

平成 2 5 年度

理 数 科 課 題 研 究 報 告 書

岡山県立津山高等学校理数科

目 次

[物理分野]

耐震構造の研究.....	3
池上 敏弘, 阿部寛人, 池元 拓哉, 黒石 健斗, 白簾 克佳	
粘度とミルククラウンの関係.....	7
芦田 怜司, 江原 明宏	
超伝導の有用性の検証	10
鳥取 岳広	
備長炭電池駆動ゲルマニウムラジオの改良.....	17
光井 一輝, 有元 一真	
電子銃の作製・改良及び電子観測.....	20
響尾 真名人, 河原 正明, 坂田 慎一郎	

[化学分野]

炎色反応を用いた色が変わる炎の研究.....	23
利久 法子, 居原田 沙樹, 中江 沙知, 森田 陽奈実	
舎密開宗の再現.....	27
浅田 千遥, 岡本 比呂, 田村 昌大, 野々上 懂子	
炭素電池の研究.....	31
古井 心子, 芦田 万由子	

[生物分野]

ミドリゾウリムシの研究.....	36
小林 一茂, 大釜 直也, 稲岡 遼太, 武下 明正	
粘菌のアミノ酸に対する化学走性.....	40
長尾 綾花, 清水 綾乃	
身近なものの抗菌作用について.....	44
岸本 悦実, 磯山 香緒里	

[地学分野]

津山周辺における新第三紀海成層の研究 (英語論文)	
The Study of Ocean Layers of the Tertiary Neogene Period around Tsuyama.....	47
石戸 里奈, 藤井 悠平, 築 花菜	
広島風再現実験によるハザードマップの作成.....	52
難波 英里, 高橋 瑞穂, 森本 真帆, 早瀬 悠夏	

[情報分野]

OpenCV を用いた剣道の動きの解析.....	56
小椋加奈子	

[巻末図]	60
---------------	----

耐震構造の研究

研究者 池上敏弘, 阿部寛人, 池元拓哉, 黒石健斗, 白簾克佳
指導者 井上出

1. 研究の概要

私達は、単純な構造をした建物における耐震力を調べた。建物はパスタを使用したパスタハウスを使用した。また、地震発生装置を作り、それを用いてパスタハウスを倒壊させ、その耐震性を調べた。

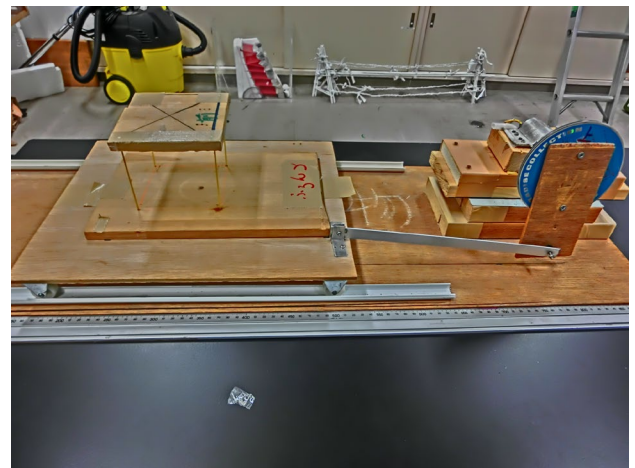
We researched the power of earthquake resistance of simple constructions. We made a model of buildings with pasta. And we made a device which can make earthquakes. We broke pasta houses with device to research the power of earthquake resistance.

2. 序論

日本は世界有数の地震大国であり、地震による死者も多い。特に地震が少ない岡山県は、地震に対する意識が低く、大半の木造建築物には十分な耐震構造が備わっていないことが多い。しかし建築物を一から耐震構造にするには時間も費用も掛かるため、補強に限って耐震性の向上を図り、建築物を横揺れに対してより強くする方法を研究した。模擬的な建築物に補強を試し、補強と耐震の関係を研究した。

○地震発生装置

fig. 1



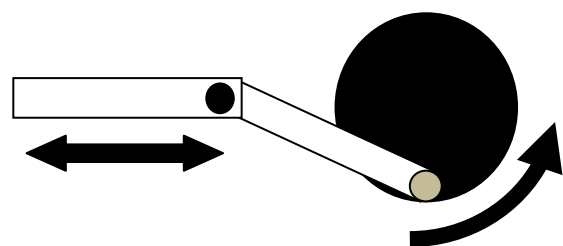
3. 研究内容

本来ならば地震発生装置を用いて建築物の揺れ方や倒壊するまでの時間を調べるべきだが、地震発生装置の使用が不可能であった。そこで、自ら単純な横揺れのみを発生する装置を作り、模型に横揺れを与え、揺れ方や倒壊までの時間などを調べる。

装置の仕組みの説明

クランクを用いてモーターの回転運動を横揺れの運動に変換する。

図 1



4. 実験内容

模型を横揺れ発生装置で揺らし、倒壊までの時間を調べる。

予備実験 1

様々な材料を用いた実験

<目的>

実験に使用するのに適切な柱の材料を決める。

<実験方法>

様々な材料で長さが一定の柱を作る。それを用い模型を作り、横揺れによる影響を調べる。

実験した材料

- ・木材 (5 mm×5 mm×10 cm)
- ・うどんの乾麺 (長さ 10cm, 太さにばらつきあり)
- ・パスタ (直径 1.6 mm×11 cm)

<結果>

木材は強度が強すぎて倒壊しなかった。うどんの乾麺は形にばらつきがあり、実験結果が安定しなかった。強度や均一性の面からパスタを使用することに決定した。

実験 1

様々な補強を施した模型を用いた実験

<目的>

模型に様々な補強を施し、その耐震性を調べ、補強無しの模型と比較する。

実験装置の条件 (予備実験 2 と同様)

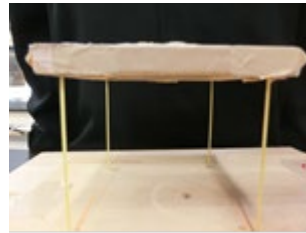
- ・電圧装置 : 3.0V
- ・振幅 : 53.3cm
- ・柱 : パスタ (長さ 11 cm, 太さ 1.6 mm)

施す補強のタイプは、次の 3 種類とした。

タイプ O

(補強なしのタイプ)

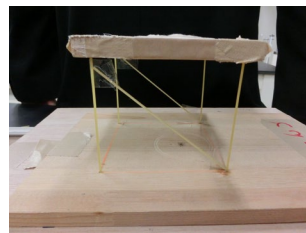
fig. 1



タイプ A

(モーター側の上から下に斜めに立てかける)

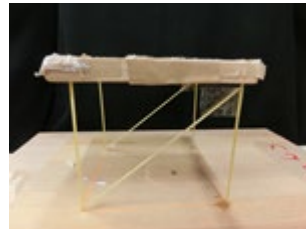
fig. 2



タイプ B

(A とは逆のタイプ)

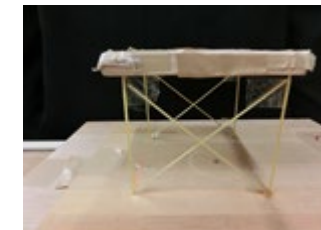
fig.3



タイプ C

(A と B を合わせたタイプ)

fig. 4



<仮説>

補強の柱を増やすほど、倒壊までの時間は長くなる。タイプ A とタイプ B の結果は変わらず、タイプ C がタイプ A・B の結果を加えたものとなる

実験結果は、次のようになった。

表 1

※ ○は、1 分 30 秒たっても倒れなかったことを示す。

タイプ	おもり	倒れるまでの時間
タイプ O	20 g	○
	40 g	22”51
	60 g	2”24
タイプ A	170 g	○
	200 g	2”93
	250 g	0”37
タイプ B	70 g	○
	100 g	53”12
	150 g	12”22
タイプ C	350g	○
	400g	○
	450g	15”13

ここで、装置の運動は単振動と見ることができるので、

$$mr\omega^2=F$$

(m ; 質量, r ; 振幅, ω ; 角速度, F ; 復元力)

$$\omega=2\pi/T$$

(T ; 周期)

これらを用いて、

$$F=mr \left(2\pi/T\right)^2$$

$$T=1.40 \text{ s}$$

$$\pi=3.14$$

$$r=0.113 \text{ m}$$

$$m=8.68\times10^{-2}+X\times10^{-3} \text{ kg}$$

(86.8×10^{-2} は屋根, X はおもりの質量)

結果, X (g) のおもりを用いたとき、模型に加わる力 F は最大で

$$F=2.27\times10^{-3} \text{ (86.8+X)}$$

となる。

これをまとめると、次の表になる。

表 2

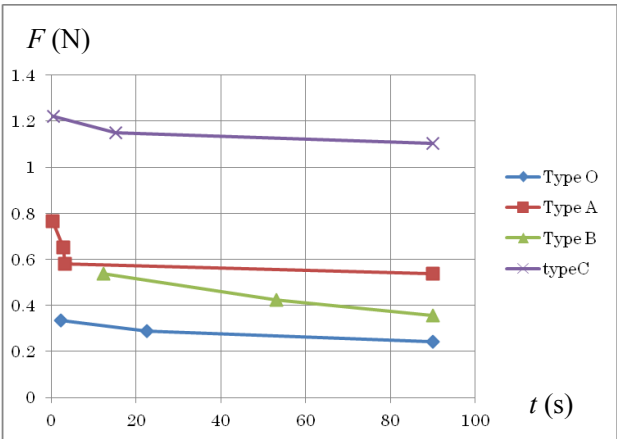
おもりの質量 (g)	模型にかかる力 (N)
0	0.197
50	0.310
100	0.424
150	0.538
200	0.651
...	...

おもりと模型にかかる力は比例する。

倒壊までの時間と模型にかかる力の関係を模型のタイプ別に整理すると、次のようなグラフになる。

○倒壊した時間と模型にかかる力の関係(タイプ別)

表 3

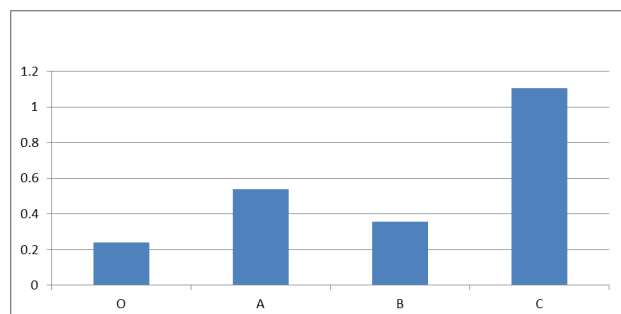


< 考察 >

時間と模型にかかる力の明確な関係性を見出すことはできなかった。

表 4

○模型が耐えられる力（タイプ別）



<考察>

タイプ A とタイプ B の実験結果を比較すると、100g 分の耐久力のずれが生じた。これは、地震発生装置で横揺れを発生させる際に、押す力（左側に揺らす）と引く力（右側に揺らす）に差が出てしまったことが原因だと考えられる。クランクの位置を模型の中央につければ、A と B の差が生じなかったと考えられる。

5. 結論

タイプ O から一本 0.19 g のパスタで補強をする場合、2 本分の補強に相当するタイプ A とタイプ B では耐久力に違いが生じた。その大きさは、タイプ A では 150 g 分、タイプ B では 50 g 分であった。そして、4 本分の補強に相当するタイプ C では 380g 分の耐久力をもたせることができた。

また、A と B の耐久力を足せば C になると考えていたが、C の耐久力はそれ以上のものとなることがわかった。

6. 反省

- ・装置の製作に時間がかかり、実験の時間を十分にとれなかった。
- ・倒れ方や重さと高さの関係について調べる事ができなかった。
- ・一つ一つの実験回数が少なく、正確な数値が得ることができていない。
- ・パスタの強度が、個体差や室内の湿度の変化に

よって変化する可能性があった。

7. 謝辞

英語の翻訳に協力して下さったマルティーナ先生に深く感謝いたします。

また、私たちの課題研究のために時間を割いて下さった津山工業高等専門学校佐藤紳二先生にお礼を申し上げます。

粘度とミルククラウンの関係

研究者 芦田 怜司 , 江原 明宏

指導者 井上 出 , 佐藤 紳二

研究の概要

研究の目的は、ミルククラウン現象のメカニズムの解明である。ミルククラウンとは、ある程度の粘性がある流体に流体を滴下することによって生じる、水面上に王冠状の形が形成される現象である。

今回の実験では、ミルククラウンの形状は極めて小さな粘度の変化によって変化し、クラウンの高さは流体の粘度に関係しないことが分かった。

The aim of research was to explain the mechanism of the milk crown phenomenon.

In our experiments we found out that minimal changes of viscosity changed the milk crown from whereas the height of the crown and the viscosity of the liquid are not related.

1. 序論

TV 番組等で、水が跳ねる瞬間の美しい造形を目にしたことがあるだろうか。我々はやスーパースローカメラの映像を見るたび、ミルククラウン形成の過程を不思議に思ってきた。さらに文献等で調べてみると、ミルククラウン形成にも条件があり、微妙な粘度の変化で形状が大きく変化することが分かった。そこで本研究を通じて、ミルククラウン形成の条件や、その時の流体の動きを研究することにした。

尚、本実験においてミルククラウン現象によって生じる王冠型の造形のことをクラウンまたはカルデラと呼び、水面にできる窪みをクレーターと呼ぶことにする。

2. 研究内容

まず、試液の粘度を変化させ、それぞれの条件下でのクラウンの形状や大きさを観察する。

・実験 1 流体の粘度とクラウンの大きさの変化

<目的>

試液の粘度を変化させ、それぞれの条件下でのクラウンの形成過程を観察し、試液の粘度とクラウンの形状の関係を調べる。

<仮説>

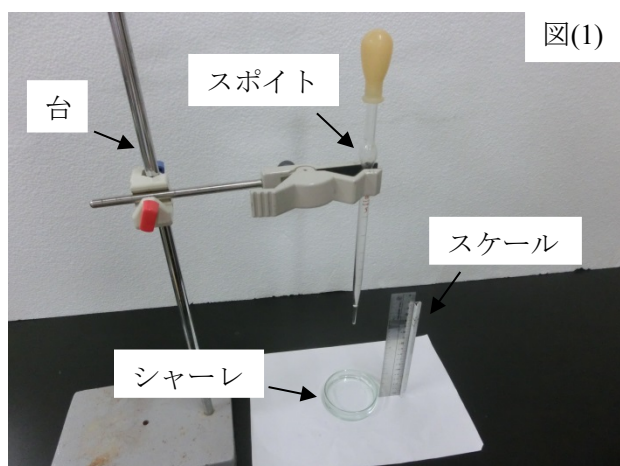
粘度が大きくなればなるほど試液が下方向に押し下げられないため、滴下した流体がつくるクレーターが小さくなり、クラウンの大きさはそれにつれて高くなるのではないかと考えた。

逆に粘度が小さすぎると、滴下した流体が跳ね上げられず、クラウンが形成されないのではないかと考えた。

<方法>

図(1)のような装置を用いて、洗剤と水の混合試液 30 ml をシャーレに入れ、水面 15 cm の高さより、スポイトから水を滴下させ、ミルククラウン形成の様子を観察する。

今回は、洗剤と水の混合比を変えることによってシャーレ内の試液の粘度を変え、発生するミルククラウンの形状を観察した。表面張力について考える必要をなくすため、使用した洗剤の成分における臨界ミセル濃度を大幅に超える濃度 10% 以降の試液を用いて実験を行う。



図(1)

試液の濃度を 10% ずつ変え、それぞれの試液で計 3 回撮影することで実験結果の平均化を図り、計 10 通りの実験結果をもとにミルククラウン発生の条件を考察する。

<実験結果>

試液の濃度(%)	クラウンの形状
10	カルデラ
20	クラウン
30	クラウン
40	カルデラ
50	カルデラ
60	カルデラ
70	カルデラ
80	カルデラ
90	クレーターのみ
100	クレーターのみ



左：
カルデラ



右：
クラウン

<考察>

今回の実験では、試液の濃度が 20%～30%という、極めて短い範囲でしかクラウンが形成されず、その他のいずれもクラウンには至らなかった。これは粘度を調節するために界面活性剤の入った洗剤を使ったため、表面張力があまり働かず、クラウンを形成するほどの流体が押し上げられなかったためと考える。

また、水の滴下位置が極めて低く、滴下した水が十分なエネルギーを持っていなかったため、クラウンを形成するに至らなかったのではないかと考える。

したがって、本実験においてミルククラウンを発生させるためには、絶妙な粘度調節が必要であると分かった。

・実験 2 クラウンの高さと直径の変化

<目的>

実験 1 の結果から、クラウン形成の可能性がある試液の濃度 20%～30%の範囲内で、粘度を微小に変化させることで、クラウンの高さと粘度の関係について調べる。

<仮説>

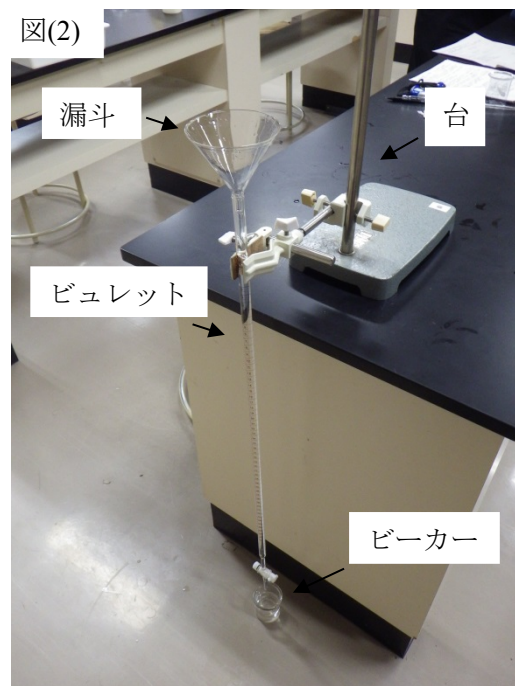
粘度が大きくなるにつれてクレーターが小さくなり、クレーターの端から射出される水滴の角度が小さくなる。その分、クラウンも低くなると考えた。

また、粘度が大きくなるにつれて流体が横方向に拡散し、クラウンの直径は大きくなると考えた。

<方法>

実験 1 と同じ方法で試液に水滴を滴下する。

今回は動粘度を粘度の指標とし、細管粘度計を用いて測定する。



図(2)

図(2)のような装置とストップウォッチを用いて、ビュレット内を試液が 40 ml 流れるのに要する時間を 3 回測り、それらの平均から流れるのに要する時間 t を算出する。

このとき、動粘度 ν は次の方程式で求められる。

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} = \frac{\pi r^4 g h \cdot t}{8(l+nr)} - \frac{mV}{8\pi(l+nr) \cdot t} \dots\dots(3)$$

η : 試料の粘度 (mPa・s)

ν : 動粘度 (mm²/s)

ρ : 試料の密度 (g/cm³)

π : 円周率

r : 細管の半径 (cm)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 平均有効液柱高さ (cm)

t : 体積 V の試料が流れる時間 (s)

l : 細管の長さ (cm)

V : 時間 t に流れる試料の体積

また、このとき

$$\text{粘度計定数 } C_1 = \frac{\pi r^4 g h}{8(l+nr) V} \dots\dots(4)$$

とする。

この時、流出時間を十分にとるため、運動エネルギーの補正項である(3)の右辺二項は無視できる。

また、(4)式の粘度計定数 C_1 は実験器具の構造が決まっているため、動粘度 ν は

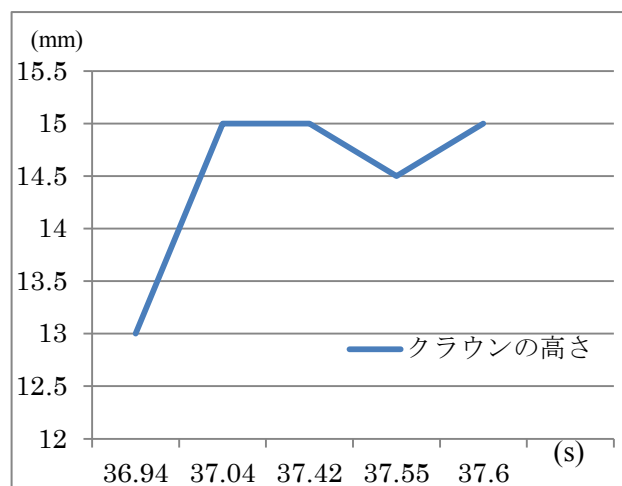
$$\nu = C_1 t$$

と表すことができる。

今回は、いずれの粘度計測においても同様の計測装置を用いるため、 t のみを用いて相対的な動粘度を粘度の指標として用いる。

<実験結果>

今回は、 x 軸に ν/C_1 即ち t 、 y 軸にクラウンの高さ(mm)を取りグラフ化した。



<考察>

グラフを見ると、粘度とクラウンの高さには相関がないことがわかる。

また、多少のばらつきがあるが、計測した範囲内ではクラウンの高さは等しく 15mm であると考えられる。

考えられるばらつきの原因は 2 つあり、1 つは実験が長期にわたったことで、温度や湿度の定量性に難があったこと、もう 1 つはカメラの画像が荒く、計測が困難だったことである。

謝辞

この研究に協力してくださった江原先生、津山工業高等専門学校佐藤先生、にこの場をかりてお礼申し上げます。

参考文献

1) JIS Z 粘度計校正用標準液

<http://www.kusanokagaku.com/sub.nenndokei.tokuchou.html>

2) ミルククラウンに関する研究

http://www2.nagare.or.jp/mm/2003/gunji/index_ja.htm

超伝導の有用性の検証

研究者 鳥取 岳広 指導者 福田 良輔, 坪井 民夫

1. 研究の概要

今後の社会での活躍が期待されている科学技術の一つに高温超伝導がある。今回の実験では、この高温超伝導体の技術的な面での利点や欠点を実験で示すことを目的とした。

電磁気分野で広く用いられている銅と高温超伝導体を比較して実験を行い、銅に比べて高温超伝導体がどのような点で有用であるのかを検証するとともに、応用における固有の課題を明らかにした。

High Temperature Superconductivity (HTS) is one of the innovative technologies that are expected today to find wide application in the future. The purpose of my study is to show the scientific advantages of HTS through electrical experiments. I compared HTS with copper which is now widely used in the electric industry. I checked in which ways HTS is superior to copper and clarified items to be dealt with when putting HTS to practical use.

