

平成22年度指定スーパーサイエンスハイスクール

活動記録集

第4年次 平成26年3月

宮城県仙台第三高等学校

SSH活動記録集 巻頭言 H26. 3

宮城県仙台第三高等学校校長 氏家 仁

平成22年4月、SSH事業の指定を受けてから4年目、平成24年4月、コアSSH事業の指定を受けてから2年目を過ぎようとしている。生徒昇降口に入るとSSH指定校の指定書や学会、研究会、発表会、コンクール等の成果とも言うべき表彰状や楯、ポスターや最新の情報が展示されている。生徒、教員は朝な夕なその前を通り刺激を受ける。来校者、保護者、地域住民、小学生や中学生、学校関係者も同様に、本校のSSH事業の様子を見る。教育活動の入り口である。本校は昭和38年創立51年目、昭和43年理数科設置から45年目の学校であり、昨年50周年を祝ったところである。理数教育の最先端を進み、現在に至ったことに感謝申し上げる次第である。

4年目を経て、今年度を振り返ると、中間評価でいただいた課題に果敢に挑んだ結果、課題研究や高校生が参加できる各種発表会なかでも学会での高校生の発表では、昨年度には見られないほどの入賞者を出すことができたり、英語での論文作成や、プレゼンテーションができるようになってきたことは、一步も二歩も前進したものと自己評価している。小学生や中学生に対しての実験講座、「みやぎサイエンスフェスタ」では、理科のおもしろさ科学のすばらしさ、数学の大切さを始め、人文、社会科学分野も含む、総合科学の視野を広げるお手伝いがあった。大学院生とのやりとり、研究機関や企業との出会いは高校生にとって大きな刺激になった。台湾師範大学附属高級中学との交流やWPIでの海外からの研究者との交流も、広い世界への挑戦の意欲をかき立ててくれた。

いよいよ、来年度は、最終のまとめの年度である。来年度の活動が充実したものとなり、一層のレベルアップを図るためには、今年度のSSH事業、コアSSH事業の振り返りを行い、その成果や課題の上に充実した活動にしなければならない。生徒の活動が花開くことを大いに期待するものである。

本活動記録集は今年度を実施したSSH課題研究の研究成果の報告に加え、自然科学部の日頃の活動内容、筑波研修報告、白神山地研修報告、活動記録写真が盛り込まれている。一年間のSSH事業への御助言、御支援、御協力に感謝申し上げますとともに、御高覧いただき、来年度に向けての更なる御指導・御指摘を賜りますようお願いするものである。

平成25年3月

目次

巻頭言

SSH課題研究

数学領域

ヒルベルト空間における線形作用素論入門	1
フェルマーの最終定理をひも解いてみよう	6
クラインの壺と次元空間	10

物理領域

イオンクラフトの推進力向上	14
より良い乗り心地を求めて	18
伝説の第三次の虹を見よう	22
放射線測定及び放射線量マップを用いた線量の可視化	26

化学領域

ポリフェノールの働き	30
金属イオン検出紙の作製	35
錆を防ぐには<酸化と腐食と防錆と>	39
高度に発達した酸化発色は錬金術と見分けがつかない	43
大堤沼の堆積物による水質汚濁の考察	47

生物領域

ベンハムのコマから見る錯視の個人差	51
沼干しが及ぼす環境への影響	55
宮城県内で採集したミカヅキモの単離と分類	60

地学領域

SEMによる緑青の結晶観察	64
---------------	----

情報領域

カオス現象のコンピューターシミュレーション	68
触媒反応のシミュレーション	72

SSH 特別課題研究

宮城県内で採集したミカズキモの単離と分類	76
----------------------	----

部活動

自然科学部化学班

様々な飲み物を用いた過冷却実験	89
観察に適した触媒反応の探求	90

自然科学部生物班

オオマリコケムシの解剖と構成細胞種の観察	91
ニシン目三種の消化管比較	95
赤インゲン豆レクチンのマウス赤血球凝集能に影響を与える外的要因	99
納豆菌ファージ ϕ Nit1 の宿主および納豆菌に感染する バクテリオファージの探索	103

SSH 諸行事の記録

中国研修（中国科学技術イノベーションコンテスト CASTIC ポスター）	107
台湾研修生徒感想	108
わくわくサイエンス（台湾研修ポスター発表）	125
つくば研修	127
白神フィールドワーク	132

SSH 課題研究

ヒルベルト空間における線形作用素論入門

森谷拓冬 蜂谷優人 高村晃大 大沼美里 藤田真帆

宮城県仙台三高等学校

Hilbert 空間とは、完備な内積空間または、内積が定義されている複素 Banach 空間である。Hilbert 空間は数学においてだけでなく、物理学などの分野に応用される。しかし、その定義は高校数学で理解できない。その定義を理解するために研究を開始した。その過程で、距離の概念、連続とは何か、空間とは何かということなどについてその定義や意味を考え、Hilbert 空間の意味することを研究した。

はじめに

研究のテーマを決めるにあたって、Hilbert 空間を知った。しかし、定義を自分の持つ知識では理解することができなかった。これを理解したいと思った。そして、この空間の意味することを知りたいと思い、研究を始めた。また、空間とは何をもって空間と定義しているのかなど、普段使っている概念についてその定義と、意味していることを理解することも目的に研究した。

Hilbert 空間は完備性という概念を用いて定義される。完備性を述べるには距離の概念、収束の概念を必要とするから、それらについて述べる。そして、まだ研究途中であるので、Banach 空間まで述べる。

1. 距離とは何か？

一般に「距離」とは、もの同士の離れ具合を表している。ここでは以下のように定義される値を点 x , y の距離とする。

定義 集合 X の任意の 2 つの要素 x, y に対して、次の 3 つの条件を満たすような実数値関数 $d(x, y)$ を x と y の間の距離または距離関数という。

$$D1 \quad d(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$$

$$D2 \quad d(x, y) = d(y, x)$$

$$D3 \quad d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$$

D1 は二点が同じ点のときその距離は0であることを表し、逆も成り立つということを表す。D2 は、 x と y の順番を入れ替えてもその距離は変わらないということである。D3 は三角形の一辺の距離は、他の二辺の距離の和より小さいということを表している。

以上を満たす関数を距離関数という。距離により点同士の離れ具合がわかるようになった。また、空でない集合 X の上に距離関数を定義したものを距離空間という。

・距離空間の例

ユークリッド空間

実数平面 R^2 において2点間 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ の距離を、三平方の定理を用いて、

$$d_2(x, y) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

と定義する。このとき、 R^2 は2次元ユークリッド空間という。

n 次元ユークリッド空間 R^n で点 $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ と $y=(y_1, y_2, \dots, y_n)$ の距離 $d_2(x, y)$ は

$$d_2(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$$

と、定義される。

2. 極限

定義（点列の収束） X を距離空間とし、 $\{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots\}$ を X の点列とする。このとき X のある点 x が存在して、次の条件を満たすとき、 $\{x_n\}$ は x に収束するという。

任意の正の数 ε が与えられたとき、 ε に対して正の整数 N が存在して、 $N < n$ のとき $d(x_n, x) < \varepsilon$ が成り立つ。

このとき、 $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$ と表し、 x を点列 $\{x_n\}$ の極限という。

これは n を限りなく大きくしたとき x_n と x の距離は限りなく小さくなることを示している。すなわち、番号 n が大きくなると x_n は次第にある数に近づくということである。

3. 完備性

定義 (Cauchy 列) X を距離空間とし、 $\{x_n\}$ を X の点列とする. 正の数 ε に対して正の整数 n_0 が存在して、 $m, n \geq n_0$ のとき、 $d(x_m, x_n) \leq \varepsilon$ が成り立つとき、 $\{x_n\}$ は Cauchy 列であるという.

$\{x_n\}$ が Cauchy 列であるということは、 $\{x_n\}$ の点同士の距離が番号 n が進むにつれ 0 に近づいていくことを表している. つまり、点と点の間隔が狭くなっていくということである.

定義 (完備性) 距離空間 X において、どんな Cauchy 列 $\{x_n\}$ も収束して、その収束先 x が X の要素であるとき、 X は完備であるという.

Cauchy 列が収束しない例

全体集合を有理数全体 \mathbb{R} とする

数列 $\{a_n\} = \{1, 1.4, 1.41, 1.414, 1.4142, \dots\}$ とすると、 a_n は $\sqrt{2}$ に限りなく近づくが、この集合に $\sqrt{2}$ は含まれないので、 a_n は収束しない.

完備性によって、極限を考えることができる. 完備性により Cauchy 列、つまり先詰まりの数列が必ず極限値を持つことがわかる. これにより、ある値に限りなく近づけるという操作を行えるので、完備性をもつ空間において微分積分などを定義できる.

4. ベクトル

ベクトル空間

定義 (線形空間) 空でない集合 X が、つぎの条件 (1) ~ (8) を満たすとき、 X を線形空間またはベクトル空間という.

$$(1) \quad x + y = y + x$$

$$(2) \quad (x + y) + z = x + (y + z)$$

(3) 任意の要素 x に対し $x + 0 = x$ となる要素 0 がある

(4) 任意の要素 x に対し $x + (-x) = 0$

任意の数 α および X の任意の要素 x に対しスカラー倍 αx が定義され、それが X の1つの要素と定められていて、次の(5)(6)をみたす。

(5) $\alpha(\beta x) = (\alpha\beta)x$

(6) $1 \cdot x = x$

和とスカラー倍は、次の関係を満たす。

(7) $(\alpha + \beta)x = \alpha x + \beta x$

(8) $\alpha(x + y) = \alpha x + \alpha y$

5. ノルム

定義 X を線形空間とする。 X の任意の要素 x に対して、つぎの条件を満たすような実数 $\|x\|$ があるとき、 $\|x\|$ を x のノルムという。

(N1) $\|x\| \geq 0$; また $\|x\| = 0 \Leftrightarrow x = 0$

(N2) $\|\alpha x\| = |\alpha| \|x\|$

(N3) $\|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$

ノルムはベクトルの絶対値を一般化したもの。ある線形空間 X に、ノルム $\|x\|$ を考えたものを線形ノルム空間(ノルム空間)という。

6. Banach 空間

定義

完備な線形ノルム空間(ノルム空間)を Banach 空間という。

距離空間 X において、どんな Cauchy 列も X のある要素に収束するもの考えた、線形ノルム空間(ノルム空間)のこと。

7. まとめ

距離の定義には満たすべき3条件があり、距離の概念によりある集合の要素の間の離れ具合を数値としてあらわせるようになる。そして、距離は点が限りなくある点に近づくという概念、つまり極限を考えることができる。そして、完備性は点のある値に限りなく近づけるという操作をする微分積分などを定義できることを示している。

参考文献

集合・位相空間要論 青木利夫・高橋渉

フェルマーの最終定理をひも解いてみよう

斎藤達也 金子友紀 大友和理 曾根春香

宮城県仙台第三高等学校

$x^n + y^n = z^n (n \geq 3)$ を満たす自然数 (x, y, z) は存在しない。これがフェルマーの最終定理だ。この定理は一見簡単だが、証明されるまでにとっても長い年月がかかった。私たちはこの定理の証明を理解するために、証明に使われた楕円曲線について研究を行った。楕円曲線は因数分解の形と判別式で2つの種類に分けられることが分かった。また、これらは加群構造を持っていることも分かった。

はじめに

フェルマーの最終定理は、 $n = 2$ のときは三平方の定理と同じ式になり、これを満たす自然数 (x, y, z) の組は無限に存在することが分かっている。しかし、 $n=3$ になると、自然数 (x, y, z) は存在しないのだ。

1. フェルマーの最終定理について

フェルマーの最終定理とは、『 n を正の整数とし、 $n \geq 3$ の時に $x^n + y^n = z^n$ を満たす0ではない正の整数の組 (x, y, z) は存在しない』という定理だ。この定理は、ピエール・ド・フェルマーが発見した。多くの数学者がこの定理の証明に挑戦したが、約360年間証明することが出来なかった。

2. フェルマーの最終定理、証明の歴史

この定理は1640年以来、世界中の多くの数学者が証明に取り組んだ。はじめはこの定理を $n=3, 4$ など特定の数値を順に証明していた。だがこの証明方法で全ての場合を証明するのは限界を感じ、そこで n は自然数という点に着目、数学的帰納法を用いて証明しようとした。 n が偶数の場合は簡単に証明できるので、 n が奇数、そのうちの素数の場合が問題である。しかしこれも場合分けが多く、この方法での証明も断念した。

$x^n + y^n = z^n$ の形のまま証明することに困難を感じた時に、この式は $y^2 = x^3 + ax + b$ という式

に変形し、格子点問題から、有理数解を求める問題へ発想が転換された。この式の3次曲線の中には、楕円曲線と呼ばれるものがある。そして楕円曲線を用いて背理法という考えを使ったのである。以下の①～⑤が背理法での証明だ。

- ① $s^n + t^n = u^n$ を満たす自然数 s, t, u が存在すると仮定する
- ② この自然数解からできる楕円曲線は、モジュラーでない楕円曲線である
- ③ 谷山・志村予想が正しいなら、モジュラーでない楕円曲線は存在しない
- ④ 谷山・志村予想が正しいと証明される。よって②と③の矛盾が導かれる
- ⑤ ①～④より、仮定が誤っている。つまり定理は自然数解を持たない

今回、私たちは楕円曲線およびモジュラーについて研究した。

3. 楕円曲線について

私たちはまず、 $y^2 = x^3 + ax^2 + bx + c$ という式を使って、グラフを作成した。私たちはフリーソフト「function view」というソフトを用いて、グラフの形を調べた。

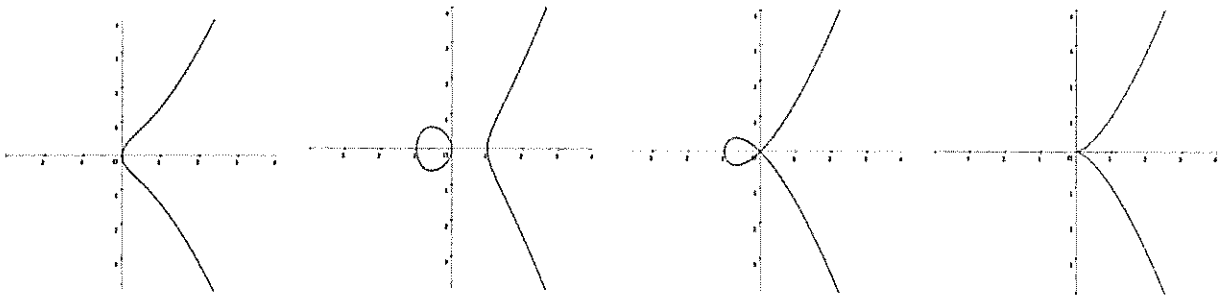


図1: $y^2 = x(x^2 + 1)$ 図2: $y^2 = x(x+1)(x-1)$ 図3: $y^2 = x^2(x+1)$ 図4: $y^2 = x^3$

私たちは図1～4のような形の違いは、式を因数分解したときに、次のような因数のかたちによって決まることが分かった。

$$\begin{aligned} \text{I} \quad & y^2 = (x - \alpha)(x^2 + px + q) \\ \text{II} \quad & y^2 = (x - \alpha)(x - \beta)(x - \gamma) \\ \text{III} \quad & y^2 = (x - \alpha)^2(x - \beta) \\ \text{IV} \quad & y^2 = (x - \alpha)^3 \end{aligned}$$

I～IVはグラフにすると、図1～4それぞれに対応した形を持つ。ここで $ay^2 + by = cx^3 + dx^2 + ex + f$ の式は有利変換を用いれば、 $y^2 = x^3 + ax + b$ の形に変換ができる。その変換方法は問題ではないので、ここでは割愛する。

ここでⅢとⅣはそれぞれ結節点，尖点と呼ばれる特異点を持っている．よって楕円曲線とは言うことが出来ないのだ．楕円曲線は $y^2 = x^3 + ax + b$ の式で表され，かつ特異点を持たない曲線と言うことが出来る．

4. モジュラーの加群構造について

図5は，モジュラーの加群構造を説明している図だ．

楕円曲線 E 上に点 O, P, Q をとって， O を固定する．

E と交わる点を $P * Q$ とし，直線 $O(P * Q)$ と E が交わる

点を $P + Q$ と定義する． $P = Q$ の時は，点 P で接線を考え

る．この接線と E との交点を $P * P$ とし，直線 $O(P * P)$ と

E が交わる点を $2P$ とすると，以下のことが成り立つ．

ただし，④においては， $P * (O * O)$ を $-P$ と定義してい

る．

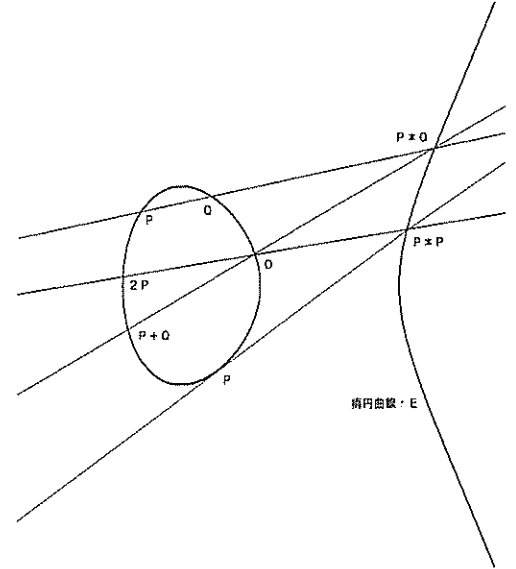


図5：楕円曲線の加群構造

- ① $P + O = P$ ② $(P + Q) + R = P + (Q + R)$ ③ $P + Q = Q + P$ ④ $P + (-P) = O$

モジュラーとは，この①～④の性質を持つものである．そして楕円曲線は図形でありながら，この①～④を満たす不思議な構造を持つ，非常に面白い曲線であるのだ．

5. フライ楕円曲線

ゲルハルト・フライの方法で，フェルマーの最終定理の式を楕円曲線の式に変形してみる．

フェルマーの最終定理に少なくとも一つの解があると仮定し，それらを s, t, u とすると，

$$s^n + t^n = u^n$$

これは $y^2 = x(x + s^n)(x - t^n)$ という楕円曲線に変形できる．

x は n 乗根の解なので， $x = p^{2n}$ ($s^n p^n = S^n, t^n p^n = T^n$) とする．右辺を展開し，整理すると

$$y^2 = x(x + s^n)(x - t^n) = x^3 + (S^n - T^n)p^n x - S^n T^n$$

楕円曲線は $y^2 = x^3 + ax + b$ の形なので， $a = (S^n - T^n)p^n$ ， $b = -S^n T^n$ とすると，変形した式

が、楕円曲線になっていることがわかる。なお、 $y^2 = x(x + s^n)(x - t^n)$ は一般的にフライの楕円曲線と呼ばれている。

6. 楕円曲線と判別式

ここでも先ほど同様、解があると仮定し、 $s^n + t^n = u^n$ とする。 $(s > 0, t > 0, u > 0)$

これを表す楕円曲線 $y^2 = x(x + s^n)(x - t^n)$ の左辺を0とした3次方程式の判別式は、3次方程式の解をそれぞれ α, β, γ とし、判別式をDとおくと、 $D = \{(\alpha - \beta)(\beta - \gamma)(\gamma - \alpha)\}^2$ で表せる。

$y^2 = x(x + s^n)(x - t^n)$ の解は $y^2 = 0$ のとき、 $x = 0, -s^n, t^n$ となる。ここで②の判別式をDとする。

$$\begin{aligned} D &= \{(0 - s^n) * (-s^n - t^n) * (t^n - 0)\}^2 \\ &= \{s^n * (s^n + t^n) * t^n\}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s^n + t^n = u^n \text{を代入して} &= (s^n * t^n * u^n)^2 \\ &= (stu)^{2n} \end{aligned}$$

$s^n + t^n = u^n$ を代入しているため、この判別式はフェルマーの最終定理が成立していなければ、この判別式は自然数にはならない。3次方程式は、 $D < 0$ のとき、虚数解を持つ。 $D = 0$ のとき、重解を持つ。 $D > 0$ のとき、異なる3つの実数解を持つ。重解をもつ3次曲線は、特異点を持つので、図1～4とその対応した式、そして判別式で考えると、楕円曲線と呼べる式の条件は $D \neq 0$ の時である。

7. 今後の課題

谷山・志村予想を理解するには、群論、式の素因数分解など高校生では、まだまだ理解できない高いハードルがあることが分かった。将来的に、上級学校で学習するチャンスがあれば、調べてみたい。

8. 参考文献

足立 恒雄 フェルマーの大定理が解けた！ 講談社 1995年

クラインの壺と次元空間

大泉洸太 黒田道生 林信俊 平井太智 加賀谷光祐
仙台第三高等学校

初めに

クラインの壺とはドイツの数学者フェリックス・クリスティアン・クラインにより発見された物体であり、形状に境界がなく、表裏の区別をもたない平面を持つ。これは、ユークリッド空間にはめ込むには四次元が必要であり、強引に三次元に射影してはめ込んでしまうと自己交差する曲面となってしまう。私たちは資料に基づき次元の性質を自分たちで考察・推論し、次元の定義をしたうえで四次元空間に仮想物体をつくった。そして、三次元物体が二次元で存在するうえでの不具合と四次元物体が三次元で存在するうえでの不具合を比較してクラインの壺が四次元空間で存在することを概念的にわかるように証明した。

クラインの壺の構成

クラインの壺とはトポロジーの考えに基づく空間における、貼り合わせ問題の一つである。貼り合わせ問題の例を挙げてみる。

トーラスというものだが簡単に言ってしまうとドーナツ型のことである。まず方形の辺に矢印を入れて向きを決める。トーラスの場合は対辺同士が同じ向きになるように二組を異なった色で塗す。片方の組を貼り合せると円筒ができる、それを曲げてもう一方の矢印の組を貼り合せる。これがトーラスである（図1）。

同じようにクラインの壺を貼り合わせ問題（図2）で作ってみる。

方形に矢印を描き込み色も同様に塗り分けるのは同様だが今回は片方の組を逆向きにもう一方を同じ向きに塗す。円筒を作り、折り曲げてもう一方を貼り合せればいいのだがここでもうしても交差させなくてはならない。

実際に私たちが見ることができるこのクラインの壺は三次元に映し出された四次元からの射影図である。上記したように三次元では存在させることができず無理にはめ込むと自己交差してしまう。しかし四次元だと交差しないということに興味を持ち、この研究を始めた。

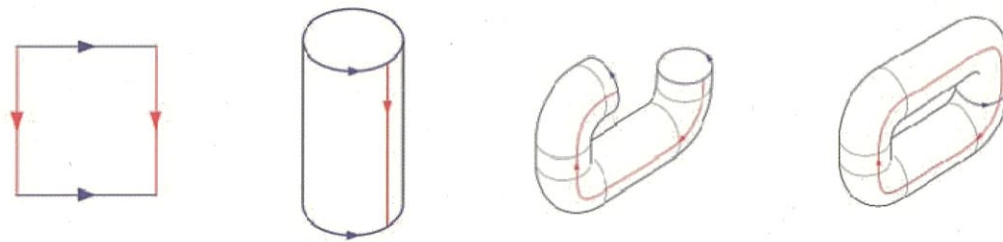


図1 トーラスの貼り合せ問題

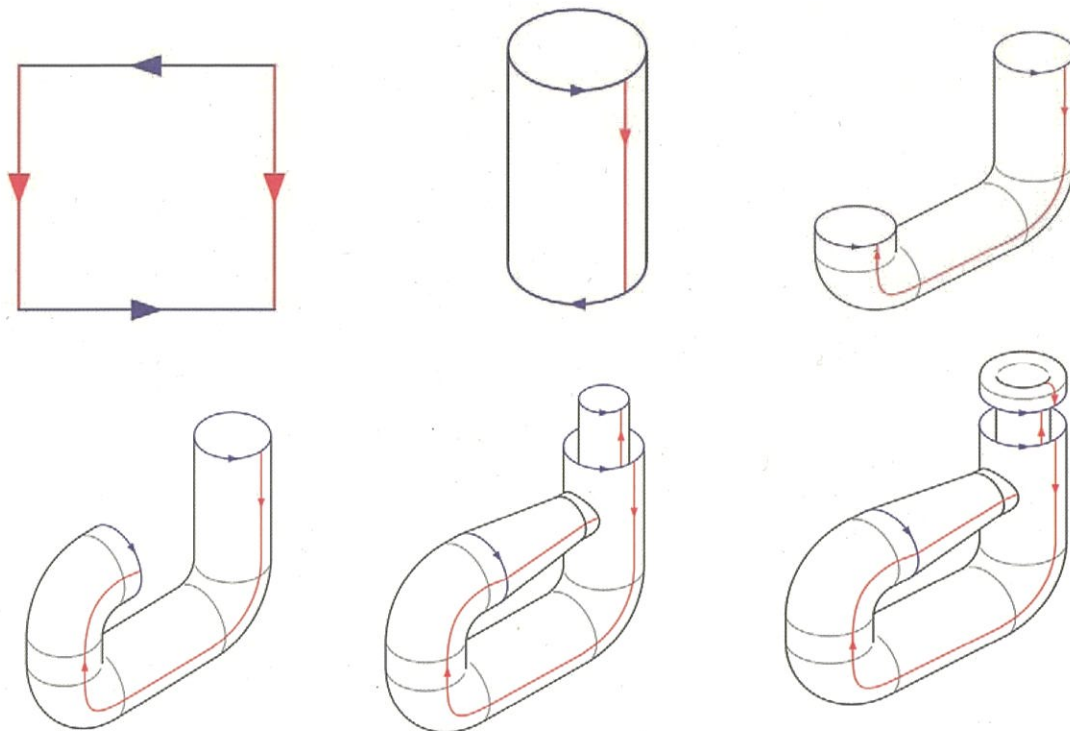


図2 クラインの壺 貼り合わせ問題

方法

クラインの壺は四次元物体であるため四次元空間、比較するための対象の考察のためそれ以下の三、二、一、零次元空間を利用。

まず、次元はその世界で広がることのできる方向の個数ととらえることができる。零次元は広がっておらず、一次元は一方向、二次元は二方向、三次元は三方向、四次元は四方向に広がっている。その中に存在する物体はその各方向へ伸びている。まず三次元でどういう風に広がりを見せているか観察するため各軸に平行な辺をもつ直方体を題材として使った。同様に作成すると二次元では方形、一次元では直線、零次元では点が存在する。これらを比較すると点の平行移動した軌跡が線、線の平行移動したものが方形、方形を平面移動したものが立

方体だと考えることができる。この法則に従い、四次元の仮想物体を作るために四つ目の軸を決め、立方体を平行移動させたところ、以下の図形を作ることができた。

平面に作成した疑似三次元物体が起こす二次元での不具合と、構成上三次元で作ることができる疑似四次元物体が三次元で起こす不具合を照らし合わせて四次元空間でどのように見えているのか考察する。

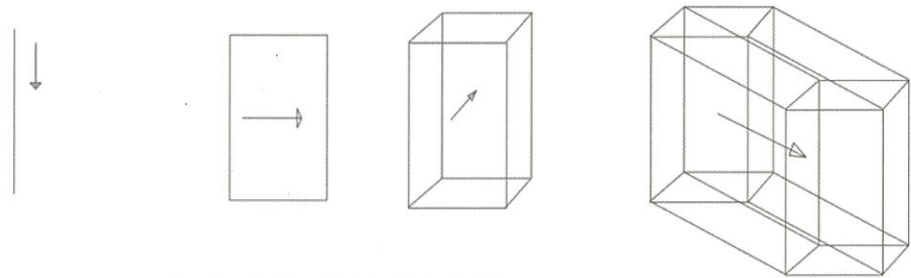


図3 各次元における物体

クラインの壺とメビウスの輪

クラインの壺とメビウスの輪はどちらも次元を捻じ曲げてつくったものである。

下の図4のように一つのクラインの壺を真っ二つに切ると二つのメビウスの輪ができる。

このことから性質や構造的にも密接な関わりあるといえる。

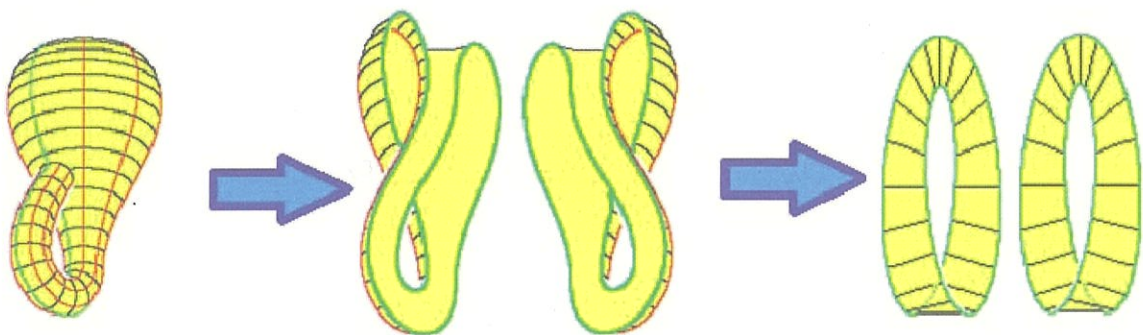


図4 クラインの壺とメビウスの輪

考察

図を見てもらうと分かるように実際の直方体では交差していない部分が二次元に描くと交差してしまう部分が出てくる。“捻じれの位置”といわれる配置だ。(図5)これが次元を落

とすことで出てくる不具合である。これは次元を上げることで交差することはなくなる。先ほど作った四次元物体を見てみると似たような部分がみられる。図6の右は四次元物体の一部を抽出したものである。

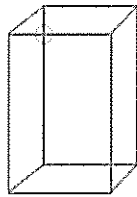


図5 捻じれの位置

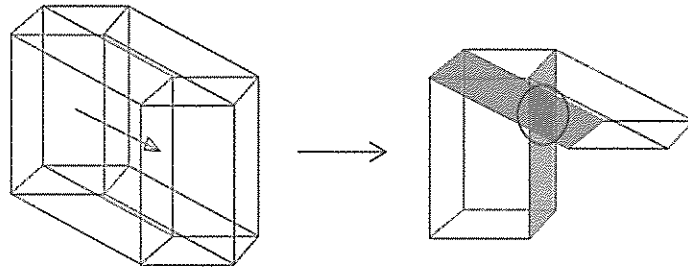


図6 交差している平面

これは二次元に描いてあるものだが三次元でどういう風な形をしているか想像できるだろうか。一部の平面が交差している。直方体の考察と似たような不具合である。先の物体は次元を上げると直線が“捻じれの位置”にあることになるため交差することがなくなった。このことから、この交差している平面も四次元では各平面は“捻じれの位置”にあることもできるようになる、つまり交差しないこともありうるのである。同様に交差しているクラインの壺は四次元に次元を上げれば交差することなく存在することができるだろう。

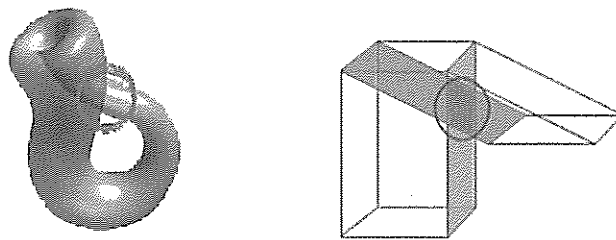


図7 クラインの壺と四次仮想物体の比較

まとめ

今回の研究でクラインの壺が三次元上に存在できずに四次元上になら存在できることがわかった。

今後はさらにクラインの壺の体積やメビウスの輪との関係について研究していきたい。

参考文献

次元とは何かー「0次元の世界から」から「高次元宇宙」まで (ニュートンムック Newton 別冊サイエンステキストシリーズ)

