

# 平成31年度 小学6年生理科報告書

STEM 教員

辻本 和雄

(主務校：則武小学校，兼務校：早田小学校)

はじめに

6年生の理科を始めるに当たって、最初に目標を掲げます。

目標は、「物のはたらきの本質を糧にしよう」です。

副題は、「形や法則性に美しさをみつけよう」です。

今まで、理科は、次のような流れにおいて、進められています。すなわち、

1. 「ふしぎ」を取りあげる。  
(その理由を考える)
2. 考えた理由を明らかにするため、現象が起こる条件を設定し、実験計画を立てる。  
(仮説をたてる)
3. 実験をして、結果をまとめる。  
(実験結果が条件設定・仮説を反映するか検証する)
4. 考察して何が言えるかまとめる。  
(応用や工夫をして新しい物を発明する)

2020年に新学習指導要綱が施行されますが、今年度は移行措置が取られます。新要綱の実施教科に理科も含まれます。新学習指導要綱によれば、

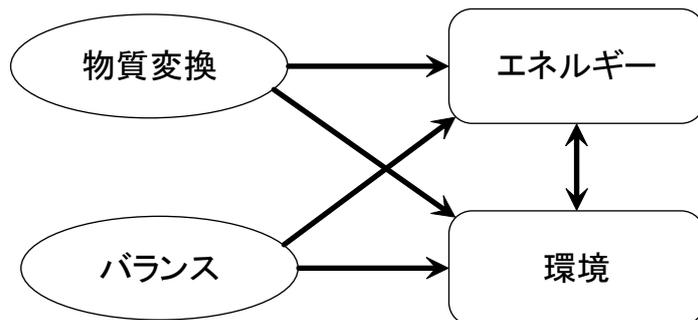
(ア) 「何を理解しているか、何ができるか(生きて働く「知識・技能」の習得)」、

(イ) 「理解していること・できることをどう使うか(未知の状況にも対応できる「思考力・判断力・表現力等」の育成)」、

(ウ) 「どのように社会・世界と関わり、よりよい人生を送るか(学びを人生や社会に生かそうとする「学びに向かう力・人間性等」の涵養)」、

と重点項目が記載されています。理科では、「知識・技能」「思考力・判断力・表現力」が特に密接に関係しています。さらに、理科に「生きる力」を養うために、社会生活が理科とどのように関わって寄与できるかも入ります。

2020年の新学習指導要綱を踏まえて、理科の立つ位置を示します。具体的に6年生の理科の進め方を考えてみます。6年生理科の各単元は次の4つの項目に関係しています。



例えば、「物（質）」を捉えてみますと、燃焼では炭素化合物の酸化による二酸化炭素の発生という物質変換であり、呼吸によって取り込まれた酸素は養分を酸化してエネルギーをつくり出します。物に力を加えると、バランスがくずれます。てこはこのくずれたバランスを元にもどすために、反対から同じ力を加えます。自然環境においても食物連鎖はバランスの上に成り立っています。本年度の6年生の理科でも「物のはたらき」を通じて、自然の動きとバランスを考えることとなります。

さて、目標の「物のはたらき」を少し詳しく考えてみます。「物のはたらき」は「物の機能」を意味します。物は静止していても、その状態で、潜在能力 (potentiality) をもっています。ある切っ掛け（条件）にすると、物は「はたらき」を始めます。例えば、切っ掛けが力としますと、物は動くという「はたらき」をします。「はたらき」を調べることは、作用・反作用をみて、物がもっている機能（はたらき）を理解することになります。

さらに、「物のはたらき」をよく見ると、無駄がありません。「はたらき」には「効率化」と関係していることがわかります。物に力が加わると動きますが、物は蛇行せず真っ直ぐに動きます。この運動は、最も効率が良い動きを示しています。この効率の良い動きは規則に従います。すなわち、作用・反作用には、法則があります。

また、物のはたらきが形にも現れることがあります。例えば、ふりこを上から見ると、直線（線分）の往復運動をします。ところが、この往復運動とよく似た運動があります。すなわち、ふりこをぶら下げながら等速で回した時、横から見ると、ふりこは、等速直線運動をします。すなわち、扇形のふりこの運動は、円運動と似ているのです。ふれ幅の長さは、円運動の直径に相当するのです。ふりこの運動は、最も美しい平面形である「円」に行きつくのです。

上述のように、本年度の目標である「物のはたらき」を調べて理解することは、「美しさ」を発見することにもなります。勿論、子どもたち一人一人が感じる「美しさ」は違うでしょう。どの宝物も大切に育てたい夢があります。子どもたちにとって、ある意味で、理科を学ぶことは、「生きる力」で「美しさ」を感得することにもなります。

目次 (単元の構成)

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  
--- (中間段階)
6. 大地のつくり
7. 変わり続ける大地
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

物を燃やすときには、①燃えるものがが必要です。まだそれだけでは燃えませんが、次に、②火が必要です。それだけでしょうか。気がつかないことですが、③空気が必要ですね。中学で出てきますが、燃焼の3条件があります。その一つが小学校の理科でも出てくるのです。物が燃えるとき、③の空気が必要なことです。ところが空気は見えません。確かに、閉じ込めたビンの中では、燃えている火も消えてしまいます。でも空気があります。ふしぎですね。ところが、消えかけた火に新しい空気を送ると、元通り燃やすことができます。空気にも、古い空気と新しい空気があるのでしょうか。それを調べましょう。

### 1-1. 物が燃え続けるには

#### 【問題をつかもう】

燃えている、ろうそくを集気ビンに入れてふたをしても、火はすぐには消えません。しばらくすると、火は小さくなって消えます。閉じ込められたビンの中では、物が燃えると空気を使得、別の見えない気体を出しているように見えます。

#### 【問題】 教科書記載

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。

#### 【実験1】 教科書記載

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。出入り口の大きさが、燃え方に関係するだろうか。出入口が1か所の場合、出入口別々にある場合、に分けて調べよう。

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考えられます。実験の結果、上部が開いている場合には燃え続けますが、下部が開いている場合はしばらくすると消えます。勿論、上下両方に出入口がある場合、火は燃え続けます。なぜ、下に出入口がある場合に火は消え、出入口が上にある場合には燃え続けるのでしょうか。この答は単純ではありません。空気の流れを調べると、理由が分かると教科書に書かれています。

- 上部が開いている場合：上部のふちから線こうのけむりは入り、上部の中心部からけむりが外へ出ます。

- 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秒以内に火は消えます。

線こうを使った実験で空気の流れが分かるのですが、上部の出入口を少しずつ狭くしていくと、ろうそくの火は消えてしまいます。下の口を広くしても火は消えます。なぜでしょうか。この答は新しい空気の流れだけでは説明するのが難しい。もっと別の実験が必要になります。単純でないというのは、ある温度の気体の密度に関係するのです。それを示す興味ある実験があります。

「考えるカラス」より

**【実験の問題】** 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。

**【考える】** 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。

「もう少しわしく」

同じ温度での酸素と二酸化炭素の密度は二酸化炭素の密度は大きい。

例えば、標準状態（0℃，1気圧）では、

気体名	密度(0℃, 1気圧) kg/m <sup>3</sup>
酸素	1.429
二酸化炭素	1.977

温度が上がると、体積が上昇し、密度が低くなる。これはシャルルの法則によって理解できる。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る。300℃以上になると二酸化炭素は空気より軽くなることと計算できる。結果的に、燃えた時にできる二酸化炭素は軽くなり、上の方にたまる。たまった二酸化炭素が多くなると燃えているろうそくは上の方から消えていくことになります。

ところで、4年生の実験において、暖められた空気は体積がふえることを学びました。このとき、軽くなることも、熱気球の例で知りました。上記のような難しいことを知らなくても、温められた二酸化炭素が上へ動くことが分かります。上の方から消えていく理由も理解できます。

**【まとめ】** [教科書記載](#)

物が燃え続けるには、絶えず空気が入れかわる必要があります。

## 1-2. 物を燃やすはたらきのある気体

### 【問題をつかもう】

物が燃え続けるには新しい空気が必要だと分かりました。ところが、古い空気と新しい空気はどのように違うのでしょうか。空気には形がありません。色もついていませんので区別ができません。勿論、空気は気体です。それぞれをどのように区別するのでしょうか。空気をつくる気体の性質を調べれば分かるでしょう。空気は、それ自身単一なものではありません。ちっ素、酸素、二酸化炭素などが混じり合ったものです。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にあるのかを、調べてみたくになります。

### 【問題】 教科書記載

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。⇒ 実験方法の工夫
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。

### 【実験方法の工夫】

ちっ素、酸素、二酸化炭素など、水にほとんど溶けない気体を集気びんに集める。このために、水上置換法を利用する。

### 【水上置換の特徴】

もし、水を使わず、下方置換（容器に直接気体を入れて、空気を追い出す置換法）を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。そこで、ボンベからそれぞれの気体を出し、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ビンに入れることができる。水中でビンにふたをすれば、気体をビンに集めることができる。

この方法を使えば、ほぼボンベの気体集めることができます。出入口を狭くして、ボンベノズルを容器の底まで入れて、多めに気体を入れると、取り扱いしやすい。

## 実験2 教科書記載

- A. 右の図のようにして気体を集気びんに入れる。（水上置換によって）
- 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】

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。 ⇒ 閉じ込められたビンの空気の中では、しばらく燃えてから火は消えた。すなわち、空気中の酸素が使われてしまうと火は消える。最初から酸素がなく、ちっ素や二酸化炭素だけが入っていると、火はすぐに消えた。
- ちっ素や二酸化炭素には、物を燃やすはたらきがない。 → 燃えている物に、ちっ素や二酸化炭素を吹き込むと火は消えるだろうか。

## 【まとめ】 [教科書記載](#)

- 酸素には、物を燃やすはたらきがあります。
- ちっ素や二酸化炭素には、物を燃やすはたらきはありません。

## 【コメント】

空気は78%のちっ素、21%の酸素、二酸化炭素とその他の気体1%で構成されています。そこで、子どもから質問がありました。

「なぜ、もっと酸素が多くても良いのに、どうして少ないのですか？」

この質問には、答えるのが大変難しい。大昔の地球をみよう。酸素が少なく生物はほとんどいなかったと想像されます。ところが、32億年前には海にシアノバクテリアが発生して、このバクテリアは酸素を作り出しましたので、地球が有毒な酸素で満ちあふれました。有害な酸素を少なくする生物が現れ、呼吸によって酸素を使うようになったと想像されます。現在のような酸素とちっ素になったのは、酸素の多い時代よりも大分後のことです。つまり、昔は酸素が毒だった時代があったのです。これは的確な答えにはなりませんが、有毒な酸素が多かったときもあったということを知っておいてください。

酸素は物が燃え続ける時に必要です。私たちが呼吸をして酸素を取り入れています。これも燃えていることと同じでしょうか？ 鉄に赤さびが出ることがあります。これも酸素で燃えているのでしょうか？ 酸素はいろいろなところで出てきます。酸素が使われることを「酸素化」といいますが、実は燃えることも、燃える物が「酸素化」されるのと同じです。

## 1-3. 空気の変化

### 【問題をつかもう】 [教科書記載](#)

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、もう一度入れると、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。閉じ込められたビンの中では、ろうそくの火はゆっくりと消えました。ところが、燃えた後のビンの中では、火はすぐに消えた。なぜ違うのでしょうか。燃やすための酸素が少なくなったため、と考えられます。それでは、どれほど少なくなったのでしょうか。

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】 教科書記載

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。

#### 【実験計画】

「どのように変わる」ということには、変化の 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。ところが、空気の変化の観察は色や形がないので、そのままではできません。ちょっと工夫がいります。二酸化炭素と反応する石灰水を用います。酸素や二酸化炭素の量は気体検知管で測定します。

#### 【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ことができます。

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ました。さて、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となりますね。というのは、ほかの物でもいいのではないかという意味ですから。

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ります。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、

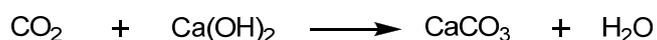
- ① 二酸化炭素は水に溶けると炭酸水になる。
- ② 炭酸水はアルカリと反応する。ただし、アルカリは水に溶けやすいこと。
- ③ しかし、反応して生成した炭酸塩が水に溶けにくい。すなわち、白く見える（白濁する）。

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  
 ことができます。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します。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（よく溶けること）を要しま  
 す。これらの条件を備えている物質を調べた結果、バリウムとカルシウムが該当しまし  
 た。確認のため、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しま  
 す。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となります。

バリウムとカルシウムの化合物の溶解度積のデータ

BaCO <sub>3</sub>	$9 \times 10^{-9}$	Ba(OH) <sub>2</sub>	$2 \times 10^2$
CaCO <sub>3</sub>	$4.9 \times 10^{-9}$	Ca(OH) <sub>2</sub>	$8 \times 10^4$

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」といいま  
 す。炭酸水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ませ  
 ん。反応式で示すと下記のようなになります。



### 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ますが、上記のように、それでなけれ  
 ばならない理由があるのです。勿論、小学生に理由を説明する必要はありません。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  
 形で示すことによって、最初に理由を聞いたかった子どもに分かりやすく答えました。

(溶解度積や化学反応式を用いることなく根拠を説明した)

### 【もう一つの問題】

二酸化炭素を石灰水に通すと、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。この現象は、二酸化炭素を長く吹き込む場合や、石灰水の濃  
 度が低い場合に起こりやすい。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。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。

### 【さらに注意したいこと】

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のが理由です。
2. もう一つ、実験を前の日に、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二酸化炭素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、ビーカーの液面の接点に不溶性の輪ができることがある。これは攪拌（かくはん）しても溶けず、ビーカーを洗うときにもブラッシングでも簡単にはとれないことがある。最終的には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。強アルカリは洗うだけで完全にとれず皮膚などに浸透するためです。石灰水のアルカリとしての強さについて、石灰水の飽和水溶液のpHは12.4であるが溶解度がナトリウムやカリウムなどのアルカリ金属の水酸化物（水酸化ナトリウムや水酸化カリウム）より小さいので、塩基（アルカリ）として弱い。

### 【実験3】 教科書記載

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】 教科書記載

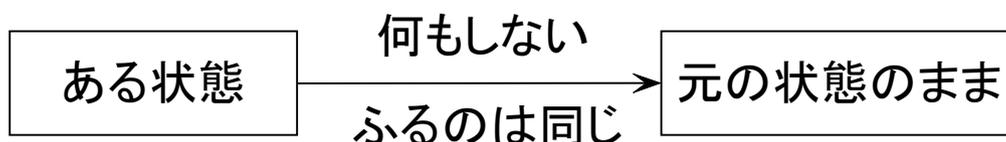
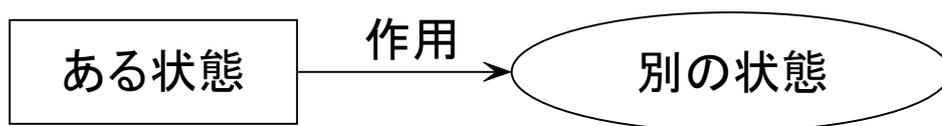
- A. 石灰水で調べる
  1. 2本の集気びんを用意し、それぞれに石灰水を入れる。
  2. 一方の集気びんに火のついたろうそくを入れて、ふたをし、火が消えたらとり出してふたをする。もう一方にはふたをするだけで何もしない。
  3. それぞれの集気びんを軽くふって、石灰水のようなすを調べ、記録する。石灰水は、白くにごるだろうか。
- B. 気体検知管で調べる
  1. 2本の集気びんを用意する。
  2. 一方の集気びんにふたをし、火が消えたらとり出す。もう一方にはふたをするだけで、何もしない。
  3. 気体検知管を使って、それぞれの集気びんの中の空気にふくまれる酸素と二酸化炭素の体積の割合を調べる。  
二酸化炭素の体積の割合は、0.5～8%用と0.03～1%用の両方の気体検知管を使って、調べる。

### 【気体検知管の価格について】

- 1本あたりの定価 酸素検知管 ¥460.- 二酸化炭素検知管はいずれも ¥170.-
- 1回使用の気体検知管価格 ¥800.-
- この実験ではろうそくを燃やす前と燃やした後の2回測定する。合計 ¥1,600.-
- 班編成で実験する場合、¥1,600×班数になるので、1～3万円かかると計算される。
- これに対して、デジタル気体測定器がある。酸素・二酸化炭素を同時測定でき、デジタル表示される。便利のように思えるが、測定器本体の価格 ¥55,000.-、センサー交換は約2年であるので、経済的かどうか、使用頻度に依存する。センサー交換費用 ¥15,000.- 1回の測定に要する時間：2分弱、気体検知管の場合：1.5分なので、ほとんど差がない。

#### 【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。



#### 【大切なこと】

ふるだけでそれ以外に何もしないなら、そんな実験はしなくてよい、という意見が子どもたちから出ることがあります。指導書に、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ます。確かに、比較実験は大切です。当たり前と思えることも、細かいところで条件が変わっていたり、少ししか変わらない時には誤差が問題となります。比較実験をすると、相対誤差は小さくなるので、精度よく数値評価できます。

また、この実験では、注意深い観察をすることも大切です。何もしないで石灰水を振ると何も変化しないと想像しますが、実験をすると、ほんの少し白濁します。実に、このような発見が新しいことにつながる 경우가多くあります。そうなのです。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のです。空気中にはすでに二酸

