

# 平成29年度 小学6年生理科報告書

(中間段階)

STEM 教員

辻本 和雄

(主務校：岐阜小学校，兼務校：明郷小学校)

はじめに

小学校最後の学年になり、理科ではどのようなことを学ぶのか、楽しみですね。5年生まで、「原因があるから結果があらわれる」ことが分かりました。6年生では、(原)因(結)果の関係を知ることが目的です。そこにはよく分かっていることがあります。Aが起こるとBが起こる。すなわち、AならばBであるという筋道(すじみち)があります。Aが原因でBが結果です。ところが、結果Bが現れたとき、原因Aは何でしょうか、どのようにしてAがBに結びつくのでしょうか。すなわち、下図に示すように、原因の追究と原因・結果の間の関係を調べるのが6年生の目標です。



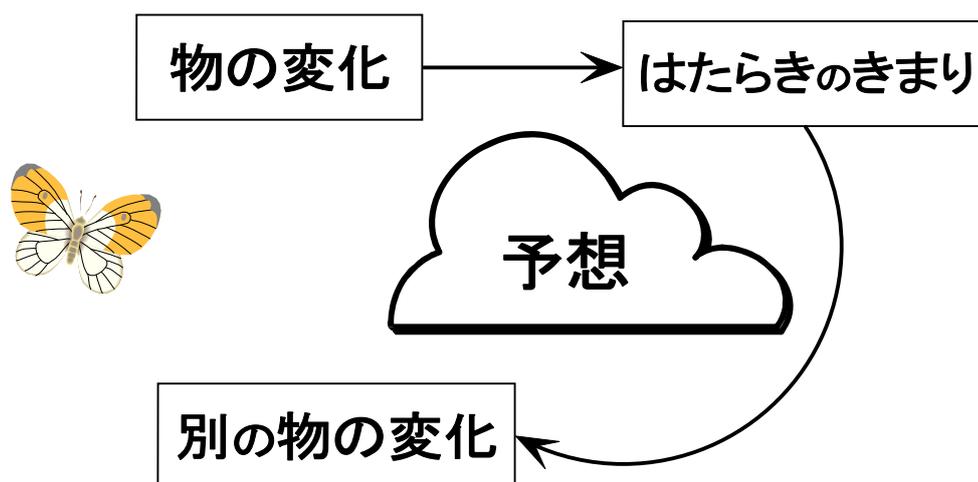
世の中には面白い現象や結果が見られます。難しいようですが、現象や結果から一つずつ戻って、原因までたどります。やり方は、あることが起こるとこのような結果になる。つまり、結果に関係ありそうな原因を少し変えるのです。例えば、5年生の時に出てきたふりこの往復時間がふりこの長さに関係しているだろうと考えたことと同じです。正確ではないですが、それは長さを変えて調べたことで、おおよそ分かったことですね。ところが、ふりこの重さを変えて往復時間を調べてもほとんど変わりませんでした。原因が何かを調べるには、考えられる原因を全て引き出すことです。一つだけ原因を調べるだけであると、他のものも関係しているかもしれません。だから、考えられる原因を全てあげるとは大切です。

教科書には、物の性質、物のはたらき、生命・地球の学習があげられています。これらは物理、化学、生物、地学という分野になっているのです。6年生の内容はそれぞれつぎのようになっています。

- 物理 てこ(モーメント)、電気エネルギーの変換(力のエネルギー、熱エネルギー)
- 化学 燃焼(酸化)と二酸化炭素、酸とアルカリ、金属との反応
- 生物 動物のからだのはたらき、植物のからだのはたらき、環境
- 地学 太陽と月の形、大地のつくり、地震と火山

各項目の内容をみると、「はたらき」という言葉がよく現れます。生物のからだの「はたらき」は、機能を意味しますが、化学における、燃焼や酸やアルカリの「はたらき」は反応を意味します。また、物理のてこの「はたらき」は作用を意味します。「はた

らき」といっても分野によって具体的な意味が違ってきます。そのとき形や形の変化が表れます。形の変化や動きは「はたらき」と関係していますね。目に見える変化や動きが「はたらき」に関わるとき、変化と「はたらき」の間には、何らかの法則とか「きまり」があるようです。その法則や「きまり」がわかると、同じような変化や「はたらき」と同じ「きまり」で動いているとか変化していると推測できるでしょう。そうすれば、実験の予想もできるようになると期待できます。



## 目次

1. 物の燃え方と空気
2. 動物のからだのはたらき
3. 植物のからだのはたらき
4. 生き物のくらしと環境
5. 太陽と月の形
6. 大地のつくり
7. 変わり続ける大地  
--- (中間段階)
8. てこのはたらき
9. 水溶液の性質とはたらき
10. 電気と私たちのくらし
11. 地球に生きる

## 1. 物の燃え方と空気

物が燃えるときは空気中です。水の中では火は消えてしまいます。それでは、物が燃えるときには空気が必要だと想像しますね。では閉じこめた箱の中で物を燃やすとどうなるでしょうか。燃えますが、そのうち消えます。空気があるのに消えるのはなぜでしょうか。こんなふしぎを解いていきましょう。

### 1-1. 物が燃え続けるには

#### 【問題をつかもう】

物が燃えるには、燃える物がなければなりません。それに火をつけることがなければ燃えません。いったん、火がつくと空気が必要ですね。これらは一つでもないと火は燃えません。つまり、火を消すには三つの条件の少なくとも一つをなくすことです。さらに燃え続けるには、燃えるものはあります。火はついていて、ところが空気がなくなれば消えてしまいます。

#### 【問題】

集気びんの中でろうそくを燃やし続けるには、どうしたらよいのだろうか。

空気が必要であると予想しましたが、それが必要であると明らかにしなければなりません。どのような方法を使うか考えてみましょう。例えば、びんの中でろうそくを燃やし、ふたをしてろうそくの火が消えるかどうか調べるとしよう。そのとき空気の流れを線こうのけむりを使って調べましょう。このようにすると、火が燃え続けるには、空気がどのように必要かどうか分かりますね。

#### 【実験1】

1. 集気びんの上や下にすき間をつくって、ろうそくが燃え続けるのはどんなときかを調べる。
2. ろうそくが燃え続けるときの空気の動き方を調べる。

【コメント】実験1. 1は燃え続けるには空気の出入り口が必要なことがわかるが、空気の流れについては実験1. 2で明らかにできる。出入口が一か所であるが、上部が開いている場合と下部が開いている場合の二つがある。ところが、上部が開いている場合には燃え続けるが、下部が開いている場合はしばらくすると消える。なぜ、このようなことが起こるのか。線こうのけむりをよく観察すると二つの違いが分かる。

- 上部が開いている場合：上部のふちからけむりは入り上部の中心部からけむりが外へ出る。

- 下部が開いている場合：上部が閉じていて、下部の口からけむりを入れると、あまり流れこまない。10秒以内に火は消える。

なぜこのような違いが出るのか？

ヒントはけむりの出入りにある。あたためられた空気は軽くなり、上へ動く。上がふさがれているとあたたかい空気は外へ出られず、びんの中で回ることになる。すなわち、びんの外と内との空気の出入りがなくなる。ところが、上が大きく開いている場合、上へ行くあたたかい空気と外から中へ入る空気の道筋がちがうので、燃え続ける結果になる。ふたが開いている場合に中央のところは内から外へ、容器の周辺のところは外から内へ空気が流れる。

ここで、少し不思議なことがある。後に出てくるが、物が燃えると二酸化炭素ができる。二酸化炭素は空気よりも重いので、物が燃えると下にたまるように思える。それなら、ふたが下に開いているときに二酸化炭素は下から出ていくのではないかと思える。実験では下に口が開いていた場合、火は消えた。どうも、物が燃えて出てくる二酸化炭素はあたたかいので、軽くなり上へ行くのではないか。上に出口があればそこから外へ出ていく。出て行った二酸化炭素の分だけ空気が外から入ってくる。つまり、空気の循環がある。ところが、下だけしか出入口がない場合、燃えて出てきた二酸化炭素は上に行き、出口がないので、上から順に二酸化炭素がたまっていく。従って、燃え続けることはできない。

「考えるカラス」より

【実験】 長さが違うろうそく2本に火をつけて集気びんの中で燃やし続ける。ふたをするとどちらのろうそくの火が先に消えるか？

【結果】 長いほうのろうそくの火が先に消える。上にあるのになぜだろう。理由はあたためられた二酸化炭素が集気びんの上から満たされるからです。すなわち、あたためられた二酸化炭素は空気よりも軽くなるからだと考えられます。

【高校程度の計算】 単純な温度と体積との関係（シャルルの法則  $V \propto T$ ）から、二酸化炭素の密度を常温／高温で計算してみると、発生した二酸化炭素の熱膨張で温度が200℃以上になると二酸化炭素の体積は空気の1.0倍以下になる。つまり、空気より軽くなります。ろうそくが燃えるとその周りの温度は900℃になることが知られています。300℃程度以上あたためられた二酸化炭素は空気よりも軽くなるのが容易に見積もることができます。

## 1-2. 物を燃やすはたらきのある気体

アルコールランプの火を消す時に、ふたをかぶせました。ではそれをやってみます。消えましたね。なぜ、火は消えたのでしょうか？ ふたが火の熱をうばった。ふたを閉めるときに風が起り消えた。ふたの空気の量が小さいので燃え続けことができなくなった。色々考えられることがありますね。物が燃えるためには空気が必要です。物が冷えていては燃え続けることができません。そこで、空気について、調べてみましょう。

【問題をつかもう】 空気は、ちっ素、酸素、二酸化炭素などの気体が混じり合っていて、つまり、純粋なちっ素、純粋な酸素と純粋な二酸化炭素を適当な割合に混ぜたものが空気です。では、それぞれどう違うのか。物を燃やすはたらきは3つの気体のうちどれが増すかについて、調べてみたくになりました。

【問題】 物を燃やすはたらきのある気体は、何だろうか。

【実験の流れ】

1. 3つの気体をそれぞれびんに入れる。
2. それぞれのびんに燃えているローソクを入れて、すぐにふたをしてようすを見る。
3. 火が消える時間を調べる。はげしく燃えることもある。

ちっ素、酸素、二酸化炭素などの気体を集気びんに集めるために、水上捕集法を利用する。

【水上捕集の特徴】 もし、水を使わず、下方捕集（容器に直接気体を入れて、空気を追い出す捕集法）すれば簡単だと思われる。ところが、気体どうしが混じり合うのは速く、純粋な気体を集めることは難しい。気体が水に溶けないときには、ポンベから気体を出し、それを水の中であわとする。そのあわを集めればその気体を純粋としてびんに入れることができる。水中でびんのふたをすれば気体をびんに集めることができる。完全ではないが、ほぼ気体と空気を置換する簡易方法がある。出入口を狭くして、ポンベノズルを容器の底まで入れて、多めに気体を入れる。ロスを伴うが気体を捕集することができる。

実験2（教科書に書かれている）

- A. 右の図のようにして気体を集気びんに入れる。（水上捕集によって）
- B. それぞれの集気びんに、火のついているろうそくをすばやく入れて、ふたをする。

結果（教科書に書かれている）

1. 火のついたろうそくを酸素の中に入れると、激しく燃えました。

2. 火のついたろうそくをちっ素や二酸化炭素の中に入れると、火がすぐに消えました。

#### 【考察】

- 酸素の中では激しく燃え続けることがわかった。ちっ素や二酸化炭素の中では火はすぐに消えた。 → 空気の中ではしばらく燃えてから消えた。どうも空気には酸素だけでなく、ちっ素が入っていておだやかに燃えるようになっているのだろう。
- ちっ素や二酸化炭素には、物を燃やすはたらきがない。 → 燃えて物にちっ素や二酸化炭素を吹き付けると消えるだろうか。

#### 【理科のひろば】

【応用実験】 いろいろな物を燃やしてみよう

1. 割りばしを折って、5 cmほどを針金の先につけて、燃やす。燃え後に灰が残る。その色を観察する。
2. 別に、割りばし半分（約 8 cmほど）にして3本をアルミホイルでしっかり包み、端に小さな穴を開ける。金網の上においてコンロで熱する。熱し方は初め強火、煙や湯気が出てきたら弱火にする。煙が出なくなれば火を止め、さめるまでおいておく。さめたら、アルミホイルをゆっくりと開く。黒くなった割りばし炭を取り出す。この炭を針金の先につけて、燃やしてみる。炎を出して燃えず灰が残る。その色を観察する。

《注意》 燃やす時にノートや教科書をしまふ。熱するとガスが出てくるので、窓を開け換気扇を回して実験をする。コンロの火を消しても、金属はすぐにさめない。消火接、しばらくコンロなどを触らない。できあがったアルミホイルの炭はルツボばさみではさんでトレーに入れる。

### 1-3. 空気の変化

#### 【問題をつかもう】

教科書の記述：

火が消えるまでろうそくを燃やした集気びんの中に、火のついたろうそくを、もういちど入れると、火は、すぐに消えてしまいます。

【コメント】 この記述の中で、「すぐに」が重要な記載です。初め、ろうそくの火はゆっくりと消えたが、こんどは、すぐに消えた。なぜ違うのか。燃やすための酸素が少なくなったため、と考えられる。どの程度少なくなったか調べたい。

また、燃えた後、二酸化炭素ができる。二酸化炭素は燃えない。酸素が減って二酸化炭素が増える。二酸化炭素が増えたから消えたのか。どの程度増えたのか調べたい。

【問題】教科書の記述：

物が燃える前と物が燃えた後とで、空気は、どのように変わるのだろうか。

「どのように」ということには、変化を意味している。変化は ①ようすと ②空気の成分割合（組成）の変化を数値（定量的）に表すことの二つがあります。

【ちょっと難しい質問】

さて、変化のようすを見るには、どの気体も無色透明ですから、通常そのままではできません。そこで、教科書では石灰水を加えてようすを見るとなっています。

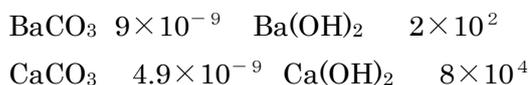
では、「二酸化炭素を調べるのに、なぜ石灰水を使うのですか」という質問が子どもから出ると、どう答えますか。石灰水を用いると白濁するからと答えるのは質問の趣旨を理解していないことになる。

この質問に答える前に、なぜ、石灰水が必要なのか。必要条件を洗い出して理由を示して欲しいということになる。そこで、二酸化炭素を検出するための必要条件を下に整理すると、

- ① 二酸化炭素は水に溶けると炭酸になる。
- ② 炭酸はアルカリと反応する。アルカリは水に溶けやすいことを要する。
- ③ しかし、反応して生成した炭酸塩になると水に溶けにくい。すなわち、白く見える（白濁する）。

これらの3つすべての条件を満足する化合物を化学便覧から選ぶと2つ候補を挙げることができる。すなわち、溶ける程度を溶解度積で示すと、下記のようなになる。炭酸塩は水に溶けにくくなるにはこの溶解度積が小さいことを要する。そのアルカリである水酸化物の場合、その溶解度積が大きな値を示すことを要する。調べた結果、バリウムとカルシウムが該当する。両者の炭酸塩の溶解度積はどちらも小さいので必要条件に一致する。しかし、両者の水酸化物を比較すると、水酸化カルシウムは水酸化バリウムより400倍溶けやすい。つまり、カルシウムの方がより適していることになる。

バリウムとカルシウムの化合物の溶解度積



ここで、水酸化カルシウムは別名、消石灰であり、その水溶液を「石灰水」という。炭酸と反応して生じる炭酸塩は炭酸カルシウムであり、水にはほとんど溶けない。反応式で示すと下記のようなになる。



### 水に溶けない

単に、石灰水を用いる、と教科書に書かれているが、上記のように、それでなければならぬ理由がある。勿論、小学生に理由を説明する必要はない。しかし、酸・アルカリの反応、反応によって生じる炭酸塩が水に溶けにくいことを何らかの形で示すことで、質問した子どもの質問に答えた。

【もう一つの問題】 二酸化炭素を石灰水に溶かす時、炭酸カルシウムの析出で白濁する。さらに二酸化炭素を吹き込むと一旦できた炭酸カルシウムが炭酸水素カルシウムとなって水に溶け、溶液は透明となってしまうことがある。特に石灰水の濃度が薄いときには起こりやすい。というのは炭酸水素カルシウムの水に対する溶解度は水酸化カルシウムの100倍ほどある。ということは一旦白濁した石灰水が今度は透明になる。これを避けるためには石灰水の濃度を高くすることである。すなわち、飽和石灰水を用いることである。そのため、多くの小学校では20L以上の活栓付きポリタンクでつくられ適当に消石灰と水の補充がされている。

#### 【注意したいこと】

1. 実験に間に合わすため、多量の消石灰を水に溶かすことがある。そのために水の温度を上げてはならない！ 溶解度曲線を調べると、90℃の水には10℃の水の半分以下である。つまり、温度が下がると水に溶け易くなる。熱力学的に言えば、溶解熱は発熱的であるため、温度が上がると溶解しにくくなる。
2. もう一つ、実験を前の日に準備しておくが、ビーカーに石灰水を入れておくことがある。そのときラップで覆わないと空気中の炭酸ガスを吸収するとともに、飽和石灰水の水が蒸発して、溶液面に白い膜ができたり、ビーカーの液面の接点に不溶性の輪ができる。これは攪拌しても溶けず、ビーカーを洗うときにもブラッシングでとれない。塩酸等の強酸で溶解することになる。
3. 石灰水は強アルカリであるので、必ず**保護メガネ**をかけねばならない。ただし、石灰水の飽和水溶液のpHは12.4であるが溶解度がアルカリ金属の水酸化物より小さいので、塩基としての作用は低い。

#### 【実験3】

ろうそくが燃える前と燃えた後の空気を調べましょう。

#### 【実験操作】

A. 石灰水で調べる

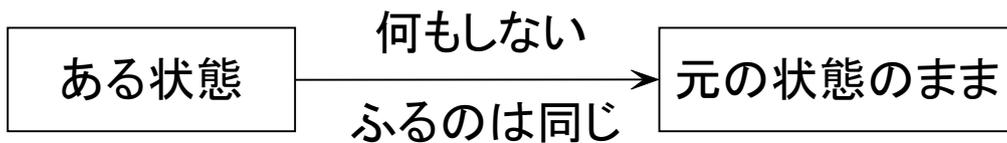
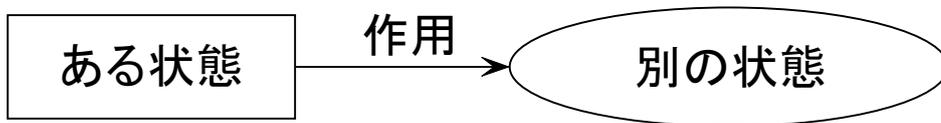
1. 2本の集気びんを用意し、それぞれに石灰水を入れる。
2. 一方の集気びんに火のついたろうそくを入れて、ふたをし、火が消えたらとり出す。もう一方にはふたをするだけで何もしない。
3. それぞれの集気びんを軽くふって、石灰水の様子を調べ、記録する。石灰水は、白くにごるだろうか。

B. 気体検知管で調べる

1. 2本の集気びんを用意する。
2. 一方の集気びんにふたをし、火が消えたらとり出す。
3. 気体検知管を使って、それぞれの集気びんの中の空気にふくまれる酸素と二酸化炭素の体積の割合を調べる。

【コメント 1】

燃える前と比較すると燃えた後では石灰水は白くにごる。燃えると二酸化炭素ができることを意味する。ある状態に、作用を行うと、前とは違った状態になる。これを図示すると、下記のようなになる。



ふるだけで何もしないなら、そんな実験はしなくてよい、という意見が出るのが考えられる。比較実験は、必ず基準をつくって相対的に比較することが大切と子どもたちに教えると書かれている。こんな公式を理解するのも大切だが、今の場合、注意深い観察をすることがもっと大切なことがある。何もしないで石灰水を振るとほんの少し白濁することに気が付く。わずかなことだが、注意深い観察によって、実験室の空気中にはわずかに二酸化炭素があるということがわかる。空気中には二酸化炭素がわずかにあって、燃やすとそれより多くの量の二酸化炭素ができる、と正確な理解をする。そのため、相対実験を必ず行う。このことは学術研究においてもよく報告されている。基準実験、ブランク実験、や相対実験といわれる実験が掲載されている。

### 【コメント 2】

気体検知管は便利な気体の定量機器である。使い方で注意することがある。

1. 気体採取器の使用法において、ハンドルを最初押し込めておく。検知管をつけたまま押し込めると検知管の手前で反応するので数値が異常になるだけでなく、検知管内の薬品が出る危険性がある。
2. 気体の吸入に際して、ハンドルを一挙に引いて 30秒～1分吸入場所にとどめる必要がある。ストッパーでハンドルを止めてあるので元にもどることはない。これは検知管の中の小さなスペースに気体がまわってくるまで時間がかかるためである。
3. 教科書の図のように気体検知管の口はできるだけろうそくを入れた場所近くにする。もし口近くで吸入すると内側だけでなく外の空気を吸い込むことがある。

【結果】教科書の結果を参照すると、

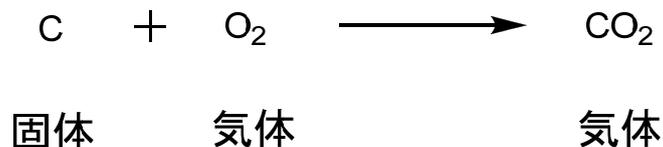
酸素： 21% → 17%

二酸化炭素： 0.04% → 3%

酸素が減って二酸化炭素が増えた。燃えることによって酸素が使われ二酸化炭素に変わったことがわかる。ただ、このとき、4%減って、3%増えた。その間に、減る量が1%多い。これはどうしてか？ 考えられること： 1%は実験の誤差である。二酸化炭素を吸入するときには外気が入ってきたので体積の割合が小さくなり過ぎた。いずれの場合にも再度実験する必要がある。

### 【まとめと考察】

この化学反応を表してみると、反応式は



すると、気体のモル数は変わらない。つまり気体の体積は燃えても変わらないと推定される。つまり、理論的には燃えることで体積は変わらないことになる。

### 【理科のひろば】

私たちのくらしと空気

化石燃料（石油、石炭、天然ガスは大昔の生き物が地中にうまり、長い時間をかけて変化したものです。資源には限りがあり、燃やすと二酸化炭素が増えます。

考えられる影響：二酸化炭素の雲のように地球をおおう → 熱が宇宙に逃げにくい → 地球の温暖化

金属も燃える

スチールウール（鉄）に火をつけて、酸素で満たした集気びんの中に入れてみると、激しく燃えます。花火は色々な金属が燃えるときそれぞれの色の光が出ます。これを利用したものです。

あまり、大きなスチールウールをつけると燃えている間に「燃え塊」となってガラス面につくことがあります。かなり高温になりますので、落とそうと思って手でついたところを触らないように。熱い鉄の塊がガラス容器の底に落ちてガラス容器が割れることがあります。

【炎色反応について】 鉄だけでなく、ほかの金属元素も燃えると特色ある色が見える。もちろん。高校でならうことですが、元素と色との関係を暗記する有名なゴロ合わせがあります。ところが、以前、子どもたちに教えたところ、意外と人気がありました。「ゴロ合わせ」は記憶を助けるという面が多分にあるので、受験教育でないが、他のところでも取り上げると記憶の助けになりそう。

りあかーなき、Kむらどりよくかると、するもくれないばりよく

Li 赤, Na 黄, K 紫, Cu 緑, Ca 橙, Sr 紅, Ba 緑

Li : リチウム      Na : ナトリウム      K : カリウム      Cu : 銅

Ca : カルシウム      Sr : ストロニウム      Ba : バリウム

なお、炎色反応は簡単なので、演示実験をすることがありますが、注意することがあります。溶液をつけるのは白金線を用いる。これを針金や銅線を用いると、鉄や銅の色がでてきます。たとえ白金線を用いても、水溶液に純水を用いず、水道水を用いると Na イオンの黄色しかみえないことがあります。この色をフィルターするコバルトガラスが市販されている。

### 【発展実験】

ペットボトルと二酸化炭素の実験

500mL のペットボトルに水道水を 150mL ほど入れておく。二酸化炭素ボンベより二酸化炭素をペットボトルに入れる。ふたを閉めて、

【質問】 この中には水と二酸化炭素が入っています。振るとどうなるでしょう。

三択： ①ふくらんで丸くなる、②へこんでします、③何も変化しない

【実験】 実験を試してみる。

【結果】 ②のへこんでしまう。

【なぜか。理由を考える。】 酸素，ちっ素でやってみてもへこまない。二酸化炭素にヒントがある。水と二酸化炭素……，と考えると炭酸水を思い出す。

【仮定・仮説】 もしか，二酸化炭素は水に溶ける！？ それじゃ，二酸化炭素が溶けた水に石灰水を加えるとにごる？ そうにちがいない。

【仮定・仮説の実験】 じゃ，試してみよう。実験結果，少しにごった。そうすると，へこんだわけは，二酸化炭素が水に溶け，気体の部分が少なくなるので，外から力が加わって小さくなる。だから，へこむ。