イオンクラフトの推進力向上

阿部純平 三浦駿 池田瞬 佐藤奨 杉村翔 綱木凌 中嶋亮介 保原玄輝

宮城県仙台三高等学校

小惑星探査機はやぶさに搭載された新しい推進エンジンであるイオンエンジンと似たような原理で浮上するイオンクラフトに興味を持ち、その浮上原理と最も効率の良い条件について研究した。実験に用いた材料はバルサ材、アルミニウム箔、銅線、高電圧装置、絶縁フィルム、アルミ箔テープ、風除け用段ボール、電子天秤である。実験は機体が浮上している際に、煙を用いて空気の流れを測定、銅線とアルミニウム箔の距離を変える実験、アルミニウム箔の縦幅を変える実験を行った。その結果、浮上にはイオン化した空気が+極、-極に引き寄せられる力と反発する力が関わっていることがわかった。縦幅を変える実験ではアルミ箔の幅を大きくすると、推進力が増える傾向が見られた。また、実験に用いた規格では、導体間の距離が65.0mmのとき最も浮力が高くなった。この結果より、規格ごとに最適な条件が存在するのではと考察した。

序論

イオンクラフトは、一般にイオン風説という原理で浮上するといわれている。非対称の導体に高電圧をかけたとき一方の導体にコロナ放電が起こる。コロナ放電とは、電極間にかかる電位差によって、間に存在する気体から電子が放出され、電流が流れる現象である。このコロナ放電によって周囲の空気がイオン化されプラズマになり、高電圧がかかることでイオン化した空気が押し出される。上が銅線、下がアルミ箔の場合、銅線付近で発生した陽イオンは銅線に流れるプラスの高電圧と反発し、さらに陽イオンがアルミ箔をひきつけリフターを上へあげる。また、陽イオンが下方へ動くと空気分子にぶつかり、陽イオンが空気分子に下向きの運動を与える。この全てが浮力となる。また、イオンクラフトの推進力（上向きの力）はイオンの下向きの運動の全てと等しくなる。これは運動量保存の法則で説明できる。浮上原理が諸説ある中で最も有力であるためこれを採用した。過去の研究ではイオン風が発生するのに必要な空気がない真空中では、イオンクラフトは浮上しないことが分かっている。⁽¹⁾

(1) (Blaze Labs Research Pages ・ Lifters in vacuum & why they DO NOT work)

材料

実験に用いた材料は、バルサ材（厚さ 2.00mm）、アルミニウム箔、銅線（直径 0.350mm）、絶縁フィルム、アルミ箔テープ（50.0mm）、風除け用ダンボール、電子天秤、高電圧装置である。

研究方法

実験 1 煙による気体の流れの確認

図 1 のように、風除けのための段ボールの囲いの中に、電子天秤を置き、その上に木製のスタンドに銅線側が下、アルミ箔側が上になるように付けたものを置いた。この機体の銅線に正電極、アルミ箔に負電極をつなげ、27.0kV の電圧をかけた。その後、機体が浮上している際に煙を機体に向け発射し、空気の流れを見た。

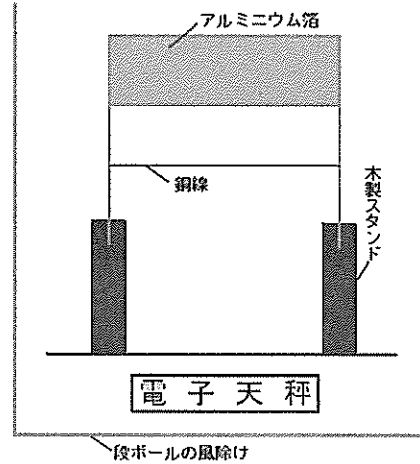


図 1 実験時の機体の設置

実験 2 アルミ箔と銅線間の距離における推進力

実験 1 と同様に機体を設置し、アルミ箔と銅線間の距離を、45.0mm, 50.0mm, 55.0mm, 60.0mm, 65.0mm, 70.0mm の 6 区分で 27.0kV の電圧をかけた。それぞれの区分で電子天秤の値を測定ごとに 0g に設定した上で、安定した状態にするために電圧を 2 分間かけた直後の電子天秤の値を測定した。この値を [kg] に変換し、それぞれの値に重力加速度 (9.81m/s^2) をかけたものを推進力 [N] とした。

実験 3 アルミ箔の幅と銅線間の距離における推進力

実験 1 と同様に機体を設置し、アルミ箔と銅線間の距離を 60.0mm に固定し、アルミ箔の幅を 30.0mm, 40.0mm, 50.0mm, 60.0mm, 70.0mm と変化させて 27.0kV の電圧をかけた。それ以外は実験 2 と同様に行った。

結果と考察

実験 1

機体に向け発射した白煙は、楕円を描くように銅線側からアルミ箔側への移動が確認できたことからイオン風説によって浮上していることが確認できた。

実験 2

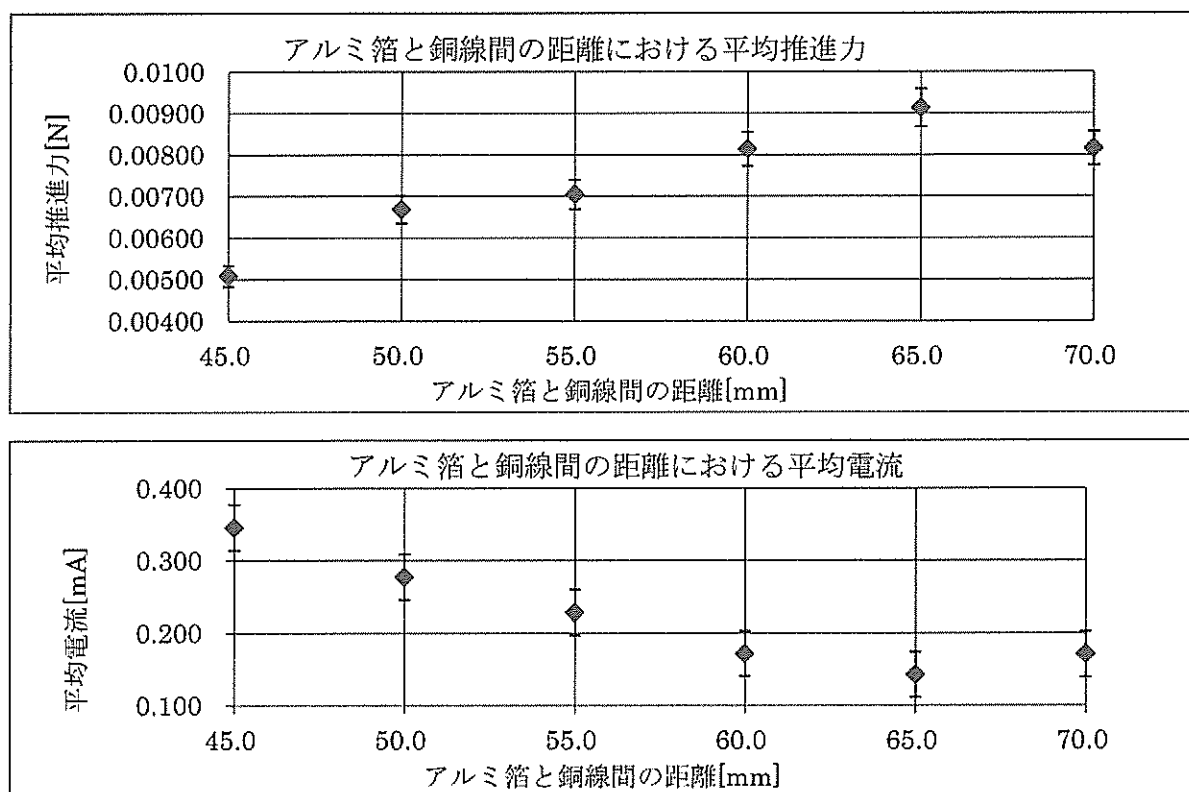


図 2 実験 2 における電流と推進力の値

アルミ箔と銅線間の距離が 65.0mm のときに平均推進力が最大となり平均電流が最小となった。

このことから、この 1 ユニットでは 65.0mm のとき最も効率が良いと考えられる。また、この実験から規格ごとに最適な条件があると言え、その規格の縦横の比率などを今後調べていけば、さらに効率の良い機体を作成することができるのではないかと考えた。

実験 3

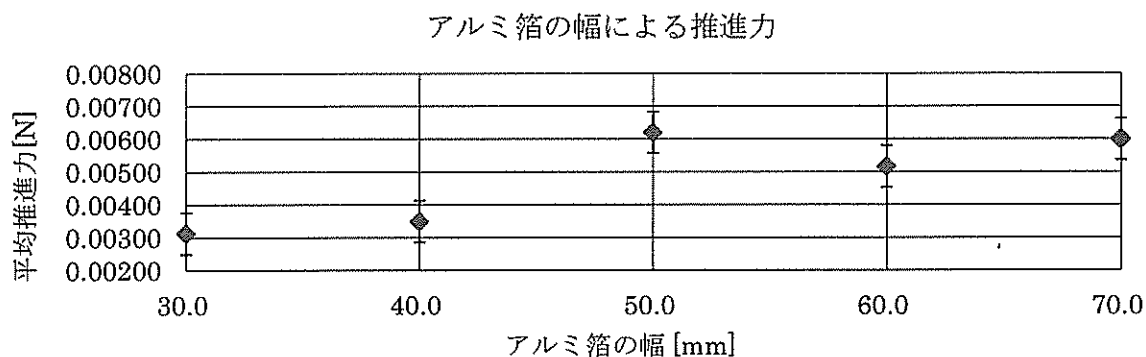


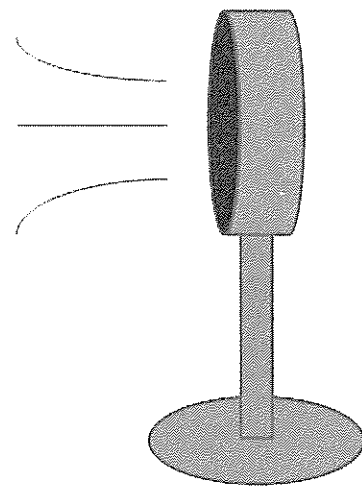
図 3 実験 3 におけるアルミ箔の幅による機体の推進力

図からアルミ箔の幅を大きくすると、推進力が増加する傾向がみられた。ここでのばらつきが大きい原因として、実験開始前に銅線を磨くのが甘かったと考えられる。よって、アルミニウム箔の幅の範囲を広げ確実に銅線を磨き上げた上で追加実験を行うことが必要である。

課題と展望

今後は実験を通じて、機体ごとの最適な規格そしてその縦横の比率を求める。また実験3におけるデータをさらに取り、推進力の推移を測定し考察したい。そして最終的な課題としてユニットを組み合わせて三角形、四角形、五角形、六角形、円などと形状を変化させ最も効率の良い機体を発見したい。

また、イオンクラフトの応用例として、高電圧をかけた際の空気の流れと電氣的な方法で空気中の微細な塵を集めることができる性質を利用した図4のような、空気清浄機能付きの扇風機などを我々は考案した。



参考文献

・「はやぶさ」のイオンエンジン ～先端分野での利用

http://pub.nikkan.co.jp/uploads/book/pdf_file4d37cfc441c24.pdf 図4 空気清浄機能付きの扇風機

・未知エネルギー研究所「リフター」

<http://www.ando.jp/free1997/lifter> (accessed 2014/1/09)

・TTL

<http://rogiken.org/ttl/indexj.html> (accessed 2014/1/09)

・埼玉県立立川越高等学校 物理部

<http://www.geocities.jp/kawakoubutsuribuu> (accessed 2014/1/09)

・早稲田大学本庄高等学院 スーパーサイエンスクラブ

<http://www.waseda.jp/honjo/honjo/ssh/3gou.pdf> (accessed 2014/1/09)

・SI 単位変換表

http://www.showa-sokki.co.jp/Technical_Note/Si_unit_convert.html (accessed 2014/1/09)

～より良い乗り心地を求めて～

物理班 2122新妻 武・2211菊地 樹・2224二本柳 和希

宮城県仙台三高等学校

鉄道車輛の安定走行に欠かせないのが鉄道台車であり、その台車にはさまざまな種類が存在する。今日の使用されている鉄道台車の振動吸収方法には、板バネ、コイルばね、積層ゴムばね、空気バネなどがあげられる。そこで我々はそれに代わる新たな振動吸収法を創造しようと考えた。乗り心地の向上を確認するには従来の台車の振動と新たな台車の振動の比較をする必要がある。まず我々は実験用台車(1/24 スケール)を用いて振動の計測を行った。それらの振動を条件別(コイルバネ/空気バネ/磁石バネ)で比較し、振動の特徴・乗り心地の優劣を比較した。※今回の実験ではレールに対する左右方向の振動の計測が技術的に困難であるため、今回は「上下振動の低減」に絞って研究を行った。

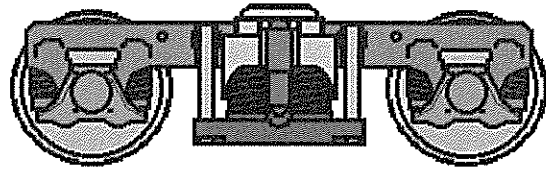
はじめに

鉄道台車の振動に関係する部品は大きく分けると、車輪、軸受、軸ばね(一次バネ)、台枠、枕梁、枕ばね(二次バネ)に大別される。今回我々が研究するのは今あげた軸ばね、枕ばねの中でも二次バネのほうである。まず、それらのばねについての説明を行う。ほとんどの鉄道台車は車輪を支える車軸と車軸を支える台枠の間に一つ目のばねである軸ばね(一次バネ)、その台枠と枕梁(台枠の横梁)の間もしくは、車体と枕梁の間に二つ目のばね枕ばね(二次バネ)を設置する。軸ばねと枕ばねでは吸収する振動が異なり、軸ばねでは比較的振幅の大きな振動を吸収し、枕ばねに振幅の小さな振動(ビビリ振動)の吸収を任せるといふ振動吸収の分担が行われる。今回我々が研究する枕ばねには用途に応じ様々な振動吸収方法が用いられる。現在では空気バネを枕ばねに用いるのが主流となっているが、そのほかにも、防振ゴム、コイルバネ、などが用いられるものもある。そこでその枕ばねの振動特性を調べることにした。

材料と方法

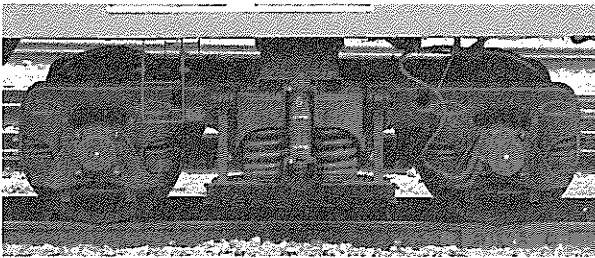
今回は枕ばねの振動特性を調べるため、実際に使用されている台車の中で、枕ばねがコイルばね/空気ばね/新規ばねと、交換可能である国鉄DT-21形と呼ばれる台車を基に、実験用の台車(図1)を1/24スケールで作成した。概要・使用材料は右図の通りである。

【実験用DT-21形台車の概要】

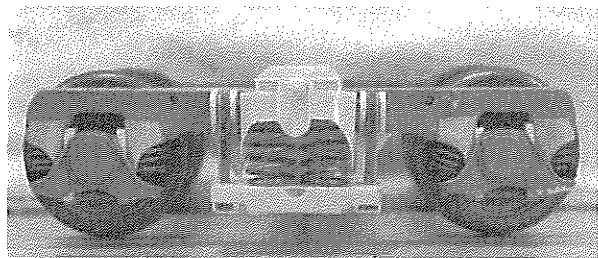


- 側受(プラスチック)
- 上揺れ枕(プラスチック)
- 制震ダンパー(金属/油)
- 枕ばね(コイルばね/空気ばね/磁石)
- 下揺れ枕(プラスチック)
- 釣りリンク(プラスチック)
- 台枠(木/紙)
- 軸ばね(コイルばね)
- 防振ゴム(ゴム)
- 軸箱(紙/ベアリング)
- 車輪(金属)

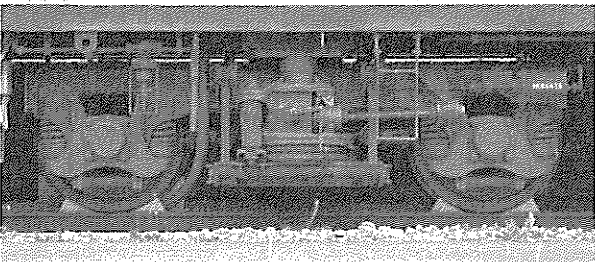
以下に、実物・実験用台車の写真を示す。



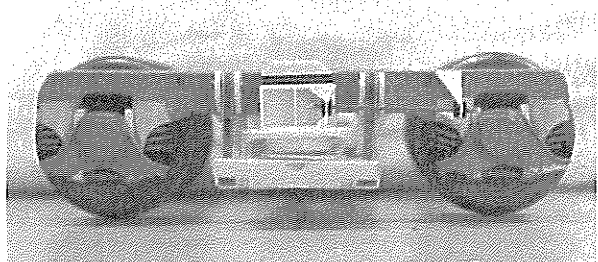
DT21(コイルばね)



DT21(実験用・コイルばね)



DT21(空気ばね)

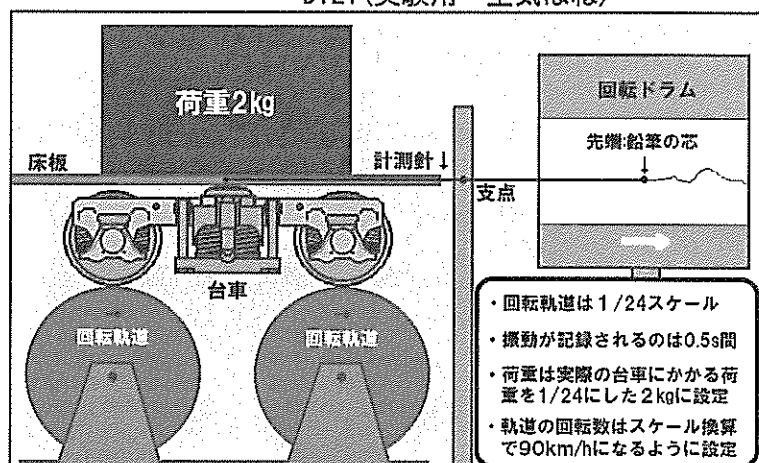


DT21(実験用・空気ばね)

実験方法

枕ばねに与えたばねの条件

- i).コイルばね
- ii).空気ばね空気抜き
- iii).空気ばね空気入
- iv).磁石ばね



※この実験は実験用台車の枕ばねのみを交換し、その他台車の条件は一切変えずに行った。

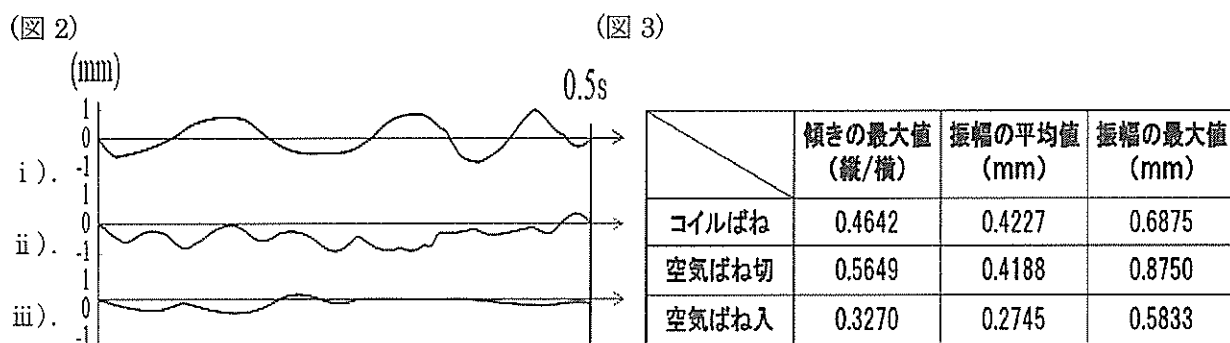
※計測針の支点間の距離は1:10としたため、振動は10倍に強調されて記録される。

実験結果

上に示した方法で計測を行った結果、以下のような実験結果が得られた。

グラフは上から i). コイルばね、ii). 空気ばね空気抜き、iii). 空気ばね空気入の順である。

※平均値のグラフを表すことができないため、数値(図 3)に最も近いグラフ(図 2)を抜粋した。



※傾きは振動の急激さを表す。

以上の結果より、コイルばねは振動の急激さは抑えるが、上下動が大きく、枕ばねが機能しない場合は振動の急激さ・振幅ともに大きく、空気ばねが機能する場合は振動そのものが減衰されていた。

考察

i). コイルばね

- ・グラフ・数値共に一定の性能を発揮
- ・固い振動から柔らかな振動になるも、振幅が増加
- ・吸収した振動をばねが跳ね返したことが影響？

ii). 空気ばね空気抜

- ・振幅は小さいが、激しい振動（ビビリ振動）が発生
- ・振動の頻度も非常に大きい
- 軸ばね（1次ばね）のみでは振動の吸収ができない

iii). 空気ばね空気入

- ・振幅・角度が非常に小さく、優秀な性能を発揮
- ・ほぼ直線状のグラフとなった
- ・振動発生時に振動が減衰されたためか？

iv). 磁石ばね

※実験がレポート提出に間に合わなかったため省略する。

全体としての考察

今回の計測結果より、空気ばね/コイルばね/枕ばね機能なしの場合にそれぞれ発生する振動の特性を知ることができた。コイルばねは振動の吸収こそするものの、吸収した振動をばねの弾性力により吸収後に車体へ押し返してしまうため、振幅が大きくなったと考えられる。枕ばねが機能しない場合、そもそも振動吸収が軸ばねと側受の防振ゴムにのみ任せられ、「はじめに」で述べた軸ばねと枕ばねによる振動吸収の分担が行われなかったため、振幅が大きく、急激な、いわゆる激しいビビリ振動が発生したと考えられる。一方空気ばねの場合、他の枕ばねと比較して大きく振動が軽減された。そこから、車両を突き上げる振動が発生した際には、空気ばねが押し縮められたことにより空気ばね内の圧縮空気の圧力が上昇し、その圧縮空気が圧力の低い外気へ給気口から逃げ、その結果空気ばね内の内圧が低下したことで、コイルばねで見られた弾性力による車体の押し戻しが防がれた結果振動が減衰されたと考える。

逆に車体を突き下げる振動が発生した場合は空気ばねが引き伸ばされることで空気ばねの内圧が低下し、結果差圧で給気口から圧縮空気が入ることにより車両が一時的に持ち上げられて大きな振動が防がれたと考える。

今後の課題

より多くのデータ収集による平均値の正確化。

計測装置/実験装置の精密化によるデータの正確化。

オイルダンパーの有無による振動の比較。

軌道表面の歪みによる振動の変化の分析。

参考文献

ナツメ社：プロが教える電車のメカニズム

国鉄の機器設計図

台車の話

(<http://www1.tcat.ne.jp/train/kaisetu/truck/truck.htm>)

伝説の第三次の虹を見よう

遠藤和真 青木悠介 井出朋孝 後藤卓也 佐藤海人 桜庭瑠華 蜂谷麻衣

宮城県仙台第三高等学校

虹には、主虹、副虹の他に、滅多に見られない第三次の虹（以下：三次虹）というものがあるという。我々は三次虹について詳しく知りたいと考えた。そこで人工的に三次虹を作ることとし、虹ビーズをボードに貼り付け、光を当てて虹を発生させる実験を行ったところ、三次虹はおろか副虹も見えず、主虹しか観察できなかった。この実験から虹ビーズで発生する虹は雨粒のものと角度が大きく異なることが分かったため、虹ビーズで三次虹が発生する角度を計算で求めたところ、ボードの裏側に虹が発生するとの結論に至った。また、天然の三次虹の観察に成功し、光源の光を遮る必要があると分かった。そこでもう一度実験を行ったところ三次虹と思われるものを発見した。

はじめに

雨上がりに空を見上げると私たちはしばしば虹を目にすることができ、虹は自然の神秘であり、そのカラフルな色彩が嫌いだという人はまずいないだろう。科学的に考えると虹は、光が水滴に入射し水滴内で屈折することで、波長の長さによる屈折率の違いから屈折の際に色が分解されることで発



図1 主虹と副虹

生するものである。一口に虹といっても、水滴内で光が反射する回数によって種類が異なる。水滴内で光が1回反射してできるものを主虹（第一次の虹）、2回反射してできるものを副虹（第二次の虹）といい、普段空に見ることができるのは主にこの2つである（図1）。虹が見えるときの散乱角、すなわち、目線、雨滴、太陽光の位置関係による角度は虹の種類によって決まっており、主虹は約 42° 、副虹は約 51° と言われている。虹がアーチ状に見られるのはこのためである。

滅多に見られない第三次の虹という伝説の虹がある。これは水滴内で光が3回反射してできるもので、発生することは極めて稀であり、しかも光が弱く太陽の方向にできることから注意して探さなければ見つからず撮影された例がとても少ない。我々はこの三次虹に興味を持ち、まだまだ知られていないことの多いこの虹を解明するため、この研究を始めた。

実験①

天然の三次虹を観察することは極めて困難であるため、我々は人工的に三次虹をつくることにし、それにより発生条件や散乱角を知ることができると考えた。そこで虹ビーズを用いて三次虹をつくることにした。虹ビーズは雨滴とよく似た性質をもつ透明な砂のようなもので、今回はプラスチック製で屈折率が1.56のものを用いた。

まず虹ビーズを黒いボードに貼り付けてプロジェクターで光を当て三次虹が見えないかあらゆる角度から観察した(図2)。

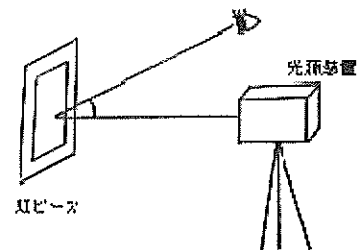


図2 実験装置

しかし結果として三次虹どころか副虹も見えず、主虹だけが雨滴とは大きく異なる約10～15°のあたりに2つ観察できた(表1)。

二次以上の虹が観察できなかったのはプロジェクターの光が弱かったためであり、2つの虹ができたのはプロジェクターの光が直線光ではなく広がる光であったためであると考えられる。

	赤	紫	赤(内側)	紫(内側)
1回目	15.3	13.2	11.6	9.5
2回目	15.8	13.1	11.2	9.8
3回目	15.2	13.7	11.4	9.5
4回目	15.7	13.7	12.1	9.6
5回目	15.3	14.0	12.3	9.7
平均	15.5	13.5	11.7	9.6

表1 実験結果

理論

虹ビーズでつくった虹は散乱角が天然のものと大きく異なることが分かり、虹ビーズでできる三次虹はどの角度で見えるのか計算で求めた。すると、屈折率 n とすると散乱角 θ は、

$$\theta = 2\pi + 2\arcsin \sqrt{\frac{16-n^2}{15}} - 8\arcsin \sqrt{\frac{16-n^2}{15n^2}}$$

と表せると分かった。ここで $n = 1.56$ とすると、

$$\theta = 2\pi + 2\arcsin \sqrt{\frac{16 - 1.56^2}{15}} - 8\arcsin \sqrt{\frac{16 - 1.56^2}{15 \times 1.56^2}}$$

$$= 3.54(\text{rad})$$

$$\text{弧度法を度数法に直すと、}\theta = \frac{180}{\pi} \times 3.54 = 203(^{\circ})$$

ゆえに散乱角 θ は、 203° であると言える。

観察

我々は研究を行うなかで天然の三次虹の発見に成功した(図3)。太陽の方向に出ていることから主虹や副虹でないことが分かる。普通は太陽光の光が強すぎるために三次虹の光は目に届かない。しかしこの時、太陽、観測地点、雨滴、雲の位置関係が奇跡的に良く、太陽光がちょうどいい具合に雲で遮られたため観察することができた。このことを踏まえると、第三次の虹を人工的に作る際にもただ闇雲に強い光を当てただけではだめなのではないかと考えた。そこでもう一度実験を行うことにした。



図3 天然の第三次の虹



図3' 天然の第三次の虹(拡大)

実験②

実験①では光に問題があったため、光源装置ではなく太陽の光を用いて実験を行った。また、計算の結果から 203° で覗き込むために虹ビーズをボードに貼らず直接光を入射させることにした。

まず、虹ビーズが床に落ちないようにたらいを用意する。そのたらいに虹ビーズを注ぎ込むのだが、より集中的に太陽の光を入射させるためにろうとを用いて注ぎ込んだ。虹ビーズは実験①と同様に屈折率が1.56のものを使用した。

すると、注いでいる虹ビーズの中にカラフルに輝くものが見られた(図4)。図4を拡大して画像処理をすると色が付いているのがわかる。(図4')我々はこれを第三次の虹であると考えている。

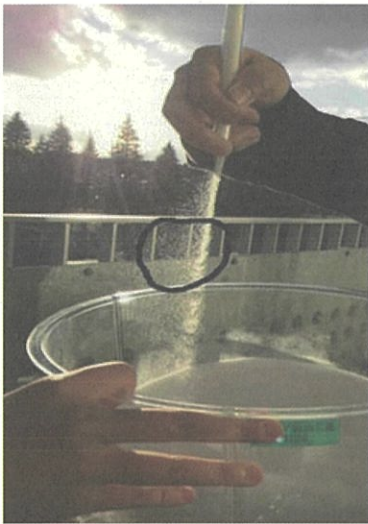


図4 実験装置

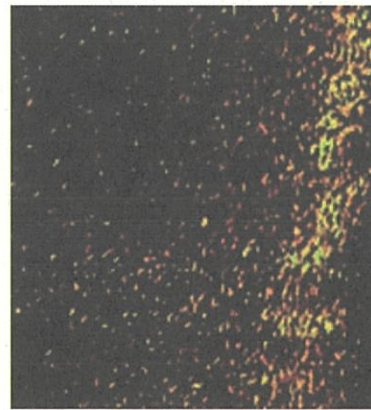


図4' (拡大画像処理済)

まとめ

- ・虹ビーズにプロジェクターで光を当てたが光の強さが足りず、主虹しか見えなかった。
- ・計算すると、虹ビーズを用いると 203° の散乱角で三次虹が見えると分かった。
- ・天然の三次虹が観察できたときの条件から、光源の光が目には届く量を減らさなければならぬと分かった。
- ・より強い光源を用い、かつ光源の光が目にはそのまま入らないように光のほぼ反対側の 203° から観察するための実験方法を考えた。
- ・再実験を行い、第三次の虹のようなものを発見できた。

放射線測定及び放射線量マップを用いた線量の可視化

市村康平 庄司雄貴 嶋貫竜也 菅原俊輝 鈴木幹太 高橋拓夢

宮城県仙台三高等学校

The purpose of this study is to understand radiation. We made a map showing the amount of radiation around Sendai Daisan High School. Gamma rays meters were set at different points around the school. All points were measured for radiation three separate times. We assumed the average of the results to be the truest value. Three of the measured points on flat land just below an incline had higher levels of radiation. Therefore, we believe that radiation washes down hills and collects at their base. The soils have many radioactive substances.

