

平成 27 年度

小学 5 年生 理科 授業報告書

STEM 教員 辻本和雄

主務校 城西小学校

兼務校 徹明小学校

はじめに

「あれっ、なんで？」と子供たちが目を輝かす。理科を教える先生の口元がゆるむ。そんな瞬間が授業にあります。これが小学校の理科教育の原点です。

平成 27 年度には教科書が改訂された。しかし、旧版と流れや内容に大きな差異はみられない。平成 25・26 年度に STEM 教員として授業に関与した経験から、教科書では不足があると気付いていた。不足部分を補充するには、調査・準備に時間がかかるのが一般である。そのため、多くの授業において、この補充は表面に出ることはない。しかし、不足のことを調査・編集・補充後、子供たちに示し、子供たちと共同して理解を深めることは、子供たちと理科を共有することができる利点がある。また、教科書には明文化されていないが、論理的な考え方をすれば理解しやすい部分がある。例えば、必要十分条件とは何か、どのように実験条件を決めるか、論理的に考え出すことができる。つまり、教科書通りに実験を進めるのではなく、子供たちが考え出した条件を、表現しやすい環境につくり変える。さらに、原理に基づいた発展実験をして、考察などを織り交ぜ、授業内容を深めると、原理の理解と展開の仕方がより深まる。テクニックや暗記に偏らない理科は、「なぜ」の追求を元に、原理の把握とその展開・応用という科学の基本に立ち帰ることが大切と考える。今年度は、このことを伏線として意識し、気がつけば随時取り入れていった。

多くの子供たちが塾へ行く中にあっても、小学校の理科授業の役割は、いつも主役であるべきである。すなわち、試験の成績を良くするためになされる、テクニックや暗記よりも、科学的な論理思考を分りやすく示して、自然現象の中に、根源へ向かう「なぜ」の追求と真理の解明、それらに近付く姿勢を教育することが重要である。言い換えれば、Howよりも Whyを深く求め、Howへの自発的な工夫・創造を生み出す力を養うことである。

「ふしぎ」について、教科書の冒頭に採りあげている。これは大変画期的な主題の扱い方である。ここで、「ふしぎ」の意味を考えてみたい。「ふしぎ」と思うのは、普通とは違う（一見の異常性）、思ったようにならない（予想外）にある。そのとき、「なぜ」と聞きたくなる。理由を知りたい、何と関係している、何がないとその現象は起こらない、と考える。試したり、比較したり、中身をみてみると、原因を予想できそうである。子供たちに、ここまで作業を行わせることが最も大切である。つまり、「ふしぎ」が理科の始まりであり、予想は、状況・条件に基づいた「ひらめき」である。その先は実験の組み立てである。実験条件の設定、再現性、条件変化と恒常性などを考慮して、準備・実験・データのまとめ⇒考察（必要条件と法則）へと進む。

授業では特に、「なぜ」を詳しく教えることを主眼とした。このため、教科書に拘ることなく、子供たちの自由な発想を生かすような資料の提供や演示実験も採りあげた。

教科書の目次と予定時間数

○ 5年では、どんなふしぎに出会うかな

○ さあ、理科の世界にとび出そう！

1. 天気の変化	4月中旬～5月上旬	8～9 時間
2. 植物の発芽と成長	5月上旬～6月中旬	14～15 時間
3. 魚のたんじょう	6月中旬～7月中旬	10～11 時間

○ わたしの研究

4. 花から実へ	9月中旬～9月下旬	6 時間
5. 台風と天気の変化	9月下旬～10月上旬	4～5 時間
6. 流れる水のはたらき	10月上旬～11月中旬	12～14 時間
7. 物のとけ方	11月中旬～12月下旬	15～16 時間
8. 人のたんじょう	1月中旬～1月下旬	5～6 時間

○ 生命のつながりを考えよう

9. 電流がうみ出す力	1月下旬～2月下旬	10～11 時間
10. ふりこのきまり	2月下旬～3月下旬	7～8 時間

○ たくさんの発見をしたね

計算上、全部で 91～101 時間
または $30 + 1/3 \sim 33 + 2/3$ 週間

※ パワーポイント（PPT）作成には、ほとんど自分の撮った写真や公共の資料を用いた。
利用希望される場合にはご連絡ください。

1. 天気の変化

この章では、天気を扱うことが主題となっているが、実際は「雲」を取り扱うことになる。天気の変化は「雲の変化」や「気温の変化」になる。なぜ、どのように、雲はできるのか？ 雲はなぜ動くのか？ 雲の動きには規則があるのだろうか？ この疑問が天気の変化を学ぶ上の重要課題である。

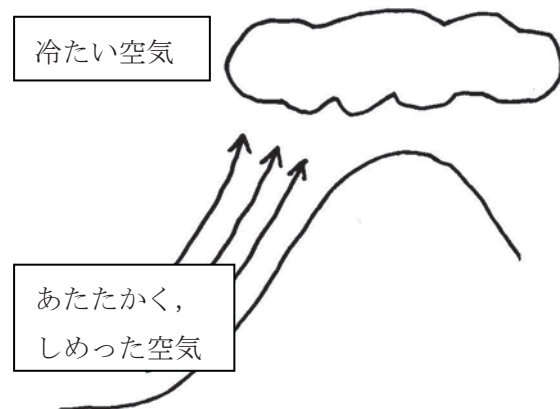
1-1. 雲と天気

「どのようにして、雲はできるのだろうか？」

この質問に答えは様々である。水があれば雲ができると答える多くの子供たちがいる。では海には雲がいっぱいあるのかなあ、と質問すると、山の方が多い気がする、と異論が出る。これらのやりとりには真理がある。水がなければ雲はできない。同じ時に、海に雲がなくても山には雲がかかっていることをよく見かける。雲は空気からできていると言う子供もいた。これも正しいが、砂漠には、空気があるが雲はないという反論が出る。このとき、空気が湿っているならどうだろう、とフォローを入れた。雲ができるためには、空気に水がふくまれていることが大切なのですね、と話した。

「高い山の上と麓の平野では、気温どちらがうのだろうか？」

夏、高い山へ行ったことがありますか。涼しいでしたか。また戻ってくると暑くなりましたね。思い出してください。4年生のとき、あつい空気は上の方へいくが、冷たい空気は下の方へ降りてくることを実験しましたね。これが自然においても起こっています。地上が太陽の熱によって暖められると、湿った空気は上昇して、高いところで冷やされる。そのとき、雲ができます。雲は水の小さなつぶであって水じょう気ではありません。湯気（ゆげ）と同じようなものです。



なぜ春や秋には「天気は西から東へ変わる」のか？

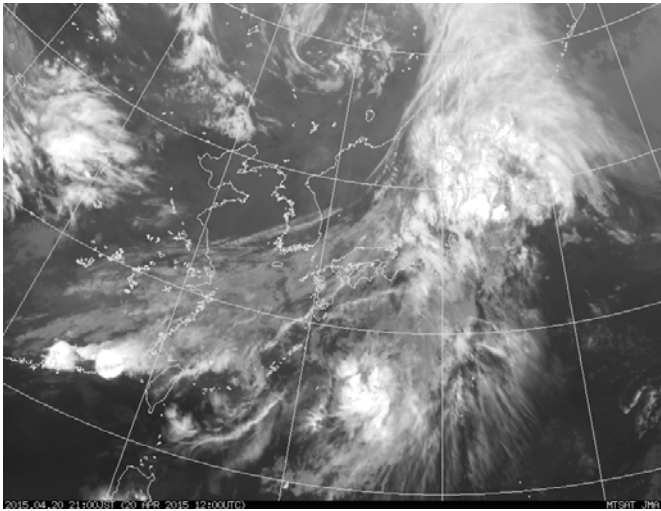
ここで、雲の動きの研究を気象衛星の写真からつくった。身近な2015年4月20日21時と2015年4月21日9時の雲のようすを印刷して、研究課題として、どの雲がどう移動したか矢印で書くようにした。その用紙を下に示す。

雲の動きの研究

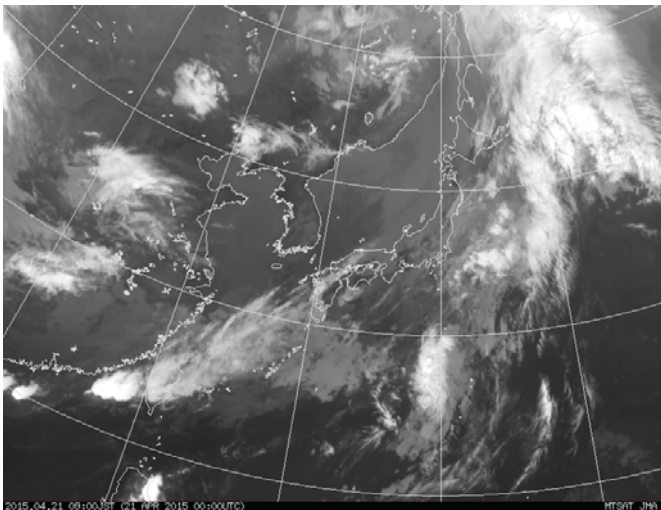
次の気象衛星の雲画像は雲の変化です。

雲の動きはどうなったかなあ。

20日の雲の中心から21日の雲の中心に⇒を書きましょう。



2015年4月20日21時



2015年4月21日9時

得られた結果はほとんどの雲は左上から右下の矢印で表せる動きをした。20日から21日にかけて、一つの雲は西から東へ（地図の左から右へ）動いている。他の雲も同じである。ほとんどの雲は西から東へ動いていることが分かった。

では、「なぜ、雲は西から東へ動くのか？」 世界の風向きを調べてみましょう。

世界の風向きを「デジタル台風」で調べると、最近の風向きが掲載されている。「デジタル台風」は国情研のHPに掲載されている。下記にそのアドレスを示す。

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/gpv/wind/>

日本付近と赤道近くの風はいつも同じ方角にふいている。日本近くでは偏（へん）西風、赤道近くでは偏（へん）東風がいつも吹いている。この偏西風によって雲が流れるので、日本の春や秋の天気は西から変わる。ところで、日本付近では、どのような理由で偏西風が吹くか説明できると、子供たちも理解しやすい。しかしこの説明は単純ではない。それには海流が関係してくる。

説明： 赤道付近では海流は東から西へ向かう。これに伴って発生する熱帯低気圧（台風も同じ）は東から西へ向かう。風も同じように吹く。ところが、中緯度では、乾燥した高圧帯（赤道付近で発生した上昇気流で生じた空気は上空で乾燥した帯になる）が主に大陸で発生する。これが地球の自転に押されるように、風が発生する。この風は西から東に動く。これが「偏西風」である。偏西風にのった雲は、春には西南西から東北東へと、少し北寄りに進む。単に西から東へ向かう風というは大まかには正しい。詳しくは「コリオリの力」によって北へ進む。ここで、「コリオリの力」を簡単に説明しておく、台風の進路のところで詳しく説明することができる。もっと単純な説明として、地球が西から東へ回っている、雲も西から東へ流れると理解させておけばよい。（もちろん、教科書には書かれていないが、子供たちに「なぜ、天気は西から変わるのか」の理由を説明しておく、単に暗記をするのが理科でないと分かる。すると子供たちは考えるようになると期待できる。）

天気の変化は雲の流れである。雲の中には雨（や雪）を降らすものがある。日本付近の地図を板書して、雨を降らす雲のモデルを自作した。このモデルはビニール荷物紐を長さ50 cmほど縦裂きにする。一端を東ねてセロテープで左右に分かれるように止め、中心にネオジウム磁石を止める。すなわち、俗称ポンポンを作るのである。黒板に書いた地図の左の方（西）に雲であるポンポンを置き、日本にどのようにやって来るか、子供たちに進路を示してもらおう。これはちょっとした仕掛けであるが、時間もかからず天気の変化、すなわち、雲の動きが理解できる。岐阜にはやがて雨がやってきてそのスピードに合わせて雨の時間が決まり、やがて晴れることも予想できる。他の地方、関東や北海道ではどうか、ポンポンの活躍する場がある。

ここで、気象情報について種類と情報の内容について説明する。

気象情報には、天気図（定期的な気象データを元に作成される）、気象衛星の写真（主として赤外線カメラで撮影したもの、赤外線は雲で吸収されるので黒く見えるが、実際は反転させている。その結果、雲は白く表現される）とナウキャストがあり、数値データにはアメダスがある。これらは気象庁の HP にあるものを利用可能である。この時、重要なことは一枚だけのデータを示すのではなく、昨日と今日、一週間毎日の変化を示すようにする。これらを連続的に示すのがよいが、これは国情研の「デジタル台風」のページにある WMP（Windows Movie Player）を使って、テレビで動画を示すことができる。これが意外と子供たちに関心がある。動画が難しい場合には、2枚の天気図を使って比較するのも関心が高い。この一つは雲の動きの研究で使ったものである。どこが違うのかを発見することは好きである。2枚の天気図（または気象衛星の写真）を比較して、高気圧・低気圧の動き、前線の移動は、速い場合に、一日で経度目盛り線（10度分）ほど移動するので分りやすい。

教科書 12 ページの「考えよう」において、気象衛星の雲画像、アメダスの雨量情報、全国各地の天気、特定の都市（福岡、大阪、東京）の空のようすと気温が記されている。このような表の見方は横・縦の行・列をそれぞれ決めてから見るようにする。まず、横の比較はその日の天気である。場所によって天気がどのように変わるか見るためにはこの見方をする。しかし、場所を固定して天気の変化を見ることが通常の見方である。これは縦の比較になる。それぞれの項目（気象衛星、アメダス、天気、場所）が日によってどう変化するかを調べる。この説明をうまくしないと混乱させることになる。そこで、場所を固定するとよい。4月21日の福岡においては気象衛星では雲が見られる。アメダスにおいては降雨がない。天気では「くもり」となっている。22日には雲が少し見られるが、アメダスによって降雨は観測されない。天気は晴れ、写真では快晴のように見える。4月25日には気象衛星では雲が見られ、アメダスでは雨量が観測される。天気は雨、写真では雨が見られない。

雲の形と天気の関係

雲の形から凡その高さを推定することは可能である。しかし、理由ははっきりとしないので、授業としては紹介するだけになる。

雲の形は雲の高さによって3種類に大別されている。形で10種類に分類されている。雲の高さの上限は13,000mであるので、10,000mを目安とするのは適当である。上層雲（5,000-13,000m）、中層雲（2,000-7,000m）、下層雲（0-2,000m）となっている。上層雲に巻雲、巻積雲、巻層雲があり、それぞれ、すじ雲、うろこ雲、うす雲がある。中層雲はひつじ雲、おぼろ雲、雨雲がある。下層雲はくもり雲、きり雲、わた雲、かみなり雲（入道雲）に分類される。巻雲、積雲、層雲の組合せですが、雲の形がすじ状、ひつじ状、わ

た菓子状に分けられる。空を見てそれぞれの雲の形と雲の高さを見てみるとよい観察となる。なお、飛行機雲は飛行機の航跡によってつくられた雲であるから飛行高度はおよそ10,000mと考えられる。これは一つの目安となる。



日本の天気の変化と季節

春 西高東低の冬型の天気から低気圧が日本海側から東に進む。南からあたたかい風が吹き、気温も上がるが、移動性の低気圧が高気圧と入れかわりしながら天気が変わる。

梅雨 冷たいオホーツク高気圧と暖かく湿った太平洋高気圧が勢力強弱によって前線が上がったり下がったりする。

夏 「梅雨明け十日」といって梅雨明けから晴れの日が続く。太平洋高気圧が張り出す。

台風 「台風と天気の変化」のところで取り扱う。

秋霖 北側から高気圧が張り出し、雨をもたらす。

秋 春と同じように定期的に周期的に天気は変わる。

冬 大陸の高気圧が張り出し日本海側の湿った空気が雪をもたらす。日本海側では雪が降り太平洋側では晴天が続くことが多い。

日本の四季は高気圧で見ると春、夏、秋、冬に移動性、太平洋側、移動性、日本海側にそれぞれ張り出してくるが、低気圧は同じように、西、南、西、北と順次変化する。夏から秋にかけて、台風の通過がある。天気の変化は雲の動きとなるが、同時に低気圧の移り変わりにもなる。春や秋に長く雨が降ったり、夏や冬に晴天や降雪が続いたりするときに異常気象となることがあり、農作物不作や水不足になり、異常乾燥と集中豪雨による被害が発生する。

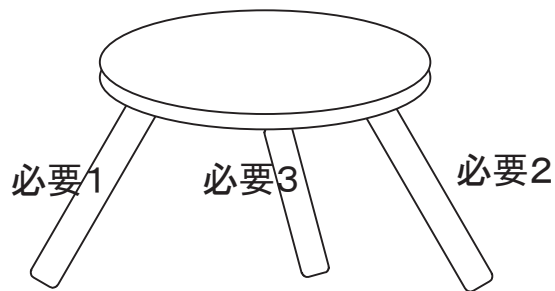
2. 植物の発芽と成長

2-1. 種子が発芽する条件

発芽の必要条件を求める。今までにアサガオやハウセンカを育てたことがありますね。種子を植えた後どうしましたか、思い出してください。芽を出すにはあたたかくなってからでしたね。水をやりましたね。それは何のためでしょうか。発芽するためです。それが必要条件です。では他に何があるでしょう。空気です。つまり、三つの条件：**水**、**空気**、**適当な温度**が必要です。必要なので一つも欠かすことができません。

そこで、実験条件を決めて発芽の必要条件を調べるには、他の条件を同じにして、一つだけ変えます。

3本の足の机を考えてみると、どの足も必要です。ここで、必要1の足ははずしてみます。机はたおれます。つまり、発芽の必要条件をしらべるには必要条件ははずすと発芽しないことを明らかにすればよいわけです。



ここで、第4番目の条件をくわえていましょう。つまり、もう一本足をくわえてみます。机はたおれません。足ははずしてもたおれません。そうすると4番目の足は必要ではないことになります。発芽に、肥料をくわえる場合とくわえない場合に実験してみましょう。どちらも発芽します。発芽には肥料を与えることは関係ないことがわかります。つまり、肥料を与えることは必要条件ではありません。

では、必要条件をどのように見つけるか、これは経験と観察に基づきます。普通に発芽するようすをみると何が因子（条件）であるか考えることができます。種子を土に植えます。土の中は暗いでしょうから光はいらないだろう。水をやりますので、水は条件になるだろう。種子をまくのはあたたかくなってからなので、適当な温度が必要な条件になるだろう。土の中には空気がないのだろうか？ 空気がほとんどない水の中でも種子は発芽するだろうか。植木ばちの底にアナがあいているのはなぜだろう。そう、水を出すためです。すると発芽には適当なしめり気が必要なんだなあと気づく。それでは、空気も条件としてみよう。ここで、人間の息と植物の息を比較して空気と発芽の関係に関心を向けるような記述が指導書にあるが、種子が息をしているのは、子供たちにとって理解し難いところがある。まだしも、やわらかい土とかたい土とくらべて、どちらが発芽しやすいだろうかと問いかける方が考えやすい。ところで肥料はどうだろうか？ 肥料を与える時、よく観察しよう。肥料は根がはり出してから与える。でも、条件として取り出しておこう。

このように、「条件出し」は理科全般に必要なことであるので、少なくとも、教科書に書かれている条件から出発するのは好ましいと思えない。すなわち、子供たちに、考えない、経験を生かさないことにつながる恐れがある。強いては、与えられたことしかやらない、やれないことになる危惧がある。

実験計画

「条件出し」をした後はそれに合った実験を計画する。

水，適当な温度，空気，肥料を条件として抜き出しておく。ここに光をくわえることは観察を無視することになり好ましくない。どうしてもということであれば，あとから確かめることとする。

必要条件であるから，必要でない，必要である，二つの実験を行えばよい。この時，他の条件は同じにする。二つ以上条件を同時に変えると変えた条件のどちらが必要かわからないためであることを繰り返しておく。

まず，「水」について，どのような実験にするか考えさせる。考えるのは水のない場合です。これは温度や空気は同じであるが，水だけがちがうようすをつくるわけです。パーミキュライトに種子をかくれる程度に入れる。水を与える方と与えない方の二つを作ればよい。このとき水はけをよくしておかないと発芽しないことがあるので水やりの程度を知らせておくか，植木ばちのように下にあなを開けておく。

次に，適当な温度であるが，これには冷蔵庫を用いる。このとき，冷蔵庫の中と部屋とのちがいを比較する。冷蔵庫のドアを閉めると暗くなる。それに気づくと部屋でも同じにすることを発想させる。いきなり，ダンボール箱でおおうようなことを出すと，発想が乏しくなるので注意した。つまり，実験は計画段階で発想ができるかどうかが大変であり，それは，結果がうまくいったとか，結果のまとめよりも大切である。勿論，水やりは同じようにするが，冷蔵庫の中のものはほとんど水がなくなるので部屋のものに水をやる。

最後に，空気があるかどうかの実験である。これにはいろいろ考えられるので色々な意見を聞く。空気がないところはどこか，宇宙という答えが出る。宇宙に種子をもっていつて実験するにはロケットに積む。水やりはどうするのか，想像させるとよい。地球上，しかも身の回りで行えるといいのにと話を戻す。水はあるけれども空気がないところはどこでしょうか。こんな中で水の中には空気がほとんどないことに気づけば教科書に戻れる。しかし，真空のビンの中と言う子供や粘土の中と言う子供もいて発想が豊かと思えた。さて，教科書の実験に戻った時，なぜ，パーミキュライトを使わないのか質問が出る。答はパーミキュライトを使ってもよい。ただ，パーミキュライトは空気をふくみ，水に浮くため，種子も一緒に浮いてしまう。また，パーミキュライトの空気にも触れることになるので空気に触れないようにするのは難しい。しかし，このような疑問と理由を知ろうとするのは大切なことであり，非常に良い発想であると言った。

