

平成28年度 小学5年生理科報告書

STEM 教員

辻本 和雄

(主務校：明郷小学校，兼務校：岐阜小学校)

目次

はじめに	1
1. 天気の変化	7
1-1. 雲と天気	7
1-2. 天気の予想	12
2. 植物の発芽と成長	17
2-1. 種子が発芽する条件	17
2-2. 種子の発芽と養分	23
2-3. 植物が成長する条件	26
3. 魚のたんじょう	28
3-1. メダカを飼う	28
3-2. たまごの変化	30
3-3. 魚の食べ物	31
4. 花から実へ	35
4-1. 花のつくり	35
4-2. 花粉のはたらき	41
5. 台風と天気の変化	42
5-1. 台風の動きと天気の変化	42
5-2. わたしたちのくらしと災害	54
6. 流れる水のはたらき	57
6-1. 川と川原の石	57
6-2. 流れる水のはたらき	63
6-3. わたしたちのくらしと災害	69
7. 物のとけ方	70
7-1. 物が水にとけるとき	71
7-2. 物が水にとける量	75
7-3. 水にとけた物を取り出す	81
8. 人のたんじょう	89
8-1. 人の生命のたんじょう	89
9. 電流がうみ出す力	93
9-1. 電磁石の性質	95
9-2. 電磁石の強さ	96
9-3. 電磁石を利用した物	100
10. ふりこのきまり	103
10-1. ふりこの1往復する時間	103
あとがき	110

はじめに

「5年では、どんなふしぎに出会うのかな」という書き出しで始まる。「ふしぎだなあ」「どうしてこんなことが起こるのかなあ」と思うことは、日常、よくあることである。教科書では、「ふしぎ」と思うことから、理科を進めるように書かれている。確かに、これは重要なことである。しかし、「何をふしぎと思うのか」「どうして、なぜと思うのか」について掘り下げると、物を見る視点や感じ方が「ふしぎ」の元や発想に関係している。それは子供によって異なることがよくある。思いつかない視点で見ると、「ふしぎだ」と思えることや、繊細な感じ方から捉えると、「微妙なふしぎ」があることに気付く。つまり、これらは、感覚的な発見・発想である。これらの発想は教えてできるものではない。子供たちが自然に接して、自ら体得していくことから出てくる。教科書の「問題」に接して、これらの「ふしぎ」を反映することは難しいであろうが、上手く取り込むことができれば、理科教育には大変、意義が大きいと考えられる。

しかしながら、通常、「ふしぎ」は、予想外のこと、何かと比較して異常なこと、経験のないことなどが起こるときに出てくる。それでは、意外なことだけが「ふしぎ」なのだろうか？「ふしぎ」は、当たり前と思っていることでも起こることがある。この当たり前のことをよく考えてみると、思わない「ふしぎ」が出てくることもある。次のことは、実際、子供から問われたことである；「砂や木は水に溶けないのに、どうして食塩は水に溶けるのですか？」 さて、どのように答えようか、悩みました。

よく考えてみると、この答えは大変難しい。というのは、質問には**根源的な問題**を含んでいるためである。さらに、小学生に説明することは、もっと難しい。どこまでできるだろうか、やってみました。

食塩、砂、木はみんな小さな「つぶ」からできています。水も小さな「つぶ」です。同じ「つぶ」同士は仲がよいので一緒になります。似ている物が入って来ますと一緒になります。溶けるのです。似ているかどうかは「つぶ」と「つぶ」が手を取り合うことができるかどうかです。どの「つぶ」が水の「つぶ」と手を取り合うかは、「つぶ」が水の「つぶ」と形、大きさ、似た手の成り立ちに近いかどうかで決まります。砂や木の「つぶ」は水の「つぶ」と比べて手の成り立ちと大きさは違っています。ところが、食塩の「つぶ」は水の「つぶ」ほど、小さく、手の成り立ちも似ています。食塩は水に溶けると思われます。

ここまでが子供たちに説明できる私の限界です。この説明で子供たちが分ったとは思いい

ませんでした。手のつなぎ合いということが分かった子供がいました。よく考えてみると、大学の化学でも、溶ける、溶けないは、実験化学における大問題です。溶解度について詳しく出てきますが、この化合物はどのような溶媒に溶けるかという問題については、経験則による解答しかありません。すなわち、経験則の「似たものはお互いに混じり合う」に従って、試しの実験をするわけです。

ここで、考えてみました。教科書にある通り、子供たちに「ふしぎ」を強調することは、答がよくわかっている場合、有効でしょう。ところが、「ふしぎ」に対する答がよくわかっていないことに対しては、対処が難しい。まして、質問が根源的である場合には、どう答えるかと悩む。そんなときには、質問の基である「発想」を褒めるようにしている。もし、答に高度な知識を必要とする場合には、子供に分かるように「譬え」で説明することにした。説明困難なことや不確かなことは、「どんなことが考えられるか」を一緒に考えて行こうと話し、後ほど、調査・問い合わせて答えるようにした。これは多くの先生がなされていることと同じであるが、多少、大学での研究現場での経験が長いので、少し深いところで役に立てればと思っている。

「ふしぎ」の序章から始まる理科であるが、それぞれの単元において、「ふしぎ」はどのように反映されているのでしょうか。教科書を見てみると、「ふしぎ」で始まる書き出しや問題の発想が、表に出ていません。つまり、「ふしぎ」が宙に浮いているのです。そこで、各単元で、現れてこない「なぜ」をここで考えてみることにします。具体的に各単元の「ふしぎ」を考えてみると、

なぜ、天気は変化するのでしょうか？ なぜ、植物や魚（動物）は発芽したり、卵が孵化したりして、それぞれ成長するのでしょうか？ なぜ、台風は西北から反転して東北へ動くのでしょうか？ なぜ、流れる水は石を運ぶのでしょうか？ なぜ、食塩やミョウバンは水に溶けるのでしょうか？ なぜ、導線に電気が流れると磁石になるのでしょうか？ なぜ、振り子は長さを変えると往復の時間が変わるのでしょうか？

単元が始まる前に、これらの「なぜ？」に対して、理由のヒント、類似現象からの発想、何が分れば説明できるか、原理や不変則について、子供たちに考えさせた。もちろん、いつも正しく理由を答える者がいるとは期していない。しかし、偶には、考えて、関係あることを言う子供がいる。

例えば、天気が西から変わるの「西から風が吹いているから」と答えた子供がいた。大正解である。「地球が回っているから」「太陽が動くから」は近い答えである。結局、天気が変わるの雲が動くためである。雲が動くのは風が吹くからである。風が吹くのは地球が回っているからである。

つまり、原因と結果の結びつき、すなわち、そこには論理がある。この論理を教えるの

が理科の基本である、といつも確認しながら、授業を進めるようにしている。「ふしぎ」⇒「なぜ？」⇒理由⇒論理的説明の流れを、単元の最初に行って、概念的に理解させておくことは意味があると考え。これを基にして、問題提起を教科書にあるように導入する。

「問題」か「課題」か この取り扱いは苅谷先生が議論をされ、私も「問題」とするご意見に賛同します。「ふしぎ」の展開から題目が出てくる。すると、なぜという「問題」を提起するのであって、課題を提起する流れとはならない。一般的には、問題を解く、問題になる、それは問題だ、問題の人というような使い方をするので、「問題」という言葉は、問題提起とは結びつき難いかも知れない。しかし、「課題」のように「解決する事柄」を意味するほど収斂的でなく、「問題」には、これから発展・展開する性質をもっているような意味がある。子供たちが、問題を発見し、その問題を解決する。そして、その中にある原理・法則を応用する切っ掛けにする。即ち、「問題」という言葉には、子供たちが主語にあります。

教科書の進め方について

教科書は必要最低限のことが書かれている。従って省略することはできない。工夫することは、如何に、興味深くすること、分りやすくすること、論理的な流れを作ることである。それには、単元の始めと終わりに関連することを加える、実験によって得られた小さな発見を逃さない、結果の異常性や間違い実験の原因探求に手を抜かない、結果に対する考察を必ず行うことを加えて内容的な充実を図った。具体的には、教科書にある、単元（または節）ごとの進め方は、「ふしぎ」・問題、予想、実験計画、観察・実験、結果、考察、まとめに従うが、下記のように付加・補充や工夫をした。

「ふしぎ」から「問題」を発見する。その後、「問題」を表現するように導く。これが**問題提起**である。ところが、いきなり、問題提起で始まる授業のやり方が多い。つまり、「ふしぎ」から問題提起までのプロセスが省略されている。これでは**動機づけ**がない。やはり、「なぜ」で始まる理科にする必要がある。

さて、問題提起がなされた後は、どのような結果を「**予想**」するか、考えることになる。予想には、根拠が必要であるが、多くの子供は「何となく」とか「思いつきで」と答えることがある。このような答えは、ややもすればインスピレーションと勘違いされる風潮がある。明らかに問題に対する回避であるから、問題理解と間違ってもよいから自分の意見や答を導くようにする。因みに、考えやすくするために、二者択一にして、起こらないと考えられる方を否定するやり方や、類似のことや日常のことから類推するやり方、問題を単純化して考えやすいやり方がある。可能なら、これらの前に、簡単な実験を演示して、問

題と関係づけることも、予想ができるための切っ掛けになる。

例えば、ふりがなが長さによって周期が変わるという問題に、糸でぶら下げた重りを振って、指の間に糸を入れ短くすると速く振れることを見せる。長くすると元通りになる。この予備実験を見せるだけで「予想」を発表する数が増えた。勿論、理由は今見たことである。当たり前のことだが、予想を、よくあることから類推するのも一つのやり方であると気付かせる。即ち、経験から類推して結果を予想することは考える切っ掛けになる。

予想が出れば、次は、「**実験計画**」である。教科書に書かれている通り、実験するのではなく、実験系を決める因子をリストアップすることから始める。因子のリストアップには可能性のあるものをすべて採り上げるのであって、適当かどうか取捨選択するものではない。これは子供に先生が気に入ったものだけを採り上げていると思わせない為である。

例えば、植物の発芽には必要な条件は何だろうか？という「問題」に対して、子供たちが考えた答えは次の通りであった。水、適当な温度、空気、日光、肥料、土、種子（これは当たり前だが、必要であるので入れておく）が挙げられた。「種子」について、「必要ですが、題目を植物の発芽ではなく、植物の種子の発芽」に書き換えた。ここで、バーミキュライトは土ではなく、肥料も何もないものであると補足した。これを使って発芽を調べます。脱脂綿も使います。これらのことは暗に肥料と土が発芽条件にならないことを言った。こんなやり方が良いかどうか分からない。しかし、条件決定には、分散することだけ避けたいのが本音であった。ただ、日光を含めた4条件にしておいた。（詳しくは2の植物の発芽と成長）このようにして、条件の抜き出しができたことになる。

因子を抜き出せば、何を変えるか、他のものを同じにする。これは教科書に詳しく記されているので合わず。実験の計画には順序がある場合がある。これらを考慮して、できるだけフローチャートを書くようにしている。教科書には順序が書かれているがフローチャートは書かれていない。

実験をすれば、ネガティブであろうが結果は出てくる。忠実に結果を書くように指導する。ここで、**結果**を一覧して、（一つだけ）離れた結果はないか調べる。離れた結果は何らかの誤りがあることが多い。それだけを再測定させる。再測定して、離れた結果にならないなら、先の実験とどこが違ったか報告させる。その後、結果を集めることになる。それでも、離れた結果になることが偶にある。実験のやり方を詳細に点検する必要がある。これは通常、無視されることが多い。時間制限があるが、理科教育の姿勢に関わることなので、無視しなかった。実験において、同じ条件で同一結果を再現しないことは大問題である。原因を究明することは、長い目で見ると、意義があると考えられる。すなわち「理科は実験の再現性が大切である」を基本とする。

実験結果に対して、平均値をとることは、良いかどうか判断することになる。即ち、同一条件で実験が行われたかどうかである。同じ条件で測定するのが本来であるから、同一

条件でない班を含めた実験結果の平均値をとることは、厳密には、求めるべきことではない。しかし、「ふりこ」の実験のように、誤差は小さいので、平均値をとることは、むしろ、行われるべきである。子供たちに誰がやっても同じ結果になることを教える方がよいためである。

