

中学校理科観察・実験書

- 学習指導要領改訂に伴う中学校理科観察・実験指導資料 -

平成24年2月14日

岩手県立総合教育センター

科学産業教育担当

関 向 正 俊

中 村 学

村 上 弘

高 橋 一 成

千 葉 弘 一

長 野 桂 子

目 次

エネルギー

- 【物01】 1年：光と音「パソコンを使った音の観察」
- 【物02】 1年：光と音「光学台とカメラの制作（ものづくり）」
- 【物03】 2年：電流「真空放電と陰極線」
- 【物04】 2年：電流と磁界「交流の発電と観察」
- 【物05】 3年：運動の規則性「Wi i リモコンを用いた運動の分析」
- 【物06】 3年：力学的エネルギー「物体の持つ運動エネルギーの変化」
- 【物07】 3年：エネルギー「5分で制作，1分で放射線が観察できる霧箱の実験」

粒 子

- 【化01】 1年：身のまわりの物質「プラスチックの性質」
- 【化02】 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03】 1年：身のまわりの物質「溶解度曲線の作成」
- 【化04】 2年：化学変化と原子・分子「失敗しないカルメ焼き」
- 【化05】 2年：化学変化と原子・分子「水の合成」
- 【化06】 2年：化学変化と原子・分子「孔雀石から銅を取り出す」
- 【化07】 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08】 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09】 3年：化学変化とイオン「水の生成を確認する中和反応」
- 【化10】 3年：化学変化とイオン「中和反応と溶液の電気伝導度」

生 命

- 【生01】「顕微鏡の使い方」
- 【生02】1年：生物の観察「淡水産原生生物の培養と観察」
- 【生03】1年：植物の体のつくりと働き「植物の葉の構造」
- 【生04】1年：植物の体のつくりと働き「光合成で作られたデンプンの確認」
- 【生05】1年：植物の体のつくりと働き「植物の道管の観察」
- 【生06】1年：植物の体のつくりと働き「種子をつくらない植物」
- 【生07】2年：生物と細胞「色素体の観察」
- 【生08】2年：動物の体のつくりと働き「ヒメダカの走性」
- 【生09】3年：生物の成長と殖え方「体細胞分裂の観察」
- 【生10】3年：生物の成長と殖え方「花粉管の観察」
- 【生11】3年：生物の成長と殖え方「DNAの抽出」
- 【生12】3年：生物と環境「クマムシの観察」
- 【生13】3年：生物と環境「水生生物による生物学的水質調査」
- 【生14】3年：生物と環境「外来生物の調査」

地 球

- 【地01】1年：火山と地震「火山灰の観察」
- 【地02】1年：火山と地震「火成岩の組織の観察」
- 【地03】1年：地層の重なりと過去の様子「いいにおいの断層実験とボーリングコア実験」
- 【地04】1年：地層の重なりと過去の様子「資料：地震と災害」
- 【地05】2年：天気の変化「前線の観察」
- 【地06】3年：太陽系と恒星「天体望遠鏡の使い方」
- 【地07】3年：月の運動と見え方「月の見え方 月食」
- 【地08】3年：「金星の満ち欠けモデル」

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、計測のためのソフト、各種の音源

2. 実験手順

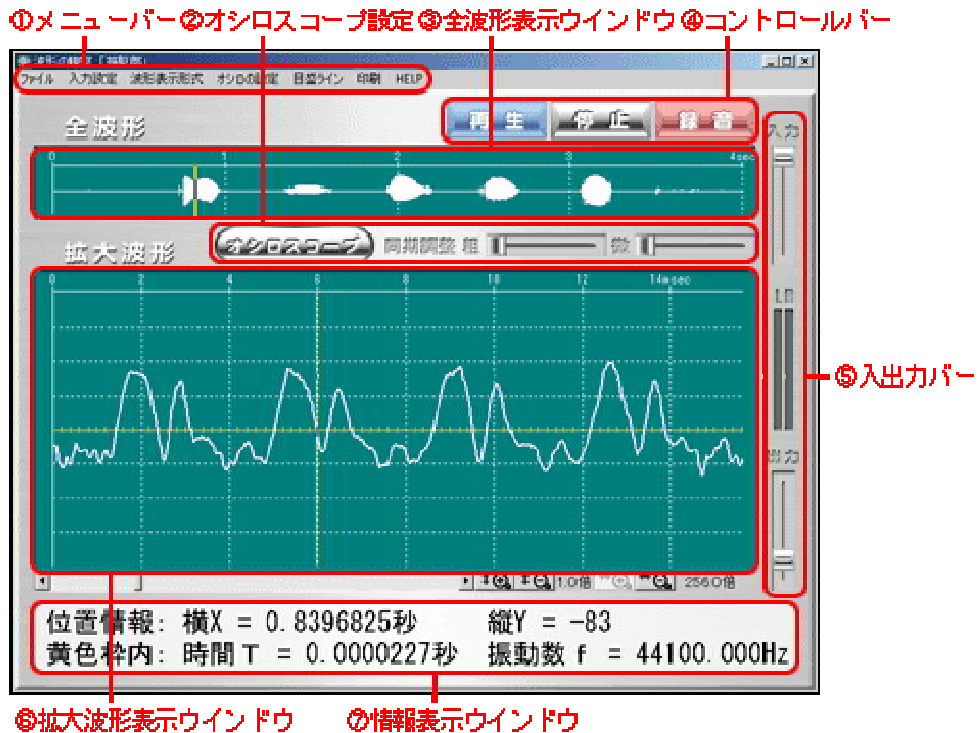
(1) 理科ねっとわーくのソフト「振駆郎」を使う場合

ソフトは事前に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>

パソコンにマイクロホンを接続する。適当なマイクがない場合は、100円ショップから「耳元スピーカー」など、プラグ・コード・スピーカーが一体になった商品を購入する。

振駆郎の画面構成



各部分の名称と内容は次の通り。

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。

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。

全波形表示ウインドウ ...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。

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。

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。

拡大波形表示ウインドウ ...音データを波形として表示する。

情報表示ウインドウ ...カーソルの位置や計測情報を表示する。

FAQ よくある質問

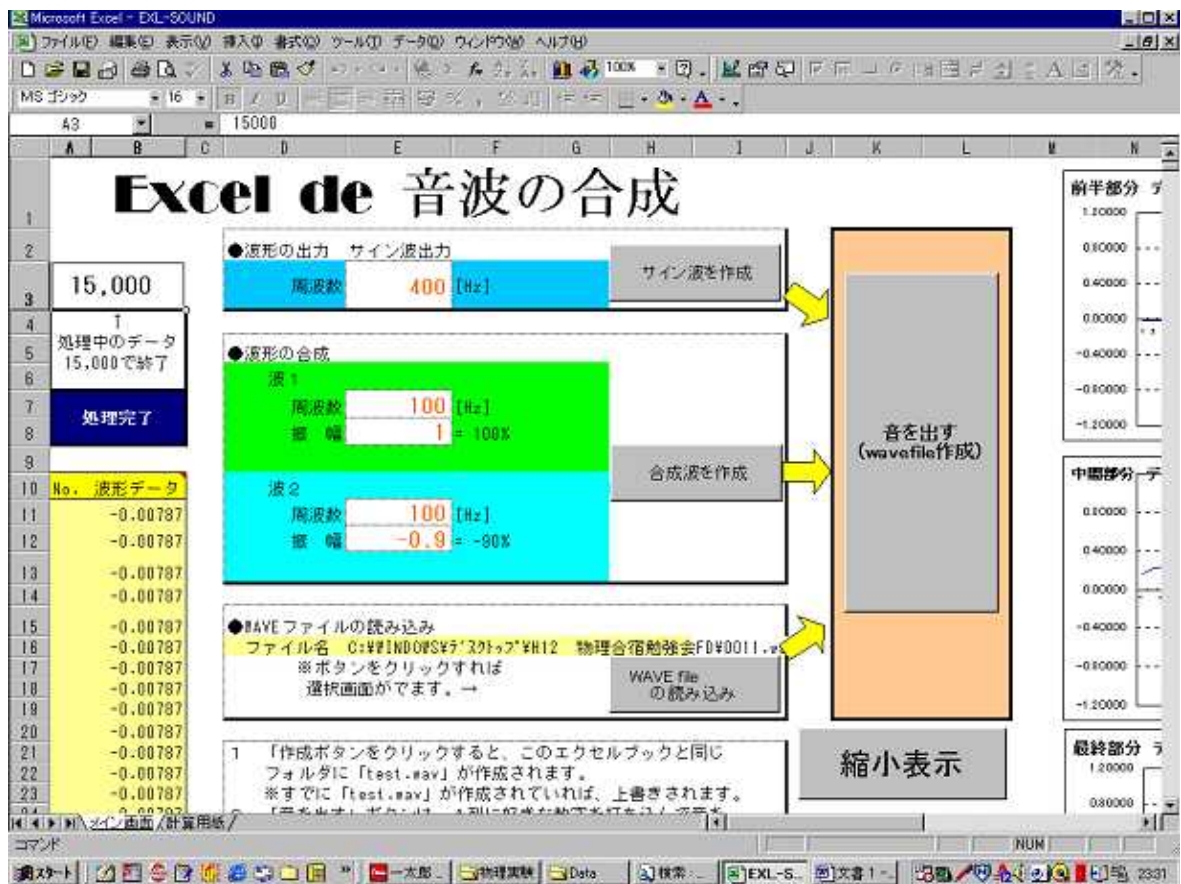
Q : 「オーディオデバイスが見つかりません。」というエラーメッセージが出て起動できない。

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。



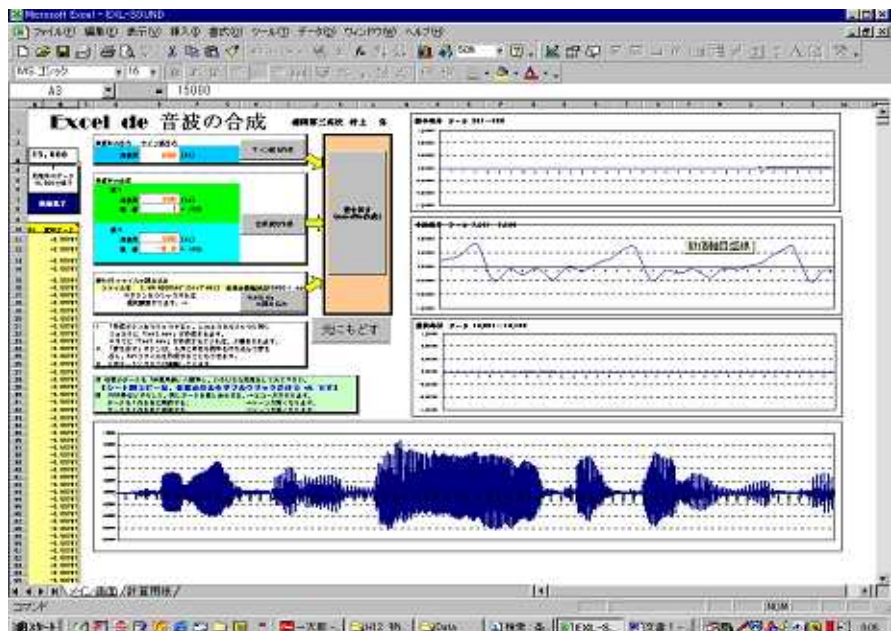
このブックは「メイン画面」と「計算用紙」の2枚のシートからなる。

「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。

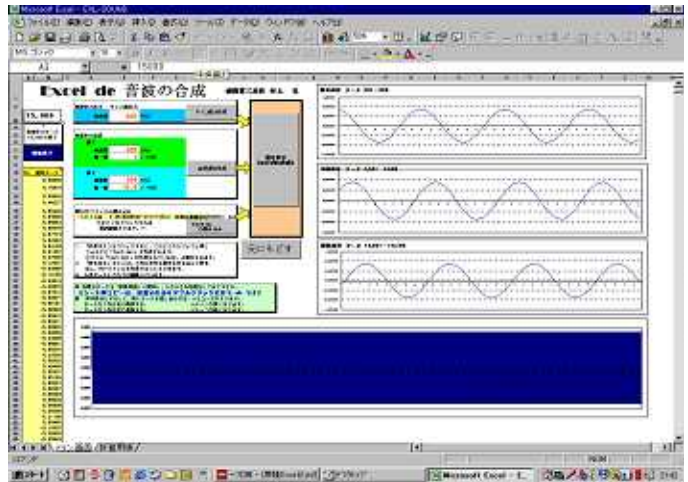
データが格納されると、全体を表すグラフと、前半・中間・後半を部分的に拡大したグラフがシート上で確認できる。



E 3 セル

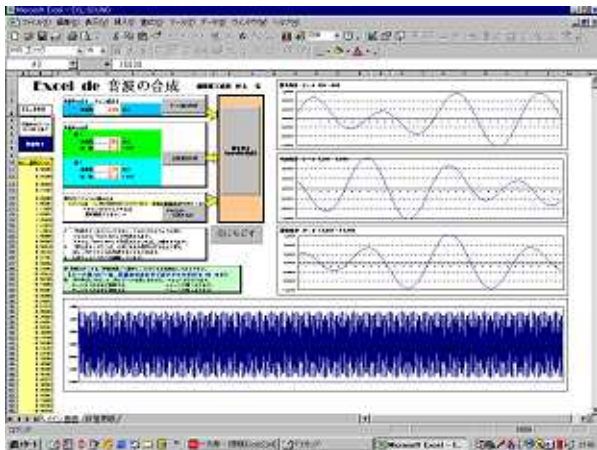
サイン波を出力する場合の振動数を入力する。ここに任意の数値を入力して「サイン波を作成」ボタンをクリックすると、サイン関数で計算された数値が、B列に 15,000 個格納される。

右の図は 400Hz の正弦波の波形。

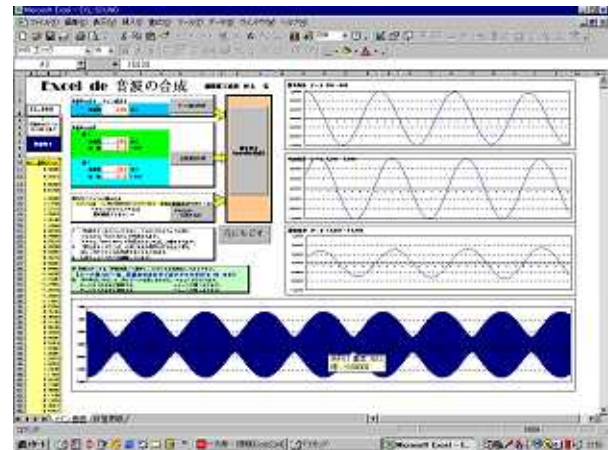


E 7・E 8・E 11・E 12 セル (高校向け)

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。

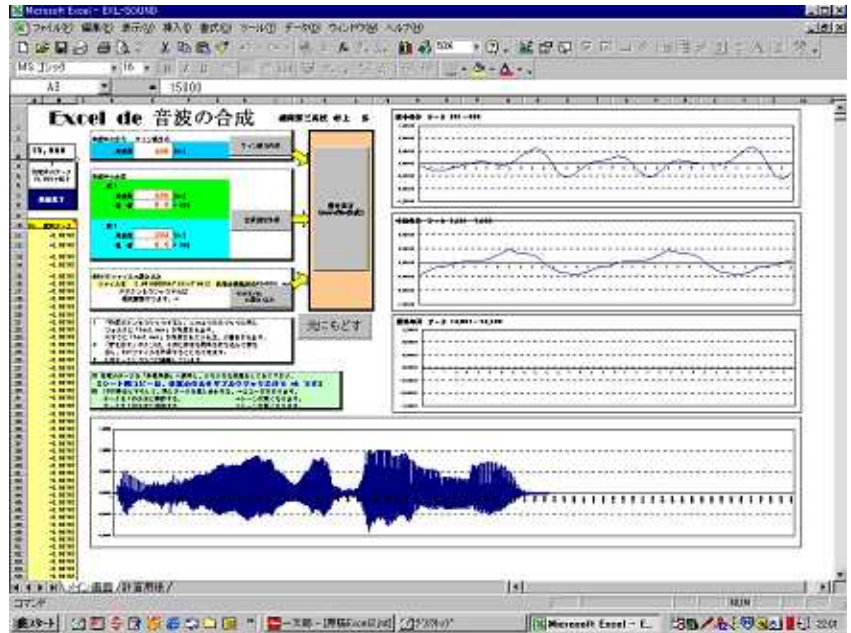
「WAVE fileを読み込み」ボタンをクリックすると、WAV ファイルを選択するウィンドウが開くので、パソコンに保存されている WAV ファイルを選択する。データ数を固定していますので、15,000 件を越える部分は切り捨てられる。再生時間から考えて、およそ 20KB 程度のデータが適している。

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、何をすればい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。

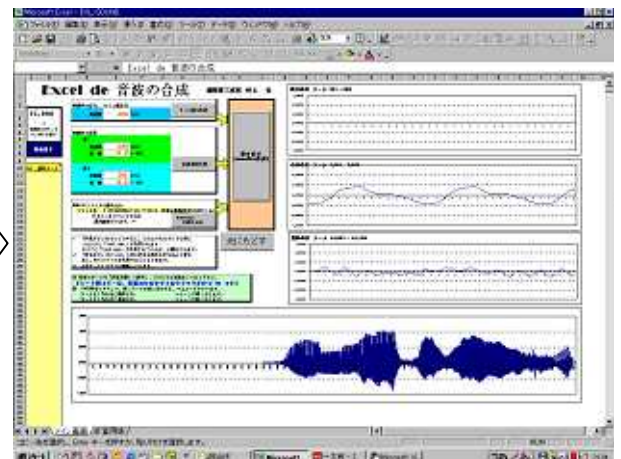
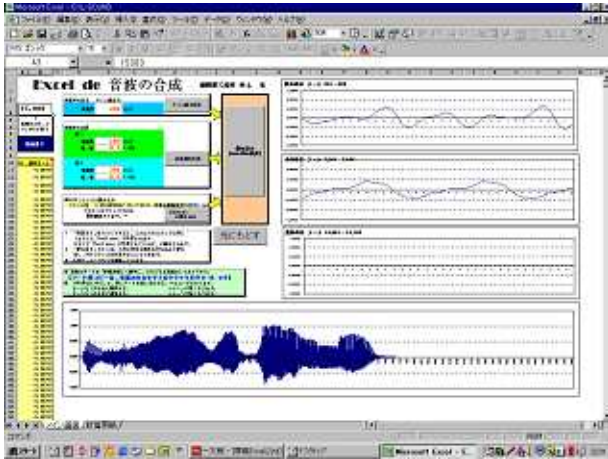
それらしくは聞こえるものの、減衰や遅れの値についてはもう少し調べてみる必要がある。

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。

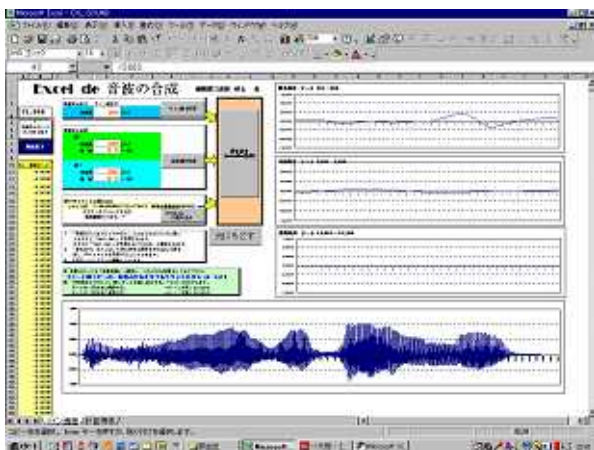


データを2分の3倍にする ・ データを3分の2にする

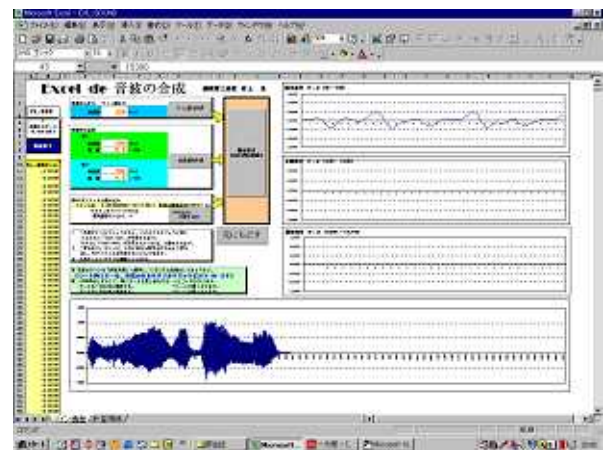
これらの処理では、B列のデータを2個に1個の割合で追加したり、

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

光学台と簡易カメラの製作（ものづくり）

1. 準備

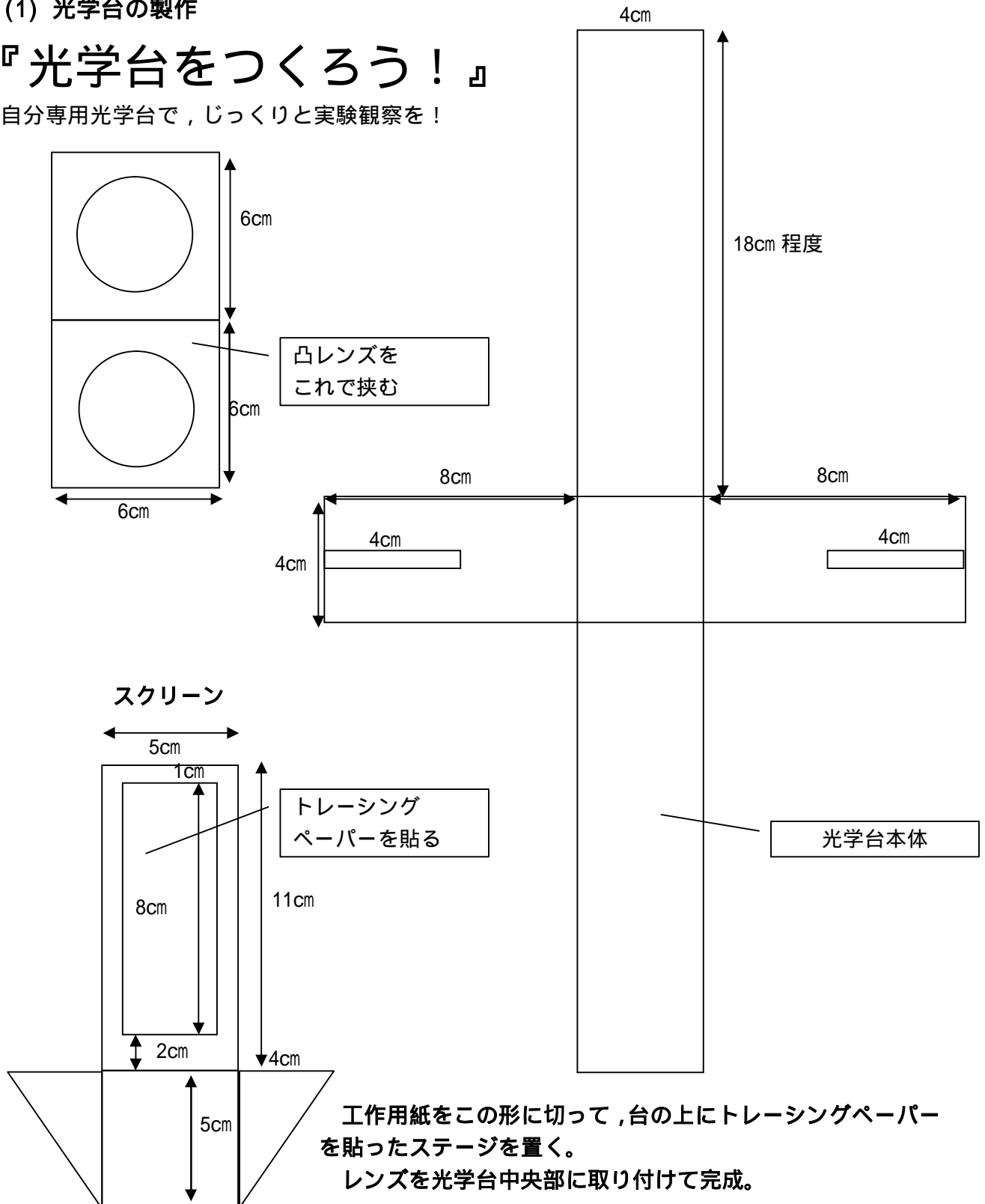
工作用紙，凸レンズ，トレーシングペーパー（またはスーパーの水物入れのビニール袋）のり，木工用ボンド，はさみ，カッターナイフ，ビニールテープ，黒マジック付

2. 製作

(1) 光学台の製作

『光学台をつくろう！』

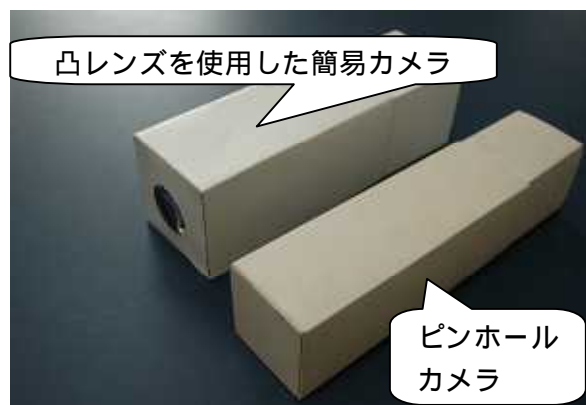
自分専用光学台で，じっくりと実験観察を！



(2) 簡易カメラの製作

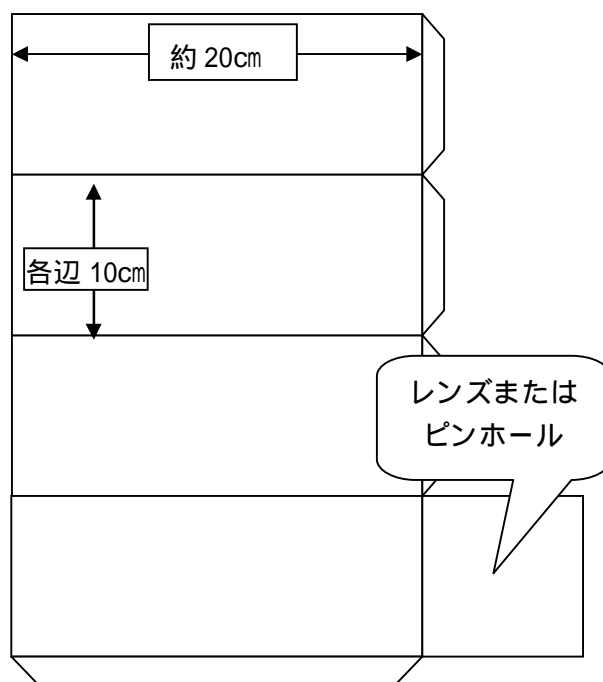
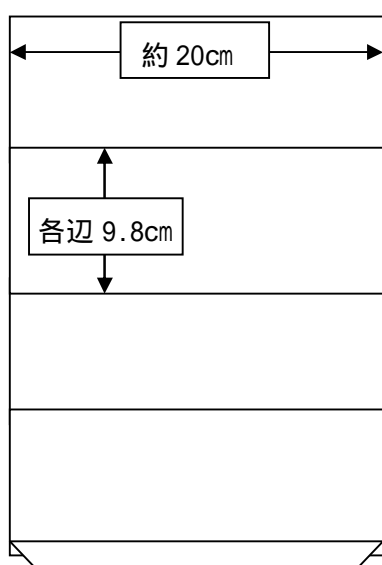
『カメラをつくらう!』

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



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



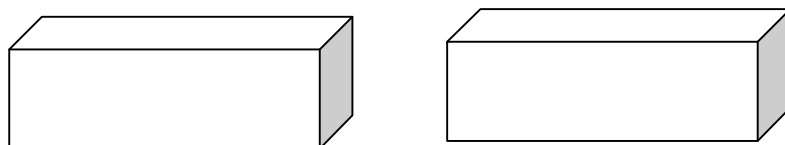
うちばこには，スクリーン部分を切り抜いて，トレーシングペーパーを貼ります。

（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，正方形の中心に画鋏などを使って小さな丸い穴をあけます。

