

1 ネコハグモの休眠と産卵

新潟県立長岡高等学校 理数科 宮園 治・荒木 丈二・関 裕太・大竹 敦

1. 研究の目的

長岡高校には多くのネコハグモが生息している。それらは休眠状態で越冬し、春になると産卵する。ネコハグモはどのような条件下で休眠から脱し、どのようにして産卵に至るのかに興味を持ち調査を行った。

2. 研究内容

クモの同定

平成 25 年度の課題研究では校内のハグモは全てヒナハグモであるという結果が出ていた。しかし校内のハグモにはヒナハグモの生態の特徴が見られず私達はその結果に疑問を持った。校内のクモの生態調査の結果から私達はネコハグモではないかと考えた。そこで日本蜘蛛学会の新海明さんや東京大学農学部生物多様性研究室の谷川明男さんに確認をお願いして、私達は校内のハグモは全てネコハグモ (*Dictyna felis*) であると同定した。(以降ネコハグモを「クモ」とする)

実験 1 クモの温度実験

私達は休眠状態を「越冬後、産卵をするために体内の活動を低下させた状態」と定義づけた。気温が上昇すると休眠が解除されるのではないかと考え、3月に長岡市の3月の外気温(平均5.7℃)と20℃の環境でクモを飼育し観察を行った。その結果どちらの温度でも産卵は行われず温度だけでは休眠解除には至らないことが判明した。

実験 2 クモの産卵と日照時間の実験

次に日照時間が長くなると休眠が解除されるのではないかと考え、20℃で3月・4月・5月の日照時間ごとの環境にクモを分け飼育した。10日後には5月の光条件下で10匹中1匹が産卵したことを確認できた。さらに3月・4月・5月の環境で飼育した個体を6月の光条件に変え飼育した。その結果20℃で6月の光条件下では30匹中11匹が産卵したことが確認できた。対照実験として3月の外気温(平均5.7℃)で6月の光条件下での飼育もした。3月の外気温で6月の光条件下では一切産卵が観察されなかった。

実験 3 クモの産卵と概日リズムの実験

クモは日照時間の長さの変化を日の出と日の入りの時刻の変化により概日リズムがずれることで把握しているのではないかと考えた。そこで私たちはクモの産卵のメカニズムを調べるために3月の光条件下で1日の長さを25時間にする事で産卵するかを調べた。すると10日後には10匹中6匹が産卵したことを確認できた。

3. 研究のまとめ

- (1) クモの休眠解除には温度以外の要因があることが判明した。
- (2) クモの産卵には温度と日照時間の長さが関係していることが判明した。
- (3) クモは日照時間の長さの変化を概日リズムと日照時間の間に生じるずれで認識することが判明した。

【用語解説】

ネコハグモ

体長♀5～6mm, ♂4～5mm. 主に巣の上部に天幕網というテント状の網でできた住居を張る。8～9月ごろになると天幕網の下に雄雌ペアでいることが多い。

休眠

外部からの刺激に対する反応が著しく落ちること。また特定の条件下で本来行われる行動が制限されている状態。

卵のう

卵の保護と水分保持に役立つ、卵を包む強靱な袋状のもの。

概日リズム

約24時間周期で変動し生活リズムの基礎となるもの。光や温度などの外部からの刺激によって変化する。

【メモ】

2 ダンゴムシのカルシウム摂取と分解作用について

新潟県立長岡高等学校 理数科 郡司 哲仁・佐藤 哲哉・鈴木 淳史・山澤 太河

1. 研究の目的

私たちはダンゴムシがコンクリートに集まっているのに注目し、なぜ集まっているのかを調べた。すると、ダンゴムシはコンクリートからカルシウムを摂取しているという先行研究が見つかった。この研究からダンゴムシのカルシウム摂取と、ダンゴムシの有機物の分解に相関があるかどうかを確かめることを目標に研究を始めた。

2. 研究内容

実験 1

ダンゴムシが本当にカルシウムを摂取しているのかどうかを調べた。方法としては、ダンゴムシに硫酸カルシウム、炭酸カルシウム製の赤いチョーク（以下それぞれ炭酸カルシウム、硫酸カルシウムと記載）を与えた。その後、カルシウムの減少量とフンに含まれるカルシウムの量を測定した。※何も与えないダンゴムシの糞と塩酸は反応しないことは確認済。

実験 2

ダンゴムシのカルシウム摂取と有機物分解能力との関係を調べるために、カルシウム摂取前と摂取後のキャベツの分解量の変化を計測した。

実験 3

実験 2 の結果が 2 日間のカルシウム以外の物質の不足が原因である可能性を考え、前回の実験でカルシウムを与えていた期間に何も与えず、絶食前と後でのキャベツの分解量の変化を調べた。

実験 4

カルシウム摂取の期間とキャベツの分解量の関係を探るため、カルシウムを同時に与え、期間を延長して実験を行った。

3. 研究のまとめ

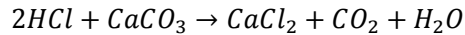
- (1) 実験 1 より炭酸カルシウム、硫酸カルシウムの両方で、摂取した後に排出されたフンの中に赤い色をした物体が確認された。よって、ダンゴムシはカルシウムを摂取したと考えられる。また、測定によってカルシウムが体内に吸収されていることも分かった。
- (2) 実験 2, 実験 3 より硫酸カルシウムを与えたものと 2 日間カルシウムを与えなかったものを比較すると、t 検定より硫酸カルシウムのときに分解量の増加が確認されたので、硫酸カルシウムは分解促進に関連があると考えられる。炭酸カルシウムを与えたものと 2 日間カルシウムを与えなかったものを比較すると、炭酸カルシウムとカルシウムなしの実験では有機物の分解に大きな差が見られなかった。したがって実験 2, 実験 3 からは硫酸カルシウムは分解作用の促進に関係があり、炭酸カルシウムが分解促進にかかわっている可能性は低いと考えられる。
- (4) 実験 4 より炭酸カルシウム、硫酸カルシウムをいれた両方のビーカーでカルシウムを与えた後の分解量の減少が確認された。カルシウムとキャベツを一緒に与えたため、カルシウムの摂取量が減少し、効果が現れにくかったのではないかと考えられる。
- (5) (1) から (4) を通して、私たちのグループは硫酸カルシウムが分解の促進に効果があると考えている。また、炭酸カルシウムは分解の促進に対する効果が低いと考えられる。
- (6) 今後は更に実験回数を増やすことによってデータの信頼性を高めていきたい。また、ダンゴムシの体内でおこなわれる反応について調べ、有機物分解とカルシウムの関係を考えてみたい。

