

平成 2 9 年度 小学 5 年生理科報告書

STEM 教員 辻本 和雄
(主務校：岐阜小学校)

はじめに

昨年度（H28）の変更点を記載することが、効率的と考えました。しかし、昨年度の報告書を読んでいない方にとっては、つながりが分からないことになります。そこで、前年度の報告書に書き加えることにしました。青色の箇所は追記したところです。

なお、考え方や解釈などは、基本的に同じで、年度毎に変わることがないので省略しました。

本報告書の構成

はじめに

1. 天気の変化
2. 植物の発芽と成長
3. 魚のたんじょう
4. 花から実へ
5. 台風と天気の変化
6. 流れる水のはたらき
7. 物のとけ方
8. 人のたんじょう
9. 電流がうみ出す力
10. ふりこのきまり

あとがき

1. 天気の変化

教科書では導入部として p 4－5 の写真において、雲の量だけに注目されています。しかし、天気は雲だけでなく、湿度や光の量に関係しています。そこで、これらの写真を見てどのように変化したかを調べさせました。

【進め方】

「p 4－5 の写真を比べて違いを見つけてどのように変わったか」を聞きました。
見つけたこと：雲の量（左は少ないが右は多い）、風（右の旗は垂れているが左の旗は靡いている）、土の色（右の土の色は左の土の色より黒い）、人の影の濃さ（左は濃いですが右は薄い）、木の葉の色（左は明るいですが右は暗い）、建物の上の方（左は白いが右は黒く見える）。
明るさがちがう（テントの白さが左では白く、右は少しネズミ色だ）

【コメント】

見つけたこれらのことは全て天気に関係していますが、教科書では雲の量だけに注目されています。しかし、実際には、天気の変化は、雲の量を含めて明るさ、影の濃さや土の色に関係しています。先生が観察したのですが、アスファルトが黒くなると雨が降る可能性があることです。雨ふりが近くなりますと湿度が高くなります。するとアスファルトの色が変わります。こんな観察をしたことがあったら、言ってください。

【進め方】

この後、天気はどのように変化するだろうか？ その理由は？ 子供たちが答えたこと；雨になる。黒い雲が出てきたから。という意見が大半であった。くもりのままという答えもありました。旗が風でゆれるということは天気が変わるような気がするという子がありました。この意見は風のことでなく暗くなってきたことも天気がくずれる理由にあげていたので考えた答えでした。

【コメント】

天気が晴れからくもりになると、次には雨となることが多い。このことは坂道を降りるように、「天気は下り坂」というような言い方をします。晴れ→くもり→雨という順序がよく起こります。しかし、これは雲の量と質に関係していて、晴れの次はくもりというわけではありません。晴れの次の日に晴れることもあります。大切なことは、晴れの次にくもりになると、その後には雨が降ることが多く、天気の変化に周期性があることです。特に、春の天気は周期的に変わるので、くもりの後には雨が降る可能性が高いと言えます。

1-1. 雲と天気

【問題提起】

p 4-5 の写真から分ることは、雲の量が変われば、日光による明るさが変わります。そうすると天気も変わるだろう。このことから、「天気の変化」は「雲のようすの変化」と何らかの関係がありそうに思われます。たとえば、晴ればかり続く砂漠の気候を考えてみよう。いつも雲が出ていないので、天気は晴れと予想できる。すなわち、砂漠では天気の変化がないのです。

【問題】

雲のようすと天気の変化には、関係があるのだろうか。

【コメント】 雲のようすと天気の変化には関係がありそうだと子どもたちは気づいていました。一体、どのような関係があるか考えることにしました。

【予想しよう】

晴れている時には雲の量は少ない。色々な雲の形が見える。雨が降っている時には雲で空全体がおおわれている。そうすると、雲のようす（増減）と天気の変化（良し悪し）は関係がありそうです。天気の変化は、即ち、晴れからくもり、くもりから雨のような動きをいうと説明しました。この元は雲の動きにあります。

【観察1】

1. 調べる方位を決めて雲のようすと天気を調べ、記録する。
2. これからの天気を予想する。
3. 数時間後に、同じ場所で1と同じように調べ、記録する。

【コメント】

「天気まかせ」であるので、授業時間に合った良い気象条件になるとは限りません。晴れ間に合わせて、運動場やフェンスがある屋上など安全性の高い少し広いところで観察する。春の天気は3-5日程で大きく変化する。これは雲の移動速度が30~40 km/h 程なので、一日に800~1000 km 移動する。経度線でいえば、10°（一目盛り）動くことになる。天気図を見て授業の進度を合わすこともできそうです。

天気の見分け方

「晴れ」と「くもり」の天気は、空全体を 10 としたときの、およその雲の量で決める。雲の量が 0～8 のときを、「晴れ」とする。雲の量が 9～10 のときを、「くもり」とする。

天気の見分け方は、あまりよく知られていないことなので、この雲の量を憶えておくしかない。空全体を見て雲の量を決めるとされている。太陽を見ないようにすることが最も大切です。

全体に雲の偏りが少ない場合には、以下の方法で雲の量を決めることができる；両手を伸ばして枠をつくり、それぞれ違った 10 か所の枠に、雲がある枠の数を雲の量としても数えるやり方です。このやり方が適するときは多くない。つまり、雲の偏りがあるときが多い。

もう一つは；太陽周辺を除く、空全体を見て晴れているところを調べる方法です。晴れている所が最低 2 であれば「晴れ」である。1 以下なら「くもり」です。

雲の量が 9～10 であって、雨が降っている時は雨のはず、だが「くもり」とする。というのは天気の見分け方は、雲の量を決めるので、「晴れ」か「くもり」のいずれかです。つまり、「くもり」は「雨」を含む。今降っている「雨」は遠くの方でも降っているとは限らないからである。

【観察と予想の準備】

観察 雲のようすと天気の変化を調べる時には、時間によって変化するので、決めた時間に、同じ場所、同じ方角を決めて観察する。雲の量は勿論のこと形まで、場所が同じでも方角によって違う。これらの様子を記録するため、記録カード、方位磁針、時計（学校にある時計を見る）を持って行くようにします。

予想 天気がこの後どのようなになるか予想することは難しいことかもしれない。予想の元になるのは雲の動きである。雲の動きの方角（例えば西から東へ）、速さ（速いかおそいか、低い雲で見るのが良い）を調べる。岐阜市の雲が西から東へ普通の速さ（25 km/h 程度）で動いていたとする。すると、岐阜市の西にある伊吹山（高さ 1377m、岐阜市からの距離 32km）の向こうの方の雲が見えたとなると、2～3 時間後には岐阜市の上空にやってくることになる。

【結果】

授業時間中に雨が降ることが多かったので、野外観察は行えなかった。

【コメント】

岐阜市の過去 30 年間の 4～5 月の天気は晴れが 50～60%、雨が 20～30%である。

【まとめ】

- ・雲の形や量は、時こくによって変わります。
- ・雲のようすが変わると、天気が変わることがあります。

【理科のひろば】

「天気のことわざ」を調べてみよう

インターネットで調べると、下記のようなことわざがある。(小・中学生のための学習教材の部屋) 知識の泉

あ	・朝焼けは雨	・朝にじは雨
	・雨がえるがなくと雨	・朝ぎりは日中晴れ
	・アリの行列を見たら雨	・朝 霜(しも)が降りないときは雨
う	・ウンカのもちつきは雨	・うろこ雲は雨
か	・鐘(かね)の音がよく聞こえると雨	・カバしらがつたと雨
く	・くしが通りにくい時は雨	・雲が北西に流れると雨近し
	・雲が南東に流れると晴れ	・雲があつくなるのは雨
	・黒い雲が出ると雨	
け	・煙がまっすぐ立ち上ると晴れ、なびくと雨	・煙が東になびくと晴れ
さ	・さば雲は雨	
し	・霜おれは雨	・霜の降りたときは晴れ
せ	・セミがなきやむと雨	
そ	・早朝あたたかいときは雨	
た	・太陽がかさをかさぶると雨	
つ	・ツバメが低く飛ぶと雨	
と	・とんぼが低く飛ぶと雨	
な	・波雲(なみぐも)は雨	
ね	・猫が顔を洗うと雨	
は	・春のやまじは雨しらす(愛媛県)	・はこべの花が閉じると雨
ひ	・日がさ、月がさは雨のきざし	・飛行機雲が立つ時は雨が近い
ふ	・富士山がかさをかぶれば雨	・冬あたたかいときは雨
ほ	・星がちらちらすると雨	
も	・もののひびきがよく聞こえるときは雨	
や	・山が近く見えれば雨が降る	・山が青く見えると晴れ、白く見えると雨

	・山ツバメが多くてれば雨	
ゆ	・夕焼けは晴れ	・夕にじは晴れ
れ	・レンズ雲は雨	

これらの内， 7つを選び， PPT で紹介し， 理由を聞いてみた。

ことわざ天気予報

・ アマガエルがなくなると	→	雨
・ ツバメが低く飛ぶ	→	雨
・ 煙がまっすぐ立ち上がる	→	晴
・ 太陽がかさをかぶる	→	雨
・ 夕やけは	→	晴
・ 山が近くに見える	→	雨
・ ネコが顔を洗う	→	雨

【理科のひろば】

いろいろな雲と雨



雲には高さによって形がちがう。すじになった雲は 10000m 付近にありますが、かたまりになった雲は 5000m よりも低いところにあります。けん雲，けんそう雲はすじになった雲ですが，積雲，らんそう雲はかたまりになった雲です。飛行機雲は飛行機の燃料がもえて水ができた雲になったものです。飛行機は通常 10000m 以下で飛びますので，飛んでいる飛行機や飛行機雲と比べると，雲の高さがおよそわかります。積らん雲は 300m の低いところから大きくなり，10000m 付近で横になります。この雲は入道雲として知られていますが，真夏に，急に雨や雷を起こすことがあります。

1－2. 天気予想

天気を予想する情報を気象情報として、気象庁がネットで伝えています。これらの情報をもとに、気象を予報しましょう。

【問題提起】

気象情報をどのように利用して、天気を予想するかについて考える。気象情報は気象庁から出されている。その種類は気象衛星の雲画像、アメダスの雨量情報、ライブカメラ、天気図があります。ただし、天気図は教科書に出てこないが、新聞などにはよく見かける。

【問題】

天気の変化のしかたには、きまりのようなものがあるだろうか。

【コメント】

天気の変化は雲の動きによって表わされるから、雲画像の情報から天気の変化のしかたを調べることが主となる。雲画像の変化を見て、きまりを見つけるのが「問題」を解くカギになる。ところが教科書には気象情報として雲画像、アメダス、ライブカメラが挙げられている。そこで、雲の動きを調べることにしました。

気象情報	⇒	雲の動き
・雲画像		・方角
・アメダス		・雲の量
・ライブカメラ		

【観察2】

1. 数日間、続けて、気象情報を集める。
2. 集めた気象情報を日付順にならべて、天気の変化を調べる。

【コメント】

1の気象情報を集めるために、子供たちに新聞の天気情報の切りぬきをするように、言ったところ、新聞をとっていない家庭が1～2割ほどあった。しかし、それらの家庭ではネットやテレビの情報を取り込むことができる。このときプリントアウトして情報提出するようにさせた。

2の天気の変化を調べるには、雲画像の中の一つの雲の動きに注目するように指示した。雲全体を見てみると変化が分りにくい。一つに注目すると、雲の形は変わるが、動きの中心は、ほぼ雲の動きとなるので分りやすい。

【考えよう】

- ・日本付近の雲はどのように動いているだろうか。

・天気は、どのように変化しているだろうか。

【コメント】

動きを見るためには日付が変わると、雲の動きがわかる。それに伴いアメダスの雨量情報を見る。雲画像とアメダスの雨量情報を比較すると、雲がかかっているといっても、雨が降るとは限らない。教科書の12～13ページに出ている資料は縦方向（日付の経過）の利用が大切です。アメダスやライブカメラも日付の経過によってどのように変わるかを調べるのに有効です。次に、場所によって天気のようにすがどのように変わるかは、ライブカメラの写真で示されています。これを雲画像、アメダスや各地の天気と比較すると**天気**の様子と気象情報との関係が分りやすい。

まとめ

- 春のころの日本付近では、雲は、およそ西から東へ動いていきます。
- 天気も、雲の動きにつれて、およそ西の方から変わっていきます。

【コメント】

教科書で示されている雲画像写真だけで天気の変化をつかむことは難しい子供もいた。天気が西から東へ変わっていく様子は新聞などの天気図の気圧配置の変化で表わされますが、もっと理解し易いのは、雲画像の変化の動画です。そこで、気象庁のHPにある動画を利用することができる。この動画は30分毎24時間分見ることができる。ただ、この動画を保存できないので、数日間の記録を動画保存するには、表示時間ごとの記録を保存する方法になります。

そこで、その操作を下記の【参考】「雲画像の変化に関する動画作成」に掲載した。この作成の難点はデータの取り込みを24時間毎に行う作業の煩雑さにある。

また、それより以前の動画は月毎に記録されていて、時刻毎の動画を見ることができる。このサイトは「デジタル台風」<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/> にアップされている。詳しくは、右下の地域>日本周辺（KML）>赤外1を選択すると2017年の5月は下の方へスクロールすると現れる。「WMV」を選択するとメディアプレーヤーで動画を出すことができる。この詳細は「5. 台風と天気の変化」で示します。

【参考】

雲画像の変化に関する動画作成（OS：Windows Vista Business）

データの抜き出し：

1. 気象庁の HP (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) から気象衛星 (<http://www.jma.go.jp/jp/gms/>) を開く。
⇒ 現在の雲画像が表示される。
2. 表示時間のところの▼をクリックすると 30 分ごと 24 時間の雲画像を指定することができる。
3. デスクトップにフォルダを作り、この空フォルダを開いて、画面右に置いておく。
4. 指定した雲画像をドラッグ&ドロップして、このフォルダにそれぞれの時間ごとの雲画像を入れる

動画作成（OS が Windows Vista Business のとき）

1. スタートのアイコンから「Windows ムービーメーカー」を立ち上げる。
2. 「メディア読み込み」をクリックして、デスクトップにあるフォルダの画像を開く。
3. 表示する画像をすべて選択して、「読み込み」をクリックする。
⇒ 雲画像が表示される。
4. メニューバーのツールにおいて、オプションを選択する。「詳細」の中に、画像の再生時間を設定することができる。0.5～1 秒に設定すると適度の速さになる。画像をストーリーボードにドラッグ&ドロップせずに、画像の再生時間だけ変えても再生時間を設定できない。
5. 表れた画像をすべて選択して、ストーリーボードにドラッグ&ドロップする。
なお、タイムラインになっている場合、メニューバーの表示の中でストーリーボードに変更する。
6. 「ファイル」>「ムービーの発行」>「このコンピュータ」を選択して「次へ」をクリックする。
7. ファイル名を入力する。発行先をデスクトップにして「次に」をクリックする。
8. 「コンピュータの最高の品質で再生」をしていして「発行」をクリックする。
9. ムービーの発行が終わるので、「完了」をクリックする。

動画上映するには、Windows Media Player を使うが、「ファイル名.wmv」をダブルクリックすると始まる。

【理科のひろば】

天気の変化と季節

- つゆ（梅雨） くもりや雨の多い季節です。なぜ、このような気候になるのでしょうか。日本付近の上空で、次々に雲ができ東西につながるのです。梅雨前線と言われています。これは北の冷たい空気と南の湿ったあたたかい空気がぶつかって力が釣り合うからです。そのつり合いの所が前線です。すずしくなったり、あつくなって晴れ間がでてくることもあります。それは冷たい空気が強い、あたたかい空気が強いかによってそれぞれ雨がふることがない時があります。「梅雨の晴れ間」ということばがあります。
- 夏 つゆのころとは違って、雲のでき方が変わり、晴れて暑い日が続くことがあります。あまり暑いと水分が蒸発して雲をつくります（積乱雲、入道雲）。夕方には雨がふること（夕立）もあり、一時的ですが強い雨がふります。
- 秋 天気は春のように西から東へ変わるようになります。台風が来ることがあります。
- 冬 日本海側では晴れる日が少なく、雪がふることがありますが、太平洋側では晴れる日が多くなります。風は北西方向から吹きますので、岐阜では北の空はくもり、南の空が晴れていることを見かけることがあります。

【問題提起】雲画像の変化から、自分の住んでいる岐阜市において、雲がどのように変わっていくか、天気がどのように変わるかを見てみると、晴れ⇒くもり⇒雨の移り変わりが日毎に変わることがわかる。晴れの日は何日毎に現れるか調べてみよう。

【問題】

わたしたちにも、天気を予想することができるだろうか。

【予想】

雲の移動は1日 800-1000km、経度 10 度分であることを確認すると、明日の天気は西へその距離を移動したところの天気を反映することになります。

そこで、雲画像の動画と、昨日の同時刻の雲画像と今の雲画像を示して予想をさせた。

【理科のひろば】

集中ごう雨から生命を守る

せまいはんいの地いきで、短い時間に大量の雨がふることを「集中ごう雨」といい、積らん雲が大きくなることなどによって起こります。最近、起こったごう雨の写真を PPT で示した。



後ほど、スーパーセルという現象が東海地方に見られた。巨大な積乱雲のかたまりができ、雷が横向けに走る現象です。Youtube にあった写真や動画を子どもたちに見せました。

Youtube： 愛知で落雷が 7000 回！？スーパーセルの外と中



2. 植物の発芽と成長

植物の種子が芽を出して成長していくのはどうしてでしょうか。

【問題提起】

なぜ、春になるとたくさんの植物が芽を出すのでしょうか。冬、夏や秋には種子が芽を出すことはほとんどありません。冬と春では気温が違います。春は冬より気温が高くなります。温度に関係がありそうです。それだけで発芽をするのでしょうか。

2-1. 種子が発芽する条件

【問題】 教科書記載

種子が発芽するためには、何が必要なのだろうか。

【コメント】

これまでの経験をもとに、種子が発芽するためには何が必要か、を考える。

ここで、子供たちに想像して条件をあげさせた。条件の候補として、温度または熱、水、空気、土、日光、肥料があがった。あげられた条件について、くわしく調べてみよう。

考えるヒント 「必要」ということは、「なければならない」であるから、「もしそれがなければ発芽しない」ということになる。たとえば、温度について考えてみよう。温度がなければということは温度が低いと発芽しないのか。冬に目を出す植物を見たことがありますか。経験上、見たことはない。冬以外の季節では発芽するのをみたことがある。そうすると、発芽のために温度は必要だろう。では、熱いお湯につけておくと種子は発芽するだろうか。豆を煮ると発芽しません。すると温度は適度な状態が必要なのだろう。このような考え方を他の条件についても考えてみる。そして、実験計画を立ててみる。

【実験計画】

- ① 温度が高いと料理と同じで芽は出てきませんね。冬は寒いので発芽しません。すると、発芽には春のようにある程度暖かくなることが条件になります。
- ② 袋に入っている種子を見て下さい。水も水分もありません。発芽しませんね。水が必要な条件になりそうです。
- ③ 空気はどうでしょう。空気がないところはどんなところでしょうか。宇宙、真空の入れ物、水の中、色々考えられます。でも、真空というのは、つくるのは難しいですが、水の中というのはできますね。条件になります。

- ④ さて、土ですが、きれいに洗った砂ではどうでしょう。うまく発芽するかもしれません。土や砂でなく脱脂綿（だっしめん）で実験します。ということは、土は条件になりそうにありませんね。
- ⑤ 日光がないところでも発芽するでしょうか。これは箱をかぶせて暗くすればいいでしょう。この実験はやってみる必要がありますね。
- ⑥ 最後に、肥料ですが発芽させるのは肥料のない条件で実験をします。それでも発芽するでしょう。そこで、肥料は条件には入れません。

【計画】

実験条件として、水、適当な温度、空気、日光が必要かどうか調べる。

実験するときに温度が低い条件には、冷ぞう庫を使います。冷蔵庫の中は暗いので、適当な温度には、部屋の温度でも暗いところにします。これは同じ条件にするためです。これ以外は、すべて明るい条件で実験をします。

実験条件を4つ変えることになりましたが、日光がある、なしは明るいところと暗いところを比べるのですから、適当な温度の実験で暗くしたものと、水、適当な温度、空気がそろった明るいところの実験と比べることになります。つまり、実験条件は3つ変えることで日光の実験を行うことができます。

3つの条件が必要ということは、どれか一つないと発芽しないことを確かめればよいわけです。これを写真に使う三脚で示した。三脚は三本の足で立っています。もし、一本の足がないと、三脚は倒れます。もちろん、二本の足がないと直ぐに倒れます。

ここで、条件を整理しておきましょう。実験A：水が「ある」か「ない」か、を調べるには、他の条件は「ある」条件にする。この時、明るい場所です。実験B：適当な温度であるかどうかを調べるには冷ぞう庫を使います。冷ぞう庫の中は暗いので暗いところで実験します。実験C：空気が「ある」か「ない」かは水に種子を沈ませるかどうか、で調べます。ところが、この実験は明るいところで行います。すると、水あり、適当な温度あり、空気ありはすでに実験Aのアで行うことになり省略できます。全体として、ア～エとカである5つの条件の実験をすることになります。これを表にしますと、下記のようになります。

		水	適当な温度	空気	場所
実験 A	ア	○	○	○	明るいところ
	イ	×	○	○	
実験 B	ウ	○	○	○	暗いところ
	エ	○	×	○	
実験 C	カ	○	○	×	明るいところ

ここで、確認しておきます。

- ・ 水について調べるには：アとイを比べる。
- ・ 適当な温度について調べるには：ウとエを比べる。
- ・ 空気について調べるには：アとカを比べる。
- ・ 日光について調べるには：アとウを比べる。

もう一度、確認します。

調べる条件，何が必要か調べるにはその条件が「ある」か「ない」によって必要かどうか分るのですね。もしその条件が「ない」と発芽しないなら，その条件は発芽するには必要です。調べる条件だけを「ある，なし」にして，他は全部「ある」の条件にしておくことが大切です。

【実験 1】

インゲンマメの種子をまく。条件を確認して名札をつけておく。(ア～カ)

- | | | |
|---------|-----------------|-----------|
| A 水と発芽 | ア：水を与えて土がしめっている | イ：水をあたえない |
| B 温度と発芽 | ウ：箱をかぶせて日光をあてない | エ：冷ぞう庫の中 |
| C 空気と発芽 | オ：アと同じ | カ：水にしずめる |

ワークシートを利用して条件の確認をしました。

発芽のようすを調べて，記録する。このとき，水やり，観察日記（様子の絵，天候，気温）をつけた。ただ，発芽は連続的に起こるというより変化が一時なので発芽したかどうかの判断だけでよいとした。

結果が出るまでに 1～3 週間かかる。時間をかければよいというわけではない。温度にもよるが，カビが生えることがあった。カビのはえた種子は再生できないので新しいものと取り換えた。発芽には適度な温度が必要だが，日が差す窓際がよい。

【コメント】

- ・ バーミキュライトを使うかわりに，だっし綿を使った。
- ・ だっし綿をしめった状態にしておく。水を加え過ぎると，空気との接触がないため，発芽しなくなることがある。このため，バーミキュライトを使う方がよい。また，種子にカビのはえたことがあった。また，日光と発芽の関係はインゲン豆に関してはないとされているが，直射日光に当てない方が発芽し易いこともある。この問題は難しい。発芽に日光が必要な種子もある。しかし，例外的なことを話すとそれを憶えてしまうので，すべて理解してから，そのような例外の話をするとうと発芽の条件に深みを増すことになるであろう。
- ・ 発芽ではなく成長に関することであるが，適当な温度の実験において，箱をかぶせる場合は，明るいところで行った実験と比べて，くきが長くのびた。くきの長さは日照時間に反比例する傾向がある。この解釈としては，暗い条件では，くきが土中にある

と認識し、空気中に出ようとして、くきがのびると推測される。従って、日光にあたる時間とくきの長さとは逆の関係にあることから、育てる場所として、教室よりも戸外の方が茎を太く短くさせる、との結果を得た。

- ・ 冷ぞう庫に入れておくときに冷ぞう庫の内部の明かりを気にする子供がいるので、予め、庫内灯をアルミホイルでおおっておくようにした。なお、条件記録のため、冷ぞう庫内の温度を温度計で読み取り、日時を書かせた。
- ・ 実験は各自すべての項目で行わせたが、冷ぞう庫の庫内のスペースが小さいが、冷ぞう庫の中では発芽しないので、全員実験する工夫をした。
- ・ 日光が当たる場所が理科室内にはなかった。明るい室内と直射日光当たる場所と比較する実験では、成長と異なり、発芽の様子はほとんど変化が見られなかった。

【結果に対する検討】

今年度も1週間でも発芽しなかった子もいたが、その原因を検討した。(1) 種子が水没している、(2) 外皮が膨潤していない、(3) 種子が不良であることが原因であるとわかった。原因(1)は注意したのでなかったが、原因(2)の子がいた。原因(3)である子がいた。

全員一致した結果は、水をあたえない時(条件：イ)と、低温での実験では(条件：エ)、それぞれ発芽しなかったことである。3つの条件を満たした場合には大部分が発芽した(条件：ア)。また、暗室中3つの条件を満たした場合には大部分が発芽した(条件：ウ)。水中で種子の発芽を調べる実験では、種皮が膨潤して胚や根・くきの部分が現れたが、発芽と判定できる状態ではなかった。

【まとめ】

種子が発芽するためには、水、適当な温度、空気が必要です。つまり、どれか一つでも欠けると発芽しないことを確認しました。

そこで、

【質問】下の条件にしたとき、他の条件は同じとします。

1. 砂漠に種子をまきました。発芽するでしょうか、発芽しないでしょうか？
2. ヒマラヤの山の高いところでインゲンマメは発芽しますか？
3. 水を入れた真空パックの中でインゲンマメは発芽するでしょうか？

このように、発芽の「条件は何か」という問題を考えるには、「どんなところでも」発芽するのかを考える。そんな厳しい条件でも発芽するのだろうか、と考える。また、非常に高い(低い)、非常に多い(少ない)、非常に大きい(小さい)場合のようすを考えてみて下さい。自然というのはちょうど良いようす(状態)にあるのですね。理科は色々なよう

す（状態）を思いうかべる（想像する）ことがもっとも大切です。これを毎年行うことが大切と考える。

【理科のひろば】 たねまきの時期を知る方法

いつ、たねをまくか、天気予報がなかった時代には自然に表れたものを見て農作業をしました。たとえば、春には「雪形」や植物の開花が目安に利用してきました。これを、PPTを使ってその姿を示しましょう。

1. 山に積もった雪は春になるととけるので、黒くなった山はだと残っている雪が形になる。これを「雪形」という。何の形かは、地方によって色々あります。何の形か皆で推定した。



2. 春になるとサクラ前線が北上します。それはあたたかさが北へ向かうことと同じです。サクラの開花に合わせて、田の土おこしをして、田に水をはるとうまく自然に合うことができます。たとえば、岐阜県下呂市和佐地区には苗代桜（なわしろさくら）という樹齢 400 年の古木があります。この桜が咲く時に苗代の準備をする目安になっています。また、岐阜県白川町水戸野（みどの）地区にも樹齢 400 年のシダレザクラがあり、丘の上の方にある桜の花が咲く時に合わせて、田を耕して水をはります。

二つの桜とも水をはった水田に反射して、逆さに映るので、見たままの姿と鏡に映るような姿の両方が同時に見えるので、観光客がたくさん訪れます。



【理科のひろば】2000 年のねむりから目覚めた種子

1951 年、大賀一郎博士は千葉県にある遺跡調査 2000 年以上昔のハスの実が泥炭層にあるのを中学生がを見つけ、発芽するかもしれないと考えて実験しました。ハスの実の内、一つが発芽して花を咲かせました。大賀博士が咲かせたハスは各地に分けられました。その一つが岐阜県羽島市にあります。今から 38 年前に、東海道新幹線岐阜羽島駅開設 15 周年を記念して植えられました。

PPT で羽島市の大賀ハスを写真で示した。



【ふしぎ】 なぜ、大賀ハスは種子のままで発芽せずに保存されていたのか？

【考えられること】

1. 土の中の温度が低かった。
2. ツボの中に水が入らなかった
3. 空気（酸素）が全く入らなかった

これらの条件の内、どれかに該当すると発芽しないと考えられます。そこで、

考察 1. 古墳の中の温度は地表の温度と比べて、夏でも 20～23℃、冬でも 5℃以下にはなりません。植物は 15℃以上で発芽しますので、20℃を越える夏には発芽することができます。すると、大賀ハスは発芽することができる可能性があります。つまり、大賀ハスは温度が低かったために発芽しなかったとはいえませんね。