考察をどうするか、これを苦手とする子供が多い。なぜ苦手かという、どう考えて良いか分からないのである。結果から言えることが考察であるといっても、結果は結果であるのでそれ以上進めない。考察は、得られた結果の規則性や一般性をどのように捉えるかである。どんな「きまり」があるだろうか。少なくとも考察は「きまり」を調べることを行うようにした。さらに、見つけた「きまり」は他のことにも当てはめることができるだろうか。これが一般性・拡張性である。つまり、規則性（きまり）と応用性（つかう）の二つに分かれる。規則性は、一定の傾向について調べ、法則性を見出す。応用性は、その法則をまだ実験していないものに適用して法則が成り立つのではないかと想像する。理科（科学）は特殊性 → 一般性への論理的展開を側面に持つ。これに対して、なぜ、法則性が成り立つのかという原点に戻る考察もある。法則性の基にある原理は何か？という問になる。この問に小学生が答えるとは考え辛い。しかし、何でも聞いてくるのが小学生である。それに対して、教える方は少し準備しておく必要がある。実際にあったことだが、「どうして、振り子の長さが長くなると往復時間が長くなるのか」の質問が出た。ここでは、ふりこの等時性については、エネルギー保存則を理解しておく準備が必要である。ふりこの長さ l と周期 T の関係は近似的に $T=2\pi(l/g)^{1/2}$ を理解しておくのがよい。しかし、難しい式を使わずに、できるだけわかりやすい説明することを考える。周期（時間）は l の平方根に比例するが、長くなると時間もかかると捉える。すなわち、同じ振れの角度とすると長さが長いほど動く距離が長くなるので時間がかかる。これ以上厳密にすることはない。概念的に、法則が出てくるには、その根底にある原理があるはずである。こんな原理に触れることは教科書には表立って出てこない。しかし、内容的には使っている。例えば、物の形を変えても重さは変わらない。つまり、質量不変の原理（3年生）があり、これは分りやすい。他にもある。てこの原理で、力のベクトルつり合い（6年生）、「ふりこ」におけるエネルギー保存則（5年生）がある。

原理自体は単純明快であるが、一般化から原理を求めるのは大変難しい。逆に、最初に原理を言って、実験に取り組むということが考えられるが、これは、「きまり」ありき、で始まる理科となり、分っているのになんで実験するのか？と質問されるかもしれない。各単元の最初に原理をちらっと紹介し、関係することを演示実験で示すのは、物事を考える上で効果がある。

理科を教えるに当たって

小学生の多くが塾へ行く時代になっていることを授業中に気付くことがあった。どうも

教科書を憶えるやり方をしているらしい。例えば、こんな質問をしてみた；天気はなぜ変わるのですか？ その答えが、「西から東へ変わります」と出た。「なぜですか？」に対して「……」となった。ところが、授業を理解している子供は、天気の変化は雲の動きと同じであることを理解している。雲の動きは風によることも知っている。やはり、理科教育は「なぜ」を教えるのであって、すべてを憶えることではないと痛感した。

工夫したこと

授業を進める上で、各単元での流れは教科書通りであるが、イントロとエピローグに工夫を入れた。例えば、電子教科書の写真を使うだけでなく、東海地区を含む地域（岐阜を中心）にある、自然の写真や今の空の様子など、身近なものやアップデートのものをできるだけ取り入れるようにした。特に「理科のひろば」において、地域調査を踏まえて、PPTを作って授業で示す工夫をした。また、憶えておくように書かれているところは、もっと基本的に理解しておけば、理解し易いことを加える。さらに、実験や観察に工夫を加える。論理形式を繰り返し示し、正しい表現を身につけるような指導に努めた。

以上、実際に行った理科授業の詳細を単元に従って以下に示した。

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る。しかし、天気は雲だけでなく、湿度や光の量に関係している。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」を聞いた。

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、右は薄い）、木の葉の色（左は明るい、右は暗い）、建物の上の方（左は白い、右は黒く見える）。

【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るが、教科書では雲の量だけに注目されている。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る。

【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った。

【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する。晴れ→くもり→雨という順序がよく起こる。しかし、これは雲の量に関係していて、晴れの次はくもりというわけではない。晴れの後に晴れることもある。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ある。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る。

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る。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「雲の量の変化」と何らかの関係がありそうだと思う。

【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。」 ここで、関係がある事はすでに分っているから、どのような関係があるかを問題とした。

【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、雲の量と天気は関係がありそうである。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た。この元は雲の動きにある。

【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らない。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ある。

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ある。

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定めることができる；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ある。

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ある。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」である。

雲の量が9～10であって、雨が降っている時は雨のはずであるが、「くもり」とする。というのは天気の見分け方は、雲の量を定めるので、「晴れ」か「くもり」のいずれかであるから。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する。

予想 天気がこの後どのようなよう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する、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】

ほとんどの子供の予想通り、晴れだった。くもりと予想した子もいた。

【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	・朝ざりは日中晴れ
	・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	・カばしらがたつと雨
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 ・黒い雲が出ると雨	・雲があつくなるのは雨
け	・煙がまっすぐ立ち上がると晴れ、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
	・山ツバメが多くでれば雨	
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
- ・ 太陽がかさをかさぶる → 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。雲全体を見てい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）の利用が大切である。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ある。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る。これを雲画像、アメダスや各地の天気と比較していると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る。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るが、もっと理解し易いのは雲画像の変化、動画である。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、この動画の保存できないので、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を選ばなければならない。

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2016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。ずずしくなったり、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のか、あたたかい空気が強いの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る。

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。



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】

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。

【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のでしょうか。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た。

発芽の様子を調べて、記録する。このとき、水やり、観察日記(様子の絵、天候、気温)をつけるとよい。ただ、発芽は連続的に起こるといふ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。(実際は記録をとらなかつた)

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る。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る。

【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つた。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。
- ・ 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、明るいところで行つた実験と比べて、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。これは暗い条件では、くきが土中にあると認識し、空気中に出ようとして、くきがのびると考えられる。従つて、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つておくようにした。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かせたが、冷ぞう庫の庫内のスペースが小さいので、エの実験は2人で1つにした。後から気がついたが、冷ぞう庫の中では発芽しないので、全員実験する工夫ができた。
- ・ 日光が当たる場所が理科室内にはなかつた。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つた。

【結果に対する検討】

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。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？

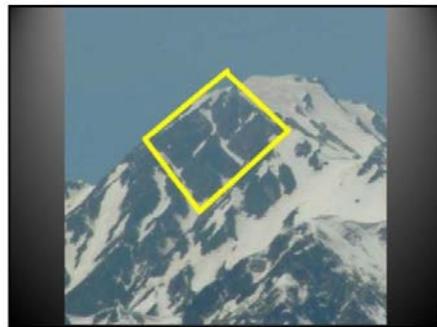
このように、発芽の「条件は何か」という問題を考えるには、「どんなところでも」発芽するのかを考える。そんな厳しい条件でも発芽するのだろうか、と考える。また、非常に高い(低い)、非常に多い(少ない)、非常に大きい(小さい)場合のようすを考えてみて下さい。自然というのはちょうど良いようす(状態)にあるのですね。理科は色々なようす(状態)を思いうかべる(想像する)ことがもっとも大切です。

さて、冬に世界一寒い所はロシアのオイミヤンコ村で、 -50°C 以下になります。ところが、夏は 30°C を越えます。さて、ここでインゲンマメは発芽するでしょうか？ 季節によって発芽することはできますね。成長するかどうかは気温と日光によります。

【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る。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で2000年以上昔のハスの実が泥炭層にあるのを中学生が見つかり、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37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る。

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2の水がなかったことが一番の原因と考察できます。

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こと、すべては発芽しません。

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】 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って、それを使って大きくなるのではないかと類推させる。

次に、一体どんな養分（栄養）があるのでしょうか？

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。

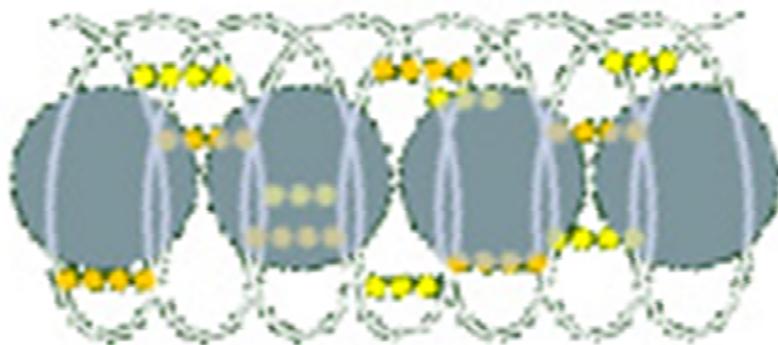
でんぷんにヨウ素液を加えると青むらさき色になると憶えていると、場合によっては黒くなることがあります。これはヨウ素の量が多い、すなわち、ヨウ素液がこくなり過ぎるためです。市販の試薬は 0.05 mol/L ですが、これでは濃度が高過ぎるので、8倍から16倍に希釈した新しいものを使います。では、濃度が高いものででんぷんとまぜて黒くなったものは別の使い道があります。スライドガラスに黒くなったものをぬり、カバーガラスを置いて、顕微鏡で観察します。すると、青むらさき色のでんぷんのつぶを見ることができます。うすい場合には観察が難しいでしょう。結局、黒くなった、ヨウ素とでんぷんでできたものを含めて、ヨウ素と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

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よれば、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】 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考えると、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とは分りますが、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、葉で、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？ 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ので、煩雑過ぎる。そこで、4つの条件での実験をする方がよい。

【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。このため、変える肥料の有無は2つずつ用意する方がよい。また、肥料に関しては時間がかかる。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るだろうか。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、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肥料を使う「植物工場」というものがあります。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るが、生物を学ぶためには基本的に大切なこととなります。このこと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。図書館で借りて読むのに適しています。

【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てみましょう。

・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。ここでは疑問だけをもっておいてください。また、多くの場合、生物の形ははたらきに関係しています。

【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、1/4~1/6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2~38℃です。活発に活動する温度は25~28℃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℃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。

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、反しゃ鏡、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、ゆっくり水をたらず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カ所にたらず。うまくとれた水たまり以外はろ紙などですいとりにきれいにしておく。

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)

40倍で見たケイソウです。
中央で大きく見るためには、
どうすればよいでしょうか？

ヒント

スライドガラスを
矢印の方向に移動して
中央にもってくる

けんび鏡：逆に見える理由

戻る

40倍で見たケイソウです。
中央で大きく見るためには、
どうすればよいでしょうか？

対物レンズを
×10、さらに大きくするため、
×40 にする。

何でしょうか？

倍率 40倍

答：ミジンコ

【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。見た目には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とも多かった。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。詳細はクラブ活動報告書を参照下さい。

【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きます。

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りに耐えられないで、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

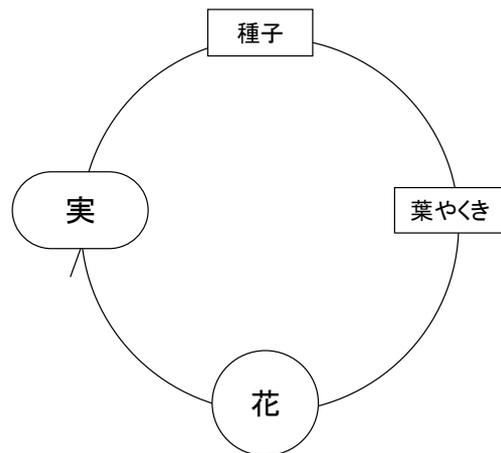
やさしい「日本の淡水プランクトン」、滋賀の理科教材研究委員会(編) 合同出版 KK,
ISBN978-4-7726-0438-3 ¥1800+TAX