2. 序論

科学技術が急速に発達している現在、科学者や技術者は世の中に科学技術を分かりやすく伝える必要があると思われる。どんなにすばらしい科学技術があったとしても、それらの設置を許可したり利用したりするのは政治家や一般人である。よって、彼らにわかりやすく科学技術について説明することが理系の人たちに求められている。したがって、今回の実験では、今後の社会での活躍が期待されている科学技術の成果の一つである高温超伝導について、その特徴と特性を実験を通して分かり易く示すことを目的とした。

3. 原理

超伝導とは、特定の物質の電気抵抗がある温度（臨界温度 T_c ）以下で急に零になる現象のことである。この現象が発見された 1911 年は、 T_c があまりにも低く実用化が限られていたが、1986 年に安価な液体窒素の沸点（ -196°C ）よりも T_c が高い高温超伝導（以下 HTS）が発見され、あらゆる分野での実用化が期待されている。

4. 研究内容

今回の実験では

【Ⅰ】銅と HTS の抵抗率の温度特性の計測

【Ⅱ】直流送電における有用性

【Ⅲ】電磁石における有用性

という 3 つのテーマで、銅と HTS を比較し、HTS

の有用性を示すことにした。

【Ⅰ】銅と HTS の抵抗率の温度特性の計測

実験 1

<目的>

温度の変化に伴う抵抗率の変化の様子について、銅と HTS を比較する。

<方法>

銅線（直径 $0.40\text{mm} \times 10\text{m}$ ）と HTS（住友電工の DI-BSCCO TypeHi: 0.25mm 厚さ $\times 4\text{mm}$ 中で銀シース被覆線材 を 10m 使用）について、液体窒素を用いて、温度の変化に伴う抵抗の変化を計測した。

<結果>

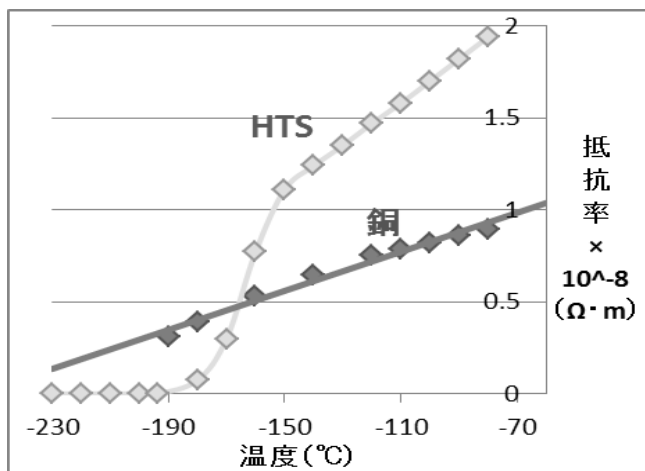


図1 銅とHTSの抵抗率の温度特性

<考察>

1)銅では…

温度と抵抗率が比例し、 $\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$ に従っていることが分かる。

2)HTSでは…

−150℃付近で超伝導状態になっていることが分かる。−150℃以上では銀シースの抵抗が現れている。

【Ⅱ】直流送電における有用性

実験2

<目的>

電力消費地～発電所間の距離と発電所の活用可能度の関係を、送電線が銅の場合とHTSの場合で比較する。

<方法>

直流送電を模擬した回路(図2)を作り、電流 $I_1 \sim I_3, I$ を計測することで、乾電池(発電所)の活用可能度を調べた。送電線の抵抗 R は $R=3.0\Omega$ で送電線が銅の場合を、 $R=0\Omega$ で送電線がHTSの場合を模擬した。

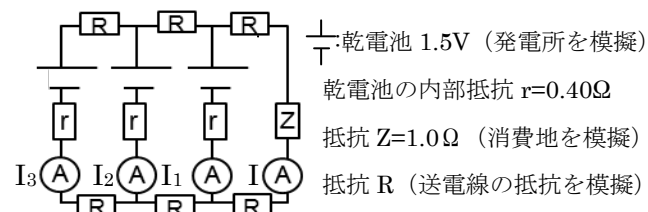


図2 多端子回路

<結果> 表1 実験2の実験結果 (mA)

	I_3	I_2	I_1	I
銅	1.6	10.9	180	190.4
HTS	400	400	400	1150

<考察>

1) 送電線が銅の場合…

$I_3 < I_2 < I_1$ より、消費地から近い発電所ほど酷使され、消費地から遠い発電所ほどほとんど性能が発揮できていないことがわかる。

2) 送電線がHTSの場合…

$I_3 = I_2 = I_1$ より、消費地からの距離に関係なく、どの発電所でも同じように性能を発揮している。また1)と表1の電流 I の大きさを比較してもわかるように、発電所の性能を最大限まで引き出せていることがわかる。以上のことから、送電線を銅からHTSに変える場合、既存の発電所で電力供給の上限を大幅に引き上げることが可能であることが分かる。

ここで実験2について、理解しやすくするために、乾電池1.5Vを電源6.0Vに、電流計を豆電球に変え、豆電球の光の強さで発電所の流す電流の大きさがわかるようにしてみた。その結果、次のような写真(図3、4)が撮れた。左側の発電所が消費地から遠い位置にあり、右側の発電所は消費地から近い位置にあることを模擬している。

1) 送電線が銅の場合



図3 銅線系統電流のランプ表示

2) 送電線が HTS の場合



図 4 HTS 系統電流のランプ表示
よって写真から、

- 1) 送電線が銅の場合→ $I_3 < I_2 < I_1$
 - 2) 送電線が HTS の場合→ $I_3 = I_2 = I_1$
- となることが一目で分かる。

実験 3

<目的>

複雑な多端子回路での発電所の活用可能度と電力供給の様子を銅と HTS で比較する。

<方法>

図のような回路（図 5）を作り、乾電池（発電所）から流れる電流 $A_1 \sim A_3$ と消費地に流れる電流 $I_1 \sim I_3$ を計測した。送電線の抵抗 R は $R=0.86\Omega$ ～ 3.0Ω で銅を、 $R=0\Omega$ で HTS を模擬した。

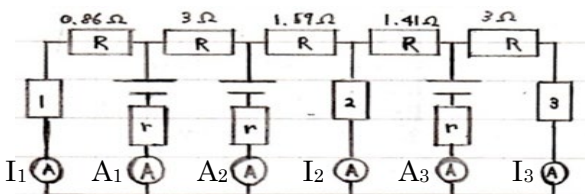


図 5 複雑な多端子回路

乾電池 1.5V（発電所を模擬）

内部抵抗 $r=0.40\Omega$

抵抗 R （送電線の抵抗を模擬）

抵抗 1～3（消費地を模擬）

実験は送電線が銅、HTS の各場合において、消費地の抵抗を変えて次の 2 パターンで行った。

- ① 抵抗 1= 3.0Ω 抵抗 2= 2.0Ω 抵抗 3= 1.0Ω
- ② 抵抗 1= 2.0Ω 抵抗 2= 1.0Ω 抵抗 3= 3.0Ω

※消費地の抵抗が小さいところほど電力の需要

が高い。

<結果> 表 2 実験 3 の実験結果 (mA)

	A_1	A_2	A_3	I_1	I_2	I_3
銅①	259	183	435	273	320	234
銅②	313	356	387	344	596	187
超①	500	500	500	310	475	834
超②	500	500	500	488	856	300

<考察>

1) 送電線が銅の場合…

各消費地の電力需要の変化に対して、発電所の出力が複雑に対応するために、制御が困難であり、需要に応じた電力の供給がなされていない。つまり多端子接続が困難である。

2) 送電線が HTS の場合…

各消費地の電力需要に対して、発電所の活用度は不変（常に $A_1=A_2=A_3$ ）であり、制御が容易である。また、各消費地の電力需要に見合った電力の供給がなされている。従って、発電所と消費地を複数にする多端子連系が実現できる。

次の実験 4、5 では直流送電の過渡状態（スイッチの on/off や事故により電圧や電流が急激に変化する状態）の検証を行った。

実験 4

<目的>

単純な RC 回路で過渡状態における電圧や電流の変化の様子を計測し、銅と HTS を比較する。

<方法>

直流送電の過渡状態には送電線の静電容量が関係するため、コンデンサをいれた回路（図 6）で、スイッチを on にしてから時間のに伴う電圧・電流の変化を計測した。また消費地をつないでいないため、送電線自体の充電特性を比較している。

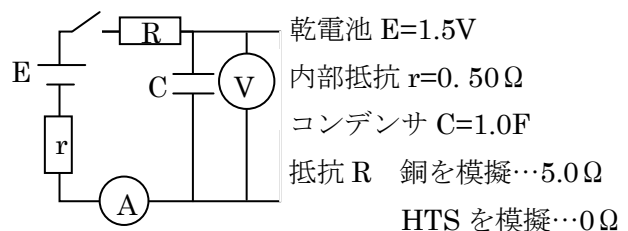


図 6 負荷 off 時の過渡特性実験回路

<結果>

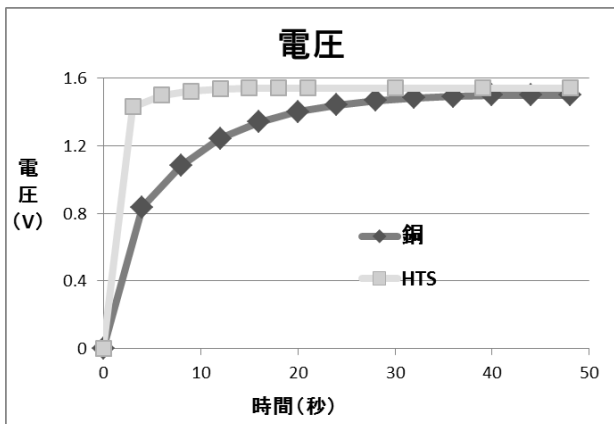


図 7 負荷オープン時の過渡電圧特性

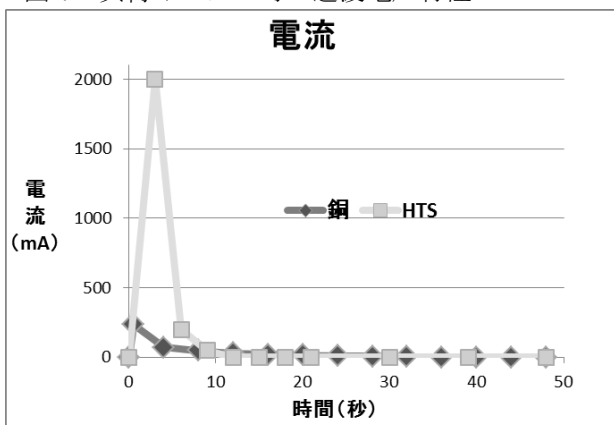


図 8 負荷オープン時の過渡電流特性

<考察>

この回路 (図 6) に流れる電流 i は次のように求めることができる。

発電所 (乾電池) の電圧を E 、発電所 (乾電池) の内部抵抗を r 、送電線の抵抗を R 、コンデンサの電気容量を C 、スイッチを on にしてから時間を t とおくと、

コンデンサにかかる電圧 V_C は

$$V_C = Q/C = 1/C \cdot \int i dt$$

よって、

$$E = i(R+r) + 1/C \cdot \int i dt$$

ここで両辺を t で微分すると、

$$0 = (R+r)di/dt + i/C$$

$$(R+r)di/dt = -i/C$$

$$(1/i) \cdot di = \{1/C(R+r)\} \cdot dt$$

両辺を積分して、

$$\int (1/i) \cdot di = \int \{1/C(R+r)\} \cdot dt$$

$$\log_e |i| = -t/C(R+r) + A \quad (A \text{ は積分定数})$$

$$i = e^{\{-t/C(R+r) + A\}}$$

ここで $t=0$ のとき

$$e^A = E/(R+r)$$

よって、

$$i = E/(R+r) \cdot e^{\{-t/C(R+r)\}}$$

このことから次のように考察できる。

1) 送電線が銅の場合

電圧のグラフ (図 7) を見ると、定常状態 ($V_C \approx 1.5V, i=0mA$) に到達するまでの時間が長い (応答速度が遅い) ことがわかる。これは、銅の抵抗 R があることで、時間 t に伴う C の充電電流 i の変化が緩やかになるためである。

2) 送電線が HTS の場合

電圧のグラフ (図 7) を見ると、応答速度が瞬間的に速いことがわかる。これは、送電線の抵抗 R がないことで、時間 t に伴う電流 i の変化が急になるためである。

また、電流のグラフ (図 8) を見ると、最初に大きい突入電流が流れていることがわかる。これは初期に $I = V/r$ (r はとても小さい) の電流が流れるためである。この結果より、過渡状態では臨界電流を超える突入電流が生じ、クエンチしてしまう危険性があることがわかる。

実験 5

<目的>

負荷 on 時の直流送電の過渡状態の様子を、銅と HTS で比較する。

<方法>

次の回路 (図 9) で、スイッチを on にしてから時間に伴う電圧・電流の変化を各位置で計測した。

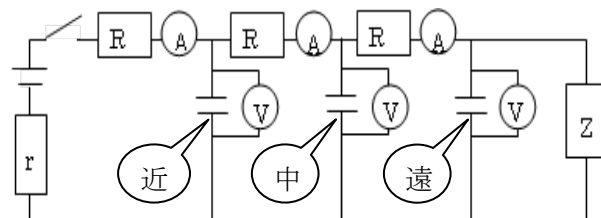


図 9 負荷 on 時の過渡特性実験回路
乾電池 1.5V 内部抵抗 $r = 0.50 \Omega$

消費地 $Z = 1.0 \Omega$

送電線の抵抗 R

銅 $\rightarrow 3.0 \Omega$ HTS $\rightarrow 0 \Omega$

<結果>

◎電圧

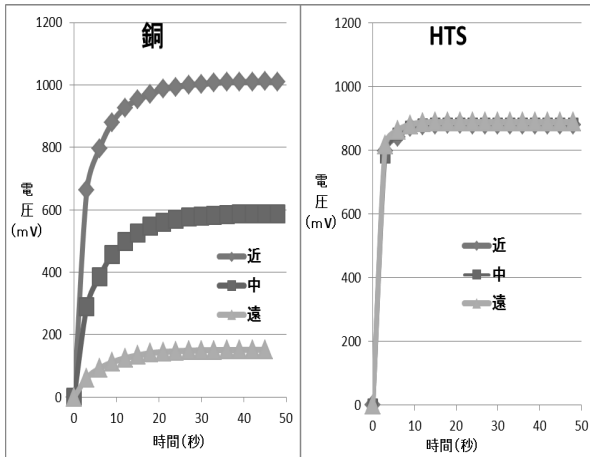


図 10 銅の過渡電圧特性

図 11 HTS の過渡電圧特性

◎電流

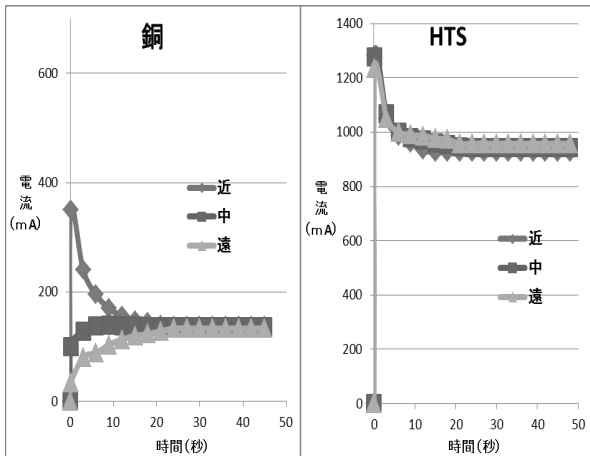


図 12 銅の過渡電流特性

図 13 HTS の過渡電流特性

<考察>

1) 電圧のグラフ (図 10、11) を見ると…

送電線が銅の場合、発電所から遠ければ遠いほど生じる電圧が小さくなり、また応答速度も遅くなっている。

一方、送電線が HTS の場合、発電所からの距離に関係なく送電線のどの位置でも瞬時に同じ電圧が生じていることがわかる。

しかし、もし事故でサージ電圧が発生した場合、送電線が銅ならば、サージ電圧の発生場所付近で絶縁破壊が起こるが、送電線が HTS ならば、送電線の不特定の場所で絶縁破壊が起こる可能性があるため、故障点特定機能が必要なことが分かる。

2) 電流のグラフ (図 12、13) を見ると…

送電線が銅の場合、発電所に近い場所だけ大きい突入電流が生じていることがわかる。

一方、送電線が HTS の場合、発電所からの距離に関係なく、送電線のどの位置でも初期に同じ大きさの突入電流が流れていることがわかる。

つまり、送電線が HTS の場合、送電線の不特定の場所でクエンチが起こる可能性があり、電圧と同じく故障点特定機能が要求される。

これらの対策の一つの案としては、事故が起こった時に故障点が特定できるように、送電線に犠牲となる他の場所よりも壊れやすい場所を作っておくことがあげられる。

【Ⅲ】電磁石における有用性

実験 6

<目的>

銅でできた電磁石に電流を流し続けたときの、時間の経過に伴う磁場の強さの変化を計測する。

<方法>

電磁石に流れる電流の強さと磁場の強さは比例しているため、電流と磁場の強さのグラフの形は同じである。よって、この実験では銅線 3.0Ω に電圧 $6.0V$ をかけ続けたときの、銅線の温度と電流の大きさの変化を計測した。

<結果>

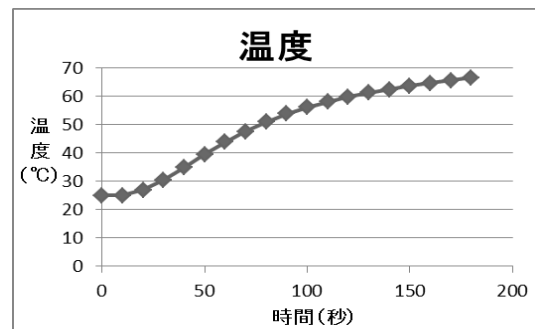


図 14 電磁石の通電昇温特性

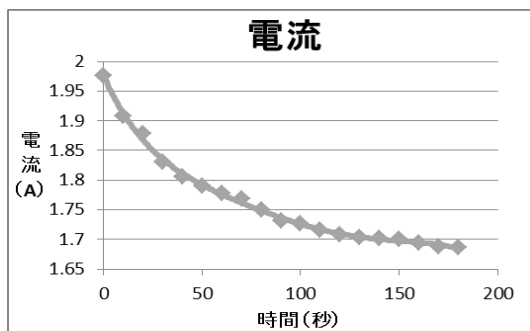


図 15 電磁石の磁場（電流）の衰退特性

<考察>

銅線では時間とともにジュール熱 ($J=I^2R \cdot t$) により発熱して、銅線の温度が上昇し、それによる抵抗が増大して電流が減少した。つまり、銅線の電磁石では大電流を流すと発熱してしまい、磁場がどんどん下がっていってしまうのである。これに対し HTS では $R=0\Omega$ より発熱しないため、大電流を流し続けても発熱せず電流も変化しない。ゆえに、HTS では強磁場を維持し続けることが可能である。

実験 7

<目的>

コイルに電流を流したときの過渡状態の様子を、銅と HTS で比較する。

<方法>

次の回路（図 16）で、スイッチを on にしてから時間のに伴う電流の変化を計測した。そして、その電流の結果から、過渡状態における磁場の変化の様子を計算し、グラフにした。

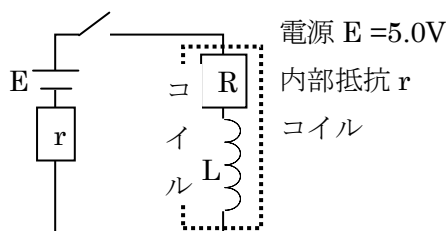


図 16 コイルの過渡特性実験回路

*銅のコイルを模擬

$$\rightarrow R=8.0 \times 10^3 \Omega$$

巻数 23000 回より

$$\text{自己インダクタンス } L=23000k(H)$$

HTS のコイルを模擬

$$\rightarrow R=2.5 \Omega$$

巻数 500 回より

$$\text{自己インダクタンス } L=500k(H)$$

(k は比例定数)

<結果>

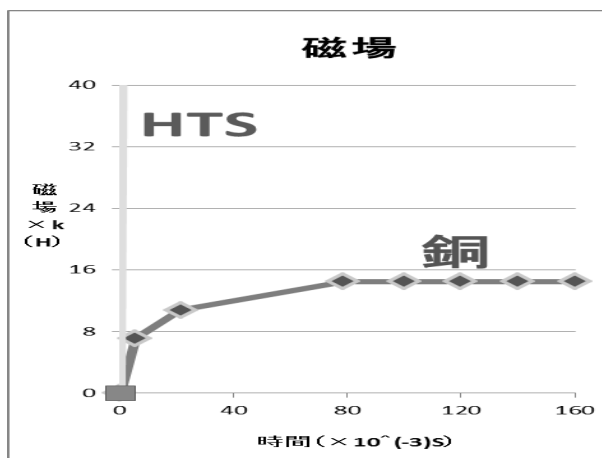


図 17 過渡磁場特性①

また、

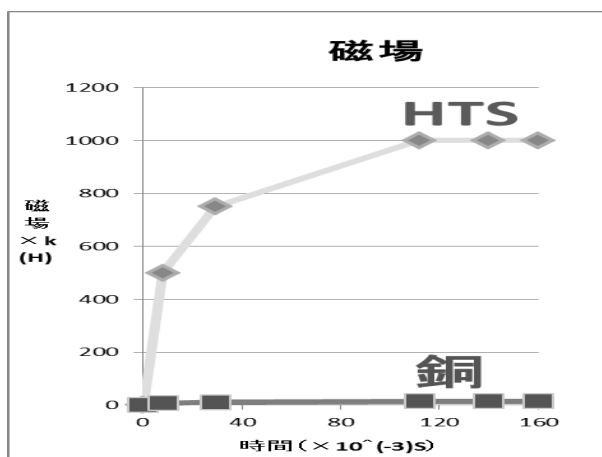


図 18 過渡磁場特性②

<考察>

実験 4 のようにして流れる電流 i を求めると、

$$i = E / (R + r) \cdot [1 - e^{-L / (R + r) \cdot t}]$$

とすることができるので、このコイルが形成する磁場 H は、巻数を N おくと

$$H = Nk \cdot E / (R + r) \cdot [1 - e^{-L / (R + r) \cdot t}]$$

(k は比例定数)

となる。

また、 $R=0$ で $r \rightarrow 0$ (HTS) のとき、

$$i = \lim_{r \rightarrow 0} [i] \text{ より}$$

$$i \approx E / L \cdot t \quad \text{となり}$$

$$H \approx Nk \cdot E / L \cdot t \quad \text{となる。}$$

このことから次のように考察できる。

1) 銅のコイルの場合

抵抗が大きいため、電流があまり流れず磁場が弱い。また、初期の磁場の上がり方が遅い。

2) HTS のコイルの場合

銅に比べて、磁場が圧倒的に強い。また、初期に瞬間的に磁場が強くなる。これは、HTS では銅よりも大きい電流を流すことができ、巻数が少なくてすむため、 $H \propto Nk \cdot E/L \cdot t$ の傾きが急峻になるためである。このことから、HTS モーターを使用した自動車や建機などは、スムーズに動せれることがわかる。

5. 結論

HTS について実験から以下のことが分かった。

◎直流送電において送電線が HTS の場合…

①消費地からの距離に関係なく発電所の性能を最大限まで引き出すことができる。

②各消費地の電力需要に見合った電力を個別に自由に供給できるため、制御が容易である。

→発電所と消費地を複数にする多端子連系を実現することができる。

③過渡状態において電圧が瞬間的に送電線全体に伝わるため、雷等のサージが侵入すると不特定の場所で絶縁破壊してしまう危険性がある。

→*

④過渡状態において大きい突入電流が送電線全体に瞬時に流れるため、不特定の場所でクエンチしてしまう危険性がある。

→*

*対策方法としては犠牲となる他より弱い部分を形成しておき、故障点を特定する案が考えられる。

◎超伝導電磁石について…

⑤大電流を流しても発熱しないため、強い磁場を必要だけ長時間取り出すことが可能である。

⑥銅の電磁石に比べて形成する磁場が強い。

⑦瞬間的に強い磁場を形成することができる。

6. 謝辞

今回ご指導を頂きました福田 良輔先生、坪井

民夫先生、また超伝導について説明して下さった住友電工の方々に深く感謝いたします。

7. 参考文献

新しい超伝導入門 (PHP 研究所発行)

備長炭電池駆動ゲルマニウムラジオの改良

研究者 光井 一輝 有元 一真

指導者 坪井 民夫

1. 研究の概要

東日本大震災で学んだように、災害時に情報伝達は不可欠です。私たちは、実用化を第一目的とし災害時にも使えるラジオを作成した。電気の使えない状況で、情報を手に入れることができるのが、ゲルマニウムラジオである。去年の先輩方の研究結果をもとに、より鮮明に大きな音で聞こえるように改良し、電波のみで動くため出力電圧がとても低いので増幅回路を作り電源として備長炭電池をつないで、より大きな音で聞こえるようにした。

We all know about The big earthquake of eastern Japan. We always need information. We learned when the disaster occurred , that we need a lot of information.