のりしろ部分を使って，四角い箱を組み立てます。

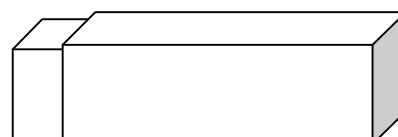


はじめに針で穴を開けたそとばこに，うちばこを入れて外など明るいところを見ます。

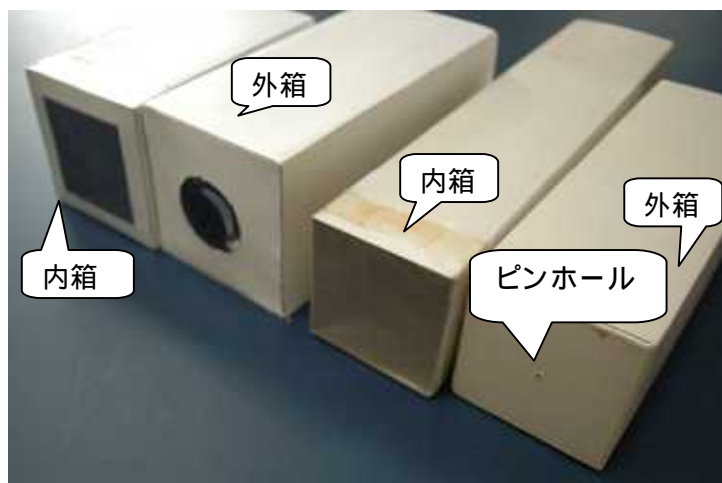
うちばこが，中に入り込んでいると，明るいけれども小さな像を見ることが出来ます。

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。



うちばこを，レンズを取り付けた外箱にいれます。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。



ピンホールカメラの映像と簡易カメラの映像



左側から

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

《参考》

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)を通過して直進し、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。

真空放電と陰極線

1. 準備

器具：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. 実験手順

(1) 誘導コイル単体での放電実験

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。

放電用の円盤電極と針状電極を向かい合わせる。

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。

暗幕などを用いて部屋を暗くする。

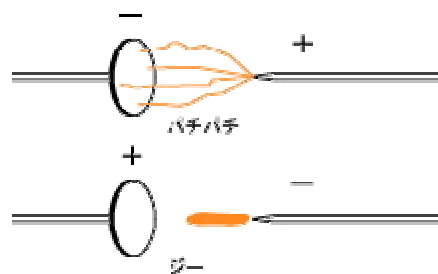
円盤電極がマイナスになるように電源スイッチをオンする。

電極間で火花放電がおきる。

（パチパチという音が出る。）

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行われない。



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

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。

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。

解説

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

円盤電極と針状電極をとともに 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。

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。



FAQ

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池の点に注意する。

- 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

円盤電極と針状電極をとともに 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。

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。

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。

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

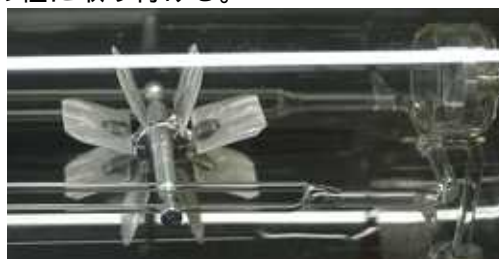
円盤電極と針状電極をとともに 90 度回し，これにそれぞれ



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。

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。

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。一方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)

日本物理教育学会

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 教授資料 数研出版

交流の発電と観察

1. 準備

器具：エナメル線と磁石で作った交流発電機，電流計，オシロスコープ，トランス

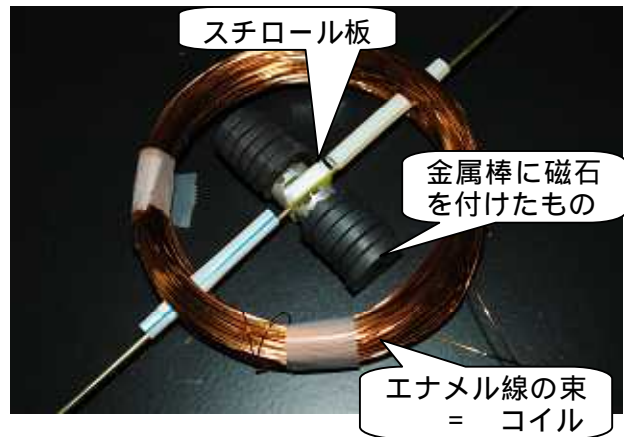
2. 実験手順

簡易交流発電機の自作

エナメル線の束に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。

エナメル線は，たまたま写真の状態の手元にあったものを使用している。巻数は不明だが，多い方が発電能力は高くなる。

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。ネオジウム磁石を含ませるなどして，磁力が強い方が発電能力は高くなる。

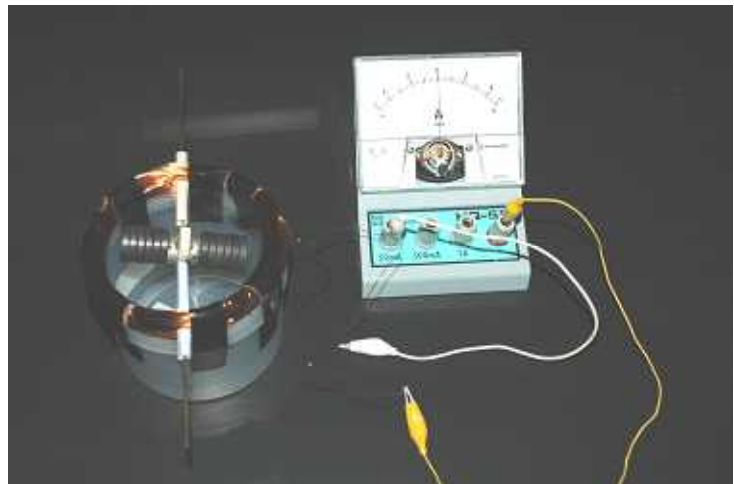


発電実験

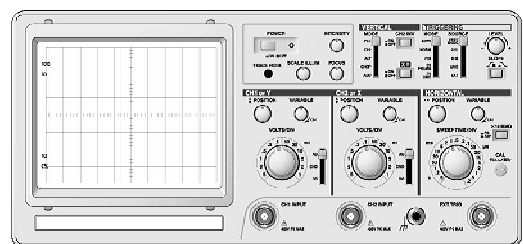
コイルの両端に電流計をつなぎ，金属棒を回転させる。

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。



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。

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、そのままでは感電が危険もあって扱いにくい。

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 100 V 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。



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。

Wiiリモコンを使った運動の分析

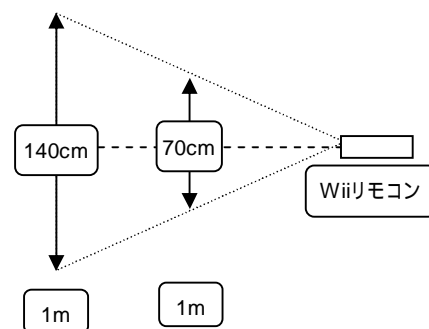
1. 準備

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）

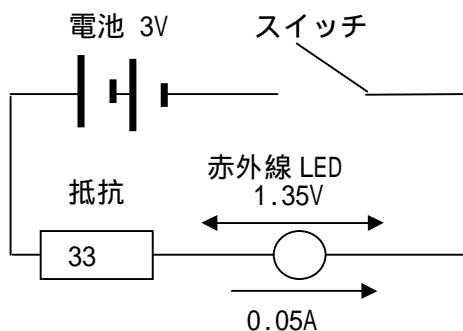


Wii リモコンの検知範囲

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 33	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。

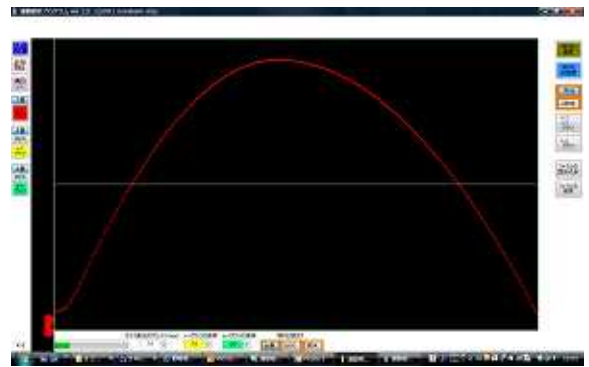
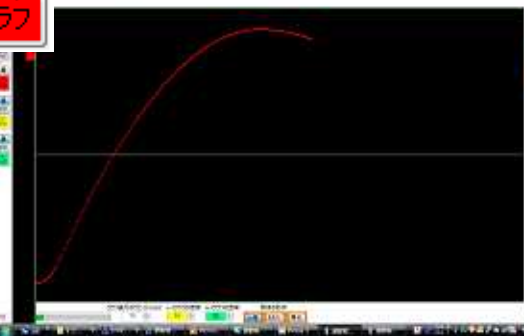


「計測開始」で、赤外線的位置情報を記録しはじめる。同時にこのアイコンは「計測終了」に変化するので、計測終了時にはこのアイコンをクリックすることになる。

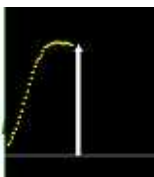
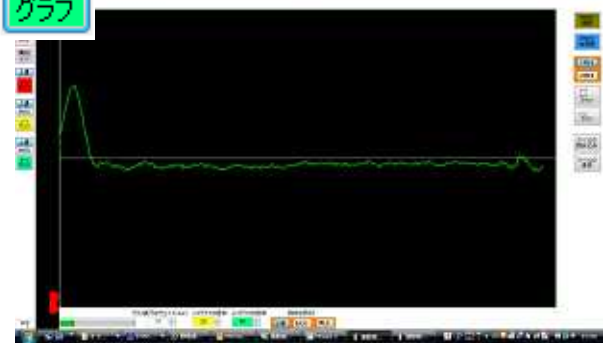
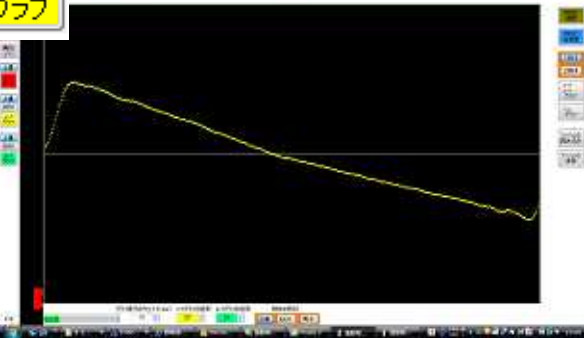


「横向 x-t」は、通常の x-t (みちのり - 時間) グラフを 90° 回転させて表示する。水平に運動する台車の動きを、縦軸をみちのりとした通常の x-t グラフに変換することが苦手な生徒のために用意した。

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。



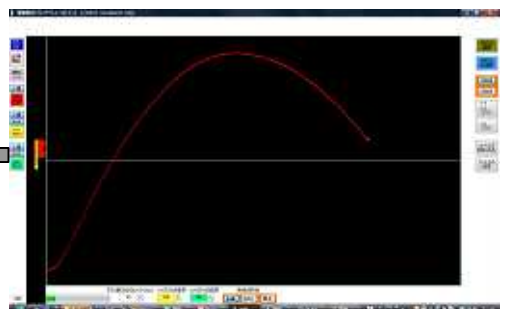
x-t グラフでは、縦軸隣に台車を描くことでグラフの理解を助けるようにした。



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。



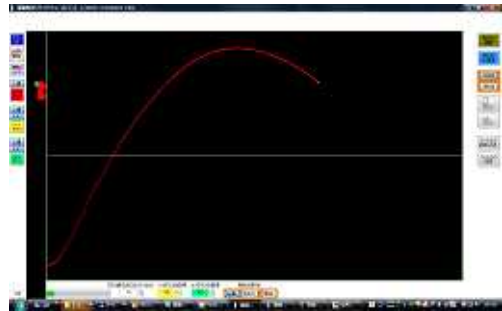
右側のアイコンのうち「物体と速度」は、v-t グラフの描画と同時に、縦軸に沿って動く力学台車と速度ベクトルを表示させる。



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すると「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

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。



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。



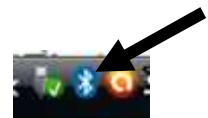
IVT社のBluesoleil



ウィンドウズスタック

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

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。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。次のようなメッセージが表示されるので...



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。



4. 参考文献

「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

物体の持つ運動エネルギーの変化

1. 準備

器具：簡易速度計，ペットボトルのキャップ 12 個，粘土 20g 程度

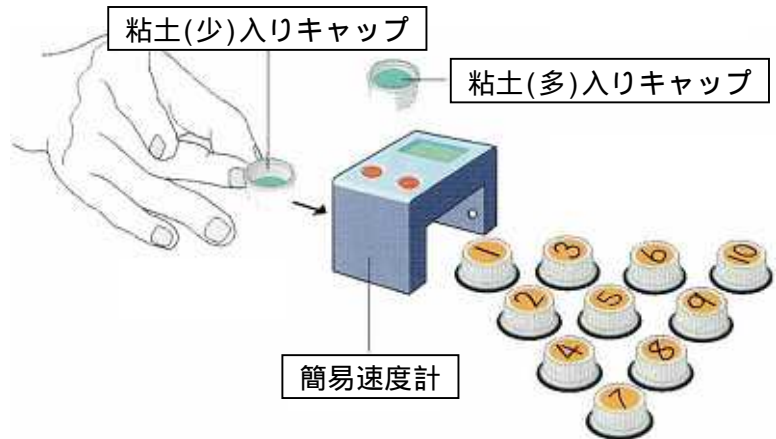
2. 実験手順

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。

粘土をたくさん入れたキャップと 3分の1 程度入れたキャップを用意し，それぞれをはじいて簡易速度計の間を通過させて 10 個のキャップにぶつける。

簡易速度計の速さと動いたキャップの個数を記録する。

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。

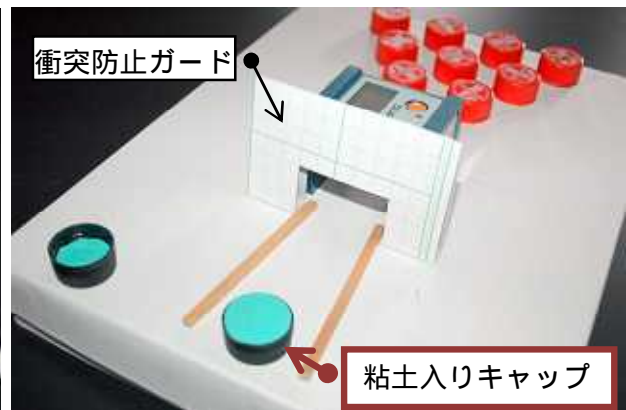
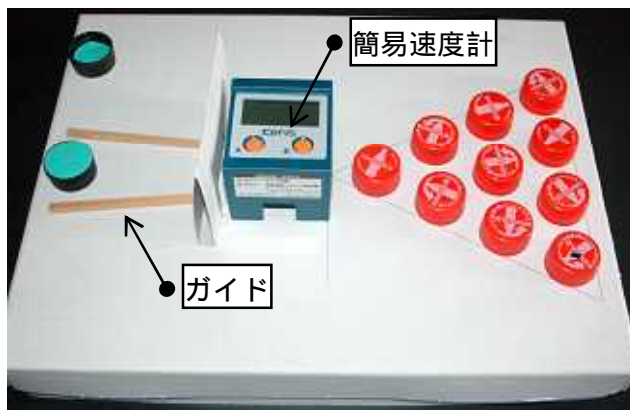
指ではじいた粘土入りキャップが，なかなか簡易速度計のセンサー間を通過しない。

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。

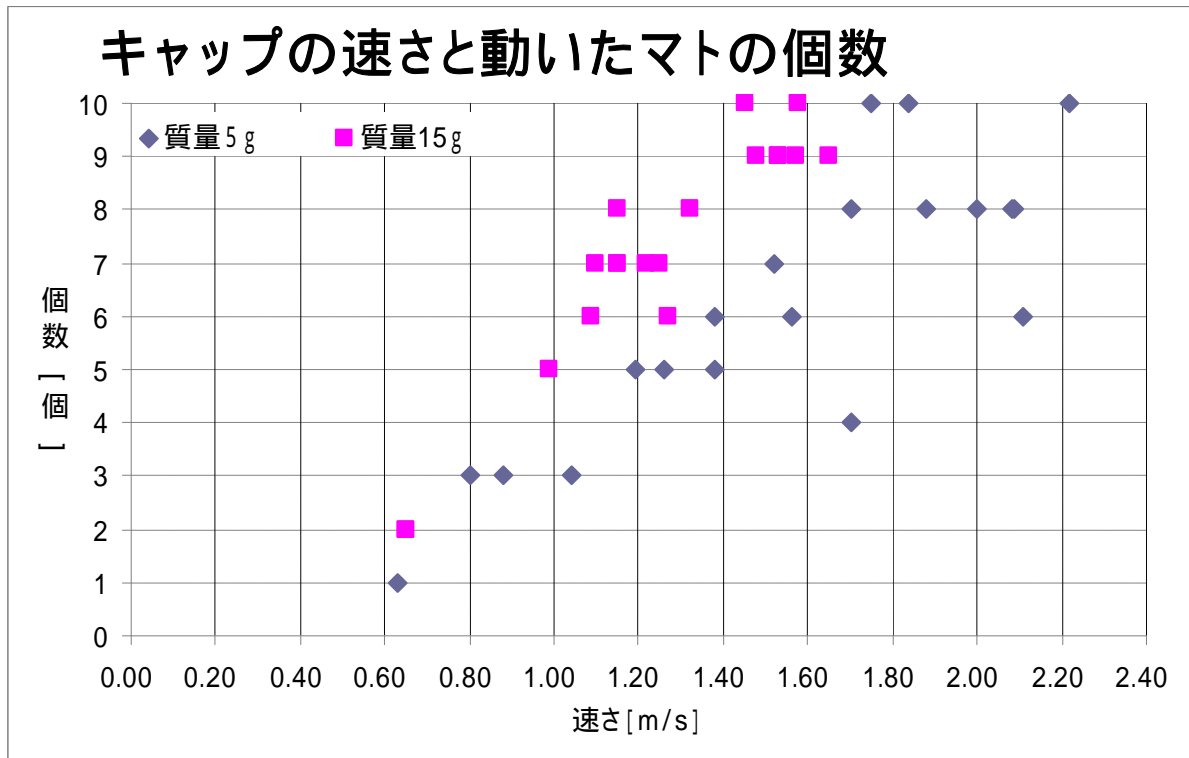
対策 2 反応しなくなった場合には，電池を外して入れ直すなどすると，回復する。

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



解説

厳密な規則性を見いだせるような実験とは言い難い。

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。

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（モナズ石，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. 実験手順

(1) 霧箱の製作

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。この時，空気が入らないように注意する。

はみ出した部分をはさみで切り，形を整える。

隙間テープを1cmほどの幅に切ったものを2つ用意する。

の底の周囲に2カ所に の隙間テープを貼る。



(2) 放射線の観察

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砕いたドライアイスを1cmほど入れる。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。

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。

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) で貼った隙間テープにエタノールを染み込ませる。

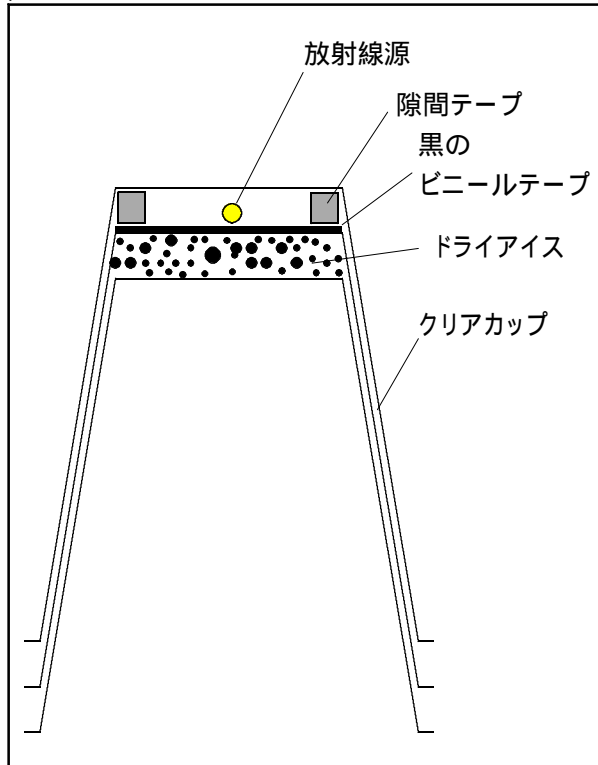
ビニールテープの中央に放射線源を置く。

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。

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

ドライアイスの使用量が少量で済む。

ドライアイスを置くためのスチロールトレイなどがない。

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。

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。

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

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。

ドライアイスを密着させ、しっかりと冷やすこと。

(4) 安全への配慮

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。

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。

(5) その他

ドライアイスの入手

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。

放射性物質の入手について

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ゲステン，トリアタンゲステン線（ ThO_2 濃度2.0%以下の場合）は入手可能である。長さ1m（0.8mm）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）

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. 実験手順

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。

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】

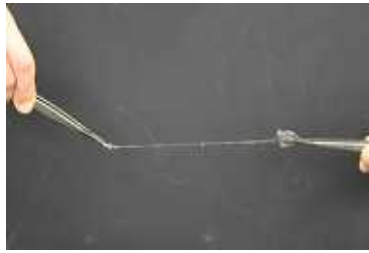
（小片に火がついたら炎の外へ出す）

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】

， を繰り返す，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），100mL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. 実験手順

手袋をする。

アセトン50mLを100mLビーカーに入れる。

発泡スチロールをピンセットでつまんで， に浸す。【図1】

手袋をはめた手を水でぬらし， を取り出してよくこねて丸くする。【図2】

を沸騰したお湯に入れる【図3】

発泡スチロールがふくらんだら取り出す。【図4】

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

- ・ペットボトルのキャップ（ポリプロピレン：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. 実験操作

試験管にA～Dの溶液を10 mLずつ入れる。

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～の操作の際には，周囲で火を使わないこと。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。

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，ステンレス電極 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

2. 実験手順

(1) ピロール溶液の調製

純水 500mL をビーカーに入れる。

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

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 3mL 取り， に加え，ガラス棒でかき混ぜて溶かす。

(2) ポリピロールの電解重合

ステンレス電極をエタノールを含ませた脱脂綿で拭き，表面を洗浄する。

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）

50mL ビーカーにピロール溶液を 50mL 入れ，そこへの電極を入れる。

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。（陽極に黒いフィルム状の物質が析出してくる）

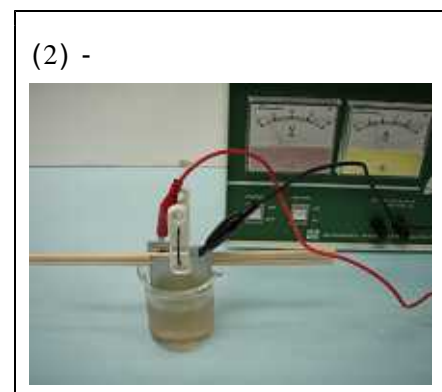
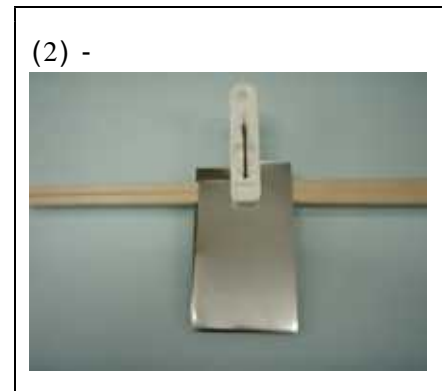
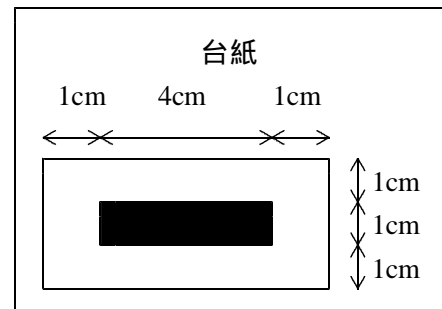
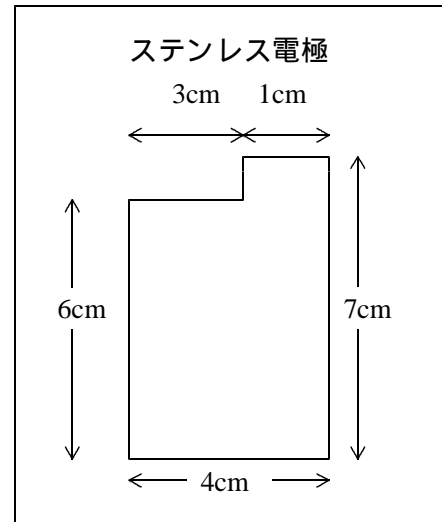
陽極を取り出し，水道水で洗う。（水の勢いが強いとポリピロールがはがれるの注意する）

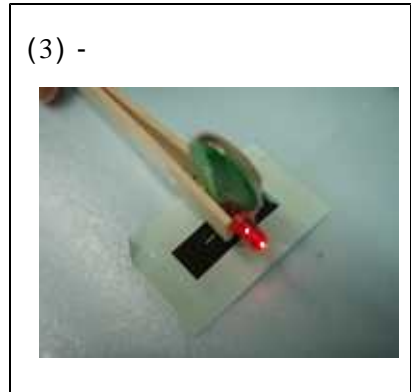
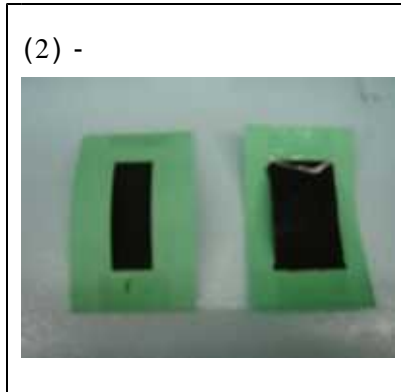
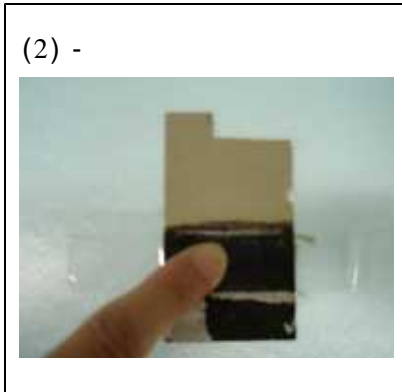
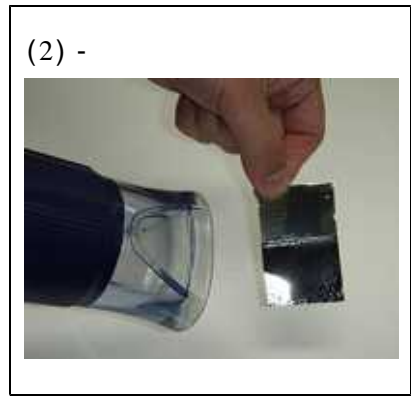
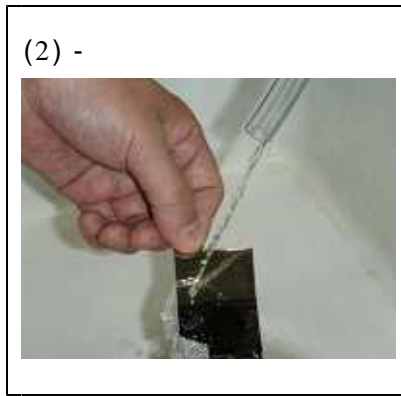
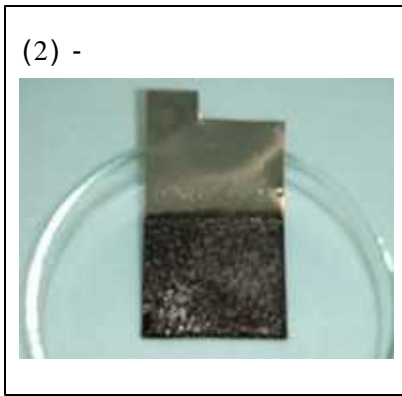
水洗いした陽極をドライヤーの温風で乾燥させる。