考察 2. 古墳のツボの中には雨水や地下水が入って来ないようになっています。水がなければ発芽しません。大賀ハスが発芽しない条件に合っています。

考察 3. ツボは土に埋まっていました。その中に空気はありますが、十分でないことが考えられます。

以上を考え合わせますと、大賀ハスが 2000 年もの間発芽しなかったのは考察 2 の水がなかったことが一番の原因と考えられます。

それだけが原因とすると、他の古代の種子でも発芽しないで残っていることになります。では、古代の種子は発芽するのかというと、すべては発芽しません。ということはすべての条件が必要なのかもしれませんね。ハスの外皮は大変固いことも関係あるかもしれません。

2-2. 種子の発芽と養分

発芽後の子葉は、本葉（子葉に対して「ほんよう」という、双葉に対して「ほんば」という）が出てくると、しばむように小さくなる。

なぜ、子葉は小さくなるのか？

【問題】 教科書記載通り

子葉は、発芽するときに、何かはたらきをしているのだろうか。

【コメント】 この問いかけ自体は難しい。本葉が出てくると、子葉はしおれるようになる点を理解させる方がよい。なぜ、子葉は小さくなるか。何かを使ってしまったのであろうか？ 養分（栄養）になるものは何もないのに大きくなる。

閉じ込められた系では、何かが減れば、何かが増える、との考えが使える。子葉の中にあつたものが使われて、本葉や茎がのびた、という一連性を理解できる。そこで、問題に戻って、子葉のはたらきを考えると、子葉の中には養分があつて、それを使って大きくなるのではないかと類推させる。本当に一連性はあるのだろうか。独立に起こっているか、子葉が小さくなって、何かを変化させた後本葉を育てるのではないという考えだつて成り立つ。これらを否定する実験は難しい。

次に、一体どんな養分（栄養）があるのであろうか？

養分は、大きくなるための力やエネルギーをつくり出せる元です。みんながごはんやパンを食べます。それには力やエネルギーの元があるからです。養分はどのようなもので成り立っているかという、主に「でんぷん」です。植物は発芽してしばらく大きくなりますが、肥料なしに、子葉の中のでんぷんを使って大きくなると考えられます。

本当に、子葉にでんぷんがあるのか、調べる方法はあるのでしょうか？

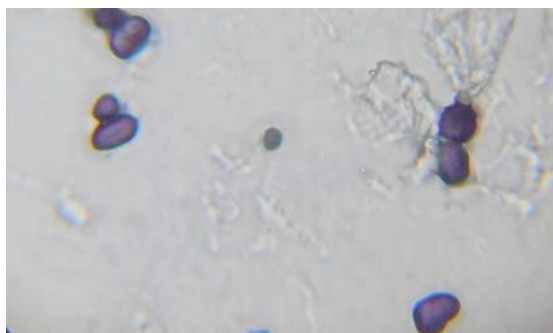
あります。でんぷんと出会うと色がつく薬品があります。それはヨウ素液です。

理科のみち（勝手につけた項目です）：ヨウ素液

ヨウ素液は黄褐色の色をしています。ヨウ素液の濃度の高いものは黒褐色をしています。この場合、うすめて黄褐色（ビールをうすめたような色）にして使います。このヨウ素液をジャガイモでんぷんで試してみると青むらさき色になります。ジャガイモがない場合、コピー用紙でたしかめましょう。比較のために、ろ紙につけてみると、ほとんど変化しませんね。

こんなことがあります。

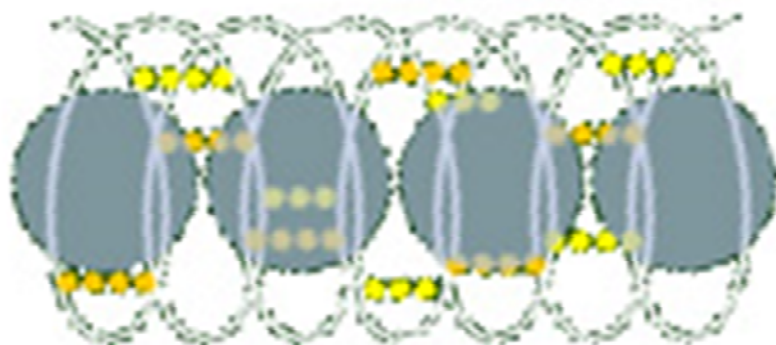
でんぷんにヨウ素液を加えると青むらさき色になると憶えていると、場合によっては黒くなることがあります。これはヨウ素の量が多い、すなわち、ヨウ素液がこくなり過ぎるためです。市販の試薬は 0.05 mol/L ですが、これでは濃度が高過ぎるので、8倍から16倍に希釈した新しいものを使います。ところが、濃度が高いものででんぷんとまぜて黒くなったものは別の使い道があります。スライドガラスに黒くなったものをぬり、カバーガラスを置いて、顕微鏡で観察します。すると、青むらさき色のでんぷんのつぶを見ることができます。うすい場合には観察が難しいでしょう。結局、黒くなった、ヨウ素とでんぷんでできたものを含めて、ヨウ素とでんぷんができたものは、青むらさき色になるとわかります。決して黒色ではありません。



ちょっと難しいが、

でんぷんにヨウ素液をまぜると、なぜ、色が変わるのか？

理由は、でんぷん分子がらせん状の筒（つつ）になっていて、その中にヨウ素分子（つぶ）がならんで入るから青むらさき色になるのです。では、でんぷんと似たブドウ糖の場合どうなるのでしょうか？ ブドウ糖はらせん状の筒になっていません。すると、ヨウ素は一列にならばないので、色の変化は見られません。下の図を見て下さい。ヨウ素が一列に並んでいるのが見られますね。



丸い玉のように見えるのがヨウ素です。らせんになっているのがでんぷんです。

また、ヨウ素は水に溶けません。ヨウ化カリウムを加えて I_3^- という形に変えます。これは、ヨウ素とヨウ素イオンが合体したものです。このようにすると水に溶けます。でんぷんがあると、溶けてもヨウ素とヨウ素イオンは別々になります。すなわち、ヨウ素だけがらせんの筒の中に入り込めるのです。ヨウ素イオンはらせんの外に出てしまいます。なぜ、ヨウ素だけがらせんの筒の中にはいるのでしょうか？ また、なぜ、らせんの筒にヨウ素イオンは入れないのでしょうか？ 疑問に思うでしょう。これはヨウ素が油には溶け、水には溶けないことに関係しています。でんぷんのらせんの筒の中は油と同じようなのです。ヨウ素はらせんの筒の中に入れますが、水に溶けやすいヨウ素イオンはらせんの筒の中には入れません。水と油がまざらないのと似た関係があります。

なお、ヨウ素液の代わりにヨードチンキを使ったことがあります。ヨードチンキはヨウ素液とはちがいます。ヨウ素が水に溶けませんが、エチルアルコールには溶けます。ヨウ素液がないときにはヨードチンキを使いましたが、きれいな青紫色を見るのは難しい。

理科のみち：ヨウ素液 終り

インゲン豆を水につけた後、半分に切る。このとき、皮をむいて二つに割るようにすれば、小さな葉や茎になる部分が現れる。ヨウ素液をかけて調べると、子葉になる部分（胚）は青むらさき色になるが、葉や茎になる部分は色がほとんどつかない。



2－3．植物が成長する条件

【問題提起】

インゲンマメは種子に含まれる養分を使って発芽しました。さらに大きく成長するためには、種子の養分は使ってしまったので、どのようにするのでしょうか？

考え方

人間も生まれたときには母乳で育ちますが、大きくなると食物を食べますね。植物も同じです。大きくなるためには養分をとることが必要です。もちろん、水・空気・適度な温度が必要です。それに加えて、養分が必要です。では、養分をどこからとるのでしょうか？ 根からです。葉からです。そのためには何が必要でしょうか？

【問題】 教科書記載通り

植物が発芽した後、大きく成長していくためには、水のほかに、何が必要だろうか。

何を条件とするかを考える。

考え方 成長に必要なものを根と葉からと考える。根からは肥料，葉からは日光という2つの条件が必要と考えられます。根から肥料をすいあげるのは分りますが，葉と日光はどのように結びつくのでしょうか？ 植物は，炭酸ガスと日光を使って養分をつくります。これを「光合成」といいます。植物は養分を根だけからとるだけでなく，葉において，自分で作っているのです。では，肥料がないと植物はどうなるか？ 日光をあたえないと植物はどうなるか？ **必要な条件**を整理して実験計画をたてよう。

【実験計画】

変えるのは，日光か肥料です。条件を一つだけ変えるので，ほかの一つは同じにする。

調べる条件	同じにする条件	結果
日光を当てる	肥料をあたえる	
日光を当てない		
肥料をあたえる	日光を当てる	
肥料をあたえない		

上記の4条件の内，「日光を当てる」と「肥料をあたえる」が重複する。重複を避けるために日光と肥料のありとありを一つにすることも考えられるが，あたえる水の量・植木鉢の大きさをおなじする，特に日当たりを一定にするなど詳しい条件まで同じにする必要がある。ここまで条件を制御するのは，煩雑過ぎる。そこで，4つの条件全てでの実験をすることにした。

【コメント】

ほぼ，同じように成長したインゲンを用いる。

日光と成長の結果は1週間で比較的是っきり出てくる。

しかし，肥料と成長に関しては結果がはっきりしないことがある。これを明らかにするため，肥料の有無のグループ分け（有グループと無グループ）をして，数を見て統計的に判断すると差をはっきりとすることができる。また，肥料に関しては，実験結果が出るには通常3週間～4週間かかる。前以て早目に始めるとよい。

【理科のひろば】

植物を成長させるには日光と肥料が必要ということを学びました。それでは，土を使わずトマトを栽培することができますでしょうか。小名浜にあるトマト菜園で行われているトマトの栽培が教科書に出ています。

また、季節にはずれた野菜を市場に出すため、ハウスで生育することも農家では行われています。野菜を育てるために、日光のかわりに蛍光灯などの明かりと液体肥料を使う「植物工場」というものがあります。これらによって、季節に関係なく野菜を収穫することができます。たとえば、冬にとれたてのトマトを食べることもできるのですね。



全く日光を使わず，蛍光灯の光でレタスを栽培する工場です。

3. 魚のたんじょう

生物にはおすとめすがいます。なぜ、おすとめすがいるのでしょうか？ めすばかりで子を産めば良いと思えるのですが、どうして、おすがいるのでしょうか？

こんな質問に小学生が答えるのは無理だと分っていますが、生物を学ぶためには基本的に大切なことになります。この答えは学者によって違いますが、強いものを残すという点では一致しています。

【読書】

ここに、一冊の本があります。団まりな「性と進化の秘密 思考する細胞たち」角川ソフィア文庫 全 182 ページ，2010 年 ISBN-10: 4044094276

この本は半分ほど、すんなりと読める本です。生物は初めからできていたのではなく、無生物である有機化合物から進化していくのです。どの段階で「生きる」というのが出てくるのか。生き物はどのようにして生命を引きつぐのか。大変興味深い階層性が登場します。子どもが読める本ではありませんが、ご興味のある方は、図書館で借りて読むのに適しているでしょう。また、[中村桂子さんの教育講座があり、遺伝子からみた性について放送がありました。こちら](#)も高校程度の知識があればわかりやすいでしょう。

【コメント】 単元導入について

- ・メダカについて知っていることや気づいたことを自由に話す。
- ・今までの昆虫の生まれる様子からメダカの卵や子メダカの様子について予想させる。

と指導書には書かれている。生命の引きつぎを知ることがこの単元目的とすると、「どういう風にして、メダカの子はメダカになるのであろうか」という発想が出てくる。もちろん、遺伝子という先へ進んだ話ではない。

【生命のつながり】

メダカ ← 子メダカ ← 卵 と逆に戻っていくと、めすが卵を産むところから始まる。では、めすだけで子メダカは生まれるのでしょうか？ おすのメダカが要りますね。めすのメダカ → 卵 → めすとおすの子メダカ → めすとおすのメダカ という順序があります。おすのメダカはどこで活躍するのでしょうか？ それでは、初めにメダカのおすとめすの見分けをやってみよう。

【おすとめすの形や色の違い】

生物にはおすとめすがいますが、形や色が違うことが多いのですね。「なぜ」、形や色が違うのでしょうか？ おすばかりでは、子は生まれません。めすばかりでは、同じく子は生まれません。子が生まれるためには、お互いに見分けができるようにしているわけです。

3-1. メダカを飼う

メダカのめすとおすの見分け方は、せびれとしりびれの形の違いです。写真を見てその他にも違いがあるかどうかを見つけましょう。

- ・めすとおすのちがい

他にも、めすは、はらが大きい、尾びれが広がっている、ことがあります。

- ・なぜ、めすとおすのちがいがあるのでしょうか？

この理由は、これから勉強する「受精」と関係があります。ここでは、[受精とめす・おすの形との関係だけに焦点を合わせてください。メダカだけでなく、多くの場合、生物の形ははたらきに関係していますことも注意してください。](#)

【メダカの飼育について】

メダカを飼った経験から注意点を項目ごとに記す。

水： くみおきの水道水、3日以上くみおいた水を使います。水道水の塩素中和剤をつかうこともあります。水の交換は水草がある場合は1ヶ月に1度、 $1/4 \sim 1/6$ ほどにする。夏季には水が蒸発するので、くみおきの水をへった量を補充する。水の量は1匹／1Lが目安です（メダカの飼育方法より）。

砂や小石： メダカのかくれ場所以外に水生植物やバクテリアを育てる場所になる。生育に好都合です。

水草： プランクトンを育てるためと日光によって水草が酸素をつくりだすために必要です。また、水の取り換え回数を少なくできます。

水流： メダカはゆるい流れには大丈夫ですが、大きなフィルターやエアレーションによってできる強い水流には過大なストレスが加わる。使用しなくても育った。

バクテリアを飼う： 水草でバクテリアを育てるのが容易であるが、最初の水にはバクテリア繁殖促進剤を加えるとよい。野外の水を少し加えて、エサを少しにしたので、促進剤を使わなかった。

エサ： 水に慣れるまで、1週間ほどエサを控えるようにする。エサは消費する量を与える。あたえ過ぎると水がくさってくる。水草のある場合は、少なくともよいことがわかった。

タニシ： ガラス面をきれいにするために、タニシを入れることがある。タニシはガラス表面の汚れを取り去ってくれるが、メダカのエサとなる「モ」も食する。水槽にタニシを2つまでにした。

水温： メダカの生息できる温度は $2 \sim 38^{\circ}\text{C}$ です。活発に活動する温度は $25 \sim 28^{\circ}\text{C}$ です。

メダカの産卵： メダカの産卵期は春から夏のシーズンが特に多い。十分な栄養と健康なメダカが産卵し易く、活餌はとくに効果が高い。水温も高めで 25°C 以上でした。産卵は

早朝に行われるので、一日の産卵個数ははじめ 10 ほどでした。条件がよいと毎日産卵する。

受精卵： 早朝にメダカは産卵するので、午前中に卵を別の水槽に移動する。産卵後の卵は堅く指で取ることができた。卵の観察のため、容器に日付を書き保管する。後ほど解剖顕微鏡による観察を行った。

メダカの寿命： 小学校のメダカは年を越して生育することがあります。通常、1 年といわれていますが、3-4 年生きています。サイズが大きなメダカが卵を産みやすいとはいえません。理科室の水槽には親、子、孫の世代が健在です。

3-2. たまごの変化

【問題をつかもう】 メダカのたまごを観察しましょう。たまごがどのように育つかを考えましょう。解剖顕微鏡を使って、たまごの形、たまごの中の変化を観察する。

【問題】 メダカのたまごは、どのように育つのだろうか。

【観察 1】

ペトリ皿にメダカのたまごを 1 コ用意してかいぼう顕微鏡で観察する。

受精直後、受精後 1 時間、1 日、2 日、3 日、5 日、7 日、9 日の 8 種類であるが、初めの受精直後と受精後 1 時間は早朝のため、観察が難しい。1 日以降は産卵のタイミングがあり、授業時間に合わせて、全部を用意するのも困難である。そこで、1～2 日、3～7 日を見せた。

かいぼう顕微鏡か双眼実体顕微鏡を使うことが指導書には書かれているが、子供が双眼実体顕微鏡を調整するのは少し難しいようである。また、倍率は 10 倍でよい。

たまごの中は、日数によって大きな変化がある。

受精直後： あわのような物がたくさん見える。あわを「油滴」といい、植物極に集まります。教科書の写真の下側が植物極、上側が動物極になります。

受精後 1 時間： あわのような物が少なくなる。上の所にコブのようなものができる。これが動物極であり、分割が起こります。この一つを「割球」といいます。たくさんの割球ができてきます。ここから体になります。

1 日： メダカの体になる部分ができてくる。写真の下側の部分がふくらんでくる。これが目になる。

2 日： 体の形ができてきて、目もできてくる。(油滴と目をまちがえることがあるが目は胴体の先にある)

3 日： 体全体ができ、心臓の鼓動が始まる。むなびれも見える。

5日：心臓の鼓動がはっきりとわかる。

7日： 体が大きくなり色がついてくる。

9日： たまごのまくを破って子メダカが出てくる。(ふ化)

【コメント】

【ペトリ皿について】

ペトリ皿にメダカのたまごを入れて、かいぼう顕微鏡で観察する。このとき、倍率を10倍にして行うが、20倍にすると大きく見えると期待できる。しかし、ペトリ皿の縁にレンズのアームがあたり、レンズをおろすことが難しいことがある。このとき、時計皿を用いると解決する。勿論、ペトリ皿の縁が低いものを用いればよいわけだが、規格品が多く、見当たらないことが多い。なお、ホール（くぼみのある）スライドガラスも利用可能であるが、深さが小さいので、たまごが乾かないように注意すれば使える。

【質問】

なぜ、たまごのからの中でメダカは育つのだろうか？

【出てきた答】 たまごの中に養分があるから。何もなくても大きくなれるから。水の中から養分をとるようになっているから。

【考えよう】 何もないければ何も起こらない。⇒ ということは、何もなくても大きくなれることはないでしょう。ということは2番目のことはないでしょう。水の中から養分をとるなら、水を水道水に変えたらどうなるでしょうか？ それでもたまごは育ちます。⇒ ということは3番目のこともないのです。そうすると、たまごの中に養分があるようです。たしかに、たまごの中には養分があります。

3-3. 魚の食べ物

子メダカは生まれたときには、はらに養分の入ったふくろがあるので、2-3日は何も食べません。1週間もたてば、ふくろも小さくなります。そうすると、食べ物が必要になりますね。食べ物は「メダカのえさ」というものをやります。でも、小さなえさしか食べられません。自然の中では誰もえさをくれませんから自分でとりにいきます。ではメダカの食べ物は何でしょうか？ 多分、小さいので見えないかもしれませんね。それをさがすのに顕微鏡を使いましょう。池や川などの水のなかにいる小さな生き物を調べてみよう。

【けんび鏡の使い方】

けんび鏡はかいぼうけんび鏡とはちがうので、部分の名前、使い方と注意、プレパラートのつくり方を学びましょう。

部分の名前： 接眼レンズ，つつ，レボルバー，対物レンズ，クリップ，ステージ，調節ねじ，反しや鏡，台

使い方と注意：

- ①対物レンズをいちばん低い倍率にする。[低い倍率]
- ②接眼レンズをのぞきながら反しや鏡を動かして明るくする。[明るさ調整]
- ③ステージにプレパラートを置き，クリップでとめる。[プレパラートを取り付ける]
- ④真横から見ながら調節ねじを回してできるだけ近づける。[横から見て近づける]
- ⑤調節ねじを回して，対物レンズからプレパラートを遠ざけていき，はっきり見えるところで止める。[対物レンズを遠ざける]

注意： レンズを指でさわらない。直射日光を反しや鏡に当てない。持ち運びは両手で，アームをつかみ，もう一方の手で台を下からささえて運ぶ。一人が見ている時に横からけんび鏡やプレパラートをさわらない。けんび鏡を実験台の角に置かない。対物レンズを変える時，レボルバーをつかんで回転する。接眼レンズや対物レンズをはずさない。

コツ 高い倍率で接眼レンズに目を近づけ過ぎると見えないことがあるので，ほんの少しはなす。単眼けんび鏡を使ってスケッチする時，両目を開けて見ながらスケッチする。（このやり方はなれないと難しいが，練習する）

プレパラートのつくり方

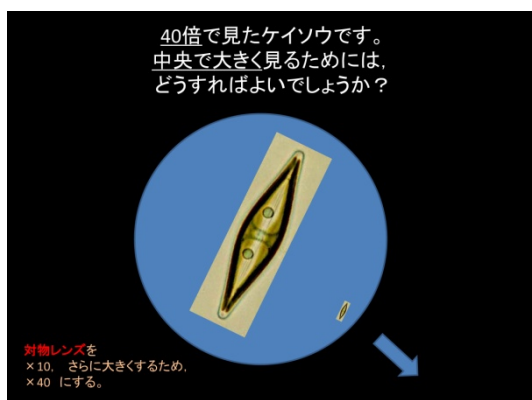
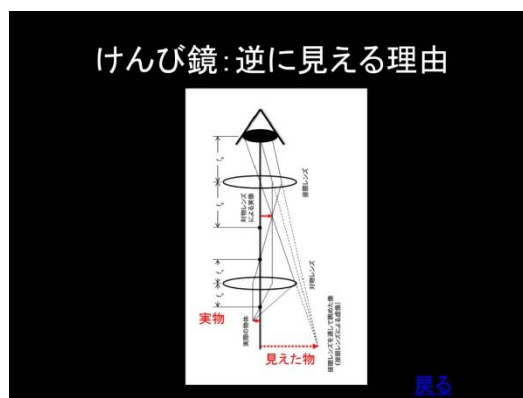
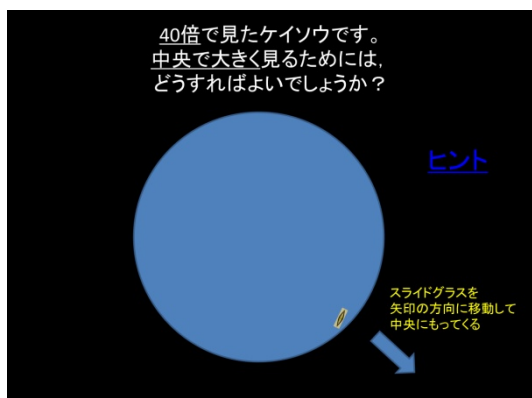
きれいなスライドガラスの上にスポイトでとった見る物を1－2滴落とし，カバーガラスをピンセットなどでつかみ，ななめにしておおいながら，静かにカバーする。

コツ ミジンコのような目に見える動物プランクトンの場合，スポイトで2 mLほどすいあげ，ゆっくり水をたらすとスポイトの水の中の上の方へ移動する。できるだけスポイト内の水を少なくしてからスライドガラスの2，3カ所にたらす。うまくとれた水たまり以外はろ紙などですいとりきれいにしておく。

便利 カバーガラスはうすいのでわれやすい。ガラスのかわりにプラスチックのカバーガラスがあるので使う方がよい。ただ，プラスチック製の価格はガラス製のそれより2倍する。そこで，コンビニ弁当などの透明なふたを切り取って使えば代用できる。ただし，プラスチック製のカバーガラスは傷つきやすく，均一性に乏しいので，400倍以上の高い倍率には向かない。

けんび鏡の使い方のクイズ（PPT）

今右下にある小さな生き物を中央で拡大して観察したい。スライドガラスまたは可動ステージをどちらの方向に動かせばよいでしょうか。透過型顕微鏡ではレンズが2枚あります。対物レンズと接眼レンズです。ここに、対物レンズで反転した像を接眼レンズで見ているわけです。この反転がスライドガラスの動かし方に影響するわけです。一般に装置を使うとき原理を理解していると操作が容易になることがあります。



【観察】

今回、採集した水は、川、池、田んぼであるが、泥や水草と共に、300mLのビーカーに入れて、少し日が当たる場所に保存した。水が蒸発すると、日置水を加えた。1週間ほどで、ビーカー内のプランクトンのようすをけんび鏡で調べた。見た目に大きなプランクトン（ボルボックスやミジンコなど）が多そうな水には小さなプランクトンも多かった。子供たちがけんび鏡で見つけたプランクトンの絵とミジンコの絵をノートに書かせた。

なお、採集した水をペットボトルのまま、フタを開けて置いておくとプランクトンや水草が繁殖しない。また、2，3カ月たつと植生が変わる。

【発展】

ミジンコの光走性実験

この実験はかいぼう顕微鏡を使うもので、大型装置を必要としません。授業時間に余裕があれば30～40分ほどで行える。クラブ活動で3度行いうまくできた。準備にはホールスライドガラス、黒い画用紙、ストップウォッチ、ミジンコ、スポイトを用意します。詳細は [H29 発明・実験クラブ報告書](#) を参照して下さい。

【ミジンコの目の数は？】

ミジンコをけんぴ鏡で見ると手のでるところに黒い点が見えます。これは目です。教科書の写真や図鑑などの写真を見ると横向けの姿が見えます。さて、ミジンコの目は2つでしょうか？1つでしょうか？子どもたちに聞いてみました。圧倒的に2つでした。中には1つと答えた子もいました。どちらでしょう？意見：馬の目のように2つある。ミジンコも動物なんだから。左右の目がつながっているかもしれない。いや、1つだ。もう一度聞きます。ミジンコの目はいくつでしょうか？今度は一つが増えました。では、どのように観察すればわかりますか？考え中……。わからない。横から見ればわかるがガラスにはさまれて起こせない。そうだ、水の少ないところで泳がせばいい。かいぼうけんぴ鏡を使って観察できるはず。やってみよう。……結論：1つでした。

【プランクトンか小さな生き物か】

教科書にはプランクトンという言葉は出てこない。小さな生き物をプランクトンと置き換えてもよいであろうか。これはやってはならない。勿論、小さな生き物の中にプランクトンは含まれる。メダカがプランクトン以外の小さな生き物を食べているかもしれない。たとえば、バクテリアなどの微生物も食べています。ところが、教科書にある「池や川などの水の中の小さな生き物」に出てくるものはプランクトンです。つまり、ここでは、小さな生き物＝プランクトン という使い方をしています。

なお、下記の本にはプランクトンとは、で書かれています。

プランクトン：泳ぐことができないか、泳いでも弱い力で水の流れに耐えられないで、漂って生きている浮遊生物とされています。大きさはおよそ $1\mu\text{m}$ ～ 1mm と 1000 倍の違いがあります。

プランクトンネット：琵琶湖ではプランクトンネットでプランクトンを集めるとほとんど一年中とれるとのことを聞きました。ただ、プランクトンネットの価格は¥15,000 以上しますので、この単元のために購入するには難しいでしょう。なお、下記の本には、自作のプランクトンネットの作り方が書かれています。

本の紹介：図解ハンドブック

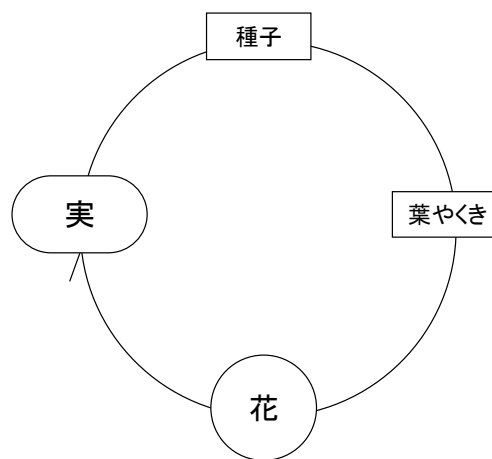
やさしい「日本の淡水プランクトン」，滋賀の理科教材研究委員会(編) 合同出版 KK，
ISBN978-4-7726-0438-3 ¥1800+TAX

4. 花から実へ

生物は動物，植物，(び生物)に分けることができます。メダカは動物ですね。今から出てくるヘチマは植物です。さて，世界には色々な種類の動物や植物があります。一体どれぐらいの種類があるのでしょうか？ 校庭には色々な植物があり，虫などの昆虫がいますね。海や川の中には色々な動物がいます。1つの種類の野菜でも，色々な種類の動物が食べますね。そのように想像すると動物の数は植物よりも多そうです。日本より赤道近くの国には珍しい動物や植物がいますね。動物と植物の種類を想像してみましょう。