炭素がわずかにあって、物を燃やすと、より多くの量の二酸化炭素ができる、と正確な理解ができます。もし、比較実験をしなければ、こんなことも分かりません。よしんば、物を燃やした後に石灰水を入れてふると白濁しても、はじめから二酸化炭素があったと言われると困りますね。どんな実験でも、比較実験は必要です。このことは学術研究においてもよく報告されています。基準実験、ブランク実験や比較実験といわれる実験が論文にはいつも掲載されています。

#### 【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先はできるだけろうそくを入れた場所近くにする。もし集気ビンの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%

#### 【結果に対する考察】

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と推測される。すなわち、酸素は4%減って、二酸化炭素は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外気が入ってきたので体積の割合が小さくなり過ぎた。厳密に言えば、いずれの場合でも再実験の必要があると考えられる。

#### 【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。酸素が4%減れば、二酸化炭素は4%増えると予想することができる。

### 【理科のひろば】

#### 【応用実験1】 いろいろな物の炭をつくって燃やしてみよう

1. 材料：割りばし、ダンボール、ガーゼ、かれ葉、タケノコの皮、コーヒー豆を、長さ3 cm以下にして用意する。  
器具：アルミ製の食器（昔の給食食器）アルミホイル、ルツボばさみ、コンロ、金網、チャッカマン
2. 次のように実験をする。
  - (ア) 材料を5個ほど、アルミ食器に入れる。
  - (イ) アルミホイルで完全にふたをし煙が縁からもれないようにする。
  - (ウ) アルミの中央に鉛筆で2~3φmmほどの穴をあける。
  - (エ) 上記のように準備したアルミ食器をコンロの金網の上に乗せて最初は弱火、1分後には中火か強火で焼く。
  - (オ) 穴から白い煙が出、そののち薄い青色の煙が出る。10分間以上加熱し、食器を1分間さましてから、ルツボばさみで、コンロからおろす。
  - (カ) さめてからアルミホイルをやぶり、材料の炭をルツボばさみではさんで、チャッカマンで火をつけて、燃え方を観察する。

### 【結果】



上段の左から右へ次に下段の左から右へ、

コーヒー豆、割りばし、ガーゼ、タケノコの皮、ダンボール、かれ葉

全ての材料の炭づくりができた。炭を燃やすと、ガーゼは直ぐに燃え、ダンボール、かれ葉は徐々に燃え、割りばしとコーヒー豆は燃えきるまでに、時間がかかった。灰はどれも灰色か白色になった。

《注意》 燃やす時にノートや教科書をしまう。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（10分以上）コンロなどを手で触らない。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。ガーゼは薄く崩れやすいので注意する。

### 【理科のひろば】

#### 【私たちの暮らしと空気に関して調べる】

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 → ツバルという国が海面上昇によって沈む

課題として： 二酸化炭素と海面上昇とどのような関係にあるかを調査する。教科書189ページには過去500年の気温と二酸化炭素の割合の関係グラフがある。

#### 【鉄も燃える実験】

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。

《実験の注意》 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、落とそうと思って外から指でついたところを触らないように。また、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—なき，Kむらどうりよくかると，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：ストロンチウム      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。

金属イオンの入手に関して，カリウムはヨウ素液で代替，銅は緑青を塩酸に溶解して用いる，カルシウムは石灰水を代用，リチウム，ストロンチウム，バリウムの塩は買うことになる。

#### 【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 ほど入れる。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か。

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》 実験を試みる。

《結果》 ②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》 もしかして，二酸化炭素が水に溶ける！？ それじゃ，ペットボトルの水に二酸化炭素が溶けたかどうか調べてみよう。二酸化炭素が水に溶けたかどうか分かるにはどうすればよいか。そうだ，石灰水を加えて調べてみたら分かるはずだ。二酸化炭素が溶けていたら，石灰水でにごるはずだ。

《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。水だけを入れたものを，同じようにふって見た水も調べた。二つを比べてみると，二酸化炭素を入れた水の方が白い。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】 教科書記載

食べ物は、口の中で、どのように変化するのだろうか。

#### 【コメント】

どのように、と書かれているが、食べ物の目に見える形の変化を言っているのではなく、「だ液が飯つぶ（の成分）を変える」ことを指している。ところで、だ液って何だろう。勿論、だ液はバイキンではありません。水だけではありません。でもほとんどは水です。（99.5%） それでは、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。このタンパク質はわずかな量でも、体の中では食べ物を変える大変大きな役割をしています。このような、だ液の役割を調べる実験をしてみましょう。

#### 【実験1】 教科書記載

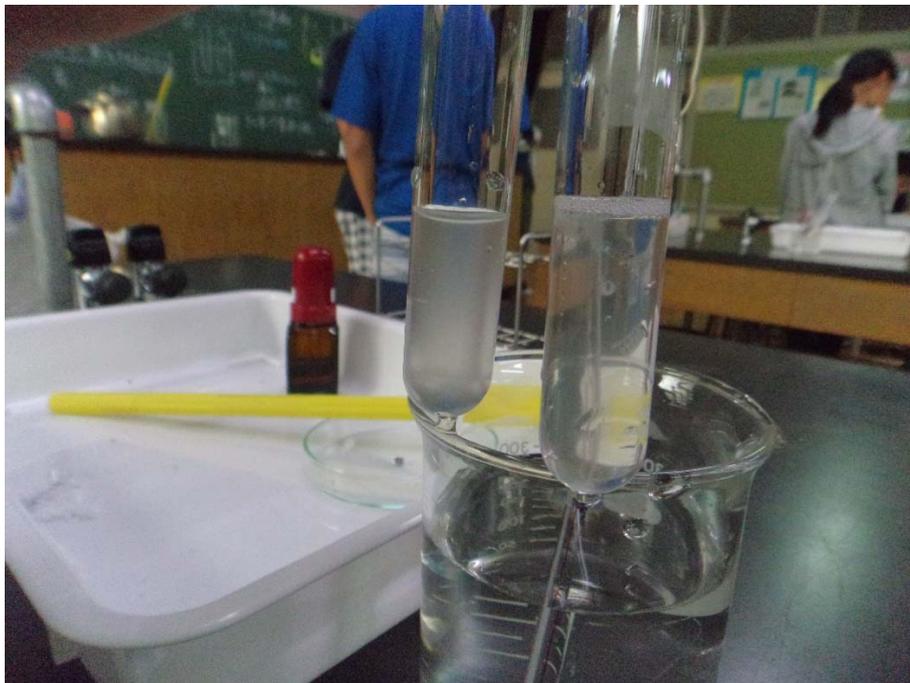
だ液がでんぷんを変化させるか調べましょう。（教科書の記載）

#### 【実験順序】 教科書記載

1. ご飯つぶを湯にもみ出して、試験管⑦と①に入れる。
2. ①だけに、だ液を少量入れる。

3. ㊦㊧を湯であたためる。
4. ㊦㊧にヨウ素液を入れる。

【結果1】 3の結果 右：だ液を入れたもの， 左：そのままのもの



【結果2】 4の結果 無色のもの：だ液を入れた， 青むらさき色のもの：そのまま



## 【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、ガーゼを用いると取り扱いやすい。ところが、近頃、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、ヨウ素の反応をする。薬局では、二つ折りにした10cm角のガーゼも売っているので便利である。

用いるご飯つぶは茶さじ一杯分あればよい。また、40℃でもみ出すのは、口の中と似せるためである。試験管に入れると温度が下がるので、少々高めがよい。また、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。

試験管⑦⑧に入れる液の量は、5 mL程度がよい。多くすると唾液と混じり合わないため変化が現れないかわずかになることがある。

- 実験操作2に対して：

だ液の量は極端に少ない場合は時間がかかる。だ液をストローで入れるが、試験管のかべにくっついて液と混ざらないことがある。試験管を手のひらに軽く当ててふると混ぜることができる。

- 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酵素（アミラーゼ）は37℃が最適温度であるので、冷めることを考慮して40℃というのは設定温度としては適切である。時間は10分となっているが、だ液の量や湯の温度に関して長くする場合もある。

【観察と反応】 教科書には書かれていないが、だ液を加えた溶液は、加えない溶液と比較して、透明度に差が現れる。だ液を加えた方の透明度が高い。この原因はだ液によってでんぷんが消化され、水溶性の糖であるマルトース（グルコースの二量体）ができるためです。反応が終わったかどうか調べる目安となります。

- 実験操作4に対して：

ヨウ素液の濃度は市販の0.05mol/L溶液を（青むらさき色にするには10–15倍希釈がよいが）8倍ほどに希釈する。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全体を包むようにする。

## 【結果】

1. 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かった。

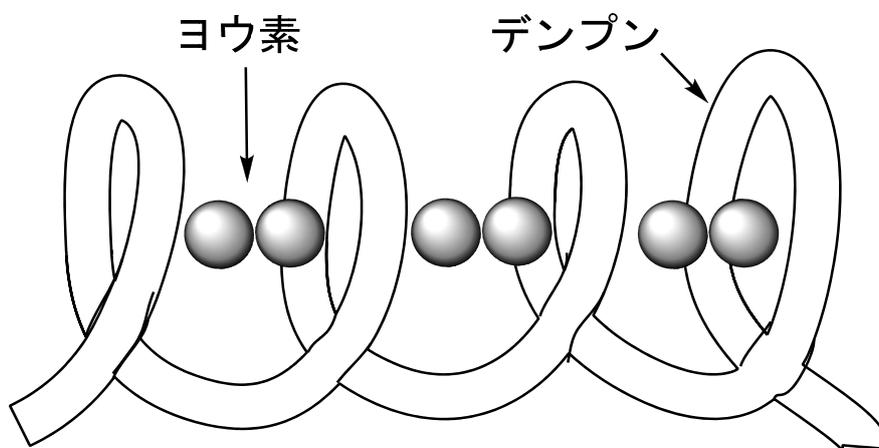
2. だ液を入れなかった液は、ヨウ素液で青むらさき色になった。

《注》必ず、1、2の両方の結果を書く。理由は、比較実験（前掲）をすることにあります。たとえば、実験操作3において、だ液はでんぷんを分解するができた糖を分解しないことも推定できる。

### 【考察1】 青むらさき色の退色について

でんぷんはだ液の作用で分解されました。これは、だ液によってでんぷんは他のものになったこととなります。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。

何ができたのでしょうか。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。



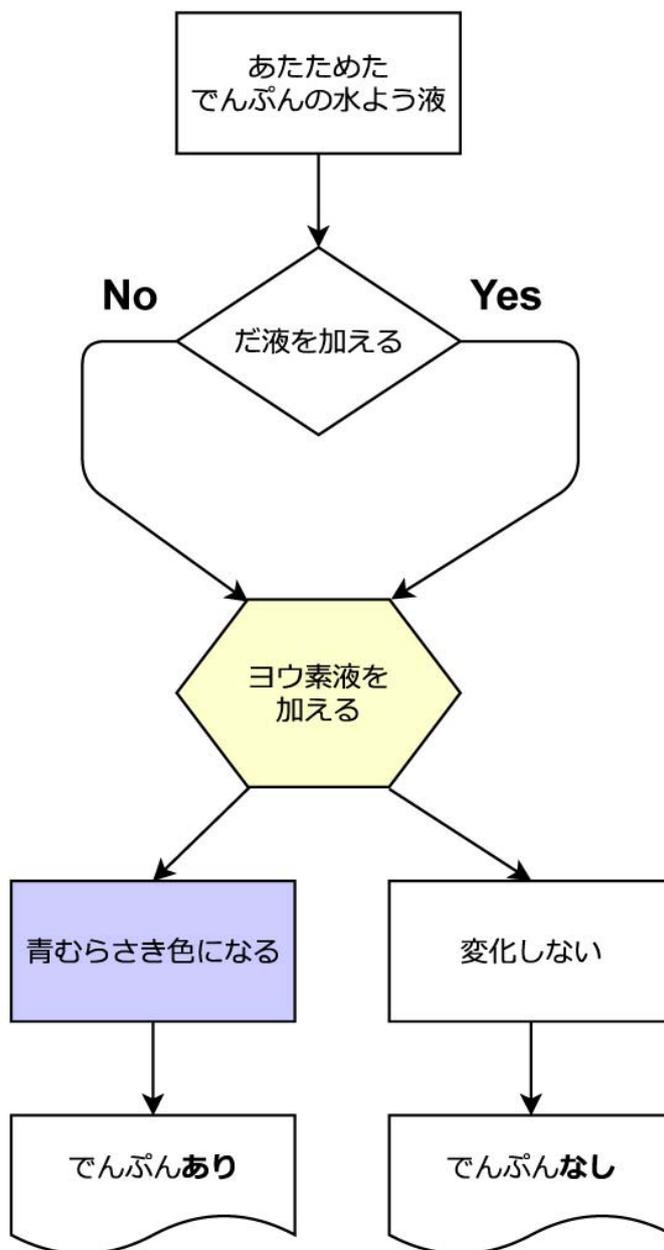
### 【考察2】 ヨウ素液について

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ことです。ところが  $I^-$  や  $I_3^-$  のようなイオンはデンプンのらせんの中に直接入ることができない。このらせんの内側は疎水性であるためです。入るのは疎水性の  $I_2$  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  $I_2$  は使われます。平衡反応は偏るのでそれを保つために  $I_3^-$

が使われる結果になります。これは、あたかも  $I_3^-$  が油と水の中へそれぞれ分かれていくように見えます。

【フローチャート】

だ液によってでんぷんは変わるか。でんぷんが含まれるか、含まれないかを調べるためヨウ素液を用いる。実験操作をフローチャートによって以下に示す。



## 理科のひろば 教科書記載

### 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

### 肝臓のはたらき 教科書記載

小腸から吸収された養分は、血液によって、肝臓に運ばれます。肝臓は、運ばれてきた養分の一部を一時的にたくわえ、必要なときに、全身に送り出すはたらきをしています。

## 2-1. 呼吸のはたらき

### 【問題】 教科書記載

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】 教科書記載

空気、空気の中の酸素、などが考えられる。

### 【計画しよう】 教科書記載

石灰水を使う。気体検知器を使う。

### 【実験2】 教科書記載

#### A. 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。

#### B. 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ふ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】

- A. 石灰水は白くにごった。 → 二酸化炭素が、はきだした空気にふくまれる。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、わずかに白く見えたが水よう液はほとんどどうめいであった。

### 【コメント】

必ず、空試験（ブランク実験）をすることが大切です。そのため、まわりの空気も調べた。この空試験はすでに5年生のときに学んでいます。すなわち、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、空気のようにすべて同じにします。

- B. 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。このとき、二酸化炭素が1~2%になり、酸素が20%になることがある。これは実験操作のまちがいではない。相対%が大切であるので、増減をはっきりさせる。教科書記載の結果が得られないことに神経質になることはありません。これは第二の問題です。むしろ、同じ操作をすれば同じ結果が得られる方が大切です。次に、吸った空気中の酸素がすべて使われるわけではない。はき出した空気はすべて二酸化炭素ではなく、酸素も含まれている。

また、よく観察すると、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。これははき出した空気に水がふくまれているためである。

日常、種火（たねび）を吹いて火をおこすときに（火吹き竹を使って）口でふくことがあります。すべて二酸化炭素なら火は消えてしまいますが、火は燃えます。また、はき出す空気に水分があることを使って、乾いている手に息を吹きかけて湿らすことがあります。

### 【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。

### 【理科のひろば】

他の動物は人と同じでしょうか。ウサギは肺呼吸です。魚はえらを使って呼吸します。水の中に酸素はあるのでしょうか。あります。空気が水にとけるのでしょうか。魚が住んでいるところでは水草があります。その水草から出る酸素は水にとけます。水に

とける酸素の量は多くありませんが、水の中の動物はそれを使っています。肺の代わりにえらを使いますが、このところに血管が通っていて酸素を取り入れます。

### 2-3. 血液のはたらき 教科書記載

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】 教科書記載

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】 教科書記載

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。

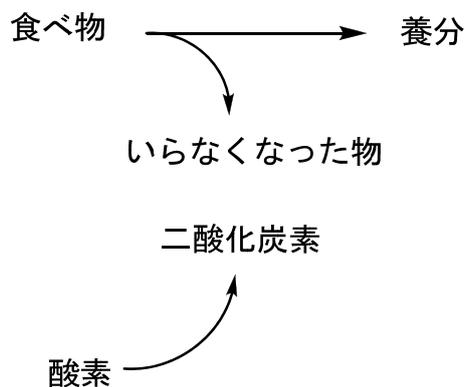
#### 【コメント】

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、出口にはベン（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】 教科書記載

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】

メダカかわりに、ドジョウを用いた。理由はメダカは観察時間が10分以内と短く、低温で観察する操作に手際よさを要するためです。

【参照動画サイト】

<http://kyoushoku3.shinshu-u.ac.jp/smap/uploads/medialinks/0026/32-CST.wmv>

準備するもの： ①生きたドジョウ ②水道水でない冷水 ③水道水でない水でつくった氷一欠片 ④ペトリ皿 ⑤300mLビーカー ×2 ⑥駒込ピペット ⑦ガーゼ ⑧ガラス板 ⑨(双眼)顕微鏡(40倍, ただしレンズとの距離が1cmほどあれば100倍でも可能) ⑩ようじ

