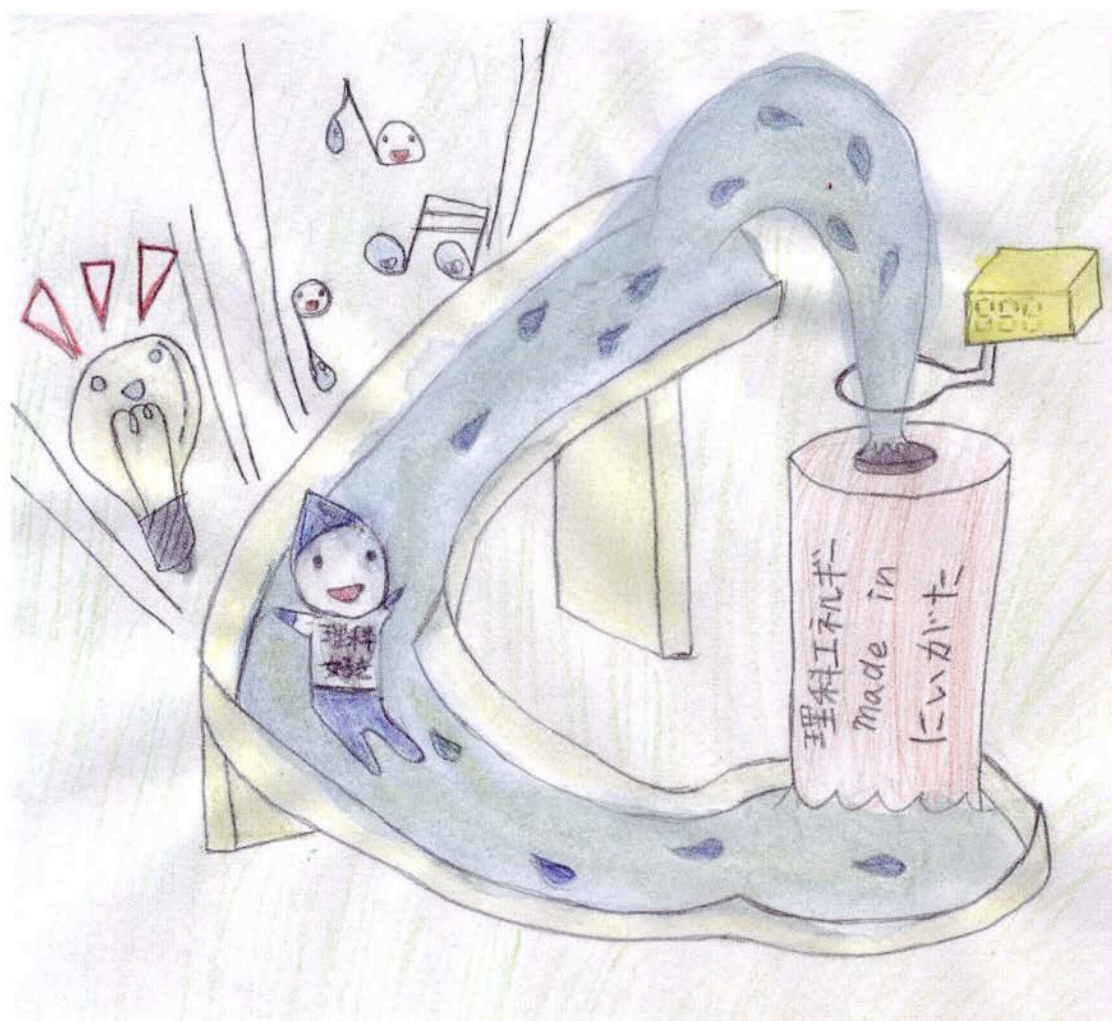


「リフレッシュ理科教室 2008」

電流とそのはたらきを体験しよう

2008年8月27日(水) / 10月18日(土)
新潟大学五十嵐キャンパス工学部棟



主催：社団法人応用物理学会北陸・信越支部
共催：新潟大学工学部 / 新潟市教育委員会

「リフレッシュ理科教室 2008」

電流とそのはたらきを体験しよう

2008年8月27日(水) / 10月18日(土)

新潟大学五十嵐キャンパス工学部棟

8月27日(水)

「知って得する理科研修」

☆ 授業で使える面白実験 Part2 ～電流とそのはたらきを体験しよう～ ☆

- 9:30～11:00 色素増感太陽電池の製作と実験
- 11:00～12:15 ケルビン静電発電機の製作と実験
- 12:15～13:45 昼食／懇談会
- 13:45～16:00 電流可視化装置の製作と実験

10月18日(土)

小中学生のための「見て、さわって工学技術」

- くるくるモーターをつくろう！！
- 電気色鉛筆で野菜ジュース色紙に絵を描いてみよう！

- 13:30～13:50 受付
- 13:50～14:05 全体説明（プログラム紹介、会場案内など）
- 14:05～14:10 会場へ移動
- 14:10～14:40 1回目コース選択
- 14:40～14:50 休憩・会場へ移動
- 14:50～15:20 2回目コース選択
- 15:20～15:30 休憩・会場へ移動
- 15:30～16:00 3回目コース選択

主催：社団法人応用物理学会北陸・信越支部

共催：新潟大学工学部／新潟市教育委員会

問い合わせ先

(社) 応用物理学会北陸・信越支部「リフレッシュ理科教室」新潟会場
実行委員会 電話：025-262-6734

もくじ 目次

「リフレッシュ ^{り か きょうしつ} 理科教室 ^{かいざい} 」の開催にあたって……………	1
太陽電池 ^{たいようでんち} を作 ^{つく} ってオルゴール ^な を鳴 ^な らしてみよう……………	3
新潟大学・自然科学系（工学部）	新保 ^{しんぼ} 一成 ^{かずなり}
落下 ^{らっか} する水滴 ^{すいてき} で電気 ^{でんき} を発生 ^{はっせい} させよう ～ケルビン ^{せい} 静電 ^{でん} 発電機 ^{はつでんき} ～……………	8
新潟大学・自然科学系（工学部）	大平 ^{おおだいら} 泰生 ^{やすお}
電流 ^{でんりゅう} の流れ ^{なが} を可視化 ^{かしか} してみよう……………	17
新潟大学・自然科学系（院自然）	鈴木 ^{すずき} 孝昌 ^{たかまさ}
くるくるモーター ^{もーター} をつくろう !!……………	23
新潟大学・自然科学系（工学部）	大平 ^{おおだいら} 泰生 ^{やすお}
電気色鉛筆 ^{でんきいろえんぴつ} で野菜 ^{やさい} ジュース ^{じゅうす} 色紙 ^{いろがみ} に絵 ^え を描 ^か こう！……………	28
新潟大学・自然科学系（工学部）	大河 ^{おおかわ} 正志 ^{まさし}
実行委員会 ^{じっこういんかい} 委員 ^{いいん} 名簿 ^{めいぼ} ……………	36

「リフレッシュ理科教室」の開催にあたって

しゃだんほうじん おうようぶつりがっかい きょういく こうえきじぎょういんかい いいんちょう
社団法人 応用物理学会 教育・公益事業委員会 委員長
わたなべ かずお
渡辺 和雄
とうほくだいがく きんぞくざいりょうけんきゅうしょ きょうじゆ
(東北大学 金属材料研究所 教授)

しょうちゅうがくせい
＜小中学生のみなさんへ＞

みなさんは毎日の学校や家庭の生活の中で、身近に起きる自然現象を不思議に思ったりしていませんか。なぜ虹は7色になるんだろう、なぜ台風が生まれるのだろう、どうして太陽は燃えているのだろうなど自然には不思議なことがたくさんあります。また、みなさんのまわりにある私たちが人類が発明した飛行機はどうして空を飛べるのだろう、テレビはどうして映るのだろう、電話はどうして聞こえるのだろう、冷蔵庫はなぜ冷えるのだろうなど、たくさんわからないことを見つけていることでしょう。

みなさんのこのような疑問や興味は、とても大事なことです。この疑問に「なるほど、そういうことか」と答えてくれるのが「理科」なのです。理科への興味は、すばらしい知識を増やして、また、自分で工夫していろいろなものを作るという力をつけてくれます。理科の知識をもとにして、工作することは大変楽しいことです。聞いたり学んだりしたことが、実際に目の前にできあがってくるのはとてもわくわくします。

リフレッシュ理科教室では、みなさんが「楽しいな、おもしろいな」と思えるような、いろいろなモノ作りや工作実験を用意しています。最初は不安かも知れませんが、まず、自分の手を使って、いろいろなモノを作ることの楽しさを体験し、自分にも作ることができるという経験を、ぜひ味わってみてください。

< 教師・保護者の皆様へ >

昨今の「若者の理科離れ」は、技術立国を目指して進んできた日本の将来を根底から危うくしかねない問題です。教育・公益事業委員会においては、この傾向を少しでも改善し、逆に、「理科が大好き」となるような次世代を背負う若者を増やすことを目的に、「リフレッシュ理科教室」を実施しております。これは実験工作を主体とした催しで、若者を指導する先生方に、まずご自身で、「理科」の楽しさを体験し、実際の学校教育の現場で活用していただくとともに、その実践の場として児童、生徒対象の理科工作教室にご協力頂き、学会幹事と一緒に理科好きの若者を育てていただくことを目的としております。

つきましては、この催しを通じて、先生方は勿論、保護者の皆様も子供たちが作る工作について、一緒に楽しみ、一緒に考えて、共通の体験をしていただき、次世代を背負う若者たちの理科への関心を少しでも高めていただければと思っております。

たいようでんち つく な 太陽電池を作^つってオルゴールを鳴^ならしてみよう

1. はじめに

近年、化石燃料の枯渇や地球温暖化などの問題から、太陽光や風力などの再生可能エネルギー（自然エネルギー）を利用しようとする動きが活発になっています。中でも太陽光発電は、昼間のみの発電ではあるものの、様々な場所に設置できることや騒音が無いなどの利点があり、急速に普及が進んでいます。太陽光発電素子は、最近までシリコンを用いたものだけが市販されていましたが、最近では化合物半導体を用いたものも手に入るようになってきました（市販品ではありませんが、以前から宇宙用に化合物半導体の太陽電池が使われてきました）。これらはいずれも「無機物」を使った太陽電池ですが、最近では「有機物」を使ったものも研究され、実用化も近いと期待されています。有機物を使った太陽電池には、無機物の太陽電池と原理的に構造が同じ「薄膜型」と、これとは異なる「色素増感型」があります。今日は、「色素増感型」の太陽電池を作製してみましよう。「色素増感型」は、材料さえ入手できれば身近にある道具だけで作製できますので、太陽電池を実際に作って動作を自分の目で見てみたいという方々にはぜひおすすめです。