現在分っている種類のおおよその数は，動物：100万種類，植物：30万種類です。毎年新しい種類のものが発見されます。分かっている種類の数からまだ発見されていない種類の数を計算してみると，全生物の種類数は870万と推定されています。(C. Mora, et al, *PLoS Biology*, **9**, e110027 (2011).) 分かっている種類の数の方がわかっている種類の数より多いのです。新種の動物や植物はこれからも発見されるでしょう。一方，ニホンオオカミのように，絶滅した動物や植物もあります。

さて，ヘチマはどのように生命を引きつぐのでしょうか？ 種子の発芽について勉強しましたが，発芽の後，日光や肥料をあたえると，本葉やつるが出てきました。やがて花がさき，実ができます。その実の中に，種子ができ，その種子を春にまくと，発芽します。この一回りを図で示すと右図のようになります。これがヘチマの生命の引きつぎです。

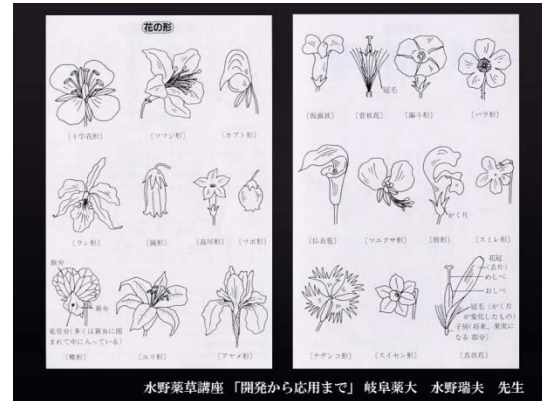


4-1. 花のつくり

はじめに，いろいろな花の形をみましょう。(花の形 PPT)



いろいろな花の形



水野薬草講座「開発から応用まで」 岐阜薬大 水野瑞夫 先生

花の形の分類は岐阜薬科大学名誉教授の水野先生がされています。(右図)

小鳥峠（おどりとうげ）は高山市清見にありますが、標高 1080m の湿地に水芭蕉などの花が咲きます。花の形は色々ありますので見てみましょう。



小鳥峠の野草



それでは、ヘチマとアサガオの花をスケッチするのにでかけます。そのとき、それぞれの花の「つくり」をよく見ましょうね。まず、4年生の植えたヘチマの畑へ行って、ヘチマの花のつくり見てみましょう。次に、近くにある、はち植えのアサガオをみましょう。アサガオの花のつくりはヘチマの花のつくりとちがいます。どこがどのようにちがいますか。観察してスケッチをします。理科の絵は図工の絵とちがいます。理科では、形が重要です。

【問題】 ヘチマやアサガオの花は、どのようなつくりをしているだろうか。

【観察の結果の発表】

・ヘチマの花：

ヘチマの花には2種類あります。「めばな」と「おばな」です。2種類の花のつくりの形を見ると、ちがいがわかります。花びら、がく、めしべ・おしべの形と名前をおぼえておきましょう。特に、めしべは先からがくの下にあるふくらみまでの長さをいいます。また、めしべの先とおしべの先のちがいがあります。めしべの先はねばねばとしたものがついていますが、おしべの先には粉のような物がでています。これは「花粉」と言います。おばなののがくの下にいくつかのつぼみがあります。めばなの数とおばなの数をくらべると、おばなの数の方が多い。めばなは朝早くに開いていますが、午後には閉じていることが多い。こんなとくちょうがあります。

・アサガオの花：

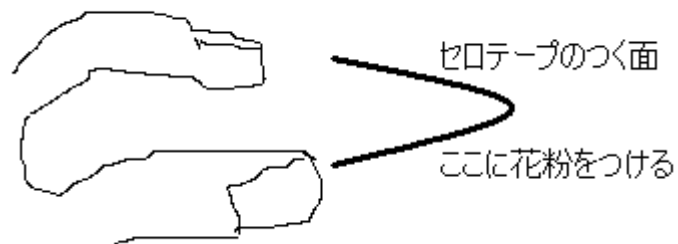
アサガオの花のつくりは花びら、がくはヘチマと同じですが一つの花の中にめしべとおしべがあります。めしべの先は球の形になっているが、おしべの先は一つすじのあるめしべより少し細長い形をしています。

【花粉のけんび鏡観察】

今まで、かいぼうけんび鏡を使ってきましたが、もう一つのけんび鏡を使います。なぜ、もう一つのけんび鏡を使うか？に対する理由は、倍率のちがいです。かいぼうけんび鏡は10-20倍の倍率で使ってきました。普通のけんび鏡は40-400倍で使うことができます。倍率が高いとくわしく見ることができます。しかし、短所（デメリット）もあります。高倍率で観察するときには見る物をうすくせねばなりません。動く微生物を追っていくのはむづかしいことがあります。また、かいぼうけんび鏡とのちがいについて、かいぼうけんび鏡はレンズが一つでしたが、これから使うけんび鏡はレンズが二つです。一つのレンズで大きくしたものをもう一つのレンズでさらに大きくします。このため、一たん、できた形を逆に見ることになり、上下、左右が逆になります。すると、スライドガラスの動かし方が逆方向になります。けんび鏡で見て右にある物を中央にもって来るにはスライドガラスを右へ動かすのです。上に見える物を中央にもって来るには上へ動かします。このやり方はなれると簡単ですので、やってみる事です。そのとき、倍率が高いとちょっと動かすと大きく動きます。それで、はじめに倍率の低い対物レンズを使います。

【花粉の採取のしかた】

セロテープを使って花粉を採集するには、次のような工夫をします。6 cmほどのセロテープを切り取る。その際、接着面の中央部付近に指紋をつけないようにする。接着



面の端をそれぞれ親指と人差し指につけ、接着面を外側にする。花びらにつけないよう注意する。おしべにある花粉をとる時、軽く1回だけ、粘着面中央につける。このときに注意することは、おし付けたり、何度もつけないことである。スライドガラスに花粉のセロテープをはりつけるとき、両端だけおさえて止める。中央部にある花粉のところをおさえない。花粉がおしつぶされた状態になる。とくに強くおすと、アサガオの花粉は球形に付いた突起部分が見分けられないことになる。細かいことであるが、余ったセロテープを下側に回して貼り込んではいけない。高倍率でスライドガラスが傾斜するため、焦点合わせが難しいためです。



ヘチマのめばな



ヘチマのおばな



ヘチマの花粉 倍率 200 倍（挿画はデジタル拡大）

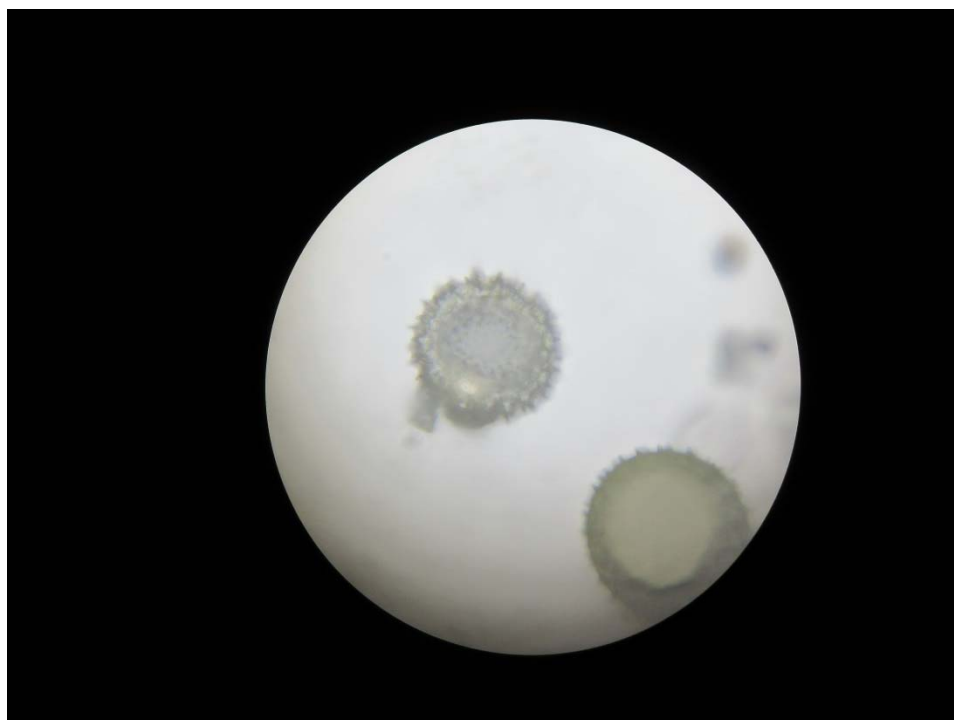
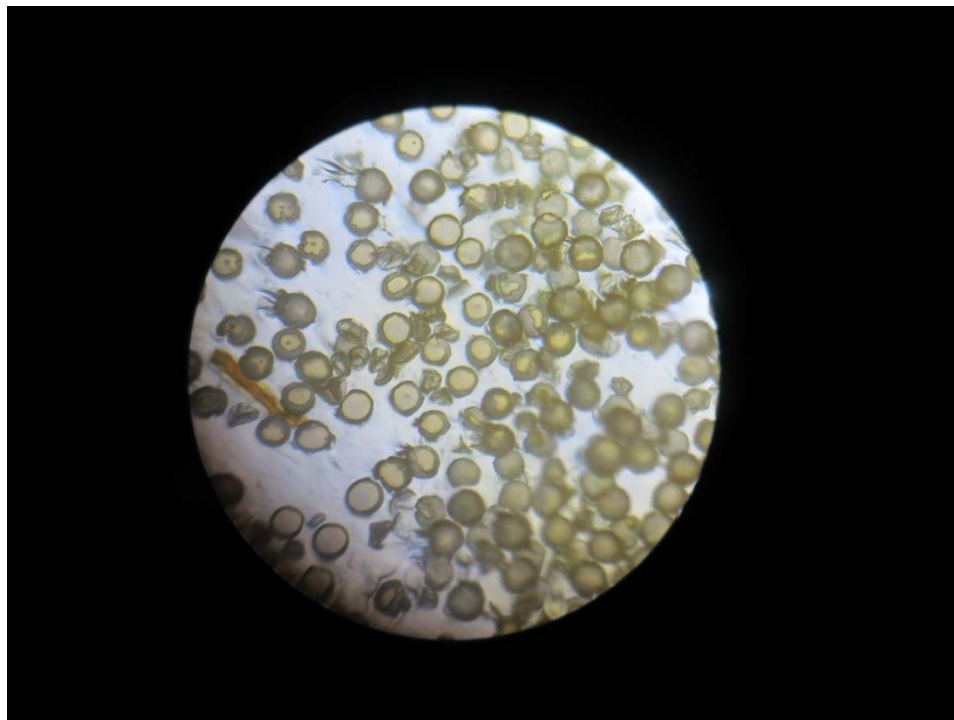
【デジカメ接写撮影】

けんび鏡の写真をデジカメでとるには、少し工夫がいります。使うデジカメにマクロ撮影機能があることが必須です。最近接距離が 30 cm では撮影できないが、別のレンズをけんび鏡に取り付けると撮影できることもある。しかし、1 cm 以下のマクロ撮影が可能であれば取り扱い易い。AF で撮影すれば写すことができるが、なかなか、画面に合わすことができない。これはカメラの位置ではなく角度に関係しているからである。1 cm のマクロでは少しカメラとけんび鏡の距離を離すと良い。

【テレビ画面にけんび鏡映像を出す】

このために、カメラが用意されている。ビデオ端子を接続するだけで簡単に映像を出すことができる。

写真：アサガオの花粉（100 倍，400 倍）



【コメント】教科書の花粉けんび鏡写真について

アサガオの写真の場合、教科書の写真は彩色しているため、薄茶色に見えるが、けんび鏡観察ではねずみ色に見える。ヘチマの場合にも、教科書の色とは違って、うす緑色に観察される。どちらが正しいのか質問する子供がいる。そのときには、自分が観察したものが正しいと答えることにしている。教科書が間違っているのではなく、写真を撮った条件によって色は微妙に変わる。条件によって変わる色を一般化するのは無理である。それよりも、自分の観察したものを大切にすることの方が重要であると考えます。

【まとめ】

花には、ヘチマのように、めばなとおばながあって、めばなにめしべ、おばなにおしべがあるものと、アサガオのように、1つのはなにめしべとおしべがあるものとがあります。（それぞれ単性花と両性花という）

おしべの先からは、粉のようなものが出ていて、これを**花粉**といいます。

めしべの先に花粉がつくことを、**受粉**といいます。

【花粉はどんな役目をしているのだろうか。】

花粉はおしべにあり、受粉する役割をする。では受粉の時に花粉はどのようになっているのだろうか。

発展： 受粉した後に花粉は花粉管をのばす。そのようすは写真で示すようになる。先はめしべのふくらんだところに近づく。そこで受粉が起こる。[この動画があるので花粉管が伸びるようすがわかる。](#)



5. 台風と天気の変化

【問題提起】

- ・ 台風の動きも春のころの天気の変化と同じ変化の仕方をするのだろうか？
- ・ 台風の発生する場所、台風の動き方は何によって決まるか？
- ・ 台風はうずをまいた風です。うずのまわる方向は時計回りか反時計回りかいずれでしょうか、
- ・ 台風は、どのようにして強くなるのか、どのようにして弱くなるのでしょうか、
- ・ 台風に関する情報をどのような手段によってどのような気象情報を集めるか、
- ・ 台風とわたしたちのくらしはどのように関係しているだろうか、
- ・ 伊勢湾台風は大きな被害を東海地方にもたらしたが、資料を調べたり、知っている人に話を聞いて、どのように台風の被害が少なくなるようなことがされたか、
- ・ 台風の被害を少なくするため、家族で話し合う、地域の防災活動を知る、ハザードマップを見て、災害があった時のひなん場所を調べる。

5-1. 台風の動きと天気の変化

春のころの雲は、西から東へ動き、天気も西から東へ変わってきたことを勉強しました。

夏から秋には台風が日本へやって来ることが多い。では、春のころの雲の動きと台風の動きは同じだろうか。①台風はどこで、どのようにしてできるのだろうか。②台風のうずまきはどのようにしてできるのだろうか。③どのような経路で日本へ来るのだろうか。④台風に関する情報をどのように調べるか。これらについて考えてみよう。

【問題】 台風は、どのように動くだろうか。

また、台風の動き方によって、天気は、どのように変わるのだろうか。

① どこで、どのようにして発生するか。

台風はあつい南の海で発生する。特に、赤道近くの海は太陽の光で熱せられる。あたたかい空気は上の方へいく。というのはあたたかい空気は冷たい空気よりも軽いから。上空の温度は低いのであたたかい空気は冷やされる。水じょう気を含む空気は冷やされると、雲が発生する。雨がふることもある。4年生で習った、

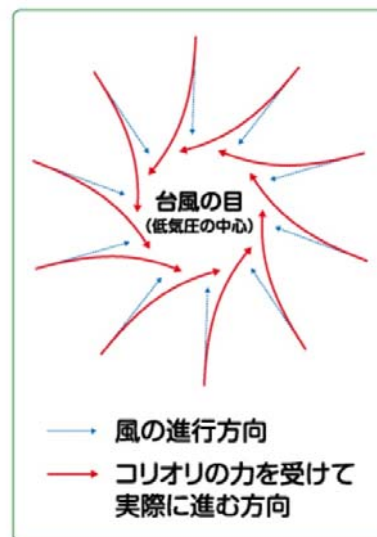


あたためられた空気の中にある水じょう気は冷やされると湯気になる。湯気の正体は水でしたね。湯気は目に見えました。雲も目で見えます。つまり、台風の雲の正体はあたためられた海の水なのです。それでは、台風の風はどのようにできるのでしょうか。やかんの湯がふつとうすると口から上の方へ出てきます。熱せられた海の水は水じょう気となってどんどん上の方へ上がっていきます。このとき下から上へ風が起こります。そうすると、少なくなった下の水じょう気はまわりのあたためられた水じょう気を集めてきて、また上の方へ運びます。これが台風の風の原因です。4年生の時に水をあたためると熱くなった水は上へ行く。そのときあたためているまわりの水はあたためている近くに集まるのを見ましたね。下の方では横から風が集まってきます。

② 台風のうずまきはどのようにできるのだろうか。

台風のうずまきは反時計回りである。どの台風も回り方は同じです。赤道より北にある台風の風は「コリオリ」の力を進む方向の左から受けて右へと曲がります。台風の中心へ吹き込む風はすべて右へそれますから、台風の目のまわりを左回りに吹きこむようになります。つまり、反時計回りに風が吹くのです。

この回り方をしながら、台風は進むので、まるで、右手で円ばんを投げるように進むのです。円ばん投げは右投げの人は反時計回りに回って投げますね。もちろん、円盤を投げるのは野球のボールを投げるのとはちがって、円ばんを小指のはしからはなすように投げます。

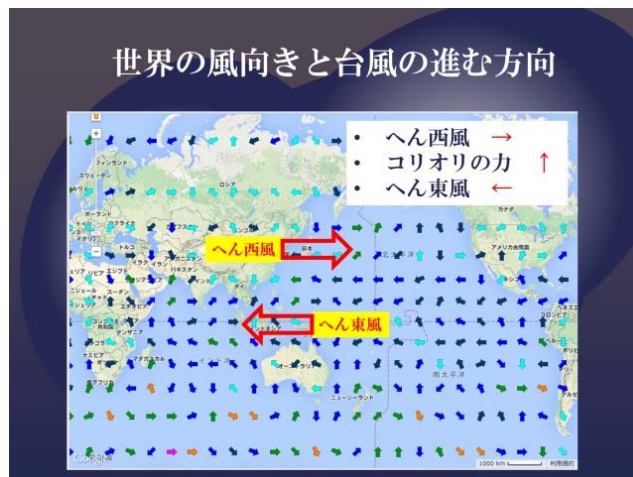


③ どのような経路で日本へ来るのだろうか。

赤道近くで発生した台風はどのような経路で日本に来るのだろうか。

台風の動きは風による。そこで、世界の風を調べてみよう。そのために、

デジタル台風というホームページから「世界版リアルタイム風向きマップ」をさがし出そう。そのアドレスを次に示す。



アドレス：<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/gpv>

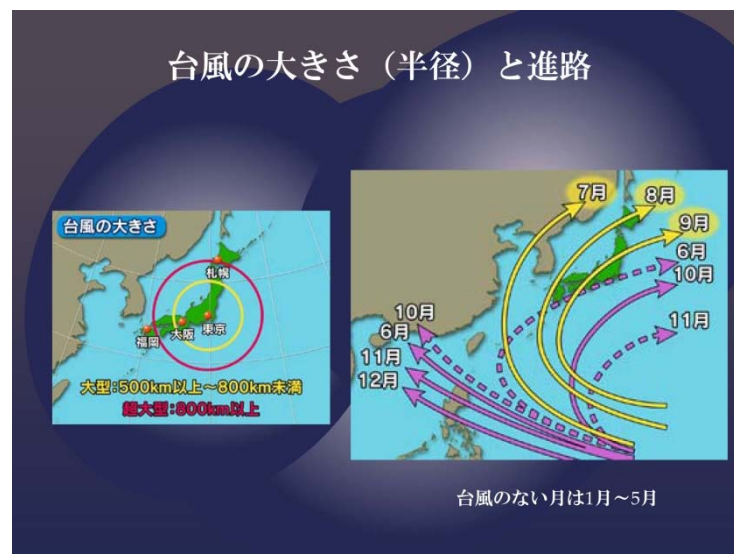
このページを見ると、赤道付近は東から西へ風は吹いている。これは「へん（偏）東風（または貿易風）」という。しかし、日本付近では西から東へ風向が示されている。これは西からの風を表す「へん（偏）西風」と名付けられた風が吹いている。

台風は赤道近くで発生しへん東風によって西へ動く。その後、北へ動くようすを示す。この北へ向かう風はなぜ起こるのだろうか。これにはコリオリの力が関係している。言いかえると、台風が動く方向に右へ動かす力が加わる。西へ向かうと右への力、（北への力）が働き、北西の方向へ動くからである。

北の方へ向かった台風は、今度は西の風によって東に動く。これはへん西風によるためである。西から東に変わるのでどこかでおりかえす形になる。このおりかえし点は北緯（い）20度付近である。日本付近で台風は南西方向から来るのはへん（偏）西風の影響によることがわかる。

台風が日本付近に来ると速くなるのはへん西風による。また、勢力が弱くなるのは海の温度が低くなるためである。すなわち、海の水が蒸発する時にできる上昇気流（熱いところで海の水が蒸発することによって下から上への風の流れ）が少なくなるためです。

まとめると、夏から秋にかけて台風の経路は、南の海で発生し、西北に進み、北緯20度付近で北から東へ変わる。日本付近では北東へ動くことが多い。



④ 台風に関する情報をどのように調べるか。

台風に関する情報は気象庁（ちょう）のホームページ（HP という）を調べる。

アドレス：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

日本気象協会も参考となる情報がある。

アドレス：<http://www.tenki.jp/>

気象庁の気象に関する過去の情報などは「デジタル台風」に載せられている。

アドレス：<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>

特に、「デジタル台風」は最近までの情報が多い。例えば、一か月前から今までの天気の変化が動画としてのせられている。台風の動きを動画として取り込むには「デジタル台風」の日本周辺に関する気象衛星画像から得ることができる。例えば、

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/region/japan/> の赤外 1 をクリックすると、

○ 「2. 過去の動画」が下の方には 1978 年からの月毎の雲画像の動画がある。

○ MPEG2 か WMV をクリックして画像を取り込む。

○ 画像の編集はウィンドウズムービーメーカーを使う。

【パラパラ動画の作成】

台風の動きを示すパラパラ画は教科書の右下にあるが、小さくて分かりづらい。また、最新の台風を示すことは、子供たちの記憶にあるので、経験と記録が一致する。

2016 年の台風は平年より数が少なかったが、東日本に被害があった。特に、台風 10 号は北進後、折り返し南進して勢力を増して、東北・北海道に上陸する経路をとった。

このパラパラ画を作って動きを調べる教材とした。

パラパラ画の作成の流れ

・作業順序：

デジタル台風から動画 → WindowsMovieMaker へ → スナップショット → Excel で画像をまとめる (→ PDF に変換して印刷)

・流れ：

1. デジタル台風サイトからその台風を含む月の動画をダウンロードする。
2. 「すべてのプログラム」(プログラムの立ち上げに使う左下のところ)の中から「ムービーメーカー」を立ち上げる。
3. 必要な動画をトリミングして、パラパラ画にするスナップショットをとる。
4. Excel を使って、スナップショットの写真を貼り付ける。番号を付ける。

もう少し具体的に、【参考】と例を下に示します。

【参考】 雲画像の変化に関する動画作成

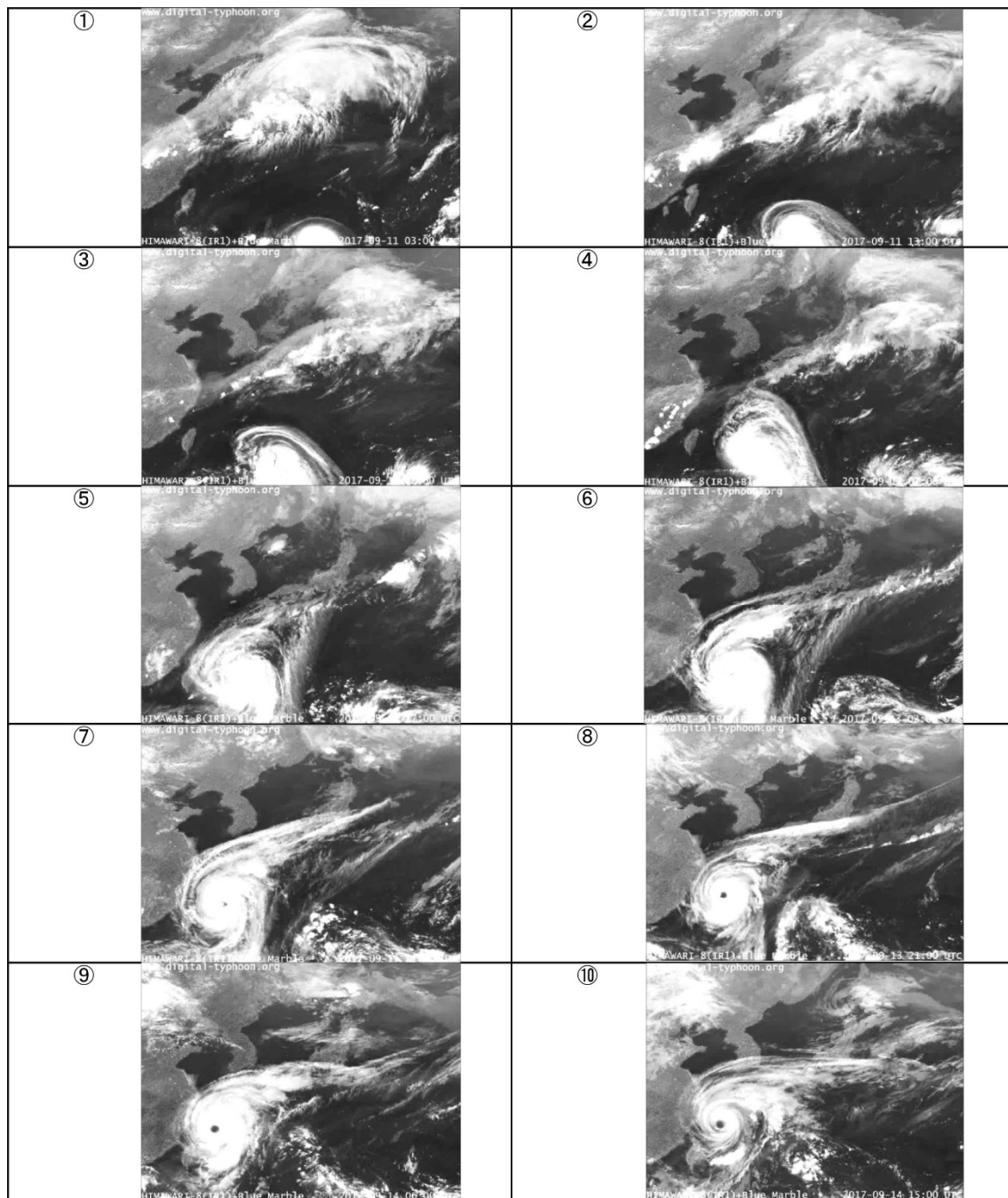
データの抜き出し：

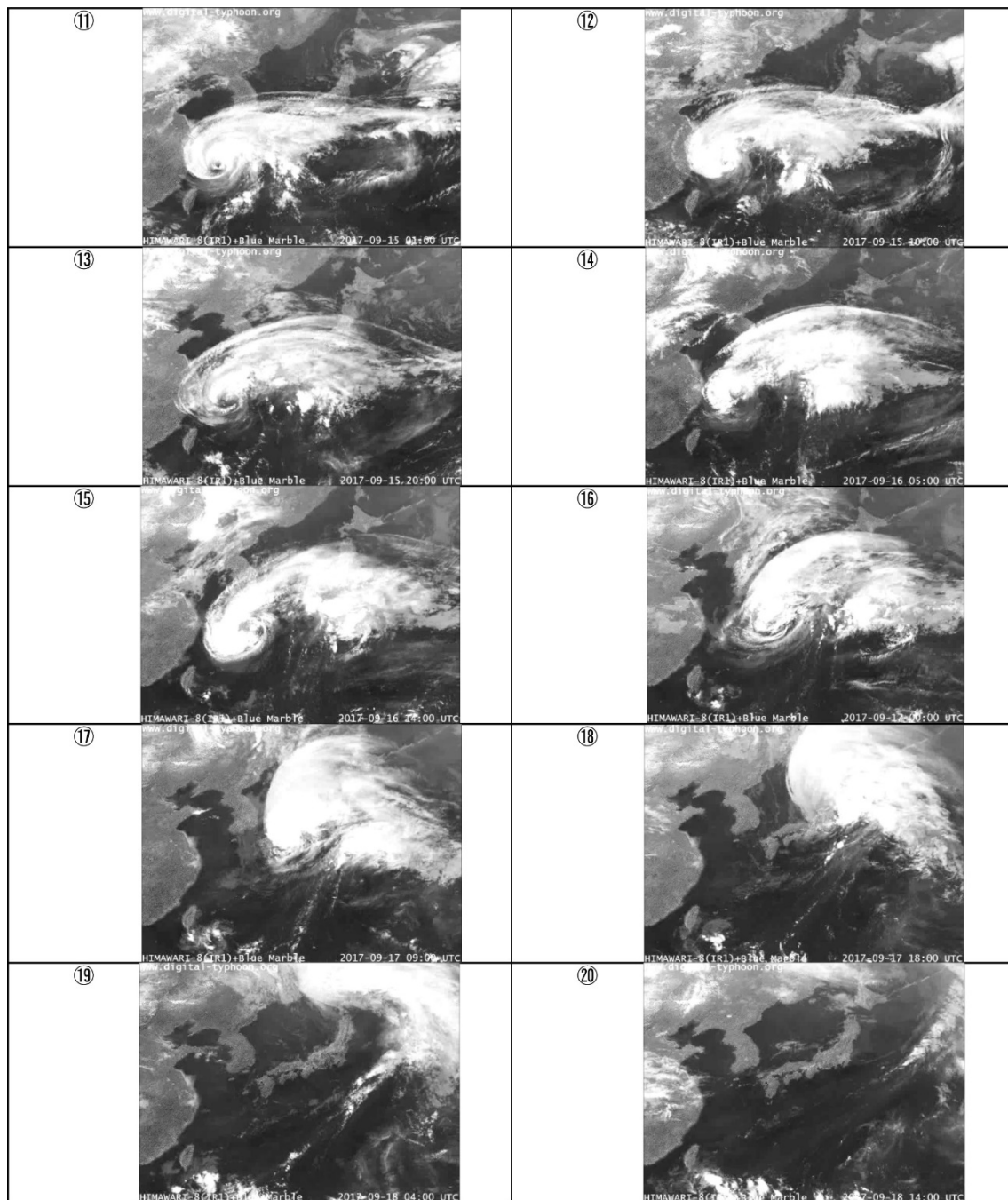
1. 気象庁の HP (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) から気象衛星 (<http://www.jma.go.jp/jp/gms/>) を開く。
⇒ 現在の雲画像が表示される。
2. 表示時間のところの▼をクリックすると 30 分ごと 24 時間の雲画像を指定することができる。
3. デスクトップに雲画像フォルダを作り、この雲画像フォルダを開いて、画面右に置いておく。
4. 指定した雲画像をドラッグ&ドロップして、この雲画像フォルダにそれぞれの時間ごとの雲画像を入れる。
5. 雲画像の取り込みが終われば、この雲画像フォルダを開いて、メニューバーの「表示」をクリックして、「並べ替え(O)▶」にカーソルを合わせて「名前」と「昇順(A)」に✓（または●）を入れる。 ⇒これは雲画像を時系列にしておくことを意味する。