## 2. 動物のからだのはたらき

### 2-1. 消化のはたらき（教科書の記載）

人やほかの動物は、食べ物を食べ、その中にふくまれている養分と水を取り入れて、生きています。人では、食べ物は、口、食道、胃、小腸、大腸を通り、こう門から、ふんとなって出されます。口からこう門までの食べ物の通り道を、消化管といいます。

#### 【コメント】

この名前を図と対応して憶えることが大切ですが、食べ物が口から移動する順序で憶えると、各部分の役割やはたらきと意味が関係付けられます。

例えば、食べ物を口に入れると、まずよくかみます。かむということは食べ物を小さくするだけでなく、だ液が出てきて細くなった食べ物と混ざります。つまり、口ではだ液が細くなった食べ物と混ざって、養分にする役割をしていることがわかります。

【問題をつかもう】 飯つぶをかんでいるとあまく感じるようになります。これは口のはたらきの一つです。なぜ、あまくなるのでしょうか。だ液は飯つぶをあまいものに変えるはたらきをしているのでしょうか。それをもっとくわしく知りたいですね。

【問題】 食べ物は、口の中で、どのように変化するのだろうか。（教科書の記載）

【コメント】 「だ液が飯つぶを変える」ことの方が大切です。だ液って何だろう。だ液はバイキンではありません。水ではありません。でもほとんどは水です。（99.5%）では残りの0.5%には何が入っているのでしょうか。0.5%の中のわずかな量ですが「こうそ」というタンパク質があります。わずかでも食べ物を食べる大変大きな役割をしています。そんなだ液の役割を調べる実験をしてみましょう。

【実験1】 だ液がでんぷんを変化させるか調べましょう。（教科書の記載）

【実験順序】 （教科書の記載）

1. ご飯つぶを湯にもみ出して、試験管に入れる。
2. ①だけに、だ液を少量入れる。
3. ②①を湯であたためる。
4. ③①にヨウ素液を入れる。

#### 【コメント】

- 実験操作1に対して： 木綿の布を用いるとなっているが、ガーゼが取り扱いやすい。ところが近頃のマスクは目の細かい不織布をもちいているためうまくいかない。また、紙や洗濯物にはのり（でんぷん）がついているので、ご飯つぶを用いなくても

反応する。予めよく水洗いして乾かしておく必要がある。

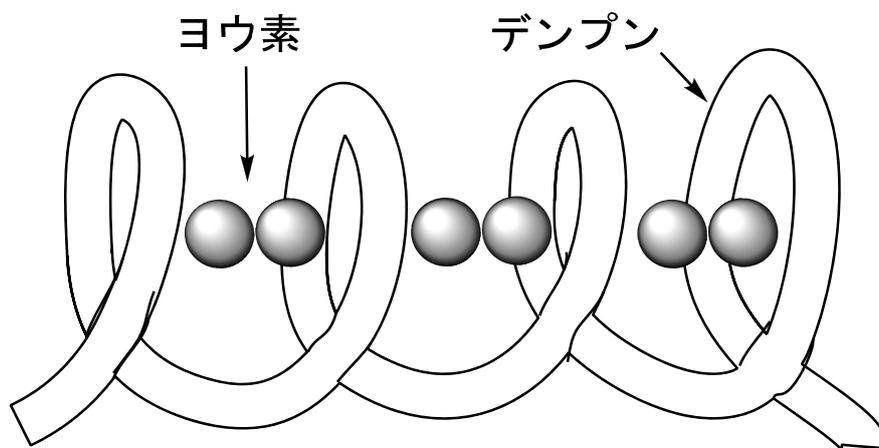
また、40℃でもみ出すのは、口の中と似せるためである。勿論、常温でも少々高めでも十分にもみ出しはできる。模擬実験を念頭におく考え方が大切です。

もみ出す回数は適当にする。すなわち、のりのような濃い状態では、だ液のはたらきが見えてこない。その場合、うすめて使う。

- 実験操作3に対して： 体温に近い40℃であたためる，となっている。少々高めでもよいのではないか，と思えるが「こうそ」は最適温度がある。だ液に含まれるでんぷん分解こうそ（アミラーゼ）は37℃が最適温度であるので，冷却することを考慮して40℃というのは設定温度としては適切である。
- 実験操作4に対して： ヨウ素液の濃度は市販の1/10規定溶液を（青紫色にするには10-15倍希釈がよいが）8倍ほどに希釈調製する。調製溶液を暗褐色のビンで保存するのがよいが，短期間であれば，アルミホイルでガラス容器を包むようにする。

【結果】 でんぷんにだ液を入れた液は，ヨウ素液で色がほとんどつかない。

【考察】 でんぷんは分解されたことなる。だ液によってでんぷんは他のものになったことを意味する。しかも，その変わったものはヨウ素液とは反応しないことがわかった。何ができたか。ちょっと難しいことなのですが，知っておくと役立つでしょう。すなわち，でんぷんは $\alpha$ グルコースを単位とする1-4結合で長くつながった分子です。ところが，でんぷんはだ液に含まれるアミラーゼによってマルトース（麦芽糖）に分解される。このマルトースはヨウ素溶液と反応しない。なぜ，ヨウ素液はでんぷんと反応して色が付くのか。これはでんぷんの形がらせん形をしているために起こることです。らせんの中にヨウ素が入って一つずつ並ぶためです。この結果，並んだヨウ素の色は青色から紫色を示します。



【ヨウ素液について】 ヨウ素 ( $I_2$ ) は水に溶けません。水に溶かすにはイオンにしなければなりません。そのため、ヨウ化カリウム (KI) を  $I_2$  に加えて、 $KI_3$  の形にしますと水に溶けます。 $I_2$  と  $I_3^-$  とは違うというのは正しい。ところが  $I_3^-$  はデンプンのらせんの中に入ることができない。入るのは  $I_2$  の形になったときです。すると、 $I_3^-$  はらせんのところで  $I_2$  と  $I^-$  に分かれます。 $I_2$  はらせんの中に  $I^-$  は水の中へ入っていきます。まるで、油と水の中へそれぞれ分かれていくように見えます。

### 消化管と消化液のはたらき

食べ物が、歯で細かくされたり、だ液などでからだに吸収されやすい養分に変えられたりすることを、**消化**という。だ液のほかに、胃液などにも食べ物を消化するはたらきがあります。だ液や胃液などを**消化液**という。養分の吸収は小腸からされます。小腸を通る血管から、血液に取り入れられます。つまり、食べ物 → 消化 → 養分を小腸で吸収 → 血液

### 呼吸のはたらき

【問題】 人やほかの動物は、呼吸によって、空気中の何をとり入れているのだろうか。

【予想しよう】 空気、空気の中の酸素、などが考えられる。

【計画しよう】 石灰水を使う。気体検知器を使う。

【実験2】 (教科書に記載)

・石灰水で調べる

1. ポリエチレンのふくろに石灰水を入れて、息をふきこむ。
2. ふくろをふって、石灰水が変化するかどうかを調べ記録する。
3. 吸う空気(まわりの空気)でも、同じようにして調べる。

・気体検知管で調べる

1. ポリエチレンのふくろに、息をふきこむ
2. 気体検知管を使って、ふくろの中の空気にくまれる酸素と二酸化炭素の体積の割合を調べて、記録する。

【結果】

・石灰水は白くにごった。 → 二酸化炭素がはきだした空気にくまれる。このとき、最初から二酸化炭素がふくまれていることが考えられる。したがって、まわりの空気の中に二酸化炭素がふくまれているかを調べた。その結果ほんのわずかに白く見えるがほとんどどうめいであった。

【コメント】

必ず、空試験をすることが大切である。5年生のときに学んだ、変える条件と同じにする条件を書き出し、変える条件は一つだけにしてほかの条件はすべて同じにする。今の場合、息をはき出すところがちがいが、空気のようにすはみな同じになっている。

・気体検知管で調べた結果，酸素に関して，はき出した空気18%，まわりの空気21%；二酸化炭素に関して，はき出した空気3%，まわりの空気0.04%

**【コメント】**

閉じられたふくろの中では呼吸によって酸素は3%へり，二酸化炭素は3%にふえた。吸った空気の中の酸素がすべて使われるわけではない。はき出した空気には水蒸気が多くふくまれるのでビニールがくもったり，水がついたりする。これは呼気に水がふくまれているためである。

**【肺とそのはたらき】** 空気を吸うと気管を通して左右の肺に入ります。肺には血管が通っていて空気中の酸素を一部血液に取り入れます。酸素の多い血液は全身を回りまた肺にもどり二酸化炭素を多くふくんだ空気が気管を通してはき出されます。

2-3. 血液のはたらき (教科書の記述)

小腸から吸収された養分や，肺でとり入れられた酸素は，血液によって全身に運ばれます。血液は心臓のはたらきによって全身に送られます。

**【問題】** (教科書の記述)

血液は，からだの中のどこを通過して，養分や酸素を運んでいるのだろうか。

**【観察1】** (教科書の記述)

1. 血管をさがす。
2. 脈拍数と心臓の拍動数を比べる。
3. 全身の血液の通り道を調べる。

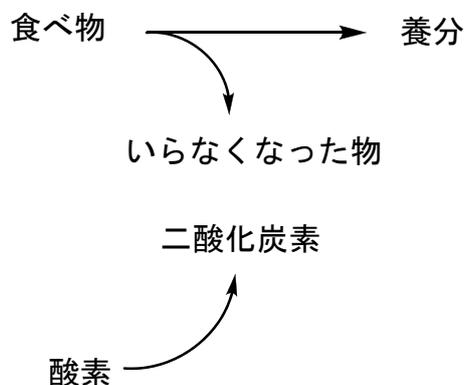
**【コメント】**

心臓のたとえとして，灯油ポンプを想像してみましょう。おさえると口から灯油が出てきます。これと似ていて，心臓が血液を送るとき，心臓がちぢみます。今度は心臓がふくらんで血液を心臓の中へ送り込みます。ポンプをゆるめるとふくらみます。今度はタンクからポンプへ灯油が入ってきます。灯油ポンプには出口から灯油が入って来ないように，出口には弁（弁）がついています。すなわち，出るときには弁は開くが，入るときには閉じます。心臓は4つの部分に分かれています。血液が心臓へ入る口が2つ，出口が2つあります。

血管は血液にふくまれる酸素と二酸化炭素の量が多いことで2つに分かれます。心臓から出ていく血管は酸素を多くふくまれる（動脈）。反対に心臓にもどってくる血管には二酸化炭素が多くふくまれる（静脈）。

**【考えよう】**

血管に流れる血液は養分，酸素，二酸化炭素がふくまれる。血液は肺，小腸，肝臓，などに必要な酸素や養分を送り，二酸化炭素やいらなくなった物を肺や腎臓へそれぞれもどします。ではからだの中で必要な物といらなくなった物はどんな流れになっているのでしょうか。



#### 【理科のひろば】

動物の血管と血液の流れを観察しよう。メダカのおびれの血液の流れをけんび鏡で観察する。

【実験】メダカを冷水（水道水でない）で冷やして，スライドガラスにのせ，ガーゼで胴体をおおう。おびれにはラップでつつむ。けんび鏡倍率は40－100にする。長時間の観察は死んでしまうので，観察が終われば静かに元にもどす。少しの水を入れたチャック付きのビニールぶくろに入れるように教科書には記載されているが，観察時間が短くなる。

#### 2－4. 人のからだのつくり

肺，胃，小腸，肝臓，腎臓，心臓，食道など教科書に出てくるものの位置をおぼえておく。

### 3. 植物のからだのはたらき

#### 3-1. 植物の水の通り道

動物には血液が流れるように、植物には水が流れているでしょうか。しおれた植物に水をあたえると、しばらくして元にもどります。動物はもどらないが植物はもどります。なぜ、もとにもどるのでしょうか。植物には水の通り道があるのでしょうか。

#### 【問題をつかもう】

植物は根から水を取り入れています。葉はほとんど水を取り入れません。すると、根から取り入れた水は葉までどんな風に移動するのでしょうか。

#### 【問題】

根からとり入れられた水は、植物のからだのどこを通過して、全体に運ばれるのだろうか。(教科書の記述)

#### 【考えられること、予想】

根からとり入れられた水は何か通路のような物を通過して移動するのではないかなあ。では、その通路がどこにあるかは調べてみればよいでしょう。多分、くきの内側にあるでしょう。おそらく、くきの内側はストローのようになっているでしょう。では、この通路をどのようにすれば見えるのか、実験の方法を考えることとなります。そのために、色水を使うことを考えました。

#### 【実験1】(教科書の記載)

1. ホウセンカをほり上げる。
2. ほり上げたホウセンカを、色水に入れる。
3. 根、くき、葉が染まったら、それぞれの部分を切って、中のように観察する。

#### 【コメント】 この実験方法は少し工夫がいる。

植物に水をやると、根から取り入れて先端にある葉や花へいく。これを調べるため、ホウセンカを使う。この実験にホウセンカが優れているのは、蒸散が速い、ある程度、通り道が透けて見える、顕微鏡切片をつくりやすい、取り扱うため大きさが適していることを挙げることができる。

しかし、色水をつくって水の通り道を調べるためにどのようにするか、実験準備は簡単とは言えない。問題点を明らかにして解決方法を例示する。

- 1-1. 色水の種類 教科書に書かれている「食紅」は安全性が高いが、濃い色水をつくることは容易ではない。特に、食紅は紅コウジ菌の色素、モナスコルブリンを使うこ

とが多い。この色素は分子量が大きいため、大量に溶かすことは難しい。これが問題点になる。

1 - 2. 赤インキは色素としては綺麗だが、人工色素であるアゾ色素やフタロシアニン系色素を使っている。濃度調節が難しい、アニオン系色素であるため染まらないところがあるかもしれない。

1 - 3. ファンタジー色素の成分は不明だが、原液そのまま使うと染まりやすい。

値段が 650 円/100mL と高い。しかし、回収して使うことができるので、実験をした後には流して捨てないようにする。回収何度も使うと、効率がよい。ただ、経年劣化もあるので、暗所、冷所など適当な保管が勧められる。

なお、もし色素が手についた場合、液体洗剤を使って擦ると比較的容易に落ちる。ただ、成分は公開されていない。

2. 毛根から吸い上げて葉まで染色するには時間がかかる。時間を早めるために、根の半分ほど毛根側を切り捨てて染色するとよい。理由は、細胞膜の役割にある。数多く分岐した毛根にも細胞膜があり、水に溶けた小さな分子以外である、大きな色素分子は細胞膜を透過しない。このため、根をはじめ茎や葉は染まりにくいからである。

3. 根から色水を効率よくあげる。そのためには、風通しがよい場所に置く、日光に当てて蒸散を進めると水のポンプがよく働く。実際に、この条件下で実験をした結果、3分ほどで根近くの茎は染まり始めた。30分で茎全体、2時間足らずで、葉までが染色された。

4. 断面を観察するにはどのようにするか。片面だけを切れば虫眼鏡で見ることが可能であるが、薄くカッターでスライスするとよく顕微鏡観察できる。葉脈の横断面を見るには、薄い切片になるように切る。葉脈の染色状態を見ると葉の表裏で異なることが分かりやすかった。ただ、薄く切るのは難しい。葉の付け根の近いところを切ると少し硬いので切りやすかった。

#### 【参考】 ミクロトームについて

綺麗な切片をつくるには「簡易ミクロトーム」を使うとよい。簡易ミクロトームは小学校によって、所有する場合がある。しかし、なければプラスチック注射器を使ってつくることができる。参考になるアドレスを下記に示す。

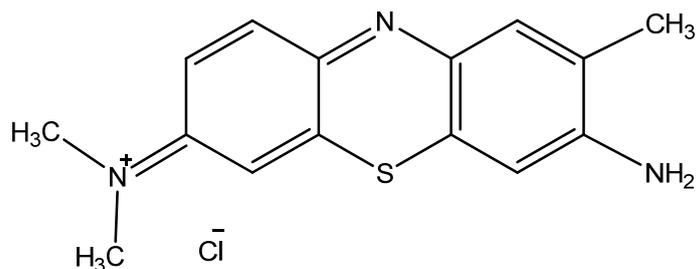
<http://is2.sss.fukushima-u.ac.jp/fks-db/txt/60000.shohou/00113/html/00037.html>

マイクロメーターをつけると厚さ 10  $\mu$  m まで切った例がある。

#### 【ちょっと難しいが】

5. 根からの水の流れは道管を通じて上がっていく。元々、水に溶けた養分の吸収は毛根を含む根で行われる。実験観察で分かったことに、根では中央部で水の流れが見られる。茎では周辺部になる。水の流れが中央から周辺部が変わる。なぜか。どのように移

動するか疑問が残る。次に、師管での水の流れである。これを解明する方法は他にあるが、ファンタジー染色では中央部より外側周辺部が染色されるので適さない。また、根の道管を見つけるには毛根から水とともに吸収される色素を使うことが考えられる。しかし、このような色素にトルイジンブルーがあるが、この色素は試薬会社のリストに記載されている。



結局、茎の道管ははっきり染色でき、顕微鏡観察できた。道管は染色されるが、師管は染色されなかった。師管は染色されないが全然染色されないということはない。ファンタジー色素を使ったときに、薄い色ではあるが、管壁があることを顕微鏡観察できた。勿論、師管は光合成した養分を根に送る役目をしている。

#### 【問題】

植物のからだを通して、葉まで運ばれた水は、どうなるのだろうか。(教科書の記述)

#### 【予想】

植物のからだの中の水の流れを考えると、色々なことが考えられる。根から上がっていった水が葉まで行く。上から下へ行く流れは簡単だが、どうして、下から上へ移動するのだろうか。誰か葉でポンプを使って水をくみ上げているのだろうか。

#### 【実験2】(教科書の記述)

1. 葉が付いたハウセンカと葉をとったハウセンカにふくろをかぶせる。
2. 10~20分ぐらいたってから、それぞれのふくろの内側のようすを観察して、記録する。

#### 【結果】(教科書の記述)

葉がついたハウセンカのふくろの内側に、水てきが、多くつきました。

【まとめ】水は葉から水蒸気として出ていくことが分かりました。これを「蒸散」といいます。水が蒸発すると、少なくなった分が根から上がってきます。これが水の流れになります。蒸散はポンプの役目をしています。

### 【疑問が出てくる】

これは子どもと植物の中の水の流れについて話していた時だった。何十mという大きな木でも、水は葉先まで上がっていく。

水の流れに関して、蒸散によって道管を上がっていった水が折り返して元にもどるということはないだろうか。蒸散でなく、水は植物のからだの中を「毛細管現象」で浸み上がるということはないだろうか。このような疑問が出てきた。

これをネットや本を調べると、葉で蒸散ポンプがはたらいて水を上へ汲み上げていると書かれていて、それ以外の説明を見つけることができなかった。しかし、葉が少ない木や、葉から蒸散が少なくなる湿度の高い日には、水は上へ上がっていかないのだろうか。それでも流れがあるとすると、ポンプの代わりにあるものがあるのだろうか。

そこで、こんなことを考えてみた。毛細管だけで何十mも上へ水を上げることは難しいだろう。ところが、毛細管に節のところに弁があると、逆もどりをしないだろう。節ごと、その上のところに水がたまる。もちろん、この想像が正しいかどうか示さなければならないが、考え出そうとすることに意味があるとした。植物のからだの中の水の流れを考えると色々と想像することが出てくる。

### 【理科のひろば】

葉の表面を観察してみよう。

- ① 葉をちぎって、裏側のうすい皮をはがす
- ② はがした皮をスライドガラスにのせて、顕微鏡で観察する。

実際に、裏側の皮をはがすのは難しい。実際、カシやイチョウのような木の葉をはがしてみるとうす皮をとるのは難しい。しかし、モチノキの葉を使うと簡単にはがすことができる（校内にある木の葉の全てを調べた先生の結果を教えてもらった）。

モチノキの葉をはがしたときの裏側のうす皮を下図に示す。



樹木では難しいが、草において、少しやり方を工夫すると、比較的簡単にできる。たとえば、ヘチマとホウセンカについて、失敗の少ないはがし方は次のはがし方である。これは子どもでもでき、成功率が高い。

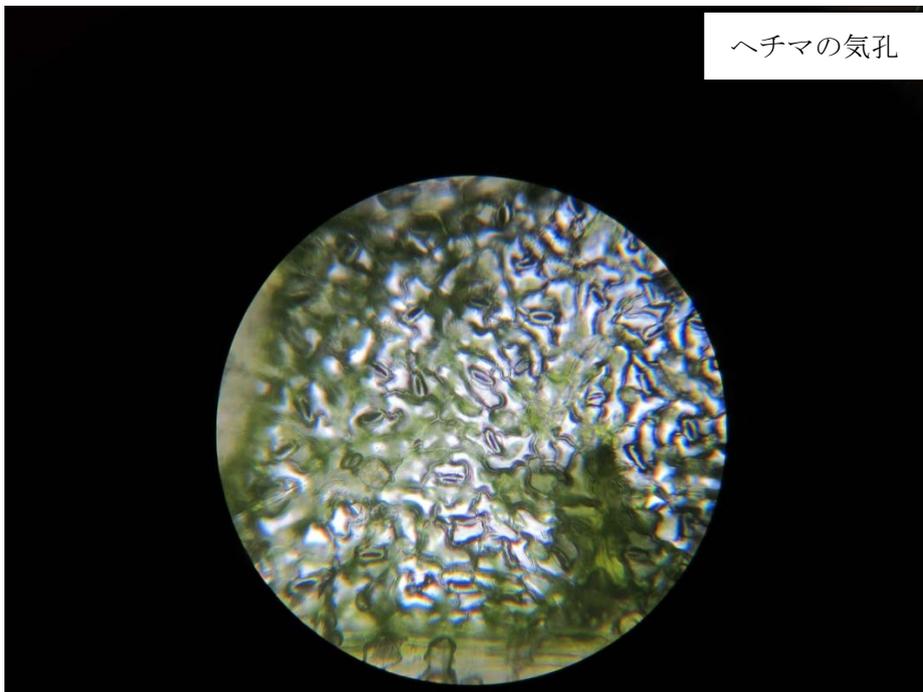
【裏側のうすい皮のはがし方】

1. 葉の表と裏にセロテープをはり合わせる。葉のところを軽くこする。
2. 葉の裏を上にして、セロテープをゆっくりと、はがす。このとき、一度うすい皮がセロテープにつくと大きな皮がとれる。



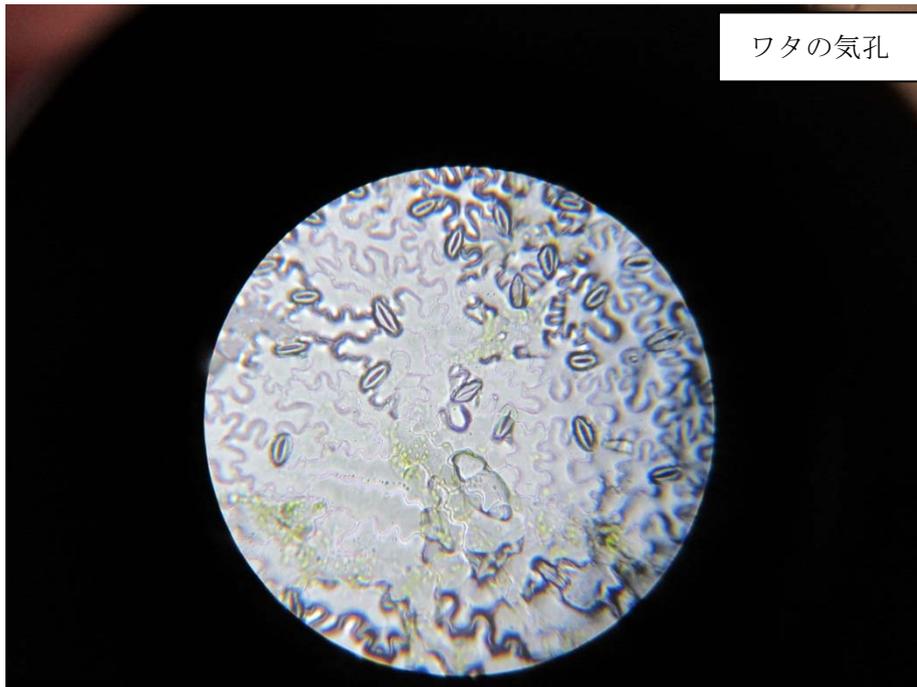
【テクニック】

- ※ うすい皮をスライドガラスの上のせ、カバーガラスをかぶせると、皮が厚い場合カバーガラスが浮き、レンズと当たることがあるので、できるだけうすい皮を用いる。また、太い葉脈を切り捨てる方がよい。
- ※ うすい皮がセロテープについたままなら、それをスライドガラスにはりつけるとプレパラートとして利用できる。ただし、セロテープのより（撚り）や接着面の指紋などが見えることがある。