2. 色素増感太陽電池の仕組み

まず、よくあるシリコンなどの「無機物」を使った太陽電池の動作を見てみます。構造はダイオードなどと同じで、「p型半導体」と「n型半導体」を重ねたものです（図1）。「p型半導体」、「n型半導体」とは、シリコンに不純物を入れてそれぞれ「正の電荷（正孔）」と「負の電荷（電子）」を多くした半導体のことです。ここに光が当たると、正孔はp型半導体、電子はn型半導体の方に集まりますので、これを外部に取り出して電池として使うことができます。光のエネルギーを電気エネルギーに変える効率（変換効率）は、シリコンの場

合10～20%くらいです。

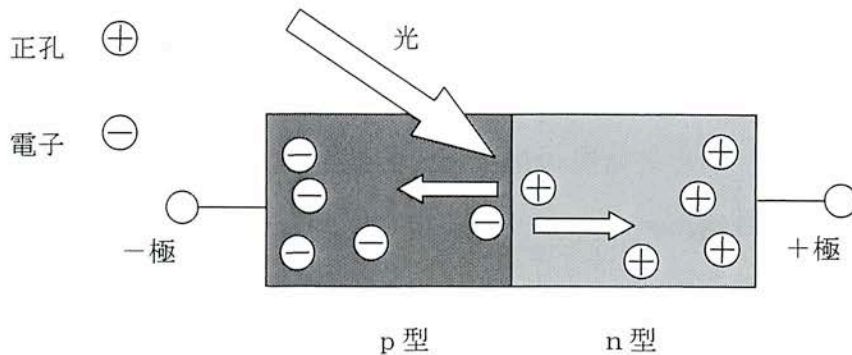


図1 シリコンを用いた太陽電池のモデル

次に、色素増感太陽電池の動作原理を見てみましょう。これは、1991年にスイスのグレッツェル教授らが提案したもので、「グレッツェルセル」と呼ばれることがあります。構造を図2に示します。透明電極（ITOなど）の上に二酸化チタンの薄膜を焼付け、そこに色素を吸着させます。この電極と、もう一つの電極でヨウ素の電解質溶液を挟んだものです。

この素子では、以下のような順で発電されると考えられています。①まず、光があたると色素分子は励起され、電子を放出するとともに色素分子は陽イオンになる。②酸化チタン膜がこの電子を受け取り、この電子は導電性ガラスを通過して外部に流れる（こちらの電極は-極になる）。③陽イオンになった色素分子は、電解質溶液中のヨウ素イオンから電子をもらって、元の状態に戻る。④ヨウ素イオンは、もう一方の電極から電子をもらって元に戻る（こちらの電極は+極になる）。+極と-極の間に電球やモーターなどをつなぐと、仕事をさせることができます。

色素は、効率よく光を吸収して酸化チタンに電子を受け渡すものが選ばれます。研究用にはルテニウム錯体色素で高い効率を示すことが知られていますが、今回の実験ではハイビスカス由来の色素を用います。また、酸化チタン（アナターゼ結晶）は、たくさん色素を吸着するように細かい粒子状になっているも

のを使います。色素増感太陽電池の変換効率はまだ10%程度ですが、今後の研究によりさらに向上していくことが期待されます。

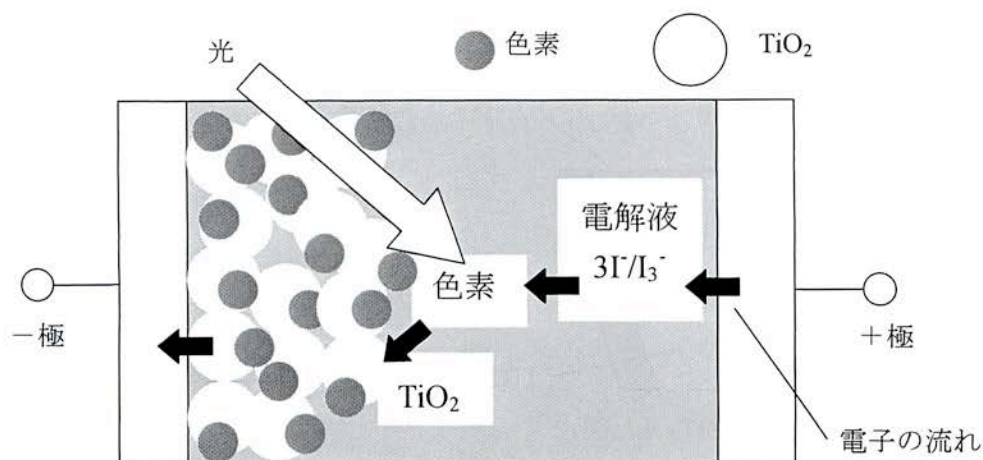


図2 色素増感太陽電池の模式図

3. 材料 (今回は、主に西野田電気(株)より市販されているキットを使用します)

今回の実験で使用する主な材料は、以下の通りです。

- ・透明 (ITO) 電極：ガラス基板上にインジウムとスズの酸化物であるITOをつけたものです。
- ・酸化チタン：酸化チタンの粉末を、ポリエチレングリコールなどからなる溶液とまぜて使います。

注意：目に入ったり、皮膚についたりした場合はすみやかに洗い流してください。

- ・ハイビスカスドライフラワー：色素を抽出します。
- ・電解質溶液：ヨウ素イオンを含む溶液です。
- ・電子オルゴール

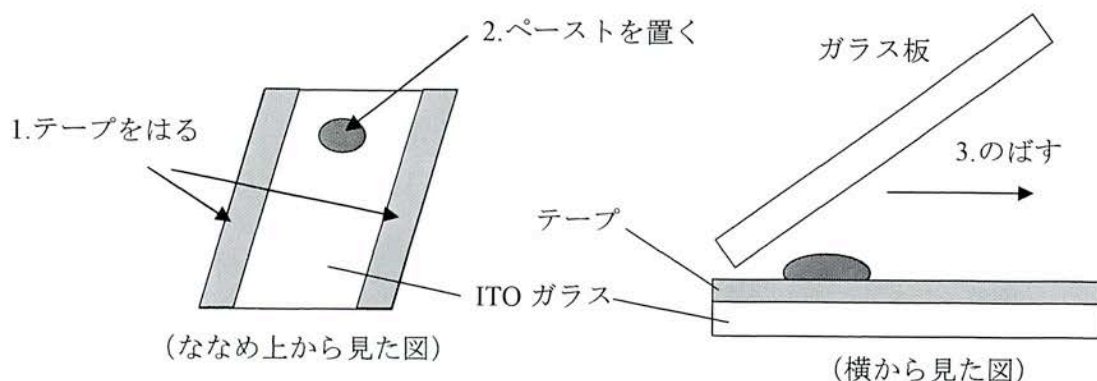
4. 手順 (時間の関係でいくつかの手順を省略することがあります)

(a) 酸化チタンペーストを作製する

酸化チタンの粉末を溶液に入れ、良く混ぜます。

(b) 酸化チタン薄膜の塗布

基板の端にテープを貼り、その段差をつかって酸化チタンを薄くのぼします。



(c) 酸化チタン薄膜の焼き付け

テープをはがし、酸化チタン膜を焼きます。適宜、アルコールランプ、金網などを使ってください。膜が白→黒褐色→白と変わったら終了です。焼付けが終わった後、早く冷やしすぎると基板が割れますので注意してください。

(d) 色素の吸着

ハイビスカスのドライフラワーに水を加え、色素を溶かします。長い時間水に浸し、濃い溶液にしたほうが良い太陽電池ができます。この溶液に(c)までで作った酸化チタン膜を浸します。最低でも10分、できれば一晩程度放置します。その後、軽く水で洗ってから自然乾燥させます。

(e) 炭素膜の作製

酸化チタン膜を塗っていない透明電極を用意し、その表面をなるべくやわらかい芯の鉛筆で塗りつぶします。

(f) 組み立て

(d)(e)で作製した基板に、電解液を挟んでクリップで留めます。

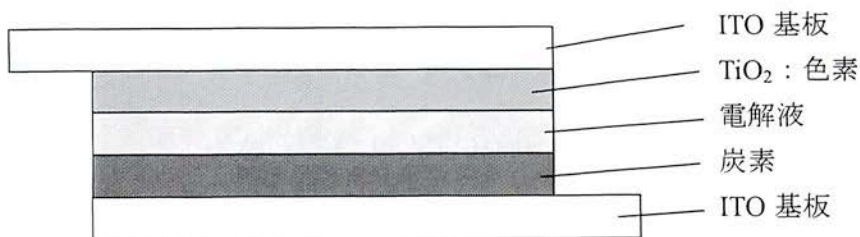


図3 太陽電池の断面模式図

5. オルゴールを鳴らしてみよう

太陽電池をいくつか直列に接続し、電子オルゴールを鳴らしてみましよう。酸化チタンを塗った基板側から光を照射します。何個でオルゴールが鳴るでしょうか。

今回はハイビスカスのドライフラワーを用いていますが、紫キャベツなど、濃い色素を持ついろいろな植物で太陽電池が作製できるようですよ。ITO電極や酸化チタン粉末などの材料は市販されていますので、身近な植物の色素を使った太陽電池を試作してみるのも良いかもしれません。

らっか すいてき でんき はっせい 落下する水滴で電気を発生させよう

せいでんはつでんき ～ケルビン静電発電機～

ここで紹介するケルビン静電発電機は、小中学生にとっては少し難しい内容となっていますが、理科の先生や理科好きのお家の方と一緒に楽しんで挑戦してみてください。

1. はじめに

下敷きを布でこすって頭に近づけると、フワッと髪の毛が引き寄せられます。これは、布で下敷きをこすったときに表面に電気がたまり、その電気が髪の毛を引き寄せるためです。静電気を効率良く集めることができれば、電気を蓄えることができそうですね。ここでは、ポタポタ落ちる水滴にたまっている静電気をコップに集めて、電気を蓄える方法を紹介しましょう。身の回りの材料を使って、エレガントに電気を集めることができます。

注意： 高電圧が発生します。先生や保護者の方と実験してください。

2. 水滴発電機のしくみ

スプレーなどに含まれる水滴は、僅かながらに電気を持っていること（帯電）が知られています。科学者ケルビン（ウィリアム・トムソン）は、1860年頃、プラスの電気をもつ水滴と、マイナスをもつ水滴を選択的に作って集めれば、電気を貯めることができることを発見し、図1に示す巧妙な装置を考案しました。2つの金属の筒の中でそれぞれ水滴を発生し落下させると、金属製のコップに静電気が貯まります。