乾燥した陽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とうまくはぎ取ることができる）はぎ取ったポリピロールを台紙に貼り付ける。

(3) 導電性の確認

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）

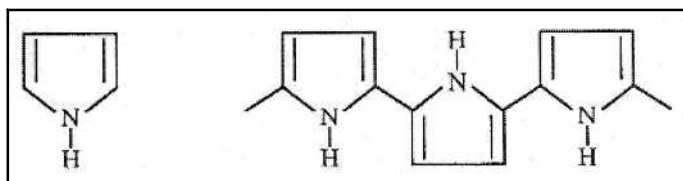




3. 解説

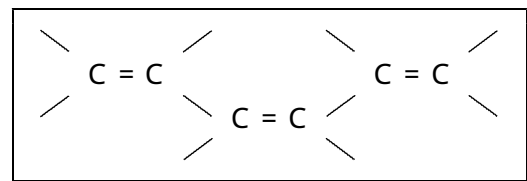
(1) 電解重合反応

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。



ピロール

ポリピロール



ポリアセチレン

(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）

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，
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. 実験手順

(1) 結晶が析出する温度の測定

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。

の試験管それぞれに蒸留水を 10mL 加える。

の試験管を温浴であたため，硝酸カリウムを溶かす。

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。

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。

結晶が析出する温度を読みとる。

室温まで放冷しても結晶が析出しない場合には，氷水で冷却する。

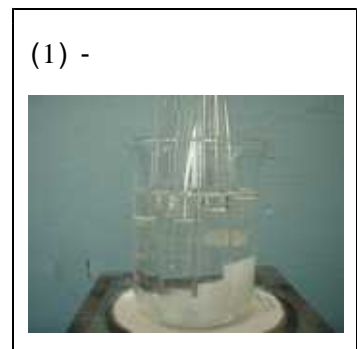
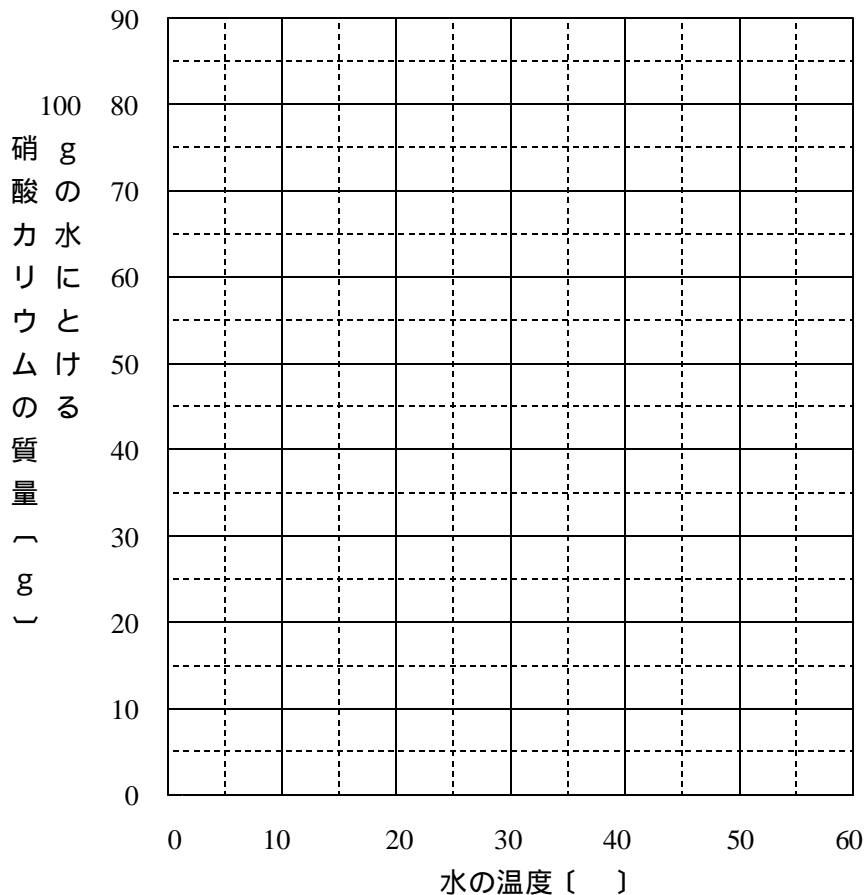
温度を見逃した場合は，再溶解して測定し直す。

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

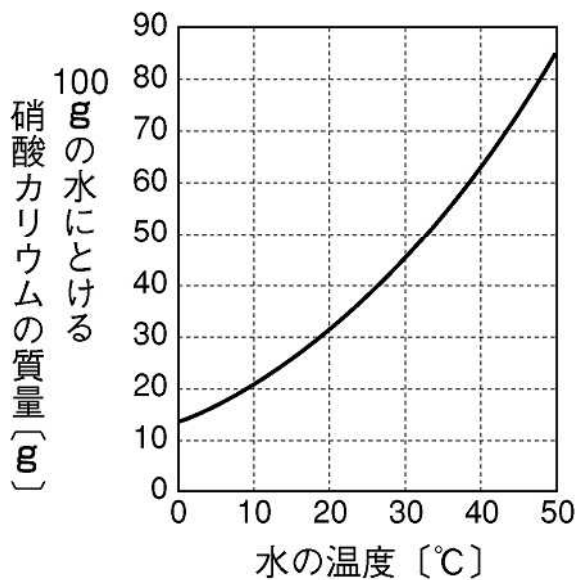
(2) 溶解度曲線の作成

図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

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。

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 A)
- ・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 B)

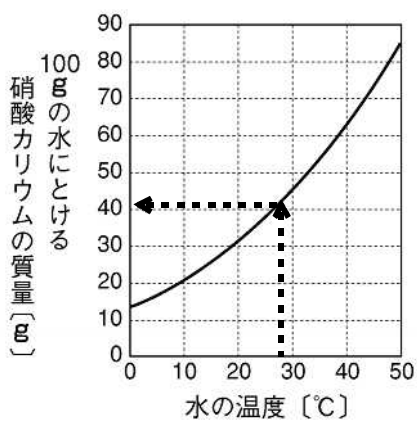


図 A

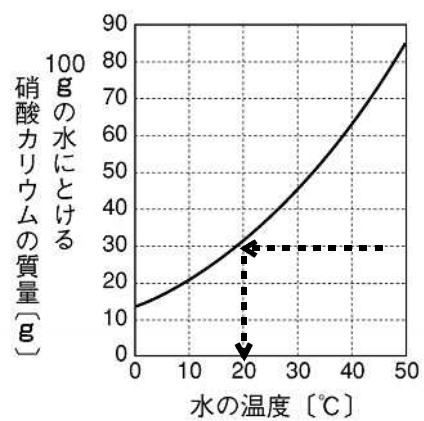
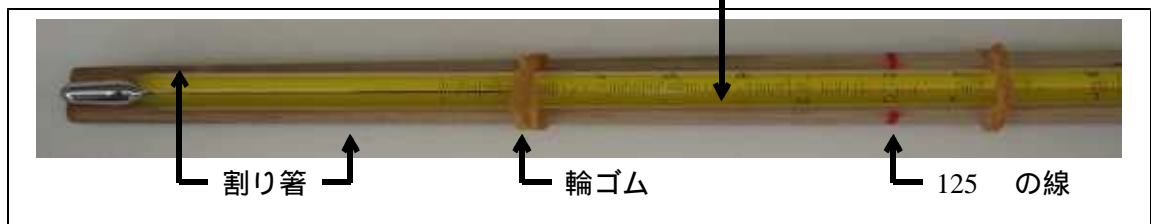


図 B

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（大さじ・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. 実験手順

中ザラ糖 40 g と重曹 1.5 g を計量する。
中ザラ糖 40 g を，カルメ焼き用お玉に入れる。
に玉ざとうを小さじで 2 杯，水を大さじ 1 加える。
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。
125 になったら火から下ろす。
すぐに重曹を振りかける。
かき混ぜ棒でクリーム状になるまでかき混ぜる。
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。
水でぬれた布の上にお玉の底をあてて冷やす。
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。
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。

水の合成（燃焼バッグを自作する）

1. 教材の自作

(1) 点火装置の作成

材 料：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

道 具：ドライバー，ニッパー，半田ごて

作り方： 100円ライターを分解する。

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。

リード線の先にミノムシクリップを半田付けする。【図1】

100円ライターを組み立てる。



【図1】

(2) 点火部の作成

材 料：ゴム栓（3号），ゼムクリップ（2個），三方活栓

道 具：コクルボーラー，千枚通し，ラジオペンチ

作り方： 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】

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】

クリップの先端部をラジオペンチで曲げ，1mm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。

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) 燃焼バッグの加工

材 料：ウォーターバッグ（ペチャンコ水筒），爪楊枝，ニッパー，ビニールテープ

道 具：千枚通し，ニッパー，はさみ

作り方： 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。

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。

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。

ウォーターバッグの下を切り落とす。【図9】

夏に100円ショップで購入



【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

2. 準備

器具：点火装置，燃烧バッグ，袋クリップ（100円ショップで購入），50mLシリンジ（3）
三方活栓（2），

試薬：実験用気体ボンベ（水素・酸素），塩化コバルト紙

3. 実験手順

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】

のシリンジに水素と酸素を入れる。【図11】

燃烧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】

3本目のシリンジで燃烧バッグ内の空気を抜く。【図13】

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。

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】

塩化コバルト紙が青色から赤色に変色

燃烧バッグの内側に水がつく

5. 解説

点火部をアルリルパイプに取り付けるとユージオメータを作れる。【図17】

燃烧バッグの下を切るにより，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。

燃烧バッグに注入する水素は20mL以下にすること。これ
以上入れると，爆発の規模が大きくなり危険である。



【図17】

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、電子メロディ、リード線、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. 実験手順

孔雀石を金づちで叩いて、5 ~ 10mmの大きさに割る。【図1】

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】

るつぼを火から下ろし、3 分間放冷する。【図3】

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】

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。

るつぼを取り出し、10 分間放冷する。

るつぼの内容物を紙の上に広げる。【図8】

から孔雀石の欠片をピンセットで広げ、プラスチック製のカップに入れる。

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】

茶色い欠片をピンセットで拾い、紙の上に置く。【図10】

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】

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】

緑色から黒色に変化

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】



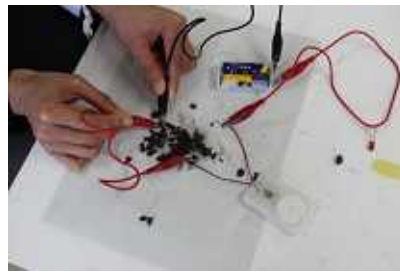
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】



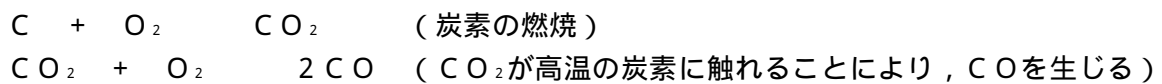
【図12】

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()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。

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. 実験手順

(1) 硫化銅()の生成

銅板の質量を電子てんびんで測定する。

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

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。

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。

すぐに銅板が赤く光る。

銅板の光りがおさまったら，銅板を蒸発皿に取り出す。

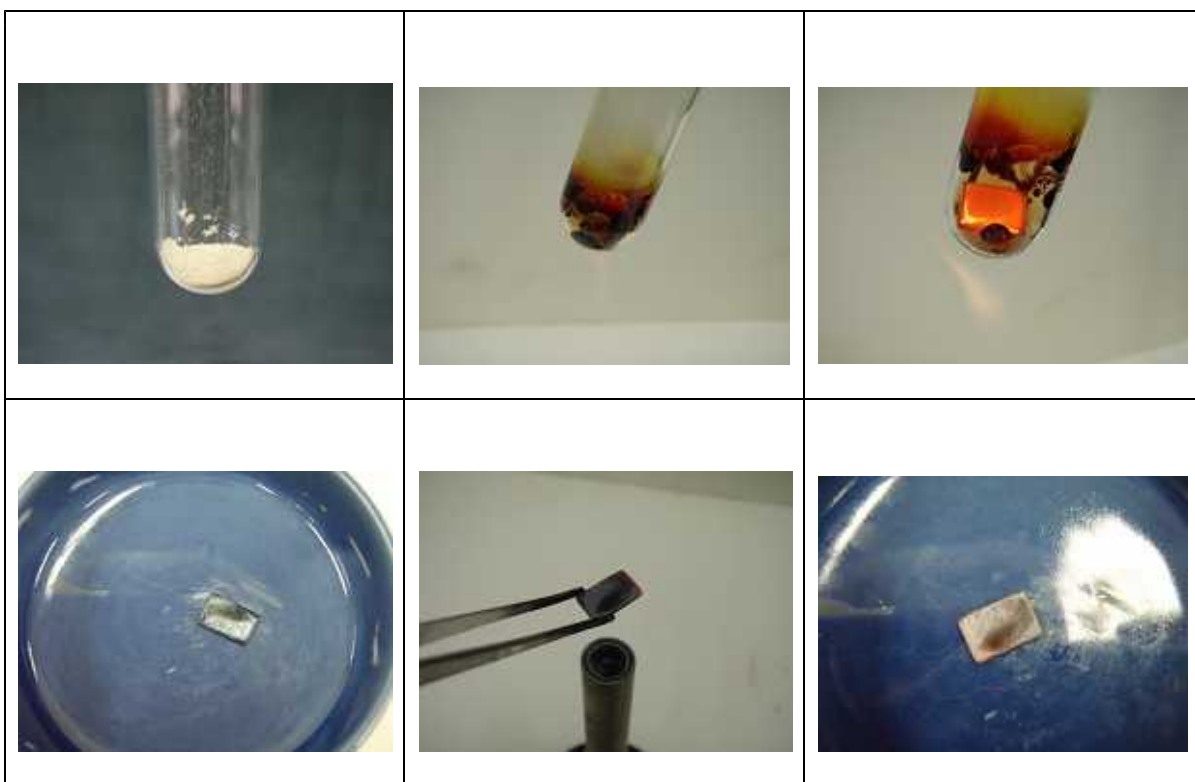
銅板はまだ熱いので，やけどに注意する。

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。

銅板についた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。

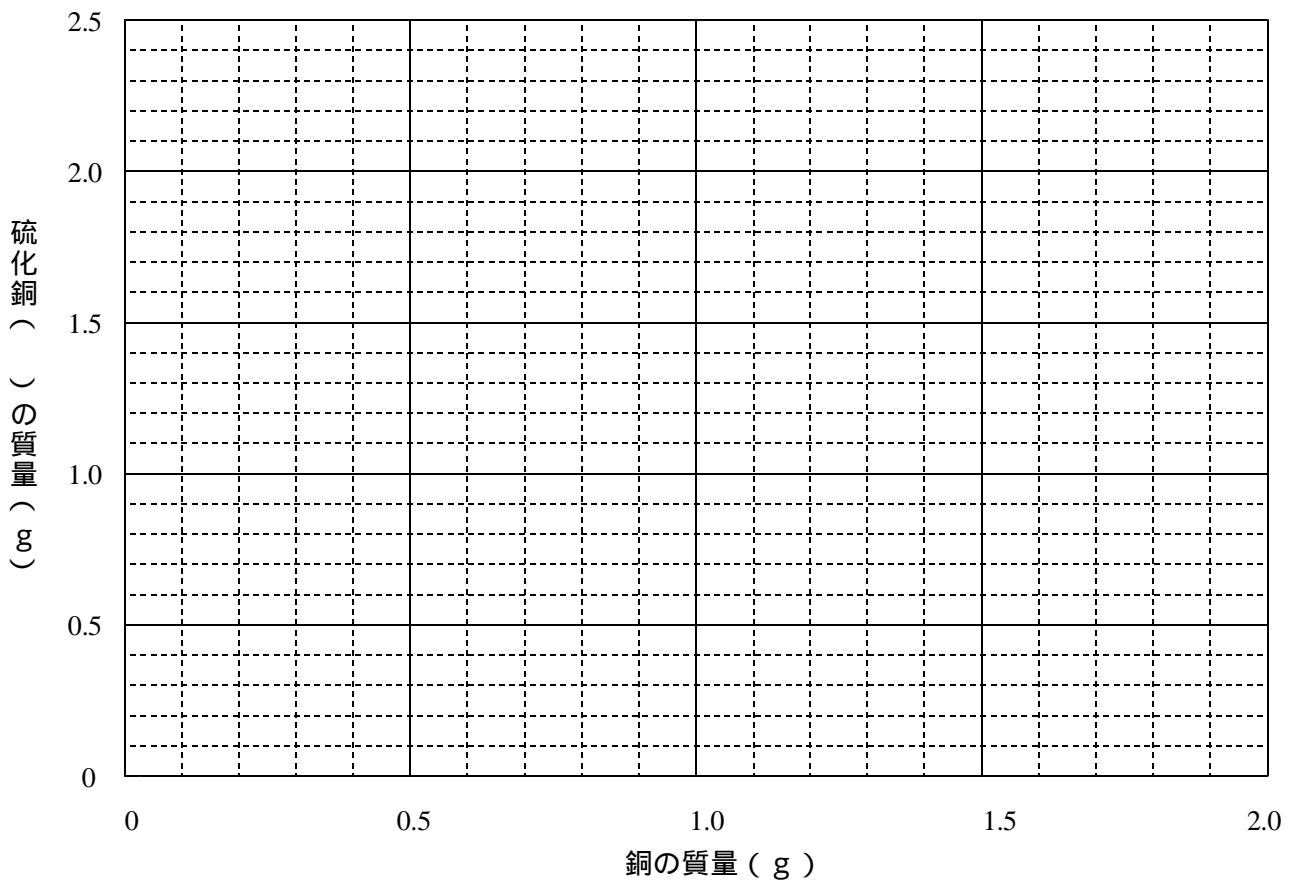
銅板を蒸発皿に置き，温度が下がるのを待って，電子てんびんで質量を測定する。



(2) 実験結果の分析

横軸に銅の質量をとり，縦軸に硫化銅()の質量をとって，グラフを作成する。

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	2 Cu	+	S		Cu ₂ S
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 S = 32, 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。4 : 1, 3 : 2 という質量比がきれいに求められない。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)

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

1. 実験手順

(1) 寒天ストローの作成

300mLビーカーに精製水250mL，寒天5g，硫酸ナトリウム2gを入れる。

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。

を火からおろし，200mLビーカーへ寒天溶液が6cmの高さになるまで注ぐ。

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）

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）

完全に寒天が固まったらビーカーから取り出す。

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。

ストローの両端に炭素棒を差し込む。



寒天Bに突き刺す



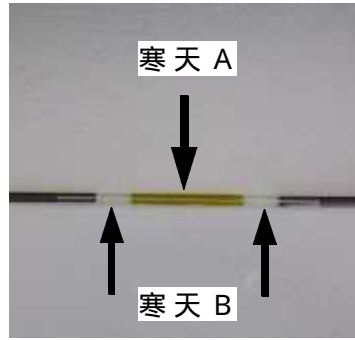
寒天Aに突き刺す



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

ストローの中央部にカッターで切り込みを入れる。

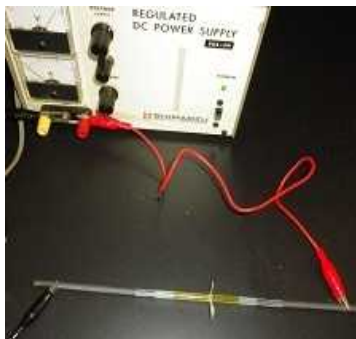
* 切り込みの深さはストローの直径の半分程度とする。

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。

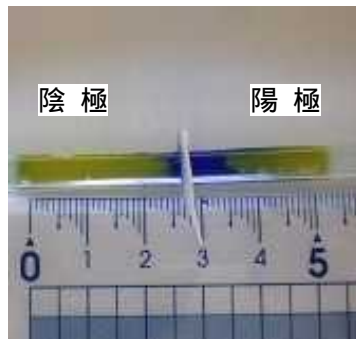
ピンセットでろ紙をつまみ、ストローの切り込みにはさむ。

炭素棒に電源装置をつなぎ、10 ~ 15 V の電圧を加える。

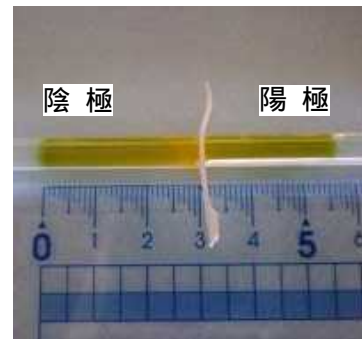
ものさしを使い、色の変化の幅を比較する。



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

- ちょうど良いサイズのストローが見つからない
- 寒天が柔らかく炭素棒を差し込む際につぶれてしまう
- 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

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

(3) 寒天がピーカーから外れない

- スパーテル等を使い寒天をピーカーの壁面から離すようにして取り出す
- 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

- 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
- ストローの切り込みを浅くする

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

無水硫酸銅()がない場合

蒸発皿，金網，アルコールランプ，着火器具，薬さじ，サンプルビン

試薬：氷酢酸，無水硫酸銅()，水酸化ナトリウム

無水硫酸銅()がない場合は，硫酸銅() 5 水和物から結晶水を飛ばして使用する。

2. 実験手順

(1) 無水硫酸銅()の性質の確認

試験管に微量の無水硫酸銅()を入れる。

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

試験管に微量の無水硫酸銅()を入れる。

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。

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、塩化コバルト紙を用いる方法、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()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()がない場合

無水硫酸銅()がない場合、また、無水硫酸銅()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、葉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()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。



中和反応と水溶液の電気伝導度

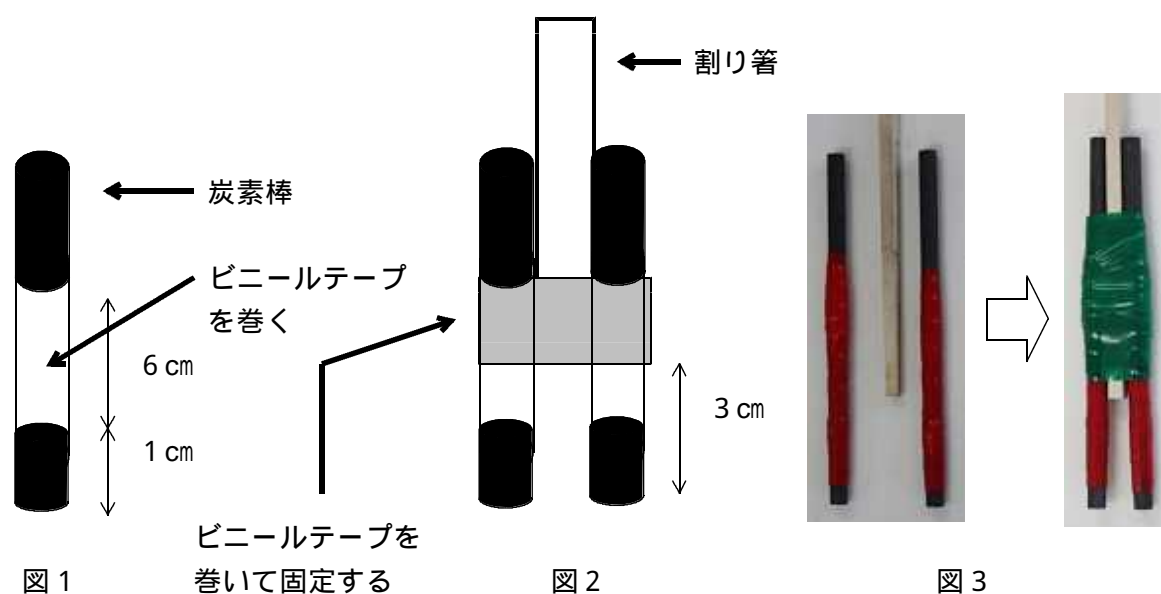
1. 準備

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

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】
割り箸を 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. 実験手順

【実験 1：塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応】

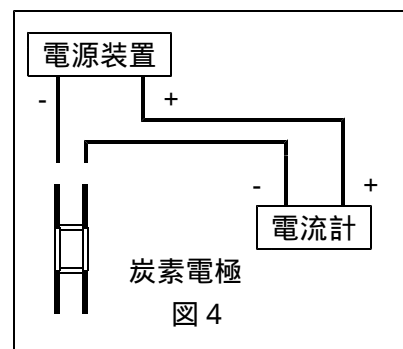
電源装置，電流計，炭素電極をリード線で接続する。

電流計の端子は 500 mA に接続する。【図 4】

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。

電源装置のスイッチを入れ，電圧を約 5 V に設定する。
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。

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。

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。
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。

溶液の色と電流の値を記録する。
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。

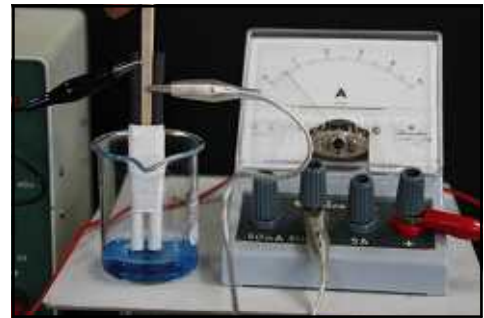


図 5

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

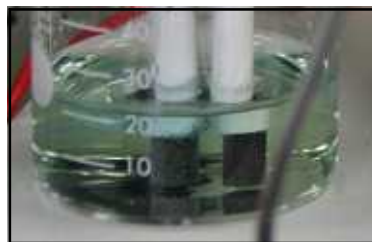


図 7



図 8

【実験 2：硫酸と水酸化バリウム水溶液の中和反応】

実験 1 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，実験 1 と同じ手順で行う。

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】

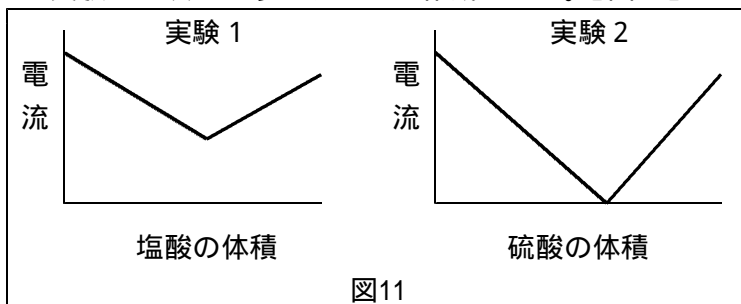


図 11

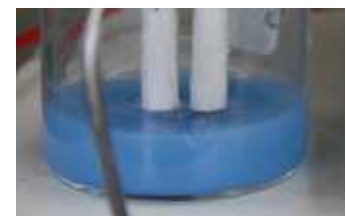


図 9



図 10

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。

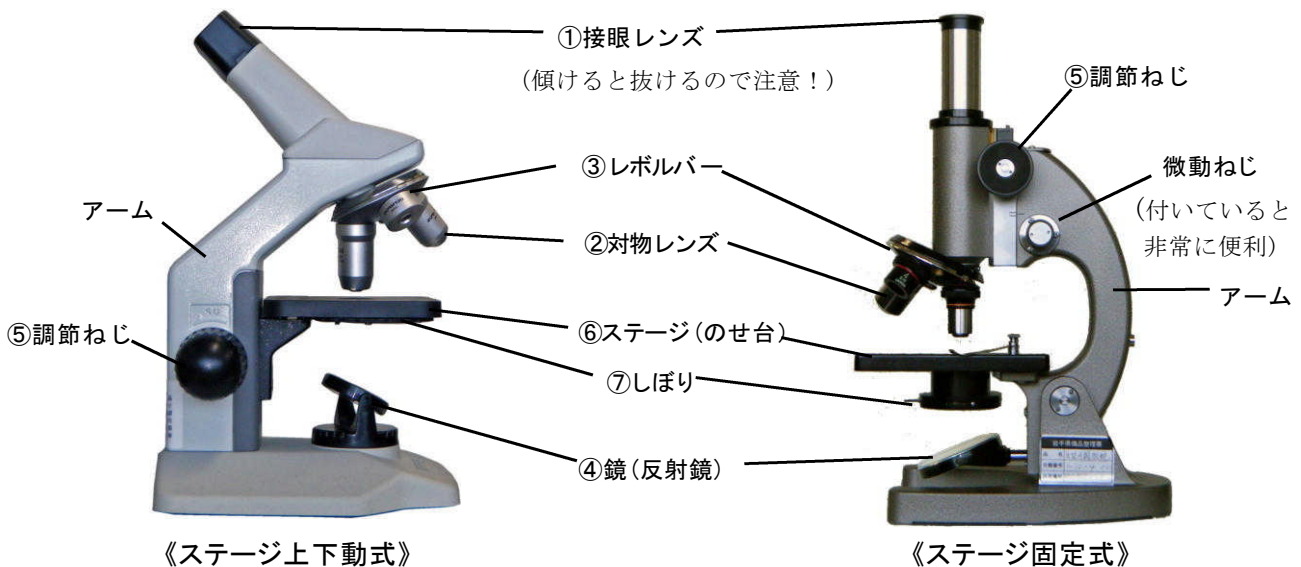
顕微鏡の使い方

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：焦点（ピント）合わせのつまみ。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（のせ台）：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