操作：

1. ビーカーの口をガーゼで覆う。
2. ビーカーに入れたドジョウをガーゼの上に移す。
3. ガラス板をガーゼのドジョウの上におく。
4. ひっくり返してガラス板の上のドジョウをガーゼが覆うようにする。
5. 少しピペットで水をガーゼにかける。
6. ドジョウの曲がったところに小さな氷をのせる。
7. ガーゼをめくって尾びれを出し、ようじで整える。
8. ガラス板をステージにのせて観察する。

【コメント】

ドジョウはメダカよりも丈夫なので、観察が 20 分観察に使った後、水槽に戻せば無事生きている。尾びれの血流を観察して絵を描くが、血流の方向を示す方がよい。尾びれの黒い斑点は模様であり、血液ではない。このことを適宜、示唆するとよい。

顕微鏡は双眼顕微鏡を用いたが、倍率 100 倍の顕微鏡も使うことができる。顕微鏡によって、焦点を合わせるため筒の上下の移動が物の近くでしかできないこともある。その場合は高倍率では使用できない。

#### 2-4. 人のからだのつくり

【憶えておくこと】 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。

【まとめ】 [教科書記載](#)

人やほかの動物のからだの中には、さまざまな臓器があり、人やほかの動物は、それがたがいにかかわり合いながらはたらくことで、生きています。

### 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のように移動するのでしょうか。

#### 【問題】 教科書記載

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。

#### 【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して移動するのかなあ。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のでしょうか。では、この通路をどのようにすれば見えるのか、実験の方法を考えましょう。そのために、色水を使うことを考えました。

#### 【実験1】 教科書記載

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、中のようにすを観察する。

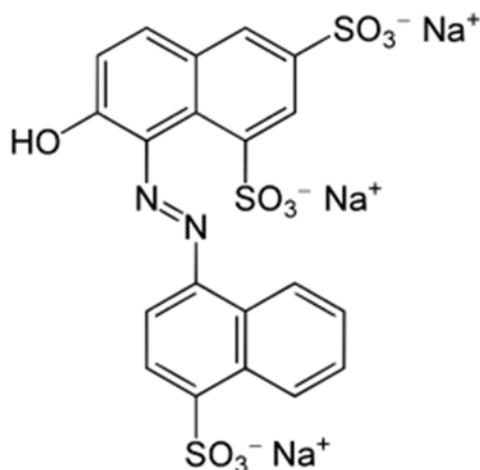
#### 【コメント】

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。

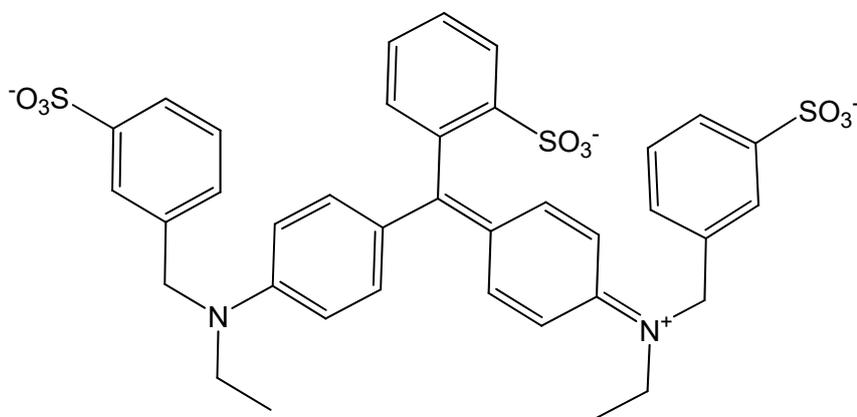
しかし、色水をつくって水の通り道を調べるためにどのようにするか、実験準備は簡単とは言い難い。問題点を明らかにして解決方法を例示する。

- 1-1. 色水の種類 教科書に書かれている「食紅」は人工色素を含めて、天然色素も含まれている。天然色素は安全性が高いと考えられるが、価格と染色性・安定性に難点

がある物が多い。人工色素が用いられる。よく用いられる食紅は赤色 102 号とシクロデキストリンの混ぜたものである。赤色 102 号は、温水に溶け濃い溶液を準備できる。青色色素であるブリリアントブルー FCF はシアニン系色素である。



赤色 102 号 (英名 : New Coccine 日本語訳 : ニューコクシン, 別名 : アシッドレッド 18, スカーレット 3R, ポンソー 4R)



ブリリアントブルー (英名 : Brilliant Blue FCF, 和名 : アシッドブルー 9)

1-2. 水溶性色素を用いると、けんび鏡で染色場所を調べるときに色素が流失することがある。そのために色素固定が必要となる。宇都宮大学教育学部研究紀要 (2016) にはゼラチンを用いる固定化法が紹介されている。実験温度が 40℃であるため恒温槽を用意しなければならない。

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。回収後再利用できる。ただ、経年劣化もあるので、

暗所、冷所に保管が勧められる。

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、アレルギーに対する記載は見つからなかった。

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、水に溶けた大きな色素分子は細胞膜を透過しない。
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>

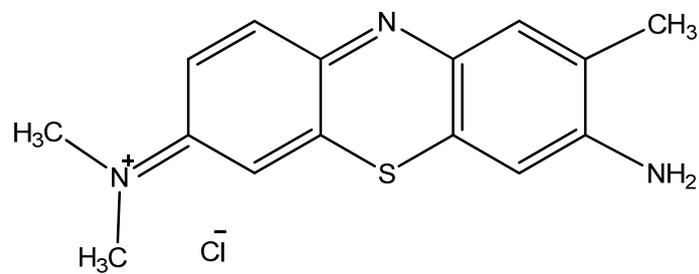
マイクロメーターを利用すると厚さ  $10\mu\text{m}$  まで切った例がある。しかし、通常、 $40\text{--}50\mu\text{m}$  に切ることが多い。

【写真：簡易ミクロトーム】

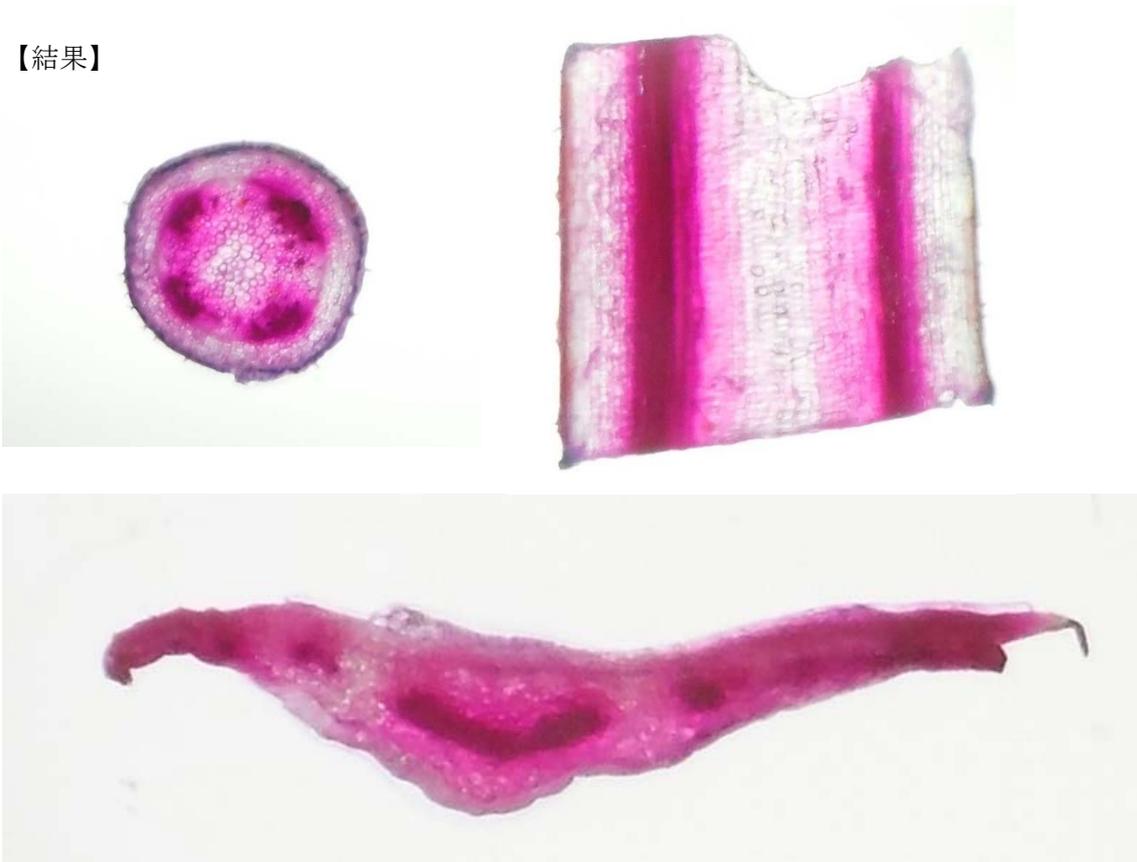


【ちょっと難しいが】

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。



【結果】



結局、茎の道管ははっきり染色でき、顕微鏡観察できた。道管は濃く染色されたが、師管は薄く染色された。この染色時間は1週間行った結果である。

なお、ファンタジー色素を使ったときに、師管は薄い色に染まるが、管壁があることを顕微鏡観察できた。師管は光合成した養分を根に送る役目をしている。

### 【問題提起】

根から茎を通して葉にまで通った水はどのようになるのだろうか。水の流れは、動物の血液の流れに似ている。すると、植物は養分を運んでいることになる。

### 【問題】 教科書記載

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。

### 【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。川の流れと同じに考えると、上から下へ行く流れは簡単である。しかし、どのようにして、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】 教科書記載

1. 葉が付いたホウセンカと葉をとったホ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。

### 【コメント】

この時期は曇りや雨の日が多い。曇りの日にはこの実験は難しいと考えがちだが、明るい曇り日は実験できる。雨の日には、工事用のランプ（150W）を使って、行ったところ、10分ほどで、ビニールに曇りが見られる。20分で十分に光を当てることができる。一般には曇りの天気でも蛍光灯の室内よりも10倍ほど光（強度）は強くなる。

### 【結果】

- ① 葉がついたホウセンカのふくろの内側に、水てきが、多くついた。
- ② 葉がない方にはほとんど水てきはつかなかった。ほんの少し水てきがついた。

### 【コメント】

結果②： 葉がない方でも、少し水てきがついたのはなぜでしょうか。

このような問題が出題されています。考える点では大切なことかもしれませんが。しかし、葉から蒸散することを学ぶのが本流と理解する方がよい。

ここで、この問題を考えると、僅かな水はどこから来るのであろうか。蒸散がなければ、わずかな水は出てこないはず。出てくる可能性部分として、茎、土が考えられます。ビニール袋を茎の所でしばると、土の可能性は除去できます。茎だけの状態にしても蒸散することが考えられます。茎にはわずかに水を蒸散させる、はたらきがあります。結論：僅かであるが茎からも蒸散する。

さて、葉からの蒸散が多いと理解できましたが、葉の表か裏かどちらからであろうか。これを調べるには葉の裏表をそれぞれ覆って、蒸散を防ぐ実験をしなければならぬ。これは中学生の理科になる。実際には多くは葉の裏側である。ワセリンをそれぞれにぬって、水の吸い上げ方を見る実験がされ、裏側であると証明されている。

#### 【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。30m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高い木の先まで登って行くしくみは興味深い。水が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。

確かに毛細管現象では10mまでしか上へ行くことができない。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る。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、蒸散が少なくなり、水は上へ上がっていかないことになる。しかし、40mもある高木の先の葉は少ないが、活発に生育している。これに対する答えはまだ見出していない。

#### 【理科のひろば】

葉の表面を観察してみよう。気孔の顕微鏡観察（倍率 400 倍）

- 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）。

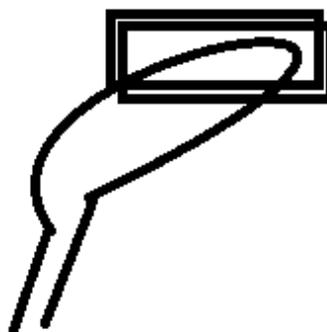
モチノキの葉をはがしたときの裏側のうす皮を下図に示す。



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。

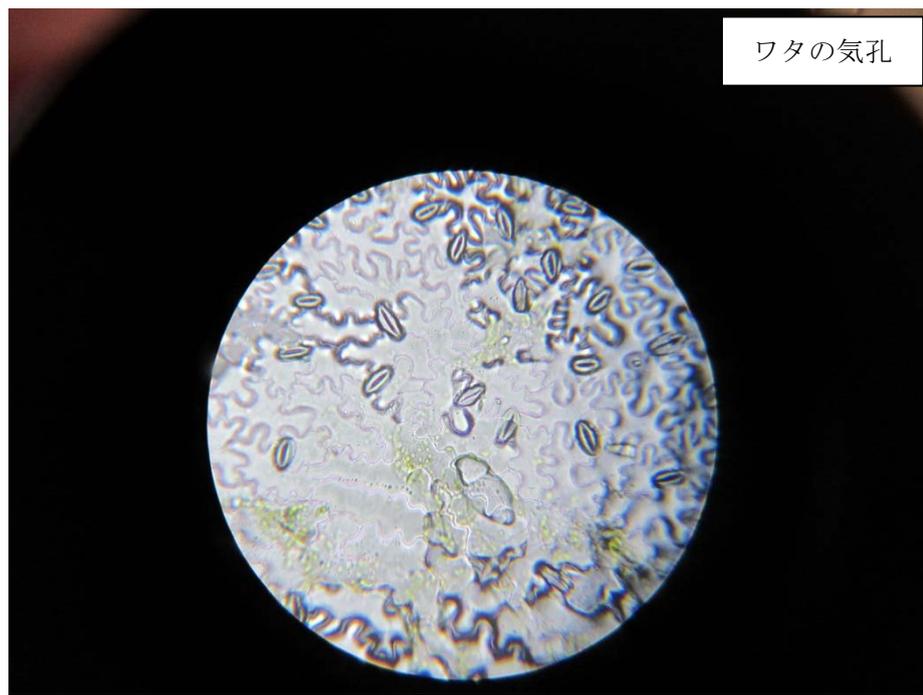
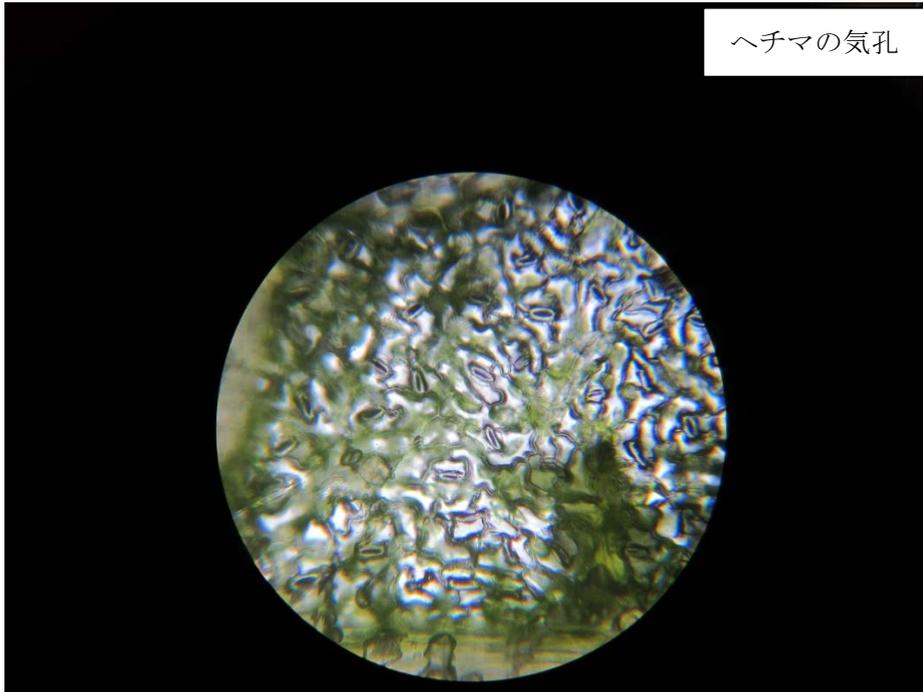
#### 【裏側のうすい皮のはがし方】

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におせ、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直接はりつけるとプレパラートができる。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。



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】 教科書記載

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】

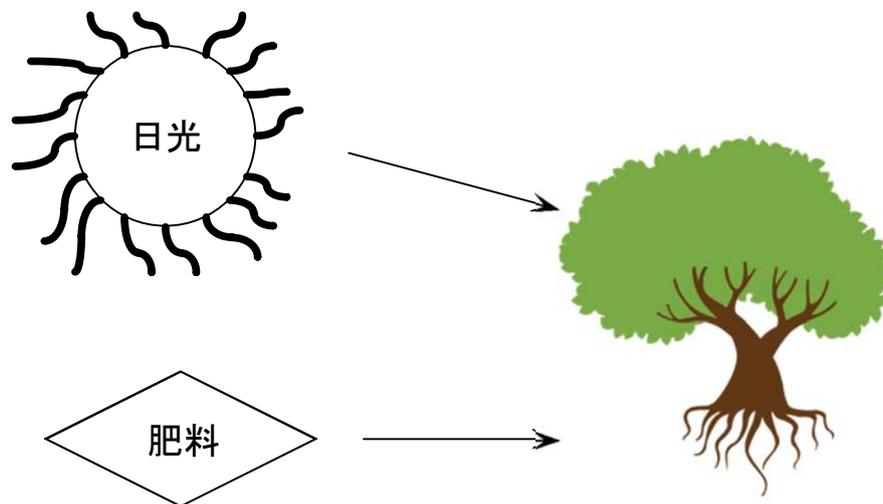
子葉のでんぷんがなくなったとき、養分であるでんぷんはどこから植物はとるのであろうか。日光と肥料が植物の成長に必要であった。日光を当てない、あるいは、肥料をあたえないと、植物は成長しなかった。すなわち、日光と肥料のどちらもでんぷんをつくるには必要である。植物は肥料があると、日光をあたえると、養分であるでんぷんをつくと考えられる。