どうして静電気が貯まるのでしょうか？それには諸説あります。ここでは、なんらかの要因で、左側の水滴がプラスに帯電していた場合を考えましょう。

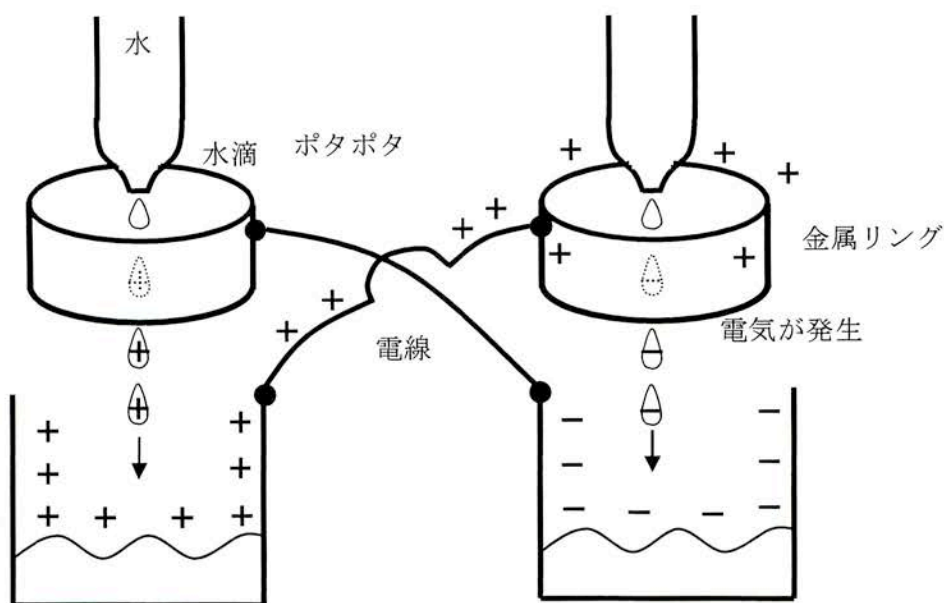


図1 ケルビンの考えた水滴静電発電機

この水滴が、金属コップに到達すると、コップがプラスに帯電します。このとき、コップには右側の金属リングがつながっているため、そのリング表面はプラスに帯電します。このプラスに帯電した右側のリングの中で水滴が発生すると、その水滴はマイナスに帯電することが知られています（図2）。その結果右側のコップにはマイナスに帯電した水滴が貯まるので、コップにはマイナスの電気が蓄えられます。さらに、このコップには左側のリングが接続されているので、左のリングはマイナス

に帯電し、ここで発生し落下する水滴は、更にプラスに帯電することになります。このプラスの水滴は、左側のコップをより帯電させることとなります。これらの現象が繰り返し起こり、コップはどんどん帯電していきます。

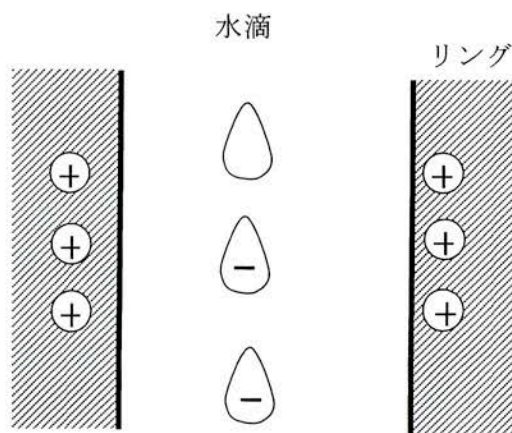


図2 左のリング表面と水滴の帯電

3. ケルビン静電発電機の製作

3. 1 材料

ケルビン発電機を実際につくって、本当に電気が発生することを体験しましょう。図3のように身近な材料を使って手作りします。静電気が発生する様子は、アルミ箔で作る箔検電器で調べます。

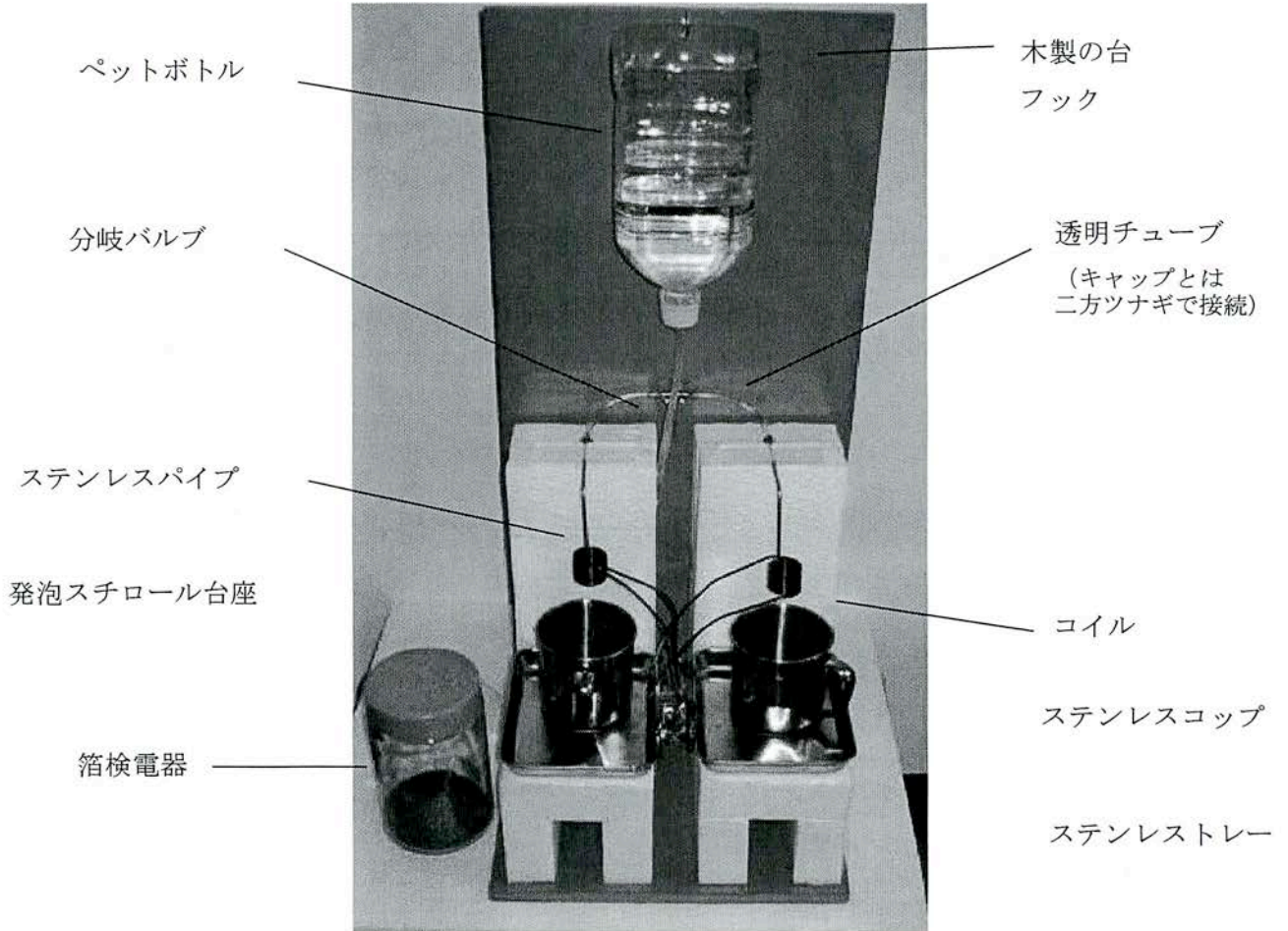


図3 ケルビン発電機の概観

検電器の材料

- 材料：プラスチック蓋つきガラス瓶…………… 1 個
すずメッキ線（太さ 0.6 mm，長さ約 30 cm，
銅線や針金も可）…………… 1 本
アルミホイル…………… 適量
シリカゲル…………… 適量

エボナイト棒（エンビパイプでも可）…………… 1本
 布…………… 1枚
 工具，他：きり，セロファンテープ，定規，カッター

ケルビン発電機の材料

台座部分

発泡スチロール（60×45 cm，厚さ 4 cm 程度）…………… 1枚
 合板（30×45 cm 1 cm 厚，30×60 cm 1 cm 厚）…………… 各 1枚
 角材（5×5×30 cm）…………… 1本
 フック…………… 1個
 工具，他：両面テープ，木工用ボンド，はさみ，カッター

水滴を落とす部分

ペットボトル…………… 1本
 透明チューブ（1 m，観賞魚用）…………… 1本
 分岐バルブ（観賞魚用）…………… 1個
 プラスチック二方ツナギ…………… 1個
 ステンレスチューブ（外形 3 mm，長さ 20 cm）…………… 2本
 プラスチック板（3×8 cm，5 mm 厚，3 mm の穴開き）…………… 2枚
 工具，他：瞬間接着剤

静電気を貯める部分

みのむしクリップ（中）…………… 4個
 みのむしクリップ付きコード…………… 1本
 金属線（直径 2 mm 長さ 4 m 程度，アルミ，銅でも可）…………… 1本
 ステンレスコップ（内径 8 cm 高さ 8 cm 程度）…………… 2個
 ステンレストレー（12 cm×15 cm 程度）…………… 2枚
 工具，他：紙やすり，半田ごて，半田

その他（貯めた静電気で光らせよう）

LED	2本
小型蛍光灯	1本

3. 2. 製作

検電器の製作

箔検電器は、帯電した物体が互いに反発し合う性質を利用します。ここでは、図4に示すような、アルミ箔を折り合わせて作る簡単検電器を紹介しましょう。

① アルミ箔の切断：図5の形状にアルミ箔を切断します。二つ折りにしたアルミ箔の間に紙をいれてから切断すると簡単です。

② 検電器の組み立て

ガラス瓶のプラスチック蓋の中心にキリなどを用いて穴を開けます。先端を“コ”の字に折り曲げた、すずメッキ線を穴に通し、蓋の上で円を作り、電極として少し長めに伸ばしておきます。セロファンテープで固定します。“コ”の部分に①のアルミ箔をぶら下げて、ビンの底にはシリカゲルを入れ、ビンの蓋を閉じます（図4）。エボナイト棒を布でこすり、すずメッキ線の電極に近づけたとき、アルミ箔が2 cm 程度開けば正常に動作しています。