We made the crystal radio which used germanium diode. We succeeded in making it louder and clearer in reference to the results of our senior.

This radio works by wave power without any power supply. But the working voltage is very low. Therefore made an amplification circuit and we adapted a Bincho charcoal battery to wake a louder sound possible.

2. 実験

実験1 ゲルマニウムラジオの作製

<目的>

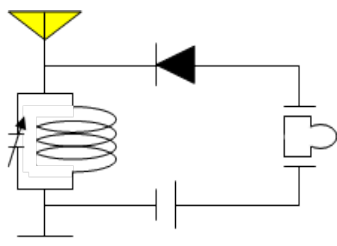
本体となるラジオを作成する

<ゲルマニウムラジオの原理>

電波がアンテナに入る時、電磁誘導によりアンテナから高周波電流が発生する。LC 共振回路により取り出した目的の周波数を、ゲルマニウムダイオードによって検波し、クリスタルイヤホンで音声信号に変換する。

<方法>

自作のコイルを使用し、イヤホンは作動電圧の低いクリスタルイヤホンを使い、ダイオードには作動電圧の低いゲルマニウムダイオードを使った。



<結果>

声ははっきり聞こえなかったが、音は聞くことができた。よって回路は正しいと判断した。

実験2 使用するアンテナの選定

<目的>

ラジオでよく用いられる、スパイダーコイルを用いたループアンテナと、フェライトを用いたループアンテナの二つのタイプのアンテナを使いどちらが良いか選定する

<方法>

スパイダーコイルは半径 25cm の円に 30 巻、フェライトコイルは半径 1,5cm に 70 巻きでおよそ縦 20cm とした

条件を変え、どちらが良いか選定した

(A)



(B)



＜結果＞

音量：●大きい ▲小さい ✕聞こえない

	屋内,低	屋内,高	屋外,低	屋外,高
A	✕	✕	▲	▲
B	✕	▲	▲	●

＜考察＞

障害物の多い屋内では、電波を妨害するものが多かったため聞くことができなかった。また、高層マンションなどの高い建物の少ない津山では、高いところほど電波をさえぎるものが少ないためよく聞こえた。どの場所でもB「フェライトコイルを用いたアンテナ」の方がよく聞こえた。

実験3 フェライトの検証

＜目的＞

フェライトの有無による受診性能の違いの検証

＜方法＞

実験2で最もよく聞こえたと思われる場所で検証

長さ・太さ・コイルの巻き数などを実験1で作ったフェライトコイルと同じだけ紙筒に巻く

＜結果＞

紙筒でも聞くことはできたが、音量はごく少量だった。

透磁率が空気より大きいことで電磁誘導によって取り出せる電圧ははるかに大きいので、フェライトの方が鮮明におおきな音で聞くことができた。

この段階で〈フェライトコイル・屋外・高い〉が最もよく聞こえると判断した

よってこれより先はフェライトコイルをアンテナとする（B）を完成体とする

実験4 増幅

＜目的＞

ゲルマニウムラジオは電波のエネルギーのみで作動し音量が小さいので、トランジスタを使い増幅回路を作ること出力電圧を上げようとした。

＜増幅＞

トランジスタを使い、取り出した高周波の振幅を大きくした。しかし、トランジスタを作動させ

るためには電源装置を必要とするため、単3電池をしようした。

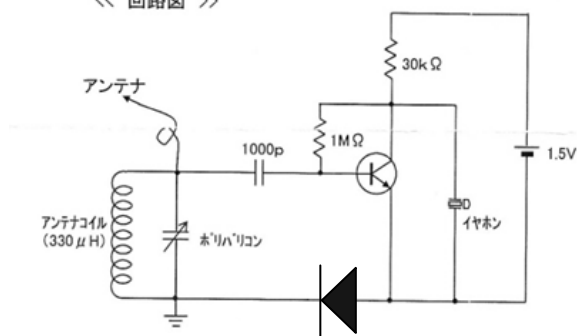
＜仮説＞

ゲルマニウムラジオは作動電圧が低いため、それを上げることで音量、音質ともに向上がはかれると考えた。

＜方法＞

回路図のように一石トランジスタを組んでいく。トランジスタは〔2SC1815〕を使用した

＜回路図＞



＜結果＞

実験2で✕や▲だった所でも聞くことが出来た

実験5 備長炭電池の作成

＜目的＞

トランジスタを作動させるための電源として、備長炭電池を作成した。

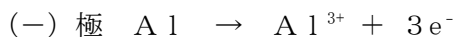
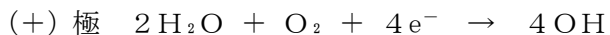
＜方法＞

電源に備長炭電池は、アルミホイルだけ換え写真のように食塩をつけ乾燥させた状態で保管すれば、水に入れるだけで使用できるので、持ち運びや保存が可能である。



＋極に備長炭、－極にアルミホイル、電解液に食塩水を使う。電気伝導率の違いで他の炭は使えない。備長炭は、抵抗が小さく電気をよく通すので使用できる。

電気が流れる時の反応は以下の通り、



<結果>

	低、前	高、前	低、後	高、後
(A)	10mV	20mV	75mV	25mV
(B)	60mV	25mV	75mV	

聞くことができ、増幅に成功した。

3. 結論

聞くことができたのでラジオの作成は成功したと言える。今回の研究はラジオの製作までしかできなかったもので、今後はアンテナの向きと信号の関係やそれぞれのアンテナの比較なども、根拠や原因などを徹底的に調べ上げ実験の解明と検証をしていきたい。

4. 謝辞

ラジオの製作にあたってお世話になった津山高専の佐藤先生・薮木先生、ありがとうございました。

5. 参考文献

平成 24 年度理数科課題研究報告書

「ゲルマニウムラジオの研究」(清水他)

電子銃の作製・改良及び電子観測

研究者 響尾 真名人, 河原 正明, 坂田 慎一郎

指導者 井上 出

一. 概要

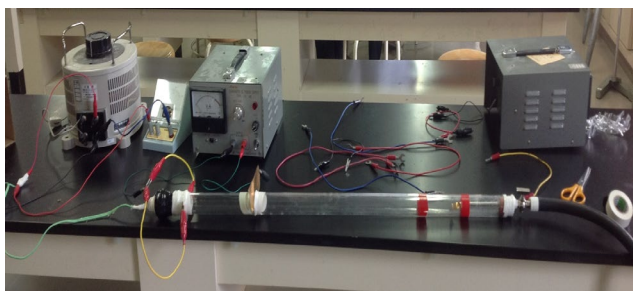
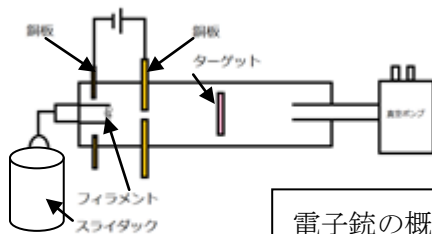
本研究では、電子を観測することを目的とする。そのために、まず電子銃を作製した。発射した電子に電圧をかけて加速し、蛍光塗料に当てることで電子の観測を試みた。

The main purpose of our research was observation of electrons. We introduced a pipe vacuum and made an electron gun. Then we discharged electrons from the gun within the vacuum and applied voltage to the discharged electrons. when the accelerated electrons flew and hit fluorescent paint, the latter became luminescent.

二. 序論

真空管の中の電極に電流を流すことで、熱電子が放出されることが知られている。今回の実験では、電極として白熱電球（National 製 100V38W）フィラメントを使用する。そして、フィラメントから放出された熱電子に、銅板を通して電圧をかけ、電子を加速する。加速された電子は銅板の中心の穴を抜け、ターゲットである蛍光塗料に当たる。その蛍光塗料が光ることで、電子を観測できるのではないかと考えた。

三. 研究内容



電子銃の概形 (図 II)

<目的>

フィラメントから電子が放出されていることを確認する。

実験①

<方法>

1. 真空ポンプ(図 I・II)(排気速度 50l/min 到達真空度 1/1000Torr)で、電子銃内の空気を抜く。
2. フィラメントに電圧をかけ、電流を流す。
3. 銅板に電圧 (10~15V 程度) をかけ、熱電子を加速する。
4. ターゲットである蛍光塗料が光るかどうかを観測する。(ターゲットには、蛍光ペンを塗った紙を使用した)

<結果>

30V 前後の電圧を 2~3 分程度かけ続けたところで、フィラメントが焼き切れた。

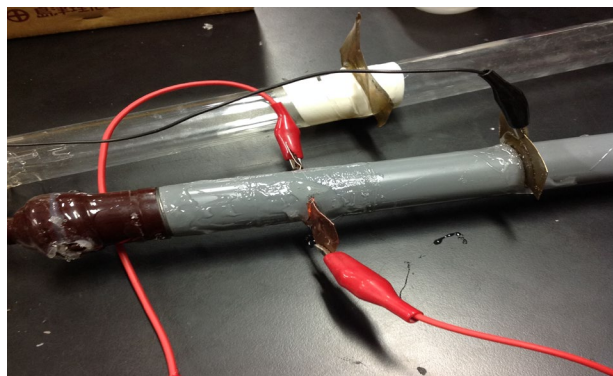
<考察>

真空状態が悪いためにフィラメントが酸化し、焼け切れてしまったと考えられる。そのため、銅板などの接着部分を、ホットボンドからより粘度の高い接着剤に変えることで、問題が解消されることが考えた。

実験②

<改良点>

接着部分をホットボンドから、より粘度の高い接着剤(セメダインスーパーX)に変更する(図Ⅲ)。



改良後の電子銃 (図Ⅲ)

<仮説>

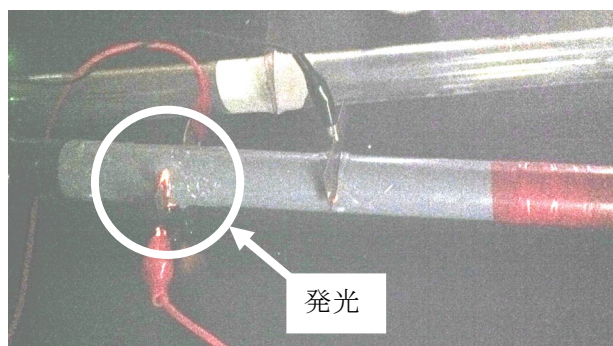
真空度が高まり、電子の観測ができる。

<方法>

電圧を上げすぎるとフィラメントが高温になり、装置内に残ったわずかな酸素と反応して酸化してしまう。そのため、フィラメントにかかる電圧は20V以下に抑える。以下、実験①に同じである。

<結果>

フィラメントは光ったが、蛍光塗料は発光しなかった(図Ⅳ)。



フィラメントが発光している様子 (図Ⅳ)

<考察>

蛍光塗料が発光しなかった理由は、蛍光塗料が遠すぎたためか、途中で電子が軌道から外れたためと考えた。そこで、ターゲットを電子の加速させる部分である銅板の正極側に近づけることで、問題が解消されると考えた。

実験③

<改良点>

正極側の銅板とターゲットとの間を切り取り、切断面を接着することで、フィラメントと蛍光塗料を近づける。

<仮説>

軌道がターゲットからずれにくくなるため、電子の観測ができる。

<方法>

実験②に同じ。

<結果>

蛍光塗料は発光しなかった。

<考察>

加速電圧をかける銅板がフィラメントから遠すぎたために、電子を引きつけることができず、電子が十分に加速されていないと考えた。

実験④

<改良点>

加速電圧をかける銅板を、フィラメントに近づける。

<仮説>

電子が十分に加速されるため、電子の観測ができる。

<方法>

実験②に同じ。

<結果>

蛍光塗料は発光しなかった。

<考察>

蛍光塗料(蛍光ペンのインク)の質が悪いために、光らなかったのではないかと考えた。そこで、より反応が良いと考えられる蛍光灯の内側にある蛍光塗料をターゲットとして用いることで、問題は解消されると考えた。

実験⑤

<改良点>

蛍光灯を割り，その内側に塗られている蛍光塗料をターゲットとする。

<仮説>

蛍光灯の内側に使用されている蛍光塗料に紫外線を当て，平常時との変化を蛍光ペンのインクと比較したところ，蛍光灯に用いられているものの方が，変化が分かりやすかった。よって，わずかな電子でも観測が可能になり，電子の観測ができる。

<方法>

実験②に同じ。

<結果>

蛍光塗料は発光しなかった。

<考察>

電子銃に可能な限り工夫をしたが，電子は観測できなかった。以上のことから，加速電圧が低いため電子が十分に加速されず，蛍光塗料に電子が届いていないと考えられる。

四. 結論

真空度を高める，軌道を外れにくくする，ターゲットの位置を変える，蛍光塗料を変える，といった工夫を加えたが，電子を観測することができなかった。

電子が観測できなかった原因は，真空度の低さ（真空ポンプの性能，接着部分からの真空洩れ），装置の大きさ，加速電圧の大きさ，正極の銅板にあけた穴の大きさ，などが考えられる。

今後の方針としては，これらの原因と思われるものの正確な数値を記録し，理想的な数値を研究したい。

五. 謝辞

私たちの研究にご意見下さった味野道信先生（岡山大学）ありがとうございました。

炎色反応を用いた色が変わる炎の研究

研究者 利久 法子, 居原田 沙樹, 中江 沙知, 森田 陽奈実
指導者 浜本 卓也

1. 研究の概要

花火に用いられている炎色反応に興味を持ち、塩化リチウムと塩化銅を用いて炎色反応の色を順番に変えることを目指して研究を行った。2つの金属塩とステアリン酸とメタノールを材料に、固形燃料を作って燃焼させた。その結果、燃焼するにつれて徐々に炎の色を変化させることに成功した。

We were interested in the flame reaction that is used for fireworks. We used lithium chloride and copper chloride and tried to change the flame color in the reaction. As ingredients we used two kinds of metal salt, stearic acid and methanol, produced solid fuel and made it burn. In the process of burning we finally succeeded in changing the flame color.

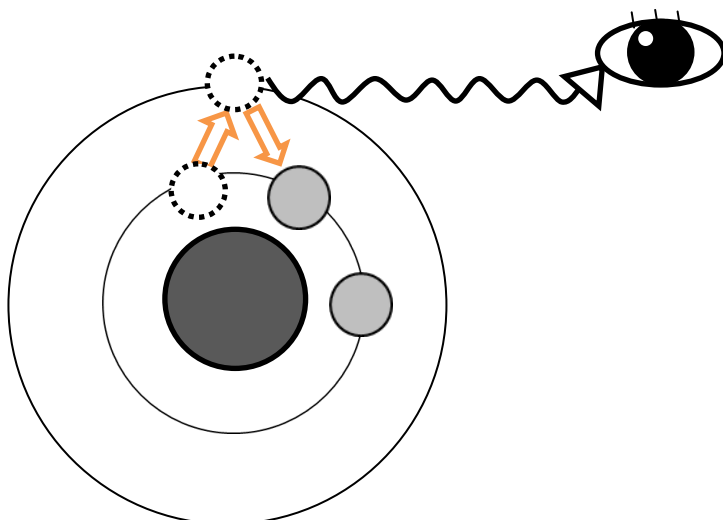


図 1

2. 序論

アルカリ金属元素、アルカリ土類金属元素の塩や化合物をガスバーナーで加熱すると、気体となり分解されて原子状態となる。さらに炎のエネルギーによって電子はより外側の軌道に移動する。この状態は不安定なためすぐにもとの軌道に戻る。この時エネルギーとして電磁波つまり光が放出される。これが炎色反応である。(図1)

私たちは花火に使われている炎色反応を用いて、塩化銅(II)水溶液の緑色の炎から塩化リ

チウム水溶液の赤色に変化させようと思った。

3. 研究内容

実験1 2つの金属塩水溶液をメタノールに加えて燃焼させ、色の変化を見た。

<仮説1>

メタノールを燃焼させると無色の炎が見られるので、2つの金属塩水溶液と混ぜて燃焼させると2つの炎の色が見られるのではないかと仮定し実験した。

<方法 1>

塩化リチウム水溶液 0.1 mol/L 5ml

塩化銅(Ⅱ)水溶液 0.1 mol/L 5ml

メタノール 10ml

これらを蒸発皿に入れ、混ぜて燃焼させる。

<結果 1>

炎の色がなく、炎色反応を見ることができなかった。

<考察 1>

メタノールだけが燃焼されて塩化銅(Ⅱ)水溶液と塩化リチウム水溶液が残ってしまった。金属塩の水溶液の沸点はメタノールの沸点よりも高いので、メタノールだけが先に燃焼されたと考えられる。

実験 2 金属塩を用いて固形燃料を作り、炎色反応を見ることができのかを調べる。

<仮説 2>

<結果 1>より、ステアリン酸を用いて固形にすることにより、メタノールだけが先に燃え、水溶液が残ることを防ぎ、はっきりと炎色反応を見ることができののではないかと仮定し実験した。

<方法 2>

塩化リチウム 0.4 g

メタノール 15ml

ステアリン酸 1.5 g

- ① 容器に金属塩、メタノール、ステアリン酸を混ぜ、加熱する。(図 2)
- ② ①で金属塩とステアリン酸が融けたら蒸発皿に流し入れ冷やし固めて燃焼させる。



図 2

<結果 2>

はっきりと炎色反応を見ることができた。

実験 3 固形燃料を作り、上下二層に重ね、燃焼させる。

<仮説 3>

上下二層に重ねて燃焼することで、上の層から順に 2 色の炎の変化を見ることができののではないかと考え実験した。

(図 3)



図 3

<方法 3>

塩化リチウム 0.4 g

塩化銅(Ⅱ) 0.4 g

メタノール 15ml

ステアリン酸 1.5 g

- ① 空き缶に塩化リチウム、メタノール、ステアリン酸を混ぜ、加熱する。
- ② できたものを蒸発皿に入れ、氷で冷やし

固める。

③ 塩化銅(Ⅱ)を、メタノール、ステアリン酸を用いて混ぜ、加熱する。

④③でできたものを②の上に流し入れ、氷で冷やし固める。

<結果 3>

上の炎の色を見ることはできたが、上の層の燃焼熱によって下の固形燃料が融けて炎の色が混ざってしまった。(カラー写真 1)

<考察 3>

下の層が融けないうちに上の層を完全に燃やす必要がある。また、固形燃料だと燃焼時間が長いため、下の層が融けたと考えられる。

実験 4 下を固形燃料、上を塩化銅(Ⅱ)メタノール溶液にし、上下二層に重ね、燃焼させる。

<仮説 4>

上を液体にすることで燃焼時間を短縮させ上の層の熱で下の層の固形燃料が融けるのを防ぐことができ、上の塩化銅(Ⅱ)メタノール溶液の燃焼後、下の固形燃料が燃焼し始めるのではないかと考え実験した。

<方法 4>

上下二層に重ねる。下の層は<実験 2>と同様に行い、上の層は塩化銅(Ⅱ)メタノール溶液(0.1mol/L)にする。

<結果 4>

上の炎の色を見ることはできたが、下の層の塩化リチウムの炎の色を見ることができなかった。

<考察 4>

上の溶液が燃焼されている間に、下の固形燃料が徐々に融け、含まれているメタノール

だけが燃焼し、金属塩とステアリン酸が残ったため塩化リチウムの炎色反応が見られなかったと考えられる。

実験 5 固形燃料を上下二層に重ね、下の層を氷水で冷やしながらか燃焼させる。

<仮説 5>

氷水に入れて燃焼させることで上の層の燃焼熱により下の層が融けるのを防ぐことができ、はっきりと2つの炎色反応の変化が見られるのではないかと仮定し実験した。(図 4)

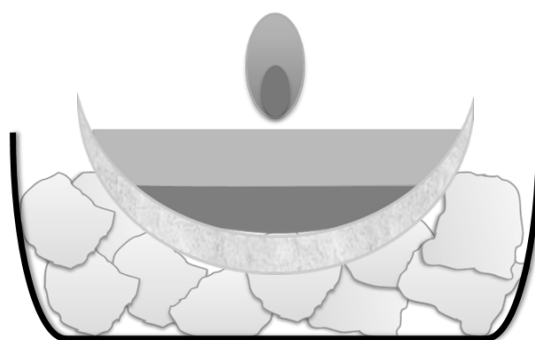


図 4

<方法 5>

<実験 3>と同様にし、氷で冷やしながらか燃焼させる。

<結果 5>

最初は塩化銅(Ⅱ)の緑色の炎が出ていたが時間が立つと塩化リチウムの赤色の炎と混ざってしまった。

<考察 5>

氷で冷やしながらか上の層を燃焼させることで、下の層が融けないと考えたが、下の層は融けてしまった。氷では冷やすことが不十分だったと考える。氷以上に冷やす方法を考えられなかったため、別の方法を考えた。

実験 6 層の間にパラフィルムを入れ、氷で冷やしながらか燃焼させる。

<仮説 6>

上下二層の固形燃料の間にパラフィルムを入れることで、下の層が上の層の燃焼熱で融けても仕切りがあり、混ざらないため、はっきりと2つの炎色反応の変化を見ることができるのではないかと仮定し実験した。(図5)

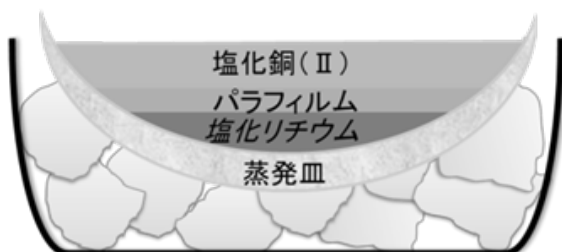


図5

<方法 6>

<実験 3>と同様にし、下の層を固めた後にパラフィルムを入れ、その上に塩化銅(Ⅱ)をメタノール、ステアリン酸を用いて混ぜたものを流し入れ、氷で冷やしながら燃焼させる。

<結果 6>

炎の色をはっきりと変えることはできなかったが徐々に変えることが出来た。(カラー写真2)

<考察 6>

上の固形燃料が完全に燃え尽きるまえに、パラフィルムが縮み、下の固形燃料と混ざった。

<結論>

塩化銅(Ⅱ)の緑色の炎から、塩化リチウムの赤色の炎へと徐々に変えることができた。しかし、上下二層の固形燃料の境界面が融解し、2つの炎の色が混ざり、はっきりと変えることができなかった。

今後は、下の層に融けにくい他の固形燃料を用いて実験したい。

謝辞

今回、私たちをご指導してくださった浜本先生をはじめとする化学の先生方、ありがとうございました。

参考文献

「ダイナミックワイド図説化学」東京書籍
「平成22年理数科課題研究報告書」岡山県立津山高等学校理数科

舎密開宗の再現

研究者 浅田千遥 岡本比呂 田村昌大 野々上懂子

指導者 矢本卓

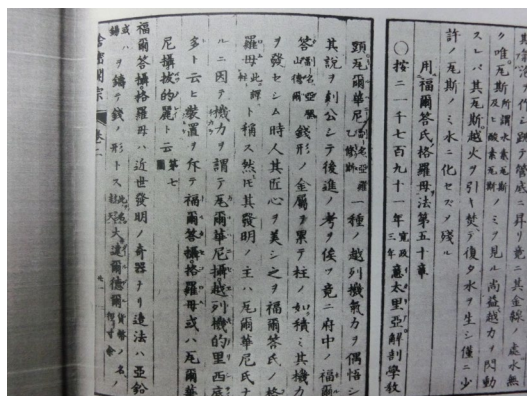
1. 研究の概要

舎密開宗とは津山市の偉人である宇田川榕庵が記した日本で最初の化学書である。そこで実際にその内容に沿って着色ガラスの製造、ボルタ氏柱での発電、化学マジックの三つの実験を再現した。その結果をもとに本書との比較や改善点などを見つけ江戸時代の化学書の正確さについて調べた。また、改善した実験を小学生向けの体験講座を通して地域貢献に役立てた。

Semikaisou is the first book of chemistry experiments in Japan written by Yoan Udagawa, a great man from Tsuyama city. In accordance with the contents of the book we tried to carry out three experiments: generating electricity with the Volta pillar, “chemical magic” and the production of colored glass. Based on our experiments we found parts to improve and checked the accuracy of the chemistry book of the Edo period. We also used the improved experiments to offer elementary school students a class to experience what we found out.