【用語解説】

オカダンゴムシ

日本では通俗的にダンゴムシと呼ばれる。頭部に一對の触角，胸部に七対の歩脚があり，腹部は六節からなる。オカダンゴ虫は世界共通で，人家周辺や畑に生息している。主に落ち葉や雑草，動物の死骸を食べて育つ。

塩酸と炭酸カルシウムの反応式



ダンゴムシのフンに含まれるカルシウム量を求めるための計算式

(反応後の重さ)=(フンの重さ)+(6mol/L 塩酸 0.200ml の重さ)-(CO₂の重さ)

分解量

7cm×7cm のキャベツをチョークの前後に与え，チョークを与える前後で，食べたキャベツの面積の減少量

t 検定

t 検定とは，帰無仮説が正しいと仮定した場合に，統計量が t 分布に従うことを利用する統計学的検定方法の総称。二つの異なるグループから抽出された標本のデータがあるときこれら二つの母集団の平均に有意差があるかどうか判断することができる。

0.1>p>0.05 の区間に値が存在した場合に有意傾向あり，0.05>p>0 の区間に値が存在した場合に有意差ありとみなす。

【メモ】

3 土の割れ方の研究

新潟県立長岡高等学校 理数科 坂内 恵大・平井 翔大・梶原 顕志郎

1. 研究の目的

普段何気なく目にする「土のひび割れ」という現象について、どのように形成されるのか、なぜそのように割れるのか、ひびの入り方に規則性などはあるのか、ということなどを実験により明らかにしたいと考え本研究を行った。

2. 研究内容

実験 1 (粒度による割れ方の違い)

【実験の手順】 2つのコンテナを用意し、目の粗さが 0.8mm 以下のふるいと 1.5mm 以下のふるいの 2種類を用いて粒度を分けて、それぞれのコンテナに入れて乾燥させる。

【結果】 粒度が細かいほど割れ目が多く入り、粗いほど割れ目が少ないことが分かった。

実験 2 (厚さによる割れ方の違い)

【実験の手順】 2つのコンテナを用意し、厚さ 1 cm のコンテナと厚さ 2 cm のコンテナに粒度 1.5mm 以下の土をつめて、乾燥させる。

【結果】 厚いほうはひび割れが少なく、薄いほうはひび割れが多いことが分かった。

実験 3 (割れ目の断面の観察と割れ目の入る条件)

【実験の手順】 実験 1・2 で使用した様々な土の断片の中から自然に割れた土の断面と人の手によって人工的に割った土の断片をそれぞれ 10 個ずつ用意し、それらの断面を双眼実体顕微鏡で観察して比較した。

【結果】 自然に割れたほうの断面は気泡の跡が多く観察され、その大きさも人工的に割ったものと比べて大きく、人工的に割った断面では気泡の跡が少なく大きさも小さいことがわかった。

3. 研究のまとめ

実験 3 の結果より、自然に割れた場所では、人工的に割った断面で観察された気泡の跡より大きなものが数多く観察された。このことから、「何らかの原因で空気が混入した場所がもろくなり、その気泡の跡どうしを結ぶように線が入り、ひび割れが生じる」ということが考えられる。またこのことから、実験 1 と実験 2 の結果が生じた原因として「粒度が粗いほうが細かいほうと比べて相対的に気泡のサイズが小さくなるのでひびが入りにくくなる」「厚いほうでは気泡の割合が薄いほうと比べて小さくなるのでひびが入りにくくなる」ということが考えられる。

【用語解説】

粒度

粒子の大きさのこと

オートクレーブ

高温高圧により滅菌を行う機械

【メモ】

4 4次方程式の解に関する考察

新潟県立長岡高等学校 理数科 永井 悠太郎・牧口 康平・中野 柁太・五十嵐 凜

1. 目的

代数的な解の公式が存在する最高次の方程式である4次方程式の解について興味を持った。そこで、私たちはガロア理論を学ぶことによって4次方程式について研究を進めることにした。なお、ここで扱う方程式は全て有理数体 \mathbb{Q} 上の方程式である。

2. 方法

3次方程式、4次方程式の解法をガロア理論によって理解し、実際に具体的な4次方程式を解き、4次方程式における解、係数、ガロア群、不変式の間の関係を調べた。

3. 結果

・ $\text{model}\{f(x)\} = (4)$ の3次分解方程式のガロア群によって、4次方程式のガロア群がある程度まで判別することができた。

例えば、3次分解方程式のガロア群が S_3 のときは、4次方程式のガロア群は、 S_4 となる。

・ 4次方程式 $\text{model}\{f(x)\} = (4)$ の3次分解式の解 τ_1, τ_2, τ_3 を用いて作った二次方程式

$$x^2 + (\tau_i + \tau_j) = 0 \quad (i > j)$$
は $\mathbb{Q}(\tau_1, \tau_2, \tau_3)$ 上で既約な方程式である。

・ \mathbb{Q} 上の多項式

$f(x) = 0$ が有理数解 $\frac{q}{p}$ を持つなら、 p は最高次の係数の約数、 q は定数項の約数である。この方法

で方程式の可約性を判定することが可能である。

上の事実は、方程式

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 = 0$$
が有理数解 $\frac{q}{p}$ を持つとして代入し、 p^n を掛けることで証明

される。

4. 今後の展望

4次方程式についてのガロアの逆問題について考察していく。

D_4, C_4 の判別について考察していく。

5. 参考文献

『代数学 1 群論入門』雪江明彦/日本評論社

『代数学 2 環と体とガロア理論』雪江明彦/日本評論社

『ガロア理論の頂を踏む』石井俊全/ベレ出版

『数学ガール ガロア理論』結城浩/SB クリエイティブ

【用語解説】

置換

文字を入れ替えることである。123→213の置換を $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$ と書く。