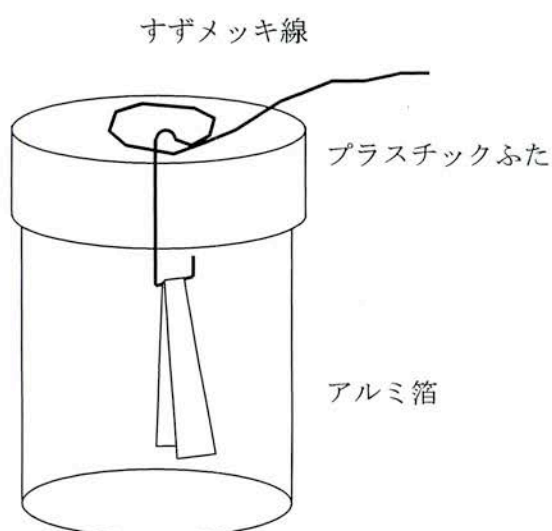


図4 箔検電器の概要

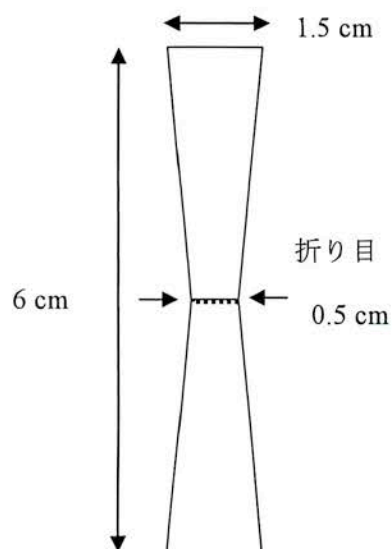


図5 アルミ箔の形状

3. 3 発電機の製作

台座の製作

静電気が逃げないようにすることがコツです。ここでは、発泡スチロールを使って、左右のコップが独立して設置できる台座を製作します。図6に製作する台座を示します。発泡スチロールは木工用ボンドで接着すると綺麗に仕上がります。それぞれの台座にはステンレスのトレーを両面テープで貼り付け固定し、ステンレスコップを置きます(図7)。2つの台座を並べます。

水滴を発生させるステンレスチューブは、10 cm 程度の場所を90度折り曲げます。長手部分にあらかじめ穴を開けたアクリル板を通し、図の配置となるように、両面テープ、接着剤を用いて固定します。

ステンレスチューブには水をペットボトルから供給します。ペットボトルは、観賞魚用に市販されているエアータブで配管します(図3)。あらかじめプラスチック二方ツナギをボトルの蓋に接着しておきます。また、チューブの途中には分岐に使用する二又弁を入れ、チューブを2つに分岐します。水滴の量もこれで調節します。ペットボトルは、図3のように、木製の台にフックおよび両面テープで固定します。

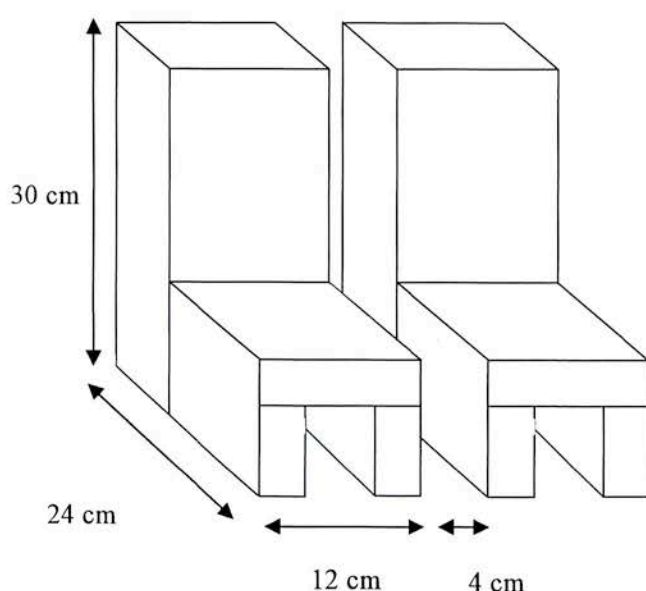


図6 発泡スチロール台座



図7 コップ・トレーの設置

コイルの製作

金属線（アルミ等）を巻いたコイルで、水滴を帯電させる電極を作ります（図8）。金属線をエンビパイプなどに撒きつけ、直径 2.5cm 幅 3cm 程度のコイルを作ります。ワイヤ先端部分はやすりで磨いて被覆を剥がし、みのむしクリップを圧着・半田付けします。みのむしクリップ部分をステンレストレーに取り付けます。このとき、左側に取り付けたコイルは、右側のステンレスパイプを取囲むように設置します（図9）。右側のコイルも同様です。また、コイルの中にステンレスパイプの先端が納まるように取り付けるようにしてください。箔検電器とステンレストレーをみのむしクリップつきコードで接続します。発生した静電気が逃げないように、空中に配線するようにしてください。

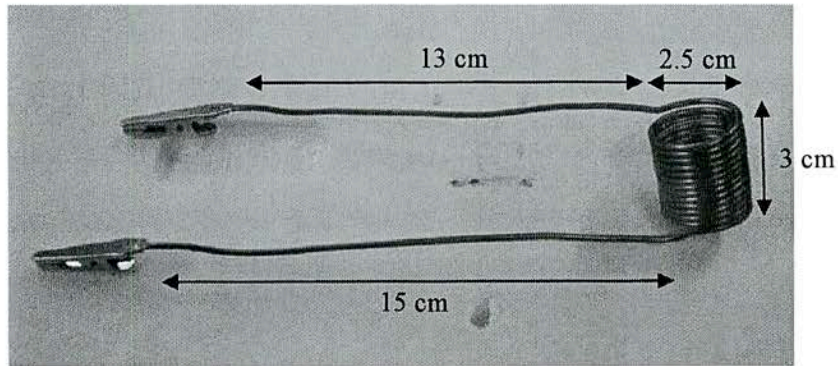


図8 コイルの製作



図9 コイルの取り付け

4. 動作チェックしよう

ここのチェックが最も重要です。布で擦ったエポナイト棒をステンレスコップ、コイルに近づけたとき、箔検電器のアルミ箔が1～2 cm 程度開くことを確認しましょう。開かない場合は静電気が逃げていることが考えられます。配線等をよくチェックしましょう。

5. 実験してみよう

実験1 箔検電器で発電の様子を確かめよう

ステンレストレーに箔検電器のみを接続します。水滴がポタポタと落ちるよ
うに双方向弁で流量を調節します。時間が経つと、箔検電器が開く様子が観測
できます。30秒～1分程度しても開かない場合は、静電気が逃げている可能
性があります。水を止め、エポナイト棒をトレイやコップ、コイルに近づけて、
検電器が開かチェックしてください。部品をひとつずつ外し、どこで逃げてい
るか予測し対策します。

実験2 LEDを点灯させよう (暗い部屋で実験してください)

発電した静電気により LED を点灯さ
せます(図10)。2つのLEDの向き(電
流の流れる方向)を互い違いにし、トレ
ーの間に接続します。片方のトレイに
LEDを固定し、もう片方には1～2mm
程度の隙間を空けておきます(ギャップ
電極)。これは、LEDが点灯する前に静
電気が流れることを防ぎます。どちらの

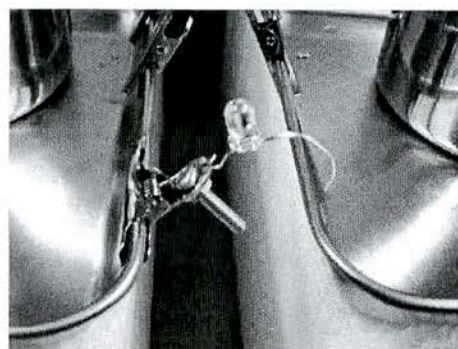


図10 LED点灯例

LEDが点灯するのかわかる電流の方向が分かり、どちらのトレイがプラスに
帯電していたか判別できます。さらにギャップ距離を調節してLEDを点滅させ
てみましょう。このとき検電器は閉じることなく振動します。

実験3 蛍光灯を点灯させよう (暗い部屋で実験してください)

蛍光灯を点灯させてみましょう。
LED は外します (図 11)。水滴を落下させて、箔検電器が大きく開いた後、蛍光灯の一端をトレーと接触させてみましょう。一瞬蛍光灯が点灯するはずですが、蓄えられた電気が蛍光灯に放電することで、蛍光灯の蛍光材を刺激して発光したものです。



図 11 蛍光灯の点灯

実験4 水滴の動きを詳しく観察しよう

次に、箔検電器、LED、蛍光灯も全て外します。この状態で水滴を落下させて、水滴の動きをよく観察しましょう。始め真っ直ぐ落下していた水滴が、徐々にリングに引き寄せられていく様子が観測できます。帯電した水滴が、これと逆符号に帯電しているリングに引き寄せられるからです。よく観察すると、時々水滴が曲がって空中を飛ぶ様子が観測できる場合もあります。これは、リングを通り過ぎた水滴が重力に逆らって再びリングへ引き寄せられたことや、リング以外の帯電した場所に引き寄せられるためです。電気の威力が体験できますね。

6. まとめ

水滴で発電できる不思議なケルビン発電機で、静電気を簡単に蓄えることができましたね。水を食塩水にかえたりして発電の様子を観察してみましょう。シンプルなものの中にも多くの科学の芽が含まれていてワクワクしますね。また、電気を効率よく発生させて送り届ける発電技術は将来のエネルギー問題を解決する重要なものです。皆さんもこのような大切な問題に挑戦する素敵な科学者となりましょう。

でんりゅう なが かし か 電流の流れを可視化してみよう

はじめに

でんき がくしゅう をする際、でんりゅう、でんあつ、ていこう、すいりゅう、すいあつ、かん ふと、さといった水モデルで説明されることが多いようです。しかし、でんき、なが、みずの流れて実験的に説明するのはなかなか大変です。理由は、1) 水の粘性抵抗のせいで、すいりゅう、すいあつ、かん ふと、あいだ、でんき、ほうそく、な、り立たない、2) 水のモデル実験装置を作るのが意外と大変、3) 容器に入れた水が時間とともに減少するため、すいあつ、いってい、たも、むずか、か、ず、多くあります。いっそのこと、でんりゅう、でんき、とら、かんが、けつ、か、でんりゅう、かし、か、そう、ち、じゅぎょう、つか、かた、し、電流可視化装置を作ってみました。授業での使い方、プレゼンテーションの仕方次第では、でんき、イメージをうまく説明できるのではないかと思います。

でんりゅう、かし、か、そう、ち 電流可視化装置のしくみ

でんりゅう、そくてい、でんりゅうけい、かい、ろ、ちよくれつ、せつぞく、ひつよう、そく、電流を測定するには、電流計を回路に直列に接続する必要があります。測定したい箇所がたくさんある場合には、でんりゅうけい、ひつよう、か、ず、よう、い、たくさん、の、どう、せん、つか、かい、ろ、こう、せい、でんりゅうけい、た、ば、あい、そくてい、かし、よ、い、どう、導線を使って回路を構成します。電流計が足りない場合には、測定箇所に移動してつなぎ直さなければならず、かなり面倒です。一方、ここで紹介する装置(図1)では、「電流プローブ」という部品を使います。電流プローブは、でんりゅう、どう、せん、まわ、つく、じ、かい、けん、し、ゆ、つ、じ、かい、つ、よ、どう、せん、なか、なが、でんりゅう、流が導線の周りに作る磁界を検出し、磁界の強さから導線の中を流れる電流を測定することができるので、装置を回路に直列に入れる必要がない上に非接触で電流を測ることができます。ただし、でんりゅう、しゅつ、り、よく、でん、あ、つ、かなり小さいので、アンプ(オペアンプ)で一度増幅したあとマイコンで電流値を表示します。マイコンは同時に、でんりゅう、なが、ほう、こう、ひかり、なが、う、な、表示も行います。これにより、どう、せん、なか、り、よう、でんりゅう、らの方向に流れているかが直感的にわかります。