2. 研究内容

<ボルタ氏柱>



<目的>

江戸時代に宇田川榕庵がボルタ電池から改良したボルタ氏柱を再現し、現代では、こういった値が出るのか調べた。また、昔と今のやり方では、どんな違いが出るのかを見た。

<方法>

1. 銅板、亜鉛板、各 15 枚程度を四方 5 センチ程度

に切る。(舎密開宗と同じ)

2. 切った銅板、亜鉛板と円形のろ紙の中心に直径 7 mm の穴をあける。
3. ストローに最下部に細長い亜鉛板、①銅板、②亜鉛板、③ろ紙（①②③の順番に積み重ねていく）最上部亜鉛板にしておく。
4. ボルタ氏柱に塩化アンモニウムの飽和水溶液をろ紙にしみこませる。
5. 最後に最上部と最下部の先を電極につないで電圧を測る。

<結果>

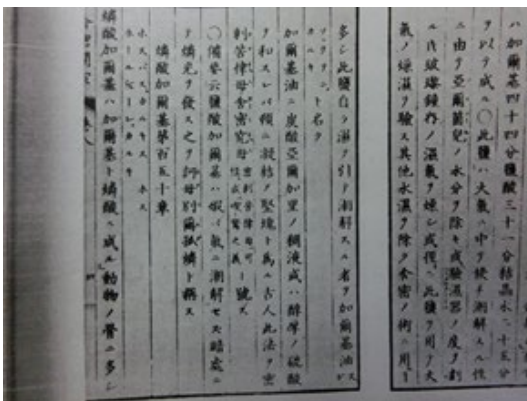
2 回実験をしたが、1 回目の実験では 1.5 V、2 回目の実験では、1 回目の時に不純物がついていたと考え、銅板、亜鉛板の表面をやすりで磨いて行くと、電圧の数値が 3.0 V と高くなった。



<考察>

ろ紙と銅板に青色の模様がっていたので調べてみると、硫化銅水溶液にアンモニア水を加えるとテトラアンミン銅(Ⅱ)ができ、深青色となることから、青色の模様ができたと考えられる。舎密開宗には、手にビリッと電流がはしる（ボルタ電池の起電力は 1.1V）と書いていたが、手に感じられる程の電圧はなかったため、宇田川榕庵の方が私たちの実験よりも数値が高いことがわかった。また、数値が低い理由として、銅板、亜鉛板が水平ではなかったために、銅板、亜鉛板、ろ紙がうまく接触していなかった可能性が高い。

<化学マジック>



<目的>

「塩化カルシウム水溶液に濃硫酸を加えるとだちに凝縮して堅い塊状物が発生し、これを化学マジックと呼ぶ。」と記載してあり、なぜその化学反応がマジックとまで呼ばれたか調べる。

<方法>

1. 水 70m l に塩化カルシウム 50 g を溶かす
2. 塩化カルシウム水溶液に 10m l の濃硫酸を加える。

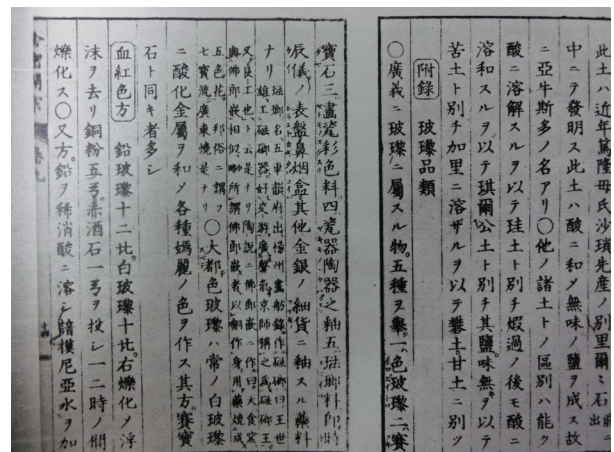
<結果>

液体中では硫酸カルシウムが発生し、気体中に塩化水素が発生した。

<考察>

硫酸カルシウムが湧き上がるように発生したため、当時の人々は無色の塩化カルシウム水溶液に無色の濃硫酸を加えると白色の硫酸カルシウムが発生することが、まるでマジックのように思えたのだと考える。

<着色ガラスの処方>



着色ガラスについて「すべて色ガラスは、通常の白ガラスに金属酸化物を混ぜて美しい色を出したものでその処方は模造宝石と同じものが多い。」と記載されている。

実験 1

<目的>

舎密開宗中に記載されている「白ガラス」が何かわからなかったため、その代用となるガラスを調べる。

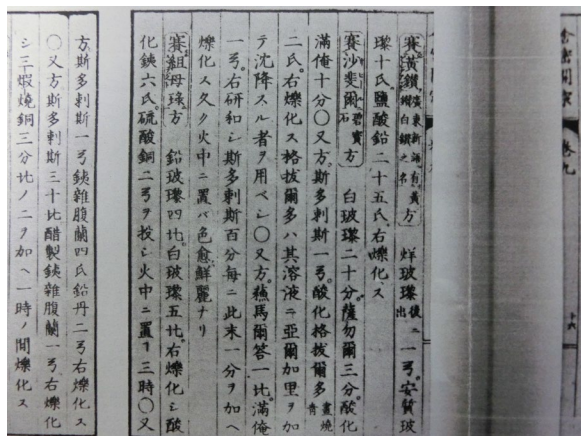
<実験器具と試薬>

(実験器具) るつぼ、るつぼばさみ、薬さじ、ガスバーナー、電子天秤、薬包紙、ビーカー

(試薬) 酸化コバルト、二酸化マンガン

(用いたガラス) ガラス棒、ソーダガラス、鉛ガラス

<方法>



1. 上の写真のようにサファイア(碧宝石)色処方として記載されている比に沿って、5 mm程度に砕いたガラス(8g)、酸化コバルト(1.2g)、二酸化マンガン(4g)をるつぼに入れて混ぜる。
2. ガラスと試薬を入れたるつぼに蓋をし、ガスバーナーで熱する。
3. るつぼの蓋を開け、ガラスの溶け方を確認する。

<結果と考察>

1) ガラス棒の場合

ガラス片は溶けず、加熱前とほぼ同じ大きさのままだった。

2) ソーダガラスの場合

少し柔らかさを感じる程度まで溶けた。

3) 鉛ガラスの場合

絡めとれる程度まで溶けた。

以上の結果から鉛ガラスが最も溶けやすいことがわかった。

色については黒に近い青色になり、あまりきれいな色にはならなかったため、ガラスに対する試薬の量が多かったと考えた。

また白ガラスについては、実験後にソーダガラスと成分が類似していることがわかったが、実験結果より鉛ガラスの方が溶けやすかったため、以下の実験 2、3 は鉛ガラスを使用した。

実験 2

<目的>

試薬の量を実験 1 の 4 分の 1 の量に減らすことで、よりサファイア色に近づける。

<実験器具と試薬>

(実験器具) るつぼ、るつぼばさみ、薬さじ、ガスバーナー、電子天秤、薬包紙、ビーカー

(試薬) 酸化コバルト、二酸化マンガン

(用いたガラス) 鉛ガラス

<方法>

1. 砕いた鉛ガラス(8g)、酸化コバルト(0.3g)、二酸化マンガン(0.1g)をるつぼに入れて混ぜる。
2. ガラスと試薬を入れたるつぼに蓋をし、ガスバーナーで熱する。
3. るつぼの蓋を開け、ガラスの色を確認する。

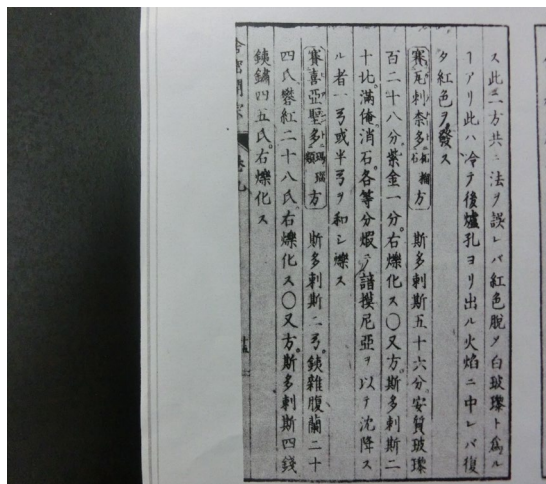
<結果と考察>

色は少し薄くなったが、サファイア色というにはまだ少し黒が強かった。

酸化コバルトと二酸化マンガンの組み合わせに問題があると考え。

実験 3

<目的>



酸化コバルトと二酸化マンガンを別々に用いた場合ではどのような色になるかを調べる。またその他にも、上の写真のように記載されている鉄さびを用いるヒヤシンス(瑠璃類)色処方や、舎密開宗中に記載されていない試薬を用いた場合ではどのような色になるかを調べる。

<実験器具と試薬>

(実験器具) るつば、るつばばさみ、薬さじ、電気炉、電子天秤、薬包紙、ビーカー
(試薬) 酸化コバルト、二酸化マンガン、酸化銅、硝酸銀、鉄さび

※ヒヤシンスとはケイ酸塩鉱物であるジルコンが黄色になったものである。

<方法>

1. 砕いた鉛ガラス(8g)、試薬(各 0.1g)をるつばに入れる。
2. ガラスと試薬を入れたるつばに蓋をし、約 1000℃の電気炉で熱する。

3. るつばの蓋を開け、ガラスの色を確認する。

<結果と考察>

酸化コバルト・・・青紫色

二酸化マンガン・・・黒紫色

酸化銅・・・青緑色

硝酸銀・・・茶橙色

鉄さび・・・薄黄緑色

以上の結果から、実験 1. 2 においてサファイア(碧宝石)色処方が黒に近い青色となったのは、二酸化マンガンの影響が大きかったものと考えられる。



3. 謝辞

本研究ご協力してくださった洋学資料館の皆様。またご指導をしてくださった、外部講師の江原マルティナ先生には大変お世話になりました。

4. 参考文献

- 1) 宇田川榕庵：舎密開宗. 講談社. p 54~55、p 194、p 226~234

炭素電池の研究

研究者 古井 心子, 芦田 万由子

指導者 矢本 卓

1. 概要

炭素電池とは、おがくずを原料とする白炭、つまり「木」を正負両極に使用した画期的な二次電池である。電極材料に金属を必要とせず、再生可能資源のみで製作されるため、廃棄による環境へのリスクが少ない。この電池を大規模かつ低コストに生産できれば、現在のエネルギー問題の克服に向けて一歩前進することが出来るだろう。

私たちは、炭素電池の実用化に向けて、炭素電池の性質を実験によって解明することを目的とした。実験では、正極・負極の大きさを変えた4種類の炭素電池を自作し、電流の経時変化を調べた。

A carbon battery is a new rechargeable battery which uses hard charcoal (made from sawdust on both poles). As there is no metal necessary to make the poles, there is little danger for the environment. If we could produce this battery on a large scale and at low costs, we could make a step towards overcoming our present energy problems.

Our aim was to clarify the character of the carbon battery by experiments to make its usage possible.

In our experiments we made four different types of batteries with plus and minus electrodes of various sizes and measured the change in electric current.

2. 序論

炭素電池は両極に白炭を用いた二次電池である。白炭とは、木材のおがくずを固形にし、1000℃の熱で60時間炭化させたものである。グラフェンがパイ生地のようにバラバラに積層した構造をしているため、活性炭のようにイオンや小分子を多く吸蔵し、また圧縮しているのでグラフェンの密度が高くなり、備長炭のように電気伝導性を示す。

白炭を用いたこの電池には大きな利点がある。それは、現在実用化されている電池が金属を用いるのに対し、炭素電池は“植物”を利用することだ。植物は循環型の資源であるため枯渇の心配がない。また、燃料電池などは化学反応にレアメタ

ル(白金触媒)を使わなければならないが、その必要もない。再生可能資源のみで作られる安全な炭素電池は、いずれエネルギーや資源、廃棄物に関する問題の解決の糸口となるはずである。

炭素電池は鳥取大学の安東教授が数年前から研究を始められた新しい電池であり、グラフェンの積層構造の中にイオンや小分子を蓄えていることは分かっているが、まだ理解されていない仕組みも多い。そこで私たちは、実際に鳥取大学に赴き炭素電池の原理などを教わった。その後、教授から白炭などの材料の提供を受け、炭素電池の性質を解明することを目的に研究を開始した。

3. 研究内容

実験1 炭素電池の製作

<材料>

- ・白炭×2 ・炭素棒×2
- ・セロハン ・塩化アンモニウム水溶液

<作成方法>

1. 白炭に、炭素棒を差し込んだ電極を2つ作る(図1)。
2. 電極の間をセロハン(半透膜)でしきる(図1)。

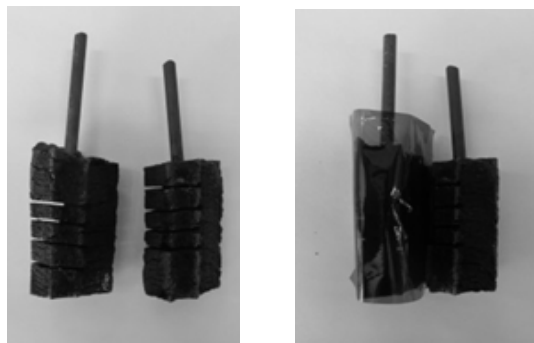


図1 製作方法

3. 電解液である塩化アンモニウム水溶液にひたして完成(図2)。
4. 3Vの直流電源を用いて1時間充電し、以降の実験に用いた。



図2 製作した炭素電池

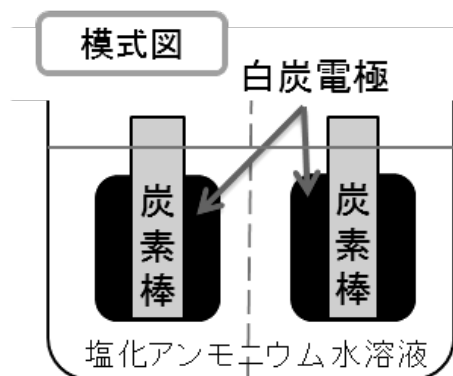


図3 模式図

実験2 炭素電池の充電反応のメカニズムの検証

<目的>

炭素電池の充電において正極・負極に蓄えられている物質が何なのか検証する。

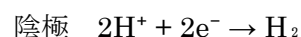
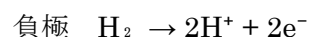
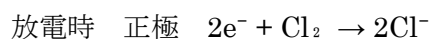
<方法>

炭素棒のみを両極に用いて、塩化アンモニウム水溶液の電気分解によって発生する気体を水上置換で収集する。

<結果>

陰極では水素、陽極では塩素が発生していることをマッチとヨウ化カリウムデンプン紙を用いて確認できた。

両極での反応は



炭素電池の充電中には、極から気体が発生しないので、炭素電池を充電することによって、それぞれ陰極には水素、陽極には塩素がグラフェンの積層構造中に図4のような形で貯蔵され、活物質として作用しているのではないかと推測される。

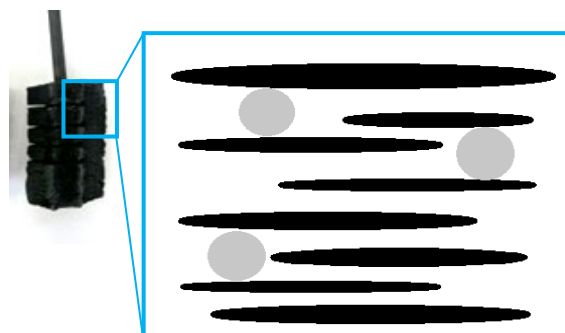


図4 イオン貯蔵イメージ図

実験3 電解液の濃度と電気量の関係について

<目的>

電解液の濃度によって電気量に差が生まれるかを検証する。

<仮説>

飽和水溶液の方が水溶液中に含まれるイオンが多いため蓄えられる電気量が多くなる。

<方法>

30%塩化アンモニウム水溶液と塩化アンモニウムの飽和水溶液を用いた炭素電池を使って電気量を比較する。

<結果>

蓄えられる電気量にそれほど大きな差は見られなかった。このことから、蓄えられる電気量は電解液の濃度ではなく、両電極の大きさ関係があるのではないかと考えた。

実験4 電極の大きさと電気量の関係について

<目的>

電極の大きさによって発電能力に差が生まれるかを検証する。

<仮説>

蓄えられる電気の量はどちらかの極の大きさに依存する。

<方法>

炭素電池の正極・負極の白炭の大きさを変えて電源装置で十分に充電したのちモーターに接続し、図5のような実験装置を用いてその回る時間と電流を計測して、そのデータから流れた電気量(C)を求めた。



図5 実験装置

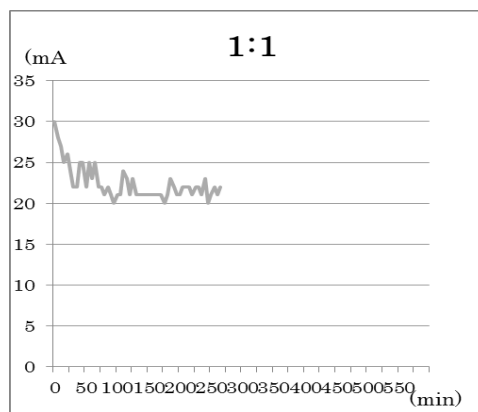


図6 1:1のグラフ

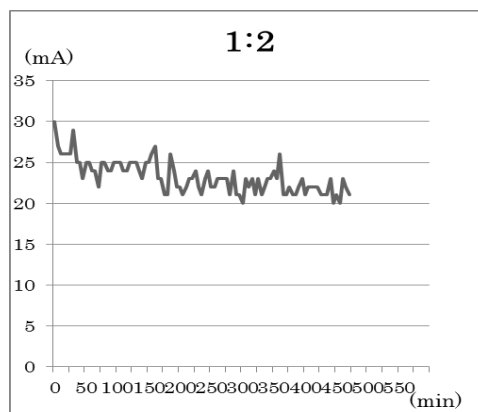


図7 1:2のグラフ

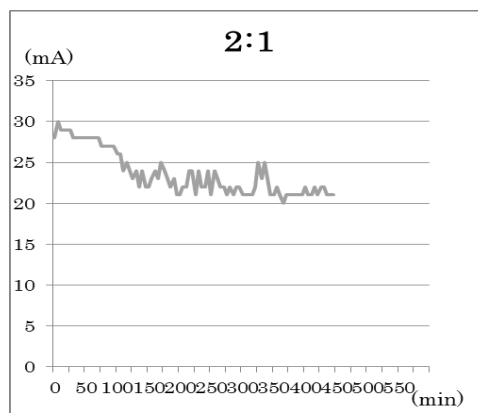


図8 2:1のグラフ

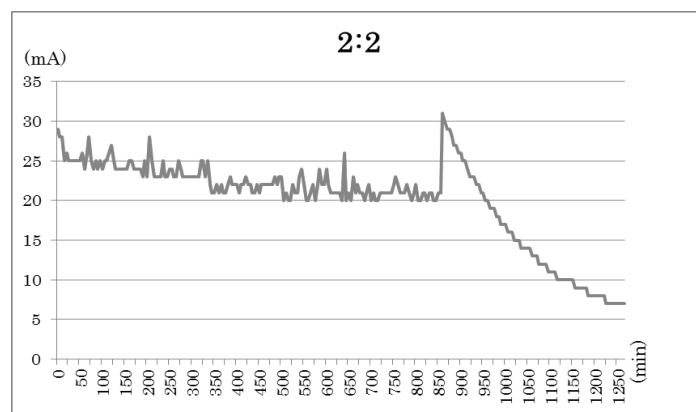


図9 2:2のグラフ

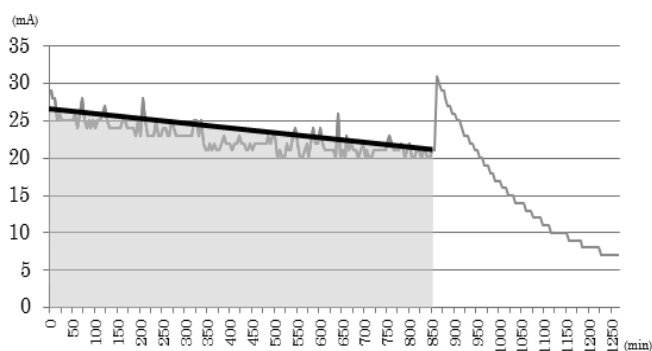


図 10 近似直線と台形

動画をもとに制作した、電流の経時変化のグラフ（図 6，7，8，9）に線形近似で近似直線を一本書いて台形を作り（図 10）、できた台形の面積を求めて電気量(C)を求める。それぞれの電池で 3 回ずつ実験を行い、3 回の電気量の平均値をその電池の電気量とした。

（図 6～8 はモーター停止後を省略したグラフ）

<結果>

正極：負極	電気量 [C]
1：1	1.9×10^3 ($\sigma = 67$)
1：2	3.6×10^3 ($\sigma = 200$)
2：1	4.3×10^3 ($\sigma = 15$)
2：2	5.6×10^3 ($\sigma = 130$)

σ ：標準偏差

約 9.0 g の白炭を 1、約 18 g の白炭を 2 としている。

今回の実験においては、白炭の加工が非常に困難であったため、両極の白炭の質量は正確ではなくおおよその値となっている。

いずれの電池も、

電池 1 つの起電力は約 1.6 V

電流は 17～30 mA

モーターの抵抗は 60 Ω であった。

4. 結論

結果より、2：2 の電池が蓄えている電気量が 1：1 の蓄えている電気量の約 3 倍になっているため、電極が大きければ大きいほど効率的に電気を蓄え、取り出すことができると考えられる。そのことから、その蓄電能力を生かして大型のバッテリーや蓄電池などに応用すればこの電池の良さを最大限に生かせるのではないかと思った。

また、正極に蓄えられる Cl_2 と負極に蓄えられる H_2 では、分子の大きさが $\text{Cl}_2 > \text{H}_2$ であることから、正極：負極の大きさが 2：1 の電池の方が 1：2 の電池よりも蓄えられる電気量が大きいことは納得できる。この結果から正極を大きくしたほうがより効率の良い電池が制作できることが分かった。

加えて、1：1 を基準にすると 1：2 では増加指数が 1.9 倍に、2：1 では 2.3 倍になっている一方、2：2 では 3 倍になっている。2：2 の値は、電極の大きさの比である 2 倍よりは大きい、1：2 及び 2：1 の増加指数の足し算またはかけ算より求められる約 4 倍よりは小さい。このことから、正極と負極は互いに複雑に関係し合い、相乗効果をもたらしていると考えられる。表面積や体積といった条件に依存しているのではないかと考えられるが、今回の実験からは明確な結果が得られなかった。

5. 今後の展望

実用化に向け、炭素電池は持ち運び可能なものであることが求められるだろう。

私たちは、液体を使わない炭素電池を作る方法の一つを考案した。それは、電解液を活性炭に混ぜて練りこみ、固体化することである（図 11）。私たちは実際にこの方法で炭素電池を作成し、動作することを確認した。

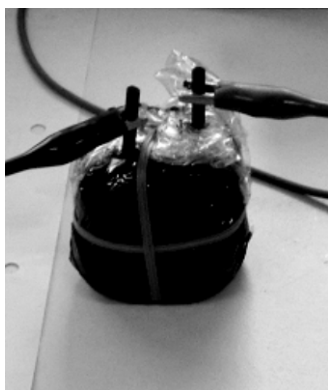


図 1 1 固形化した炭素電池

また、現在の実験には充電に電源装置を利用しているが、それでは結局電気を使用してしまうことになるため、ソーラーパネルを用いて実際に充電を行ってみて（図 1 2）、電源装置で充電した時と同じように動作することを確認した（図 1 3）。



図 1 2 ソーラーパネルでの充電

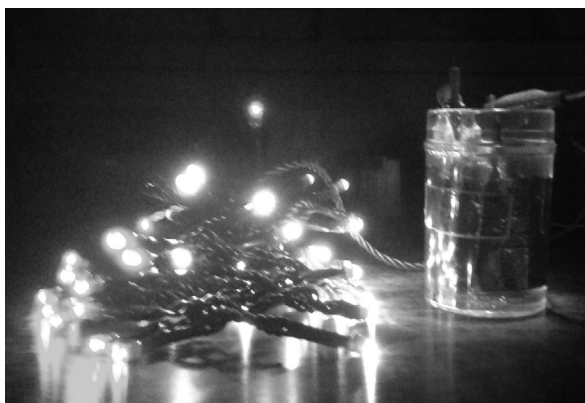


図 1 3 LED を用いての放電

しかし、曇りの日や雨の日などにはもちろんソーラーパネルを用いて充電することはできないため、そのような日でも安定した電源を確保できる何か別の方法も考えて、併用していく必要がある

と思う。

これが実現すれば、炭素電池は充電に再生可能エネルギーを利用し、かつ放電時にも有害物質を排出せず環境に全く被害を及ぼさない二次電池とすることができる。また、鳥取大学の安東教授によると、炭素電池は電極の劣化や減少も少なく、長期間充放電を繰り返すことができるようなので、この充放電の仕組みをもっと大規模に実用化することができれば、炭素電池は次世代のエネルギー問題解決の糸口になるのではないかと思う。

謝辞

本研究のご指導をしてくださった鳥取大学工学部の安東孝止教授をはじめとする安東研究室の皆様、外部講師の江原マルティーナ先生、福田良輔先生には大変お世話になりました。

ミドリゾウリムシの研究

研究者 小林 一茂, 大釜 直也, 稲岡 遼太, 武下 明正
指導者 荒木 美絵

1. 研究の概要

私たちはミドリゾウリムシが試験管やスライドガラスなどに付着することを知り、そのメカニズムの解明を目指して研究を行った。

まず、スライドガラスに付着した個体を実際に顕微鏡で観察したが、付着のメカニズムの解明には至らなかった。その後、付着した個体数を温度や照度を変えながら顕微鏡で数えて集計したところ、付着する個体数の割合に傾向を発見することができた。

We knew that Paramecium bursaria adheres to the things like a boiling tube or slide glass. So we researched it aiming at clarifying the mechanism.