2つの置換 A, B の積を AB と書き、 B で置換してから A で置換するものとする。

また、任意の置換 A について $AB = BA = A$ となる置換 B のことを恒等置換といい、 e と表す。

置換 A について、 $AB = BA = e$ となるような置換 B のことを逆置換といい、 A^{-1} と表す。

群

空集合でない集合 G について演算 \cdot が定義されていて、 $\forall a, b \in G$ について $a \cdot b \in G$ となり、 $\forall a \in G$ について $a \cdot e = e \cdot a = a$ となるような $\exists e \in G$ が存在し、 $\forall a \in G$ について $a \cdot b = b \cdot a = e$ となるような $\exists b \in G$ が存在する。また、結合法則 $(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$ が成り立つとき、 G を群と呼ぶ。交換法則も成り立つものを可換群と呼ぶ

体

空集合でない K について、加法と乗法が定義されていて、 K が加法について可換群、 $K - \{0\}$ が乗法について可換群で、分配法則が成り立つ。このとき K を体と呼ぶ

べき根添加

$Q(\sqrt{k})$ は、 $a + b\sqrt{k} (a, b \in Q)$ と表される数の集合とし、有理数体に \sqrt{k} を添加した体と呼ぶ。

複数のべき根 $\sqrt{k_1}, \sqrt{k_2}, \dots, \sqrt{k_n}$ を添加するときは、 $(\sqrt{k_1})$ に $\sqrt{k_2}, \dots, \sqrt{k_n}$ と順番に添加していく。

ガロア群

ある n 次方程式の解を $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ とする。以下の性質を満たす $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ によって生じる群をガロア群と呼ぶ。 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ の多項式で、この群の作用で不変となるものは有理数、有利数で表される数はこの群の作用で不変となる $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ の多項式で表現できる。

4次方程式 $f(x)$ の3次分解方程式を $g(y)$ 、 $g(y)$ の2次分解方程式を $h(z)$ とする。

$g(y), h(z)$ のガロア群が

- ① S_3, S_2 のとき、 $f(x)$ のガロア群は S_4
- ② C_3, E のとき、 $f(x)$ のガロア群は A_4
- ③ S_2, S_2 のとき、 $f(x)$ のガロア群は C_4 もしくは D_4
- ④ E, E のとき、 $f(x)$ のガロア群は $C_2 \times C_2$

となる。

また、方程式の型の一般的表記法は x を変数として持つ一変数 n 次方程式 $f(x) = 0$ が

$a_m (m = 1, 2, 3, \dots, k)$ 次既約方程式に因数分解されるときの場合、

$\text{model}\{f(x)\} = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_k)$ とする。ただし、 $a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_k = n$ である。

$\text{model}\{f(x)\} = (1, 3)$ と $\text{model}\{f(x)\} = (3, 1)$ などは同一のものとする。

また、この要旨及び発表においては、以下の記号を特別のことわりなしに用いる。

Q ... 有理数全体の集合, R ... 実数全体の集合, Z ... 整数全体の集合, N ... 自然数全体の集合

$\forall x$... 任意の x について, $\exists x$... ある x について

5 ペルチェ素子を用いた冷却器の製作

新潟県立長岡高校 井口 新太郎・岩淵 瞬・熊倉 泰成

1. 開発の目的

電気について調べているときに、ペルチェ効果について知り、ペルチェ素子の利点を生かした冷却器を製作したいと思い、実験を始めた。ペルチェ素子の小さく無音で温度差を作り出すという特徴を利用し、小型の無音冷却器を製作することを目的とする。

2. 研究の内容

ペルチェ素子は素子の表面の熱を移動させるのであって、素子自体は消費電力(電流×電圧)の分、発熱する。ペルチェ素子の放熱面の温度上昇を抑えることが冷却器を作成する上での課題となる。

実験 1

ペルチェ素子のはたらきを確かめるために、放熱板等を付けず、空気中に置いてペルチェ素子に電流を流し温度を測定した。放熱面、吸熱面の両面とも温度が上昇し続けたが、両面に一定の温度差を生じた。さらに電流を流し続けると熱平衡の状態まで温度が上昇する。

実験 2

気化熱を用いて放熱しようと考えた。気化させるものに水とエタノールを用いた。エタノールは水より沸点が低いので水より気化熱による放熱ができるのではないかと考えた。脱脂綿に水またはエタノールをしみこませて素子の放熱面に貼り付け、扇風機で風を送り素子を動作させた。気化熱による効果はあったが、冷却器として用いるほどの効果は得られなかった。

実験 3

実験 2 では十分放熱できなかったので熱伝導性の高い銅板をペルチェ素子の放熱面に付け、表面積を広げることで放熱効果が促進されると考えた。まず、空気中に放熱板を置いて素子を動作させた。次に銅板を水に接触させて動作させた。水に接触させた方が放熱の効果が得られた。これは水の方が空気に比べて熱伝導性が高いことと比熱が大きいからである。

実験 4

実験 1,2,3 の結果を踏まえて冷却器を製作した。500mL 程度の内容量で水に放熱する冷却器を発泡スチロールで作り、内部の温度を測定した。

3. 研究のまとめ

ペルチェ素子は電流を流すと温度差が生まれ、それによって無音の小型冷却器を作成することができる。しかし、ペルチェ素子自体の温度は消費電力分上昇するため、十分な放熱方法が必要である。我々は水で放熱する小型の簡易冷却器を作成した。

まとめ

- (1) 発熱面の表面積を広げることで熱が逃げる部分が広がって放熱、冷却効果は促進される。
- (2) 気化熱は水やエタノールを気化させるまでにある程度の温度が必要であるため、放熱効果を生み出しにくい。
- (3) ペルチェ素子に一定の電流を流し続けると一定の温度に収束する。
- (4) 水などの熱容量が大きく、熱伝導性が高い物質に放熱すると効率が良い。

