

平成26年度（第58回）
岩手県教育発表会資料

理 科

中学校理科の 観察・実験資料集

《研究協力員》

北上市立南中学校 近 藤 久美子
盛岡市立大宮中学校 畠 山 直 樹

平成27年2月13日
岩手県立総合教育センター
理科教育担当
立 花 起 一
中 村 学
木 内 隆 友
鈴 木 勇 二
藤 枝 昌 利
坂 本 真

中学校理科の観察・実験資料集 平成26年度版

目次

注 《改》：平成23年度作成「中学校理科実験書」に掲載されている同項目の内容を改訂
《新》：平成23年度作成「中学校理科実験書」に掲載されていない項目を新たに追加

■第1分野

物理的領域

- 【物01】 1年：音の世界「パソコンを使った音の観察」……………物 1
【物02】 1年：光の世界「光学台と簡易カメラの製作（ものづくり）」……………物 6
《改》【物03】 1年：いろいろな力の世界「浮力の実験－浮沈子－（ものづくり）」……………物10
《新》【物04】 2年：電流の性質「テスターによる測定」……………物12
《新》【物05】 2年：電流と磁界「ボールペン軸モーター（ものづくり）」……………物15
《改》【物06】 2年：電流と磁界「交流の発電と観察」……………物18
《改》【物07】 2年：静電気と電流「真空放電と陰極線」……………物21
【物08】 3年：物体のいろいろな運動「Wiiリモコンを使った運動の分析」……………物24
《新》【物09】 3年：物体のいろいろな運動「簡易ストロボを用いて運動を調べる」……………物28
《新》【物10】 3年：力の規則性「力の合成」……………物31
《改》【物11】 3年：エネルギーと仕事「物体の持つ運動エネルギーの変化」……………物34
《改》【物12】 3年：いろいろなエネルギー「5分で製作, 1分で放射線が観察できる霧箱の実験」・物36

化学的領域

- 《改》【化01】 1年：身のまわりの物質「プラスチックの性質」……………化 1
《新》【化02】 1年：身のまわりの物質「ペットボトル繊維をつくる」……………化 3
《改》【化03】 1年：身のまわりの物質「電気を通すプラスチックをつくる」……………化 5
《改》【化04】 1年：身のまわりの物質「溶解度曲線の作成」……………化 7
【化05】 2年：化学変化と原子・分子「失敗しないカルメ焼き」……………化 9
《改》【化06】 2年：化学変化と原子・分子「アルコールランプで作るカルメ焼き」……………化11
《改》【化07】 2年：化学変化と原子・分子「水の合成」（燃焼バッグを自作する）……………化13
《新》【化08】 2年：化学変化と原子・分子「スチールウールの燃焼」……………化15
《新》【化09】 2年：化学変化と原子・分子「マグネシウムと二酸化炭素の酸化還元反応」……………化18
【化10】 2年：化学変化と原子・分子「孔雀石から銅を取り出す」……………化21
【化11】 2年：化学変化と原子・分子「短時間で確認できる定比例の法則」……………化23
《改》【化12】 3年：化学変化とイオン「寒天を使ったイオンの移動の観察」……………化25
《改》【化13】 3年：化学変化とイオン「水の生成を確認する中和反応」……………化27
【化14】 3年：化学変化とイオン「中和反応と溶液の電気伝導度」……………化29
《新》【化15】 共通：「廃液の処理」……………化31

■第2分野

生物的領域

- 《改》【生01】 共通「顕微鏡の使い方」……………生 1
- 《改》【生02】 1年：生物の観察「淡水プランクトンの培養と観察」……………生 5
- 《改》【生03】 1年：植物の体のつくりと働き「植物の葉の構造の観察」……………生 9
- 《改》【生04】 1年：植物の体のつくりと働き「光合成でつくられたデンプンの確認」……………生11
- 《改》【生05】 1年：植物の体のつくりと働き「植物の道管の観察」……………生14
- 《新》【生06】 1年：植物の体のつくりと働き「植物の気孔の観察」……………生18
- 《改》【生07】 1年：植物の体のつくりと働き「種子をつくらない植物（コケ・シダ）の観察」……………生21
- 《新》【生08】 2年：生物と細胞「フックが発見した細胞CELLの観察」……………生26
- 《改》【生09】 2年：生物と細胞「色素体の観察」……………生29
- 《改》【生10】 2年：動物の体のつくりと動き「ヒメダカの走性」……………生31
- 《新》【生11】 2年：動物の仲間「イカの解剖」……………生33
- 《改》【生12】 3年：生物の成長と殖え方「体細胞分裂の観察」……………生36
- 《改》【生13】 3年：生物の成長と殖え方「花粉管の観察」……………生39
- 《改》【生14】 3年：生物の成長と殖え方「DNAの抽出」……………生42
- 《新》【生15】 3年：生物と環境「土壌動物の調査」……………生45
- 《改》【生16】 3年：生物と環境「クマムシの観察」……………生51
- 《改》【生17】 3年：生物と環境「外来生物の調査」……………生53

地学的領域

- 《新》【地01】 1年：火をふく大地「歯科用印象材による火山立体モデルの作成」……………地 1
- 《改》【地02】 1年：火をふく大地「火山灰の観察」……………地 2
- 【地03】 1年：火をふく大地「火成岩の組織の観察」……………地 3
- 《新》【地04】 1年：火をふく大地「結晶のでき方と結晶の大きさとの関係」……………地11
- 《新》【地05】 1年：動き続ける大地「地震の波の伝わり方」……………地13
- 《改》【地06】 1年：動き続ける大地「資料：地震と災害」……………地16
- 《改》【地07】 1年：大地の変化を読みとる「いいにおいの断層実験とボーリング実験」……………地19
- 【地08】 2年：前線とまわりの天気の変化「ゆっくりはつきり観察できる前線モデル」……………地23
- 【地09】 3年：宇宙の広がり「天体望遠鏡の使い方」……………地24
- 【地10】 3年：宇宙の広がり「太陽の表面の観察」……………地27
- 《改》【地11】 3年：月と惑星の見え方「月の見え方 月食」……………地28
- 《改》【地12】 3年：月と惑星の見え方「金星の満ち欠けモデル」……………地31

【物01】 パソコンを使った音の観察

1. 準備

パソコン，マイクロホン（「耳元スピーカー」などのプラグ・コード・スピーカーが一体になったものでも可），各種の音源

計測用ソフト「振駆郎」（理科ねっとわーくからダウンロードし，パソコンに保存しておく。）

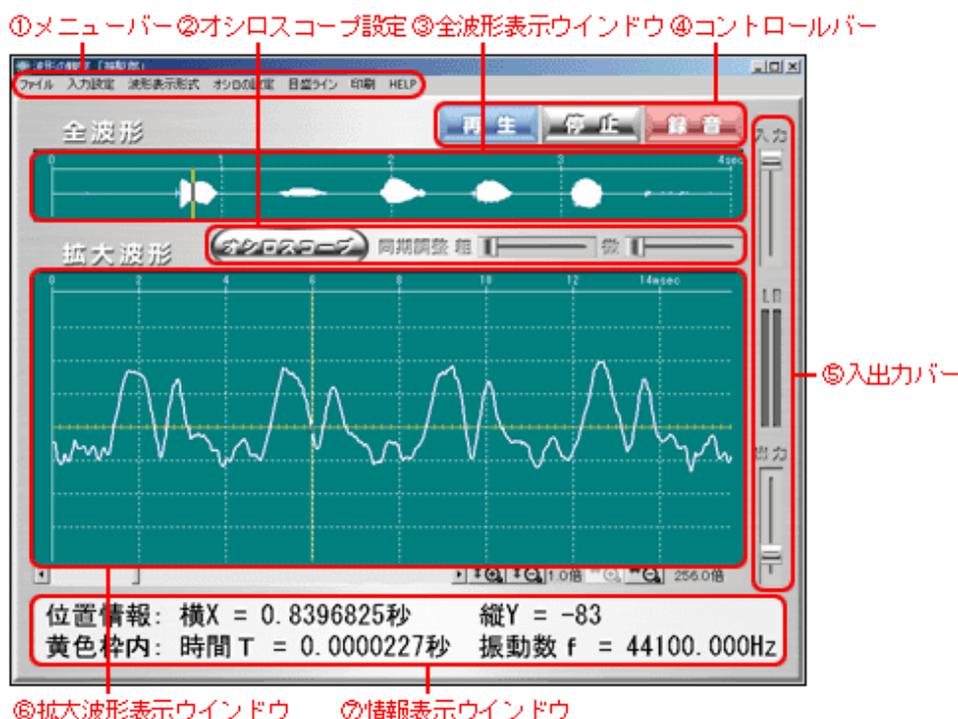
<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0260b/start.html>

計測用ソフト「Excel Sound」（エクセル上の自作ソフト）

2. 手順

(1) 理科ねっとわーくのソフト「振駆郎」を使う場合

振駆郎の画面構成



各部分の名称と内容は次の通り

- ① メニューバー …各メニューのコマンドをマウスで選ぶと、各種の操作や設定ができる。
- ② オシロスコープ設定 …オシロスコープ機能として使用する場合に使用する。
- ③ 全波形表示ウィンドウ …WAVE ファイルやマイクから録音したデータの全波形を表示する。
- ④ コントロールバー …音の再生や録音、停止などを行う際に使用する。
- ⑤ 入出力バー …マイクからの入力ボリュームや音の出力ボリュームを調整する時に使用する。
- ⑥ 拡大波形表示ウィンドウ …音データを波形として表示する。
- ⑦ 情報表示ウィンドウ …カーソルの位置や計測情報を表示する。

■よくある質問■

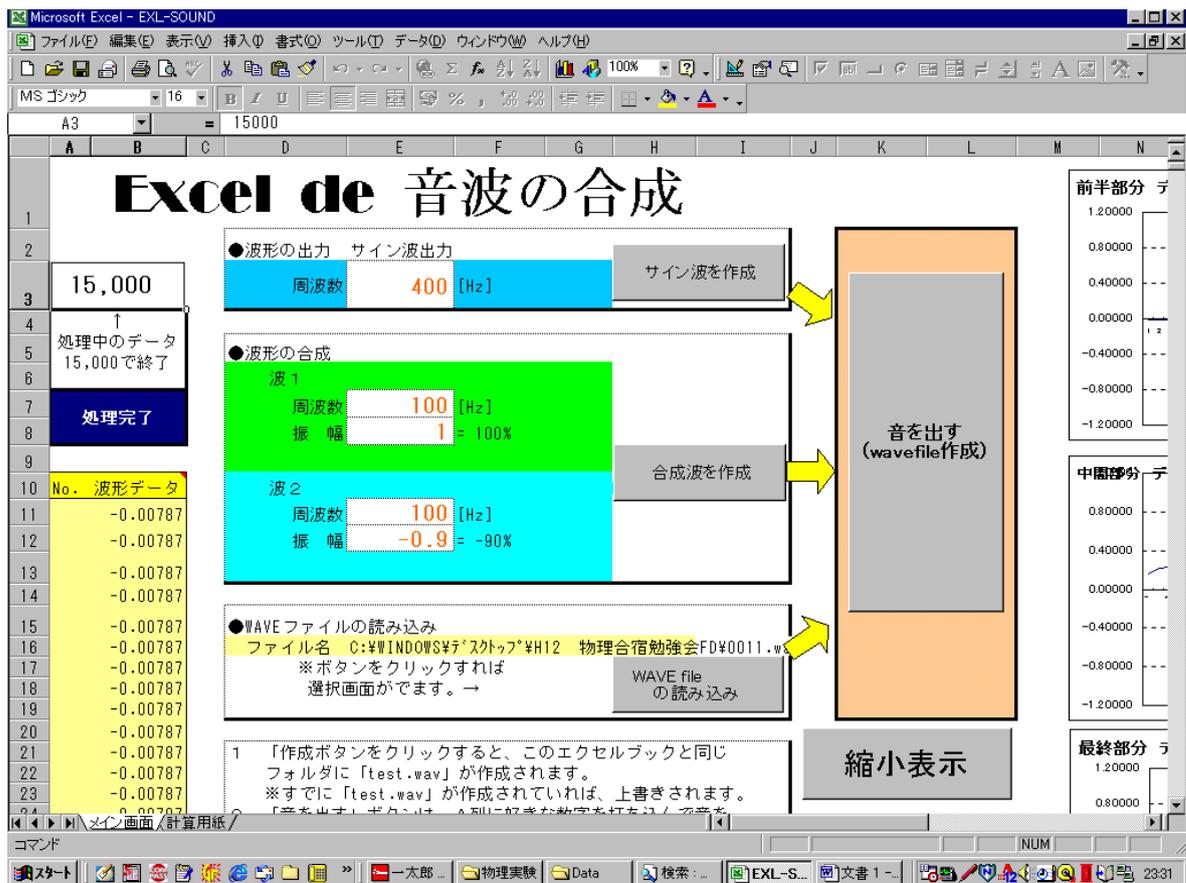
Q：「オーディオデバイスが見つかりません。」というエラーメッセージが出て起動できない。

A：Windows Vista など Windows のバージョンによっては、振駆郎を起動する前にマイクをつないでおかないとエラーが表示され、正常に起動できないことがあります。

対応策… あらかじめマイクをつないだ状態で「振駆郎」を起動する。

(2) マイクロソフト エクセル上の自作ソフト「Excel Sound」を使う場合

シートの説明 実際の画面は次のとおり。



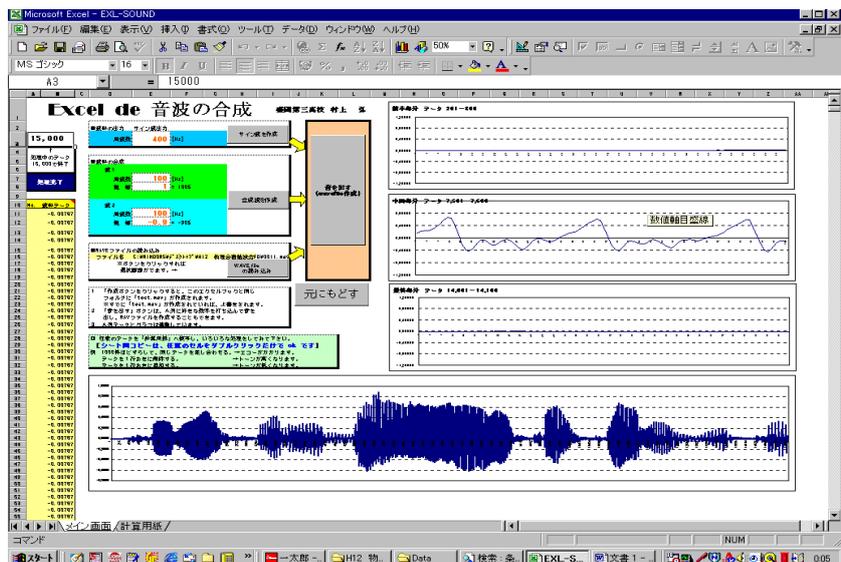
このブックは「メイン画面」と「計算用紙」の2枚のシートからなる。

● 「メイン画面」シートの説明

A・B列

WAV ファイルや「計算用紙」シートで処理した波形データ (数値) が格納される。データ数は 15,000 件に設定している。

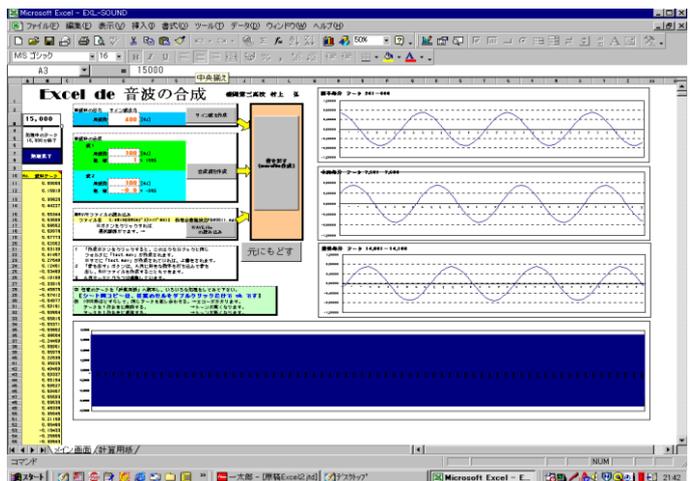
データが格納されると、全体を表すグラフと、前半・中間・後半を部分的に拡大したグラフがシート上で確認できる。



E 3セル

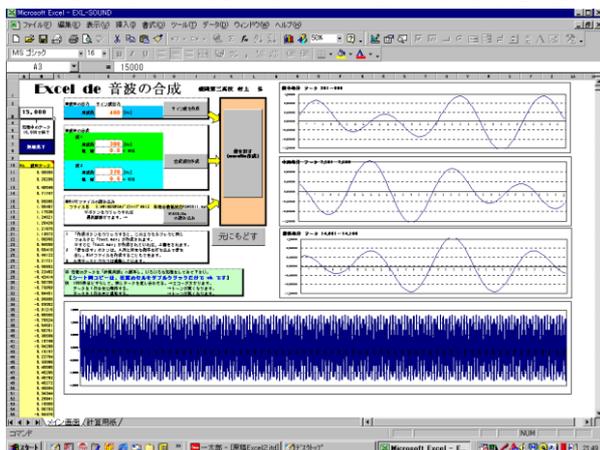
サイン波を出力する場合の振動数を入力する。ここに任意の数値を入力して「サイン波を作成」ボタンをクリックすると、サイン関数で計算された数値が、B列に 15,000 個格納される。

右の図は 400Hz の正弦波の波形。→

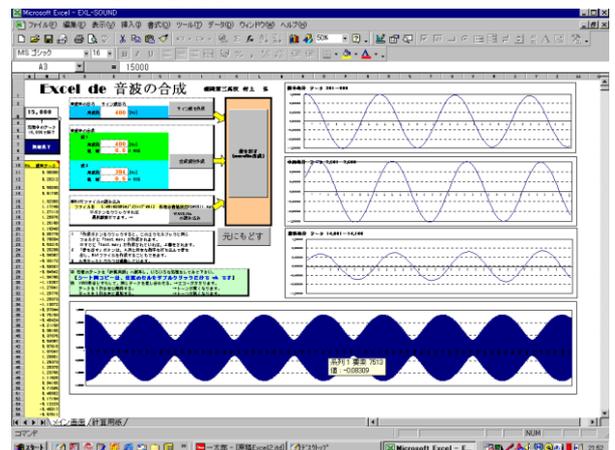


E 7・E 8・E 11・E 12セル (高校向け)

サイン波を足し合わせることで、合成波を作成する。そのための周波数と振幅を入力する。「合成波を作成」ボタンをクリックすると、合成波のデータがB列に 15,000 個格納される。周波数の値をわずかに変えることで、「うなり」を生じさせることもできる。



↑ 390Hz・振幅 0.8 と 270Hz 振幅 0.5 の合成波



↑ 400Hz・振幅 0.8 と 394Hz・振幅 0.5 のうなり

E 16セル

パソコンで使用される、WAV ファイルを自由に読み込むことができる。

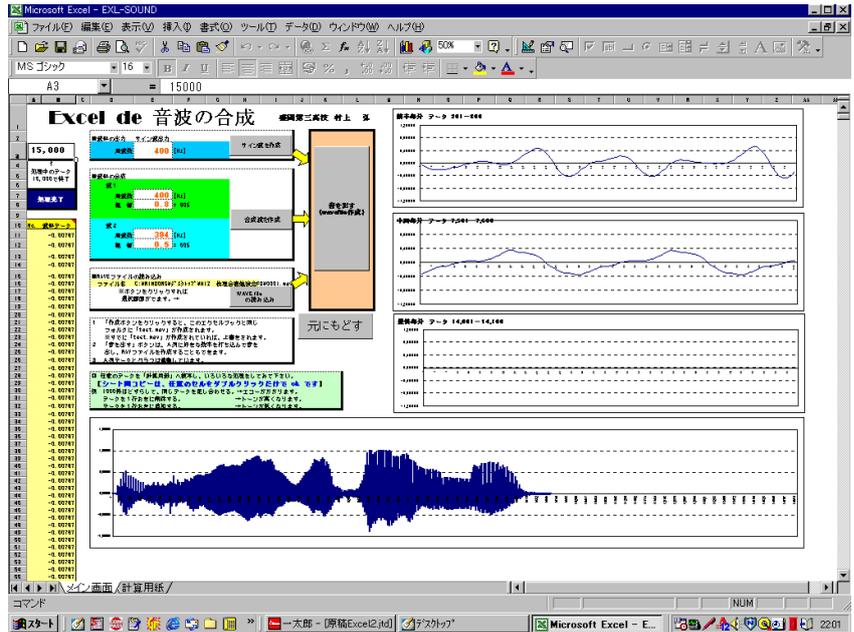
「WAVE fileを読み込み」ボタンをクリックすると、WAV ファイルを選択するウィンドウが開くので、パソコンに保存されている WAV ファイルを選択する。データ数を固定しているため、15,000 件を越える部分は切り捨てられる。再生時間から考えて、およそ 20KB 程度のデータが適している。

すでにあるファイルを選択して実験するのが簡単だが、マイクから音を取り込んで調べる場合には、Windows 標準の「サウンドレコーダー」などを用いて録音し、WAVE ファイルとして保存する操作が必要になる。

「音を出す」ボタン

これをクリックすると、B列の数値が WAV ファイルに変換され、再生されるので、前述のいずれかの操作で作成したデータを、実際の音として聞くことができる。

右の図の場合「おはようございます」と音が出る。



● 処理速度に関して

このブックは扱うデータ数が多いこともあって、パソコンの性能によって処理時間が異なる。B列へのデータの格納ではあまり大きな差が出ないが、この「音を出す」ボタンの処理では違いが大きく現れる。

● 「計算用紙」シートの説明

2枚目のシート＝「計算用紙」は、データを加工する目的で用意してある。

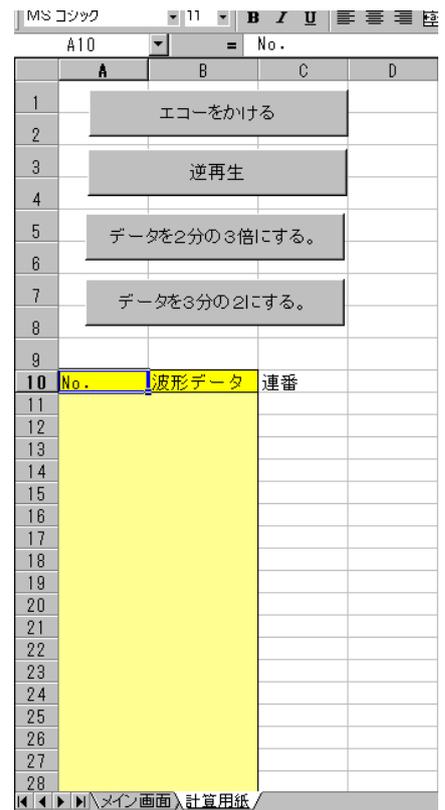
2枚のシート間のデータの受け渡しは、それぞれのシート上の任意のセルをダブルクリックすることで、自動的に行われる。

例) メイン画面上でダブルクリック



メイン画面A・B列のデータが、
計算用紙のA・B列に複写される。

計算用紙シートでは、生徒の自由な発想でのデータ加工を想定しているが、特に表計算ソフトに慣れていないような段階では、何をしたいか困ってしまうことも考えられる。そこで、右の図のように4つの操作ボタンを用意した。



エコーをかける 擬似的なエコー

B列のデータ 15,000 個それぞれを 0.8 倍し、これを 1,500 番目 (10%遅れた位置) から足し合わせる。反響音の振幅を元の 0.8 倍とし、全体の 10%に相当する時間差で聞くという設定である。右の図は前のページで登場した「おはようございます」にエコーをかけたものである。全体の波形を表すグラフに引いた縦の線のあたりから反響音を加えはじめている。

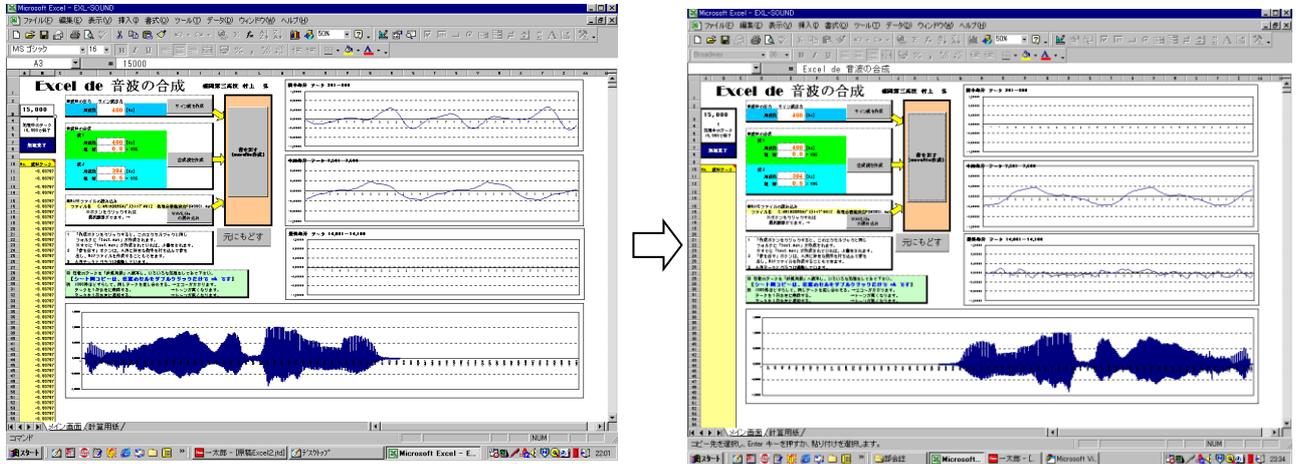
それらしくは聞こえるものの、減衰や遅れの値についてはもう少し調べてみる必要がある。

逆再生

この処理こそ、表計算ソフトが最も得意とする操作であろう。A列の番号を基準に、B列のデータを逆の順番にソートするものである。

左下の図が変更前の「おはようございます」。

右下の図では「おはようございます」の波形が逆向きに表示されている。

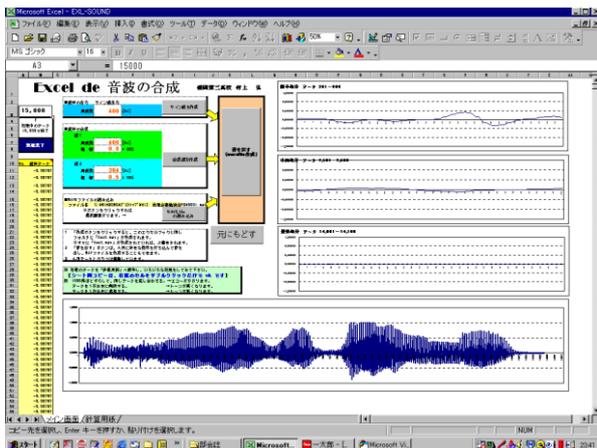


データを2分の3倍にする ・ データを3分の2にする

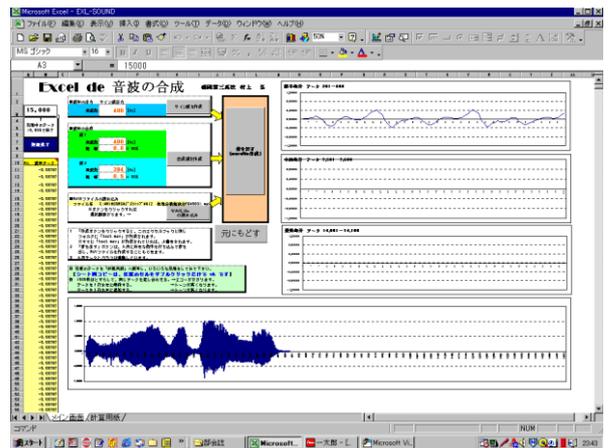
これらの処理では、B列のデータを2個に1個の割合で追加したり、

3個に1個の割合で消去する操作を行っている。

これによって、低音でスローになる効果や、高音で早送りのような効果が得られる。下の2つの図は、ともに「おはようございます」を処理したものである。



↑ データを2分の3倍にする



↑ データを3分の2にする

【物 02】 光学台と簡易カメラの製作（ものづくり）

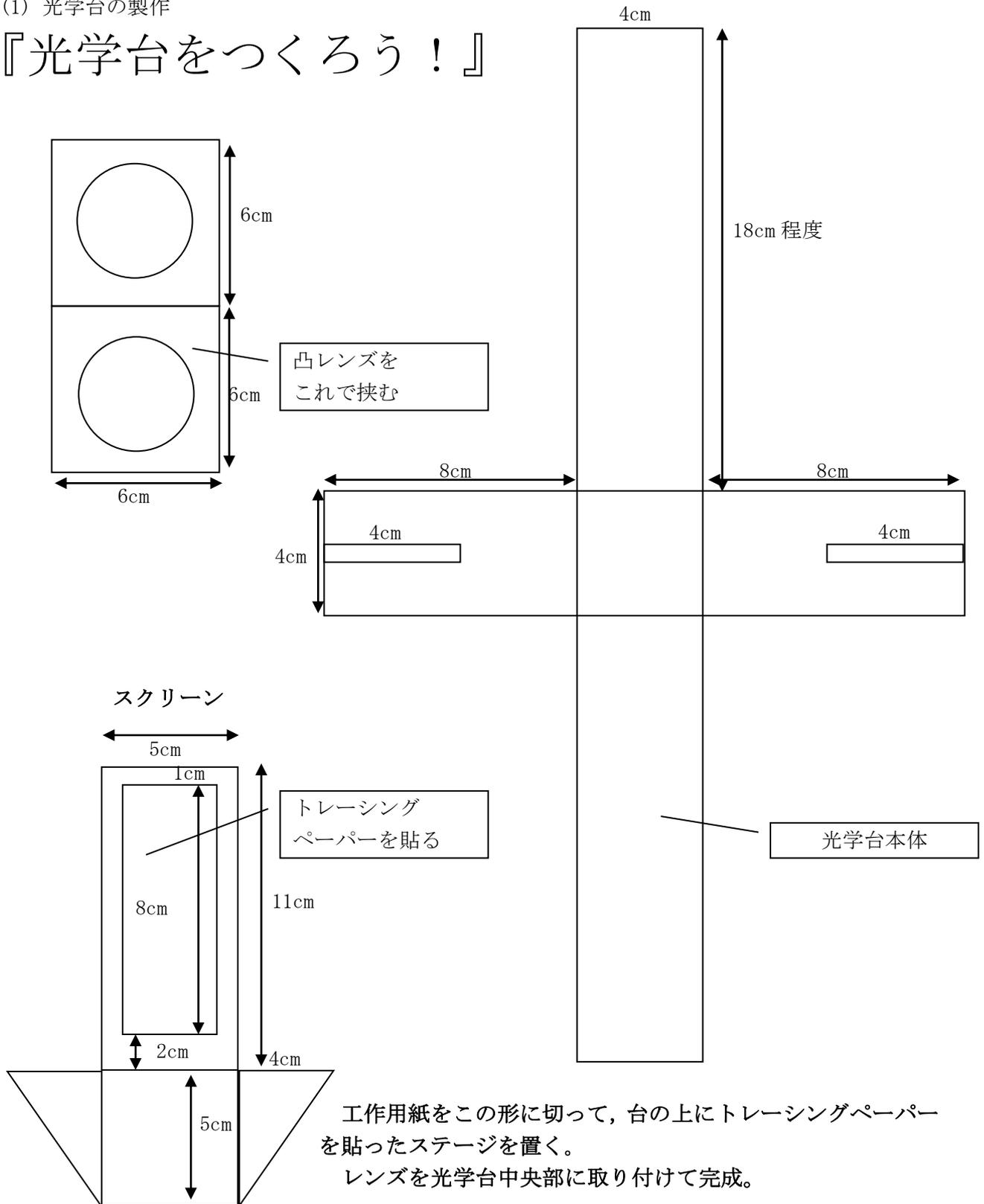
1. 準備

工作用紙、凸レンズ、トレーシングペーパー（またはスーパーの水物入れのビニール袋）のり、木工用ボンド、はさみ、カッターナイフ、ビニールテープ、黒マジックなど

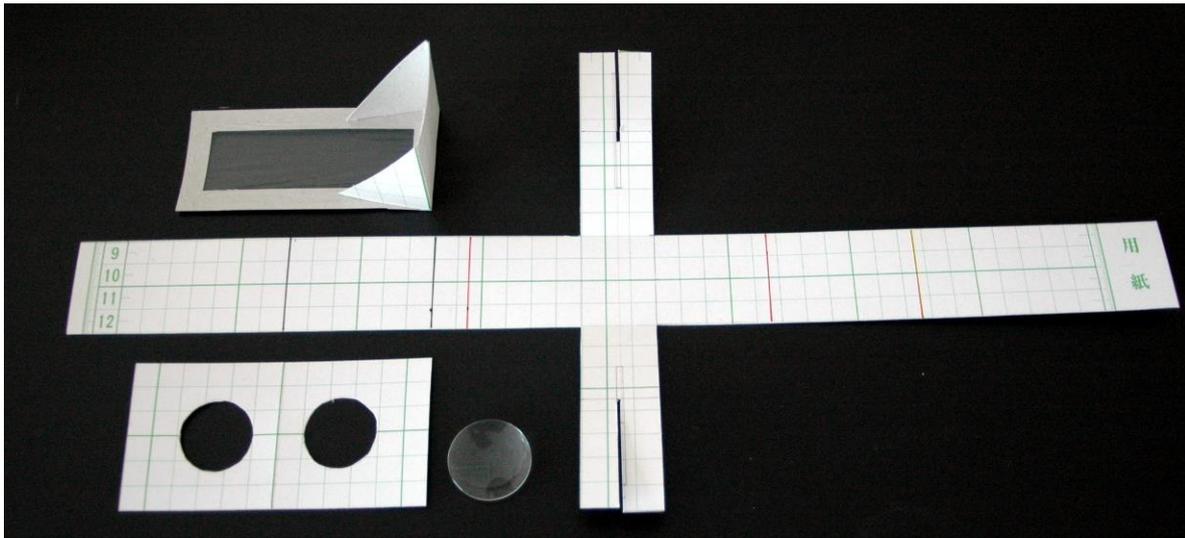
2. 手順

(1) 光学台の製作

『光学台をつくろう！』

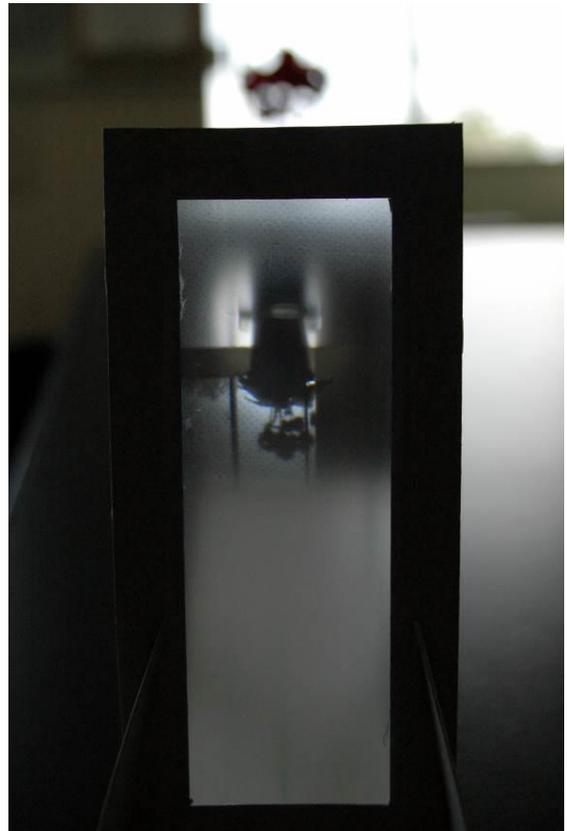


部品全体



※スクリーンは、完成したものを撮影してあります。

実験の様子（写真手前の花を、奥の方から観察します。）



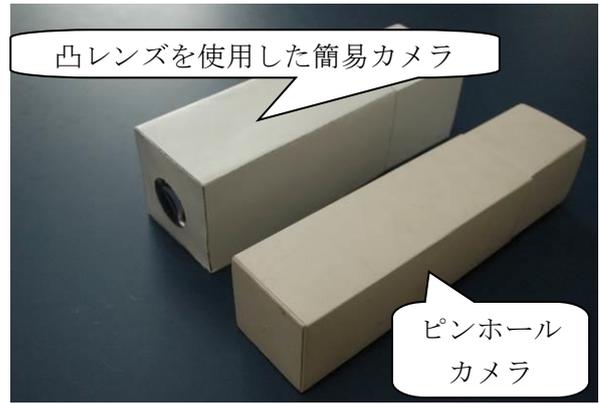
スクリーンを移動させてピントが合うと、スクリーン上に逆さまになった花が映し出されます。

(2) 簡易カメラの製作

『カメラをつくろう！』

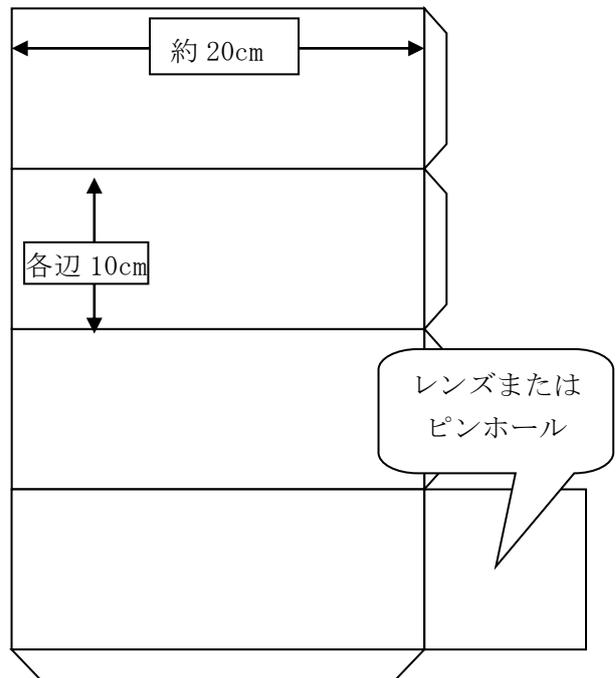
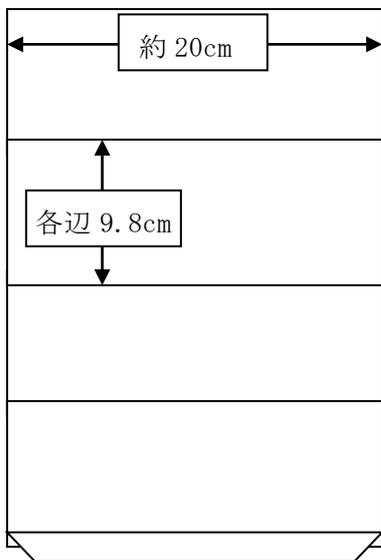
●準備するもの

厚紙，凸レンズ，
トレーシングペーパーまたは
半透明のビニール袋
黒マジック，針



① 工作用紙を使って，箱を3個（小1個と大2個）作ります。

うちばこ 小（大より2mmずつ小さい） そとばこ 大 … 同じものを2個



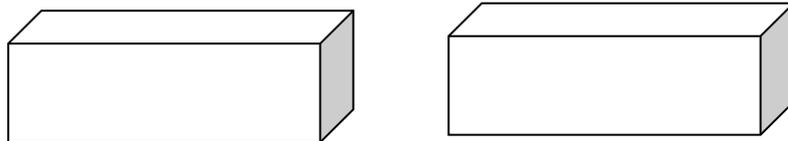
② うちばこには，スクリーン部分を切り抜いて，トレーシングペーパーを貼ります。

（スーパーでもらえる，水物を入れる小さな袋でも良いです。）

そとばこの1つには，正方形の中心を切り抜き，レンズを取り付けます。

そとばこの2つめには，正方形の中心に画鋸などを使って小さな丸い穴をあけます。

③ のりしろ部分を使って，四角い箱を組み立てます。

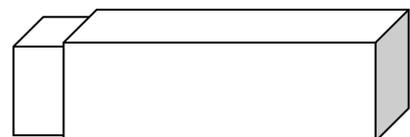


④ はじめに針で穴を開けたそとばこに，うちばこを入れて外など明るいところを見ます。

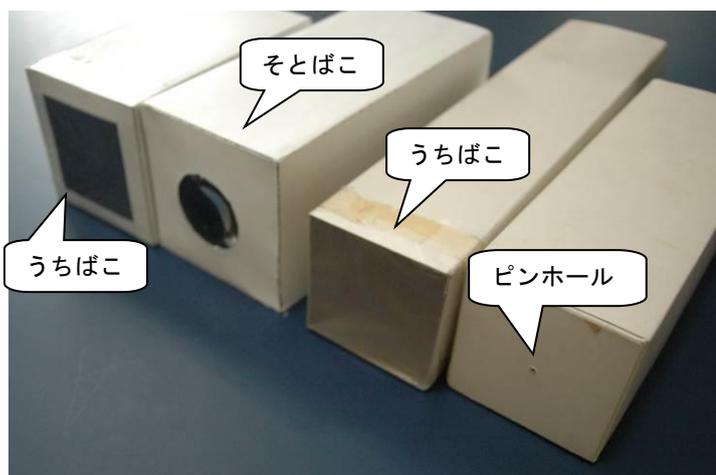
うちばこが，中に入り込んでいると，明るいけれども小さな像を見ることが出来ます。

うちばこを引き出すと，像は大きく映し出せますが暗くなってしまいます。

これが「ピンホールカメラ」「針穴カメラ」です。



- ⑤ うちばこを、レンズを取り付けたそとばこにいます。こちらが一般的なカメラの原理で、箱をスライドさせて、ピントを合わせて使います。ピントがあったときは明るい像を見ることが出来ます。



- ⑥ ピンホールカメラの映像と簡易カメラの映像



ピンホールカメラの映像



簡易カメラの映像



デジカメでの
撮影の様子

3. 解説

ピンホールカメラで物体の像が作れます。光は小さな穴 (0.3mm) を通って直進し、スクリーンの半透明ビニールシートの上に物体と相似な像を作ります。ただし、物体は上下さかさまに写ります。ピンホールの穴の広がりのため穴が大きいと像がボケます。また穴が小さすぎてもボケが大きくなります。これは、光が波であるために穴のところで回折されるからです。この両方のボケが同じくらいになるためのピンホールの直径 d は、スクリーンまでの距離を L とし光の波長を λ とすると $d = \sqrt{2\lambda L}$ となります。

可視光線の波長は 380nm～780nm ($380 \times 10^{-9}\text{m} \sim 780 \times 10^{-9}\text{m}$)

→ $L=10\text{ cm}$ で d の値は 0.28mm～0.40mm

■注意■

○太陽や強い光を出すものを、直接見るようなことは行わないでください。

【物 03】 浮力の実験－浮沈子－（ものづくり）

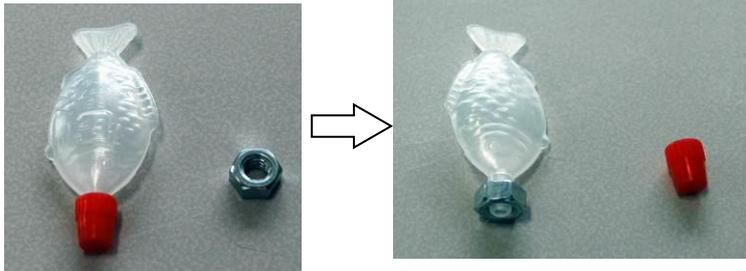
1. 準備

しょうゆたれビン（ホームセンターや百円ショップなどで購入）、炭酸飲料のペットボトル（500mL以上）、ナット（内径6mmのものなど、しょうゆたれビンの口（外径）に合うもの）

2. 手順

(1) 製作・実験 その1

魚の形をしたしょうゆたれビンの口にナットをねじ込む。

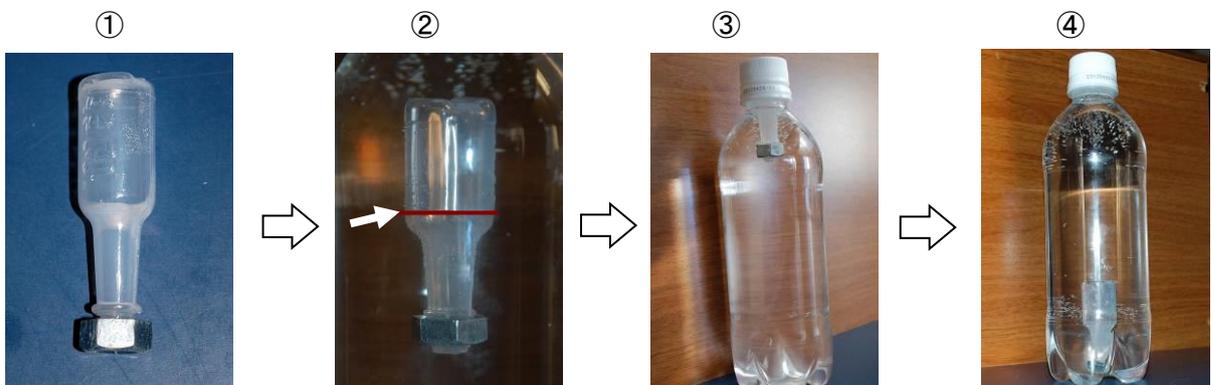


水をいっぱいに入れたペットボトルに、加工したしょうゆたれビンを入れ、ペットボトルのキャップを閉めて「浮沈子」の完成。ペットボトルを握ると浮沈子が沈み、離すと浮上する。



(2) 製作・実験 その2

- ① ボトルの形をしたしょうゆたれビンの口にナットをねじ込む。
- ② ボトル内に水を半分ほど入れ、この水を増減させながら浮くか沈むかの境界を探し、沈まない限界となったときのボトル内の水位（つり合いの水位）にペンで印をつける。
- ③ ペットボトルを水で満たし、浮沈子を入れてキャップをかぶせる。この時点では、浮沈子は沈まない。
- ④ キャップをわずかに締めただけで、ペットボトル内の圧力が高まり、浮沈子は沈む。
※キャップの締め具合を上手に調整すると、等速直線運動も観察できる。
※水をつり合いの水位よりも減らせば、その1の浮沈子と同じように使うことができる。



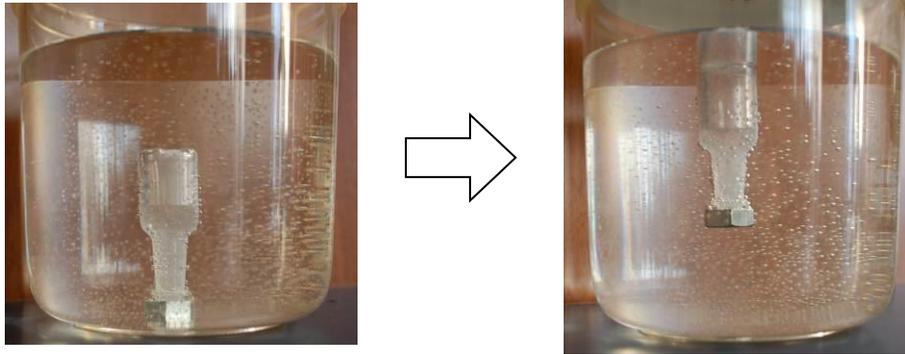
【観察のポイント】

浮沈子が沈んでいるときと浮かんでいるときのそれぞれの水位が、②のつり合いの水位よりも上なのか下なのかをしっかりと見分ける。

(3) 実験

真空つけものつけ器に水を8割ほど入れ、つり合いの水位よりも多めに水を入れた浮沈子を入れる。つり合いの水位よりも、水位が高い(=空気が少ない)ので、浮沈子は容器の底に接した状態で沈んでいる。

ここで、ポンプを使って真空つけもの器内の空気を吸い出していくと、容器内の気圧が下がり、浮沈子内の空気が膨張していく。浮沈子内の水位が、つり合いの水位よりも下がると浮沈子は浮上する。



(4) 発展実験 アルキメデスの原理を確かめる

アルキメデスの原理…「水中で物体に生じる浮力は、物体が押しのかけた水の重さに等しい。」

使用器具：電子てんびん、メスシリンダー

水中の浮沈子は、本来そこにあるべき水を押しのかけている。浮沈子が押しのかけた水の重さが、浮沈子にはたらく浮力の大きさと等しいかを確かめる。

- ① 浮沈子(たれびん+ナット)の重さ＝
- ② 浮沈子がぎりぎり浮かぶとき、
浮沈子の重さと浮力はつり合っていることから浮力＝
- ③ 浮沈子が押しのかけている水は以下のア～ウより
 - ア 浮沈子内の空気の部分…満水のとき－ぎりぎりのとき＝
 - イ ナットが押しのかけている分…ナットの体積＝
 - ウ しょうゆたれビンが押しのかけている分…満水のとき－空のとき＝

これらの間の関係について調べ、アルキメデスの原理を確かめる。

■測定結果の例■

- ① 浮沈子(たれびん+ナット)の重さは6.0 gw。
- ② 浮沈子がぎりぎり浮かぶとき、
浮沈子の重さと浮力はつり合っているので浮力は6.0 gwと考えられる。
- ③ 浮沈子が押しのかけている水は以下のア～ウより
 - ア 浮沈子内の空気の部分…満水のとき－ぎりぎりのとき＝11.8gw-7.9gw=3.9 gw
 - イ ナットが押しのかけている分…ナットの体積＝0.5cm³ → 水では0.5 gw
 - ウ しょうゆたれビンが押しのかけている分…満水のとき－空のとき＝1.6 gw

$$\text{ア} + \text{イ} + \text{ウ} = 6.0 \text{ gw}$$

このことから、物体が押しのかけた水の重さ＝水中で物体にはたらく浮力

【物理 04】 テスターによる測定

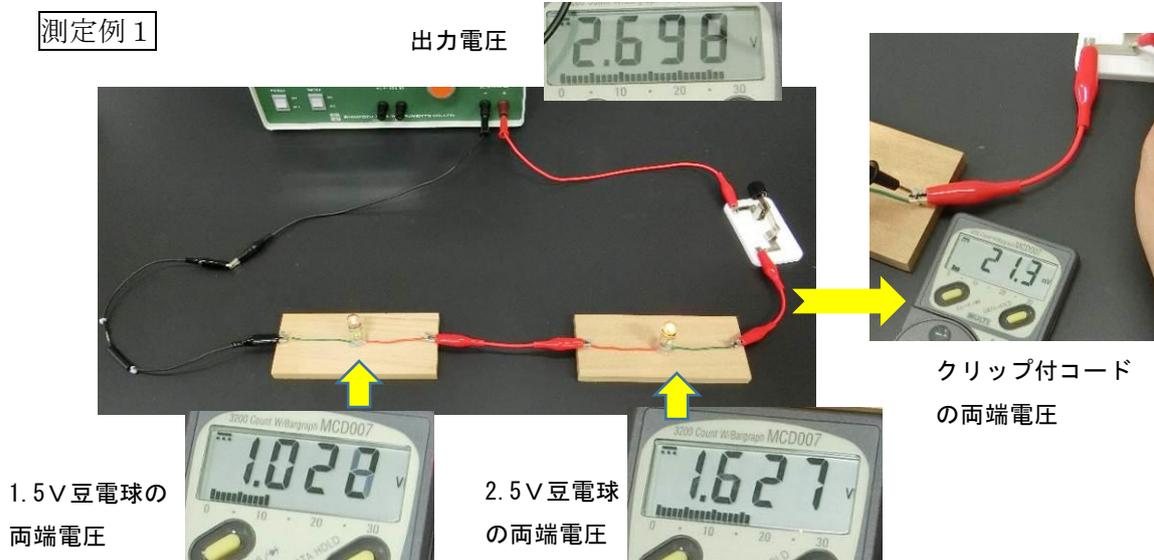
1. 準備

テスター（デジタルマルチメーター）、電源装置、豆電球（1.5V、2.5V）、ソケット、クリップ付コード 等

2. 手順

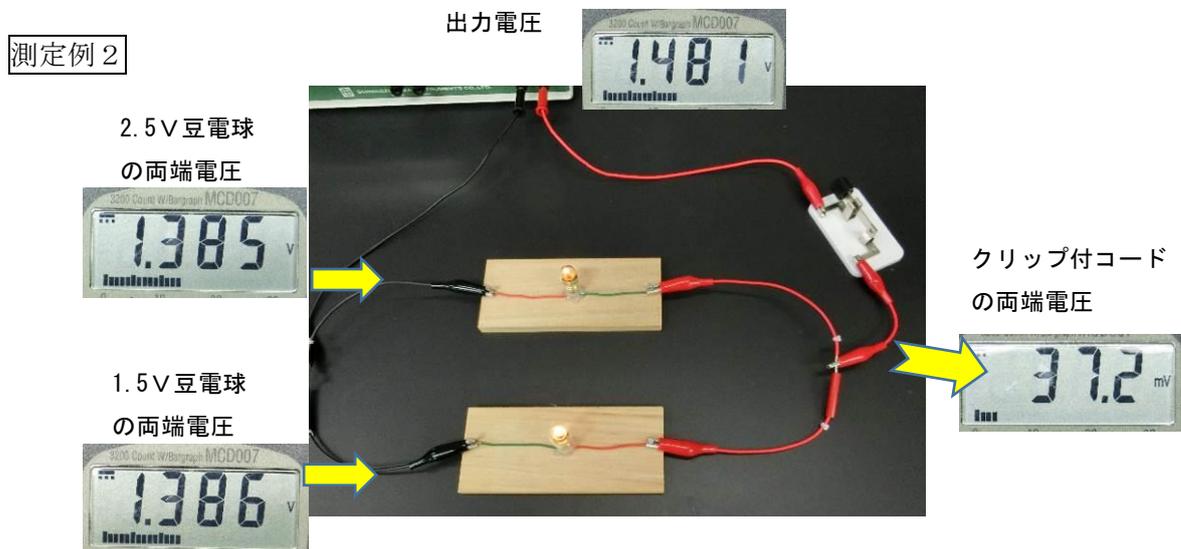
(1) 直列回路上の電圧の測定

- ① 2つの豆電球（1.5V、2.5V）をクリップ付コードで直列につなぎ、スイッチを通して電源装置の直流出力端子につなぐ。
- ② 電源装置のスイッチを入れ、電源装置のメーターで出力電圧を3V程度に上げる。
- ③ テスターを用いて、各豆電球の両端電圧、電源装置の出力端子間電圧などを測定する。



(2) 並列回路上の電圧の測定

- ① 2つの豆電球（1.5V、2.5V）をクリップ付コードで並列につなぎ、スイッチを通して電源装置の直流出力端子につなぐ。
- ② 電源装置のメーターで出力電圧を2V程度に上げて測定する。



3. 解説

測定例1では、2つの豆電球の両端電圧を加えても、電源装置の出力電圧にはならない。このとき、一つのクリップ付きコードの両端電圧を調べてみると21.3mVあった。このことから、コードやスイッチの両端電圧は、豆電球の両端電圧と比べると大きさは小さいが、全く無視するわけにもいかないことがわかる。

テスターで測定する場合には、回路のスイッチを切る必要がないので、電圧計を用いる場合よりも効率的に測定できる。ただし、最初からテスターで測定するのではなく、測定機器の接続の仕方やレンジの切りかえなどの基本操作については、電圧計などで習得するのがよい。テスターはレンジ切りかえなど自動で行うので、そのような操作をしないですむからである。

デジタルマルチテスターの使い方

■ 各部の名称と機能



表示部

抵抗値測定、導通チェック、ダイオードチェックの切り替え

ロータリースイッチ

データホールド
(ボタンを押した瞬間のデータを表示)

直流電圧測定

交流電圧測定

抵抗値測定
導通チェック
ダイオードチェック

テストピン

テストリー

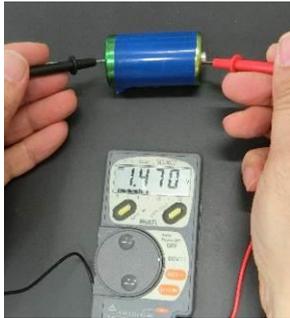
■ 測定の手順

- ロータリースイッチを回して測定したい機能を決める。このとき、テストピンは開放状態にし、テストピン同士も接触させない。
- テストピンを測定対象にしっかりと当てて、表示される値が安定するまで待つ。
- 表示が安定したら数値を読む。データホールドボタンを押すと、その値が保持されるので読み取りやすくなる。
- 他の部分の測定に移るときは、電圧計とは異なり、回路のスイッチを切る必要はない。
- 測定したい機能を変えるときには、測定を中断してからロータリースイッチを回す。

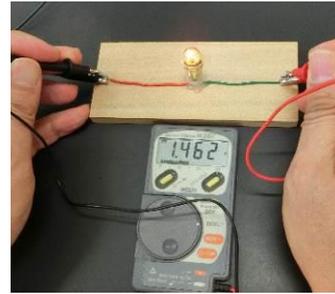
■ 電圧測定

電圧の測定は、対象となる回路に並列に接続して行う。直流の場合には、プラス、マイナスの極性に注意してテストピンを当てるが、デジタルマルチテスターであれば、取り替えて当てても表示に－（マイナス）がつくだけである。

乾電池の電圧を測る



豆電球の両端電圧を測る



■ 抵抗の測定

抵抗の測定は、対象となる抵抗に並列に接続して行う。ただし、回路上ではなく、抵抗単体で測定する。また、人の手が抵抗の足やテストピンに触れないようにする。

1 個の抵抗



2 個直列接続



2 個並列接続



■ OLの意味

測定すると「OL」と表示されることがある。これはOverloadのことで測定不能を表している。「OF」(Overflow)も同じ意味。

■ 参考文献

- ・高崎和之 テスターの使い方完全マスター ナツメ社
- ・後閑哲也 電子工作の素 技術評論社

【物理 05】 ボールペン軸モーター（ものづくり）

1. 準備

エナメル線（ $\phi 0.5\text{mm}$ ），ボールペン軸（ペン先が金属メッキされたもの），アルミテープ，アルミ缶，木片，ケーブルカバー（プラスチック片や木片でも可），木片，ビニルテープ，紙やすり

2. 手順

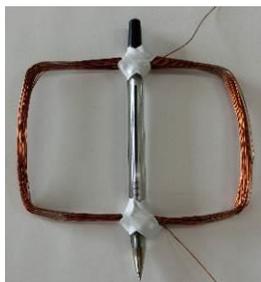
(1) ボールペン軸モーターの製作

- ① コイルは，径 0.5mm のエナメル線をボールペンの大きさにマッチするような箱や木片などに 30 回巻いてつくる。巻いた後は，セロハンテープなどでエナメル線を束ねておく。コイルの大きさは縦約 8cm ，横約 12cm である。
- ② コイルの中央にボールペン軸を挟みビニルテープで固定する。
- ③ ボールペンの先端のキャップをはずし，ペン先にコイルの一端をエナメル線の皮膜を紙やすりではがして巻きつける。
- ④ エナメル線のもう一方の端は，被膜をはがしてボールペン上部に巻いたアルミテープに巻き付ける。アルミテープで突起をつくり，コイル面と平行になるようにする。こうすることでコイル面が磁界と平行になるところでブラシ（リード線をひろげたもの）に接触するようになる。