First we actually observed a number of Paramecium bursaria that attached to the slide glass, but we couldn't elucidate the mechanism. After that, we compiled the data we had found by counting these attaching Paramecium bursaria with a microscope, changing each time temperature and the degree of light. This way we were able to find a tendency in the rate of adherence.

2. 序論

私たちはミドリゾウリムシを提供してくださった山口大学の藤島教授から、ミドリゾウリムシを試験管に入れて少し置いておくと試験管やスライドガラスに付着して見えるという情報をいただき、実験をする前に実際に肉眼で観察したところ、そのような現象を確認することができた。この現象について興味がわいたので、そのような行動が起きるメカニズムや、その行動を引き起こす条件を研究してみようと考えた。



(巻末にカラー写真を掲載)

ミドリゾウリムシの培養

<方法>

- ①500ml ビーカーを用意し、蒸留水 400ml とエビオス錠 1 錠を入れて、攪拌機を用いてよく混ぜる。
- ②①の溶液をピペットに取り、試験管に 25ml 入れる。
- ③試験管にミドリゾウリムシ培養液 3ml 入れる。
- ④26℃.2500 ルクスに設定した恒温器内で保管する。

ミドリゾウリムシの分注

<方法>

- ⑤ 1 本の試験管の培養液から 14ml 採取し、空の試験管に入れる。
- ⑥⑤で扱った 2 本の試験管に①で作ったものと同じものを 14ml ずつ入れる。
- ⑦④と同様。

3. 研究内容

【ミドリゾウリムシの培養・分注】

【実験 1】付着状態の観察

＜目的＞ミドリゾウリムシが付着行動を起こす際には何らかの外見的变化があると考え、実際に観察を行い、変化の有無を調べる。

【実験 1－1】光学顕微鏡での観察

＜目的＞ミドリゾウリムシを光学顕微鏡で観察し、付着している状態を観察する。

＜仮説＞ミドリゾウリムシは付着時に外見上通常の運動をしていないことから、繊毛の活動が弱まっているのではないかな。

＜手順＞

①ミドリゾウリムシ培養液をスライドガラスに滴下して、プレパラートを作り光学顕微鏡にセットする。

②ミドリゾウリムシをスライドガラスの表面に付着させるため、10分間待つ。

③付着したミドリゾウリムシを発見し、その状態を観察する。

＜結果＞仮説の通り、付着状態ではミドリゾウリムシの繊毛の動きは運動時に比べて弱まっていることが分かった。

また、ゾウリムシは通常体を回転させながら繊毛運動で移動するが、ミドリゾウリムシではそのような運動をしている個体とスライドガラスの上を這うように移動する個体が見られた。

【実験 1－2】倒立顕微鏡での観察

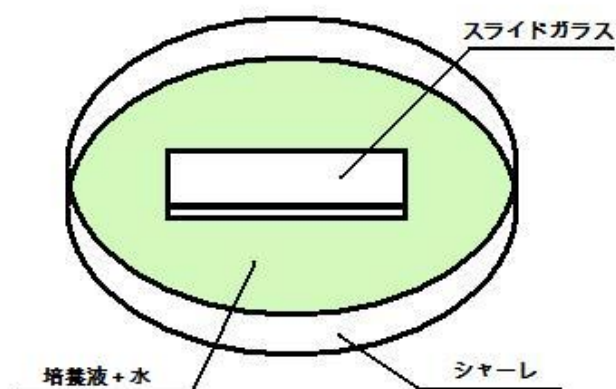
＜目的＞ミドリゾウリムシを腹側や背側でなく側面から観察し、運動時よりも繊毛運動が弱まっていること以外に付着時の様子に変化が無いかを調べる。

＜仮説＞ミドリゾウリムシは付着時に何らかの粘性の物質を分泌しており、それによって付着行動を起こしているのではないかな。



←倒立顕微鏡

＜手順＞



② プラスチックシャーレにスライドガラスを設置する。

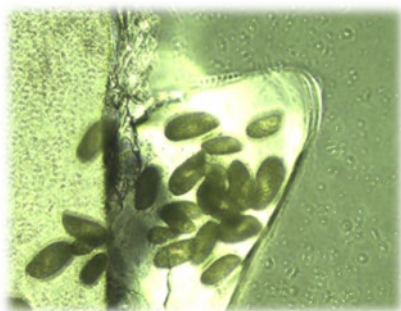
②①のプラスチックシャーレに培養液を入れ、スライドガラスの高さと同じ程度まで加える。

③ミドリゾウリムシをスライドガラスに付着させるため10分間待つ。

④倒立顕微鏡でスライドガラスの側面に付着したミドリゾウリムシの様子を観察する。

＜結果＞シャーレの底面に付着したものは見られたが、スライドガラスの側面に付着した様子は見られなかった。

実験後の状態を保存したまま恒温器の中でさらに十日ほど時間をおいたシャーレを観察すると、スライドガラスの欠けた部分に付着したミドリゾウリムシを見ることができた。



(巻末にカラー写真を掲載)

＜考察＞ 時間を置くとミドリゾウリムシが欠けた部分に集まったので、凹凸のある場所、または狭い場所に集まる習性があるのではないかな。

また、今回の観察環境ではスライドガラスの側面に付着するミドリゾウリムシが見つけれなかったなので、改良を加えて行きたい。

【実験 2】温度・照度による付着率の変化

ミドリゾウリムシは捕食による呼吸基質の取り込みのほか、共生するクロレラの光合成産物の還流を受けて生活することもできることから、温度だけでなく照度も付着行動に関係があると考え、それぞれ実験の結果をグラフ化し、比較、考察を行う。

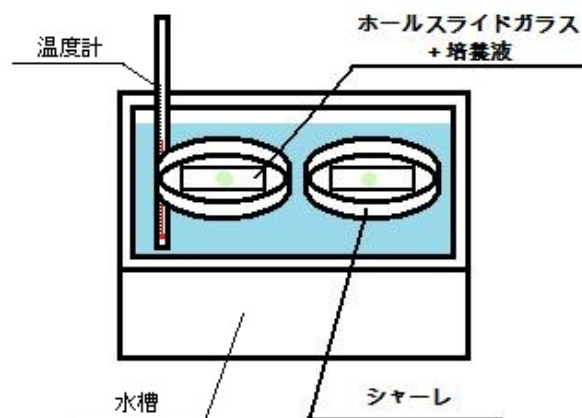
【実験 2 - 1】様々な温度環境での付着率の測定

＜目的＞ミドリゾウリムシはどのような温度環境でどれだけの個体が付着行動を起こすかを調べ、百分率で表しグラフ化する。

(照度は一定で約 700 ルクス)

＜仮説＞以前ゾウリムシの移動速度について研究した時、30℃前後が速度のピークであるというデータが得られた。ミドリゾウリムシの場合は30℃前後で付着する個体が最も少ないのではないかな。

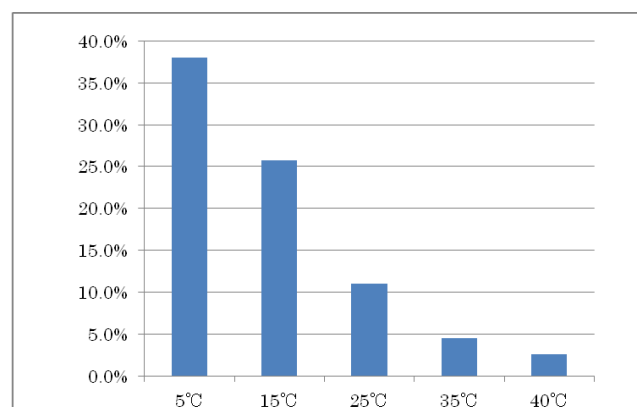
＜方法＞



- ① 調べたい温度の水を用意する。
(5℃, 15℃, 25℃, 35℃, 40℃)
- ② 水にシャーレを浮かべ、その上に培養液を一滴落としたホールスライドガラスを乗せ、約5分間静置する。
- ③ なるべく揺らさないようにすばやくホールスライドガラスを光学顕微鏡のステージに移動させ、カウンターを用いて付着している個体の数と全個体の数を計測する。これを10回繰り返す。
- ④ ③の10回分の計測結果を百分率で集計する。
- ⑤ 結果を棒グラフで表す。

＜結果＞

(縦軸は付着率 (%), 横軸は水温 (℃))



図のような結果が得られた。

30℃付近で付着が少なかったことから、仮説は正しかったと考えられる。低温では付着率は高く、より高温になるにつれて低下しているのが分かる。

＜考察＞考えた仮説と結果が一致した。

エネルギー合成の効率が良い高温下では捕食活動による呼吸基質の摂取を行い、エネルギー合成

の効率の良くない低温下では繊毛運動で消費するエネルギーを抑えるために付着行動を行い、共生しているクロレラの光合成産物の還流を受けることを優先しているのではないかな。

【実験 2-2】様々な照度環境での付着率の測定
＜目的＞ミドリゾウリムシはどのような照度環境でどれだけの個体が付着行動を起こすかを調べ、百分率で表しグラフ化する。(温度は一定)

＜仮説＞低照度環境では共生クロレラの光合成によって発生するエネルギーが少量となるので、付着行動を行ってエネルギーの消費を抑える個体が増えるのではないかな。

＜方法＞

- ① 調べたい照度の環境を作る。
- ② ①で作った環境に培養液を一滴落としたホールスライドガラスを設置し、約 5 分間静置する。
- ③ 実験 2-1 と同様に計測を行う。
- ④ ③の 10 回分の計測結果を百分率で集計する。
- ⑤ 結果を棒グラフで表す。

＜結果＞

(縦軸は付着率 (%), 横軸は照度 (ルクス))



図のような結果が得られた。

付着率の変化の幅は大きくないが、山なりのグラフとなった。特に約 700 ルクス～3000 ルクスの周辺で付着率が高くなった。

＜考察＞

ゾウリムシは光を嫌う走性を持っているので、強光下では暗所に移動しようとして付着行動を起こさなかったのではないかな。また、約 700～3000 ルクスの環境で付着率が高いのは自身の行動を抑えてクロレラの光合成産物の還流を受ける方が、

捕食を行って呼吸を行うよりもエネルギー合成の効率が良いためではないかな。

4. 結論

今回の実験は計測回数が少なかったことから正確なデータが取れたとは言えないが、今回の実験のデータから、ミドリゾウリムシは環境に応じて移動し捕食を行うか付着し光合成産物の還流を受けるかのうち、より自身の生命維持に有利な行動をとっていると考えられる。

5. 謝辞

最後に、私たちの課題研究のために時間を割きご指導、助言して下さった荒木先生をはじめとする生物科の先生方、美作大学の教授の方々、概要の英訳の添削をして下さったマルティーナ先生、ミドリゾウリムシを提供して下さった山口大学の藤島教授 (Paramecium strain a strain Yad1g1N (NBRP PB0031010B) used in this study was provided by Symbiosis Laboratory, Yamaguchi University with support in part by the National Bio-Resource Project of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan

この研究に使用したミドリゾウリムシ株 Yad1g1N (NBRP PB0031010B) は、文部科学省のナショナルバイオリソースプロジェクトの支援を受けた山口大学共生生物学研究室から提供された。) にお礼を申し上げます。

6. 参考文献

Kodama Y., Fujishima M. Endosymbiosis of Chlorella species to the ciliate Paramecium bursaria alters the distribution of the host's trichocysts beneath the host cell cortex. Protoplasma, 248, 325-337, 2011.

粘菌のアミノ酸に対する化学走性

研究者 長尾 綾花, 清水 綾乃

指導者 山本 隆史

1. 研究の概要

私たちは真性粘菌のアミノ酸に対する化学走性を調べるために、モジホコリカビを用いて研究を行った。その結果、粘菌は細胞外にタンパク質分解酵素を分泌し、タンパク質をトリペプチド以下に分解していることと、アラニン、プロリンといった水溶性の中性アミノ酸に正の化学走性を示すことがわかった。

We conducted an experiment with “*Physarum polycephalum*” to find out the amino acid kinesis for true slime molds. As a result, we found that true slime molds secrete proteinase to the outside of a cell and decompose protein under the tripeptide. Furthermore, true slime molds show the kinesis to water-soluble neutral amino acid, for example alanine and proline.

2. 序論

はじめに、粘菌には、真性粘菌と細胞性粘菌の2種類が存在するが、本実験における「粘菌」とは真性粘菌を指している。粘菌は変形菌とも呼ばれ、「変形体」と「子実体」がある。変形体はアメーバ運動をする細胞質の塊であり、今回の実験では変形体を取り扱っていく（図1）。

私たちは近年迷路実験などで注目されている粘菌の生態に興味を持ち、モジホコリカビ(学名 *Physarum polycephalum*)を飼育、観察することにした。モジホコリカビは寒天培地上でオートミールを与えるだけで簡単に飼育できる粘菌である。

モジホコリカビは、光学顕微鏡で観察すると、原形質流動が活発に行われていることがわかる。原形質流動にはミオシンというタンパク質が関係していることから細胞

質にはミオシンが含まれていると考えられる。そこで、モジホコリカビはどのようにしてアミノ酸を取り込み、ミオシンを合成しているのかに興味を持ち、モジホコリカビのミオシンのアミノ酸配列を調べ、アミノ酸に対する走性について調べることにした。

なお、本研究での化学走性の定義は岩波書店生物学辞典第3版により、「もともとは無定位的なものすなわちキネシスであるが、移動した結果が定位的のように見える場合」とする。



図1 粘菌（モジホコリカビ）

3. 研究内容

〈予備実験の目的〉

粘菌（モジホコリカビ）が細胞外でタンパク質やデンプンを分解しているかどうかを調べる。

[予備実験 ヨウ素デンプン反応]

〈目的〉

粘菌が細胞外で高分子のデンプンを低分子の糖に分解して、細胞内に取り入れることを確かめる。

〈仮説〉

粘菌が通ったあとはヨウ素デンプン反応が起こらず、通っていない部分だけが青紫色になる。

〈実験方法〉

- ①蒸留水 100ml、寒天 20g、デンプン 20g の寒天培地を作り、その中にヨウ素液を入れる。
- ②1 cm四方に切った粘菌を培地において、粘菌の移動を約4時間ごとに観察する。

〈結果〉

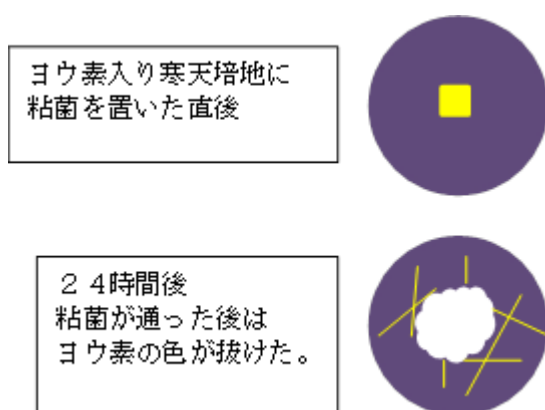


図2 ヨウ素デンプン反応の結果〔参照 巻末写真〕

図2のように粘菌が通った後はヨウ素デンプン反応がなくなった。

〈考察〉

上記の結果から細胞外にデンプンを分解する酵素を分泌していることがわかる。また粘菌はデンプンを分解して得られた糖をエネルギー源として細胞内に取り入れていると考えられる。

[予備実験2 ビウレット反応]

ビウレット反応とは、タンパク質に水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫を呈する反応である。トリペプチド以下になると呈色しない。

〈目的〉

粘菌が細胞外でペプトンをトリペプチド以下に分解し体内に取り入れることを確かめる。

〈仮説〉

粘菌が通ったあとはビウレット反応が起こらず、通っていない部分だけが赤紫色になる。

〈実験方法〉

- ①蒸留水 100ml、寒天 20g、ペプトン 20g の培地を作る。
- ②1 cm四方に切った粘菌を2つ培地に置いて、粘菌を移動させる。
- ③粘菌が培地に広がったら、その上から水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液をかける。
- ④その後、培地の色がどう変化するかを観察する。

〈結果〉

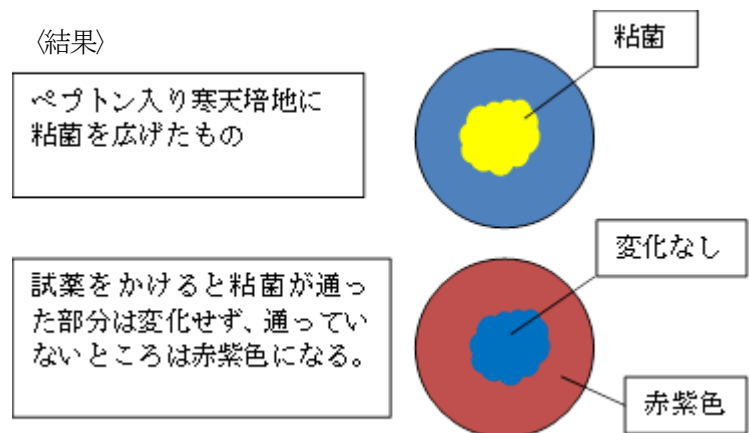


図3 ビウレット反応の結果〔参照 巻末写真〕

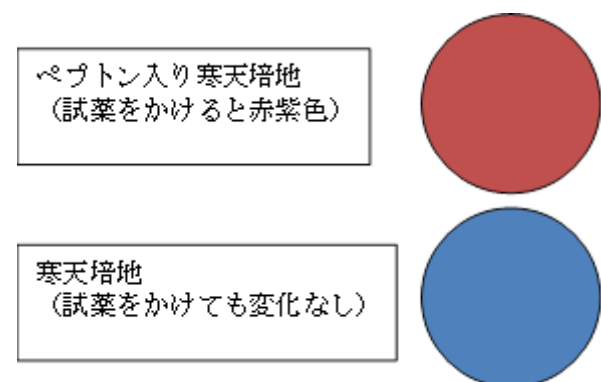


図4 対照実験

図3に示すように、粘菌が通った後は変化せず、粘菌が通っていないところは赤紫に染まった。

〈考察〉

上記の結果から粘菌は細胞外でペプトンをトリペプチド以下に分解していることがわかる。粘菌は細胞外で高分子のタンパク質を分解してアミノ酸にして、細胞内に取り入れて、栄養にしていると考えられる。

予備実験1，2から、粘菌は細胞外に酵素を分泌して細胞内に分解産物を取り込んでいることが考えられる。そこで本研究の目的である、アミノ酸に対する化学走性を確かめる実験を行った。

〔実験1：アミノ酸に対する走性の実験〕

〈目的〉

粘菌（モジホコリカビ）のミオシンに含まれているアミノ酸配列を調べ、ミオシンに含まれているアミノ酸と、粘菌が走性を示すアミノ酸との関係を調べる。

〈仮説〉

粘菌は、ミオシンに多く含まれているアミノ酸ほど強い走性を示し、まったく含まれていないアミノ酸には走性を示さない。

〈方法〉

- ① 塩基配列データベースのDDB J (DNA Data Bank of Japan) を活用して、粘菌（モジホコリカビ）のミオシンに含まれているアミノ酸を調べる。
- ② 粘菌が、どのアミノ酸に走性を示すかを調べる。
なお、本実験で用いるアミノ酸は水溶性のアラニン、アルギニン、リシン、プロリンの4種類である。
 - i, 約1cm四方に切った粘菌を寒天培地上に置く。
 - ii, 各アミノ酸溶液 (0.5 mol/L) をろ紙に染み込ませ、2種類ずつ培地に置く。
 - iii, ふたをしてアルミホイルで光を遮断し、しばらく放置する。

〈結果〉

- ① ミオシンを構成するアミノ酸の数
グルタミン酸 (E) …54 アラニン (A) …37
リシン (K) …34 アルギニン (R) …34
ロイシン (L) …33 アスパラギン酸 (D) …26

グルタミン (Q) …19 トレオニン (T) …17
イソロイシン (I) …15 セリン (S) …13
アスパラギン (N) …10 バリン (V) …6
グリシン (G) …6 メチオニン (M) …5
チロシン (Y) …3 システイン (C) …3
フェニルアラニン (F) …2 プロリン (P) …0
ヒスチジン (H) …0 トリプトファン (W) …0

②

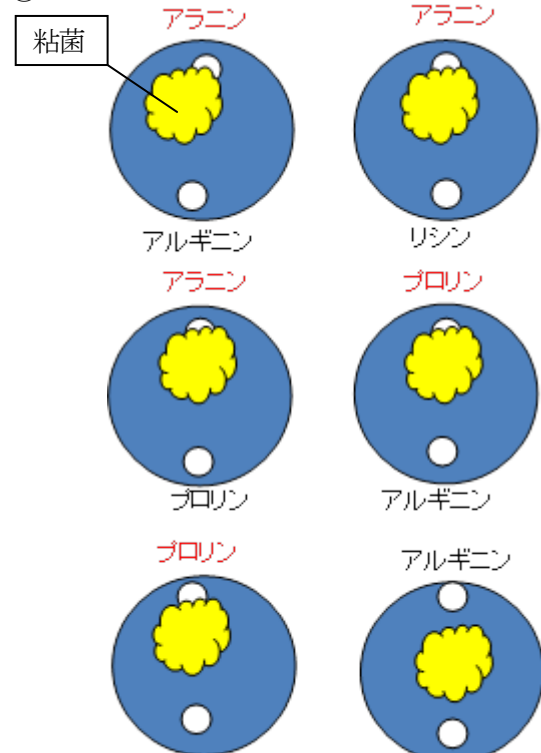


図5 アミノ酸に対する走性実験の結果

図5に示した結果をまとめたものが表1である。このことから、粘菌はアラニン、プロリンに正の化学走性を示した。またアラニンとプロリンを直接比較した場合、アラニンに正の化学走性を示した。

表1 各アミノ酸に対する化学走性

アラニン - アルギニン…+/-
アラニン - リシン…+/-
アラニン - プロリン…+/-
アルギニン - リシン…-/
アルギニン - プロリン…-/+
リシン - プロリン…-/+

〈考察〉

粘菌が、ミオシンに含まれていないプロリンに走性を示した結果から、ミオシンに含まれているアミノ酸と粘菌が走性を示すアミノ酸に相関はないのではな
いかと考えられる。

また各アミノ酸水溶液のpHを測定してみると、アラニン、プロリンは中性で、アルギニン、リシンは塩基性であった。このことから、粘菌は中性のアミノ酸に正の化学走性を示すと考えられる。もしくは、酸性、塩基性のアミノ酸に忌避性を示すとも考えられる。

4. 結論

粘菌（モジホコリカビ）は、細胞外にデンプンやタンパク質を分解する酵素を分泌して、細胞内に栄養として、取り入れている。また、粘菌は水溶性の中性アミノ酸に正の化学走性を示すが、塩基性アミノ酸には化学走性を示さなかった。粘菌が化学走性を示すアミノ酸とミオシンに含まれているアミノ酸に相関はなく、化学走性はpHに関係しているのではないかと考えられる。

これらのことから、粘菌はミオシンを構成するアミノ酸をすべて細胞外から取り入れているのではなく、取り入れたアミノ酸からミオシンを構成するアミノ酸を生体内で合成していると考えられる。

今後は、粘菌が細胞外に分泌している酵素を特定し、酸性や疎水性のアミノ酸に対する化学走性も調べてみたい。

謝辞

実験をする際、適切なアドバイスを下さった美作大学の栗脇先生、桑守先生、ありがとうございました。

参考文献

- ・DDBJ(DNA Data Bank of Japan)
- ・粘菌変形体の化学走性を利用した
高校生物実験の開発
高橋和成
- ・岩波書店 生物学辞典第3版
- ・平成23年度津山高校課題研究
「粘菌のイオンに対する感受性」

身近なものの抗菌作用について

研究者 岸本 悦実, 磯山 香緒里

指導者 荒木 美絵

1. 研究の概要

私たちは身近な食品の抗菌作用について調べた。薬味を中心に研究を行った結果ニンニクと黄ニラに最も効果が見られた。これはニンニクや黄ニラに含まれる二硫化アリルがカビの生育阻害をしたためにカビが成長しなかったものと考えられる。

先行実験とあわせて、青ネギは直接撒布した時には効果が見られたが、抽出して塗布すると効果があまり見られなかったために青ネギに含まれる硫化アリルは揮発性のものであったと考えられる。

We researched the antibacterial action of food close to us. The results of our research which concentrated on spices made it clear that garlic and yellow leek show the biggest effect. We conclude that they didn't grow because diallyl disulfide hindered the growth of the mold (bacteria).