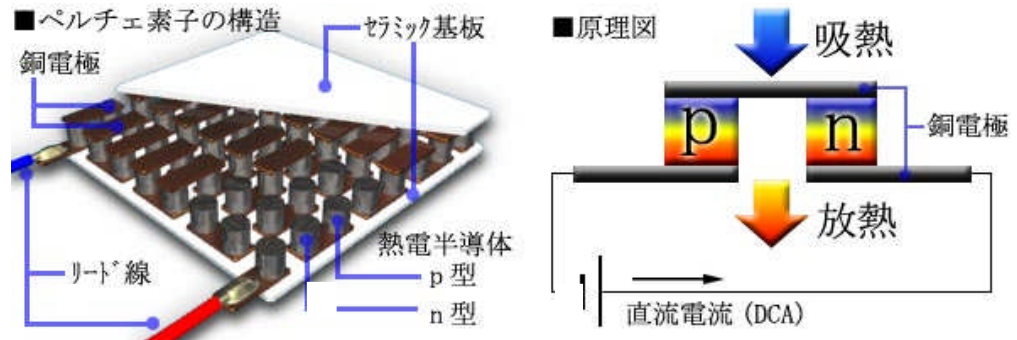
【用語解説】

ペルチェ素子

直列電流を流すことで片面からもう一方の面に熱を移動させる効果のある熱電変換デバイスであり、加熱と冷却及び温度制御を行うことのできる半導体素子。

ペルチェ効果

n型半導体からp型半導体に自由電子が移動するときにそれぞれの半導体のフェルミ準位（電子が持つエネルギー）の差が発熱や吸熱となる効果。



n型半導体

真性半導体（普通の半導体）が14族元素で構成されているのに対し、14族元素に15族元素をわずかに添加したもの。自由電子がキャリアである。

p型半導体

真性半導体に13族元素を添加したもの。共有結合に電子の足りない箇所（ホール）がキャリアである。

【メモ】

6 微粒子による摩擦の軽減

新潟県立長岡高等学校 理数科 石坂 成基・大島 一楓・佐藤 健太・二宮 健彰

1. 研究の動機

古代エジプト文明のピラミットやイースター島のモアイの建設の際、建材の運搬に丸太を利用していたと言われている。これらの例から私たちは道具を使った摩擦の軽減に興味を持った。そこで私たちは物体を平面上で移動させるときに、微粒子を撒くことで摩擦が軽減されると考え、その条件や方法を明らかにすることを目標に研究を始めた。

2. 研究内容

(実験のデータ処理に関して)

移動距離を測ることで摩擦の変化を観察した。また、比較対照実験として、同日同条件で食塩をアルミ板に撒いていない状態(以後これをコントロールと呼ぶ)を計測し、各データとの比を取った。

実験 1

モデルとして木片とアルミ板を使い木片をアルミ板上で滑らせ、移動距離を計測した。その後、物体間の摩擦を軽減するものとして食塩をアルミ板上に撒き、移動距離を計測した。この実験より、食塩をアルミ板上に撒いたときのほうが、より移動距離が伸びることが分かった。また、本研究では木片が食塩の上を移動することを前提として実験しているため、食塩が木片の前面に溜まらないように実験方法を工夫した。

実験 2

食塩の面密度が木片の移動距離に影響を与えるのではないかと考え、食塩を撒くときの面密度を変え、移動距離に影響があるかどうか計測した。その結果、200 平方センチメートルあたり 1.2 グラムの面密度のときに最も移動距離が伸びた。

実験 3

食塩の粒子の大きさを変え、同様に移動距離を計測した。粒子の大きさは 0.063~0.25mm の大きさと、0.25~0.5 mm の大きさをふるいで分け使用した。その結果、粒子が大きい 0.25~0.5mm のほうがより移動距離が伸びた。

3. 研究のまとめ

- コントロールよりも食塩を撒いたほうが摩擦を軽減できた。
- 食塩の面密度と摩擦には関係があり、摩擦が最小となる最適の面密度が存在する。
- 本実験では、粒度が大きいほうがより摩擦を軽減できた。

4. 研究結果による摩擦軽減の仮説

物体間の摩擦には以下の要因があるのではないかと考えた。

アルミ板と木片との間の食塩が滑り、なおかつ転がることで、摩擦を軽減している。

私たちはこの仮説を証明するために、さらに 2 つの実験を行った。

【用語解説】

微粒子

細かな粒子のこと。本実験では食塩を用いた。

コントロール

アルミ板に何も撒かない状態での実験。これを毎回計測し、各データとの比をとることで指標とした。

面密度

単位面積当たりの量のこと。本研究では、ある一定の面積(20cm*10cm)を定め、そこに撒く量を質量で計測して決定した。実験では1.1g~1.5g(0.1gごと)を測って用いた。

【メモ】

7 ジョロジョロ音に関する研究

新潟県立長岡高等学校 理数科 鈴木 朋弘・中村 八雲

1. 研究の目的

水筒に水を入れたときにジョロジョロ…となる音（以後ジョロジョロ音とする）を普段から耳にすることがある。実に身近な音であるにもかかわらずこの音は原因の詳細がはっきりとわかっていない。そこで、私達はこの音に興味を持ち研究を始めた。

2. 研究内容

以下の実験では、FFTWave^{*}というソフトウェアを用いて音の解析を行った。

実験 1

この音は一般に気柱共鳴が原因であるといわれている。そのためまず私たちは本当に気柱共鳴が原因であるのかどうかを確認するため、メスシリンダーにビュレットを用いて水を滴下したときの音とメスシリンダーを吹いたときの音を比較した^{**}。その結果、ジョロジョロ音が主に気柱共鳴による音（以後音①と呼ぶ）であることが確認できた。さらに、構成している音の中にその他 2 種類の音が存在することが分かった。

また音①のうち、基本振動の音が最初は小さく、ビュレットによる滴下を行っていくと徐々に大きく聞こえるようになることが観察された。

実験 2

実験 1 で確認されたその他 2 種類の音のうち、音の高さが常に一定な音（以後音②と呼ぶ）の原因は滴下した水が水面を叩くときに生じる音ではないかと考えた。それを調べるため、水を張ったシャーレにビュレットを用いて滴下をした音とジョロジョロ音を比較した。

シャーレに水を滴下した時の音とジョロジョロ音には、同じ周波数の音が存在することが確認できた。これにより、音②がビュレットから滴下した水が水面を叩くことにより生じる音であると考えられる。

実験 3

その他 2 種類の音のうち残りの徐々に周波数が下がってくる音（以後音③と呼ぶ）の原因はメスシリンダーが振動することによって生じている音ではないかと考えた。それを調べるため、メスシリンダーを手でおさえながら水を滴下して、その時の音を調べた。

メスシリンダーの水が入っている部分を手でおさえた際には音③が観察されなかった。これより、メスシリンダーの水が入っている部分が振動することで音③が生じていると考えられる。

実験 4

実験 1 で確認された基本振動が徐々に大きく聞こえるようになるという現象の原因を解明するため、アクリルパイプの閉管と低周波発振器^{***}を用いて実験を行った。