動画作成（Windows 7 にある Movie Maker を使った場合）：

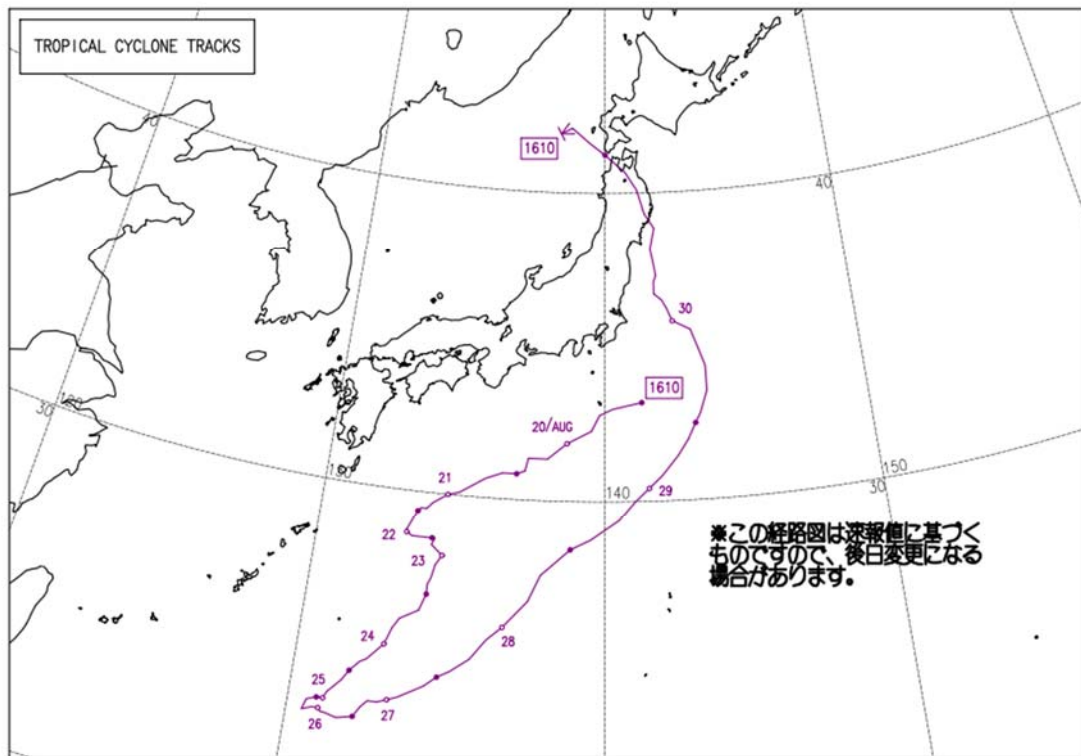
10. スタートのアイコンから「Movie Maker」を立ち上げる。
11. メニューバーの「ホーム」にある「ビデオおよび写真の追加」をクリックする。
12. デスクトップにある雲画像フォルダを開く。
13. 表示する画像をすべて選択して、「開く」をクリックする。
⇒ 雲画像が表示される。
14. 右側に表れた画像をすべて選択して、メニューバーにある「編集」をクリックする。
15. その下のカラムにある「再生時間」の▼をクリックして最も短い「1.00」を選択する。
16. 左側のカラムにある▶をクリックしてプレビューを見る。
17. 動画を保存するために、メニューバーの左端にあるアイコンをクリックする。
18. 「ムービー保存」の中の「コンピュータ用」を選択する。
19. 「ファイルの種類」に「Windows Media ビデオファイル (*.wmv)」を選択すると Windows Media Player (WMP) で上映できる。保存には 10 秒ほど掛かる。
なお、MPEG4 で保存しても WMP を使って上映できる。

2017 年 9 月 11 日～18 日の間に台風 18 号は日本に来了。この台風のパラパラ画をつくった。パラパラ原画を以下に示す。





昨年（2016 年）には、珍しい経路をとった台風 10 号があった。
その発生も経路も観測史上なかったもので、いかに併記しておきます。



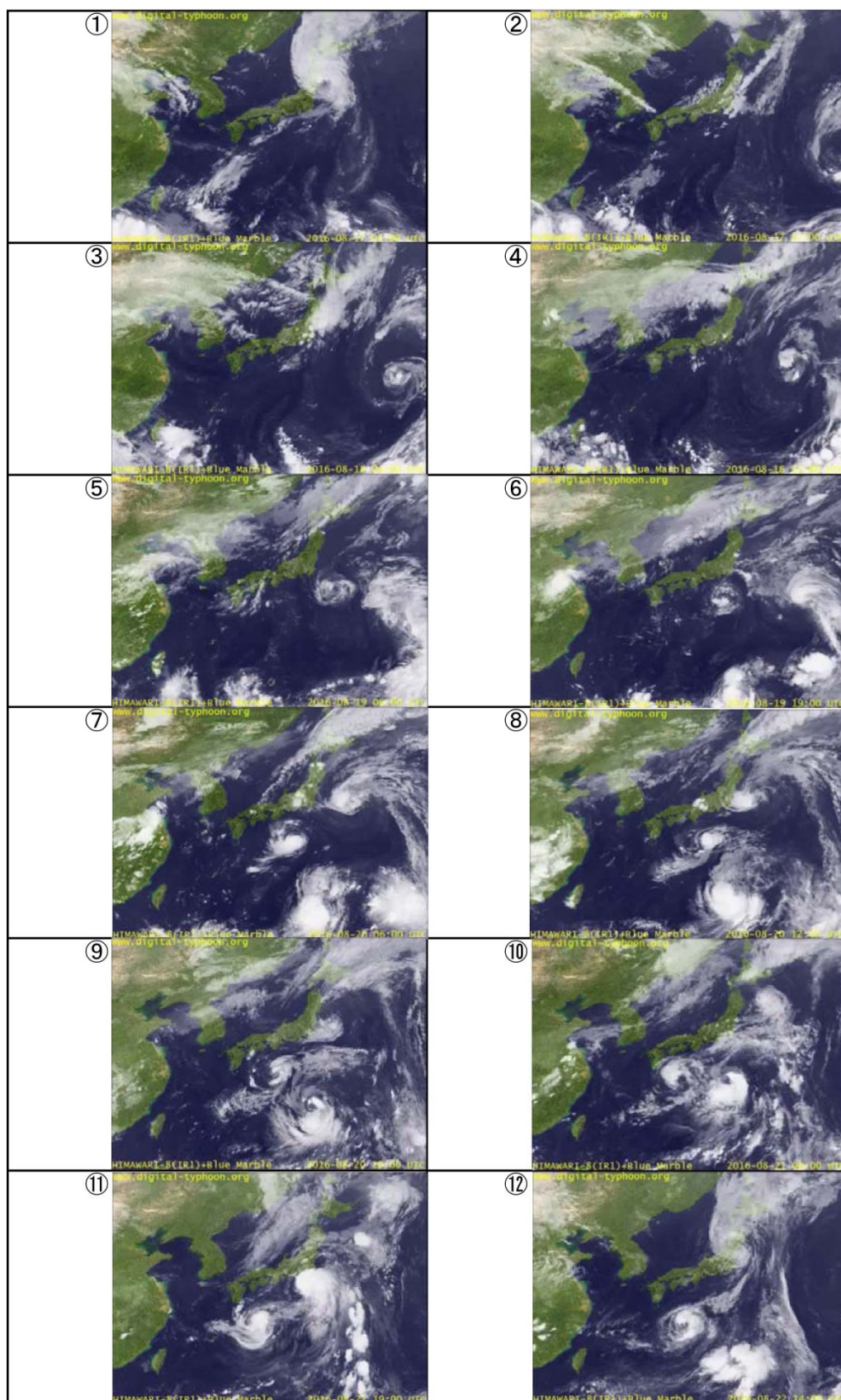
通常、台風は赤道近くで発生するが、この台風 10 号は北緯 33 度付近で発生し南西へ移動して北緯 25 度付近で勢力を増した。また、北東の方向へ動き、北北西へ転校して東北地方を横断して日本海へ貫けた。観測史上なかった台風なので記録されるものである。

この動きを「パラパラ画」にしてみる。

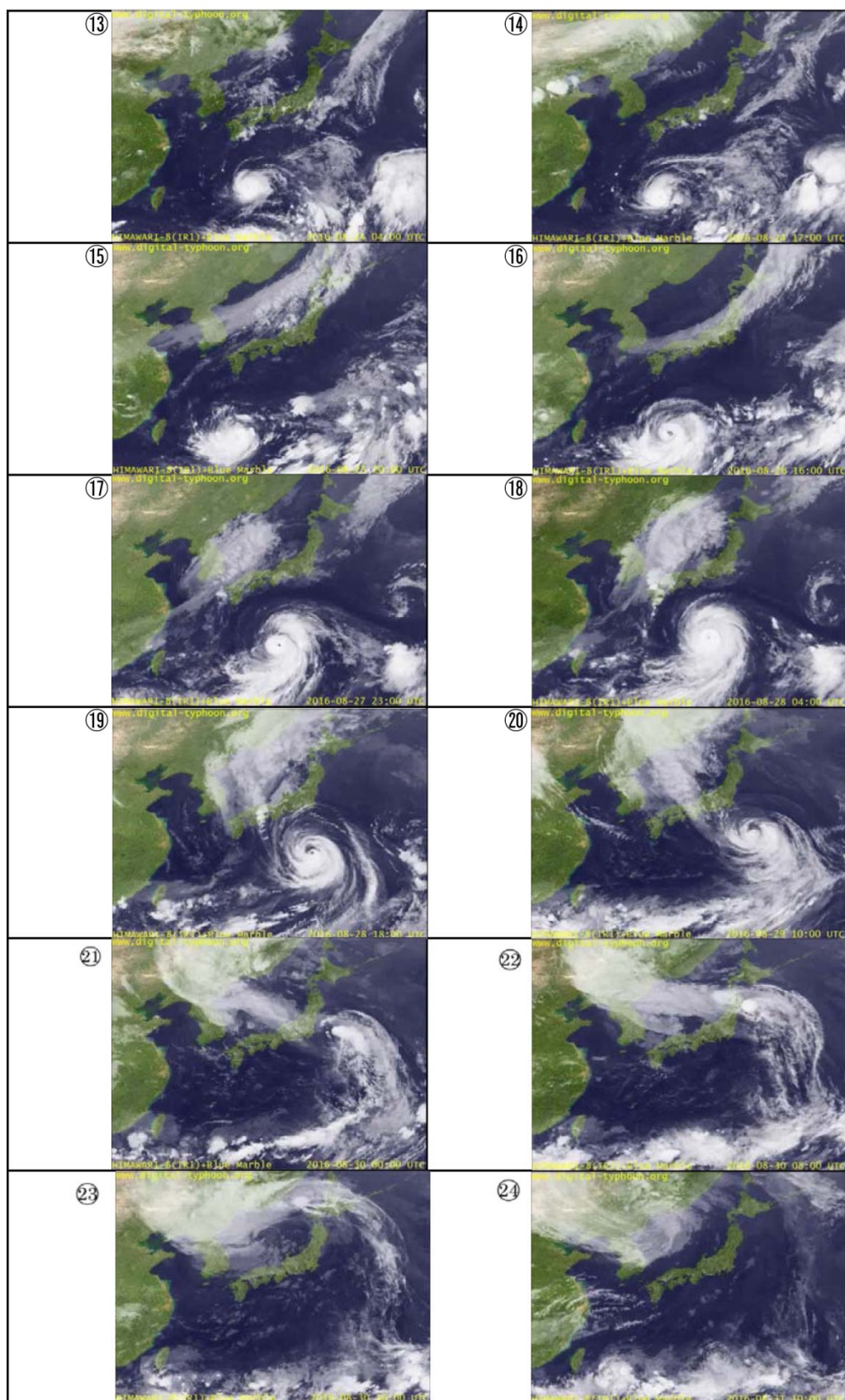
なお、移動の仕方や作成方法について、詳しくは下のアドレスに掲載しておいた。これらは後まで使用できるファイルと考えられる。

<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/ttl/KT/hasshin/shouriken/shouriken.html>

珍しい動きをした台風10号のパラパラ動画(1)



珍しい動きをした台風10号のパラパラ動画(2)



【まとめ】

- 台風は、日本の南の方で発生し、その多くは、初めは西の方へ動き、やがて北や東の方へうごきます。
- 台風が近づくと、強い風がふいたり、短い時間に大雨がふったりするなど、天気のように大きく変わることがあります。

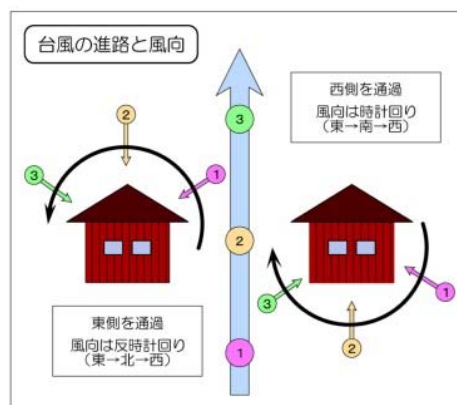
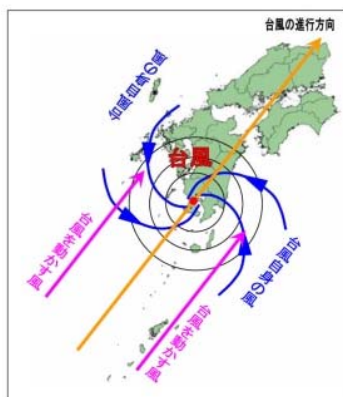
【まちがえやすい記述】 まちがえやすい書き方 ⇒ より正しい書き方

- ・ 台風は南から北へ動く。 ⇒ 南の海で発生し、最初は西あるいは西北西、北緯 20 度付近で北から北北東へ進み、日本付近では北東へ動くことが多い。
- ・ 台風はへん西風によって西からくる。 ⇒ 台風は日本付近で、へん西風によって南西から北東へ動くことが多い。
- ・ 台風の風は円のように回っている。 ⇒ 台風の風は反時計回りにふきこんでいる。中心付近では下から上へ上っている。

【理科のひろば】 台風のしくみ

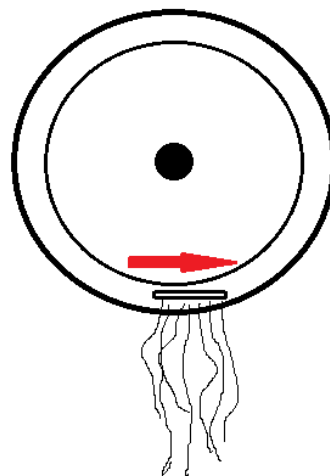
台風は風と力によって進みます。もちろん、台風がもっている風とへん西風やコリオリの力による台風以外の風の力があります。台風の進む方向の右側では強くふき、左側ではそれほど強くありません。このことは、台風の東側と西側で、風の強さが全くちがいます。岐阜で言うと、台風が大垣の近くを通ると岐阜市は大きな被害が出ます。理由は、台風自身に吹き込む風の方角と台風の進む方向とが同じ方向になるのは台風の東側になるからです。西側は吹き込む方向と進む方向が反対になるので弱まるからです。

台風の通過と風向き



【台風の模型づくり】

外径 26 cmの紙皿に、長さ 30 cmほどの荷造り紐を縦裂きにしたものを束ねて、周辺の 1 ヶ所に付ける。その位置に、反時計回りの矢印を赤マジックで太く書く。皿の中央に 2 つの Nd マグネットで両面を挟んでセロテープでとめる。黒板は滑りやすいので、黒板に付く磁石面には両面テープを貼っておき、チョークの粉で接着を弱めておく。



使い方

犬小屋の絵を貼って、台風の紙皿を黒板に止める。紐と小屋の距離を最短にした配置にする。矢印の方向にドライヤー（強）で冷風を送る。紐が靡いた方向に犬は風を受けることになる。

【参考】

地域の歴史上、最大の台風であった伊勢湾台風について調べてみよう。伊勢湾台風を経験したお年寄りに、お話を聞く、メモをする、発表をする、を企画したが時間の関係でできなかった。Web で集めた資料を PPT にまとめて示した。

伊勢湾台風（1959 年）

台風は風と大雨による災害をおよぼす。これらは地形によって強められることがある。伊勢湾台風は風による「吹き寄せ」（風が伊勢湾の海水を寄せ集めたようになる）による高潮（たかしお）が被害を大きくした。高潮は満潮という月による潮の満ちることとは違い、台風の中心付近の低い気圧によって海の水が吸い上げられるようになり、水位が高くなる。すなわち、台風の気圧が原因する。これに台風の風の力によって陸地に押し寄せるのが高潮である。目に見えるのは台風による高波であるが、川の流れに逆らうように押し寄せる高波は津波のように来るので、川の水位が急に増えて、てい防を乗り越えることがある。また、満潮時と重なると被害はさらに大きくなる。



高潮（伊勢湾台風による）



南風によって、伊勢湾の海水が持ち上がるようにおし寄せる

具体的には下記のサイトにある情報を参考にした。

- ・サイト：気象庁：

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/1959/19590926/19590926.html>

- ・サイト：防災科学研究所：

<http://dil.bosai.go.jp/disaster/1959isewan/index.html>

高潮によって伊勢湾沿岸は洪水・浸水された。



三川近く JR 線，近鉄線，国道 1 号線周辺はほとんど浸水した。



岐阜市内でも浸水した。



5－2. わたしたちのくらしと災害

台風は、強い風と大雨をもってきます。強い風は、建物をこわしたり、海岸近くでは高い波の力で道路がこわれたりします。また、大雨のため、川の水がふえて、橋が流されたり、てい防がこわれて洪水が起こります。大雨がふり続くと山のがけがくずれることもあります。最近の台風による災害の写真と動画をみてみましょう。(PPTやWMPで示した写真や動画の紹介)

風の力による被害



ソース：<http://www.itline.jp/~palace/tower/index159.html>

強い風による波の力



左の写真：台風の前

右の写真：台風通過後

ソース：<http://urbangdn.exblog.jp/20629771/>

大雨によるがけ崩れ（平成 28 年の台風 10 号による大雨）



出典：国土交通省ホームページ

ソース：

[http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h28dosha/161003%20900_taifuu10gouniyorudosya
saigai.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h28dosha/161003%20900_taifuu10gouniyorudosya_saigai.pdf)

災害防止のために

ハザードマップを調べる。

岐阜市による長良川洪水ハザードマップ

サイト：<http://www.city.gifu.lg.jp/12625.htm>

災害時の避難場所を調べる。

ハザードマップに避難場所が書かれている。多くは小学校が指定されている。そこには非常時の用具・用品などが保管されている。

台風に向けて（PPT より）



【考えよう】

台風に関する PPT などを参考にして、風、大雨の災害を防ぐために、① 日頃調べて知っておくこと、② 台風が近づいたらしておくこと、を考えて意見を出させた。

色々意見が出るので、予め項目分類しておいた。㊦ 個人がすること、㊩ 家族ですること、㊧ 地域ですること、㊥ 都道府県や国がすること、㊨ 地球環境を考えたこと、のような範囲の分類と、台風が来る A. 1 週間以上前、 B. 2, 3 日から前日までのような時間分類を行った。

6. 流れる水のはたらき

川の水は山から海へ流れます。山の中の水はどこから来るのでしょうか？ 海へ流れた水は増えるばかりでしょうか？ 山の中の水は雨が集まって流れています。海の水は蒸発して雲になって少なくなります。水は地球上を上下に動いて回っています。流れる川の水は陸上でのすがたです。川の流れは場所によって速さがちがいます。流れの速さによって石を運ぶようすがちがいます。重い石でも水の中では空気中より軽くなります。大きな石でも水の流れが速いと流されることがあります。流れる石と石がぶつかるこわれて小さくなります。川の大きさ、流れの速さ、石の大きさと形には関係がありそうです。その関係を調べると、流れる水のはたらきがよくわかるでしょう。

6－1. 川と川原の石

【学習の狙い】

川の流れについて関心を持つ。特に、川の様子（川幅、傾き、速さ）、石の大きさと形に注意して観察しよう。

【問題提起】

教科書の常願寺川の写真（70－71 ページ）を見て、山の中（上流）と平地（下流）で違いを発表する。

【発表のまとめ】

- ・ 山の中：川幅狭く、水の流れが速い、角張った大きな石がある。それ以外に、泡立っている。場所によって深そう。木切れが流れ着いている。川の中に大きな岩や石がある。傾きが急に見える。
- ・ 平地：川幅広く、水の流れが遅い、丸い小さな石がある。それ以外に、川原近くは浅そう。遠くまで川を見通せるので傾きが小さい。川原に砂がありそうなところが見られる。

【問題】

流れる場所によって川と川原の石のようすには、どのようなちがいがあるだろうか。

長良川の上流（山の中）、中流（平地に流れ出たあたり）、下流（平地）の3つの写真と動画を見直して、気づいたところを表にして書く。このとき、おおよその長さを表現に入れるとよい。

表にすると、

	川はば	土地のかたむき	石のようす	水の流れる速さ
山の中	せまい 川岸はがけ 10m ぐらい	大きい	角ばっている 1-2m	速い あわが多い
平地へ流れ出た あたり	山の中よりも広 い 川原がある 100m ぐらい	山の中よりも小 さい	まるみがある 山の中よりも小 さい 30 cmほど	山の中よりもゆ るやか あわが少しある
平地	とても広い 広い川原 300m ぐらい	小さい	まるくて小さい すなもある 10cm より小さい	ゆっくり あわがない

【地図測量練習】

川はばについて

皆がよく知っている場所と長良川を同じ地図の中に入れる。長良川の川はばを、地図を使って計ってみよう。地図に長さが書かれているので、それを使うとよい。下の図は岐阜小学校と近くに流れる長良川の川はばを表わしています。



【参考】川はばと橋の長さ

Google Earth を使って、岐阜小学校の近くの長良川の川はばを計てみると 160m となりました。これはよく知っている校庭の長さ 70m の 2 倍以上です。校庭を二つつなげた長さの川はばがあるとわかります。

岐阜市内を流れる長良川にかかる大きな橋には、上流から順に、長良橋、金華橋、忠節橋があります。それらの長さは地図で計った川はばの 160m よりも長く、270m, 301m, 266m, それぞれあります。地図で計ったものと橋の長さがちがうのは、水が流れているところの長さと土手・土手間の長さである橋の長さのちがいがあるからです。通常、川の長さというのは土手・土手間の長さを指しますので、川に直角にかけた橋の長さにほぼ等しいと考えられます。したがって長良川の岐阜市付近では、川はばは、ほぼ 300m あります。一方、平地へ流れ出たあたりである美濃市の長良川には、立花橋 106m がかかっています。他方、山の中にある、ひるがの高原近くの橋は 50m ほどですが、深い谷にかかっています。

まとめると、川はばを調べるには橋の長さを調べると数値でわかります。

【参考】

川の中や川原にある石について、おおよその長さを見積もってみましょう。教科書の写真を見て、計算しましょう。

【計算結果】

山の中：左はしの岩は 30 cm 定規の 6 倍以上あるので、約 2m と計算できます。他の石も 1m ほどある石が多い。

平地に出たあたり：川原の石の長さは 30 cm ほどある。

平地：川原の石はちいさく 5 cm ぐらいのものが多く。

岐阜県を流れる川の写真を見ながら、川や石のようすについて、気付いたことを発表する。

小さな流れの川に



大きな石のある川となって



速い流れとなって



平地に出るあたり、わき水



平地では流れはゆるやか



川はばも広くなる



海への出口では川はばは広く



【まとめ】

土地のかたむきを考えると

山の中では大きい ⇒ 川はば：せまい； 水の流れ：速い； 石の形と大きさ：角ばって大きい

平地では小さい ⇒ 川はば：広い； 水の流れ：ゆるやか； 石の形と大きさ：まるくて小さい

【コメント】

川と川原の石に関して、川はば、水の流れ方、石の形や大きさを答えるのは暗記によらない、考えて答えるようにしたい。そのため、基本的には「土地のかたむき」から考え出すことができる。川はばは流れる水の量に関係している。細い流れに大量の水が流れることはふつうありえない。すなわち、山の中では川はばはせまく、平地では広い。水の流れる速さは、山の中ではかたむきが大きいので、大きい。平地では速さは小さい。石の形は、山の中では、石どうしがぶつからないので、角ばった大きな石が多い。平地では丸い小さな石が多い。このようにどうなるかを考える元をしっかりと学び、どのような状況になるか推定することが必要である。

【理科のひろば】川原の石が丸くなるしくみ

なぜ、下流にある川原の石が小さく丸いのか、考えてみる。

発展実験（ネットでヒントを得たもの）

1. 生け花用のスポンジ（オアシス）*¹⁾ を切って、2・3 cm角にする。比較するため、1個だけ取り置く。以下、さいころ状のオアシスをスポンジということにする。
2. 透明なフタつきガラスビン*²⁾ に、水を半分ぐらい入れ、スポンジを7, 8コ入れる。このとき、スポンジが水面下に沈むことを確かめる。（空気がスポンジに入っていないことを確かめる）
3. フタを閉めて50回ふって、スポンジを1個取り出す。同様に、100, 150, 200回ふって、それぞれ1個ずつとりだす。取り出したスポンジを並べて、スポンジの形と大きさを比べてみる。
4. しばらく、ビンを置いてから、ビンの底に残った砂を見る。

*¹⁾ 100円ショップで生け花用吸水スポンジとして市販されている。材質：吸水性フェノール樹脂。カッターナイフで切ることができる。

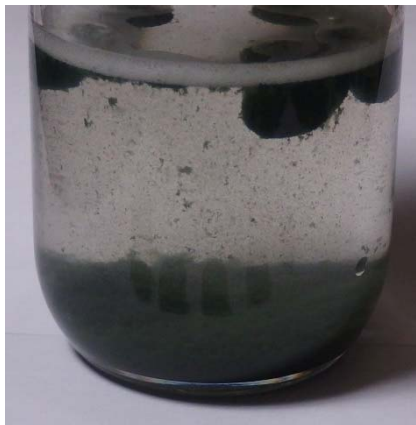
*²⁾ 保存ビン 450 mL も 100円ショップで売られている。品質：ソーダガラス、フタ本体はポリプロピレン、内パッキングはソフトロン。なお、金属フタの場合、内側がこすれてさびることがあるので、プラスチック製フタの方が良い。