ヘチマの気孔

×400



×400

#### 気孔について：

気孔から水蒸気が出ている。光合成のために二酸化炭素をとり入れ，酸素を出す出入口となっている。はがしたうすい皮では気孔が閉じたものだけしか見られない。

#### 3-2. 植物と日光とのかかわり

【問題をつかもう】 植物にとって，日光はどのようなはたらきをしているのかを考える。

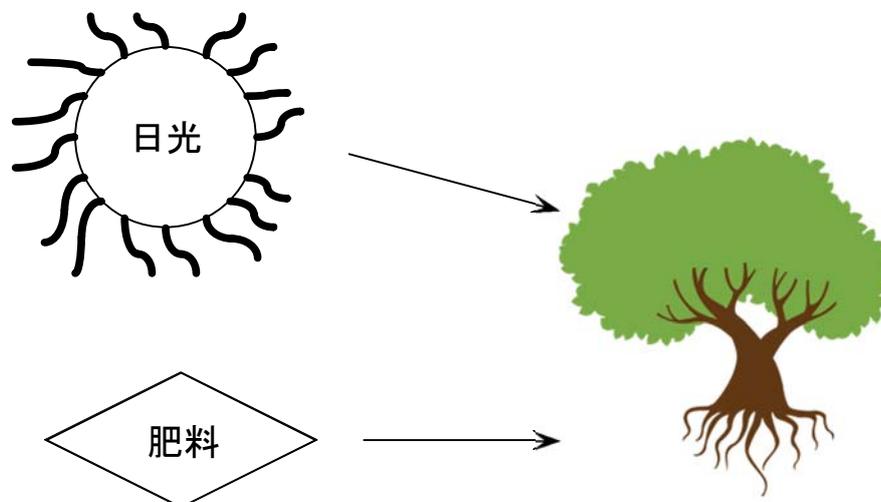
5年生で，植物の成長には日光が必要であること，子葉にはでんぷんがふくまれていることについて実験もした。

【問題を考え出そう】 子葉のでんぷんがなくなったとき，養分であるでんぷんはどこから植物はとるのであろうか。日光と肥料が植物の成長に必要であった。日光を当てない，あるいは，肥料をあたえないと，植物は成長しなかった。すなわち，日光と肥料のどちらもでんぷんをつくるには必要である。植物は肥料があると，日光をあたえると，養分であるでんぷんをつくると考えられる。

【問題】 植物の葉に日光が当たると，でんぷんができるだろうか。(教科書記載)

キーワードは植物の葉，日光，でんぷんである。

【計画しよう】



葉に日光が当たるとでんぷんができる。

言いかえると， ⇒ でんぷんができないときには，葉に日光が当たらない

そこで，日光を当てるか当てないかで，でんぷんができるかできないかを調べればよさそう，と実験を計画できる。

【実験3】植物の葉に日光が当たるとでんぷんができるか調べましょう。(教科書記述)

【実験準備】 ① 植物としてジャガイモを用いる。ジャガイモの葉の大きさが実験には適当である。ホウセンカもできるが長細いので扱いにくい。インゲンマメはジャガイモと同じに取り扱える。 ② 日光を当てないためにアルミニウムはくを使う。③ 葉を区別するために，はさみで切りこみを入れる。アルミニウムはくでかぶせるときざみが見えないので，教科書のように㊷，㊸，㊹を左から右へ決めておく，または，マジックで㊷㊸㊹を書いておく。④ 熱エタノールで脱色する。理由は緑色のクロロフィルは熱エタノールに溶けやすいがでんぷんは熱エタノールに溶けにくいから。⑤ ヨウ素液は市販の 1/10 M 溶液を 5～8 倍にうすめたものを用意する。

【順序】(教科書記載)

1. 実験の前日の午後，ジャガイモの葉にアルミニウムはくでおおいをして，日光が当たらないようにしておく。
2. 晴れた日の朝，㊷と㊸のおおいをはずして，㊷にでんぷんがあるか調べる。
3. 午後になったら，㊸と㊹にでんぷんがあるか調べる。

これらの順序を表にまとめ、やり方を分けて書いてある。

| 葉の名前 | 前日の午後  | 晴れた日の朝                      | 同じ日の午後                      |
|------|--------|-----------------------------|-----------------------------|
| ㊦    | おおいをする | おおいをとり，アルコールで<br>緑色をとり，ヨウ素液 |                             |
| ㊧    | おおいをする | おおいをとり                      | アルコールで緑色をとり，<br>ヨウ素液        |
| ㊨    | おおいをする | おおいのまま                      | おおいをとり，アルコール<br>で緑色をとり，ヨウ素液 |

#### 【実験上の気をつけること】

1. アルミニウムはくでおおう時，葉全体をおおうようにする。くきやえだはおおわない。
2. 晴れた日に行うのが最善であるが，150Wのタングステン照明ランプを使うこともできる。目安として光電池で豆球やLEDが点灯する程度の明るさが必要になる。
3. エタノールで脱色するとき，葉が脱水され，ピンセットではさむとこわれやすいので，やさしく取り扱う。脱色後，湯に入れて洗ってからうすいヨウ素液にひたす。

#### 【たたき染めで調べる方法について】

一般に，でんぷん顆粒（かりゅう）は加熱するか，物理的に壊すとヨウ素液で着色しやすい。

物理的に壊すと少々クロロフィルがあっても青紫色は見やすい。この方法は元々指導に当たる先生が考え出したと聞いている。柔らかくした葉をろ紙に挟んで木槌（きづち）でたたくとなっているが，音が大きいのでゴムハンマーで小刻みにたたくときれいに染めることができるという報告がある。

[http://www.esnet.ed.jp/center/shiryo/uploads/h23\\_kyouka\\_tatakizome.pdf](http://www.esnet.ed.jp/center/shiryo/uploads/h23_kyouka_tatakizome.pdf)

たたき染めの後，ヨウ素液を掛ける前に，クロロフィルなどを除くため，漂白剤（塩素系）を10倍ほど薄め，ろ紙を漂白すると青紫色が際立ってきれいに見える。この時，ゴーグルをつけて漂白剤が目に入らないようにしなければならない。

#### 【結果】

結果を表にしてまとめると，

| 実験条件           | 結果           |
|----------------|--------------|
| ㊦ おおいをしておいた葉   | うすい緑色がまじった白色 |
| ㊧ 日光に当てた葉      | 青紫色          |
| ㊨ おおいをしたままにした葉 | うすい緑色がまじった白色 |

のようになった。

表からわかるように、④だけがヨウ素液で青紫色になった。

### 【考えよう】

- ・ でんぷんがあるとヨウ素液をかけると青紫色になる。
- ・ ㉗の結果から、夜の間いでんぷんができなかった。
- ・ ㉘の結果から、日光が当たらないとでんぷんはできなかった。  
⇒ ④の結果から、日光が当たるとでんぷんができた。  
葉で、でんぷんをつくるためには日光が必要である。

### 【まとめ】 (教科書記載)

- 植物の葉に日光が当たると、でんぷんができます。
- 植物は、成長するための養分を自分でつくっています。

### 【コメント】

動物は植物や動物を食べて養分をとりますが、植物は自分で養分をつくって成長します。そのためには、適度な温度で、水や空気にくわえて、日光や肥料が必要です。日光を受けるのは葉です。葉において日光を受けると、でんぷんができます。それでは肥料はどう関係しているのでしょうか。これについてはもう少し大きくなると分かってきますが、植物の成長には必要です。今まで、学んだことがどのように成長に関係するのか、考えたり想像したりすることは大切です。

### 【理科のひろば】 葉にできたでんぷんのゆくえ

日光に当たった葉にはでんぷんがたまりました。次の日の朝にはでんぷんがありません。夜の間いでんぷんはどこへいったのでしょうか。葉以外のところへでんぷんは運ばれたのでしょうか。たとえば、花や実だったり根だったりします。では、あの大きなかたまりだったでんぷんがそのまま動くのでしょうか。それは大変です。でんぷんは水に溶けやすいものになって養分として動くのです。この養分が根ではいもとして、実では種子に、たくわえられます。確かに、ジャガイモにはでんぷんがあり、種子には胚乳(はいにゅう、子葉になるところ)にでんぷんがあります。

### 【でんぷん粒をけんび鏡で見よう】

ジャガイモやインゲンマメのでんぷんをけんび鏡で見ると、さかいめのある、とう明なつぶとなって見えます。大きさは色々ですが、倍率 100 倍で見ることができますが、くわしく見るためには 400 倍にします。色のついたつぶとして見るためには、ヨウ素液で黒くなる程度に染色しますと、けんび鏡では青むらさき色に見えます。

#### 4. 生き物のくらしと環境

##### 4-1. 食べ物をとおした生き物のかかわり

人やほかの動物は、自分で養分をつくることができません。そのために、食べ物（動物や植物）を食べてその中にふくまれる養分をからだにとり入れて生きています。

##### 【問題をつかもう】

私たちは、魚・牛・豚・鳥の肉、野菜などを食べている。メダカは小さな生き物を食べています。肉食動物や草食動物がいます。

##### 【問題】（教科書記載）

生き物は、食べ物をとおして、どのようにかかわり合っているのだろうか。

##### 【調査1】

1. 人の食べ物の材料のもとをたどる。

(ア) カレーライスで使われている材料

(イ) それぞれの材料はどのようにしてできたのだろうか。

2.ほかの動物の食べ物を調べて、そのもとをたどる。

(ア) キツネ、ウサギ

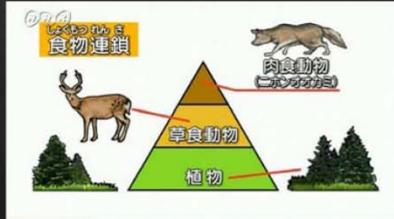
(イ) 【考えよう】「食べる」「食べられる」の関係について、モズ、トカゲ、カエル、ワシ、ダンゴムシ、ミミズ、バッタ

##### 【理科のひろば】

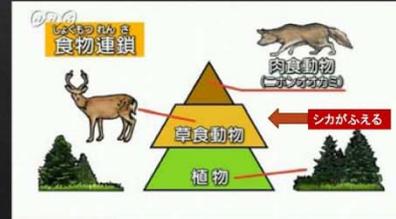
食べる・食べられるの関係について、食物連鎖として、教科書にはチーター・トムソンガゼル・植物とサメ・カツオ・イワシ・水の中の小さな生物の写真が載せられている。陸の生き物と海の中の生き物を見ると、矢印の先にはチーターやサメが示され、食物連鎖の頂点に立つように見える。

ところが、食べる・食べられるの関係はその数が時間とともに変わってくるのです。ある時、一つの種の数に際立って増えると、それぞれの動植物の数も変化する。正にバランスが崩れてきたのです。しかし、時間が経つとこの崩れはもとどおりに戻ります。つまり、バランスがとれるようになってきます。【はってん】として、食物連鎖と生き物の数について書かれています。時間ごとに、それぞれの数はどのように変わるかみてみましょう。その様子を草・シカ・オオカミの間の食物連鎖について PPT で確かめてみる。

### 自然ではバランス



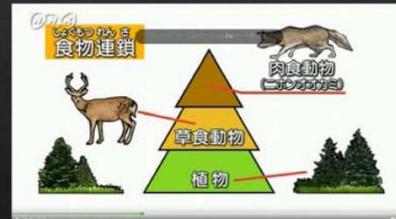
### もし、異常にシカがふえる



シカがふえると草がへり、オオカミがふえる  
するとシカは？



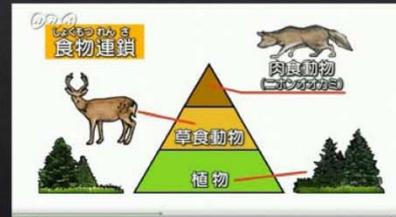
シカがへる  
すると、オオカミは？



オオカミはへって、  
草はふえる



元の状態もどる



### 【外来生物】

自然はバランスの上に成り立っています。ところが、何かによって、そのバランスが崩れることがあります。その一つに、外来生物がバランスを崩すことです。セイタカアワダチソウやオオクチバスが元々いた在来種が生き続けていくことを難しくしています。

#### 4-2. 生き物と空気とのかかわり

人やほかの動植物は、空気とさまざまにかかわって生きています。どのようにかかわっているか考えます。空気がなければ、人や動物は生きていけませんね。空気の中にはちっ素、酸素、二酸化炭素が主にあります。では、どのようなものが必要なのでしょうか。

【問題】 植物が、空気中に酸素を出しているのだろうか。 (教科書に記載)

#### 【実験1】

1. 晴れた日の午前中に、植物にふくろをかぶせて、息をふきこむ。
2. 気体検知管を使って、ふくろの中の空気を調べる。
3. 植物を、1時間ぐらい日光に当てる。
4. もういちど、気体検知管を使って、ふくろの中の空気を調べる。

#### 【結果】

|      | 酸素  | 二酸化炭素 |
|------|-----|-------|
| 初め   | 16% | 5%    |
| 1時間後 | 18% | 3%    |

#### 【考察】

日光を植物にあたえた結果、酸素は2%増え、二酸化炭素は2%減る結果だった。二酸化炭素が減った分だけ酸素が増えたことになる。あたかも二酸化炭素が初めから酸素を持っていて、日光が当たると酸素を出したようにみえる。勿論、ちっ素の量は変わっていない。光自身が気体になることはない。気体だけで考えると、ふくろの中では内・外の気体の出入りはない。しかし、ふくろの中には水がある。葉やくきもある。つまり、液体や固体はある。二酸化炭素はこれらの液体や固体と合わさって光が当たると酸素ができたと考えられることもできないか。これに合った実験をするにはガス以外に液体や固体を揃えねばならない。結局、実験条件を揃えることが難しいと思われる。しかし、研究された結果、光合成に関するガス交換は1:1で行われると考えられている。すなわち、光合成によって二酸化炭素が減った分だけ酸素が増える。したがって、上記の実験の結果は1:1のガス交換が行われていることを意味し他の研究とも合致している。(なお、以上は、気体の体積における比較であるが、モル数においても1:1に対応している)

【まとめ】 (教科書記載)

- 植物は、日光に当たると、二酸化炭素をとり入れて、酸素を出します。
- 人やほかの動物、植物は空気をとおして、おたがいにかかわり合って生きています。

【理科のひろば】

植物も呼吸している。酸素をとり入れて二酸化炭素を出している。夜も昼も呼吸している。しかし、日光に当たったときには、呼吸のはたらきよりも、二酸化炭素をとり入れて、酸素を出すはたらきの方が大きい。そのため、酸素を出しているだけのように見えるのです。

4-3. 生き物と水とのかかわり

【問題】

水は、生き物にとって、どのようなはたらきをしているのだろうか。

【考えよう】

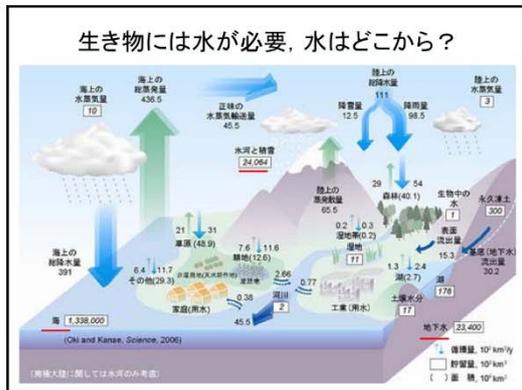
生き物にとって水は必要なものです。水がなければ生きていけません。

生き物の水の量 (%) について、

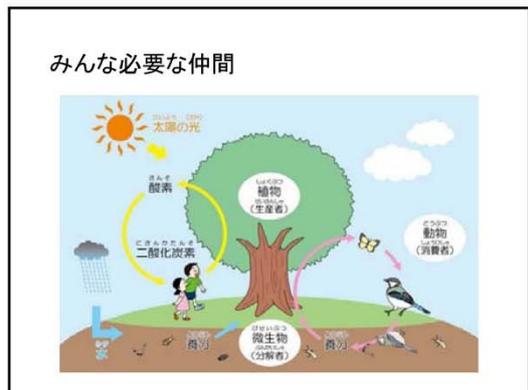
人のからだは 60% が水です。子どもは 70%、老人は 50~55% と年をとると水が少なくなります。リンゴの実は 85% が水ですがキュウリは 95% が水です。

【理科のひろば】 砂ばくの生き物と水

砂ばくは全く雨がふらないというわけではない。砂ばくの気温も昼と夜では 30 度以上ある。昼間はとてもあつく乾そうしていますが、夜になると霜 (しも) がおりることがあります。わずかの水を取り入れて生きている動植物がいます。動物ではサイドワインダーというヘビがいます。小さな昆虫もいます。これらの動物が活躍するのは朝夕であって、昼間は砂の中にもぐってしんぼうしています。植物にはサボテンが知られています。サボテンはからだの中に水をたくわえてかれないようにしています。



- ### 海の生物を育てるには、どうするか？
1. 海に肥料・養分をまく
  2. とってき水そうで育てて海にもどす
  3. 鯨やサメのような大きな動物をいなくする
  4. 川の水を消毒する
  5. 山に木を植える



※ 水の性質をまぜた PPT を作成した。ここで掲載したのは生き物と水との関係である。

## 5. 太陽と月の形

### 5-1. 太陽と月のちがい

太陽と月は宇宙にあります。地上から観察すると、1日のうちに、東から出て南をの空を通過して西へしずみます。

#### 【問題をつかもう】

太陽と月の特ちょうについて、これまでの経験をもとにして、知っていることを話し合ひましょう。

|    | 形  | 明るさ    | 上る方位                  | 表面            | 見え方         |
|----|----|--------|-----------------------|---------------|-------------|
| 太陽 | 球形 | 非常に明るい | いつも東                  | 明るくて見えないほど    | いつも円形       |
| 月  | 球形 | 太陽より暗い | 時間はちがうが、東から、上らないこともある | 薄黒く見える、くぼみがある | 日によって見え方が違う |

#### 【問題】

太陽と月には、どのような特ちょうがあるのだろうか。

#### 【コメント】

形を「丸い」と答えることがあるが、丸は円形のこともあるので、球体であると表現する。視覚的にどこから見ても円形であることを球形という。ただの円形なら横から見るとくずれた丸になったり、線になることもある。上がる方位は太陽も月も東である。月が見えるのは夜であるが、見えないこともある。つまり、日によって見え方が違う。

#### 【観察1】

1. 太陽の表面のようすを観察して、記録する。㊦ シャ光プレートを必ず使って見る。
2. 月の表面のようすを観察して、記録する。
3. 月と太陽の表面のようすについて、資料などで調べる。

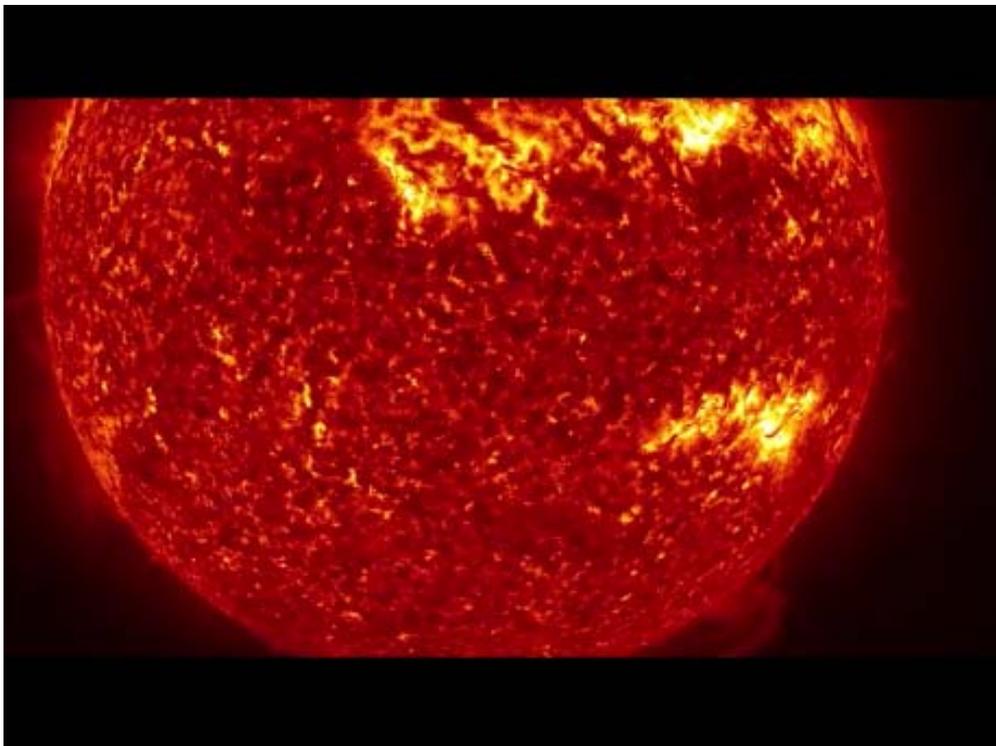
#### 【コメント】

太陽の表面のようすはなかなか調べるのが難しい。NASAの人工衛星で5年間にわたって観測された抜粋版が公開されている。その一部を写真で示すと写真のようです。

太陽の表面温度は6000度、中心部は1600万度、コロナ自身も100万度ある。黒点は4500度と低い温度になっている。また、太陽の表面は熱のかたまりのようにみえる。とき

どきアーチをつくり，時には爆発をして，大変小さな電気を持ったつぶを出します。アーチに見えるのは「太陽プロミネンス」，白く見えるのはコロナの一部です。

NASA : [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=3&v=GSVv40M2aks](https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=GSVv40M2aks)



月の表面のようすについて調べるのは資料が多い。実際にデジカメで写真をとることもできる。たとえば、満月の写真は丸くうつる。月は球体である。



ところが、半月のときにはよくクレーターが見える。これは月の横から光が当たるのでクレーターのかげができ、凹凸がはっきりと見えるためです。



月は自分で光ることができません。太陽の光を反射して光っています。地球と同じように、岩や砂のようなものでできていることがわかります。表面に見られるクレーターはどのようにできたのでしょうか。石や岩がぶつかってできたものと考えられています。それでも、石や岩が表面に見えないのはなぜでしょうか。砂でおおわれたように見えます。これは月の中が氷できているところがあることに関係しています。月にはまだわからないことがたくさんありますが、日本の人工衛星「かぐや」が表面の調査をして、少しずつわかってきています。

## 5-2. 月の形の見え方

月は、日によって形が変わって見えます。

**【問題】** 教科書の記載

月の形は、どのように変わっていくのだろうか。

**【観察2】**

日ぼつ直後の月の形と位置を調べましょう。

1. 日ぼつ直後に見える月の形と位置を観察して、記録する。
2. 数日後に、もういちど、1と同じように観察して記録する。

**【コメント】** 月の形が日によってちがうことは経験している。しかし、1日の中では形は同じでも、見る時間、方位によって、見た目の月の姿（回転移動による見え方）は、変わる。また、1ヶ月で月の満ち欠けが1周期になるが、詳しくは30日でなく29.5日である。従って、月が満ち欠けする12ヶ月である1年は今の太陽の暦より11日短くなる。カレンダーの一月と月齢（月の1ヶ月である29.5日の変化）は一致しない。つまり、15日がいつも満月ではない。同じ時刻でも月が見える位置や方位は月齢によって異なる。日ぼつ直後と決めておくのは月の出の早い場合（例えば、三日月）を見るのに有効である。新月から満月までの月はこの方法で容易に観察できるが、下弦の月になると、東の空で、しかも深夜や明け方になるときもある。なお、上弦や下弦の月を判定するのは、西の空に月が沈む時の形が、上に弦があるか、下に弦があるかによって判定する。太陽の位置から左が欠けると上弦という覚え方は得策ではない。というのは、方位によって月が上または下近くのところ、欠けることがあるためである。左右の判定ではできないこともある。

なお、数日後に観察するのは、月の方位と形が異なるだけでなく、見える時間も違ってくる。例えば、中秋の月（今年は10月4日、月齢13.9）を見たときは、日没後東の空に見える19時ごろですが、月齢19.9の月は21時ごろに、同じく東の空に見えた。三日月から上弦の月は日ぼつ後すぐに西南から南の空にそれぞれ観察できます。したが

って、月を観察するには、月齢が重要です。日ぼつ後、午後 10 までの間に見ることができるのは月齢 3 から 20 ぐらいが観察するには適当です。また、月齢とともに、月を見つける時間と方位が大切なのがわかりますね。

#### 【まとめ】

- ・日ぼつ直後に見える月は、明るく光って見える部分が、少しずつふえていきます。
- ・月の光って見える側に、太陽があります。

#### 【コメント】

まとめの 2 項目目「月の光って見える側に、太陽があります」が特に重要です。月は自ら光っているわけではありません。太陽の光を反射しているだけです。かげになった部分は地球のかげではありません。月自身のかげです。新月の月は太陽の近くにあるので、昼間も見ることにはできません。月齢 10 近くになると、昼間でも上弦の月を見ることができます。さらに、満月は太陽と反対側にありますので、太陽が沈む時に、東の空に現れます。

【問題】月の形が、日によって変わって見えるのは、どうしてだろうか。

#### 【実験 1】 教科書の記載

1. 黒板に、観察 1, 2 で観察した月の形と位置を書き入れる。
2. かい中電灯を、右の図のように置いて、部屋を暗くする。
3. ボールの位置を変えて、ボールの明るく見える部分がどのように変わるかを調べて、記録する。