パイプの長さが 10cm で録音した音と 20cm で録音した音のグラフを比較すると 10cm のグラフのほうの基本音が大きく、周波数を変えても変化が見られないことが確認できた。これよりジョロジョロ音の基本音が徐々に大きくなる現象が閉口端から音が鳴ることが原因ではないかと考えられる。

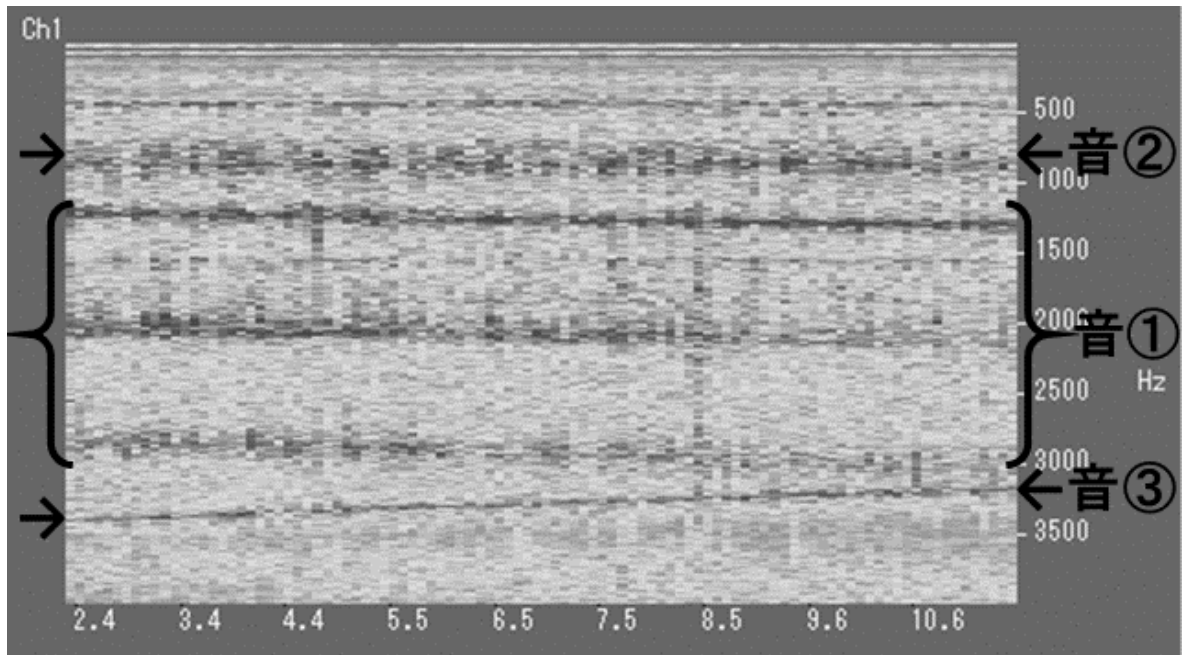
3. 研究のまとめ

- (1) ジョロジョロ音は 3 つの音で構成されていることが分かった。
- (2) 3 つの音のうち、1 つが気柱共鳴によって、もう一つが滴下した水が水面を叩くことによって、もう一つはメスシリンダーが振動して生じていることが分かった。
- (3) 容器の形によってジョロジョロ音が変化することが分かった。
- (4) 気柱音の基本振動の音が最初は見えにくく、水を滴下するにともない音が大きくなることが分かった。また、この現象は気柱の閉口端で音が生じることが原因だと考えられる。

【用語解説】

※FFTWave

音声解析ソフト。これを用いてジョロジョロ音を測定すると下の様な図が得られる。



※※音を比較する

FFTWave を用いて音を表し比較を行ったことを指す。

※※※低周波発振器

特定の周波数の音を発生させることのできる装置。

【メモ】

8 ギネス紙飛行機はなぜ遠くまで飛ぶのかについての考察

新潟県立長岡高等学校 理数科 丸田 悠斗・有坂 将輝・鈴木 一志

1. 研究の目的

私たちは一枚の紙から自分で工夫することによって多様なものを作り出すことができる紙飛行機についてとても関心を持った。折り方を少し変えるだけで、ゆっくり飛んだり、速く飛んだり、遠くまで飛んだり、戻ってきたりする紙飛行機はどうしたらより遠くまで飛ぶのかということは子供のころからの疑問だった。そこでインターネットで検索してみたところ、ギネス記録の紙飛行機を見つけた。その記録は69.1388メートルで、一枚の紙からそこまで遠くまで飛ぶものが作れることにとっても驚き、ギネス紙飛行機が遠くまで飛んでいく理由を調べるために研究を始めた。

2. 研究内容

まず前提条件として、紙飛行機が遠くまで飛ぶ条件として「揚力がある」「抵抗力が小さい」「推力がある」というものがある。この観点に着目して実験を行った。

紙飛行機発射台を作成し、推力を一定にした。

実験1

ギネス紙飛行機の細部を調整し、ギネスの折り方でどうしたら遠くまで飛ぶのか実験した。まず、羽の折り曲げ方を実験し、羽を上側に曲げたほうが遠くまで飛ぶことがわかった。次に紙飛行機が閉じた状態と開いた状態での実験で閉じた状態のほうが遠くまで飛んだ。

実験2

まず、ヘソ飛行機の細部の折り方を変えて、8個の紙飛行機を作り、それぞれの飛び方の傾向を把握した。ヘソ飛行機の重心、全体の面積、羽の面積、全体に対する羽の面積の割合、羽の重さ、羽の重さの割合の6つの観点と傾向をギネス紙飛行機のものと比較し、揚力が働く条件と、抵抗力が小さくなる条件について考察した。揚力が大きくなる時は、重心が後ろまたは羽の面積の割合が大きいとき、抵抗力が小さくなる時（スピードが速いとき）は重心が前または揚力が小さいときだということがわかった。

実験3

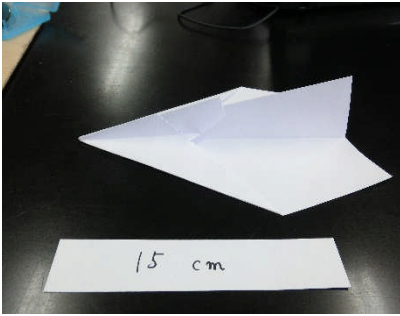
製作した発射台を二つ組み合わせて推力を大きくして実験をした。揚力が大きいものは、上に行き過ぎて遠くまで飛ばず、他の紙飛行機は、力が小さいときよりも距離が伸びた。ギネス紙飛行機は、このとき大きく距離が伸びた。このとき重心が前で抵抗力が小さい紙飛行機のほうが距離大きくなることが分かった。