序論

我々放射線班は東日本大震災による福島第一原発事故をきっかけとして日本に巻き起こった脱原発論争や放射線汚染への関心の高まりを受けて、放射線・放射能に興味を持った。さらに、その煽りを受けてインターネットやマスコミでは大量の放射線・放射能の情報を流した。しかし、その中には誤っているものも多く、信頼性に欠ける情報を信じ込み翻弄される人々もいた。そんな中、私たちは放射線・放射能についての正しい知識を学び、より理解を深めるためにこの研究を始めた。次に私たちは、自分たちの周辺は汚染されているのではないか？という疑問をもった。そこで先行研究でもある程度調査が行われている我が仙台第三高校の敷地内の空間放射線量を調査することとし、校内全域の空間放射線量を測定、さらに地図上に測定した地点とその空間放射線量を表したものを「放射線量マップ」を作成し、汚染の状況を可視化するというのを研究の主眼に置いた。

放射線とは

放射線とは放射性元素の崩壊に伴って放出される粒子線または電磁波のことである。主に α 線・ β 線・ γ 線の3種や中性子線のことをいうが、それらと同じ程度のエネルギーをもつ粒子線・宇宙線のことも含まれる。 α 線はヘリウムの原子核であり透過力は紙1枚で止められる程、 β 線は電子または陽電子であり透過力は薄い金属で止められる程、 γ 線は波長の短い電磁波のことであり透過力は鉛や厚い金属で止められる程である。放射線は物体を通り抜ける際に周りの物質にエネルギーを与える。放射線が人体を通り抜ける際に人体つまり細胞さらには遺伝子に損傷を与える。

研究の方法・理論

- ・空間放射線量の測定方法

「シンチレーション式環境放射線モニタ PA-1000 Radi」を使用して、空間放射線量の測定を行った。これは γ 線を検出する測定器で、測定単位は μ Sv/hである。

外部から放射性物質が付着し測定値に影響を与える事態を防ぐため、被覆材（ビニール袋等）で測定器を完全に覆い測定を行った。この被覆材は定期的に交換した。

測定は測定地点1地点につき3回繰り返し、3回の値の平均をその地点の測定値とした。ただし、はずれ値が出た場合は除き、さらに1回測定する。高さは地面から1.5mに設定した。この設定に関して、人間が日常生活を営む上で平均的な高さであろうと考え、1.5mに設定した。だが、人間への影響を測る際に測定する高さとして1.5mは不適であり、本来ならば1mの高さで測定すべきであった。しかし、 γ 線は透過能力が非常に高く、50cm程度の差は数値に殆ど影響しない¹⁾ので、今後は1mで測定を行うが1.5mで測定したデータと同様に扱っても問題はないと思われる。

・放射線量マップ作成方法

任意で選んだ地点で空間放射線量を測定(2014年1月9日現在で36地点)し、地図(航空写真・三高施設配置図を使用)に位置と線量 Windows ペイントを用いて書き込み、放射線量マップとした。放射線量マップは随時更新している。

検出方式	シンチレーション式
測定線種	γ 線
感度	1 μ Sv/h に対して毎分 1000 カウント(1000cpm)以上
相対指示誤差	±10%以内
指示値変動	変動係数 0.1 以下
エネルギー範囲	150keV 以上
エネルギー特性	0.5~3 ^{*1} (150keV~1250keV)
有効測定範囲及び表示	0.001~9.999 μ Sv/h デジタル 4 桁表示(カウント数を μ Sv/h 値に変換)
サンプリング時間	60 秒
表示間隔	60 秒の積算値(移動平均)を 10 秒毎に表示
外形寸法	68(W) × 28(D) × 121(H) mm
質量	175g 以下(電池を除く)
付属品	取扱説明書、単 3 乾電池 2 本、ネックストラップ

図 1 測定器の説明書

結果と考察

	1回目	2回目	3回目	ave.		1回目	2回目	3回目	ave.
A地点	0.051	0.047	0.052	0.050	R地点	0.064	0.072	0.064	0.067
B地点	0.056	0.067	0.066	0.063	S地点	0.085	0.079	0.073	0.079
C地点	0.095	0.097	0.088	0.093	T地点	0.086	0.079	0.073	0.087
D地点	0.081	0.072	0.074	0.076	U地点	0.087	0.078	0.068	0.077
E地点	0.076	0.076	0.079	0.077	V地点	0.062	0.068	0.065	0.065
F地点	0.089	0.093	0.073	0.087	W地点	0.064	0.075	0.073	0.071
G地点	0.063	0.065	0.063	0.065	X地点	0.083	0.084	0.072	0.080
H地点	0.063	0.059	0.052	0.058	a地点	0.063	0.069	0.070	0.067
I地点	0.073	0.065	0.078	0.072	b地点	0.074	0.070	0.064	0.069
J地点	0.066	0.057	0.064	0.062	c地点	0.080	0.078	0.061	0.073
K地点	0.058	0.067	0.062	0.062	d地点	0.066	0.074	0.074	0.071
L地点	0.074	0.080	0.075	0.076	e地点	0.061	0.064	0.074	0.066
M地点	0.057	0.059	0.059	0.058	f地点	0.090	0.096	0.103	0.096
N地点	0.079	0.082	0.080	0.080	g地点	0.066	0.073	0.072	0.070
O地点	0.075	0.075	0.071	0.074	h地点	0.196	0.203	0.201	0.200
P地点	0.078	0.069	0.077	0.075	i地点	0.073	0.073	0.070	0.072
Q地点	0.075	0.074	0.077	0.075	j地点	0.077	0.071	0.074	0.074

図2 測定結果

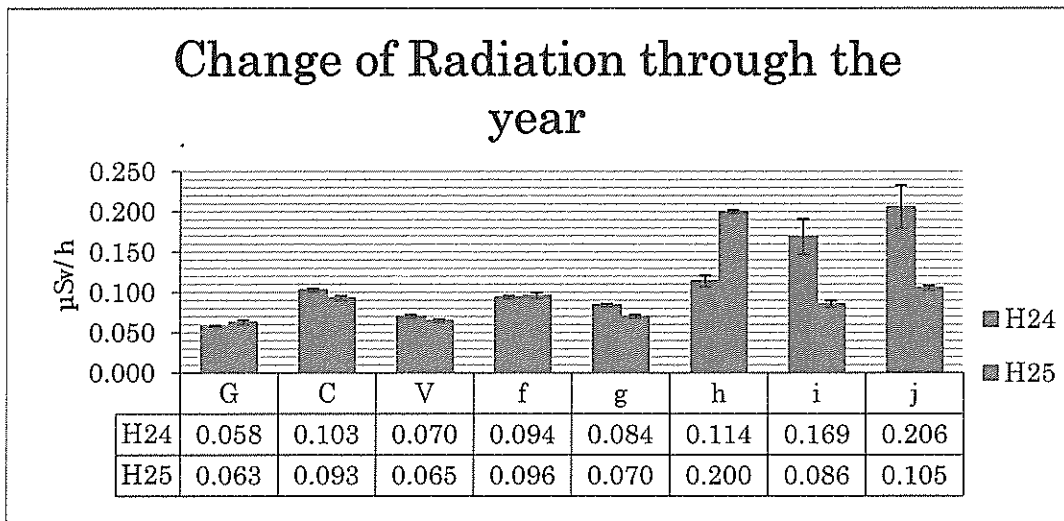


図3 放射線量の経年変化グラフ

単位は $\mu\text{Sv/h}$ とする。測定結果の中で特に高い値を記録したのは、林や排水溝の場所にあたるC地点、F地点、f地点、h地点であった。また、これらの地点は地形が傾斜地から平坦地へと切り替わっていた。反対に低い値を記録しているのは駐車場や駐輪場、裏門から昇降口へ続く道路のA地点、H地点、M地点であった。また、グラウンドは全体的に高い傾向にあった。

放射線量の経年変化グラフ(図2)より全体としての傾向は確認できなかったが、1年前の測定結果に比べてi地点とj地点では値がおよそ半分まで減少していて、反対にh地点では値が2倍ほどに増加していることが分かった。また、より水が堆積しやすい地点では放射線量が増

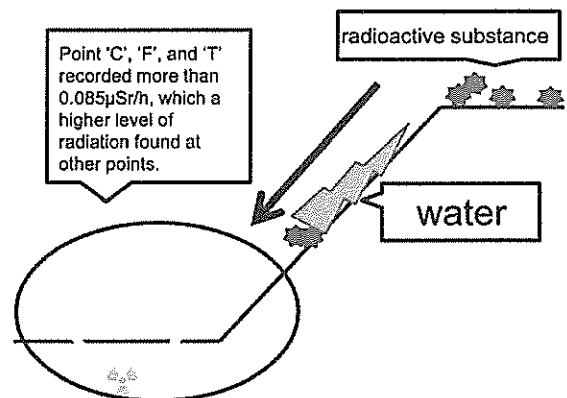


図4 模式図

加し、水が堆積しにくい地点では一層減少する傾向にあるといえる。

以上のことから、放射性物質は水によって流され、流れる水のはたらきにより堆積すると考えられる。また、駐車場や昇降口よりもグラウンドのほうが高かったことから、地表面がアスファルトなどで舗装されていると放射性物質が雨風などにより移動しやすいため数値が低くなっていると考えられる。一方で地表面が土の場合は水が浸透しやすく、雨に含まれている放射性物質が土に吸着されやすいため¹⁾、数値が高くなっていると考えられる。



まとめ

地表の様子や勾配などの地理的要因などによって校地内という狭い範囲でも放射線量にばらつきがでることが分かった。また、地表が舗装されていないところのほうが舗装されているところよりも放射線量が高いことから、土は放射性物質を吸着させやすいと考えられる。

そして、今回の測定値は最も大きい地点でも $0.200 \mu\text{Sv/h}$ と国の除染基準 $0.230 \mu\text{Sv/h}$ の値を下回っていることから仙台三高は安全であるといえる。また、今回宮城県内の伊具高校と佐沼高校と測定データを共有して線量の比較を行った。線量の最高値は伊具高校が $0.560 \mu\text{Sv/h}$ 、佐沼高校が $0.520 \mu\text{Sv/h}$ と両校とも仙台三高の値の2倍以上の値であったが、これは県南から県北にかけて仙台市を太平洋側に迂回するような風が原因の1つと考えられる。

参考文献

- 1) チェルノブイリの菜の花畑から (河田晶東 藤井絢子 編著)
- 2) よくわかる放射線・放射能の問題 (学研教育出版), 化学小事典 (三省堂)
- 3) 放射線ってなあに? (制作・発行 科学技術振興機構), 物理小事典 (三省堂) など

ポリフェノールの働き

進藤 昂星 伊藤 亮 黒瀧 俊哉 佐々木 健太郎

宮城県仙台三高等学校

ポリフェノールには抗酸化作用があることが知られており、条件によりその抗酸化活性にある程度の変化がみられる。そこで今回、ケルセチンを用いた条件別の抗酸化作用の変化を調べることにした。実験ではケルセチンを含む溶液に鉄板を入れ、その酸化の具合を吸光度法で計測した。すると、予想とは違い、ケルセチンの濃度が濃くなるにつれて酸化が促進されることが分かった。

はじめに

ポリフェノールはその抗酸化作用ゆえに現在多くの物質に利用されている。しかし、先行実験では、溶液によってはその性質が失われる、もしくは逆に物質の酸化を促進させてしまうこともあることが知られている。今回の目的はこれらの条件の特定および最適な条件の模索にある。そこで、鉄板を4種類の溶液に入れ、1週間後の Fe_2O_3 の量を調べた。また、より人体に近い状況での抗酸化作用を調べるため、リン脂質を用いた酸化の度合いを調べた。

リン脂質に対する抗酸化作用

ポリフェノールは人体への作用が強く期待されている。そこで今回は真核生物の細胞膜を構成する主成分となるホスファチジルコリン、及び他のリン脂質との混合物であるレシチンを使用し、それらが酸化された時の一時生成物であるヒドロペルオキシドの量を測定することでリン脂質がどれほど酸化されているかを調べた。

原理

リン脂質は活性酸素下において酸化され一時生成物として脂質ヒドロペルオキシドとなる。脂質ヒドロペルオキシドは、下図のように他の脂質を酸化させ、脂質ラジカルへとなるようとするため、連鎖的にヒドロペルオキシドが発生する。この脂質ヒドロペルオキシドはヨウ化カリウムを分解し、ヨウ素を放出させるため、酸化還元滴定によってこのヨウ素の量を測定する。

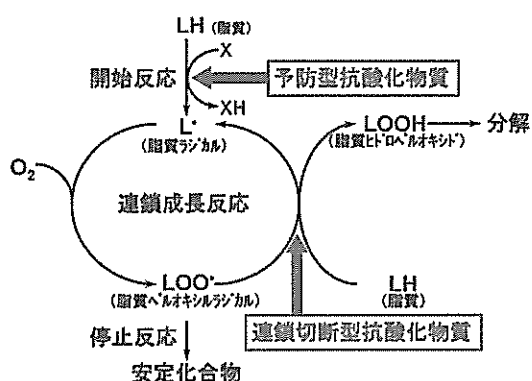


図1 連鎖成長反応

材料

- ・ レシチン
- ・ ヨウ化カリウム
- ・ チオ硫酸ナトリウム
- ・ 過酸化水素水
- ・ 二酸化マンガン
- ・ クエルセチン

方法

ポリフェノールを5倍、10倍に希釈し、それぞれ50mL用意する。その際、熱さないものと沸騰するまで熱したものを用意する。その後レシチン0.2gに過酸化水素水2mLとポリフェノール希釈液2mLの混合溶液を入れ、1分後その溶液を捨てる。残りの希釈液を加え、15分後に溶液を別のビーカーに移し、2.5%のヨウ化カリウム溶液20gを入れ、軽く混ぜた後、でんぷん1gを入れる。でんぷんが青紫色に変色するため、チオ硫酸ナトリウム0.01mol/Lの溶液を色が消えるまで滴定する。

結果

	冷水	加熱後
純水	7.0×10^{-5} mol/L	4.5×10^{-5} mol/L
10倍	1.2×10^{-5} mol/L	5.0×10^{-5} mol/L
5倍	2.3×10^{-5} mol/L	7.0×10^{-5} mol/L

鉄板に対する影響

鉄は酸化により赤錆を生じることが広く知られている。そのため、視認で酸化の度合いを確認できると判断し、今回4種類の溶液中における鉄板への抗酸化作用を調べた。

材料

- ・鉄板
- ・塩酸
- ・水酸化ナトリウム
- ・塩化カリウム
- ・クエルセチン

方法

H₂O、HCl、NaOH、KClを0.01mol/L、0.001mol/Lの2種類の水溶液をつくる。それにポリフェノール水溶液0.001mol/L、0.0001mol/Lの二種類を10:1の割合で加えたもの、加えなかったもののそれぞれ12種の溶液をつくる。

そして、そこに鉄片を入れて1週間放置し、それぞれの溶液、鉄片について変化を観察する。この時の酸化物の有無は目視で判断する。

結果

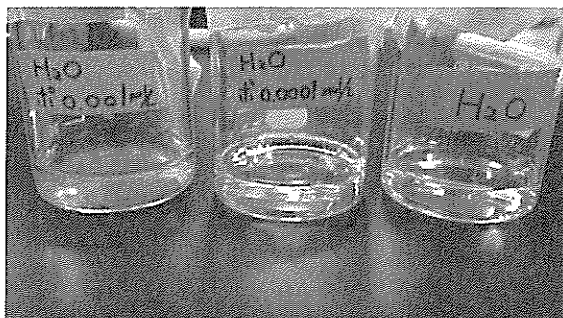


図 1



図 2

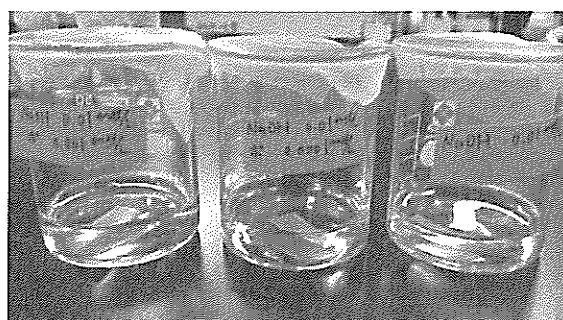


図 3

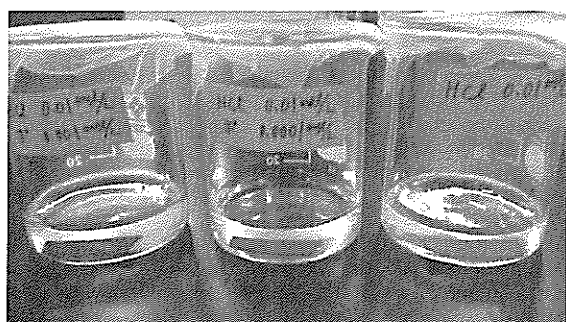


図 4

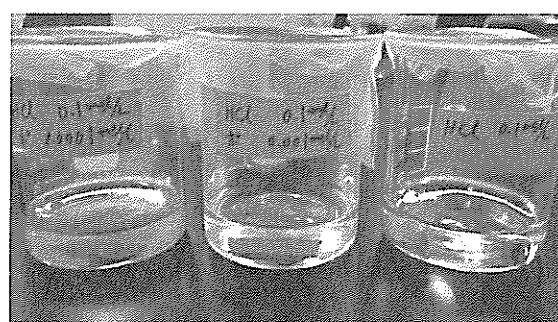


図 5



図 6

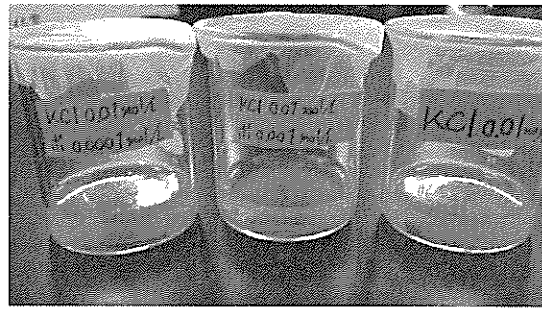


図 7

図 1：純水中においては、ポリフェノール濃度が高くなるほど酸化が進んだ。

図 2,3：水酸化ナトリウム溶液では、すべての溶液において目立った酸化が見られなかった

図 4,5：0.1mol/L の塩酸中では、ポリフェノールの濃度が高くなるほど酸化が見られ、

0.01mol/L の塩酸中では、全ての溶液で同等の酸化が見られた。

図 6,7：塩化カリウム溶液では全ての溶液で同等の酸化が見られた。

考察

リン脂質においては、ポリフェノールの存在下で酸化の抑制が確認されているが、濃度による影響は見られなかった。また、熱した場合には全体として抗酸化作用が見られなかった。また、熱した場合には全体として抗酸化作用が見られなかった。しかし、今回調べた濃度だけでは違いを確認できなかった。ただし、ポリフェノールの有無について調べると、明らかな抗酸化作用が見られた。また、加熱後の抗酸化作用を見ると、熱に弱いことが分かった。

さらに、鉄板においては、逆に酸化を促進するような結果が出ているため、作用が働く物質はある程度限られてしまうと考えられる。

また、強い酸性の溶液中においては、赤さびが生成される前に鉄板の表面から鉄イオンが放出してしまうことも考えられるため、0.1mol/L の溶液中において酸化が見られない場合があったことの要因の一つとも考えられる。

今後の課題

- ・温度など、条件を設定したうえでの実験
- ・鉄板を使用する際、pH などの詳しい条件の確認

参考文献

- ・佐藤柚香、菅原悠香、寺島柚葉、若井理紗、工藤香菜 天然染料による金属イオン検出試験紙作成
- ・榊原 滉、和田山 晃世、内藤 暢也、菅原 崇弘、中塚 成峻 水中の酸素濃度と腐食量の関係と塩化物イオン中での電気防食

- ・ 食品素材化学の研究内容 <http://www1.gifu-u.ac.jp/~shokko/foodchem.html>
- ・ 定量分析化学実験書 <http://www.busitu.numazu-ct.ac.jp/suzuki/tshp/sanka.html>

金属イオン検出紙の作製

宮城県仙台三高等学校 大東卓視 佐藤秀之 高橋恵介 村松朋哉

人体に害のある金属イオンを検出するために、金属イオンの沈殿反応に着目し、金属イオン検出紙の作製を行った。しかし、沈殿の中には白いろ紙では検出が確認しにくいものがある。そこで、ろ紙を墨汁で黒く染色し、検出が確認しやすいものを作製した。作製した検出紙に陰イオン水溶液を染み込ませ、 Pb^{2+} 、 Fe^{3+} の検出を行った。 Pb^{2+} の検出には CrO_4^{2-} を染みこませ作製した検出紙と Cl^- を染みこませ作製した検出紙を使用した。 Pb^{2+} の検出限度は、 CrO_4^{2-} によるものは $1.0 \times 10^{-3} mol/L$ 、 Cl^- によるものは $4.0 \times 10^{-2} mol/L$ であった。 Fe^{3+} の検出には OH^- を染みこませ作製した検出紙を使用した。 Fe^{3+} の検出限度は、 $1.0 \times 10^{-4} mol/L$ であった。いずれも厚生労働省の水質基準値を測定できるものではなかった。染み込ませる陰イオン水溶液の濃度、時間を変化させることで、より高い精度を持つ検出紙を作製することが可能だと考えられる。

はじめに

私たちの身の回りに存在している金属イオンには、人体に悪影響を及ぼすものがある。しかし、金属イオンは目に見えない状態で液体中に存在していて、検出には高度な機械を用いるため、私たちは金属イオンの存在を確認することが難しい。そこで、私たちはそのような問題を解消するため、そして、多くの人が利用できるように、簡単かつ安価に水中の金属イオンを検出する方法を考えた。それが「金属イオンの沈殿反応」を利用した検出紙の作製である。金属イオンにはある特定の陰イオンと反応することによって、沈殿が生じるという性質がある。その性質に着目し、ろ紙に陰イオン水溶液を染み込ませ、その作製した検出紙を特定の金属イオン水溶液に反応させることにより、検出紙の色の差を観察することとした。本研究では、主に鉛イオン、鉄イオンについて検討することとする。また、鉛イオンについては2種類の方法で検出を行った。

金属イオンに関する厚生労働省の水質基準値は以下の通りである。

項目	基準値
鉛及びその化合物	鉛の量に関して 0.01mg/L 以下
鉄及びその化合物	鉄の量に関して 0.3mg/L 以下

表1 厚生労働省の水質基準項目と基準値

適切な染料の模索

沈殿が白色の場合、ろ紙が白色では確認しにくいいため、ろ紙を黒く染める染料を探した。また、染色した黒色が溶け出さない染料を探した。

<材料・方法>

染料として鉛筆、ボールペン、油性マジック、水性マジック、絵の具、墨汁を使用し、それぞれ黒く染色した検出紙に塩化ナトリウム水溶液を5分間染み込ませ、乾燥させる。作製したそれぞれの検出紙を硝酸銀水溶液と反応させた時の沈殿と色の差を観察する。

<結果・考察>

染料	沈殿の見易さ	特徴
鉛筆	×	染色に手間がかかる。黒色が見にくい。
ボールペン	×	染色に手間がかかる。黒色が見にくい。
油性マジック	○	染色に手間がかかる。水溶液をはじく。
水性マジック	×	染色に手間がかかる。黒色が溶け出す。
絵の具	○	色の調整が難しい。
墨汁	○	染色しやすい。黒色が溶け出さない。

表2 さまざまな染料の特徴

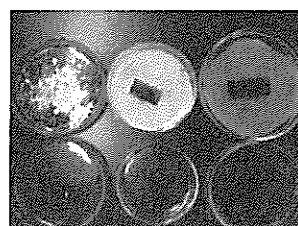
水溶液への溶けにくさ、染色の容易さ、沈殿の見易さから墨汁の使用が適していると考えた。

実験1 (Pb²⁺のCrO₄²⁻による検出)

<材料・方法>

黒く染色したろ紙にクロム酸カリウム水溶液 (1.0~3.0mol/L) を5分間染み込ませ、乾燥させる。作製した検出紙を硝酸鉛(II)水溶液(1.0~5.0×10⁻⁵mol/L)に浸し、蒸留水に浸した時の沈殿と色の差を観察する。

<結果>



左上から
0.1 1.0×10⁻² 1.0×10⁻³
1.0×10⁻⁴ 5.0×10⁻⁵ 蒸留水
(mol/L)

図1 Pb²⁺の検出結果

黄色沈殿のクロム酸鉛(Ⅱ)が 1.0×10^{-3} (mol/L)まで検出できた。それ以下の値では沈殿が見られず、クロム酸カリウム水溶液が水溶液中に溶け出した。これは、硝酸鉛(Ⅱ)水溶液の濃度が低くクロム酸カリウム水溶液と反応せずクロム酸鉛(Ⅱ)が生じなかったためだと考えられる。

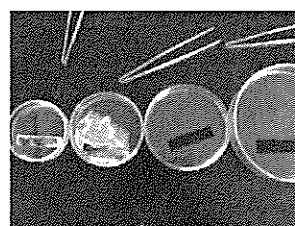
実験2 (Pb²⁺のCl⁻による検出)

<材料・方法>

黒く染色したろ紙に塩化ナトリウム水溶液(1.0~3.0mol/L)を5分間染み込ませ、乾燥させる。作製した検出紙を硝酸鉛(Ⅱ)水溶液(1.0~ 1.0×10^{-3} mol/L)に浸し、蒸留水に浸した時の沈殿と色の差を観察する。

<結果>

白色の塩化鉛(Ⅱ)を0.1(mol/L)まで検出できた。それ以下の値では沈殿が見られなかった。これは、硝酸鉛(Ⅱ)水溶液の濃度が低く塩化ナトリウム水溶液と反応せず塩化鉛(Ⅱ)が生じなかったためだと考えられる。



左から
1.0 0.1
 1.0×10^{-2} 1.0×10^{-3}
(mol/L)

図2 Pb²⁺の検出結果

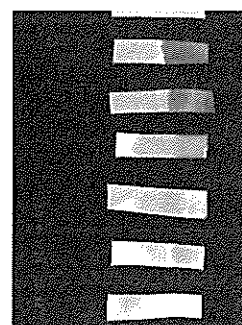
実験3 (Fe³⁺の検出)

<材料・方法>

黒く染色したろ紙に水酸化ナトリウム水溶液(1.0mol/L)を5分間染み込ませ、乾燥させる。作製した検出紙に硫酸鉄(Ⅱ)水溶液(0.1~ 1.0×10^{-5} mol/L)に浸し、蒸留水に浸した時の沈殿と色の差を観察する。

<結果>

黄褐色の水酸化鉄が 1.0×10^{-4} (mol/L)まで検出できた。はじめは緑色の沈殿が見られ、時間の経過につれ、黄色に変化した。これは、Fe²⁺が自然酸化しFe³⁺になったためである。



蒸留水
1.0
0.1
 1.0×10^{-2}
 1.0×10^{-3}
 1.0×10^{-4}
 1.0×10^{-5}
(mol/L)

図3 Fe³⁺の検出結果

まとめ

項目	染み込ませた陰イオン(mol/L)	検出限度(mol/L)
Pb ²⁺	CrO ₄ ²⁻ (3.0)	1.0×10 ⁻³
Pb ²⁺	Cl ⁻ (3.0)	0.1
Fe ³⁺	OH ⁻ (1.0)	1.0×10 ⁻⁴

表3 2種類の金属イオンの検出限度

Pb²⁺、Fe³⁺のいずれも水質基準値を検出するには至らなかった。Pb²⁺で検出限度に違いがでたのは、陰イオンの価数の違いにより、イオン結合する際にCl⁻はCrO₄²⁻より多くの物質質量が必要なため、CrO₄²⁻の方が検出限度が高くなったと考えられる。

今後の課題

検出紙を作製する際に、染み込ませる陰イオン水溶液の濃度の値や染み込ませる適切な時間の検討をし、より検出の精度が高い検出紙の作製を行うことが必要である。また、本研究で行った以外の金属イオン検出紙の作製や沈殿の色に対しての検出紙の見やすい色の検討についても取り組みたい。

参考文献

- ・フォトサイエンス科学図録 数研出版
- ・厚生労働省 HP

http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/suido/index.html

錆を防ぐには＜酸化と腐食と防錆と＞

藤原 雄太 木崎 裕介 澤 友宏 山岸 綾人

宮城県仙台三高等学校

鉄の酸化による錆の生成についての研究を行った。塩化物イオン中に鉄を放置すると、通常より酸化が促進され、塩基性物質中に放置すると酸化が抑制される。

また、塩化物イオンの存在下で鉄に通電することによって電気防食を行った。塩化物イオンの濃度に関わらず、酸化抑制の効果があつたが、電圧が低かつたためなのか期待していたほどの効果は得られなかつた。

1. 目的

錆は金属を脆くし耐久性を落とす。現代の人間の生活において金属はよく利用され、私たち三高生の多くが用いる自転車にも使われている。もしも、金属の錆が原因で金属がいきなり折れてしまえば大きな事故に繋がってしまうかもしれない。そのため、錆を防ぐ技術が生まれ自転車にも用いられている。私たちは錆を防ぐ方法を見つけたいと考え、今回の研究を行った。

2. 酸化、腐食、錆

天然に存在する金属のほとんどは酸化されて安定している状態である。精錬された金属は安定した状態になるために空気中の酸素や水分で酸化された状態になっていく。鉄が腐食されると水酸化鉄(Ⅱ)が生成される $[\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2]$ 。これは非常に不安定で酸素によって酸化され、水酸化鉄(Ⅲ)になる $[2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 。これから水分が取り除かれると、オキシ水酸化鉄が生成される $[\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{FeOOH} + \text{H}_2\text{O}]$ 。このオキシ水酸化鉄がいわゆる赤錆である。

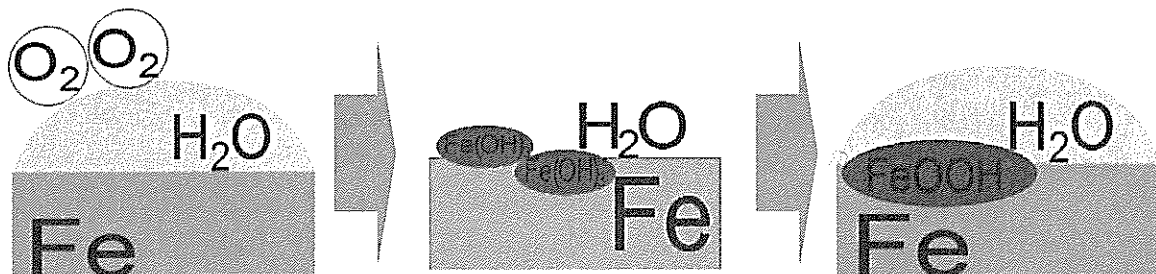


図1：酸化の図化

3. 吸光度法

吸光度法とは、一定の波長の光が発色している試料溶液中を透過するときの吸光度を分光光度計などによって測定し、試料溶液中の溶質の濃度を求める方法である。吸光度は、透過度の逆数である。私たちは今回の実験において、鉄の腐食量を調べるために、L-アスコルビン酸で Fe^{3+} を還元し Fe^{2+} にして、その Fe^{2+} を測定するために、フェナントロリンと反応させ、赤く発色させた上で吸光度を測定した。

〈吸光度の測定方法〉

濃度が 1.0% の L-アスコルビン酸水溶液、0.01mol/L のフェナントロリン水溶液、pH を 4.6 に調整した酢酸水溶液を作成した。次に 100mL メスフラスコに Fe^{3+} を含む水溶液を一定量入れた。作成した L-アスコルビン酸水溶液を 2mL、フェナントロリン水溶液を 5mL、酢酸水溶液を 5mL 順番に加えた。最後にメスフラスコの標線まで純水を加え、よく振って混合させ、20 分間放置した。分光光度計で作成した溶液の 510nm の吸光度を測定した。

4. 検量線

検量線は試料溶液の吸光度と目的物質の濃度との関係を表したものである。本実験では溶液中の Fe^{2+} 濃度を調べるために、異なる濃度の溶液の吸光度をそれぞれ 5 回ずつ測定し、そのデータの平均値より検量線を作成した。本実験では、 Fe^{2+} 濃度が 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mg/100mL の溶液を用いた。以下は作成した検量線である。