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。

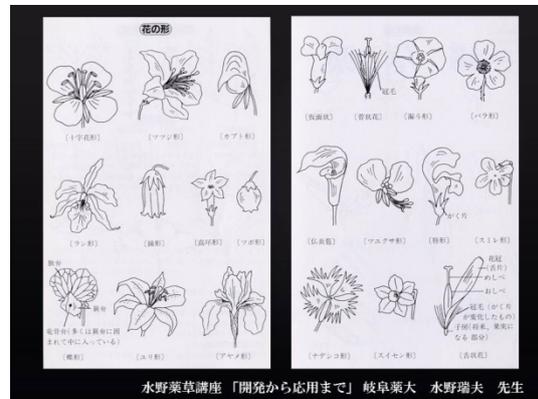
現在分っている種類のおおよその数は、動物：100万種類、植物：30万種類です。毎年新しい種類のものが発見されます。分かっている種類の数からまだ発見されていない種類の数を計算してみると、全生物の種類数は870万と推定されています。(C. Mora, et al, *PLoS Biology*, 9, e110027 (2011).) 分かっている種類の数の方がわかっている種類の数より多いのです。新種の動物や植物はこれからも発見されるでしょう。一方、ニホンオオカミのように、絶滅した動物や植物もあります。

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)





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」をよく見ましようね。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。

【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：

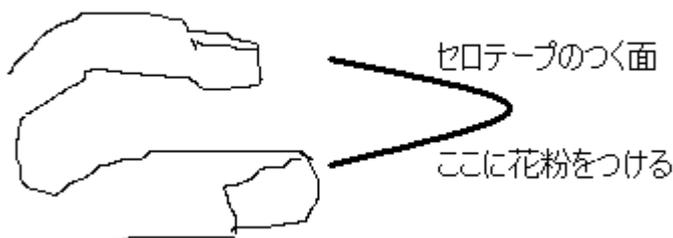
アサガオの花のつくりは花びら、がくはヘチマと同じですが一つの花の中にめしべとおしべがあります。めしべの先は球の形になっているが、おしべの先は一つすじのあるめしべより少し細長い形をしています。

【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、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つ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



ヘチマのおぼな



ヘチマの花粉 倍率 200 倍 (挿画はデジタル拡大)

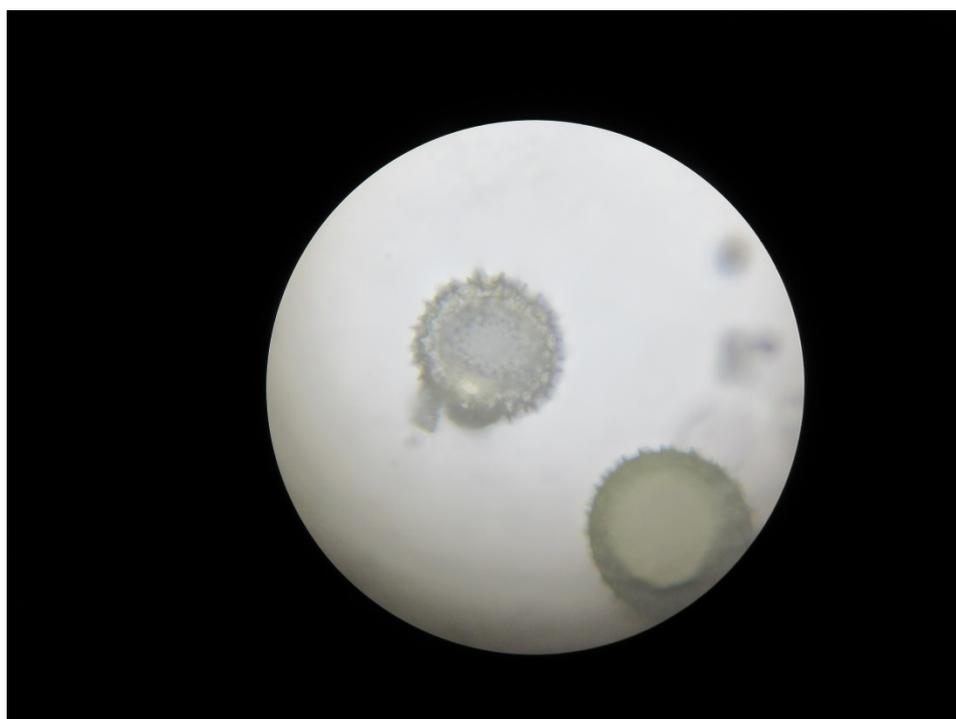
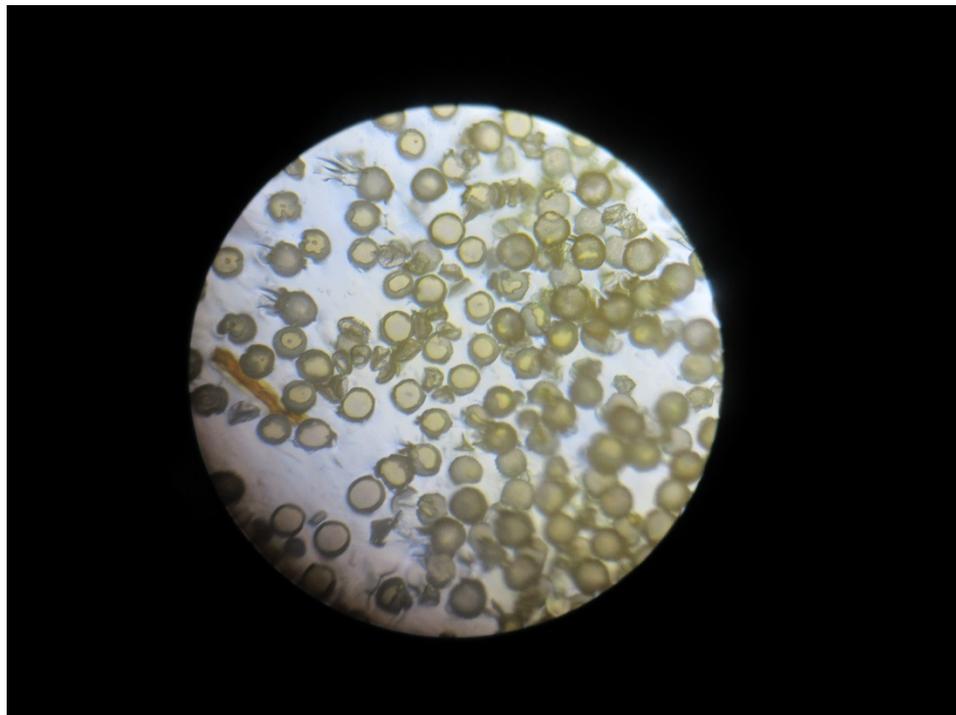
【デジカメ接写撮影】

けんび鏡の写真をデジカメでとるには、少し工夫がいる。使うデジカメにマクロ撮影機能があることが必須である。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、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】教科書の花粉けんぴ鏡写真について

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、けんぴ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。

【まとめ】

花には、ヘチマのように、めばなとおぼながあって、めばなにめしべ、おぼ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。



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。

台風はあついに南の海で発生する。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，

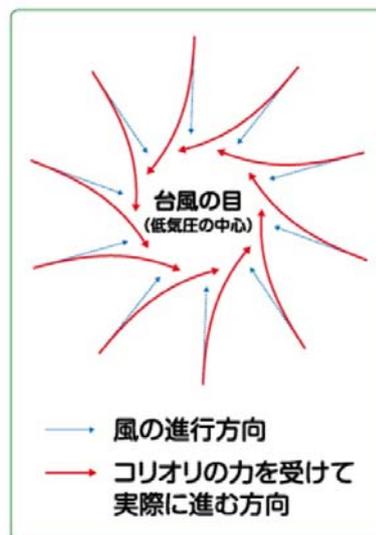


あたためられた空気の中にある水じょう気は冷やされると湯気になる。湯気の正体は水でしたね。湯気は目に見えました。雲も目で見えます。つまり、台風の雲の正体はあたためられた海の水なのです。それでは、台風の風はどのようにできるのでしょうか。やかんの湯がふつとうすると口から上の方へ出てきます。熱せられた海の水は水じょう気となってどんどん上の方へ上がっていきます。このとき下から上へ風が起こります。そうすると、少なくなった下の水じょう気はまわりのあたためられた水じょう気を集めてきて、また上の方へ運びます。これが台風の風の元です。4年生の時に水をあたためると熱くなった水は上へ行く。そのときあたためているまわり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

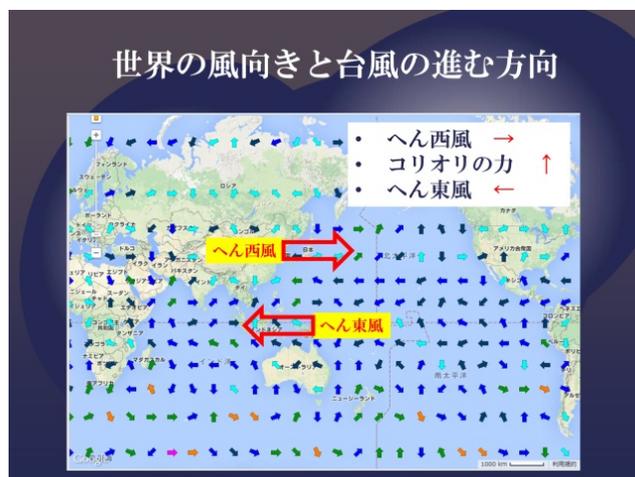
台風のうずまきは反時計回りである。どの台風も回り方は同じです。赤道より北にある台風の風は「コリオリ」の力を進む方向の左から受けて右へと曲がります。台風の中心へ吹き込む風はすべて右へそれますから、台風の目のまわりを左回りに吹きこむようになります。つまり、反時計回りに風が吹くのです。