#### 【コメント】

この実験はライトに懐中電灯を使うことになっているが、懐中電灯の光が発散するようになっているものを使わないようにする。理由は光が広がってボールの照らされる面がボケて見えるためである。ただし、小さく平行光線が出るものではボールの一部分を照らすため、綺麗に見えない。以前、蛍光塗料を塗ったポリスチレンの球にブラックライトや青色 LED を照射して月の満ち欠けを示したことがある。部屋が暗いと綺麗に見えたが、光の入る部屋では思ったほど目立たなかった。

そこで、多少広がった光で照明できる工事用ライトを使って (150W) ボールを持って子どもたちのいるところを回って見せるようにしたところ、明るさに欠けるが比較的良好に見えた。ライトをもう少し明るくすると (250~300W) 見やすくなるであろう。

### 【理科のひろば】

月が太陽をかくすとき、「日食」といい、2014年の日食の写真を見せた。木の葉を通してくる光が地面に模様をつくり、いくつもの満ち欠けの太陽を見ることができました。

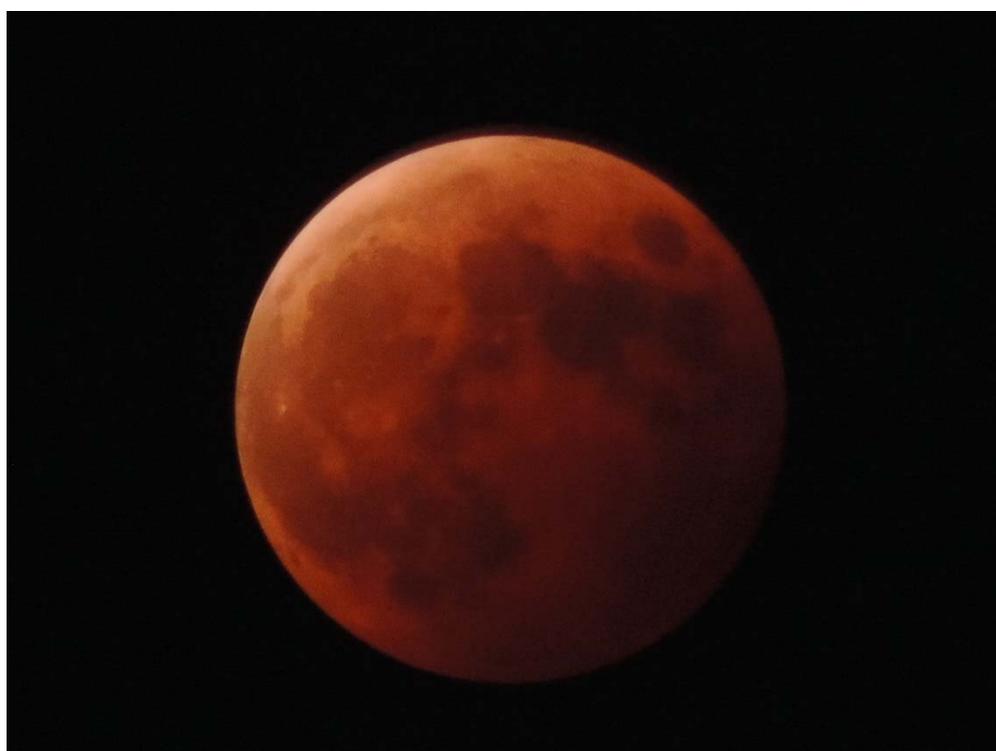
「月食」は地球が月をかくす時に起こります。満月が左下の方からかけ皆既のときには月が赤く見えました。そのあと影は右の方へと移り、左から明るくなりました。

なかなか月食や日食の機会に恵まれることは少ないですが、逆にもし機会をとらえることができれば、絶好のチャンスとなり一生印象に残る経験となるでしょう。

### 2012年の金環食



2014年の皆既月食



## 6. 大地のつくり

私たちのあしもとには、大地が広がっています。大地は、どのようなものからできているのでしょうか。また、どのようにしてできたのでしょうか。

### 6-1. 大地のつくり 教科書記載

がけを見ると、地面の下のようなすが、わかることがあります。がけには、しま模様が見られることがあります。

【コメント】 がけを見て、地面の下のようなすを推測するのは、必ずしも正しいやり方とは言えないが、範囲が狭い場合には、凡その様子は合致している。切り開きのところをさがすと、土砂災害を防ぐため、がけはコンクリートで補修することが多いので、地層が見られるところが少ない。近くでは金華山ドライブウェイには褶曲の地形があり、土地の曲がりのようすを見ることができる。子どもたちに地形の観察した経験を聞き、大地に関心を寄せた。

【問題】 がけがしま模様になって見えるのは、どうしてだろうか。

【観察1】 がけの観察・記録する。特にしま模様がある場所ではしまのちがいを書いておく。

【観察の注意】 安全に注意する。とくに、決められたところだけで観察する。しま模様をつくっている物を採集するときは保護めがねをする。がけくずれが起こることも考えて安全に努める。

教科書において地層を見るときに、しま模様の色、形、大きさに注意し、れき、砂、どろのようすを記録する。地層によって火山灰がある場合もある。火山灰の地層は鉄分を含有することによって、赤味がかっていることがある。

### 6-2. 大地のでき方

【問題】 地層はどのようにしてできるのだろうか。

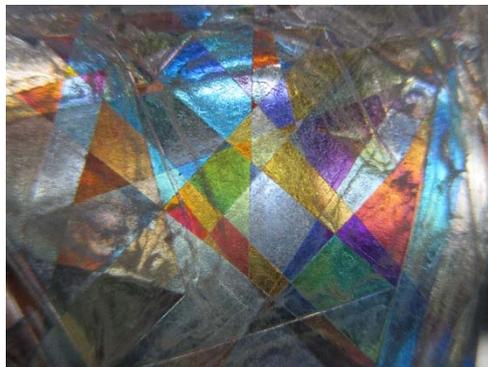
【予想】 川原の石のように丸みがある。どろの地層があるので、水と関係しているらしい。見えるところに火山がある。白い地層と赤い地層がある。これらのことから、川と火山に関係しているらしい。貝の化石が出てくるときにはもとは海であったのだろうか。海がもり上がってできたのだろうか。

## 【観察2】

- A. 観察1で、地層から採取してきた物を観察して、記録する。
- B. ボーリング試料を調べて、記録する。
- C. 火山灰を観察して、記録する。
- D. 岩石や化石の標本を観察して、記録する。

## 【コメント】

- A. 子どもたちが地層から採取することは難しい。しま模様の地層を見つけることすら困難である。そのような地形の多くは道路をつくる時に開削したところである。開削の後、壁面崩壊防止のため、コンクリートで固めるか、ブロックで壁面を補修するため、露頭していない。もし、地層を見つけた場合に、壁面から物を採取するには、許可と危険性の予測が必要になる。このような作業を予め準備しておくなら教室で観察することはできる。そこで、予め地層の写真と採取してきた岩石や砂・泥を見せ、記録させる。注意点は：物の色・形・大きさの図を書かせる。虫めがねで拡大してみる。岩石の表面に手で触って感触を記録する。観察では臭いで見る子もいた。ある子供は石と石と当てて音を聞いていた。この際、保護めがねをするよう言った。
- B. ボーリングのサンプルは各小学校に保管されている。複数個所を行うので、場所の違いによる地層の変化を見ることができる。岐阜市を流れる長良川には、運ばれた土砂が堆積するので、しま模様の地層がよくみられる。
- C. 火山灰を顕微鏡で観察する。顕微鏡には解剖型顕微鏡を使うが低倍率の透過型顕微鏡を使ってもよい。カバーガラスは不要であるが、岩石を対物レンズに当てないように気を付ける。念のためにセロテープに火山灰をつけてスライドガラスに張り付ける。なお、偏光フィルム2枚を使う。1枚はスライドガラスの下に敷き、あとの1枚で接眼レンズを通して見る。接眼レンズ側のフィルム面を回転して暗いところになると、暗い中でも明るく見えたり、七色に輝くように見えることがある。石が偏光板で複屈折するためであるが、理由を分かりやすく説明するよりも、セロテープを重ねて張り合わせたものを2枚の偏光板で挟んで見ると色が見えるのに似ていると示す方がよい。



D. 岩石や化石の標本を観察して、記録する。水成岩、火成岩や化石を一つずつ選び、図をノートに書く。特に化石はどのような生物であるかを推定する。

#### 水のはたらきでできた地層の特ちょう

特ちょう1： 地層の中のれきは、角がとれて、まるみを帯びています。川原で見られるれきの形と似ています。

【考える】 川原の石や砂などに似ているので、大昔にその地層は川であったと考えられます。砂岩、でい岩が見られることから、沼や湖であったかもしれません。

特ちょう2： 1つの層の中で、大きいつぶの上に、小さいつぶの物が積み重なっていることがあります。

【考える】 水を1/4ほど入れた蓋付き容器に砂と小石を入れて、容器を縦にして、横や前後に振動したり揺ってから静置すると、小石が沈み、砂が上にくる。理由は 重い小石が先に沈み、軽い砂が上にくると考えられる。これは沈降速度が違うためである。ところが、容器を縦に振ると、小石が砂の上に来て、砂が下にくることがある。横ふりと縦ふりで層の違いが生じることは興味深い。もう一つの例を示そう。黒豆と米を半々にして、メスシリンダーに入れる。入れ方は、最初、黒豆を、その上に米を入れる。これを手で蓋をして、メスシリンダーを横向けて左右に振ると元の位置にもどして見ると体積は減って、ほぼ均一になる。この状態から手で蓋をしてメスシリンダーを縦向けて振ると米が下になり大豆が上になる。これも小石と砂の実験と同じである。

特ちょう3： 大昔の生き物のからだや生き物がいたあとなどが残った物を、化石といいます。地層の中から、魚や貝、木の葉などの化石が見つかることがあります。

【考える】 化石ができるまで大変長い時間がかかっています。例えば、木の化石にしても最初は柔らかい葉のところなくなるように思えます。しかし、泥などの中にあるので、分解などが起こりません。その後、さらに上から土や泥などが積み重なり重しがかかります。その時、ずれたり、割れたりすることなく、地中に埋もれているのです。何mo 万年もたって、地面が隆起します。その場所を発掘して見つかったのが化石です。従って、化石を見つけることは思うほど簡単なことではありませんね。なお、火山でできた地層には化石が見つかることはまずありえません。しかし、火山灰が一度に降り積もったところでは稀に化石が見られます。

#### 火山のはたらきでできた地層の特ちょう

特ちょう1： 地層の中にごつごつとした角ばった石や、小さなあながたくさんあいた石が、混じっていることがあります。

【考える】 5年生で水の流れの単元で学習したことであるが、ごつごつした角ばった石は川の上流で見られた。地層でそれが見られるのは不思議な気がする。この理由は簡単なことで、石が固ければ角ばった状態で見られる。火山でつくられる石には玄武岩は安山岩のように固いものが多い。水のはたらきでできた地層にある岩石（堆積岩、水成岩）と火山のはたらきでできた岩石（火成岩）を比較すると、火山のはたらきでできた岩石の方が固いものが多い。

特ちょう2： やわらかい土（火山灰）と角ばった岩石（溶岩）が積み重なって、層のようになっていることがあります。

特ちょう3. 地層からとった土を水でよく洗い、そう眼実体けんび鏡やかいぼうけんび鏡などで見ると、小さな角ばったつぶが見られます。観察2【コメント】Cに記載。

【まとめ】 教科書記載

○地層には、水のはたらきでできた物と火山のはたらきでできた物とがあり、どちらも、層となって広がっています。

○地層の多くは、流れる水のはたらきでできた物であり、れき、砂、どろなどでできた物が層になって積み重なっています。

○火山のはたらきでできた地層には、火山からふき出された火山灰などがふくまれます。

【説明しよう】

切り通しの道路壁を見るとしま模様の地層が両方の壁に見える。元々つながっていた地層とすると、しまの線を結べば元の地層がわかる。ところが、線を結ぶと大きな傾きがあるとき、その間で大きな断層があったと予想できる。二つの地層がよく似ていることから、間にある地層も似ていると想像する。どの地層がどれに似ているか、直線を引いて類推するのが分かりやすい。もちろん、間に大きな変化があったならば、類推は正しくない。しかし、狭い範囲で断層以外に急な変化が起こる確率は極めて小さい。従って、直線で類推することは意味がある。

【理科のひろば】

日本にも、きょうりゅうがいた。

石川県の白峰（白山の近く）には「手取湖」という発電のためにつくられた湖があります。国道と反対側には桑島（くわじま）化石壁という個所があります。1982年に中学生がそこでカガリユウの歯を発見しました。この一帯は泥岩や砂岩などで形成され、植物の化石が出現する場所としても知られています。発掘調査がされ、多くの動植物の化石が出て

きました。また、他のところでは、きょうりゅうのあしあとも化石として発見されました。

### 6-3. 地層ができるしくみ

地層は、水のはたらきや火山のはたらきによって、どのようにしてできるのでしょうか。地層ができるためには一つずつの層が順番に重なることが考えられます。色の違った粘土をそれぞれ平らにして順番に重ねます。こてで切ると断面がみえます。粘土の層ができる様子が分かります。では、実際に、れき、砂、どろでそれぞれ層ができるでしょうか調べてみよう。

【問題】 れき、砂、どろなどが、どのように積み重なって、地層ができるのだろうか。  
教書記載

#### 【実験1】

1. 傾けたといの上部に土砂を入れる。透明なプラスチックのたらいに流し込むように準備する。
2. 土砂の上部に水を静かに流し込む。
3. 1分ほどのちに同様に流し込む。

【コメント】 層をつくるには回数を分けて、各回の間に時間をとってから流す。土砂を追加すると層のパターンができてしまう。また、一挙に流すと層が見えないことがある。土砂の量が少なく、たらいが大きいのでは堆積のようすが見にくい。

また、後の器具洗浄では、理科室で行ってはならない。たらいの土砂の水は採集したところ（中庭）へ戻した。本実験で子どもの一人が綺麗な小石（チャート）を見つけた。記念にとっておくように言った。別の日にその子が中庭の石を持ってきて、鑑定してほしいと言ってきて、理科に関心が高くなった。

#### 【実験1-2】 空きびんを使った実験

空きびんを使った実験は行うことは簡単であるが、現象説明は難しい。小さなれき、砂、どろを空きびんに入れ、ふたをして振って静置して層のようすを観察する。このとき、ある班のビンの中にはどろが沈み、れきや小石が上にくることがあった。その理由は振り方による。このことについて、前のところにある水のはたらきまでできた地層の特ちょうの特ちょう2における【考える】において説明した。なお、空きびんの代わりに、100mLメスシリンダーを用いた。この時、ふたの代わりに二重にしたアルミホイルで抑える様にした。

### 【結果】

砂の層とどろの層が分かれた。

### 【考える】

水のはたらきで順番に積もっていくことが分かった。ところが、なぜ層になるのか？この質問に物理的に答えるのはもう少し深掘りせねばならない。これは難しいことであるが、次の式に裏付けられている。つまり、球形の濁り物をモデルにしたストークスの式である。

すなわち、

$$v = \frac{g(\rho_s - \rho)d^2}{18\mu}$$

$v$  は沈降速度 (cm/s) ;  $g$  は重力の加速度 (980.7 cm/s<sup>2</sup>) ;  $\rho$  水の密度 (1 g/cm<sup>3</sup>) ;

$\rho_s$  粒子の密度 (g/cm<sup>3</sup>) ;  $d$  粒子の直径 (cm) ;  $\mu$  水の粘度 (0.01 g/cm · s)

と計算できる。例えば、土の密度を 2.6 g/cm<sup>3</sup> とし、粒径 0.1 mm とすると 1 m 落ちるのに 1.9 分かかる。勿論、粒径 1 mm の砂なら、100 倍に速度が上がるから 1 m 落ちるのに 1.1 s であるから、どろより、砂が先に沈み堆積する、下の層に砂が積もることになる。

式の意味するところは、断面積が大きいほど水の中では速く沈降することになる。

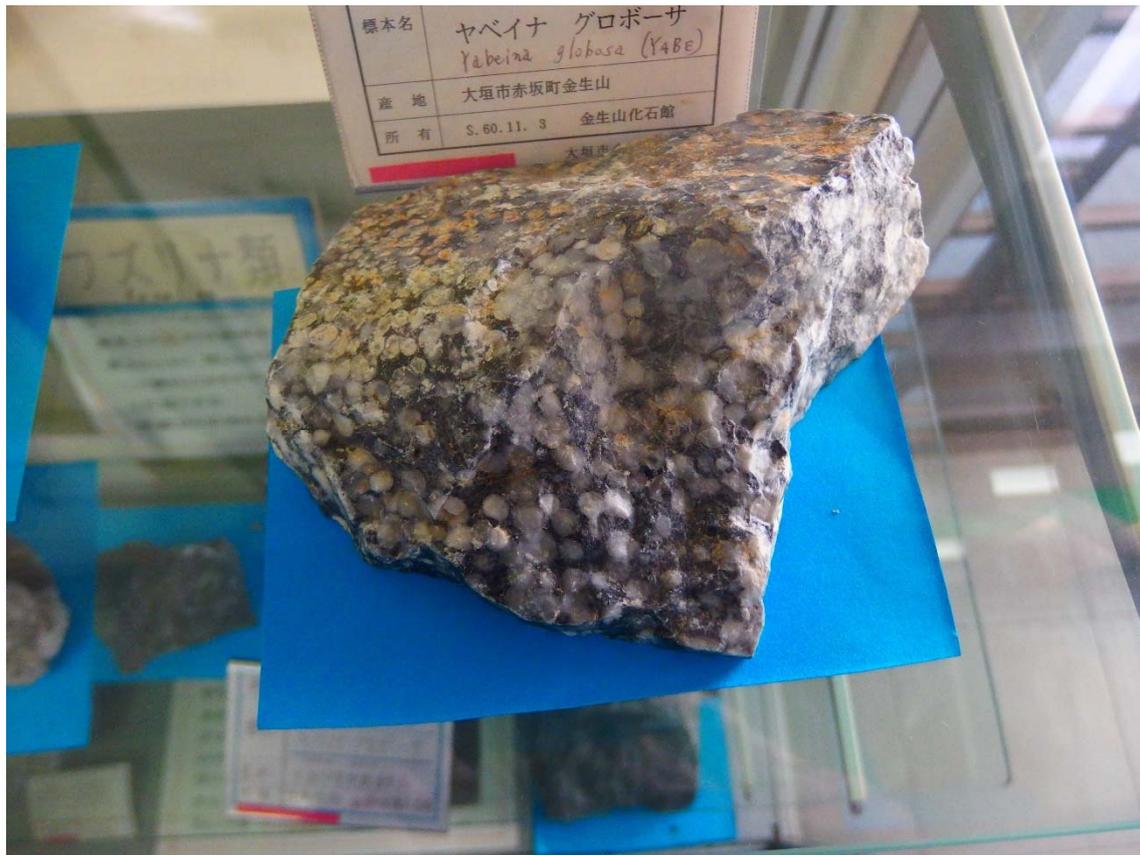
### 【まとめ】

- 水のはたらきで土が流されると、色やつぶの大きさのちがう、れき、砂、どろなどが層となって積み重なり、それが何度か繰り返されて、地層ができます。
- 水のはたらきによって運搬されてきた、れき、砂、どろなどが、海や湖の底で、層になって堆積して地層ができます。

### 【理科のひろば】 海や湖の底でできた地層が陸上で見られるわけ

海や湖の底でできた地層が陸上で見られるのは、長い年月の間に、大きな力が加わって、大地がおしあげられたからです。

例えば、伊吹山の山頂 (1377m) 近くにウミユリの化石が地表に出ています。これはいつも見られるものですが、伊吹山は石灰岩を多く含む岩石からできています。その石灰岩の成分は貝殻などに含まれるカルシウムです。また、伊吹山の近くの大垣市には、金生山 (正式名：かなぶやま、別称：きんしょうざん、標高 217m) という山がある。この近くには石灰石の産地として昔から知られ、今も採掘されている。この山に化石館という大垣市立の博物館がある。金生山で採れた化石が陳列してある。化石の中でも、フズリナの化石は丸い斑点が見られる特徴があります。



さて、どうして山から貝殻や海にいる物が出てくるのでしょうか。それは海が持ち上がって山になったと考えられます。長い年月の間に陸地や海の底は動きます。地球全体の形が少しずつ変わるのです。山ができることを造山運動といいます。この造山運動によって化石が山でとれることがあるのです。

教科書にはヒマラヤ山脈の地層のしま模様が示されています。従って、ヒマラヤ山脈の中腹で、アンモナイトの化石が出てきたといっても不思議ではありません。どのようにしてヒマラヤ山脈ができたか、その過程の方に興味があります。しかし、大昔の地勢は分からないので、ヒマラヤ山脈がどのようにできたかも不思議なことですね。

**【問題】** 火山のはたらきによって、どのように地層ができるのだろうか。

**【考える】** 地球の中心部は太陽の表面と同じく 6000 度近くあります。その部分をマントルといいます。マントルの一部は熱い塊となって岩石を融かしながら、マグマだまりをつくります。このマグマだまりから地表の弱いところへ移動します。これが地表に出た時に火山となります。ではどのようにして火山の地層ができるのでしょうか。火山は火山灰と火山れきや火山岩を地表に出します。火山灰は灰ですから噴火のときに空へ

吹き上げます。噴火は何度も起こりますので火山灰はその都度つもっていきます。これが積もると、しま模様に見えることがあります。溶岩は噴火のときに飛び上がることがありますが、融けて溶岩流となって下へ流れます。これが地層を形成することがあります。結局、溶岩流と火山灰の堆積によって地層が見えることがあります。

**【まとめ】** 教科書記載

火山のはたらきでできた地層は、火山からふき出された火山灰などが、堆積してできます。火山のはたらきでできた大地には、火山からふき出された溶岩で、おおわれているところがあります。

**【理科のひろば】** 火山灰の広がり

火山灰は空へふき出されるので風によって遠くまで運搬されます。

9万年前に噴火した阿蘇山の火山灰は北海道まで広がったということが地層の分析でわかりました。

1991年にフィリピンのピナツボ火山が爆発して火山灰が全世界に広がり、太陽の光が十分に届かないので、冷夏になりました。

このように、火山灰は長期にわたって地球全体を変化させるので、災害として捉え難いが、被害は大きいこととなります。

## 7. 変わり続ける大地

はじめに

昔からのことわざに「地震、雷、火事、オヤジ」というのが怖い順番に挙げられています。順序付けの基準は、避けられない物の順序です。つまり、地震はいつ来るか分かりませんが、雷は雷雲があると起こる可能性があるという意味で避けることができます。現在、地震を予め知る技術は少しずつ発達してきました。現在は地震が発生する確率を何年～何百年に確率で示せるように発達しましたが、とても何月何日に起こるとは予言できません。

一方、火山の噴火に関しては、比較的危険性を予知できるようになってきました。日本は火山がどこの都道府県にもあるともいえる状況です。かつて、死火山や休火山という言葉がありましたが、これは歴史記録に基づいて命名されましたが、年代測定が精度よくできるようになりましたので、これらの語句を使わないようにしました。過去1万年以内に噴火した火山や現在も活発に活動している火山を活火山と国際的に定義しています。これに従うと、現在、全国に111の活火山があります。(気象庁HPの知識・解説より)

この単元において、大地の変化を学ぶことになっている。ところが、現象や結果の記述的な表現になっていて、大地の変化がどのように起こるかについてほとんど記載がない。

「なぜ」を考える理科として、どのようにして地震が起こるのか？ どのようにして火山が噴火するのか？ しくみを知ることが大切と思える。地震や火山噴火を、過剰に脅えたり、現実のものと考えず他人事のように感じることを避ける必要がある。

### 7-1. 地震や火山の噴火と大地の変化

【問題】 地震や火山の噴火によって、大地は、どのように変化するのだろうか。

【コメント】 教科書に記載されている内容は、どのように変化するのだろうか、でなく、どのように変化したのだろうか、である。「変化する」という記載通りの内容として、地震や火山の噴火について「しくみ」を知ろう。

#### 地震について

岐阜県には活断層が走っている場所が多い。とくに濃尾地震に関する資料や写真も残っている。1995年に阪神淡路地震(M7.3)が起きた。震源近くの淡路島には野島断層として50cm-1.2mの断層が保存されている。しかし、岐阜には1891年に起きた濃尾地震(M8.0)の断層(根尾谷断層)は6mを超える。これほど大きな断層の当時の記録写真があり、世界的にも知られている。教科書に根尾谷断層の写真が掲載されていないのは不思議である。