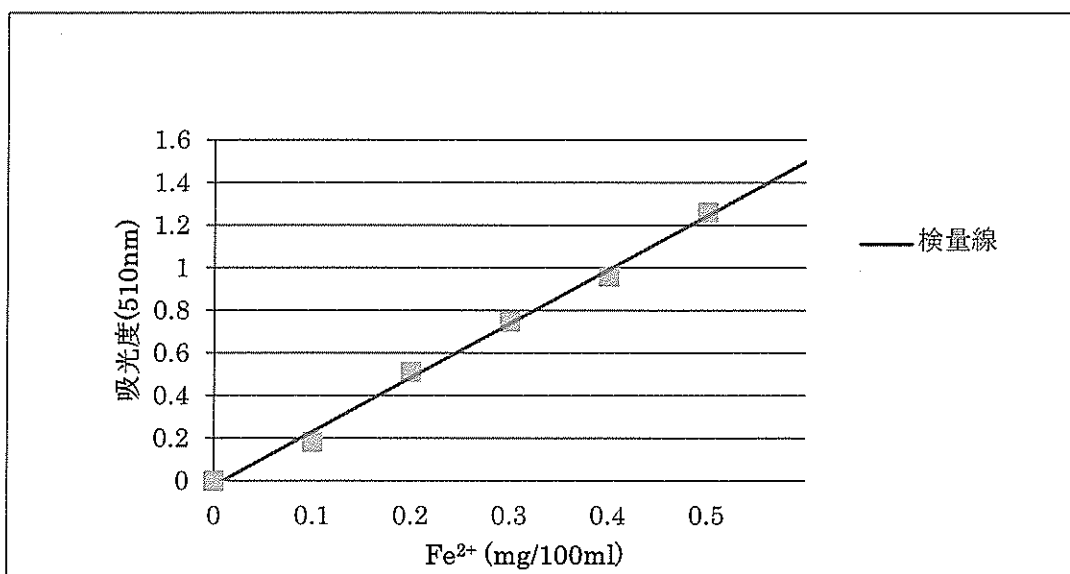


図 2 : 検量線

5. 実験

〈実験 1〉 様々な物質による酸化の度合

水溶液の濃度が全て (0.1mol/L) の水酸化ナトリウム (NaOH), 水酸化カルシウム (CaCl₂), 塩化マグネシウム (MgCl₂), 塩化カリウム (KCl), 塩化カルシウム (NaCl), 蒸留水, 水道水に 4.5cm×2.3cm の鉄板を 1 日浸し吸光度を調べ, 錆の発生しやすさを調べ比較する。

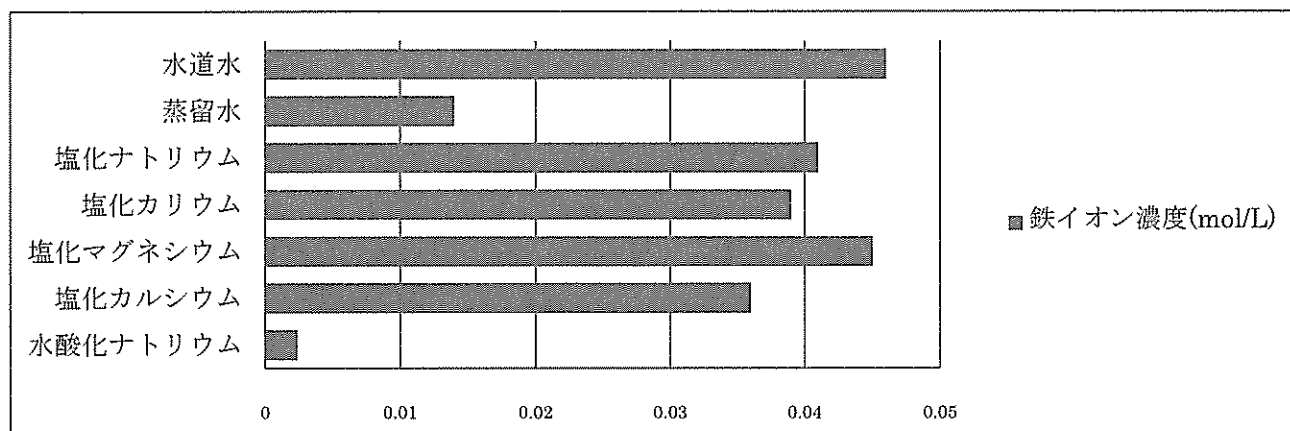


図 3 : 各々の鉄イオン濃度

➤ 水道水	4.6×10^{-2} (mol/L)
➤ 蒸留水	1.4×10^{-2} (mol/L)
➤ 塩化ナトリウム (NaCl)	4.1×10^{-2} (mol/L)
➤ 塩化カリウム (KCl)	3.9×10^{-2} (mol/L)
➤ 塩化マグネシウム (MgCl ₂)	4.5×10^{-2} (mol/L)
➤ 塩化カルシウム (CaCl ₂)	3.6×10^{-2} (mol/L)
➤ 水酸化ナトリウム (NaOH)	2.4×10^{-3} (mol/L)

以上の結果から, 塩基性の水溶液が一番酸化しにくいことが分かった。また, 蒸留水のように, 純物が少ない溶液も酸化しにくい。

〈実験 2〉 電気防食

濃度が (1.0mol/L), (1.5mol/L), (2.0mol/L) の塩化カルシウム (CaCl₂) を用意して, それぞれ 1 時間 2.5V で通電させながら静置したものの水溶液の吸光度を実験 1 と同様の方法で調べた。

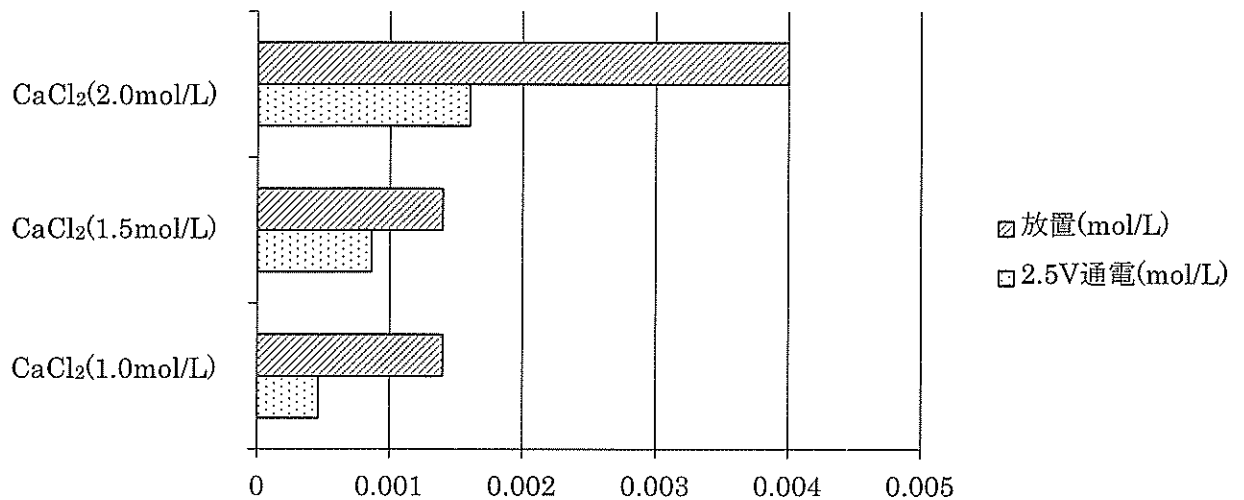


図5：電気防食に関する Fe²⁺濃度

以上の結果から、通電することによって、酸化が抑制されることが分かった。塩化物イオン濃度が高いほうが、通電による効果が大きかった。

6. 考察

実験1より、不純物の少ない蒸留水は比較的錆びにくい。また、塩基性物質には酸化を抑制する効果があると考えられる

実験2より、電気防食に関しては、塩化物イオン中が存在しているにも関わらず、酸化が抑制されたのは鉄板が酸化する際に流れる電子の代わりに電流を流すことにより、酸化しなくても必要量の電子が流れるためだと思われる。

7. 今後の展望

電気防食に関して、2.5Vの電圧でしか実験を行っていないので、電圧を変えて電圧の高低による腐食量の関係や塩化カルシウムの濃度の関係を調べる。また、塩化物イオン濃度が高かった場合の防食の効果が高かった要因を調べる。

参考文献 (1) 松崎幸雄「防錆剤の種類と特徴」2009/5

http://www.juntsu.co.jp/rust/rust_kaisetsu01.html

(2) 色で測る!! - ドリンク剤中の鉄の定量-(糠塚いそし) 2009/7

www.st.hirosaki-u.ac.jp/inform/110805/shoutai2011B.pdf

高度に発達した酸化発色は錬金術と見分けがつかない

湯澤翔太郎 山崎誠仁 吉澤一輝 石井晴揮 佐藤祐介

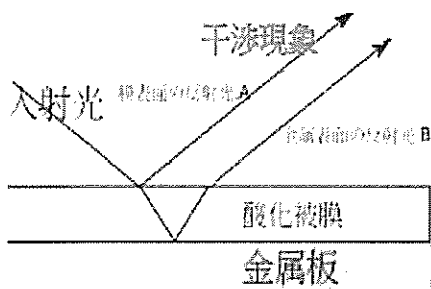
宮城県仙台三高等学校

バイクのマフラーや鍋などの加熱される金属製品は、加熱された部分が虹色に変色することが知られている。実際に実験室で金属の加熱を行うと、予想以上の色の変化に驚きと興味を覚えた。これらのことから、私たちは金属表面の「酸化」が大きな鍵になっていると仮説を立てて酸化による金属の変色実験を行うことにした。酸化の方法には「加熱による酸化」と「電気分解による酸化（陽極酸化）」を用いることにした。使用した金属はNiとCuである。酸化による変色は、当初予想していた薄膜干渉によるものだけではなく、酸化物の物質の変化も同時に起こっていることが分かった。金属は酸化すると表面にその金属の酸化物の膜を生成する。これを酸化被膜という。酸化される金属の種類によって酸化被膜の性質は異なるが、基本的にそれらは透明に見える。酸化被膜は「透けるほど薄い金属化合物の膜」なのである。我々はこの薄膜が透明である性質を利用して、金属に見かけ上の色を付けることに成功した。見かけ上の色とは、色素に由来する光の波長変化でなく光の干渉による波長変化で見える色とする。

はじめに

金属の酸化現象は「錆」として身近に存在する。錆はあまり良いイメージがないが、刃物の「黒錆」のように金属をより扱いやすくするのに利用されている「錆」も存在する。今回、我々の研究は酸化現象のいい点に焦点を当てて進め。

(私たちの仮説)



酸化された金属板に当たった光には、2通りの抜け方がある。よって波と波が互いに影響を及ぼし、干渉が起こる。この干渉によって光の波長は変化する。波長が変わることはその色が変わることを意味する。この一連の流れは入射したときと違う波長（色）をもった光が我々の目に入っていることの説明となる。

研究の方法・理論

研究はまず、実験に使う金属の種類を決め、次にそれらを先に示した2つの方法で酸化させ、最後に金属表面の色彩の変化を観察、考察を行うといった流れで行った。

実験1（実験に使用する金属の選定）

70 mm×30 mm 程度の6種類の金属板を用意し、色が変わるまでガスバーナーで直接加熱した。
結果1：Ni（ニッケル）、Cu（銅）、Fe（鉄）、Zn（亜鉛）、Pb（鉛）、Al（アルミニウム）で実験したところ Fe, Ni, Cu の表面に色彩の変化が見られた。（表1）

結果から、Fe, Ni, Cu をこの後の実験に使おうとしたが、鉄は錆びやすく、サンプルを保存しにくいことから、Ni, Cu を実験に使った。

実験2（陽極酸化を利用した酸化）

リン酸（ H_3PO_4 ）水溶液、酸化させたい金属（60mm×10mm×0.5mm）、電源装置、炭素棒を使った。

酸化させたい金属を陽極、炭素棒を陰極にして、リン酸水溶液を電気分解した。溶液濃度、電圧の2つの条件を変えて実験した。

結果2：金属表面の色彩は Ni では薄い黄色に、Cu では真っ黒に変化した。（表2）

実験3（加熱による酸化）

35 mm×30 mm 程度の Ni 板と Cu 板をマッフル炉で加熱した。金属板はあらかじめ温めておいたるつぼに入れた。加熱時間と加熱温度の2つの条件を変えて実験した。

結果3：Ni では黄、青、紫、赤、薄青、灰、Cu では橙、赤、紅、紫、銀、金、茶に変化した。
（表3）

考察

1. 陽極酸化と加熱酸化実験から酸化被膜は存在することがわかり、金属の表面から金属内部に向かってそれは厚くなると考えられる。
 2. Cu の加熱実験では赤い色が見られたが、これは CuO の酸化被膜によるものでなく、Cu₂O による酸化被膜、またはそれ自身の赤色の可能性がある。
- 3.2 より、銅は被膜による発色なのか物質自身による発色なのかをより追求していく必要がある。

まとめ

本実験で我々は、熱酸化による実験では目的である金属板を任意の色に発色させることに成功した。また、加熱時間と加熱温度を調節することで一意的に金属を変色させることにも成功したので、更なる実験精度の向上を目標としたい。「金属板表面の色の変化」の重要な要素だと考えられる膜厚の評価は金属板の表面が粗い上、膜自体が著しく薄いため困難である。今後の課題としては、Cu の加熱実験では赤い色が見られたが、これは酸化発色によるものでなく Cu₂O による赤色なのかどうかの同定。Ni や Cu にはそれぞれ固有の干渉色があるが、この理由の解明、膜厚と干渉色の波長の順番の理由、陽極酸化での効率的な酸化被膜の生成方法、膜厚の評価方法の再検討などが挙げられる。

5. 参考文献

- 1) ステンレスの発色（電解発色・化学発色）とは

<http://www.abel-s.co.jp/mame/hasshoku.html>

- 2) 酸化発色「サステインカラー」

<http://www.nakano-acl.co.jp/hassyoku/>


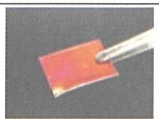
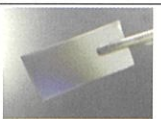


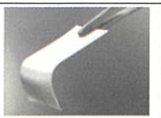
- 3) 表面処理加工：チタン表面処理

<http://www.toyorikagaku.com/technology/page1.html>

- 4) アベル株式会社

<http://www.abel-s.co.jp/mame/hasshoku.html>

表 1 : 金属の選定

金属	Ni	Cu	Fe	Zn	Pb	Al
状態						

著しい変色が見られたのは Ni, Cu, Fe のみ

表 2 : 陽極酸化実験

電圧 時間	電圧		濃度 時間	濃度		
	10V	30V		1.00%	0.10%	1.00%
10分			10分			
20分			20分			
30分			30分			

色の変化は薄い黄色までしか見られなかった. 1.00%, 30 分のもので一番濃い色が出た

表 3 : 加熱酸化実験 (Ni)

温度 時間	500°C	525°C	550°C	575°C	600°C	625°C	650°C	675°C	700°C	725°C	750°C	775°C	800°C
10分													
20分													
30分													

大まかに、左から黄、青、紫、赤、薄青、灰の順番に変色している。

金属酸化実験 (Cu)

温度 時間	140°C	150°C	150°C	200°C	210°C	220°C	230°C
10分							
20分							
30分							
40分							
60分							

色は左から、大まかに橙、赤、紅、紫、銀、金、茶の順に変色している。

大堤沼の堆積物による水質汚濁の考察

阿部涼介 石川大樹 千葉世陽 藤澤尚矢 森谷仁美 山口夏南子

宮城県仙台第三高等学校

大堤沼は外部からの水の流入が雨水しか存在せず、閉鎖系をなしている。大堤沼の水は長期間自然にさらされているために、大堤沼は汚濁していると仮定した。また、大堤沼の底には多量の堆積物が存在するため、沼の水に堆積物から有機物が湧昇し、沼の水中の有機物量が上昇していると考えられる。これを汚濁の原因と考え、この堆積物が水に与える影響を調査した。そこで我々は水に堆積物を含ませ、その水質を測定する実験を行った。その結果、水中有機物量は上昇した。ゆえに堆積物が大堤沼の汚濁に関与していると考察される。また、大堤沼における値の変化の原因を考察するため、仙台市環境局が調査している大堤沼の水質のデータを分析し、考察した。

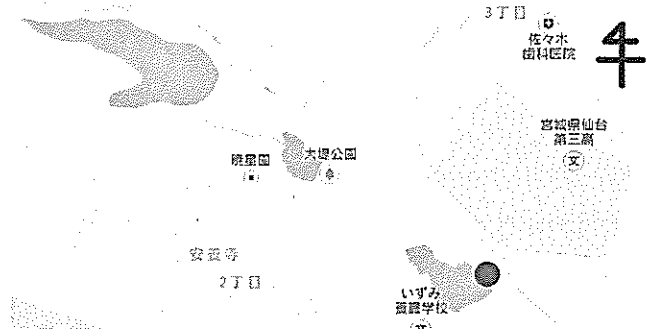
はじめに

宮城県仙台第三高等学校の付近に大堤沼という沼がある。大堤沼の水質を改善するために水質調査を行っていたところ、平成 25 年の 4 月下旬に発生した地震による影響で、大堤沼の一部である通称“ホタル沼”の水が極端に減少するという事態が発生した。元々は農業用の調整池としての側面があるホタル沼には水量の調整のための栓が存在し、その栓が地震による影響で抜けたことが原因だと思われる。水が抜けたことにより沼の底に 1 m 以上もの泥が堆積していることが確認できた。そこで我々は、この堆積物から有機物が沼の底から水へと湧き上がり、その結果として水質が汚濁されている状態にあるという仮説をたてた。この仮説を証明するため、沼から堆積物を採取し、蒸留水とともにビーカーに入れ、この堆積物による水への影響を調べた。また、仙台市環境局¹⁾が計測している大堤沼の水質のデータを用い、特に 2003 年から 2012 年までのデータによって大堤沼における値の変化の原因を分析し、考察した。値については測定した値と同様とする。ただし、T-P についてはほかの値と比較するために相対的な値をとった。ここで、村松²⁾により、COD(化学的酸素要求量)を試料内の物質を化学的に分解ために要求される酸素量、T-N(全窒素)を試料内の窒素化合物の量、T-P(全リン)を試料内のリン化合物の量、DO(溶存酸素)を試料内に溶存している酸素の量、SS(浮遊物質)を試料内に浮遊している物質(ただし、1.0 μ m~2.0mm とする)の質量、とそれぞれ定義する。

研究方法

[実験 1]

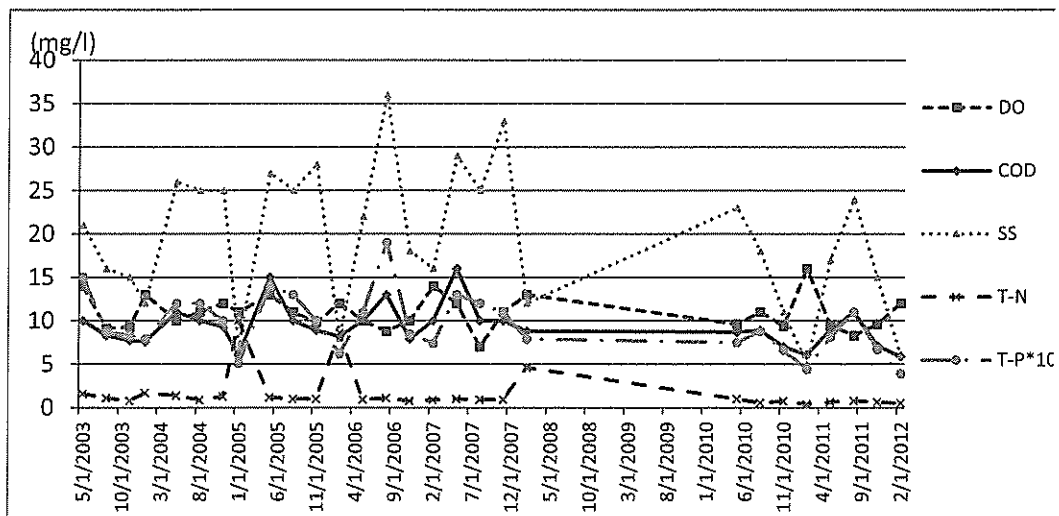
大堤沼（図 1）から堆積物を採取し、蒸留水に溶かして水質に関する値を測定する実験を行った。堆積物は柄杓を用いて浅い地点のものを採取した。これを蒸留水とともにビーカー内で混合したものを試料とし、二週間放置した後、値



を測定した。3つの試料で測定を行い、その平均値をとった。データの測定については、共立理化学研究所から販売されている“デジタルパックテスト”を用いた。測定方法も同製品に付属の説明書を参考にした。また、測定する値は T-N(mg/l)を用いた。この項目に関しては、蒸留水において 0mg/l の値を示すことを確認している。

[実験 2]

大堤沼で採水・測定している仙台市環境局の、大堤沼での過去十年間の各値をエクセルによりグラフ化した（図 2）。ただし、2008年2月から2010年5月のデータは存在しなかった。また、T-P についてはほかの値と比較するために値を 100 倍し、相対的な値をグラフに反映した。



結果・考察

[実験 1]

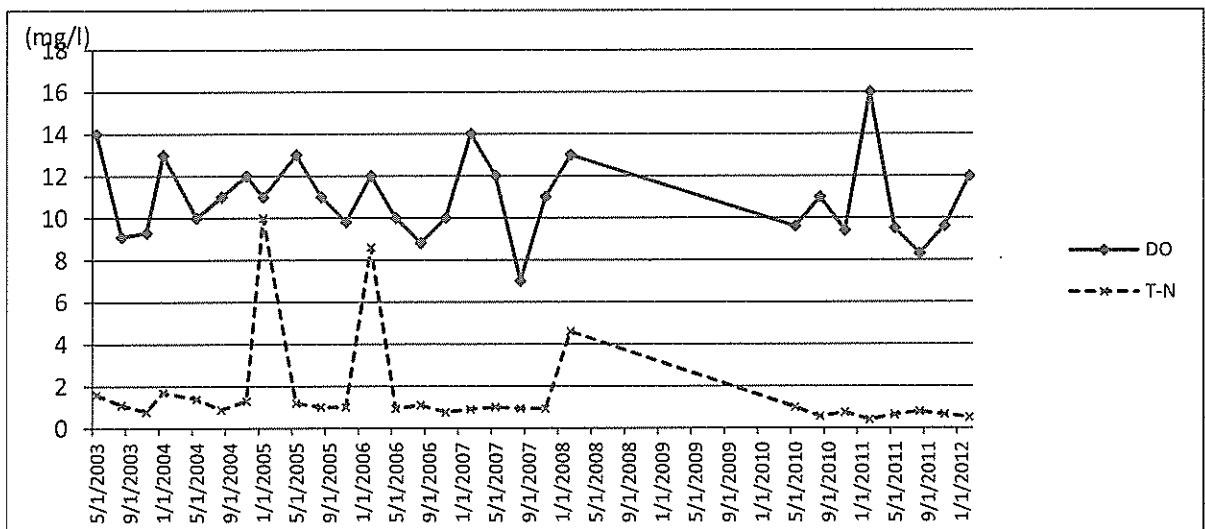
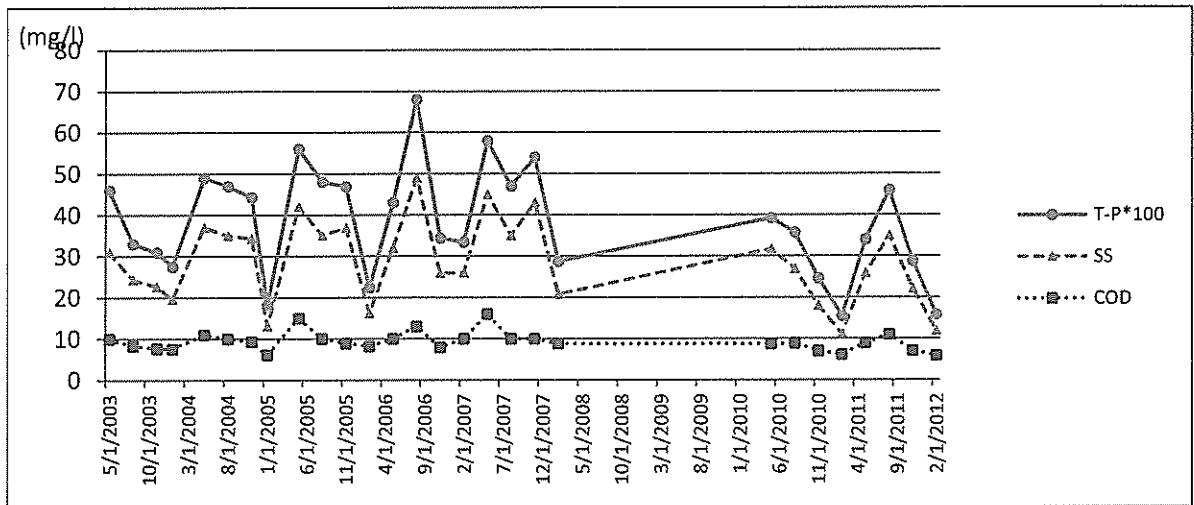
T-N の値を測定した結果、1.5mg/l となった。図 2 における T-N の値と比較すると、これは大堤沼における水質の値とほぼ同じ値を示していることがわかる。ゆえに、大堤沼の汚濁の原因として堆積物が最も関係しているのではないかと考えられる。

今回は T-N についてのみ測定を行ったため、他の値についても同様の値が出れば堆積物が関与している可能性がより高くなる。

[実験 2]

COD,SS,TP を系列 A (図 3a) ,DO,T-N を系列 B (図 3b) と考えると次のような傾向が見られる。それは、系列 A と系列 B はどちらもほぼ一定の周期で値が変動しているが、その変動は二つの系列間で逆になっているということだ。さらに、この周期には季節が関係していると考えられる。系列 A は夏に高く、冬に低くなる傾向が見られる。一方系列 B は、夏に低く、冬に高くなる傾向が見られる。

結果は (図 3 a,b) を参照。夏と冬での最大の違いは気温であり、これは生物の活動に大きな影響を与える。ここで系列 A には生物体を構成する、または生物により生成される物質の量を示す傾向があり、また、系列 B には生物が吸収する物質であるという傾向がある。系列 A は生物が活発な夏に高くなり、系列 B は生物があまり活発でない冬に高くなるため、汚濁の要因として生物が関係しているのではないかと考えられる。



まとめ・結論

堆積物が水に与える影響が確認されたという実験結果から、大堤沼の汚濁の原因は沼の底の堆積物であると考えられる。また、水質に季節的な変動があることから生物も沼の汚濁に関わっていると推測される。以上のことから、沼の底にある堆積物は生物由来のものであると思われる。

参考文献

- 1) 宮城県環境局および過去の課題研究のデータより
- 2) 村松隆 “自然水における「よごれ」の発生メカニズムとその解釈に関する講義と実習”

ベンハムのコマから見る錯視の個人差

大友志隆 本郷義人 今野杏夏 笠原理恵子

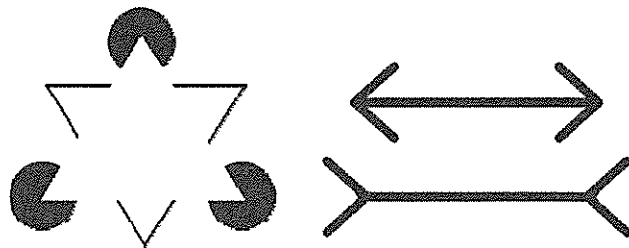
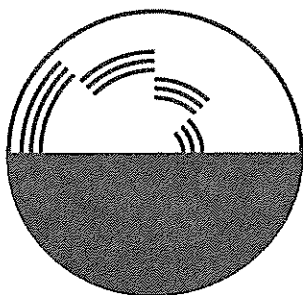
宮城県仙台三高等学校

私たちは白色と黒色のみで構成されているが回転させることで別な色がついて見えるというベンハムのコマに興味を持った。班員だけでも色が違って見えることから、なぜ個人差が生まれ、どのような個人差のばらつきが生じるのかを調べることにした。結果としては、それぞれの層が異なった色に見える人が多く、回転速度が 3.03rps の場合と 5.04rps の場合では色がついて見える層の数は 5.04rps の場合のほうが多い結果が得られた。3.03rps の場合、1 層目は茶色系に見える人が多く、2 層目以降は何色にも見えずに黒色のまま、という結果もあり、中には 4 層目まで色が見え、赤系に見える人もいた。5.04rps の場合、先ほどとは異なり 4 層目まで色がついて見える人が多かった。1 層目はまたも茶色系が多く、2 層目以降は個人差が多く生まれる結果となった。

(1) 錯視とベンハムのコマ

錯視とは視覚領域による錯覚のことで、特に生理的錯覚によるものは図 2 のように多くの種類が知られている。今回はその 1 種であるベンハムのコマに着目した。

ベンハムのコマとは図 1 のように白と黒の 2 色で構成されているが、回転させると色がついて見えるという不思議なコマである。このコマは 1895 年イギリスのおもちゃ屋さんのチャールス・ベンハムがこのようなコマを売り出したことで有名になり「ベンハムのコマ」と呼ばれるようになった。実に 100 年以上も前からこのような現象は知られていたのである。この現象は錯視（目の錯覚）によって色がついて見えるという説明がされていたが、実際にはどのようにして色が見えているのか、詳しく分かってはいない。またこの色の見え方はコマのパターンや回転数、そして個人によっても異なり、今回、私たちはこの個人差に着目した。



(2) 研究目的

パソコンのモニター上に再現されたベンハムのコマの回転による錯視の個人差の目視化. また, そのデータから傾向を見つけ錯視に個人差が生まれる原因について調べること.

(3) 材料と方法

実物のコマだと回転数が安定しないので, 私たちは図2の動画

(http://www.michaelbach.de/ot/col_benham/. より引用) を使用することにした. この動画はコマの回転する様子を再現したものであり, 回転数を0~10.0rpsまで調節することができる. 今回は, 班員全員が色をはっきりと見えた3.03rps, 5.04 rpsの2パターンで実験を行った. (rpsとは一秒間に何回転するか, を表す単位のこと.)

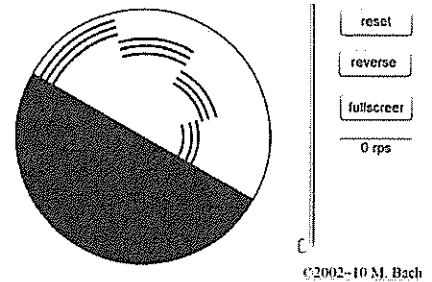
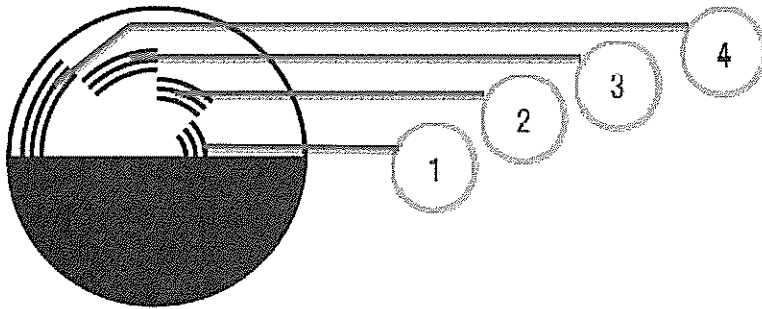


図2

また, 色の見えた層部分を内側から第1層, 第2層, 第3層, 第4層とした.