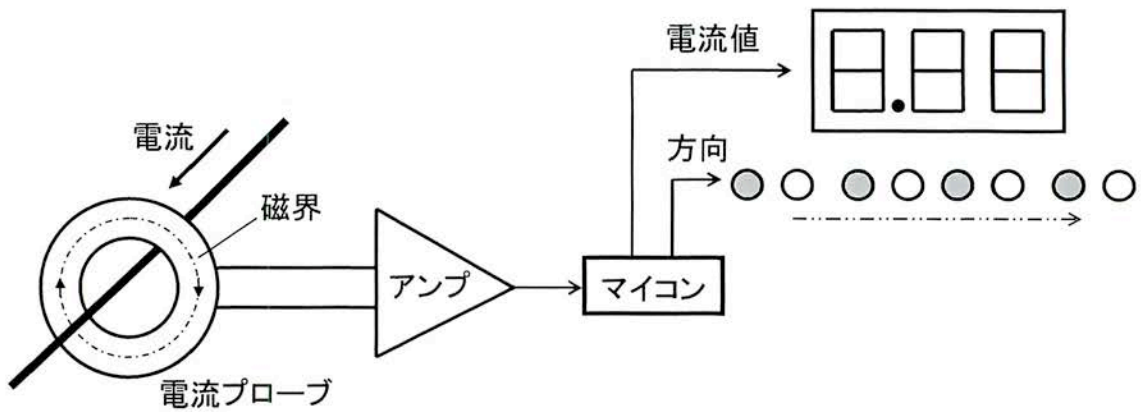
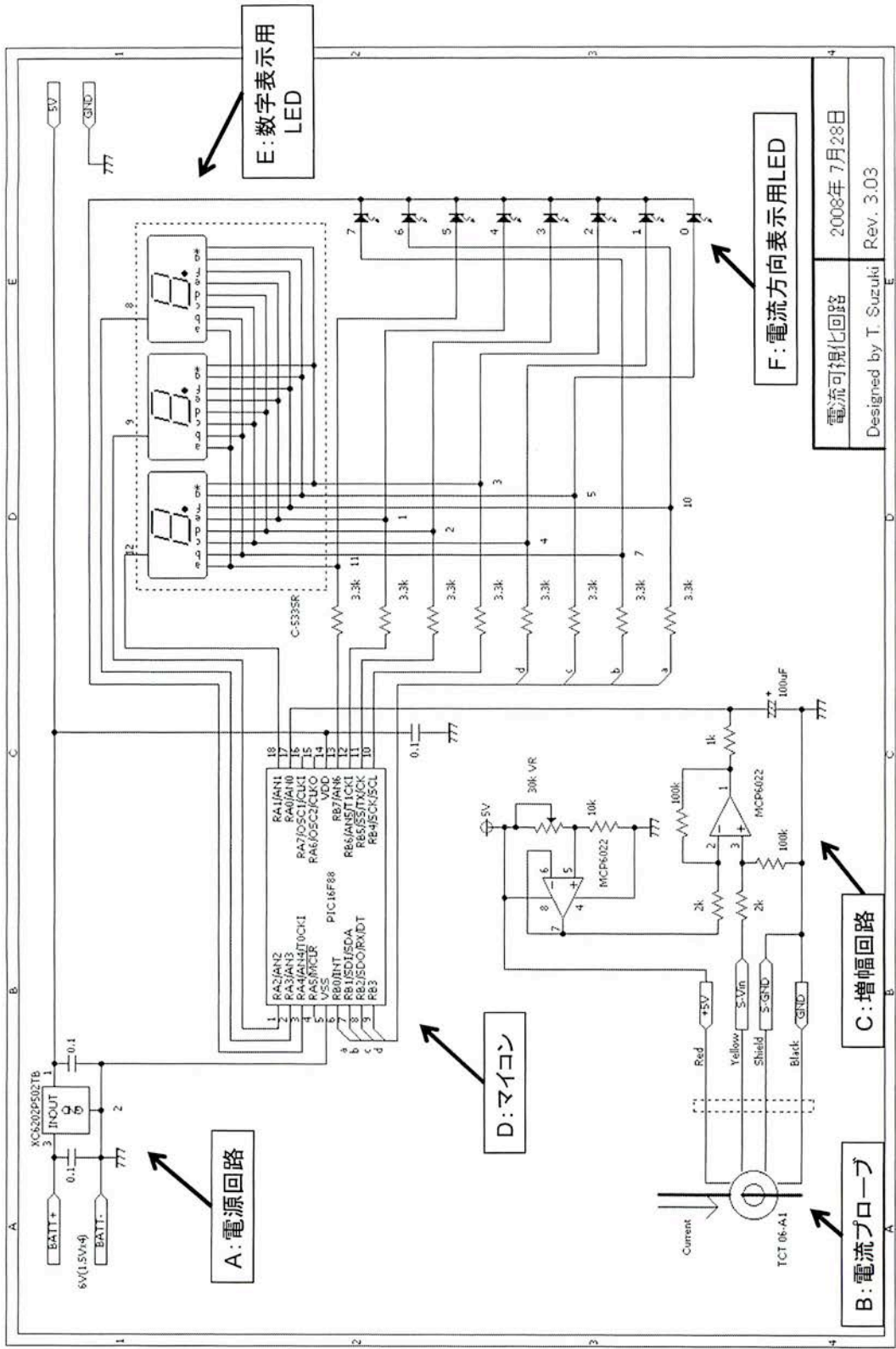


図1 電流可視化装置のしくみ

電流可視化装置の製作

図2に電流可視化装置の回路図を示します。Aの部分が電源回路です。単3乾電池を4本直列にして使い、6Vの電圧を得ます。これを電圧レギュレーターで5Vの電圧に安定化して使っています。Bの部分が電流プローブで、5Vの電源を供給します。電流の測定結果（出力）をCの部分で増幅し、Dの箇所にあるマイコンへと送ります。マイコンはEの部分にある3桁の7セグメントLED（数字表示用LED）に電流値を表示します。また、Fの部分にあるLEDを順番に点灯させ、電流の流れる方向を表示します。

表1に部品表を示します。電流プローブ以外はそれほど特殊な部品を使用していません。ただし、5V単電源で動くようにするため、増幅回路には、レール・トゥ・レール型と呼ばれるオペアンプを使用しました。

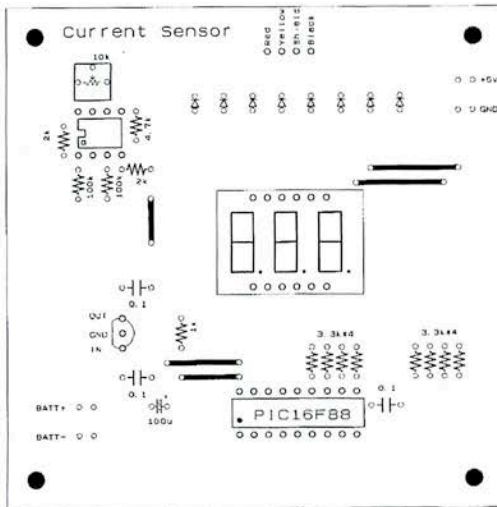


電流可視化回路	2008年7月28日
Designed by T. Suzuki	
Rev. 3.03	

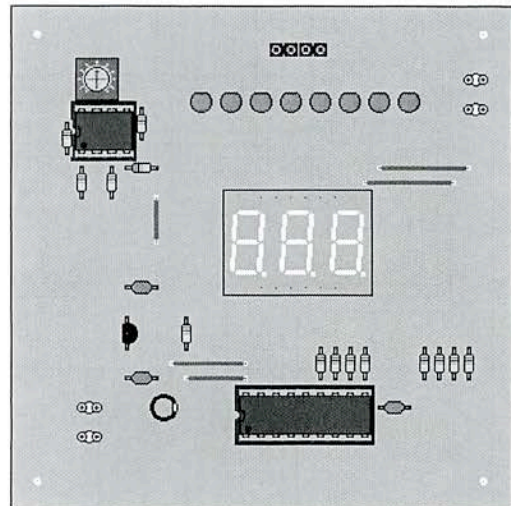
図 2 電流可視化装置の回路図

ひょう ぶひんひょう
表 1 部品表

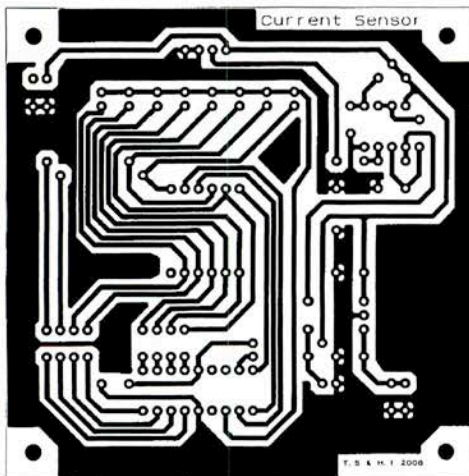
部品名	型番 [仕様]	個数
電流プローブ	TCT 06-A1 [20mV/1A]	1
ワンチップマイコン	PIC16F88	1
電圧レギュレーター	XC6202 [5V/300mA]	1
オペアンプ	MCP6022 [Rail to Rail]	1
7セグメントLED	C-533SR [カソードコモン3桁]	1
赤色LED	OSDR5113A [φ3mm]	8
可変抵抗	1kΩ	1
抵抗	1kΩ	1
抵抗	2kΩ	2
抵抗	3.3kΩ	8
抵抗	3.9kΩ	1
抵抗	4.7kΩ	1
抵抗	10kΩ	1
抵抗	100kΩ	2
セラミックコンデンサー	0.1μF/50V	3
電解コンデンサー	100μF/25V	1



ぶひんめん かたばんず
(a) 部品面 (型番図)



ぶひんめん じったいず
(b) 部品面 (実体図)



めん
(c) ハンダ面 (パターン図)

ず はいせん きばん
図 3 プリント配線基板

7セグメントLEDや、8個のLEDを駆動するので、配線は少し複雑です。工作しやすいようにプリント配線基板(図3)を用意しました。図3(a)は部品面の部品型番図、図3(b)は部品面の実体図、図3(c)はハンダ面のパターン図です。図3(a)あるいは図3(b)に示された通りに部品を差し込み、ハンダ面に出てきたピンをハンダで固定していきます。電圧レギュレーター、マイコンチップ、オペアンプは向きに注意してください。LED、電解コンデンサーには極性がありますので、注意してください。