結果1： 角が取れて丸くなるが，形は小さくなった。



0回は元のさいころ状のスポンジ，50回では角が取れて，丸みが出てくる，150回ではほとんど球に近くなった，200回でほとんどのスポンジは球になった。

結果2： ビンの底に細かな砂があった。丸いスポンジは水に浮かんでいた。（時間を置くとスポンジも沈んだ）



わかったことと考えられること：

- 角があるスポンジどうしは，水の中でおたがいにあたりあって，角が取れて丸くなることがわかった。取れた角は小さな砂となってビンの底に沈んでいるのが見られた。
- 川の石についても同じことが起こるのだろう。下流の川原にある石が小さくて丸くなるのは，石どうしがぶつかって角が取れるためであろう。

6－2．流れる水のはたらき

【問題提起】

川や川原のようすを校庭や理科室でつくってみることができれば，色々なことがわかるかもしれませんね。

【問題】

流れる場所によって，川や川岸のようすがちがうのは，どうしてだろうか。

【実験１】

校庭に砂山をつくって，水を流す。

（すでに，小山があるところでは，4，5のペットボトルに水を入れて連続して流した）



【コメント】

- ・ 予め，かたむきのちがった水路をつくっておく。
- ・ 砂が多いと水が吸い取られるので，砂場の場合掘り返して，下の方の土があるところを使うようにした。
- ・ 流れが速いところでは浸食が激しくなり，深く掘れるようすを見ることができる。一部掘れ過ぎるとかたむきが大きくても少し下流に堆積が起こることがあった。
- ・ おがくずや木くずなどで流れの速さを調べる。このとき，運搬の速さとかたむきとの関係に注目できる。なお，離れてみる時にはもみ殻が分りやすいことを経験した。

- ・ 堆積するのは流れの下の方であるが、かたむきがゆるやかなところに流れてきた土が積って流れを妨げることがある。結果として、水路が二分したり、あなが掘られるため、様子が複雑になった。
- ・ 全体としてビデオカメラやデジカメ動画をとると、繰り返し観察することができる。しかし、その学年が終わると、再利用するのは、子供たちにとって印象的ではない。なお、動画の編集にはウィンドウズ・ムービーメーカー(WMM)を使うことができる。このソフトは Windows10 では Essentials2012 としてダウンロードするが、Windows7 には予め WMM は入っている。

【まとめ】

流れる水には、地面をけずったり（しん食）、土や石を運んだり（運ぱん）、流されてきた土や石を積もらせたり（たい積）するはたらきがあります。

- 土地のかたむきが大きいところ：しん食，運ぱんするはたらきが大きい
- 土地のかたむきが小さいところ：たい積するはたらきが大きい

【問題提起】

川のようにすを見たり、理科室で川の流れをつくって流れ方やしん食やたい積の様子を見て、流れの速さが川のようにすを変えることがわかりました。よく見ると、同じ流れでもカーブの内側と外側ではしん食のようすがちがうことが分かります。また、たい積するのは流れがおそいところですが、流す水の量によって、ちがってきます。そこで、流す水の量によって、しん食、運ぱん、たい積がどのように変わるかを調べると、川の水が増える前後でのようすを表すことができるかもしれませんね。

【問題】

流れる水のはたらきは、どのようなときに、大きくなるだろうか。

【実験2】

せんじょうびんの数を1つと2つで流れを変えて、土のけずられ方を調べる。

【せんじょうびんをつくる】

せんじょうびんは高価なものではありませんが（150－200 円／個）、自作することを考えました。材料は「曲がるストロー」と「ペットボトル」です。機材としてキリ、リーマ（アルミ板を適当な穴を手動で開ける円錐形の器具）、（またはドリル）、プラスチックシーラー（100 円ショップ）、ホットグルー（100 円ショップ）を使用しました。

自作の洗浄ビンの特色： 穴の大きさを調節できる。製作時間がかからない（5分まで）。

資材調達が容易。ボトル部分が調達できる。

実際に製作した材料： 6.5 mm φ × 250 mmの曲がるストロー， 角型 500mL ペットボトル

自作の洗浄ビンと市販の物の写真（中央に先端部分を拡大）



市販の洗浄ビンとの違いは，出口の太さを調整できることです。これは，市販の物では口が細過ぎて2つでもあまり水の量を増やすことができないが，自作の物では太さを適当に調整でき（ボールペンの先を入れてゆっくり口を広げる）水の量の変化を分かりやすくてきた。

【結果】

2つの洗浄ビンを用いた方が，土が大きくしん食され，たい積した土の量も多かった。

【考察】

流れの速さが増した結果，しん食・運ばん・たい積がより大きくなった。



実験 流れる水のはたらき 実験のようす



流しはじめ

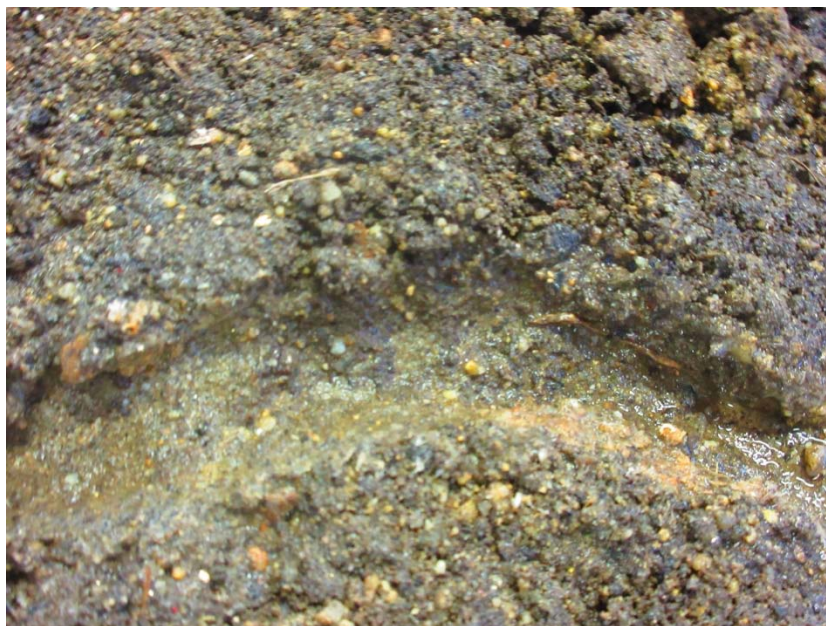


平地まで流れ出る

ちょっとした実験のコツ

- ・ 流す前に S 字型の水路をつくる。
- ・ 曲がり角に小石を少しおく。
- ・ 最初はしみこむので、流れる程度の水の速さにする。

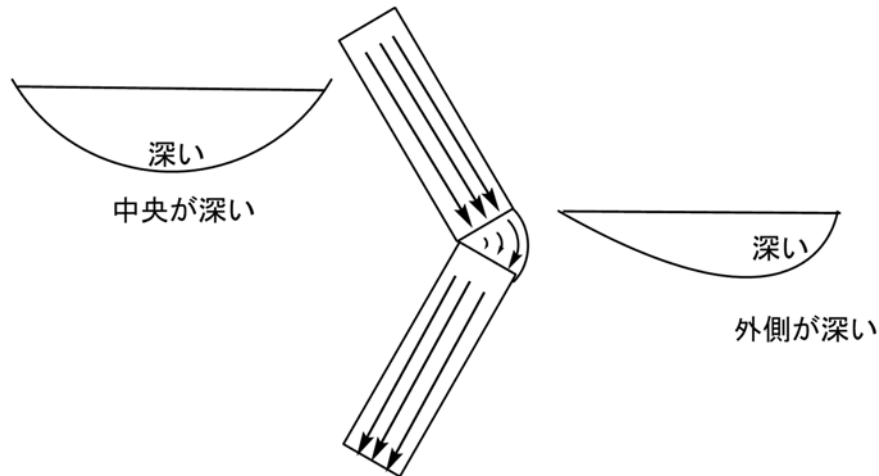
しん食のようす



曲がっている外側が深くしん食される

【発展】

曲がった水の流れがあると，川の内側と外側で速さのちがいがあるか。



川が真っ直ぐに流れていると，川の中央で水の量は大きい。そのため，しん食されやすいので深くなる。ところが川が曲がっていると川の外側と内側で水の流れの速さがちがう。外側が速く，内側がおそい。そのため，外側がしん食されやすい。つまり，外側が深くなる。

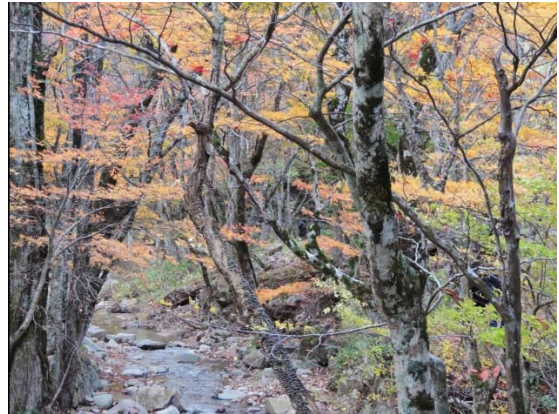
理由は，上の図を使って示される。図の中央にある矢印は川の流れを示す。図の左には，川が直線で流れている場合の川の断面図を示す。水の量は中央ほど多い。その結果，中央がしん食されて，深くなる。ところが，曲がっている所では，体育の行進のように，外側が速く，内側はおそい。そうしないと列が乱れる。外側の流れが速いので，外側が内側よりしん食されて深くなる。その結果，図の右にある川の断面図のようになる。深いところが中央から流れの外側に移動する。大切なことは「流れの速いところがしん食される」ことである。「流れの遅いところは，運ばんされてきたものがたい積されやすい」

【まとめ】

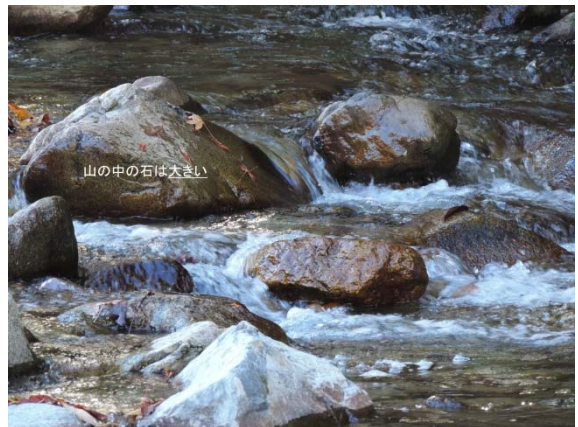
- ・ 水の量が多くなると，川の流れが速くなり，しん食や運ばんが起こりやすい
- ・ 大雨により，しん食・運ばん・たい積がおこると，土地のようすが大きく変わる。

【理科のひろば】

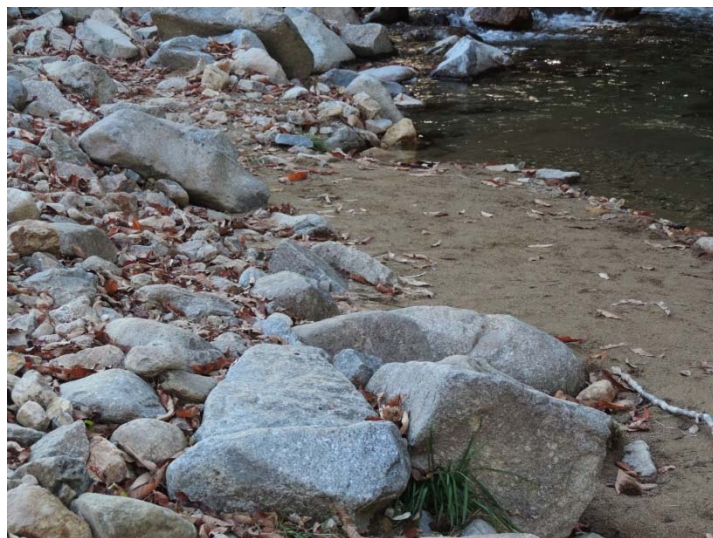
岐阜県は山と平地の面積が広がっている土地をなしている。北にある高山市から南の郡上市に至る山の中を通じる「せせらぎ街道」には，山の中にある川のようにすを示す場所が多く見られる。川の流れ，石の形と大きさ，土地のようすを，写真を通して見てみよう。



山の中にふった雨水は木々の根の近くの土にたくわえられる。その水は少しずつ小さな細い流れとなって山の中の川となる。



山の中の川は、大雨がふると岩や大きな石を流す。流れが曲がっていると流れが速くなり外側はしん食されて深くなる。内側には角ばった大きな石が見られ、少し角の取れた小さな石や砂も見ることができる。



6－3．わたしたちのくらしと災害

【問題をつかもう】

川の水がふえると、どのような災害が起きることがあるか、調べましょう。

災害例をインターネットから動画を含めて示した。

産経新聞：SankeiNews より：鬼怒川が氾濫 激しい勢いで住宅街に流れ込む濁流

参考アドレス：<https://www.youtube.com/watch?v=hgTyyu2XbcE>

ジオリア：水理模型でみる河岸段丘の形成

参考アドレス：<https://www.youtube.com/watch?v=2Oi8W0rBf1Q>

土石流に関して、国土交通省の動画が3つある。

アドレス：http://www.mlit.go.jp/river/sabo/movie_library.html

砂防ダムに関して、モデル実験の動画がある。

http://www.mlit.go.jp/river/sabo/movie/dosekiryu_mokei640x480.wmv

7. 物のとけ方

【とけるを考えてみる】(溶解の考察)

固体が液体にとける（溶ける）というのは、どうしてなのだろうか？ この答えは難しい。しかし、経験的に「似た物はお互いに混じり合う」という規則は知られている。では似た物というのはどういう物をいうのだろうか。化学的に言えば、分子構造が似ている物である。しかし、分子構造を習っていない者にとっては判断方法がない。そこで、液体を水に限定する。水についてくわしくみてみよう。よく言われているように、水の構造は H_2O です。書き方を変えて、 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ の構造を知っておくと便利。この構造に似た物は2つのタイプに分けることができます。ここで「イオン」というのを知っておくと大変便利です。でも、イオンというのは何でしょうか。スーパーのイオンではありません。物は小さな「つぶ」からできています。つぶにはわずかに＋や－になっていますが、その数は同じなので全体の電気の＋－はありません。水も同じです。その数は小さいですが＋－を持っている「つぶ」が同じ数だけあります。

A. イオンの「つぶ」タイプ

B. $-\text{O}-\text{H}$ というグループタイプ

Aタイプ： $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ は H^+ と OH^- というイオンに分かれることがあります。イオンというのは、「つぶ」がプラスやマイナスの電気をもっているものが同じ数だけ少数あります。しかし、プラスやマイナスをもつ、他の「つぶ」が近寄ってくると、水は、 OH^- と H^+ の「つぶ」となり、近寄ってきたプラスやマイナスのイオンと、それぞれ、くっつきやすくなります。（プラスとマイナスは結びやすいため）。とかす物と水とのくっつきやすさはとかす物がイオンの「つぶ」になりやすいかどうかで決まります。

Bタイプ：とかす物がイオンの「つぶ」ではない時にでもとけることがあります。とかす物が水の $-\text{O}-\text{H}$ にグループが似ている場合であります。とかす物が $-\text{O}-\text{H}$ のようなグループをもっているかどうかは分子構造を知っている必要があります。しかし、知らない場合、一つの推定方法が考えられます。表面で水をはじく場合には水にとけない。少なくとも表面がぬれるような物とはとけることがある。しかし、木のように水にぬれることがあるが、とけません。これはサトウのようなものがたくさんつながってできている（セルロース）ために、表面はなじみやすいが、全体は大き過ぎてとけないからです。水と似た小さい「つぶ」である物を想像してみよう。この考え方は、似た物どうしがとけるかどうか推定する大切な方法です。それでは、グループでとける例をみてみよう。燃やすと燃える物の中で、このようなグループタイプのものに、サトウ（スクロース）があります。同様に、アルコール（エタノール）やス（酢酸）は液体ですが、同じタイプに入ります。これらは水によくとけます。大きさも形も水に似ている物は水にとけると言えそうです。

「とける」にはもう一つ重要なことがあります。とかす物の見た目の大きさです。日常、氷砂糖と粉砂糖とどちらが溶ける時間が速いか体験していますね。粉砂糖の方が速く溶けます。同じ重さにおいて、粉砂糖は氷砂糖よりも面積が大きいですね。それが分かるのは、同じ重さの物でも砕く（くだく）と表面積は大きくなります。物をとかすときには物の表面を大きくするととけやすくできます。このために、食塩やミョウバンは小さなかたまりである粉になったものを使うのです。では、表面積を分かりやすくするために、一つの辺が1 cmの正方形を縦に二等分して周辺の長さを合計すると4→6に増えます。さらに、横に二等分して周辺の長さをみると6→8になります。切れば切るほど周辺の長さが増える。立方体だった場合、細かく砕くと表面積は増えることが分かります。

【ちょっと深い知識】

溶解に対する予備知識として、とかす物の水に対する性質、とかす物と水との接触面積の他に、濃度勾配（表面近くで、既に溶けた部分とこれからとける水の部分の間の差）、温度による拡散が関係してきます。本単元では、とかす時にどれが主として関係しているかを明らかにしておくと、「なぜ」という質問に十分対応でき、上手くいかない場合、一工夫を加えて改良できると考えられます。

- ・とかす物の性質 → 食塩： 水の量にとける量は依存する
ミョウバン： 構造的に3つのイオンからなり、イオンどうしのつながりを切って水と結び合うようにするととける。
サトウ： 水に近い性質をもつ。
- ・濃度勾配 → シュリーレン現象は濃度差によって変わる。
かきまぜる時、ガラス棒で水の上下もかきまぜる。
- ・拡散の温度依存 → 温度が高くなるほど物は拡散しやすくなる。とかす物のまわりの水の温度を高くするほど物のとけやすい。

7－1．物が水にとけるとき

【言葉の意味】

シュリーレン現象： Schlieren（縞模様）ドイツ語 Schliere の複数形。濃度の違いによって屈折率が異なるため、濃度が高いところで光が曲がりやすい。このため、縞模様が見える現象をいう。

【活動】（観察と同じ）

お茶パックの実験 どうしてシュリーレン現象が見られるのか？

【理由】

食塩の小さなつぶを茶袋に入れ、上の方の水中につり下げると、食塩はとける。食塩がとけた水は、普通の水よりも、食塩の濃度が高い。食塩の濃度が高いと水より重いので、糸を引くように下へ尾を引く。重要なのは、食塩のつぶは水より重いことです。

水の中をおちる食塩のつぶ この実験は演示実験として行った。長さ 1.2m、内径 42 mm のアクリル透明管をゴム栓で一方をふさごうとした。ゴム栓を購入しようとしたが 10 個単位であったので、1 個単位のシリコン栓を発注することにした。No.16（上径 47，下径 41）が適していると発注したが届いたシリコン栓は上径が 43 mm であった。あまり注文がない品物なので交換ができないと言われた。規格に合わないことに注意した方がよい。結局、17 号のシリコン栓が合うかどうか判断して納品するように指示した。水を口近くまで入れて、比較的小さなつぶの食塩（塩化ナトリウムの方がよい）を一つまみ入れて落ちる様子を見た。照明や見る角度によって見やすいことがある。管の後ろに黒い紙をおくと見やすい。少し上方から見ると見やすい。つぶを落とすのを数回連続して行うことができる。

【シュリーレン現象が上に見える理由】： 皆で考えたことを発表した。まとめると、落ちる食塩のつぶはとけ続ける。重さについて、食塩のつぶと食塩がとけた周囲の水とくらべると、食塩のつぶの方が重い。その結果、すじが重くなって下に落ちる速さより、食塩のつぶが落ちる速さの方が大きいので、食塩のつぶが糸を引くように見えた。

いろいろな物をとかす とけるととけない、どうしたらわかるのか？

準備する物： 食塩水，コーヒーシュガー，片栗粉（小麦粉），うすい牛乳水，炭酸ガスを吹き込んだうすい石灰水，機器として小型遠心分離機，レーザーポインター。

実験： 食塩水と片栗粉の水を示し，片栗粉は水にとけているかを質問する。片栗粉の水をとり出してとけているので片栗粉を取り出すことができない，と質問する。粉が浮いているだけという答えに，浮いていることをどうして確かめるかという質問をする。そこで，レーザーポインターで，食塩水に当てる。当然，通過するだけである。次に，片栗粉の水にレーザーを当てるとレーザーの筋が見える。これは，片栗粉のつぶが光を散乱するので見える。ではつぶを取り出してみよう。やり方は遠心分離機を使う。1，2分で下にたまる。片栗粉を取り出せることが分かった。コーヒーシュガー，うすい牛乳水，にごった石灰水について，同様の実験をする。レーザー試験： コーヒーシュガーは通過，牛乳水は光の筋，石灰水も光の筋が見える。

【注意】 レーザーポインターは子どもに触らせてはいけません。また，透過光の先に子どもがいないことを確認してください。

【まとめ】

【わかったこと】 とかすと「つぶ」は見えなくなり，すき通って見えるようになる。とけない場合，「つぶ」は光の反射（散乱）によって，見ることができる。これをチンダル現象という。勿論，この名前を知ることはない。

・理科の言葉 「水よう液」： 物が水にとけて，すき通って見える水

例： 食塩水よう液，ミョウバン水よう液，サトウ水よう液（サトウ水のこと）

「～水溶液」という使い方は日本の学会でも使いますので，正式な呼び方です。

なお，「～の水溶液」という表現もあります。この表現は「水溶液」を強調した時に使います。たとえば，別に「～アルコール溶液」がある時に，水の方を指すときに，「～の水溶液」ということが多いでしょう。内容的にはどちらを使ってもよいので，区別しないで使っています。

【問題提起】 物がとけると，水だけの場合と比べて，どちらもすき通って見えるので，物がなくなったように見えます。シュリーレン現象で見たように，水に食塩がとけると濃さ（濃度）がちがって，スジが見えました。濃さがちがっても，すきとおって見えますと，物はなくなっていないと分かります。つまり，「形が変わっているだけ」と思おえますね。

【どのように実験を計画するか】 形が変わっているだけということを明らかにしたい。
このとき、3年生の理科で、ねん土は形を変えても重さは変わらないことを思い出しますね。そうです。重さを比べればよいのです。

【予想】 とかす前ととかした後で全部の重さは変わらない。もし変われば、増えた場合増えた分はどこから来たのでしょうか。減った場合、減った分はどこかへいったのでしょうか。たとえば、部屋の中に5人が中央にまわっています。5人が部屋のすみに移動したとしましょう。部屋の中の人数は変わりません。5人のままです。ところがドアが開いていて、一人が出て行ったり、外にいた一人が入って来たりしますと、部屋の中の人数が変わります。人数を数える時に部屋のドアを閉めておかねばなりません。これが実験条件です。変えるのは一つの条件だけです。他は同じにしておきます。

【実験1】 水にとかす前と水にとかした後の食塩の重さをくらべましょう。

【コメント】 この表し方ではどうしたらよいか分からないことが出てきます。つまり、水にとかした後の食塩はどのように重さをはかるのでしょうか？ これには、[水の重さ+食塩の重さ]は、とかす前ととかした後では「変わらない」ということを前提にしています。これを式で表わすと、

食塩の重さ = とけた食塩の重さ を明らかにするため、

食塩の重さ + 水の重さ = 食塩水よう液の重さ を明らかにすればよい。

【実験操作】

1. 食塩をとかす前の全体の重さをはかる
2. 食塩を水に入れてふたをし、よくふって食塩をとかす
3. 食塩をとかした後の全体の重さをはかる

【便利なデジタルスケール】 伝統的に、はかり（または上皿天秤）を使うようにしてきましたが、電子天秤を使ってもよいと書かれています。ところが、電子天秤は高価です。精度を要しない秤量には、料理などで使われるデジタルスケールが適しています。秤量範囲は0～3kg、100g以下では最小目盛り0.1gである。価格は4,000円程度です。秤量の実験は3年生でも出てくるので、デジタルスケールの利用範囲は広い。

【結果】 食塩をとかす前後で重さは変わらなかった。

【まとめ】 物は水にとけても重さは変わらない。見えなくなってもなくなっていない。
質量不変の原理 閉じた系において変化が起こっても質量は変わらない。

【理科のひろば】

食塩のかわりにミョウバンについても重さが変わらないことを示す。

この実験はミョウバンの溶解度を事前におかないと、とけ残りが出てきます。水温 10℃で 4g 程度なので、ミョウバン 1g を 100mL の水にとかすこと、を目安とできます。なお、少量 (0.1g ほど) のとけ残りが出たときでも、見たところ溶けて見えなくなったミョウバンの量に比べて残っているものが少ない。見た目だけで判断するのは正しいと言えないが、凡その判断はできる。つまり、とけた物ととけ残った物が混ざっていても重さは変わらない。ということが出来る。

前にも記したが、溶けやすくするため、結晶 (大きなかたまり) ではなく粉末 (こな) の方がよい。

7-2. 物が水にとける量

【問題】 物が水にとける量には、限りがあるだろうか。

【コメント】 この問題はすぐに限りがあると答えることができる。限りがある理由を直接言うのは難しい。ところが、もし、限りがないとすれば、一滴の水にいくらでも溶けることになる。従って、限りがあると言える。この論理は大切である。つまり、限りがあるか、ないかどちらかである。限りがないことを否定すれば、限りがあることになる。限りがないことを仮定すればどんなことが起こるか考える。矛盾したことが起こる。だから限りがあるということは正しい。いわゆる背理法である。

【実験計画】

では、いくらとけるかやってみなければ分らない。ここで、実験方法を考える。水の量を初めに決めて変えない。その水に、計りとった物を少しずつ加えてとけるようにかき混ぜる。とけ残りが出た時点でやめてその一回前までにとけた量を合計する。そうすれば限りがわかる。

【実験2】 食塩とミョウバンが水にとける量を調べましょう。

1. メスシリンダーで、50mLの水をはかりとり、ビーカーに入れる。
2. 水の温度をはかり、記録する。
3. 食塩を計量スプーンですり切り1ばいずつ水に入れてとかし、何ばいまでとけるか調べて、記録する。
4. ミョウバンでも、同じようにして、何ばいまでとけるか調べて、記録する。(ミョウバンは室温の水にはとけにくい。よくかきまぜるようにする)

【目安】 計量スプーン2.5mLは食塩とミョウバンで重量はちがうが、2.4~2.7g程度(平均2.5g)である。これは溶解度曲線を使うと大体何ばいで飽和になるか計算できる。これに従って、食塩とミョウバンの準備する量を見積もることができる。

【とかし方】 混ぜ方は、タマゴをとかすようなやり方が効率がよい。ビーカーを傾けるとこぼすことがあるので、ビーカーを置いたまま、5回右回り、2回左回り、というのでも効率の良いやり方になる。ガラス棒を左右に往復するやり方は効率が悪い。

【結果】 50mLの結果は後程利用するので、水の量(50mL)、水の温度、何ばいとけたか、を記録しておく。

【まとめ】

- ・決まった量の水に物が溶ける量には限りがあります。
- ・物によって、水にとける量にはちがひがあります。食塩はミョウバンよりとけやすい。

【問題提起】 水の量を増やすと溶ける量は変わるだろうか？

考え方として、50mLの水に6ばいとけるとしよう。100mLの水には何ばいとけると考えますか。 $6 \times 2 = 12$ はいと答えるでしょう。どうしてか？ 50mLの水に6ばいだから、もう50mLの水を用意すれば、それにも6ばいとける。二つを合わせると $6 + 6 = 12$ となるので、100mLの水には12はいとけると計算される。このことに関して実験してみよう。