指導書にある ココがポイント「条件制御の必要性を理解できない子供がいる場合には」と書かれ，温度，水の両方とも変えさせるとどうなるかと思ひ知らせる記述があるが，これは論理的でない。温度が高い (H) 低い (L) があり，水をやる (Y) かやらない (N) かがある。つまり4つの実験をしなければならない。3つの条件を調べるには8通りの実

験をせねばならない。ところが、教科書の実験では6通りである。この間に、やらない実験がある。これは、やらなくてもよい実験が2つふくまれていることを意味する。たとえば、低温かつ水なしのような実験である。イメージとして氷の中に種子を閉じ込めた実験である。つまり、必要条件を求めるのに余分な条件を入れてくるのは無駄である。前の図に戻って、テーブルの足を一つ外したのにもう一つ外すと、机はたおれるかどうかという問題と同じである。論理性を教育するとき子供を困らせるやり方で理解させるのは非論理的である。

実験の結果と討論

往々にして教科書通りの結果に至らないことがある。これは条件設定が厳密でないことが多い。たとえば、水をやらないのに、水をやっていないものと同じに扱ったり、水が少なくなってしまうのに空気がない状態で発芽した、という例である。さすがに冷蔵庫の中では発芽はしない。全体としては教科書にあるように統計的に扱うしかないが、この時点で厳密さを求めることをしてはならない。つまり、例外を認め、できればその原因が何であるかを考えるとよい実験例となる。

まとめについて

水、適当な温度、空気の3条件を記憶さすのではなく、赤ちゃんが生まれるときと同じと考えると思い出せるでしょう。温度は勿論のこと「オギャー」と声を上げるのは空気の中です。お母さんのおなかの中は羊水という水でいっぱいです。生命のたんじょうに必要な条件は似ているのです。改めて記憶することよりも身の回りや経験から思い返してそれをヒントに考えるのが「学習」であろう。

理科のひろば

たねまきの時期を自然の移り変わりや形で知るのは古くから行われてきたやり方である。その一つに苗代桜というのがある。岐阜県の和佐田にその名前のサクラがある。サクラの花が咲くと水田に水を張る。即ち、サクラの開花と田起こしがほぼ同じ時になる。これはカレンダーによらないところが大切なことで事前を知って農業をするという経験からきている。同じ岐阜県の水戸野（みどの）のサクラも水田に映るサクラ花も写真になる自然と生活である。このような、たねまきの時期のサクラの写真をPPTで示して、子供たちに岐阜県の自然農業を示した。

Mini コラム

大賀ハスは岐阜にも古くから植えられている。場所は羽島市である。近頃は年によって花数が違うが、7月上旬から中旬に花を咲かせる。撮った写真で大賀ハスを見せた。2000年以上前のハスの種子から花が咲いたということは驚きであったかもしれない。ハスの根

はレンコンで有名ですが、根（株）を切り取って分けると全く同じものが広がっていく。種子でないところが重要である。理由は遺伝子が保たれるためである。遺伝子の話は小学校では出てこないが、生命の設計図みたいなものとして説明した。

なお、ハスの種子のカラのところは大変固くなっている。このため、2000年の間、無傷になっていたともいえる。自然と言うのは面白いものだね。また、ハスとよく似た形をしているものにスイレンがある。ところがハスとスイレンとは大いに違う。スイレンの葉は水にうかんでいて丸い中に切れ目が一ヶ所あるが、ハスは水面から出た葉に切れ目がない。これも撮った写真をPPTで示して答えてもらった。

2-2. 種子の発芽と養分

【簡単な実験】 インゲンマメを水に2, 3日浸してから、皮をむくと簡単に子葉が二つに分かれる。

【実験の結果】 子葉に葉、茎、根のついた部分があるのを見つける。子葉の中には未来の形がすでにある。

【意味】 これは大切なことである。種子のときにすでに大人の形がある。種子からいきなり芽を出すわけではない。つまり種子にはすでに葉、くき、根の形がある。

では、この子葉について考えてみよう。

【質問】 子葉は何の役割をしているのでしょうか？ 想像してみよう。

【連想】 生まれたときに、どのようにエネルギーをもらうのでしょうか？ 赤ちゃんなら母親から栄養を受けます。種子はそういうわけにいかない。

【想像】 そこで、種子の中に養分をたくわえておいて、それを使うのかな。そのたくわえる場所が子葉だろうか。このように答えてくれると、大いに褒めてあげたい。

【疑問】 それでは養分はどんなものだろうか？

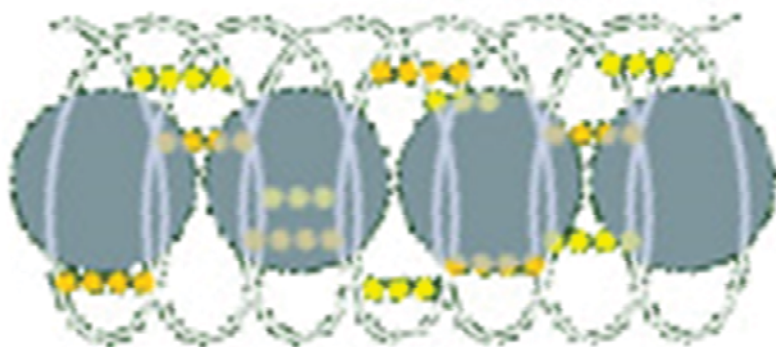
【連想】 皆さんは運動をすると疲れますね。そのとき、あまいものが欲しくありませんか？ それは使ったエネルギーをあまいものを食べて増やすためです。

【どんなもの】 種子にはそのような「さとうのようなもの」すなわち、「とう」があります。ところが、種子はあまくありません。「糖」（とう）の形を変えたデンプンがふくまれています。デンプンは「糖」のつながった形です。これは子葉にはたくさんありますが、葉やくきにはあまりたくさんありません。

【実験】 デンプンがあるかないかを確認する実験をしてみよう。使うのは「ヨウ素液」です。ヨウ素液の色は茶色をしていますが、デンプンがあると青むらさき色になる。

【なぜ】 どうしてこのような色になるか、ふしぎに思いませんか？

【理由】 下の図を見てください。デンプンは、バネのような形になっています。その中にヨウ素が入るとヨウ素のならんだ形ができます。ならんだ形ができると色が青むらさき色に変わります。つまり、ヨウ素よう液は茶色、デンプンは無色ですが、二つが合わさると青むらさき色に変わるの、「ヨウ素入りバネ」ができるためです。二つのものが合わさるとちがったものになるのです。



では、デンプンと成分が似た「砂糖」(さとう) でやってみましょう。これは青むらさき色になりませんね。砂糖はバネの形ではありません。そのため、「ヨウ素入りバネ」ができないのです。二つの物が合わさるとならんだ形になる、そのとき色が変わる、これらを「反応」といいます。デンプンとヨウ素液が合わさると青むらさき色になるので、ヨウ素—デンプン反応といえます。「ヨウ素入りバネ」は、バネとヨウ素が別々にある時とはちがったものです。もし、この形がくずれると、色が変わります。これも反応です。そのためにヨウ素—デンプン反応でできた青むらさき色の液をあたためてみましょう。ヒートガン(ヘアドライヤーのようなもの)を使って熱すると、色が茶色になり、元に戻りましたね

これらの説明は、勿論、小学校のレベルの話ではない。それを教えるのは範囲を逸脱していると批判されるかもしれない。では、子供たちが、なぜ青むらさき色になるのか? 質問した時、どう正しく答えるのかが問われる。「高校や大学に行ったら習います」では済まされない。今、解決すべきことである。つまり、子供の疑問や質問に答えるのが理科教育であって、科学の目を、先の問題として摘み取らない視点が重要である、と考えた。化学反応を含めて、「反応」という変化を捉える姿勢が育つようにしたい。6年生になった時、金属に酸を加えると、「反応」が起こっている。それを理解するときこの考え方は大いに役立つ。

ヨウ素デンプン反応の結果、試薬濃度が高い場合黒くなることがある。市販の 0.05mol/L ヨウ素溶液は 10 倍から 15 倍ぐらい希釈が必要である。なお、ヨウ素溶液はヨウ素だけからなっているものではない。ヨウ化カリウムを等モル加える必要がある。つまり、ヨウ素 I_2 は水に溶けないが、ヨウ素陰イオン I^- を加えると、 I_3^- になり水に可溶になる。結局、ヨウ素—デンプン反応は I_3^- の分解によって生成したヨウ素がデンプンのラセンに入ってヨウ素の鎖ができる反応とすることができる。

ポビドンについて よくポピドンと書かれていることがあるが、英語名 **povidone** であるからポピドンではない。この誤りが生じたのは **polyvinylpyrrolidone** すなわち**ポリビニルピロリドン**という名前から間違えた省略をしたためである。通常、省略する場合、置換基の頭文字をとることが多いのでビニルの「ビ」を省略するのは不合理と言える。うがい薬としての市販名はイソジンであるが、ポビドンのことである。勿論、三ヨウ化物イオン I_3^- を含むため、ヨウ素液と同じ反応をする。

ヨウ素液の反応について ヨウ素液が反応せずに、種子断面の色が全く変わらないことがある。このような状況は大変勉強になる機会である。反応が起こる条件を考えるには反応が起こらない条件を洗い出すことの方が考えやすい。一般に化学反応は**温度・濃度**（溶解度）に関係しているが、液相と固相のように**相が違**うと表面だけの問題となり、見かけ上全く反応しないことがある。デンプンの顆粒にヨウ素液が入っていないときには反応しない。ヨウ素液が反応しないことへの対応：①温度を上げてみる→室温より $5 \sim 10^\circ\text{C}$ ほど高くするがあまり高くすると逆に錯体形成しない。つまり青紫色にはならない。②濃度が低すぎると反応しないのは当然であるが、多くは反応液中の三ヨウ化物イオンがなくなっていることが多い。試薬のデンプン液を別に用意して確かめてみるか新しくヨウ素液を調製することで解決できる。③種子の断面が乾いていたり、膜で覆われている場合は反応しない→断面に水をつけてサンドペーパーやザラザラな面で削ると反応しやすい。種子を数十分もヨウ素液に静置するのは授業時間内に間に合わない。大切なのはどうして反応しないのかを子供たちと一緒に考えることと反応というのは分子と分子の出会いであるというコンセプトを教えることである。これは6年生のときにも出てくることなので、「反応」ということを教えておくようにする。

理科のひろば

【コメント】 種子の中の養分の利用について

デンプンの続きとして、脂肪酸の例が挙げられている。ここで脂肪酸の例を持ち出すのは教科書の流れからすると外れている。また、デンプンとは関係付け難い。

さらに、バイオディーゼルとなると逸脱している。車の燃料として植物油が利用され

ている例が示されているが、ガソリンとディーゼル燃料との違いを明確にしなければならぬ。そうしないと、ガソリンと菜種油が同じであるように間違ふことになる。

2-3. 植物が成長する条件

発芽するときに養分（デンプン）が必要であることを調べたが、発芽した後に植物が大きくなるには何が必要であろうか？ で始まる。子葉の養分は発芽に使われたので、もう養分はそこにはないと考える。哺乳動物は母親のミルクによって大きくなる。少し大きくなると離乳食を口にできるようになる。植物はどうするのだろうか？ 水、空気や適当な温度はあるとしても、自ら養分を作らなくては大きくなれない。3年生の時に植えたハウセンカを思い出そう。また、道の横に生えている雑草をみよう。大きくなるにはどんなものが必要でしょうか？ 日陰の植物は根が生えているが、色は黄色ですね。葉の緑色は成長に関係ありそうですね。そう、日光は成長に必要なのかな？ ハウセンカは植木鉢に植えましたね。水をやるときに肥料もあげましたね。成長するには日光と肥料が必要なのだろうか。

【実験計画】 上記の条件出しを行った後に、それを反映する実験の計画を立てる。必要条件というのは、その条件がなければ成り立たないことを意味する。従って、「……がなければ、……は成り立たない」≡「……には、……が必要である」という論理を理解することが大切である。つまり、対偶はいつも正しいと理解することである。

必要条件として、日光と肥料を仮定する。 → 日光がなければ育たないか？

→ 肥料がなければ育たないか？

他の条件は同じにする： 水、空気、適当な温度の全てを同じにする。

日光：ある，なし， 肥料：ある，なし 4種類の実験と考えられるが、どちらもない場合は実験をする必要がないので3種類の実験をすることになる。表にまとめる。

	日光	肥料
実験 1-1	○	○
実験 1-2	×	○
実験 2-1	○	×

【実験準備】 同じ条件にするため、本葉の出方も同じ程度のもを選ぶ。また、日光を遮断するための覆いとして、ダンボール箱を使う場合、予想される成長に合わせた箱の大きさも確かめておく。

【実験日数】 実験1-2は1週間、実験2-1は2週間以上かかる。予め、1週間前に1-1と共に2-1の実験を行い、どちらも1週間後に結果が出るようにすれば効率的である。

【結果】 実際は同時開始したので、1週間ごとに結果を見ることになった。実験1-2は7つの班で色の変化が観察された。実験2-1の結果ははっきりしなかったので、最初から3週間後に観察した。結果、7つの班の内、4つの班において成長が遅いと観察された。

【コメント】 実験には日光が当たる場所を選ぶ必要がある。北側の廊下においたときに、結果は判然としなかった。

【コメント】 結果をまとめると、「日光と肥料が植物の成長には必要である」となるが、なぜ日光や肥料が必要なのか、考察する必要がある。日光について：動物は成長するために植物を食べる。皆は食事に米やパンを食べているが、それは植物の種子である。種子にはデンプンがある。デンプンは炭素、水（酸素と水素）から成り立っている。植物はデンプンをどこからとるのだろうか？ 自分で作っている。そのためには、水と空気中の炭酸ガスと日光を使ってデンプンの元になるものを作っている。これを光合成と言う。光合成を行うためには「しくみ」が必要である。植物は肥料を使ってそれをつくっている。光があっても「しくみ」がなければ植物は成長しない。「しくみ」がいくらあっても光がなければ成長に必要なデンプンをつくることはできない。植物にとっては日光と肥料の両方とも成長には必要なのです。

理科のひろば

水、空気、適当な温度に加えて、日光と肥料があれば、植物を育てることができます。「植物工場」というのは土がなくてもこの条件があれば植物を育てて食料にすることができます。トマトの栽培を行っているのが教科書にある。

3. 魚のたんじょう

動物・植物に生物を分類すると動物は 100 万種類、植物は 30 万種類ある。これらは今まで知られているだけの種類であって、微生物にはまだ数%しか知られていない。さらに、動植物においても新しく発見される可能性を考えると全生物の種類数は 870 万と推定されている。(C. Mora, et al, *PLoS Biology*, **9**, e110027 (2011).) 今まで植物であるヘチマを実験に使ってきた。では、動物は植物と同じだろうか？ 全く違うのだろうか？ どちらも生物であるなら同じところと違うところがあるはずである。

動物として、メダカを使う。メダカにはミナミメダカとキタノメダカがある。一般にはヒメダカとクロメダカの二種類と思われているが、分類学的には正しくない。教材用としてヒメダカが汎用される。

3-1. メダカを飼う

メダカを観察すると、二つの形があることに気付く。これはオスとメスである。初めに教科書の写真をよく見させて、オスとメスの形の違いを知るようにする。その後、メダカを見させて班ごとに結果を報告させる。

【結果】

ほとんどの班でまとめることができ結果を発表できた。しかし、班の中で意見が分かれた班があった。なぜ、このようなことが起こったか、班の中でディスカッションをさせて(5分ほど)再度結論を得たが、結果は変わらなかった。この原因は視点の違いによるものであると思われた。全員でオス・メスの判断基準について、教科書をテレビで撮影し、黒板を使って箇所を表記して、全員でもう一度確認した。班で意見が異なった原因は背びれと尻びれの見方が一方的で異なることによるものであった。自分の見た箇所でないところを見るように指示して、再度、観察させた。結果は一致して結論が出た。

【コメント】大抵の場合、先生が見て判断することになると思った。これは正しい結論になるかもしれない。間違えた子は不承不承認めねばならないことを想像すると、○×式のクイズをやるのが理科だと思うだろう。大勢の子を待たせても、子供同士のディスカッションを行うことの方が意義あると判断した。一人の子が「ホモと違うか」と言ったが、単純には笑えなかった。つまり、人道的な問題というのではなく、突然変異や形態変化ということが稀に起こることがある。生物を取り扱う時には観察が最も重要であるが、判断は、結論よりもプロセスや理由を明確にして論理的な説明・判断をする方が重要であろう。また、理科で行うディスカッションは「思う」ではなく、「考える」であって、論理的に説明して相手を納得させることである。よく話をすることであるが、アメリカの小学校の教育を見たときによくディスカッションをさせることに感心した。なーなーでは世界に太刀打

ちができないといわれるが、いい材料を持つ小学校の理科教育で鍛錬することは、グローバルな時代には重要なことであろう。

オス・メスの見分け方

- ・ オスの背びれには切れ込みがある。
- ・ オスの尻びれは平行四辺形、メスの背びれは三角形
- ・ メスは小型、行動が鈍い

【コメント】

なぜこのような形に違いができてきたのだろうか？

「ひれ」については受精の時に交尾のはたらきと関係している。オスはメスの体をつつみこみ、離れないようにするため、背びれはメスの背びれにからませ、尻びれでたまごを包むようにする。つまり受精のとき精子をたまごに効率よく行き届けるためとわかる。

メダカの飼育について

【メダカ飼育条件】

メダカの飼育は時間がかかるので、実験をする場合予め十分な時間を考えて準備する必要がある。メダカの産卵には水温 25-28℃、日照時間 14 時間が最適な条件となっているが、最低 20℃、最小日照時間 12 時間とされています。有精卵は 1 週間ほどで孵化する。

【飼育材料】

メダカ（ヒメダカがペットショップで売られている）、水槽、濾過装置、水草（カナダモかホテイアオイ）、よく洗った小石や砂、ガラスについた藻を取る歯ブラシ

これらは今まで小学校で行われたことがあるところでは、装置などがあるので利用可能である。タイマーで日照時間をコントロールすると意外と産卵が促される。

【その他の情報】常時、日光の直射する所は必ずしも望ましいとは言えない。水草の生育には良いが、細菌の発生や隠れ場所の少ないためによるストレス、水温が上がり過ぎるなどの理由が挙げられている。エサの与え過ぎは水を腐敗させるので、控える。水槽の体積当たりのメダカの数 は 1 匹/L となっているが、0.5 匹/L の方が良い。親が食べないようにするため、卵は水草ごと別の水槽に移動するようにする。メダカの避難場所として瓦礫のトンネルや柔らかい土の場所をつくる。水流は激しくならないようにする。水の交換は溜め置きの水をエアレーションしてから半分ほど交換するようにする。

メダカがたまごをうむ

オスとメスのメダカが同じ水槽にいて、水温と照明時間が適当な時にメスはたまごをうむ準備ができる。これは暖かくなり日が長くなる自然の条件と似ている。このとき、オス

とメスがよりそって泳ぐ様子を見ることができる。メスがたまごをうむとオスは精子を出してたまごにかける。この様子を実験室では再現することは難しいので NHK for School にあるビデオを使う。

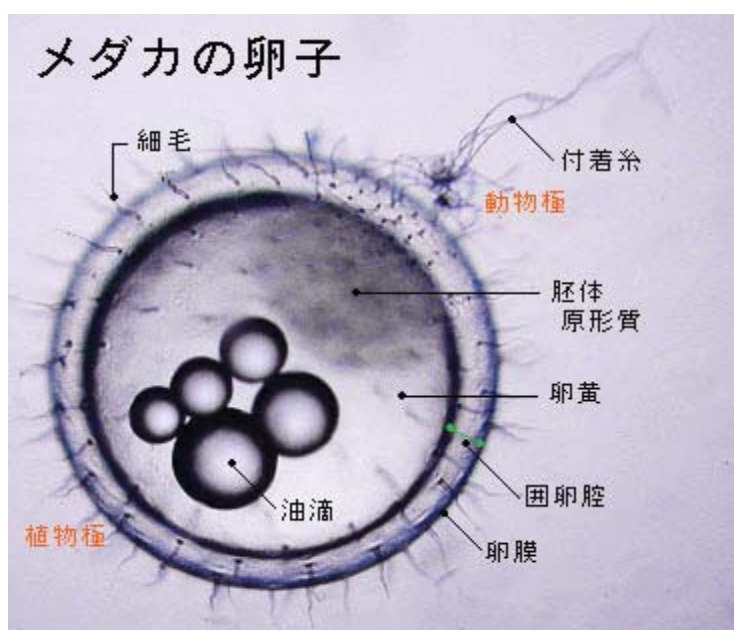


3-2. たまごの変化

たまごからメダカの形になる様子を観察する。たまごの形が丸い。メダカは細長い。この間にどのような変化があるか想像する。想像した変化の絵をノートに書かせる。

観察1.