3. 研究のまとめ

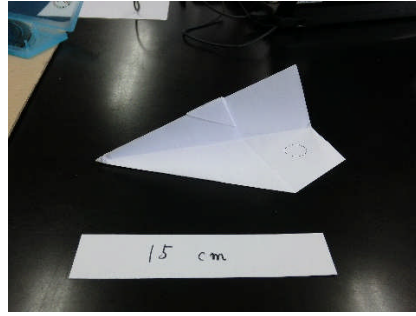
- (1) ギネス紙飛行機は、揚力は他のものより小さいが、その分抵抗力が小さく、推力が大きいほど遠くまで飛ぶという性質があることがわかった。
- (2) 揚力、抵抗力、推力はそれぞれ関係しあっている。
- (3) 閉じた時の方が遠くまで飛んだのは抵抗力が低くなったためである。
- (4) 紙を上の方に曲げると空気の流れによって揚力が大きくなるということが分かった。
- (5) 重心が前のとき、体勢がぶれなくなり抵抗力が少なくなってスピードが速くなる。
- (6) 揚力が働くときは、空気摩擦が働くので、抵抗力が大きくなる。

※データの例

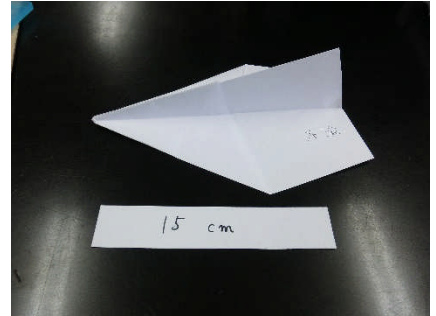
	重心	全体の面積	羽の面積	羽の面積の割合	羽の重さ	重さの割合
ギネス	0.87	290.85	185.40	63.7%	2.60	61.1%
理論上	1.12	225.75	119.75	53.0%	2.08	50.3%



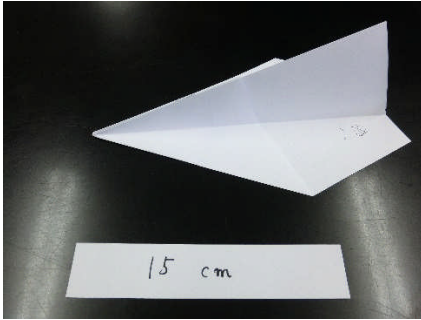
1. ギネス



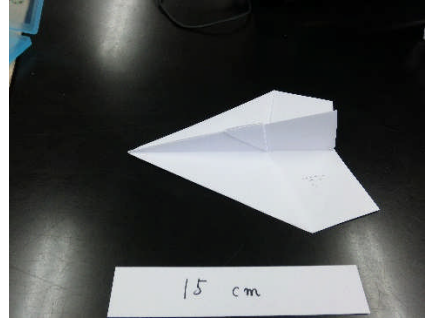
2. 理論上一番飛ぶヘソ飛行機



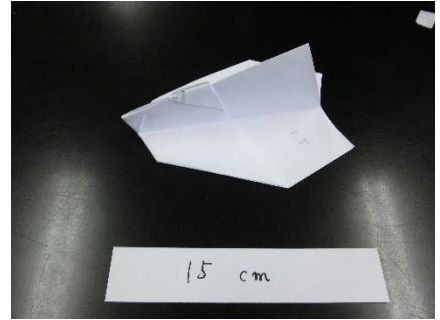
3. ヘソの折り方でギネスをまねた



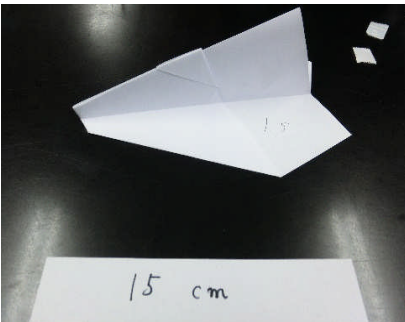
4. 3で羽を小さくした



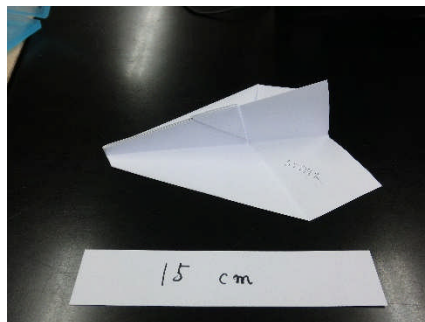
5. 2で羽を大きくした



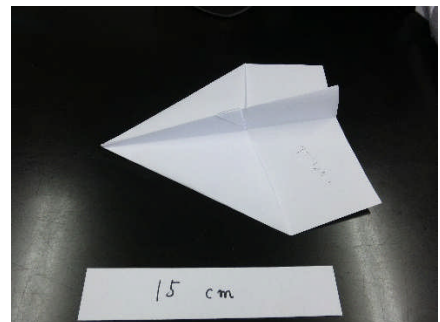
6. 2の先端を4.5cm折った



7. 2で先端を1.5cm折った



8. 7でギネスと羽の割合が同じ



9. ギネスと羽の面積が同じ

[用語解説]

揚力

紙飛行機を重力に逆らって、上に持ち上げようとする力。

抵抗力

紙飛行機のを速さを落とそうとする働き。

推力

紙飛行機を動かすために押し出す力。

重心

重心を測定し、先端から重心までの距離を重心から末端までの距離で割ったもの。

(1.0に近づくほど真ん中であり、0に近づくほど先端よりにある。)

9 ドミノの倒れ方とその規則性に関する実験

新潟県立長岡高等学校 日吉 真喜・荒川 南・五十嵐 朱里

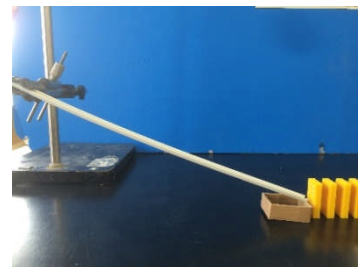
1. 研究目的

ドミノというのは誰もが知っている身近な遊びで、それを物理的な視点で見てみたいと思った。ドミノは次々に力の加わる対象が変わる。ドミノにはなにか特殊な性質や規則があるのではないかと、それならばそれを見つけてみようと思い、研究を始めました。