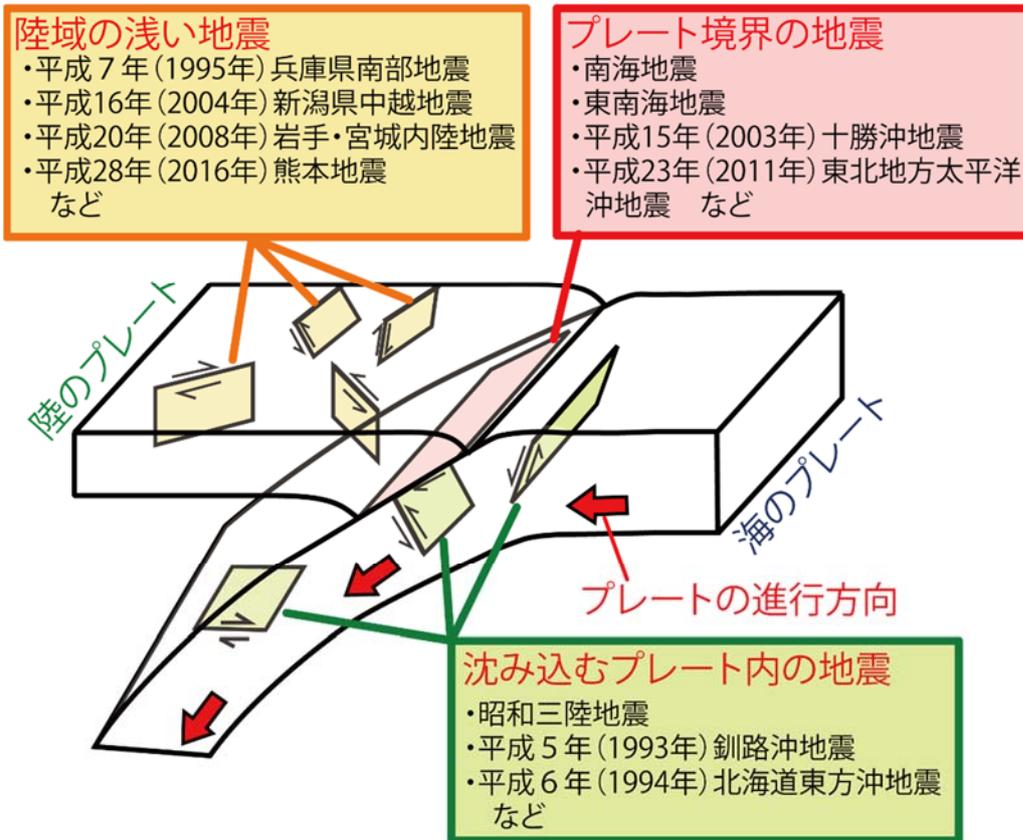
濃尾地震でできた6 mの断層（中央の丘）

地震によって起こる災害，地盤沈下，山崩れ，津波，火災などがある。これらを二次災害とすると，地震は二次災害の方が，規模において災害を大きくする。

#### ○ 地震発生のしくみ

地震は，地下において岩盤の「ずれ」運動によって起こります。

地下にはたいへん大きな板のような岩がつながっています。これをプレートといいます。このプレートは地球全体で十数枚あります。地球の中はマントルという熱い岩のとけた海のようになっています。それに浮かんでいるようにプレートがありますので，プレートとプレートがぶつかる場所ではヒビが入ったり，すれちがったりして強い力がかかります。この力によって地震が生じます。（気象庁 HP の地震発生のしくみ）



## 火山の噴火について

2014年9月27日、急激な火山の噴火が御嶽山（標高3067m、岐阜県と長野県の県境に位置する）において起こった。この噴火は水蒸気爆発であったことが後ほど分かった。火山の噴火は、地下において岩石がぶつかり、火山性の微動が起こることが知られている。つまり、小さな地震が起こっている。水蒸気爆発の場合はこれが観測されないことがある。御嶽山の噴火は地下で閉じこめられた高温の水が何らかの圧力がかかって、噴火したものである。御嶽山以外に、岐阜県境では他に4つの活火山がある。その一つの焼岳の噴煙が見られることもある。

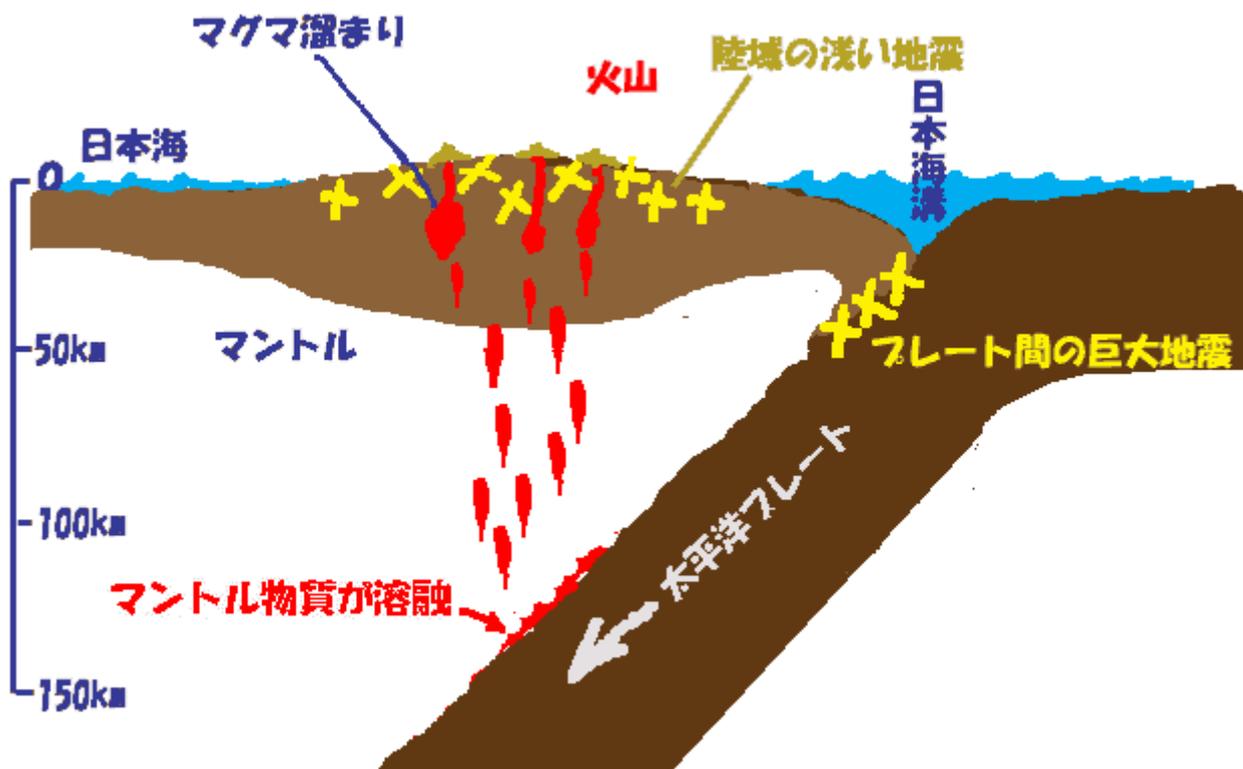
### ○ 火山の噴火のしくみ

火山の噴火は、地下の熱いマグマだまりから、うすくなった岩盤を破り地表へ、とけた岩などが吹き上がることをいいます。

マグマはどのようにできるのでしょうか。地震の時のプレートが火山の噴火にも関係してきます。プレートが他のプレートにもぐりこむとき、地震とともにマグマだまりが作られます。地球の奥深いところはたいへん温度が高く、圧力も高い岩のかたまり、すなわ

ち、マントルがあります。プレートがもぐりこむと海の水でたいへん熱いマントルが冷やされて圧力が低くなります。すると、マントルの熱い固いかたまりはとけだします。つまり、熱い固体のかたまりが液体のかたまりとなります。これがマグマです。プレートの間にできた熱いマグマは岩をとかして地球の表面にでてきます。これが火山となります。

(気象庁 HP の火山噴火の仕組みより)



このように、地震と火山の噴火とはプレートの動きと関係していることが分かりますね。ではプレートの動く速度はどれほどでしょう。1年間に数cmほどです。何十年、何百年もかかると大きな動きが現れ、地震や火山の噴火が起こるのです。なお、プレートとプレートの境は火山がある一帯となります。日本全体は正に火山帯になります。

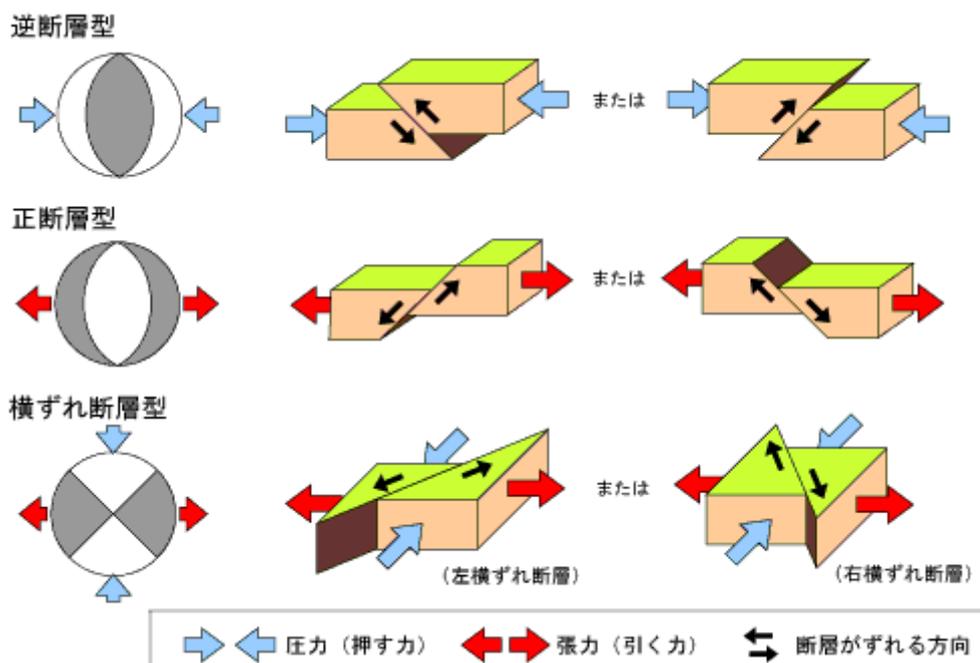
### 具体例をみよう

#### ○ 地震による大地の変化

地震による大地の変化は、結果として、土地における、断層、地割れ、崖崩れ、隆起・沈降に現れる。たとえば、クラッカーやせんべいを割って、割れたところをつなぎます。お互いに上下や前後左右にずらしてみると地震による大地の変化のようすが想像できますね。

例えば、2016年4月14日（M6.5）と16日（M7.3）に発生した熊本地震は横ずれ断型地震でした。日本で発生した地震の多くは逆断層型ですので、大地の変化のようすをみると断層の型がよく理解できます。（気象庁HPの発震機構と断面図より）

実際の断層をみると、単に分類された型だけが起こるのではなく、場所によっては合わさった断層が見られます。



#### 動画による地震の発生

2011年3月11日 東日本大震災 発生の瞬間映像集

<https://www.youtube.com/watch?v=MciIOGWmTTk>

<https://www.youtube.com/watch?v=RszTyY8d9d0>

○ 火山の噴火による大地の変化

動画による火山の噴火

1. 世界の火山噴火について，動画編集したものを掲載する。下記アドレスをダウンロードすると動画を見ることができる。

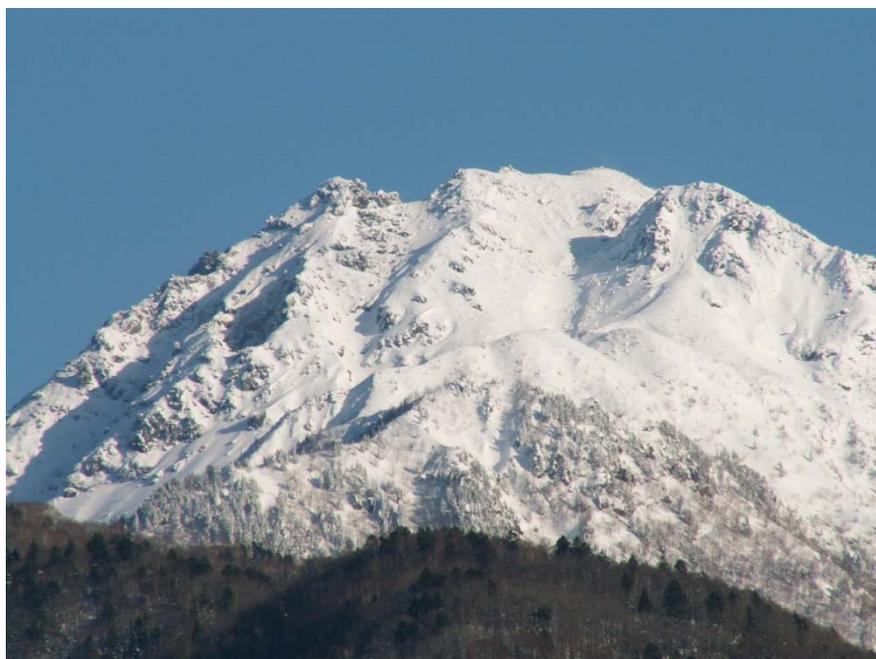
<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/ttl/KT/hasshin/shouriken/fukabori/火山：編集.wmv>

2. 2017年10月11～14日に新燃岳が噴火した。この様子をドローンで撮影された。下記アドレスに動画が掲載されている。

[https://www.youtube.com/watch?v=rwREayL\\_JHc](https://www.youtube.com/watch?v=rwREayL_JHc)

鹿児島と宮崎にまたがる霧島連山の新燃岳は11日、6年ぶりに噴火。噴煙の高さは火口から1700メートルに達し、周辺の市町村では降灰が確認された。噴火は13日夕方に一旦おさまっていたが、14日朝に再び噴火。気象庁によると噴煙は、11日の噴火以降で最も高い2300メートルに達した。その後、午後2時20分に噴火は止まったものの、その45分後に14日2回目の噴火があり、日本時間18時の時点ではなお噴煙が上がり続けている。

活火山に雪が積もる。



雪の積もった焼岳 2007.2.3

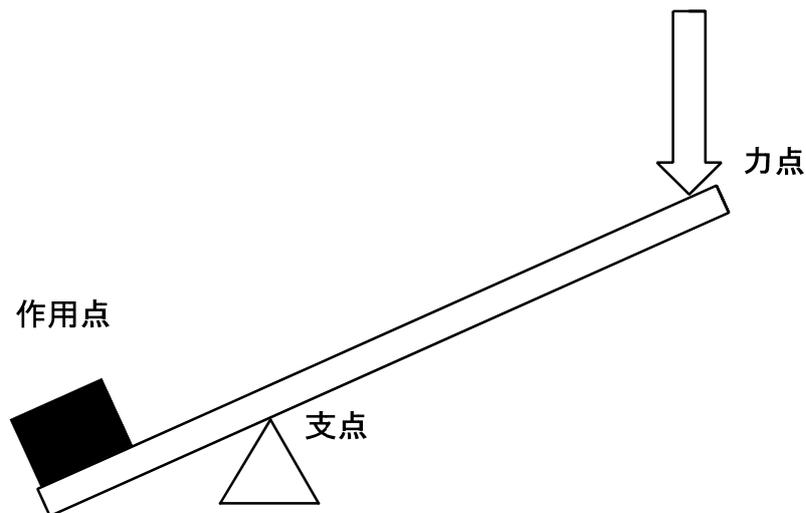
## 8. てこのはたらき 教科書記載

一本の棒を使って、重い物を持ち上げてみましょう。棒を上手に使うと、重い物でも楽に持ち上げることができます。

【コメント】 重い物を持ち上げるのに小さな力のできるのは、てこのはたらきであるということを経験しているのが容易に理解できる。では、どこからその力が出ているのか不思議に思える。別にエネルギーを加えていないので、何かエネルギーの使い方を変えているだろうと推測できる。ここで、動く距離でみると、力をかけた移動距離が長く、重りの動く移動距離は短い。なぜ、重りの動く距離が短いのに、力を加える距離は長いのだろうか。ひょっとすると、距離と動く力かけると両方でつり合うのだろうかと思像する。

### 8-1. てこのはたらき

てこには、支点、力点、作用点がある。力点をいつも同じにして、支点を動かして、重い物を持ち上げる方法を見つける。この作業の方が実用的である。



たとえば、災害時に重い瓦礫を動かすためにバールを使うとする。つまり、力点と作用点が決まっている。重い瓦礫を動かすには、支点を瓦礫の近くにするため、支点にする小さな石をもってくるようにする。もう一つ考えてみよう。掃除のロッカーがある。これを傾けて布を敷くようにしたい。どのように、ロッカーを傾けると楽にできるか。答えは簡単である。できるだけ上の方をもって傾けると楽に傾けられる。別の方が布を敷いて元に戻せばよい。

つまり、てこを学ぶには実際に使っていることから知ることが大切である。特に支点を移動できる場合、重い物を動かす工夫を体験するとどうすればよいか考えるようになる。

実験には実験機具を使うが、支点用の木材片、鉄パイプ、砂袋のような重りがある。また、両面テープや布製のガムテープは固定するときやすべり止めに有用である。さらに、支点が横ずれしないように長い釘を棒の両側に打って、棒の直径より長めに出しておくとうい。支点のところにLアングルを利用したものもあった。固定台は椅子を利用していることが多い。



#### 8-2. てこが水平につり合うとき (教科書記載)

てこは、てこをかたむけるはたらきが、大きい方にかたむきます。てこが水平になっているとき、左右のてこをかたむけるはたらきは、同じです。

【コメント】 てこを水平につり合う場合を考える。「はたらき」と書かれているところは「力」に置き換えられます。作用点にどんな力がかかっているのでしょうか。もっている物をはなすと、下に落ちます。これは「重力」がはたらいているのです。作用点には、重力が下向きにかかっています。

【問題】 てこをかたむけるはたらきは、力を加える位置や加える力の大きさとどのような関係があるのだろうか。

【実験2】 てこが水平につり合うときのきまりを調べましょう。

【コメント】 てこの作用を調べる実験ではモーメントが出てくる。言葉として、モーメントは出て来ないが、てこのつり合いやてんびんのところに数式として書かれている。つまり、 $[\text{重り}] \times [\text{支点までの距離}]$  は左右で等しいときに、つり合う。

#### 【まとめ】

同じことであるが、左右のモーメントが等しいときに、つり合う。ところが、左右のモーメントの合計が合えば、つり合う。すなわち、

$$\text{左のモーメントの合計} = \text{右のモーメントの合計}$$

## 【エピソード】

これは、中学以上の理科や物理であると思える。しかし、こんなことが起こった。

日頃、理科の時間に立って歩いたり、他の子どもに声をかけたり、ある時には、文房具を投げたりしたことがある子がいた。どういうわけか知らないが、てんびんの実験が気に入ったらしく、分銅をぶらさげて、遊んでいた。騒ぐよりは良いかと思っておいた。

「左の6のところに20gをぶらさげて、右のところに何gをぶら下げるとつり合うか？」という問題が出された。例によって、その子は重りで遊ぶだろうと思っていたら、急に、「先生、先生、できた！」と呼びかけてきた。



見てみるとちゃんとつり合っている。

「すごいね。誰が考えたの？」

「僕です」

「そりゃ、凄い。違ったバージョンを考えてみようか」

「これでも、できました」



「じゃ、左30gの場合はできるかなあ」

「そんなの簡単」といって、計算を始めました。

「 $30 \times 6 = 180$ だから……。はい、できました」

「こりゃ、天才だ」というと、みんなが集まってきました。

すると、手で覆って、「見るな!」と隠しました。

「そうだ、発見者の宝物だよ。自分で考えたのだから」というと

皆、考え出しました。分からない子は聞きにその子のところへ来ました。

理科というのはこんなことが起こるのですね。

つまり、具体例 ⇒ 一般則 ⇒ 確認実験 というわけです。

これは、塾で学ぶことではありません。公式を知って使うのでもありません。

### 8-3. てこを利用した道具

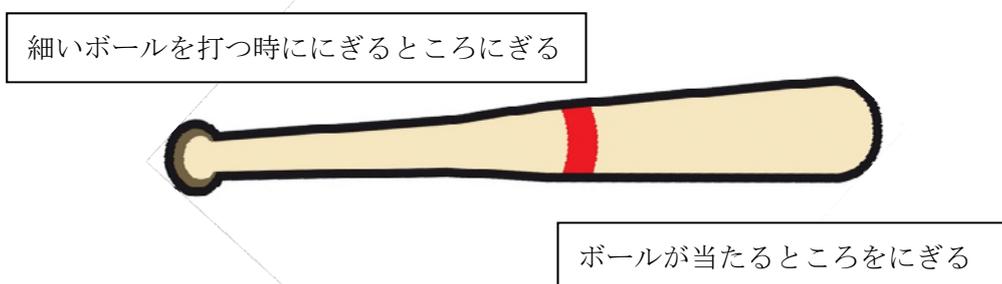
<てこの種類>

- A. 第1種のとこ 支点から遠いところを持つと、小さな力で大きなはたらきを生む  
たとえば、くぎ抜き、はさみなど
- B. 第2種のとこ 作用点が支点と力点の間にあるてこ  
たとえば、栓抜き、穴あけパンチなど

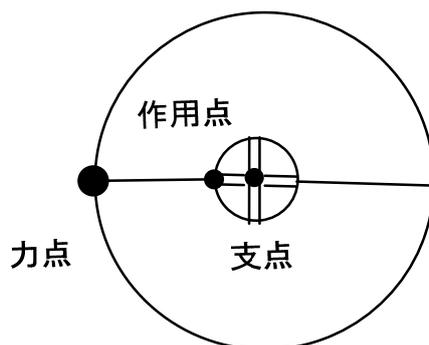
C. 第3種のとこ 力点が支点と作用点の間にあるてこ  
たとえば、 はし、ピンセット、和はさみなど

【コメント】 輪軸： てこを利用した道具にはこれら以外にも多くあります。中でも、  
支点を軸とする輪軸（りんじく）はてこの応用です。

たとえば、バットの太いところと細いところをお互いににぎります。太いところを回転  
させると、細いところには強い力がはたらきます。そのとき、細い方の回転を止めること  
ができないほどになります。



もう一つは（プラス）ネジとドライバーです。支点である輪軸は中心にあります。作用  
点は+になっているところですが、力点のドライバーは大きな円の外周（がいしゅう）で  
す。ドライバーを使って、ネジを簡単に回すことができます。ところが、指でネジを回し  
て、板にとめるのはできません。

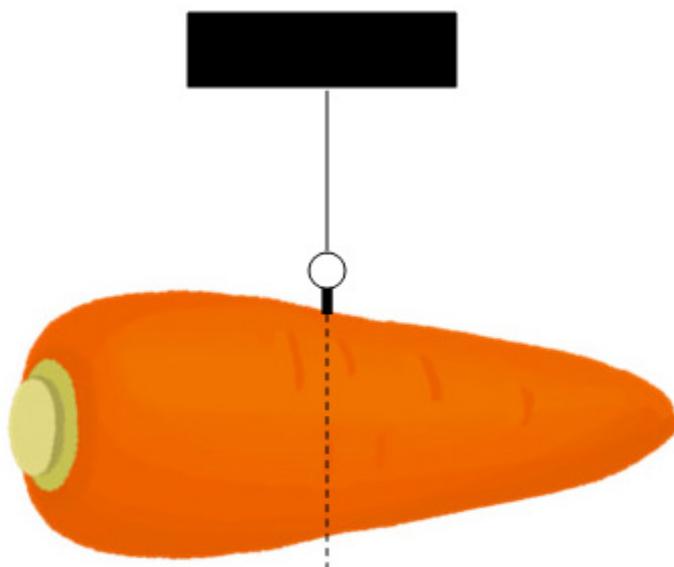


輪軸を使ったものはほかにもあり、自動車のハンドルもそうです。力点と作用点が逆に  
なった物には時計があります。ちょっと複雑ですが、車のタイヤもそうですね。

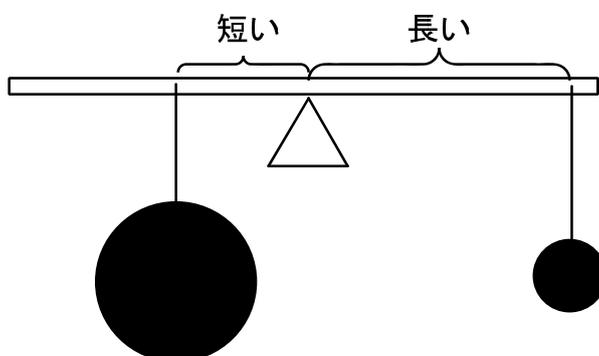
### ニンジン半分ずつとバランス

ニンジンを水平になるように、支点を調節して、ぶら下げる。その支点を通して垂直にニンジンを切る。さて、切った2つのニンジンは重さが等しいだろうか。その理由を考えてみよう。

これは、NHK for School に出ていた問題であるが、答えは本質的である。すなわち、重さは異なる。なぜか。左の太い方の重心は、右の細い方の重心より初めの支点までの距離が短い。支点までの距離が短いとより大きな力をかけないとつり合わないことになる。それゆえ、左のニンジンのかたまりの方がみぎのかたまりより重い。左右のモーメントがつり合っているので、支点までの距離が短い方が支点までの距離が長い物より重いことになる。