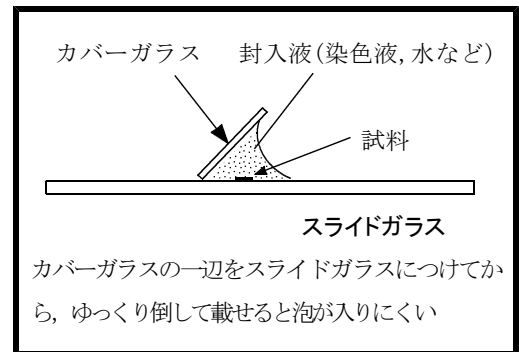
(1) 基本操作

- 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。
*学校現場では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，プレパラートをステージ（のせ台）に載せ，クリップ（とめ金）でとめる。
- ④ 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。

- 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る直前まで近づける。
*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見たいものを視野の中央にする。
- 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ピントが合うようにできているが、対物レンズを純正品以外に交換した場合など、レボルバーを回すとプレパラートにぶつかってしまうことがあるので注意する。
- 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。



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

良く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。原因をはっきりさせて、的確な指導を行うことが必要である。

- 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
- ④ ダイヤル式の絞りの円盤が途中で止まって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、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 スライドガラス、カバーガラスの表面が汚れている
- ⑫ 対物レンズが取り付けられていない
- ⑬ ピントが合っていない
- ⑭ プレパラートの試料が入っていないか非常に少ない
- ⑮ プレパラートの試料が厚すぎて光が透過しない
- ⑯ プレパラートの試料の染色が不十分
- ⑰ 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
- ⑱ 試料が視野に入っていない
- ⑲ 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
- ⑳ 鏡筒内にごみや異物が入っている

(2) ライドガラスの洗浄法

使用後のスライドガラスは、まず洗剤を使って油分を洗い流し、水で洗う。その後はホコリやゴミが入らないように容器に入れ密封させる。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。水道水で洗うと乾燥後に白く残ることがあるので、さらに布などで拭く。カバーガラスは割れやすいので、生徒には軽く水で流した程度にさせて回収すると良い。

(3) 顕微鏡の日常のメンテナンス

授業が終わったらすぐに整備をしておく習慣をつけることが大切。顕微鏡のような**光学機器はレンズが命**。レンズ面を指で触ったり汚い布やティッシュペーパーでは拭かないこと。

【必要な用具】

* レンズクリーニング液などは、カメラ用品店などで売っている。

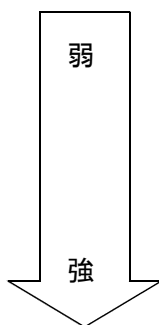
- ・ブロアー（ゴム球）
- ・柔らかい毛の小筆
- ・やわらかい布
- ・レンズ用クリーニングペーパー、キムワイプなど
- ・レンズクリーニング液
- ・プラスチック製のピンセット
- ・つま楊枝など

* 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 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。
- ② 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。
- ③ ブロ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。
- 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。
- ・ ガーゼまたはクリーニングペーパーにクリーニング液またはガーゼに水をしみこませ軽くふき取り、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つくりふき、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。内部はブロアーでふきとばす。

* 細かい部分を拭く時は、ピンセット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、からぶきする。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らない場所に保管する。毎日使うときは箱に入れなくてよい（流しの下は湿度が高くカビの原因になるので厳禁）。
- ⑥ 長い間使わない場合は、レンズを専用ケースまたはビニール袋に乾燥剤などと一緒に入れ密封する。

■参考文献

- ・井上 勤監修(1998) 顕微鏡観察の基本（顕微鏡観察シリーズ1），地人書館。
- ・井上 勤監修(1998) 植物の顕微鏡観察（顕微鏡観察シリーズ2），地人書館。

淡水産原生生物の培養と観察

1. 準備

(1) ゾウリムシ, ブレファリズマ

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）
オスパン（塩化ベンサルコニウム）100倍液，メチルセルロース水溶液（観察用）

(2) ミドリムシ

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

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」（麒麟ビバレッジ）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。

野外で採集できないか？

ここで紹介した生物はいずれも水田，溜池などで採集することは可能である。しかし，野外採集した生物は同定が難しく，更に培養となると，1種だけ単離する技術と手間が必要で難しい。いつの間にか，入れた覚えのない別の種類に置き換わっていることもある。ワムシやミジンコ類には要注意。

2. 手順

(1) ゾウリムシ, ブレファリズマ

[A] 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（麒麟ビバレッジ社「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。

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，少量ならそのままかまわない。気になるときはピペット等で取り除く。

[B] 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。

* 以下上記A③～⑥と同じ。

*カローリ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。

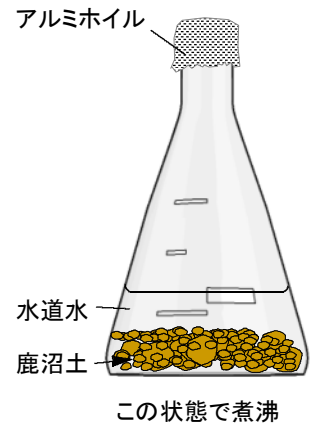
(2) ミドリムシ

- 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

- 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。



(3) 観察方法

ゾウリムシ類は動きが速いため、動きを抑制して観察しやすくする。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の入った液を滴下する。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。

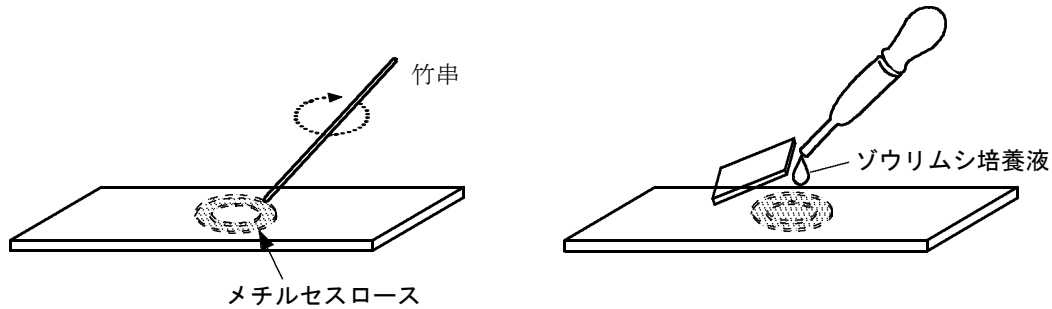
C メチルセルロース水溶液（粘性の高い物質で動きを物理的に抑制）

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。

■観察手順

- 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。



3. 解説

(1) 使用する器具について

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く、作業を始める前に、まず机や手指をオスバン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良く手を洗い、清潔を保つようにする。

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（できれば5個以上）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。特にミドリムシはかなり強いので、他の培地内に入って増殖することがある。

(2) 培養液について

ゾウリムシの培養は、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

- ・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.

植物の葉の構造の観察

1. 準備

ツバキ、カエデ類などの葉，シャーレ，ピンセット，カミソリの替え刃，検鏡用具

2. 方法

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



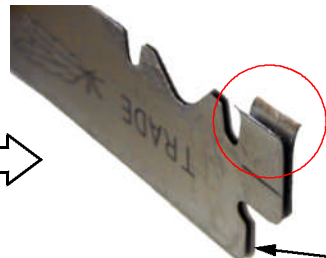
包装のまま指で2つに折る



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。



折った時にできる反り



反っている部分を外側に

刃を揃える

③ 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て切片を作る。

④ 葉が完全に分離するまで切断する。

⑤ 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って水（水道水）を入れたシャーレに入れる。

⑥ 検鏡する。

*表皮，維管束（葉脈），光合成組織

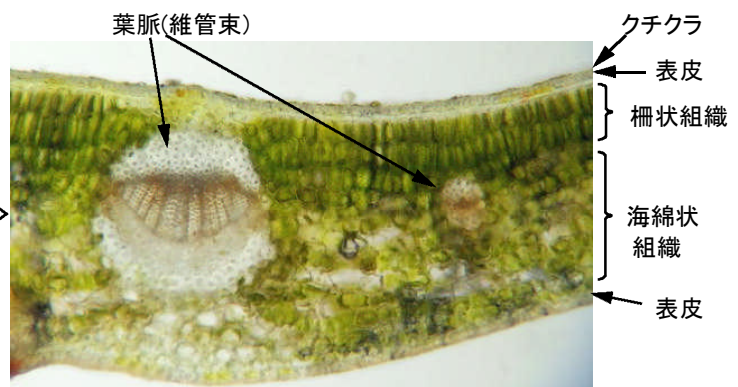
*表皮を丁寧に検鏡すると，気孔が確認できる。

⑦ 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比較する。



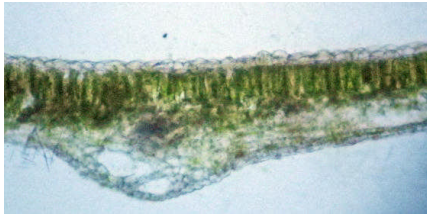
ツバキの葉の断面

拡大

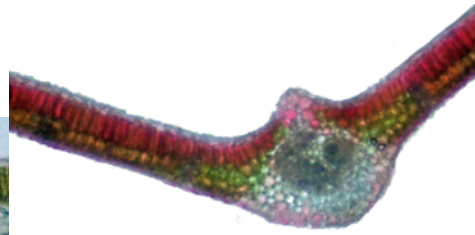




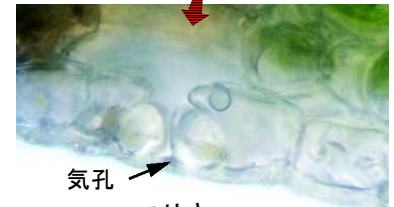
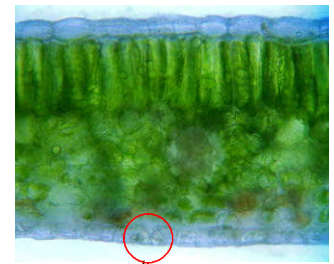
アカマツ



アフリカハウセンカ



紅葉したカエデの一種



気孔
マサキ

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、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。

ただし、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。

- ① 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 2つに折った刃は必ず揃えて使う。ずれているとうまく切れない。
- ③ 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.

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紹介されているが、コカナダモの方が安定した結果を得やすい。

① コカナダモ *Elodea nuttalli* (単子葉植物トチカガミ科)

* 北米原産。日本全国に定着している。

* 適温(水温)は10~20℃。オオカナダモよりも低温に耐える。

② オオカナダモ *Egeria densa* (単子葉植物トチカガミ科)。

* 南米原産。関東以南に定着している。

* 適温(水温)は20~28℃。

器具：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)

要注意外来生物
オオカナダモ，コカナダモは両種とも外来生物法で「要注意外来生物」に指定されているため，野外に逸出しないように十分注意する。

2. 実験手順

① 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。

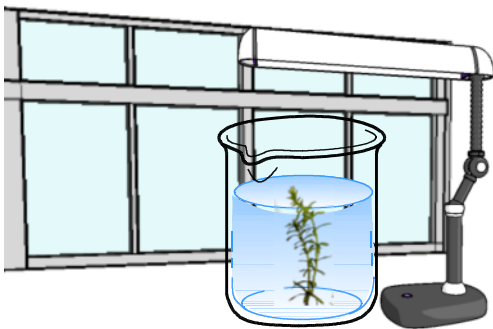
* 光の強さは，明るい窓辺で十分。曇天で暗い場合は光源に蛍光灯で補う。

* 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。

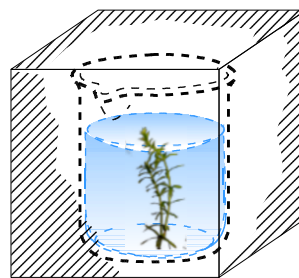
* 水草用二酸化炭素補給剤を加えると光合成量の増加が多少期待できる(水1Lに1%炭酸水素ナトリウム水溶液を10mLで代用可)。



CO₂添加剤(錠剤)



(A) 明所



(B) 暗所

② 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。

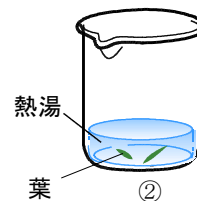
③ (A)，(B)それぞれの葉を2,3枚ずつとり，②の湯の中に約30秒間浸ける。

④ エタノールを入れた20mL ビーカー2個に，③の葉を(A)，(B)それぞれ入れる。

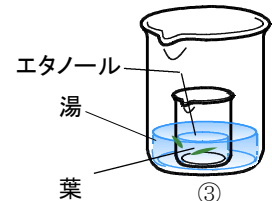
⑤ ③で使った湯を利用し，湯煎して脱色させる(3~5分間程度で色が白くなる)。

* 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。

* 漂白剤は使用しない。

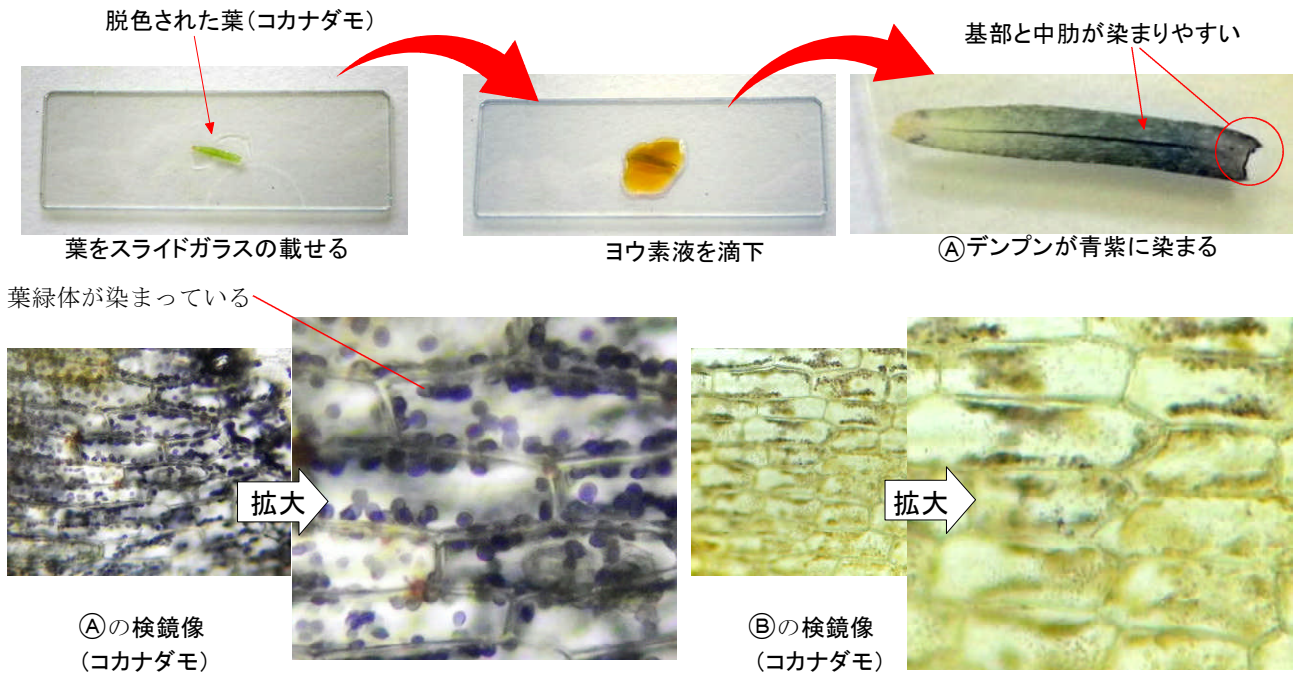


熱湯
葉



エタノール
湯
葉

- ⑥ ④のエタノールを捨て、水道水を入れて水洗いする。
 ＊①、②の葉を混ぜないように注意する。
- ⑦ ⑤の葉を①、②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。
- ⑧ 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。
- ⑨ 検鏡する。
 ＊ヨウ素デンプン反応は、葉の基部や中肋（道管）に沿った部分が染まりやすい。



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。オオカナダモの葉緑体を脱色してヨウ素デンプン反応をみるこの実験は再現性が低く、条件制御が難しいとされる。オオカナダモの代わりにコカナダ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が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、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。

アナカリス

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、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。

植物の道管の観察

1. 準備

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

染色液：切り花着色剤（パレス化学株式会社製 ファンタジー）が良い。

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。

*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。

材料：ホウセンカ，セロリ，ハルジオン，ヒメジョオン，フランスギク，アスパラガス など



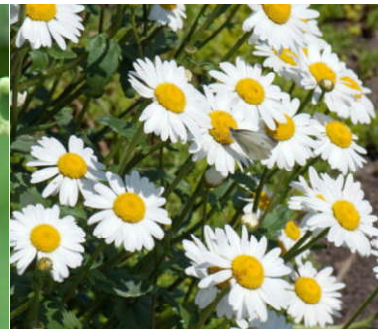
切り花着色剤

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。
- ・茎（正しくは葉柄）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。



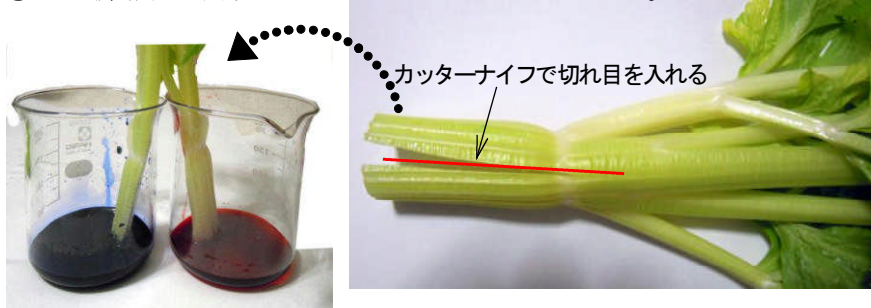
ハルジオン



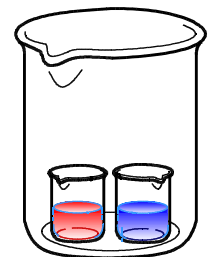
フランスギク
*マーガレットとは別種

2. 手順

- ① 2色の染色液を2つのビーカーにそれぞれ入れる。
- ② 植物の茎（葉柄）の下部をカッターナイフで切れ目を入れる。
*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 茎（葉柄）の下部を2つのビーカーに別々に入れる。



2色の染色剤にそれぞれに浸ける



*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。

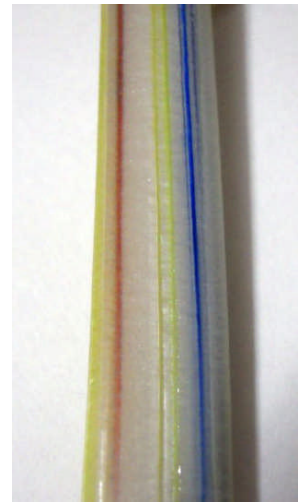
- ④ しばらく放置する。
*セロリの場合約10～30分程度
- ⑤ 葉の先端まで色がついたら，茎（葉柄）や葉を切断し，断面を観察する。
- ⑥ 茎（葉柄）を縦に切り，着色された部分をたどって繋がり方を観察する。
*セロリの場合，手で縦に裂くだけで道管を取り出しやすい。
- ⑦ 茎（葉柄）の断面を検鏡する。
*薄く切って，水を滴下して検鏡すると像が鮮明になる。
但し，切り花染色剤は水に溶けやすいので色は抜ける。



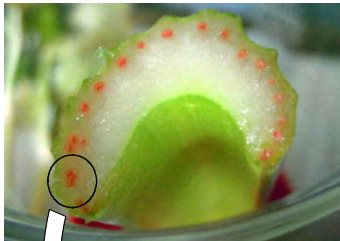
2色に染め分けられた葉



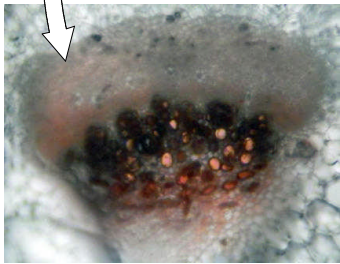
2色で染色した横断面



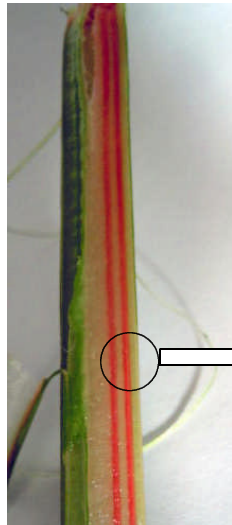
2色で染色した縦断面



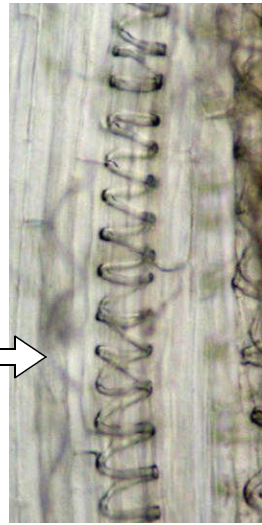
横断面 (1色で染色)



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



【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、どのようなになるだろうか。

更に...

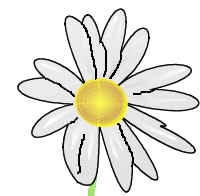
茎の下部を3つに分け、それぞれの先端を3色の染色液に浸けると、どのようなになると予想されるか。



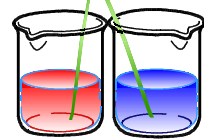
3色ならどうなるか？



こんな花になる！

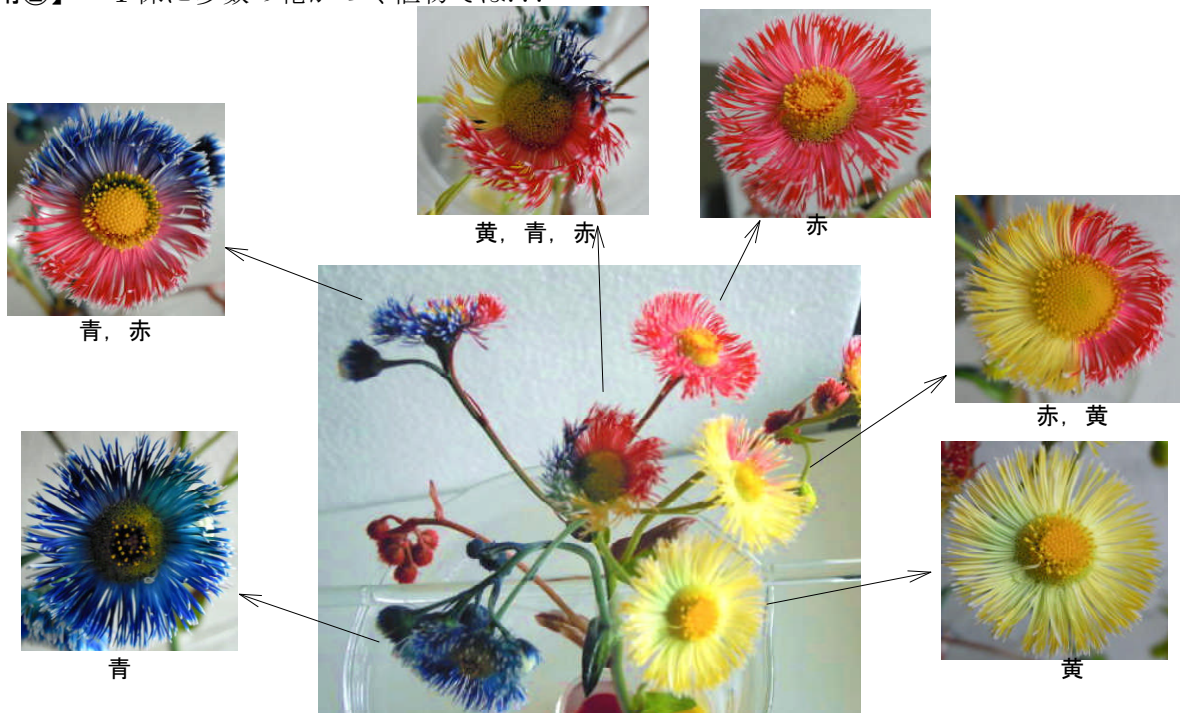


切れ込みを入れる



2色の染色液

【応用②】 1株に多数の花がつく植物では...