【実験3】

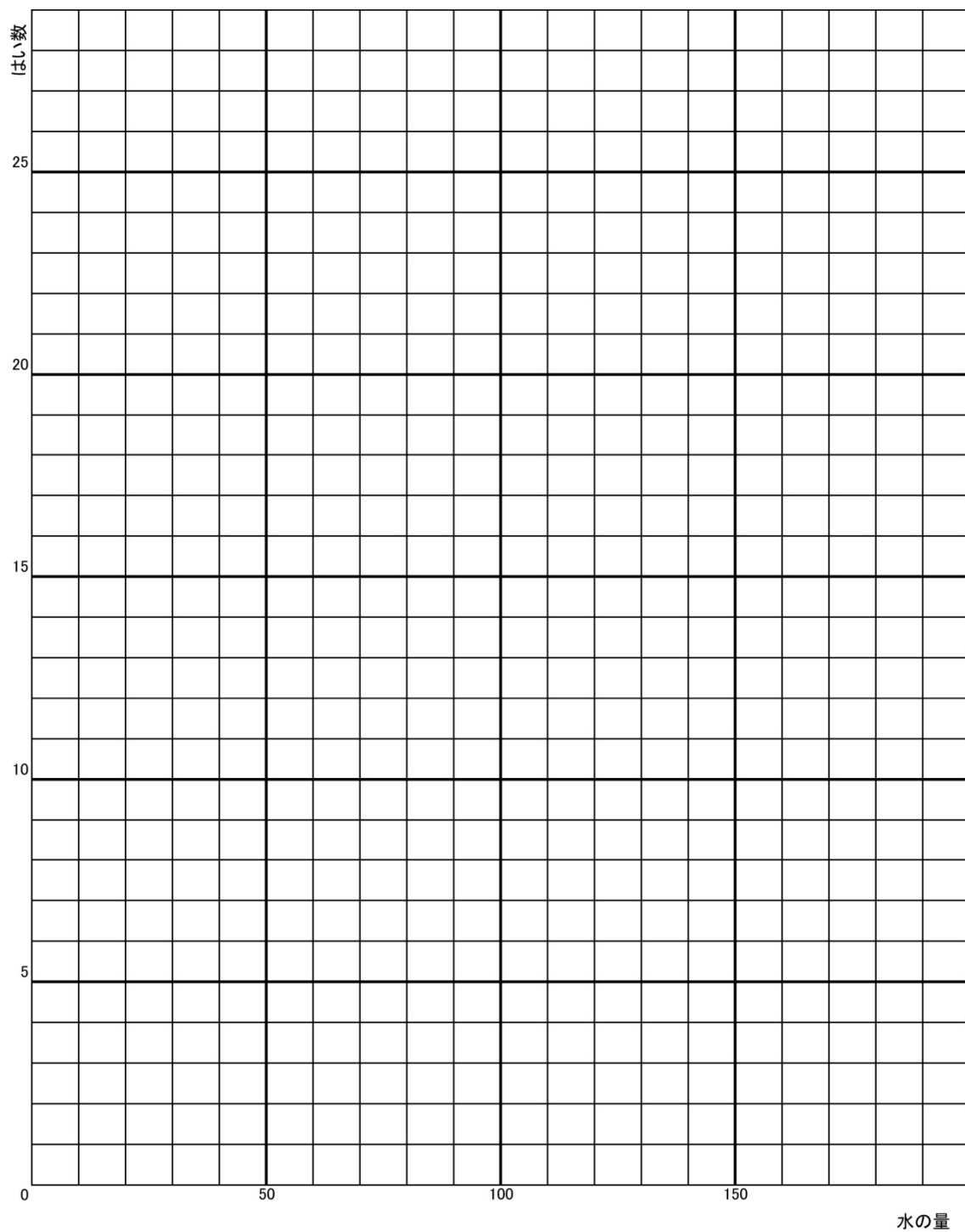
1. メスシリンダーで、100mLと150mLの水をはかりとり、それぞれを200mLビーカーと300mLのビーカーにそれぞれ入れる。
2. 食塩を計量スプーンで、すり切り1ばいずつ水に入れてとかし、何ばいまでとけるか調べて、記録する。

ここで、50mLの水には何ばいとけるか、実験2で調べて記録している。100mLの水には、その数のはい数を一度に加えておく。(たとえば、50mLの水に対して6ばいの場合、100mLの水には最初から6ばい一度に入れてよくかきまぜてとかす。7はい目から1ばいずつ水に入れ、よくかきまぜる。とけ残りが出ないことを確かめてから8はい目を1ばいだけ入れる。150mLの水に対しては、同時に、100mLの場合と同様に6ばいから始める)

3. ミョウバンについても1と2のように、100mLと150mLの水の量に対して、何ばいとけるか調べて、記録する。(ミョウバンは室温ではとけにくいので、1ばい目から始める)

【まとめ】

データの整理をしたものを、折れ線グラフにする。横軸を水の量(mL)、たて軸をとけたはい数を点で示す。各班のグラフをみて、何が言えそうか、話し合う。言えそうなこと：「水の量がふえやすと、物が水にとける量もふえます」 考えてみれば、次のことが分かる。水の量が2倍になれば、とかすことができる部分が同じだけできる。とける量は2倍になる。水の量が3倍になれば3倍とける。つまりこの関係は比例関係である。水の量が4倍になれば、とける物の量も4倍になると予想できる。また、水の量を $1/2$ にすれば、とける物の量は $1/2$ になると予想できる。グラフを書くための方眼紙を、次ページに示す。横軸は1目もり10mL、たて軸は1目もり1ばいになっている。



【考えよう】 0 mL のときには何も入れていない、0 はいだから横軸 0、たて軸 0 の点を書く。すべての結果をグラフにした時、折れ線になった。全体として見た時、折れ線は直線に近い。実験後に考えた比例関係はグラフでは[横軸 0 とたて軸 0]を通る直線になる。この比例関係が実験では折れ線グラフになって、直線ではない。実験では比例関係ではないことになった。どうするか。

考え（理論）と実験結果とがちがうことが起こった。どちらが正しいのか。つまり、考え方は正しいのか。実験は事実であるので正しい。ここで、実験には誤差（ごさ）がある。誤差というのは、同じ条件で行っても同じ数値にならない、「ふれ」である。「ふれ」を小さくするため、同じことを数多くやれば、ある数値に近くなる。たとえば、50mL の場合、同じ条件で、同じやり方を 6 回行くと、6 つの数値 6,6,6,5,6,6 がえられた。その値を平均する。 $(6+6+6+5+6+6) \div 6 = 5.833$ と計算される。はい数にすると 0.8 は 1 に四捨五入でき、6 はいとなる。つまり、実験というのは誤差があるものですが、誤差を小さくするには、同じ人が、同じ条件で、同じやり方をして数多くの数値結果を出して平均することです。このようにして、誤差を小さくした実験の平均した結果をグラフにすると、今の場合直線が得られ、比例関係があると考えられます。

なお、この実験では同じ人ではなく、全部の班（クラス全員）で平均をとってみます。どうですか。直線になりましたか。ならないとき、どうして直線にならないか、原因を考えてみましょう。何が同じ条件でなかったか、それが大切なことです。150mL のはい数が小さい？ それはとけ切っていないのかというように。

次の問題：

【問題提起】 水にとける物の量をふやすには水の量をふやせばよいことが分かりました。ということは水の量が決まると物が水にとける量が決まってしまうことになります。でも、水の量が決まっても物のとける量をもっとふやすことはできないだろうか。水の量を変えないが、何かを変えれば物のとける量をふやすことができる。何だろう。思い出そう、サトウを氷水にとかすよりお湯にとかす方が簡単にとけましたね。そうだ、とけないときにはあたためてみる。

【問題】、水の温度を上げると、物が水にとける量は、どうなるだろうか。

【実験条件とやり方を計画する】 水の量やかきまぜ方は同じにして、水の温度だけを変える。水の量は 50mL に決めておく。まぜ方は 50mL で行なったやり方をする。温度だけを変える。温度は 50mL で行った実験の温度よりも高いことにする。たとえば、40℃、60℃ の二つとする。

【実験4】【実験5】 水の温度を変えて、物が水にとける量を調べましょう。

○ 食塩：40℃と60℃における溶解度実験

1. メスシリンダーで、50mLの水をはかりとり、2つの100mLのビーカーにそれぞれ入れる。
2. 一方のビーカーを湯につけ、水の温度を40℃にする。
3. 最初に、食塩をすり切り3ばい入れ、かきまぜる。
4. 温度をはかり、冷えているので、40℃になるようにあたためる。
5. 40℃になれば、新たに、すり切り1ばいの食塩を入れ、とけ残りが出るまで、食塩をとかす。とけ残りが出たときのはい数から1少ないはい数を、とけたはい数の限りとする。
6. もう一つのビーカーを湯につけ、水の温度を60℃にする。
7. 最初に、食塩をすり切り3ばい入れ、かきまぜる。
8. 温度をはかり、冷えているので、60℃になるようにあたためる。
9. 60℃になれば、新たに、すり切り1ばいの食塩を入れ、とけ残りが出るまで、食塩をとかす。とけ残りが出たときのはい数から1少ないはい数が、とけたはい数の限りとなる。

【コメント】 教科書では40℃で食塩とミョウバンの実験をするようになっているが、このようにすると食塩とミョウバンを混ぜてしまう。時間を2つに分けると解決するが、残液の処理のことを考え、食塩は食塩だけにして、ミョウバンは別の日に実験するようにした。ただ、これに従って実験する時、60℃の実験に使う湯の温度が80℃近くなり、やけどをする危険がある。教科書では危険な実験はまとめるように配慮されている。

【便利な発泡スチロールの箱】

湯を保温するため、カップラーメンの容器（略称：カップ）が使われることが多い。カップは小さいため、絶えず湯を替える必要がある。特に60℃の実験には、最初に、水の温度を室温から60℃に上げるのに熱量を要するため、不向きである。この対策として、別のところで最初にあたためるようにすることで実験したが、やはり湯の補充頻度が多くなった。冷凍食品や生鮮魚介類を入れる小型の発泡スチロールの箱が便利である。（100均でも売られている）。これには、フタを閉めておけば湯の温度はあまり下がらない、湯の量がカップより5-10倍多い、安定している、大きさが手頃である、という特色がある。最初にあたためる時に、別途大きな発泡スチロールの箱も使うようにして、湯の補充をできるだけ少なくなるようにした。

・ミョウバン：40℃と60℃における溶解度実験

実験4とのちがいは、食塩がミョウバンになるだけでなく、40℃の時に、最初のはい数が室温の場合である1にする。

1. メスシリンダーで、50mLの水をはかりとり、2つの100mLのビーカーにそれぞれ入れる。←同じ
2. 一方のビーカーを湯につけ、水の温度を40℃にする。←同じ
3. ミョウバンをすり切り1ばい入れ、かきまぜる。
4. 温度をはかり、冷えているので、40℃になるようにあたためる。←同じ
5. 40℃になれば、すり切り1ばいのミョウバンを入れ、とけ残りが出るまで、ミョウバンをとかす。とけ残りが出たときのはい数から1少ないはい数を、とけたはい数の限りとする。
6. もう一つのビーカーを湯につけ、水の温度を60℃にする。←同じ
7. ミョウバンをすり切り3ばい入れ、かきまぜる。
8. 温度をはかり、冷えているので、60℃になるようにあたためる。←同じ
9. 60℃になれば、すり切り1ばいのミョウバンを入れ、とけ残りが出るまで、ミョウバンをとかす。とけ残りが出たときのはい数から1少ないはい数が、とけたはい数の限りとなる。

【結果】

- ・ 実験の結果を表にする。

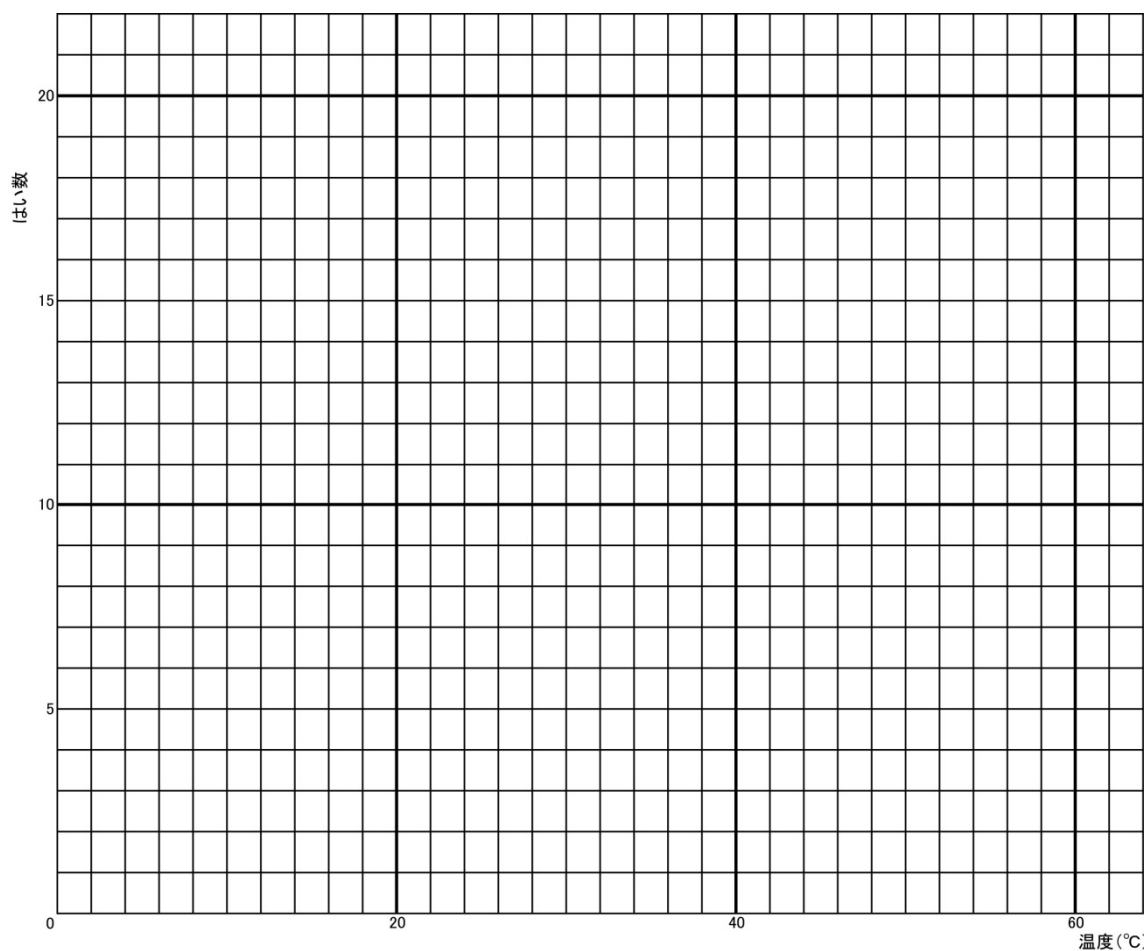
食塩

温度	水道水温度 ℃	40℃	60℃
とけた最大はい数			

ミョウバン

温度	水道水温度 ℃	40℃	60℃
とけた最大はい数			

- ・ 表から折れ線グラフをつくる。



【考えよう】

3つの点を結んだ折れ線グラフを見ると、温度が高くなるととける「はい数」がふえる物と、温度が高くなっても「はい数」があまり変わらない物があることが分かった。

食塩は温度が上がってもとける量はほとんど変わらない。
ミョウバンは温度が上がるととける量はふえる。

なぜ、物によってこのようなちがいがあのだろうか？ 理由はむつかしい。この単元の初めに、「とける」というのはどのようなことかを考えた。その考え方をもとに、温度とのかかわりを考えてみよう。

【とけるためには熱が必要】

物のかたまりと水があります。物を水の中に入れます。すると、少しずつ物は水にとけます。「とける」というのは物の大変小さな「つぶ」が「つぶ」どうしの結びつきが切れて「つぶ」と水が結び合うようになります。つまり、「つぶ」⇔「つぶ」が「つぶ」⇔「水」になることが「とける」ということです。たとえば、大人どうしが手をつないでいるところに、大勢の子供が入ってくると大人と子供が手をつなぐようになります。みんななかよしになることが、物が水に「とける」ということです。

「つぶ」と「つぶ」が手をつないでいる、大人どうしが手をつないでいる、この結び形をゆるくすると、「つぶ」と「水」、大人と子供の結びつきができます。理科の言葉でいえば、結合を切って新しい結合をつくるということになります。ゆるくしたり、結合を切るには、エネルギーが必要です。ここでは熱のエネルギーを使います。温度が低いと熱エネルギーは小さいが、温度が高いと熱エネルギーは大きい。すると、温度を高くすると「とけやすい」が、温度が低いと「とけにくい」ですね。多くの物は温度を上げるととけやすくなります。

ところが、食塩の場合は、温度に関係なくとけたようでした。食塩はイオンの「つぶ」からできていますが、「つぶ」⇔「つぶ」の結びつきは、プラスイオン「つぶ」とマイナスイオン「つぶ」からできています。二つの「つぶ」は水の中で一つずつになることができます。かたまりのときには、大人どうしでいますが、子供である水が来ると子供といっしょになってしまいます。つまり、大人どうしの結びつきが、子供が来ると、簡単にゆるくなります。つまり、熱エネルギーがほとんどいらないことになります。ところが、食塩はいくらでもとけなくて限りがあります。大人どうしの数が多くなると、子供といっしょになることが少なくなりますね。物が食塩タイプ、ミョウバンタイプのどちらであるかは予め分かりません。でも、食塩タイプが数少ないことは知られています。

7-3. 水にとけた物を取り出す

【問題提起】

ミョウバンを、温度を上げて水にとかした後、そのままにしておくと、とけていたミョウバンが出てきました。食塩はほとんど出てきませんでした。教科書 107 ページにある理科のひろばにグラフがあります。その右のグラフを見ましょう。これを溶解度曲線（ようかいどきよくせん）といいます。この使い方は簡単です。たとえば、ミョウバンは 60°C で 50mL の水に 30g とけますが、 20°C では 5g とけます。すると、 60°C でとけるだけとかしたミョウバンの水よう液を 20°C にすると、とけなくなった 25g ($=30-5$) はどうなるでしょうか。そうです。ミョウバンの固体が現れますね。そのとき、ミョウバンの形や大きさがもとのものとはちがいます。

【問題】

水よう液を冷やすと、とけている物を取り出すことができるだろうか。

【実験計画】

1. あたためてできるだけとかした食塩とミョウバンの水よう液をつくる。
2. それらの水よう液をろ過する。
3. ろ過した液を冷やす。

【実験 6】

1. ミョウバンの水よう液と食塩の水よう液をろ過する。
2. ろ過した液をそれぞれ氷水で冷やして、結果を記録する。

【コメント】

あたたかい食塩やミョウバンの水よう液をろ過するには、ロート（ろうと）、ロート台、ろ紙が必要である。その他に、ろ過した液を受けるビーカー、ガラス棒、洗浄（せんじょう）ビン、氷の入った発泡スチロールの入れ物が必要である。教科書の実験のようすをみて、実験準備を練習しておく。与えられた物を使い、言われたように実験をするだけが実験ではない。これをするには何が必要かを考える、想像することが、もう一つの理科の学習である。

【ろ紙のおり方】（工夫）

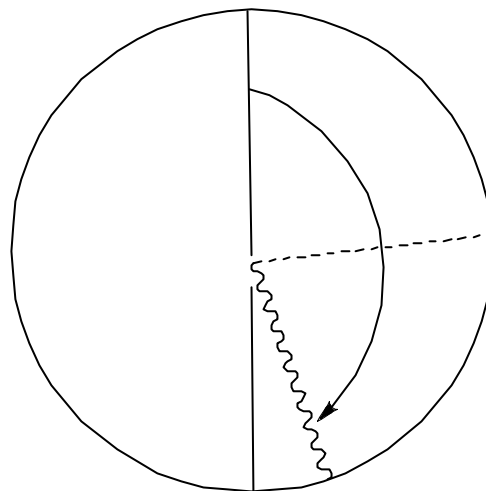
円形のろ紙を四半分におると、4年生の教科書に書かれているが、実験の現場では、四半分にするとき、円弧に合わせながら、折るところを少しずらして重ねる。このようなやり方をする理由はロートの開き方が必ずしもろ紙の四半分に合うようにつくられていない。

そのため、1つだけのろ紙のおり方より、大小のどちらかに合う折り方をして実際使う方に合わせると、ろ紙をロートにぴったりと合わせることができる。

実線：山おり

点線：谷おり

波線：重ねる



ろ過が終わったら、ろ紙の上に何か残っているか、ろ紙をやぶらないようにしながら開いてみる。ミョウバンの細かいかたまりや糸くずゴミがとれていることがある。ろ過の目的は水よう液からゴミやとけない物をとり出すために行うやり方です。

【実験結果】

- 冷やすとミョウバンが出てきた。ミョウバンの形と大きさが、とかす前のミョウバンとちがっていた。
- 食塩の水よう液を冷やしても、とけている食塩は、ほとんど出てこなかった。

【質問1】 なぜ、食塩水よう液を冷やしても、食塩はほとんど出てこないか？ 教科書107 ページ右図をみて、理由を示そう。

【一つの答え】 50mLの水に食塩は60℃で18g、20℃の水には17g とけるがそれ以上はとけない。その差は1gである。計量スプーンすり切り1 ばいは2.5gである。すり切り半分の量であるため、ほとんど目に見えるほどの量として見られないだろう。

【質問2】 20℃に冷やしたミョウバン水よう液から、ろ過をしてミョウバンをとり出した。ろ過された液体にミョウバンはとけているか？

【答え】 20℃でミョウバンをとかしたので、冷やしてもろ過された液体にはミョウバンはとけている。

【問題提起】

あたためられた、こい食塩水よう液をスライドガラスへ1てき落とす。水がじょう発していくと、白い物が水よう液のまわりや上に見られます。それなら、水がじょう発すると食塩を取り出せるだろう。もっと、あたためれば水はじょう発してなくなる。すると、とけていた食塩が目に見えるようになる。そこで、食塩だけをとり出すことができるだろう。

【問題】 水よう液の水をじょう発させても、とけている物をとり出すことができるだろうか。

【実験計画】 まず、水をじょう発させる方法を考える。考えましたか？ 2つの方法があります。そうです。一つは、水よう液をあたためて水をじょう発させる方法です。もう一つは、自然に水をじょう発させる方法です。ちがいは時間が短くできるかどうかだけですかなあ。二つの方法をためしてみよう。あたためる方法について、あたためて水をじょう発させるにはフライパンのようなものを使うのだろうか。自然にじょう発させるには、お皿のようなものに入れればよいのだろうか。

【ちょっと解説】

フライパンのようなもの → じょう発皿

皿 → ペトリ皿またはシャーレ（両方とも同じものを指す）、時計皿*

*この実験をペトリ皿で行うと、水がじょう発し難く時間がかかるだけでなく、食塩のかたまりがペトリ皿の壁を這い上がる現象（クリーピング）のため、ペトリ皿の外へ出ることがある。時計皿をつかうと水のじょう発が速いので風通しのよいところでは1日ほどで時間を短くできる。

【実験7】 水よう液の水をじょう発させて、とけている物をとり出すことができるか、調べましょう。

じょう発皿を使う実験

1. 食塩の水よう液とミョウバンの水よう液には、前の実験で集めた水よう液を使う。
2. コマゴメピペットを使って、食塩の水よう液 1mL をじょう発皿に入れる。ピペットを洗った後に、ミョウバンの水よう液 3mL を別のじょう発皿に入れる。
3. 必ず、保護めがね（ゴーグル）を着けてから、それぞれの水よう液を熱して、水をじょう発させる。特に食塩の場合は白いかたまりが飛びはねるので、顔を近づけないようにする。また、液がなくなる前に火をとめ、熱で水がじょう発するのを利用する。

【注意すること】

じょう発皿について

- 熱せられたじょう発皿はすぐには冷めないで、手でさわってはいけません。コンロから下ろすには、るつぼバサミ（別名：トング）を用います。るつぼバサミを少しあたたためてから使うとよいでしょう。強く熱したじょう発皿を冷たいるつぼバサミではさむとじょう発皿がわれることがあります。
- 下ろした、じょう発皿をかわいたぞうきんの上におく。ぬれたぞうきんの上においてははいけません。理由は皿がわれるからです。
- また、底がぬれたじょう発皿をコンロで急に熱するとわれます。底をていねいにふき、火が直接当たらないようにしばらくあたためておいてから、熱する。あたためるには、底をヘアードライヤーでかんそうするとよい。

ピペットの使い方について

- ピペットの使い方について、水よう液をとってから、ピペットを横にしたり、ピペットの先を上にはしてはいけません。理由はピペットゴム球に液が入りよごれるから。

【結果】

- 白い物として、食塩とミョウバンの絵を書く。このとき、虫めがねを使って、つぶを観察する。形と大きさを書いておく。

応用観察

花粉の時にいったように、セロテープで白い物をつけ、スライドガラスにはってプレパラートをつくる。けんび鏡を使って、40×で観察する。形をノートに書く。

ペトリ皿を使う実験

1. ペトリ皿に食塩水よう液 10mL を入れ、もう一つのペトリ皿にはミョウバン水よう液を 15mL を入れる。
2. 風通しがよく、ホコリが入らないところにおいておく。
3. 1週間ほどして、つぶができたかどうか観察する。
4. つぶの絵を書く。

【比べてみよう】

じょう発皿を使い、熱してつぶをとり出した物とペトリ皿を使ってゆっくりとじょう発させた物と比較して、形と大きさのちがいを発表しよう。

食塩： 立方体や直方体のつぶが見られた。ゆっくりじょう発すると大きなつぶがえられたが、じょう発を速くするとつぶが小さくなった。

ミョウバン： 正八面体や一つの面が六角形、八角形のつぶが見えた。

理科のひろば

食塩のつぶをモールにつけよう。

モールを使って形をつくって糸などの細かいひもでワリバシにつる。食塩をさらに加えた食塩水よう液をアワが出るまであたためる。モールを熱い水よう液に入れてつるす。このとき、モールがうく時には一度取り出し、つけ直す。入れ物にゴミが入らないように紙で軽くおおっておく。水よう液の温度が室温近くなれば、モールに食塩のつぶがつく。とり出して水分を軽くすいとり、モール以外の所についたつぶをとれば完成する。



ミョウバンの大きなつぶ

形のよいミョウバンの小さな結しょうをピンセットではさみながら、はりを熱して糸が通るあなをあける。あなにつり糸、または、きぬ糸を通して結しょうを結ぶ。糸のもう一つのはしを、わりばしにセロテープでとめる。ミョウバンを60℃ほどにあたためてとけるだけのミョウバンをとかす。冷えて40℃以下になれば、小さなミョウバンひもをつける。1週間ほどで大きな結しょうができる。



【ミョウバンの回収】

実験で使ったミョウバンは、回収して次の実験に使うようにする。理由は、経費¥1750／500gであること、下水汚染をおさえるためである。回収作業が面倒と思われるが、自然乾燥（風乾）であるので実働作業時間は比較的少ない。これらの操作と結果を下記に示す。

用意する物： プラスチックバット

場所： 理科準備室の、できるだけ風通しの良いところ、陽のあたる窓際

1. 50℃付近のできるだけ飽和に近いミョウバン水よう液をつくる。
このとき、水よう液濃度が低い場合、50℃付近にあたためた水よう液をつくる。
2. バットに水よう液を入れて放置すればよい。
3. 1週間ほどで水よう液が少なくなれば、50℃付近にあたためた水よう液を追加する。
4. この操作を数回行くとミョウバンの結晶が溜まってくるので、結晶をさじで集めて紙の上に広げる。
5. ミョウバンの結晶は2，3週間で乾燥できるので回収できる。残ったバットの水よう液はすべて水が蒸発するまで放置するか、早くするには濃縮すればよい。（ただし、後者の作業は手間の割には回収量が少ない） ⇒下の写真：自然蒸発回収ミョウバン



参考： 食塩とミョウバンのペトリ皿での結晶化（左：食塩，右：ミョウバン）



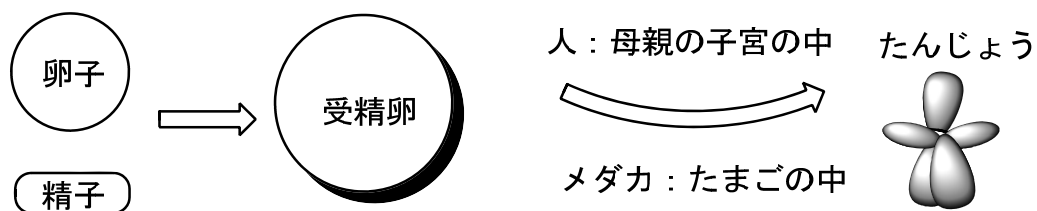
8. 人のたんじょう

人がたんじょうすることとメダカがたんじょうすることと同じだろうか，全然ちがうのだろうか。よく似た所もあるが，ちがっている。ではどこが似ているのか，調べよう。

8-1. 人の生命のたんじょう

女性の体内でつくられた卵子（らんしというが，たまごではない）と男性の体内でつくられた精子が結びつくことを受精といいます。受精すると，人の生命がたんじょうして，受精卵は成長を始めます。