2. 研究内容

実験① ドミノの間隔による倒れる速さの変化

ドミノの長さ、鉄球を転がし始める高さを一定にしてドミノの間隔を 1cm、2cm、3cm、4cm、と変化させて横から撮影し、tracker を使ってドミノの進む速さに変化するのか調べた。高さを複数の試行を使って考察を行う。

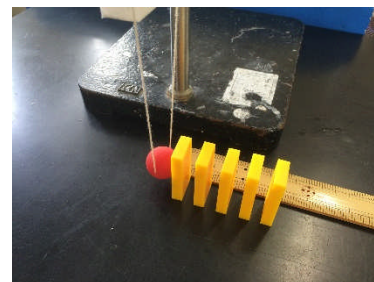


実験② 鉄球をぶつける速さによるドミノの倒れる速さの変化

間隔が一定のときのボールの速さ(転がし始める高さ)によるドミノの進む速さの差を調べるため、鉄球を高さ 6cm、9cm、12cm から静かにはなした。各 $x-t$ グラフには共通した変化のしかたがあったので、その変化の原因を実験③で調べた。

実験③ 様々な倒し方での実験

実験②のグラフは共通して後半に等速運動になる。調べたところ、傾きが一定になる速さが等しくなることはなかった。はじめに加える力のかけ方を変えることによって傾きの大きさの変化のしかたに法則があるのかを調べることにした。重さが約 4g、7g のふたつのスーパーボールを用意して、そのときのドミノの進む速さを調べる。質量は 1.75 倍なので、速さも 1.75 倍とまでは言わないにしろ 7g のほうが速さは大きくなると仮定する。ボールを持ち上げる角度も 45° 、 60° の 2 パターンで実験する。 60° のほうが高さは大きいので、ドミノの進む速さも大きくなると仮定する。



実験④ グラフの外形の考察と実験

グラフが前半と後半で外形が違うことが実験①～③から分かったのでその違いを①～③の映像で調べる。指でやさしくドミノを倒した実験を行いその速さのグラフと①～③のグラフを比較する。

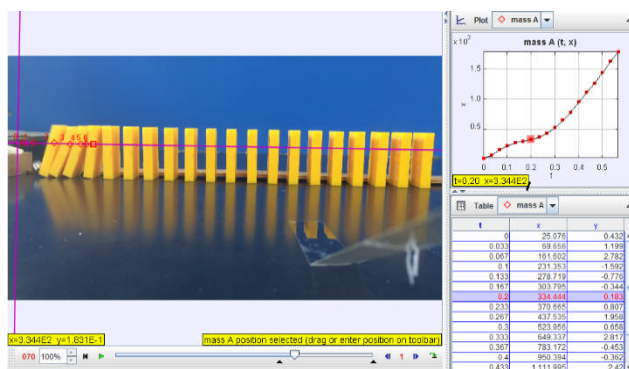
3. 研究のまとめ

実験① 間隔が広くなるにつれてドミノの進む速さは遅くなる。それぞれ間隔が 1cm のときに衝突した瞬間ドミノが倒れる速さに変化が見られた。衝突した瞬間を見たときドミノが右に滑りドミノの間隔が狭まったことで最初のほうに速さに変化がみられ 4 枚目のドミノが倒れたあたりから等速運動が始まる。このことから衝突した時にドミノが右に滑った分まとまって倒れることが原因で遅くなったと考えられる。

実験② 間隔が一定であれば最初のドミノに加えられる力の大きさに関係なく後半に生じる等速運動時の速さはあまり変化が見られなかった。 $x-t$ グラフの傾きから平均の速さを求めたところ、間隔が 1cm と 2cm のときは高さが 6cm でも 9cm でも 12cm でもほぼ同じ値がでた。また、 $x-t$ グラフのはじめのところグラフの傾きが緩やかになったと思われるところは、高さが大きいほうが等速運動に切り替わるまでの時間が長かった。

実験③ 約 4g のスーパーボールの時は角度を大きくするとドミノの倒れる速さは大きくなった。約 7g のスーパーボールの時は角度を大きくするとドミノの倒れる速さは小さくなった。

実験④ グラフの違いはドミノの倒れ方に関係していることが分かった。後半のグラフの形がドミノを静か倒したときの外形と同じだった。ズレながら進んでいるときは、途中勢いが落ち着き、傾きながら倒れるときは一直線になる。



[用語解説]

tracker

物体の運動を解析するソフト

【メモ】

10 ペットボトルのリサイクルについて

新潟県立長岡高等学校 理数科 青木 宥都・大関 啓吾・塩野谷 夏・矢川 小春

1. 研究の目的

長岡高校では日々たくさんのPETボトルが消費されている。PETボトルのPETはポリエチレンテレフタラートの略で代表的な高分子化合物である。消費されたPETボトルは廃棄されたり、リサイクルにまわされたりしている。PETボトルのリサイクルは大きく分けて二通りの方法がある。一つ目は、PETボトルをチップ状に粉砕した後で熱により融解し、あらたに成型し直す方法である。現在の日本ではこの方法が主流となっている。もう一つの方法は、PETボトルをその製造原料であるテレフタル酸とエチレングリコールに分解精製し、それを原料として再びPETボトルを合成する方法である。この方法は、廃棄物であるPETを廃棄前の高品質なものに生まれ変わらすことができる方法と言える。私たちは、この後者の方法でより効率的にPETを分解しテレフタル酸を得る方法を探ることを目的として研究を開始した。

2. 研究内容

実験1 ペットボトルの分解

エチレングリコール 30mL を 170~180℃ に加熱する。そこに炭酸ナトリウム 3.0g と 2mm 四方に細かく切った PET ボトルのチップ 6.0g を加えて、攪拌しながら加熱する。数十分加熱し固形物がすべてなくなったら、数分間冷却する。すると白濁し粘性を持った液体が得られる。これを、ろ過し、ろ紙上に残った固形物を 20mL の水に溶かしてから再びろ過を行い、水に溶解したテレフタル酸ナトリウム水溶液と不純物とに分ける。この水溶液を硫酸で酸性にすると目的物質のテレフタル酸が得られる。テレフタル酸は約 400℃ で昇華するため、これを利用して昇華精製を行うと高純度のテレフタル酸を得ることができる。