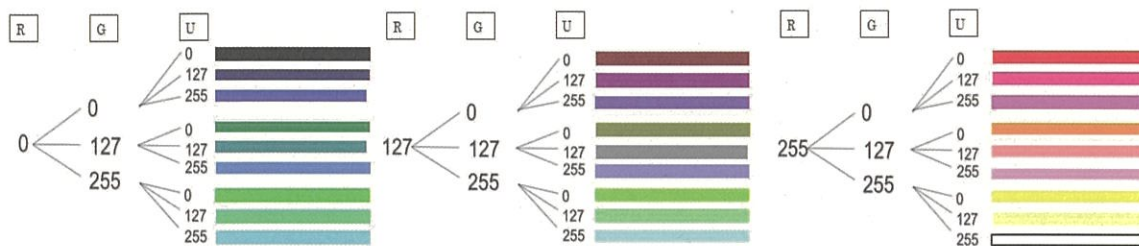
横山氏によると蛍光灯の光の下で見えた色は錯覚ではなく蛍光灯の光が反射して見えた色ということなので, 実験に使うパソコンを一定にして, 段ボールで周りを囲み, 光の侵入をできる限り抑えることにした. ¹⁾



色においては Windows 内のフリーソフトのペイントの色見本を 27 色に絞ったものを実験の色見本として使用する。全ての色を赤 (R), 緑 (G), 青 (U) (以下 R, G, U とする) の量で決めることができ

0~255 の数値で調整することができる。例としては R, G, U が 0, 0, 0 とすると黒色, 255, 255, 255 とすると白色になる。

今回は 0, 間の 127, 255 の組み合わせによって色を 27 色の色見本を作ることにする。



















組み分け方はこのようにした。











(4) 実験結果

班員 4 人で調べたとき見えた色は以下の結果になった。

3. 03rps のとき

班員/層	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目
大友	 2 2	 5	 2	 1
本郷	 1 3	 1	 1	 1
今野	 1 3	 1	 1	 1
笠原	 2 5	 1 6	 2 4	 1

5. 04rps のとき

班員/層	1層目	2層目	3層目	4層目
大友	 2 2	 5	 5	 2
本郷	 1 0	 4	 1	 1
今野	 1 6	 1 4	 1	 1
笠原	 2 5	 1 6	 2 4	 1

この結果から、3. 03rps のとき第1層目では茶系統が多く見られ、第2層では色を認識できない人も見られる。また、5. 04rps のときは3. 03rps のときと比べ見える層が増え、第1層は茶系統、2層目以降は大きく個人差が見られた。

(4) まとめ

色見本を利用したことで班内だけでも明確に個人差があることを提示できた。

今後の課題は、さらに多くのデータを収集しグラフ化して傾向を見つけることである。

(5) 参考文献

- (1) http://www.michaelbach.de/ot/col_benham/. from “Visual Phenomena & Optical Illusions”
- (2) 論文 ベンハムのコマ(色が見える条件と理由について) <第47回静岡県高等学校生徒理科学研究発表会 最優秀賞>
- (3) <http://www2.tokai.or.jp/seed/seed/minna7.htm> ベンハムとこま 実験と考察
みんなの実験室7 横山玲子¹⁾

沼干しが及ぼす環境への影響

生物班 小平裕介 山際友紀 笹原慧哉 及川優香 武藤夏澄

宮城県仙台三高等学校

沼干しの効果としては外来生物の駆除や底質の酸化による泥の腐敗防止などがあるということが知られている。一方で、一般的な森林に囲まれた山あいの湖沼では落葉・落枝の堆積による難分解性有機物 (DOM) の蓄積が問題になっている。そこで、沼干しの効果には水中の DOM の量を減らす効果があるのではないかと仮説を立て、2つの実験を行い、沼干しの影響を検証した。1つ目は近隣のため池 (ホタル沼) の環境を水槽で再現した。沼干しの条件を再現する水槽の他に、沼干しの影響を比較するために、何も手を加えない水槽と曝気する水槽、計3つのモデルを用いて、それぞれの有機物量などを測定した。2つ目は採水法とクロロフィル定量法を用いた、各水槽の生物相の観察と生物に含まれるクロロフィル a, b, c の量を測定した。以上の結果から、沼干しには DOM を徐々に減少させることが分かり、生物の減少から好気的な環境で硝化細菌による硝化作用で硝酸イオンが増加したのではないかと新しい仮説が得られた。

1. はじめに

三高周辺にはホタル沼と呼ばれる沼がある。先輩方の先行研究により、沼の水中に DOM (難分解性有機物) の存在が明らかになった。DOM とは化学的には分解することができるが、生物によっては分解されにくい有機物であり、DOM が増えると有機汚濁 (濁り) の原因になる。有機汚濁には、景観が損なわれたり、遷移が進み沼の形態が保てなくなったり、嫌気的な環境の形成、水道水源の湖水水質への影響、生態系への影響がある。また、DOM は好気的な環境でより分解されることが知られている。

研究開始直後、地震の影響で沼の水がすべて抜けてしまい、底質に大量の泥を発見した。私たちは、その泥が有機汚濁の原因になっているのではないかと考え、村松先生¹⁾ のアドバイスから、古くから池や沼の環境維持に用いられてきた沼干しによって DOM を減らし、有機汚濁を改善することを目的に研究を行った。

沼干しとは沼の水を一度すべて抜いて、水草を除去したのち、一定期間沼の底質を天日干しにすることである。一般的な効果としては、外来生物の駆除や底質の酸化による泥の腐敗防止、富栄養化の防止などがある。沼干しによる DOM の増減は分かっていない。(ホタル沼はもともと稲作に必要な貯水池として使用されていたので、その頃は農家の人の手によって管理されていた。)

今回,DOM は COD (化学的酸素要求量) -BOD (生物化学的酸素要求量) の値とした.

※本研究で用いる水質指標²⁾

DO (溶存酸素) [mg/L], BOD (生物化学的酸素要求量) [mg/L], COD (化学的酸素要求量) [mg/L], pH (水素イオン濃度) を測定した.

また, 本研究における DOM (難分解性有機物) [mg/L] は生物が分解できる量を超えて, 分解できずに残ってしまった有機物とする. これは COD と BOD の差より求められる.

2. 材料と方法

実験1 ホタル沼モデルを用いた DOM 量の比較

60 cm×30 cm×45 cm水槽を準備し, 3つの実験区

表1: 各実験区の条件

(A, B, C) を作った. 3つの水槽それぞれにホタル沼から採取した底質の泥 5 cm を移植し, 表1のような条件を与えた. エアレーションは市販のポンプ

	泥	エアレーション	沼干し
A	○	×	×
B	○	○	×
C	○	×	○

を用いて, 24時間行った. 沼干しの方法は, 水を入れずに一か月間, 天日にさらし放置し, その後純水を加えた. そして, 月に1度, 各水槽の BOD, COD の値をデジタルパックテストで測定し, DOM (COD -BOD) を求め, それぞれの水槽の DOM 量の比較を行った. 同時に pH, 水温, DO の値も検測した.

実験2 クロロフィル定量法を用いた生物相の観察

水槽設置1か月後より, 採水法³⁾により生きたままの藻類を観察した.

それと同時に『アセトン抽出法』⁴⁾を用いる. 最初にサンプルの水を 250mL 以上採取し, メスシリンダーで正確に 250mL を量り取る. 次に 100mL のガラスシリンジとガラスフィルターを用いてサンプルの水 250mL を全量ろ過する. そしてろ過に用いたろ紙を乳鉢に入れ, 90%アセトン 10mL を少しずつ加えながらろ紙を磨砕し, 乳液状にして試験管に移す. このときアセトンの揮発を防ぐために, 試験管にはパラフィルムで蓋をすること. その後冷暗所で2時間放置し, クロロフィルの抽出を行う. 2時間後試験管を取出し, ガラスシリンジ 20mL にフィルタユニット (使い捨て) を取り付け, 試験管のクロロフィル粗抽出液を全量入れてろ過を行い, ろ液を 3mL 程度石英角セルに

入れる。最後に吸光光度計によって吸光度を求めて、クロロフィル a, b, c の定量を行った。

以上の作業を A~C のサンプルすべてで行ったら、吸光光度計によって吸光度を求める。まず吸光光度計の波長を 750nm にセットし、ABS モードを選択する。次にセルホルダー手前から奥にブランク、抽出液 A, B, C の順にセットする。試料室の蓋を閉じ、数値の変動が落ち着いたら「100%ABS」キーを押す。その後セルスライダーを動かして抽出液 A をセットし、数値の変動が落ち着いたらその数値を記録する。同様に抽出液 B, C も測定し記録する。数値の記録が終了したら、波長を 663nm, 645nm, 630nm に変更し、同様の作業を行う。

最後にクロロフィル量の計算をする。サンプル量 $V[L]$ 、ろ過したクロロフィル粗抽出液量 $x[mL]$ 、吸収セルの長さ $L[cm]$ とすると、クロロフィル a, b, c の量はそれぞれ

$$\text{Chl. a}[\text{mg chl. a/L}] = (11.64E_{663} - 2.16E_{645} + 0.10E_{630}) * x / V * L / 1000$$

$$\text{Chl. b}[\text{mg chl. b/L}] = (20.97E_{645} - 3.94E_{663} + 3.66E_{630}) * x / V * L / 1000$$

$$\text{Chl. c}[\text{mg chl. c/L}] = (54.22E_{630} - 14.81E_{645} + 5.53E_{663}) * x / V * L / 1000$$

E_{663} , E_{645} , E_{630} は波長 663nm, 645nm, 630nm における吸光度か波長 750nm の吸光度をそれぞれ差し引いた値である。今回測定したクロロフィル量は、上記の計算式に各波長で測定した吸光度を代入して値を求めた。

3 結果と考察

実験 1 ホタル沼モデルを用いた DOM 量の比較

[結果 1]

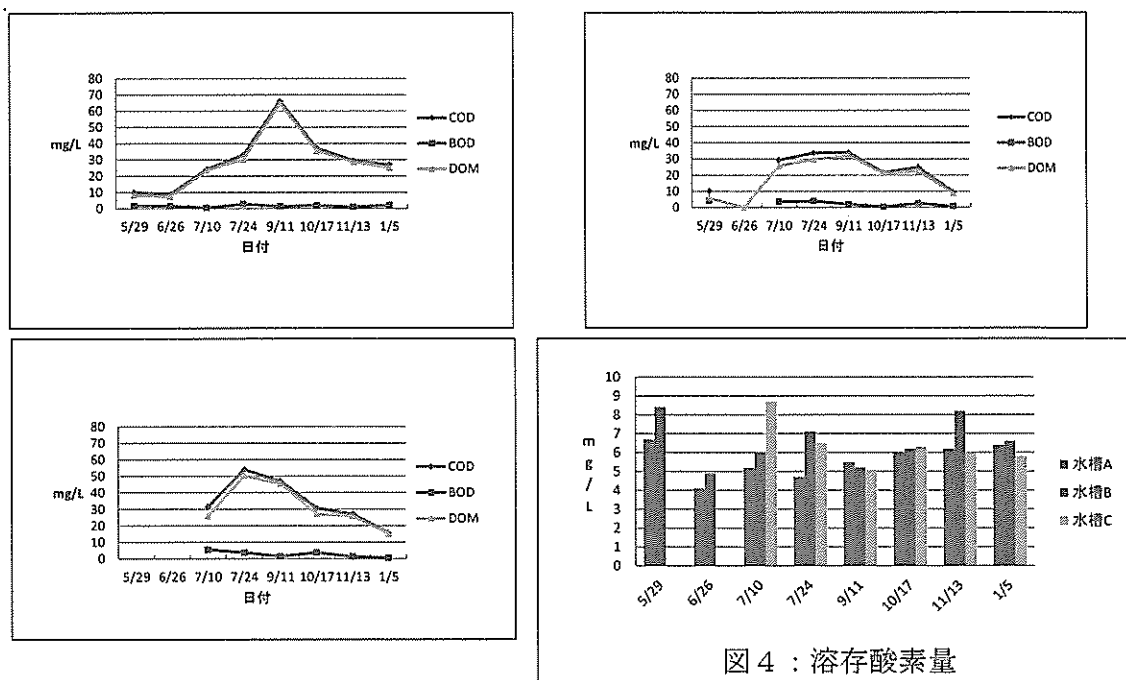


図 4 : 溶存酸素量

[考察 1]

図 1～4 は水槽 A, B, C, の COD, BOD, DOM の月ごとのデータをグラフ化したものである。

A は図 1 より実験開始から 9/11 まで DOM が増加している。B は図 2 より一時 DOM が増加したものの、それ以降 DOM の激しい増減は見られなかった。沼干しを行った C では水を入れた直後は泥に含まれる DOM が水中に溶けだし値が増加したが、すぐに DOM が減少していく傾向にあり、最終的には値が A の半分程度になり、B に近づいた。また、図 4 より、B, C は A と比べ好気的な環境になっていることが分かる。よって、沼干しには好気的な環境を作り出すことができ、DOM を減らす効果があることが分かった。

実験 2 クロロフィル定量法を用いた生物相の観察

[結果 2]

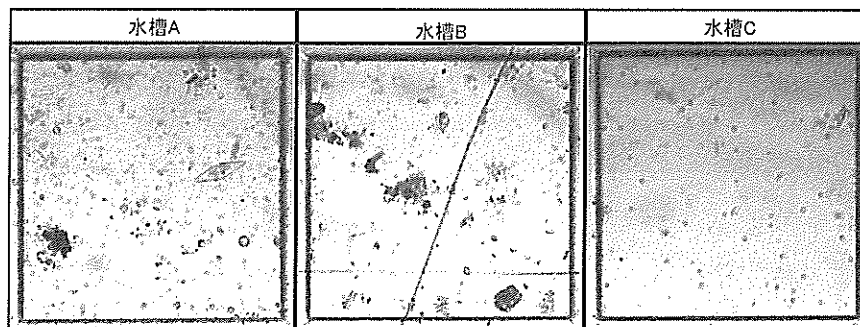


図 5 : 12/4 の採水法を用いた各水槽の顕微鏡写真

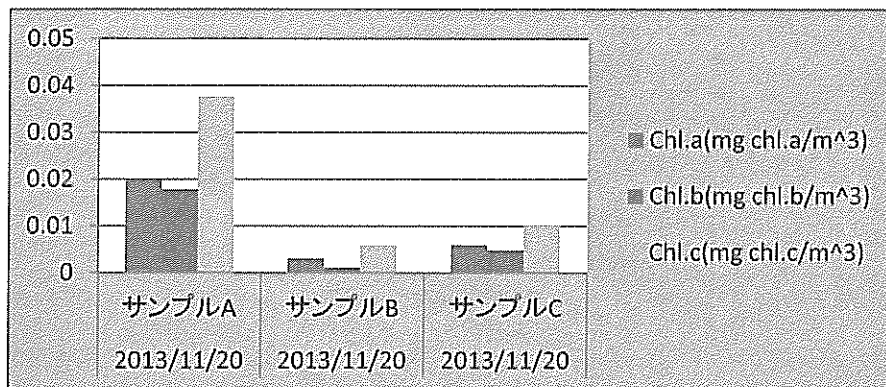


図 6 : クロロフィル定量法の結果

- クロロフィル a : 全ての藻類に含まれる
- クロロフィル b : 緑藻, ミドリムシ藻, コケ・シダ, 種子植物に含まれる
- クロロフィル c : 褐藻類, ケイ藻類に含まれる

[考察2]

図5, 6よりAにはケイ藻類の他,多くの生物相を確認することができた。B,CではAと比べ生物量が少ないことが確認できた。Aのみに生物が増加したのは,図4より嫌気的な場所で活発になる窒素還元細菌が増殖し,藻類の栄養となるアンモニウムイオンが水中に増加したことが原因であると予測した。B,CではAと相対的に好气的であったため,硝化細菌により生物にとって栄養となりにくい硝酸イオンが増加したためだと考えられる。

4 結論・まとめ

大堤沼と水槽では規模に差が大きいことや,ファクターが多いことで水質の変動がみられたが,今回の実験でCでのDOMの減少が見られた。したがって,沼干しは水中のDOMを減らす影響があり,好気的な環境を作り出せることが分かった。これにより,有機汚濁を改善することができる。また,好気的な環境で硝化細菌が増加したと考えられ,生物量がAと比べて少ないことが確認できた。今後は,無機窒素化合物・藻類・DOMの3者の相関関係を研究していきたい。

5 参考文献

- 1) 村松隆教授 宮城教育大学
- 2) 自然の浄化力を活用した新たな水質改善手法に関する資料集(案) 国土交通省河川局河川環境課
- 3) 株式会社 共立理化学研究所
- 4) クロロフィル・カロテノイド定量方法(DMF抽出法) 筑波大学HP
- 5) 新編 湖沼調査法 西條八東・三田村緒佐武

宮城県内で採集したミカヅキモの単離と分類

鈴木沙也香 工藤由佳

宮城県仙台第三高等学校

ミカヅキモは陸上植物に最も近縁な単細胞生物であり、植物の進化を考えるうえで重要である。我々は情報のない宮城県のミカヅキモを単離して、形態の記録と分子系統解析を行うことを目的とした。宮城県内の水田からミカヅキモを単離し、培養、形態の観察と計測、核の 18SrRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンの塩基配列と解析を行った。単離した TM01 株は、細胞が湾曲し、ピレノイドが一行に並んでいた。PCR 増幅断片から 476 塩基の配列が得られ、アメリカインディアナ州で単離された *Closterium moniliferum* の UTEX1401 株と 98%一致した。

はじめに

ミカヅキモはシャジクモ綱に属する陸上植物に最も近縁な単細胞生物で、植物の進化を考えるうえで重要である。その種は 500 種程度だと言われている。通常は無性生殖である分裂で増えるが、生活環境が悪化すると有性生殖である接合を行う。ミカヅキモの有性生殖の様式には、3つのタイプが知られている。クローンの細胞同士によるホモタリックな接合と、+株と-株の細胞間で行われるヘテロタリックな接合、および単独の細胞で休眠胞子を形成する単為生殖である。ミカヅキモを用いて、接合に着目した生殖隔離・種分化の研究が行われている。また、宮城県で単離された系統株で保存・公開されているものではなく、DNA データベースにも登録がない。

そこで我々は、宮城県内で採集したミカヅキモを単離培養して形態的特徴を記録し、Denbohらの方法により、核の 18SrRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンの領域に着目して分子系統解析を行うことを目的とした。

材料と方法

(1) 採取と単離培養

ミカヅキモは宮城県登米市佐沼、大和町、大崎市鹿島台の 3 か所の水田や用水路から採集した(図 1)。採取した泥や水を実体顕微鏡で観察し、発見した個体をピペットで単離した。細胞は藻類培養多目的培地を用いて 20℃、白色光の明暗周期 (12 h / 12h) で培養した。

(2) 形態的特徴の記録

ミカヅキモの形態は、全長とピレノイドの数や並び方、および細胞全体の湾曲の程度などに着目をして記録を行った。

(3) 分子系統解析

① DNA 抽出と塩基配列決定

単離培養したクローン株をマイクロチューブに集め、ドライアイスで冷却しながら

破砕し、DNA を抽出した。Denboh らの方法に従い、核 18SrRNA 遺伝子 1506 グループ 1 インترونを含む領域（図 2）について PCR で増幅を行った。電気泳動で確認後、増幅 DNA 断片を含む溶液にプライマーを混合し、DNA 解析サービスを利用して塩基配列の決定を行った。

③ 分子系統解析

得られた PCR 増幅 DNA 断片の塩基配列を確認後、相同性の高い塩基配列を検索し、DNA データベースから入手した。得られた複数の塩基配列について分子系統樹を作成した。

結果

(1) 単離株

Closterium moniliferum, *Closterium ehrenbergii*, *Closterium acerosum* と考えられるものと、形態的特徴からは種が判別できなかった数種が採取された。

大和町で採取した、形態から *Closterium moniliferum* と考えられるものを単離し、TM01 株とした。特徴は、全長が $278.8 \pm 2.6 \mu\text{m}$ ($n=77$) であり、ピレノイドが一行に並んでいて、細胞が湾曲していた（図 3）

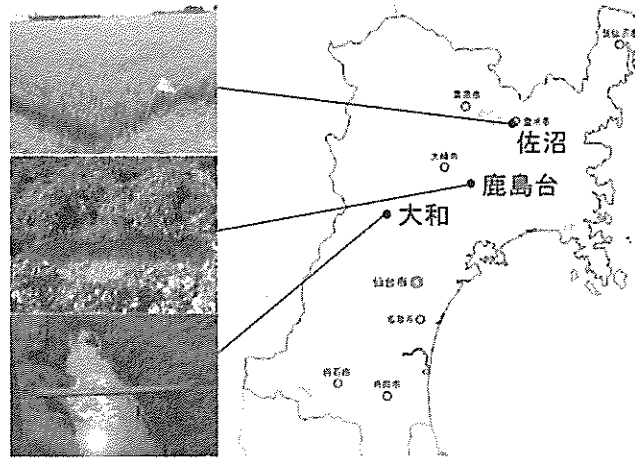


図 1 採集地

核 rRNA 遺伝子 (*C. ehrenbergii* KK-33-1 株)

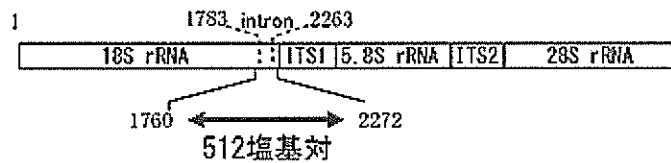


図 2 PCR 増幅領域

(2) TM01 株の分子系統解析

TM01 株の PCR 増幅断片 476 塩基の配列が得られた。検索システムで同性的のある塩基配列を調べたところ、アメリカインディアナ州から単離された *Closterium moniliferum* の UTEX1401 株と 98%、京都から単離さ

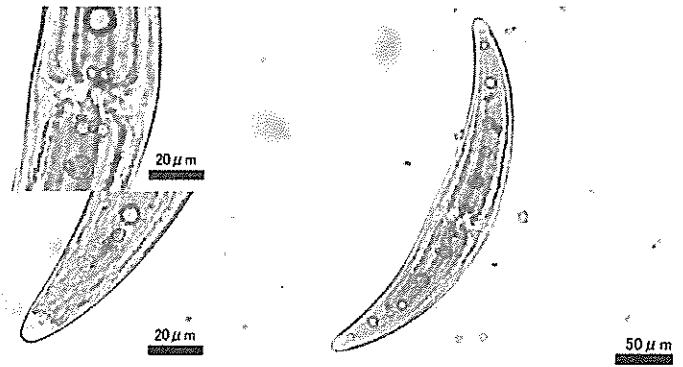
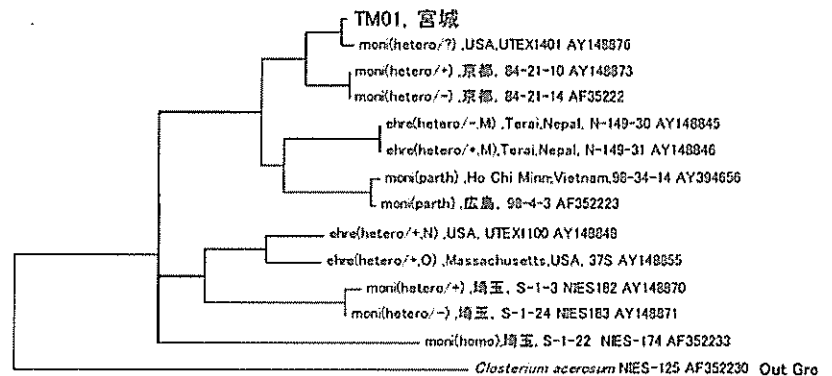


図 3 TM01 株

れた *Closterium moniliferum* の 84-21-10 株, 84-21-14 株と 91%一致した。これらの系統株の接合型はヘテロタリックであった。

(3) TM01 株の分子系統解析

TM01 株と相同性が高く、核 rRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンを含む塩基配列を DNA データベースから得て、TM01 株を加えて分子系統樹を作成した (図 4)。



考察

(1) 単離株

単離された株の中には用いた培養条件では増えにくいものもあった。培養温度、光強度、培地の組成を複数用意して最適な培養条件を調べることで、さらに新たな系統株を単離できる可能性がある。

(2) TM01 株の分子系統解析

① TM01 株の同定

分子系統解析の結果から、TM01 株は *Closterium moniliferum* ありと考えられ、形態的な特徴から判断される種と一致した。

② TM01 株の接合型

分子系統樹から推定すると、「TM01株ヘテロタリックな接合を行う」という新たな仮説を立てられる。ヘテロタリックな接合を行うのであれば、採集地には対をなす性の個体が存在するはずであり、採集地から多数の株を単離して接合試験を行う必要がある。さらに接合型が調べられている保存株との接合試験を行うことで、TM01株の接合型と性を明らかにできる可能性がある。

③TM01株の系統解析

TM01株は、埼玉県や京都府で単離された株よりもアメリカのインディアナ州から単離された UTEX1401株に遺伝的に近いことがわかった。このことは、共通の祖先から分岐したのち、遠距離を移動した可能性が考えられる。

また、TM01株がヘテロタリックな接合を行うタイプであれば、対になる性の系統株を確立したのち、UTEX1401株や、京都から単離された 84-21-10株、84-21-14株との接合試験によって、生殖隔離が起こっているかどうかを検証することは重要な課題である。

WEB 図鑑の公開

ミカヅキモは小中学校の教科書にも取り上げられるポピュラーな単細胞生物である。しかし、種にはラテン語の学名だけで和名がなく、わかりやすい小中学生向けの WEB ページがないので、本研究の成果の一部を WEB 図鑑として試験的に公開した

(<http://ssh-sensan.myswan.ne.jp/mikazuki/>)。

参考文献

- 1 月井雄二, 淡水微生物図鑑～原生生物ビジュアルガイドブック～, 誠文堂新光社, 2010.
- 2 Tsuchikane, Y., Sato, M., Ootaki, T., Kokubun, Y., Nozaki, H., Ito, M., Sekimoto, H. (2010)

Sexual processes and phylogenetic relationships of a homothallic strain in the *Closterium peracerosum-strigosum-littorale* complex (Zygnematales, Charophyceae). J. Phycol. 46: 278-284.

- 3 Denboh, T., Ichimura, T., Hendrayanti, D., Coleman, A. W. (2003)

Closterium moniliferum-ehrenbergii (Charophyceae, Chlorophyta) species complex viewed from the 1506 Group I intron and ITS2 of nuclear rDNA. J. Phycol., 39, 960-977.

SEM による緑青の結晶観察

安部みなみ 関匝鈴華 土井世莉菜

宮城県仙台第三高等学校

緑青というのは、銅の表面に生成される錆の被膜のことである。この緑青という錆は空気中の二酸化炭素、水、そして銅が反応することで生成される。我々はこの緑青に注目し、緑青の形態から結晶の成長過程を明らかにするのを目的に、電子顕微鏡を用いて結晶構造を観察することにした。塩化ナトリウム水溶液と銅との反応で生成した緑青を観察した結果、正八面体の結晶が観察された。また、塩化ナトリウム水溶液の濃度がある程度高くなると、正八面体の結晶が集まり球体構造を形成することがわかった。

はじめに

緑青は湿った条件下で、酸素、二酸化炭素及び水分が銅と反応することによって銅の表面にできる酸化被膜である。銅の表面に同化するように密着する酸化被膜は、水に溶けることも、お湯にも溶けることもない。生成方法も他のものに比べれば容易であるため、回数を重ねて実験するという点において適している。しかし緑青の結晶構造を文献から明らかにすることは出来なかった。我々はこの緑青に注目し、緑青の形態から結晶の成長過程を明らかにするのを目的に走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて緑青の結晶構造を観察することにした。

実験 I

どの錆が生成しやすいかを調べるために、数種の金属に対して錆の形成実験を行った。用いた金属は、銅、鉄、ニッケル、亜鉛の 4 種である。

実験方法は、まず、ビーカーに塩化ナトリウムと純水を入れ、塩化ナトリウム水溶液をつくる。これを 10mL ずつピペットでとり 4 つのシャーレに入れた。ここにそれぞれ金属板を入れ、一週間放置した。その結果、銅以外の金属表面には肉眼で錆を認められなかった。

よって、錆の生成しやすい銅を実験対象として用いることにした。

実験Ⅱ

実験 1

実験 1 では、塩化ナトリウム水溶液の濃度によって緑青の結晶がどのように成長するか調べるため、純水、塩化ナトリウム、ピペット、はかりを用いて濃度が 5, 10, 15, 20, 25% の塩化ナトリウム水溶液を用意し、そこに銅板を入れて 7 日間放置した。放置した後生成された緑青を、SEM を用いて観察した。

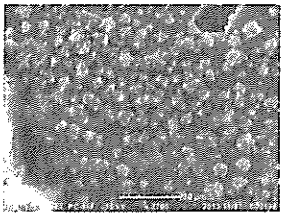
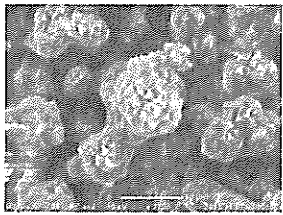

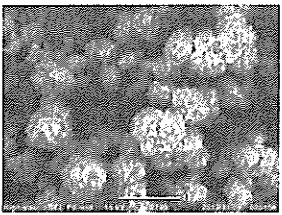
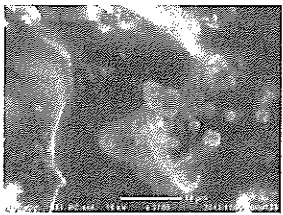
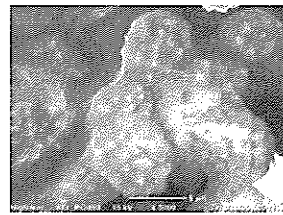
実験 2

実験 2 では、時間経過によって緑青の結晶がどのように成長するか調べた。実験 1 と同様に、5, 10, 15, 20, 25% 濃度の塩化ナトリウム水溶液を用意する。そして、シャーレに置いた銅板に霧吹きで塩化ナトリウム水溶液を吹きかけ、翌日、SEM で緑青を観察する。観察した試料に再び塩化ナトリウム水溶液を霧吹きで吹きかける。この操作を 5 日間続け、緑青の成長過程を観察した。銅板を塩化ナトリウム水溶液に浸けないで霧吹きで吹きかけることにした理由としては、銅板を空気と触れやすくし、緑青の成長を促すためである。

結果

実験 1

25% 以外の銅板には緑青が見られ、SEM で観察したところ、正八面体の結晶が見られた。また、15, 20% の銅板にできた緑青の結晶は正八面体が集まって球体をなしているものも見られた。(表 1)

濃度	5%	10%	15%
結果			
濃度	20%	25%	発達途中 (15%)
結果			

実験 2

10%の銅には緑青が少し見られたが、食塩の結晶が多かったため、ほとんどの銅があまり緑青を観察できなかった。(表2)

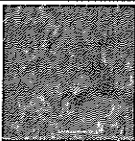
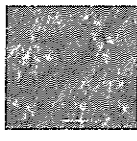
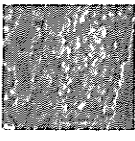
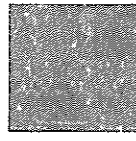
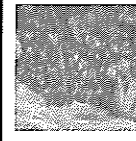
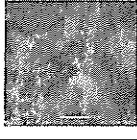

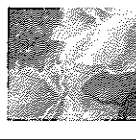
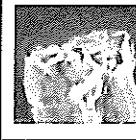
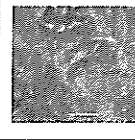
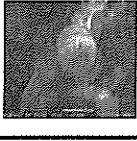
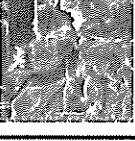
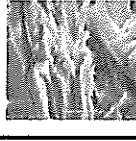

	5%	10%	15%	20%	25%
1日目					
2日目					
3日目					
4日目					
5日目					

表2 時間に伴う緑青の成長過程 (SEM 画像)