電流可視化装置の調整

この装置は、最初に調整する必要があります。

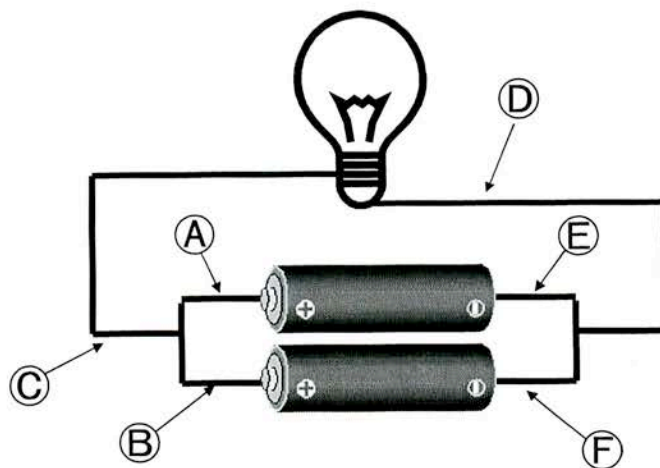
- 1) まず電流プローブに導線を通さない状態で電池をつなぎます。このとき8個のLEDと数字表示用LEDが順番に点灯します。これによって、回路とプログラムが正しく動いていることが確認できます。
- 2) 順点灯が終わると、LEDが1個ずつ点灯して左右どちらかの方向に流れています。また、数字表示用LEDに0(ゼロ)以外の数字が表示されています。可変抵抗を回し、LEDの点灯が消え、数字表示用LEDに0.00が表示されるようにします。これで調整は終わりです。(ただし、電流がゼロであるにもかかわらず0.00以外の数字が表示されるようになった場合は、再調整してください。)

8個のLEDと数字表示用LEDは電池をつないで電源を入れるたびに1)のように点灯します。電源を入れる際は毎回、電流プローブに導線を通さない状態で入れてください。

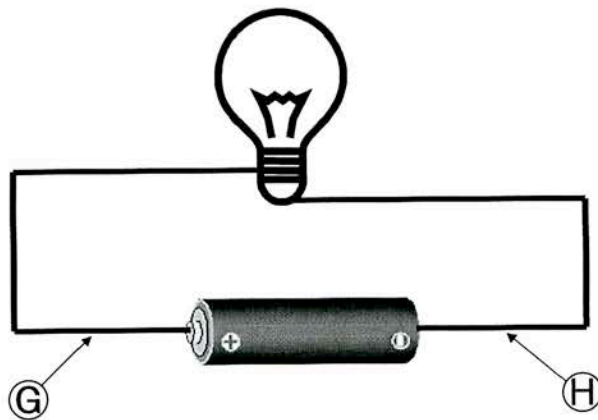
電流可視化装置の使用例

たとえば、図4に示すような電池2本の並列回路を測るものとします。電池から流れ出る電流の和(A+B=C)が電球に流れること、また電球を通った後も電流値に変化はない(C=D)こと、電流はそれぞれ流れ出た電流と同

$=\text{B}=\text{G}/2$, $\text{E}=\text{F}=\text{H}/2$) になっているのがわかります。電球が並列にな
 っている回路でも試してみてください。



ず
 図 4 電池の並列回路



ず
 図 5 電池一本の回路

くるくるモーターをつくろう !!

1. はじめに

モーターは電気自動車など身近なものに沢山使われています。リング状に巻いた電線と磁石を使って、手のひらサイズのモーターをつくってみましょう。電池をつないだ電線に磁石を近づけると力が働く性質を利用します。モーターを速く回すには、どんな工夫をすればいいかな??

2. 電線に働く力

電流の流れる電線のそばに磁石を置くと、電流の源である電子が磁石の磁場から力を受けることで、結果として電線には力が働きます(図1)。電流の流れる方向、磁場の方向には一定の関係があり、これをフレミングの左手の法則といいます(図2)。モーターの駆動は、電線の形を工夫し、力を回転力として取り出せるようにしています。

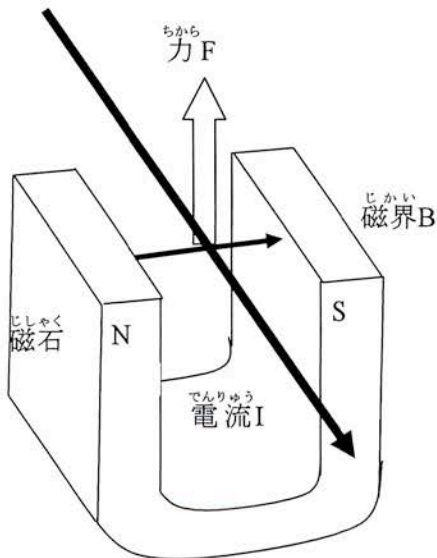


図1 磁界中の電流に働く力

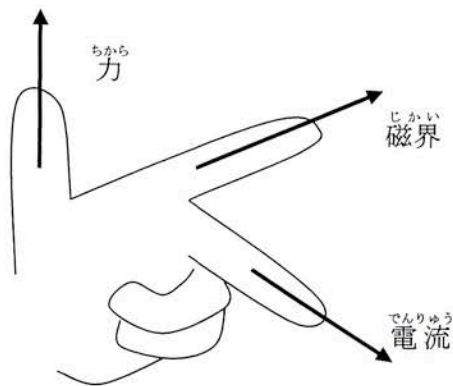


図2 フレミングの左手の法則

3. モーターの仕組み

電流を円環状に流して磁場の中におくことで、回転する力を発生させることができます。図3の場合を考えてみましょう。N極とS極が向かい合ってきた磁界中に、“コ”の字にした電線が置いてあります。電線に電池をつないで、図のように電流を流します。このとき磁界の向きは左から右に発生しているので、前節の説明の図2から考えると、電線の左側の部分には上向きの力、右側の部分には下向きの力が働くことが分かります。このとき、電線にはコマを回すような、回転力が働きます。これがモーターを動かす原理になります。

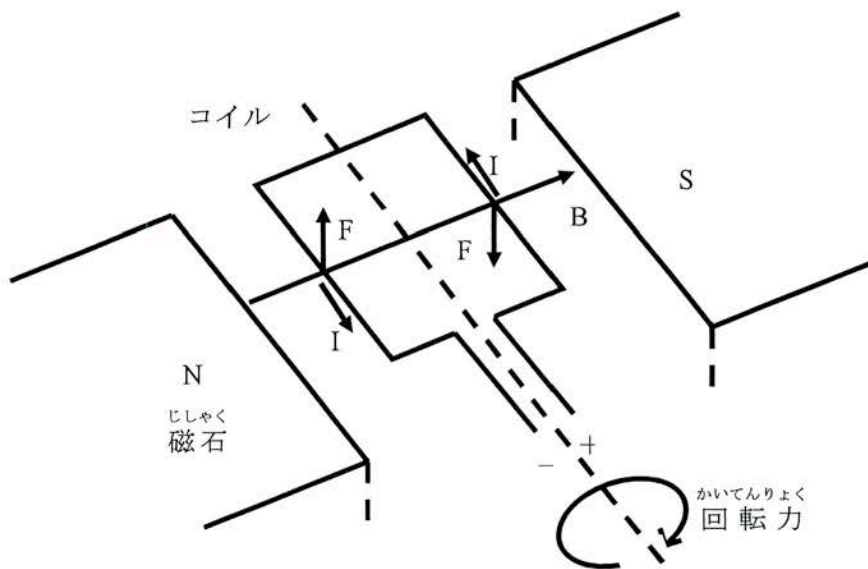


図3 モーターの仕組み

4. 簡単ぐるぐるモーターをつくってみよう

下記の身近な材料で簡単なモーターをつくってみます (図4)。

ざいりょう
材料：

はっぼう 発泡スチロール (7 cm×7 cm, 厚さ 4 cm程度) ……	まい 1枚
クリップ ……	2個
せん ふと エナメル線 (太さ 0.4 mm, 長さ 30 cm程度) ……	ほん 1本
じしゃく まるがた 磁石 (丸型, フェライトもしくはネオジウム) ……	こ 1個
でんち 電池ボックス (単3形1本用) ……	こ 1個
みのむしクリップ ……	2個
でんち たん 電池 (単3, 1.5 V) ……	こ 1個
かみ 紙やすり, はさみ	
セロファンテープ, りょうめん 両面テープ	

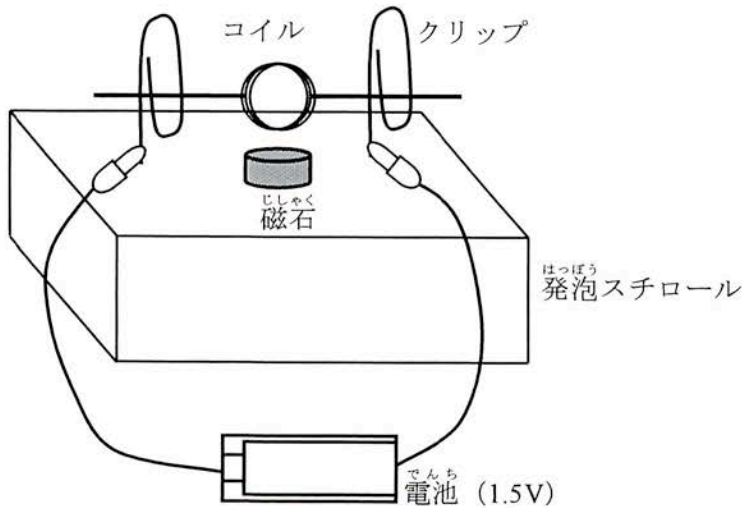


図4 簡単ぐるぐるモーターの製作

(1) エナメル線を電池にぐるぐるといま
きつけコイルをつくります (図5)。コ
イルの両端は3 cm ほど残しておきま
す。

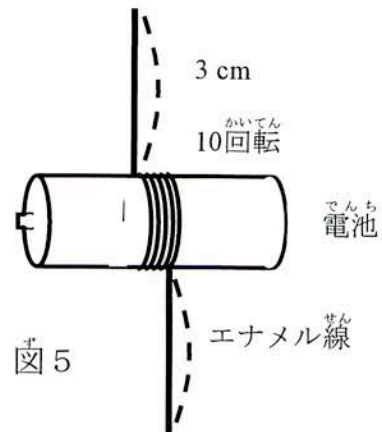


図5

(2) コイルの両端のエンメル線を紙やすりではがします(図6)。このとき、片方は全部、もう片方は半分だけはがします。最後にコイルの両腕が中心軸と一致するように形を整えてください。