#### 【問題】 教科書記載

植物の葉に日光が当たると、でんぷんができるだろうか。

キーワードは植物の葉、日光、でんぷんである。

#### 【実験計画をたてよう】



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】 教科書記載

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。

【実験準備】 エタノール法

- 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。他にクローバーやコリウスも葉が柔らかいので取り扱いやすい。
- ② 日光を当てないためにアルミホイルを使う。
- ③ 葉を区別するために、はさみで切りこみを入れる。アルミホイルでかぶせると、きざみが見えないので、教科書のように㉞, ㉟, ㊱を左から右へ決めておくか、または、マーカーで㉞㉟㊱を書いておくのがよい。
- 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。温度はエタノールの沸点近くとなっているが、湯浴を80℃以上にする。
- ⑤ エタノールで脱色後、通すお湯をバットに準備する。
- ⑥ ヨウ素液は市販の0.05 mol/L 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ホイルでおおいをして、日光が当たらないようにしておく。
2. 晴れた日の朝、㉞と㉟のおおいをはずして、㉞にでんぷんがあるか調べる。
3. 午後になったら、㉟と㊱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おく。

葉の名前	前日の午後	晴れた日の朝	同じ日の午後
㉞	おおいをする	おおいをとり、熱アルコールで緑色をとり、ヨウ素液	
㉟	おおいをする	おおいをとる	熱アルコールで緑色をとり、ヨウ素液
㊱	おおいをする	おおいのまま	おおいをとり、熱アルコールで緑色をとり、ヨウ素液

【実験上の気をつけること】

1. アルミホイルでおおう時、葉全体をおおうようにする。くきやえだはおおわない。

- 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。曇りの日にも実験できる。蛍光灯の光より戸外の方が約10倍明るい。
- 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。完全に脱色することは難しい。薄めた漂白剤を用いることもある。それぞれの液の濃度は後述されている。

#### 【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むらさき色は見やすい。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、ヨウ素液をかける前に、クロロフィルなどを除くため、市販の漂白剤（塩素系）を10倍ほど薄め、ろ紙を漂白すると青むらさき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。なお、漂白剤が濃いと葉が溶けてしまいます。

#### 【結果】

結果を表にしてまとめると、下記の表のようになった。

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	青むらさき色
㊨ おおいをしたままにした葉	うすい緑色がまじった白色

表からわかるように、㊧だけがヨウ素液で青むらさき色になった。

#### 【考えよう】

- ・でんぷんがあるとヨウ素液をかけると青むらさき色になる。
- ・㊦の結果から、夜の間いでんぷんができなかった。
- ・㊨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。  
∴ 日光が当たらないとでんぷんはできないから。

【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、水や空気とともに、日光や肥料が必要です。これは5年生のときに出てきましたね。日光を受けるのは主として葉です。葉が日光を受けると、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。根において、でんぷん以外のもの（水にとけた物）を吸収します。植物の成長には、これらが必要です。今まで、学んだことが、おたがいに、どのように関係して成長するのか、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。次の日の朝に葉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。

使われてなくなったのでしょうか。葉以外のところへでんぷんは運ばれたのでしょうか。

こんなことが考えられます。たとえば、芽や花の成長のために使われ、種子や根には、でんぷんのまま、たくわえられることです。

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。でんぷんのつぶはもう少し小さなつぶとなって水に溶けやすくなり、養分として動くのです。この養分が根では「いも」に、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、種子の胚乳（はいにゅう、子葉になるところ）にでんぷんがありましたね。

【コメント】

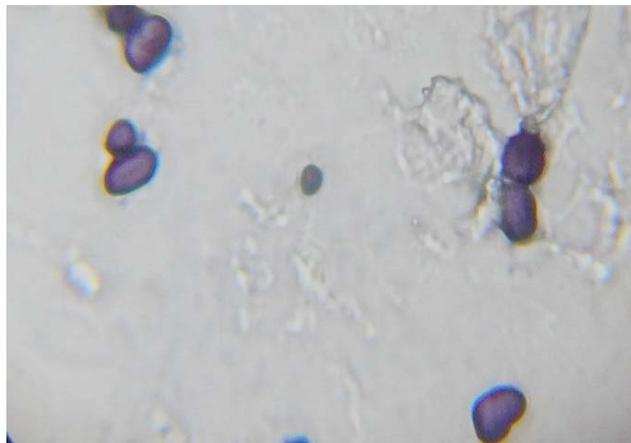
でんぷん粒をけんび鏡で見よう

ジャガイモやインゲンマメのとう明な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。とう明な物は見ることができないはずですね。

どうして見えるのでしょうか。これは光の屈折率がちがうために、さかいめが見えるのです。たとえば、水に油を1滴たらすと、両方ともとう明ですが、油のさかいめが見えます。塩を水にとかすとき、塩のまわりに濃くとけた、とう明な部分が見えましたね。これらは屈折率の差で分かることなのです。

さて、でんぷんのつぶが見えるようにするには、ヨウ素液を加えます。すると透明なでんぷんがある部分は青むらさき色となるのでわかります。けんび鏡観察するとき、青むらさき色のつぶの大きさはそれぞれちがひがあります。このつぶを倍率100倍で見ることができます。くわしく見るためには400倍にします。青むらさき色のついたつぶとして見るためには、少し濃いヨウ素液で、ほんの少し黒く見える程度にしますと、けんび鏡できれいな青むらさき色が見えます。なお、でんぷんの種類によって、色がつかないものもあります。つまり、含まれるアミロースの量に依存します。

(ジャガイモで強く、モチで弱く) これはでんぷんに含まれるアミロースの量に関係します。同じくでんぷんに含まれるアミロペクチンはヨウ素液に対して青むらさき色を示さない。



## 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ます。メダカは小さな生き物を食べています。動物には、主として動物の肉を食べる肉食動物や葉などの植物を食べる草食動物がいます。

#### 【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) 考えようのところの図を見て、「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、バッタの間で、食べられる側から食べる側へ → を用いて示そう。

#### 【理科のひろば】 教科書記載

ダンゴムシがかれた植物を食べるようすを調べてみよう

落ち葉をしめらせて、ダンゴムシを飼育すると、ダンゴムシは落ち葉を食べていることを調べることができる。他に植物がなく、そのふんがあることを見ればダンゴムシが落ち葉を食べたことになる。しかし、これには少々飛躍がある。ダンゴムシは土を食べて生きているかもしれない。もし、ダンゴムシが死んだ場合、食料となる落ち葉があっても生きることができなかつたので落ち葉はダンゴムシの食料として必要でないかもしれない。そこで、色々な条件を考え、ダンゴムシと落ち葉だけにする必要はある。変える条件は落ち葉があるかないかだけにする。それでも、大筋では、ダンゴムシは落ち葉を食べ、そのふんが土にもどる。小さな生態系をみると、不要と思われる落ち葉も小さくするダンゴムシがいて、無駄がないようにはたらいっていることが分かる。逆にダンゴ

ムシがいなければ落ち葉がいつまでもたまることも考えられる。食物からみると、連鎖が持続可能なしくみになっていることも知ることができる。

#### 【理科のひろば】

生き物どうしの「食べる」「食べられる」という関係の例

水の中の小さな生き物 → メダカ → サギ

#### 【コメント】

この食物連鎖の頂点にあるサギは底辺にある水の中の小さな生き物を食べることができない。この三者の中で役割は、サギは「食べる」役割、水の中の小さな生き物は「食べられる」役割をしている。メダカは「食べる」「食べられる」両方の役割をしている。では、水の中の小さな生き物だけにしておけば、無数にふえるのであろうか。水の中の小さな生き物には動物プランクトンと植物プランクトンがいる。植物プランクトンを動物プランクトンは食べる。植物プランクトンは、日光と、死んだ動物プランクトンを養分として成長する。水の中の小さな生き物の間でも「食べる」「食べられる」の関係がある。そのために、水の中の小さな生き物を観察するために顕微鏡を用いる。

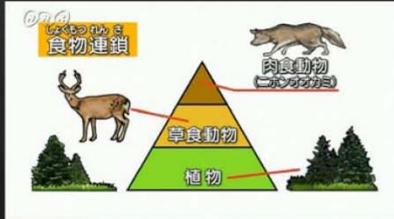
新指導要綱では、水の中の小さな生き物の顕微鏡観察が、5年生から6年生になる。今まで、5年生において、メダカの食べ物の中にある小さな生き物であるミカヅキモやミジンコをけんび鏡で観察した。プランクトンを5年生であつかうのは、メダカが「食べる」食料であった。しかし、6年生であつかう場合は、食物連鎖の底辺という考え方となる。

#### 【理科のひろば】

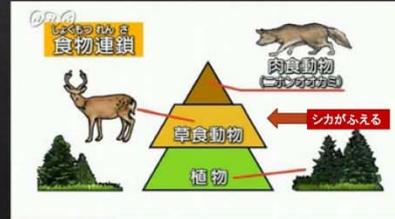
「食べる・食べられる」の関係について、食物連鎖として、教科書にはチーター ← トムソンガゼル ← 植物とサメ ← カツオ ← イワシ ← 水の中の小さな生物の写真が載せられています。陸の生き物と海の中の生き物を見ると、矢印の先にはチーターやサメが示され、食物連鎖の頂点に立つように見えます。

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きます。ある時、一つの種の数が際立って増えると、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。[発展]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 で確かめてみましょう。

### 自然ではバランス



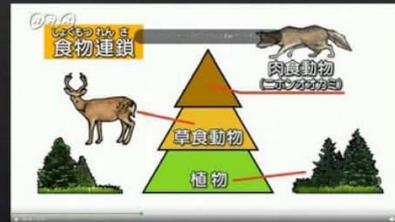
### もし、異常にシカがふえる



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、外来生物があります。たとえば、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であるススキ、ヨシ、や 在来種であるオイカワ、ヨシノボリなどがそれぞれ、生き続けていくことを難しくしています。

- 国立環境研究所の侵入生物データベースより、  
セイタカアワダチソウ： 在来種と競合して繁殖する。

<https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/80600.html>

オオクチバス： 在来種を捕食して繁殖する。

<https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/50330.html>

## 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】 教科書記載

植物が、空気中に酸素を出しているのだろうか。

## 【実験1】 教科書記載

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。  
ストローを使って、ふくろをかぶせたハウセンカに息を入れた。息を入れる前にふくろを小さくしてから入れた。
2. 気体検知管を使って、ふくろの中の空気を調べる。  
デジタル気体測定器を用いて初めの測定をした。
3. 植物を、1時間ぐらい日光に当てる。  
20分～40分間、戸外の明るいところに出した。
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。  
デジタル気体測定器を使って測定した。

## 【デジタル測定装置の利用】

気体検知管の代わりに、「デジタル気体測定器」を用いた。理由は、測定に要する時間が2分以内で終わることができ、酸素と二酸化炭素を同時測定できるためです。実験の時期には日光が現れない曇り空や少雨が多い。そんな条件でも、戸外での測定をし

た。30－40 分間、戸外の明るいところに出しておいた。これは、室内でのランプ照射より変化量が大きかった。



デジタル気体測定器の一つ，センサーはコードの先にある

#### 【結果】

	酸素	二酸化炭素
初め	16%	5%
30 分間後	18%	3%

#### 【考察】 気体成分の交換について

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を意味します。

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ます。当然，ちっ素の量は変わっていないと考えられます。光自身が気体（物質）に変わることもない。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と仮定できます。しかし，ふくろの中には水がある。葉やくきもある。つまり，気体以外に，液体や固体はあります。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，と仮説をたてます。仮説に合った実験をするため，厳密には，気体以外に液体や固体を全く同じ状態にしなければなりません。全く同じ条件する

のは難しい。しかし、くわしく研究された結果から、光合成によって気体の中で交換が起こることが知られています。具体的に、酸素と二酸化炭素は1：1交換される。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。これらの増減分は気体の体積を指していますが、同時にモルにおいても1：1交換を意味しています。ここで、注意しなければならないことは、体積は変わらないが、構成するつづの成分は変わっています。見かけ上、二酸化炭素の炭素は植物に取り込まれます。結果的には取り込まれた炭素はでんぷんなどに変わります。小さなつづの部分まで含めて、光が当たる前後で重さはかわりません。

【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。

このことから部屋の酸素も夜は植物も使っていますが、計算した最大の量は人の呼吸で使う酸素の量の0.1%ですから、実際は無視できる量になります。

くわしくは、日本植物生理学会の「みんなのひろば」に書かれています。

[https://jspp.org/hiroba/q\\_and\\_a/detail.html?id=905&key=&target=](https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=905&key=&target=)

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 度以上の開きがあります。昼間はとてもあつくて乾そうしていますが、夜になると霜（しも）がおることがあります。わずかの水をと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。

砂漠に生息する昆虫の一つにフンコロガシがいます。その生態をとらえたフィルムと解説を含む TED に動画があります。

[https://www.ted.com/talks/marcus\\_byrne\\_the\\_dance\\_of\\_the\\_dung\\_beetle?referrer=playlist-insects\\_are\\_awesome](https://www.ted.com/talks/marcus_byrne_the_dance_of_the_dung_beetle?referrer=playlist-insects_are_awesome)

また、ナミブ砂漠カブトムシの水を集めるようすを BBC から動画を出しています。

<https://www.youtube.com/watch?v=h-ueJyjtKbQ>

生き物と水との関係は、当たり前のように思われる。しかし、海の水には塩が含まれる。氷河や山の雪は温度が低すぎる。生物が生きていくために、水はどのように流れていくのか知りたい。地球を回る水を考えてみた。



## 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】 教科書記載

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、丸は平面に書かれた円形のこともあるので、立体を示す球または球体であると表現します。視覚的にどこ角度から見ても円形であることを球形と言います。ただの円形なら横から見るとくずれた丸（楕円）になったり、線になることもあります。

上がる方位は太陽も月も東です。月が見えるのは夜ですが、夜、晴れているのに、月が見えないこともあります。つまり、日によって見え方が違うことがあります。

#### 【観察1】 教科書記載

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。  
シャ光プレートで見ると緑色に見えるプレートもあります。これは明るい赤や黄色の光を通さず、緑だけを通すようになっていますので、太陽が緑色というわけではありません。
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】

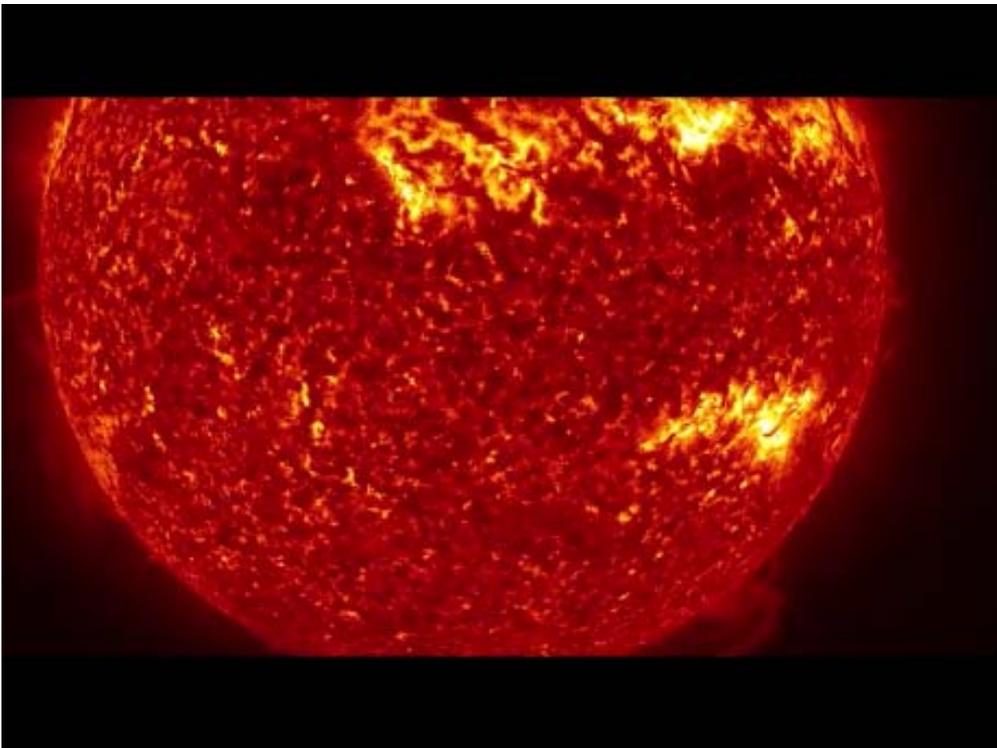
## 《太陽について》

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ます。その一部を下図の写真で示します。

太陽の表面温度は 6000℃，中心部は 1600 万℃，コロナ自身も 100 万℃あります。黒点は 4500℃と低い温度になっています。

また，太陽の表面は熱のかたまりのようにみえます。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)