①



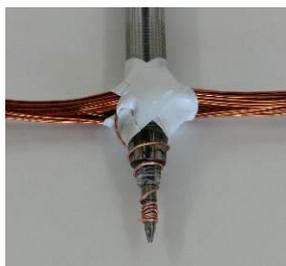
②



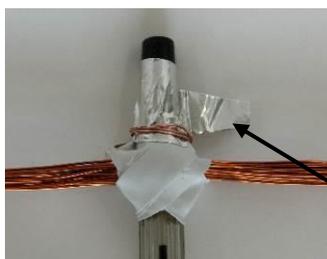
ボールペンを軸としたコイル



③



④



アルミテープの突起

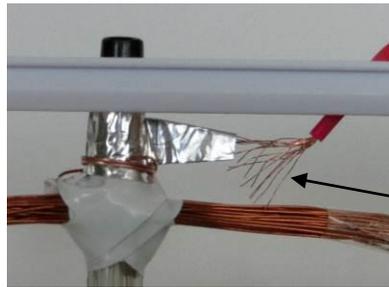
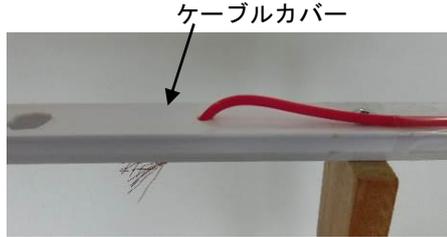
- ⑤ アルミ缶の底から 3cm ほどのところで切り取り，切り込みを入れ底を上にして置き，ボールペンのペン先の受けにする。アルミ缶の一部を紙やすりでみがき，そこに導線をテープで貼り付ける。
- ⑥ ケーブルカバーにボールペン軸が入る穴をあけ，木片などを使って台，支柱，ケーブルカバーを組み立て，支柱には磁石を台にはアルミ缶を固定する。
- ⑦ 導線でブラシをつくり，ボールペン軸上部のアルミテープの突起とわずかに接触するようにケーブルカバーに取り付ける。

⑤



アルミ缶上のボールペン

⑥ ⑦



コイルをのせる前の装置



(2) 実験

- ① アルミテープの突起とブラシがわずかに接触するようにブラシ側を調整し、ブラシとアルミ缶の導線を電源（3V）につなぐ。
- ② コイルを回転させてアルミテープ突起がブラシに接触すると、コイルに電流が流れ、電流が磁界から回転方向に力（電磁力）を受けて回転する。1回転するごとにアルミテープ突起がブラシに接触し回転が連続する。

3. 解説

(1) ボールペン軸モーターの特徴

- ① 回転がゆっくりであるため、コイルに電流が流れた（ブラシと接触した）ときコイルの縦辺が磁場から力を受ける様子がわかりやすい。（フレミングの左手の法則）
- ② ボールペン先が点状で全体を支えているので摩擦が小さく、電流が磁界から受ける力が小さくても回転する。また、アルミ缶の中心部がへこんでいることから、回転軸が安定する効果も生じる。
- ③ 整流子がないので全体がシンプルである。

(2) 電流が磁界から受ける力

電流が磁界から受ける力の向きは、磁石と電流が作る磁界の重ね合わせにより、場所によ



り磁界の強さに差が生じることから説明がつく。磁界が強い方から弱い方に力が生じると考えることができる。磁界と電流の向きが直角な場合、電流が受ける力（電磁力）の向きを表すのがフレミングの左手の法則である。左手の親指、人差し指、中指がそれぞれ直角になるようにしたとき、親指の向きは電流が受ける力、人差し指が磁界の向き、中指が電流の向きとなる。

■参考文献

- ・愛知・三重物理サークル いきいき物理わくわく実験3 日本評論社
- ・滝川洋二(2008) 手作りモーターからわかる先端技術 電子工作マガジン No. 2

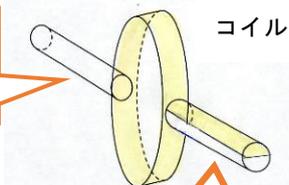
クリップモーターづくり

一番注意する点は

コイルの軸となる部分のエナメル線のはがし方

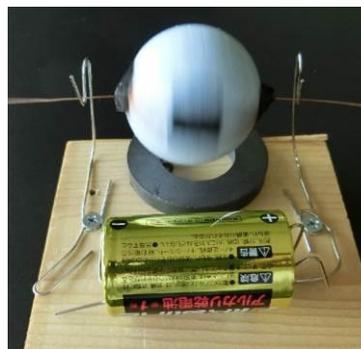
下図のようにはがすと、電流が流れたときに、コイルの下に置いた円形磁石が作る磁界と電流が直角になることから、磁界から受ける力が最も大きくなり回転しやすくなる。また、半回転したときには、コイルに電球が流れないので、コイルは慣性で回り続ける。

根元から全部はがす



根元から半分はがす

クリップのみで回路をつくったモーター
(リード線を使っていない)



【物 06】 交流の発電と観察

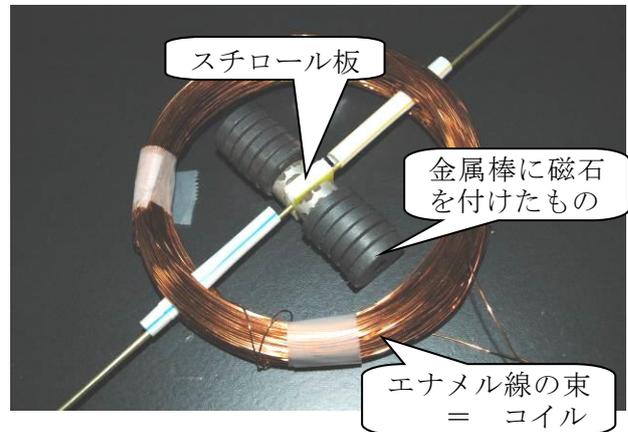
1. 準備

エナメル線と磁石で作った簡易交流発電機，直流電流計，オシロスコープ，トランス など

2. 手順

(1) 簡易交流発電機の製作

- ① 円形のエナメル線の束（径 0.3mm 直径 10cm 200 回巻き）に 2 本のストローを通し，中央のスチロール板を貫通させるようにストローの中に金属棒を通す。金属棒とスチロール板がなめらかに回転することを確認する。
- ② スチロール板の両側に，コイルに近い位置まで磁石を重ねて取り付ける。

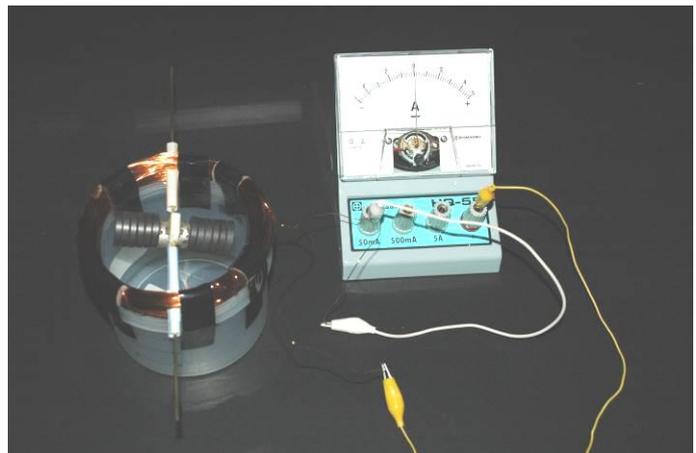


(2) 発電実験

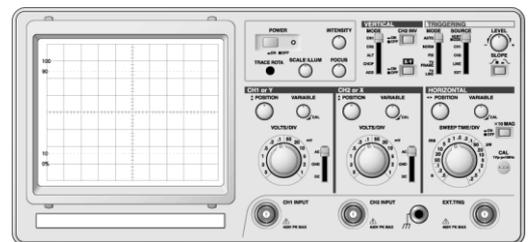
コイルの両端に直流電流計をつなぎ，金属棒を回転させる。

回転に応じて，電流計の針が左右に振れる様子が確認できる。

※針の振れが弱い場合は，電流計のレンジを変える。それでもだめな場合は，検流計を使用する。振れが小さいのは，コイルの巻数が小さいことや磁石が弱いこと，コイルと磁石の間隔が広いことなどが原因である。



この発電機の出力をオシロスコープで観察すると，サインカーブとは異なっていることがわかる。また，自転車の発電機の出力も実は同じような形をしている。商用電源のようにきれいなサインカーブになっていることの方が，実はまれと考えるべきかもしれない。



(3) 交流モーター

コイルに電池や手回し発電機をつないで電流を流すと，内部の磁石がある角度まで傾いて停止する。整流子がないので，直流ではモーターとして機能しないことがわかる。

手回し発電機をつなぎ，ハンドルを同じ方向に回転させるのではなく，磁石の回転にタイミングをあわせて右・左と交互に動かすと，回転させることができる。手回し発電機からは，交互に向きが変わる電流（交流）が送り出されており，これで交流発電機が交流モーターとして働いたことがわかる。

(4) 商用電源の波形観察

コンセントから取り出せる交流 100V は、そのままでは感電の危険もあって扱いにくい。

右図のようなトランスを使って 2 V 程度の交流を取り出せば、比較的 safely に実験観察ができる。

使用するトランスの例

ノグチトランス PM-082

Primary 90V-100V-110V

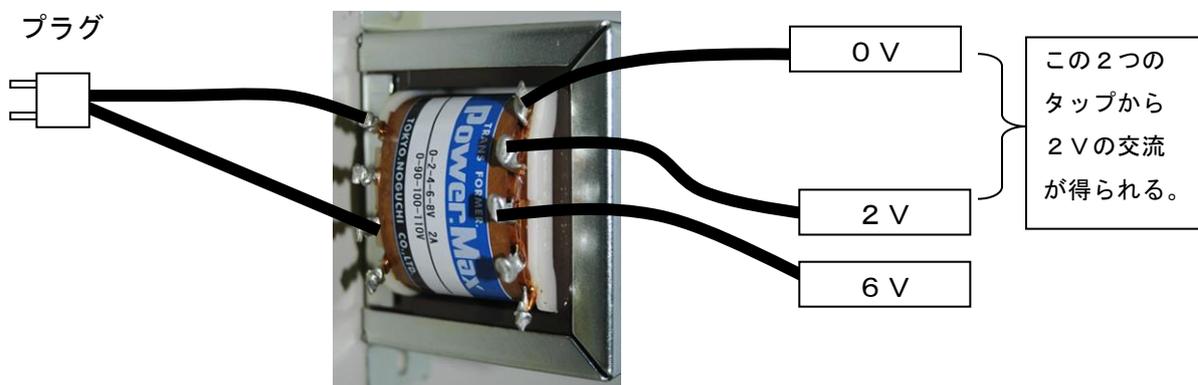
Secondary 0-2V-4V-6V-8V

概略寸法 83X55X53 重量 0.6Kg

価格：1,460 円

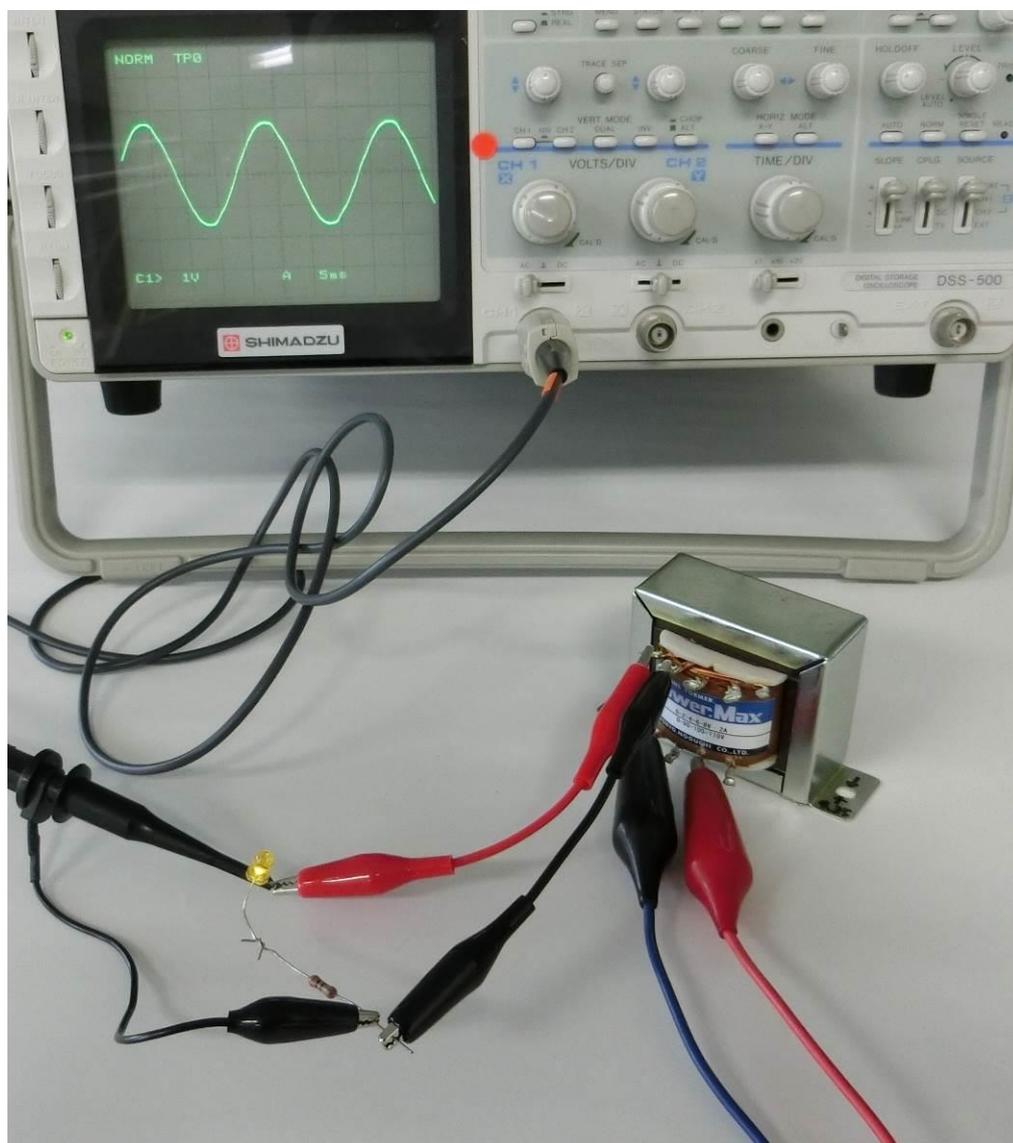


- ① 上下 2 段に並ぶ端子(タップ)のうち、下側が 1 次側 (入力側) であり、コンセントからの出力を左端の 0 V と左から 3 番目の 100V につなぐ。
- ② 上段が 2 次側 (出力側) であり、左端の 0 V とその隣から取り出せば、交流 2 V の出力が得られる。
- ③ これを抵抗などの負荷に接続し、その両端の電圧をオシロスコープなどで観察することで、商用電源と同様のきれいなサインカーブの波形を観察することができる。



実験の様子

ここでは、トランスの2次側に抵抗(20Ω)とLEDを直列に接続し、これらの両端電圧をオシロスコープで観察している。



■注意■

- コンセントの周囲や、トランスの1次側は、交流100Vなので、感電に注意する。
- トランスの2次側は、電圧は低いものの電流は比較的大きな値が取り出せるので、ショートなどには注意が必要である。

【物 07】 真空放電と陰極線

1. 準備

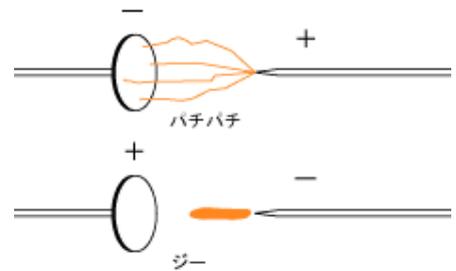
誘導コイル、クルックス管（十字板入り，蛍光板・偏向極版入り，回転羽根車入り），
U字型磁石，ワニ口クリップ付き導線（細いものは避ける）

2. 手順

(1) 誘導コイル単体での放電実験

- ① 電源スイッチがオフになっていることを確認して，電源プラグをコンセントに差し込む。
- ② 放電用の円盤電極と針状電極を向かい合わせる。
- ③ 操作パネルの電圧のつまみと周期のつまみは最小にしておく。
- ④ 暗幕などを用いて部屋を暗くする。
- ⑤ 円盤電極がマイナスになるように電源スイッチをオンする。
電極間で火花放電がおきる。
(パチパチという音が出る。)
- ⑥ 操作パネルの電圧のつまみで電極間の電圧を，周期のつまみで放電周期をそれぞれ変化させる。

※円盤電極を+にすると，ジーという音になり火花放電はおきない。



■注意

電極の間隔を 1cm 以下にして電圧・周期を最大にすると，過電流が流れ，ヒューズが飛んだりコイルが焼き切れることがある。

X線が発生するので，放電時間は最小限にとどめ，生徒を近づけすぎないようにする。

(装置と生徒の間にアクリル板のついたてを置くのも良い。アクリルケースも売られている。)

(2) ガイスター管での真空放電

- ① 円盤電極と針状電極をともに 90 度回し，これにそれぞれワニ口付き導線を取り付け，他端をガイスター管の陰極と陽極に取り付ける。
- ② 暗室でスイッチを入れると，管内部の残存気体圧力によって，いろいろな色の光を発する。

真空放電と放電管

真空放電といっても，当時つくり出せた真空の上限で研究された歴史に由来していて，正確には低い圧力のもとでの放電現象である。1 気圧は約 10^5 Pa であるが， $10^3 \sim 10^2$ Pa では薄い空気の中を電気が流れ，空気の発光が観察される。10Pa 以下になると空気は発光しなくなり陽極側のガラスが蛍光を出すようになる。

気体の圧力が 0.001 気圧程度になると，陰極側にファラデー暗部が現れ，この暗部から陽極までは陽光柱とよばれる発光部分となり，気体に特有な光を出す。0.001~0.01 気圧程度の放電管をガイスター管という。0.000001~0.00001 気圧程度の圧力になると，ガラス管壁，とくに陽極付近から緑色の蛍光が発生するようになる。この程度の放電管をクルックス管という。

(3) 十字板入りクルックス管での放電実験

- ① 円盤電極と針状電極をともに 90 度回し、これにそれぞれワニ口付き導線を取り付け、他端をクルックス管の陰極と陽極に取り付ける。
- ② 暗室でスイッチを入れると、管内の十字板を寝かせた状態では、陽極側のガラス面が黄緑色に発光する。十字板を起こした状態でスイッチを入れると、十字板の形の影ができる。



■ よくある質問 ■

Q：十字板を倒すと陰極と陽極が向き合っていないが、電子は陽極に向かって曲がって進むのではないか。

A：クルックス管では、陽極が管の横についているような状態でも、陰極線は陰極面に対して垂直に直進する。この現象は、電界が電極に近接した場所ほど強いため、陰極面から出た電子が、主として陰極付近で加速されるために起こる現象だと考えられる。

Q：ガラス面にあたった電子は、この後どうなるのか。

A：陰極を飛び出した電子は、ガラス面にぶつかった後、ガラス内面を通過して陽極まで移動する。

■ 注意 ■

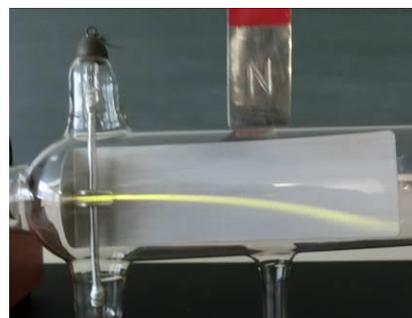
高速の電子が金属に衝突する場面では、X線が発生する。クルックス管や誘導コイルでも微量のX線が発生している。念のための措置として次の点に注意する。

- 観察しないときは、放電を停止する。放電時間を短くする。
- 放電管に近づきすぎない。(なるべく離れて観察する。)
- 透明アクリル板などで囲んで実験する。しゃへいの金属板を置く。

十字板を操作する際は、誘導コイルの電源を必ずオフにする。

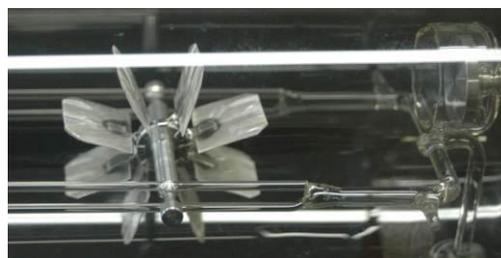
(4) 蛍光板・偏向極版入りクルックス管での放電実験

- ① 円盤電極と針状電極をともに 90 度回し、これにそれぞれワニ口付き導線を取り付け、他端をクルックス管の陰極と陽極に取り付ける。
- ② 暗室でスイッチを入れると、管内の蛍光板に黄色い光のすじが描かれる。
- ③ このクルックス管に、U字型磁石を上方または下方から近づけると、光のすじが曲がるのが観察できる。陽極から陰極に向かって電流の向きとし、磁石のN極からS極に向かって磁場の向きとすると、フレミング左手の法則で求められる力の向きと、光のすじが曲がる向きが一致することが確認できる。
- ④ 偏向極版入りのクルックス管(写真)の場合は、偏向極板の電極に真空管用電源装置と電圧計をつないで使用する。



(5) 回転羽根車入りクルックス管での放電実験

- ① 円盤電極と針状電極をともに 90 度回し、これにそれぞれワニ口付き導線を取り付け、他端をクルックス管の 2 つの極に取り付ける。
- ② 暗室でスイッチを入れると、羽根車が回転しながら移動する。
- ③ 誘導コイルの電源スイッチを切り替えて陽極と陰極を逆にすると、羽根車も逆に回転する。



■注意■

羽根車を回転させるには、電圧は大きく、周期は短くする必要がある。

クルックスは、羽根車が回転するのは陰極線によって圧力が生じるためであると結論付けた。しかし実際には、その後の実験で羽根車が回転するのは「ラジオメーター効果」によるものだと判明している。ラジオメーター効果とは、陰極線の当たった面の温度が上昇し、内部の気体の分子運動が盛んになり、この衝突による反作用を受ける現象である。実験を行う場合はクルックスのような説明をしないように注意する。

矢野 淳滋「クルックス管の中で羽根車が回るわけ」 より

羽根車がガラス棒上を転がって動く型の羽根車入りクルックス管の放電中に、それを傾けることにより羽根が回らないように釣り合わせる。このときの管の傾きから羽根が受けている力の大きさを計算したところ、電子の衝撃力として計算した値の 40～300 倍も大きいことがわかった。一力で羽根車がうける力は消費電力によってほぼ決まることがわかり、軸が鉛直になったクルックス管を用いて電子線による回転力と電球の光による回転力をつり合わせ、そのときの光の仕事率が電子線の仕事率に近いことを確かめることができた。これは羽根車の回転力の大部分がラジオメーター効果によることを示すが、消費電力と回転力の関係の検討からラジオメーター効果の他に静電気力のようなものが働いているかもしれないという結論になった。

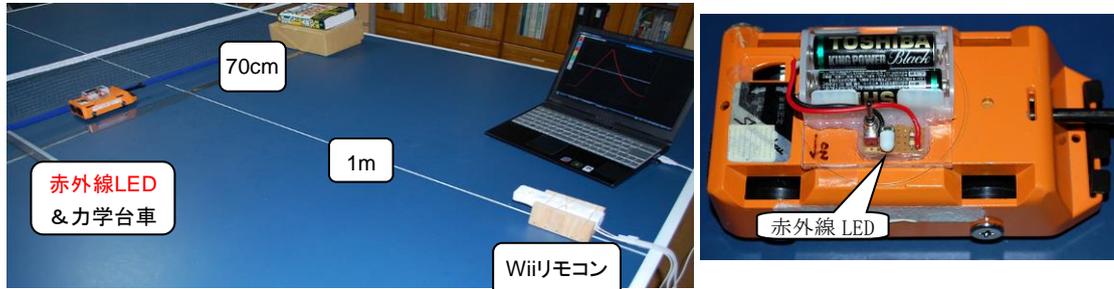
■参考文献

- ・田原隆志，新見克彦，草間朋子，吉澤康雄「学校教育における放電管の使用状況と放射線管理のあり方」（物理教育 Vol. 35, No. 3）
- ・大森儀郎「クルックス管から漏洩する X 線の実態とその対策」（物理教育 Vol. 43, No. 1）
- ・矢野 淳滋「クルックス管の中で羽根車が回るわけ」（物理教育 Vol. 24, 61-64, 1976-05-20）
- ・島津理化ホームページ <http://www.shimadzu-rika.co.jp/kyoiku/experiment/yudou.html>
- ・高等学校物理 I 教授資料 数研出版

【物 08】 Wii リモコンを使った運動の分析

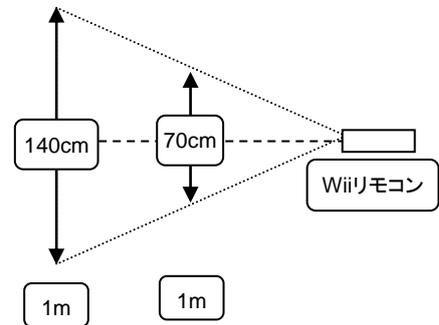
1. 準備

器具：力学台車 赤外線 LED 点灯装置（自作） Wii リモコン
 Bluetooth アダプター（パソコンに内蔵されている場合は不要） パソコン
 プロジェクター・スクリーン（演示実験の場合）

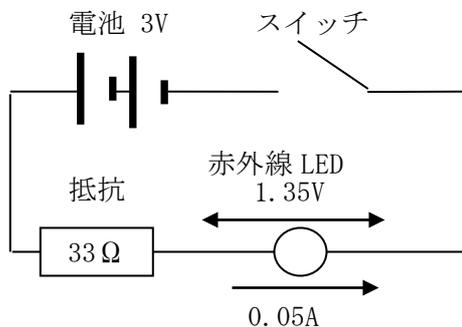


Wii リモコンの検知範囲

Wii リモコンに内蔵の赤外線センサーが赤外線を検出できるのは、上の写真のようにリモコンの前方1mの地点では70cm程度の範囲である。力学台車を140cm走らせたい場合には、Wii リモコンを2m程度離して設置する必要がある。



赤外線 LED 点灯装置の製作



部品表

名称	単価	備考
赤外線 LED	20 円注1	OSI5FU5111C-40
電気抵抗 33Ω	1 円注2	
電池ボックス	60 円	BH-321-1AS

秋月電子通商 <http://akizukidenshi.com/> で購入
 注1 5個入り 100円 注2 100本入り 100円

赤外線発光ダイオード（LED）が点灯し続けるような装置を自作し、これを対象物である力学台車に取り付け、赤外線の位置を Wii リモコンで追跡することで台車の運動をとらえようとするものである。

赤外線 LED の点灯装置の回路図は上のおりであり、豆電球を光らせるときと同程度のいたって単純なものである。

Wii リモコンとパソコンとの接続

家庭用ゲーム機の Wii（ウィー）は、本体とリモコンとの間が Bluetooth と呼ばれる無線通信規格でつながれており、ここでは、リモコンとパソコンをこの規格で接続する。その手順は、後で説明する。

2. 実験手順

力学台車など、運動を調べたい物体に赤外線 LED 点灯装置を取り付け、赤外線の位置を Wii リモコンで計測する。データは、Bluetooth 経由でパソコンに取り込まれ、開発した「運動解析プログラム」でパソコンの画面上にグラフを表示させる。

計測時には、左側のアイコンを上から順に操作するように構成した。



「スタンバイ」で、リモコンから赤外線的位置情報を受け取り、表示を始める。このとき Wii リモコンをパソコンに接続していないとエラーとなる。

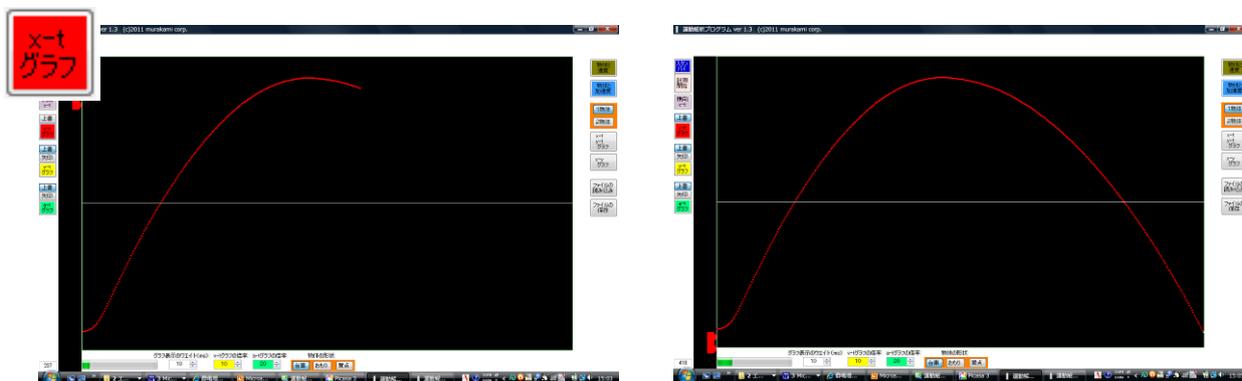


「計測開始」で、赤外線的位置情報を記録しはじめる。同時にこのアイコンは「計測終了」に変化するので、計測終了時にはこのアイコンをクリックすることになる。

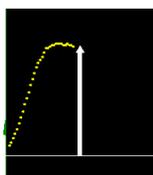


「横向 x-t」は、通常の x-t (みちのり-時間) グラフを 90° 回転させて表示する。水平に運動する台車の動きを、縦軸をみちのりとした通常の x-t グラフに変換することが苦手な生徒のために用意した。

力学台車を斜面下方から押し出して、最高点に達した後はじめの地点に戻ってくるまでの運動の x-t (みちのり-時間)、v-t (速さ-時間)、a-t (加速度-時間) のグラフは次のようになる。



x-t グラフでは、縦軸隣に台車を描くことでグラフの理解を助けるようにした。



v-t グラフと a-t グラフでは、**矢印** をクリックすることでグラフ内に連続して矢印を描き、速度ベクトルや加速度ベクトルを意識させるようにした。**上書** のクリックで、複数のグラフの重ね合わせ表示も可能とした。



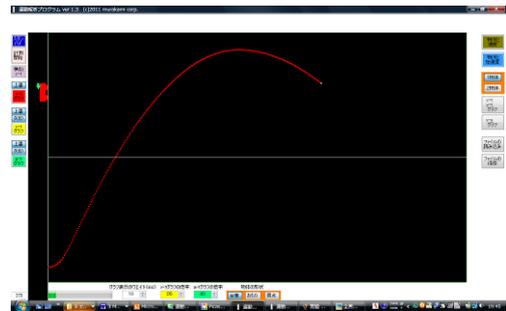
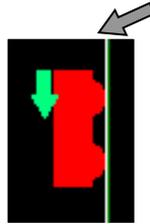
右側のアイコンのうち「物体と速度」は、v-t グラフの描画と同時に、縦軸に沿って動く力学台車と速度ベクトルを表示させる。



物体と加速度

「物体と加速度」は、 $a-t$ グラフの描画と同時に縦軸に沿って動く力学台車上に、加速度ベクトルを表示させる。

運動する物体と加速度（力）の変化の理解をねらっている。



ファイルの読み込み

「ファイルの保存」は、計測した2つの赤外線的位置座標の値を、CSVファイルとして保存する。「ファイルの読み込み」は、保存したCSVファイルを読み込むものである。なおCSVファイルは、表計算ソフトのマイクロソフトエクセルなどでも読み込むことができる。

ファイルの保存



画面下に表示しているアイコン類のうち、左の横棒グラフは最大2000組までデータのうち、計測したデータ数がどの程度かを表している。

「グラフ表示のウエイト」は、値を大きくすることで $x-t$ 、 $v-t$ 、 $a-t$ グラフなどをゆっくりと描画させることができる。

「 $v-t$ グラフの倍率」「 $a-t$ グラフの倍率」は、この値を大きくすることでグラフを縦軸方向に拡大して表示することができる。

「物体の形状」はグラフと一緒に表示させる物体の形状を

台車  おもり  質点  と変更するものである。

■注意■

- ・Wii リモコンを複数登録するとエラーになる。
- ・グラフ描画など、処理中に操作しようとするとき「応答なし」になる。ただし、少し待てば復帰し、計測データは保持される。
- ・リモコンの電池が弱ると、接続はできるがソフトに側から認識されずエラーになる。
- ・Windows 7 の 64bit 版では、動作しない。

3. Bluetooth を用いた接続について

Wii リモコンを、Bluetooth 経由でパソコンに接続するためには、次に示す手順が必要である。

(1) 1度だけ行う作業

- ① パソコンに Bluetooth アダプタをインストールする。Bluetooth アダプタは千数百円で購入でき、付属のソフトが使いやすいのはプラネックス社の製品である。製品に付属の CD を使ってドライバをインストールしてから、アダプタをパソコンの USB に差し込む。



- ② パソコンの画面右下にあるタスクトレイのブルートゥースアイコンを右クリックして「新しい接続の追加」を選択する。



右の「新しい接続の追加ウィザード」が起動するので、これに従い「エクスプレスモード」でWiiリモコンを検出させ登録（ペアリング）する。検出時にはWiiリモコンの「1」と「2」ボタンを同時に押す。



以上の操作は1度行えば良く、次回からは、次の(2)のみを実施する。

注：ここでの説明は、東芝製のソフトウェア（東芝スタック）での場合である。他には、IVT社のBluesoleilやMicrosoft社のウィンドウズスタックといったものがある。ソニーのVAIOでは、ウィンドウズスタックが使われている。ウィンドウズスタックは、マウスやキーボードでは快適であるが、Wiiリモコンの場合は接続や切断が面倒なため、パソコン内蔵のものとは別に、プラネックス社のBluetoothアダプタを取り付け、東芝スタックを使っている。



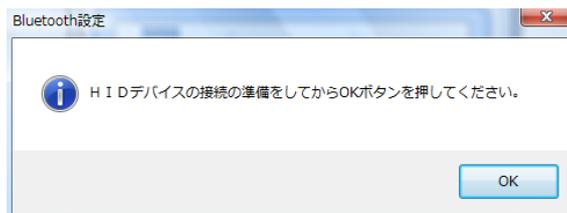
IVT社のBluesoleil



ウィンドウズスタック

(2) Wiiリモコンを使うたびに行う作業（パソコンとWiiリモコンの接続）

- ① タスクトレイのBluetoothアイコンをクリックして、BlueToothマネージャーを起動する。
- ② 登録（ペアリング）済みの Nintendo RVL-CNT-01 を右クリックして「接続」を選択する。
- ③ 次のようなメッセージが表示されるので…



- ④ Wiiリモコンの「1」と「2」を同時に押して、パソコン画面の「ok」をクリック。



← 4個のLEDが点滅を繰り返す。

パソコンとWiiリモコンがBlueToothを介して接続されると、パソコン上のアイコンが右のように変化する。

終了時にはアイコンを右クリックし、「切断」を選択する。



■参考文献

「超音波を用いた運動の解析装置」 互野恭治 昭和63年度東レ理科教育賞受賞
 「WiiRemoteプログラミング」 ・著者：白井 暁彦 小坂 崇之 くるくる研究室 木村 秀敬 共著
 ・定価：2940円(本体2800円+税) ・発売日：2009/07

【物理 09】簡易ストロボを用いて運動を調べる

1. 準備

市販の卓上LED照明器具(電源電圧6Vのもの)(電源電圧が6VのLED懐中電灯でも可), 発振回路, トグルスイッチ, デジタル一眼カメラ 等

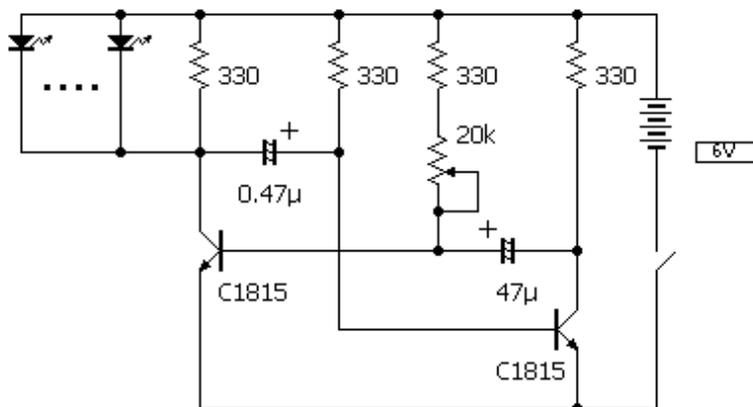
発振回路部品	
トランジスタ	C1815 × 1
電解コンデンサー	47 μ F × 1
//	0.47 μ F × 1
半固定抵抗	20k Ω × 1
抵抗	10k Ω × 1
	330k Ω × 3
ユニバーサル基板	1



2. 手順

(1) 発振回路の製作

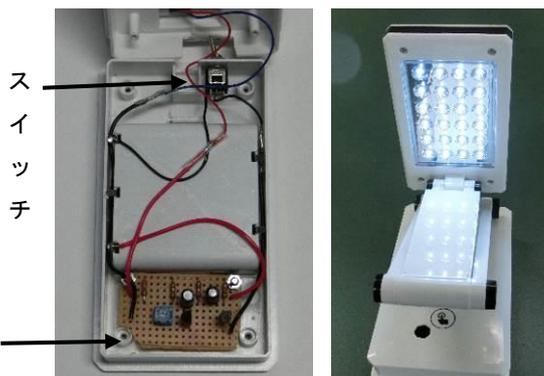
- ① 発振回路は無安定マルチバイブレータと呼ばれるもので, トランジスタとコンデンサー, 抵抗で組んでいる。半固定抵抗のねじを回すことで抵抗値を変え, 発行間隔を変化させることができる。今回使用した卓上LED照明器具には, 白色LEDが24個使われている。回路を入れたことによりLEDの明るさが落ちないように, コンデンサーと抵抗の値を調整した。



発振回路部品面

発振回路の回路図

- ② 発振回路を卓上LED照明器具内に埋め込み, 電池ボックスの負電極からの導線にスイッチを入れる。懐中電灯を用いる場合には, 回路だけを外に出してもかまわない。スイッチはケースにドリルで穴をあけて取り付ける。また, 半固定抵抗のつまみを外から回すために, ケースに穴をあけて, ドライバーで回すことができるようにした。



発振回路

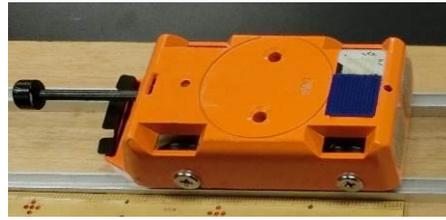
(2) 実験

① 水平面上の等速運動

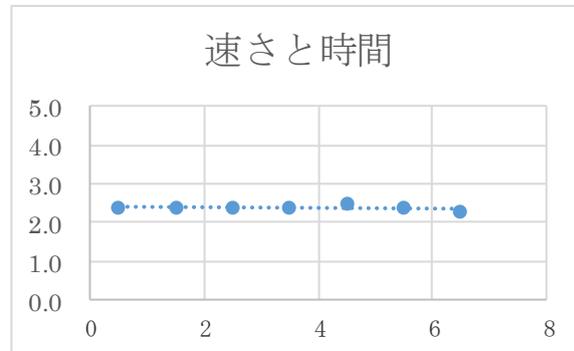
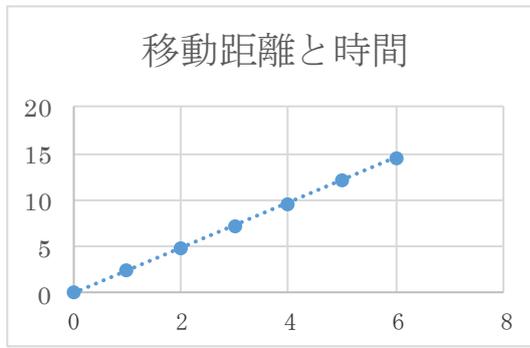
台車を水平に設置したレール上で運
させる。目印のために、台車に白い発砲
スチロール球をつけている。

ストロボを発光させ、カメラのシャッ
ターをバルブにして撮影する。

撮影後、写真を印刷したものをもとに、
「移動距離と時間」「速さと時間」の関
係をグラフ化する。



台車をアル
ミ製のレー
ル上で運動
させる

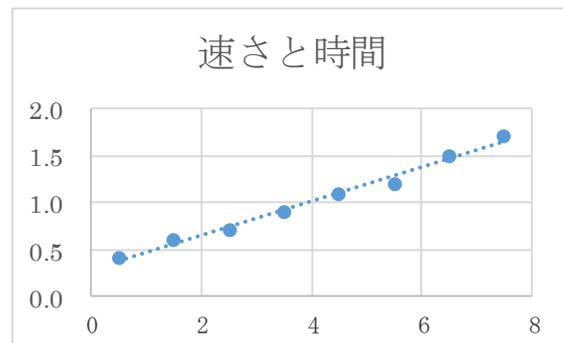
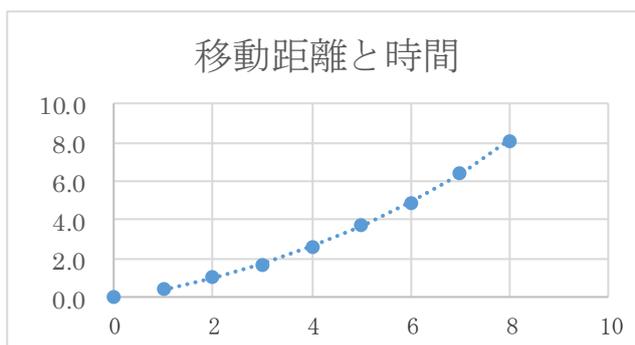


■注意■

グラフ化するとき、距離は写真から求めた値(単位 cm)、時間はストロボの発光回数となるので、実際の移動距離や経過時間を表してはいない。したがって、グラフから読み取ることができるのは、移動距離と時間、速さと時間の関係だけとなる。

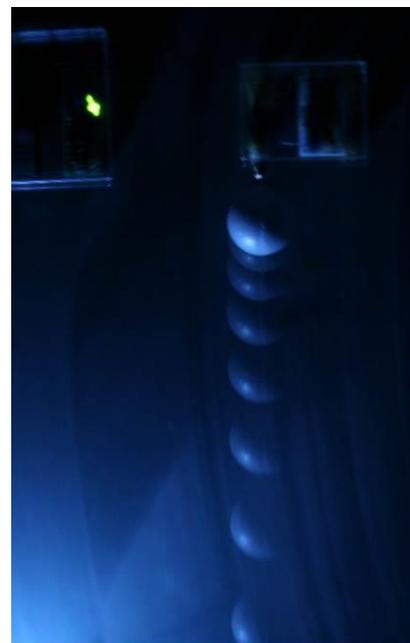
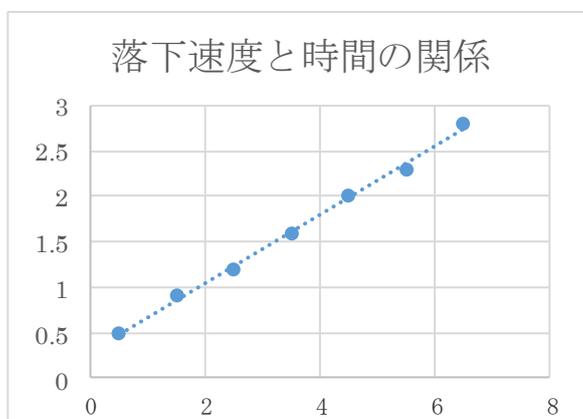
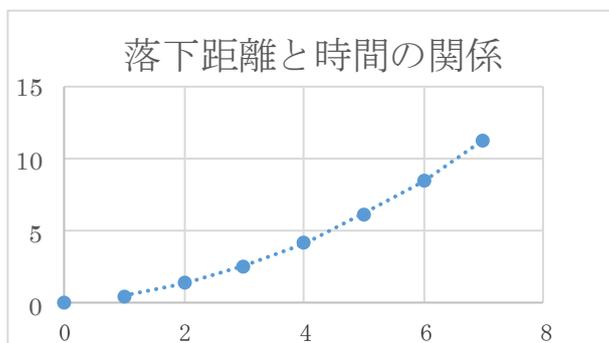
② 斜面を下る運動

レールを傾けて斜面とし、その上
に台車をのせて手をはなす。ストロ
ボを発光させ、カメラのシャッター
をバルブにして撮影する。



③ 自由落下運動

ストロボの光を側方から当て、白色の発泡スチロール球を黒板上で自由落下させ、カメラシャッターをバルブにして撮影。



3. 解説

ストロボ発光装置を用いると物体の運動の様子が分かりやすい。ストロボの発光間隔が一定なので一つの像から次の像までの間隔(距離)は、物体が一定時間に移動した距離すなわち速さを表す。したがって、像と像の間隔が同じか広がっているか、また、広がっている場合のその割合が一定かどうかなどを視覚的に捉えることができる。

この実験で使用したストロボは、市販の卓上LED照明器具に発振回路を組み込んだ簡易ストロボ発光装置である。回路上の可変抵抗により発光間隔を変えることができるが、ストロボ発光装置のように発光の周波数までは明示することはできない。そのため、ストロボ写真を用いて運動のようすを調べるときには、移動距離、時間ともに相対値としてとらえなければならない。

- | | |
|----------------|---------------------------|
| 実験①・・・等速直線運動 | 移動距離は時間に比例、速さは一定 |
| 実験②・・・等加速度直線運動 | 移動距離は時間の2乗に比例、速さは時間に比例 |
| 実験③・・・等加速度直線運動 | 落下距離は時間の2乗に比例、落下の速さは時間に比例 |

■参考文献

Web ページ

- ・電子回路工作素材集 無安定マルチ (TR)

http://www.piclist.com/images/www/hobby_elec/ckt7_1.htm

【物理 10】力の合成

1. 準備

力の合成実験器, 実験用おもり, ニュートンバネばかり, 方眼紙 等

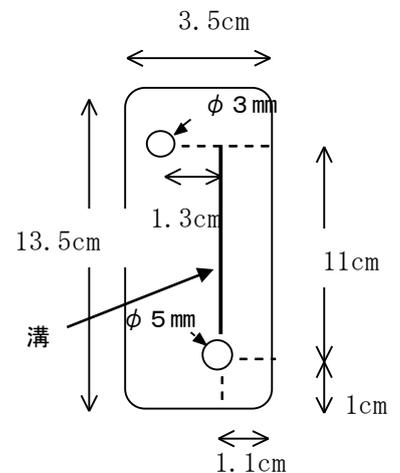
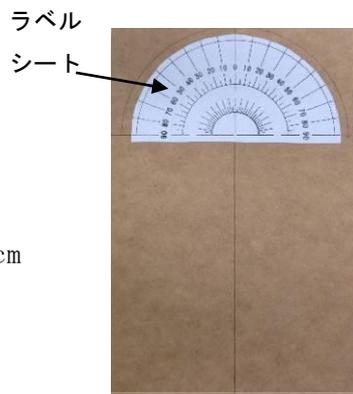
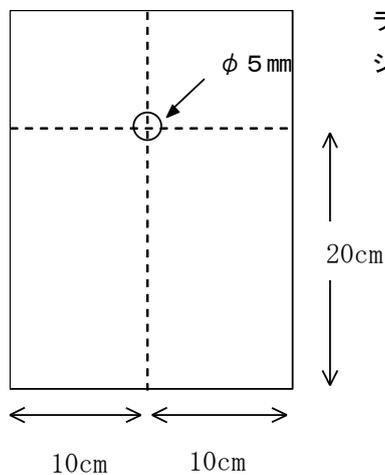
2. 手順

(1) 力の合成実験器の製作

- ① 部品 MDF材板 (30×20cm×6mm) 1, アクリル板 (3mm厚 3.5×13.5cm) 2, プーリー (φ30mm) 2, ブックエンド (横長) 1, ボルト (5×60mm) 1, ボルト (3×20mm) 4, 蝶ナット (5mm) 1, ナット (3mm) 6, バネワッシャー (5mm) 2, ワッシャー (5mm) 2, ワッシャー (3mm) 8, 2重リング (13mm) 1, カラーたこ糸, ラベルシート (A4) 1 等

- ② 図のように, MDF材板とアクリル板を加工し, 表示板とアームをつくる。ナットを通す穴は電動ドリルで開け, アームは板に取り付ける前に, 安全のため角をやすりで丸く削る。

アームは左右対称に2つ作る。

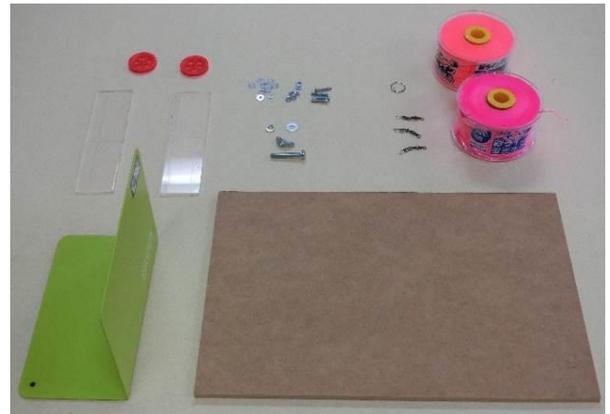


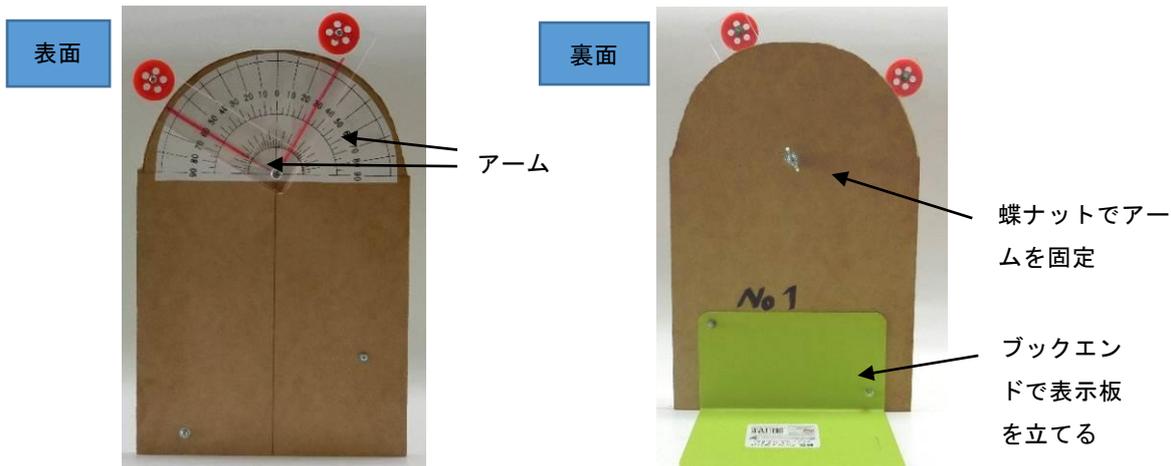
左右対称な2つのアーム

- ③ 表示板に, 分度器を拡大印刷したラベルシートを貼る。
 ④ プーリーの軸穴を電動ドリルで直径5mmに広げ, ナット (3mm) を通してアームに取り付ける。このとき, ワッシャーとナットでアームの両側から締め付けると, プーリーが自由に回転する。
 ⑤ アーム2枚を5mmボルトと蝶ナットで表示板に固定する。
 ⑥ 板に横長のブックエンドをボルト (3mm), ワッシャー, ナットにより2か所で固定する。
 ⑦ たこ糸を3本切り, それぞれを2重リングに結び, 結び目はリング上を移動できるようにしておく。糸の他端におもりをかけるための輪を作り, 結び目をホットボンドで固める。(つり用のサルカンを使う場合は, ボンドで固める必要はない。)



力の合成実験器



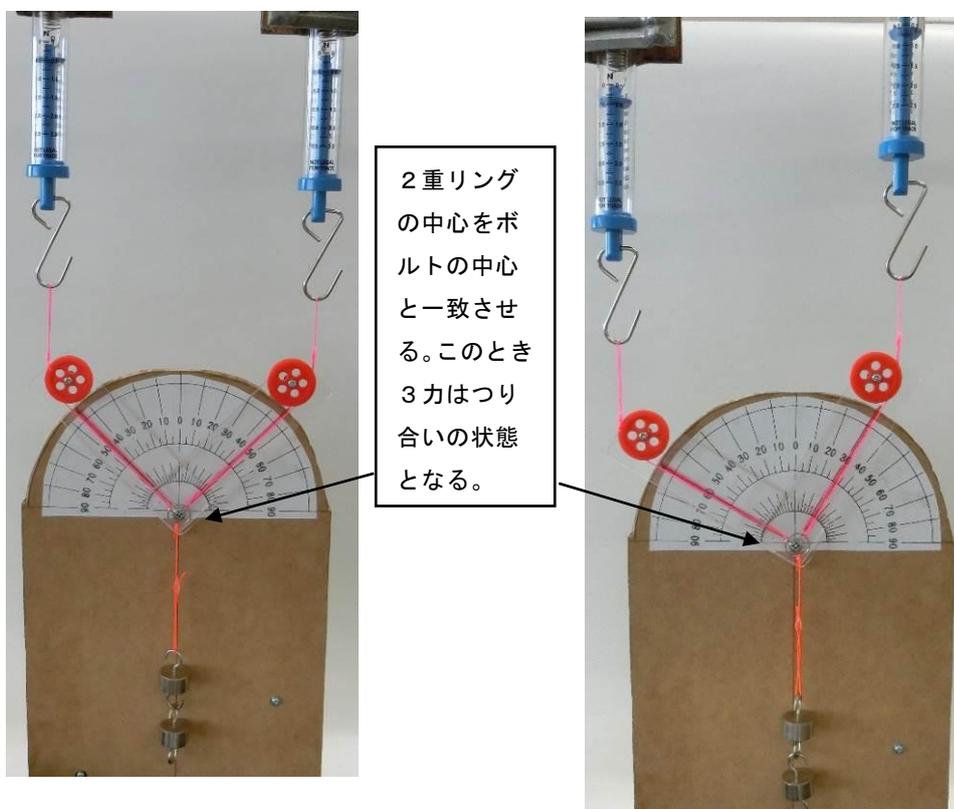


(2) 実験

① 3力をつり合わせる

2力の中心からの角度が同じ場合

2力の中心からの角度が異なる場合



アームの中心からの開きを何度にするかを決め、表示板裏の蝶ナットでしっかりと固定する。上図のように、下向きの糸におもりを、もう2本の糸にはプーリーをとおしてそれぞれニュートンバネばかりにかける。ニュートンバネばかりを引く力を調節して、2重リングの中心がボルトの中心と一致させる。このとき、2重リングに働く3力がつりあいの状態となる。

2つのニュートンバネばかりが示す値を測り、アームの開きの角度とともに記録する。

② 2力の合成(作図)

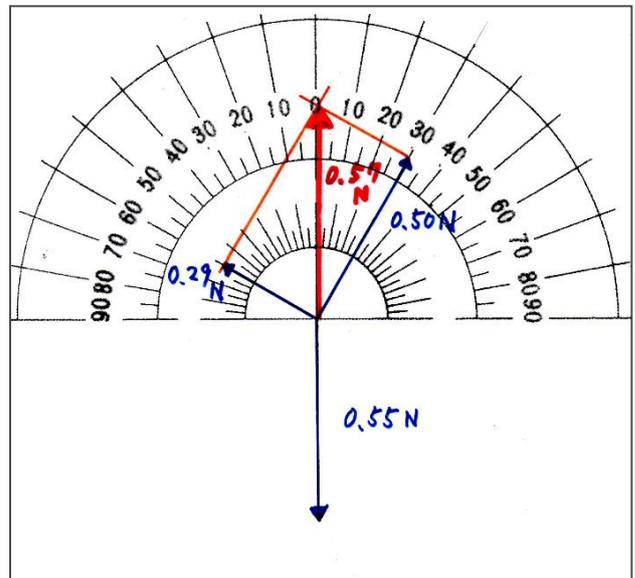
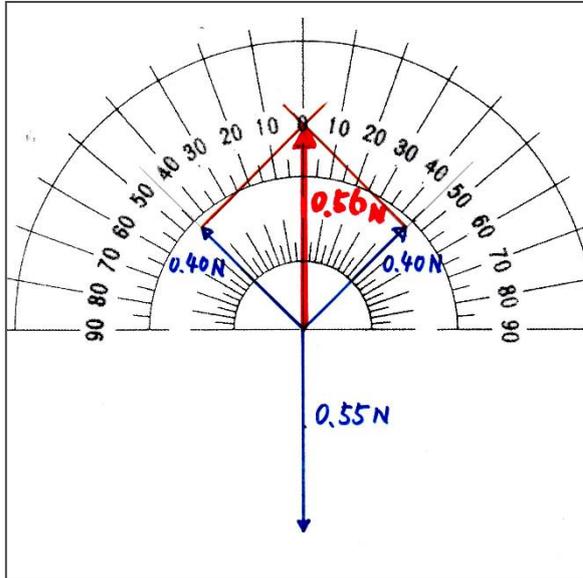
方眼紙や表示板前面のコピーを用意し、おもりの重さとニュートンバネばかりの測定値をもとに、2重リングに働く3力を矢印で作図する。このとき、1 Nを10cmとして作図することとする。

図上で、2力を2辺とする平行四辺形を作図しその対角線を引く。対角線の長さから2力の合力の大きさを求め、おもりの重さと比較する。また、合力とおもりの重さの向きがどのような関係になっているかを調べる。

■測定結果の例■ ※1 Nを10cmで表している。

2力の中心からの角度が同じ場合

2力の中心からの角度が異なる場合



おもりの重さ=0.55N
 2力の大きさと中心からの角度
 ・左=0.40N, 45°
 ・右=0.40N, 45°
 2力の合力の大きさ=0.56N

おもりの重さ=0.55N
 2力の大きさと中心からの角度
 ・左=0.29N, 60°
 ・右=0.50N, 30°
 2力の合力の大きさ=0.57N

3. 解説

(1) 力のつりあい

地球上の質量のある物体であれば必ず重力が働いている。これを重さという。質量と重さを混同しがちだが、異なる概念であるから気をつけたい。物体が静止していれば、物体に働く重力(重さ)とつりあっている力(大きさが等しく、逆向きな力)が物体に働いているわけである。

(2) 3力のつりあい

教科書では、一つの荷物を2本のゴムひもでつり下げる例が出ている。2本のゴムひもの開く角度が異なる場合に、ゴムひもを引く力の大きさはどのように変わるか、という3力のつりあいの導入となるものである。この設定は、実験①の「2力の中心からの角度が同じ場合」に相当する。実験してみると、角度が大きくなるほど2力の大きさも大きくなるのが測定できる。

実験①の「2力の中心からの角度が異なる場合」については、2つのニュートンバネばかりの測定値が異なり、この2力を2辺とする図形は平行四辺形となる。中心からの角度が大きいが力は小さくなる。

(3) 生徒実験は数人のグループで行い、バネばかりをもつ者、測定・記録する者など分担を決めて行うとよい。3つの力がつりあっているかどうかは、2重リングがボルトの位置で静止しているかがポイントとなるため、表示板を正面から見る者が力の調節の指示を出すといよい。