解剖顕微鏡（かいぼうけんびきょう）を使ってメダカのとまごを観察する。



たまごには動物極と植物極というのがある。動物極では卵分割が激しいので動いているように見え、それに対して栄養が沢山ある側はあまり動かないので、動物極の反対側を植物極という。これは植物があるという意味ではない。受精したたまごは動物極がコブのように少しもりあがっている。

観察するところ：

たまごは日ごとに変化する。注意して見るところは：①あわのようなもの、②胴体（どうたい）となる部分、③目、④心臓、⑤尾となる部分

わかったこと：

- ・頭と目の部分は早くからできる。
- ・あわのようなものは体にならないで残っていく
- ・心臓は後の方にできる
- ・「ふか」すると腹のところにふくろのようなものを持ったまま泳ぐ。

3-3 魚の食べ物

メダカが食べ物をどのようにして食べているでしょうか？ 泳ぎながら口をパクパクさせている。水そうのかべや底の石をつついていっている。このような動きや様子を見るとエサとなるものが水中にあったり、かべや石についているだろう、ということが想像されます。自然にいるメダカはエサを自分で見つけているのですから、どのようなところにエサがあるかを見つけよう。メダカの口はそれほど大きくありません。エサは小さなものでしょう。小さいので顕微鏡を使って見ます。

【サンプル採集】 水そうや池の中の落ち葉や水そうをとって、きれいな池や水そうの水を使い、その中でゆすぐ。また、田植えの後少し苗が育った時、水田の水をすくうと沢山のミジンコをみつけることができます。ミジンコは1mm前後の大きさなので目で見えます。

補足： ミジンコの採集に関して3シーズンの経験を記します。ミジンコは、水田では少し温度が上がったころが発生します。即ち、田植えの時期になります。水田のどの場所に多いかを見たとき、水がたまっているところよりも極わずかな流れがある方がよい。緑色の浮き草があるときには多い。日なたよりもわずかに日かげがある方がよい。農薬が巻かれる前の方がよい。ある程度イネが成長すると水が抜かれる。そのときできた水たまりを調べたが、あまり多く見出せなかった。ミジンコは植物プランクトンを餌として生育するので水生植物のないところでは全くいないと考えられるが、稲わらなどがあるところの水田にはいることがある。同じ場所でも、時期によって去年取れたところでも今年はいない

ことがある。同じ水田において他の水生動物について調べたところ、ホウネンエビが発生するとミジンコが少なくなる。オタマジャクシはミジンコを食べるので、一緒に入れない方がよい。なお、水田は所有者があるので、ミジンコ採取には許可をとる必要がある。また、水田を荒らさないことは勿論のこと、水田の泥をとらないようにする。

参考： ミジンコを含む淡水微生物は「やさしい日本の淡水プランクトン」（合同出版、¥1,800.-）において、種類や採集方法まで書かれている。手軽に利用できる。

植物プランクトンと動物プランクトンについて

植物プランクトンは藍藻・珪藻・鞭毛藻・緑藻のなかまに分けられ、「藻」という名が付きます。水中で浮遊生活をしながら、光合成をおこなうことができ自分で栄養物質をつくりまわります。従って、葉緑体や葉緑素を持っているため緑色が見えます。動物プランクトンは原生動物・ワムシ・節足動物（ミジンコ）のなかまに分けられます。①自分で栄養となるものをつくれないので、②エサを求めて移動する、③エサを体に取り込む、④いらぬ物を体の外へ出す、子孫をふやすことをします。多くは「～ムシ」といわれるのは①～④のはたらきをもつからです。動くから動物というような分け方をしてはいけません。植物プランクトンのユーグレナのなかまであるミドリムシのように長い毛のようなものをもっていて光合成の場所を求めて動くものもいます。

顕微鏡に関して

顕微鏡は実体顕微鏡（解剖顕微鏡）と生物顕微鏡などに分けられる。実体顕微鏡は倍率が高々40倍程度であるが、動かす場合、実物と同じ動きをするので、解剖などの作業をする場合に利用される。メダカの餌である小さな生き物をいる場合、倍率が400倍になることもある。従って実体顕微鏡を使うことは少ない。

生物顕微鏡を使う場合、プレパラートの動かし方が逆になる。これは顕微鏡の構造に関わることで、二枚のレンズを使って像を見ていることに基づいている。つまり、対物レンズによって反転した実像を、接眼レンズで更に拡大してその虚像を見ているためである。これは子供たちに説明しておいた方がよいと判断した。

顕微鏡を使う時の注意： 絶対レンズにさわらないこと、プレパラートを厚くしない。ストッパーを動かさない。つまり、レンズが最も大切であることに注意する。

顕微鏡で写真を撮る場合： デジカメを使うと比較的に写真が撮れます。デジカメのズームを使うか接写可能な1cm以下のマクロ撮影ができるように設定します。オートで撮影する場合、外からの光に対応しないような使い方をしますが、部屋を暗くするか顕微鏡とカメラの間をおおうなどと整えやすい。また、手持ちで撮影するときにはカメラと接眼レンズの角度があると像が見えないことがあります。その時には少しずつ角度を変えて見るところをさがします。位置と角度が整うと動画も撮ることができます。

プレパラートのつくりかた： ミジンコの場合：普通に見てミジンコは泳ぐのが分かりますのでピペットで軽くすいとります。動きが速いので難しい時には1mLほどすいあげて、ミジンコがいることを確かめます。垂直にするとミジンコが上の方に移動します。その時少しずつ余分な水を出します。最後に1~2滴になったときに、プレパラートに全部移します。たくさん水がスライドガラスにある場合、ろ紙ですいとることをしますが、湿ったろ紙の方がうまくいきます。スライドガラスにもりあがったミジンコの水にカバーガラスをゆっくりとかぶせます。水が多い場合ミジンコがカバーガラスの外に出ることがあります。カバーガラスは一度かぶせるととりはがすことは難しいので、失敗したらやり直しをした方がよいでしょう。動画をとりたいときにはホールスライドガラスにミジンコの水を3滴ほどとります。そのまま、実体顕微鏡で10倍の倍率で見ます。くわしく見たい場合、倍率20倍にレンズをとりかえます。次に、植物プランクトンの場合：できるだけ緑色のこいところをすいとります。スライドガラスの上に重ならないように一滴ずつ3か所とり、カバーガラスをそれぞれにかぶせます。

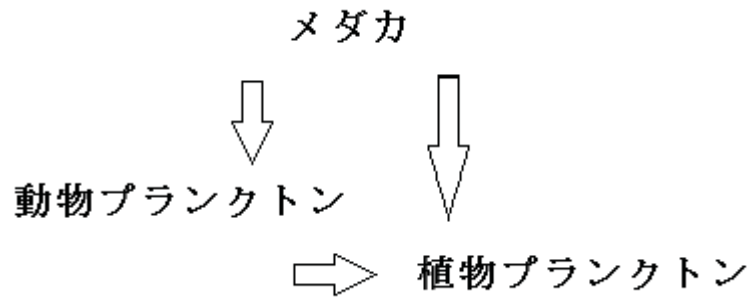
ミジンコの顕微鏡写真（40倍）



発展：

食物連鎖：

メダカのエサにはプランクトンがあります。動物プランクトンは植物プランクトンを食べて生きています。これを図で示しますと下のようになります。



3つだけ見るとメダカがだれにも食べられないように見えますが、メダカも大きな魚に食べられます。植物プランクトンは食べられるだけですが、水の中にある有機物を食べます。有機物は土の中や水中で微生物によって動植物のなくなったものが分解された物です。食物は輪のようになって回っているように見えます。このようなしくみを理解すると、どれか一つがなくなると全体がつぶれてしまうのです。食べ物は自然の中のバランスで成り立っていることを確かめてください。

4 花から実へ

教科書では花のつくりと花粉のはたらきについて学ぶ計画になっている。つまり、形態と機能の関係を学ぶ構成となっている。しかし、実際は個別的であって、一貫したものとなっていない。従って、この趣旨を一貫したものにするため、多少補足して授業を進める方針をとった。

4-1. 花のつくり

ヘチマにはめばなとおばながあり、それぞれ役割がちがいます。メダカにオスとメスが合ったのと同じです。おばなには多くのつぼみがついていますが、めばなにはめしべが長く実になる形があります。見分け方は教科書の写真を良く見てちがいを憶えてから、ヘチマの花を実際に見るようにします。おしべの先は花粉がついている。めしべの先はベタベタして花粉がつきやすくなっている。

それに対して、アサガオの花にはおばなやめばなの区別がなく、同一の花におしべとめしべがある。めしべは花の中央部にあり、おしべはめしべに向くように輪になってならんでいる。

ヘチマとアサガオの花の観察：

教科書の花の形をとらえるとき、花の形、がく、おしべやめしべの形、特にヘチマのめばなのめしべにふくらみがあることに注意する。外で観察するときにはめばなを予め見つけておく。というのはめばなは数が少なく、朝早く開いているが昼には花がしぼんでしまいます。また、つぼみをもっためばなを予め見つけておくと翌日に開花する可能性がある。

【質問】

1. なぜ、花にはおしべとめしべがあるのでしょうか？
2. なぜ、花の中心におしべやめしべがあるが、周辺にはないのだろうか？

質問1への回答：

実際、これは小学生の質問です。この質問に対して「仲間をふやすため」と答えています。これで小学生の質問に真面に答えているのでしょうか。更に小学生が、なぜ、おしべとめしべに分けて受粉する必要があるのか？ と聞くと、どう答えるのでしょうか。つまり、仲間を増やすためなら他のやり方もあるのにどうしておしべとめしべに分かれて受粉というやり方をするのか、不思議に思うでしょうね。初めにおしべとめしべがありきで、機能の意味を言えば、仲間を増やすためでもいいでしょう。しかし、出発点のおしべとめしべの存在意味を尋ねているのであれば、「仲間をふやす」では何も解決しないわけです。なぜ、オスとメスが存在しなければならないのか？ それに応えねばなりません。世の中

にはオス・メスがなくてもふえる（無性生殖を行う）ものがあります。例えばバクテリア、コケ植物や良い環境にあるミジンコのように、細胞分裂をして親と独立するものやメスが生殖しなくてもメスしか生まない物があります。できた子供は全く親と同じで遺伝子まで同じです。このようなものを「クローン」といいます。つまり、コピーのような生物です。ここにヒントがありますね。生物が同じものを作ると進歩しません。例えば、環境が悪くなったときにそれに十分に耐える子ができないのです。強い子供を残すためには親とは少し違ったものをつくらなければなりません。そのためには、オスとメスという二つの性をつくるのです。オスは精子や花粉のようにたくさん子供の元を作り、元気がよいものがメスの一つに合わさるようにすると強い子はできます。環境に合った強い子孫を残すためにオスとメスやおしべとめしべというものをつくったのです。

質問2への回答：

花の形を調べてみると、色々な形がありますが、花びらが中央から出ています。もし、おしべやめしべが花びらの先からでると花びらが通り道となってしまいます。花びらの先はまわりから力が加えられて、なくなってしまうことがあります。また、昆虫などが花に来にくくなります。そうすると受粉できなくなります。昆虫を呼び寄せるために中央にみつをつくり、その近くに花粉をおいておくと運んでくれるわけです。めしべが受粉すると種子をつくる準備を中央のところで行えます。花は昆虫に分かりやすく形を作り、受粉のために中央がもっとも効率の良いところになるのが理由です。

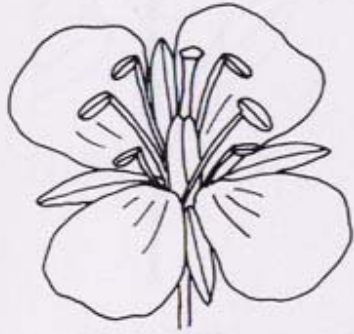
参考：花の形

花の形には色々あるが、円形のを多く見かける。しかし、スマレやトリカブトのように丸くない物もある。岐阜薬科大学の水野瑞夫先生が花の形をまとめられた。以下に図を示す。

水野瑞夫（岐阜薬大）水野薬草講座 「開発から応用まで」より

花びらは4，5または6枚のを多く見られる。筒状のものもある。授業では辻本が撮った写真（岐阜県）を使って、花の大きさや形をPPTによって示した。特に関心が高かったのは仏炎苞（ぶつえんほう）であった。

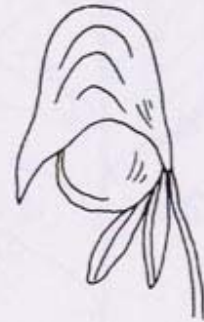
花の形



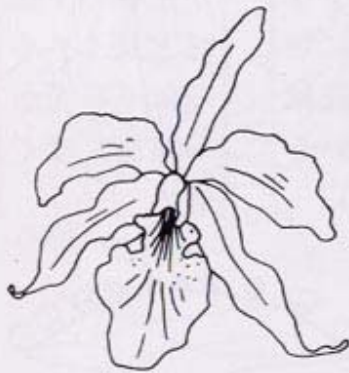
〔十字花形〕



〔ツツジ形〕



〔カブト形〕



〔ラン形〕



〔鐘形〕



〔高坏形〕



〔ツボ形〕

旗弁



翼弁

竜骨弁(多くは翼弁に囲まれて中に入っている)

〔蝶形〕



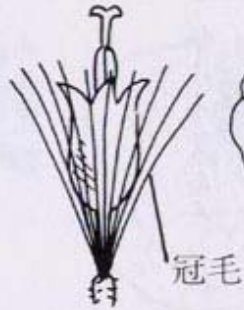
〔ユリ形〕



〔アヤメ形〕



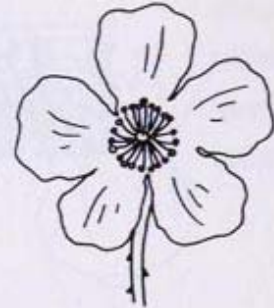
〔仮面状〕



〔管状花〕



〔漏斗形〕



〔バラ形〕



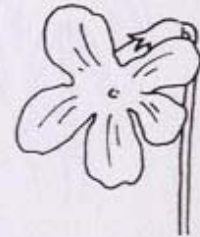
〔仏炎苞〕



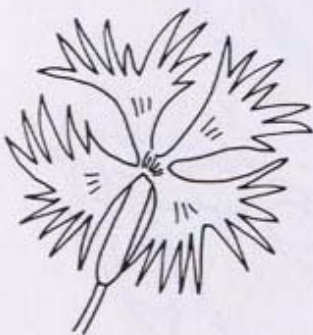
〔ツユクサ形〕



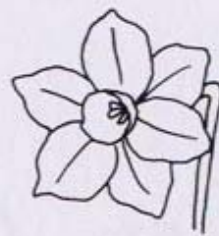
〔唇形〕



〔スミレ形〕



〔ナデシコ形〕



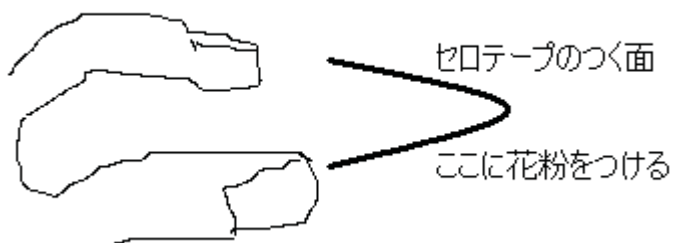
〔スイセン形〕



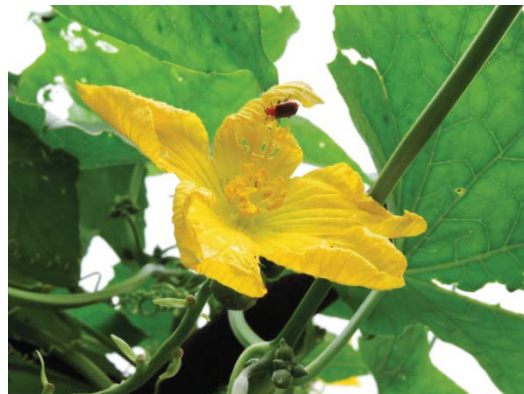
〔舌状花〕

花粉の採取のしかた：

セロテープをつかって花粉を採集するには次のような工夫をする。一つの方法として、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。花粉をとる時、軽く粘着面中央につける。おし付けたり、何度もつけないようにする。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ると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。



へチマのめばな

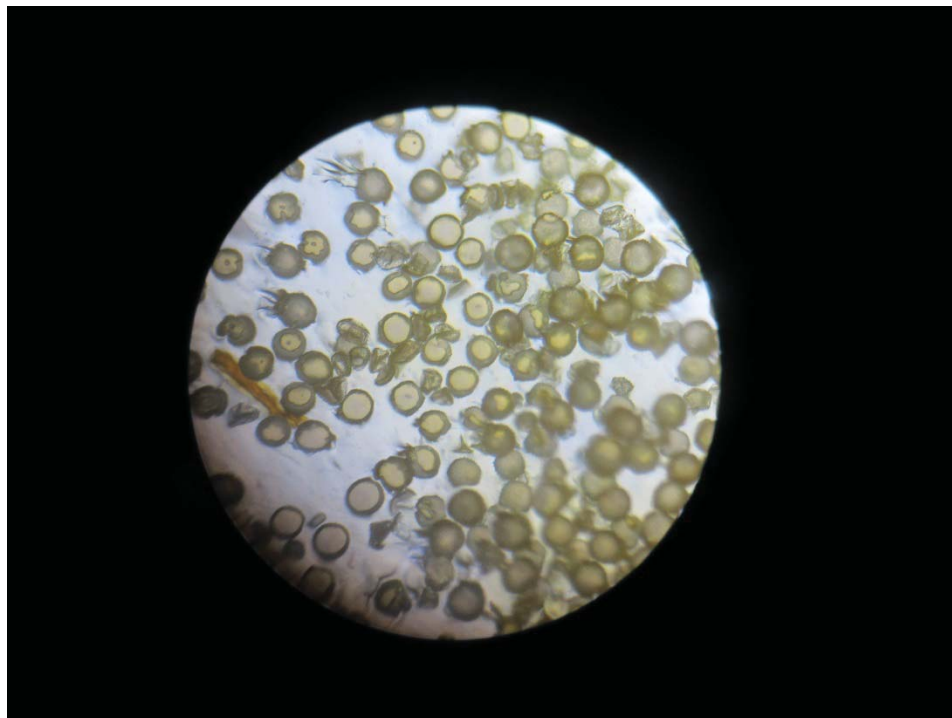


へチマのおばな



へチマの花粉 倍率 200 倍 (挿画はデジタル拡大)

写真：アサガオの花粉（100倍，400倍）



【コメント】教科書の写真には彩色しているため，薄茶色に見えるが，顕微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薄緑色に観察される。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た。教科書が間違っているのではなく，自分の観察したものを大切にするためである。

4-2. 花粉のはたらき

問題という形で、「花が実になるためには受粉が必要なのだろうか」と提起されている。つまり、花が実になるための必要条件に受粉があるか、という問いかけである。必要とは「なければならない」という意味であることを確認した。受粉がなければ花が実にならないということを証明すればよい。証明は実験で行う。

教科書では直ぐに実験と始まっているが、これは早過ぎる。実験の計画を立てねばならない。テーマ「受粉しなければ実にならない」を証明するには受粉しないようにして実ができないことを示せばよいと考える。ここで、考えさせる必要がある。実になるかならないかは受粉だけだろうか、たまたま、受粉には関係なく腐ったり、枯れてしまったときには実はならない。これらの偶然を除くにはどうしたらよいのか？ これを子供たちに考えさせる。つまり、条件出しを行う。子供たちの方で何らかの並行実験の必要性が出てくれば幸いである。今まで、1つの条件だけ変えるということは学んできた。受粉だけを変えるという実験が何となく分かってきた所で、表を作った。

	受粉	ふくろ	つぼみ大きさ	口のところ
ア	あり	かぶせる	同じ	モールで結ぶ
イ	なし	かぶせる	同じ	モールで結ぶ

この実験はかなり難しく時間がかかる。結果はかぶせた方は腐ってしまい、教科書のような結果にはならなかった。めばなの数が少ない。同じようなつぼみの状態である物は1ペアだけだった。【対策】毎日のように、チェックするようにして、時間をかけて調べて行くように心がける。しぼんできたら袋を取ることも行う。

ただ、受粉した方は成長して大きな実になった。授業では、これらの結果を使った。

理科のひろば

花粉のいろいろな運ばれ方のところでは、風媒花と虫媒花が書かれている。調査によって「受粉のための植物のチエ」というPPTをつくった。昆虫を利用するため、花は色（紫外線が見える）、かおり（におい）、味を取り上げ、写真で示した。また、ナショナルジオグラフィック 2011年3月号にある花粉の運び屋を紹介した。小動物、トカゲ、アリ、鳥などは花粉を運ぶ。子供たちは意外だと見ていた。アマモや梅花藻では水の流れて花粉を媒介する。これも意外性があった。植物は動けない。受粉のためには誰かを使う。昆虫などをひきつけることがチエである。そこで、みつを提供する代わりに花粉を運んでもらう。つまり、トレードである。花の形は昆虫を引き寄せるためつくられている、と考えると、バラバラな形ではなく、きまりがあるように見える。まとめをいえば、受粉のために昆虫が必要であり、形、色や匂いでみつの場所を示し、近くにおしべの花粉を準備している。

5. 台風と天気の変化

夏休み中に台風が来ることがあるため、この章は夏休み前に授業を済ませるようにした。

台風の動きについては、最終的に色々な台風情報から子供たちが予想する試みをした。予想の理由を言えるように、順序立てた構成に変えた。

- ①台風はどのようにして発生するか？
- ②台風のおよその進む方向はどうして決まるか？
- ③台風の風向きと雨の様子はどのように変わるか？
- ④最近の台風の経路を調査・パラパラ画で理解する。