#### 《月について》

月の表面のようすについて調べるのは資料が多くあります。実際にデジカメで月の写真をとることもできます。たとえば、満月の写真は丸く写ります。月は球体であることが分かります。



ところが、半月のときには、半分だけ光って見えます。では、黒くなって見えない部分は影です。何の影でしょうか。それは月自体の影です。下の写真の半月では、左から太陽の光が月を照らします。すると、月の表面を横から照らすので、凹凸がよく見えます。半月の時によくクレーターが見えるのはそのためです。



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としてよく分かっています。しかし、1日の中では、形は同じです。ところが、1週間後には形は変わります。月の満ち欠けはおおよそ一か月で繰り返します。詳しくいえば、一か月は30日でなく29.5日です。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日短くなります。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）は同じではありません。つまり、15日がいつも満月ではありません。時刻が同じでも月が見える位置や方位は月齢によって違います。「日ぼつ直後と決めておく」のは月の出の早い場合でも（例えば、三日月）月を見ることができるので都合がよいからです。新月から満月までの月（上弦の月）はこの方法で容易に観察できます。下弦の月になると、東の空で、しかも深夜や明け方に見えるときがあります。

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それぞれ判定します。太陽の位置から左が欠けると上弦という憶え方は得策ではありません。というのは、方位によって月が上または下近くのところで、欠けることがあるためです。この場合、左右の判定で上弦の月・下弦の月と決められないこともあります。

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】 [教科書記載](#)

- ・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のではなく、太陽の光を反射しているだけです。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】** 教科書記載

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。昔の幻灯機タイプの照明器は適当です。

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、多少拡がった光で照明できる工事用ライト（150W）を使って、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よく見えた。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。

**【考えよう】**

地球から見た月の形を実験の結果からまとめると、P94-95の図のようになる。図の右側から太陽の光がくる。新月は地球と太陽の間に月があるので、昼間は太陽の光で見えず、夜は太陽の近くにあるので、月は見えない。三日月になると太陽が沈むときに右側が照らされた月が細長く見える。

**【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 10月8日



## 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（しゅうきょく）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。



金華山ドライブウェイの褶曲地形

【問題】 教科書記載

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、しまの形や色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。がけを上ることは危険なので行わない。

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むため、赤味がかっていることがある。

6-2. 大地のでき方

【問題】 教科書記載

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。もし見えるところに火山があれば、白い地層と赤い地層がある。これらのことから、川と火山にそれぞれ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と考えることができる。

【観察2】

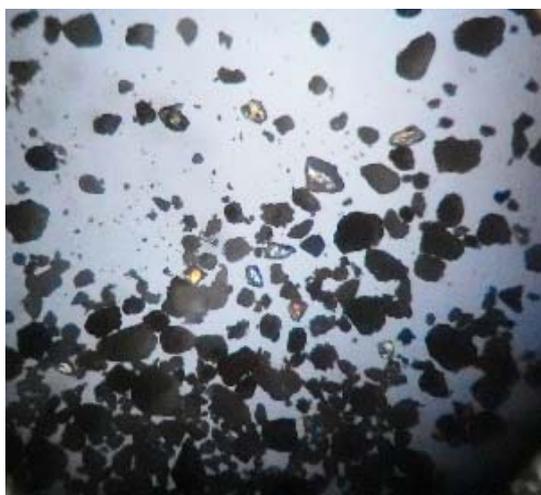
- A. 観察1で、地層から採取してきた物を観察して、記録する。
- B. ボーリング試料を調べて、記録する。
- C. 火山灰を観察して、記録する。
- D. 岩石や化石の標本を観察して、記録する。

【コメント】

- A. 子どもたちが地層から石や砂を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、困難です。しま模様地形の多くは、道路をつくるときに、開削したところでみかけることがあります。しかし、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ので、地層は露出していません。もし、地層を見つけ

た場合に、壁面から物を採取するとき、採取許可と危険性の予測が必要です。このような作業を予め行い、準備して教室で観察することはできます。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、記録させることにしました。注意点は、石や砂の物の色・形・大きさの図を分かりやすく書くように指示しました。虫めがねで拡大観察しました。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。ある子供は石と石を当てて、音を聞いていた。この際、保護めがねをするよう指示しました。

- B. ボーリングのサンプルは各小学校に保管されている。複数個所で行うので、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。しかし、ほとんど土砂や砂礫層が多く、ボーリングを 20m 近くさされても岩盤が見られないこともあります。地層の上から土砂、岩盤、砂礫、岩盤という層が見られることがある。
- 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く見えるところになると、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ります。これは砂が偏光板で複屈折するためです。左：御嶽山の火山灰； 右：鹿沼土； 下：セロテープ



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ます。これは沈降速度が違うためです。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ります。横ふりと縦ふりで層の違いが生じることは興味深いことです。もう一つの例を示しましょう。黒豆と米を半々にして、メスシリンダーに入れます。入れ方は、最初、黒豆を、その上に米を入れます。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、ほぼ黒豆と米は均一に混じり合います。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りますと、米が下になり大豆が上になります。これも小石と砂の実験と同じです。

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、まれ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、ごつごつと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側の壁に見えることがあります。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になると考えられます。

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ます。特に、地震によってできた断層は上下に線ができ、地層がずれていることが分かります。

見ることができる世界一大きな地震断層は岐阜県本巣市にある根尾断層です。この断層差は6mあり、根尾谷地震断層観察館で観察することができます。

（下の写真は根尾地震によってできた「地層のずれ」を示します。中央にある断層線の左右で色が異なり、右の黒い地層が上方へ持ち上がった様子が分かります）



### 【理科のひろば】

日本にも、恐竜（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ュ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のでしょうか調べてみよう。

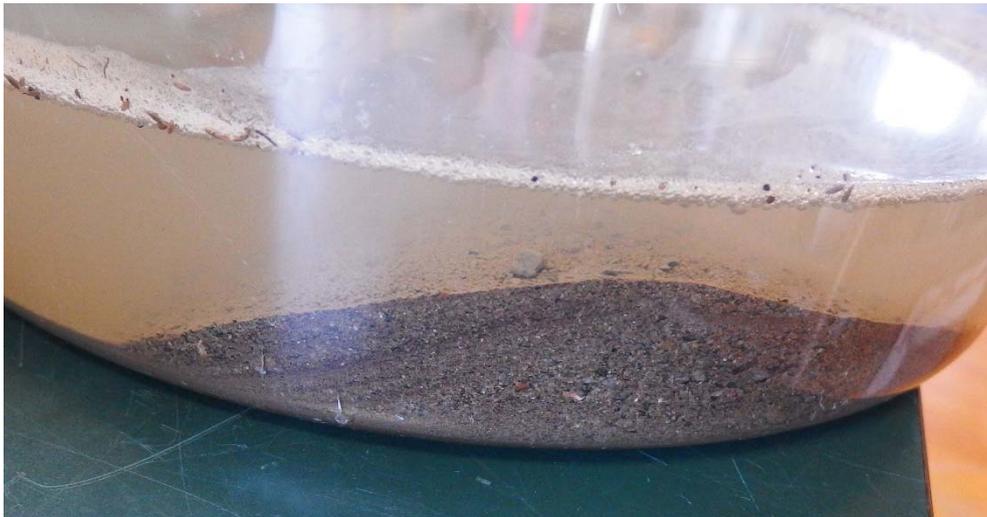
### 【問題】 教科書記載

「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。

### 【実験1】

1. 傾けた樋（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の端に流し込むように準備する。
2. 土砂の上部に水およそ 500mL を静かに流し込む。
3. 1分ほどのちに同様に 500mL の水を流し込む。

### 【結果】



丁寧に流したグループの結果

【コメント】 層をつくるには回数を分けて、各回の間に時間をあけてから流します。土砂を追加すると層のパターンができてしまいます。また、一挙に流すと層が見えないことがあります。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くなります。落とし口は、たらい壁に近い方が見やすい。

また、使用后、土砂と器具の洗浄を、理科室で行いません。たらいの土砂や水は、採集したところ（畑や砂場）へ戻しました。

できるだけ簡単に済ますような装置もあります。「つもる君」という装置です。水の中に白い砂と黒い砂（比重が違う）が入れてあります。透明なアクリル板で挟まれているので砂の状態が見やすくなっています。上下を反対にして傾けて砂を落とすと、下に積層し、堆積の様子が白黒の縞模様となって見えます。しかし、この装置を使う方法と、教科書にあるといと校庭の土砂を使った方法と比較して、見やすい特徴があります。しかし、土砂を使う方法は実際の地層形成の様子に近く、水の流し方、インターバ

ル時間の取り方によって、形成される地層の様子が異なりますので、地層形成の多様性を理解するには適しています。

### 【実験 1-2】 空きびんを使った実験

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（時間をおいて）層のようすを観察する。

### 【結果】

砂の層とどろの層が分かれた。

### 【コメント】

通常、実験の結果は、「れき」下層、どろが上層です。ところが、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りました。どうして、「れき」が上層になったのでしょうか。それは振り方によります。このことに関して、前のところで、水のはたらきでできた地層の特ちょうの特ちょう 2 の【考える】において、説明しました。なお、空きびんの代わりに、100mL メスシリンダーを用いることができます。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ましたということになります。

空きびんを使った実験は簡単ですが、現象を理論的に説明するのは難しいことです。

### 【難問を考える】（教える立場でも難しい事柄）

水のはたらきで順番に積もっていくことが分かりました。ところが、なぜ層になるのでしょうか？

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りません。これは難しいことです。次の式に裏付けられています。つまり、球形の濁った物をモデルにしたストークスの式です。これで計算します。

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)

と計算できます。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、砂が先に沈む。上の層がどろ、下の層が砂になります。

式の意味するところは、同じ密度の物は、断面積が大きいほど水の中では速く沈降することです。

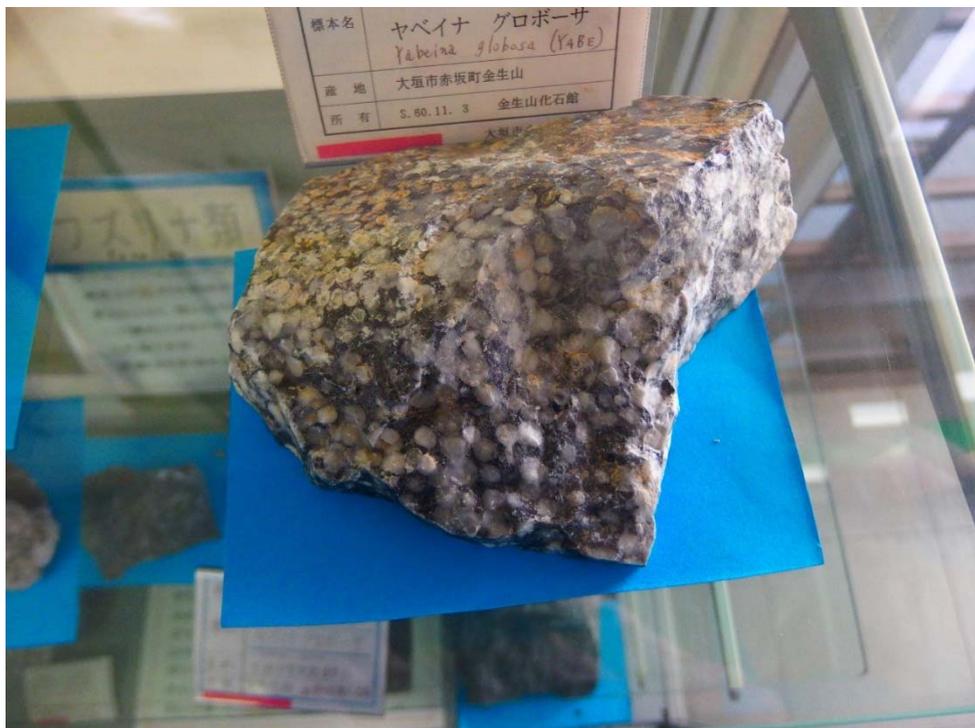
【まとめ】 教科書記載

- 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。岐阜県には観察場所があります。

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）という山があります。この近くには石灰石の産地として昔から知られ、今も採掘されています。この山に金生山化石館という大垣市立の博物館があります。金生山で採れた化石も陳列してあります。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。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】 教科書記載

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】(子どもたちがなぜかと思ったとき)

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。

火山は噴火して、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。地表の曲がったところにも、その形のまま積もります。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。火山灰は積もると赤茶色していることが多いので、鉄さびのようなしま模様に見えます。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。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ます。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ります。

### 7-1. 地震や火山の噴火と大地の変化

#### 【問題】 教科書記載

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。



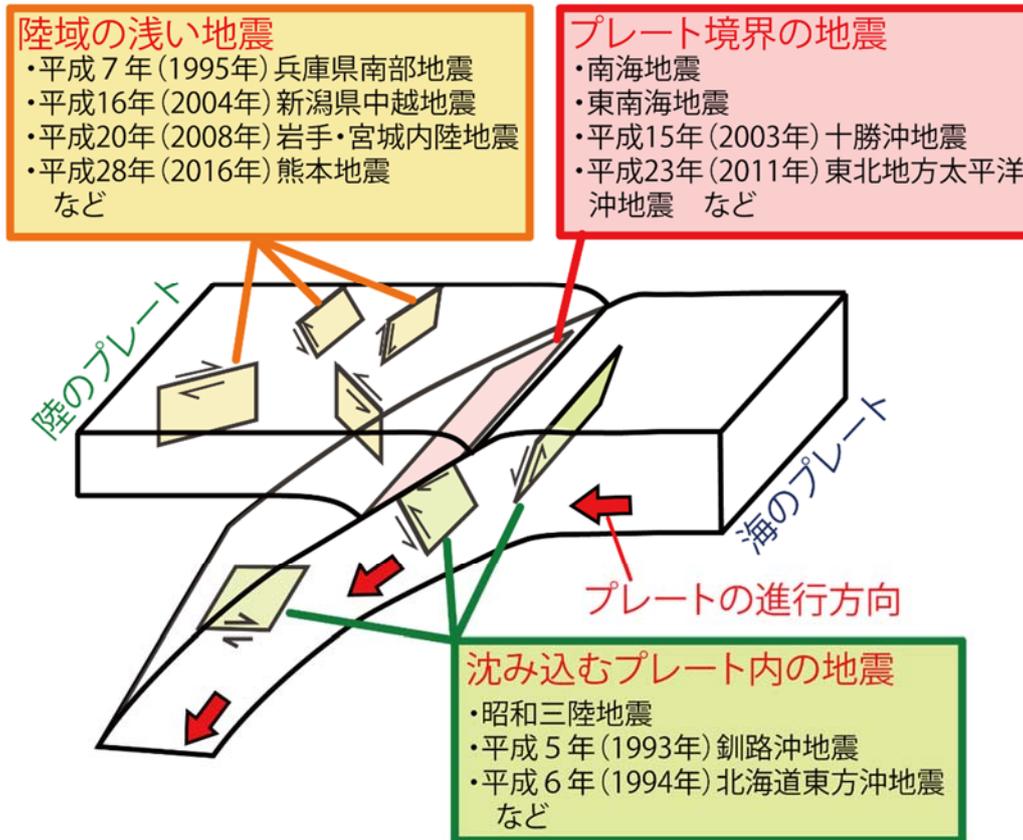
濃尾地震でできた6 mの断層（中央の丘）

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。

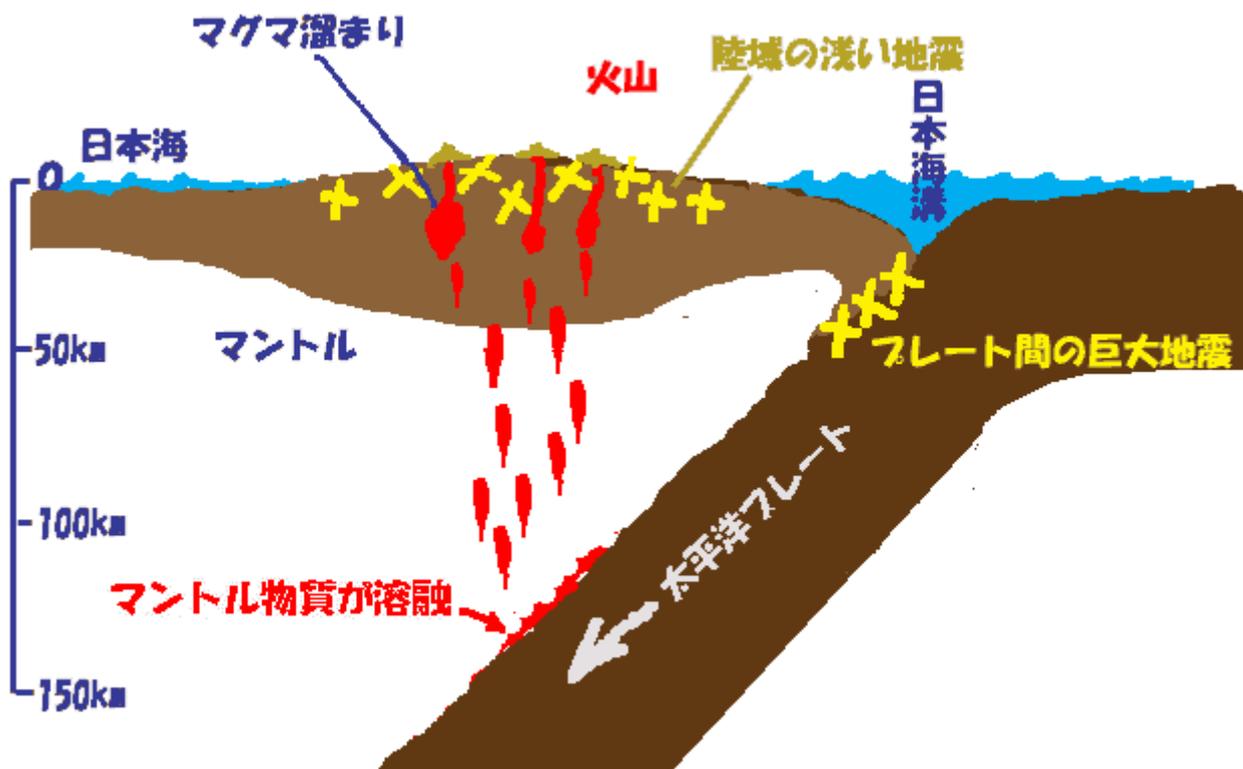
### ○ 火山の噴火のしくみ

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つかられます。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。プレートの間で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。