実験2 使用する酸・塩基とペットボトルの分解

ポリエチレンテレフタレートはエステル結合を含み、この結合は「酸」または「塩基」により分解する。使用する酸、塩基の種類と量を変化させて、その変化を観察した。

(1) 酸による分解

希硫酸を使用して分解反応を行った。反応溶液が着色するなどの変化は見られたが、分解は進行しなかった。

(2) 塩基による分解

塩基として水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムを使用した。分解反応は速やかに進行しテレフタル酸を得ることができた。また、使用する塩基の量を変化させると得られるテレフタル酸の量が変化することもわかった。

実験3 ペットボトルの種類と分解反応

ペットボトルには、炭酸飲料を入れる耐圧用をはじめとして耐熱用、耐熱圧用、無菌充填用など複数の種類がある。それらに同様の分解反応を行いテレフタル酸の析出量の違いを比較した。

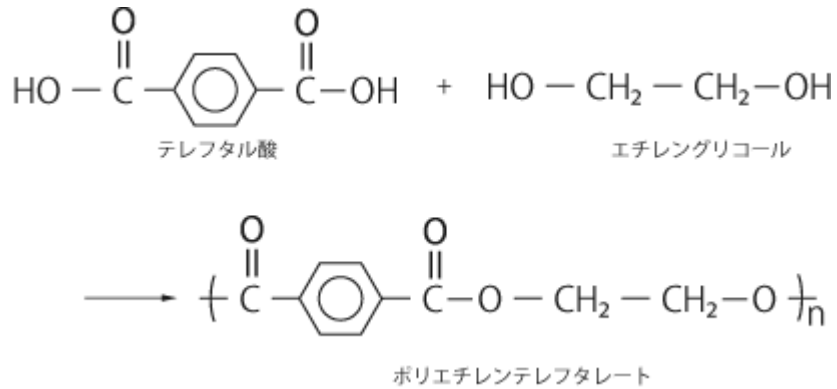
3. 研究のまとめ

- (1) ペットボトルを分解しその製造原料であるテレフタル酸を分離精製することができた。
- (2) 酸・塩基の種類や量による反応の違いを確認できた。
- (3) 複数の種類のペットボトルを分解することに成功した。

【用語解説】

ポリエチレンテレフタレート (PET)

ペットボトルの原料となる高分子化合物。いわゆるポリエステルと呼ばれるプラスチックの一種。ペットボトルだけではなく、化学繊維として衣料にも広く使われている。ポリエチレンテレフタレートはテレフタル酸とエチレングリコールの縮合重合により合成される。



【メモ】

11 水素燃料電池の研究

新潟県立長岡高等学校 理数科 堀井 滉大・結城 龍海・大崎 俊輝

1. 研究の目的

現在叫ばれている化石燃料の枯渇や地球温暖化の抑制に対応するため、より効率の良い発電方法を開発し、実用化できるほど大きな電力を供給できる燃料電池を製作する。

2. 研究内容と結果

実験 1 基本となる水素燃料電池の作成

- 方法 1) 塩化パラジウム 0.1g を濃塩酸 1mL に溶かし、それに純水を加え 400mL とする。
 2) ステンレス製の金網を用意し、1%のビタミン C を加えた 4mol/L の塩酸に浸す
 3) 陽極を炭素棒、陰極をステンレス金網につなぎ、6V の電圧をかけてメッキ液が透明になるまで 10 分ごとに不純物をろ過しつつめっきする。
 4) メッキ液が透明になった後、ステンレス金網を取り出し純水で軽く洗い装置に取り付ける。その後、金網→キッチンペーパー→金網の順に重ねる。
 5) 電流計の陰極を下の金網に、正極を上の方の金網に取り付ける。
 6) 金網の上から 0.5mol/L 水酸化ナトリウム水溶液（電解液）を 10mL 注ぐ。
 7) 5%塩酸の中に 10g のマグネシウムリボンを入れて発生させた水素を、チューブを通して装置の中に入れる。その後、電流・電圧を測定する。

	1 回目		2 回目		3 回目		平均	
1 分後	0.03V	12mA	0.06V	9mA	0.04V	7mA	0.043V	9.3mA
最大	0.04V	23mA	0.06V	20mA	0.06V	25mA	0.053V	22.7mA

実験 2 電解液を、水酸化ナトリウム水溶液から水酸化カリウム水溶液へ変えて同様の実験を行う

	1 回目		2 回目		3 回目		平均	
1 分後	0.05V	23mA	0.04V	27mA	0.03V	32mA	0.04V	27.3mA
最大	0.06V	27mA	0.07V	29mA	0.06V	38mA	0.06V	31.3mA

実験 3 塩化パラジウム以外の物質を用いて同様の実験を行う（3 回計測したものの平均値）

	①硫酸ニッケル		②硫酸銅(II)		③塩化リチウム		④銀	
1 分後	0.023V	29.3mA	0V	0mA	0.026V	3mA	0.003V	0.06mA
最大	0.043V	60mA	0V	0mA	0.033V	5mA	0.02V	0.33mA
	⑤酸化マンガン(IV)		⑥塩化コバルト		⑦金		⑧塩化ストロンチウム	
1 分後	0.03V	15.3mA	0.05V	4.7mA	0.046V	35.3mA	0.056V	3mA
最大	0.04V	36.3mA	0.06V	6.4mA	0.06V	119mA	0.056V	25mA

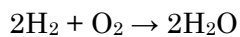
3. 研究のまとめ

- ・電解液を水酸化ナトリウムから水酸化カリウムに変えたところ、電圧・電流ともに上がった。
- ・塩化パラジウムに変えて、硫酸ニッケル、酸化マンガン(IV)、金、塩化ストロンチウムを用いたところ、より多くの電流が流れた。
- ・今後は、金網とキッチンペーパーのセットを何層にも重ねた装置を用いて実験してみたい。

【用語解説】

燃料電池

水に電気を通すと水素と酸素の泡が出てくるのは、水の電気分解である。燃料電池の仕組みはその逆で、水素と酸素を反応させて電気を取り出すものである。排出されるのは「水」だけであり、従来の化石燃料のように有害物質を排出せず、エネルギー効率にも優れているため、地球の環境問題やエネルギー問題を解決するものとして、世界中で積極的に開発が進められている。



【メモ】