台風による災害について

伊勢湾台風による高潮と洪水で岐阜市が浸水したことや昭和 51 年（1976 年）台風 17 号による洪水で城西小学校が床上浸水にあったことを PPT で示し、災害対策について方策を子供たちと一緒に考えた。

5-1. 台風の動きと天気の変化

教科書では、台風はどのように動くか？ 台風の動きによって天気はどのように変わるのだろうか？ 2つの問題が提起されている。しかし、上記方針に従い、台風の発生から PPT を使って示し、板書で確認した。

課題：①台風の発生

台風は熱帯の海面が熱せられて上昇気流が発生することから始まります。熱が加わると空気は軽くなり上の方へ移動する。これは4年生の時に習いましたね。ところが、上昇した空気は高い所では冷やされて下の方へ移動します。その結果、空気が上がったあと上で冷やされるとちがった道で下がります。空気が上下にぐるっとまわるのです。このように空気が回るのを「対流」（たいりゅう）と言います。水を下からあたためると同じ事が起こるのを、おがくずを使って確かめましたね。それと同じです。対流が一つの所で色々な向きに起こりますとドーナツのようなものができますね。空気のドーナツの中は空気が上がり、外側は空気が下がるのです。内側の空気は軽く、外側の空気は重いということになりますね。気圧というのは低い（小さい）と軽く、高い（大きい）と重いわけですから気圧の高い所から低い所へ風が吹きます。台風をドーナツと考えるとドーナツの外側から内側へ風が吹くのです。

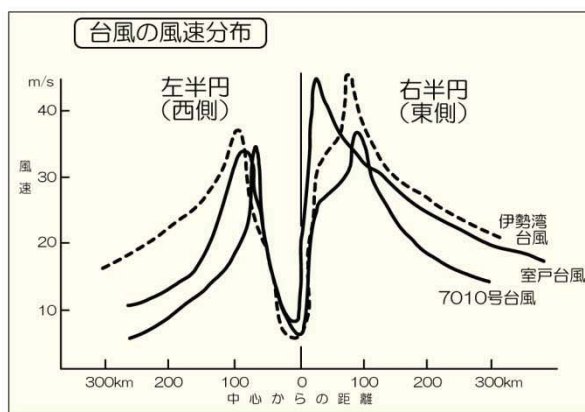
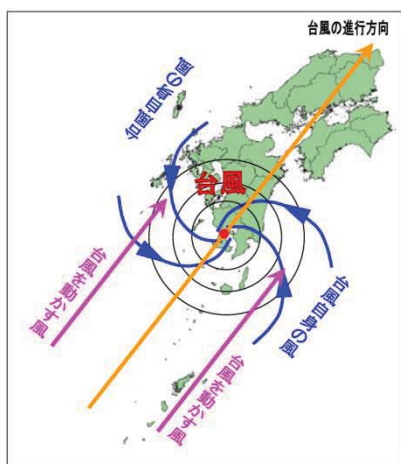
課題：②台風の進む方向

台風はドーナツのような形をしています。吹き込む風は中心へ向かって一直線にならないで、少し右にずれます。なぜ右に曲がるのでしょうか？ それは地球が丸くなってい

て、北極と南極を結ぶ軸（じく）のまわりを西から東へ一日で一周しますね。赤道付近は長い距離をまわりますが、北極近くでは大変短い距離しか回りません。赤道付近と少し北のところでは、吹き込む風の方向に対して、左から右への力があるようにずれます。これを実感するにはボールをひもに吊るしてもったまま、胸のところから両手をゆっくり伸ばします。自分が回らないときと左に回った時をくらべてください。まわるとボールは真っ直ぐにならず、右の方へずれますね。自分は地球であり、台風の風はボールです。手の動きとボールの動きがちがう時に左から右へ力がかっているように見えますね。この力を「コリオリの力」といいます。台風の輪の中心へ吹き込む風は「コリオリの力」を受けて風の方向が中心より右に向かいます。台風の輪のそれぞれの部分から吹き込む風が右にずれると、中心から見るとドーナツは反時計回りに（左に）回転しますね。台風はすべて反時計回りに回転して進みます。

さて、進行方向については、偏東風（貿易風）、偏西風、高気圧の位置、コリオリの力の緯度差による影響（くわしくはベータ効果）に関係しています。赤道付近では偏東風が大きく影響します。従って西へ向かいます。弱いですがコリオリの力の緯度差も関係して少し北へ向かいます。北緯 20-30 度付近までは北へ向かう力が強くなります。この付近では偏西風が吹いていますので方向が東よりへ向かいます。方向が西から東へ向かうので転向点になることが多いわけです。コリオリの力の緯度差による北向きは強くなりますから、北東の方向へ進みます。台風発生からみてみますと、赤道付近で発生した台風は偏東風の影響で西北西へ、やがて北西へ、20-30 度までに北へ、変更点を過ぎると、北東へ進路をとります。このようすを教科書でみると地図に経路が書かれています。授業では、偏東風、偏西風があり、コリオリの力で北向きになることを下に、台風の進路を理解することをしました。これは「天気は西から」とも関係しています。

課題：③台風の風向きと雨の様子はどのように変わるか？

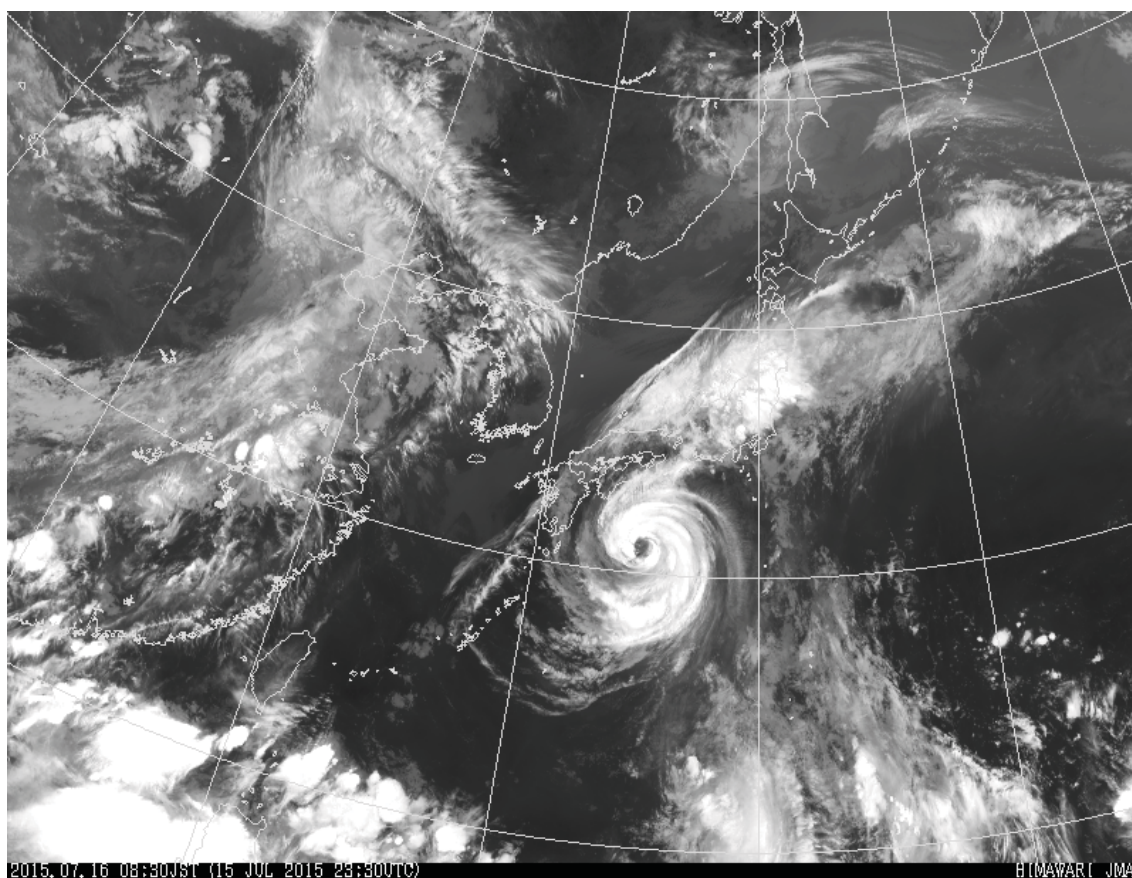


台風の進路の右側は南風が強く、左側は少し弱くなるが北風が吹く。これは台風の風が反時計回りに中心へ吹きこむためである。中心の右側は台風が進む速さと台風の風速とがプラスされるために速くなる。左側は台風の風速が進行の速さで打ち消されるため、少しおそくなる。岐阜市では、中心が伊吹山の近くを通過するとき風が強くなると予想される。台風が中心が近付くと、先ず東の風が吹く。中心が自分の所から西を通りそうな時には北東の風が変わり、東を通りそうな時には南東の風が変わる。そのまま東の風がだんだん強くなると中心が向かってくることになる。台風の中に入ると風が吹かないようになる。このことの経験談を話した。中心が過ぎると風向きが西寄りになりまた強くなる。

台風のもってくる雨の量は気象衛星による雲の量で予想できる。しかし、雨雲は低いので地形（高い山が影響する）によってちがってくる。高い山に台風のしめった風が当たると積乱雲をつくり、雷（かみなり）が発生して豪雨（ごうう）になることもある。

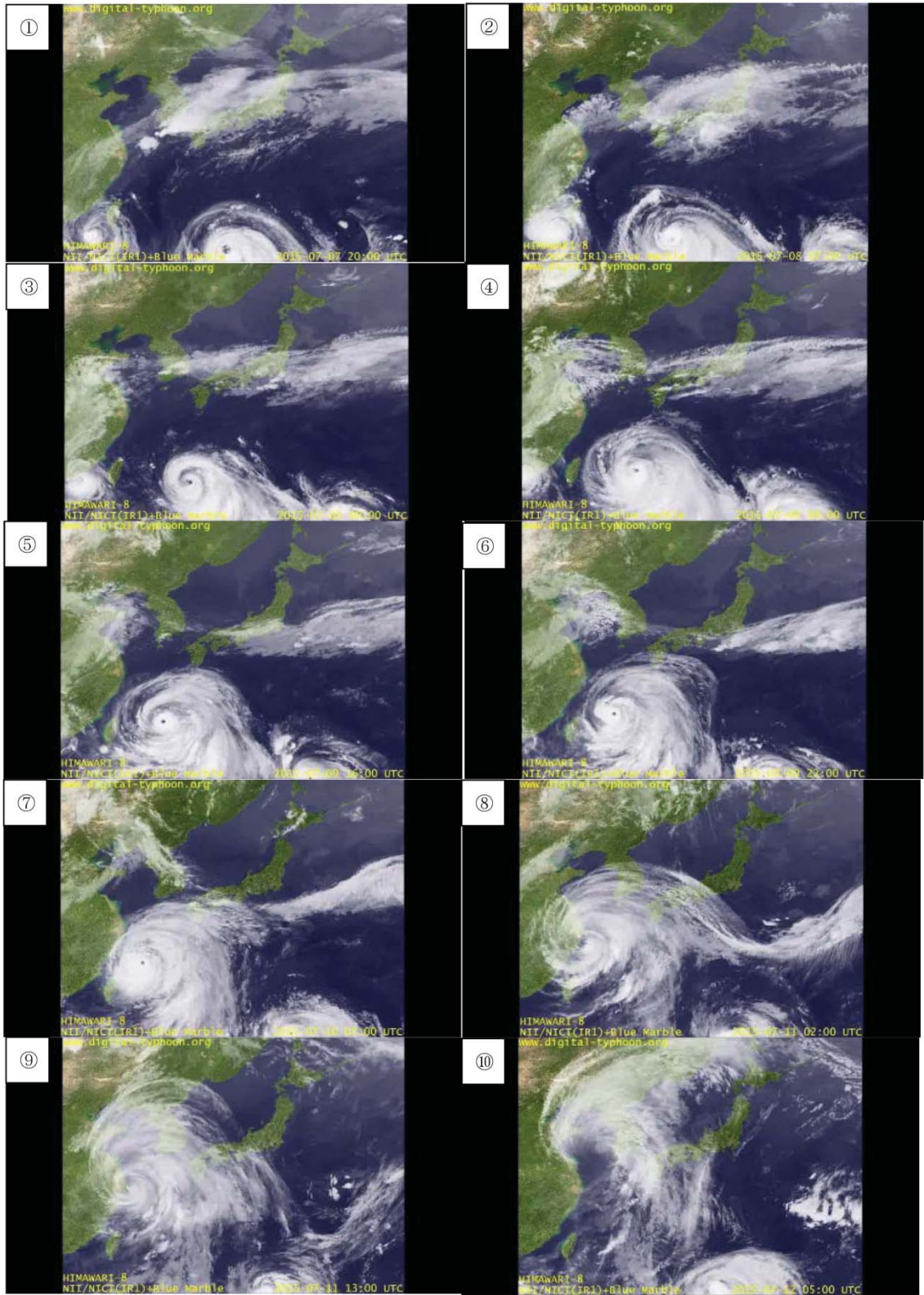
課題：④最近の台風の経路を調査・パラパラ画で理解する。

2015年7月5日には3つの台風が発生した。気象情報から西から10号、9号、11号である。11号は日本に上陸した。このPPTを作成した。気象衛星の写真を下図に示す。

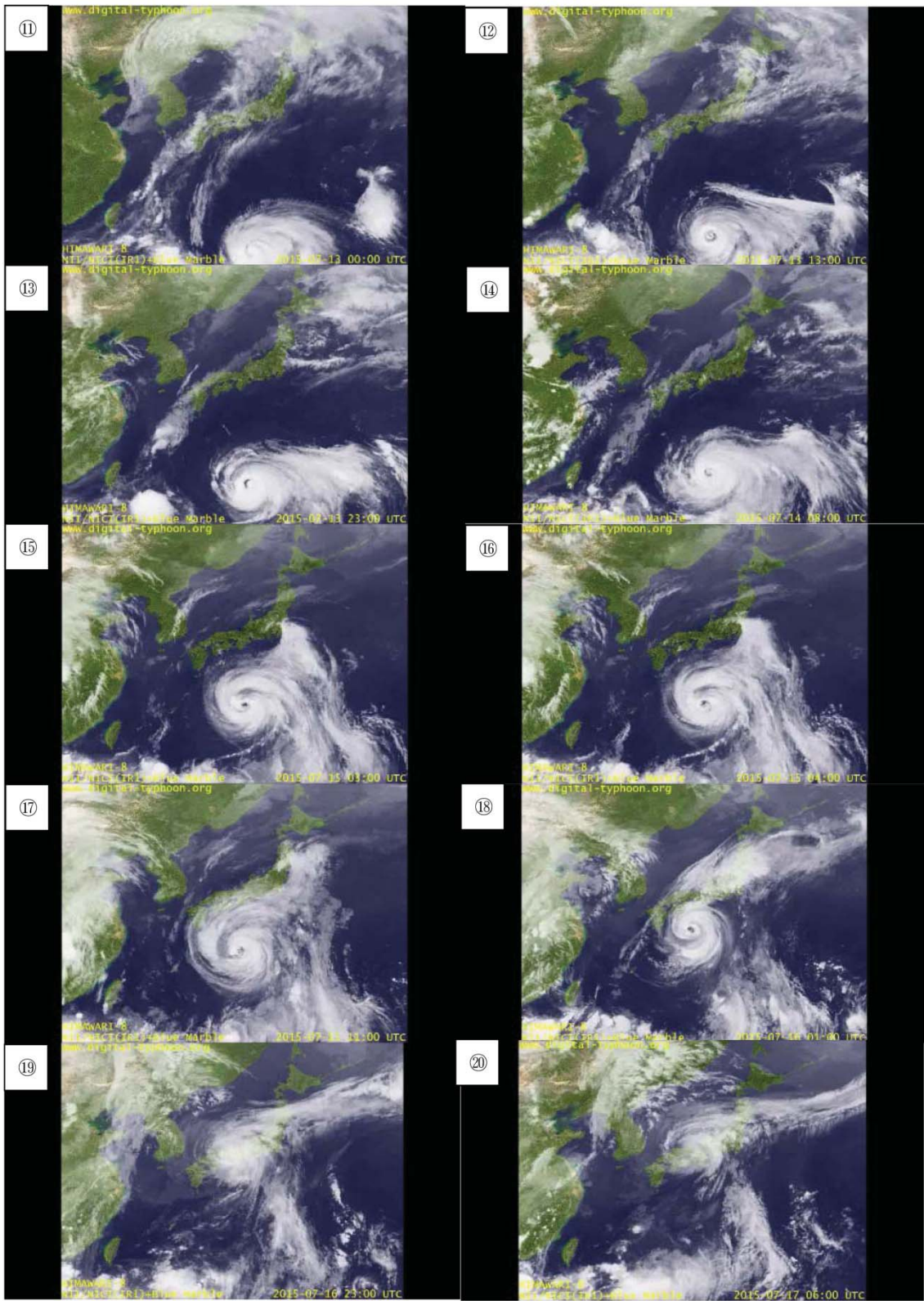


前もって台風11号の予想進路を黒板に書かせた。北西へ進む、北へ進む、曲がって北海道へ進む予想が出てきた。台風通過後、気象庁のHPより進路を示して予想を検証した。

最近の台風の進路についてパラパラ画をつくってみた。動画は国立情報研究所の「デジタル台風」にあるデータ（WMP）を使い、スナップショットを時間ごとにとればよい。なお、画用紙に印刷した場合、綺麗にハサミで切るのは難しいので両端を裁断機で裁断しておく方がよい。下図にスナップショット 20 枚のパラパラを示す。



平成 27 年 7 月 台風 9 号, 10 号, 11 号



5-2. わたしたちの暮らしと災害

教科書の写真を見て台風の何によって起こった災害結果でしょうか？

- ①鉄塔の倒壊：風，②駐車場の冠水：大雨，③海岸道路の崩壊：風がつくる大きな波，④がけ崩れ：大雨，⑤橋の流失：大雨による増水

これらは台風による「風と大雨」が瞬間の力とたまった水の量によって引き起こされる。単に、「台風の影響」という表現ではなく、台風のもっている何が、どのようになって、結果をもたらすかを順序立てて話させた。

防災について

台風被害を少なくするには：下図に示すような防災の手段がある。

台風の防災



・台風が近づいたら絶対にやめましょう



防災のころえ

1. ひごろのそなえ
排水溝の掃除，家族会議，非常用品の備え
2. いざ近づいたら
窓の補強，植木鉢の取り込み，生活用水の確保
3. やってはいけないこと
農水路の見回り，海岸への近寄り，屋外での作業

過去の台風被害

岐阜県で今まで起きた台風による大きな災害は2つあります。それらは昭和 34 年の伊勢湾台風や昭和 51 年の安八洪水です。

1. 伊勢湾台風の被害について，写真と被害地図
2. 安八洪水の被害について，城西小学校の校舎の床上浸水の写真と浸水の水位を示す標識を見学

なぜ，このような被害が出たのか？ 考えてみよう。

岐阜県には南に濃尾平野が広がっている地形です。その中を三川（揖斐川，長良川，木曾川）が流れています。山地は，西に養老山地，伊吹山，能郷白山の山並みがあり，北には白山の山々があり，北東に御岳，恵那山などの高い山々があります。伊勢湾に台風が入って来るとこれらの山に雨風が吹きつけます。山にたまった水は川に流れ込み川の水は増えます。海岸では南東の風が強くなると，高潮という高い波が打ち寄せます。特に台風の眼が紀伊半島を上ると岐阜は台風の東側になり，風が一層強くなります。（これは台風が反時計回りに風が吹き込むことを学びました）このようなことが重なったために二つの台風は大きな被害をもたらしたのです。

被害対策：

- ・高潮に対する備え：防潮堤・水門の建設
- ・洪水対策：堤防の補強・遊水地・水門の制御

6 流れる水のはたらき

川を流れる水のように「場所」と「日」によってちがいます。場所は日が変わっても大きく変わりませんが、日がちがうと川の流れのようすは変わります。場所は、山の中（上流）、平地へ出るところ（中流）、平野から河口近く（下流）に分けることができます。川はば、流れの速さ、土地のかたむき、石の形と大きさ において特色があります。川のようすは日によって変わります。特に雨がふった後や晴天が続いたときには流れがちがいます。

6-1. 川と川原の石

川と川原の石の写真を見て場所によってどのようなちがいがあるかを書き出す。場所は、㊷山の中、㊸平地へ流れ出たあたり、㊹平地の3か所の写真を利用した。(72 - 73 ページ)川のようす、川の特色を表にして書き出した。ところが、子供たちの発表の中に、水の量、深さという「川のようす」のちがいがあった。これらの「川のようす」は教科書には書かれていないが、様子の違いを表わしている。

	川はば	流れの速さ	土地のかたむき	石の形	石の大きさ	水の量	川の深さ
上流	せまい	速い	急	角がある	大きい	少ない	浅い
中流	やや広い	やや速い	少しゆるやか	少し丸み	少し大きい	少し多い	少し深い
下流	広い	おそい	ゆるやか	角がなく丸い	丸く、小さい、すなもある	多い	深い

【コメント】

ややもすれば、このような表をつくってまとめる授業は子供たちに記憶を要求するパターンになりがちである。記憶を勧める塾の教育ならそれでいいかもしれない。しかし、理科を考える科目と捉えて、考え方を子供たちに示して論理的に推論できるようにもって行きたい。