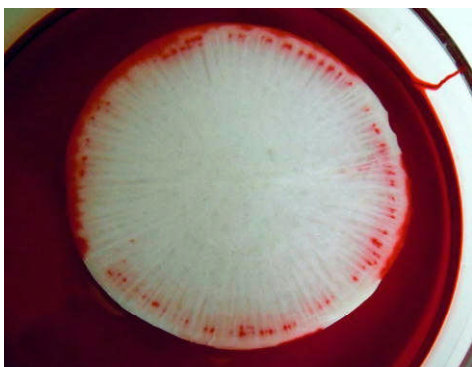
ハルジオンを染色（約1時間後）
どうしてこのように染め分けられたのだろうか？

3 解説

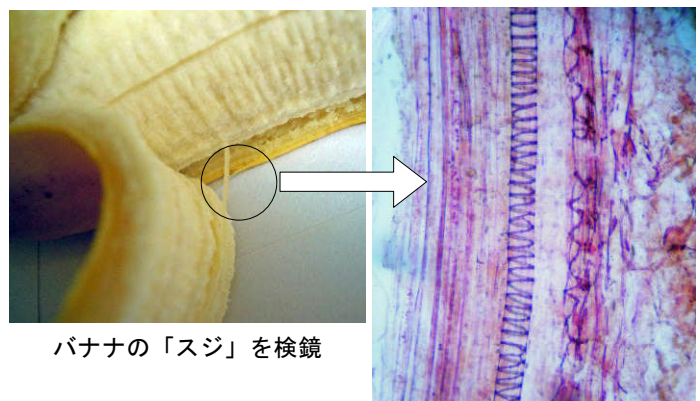
切り花染色剤はもともとは園芸用の切り花を染色するために一部の生花店などで扱っていたが、近年は教材店でも扱うようになり、入手しやすくなった。青、赤、黄、緑、橙など様々な色があるので、何色か混ぜて好きな色を作ることもできる。切り花染色剤は吸い上げが良い反面、水に溶けやすく、茎の切片を水で封じて検鏡するにはあまり適さない。

維管束の染色には、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。

その他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野菜が良い。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。



ダイコンを輪切りにして染色液に浸したもの
(切り花染色剤に浸して約1時間後)



バナナの「スジ」を検鏡

(サフラニンで染色)

種子をつくらない植物の観察

1. 準備

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；吸水させるだけで培養土ポットになる）と容器

材料：シダ類，コケ類

① 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。

② 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。



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。

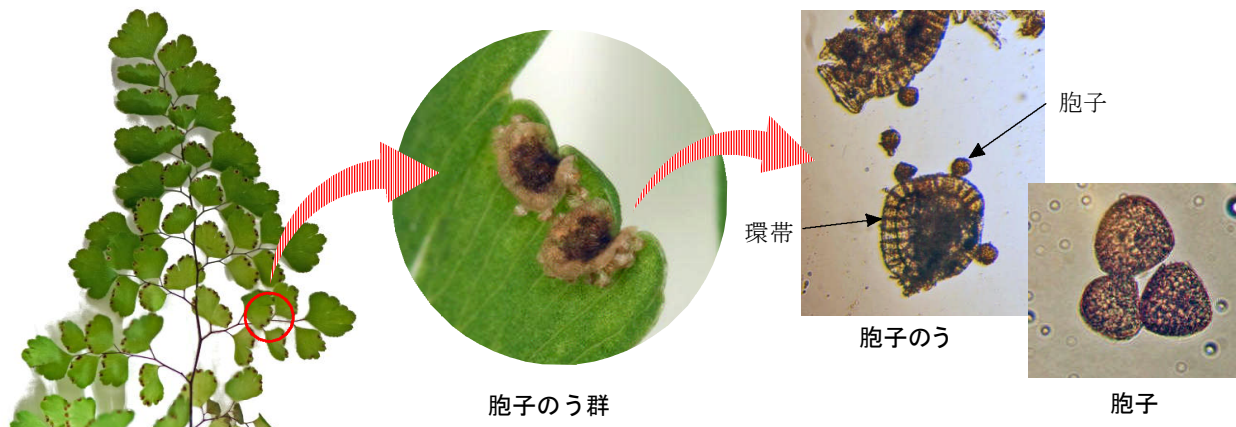
②-1 スライドガラスにのせた胞子を双眼実体顕微鏡か顕微鏡の低倍率（40倍程度）で観察しながら，照明をあてて乾燥させ，胞子のうの環帯が縮み，胞子のうが破れて胞子が外に出る様子を観察する。

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（この用語は学習しない）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。

④ 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。

⑤ 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2、3日乾燥させる。
- ③ ジフィーセブンに十分給水させておく。
- 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。



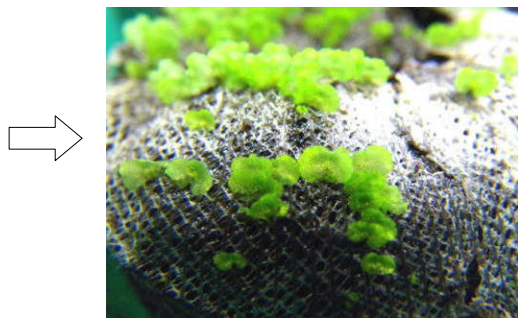
容器付きジフィーセブン

* 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ので注意。

- 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

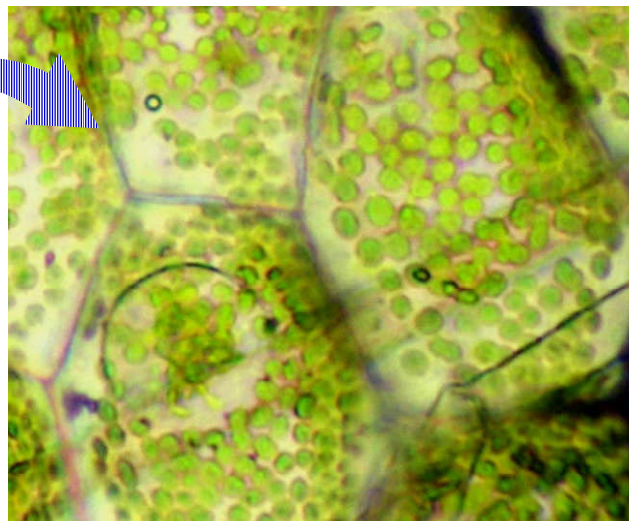
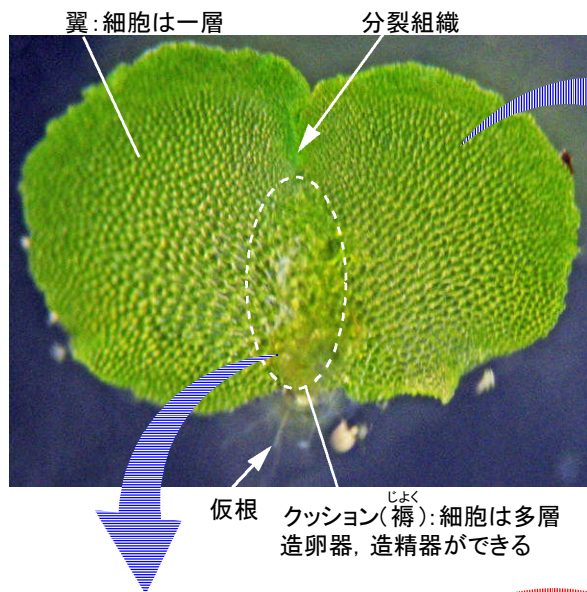


約1か月で前葉体が生じる

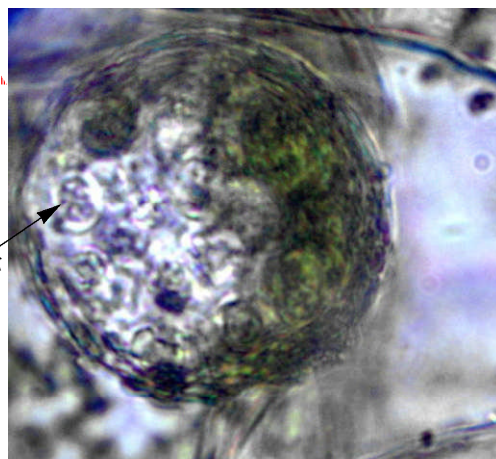
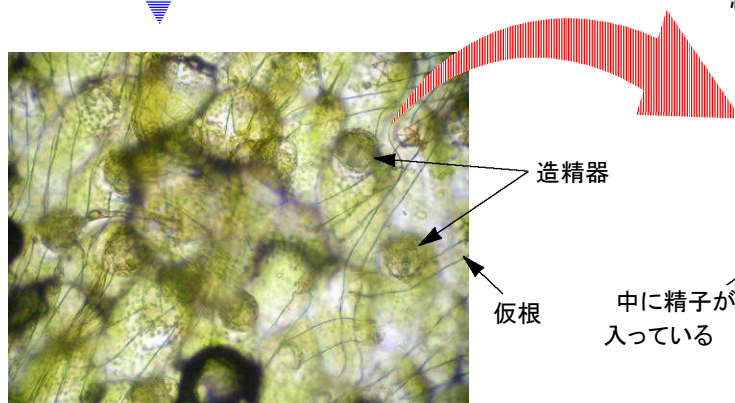


水をかけると受精し、幼植物が成長する

- ⑥ ピンセットで前葉体が破れないように丁寧にとり、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 低倍率で全形を良く観察する。
- 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見られる。



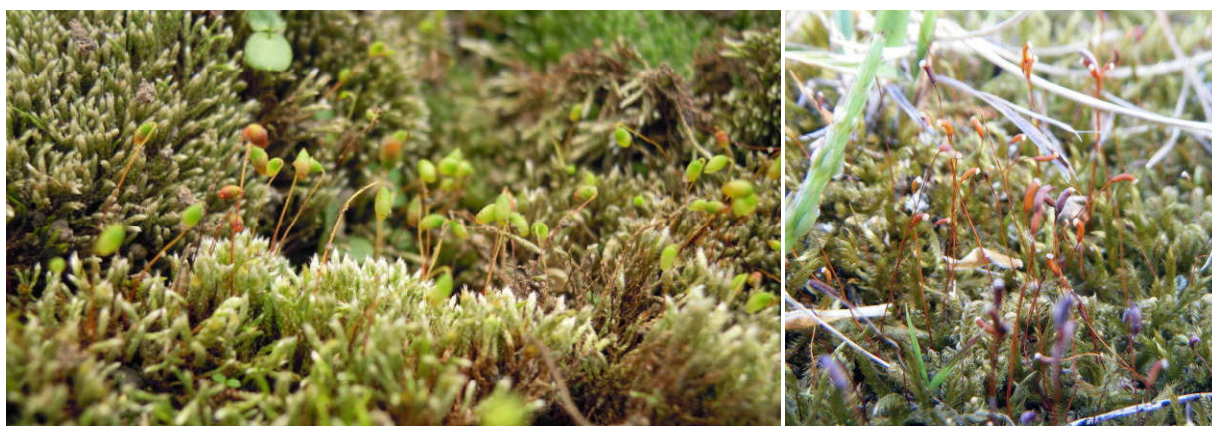
細胞が一層なので葉緑体が観察しやすい



造精器の拡大

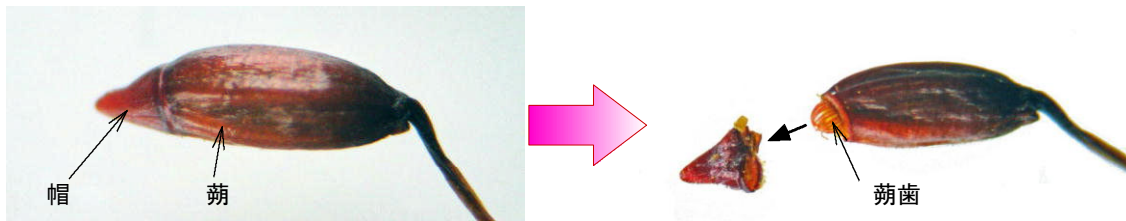
低倍率で検鏡すると丸い造精器が確認できる。
前葉体が過密の場合は造精器のみ形成される傾向が強い

(3) コケ植物の胞子の観察

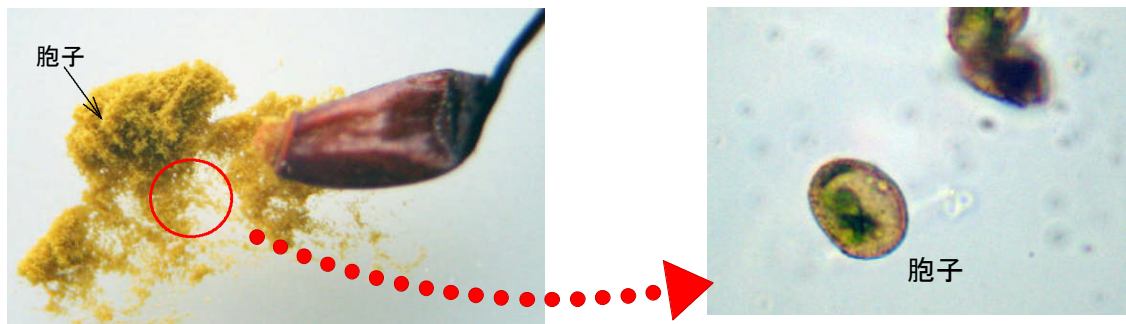


コケ植物（蘚類）：校庭などで胞子のうがある個体を選んで採集する。

- ① 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（蒴きく）をとり、先端の帽をピンセットでつまんで取る。



- ② 実体顕微鏡で見ながら，孢子のうをピンセットでつぶすと中から孢子が出てくる。これを水で封じて検鏡する。あるいは，孢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孢子が落ちる。



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，受精卵が成長したもの（孢子体）だが，コケの植物本体は，受精前のもの（配偶体）。

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

孢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ことは共通。

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，孢子のうが見られないこともあるため，アジアントムを鉢で栽培しておく方が良い。かなり長い期間孢子のうが得られる。アジアントムは園芸植物店やホームセンターで売られているので，孢子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，孢子のうが伸びたものを探して土ごと採集する。孢子のうが褐色になっているものを選ぶようにする。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。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，原始的なシダ類であるトクサ，スギナ（トクサ科），ヒカゲノカズラ類（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）と形態を比較することもできる。

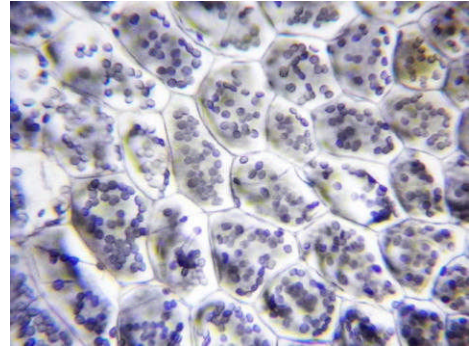
スギナの孢子

スギナの孢子は弾糸を持ち，湿度に反応して伸び縮みする。スギナの孢子をスライドガラスに載せ，脇から孢子が飛ばないように静かに息をかけると，弾糸が素早く動くところが観察できる。

(2) 前葉体について

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。

前葉体の翼の部分は、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。



アジアンタム前葉体のデンプン

■参考文献

- ・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.

色素体の観察

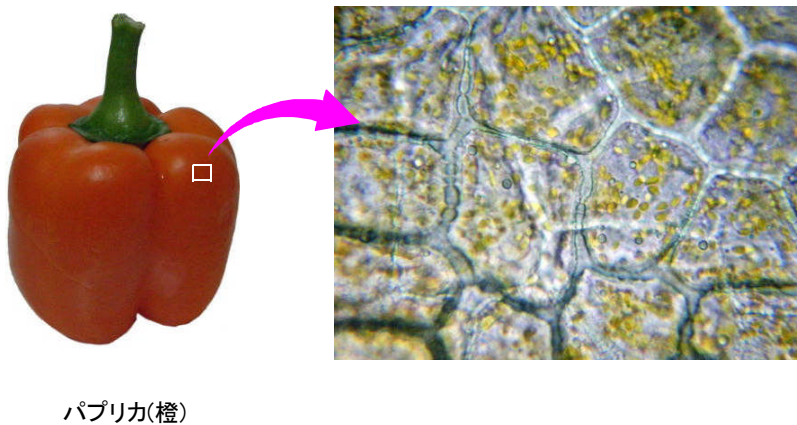
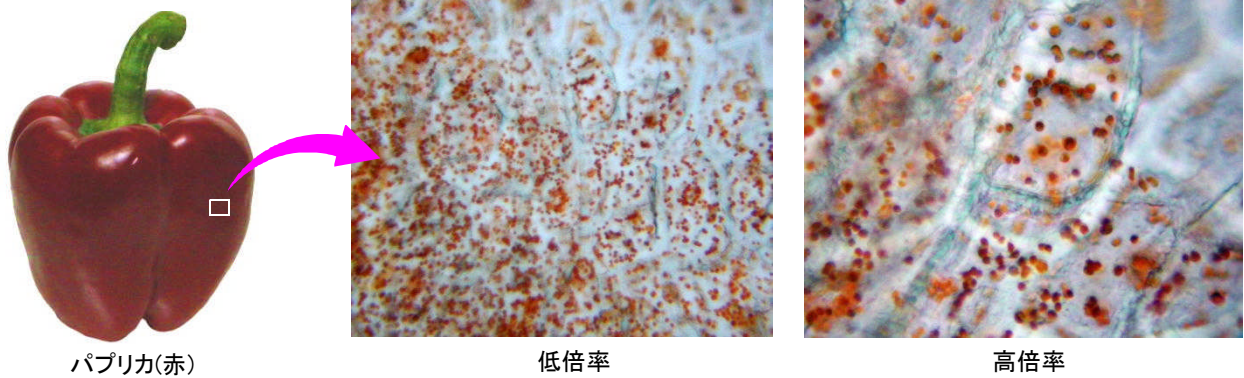
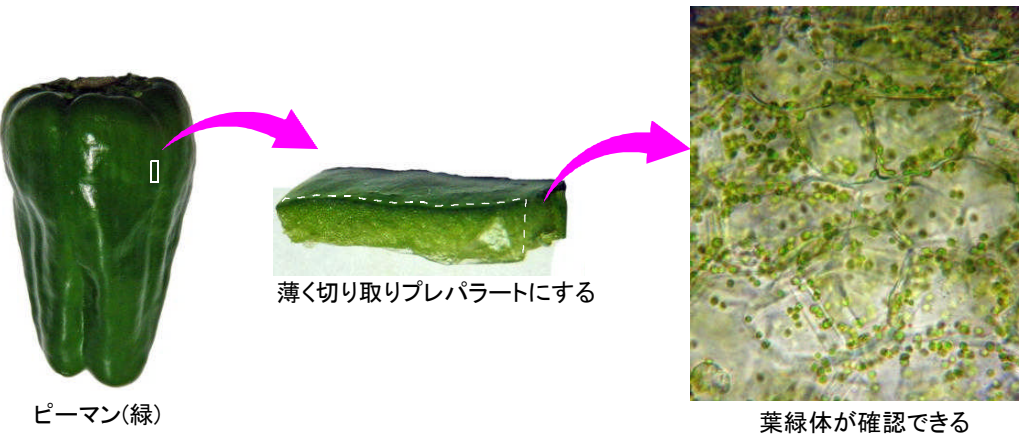
1. 準備

器具：検鏡用具，ピンセット，カミソリの替え刃

材料：パプリカ（赤色，橙色），トウガラシ，ピーマンの赤く熟した果実と未熟な果実。

2. 手順

- ① パプリカ，トウガラシなどの色が異なる果実の一部を切り取り，更に薄い切片をつくる。
- ② 切片を水で封じてプレパラートを作り，高倍率（400～600倍）で観察する。果実の色の違いは，細胞単位で観察するとどのような違いが見られるか比較する。



パプリカ色素
食品の着色料として使用されている。カロテノイド系のキサントフィルのカプサンチン，カプソルピンが主成分。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。酢酸カーミンにも使用。

3. 解説

(1) 色素体（プラスチド）とは

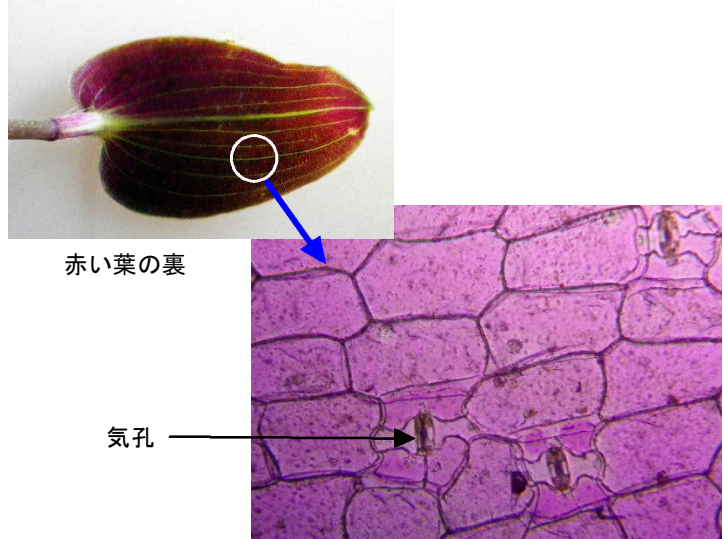
色素体は植物や藻類などに見られ、光合成、糖や脂質貯蔵、化合物の合成などを行う細胞小器官の総称で、葉緑体、有色体（黄色体）、白色体などがある。

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、エチオプラスト（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) 液胞のアントシアンとの違い

アントシアニン anthocyanin（アントシアン 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。



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ンを含む

ヒメダカの走性

1. 準備

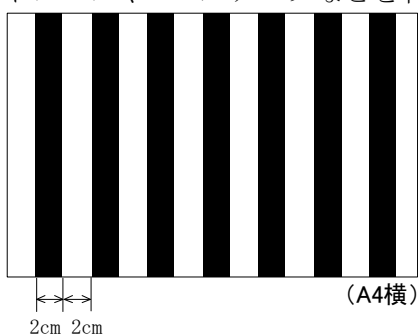
器具：丸形水槽（著計300mm）、ビーカー（1000mL）、丸形ハンガー（直径約36cm）、スタンド（丸形ハンガーをつり下げられるもの）、A4用紙3枚、パソコンとプリンタ（サインペン、ビニルテープなど）

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

2. 実験手順

(1) 実験装置の作成

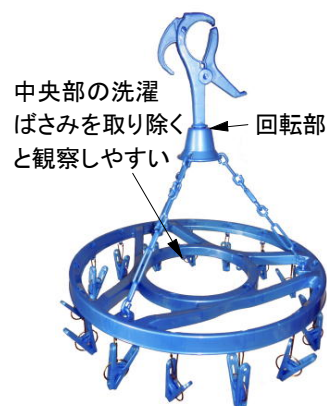
- ① A4用紙横に幅2cmの黒い帯を2cm間隔で縦縞に印刷する。これを3枚つないで環状にする。
*サインペンやビニルテープなどを利用しても良い。



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。



丸形ハンガー

(2) 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。



*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

丸形水槽の中央にピ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うい。

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

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。

(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、野生のニホンメダカ(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。

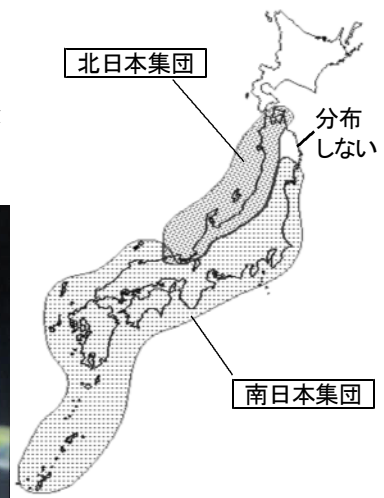
日本のメダカは大きく2グループに分けられ、岩手の花巻市は**南日本集団**の北限となっている。

北陸から青森には**北日本集団**が分布し、この違いは遺伝子レベルでしかわからない。更に地域ごとに遺伝子が異なると言われ、南日本集団は東日本型、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つの地域型に分けられる。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になっている。

この「～集団」というのは、亜種以下の遺伝子レベルでの差異について付けられた言い方で、形態的に区別することは難しい。しかし別種にしてもいい程の遺伝子の差があるといわれ、両集団は1800万年前に分かれたという説がある。



ニホンメダカ南日本集団



日本のメダカの分布

*本書「外来生物の調査」参照。

■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.

体細胞分裂の観察

1. 準備

器具：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，温度計

試薬：

- ① 固定液 フェーマー液（酢酸1：エタノール3の混合液），塩酸(1mol/L, 3.6%程度)
- ② 染色液 酢酸カーミン，酢酸オルセイン，酢酸ゲンチアナバイオレットなど
- ③ 試料 マネギやニンニクなどの鱗片葉を水栽培して発根させたもの。または，タマネギやニンニクなどを水栽培して発根させたもの。

染色がうまく行かないことはないだろうか？

ここで紹介する酢酸ゲンチアナバイオレットは染色時間短く，使いやすい染色液である。



染色不良の例

2. 実験手順

(1) 発根

ネギやタマネギなどの種子を発根させて使用する。

シャーレにろ紙を敷いて水を入れ，間隔を空けて種子を置くと3から5日間で根が伸びる。1cm程度に伸びたら使用する。

(2) 固定

ネギの根を種子から切り取らずに，フェーマー液に約10分間入れて固定する。

これを70%エタノールに移して保管する（約1年間は保存可能）。

*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

エタノールを捨てて水道水に入れ替えて根を洗う。

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（先端は切り取らない）。次に80℃程度の湯を入れた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）。

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

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針，ピンセットなどで切り取る。これに染色液を滴下し，酢酸ゲンチアナバイオレットの場合は約1分間おく。

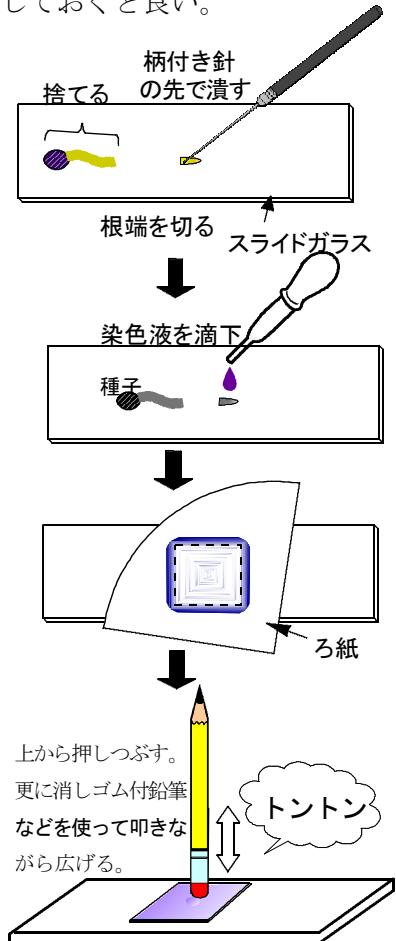
(5) 押しつぶし

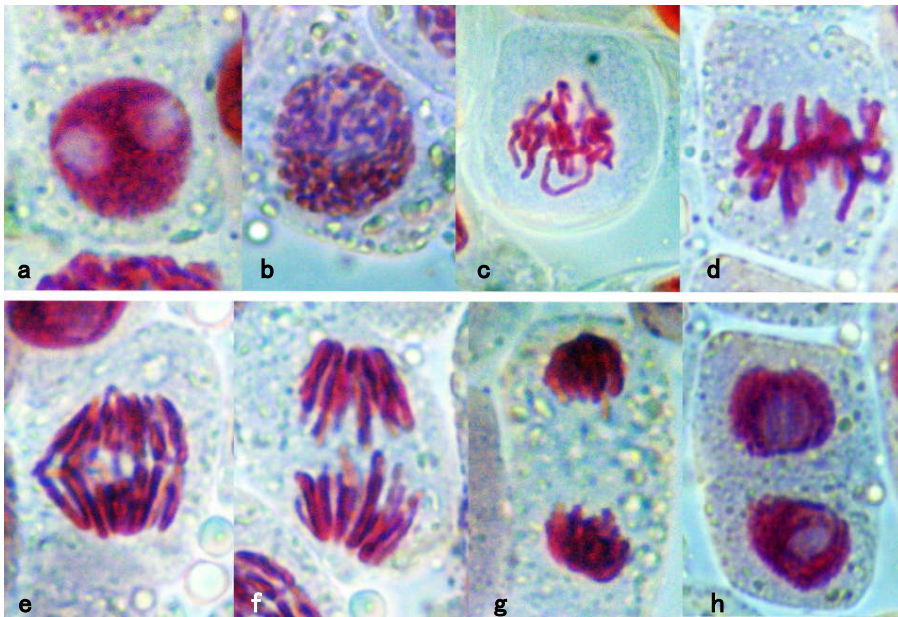
根端にカバーガラスを載せ，ろ紙を軽くかぶせて余分な染色液を吸い取る。その後指でゆっくりと，強く押しつぶす。柄付き針やペンの後端側など丸い部分を利用して広げてのばすようにしても良い。

*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（対物レンズを40×）観察する。





ネギの体細胞分裂(a:間期 b~c:前期 d:中期 e~f:後期 g:終期 h:間期)

固定前にコルヒチンやキノリノールで処理すると、染色体が縮んでこのように観察しやすくなる。この方法は核型分析に利用されている。



3. 解説

(1) 細胞分裂が観察できないときの考えられる理由

- 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。

タマネギの種子は秋から冬にかけてと夏季に園芸店で買うことができる。ネギ類なら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。

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。

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液に浸漬して1日おいても良い。また、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。但し机上にごみがないことを要確認。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。

- 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。

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。

(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薄いことがあるので、できれば自分で調整する。

◆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。

◆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。

*25gで2900円程度。理科教材を扱う業者から購入可能。

*以前はダーリアバイオレットが使われたが、現在は製造中止となった。

■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

・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.