受精卵は女性の体内にある子宮の中で子供に育ってから，うまれてきます。



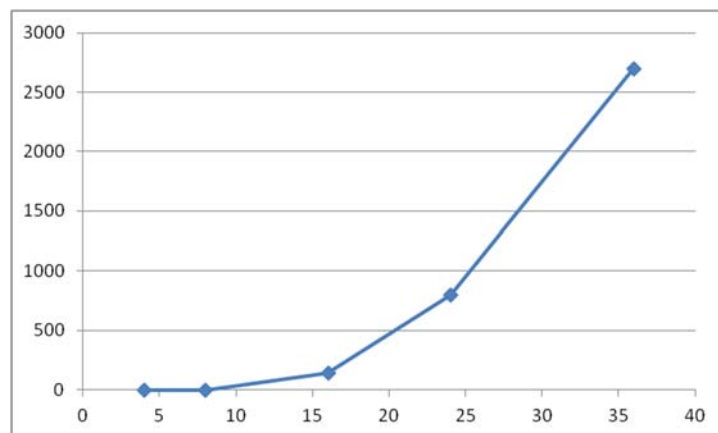
【問題】 人の子どもは，母親の子宮の中で，どのように育って，うまれてくるのだろうか。

【調査】

受精してから36週までの体重 （教科書 118-119 ページ）

受精後	4 週	8 週	1 6 週	2 4 週	3 6 週
体重 (g)	0.01	1	140	800	2,700

これをグラフにしてみると，



【わかったこと】 受精後，16 週（3 カ月あまり）まで体重がゆっくりと増えるが，5 カ月をこえると急に体重が増えることがわかる。

【コメント】 折れ線グラフを作成することに慣れないので，上記のプロットングを練習することは，意義がある。エクセルを使って別途グラフ用紙をつくったが，罫線が目立った。市販のグラフ用紙のようにうす緑色で作成するのがよい。

母体内での子どもの成長

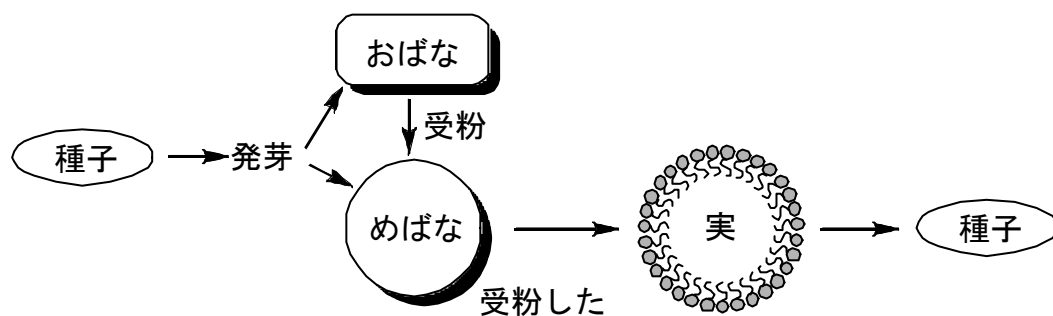
各名称とはたらきについて，憶えることになる。子どもは口から養分をとっているわけではなく，へそのおを通して養分を得ている。では，いらなくなったものはどうなるか。これもへそのおを通して運び出している。母体内の子どもにとってへそのおは，生きるためのパイプになります。養分は母親からもらい，いらなくなったものは母親へ返す。その交換するところがたいばんです。羊水は子どもが外から受ける力をやわらげるはたらきをしている。

人のたんじょうに関する情報をどのように集めるか？

情報のとり方： インターネットで調べる。本で調べる。産婦人科の医者に聞く。産んだ人の経験を聞く。

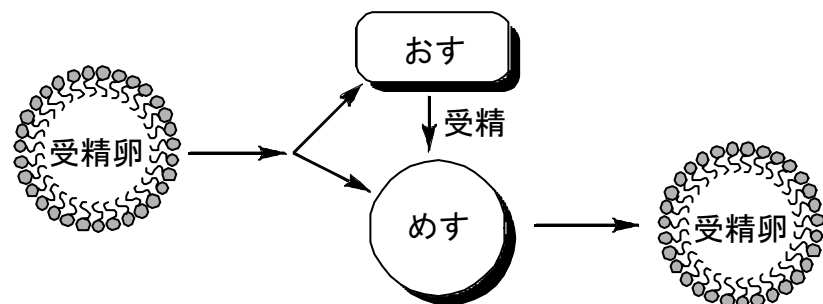
生命のつながり

ヘチマについて，

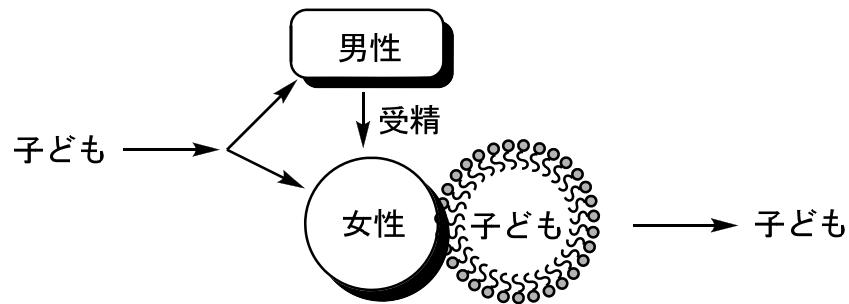


種子が種子をつくるのだが，必ず受粉しためばなだけが実をつくり，種子をつくりだす。

メダカについて，



ヒトについて、



メダカは、めすがうんだ卵から成長してメダカになる。しかし、卵のうち、受精卵だけが子メダカになる。

ヒトは、女性の卵子が男性の精子によって受精し、母親の子宮の中で育って、子どもとして生まれる。

まとめると、下の表のようになります。

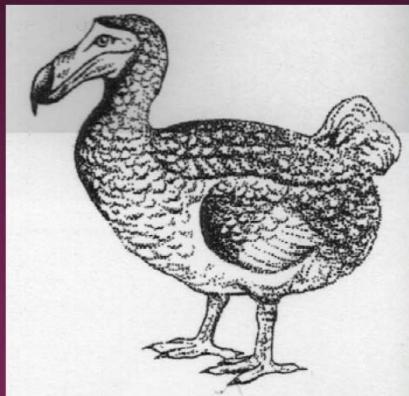
ヘチマ	めばな	めしべ	受粉	めしべの成長	根や葉から養分を吸収
	おばな	おしべ			
メダカ	めす	卵子	受精	受精卵の成長	卵の中の養分を得る
	おす	精子			
ヒト	母親	卵子	受精	子宮内で子どもの成長	母親からへそのおを通して養分を得る
	父親	精子			

生物全体としてみると、めばな、めす、母親が生命を育て、成長するためには主役となる。おすが登場するのは受粉・受精のときである。おすの役目はそのときだけだが、生命のつながりには欠かすことができない。

生命のつながりがなくなると、その種は絶滅する。これは植民地時代に起こったドーデー鳥の絶滅とその後に起こった植物の絶滅危機を関連付けた物語です。

モーリシヤス島はマダガスカルに近いインド洋にある孤島です。この島は他の大陸とは離れているので、島の中だけで生物の循環があったところです。植民地時代にヨーロッパの国々は未開の地へ進出してその土地を植民地にしました。絶海の孤島であるモーリシヤス島も植民地となりましたが、探検のときにイヌを持ち込みました。今まで飛ぶことができないドーデー鳥にとってイヌは外敵になります。結局、ドーデー鳥は絶滅してしまいました。それから 400 年ほど後にアカテツの木が絶滅危機に会いました。これはドーデー鳥と関係するという報告がなされました。ドーデー鳥はアカテツの実を食べ、消化せずに排泄された実は鳥の消化に助けられ育つ。このことを、七面鳥を使うとアカテツの実は育つがそのままでは育たない、と示したのです。つまり、ドーデー鳥とアカテツの木の間には密接な関係があったのです。生命は一つの種だけでなく、他の種ともつながっていることを物語っています。

ドーダー鳥



アカテツ科の樹木
Syderoxylon sessiliflorum

輪廻（りんね）



ドーダー鳥
10年



鳥の糞（消化されない実）



アカテツ科の樹木

400年



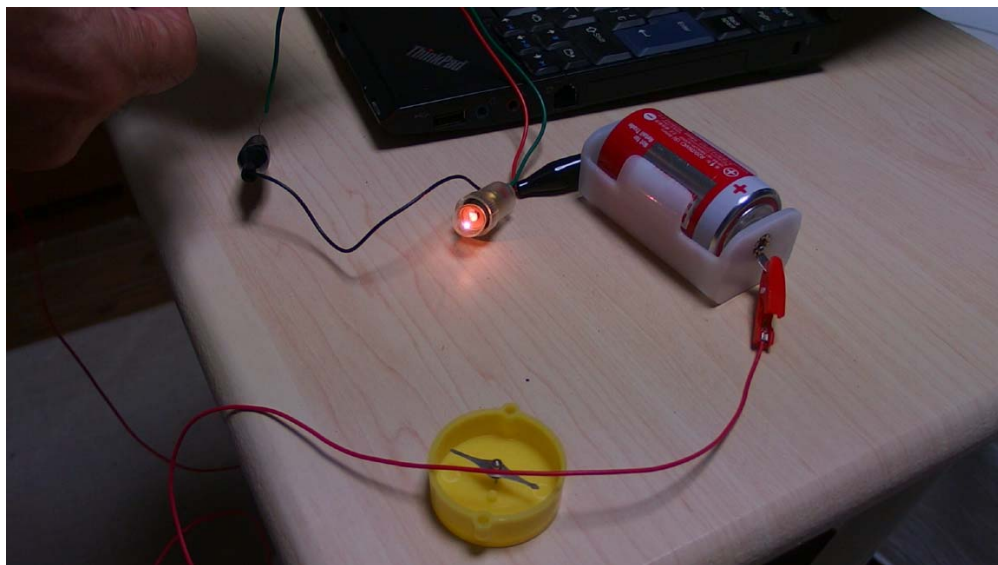
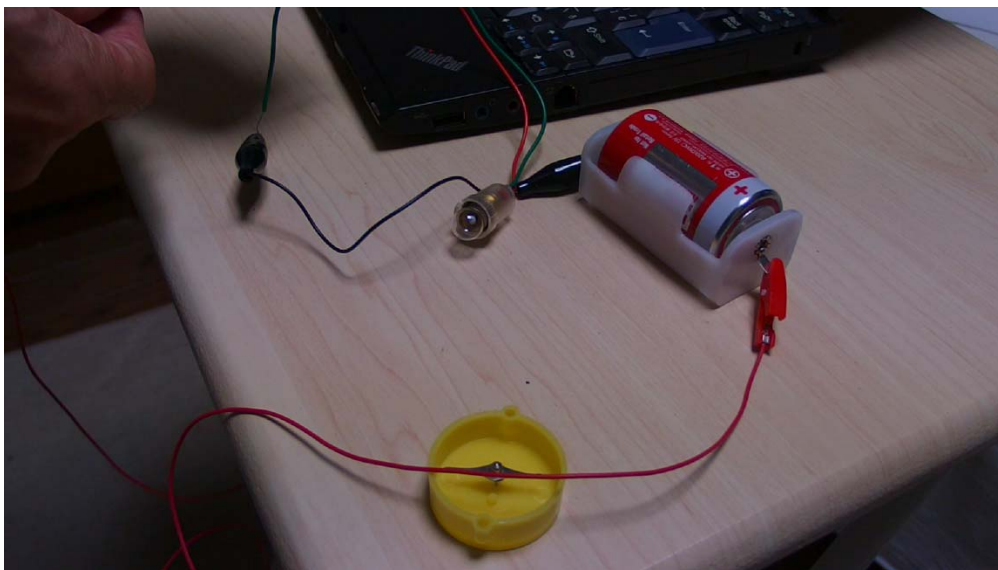
アカテツの実



9. 電流がうみ出す力

電気と磁気とは関係するのだろうか。導線に電気が流れると、磁気ができるのだろうか。そうです。導線に電気が流れると磁気ができます。200 年ほど前に、これを発見したのはエルステッドです。彼は導線に電気を流していた時に、たまたま近くにおいた方位磁針の針が動いた。電気を切ると方位磁針は元通り北へ向く。これは電気が導線に流れると磁気ができることを表わしています。

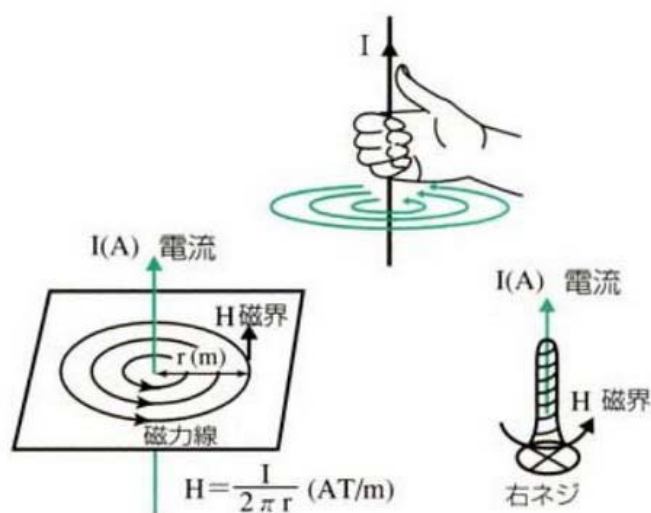
この現象を動画で示したがスイッチ OFF（上図）と ON（下図）の時に方位磁針が振れる様子を示します。（このセットは簡単ですが、導線を太くする方が振れは大きくなり分りやすい。中間に豆球を使わずに電気を流すと発熱するので、注意が必要です）



これを絵にすると、下図のようになる。親指を立て4本の指で鉛筆をおおうように握る。電流の方向は親指の方向となる。すなわち、下から上へ電気が流れる。そのときに、4本の指先にむけて回り込むように磁場ができる。これは「右ネジの法則」といってネジの先へ電流が向かう時、ネジ山に沿って磁界ができることを表わしている。

ところが、上へ行った導線が折り返して下に向かうと上向きと下向きの平行線ができます。上向きの左側に、下向きの平行線がある場合に、平行線の内側では、平行線の裏から表に磁界ができますね。もし、導線が右に曲がると表から裏へ（手前から向こう側へ）磁界ができます。つまり、導線を円にすることをコイルにするといいです。コイルに電流を流すとコイルの裏表に磁界ができます。これが電磁石です。

コイルに流れる電流を右手を使って示すと、4本の指の方向にコイルに電流が流れると親指の方向に磁界ができます。これは右ネジの法則に似ているので、「右手の法則」といいます。コイルをつくった時に、電流を流す方向によって、電磁石のN極とS極が一度に変わります。



電磁石に電流を流すと磁石になりますが、電流を流すのを止めると磁石でなくなります。ところがコイルの中に何も入れないとコイルの内側の方に強い磁界ができ、コイルの外側には磁界が広がって弱くなります。そこで、コイルの内側に鉄しんを入れて、強い磁界をコイルの両端につくるようにします。電磁石をつくるために、コイルに鉄しんを入れます。

ちょっと知識

鉄以外に磁石につく金属はあるのでしょうか？ 強磁性体の単体ですが、コバルト、ニッケルが知られています。あまり知られていない希土類のガドリニウムもあります。なぜ、磁石になるか、これは単体の電子スピンの関係しています。

9－1．電磁石の性質

理科の言葉

電磁石 導線を巻いたコイルに鉄しんを入れ，電流を流すと磁石になる。

問題をつかもう（問題提起）

磁石は電流を流さなくても磁石の性質を示す。電磁石はどうであろう。磁石にはN極とS極がある。電磁石はどうだろう。電流には流れがある。流れを逆にするとどんなことが起こるのだろうか。

問題

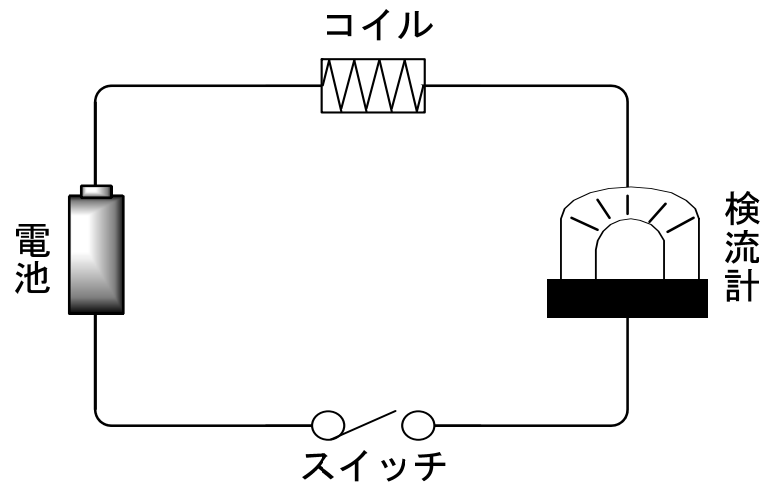
電磁石には，どんな性質があるのだろうか。

実験計画

電磁石をつくる。導線を巻いてコイルにする，鉄しんを中に入れる，かん電池を使う，回路にスイッチを入れる，検流計を用いる，方位磁針2つを使う。

実験 1

1. 回路をつくる。一筆書きになるようにつなぐ。順序は入れ代わってもよい。



2. 回路を確認して後，一度，スイッチをONにしてみる。電流が流れないときには，導線の接続部分の接触をチェックする。回路ができたことが分った後，電磁石がはたらいっているか，スイッチON/OFFにして，クリップがつくかどうか調べる。
3. 次に，コイルの左右に方位磁針をおき，スイッチをONのとき，方位磁針の方向と検電計のふれる方向を記録する。
4. かん電池の向きを反対にすると，方位磁針の向きを調べて記録する。

【コメント】

電流を調べる基本は回路です。回路ができているかどうかを調べます。このためには一筆書きになるかどうか指で辿ってみます。

回路はできているが、電流が流れないことがあります。この原因は、

①導線の接続や接点不良による、

②検流計が不良である、

③電池がなくなっている、

ことが考えられます。多くは、エナメル線剥離不良による、①の接点不良ですが、偶々、

②の検流計のケーブルが接点不良と断線がありました。

検流計のケーブル断線に対して、修理は比較的簡単に行うことができます。ネジをはずして、ゆっくり開くとケーブルの断線箇所が見えます。断線部の被覆をはがしてハンダ付けすればよいのですが、修理部分を再度被覆しておきます。ビニールテープは剥がれることがあるので勧められません。絶縁被覆圧着端子を用いれば比較的修理できます。(100個で400-700円) なお、検流計は1台¥7,800.-もするので、できるだけ修理の方が経済的です。

方位磁針は、コイルに電流を流す前からコイルの鉄しんに引かれて、両端がN極になったように見えます。しかし、少し離すと正常に働き、電流を流すと一方向にN極を示すようになります。

キットの中にある**方位磁針**について、偶に、赤い先がS極を示すことがあるが、これは元々製作のミスによる不良品です。こんなことは稀ですが、毎年、一人は出てくるので、子どもからクレームが出たときには代替物と交換して実験するようにしました。

また、方位磁針の磁気が弱いことがある。そのときには着磁が必要である。装置には2種類あり、直流タイプとパルス電流タイプがありますが、現在は後者のパルス電流タイプが主流です。しかし、古い着磁装置は直流タイプがあり、着磁時間がかかりますが動作します。なお、U字形の磁石を用いて方位磁針を磁化するには、時間がかかり、磁化の力が弱いので、勧められません。むしろ、ネオジウム磁石を用いる方が高効率と思われます。

【まとめ】

- 電磁石は、コイルに電流が流れている間だけ磁石の性質を持つようになります。
- 電磁石には、N極とS極があります。
- コイルに流れる電流の向きが反対になると、電磁石のN極とS極が反対になります。

9-2. 電磁石の強さ

【問題】電磁石を強くするにはどうすればよいのだろうか。

これは単に電磁石を強くする「方法」を考えることと受け取られるが、電流の強さを大きくすることと考えればよいのです。また電流を重ね合わせることと考えればよいのです。

【示量性と示強性】

一般にある状態を示す量には、示量性と示強性があります。磁力は強さを表すので一見、示強性と思えますが、足し合わせることができる物理量になり、示量性（相加性）です。というのは、磁界は重なると磁界が強くなるので加成性が成り立つからです。示強性を示す温度とはちがいますね。10℃の水と 20° の水を合わせると 30℃の水にはなりません。温度は示強性です。磁力の性質とは違いますね。小学校でこの概念を教えることではない。しかし、子どもたちは直感的、視覚的なので、 $1 + 1 = 2$ という数量の加成性にはよく理解できると思えます。数量表現できるものは示量性であることは何となく分かっています。電流の強さや磁力の強さという表現をしても、示強性とは思わないので、いいのですが、「強」という字が出てくると示強性と勘違いをさせないことが重要です。

電磁石の強さを調べるには、電磁石ができるための条件を考えてみましょう。もちろん、電流を流さないと電磁石ができないので、電流が必要なことがわかります。電流の強さを大きくすると電磁石の強さは大きくなるだろうと考えられます。また、電磁石はコイル、鉄しんから成り立っています。鉄しんは変えずに、そのまま使います。ただ、導線のまき数を変えることが考えられます。これは電流の通り道を多くすることになりますので、電磁石の強さは大きくなると考えられます。さらに、導線の太さも関係するかもしれません。同じまき数でも、つめてまいた物と離してまいた物では違うでしょうか。1層まきと重ねまきでは違うでしょうか。答は下記の報告にありますが、やってみることが一番ですね。

【文献】 脇島修，大阪と科学教育，19, 3-6 (2005)。

【コメント】

- ・ 同じ長さの鉄しんにまき方をつめてまいた物と離してまいた物について比べましょう。この差は磁界の強さに影響するでしょう。つめてまいた物の方が強い。しかし、つめ方は数値的に比例して磁界に影響するものではありません。ただ、傾向については理解できるでしょう。すなわち、導線と導線の間があくと、導線間の空間ができますね。一周目の導線がつくる磁界と二周目の導線のつくる磁界が重なりません。磁力の重ね合わせがないと電磁石は強くならないと考えられます。
- ・ また、1層まきでつめてまいた物について、まき数を変えて磁界の強さを測ります。当然のことだが、まき数を多くすると、まき幅が大きくなります。従って、磁界は強くなると推測されます。ところが、まき数に比例して磁場の強さが大きくなるわけではありません。たとえば 30 回まきより 50 回まきの方が大きくなりますが、100 回まきと 150 回まきではほとんど変わらないことが実測されています。（参照：上記文献）

- ・ 導線の長さ、導線の直径、鉄しんの直径を同一にして、1層まきと重ねまきにおいて、まき数が違うことによる磁界の差はでてくるのだろうか。実験の結果、1層まき（350まき）と5層まき（250まき）では、まき数の差が現れる。同じ長さの導線をまくのだから、当然、まき幅が小さくなるだろう。結果として、コイルの層数が増えたと中心磁場の強さは6層位まで比例して強くなるでしょう。10層を最大値にしてそれ以上は減少する。まき数を一定にして、まく導線の長さに制限をつけないなら、多層まきの方が1層まきより磁界を増すことになります。100回まきのコイルをつくる時、偶にあることですが、丁寧にまく者より雑にまく者の方が、磁場が強いことがありました。これは上記の原因と考えられます。一般には丁寧にまいた者の方が強い磁界をつくる傾向があります。
- ・ 同じまき数でも導線の太さは太いほど、抵抗が少なくなり、強い磁場が得られます。鉄しんの径は磁場の強さに影響があります。2～10mmの鉄芯を使った例でいうと、径が大きくなると磁極付近の強さは周辺の円形部分が強くなる。逆に、鉄しんの直径が増えたと、鉄しんの中心付近は少し弱くなります。4mm程度の鉄しんを用いる場合、2mmの鉄しんを用いるより5%以下の程度差となり、実用的には4mm程度の鉄しんを用いるのが妥当です。

実験2 かん電池、検流計、電磁石、スイッチの回路をつくり、電流の強さを変えたときの電磁石の強さを、くっつくクリップの数で調べる。

実験する上で大切なこと：

回路をつくるには、交差することなく一周回る回路をつくることです。回路ができたかどうか調べるには、かん電池の+極から順次たどって行ってかん電池の-極にたどりつくことの調べ方をします。枝分かれをしない、行き先がない状態で、絶対スイッチを入れてはいけません。とくに、コイルなしの回路をつくって電気を入れると、検流計がこわれますと共に、かん電池が熱くなり、ヤケドすることもあります。電気は一瞬です。スイッチを入れる前に、回路確認は必須です。また、長い時間スイッチをいれていると、電池がなくなるだけでなく、コイルが発熱します。電気の実験では、たとえば、電流の強さを求めるだけなら、測定の時だけスイッチを入れるようにするとよいでしょう。

使用するコイルの状態

100回まきコイルをつくと、導線があまります。あまった導線を切ってはいけません。これは200回まきのコイルと同じ状態にするようにしてあります。なぜ、切ってはいけないのか？ 導線といっても抵抗があります。つまり、100回まきと200回まきの二つを比較するとき、条件を同じにするためです。これは、「条件は1つだけ変える」ということに基づいています。

検流計のかわりに電流計：

検流計の数が少ない時、応急的に電流計を使うことがあります。ただし、+-の接続をまちがえると電流計はこわれます。電流計の一極は黒いつまみになっていますが、+極は500mA（50mA のこともある）と5A の二つのつまみがあります。コイルの実験では5A を使います。これはフルスケールで5Aであることを示しています。一目盛のことではありませんので注意してください。電流計を使う時の回路のチェックを必ずしておいてください。特に、電流計の+-と回路に流れる電流の方向とが正しい関係にあるかどうかを調べます。このことを、電池の向きを変えたときや二つの電池を直列接続にするときには注意してください。

なお、当たり前のことかもしれませんが、電流計は回路の中に入れます。コイルの両端で調べたり、電池の両極につなげたりしません。また、電流計の代わりに並列接続をする電圧計を使うことはありません。小学校によっては検流計の数よりも電流計の数が多いことがあります。不足した検流計の代わりに応急的に電流計を使うことがあります。電流計の使い方は教科書にはありませんので、使い方をよく説明する必要があります。なお、電流計は0A以下のメモリが少しありますが、電磁石の実験で利用できる程ではありません。従って、マイナスにふれる場合には一旦切り、電流計の接続を逆にして計測するしかありません。

クリップの数について

磁場の強さを調べるため、ゼムクリップや小さなくぎを使いますが、つくだけつかすために、鉄しんに一つずつつけるようにする子どもがいます。これは時間がかかるだけでなく、クリップが足らないようになり、電磁石の強さを測定する目安にならないことがあります。そこで、一直線にいくつつながるかで調べるように指示した。ここでも、同一条件で実験することが大切なので、1回電磁石をクリップの山に入れてゆっくり引き上げたときのクリップの数というやり方をするのもよい。

【結果】

(ア) 電流の強さを強くすると、くっつくクリップの数が増えた。

ただし、導線のまき数は100回まきにする。(変える条件は一つだけ)

電流の強さを変えるために、電池を1コの場合と直列接続で2コの場合で比較する。

(イ) 導線のまき数を200回まきにすると、くっつくクリップの数は増えた。

ただし、電池は1コで調べる。

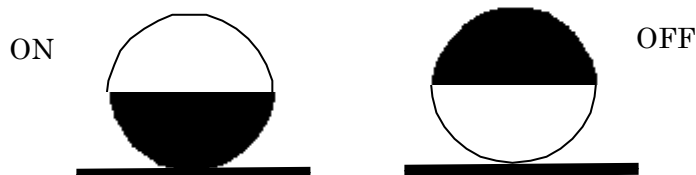
観測したこと

導線のまき数と電流の強さとは関係あるのか？ 巻き数が多くなると電流が増えるように思う子がいる。ところが検流計をつなぐと、電流値は変わらなかった。同じ太さ、長さの導線を使ったため、抵抗値は同じなので、変わらない。つまり、導線のまき方によって電流の強さは変わらない。するとまき数だけによって強さが変わることになる。