「川はどうしてできると考えるか？」⇒「川は山に雨が降ってできる」「池や湖から流れて川はできる」など想像して話してくれた。「そうです。山に降った雨は集まるのですね」という答えから始めた。

「降った雨が集まると川になる。では、雨ふりが終わると、川の水はなくなるのでしょうか？」⇒「いいえ、川の水はそれでも流れています」

「どうしてですか？」⇒「ゆっくりと土からしみ出てくる」「降った雨水は草や木の下にあってゆっくりと出てくる」という答えが出てきた。「山々に降った雨水は谷のところで合わさって川になるのですね」「そして、谷と谷とが合わさって川はおおきくなります」

たとえ：

このようすは「一本の木」と思ってください。雨が降ると葉がぬれます。葉がぬれて集まった水は小さな枝に集まります。次に、小さな枝の水は大きな枝に集まります。やがて大きな枝の水は幹に伝わり最後は土の中へ入ります。

対比して考える：

上流：谷の水は少ないですね。小さな枝には水が少ないのと似ています。

中流：谷と谷が合わさって少し大きな川になると水はふえます。小枝と小枝の水が合わさり大枝の水になると似ています。

下流：大きくなった川は海へ注ぎます。幹になった木には全部の水が集まり、最後は土の中に入ります。これと似ています。

川の水の流れと木の形を近づける：

川の水が流れるようすは「一本の木の形」と似ていますね。小枝（上流）、大枝（中流）、幹（下流）になります。木は真っ直ぐに立っていますが、川は少しだけ起き上がったようすです。それでは、木を横にしてみましよう。小枝が多いので少し起き上がっています。これで川のようすを考えてみよう。

木の形から川の流れのようすを想像する：

小枝は細いがかたむきが大きい、大枝になると少し太くなってかたむきがゆるやかになる、幹になると太くなってほとんど平地と同じかたむきになる。

それでは川のようすを想像してみよう。上流では川はばはせまく水の量は少ない、土地のかたむきは大きい、すると水の流れは速い、ということが考えられます。中流になると川はばが少し広くなり水の量もそれだけ多くなる、土地のかたむきが少し小さくなるので水の流れが少しゆるくなる。下流では川はばが広くなり水の量も多くなる、土地のかたむきは小さくなるので流れる速さはゆっくりとなる。このように予想できますね。

ここで、川原にある石、岩やすなについて、どんな大きさや形をしているか考えてみよう。

今、一つのわりやすい石がある。この石を軽く金づちでたたくと小石にわれる。小石をさらに細くなるまでたたくとすなになる。

山の石はどんな力でたたかれるのでしょうか？あるのは川の水の流れです。水の力で石を動かすのです。大きな石でも水の中に入れますと空気中よりも軽くなります。浅いお風

呂のお湯の中で体を手でもちあげるのはできますが、空気中では大変な力がいらいますね。水の中ではうく力がはたらきますので、空気中よりも簡単にもちあがります。

山の石は川の水の力によっておされますと、ころがりながら他の石とぶつかり小さくなります。大きな石より小さな石の方が流されやすいですね。流れている小さな石が大きな石にぶつかると大きな石の角がけずられます。小さな石同士がぶつかり細かくなると最後にはすなやどろになりますね。山の中（上流）には大きな石や岩を見かけますが、下流になると小石やすなを多く見かけます。

整理

これだけのことを考えれば表にして整理することができます。表のたてには上流・中流・下流を入れます。横には何を入れますか？ 考え方は、大きさと形をもとにします。大きさについて、川の大きさは「川はば」ですね。川はばが広いと水の量も多い。次に、形について、川の形を横から見たものになります。すると「かたむき」がちがいますね。かたむきが大きいと「水の流れる速さ」が速くなります。流れが速いと石が運ばれやすくなりますね。そうです。「石の大きさと形」を書きましょう。これで「」の4つの事柄を横に書けますね。

補足：深さについて

表が完成したあとに、一つ残った水の深さについて考えてみましょう。上流では水の量が少ないが速く流れる。たきがあつて深くなることもあります。それは一部分です。上流全体では流れは速くても浅いことが多いでしょう。中流になると水の量が多くなり、流れは少し遅くなりますが、川原ができ流れがせまくなるところでは速くなります。水の量が増えた分、速い所では深くなります。下流では川はばが広くなりますが、水の量が多くなります。川原や中島がない所では流れはおそいですが深くなります。川原や中島があるところでは流れが速い所で深くなります。

常願寺川について

日本一高低差が大きい川である常願寺川をさかのぼり、立山に至るまでの川の様子をPPTで作成した。観光の名所もあるので楽しみながら川の水の流れを学ぼう。

6-2. 流れる水のはたらき

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？ すなわち、上流・中流・下流で川岸はどのようにちがうか？ 川の水の流れと深さもみてみよう。

実験1 校庭の端にある小山を使った。子供たちには曲がった溝を頂上近くから平地までつくるように指示した。観察することは、①水の流れる道がけずれる場所と土や小石がたまる場所にちゅういすることと、②曲がった水の道について下流に向かってどちら側が深くけずられるか、これら2点に注目する。

結果 けずられやすい所は水の流れが速いところ、石のないところ、かたむきが大きいところ、と分かった。曲がったところは、外側がよくけずられる。かたむきが小さくなると流された小石やすながたまった。以上は教科書通りの結果であった。

しかし、水の道を二つに分けてどちらに流れやすいかを調べたグループもいた。これは流れる水の速さ、運ばれるすなのたまり方によってちがうことに気付いた。また、すながたまる下流では、最初はすながたまるが、たまったすなが多くなるとすなの山をさけるように川の流れが変わり、流れが二つできることもあった。別のグループでは、芝生に水が入り、その下では流れがおそくなってしまった。これらの観察も含めて、教室でまとめと検討を行った。

まとめと考察

けずれる ⇒ しん食

はこぶ ⇒ 運ばん

たまる ⇒ たい積

という言葉覚えて、上流・中流・下流で主に起こっているのはどれかを写真や実験結果を見ながら表をつくってみた。

表を見て川の水の流れる「速さ」と関係づけられますね。速いと川岸や川の底は「しん食」されます。これは中流でも同じです。流れがおそいと「たい積」します。下流で起こりますが、中流でもおそくなるとすながたい積しましたね。

川の流れ	主に起こっていること
上流	しん食
中流	運ばん
下流	たい積

追加1

水の流れる道を2つにした時について 山のせまい所を流れて平野に出ると川は広がります（中流）。運んできた石やすなは、流れがおそくなるので、その場所にたまることがあります。そこで水の流れは2つに分かれます。このことは実際の川でよく見られることです。2つに分かれた流れをつくったときには流れの速さやたい積したすなや小石によってどちらか一方だけ流れることもありましたがしょう。また、下流ではこの2つに分かれたものが先で一つになることがあります。島のようなものができるのです。海の近くではこの島が三角形になるので三角州（さんかくす）といいます。良い実験ができましたね。

追加2

植物があると流れがおそくなることについて 普通、川の中に木が生えていることはあまりありませんが、川の中の島には木や草むらがたまにみられます。水が増えるとそこは水の流れゆっくりとなります。樹が流れない程度の水の流れなら、水の流れをおそくすることができます。山に雨が降ると、木がないとすぐに雨水は谷に流れますが、木や草があると水はゆっくりとなり、一度に谷へ流れません。つまり森林は急な流れを防いでくれるのですね。

曲がった流れについて 実験でも曲がったところの外側がしん食され、内側はたい積した石やすなで川原ができるようすが分かった。なぜ、このようなことが起こるのか？ 川が曲がると流れの速さが外側と内側でちがう。外側が速くなり内側がおそくなる。これは運動会で列行進するとき、内側の方はゆっくり回り、外側の方は速く回ると同じです。速く流れると岸はしん食されるがゆっくり流れると岸には石やすながたい積するのは実験で見えてきましたね。すなわち、川が曲がっていると外側の流れが速く、しん食されて深くなり、内側の流れはおそくなり、石やすながたい積します。長良川は忠節橋と大縄場大橋の間で大きく西から南へ曲がります。北西の角と南東の角にあたる川岸のようすは大きくちがいますね。南東側は川原があるけれども、北西側は流れが速いので川原はありません。同じような流れを伊自良川についても見られます。尻毛橋の近くに伊自良川緑地や旦島公園は伊自良川の南東にあり、川原がありますが、対岸の北西には川原はありません。身の回りを調べるには地域の地図を見よう。

実験2 水の量を変えて、流れる水のはたらきを調べる。バットにすなを入れ、かたむきをつくる。水の流れる道を予めつくっておく。せんじょうビン1つのとき、せんじょうビン2つのとき、すなわち、水の量を変えたときに流れる水の速さがちがうことを調べる。

結果と考察：

水の量が多くなるとしん食が大きくなって運ばんされる土の量も多くなった。また、水の量が多くなると、たい積する土の量もふえることが分かった。

なぜ、水の量がふえるとしん食、運ばん、たい積が強くはたらくのだろうか？ 水の量を増やすと水が土や小石をおす力がふえる。とくに小石は水の量がふえると水面の下にある部分がふえ、浮く力がまします。すなわち、水の量が多い場合、水の量が少ない時よりも、少ない力で小石を動かすことができるようになります。そのため、運ばんされる土やすなの量もふえ、結果としてたい積する土やすなの量も多くなります。

木曾三川について

木曾三川は西から揖斐川（いびがわ）、長良川、木曾川の川になります。この源流は、それぞれ、冠山、大日岳、鉢盛山です。伊勢湾に注ぐ前に津屋川、郡上八幡、蛭川などの自然環境と河口付近を写真（自分で撮ったもの）入りのPPTで紹介しました。

【コメント】 岐阜県は自然環境の豊かなところですが、理科の地学として登場する場所が沢山あります。何かテーマを決めて写真で子供たちに紹介すると、地域に密着した研究へと発展する素地を与えます。それは理科が社会科の地理や歴史と合体したもので、アメリカの小学校で行われている「Natural History」のようなものです。中学以上になると専門化が進み、漠然とした「総合科学」となるものかもしれません。しかし、小学校では理科の展開を図ることができます。広範囲の中から具体的にテーマに焦点を合わせ、授業の延長として位置付けると印象深くなるでしょう。たとえば、桜や杉の古木と自然環境、金華山の褶曲地形、鉱物と岐阜県を取り囲む山々などを取材してPPTを使って示してきました。

6-3. わたしたちのくらしと災害

大雨によって川の水がふえると堤防（ていぼう）が切れたり、川の水が堤防をのり越えることがある。特に、堤防よりも低いところは水害にあうことになる。

城西地区でも安八洪水（あんぱちこうずい）が昭和51年（1976年）に起こり、伊自良川、早田川の洪水によって城西小学校も水が床まできた記録があります。南舎の入り口横に水が到達した記録の標識があります。また、写真も残っています。洪水が起こったわけは、台風で大雨がふり、川の水が急にふえたためです。川のぞう水による災害は台風だけでなく、梅雨（つゆ）の時にも起こります。1時間に100mm以上ふる大雨では10cmしか水がふえないように思えますが、川にはふった雨水が集まりますので何mも高さになります。上流では増水（ぞうすい）によって大きな石が水によって下へ運ばれます。

土石流について

川の流れは増水すると、水の量がふえるだけでなく流れが速くなる。大きな岩が動くとそのすぐ上流にたまっていた水が一度に流れる。石と共に砂と水がまざった流れが大きな石を動かし、さらに大きな土と石の流れをつくる。すなわち土石流が発生する。土石流は下流にある建物や橋をこわし、鉄道や道路を切り取ってしまう被害を起こす。一瞬にして災害が発生するので、警報が出たときにはすぐに避難する。

なお、土石災害については国道交通省のページに動画がある。これを子供たちに見せて土石流の凄さを見せた。

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

- [土石流\(長野県 焼岳上々堀沢\) \[WMV:7.1MB、48 秒\]](#)
- [土石流\(長野県 木曾川滑川\) \[WMV:3.8MB、51 秒\]](#)
- [土石流\(岐阜県 神通川水系白谷\) \[WMV:10.5MB、90 秒\]](#)

このような土石流を防ぐために、「さ防ダム」がつけられている。さ防ダムは土砂を完全に防ぐのではなく、いちどに流れていくのを防いでいる。たまった土しゅは取り除いて次の急な土石流を防ぐように備えている。常願寺川のさ防ダムを紹介したが、岐阜県にもあり、揖斐川の支流の涌谷で最近起こった土石流から大きな災害を防いだ例もある。

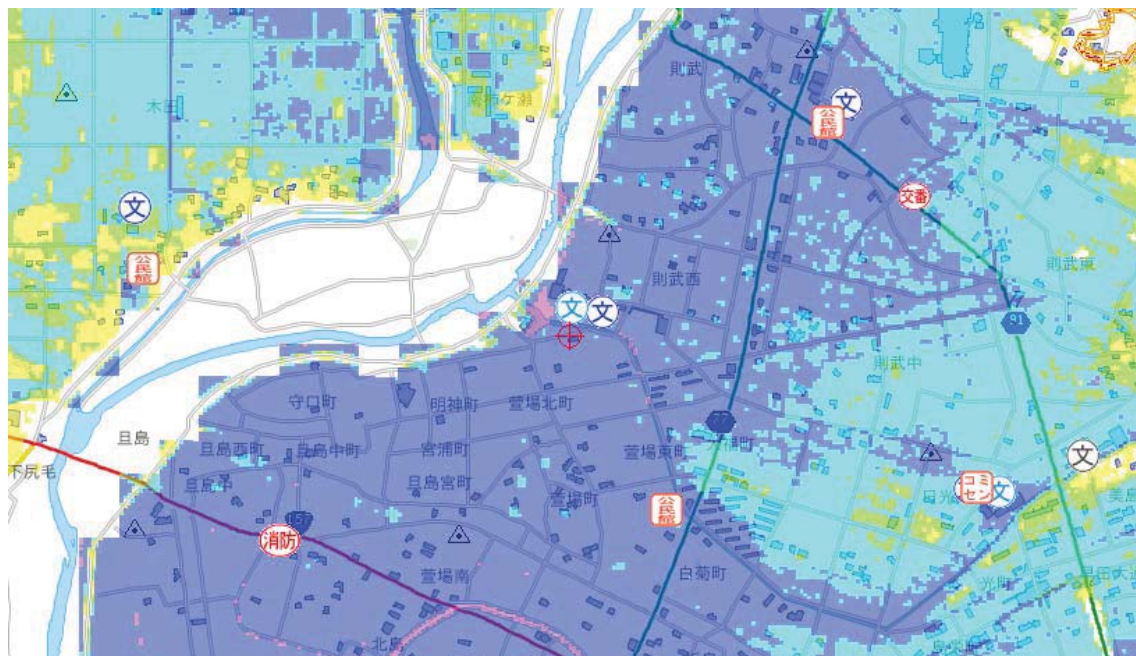
洪水によって、川岸がしん食されることを実験で観察した。川が曲がっているところでは外側がしん食されやすい。そこで、しん食を防ぐため、流れの外側に「ブロック」をおいて急な流れを和らげている。長良川の忠節橋～大縄場橋付近で「ブロック」のように、川の曲がったところでよく見かけることができる。

まわりの災害を調べる

城西小学校区のアザードマップをから見てみると、

http://www.gis2.pref.gifu.jp/MyMap2_0/GifuAdvanceMap/GifuAdvanceMap.jsp

洪水で2-5m（青色）と1-2m（水色）の水でおおわれると予想される場所となっている。近くには伊自良川と早田川が流れている。自分たちの住んでいるところがどんなところなのか、調べておくことは災害を受けたときに被害を少なくするやり方ができる。



7 物のとけ方

学習目標として指導書に書かれていることは次のようなものである：

- ① 物がとけても全体の重さは変わらないこと， ⇒重量不変則
- ② 物が一定量の水に溶ける量には限度があること， ⇒溶解度
- ③ 水の温度による物のとける量は溶かす物によって変わること， ⇒溶解度曲線
- ④ 物が水に溶けるときの決まりについて捉えること， ⇒溶解の予想
- ⑤ 溶けているものを取り出せることを捉えること， ⇒晶出，蒸発析出

溶解という事柄について

現象から規則を数値的に捉えようという目標が示されている。それでは、始めに示されているシュリーレン現象はどういう意味があるのか示されていない。塩が水に溶けるときに、なぜシュリーレン現象が見られるかという問題に答えていない。シュリーレン現象は濃度の差がある時に光の屈折が違うために見られる現象である。シュリーレン(Schlieren)はドイツ語の Schliere の複数形である。意味は「むら」すなわち、斑(まだら)である。

この時、すでに「濃度」という考え方を使っている。物が水に溶けるときには濃度があるということから始めるのが基本であると解釈した。物がたくさん溶けると「濃い」、あまり溶けていないと「薄い」というのは、食生活において子供たちは経験している。その「濃さ」が濃度である。濃度は高い、低いという程度を表わす。つまり、濃度は、「多い少ない」や「大きい小さい」のように見た目で計ることができない。なぜなら、一つの濃度のモノをどの場所で切り取っても濃度は変わらないからである。(濃度は示強性を表わし、示強性には温度や圧力もある)シュリーレン現象で濃度を理解することは難しい。ただ、興味を惹くために、食塩を使ったシュリーレン現象実験をイントロで行った。そこで、濃度を視覚的に分かる実験を考えることにした。

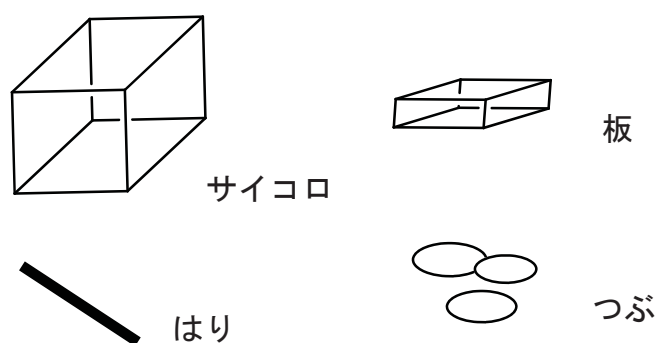
濃度の理解について インスタントコーヒーの利用

物が溶けるのを解り易く示すのは、塩のシュリーレン現象よりもインスタントコーヒーの拡散現象を使った方がよいであろう。というのは、濃度は色の濃さ(薄さ)で現れるからである。この実験は Youtube の動画にもあるが、実際に授業で行ってみたところ、子供たちは「濃度」を理解しやすかった。物が溶ける前は水がない様子だが、水に溶け始めると濃い色になり、水の多い所では薄まっていく。つまり、物が溶けるといのは、いきなり溶けるようにはならず、物の表面から水と混ざって、だんだんと物の形が見えなくなるのをいうと理解できる。授業では、さらに進めてかたまりと粉とどちらが溶け易いかを砂糖を使って演示した。なぜ、粉の方が速く溶けるのか? 聞いてみた。答えは出なかった。そこで、黒板にかたまりの絵を書き、色を変えて水を書くと、かたまりが水と触れ合うところが表面であることが分かる。かたまりの中には水は入って来ることができない。このかたまりを2つに割ると、割った部分が新しく水と触れ合う。このことを示した後に、同

じ重さのかたまりと粉ではどちらが溶け易いか聞いてみた。ほぼ全員が粉と答えた。なぜですか？ の質問に答えてくれた子供がいた。

発展として、溶けるというのは粉のようなものがもっと小さなつぶとなって水の中へ入っていく、という話をした。もちろん、小学生に「分子」の話をするのではない。しかし、「かたまり」と「つぶ」という概念をもたせることは大切と考えた。

【観察1】虫めがねで食塩のつぶを観察する。結晶の形を図示する。結晶の形にはいろいろあります。大きく見て形はサイコロ、板、はり、つぶの形になっています。食塩の形はサイコロと板の形になっているものが観察できました。



後ほど、ミョウバンの結晶をみますが、これは八面体になっています。色々な形になっていることが分りました。

【観察2】お茶パックを使ってシュリーレン現象の観察を行った。ノートに絵を書かせた。子供たちは大変興味深く観察した。

7-1. 物が水にとけるとき

食塩のシュリーレン現象実験のあとにティーバッグの中に食塩がなくなっていることを確かめさせた。食塩は水にとけた。少しの砂糖を水に入れてもきれいにとけた。インスタントコーヒーも色はついているがとうめいになった。ここで、水にとけた液を「水よう液」というのを板書した。食塩が水にとけた液を「食塩の水よう液」と言います。さとうが水にとけた液を？……そうです、「さとうの水よう液」といいますね。後で出てきますが、ミョウバンというものがあります。ミョウバンが水にとけた液を？……「ミョウバンの水よう液」と言います。

ここで、ちょっとした実験をこちらでやってみます。ここに小麦粉があります。これを水に入れます。よくかきまぜます。小麦粉はとけませんね。とけている？ にごっているだけ？ どちらでしょうか？ といいいながら小型遠心機をとりだし遠沈管に入れて遠心分離をします。(このとき、食塩の水よう液と水だけでも同時に行いました)。1分ほどで小麦粉は沈み、上澄みの水は透明になりました。小麦粉は水にとけません。「とけるというのは、物