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。



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

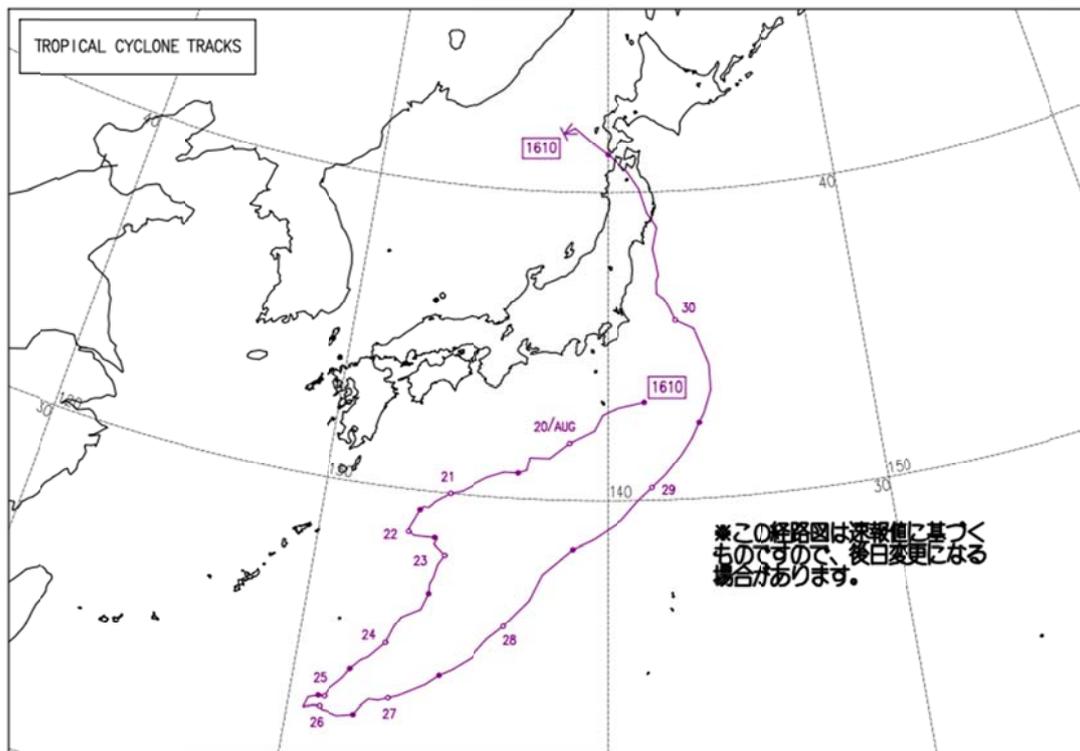
データの抜き出し：

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。

例えば、2016年の台風の中で台風10号は以前になかった珍しい動きをした。



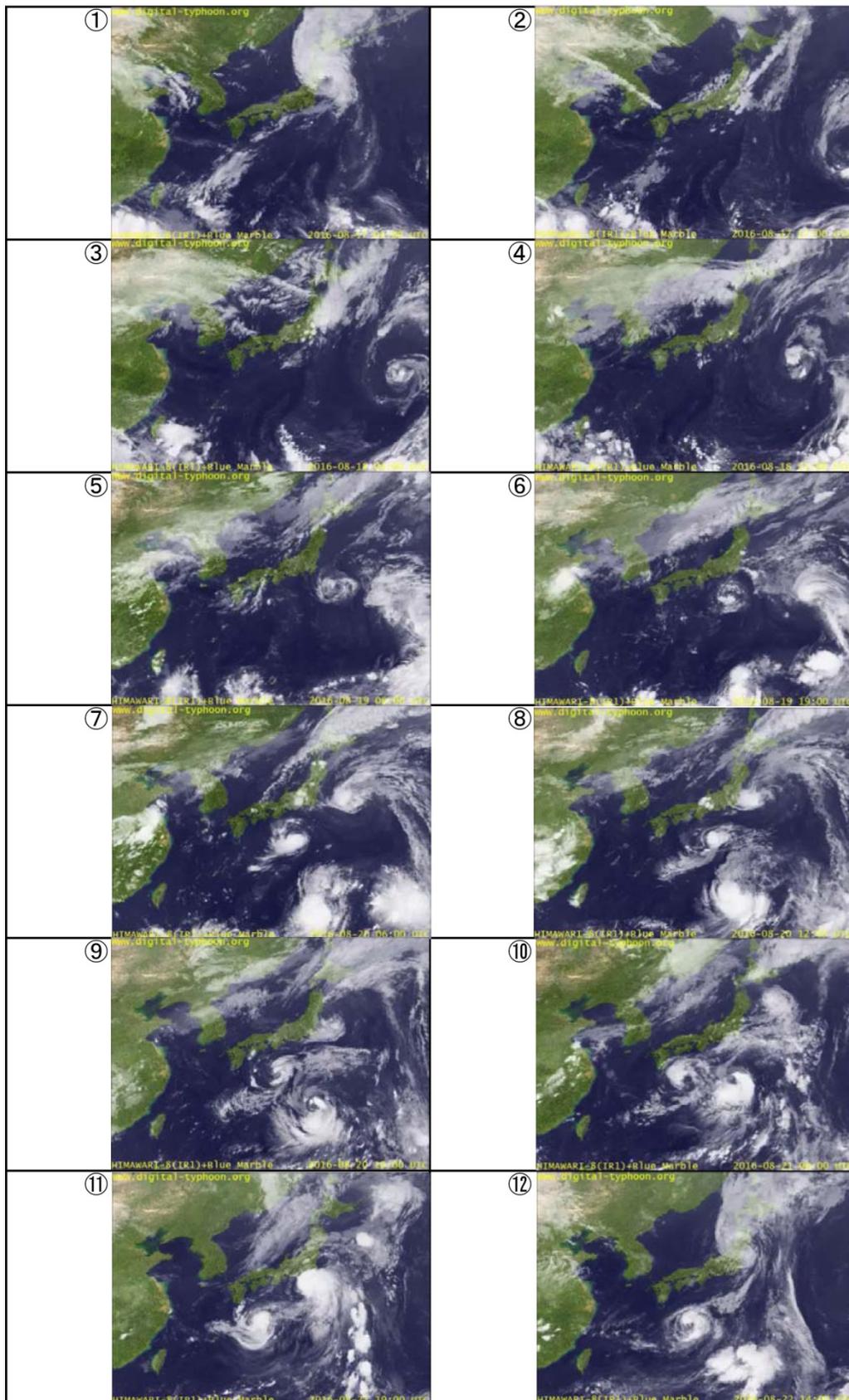
通常、台風は赤道近くで発生するが、この台風 10 号は北緯 33 度付近で発生し南西へ移動して北緯 25 度付近で勢力を増した。また、北東の方向へ動き、北北西へ転校して東北地方を横断して日本海へ貫けた。観測史上なかった台風なので記録されるものである。

この動きを「パラパラ画」にしてみる。

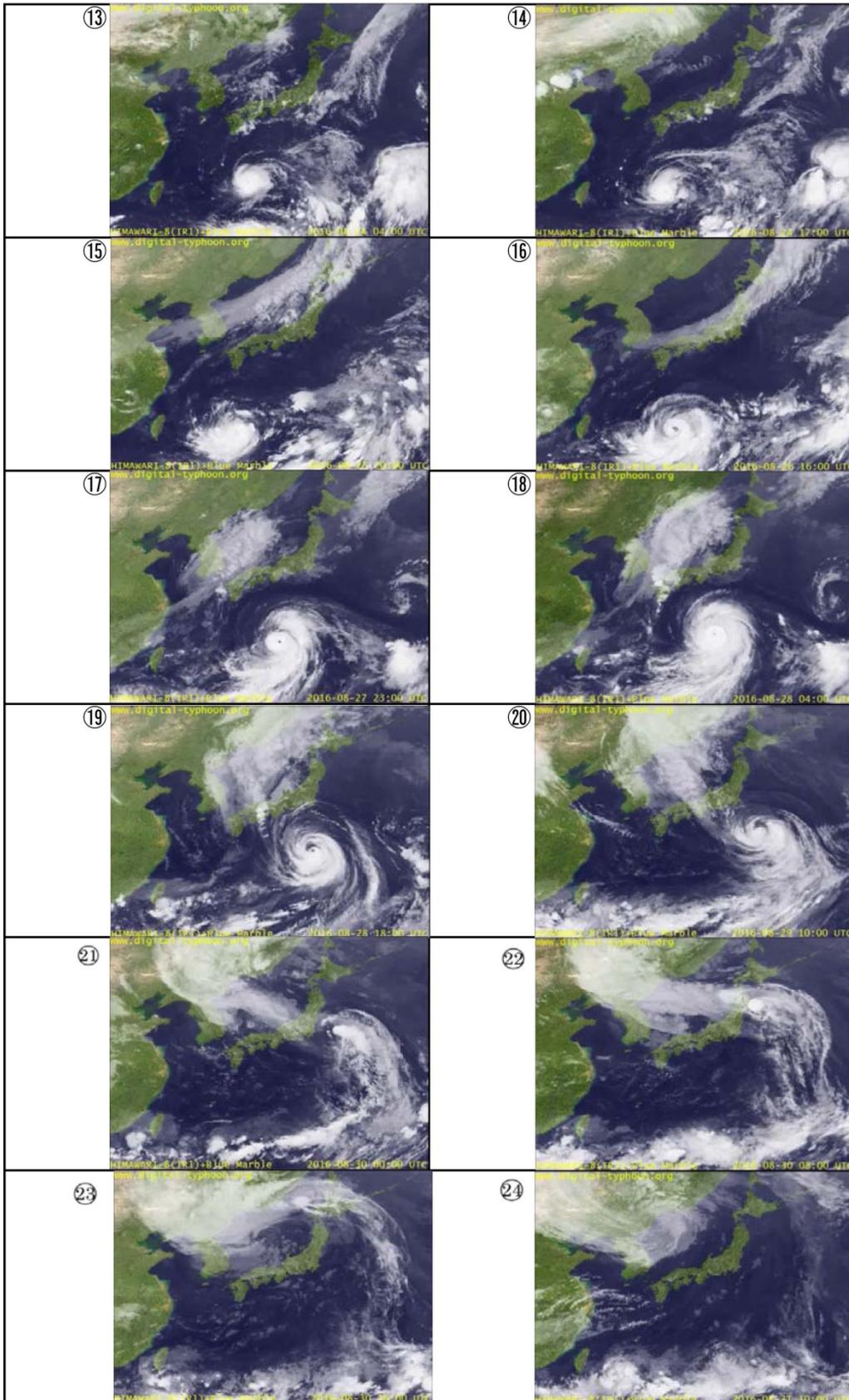
なお、移動の仕方や作成方法について、詳しくは下のアドレスに掲載しておいた。これらは後まで使用できるファイルと考えられる。

<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】

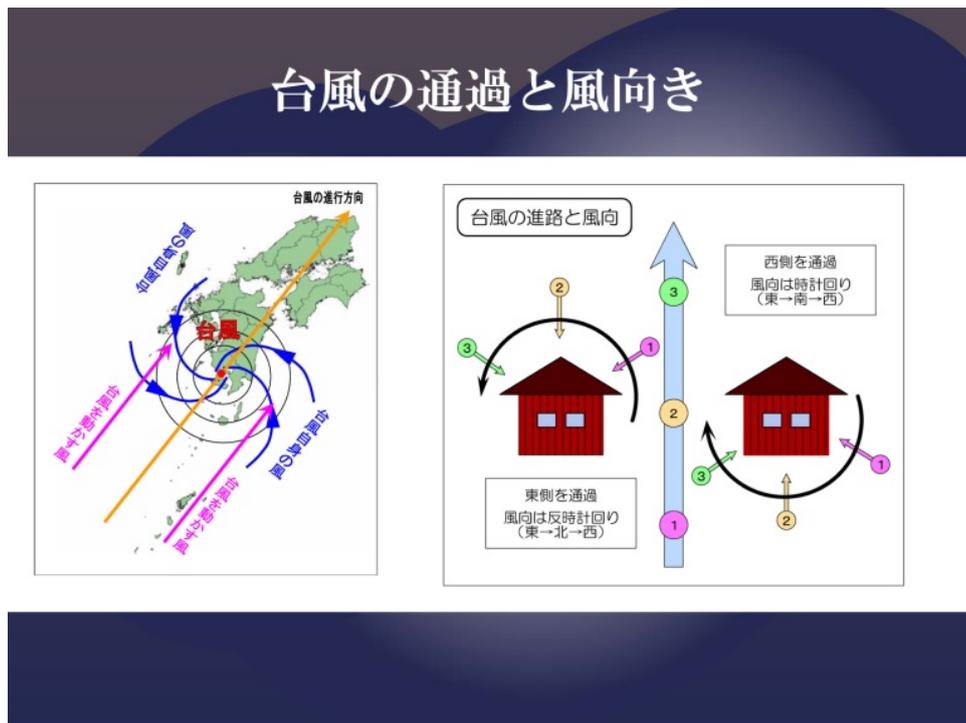
- 台風は、日本の南の方で発生し、その多くは、初めは西の方へ動き、やがて北や東の方へうごきます。
- 台風が近づくと、強い風がふいたり、短い時間に大雨がふったりするなど、天気のように大きく変わることがあります。

【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。

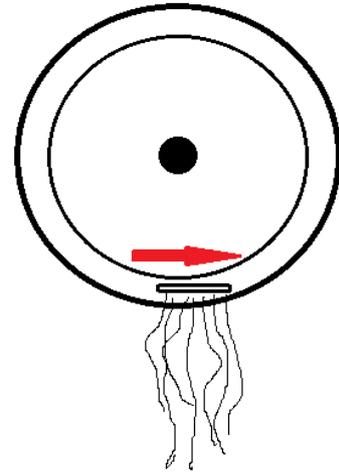
【理科のひろば】 台風のしくみ

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。西側は吹き込む方角と進む方向が反対になるので弱まるからです。



【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. わたしたちの暮らしと災害

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。川の流れる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）の違いを発表する。

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どところが見られる。

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。

岐阜市を流れる長良川にかかる橋には、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は土手・土手間の長さである橋の長さのちがいがあからです。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 と計算できる。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 ぐらいのものが多い。