■参考文献

・理科機器総合カタログ ナリカ 平成25・26年度

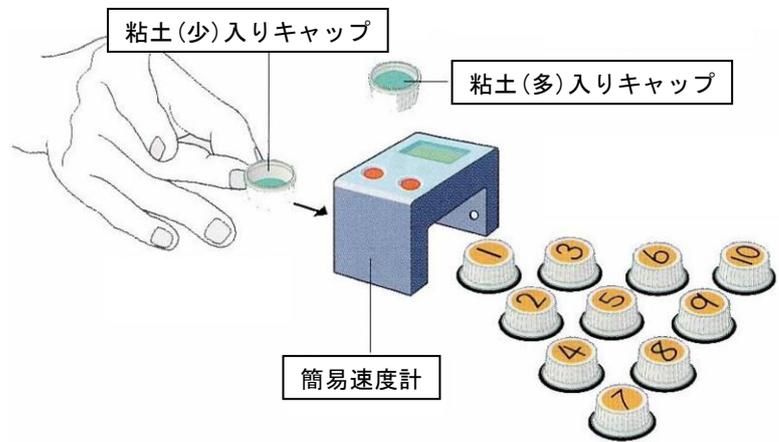
【物 11】 物体の持つ運動エネルギーの変化

1. 準備

簡易速度計、ペットボトルのキャップ 12 個、粘土 20g 程度

2. 手順

- ① ペットボトルのキャップ 10 個を、ボーリングのピンと同様に正三角形になるように配置する。
- ② 粘土 15g 入れたキャップ（粘土多）と 5g 入れたキャップ（粘土少）を用意し、それぞれをはじいて簡易速度計の間を通過させ 10 個のキャップにぶつくる。
- ③ 簡易速度計で表示された速さと動いたキャップの個数を記録する。
- ④ いろいろな速さになるようにはじき方を変えながら、20 回操作を繰り返す。



■注意■

○簡易速度計によっては、センサーの位置が高いものがある。この場合、粘土入りのキャップが通過しても反応しないことになる。

対策 1 計測用のステージを用意して簡易速度計を埋め込み、センサー位置を下げる。

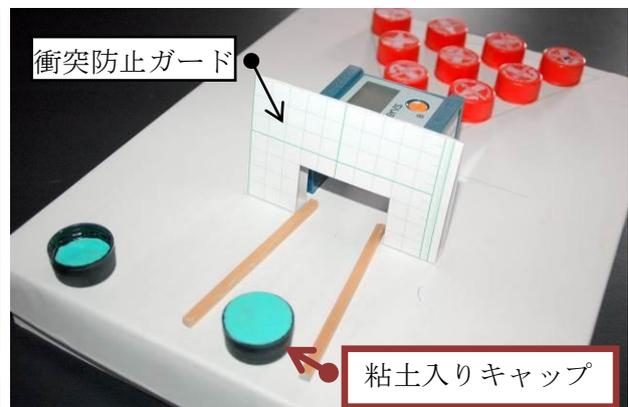
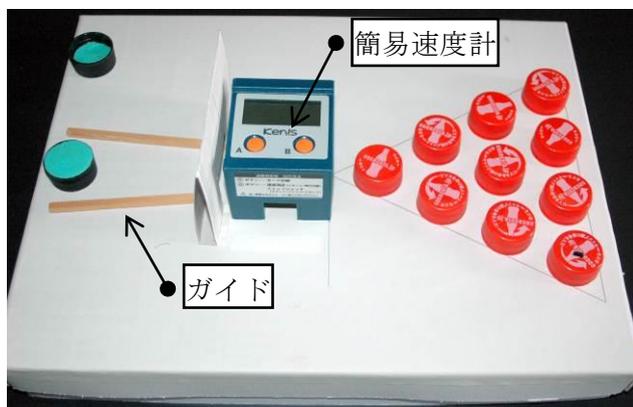
対策 2 粘土入りキャップの中心に紙筒などを取り付け、簡易速度計が反応するようにする。

○粘土入りキャップが簡易速度計に衝突すると、反応しなくなることがある。物がぶつかったりすると動作しなくなることがある。（内部のマイコンが誤作動を起こす。）

対策 1 簡易速度計の手前に、ガイドと衝突防止ガードを取り付ける。

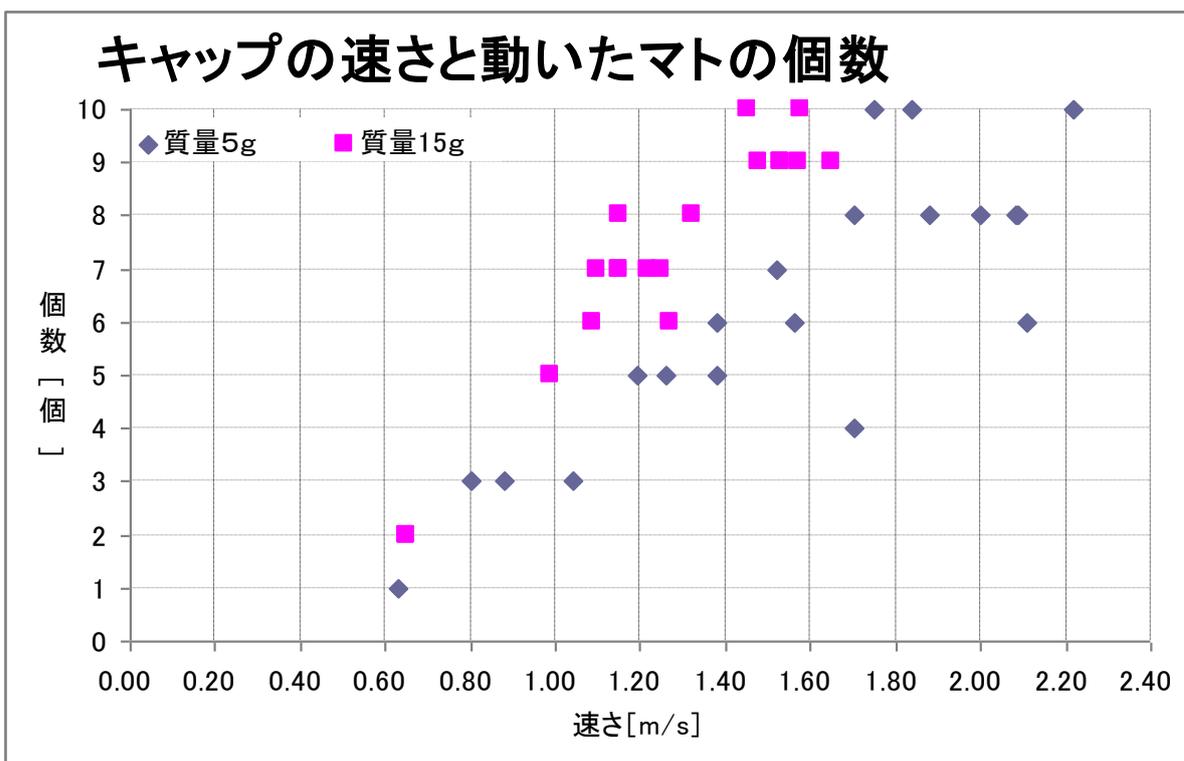
対策 2 反応しなくなった場合には、電池を外して入れ直すなどすると、回復する。

リセットスイッチが付いた改良型を発売したメーカーもある。



ここでは、紙の箱をステージとし、簡易速度計は、この箱に差し込んである。

実験結果例



3. 解説

実験結果からは、この実験が厳密な規則性を見いだせるような実験とは言い難いことがわかる。結論を出すとするれば、物体の速さが大きいほうが他の物体にする仕事も大きくなるというところであらうか。

この実験は、身近なものを使いながら、遊びの要素を取り入れた楽しい実験であると思われる。ただし、遊びの要素のみが強調されてしまうような事態は避けたいものである。実験結果からどのようなことが考えられるのか、または、どうすればもっと明確な結果が得られるのかなどを考えさせることも必要になる。

【物12】 5分で製作，1分で放射線が観察できる霧箱の実験

1. 準備

器具：スチロール樹脂やポリスチレン樹脂のクリアカップ（500mlほど大きめのもの）3個，黒のビニールテープ，隙間テープ（両面テープ付スポンジ），LEDライト，ピンセット，はさみ，金槌，軍手，タオル

試薬：放射線源（モノズ石，マントル※1，トリア・タングステンなど），エタノール，ドライアイス（砕いて粉状にしたもの） ※1マントルとはランタンの芯



2. 手順

(1) 霧箱の製作

- ① クリアカップの底に，黒のビニールテープを隙間なく貼る。①
この時，空気が入らないように注意する。
- ② はみ出した部分をはさみで切り，形を整える。
- ③ 隙間テープを1cmほどの幅に切ったものを2つ用意する。
- ④ ①の底の周囲に2カ所に③の隙間テープを貼る。



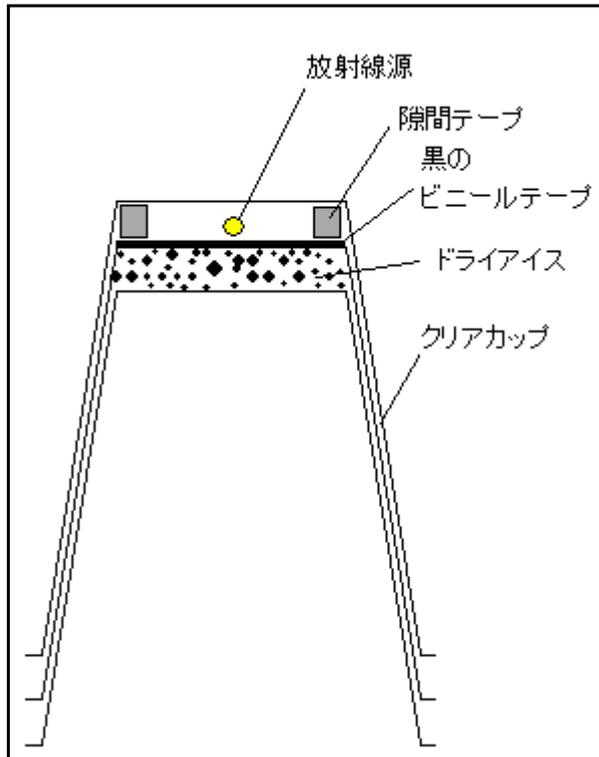
(2) 放射線の観察

- ① 黒のビニールテープを貼ったクリアカップに金槌で粉状に砕いたドライアイスを1cmほどの高さになるまで入れる。この時，ドライアイスで凍傷にならないよう軍手などを使用する。
- ② 別のクリアカップを重ね，しっかりとドライアイスをはさみこむ。
- ③ 黒のビニールテープが上になるようにクリアカップを置き，(1)④で貼った隙間テープにエタノールを染み込ませる。
- ④ ビニールテープの中央に放射線源を置く。
- ⑤ 3つめのクリアカップをその上からかぶせ1分間ほど待つ。
- ⑥ 周囲を暗くした上で，LEDライトで横から照らし，放射線の軌跡を観察する。





(3) 霧箱の構造



3. 解説

(1) 霧箱の原理

過飽和状態のエタノールの気体中に、放射線が入り込むと、その放射線などが（大気中のちりやほこりが核となって雲をつくりように）核のような役割を果たし、その進路に沿って飛行機雲のような霧が発生する。

(2) 他の霧箱と比較したこの霧箱の優位な点

- ① ドライアイスの使用量が少量で済む。
- ② ドライアスを置くためのスチロールトレイなどが必要ない。
- ③ 容積が少ないため、非常に短時間で冷却でき、短時間で観察可能となる。
- ④ 身近な材料で、短時間で製作できる。したがって、生徒個々の観察・実験には最適である。
- ⑤ 放射線源を容易に取り替え、実験することが可能である。

(3) 放射線を観察するためのコツ

- ① ビニールテープを空気が入らないように、しっかりと貼ること。
- ② ドライアスを密着させ、しっかりと冷やすこと。

(4) 安全への配慮

- ① ドライアイスは少しでも皮膚に触れると痛みを感じ、凍傷となる場合がある。テーブルに飛び散ったドライアイスのつぶに触れないよう十分気をつけさせる。

- ② 放射性物質は、体内に入ると内部被ばくを引き起こす。取り扱いには十分気をつけさせるとともに、ピンセットなどを使い、素手で触らないよう注意させる。また、保管には十分注することが必要である。

ドライアイス・放射性物質の入手について

- ドライアイス

ドライアイス販売店では1kg 700円前後で入手可能である。入手先については、葬儀社等に問い合わせるとよい。

- 放射性物質

モナズ石（モナザイト）は現在「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」等で取り扱いが規制されており、入手が困難である。

マントルについても、最近は放射性物質を含まないものが一般的であり、入手が困難である。

トリウムが含まれるタングステン、トリアタングステン線（ ThO_2 濃度2.0%以下の場合）は入手可能である。長さ1m（ $\phi 0.8\text{mm}$ ）のもので2000円程度で入手できる。



■参考文献

『中学生のための放射線副読本（解説編【教師用】）』（2011，文部科学省）

【化01】 プラスチックの性質

実験 1 : ペットボトルから繊維を取り出す

1. 準備

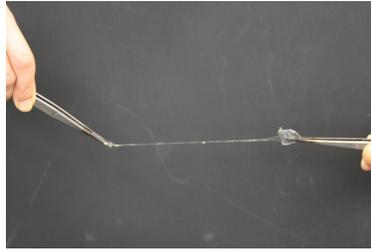
器具：ペットボトル、ピンセット（2）、ガスバーナー、着火器具、カッターナイフ

2. 手順

- ① ペットボトル本体をカッターナイフで、約3cm角に切り取る。
- ② 切り取った小片をピンセットで挟み、ガスバーナーで加熱する。【図1】
(小片に火がついたら炎の外へ出す)
- ③ やわらかくなった部分を別のピンセットでつまんで引き延ばす。【図2】
- ④ ②、③を繰り返して、繊維を取り出す。



【図1】



【図2】

実験 2 : 発泡スチロールの溶解と再発泡

1. 準備

器具：発泡スチロール（3cm角程度）、100 mLビーカー（2）、ガスバーナー、三脚、金網、ポリエチレン製手袋、ピンセット、カッターナイフ

試薬：アセトン

2. 手順

- ① 手袋をする。
- ② アセトン 50 mL を 100 mL ビーカーに入れる。
- ③ 発泡スチロールをピンセットでつまんで、②に浸す。【図1】
- ④ 手袋をはめた手を水でぬらし、③を取り出してよくこねて丸くする。【図2】
- ⑤ ④を沸騰したお湯に入れる【図3】
- ⑥ 発泡スチロールがふくらんだら取り出す。【図4】
- ⑦ 取り出したものを2つに切って、内部を観察する。

ゴム製の手袋は、アセトンに溶けるので使用できない。

グミのような固さにする



【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

実験3：密度を利用してプラスチックを分類する

1. 準備

器具：試験管4本，駒込ピペット，ガラス棒，色々なプラスチック片

プラスチック片の例

- ・ペットボトルのキャップ（ポリプロリレン：P P 密度0.90～0.91）
- ・シャンプーの容器（ポリエチレン：P E 密度0.92～0.97）
- ・C Dのケース（ポリスチレン：P S 密度1.05～1.07）
- ・ペットボトルの本体（ポリエチレンテレフタレート：P E T 密度1.38～1.40）

試薬：次の各溶液（10 mL）

- ・A：エタノール（密度0.79）
- ・B：純水（密度1.0）
- ・C：25% K I 水溶液（密度1.21）
- ・D：50% K I 水溶液（密度1.55）

2. 手順

- ① 試験管にA～Dの溶液を10 mLずつ入れる。
- ② A～Dの溶液にプラスチック片を入れ，浮き沈みを観察する。

沈むはずのものが表面張力で浮いている場合があるので，ガラス棒で底に沈めてから浮かんでくるかどうか確認するとわかりやすい。

3. 解説

【実験1】

ペットボトルの本体は，ポリエチレンテレフタレートという高分子化合物で，加熱するとやわらかくなる性質がある。ペットボトルのペット（P E T）とは，ポリエチレン，テレフタレートの頭文字を取っている。

【実験2】

発泡スチロールは，ポリスチレンという高分子化合物にブタンなどの沸点の低い有機溶剤をしみこませ，加熱することで溶媒が気化するのを利用して発泡させている。

この実験で用いたアセトンは沸点が56.5℃である。また，引火性があるので実験2の②～③の操作の際には，周囲で火を使わないこと。③が終了した時には，ビーカーからアセトンをすみやかに回収し，密栓をすること。回収したアセトンは流しに捨てない。

【実験3】

実験の結果（浮くもの：○ 沈むもの：×）

	溶液A (0.79)	溶液B (1.0)	溶液C (1.21)	溶液D (1.55)
P P (0.90～0.91)	×	○	○	○
P E (0.92～0.97)	×	○	○	○
P S (1.05～1.07)	×	×	○	○
P E T (1.38～1.40)	×	×	×	○

P PとP Eの区別は，溶液A（エタノール）に入れたときの沈む速度のちがいによって判別する。P PはP Eよりもゆっくりと沈んでいく。

【化02】 ペットボトル繊維をつくる

1. 準備

器具：ドライバー、千枚通し、ペンチ、金床、金槌、ガスバーナー、スタンド(自在はさみ・支持環つき)、三脚、手回し発電機

材料：広口のふたのあるアルミ缶(1個)、自転車のスポーク(1本)、モーター(マブチ RE-280RA 等・1個)、スプリングジョイント(両端に2mmと3mmの穴があるもの・1個)、木の板(4×6×1cm程度・1個)、木ねじ(φ2×10mm程度・4個)、ペットボトル(1本)、ガスレンジ用アルミパネル(2枚)、

2. 手順

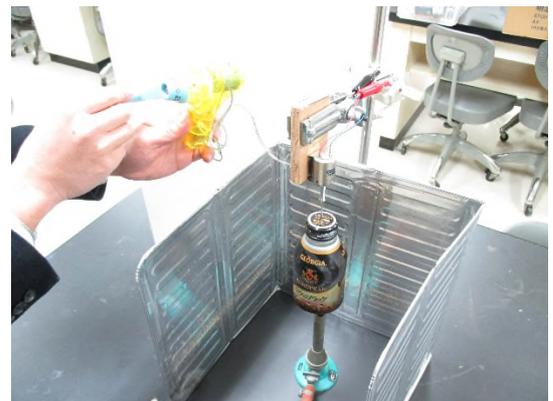
(1) 実験装置の作成

- ① モーターベースを木の板にねじで取り付ける。
→モーターベースの向きに注意，U字型の方を外側にする。
- ② スポークの先端をペンチでコの字型に折り曲げる。→ネジのある方を曲げる。
- ③ スポークを折り曲げたところから17cmのところまで切断する。
→ペンチではさみ，金床の上で金槌でたたく。
- ④ アルミ缶のふたと底の中心，側面の下の方に千枚通しなどで穴をあける。
→側面の穴は下から1cm位の高さに2段にあける。
- ⑤ スタンドにモーターが下向きになるように取り付ける。
- ⑥ モーターにスプリングジョイントを取り付ける。



(2) 実験

- ① ペットボトルをはさみで細かく切り、アルミ缶に入れ、ふたをする。
- ② 実験装置の板の部分スタンドの自在はさみに取り付ける。
→アルミ缶を支持環に入れ，支持環が缶の肩の部分にくるようにする。
- ③ ガスバーナーをセットし，まわりをアルミパネルで囲む。
→必要に応じて三脚をおき，缶が三脚のすぐ上になるようにセットする。
- ④ モーターのリード線に手回し発電機を接続する。→発電機係，ガスバーナー係が必要。
- ⑤ ガスバーナーに火をつけて，アルミ缶を加熱する。
- ⑥ 穴から煙が出てきたら，手回し発電機を回し，アルミ缶を回転させる。
- ⑦ 繊維が出なくなったら，回転を止め，ガスの元栓を閉じてガスバーナーの火を消し，繊維を集める。→繊維が燃えることがあるので気をつける。



3. 解説

(1) 材料について

- ① 広口のふたのあるアルミ缶を使用する理由は、回転を安定させるためである。教科書にある缶では回転軸が中心からずれるために、回転が不安定になる欠点がある。
- ② 自転車のスポークは、自転車店で購入すれば1本100円程度であり、古い物なら無料でいただける可能性もある。教材を扱う業者から10本単位での購入も可能である。
- ③ モーターは、モーターベース(固定用金具)付きのものを模型店から260円程度で購入できる。
- ④ スプリングジョイントは、モーターとネジシャフトをつなぐ部品であり、模型店から200円程度で購入できる。
- ⑤ 木の板は、ホームセンター等で購入し、切断する。
- ⑥ 木ねじは、モーターベースを固定するために使用するもので、ホームセンター等で購入できる。
- ⑦ ペットボトルは、「いろはす」等の伊ミネラルウォーター用がはさみで切りやすい。
- ⑧ アルミパネルは、出てくる繊維が飛び散るのを防ぐための囲いであり、100円ショップ等で購入できる。

(2) 実験について

- ① ペットボトル繊維を作るためのポイントは、缶の回転の安定と、ペットボトル片の量と火力、缶の横に開ける穴の高さの3つである。
- ② 缶の回転の安定のために、スポークを缶の中心に通すこと、実験装置をセットするときに、支持環と缶の中心を合わせることで、実験装置をセットしたら添加する前に手回し発電機で安定した回転を維持できるよう練習することの3つが大切である。なお、加熱後、缶が膨張するため、支持環と缶のすきまが狭くなることも考慮するとよい。
- ③ 火力が強いと、ペット樹脂が気化してしまい、繊維とならない。さらに、発火の危険もある。そこで、缶に入れるペットボトル片は、1本分使う(多めに入れる)とよい。さらに缶に入れるガスバーナーの火力は、弱火を保ち、缶の上の穴から煙が出たところで缶を回転させると、大量の繊維が出る。火力が強すぎる場合は、アルコールランプで実験を行ってもよい。
- ④ 缶の横に開ける穴は、あまり缶の底から高くない方がよい。1cmを目安とする。
- ⑤ 缶の横に開ける穴の大きさで、繊維の太さが決まる。穴の大きさをいろいろ変えてみるのも楽しい。

【化03】 電気を通すプラスチックをつくる

1. 準備

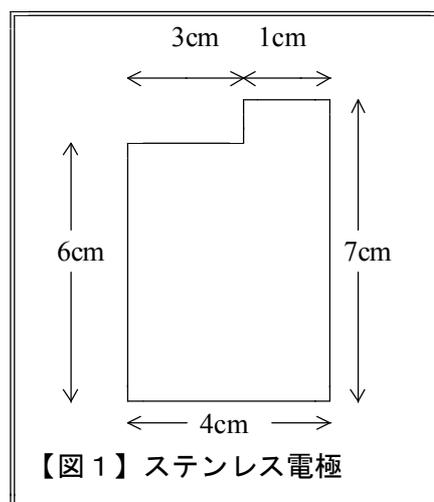
器具：500mL ビーカー，ガラス棒，3mL 駒込ピペット，アンプルカッター（ヤスリでも可），電子てんびん，薬包紙，50mL ビーカー，ステンレス板2枚，割り箸，洗濯ばさみ，脱脂綿，電源装置，リード線，ドライヤー，セロハンテープ，台紙（コピー用紙，中央部を切り取る），導通チェッカー

試薬：ピロール，塩化ナトリウム，エタノール，蒸留水

2. 手順

(1) ステンレス電極と台紙の製作

① ステンレス板とコピー用紙を【図1】，【図2】のように加工する。



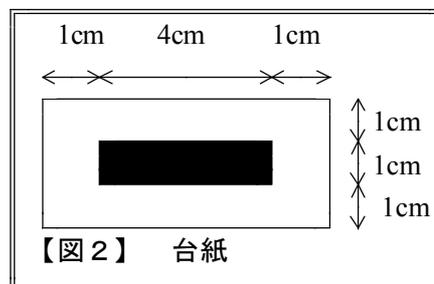
【図1】 ステンレス電極

(2) ピロール溶液の調製

① 蒸留水 500mL をビーカーに入れる。

② 電子てんびんで塩化ナトリウム 3 g を取り，①に加え，ガラス棒かき混ぜて溶かす。

③ ピロールのアンプルをアンプルカッターで開け，駒込ピペットで 3 mL 取り，②に加え，ガラス棒でかき混ぜて溶かす。



【図2】 台紙

(3) ポリピロールの電解重合

① エタノールを含ませた脱脂綿で，ステンレス電極の表面を洗浄する。

② 割り箸を2枚のステンレス電極で挟み，上部を洗濯ばさみで挟んで固定する。（2枚の電極が接触しないようにする）【図3】



【図3】

③ 50mL ビーカーにピロール溶液を 50mL 入れ，そこに②の電極を入れ，ステンレス電極に電源装置を接続し，直流で 3～6 V の電圧を 1～2 分間加える。【図4】

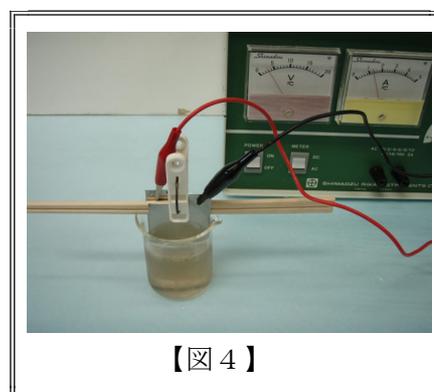
④ ステンレス電極の陽極側に黒いフィルム状の物質が析出してくる。【図5】

⑤ ④のステンレス電極を取り出し，水道水で洗う。（水の勢いが強いとポリピロールがはがれるの注意する）【図6】

⑥ ⑤のステンレス電極をドライヤーの温風で乾燥させる。

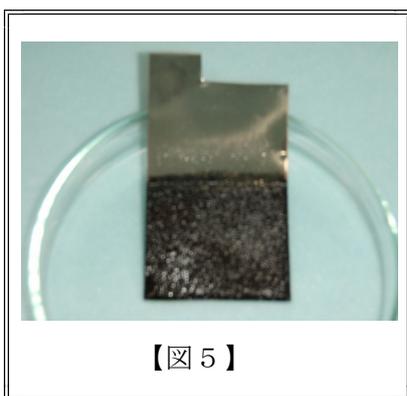
【図7】

⑦ ⑥のステンレス電極からセロハンテープでポリピロールをはぎ取り。（セロハンテープではぎ取る際には，セロハンテープの上から指でこするとうまくはぎ取ることができる）【図8】



【図4】

⑧ はぎ取ったポリピロールを台紙に貼り付ける。【図9】



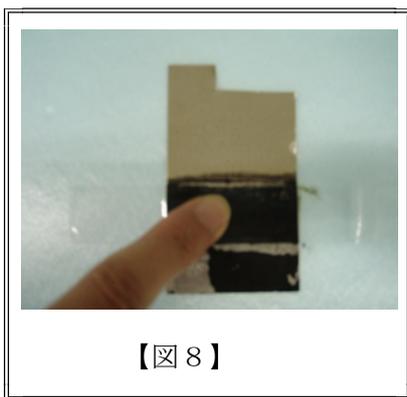
【図 5】



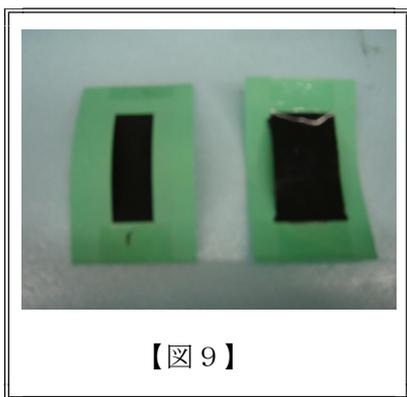
【図 6】



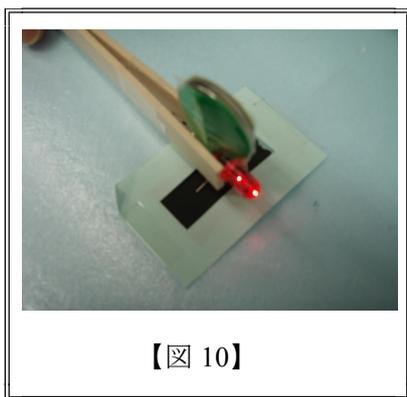
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

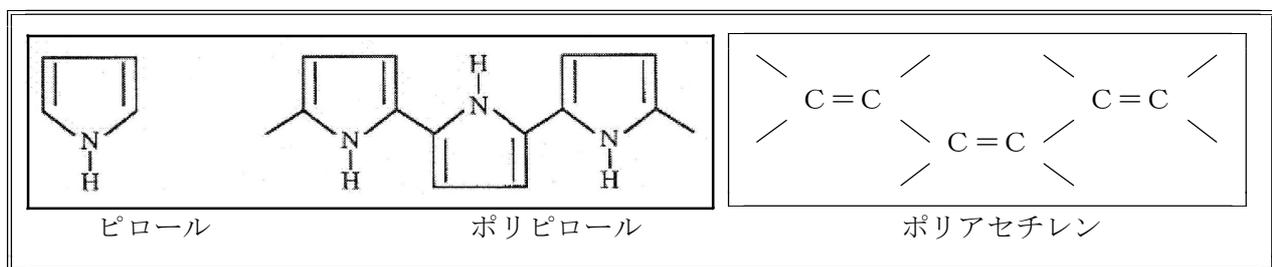
(3) 導電性の確認

- ① 導通チェッカーを用いて、生成した物質が電気を通すかを確認する。(導通チェッカーが無い場合には、豆電球や電子オルゴールを使用する) 【図 10】

3. 解説

(1) 電解重合反応

ピロール溶液を電気分解すると陽極で酸化反応(脱水素反応)が起こり、重合する。同様の反応はアニリンでも起こることが知られているが、フィルム状で取り出すことは難しい。プラスチックが電気を流すためには単結合と二重結合の繰り返し構造が必要であり、白川英樹博士はそれをアセチレンの重合により作った。



(2) ピロールの取扱い

ピロール(25gで4,500円程度)は高額であるが、1回の使用量(溶液50mL)あたりでは54円程度である。ピロールは空気中で酸化しやすいので、開封後は全量を溶液として調整し、褐色びんに入れて、冷暗所に保存する。

50mLのピロール溶液は、電極を交換すると5回程度電解重合をすることができるので、使用後の溶液は保存して繰り返し使用する。

■参考文献

『実験実践する魅力ある理科教育－高校編－』 オーム社(平成23年6月)

【化04】 溶解度曲線の作成

1. 準備

器具：試験管 4 本，温度計 4 本，300mL ビーカー 2 個，25mL メスシリンダー，三脚，金網，電子天秤，薬さじ，薬包紙，ガラス棒，着火器具，試験管立て
 試薬：硝酸カリウム，氷

2. 手順

(1) 結晶が析出する温度の測定

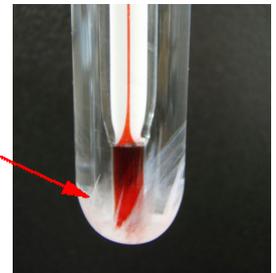
- ① 4 本の試験管に硝酸カリウムを 2 g，4 g，6 g，8 g 入れる。
- ② メスシリンダーを使って蒸留水を 10mL 計り，①の試験管それぞれに入れる。
- ③ ②の試験管を温浴であたため，硝酸カリウムを溶かす。【図 1】
 ※試験管をアルコールランプでおだやかに加熱しても良い。
- ④ ③の試験管それぞれに温度計を入れ，温浴から出して試験管立てに置いて放冷する。
- ⑤ 結晶が析出する温度を読みとる。【図 2】
 ※室温以下で結晶が析出するものは，氷水で冷却する。
 ※温度を見逃した場合は，再溶解して測定し直す。

80℃くらいのお湯



【図 1】

結晶



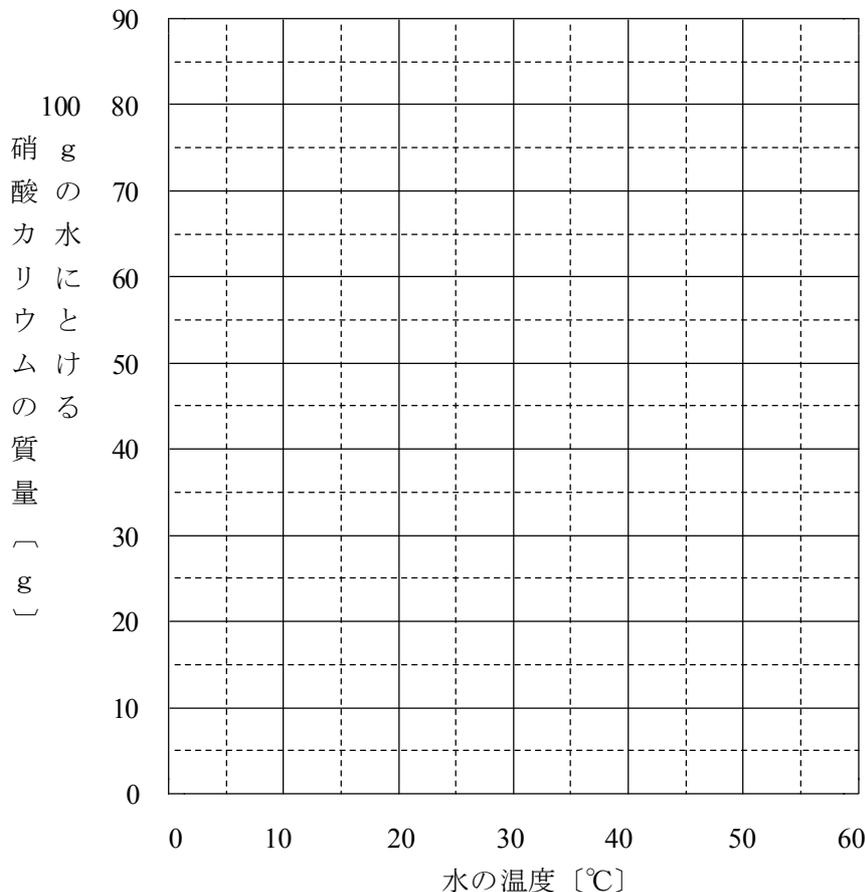
【図 2】

結晶が析出する温度

2 g : 約 9℃ 4 g : 約 26℃ 6 g : 約 38℃ 8 g : 約 47℃

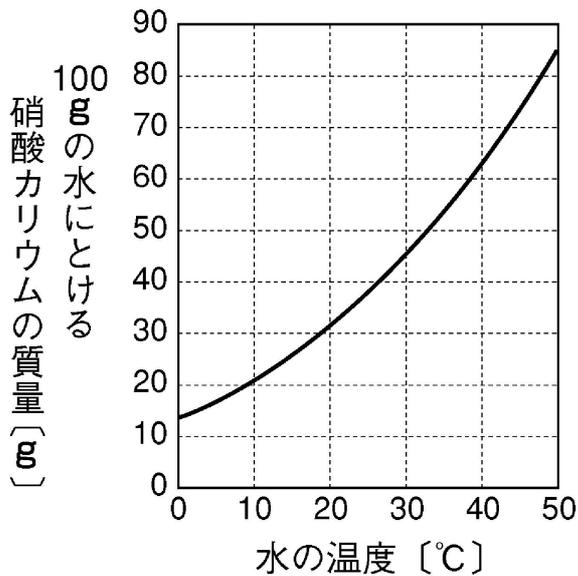
(2) 溶解度曲線の作成

- ① グラフ用紙に溶解度の値をプロットして，溶解度曲線を作成する。



3. 解説

(1) 硝酸カリウムの溶解度曲線



(2) 指導のポイント

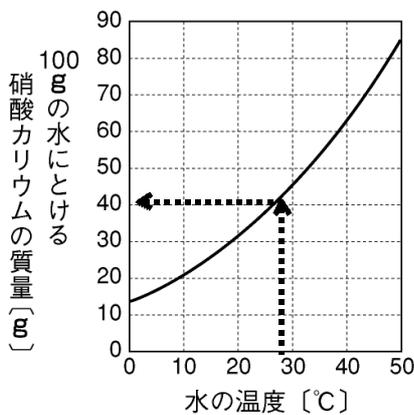
① 水の質量について

- ・溶解度は水 100 g に溶ける溶質の g 数である。
- ・この実験では、水 10mL (10 g) に硝酸カリウムを 2 g, 4 g, 6 g, 8 g 溶かしている。
- ・水 100 g に換算すると、硝酸カリウムを 20 g, 40 g, 60 g, 80 g 溶かしていることになる。
- ・したがって、測定した温度は、硝酸カリウム 20 g, 40 g, 60 g, 80 g で結晶が析出する温度である。

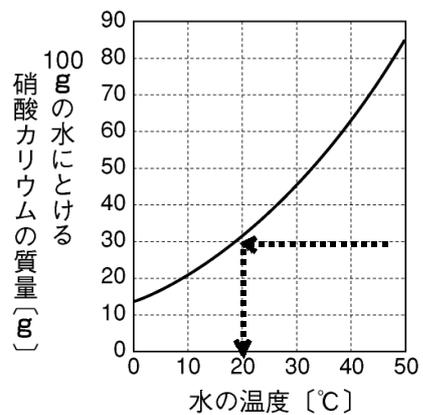
② 溶解度曲線の見方について

- ・2つの見方があることを指導する。

- ・ある温度の水 100 g に溶質が何 g まで溶けるかを見る場合には、その温度から上に移動し、溶解度曲線と交わる質量を読みとる。【図 3】
- ・100 g の水に溶けた溶液を冷却したときに、結晶が析出し始める温度を見る場合、溶解度の値を右側から左側に移動し、溶解度曲線と交わる温度を読みとる。【図 4】



【図 3】

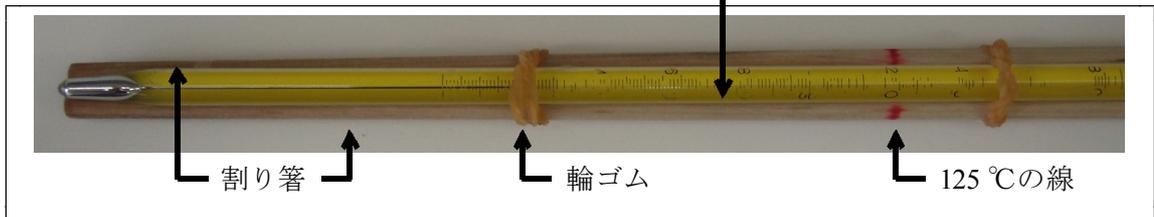


【図 4】

【化05】 失敗しないカルメ焼き

1. 準備

器具：カルメ焼き用お玉、
かき混ぜ棒、
200℃アルコール温度計（割り箸で挟んで固定）、
計量スプーン（大きじ・小さじ）、
電子てんびん（0.1 g まで計れるもの）、
プラスチックカップ（紙コップでも良い）、
ガスバーナー、
三脚、
着火器具



試薬：中ザラ糖，玉ざとう，重曹



2. 手順

(1) 実験手順

- ① 中ザラ糖 40 g と重曹 1.5 g を計量する。
- ② 中ザラ糖 40 g を，カルメ焼き用お玉に入れる。
- ③ ②に玉ざとうを小さじで2杯，水を大きじ1 加える。
- ④ ③をガスバーナーで加熱する。
※ガスバーナーの炎がお玉にしっかりとあたるようにする。
※割り箸で固定した温度計でゆっくりかき混ぜる。
- ⑤ 125℃になったら火から下ろす。
- ⑥ すぐに重曹を振りかける。
- ⑦ かき混ぜ棒でクリーム状になるまでかき混ぜる。
- ⑧ ふくらみ始めたらかき混ぜ棒を引き上げ，自然にふくらむのを待つ。
- ⑨ 水でぬれた布の上にお玉の底をあてて冷やす。
- ⑩ お玉の底全体をガスバーナーで加熱して，カルメ焼きのを少しとかす。
- ⑪ お玉を斜めにして，カルメ焼きを取り出す。





3. 解説

(1) カルメ焼きがふくらまない

ポイントは温度管理。125～130℃に加熱する。120℃より低温では、砂糖分子の重合反応の十分に進まないで固まらない。130℃以上になると、熱分解で黒く変色してくる。(カルメラになる)

(2) ふくらんだカルメ焼きがしぼんでしまう

せっかくふくらんだカルメ焼きが、すぐにしぼんでしまうことがよくあります。これを防ぐために、一般的には重曹卵を使う方法が知られています。ただ、理科実験のカルメ焼きづくりでは、重曹でふくらむことを見せたいので、重曹卵を使う方法は実験の目的から考えると好ましい方法ではありません。

重曹卵を使わない方法で何かよい方法はないかと調べたところ、玉砂糖を混ぜる方法をネットで見つけました。理由はよくわかりませんが、玉砂糖を混ぜると確かにしぼまなくなりました。

重曹卵の作り方・使い方

- ・重曹 35 g と卵白 1/2 をよく混ぜてクリーム状にする。
- ・小豆粒の大きさ程度のクリーム状重曹卵をかき混ぜ棒につけて使う。

【化06】 アルコールランプで作るカルメ焼き

1. 準備

器具：アルコールランプ，着火装置，電子天秤，
200℃アルコール温度計（割り箸で挟んで固定），
かき混ぜ棒，金網，アルコールランプ用三脚，
計量スプーン（大きじ），軍手，
アルミカップ（堅めのもの）

試薬：中ザラ糖，重曹，

*中ザラ糖のかわりに上白糖でも良い。



1. 手順

(1) 中ザラ糖で作る場合

- ① 中ザラ糖 20 g と重曹 1 g を計量する。
- ② 中ザラ糖 20 g を，アルミカップに入れる。
- ③ ②に水を大きじ1 加える。
- ④ ③を金網に乗せアルコールランプで加熱する。その際，軍手をはめて作業する。
- ⑤ 割り箸で固定した温度計でゆっくりかき混ぜる。
- ⑥ 120℃になったら，アルコールランプを引き抜き加熱をやめる。その際，火は必ず消す。アルコールランプの火をつけたまま作業を続けられないこと。
- ⑦ すぐに重曹を振りかける。
- ⑧ かき混ぜ棒でクリーム状になるまでかき混ぜる。その際，軍手をはめた手でアルミカップを押さえて作業する。
- ⑨ ふくらみ始めたらかき混ぜ棒を引き上げ，自然にふくらむのを待つ。
- ⑩ 完全に固まったらアルミカップから取り出す。



中ザラ 20 g



80~90℃位



120℃位 粘りが出る



重曹を入れかき混ぜる



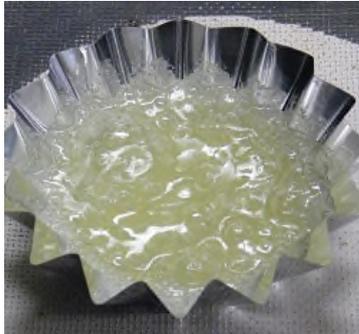
完成



カルメ焼きの断面

(2) 上白糖でつくる場合

- ① 上白糖 20 g と重曹 1 g を計量する。
 - ② 上白糖 20 g を，アルミカップに入れる。
 - ③ ②に水を大さじ 1 加える。
- 以降④～⑩は，中ザラ糖と同じ手順で作業する。



80～90℃位



100～110℃位



120℃位

上白糖を使用した場合，温度計を用いずに砂糖の色の変化でおおよその温度を確認することができる。

3. 解説

(1) アルコールランプでカルメ焼きをつくるメリット

- ① 特別な用具を用いずに実験が可能
- ② 使用する砂糖が少量ですむ
- ③ 玉砂糖，重曹卵等を使用しなくてもカルメ焼きがしぼまない

(2) 200℃のアルコール温度計がない場合の加熱の目安

- ① 110℃を過ぎると沸騰している泡が細かくなり，粘りが出る。全体的に白っぽくなったら加熱をやめる
- ② 予備実験を行い，加熱時間の目安を計る
- ③ 沸騰している砂糖液の表面に薄く結晶の膜が見られるようになったら，加熱をやめる。

(3) 堅めのアルミカップが無い場合，普通の薄いアルミカップでも代用できる。この場合はアルミカップが破れないように2枚重ねて使用すると良い。

(4) アルコールランプを使用する際は，必ずアルコールが8分目程度入っているのを確認する。半分以下で使用すると爆発の危険性があるので注意する。

【化07】 水の合成（燃焼バッグを自作する）

1. 準備

試薬：実験用気体ボンベ（水素・酸素），塩化コバルト紙

器具等：使用済み 100 円ライター，リード線（赤・黒：15cm 程度），ミノムシクリップ
ゴム栓（3号），ゼムクリップ（2個），三方活栓（3個）ウォーターバッグ（ペチャ
ンコ水筒），爪楊枝，袋クリップ（100円ショップで購入），50 mL シリンジ（3）
ニッパー，ビニールテープ，コクルボーラー，千枚通し，ラジオペンチ ドライバー，
半田ごて，はさみ

2. 手順

(1) 点火装置の作成

- ① 100 円ライターを分解する。
- ② 圧電素子から出ている 2 本の線にリード線を半田付けする。また，もう一方のリード線の先にミノムシクリップを半田付けする。【図 1】
- ③ 100 円ライターを組み立てる。



【図 1】

(2) 点火部の作成

- ① コクルボーラーの 2 番で，ゴム栓の中央部に穴をあける。【図 2】
- ② ①の穴の左右に千枚通しを刺して穴をあけ，その穴にクリップを刺す。【図 3】
- ③ クリップの先端部をラジオペンチで曲げ，1 mm 程度の間隔にする。【図 4】
※クリップに（1）で改造した 100 円ライターを接続し，火花が飛ぶことを確認する。火花が飛ばない場合には，間隔を狭くする。
- ④ ゴム栓の穴に三方活栓をねじ込む。【図 5】



【図 2】



【図 3】



【図 4】



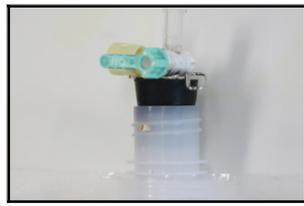
【図 5】

(3) 燃焼バッグの作成

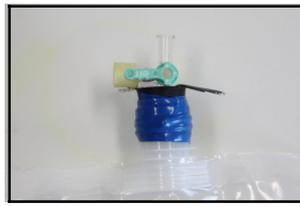
- ① ウォーターバッグの口に（2）で作成した点火部を取り付ける。
- ② 口の部分に千枚通しで穴をあけ，爪楊枝を刺す。【図 6】
※穴が貫通しない場合には，両側から爪楊枝を刺す。
- ③ 爪楊枝を根本から切り，ビニールテープを巻いて固定する。【図 7・8】
※ゴム栓とバッグがしっかりと接続されていないと，爆発の衝撃でゴム栓が飛び出す。
- ④ ウォーターバッグの下を切り落とす。【図 9】



【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

(4) 実験手順

- ① 2本のシリンジにそれぞれ三方活栓を取り付ける。(水素注入用と酸素注入用)【図10】
- ② ①のシリンジに水素と酸素を入れる。【図11】
- ③ 燃焼バッグの底から塩化コバルト紙を入れ、バッグの底を袋クリップで閉じる。【図12】
- ④ 3本目のシリンジで燃焼バッグ内の空気を抜く。【図13】
- ⑤ ②のシリンジで酸素10mLと水素20mLを注入する。【図14】

※注入する順番を守る。

- ⑥ 注入後、1分間放置してから点火する。【図15・16】

塩化コバルト紙



【図10】



【図11】



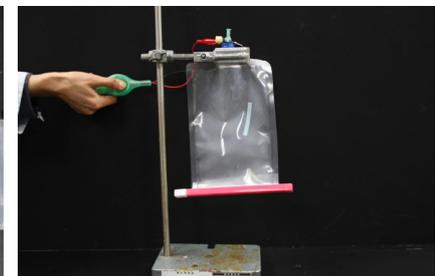
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

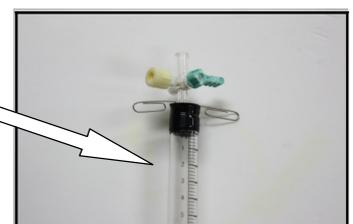
アクリルパイプ

5. 解説

点火部をアクリルパイプに取り付けるとユージオメータを作ること
もできる。【図17】

燃焼バッグの下を切ることで、実験後の乾燥が短時間でできる。
繰り返し実験を行う場合には、乾いた布で拭く。

燃焼バッグに注入する水素は20mLより多く入れると、爆発の規模が大きくなり危険である。



【図17】

【化08】 スチールウールの燃焼

1. 準備

試薬：スチールウール、酸素

器具等：底が空いた集気びん、15号のゴム栓2個、導線、40Wのニクロム線、砂、電源装置
燃焼さじのメス（燃焼さじのオスを使用するときは皿の突起部分を切断する）

千枚通し、ニッパー、アルミ箔、ビニールテープ、紙やすり、ゴムマット、網、水槽

2. 手順

(1) 点火装置の作成

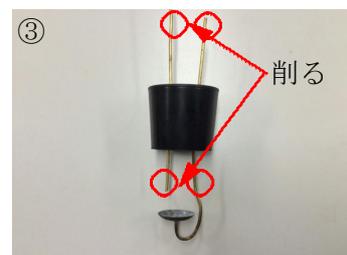
- ① 燃焼さじの中央部をニッパーで切断する。【図1】
- ② 千枚通しで、ゴム栓の中央に間隔が2 cmになるように2カ所の穴をあける。【図2】
- ③ ①で切断して2本になった燃焼さじを、②の穴にそれぞれ差し込む。また、ニクロム線とつなぐ部分と電源とつなぐ部分を紙やすりで削る。【図3】
- ④ ニクロム線の巻いてある部分が1 cmくらいになるように切り取る。【図4】
- ⑤ ③とニクロム線とつなぐ。【図5】
- ⑥ ゴム栓の側面にビニールテープを数回巻き付ける。（集気びんの開口部がゴム栓よりやや大きいのでビニールテープを巻き付ける）【図6】
- ⑦ ゴム栓にアルミ箔を巻き付ける。（反応熱によってゴム栓が溶けるのを防ぐためアルミ箔を巻き付ける）電極となる燃焼さじとアルミ箔が接触しないように隙間を空ける。【図7】



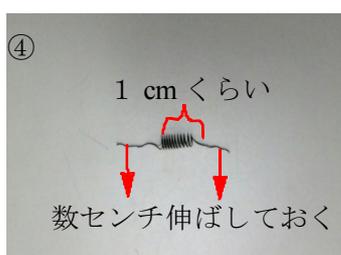
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】



【図5】



【図6】



【図7】側面



【図7】下面



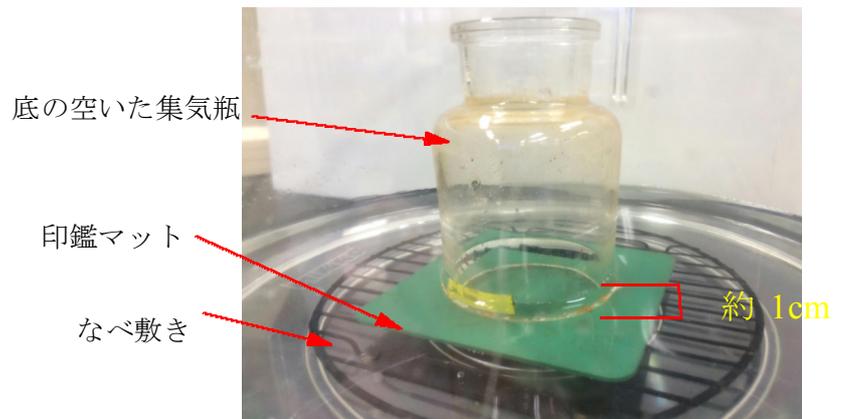
【図7】上面

(2) 実験手順

- ① 点火装置の燃焼さじの上に丸めたスチールウール約 0.6g をのせて、その一部をニクロム線と接触させる。【図 8】
- ② 水槽の中になべ敷きを入れてから水槽に水を入れる。なべ敷きの上にゴムマットを沈め、底が空いた集気瓶をゴムマットの上に乗せる。(水槽の水は、集気瓶の底から 1 cm くらいの高さになるくらい入れる)【図 9】
- ③ 底が空いた集気瓶をゴムマットに押しえつながら、集気びんの中に水を注ぎ込み、集気瓶を水で満たしてからゴム栓をする。【図 10】
- ④ 集気瓶に空気が入らないように注意しながら、ゴムマットを取り出す。【図 11】
- ⑤ 水上置換でなべ敷きの隙間から酸素を入れる。【図 12】
- ⑥ 底が空いた集気瓶からゴム栓をはずし、①の点火装置を取り付ける。【図 13】
- ⑦ 電源装置と点火装置を導線でつなぎ、6 V くらいの交流電圧を加える。【図 14】



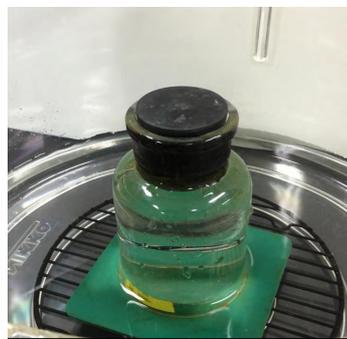
【図 8】



【図 9】



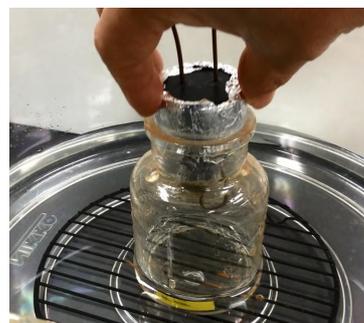
【図 10】



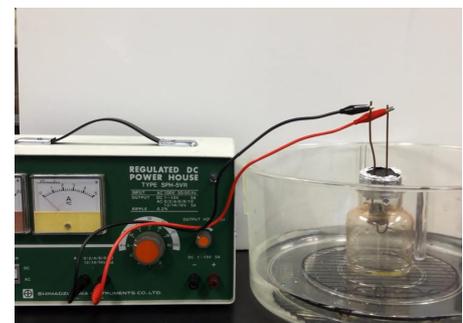
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

3. 解説

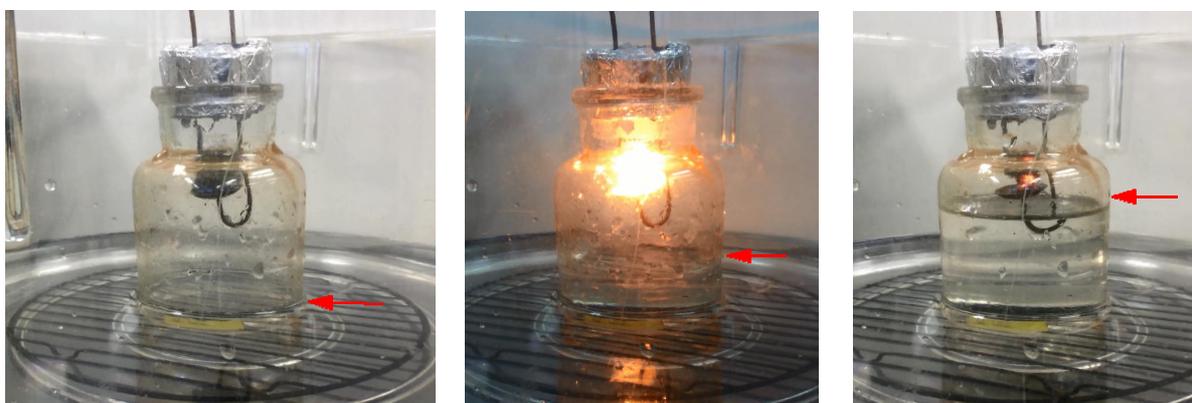
(1) 教科書に記載されている実験装置

水を張ったバットの中に、燃焼さじを加工した台を置き、その燃焼さじの上でスチールウールに火を付ける。そして、酸素で満たした集気瓶を逆さにしてかぶせる。

理科室にある道具で簡単に準備ができる実験であるが、生徒が実験をする際、燃焼さじにのせたスチールウールが集気瓶をかぶせたときに落ちてしまったり、水位の上昇が小さかったりと操作上の課題があげられた。

(2) 実験装置の工夫

- ① 水上置換で集気瓶に酸素を集めることで、酸素を視覚的に捉えることができるようにした。
- ② 点火装置を作成することにより、酸素で満たした集気瓶の中でスチールウールを燃焼させることができるようになった。実験操作のミスが少なくなるばかりでなく、現象をゆとりをもって観察することができる。
- ③ 水位の上昇がはっきりと確認できる。



反応前の水位

反応中

反応後の水位

(3) 指導のポイント

小学校では、物体が燃えるときには、空気中の酸素の一部が使われて、二酸化炭素が生成されることや酸素にはものを燃やすはたらきがあるが、窒素や二酸化炭素にはものを燃やすはたらきがないことなどを学習している。

スチールウールの燃焼実験では、始めはスチールウールが火花を散らして燃える現象に注目が集まり水面の上昇には気づかない生徒もいる。しばらくするとそのことに気づき驚きの声上がる。この生徒の驚きを課題につなげ、「なぜ、スチールウールが燃えたときに集気瓶の中の水位が上がったのか」について、小学校の既習事項や中学校で習ってきたことを使って思考させる。

【化09】 マグネシウムと二酸化炭素の酸化還元反応

1. 準備

試薬：マグネシウム，二酸化炭素

器具等：集気びん，15号のゴム栓，導線，40Wのニクロム線，砂，電源装置

燃焼さじのメス（燃焼さじのオスを使用するときは皿の突起部分を切断する）

千枚通し，ニッパー，アルミ箔，ビニールテープ，紙やすり

2. 手順

(1) 点火装置の作成

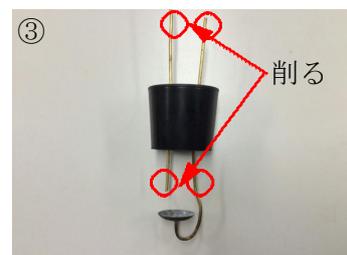
- 燃焼さじの中央部をニッパーで切断する。【図1】
- 千枚通しで，ゴム栓の中央に間隔が2 cmになるように2カ所の穴をあける。【図2】
- ①で切断して2本になった燃焼さじを，②の穴にそれぞれ差し込む。また，ニクロム線とつなぐ部分と電源とつなぐ部分を紙やすりで削る。【図3】
- ニクロム線の巻いてある部分が1 cmくらいになるように切り取る。【図4】
- ③とニクロム線とつなぐ。【図5】
- ゴム栓の側面にビニールテープを数回巻き付ける。（集気びんの開口部がゴム栓よりやや大きいのでビニールテープを巻き付ける）【図6】
- ゴム栓にアルミ箔を巻き付ける。（反応熱によってゴム栓が溶けるのを防ぐためアルミ箔を巻き付ける）電極となる燃焼さじとアルミ箔が接触しないように隙間を空ける。【図7】



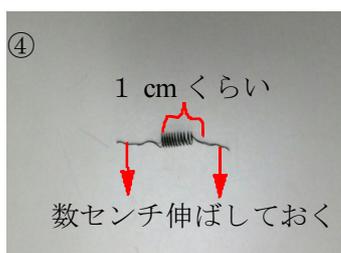
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】