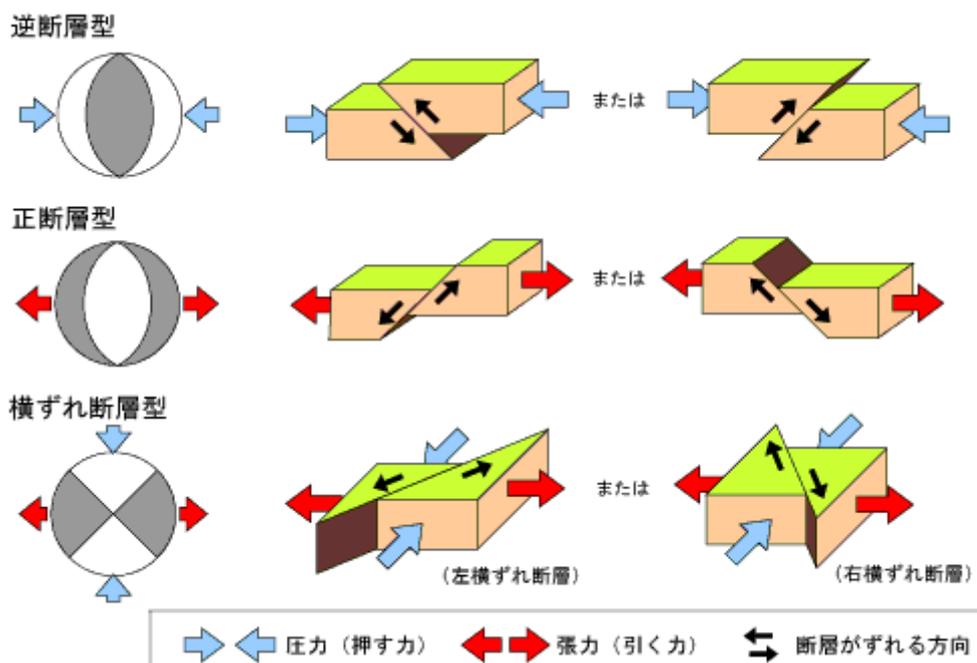
### 具体例をみよう

#### ○ 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>

2016年4月16日 熊本地震

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

1995年1月17日 阪神淡路大地震

<https://www.youtube.com/watch?v=KzGw4PFHDJY>

○ 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。

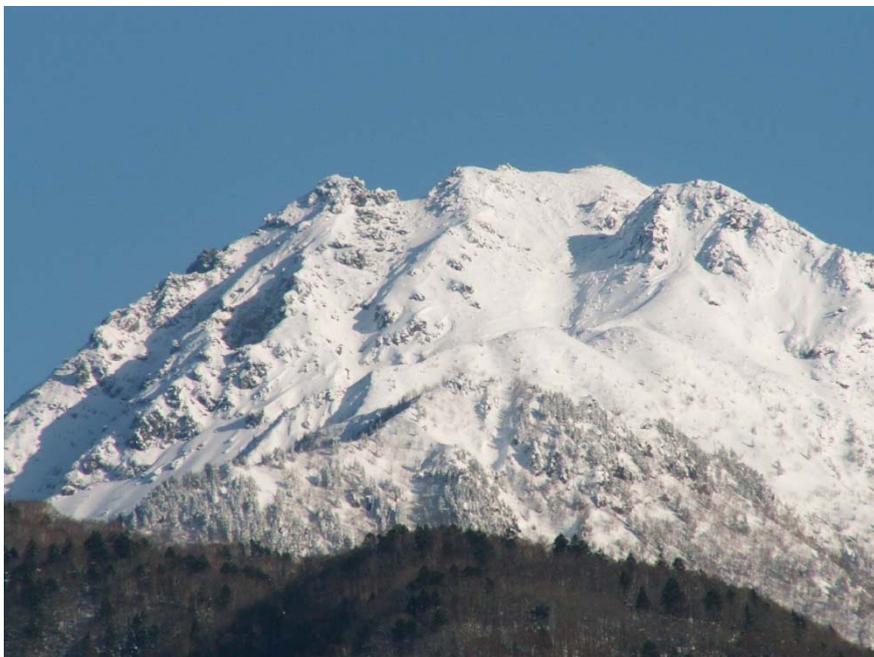
<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/ttl/KT/hasshin/shouriken/fukabori/火山：編集.wmv>

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\\_JHe](https://www.youtube.com/watch?v=rwREayL_JHe)

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

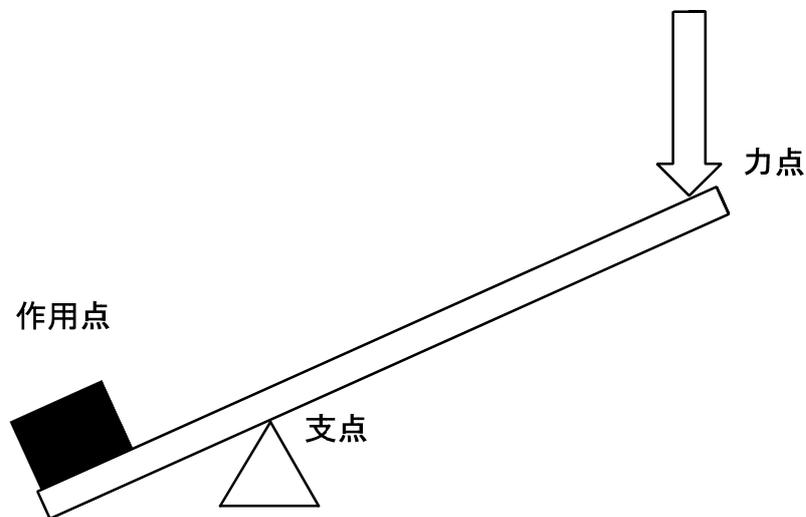
## 8. てこのはたらき 教科書記載

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で行えるのは、てこのはたらきであるということを経験しているため、容易に理解できます。では、どこからその力が出ているのか不思議に思えます。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ます。ここで、動く距離をみると、力を加えた移動距離が長く、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、距離と動く力とは何か関係があるのだろうか。動く距離が長いと、小さな距離でよい。何か「反比例」関係があるのではないだろうか。このような予想でてこのはたらきを始めよう。

### 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ます。このやり方は実用的です。



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しましょう。つまり、力点と作用点が決まっています。重い瓦礫を動かすには、支点を瓦礫の近くにします。そのため、支点にする小さな石をがれきの近くへもってきましょう。

もう一つ考えてみよう。掃除のロッカーがあります。これを傾けて布を敷く（しく）ようにしたいと思います。どのように、ロッカーを傾けると楽にできるでしょうか。答えは

簡単です。できるだけ上の方をもって傾けると楽に傾けられます。別の人から布を敷いて元に戻せばよいわけです。

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す。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ります。

実験には実験機具を使いますが、支点用の木材片、鉄パイプ、砂袋のような重りを使います。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す。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きます。支点のところに、Lアングルを利用したものもありました。固定台は椅子を利用していることが多いようです。



## 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ます。「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】 [教科書記載](#)

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ます。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、つり合います。

### 【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。  
さらに発展して、左右のモーメントのそれぞれの合計が等しければ、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いついておいた。

「左の6のところを20gをぶらさげて、右のところを何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、その子はおも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。

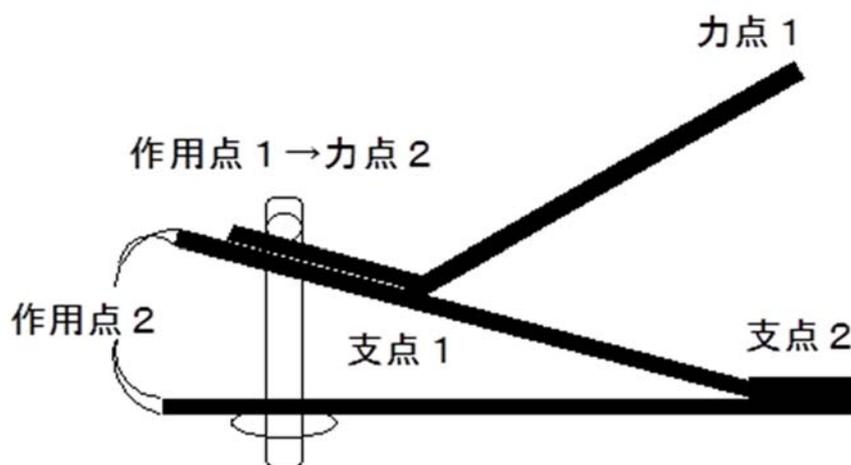
### 8-3. てこを利用した道具

<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種のもてこ 力点が支点と作用点の間にあるもてこ  
たとえば、 はし、 ピンセット、 和はさみなど

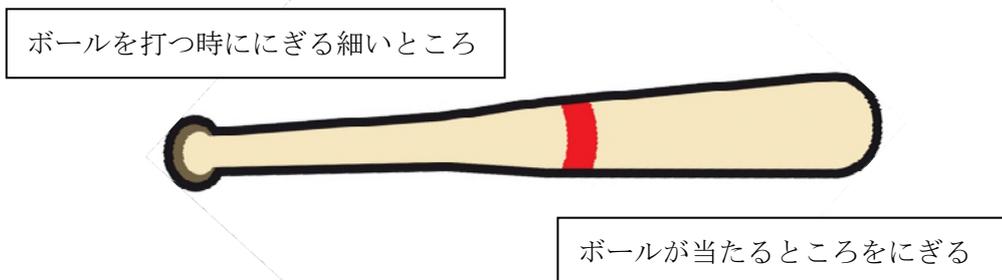
【応用：支点の移動】 つめきりは第1種と第3種のもてこの組み合わせです。見かけは第1種に見えますが、よく見ると支点に接している台を持ち上げています。持ち上げられた台はピンセットのように支点を作用点の反対側にして、力が加えられます。これは第3種のもてこです。



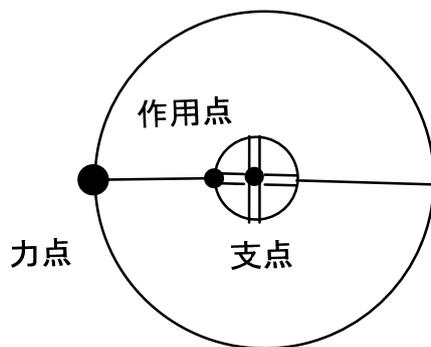
【コメント】

輪軸： も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、支点を中心軸とする輪軸（りんじく）はもてこの応用です。

例1： 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。



例2： 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。

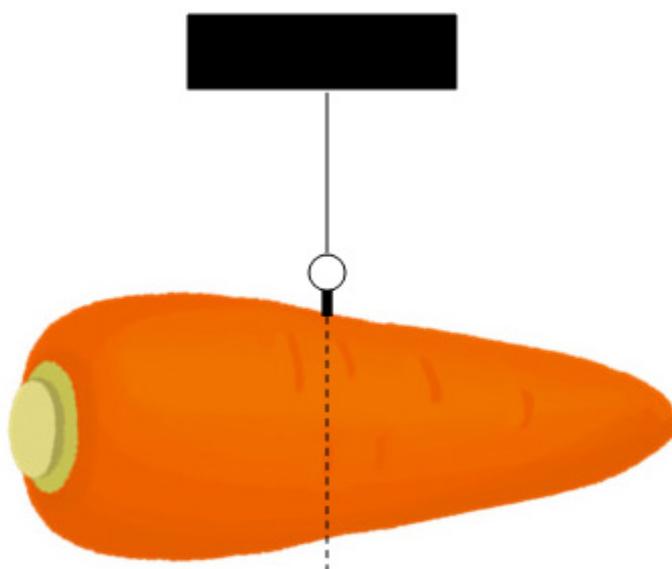


例3： 輪軸を使ったものはほかにもあり、自動車のハンドルやペダルもそうです。力点と作用点が逆になった物には時計があります。ちょっと複雑ですが、自動車のタイヤもそうですね。

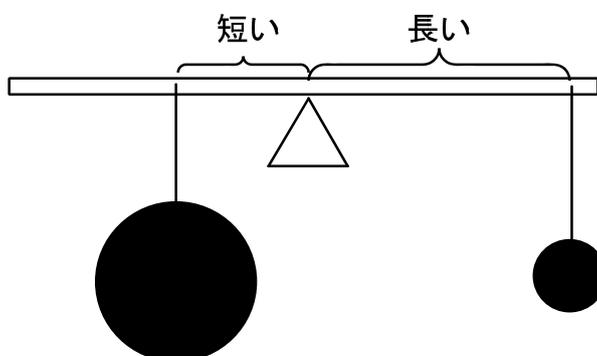
### 【応用問題1】ニンジン半分ずつとバランス

ニンジン水平になるように、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つのニンジンに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。



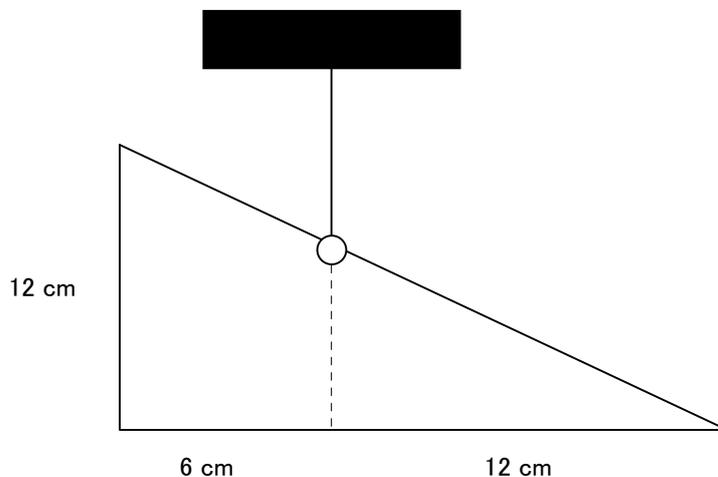
- つり合った支点で2つに切り分ける。
- 切り分けた2つの重さをはかり、同じかどうか調べる。



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2】 直角三角形のモビール

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、 $60 / 48 = 1.25$  倍大きいこととなります。

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となります。

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】 教科書記載

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：

まず、においを調べる。次に、蒸発皿に水溶液を少しとり、加熱して水を蒸発させて残る物を観察する。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（よごれ）が見えた。においはアンモニア水と塩酸がした。

【実験準備のポイント】 水溶液の調製（実験1）は指導書 p170 に記載されている。

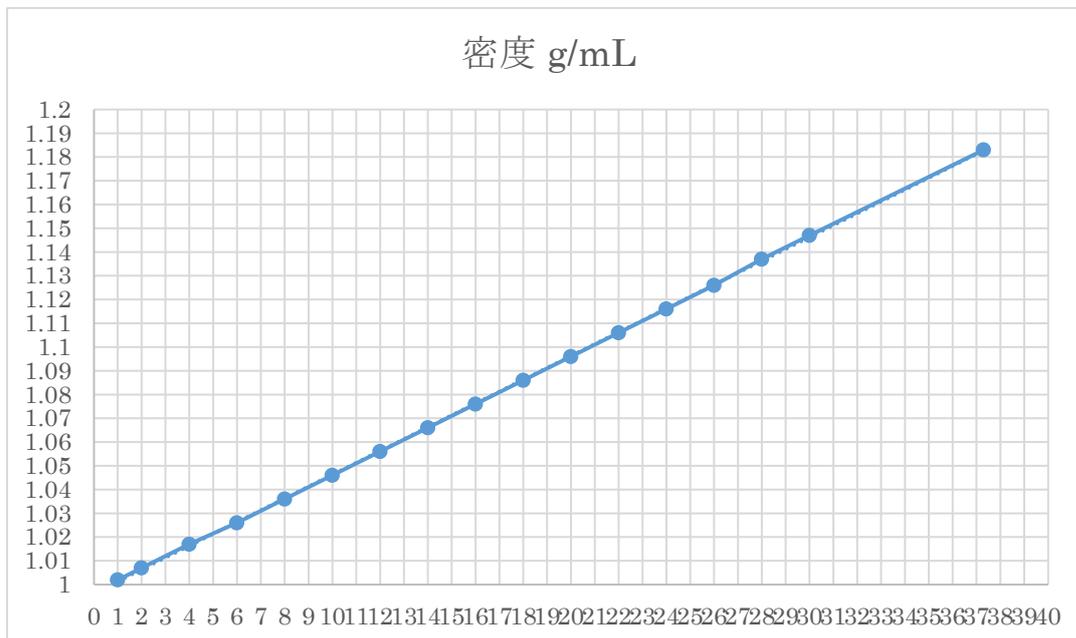
[水溶液の調製] 1 mol/L（1 M と記載する）の溶液の調製の仕方が記載されている。