考察

実験 1

緑青の結晶は正八面体であり，さらに成長すると正八面体の結晶が集まった球体構造となる．また，25%の銅板に緑青ができなかった理由としては，塩化ナトリウム水溶液の濃度が高すぎたためと思われる．

実験 2

緑青の結晶ができなかった理由としては，霧吹きで塩化ナトリウム水溶液を吹きかけたため水がすぐに蒸発し，塩化ナトリウム水溶液の濃度が高くなってしまったからと思われる．

今後の課題

時間の経過に伴い，どのように緑青の結晶成長が行われるのかを詳細に観察していきたい．

緑青は，結晶構造が明らかではなく，結晶構造と結晶形態の関係を解明することは難しい．緑青の結晶構造を明らかにするか，結晶構造の明らかな物質を用いて，結晶構造と結晶形態の関係を解明していきたい．

参考文献

化学図録 数研出版
化学大辞典 9 共立出版株式会社

カオス現象のコンピューターシミュレーション

島山遼 後藤圭 餘目譲太

宮城県仙台第三高等学校

カオス現象の特徴である初期値鋭敏性に着目してカオスについて調べた。コンピューターを使ってローレンツアトラクタについて調べ、初期値鋭敏性によりグラフがどのように変化するのかを観察した。グラフの初期値を変更して描画をしたり、グラフをある断面で切り取った図を画像として出力するなど、さまざまな視点からデータをとった。今後も、さらにデータを取り、考察する視点も変えながら、研究を続けていくつもりだ。

はじめに

カオス現象は二重振り子や、自然界での葉の落ち方などが存在するが、私たちは分析が再解析が可能のため、比較的解析が容易であるコンピューター上で扱うローレンツアトラクタを研究対象に選んだ。

北海道大学大学院情報科学研究科の講義ノート⁽¹⁾によれば、カオスは物理学、数学、生物学や経済学などの社会科学、工学など非常に広範な分野で研究されている。カオスの応用研究が進めばそれらの分野での新しい発展が望めるだろう。そこでまずカオス現象の原因となる性質、初期値鋭敏性に着目し、コンピューターシミュレーションを用いてストレンジアトラクタを描くことでカオスを調べることにした。

方法と研究

ストレンジアトラクタを描くためには、既にカオス的なふるまいをすると知られている運動等の関数や方程式を用いる必要がある。そこで私たち

が使用した方程式が、ローレンツ方程式である。この方程式は空気の対流の方程式から導出された、カオス的なふるまいを示す微分方程式である。

この方程式において $p=10$, $r=28$, $b=8/3$ と初期値を設定すると、二つの収束する点を持つ、ロ

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -px + py \\ \frac{dy}{dt} &= -xz + rx - y \\ \frac{dz}{dt} &= xy - bz\end{aligned}$$

図1 ローレンツ方程式

ローレンツアトラクタを描くことが知られている。グラフを描くためには方程式を既知の形の関数に変形させ、その関数の特徴を利用して描くのが一般的であるが、コンピューターは微分方程式を与えられた形のまま解くことが出来ない。したがって、まずはコンピューター上で微分方程式を解くためのプログラムを作成し、そのプログラムを使用して求めた座標を gnuplot を使用して三次元空間にプロットした。なお、全描画にかかる微小時間 t を 0 から 9999 とする。

[実験 1]

初期値 p の等差によって描かれるローレンツアトラクタの違いについて調べた。 p の値が 10.0, 10.1, 10.2, 10.3, ..., 10.9 の場合として 10 個描いた。

[結果 1]

図 2 が結果である。全ての初期値でローレンツアトラクタが形成されたが、アトラクタの軌道はほとんどが重なっていることが読み取れる。

[考察 1]

ローレンツアトラクタが全て似通った形で形成されたということは、カオスの持つ初期値鋭敏性と矛盾するように考えられる。これ

はおそらく、値自体の大きな変化は起こっているが、アトラクタに値が収束し図形が重なってしまうために、結果として描く図形は似通ったものになってしまったのではないかと考えられる。

[実験 2]

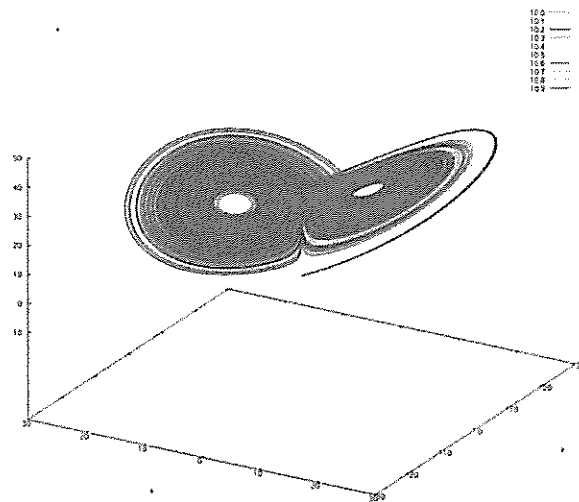


図 2 実験 1 結果

実験 1 で形成された 10 個それぞれの図形において、Z 軸近傍の $t=0$ の最初の点と、 $t=9999$ の終点だけを取り出したものをプロットする。

[結果 2]

結果を最後のページに示す。最初の点はほぼ同じだが、最後は全ての点がバラバラの位置に移動したことが読み取れる。

[考察 2]

仮説通り、値自体の変化は起こっていることが分かった。したがってまず、私たちは初期値鋭敏性を確認できたと言える。次に私たちはローレンツアトラクタの描画過程に着目した。

[実験 3]

ローレンツアトラクタの描画過程をアニメーションで再現、結果が異なっていく様子を調べた。

[結果 3]

再現した描画過程の一部を最後のページに示す。

[考察 3]

実験結果の一部を抜き出したものだが、図に示した時点まではほぼ同じ軌道を描いていたグラフが、図に示した時点からは変化の仕方を大きく変える、という事が分かった。

まとめ・結論

カオス現象とは、避けられない初期値の誤差が時間経過によって無視できないほど大きな変化を起こすため、長期の未来予測が不可能な現象を指す。私たちはその原因である初期値鋭敏性を確認し、変化の仕方が変わることも確認することができた。

プログラミング技術の習得に時間を費やしてしまい、カオス現象について理解を深める時間が確保できずに終わったが、今後は習得したプログラミング技術をすぐに生かせるため、様々な面からカオス現象に取り組んでいきたい。

参考文献

(1) 北海道大学 大学院情報科学研究科 講義ノート

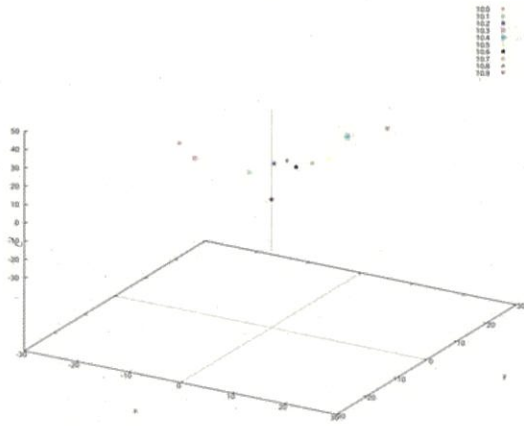


図3 実験2結果

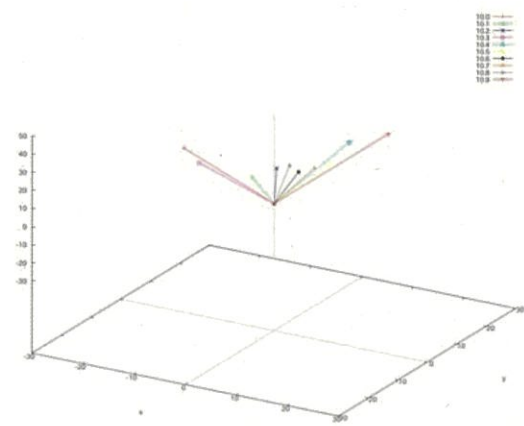


図4 実験2結果

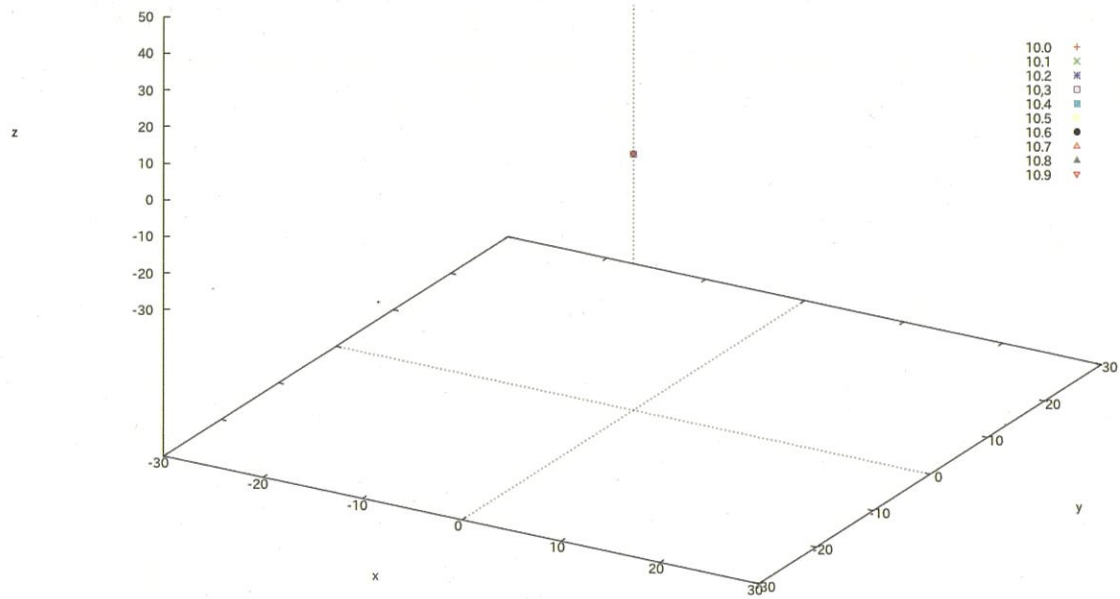


図5 実験3結果

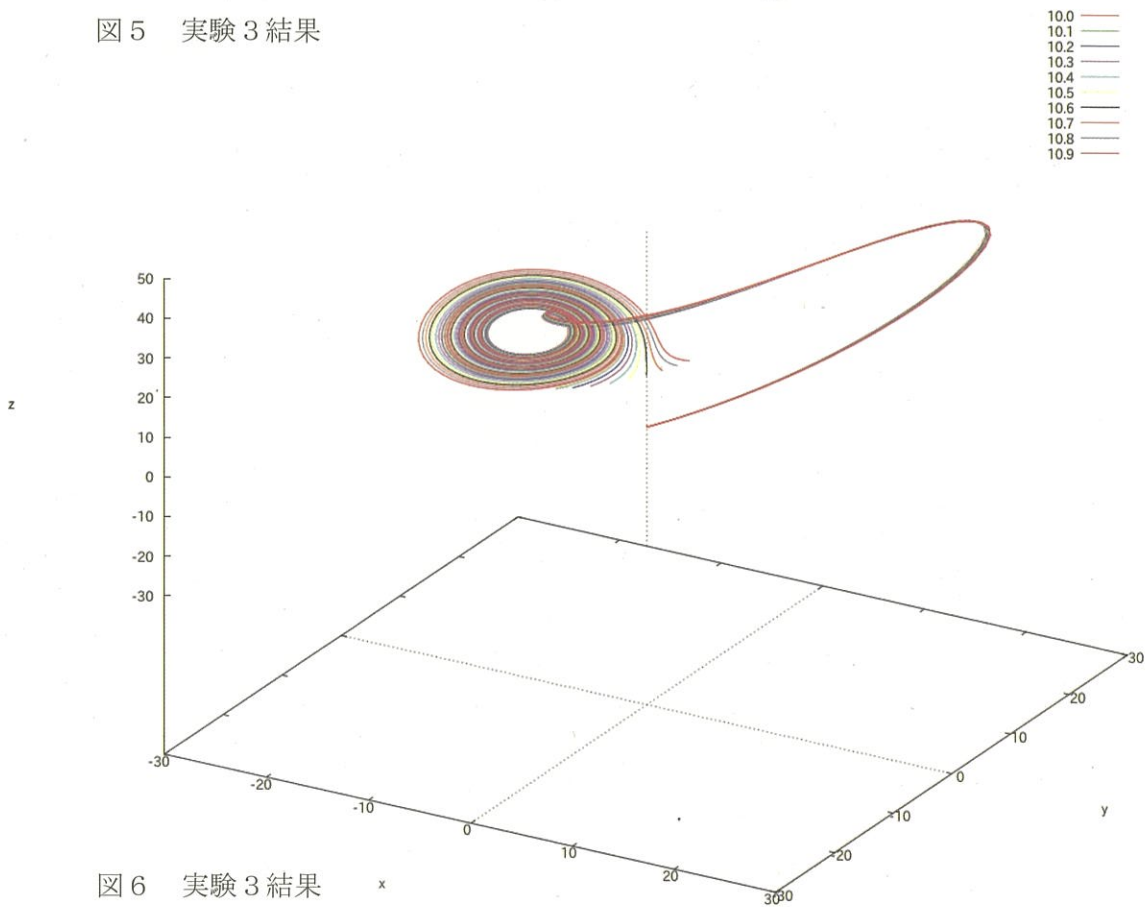


図6 実験3結果

触媒反応のシミュレーション

鎌田 真帆 塚田 智也 土屋 薫平

宮城県仙台第三高等学校

プラチナを触媒とした一酸化炭素の酸化反応についてのコンピューターシミュレーションモデルに ZGB モデルというものがある。我々は ZGB モデルを再現し、その触媒反応について調べた。また、それを基にシミュレーションの施行条件を変えて、反応の結果がどのように変化するかを研究した。その結果、格子のマス数を変えたり、接触回数を変えたりすることで、グラフ上においてさまざまな変化を見せることが分かった。

はじめに

触媒とは、それ自体は変化しないが他の物質の化学変化を促進させる物質のことをいう。この反応全体のことを触媒反応という。Ziff, Gulari, Barshad の 3 人は一酸化炭素がプラチナの表面で酸化するという触媒反応を、2次元格子を用いモデル化した⁽¹⁾。これを ZGB モデルという。そこで私たちは彼らの研究を参考にしてプログラムを作り、コンピューター上でシミュレーションを行った。次に、その結果を基に様々な条件の下でシミュレーションを行った。実験 1 では触媒表面の縦横比だけを変え、実験 2 では縦横比を変えず大きさを変えた。また、実験 3 では接触機会を与える回数のみを変えた。これらをグラフ化し、どのようなグラフの変化があるかを調べて考察をした。

方法

条件として、触媒表面を 2 次元格子とする。空間の体積は考慮せず、常に気体が補充される。

シミュレーションの手順は以下の通りである。

一酸化炭素の分圧を 0.001 から 1 まで 0.001 ずつ変えていき、分圧の値それぞれにつき一酸化炭素と酸素が触媒表面に接触する

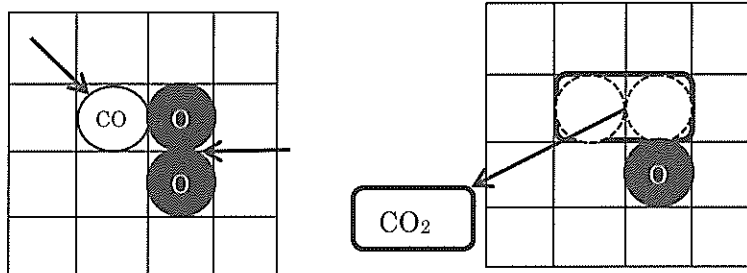


図 1 触媒反応モデルのイメージ

機会を格子の面積の 100 倍の数与える。この回数だけ乱数を発射し、乱数が分圧値以内であれば接触機会を得たものとする。接触機会ありのときは、格子をランダムで一つ選び、空白であれば接触する。1つの格子のみ必要とする一酸化炭素の場合は、そのまま触媒表面に吸着し、1つの格子を占有する。2つの格子を必要とする酸素の場合は、現在の空き格子の近傍から1つだけ格子を選び、その格子が空き格子かどうかを調べる。空き格子であれば触媒表面に吸着し、2つの格子を占有する。ここで、吸着した未反応の物質は離脱しない。物質が吸着したら、隣接した格子をランダムな順番で調べ、反応する相手が見つかったらただちに反応して二酸化炭素になる。生成した二酸化炭素はすぐに触媒表面から離脱する。

まずは触媒格子を 64×64 マス

の正方形とし、上記の条件で1回施行した。結果は図2である。グラフを見ると、値にぶれが生じている。値が急に変わるところが分かりにくいので、平均をとってグラフを描くことにした。

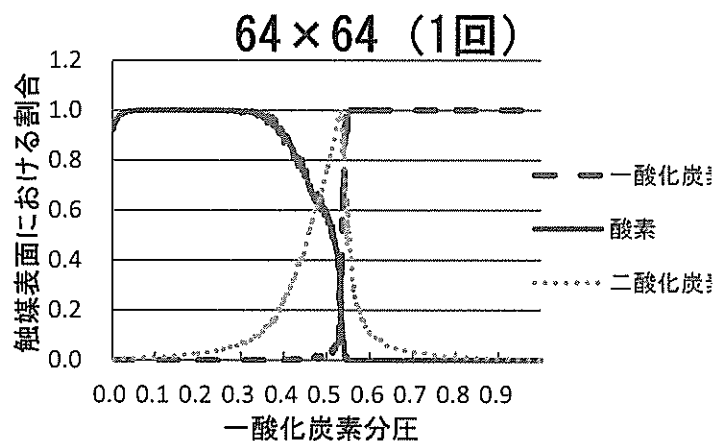


図 2

同プログラムを 50 回施行した

結果は、図3のようになった。グラフの線が滑らかになったので、これからはこのグラフを基にして実験を比較していく。また、他の実験も同様に 50 回の平均をとることにする。

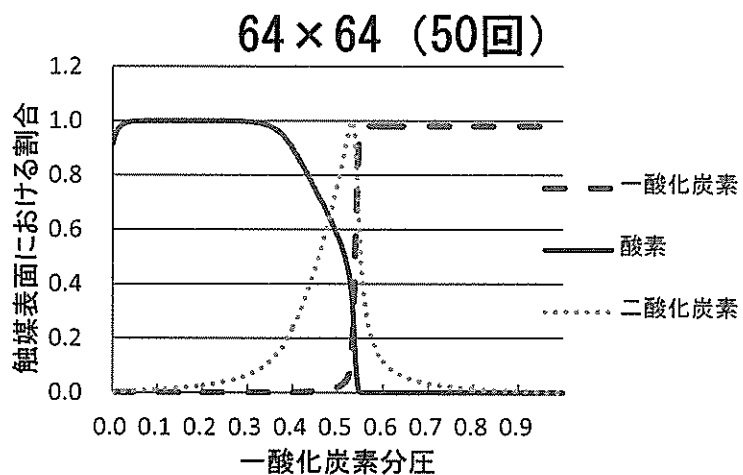


図 3

実験 1

触媒格子のマス数を図3の 64×64 から 32×128 に変えた。つまり、縦と横の比を 1 : 1 から 0.5 : 2 にした。その他の条件は同様である。

結果と考察 1

結果をグラフ化したものは図 4 である。図 3 と比べると酸素と二酸化炭素の触媒表面全体を占める割合の最大値が下がっていて、割合を足してもすべての分圧値において 1 に満たない。このことから空白のマスが多いことがわかる。これは長方形の形状によるものだと考えられる。

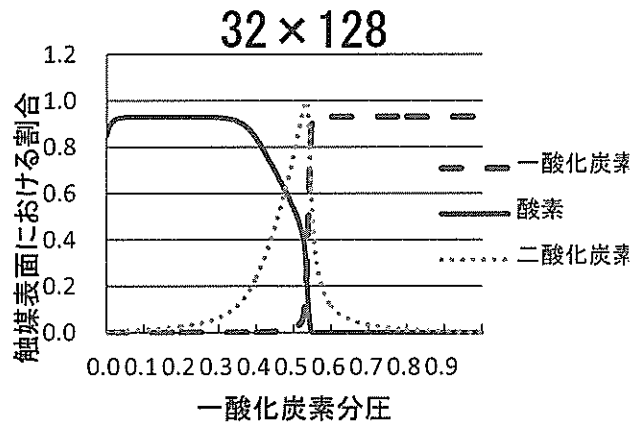


図 4

また、二酸化炭素の生成についてはほとんど変化がなかったことがわかる。

実験 2

触媒格子の縦と横のマス数を、縦横比を変えず変化させた。縦横 2 倍にしたものと、縦横 2 分の 1 倍にしたものの 2 つの実験を行った。その他の条件は変えない。

結果と考察 2

結果をグラフ化したものが図 5, 6 である。どちらのグラフも図 3 と比較して、あまり差が無いようにみられる。グラフを構成している値を見ても差はあまりない。このことから、縦横比が等しい四角形の面積の変化による触媒反応の変化はないということが考えられる。

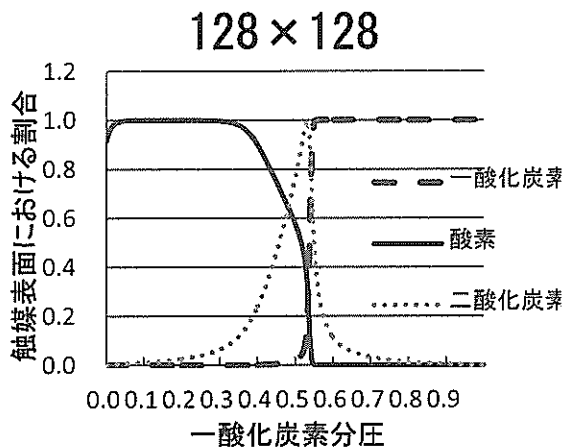


図 5

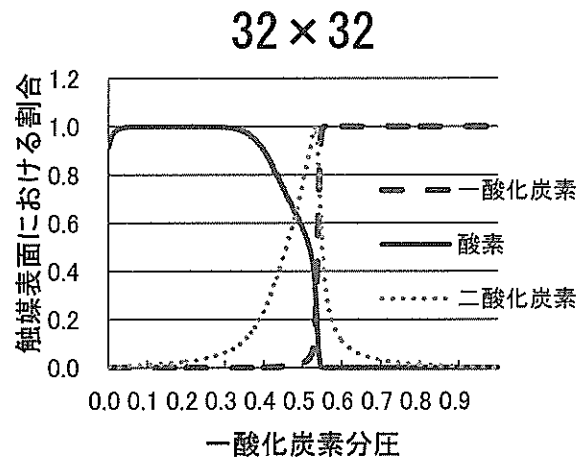


図 6

実験 3

接触機会を与える回数を 10 倍, 10 分の 1 倍に変える。格子の縦横比や面積などの他の条件は変えない。

結果と考察 3

結果は図 7, 8 である。図 3 と比べると、図 7 はグラフの値の変化が急になっており、図 8 は緩やかになっていることがわかる。また、図 7 は一酸化炭素分圧の低い時における酸素の割合が 1 に近い値になっている。これらのことにより、接触機会を増やすことによって、値の変化がより明瞭になり、正確な値が読み取りやすくなるようになると考えられる。

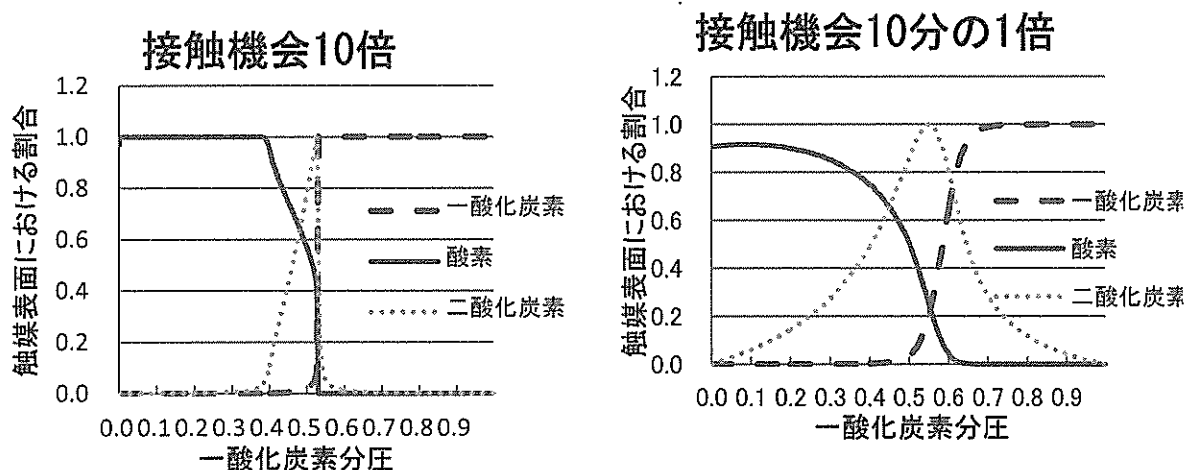


図 8

まとめ

以上の実験から、プラチナ格子の縦横比を変えず面積を変えても触媒反応に変化はなく、格子の形を変えると酸素や一酸化炭素が触媒を占有しなくなるが、二酸化炭素の発生には影響がないことが分かった。また、接触機会を与える回数を増やすことで明瞭なグラフが得られると分かった。今後の課題として、格子面積や接触回数以外の条件を変えることを試していきたい。

参考文献

- (1) Robert M. Ziff, Erdagon Gulari, and Yoav Barshad
Kinetic Phase Transitions in an Irreversible Surface-Reaction Model. 1986.

謝辞

岩手大学工学部 白井誠之教授には文献資料の提供をいただきました。ここに感謝の意を表します。

SSH特別課題研究（SSHクラブ）

宮城県内で採集したミカツキモの単離と分類

鈴木 沙也香 工藤 由佳

宮城県仙台第三高等学校 SSH クラブ生物班

要約

ミカツキモはシャジクモ綱に属する陸上植物に最も近縁な単細胞生物であり、植物の進化を考えるうえで重要である。宮城県産のミカツキモについて、公開されている保存株はなく、DNA データベースにも登録がない。本研究では、我々は身近な場所でミカツキモを単離して、形態的特徴を記録し、核 rRNA 遺伝子に着目して遺伝的解析を行い、系統分類の考察を行うことを目的とした。宮城県内の水田から水や土壌を採取し、パスツールピペットと実態顕微鏡を用いて細胞を単離し、藻類培養多目的培地で培養を行った。オリンパス社の光学顕微鏡計測システムで形態の観察と計測を行った。核の 18SrRNA 遺伝子グループ 1 イントロンを PCR で増幅して塩基配列を決定し、ソフトウェア MEGA5 を用いて解析を行った。単離した TM01 株は、細胞が湾曲し、葉緑体のピレノイドが一行に並んでいた。PCR 増幅断片から 476 塩基の配列が得られ、アメリカインディアナ州で単離された *Closterium moniliferum* の UTEX1401 株と 98%一致した。また、単離した SE01 株は、細胞が湾曲し、葉緑体のピレノイドが分散していた。PCR 増幅断片から 475 塩基の配列が得られ、神奈川県で単離された *Closterium ehrenbergii* の NIES-228 株と 100%一致した。TM01 株は形態的特徴と塩基配列から判断して *Closterium moniliferum* であり、アメリカのインディアナ州で単離された UTEX1401 株と近縁なことから、共通の祖先から分岐した後、地理的に遠くまで移動した可能性が考えられる。SE01 株は形態的特徴と塩基配列から判断して *Closterium ehrenbergii* であり、神奈川県で単離された NIES-228 株の塩基配列と完全に一致したことから、遺伝的に同一の集団が日本に広く分布している可能性が考えられる。

1 序論

ミカヅキモは小学校や中学校の教科書にも取り上げられており、単細胞生物としては大型で観察しやすく、水田や沼などの身近な環境から複数の種を見つけることができ、親しみやすい藻類である。

ミカヅキモはシャジクモ綱に属する陸上植物に最も近縁な単細胞生物であり、植物の進化を考えるうえで重要である。日本各地はもちろんのこと、世界中の湖や水田にミカヅキモは生息している。その種は 1000 種類以上報告されているが、実際は 500 種程度だと言われている。

ミカヅキモは、通常は無性生殖である分裂で増えるが、栄養がなくなるなどして生活環境が悪化すると有性生殖である接合によって増殖する。ミカヅキモの有性生殖の様式には、3つのタイプが知られている。分裂で増えた単一クローンの細胞同士によるホモタリックな接合と、雄と雌のような+株と-株の細胞間で行われるヘテロタリックな接合、および細胞が接合過程と同様の変化を起こしながら単独で休眠性の単為胞子を形成する単為生殖である。*Closterium moniliferum* では、ホモタリックな接合、ヘテロタリックな接合、単為生殖を行う系統株が単離されている。*Closterium ehrenbergii* では、ヘテロタリックな接合について複数の交配群が知られており、異なる交配群間では接合を行わないか、接合を行っても接合子が正常に増殖できない生殖隔離が報告されている。ミカヅキモを用いて、接合に着目した生殖隔離・種分化の研究が行われている。

Denbohらは、*Closterium ehrenbergii* および *Closterium moniliferum* について、核の 18SrRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンおよび ITS2 の領域に着目して分子系統解析を行い、これら 2 種が *Closterium moniliferum* のホモタリックな接合を行うタイプから多様化したと考えられることを報告し、両者を *Closterium moniliferum-ehrenbergii* 種複合体として捉えている。報告された分子系統樹では、分岐した同じ枝に *Closterium ehrenbergii* と *Closterium moniliferum* が混在する部分があり、形態的特徴による系統分類と一致しない。

分子系統解析に使われているミカヅキモは、野外から研究者が単離培養した系統株であり、その多くは 20~30 年前に採集されたものである。自然界のミカヅキモについては、まだ単離されていない系統も多く残されていると考えられる。

また、宮城県で単離された系統株で保存・公開されているものはなく、DNA データベースにも登録がない。

私たちは、親しみやすい単細胞の藻類であるミカヅキモについて、身近な場所から採集して観察することから活動をはじめ、宮城県内にどのようなミカヅキモが生息しているかを探究したいと考えるようになった。

そこで本研究では、宮城県内で採集したミカヅキモを単離培養して形態的特徴を記録し、Denbohらの方法により、核の 18SrRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンの領域に着目して遺伝的解析を行い、系統分類的考察を行うことを目的とした。

2 材料と方法

(1) ミカヅキモの採集

ミカヅキモは水田や用水路からスポイトで採取した。宮城県登米市佐沼、大和町、大崎市鹿島台の 3 か所から採集した (図 1)。

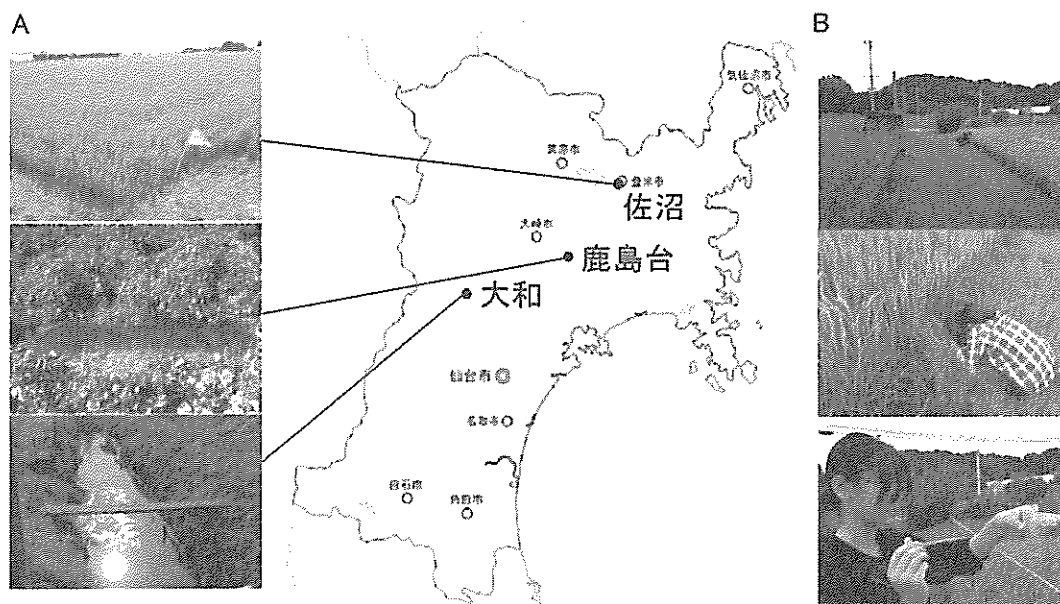


図1 ミカツキモの採集地

A: 採集した平野部の水田や用水路 B: スポイトによる採集

(2) ミカツキモの単離培養

採取した泥や水を双眼実体顕微鏡で観察し、発見したミカツキモの個体をパスツールピペットで単離した。単離した細胞は藻類培養多目的培地（表1）を用いて、20℃、白色光、明期12時間、暗期12時間の24時間周期のもと、樹脂製の使い捨て容器を用いて培養した。増殖したクローン株を三角フラスコに移しさらに培養を行った。