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。



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



川はばも広がる



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。

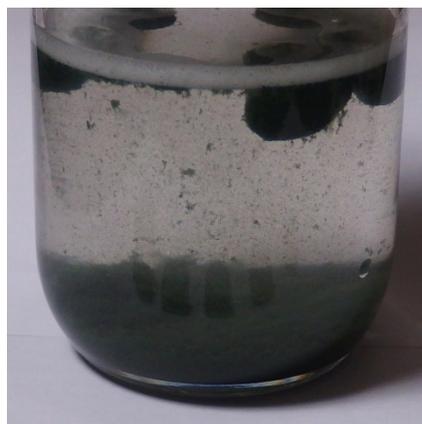
*²⁾ 保存ビン450 mLも100円ショップで売られている。品質：ソーダガラス、フタ本体はポリプロピレン、内パッキングはソフトロン。なお、金属フタの場合、内側がこすれてさびることがあるので、プラスチック製フタの方が良い。

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ぶつかりあって，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) を使いました。

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拡げる）水の量の変化を分かりやすくできた。

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・運ぱん・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。

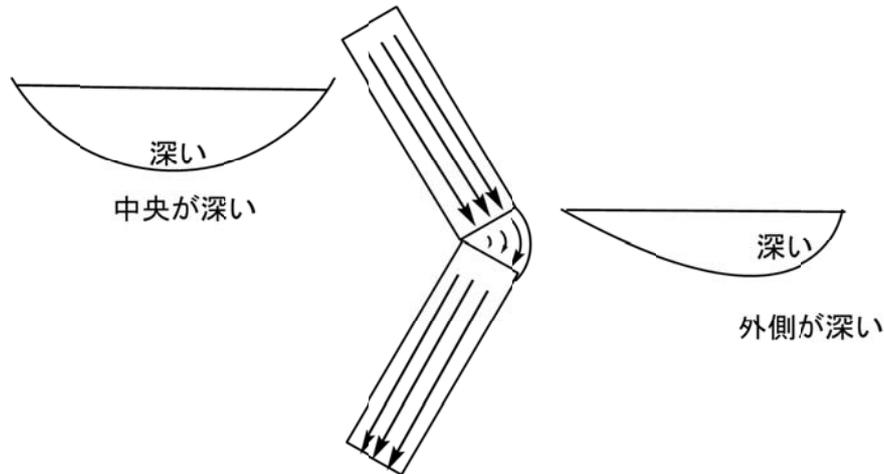
しん食のようす



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

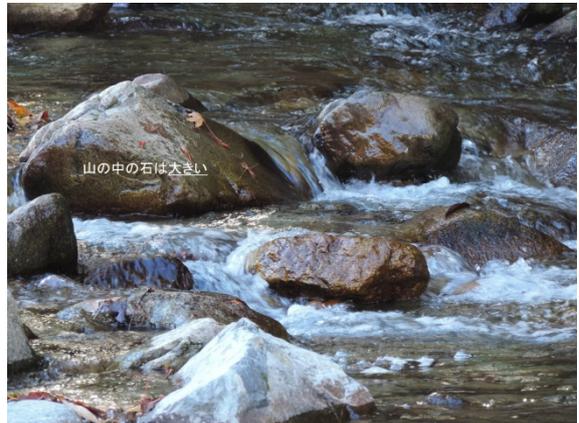
- ・ 水の量が多くなると，川の流れが速くなり，しん食や運ばんが起りやすい
- ・ 大雨により，しん食・運ばん・たい積がおこると，土地のようすが大きく変わる。

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です。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。

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荷をもっているものです。プラスとマイナスが近づくと中和されて H_2O になってしまう。つまり、電荷がある時とない時とが水にはあり、ほとんど、ない時の方が多い。しかし、プラスやマイナスをもつ「つぶ」が近寄ってくると、水は、 OH^- と H^+ 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)や酢酸(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(分子構造)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。粉砂糖は氷砂糖よりも表面積が大きい。同じ重さのものでくた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なります。このために、食塩やミョウバンは小さなつぶになったものを使う。では、表面積を理解しやすくするために、正方形を縦に二等分して周辺の長さをみると4→6に増える。さらに、横に二等分して周辺の長さをみると6→8になる。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る。

【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くる。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、「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る。

- ・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】

食塩の小さなつぶが水中の上の方にあると、とける。食塩がとけた水は食塩の濃度が高くなる。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 なぜ、シュリーレン現象が溶ける食塩の上に見えるのか？

【観察実験】

1. 300mL のメスシリンダーに水を口近く 2 cm 下まで満たす。
2. 小さな食塩つぶ 1 個を落としてシュリーレン現象をみる。
3. この時に、つぶが下へ落ちるときの軌跡を記憶してノートに絵を書く。
一度で、観察することが難しいので、見るところを 1 つ決めて観察する。

【実験上の注意点】 食塩のつぶが速く落ちるので、繰り返して観測すると良い。なお、一度に 2 個以上のつぶを加えると、かえって見づらい。また、メスシリンダーの底に食塩がたまり、濃度が高くなって、ととけにくくなる。この場合、洗って新しい水に入れかえる方がよい。

【観察結果例】

食塩のつぶが先頭になった。先頭の角は丸くなっていた。つぶのまわりは雨だれのようすこしふくらんでいた。つぶが通ったところにすじが見えた。

◎ 見えたすじの長さを示すため、メスシリンダーの目もりを書いたり、定規ではかっていた子もいた。◎

【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。

【つぶが落ちて底までにとける実験】

なお、1.2m ほどのガラス管や透明プラスチック管を使う演示実験もあるが、管径が 10 cm ϕ ほど必要になり（管径 0.8 cm ϕ を使ってみたが、途中でガラス壁にひっかかったのであろうか、下の方まで落ちるものを見ることができたのは数少なかった）、器材を求めたり底の詰める粘土の工夫などの準備が難しい。また、1 回数人ほどしか見えない上、くりかえすと時間がかかるという難点があった。

色々な物をとかす 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，レーザーを取り出して，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。

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。

・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る。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。濃さがちがうが物はなくなっていないと推定できます。つまり，「形が変わっているだけ」と思われます。

【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 人が中央にまとまっています。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，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】 この書き方では疑問が出てきます。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たが，電子天秤を使ってもよいと書かれている。ところが，電子天秤は高価である。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る。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。秤量の実験は 3 年生でも出てくるので，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知っておかないと，とけ残りが出てくる。10℃で 4g 程度なので，1g/100mL の水，を目安とできる。なお，少量（0.1g ほど）のとけ残りが出たときでも，見たところ減ったミョウバンの量に比べて残っているものが少ないというのも意義深い。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。

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2.5cc (mL) 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いががあります。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。6×2=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】

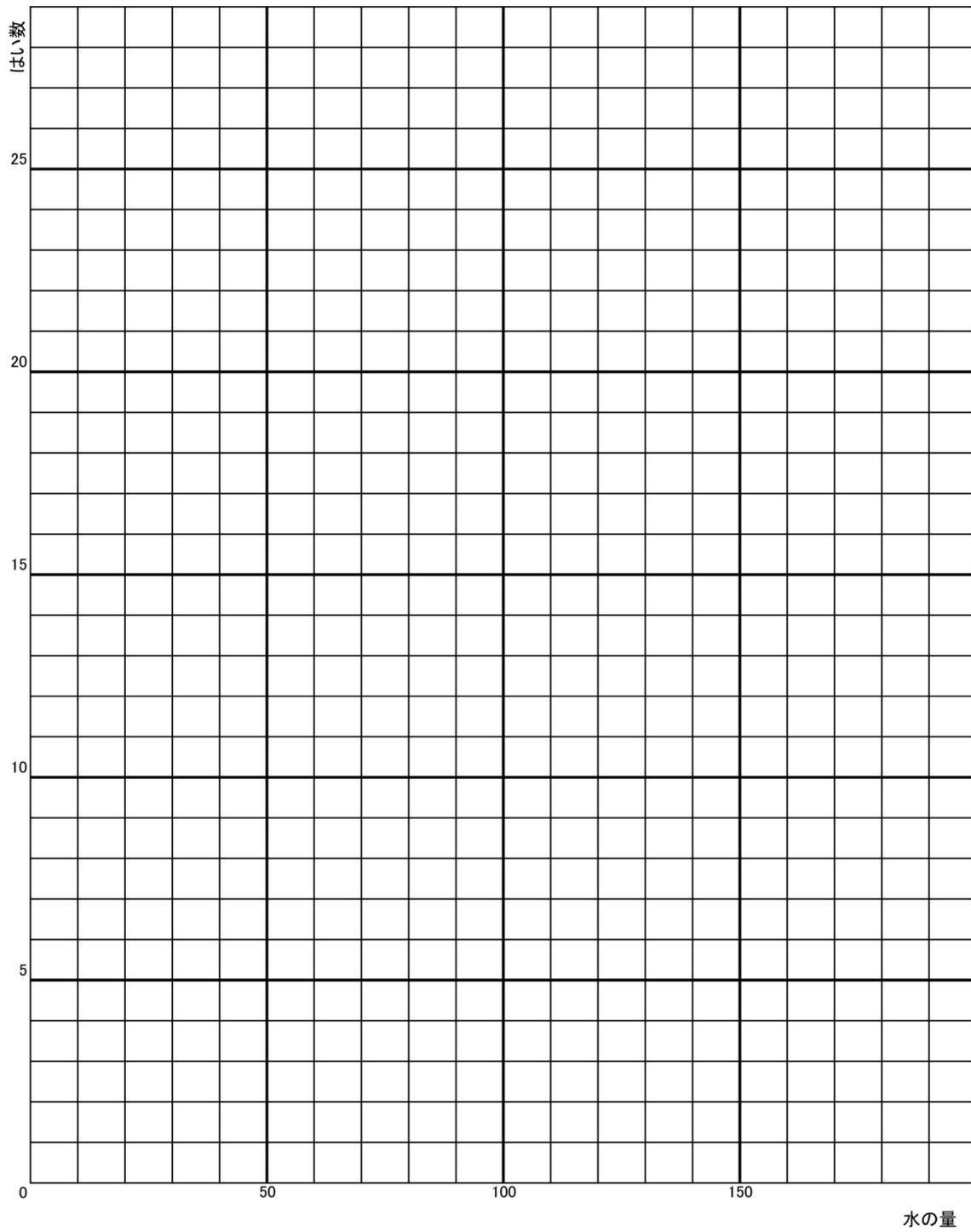
1. メスシリンダーで、100mLと150mLの水をはかりとり、それぞれを200mLビーカーと300mLのビーカーにそれぞれ入れる。
2. 食塩を計量スプーンで、すり切り1ばいずつ水に入れてとかし、何ばいまでとけるか調べて、記録する。

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、50 mL 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。150 mL 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 50 mL に決めておく。まぜ方は 50 mL で行なったやり方をする。温度だけを変える。温度は 50 mL で行った実験の温度よりも高いことにする。たとえば、40°C、60°C 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。