が水の中で目に見えないほど小さなつぶになり、液がとうめいになることです」。食塩の遠心分離したものは底に何もなくて透明のままですね。

さて、食塩を水にとかすと食塩はどこに行ったのか？ 聞いてみた。「水の中に消えて行った」、「空気中に消えた」、という答えであった。「消えた」というのは目に見えなくなったという意味である。いやそうでない、なくなったと言う子供が少しいた。そこで、3年生の理科でねんどの形を変えて重さを計りました。このとき重さは変わりましたか？ 変わりませんでしたね。細かく切っても合わすと重さは変わりませんでした。溶けるというのは目に見えないほど小さくなることです。ここで、予想をしてください。物が溶けると全体の重さは、①変わらない、②へる、③ふえる、どれでしょうか？ ほとんどの子供は①であったが、1人だけ②がいた。さすがに、③ふえると言う子は誰もいなかった。

【コメント】教科書のようにではなく、選択肢に「ふえる」を示したのは、理科として論理性が重要であると判断したためである。つまり、3つの選択肢のどれかに属すること根拠にして、排除法を使うという論理である。

実験1 食塩を水にとかすと全体の重さは変わるか？

実験にあたって、秤量が主となるため天秤が必要になる。従来、上皿はかりや上皿天秤が使われてきたが、読み取り数値の誤りや秤量に時間がかかり過ぎた。

そこで、STEM 経費で電子スケール（電子てんびんより安価で、最小スケール：3 kgまで1gで秤量できる、ボタン操作で100 gまで0.1gにて秤量できる、@4,000）を購入して、教科書にある「上皿はかり」を使わなかった。電子スケールの取り扱いで注意することは、実験台のような平坦な所で使い、下にノートや教科書を置かない。水をこぼさない。ゼロに合わす。移動させない。なお、電子てんびんは理想的ではあるが、値段が高い、精度が高い、最大秤量が小さいという長短所がある。既に購入されていた電子てんびん1台は準備段階で電子スケールの較正に使った。なお、電子スケールを用いる理科の実験は3年、(6年)にもある。また、上皿天秤は秤量では使うことがないが、6年のでこの所で使うことがある。

【コメント】教科書の実験では、ふた付きのサンプル瓶が示され、攪拌するときには蓋を閉めて振って溶かすようになっている。この実験よりも後では、溶かす場合にはガラス棒で攪拌するので、ガラス棒を使うこととし、サンプル瓶を使って振るという操作をしないことにした。これは攪拌するのに蓋をして振るという操作は一般の理化学操作ではほとんど行わないためである。特に、混ぜることによってガスが発生する場合がありますと危険である。また、蓋をして振るという操作の延長として、試験管の液を、口のところを指で押さえて振るという、やってはいけないことにつながる。攪拌は攪拌棒を使うかマグネティックスターラー (magnetic stirrer) を使うのが基本である。重量不変の原理を学ぶために、できるだけ操作上簡潔にしてロスを少なくしようとする意図が蓋をして振るという操作に

表れている。しかし、基本は基本である。このように考えで、サンプル瓶を使わないことにした。

実験操作：

1. 調整した電子スケールに食塩 10g の入ったプラスチック容器，水 100mL が入った 200mL のビーカー，ガラス棒の全部を秤量する。重さをノートに，食塩入りプラスチック容器+水の入ったビーカー+ガラス棒として書く。(ガラス棒を真ん中にして転がり落ちないようにする。体験のためこの注意はしなかったができるだけ中央に載せるように言った)
2. 電子スケールから降ろして，こぼさないように，食塩を水の中に入れる。このとき少し食塩が残ることがあるがそのままにしておく。
3. ガラス棒で水がはねない様に時計回り数回，反時計回り数回を繰り返して攪拌する。溶けたかどうか調べるには，回すことを止めて液がまわって中央部に食塩がたまるかどうかで判断する。このとき，ガラス棒についての食塩の水よう液を実験台や布などにつけないように注意する。また，電子スケールの上でかきまぜてはいけない。
4. 完全に溶けたら，ビーカーにガラス棒を入れたままで，プラスチック容器と一緒に電子スケールで秤量する。プラスチック容器+食塩の水よう液のビーカー+ガラス棒の重さを書く。

結果：

全部の班で，元の重さと同じであった。

重さが減った班があれば，実験操作を見直してその原因を全員で考えようと計画していた。というのは，理科の実験では，他の人と違う結果が出るのが往々にしてある。多数決ではない。その原因を求める方が理科の実験の本質であると考えていた。

考察：

「食塩は水に溶けても重さは変わらない」ということがわかりました。それでいいですか？ 全員「ハイ」と答えた。ここで，他に意見を言いたい人はいますか？ と聞いた。残念ながら誰もいなかった。じゃ質問します：水に溶けた食塩は食塩のままですか？ 他の物に変わっていませんか？ 重さは変わらないが他のものに変わってしまうと食塩と言えなくなりますね。ところが，この章の後の方で食塩の水よう液から食塩をとりだすことをします。

ただ，一つの実験をした時に，その反対の実験も行うという考え方をしておくとは意外と新しいものが発見できるかもしれません。今回は予想通りに行きましたが，予想とは違う結果になることもあります。そのときには「想定外(予想外)」の事が起こっているのです。予想を立てたときの理由をもういちど考え直すこととなります。予想はただの「当てモノ」ではありません。こうだからこうなるはずだ，と考えるのが予想です。

さて、まとめておきましょう。「食塩を水にとかしてできた水よう液には食塩が目に見えない小さなつぶになっています」ということがわかりました。目に見える形が目に見えないつぶになっても重さは変わらない。これは3年生のねんどの場合と同じです。これは重量不変則という言葉で表せます。

食塩でとけても重さは変わらないことを学びました。ではミョウバンではどうでしょうか？ 予想：変わらない。理由：溶けることに関して、食塩とミョウバンの差が表れない。つまり、溶けるということに関して同じだから。

この実験の結果も全員同じであった。「一般に物が水に溶けても重さは変わらない」と話し、「重量不変の原理」と板書した。

7-2. 物が水にとける量

実験2：物が水にとける量には、限りがあるのだろうか。

【コメント】

物が水にとける量には、限りがあるだろうか。この問い掛けで、限りがないと答える子供がいた。これに対して、「では、1滴の水にいくらでも溶けますか？」と反問した。従って、教科書にある「限りがあるかどうか」という問い掛け（問題）は適当でない。「物が水に溶ける量は限界がある」から始めることにした。物が水に、よく溶けるか、あまり溶けないかを調べるにはどうしたらわかるだろうか？ ここで、実験方法を考えさせた。「ちょっとずつ加えていって溶けなくなったところで、どれだけ食塩を加えたか調べればよい」という答えが出てきた。これは正しいとした。実験に関して、まず、やり方や何をしたら分かるか、概略をつかむことが大切である。これを徹底することにした。教科書のように、いきなり量的な記述から入るやり方は、ややもすれば機械的に操作しがちになる。つまり、実験の道筋と操作方法は区別すべきことである。教科書に書かれている操作に入る前に実験の道筋を明らかにした。

実験操作の具体化：

「ちょっとずつ加えていって溶けなくなったところで」について、

- ・「加える」⇒何に加えるのか？ →50mLの水
- ・「ちょっとずつ」⇒どれぐらいか？ →2mL計量スプーンで「すりきり」1ばい
- ・「どれだけ食塩をくわえたか」？ →何はいをノートに書く

ここで、「すりきり」について説明した。なぜすりきりにするのでしょうか？ スプーン1ばいとすると、ある人はスプーンに山盛にするでしょう、別の人はスプーンに半分ほどで1ばいということになります。すりきりだと誰がやっても量が変わらないと考えられま

すね。つまり、計り方を同じにすることです。このようにすると、後でやり直しても同じ結果がでできますね。「いつも同じにすること」は実験をする時に大切なことです。

次に、「メスシリンダーの目盛の読み方」について説明した。黒板にメスシリンダーの目盛とメニスカスを書いて読み取る方法を矢印で書いてもらった。さすがに、これは正しく答えられた。詳しく説明すると混乱を与えるのでメニスカスという言葉を紹介し、読み取りは中央近くの線で水平に見ることを言った。すなわち、答えが正解であることも改めて伝えた。

【だれでもいつでも】

50mLの水や2mLのスプーンのように、数字で表すことが実験では大切です。なぜ、大切かという、その数字以外ではいけないということになります。つまり、数字で表すと決まってしまうからです。「数値が決まると誰がやっても何時でも同じことができる」からです。

ここまで、実験計画ができれば、いよいよ実験のやり方を順序に合わせて書きます。順序ですから番号順に書けばよいのです。教科書にあります。

1. 水 50mL をメスシリンダーではかりとり、100mL のビーカーに入れる。
2. 食塩を 2mL の計量スプーンですりきり 1 ばいはかりとり、1 に書かれたビーカーの水 50mL に加える。
3. ゴムの付いた方のガラス棒でよくかきまぜて溶かす。完全に溶けてからさらに、すりきり 1 ばいの食塩を入れてかき回す。記録をとる。
4. 時計回り、反時計回りに数回ずつくりかえしてよくかきまぜ、回した後にガラス棒を出して、水が回る中心に食塩が集まって溶けずに残るときにもう溶けないとする。そのときにすりきり何ばいかを記録する。これより 1 ばい少ないのが溶けた最大の量になる。
5. 最後に溶液の温度を計る。

ミョウバンを使って 1～4 の順に溶ける量を求める。ミョウバンは水に溶ける量が少ないのでよくかきまぜて溶ける限界を調べるようにする。

【溶液の回収】

飽和水溶液は別々に回収した。これらの水溶液は 7-3 の実験で使用する。このために、食塩とミョウバンが混ざらないようにするため、時間目ごとに回収した。前以って、実験が終わった後に「絶対に、流しにすてないように」注意した。ただし、回収した後のビーカーに少しついている食塩やミョウバンは、先生が少量の洗ビンの水で洗って回収し、そ

の後ビーカーを流しで洗い流してよいとした。このように注意しても、流しへすてる班が一つあった。

結果とまとめ：

1. 決まった水の量に食塩やミョウバンが溶ける量には限りがある。
2. 決まった水の量を使ったとき、食塩とミョウバンを比べると食塩の方が溶けやすい。

【決まった水の量に物が溶ける量には限りがある】とあってよいか？

これは最初に考えたので、再確認した。1滴の水にいくらでも溶けるということはない。だから限りがある。食塩やミョウバンのかわりに、物といってもよい。砂糖水をつくったときに、いくらでも砂糖が水に溶けるということはないですね。この確認は後に行ったサイエンスショーで考える基にした。

サイエンスショーは「とけると、どうなる」の発展版である。すなわち、ここに、水と砂糖だけを使ってマジックをします。同じ体積の水（と水のようなもの）を用意しました。水に砂糖をとかすと速くとけますね。もう一つの水（のようなもの）に砂糖をとかすと、どうでしょう。いくらガラス棒でかきまわしても、とけずに残る。どうしてこのようなことが起こるのでしょうか？

問題： 水の量をふやすと、物が水にとける量は、どうなるのだろうか。

予想： この実験に移る前に、予想を行った。物には溶ける限りがあることは前の実験でわかった。50mLの水に食塩がすりきり8はいとけると、もう50mLの水を用意するとこれにも8はい溶けるので、二つを合わせた100mLでは16はい溶けていることになる。始めに100mLの水があれば16はい溶けることになる。すなわち、水の体積が2倍になれば溶ける量も2倍になると考えられる。150mLの3倍になれば、溶ける量も3倍となると予想できる。

実験3 水の量を変えて、物が水にとける量を調べましょう。

上記の考察から、水の量が100mLになれば食塩16はい、150mLになれば24はい溶けると予想した。ミョウバンに対しても100mLの場合は2倍、150mLの場合は3倍溶けると予想した。

実験計画：50mLの水に対して8はい溶けたのだから、最初から一度に8はい加えてもよいはずである。9はい目から実験2で行ったように加える。

実験操作：実験計画に従って食塩とミョウバンについて進めた。

結果とまとめ：

各班の表をつくった。一つの班の結果を折れ線グラフで表わした。折れ線グラフはほとんど直線を示した。これから 200mL の水を用いたときの予想の食塩量を求めると 31 はいとなった。0 を通る直線関係は比例であるといった。

まとめると、食塩やミョウバンが水にとける量は水の量がふえると、その分だけ食塩やミョウバンのとける量は比例してふえる。

【コメント】 教科書では棒グラフを適用しているが、これでは比例関係が見えてこない。そのため、折れ線グラフを使った。なお、表で平均値を取り扱って見たが、実験のやり方が違うものを平均して良いか疑問である。

問題 水の温度を上げると、物が水にとける量は、どうなるのだろうか？

予想 よくとける、おなじである、少なくなるの3つの中から自分の考えるものを選び、その理由を聞いてみた。「何となく、当てモノと思うから、皆と一緒」という答えの中で、「冷たい水には砂糖は溶けにくい、お湯には溶けやすい」ということから想像して温度が上がると溶けやすくなると答えた子供がいた。素晴らしい予想であると言った。

実験計画 そこで、水 50mL に対して、温度を 40℃、60℃で食塩とミョウバンについて何はいが溶ける限りであるか実験することにした。なお、20℃の実験は実験2で行った結果を使うことにした。

実験4 発泡スチレンの保温容器を自宅にあったものを持参した。食塩の 40℃が終了した後ミョウバンの 40℃の実験をした。この切り替え時に食塩の溶液をすべて回収し、使わなかった食塩も回収した。これはミョウバンと混ぜない為である。

実験5 60℃の食塩とミョウバンについて、実験4と同じやり方で調べた。回収も同じやり方をした。温度が下がりやすいので、お湯の温度を 70℃以上になるようにした。

実験結果と考察 食塩は温度が高くなっても溶けるはい数はほとんど変わらなかった。ミョウバンは温度が上がるとよく溶けるようになった。これらを折れ線グラフで表すようにした。今度は曲がった線になった。

このグラフを見て 80℃では食塩、ミョウバンで何はいが限りになるか予想した。また、60℃のモノを 20℃に冷やすと溶けなくなった食塩やミョウバンはどうなるかグラフを使って考えてみた。これは実験6につながるためである。

まとめと発展 温度を上げると、食塩はほとんど水に溶ける限界の量は変わらないが、ミョウバンは溶ける限界の量がふえる。なぜ、このようなちがいが出てくるのか？ 聞いてみた。ほとんど応えがなかったが、「溶け方がちがう」という答えがあった。この答えは具体的ではないが正解である。食塩はどの温度でも水に溶けやすい。しかし、ミョウ

バンは温度が上がると食塩のように溶けやすい姿になる。インターネットや本で色々調べた結果、ほとんどの物は温度が上がると水に溶けやすくなるが、食塩のように温度が上がっても溶ける限度が変わらない物はまれにあることがわかった。つまり、食塩は溶けやすさでまれにあるものということになる。化学的には「イオン」という分子種を出せばよいが、これを「溶けやすい形」と表現することもできる。物が水と出会うと、すぐに溶けやすい形になるものと温度が上がると溶けやすい形になるものがある。前者が食塩であり、後者はミョウバンであることになる。

理科のひろば

食塩やミョウバンのとける量 授業では、水の量に対する溶解度は直線関係であることを示した。溶解度曲線については、すでに折れ線グラフで表したので、曲線になることを言って教科書の図を参考にした。

「物がとける」とは これは日本語の問題であって、漢字で書けば「溶ける」と「融ける」の違いである。「……に」+「とける」といえばどちらかがわかりますね、「……に」+「とける」=溶ける、です。「氷がとけて、水になる」は、まず、氷がとける、その後水になるのですね。とけるのは前の事なので前だけを考えます。「氷がとける」；あたたまると氷が自分でとけるのです。「熱によって自分が」+「とける」=融ける、です。教科書には意味を自分で考えて正しく使うとは、子供たちがどうしてよいか分からないと思える。

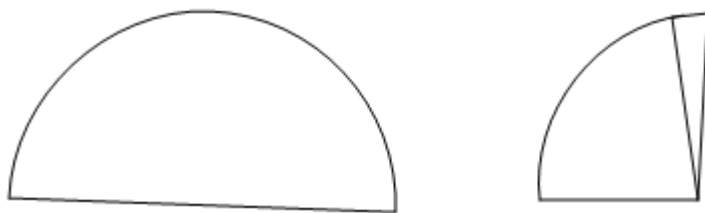
7-3. 水にとけた物を取り出す

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のだろうか？

実験計画： 実験5の結果をグラフで表し、温度が下がると、溶けきれなかった物が結晶として出てくると話した。出てきた結晶と溶液とを分けなければならない。このためには「ふるい」を使う。日常、網を使って魚をとったことがあるでしょう。魚は水の中にいます。魚だけ欲しい時に網ですくいますね。つまり、水と魚を分けるのです。結晶が溶液の中にあります。結晶を取り出したために網になる「ろ紙」を使います。ろ紙を使って分けることを「ろ過」と言います。ろ過にはろ紙・ロート・ロート台・ガラス棒の他、受けるビーカー・洗浄ビンも必要です。

実験6 ろ過

1. ろ紙を半分におり、もう半分におるが、3mmほどずらしておる。これはロートの口がちょうどよい開きをもっていないため、ろ紙が



うまくはまらないことがある。大小どちらかが使えるようにするためである。

- ろ紙をロートにはめ、洗ビンで水を吹き付けて、ろ紙をはめる。
- ぬれたろ紙つきロートをロート台にとりつけ、受けるビーカーの側面にロートの足の長い方をつける。
- 先ず、食塩の水よう液をガラス棒にそわせて、ロートの中央に注ぐ。ろ紙の中の液面はろ紙のふちから5 mmほど下になるようにする。ほとんど食塩水よう液がなくなれば次の液を加える。
- ろ過が終わったら、ビーカーに印を書き、ろ液を氷水で冷やす。
- 次に、ミョウバンの水よう液についても、同じ操作をする。
- 氷水の中で水溶液のビーカーを外から充分冷やした後、食塩とミョウバン水よう液について、それぞれ結晶が見られるか調べる。

【コメント】 ロートについて　ろ過にはガラス製ロートを使うのが普通であるが、実験では水溶液を使うので、プラスチック製ロートでもよい。ガラス製ロートは落花による破損やロートの先を欠くことがあるので、プラスチック製ロートの使用が勧められる。

【コメント】 結晶について　10分以上冷やしておくで、結晶がビーカーの底にわずかに見られることがある。すなわち、きれいなガラス棒で軽く、ろ液を回すとビーカーの中央に小さな結晶が見られる。なお、40℃のミョウバン飽和（ほうわ）水溶液で行うと、小さな結晶が得られる。食塩の水よう液からは結晶を得るのは難しいが、注意深く見ると、わずかに結晶が見えることもある。

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。

予想：食塩は水にとけなくなっても水をふやせば、またとけるようになった。（実験3）反対に食塩の水よう液の水を少なくすると食塩は結晶となって出てくる。では、水を完全になくすと食塩はどうなるか？　答えは簡単ですね。食塩は出てくる、ですね。もう水はないからです。

実験計画：食塩の水よう液を入れ物に入れて、あたためて水をなくすればよいのですね。

入れ物に何を使うか、工夫がいろいろあります。ビーカーだと底が深いので水がなかなか出てこないかもしれません。もう少し浅い入れ物がいいですね。時計皿とかシャーレというガラスの入れ物がありますが、これはガラスがあついで火にかけますと割れます。では、割れないフライパンがよいかといいますが、フライパンの金属とミョウバンなどとは混ぜて他の物に変わることがあります。ガラスでない、金属でない、とすると、とう器がいいですね。とう器で浅いものをつくれればよいわけですね。それがじょう発皿です。実験操作を表して見ましょう。じょう発皿に食塩やミョウバンの水よう液を入れ、火で温

めて水をじょう発させる。簡単ですね。しかし、火を使って 100℃以上に熱を加えると危険なことが出ると考えられます。熱い物を手でさわってはいけませんね。やけどをするからです。水がふっとうするとはね飛びますね。目に入らないようにしなければなりません。熱いじょう発皿をつかむためにトング、目を保護するために保護めがね（ゴーグル）をします。もう一つ大切なことに早く冷やそうとして熱いじょう発皿をぬれたゾウキンや流しへ入れてはいけません。じょう発皿が割れてしまうからです。冷めるまで待ちましょう。

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：

1. 以前に子供たちがつくった食塩の水よう液 5mL をコマゴメピペットですいあげる。
コマゴメピペットの使い方：
 - ① 中指～小指までの 3 本の指でゴムキャップに近い側をにぎり、開いている親指と人差し指で、ゴムキャップをおしたり軽くはなしたりする。
 - ② 水よう液を 5mL 一度にすい上げられないときには 2mL×2回+1mL×1回に分けてすい上げる。そのとき、ゴムキャップをおさえすぎないようにする。
 - ③ ピペットは移動の時に垂直にして、横に向けたり、口を上に向けたりしない。
2. じょう発皿の中の中央に入れる。
3. じょう発皿を金網の上におき、アルコールランプの火で熱を加える。
4. 水がほとんどなくなると食塩が飛びはねるので火を止める。
5. そのまま、3分ほどおき、手をかざして熱を感じなければトングで、じょう発皿をはさんで、乾いたゾウキンの上におき、手でさわれるまで冷やす。その間、白いかたまりを観察して記録する。
6. もう一つのじょう発皿に、ミョウバンの水よう液をとる。やり方は 1～5 までと同様でミョウバンを取り出す。
7. シャーレに 2mL の水よう液をとる、次週まで風通しのよい所におく。時計皿を使ってもよい。食塩とミョウバンについて実験をする。注意：熱を加えてはいけない。