表1 藻類培養多目的培地の組成

成分	10Lあたりの質量
NaNO ₃	200mg
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	600mg
KCl	100mg
MgSO ₄ ·7H ₂ O	200mg
Na ₂ glyceroPO ₄	100mg
Na ₂ EDTA	50mg
FeCl ₃ ·6H ₂ O	2.4mg
H ₃ BO ₃	10mg
MnCl ₂ ·4H ₂ O	7.2mg
ZnCl ₂	0.5mg
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.2mg
Tris amino methan	1000mg
チアミン塩酸塩	1000 μg
ビオチン	100 μg
ビタミンB ₁₂	100 μg

(3) 形態的特徴の記録

ミカヅキモの形態は、全長とピレノイドの数や並び方、および細胞全体の湾曲の程度などに着目をして記録を行った。全長の計測はオリンパス社の光学顕微鏡計測システムを使用した。

(4) 分子系統解析

① DNA 抽出

単離培養したクローン株を 1.5mL のマイクロチューブに集め、ドライアイスで冷却しながらニッピ社のディスポーザブルバイオマッシャーで破碎した。キアゲン社の DNeasy Plant Mini Kit を使用して DNA を抽出した。

② PCR

Denboh らの方法に従い、核 18SrRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンを含む領域 (図 2) を増幅するため、フォワードプライマーとして Cl-Gli (5'-AGGAAGGAGAAGTCGTAAC-3'), リバースプライマーとして Cl-SR14 (5'-CAACGTGTGTCAATGATCC-3') を使用した。ファスマック社のオリゴ DNA 合成サービスを利用してプライマーを合成し、純水で 25pmol/μL に調製した。DNA ポリメラーゼとしてタカラバイオ社の EXTaq を使用した。サーマルサイクラーはアステック社のジーンアトラス 322 を使用した。PCR は、95°C で 1 分加温後、95°C で 30 秒、58°C で 30 秒、72°C で 3 分を 1 サイクルとして 35 サイクル増幅し、72°C で 3 分加温し、4°C に冷却して終了した。

核 rRNA 遺伝子 (*C. ehrenbergii* KK-33-1 株)

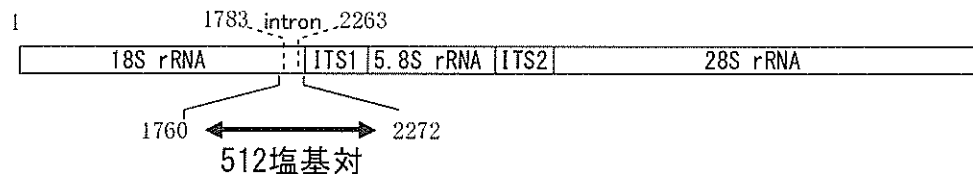


図2 PCRによる増幅領域

図中の数値は *Clasterium ehrenbergii* KK-33-1 株の核 rRNA 遺伝子における塩基の位置を示している。核 rRNA 遺伝子の先頭の塩基番号を 1 とすると、1783~2263 の 480 塩基が 1506 グループ 1 イントロンである。このイントロン領域をはさみ込む 1760~2272 までの 512 塩基対に対応する DNA 断片を増幅した。

③ 塩基配列決定

増幅した DNA 断片は、1.5% アガロースゲル電気泳動で確認後、増幅 DNA 断片を含む溶液にフォワードプライマーを混合した溶液と、増幅 DNA 断片を含む溶液にリバースプライマーを混合した溶液について、ファスマック社の DNA 解析サービスを利用して塩基配列の決定を行った。

④ アラインメントと分子系統解析

得られた増幅 DNA 断片の塩基配列データは、Applied Biosystems 社のソフトウェア Sequence Scanner を用いて確認した。得られた PCR 増幅 DNA 断片の塩基配列情報について、NCBI の検索システムを利用して相溶性の高い塩基配列を調べ、GenBank などの DNA データベースから既知の塩基配列情報を入手した。Tamura らのソフトウェア MEGA5 を使用し、得られた複数の塩基配列のアラインメントを行い、分子系統樹を作成した。

3 結果

(1) 単離株

宮城県登米市佐沼，大和町，大崎市鹿島台の3か所から採取できたものは，*Closterium moniliferum*，*Closterium ehrenbergii*，*Closterium acerosum*と考えられるものと，図鑑に記載されている形態的特徴からは判別できなかったものが数種観察された(図3)。

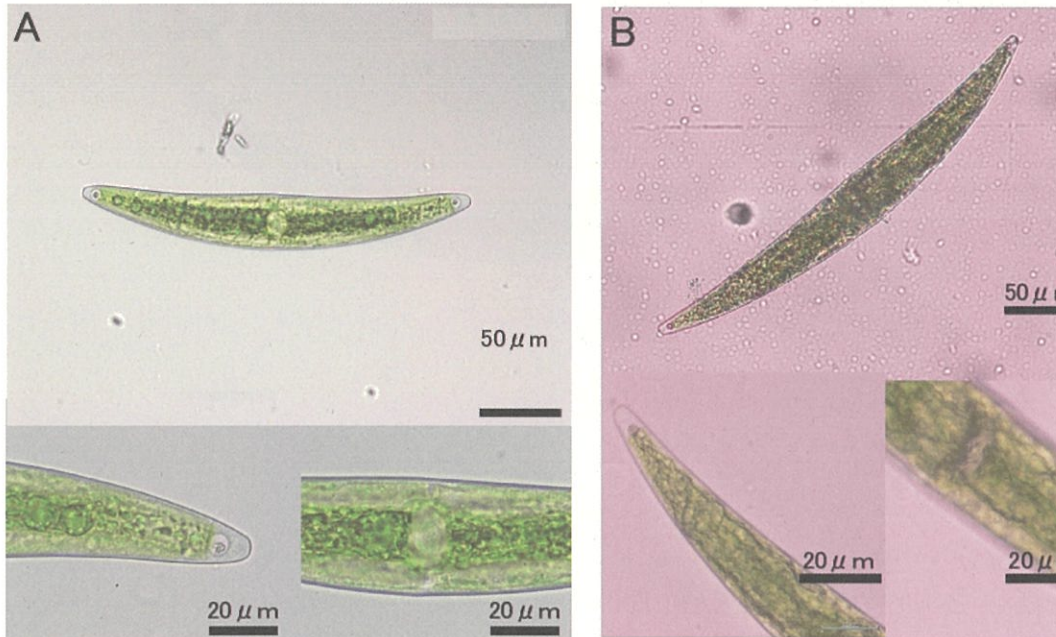


図3 形態的特徴からは判別できなかった種

A: 大きさが $266.2 \mu\text{m} \pm 6.9$ で細胞はやや湾曲をしていて中心部が膨らみ，先端が丸みをおびている。
B: 大きさが $320 \sim 330 \mu\text{m}$ で細胞はやや湾曲をしていて先端は尖っている。

形態的特徴から *Closterium moniliferum* と考えられるものについて，大和町で採取されたものを単離し，TM01株とした。TM01株の特徴は，全長が $278.8 \pm 2.6 \mu\text{m}$ ($n=77$) であり，大きいピレノイドが葉緑体の中に一列に並んでいて，細胞が湾曲していた(図4)。



図4 TM01株

形態的特徴から *Closterium ehrenbergii* と考えられるものについて、登米市佐沼で採取されたものを単離し、SE01株とした。SE01株の特徴は、平均長は $500\mu\text{m}$ ほどと非常に大きく、小さいピレノイドが葉緑体中に散在しており、葉緑体にすじが見られ、細胞が湾曲していた（図5）。



図5 SE01株

形態的特徴から *Closterium acerosum* と考えられるものについて、大崎市鹿島台で採取されたものを単離し、KA01株とした。KA01株の特徴は、平均長が $400\mu\text{m}$ 前後であり、細胞は細長くほぼ直線状で、大きなピレノイドが葉緑体中に一列に並んでいた（図6）。

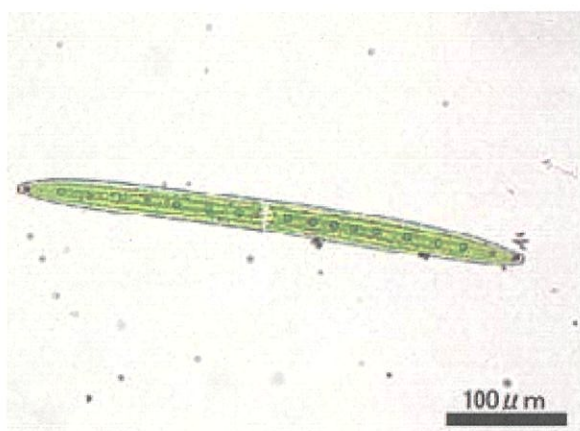


図6 KA01株

(2) TM01 株の分子系統解析

TM01 株の核 rRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンを含む PCR 増幅断片について 476 塩基の配列が得られた (図 7). NCBI の検索システムを利用して相同性のある塩基配列を調べたところ, アメリカインディアナ州から単離された *Closterium moniliferum* の UTEX1401 株と 98%, 京都から単離された *Closterium moniliferum* の 84-21-10 株, 84-21-14 株と 91%一致した. これらの系統株の接合型はヘテロタリックであった. DNA データベースより検索された他の相同性の高い配列も加えてアライメントを行ったところ, 塩基の置換やギャップが生じる部分はある程度限られており, 塩基配列が保存された部分もみられた (図 8).

```
1  AAGGTTGCCT  GTCGTGCACG  ACCCTTCCGC  GGGATCCACG  ACACGGAAGC  CTGAGCGGCC  CTCACACATA  TGTTGCGTGG  80
81  GGGTGGGTTC  CACAGAAACG  GAACCGGAAC  GCTAGTCCTT  GGCATGGAGT  TGGCCATCAA  TCCATTCCAG  GGCAGACCG  160
161  TCCAATTGCG  GGGAGTTCTC  GAGAGCCTTT  GCTACCAAGC  GACGGGGTAC  TTTGTCGAGC  AGTGCTCGCA  CTCGACCCCT  240
241  CGTGGCCGAA  CTCGTGCAGT  CAGTACGAGC  CAGGGTATGG  TAACAATGCA  AAGGCTGGAG  CGAGATCATC  CGCAGCCAAC  320
321  TCGAATCTAG  TCATTGAGG  CAGTTCACAG  ACTGCACGGC  GGTGGGTTGC  TAGGCCCTTG  AGCGCTGGTG  GCTTAAGATA  400
401  CAGTCGGCGG  GAAAGGGAAA  CCTTTCTCTG  GCAGCTACAT  CGCAGAGTTT  CACCGTTCCG  TAGGTGAACC  TGC66A
```

図7 TM01株の核rRNA遺伝子1506グループ1イントロンを含む塩基配列

TM01株の18SrRNA遺伝子1506グループ1イントロン領域を含む476塩基の配列が決定された.

TM01	1	AAGGTTGCCT	GTGCTGCACG	A-CCCTCCG	CGGGATCCAC	GACACGGAAG	CCTGAGCGGC	CCTCACACAT	ATGTTGCGTG	80	
UTEX1401 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
84-21-10 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
NN-4-6 ehre		.....	.....	G-	A-	.....	.....	TGTGG-	AC...CA	
81-70-25 ehre		.....	T	A G-	G-	.....	.....	TG. GA-	AC...CT	
N-149-31 ehre		.....	T	A A.	GCT	.....	.....	TTT-	CG----	
98-4-3 moni		.....	.....	A T-	GCT	.....	.....	A. G. CT-	ACGCAA..	
NIES-174 moni		.....	.....	A C-	.....	.....	.....	G. CTT-	GTT...	
TM01	81	GGGGTGGTT	CCA-CAGAAA	CGGAACCGGA	ACGCTAGTCC	TTGGCATGGA	GT-----T	GGCCATCAAT	CCATTCCAGG	160	
UTEX1401 moni		.....	T	.....	.....	.....	A-----	G. A.	.....	
84-21-10 moni		.....	T. G-AG	A. TC.	.....	.....	AA-----C	A. ....	.....	
NN-4-6 ehre		A	A. G. G.	T. TAA.	.....	ATG. C	TGATTGTTG.	AGACGAC.	T...	
81-70-25 ehre		A	A. G. G.	T. G. AAA.	.....	A. C	TGAATGTTG.	AGACGAC.	T...	
N-149-31 ehre		T	T. G-ATACT	A. G. T.	.....	ATCC-	.....	.....	G.	
98-4-3 moni		T	T. G-AGCC. T	AGT. AC.	.....	AT. CA.	.....	.....	GA...G.	
NIES-174 moni		A	A. TCC	T. ATG. TCC	AA. GGATTTC	.....	C. C. T. GAT. T	A-----	T. CG. GC	A. C. CGAT. C
TM01	161	G-CGACACCG	TCCAATTGCG	GGGAGTTCTC	GAGAGCCTTT	GCTACCAAGC	GACGGGGTAC	TTTGTGAGC	AGTGTGCGCA	240	
UTEX1401 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
84-21-10 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
NN-4-6 ehre		G	.....	T	.....	.....	.....	.....	.....
81-70-25 ehre		G	.....	T	.....	.....	.....	.....	.....
N-149-31 ehre		.....	.....	T	.....	.....	.....	C-A	G. AA.	A. A. A.
98-4-3 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	-G	AA.	A. A. A.
NIES-174 moni		G	T	G	A	T	AAACG	CA. T. GA.	GAC-T. AA.
TM01	241	CTCGACCCCT	CGTGGCCGAA	CTCGTGC-A	GTCAGTACGA	GCCAGGGTAT	GGTAACAATG	CAAAGGCTG-	GAGCGAGATC	320	
UTEX1401 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
84-21-10 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
NN-4-6 ehre		TG. G. T.	G	A. AT.	A. TT. G. T	A.	T. C.	C.	C.		
81-70-25 ehre		G. G. T.	G	A. A. TA.	A. TT. G. T	A.	A. C.	G. A. T.	A.		
N-149-31 ehre		A. AG.	G	CCATT	CGA. A. G.	TG.	G. T.	CT	TT	A. A.	
98-4-3 moni		AGC.	T. G	A. CAT	TCTGA. G.	G.	T. C.	G. T.	T.	A.	
NIES-174 moni		TCTTGT.	G	TCTCA.	-AAC. GTTG	A. A.	G. T. C.	TT. T.	T. T. A.		
TM01	321	ATCCGCAGCC	AACTCGAATC	TAGTCA----	TTCGAGGCAG	TTCACAGACT	GCACGGCGGT	GGGTTGCT-	ACGCCCTTGA	400	
UTEX1401 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
84-21-10 moni		.....	.....	C. TG	.....	.....	.....	TT	T	
NN-4-6 ehre		.....	C.	AG	.....	.....	.....	.....	G. AT. T	
81-70-25 ehre		.....	.....	AC	.....	.....	.....	G	G. AT. T	
N-149-31 ehre		.....	T	CAA. C-A	.....	.....	.....	.....	G. T	
98-4-3 moni		.....	.....	CCCC. CCGGG	C.	.....	.....	.....	G. T	G
NIES-174 moni		.....	GGCG	CTGA.	CC.	.....	.....	C. A.	G. A. G. C	
TM01	401	GCGCTGGTGG	CTTAAGATAC	AGTCGGCGGG	AAAGGGAAC	CTTTCTCTGG	CA-GCTAC-A	TGGCAGAGTT	TCACCGTTCC	480	
UTEX1401 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
84-21-10 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
NN-4-6 ehre		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
81-70-25 ehre		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
N-149-31 ehre		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
98-4-3 moni		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
NIES-174 moni		.....	CACT-C.	TC.	.....	.....	.....	.....	.....
TM01	481	GTAGGTGAAC	CTGCGGA							560	
UTEX1401 moni		.....	.....						
84-21-10 moni		.....	.....						
NN-4-6 ehre		.....	.....						
81-70-25 ehre		.....	.....						
N-149-31 ehre		.....	.....						
98-4-3 moni		.....	.....						
NIES-174 moni		.....	.....						

図8 TM01株の核rRNA遺伝子1506グループ1イントロンを含む塩基配列との相同性の高い塩基配列

TM01株の18S rRNA遺伝子1506グループ1イントロン領域を含む476塩基の配列と相同性の高い配列をNCBIのWEBページでBLAST検索し、MEGA5でアラインメントした。

(3) SE01 株の分子系統解析

SE01 株の核 rRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンを含む PCR 増幅断片について 475 塩基の配列が得られた (図 9). NCBI の検索システムを利用して相同性のある塩基配列を調べたところ, 神奈川県から単離された *Closterium ehrenbergii* の NIES-228 株, NIES-229 株および滋賀県から単離された *Closterium ehrenbergii* の 82-23-34 株と 100%一致した. これらの系統株は, ヘテロタリックな接合をする交配群 B に属していた.

```
1  AAGGTTGCCT GTCGTGTGAG GCCCTTCGCG GGGATCACGA CACGGAAGCC TTAGCGGCC CCGAATCGT GAGCCGAGGG 80
81  TGAATCCACC GTGAGGGGAT TGAATGCTA GTTTTTGGTC GAGGAAGGCC ATTCCTCTCC GAAGCGACAC CGTCCAATTG 160
161 CGGGGAGTTC TCGGGAGCCT TTGCTACCAA GCGATGGGGA AGAAGGGTTG AGGATTGCTC TCGACCCCTT CACCCCTCGT 240
241 GGCAGAGCTC GTGTGCATTA CGCGCGTGCA AGGGTATGGT AACAATGCAA AGGCGGTAGC GAGATCATCC GCAGCCAACT 320
321 CGGGCTGATC ACAGCCCGAG GCAGTTCACA GACTGCACGG CCGTGGGTTG TCGTGCCITG TGCACCGCGG CCTAAGATAC 400
401 AGTCGGCAAG CGAGGGAAAC CCCGCTTAC AATGGATACG CAGAGTTTCA CCGTTCCGTA GGTGAACCTG CGGAA 480
```

図9 SE01株の核rRNA遺伝子1506グループ1イントロンを含む塩基配列

SE01株の18SrRNA遺伝子1506グループ1イントロン領域を含む475塩基対の配列が決定された.

(4) TM01 株と SE01 株の分子系統解析

Closterium moniliferum および *Closterium ehrenbergii* の核 rRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンを含む塩基配列を DNA データベースから得て, TM01 株および SE01 株の塩基配列を加えて近隣結合法による分子系統樹を作成した (図 10).

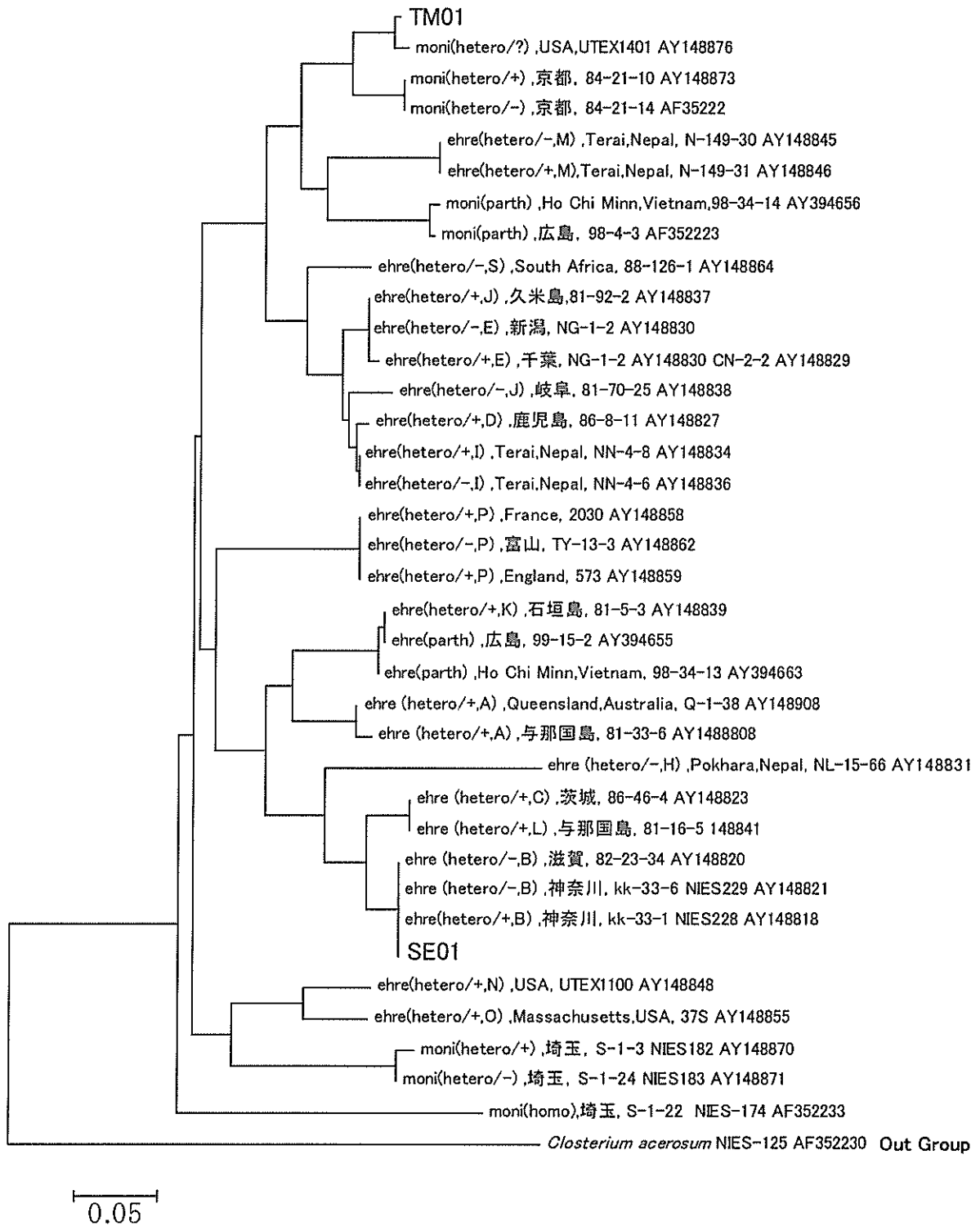


図10 TM01株およびSE01株の核rRNA遺伝子1506グループ1イントロンを含む塩基配列における分子系統解析

TM01株およびSE01株の18S rRNA遺伝子1506グループ1イントロン領域を含む塩基配列と相同性の高い配列をNCBIのWEBページでBLAST検索し、MEGA5でアラインメントしたのち、ギャップを削除して近隣結合法により分子系統樹を作成した。moniは*Closterium moniliferum*を、ehreは*Closterium ehrenbergii*を示し、接合型と交配群(A~O)、産地、株の名称、GenBankのアクセッションナンバーを記した。接合型はホモタリクをhomo、ヘテロタリクをhetero、単為生殖をparthで示した。外群として*Closterium acerosum*を用いた。

4 考察

(1) 単離株

単離された株の中には用いた培養条件では増えにくいものもあった。培養温度、光強度、明暗周期、培地の組成を複数用意して最適な培養条件を調べることで、さらに新たな系統株を単離できる可能性がある。インキュベーターの台数が限られていることから、温度、明暗周期については条件を変えることは難しいので、光強度や培地組成を検討する余地がある。使用した培地は、窒素源として硝酸塩を用いているので、アンモニウム塩を添加することで増殖が変わる可能性がある。

(2) TM01 株および SE01 株の分子系統解析

① TM01 株および SE01 株の同定

TM01 株および SE01 株について、核 rRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンを含む領域の PCR 増幅 DNA 断片の分子系統解析を行った。その結果、大和町から単離された TM01 株は、アメリカインディアナ州から単離された *Closterium moniliferum* の UTEX1401 株と 98%、京都から単離された *Closterium moniliferum* の 84-21-10 株、84-21-14 株と 91% 一致し、これらの系統株の接合型はヘテロタリックであった。また、登米市佐沼から単離された SE01 株は、神奈川県から単離された *Closterium ehrenbergii* の NIES-228 株と NIES-229 株、および滋賀県から単離された *Closterium ehrenbergii* の 82-23-34 株と塩基配列が 100% 一致し、これらの系統株はヘテロタリックな接合をする交配群 B に属していた。

分子系統解析の結果から、TM01 株は *Closterium moniliferum* であり、SE01 株は *Closterium ehrenbergii* であると考えられ、形態的な特徴から判断される種と一致した。

② TM01 株および SE01 株の接合型

図 10 の分子系統樹から推定すると、TM01 株はヘテロタリックな接合を行い、SE01 株はヘテロタリックな接合を行う交配群 B に属することが考えられる。TM01 株および SE01 株はヘテロタリックな接合を行うという新たな仮説が導かれる。両株がヘテロタリックな接合を行うのであれば、採集地には対をなす性の個体が存在するはずであり、採集地から多数の株を単離して接合試験を行う必要がある。さらに接合型が調べられている保存株との接合試験を行うことも必要である。

③ TM01 株の系統解析

TM01 株は、埼玉県や京都府から単離された株よりもアメリカのインディアナ州から単離された UTEX1401 株に遺伝的に近いことがわかった。このことは、共通の祖先から分岐したのち、何かの方法によって遠距離を移動した可能性が考えられる。

また、TM01 株がヘテロタリックな接合を行うタイプであれば、対になる性の系統株を確立したのち、UTEX1401 株や、京都から単離された 84-21-10 株、84-21-14 株との接合試験によって、生殖隔離が起こっているかどうかを検証することは重要な課題である。

図 10 の分子系統樹では、TM01 株と系統的に近い位置に *Closterium ehrenbergii* の交配群 M、および *Closterium moniliferum* の単為生殖を行う系統があることから、これらの系統に近縁で未報告の系統が宮城県内から見つかる可能性もあると考える。

④ SE01 株の系統解析

SE01 株は、神奈川県の NIES-228 株、NIES-229 株、および滋賀県の 82-23-34 株と 100%

相同な塩基配列を持ち、これらの系統株はヘテロタリックな接合をする交配群Bに属することがわかった。*Closterium erenbergii* の SE01 株を含む系統は、日本に広く分布する可能性があり、SE01 株がヘテロタリックな接合を行うタイプであれば、対になる性の系統株を確立したのち、交配群Bの系統株との生殖隔離が起こっているかどうかを検証することは重要な課題である。

⑤ *Closterium moniliferum* と *Closterium ehrenbergii* の系統的な関係

図 10 に示した分子系統樹作成には、DNA データベースから用いた塩基配列を用いた。そのほとんどが Deboh らによって登録されたものであり、本研究で作成した分子系統樹は Denboh らの報告した分子系統樹 (Denboh 2003) と矛盾しない。Denboh らの報告では、形態的特徴によって区別されてきた *Closterium moniliferum* および *Closterium ehrenbergii* は、分子系統解析の結果を踏まえて *Closterium moniliferum-ehrenbergii* 種複合体として扱われているが、分子系統的にとっても近縁であると考えられる系統株が形態的に大きく異なることには詳しく触れられていない。

植物の種分化や種内変異には染色体の倍数化が関係している例があり、キク属では同質性の倍数化によって形態的な変化が起こることが知られている。単細胞の藻類において、染色体の倍数化の例が報告されているかどうかを十分に調べることができなかったが、図 10 に示した *Closterium moniliferum* と *Closterium ehrenbergii* の分子系統樹から推定して、*Closterium moniliferum* が倍数化を起こし *Closterium ehrenbergii* が生じたとする仮説を立てた。

Denboh らの報告では、*Closterium moniliferum* のホモタリックな系統からヘテロタリックな系統が生じ、*Closterium ehrenbergii* のヘテロタリックな系統が派生した可能性が論じられている。また、Hendrayanti らの報告では単為生殖を行う系統がヘテロタリックな系統から生じたと考えられることが示されている (Hendrayanti ら 2004)。

Closterium moniliferum と *Closterium ehrenbergii* の染色体数を調べることは、両者の系統的な関係を理解するうえで重要な課題である。

(3) 今後の展望

① 新たな系統株の確立

報告されていない新規の系統株を宮城県内の身近な環境から単離できる可能性は高く、培養条件の検討も含めて複数の系統株を確立し、形態と核 rRNA 遺伝子 1506 グループ 1 イントロンについて、基礎的な情報を蓄積していきたい。また、Denboh らは rRNA 遺伝子群の ITS2 領域にも着目して分子系統解析を行っているので、ITS2 領域にも着目していきたい。

② TM01 株および SE01 株の接合型の検証

「TM01 株および SE01 株はヘテロタリックな接合を行う」という新たな仮説が導かれたので、採集地から複数の系統株を単離するとともに、保存株の譲渡を依頼して、接合型の検証を行いたい。

③ TM01 株および SE01 株の生殖隔離の検証

TM01 株および SE01 株がヘテロタリックな接合を行うのであれば、生殖隔離が生じているかどうかを検証したい。

④ *Closterium moniliferum* と *Closterium ehrenbergii* の染色体数の検証

Closterium moniliferum と *Closterium ehrenbergii* の系統的な関係の理解を目指し、「*Closterium moniliferum* が倍数化を起こし *Closterium ehrenbergii* が生じた」とする新たな仮説について、両

者の染色体数や DNA 量を調べることで検証したい。

⑤WEB 図鑑の公開

ミカヅキモは小学校や中学校の教科書にも取り上げられるポピュラーな単細胞生物であり、実際に身近な環境で複数の種を見つけることができる。しかし、種にはラテン語の学名だけで和名の記載がない。和名の記載のあるわかりやすい小学生、中学生向けの WEB ページがないので、本研究の成果の一部を WEB 図鑑として試験的に公開した (<http://ssh-sensan.myswan.ne.jp/mikazuki/>)。

今後、ミカヅキモの研究者と意見を交わしながら、種レベルで和名をつけ、本研究の成果を WEB 図鑑としてまとめ、公開したい。

5 謝辞

日本女子大学関本弘之教授、土金勇樹助教にはプライマーと文献の情報をいただきました。心より感謝申し上げます。

6 参考文献

- 1 月井雄二,淡水微生物図鑑～原生生物ビジュアルガイドブック～,誠文堂新光社,2010.
- 2 原生生物サーバ, http://protist.i.hosei.ac.jp/protist_menu.html (2013/10/18 アクセス) .
- 3 田中正明,日本淡水産動植物プランクトン図鑑,名古屋大学出版会,2002.
- 4 日本女子大学理学部植物生理学研究室(関本研究室) WEB ページ, <http://mcm-www.jwu.ac.jp/~sekimoto/> (2013/10/18 アクセス).
- 5 土金 勇樹のウェブページ, <https://sites.google.com/site/tsuchikaneyuki/>(2013/10/18 アクセス).
- 6 Tsuchikane, Y., Sato, M., Ootaki, T., Kokubun, Y., Nozaki, H., Ito, M., Sekimoto, H. (2010) Sexual processes and phylogenetic relationships of a homothallic strain in the *Closterium peracerosum-strigosum-littorale* complex (Zygnematales, Charophyceae). *J. Phycol.* 46: 278-284.
- 7 傳法隆, Dain Hendrayanti, 市村輝宜. (2002) 核リボソームRNAの二次構造と分子系統学への利用, 堀輝三・大野正夫・堀口健雄編「21世紀初頭の藻学の現況」, 日本藻類学会, 山形, p. 33-36.
- 8 Denboh, T., Ichimura, T., Hendrayanti, D., Coleman, A. W. (2003) *Closterium moniliferum-ehrenbergii* (Charophyceae, Chlorophyta) species complex viewed from the 1506 Group I intron and ITS2 of nuclear rDNA. *J. Phycol.*, 39, 960-977.
- 9 Hendrayanti, D., Denboh, T., Ichimura, T. & Motomura, T. (2004). Molecular evidence of parallel origins of two different parthenosporic lineages directly from heterothallic lineages in the *Closterium moniliferum-ehrenbergii* (Charophyceae, Chlorophyta) species complex. *Phycologia* 43:727-736.
- 10 D・L・ハートル, E・W・ジョーンズ,エッセンシャル遺伝学, 倍風館,2005.
- 11 J.D. R.Frankham, D.A. Ballou, Briscoe, 保全遺伝学入門, 文一総合出版, 2007.