花粉管の観察

1. 準備

(1) 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）

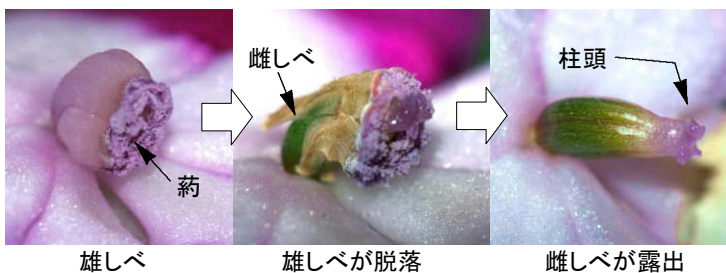
(2) 花粉管の観察に適した植物

- 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 **ハウセンカ** *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 **アフリカハウセンカ**（＝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て原種から遠いものは，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，全く発芽しないと言うことは少ない。1年中使える。
- ⑥ **シロツメクサ** *Trifolium repens*（マメ科）・・・花粉管が発芽するまで15分以上かかるが，入手しやすい。



ムラサキツユクサ

「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ハウセンカを指すことが多いが，ハウセンカも *Impatiens* 属。



雄しべ

雌しべ

柱頭

薬

雄しべが脱落

雌しべが露出

実験には使用できない

アフリカハウセンカの雄しべと雌しべ



ブライダルベール

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%

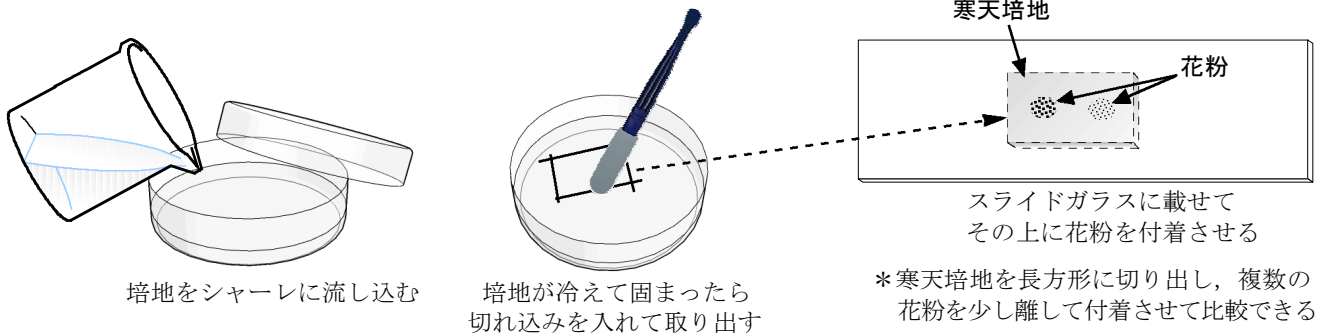
アフリカハウセンカ(インパチェンス)・・・7～10%

ニューギニア・インパチェンス・・・4～6%

シロツメクサ・・・16%

*培地が低張の場合，原形質吐出を起こすことがある。

- 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。
*培地の底（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

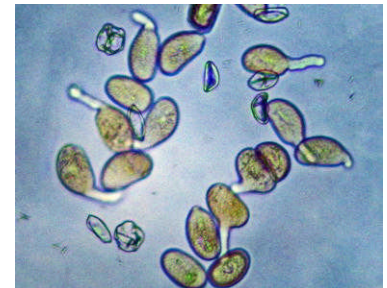
- ① 寒天培地に花粉をまく（葯を培地に直接接触させる）。
- ② 培地に花粉をまいてから1，2分ごとに検鏡しながら花粉の伸びる様子を観察する。



ムラサキツユクサの花粉管

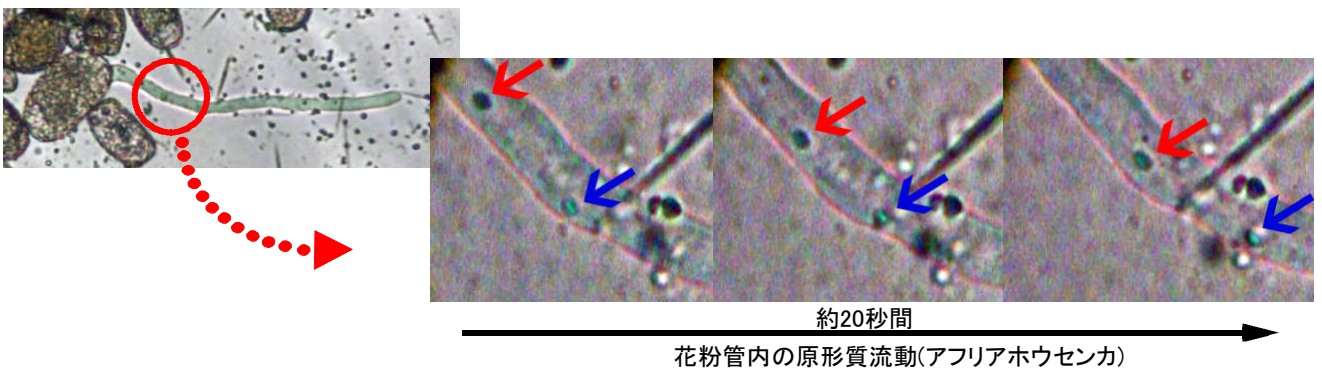


核の流入(酢酸オルセイン染色)



ブライダルベールの花粉管
(約10分後)

- 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) 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。

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。

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。

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。

(2) 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。

ハウセンカの方が安定した結果が得やすい。ハ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。

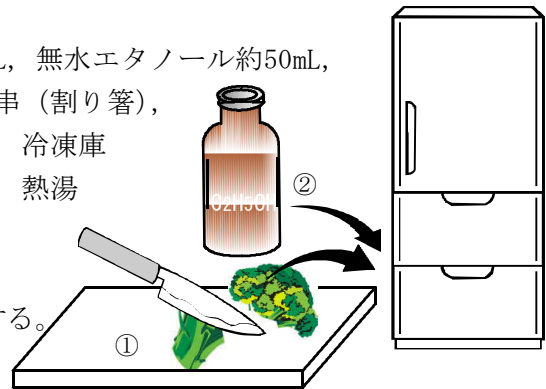
DNA の 抽 出

1. 準備

ブロッコリー1/2個，食塩3.5g，中性洗剤(食器用)1mL，無水エタノール約50mL，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，ナイフ，まな板，冷凍庫ろ紙，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

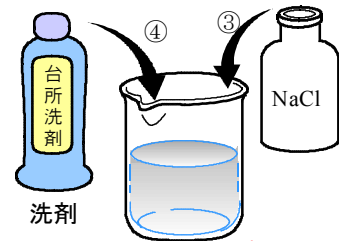
- ① ブロッコリーの花芽の部分だけを切り落とし冷凍する。
- ② 無水エタノールを冷凍庫に入れて冷やしておく。



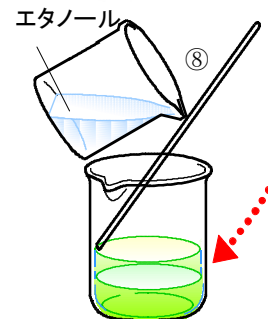
ブロッコリーとエタノールを冷凍庫へ

エタノールを冷やすのは，低温の方がDNAの溶解度が大きいから。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。



* 抽出液は乳鉢の7~8分目程度入れる

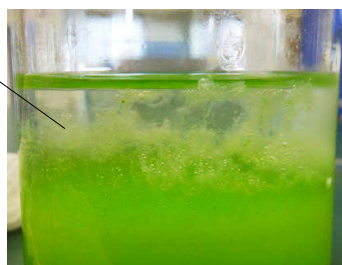


[ここから生徒実験]

- ③ 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1~2mol/L(NaCl=58.4)食塩水に溶けやすい。
- ④ ③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。
- ⑤ 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。
- ⑥ ⑤のブロッコリーに④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。
- ⑦ ⑥の液を茶こしで濾す。
- ⑧ ⑦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⑦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。
- ⑨ 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)。



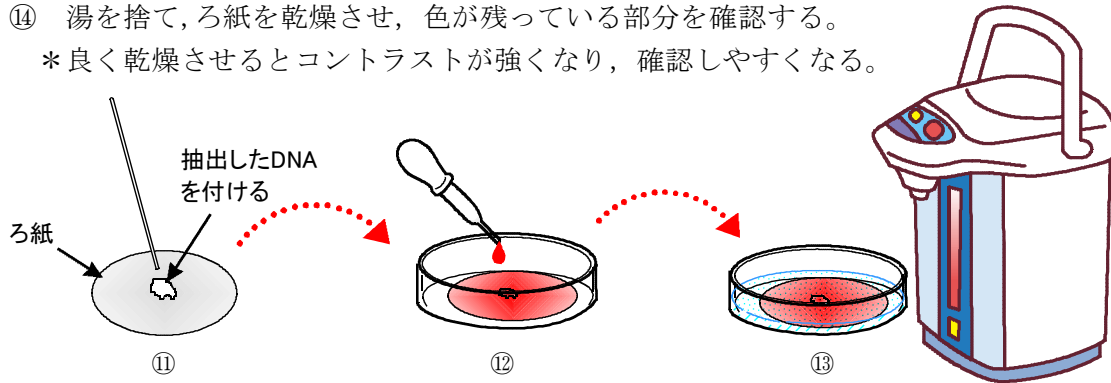
ビーカー上部から



ビーカー横から

[時間に余裕があれば、次のDNAの確認の操作も行う]

- ⑩ 抽出したDNAをガラス棒などを用いてろ紙に付着させる。
- ⑪ DNAを付けたろ紙を乾燥させる。
- ⑫ 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。
- ⑬ 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。
- ⑭ 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。



3. 解説

(1) DNAと遺伝子

DNAは核酸の1種であり、物質として簡単に取り出してみることができる。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。

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。

(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。

クマムシの観察

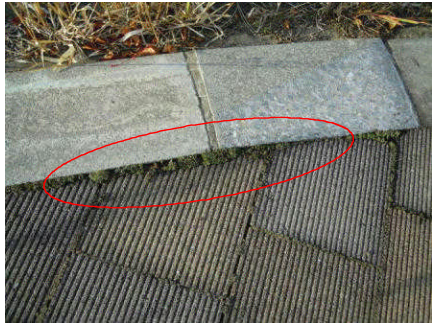
1. 準備

材料：コケ類（晴天が続き乾燥したものがよい）

器具：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 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

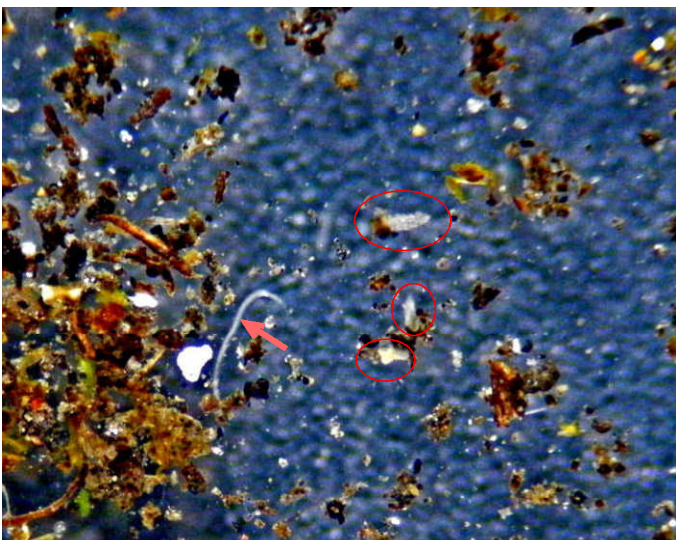


乾燥したコケ(盛岡市三本柳 北上川河川敷)

- 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。

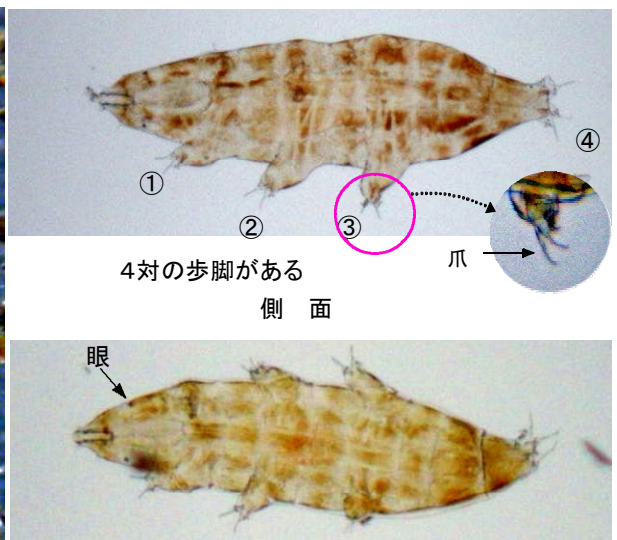
- ③ 底に沈んだものを双眼実体顕微鏡で観察する。
- ④ 動く動物を見つけたら，ピペットで吸い取り（慣れると尖鋭ピンセットでもとることも可能），ホールスライドガラスに載せて検鏡する。
- ⑤ センチュウ類やワムシ類，ダニ，トビムシなどその他の動物を観察する。



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（→）



背面

オニクマムシ *Milnesium tardigradum*



休眠状態「樽型」になる途中の段階

* この状態で高温，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めら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，コケについた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。

■参考図書

- ・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。

水生生物（底生動物）による生物学的水質調査

1. 準備

(1) 調査計画を立てる（調査地点の選定）

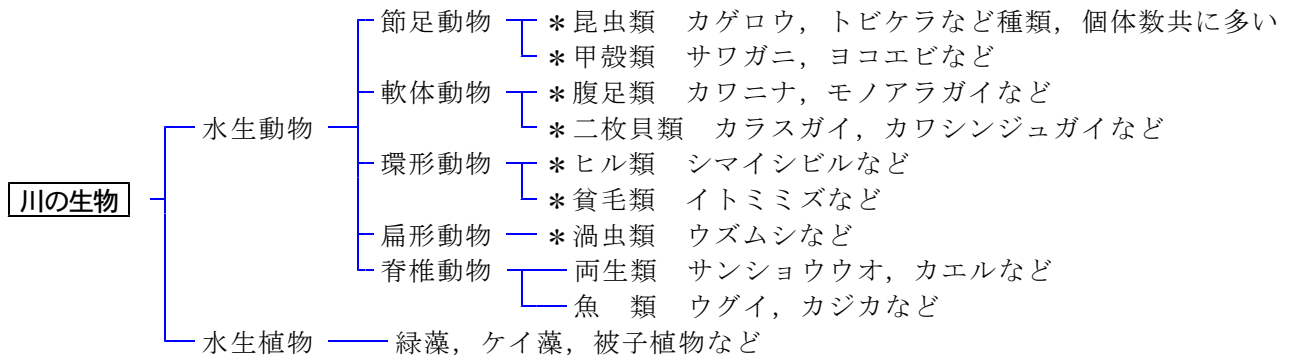
- ① 同じ川で何か所か調べるときは、上流から下流に向かって、およそ等間隔で調べていくと川の汚れていく様子がわかる。また、支流や用水路、下水の排水口などが川に入っているところでは、その上流と下流を調べる。また、大きな川では反対側の岸も調べるとよい。
- ② 可能な限り深さが30cmぐらいで、底に石が多い瀬の部分を選ぶ。
- ③ 岸から少しはなれたところを選ぶ。

*特に降雨のあとは、川の水が増えて、通常水がないところに水が流れていることがある。このような場所には生物があまりいないので注意する。

*増水した後は、濁りが消えて水量が平常値に戻りまで約1週間程度調査には適さない。

(2) 調査対象となる水質指標生物

河川には多くの生物が生息しているが、肉眼的底生動物が水質指標生物として重要である。中でも昆虫類が種数、個体数共に多い。河川の水生昆虫は、そのほとんどが幼虫である。



*印がついたグループが調査対象種を含む分類群

(3) 野外調査に必要な用具

① 網

*釣具店で市販(500円から1200円ぐらい)されている網で、餌の川虫捕り用の目が細かくて丈夫な網が良い。

または専用のサーバーネット(枠付きの網)。

② ピンセット

*先が細いもの。

③ バット

*採集した虫をその場で観察するときに使う。

④ 温度計

*水温と気温の測定用に2本あると良い。水温は赤外線放射温度計が使いやすい。

⑤ 流速測定用具

*浮き(葉や木の枝等で代用できる)、ストップウォッチ、定規(1~3m)

⑥ 広口ポリビン(サンプル瓶)

採集した生物を標本にするときに使う。水が漏らないもの。

⑦ エタノール(75%程度)

あらかじめ⑥の広口ポリビンに入れておく。採集した生物の保存用。

採集用は川の水が入るので標本用の70%より濃度をやや高めにする。



広口ポリビン

- ⑧ 記録用紙，またはフィールドノート（メモ帳）と鉛筆
 - * 水に濡れても消えない鉛筆が良い。油性サインペンもあると良い。
- ⑨ ルーペ
- ⑩ カメラ
 - * 調査地点の風景(周囲の環境)を撮影しておく。
- ⑪ その他：長靴，釣り用のウェーダーが良い。
 - * 裸足は怪我の原因となる。水の中で脱げてしまうようなサンダルは不可。
- ⑫ 救急セット
- ⑬ 消毒剤
 - * 汚濁が強い場所では衛生上必要な場合もある。採集用具の消毒は外来種対策にも有効。

(4) 分類(種の同定)，整理に必要な用具

- ① 双眼実体顕微鏡，生物顕微鏡（ユスリカなどの同定で高倍率での検鏡が必要な場合）
 - * 水酸化カリウム処理が必要な場合もある。
- ② 図鑑
- ③ ピンセット(“3 c”などの尖鋭)
- ④ シャーレ
- ⑤ 電子天秤（現存量を測定する場合）
- ⑥ 管瓶(標本瓶)
- ⑦ 70～75%エタノール
- ⑧ 記録用紙



(5) 現地調査の記録事項：次のことをフィールドノートに記入しておく。

- ① 調査地点：河川名，近くにある橋や建物，地名など。
- ② 調査期日：年月日，時刻。
- ③ 調査者：調査した人の氏名。
- ④ 流速：浮きが2 m流れるのにかかった時間を測定し，逆数をとって [cm/秒] とする。
 - * 測定距離は長くいੱつた方が良いが，状況によっては1 mでも良い。
 - * 3回測定し平均をとる。
 - * 環境省のテキストでは浮きを流す距離を3m～5mとしているが，場所によっては十分な距離をとれないことも多いので，その場合は1～2mでも良い。
 - * 環境省(2001)のテキストの場合，およそ「おそい」，「ふつう」，「はやい」と3段階で表す。

流速測定の実例

浮きが2 mを4.0秒かかって流れた場合

$$2 \text{ [m]} \div 4.0 \text{ [秒]} = 0.5 \text{ [m/秒]}$$

$$0.5 \text{ [m/秒]} \times 100 = 50 \text{ [cm/秒]}$$

流速は 50 [cm/秒] (「ふつう」となる)

流れの速さの段階と目安	
段階	流れの速さの目安
おそい	1秒間に30cm以下
ふつう	1秒間に30～60cm位
はやい	1秒間に60cm以上

- ⑤ 水深：定規を立ててはかり，cmで記録。
- ⑥ 底質：底の石の大きさや形，石の表面，藻類，砂泥のたまっている様子などを記録する。
- ⑦ 色，濁り：水の色やにごりがあるかどうかを見る。
- ⑧ 周囲の環境：近くに下水口があるとか，植物の様子など何でも気が付いたことを記録する。
 - * 周囲の環境がわかるように写真に撮っておく。
- ⑨ その他：市販されている簡易計測器で，pHや電気伝導率を調べると補助データとして有効。

2. 手順

(1) 生物の採集方法

- ① 網を川の流れる下流側におき、網の前の川底の石や砂を手や足でかき回すと、生物は石からはなれ、流されて網に入る。
- ② 水のごりが消えたら網を水からあげて生物をさがす。
*石に固着している生物もいるので、よく注意して見る。
- ③ 生物をピンセットで75%エタノールが入ったポリ瓶(サンプル瓶)に生きたまま入れる。
*この広口ポリビンに場所と年月日をペンで直接書き、更に紙に鉛筆で書いて中に入れる。
- ⑤ キック採集
網の上流側の川底の石を足や手で裏返し流下する生物を採集する)を行う。位置を変えて3サンプルとる。BMWPスコア法を適用する際に行う。

(2) 採集した生物の整理、分類

- ① 採集した生物はおおよそ似た種類ごとに分ける。
- ② 図鑑を見ながら種名を調べる。
- ③ 種類がわかったものは、種名と個体数を記録用紙に記入する。
- ④ 採集されたそれぞれの生物が、どのような水質のところにいる生物か(指標生物)を調べて水質を判定する。
*詳しく種を同定するには、標本にして解剖顕微鏡や双眼実体顕微鏡などを使って調べなければならない。
- ⑤ 生物は同じ種ごとに、70~75%エタノールを入れた管ビン(標本ビン)に入れて標本にする。
あるいは調査地点ごとに1ビンに入れる。
*ビンは中栓付きのスクリュー管が良い。
*長期間保存する場合は、定期的にエタノールを補充するか、標本が入った管ビンをエタノールが入った更に大きなビンに入れて密閉する。


標本には必ずラベルをつける

ラベルは、紙に鉛筆(コピーでも良いが、トナーがエタノールによって剥がれることもあるので注意)で、採集データ(採集場所、採集年月日、採集者名)を必ず記載し、更に生物を同定し、種名がわかれば別の紙に書き、管ビンの中に入れる。

*時間が経過するとビンの中の液が蒸発するので、減った場合は補充する。

☆ラベルのない標本はただの死骸!

★どんな普通種でもラベルがあると学術標本!!

<p>岩手県花巻市石鳥谷葛丸川 中寺林</p> <p>採集日 2011年9月20日 採集者 中村学 (ヒゲナガカワトビケラ)</p>	<table border="1"><tr><td data-bbox="576 1648 831 1809"><p>Kuzumaru R. Nakaderabayashi Ishidoriya-cho Hanamaki city Iwate pref. 20. IX. 2011 S. Nakamura leg.</p><p>データラベル</p></td><td data-bbox="858 1682 1145 1809"><p><i>Stenopsyche marmorata</i> Navas (ヒゲナガカワトビケラ) Det. S. Nakamura 2011</p><p>同定ラベル</p></td></tr></table> <p>*データラベルは必須</p> <p>学術的な標本ラベルの例</p>	<p>Kuzumaru R. Nakaderabayashi Ishidoriya-cho Hanamaki city Iwate pref. 20. IX. 2011 S. Nakamura leg.</p> <p>データラベル</p>	<p><i>Stenopsyche marmorata</i> Navas (ヒゲナガカワトビケラ) Det. S. Nakamura 2011</p> <p>同定ラベル</p>	 <p>エタノール</p> <p>ラベル</p> <p>昆虫(試料)</p> <p>管ビン(液浸標本)</p>
<p>Kuzumaru R. Nakaderabayashi Ishidoriya-cho Hanamaki city Iwate pref. 20. IX. 2011 S. Nakamura leg.</p> <p>データラベル</p>	<p><i>Stenopsyche marmorata</i> Navas (ヒゲナガカワトビケラ) Det. S. Nakamura 2011</p> <p>同定ラベル</p>			

(3) 環境省・国土交通省(2001)のテキスト「川の生きものを調べよう 水生生物による水質判定」
に従った簡便な水質判定法

主に小学校の教材として使われている簡便法。30種の指標生物のみでⅠ(きれい)、Ⅱ(すこしきたない)、Ⅲ(きたない)、Ⅳ(たいへんきたない)の4階級のどれにあてはまるかを判定する。

きれいな水(Ⅰ)の指標生物	
カワゲラ	ナガレトビケラ
ヤマトビケラ	ヒラタカゲロウ
ヘビトンボ	ブユ
アミカ	ウズムシ
サワガニ	

少しきたない水(Ⅱ)の指標生物	
コガタシマトビケラ	オオシマトビケラ
ヒラタドROMシ	ゲンジボタル
コオニヤンマ	カワニナ
スジエビ	
*ヤマトシジミ	*イシマキガイ

きたない水(Ⅲ)の指標生物	
ミズムシ	ミズカマキリ
タイコウチ	ヒル
タニシ	
*イソコツブムシ	*ニホンドロソコエビ

たいへんきたない水(Ⅳ)の指標生物	
セスジユスリカ	チョウバエ
エラミミズ	サカマキガイ
アメリカザリガニ	

*は汽水域きすいいき(淡水と海水がまざるところ)の生物

■水質階級(Ⅰ~Ⅳ)の判定方法

採集した生物の名前を調べ、個体数を数えたなら、記録用紙(次ページ参照)に記入して水質判定する。

- ① 採集した生物を記録用紙に種類ごとに数を記録する。記録用紙にない種類については空欄に書く。
- ② 記録用紙の採集された指標生物の欄に○をつける。
- ③ 個体数が多い方から上位2種類(ただし、ほぼ同数であった場合は3種類まで)については●をつける。
- ④ 各水質階級ごとに○と●の数を合計する。
- ⑤ 各水質階級ごとに●だけの数を合計する。
- ⑥ 各水質階級ごとに④と⑤を合計して、点数の最も高い階級をその地点の水質階級と判定する。例えば、階級Ⅰと階級Ⅲが同点の場合は階級Ⅰとする。
- ⑦ 但し、2つ以上の階級で同点になった場合には、より数値の小さい階級をその地点の階級とする。

「川の生きものを調べよう 水生生物による水質判定」による調査の記録例

全国水生生物調査結果 集計用紙

調査団体名		複数団体が合同で実施している場合は、代表的な団体名をひとつ記入し、他の団体名は代表的な団体の後ろに () をつけて記入して下さい。			
市町村名		調査参加人数		人	
調査担当者名		連絡先住所			
担当者連絡先		TEL	FAX	E-mail	

指標生物 (見つかった指標生物に○印、数が多かった上位から2種類(最大3種類)に●印をつけて下さい)						調査地点の概要 (生物を採取した場所の状況について記入して下さい)																								
水質階級 I	1	アミカ				調査河川名	北上川																							
	2	ウズムシ				調査地点名	南大橋																							
	3	カワゲラ		○		昨年度の調査状況 (昨年度調査に参加した方のみチェックして下さい)	今年の調査地点は昨年度と同じですか? <input checked="" type="checkbox"/> 同じ場所で調査した 昨年度の水質階級は <input type="checkbox"/> I <input checked="" type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> ちがう場所で調査した																							
	4	サワガニ					調査日時	2009 年 8 月 10 日 13 時 開始時刻を24時間で記入して下さい。(午後2時は14時)																						
	5	ナガレトビケラ					天気	<input type="checkbox"/> はれ <input checked="" type="checkbox"/> くもり <input type="checkbox"/> 雨 調査時の天気をチェックして下さい																						
	6	ヒラタカゲロウ		●		水温	23.4 °C(小数点1桁まで記入して下さい)																							
	7	ブユ				川幅	約 40.0 m 水の流れの幅を記入して下さい(小数点1桁まで記入できます)																							
	8	ヘビトンボ		○		生物採取場所	<input type="checkbox"/> 川の中心 <input checked="" type="checkbox"/> 上流から見て右岸 <input type="checkbox"/> 上流から見て左岸 採取した場所をチェックして下さい																							
	9	ヤマトビケラ					水深	約 25 cm 採取した場所の平均的な水深を記入して下さい																						
水質階級 II	10	イシマキガイ				以下は、生物を採取した場所にあてはまるものをチェックして下さい																								
	11	オオシマトビケラ				流れのよさ	<input type="checkbox"/> 速い(毎秒60cm以上) <input checked="" type="checkbox"/> 普通(毎秒30~60cm) <input type="checkbox"/> 遅い(毎秒30cm以下)																							
	12	カワニナ		○		川底の状態	<input type="checkbox"/> 頭大の石が多い <input checked="" type="checkbox"/> こぶし大の石が多い <input type="checkbox"/> 小石と砂 <input type="checkbox"/> コンクリート <input checked="" type="checkbox"/> 砂と泥 <input type="checkbox"/> 泥 <input type="checkbox"/> コケ <input type="checkbox"/> その他																							
	13	ゲンジボタル					水のにおい	<input checked="" type="checkbox"/> においは感じられない <input type="checkbox"/> においが感じられる (ドブ、石油、薬のような不快感のあるにおい)																						
	14	コオニヤンマ		○		水のにごり		<input type="checkbox"/> 透明またはきれい <input checked="" type="checkbox"/> 少しにごっている <input type="checkbox"/> 大変にごっている																						
	15	コガタシマトビケラ		●			水質階級の判定	<table border="1"> <tr> <td>水質階級</td> <td>I</td> <td>II</td> <td>III</td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>1. ○印と●印の個数</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2. ●印の個数</td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. 合計(1欄+2欄)</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>					水質階級	I	II	III	IV	1. ○印と●印の個数	3	4	1	1	2. ●印の個数	1	1			3. 合計(1欄+2欄)	4	5
水質階級	I	II	III	IV																										
1. ○印と●印の個数	3	4	1	1																										
2. ●印の個数	1	1																												
3. 合計(1欄+2欄)	4	5	1	1																										
16	スジエビ				この地点の水質階級は II です																									
水質階級 III	17	ヒラタドロムシ		○		その他の生物(水生昆虫、貝、エビ・カニ類)																								
	18	ヤマトシジミ				魚類																								
	19	イソコツブムシ				マダラカゲロウ類																								
	20	タイコウチ				ヒゲナガカワトビケラ																								
	21	タニシ				ガガンボ																								
水質階級 IV	22	ニホンドロソコエビ				カワトンボ																								
	23	ヒル		○		水草類																								
	24	ミズカマキリ				鳥類																								
	25	ミズムシ				その他、気づいたこと																								
26	アメリカザリガニ				ハクセキレイ																									
27	エラミズ				カルガモ																									
28	サカマキガイ				周囲は住宅や商店が多い。 川原には空き缶などのごみが見られる。																									
29	セスジユスリカ		○																											
30	チョウバエ																													