【図5】



【図6】



【図7】側面



【図7】下面



【図7】上面

(2) 実験手順

- ① 点火装置のニクロム線にマグネシウムリボンを引っかける。【図8】
- ② 集気びんの底に砂を敷き、二酸化炭素を入れる。【図9】
- ③ ②の集気びんの開口部に点火装置をはめ込む。【図10】
- ④ 電源装置と点火装置をつなぎ、6V～8Vくらいの交流電圧を加える。【図11】
- ⑤ ニクロム線が、赤く発光してからしばらくすると反応が起こる。【図12】



【図8】



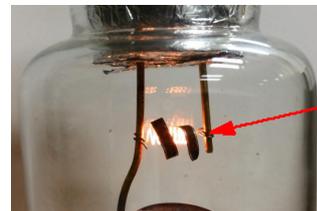
【図9】



【図10】



【図11】



赤く発光



反応の様子

【図12】

(3) 実験結果



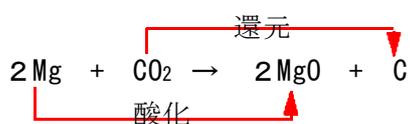
白い物質

黒い物質



3. 解説

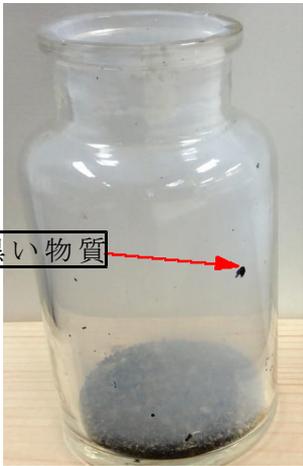
(1) マグネシウムと二酸化炭素の酸化還元反応



二酸化炭素は、生徒にとっては「火を消すもの」という概念があり、これらの中では「物質は燃えないと考えている生徒も多い。本実験は、物体が燃焼しないと考えられる環境で、物体が燃

焼する事象に出会わせることで、疑問を喚起させ、既習内容を活用しながら思考・表現させることができる。

(2) 従来の方法との比較

<p>①</p> 	<p>②</p> 	<p>③</p> 
--	--	--

【従来の方法の課題】

- ① 空気中で火を付けるので、酸化マグネシウムが集気ビンの中でできたととらえない生徒がいる。
- ② マグネシウムを集気ビンに入れるとき、蓋にしているガラス板を少し開けるので空気が入ったと誤解が生じる。
- ③ 集気ビンの壁面に黒い物質が付着するので、気づかない生徒が多い。

【開発教材の優位な点】

	
---	--

- ① 集気びんの中で、ニクロム線に電流を流し、マグネシウムを着火させる。
- ② 集気びんの中で反応が起こるため、空気の入りがなくマグネシウムが二酸化炭素中で 燃焼する現象がとらえやすくなる。
- ③ 黒色の物質がかたまりとして取り出すことができる。また、電子オルゴールを使った導電性を確かめる実験をおこなうと音を奏でる。炭素であることの検証が可能。

(3) 安全面の留意点

マグネシウムは、水（水蒸気）とも酸化還元反応が起こるため、乾燥させた集気びんを使う。集気びんの中に水（水蒸気）が含まれていると、爆発が起こるので注意する。



集気びんをCDケースの中に入れて実験するとより安全におこなえる。

【化10】 孔雀石から銅を取り出す

1. 準備

器具：金づち、電子天秤、薬さじ、三脚、三角荷、着火器具、るつぼばさみ、放冷台（大型の試験管立てや板）、マッフル、スタンド、プラスチック製のカップ、ピンセット、リード線、電子メロディ、電池、電池ボックス、発光ダイオード

試薬：孔雀石 10 g（500 g で 6,000 円位）、炭素粉末 2 g

2. 手順

緑色から黒色に変化

- ① 孔雀石を金づちで叩いて、5～10 mmの大きさに割る。【図1】
- ② 砕いた孔雀石の欠片約 10 gを計り取り、るつぼに入れて、10分間強熱する。【図2】
- ③ るつぼを火から下ろし、3分間放冷する。【図3】
- ④ るつぼに炭素粉末 2 gを加えて、薬さじでよくかき混ぜる。【図4】
- ⑤ るつぼをマッフルにセットし、加熱する。【図5～7】

※始めは弱火で、徐々に強くしていく。

※最後は、火力を最大にして、マッフルの上から炎が出るくらいにする。

※るつぼの底が赤くなるようになってから10分くらい強熱する。

- ⑥ るつぼを取り出し、10分間放冷する。
- ⑦ るつぼの内容物を紙の上に広げる。【図8】
- ⑧ ⑦から孔雀石の欠片をピンセットで広い、プラスチック製のカップに入れる。
- ⑨ カップを1分ほど上下に振って、欠片の表面についた炭素粉末をとる。【図9】
- ⑩ 茶色い欠片をピンセットで拾い、紙の上に置く。【図10】
- ⑪ 電子メロディの回路を使い、導電性の良い欠片を探す。【図11】
- ⑫ 見つけた導電性の良い欠片を使い、発光ダイオードを点灯できるか調べる。【図12】

ふたができるものであれば何でもよい。



【図1】



【図2】



【図3】



【図4】



【図5】



【図6】



【図 7】



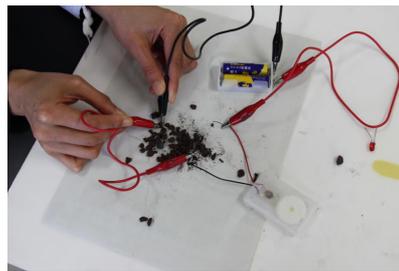
【図 8】



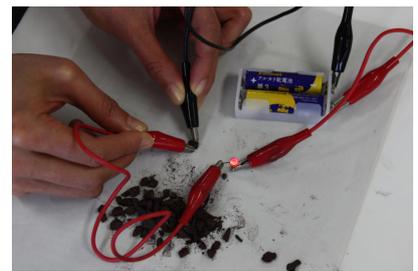
【図 9】



【図 10】



【図 11】



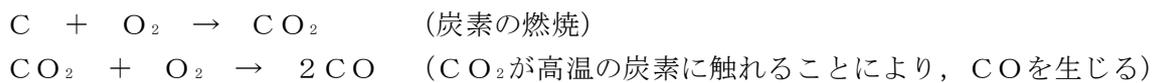
【図 12】

3. 解説

孔雀石の組成は $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ である。始めに、孔雀石を加熱することにより酸化銅(Ⅱ)に変化させ、次に炭素粉末を加えて加熱することにより銅に還元している。

孔雀石をるつぼで加熱する部分では、孔雀石が割れて飛び跳ねることがあるので、るつぼには必ずふたをする。同様の理由から、ステンレス皿等の上で加熱することも大変危険である。

教科書には、鉄鉱石からたたら製鉄で鉄を取り出す記述が見られる。その際、酸化鉄の酸素が炭素で還元されるという説明がある。しかし、実際には炭素そのものが反応しているのではなく、次の化学反応式により生じた一酸化炭素が、酸化鉄を還元している。



教科書の定番実験に、酸化銅と炭素粉末を試験管に入れ加熱し銅を得る反応があるが、この反応も実際には、炭素ではなく一酸化炭素による還元である。炭素によって還元されているのであれば、試験管ではなく、開放系であるステンレス皿の上でも反応が起こるはずである。しかし、ステンレス皿場では銅を生成することはできない。試験管の中やるつぼの中といった閉鎖系で、二酸化炭素が拡散せず、酸素が供給されにくい環境が必要である。このような環境を還元的雰囲気と呼ぶ。

【化11】 短時間で確認できる定比例の法則

1. 準備

器具：試験管 3 本，電子てんびん（0.01 g まで測定できるもの），試験管ばさみ，薬さじ
薬包紙，蒸発皿，ピンセット，ガスバーナー，着火器具

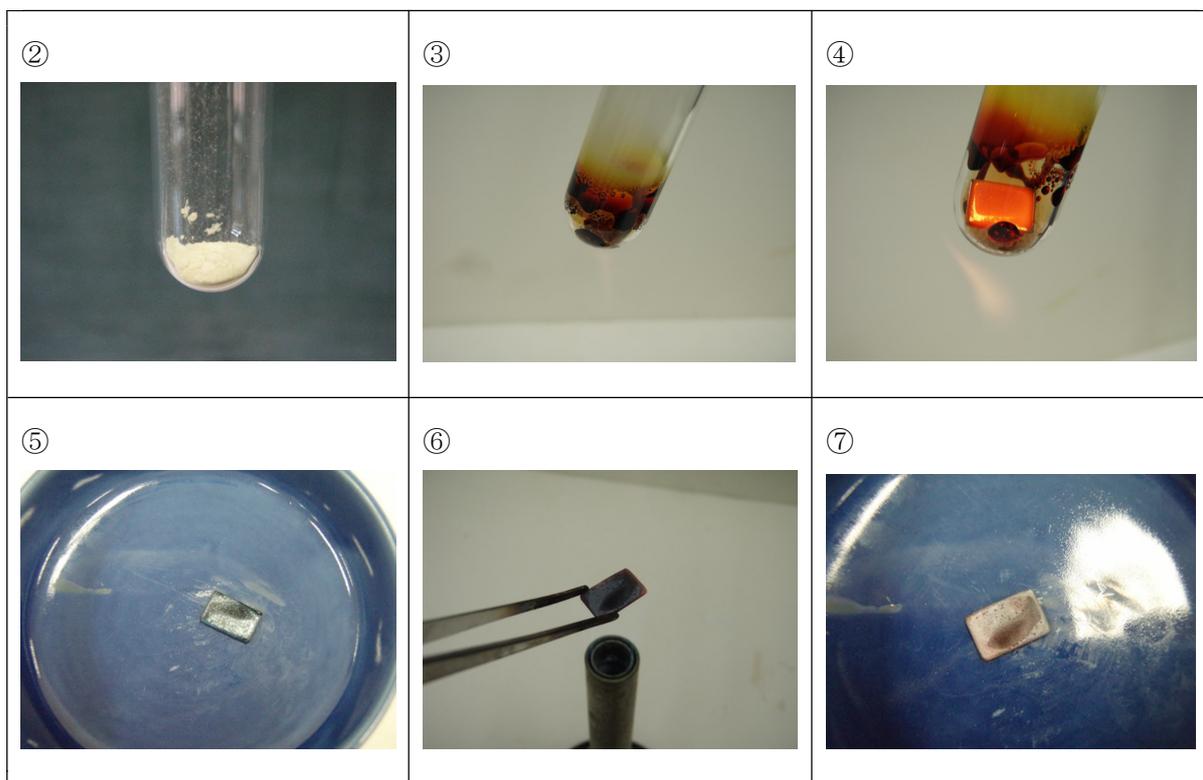
試薬：銅板（質量 0.5 g，1.0 g，1.5 g 程度のもの各 1），硫黄（粉末）

※銅板はナリカの「金属板セットC」を切断し，使用しました。

2. 手順

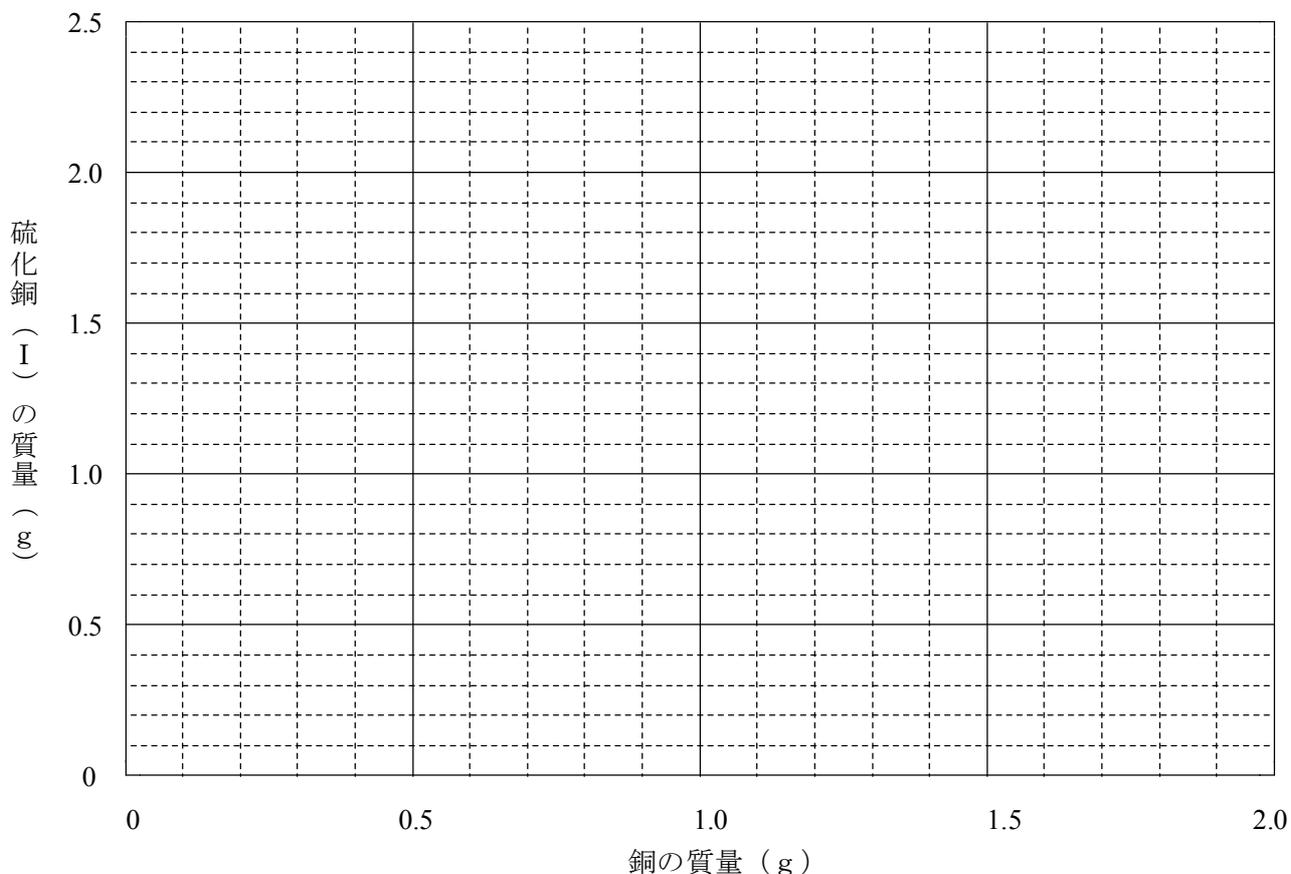
(1) 硫化銅(I)の生成

- ① 銅板の質量を電子てんびんで測定する。
- ② 試験管に粉末の硫黄を入れる。（硫黄の質量は銅板の 1/2 程度）
- ③ 銅板の質量の 1/2 程度の硫黄が入った試験管をガスバーナーで加熱する。
- ④ 硫黄が気体になったら銅板を試験管に入れ，さらに加熱するとすぐに銅板が赤く光る。
- ⑤ 銅板の光りがおさまったら，銅板を蒸発皿に取り出す。その際，銅板はまだ熱いので，やけどに注意する。
- ⑥ 銅板をピンセットではさみ，ガスバーナーで赤くなるまで加熱する。銅板について未反応の硫黄を燃やして取り除く。（二酸化硫黄が発生するので，しっかりと換気する。）
- ⑦ 銅板を蒸発皿に置き，温度が下がるのを待って，電子てんびんで質量を測定する。



(2) 実験結果の分析

- ① 横軸に銅の質量をとり、縦軸に硫化銅(I)の質量をとって、グラフを作成する。
- ② 銅と化合する硫黄の質量比を求める。



3. 解説

(1) 化学反応式と質量の関係

化学反応式	2Cu	+	S	\rightarrow	Cu_2S
物質の関係	2モル		1モル		1モル
質量の関係	128 g		32 g		160 g
質量比	4	:	1	:	5

原子量 $\text{S} = 32$, $\text{Cu} = 64$

(2) 実験の利点

定比例の法則の定番実験は、銅粉末とマグネシウム粉末の酸化による実験である。しかし、この実験にはいくつかの課題がある。主な課題は、次の2つである。① 4 : 1, 3 : 2 という質量比がきれいに求められない。② 反応に時間がかかり、一つの班で複数の試料を調べることができない。

銅と硫黄粉末の反応では、一つの試料にかかる実験時間は約 10 分であり、一つの班が 1 時間の授業時間の中で、質量の異なる 3 つの銅板を調べることは容易である。

■参考文献

『新訂 図解実験観察大辞典 化学』 (1992, 東京書籍)

【化12】 寒天を使ったイオンの移動の観察

1. 準備

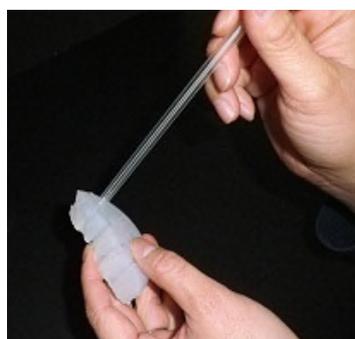
器具：300mLビーカー，200mLビーカー，ガラス棒，シャーレ，ガスバーナー，三脚，金網，着火装置，電子天秤，電源装置，リード線，ピンセット，カッターナイフ，透明ストロー（直径7mm），炭素棒（直径6mm以下）2本，ろ紙，ものさし

試薬：寒天，BTB溶液，塩酸（5%），水酸化ナトリウム水溶液（5%），硫酸ナトリウム，精製水

2. 手順

(1) 寒天ストローの作成

- ① 300mL ビーカーに精製水 250mL，寒天 5 g，硫酸ナトリウム 2 g を入れる。
- ② ①をゆっくりガラス棒でかき混ぜながら中火で沸騰するまで加熱する。寒天が完全に溶けると溶液が透明になる。
- ③ ②を火からおろし，200mL ビーカーへ寒天溶液が 6 cm の高さになるまで注ぐ。
- ④ ③のビーカーにBTB溶液 20mL 加え，ガラス棒でよく混ぜた後，固める。（寒天A）
- ⑤ 300mL のビーカーに残った寒天溶液は，そのまま何も加えずに固める。（寒天B）
- ⑥ 完全に寒天が固まったらビーカーから取り出す。
- ⑦ 寒天B，寒天A，寒天Bの順にストローを突き刺し，貫通させる。
- ⑧ ストローの両端に炭素棒を差し込む。



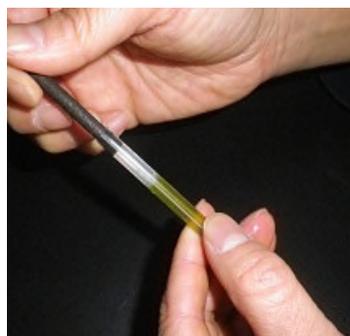
寒天Bに突き刺す



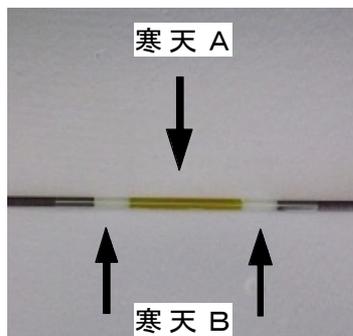
寒天Aに突き刺す



再度，寒天Bに突き刺す



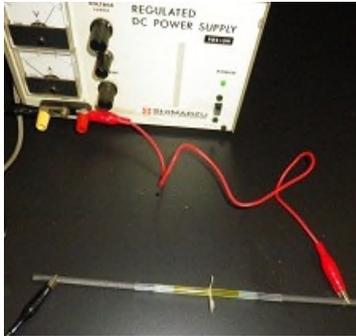
炭素棒を差し込む



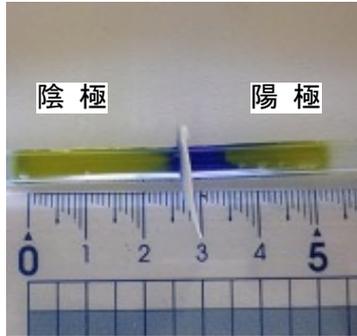
寒天ストローの完成

(2) イオンの移動の観察

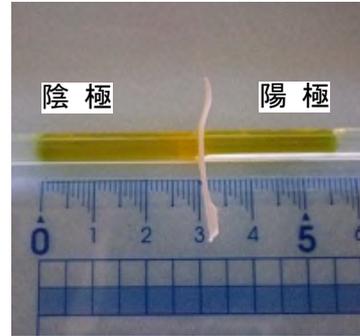
- ① ストローの中央部にカッターで切り込みを入れる。切り込みの深さはストローの直径の半分程度とする。
- ② 1 cm 角に切ったろ紙をシャーレに入れ、調べる溶液に浸す。
- ③ ピンセットでろ紙をつまみ、ストローの切り込みにはさむ。
- ④ 炭素棒に電源装置をつなぎ、10～15 Vの電圧を加える。
- ⑤ ものさしを使い、色の変化の幅を比較する。



炭素棒に電源装置をつなぐ



水酸化ナトリウム水溶液



塩酸

3. 解説

(1) 教科書の方法の問題点

- ① ちょうど良いサイズのストローが見つからない
- ② 寒天が柔らかく炭素棒を差し込む際につぶれてしまう
- ③ 寒天Aと寒天Bの間に空気が入って密着できない

(2) 5分以上通電しても変化が見られない

- ① 電圧が低い
- ② 炭素棒が寒天に密着していない
- ③ ストローの切り込みを深くする

(3) 寒天がビーカーから外れない

- ① スパーテル等を使い寒天をビーカーの壁面から離すようにして取り出す
- ② カッターで寒天に縦に切り込みを入れ、小分けにして取り出す

(4) ろ紙の陽極・陰極側の両方が変化し、差がわからない

- ① 調べる溶液をストローに挟む前に乾いたろ紙にあて水気をきる
- ② ストローの切り込みを浅くする

【化13】 水の生成を確認できる中和反応

1. 準備

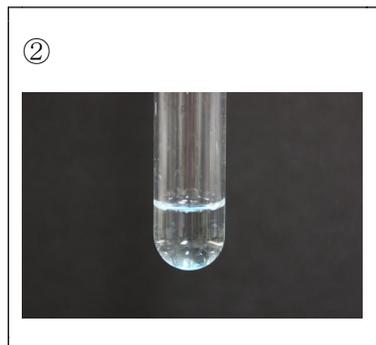
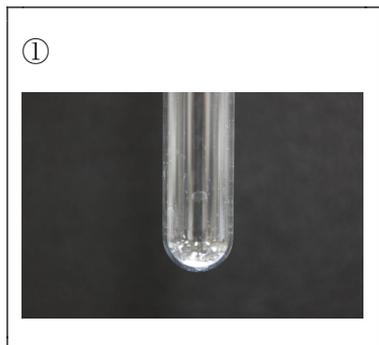
器具：試験管 2 本，5 mL 駒込ピペット，薬さじ，試験管立て

試薬：氷酢酸，無水硫酸銅(Ⅱ)，水酸化ナトリウム

2. 手順

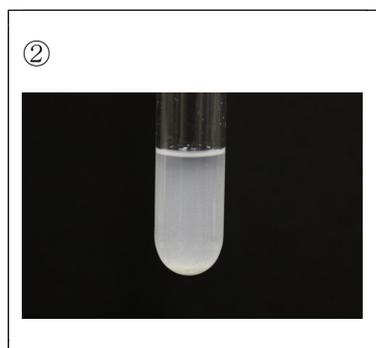
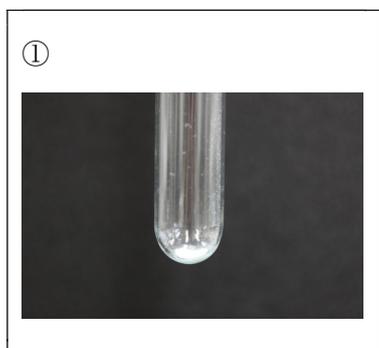
(1) 無水硫酸銅(Ⅱ)の性質の確認

- ① 試験管に微量の無水硫酸銅(Ⅱ)を入れる。
- ② ①に水を入れ，青くなることを確認する。



(2) 中和反応による水の生成

- ① 試験管に微量の無水硫酸銅(Ⅱ)を入れる。
- ② ①に氷酢酸を5 mL 程度入れる。(氷酢酸には，ほとんど水が含まれていないので青くならない。)
- ③ ②に固体の水酸化ナトリウムを3～5粒入れる。(中和反応により，水が生成するので徐々に青くなり，酢酸ナトリウムの結晶ができる。)



3. 解説

(1) 指導のポイント

中和反応で重要なことは，水素イオンと水酸化物イオンのが反応し水が生成することである。しかし，教科書に示されている中和反応の実験は，酸の水溶液とアルカリの水溶液による中和反応であり，水の生成を実感することができない。そのため，生徒は水の生成よりも，塩の生成に関心を持ってしまいがちである。

水の生成を実感するためには，水溶液ではない酸とアルカリによる中和反応が必要である。その例として，固体の酸である酒石酸やクエン酸と固体の水酸化ナトリウムを混合し，試験管で加熱して反応させ，生成した水を蒸留し，出てきた水を塩化コバルト紙で確認する方法がある。



しかし、この方法では、結晶の中にもともと水があり、その水が加熱によって出てきたのではないかという疑問や、水酸化ナトリウムの潮解性により空気中の水が吸収されたのではないかという疑問が生じてしまう。

そこで、本実験では氷酢酸に固体の水酸化ナトリウムを加えるという、単純な方法で行った。また、水の確認方法としては、①塩化コバルト紙を用いる方法、②無水塩化コバルト粉末を用いる方法（無水では青色、六水和物になると赤色を示す）が考えられる。しかし、実際に行ってみると、塩化コバルト紙の場合、色の変化が微妙で、よくわからなかった。無水塩化コバルトは、色が青から紫色（青色と赤色が混ざるため）になり、変化がはっきりとはしなかった。そこで、無水硫酸銅(II)を用い、白色から青色という確認しやすい方法で行った。

(2) 無水硫酸銅(II)がない場合

無水硫酸銅(II)がない場合、また、無水硫酸銅(II)はあるものの空気中の水分を吸収してしまい青色になっている場合には、少量を蒸発皿に入れ、薬さじでかき混ぜながらアルコールランプで穏やかに加熱すると、結晶水が失われ無水硫酸銅(II)が得られる。ただし、ガスバーナーで強熱すると分解して、灰色から黒色に変化してくるので、気をつける必要がある。



【化14】 中和反応と水溶液の電気伝導度

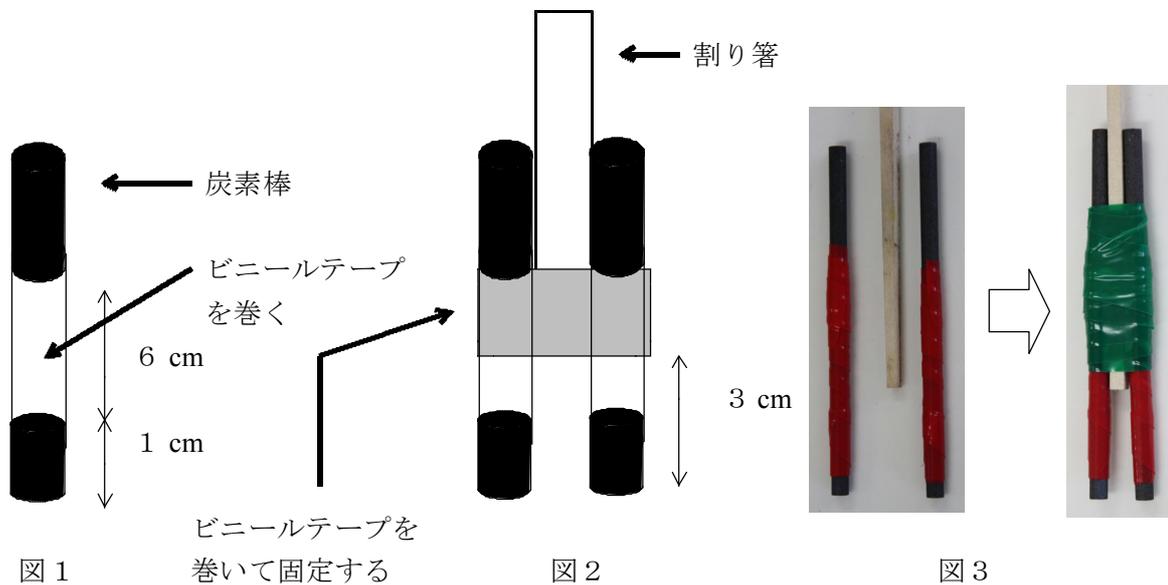
1. 準備

器具：炭素電極（炭素棒2本，割り箸，ビニールテープで作成），電源装置，電流計，リード線
50 mL ビーカー，駒込ピペット，メスシリンダー，ガラス棒

試薬：0.1 mol/L 塩酸，0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液，0.1 mol/L 硫酸，2% 水酸化バリウム水溶液，BTB溶液

炭素電極の作り方

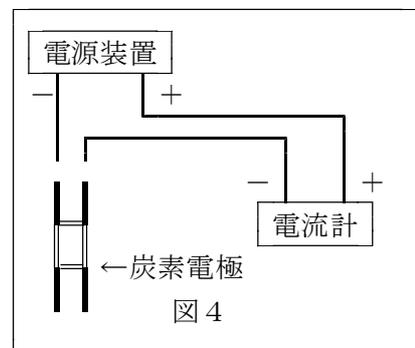
- ① 2本の炭素棒の下1 cm から上に7 cm 程度のところまでビニールテープを巻く。【図1】
- ② 割り箸を①の炭素棒で挟み，ビニールテープで固定する。割り箸の下端は，炭素棒の下端から3 cm くらいの位置にする。【図2・3】



2. 手順

(1) 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応実験

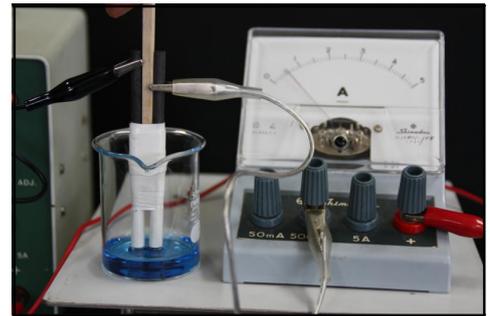
- ① 電源装置，電流計，炭素電極をリード線で接続する。
※電流計の端子は500 mAに接続する。【図4】
- ② 50 mL ビーカーに水酸化ナトリウム水溶液をメスシリンダーで10 mL はかりとり，BTB溶液を2，3滴加える。
- ③ 電源装置のスイッチを入れ，電圧を約5 Vに設定する。
- ④ 炭素電極をビーカーの溶液に浸けて流れる電流を測定する。
- ⑤ 電流の測定が終了したら炭素電極を溶液から出す。



電流を流したまま，電極を溶液に浸けておくと溶液が電気分解される。電流を流すのは，電流を測定する時だけにする。

- ⑥ ビーカーの溶液に駒込ピペットで塩酸を2 mL加え、ガラス棒でかき混ぜる。
 ⑦ 溶液の色を確認し、炭素電極を浸けて電流の値を測定する。【図5】

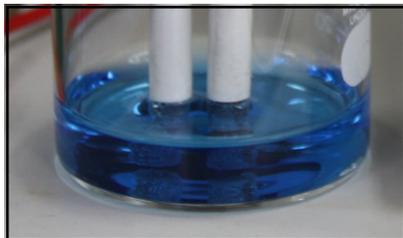
塩酸は2 mLずつ、14 mL程度まで加える。
 水酸化ナトリウム水溶液と塩酸のモル濃度が等しいので、塩酸を10 mL加えたところでちょうど中和する。



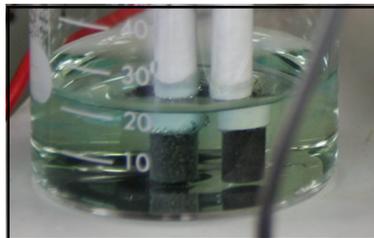
【図5】

- ⑧ 溶液の色と電流の値を記録する。
 ⑨ 横軸に加えた塩酸の体積をとり、縦軸に電流の値をとってグラフを作成する。

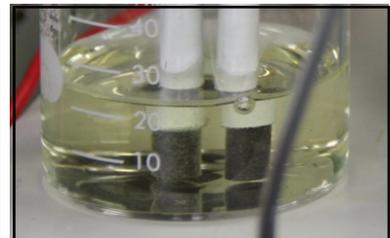
溶液の色が青色の場合は、中和点に達していない。【図6】
 溶液の色が緑色の場合は、中和点付近である。【図7】
 溶液の色が黄色の場合は、中和点を過ぎている。【図8】



【図6】



【図7】



【図8】

(2) 硫酸と水酸化バリウム水溶液の中和反応実験

- ① (1)の実験の塩酸を硫酸にかえて、水酸化ナトリウム水溶液を水酸化バリウム水溶液にかえて、同じ手順で行う。

中和反応で生成する硫酸バリウムは水に溶けにくいので、白色沈殿を生じる。ただし、中和点前は溶液が青色なので青白色に、中和点を過ぎてからは、乳白色に見える。【図9・10】

3. 解説

この実験では次のようなグラフが作成される。【図11】

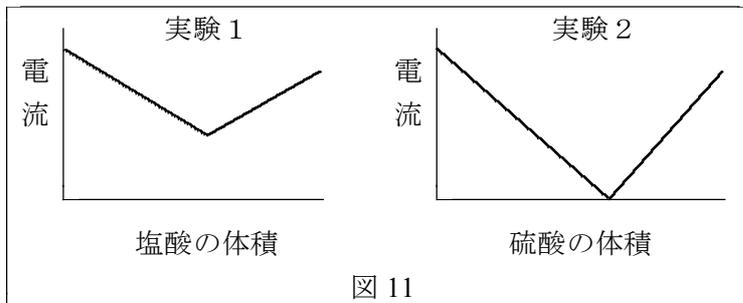
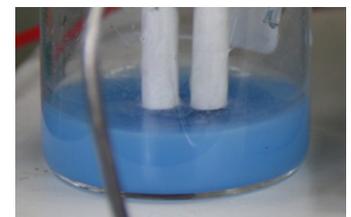


図11

水溶液に流れる電流の値は、溶液中のイオンの濃度に比例する。それ以外にも、溶液中の電極の面積に比例し、電極間の距離に反比例する。したがって、溶液中に流れる電流の値を測定する場合には、電極の面積と電極間の距離を一定に保つ必要がある。



【図9】



【図10】

【化15】 廃液の処理

1. 準備

(1) 授業の準備

- ① 実験計画に、「廃液処理の方法」という項目を入れ、廃液の回収方法、生徒への指示、廃液の処理方法を事前に決めておく。さらに、マイクロスケールで実験するなど、廃液を減らす工夫についても検討する。
- ② 予備実験では、廃液の回収までを一連の流れとする。
- ③ 実験準備時に、回収容器を用意する。

(2) 廃液処理の基本

- ① 下水に流していけない廃液は、「重金属」「有機系」「酸」「アルカリ」である。「重金属」と「有機系」を含む廃液は、分別回収して専門の業者に処理を委託する。「酸」と「アルカリ」は、それぞれ中和し、大量の水といっしょに下水に流すことができる。詳細は、次のとおりである。なお、回収容器は、ポリエチレンタンクを基本とする。

廃液の種類		処理の方法	留意点
重金属廃液	鉄，銅，（クロム，マンガン，亜鉛，銀，スズ，水銀，鉛）	金属別に回収容器をつくり，実験後回収し，処理業者へ。	水銀は実験に使用しない。使用する場合は，別途回収する。
有機系廃液	アルコール，エーテル，油（ハロゲン元素を含まない），クロロホルムなど（ハロゲン元素を含む）	ハロゲン元素を含むも廃液と，含まない廃液に分別して回収し処理業者へ。	ハロゲン元素を含む廃液は必ず処理業者へ委託する。
酸廃液	塩酸，硫酸，酢酸，クエン酸	重金属などの有害物質が含まれていない場合，pHが6～8程度になるよう試験紙で確認しながら中和した後，多量の水で希釈して流す。	中和する場合，濃度が大きい場合には，発熱に注意する。
アルカリ廃液	水酸化ナトリウム，水酸化バリウム，アンモニア，炭酸ナトリウム，炭酸水素ナトリウム		

- ② 「酸」・「アルカリ」および、これらに少量の金属を含む廃液は、「石灰法」による処理を行うと便利である。詳細は、2で後述する。

2. 手順

(1) 石灰法による、金属を含む酸・アルカリ廃液の処理

- ① 2 Lペットボトルの上部を切ったものを3つ用意し、酸・アルカリそれぞれの回収容器と、廃液処理用の容器とする。
- ② 実験後、各グループの廃液を、酸・アルカリそれぞれの回収容器に集める。
- ③ 2つの回収容器の廃液を廃液処理用の容器に入れ、混ぜる。



- ④ 消石灰(水酸化カルシウム)をスプーンで少しずつ加えながらかき混ぜる。ときどき赤リトマス紙に液をつけ、青変するまで操作を続ける。
- ⑤ 数日放置すると、沈殿ができる。
- ⑥ 水道水を流しながら、静かに傾けて上澄み液を流しに捨てる。
- ⑦ 実験終了ごとに廃液処理用の容器に廃液を追加し、④～⑥の操作を繰り返してよい。
- ⑧ 容器底の沈殿はそのまま放置すると乾くので、燃えないゴミ(金属・ガラスくずと同様)として処理する。
- ⑨ 回収容器・廃液処理用の容器は、再利用しても、使い捨てでもよい。

3. 解説

(1) 石灰法について

- ① 水質汚濁防止法による重金属の排水基準は次のとおりである。

物質名	許容限度 (mg/L)
銅	3
亜鉛	5
溶解性鉄	10
溶解性マンガン	10

化学物質の廃棄に関する法律

水質汚濁防止法
 下水道法
 大気汚染防止法
 廃棄物の処理及び清掃に関する法律

長沢ら(1991)は、石灰法による中和・沈殿により、重金属が消石灰により沈殿することで、廃液中の濃度が許容限度を大きく下回ることを示した。

- ② 石灰法により、溶液中の銅イオンおよび鉄イオンはほとんど除去される。中学校の実験で使用する濃度であれば、この方法で廃液処理をすることが可能である。

■参考文献

- ・杉森彰(2004), 化学サポートシリーズ化学薬品の基礎知識, 裳華房
- ・社団法人日本化学学会(1994), 中・高校生と教師のための化学実験ガイドブック, 丸善
- ・長沢千達・八島祐子(1991), 福島大学教育実践研究紀要第19号

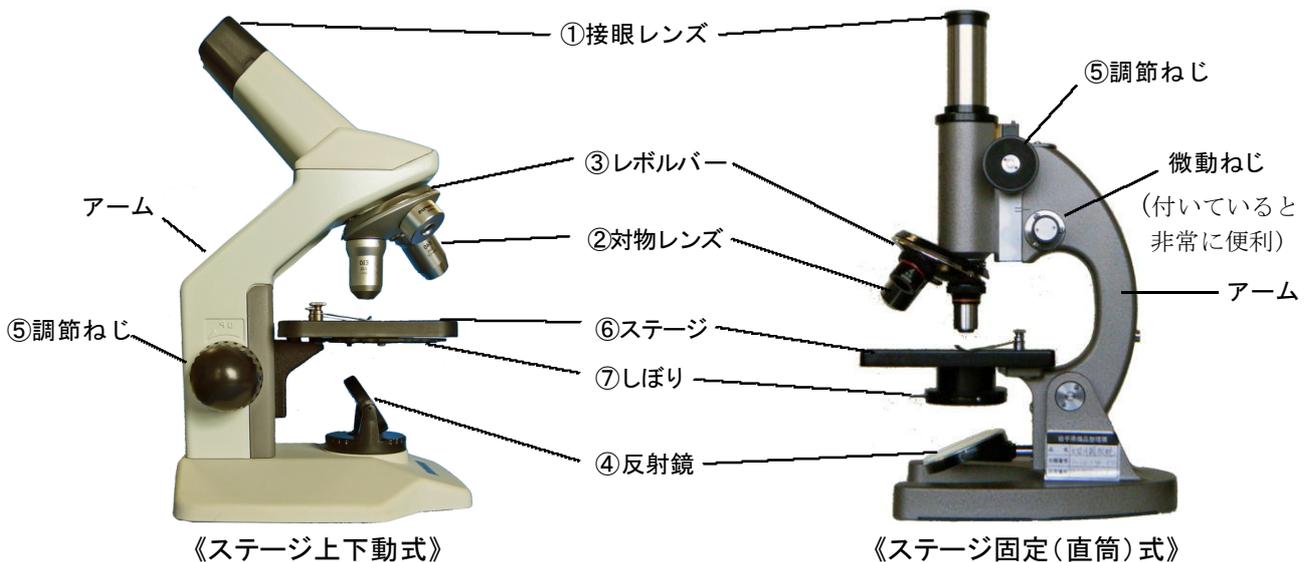
【生01】 顕微鏡の使い方

1. 準備

光学顕微鏡，スライドガラス，カバーガラス，ピンセット，柄付き針，ピペット

2. 光学顕微鏡の主な部分の説明

- ① 接眼レンズ：機種によって異なるが，普通7×，10×，15×が多い。
- ② 対物レンズ：普通児童生徒用の機種は 10×，40× の2種類の場合が多い。
- ③ レボルバー：回転式で対物レンズをはめるためのネジ穴が2～4個ある。
- ④ 反射鏡：光を取り込むためのものだが，電球の光源が装備されているものもある。
- ⑤ 調節ネジ：ピント合わせ用のつまみ。グレードが高いものは粗動，微動に分かれている。
- ⑥ ステージ：プレパラートを載せる場所。2個のクリップが付いているか，位置を微調整できるメカニカルステージが付いている。
- ⑦ しぼり：視野の光量を調節するためのもの。絞ると暗くなるが，コントラストが強くなり，鮮明に見える。



3. 手順

(1) 基本操作

- ① 顕微鏡本体は，アームを一方の手で持ち，もう一方の手で底を支えて両手で持ち運ぶ。本体を直射日光の当たらない明るく平らで安定した場所に置き，箱は床に置く。
- ② 最初に低倍率の接眼レンズを鏡筒にはめ，次に対物レンズをレボルバーにねじ込んで はめる。
* レンズをつけたまま保管している場合も多いが，正しくはこのような順番で組み立てる。
- ③ レボルバーを回して，対物レンズを低倍率にしてから，しぼりを開き，接眼レンズをのぞきながら鏡(反射鏡)を動かして視野全体が明るくなるようにする。
* 照明付きの機種は電源の確保，バッテリーの充電などに注意。
* 反射鏡には，平面鏡と凹面鏡がある。凹面鏡は放物面に作られており，光を1点に集中させることができるため，高倍率のときなど光量が不足する場合に使用する。
- ④ プレパラートをステージの穴の上に載せ，クリップで固定する。
- ⑤ 横から見ながら調節ねじを回して，対物レンズをプレパラートに触れないよう，直前まで近づける。

* 調節ねじをどちらに回せばよいか予め確認しておく。

- ⑥ 対物レンズをプレパラートから遠ざけるように調節ねじを回してピントを合わせる。
- ⑦ プレパラートを動かして観察対象を視野の中央にして、必要ならピントを微調整する。
- ⑧ レボルバーを静かに回して対物レンズの倍率を上げる。

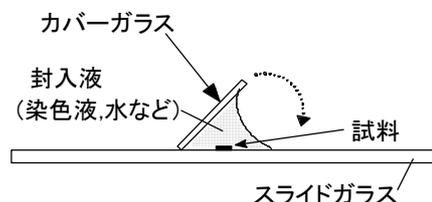
* レボルバーを回すだけでほぼピントが合うようにできているので、一度ピントを合わせた後は、調節ねじを大きく動かさないようにする。

- ⑨ 観察を記録（スケッチ）する。

* 見えたとおりに、できるだけ大きく描くことで細部を良く観察することになる。

(2) プレパラートの作成

試料を検鏡可能な状態に処理したものを**プレパラート**という。普通はスライドガラスに試料をのせたもの、あるいは更に試料をカバーガラスを用いて水や封入剤で封じた状態のものを使う。



カバーガラスの一边をスライドガラスにつけてから、ゆっくり倒して載せると泡が入りにくい

4. 解説

(1) 顕微鏡観察で「よく見えない」時に考えられる原因

ありがちな操作ミスや希なケースまで様々な原因がある。次に示した①～⑳ は実際の事例である。授業中の場合は、原因を早急に突きとめ、的確な指導を行うことが必要となる。

- ① 鏡の調節（角度）が悪いために視野が暗い
- ② 絞りの調節で、特に対物レンズが高倍率の時に絞り過ぎて暗い
- ③ 絞りの調節で、低倍率の時に絞りを開きすぎているために像が不鮮明となる
- ④ ダイヤル式の絞りの円盤が途中で止まっているため、ステージ穴から光が入らない
- ⑤ レボルバーが途中で止まっている
- ⑥ 光源装置のバッテリーが切れている、またはコンセントが入っていない
- ⑦ 光源装置の電球が切れている
- ⑧ 外光を光源にしている時に、窓の前にいる人が光を遮る
- ⑨ 接眼レンズ、対物レンズが汚れている
- ⑩ 眼接レンズ、対物レンズのねじがゆるんでいる
- ⑪ カバーガラス、スライドガラスの表面が汚れている
- ⑫ 鏡筒内にごみや異物が入っている
- ⑬ 対物レンズが取り付けられていない
- ⑭ ピントが合っていない
- ⑮ 試料が視野に入っていない
- ⑯ プレパラートに試料が入っていないか非常に少ない
- ⑰ プレパラートの試料が厚すぎて光が透過しない
- ⑱ プレパラートの試料の染色が不十分で鮮明に観察できない
- ⑲ ピント調節ねじが緩んでいるため、鏡筒（またはステージ）がすぐに動いてしまう
- ⑳ 生きた試料の場合、動きを追うことができず見失ってしまう

(2) ライドガラスの洗浄法

使用後のスライドガラスは、まず水で洗い、油分や染色液は、エタノールを使って除去する。水道水で洗うと乾燥後に不純物が白く残ることがあるので、さらに布やレンズ用クリーニングペーパーなどで拭く。

(3) カバーガラスの取扱い

スライドガラスを取り扱う時は、ガラス面に指紋が付かないようにスライドガラスの端を持つようにする。

カバーガラスは割れやすいので、生徒には軽く水洗いさせる程度で回収する。再利用する場合は、軽く水で流した後、エタノールをかけて汚れを洗い流し乾燥させると良い。洗浄後は、埃が入らないように蓋付きの容器に入れて保管する。

カバーガラス100枚入りの小さなケースでは、開けたときに中身を落としてしまうことがある。200枚入りケース付きを使用するとこの危険が少なくなる。但し、カバーガラスがずれたまま入っていると、蓋を閉じるた時に中で割れてしまうので注意する。



カバーガラスの容器の蓋を閉めるときに注意！

(4) 顕微鏡の日常のメンテナンス

顕微鏡のような備品は、一度購入すると更新はなかなか難しい。長年にわたって使用するものであるため、日常の整備が顕微鏡の寿命を延ばすことにつながる。

顕微鏡のような**光学機器はレンズが命**である。生徒には、特にレンズの扱いについて十分に指導しておくことが必要である。レンズ面には直接触れないこと、汚れたらすぐにクリーニングすることを徹底したい。その際に、レンズ面の埃を口で吹いて吹き飛ばそうとしたり、指でぬぐったりしないように注意する。

*注意するときには理由を伝えることも大切である：指紋には脂質とタンパク質、水分が含まれ、カビの原因になり、レンズに生じたカビの除去は、非常に困難である。

【必要な用具】

*レンズクリーニング液は、カメラ用品店などで売っている。ない場合は、無水エタノールを使用するとよい。

- ・ブローアー（ゴム球）
- ・柔らかい毛の小筆
- ・やわらかい布
- ・レンズ用クリーニングペーパー、キムワイプなど
- ・レンズクリーニング液
- ・プラスチック製のピンセット
- ・つま楊枝など

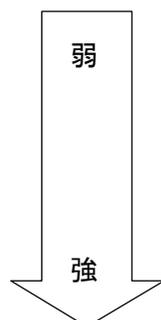
*レンズを拭く場合、ティッシュペーパーは繊維が残るので使用しない。

【整備方法】

- ① ブローアーで空気を吹き付けて、泥や砂粒を飛ばしたり柔らかい毛の小筆でそっと掃き出す。
- ② 顕微鏡の手入れをする前に手をよく洗って油分を落とす。
- ③ 水でぬれたところがあったら、やわらかい布などでよくふき取る。
- ④ レンズの清掃の方法



汚れの度合



- ・レンズクリーニングペーパー、または水洗いして乾かしたガーゼで軽くふき取る。
- ・クリーニング液または水をしみこませたガーゼ、クリーニングペーパーなどで軽くふき取り、その後乾いたガーゼで拭いて水気をとる。
- ・油類の汚れの場合には、無水アルコール（薄めていないメタノールかエタノール）をレンズペーパー、またはガーゼにわずかに含ませて、中心から外側へらせん状にゆっくりふき、すぐに乾いたガーゼでふき取る。

- * レンズは強くこすらない。
 - * 接眼レンズが分解できるものは、分解して汚れやゴミを取り除く。
 - * 対物レンズは分解しない。先端のレンズのみふく。内部はブローアーでふきとばす。
 - * 細かい部分を拭く時は、爪楊枝や竹串などの先にクリーニングペーパーを巻き付けて使う。
 - * 塗装部分の汚れは、乾いた柔らかい布で拭き取る。ひどい汚れは、中性洗剤溶液を少し含ませた布で拭き取った後に、から拭きする。トルエン、ベンジンなどは、変質したり塗料がとれることがあるので使用しない。
- ⑤ きれいになったら収納箱に入れ、できるだけ湿度の高くない場所に保管する。使用頻度が高い場合は箱に入れなくてよいが、保管場所には留意する。
- * 流し台の下は湿度が高くカビの原因になるので厳禁である。
- ⑥ 長期間使わない場合は、レンズを専用ケースまたはビニール袋などに乾燥剤と一緒に入れ、密封して保管する。

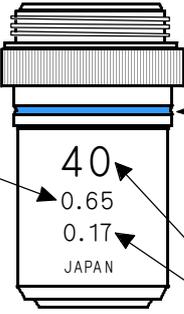
レンズに記された主な記号や数値の意味

《接眼レンズの記号》



H : ホイゲンス(標準的なレンズ)
 WF: ワイドフィールド(広視野接眼レンズ)
 P : ペリプラン(周辺部を補正したレンズ)
 K : コンペンス(低収差で高倍率に多い)
 WH: 広視野ハイアイポイント(眼鏡使用時に便利)

《対物レンズの記号》



開口数(値が大きいほど分解能が高い)
4倍 : 0.10~0.20
10倍 : 0.25~0.45
20倍 : 0.40~0.75
40倍 : 0.65~0.95
60倍 : 0.70~0.95
100倍 : 1.25~1.65

倍率カラーリングの例	
黒色	1~1.25×
赤色	4~5×
黄色	10~12.5×
暗緑色	16~20×
明青色	40~50×
白色	100× ≤

倍率

カバーガラスの厚さ
厚さ0.17mmのカバーガラスを載せないと像は劣化する

■参考文献

- ・井上 勤監修(1997) 顕微鏡のすべて. 地人書館.
- ・山村 紳一郎(2012) 顕微鏡で見る ミクロの世界, 仕組み・使い方・撮影テクニックがわかる. 誠文堂新光社.

Webページ

- ・オリンパス 顕微鏡の歴史 <http://www.olympus.co.jp/jp/corc/history/micro/13year.cfm>

【生02】 淡水プランクトンの培養と観察

1. 準備

(1) ゾウリムシ類 (ゾウリムシ, ブレファリズマなど)

器具：三角フラスコ (100~500mL), ビーカー(1000mL), ピペット, アルミ箔, ガラス棒

試薬：「ニューカロリーメイト」(缶入りコーヒー味など・大塚製薬), ペットボトル入り緑茶, 水1000mL (カルキ抜きした水道水, 蒸留水, イオン交換水, 市販の天然水でも可), オスバン (塩化ベンザルコニウム) 100倍液または, 市販の調整済みの消毒液, メチルセルロース水溶液 (観察用)

(2) ミドリムシ類

器具：三角フラスコ (100~500mL), ペットボトル, ビーカー(1000mL), ピペット, アルミ箔

試薬：「ハイポネックス6-10-5原液」(ハイポネックスジャパン), 水1000mL (カルキ抜きした水道水, 蒸留水, イオン交換水, 市販の天然水でも可)

(3) ボルボックス類

器具：三角フラスコ (200~500mL), メスピペット(1mL), アルミ箔, コンロ (ガスバーナー), タイマー

試薬：ミネラルウォーター「ボルビック」(キリンビバレッジ)1L, 「ハイポネックス6-10-5原液」(ハイポネックスジャパン) 水1Lあたり0.125mL, 水道水, 鹿沼土

(4) 生物の入手

培養のもとになる生物は教材店等で少量購入するか, 培養している学校や機関から譲り受ける。

2. 手順

カビの侵入防止に, 机や手指をオスバンで消毒してから作業する。

(1) ゾウリムシ類

[A] カロリーメイト缶 (流動タイプ) を利用する方法

① 市販の「ニューカロリーメイト」(缶入り) 約1mLをピペットでとり, 水1000mLに入れて, ガラス棒で良く攪拌し約1000倍に希釈して培養液とする。

* 残った液 (薄めていない原液) は袋に小分けにして冷凍保存する。

② 培養液を三角フラスコなどに分ける。

③ ②の液にゾウリムシの入った液を1mL程度加える。

④ 上部をアルミホイルで覆い, 15~25℃の暗所で培養する。

* 酸素が遮断されないように密閉しない方が良い。

* 光が入ると藻類が発生することがある。

⑤ 1週間から10日でゾウリムシが増殖する (液は褐色になる)。

⑥ 容器いっぱいが増殖したら, 別の新しい培養液に植え継ぐ。

* 液表面にカビが発生することがあるが, 少量のうちにピペット等で取り除く。

* カロリーメイトは増殖が速いが, 急激に個体数が減ることもあるので注意が必要。

[B] 市販の緑茶を利用する方法

① 室温にした緑茶を1000mLのビーカーに約300mLとり, 水を加えて約3倍に希釈する。麦茶, 玄米茶でも培養可能 (キリンビバレッジ社「生茶」を使用すると良好な結果が得られる)。

② 三角フラスコなど培養する容器に分ける。

* 容器は増殖した様子が確認しやすいようにガラス製が良い。ペットボトルでは透明度が悪く、視認しにくい。

* 以下上記A③～⑥と同様。

(2) ミドリムシ類

- ① 水1000mLにハイポネックスを1mL加え、1000倍に希釈し培養液とする。
- ② 培養液を容器（良く洗浄したペットボトルでもよい）に分けて入れる。
- ③ ②の液にミドリムシの入った液を1mL程度加える。
- ④ 2か月に1度程度植え継ぐ。

* 200mL程度なら、ハイポネックスを2か月に1滴加える程度でかなり維持できる。

(3) ボルボックス類

- ① 三角フラスコの底に1～2cm程度の深さに鹿沼土を入れる。
- ② 水道水を鹿沼土の2倍程度の深さに入れる。
- ③ アルミホイルでフタをしてコンロで15～20分間煮沸する（右図）。

* 水が蒸発して空焚きにならないよう注意。

- ④ ミネラルウォーター「ボルビック」に8000～1万倍の濃度になるように液肥「ハイポネックス6-10-5原液」を加えた液を作る。

* ボルビック1Lに対して8000倍なら0.125mL、1000万倍なら0.1mLをメスピペットを使って加える。入れすぎに注意する。

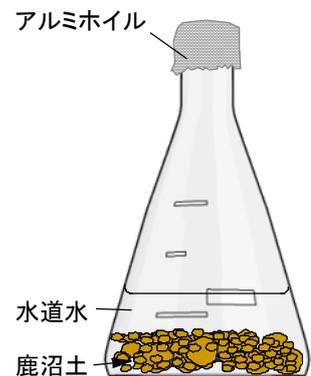
- ⑤ ③を常温に冷ましてから、④の液を加える（フラスコの最も上の目盛り程度まで）。

- ⑥ 土が沈殿して透明になったらボルボックスを入れる。20℃程度の明るい場所に置く。容器の温度が30℃を越えないように注意する。

- ⑦ 1か月程度で増えるが、急激に減少することがあるので、ある程度殖えたら植え継ぐ。

* ボルビックだけでも増える場合もある。増えない場合でもある程度は維持できる。

* 急激に増殖した場合は、急激に消滅することが多い。液肥が濃すぎないよう注意する。



この状態で煮沸

(4) 観察方法

ゾウリムシ類の動きを抑制して観察しやすくするには、次のような簡便な方法がある。

A 綿の繊維

脱脂綿を少量ほぐしてスライドガラスに載せ、その上にゾウリムシが入った液を滴下し、繊維の間で動くにくくなった状態を観察する。

B 塩化ニッケル(NiCl₂)水溶液（繊毛のATPアーゼの阻害剤）

ゾウリムシが入った液に0.01～0.03%塩化ニッケル水溶液を滴下して用いる。

C メチルセルロース水溶液（粘性の高い物質で動きを物理的に抑制）

メチルセルロースを水に溶かしたものを用いる。5℃程度に冷やした方が溶けやすい。粘度が異なるものがあり、100(粘度100cps)の場合は5%、400(粘度400cps)では2%程度が使いやすい。

- ① スライドガラス上のメチルセルロースの中央部にゾウリムシの培養液を滴下する。

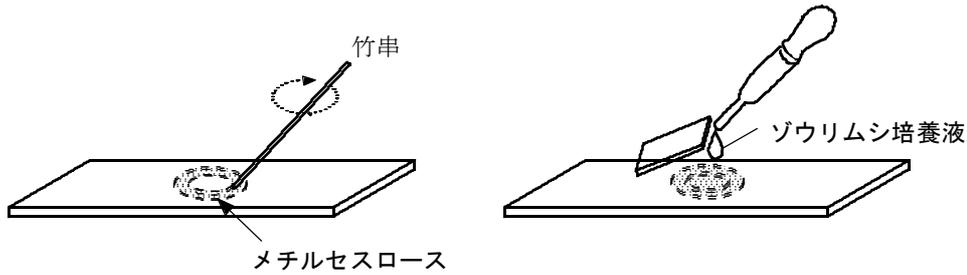
* 液量が多いとメチルセルロースの濃度が小さくなり、粘性が小さくなる。

- ② カバーガラスをのせる。

- ③ 低倍率（接眼レンズ15×，対物レンズ10倍＝150倍）で動きや全形を観察する。

* しぼりをしぼって暗くすると周囲の繊毛の動きがわかる。

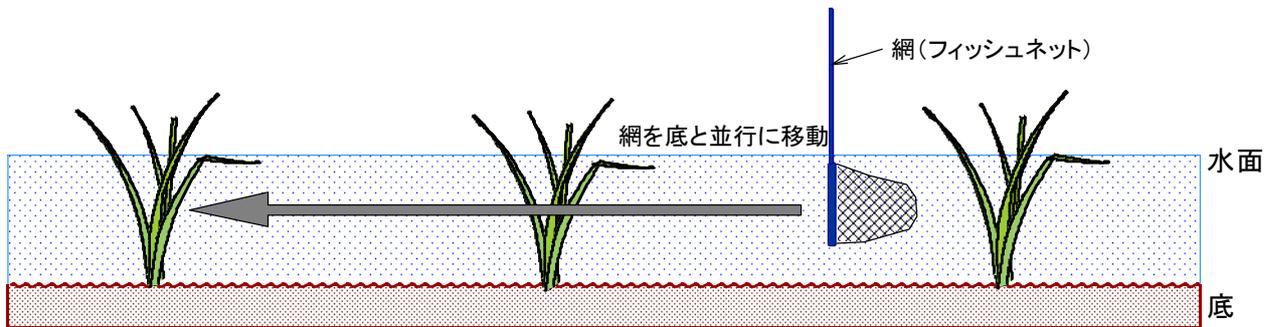
④ 対物レンズを高倍率（40×）に替えて収縮胞の動きなどを観察する。



(5) 野外採集の方法

原生物，ミジンコ類，ワムシ類などを野外で採集することも可能である。但し，サンプルには多くの種が含まれ，同定が難しいことも多い。

- ① 水田の水をフィッシュネットで水面と並行に底の泥が入らないよう注意しながらかくように数回すくい取る。
- ② 採集地の水を少量入れたプラスチックケースの中に網を裏返して入れて生物をとる。



- ③ ルーペで確認する（ミジンコ類やボルボックスは肉眼でも確認できる）。
 - ④ 底の土や，藻類，水草の根本など，採取する場所をかえて瓶に入れて持ち帰る。
- * 水田で採集するときは，トラブルにならないように土地の管理者等に許可を得ること。



フィッシュネット

ペットショップで市販されているマイクロメッシュ角型ネット(細目)
幅10~20cm程度のもので使いやすい。



すくい終わった網は，裏返して少量の水を入れたプラスチックケースに入れる。



水田は生物の宝庫である。



肉眼でもミジンコが泳ぐ姿を観察できる。

名前は知っているけれど、本物を見たことがある人は意外と少ないミジンコとは

分類 節足動物 さいきやくこう しかくもく 鯁脚綱 枝角目 (ミジンコ目)をいわゆるミジンコ類というが、ケンミジンコ類
カイミジンコ類も含めてミジンコと総称することも多い。

大きさ ミジンコ (微塵子) とはいえ、体長3mm程度になる大きい種もいる。

生態 夏季には、メスのみで単為生殖で増え、背中側に育房中に卵が見られることもある (この卵は全てメス)。低温になるとオスが生まれ、両性生殖を行い、受精卵を作る。この卵は、低温乾燥に強く、越冬する。

3. 解説

(1) 使用する器具

以前から知られている各種培養方法のように、オートクレーブで滅菌処理を行う必要はない。但し、カビが入らないように配慮した方が良いので、作業を始める前に、まず机や手指をオスバン (塩化ベンザルコニウム) 100倍液で拭いて清潔にする (培養する容器内に入らないように十分注意)。用意できない場合は、石けんで良く手を洗い、清潔に保つようにする。

フラスコを使用する場合、カビや細菌増殖し、水面を完全に覆ってしまうとゾウリムシが死滅しやすいので、口径が小さい容器を用いるときは注意する。

培養に使用するフラスコやビーカーは、化学実験で使用したものは避けた方が良い。ごく少量でも化学物質が付着していると、生物に影響を与えることがある。また、同じ条件で調整したつもりでも容器によって増殖しないこともあるので、培養容器は必ず複数用意する。

使用するピペットは特に各生物専用にして、決して混ざらないように注意する。別の種に使用する場合は、よく煮沸してから使う。特にミドリムシ類はかなり強いため、他の培地内に入って増殖することがある。

(2) 培養液

ゾウリムシ類の培養は、従来からワラを1時間程度煮沸し煮汁液やレタスの煮汁を用いる方法が知られる。他に乾燥酵母を水にといて使用する方法、ドッグフードを煮てその煮汁を使用する方法などもある。いずれも有機物が腐敗して発生する細菌類がゾウリムシの餌になるため、容器内の液は腐敗臭がする。

ボルボックス類は、培養が難しい生物である。同じ培地を使用しても増えにくい系統、増えやすい系統があり、更に、使用する鹿沼土や水のわずかな成分の違いが影響することもあると考えられる。

■参考文献

- ・阿達直樹 (2009) 微生物の世界を探検しようー顕微鏡を使って楽しむ, 子供の科学サイエンスブックス. 誠文堂新光社.
- ・江坂高志・中堂寿美 (2009) 代簡易培養法を用いたゾウリムシの接合の観察. 大阪と科学教育23, 49-50, 大阪府教育センター.
- ・今堀 宏三, 山極 隆, 山田 卓三 (2005) 生物観察実験ハンドブック. 朝倉書店.
- ・滋賀の理科教材研究委員会編 (2008) 普及版やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック改訂版. 合同出版.
- ・鈴木範男編 (2009) 身近な動物を使った実験 3, ゾウリムシ, ウニ, ザリガニ. 三共出版.
- ・月井 雄二 (2010) 淡水微生物図鑑 原生生物ビジュアルガイドブック. 誠文堂新光社.