このことは、教科書の【説明しよう】にも関係する。導線をつぎたすと、抵抗値が変わり、電流値が少し小さくなる。これは、条件は一つだけ変え、他は同じ条件で実験することを守っていないので正しくない。そこで、どうすればよかったのか。同じ条件にするには、100回まきの方にも導線をつぎ足すことが考えられる。従って、300回まきにするためつぎ足したのと同じ長さの導線を、100回まきのコイルにつぎ足すだけで、同じ条件にすることができる。

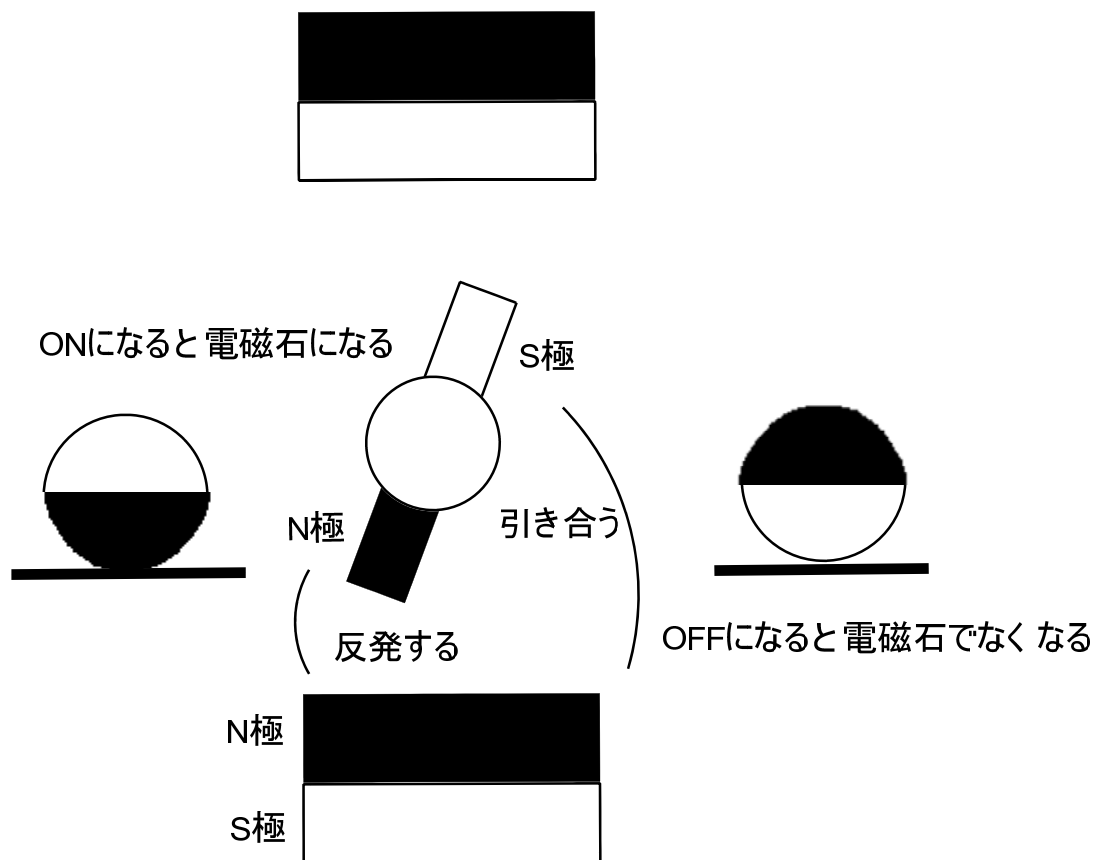
理科のひろば モーターのしくみと利用

電磁石はN, S極をもっていることを勉強した。電磁石の極を入れ代えれば、磁石に近付いたり離れたりする。電磁石のN極が磁石のS極に近づいた時に電流を切り、離れると電流を流す。中央を止めれば、電磁石は回りそうである。モーターには軸（じく）がある。軸にはどこかに接点があるので、その接点で電流のON/OFFをコントロールできる。



モーターの回転について

下の図を見て下さい。上下に磁石（それぞれ上をN極、下をS極）、中央に電磁石をおきます。電磁石のN極が磁石のN極に近いと反発して、電磁石は時計回りに回転します。ところが、電磁石のS極が、下にある磁石のN極に近づきます。これはお互いに引き合います。そこで、軸が回転して接点が切れて、電流が流れなくなります。回転する力はなくなりますが、はじめに与えられた力（だ性）で回転が進みます。つまり、電磁石のN極が下の磁石のN極に近づいた時にだけ電流が流れるように回転します。これで電磁石が回転し、モーターになるのです。



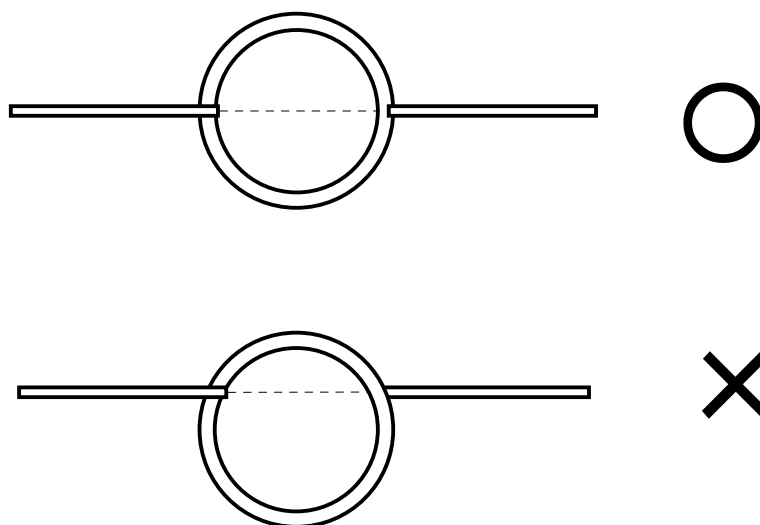
電気で回る物の多くは、モーターを使っています。基本は上記の仕掛けで回っているのです。電動えん筆けずり機，電気自動車，せん風機などは電磁石を使ったモーターで動いています。

9－3．電磁石を利用した物

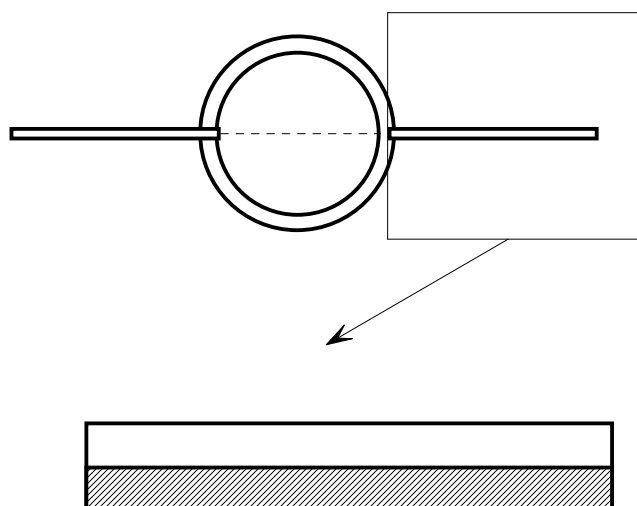
電磁石を利用した物として，鉄拾い機，ゆらゆらチョウ，モーター，鉄しんのないモーターが教科書 136・137 ページにある。比較的難しいのは鉄しんのないモーターであろう。この製作について，ちょっとした工夫でつくりやすくなる。

【製作】 鉄しんのないモーター （昨年度と同様，キットの中にある 7，8 周のコイルを使用した） 以下には導線から作成する方法を記す。

1. マーカーペンなどの軸に導線（エネメル線）を 7 回半まく。
2. 両はしのところで，まいて余っている部分 7 cm を輪に 3 回まきつける。できあがった形は，まん中に輪があり直径の両方で外側にのびた線がある，「だんごのくしざし」に似ている。



3. 両端を指で支えると輪が上下になる。下になった部分は半周分だけ導線が多くなっていることが分ります。
4. 直線の左側のエナメルを全部，砂ヤスリでとります。
5. 直線の右側のエナメルを下半分，砂ヤスリでとります。



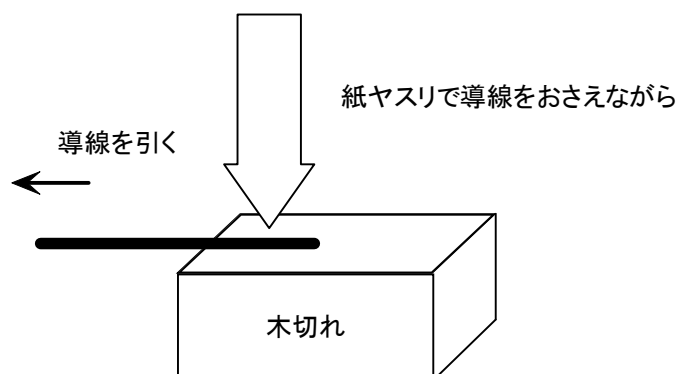
実験：

教科書の図のように電池ケースにゼムクリップの支えをつくって，鉄しんのないモーターをかけると回る。

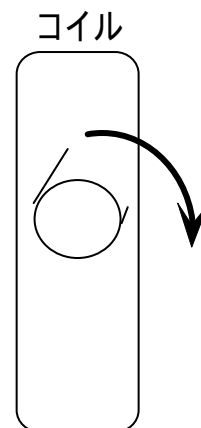
うまく回らない時：

- 直線になっているはずの導線が曲がっている。 ⇒ 円の中心を通る線に合わすように直線にする。導線を真っ直ぐにするには，指で導線を強くはさみながら先の方へそりかえすようにする。山になった導線を指で平らにする。

- けずり方の不足，特に上下半分のけずり方が不十分 ⇒ けずり直しをする。
そのため，下記のような木切れを用いるとやりやすい。



- コイルと磁石の距離が離れ過ぎている。 ⇒ コイルが回転できるように，磁石に近付ける。
- コイルがふりこのように振動する。 ⇒ 半分にけずった導線をラジオペンチではさんでコイル面に対して手前に 90° ねじる。



- コイルの大きさを直径 4 cm にしても回転できる。形は正方形や正三角形でも回転することができた。また，磁石にネオジウム磁石を用いると 2 cm ほどコイルと磁石の間の距離があっても回転できる。

10. ふりこのきまり

ふりこは、なぜ規則正しく振れて、等時性を示すのか？

ふりこをある高さから振れ始めるとします。最も下のところでは、ふりこは最も速く動きます。それはエネルギーの変わり方を表わしています。つまり、ふりこは高さのエネルギーをもらって運動が速くなるのです。ところが、ふりこの動きは最も下のところを過ぎて、もう一方の端に移り、高さのエネルギーをもらおうと、運動は止まります。もし、エネルギーということがわかるなら、ふりこの運動は、「位置エネルギー」+「運動エネルギー」がいつも変わらないことを意味しています。

このような運動に似ているものはバネです。バネは縮み過ぎるとのばそうとなり、伸び過ぎると縮もうとします。位置や運動のエネルギーではありませんが、動きとしては同じようですね。ふりことバネは往復運動という点で共通しているのです。

ふりこに関係があるものを思い出そう。

メトロノーム、ブランコ、ふりこ時計、遊園地のバイキング
(授業の中であげられた物)

10-1. ふりこの1往復する時間

【試み】 おもりをタコ糸でぶら下げた物を用意した。左右にふらせて二本の指で糸をはさみ短くしてふれを見た。すぐに、元にもどすと前と同じふれを示した。これを繰り返して演示した。何が分りましたか？ 見たことを言ってください。この観察が大切です。

【問題をつかもう】 教科書 142 ページにある仕掛けをつくった。動作している中で、棒が長い時にはおもりを重くすることが必要だと気付いた。というのはふりこの長さを短くすると重心が上がり、おもりの反対側が重くなります。その結果、周期が却って長くなることや反転するがあります。また、粘土を重くすると棒から外れることがあります。

昨年度の反省から、本年度はできるだけ細い竹の棒を使いました。支点のじく棒にガラス棒を使いました。テンポは小学校歌をならしたところ、店舗を合わすのが難しく、近くまで合わすことができました。5年生のリズム感はかなり優れていることに驚かされました。

このデモから、ふりこの1往復する時間は、ふりこの長さによって決まるだろうと推察しました。しかし、ふりこの重さやふれはばにはちょっと関係しているかもしれない。この意見が2, 3人から出ました。これから実験してみましょう。

【問題】 ふりこの1往復する時間は何によって変わるのだろうか。

3つの条件が考えられる。

1. ふりこの長さ
2. ふりこの重さ
3. ふりこのふれはば

実験は「1つだけ条件を変え、他の2つの条件を変えない」ようにして行う。

これは植物の発芽について実験したことと同じです。

調べること	ふりこの長さ	ふりこの重さ	ふりこのふれはば
ふりこの長さ	変える	変えない	変えない
ふりこの重さ	変えない	変える	変えない
ふりこのふれはば	変えない	変えない	変える

【予想しよう】 ふりこの長さによって1往復する時間は変わるであろうと予想できる。

ふりこの重さを増やすと少し時間が速くなるかもしれない？ ふれはばを大きくすると少し時間が速くなるかもしれない。

【実験計画】

ふりこの長さを調べるため、25 cm, 50 cm, 75 cmの3つの長さで調べる。

この時、ふりこの重さ 10 g, ふりこのふれはば 20° にする。

ふりこの重さを調べるため、10 g, 20 g, 30 gの3つの重さで調べる。

この時、ふりこの長さは 25 cm, ふりこのふれはば 20° にする。

ふりこのふれはばを調べるため、20° , 40° , 60° の3つのふれはばで調べる。

この時、ふりこの長さ 25 cm, ふりこの重さ 10 gにする。

【コメント】 条件を1つだけ変えるというやり方は大切です。それならば、なぜ、ふりこの長さについて調べる時、重さを 10 gにしなければならないのでしょうか？ 20 gや 30 gで調べることをしないのでしょうか？ そのとき、ふれはばも 40° や 60° の実験をしないのでしょうか？ すなわち、最低、 $3 \times 3 \times 3 = 27$ 通りの実験をするのではないのでしょうか？ これはまともな問いかけです。なぜ27通りの実験をしないかというと、そこには長さ、重さ、ふれはばの相加性が仮定されています。例えば、長さは 25 cmに 25 cmを加えると 50 cmになるだけです。30 cm ($25 + \sqrt{25} = 30$) というわけではあ

りません。重さもふれはばも同じです。ただ、やみくもにこの相加性を認めて実験を行うことが、感覚的に大切と言える。子どもの中に、もしこの相加性について質問する子どもがいる場合には、驚くべき子というべきであろう。だが、今年も誰もいなかった。

【実験 1】 ふりこの長さを調べるため、25 cm, 50 cm, 75 cm の 3 つの長さで 1 往復する時間を調べる。ただし、ふりこの重さ 10 g, ふりこのふれはば 20° にする。

【コメント】 10 往復する時間を測定する。どの場所でふり始めとするか？ 大抵はどちらかの端をスタートとする。一度、空で往復してから計測を始める（スタート）。しかし、端にいて時間が長いので、測定誤差をまねきやすい。そこで、最も速く通過する支柱のところで測定を始めるのが誤差を少なくする方法である。実際に、測定すると、端では 0.2 秒程度の誤差が出るが、中央では 0.07 秒以下である。しかし、子どもたちのやり易さを考えれば、端でスタートするのがよさそうである。

【実験 2】 おもりの重さを 10g, 20g, 30g と変えて、ふりこの 1 往復する時間を調べる。ただし、ふりこの長さ 25 cm, ふりこのふれはば 20° にする。

【コメント】 ふりこのおもりの重さを変える時に、おもり同士をつなげてはいけないと書かれている。なぜ、おもり同士をつなげてはいけないのか？ というのは、おもりの中心が変わることにより、ふりこ全体の長さが変わるためである。このとき、説明としておもりの中心と書かれている。正しくは「重心」である。外見上の中心と重さの中心は一般に異なる。例えば、袋に入れた物をみると、外見上の中心は袋の中央に見えるが、重心は袋に入っている物の中央になる。重心はその点で支えると前後左右バランスが取れるところである。見ただけではわからない。指でバランスをとって確かめるのが良い。

実際、ふりこのおもりを加える時には「同じところにかける」必要がある。これは教科書に書かれている。

今年に変なことに気付いた。1 個 (10g) ぶら下げ長さ 25 cm のふりこをつくった。この重心は重りの中心です。これを 3 個 (30g) 一列につなぎます。重心が 1 個分さがり、上から 2 番目のおもりの中心になります。ということはおもり 1 個分長くなったのだから短くすれば 25 cm にできます。これでいいのでしょうか。答えはダメです。論理的には重心までの長さは同じだからおもりを変えても良いと言えます。なぜいけないのでしょうか。こちらが論理的に言っても子どもたちはダメという子がほとんどでした。理由は長さを変えているから。そうです。たとえ、重心までの長さは同じにしても長さの調節をすると 2 つ条件を変えているからです。論理的に正しいといっても、実験条件を変えるのを 2 つ同時にしては実験の意味がありません。子どもたちが重心や論理的考えを

理解しているかどうかわかりませんが、実験条件を2つ以上変えてはならないということ
を正しく認識していました。

【実験3】 ふりこのふれはばを 20° , 40° , 60° に変えて、ふりこの1往復する時間を
調べる。ふりこの長さ 25 cm, ふりこのおもりの重さ 10g にする。

【コメント】 ふりこのふれはばは、角度という表現では不確かである。というのは、往
復する角度を指すのか、静止したおもりを引き上げる角度を意味するのか、不確かであ
る。ふれはばは角度で表わすが、おもりが往復する角度と明らかにされている。

ところが、NHK for School でふれはばを静止からの角度としている。これは誤りでは
なく、力学解析するときには角度を静止状態を基準に考え、+-のふれで解析するため
である。バネの場合も静止状態からの伸びであるから、考え方は論理的です。では教科
書のふれはばは間違っているのでしょうか。「はば」というからには行き来の角度です。
したがって、ふれはばはふりこの端から端への移動角度です。NHK for School の表し
方の2倍です。小学校では力学は出てきません。「はば」は出てきます。はばは教科書
に従う方がよいというのが結論です。

なお、ふれはばについて、2年前には 90° , 60° , 45° が用いられていたが、これは

物理的に疑問であります。すなわち、 90° では近似解である $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ が成立しな

い。これは角度が小さい時に $\sin\theta \approx \theta$ の近似をしているためです。もう少し厳密に
解を求めるには、級数展開した式を用います。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \times \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 a^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{3}{4}\right)^2 a^4 + \left(\frac{1}{2} \frac{3}{4} \frac{5}{6}\right)^2 a^6 + \dots \right\}$$

ただし、 $a = \sin \frac{\theta_0}{2}$, θ_0 はふれはばの $1/2$ である角度を示す。

つまり、1往復する時間はふれはばを大きくすると近似した値よりも大きくなることを
示しています。

因みに、ふれはば 20° では 0.2% , 40° では 0.8% , 60° では 1.7% であるが、 90° で
は 3.8% , 100° では 4.7% と周期が増える。もし、25 cm, 10g で 10 回測定するとして、
ふれはばが 20° の時には 10.0 秒であるが、 90° の時には 10.4 秒、 100° の時には 10.5
秒になる。実験において計測時間やふれはばの誤差を考慮すると、1往復する時間がふ
れはば 60° では 1.0 秒と得られ、 90° では 1.1 秒と得られることが多いと推測されます。

結局、90° から 60° へ改訂されたのは、ふりこの等時性がふれはばによって変わらないことを示すための実験条件最適化が考慮された結果であろうと推察されます。従って、以前どおり 90° の角度板を使う実験をするのは良くありません。つまり、子どもに有意な差を実験誤差という誤りを伝えることになるのですから。

【こんな配慮まである】 なぜ、長さが 25 cmの倍数になっているか？

こんなことを考えてみたことがありませんか。40, 70, 100 でもいいのに、と思えますね。ところが、25 cmの倍数がいいのです。これは、

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

の式に関係しています。Tは秒、 π は円周率、 l は長さm、 g は重力の加速度 9.81 m/秒²
 l を 25 cm=0.25m で計算すると、 $T=1.003$ と求まる。つまり、1.0 秒である。 l の平方根にTは比例するから、2 倍の 50 cmでは $\sqrt{2}=1.414$ となり、75 cmでは $\sqrt{3}=1.732$ となる。

子どもたちの測定結果もこれらの値に近い。では長さを 1m とすると、何秒か？ 誰か予言できる人はいますか？ 出鱈目に答えた子どもがいて、「2 秒」と言った。「えっ、正解」というと、皆、驚いていた。「計算上は 2.0 秒です。」 $\sqrt{\quad}$ の話をするのは早い、1m は 25 cmの 4 倍である。4 は 2×2 である。1 往復する時間は 2 ということになります、くらの話をしてみた。教科書の実験では、長さに対する配慮はこんなところにされているのです。今年は、実験が早く終わるグループがあったので、1m の長さの実験をしてもらった。3 回の測定結果からちょうど一往復の時間は 2.0 秒でした。そのグループの誇らしげな姿は各グループ内の協力が大切だと思ったようでした。

【困った有効数字】 実験で測定するといつも悩まされるのは有効数字です。数字として四捨五入はできるのですが、有効数字を考えるとどの数字を四捨五入するのが問題です。たとえば、ある子が測定して、9 秒、10 秒、9 秒となれば、平均 9.3 秒とするか、9 秒とするか、悩みます。通常のデジタルストップウォッチで計測できるのは最小秒が 0.01 秒です。測定では小数点第 2 位を四捨五入した数値を書くとしています。この実験では 9.4 秒、10.4 秒、9.4 秒というように求め、平均 9.73 といったん出してから、小数点第 2 位を四捨五入して 9.7 秒とします。これは 10 往復の平均ですから 1 往復の平均は 0.97 秒です。1 秒ではありません。つまり、測定には誤差を伴いますが、平均値は厳密に計算できます。実験で得られた数字にはその数字まで測定できるという意味があります。その数字を「有効数字」と言い、実験のデータとして使います。ところが、電卓で計算した数字は 8 桁や 10 桁など出てきます。それをすべて書くということは実験ではしません。先ず、測定した結果をそのまま書き、測定結果の最小桁をそろえます。測定のばら

つきが少ない場合、測定桁数が最小の場合に、それを有効数字とします。平均するときにはその桁数に四捨五入する。もし、平均 1 秒と書いた場合、1.4 秒だったのか 0.5 秒だったということが考えられます。すると、1 秒には 0.9 秒の誤差の幅があることになります。したがって、1 と 1.0 はちがいます。1.0 は 0.95 から 1.04 の測定値を四捨五入したものです。従って、有効数字が 2 桁なら 1.0 と書きましょう。なお、教科書には小数点第 2 位を四捨五入すると書かれています。これは意味があることです。小数点第 1 位までの数字が実験で求めた数字であることを示していて、実験上、意味がある数字です。

【まとめ】 教科書記載通り

ふりこの 1 往復する時間は、ふりこの長さによって変わり、おもりの重さやふれはばによっては変わりません。ふりこの長さが長いほど、ふりこの 1 往復する時間は長くなります。

これについて、初めにおもりがついたふりこの糸の長さを短くすると速くふりがふれるが、長くすると元のように長くなることを思い出してください。

ふりこのおもちゃ

教科書には、イルカのジャンプと玉乗りダンスが書かれている。イルカのジャンプは演示実験でふりこの長さと 1 往復の時間との関係で示したものと類似している。玉乗りダンスは子どもたちに人気があった。おもりに消しゴムを使った例があるが、粘土をセロテープで止める方が用途に合う。

二重ふりこ

教科書にはないが、ふりこのふしぎさを知る上では優れています。工作は簡単なので、材料と寸法を示します。

材料

1. 方眼画用紙 5×8 cm 1 枚
2. ストロー 牛乳のストロー 1 本
3. 竹串 16cm 以上 1 本
7 cm 以上 1 本
4. ゼムクリップ 3 コ
5. セロテープ

工作：

- 次の図に示すように、材料を切りそろえる。

- 腕に相当するところを **6.5cm** のストローの両端近くにぶら下げるようにはる。
- **6.5 cm**の竹串の一端を上で作った腕の部分をはる
- **3.5 cm**のストローを **6.5 cm**の竹串に通した後、竹串をもう一つの腕をはって全体をロの字にする。
- 人の形の肩に相当する部分を **3.5 cm**のストローに裏からセロテープで止める。
- 人の足に相当する部分に左右にゼムクリップを止める。

遊び方：

長い竹串をストローにさしこみ，ふり方をゆらして止めるようにすると，人がロの字を通りぬけることがある。運動は予想できない。

16 cm以上



6.5 cm



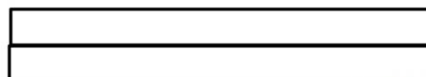
6.5 cm



3.5 cm

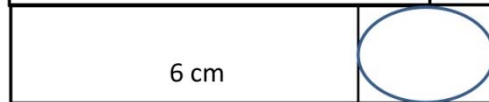


7 cm



1 cm

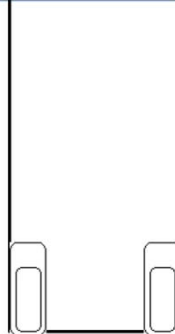
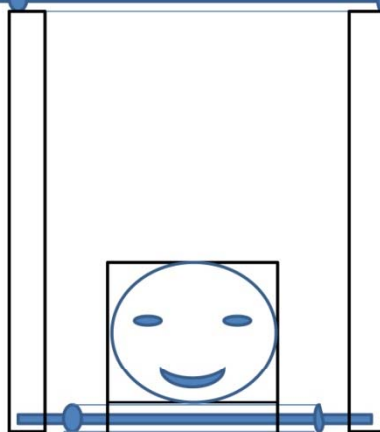
1 cm



6 cm

3 cm

8 cm



あとがき

5年生理科の授業に入って、今年度も面白いことを子どもたちは教えてくれた。

「何で生物にはメスとオスがあるのですか」「何で台風は西へいったり東へいったりするのですか」「何でヘチマにはめばなとおぼながあるのにアサガオにはないのですか」「何で食塩は水にとけやすいのにミョウバンは水にとけにくいのですか」「メダカの卵のときに、メスかオスカわかりますか」「塩水には電気が流れるなら、雷が海に落ちるとその近くの魚は死ぬのですか」などなど、質問が押し寄せた。どう答えるか、原理や道筋は分かるがどう説明して答えるか、とても、分からないことだが大変面白い質問というものもあった。

生物のメスとオスの意味については、大変勉強になった。ある生物物理の先生からサジェッションがあり、中村桂子さんの書かれたものを読んでみた。確かに遺伝子レベルで研究されていることまで教えてもらった。団まりなさんが生物の進化と階層性に関して性というのは生き残り戦略の移り変わりであると思えた。両先生とも大変面白い視点を有しておられる。まだまだ知らないことがあるでしょう。勉強していきます。

さて、常々思っていることを気儘に記しますと、塾教育では絶対教えない論理学を小学校のうちから理科で教えておく方が良いでしょう。国際社会に出た時、マーマーとか反論せず黙っていたり、とかでは通じません。アメリカ人の子供は小さい時からディベートに慣れています。そういう教育をやっているからです。相手を説得するには論理を使わざるを得ません。理科にはロジックがあります。つまり、理由をいう課題が多いのです。今年度も折に触れて、質問をして、理由を言ってもらいました。最初は何となくとかそう思うからという不確かなモノでしたが、経験や似たことを考えて言ってくださいというと、かなり反応が多くなった。ふりこのおもりをつなげて重心を合わす問題の解答が素晴らしかった。少しでも訓練すると論理というものはしっかりしていくだろうと思えます。そのためには、非論理発言をこちらで用意しておかねばなりません。この問題づくりも課題と関連すると難しい作業でした。

今年度も自然現象で大きなことが起こりました。新燃岳の爆発、スーパーセル、皆既月食など、話題がありました。子どもたちは報道機関の解説で知識があるようです。しかし、理科では理由が大切です。なぜ、火山は爆発するのか、という質問でもちょっとつまずきますが、答えが出てきます。地球の内部の温度は何度ぐらいか。太陽の表面温度が6000度です。火山の溶岩の温度は1300度ほどです。これだけの材料から推測してください。何か起これば、それを話題に考える理科というのも良いかな、と思っています。

これからも「考える理科」を求めていきたいですね。質問、質問……作っています。