結果のまとめ：

食塩、ミョウバンともに水よう液から「じょう発」によってそれぞれの固体を得ることができる。

考察：

じょう発皿を使って熱して得られる固体と自然じょう発によって得られる固体と見た目
に大きな違いがあった。熱を加えてじょう発すると粉のような物が得られるが、ゆっくり
と自然にじょう発すると結晶が得られた。なぜこのような形のちがいができるのだろう
か？ 熱を加えるやり方には時間が早くできるが、かたまりとかたまりがつなぎ合ってい
ないようすになるが、ゆっくり時間をかけるとかたまりとかたまりがつながりあい、結晶
の形になると考えられる。大きな結晶を得るためには、自然にゆっくりと冷やしたり、水
を自然にとったりするとよさそうですね。

発展：

自然に水をとる方法を使って、結晶が得られました。授業で回覧しましたが、形をよく
見ておいてください。食塩とミョウバンの結晶のちがいをノートに書いておきましょう。
下記の写真も見てくださいね。

食塩の結晶の特色

直方体か立方体に近い

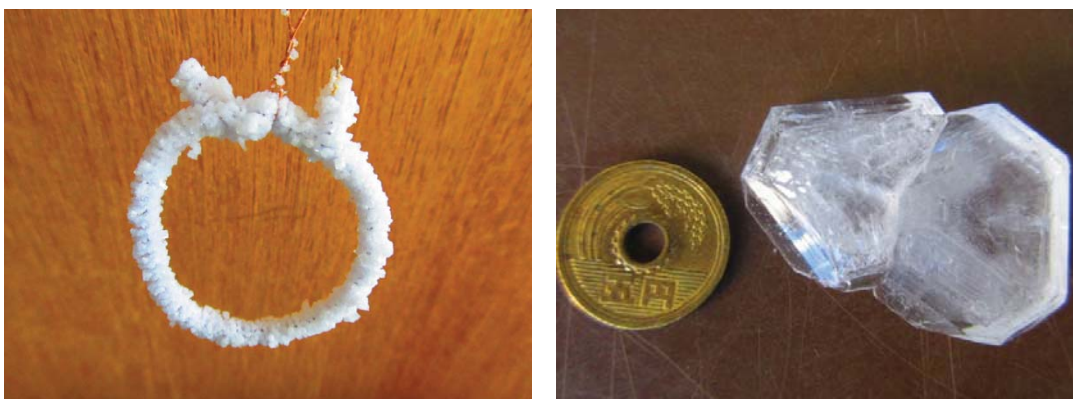
ミョウバンの結晶の特色

角のない正三角形か正八面体のような形



食塩の結晶（左）とミョウバンの結晶（右）

理科のひろば



子供たちが作った 食塩モールのかざり（左）と大きなミョウバンの結晶

理科のひろば

- モールにつくった食塩のかざり
一人ずつつくった。子供たちには大変関心が高かった。モールの色は白色がよいらしい。
- ミョウバンの結晶を作った。約 60°Cで溶けるだけ溶かし、発泡スチレンの箱の中で徐冷し、1ヶ月で大きな結晶が得られた。(写真) また、小さな結晶をつって成長させる方法ではエネメル線を熱して小さな結晶につきさし、40°Cのミョウバン水溶液にぶらさげた。濃度が高くなかった、温度が高過ぎたために小さな結晶が溶けてしまった。(失敗) 別途、濃度を高くしてから冷却時間をおき、同様につるしたものでは5mm角の正八面体ができる。

8 人のたんじょう

8-1. 人の生命のたんじょう

生物について 現在知られている生物の種類数は125万であるが、動物は100万種類、植物は25万種類になる。まだ知られていない生物もある。その数を予想すると、870万種類といわれている。つまり、85%はまだ分かっていない。

遺伝について これだけたくさん種類があっても種類の間で、混じり合うことはほとんどありません。すなわち、種ごとに種が保たれるのです。人の子は人になり、メダカの子はメダカになります。では、どうしてそのように決まっているのでしょうか？ 答は「遺伝子」が変わらないことによるためです。「遺伝子」は「生物の設計図」です。もちろん目では見えない設計図です。それでは設計図があれば生物ができるかといえば、材料がいりますね。設計図と材料があれば生物はできると思いますか？ 誰が作るのでしょうか？ そうです、つくる生物が必要です。遺伝子や材料については、別の所で学ぶことがありますが、ここではつくる生物（人）について、ながめてみましょう。

受精や受粉について 今ここにメダカがいるとします。大人のメダカになる前は何でしょうか？ 子メダカです。子メダカの前は何でしょうか？ そうです。卵です。でも、受精していない卵からは子メダカは生まれません。卵と精子が必要です。次にヘチマを考えてください。ここに、ヘチマの実がありますと考えてください。ヘチマの実になる前は、めばなですね。めばなだけでは実ができません。おばなの花粉が必要です。おばなの花粉がめばなに受粉してはじめて実ができます。新しい生物がたんじょうするためには、メダカの場合には卵と精子が受精することが必要です。ヘチマの場合にはおばなの花粉とめばなが受粉することが必要です。

なぜ受精や受粉が必要なのか？

なぜ、卵や「めばな」だけで子孫ができるということにならないのだろうか？

なぜ、受精や受粉が必要なのだろうか？

理由として考えられているのは、強いモノや環境に合ったものを残すためです。もし、受精や受粉がなく同じ卵やめばなだけから子供ができてくると、メスやめばなはコピーをつくっていくこととなります。これでは環境が大きく変化したときに全滅（ぜんめつ）するかもしれません。種を保存するには強いモノを残すことになったのです。

人の場合も同じです

皆は人間です。強いモノです。強い遺伝子を持っているのです。

人の場合には、女性の卵子（らんし）が男性の精子と受精してうまれてきます。受精は卵子1個に対して精子はどのくらい数があると思いますか？ 子供たちに聞いてみる。

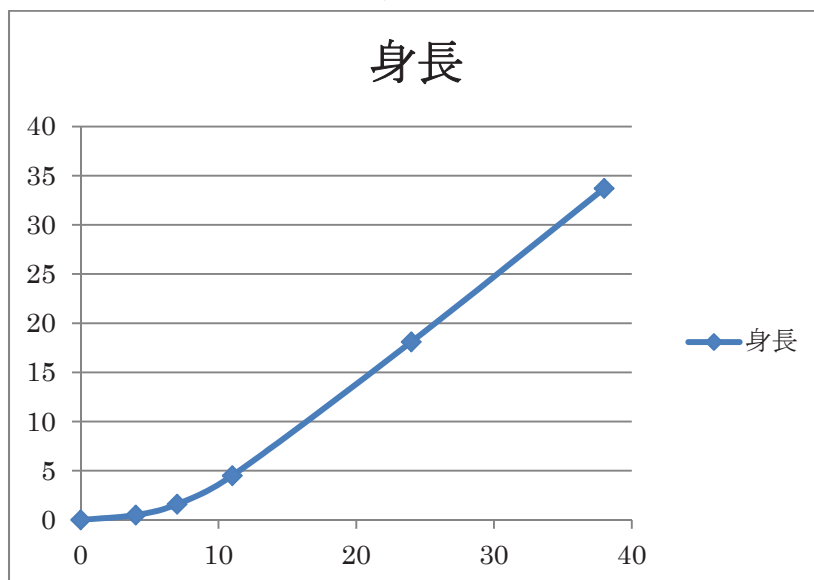
卵子：精子＝1：30億です。皆は30億の中のよりすぐれた強い人間ですよ。

さて、育ち方を調べてみましょう。メダカは卵になってメスの腹から出て育ちます。ところが、人間は母親の体内にある子宮で育ちます。

育ち方を身長で比べてみましょう。教科書の最後に実際の大きさの絵があります。約4週，7週，11週，24週，38週の育ち方が描かれています。身長（cm）を物差しではかって、表に書き入れましょう。

週	身長
0	0
4	0.5
7	1.6
11	4.5
24	18.1
38	33.7

これをグラフにしてみましょう。すなわち、折れ線グラフをつくるのです。



このグラフの線を見て、11週を境に11週までと11週の後、で何かちがいがわかりますか？ グラフの形をみてください。

わかったこと 11週までは曲がっているが、11週より後は直線に見えます。これは大切なことです。受精してから3カ月間に、子どもの成長は倍、倍で増えていきますが、それを過ぎますと直線にのって増えていきます。受精してから3カ月は大変大切なときだ

と分りますね。38週になると生まれ出てきます。体重は3000kgにもなります。自分のお腹に切り取った38週の絵を当ててみてください。

母親の子宮の中の様子が書いてある絵が120ページにありますね。これを見ながら成長について考えて下さい。子どもが大きくなるには養分が必要です。

- ・どのようにして、養分をとっているのでしょうか？
- ・呼吸はどうしているのかな？

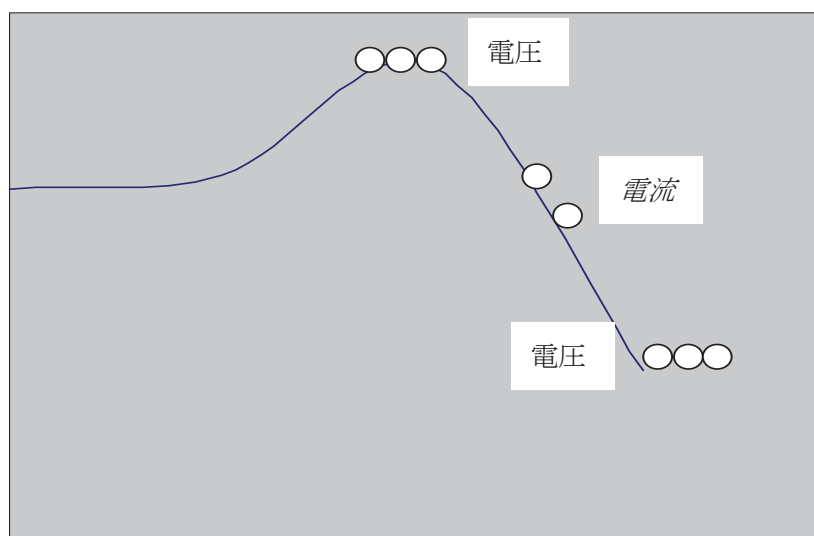
養分を自分でとることができないので、母親からもらっています。「たいばん」が母親と子どもの間にあって養分をわたし、いらなくなったものを母親にもどします。たいばんには子どものへそのところへ養分をわたし、いらなくなったものをたいばんへかえす通路があります。これが「へそのお」です。子どもは空気をすったり、はいたりできません。液体の中にうかんでいます。その液体を「羊水」といいます。羊水の役目は子どもを外部からの力をやわらげて子どもを守ることです。生まれ出るまで皆、母親のお腹の中で育って、自分で食事をしたり、呼吸することはありません。

詳しいことを調べるにはインターネットを利用したり、人の話を聞くこともありますが、一番よいのは自分の母親に聞くことです。特に母子手帳を見せてもらうと何kgで生まれてきたか、生まれたときどんな子だったか、など聞くとよいでしょう。何でも自分関係したことを調べるのです。

9 電流がうみ出す力

はじめに

電気には「電圧」と「電流」というのが出てきます。例えば、100 ボルトというのは電圧です。かん電池は一個で何ボルトですか？ はい、1.5 ボルトですね。その他に、電流と言ったのがあります。これは何でしょうか？電気が流れるから電流というのではわかりませんね。次の図を見て下さい。山の上にある物が谷にころがります。



上の図を見て下さい。高いところにボールがあります。ボールを低いところへ移します。そうすると、高いところの方から低いところへボールが下って行くようになります。この高さが「電圧」です。移動するときに流れができます。これが「電流」です。流れは高さが大きいと流れやすいとわかりますね。つまり、電圧が大きいほど電流は大きくなり、流れやすくなります。このことは中学以上で習いますが、電圧と電流の間の関係を憶えておくと、電気について理解しやすくなります。

「電流がうみ出す力」では電流の強さを変えるため電池を2コ使います。これは電圧を2倍にするということです。同じ条件で、電流を2倍にするため電圧を2倍にしたのだとわかりますね。



9-1. 電磁石の性質

電気に関して、3年生で明かりをつける、4年生でモーターを速く回すことをそれぞれ学んできました。眼に見えない電気を光や動きで捉えてきました。電気はエネルギーの「かたまり」のように見えますね。光や動きは、そのエネルギーを「流れ」として「取り出して」いるときに眼で見えるのです。電気のエネルギーを取り出すもう一つの方法が、これから出てくる電磁石です。

【コメント】

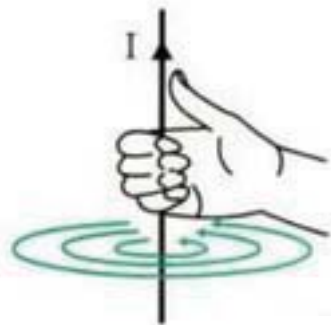
教科書では、電磁石ありきで始まる章の導入であるが、初めに導線に電気が流れると導線のまわりに磁界ができることを説明した。これは電磁石の基本であって、原理を理解する方が後々役立つと考えた。ただ、教科書のように具体例を持ち出して導入する進め方は否定しない。しかし、原理説明に至らずに、中学や高校へ行ったら習いますでは、暗記に頼る学習に墮する可能性がある。

【原理の説明】

歴史的には、この発見者はエルステッドである。彼は電流が流れる導線の傍に方位磁針をおいていた。この方位磁針が電流を流すと振れることを1820年に発見した。その後に、右ネジの法則を提唱したアンペールは、コイルに電気を流すと磁石になることを発見した。これらが電磁石の始めである。従って、エルステッドの発見から、どれも導き出された事柄である。

【原理実験】このエルステッドの発見を実験で示すことができる。豆球をつける回路の導線の横に方位磁針をおき、スイッチ ON/OFF したときに針が動くことを示す。

子どもたちには、「電流が流れると導線に直角に導線のまわりに磁石ができる」ことを話した。コイルは導線を巻いたものであるから導線と直角の方向である鉄しんの方向に磁石ができると説明した。さらに進んで、導線が右巻きだと磁石のN極が右ネジの方向にできるが、これは混乱を与えるので説明しなかった。



【コメント】

別の授業を見に入ると、コイルを巻いている時に、ある子どもから、「なぜ磁石になるのか？」という質問を聞いた。もし、上記のような説明が前にあれば、理解できると思われた。理科に「なぜ」という発想が大切であることは5年生理科教科書の冒頭に書かれている。冒頭の事柄が個々の単元において反映されて始めて一貫性がある。具体的に、現場で子どもたちの中から「なぜ」という言葉が出てきた時に、方法論や現象論を前提とするやり方では質問に答えられない危惧が生じる。

実験 1

実験にはキットを用いた。キット名：スウィング・ロボ（大和科学教材研究所社製）

【キットに対するコメント】

このキットは予めつくられているマシンと工作の部分から成り立っている。授業で用いるのはコイルを巻くボビン、電池ボックス、スイッチ、方位磁針と説明図である。ただ、このキットには、次のような欠陥があった。

- 説明図の片面が印刷されていなかった 1件
- 方位磁針の赤い部分がとれている 1件
- 磁石がモーターわくにきっちり入っていない 10件以上
- 電池金具の電池接点があまい 3件
- ターミナルが子どもの方でも折れてしまう 10件以上
- スイッチ金具（大）の復元性がなくなる 5件以上
- モーターのブラシ接点が不良 2件

【100回巻きコイルの製作】

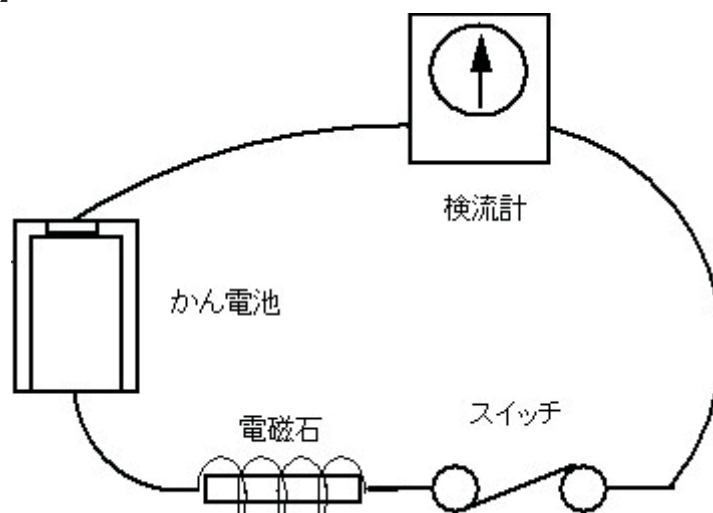
この作業でコイルをもつれさす子が多い。これを防ぐために、キットではプラスチックの輪に導線の束を入れて外れないようにしてある。導線を繰り出す方はこれで問題なさそうであるが、繰り出しが引っ掛かった時、引っ張って導線の束を小さくして巻けなくしてしまったり、ボビンに巻いたコイルを途中で巻き数を忘れたので最初に戻して、もつれさせることがあった。もつれたコイルを元に戻すには「引っ張らずに、元におして、ふくれた輪をつくる」ように指示したが、もつれるとパニックになるらしい。補助が必要なケースがあった。押して戻すやり方は、子供に教えると、自分でやってみた子がいた。また、ボビンに巻くのに均一に巻くのがよいと思えるが、実は中央部がふくらんだ巻きの方が、磁力が強い。これは導線の長さに関係しているので、すでに巻かれている200回巻きコイルと比較するには、均一の方がよい。ただ、極端な差がどちらでも出ないので均一性に拘ることはない。なお、芯に鉄を入れるが、アルミニウム、プラスチック、銅を入れて磁力を調べる。太さが合うアルミニウムや銅の棒を用意することは難しく思われるが、アルミ

ニウム、銅の釘（くぎ）は市販されている。なお、キットを使わずに、太めのストローにエナメル線を巻くやり方でも相当な電磁石ができる。ストローを使うと長さの調整や釘の太さに合わせる選択ができる。また、線を巻きつけるのではなくストローを回転しながらコイルをつくるやり方もでき、比較的簡単に作業できる。

【回路のつくり方】

回路は「電気の流れる道を一周する」と教えることはよいが、これでは枝分かれがあるような場合が起こったり、実際の回路を回路図で表現することにつながらない可能性がある。そこで、直流回路では電気の出る+極から出発して、一極に至る周回路に教えておく方がよかった。例えば、複雑（もつれ）になっている配線をチェックするのに役立つ。一見して良さそうな回路でもこのようなチェックをすると余分な線があったり、並列が組み込まれていることに気付くことがある。なお、よくあることだが、+極と一極を導線で直接つないだ例もある。電池などが熱くなり、直ぐに電池を外すなどの処置が必要になる。その後で回路のチェックをする。一端から2つの導線が出ている場合は特に注意する。スイッチを入れる前よりも、電池を入れる前に回路チェックをする方が良い。

【電磁石の回路】



【回路のチェック】

電磁石の回路をつくるときに、教科書と同じ閉回路をつくらなければ動作しないと考えている子供が多い。乾電池・検流計（電磁石5A側に切り換える）・電磁石・スイッチはこの順序でも一周回路を一つだけ、つくれば動作することを言っておいた方がよい。回路には出口と入口があり、出口や入口に2つ以上線がつながっている時は間違っているということも言っておいた方がよい。これらを確認した後、電池を入れ、発熱しないことを確かめ、スイッチを入れる。

【通電のチェック】

もし、スイッチを入れても検流計の針がふれないなら、電気は流れていないことを意味する。導線が切れているケースはほとんどないので、接点のチェックをする。

- ① 導線とターミナルとの接続状態を先ず調べる。
- ② エナメルをはがすのが不十分の場合がある。
- ③ スイッチの接触が不十分のこともある。
- ④ ワニグチクリップが導線をしっかりかんでいない。

それでも通電しない場合は、

- ⑤ スイッチをはずして、両端を直接結び、検流計がふれるかどうか調べる。
- ⑥ それでも通電しない場合、可能性の高いのは乾電池が消耗してしまっていることがある。この場合はテスターで電池の残電圧を調べる。
- ⑦ 電池が大丈夫なのに通電しないのは検流計の故障が考えられる。動作している検流計と取り替えて通電を調べる。

今までどれかのケースに該当した。なお、抵抗を測れるテスターを用意しておく、チェックする時間が早くなる。従って、理科室にテスターを1台準備しておくことは必須と思われる。なお、テスターの電池が切れていることがある。抵抗を調べるときには電池が必要である。

【方位磁針による電磁石の極】

電磁石に通電すると、方位磁針のN極は電磁石のS極と引き合う。電池の向きを反対にすると方位磁針も逆になる。電流の向きに電磁石のN極とS極が反対方向に変わる。

ところが、通電しなくても電磁石と引き合うことがある。これは方位磁針が電磁石の鉄芯に近づけ過ぎの時に起こる。理由は方位磁針の先にある磁石が電磁石の鉄芯にくっつくためである。5 cmほど離せば十分に作用がなくなることが分かる。なお、方位磁針を複数個、電磁石のまわりにおくと磁力線が分かるが、方位磁針を最低4個必要となるので子供同士の協力が必要である。磁力線はN極から出てS極へ閉回路をつくるが両極が強く中間では弱くなる。

【電磁石に釘やクリップがつく】

電磁石の強さを調べる実験では、キットの中にある釘を用いるか、ゼムクリップで調べられることもできる。キットの100回巻き電磁石を使った場合、全部の釘がついたということがある。釘を一つずつつけるとそのような結果になることもある。そこで、釘をたてに1列にして何本つくか調べるようにした。200回巻き、乾電池2個で最高5本ぐらいであった。（発熱に注意すること）ただ、ゼムクリップを用いた場合は、電磁石に何個付くかを調