環境省水環境部・国土交通省河川局(2001) 川の生きものを調べよう 水生生物による水質判定. 財団法人河川環境管理財団. <http://mizu.nies.go.jp/suisei/about/way/text6a.html> より

(4) E P T 指数

Ephemeroptera (カゲロウ目), Plecoptera (カワゲラ目), Trichoptera (トビケラ目) の合計種数を全確認種数で除した値。数値が大きいほど良好な環境であると評価される。

たとえば, ある調査地点で30種採集され, そのうち,
カゲロウ目が12種, カワゲラ目が3種, トビケラ目が8種であった場合,
 $(12+3+8) \div 30 \times 100 = 76.7$ となる。

(5) B M W P (Biological Monitoring Working Party Score System) スコア法

分類群ごとに1~10で点数化した下のスコア表に従って評価する。点数が高いほど汚濁に対する感受性が高い(弱い)種である。

- ① 直径30cmの網を用いて, 1分間キック採集(網の上流側の川底の石を足や手で裏返し流下する生物を採集する)を行う。位置を変えて3サンプルとる。
- ② 採集された種が属す分類群のスコア表から読み取り合計して総スコアを求める。
*スコア表にあてはまる分類群がない種は除外する。
- ③ 総スコアを総スコアを求めた科(分類群数)で割って平均スコアを求める。このスコアの平均値を A S P T (average score per taxon) という。

スコア表

目	科	スコア	綱・目	科	スコア		
カゲロウ(蜉蝣)目	フタオカゲロウ科	9	チョウ(鱗翅)目	ツトガ科	7		
	チラカゲロウ科	9		コウチュウ(鞘翅)目	ゲンゴロウ科	5	
	ヒラタカゲロウ科	9			ミズスマシ科	8	
	コカゲロウ科	6			ガムシ科	4	
	トビイロカゲロウ科	9			ヒラタドROMシ科	8	
	マダラカゲロウ科	9			ドROMシ科	8	
	ヒメシロカゲロウ科	7			ヒメドROMシ科	8	
	カワカゲロウ科	8			ホタル科	6	
	モンカゲロウ科	9			ハエ(双翅)目	ガガンボ科	8
	シロイロカゲロウ科	8				アミカ科	10
	トンボ(蜻蛉)目	カワトンボ科				7	チョウバエ科
ムカシトンボ科		9	ブユ科			7	
サナエトンボ科		7	ユスリカ科(腹鰓あり)	1			
オニヤンマ科		3	ユスリカ科(腹鰓なし)	3			
カワゲラ(襜翅)目	オナシカワゲラ科	6	ヌカカ科	7			
	アミメカワゲラ科	9	アブ科	8			
	カワゲラ科	9	ナガレアブ科	8			
	ミドリカワゲラ科	9	ウズムシ(三岐腸)目	サンカクアタマウズムシ科		7	
カMEMシ(半翅)目	ナベブタムシ科	7	ニナ(吸腔)目	カワニナ科		8	
ヘビトンボ(広翅)目	ヘビトンボ科	9	モノアラガイ(有肺)目	モノアラガイ科	3		
トビケラ(毛翅)目	ヒゲナガカワトビケラ科	9		サカマキガイ科	1		
	カワトビケラ科	9		ヒラマキガイ科	2		
	クダトビケラ科	8		カワコザラガイ科	2		
	イワトビケラ科	8	ハマグリ目	シジミガイ科	5		
	シマトビケラ科	7	ミミズ綱		1		
	ナガレトビケラ科	9	ヒル綱		2		
	ヤマトビケラ科	9	ヨコエビ(端脚)目	ヨコエビ科	9		
	ヒメトビケラ科	4	ワラジムシ(等脚)目	ミズムシ科	2		
	カクスイトビケラ科	10	エビ(十脚)目	サワガニ科	8		
	エグリトビケラ科	10	*全ての科(分類群)にスコア値が与えられているわけではない。 *旧分類名は一部新名称に変更してある。				
	カクツツトビケラ科	9					
	ケトビケラ科	10					
	ヒゲナガトビケラ科	8					

EPT, BMWP法による記録の例

調査地点	Sta. 1 大瀬川橋	北上 川水系 瀬 川	調査者	
期 日	2011 年 9 月 8 日	10:30 ~12:00	天 候	晴
水 温	18.2 ℃	気 温	25.0 ℃	流 速 測定: 2.1 [秒/m]⇒計算: 48 [cm/秒]
水 深	22 cm	川 幅	5 m	色 淡褐色 臭 なし
底 質	直径10cm程度の大礫底。泥の沈殿がある。			
そ の 他 環 境	周囲は住宅地。アオサギが見られる。			
No.	和 名	分類群	個体数	スコア
1	ナミウズムシ	扁形動物 サンカクアタマウズムシ科	2	7
2	カワニナ	軟体動物 カワニナ科	2	8
3	サカマキガイ	軟体動物 サカマキガイ科	2	1
4	シマイシビル	環形動物 ヒル綱	4	2
5	エルモンヒラタカゲロウ	カゲロウ目 ヒラタカゲロウ科	10	9
6	シロタニガワカゲロウ	カゲロウ目 ヒラタカゲロウ科	8	9
7	ヨシノマダラカゲロウ	カゲロウ目 マダラカゲロウ科	45	9
8	オオヤマカワゲラ	カワゲラ目 カワゲラ科	3	9
9	ヒゲナガカワトビケラ	トビケラ目 ヒゲナガカワトビケラ科	13	9
10	ウルマーシマトビケラ	トビケラ目 シマトビケラ科	7	7
11	コガタシマトビケラ	トビケラ目 シマトビケラ科	32	9
12	ムナグロナガレトビケラ	トビケラ目 ナガレトビケラ科	2	9
13	ヒラタドロムシ	甲虫目 ヒラタドロムシ科	1	8
14	ガガンボ属	ハエ目 ガガンボ科	1	8
15	クロモンナガレアブ	ハエ目 ナガレアブ科	4	8
16	セスジユスリカ	ハエ目 ユスリカ科(腹鰓あり)	20	1
17				
18	全16種中で、 カゲロウ、カワゲラ、 トビケラはこの8種			同じ科で複数 種いる場合は まとめる
19				
20				
合 計			156	95

各種指数の計算結果

指数の種類	計算結果
EPT指数	53.3
ASPT	6.8

8 / 15 × 100

95 / 14科

(6) 肉眼的底生動物の分類と同定法

■主なグループの分類のポイント ■

昆虫類は科の段階、昆虫以外は綱あるいは、目程度の段階まで分類できると、BMW Pスコア法、EPT指数を求めることができる。

◇昆虫類……河川の水生昆虫の多くは幼虫であるが、幼虫では種の特徴が出ないため分類が難しい。

① カゲロウ(蜉蝣)目…幼虫

・ほとんどの川に生息する重要なグループ
 ・脚やエラなどはすぐにとれてしまう

各脚の先の爪は1本

腹部の背面には葉状か糸状の気管鰓(エラ)がある。

尾は2本または3本

(シリナガマダラカゲロウ)マダラカゲロウ科

フタオカゲロウ科 チラカゲロウ科 ヒラタカゲロウ科

コカゲロウ科 ビイトカゲロウ科 マダラカゲロウ科 ヒメシロカゲロウ科 カワカゲロウ科 モンカゲロウ科 シロイロカゲロウ科

*マダラカゲロウに似る似るが非常に小さい(体長3~4mm)

② トンボ(蜻蛉)目…幼虫

・河川ではサナエトンボ科が多い。
 ・幼虫は通称「ヤゴ」。

おおあご 大顎が頭部の下に折りたたまれている。

複眼

均翅亜目 ムカシトンボ亜目 不均翅亜目

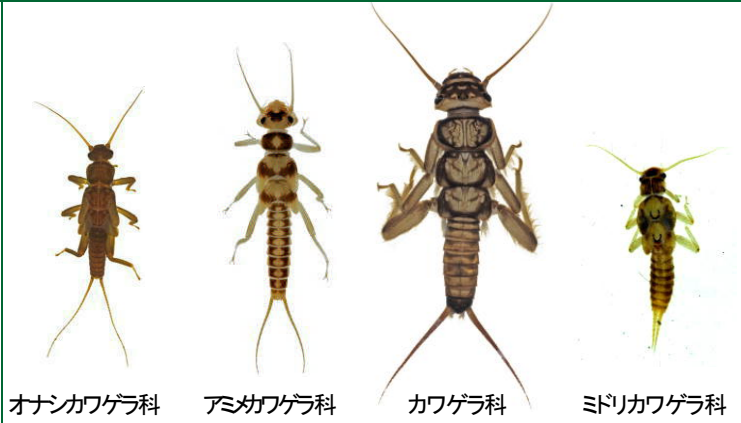
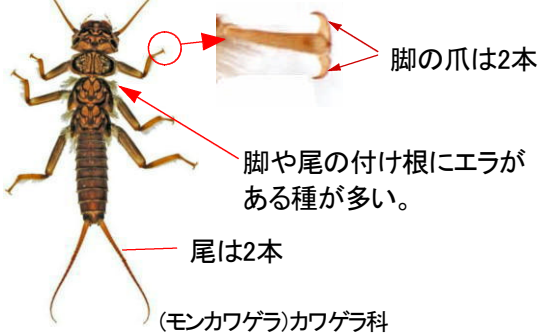
えら

カワトンボ科 ムカシトンボ科 サナエトンボ科 オニヤンマ科

サナエトンボ科の触角はへら状

③ カワゲラ(せきし)目…幼虫

・カゲロウと似るが、体のつくりはしっかりしている
 ・「きれい」な川の指標



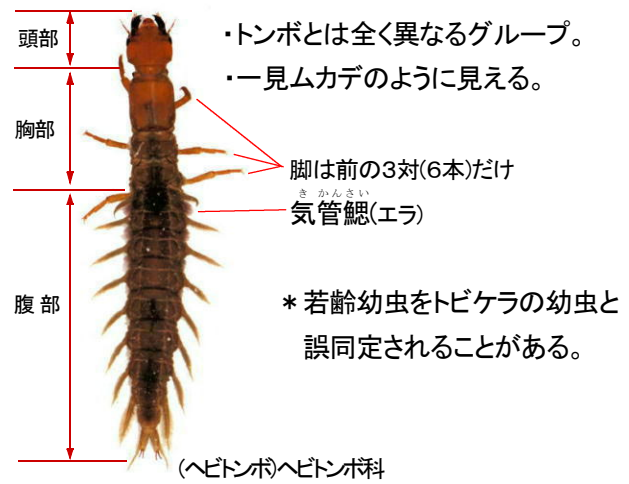
④ カメムシ(はんし)目…幼虫・成虫

・池沼に生息する種が多く川では少ない。
 ・成虫になっても水生種が多い。
 ・口は細長いストロー状。

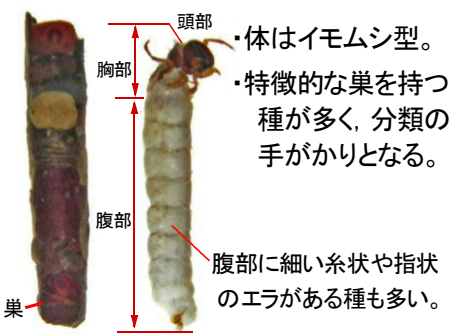


⑤ ヘビトンボ(こうし)目…幼虫

・トンボとは全く異なるグループ。
 ・一見ムカデのように見える。



⑥ トビケラ(もうし)目…幼虫



カクツツトビケラ属(カクツツトビケラ科)



⑦ 甲虫(鞘翅)目...幼虫・成虫

- ・幼虫の形態はいろいろだが、全種脚は6本ある。
- ・ゲンゴロウなど成虫、幼虫共に水生の種も多い。



(モンキマメゲンゴロウ)
幼虫 成虫
ゲンゴロウ科



(オナガミズマシ)
幼虫 成虫
ミズスマシ科



(マルガムシ)
幼虫 成虫
ガムシ科



幼虫 成虫
ヒメドロムシ科
体長は1.5~5mmの小型種が多い



(ヒラタドロムシ)
ヒラタドロムシ科

腹面に
脚がある



(ゲンジボタル)
ホタル科

⑧ ハエ(双翅)目...幼虫 ハエ、アブ、カなどの仲間

- ・幼虫に脚がない。
- ・種名を正確に調べることが難しい種が多い。



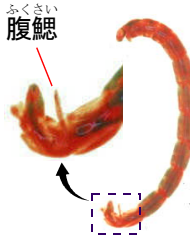
腹面に吸盤
(腹面)
アマカ科



チョウバエ科
*ユスリカと間違われ
ることが多い



ブユ科



腹鰓
(セズユスリカ)
ユスリカ科(腹鰓あり)



ユスリカ科
(腹鰓なし)

擬脚はない



ヌカカ科



ガガンボ科



ナガレアブ科

◇昆虫以外の動物

⑨ 扁形動物門

- ・プラナリア類ともいう。
- ・体節はなく柔らかい。



(ナミウズムシ)
サンカクアタマウズムシ科

咽頭は体の中央
腹面(下面)にある

⑩ 軟体動物門

- ・二枚貝綱と腹足綱(巻貝)とに分けられる。
- ・殻の形、模様が分類の手がかりになる。

殻頂を上、殻口(穴)を手前にすると
右巻は殻口が右になる。



カワナ科



右巻
モノアラガイ科



左巻
サカマキガイ科



(マツカサガイ) イシガイ科



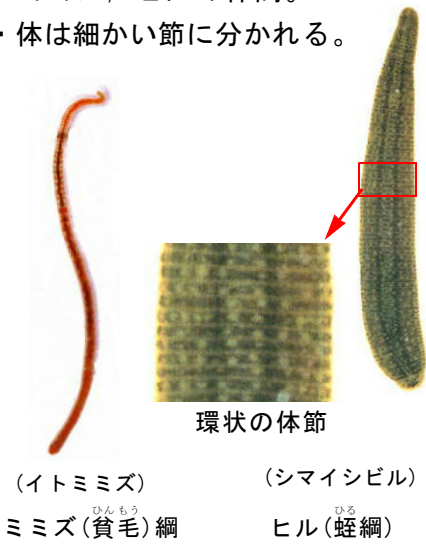
ヒラマキガイ科



シジミ科

⑪ ^{かんけい}環形動物門

- ・ ミミズ， ヒルの仲間。
- ・ 体は細かい節に分かれる。



(イトミミズ) (シマイシビル)
ミミズ(貧毛)綱 ヒル(蛭)綱

⑫ ^{なんこう}甲殻類(節足動物門軟甲綱)

^{たんきやく}ヨコエビ(端脚)目



ヨコエビ科

^{どうきやく}ワラジムシ(等脚)目

脚は7対
(更に顎脚1対)



ミズムシ科

^{じゅっきやく}エビ(十脚)目

- ・ 脚はハサミを含め5対(10本)。



(サワガニ)
サワガニ科



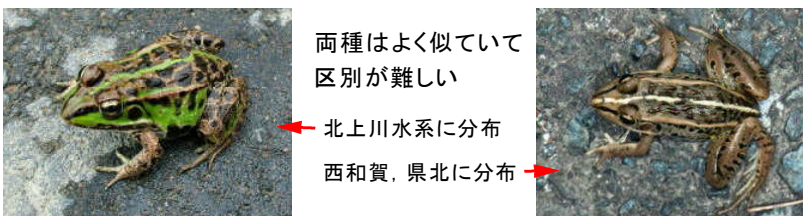
(アメリカザリガニ)
アメリカザリガニ科

⑬ ^{せきさく}脊索動物門(両生綱)

^{むび}無尾目(カエル)



シュレーゲルアオガエル ツチガエル カジカガエル



両種はよく似ていて
区別が難しい

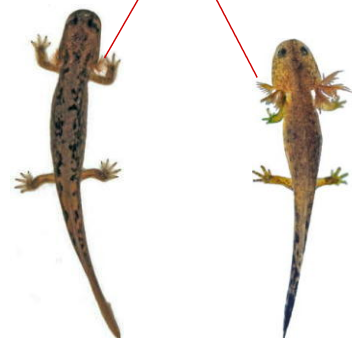
← 北上川水系に分布

西和賀，県北に分布 →

トウキョウダルマガエル トノサマガエル

^{ゆうび}有尾目(サンショウウオ)

幼生にはエラがある



(ハコネサンショウウオ) (トウホクサンショウウオ)

⑭ ^{せきさく}脊索動物門(鳥綱)



セグロセキレイ
眼の下は黒い



ハクセキレイ
眼の下は白い



キセキレイ
黄色い

- ・ 河川周辺で見られる3種のセキレイの分布で自然度がわかる。キセキレイは都市部では減少し，上流域でないと見られなくなった。
- ・ セグロセキレイは特に北上川流域で近年かなり少なくなった。一方市街地でも増えているのがハクセキレイ。

3. 解説

(1) なぜ生物を調べるのか

河川には魚類のほかにも水生昆虫、甲殻類、貝類など多くの種類の水生生物が生息している。これら河川にすむ生物にとっての水は環境そのものであり、水のごみをからだ全体で感じ取り、水質汚濁に対して非常に敏感に反応して生活している。少しでも水質汚濁が進んでくると、耐性がない弱い生物はすぐにいなくなってしまう。一方、ある程度有機物が多い汚濁した水を好む生物もいる。そしてよごれた川には、汚濁に適応した、あるいは耐性がある限られた生物だけがすむことになる。つまり水生生物は身をもって水質を教えてくれるのである。

各水質に応じて生息している水生生物を環境指標生物として利用し、どんな種類の生物が、どれだけいるかを調べることで水質を知ろうというのが生物学的な水質判定法である。

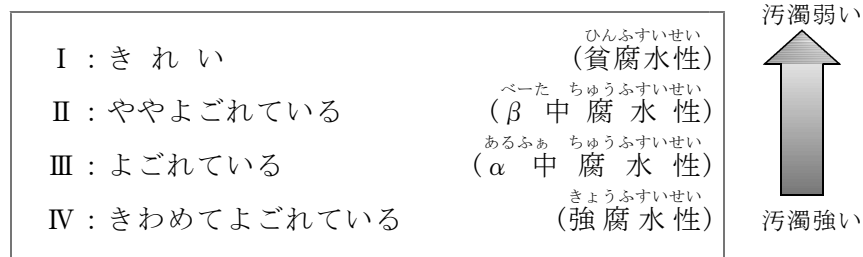
(2) 生物学的な水質判定法の利点・欠点

生物学的な手法では、数値化しにくい、採集可能な地点が限定されるなどの欠点があるが、生物が卵から成長し、そこに生活している期間(数ヶ月～数年間)の総合的な水質を反映させることができる。これに対して、化学的な水質判定では、きめの細かい数値で示すことが可能であるが、調査時点だけの水質を示すことになり、日時によって変動があることを考慮しなければならない。

また、生物学的な判定法では、生活排水(汚水)などの有機物による汚濁に対するもので、無機物に対しては明確な判定ができない。

(3) 生物学的な水質階級について

水質を次の4階級に区分する(汚水生物学体系による)。



この水質階級は、汚濁が極度に強いために生物が生息できない状態から、自浄作用によって浄化されていく過程をもとにしている。有機物が増加する過程を基にしている富栄養化とは似ているが基本的な考え方が異なる。

(4) 「川の生きものを調べよう 水生生物による水質判定」による調査法について

非常に簡便な方法であるため、小学生でもできる方法として開発された優れた手法である。しかし、わかりやすい反面、精度にかけることは否めない。

一般にこの方法での水質法では、良い水質と判定される傾向がある。選定されている30種の指標種のうち、「すこしきたくない」以下の水質の指標種は採集されにくい種が多く、結果的に「きれい」の指標種の割合が大きくなる。実際に汚濁性の種が多数採集されていても30種の指標種に含まれないため、水質判定に反映されないことになる。

30種の指標種のうち、岩手県の河川では採集されることが少ない種を次に示した。

《岩手県の川ではあまり採集されない種》

イシマキガイ・・・岩手県の自然分布はない。

ヤマトシジミ・・・岩手県の分布はかなり限られる。

タニシ・・・止水性(流れがない水域に生息)で水田に多く、流れの早い河川では見られない。

エラミミズ・・・イトミミズの方が普通。

ゲンジボタル・・・川の調査で幼虫はほとんど採集されない。特に春～夏の調査を実施する機会が多い時期には蛹、成虫の時期なので、生息地でも幼虫が採集されることは少ない。

ヘイケボタル・・・川の調査で幼虫はほとんど採集されない。ゲンジボタルより止水を好む。

スジエビ・・・池や沼、緩い流れの用水路などに生息し、流れの速い河川では見られない。

アメリカザリガニ・・・池や沼、緩い流れの用水路などに生息し、流れの早い河川では見られない。

オオシマトビケラ・・・岩手県では場所によって発生数が多いことがあるが、全般的に少ない。

チョウバエ・・・かなり小さいので見つけにくく、ほぼ採集されない。屋内の水場でよく見かける。

ミズカマキリ・・・沼や池などの止水にすみ、流れの速い河川ではあまり見られない。

* 図鑑や環境省が作成した下敷きに掲載されている種はごく一部であり、実際の調査では下敷きに載っていない種の方が圧倒的に多いことがしばしばある。しかし、児童生徒は、採集した生物を掲載されている種のどれかに当てはめてしまう傾向が強いので、不明な種を無理に同定しないこと。

* 過去の調査結果を見ると、汽水域の生物が内陸で採集されていたり分布がない種が含まれるなど明らかな誤同定が多い。

* 採集個体数は多いのに30種の指標種がほとんど採集されない場合がある。

■参考文献

- ・丸山博紀・高井幹夫(2000) 原色川虫図鑑. 全国農村教育協会.
- ・刈田 敏(2002) 水生昆虫ファイルⅠ. つり人社.
- ・刈田 敏(2003) 水生昆虫ファイルⅡ. つり人社.
- ・刈田 敏(2005) 水生昆虫ファイルⅢ. つり人社.
- ・刈田 敏(2010) 水生生物ハンドブック新訂版. 文一総合出版.
- ・谷田一三(2010) 環境E c o選書河川環境の指標生物学. 北隆館.
- ・川合禎次・谷田一三編(2005) 日本産水生昆虫 - 科・属・種への検索. 東海大学出版会.
- ・環境省・国土交通省(2001) 川の生きものを調べよう, 水生生物による水質判定.

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・・・過去の調査報告書や図鑑などによりの分布を調べる。
 - ・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
 - ・分類群・・・何の仲間か，生物の基本的情報
 - ・在来の近縁種・・・近縁種ほど交雑や競争が起こる可能性がある
 - ・問題点・・・固有の個体群や生態系や農林漁業への影響
 - ・対策，法令など・・・県の条例もチェック
 - ・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種・・・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。
- *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。歴史や分化との関係，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。
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。
- ② 外来種図鑑を作成する・・・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。
- ③ 身近な地域の外来種マップを作成する・・・分布の特徴，人工的な環境との関係を考察する。
また，外来種の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。
- ④ 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を考える。

〔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	特定外来種 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	ホテイアオイ	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?

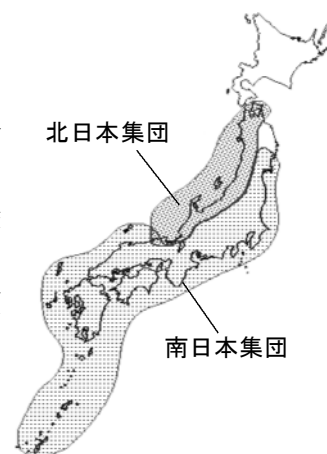
3. 解説

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

日本のメダカは、遺伝子のタイプにより、北日本、南日本の2グループに大別され、岩手県花巻市は南日本集団の北限となっている。両集団は、少なくとも100万年前に分かれたと考えられ、種分化の途上にあるものといえる。しかし、ペットショップで購入したヒメダカや他地域個体群の安易な移入・放流が行われ、遺伝子の攪乱が問題になっている。



日本のメダカの分布

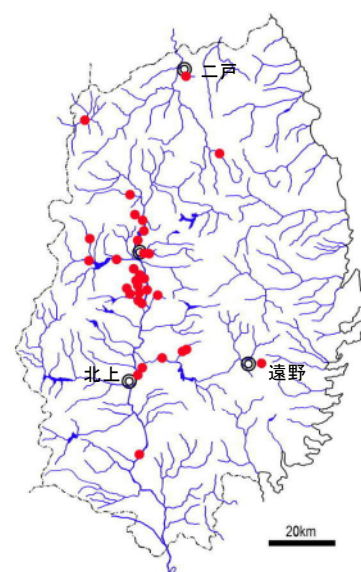
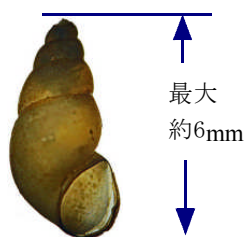
② ゲンジボタル、カワナ (国内移入) ……他地域個体群の安易な放流による遺伝子攪乱、混入する外来種の分布拡大。

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り成虫の発光も弱くなるという報告もある。魚類やホタルの放流が分布拡大の原因とされる。



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。

(2) 法令による規制について

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】

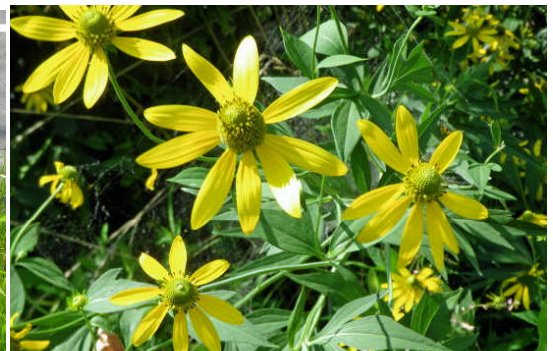


アレチウリ[二戸市] 【北アメリカ原産】



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注意。



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】



セイトカアワダチソウ[盛岡市]
【北アメリカ原産】



外来タンポポ种群(セイヨウタンポポ)
[盛岡市] 【ヨーロッパ原産】

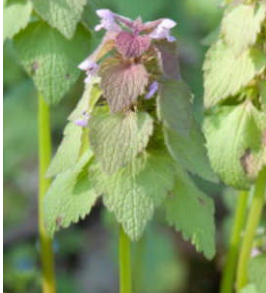


アメリカザリガニ[矢巾町]【北アメリカ原産】



[北上市] カネツケシジミ型
[花巻市] 濃色型
台湾シジミ種群【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】



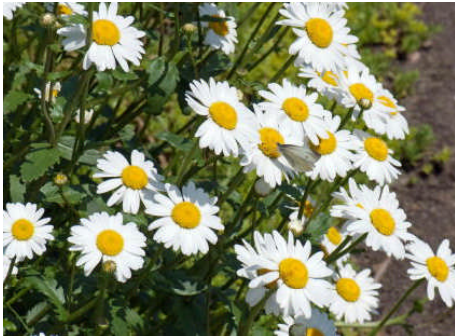
オオイヌノフグリ[盛岡市] 【ヨーロッパ原産】



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

- ・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) メダカが消える日ー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ー 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.