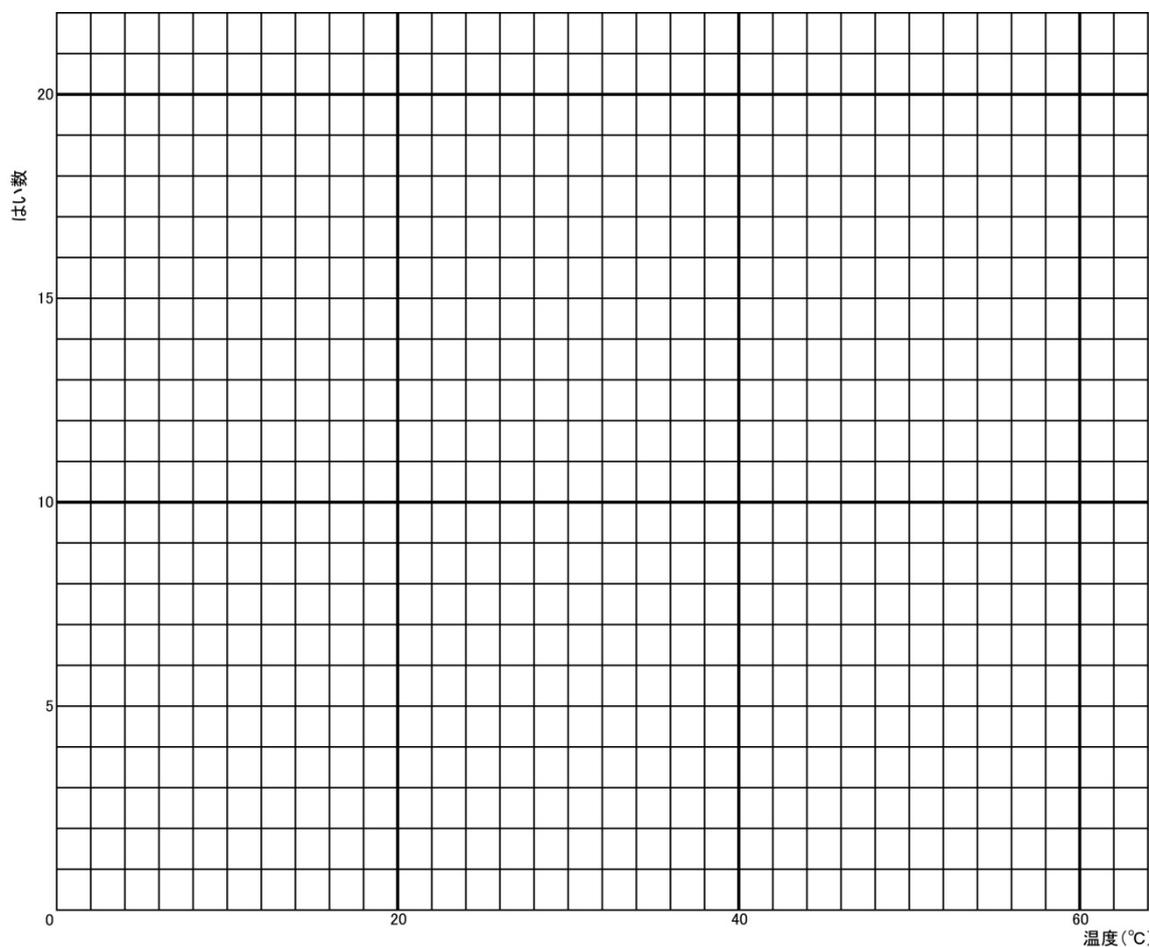
食塩

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。
 ミヨ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くなるようになります。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（ようかいどきょくせん）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℃で 50mL の水に 30g とけますが、20℃では 5g とけます。すると、60℃でとけるだけとかしたミョウバンの水よう液を 20℃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】

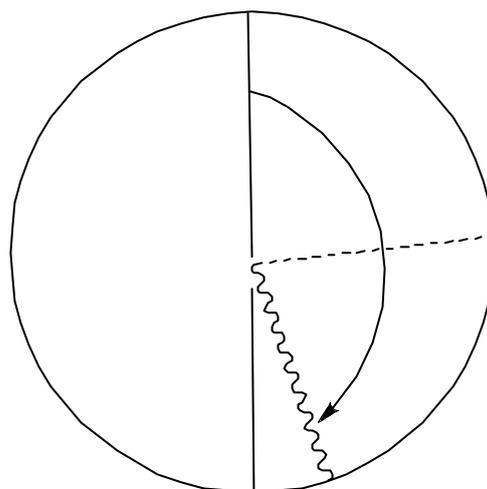
あたたかい食塩やミョウバンの水よう液をろ過するには、ロート（ろうと）、ロート台、ろ紙が必要である。その他に、ろ過した液を受けるビーカー、ガラス棒、洗浄（せんじょう）ビン、氷の入った発泡スチロールの入れ物が必要である。教科書の実験のようすをみて、実験準備を練習しておく。与えられた物を使い、言われたように実験をするだけが実験ではない。これをするには何が必要かを考える、想像することが、もう一つの理科の学習である。

【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あ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取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取り出した。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、とけている物を取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、とけている物を取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。
- 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、八角形の子ぶが見えた。

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）



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）



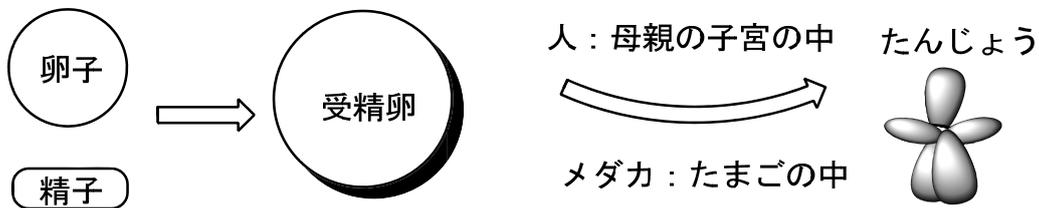
8. 人のたんじょう

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（卵というが、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ててから、うまれてきます。



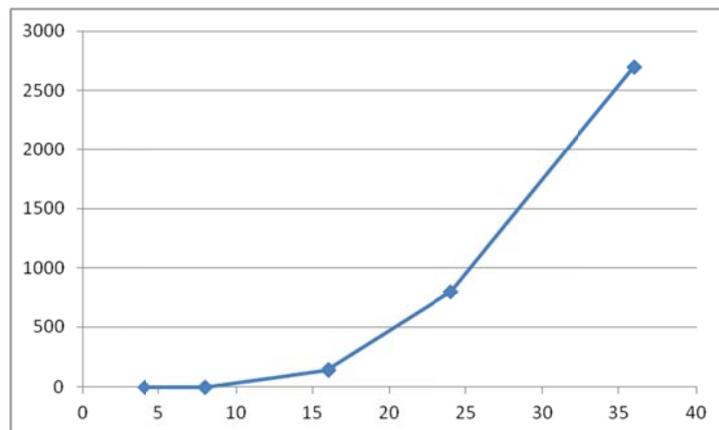
【問題】 人の子どもは、母親の子宮の中で、どのように育て、うまれてくるの
 だろうか。

【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	16週	24週	36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

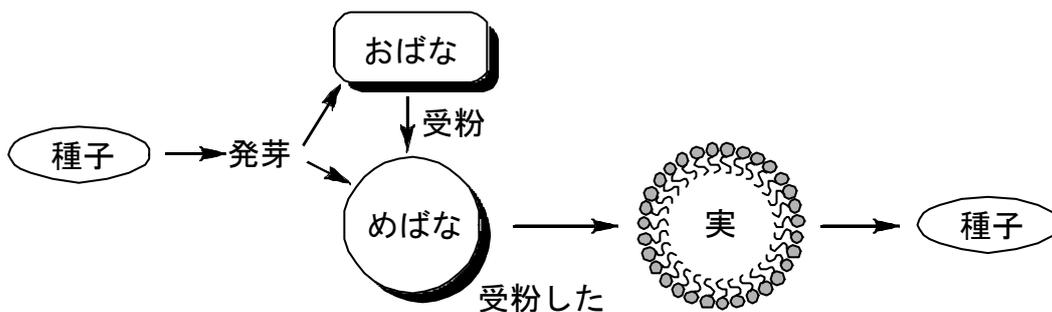
各名称とはたらきについて，憶えることになる。子どもは口から養分をとっているわけではなく，へそのおを通して養分を得ている。では，いらなくなったものはどうなるか。これもへそのおを通して運び出している。母体内の子どもにとってへそのおは，生きるためのパイプになります。養分は母親からもらい，いらなくなったものは母親へ返す。その交換するところがたいばんです。羊水は子どもが外から受けるの力をやわらげるはたらきをしている。

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。

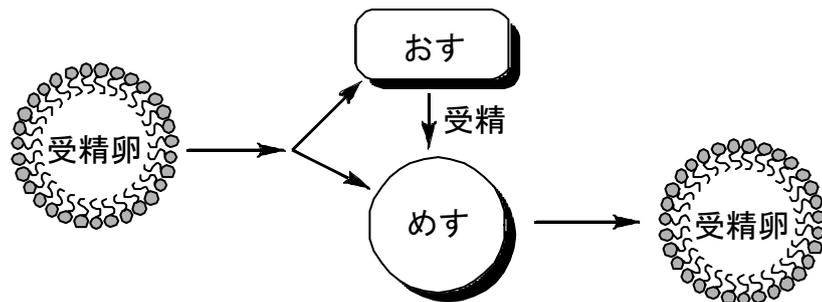
生命のつながり

ヘチマについて，

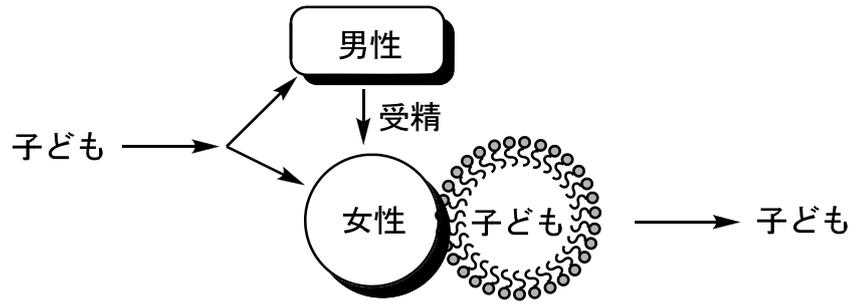


種子が種子をつくるのだが，必ず受粉しためばなだけが実をつくり，種子をつくりだす。

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。

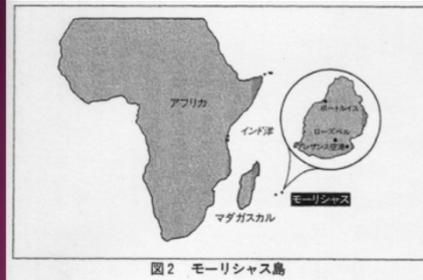
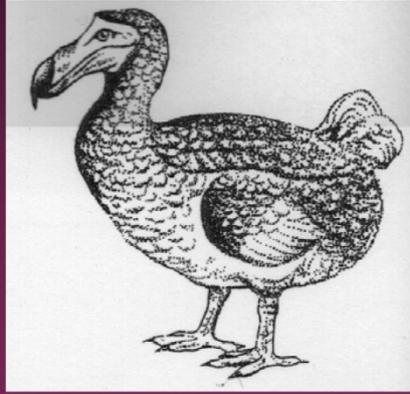
ヘチマ	めばな	めしべ	受粉	めしべの成長	根や葉から養分を吸収
	おばな	おしべ			
メダカ	めす	卵子	受精	受精卵の成長	卵の中の養分を得る
	おす	精子			
ヒト	母親	卵子	受精	子宮内で子どもの成長	母親からへそのおを通して養分を得る
	父親	精子			

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ド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。

モーリシャ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ャ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ドー鳥にとってイヌは外敵になります。結局、ドード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。これはドードー鳥と関係するという報告がなされました。ドード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、ドード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