【生03】 植物の葉の構造の観察

1. 準備

材 料：ツバキ，カエデ類などの葉

器具等：シャーレ，ピンセット，カミソリの替え刃，厚紙，検鏡用具

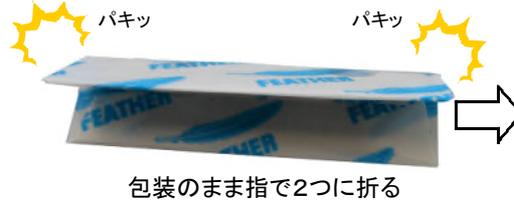
2. 手順

(1) カミソリの刃の準備

- ① カミソリの替え刃を包装に入ったまま二つに折る。



替え刃



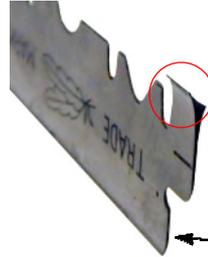
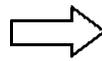
包装のまま指で2つに折る



- ② 2つに折った2枚の替え刃を，刃の部分が揃うようにあわせる。



折った時に反りができる。



反っている部分を外側にして

刃を揃える。

(2) 葉の切断

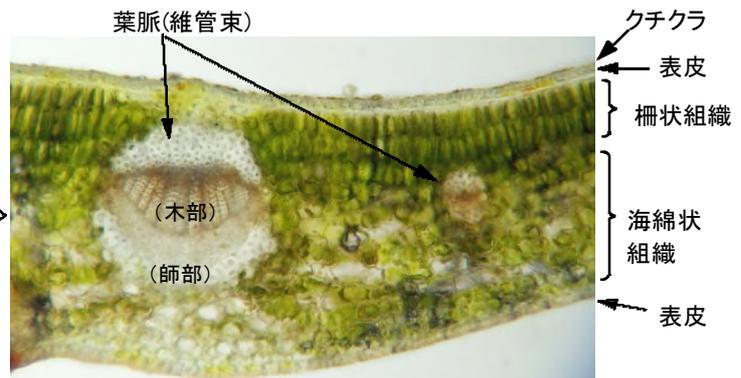
- ① 葉を厚紙の上ののせる。
② 2枚合わせた替え刃が離れないようにしっかりと押さえながら，葉に垂直に刃をあて，葉が完全に分離するまで切断する。
③ 2枚の刃を静かに剥がし，刃に張り付いている葉の切片をピンセットで丁寧に取り，水（水道水）を入れたシャーレに入れる。

(3) 観察

- ① 初めは低倍率（100倍以下）で全体を観察し，倍率を上げて各部を詳しく観察する。
*表皮，維管束（葉脈），葉緑体を持った細胞の分布等に注意して観察する。
② 葉に厚みがあるツバキで操作に慣れたら，薄い葉でも切片を作って葉の構造を比較する。



ツバキの葉の断面

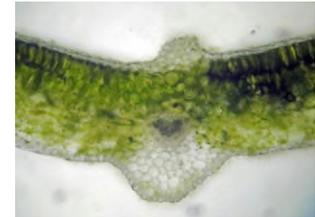




アカマツ



アフリカハウセンカ



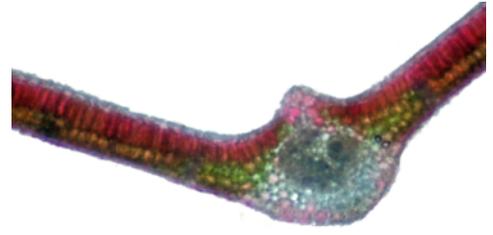
ハウセンカ



カポック



ツツジ



紅葉したカエデの一種

3. 解説

切片を薄く作ることが最大のポイントである。マイクロトームがない学校は多く、ある場合でも台数が限られる。簡易マイクロトームを作成しても良いが、観察するまでに時間を要することになる。

そこで手軽に切片を作る方法として、多くの教科書や解説書では、ポリスチレンやニワトコの随（ピス）にはさんで切る徒手切片法や紹介されている。しかし、うまく薄く切ることができず、十分に観察できないことも多い。

今回紹介した方法は、替え刃だけで特に道具も使わずに切片を作ることができ、少し慣れると照葉樹以外の薄い葉の観察も可能である。

カミソリの替え刃の使用については、次のことに注意する。

- ・替え刃は新品を用いる。錆びたり刃こぼれしやすいので、授業ごとに取り替えることが望ましい。
- ・2つに折った刃は、必ず揃えた状態で使う。ずれているとうまく切れない。
- ・葉を切るときに、2枚の刃が離れないようにしっかりと押さえる。押さえ方が弱いと隙間が空き、切片が厚くなる。

■参考文献

- ・井上 勤 監修（1998）顕微鏡観察シリーズ2，植物の顕微鏡観察．地人書館．
- ・岩波 洋造・森脇 美武（1983）絵をみてできる生物実験．講談社．

【生04】 光合成でつくられたデンプンの確認

1. 準備

材 料：教科書ではオオカナダモを用いた実験が紹介されているが、コカナダモやクロモの方が安定した結果を得やすい。

・オオカナダモ *Egeria densa* (単子葉植物トチカガミ科)。

* 南米原産で日本では、関東以南に定着している。岩手県では、沿岸南部で確認されているが、多くの地域では野外で越冬できない。

* 適温 (水温) は20~28℃。

・コカナダモ *Elodea nuttalli* (単子葉植物トチカガミ科)

* 北米原産。低温に耐えるため日本全国に定着している。

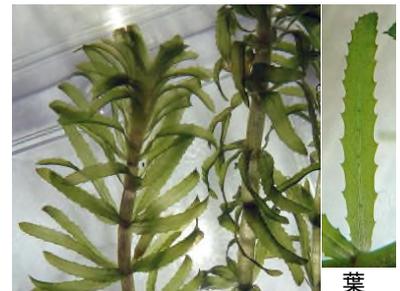
* 適温は10~20℃。

・クロモ *Hydrilla verticillata* (単子葉植物トチカガミ科)。

* 形態はオオカナダモに似るが、葉は暗色で、葉縁には細鋸歯があり、波形に見える。

* 日本全国に分布する。池沼、用水路などに自生する在来種で、岩手県内でも各地で見られる。環境変化により減少傾向にあり、絶滅危惧種に指定されている地域もある。

* 適温 (水温) は20~28℃。



クロモ

葉

器具等：500mLビーカー2個，20mL (または10mLビーカー，試験管でも良い) 2個，ピンセット，照明 (蛍光灯)，検鏡用具，電気コンロ (ガスバーナー，アルコールランプなど)

試 薬：エタノール約50mL，ヨウ素溶液 (うがい薬を水で10倍に希釈したもの)，1%炭酸水素ナトリウム水溶液 (水草用二酸化炭素補給剤で代用可)

2. 手順

(1) 明暗条件の設定

次の[A]，[B] 2つの水槽やビーカーに植物をそれぞれ分けて入れる。

[A]：3時間以上光を当てる。

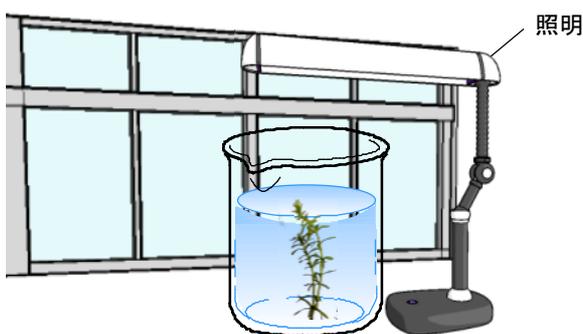
[B]：光を当てず暗所に1日~2日おく。

* 葉は若い枝を選ぶと良い。

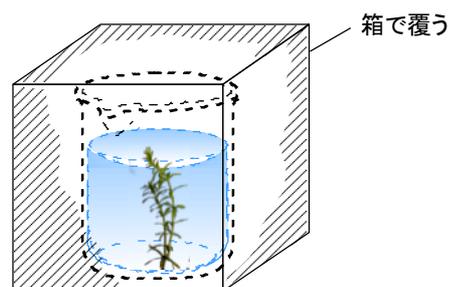
* 光の強さは，明るい窓辺で十分。曇天で暗い場合は光源に蛍光灯で補う。

* 光を当てるときは，直射日光は避ける。試験管は温度が上がりやすいので使用しない。

* 水草用二酸化炭素補給剤を加えると光合成量の増加が多少期待できる (水1Lに1%炭酸水素ナトリウム水溶液を10mLで代用可)。



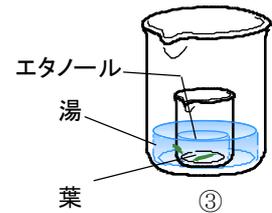
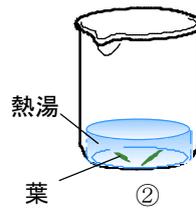
[A] 明所



[B] 暗所

(2) 葉の脱色

- ① 500mLビーカーに水道水を100ml程度入れ、沸騰してきたら加熱をやめる。
- ② ①の湯を2つに分け、[A]、[B]の葉をそれぞれ2,3枚ずつとり、約30秒間浸ける。
- ③ エタノールを入れた20mLビーカー2個に、②の葉を[A]、[B]それぞれ入れる。
- ④ ②で使った湯を利用し、湯煎して脱色させる（3～5分間程度で色が白くなる）。

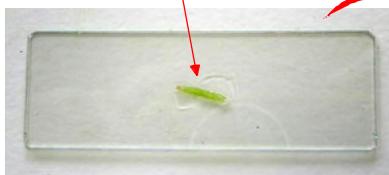


- ④ *湯の温度が高すぎる時は70～80℃程度まで冷ましてから使う。
- *この方法の場合、漂白剤は使用しない。
- ⑤ ③のエタノールを捨て、水道水を入れて水洗いする。
- *[A]、[B]の葉を混ぜないように注意する。

(3) プレパラートの作成

- ① 脱色操作が終わった葉を[A]、[B]からそれぞれ1枚ずつスライドガラスに載せ、ろ紙や吸水性の良い紙などを使い水分を十分に除く。
 - ② ヨウ素液を滴下し2,3分程度おいた後カバーガラスを載せる。
 - ③ 検鏡する。
- *ヨウ素デンプン反応は、葉の基部や中肋（中央の太い葉脈）に沿った部分が染まりやすい。

脱色された葉(コカナダモ)



葉をスライドガラスの載せる。



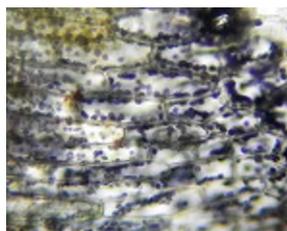
ヨウ素液を滴下する。



基部と中肋が染まりやすい

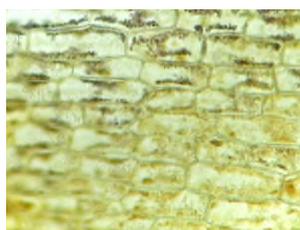
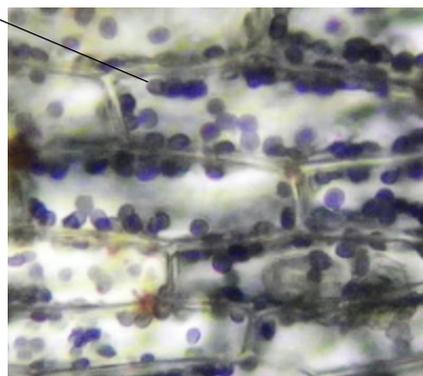
[A]はデンプンが青紫に染まる。

葉緑体(染まっている)



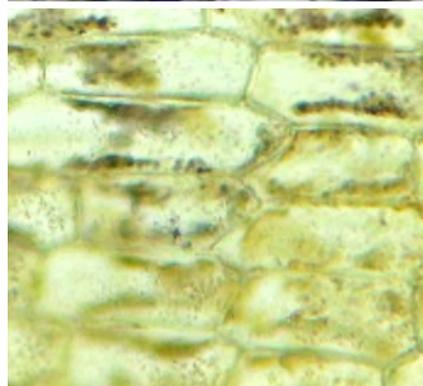
拡大

[A]の検鏡像
(コカナダモ)



拡大

[B]の検鏡像
(コカナダモ)



3. 解説

植物の葉の葉緑体中において、光合成によって作られたデンプンを観察する。この実験の材料としてオオカナダモを用いた場合、再現性が低く条件制御が難しいとされる。そこで、オオカナダモの代わりにコカナダモやクロモを用いた方が期待どおりの結果が得やすい。

ヨウ素デンプン反応が出にくい原因の一つとして、ヨウ素液が十分に葉の中に浸透しないことが考えられるが、脱色操作の際に、葉を一度熱湯に入れた方が良い結果が得られる。ただ、あまり長時間熱湯につけると、葉緑体の形が確認できなくなり、細胞全体が青紫に染まって見えることがあるので注意する。

オオカナダモとコカナダモの見分け方

オオカナダモ

葉身の長さ15~40mm, 幅2.0~5.5mm

葉は4輪生が多い



コカナダモ

葉の長さ10~15mm, 幅1.2~2.0mm

葉は3輪生が多い



注意

両種とも外来生物法で要注意外来生物に指定されているので、野外に逸出しないように管理すること。

「アナカリス」とオオカナダモ

オオカナダモは観賞魚店で「アナカリス」の名で売られている。アナカリスとは、オオカナダモ *Egeria densa* のシノニムの *Anacharis densa* に由来する。シノニムとは、同じ種を二重に記載し、2つの種名が与えられたもので「異名」と訳す。後につけられた名が無効となる。

■参考文献

Webページ

- ・ 国立環境研究所 侵入生物データベース <http://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/>

【生05】 植物の道管の観察

1. 準備

材 料：ホウセンカ（ツリフネソウ科），セロリ（セリ科），アスパラガス（クサキカズラ科），ハルジオン（キク科），ヒメジョオン（キク科），フランスギク（キク科）など

*花があると良いが，その場合，花卉が白い方が染色結果がわかりやすい。

器具等：検鏡用具一式，ルーペ，（双眼実体顕微鏡），ビーカー（500mL以上の大きいもの1個，50mL以下の小さいもの2個：管瓶などで代用可），ピンセット，カミソリの刃またはクッターナイフ。

試薬等：切り花着色剤（パレス化学株式会社製「ファンタジー」），赤と青など異なる色を2色。

*切り花着色剤は，100mL瓶で600円程度（教材カタログに掲載されているので，理科実験用消耗品として購入可能である。

*教科書では，食紅やインクによる方法が示されているが，吸収しにくかったりしおれてしまったりすることがある。



教材としてのセロリの利点

- ・ 染色液の吸い上げが非常に速く，授業時間内に結果が得られる。
- ・ 断面の色が薄いので，染色された道管が観察しやすい。
- ・ 太く柔らかいので扱いやすい。
- ・ 入手しやすい。



ハルジオン

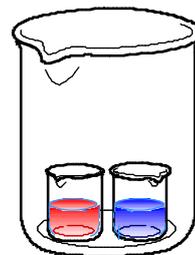
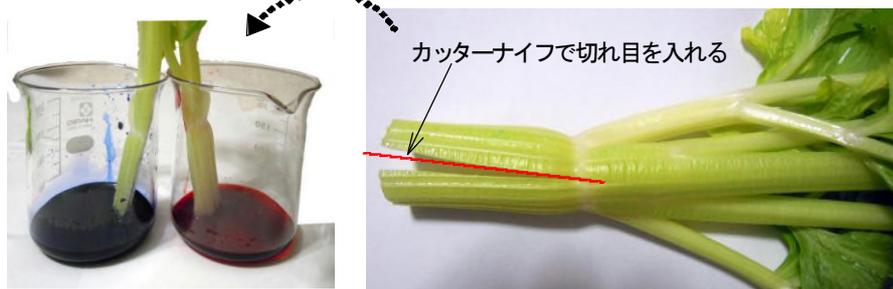


フランスギク
*マーガレットとは別種

2. 手順

(1) セロリの観察

- ① 2色の染色液を2つのビーカーにそれぞれ入れる。
- ② 葉柄の下部に，①のビーカーの高さよりも2~3cm長くクッターナイフで切れ目を入れる。
*食用部位は，茎のように見えるが，正しくは葉柄である。
*まっすぐに切らないと道管を切断してしまう恐れがある。
- ③ 葉柄の下部を2つのビーカーに別々に入れる。



*植物が倒れないように，更に大きなビーカーなどに入れると良い。

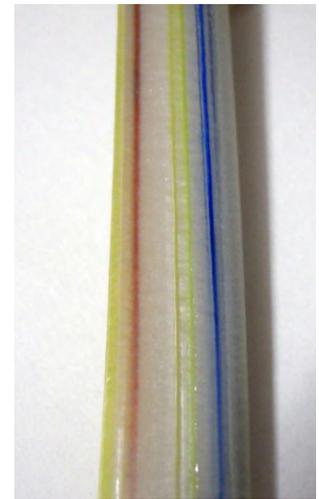
- ④ すぐに吸水が始まるので、ルーペでよく観察する。
 *セロリの場合約10~30分間程度で葉まで染色される。
- ⑤ 葉の先端まで色がついたら、葉柄や葉を切断し、断面を観察する。
- ⑥ 葉柄を縦に切り、着色された部分をたどって繋がり方を観察する。
 *セロリの場合、手で縦に裂くだけで道管を取り出しやすい。
- ⑦ 葉柄の断面を検鏡する。
 *薄く切って、水を滴下して検鏡すると像が鮮明になる。
 但し、切り花染色剤は水に溶けやすいので色は抜ける。



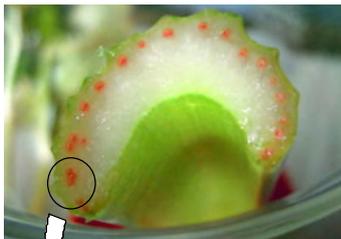
2色に染め分けられた葉



2色で染色した葉柄の横断面



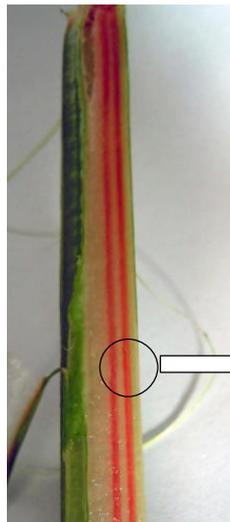
2色で染色した葉柄の縦断面



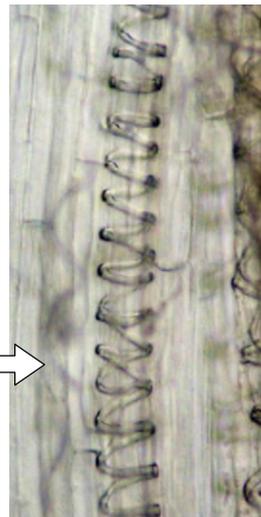
横断面 (1色で染色)



維管束の横断面検鏡像

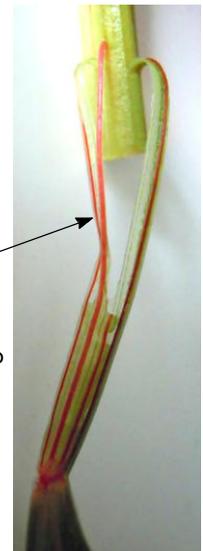


縦断面 (1色で染色)



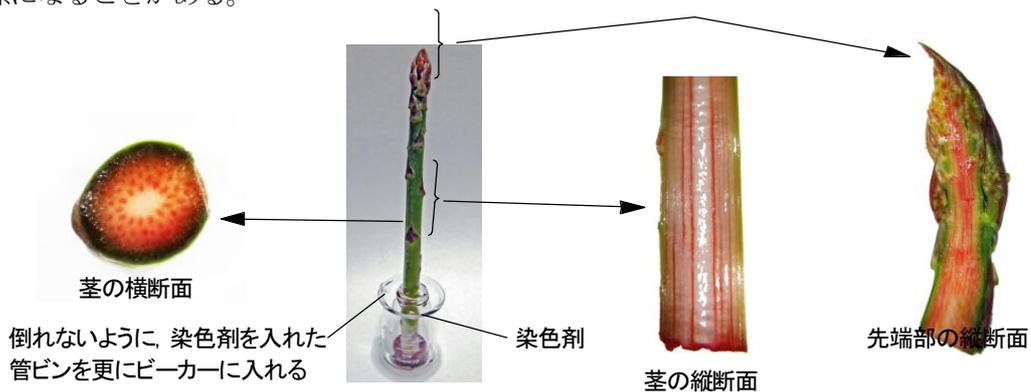
維管束の縦断面検鏡像

細長い管(道管)をとることができる
 ↓
 1本につながっている様子がわかる



(2) アスパラガスの観察

セロリと同様に染色剤の吸い上げは良好だが、水分が多いために断面で染色剤がにじんでやや不明瞭になることがある。



(3) 応用①

右図のようにフランスギクなどの白い花の茎の下部に切れ目を入れて、それぞれの先端を2色の染色液に浸けてしばらく放置すると、どのように染色されるだろうか。

更に...

茎の下部を3つに分け、それぞれの先端を3色の切り花染色剤に浸けると、どのようになると予想されるか。

3色ならどうなるか？

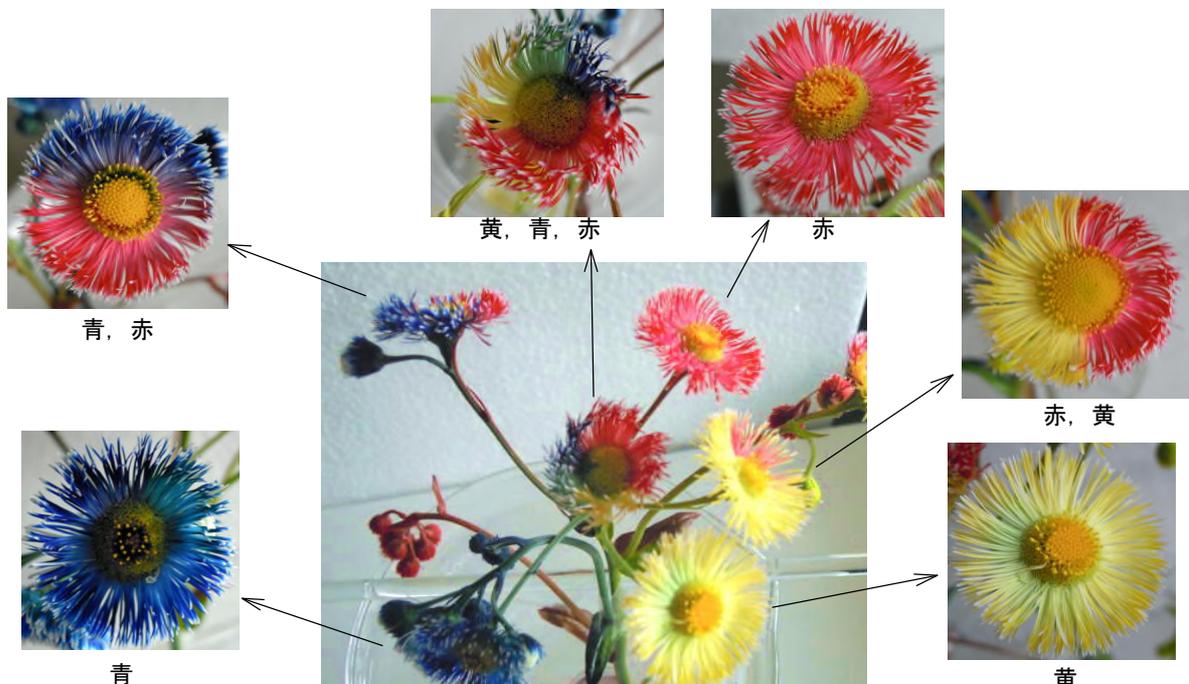
こんな花になる！

切れ込みを入れる

2色の染色液



(4) 応用② 1株に多数の花がつく植物では...



青, 赤

黄, 青, 赤

赤

赤, 黄

青

黄

ハルジオンを染色 (約1時間後)

どうしてこのように染め分けられたのだろうか？

3. 解説

(1) 切り花染色剤

切り花染色剤は、もとは園芸用の切り花を染色するために一部の生花店などで扱っていたが、近年は教材店でも扱うようになり、入手しやすくなった。青、赤、黄、緑、橙など様々な色があるので、何色か混ぜて好きな色を作ることができる。

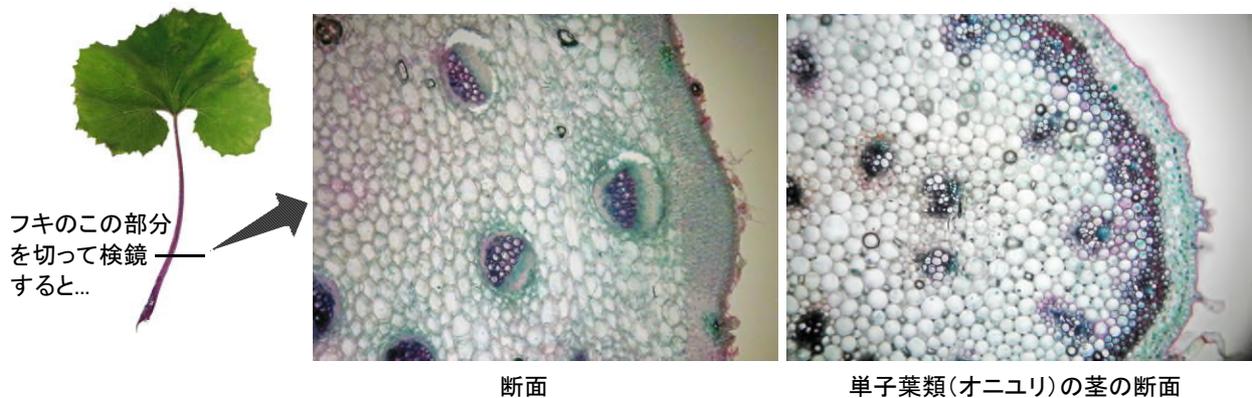
但し、切り花染色剤は吸い上げが良い反面、水に溶けやすく、茎の切片を水で封じて検鏡するにはあまり適さない。

道管の代表的な染色液としては、サフラニン液が用いられる。その他、維管束の木部と師部の染め分けには、サフラニン・ファストグリーンによる二重染色などが用いられる。

(2) 維管束

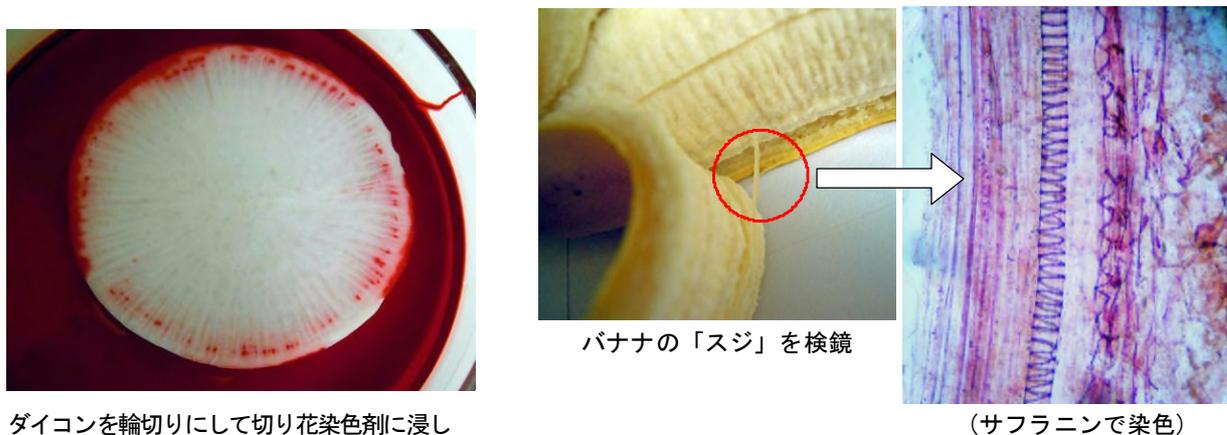
セロリ（食用部）の断面は、一見維管束が輪状に並んでいるように見えるが形成層は見られない。セロリはセリ科で双子葉植物に属すが、食用部分は葉柄であることに注意する。

同様に、フキ（キク科）の食用部分である葉柄を観察すると、単子葉植物の茎と似ているため、誤解を生じる恐れがある。



(3) その他の観察材料

維管束を観察する材料として、入手しやすい植物材料としてダイコンやバナナなどスーパーマーケットで入手できる植物が良い。バナナは維管束がスジとして簡単にとることができるので、縦切片を作る必要がなく、らせん紋道管を観察できる。スジの部分のスライドガラスに載せ、カバーガラスで余分な果肉を除くように潰すと観察できる。



■参考文献

- ・井上 勤(1998) 植物の顕微鏡観察, 新版顕微鏡観察シリーズ2. 地人書館.
- ・岩波 洋造・森脇 美武・渡辺 克己(1991) 絵をみてできる生物実験PartII. 講談社.

【生06】 植物の気孔の観察

1. 準備

材 料：トラデスカンチア（ゼブリナ） *Tradescantia zebrina* などのツユクサ科植物

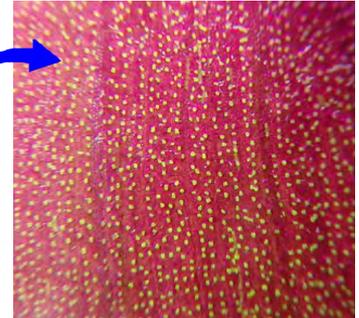
*ツユクサ科の植物は気孔が大きく観察しやすい。



トラデスカンチア(ゼブリナ) *Tradescantia zebrina*



葉の裏側は赤紫色



ルーペで観察すると気孔が白い斑点状に見える

器具等：検鏡用具一式、粘着テープ（セロハンではなく、ポリプロピレン製が良い）、木工用ボンド

*木工ボンドは速乾タイプが良い。



セロハンテープより透明なポリプロピレン製が良い

2. 手順

(1) 方法1（レプリカ法）

① 葉の表、裏、茎に木工用ボンドを薄く塗る。

*透明マニキュアやプラスチック用接着剤も使用できるが、含まれる溶剤によって、頭痛やぜんそくなどを引き起こすことがあるので注意が必要となる。

② 木工用ボンドが乾き、透明になったら、上に粘着テープを貼り付ける。

③ 粘着テープを静かに剥がす。

④ 粘着テープをスライドガラスに貼りつけ、検鏡する（カバーガラス不要）。

⑤ 葉の裏側、表側、茎のそれぞれの気孔を観察し、視野の中の数を数える。

*比較するため、同じ倍率で観察する。

*スライドガラスに貼る前にテープの端を折っておくと、片付けの際にはがしやすい。



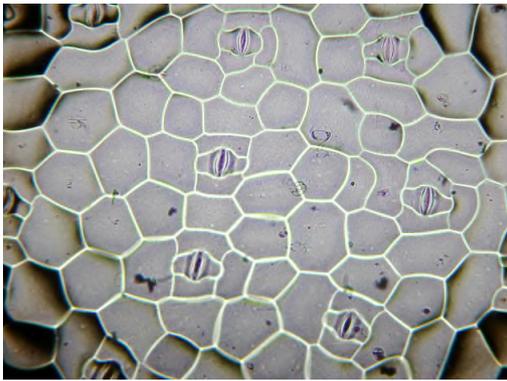
① 木工用ボンドを塗る。



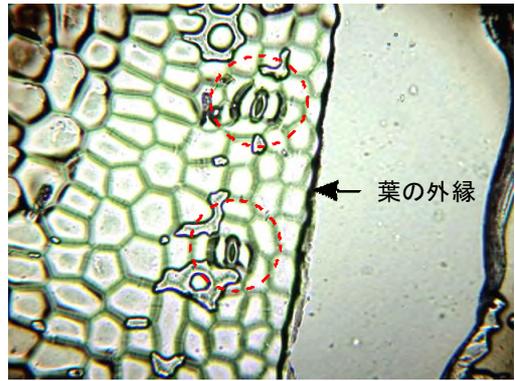
② 粘着テープを貼る。



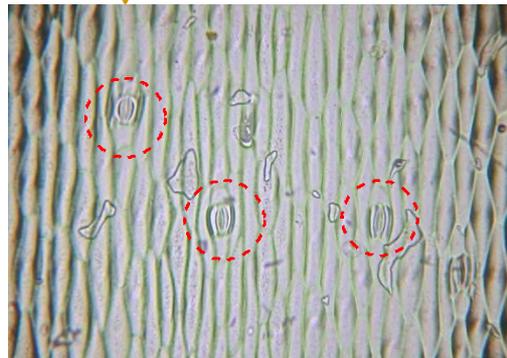
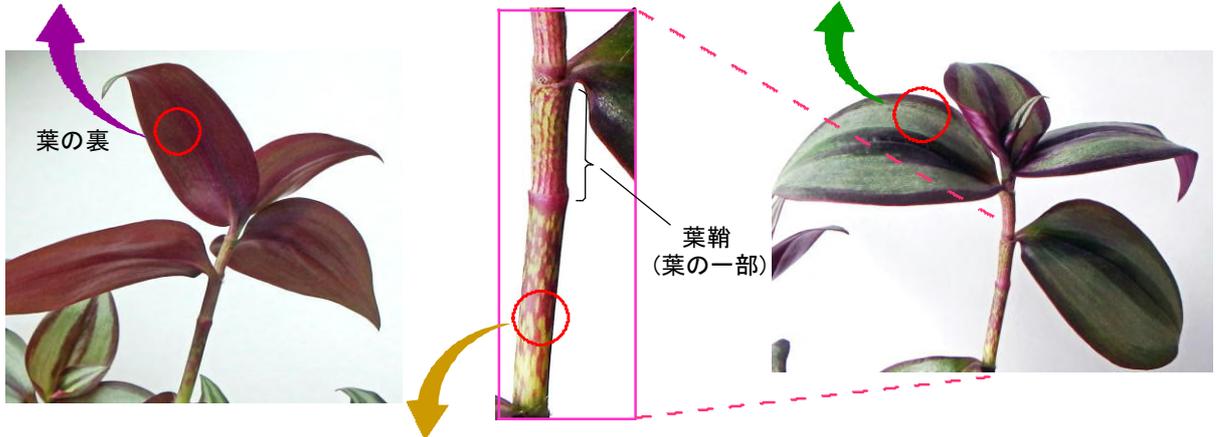
④ スライドガラスに貼る。



① 葉の裏側:気孔は明瞭で一定間隔に分布



② 葉の表側:気孔は外縁部に並ぶ



③ 茎:気孔は少ない

(2) 観察2 (表皮剥離法)

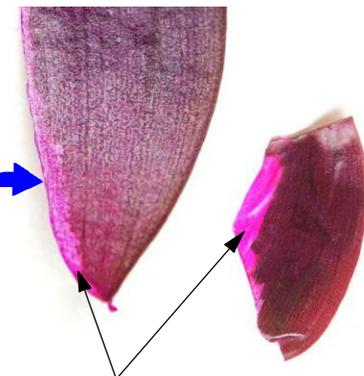
① 葉を指でちぎり、表皮を剥がす。

*葉を両手で持ち、斜めに引き裂くようにすると、表皮をとりやすい。

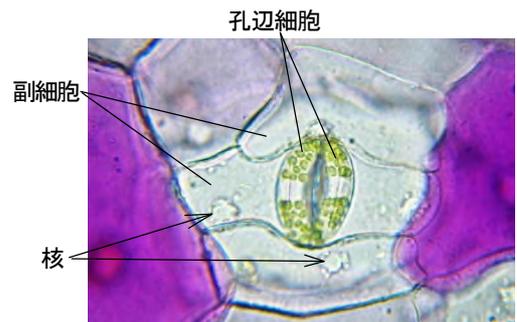
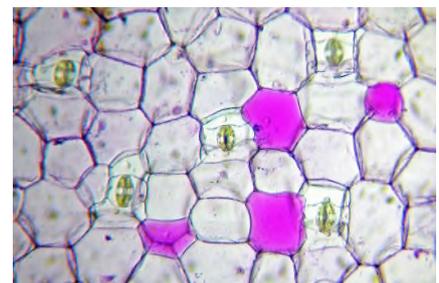
② ①の表皮を切り取り、水で封じて検鏡する。



葉をちぎる



薄く剥がれた部分をプレパラートにする



葉の裏側の表皮

3. 解説

- ここでは、気孔が大きく観察しやすいツユクサ科植物を紹介したが、各種の植物を観察し、気孔の形態や分布の特徴を調べると良い。
- 気孔は葉以外にも茎、花卉、果皮等にも存在する種もある。ツユクサ類は、茎の気孔が特に多いが、全く見られない植物もある。葉以外に気孔がある場合でも、葉の総面積に対して割合はごく小さく、蒸散量は非常に小さい。ここで紹介したゼブリナは、特に茎の気孔が多く観察しやすい植物なので、一般化しないように注意する。
- 気孔が開くと蒸散が起き、根から水を吸い上げる。水が高木の先端まで上昇させるためには、給水による根圧や毛細管現象（毛管現象）のほか、水の分子間力によって途切れずにつながって上昇することができる。
- 表皮組織には一般に葉緑体は見られないが、孔辺細胞は葉緑体を持つ。また、副細胞では、染色しなくても核を容易に確認できる。
- ゼブリナやブライダルベールなど、葉の裏の赤紫色の色素は、液胞中のアントシアンの色である。

■参考文献

- 井上 勤(1998) 植物の顕微鏡観察, 新版顕微鏡観察シリーズ2. 地人書館.
- 岩波 洋造・森脇 美武(1983) 絵をみてできる生物実験. 講談社.

【生07】 種子をつくらない植物（コケ・シダ）の観察

1. 準備

材 料

- ・シダ植物：ホウライシダ *Adiantum capillare-veneris* (アジアンタムの名で知られる園芸品種) で入手しやすい。
または、胞子のうが形成されているシダ類を野外で採集する。
 - ・コケ植物：校庭や自宅の周辺で採集する。胞子のうが形成されている株を探す。
- * 蘚類（マゴケ綱）の方が観察しやすい。

器具等

検鏡用具、ピンセット、はさみ、ピペット、シャーレまたは時計皿、柄付き針、ルーペ、双眼実体顕微鏡、照明（小型のスポットライト）、エタノール

- * 胞子を培養する場合は、培養紙封筒、ジフィーセブン（サカタのタネ製の種まき用土；吸水させるだけで使用できる製品で、容器付きが良い）。

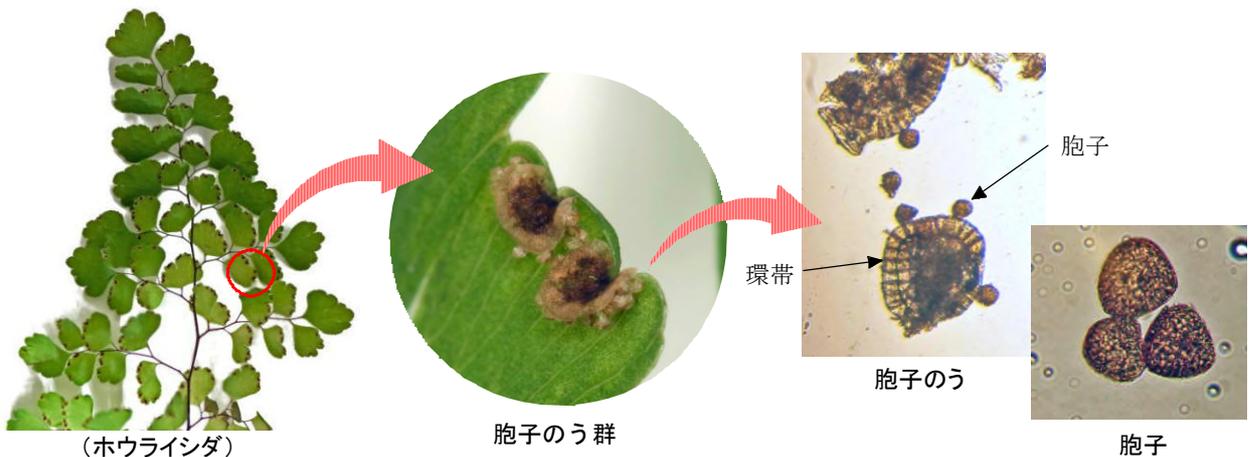


アジアンタム（ホウライシダ）

2. 観察手順

(1) シダ植物の観察

- ① シダの葉の裏に茶色に成熟した胞子のう群が付いているものを選び、ルーペまたは双眼実体顕微鏡で形態を観察する。
- ②-1 スライドガラスにのせた胞子を双眼実体顕微鏡か顕微鏡の低倍率（40倍程度）で観察しながら、照明をあてて乾燥させ、胞子のうの環帯が縮み、胞子のうが破れて胞子が外に出る様子を観察する。
- ②-2 スライドガラスにのせた胞子にカバーガラスを載せ（水はかけない）、カバーガラスの縁からピペットでエタノールを流し込み、胞子のうが破れる様子を観察する。
* 胞子のうの周囲を取り巻く環帯は、バネの働きをしており、乾燥すると縮んで胞子のうを壊し、中の胞子を放出させる役割がある。
- ③ 葉の胞子のうを柄付き針かピンセットの先でスライドガラスの上にかき取り、水で封じてプレパラートにして、100～150倍程度で観察する。
- ④ ②のプレパラートで、胞子のうの中から胞子が外に出ているものをさがし、600倍（対物レンズ40×）で観察する。



(2) シダ植物の前葉体の培養と観察

- ① 胞子のうが茶色く成熟した胞子体（葉）を切り、封筒に入れる。
- ② 紙の封筒に入れ、風通しの良いところで3日程度乾燥させる。
- ③ ジフィーセブンに十分給水させる。
- ④ 封筒を開け、葉を取り出して、静かに封筒を平らに展開し、紙の下を指で軽くはじきながら、中に落ちた粉状の胞子をジフィーセブンなどまく。乾燥しないように蓋付きの容器に入れて明るい室内に置く。



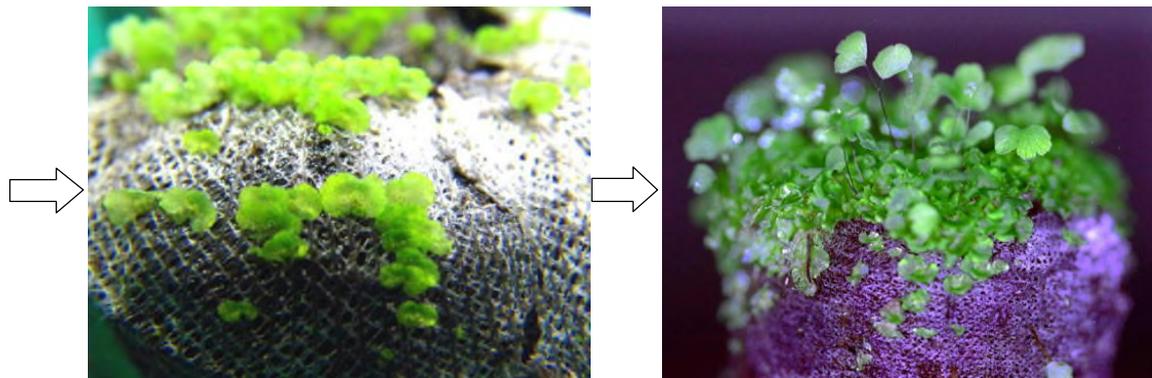
容器付きジフィーセブン

* 胞子が1か所にかたまらないように均一にまく。過密になると、前葉体の形が悪くなりやすいので注意する。

- ⑤ 夏期なら1週間ほどで発芽するが、その後は成長が遅く、1か月以上かかって前葉体が形成される。



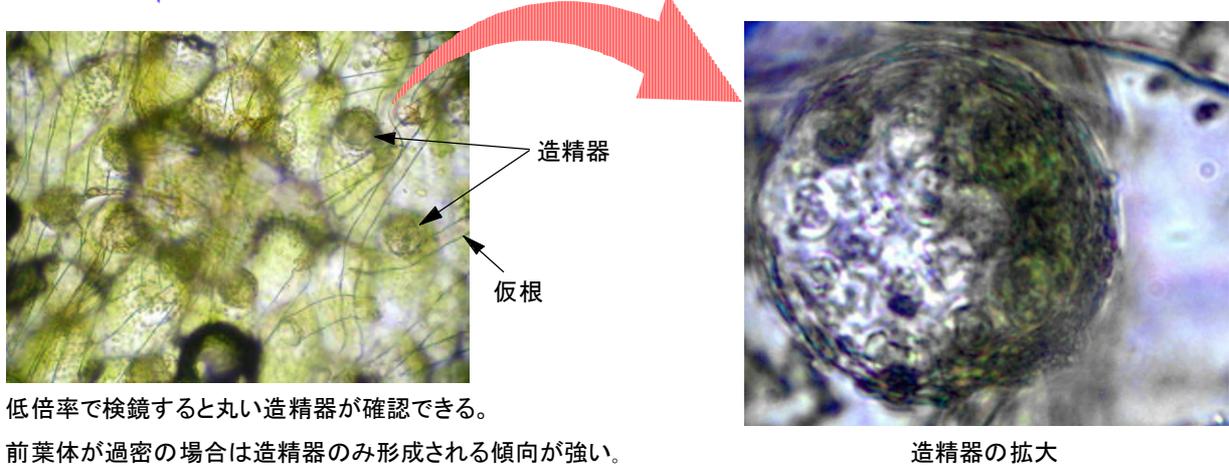
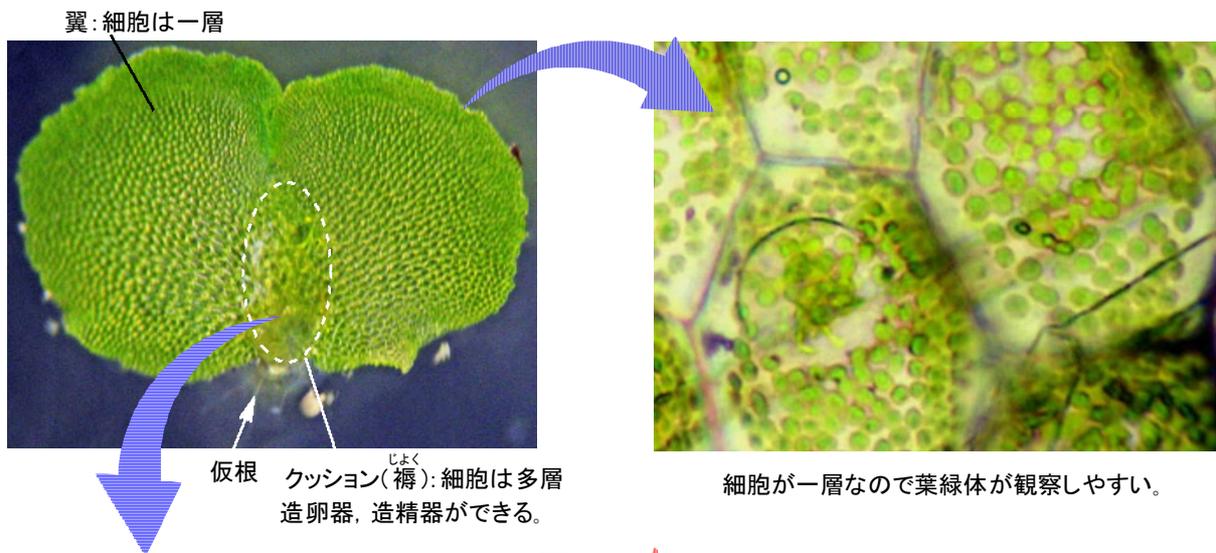
葉の裏側



約1か月で前葉体が生じる。

水をかけると受精し、幼植物が成長する。

- ⑥ 前葉体が破れないようにピンセットで丁寧にとり、スライドガラスに載せて水で封じてプレパラートをつくる。
- ⑦ 低倍率で全形を観察する。
- ⑧ 600倍で観察すると、時期と状態がよければ精子が見られる。また、細胞内には多数の葉緑体が観察できる。



(3) コケ植物の胞子の観察

① コケ植物を野外で採集する。胞子のうがある個体を選んで採集する。



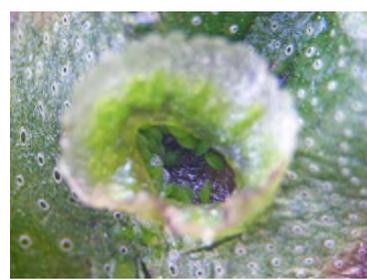
苔類



蘚類

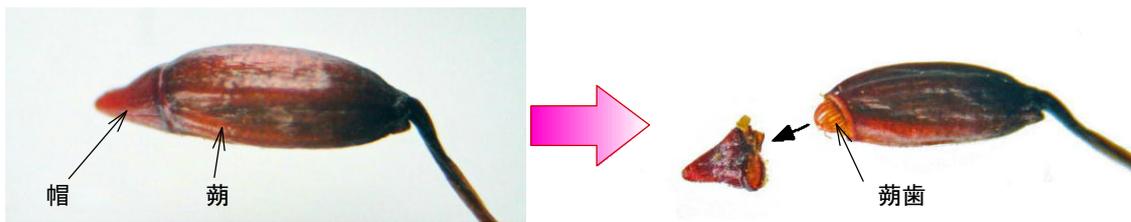


苔類

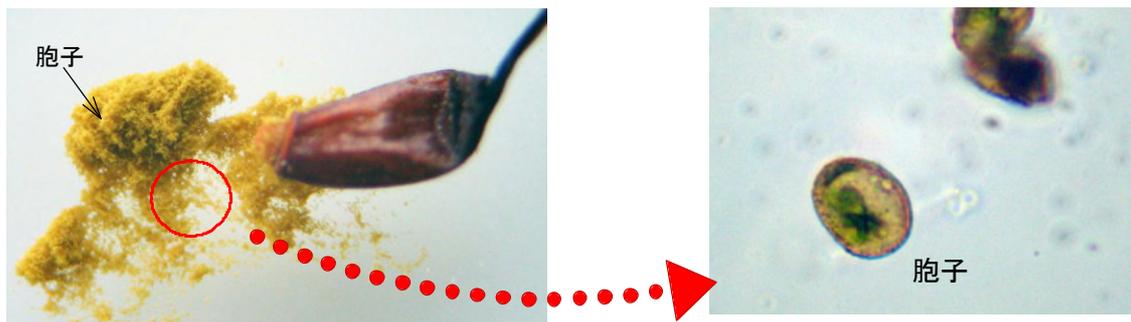


杯状体

- ② 胞子体が伸びたコケを選び、実体顕微鏡で見ながら、胞子のう（^{さく}蒴）をとり、先端の帽をピンセットでつまんで取る。



- ③ 実体顕微鏡で見ながら、胞子のうをピンセットでつぶすと中から胞子が出てくる。これを水で封じて検鏡する。あるいは、胞子のうの開口部を下にしてスライドガラス上に叩くと中から胞子が落ちる。



3. 解説

(1) 観察材料について

シダもコケも種類を選ばなければ入手は容易である。ただし、シダの場合、胞子のうが見られないこともあるため、アジアタム（ホウライシダ）を鉢植えで栽培しておくが良い。かなり長い期間にわたり胞子のうが得られる。アジアタムは園芸植物店やホームセンターで販売されているので、胞のうが付いている株を選んで購入する。野外で採集した種は同定が難しいもの多く、不明な場合は、無理に種名を決めないこと。

コケは樹木の下や建物の下などで普通に見られるので、胞子のうが伸びたものを探して土ごと採集する。胞子のうが褐色になっているものを選ぶようにする。

仮根に付着している土の部分は、各種土壌動物の観察教材に使用することもできる。センチュウ、ササラダニ、トビムシ、クマムシなどを観察できることもある。

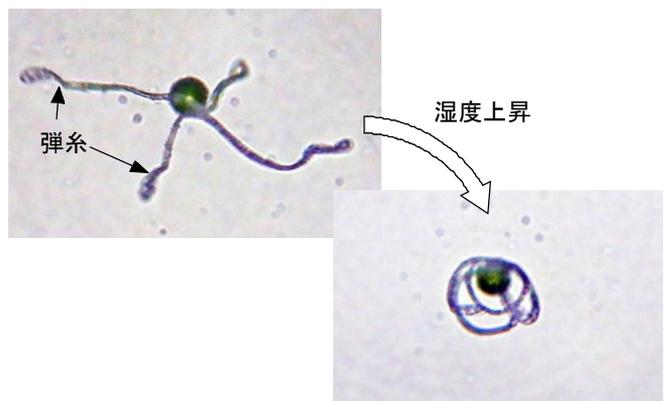
進化と関連して、古生代に繁栄した原始的なシダ類の生き残りといわれるトクサ、スギナ、ヒカゲノカズラ類と形態を比較することもできる。

*ヒカゲノカズラは、刺身の添え物に使われる種もあり、スギの葉と間違われることもある。

*「つくし」と呼ばれているのはスギナの胞子茎のことである。

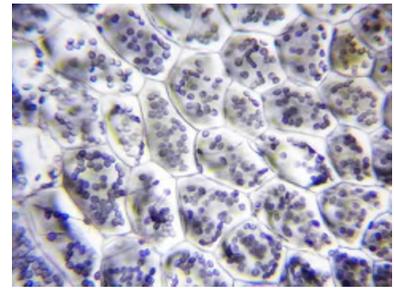
スギナの胞子

スギナの胞子は、4本の弾糸を持ち、湿度に反応して伸び縮みする。スギナの胞子をスライドガラスに載せ、脇から胞子が飛ばないように静かに息をかけると、弾糸が素早く動く様子が観察できる。



(2) 前葉体

中学校の内容として前葉体は扱わないが、シダ植物の最も特徴的な器官であるため、余裕があれば生徒に観察させたい。コケとの共通点があり、進化を考える上でも重要である。アジアンタムの胞子は培養が簡単で、鉢の土の表面に落ちた胞子から自然に生じていることもある。



アジアンタム前葉体のデンプン

前葉体の翼の部分には、細胞が1層であるため、葉緑体の観察に適している。そこで、熱したエタノールで脱色させた後にヨウ素液を滴下するとデンプンが染まる。この実験は、オオカナダモを用いた方法が知られているが、うまく染まらないことも多い。前葉体を使った場合は、エタノールで熱しすぎないように注意すれば、葉緑体がきれいに染まって見える。

(3) シダとコケ、種子植物の比較

① 植物本体の比較

シダの植物本体は、受精卵が成長した孢子体だが、コケの植物本体は、受精前の配偶体である。また、シダの前葉体（配偶体）はコケの本体に相当する。

② 種子を作る植物（種子植物）との比較

胞子は種子植物の花粉四分子（雄）、胚のう細胞（雌）に相当。生活環の中で受精する点は共通である。

珍しい水生の苔類：イチョウウキゴケ



一関市千厩町の水田の個体群

和名は、イチョウの葉に似ていることに由来する。日本では唯一水面に浮いて生活するコケ類。世界中に分布するが、近年水田環境の変化によって減少している。環境省のレッドデータブックでは準絶滅危惧種に指定されている。岩手県では、山間の水田などで見られる。意見似ているウキクサ類は単子葉植物。

■参考文献

- ・今堀 宏三・山極 隆・山田 卓三編(2005) 生物観察実験ハンドブック新装版. 朝倉書店.
- ・北川淑子, 林将之 (2007) シダハンドブック. 文一総合出版.
- ・村田威夫・谷城勝弘(2006) 野外観察ハンドブック, シダ植物. 全国農村教育協会.
- ・井上 浩(1986) フィールド図鑑, コケ. 東海大学出版会.
- ・中村 俊彦・原田 浩・原田 浩(2002) 野外観察ハンドブック, 校庭のコケ, 全国農村教育協会
- ・岩月善之助(2006) ヤマケイフィールドブックス8, しだ・こけ. 山と溪谷.
- ・岩波 洋造・森脇 美武(1983) 絵をみてできる生物実験. 講談社.