べた結果では、5～17個となり、重さが適当であるので、結果がはっきりとする。ただし、今回はゼムクリップを使わなかった。

【電池の消耗】

乾電池は電磁石を使うとかなり消耗が激しいだけでなく、熱をもってくる。使わない時や一つの実験終了毎に、スイッチを切っておくように指示した。特に、200回巻きの電磁石で乾電池2個を使うと発熱する。この実験は短時間にし、終わってもすぐに電池にふれないようにする。

9-2. 電磁石の強さ

電磁石を強くするにはどうすればよいだろうか？

- 電流の強さ
- 導線の巻き数

電磁石を強くするには、流れる電流を強くする。電流を強くすればそれだけ電気が流れ、流れが大きくなると磁石が強くなる。巻き数は1回と2回を比較すると2回は1回を2つ合わせた数だけ磁石として強くなる。このように考えることができる。

【実験計画】

電流を強くするには電池の数を増やす。すなわち、1個 ⇒ 2個、電源装置を使う場合には1A ⇒ 2Aにすることが考えられる。導線の巻き数については既にある100回巻きと200回巻きを使う。このような実験計画は教科書に書かれているとおりである。

【実験2 注意事項】

教科書に書かれている下記の表を完成する。実験の回路は示されている。ここで、注意しておかなければならないのは導線の長さが同じであることである。これは導線に抵抗があるために、その抵抗分も同じにしておくためである。余った導線が書かれているのが大切なことである。導線の直径によって違うが、0.3-0.4mmΦのエナメル線では0.3-0.15Ω/mである。100回巻きの余りを切ると200回巻きの半分の長さになり、電流値が2倍増えることになる。即ち、計算上、同じ磁石の強さになる。

教科書の表

かん電池の数	電流の強さ/A	くぎの数/本
1個		
2個直列		

コイルの巻き数	電流の強さ/A	くぎの数/本
100 回		
200 回		

教科書には 2 個直列と 200 回巻きの組み合わせが書かれていないが、演示として、発熱を考えて通電時間を短くする実験を行ってみた。確かに、一番多くのくぎがつくが、電池の消耗ややけどの危険性を考えると勧められない。

かん電池の数	巻き数	電流の強さ/A	くぎの数/本
1 個	100 回		
1 個	200 回		
2 個直列	100 回		
2 個直列	200 回	※	※

※ 発熱の危険性がある。

【コメント】

- 電磁石の基本はアンペールの法則 $H=nI$ (H : 磁場の強さ, n : ボビンの長さ当たりの巻き数, I : 電流値) に従った実験になっている。比較実験をする場合、変える条件を 1 つにすることを念頭に置かなければならない。
- 導線の太さの実験: 巻き数, 導線の長さ, 電池の個数を同じにする。太さだけ違うものを準備すれば実験できる。理論的には太くなると抵抗値が小さくなるので電気は流れやすい。電流値が上がると磁石は強くなる。実験上, 1 層まきにすると, 巻き幅が違ってくる。これを合わせるために太い導線に合ったボビンをもつ用意するか, 太い導線を 2 層巻きにするか, になる。実験では前者がよいが細い導線をつめて均一に巻くようにする。後者の場合, 2, 3 割ほど少なくなるが, 実験としては太い場合は電流が流れやすいことには変わらない。つまり, 太い導線を用いると磁石を強くすることができる。
- 鉄しんの太さと電磁石の強さ: 鉄しんにエナメル線を巻く幅を同じにして 1 A の電流を流すようにすれば, 鉄しんの太さが大きくなると, 電磁石は弱くなる。これは太いと巻いている長さが違ってくる。また, 中心から離れると鉄しんの両極の電磁石の強さが斑になることも示されている。
- 導線の巻き方: 同じ導線の太さ, 同じ巻き数, 同じ長さの導線であるが, ボビンに導線を丁寧に詰めて巻くか, 中央に厚く膨らませて巻くか, どちらの磁場が強いと言えば, 丁寧に詰めて巻いた方が強い。しかし, 子供たちによって, 丁寧に巻けない子もいるので, 最初に 5 回巻いて一つの端に寄せるといった単純なやり方を教え, 回数を憶えるやり方をすれぱうまくいくこともある。結果は大きな差として表れない。

- 鉄しんの長さ： 鉄しんの長さは違う（例えば、50 mmと 100 mm）が、同じ鉄しんの直径のもの（例えば、6.5 mm）に、エナメル線（0.5 mm）を、線密度を均一にして1層巻く。エナメル線が巻かれている鉄しんの長さは異なるが、他は同一条件である。1 Aの電流を通じると長い方が短い方の 1.5 倍の磁化を示した。これは巻き数が多くなる場合の延長と考えれば理由が分かる。
- 導線をつぐ： もし導線が足らなくなったら、つげばよいと思われるが、これは、ついで部分が抵抗値をもち（接触抵抗）電流値が意図したほどに上がらないことになる。比較実験としては使えない。比較実験をするとき、導線を切り過ぎて短くなったなら、短くなったものを基準にして、他も合わせねばならない。「説明しよう」の問題が 135 ページにあるが、答えは同一条件でないと書かれている。しかし、300 回巻きは出来なかったが、例えば、150 回巻きをつくれれば導線の長さが同じなら比較できる。最初から 300 回巻きをつくっておいて電磁石の強さを測り、ほどいて 100 回巻きにして電磁石の強さを測って比較するようすれば、やり方は正しい。接触抵抗を示す簡単な例は、豆球をかん電池につないで明るさを比較することで示せる。即ち、最初は導線を持って電池の極に触れて豆球の明るさを見る。次に導線を電池の極に指で押さえつけて豆球の明るさを見て比較する。接触抵抗をできるだけ少なくするために圧着端子を用いることがあるが、違った金属を用いると抵抗値が異なる。また、接触面積が小さくなると抵抗値が表れるので、圧着端子は万能ではない。

9-3. 電磁石を利用した物

鉄拾い機、ゆらゆらチョウ、モーター（鉄しんのある、鉄しんのない）の 4 課題が示されている。

子供たちにとって比較的難しい難しいのは**鉄しんのないモーター**の製作と考え、それをやってみた。1回で1/3から半数の子供が成功した。難しいのは、

- ・ 軸を直線にする 「コイルの直径に軸が通っていない」、「コイルが垂れている」、「軸が波のようになっている」、このようなことを見かけた。これらの修正は自分たちのできるので、修正させた。ただ、これですらできない子もいるので、どのようにするかを示してから、自分でやってみるようにした。
- ・ 一つの側の上半分をはがす 「左右半分ずつはがす」、「両方とも全部はがす」、「四分の一から三分の一はがす」、「まだらにはがす」、の場合があった。前二者はコイルは小さくなるが不良部分を切り落とし、上半分をはがすよう指示した。はがし方が不完全な物にはもう一度「はがし方」を教えた。それでも理解できない場合があり、はがし方をやってみせた。
 - 上半分のはがし方： 作業は台^{*)}の端の方で行う。台が傷つかないように、紙を敷く。コイルを縦方向にして紙敷き台の端まで詰める。紙やすりでコイルに近いところの直線部分を指でしっかり押さえる。押さえながらコイルを真っ直ぐに引

く。もう一度はがれた部分が上になるように戻す。縦になったコイルを右へ 30 度傾ける。紙やすりで直線部分を押しえながらコイルを引く。次に、はがれた部分が上になるように戻す。コイルを縦にする。今度は左に 30 度傾ける。紙やすりで直線部分を押しえる。押しえながらコイルを真っ直ぐに引く。

*) 3~5 cmの角材で長さ 15~20 cmのものを用意すると便利である。2 人に 1 本あれば作業できる。

➤ 失敗しやすい例： 上半分を、紙やすりを動かしてはがす。⇒ はがした部分がまだらになる。押しえる部分を中程にする。⇒ 軸受けにはがしてない部分がかかることがある。

- ・ モーターの調整 軸受けを電池ボックスにはさみこむ。同じ側に軸受けの所が向くようにする。モーターが回転して磁石にあたらないように高さを合わせる。少し指で回転を加える。

回らない場合について

➤ 振動するような場合： 上半分はがした部分がコイルの面と同じである。⇒ 先生がラジオペンチで上半分のコイル近くを挟んで 90 度回転する。数回回転するが、止まる。⇒ 電気を流さない状態ではがした部分が上にあるので、コイルの束ねたところを動かして、重心を下になるようにずらす。

➤ 全く反応しない場合： チェックするところ； 一方は全部はがせているか？ 上半分ははがれているか？ コイルの軸は直線になっているか？ 電池は有効か？

これらの内、最後の項目である電池の有効について、電池チェッカーで調べることを最初にする。一方が全部はがれていない。⇒ 両方とも上半分になっている場合、両方とも何もしていない場合、両方とも全部はがしている場合がある。前二者は一方だけ全部はがすように指示する。後者について一つは有効であるから、もう一方を切り取り、一周巻き戻して上半分をはがすようにする。上半分ははがれていない。⇒ はがし方が少ない場合、左右 30 度ずつ回転してはがす。まだらにはがした場合、直線になるように軸を伸ばす。その後上半分をはがす。軸が直線になっていない。⇒ コイルのところで垂れている場合、真っ直ぐになるように調整する。軸がコイルの中心を通っていない場合、束ねたところをずらして中心を通るようにする。

全体として、1 時間の授業で半数が回るならよいとされるであろう。人数が少ない教室やクラブでは 7 割~全員ということも経験した。手を掛けると良くなるということよりも、回らなかった子と一緒に原因を考え、回るようにすることに努めた。

10. ふりこのきまり

この実験は小さな誤差範囲で精度よく数値が求まる。ただ、原理は簡単でないが、教科書にある条件では近似として原理的に妥当である。これについては後程考察する。

ふりこについての授業を始めるに当たり、おもりのスーパーボールを糸に吊るしたふりこを振り、長さを短くすると速くなることを示した。これはふりこの周期が速くなることを示すことによって糸の長さが関係することを見て知るためである。そこで、課題として、振り子の揺れる速さは何によって決まるだろうか？ を考え調べることを書き出した。

1. ふりこの長さ 予想：短くなると速くなるだろう
2. ふりこの重さ 予想：速くなるかもしれない
3. ふりこの角度 予想：速くなるかもしれない

1～3を調べるためにその実験条件を書き出した。

- 1の実験 重さ、角度を同じにする。長さだけを変える
- 2の実験 長さ、角度を同じにする。重さだけを変える
- 3の実験 長さ、重さを同じにする。角度だけを変える

これらに合う実験道具を準備した。

10g, 20g, 30gのおもり、長さ75cm以上のたこ糸(25, 50, 75cmのところに印を入れてある)ふれる角度板(開きの角度; 20, 40, 60度), スタンド, ダブルクリップ, クランプとホルダー割り箸(割ってない物), デジタルストップウォッチ(0.01秒まで表示)

【コメント】

たこ糸を使う代わりにナイロン糸を使う方が良いかと思われたが、実際、試してみると、糸が細いと伸びやすく、長さが変わる。太いと真っ直ぐにならない。印を付け難い。という欠点があった。たこ糸より細い絹糸は条件的にはより良い。欠点はもつれやすい。今回はたこ糸を使うことにした。

【コメント】

糸に色の印をつけたのは、一々長さを測ると時間がかかるのをなくすためである。しかし、ものさし紙テープを配布して長さを測らすと色々な測り方をすることが分かった。割りばしの上部から、おもりの上や下まではかる者もいた。これに対して、糸の動く長さは割りばしの下部であること(支点)、おもりの「重心」はどこかを確かめた。勿論、「重心」という概念は教科書には出てこないが、おもりを定規の上に乗せてバランスがとれるところといえば理解できる。吊るしたふりこでも重心はおもりの中心であることを直ぐに理解できた。これは30gをおもりにするとき、糸の輪に3つのおもりをかける、

一列につながないことも理解できる。つまり、一列にすると長さが違うというのではなく、重心が下がるという理解の方がよい。というのは、ある子は二つ目のおもりを糸の輪の上方にからませていた。長さは一つ目と同じだが、重心は上方へ移動する。長さとは異なることを理解する方が大切である。教科書では「重心」という言葉でなく、おもりの「中心」と表現されている。これは正しい表現である。しかし、3つのおもりをぶらさげるところでは「中心」という言葉が出てこない。バランスという言葉で「重心」を表現すれば、「バランスのとれた中心」で表現できる。この表現で、おもりを上方へからめた子に説明すると納得した。

【コメント】

ストップウォッチの数値の読み取りはそのまま記録させた。数字の取り扱いが測定後の問題とした。測定後には数値取扱いを説明した。9.98秒と10.04秒は、秒の所で合わせると、それぞれ9秒と10秒としてしまう。両者の差は0.06秒と1秒にそれぞれなる。「有効数字」という考え方がないが、3つ目の数字を4捨5入にして、2つの数字に統一すれば、どちらも10秒になる。勿論、9.62秒の場合には10秒でなく9.6秒となる。これからも測定するときには有効数字や誤差・精度という考えがないと、電卓で出てきた数字をそのまま使うことになる。理科で出てくる数字の意味を考える機会にする必要がある。

【コメント】

角度板について、教科書ではふれる角度を「ふれはば」と表現している。「はば」というのは長さの単位であって角度の単位ではない。「ふれ角度」と表現すればよいが、授業では「角度」とした。ただ、角度とすると、中心までの角度、すなわち、ふれ角度の半分と解釈する子もいることを注意しなければならない。なお、前年の教科書ではふれ角度は30, 60, 90度であったが、新しい教科書では20, 40, 60度となっている。これはよく考えられたことである。つまり、ふりこの等時性が成立するのはふれ角度が小さいところであって90度になると少し遅くなる。この数値計算を後に示す。

【考察：実験計画】 ふりこ実験の基本と実験条件について

ここで、力学の基本に触れておく。これは何も難しい問題ではなく、単純モデルからのズレがどのくらいあるかを見積もる話である。従って結果の式から考える。単振り子の運動方程式より周期は下記のように表される。

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

ふりこの長さ l 、ふりこの周期 T 、重力の加速度 g

ただし、これが成り立つのはふれ角度が小さい場合である。

角度が大きくなると、補正項（補正第一項、補正第二項）が加わり、

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

となる。ただし、 $a = \sin\left(\frac{1}{2}\theta_0\right)$ θ_0 はふれ角度の 1/2 である。

具体的な数値で計算値を求めてみると下表になる。

角度	振幅角	$a = \sin(\theta_0/2)$	第一項	第二項	合計の項	増加分
90	180	0.707	0.125	0.035	0.160	16.0%
60	120	0.500	0.062	0.009	0.071	7.1%
45	90	0.383	0.037	0.003	0.040	4.0%
30	60	0.259	0.017	0.001	0.017	1.7%
20	40	0.174	0.008	0.000	0.008	0.8%
15	30	0.131	0.004	0.000	0.004	0.4%
10	20	0.087	0.002	0.000	0.002	0.2%

つまり、ふれ角度 90 度のときには周期は 4%遅くなると見積もれる。これを実験の誤差とみるか、どうかであるが、少なくとも有効数字 3 ケタで違いが生じる。しかし、ふれ角度を 60 度にするると、2%弱で求まる。これなら振幅減衰のことも考慮に入れると角度依存性は極めて小さいので、実験として成立する。

教科書が改訂されたが、それに合わせた装置部品を変更せずに、一定の結果が得られたとして済まされた場合もあろう。しかし、**なぜ、改訂されたか**を考えることは実験の本質に迫る意義がある。

実験計画 実験 1～実験 3

ふりこの実験では、糸の長さ、ふりこの重さ、ふりこのふれ角度の三種類の実験をすることになる。糸の長さ (25, 50, 75 cm)、ふりこの重さ (10, 20, 30 g)、ふれ角度 (20, 40, 60 度) 変えるものは長さ、重さ、角度の各 3 種類であるから 27 種類の実験をすればよいことになる。しかし、条件を変えない方からみると長さを変える場合、重さと角度を 10g と 20 度に固定すると変える長さの 3 種類の実験でよい。条件を変えないものを、長さ 25 cm、重さ 10g、角度 20 度のうち 2 つにすれば、9 種類の条件での実験を行えばよいことになる。さらに考えてみると重さを変える実験で重さ 10 g、長さ 25 cm、角度 20 度の実験は長さを変える実験ですで行っていて行う必要がない。角度を変える実験においても、

角度 20 度の実験はすでに終わっているのです、する必要がない。結局、7 種類の実験をすることになる。同じ条件で繰り返し実験を 3 回行う。平均を求めるためである。

実験はまず長さを変える実験から始めた。この実験は 25, 50, 75 cm と順次に変えるのではなく、75, 50, 25 cm と変えている子がいた。これはどうも先のことを考えていたのかもしれない。つまり、25 cm を一定にする実験が後にあるので 75 cm から始めて、50, 25 cm とすれば、長さを変える手間が一つ省略できるのである。

時計計測について

時計計測の場合、ふりこの場所をどこに決めるか、検討した。端へ来たときにカウントするのが一般的であるが、精度は中央を一つの方向から通過するときのカウントする方が精度が良い。この方法を使うと、誤差 0.2 秒で求まったことがあった。しかし、今回は端で求めることにした。

実験データの検討

得られた実験データを 1 秒ほど前後するデータがある場合、再実験するように指示した。このような違いを起こすのは数え間違いが原因である。3 つある同一実験で 2 つのデータがおかしいこともあった。

【まとめ】

ふりこの周期は長さによって変わるが、重さやふれ角度によって変わらない、ことが実験結果からいえる。

【なぜ、往復する時間が長さによって変わるのか？】

別のところで、この質問は子供から出た。大変良い質問である。原理的に言えば、

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

によって、長さが 2 倍になると、周期は約 1.4 倍増え、長さが 4 倍になると、

周期は 2 倍になる。式ではなく概念的には、ふりこの長さが長くなると、ふりこの運動する距離が長くなるため、時間がかかる。ただし、これは比例ではなく、長さの平方根に比例する。例えば、長さが 4 倍になっても、ふりこの往復する時間は 2 倍になる。即ちふりこの短い方が往復する間にふりこの長い方は片道しか行けない。つまり、長くなるとおもりの運動する距離が長くなるため往復に時間がかかることは言える。

エピローグ

岐阜市科学館にフーコーのふりこは 5.5m の鉄のひもでぶら下がっている。1 往復するのに約 4.7 秒かかる。名古屋市科学館には 28.7m のものがあります。往復するのに約 11 秒と

計算されます。フーコーが使ったものは 67m の長さであったので、往復 16 秒あまりと考えられます。

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」が挙げられている。両方を準備して選ばせた。

1. イルカのジャンプ

イルカのついた竹串にはおもりの粘土がついている。支点と粘土の距離を変えるとリズムが変わってくる。

2. 玉乗りダンス

短い顔の部分と長い胴体の部分の差が二つの振動を複雑にする。これは固定であるので、動きの複雑さは見られない。

3. キツツキ

ダブルクリップを使ったキツツキのおもちゃである。

4. 二重ふりこ

これは鉄棒体操のような複雑な運動をする。これは昨年度クラブでやってみた。理科好きの子供には喜ばれた。

おわりに

授業をテキスト通り済ますなら、自習でもできる。実験をせずにテレビで実験を見るなら、学習塾と同じである。記憶に頼る理科なら憶えるだけでは、「なぜ」は出てこない。実験をしなければ、失敗も発見もない。工夫も出てこない。

小学校の理科を教える際に、広い意味での自然 (Nature) に密着した「変化」が重要になりつつある。「変化」は、高い視点でも論理的に成立しなければならない。身近では、テレビやイベントで見られるサイエンスショーなどには華やかさで子供たちを魅了している。しかし、それは花火になってしまう。それを切っ掛けにして理科学習に向ければ、理科教育の意味が出てくる。そこで、その魅了の欠片を授業に関係付けて導入できないだろうか。すなわち、教室で教える理科に関連した色付けを案出する。このことによって、授業に「変化」を加えれば、子供たちに理科チャレンジの意欲を与えると期待できる。

「膨らみのある理科教育」は、①教科書内容に少しでも関連している、②魅力ある実験・観察である、③基礎は理論的にも根源的である、という3つの条件の全てを満たすのが理想である。これらの縛りは、一見、難しいと思えるが、条件を逸脱した場合を考えると当たり前のことである。すなわち、教科書に全く関係しないことなら教える必要がない、実験・観察をしないなら子供たちの関心や好奇心を起こすか、枝葉末節のことなら理由説明や応用に向かない、からである。手早く言えば、理科教育において実験や観察が最初にある、「なぜ」そのような結果になるか？と考える「導入」と「拡張」を図ることである。

なぜ、「なぜ」という考えが出てくるのか？ ある実験や観察において、常識や知っていることでは、理由が分からないことがある。これは「ふしぎ」発見である。「ふしぎ」を解き明かそうとする。そこで、何かを変えてみる。見方を変えてみる。類似した実験をやってみる。その結果、自然 (Nature) は何か答え (Response) を出してくる。ここで、原因が分かってくる。原因の原因は何か？ このような考究が一般化されると原理や法則に到達する。

理科教育は黒板の字だけではない。ノーベル賞受賞を目指すためだけではない。実験や観察なしに進めるものではない。全てを多少に含みながら論理的なプロセスを理解させる連続作業の一つである。その作業は、大小、多少はあるが、一様ではない。起伏や凹凸をつけることによって子供たちを魅了することができれば、一生持ち続ける印象 (impression) を残すこともできる。