In combination with our former experiments we realized that long green onion showed effect when it was spread directly, but didn't show much effect when it was extracted and pasted. Therefore we assume that diallyl sulfide in long green onions is volatile.

2. 序論

私たちは人工的につくられた化学物質ではなく、自然界に存在する植物などの天然由来の成分から、より人体に影響が少なく安全な抗菌剤を作ってみたいと思った。そのために身近な作物の抗菌作用について調べた。

(イ) 使用したカビ

製作した培地を生物室に 25 分間放置して採取、培養し得られたカビのうち、明瞭に区別可能な 2 種を使用。これらを液体培地にて繁殖させ使用した。

※この 2 種はクラドスポリウム属(クロカビ)とフザリウム属(アカカビ)である。

3. 研究内容

<仮説>

- ・キムチなどの保存食に用いられる「薬味類」
- ・民間療法として古くから消毒などに使われる「アロエ」
- ・ファブリーズに使われている「トウモロコシの成分」

以上のものに効果があるのではないかと考えた。

<準備>

(ア) 寒天培地の組成

サッカロース	2.0g
ペプトン	1.0g
粉末寒天	1.5g
蒸留水	100mL

(ウ) 抗菌材料

黄ニラ・ニラ・白ネギ・青ネギ・ミョウガ・ショウガ・シソ・アロエ・ニンニク・ミント・コーン茶・柚子

※保存食などに古くから使われており、一般に効果があると思われるものを選出した。

70%アルコール 10mL に材料を 1.5g ずつ入れ、一晩振とうさせて 60℃の乾燥機で水分を蒸発、その後水 1.0mL を加えて液体培地で培養した菌を塗布した培地の上に、調製した溶液を塗布した。

※柚子は搾汁を直接塗布した。

(エ) 計測

液体培地で繁殖させた菌を 1.5mL、(ウ)で調製した溶液を 1.5mL 培地に塗布、3 日間の繁殖期間を設けたのち、培地内に形成された直径 2mm 以上のコロニーの数を数えることによって効果を調べた。効果の有無については、対照よりも菌の繁殖の抑制効果が見られたものを効果のあったものとした。

<結果>

クラドスポリウム属(クロカビ)は黄ニラ・ニラ・青ネギ・ミョウガ・ショウガ・シソ・ニンニク・ミントに効果が見られ、特にニラ・ミョウガ・ショウガ・シソ・ニンニクに大きな効果が見られた。【グラフ 1】

フザリウム属(アカカビ)は黄ニラ・ニラ・ニンニク・コーン茶に効果が見られ、特に黄ニラ・ニンニク・コーン茶に効果が見られた。【グラフ 2】

<備考>

先行実験にてネギをそのまま輪切りにして培地の上に乗せての観察も行った。(※この実験は現行のものとは方法が異なり、特定のカビを培地の上に塗布ではなく直接植菌している。)

この実験ではネギをアルコール抽出したものより、ネギを直接乗せたものの方に効果が見られた。

【巻末図参照】

<考察>

柚子などに対照よりもおおく菌が繁殖したのはそれに含まれる糖分などによって発育が促進されてしまったからであると考えられる。今回用いた材料は、古くから薬味に使われる作物などであるが、それらの共通点はいずれもユリ科の植物で硫化アリルという物質を含んでいることである。硫化アリルとはニンニクやネギなどに含まれている辛味成分のことである。そのほとんどが揮発性の物質で極性が低いため非極性溶媒に溶ける。抽出したネギが直接乗せたものに対して効果がみられなかったのは、ネギに含まれる硫化アリルは揮発性のものであるため、アルコールを蒸発させる際にアルコールと共に蒸発してしまったためだと考

えられる。ニンニクや黄ニラは硫化アリルが多く含まれていたために、他のものよりも残留量が多かったと思われる。一方ほかで効果が見られたもののうち、硫化アリルが含まれているものは何らかの原因によって蒸発せず、アルコール抽出の際に残って効果を得られたものであるか、もしくはほかの成分によるものだと考えられる。標準偏差については、偏差の幅が大きかったものは菌を撒く過程で失敗したか、または調製溶液が十分撒かれていなかったサンプルがあったために、ブレが生じてしまったものだと考えられる。

4. 結論

これら一連の実験観察によって、今回用いた菌にもっとも抗菌効果を認めることができるのは、ニンニクと黄ニラであった。青ネギは今回行った方法では効果が見られず、青ネギから効果を得るためには直接乗せるのが良いと分かった。

5. 謝辞

最後に、本研究においてご指導くださいました美作大学の桑守先生、学校内の先生方に厚く御礼申し上げます。

6. 参考文献

1) 成分のエタノール抽出

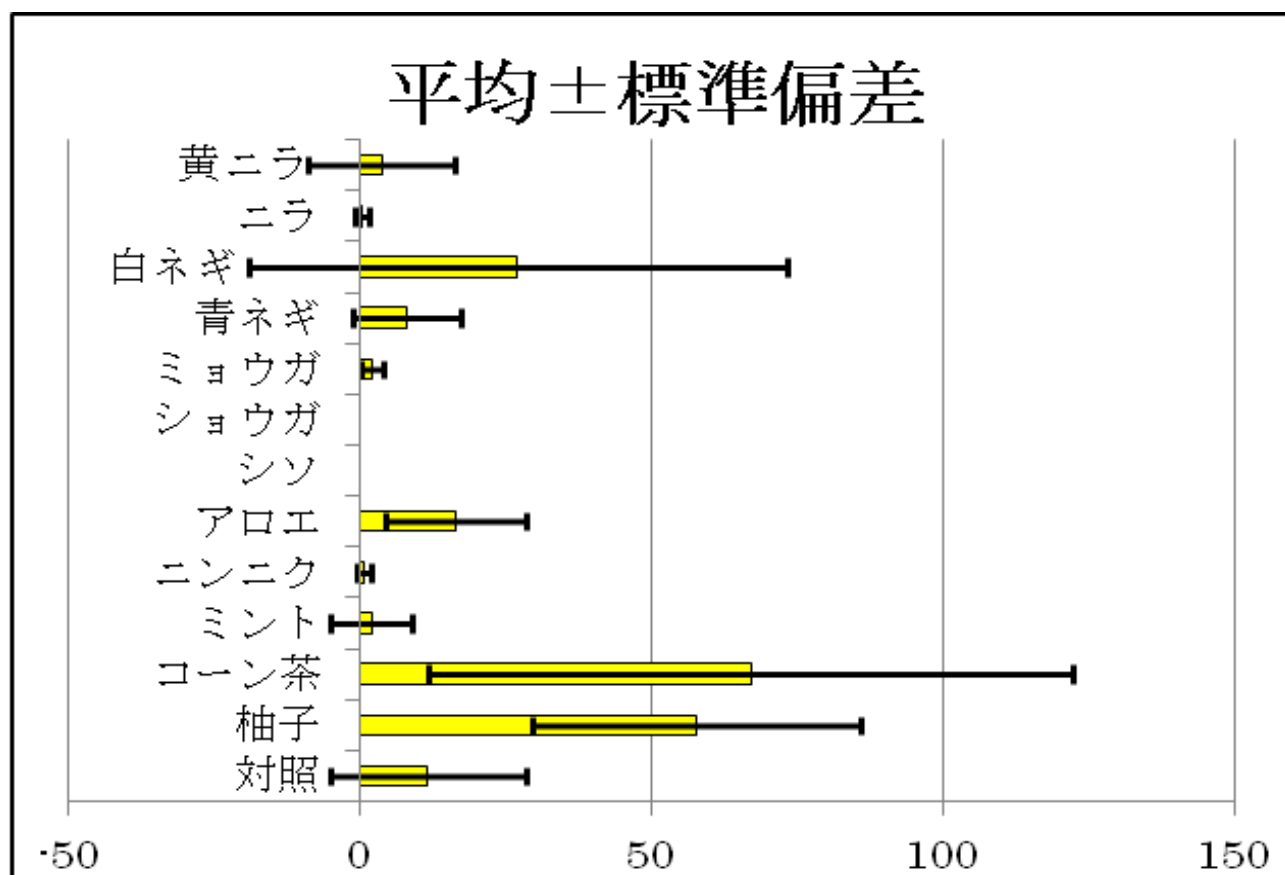
http://www.wakayama-kg.go.jp/kouhou/tech_noridge/276/276_5.pdf#search=%E5%92%8C%E6%AD%8C%E5%B1%B1%E7%9C%8C%E7%94%A3%E3%83%93%E3%83%AF%E3%81%AE%E8%91%89%E3%81%AE%E4%B9%BE%E7%87%A5%E5%8F%8A%E3%81%B3%E3%82%A8%E3%82%AD%E3%82%B9%E5%8C%96%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6

2) カビの種類同定

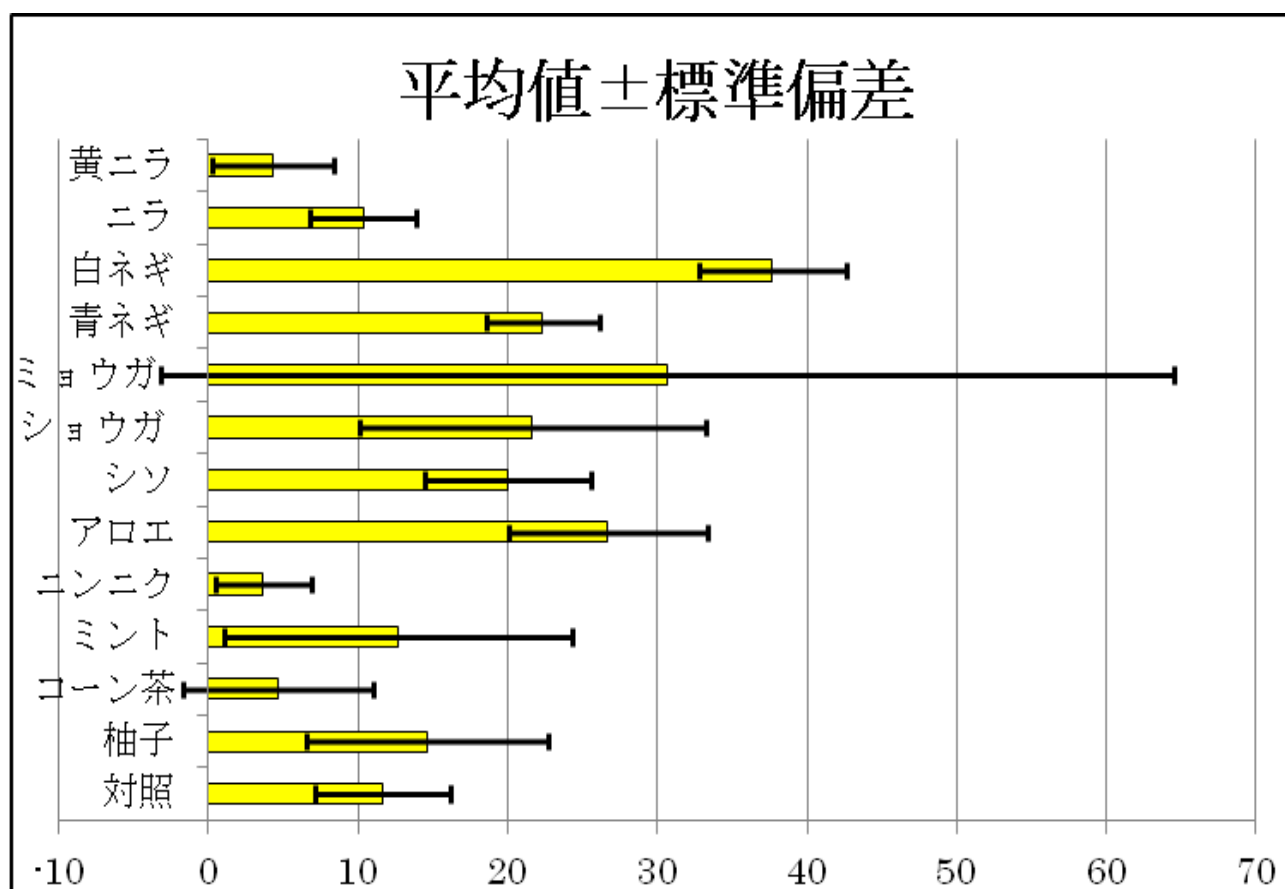
<http://www.links-aqua.com/category/1400296.html>

3) 二硫化アリルのカビ・微生物への成長阻害

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC101489/?tool=pmcentrez>



(グラフ1) クラドスポリウム属(クロカビ)



(グラフ2) フザリウム属(アカカビ)

The Study of Ocean Layers of the Tertiary Neogene Period around Tsuyama

Okayama Prefectural Tsuyama High School Rina Ishido, Yuhei Fuji, Hana Kizuki
Teacher Takashi Yamamoto

1. Abstract

It is said that Tsuyama actually used to be a part of the sea a long time ago, because many fossilized creatures of the sea have been discovered within the groups of Katsuta layers of Cenozoic Tertiary Neogene layers. We were interested in that fact, so we started to examine the pH value, the electric conductivity of the soil and the fossils which we assembled from the stratum to infer how the sea of Tsuyama looked like at the time. As a result, we found three facts. First we found out that the electrical conductivity of the Tertiary Neogene period soil around Tsuyama was high whether there were fossils or not. Second we can state that the climate was similar to that of the tropical zone or the subtropical zone. We found that out from the fossils we extracted. The third fact is that the surface of the sea changed.

2. Contents of our study

(Study 1: Looking over some geologic maps and some earlier study)

<Purpose>

Check the geological features around Tsuyama, the extractive points and the kind of fossils and the kind of them from the earlier study

<Result>

The fossilized whales and the Paleoparadoxia, which had lived in a warm sea, were discovered from the ocean layers which piled up about 15 million years ago.



Fig.1 Paleoparadoxia



■ the layers of the Tertiary Neogene Period

Fig.2

The geological features figure around Tsuyama

(Study 2: Simulation of the seawater level)

<Purpose>

Compare the place where the sea was at the time with the place where the fossils can be extracted now

※ We hypothesized that the present Tsuyama basin is the same as it was around the Tertiary Neogene Period.

<Experiment method>

Pour imaginary water into the area around the present Tsuyama now to an optional height with Kashmir 3D (a 3D map editing software)

<Result>

Simulating various water levels we could see that the spots where we extracted fossils turned out to be the places which were supposed to be the sea when we established the water level at the same height as Kakuzan park (220 m above the sea).

Fig.3 shows that.



Fig.3 Water poured to 220 m above the sea with Kashmir 3D

<Consideration>

According to the geologic map, the fossils and fig.1, we inferred that the Tsuyama sea at the time had been an archipelago. However, there is no place for the seawater to flow into Tsuyama area. So, we inferred that there used to be a place where a warm current could flow into the northern part of Tsuyama at the time when the layers of the Tertiary Neogene Period piled up, and we set up the hypothesis.

○ Hypothesis

At the time when the layers of the Tertiary Neogene Period around Tsuyama piled up,

- The backbone range, which is in the northern part of Tsuyama basin, didn't rise up.
- A warm current flowed from the Japan Sea into the area around Tsuyama, so the climate

used to be warmer than it is now.

(Study 3: Researches of the outcrop around Tsuyama City)

<Purpose>

Observe the feature of the outcrop of the ocean layers of the Tertiary Neogene Period around Tsuyama City (the groups of Katsuta layers) and extract the fossils there

<Research method>

- Observe the features of the outcrop
- Extract the fossils
- Compare the fossilized animals to the seacreatures which live in a warm-temperature zone (Okinawa). Also, we processed the micro fossils and observed them.

- ① Crush the samples with a hammer until the size of those become about 2-5 cm.
- ② Boil them in oxygenated water with a concentration of thirty percent for ten minutes, and smash them chemically.
- ③ Wash them by putting them through a sieve and remove the mud and the sand as well as possible.

<Results>

- The fossils we extracted around Miya river in Ichinomiya Tsuyama City



Fig.4 pectinatella



Fig.5 oyster

- The fossils we extracted around Kasamatsu bridge in Odanaka Tsuyama City



Fig.6 operculina

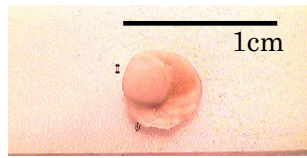


Fig.7
living foraminifera



Fig.8 Leaf of deciduous
broad-leaved tree

- The fossils we extracted around Sara river in Sara Tsuyama City



Fig.9 vicarya



Fig.10 living snail

• Outcrop research

At the outcrop near Miya river, we observed an unconformity of the ocean layers of the Tertiary Neogene Period and the Paleozoic layers. Also, we found a fossilized bivalve above the stratum. The stratum mainly consists of sandstone, and a lot of sandstone of the northern part of the outcrop near Miya river included stones of the Paleozoic layers.

<Consideration>

In the groups of Katsuta layers around Tsuyama, we found the fossilized creatures which probably had lived in a warm sea like

the present Okinawa sea and also the operculina (larger foraminifera). So we infer that a warm current flowed into the sea around Tsuyama. Also, from what we could extract of operculina and of the leaf of deciduous broad-leaved trees from the same outcrop at Kasamatsu bridge, we can infer that the area around Tsuyama didn't completely use to be the sea but there used to be partly land, too.

In addition, when we observed the sandstone near Miya river, the layers which includes stones of the Paleozoic era and the layers which don't, are intermingled. So, we suppose that some natural phenomenon like a mudslide occurred a few times.

(Study 4: Measurement of the pH value and the electric conductivity of the soil)

<Purpose>

Presume the sedimentation environment at the time by measuring the pH value and the electric conductivity

※The method we used in this analysis is generally used in drilling surveys. In the past study in 2011, it was said that the suspension of the soil extracted from the stratum could be used to measure water quality. So, we decided to presume the past left in the soil with the features of the pH value and the electric conductivity of the soil.

<Method>

- ① Put the sand samples through a sieve to get the samples (30g) whose particle diameters are less than 2 mm and put them into a beaker.
- ② Put distilled water (150g) into the beaker, stir it with a magnet stirrer for thirty minutes and leave it for over thirty minutes.

- ③ Examine the supernatant liquid with a device that measures water quality.

<Result>

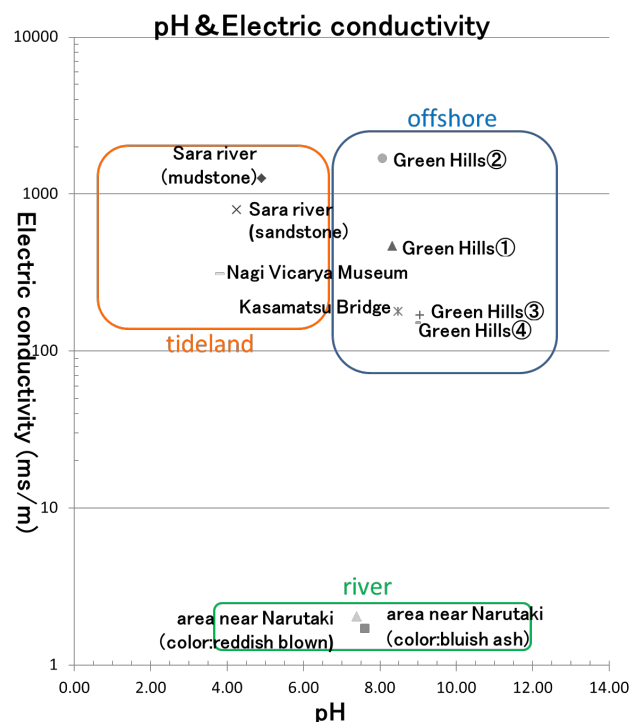


Fig. 11 The result of the chemical analysis

※The legends (“tideland,” “offshore,” and “rivers”) are the environment of the time when the soil piled up.

We presumed it with Prof. Shigeyuki Suzuki in the Graduate School of Science, Okayama University.

<Consideration>

When the shallow land such as tideland was formed because of the change of the seawater level or other reasons, it became deoxidizing environment (the lack-of-oxygen environment). Therefore the sulfate which the sediments contained was deoxidized and became sulfide ion and sulfide was formed. As a result, the soil suspension of the sediments of tideland is sulfuric acidity. Also, if we analyze the soil which piled up in the sea, the electric conductivity is relatively higher because the quantity of ions contained in the soil is larger than that of the layers piled in fresh water.