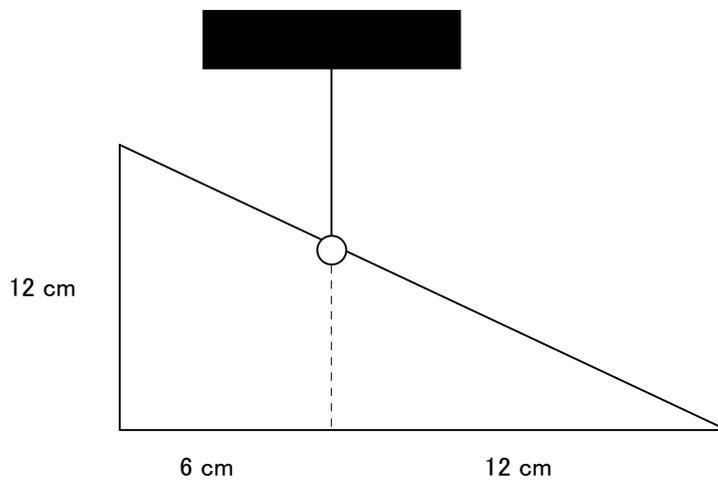
- つり合った支点で2つに切り分ける。
- 切り分けた2つの重さをはかり、同じかどうか調べる。



これに関連して、ちょっとした応用問題を解いてみよう。

[応用問題]

直角をはさむ長辺 18 cm，短辺 12 cmの直角三角形を紙で切りとります。長辺の直角から 6 cmのところに長辺に垂直に線を引き，線上ですが，斜辺の交点近くに小さな穴を開けてひもでつります。そうすると長辺が水平にすることができます。やり方は下図を見てつくってください。



一体，なぜつりあって水平になるのでしょうか。

理由は，つるしたひもの線が直角三角形の重心を通るからです。

では，重心とは何でしょうか。直角三角形の一つの頂点を通して直角三角形の紙の重さが等しくなるように鉛筆で支えます。ちょうどつり合ったときに，鉛筆の直線を別の鉛筆で直角三角形の紙に書きます。次に，別の頂点を選びます。同じように，つり合った鉛筆の直線を書きます。すると2本の直線が交わりますね。それが重心です。重心を通して，どの方向でも鉛筆を支えにして直角三角形の紙をつり合うことができます。

さて，元にもどってみてください。長辺に垂直な線を引きましたが，それが重心を通っているのです。ということは，この直角三角形は長辺がバランスをとったてんびんになっているということです。

[問題] それでは，次にこの直角三角形の左の台形と右の直角三角形とでは面積にちがいはあるのでしょうか。

小さな直角三角形の短辺の長さ（図の点線の長さ）が分かれば、簡単に計算できます。

大きな直角三角形の長辺は 18 cm であり、小さな直角三角形の長辺は 12 cm です。小さな直角三角形の長さは大きな直角三角形の長さの  $12/18$  倍、 $2/3$  になっています。小さな直角三角形の短辺も大きな直角三角形の  $2/3$  倍になっているはずですが、大きな直角三角形の短辺は 12 cm ですから、小さな直角三角形の短辺は  $12 \text{ cm} \times 2/3 = 8 \text{ cm}$  のはずですが、大きな直角三角形の面積は  $12 \times 18 / 2 = 108 \text{ cm}^2$  です。それに対して小さな直角三角形の面積は  $12 \times 8 / 2 = 48 \text{ cm}^2$  です。台形の面積は  $108 - 48 = 60 \text{ cm}^2$  です。台形の面積は小さな直角三角形より、 $60 / 48 = 1.25$  倍大きいことになります。

紙について、厚さが同じなので、面積は重さと同じです。直角三角形を長辺に垂直であり、重心を通る斜辺近くの点でつると、直角をはさむ長辺が水平になる。けれども、台形の重さは小さな直角三角形の重さより大きい。てんびんのように見えるが、左右で重さがちがうことになります。

なぜちがいがでるのか。答えは簡単なことです。支点から、台形の重心までの長さとして、支点から小さな直角三角形の重心までの長さがちがうからです。どれほどちがうのかくわしく計算することはむずかしいですが、簡単な実験でわかります。

大きな直角三角形の点線ではさみできます。切った台形について、切り線の点線に平行になるように、鉛筆で支えてバランスをとります。支えた鉛筆の直線を書く。同じように、小さな直角三角形について、切った線の点線に平行となるように鉛筆で支えます。バランスをとってから鉛筆の直線を書きます。両方の鉛筆の直線のうち点線までの長さをくらべます。結果を見てください。台形の鉛筆直線の方が、小さな直角三角形の鉛筆直線よりも短いと分かります。てこのきまりからつりあっているとき、支点までの長さが短い方が重いでしたね。したがって、台形の方が重いといえます。

## 9. 水溶液の性質とはたらき

5種類の水溶液のうち、炭酸水以外は、見た目では、ほとんどちがいがわかりません。

【問題】 5種類の水溶液には、どのようなちがいがあるのだろうか。

【実験1】 食塩水・石灰水・アンモニア水・塩酸・炭酸水について調べる。

調べること：

先ず、においを調べる。次に、蒸発皿に水溶液を少しとり、加熱して水を後に残る物を観察する。においがあるかどうか。

【予想をしてみよう】 食塩水はにおいしないだろう。石灰水もおわないだろう。アンモニア水はにおいがするだろう。炭酸水はにおいがしないだろうと推測できる。

【結果】 食塩水、石灰水は蒸発した後に、固体が現れた。炭酸水はうす汚れた様なあとが見えた。においはアンモニア水と塩酸がした。

【ココがポイント】 水溶液の調製（実験1） 指導書 p170 に記載

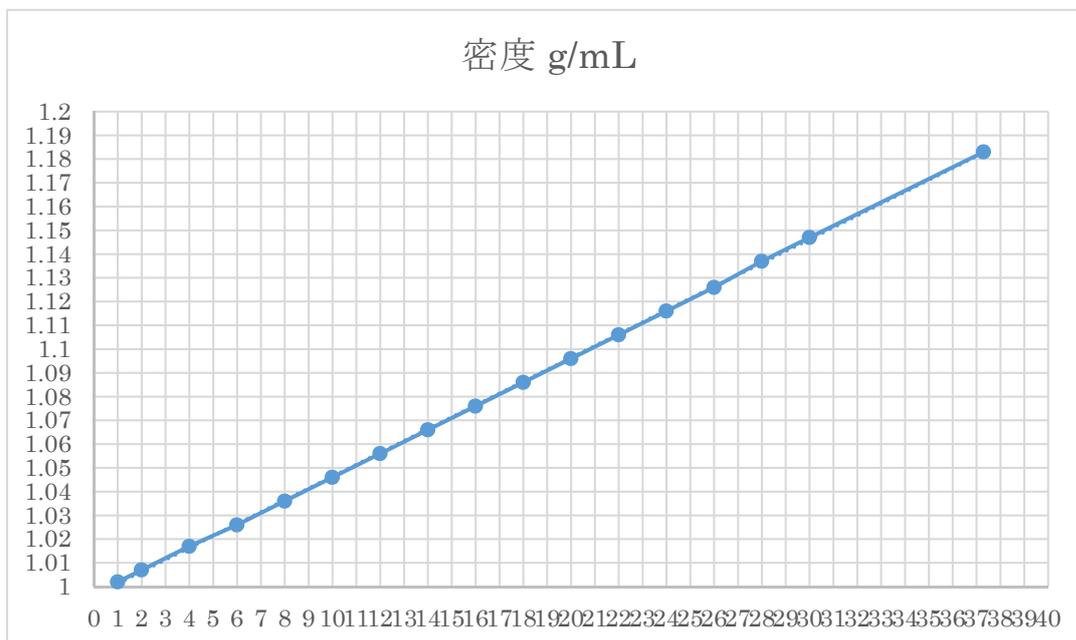
[水溶液の調製] 1 mol/L (1 M と記載する) の溶液の調製の仕方が記載されている。

1 M 塩酸 濃塩酸を用いて、濃塩酸 5 mL + 水 55 mL によって、60 mL を調製する。この計算は濃塩酸が 12 M ですので、 $NV=N'V'$  (ここで、 $N=M$  である) より、 $N=1$  にするには 5 mL の濃塩酸をうすめて 60 mL にすればよい。 $V'=5 \times 12 / 1 = 60$  だからである。これは比較的やさしい。なお、1 M は常温で 3.6% になります。

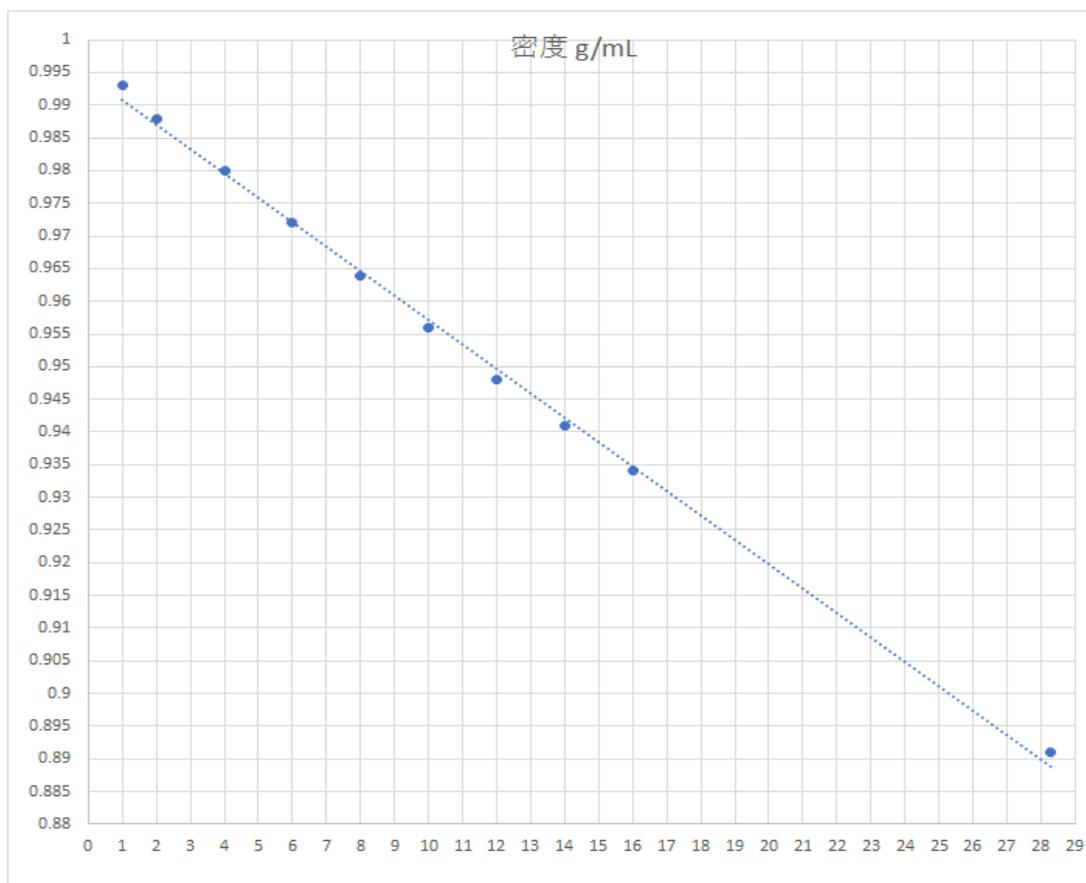
1 M アンモニア水 濃アンモニア水は 25–28% です。たとえば、26% とするとそのモル濃度は 13.8 M です。濃アンモニア水 5 mL を水でうすめて ( $13.8 \times 5 =$ ) 69 mL にすればよい。指導書に記載されているのは 28% (密度 0.91 g/mL, 分子量 17 g/mol, 計算すると、約 15 M) と計算される。すなわち、5 mL の濃アンモニア水を 1 M にするには、水でうすめて全体を  $15 \times 5 = 75$  mL にすることです。アンモニア水は常温で時間が経つとアンモニアが揮発してうすくなります。気体がもれないようにして、冷蔵庫に保管するのがよいでしょう。

なお、モル濃度 (M) と重量%濃度の関係は、比重または密度が分からないと計算はできません。ただ、重量%とモル濃度の関係は、温度が一定ならば直線関係に近いことが分かっています。通常、濃塩酸や濃アンモニア水から、うすい塩酸やアンモニア水を調製しますので、モル濃度を使います。しかし、市販の塩酸やアンモニア水は重量%で表されているものがあります。そこで、重量%からモル濃度へ変換する必要が生じることがあります。場合によってはモル濃度から重量%へ変換する必要も出てくる場合があります。このとき、濃度と密度の関係式を使って、モル濃度と重量%を相互変換できれば便利ですね。そこで、理科年表を使って変換表をつくりました。

塩酸 (横軸 : 重量%, 縦軸 : 密度)



アンモニア水 (横軸 : 重量%, 縦軸 : 密度)



この近似式を求めると

塩酸に関して,  $d = 0.005x + 0.9954$

アンモニア水に関して,  $d = -0.0037x + 0.9946$

ここで, 以下のように文字に置き換える。

$m$  : モル濃度 mol/L

$d$  : 密度 g/mL

$M$  : 分子量 g/mol

$a$  : 傾き g/mL/重量%

$b$  : 切片 g/mL

$x$  : 重量%

$$m = x \times 1000 / 100 \times d / M$$

$$d = ax + b$$

$a$ ,  $b$ ,  $M$ は既知であるから,  $Mm = 10x(ax + b)$ の関係式から  $x \Leftrightarrow m$ をお互いに変換しあえる。ただ,  $m$ が分かっている  $x$ を求めるときには, 二次方程式を解かねばならない。勿論, いちいち計算すればよいが, Excelを使って計算できるようにすれば, 任意の濃度の変換が可能である。(マクロを組んでおくと安易だが, それほどのことでもないので不必要とした。)

よく使われる濃度について予め計算しておいた。

塩酸に関して,

| 重量%    | モル濃度 (M) |
|--------|----------|
| 1.0    | 0.27     |
| 2.0    | 0.55     |
| 3.6    | 1.0      |
| 4.0    | 1.1      |
| 7.0    | 2.0      |
| 10     | 2.9      |
| 20     | 6.0      |
| 濃塩酸 37 | 12       |

アンモニア水に関して、

| 重量% | モル濃度 (M) |
|-----|----------|
| 1.0 | 0.59     |
| 1.5 | 0.88     |
| 1.7 | 1.0      |
| 2.0 | 1.2      |
| 3.0 | 1.8      |
| 3.5 | 2.0      |
| 5.2 | 3.0      |
| 7.0 | 4.0      |
| 11  | 6.0      |
| 29  | 15       |

少し厳密には、重量%と密度の関係は二次曲線で良好な近似となる。重量%からモル濃度を求めるには、計算するのが簡単であるが、逆に、モル濃度から重量%を求めるには、三次方程式の根を求めるという複雑なことになる。これを数学的に説くよりも Excel を使って、数値解析ができれば実用的です。これにはマクロプログラムを組むという複雑なことをせずに、Excel の中にある「ソルバー」を使うと比較的簡単です。

「ソルバー」をアドインするために、「ファイル」>「オプション」>「アドイン」を開くと、アクティブでないアプリケーションアドインのところに、「ソルバーアドイン」があります。これを指定して反転し、ページの下にある Excel のアドインにして設定をクリックします。有効なアドインに✓を入れてから OK とします。これで、Excel のメニューバーに分析が直接出ますが、出ない場合にはデータのところに、分析が表示されて使えるようになります。

#### 【考えられること】

1. 固体の水溶液では、固体が、すぐに気体にならないのでおいがしないのだろう。
2. 何も残らない物には気体がとけていると推測できる。
3. 気体がアンモニアや塩化水素の場合は、におう。それに対して、二酸化炭素の場合、におわなかった。その間にはちがいがあるのだろうか。

【問題】 水溶液には、気体がとけているものがあるのだろうか。  
酸素やちっ素は水にほとんど溶けない。

【実験 2】 二酸化炭素は水にとけるかを調べましょう。

水上置換を使う。この利点は二酸化炭素が水に少しとけるが、気体として集めることができる点です。

【コメント】

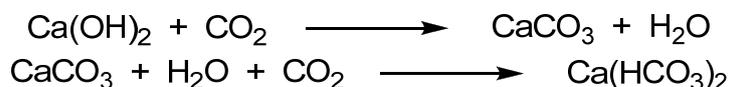
ペットボトルに二酸化炭素を上方置換する。このとき、勢いよく二酸化炭素を吹き込むと泡で入口が見えないため、上手く集まらないことがあります。二酸化炭素の量が少な過ぎる時や、二酸化炭素が多過ぎて水が少ない時には、振ってもペットボトルがへこむことはありません。目安として、およそ半分ぐらいの水にしておくのがよいでしょう。

石灰水を入れるのを「少しずつ」と教科書に書かれています。これは重要なことです。一度に多く加えると一旦白く濁った状態からすぐに色が消えます。これは白濁した状態でさらに炭酸水を加えると白濁の炭酸カルシウムが炭酸水素カルシウムとなって、水にとけるからです。各溶解度を示すと、下表のようです。

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| 炭酸水素カルシウムの溶解度は、20℃において | 16.6g/100gの水 |
| 炭酸カルシウムの溶解度は、25℃において   | 0.15g/100gの水 |

つまり、炭酸水素カルシウムは炭酸カルシウムより 100 倍水に溶けやすいこととなります。

反応式で示すと、



教科書に書かれている「少しずつ」は 2 つの意味があります。

1. 炭酸カルシウムの白濁が見られることと、
2. さらに炭酸水を加えるとその白濁が消えて無色透明になることです。

もちろん、2 の炭酸水素カルシウムができることについては、何も教科書には書かれていません。二酸化炭素を石灰水に通すと白くにごりますが、通し過ぎるととう明になることは、「物には適度というものがある」という教訓とも解釈できます。しかし、別に意味があります。

確かに、二酸化炭素は地球温暖化と関係していることが教科書に書かれています。燃料に炭素をもった物を使うと二酸化炭素が多くなり過ぎます。それによって雨水が酸性化します。その結果、雨水によって、石灰石で構成された建築物や記念物などの表面が溶けたり、よごれたりします。

でも、それは変なように思えますね。二酸化炭素が溶けた水である炭酸水を石灰水に加えると白くにごるので、溶けないはずですが。それは、水にとけない炭酸カルシウムができるのですから。ではどうして、石灰石が炭酸水に溶けるのでしょうか。これには理由があります。たくさんの炭酸水を石灰石に加えると、できた炭酸カルシウムが炭酸水素カルシウムとなり、水にとけるのです。二酸化炭素が多くできると、雨水は炭酸水となり、石灰石を炭酸カルシウムに変化しさらに炭酸水によって炭酸水素カルシウムとなり、水に溶けます。

## 9-2. 水溶液のなかま分け

リトマス紙をつけて色の変化を調べるなかま分けを行う。

### 【問題】

リトマス紙を使うと、水溶液をどのようになかま分けすることができるのだろうか。

### 【実験3】

1つの溶液に対して、青色と赤色のリトマス紙につけて調べる。

**青色**リトマス紙 → **赤色**に変化する **青色のまま**である

**赤色**リトマス紙 → **赤色のまま**である **青色**に変化する

4通りの組み合わせがある。ところが、(青→赤) & (赤→青) は一つの溶液では起こりえない。したがって、起こり得るのは、3通りです。

すなわち、青→赤： 酸性 (赤リトマスは変化なしです。このテストをする)

赤→青： アルカリ性 (青リトマスは変化なしですが、テストする)

両方とも変化なし： 中性

調べる水溶液は、水、食塩水、石灰水、アンモニア水、塩酸、炭酸水の6種類です。

【結果】水、食塩水・・・両リトマスに変化なし

石灰水、アンモニア水・・・青リトマスは変化なし、赤リトマスは青に

塩酸、炭酸水・・・青リトマスは赤に、赤リトマスは変化なし

【まとめ】水、食塩水は中性

石灰水、アンモニア水はアルカリ性

塩酸、炭酸水は酸性

【理科のひろば】 万能試験紙と有色食材成分

### 【コメント】

pH (ペーハー, ピーエッチ) について

もちろん、小学校では教科書に出て来ない。しかし、「ペーハー」という言葉を聞いたことがある子供はいる。教える方も知っておくと、ペーハーとは何ですかと子どもから質問されたときにある程度説明ができるでしょう。ただ、やさしい言葉を使った答え方は難しい。

### 【原理】

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$  は酸性度を表す指標となっている。この指標の元は、水のイオン解離定数  $10^{-14}$  を基準にしている。すなわち、 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  であるので、水素イオン濃度あたり、 $10^{-7}$  を基準とすることができる。pH で表すと、0~14の値が考えられるが、両端はありえないので、実際には1-13の範囲に収まる。

### 【万能 pH 紙】

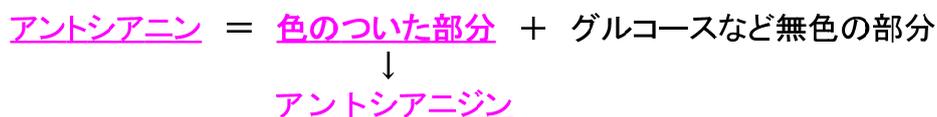
これらに対応する色変化は、用いる色素によって種々である。中でも、万能試験紙を用いると、pHによって、だいたい色から緑色、青色へと変わるので、色による酸性度を半定量的に評価できる。リトマス紙は酸性やアルカリ性の程度を表すことができない。炭酸水のような弱い酸なのか、うすい塩酸のように強い酸なのか、リトマス紙では判定できないが、万能試験紙では数字で（pHとして）表現できる。では、なぜリトマス紙の代わりに万能試験紙を用いないのか。これは値段が数倍高いという以外に、リトマス紙は、酸性やアルカリ性という概念に1：1で対応しているためであろう。また、酸性やアルカリ性の強弱を主題としないことが理由である。

#### 【食べられる色】

食品でも、紫キャベツの汁を用いると、pHによって色が変わる。鹹水麵（かんすいめん）には炭酸ナトリウムなどのアルカリ性成分を含む。その麵を紫キャベツやその汁と合わすと緑色になるが、酢（す）などをかけると赤く変色する。勿論食べることができる。これはネットでも多々紹介されている。

#### 【さらに】

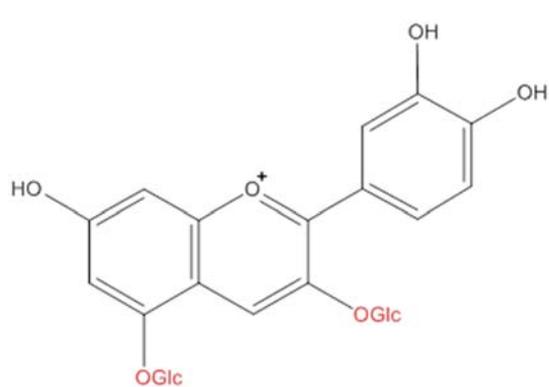
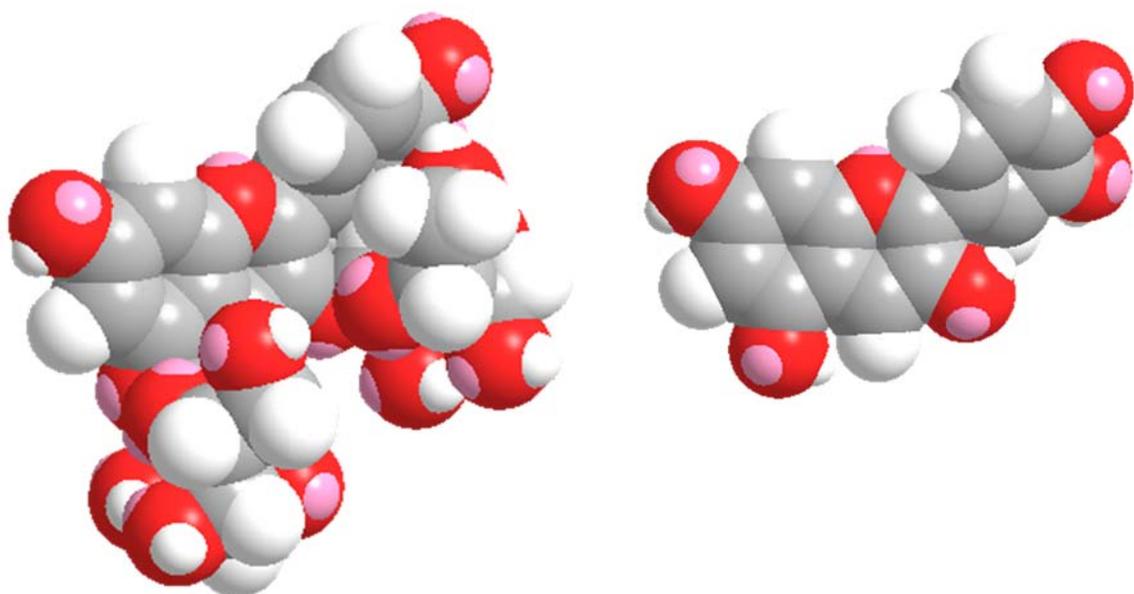
ところで、紫キャベツに含まれる色の成分は何でしょうか。それはアントシアニンです。アントシアニンというと一つの成分の名前と思われがちですが、実は総称です。アントシアニンは下に示すように色のついたアントシアニンと無色の糖が合わさったものです。