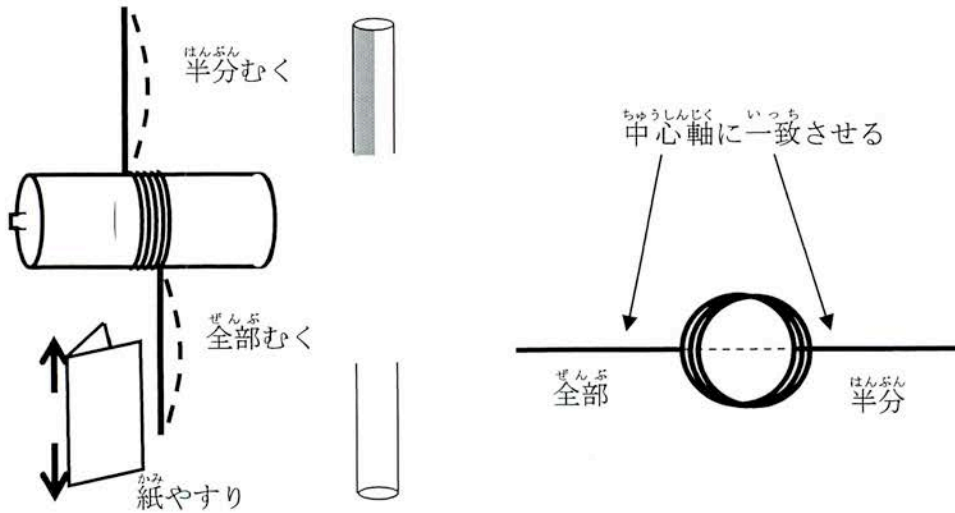


図6

(3) クリップの足を伸ばして発泡スチロールにさします(図7)。2つのクリップの間隔は、コイルの腕の長さより小さくします。磁石を間に配置します。

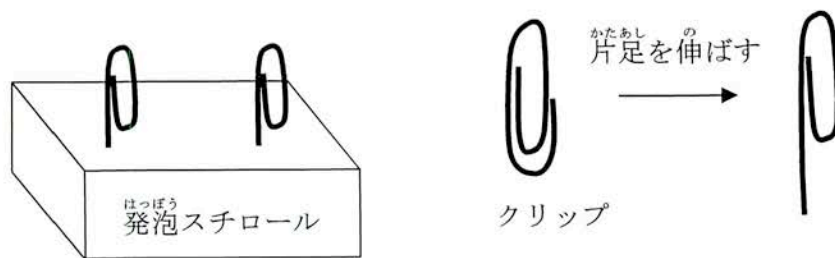


図7

(4) コイルをクリップに設置し、電池ホルダーをクリップに接続します。電池を入れるとコイルが回ります。

コイルはくるくると回りまわりましたか？もし、回転しない場合や、後日動作しなくなったときは以下の項目をよく確認してください。

- ・ コイルの両端のエナメル線は綺麗にはがれていますか？
- ・ コイルを手で回して綺麗に回転しますか？軸は真っ直ぐですか？
- ・ 磁石は適切な位置におきましたか？
- ・ 電池は古くありませんか？

さらに早く回転させるためには、どんなことをしたらいいでしょうか。電線の巻き数、コイルの大きさ、磁石の位置、電池の電圧などいろいろと変えて試してみましよう。

でんきいろえんぴつ やさい いろがみ え か 電気色鉛筆で野菜ジュース色紙に絵を描こう！

野菜ジュース（紫キャベツや紫イモ）、果物ジュース（ぶどう）、ウコン飲料、緑茶をキッチンペーパーに染み込ませた色紙に、乾電池をつないだ電気色鉛筆で絵や字を書いてみましょう。電気が流れたところだけ色が変わるよ。どんな色に変わるか調べてみよう。

1. はじめに

絵や字を書くと、脳が活性化して、頭にいいらしいです。私たちは、鉛筆、ボールペン、筆などを使って、紙に絵や字を書きます。この実験では、そんな当たり前のことはせず、野菜ジュースと乾電池を使って、絵や字を書きます。電気は、明かりをつけてくれたり、テレビをつけてくれたり、日常生活になくてはならない便利なものですが、その電気を使って、絵や字を書くという不思議を体験しましょう。この実験で使う野菜ジュース色紙は、野菜ジュース（あるいはウコン飲料、果物ジュース、緑茶）を染み込ませたキッチンペーパーのことです。また、電気色鉛筆は、キッチンペーパーに染み込んだ野菜ジュースに電気を流す役目をします。電気が流れたところだけ、色が変わり、野菜ジュース色紙に絵や字を書くことができます。

2. 絵や字が書ける仕組み

水溶液の性質について学校で勉強していないと、内容が難しいので、まだ勉強していない人はここを読み飛ばして、「3. 実験の手順」に進んでください。

水溶液には、酸性、中性、アルカリ性のものがあり、リトマス紙などを使って、判別することができます。青色のリトマス紙を酸性の水溶液に浸すと、色が赤色に変化します。また、赤色のリトマス紙をアルカリ性水溶液に浸すと、色

が青色に変化します。リトマス紙のように、水溶液の性質によって、自分自身の色が変わるものが他にもあります。紫キャベツ、紫イモ、紫のブドウの皮、ウコン、ターメリック、カレー粉、緑茶などに含まれる色の成分も、リトマス紙のように、アルカリ性の水溶液に対して、色が変わる性質をもっています。この実験では、このような色が変わる性質を利用して、野菜ジュース色紙に絵や字を書きます。

ここからは、イオンの話が出てきて、さらに難しくなるので、読み飛ばしてもいいです。この実験では、食塩を溶かした野菜ジュース（あるいはウコン飲料、果物ジュース、緑茶）をキッチンペーパーに染み込ませ、野菜ジュース色紙とします。野菜ジュースに食塩を加えるのは、電気を流れやすくするためです。電気鉛筆の先を野菜ジュース色紙にくっつけて電気を流すと、電気鉛筆がくっついたところだけ色紙の色が変わります。でも、紫キャベツや紫イモなどの色の成分は、アルカリ性や酸性の水溶液に触れないと、色は変わりません。どうして、電気鉛筆で電気を流ただけで、色が変わるのでしょうか？

まずは、酸性、中性、アルカリ性の勉強をしておきましょう。皆さん水は知っていますよね。水の一部は正の電荷（電気）をもった水素イオン H^+ と負の電荷（電気）をもった水酸化物イオン OH^- に分かれています。純粋な水では、水素イオン H^+ と水酸化物イオン OH^- の数は同じです。このように、水素イオン H^+ と水酸化物イオン OH^- が同数のときが中性です。一方、水素イオン H^+ と水酸化物イオン OH^- の数のバランスが崩れ、水素イオン H^+ の数が多くなると酸性、水酸化物イオン OH^- の数が多くなるとアルカリ性となります。電気鉛筆を野菜ジュース色紙につけると、図1のように野菜ジュースの中を下部電極（プラス極）から電気鉛筆（マイナス極）に向けて、電気が流れます。電気が流れると、電気鉛筆の近くで、電気の素（電子）と水素イオン H^+ が一緒になって水素となり、水素イオン H^+ の数が減ります。そのため、電気鉛筆付近では、水酸化物イオン OH^- の数が水素イオン H^+ より多くなります。つまり、アルカリ性となって、紫キャベツや紫イモなどの色の成分が変色します。電気が流

れることにより、電気鉛筆付近だけ水溶液の性質がアルカリ性になるんです
ね。水溶液の性質を変えるなんて、電気って、なんだか不思議で面白いですね。

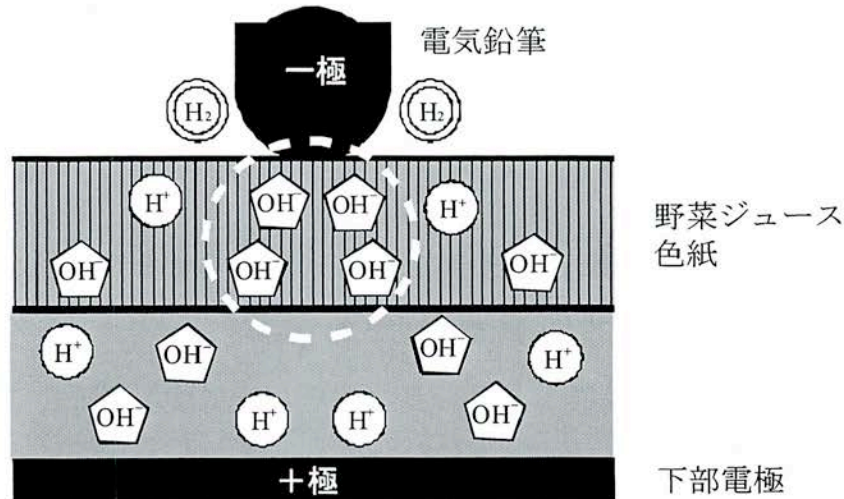


図1 電気鉛筆の原理

電気鉛筆付近（点線の丸）の水素イオン H^+ が水素 H_2 となっ
て減るので、水酸化物イオン OH^- が相対的に多くなって、
アルカリ性になる。

3. 実験の手順

以下の手順に従って、野菜ジュース色紙と電気鉛筆を準備し、絵や字を書い
てみましょう。

3.1 材料

次の材料を用意しましょう。

- ・トレイ…………… 1個
- ・単三乾電池…………… 2本
- ・電池ボックス…………… 1個
- ・リード線…………… 2本

- ・電気鉛筆^{でんきえんぴつ}…………… 1本^{ほん}

※ 電気^{でんき}を通す棒状^{ととおぼうじょう}のものならば何^{なん}でもいいです。割りばし^{わりばし}の先^{さき}にアルミホイル^{アルミホイル}をまいてもいいです。先^{さき}が尖^{とが}っていない、持ちやすい太さ^{ふと}ものが適当^{てきとう}です。

- ・アルミホイル…………… 適当^{てきとう}な大き^{おお}さ
- ・キッチンペーパー…………… 1枚^{まい} (アルミホイルより小^{ちい}さめ)
- ・食塩^{しょくえん}…………… 5 g (小^こさじ 1杯^{ばい})
- ・コップ…………… 1個^こ
- ・キッチンペーパーに染^しみ込^こませる液^{えき}

(ア) 野菜^{やさい}ジュース

- ・〈例〉カゴメ「野菜生活^{やさいせいいかつ}100 紫^{むらさき}の野菜^{やさい}」…………… 100 ml
- ・〈例〉ヤクルト「アヤムラサキ」…………… 100 ml

(イ) ウコン^{いんりょう}飲料

- ・〈例〉ハウス食品^{しょくひん}「ウコンの力^{ちから}」…………… 100 ml

(ウ) 果物^{くだもの}ジュース

- ・〈例〉伊藤園^{いとうえん}「ビタミンフルーツ 熟^{じゅく}ぶどう」…………… 100 ml

(エ) 緑茶^{りょくちや}

- ・〈例〉伊藤園^{いとうえん}「食物せんい^{しょくもつ}がおいしくとれるお茶^{ちや}」…………… 100 ml
- ・〈例〉キリンビバレッジ「生茶^{なまちや}」…………… 100 ml
- ・〈例〉コカ・コーラナショナルビバレッジ「茶花^{ちやか}」…………… 100 ml