【生08】 フックが発見した細胞“CELL”の観察

1. 準備

材 料：コルク樹皮（コルクバーク：園芸用や水槽のディスプレイ用に販売されている）。またはコルク栓（圧搾コルクは不可）。

器具等：顕微鏡，スライドガラス，ピンセット，カッターナイフ，カミソリの替え刃，シャーレ，黒い画用紙，照明（スタンドライト）

*照明を自作する場合

- ・LEDライトなど：LEDは白色光のものを使用する。
- ・小型三脚：縮長（収納時）10～15cm程度のもので，100円ショップの商品で十分使用できる。
- ・三脚用ナット：「1/4インチ」の規格であれば，市販されている多くの製品で使用できる。
- ・目玉クリップ：プラスチック製で幅約5cmのものが使いやすい。



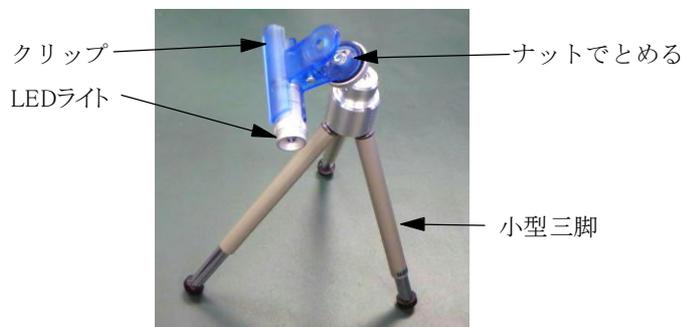
2. 手順

(1) 照明の組み立て（自作の場合）

① 小型三脚のネジに目玉クリップの穴を通し，ナットで固定する。

*クリップの穴が小さい場合，リーマーなどで広げる，

② ライトをクリップにはさみ，照射の角度を調節する。



(2) 観察

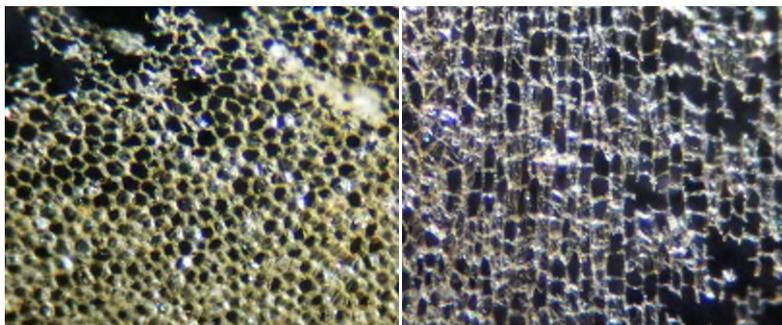
① コルクの樹皮を小さく切断し，更にカミソリの替え刃やカッターナイフで薄い切片をつくり，検鏡する。

但し，次の事項を参考に，ロバート・フックの観察した検鏡像に可能な限り近づける方法を考える。

- ・フックの顕微鏡は，50倍程度であったといわれる。
- ・フックの顕微鏡の光源は，透過光ではなく，ランプの炎を水球レンズで集光したもので，試料に斜め上から当たった落射照明であった（スタンドライトで代用）。
- ・フックは，2種類のスケッチを描いている。
- ・フックは，試料を黒い紙の上に置いて観察した。
- ・カバーガラスは使用しない。



- ② 教科書に掲載されているフックが観察したコルクのスケッチを手がかりに、コルクの切り取る場所、切片の切り取り方、照明の当て方などを工夫して、フックのスケッチにできるだけ近い状態で観察できるようにプレパラートを作成する。
- ③ 観察したコルクの切片とフックのスケッチとを比較する。



①～③の方法によるコルク切片の検鏡像(切片の方向が異なる)

4. 解説

(1) 観察のポイント

2年生の教科書の「生物と細胞」に科学史としてフックの研究が紹介されている。フックが残した“cell”（細胞）のスケッチをもとに、実際に再現し先人の業績に触れることで、自然科学への興味関心と探究心を高める。更に観察法を工夫することで生物顕微鏡の性質を知り、技能を向上させる。

操作のポイントは、切片を薄くすることが第一である。そのためには、切片は小さめ（3mm四方程度）に切りとる方が良い。切片がうまく薄く作れない場合は、縁の部分の薄い部分を探すと、好適な場所が見つかることがある。

湿っていた方が切片を作りやすい場合があるので、シャーレを用意しておき、水を入れてコルクに水を含ませる。

照明は、倍率が低いので、昼間であれば自然光でもある程度観察できるが、スポット光を斜めから当てると良好な検鏡像が得られる。光を当てる方向を様々変えて、最も鮮明に観察できる位置を探すようにする。

(2) 用語解説

① ロバート・フック (Robert Hooke, 1635-1703)

イギリスの自然哲学者、博物学者。“Micrographia”（邦題は「微小体の顕微鏡図譜とその学問的記述について」あるいは「顕微鏡図譜」, 1665）を著した。その中で、コルクガシの切片を顕微鏡で観察し、小さな小部屋（実際は細胞壁）を発見し、“cell”と名付けた。

また、弾性に関する法則（フックの法則）の発見者（1660）でもあり、ボイルの法則で知られるロバート・ボイルの助手を務めた。ニュートンとはライバル関係であり、確執があったともいわれる。

② 顕微鏡

1590年にオランダの眼鏡職人のサハリアス・ヤンセンと父のハンス・ヤンセンが発明した。日本では、1920年（大正9年）に高千穂製作所（現在のオリンパス）がはじめて国産顕微鏡を製造し、現在では世界シェアのトップとなっている。

現在は、オリンパス、ニコン、カールツァイス（ドイツ）、ライカ（ドイツ）が顕微鏡の世界4大メーカーといわれる。

③ 日本語の「細胞」

江戸時代後期の蘭学者、津山藩（現岡山県津山市）の藩医であった宇田川榕菴（うだがわようあん 1798-1846）

が“cell”を翻訳する際に、それまで日本語にはない用語であったため「細胞」という造語を用いた。

現在用いられている「花粉」「葯」「柱頭」などの生物学用語、「酸素」「水素」「窒素」「炭素」「酸化」「還元」などの化学用語も榕菴による造語である。更に、コーヒーに「珈琲」の字をあてたのも榕菴である。

④ 材料のコルクガシ *Quercus suber*

ブナ科の常緑高木。地中海沿岸に分布し、寿命は150年から200年。瓶の栓や緩衝材などに利用される部分は、樹皮のコルク層で、樹齢25年目頃から収穫可能となる。コルク層は、表皮の内側のコルク形成層から作られ、維管束形成層（いわゆる「形成層」）の外側にあるため、一度収穫しても10年ほどで再び収穫可能になる。

また、コルクガシの果実のドングリは、スペインの特産品であるイベリコ豚の餌として用いられることでも知られる。

■参考文献

- ・Hooke, Robert (1665) *Micrographia or Physiological description of Minute Bodies* (板倉聖宣・永田英治訳 (1984) ミクログラフィア, 微小世界図説, 科学古典双書 2. 仮説社)
- ・中島 秀人(1997) ロバート・フック, 科学史ライブラリー. 朝倉書店.

Webページ

- ・津山洋学資料館 洋学博覧漫筆 <http://www.tsuyama-yougaku.jp/udagawayouan.html>
- ・オリンパス 顕微鏡の歴史 <http://www.olympus.co.jp/jp/corc/history/micro/13year.cfm>

【生09】 色素体の観察

1. 準備

材 料：パプリカ、ピーマン、トウガラシ等の赤く熟した果実と未熟な果実（比較するためできれば同種がよい）。

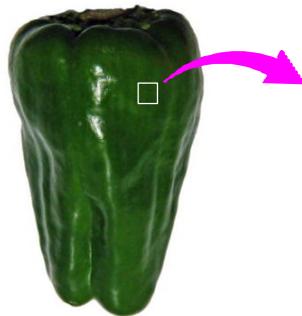
器具等：検鏡用具、ピンセット、カミソリの替え刃

2. 手順

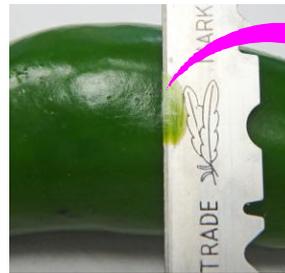
(1) 切片の作成

① ピーマン、パプリカなどの果実の表面を、カミソリの替え刃で径3～5mm程度の薄い切片を作る。

② 切片をスライドガラスに載せる。



ピーマン(緑)



切片を水で封じる

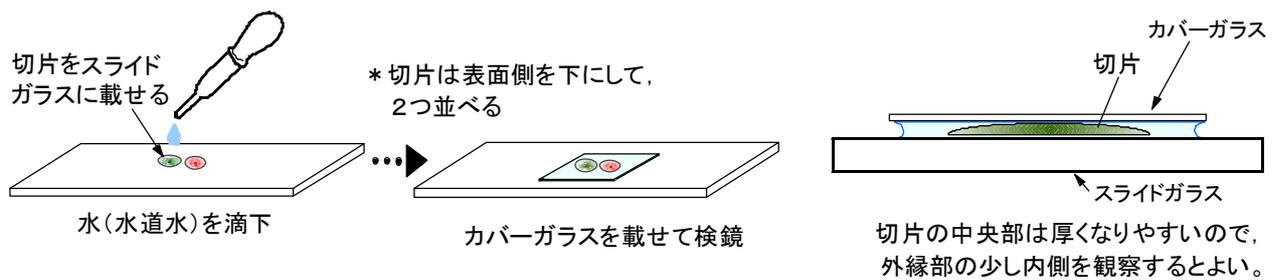
表面を薄く切り取る

*できるだけ色が濃い部分を使う。

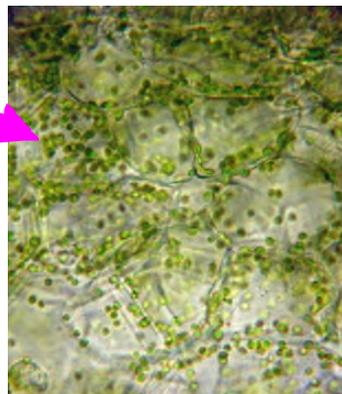
③ 同様に、赤いパプリカや赤くなったピーマンなどの切片を作り、ピーマンの切片と並べてスライドガラスに載せる。

(2) 検鏡

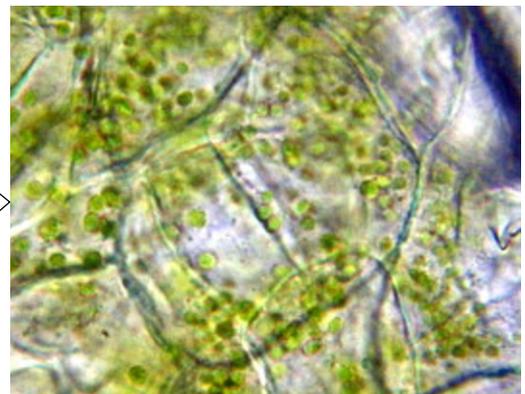
① 切片を水で封じてプレパラートを作り、150倍以上で観察する。



ピーマン(緑)

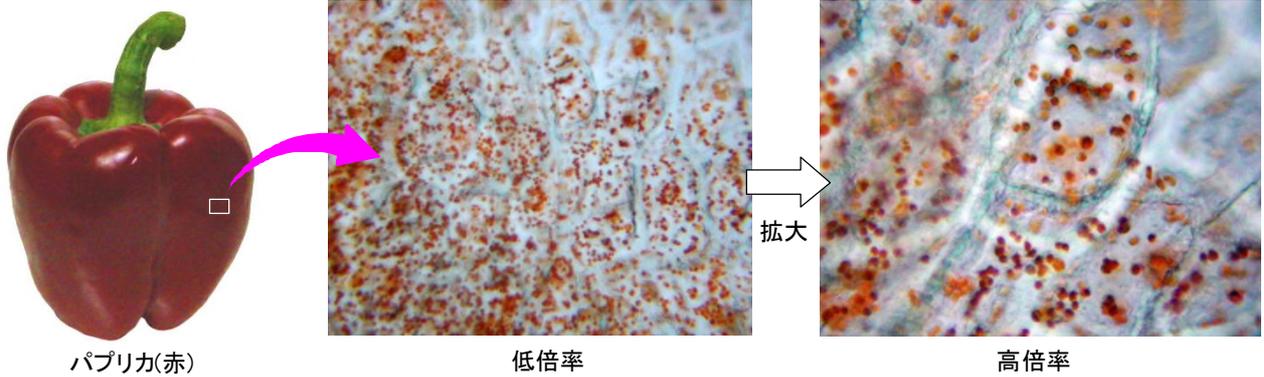


葉緑体が確認できる



拡大

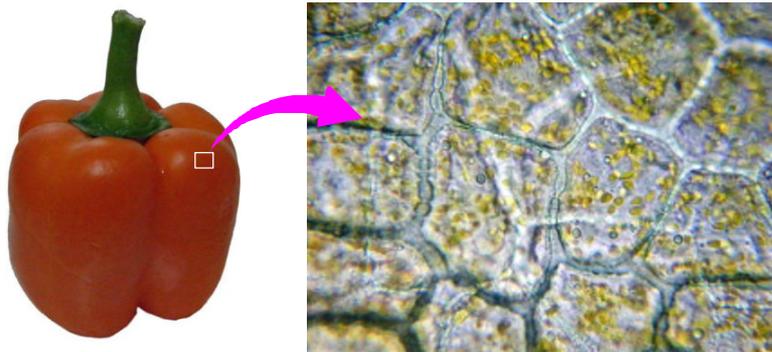
② 色が異なるパプリカやトウガラシなどと比較する



パプリカ(赤)

低倍率

高倍率



パプリカ(橙)

パプリカ色素

食品の着色料として使用されている色素で、カロテノイド系のキサントフィルの capsanthin, capsorubin が主成分。ちなみに、もう一つ食品によく使われる「コチニール色素」はコチニールカイガラムシから抽出した色素。酢酸カーミン液にも使用される。

3. 解説

(1) 色素体 (プラスチド) とは

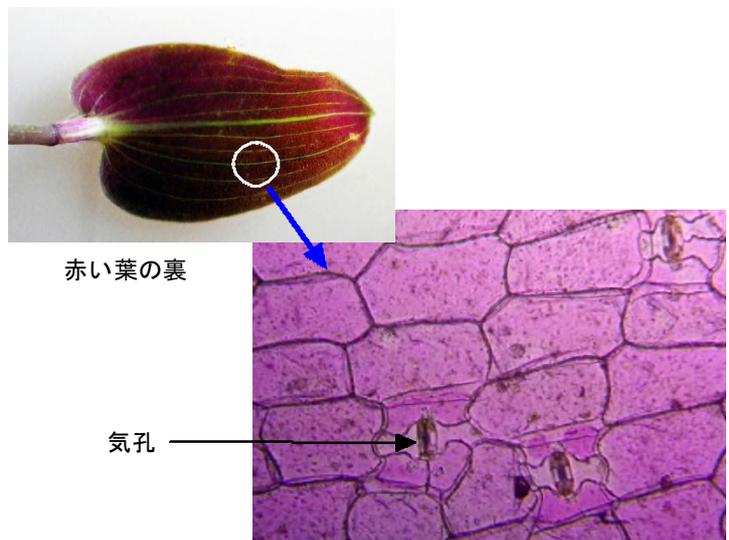
色素体は植物や藻類などに見られ、光合成、糖や脂質貯蔵、化合物の合成などを行う細胞小器官の総称で、葉緑体、有色体 (黄色体)、白色体などがある。

色素体はプロプラスチド (原色素体) からそれぞれの器官、組織で細胞に特有の色素体に分化する。葉緑体と有色体、エチオプラスチド (前葉緑体) と葉緑体などは相互変換する。トウガラシ、ピーマン、トマトなどの未熟な果実には葉緑体が多く、次第にカロテノイドを含む有色体が増加していく。

(2) 液胞のアントシアニンとの違い

アントシアニン anthocyanin (アントシアニン anthocyan の配糖体) は、ナスの果皮、ムラサキキャベツの葉、ユキノシタの葉、シソの葉など葉や果実、花卉などの色のもとになる色素で、これらは液胞内に溶解している。色素体による色とは基本的に異なることに注意したい。

アントシアニンは、花青素ともいわれ、水に溶けて、酸性で赤色、アルカリ性では青色を呈する。



赤い葉の裏

気孔

ブライダルベールの葉裏の表皮細胞
細胞内の大部分を占める液胞にアントシアニンを含む

【生10】 ヒメダカの走性

1. 準備

材 料：ヒメダカ *Oryzias latipes* var. (ダツ目メダカ科) 10～20個体

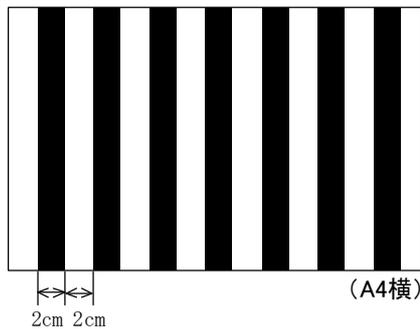
器具等：丸形水槽（著計300mm），ビーカー（1000mL）または、植木鉢など水に沈む筒状の容器，丸形ハンガー（直径約36cm），スタンド（丸形ハンガーをつり下げられるもの），A4用紙3枚，パソコンとプリンタ（サインペン，ビニルテープなど）

2. 実験手順

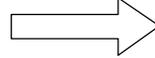
(1) 実験装置の作成

- ① A4用紙横に幅2cmの黒い帯を2cm間隔で縦縞に印刷する。これを3枚つないで環状にする。

* サインペンやビニルテープなどを利用して良い。



3枚で環にする



- ② 洗濯用丸形ハンガーに，①で作った縞模様取り付ける。

- ③ 丸形ハンガーをスタンドにつり下げる。



(2) 走性（流れ走性）の実験

- ① ヒメダカが中央部に集まらないように，丸形水槽の中央部に1000mLビーカーを入れる。

* ビーカーが浮かばないように中に水を入れる。植木鉢など丸いものなら何でも良い。

- ② (1) で作成した縞模様をヒメダカが入った丸形水槽にかぶせる。

- ③ 丸形ハンガーを回転させてヒメダカの行動を観察する。



回
転
方
向

* 水温は22～26℃程度に調整して，ヒメダカを1,2日間慣れさせておくとよい。

* はじめは4～5秒で1回転する程度で反応を見る。その後徐々に回転を速くして，どのような行動の変化が見られるか観察する。

* 縞の幅や間隔を変えて反応を比較する。

3. 解説

(1) メダカの視覚について

丸形水槽の中央にビーカーなどを入れることによってドーナツ型的水槽となり、ヒメダカが中央部に集まらないようにできる。縞模様を視覚によって確認するため、水槽中央部に居る個体は、反対側の縞模様を見て反応する恐れがある。

また、メダカ類は魚類の中では視覚が発達しているが、個体差があり、反応が弱い個体も居る。このような場合は、予備実験で予め選抜しておくといよい。

メダカの語源

メダカは眼の位置が背面側に位置し、「目が高い」ということから「目高」と呼ばれるようになった。学名の *Oryzias* は、イネの学名 *Oryza* に由来。*latipes* は、*latus* (幅広い) + *pes* (足) で、幅広い尻ビレという意味から。

(2) 流れ走性とは

教科書にはない用語だが、生物の個体が外界からの刺激を受けて、その刺激の方向と一定の角度をもって移動する現象を走性という。メダカが流れに逆らって上流に向う反応は、正の流れ（水流）走性で、視覚による保留走性、側線器官による転向走性、鰭や接触感覚器による転向走性などの因子によって支配されると言われている。

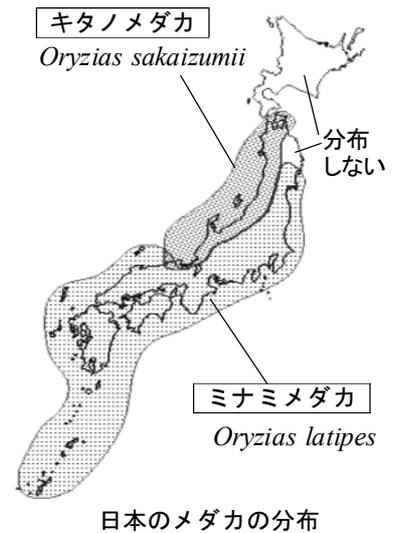
以前は、「流れ走性」のことを「走流性」と呼んでいたが、現在は、一般的に「刺激の種類 + 走性」という造語法に従う。他の走性も「光走性」「化学走性」「重力走性」などのようにいう。

(3) 生体の取り扱い上の注意事項

放流は生物多様性を脅かす重大な問題となっているため、ヒメダカを絶対に野外に放流しないこと。また、野生のメダカ（黒メダカ）を扱う場合も本来の生息地以外に放流してはならない。

日本の野生メダカは、ミナミメダカとキタノメダカがの2種が知られ、岩手にはミナミメダカが分布し、花巻市が北限となっている（沿岸は広田半島付近）。更にミナミメダカは、地域ごとに遺伝子が異なると言われ、他地域の個体の移入、放流によって交雑が起こり、遺伝子の攪乱が問題となっている。

*本書「外来生物の調査」参照。



ミナミメダカ

■参考文献

- ・畑 正好・阿部祐 基(1997). 小・中・高等学校における多目的教材としてのメダカの活用に関する研究. 岩手県立総合教育センター平成8年度教育研究152.
- ・岩波 洋造・森脇 美武(1983) 絵をみてできる生物実験. 講談社.
- ・日本動物学会・日本植物学会編(1998). 生物教育用語集. 東京大学出版会.
- ・小澤 祥司(2000). メダカが消える日, 自然の再生をめざして. 岩波書店.

【生11】 イカの解剖

1. 準備

材 料：スルメイカ *Todarodes pacificus*, ヤリイカ *Heterololigo bleekeri* など

* 刺身用の生イカが良い。

器具等：解剖ばさみ, ピンセット, バット, 顕微鏡と検鏡用具

消毒液 (エタノール), ビニル手袋, デジタルカメラ
(接写可能な機種)

* 記録は, 作業しながらスケッチすることが難しいため,
手順に沿ってデジタルカメラで撮影すると良い。



はさみは2種類あると良い

2. 手順

(1) 外部形態の観察

① 腹面, 背面の全形を観察する。

* 漏斗がある側が腹面。

② 眼, 口, 漏斗, 触腕, 腕, 吸盤などの細部を観察する。

* 触腕は, 他よりも明らかに長い。

* 吸盤の内側には, 角質環かくしつかんという歯のような構造がある。

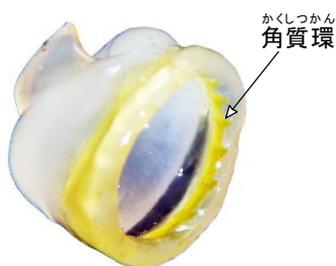
タコには角質環がなく肉質の吸盤となっている。

イカ

軟体動物門頭足綱十腕形上目に属す動物の総称で, 開眼目, 閉眼目, コウイカ目などに分類される。スルメイカは, イカ類の中で最も漁獲量が多く, 食材としても馴染み深い。



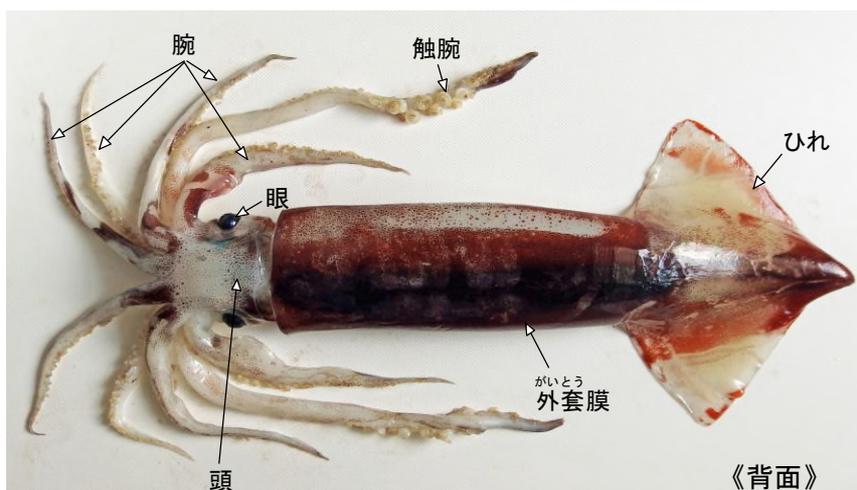
眼



吸盤



漏斗



《背面》



《腹面》

(スルメイカ)

(2) 内部形態の観察 (解剖)

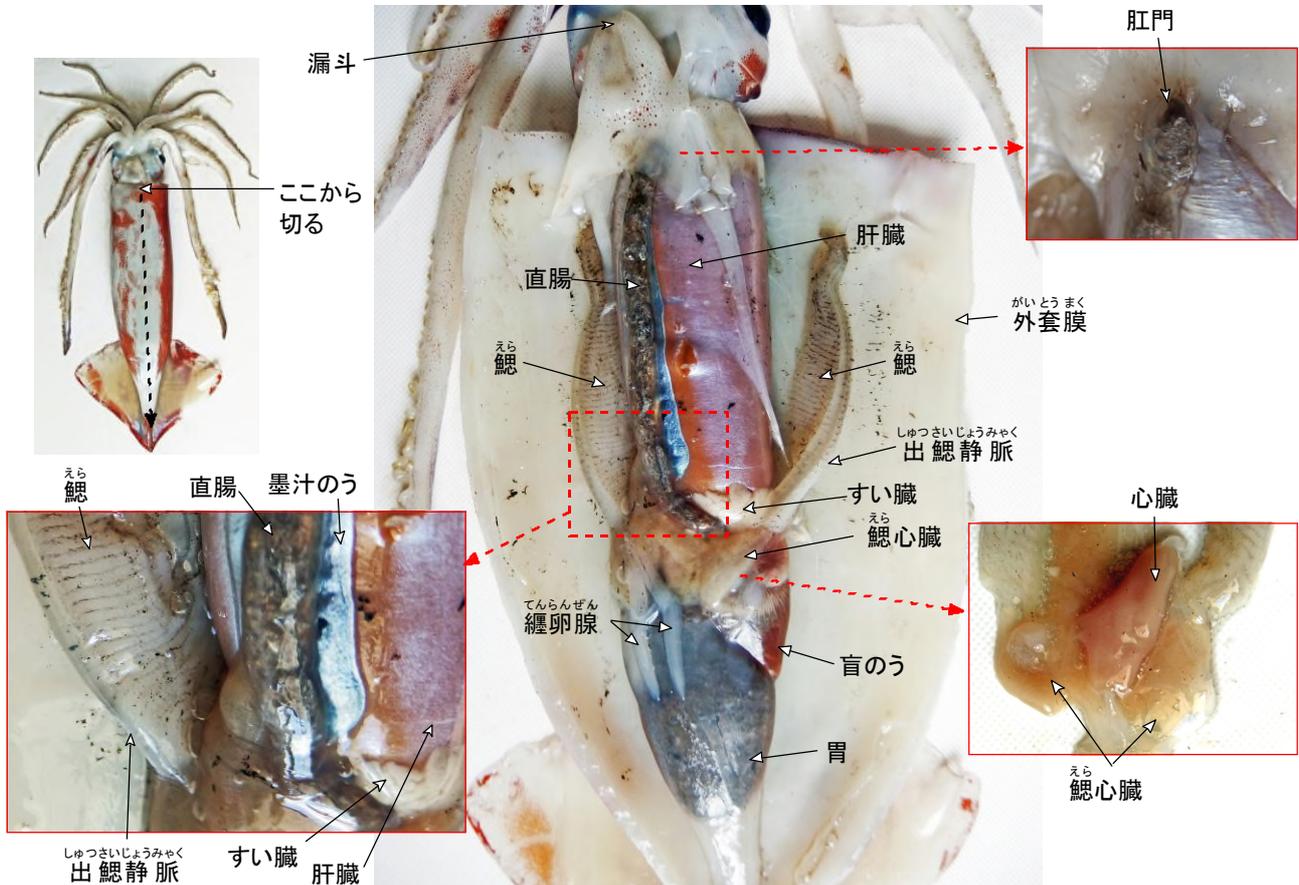
① 腹面を上にして、漏斗に近い部分から、解剖ばさみで外套膜を切り開く。

* 内臓を傷つけないように、はさみの刃を浅く入れて切り開く。

② 臓器、各器官を観察する。

③ 直腸を取り出し、肛門を確認する。

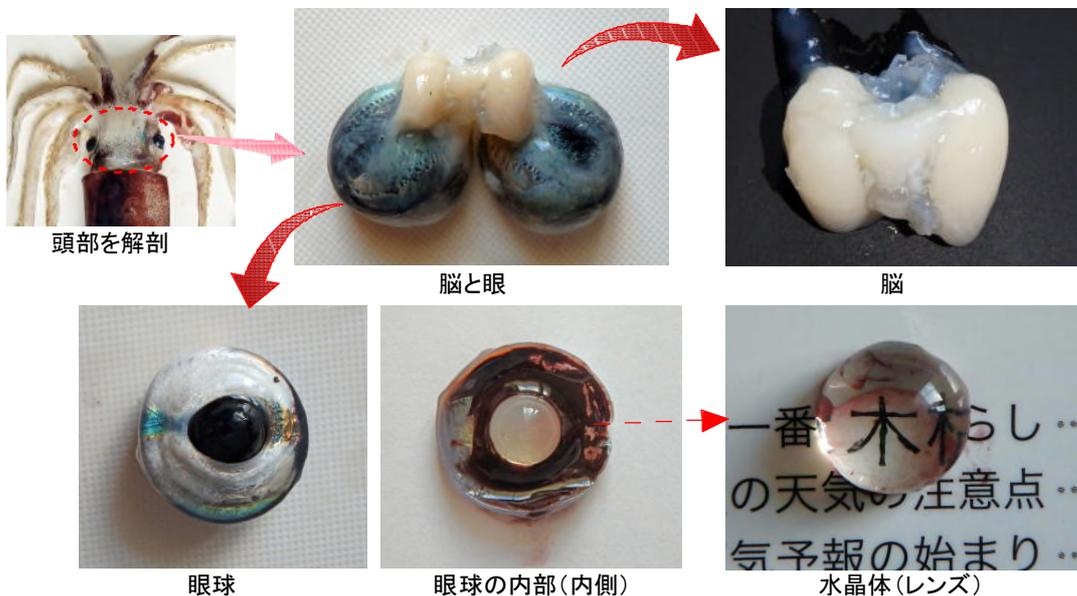
* 細部を解剖する場合は、先端の細いハサミを使用すると良い。



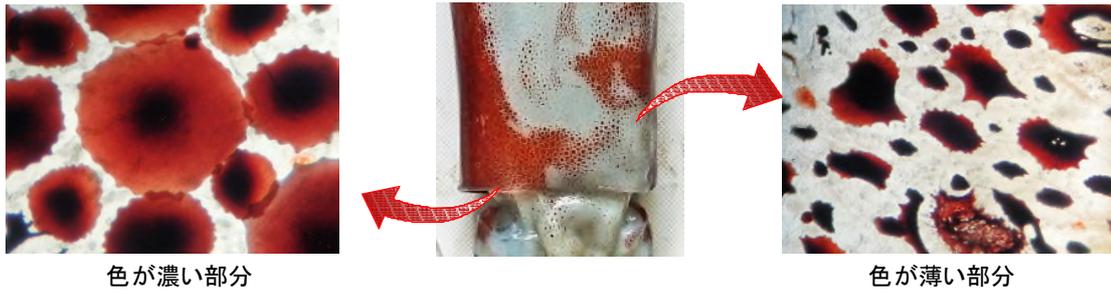
* 図示する場合、正式には頭部を上にするため、一般的なイメージと上下が逆の印象を受ける。

④ 眼球、脳を取り出し観察する。

⑤ 眼球を前後に切断し、水晶体 (レンズ) を取り出して観察する。



- ⑥ 外套膜の皮膚を1cm四方程度の大きさに剥がし、スライドガラスの上に広げて載せ、色素胞を40～60倍で検鏡する。



色が濃い部分

色が薄い部分

4. 解説

(1) 材料の取り扱い

- ・できるだけ新鮮な刺身用生イカを使用すること。鮮度が悪いと内臓が痛んで溶けたような状態になっていることがある。
- ・外套膜を切り開く際に、丁寧にはさみを入れないと、内臓を傷つけてしまい、腸や肝臓の内容物が出てしまうので注意が必要である。事前に解剖ばさみの使い方を指導しておく必要がある。
- ・イカには、アニサキスやニベリニアなどが寄生していることがある。これらの寄生虫は、直接生体を食べなければ人体に害はない。但し、イカやサバなどを生食した際に、生きたアニサキスが胃や腸に入ると、激しい腹痛を起こすことがある。



解剖ばさみは、先端が丸い方を下にして使う

(2) 観察のポイント

- ・ヒト（哺乳類）との共通点、相違点を考えながら解剖を行うことが大切である。
- ・教科書では、無脊椎動物の体の構造として、背骨（脊椎骨）がないことを確認するように解説しているが、あわせて臓器や様々な器官も良く観察するようにしたい。
- ・眼の構造は是非観察したい事項である。水晶体（レンズ）を持つカメラ眼で、脊椎動物と似た構造を持っている。脊椎動物の眼と違い、視神経は網膜の外側を通るため、盲斑がない。ピントは、レンズを前後に動かすことで調節する。
- ・イカの体重に対する脳の割合は、魚類や爬虫類などよりも大きく、学習能力も高いといわれる。
- ・色素胞は、新鮮なイカの皮膚を40～60倍程度で検鏡すると、収縮、拡張を繰り返し動く様子を見ることができる。

イカの利用

食用とする部位は、外套膜といわゆる「げそ」と呼ばれる腕と触腕である。塩辛には肝臓などの内臓が用いられ、自己消化酵素が作用するほか、酵母菌、細菌類などの働きによる発酵が利用される。

また、イカの内蔵のコレステロールから「コレステリック液晶」をつくり、温度によって色が変わる温度計に使われている。

■参考文献

- ・今堀 宏三・山極 隆・山田 卓三編(2005) 生物観察実験ハンドブック新装版. 朝倉書店.
- ・岩手県高等学校教育研究会理科部会生物実験書編集委員会編(2014) イカの解剖, 生物実験書2014年版. 岩手県高等学校教育研究会理科部会.
- ・新観察・実験大事典編集委員会編(1992) 新訂図解実験観察大事典(生物). 東京書籍.

【生12】 体細胞分裂の観察

1. 準備

材 料：ネギやタマネギの種子。

器具等：顕微鏡，スライドガラス，カバーガラス，カミソリ，ピンセット（尖鋭），柄付き針，ろ紙，ビーカー500mL以上の大きいもの，50mL以下の小さいもの，シャーレ（ペトリ皿）

試 薬：ファーマー液（酢酸1：エタノール3の混合液），塩酸（1mol/L，3.6%程度），染色液（酢酸ゲンチアナバイオレット）

2. 実験手順

(1) 発根

- ① シャーレにろ紙を敷いて浅く水を入れ，間隔を空けて種子を蒔く。
- ② 3～5日間後に根が1cm程度に伸びたら使用する。

(2) 固定

- ① ネギの根を種子から切り取らずに，ファーマー液に約10分間入れて固定する。
- ② 70%エタノールに移して保管する。

*細胞分裂は一般に午前中の方が活発なので，予め採取して固定しておくが良い。

(3) 解離

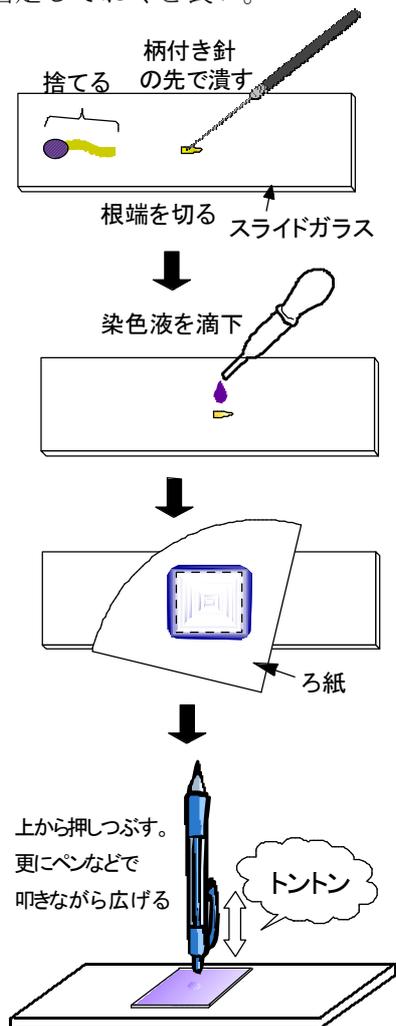
- ① エタノールを捨てて水道水に入れ替えて根を洗う。
- ② 50mL以下の小さなビーカーに1mol/L塩酸を入れ，この中に根を入れる（先端はまだ切り取らない）。
- ③ 次に約80℃の湯を入れた500mL程度の大きめのビーカーで湯煎して解離する。種子から発根させた場合，解離時間は約3～5分間（加熱する必要はない）。
- ④ 解離させた後，塩酸を捨て，組織が柔らかくなっているため，静かに水道水を入れて根を洗う。

(4) 染色

- ① スライドガラス上に試料を載せ，根端2mm程度の長さをカミソリ，柄付きバリなどで切り取る。
- ② 酢酸ゲンチアナバイオレットを滴下し，約1分間おく。
*酢酸カーミン，酢酸オルセインの場合は，解離後の試料を染色液中に1昼夜付けておくと良く染まる。

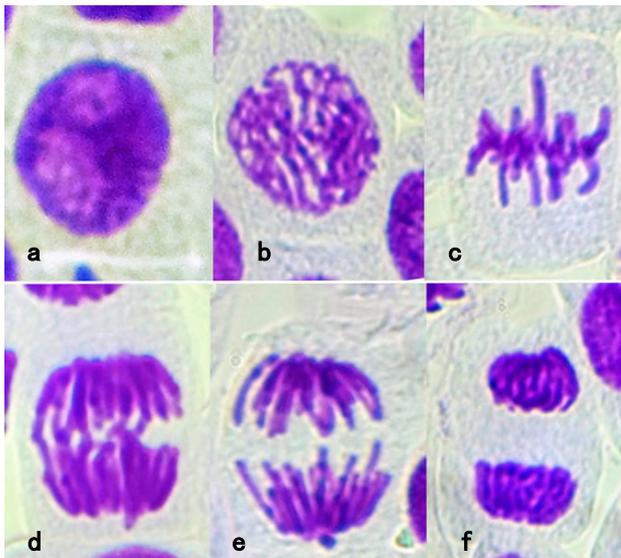
(5) 押しつぶし

- ① 根端にカバーガラスを載せ，ろ紙を軽くかぶせて余分な染色液を吸い取る。
- ② その後指でゆっくりと，強く押しつぶす。更にペンの後端側など丸い部分を利用して広げてのぼすように潰す。
*平らな机の上で行う。

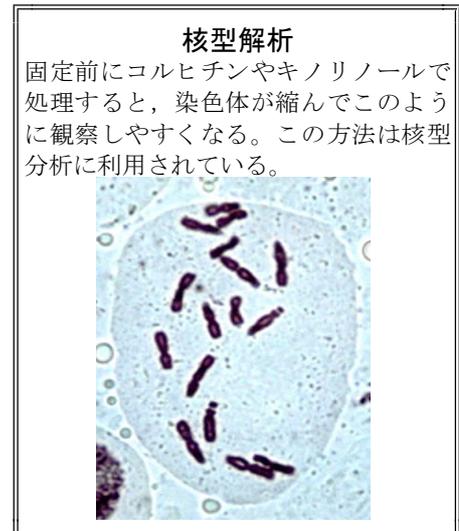


(6) 観察

150倍程度で観察し、分裂中の細胞を確認したら、倍率を上げて400倍以上で観察する。



ネギの体細胞分裂(a:間期 b:前期 c:中期 d~e:後期 f:終期)



3. 解説

(1) 細胞分裂が観察できないときの考えられる原因

① 最適期の試料（根端）を大量に集めるのが難しい。

⇒ 量的な問題は、種子を発根させて使用することで解決する。

・タマネギの種子は、夏から冬にかけて園芸店で買うことができる。ネギ類ならば、ほぼ年間を通して入手できる。染色体数はタマネギ、ネギ共に $2n = 16$ で検鏡像ではほとんど区別できない。

・種子を使った場合は、試料が大量に得られるので、分裂期の細胞が少ない場合や押しつぶしが不十分な場合は、別の試料でプレパラートを作り直すことができる。

・観察に適した長さに伸びた根をファーマー液で固定し、更に70%エタノールで保存すると1年間は使用可能である。

・根の採取には一般には午前中が良い。

② 染色が悪い。染色時間が足りないため染色不十分、あるいは染色むらがある。

⇒ 酢酸カーミンや酢酸オルセインを使用する場合、教科書に書かれている染色時間では、一般に短い。十分に染色するには、1時間から24時間欲しい。塩酸で解離した試料を酢酸カーミン（酢酸オルセイン）液に浸漬して1日おいても良い。

・塩酸での解離時間が長すぎる、あるいは水洗いが不十分で塩酸が残っていると染色されにくくなる。逆に解離が不十分な場合、組織が硬いために染色液が浸透しない。

・解離が終わった根端をスライドガラスの上で柄付き針や尖鋭のピンセットでよく潰してから染色液を滴下すると良い。

・教科書どおりの酢酸カーミン（オルセイン）を使用する事も意味はあるが、観察そのものに重点を置くならば、酢酸ゲンチアナバイオレットなどの染色時間が短い色素を使用する。

③ 押しつぶし方が足りずに細胞が重なっている。

⇒ カバーガラスが割れることを恐れて押しつぶしが不十分な場合が多い。カバーガラスが割れてもある程度やむを得ないという心づもりも必要である。

・机上に細かなゴミがあると、押しつぶしの際にスライドガラスの破損の原因になるので、作業前によく確認すること。

④ 顕微鏡の汚れなど整備不良である。

⇒ ・授業の後にすぐレンズの汚れをチェックしないととれにくくなり、カビや錆の原因になる。
特に高倍率の対物レンズは汚れやすいので注意する。

⑤ 生徒が顕微鏡操作に慣れていない。

⇒ ・とにかく使うこと。慣れていないと顕微鏡操作だけで終始してしまう。指導者の技能も重要である。

(2) 染色液の製法

酢酸カーミンや酢酸オルセインは調整したものも市販されているが、濃度が小さために染色が不十分になることがあるので、できれば自分で調整する。

◆酢酸ゲンチアナバイオレット

30%酢酸100mLにゲンチアナバイオレット0.75gを加え沸騰させ、冷却後濾過する。

*価格は、25gで2900円程度。理科教材を扱う業者から購入可能。

*ダーリアバイオレットでも同様に使用できる。

◆酢酸カーミン

45%酢酸50mlにカーミン0.5~1gを加え、煮沸して飽和溶液を作り、冷却後ろ過し、鉄ミョウバン1%液を約5滴加える。鉄ミョウバンの代わりに、染めるときの材料を針やナイフなどの鉄製の器具で使うと鉄が媒染剤となり良く染まる。

◆酢酸オルセイン液

90mlの酢酸を突沸しないように加熱しながら、オルセイン2~4gを溶かし、約10分間加熱し続ける。冷却後蒸留水110mlを加え、よく振ってからろ過する。加熱の際、酢酸が揮発し過ぎないように還流する。これでオルセインの45%酢酸液ができあがる（オルセイン濃度1~2%）。2%液では濃すぎる場合があるので、使用時に倍に薄めて使う。沈殿ができた場合は、ろ過してから使用する。

■注意■

塩酸は授業が終わったら、机上に放置せずすぐに薬品庫へ戻すことを励行する。
染色液は濃い茶色の試薬びんに密閉し、暗所に保存する。

■参考文献

- ・今堀 宏三・山極 隆・山田 卓三編(2005) 生物観察実験ハンドブック新装版. 朝倉書店.
- ・井上 勤 (1998) 植物の顕微鏡観察, 顕微鏡観察シリーズ2. 地人書館.

【生13】 花粉管の観察

1. 準備

(1) 花粉管の観察に適した材料

- ① **ムラサキツユクサ** (ツユクサ科) *Tradescantia reflexa*・・・多目的教材として栽培しておくが良い。花粉管の観察で発芽しないことは少ない。
- ② **ホウセンカ** *Impatiens balsamina* (ツリフネソウ科)・・・花粉管の発芽率が高く、発芽までの時間も短い(1~2分程度)。観察に最適な材料。播種時期を調整することで長期間花が得られる。
- ③ **アフリカホウセンカ**(=インパチェンス) *Impatiens walleriana* (ツリフネソウ科)・・・発芽が早く、開花期が長い。花粉ができない品種もあるので注意が必要。八重咲きなど品種改良されたものは、花粉管の発芽率が低い傾向がある。
- ④ **ニューギニアインパチェンス** *Impatiens hawkeri* (ツリフネソウ科)・・・値段が高いが使える。
- ⑤ **ブライダルベール** *Gibasis pellucida* (ツユクサ科)・・・発芽率は低い、全く発芽しないということは少ない。1年中使えるので予備教材として有効である。
- ⑥ **シロツメクサ** *Trifolium repens* (マメ科)・・・花粉管が発芽するまで15分以上要することがあるが、入手しやすい。



ムラサキツユクサ



ブライダルベール

「インパチェンス」とは

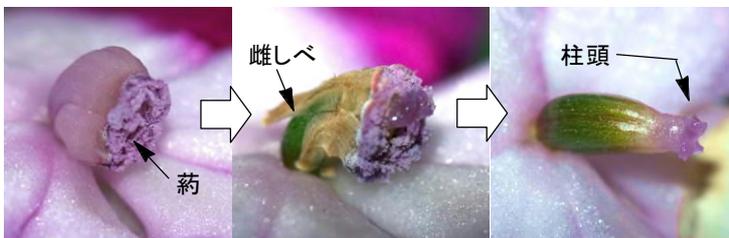
ツリフネソウ科ツリフネソウ属 *Impatiens* の学名をそのままカタカナで表記したもの。園芸品種のアフリカホウセンカを指すことが多い。ホウセンカや、岩手県内の低山地に自生するツリフネソウ、キツリフネも *Impatiens* 属の植物。



ツリフネソウ *Impatiens textori*



キツリフネ *Impatiens noli-tangere*



雄しべ

雄しべが脱落

雌しべが露出

実験には使用できない

アフリカホウセンカの雄しべと雌しべ



観察には成熟した花粉を使用する

(2) 器具等

器具：検鏡用具、シャーレ、ビーカー、ガラス棒、ピンセット、スパーテル
 試薬：ショ糖、寒天(粉末)、酢酸オルセイン(酢酸カーミン)

2. 実験手順

(1) 花粉管の観察用の培地の調整

- ① ショ糖10g(濃度10%の場合)と寒天粉末1gを水100mLに溶かし、これを穏やかに加熱する。

* 寒天の溶ける温度は85~95℃

★ 培地のショ糖濃度

ハウセンカ, ブライダルベール, ムラサキツユクサ...8~10%

アフリカハウセンカ(インパチェンス)...7~10%

ニューギニア・インパチェンス...4~6%

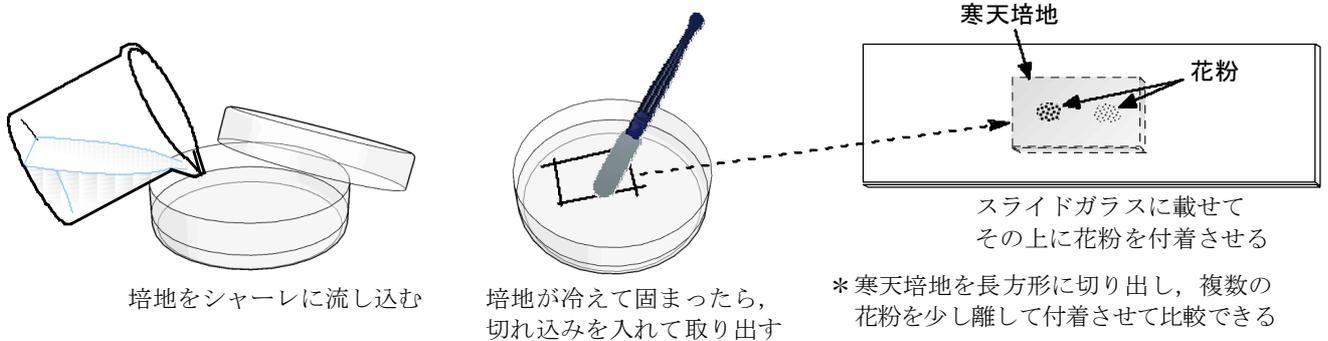
シロツメクサ...16%

- ② 静かに沸騰させて、寒天が溶けて透明になったら火を止め、シャーレに1~2mm程度の深さに寒天を流し込みフタをする。

- ③ 寒天が冷えて固まったなら、スパーテル(ヘラ)で1cm四方程度の大きさに切り出す。

- ④ 切り取った寒天片をスライドガラスにのせる。

* 培地は、シャーレのガラス面に接している方が上になるように載せると表面が平面になり観察しやすい。



(2) 観察

- ① 寒天培地に花粉をまく(葯を培地に直接接触させる)。

- ② 培地に花粉をまいてから1, 2分ごとに検鏡しながら花粉の伸びる様子を観察する。



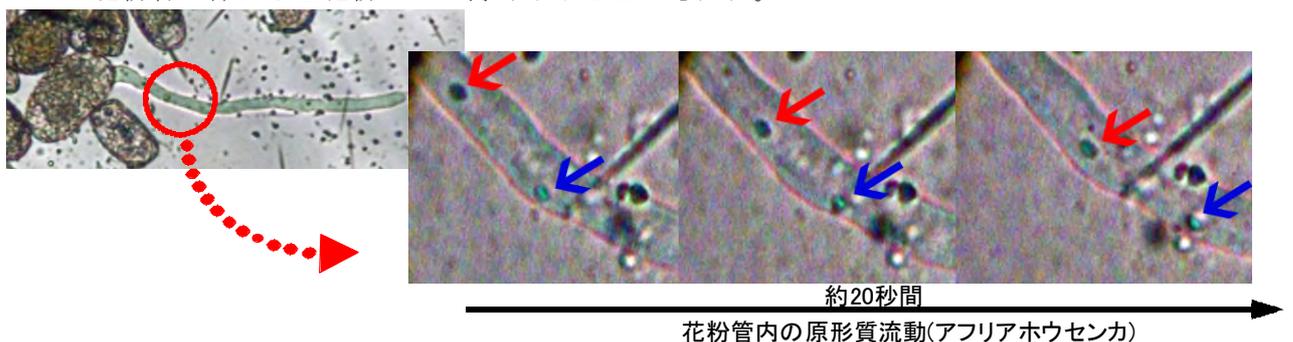
ムラサキツユクサの花粉管(約10分後)



ブライダルベールの花粉管

- ③ 花粉管が伸びたら、カバーガラスを載せて高倍率にして花粉管内の原形質流動を観察する。

* 花粉管が伸びると花粉の色が薄くなることにも注目。



3. 解説

(1) 培地について

培地をピペットでスライドガラスの上に出すと山形に固まり、表面も凹凸ができやすい。寒天をシャーレに流し込んでつくることで、表面が平滑で均一な厚さの培地の上で観察できる。また、シャーレの中で固まった培地は容易に取り出すことができるため後片付けも簡単である。

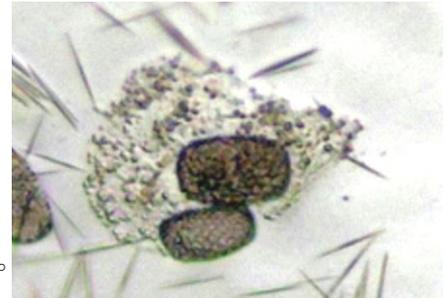
寒天の凝固温度は35～40℃であるが、溶解温度は85～95℃と高いため、十分に加熱して溶かさないと、培地が固まらずに「ゆるい」状態になってしまう。ただ、加熱しすぎると濃度が変わってしまうので注意が必要である。

また、培地が低張の場合は、原形質吐出を起こすことがあるので注意する。

ショ糖は、計量の手間を省くため、コーヒー用の個包装されたグラニュー糖を用いると良い(3, 5, 6gなどの製品がある)。

花粉と精子は違う

花粉は未熟な雄性配偶体で、花粉管は配偶体、精細胞は配偶子にそれぞれ相当する。花粉が配偶子である精子と混同しないように注意したい。



原形質吐出

(2) 観察材料の植物について

インパチェンスの花粉は観察に適した時期が短く、花粉管が伸びにくい場合がある。花粉がこぼれて花弁に落ち始めたものがよい。また、午前中の方が良好な結果が得やすい。

ホウセンカの方が安定した結果が得やすい。ホウセンカの栽培は簡単であるため、春にプランターで時期をずらして播種し室内に置いておくとよい。5月～9月終わりまで花が得られる。小学校の教材でよく使われるため、生徒にもなじみがある。

ムラサキツユクサは、花粉管の発芽までの時間も短く、全く発芽しないということは少ない。核も大きく、染色することで確認できる。発芽孔が2箇所あり、2箇所とも発芽することもある。一度植えて定着すると、ほとんど世話をしなくても、毎年芽を出して花を咲かせる丈夫な植物である。

(3) 観察結果の考察

- ① 班によって花粉管の伸び方に差が生じたり伸びなかったりした場合、その原因を考え、観察方法を検証する。
- ② 花粉管が伸び、精細胞が柱頭から胚珠までの長い距離を移動することはどのような利点があるか考える。
- ③ 原形質流動にはどのような役割があるか考える。

■参考文献

- ・今堀 宏三・山極 隆・山田 卓三編(2005) 生物観察実験ハンドブック新装版. 朝倉書店.
- ・岩波 洋造・森脇 美武(1983) 絵をみてできる生物実験. 講談社.
- ・岩波 洋造・森脇 美武・渡辺 克己(1991) 絵をみてできる生物実験PartII. 講談社.

【生14】 DNAの抽出

1. 準備

材 料：ブロッコリー約1/3個（1回分）

器具等：乳鉢(9cm程度)，乳棒，ビーカー（100mL，50mL），竹串（割り箸），茶こし（またはガーゼ），ガラス棒，ろ紙，ナイフ，まな板，冷凍庫

試薬等：食塩3.5g，無水エタノール約50mL，中性洗剤（食器用）1mL，染色液（酢酸オルセイン，酢酸カーミンなど），熱湯



2. 実験手順

(1) 事前準備

- ① ブロッコリーの花芽の部分だけを切り冷凍する。
- ② 無水エタノールを冷凍庫に入れて冷やしておく。

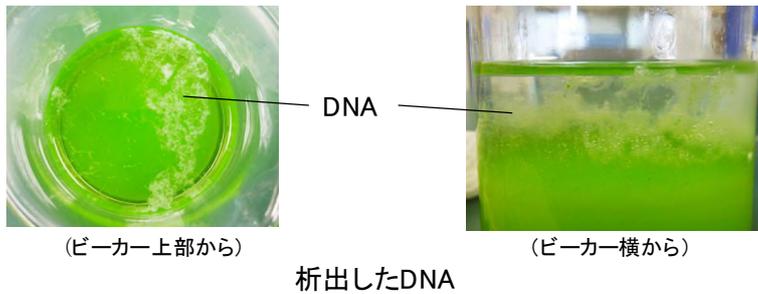
エタノールを冷やすのは？

低温の方がDNAの溶解度が大きい。融点は -114.3°C なので冷凍庫でも大丈夫。また、材料を凍らせるのは、細胞を破壊するため。さらに洗剤に含まれる界面活性剤で細胞膜（主成分は脂質とタンパク質）を破壊して細胞内のDNAを抽出しやすくする。



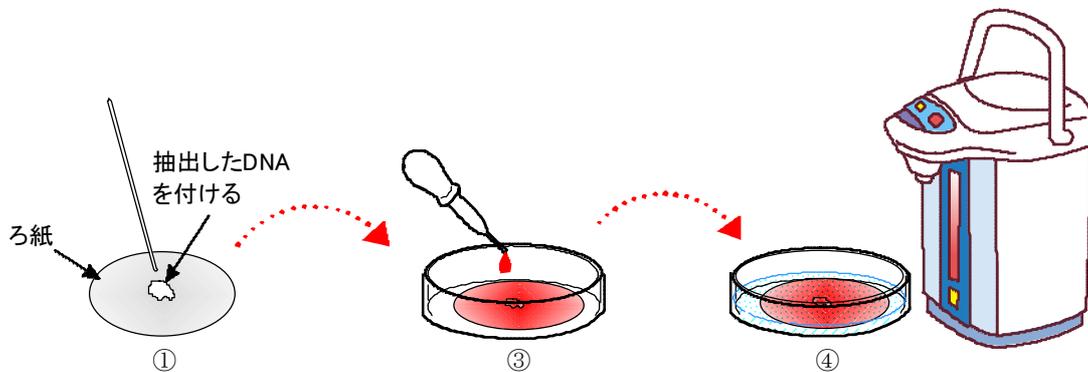
(2) 生徒実験の操作

- ① ビーカーに水50mLを入れ，食塩を3.5g(2~5g程度)入れて溶かす。
*DNAは $1\sim 2\text{mol/L}$ ($\text{NaCl}=58.4$)食塩水に溶けやすい。
- ② ①の溶液に中性洗剤を1mL加える（これをDNA抽出液とする）。
*洗剤は，計らなくても数滴入れればよい。
- ③ ブロッコリーを乳鉢と乳棒で蕾の粒が確認できなくなるまですりつぶす。
- ④ ③のブロッコリーに②のDNA抽出液(9cm乳鉢なら50~60mL程度)をゆっくり入れ，泡立たないように軽くかき混ぜる。
- ⑤ ④の液を茶こしで濾す。
- ⑥ ⑤の液の入ったビーカーの中に，ガラス棒を使いエタノールを⑤の液と等量程度，ガラス棒を使って静かに混合しないように層になるように注ぐ。
*エタノールの量は，おおよその目安であり，多く加えても問題はない。
- ⑦ 抽出液とエタノール層の境界付近から，綿のような白いDNAが析出する(DNAは比重が小さいためにエタノール層に浮いてくる)。



(3) DNAの確認

- ① 抽出したDNAをガラス棒などを用いてろ紙に付着させる。
- ② DNAを付けたろ紙を乾燥させる。
- ③ ろ紙全体に染色液（酢酸オルセイン，酢酸カーミンなど）をかけ，5分間程度染色する。
- ④ 熱湯を入れ，ろ紙を軽くゆすって洗い脱色する。
* 熱湯をDNAに直接かけると剥がれてしまうので注意。
- ⑤ 湯を捨て，ろ紙を乾燥させ，色が残っている部分を確認する。
* 良く乾燥させるとコントラストが強くなり，確認しやすくなる。



*ここで確認された物質は，あくまで簡易的な確認方法である。カーミンやオルセインなどの「色素で染色されやすい物質」であって，この程度の実験では，DNAそのものであるかどうかは不明確である。実際に，含まれるタンパクも染まっていると考えられる。

3. 解説

(1) DNAと遺伝子

遺伝子の本体はDNAであることを学習するが，遺伝子とDNAは同義ではないことに注意したい。

① 遺伝子とは

遺伝形質のそれぞれに対応して染色体上に一定の順序で配列している基本的な遺伝単位で，遺伝形質を規定する因子。本体はふつうDNAで，染色体上のある長さをもつ特定の区画をいう。メンデルは遺伝形質の発現の因子「エレメント」を仮定した。これが後の遺伝子に相当する。

② DNA Deoxyribonucleic acid とは

核酸の一種。デオキシリボ核酸のことで遺伝子の本体となる物質。デオキシリボース（五炭糖），リン酸，塩基から構成され，種類の塩基の配列が遺伝暗号になっている。

(2) 操作上の留意点

抽出液を加えてかき混ぜる際には，強くかき混ぜ過ぎるとDNAが切断される恐れがあるので，かるく混ぜる程度にする。

また、細胞中にDNA分解酵素が含まれるので、作業を手早く行う。温度が上がると酵素の活性が高くなるので、室温が高いときは器具も冷やしておくが良い。

この実験に適する材料は、体積に対して核が多い組織、器官である。ブロッコリーの花芽は減数分裂を盛んに行っており、細胞が小さく、核の割合が大きいためDNAの抽出には好適な材料である。もちろん葉の細胞にもDNAは含まれているので実験は可能である。この方法で抽出されたDNAはかなり純度が高いとされる。

動物材料では、魚類の精巣（白子）やレバーなどが用いられるが、動物はタンパク質が多く含まれ、抽出物に不純物が多い。実験操作中の臭いや後片付けのことを考えても植物の方が扱いやすい。

抽出したDNAは綿のような繊維状のものであることが確認できれば良い。中には、顕微鏡で見ると二重らせん構造が見えるのではと考える生徒もいるかも知れないが、もちろん電子顕微鏡でやっと確認できる大きさである。

■参考文献

- ・千田 和則(2013) 高等学校「生物基礎」における観察, 実験サポート資料. 平成24年度岩手県立総合教育センター.
- ・伊左治錦司・松本省吾(2005) 高等学校におけるDNA簡易抽出実験に関する教材開発. 岐阜大学教育学部研究報告教育実践研究第7:69-78.