アカテツの実



鳥の糞（消化されない実）

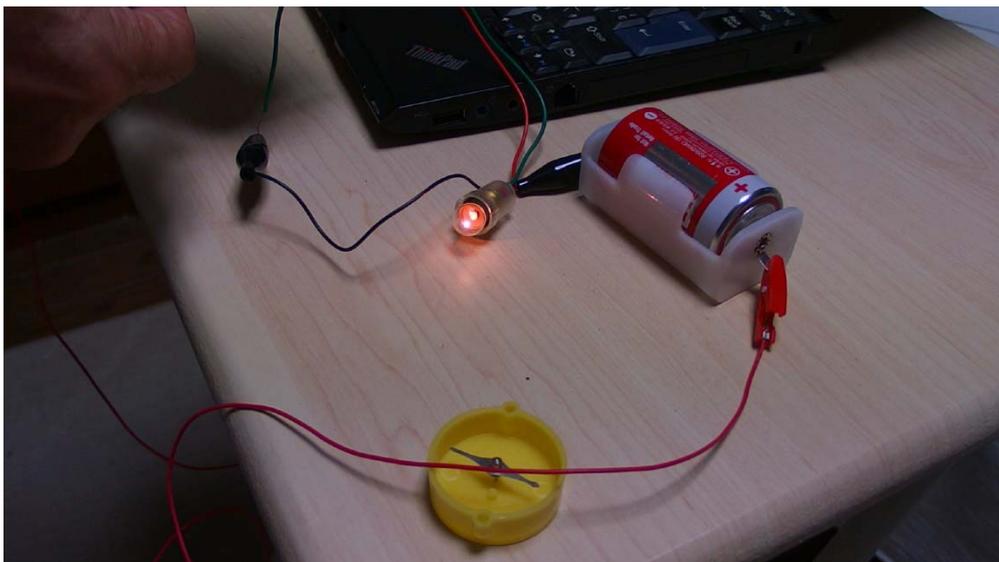
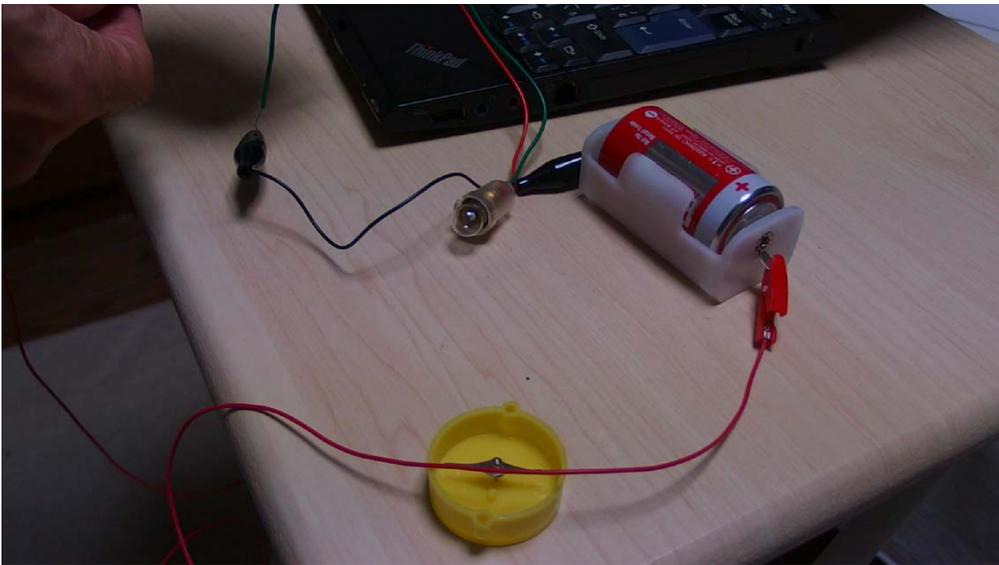
アカテツ科の樹木

400年

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。

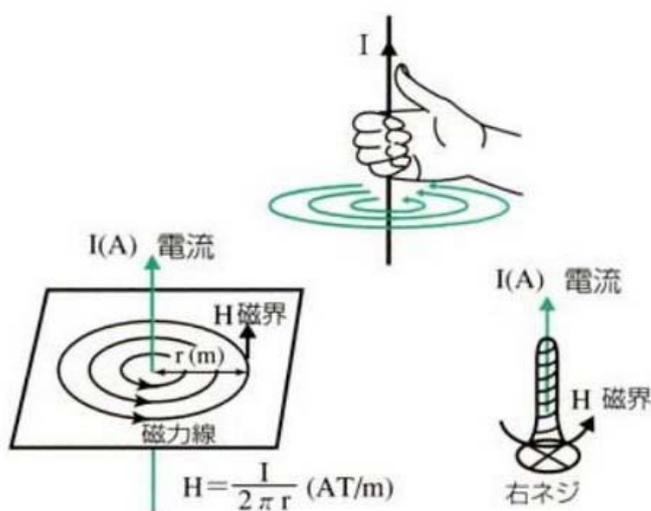
この現象を動画で示したがスイッチ OFF（上図）と ON（下図）の時に方位磁針が振れる様子を示します。（このセットは簡単ですが、導線を太くする方が振れは大きくなり分りやすい。中間に豆球を使わずに電気を流すと発熱するので、注意が必要です）



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ます。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拡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

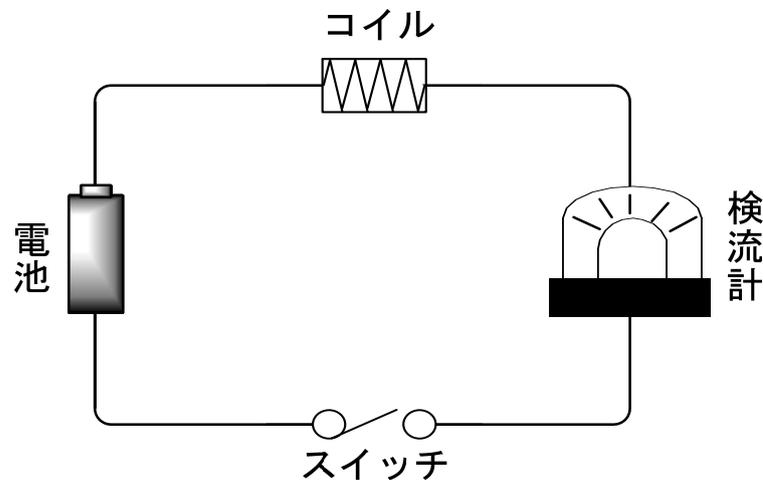
電磁石には，どんな性質があるのだろうか。

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. 回路を確認した後，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ある。回路ができていないかどうかを調べる。このためには一筆書きになるかどうか指で辿ってみる。

回路はできているが、電流が流れないことがある。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、

ことが考えられる。多くは、エナメル線剥離不良による、①の接点不良であるが、偶に、②の検流計のケーブルが接点不良か断線していることがあった。

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る。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る。断線部の被覆をはがしてハンダ付けすればよいが、修理部分を再度被覆しておく。ビニールテープは剥がれることがある。絶縁被覆圧着端子を用いると比較的作業し易い。(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ある。

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る。しかし、少し離すと正常に働き、電流を流すと一方向にN極を示すようになる。

キットの中にある**方位磁針**について、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ある。こんなことは稀であるが、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る。

【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「方法」を考えることと受け取られるが、電流の強さを増すことと流れを重ね合わせることによって電磁石の磁力が増す、ということを示している解釈すべきである。磁力は示強性と思われるが、ここでは示量性（相加性）である。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。

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。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。電流の強さによって電磁石の強さが変わ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。ところが、導線のまき数を変えることが考えられます。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のでしょうか。1層まきと重ねまきでは違うのでしょうか。答は下記の報告にあります。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。つめてまいた物の方が強い。しかし、疎密は数値的に比例して磁界に影響するものではない。定性的に解釈できる。すなわち、導線と導線の間が疎になると、導線間のスペースができ、そこで、磁束密度が減少すると考えられる。
- ・ 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る。当然のことだが、まき数を多くすると、まき幅が大きくなる。従って、磁界は強くなると推測される。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ない。たとえば30回まきより50回まきの方が大きくなるが、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る。(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。結果として、コイルの層数が増えると中心磁場の強さは6層位まで比例して強くなる。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る。100回まきのコイルをつくる時、偶にあることだが、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る。これは上記の原因と考えられる。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る。
- ・ 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、強い磁場が得られる。鉄しんの径は磁場の強さに影響がある。2~10 mmの鉄芯を使った例でいうと、径が大き

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ると、鉄しんの中心付近は少し弱くなる。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ある。

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，くつ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，ヤケドすることも考えられます。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ると，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-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。これはフルレンジで 5A であることを示しています。目盛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は，この電流計の接続のところを念入りに行ってください。特に，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。

クリップの数について

磁場のつよさを調べるため、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、クリップが足りないようになり、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。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

1. 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。
2. 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。

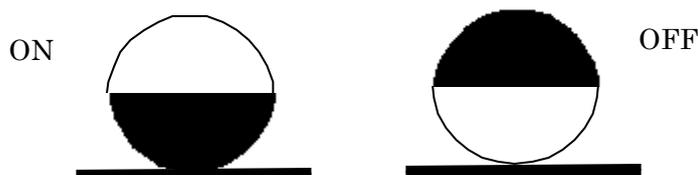
観測したこと

導線のまき数と電流の強さとは関係あるのか？ 観測結果は電流値が変わらなかった。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。

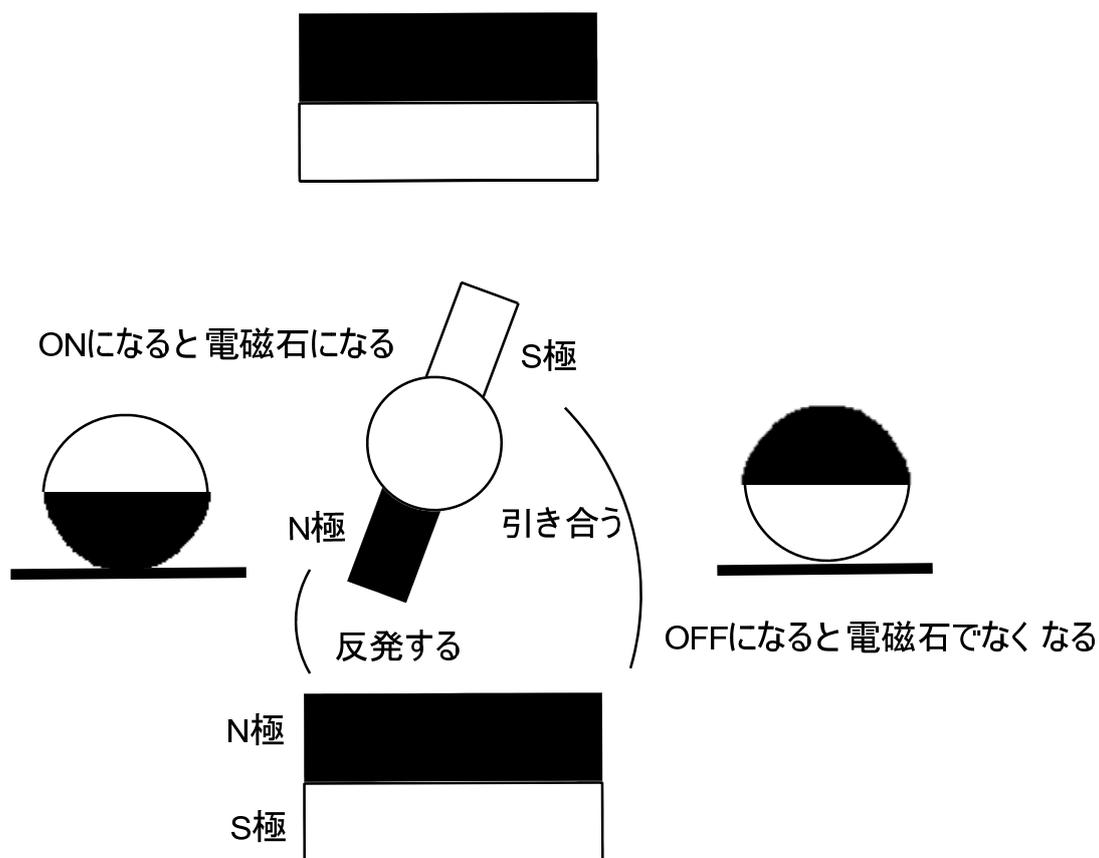
このことは、【説明しよう】にも関係する。導線をつぎたすと、抵抗値が変わり、電流値が少し小さくなる。これは、条件は一つだけ変え、他は同じ条件で実験することを守っていないので正しくない。そこで、どうすればよかったのか。同じ条件にするには、100回まきの方にも導線をつぎ足すことが考えられる。従って、300回まきにするためつぎ足したのと同じ長さの導線を、100回まきのコイルにつぎ足すだけで、同じ条件にすることができる。

