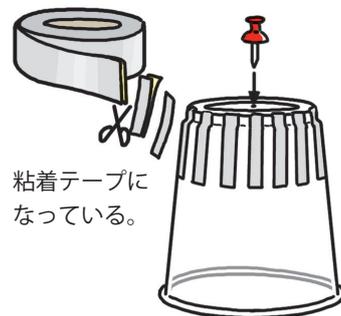
アース線は5mm×20cmくらい。



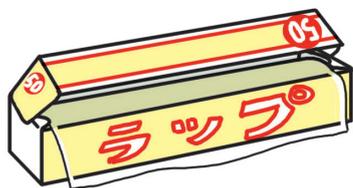
電極は5mm×6cmに切ったものを2枚作る。



3 アルミテープを5mm幅に切って、プラスチックのコップの底に等間隔に貼ります。（15枚くらい）そして中央に画鋲（プッシュピン）をさします。



粘着テープになっている。



アルミ缶にラップを巻きつけ、続いてラップを剥がして（これで静電気が起きる）モーターの缶に触れさせる。

ボトル缶だと、ラップをはがすときに持ちやすいのでラク。



強く帯電しているラップ。

完成

コップのアルミテープと2つの缶の電極が、2~3mmの間隔になるようにセットします。電極がモーターに引っかかって、モーターが回り出さないときは、引っかからないように電極のクセを直します。



発泡スチロールの板または皿の上のせる。

参考

雷の正体は、雲を作る水や氷の粒が起こす静電気

● フランクリンの実験

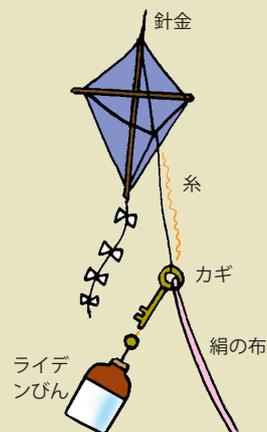
雷が電気であることは、アメリカの政治家であり科学者でもあったベンジャミン・フランクリン（1706-1790）によって、1752年に確かめられました。有名な凧を使った実験です。

フランクリンは、雷雲が近づいたとき凧を揚げました。手元の糸のはしには金属のカギを結び、手には電気が伝わらないように絹の布を持って、雨にぬれないようにひさしの下から凧を操りました。そして、カギをライデンびんに近づけ、雷の電気をためることができたと言われています。

（★この実験は非常に危険です。命を落とす可能性が非常に高いので、決して真似してはいけません。）



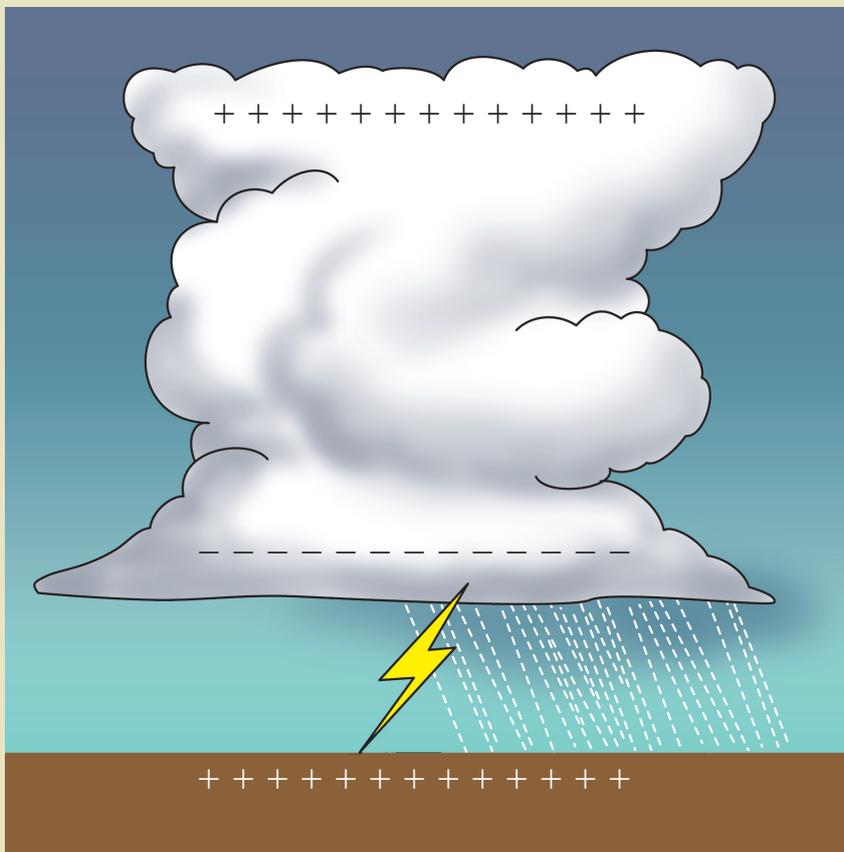
ベンジャミン・フランクリン
Benjamin Franklin
1706-1790