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>

火山灰の観察

1. 準備

器具：ルーペ（実態顕微鏡）、シャーレ、筆（なるべく細いもの）、ビーカー 500ml 以上、蒸発皿

試料：火山灰（なるべく地域の火山から噴出したものを使用したい。）

- ・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。岩手山起源と考えられる。
- ・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。

2. 実験手順

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。

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。

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となる。

ホットプレートなどでビーカーごと乾燥させる。（水に浸して観察させてもよい）

ルーペや双眼実体顕微鏡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1 火山灰をビーカーへ



図2 つぶしながら洗浄



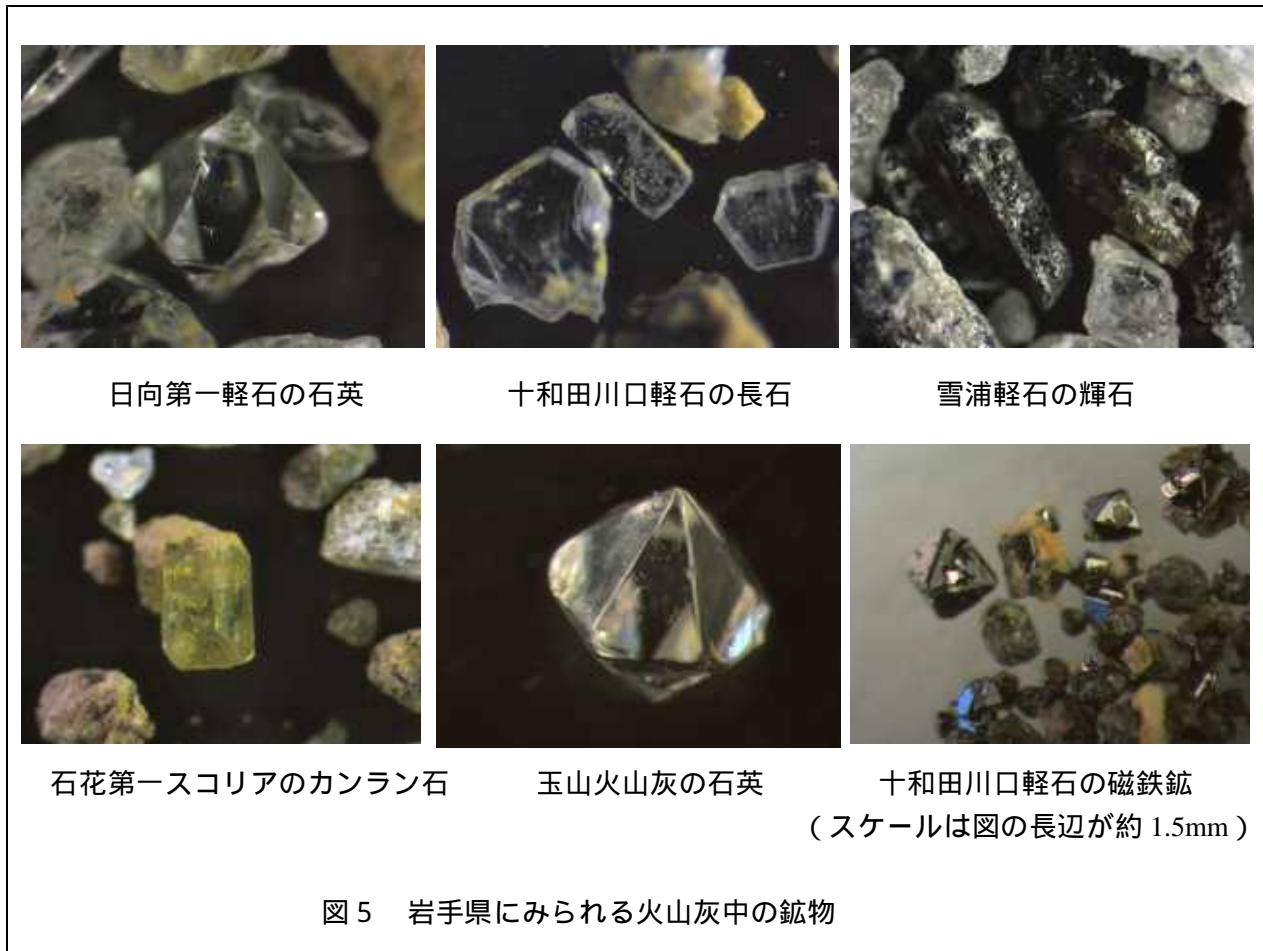
図3 洗浄完了 乾燥，観察へ

堅い火山灰は・・・
石花第一スコリアや雪浦軽石などは非常に硬い。この場合は一度乳鉢で砕いて、水洗いをする。



図4 硬い試料を砕く

観察



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みえる。

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」)



- ・奥州市胆沢区衣川小安代
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

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

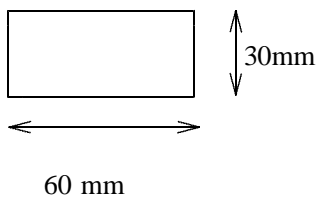
(2) 岩石組織観察用装置「クロスニコル」作製

（岩手県立宮古高等学校教諭杉山了三先生考案）

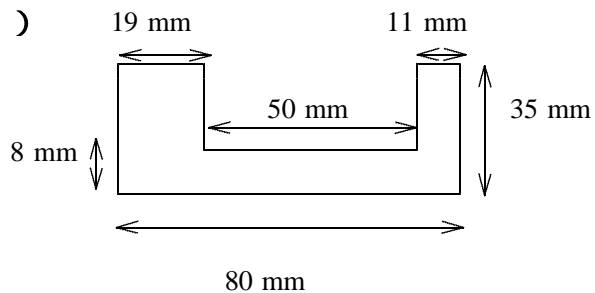
偏光板と発泡スチロール板を下图のように切る。

・ 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）



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. 実験手順

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

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）

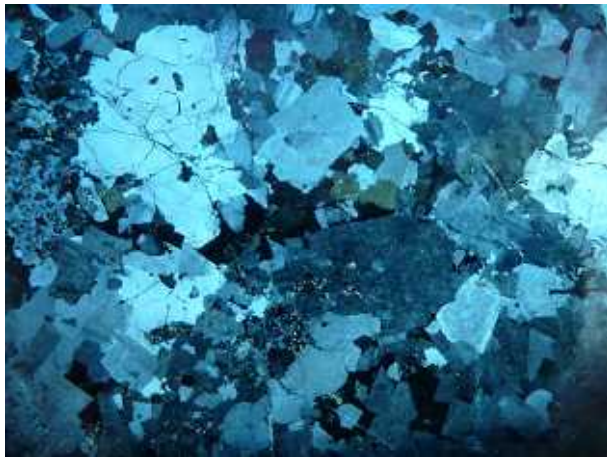


図3 花こう岩（陸前高田市氷上山）

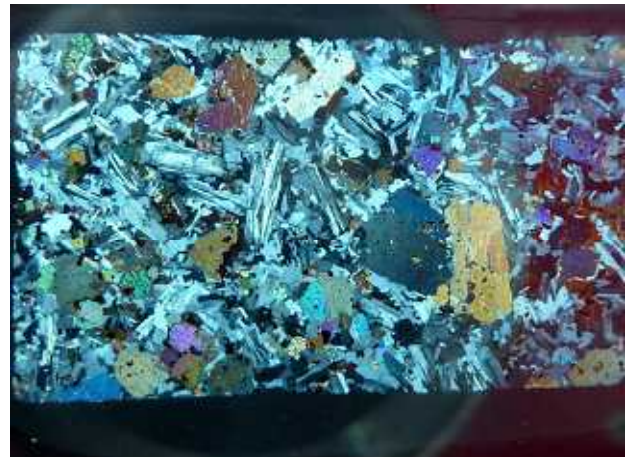


図4 ハンレイ岩（一戸町）

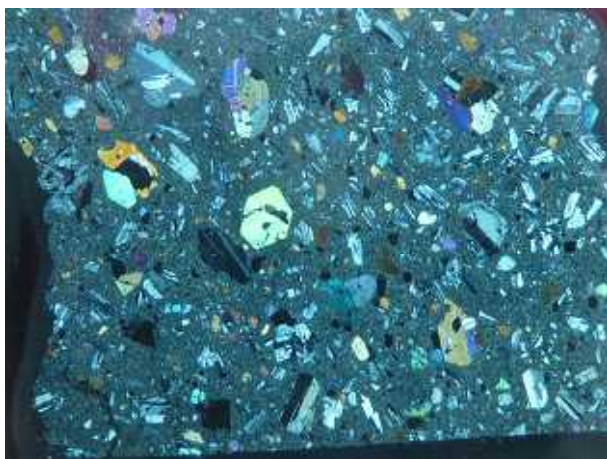


図5 玄武岩（雫石町 秋田駒ヶ岳付近）

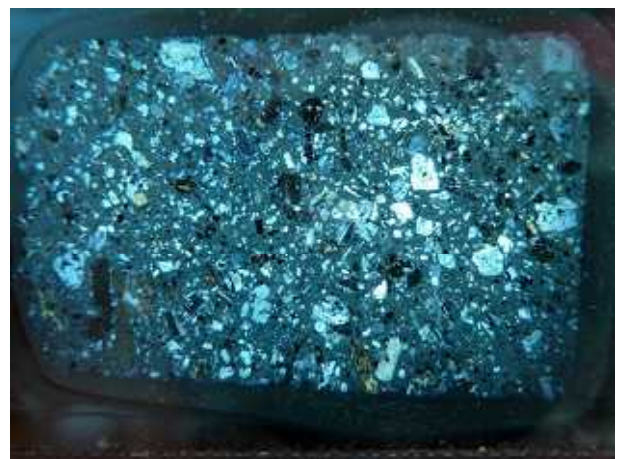


図6 安山岩（八幡平市 七時雨山）

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

いいにの断層実験とボーリング実験

1. 準備

器具： 透明容器，小麦粉，ココア，ストロー，あればカレー粉，
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



図1 準備するもの

2. 実験手順

(1) 逆断層の形成

透明容器に小麦粉をまく。上から板などで押し固める。
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。
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 スライドケースで固める

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）
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。
応力[押す力]による逆断層が形成される。



図2 地層の形成



図3 地層の圧縮



図4 逆断層の形成



図5 断層部拡大



図6 一関本寺地域の逆断層（活断層）

(2) 正断層の形成

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。
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。

しきり板をゆっくり引いて正断層をつくる。
必要に応じて上から押し固め全体を整える。



図7 正断層用のしきり板



図8 地層の形成

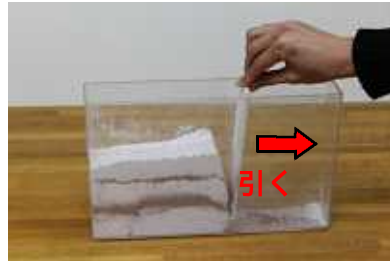


図9 地層を引っ張る



図10 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

上により、断層を形成する。

側面に紙を巻いてみえないようにする。

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？」

ストローによるボーリングの提案。

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。

ボーリング試料と、未圧縮の地層から、地下の構造を推定し図示する。

紙をとり確認する。



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

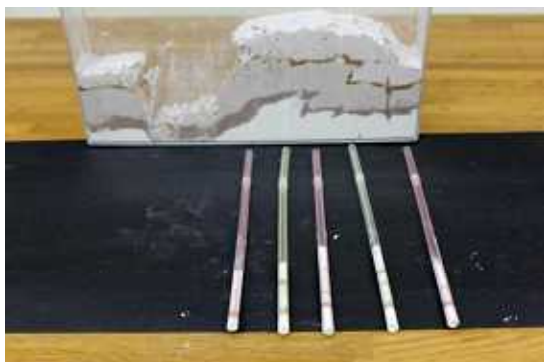


図13 断面とボーリング

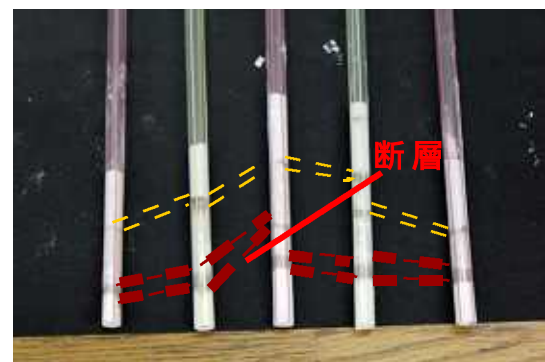


図14 ボーリングと地層の対比

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がついてしまう。また、ココアが多いほどいい香りが漂うが、これも高がついてしまう。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。

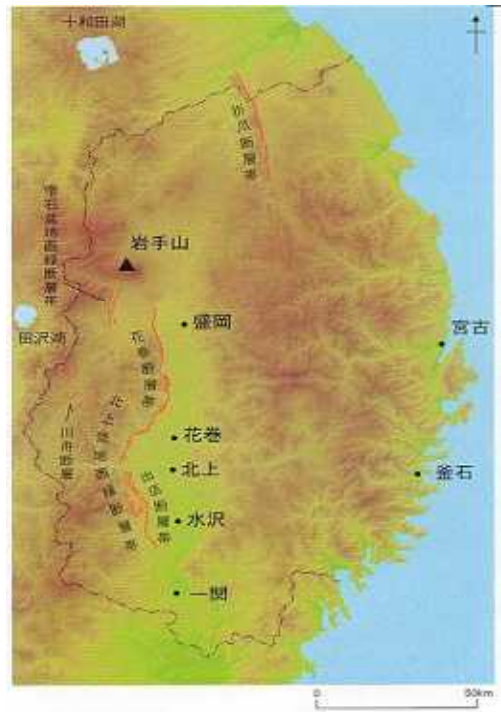
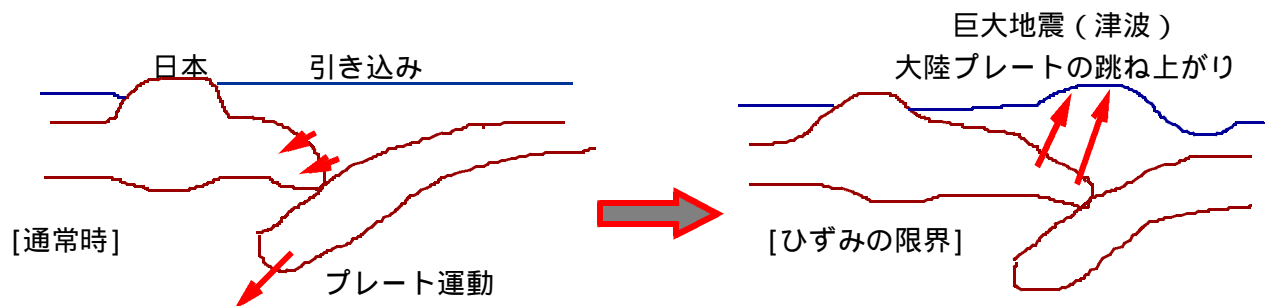


図 15 岩手県の活断層
 （「岩手の活断層」岩手県総務部消防防災課編より）

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。



【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」

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 $5 \times 10^{16} \text{J}$ 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。)

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。

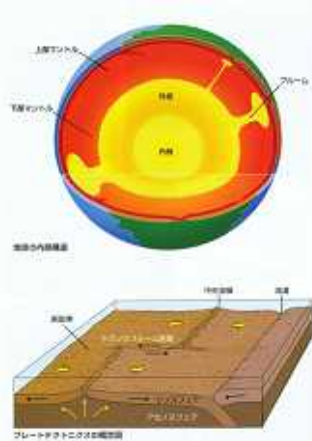


図4 地球の内部構造
(川上ら,2006より)



図5 日本付近のプレート
(文部科学省資料より)

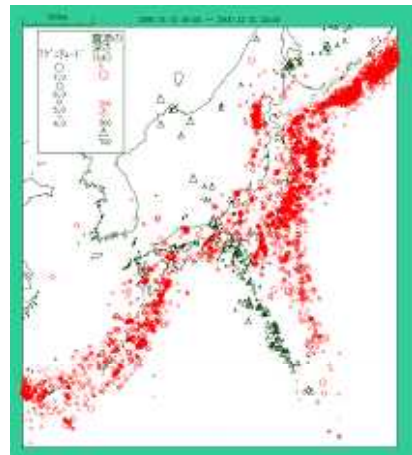


図6 震源の分布
(気象庁HPより)

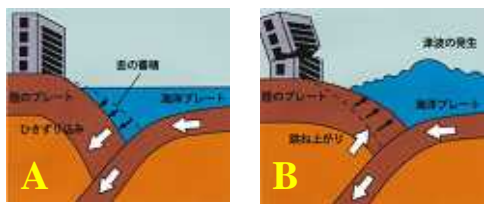


図7 海溝型地震(プレート間地震)と津波の発生

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)

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 M6 ~ M7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

高き住居は児孫の和楽
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

【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/>

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）、洗濯のり、ポスターカラー（蛍光ペンの替え芯）
温度計、 ビーカー（500ml）2つ、 お湯

2. 実験手順

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。



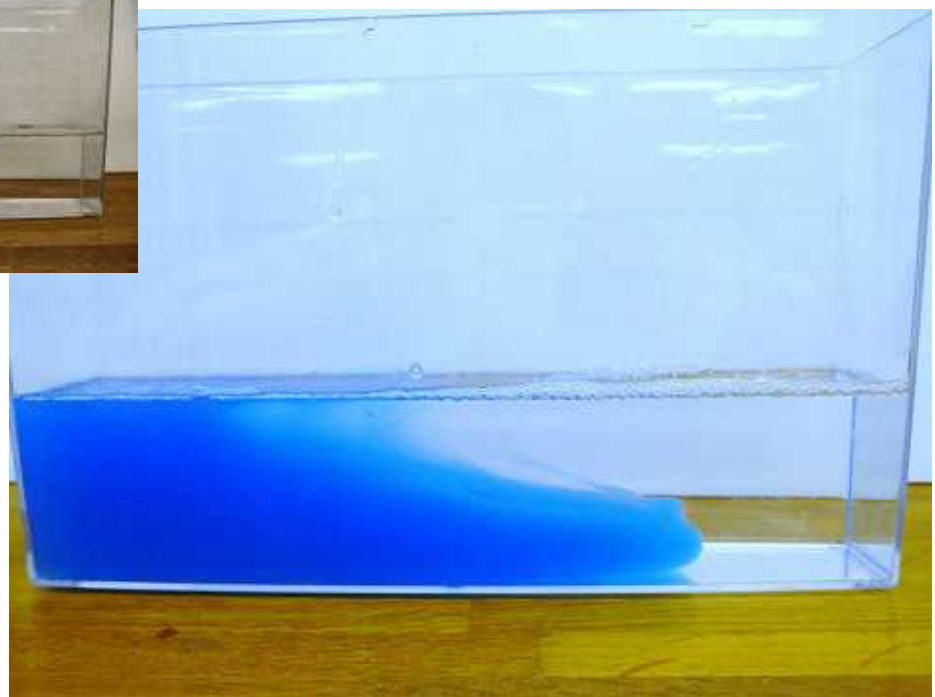
洗濯のりを約 250ml ビーカーにあけ、ポスターカラーや蛍光ペンの芯をお湯に浸して作った着色液を利用して色を付ける。

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。

しきりをセットして両側に液体を注ぐ。

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。

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. 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。

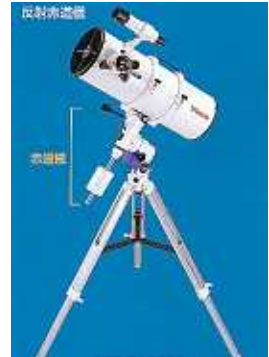


図1 屈折式望遠鏡

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。

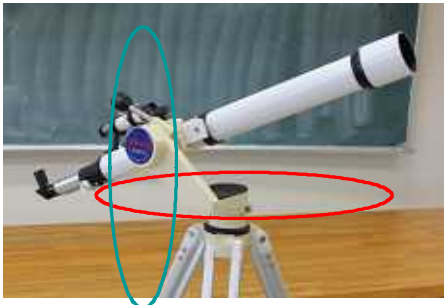
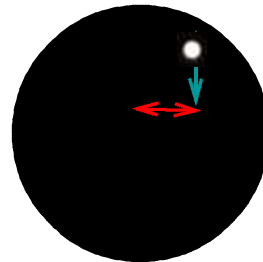


図3 経緯台の可動

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。

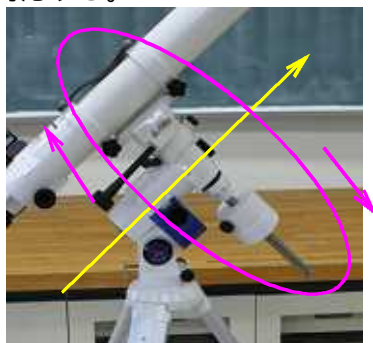
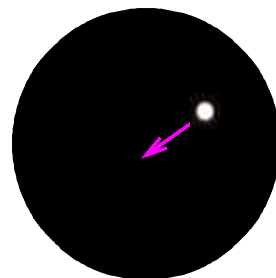


図4 赤道儀の可動

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。

3. 観測手順

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。

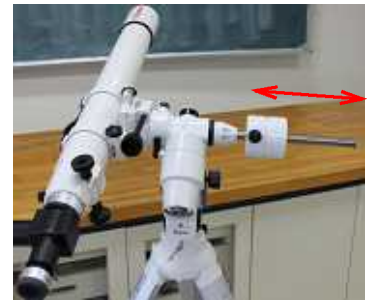


図5 ウエイトの調整

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。

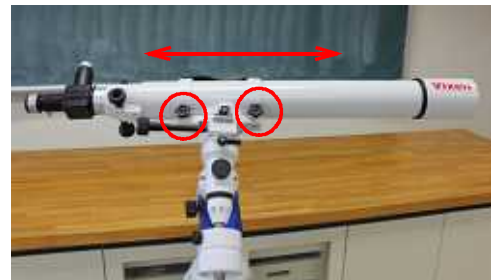


図6 鏡筒の前後バランスの調整

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° ）

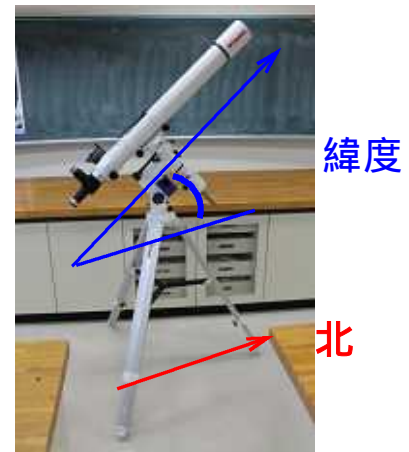


図7 赤道儀のセッティング

(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。**

4 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。

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。

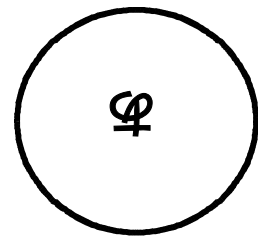


図9 屈折式天体望遠鏡の見え方

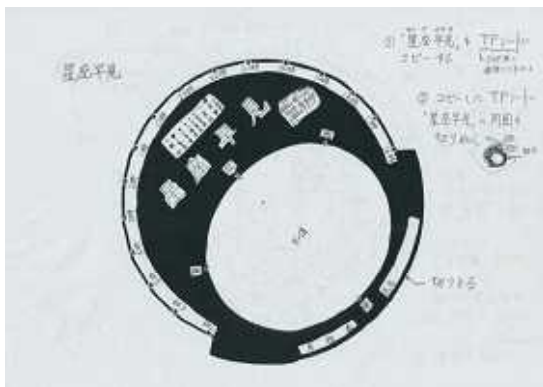
(3) その他

天体望遠鏡を使って天体観測をするとき、目的に応じて、様々なアクセサリーが必要になる。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には、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。

月の見え方 月食

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に太陽系をつくりだす。



図1 三球儀

1. 準備

三球儀

光源（電球など），ペーパークラフトの地球，
針金（クリーニングハンガーを解体），
発泡スチロール球



図2 地球ヘルメットの準備

地球ヘルメット（太陽ヘルメット）の作り方

ペーパークラフトの地球を利用し，かぶれるサイズまで拡大する（今回はキャノンのHPからダウンロードした。<http://cp.c-ij.com/ja/contents/1006/>）

ペーパークラフトの地球儀の1/4を顔を出す部分としてヘルメットをつくる。

地球ヘルメットのてっぺん（北極）に穴を開け針金を通し，片方の先端は丸の形を作り頭に乘るようにする。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る。



図3 地球ヘルメット

2. 実験手順

(1)月の見え方

教室をなるべく暗くし，電球を太陽にみたて置く。
（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。）
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。



図4 月の見え方の観察



図5 半月の観察

太陽 - 月 - 地球がほぼ 90°



図6 三日月の観察

太陽 - 月 - 地球が小さな角度をつくる

(2)月食と日食

地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)

月が地球の太陽を隠すと太陽がみえなくなる。(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

ヘルメットを着用した生徒はもちろん、周りから見ている興味を抱き楽しく実験できる。

地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。

・2011年12月10日の月食

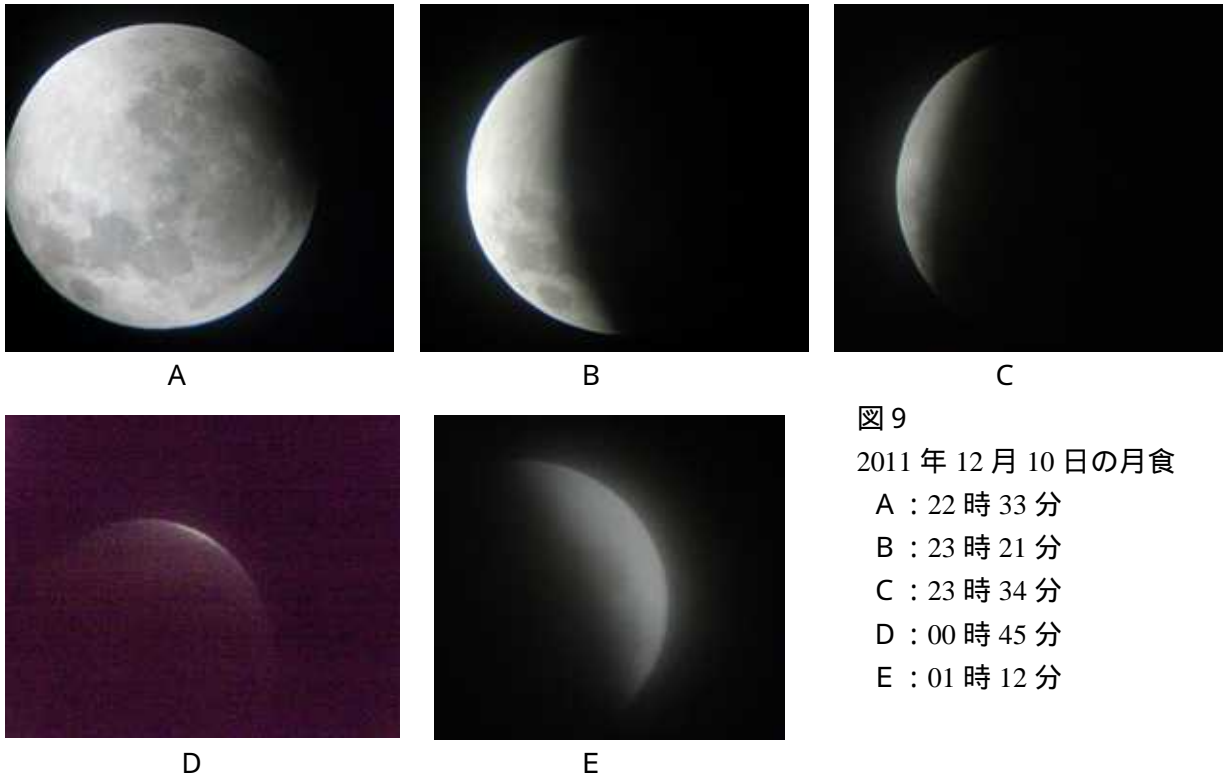


図9

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10 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。



金星の満ち欠けモデル

内惑星の金星は、太陽と地球との位置関係により満ち欠けしてみえる。この現象を理解するためにビニール傘を利用した実験がある。



図1 金星の満ち欠け
(国立天文台ホームページより)

1. 準備

器具： 透明ビニール傘，発泡スチロール球，つまようじ，テグス，スタンド

2. 実験手順

つまようじの切り込みにテグスを結び適当な大きさに折る。
発泡スチロール球に(1)のつまようじを刺し，テグスのもう一方をビニール傘の縁の先端に結ぶ。

上の作業を繰り返して，傘の縁の先端全体にスチロール球を同じ長さでぶら下げる。

できあがった傘をスタンドに固定し，太陽に相当する電球もスタンドの中心部に設置する。

以上を授業前に作成しておく。



図2 差し込み



図3 満ち欠け実験装置

* 保管のときには・・・

スチロール球をそのままにして保管すると，テグスが絡まってしまふことが多い。

そこで，下の写真のように，ビニール傘の縁の突起に差し込んでおくと絡まずにすむ。



授業では、電球の太陽を光らせ、スチロール球の金星が観測者の地球の位置と太陽の位置に関してどのようにみえるかを観察させる。



図4 実験装置による金星の満ち欠けモデル

3. 解説

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す。太陽から約 45° 以上離れることはない。

平成24年は、5月下旬まで夕方の西の空に見られる。3月27日頃に最も太陽から離れ、望遠鏡で観測すると半月状にみられる。6月以降は、明け方の東の空に輝くことになる。

【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/>

* 金星とは

地球の内側をまわる惑星で、大きさや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。



図5 金星

NASA ホームページより