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、その点で電流のON/OFFをコントロールできる。



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。



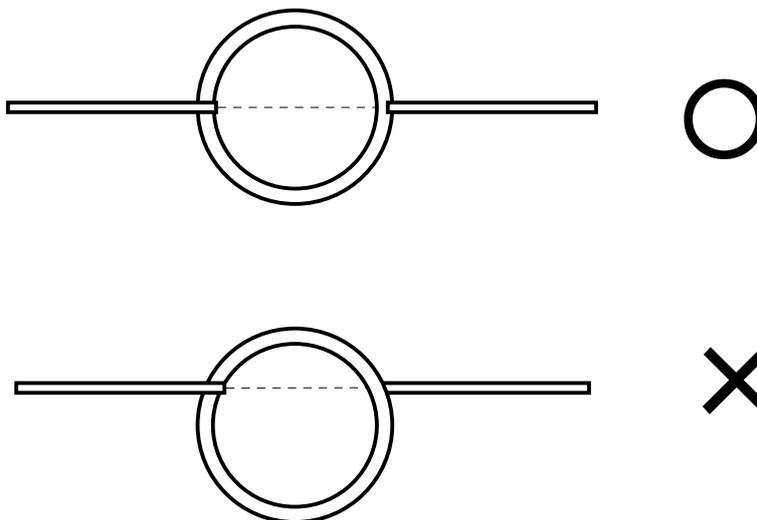
電気で回る物の多くは，モーターを使っています。基本は上記の仕掛けで回っているのです。えん筆けずり機，電気自動車，せん風機などは電磁石を使ったモーターで動いています。

9-3. 電磁石を利用した物

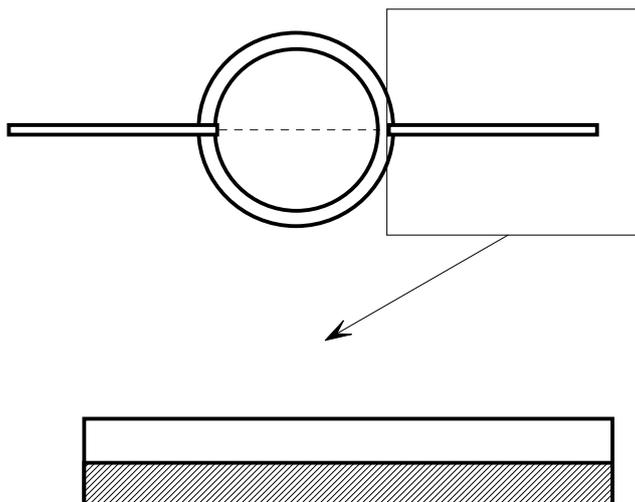
電磁石を利用した物として，鉄拾い機，ゆらゆらチョウ，モーター，鉄しんのないモーターが教科書 136-137 ページにある。比較的難しいのは鉄しんのないモーターであろう。この製作について，ちょっとした工夫でつくりやすくなる。

製作：鉄しんのないモーター

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7cm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。

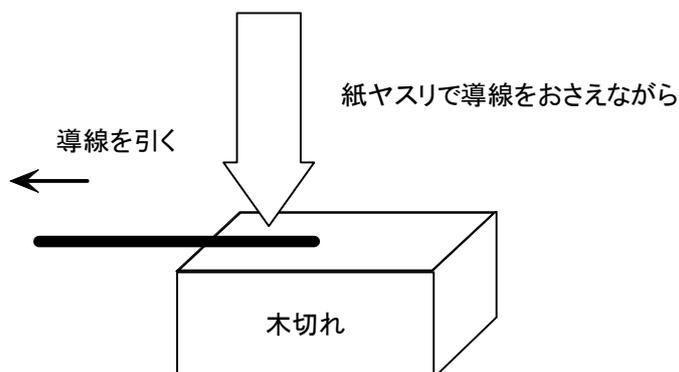


実験：

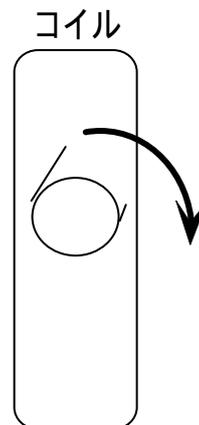
教科書の図のように電池ケースにゼムクリップの支えをつくって、鉄しんのないモーターをかけると回る。

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4cm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2cm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ぼそうとなり、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。これを防ぐために、ゴムバンドで粘土の下側に滑り止めをつくっておくとよいということがわかった。横棒には竹や木を用いると歪むことがあるので、金属の丸棒を使用しました。これを使うと1点支持でふりこの支えができますので、スタンド1台で示すことができます。ふれはばは算数の角度板を使用しました。テンポは音楽よりもメトロノームを使い、予め、粘土の位置とテンポを記録しておく、デモの時に再現できました。

ふりこの1往復する時間は、ふりこの長さに影響があるだろうと推察できる。しかし、ふりこの重さやふれはばには関係しないだろうか？ これから実験してみよう。

【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。

ふりこの重さによって少し時間が速くなるかもしれない？ ふれはばによって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ある。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か？ 20 gや30 gで調べることをしないのか？ ふれはばも40°や60°の実験をしないのか？ すなわち、 $3 \times 3 \times 3 = 27$ 通りの実験をするのではないのか？ これはまともな問いかけである。なぜ27通りの実験をしないかという、そこには長さ、重さ、ふれはばの相加性が仮定されている。例えば、長さは25 cmに25 cmを加えると50 cmになるだけである。30 cm ($25 + \sqrt{25} = 30$) というわけではない。重さもふれはばも同じである。ただ、暗黙にこ

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。

【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。しかし、端にいて時間が長いので、測定誤差を招き易い。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。

【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。

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

物理的に疑問である。すなわち、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ある。もう少し厳密に解を求めるには、級数展開した式を用いる。

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

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る。

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 、 10 g 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る。

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について考慮された結果であろう。従って、以前どおり 90° の角度板を使う実験をするのは勧められない。

【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 $25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}$ 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 1 m 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ですが、 1 m 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、くらい話をしてみた。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！！

【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かが問題です。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。まず、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となります。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】 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る。工作は簡単なので、材料と寸法を示す。

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口の字にする。
- 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、人が口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



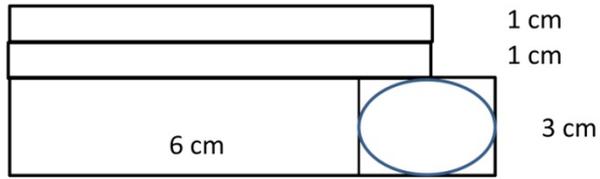
6.5 cm



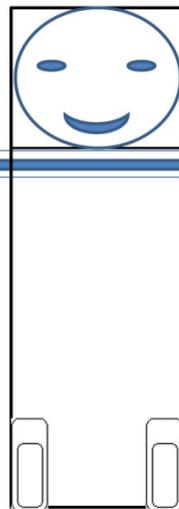
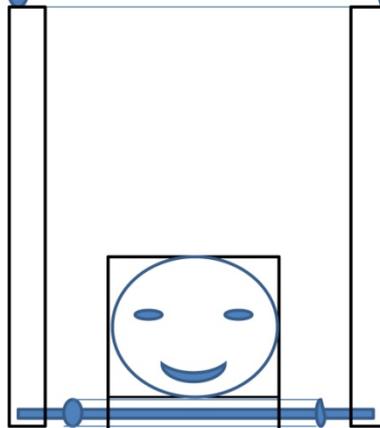
3.5 cm



7 cm



8 cm



あとがき

5年生の理科は盛り沢山な内容となっている。旧来の分類からすると、物理（電磁気、ふりこ）、化学（物の溶解）、生物（ヘチマ、メダカ、人のたんじょう）、地学（天気、水の流れ）と幅広い。

それぞれに、条件設定をして、調べる実験が多い。例えば、発芽の実験では、適当な温度、空気、水の3つの必要条件を調べる。必要条件であるから、「なければならない」ということを認識させる必要がある。ところが、植物の成長には光と養分が必要条件に入ってくる。そのとき、適当な温度・空気・水は必要条件であるが、表に出てこない。勿論、同時に5つの条件を持ち出すことは不適切とおもわれる。そこで、大前提を確認しておく必要がある。

発芽に日光が必要か？という質問が子どもたちから出た。日光が、ある、なしで発芽の実験することを加える必要がある。結果はどちらも発芽した。そうすると、あってもなくてもよいということになる。日光は発芽の必要条件でも十分条件でもない。養分も同じで、発芽には必要でも十分でもない条件である。つまり、両方とも発芽の条件に入ってくるのである。ただ、一部の植物には発芽に日光が必要な物もある。これにはあまり詳しく立ち入らない方がよい。

ふりこのきまりにおいて、1往復の時間は長さのみに関係して、おもりの重さやふれ幅には関係しない。1往復する時間を変化させるには何が必要かという必要条件を考えれば、長さのみである。つまり、1往復する時間を変化させる必要条件には、おもりの重さやふれはばは入って来ない。

ところが、こんな質問が出てきた。「なぜ、関係しないことを調べるのですか？」これに対して、「わかっている」というのは本や聞いた話でしょうが、自分で実験して確かめる必要があると答えるのが一般であろう。このような答え方はまともである。ところが、質問における発想の基を考えてみると、実体験としておもりの重さやふれはばが変わっても1往復する時間が変わらないということをもって、かつ信じていけば、条件を変えて調べる必要はないと言うであろう。しかし、理科は正しいことはいつも正しい、誰が行っても再現できる。当たり前と思っても、そうではないという人がいれば、証明しなければならない。たとえば、重さの違いから1往復する時間が変わってくるという実感を持った人がいて、その実感をもとに反論してきたらどうするか考えねばならない。つまり、自分だけが正しいと思っても、正しくないと思っている他人を説得しなくてはならない。子どもの何でもない質問の中に、理科の本質を垣間見た。考えてみれば、歴史的に、理科（科学）は西欧において宗教と対峙して展開した合理性・説得力のある学問である。これからも変わらない理科の姿を接見できたのは好機会であった。

さて、次の問題が出された。二つのふりこが用意されている。ひもの長さやふれはば

は全く同じであるが、一方には 500mL に水を満たしたペットボトル、他方には水を満たした 1L のペットボトルをぶらさげてある。1 往復の時間はおなじだろうか？ この問題に対して、1 往復する時間は異なるというのが答である。なぜか？ 重さが違うから 1 往復する時間が違うと言われたら、そうだと答えますか？

もちろん、理由は、ペットボトルの重心までの長さが異なるため、ふりこの 1 往復する時間が異なるからである。では、重心をどのようにして求めるか。ペットボトルの場合はフタから底への直線上にあり、横にしてバランスがとれるところになる。確かに、2 つのペットボトルならべると重心の位置が異なることが分る。1L の方がフタからの距離が長い。それが理由であって重さが理由ではない。どのようにすれば、1 往復する時間を同じにすることができるか？と問題は続いている。答は重心までの長さになるように 1L のペットボトル側のひもを短くする、となっています。別の解答に 1L のペットボトルの代わりに 500mL のペットボトルを二つひもにぶらさげる、というもある。基本(原理) はふりこの長さは支点から重心までの長さが同じなら 1 往復する時間は変わらないことである。どうすればよいか、は原理に基づく変更・応用である。具体的な物から一般的な原理を取得するのが理科の基本であるが、原理に基づいた変更・応用も理科に含まれる。理科を教えるに当たって、これは原理か、応用か、を意識するのは難しいと思われるが、これが分っていればできる、と考えれば区別できる。意識で理科教育が変わるというのも喜びになるかもしれませんね。

全体として、5 年生の実験では条件を調べるのが主題目になっています。考え方として、ある現象がどうして起こるかを調べる時、何と関係があるかとか、何に似ているかと考え、働く因子を抜き出します。次に、どの因子が別の因子にどのように関係しているか考えます。これらの作業は感覚的であっても OK です。引き出し方は、現実にある物や類似した物を考えて想像することも一つです。ニュートンはリンゴが落ちることを見て万有引力を見つけた、という逸話がありますね。ある切っ掛けで閃くことがあれば、素晴らしいことです。理科の実験を通じて、いろいろなことを想像することができるなら、それは正に「創造教育」になるでしょう。