From the result of the experiment (Fig.11), we can presume that the ocean layers near Miya river (Green Hills) piled up in from a shallow sea to rather tideland in a fast tide stream, and that the stratum near Sara river piled up in offshore, in the same way as the one of Nagi. In short, we can think that the shoreline of the sea around Tsuyama used to be near Sara river, and that the present area near Miya river used to be a part of the sea though there was a change of the seawater level.

3. Conclusion

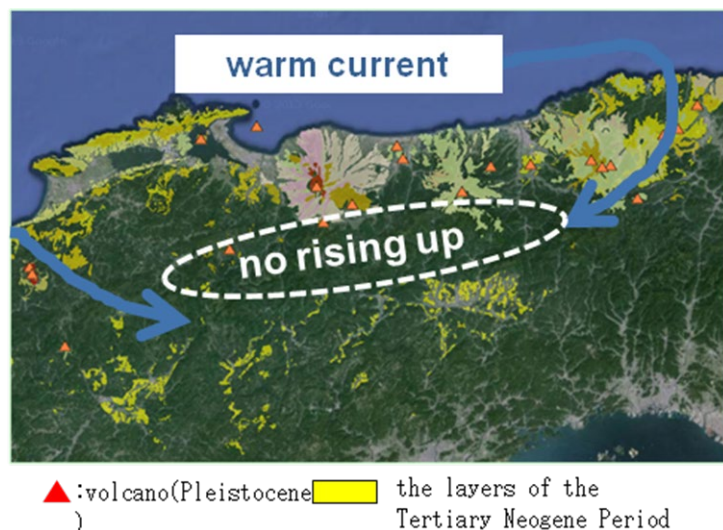


Fig. 12

From the result of the hypothesis verification, we presumed the old environment around Tsuyama City at the time.

At the time when the ocean layers of the Tertiary Neogene Period around Tsuyama piled up,

- The backbone range, which is at the present northern part of Tsuyama basin, didn't rise up.
- Tsuyama faced to the Japan Sea.
- The sea around Tsuyama used to be an archipelago and warm current such as the Black current or the Tsushima current flowed into.

- The climate was warmer than it is now.
- The environment near Sara river or Nagi where fossilized vicaryas could be extracted used to be like offshore, and the area near Miya river went from a shallow sea to tideland.

Also, we presume that the backbone range, which is in the northern part of Tsuyama basin, rose up when the Chugoku area was pressed from the north and the south because of the subduction of the Philippine plate from the south in the Quaternary period in geologic time after the Japan Sea was formed, and that the geographical features became what they are now.

We'd like to add more research areas, and to study where the large quantity of sand which forms the sandstone of the ocean layers around Tsuyama came from.

Thanks

Prof. Shigeyuki Suzuki in the Graduate School of Science, Okayama University

Mr. Haruo Koami in Okayama Prefectural Asahi High School

Teachers in Earth Science Section Meeting Study Group Working on Educations of • Okayama High School

Ms. Martina

References

- 岡山県内地質図
西部技術コンサルタント株式会社
- 平成 23 年度集まれ!科学好き発表会研究集録
- 津山盆地における勝田層群の堆積条件
野崎誠二
- 津山市公式ホームページ

広島風再現実験によるハザードマップ作成

研究者 難波 英里, 高橋 瑞穂, 森本 真帆, 早瀬 悠夏
指導者 坪井 民夫

1. 研究の概要

平成 23 年度から先輩方が取り組んでいた研究を引き継いだ。平成 23 年度の研究では中国山地の地形模型を製作し、煙を流すことで広島風発生メカニズムの検証を行った。平成 24 年度の研究では、同様にして広島風発生における、上空の安定層の影響と、広島風軽減方法を探った。私たちは中国山地の地形模型に煙を流し、奈義地域へと流れ込む空気の流れをより正確に再現し、風速の変化と風の集中の仕方を調べ、仕組みを調べようと考えた。また台風や低気圧がどの範囲にあるときに広島風が発生するかを調べるために、模型に流す煙の量を変えて広島風の発生する条件を調べた。さらに、実験の結果をもとにハザードマップを作製した。

We continued the research that the second graders started two years ago. We let smoke pass on a geographical relief model of the Chugoku mountains and reproduced more precisely the flow of air going into the Nagi area. We checked the change in wind velocity and wind concentration and looked for a structure. We also checked in which area a typhoon or low air pressure occur when they lead to the upcoming of the Hiroto wind. In order to do that we researched the conditions of wind generation by changing the amount of smoke. Moreover we made a hazard map based on the results of our experiments.

2. 広島風とは

広島風とは、台風が四国～紀伊半島沖を通過するとき、岡山県北部、津山盆地の旧勝北町から奈義町付近にかけての地域だけに発生する局地的な暴風である。南方の台風に向かって吹き込む風が鳥取県の千代川の谷で両側から集束されて中国山地的那岐山を越えて吹き降ろすとされている。今年も数回発生しており、10月15日の台風26号の通過時に発生した広島風では、鳥取県側の智頭町で風速3.9mであったのに対し岡山県奈義町では22.7mに達した。このようにこの地域だけで風が強まり、大きな被害をもたらす不思議な気象現象である。

空気の速さ・向きを測定し広島風の発生条件を推測する。測定した結果をもとにハザードマップを制作する。

実験1 広島風再現の方法の検証

＜目的＞ 地形模型にスモークマシンを用いて煙を流し、実際と同じように広島風のような流れが生じるかどうかと、その分析方法を検証する。

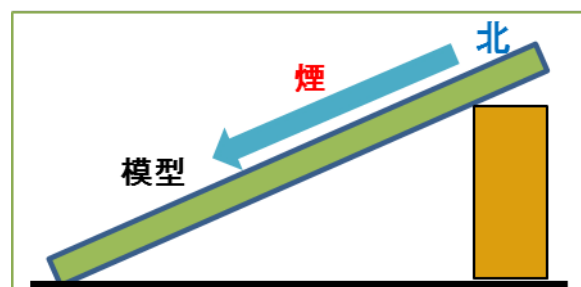


図1 模型に煙を流す方法

3. 研究内容

先輩の製作した中国山地地形模型にスモークマシンを用いて煙を流し、これを撮影した動画から

＜方法＞ 四国～紀伊半島沖を台風が通過する際の風向きを再現するため、図1に示すように鳥取県側を持ち上げて南向きに傾斜させ、スモークマシンを使って模型に煙を流す。これを動画で撮影し、煙の移動と速さを測定し分析する。持ち上げる高さは機材の都合上、86.4 cmとした。

（使用した模型）

平成23年度の研究で先輩方が作成した模型(図2)を使用した。この模型は、模型の周囲の空気の影響によって風の流れが変化することを避け、細かい地域ごと違いを見やすくするためにできるだけ大きいものになっている。また、高さを同じ縮尺にするとほぼ平面になり、地形が空気の流れに影響しなくなってしまうので、高さ方向は縮尺を拡大している。



図2 使用した模型と範囲

※模型の範囲 中国山地の那岐山を中心に、
 南北：鳥取県鳥取市付近～岡山県美作市付近
 （約75 kmを2.7mに）
 東西：岡山県鏡野町付近～岡山県東端
 （約50 kmを1.8mに）
 鉛直：標高差100mを2.0cmに
 水平方向の縮尺： 1/24,000
 鉛直方向の縮尺： 1/5,000

＜結果＞ 動画(図3)を分析すると、鳥取県側で那岐山に向かう煙が左右の山に挟まれて集束し(図の網かけ部分)、那岐山(図の△)を越えた後の煙の流れが速くなっている、広戸風のように煙が流れる様子が再現できた。このことから今回の

方法が広戸風のシミュレーション方法として適当であると判断した。

※以下の実験ではこの方法を使用する。

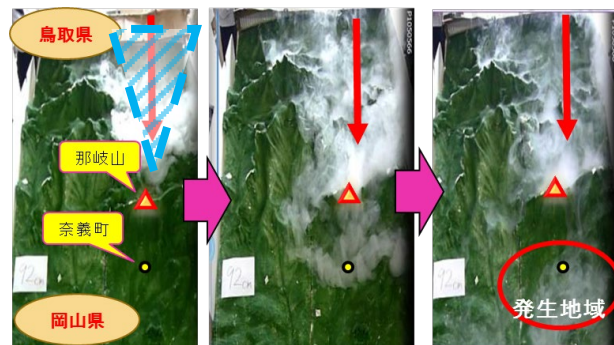


図3 広戸風発生の様子

実験2 広戸風発生時の台風の位置の確定

＜目的＞

広戸風が発生する際の台風の存在範囲を確定し、広戸風の発生条件を調べる。

＜方法＞

1. 模型を実験1と同様に傾斜させる。
2. 模型の傾斜方向(図4の点線)を、南北軸に対し、15度ずつ回転させ、台風に向かう風の風向の変化を再現する。
3. 動画を分析し、広戸風が発生する範囲を調べる。

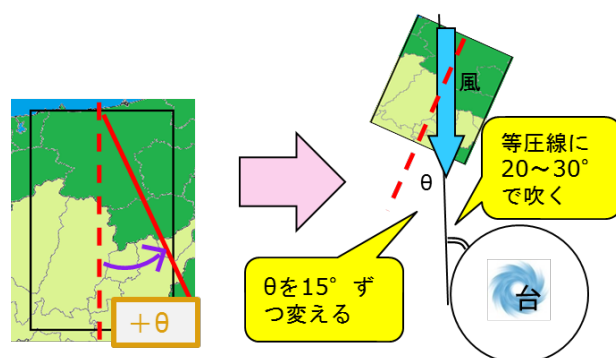


図4 模型実験での風向の変え方

※図4のように、台風が南西にあるときの、台風の流れ込む風向きを再現するには反時計回りに、南東にあるときを再現するには時計回りに模型を回転させる。南北軸に対しての風の角度を θ

とした。

※低気圧には、等圧線に対し $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ で風が吹き込むとされることから、分析するときには風下に対し 30° の方向に台風があると仮定した。

<結果>

- ・ $-40^{\circ} < \theta$ および、 $\theta > +60^{\circ}$ のとき

煙是那岐山の後ろに溜まる但那岐山をこえることなく東西に流れ、広戸風は発生しなかった。

- ・ $-40^{\circ} \leq \theta \leq 60^{\circ}$ のとき

那岐山の後ろに溜まった煙は山頂を越え奈義山を超えて岡山県側に流れ込み、広戸風が生じた。

この結果からわかった広戸風の発生するときの台風の位置の条件 ($\theta + 30^{\circ}$ の領域) を図5に示す。水色の範囲が広戸風の発生するときの北風の風向きの範囲、斜線部がこれをもとにした台風の存在範囲である。

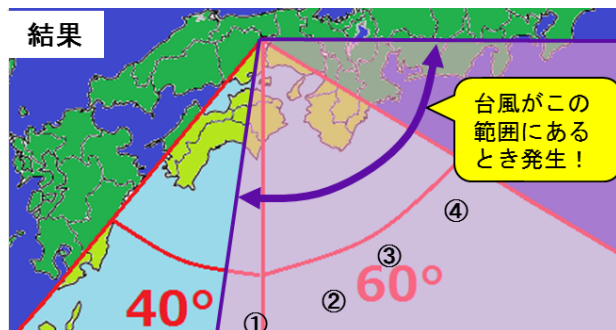


図5 広戸風が発生する風向きの範囲と台風の存在範囲

実験3 広戸風ハザードマップの作成

<目的>

台風の位置ごとに、広戸風の強く吹く地域を分析しハザードマップを作成する。被害にあっている地域の方々に作成したハザードマップを参考にして被害削減に役立ててもらおう。

<方法>

1. 実験2で撮影した動画をプロジェクターで黒板に拡大投影し、2秒ごとの煙の移動距離を調べた。

2. 移動距離の長さによって強風地域を色分けし、実験2の θ ごとのハザードマップを作成する。

<結果>

完成したハザードマップは図6のようになった。それぞれのハザードマップは図5の①～④の位置に台風があるときに対応している。実際に広戸風の被害がある地域とだいたい一致している。ただし、加茂町方面や大原町方面など、実際には広戸風の吹かない一部地域も含まれる結果が得られてしまった。

※赤 (強く吹く) …およそ 10 cm/s 以上
桃 (やや強く吹く) …およそ 5.0 cm/s 以上
青 (少し吹く) …およそ 2.5 cm/s 以上

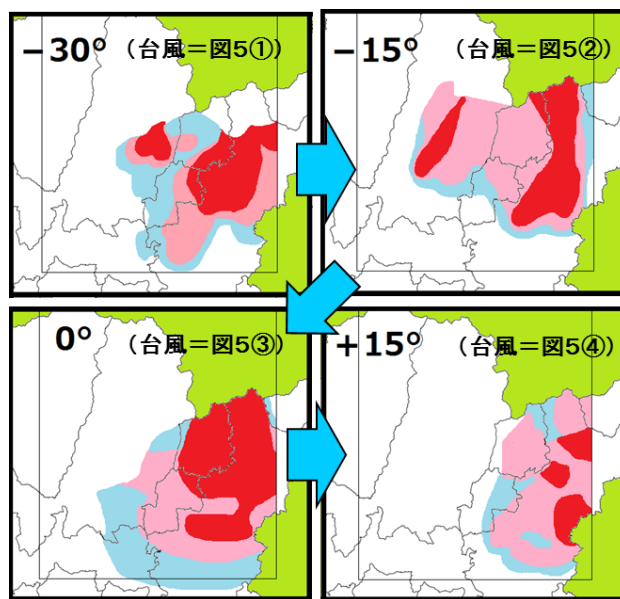


図6 広戸風ハザードマップ

実験4 広戸風の予報

<目的>

台風が接近するとき、広戸風の発生する時間を予測し、被害の軽減に役立てる。

<方法>

1. 実験2の範囲と、台風の経路予報を元に、

広戸風の発生する時間帯を予想する。

2. 実際のアメダスのデータと、台風の確定経路から予想の正しさを検証する。

<結果>

今年 10 月に発生した台風 26 号について、私たちは実験 3 と台風の進路予想をもとに、15 日午前 9 時から 16 日午前 8 時に広戸風が発生すると推測した。これに対し、奈義のアメダスデータによると、実際は 16 日午前 0 時から午前 8 時まで風速 10m 以上の風が吹いていた。その後、台風の確定経路と比較したが、やはり開始時間に大きな誤差が生じた。日本列島周辺の気圧配置によって、台風の周囲の等圧線の形が変わることで、那岐山周辺の風向きと台風の位置関係が実験とは異なったためではないかと考えた。今後ほかの台風についても予測と実際を比較し、検証したい。

4. 結論

先輩方の作製した模型で広戸風を再現し分析にある程度利用できることがわかった。この模型を使用し広戸風発生時の台風の存在範囲を調査すると、台風が実験 2 の範囲にあるとき発生するとわかった。しかし実際の発生時間帯と一致しないところがあるため、たくさんの台風についてデータを集め、さらに検証してみたい。また、この結果を元にハザードマップを作製したが、実際の広戸風の発生地域と合わない地域もいくつかあるため、さらに検証が必要である。

5. 課題点

- ①実験 1・2 では実験室のエアコンが使用できなかったため、実験によって温度が異なり、実験結果に多少影響した可能性がある。追実験の必要がある。
- ②模型では鉛直方向の気圧差が再現できないが、このことが実験結果へ影響した可能性がある。
- ③実験回数をさらに増やして、ばらつきを小さくする必要がある。
- ④地域調査やコンピューターシミュレーションな

どと比較していきたい。

謝辞

本研究のご指導をしてくださった津山高専の佐藤先生、英語発表指導をしてくださった外部講師のマルティーナ先生には大変お世話になりました。

参考文献

- 1) 中村みゆき 他, “那岐山山頂における観測からみたおろし風(ひろとかぜ)の発生条件”, 日本気象機関誌「天気」, Vol.49(2002)
- 2) 平成 23 年度津山高校課題研究報告書「広戸風の軽減方法の研究」

OpenCV を用いた剣道の動きの解析

研究者 小椋加奈子

指導者 薮木登、橋迫弘季、落合範昭

研究の概要

この研究は剣道における竹刀の軌道の解析を行うため、OpenCV による自作プログラムを用いて竹刀の軌跡の可視化を目的としている。

具体的には動画などから切り取った画像データを読み込み、RGB 表色系から HSV 表色系へのカラー色変換、画像の 2 値化、特徴抽出(対象領域の座標抽出)、動作の抽出をプログラミングし、竹刀のあるポイントにおける軌道の可視化を行った。

This research intends to show the trajectory of a bamboo sword in Kendo by using OpenCV and a program of my own composition, for analyzing the trajectory.

To be concrete, I programed the so-called Image input (reading imaginary data that was cut off dynamic images and the like), Color transformation from RGB to HSV, Binarization of the image, Feature extraction (Coordinate extraction of the target domain) and Extraction of the movement, and visualized trajectory in a certain point of the bamboo sword.

1. 序論

どのような競技においても自分や手本となる人の動作を見ることは、映像を用いると可能である。しかしそれらを比較する際に、私たち人間の目で見、すべての人に同じことを伝えるのはなかなか難しいことである。そこで私は人の目や感覚ではなく、数値化されたデータを元に対象を比較することで違いを見つけ他の人にも伝えたいと思った。

その題材として自らが行っている部活動である剣道を選んだ。特に剣道において重要な竹刀の軌道を取り上げた。そして、その手段として OpenCV[1],[2]によるプログラミングを行った。

以下では、下準備として、デジタルビデオカメラを用いて剣道動作を撮影し、コンピュータに取り込み、一定の間隔で静止画像に変換しておくこととした。

2. プログラムの概要 1

図 1 に座標抽出処理のフローチャートを示し、処理手順を以下に説明する。

- (1) 静止画像を入力する。
- (2) 入力画像を RGB 表色系から HSV 表色系へカラー色変換を行う[3]。RGB 表色系とは色の表現法の一つで、赤 (Red)、緑 (Green)、青 (Blue) の三つの原色を混ぜて幅広い色を再現する加法混合の一つである。HSV 表色系とは色相(Hue)、彩度(Saturation・Chroma)、明度(Value・Lightness・Brightness)の三つの成分からなる色空間のことである。
- (3) 色変換した画像を 2 値化する。今回の 2 値化はこの後の「対象領域の座標抽出」を行いやすくするためである。
- (4) 対象領域の座標抽出を行う。具体的には剣先(竹刀の先端)を対象領域とする。一般に剣先は白色であるが本研究においては座標抽出を行いやすくするため、黄色のテープを巻いた。
- (5) 処理(1)から(4)までを画像枚数繰り返す。

3.プログラムの概要 2

図2に動き抽出処理のフローチャートを示し、処理手順を以下に説明する。

- (1) 静止画を入力する。
- (2) 背景差分処理[3]を行う。差分処理とは観察対象だけを取り出すための処理である。具体的には、図3と図4で背景は変化していないが観察対象の被験者は動いているため、差分処理を行うことで背景だけを削除することができる。
- (3) 黄色の部分抽出し剣先の動きを追跡する。
- (4) 処理(1)から(3)までを画像枚数繰り返し。

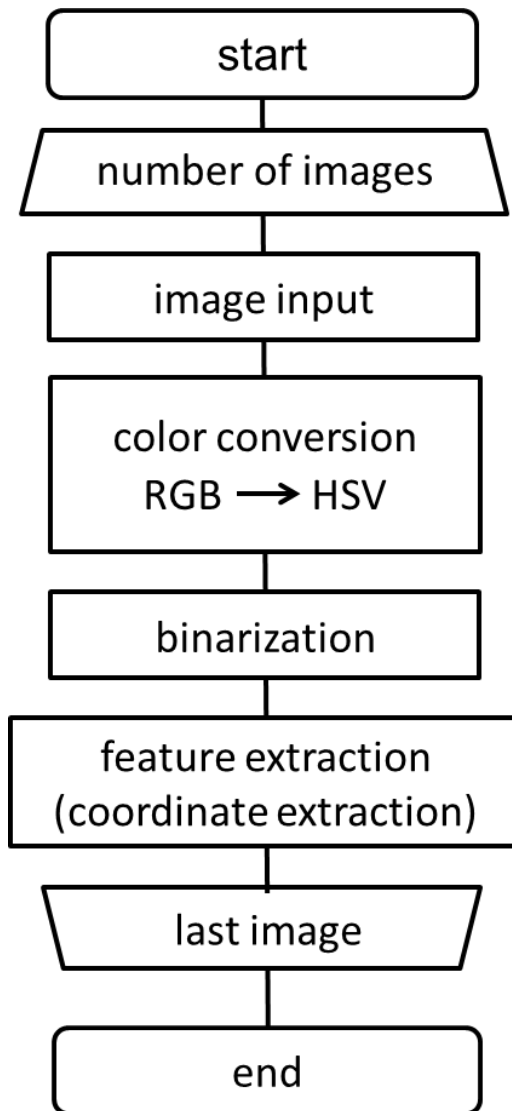


図1 動き抽出処理フロー

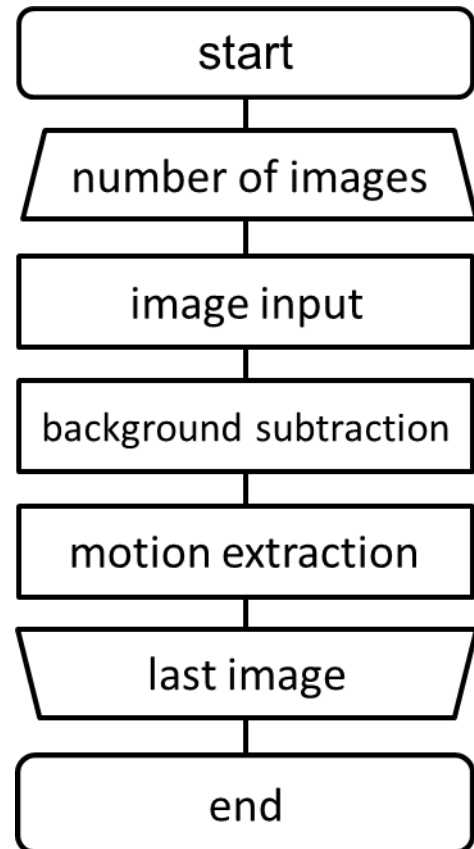


図2 動き抽出処理フロー



図3 入力画像例1



図4 入力画像例2

4. 差分処理

前述のフローチャートの中で、” background subtraction ” 「背景差分処理」を取り出したプログラムで処理を行った。

差分処理で背景を消すことによって、熊のぬいぐるみのみの画像の作成を目的とした。そのため、まず背景のみの画像を撮影し、その後、ぬいぐるみを含む画像を撮影した（パターン1）。

図5から図6を差分し、結果が図7となった。

背景がきれいに差分できなかった原因としては、背景に発泡スチロールの模型などがあり凹凸が激しかったため、光の反射の具合で同一の色とプログラムに認識されなかったことが考えられる。ただ、周りに蛍光灯を遮るものがなかったため、ぬいぐるみ本来の黄色と赤色を比較的保つ結果を得ることができた。



図5 パターン1の処理対象画像



図6 パターン1の背景画像



図7（パターン1）の処理結果の画像

そこでこの結果をもとに背景を凹凸のないホワイトボードとした（パターン2）を行った。

図8から図9を差分し、結果を図10とした。

パターン1と違い背景はきれいに差分できて黒くなった。しかしぬいぐるみを置くことで光の当たり具合が変化し、ぬいぐるみの色が本来のものとは変化してしまった。



図8 パターン2の処理対象画像



図9 パターン2の背景画像



図 1 0 パターン 2 の処理結果の画像

パターン 1 とパターン 2 の実行より、差分処理を行う画像は光の当たり具合などの撮影環境が重要なポイントとなることがわかった。正確な処理結果を得るためには、まったく同じ環境で撮影された画像を使うことが重要となる。

5. 結論

背景差分や対象領域の抽出を行うことで、注目したい部分をわかりやすく示すことが可能となる。たとえば、背景差分を行うことで被験者の動きだけが取り出せる。(図 1 1) そうしたことを行うことで多くの人に同じことが伝えやすくなる。

またプログラミングを学び、実際に作成することで物事を順序立てて考えることの大切さが実感できた。

今後は、今回作ったプログラムを用いて様々な剣道の動作を解析し上達するためのポイントや稽古方法などを考えていきたいと思う。また、ほかの競技においても解析を行いたい。



図 1 1 背景差分結果

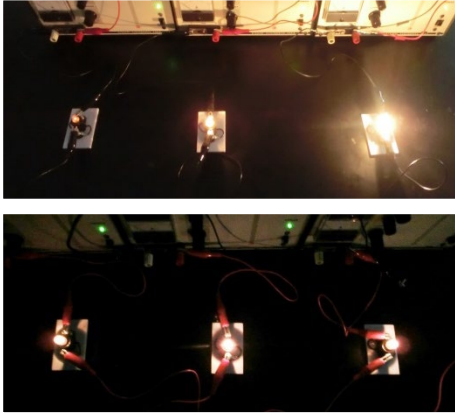
謝辞

最後に、本研究を進めるにあたって細やかなサポートをしてくださった橋迫弘季先生、落合範昭先生、すべての面において指導してくださった津山工業高等専門学校 藪木登先生には大変お世話になりました。先生方のお陰で研究を続けることができました。ありがとうございました。

参考文献

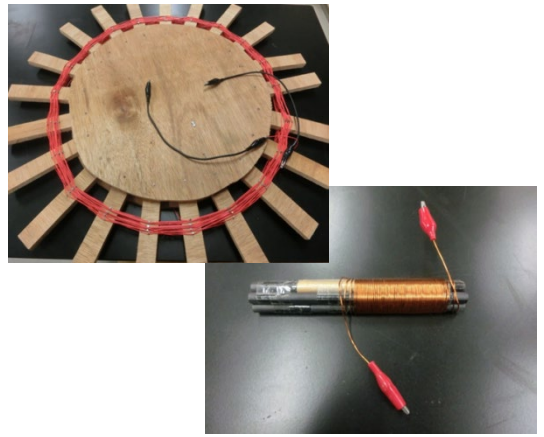
- [1]OpenCV プログラミングブック 製作チーム (2011) OpenCV2 プログラミングブック 株式会社マイナビ.
- [2]北山洋幸(2010) OpenCV で始める簡単動画プログラミング カットシステム OpenCV で始める簡単動画プログラミング カットシステム.
- [3]ビジュアル情報処理編集委員会(2004) ビジュアル情報処理 - CG・画像処理入門 - 財団法人 画像情報教育振興協会.