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。

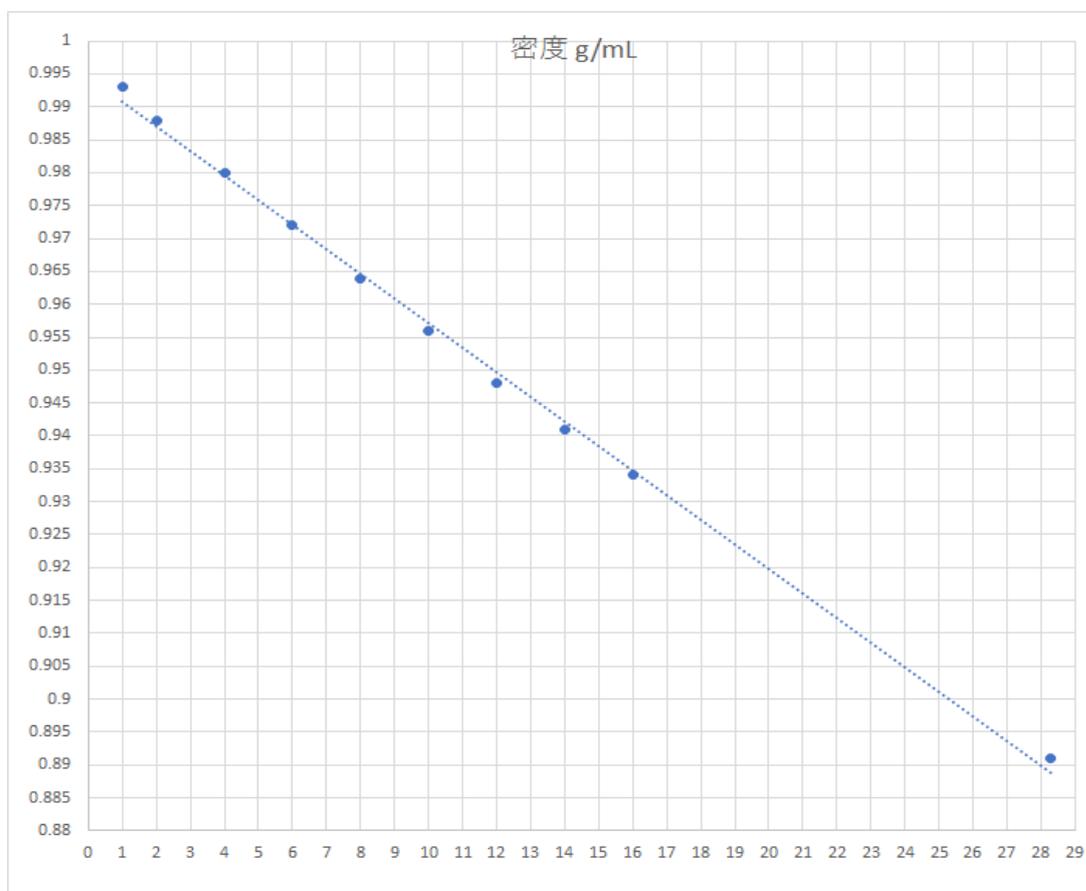
1 M アンモニア水 濃アンモニア水は 25–28% です。たとえば、26% とするとそのモル濃度は 13.8 M です。濃アンモニア水 5 mL を水でうすめて  $(13.8 \times 5 =) 69$  mL にすればよい。指導書に記載されているのは 28%（密度 0.91 g/mL，分子量 17 g/mol，計算すると、約 15 M）と計算される。すなわち、5 mL の濃アンモニア水を 1 M にするには、水でうすめて全体を  $15 \times 5 = 75$  mL にすることです。アンモニア水は常温で時間が経つとアンモニアが揮発してうすくなります。気体がもれないようにして、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きます。このとき、濃度と密度の関係式を使って、モル濃度と重量%を相互変換でき便利です。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下記の表にまとめました。

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

**【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、に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】** 教科書記載

水溶液には、気体がとけているものがあるのだろうか。

ただし、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】**

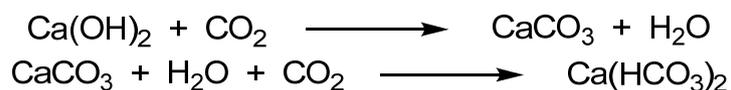
ペットボトルに二酸化炭素を水上置換します。このとき、勢いよく二酸化炭素を吹き込むと泡で入口が見えないため、上手く集まらないことがあります。ひだ付きの6mmストローを使うと入れやすい。入れた二酸化炭素の量が少な過ぎる時や、二酸化炭素が多過ぎて水が少ない時には、振ってもペットボトルがへこむことはありません。目安として、およそ半分ぐらいの水にしておくのがよいでしょう。

【注意点】 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 倍水に溶けやすくなります。

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。

上記の2は意味がありますが、炭酸水素カルシウムについて、何も教科書には書かれていません。しかし、環境問題では意味があることです。

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燃やすと、二酸化炭素が多くできます。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って、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え、さらに炭酸水によって炭酸水素カルシウムになり、その結果、石灰石は炭酸水に溶けます。

## 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】 教科書記載

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，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  $10^{-14}$  を基準にしています。すなわち，中性では， $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  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ます。pH で表すと，0～14の値が考えられますが，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】

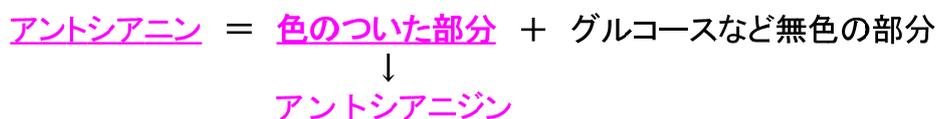
これらに対応する色変化は、用いる色素によって種々である。中でも、万能試験紙を用いると、pHによって、だいたい色から緑色、青色へと変わるので、色による酸性度を半定量的に評価できます。リトマス紙は酸性やアルカリ性の程度を表すことができません。炭酸水のような弱い酸なのか、うすい塩酸のように強い酸なのか、リトマス紙では判定できませんが、万能試験紙では数字で（pHとして）表現できません。では、なぜリトマス紙の代わりに万能試験紙を用いないのか。これは値段が数倍高いという以外に、リトマス紙は、酸性やアルカリ性という概念に1：1で対応しているためでしょう。また、酸性やアルカリ性の強弱を主題としないことが理由で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

### 【食べられる色】

食品でも、紫キャベツの汁を用いると、pHによって色が変わります。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んでいます。その麵を紫キャベツやその汁と合わすと緑色になり、酢（す）などをかけると赤く変わります。勿論、食べることができます。これはネットでも多々紹介されています。

### 【難しいが、ちょっとした知識】

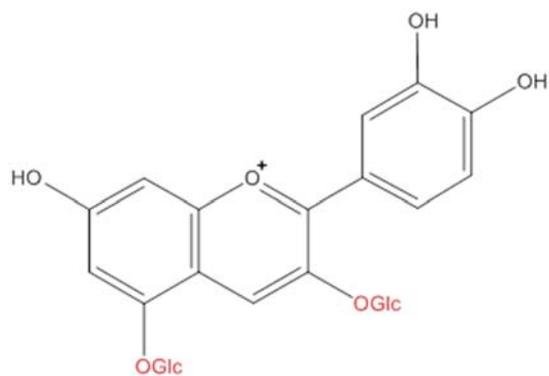
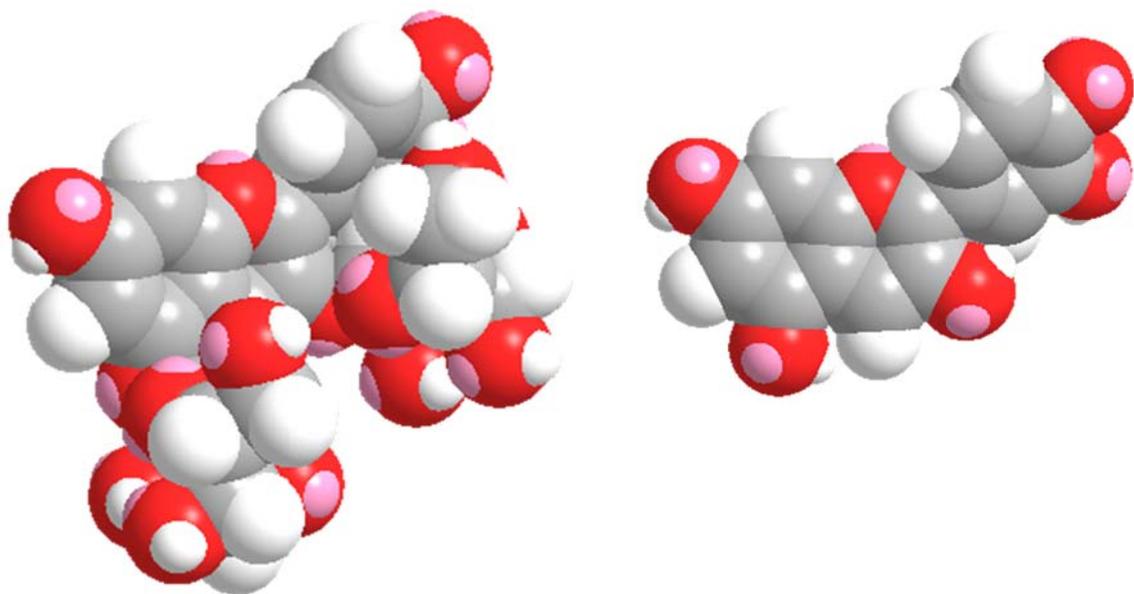
ところで、紫キャベツに含まれる色の成分は何でしょうか。それはアントシアニンです。アントシアニンというと一つの成分の名前と思われがちですが、実は総称です。アントシアニンは下に示すように色のついたアントシアニンと無色の糖が合わさったものです。



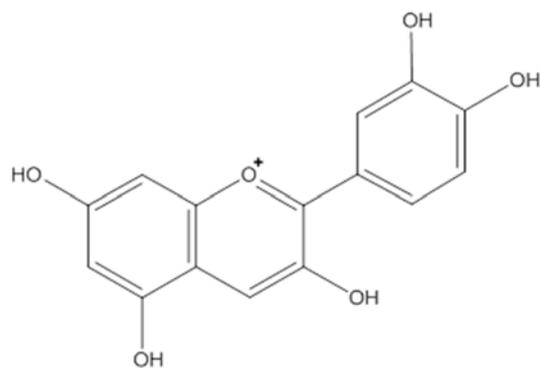
つまり、アントシアニンは無色のお砂糖を持っていて水に溶けるのです。どれほど水に溶けるのでしょうか。たとえば、グルコースを1つもつアントシアニンの場合、0.6 g/Lですから、よく溶けるというほどではありません。しかし、グルコースが3つついたアントシアニンは3.56 g/L水に溶けます。それに対して、糖がないアントシアニンは水に溶けにくいとされています。たとえば、その一つのシアニジンの場合、0.049 g/Lです。グルコース1つで10倍ほど溶け方がちがいます。なお、これらのデータを参照するには、HMDB (Human Metabolome Database) を利用します。これはネットに公開されており、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なくても、赤色の多さが水の溶けやすさに関係があると理解できます。



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。】 ちょっと難しくなります！

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。ゴムを張る時の長さによって、また張るときの強さによって音が変わります。丁度それと同じように、指示薬の中の二重結合の側にある基が酸性の時や塩基性の方に電子を引っ張ったり押しついたりして、二重結合の張り具合を変化させるため、色が変わるのです。」

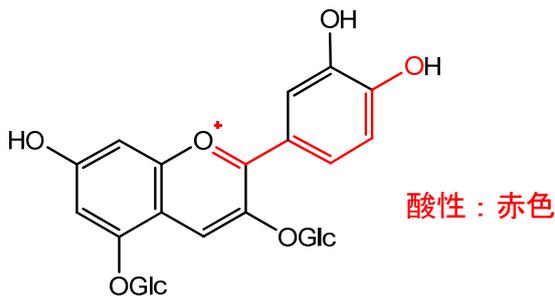
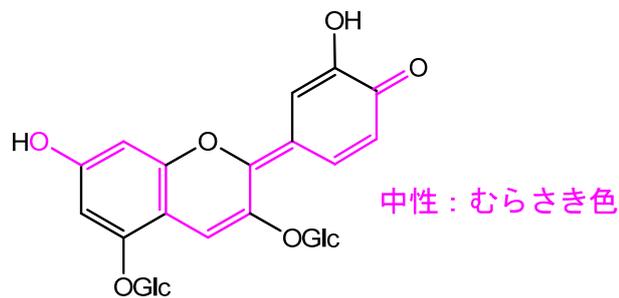
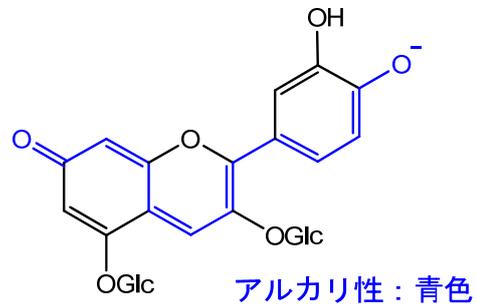
【この説明にコメント】

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。



【難しいが、説明すると】これは難し過ぎるという場合、飛ばしてください。

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、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せん。

### 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】 教科書記載

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、金属を持ってきますと、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、像についた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いますが、形として、アルミホイール（多くは厚さ  $11\mu\text{m}$ ）とスチールウールを用います。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、うすい塩酸を用いますが、指導書では  $3\text{M}$  ( $3\text{mol/L}$ ) の調製が書かれています。これは約  $10\%$  重量になり濃すぎると思われるかもしれません。この実験を室温で行うためにはこの温度は必要でしょう。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ります。

【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積に関係しています。アルミニウムの板よりアルミホイールの方が反応しやすいのはそのためです。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。この効果から少し温めると、実験を予定時間内に終わることが出来ます。なお、室温が高い場合は、加熱は必要はありません。

【観察すること】 金属や液のようすを観察して記録します。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】

1. 塩酸はアルミニウムや鉄を溶かします。
2. 元の金属の形がなくなり、水溶液になりました。
3. 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】 教科書記載

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、元の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 塩酸を蒸発させる操作は、通常、ドラフト内で行います。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。できることは窓を開けて、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ま

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します。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す。加熱後、蒸発皿を少なくとも10秒以上、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

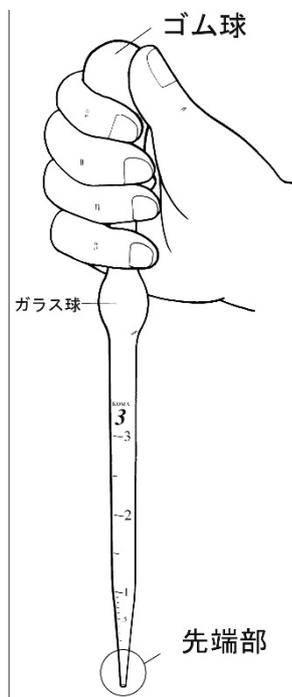
れます。また、当然のことですが、加熱直後、蒸発皿をトングではさんで、水をかけてはいけません。このような考えもなく急冷しますと、蒸発皿は割れます。

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たり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、横向きにはならない。ましてや、先端を上へ向けることがないようにします。



使用後： 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，ガラス部分を洗浄します。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）に立てます。ビーカーや三角フラスコの中に立てかけたままにしません。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ります。また，液がある場合には自然と溶液が吸いあがる場合もあります。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ります。

ゴム球： この素材には，従来，ゴムを使っていました。この時に，ゴムが柔らかくなり，薬品などで腐食されることがあります。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ます。少し硬いので，子どもの握力では作業しにくいこともありました。少し大きめのシリコーン製ゴム球を使えばよいことが分かった。

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います。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を流して乾燥する方法があります。ヘアドライヤーで乾燥するのは，容量器具には勧められません。



不要になった黄色の温度計ケース

【問題】 教科書記載

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。

【予想すること】 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ということになる。

【コメント】 ちょっと高校の化学を思い出そう。

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ます。この金属がとけた塩酸を含む水溶液を蒸発させると、固体が出てきました。この固体は水に溶けません。元の金属はもちろん水には溶けません。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、それぞれ対応しています。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。塩酸や炭酸水は酸の水溶液です。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いです。

【まとめ】 ちょっと進んだ解釈をします。

- ・ 塩酸に金属が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。これは水に溶けます。これは後でも役立ちます。