【生15】 土壤動物の調査

1. 準備

土壤採取器（空き缶で代用可），シャベル（移植ごて），ビニル袋，温度計（地温用，気温用），図鑑，シャーレ，カメラ，双眼実体顕微鏡，ルーペ，ツルグレン装置，ピンセット，バット，管ピン，ピペット，軍手，エタノール（70%）

2. 手順

(1) 調査地点の選定とデータの記録

① 調査地点の設定

広葉樹林，針葉樹林，人工的な植栽，裸地などで比較するとよい。

② 調査地点周辺の環境要因等の記録

- ・調査地点名
- ・調査者氏名
- ・調査年月日（年は西暦を使用する）
- ・標高（地形図から読み取る）
- ・地温
- ・気温
- ・植生や周囲の環境の記録（植物の種類は重要）

(2) サンプルの採取と処理

① 土壤採取器によって土壤を採取する。採取したサンプルは，ビニル袋に入れる。

* 土壤サンプルの量は，目的にもよるが，次の体積で採取することが多い。

- ・大型土壤動物の場合（ハンドソーティング法） 50cm×50cm×深さ20cm （50L）
- ・中型土壤動物の場合（ツルグレン法） 10cm×10cm×深さ5cm （500mL）

* 相対的な比較ができれば良い場合は，空き缶等を利用して同じ量を採取する。

② 大型動物をハンドソーティング法によって取り，70%エタノールで固定する。

③ 中型動物をツルグレン装置で抽出する。

④ 抽出された動物を双眼実体顕微鏡を用いて同定し，分類群別に個体数を算定する。

サイズによる土壤動物の分類		
分類	サイズ(体長)	土 壤 動 物 の 例
大型動物	2mm以上	昆虫類（オサムシ類，シデムシ類など），甲殻類（ワラジムシ，ヨコエビ類など），ヤスデ類，ムカデ類，クモ類，扁形動物，環形動物（ミミズ類），軟体動物（巻貝類），哺乳類（モグラ類など）
中型動物	0.2mm～2mm	昆虫類（トビムシ類，甲虫やユスリカの幼虫など），クマムシ類，クモ類（ダニ類，カニムシ類など）
小型動物	0.2mm以下	クモ類（ダニ類，カニムシ類など），線虫類，緩歩動物（クマムシ類），ワムシ類，原生生物

(3) 土壤動物の抽出法

① ハンドソーティング法

- ・主に大型土壤動物を採集する際に利用される。採取した土壤から，ピンセットなどを用いて直接採集する。特別な装置が不用なので野外で簡単に行うことができる。
- ・移植ごてで採取した土をバットに入れ，肉眼で確認できる動物を採取する。ルーペで観察し，不明な種は，持ち帰って双眼実体顕微鏡などで同定する。

* ザトウムシ類やクモ類，ゴIMUMシ類の成虫は活発に動くので，逃さないように注意する。

② ツルグレン法

- ・ 土壌動物が乾燥や熱を嫌う性質を利用して動物を抽出する方法で、じょうごに入れたサンプルを白熱電灯で照らし、下に移動して落ちた動物を捕獲する。主に中型動物の採集に効果的であり、土壌動物調査の代表的な方法である。
- ・ 抽出時間は、72時間が標準的だが、24時間程度でもおおよその動物相は把握できる（比較するため、同じ時間で行うこと）。
- ・ じょうご（直径10cm以上）、排水口用の金網、卓上電気スタンド（白熱電球用）で作成できる。白熱電球は、40W～100Wのものを使用する。

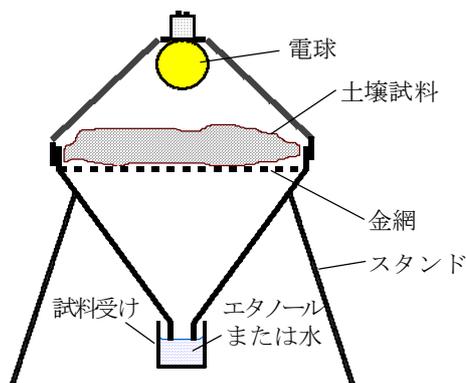
* じょうご部分をペットボトルを切断した物で代用できるが、電球の熱で変形しやすいので注意する。



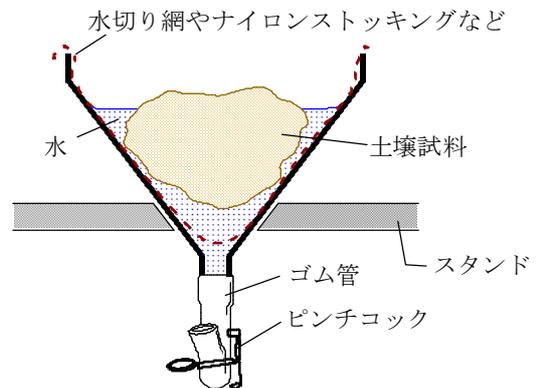
簡易ツルグレン装置

③ ベールマン法

水分依存性の高い微小な動物を抽出する方法である。水の中に土壌を浸し、泳ぎだした動物を採集する。線虫類、緩歩動物（クマムシ類）などが採集できる。



ツルグレン装置



ベールマン装置

(4) 動物の同定

シャーレに70%エタノールを入れ、その中に土壌動物のサンプルを入れる。肉眼でわかる大きなゴミ（枝、葉、石など）を取り除き、双眼実体顕微鏡で観察する。

図鑑の図や検索表などを用いて種を同定する。種名がわからない動物も多いので、目、科等の上位の分類群で記録する。場合によっては綱の段階の場合もある。図鑑に掲載されていない動物も多いので、無理に種名を決めないようにする。

同定が完了したら、一覧表にまとめる。同定した動物は、70%エタノールを入れた管ビンに1種ごとにに入れて保存する。ダニ類やトビムシ類などは、ホイヤー液などで封入して簡易永久プレパラートにしても良い。

(5) 環境評価法：中大型土壌動物による土壌環境の豊かさの評価（青木, 1989；原田, 1996）

採集した動物の種類から、調査地点の結果を点数化して比較する。この方法では、土壌動物のうち、32分類群の動物を対象として、これらの分類群を環境の破壊に対する抵抗性によって次のA, B, Cの3グループに区分する。更にA, B, Cそれぞれに点数を与え、合計を求める。32分類群の動物が全て出現すると100点になる。

A：最も敏感で弱い動物 5点	
アリヅカムシ	イシノミ
オオムカデ	コムカデ
ザトウムシ	ジムカデ
ヒメフナムシ	ヤスデ
ヨコエビ	陸貝

B：AとCの中間的な動物 3点	
アザミウマ	イシムカデ
ガ(幼虫)	カニムシ
カメムシ	甲虫
甲虫(幼虫)	ゴミムシ
シロアリ	ゾウムシ
ナガコムシ	ハサミムシ
ワラジムシ	ミミズ

C：鈍感で強い動物 1点	
アリ	クモ
ダニ	ダンゴムシ
トビムシ	ハエ・アブ(幼虫)
ハネカクシ	ヒメミズ

《土壌動物の例》



ハンドソーティングされた土壌動物
(ナガミミズ, 甲虫の幼虫など)



ジムカデの一種



ヤスデ(倍脚)類=各腹節に2対の脚がある



トゲダニの一種



ケダニの一種



イチモンジダニ



ザトウムシの一種



オニクムシ



カニムシの一種



トビムシの一種



ヤマトビムシの一種



ワラジムシ



ニホンヒメフナムシ



ヨコエビの一種



クロイロコウガイビル



ゴミムシ類(甲虫)



アリヅカムシの一種(甲虫)



ユスリカ幼虫



アザミウマ



アリ類

👉 節足動物は、脚の数と触角を見る！

調査地点	Sta. 1 岩手県花巻市北湯口		調査期日	2014年9月25日		10:30	
	標高	150 m	気温	24.6 °C			
調査者			地温	5cm	°C		
調査方法	ハンドソーティング法 <u>ツルグレン法</u> ・ベールマン法			10cm	23.5 °C		
植生 その他	コナラ, アカマツの混交林 ツリバナ, クサギ, トリカブト						
No.	種名	分類群	グループ	採集	個体数	点数	備考
1	ザトウムシ	クモ綱	A	○	1	5	
2	オオムカデ	節足動物	A	○	1	5	
3	陸貝	軟体動物	A				
4	ヤスデ	節足動物	A				
5	ジムカデ	節足動物	A				
6	アリヅカムシ	クモ綱	A				
7	コムカデ	節足動物	A	○	3	5	
8	ヨコエビ	節足動物	A				
9	イシノミ	昆虫綱	A				
10	ヒメフナムシ	節足動物	A	○	2	5	
11	カニムシ	クモ綱	B	○	1	3	
12	ミミズ	軟体動物	B				
13	ナガコムシ	昆虫綱	B	○	5	3	
14	アザミウマ	節足動物	B	○	1	3	
15	イシムカデ	節足動物	B				
16	シロアリ	昆虫綱	B				
17	ハサミムシ	昆虫綱	B				
18	ガ(幼虫)	昆虫綱	B	○	1	3	
19	ワラジムシ	節足動物	B				
20	ゴミムシ	昆虫綱	B				
21	ゾウムシ	昆虫綱	B				
22	甲虫(幼虫)	昆虫綱	B				
23	カメムシ	昆虫綱	B				
24	甲虫	昆虫綱	B	○	1	3	
25	トビムシ	昆虫綱	C	○	58	1	
26	ダニ	クモ綱	C	○	25	1	
27	クモ	クモ綱	C	○	3	1	
28	ダンゴムシ	節足動物	C	○	1	1	
29	ハエ・アブ(幼虫)	昆虫綱	C	○	3	1	
30	ヒメミミズ	環形動物	C				
31	アリ	昆虫綱	C				
32	ハネカクシ	昆虫綱	C				
合計					106	40	

採集された動物に
○を付ける

動物相の特徴を知るため
個体数も把握しておく

Aは5点, Bは3点, Cは1点を付
け, 合計する=この地点の評価

3. 解説

生態分野は、観察や実験が実施しにくいいため、講義中心の授業にならないように工夫したい。そこで、校庭や学校周辺の身近な場所を利用することができる教材として、土壌動物の観察は有効である。特に観察を通して生物の多様性を意識させることが大切である。

土壌動物の中で重要なグループはダニ類とトビムシ類である。ダニというと「気持ち悪い」とか「刺される」といったマイナスイメージを持つ生徒が多いかもしれないが、土壌中のダニはササラダニ類が多く、生態系の中で重要な役割を持っている。もちろん吸血することはない。吸血するダニは、マダニ類などごく一部の種に限られる。

生態学用語の確認

① 分解者の定義

従来、分解者とは、有機物を二酸化炭素に分解する微生物（細菌類、菌類）を指していたが、現行の教科書では、広義で扱っている。生物の死がいや動物の排出物などの有機物を養分としてとり入れ、その養分を呼吸によって分解してエネルギーをとり出している生物が分解者にあたり、ミミズやヤスデなどの微生物以外の大型土壌動物も含まれることになる。

② エコロジー Ecology

日本語では「生態学」という学問のこと。

近年、広義で自然保護、環境保全やその活動、思想等を指す言葉として使われることが多くなった。これは、“Ecology movement”のこと。「エコ」は和製英語で、エコノミーEconomy（＝経済、節約）と混同していることが多い。ちなみに、「環境」は、“Environment”，「自然」は“Nature”。

③ 生態系 Ecosystem

生物群集と、とりまく非生物的（無機的）環境を総合的にとらえたもの。食物連鎖や食物網と混同しないように注意すること。

④ 自然保護、環境保全

専門用語としては、通常「環境保護」は使用しない。

■参考文献

- ・青木淳一（2005） だれでもできるやさしい土壌動物のしらべかた，採集・標本・分類の基礎知識．合同出版．
- ・日本土壌動物学会編（2007） 土壌動物学への招待，採集からデータ解析まで．東海大学出版会．
- ・皆越ようせい・渡辺弘之（2005） 土の中の小さな生き物ハンドブック．文一総合出版．
- ・浅間 茂・松本嘉幸・石井規雄（2001） 校庭のクモ・ダニ・アブラムシ改訂版，野外観察ハンドブック．全国農村教育協会．
- ・金子信博（2007） 土壌生態学入門，土壌動物の多様性と機能．東海大学出版会．
- ・皆越ようせい（2013） 写真で見る小さな生きものの不思議，土壌動物の世界．平凡社．

土壌動物調査記録用紙

「豊かさの評価」用

調査地点	Sta.		調査期日	年 月 日 :			
	標高	m	気温	°C			
			地温	5cm	°C		
		10cm		°C			
調査者			サンプル体積 :				
調査方法	ハンドソーティング法 ・ ツルグレン法 ・ ベールマン法			cm ³			
植 生 その他							
No.	種 名	分類群	グループ	採集	個体数	点数	備 考
1	ザトウムシ	クモ綱	A				
2	オオムカデ	節足動物	A				
3	陸貝	軟体動物	A				
4	ヤスデ	節足動物	A				
5	ジムカデ	節足動物	A				
6	アリヅカムシ	クモ綱	A				
7	コムカデ	節足動物	A				
8	ヨコエビ	節足動物	A				
9	イシノミ	昆虫綱	A				
10	ヒメフナムシ	節足動物	A				
11	カニムシ	クモ綱	B				
12	ミミズ	軟体動物	B				
13	ナガコムシ	昆虫綱	B				
14	アザミウマ	節足動物	B				
15	イシムカデ	節足動物	B				
16	シロアリ	昆虫綱	B				
17	ハサミムシ	昆虫綱	B				
18	ガ (幼虫)	昆虫綱	B				
19	ワラジムシ	節足動物	B				
20	ゴミムシ	昆虫綱	B				
21	ゾウムシ	昆虫綱	B				
22	甲虫 (幼虫)	昆虫綱	B				
23	カメムシ	昆虫綱	B				
24	甲虫	昆虫綱	B				
25	トビムシ	昆虫綱	C				
26	ダニ	クモ綱	C				
27	クモ	クモ綱	C				
28	ダンゴムシ	節足動物	C				
29	ハエ・アブ (幼虫)	昆虫綱	C				
30	ヒメミミズ	環形動物	C				
31	アリ	昆虫綱	C				
32	ハネカクシ	昆虫綱	C				
合 計							

【生16】 クマムシの観察

1. 準備

材 料：コケ類（晴天が続き乾燥したものがよい）

器具等：採集用ビニル袋，台所用水切りネット，双眼実体顕微鏡，検鏡用具，ホールスライドガラス，シャーレ，ビーカー，ピンセット，ピペット

2. 手順

(1) 採集

- ① コンクリートの隙間などに生えている乾燥したコケ類（蘚類）を採集し，ビニル袋に入れて持ち帰る。



このような場所を探す



乾燥したコケ（盛岡市三本柳 北上川河川敷）

- ② 採集したコケを台所用水切りネットに入れ，水を入れたビーカーやシャーレなどに浸け，1～2時間から一晩おく。

* ベールマン装置があれば利用する。

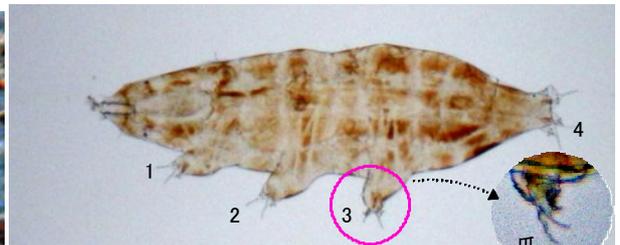
(2) 観察

- ① 底に沈んだものを双眼実体顕微鏡で観察する。
- ② 動く動物を見つけたら，ピペットで吸い取り（慣れると尖鋭ピンセットでもとることも可能），シャーレやホールスライドガラスに載せて検鏡する。
- ③ センチュウ類やワムシ類，ダニ，トビムシなどその他の動物を観察する。



双眼実体顕微鏡像

体をくねらせて動く動物を探す（○印）。
白色で細長い動物はセンチュウ類（←）。

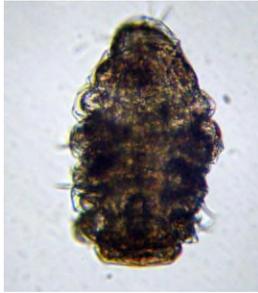


側面 4対の歩脚がある



背面

オニクマムシ *Milnesium tardigradum*



休眠状態「樽型」になる途中の段階

*「樽型」の状態では高温、低温、乾燥、放射線などに耐える。



ダニ類



トビムシ類

その他様々な土壌動物も見られる。

3. 解説

(1) クマムシとは

かんぼ

緩歩動物門 Tardigrada に属する動物の総称（英名：water bears）。北極、南極を含めて全世界に分布し、約500種以上が知られている。体長1ミリメートル以下で、コケ類の間から多く見つかるが、土壌や落葉層中のほか河川、湖沼、海中など水中にも見られる。多くの種は草食性だが、オニクマムシのようにワムシやセンチュウ類などを捕食する種も居る。系統的には、環形動物から分岐した節足動物に近く、以前は節足動物に含まれていたこともある。

(2) クマムシ類の耐性

クマムシ類、ネムリユスリカ(昆虫綱双翅目)などの動物は、乾燥などの厳しい環境に対して代謝を停止した休眠状態となる。この状態はクリプトビオシスといわれ、体内のグルコースをトレハロースに変化させて蓄え、体内の水と置き換えている。クリプトビオシス状態の時は乾燥だけではなく、-200度以下から+100度以上の温度、X線、紫外線にも耐える。このため、クマムシの研究は、放射線のDNAへの影響、食糧の保存技術、休眠による宇宙旅行など様々な分野で期待されている。

(3) 教材としての利用

観察材料が入手しやすく、コケについての土の中には多くの動物が見られることもあり、土壌動物の観察とあわせて用いるとよい。

土壌の湿度、温度など環境による種類、個体数の違いなどを調べる。さらに、ササラダニ類やトビムシ類など他の土壌動物と比較して分布の特徴を調べる。

■参考文献

- ・鈴木 忠(2006) 岩波科学ライブラリー122, クマムシ?!—小さな怪物. 岩波書店.
- ・鈴木 忠・森山 和道(2008) クマムシを飼うには, 博物学から始めるクマムシ研究. 地人書館.
- ・青木淳一(2005) だれでもできるやさしい土壌動物のしらべかた, 採集・標本・分類の基礎知識. 合同出版.
- ・皆越ようせい(2005) 土の中の小さな生き物ハンドブック. 文一総合出版.

【生17】 外来生物の調査

1. 準備

文献調査：インターネットに接続可能なパソコン，図鑑，各種専門書

野外調査：図鑑，カメラ，フィールドノート，地図などのほか，調査対象によって網，エタノール，さく葉標本作成用台紙，ピンセット，シャーレ，根堀，ルーペ，顕微鏡など観察，採集用具一式

2. 外来生物の調べ方

(1) 外来生物の問題点を考える

- ① 生態系への影響：在来種との間で競争，病原体の持ち込み，遺伝子の攪乱などが起こる。
- ② 人の生命・身体への影響：有毒生物の場合，人体への被害が起こる。
- ③ 農林水産業への影響：農作物，漁業対象種の捕食などによる被害が発生する。

(2) テーマの設定

外来生物の問題は，原因や影響が多岐にわたるため，グループまたは個人でそれぞれテーマを決めて分担して調べると良い。

① 野外調査で郷土の現状を知る

・野外調査によって，採集できる生物は標本を作成し，その他は写真を撮る。

② 文献やインターネットで調べる

・記録の整理・・・種々の調査報告書や図鑑などにより，分布を調べ現状を知る。

・分類群・・・何の仲間か，生物の基本的情報を調べる。

・原産地・・・経済活動，文化的な背景が影響している。

・侵入時期・・・原産地とあわせて歴史的な背景が関係する。

・侵入してきた理由，原因・・・人為的なものだけでなく，自然に分布拡大した場合もある。

・温暖化との関わり・・・短絡的に結びつけないよう慎重に客観的に考える。

・在来の近縁種・・・近縁種ほど交雑や競争が起こる可能性が問題となっている。

・問題点・・・固有の個体群や生態系や農林漁業への影響が重要である。

・対策，法令など・・・県の条例もチェックする。

・地域的な特徴・・・地形，気候など科学的な要因と交通，流通など人的な要因がある。

・日本から海外に持ち出されて問題になっている例もある（コイ，マメコガネなど）。

*インターネットの情報は不正確なものもあるので，そのままコピーするのではなく，複数の資料を調べ信頼できる情報を確認することが大切である。

*分布情報は，新たな調査によって更新されるため，可能な限り最新のものをさがす。

(3) まとめ方の例

① 一覧表にまとめる・・・分類順，年代順，原産地順などで並び替え特徴を考察する。歴史や文化との関係，人間の移動，物資の流通との関係など人文科学と関連づけて考えることもできる。

② 外来生物に多い分類群について（例えばキク科），理由を考察する。

③ 外来生物図鑑を作成する・・・近縁の在来種と生態を比較することで繁殖する要因を考察する。

④ 身近な地域の外来生物マップを作成する・・・分布の特徴，人工的な環境との関係を考察する。
また，外来生物が入り込みやすい環境を知ることから分布拡大の予想ができる。

⑤ 生物多様性と外来生物の関係を考察する。生物多様性を失う大きな要因としての外来生物の影響を考え，生物多様性がなぜ大事なのかについて考える。

〔一覧表にまとめた例〕 岩手県で確認されている外来生物

分類	和名	原産地	侵入時期	備考
せき椎動物 魚類	オオクチバス (ブラックバス)	北アメリカ	1925	特定外来生物 釣り、食用として輸入
せき椎動物 爬虫類	ミシシッピーアカミミ ガメ	北アメリカ南部 からメキシコ	1950年代	要注意外来生物 幼体はミドリガメとして販売
節足動物 昆虫類	オオモンシロチョウ	ヨーロッパから東アジア	1996	飛来による 岩手では2004年頃から沿岸北部に定着
節足動物 昆虫類	アメリカシロヒトリ	北アメリカ	1945	アメリカ軍の軍需物資に付いて侵入
節足動物 甲殻類	アメリカザリガニ	北アメリカ南東部	1927	要注意外来生物 養殖ウシガエルの餌として輸入
単子葉植物 トチカガミ科	コカナダモ	北アメリカ	戦前	要注意外来生物 観賞用として輸入
単子葉植物 ミズアオイ科	ホテアオイ	南アメリカ	明治中期	要注意外来生物 観賞用、飼料として輸入
双子葉植物 キク科	セイヨウタンポポ	ヨーロッパ	明治初期	食用として輸入?

3. 解説

外来生物の問題は、身近な題材から考えると理解しやすい。

(1) ペットや教材など身近な問題の例

- ① メダカ (国内移入) …安易な放流による固有遺伝子の攪乱が危惧されている。

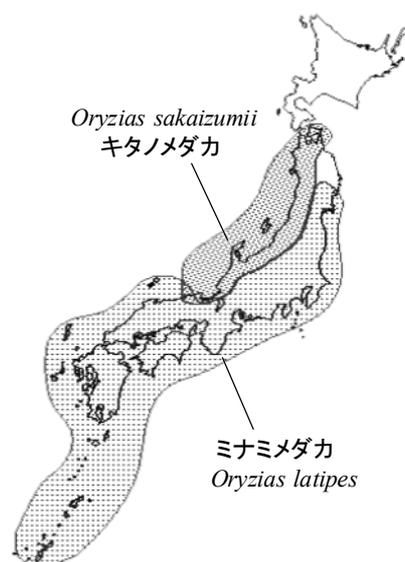
日本の野生メダカは、以前は「南日本集団」「北日本集団」の2グループに大別されていた。しかし、2011年に別種とされ、それぞれ *Oryzias latipes*, *Oryzias sakaizumii* と学名が付けられた (この時点で和名未定)。その後2013年には和名が決まり、*O. latipes* は **ミナミメダカ**、*O. sakaizumii* は **キタノメダカ** となった。

更にミナミメダカは、地域ごとに遺伝子が異なると言われ、東日本型、東瀬戸内型、西瀬戸内型、山陰型、北部九州型、大隅型、有明型、薩摩型、琉球型の9の地域型に分けられる。ミナミメダカの北限は、花巻市である (沿岸は広田半島付近)。

種が分化して比較的間もない近縁種や亜種は、交雑することがあり、ヒメダカや他地域個体群の安易な移入・放流が行われ、遺伝子が攪乱されることが問題になっている。

ペットショップで売られているヒメダカはもちろんのこと、「黒メダカ」も産地が不詳である場合が多く、野外に放流してはならない。

- ② ゲンジボタル、カワニナ (国内移入) ……他地域個体群の安易な放流による遺伝子攪乱、混入する持ち込まれる外来生物の分布拡大が問題となっている。



日本のメダカの分布

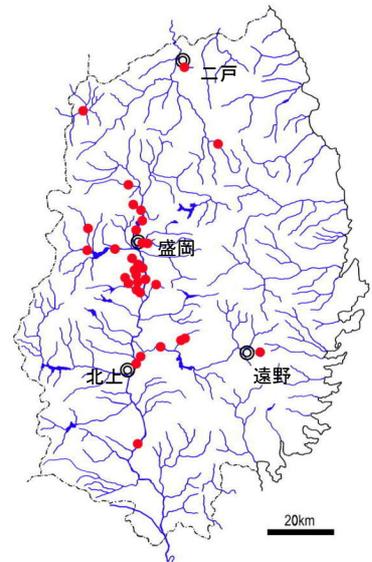
③ コモチカワツボ・・・自然保護が環境破壊を招く?!

日本各地の川でコモチカワツボというニュージーランド原産の殻長約5mmの小さな巻貝が増え、岩手県でも急速に分布を広げている。ゲンジボタルの若齢幼虫がこの貝を食べると幼虫の死亡率が高くなるという報告もある。

魚類やホタルの幼虫の安易な放流が分布拡大の原因と考えられている。



コモチカワツボは用水路に多い



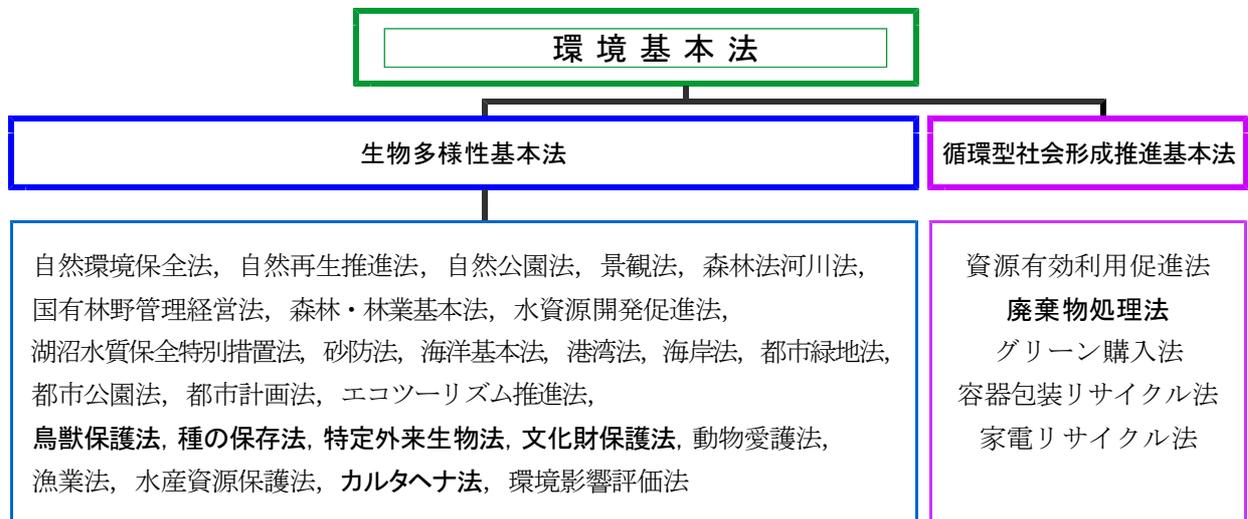
●生息を確認した場所(～2011)

岩手におけるコモチカワツボの分布

④ 外国産クワガタムシ、カブトムシ・・・近縁種の放虫による遺伝子攪乱，病原体（ウイルスや菌類，ダニなど）の持ち込みによる感染症の恐れがある。

(2) 環境問題に関する主な法令

- ・各法律がどのような目的で制定されているか調べて見る。



太字は是非調べておきたい法律

(3) 特定外来生物法

① 「特定外来生物」の例 (写真キャプションの[]は撮影地, 【 】は原産地)

「特定外来生物」とは、外来生物法（「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」）により、生態系などに被害を及ぼすものとして指定された生物。特定外来生物に指定された生物を飼育、栽培、保管、運搬、販売、譲渡、輸入、野外に放すことなどを原則禁止している。これらの項目に違反した場合、最高で個人の場合は懲役3年以下もしくは300万円以下の罰金、法人の場合1億円以下の罰金が科せられる。



ウシガエル[平泉町] 【北アメリカ原産】



アレチウリ[二戸市] 【北アメリカ原産】



花

オオキンケイギク[花巻市] 【アメリカ合衆国中部, 南東部原産】

オオハンゴンソウ[盛岡市] 【北アメリカ原産】

② 「要注意外来生物」の例・・・規制はないが、生態系に悪影響を及ぼしうる生物であるため取扱いは十分に注意しなければならない。



ハルザキヤマガラシ(セイヨウヤマガラシ) [盛岡市] 【ヨーロッパ原産】

セイタカアワダチソウ[盛岡市] 【北アメリカ原産】

外来タンポポ種群(セイヨウタンポポ) [盛岡市] 【ヨーロッパ原産】



アメリカザリガニ[矢巾町] 【北アメリカ原産】



[北上市]

カネツケシジミ型



[花巻市]

濃色型

タイワンシジミ種群【中国南東部, 朝鮮半島, ロシア原産】

③ 岩手県に分布するその他の外来生物



ヒメオドリコソウ[盛岡市]
【ヨーロッパ原産】



オオイヌノフグリ[盛岡市]
【ヨーロッパ原産】



ワスレナグサ[盛岡市]
【ヨーロッパ～西アジア原産】



シロツメクサ, ムラサキツメクサ[花巻市]
【ヨーロッパ原産】



フランスギク[盛岡市] 【ヨーロッパ原産】



カラスムギ[花巻市] (史前帰化植物)
【ヨーロッパ原産】



マメゲンバイナズナ[紫波町]
【北アメリカ原産】



チリメンカワニナ[花巻市]
【琵琶湖から国内移入】



サカマキガイ
[盛岡市]
【北アメリカ原産】



成虫

オオモンシロチョウ[岩泉町] 【ヨーロッパ原産】



幼虫



タスジコウガイビル[盛岡市]
【国内移入?】



ブタクサハムシ[盛岡市]
【北アメリカ原産】



チャバネゴキブリ
[盛岡市]【アフリカ原産】



オカダンゴムシ[北上市]
【ヨーロッパ原産】

■参考文献

- ・中坊 徹次編(2013) 日本産魚類検索, 全種の同定. 第三版東海大学出版会.
- ・中村 学(2010) 岩手県における外来種コモチカツボ *Potamopyrgus antipodarum* Gray (腹足綱: 吸腔目ミズツボ科) の分布と環境教育の問題点. 岩手県高等学校教育研究会理科部会誌40.
- ・日本生態学会編(2002) 外来種ハンドブック. 地人書館.

- ・日本生態学会編(2010) 自然再生ハンドブック. 地人書館.
- ・日本自然保護協会編集(2010) 改訂生態学からみた野生生物の保護と法律, 生物多様性保全のために. 講談社.
- ・小澤 祥司(2000) メダカが消える日—自然の再生をめざして. 岩波書店.
- ・清水 矩宏・広田 伸七・森田 弘彦(2001) 日本帰化植物写真図鑑— Plant invader600種. 全国農村教育協会.
- ・自然環境研究センター(2008) 日本の外来生物決定版. 平凡社.
- ・Toshinobu Asai,Hiroshi Senou,Kazumi Hosoya (2011) *Oryzias sakaizumii*, a new ricefish from northern Japan(Teleostei: Adrianichthyidae). Ichthyol.Explor.Freshwaters,22,4,pp.289-299.

Webページ

- ・独立行政法人国立環境研究所. 侵入生物データベース, <http://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/index.html>

【地01】歯科用印象材による火山立体モデルの作成

1. 準備

材 料：歯科用印象材，水，ポスターカラー

器具等：発砲ポリスチレンパネル，フィルムケースなどの円筒，ビーカー（300mL程度），
メスシリンダー200m l，ビニール袋，三脚，電子てんびん

2. 手順

(1) 装置作成

- ① 発砲ポリスチレンパネルの中央に，フィルムケース（円筒）が出入りできる穴をあける【図1】。
- ② フィルムケースの底を切り，両方が開いた円筒にする。【図2】
- ③ 三脚にポリスチレンパネルを置き，下からフィルムケースにビニール袋を通したものを緩めに差し込む。【図3】

(2) 実験

- ① 歯科用印象材を 50 g，ポスターカラーで色水を作る。【図4】
- ② 装置のビニール袋を取り出し，その中に歯科用印象材を 50g を入れる。【図5】
- ③ ビニール袋を再びフィルムキャップに通した後，約 120ml の水を加える。【図6】印象材 2 分程度で固まるので，すばやくかき混ぜ，ポリスチレンパネルにセットして，ビニール袋から印象剤を押し出し，噴火させる。【図7】
※室温（水温）などの条件で印象剤の粘性が異なる。適宜水の量は調整してください。
水の量が多いと柔らかく固まりにくくなる。【図8】
- ④ 固まったならば，ビニール袋をねじ切り，取り出す。そして中央部にフィルムキャップを利用して，再び，噴火用の穴を開ける。【図9】
- ⑤ ポスターカラーの色を変えて②から④を繰り返す，成層火山を作る。
- ⑥ 最後に，カッターで切り断面を観察する。【図10】



【図1】



【図2】



【図3】



【図4】



【図5】



【図6】



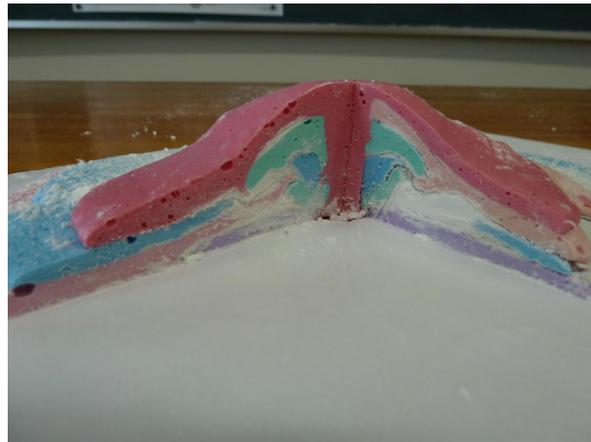
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

3. 解説

火山の立体モデルを作成することは、火山の成り立ちを理解する上で有効である。火山は、一度の噴火により形成されるのではなく、幾度も噴火を繰り返して形成される。この実験を行うことで幾何度も噴火を繰り返して形成されていることが体験として理解できる。教科書では石こうや小麦粉などを使い、マグマの噴火実験を行う方法もある。これは、マグマねばりけによる火山の形を示すことに効果はあるが、繰り返す噴火による火山の成長を説明することは難しい。歯科用印象材の活用は、マグマのねばりけのちがう火山モデル、複数回噴火した火山モデルを作成し、火山の成り立ちを調べるために効果的な教材であると考えられる。



マグマのねばりけの弱い火山



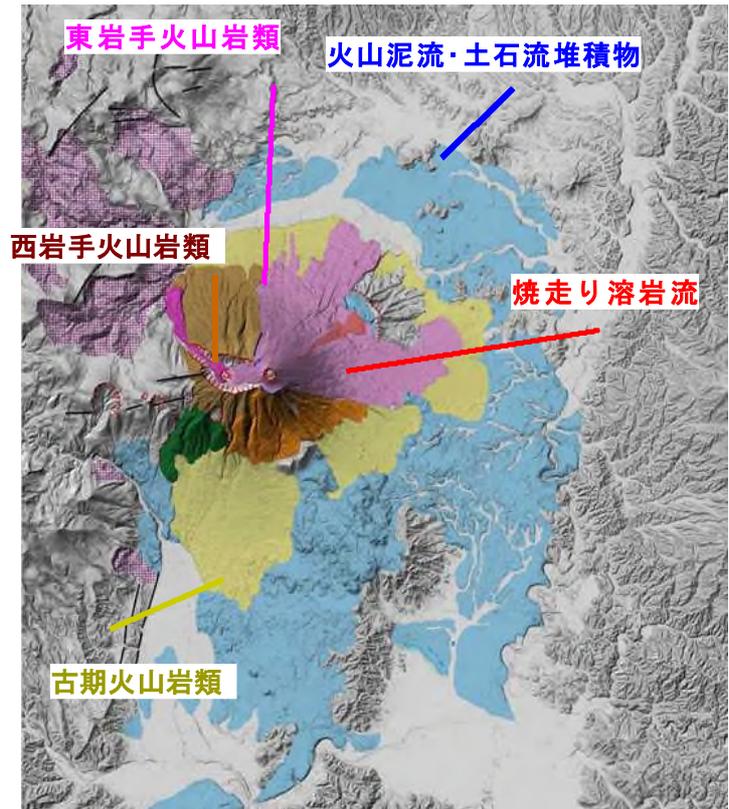
マグマのねばりけの強い火山



繰り返しの成層火山モデル
成層火山の断面の観察
白い粉は、火山灰に模した印象剤

地域教材でもある岩手山の火山も、複雑な形成史を持つ複合火山である。この形成を理解するためにも効果的な実験といえる。

そして、右図のような地質図と、実験により、自分達がつくった立体モデルと比較することにより、幾層もの溶岩流や火山灰が重なっていることが理解でき、断面を切る作業を行うと、火山の断面を推定する力も身につけられる。



【参考文献】「歯科用印象材を活用した火山モデルの開発と実践」 境智洋

【地02】 火山灰の観察

1. 準備

試料：火山灰（なるべく岩手県内、身近な地域の火山から噴出したものを観察させたい。）

- ・玉山火山灰：高温型石英を多く含む。野外では白色～淡黄色。七時雨火山起源と考えられる。
- ・雪浦軽石：輝石を多く含む。野外では白色でよく目立つ。岩手山起源と考えられる。
- ・石花第一スコリア：カンラン石を多く含む。野外では固いため突出している。岩手山起源
- ・十和田川口軽石：形のよい長石や輝石を多く含む。野外ではオレンジ色でよく目立つ。
十和田火山起源と考えられている。
- ・日向第一軽石：形の整った高温型石英を多く含む。野外では白色～淡黄色。栗駒山ないし鬼首火山起源と考えられる。

器具：双眼実体顕微鏡（ルーペ）、シャーレ、筆（なるべく細いもの）、ビーカー 500ml 以上、蒸発皿、アルミカップ、ホットプレート、乳棒、乳鉢、トレイ

2. 手順

- (1) 火山灰をビーカー（蒸発皿）に入れる。試料によるが一握りくらいでよい。【図1】
- (2) 容器に水を注ぎ、火山灰を指で底面に押しつけるようにして洗う。【図2】
- (3) 洗ったら濁った水は捨て水が澄むまで繰り返す。
このとき、直接流しに流さないようにトレイ等に一時溜をつくる。そうしないと排水溝が詰まるもとなる。【図3】
- (4) 洗った資料をアルミカップに入れて、ホットプレートなどで乾燥させる。【図4】
（資料がはねる場合にはアルミカップについてくる白い薄紙をののかぶせる。【図5】）
- (5) 乾燥したら、スライドガラスやシャーレに移す。【図6】
- (6) 双眼実体顕微鏡（ルーペ）で観察し、どんな鉱物が含まれるか決定（同定という）する。

【図7】

※野外で観察するときには、ビーカーで何度か洗い、乾燥させずに観察することもできる。【図8】

※堅い火山灰（石花第一スコリアや雪浦軽石など）は、一度乳鉢に入れてから乳鉢で砕いて、水洗いをする。【図9】



【図1】



【図2】



【図3】



【図4】



【図5】



【図6】



【図7】



【図8】



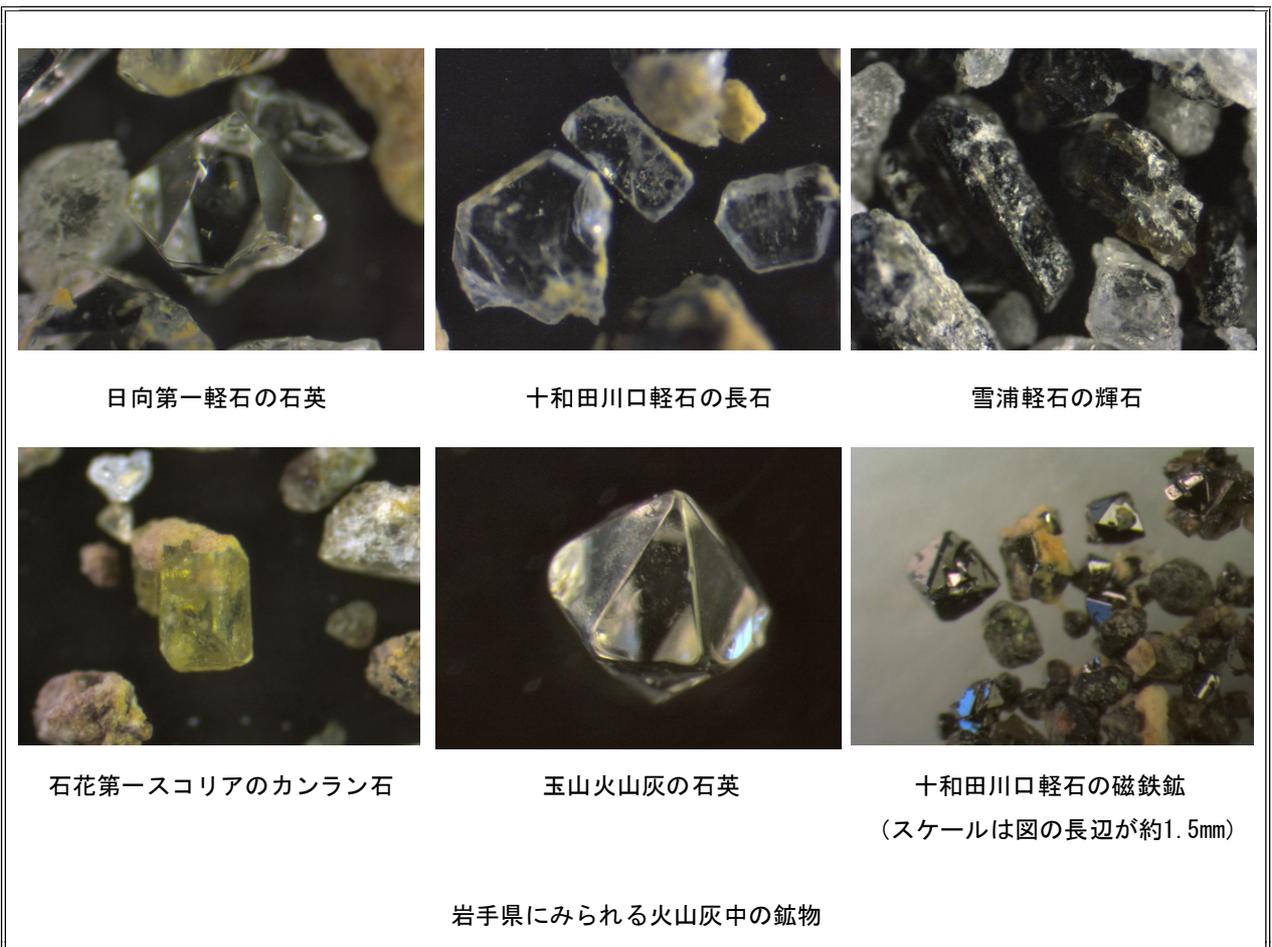
【図9】

3. 解説

火山灰はマグマの揮発性成分が発泡して形成され、その中にはマグマに含まれていた鉱物が結晶を成長させて含まれている。結晶はよく光を反射して非常にきれいに見える。

鉱物の種類、色や形を観察することで、火成岩の色の違いは、鉱物の種類や含まれているそれらの割合であることを思考させるために活用する教材として有効である。

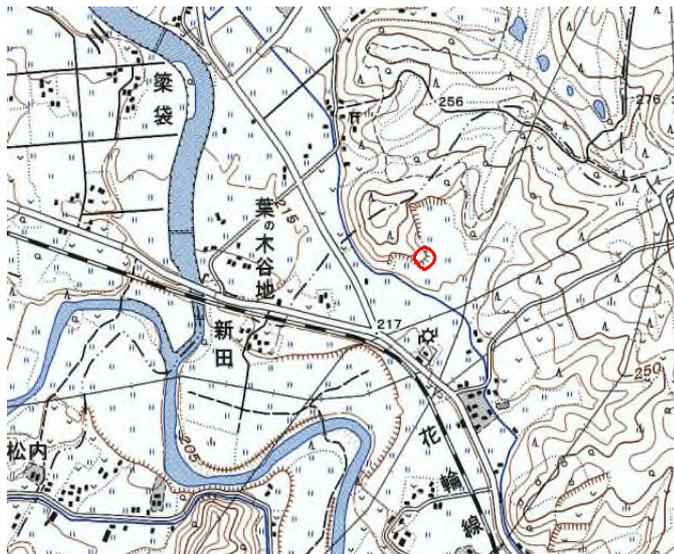
また、岩手県内にある身近な火山の鉱物を用いて観察することで、自分の住む地域の土地の成り立ちなどの興味関心を持たせたい。



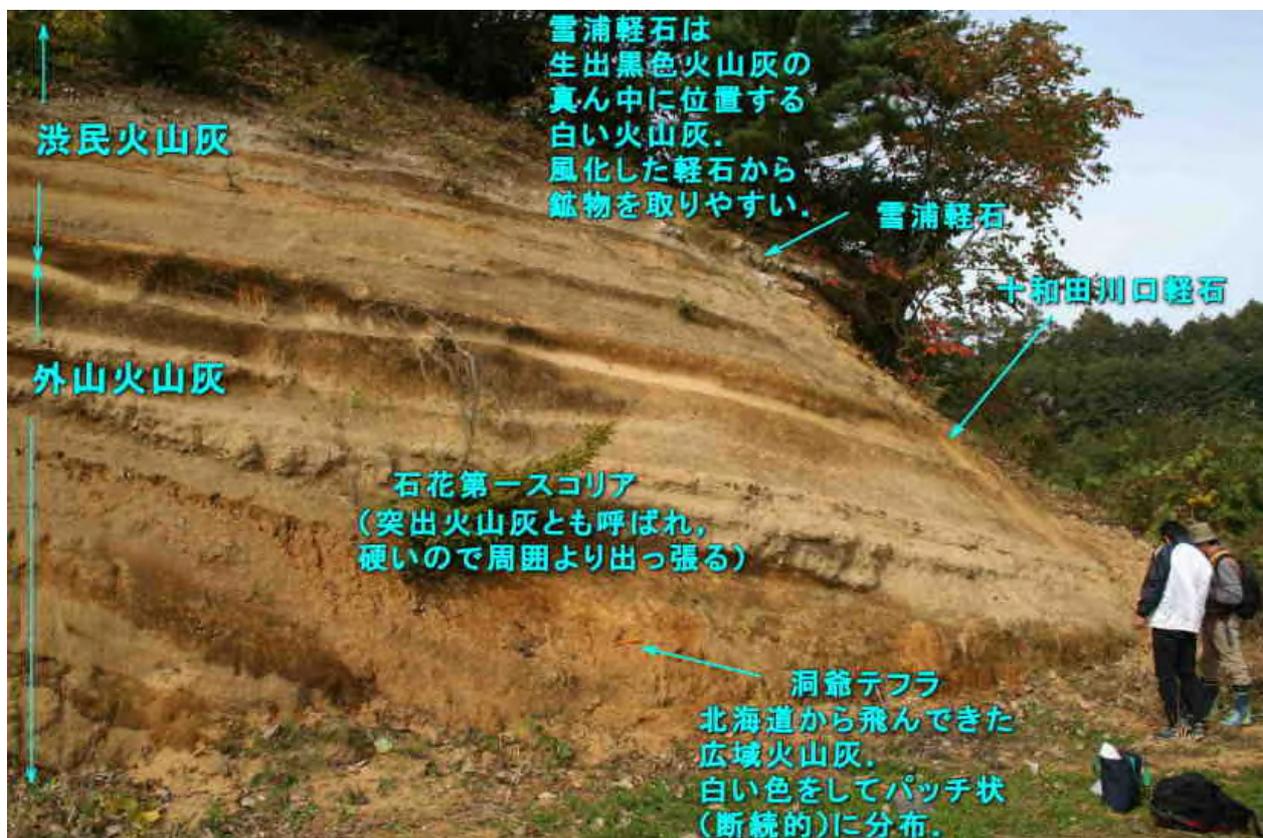
火山灰の採取場所については以下を参考にしてほしい。また、採取のときには、なるべく必要量のみを採取し露頭の破壊を最小限にするよう心掛けること。

● 火山灰採取場所

- ・ 盛岡市玉山区好摩葉の気谷地
雪浦軽石，十和田川口軽石
石花第一スコリア



(国土地理院 1/25,000 「渋民」)



- ・奥州市衣川区小安代
日向第一軽石



(国土地理院 1/25,000 「古戸」)



露頭の白色層から上30cmくらいまでの層

- ・西根第一中学校グラウンド
玉山火山灰

露頭の右に見える白色層
採取は学校の許可を得て行うこと。



■参考文献

- ・大上和良・吉田充 (1984) 北上川中流域胆沢扇状地における火山灰層序
岩手大学工学部研究報告 第37巻 p61-p67
- ・杉山了三 (2010) 地学教育における実験とその重要性 地質ニュース 669号 p27-p36

【地03】 火成岩の組織の観察

1. 準備

- (1) 器具：火山岩の試料，深成岩の試料，火山岩の薄片（玄武岩か安山岩），深成岩の薄片，偏光板，発泡スチロール板（厚さ5 mm 程度），テープ（製本テープやビニルテープ，幅の広いもの，スチロール板を貼る）
観察用ルーペ

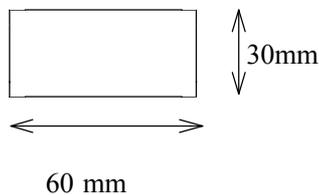
- (2) 岩石組織観察用装置「クロスニコル」作製

（岩手県立宮古高等学校教諭杉山了三先生考案）

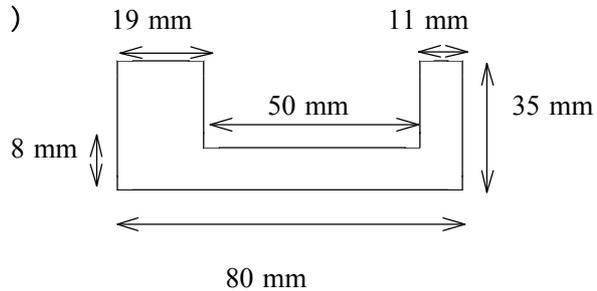
- ① 偏光板と発泡スチロール板を下図のように切る。

・偏光板

（2枚，重ねて暗くなるように！）

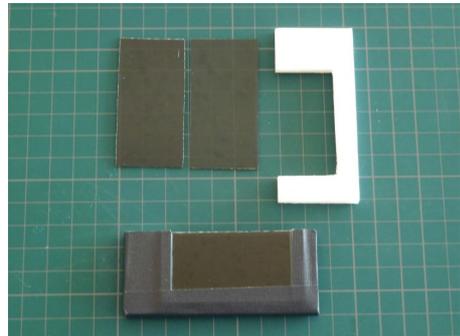


・発泡スチロール板（フレーム）



- ② テープを用いてフレームに偏光板を貼り付ける。（右写真参考）

図1 クロスニコル
部品と完成品



2. 手順

- (1) 火山岩と深成岩を手に持ち，肉眼やルーペを使ってつくり（組織）を観察する。
観るだけでなく，手を通しての触感も使った方が印象にのこる。



図2 花こう岩と拡大図

- (2) 岩石薄片をクロスニコルに入れて，それぞれの組織を観察する。

クロスニコルに入れると，偏光板により干渉色という色がついてみられる。火山岩の細かな組織はなぜできたのか，深成岩の大きな粒の組み合わせはなぜできたのか，考えてみる・・・。

・クロスニコルによる観察（県内産岩石の例）

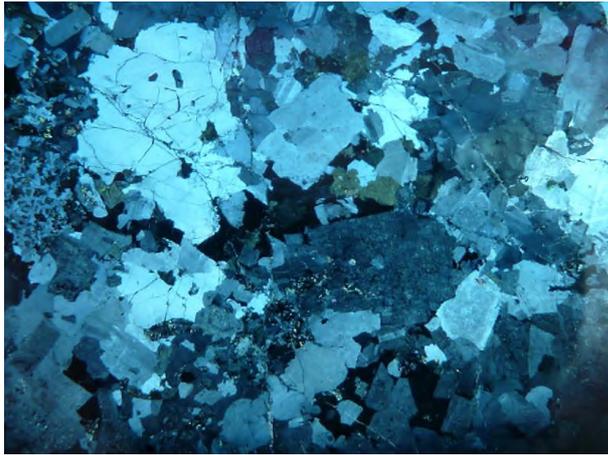


図3 花こう岩（陸前高田市氷上山）

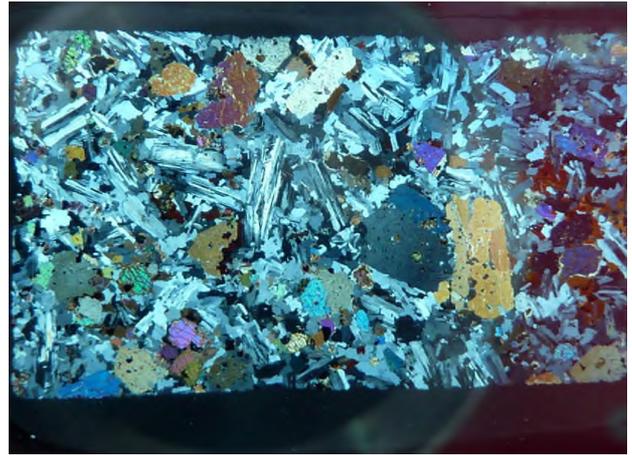


図4 ハンレイ岩（一戸町）

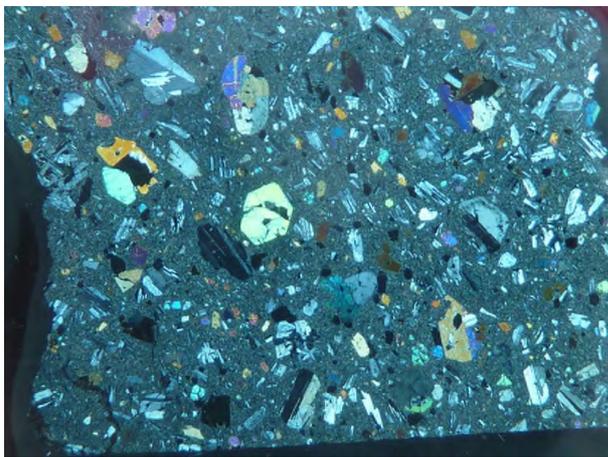


図5 玄武岩（雫石町 秋田駒ヶ岳付近）

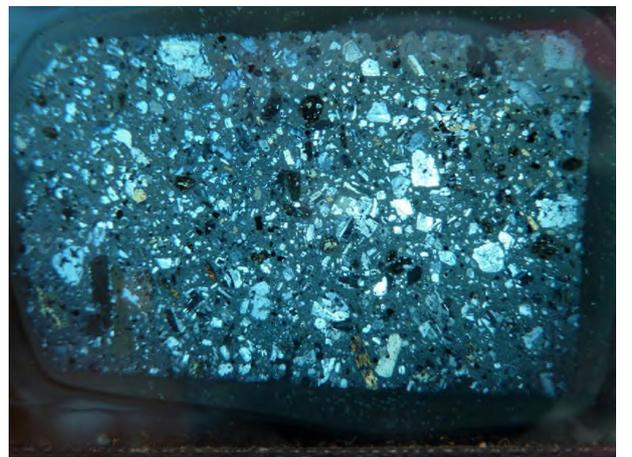


図6 安山岩（八幡平市 七時雨山）

3. 解説

市販されている岩石標本は、深成岩類は平均的であるが、火山岩はいろいろなものが入ってくる。中には、斑晶のない火山岩もあり、観察には適さない。できるだけ斑晶のあるものを購入する。