巻末図



銅（上）では右の電源に過大な負担がかかるが、超伝導（下）では各電源の負担は均等。

超伝導の有用性の研究



アンテナとしてスパイダーコイル（左上）と、フェライトバーアンテナ（右下）を製作し比較。

備長炭電池駆動ゲルマニウムラジオの製作



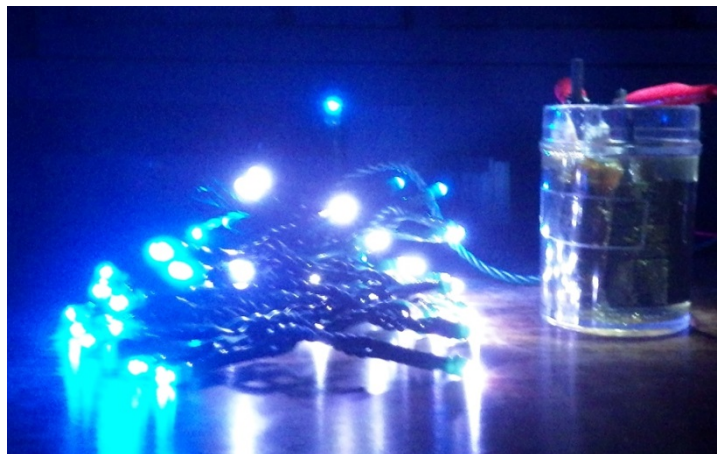
カラー写真1



カラー写真2

色がスムーズに変わる方法を研究しました。

色が変わる花火の原理と作成



炭素電池で点灯させたLED（右）と、固形型炭素電池（左）

炭素電池の研究

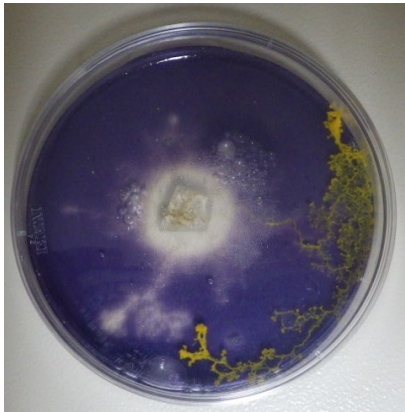
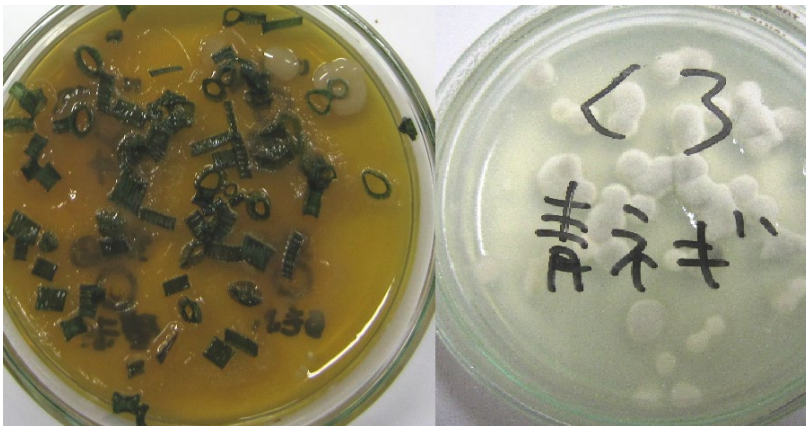


図2 ヨウ素デンプン反応の結果

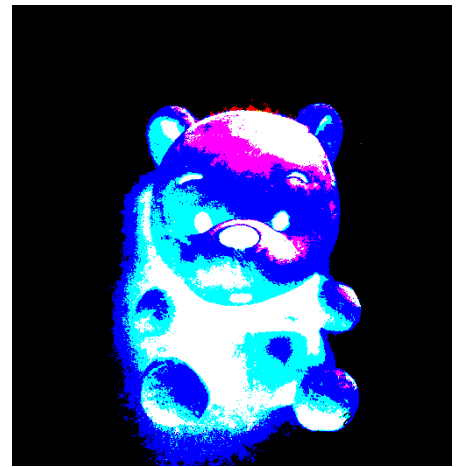


図3 ビウレット反応の結果

粘菌のアミノ酸に対する化学走性

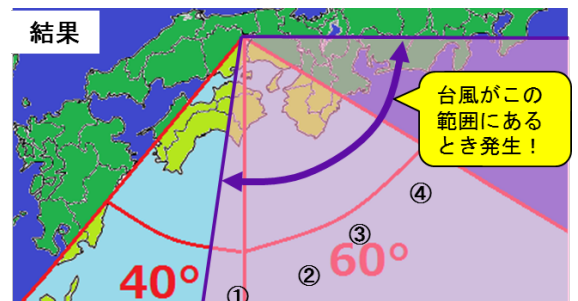
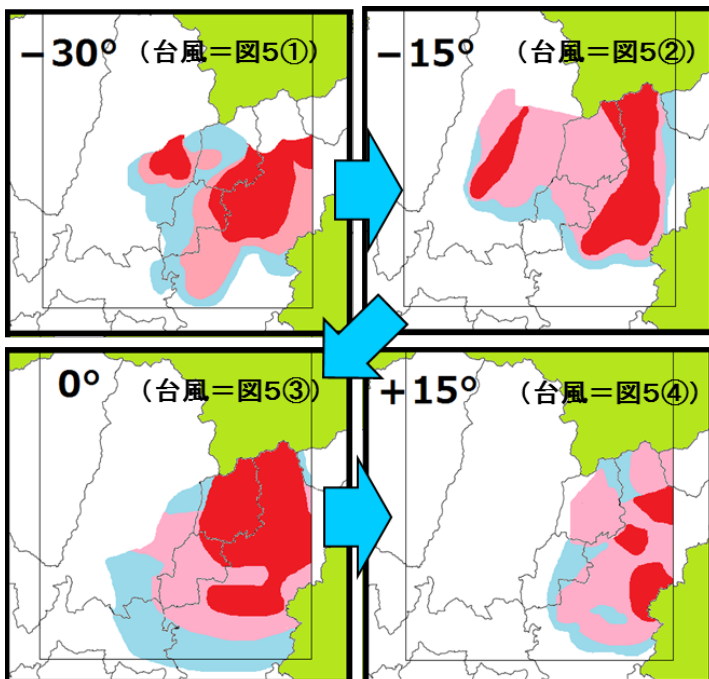


身近なものの抗菌作用について



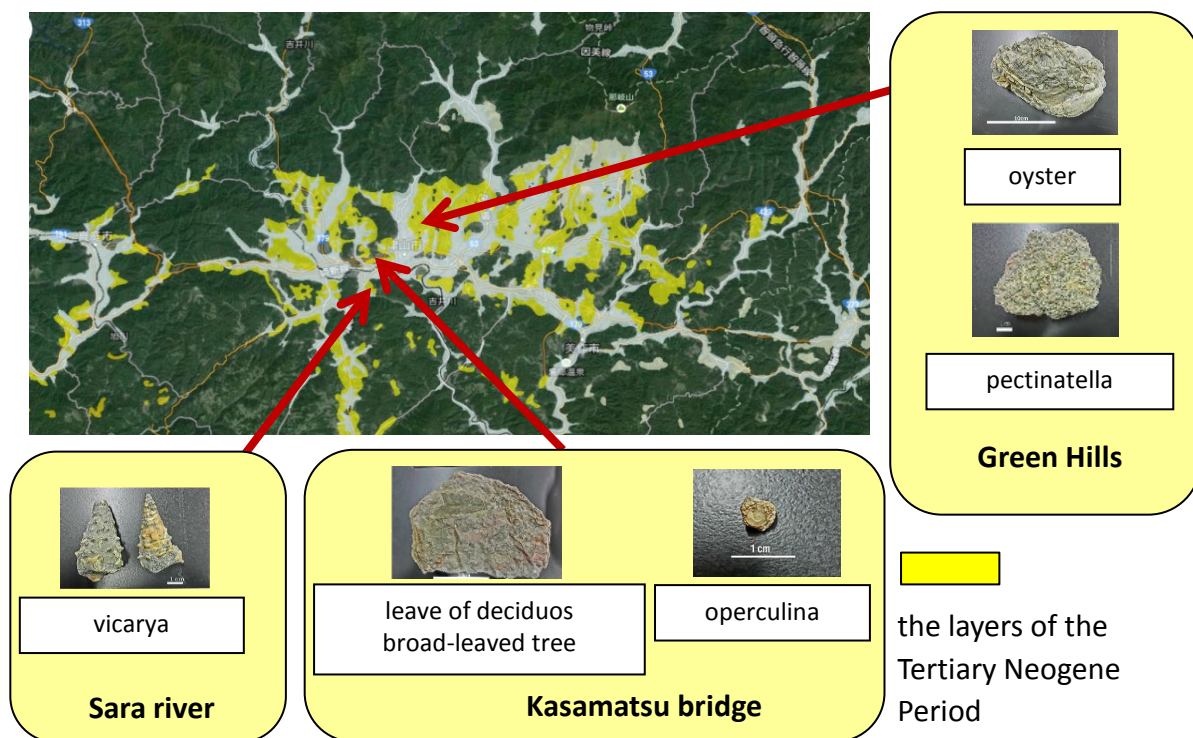
背景差分処理を施した、ぬいぐるみの写真

OpenCVを用いた剣道の動きの解析



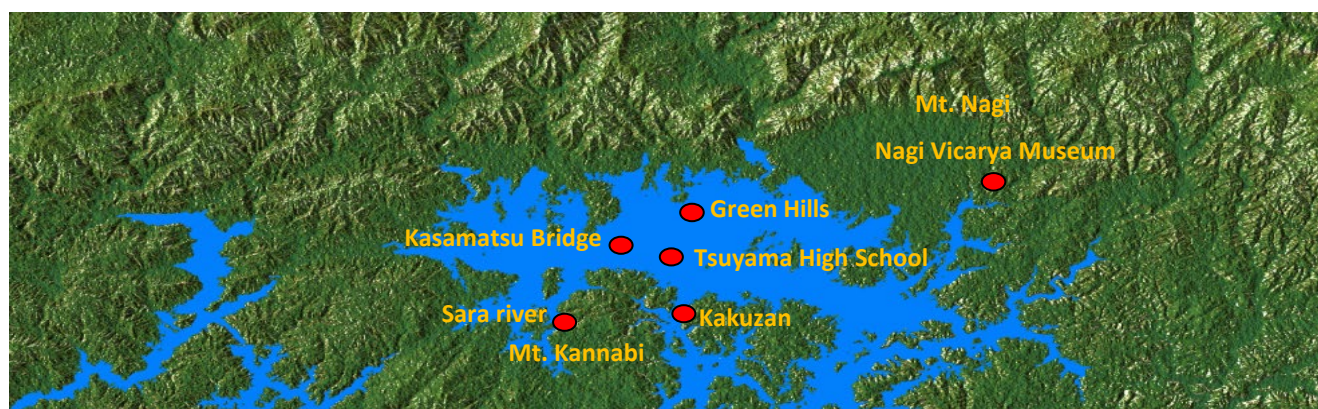
上図: 広戸風の発生する風向(青)および台風の位置範囲(ピンク)
左図: 台風が①→②→③→④と進むときの奈義町周辺地域の広戸風の発生状況(赤=強, ピンク=中, 水色=弱)

広戸風再現実験によるハザードマップの作成



【The Study of Ocean Layers of the Tertiary Neogene Period around Tsuyama】
Fig.2 The geological features figure around Tsuyama

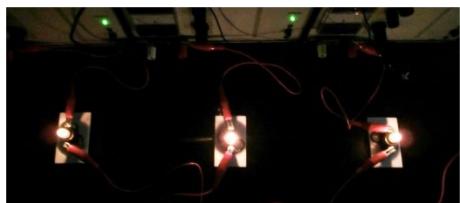
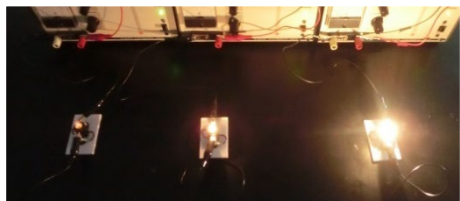
↓ Water poured to 160 m above the sea with Kashmir 3D



↑ Water poured to 220 m above the sea with Kashmir 3D

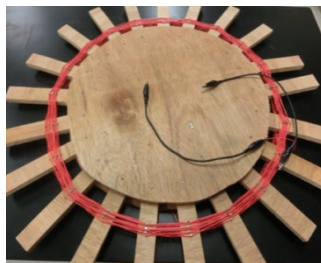
【The Study of Ocean Layers of the Tertiary Neogene Period around Tsuyama】
Fig.3 Water poured to 160m and 220 m, above the sea with Kashmir 3D

巻末図



電球の明るさで負荷を表している。
通常送電（上）では右の電源に過大な負担がかかるが、超伝導送電（下）では各電源の負担は均等。

超伝導の有用性の研究



アンテナとしてスパイダーコイル（左上）と、フェライトバーアンテナ（右下）を製作し比較。

備長炭電池駆動ゲルマニウムラジオの製作



カラー写真1



複数の炎色反応の色がスムーズに変わる方法を研究した。

カラー写真2

色が変わる花火の原理と作成



炭素電池で点灯させたLED（右）と、固形型炭素電池（左）

炭素電池の研究

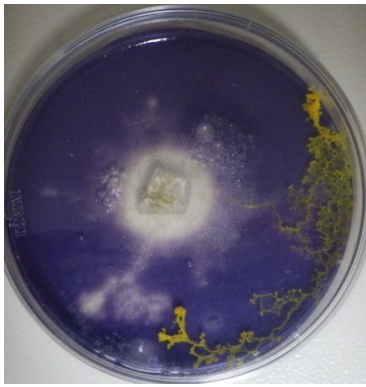


図2 ヨウ素デンプン反応の結果



図3 ビウレット反応の結果

粘菌のアミノ酸に対する化学走性



身近なものの抗菌作用について



図1 元画像



図2 背景画像



図3 処理画像(図1ー図2)



図4 元画像

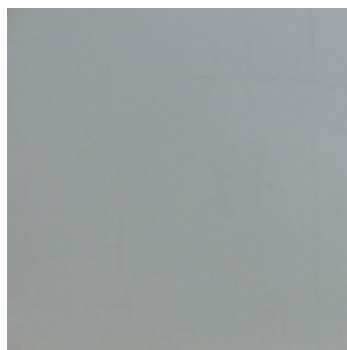


図5 背景画像

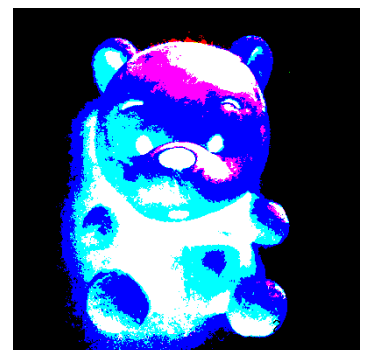
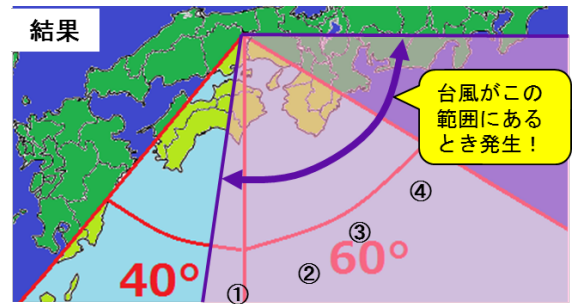
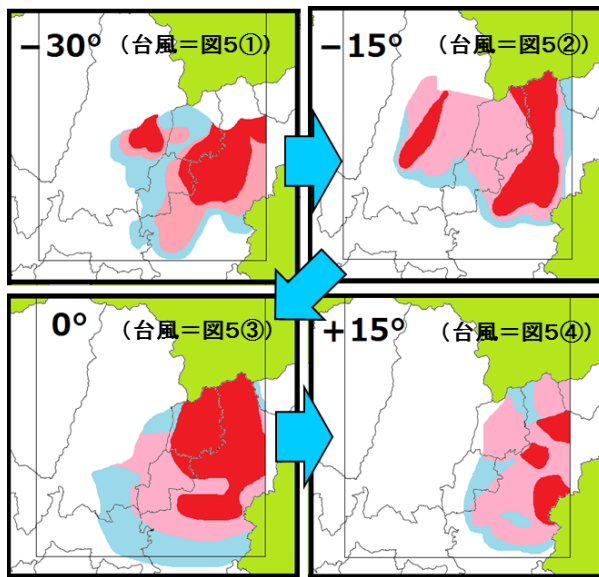


図6 処理画像(図4ー図5)

OpenCVを用いた剣道の動きの解析

図3では、背景がフラットでないため差分処理がうまくいかなかった。図6では、背景にホワイトボードを使用し、フラットな背景としたことで処理に成功。



上図：広戸風の発生する風向（青）および台風の位置範囲（ピンク）
 左図：台風が①→②→③→④と進むときの奈義町周辺地域の広戸風の発生状況（赤＝強、ピンク＝中、水色＝弱）

広戸風再現実験によるハザードマップの作成

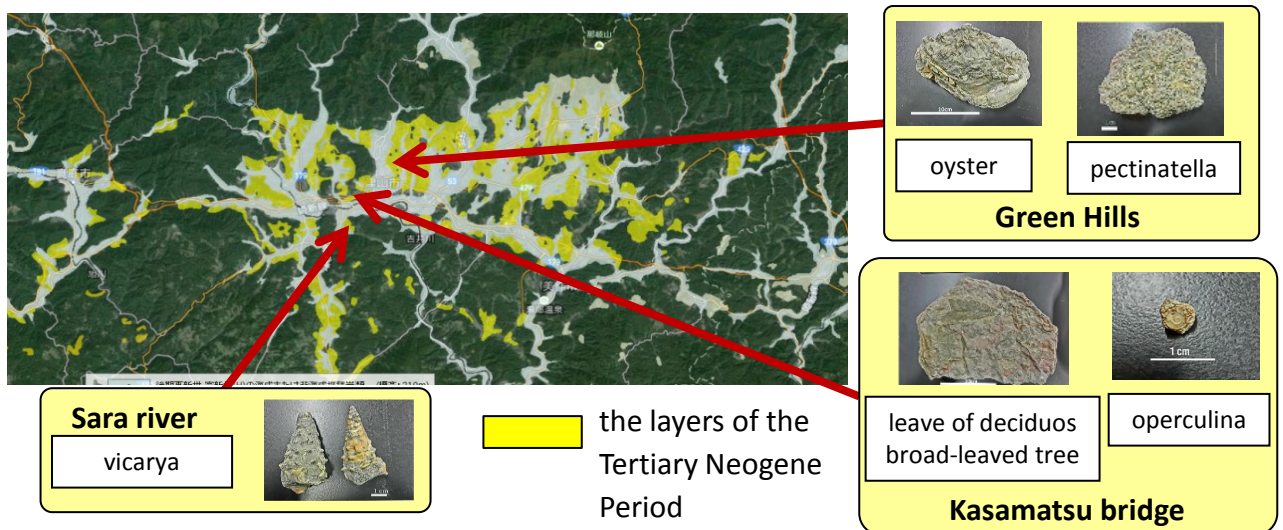
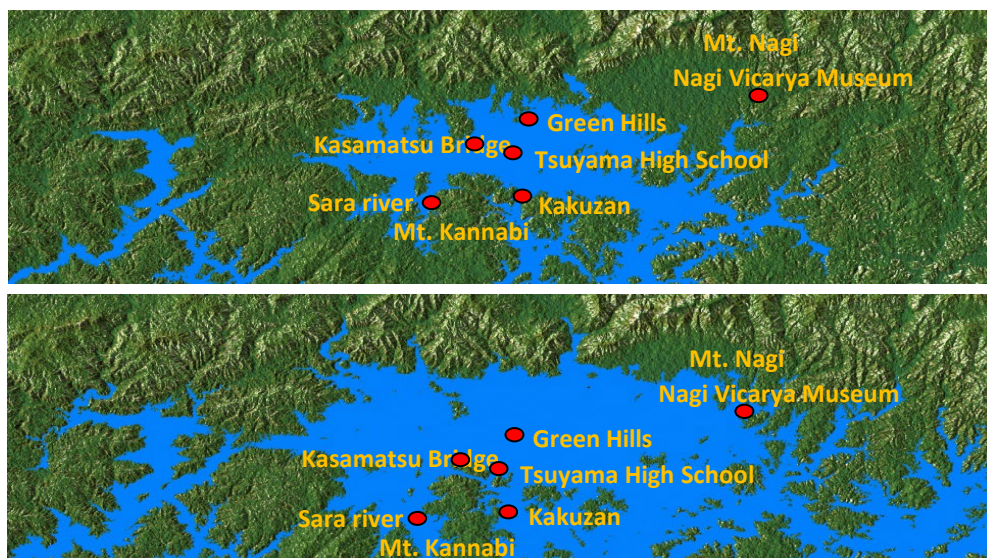


Fig.2 The geological features figure around Tsuyama



Water poured to 160 m above the sea with Kashmir 3D

Water poured to 220 m above the sea with Kashmir 3D

Fig.3 Water poured to 160m and 220 m, above the sea with Kashmir 3D

【The Study of Ocean Layers of the Tertiary Neogene Period around Tsuyama】