- ・ 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りました。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。しかし、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がありませんか。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」と言う子どもの質問に、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」というのがあっても良いと思えます。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でしょう。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でしょう。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」（ドイツ語で **Schwarzwald** シュワ”アルツワ”アルト）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。高温中で燃やすと空気中の窒素が酸化され、窒素酸化物ができその結果、硝酸ができます。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

1日の生活の中で、電気を使わない生活を考えてみると、電気をどんな時、どのようなところで使っているか分かります。

### 【絵から発電と電気使用の発見】

発電： 水力発電，火力発電，太陽光発電，風力発電，原子力発電

電気使用： 光……… テレビ，広告塔，パソコン，タブレット，信号機，電灯（外灯），照明灯

運動……… 新幹線，電気自動車，掃除機，ミキサー，冷蔵庫，ランニングマシン，ドライヤー

熱……… ヒーター，こたつ，ドライヤー，アイロン，エアコン，電子レンジ

音……… 通信塔，電話，エレキギター，スピーカー，テレビ

### 10-1. 電気をつくる

【問題をつかもう】 発電所での電気をつくり方は発電機のじくを回して電気をつくっています。電気を使ってモーターを回すことの逆をしているわけです。これなら発電所ではなく今まで使ってきた小さなモーターでもできるはずです。

### 【問題】 教科書記載

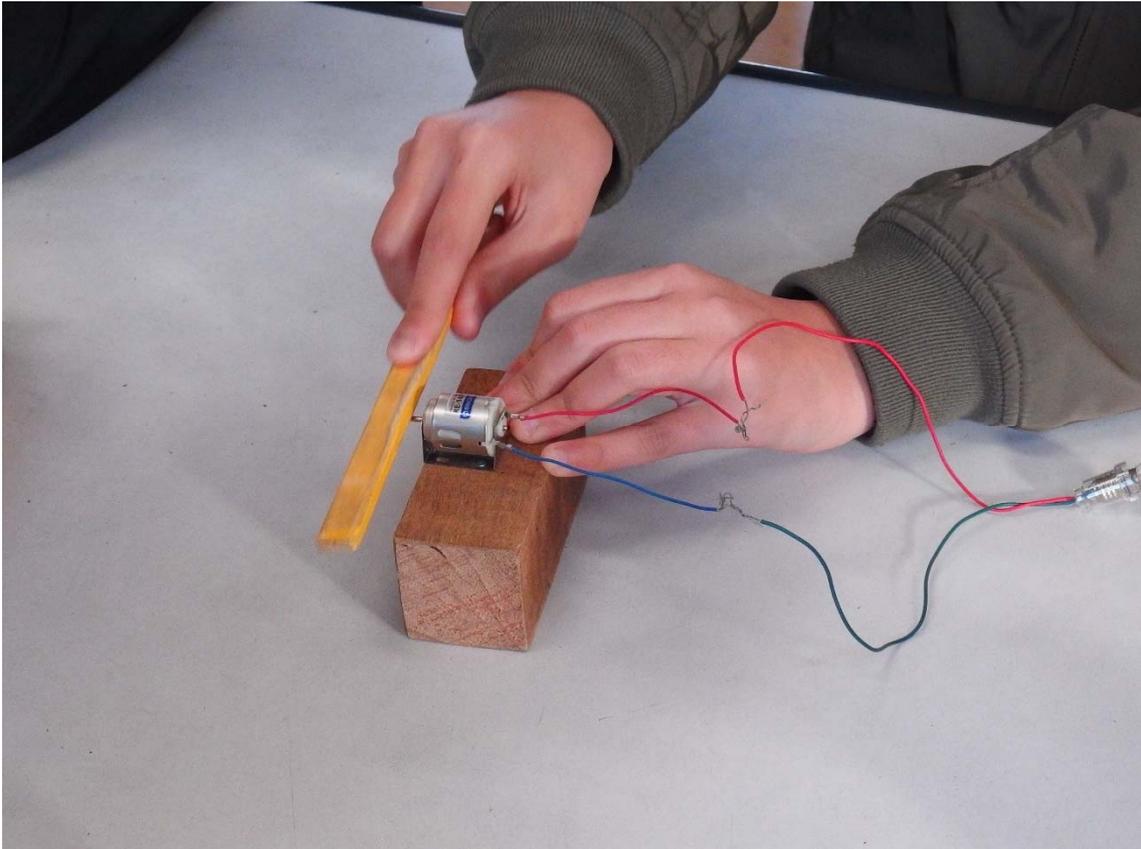
自分たちで発電することができるだろうか。

【実験1】 モーターのじくを回して豆電球の明かりをつけてみましょう。教科書記載

1. モーターに豆電球をつなぐ。
2. 引き棒を素早く引いて，モーターのじくを回す。

【工夫】 引き棒のつくり方は教科書に記載されている布テープやビニールテープを棒にまく方法では，うまく発電しないことが起こります。この原因は棒とじくとの摩擦が少ないためです。棒は割りばしよりも30 cm近くの細い棒の方が成功率が高い。棒にまくテープは両面テープがよいことが分かりました。こうした工夫によって，今のところ，子どもたちは100%成功しています。





【大発見】 棒を引いても、うまく豆電球が点灯しない場合、子どもによって、前後に擦る（こする）ことがあります。しかし、モーター線の両端に＋が交互に発生して、豆電球が点灯することはないだろう。ところが、ダメだということをやってみて「先生、擦っても、つきました！」と子どもに言われた。やってみたところ本当に点灯した。点滅するような明かりを見て「すごいなあ」「ダメと言われてもやってみることが素晴らしい！」拍手を送りました。

【コメント】 理科には「生きる力」が登場する機会が少ないように思われます。しかし、大発見をした子どもには、皆とは違った冒険をするというチャレンジ精神があります。この発見を皆で「すごいね」ということでクラス全体が生き生きとなりました。「生きる力」の発見でした。

【結果】 モーターのじくをすばやく回すと、豆電球の明かりがつかまりました。

【まとめ】 [教科書記載](#)

モーターのじくを回すと、発電することができる。

【実験2】 手回し発電機を使って電気をつくろう。

1. 運動：モーターのじくを回す

2. 光：豆電球を点灯する
3. 光：LED を点灯する
4. 音：電子オルゴールやブザーを鳴らす

この時、回す手ごたえに差を記録する。

【結果】 手ごたえ 重い：豆電球とモーター  
軽い：LED と電子オルゴールまたはブザー

【まとめ】 教科書記載

- 手回し発電機で、モーターのじくを回すと、発電することができます。
- 自分たちでつくった電気で、明かりをつけたり、音を出したり、モーターを回したりすることができます。

【コメント】なぜ、器具によって手ごたえの差が出るのだろうか。

この疑問に答えるには、消費電力の大小を考えることとなります。消費電力が大きい器具は発電機の手ごたえは重い。電力に関しては小学校理科では出てこない。しかし、電流や電圧（直列乾電池の数）は教科書に見られる。手回し発電機で発電する時、電圧は同じです。そうすれば、消費する電流が違うこととなります。電子素子のLEDや電子オルゴールは流れる電流は極めて小さく、豆電球の1/10・1/100ほどです。従って、電子素子の電力(W)は小さくて済みますので、手ごたえは軽くなります。

## 10-2. 電気の利用

【問題】 教科書記載

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】 教科書記載

1. 手回し発電機をコンデンサーにつなぎ、ハンドルを50回ぐらい回す。
2. コンデンサーをいろいろな器具につなぎ、つないだ器具が利用できるか調べ、結果を記録する。
3. 手回し発電機を同じ回数だけ回してコンデンサーに電気をため、豆電球と発光ダイオードの明かりがつく時間を比べる。

【結果】 豆電球は1分程度明かりがつけましたが、発光ダイオードは10分以上つきませんでした。

【まとめ】 教科書記載

- 電気は、コンデンサーなどにためることができます。
- 電気は、光、音、運動などに変えて、利用することができます。

【コメント】 コンデンサーを使う実験では、完全に電気を使い切ってから次の実験をするようにします。このため、消費電力の小さな電子オルゴールや発光ダイオードは消費電力の大きなモーターや豆電球の後に行います。もし、充電したコンデンサーを使い切らない場合、モーターに接続して回転が止まるまで電力を使い切ります。実験の順序として、消費電力が大きい豆電球とモーターの実験を先にすると効率が良いでしょう。

### 10-3. 電熱器と発熱

【問題をつかもう】 教科書記載

身の回りで、電気を熱に変えて使っている器具には、どのようなものがあるか考えよう。

【子どもたちが考えた器具】

ドライヤー、ヒーター、こたつ、エアコン、床暖房、電子レンジ、冷蔵庫（物を冷やす器具ですが、冷やす時に熱が発生するということがあります）、上がらなかった物として、電気毛布、電気ストーブ、ニクロム線の巻いた電熱器など。

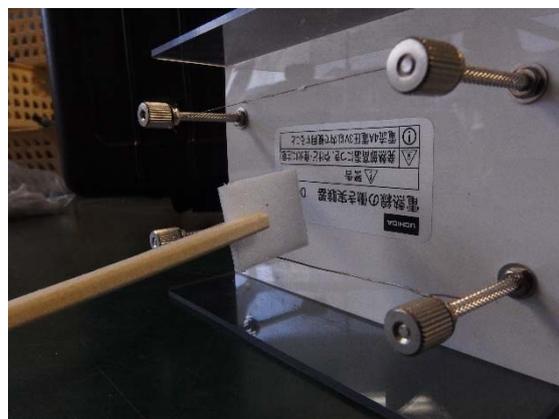
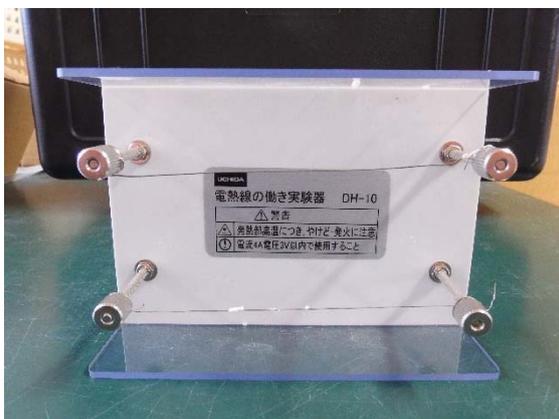
【問題】 教科書記載

電熱線に電流を流すと、発熱するのだろうか。

【実験4】

1. 発ぼうポリスチレンの板を用意し、実験装置を組み立てる。
2. 電源装置のスイッチを入れて15秒ほどたってから、電熱線に発ぼうポリスチレンをのせる。

きけん！ においがする煙が出るので窓を開ける。やけどをするので電熱線をさわらない。使用しないときには電源装置のスイッチを切る。



【まとめ】 電熱線に電流を流すと発熱する。電気を熱に変えて利用することができる。

【問題】 教科書記載

電熱線の太さによって、発熱のしかたは、変わるのだろうか。

【実験 5】

1. 細い電熱線に電流を流し、発ぼうポリスチレンが切れるまでの時間を調べる。
2. 太い電熱線に変えて、1と同じようにして調べる。

【実験操作で気を付けること】

- 細い電熱線と太い電熱線について、それぞれ3回実験をする。
- 同じ条件にするため、切り終わったら必ずスイッチを切る。
- いずれの実験でもスイッチを入れてから15秒待ってから実験する。

【結果】 太い線は1~3秒で切れたが、細い線では4~10秒で切れた。

【考える】 同じ電圧（乾電池2個）なのに、なぜ太い線では熱が多量に出るのか。

電流は水の流れに似ている。同じ長さのプラスチック管で水を流すことを考える。一つは細い管で、他の一つは太い管とする。出てくる水の勢いはどちらでしょうか。太い管ですね。すなわち、太い管の方が水の流れが速くなります。電流は電気の流れです。太い線の方が、電流が流れやすいことになります。電流が多く流れると発熱しやすい。その結果、太い線を使うと発ぼうポリスチレンは速く切れます。

【理科のひろば】

電熱線の長さを変えて発熱のしかたを調べてみよう。

同じ太さの電熱線を用います。長さ10cmと5cmを用意します。どちらが速く切れるでしょうか。理由も言って下さい。

【コメント】

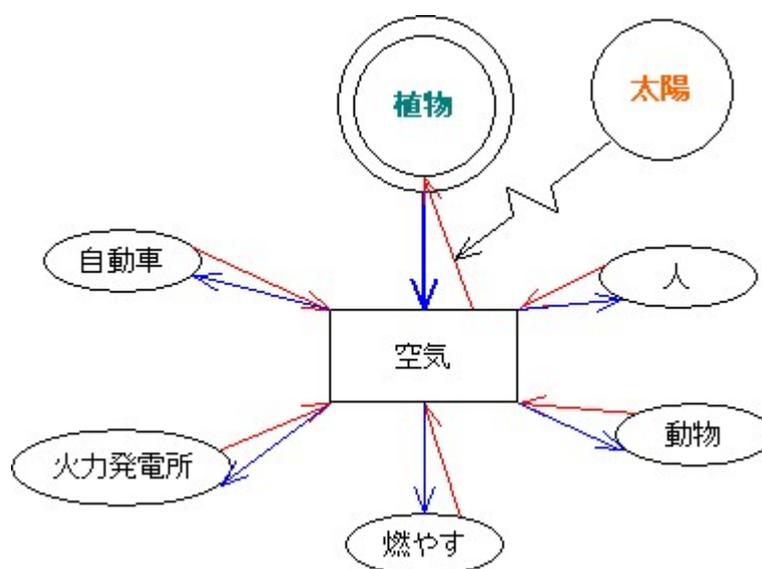
これを考えるには、太さの実験で分かった電流の流れやすさを考えれば、分かります。水道のホースを考えましょう。長いホースで水を出すと出てくる水は少しずつですが、短いホースを使うと勢いよく水が出ます。長い電熱線を使うと電流が流れにくい。しかし、短い電熱線を用いると電流は流れやすい。電流が流れやすいと電熱線は発熱しやすい。すなわち、電熱線が短い方の5cmを用いると、電流を流した時に発熱しやすいことが分かります。

この単元は新教育指導要領では中学校理科へ移されます。中学校で電流、電圧、抵抗、電力を勉強します。その時に学ぶ方が分かりやすいと判断されたようです。

## 1 1. 地球に生きる

### 1 1-1. 人と環境とのかかわり

人と環境の接点を考えるとき、空気とのかかわり、水とのかかわり、を調べることになる。つまり、空気（の中酸素）がなければどのようなことが起こるか、考える。水がなければどのようなことが起こるか、考える。そして空気中に二酸化炭素が多くなるとどのようなことが起こるかを考える。水が汚くなるとどのようなことが起こるかを考える。そして、二酸化炭素が多くなる原因は何か、水を汚くする原因は何か、を考える。



上の図を見ると、空気（酸素）を出すはたらきは植物にだけある。生産者が植物、消費者は人を含め動物、ガソリン自動車、火力発電所などとなっている。

地球温暖化は二酸化炭素の増加と関係していることが分かる。温暖化は気候にも影響している。自然災害（北極の氷が解け海面上昇が起こり、ツバルという国が水没している）が発生する。

### 1 1-2. 地球に生きるために

- 環境に及ぼす影響をできるだけ少なくする取り組み  
太陽光発電、風力発電、LEDの使用、電気自動車、微生物による下水処理
- 環境を守るための取り組みや地球の活動によって受けるえいきょうを少なくするための取り組み  
さまざまな生き物がすむ豊かな自然を守る活動、荒らされた環境を元に戻す活動、自然災害をできるだけ少なくなるような取り組み

## おわりに

6年生の理科は、電気、物質、生物科学という小さなものから、地質構造や太陽、月のような地学・天文学、地球環境という大きな対象まで取り扱っています。これらの導入において、3～5年生までの復習から出発することが多くあります。ところが、6年生の各単元のテーマや「問題」とは関連性が薄く、取り扱いが羅列的です。したがって、導入の入り方は、……と関係ありますね、とか、……年生の時のことを思い出してください、というような関係づけになっています。しかし、もう少し進めて、どのような関係にあるとか、何を調べてどのようなことが分かったか、など、もう少し深いつながりが望まれます。

例えば、6年生の発電のところでは、5年生で、モーターを電池で回したこと思い出さなくなっています。しかし、モーターの軸を電池で回すことと、モーターを回して発電することとどう関係あるのかは書かれていません。そこで、図式的に、



と表現すると現象の理解に加えて関係の理解がしやすくなる。つまり、アンペールの法則もレンツの法則も中学生以上の理科になるが、電流と磁界の変化はお互いに関係があるという認識が生まれる。モーターの軸を回すと電流が流れるのか、やってみよう。

まとめを黒板に書くと丸写しをする。これで、教えられる子どもらと共にある種の自己満足感があるように見えました。そこで、まとめをするときに、キーワードを与えて自分で文章を作る方法をとりました。この方法の場合、より理解でき、個々の違った表現もお互いに評価でき、まとめに新鮮さがありました。この時、キーワードと論理も示すと文章に説得があるようになりました。フローチャートを使って論理を表現すると、流れも分かりやすくなりました。

意味するところは同じでも、それぞれ人によって表現が異なり、お互いにそれぞれを認め合うことが理科の良さになります。認められたことが、自分を確かめることになります。遠いところで、「生きる力」に結び付けば、初めに立てた目標にも向かったことになりますでしょう。