岩石薄片は、高校にある場合が多い。中学校にない場合は近くの高校に連絡を取ってみるとよい。

深成岩について：一戸付近に分布するハンレイ岩は別名ケンタレン岩ともよばれ、輝石やカンラン石などが豊富に含まれ、クロスニコル（偏光顕微鏡など）でみると非常にきれいな岩石である。同様の岩石は、岩手町日神子、姫神山付近にも分布する。

火山岩について：肉眼でカンラン石が斑晶としてみられる玄武岩は少ない。岩手県内では雫石川にみられる、秋田駒ヶ岳起源とおもわれる玄武岩の転石にカンラン石が多く含まれる。雫石町春木場付近から、46号線道の駅の裏にかけて採取できる。



図7 一戸産ケンタレン岩(磨いた岩片)



図8 雫石川のカンラン石玄武岩(黄色カンラン石)

○深成岩の等粒状組織と火山岩の斑状組織

岩石を構成する鉱物は、ゆっくり冷えると大きく成長し、急冷されると細かい結晶の集合体となる。前者のように大きな結晶が集合してできた組織を等粒状組織といい、このような火成岩を深成岩という。また、細かい結晶が集合している組織を斑状組織といい、このような火成岩を火山岩という。

深成岩（ハンレイ岩）
地下でゆっくり（数十万年！）
冷却。

火山岩（玄武岩）
地表で冷却。斑晶のみ地下
で形成。

斑晶

図9 深成岩（等粒状組織）と火山岩（斑状組織）

・参考 火成岩の名称（火成岩の分類）について

火成岩は、組織と化学分析値（二酸化ケイ素、 SiO_2 の含有量）により、下の表のとおり分類される。したがって、同じ岩石名でも、みかけは様々にある。

SiO ₂ の含有量	約66%		約52%	約45%
火山岩	流紋岩	安山岩	玄武岩	
深成岩	花こう岩	閃緑岩	ハンレイ岩	カンラン岩

図10 流紋岩

左は宮古市浄土ヶ浜の流紋岩
右は雲仙普賢岳の流紋岩



■参考文献

・杉山了三(2010)：地学教育における実験とその重要性．地質ニュース 669号, 27-36

【地04】 結晶のでき方と結晶の大きさとの関係

1. 準備

材 料：カリウムミョウバン，氷，お湯，発泡スチロール

器具等：ビーカー（50 m l）ガスバーナー，マッチ，三脚，電子てんびん，薬包紙
金網，温度計，アルミカップ2枚，メスシリンダー，発砲スチロール，
プラスチックカップ

2. 手順

- (1) メスシリンダーを使って水10m l，電子てんびんを使って10 g のカリウムミョウバンを準備する。【図1】
- (2) 2つのプラスチックカップに氷とお湯を入れておき，その上にアルミカップをのせておく。プラスチックカップは机の熱に影響されないように発泡スチロールの台にのせる。【図2】
- (3) (1)で準備した水とカリウムミョウバンを混ぜ合わせて，ガスバーナーで熱し，全て溶けきったらガスバーナーの火を止める。約80℃)【図3】
- (4) (3)の液体をアルミカップの底が覆われる程度ずつ入れて，冷やす。【図4】
- (5) 冷え方の違いで結晶のでき方が違うことを観察する。



【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

3. 解説

マグマが冷えて固まった岩石を火成岩という。マグマの冷え方のちがいによって、異なる種類の火成岩がつくられ、大きく2つの種類に分けられる。

火山活動（噴火）により、マグマが地表付近まで運ばれ、地表や地表付近で短い時間で冷えて固まった岩石を火山岩という。また、地上にふき出すことがなく、たいへん長い時間をかけて地下で冷えて固まった岩石を深成岩という。

この2つの岩石をカリウムミョウバンを溶かした水溶液を急に冷やした場合と、ゆっくり冷やした場合とで、結晶のでき方がどのように違うのかを再現できる実験である。従来の方法で丸形水そうやビーカーを用いて実験すると時間がかかるため、量や容器のスケールを小さくしたこと、熱を伝わりやすくするために、アルミカップを使用し、机の熱との関係を無くするために、発泡スチロールの上で実験を行った。その結果短時間で、急激に冷やしたときの小さい粒の集まり、ゆっくり冷やしたときの大きな粒の集まりを観察することができるという利点がある。下の写真が実際にできた結晶である。

10分後：小さな粒の結晶が集まってきた急激に冷えて固まった結晶。【図5】

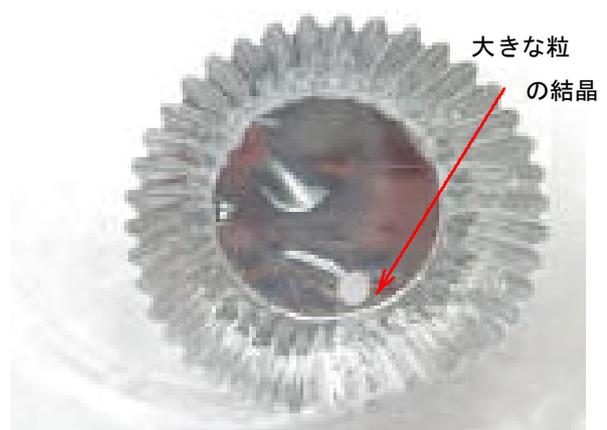
大きい粒の結晶ができたゆっくり冷えて固まった結晶。【図6】

40分後：急激に冷えて固まった結晶。【図7】

ゆっくり冷えて固まった結晶。【図8】



【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

【地05】 地震の波の伝わり方

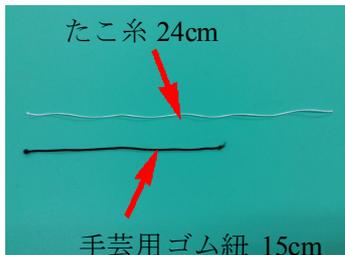
1. 準備

器具等：2 m用のカーテンレール(1)とランナー(20個)，1.5号丸形おもり(20個)
タル型サルカン#8(20個)，たこ糸，手芸用ゴム紐，超強力マグネット(直径6mm)
マグネットシート(5mm×5mmに切る→40個)，ゼムクリップ(20個)
亚克力板(8cm×2cm)，ストロー(直径5mm)，ホットボンド

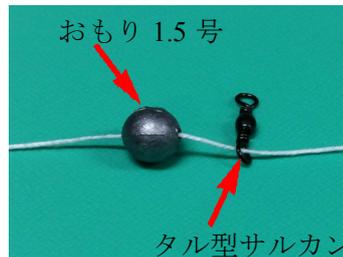
2. 手順

(1) 地震波の装置の作成

- ① たこ糸を24cmとなるように切る。また，手芸用ゴム紐を15cmとなるように切る。【図1】
- ② 丸形おもりとタル型サルカんに①のたこ糸をとおす。【図2】
- ③ ホットボンドで丸形おもり側の糸の端に超強力マグネットを接着する。【図3】
- ④ ホットボンドでタル型サルカン側の糸の端に2枚のマグネットシートで挟むようにして接着する。(磁石の面が外側になるようにする。)【図4】
- ⑤ ④のタル型サルカんに手芸用ゴム紐の端を結びつける。また，もう一方の端には，ゼムクリップを結びつける。【図5】
- ⑥ ⑤の部品を20個つくる。
- ⑦ カーテンレールのランナーの間隔を10cmにして並べて，カーテンレールのランナーに⑤の部品をつるしていき，マグネットシートと超強力磁石をくっつけていく。【図6】



【図1】



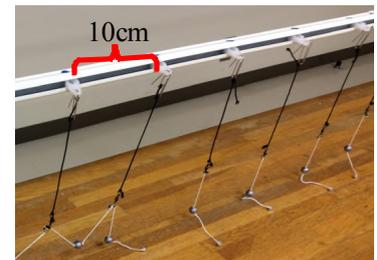
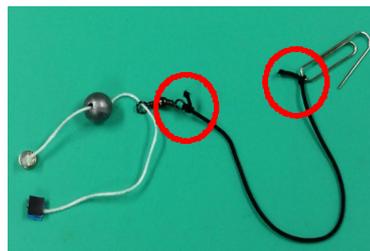
【図2】



【図3】



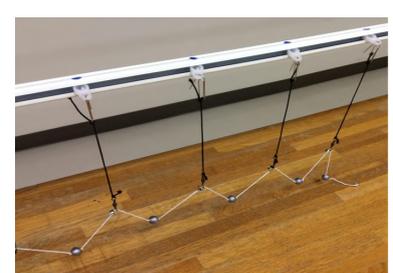
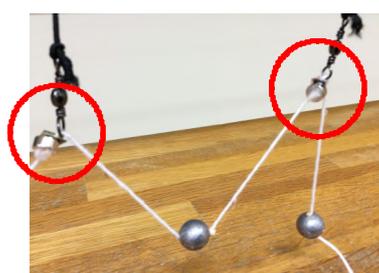
【図4】



【図6】



【図6】

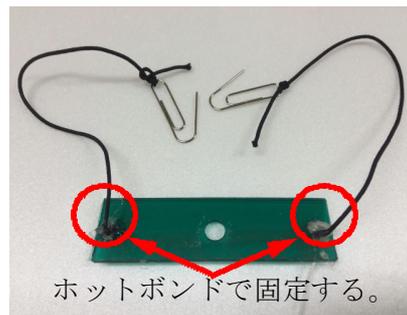


(2) 観測地部品の作成

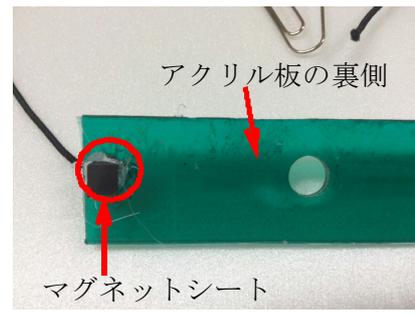
- ① 電動ドリルを使って、アクリル板の中央に直径7 mmの穴をあける。【図7】
- ② 15cmに切った手芸用ゴム紐の端を①の両端にホットボンドで固定し、もう一方の手芸用ゴム紐の端には、ゼムクリップを結びつける。【図8】
- ③ ②の裏側の左端に、ホットボンドでマグネットシートを固定する。【図9】
- ④ 1.5号丸形おもりに24cmに切ったたこ糸を通して、ホットボンドでたこ糸の端に超強力マグネットを固定する。【図10】
- ⑤ ③の裏側の右端に、ホットボンドで④を固定する。【図11】
- ⑥ セロハンテープでストローの先にだるま画鋏を貼り付ける。【図12】
- ⑦ ⑤の中央の穴に⑥を入れる。【図13】



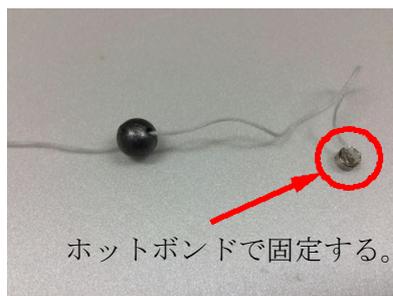
【図7】



【図8】



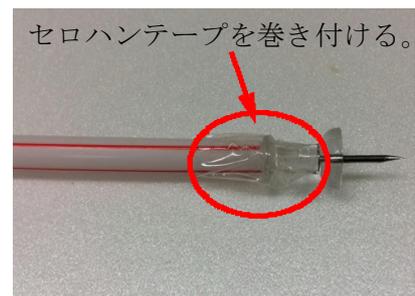
【図9】



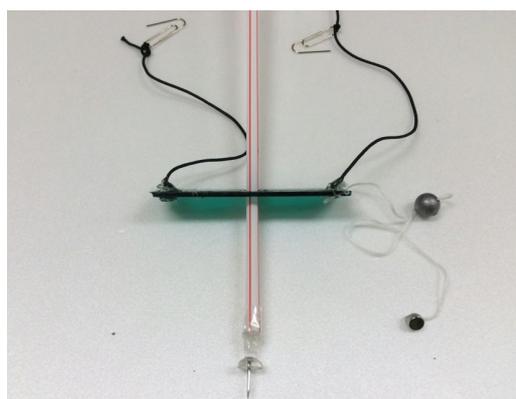
【図10】



【図11】



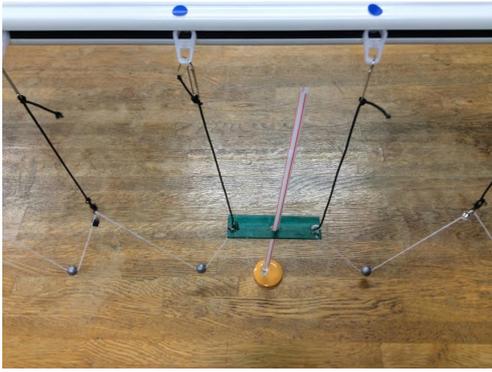
【図12】



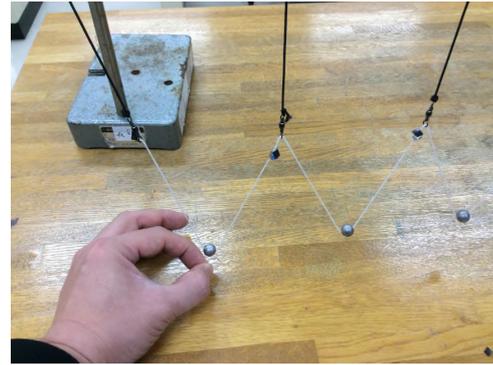
【図13】

(3) 実験手順

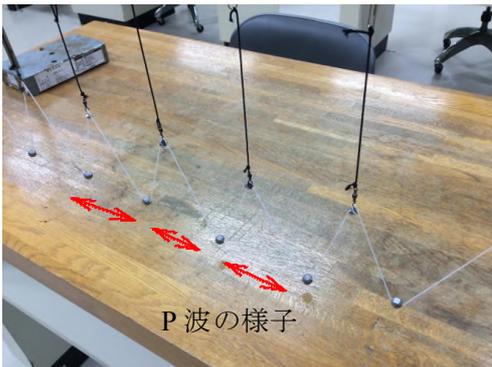
- ① 観測地部品を地震波の装置に取り付ける。【図13】
- ② 端のおもりを指で斜め方向に弾く。【図14】
- ③ 「縦波」「横波」の伝わる様子や観測地部品のストローが揺れる様子を観察する。【図15】



【図13】

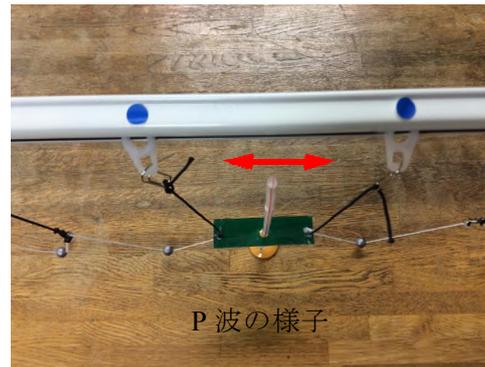


【図14】



P波の様子

【図15】



P波の様子

【図15】

3. 解説

(1) 実験装置の特徴

- ・「P波」「S波」を目で見て理解することができる。
- ・「P波」は、進行方向に対して平行に振動する。
- ・「S波」は、進行方向に対して垂直に振動する。
- ・2つの波の速さの違いを確認できる。
- ・震源からの距離の違いによる初期微動継続時間の違いやゆれ方の違いが分かる。

(2) 指導のポイント

- ・ストップウォッチを利用して、「P波」「S波」の速度を測定することができる。
- ・観測地部品の位置を自由に変えることができるので、震源からの距離による初期微動継続時間の違い等について調べることができる。



観測地が震源に近いとき



観測地が震源に遠いとき

■参考文献

- ・胎内 智也 (1985) 地震波 (P 波, S 波) のモデル実験
- ・岡久 保幸 (1997) 地震波を視覚化するモデル実験

日本は世界でも有数な地殻変動の多い場所にあります(変動帯)。古くから地震や火山と向き合っ
て人々は暮らしてきました。地震を理解し、地震の被害から身を守るためにはどうしたらよいかを
学ぶことは非常に重要なことです。

1. 地震とは何か

地震とは、大地に働く力により、地下で岩石が破壊され、
岩盤に蓄えられていたエネルギーが、震動として四方に伝
わっていく現象です。断層はその破壊の跡です。地震のエ
ネルギーは大きく、建物を破壊したり、大規模な土砂崩れ
を起こしたり、ときには津波を起こしたりすることもあり
ます。火山活動に伴って起こる場合もあります。



図1 一関本寺地域の断層

(1) 震度

震度とは、地震のゆれが各地でどれだけあった
かという目安です。0～7までの10段階(震度
5と6にはそれぞれ弱と強の2段階がある)で示
されます。震度4以上になると置物が落ちたり、
家具が倒れたりする危険度が一層高まります。



図2 2008年岩手宮城内陸地震における
橋の崩落(推定震度6強以上)



図3 気象庁による震度と揺れの資料
(気象庁HPより)

(2) マグニチュード M

震源において、どれだけのエネルギーが解放されたかという目安がマグニチュードMです。
日本の平均的な地震の総エネルギーは年間 5×10^{16} J で、単純に考えると、M 6の地震がおよ
そ 800 回起こることになります。M が1大きくなるとエネルギーは約 32 倍大きくなり、2大
きくなると、エネルギーは 1000 倍大きくなります。観測史上最大級のものはおよそ M 9 (1960
年チリ地震 M9.5) で、そのエネルギーは日本でおこる地震の平均的な年間総エネルギーの約 40
倍、世界の地震の年間総エネルギーと比較しても、約 4 倍の大きさをもつことがわかります。

(1 ジュール[J]は、約 100g の物体を 1m 持ち上げるのに必要なエネルギーです。)

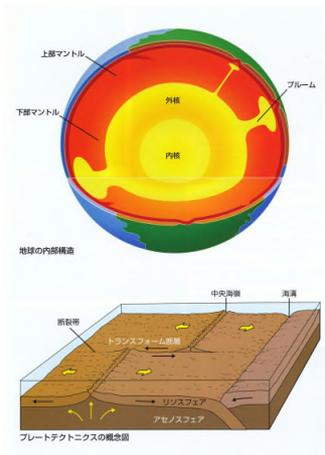


図4 地球の内部構造
(川上ら, 2006より)



図5 日本付近のプレート
(文部科学省資料より)

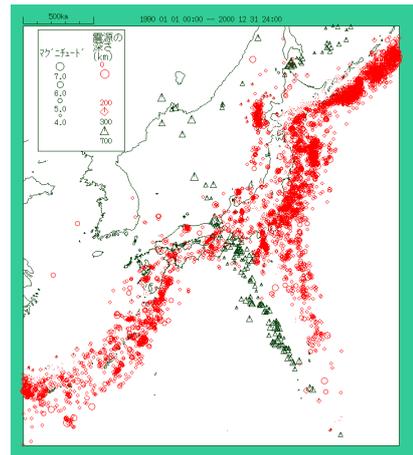


図6 震源の分布
(気象庁HPより)

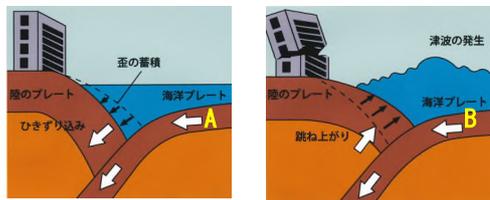


図7 海溝型地震（プレート間地震）と津波の発生
A: エネルギー（歪）の蓄積
B: エネルギー解放 巨大地震
(文部科学省資料より 一部加筆)

2. なぜ地震はおきるのか

地球の内部は高温で（中心部で約 6000℃，太陽表面と同じ！），熱により運動しています。表面の岩盤（プレート，リソスフェアともよばれる）は十数枚にわかれ運動しており，その結果火山活動や地震が発生するのです（図4）。

日本付近には4枚のプレートが存在し（図5），世界でも有数な地震地帯になっています。地表付近や沈み込む海洋プレートでは破壊が起こりプレート内地震が発生します（図6）。

また，プレート境界付近では，沈み込む海洋プレートが大陸プレートを引きずり込み，エネルギーがたまって一度に反発し，海溝型地震（プレート間地震）が発生します（図7）。海溝型地震は一般に巨大地震とも言われ，M 9以上のものは，超巨大地震といわれます。海溝型地震は，津波を発生させることが多くあります。

3. 地震と災害

(1) 活断層による直下型地震

岩手県には図8のように活断層が分布しています。これらが地震を引き起こすと M 6～M 7の地震がおこると考えられています。ゆれによる建物の倒壊から身を守ることが必要です。また，地域によっては崖崩れや地盤の液状化現象による被害も発生します。日頃から地域の地質についても知っておくことが大切です。

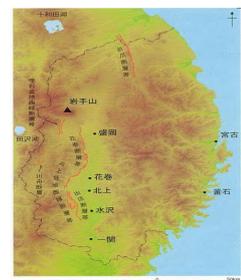


図8 岩手の活断層
(岩手県総務部資料より)

(2) 津波

東北地方には，昔から大きな津波がやってきています。確認できているものでは，869年貞観津波，1611年慶長津波，1896年明治三陸津波，1933年昭和三陸津波（図9），1960年チリ地震津波，そして2011年東

北地方太平洋沖地震津波（図 10）など、いずれも多くの被害を生じています。津波は各地の震度が小さくても、大きな津波が来る可能性があります。また、第1波より、第2波、第3波が大きくなったり、第10波以上の津波が来た例もあります。いち早く避難場所（高いところ）に避難し、指示に従い行動することが大切です。図 11 は宮古市重茂地区の姉吉にある津波記念碑です。1933年昭和三陸津波の後に「此処より下に家を建てるな」と記され建立されました。2011年の津波でも遡上高約40mの大津波がこの記念碑のまさにすぐ近くまで襲来しましたが、現地での犠牲者はありませんでした。悲劇を繰り返さないために、私たちも学び行動しましょう。



図9 1933年昭和
三陸津波 田老
(山下, 2005より)



図10 2011年東北地方
太平洋沖地震津波
陸前高田市



図11 宮古 姉吉
津波記念碑

■参考文献・引用Web

- ・岩手県総務部消防防災課(2000)「岩手の活断層」
- ・川上紳一・東條文治(2006)「地球史がよくわかる本」
- ・文部科学省(2004)「地震の発生メカニズムを探る」
- ・山下文男(2005)「津波の恐怖—三陸津波伝承録—」
- ・気象庁 HP <http://www.jma.go.jp/>

高き住居は見孫の和梁
 想へ惨禍の大津波
 此処より下に家を建てるな
 明治二十九年にも
 昭和八年にも津波は
 此処まで来て部落は全滅し
 生存者僅かに前に二人
 後に四人のみ
 幾年経るとも要心あれ

【地07】 いいにのいの断層実験とボーリング実験

1. 準備

材料：小麦粉，ココア，（カレー粉）

器具：透明容器，ストロー，粉を固めるための板（スライドのケースなど）

しきり板（プラ板：逆断層用），

テープで貼ってL字に曲がるようにしたしきり板（プラ板：正断層用）

2. 手順

(1) 逆断層の形成

① 透明容器に小麦粉をまく。上から板などで押し固める。【図1】

強く押すと断層が明確になり柔らかいと褶曲にちかい形となる。固めた後はケースの内側の縁をきれいに見えるように拭き取る。

② その上からココア（カレー粉）をまいて層をつくり，同様に固める。ココアなどは高価なので薄くて良い。また，ボーリング実験をしないで断層の観察だけならば，層にせず，透明ケースの端の部分（見えるところ）だけにまいてもよい。【図2】

③ ココアの層の上に小麦粉をまき，固め，その上にまた小麦粉をまいて地層状の層構造をつくる。（五層程度が適。再利用の粉などで同じ色の層がないようにすると後のボーリングのときに便利）

④ ケースの端にしきり板を差し込み，観察しながら徐々に板を動かしていく。【図3】

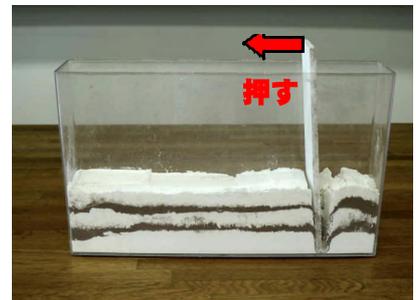
応力[押す力]による逆断層が形成される。【図4】



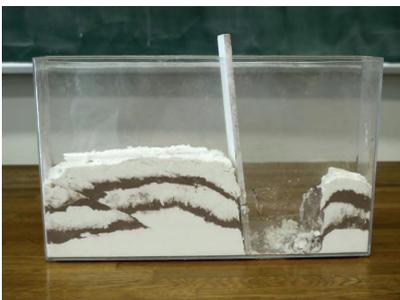
【図1】スライドのケースで固める



【図2】地層の形成



【図3】地層の圧縮



【図4】逆断層の形成



【図5】断層部の拡大

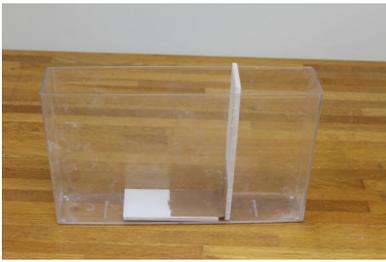
(2) 正断層の形成

① L字型のしきり板を全体の長さの2/3位のところにおく。【図6】

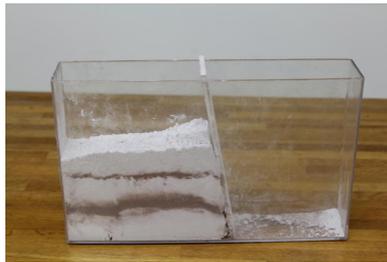
② 逆断層の時のように，小麦粉，ココア，（カレー粉）などで層構造をつくる。上から押し固めるが，強くすると断層が垂直になるので，整える程度でよい。【図7】

③ しきり板をゆっくり引いて正断層をつくる。【図8】

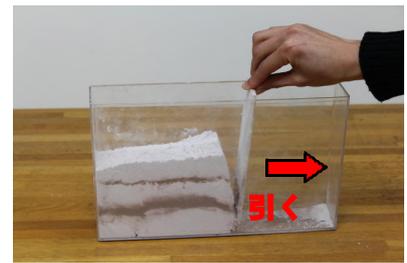
④ 必要に応じて上から押し固め全体を整える。



【図6】正断層のしきり板



【図7】地層の形成



【図8】地層を引っばる



【図9】正断層の形成

(3) ストローボーリングによる地下構造の推定

① (1)(2)より、断層を形成する。【図4】【図9】

② 側面に紙を巻いてみえないようにする。【図10】

③ 質問：「左に見える地層があります。右側に同じような地下の構造があるはずですがみえません。どのようにすれば推定できるでしょうか？」思考させる。

→ ストローによるボーリングの提案。【図11】

④ ストローを等間隔に5本突き刺し、ボーリング試料を取り出す。【図12】

⑤ 紙をとり確認する。【図13】

⑥ ボーリング試料と、未圧縮の地層（図2）から、地下の構造を推定する。【図14】



【図10】紙をまく

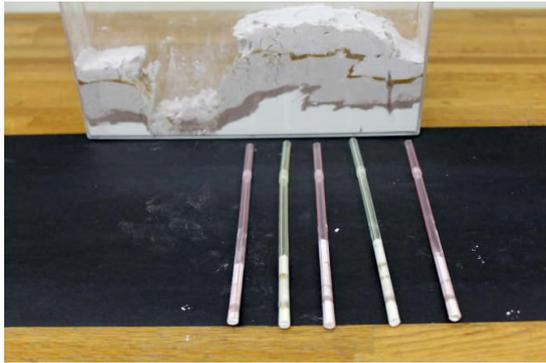


【図11】ストローボーリング

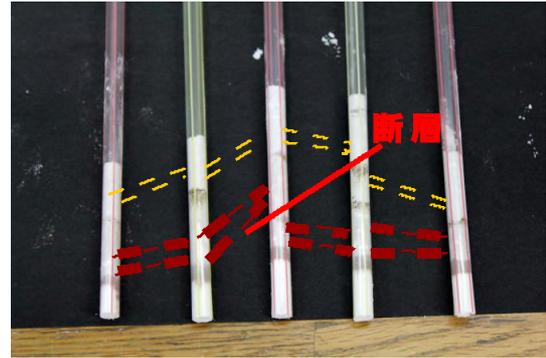


色のついた地層が 2 2 3! 3! 2 ??

【図12】ボーリングの結果



【図13】断面とボーリング



【図14】ボーリングと地層の対比

3. 解説

透明容器は大きいほど迫力があるが、小麦粉やココアなどの材料費が高くてついてしまう。また、ココアが多いほどいい香りが漂うが、これも高くてついてしまう。ただし、一度使った小麦粉やココアは再利用できる（小麦粉とココアを分けて回収するのは大変であるが・・・）。ココアは、ミロなどのように他の成分が添加していると、水分を吸収し固くなるので再利用できない。

よく目立つカレー粉はかぎ層として使用できる。ボーリングは、真ん中付近を行うと側面とは異なる構造になっていることがあるので、なるべく側面側に近いところを行う。同じ色の層が幾つかあると難しいので、再利用する物を含め、各層の色を異なるものにしたほうがよい。

大地に働く圧縮力（押し力、応力）は、断層面上側（上盤）を持ち上げる逆断層を形成する。張力（引く力）は断層面上側をズリ落とす正断層を形成する。

地震は、地球内部が高温でマントルが対流運動すること（プレームテクトニクス）により、表面のプレートが運動することで発生する。

直下型地震（プレート内地震）は、大地に働く力により、岩石が破壊されその震動が伝わる現象である。その際、断層が形成されることが多い。地表付近まで地層を切っている断層は最近活動した断層であり、このような断層を活断層という。活断層は再び活動し地震を引き起こす可能性があり調査観測されている。岩手県内においても、右図のような活断層が存在し、調査研究されている。

◎かぎ層
カレー粉の地層のように目立ち、地域で広く確認できる地層をかぎ層という。離れた地点で地層を比べるときにとっても役に立つ。オレンジ色の十和田川口火山灰や日本各地に広がる阿蘇4火山灰など。

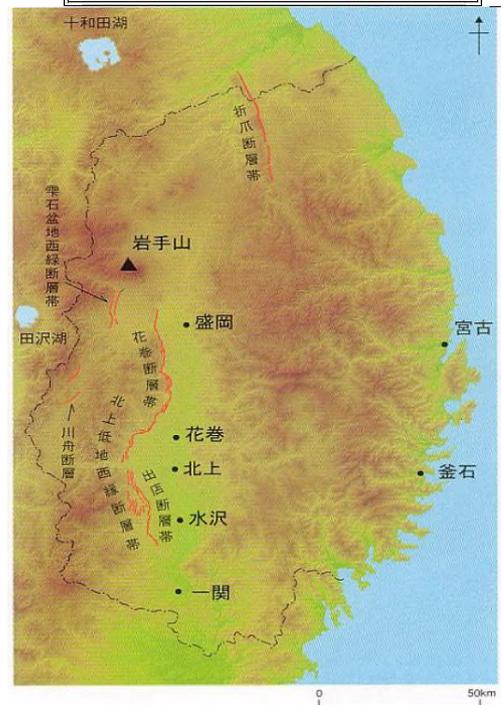
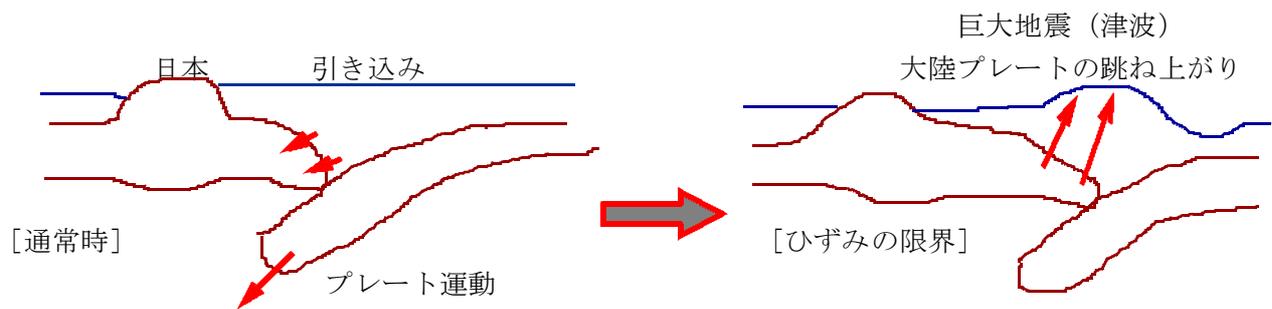


図 15 岩手県の活断層

（「岩手の活断層」岩手県総務部消防防災課編より）

プレート境界付近では、沈み込む海洋プレートが大陸プレートを引きずり込み、ひずみがたまって一度に反発しエネルギーを解放して発生する海溝型地震（プレート間地震）がある。海溝型地震は一般に巨大地震ともいわれ、マグニチュードが9以上のものは、超巨大地震といわれる。

海溝型地震は、深海底から海面までを大きく変動させ、津波を発生させることが多い。



断層のできるしくみを知識として獲得した後に、自分たちで実験した正（逆）断層のモデルと身近な地域の断層との関係を調べたりするのに効果的な教材である。



一関本寺地域の逆断層（活断層）

■参考文献

- ・岡本義雄(2000) 「小麦粉を用いた断層モデル実験」 大阪と科学教育 14 p13-p16
- ・岩手県総務部消防防災課(2000) 「岩手の活断層」

【地08】 ゆっくりはっきり観察できる前線モデル

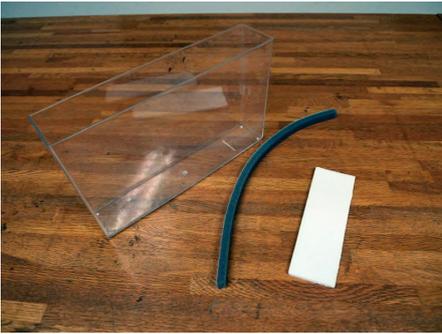
1. 準備

器具：透明容器としきり板（しきり）、温度計、ビーカー（500ml）2つ

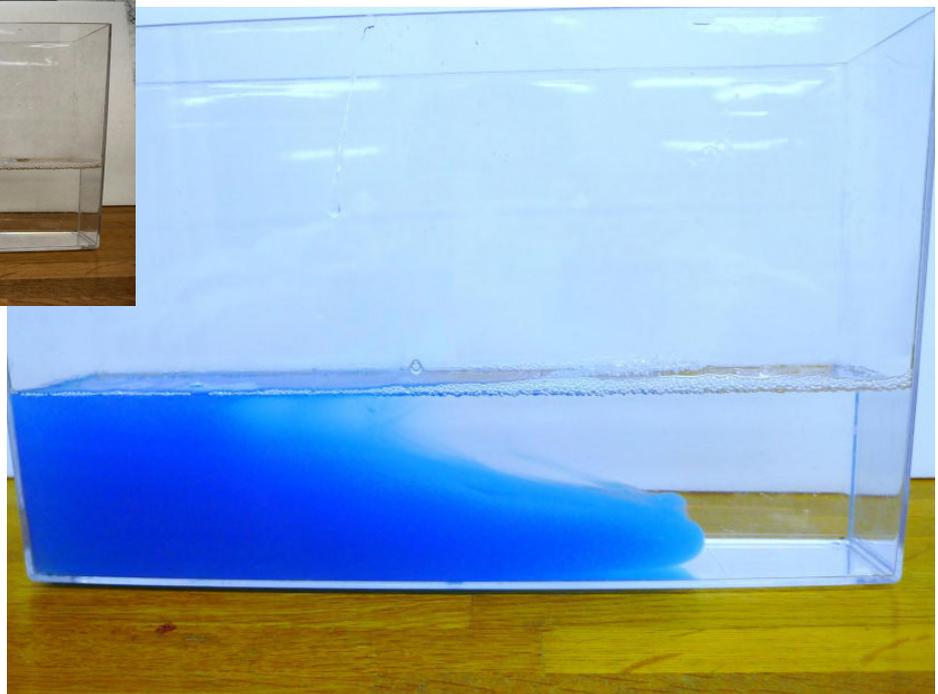
材料：洗濯のり、ポスターカラー（蛍光ペンの替え芯）、お湯

2. 手順

- (1) 透明容器に仕切りを取り付ける。
漏れが気になるときは縁にスポンジテープを貼ると良い。



- (2) 洗濯のりを約 250ml ビーカーにあけ、ポスターカラーや蛍光ペンの芯をお湯に浸して作った着色液を利用して色を付ける。
- (3) 透明な洗濯のりと着色した洗濯のりにお湯と水をたし、全体を 500ml にする。
このとき、透明な方の温度が 5℃～10℃高くなるように温度差をつくる。
- (4) しきりをセットして両側に液体を注ぐ。
- (5) しきりを外して観察する。



3. 解説

氷や保冷剤を使い空気を冷却し、線香の煙を利用して観察させる方法より、境界（前線面）がはっきり現れ、前線面を確認しやすい。

洗濯のりはホームセンターで購入できるし、透明な容器もいろいろなものを応用できる。

【地09】 天体望遠鏡の使い方

1. 準備

器具：天体望遠鏡，方位磁針，
星座早見盤，天文年鑑（天体ナビゲートソフト）



2. 手順

(1) 天体望遠鏡の主な部品の説明

① 光学系（鏡筒の構造）

天体望遠鏡の星を見るための構造は，大きく三つに分かれる。

- ・屈折式：メンテナンスが容易（ほぼ調整の必要はない）。軽い。スタンダード。
- ・反射式：低価格で大口径（口径が大きいと鮮明に見える）。
反射鏡のメンテナンス必要。
- ・反射屈折式：両者の良い部分を兼用。

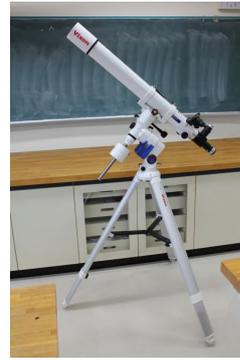


図1 屈折式望遠鏡



図2 反射式望遠鏡

（ビクセン星空ガイドブックより）

② 架台

鏡筒を動かす架台にも二つの様式がある。

- ・経緯台：水平，上下方向に可動。入門用。容易に操作できる。
特別なセッティングなしですぐに観測できる。

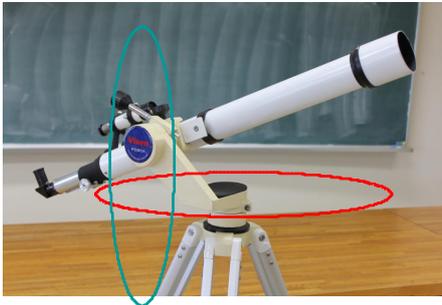
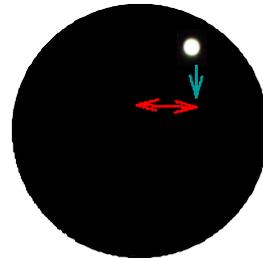


図3 経緯台の可動

◎星の移動



中央に星を移動させるには水平上下2方向動かす。

- ・赤道儀：星の日周運動の方向に可動

容易に星を追尾できるが，セッティングに慣れが必要。重い。

天体写真を撮るときに，モータードライブ装置（自動追尾装置）を取り付け長時間の露出に対応する。

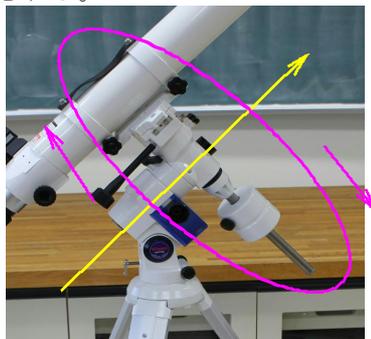
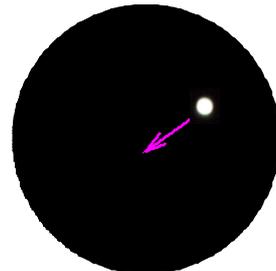


図4 赤道儀の可動

北極星の向き

◎星の移動



星の移動の向きに一度に中央に戻せる。

(2) 操作

経緯台のときは①は省略

① 赤道儀のセッティング

- ・ネジをゆるめウエイトを調整し鏡筒とのバランスをとる。
バランスが悪いと鏡筒が勝手に回転する可能性あり。

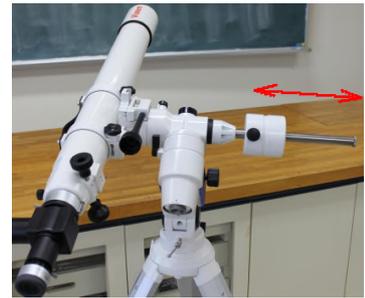


図5 ウエイトの調整

- ・鏡筒を固定するネジをゆるめ鏡筒の前後のバランスをとる。

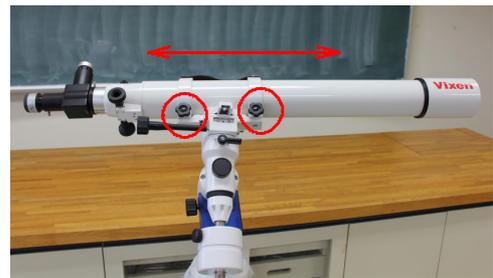


図6 鏡筒の前後バランスの調整

- ・赤道儀の極軸を北極星（天の北極）に向ける。
（おおよそでよい。）
ア 方位磁針で北をさがし鏡筒を北に向ける。
（偏角がわかれば考慮する。岩手はほぼ 7° W
なので、磁針のN極の 7° 東側に向ける。）
イ 北極星（天の北極）の高度は、その地点の
緯度に相当するので、緯度の角度だけ鏡筒の
高度をとる。（北緯 40° ならば 40° ）



図7 赤道儀のセッティング

② ファインダーで天体をとらえる。

- 低倍率のファインダーで天体をとらえる。
昼間のうちに、ファインダーの中央にきたときに
望遠鏡の視野の中央にくるように調整しておく。
月が出ていれば、月でも調整しやすい。



図8 ファインダー

③ ピントを合わせて観測をする。

- 星座早見盤や、天文ソフト、天文年鑑でその日の夜空や惑星の位置をしらべておく
と観測しやすい。

*** 太陽を見ることは絶対にやめる。目に害を与え失明する場合もある。**

3. 解説

(1) 望遠鏡の性能（口径）

天体望遠鏡の性能は、基本的にはレンズの大きさ、口径によって決まる。口径の大きさが大きいほど光を集めることができ鮮明な像をみることができる。

口径を c m で表した数の 3～4 倍（5 c m ならば 15～20 倍）ぐらいが一番星を見たときに美しく、口径を c m で表した数の 10 倍にあたる倍率（5 c m なら 50 倍）があれば、細かいところを観るのにも充分である。ちなみに倍率というのは拡大率のことをいい、対物レンズや主鏡の焦点距離を、接眼レンズ（アイピース）の焦点距離で割った値になる。

(倍率) = (対物レンズの焦点距離) ÷ (接眼レンズの焦点距離)

例えば、焦点距離が 800mm の対物レンズの屈折望遠鏡に、20mm の接眼レンズをつけた場合、上の式にそれぞれの数値を代入すると 40 の倍率となる。

(2) 見え方

屈折式天体望遠鏡をそのままのぞくと、天体（風景）が逆立ちしているように見える。昼間景色を見て確認しておいた方がわかりやすい。

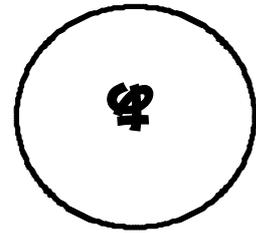


図9 屈折式天体望遠鏡の見え方

反射鏡やレンズが入り込むと見え方も異なってくる。

例えば、天頂（真上）付近の天体を観るときには天頂プリズムを使用するが、みえる像は、正立裏像となる。

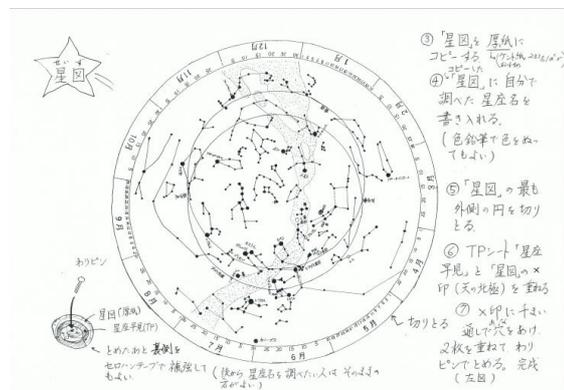
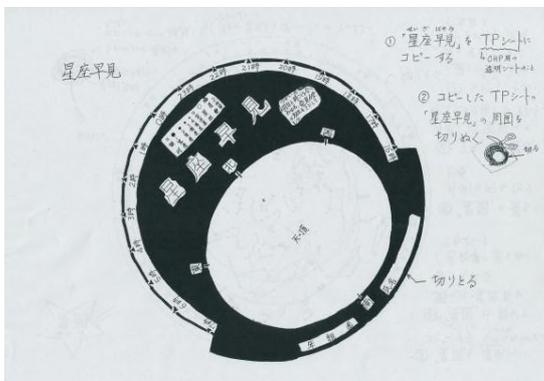
(3) その他

天体望遠鏡を使って天体観測をするとき、目的に応じて、様々なアクセサリが必要になる。代表的なものは、アイピースと呼ばれる接眼鏡で、望遠鏡に付属しているものの他、高倍率のものや、見かけの視界を広くする低倍率のものもあると便利である。また、天頂（真上）付近の天体を観測するときは、天頂プリズムがあると便利である。

* 【参考教材】自分でつくる星座早見盤

子供達に自分だけの星座早見盤をつくらせましょう。

天の川を黄色の蛍光ペンでぬったり、アンタレスやベテルギウスを赤くぬったり、自分の好きな星座をマークしたり・・・



希望の場合センターに問い合わせてください。

■ 参考文献 天体望遠鏡で楽しむ星空ガイドブック(2005) ビクセン版

【地10】 太陽の表面の観察

1. 準備

材料：A 4ケント紙 2枚

セロハンテープ

プラバン

器具：老眼鏡（レンズ）

棒（老眼鏡 +1 → 1 m以上）

（老眼鏡 +2 → 50cm 以上）

三脚

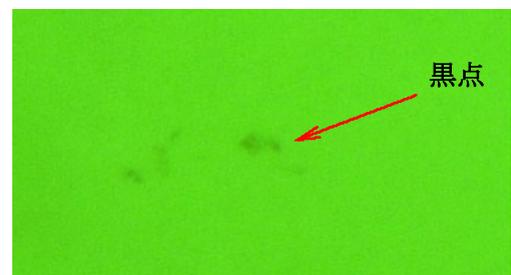


2. 手順

- (1) ケント紙の中央付近に直径1cm程度の円形の穴を開ける。
- (2) 1 / 3程度のところに棒を通す穴を開け両側からプラバンで固定する。
セロテープを使用
- (3) 焦点距離付近にケント紙を取り付ける。
1 / 3程度のところに穴を開け、棒を通し両側からプラバンで固定する。
焦点距離 = $1 / \text{レンズの度数}$ +1ならば 1 m
+2ならば 0.5m
- (4) 三脚で固定し観測する。



太陽と太陽表面（黒点）



3. 解説

太陽は、高温のガスでできた、自ら光を放つ巨大な天体である。そして、わたしたちが表面のようすを直接観測できる恒星である。太陽の表面には黒点とよばれる黒い斑点（周囲より温度の低い部分）があり、地球からもその様子を天体望遠鏡で観測ができることが教科書で紹介されている。本教材は老眼鏡のレンズを用いた簡易的な装置を使って、黒点を観察し、太陽の表面のようすを観察することで、太陽の特徴をつかむことをねらいとしている。

注意

太陽の観察は直接肉眼で太陽を絶対に見ないこと！！失明の可能性がある。

太陽の観察は、木漏れ日のみたり（日食）、専用の遮光板や太陽投影板を使用する。

【地11】 月の見え方 月食

1. 準備

材 料：ペーパークラフトの地球，発砲スチロール球，アルミ自在ワイヤー
器具等：光源（プロジェクター，電球，OHPなど），はさみ
 カッター，セロテープ，ガムテープ，ホットボンド，千枚通し

2. 手順

(1) 地球ヘルメット（太陽ヘルメット）の作り方

- ① ペーパークラフトの地球を利用し，かぶれる大きさのサイズ（小・中学生B4サイズ，大人A3サイズ）まで拡大してカラー印刷する。印刷したものを画用紙など少し厚めの紙に貼る。
【図1】（キャノンのHPよりダウンロード <http://cp.c-ij.com/ja/contents/1006/>）
- ② ペーパークラフトの地球儀の北半球部分だけをはさみやカッターなどで切り取る。【図2】
- ③ 切り取った紙をセロテープで貼りあわせ，ヘルメットをつくる。【図3】
- ④ 地球ヘルメットのでっぺん（北極）に千枚通しで穴を開け，アルミ自在ワイヤー（約90cm）を通す。片方の先端は頭をけがさないようにガムテープで覆う。【図4】
- ⑤ もう一方の先端には，月に見立てたスチロール球を取り付け，ホットボンドで接着する。
【図5】



【図1】



【図2】



【図3】



【図4】



【図5】



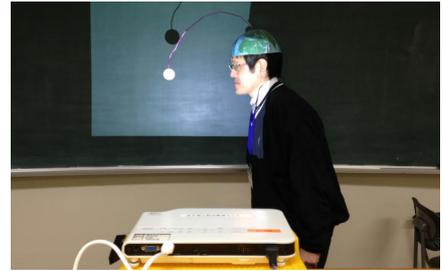
【図6】



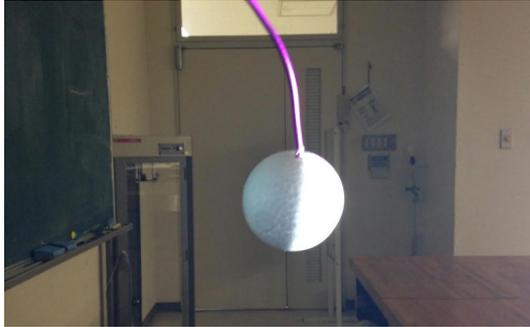
地球ヘルメット

(2) 月の見え方

- ① 教室をなるべく暗くし、光源（プロジェクターなど）を太陽にみたく置く。
(教師は太陽ヘルメットを着用し電球の太陽付近にいるとより生徒に理解しやすい。)
- ② 生徒は地球ヘルメットを着用し、スチロール球の月の見え方を観察する。



月の見え方の観察



半月の観察
太陽-月-地球がほぼ90°



三日月の観察
太陽-月-地球が小さな角度をつくる

(3) 月食と日食

- ① 電球の太陽に背を向け、月が自分の影に隠れると月は暗くなる。(月食)
- ② 月が電球の太陽を隠すと太陽が見えなくなる。(日食)



太陽 地球 月
図7 月食の位置関係



太陽 月 地球
図8 日食の位置関係

3 解説

地球、月、太陽の位置関係や、地球の季節変化を説明するのに三球儀が使われてきた。三球儀をより体験できるように地球ヘルメットを作成して教室内に太陽系をつくりだす。



三球儀

ヘルメットを着用した生徒はもちろん、周りから見ていても興味を抱き楽しく実験できる。電球の太陽の反対側に来るといつも観測者の影に隠れてしまい、月食状態になるが、実際には月の公転軌道が、傾いておりいつも地球の影に入るわけではない(満月)。月食のときの影は地球の形であり、弧を描くようにみえる。このモデルを用いると、地球から見える月の形がどのように変化するかを調べることができる。また、それぞれの天体の位置と地球から見える月の形との関係を説明させたり。月の満ち欠けの様子や日没直後の月の位置が西から東へ移動することから、月が公転する向きを推測させたりすることができる。教室内で三球儀を実演できることで、周囲で見ている生徒は、太陽・地球・月を宇宙

から俯瞰した視点でも観察することができる。

・2011年12月10日の月食



A



B



C



D



E

図7

2011年12月10日の月食

A : 22時33分

B : 23時21分

C : 23時34分

D : 00時45分

E : 01時12分

*皆既月食中の月の色

皆既月食中の月の色は少し赤みを帯びた色になります。これは、地球大気を通過した光がつくる色とされています。地球大気の透過率がよいときには明るい赤み、悪いときには暗い赤みがつきます。地球大気健康診断です。

図8 皆既月食中の月の色(2011年12月10日)

写真は、盛岡第一高等学校天文部提供

露出4秒で肉眼より明るくなっています。



■引用web キヤノン クリエイティブパーク

<http://cp.c-ij.com/ja/contents/1006/>

【地12】 金星の満ち欠けモデル

1. 準備

材 料：ペットボトルのふた，つまようじ，発砲スチロール球，筒
器具等：電球，延長コード，千枚通し

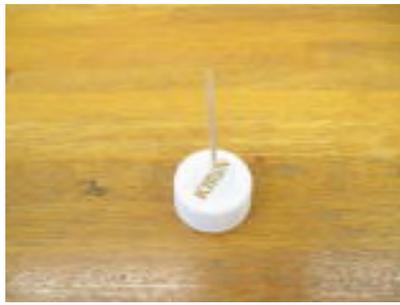
2. 手順

(1) 金星モデル作成

- ① ペットボトルのふたに千枚通しで穴をあける。【図1】
- ② 穴につまようじをさす。【図2】
- ③ ペットボトルのふたの裏から木工ボンドでつまようじを接着する。【図3】
- ④ つまようじの先に発砲スチロール球をさし込む。【図4】
- ⑤ 太陽をイメージした電球を中心に置き，周りに8個の金星モデルを置く。【図5】



【図1】



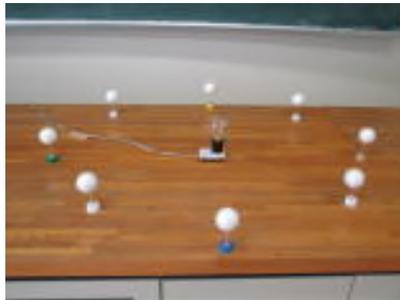
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

(2) 金星の観察

- ① 暗い部屋で電球をつけて，観測している自分を金星の外側を公転する地球からの視点で，金星の満ち欠けを観察する。【図6】
- ② 筒を使って観察し，金星と地球の距離と形や大きさを調べる。【図7】
- ③ 金星が地球から近いときには，大きく見えて欠け方が大きい。【図8】 遠いときには小さく見えて欠け方が小さい。【図9】

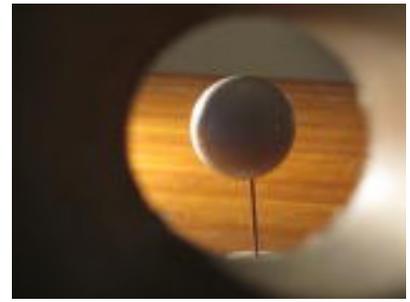
※ 1個の金星を電球に見立てた太陽の周りに自由に置きながら，大きさや欠け方を思考させることもできる。【図10】



【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

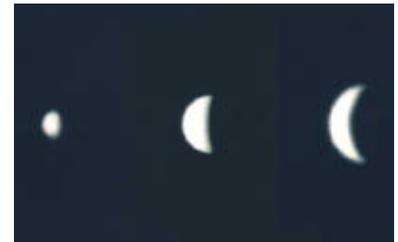


【図10】

3. 解説

小学校では、第4学年で明るさや色の違う星があることや、星座を構成する星の並び方は変わらないことについて学習している。ここでは内惑星である金星の観察記録や資料【図11】から、金星の形と見かけの大きさの変化などの基づいて金星と地球との位置関係を考えさせ、このことから金星の公転や太陽系の構造について考察させることがねらいである。

本教材は、机上でコンパクトに観察できることにより、小グループで太陽（電球）、金星（発泡スチロール球）、地球（観測者）をイメージして観察することができる。また、筒を使用することにより、地球と金星との距離と、欠け方や大きさを思考するのに効果的である。



【図11】 観察記録資料
(国立天文台ホームページより)

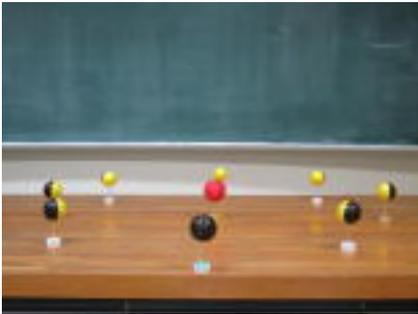


【図12】 よいの明星

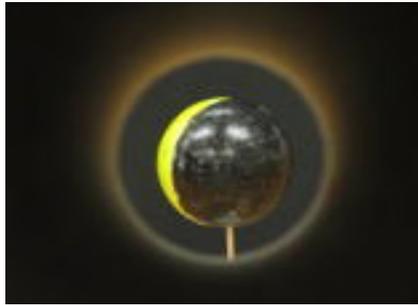


【図13】 明けの明星

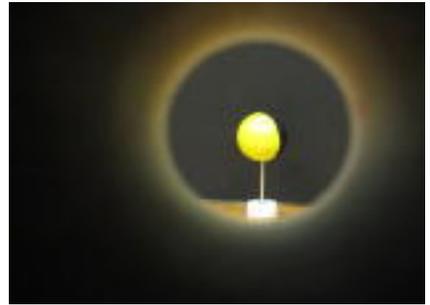
また、これ以外の教材として、暗室が無かったときのために、スチロール球を2色（太陽の光が当たった部分を黄色、かげになっている部分を黒色）に色塗りしたモデル【図14】【図15】【図16】や傘を用いたモデル【図17】もある。



【図14】



【図15】



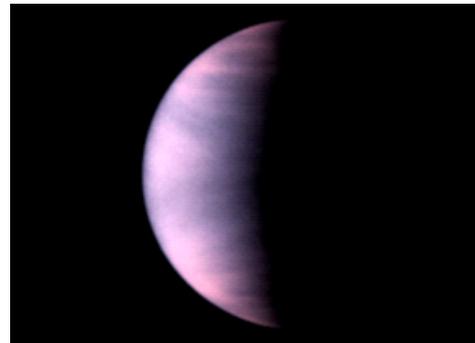
【図16】



図【17】

金星は、夕方の西の空に一番星として輝く星で（明け方の東の空に輝くこともある）、月の次に明るい天体である。太陽から約 45° 以上離れることはない。

*金星とは
地球の内側をまわる惑星で、大きさ平均密度は地球によく似た惑星である。しかし、大気の成分のほとんどが二酸化炭素であり、猛烈な温室効果のため、表面温度は約 470°C に達していると考えられている。



金星 NASAホムページより

■参考引用Web

国立天文台ホームページ <http://www.nao.ac.jp/>

NASA ホームページ <http://www.nasa.gov/>