- ・重曹^{じゅうそう}…………… 必要^{ひつよう}があれば少^{しょう}々^{しょう}

※ 酸味料^{さんみりょう}が入^{はい}っている飲料^{いんりょう}は、一旦^{いったん}色^{いろ}が変^かわっても、すぐ^{すぐ}に元^{もと}の色^{いろ}に戻^{もど}っていきます。これは、飲料^{いんりょう}が弱^{よわ}い酸^{さん}性^{せい}になっ^なっているため^{ため}です。重曹^{じゅうそう}を少^{すこ}し入^いれて中^{ちゅう}和^わすると、発色^{はっしよく}が長^{なが}持^もちし^します。でも、重曹^{じゅうそう}を入^いれすぎると、飲料^{いんりょう}自^じ体^{たい}がアルカリ性^{せい}になっ^なって色^{いろ}が変^かわってしま^{しま}うので、注^{ちゅう}意^いしまし^しょう。

3. 2 野菜ジュース色紙と電気鉛筆の準備

① 下部電極の準備

野菜ジュースなどがこぼれたり、漏れ出したりしないよう、トレーを用意します。トレーの上にアルミホイルを敷き、下部電極とします。



図2 下部電極を準備したところ

② 野菜ジュース色紙の準備

野菜ジュース（あるいはウコン飲料、果物ジュース、緑茶）を用意し、コップに入れて、食塩を加えます。キッチンペーパーをコップの中に入れて、野菜ジュースに浸します。キッチンペーパーを取り出し、①のアルミホイルの上に、



図3 野菜ジュース色紙を準備したところ

くうき はい しないように敷きます。これで、野菜ジュース色紙の準備は終わりで
す。

③ 電気鉛筆の準備

電池ボックス、リード線、セロハンテープ、電気鉛筆を用意します。

電池ボックスから出ているリード線が短いので、電池のリード線の先と別に
用意したリード線の先をくっつけ、ねじって接続し、セロハンテープで固定し
ます。赤色のリード線（プラス極）をトレーの上の下部電極（アルミホイル）
にセロハンテープで貼り付けます。また、黒色のリード線（マイナス極）を電気
鉛筆にセロハンテープで貼り付けます。

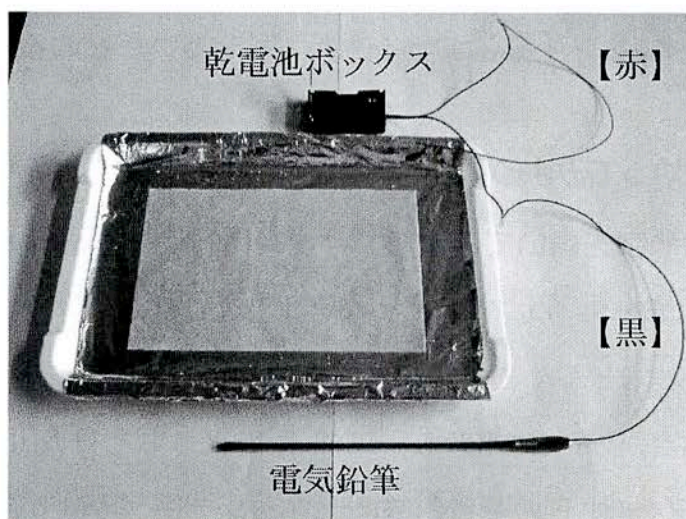


図4 電気鉛筆（金属製マドラー）と乾電池ボックスを
接続したところ

3. 3 絵や字を書いてみよう

まずは、電池ボックスに電池を入れなくて、電気鉛筆の先を野菜ジュース色紙
につけ、移動させてみてください。野菜ジュース色紙の色は変わりましたか？変
わりませんよね。電気が流れないと、色は変わりません。

電気鉛筆と下部電極が離れていること（接触していないこと）を確認し、
単三電池を電池ボックスに入れます。電気鉛筆を手に取り、電気鉛筆の先を野菜

ジュース色紙^{いろがみ}につけ、移動^{いどう}させてみましょう。今度は、色^{いろ}が変^かわりましたよね。
好きな絵^えや字^じを書^かいてみてください。

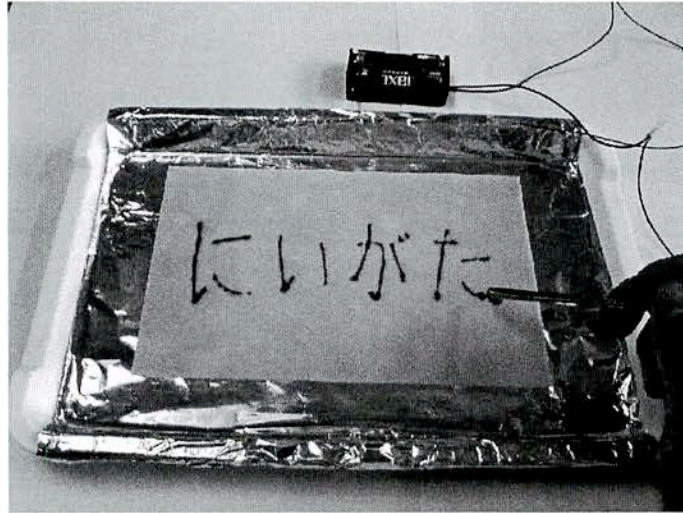


図5 やさい^{やさい}ジュース色紙^{いろがみ}に字^じを書^かいたところ

3. 4 さらにやってみよう

「3. 3 絵^えや字^じを書^かいてみよう」の実験^{じっけん}では、下部電極^{かぶでんきよく}を乾電池^{かんでんち}のプラス極^{きよく}に、電気鉛筆^{でんきえんぴつ}をマイナス極^{きよく}につなぎました。電池^{でんち}のプラス極^{きよく}とマイナス極^{きよく}を逆^{さか}にすると、どんなこと^おが起こ^しるか調^{しら}べてみましょう。

2本目^{ほんめ}の電気鉛筆^{でんきえんぴつ}を新た^{あら}に用意^{ようい}し、下部電極^{かぶでんきよく}にくっつけたリード線^{せん}を剥^はがして、そのリード線^{せん}を2本目^{ほんめ}の電気鉛筆^{でんきえんぴつ}にセロハンテープ^はで貼^つり付けます。また、野菜ジュース色紙^{やさい}を2枚^{いろがみ}作り、重ね^{まいつく}て下部電極^{かぶでんきよく}の上^{うえ}にのせます。

電気鉛筆^{でんきえんぴつ}（プラス極^{きよく}）の先^{さき}を下部電極^{かぶでんきよく}（アルミホイル）にくっつけ、押^おさえつけます。また、電気鉛筆^{でんきえんぴつ}（マイナス極^{きよく}）の先^{さき}を野菜ジュース色紙^{いろがみ}にくっつけ、動^{うご}かします。「3. 3 絵^えや字^じを書^かいてみよう」と同じ^{おな}じように絵^えや字^じが書^かけるはず^{はず}です。

次^{つぎ}に、電気鉛筆^{でんきえんぴつ}（マイナス極^{きよく}）の先^{さき}を下部電極^{かぶでんきよく}（アルミホイル）にくっつけ、押^おさえつけます。そして、電気鉛筆^{でんきえんぴつ}（プラス極^{きよく}）の先^{さき}で、先^{さき}ほど書^かいた絵^えや字^じの上^{うへ}をなぞ^{なぞ}ってみてください。完全^{かんぜん}ではありませんが、絵^えや字^じが消^きえるの^のが分^わかるかと思^{おも}います。

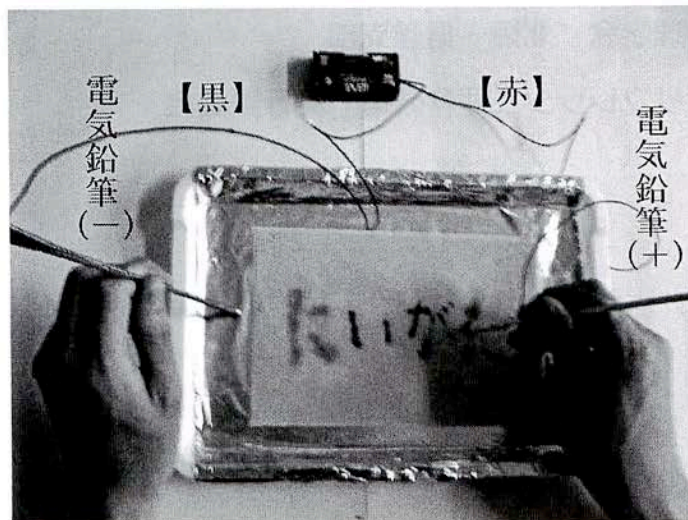


図6 電気の極性を変えて、字を消しているところ

4. まとめ

実験を楽しむことができましたか。他にも色が変化する飲み物があるので、調べてみましょう。新しい発見があるかもしれません。

今回は市販の飲料を使うことを前提としましたが、飲み物ではなく、野菜そのものを使うこともできます。紫キャベツと食塩をビニール袋に入れ、塩もみすると紫キャベツの色の成分を抽出できます。抽出した色の成分をキッチンペーパーに染み込ませると、野菜ジュース色紙になります。この野菜ジュース色紙も電気鉛筆で絵や字が書けるので、興味があれば、実験してみましょう。

最後に、実験するときには、野菜ジュース色紙や下部電極と電気鉛筆が接触した状態で、長時間放置しないようにしましょう。小学生のみんなはおうちのひとと一緒に実験してください。

社団法人応用物理学会 北陸・信越支部

平成20年度「リフレッシュ理科教室」実行委員会

委員長

山本嵩勇 福井大学 [(社)応用物理学会 北陸・信越支部 支部長]

実行委員長

大川秀雄 新潟大学 [新潟大学 工学部長]

実行委員およびご協力いただいた方々（順不同）

大河正志 新潟大学・自然科学系（工学部） [総務，テキスト執筆編集，実験]

太田雅尋 新潟大学・自然科学系（工学部）

大平泰生 新潟大学・自然科学系（工学部） [総務，テキスト執筆，実験]

加藤景三 新潟大学・自然科学系（院自然）

金子双男 新潟大学・自然科学系（工学部）

佐藤 孝 新潟大学・自然科学系（工学部）

清水英彦 新潟大学・自然科学系（工学部）

新保一成 新潟大学・自然科学系（工学部） [会計，テキスト執筆，実験]

鈴木孝昌 新潟大学・自然科学系（院自然） [総務，テキスト執筆，実験]

坪井 望 新潟大学・自然科学系（工学部） [総務，テキスト執筆，実験]

馬場 暁 新潟大学・超域研究機構

丸山武男 新潟大学 [新潟大学名誉教授]

岩野春男 新潟大学・自然科学系（工学部） [総務，実験]

渡邊昌彦 新潟市教育委員会・総合教育センター

社団法人応用物理学会 北陸・信越支部

平成 20 年度リフレッシュ理科教室「電流とそのはたらきを体験しよう」

発行日 平成 20 年 8 月 27 日

発行者 (社) 社団法人応用物理学会北陸・信越支部 新潟地区

編集 大河 正志

印刷 (株) 第一印刷所

©The Japan Society of Applied Physics

ISBN978-4-903968-58-2 Printed in Japan