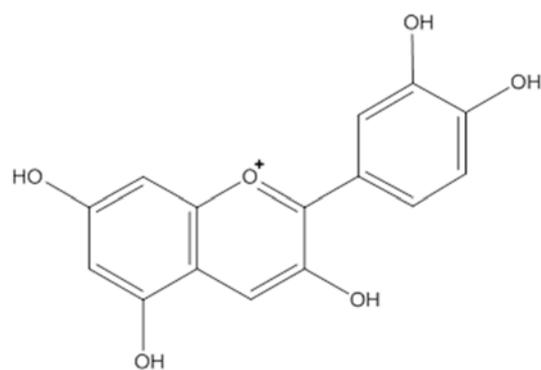
つまり、アントシアニンは無色のお砂糖を持っていて水に溶けるのです。どれほど水に溶けるのでしょうか。たとえば、グルコースを1つもつアントシアニンの場合、0.6 g/Lです。よく溶けるというほどではありません。しかし、グルコースが3つついたアントシアニンは3.56 g/L水に溶けます。それに対して、糖がないアントシアニンは水に溶けにくいとされています。たとえば、その一つのシアニジンの場合、0.049 g/Lです。グルコース1つで10倍ほど溶け方がちがいます。なお、これらのデータを参照するには、HMDB（Human Metabolome Database）を利用します。これはネットにあり、誰でも調べることができます。

ここで、分子モデルを使って、アントシアニンとシアニジンの分子の形を見比べましょう。

左から、アントシアニン、シアニジンの順です。赤い原子は酸素原子を示しますが、アントシアニンでは、下側に赤いところが多く見えます。これはグルコース二つがついているためです。モデルの下に化学構造式が示しておきました。有機化学を習っていないときには意味がありませんが、色のところで登場しますので記載しています。



アントシアニン



アントシアニン

Glc はグルコース分子を示す。

### 【なぜ、pHによって色が変わるのか。】

この質問を子どもからされると、答えに窮します。ただ、色が見えるのはその色の光が反射して見えるためです。たとえば、赤く見えるのは緑色などの光を吸収してしまうが、赤い光だけが反射して見えるのです。ここまではいいですね。ところが、光を吸収するのは小さなつぶである分子です。この小さなつぶは酸性・中性・アルカリ性によって、形が変わります。たとえとして、次のように、輪ゴムのはり方とはじく音との関係を例にあげて説明されています。

環境科学技術研究所による説明：

「ゴムを弾く（はじく）ときのことを思い出して下さい。ゴムを張る時の・さによって、また張るときの強さによって・が変わります。丁度それと同じように、指・薬の中の・重結合の側にある基が酸性の時や塩基性の時に電・を引っ張ったり押しついたりして、・重結合の張り具合を変化させるため、・が変化するのです。」

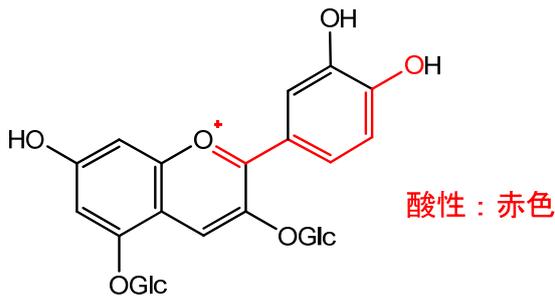
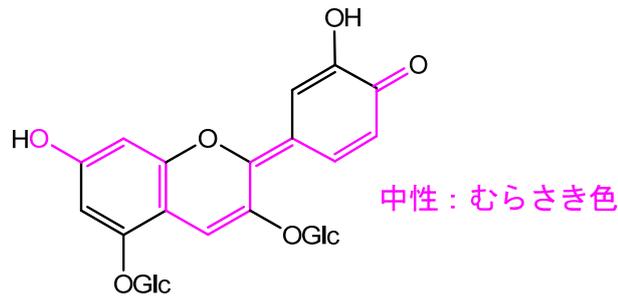
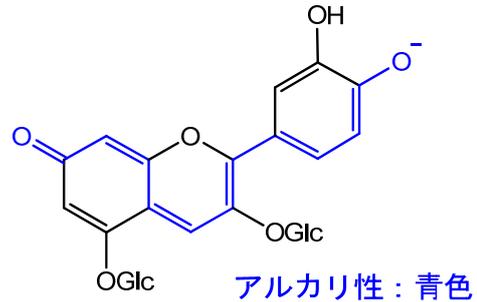
### 【この説明にコメント】

もちろん、二重結合は何ですか？ これは小学校では習いません。では、上記の説明は、概念として共役二重結合をとらえて説明しようとしたのでしょうか。確かに、化学構造式を理解していない者には、意図すら理解するには難し過ぎると言われるかもしれません。

しかし、二重結合を除いて、構造の変化と色の変化の関連性を示すには十分の喩えで表現されています。何よりも色を音に置き換えたところが素晴らしいところです。

言い換えれば、酸性から中性にすると、酸性の構造から中性の構造に変化すると色が変わります。中性からアルカリ性にすると、中性の構造からアルカリ性の構造に変化し、さらに、色が変わります。すると、構造と色が1：1に対応しています。紫キャベツの成分に関して、酸性 ⇔ 中性 ⇔ アルカリ性 の変化は 赤 ⇔ むらさき ⇔ 青 に対応しています。

少し詳しくなりますが、構造と色との関係を見てみましょう。紫キャベツの色の成分はアントシアニンということを前述しました。では構造と色の関係を構造式で表しましょう。色の付けた構造式の部分が構造式全体に拡がっていくことが分かります。輪ゴムの喩えなら、赤色ではゴムはあまりのびていません。むらさき色ではゴムはのびました。青色になるとゴムはのびきりました。その時々でゴムをはじいて音を聞いてみましょう。赤色の音は低いですね。むらさき色の音は中程度の音です。青色の音は最も高く聞こえますね。つまり、構造の変わり方はゴムののびし方と似ています。構造と色とはゴムののびし方と音の関係に対応しています。下図はアントシアニンの構造式と色を表しています。



#### 【説明】

左下の酸性状態では、アントシアニンが赤色であり赤を示す構造の中で、次の中性を示す構造へと変化する部分構造を赤で示してあります。つまり、それぞれ、酸性と中性の構造の間のちがいを酸性の構造に赤色で示しました。

次に中性の構造です。それぞれ、中性とアルカリ性の骨格構造の間で、違っているところを中性の構造式に、むらさき色で示してあります。

アルカリ性の構造からみると、中性の構造とのちがいは、中性の構造の左上の水素（Hと表記、プロトン）がなくなり、右上の酸素（Oと表記、マイナスイオン）に変化しています。

全体としてみると、構造変化（色のついた部分の長さの変化）は、酸性では最も小さく、中性では色のついた部分が長くなり、アルカリ性では端まで大きく変化します。あたかも、輪ゴムを伸ばしていくような構造となり、はじくと音のちがいが分かりますね。これが構造と色との関係です。細かい構造を気にせずに、酸性・中性・アルカリ性によって、構造が変化し、それが色に対応していることがアントシアニンではみられます。

### 9-3. 水溶液のはたらき

屋外にある金属の像が酸性の雨によってすじがついたり、色が変わったりする姿を見ることがあります。酸性の水と金属と関係がありそうと思えますね。あの固い金属が水に溶けることがあるのでしょうか。そこには、酸性ということにヒントがありそうです。

【問題】 水溶液には、金属を変化させるはたらきがあるのだろうか。

【実験計画】 どのようにして、これを調べるか、考えてみよう。

酸性というのであれば、中性というどちらでもない状態もありますね。「酸性でない」という発想をして、酸性の意味をとらえるようにしましょう。では酸性でないということは中性を意味するのでしょうか。いいえ、もう一つあります。つまり、酸性でなく、中性でもない状態です。それがアルカリ性でしたね。ここで金属を持ってくると、金属+酸性、金属+中性、金属+アルカリ性の3種類が考えられます。ところが、像についてのすじは酸性の雨でした。アルカリ性の雨ではありません。でも、中性の雨は考えられます。なぜなら、水は中性でしたから。

【実験4】 試験管に金属を入れて、うすい塩酸と炭酸水をそれぞれ注ぐ。

【コメント】

【表面積について】 金属としてアルミニウムと鉄を使うが、形として、アルミホイル（多くは厚さ  $11\mu\text{m}$ ）とスチールウールを用いる。これは重さの割に表面積が大きいので、はたらきを見やすくするためです。

【酸の濃度について】 酸として、うすい塩酸を用いるが、指導書では  $3\text{M}$  ( $3\text{mol/L}$ ) の調製が書かれている。これは約  $10\%$  重量になり濃すぎると思われるかもしれない。この実験を室温で行うためにはこの温度は必要であろう。しかし、実験の季節は冬季であるので、上手くいかないか、時間がかかることもある。

【反応温度について】 そこで、塩酸の濃度を下げ、 $2\text{M}$  ( $=7\%$  重量) にして、湯浴 ( $300\text{mL}$  のビーカーに、 $50\sim 60^\circ\text{C}$  のお湯を  $100\text{mL}$  ほど入れたもの) を使うと、室温が低くても実験できます。一旦、反応が始まると、反応は加速されます。アルミニウムの場合、表面に酸化膜ができ反応が遅くなります。また、固体と液体の反応は固体の重量よりも表面も関係しています。アルミニウムの板よりアルミホイルの方が反応しやすいためです。反応が始まると、反応熱が発生し、発熱します。すると、さらに反応が進みやすくなります。これらの効果から少し温めることによって、実験を予定時間内に終わることができます。なお、室温が高い場合は、加熱操作をする必要はありません。

【観察すること】 金属や液のようすを観察して記録する。特に金属表面からアワが出ているようすを観察することが大切です。ガスとして出てしまうと逆にガスを集めて元にもどるということはありません。つまり、アワが発生する反応が起こると元にもどることはないのです。観察によって、アルミニウムや鉄に塩酸を加えると元の金属にはもどれないことが考えられますね。これは憶えることでなく、観察から考えることです。

よくみると炭酸水を注いだ時に金属表面に大きなアワがつくことが観察できます。塩酸を加えた時とはようすがちがいます。塩酸のときにはどんどんアワが出てくるのが見られます。時間が経つと、塩酸では金属が小さくなりますが、炭酸水では変化はありません。塩酸を使った場合、溶けた溶液の色の変化はアルミニウムではありませんが、鉄ではうすい黄緑色になったように見えます。

【観察の結果】 塩酸はアルミニウムや鉄を溶かします。元の金属の形がなくなり、水溶液になりました。炭酸水が金属を溶かしたことを観察できませんでした。

#### 【コメント】

塩酸に溶ける      どんな金属でも塩酸に溶けるのだろうか。アルミニウム、鉄以外にどんな金属を知っていますか。そうです、オリンピックメダルにある、金、銀、銅も金属です。これらの金属は塩酸に溶けるのだろうか。答えは、これらは簡単には塩酸に溶けません。金属が塩酸に溶けやすいかどうか、決める方法はあるのだろうか。これは難しい問題です。しかし、一度実験した結果を憶えておけばわかるでしょう。結果は、オリンピックメダルの金属は塩酸には溶けません。

金属はアルカリ性でも溶けるのか      水酸化ナトリウムにアルミニウムは溶けますが、鉄は溶けません。この実験は水酸化ナトリウムを使うので、危険です。特に加熱すると水溶液が飛ぶことがあるので、必ず、保護めがねをして実験します。

アワの正体は      アワは水素です。空気中では燃えたり、爆発したりしますので、火を近づけないようにします。また、吹き上げたりすることが考えられますので、保護めがねをつけて実験を行います。

#### 【結果】

- ・炭酸水はアルミニウムや鉄を溶かしませんでした。
- ・塩酸は、アルミニウムや鉄を溶かしました。

### 【コメント】

酸性の強さについて 炭酸水や塩酸は酸性を示しました。しかし、酸性であってもアルミニウムや鉄を溶かすのは塩酸であって、炭酸水は溶かしませんでしたね。これはなぜでしょうか。BTB水溶液や万能試験紙で炭酸水を調べると、塩酸とのちがいが分かります。すなわち、炭酸水は塩酸よりも弱いのです。酸性の強さが大きいほど金属を溶かす力が大きいと思われま

【問題】 塩酸に金属が溶けた液を蒸発させると、溶けた金属を取り出すことができるだろうか。

【予想】 溶けるときにアワを出したので、アワを元通りにもどせないから、的野金属ではないと考えられます。

【実験5】 塩酸にアルミニウムが溶けた液をピペットで少量とり、弱火で熱して、蒸発させる。鉄が溶けた液についても少量をとり、弱火で熱して、蒸発させる。

### 【コメント】

塩化水素 この操作は通常、ドラフト内です。というのは、塩化水素がガスとして発生するからです。このガスを吸い込むと気管に炎症を起こします。ほとんどの小学校にはドラフトがありません。できるのは窓を開けて、換気扇で排気して、理科室で実験します。なお、塩化水素の水溶液が塩酸です。

塩化水素の被害を最小にするには、取り扱う量をできるだけ少なくすることです。蒸発皿に3～5てきをとって実験することです。これで十分に固体を見ることができ、得ることも可能です。

蒸発皿の使い方 蒸発皿は磁製の濃紺色の平皿を使います。以前はアルコールランプを使い加熱しましたが、近頃はガスコンロを使うことが多くなりました。コンロを使うとき、必ず金網の上において加熱する。直接加熱すると割れることがあります。また、トング（るつぼばさみ）で加熱した蒸発皿をつかもうとすると、割れることがあります。トングも軽く温めておくようにしましょう。加熱した後、蒸発皿を少なくとも1分冷まします。少し冷ました蒸発皿を乾いた雑巾の上に置きます。この時、決して、ぬれ雑巾を使わないように。ぬれ雑巾を使うと、急激な温度変化によって、蒸発皿が割れます。また、当然のことですが、加熱直後、蒸発皿をトングではさんで、水をかけてはいけません。このような考えもなく急冷しますと、蒸発皿は割れます。

コマゴメピペットを使う コマゴメピペットは東京にある駒込病院の院長、二木謙三（ふたきけんぞう）が細菌などを取り扱うときに溶液をとるために考え出したピペットです。この名前は国際的になっています。

この使い方を注意しないと、大切な先端部分を欠いてしまう、溶液をピペットのゴム球内に吸い上げて汚くする、ガラスの膨らみに溶液を入れたままにしてそれが中で固まってしまう、などの小さな事故が起こります。

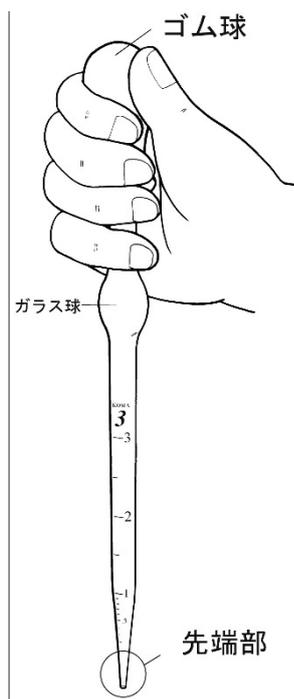
持ち方： 小指と薬指（場合によっては中指）二本でピペットを持ち、親指と人差し指と中指でゴム球を押し膨らましたりして吸い上げる溶液の量を調節します。

使い方： ピペットは垂直（鉛直）に移動する。決して、横向きにはしない。ましてや、先端を上へ向けてはならない。

使用后： 使った後、さらに使用しないときには、中にある溶液を出してからゴム球をはずし、ガラス部分を洗浄する。一時置いておくときには、ピペットホルダーにおくか、垂直に保持できる手製のホルダー（右図参照）に立てる。ビーカーや三角フラスコの中に立てかけたままにしない。理由は、容器に溶液がない場合はゴム球が重いので倒れることがある。また、溶液がある場合には自然と溶液が吸いあがる場合もあるから。さらに、先端部でつついてガラス容器の底部を損傷することもある。

ゴム球： この素材には、従来、ゴムを使っている。しかし、ゴムが柔らかくなり、薬品などで腐食されることがある。これを防ぐために、シリコーンのゴム球を使うことが勧められる。少し硬いので、子どもの握力では作業しにくいこともあった。少し大きめのシリコーン製ゴム球を使えばよかった。

コマゴメピペットの洗浄： ピペット内部のブラッシングは毛細管ブラシを使う。ただ、先端部に押し込まないように。先端部はガラスが薄いことがあるので、トイレトペーパーのコヨリで軽く回す程



不要になった黄色の温度計ケース

度にしておく。洗浄後すぐに使うとき、乾燥するにはピペットにアルコールを通して水分を溶かして除去し、加圧あるいは減圧した空気のながれで乾燥する。ヘアドライヤーで乾燥するのは、容量器具には勧められない。

【問題】 金属がとけた液から出てきた固体はもとの金属同じものなのだろうか。

【実験6】 教科書記載

1. 液から出てきた固体を観察して、もとの金属と色、つやを調べる。
2. 液から出てきた固体と元の金属に、それぞれうすい塩酸を注いで、塩酸に溶けるかどうか調べる。
3. 液から出てきた固体と元の金属に、それぞれ水を注いで、水に溶けるかどうか調べる。

もとの金属は水には溶けないことを前提に、水に溶けることから、元の金属とは違うものになったという論理になっている。結論は水に溶けるから出てきた固体は元の金属ではないと考えられる。

【コメント】

化学反応式 反応の実験と反応式は1 : 1で結ばれたものと中学校の化学では習います。しかし、反応式から実験を推察するという机上学をすると、落とし穴があります。ここで、反応式と実験を結び付けて実験の深掘りをしておきましょう。



化学屋には楽しいことですが、非親化学屋には悩ましいことです。その原因は個々の化合物の中で重要さに違いがあるからです。今は生成物の金属の行く末ですから、アルミニウムと鉄だけが見るところです。すなわち、塩化アルミニウム ( $\text{AlCl}_3$ ) と塩化第一鉄 ( $\text{FeCl}_2$ ) です。しかし、これらの化合物は水に溶けています。一体、塩化アルミニウムや塩化第一鉄はかたまりとなって水に溶けているのでしょうか。そんなわけではありません。ここに落とし穴があります。かたまりではなくイオンになって水に溶けています。そうなのです。各金属は金属イオンとなって水に溶けています。アルミニウムイオンや2価の鉄イオンになって水の中にあるのです。元の金属と比較して、金属イオンは、金属が持っていた電子を放出すると、できるのです。電子を出すということは電気ができるということになりますね。金属が溶けると電気ができる、ああ、乾電池と同じなのです。

化学式で書くと、別世界になりますが、実験の世界は目の前の世界です。金属を中心にみれば、イオンという概念だけで説明はできます。イオンは元の金属とは違います。ただ、小学校ではイオンが出てきません。「金属が塩酸に溶けると元の金属ではない」という暗記項目になっています。これでよいのでしょうか。溶けることはそのままの形で水の中にある場合を5年生までに見てきました。金属が塩酸に溶けるのは反応です。形の違いではありません。反応は、水素が発生することを参照しますと、一つの方向へ進み、逆の方向へは進みません。つまり、金属が塩酸に溶けると元にはもどれないわけです。その一つの証が水素のアワが出てくることです。元と同じになるようにするには、出たアワを元にもどす必要があります。これはできませんね。ただこれだけで金属が他のもの変わったとは言えません。もう少し他の証拠があるか、次の実験で確かめましょう。

出てきた固体が水に溶ける 塩酸をアルミニウムや鉄に加えると溶ける。この金属がとけた塩酸を含む水溶液を蒸発させると、固体が出てきた。この固体は水に溶ける。元の金属はもちろん水には溶けない。水に溶けるか溶けないかは塩酸を加えるか加えないかにそれぞれ対応する。つまり、金属は塩酸に溶けて、アワを出して別のものになった、と考えられます。これは、食塩やミョウバンが水に溶けて水溶液になるのとは全く違いますね。強い酸性の塩酸は金属を別の物に変える、反応することが分かりました。

#### 酸という名前の物

酸性をもつ物を酸と言います。塩酸や炭酸水は酸を持っている水溶液です。その水溶液はリトマス紙を赤にします。強い酸性の水溶液はアルミニウムや鉄を溶かして、水に溶ける別の物に変えます。酸というのは、～酸という名前がつくものが多くあります。

#### 【まとめ】

- 塩酸に金属溶けた液から出てきた固体はもとの金属とはちがうものです。  
それでは、一体何ができたか、という疑問や質問が出てきます。そのときには、金属が金属のイオンになるという新しい概念を入れます。このようにすると発展・展開しやすくなります。でも、イオンって習ってない。広くイオンをいうと難しくなります。今は金属イオンに限定します。イオンには+と-がありますが、金属イオンは+です。元の金属が中性ですから、金属イオンの+ができるためには、-が出ていきます。それが電子です。その電子は問題にしません。金属が酸と出会うと+の金属イオンになる。これは水に溶ける。という理解が後にも役立ちます。
- 水溶液には、金属を別の物に変化させるものがあります。  
ここで言う水溶液は強い酸性の液、たとえば、塩酸を指します。より化学的に言えば強酸の水溶液です。強酸には硫酸や硝酸が他にもあります。

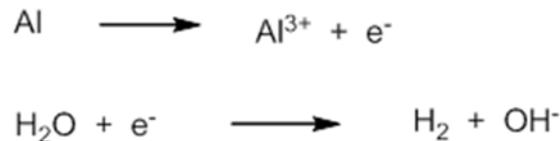
【理科のひろば】 アルカリ性の水溶液が金属を溶かす？

酸性を強く示す酸の水溶液は金属を溶かすことがあることが分かった。アルカリ性を示す物質の水溶液も金属を溶かすだろうか？ アルカリ性を水溶液では、アンモニア水と石灰水を調べてきました。アルミニウムはどちらにもほとんど溶けませんが、水酸化ナトリウムの水溶液は金属であるアルミニウムを溶かします。この反応は、



ふたたび、イオンについて

中学校の化学で反応式が出てきて、これは難しいと思ったことはありませんか。そのとき、係数を合わす問題がありましたね。よく考えれば、係数なんて後付けです。重要なのはアルミニウムがイオン ( $\text{Al}^{3+}$ ) になるということです。電子が3不足になります。それによって水から水素ができます。あれあれ、それは鉄と塩酸のときとよく似ています。どうも、金属と酸やアルカリと反応すると水素ができると勘付くでしょう。それには電子が関係したイオンが出てくるのです。要は、



係数が後付と言ったのはこのことです。全部を辻褃なく合わせるにはもう一つ作業が必要ですが、それは今問題としなくてもよいのです。

まとめると、アルミニウムと水酸化ナトリウムとの反応には、金属から電子が出て、電子は水から水素を発生する、ということです。

残念ながら、小学校では習わない、考える基礎が乏しい、ことです。しかし、現象や反応は出てきます。やはり、イオンという概念を入れないと、なぜ、と子どもに質問されると、中学になったら習う、高校になったらわかる、で済ませてしまいます。それでよいのでしょうか。こんなことで化学の芽を子どもから摘み取らないだろうか、と悩みますね。

【参照】 係数を合わせた反応式



### 【独り言】

小学校で、一人の子供の発言に「反応しましょう」ということがあります。「発言 → その意見に対する自分の考え」これを反応というなら、小学校の理科（化学）においても反応というのがあるのも良いと思える。電池が出てくるなら、電池の中でどのようにして電気ができるのか説明されてもよい。金属は電気を通じることができる。電子が流れるのも説明されてもよい。金属自身が電子を失うと何になるかという疑問が出てきてもよい。金属イオンは水に溶けやすい、金属とはちがうという説明があってもよい。おそらくそこまで展開してしまうと中学校と同じだということで、小学校では踏み込まないことになっているのだろう。こんな壁をつくるのですが、理科には壁はありません。つながっています。太いつながりにする必要はないですが、展開可能なルートをつくっておいても良いのではないのでしょうか。金属・電子・金属イオンという言葉でなく、電子やイオンという概念（金属に限定した）を子どもたちに捉えてもらうことを思いました。

【酸性雨】 ドイツに「黒い森」というのがあります。木々の緑が濃く、黒く見えるほどであることからつけられた名前です。ところが、1970年頃に枯れ木になりました。その原因は酸性雨です。酸性雨というのは、酸性の雨のことですが、何によって雨水が酸性になるのでしょうか。塩酸や二酸化炭素ではありません。最も酸性にするのは硫酸と硝酸です。硫酸は亜硫酸ガスが大気中に放出されるためです。これは化石燃料に含まれる硫黄成分が燃えるためです。勿論、石油からつくるガソリンには硫黄成分を除去します。石炭の場合も同じです。それでも、完全ではありません。また、火山の爆発によっても亜硫酸ガスは発生します。人間は化石燃料だけでなく、色々なエネルギーを求めて工夫をしてきました。しかし、エネルギーだけをとるということはできず、廃棄物が必ず出てきます。つまり、エネルギーと廃棄物処理の両方を考えた資源の利用が大切ですね。