フランクリンが使ったといわれている凧を使った雷の実験装置

● 雲をつくる水や氷の粒による摩擦電気

雷を起こすのは積乱雲です。積乱雲の中では強い上昇気流が発生していて、水や氷の粒が吹き上げられたり落下したりするときに互いに摩擦しあい、プラスの電気をもった粒と、マイナスの電気をもった粒になると考えられています。プラスとマイナスの電気をもった粒は雲の上下に分かれ、雲の中で、あるいは雲と地面との間に放電して雷になるのです。



▲雷雲を模式的に描いた図。雷雲の底のほうにマイナスの電気がたまと、それによって地面にはプラスの電気が集まり、落雷が起こりやすくなる。

● 雷雲があるときロケットの発射は行われない

ロケットの打ち上げ時に、近くに雷雲があったり、ロケットの飛行経路が雷雲の中を通過するようなときは、ふつう打ち上げは行われません。精密な電子機器を搭載したロケットや人工衛星が、雷雲の静電気や乱気流の影響を受けることを避けるためです。日本のH-II Aロケットの場合、射点を中心として半径10km以内に雷雲があったり、飛行経路から20km以内に発雷が検知された場合には、しばらく発射を行わないことになっています。

参考

宇宙ステーションの静電気対策

電子機器によってコントロールされている国際宇宙ステーション（ISS）、スペースシャトルなどの有人宇宙施設にとって、静電気は大敵です。その対策の基本は、グラウンディング（いわゆる地上というアース）です。

日本実験棟「きぼう」の中で使用されているある程度大きな電子機器（実験装置など）には、構造物の壁に対してグラウンディングされています。地上のように地面に電気を逃がすことができないので、ISS 構造物にグラウンディングし、且つ宇宙飛行士との電位差を無くす事により、静電気が起こらないようにしています。

また、宇宙飛行士によるコンピュータの修理など、軌道上で宇宙飛行士が作業を行う場合は、電子機器に対する静電気対策として、tether というリストバンド（リストバンドからワイヤーが出ていて、構造物の壁につながっている）をつけて、静電気対策を行っています。

なお、近年では新素材を駆使した静電気防止繊維を使用している衣服なども使われ始めてはいますが、基本的に静電気が発生しにくい綿 100% の服を着る事、及び居住空間の環境制御を行うことも静電気対策のうちの一つです。

科学する心を
育てよう

- ① 毎日の生活の中で、いろいろなときに静電気が起こるのを体験します。19-6 ページの静電気チェッカーを使って、体験通りに静電気が発生するかどうか確かめましょう。調べたことは、子どもたちに発表させましょう。
- ② 湿度が高い（空気中の水分が多い）と、発生した静電気はその水分を通して逃げていきます。冬になると、静電気が発生しやすくなるのはなぜか、考えましょう。
- ③ 乾燥した冬は、衣服を脱ぐとき静電気がよく起きます。真っ暗なところでセーターなどを脱ぐと、パチパチと光る放電を見ることができます。このことを意識して、放電の観察に挑戦しましょう。
- ④ 静電気を利用したものとしては、コピー機が有名です。コピー機は、どのようなところに静電気を利用しているのか調べましょう。また、コピー機のほかに、静電気はどのようなものに利用されているか調べましょう。

安全対策

- ① 心臓が弱い人（とくにお年寄り）やペースメーカーをつけている方には、静電気は危険です。そのような人がいるところでは、静電気の実験をしないようにしましょう。
- ② 静電気に敏感な子どももいます。嫌がる子どもには、無理に実験に加わらせないようにしましょう。
- ③ 静電気は、雷をととても小さくしたものであることができます。放電することもめずらしくないので、ベンジンやアルコールなど引火性のあるものの近くでは、決して実験しないようにしましょう。
- ④ パソコンなどの精密機器は、静電気にたいへん弱いので、その近くで静電気の実験をしないように気をつけましょう。
- ⑤ ライデンびんや静電気チェッカーなどの工作をするとき、はさみを使います。子どもたちがけがをしないように、十分に気をつけてください。

学習指導要領
との関連

小学校	3年	理科（エネルギー）	電気の通り道
中学校	2年	理科（エネルギー）	電流
中学校	2年	理科（エネルギー）	電流と磁界

キーワード

静電気、電子、摩擦、帯電、原子、ライデンびん、雷

教材提供 : 実験アイデア研究家 西山直樹氏
 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公司
 絵 : 鳥飼規世、西山直樹

©JAXA2010 無断転載を禁じます