## 10. 電気と私たちの暮らし

電気を使うことは日常どこでも見かけることです。電車のように大きなものから携帯電話やLED照明のような小さなものまであります。電源は何でしょうか。コンセントを通した電気、あるいは、電池です。前者は交流であり、後者は直流です。交流について小学校では出てきませんが、電池とは全く違うということだけは覚えておいた方がよいでしょう。

さて、電気はどこでつくられるのでしょうか。発電所？ 昔は発電所だけでしたが、近頃はソーラーパネルを設置して自分で電力を補充することもできます。小さな風車をまわして発電して鳥よけの機械を使ったりしています。太陽光の利用は、雨天や夜は使えません。風車は風がないときには電気ができません。自然のエネルギーを使う発電は主に水力によります。一体、ダムで貯めた水をどのようにして電気に変えているのでしょうか。答えは、モーターを回して電気を作っているのです。電気を使ってモーターを回す、モーターを回して電気をつくる。電気がモーター回しとお互いに行き来をしているように見えますね。

### 10-1. 電気をつくる

【問題】 自分たち発電することができるだろうか。

【コメント】 電気をつくることを発電と言います。わたしたちが使っている電気は発電所で作ります。発電所では、モーターを回して発電しています。水力発電の場合、モーターの回転には水が落ちるときに出る力を使っています。さて、手近なところで、手でモーターを回して発電できるでしょうか。4年生の時に電気のはたらきを学んだ時モーターを使いました。電池を使ったのですが、逆に、モーターを回して電流を流すことができるか実験してみましょう。

**電気** ⇔ **エネルギー** ⇔ **運動**

今まで、電気を使ってモーターを回転させるという運動をしてきました。ここでやろうとするのは右から左への流れです。共通なのはエネルギーです。

【実験1】 モーターのじくを回して豆電球の明かりをつけましょう。

【実験の参考に】

1. 引き棒は30 cm程度となっているが、割りばしで行うことができる。
2. 引き棒にビニールテープか布テープを巻くようになっているが、両面テープを巻くと回転がよくなる。

- 豆電球は 1.5V の方が分かりやすい。それでも、明るいところでは見にくい。豆電球の代わりに LED ランプを使うと明るく見える。ただし、一方向のみ光るが、逆方向は光らない。逆電圧を加え過ぎると LED が切れますので注意しましょう。また、保護回路が入っているものがよいが、なければ抵抗 150–200Ω をつなぐようにします。
- 引き棒を引くだけでなく、モーターを反対方向に滑らすと、力を少なくして容易に点灯します。

【結果】 モーターじくを速く回転すると豆電球の明かりがついた。

### 【なぜ発電できるのか？】

なぜ、モーターが回ると発電できるのか。コイルに電流を流すと磁石ができました。すなわち、電磁石ができました。逆に、コイルに磁石を入れたり出したりすると電気ができるということになります。そんなことってあり得るのでしょうか。あり得ます。イギリスのファラデーが 200 年前に発見したことなのです。

コイルと磁石を用意して、置いておいても電気はできません。こんな実験をしてみます。銅のパイプに円筒状のネオジウム磁石を落とします。なかなか、筒先から出てきません。落ちようすをのぞいてみると筒の中で壁に反発しているように見えます。勿論、磁石に銅は付きません。反発もされません。どうしてでしょうか。磁石が銅の筒の中を動くとき銅の筒のまわりに電流が流れます。電流が流れるとその周りに磁石ができます。ネオジウム磁石の NS 極と同じ極が銅の筒にもできます。するとできた筒の磁石とネオジウム磁石はお互いに反発して落ちるのを妨げます。これが理由です。



コイルに磁石を出し入れするだけでコイルに電流が流れるのです。磁石を固定してコイルを回すとコイルに電流が生じる。これがモーター発電になります。コイルの中に磁石をとめておいてもコイルに電流は流れません。磁石が動くことが重要です。電流は時間が関係してきますね。磁石と電流を関係付けるには磁石が動くことが必須になります。

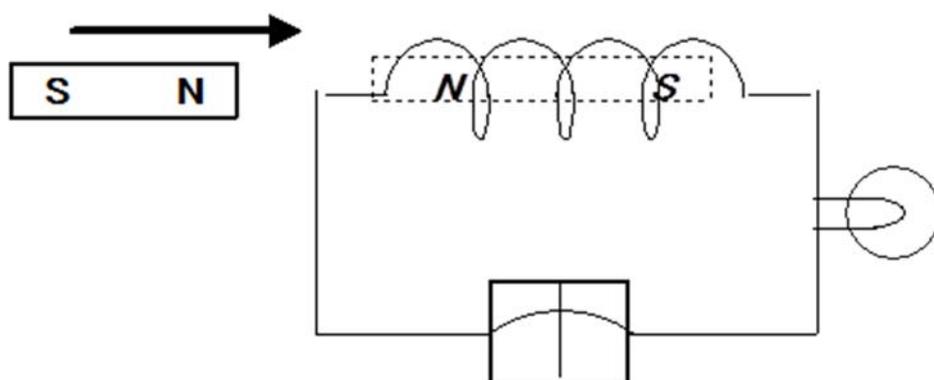
**電流** ⇒ 時間当たり電荷の変化量

**磁石の運動** ⇒ 時間当たり磁界の変化量

電流と磁界の関係を見る場合、共通するのは時間当たりの変化量です。磁石とコイルの間  
の関係を調べるには、磁石をすばやく動かすと電流がよく流れます。

### 【大切な考え方】

下図を見てください。左にある磁石の N 極を右にあるコイルの中に入れます。すると、  
一瞬、豆電球が付き、あたかも、コイル内に電磁石が N 極が左にできて反発するような形  
ができます。これに合わせて、下の検流計が右の+側にふれます。つまり、電流が反時計  
回りに流れます。これは右ネジの法則に合っていますね。



大切なことをまとめますと、

1. 電流は時間当たりの電荷の変わり方、磁石の時間当たりの動き方、両方のことがコイルと磁石の間を結び付けている。
2. 磁石がコイルに入る動きをすると、コイルの中にその動きに反発するような磁石が仮想的にできる。
3. その動いてできる仮想磁石に合うように、右ネジの法則によって電流が流れる。

これらの原因と結果を表現する言葉が「電磁誘導」や「誘導起電力」です。本質は何か  
といえば、磁石の動きに反発するような仮想磁石がコイルの中にできるということです。

原理が分かると、次は応用です。上ではコイルを固定しましたが、コイルを回し、磁石  
を固定しても同じことができますね。ただ、コイルがからまらないようにしなくてはなり  
ません。例えば、仮想磁石の N 極が固定磁石の N 極に近づくとときと離れる時を回路を分  
ければよいのです。そのためには、近づく側と離れる側の回転を二等分するといいい  
です。回路を横から見てください。回転する「じく」を円とすると、下半分は仮想磁石 N 極  
が固定磁石 N 極に近づきますが、上半分になると仮想磁石は遠ざかります。そうです。  
上半分に切ってその間に接触できるようにしておけば、コイルはもつれることはありません

ん。つまり、上下二等分して、接点をつくれば、コイルを回転して電力をとり出せます。この接点を「整流子」といいます。

これで、発電の原理や基本設計の考えができました。発電にどのようなものがあるか、NHKのビデオがあります。テクノロジーというのはどんなものか、便利さを追求する結果に出てきたものと分かりますね。

[http://www.nhk.or.jp/rika/10min\\_rika1/?das\\_id=D0005110151\\_00000](http://www.nhk.or.jp/rika/10min_rika1/?das_id=D0005110151_00000)

【実験2】 手回し発電機で発電した電気を利用しましょう。

## 10-2. 電気の利用

【コメント】 いきなり、コンデンサーが登場する。

電気をためるには蓄電池があります。電池はふつう使い捨てですが、ニッケル水素電池はコンセントに変換機つなぎ、使った電池を充電することができます。携帯用パソコンも通電しなくても使えるのはリチウムイオン電池が充電できるからです。スマホの充電もそうですね。では、電気をためるのは充電型電池だけでしょうか。ここに、コンデンサーというものがあります。

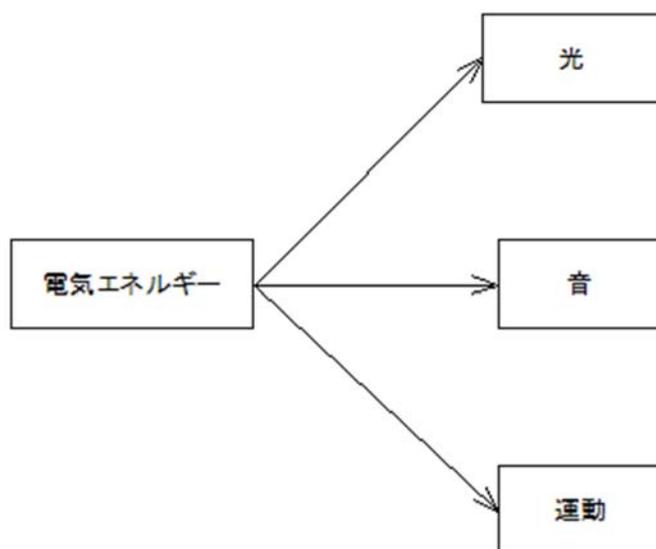
コンデンサーは電池ではありません。早く言えば、静電気をためるようなものです。静電気は良く知っていますね。冬の乾燥した時にセーターを脱ぐとパチパチと鳴る、あれです。そんな電気をためておくことができるのです。コンデンサーは指先ほどの小さなものです。その中には、金属フィルムと電気遠くない絶縁のフィルムが互い違いに重ねて巻いてあります。金属フィルムに電気がたまると、もれることはありません。ところが、コンデンサーにたまった電気は両方の端子の間に豆電球などをつなぐと光りなどとしてとり出せます。あたかも、電池のようですね。ところが、時間がたつとすぐに明るさは弱くなります。これは電池とはちがいます。コンデンサーは電池と比べて、ためやすいが、使うとすぐになくなります。それに対して、電池はためるために時間がかかるけれども、長く使えますね。電池は電気を他の形にかえてためます。つまり、化学反応を起こすのです。その分、ためるのに時間がかかりますが、長く使えます。コンデンサーはためる量はおおくありませんが、すぐにたまります。電気をためるのは電池の方が良さそうに思えますが、電気をためてすぐに使えるのはコンデンサーです。コンデンサーは他にも使い方がありますが、電気をためるだけの目的から電池と比較すると下表の通りです。

|        | 充電時間 | 充電容量 | 使用可能な時間 | 保存時間 | 素子との組合せ |
|--------|------|------|---------|------|---------|
| コンデンサー | 短い   | 小さい  | 短時間     | 短い   | 多種類     |
| 電池     | 長い   | 大きい  | 長時間     | 長い   | 単独使用    |

【問題】 つくった電気は、何に変えて利用することができるのだろうか。

【実験3】 つくった電気をためて、ためた電気が何に利用できるか調べましょう。

【コメント】 手回し発電機を使って、コンデンサー (2.5V, 1F) に電気をためて、豆電球・発光ダイオード (LED) で明かりをつけ、ブザーで音を出し、モーターで回転運動をする。電気エネルギーの変え方 (変換) を調べる。たしかに、電気をためて使わないとハンドルを回転しているときにだけ、光、音、運動をしない。連続するにはコンデンサーに電気をためることになる。



【エピソード】

ある子が手回し発電機の回転の仕組みに興味をもって、分解したがっていた。よくみると歯車の組み合わせに気が付いた。「素晴らしいね」といったところ「大きな円盤が回るとつながっている小さなところが速く回る。最後にモーターのじくが速く回る」

「ということは」「回るのを速くできる」「正解！ この円盤を歯車といいます。自転車はチェーンが歯車に架かっています。自動車でも使っているのですが、ボディーカバーで隠れていてわかりませんが」

【コメント】 発光ダイオード (LED) の接続について、

発光ダイオードは+があるのです、逆につなぐと発光しない。キットでは逆に接続しないように工夫されています。しかし、ハンドルを逆回転して発電することもあり得ます。逆回転しても発電し+の極も正確になるようにできますが、ブリッジダイオードの整流回路が必要です。おそらく経費の関係のため、この回路は入っていないのでしょう。したがって、逆回転をしないように注意書きされています。なお、発光ダイオード

は豆電球と比べて電力消費量は格段に小さいので、コンデンサーにためた電力量を少なくして済みます。省電力のため、信号機をふくめ、室内照明の LED 化がすすめられています。

### 10-3. 電熱線と発熱

ドライヤーやヒーターやこたつなど電気を熱に変えて使うことがあります。どのようにして電気を熱に変えるのでしょうか。

【問題】 電熱線に電流を流すと、発熱するのだろうか。

【コメント】 電熱線としてニクロム線がよく使われます。なぜ、導線とちがってニクロム線が使われるのでしょうか。導線は効率よく電気を伝えます。ニクロム線は電流が流れると熱せられます。しかし、ニクロム線に電流は流れます。それは、あたかも川の流に似ています。その川の中に杭（くい）何本か置きますと川の流はおそくなります。川の水が杭に当たって杭に力がかかります。力の代わりに熱という形で得られるのがニクロム線です。電気の流に逆らうものを「抵抗」と言いますが、ニクロム線は電流を熱に変える抵抗になります。

【実験4】 電熱線に電流を流して、発ぼうポリスチレンのが切れるか調べましょう。

【コメント】 電熱器を見ますと、必ずワット (W) と表示されています。時間当たりの電力（発熱量に相当します）を表します。

ここで、W はワット、V は電圧を示し電熱器の場合家庭にきている 100 ボルトです。I は電熱線を通る電流の値です。4 アンペア流れるとすると 400 ワットの電熱器になります。

さて、抵抗 (R) のある電熱線に電流 I が流れるとすると、この抵抗の前後における電位の差は  $I \cdot R$  になります。電位差は V (ボルト) です。つまり、抵抗が電熱線の場合、発熱量は (W) は次の式になります。

$$W = I \cdot V = I^2 \cdot R$$

ここで、意味は、抵抗が小さくなくても流れる電流が大きくなるので、発熱量は大きくなると考えられます。つまり、電流が大きく関係するといえるのです。ところが、ニクロム線の太さと抵抗との関係について考えてみましょう。ニクロム線断面積と抵抗の関係は反比例します。断面積は線の直径の 2 乗に比例しますから、ニクロム線の太さが細い方が大きな抵抗値を示すこととなり、発熱しやすいこととなりますね。式で表すと下記のようになります。

$$R \propto \frac{1}{S} = \frac{1}{(\pi l)^2}$$

$S$  はニクロム線の断面積を表し、 $l$  はニクロム線の直径を表します。

ここで、式から考えると、細い線では流れる電流が少なくなるが抵抗は大きくなります。それに対して、太い線を使うと抵抗は少なくなりますが電流が流れやすくなります。その結果、両方ともつり合ってニクロム線の太さには関係ないこととなります。これは変ですね。よく考えてみましょう。

実験で使う電源装置は定電圧装置です。いつも電圧が同じになるように電流が調節されます。つまり、 $V$ は一定ですので定数の $V$ と記します。すると、

$$W = V \cdot I$$

で表される通り、ニクロム線が太いと電流がよく流れるので発熱量は大きくなります。実験に際して、電源をいれてから 15 秒おいてから発ぼうポリスチレンを切るように指示されています。これは大変意味のあることです。電圧が一定にならない状態で切る操作をすると、細い線の方が太い線よりも切れやすいこととなります。特に、電源装置を使わず電池を用いると起こり得ることです。

#### 【実験方法について】

1. 発ぼうポリスチレンは食品トレーを使うが、厚さがちがうものがあるので、できるだけ 1 枚の物か厚さを確かめて同じような物を 2 cm 角にする。凹みや文字があるものは切れる時間に影響がないのでそのまま使うことができます。
2. 教科書で示されているのは、長さ 10 cm のニクロム線、電池 2 個 (3V) の電圧にして実験をします。装置の関係で、長さ 4 cm のニクロム線、電池 1 個 (1.5V) で実験することもできます。その場合、細い線の場合 5-10 秒で切断できます。
3. 子どもたちは手で割りばしを押さえることがあります。電源を入れる前に、練習をすると、押さえないようになります。また、ニクロム線に発ぼうポリスチレンをはじめからセットして電源装置のスイッチを入れる子どもがいます。スイッチを入れて 15 秒後に発ぼうスチレンを切るようにしましょう。ニクロム線の台と割りばしの支点をガムテープで一時固定すると、再現性良く実験できます。
4. 細いニクロム線 (0.2 mm) の 4 cm を使い、電池個数 6 (9V) を用いる場合、電源を入れると直ぐにニクロム線は焼け切れます。細い線でも 10 cm を用いると、線は赤く熱せられますが、切れはしません。

【理科のひろば】 同じ太さ（0.2 mm）のニクロム線について、長さ 5 cm と長さ 10 cm の二種類を用意する。電源装置を使って電池個数 2（3 V）で、発ぼうポリスチレンを切る。どちらが先に切れるか。

【予想】

- 理由の組み立てで表すと、

長さが長いと抵抗値が大きくなる。両端にはいつも 3 V の電圧がかかっている。長い方は抵抗値は短い方の 2 倍あるが、流れる電流は半分になる。つねに電圧が同じなら流れる電流の値が大きな方がより大きな熱を発する。予想として短い方が発ぼうポリスチレンを速く切ることができる。

- これを式で予想すると、

$$V = I \times R$$

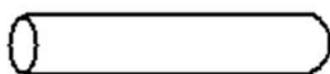
V はいつも 3 です。R が 2 倍になっても I が半分になります。

そして時間当たり発生する熱量 W は次の式で表せます。

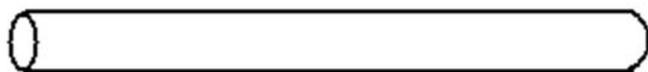
$$W = I \times V$$

V はいつも 3 ですから、I の大きなほど W が大きくなる。

- 図で表すと、



流れやすい



流れにくい

短い方は電流が流れやすいので発熱しやすい。

【結論と結果】 短い方が熱くなり切れやすい。

## 1 1. 地球に生きる

地球を取り巻く空気と水を取りあげ、環境について考えるのがこの単元の問題です。空気や水を汚さない。環境を保護して、持続可能な発展をする。こんなことができるのだろうか。

まず、空気について考えてみましょう。

空気は主に、ちっ素、酸素、二酸化炭素からできています。体積で比較しますと、ちっ素 78%、酸素 21%、次に多いのがアルゴン 0.93%、そして二酸化炭素 0.039%です。二酸化炭素が増えると地球温暖化につながるといわれています。

なぜ、1 万分の 4 ほどしかないのに、地球全体の温暖化になるのでしょうか。

空気中の二酸化炭素の割合は小さいですが、これには理由があります。二酸化炭素が水に溶けやすいことは水溶液の単元で明らかになりましたね。二酸化炭素の水に対する溶けやすさは空気の 70 倍になります。ところで、海の面積は地球全体の面積の 70% になりますので、地球上の多くの二酸化炭素は海の水に溶けていることになります。大気中の二酸化炭素はここ 50 年で 25% 増えました。それに対して、温度はどうなったのでしょうか。世界の平均気温は 100 年で 0.72°C 上昇しています。日本でも熱帯夜の日数は増加し、冬日の日数が減少しています。ところが、真夏日の日数は、増えているわけではありません。これは地球全体が冷めにくい状態になっていることを意味しています。夏、夜になってもなかなか涼しくならない。冬は比較的暖かな時が多い。ということを実感していますね。これは地球全体が二酸化炭素の服をまとっているように解釈できます。これが地球温暖化という言葉で表現されています。

次に水について考えてみましょう。

わたしたちが使っている水道水の元は何でしょうか。水道の水の元をたどっていきましょう。浄水場から来ています。浄水場の水はどこからとっているのでしょうか。岐阜市の場合には地下水です。その地下水は長良川の一部です。では、長良川の水はどこから来るのでしょうか。飛騨の山々に降った雨が小さな川となって長良川に注ぎます。雨の水はどこから来るのでしょうか。その元は海の水です。私たちの使った水は流れて海に行きます。このサイクルは変わりませんが、水の場所やすがたは変わります。水の量はどのように変わっていくのでしょうか。下の図を見てください。海から蒸発した水の 70% は海にもどりますが、30% は雪や雨の形で、陸に降ります。その多くは地下水となってしみこみます。わずかの量が川となって流れます。川の水は地下水と合わさって海に注ぎます。生物にとって水はいつも必要な物です。すなわち、生物は水なしには生きていくことができません。

では、砂漠に生きる生物はどうしているのでしょうか。サバクトカゲは、昼は土の中にもぐって暑さをしのいでいます。夜になると砂漠も冷えて湿度が高くなります。そのとき、サバクトカゲは体につゆを集めて、水分補給をします。

## 生き物には水が必要，水はどこから？



※単元4でも示した。

水は地球を回っているのですね。私たちは食物を食べるときにいっしょに水もとっています。植物は水が必要だと5年生の理科でできました。水は植物や動物の体の中に入っていきます。生物から出た水は川に流れるだけでなく、他の生物に移っていくこともあります。

水って地球を回るのですが、生物の中でも回っているのです。

それでは、空気とどのような関係にあるのでしょうか。特に、二酸化炭素と水は生物の中でどのようにすがたを変えて回っているのでしょうか。

下の図は、水と二酸化炭素の回り方を示したものです。植物は二酸化炭素と水と光で植物の必要な物をつくり、酸素を出します。その酸素を動物は呼吸で使います。植物や動物が必要でなくなった物を微生物（びせいぶつ）が分解して、植物や小さな生物の養分を与えます。全体と個々を見ていくと一つのバランスの中で地球は動いているのが分かりますね。このバランスをくずすと全体にゆっくりとこわれていくようすも分かります。環境は

保護しなくてはならない、という言葉は自然のバランスをくずしてはならないことを意味します。

## みんな必要な仲間

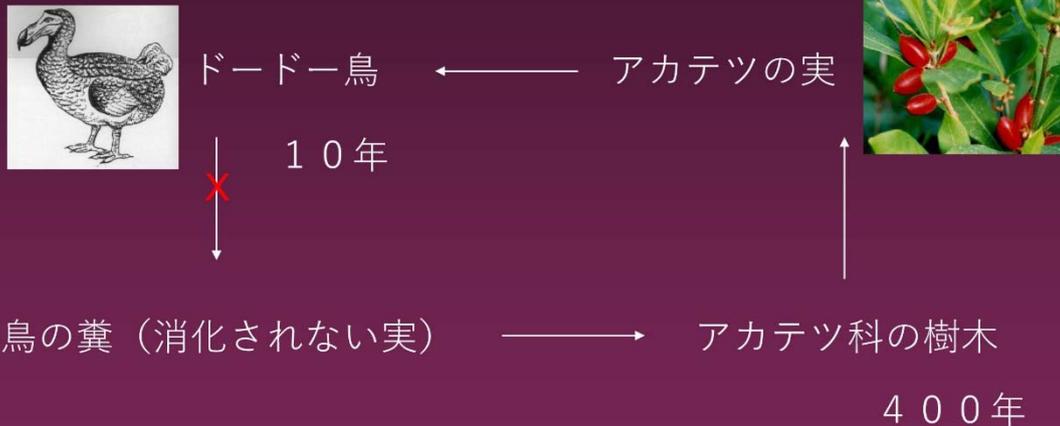


※単元4でも示した。

絶海の孤島、モーリシャス島に生育していたドーデー鳥は植民地化によって持ち込んだ犬によって絶滅しました。こんな話はよくあることです。それから400年後にアカテツという植物が絶滅にひんしたのです。この原因は新しい木が実から育たないことにありました。ここに、一つのストーリーができました。アカテツの実が固くて植物自身が種子を発芽することはできません。ドーデー鳥はアカテツの実を食し、体内で表皮を柔らかくして消化しますが、種子は固いので糞（ふん）として体外に出されます。つまりドーデー鳥の助けを借りて、アカテツの種子は発芽します。ここで、ドーデー鳥がいなくなると新しい種子が発芽しないので絶滅になりそうになったのです。これは作り話と言われますが、なるほどと言えるところもあります。生物は一種類だけで生きているのではなく、他の種類の生物と共に生きています。これを「共生」（きょうせい）といいます。ドーデー鳥とアカテツはまさに共生していたのです。

環境は破壊すると連鎖を起こして、他の種類の生物を絶滅することもあるのです。環境保護という言葉の簡単さの中は、連鎖とか連動という動きとバランスがはたらき、個々の動きと全体の動きをくわしく知る必要がありますね。

## 輪廻（りんね）



おわりに

理科というのは原因があるから結果が表れるのです。なぜそのような結果が表れるのか、と考えることが最も大切なことです。原因や理由が分かれば、終わったものではありません。一つ原因が分かると、よく似たことでも同じことが起こるのか考えます。そして法則や原理を見つけるのです。そうすると、似たことがあれば、予言できるのです。理科は憶えることを少なくして、憶えたものをどんどん使えるようにしていくと、考え方や予想が当たるようになります。発見するとワクワクして理科が面白くなりますね。