部活動

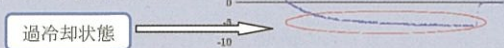
様々な飲み物を用いた過冷却実験

宮城県仙台第三高等学校 自然科学部化学班

宇和野悠真 小原田聖和 鈴木風摩 大山峻也 平松明秀

1. 過冷却とは

液体をゆっくりと冷却していくと、凝固点に達していても液体が凍らない「過冷却」という状態になる。



まとめ

- ① 実験1で得られたデータを元に、実験2で過冷却ジュースを作ったところ、果汁と乳成分を含む飲み物は過冷却ジュースが出来にくくなったが、それらを含まない飲み物では過冷却ジュースを作ることができた。
- ② 過冷却状態の飲み物が凍るときは、凍り始めたポイントから放射状に固体になっていくことが分かった。

2. 動機と目的

先輩に見せてもらった過冷却の実験で、過冷却水の凍る様子に興味を持ち、過冷却水の性質について調べようと考えた。また、文化祭で過冷却水の実験を行ったところ子どもたちを驚かせることができたので、過冷却水を応用して様々な飲み物を自在に凍らせることができれば、さらに楽しませることができるといった。そこで、科学実験教室などで確実に成功する実験方法の開発を行った。

過冷却ジュースを作り、子どもたちを驚かせたい！

凝固点を調べる。
過冷却状態を知る。

様々な飲み物で過冷却ジュースを作る。

どのように凍っていくかを調べる。

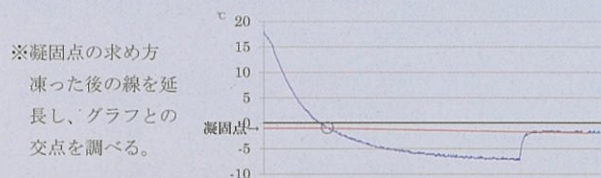
4. 実験2 過冷却ジュースを作ることができるか

1. ペットボトルに飲み物を入れ、エタノールの入った冷却装置で過冷却状態になるまで冷やす
2. 大きなシャーレに入れた氷のブロックの上に注ぐ
3. 過冷却ジュースが凍るかどうかを調べる

飲み物	結果	飲み物	結果
精製水	○	牛乳	×
アイ스티ー(加糖)	○	爽健美茶	○
オレンジジュース	×	炭酸水	○
カルピスウォーター	○	ミルクティー	×
コーヒー(無糖)	○	麦茶	○
コカ・コーラ	○	ポカリスエット	×
りんごジュース	×		

3. 実験1 凝固点を調べる

1. 試験管に飲み物を入れ、過冷却状態になるまで冷やす
2. 飲み物を凍らせる
3. 温度変化のグラフを取り、凝固点を調べる



飲み物	凝固点	飲み物	凝固点
牛乳	-0.1°C	コーヒー(無糖)	-0.4°C
麦茶	-0.1°C	カルピスウォーター	-0.7°C
炭酸水	-0.2°C	コカ・コーラ	-1.0°C
ポカリスエット	-0.2°C	オレンジジュース	-1.1°C
アイ스티ー(加糖)	-0.3°C	りんごジュース	-1.5°C

砂糖や果汁が凝固点を低下させている。
特に果汁を含む飲み物では凝固点の低下が顕著である。

氷のブロック上に飲み物を注いだ結果



麦茶



コカ・コーラ



カルピスウォーター



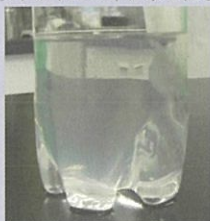
オレンジジュース

過冷却ジュースが凍りにくい原因として考えられるのは、果汁や乳成分である。

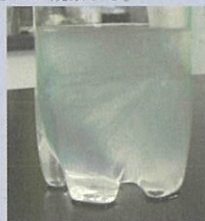
実験1での凝固点の低下から砂糖も凍りにくい原因だと考えていたが、カルピスウォーターやコカ・コーラでは成功した。

5. 実験3 過冷却ジュースの凍り方

1. 精製水を過冷却状態になるまで冷却する。
2. ペットボトルの中に氷の粒を落とす。
3. 過冷却ジュースがどのように凍るのを観察する。



放射状に氷が広がっていく



全体が完全に凍る

この他、麦茶やアイ스티ーでも実験を行ったところ、同様の現象がみられた。放射状に凍るということは、凍るとい現象が、その周りの液体を刺激して凍らせるということが分かった。精製水が全体的に凍った後、水を抜くと氷には放射状の空洞ができていた。

参考文献

浜島書店「ニューステージ新訂化学図表」

観察に適した触媒反応の探究

仙台第三高等学校自然科学部化学班

大山峻也 鈴木風摩

実験の概要

実験した反応



これを触媒の種類と物質質量を変えて反応させ観察しやすい触媒反応を探る

動機

教科書に載っていた触媒反応の写真がわかりづらいと感じる点があった



触媒が働いている様子をわかりやすく伝えられるような反応条件を探ろうと考えた

観察しやすい反応とは

条件1 液中に発生する気泡が2~3mm

条件2 液中の反応の様子が判る

条件3 条件1・2を満たして、反応が30秒以上続く

実験で使った触媒

これまで使われている触媒

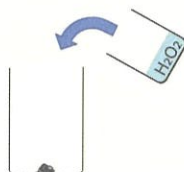


今回試したもの



実験手順①

触媒の入ったビーカーにH₂O₂を入れる



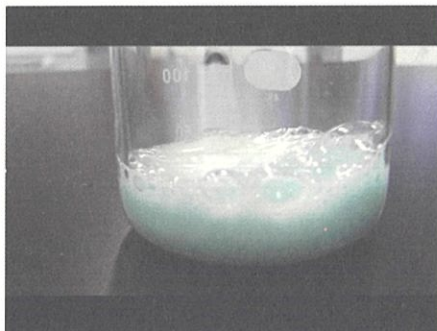
H₂O₂は、市販の濃度が34.5%のものを5倍に希釈し、25mL使用

実験手順②

H₂O₂を入れた直後に計測開始



気体の発生が収まったら計測終了



実験1

触媒の物質質量は0.003mol使用し、それぞれの反応時間と反応の様子を調べる

この実験により、触媒ごとの反応の特徴を調べる

実験1の結果

触媒	反応時間	気泡の大きさ	液中の様子
MnO ₂	1分16秒	1mm以下	濁って見づらい
FeCl ₂	1分24秒	1mm以下	少し濁っていた
CuCl ₂	3分24秒	1mm以下	透き通っていた
Co ₂ O ₃	51秒	1mm以下	濁って見づらい
FeCl ₃	1分16秒	1mm以下	透き通っていた

まとめ(1)

• MnO₂, Co₂O₃は不均一触媒であるため固体のまま反応し液中が濁ってしまった

• CuCl₂, FeCl₃は均一触媒であるために溶解し、気泡が観察しやすかった

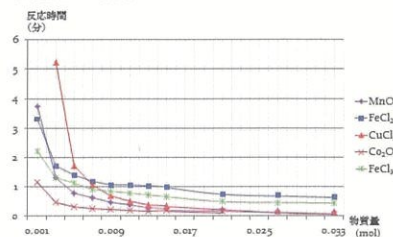
実験2

実験方法

0.001molから0.002molずつ触媒の物質質量を増やしていき、反応時間と様子を調べる

最も観察しやすい触媒の量を調べる

実験2の結果



まとめ(2)

• 触媒の量を増やすほど気体の発生が激しかったが、気泡の大きさについて変化は見られなかった

• 触媒の量が少ないときは、気泡の発生が穏やかな反応が長く続いた。気泡の大きさについて変化は見られなかった

最終結果

• CuCl₂を0.011mol用いた反応が、反応時間や気泡の視認のしやすさの点で観察に適するのではないかと

• 気泡の大きさは触媒の種類や物質質量によって変化しなかった

今後の課題

• 今回調べなかった触媒でも同様の実験を行う

• 発生する気泡の大きさを変える方法を探る

• MnO₂などでも反応を観察できるようにする

オオマリコケムシの解剖と構成細胞種の観察

進藤 昂星

宮城県仙台三高等学校 自然科学部生物班

オオマリコケムシ (*Pectinatella magnifica*) は2本の触手冠を持った水生生物であり、大きな群体を作ること知られている。今回、この2本の触手冠を持った構造がヒドラに似ていると考え、ヒドラ同様に再生能力を持っているのではないかと調べることにした。そこでまず、オオマリコケムシを構成する細胞の種類とその形態について観察することから研究を開始した。また、コケムシの多くが海産であることから、淡水中に生息するオオマリコケムシにも塩化ナトリウムに対して耐性があるのではないかと考え、人工海水、塩化ナトリウム溶液を用いたスタトブラスト(休芽)の発芽能力に対する影響を調べた。その結果、塩化ナトリウムは発芽を抑制したが、人工海水は塩化ナトリウム単独の場合ほど発芽を抑制しないことが分かった。

はじめに

オオマリコケムシ (*Pectinatella magnifica*) は淡水中に生息する群生生物であり、ヒドラのような触手冠を2本有する。そこで、ヒドラに見られるような再生能力の有無を調べるため、まずヒドラと同様の方法で細胞を解離させ、その様子を観察することにした。

また、オオマリコケムシの近縁種にあたる多くの他のコケムシは海水中に生息することから、淡水中に生息するオオマリコケムシもある程度塩化ナトリウム存在下での生存能力があるのではないかと考え、人工海水、塩化ナトリウムの発芽に対する影響を調べた。

1 細胞の観察

材料と方法

まず、スタトブラストと呼ばれるオオマリコケムシの休芽を純水中で発芽させた後、各器官毎に注射針などで解剖する。その後、それらの解剖した器官をヒドラと同様に酢酸グリセリン溶液(グリセリン：酢酸：純水=1:1:13)^③を用いて細胞を解離させ、検鏡

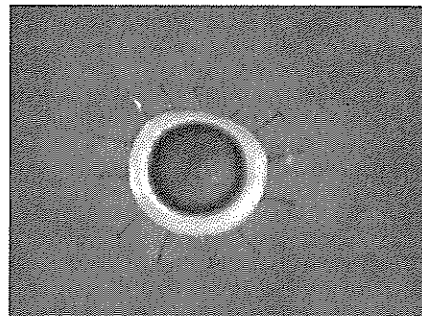


図1. スタトブラスト

する。

結果

嚢胞外部細胞，嚢胞内部細胞，消化管細胞，触手細胞の観察した。

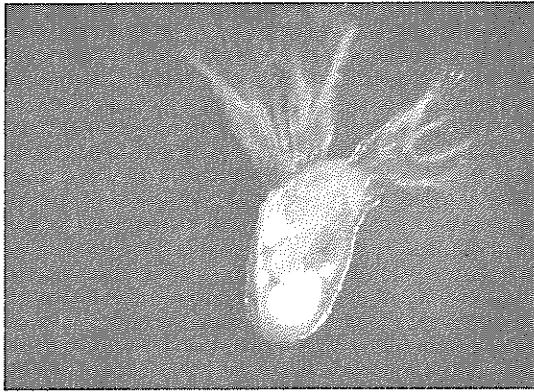


図1 オオマリコケムシ

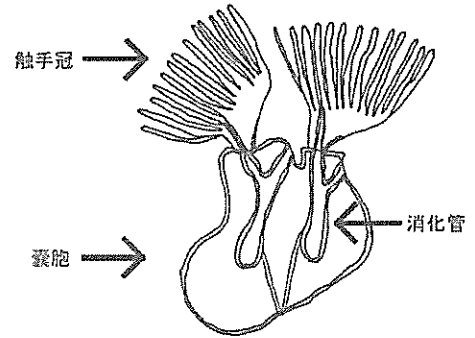


図2 模式図

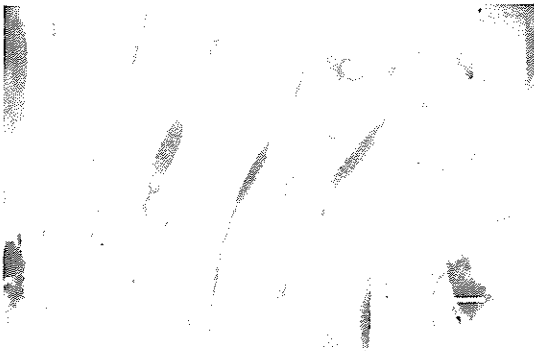


図3 嚢胞内部細胞

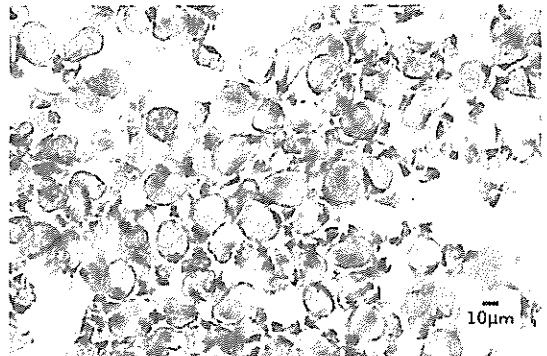


図4 嚢胞外部細胞

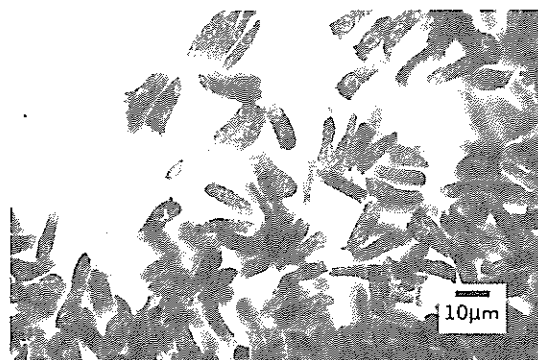


図5 消化管細胞

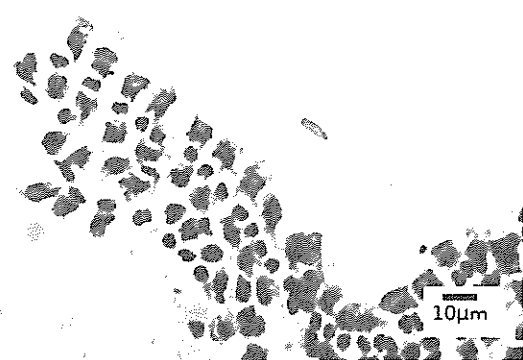


図6 触手細胞

嚢胞の内部細胞は細長く網目状の構造を作り，土台を形成していることが分かる．その外部に

付着する外部細胞は透明な膜上構造の外側に付着し、内部細胞との二重構造で嚢胞を形成している。非常に解離させ易く、個虫を解剖せずに解離液につけただけで解離した細胞を多数見ることができた。その内部の器官を取り出し、解離させると図5の細胞が得られた。細胞の解離に時間が必要で、図の右下部分では未だ密集している細胞が見られる。触手細胞は解離させ易く、短時間の解離でも十分な細胞が見られた。

考察

器官毎に解離のしやすさに差が見られたが、先述の細胞に関しては解離液に浸ける時間を変えることで調節できた。また、染色時間を調整することで細胞をより観察しやすくなった。

2 塩化ナトリウムへの耐性

材料と方法

3.5%人工海水溶液 (Red Sea Fish Pharm LTD) 及び 3.5%塩化ナトリウム溶液を 1/10, 1/15, 1/20, 1/25 に希釈する。その後、それぞれの溶液にオオマリコケムシ休芽を 30 個投入する。1週間後の発芽した個数を計測する。

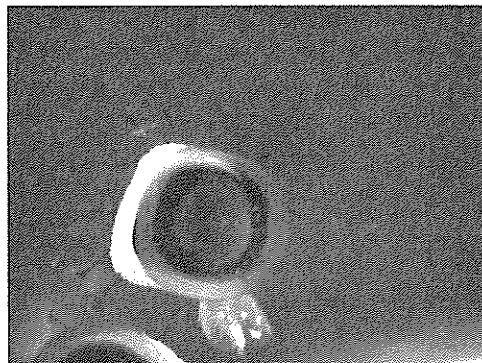


図7 発芽途中

計測の際には図7のように殻の内部から個虫が見えた個体を計測する。

結果

人工海水では濃度が薄くなれば発芽率の上昇が確認されたが、純粋な塩化ナトリウム溶液では一切の発芽が見られなかった。

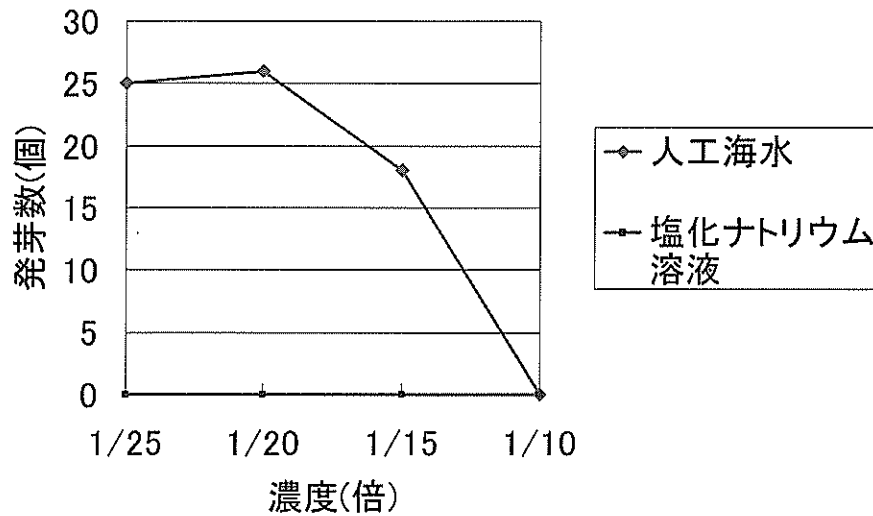


図8 濃度別発芽率

考察

人工海水溶液では高い発芽率が確認された濃度でも塩化ナトリウム溶液では発芽が見られない。そのことから、塩化ナトリウムには発芽の阻害作用があるが、人工海水に含まれる何らかの物質により、塩化ナトリウムの発芽阻害効果が打ち消されるのではないかと考えられる。

3 今後の課題

- ・染色時間を調節し、細胞の様子を詳しく確認する。
- ・塩化ナトリウム溶液においても発芽が確認される濃度を測定。
- ・塩化ナトリウム溶液と人工海水内の成分の混合液を使って同様の実験を行う。

4 参考文献

- (1)向井秀夫 スタトプラストの発芽能力におよぼす試薬の作用. 日本動物学会大会第45回講演要旨, 動物学雑誌 83(4), 340, 1974
- (2)Oda, S. *Pectinatella magnifica* occurring in lake SHOJI, JAPAN., Proc. Jap. Soc. Syst. Zool. 10, 1974
- (3)David, C. N. Dissociating Hydra Tissue into Single Cells by the Maceration Technique. In *Hydra: Research Methods* (ed. H. M. Lenhoff), pp. 251-260. New York, London: Plenum Press. 1983

ニシン目三種の消化管比較

蜂谷 麻衣

仙台第三高等学校 自然科学部生物班

カタクチイワシ (*Engraulis japonicus*) では複雑な腸の回転がみられるがマイワシではみられないことが工藤によって確認されている。そこで、腸の回転がカタクチイワシだけで見られるものか、また腸の回転にねじれが関係しているのかをイワシ目 3 種について比較検討した。マイワシ (*Sardinops melanostictus*)、ウルメイワシ (*Etumens teres*)、カタクチイワシの腸を比較したところ、カタクチイワシのみで回転が見られた。腸/体長の比は、マイワシが一番大きく、カタクチイワシ全 151 個体で 11 種類の回転の型を確認できた。ねじれの型による腸/体長の比に大きな違いはなく、腸の回転数さまざまであった。また、一つの腸の回転の型に焦点を当てねじれについての実験から必ず 2 回のねじれがみられた。以上から、同じイワシ目であっても腸の回転数はさまざまな個体あり、回転があるから腸/体長比が大きいわけではないこと、腸の回転の型によってはねじれの回数が決まっていること、が分かった。

はじめに

ニシン目カタクチイワシ科のカタクチイワシでは複雑な腸の回転がみられるがニシン目イワシ科のマイワシではみられないことが工藤によって確認されている。そのことから腸の回転にねじれが関係しているのではないか、ニシン目の他の魚の腸でも回転がみられるのではないか、回転があることによって腸が長いのではないか、という疑問から研究をおこなった。図 1 のように輪を描いているものを腸が回転している、図 2 のようにねじれが起きているものを腸がねじれている。と表現した。

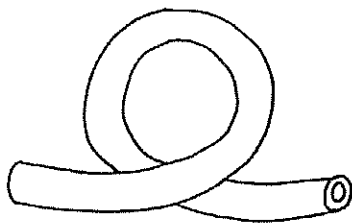


図 1 腸の回転

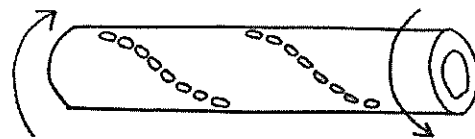


図 2 腸のねじれ

材料と方法

東京湾産タクチイワシ (*Engraulis japonicus*) 東京湾産マイワシ (*Sardinops melanostictus*) 鹿児島県産ウルメイワシ (*Etumens teres*) を使用。幽門垂から肛門までの長さを腸長とした。

実験 1 ニシン目 3 種の消化管比較

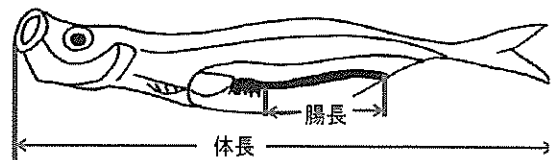


図 3

方法

三種の魚を解剖し、比較した。また、体長と腸長の関係を調べた。

結果

マイワシ、ウルメイワシの腸では回転が見られなくマイワシの腸は回転していないにも関わらず体長と腸長の比率は高かった。体長と腸長の比率が種類によって大きく違った。カタクチイワシではさまざまな回転がみられた。

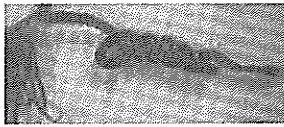


図5 マイワシの腸

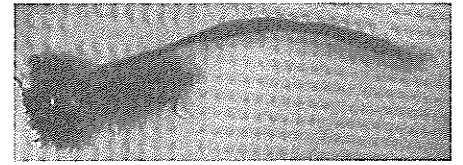


図6 ウルメイワシの腸

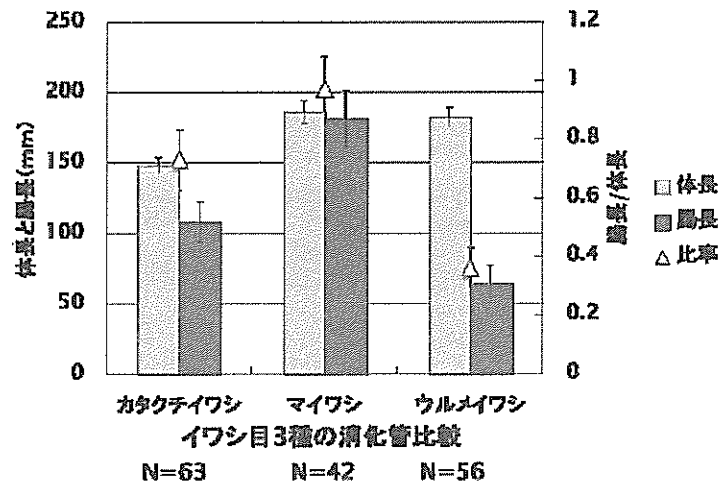


図7

実験2 カタクチイワシの腸

方法

カタクチイワシの頭部を左に腹部を解剖、どのような回転が見られるのかを確認した。輪の数で分類し、輪の大きさや形、向きは考慮しなかった。

結果

カタクチイワシの腸にはさまざまな回転がみられるが、輪の数で4種類に分類することができた。複雑な回転は成長の過程で見られなく輪が4つできる回転が最も多かった。

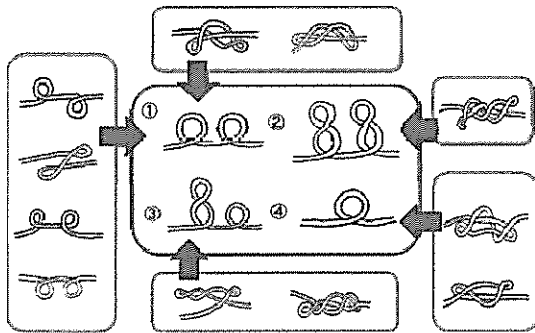


図8 カタクチイワシの腸の回転

表1 カタクチイワシの腸の回転の種類と腸の長さ

腸長	①	②	③	④	合計
150mm			1	1	2
140mm	8	61	12		81
120mm		2			2
100mm	2	3		1	6
90mm		3	3		6
80mm	1	2			3
70mm	3	5		2	10
55mm		2			2
50mm	1	4	5		10
40mm		16	4	1	21
35mm	4	1	3		8
合計	19	100	28	4	151

表1 カタクチイワシの腸の回転の種類と腸の長さ

実験3 回転とねじれ

方法

図9のように体長100mm~150mmのカタクチイワシを使用し、肛門付近の組織と腸のみ取り出し頭部を上に向け水に浮かべてねじれを確認した。

結果

回転数は1回転、2回転、左右に各1回転があった。腸にはねじれがみられることが証明できたが腸の形によって回転数が決まってるわけではなかった。しかし、合計2回転するものはどのような種類が多いかはわかった。

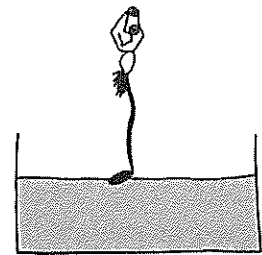


図9

表2

ねじれの回数	腸の長さねじれの回数					合計	
	~90	91~100	101~110	111~120	121~130		131~
左右に各1ねじれ	1	5	5	3	4	0	18
1ねじれ	3	3	0	1	1	1	9
2ねじれ	2	1	5	4	3	3	18
合計	6	9	10	8	8	4	45

表3

ねじれの回数	腸の回転の種類とねじれの回数				合計
	①	②	③	④	
左右に各1ねじれ	3	25	2	1	31
1ねじれ	1	0	2	1	4
2ねじれ	2	15	0	0	17
合計	6	40	4	2	52

実験4

方法

図10のような、最も多くみられる腸の形のカタクチイワシを選び、腸の上面に白のペンキにつけ、伸ばし



図10

たときに色がどのようにしているのか調べ、ねじれの確認をした。また、ねじれの回数も調べた。

結果

ねじれが確認できた。実験3と同様に輪が4つできる腸のかたちでは、ねじれが2回おこっている。



図 11

図 12

図 13

考察

ねじれの型による腸／体長の比に大きな違いはなく、腸の回転数さまざまであった。また、一つの腸の回転の型に焦点を当てねじれについての実験から必ず2回のめじれがみられた。以上から、同じイワシ目であっても腸の回転数はさまざまな個体あり、回転があるから腸／体長比が大きいわけではないこと、腸の回転の型によってはねじれの回数が決まっていること、が分かった。

参考文献

工藤俊樹, ニシン目視交叉の左右非対称性と腸の回転, 宮城県生徒理科研究発表会, 2012

赤インゲン豆レクチンのマウス赤血球凝集能に影響を与える外的要因

安海 一優

宮城県仙台第三高等学校 自然科学部生物班

赤インゲン豆レクチンに含まれる赤血球凝集能による作用を阻害するために高温、低温でそれぞれ加熱し凝集が確認できるかの実験を行った。また浸透圧、金属塩による赤血球の変形で凝集の阻害を試みたが高温加熱でのみ、凝集能の失活が見られた。よって低温によつては凝集能に影響はなく、同様に浸透圧、金属塩でも影響はない。このことから、食中毒防止のためには少なくとも高温加熱が必要であると考えられる。

はじめに

過去、インゲン豆による食中毒事件が話題となったが原因はインゲン豆に含まれるレクチンというタンパク質だった。レクチンは赤血球凝集能を持っており、また炭水化物分解酵素阻害能を持っている。インゲン豆レクチンの持つ分解酵素阻害能は、 α アミラーゼ、 α グルコシダーゼなどの分解酵素の働きを阻害することが分かっている。分解酵素阻害能が食中毒の直接の原因と考えると、赤血球凝集能を失わせることは分解酵素阻害能に影響があり食中毒を防止できるという仮説を立てた。そこで今回の実験では、まず赤血球凝集能について調査することにした。レクチンはタンパク質であるため、熱処理することで失活する可能性がある。また、レクチンは赤血球細胞膜表面にある特定の糖鎖を認識することで結合し凝集を起こす。そこで浸透圧のよつて赤血球を変形させることで、凝集形成阻害の可能性を検証することにした。あわせて木下⁶の先行実験により金属塩によつても赤血球の変形が確認されているので、金属塩の影響についても調べることにした。

材料と方法

赤血球はマウス (*Mus musculus* Slc:ddY ♂, 週齢: 約 62~104, 65~81 週) 尾部静脈からマイクロピペットを利用して採取し 0.9% に調整した NaCl 水溶液で遠心分離機・洗浄したものを用いた。

レクチンは乾燥したインゲンマメ (*Phaseolus vulgaris* 北海道産赤インゲン豆・帯広市川西農業組合) を粉末にし、0.9% NaCl 水溶液で抽出したものを利用した。浸透圧の影響を調べるために、NaCl 水溶液として浸透圧調整に使用した (0.5%~2.0% 0.1% ずつ計 16 種類調整)。金属陽イオンとしては、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mn^{2+} を検証対象とし、NaCl、 $CaCl_2$ 、 $ZnCl_2$ 、 $CuCl_2$ 、 $MnCl_2$ (実際の薬品名) を、それぞれ 0.9 mol/L になるよう、電離度 1.0 で調整したものを用いた。

凝集反応はすべてプラスチック製マイクロウェルを用い、凝集の有無はウェル内の赤血球凝集状態を目視で確認し判定した。

実験 1 熱処理による影響

抽出したレクチンを 30°C、40°C、50°C、60°C の低温で 12 時間、80°C、90°C、100°C の高温でそれぞれ 30 秒と 60 秒加熱したものを、0.9% の NaCl 水溶液と混合し、その後赤血球を滴下し、凝集の有無を確

認するという方法で行った. 対照としては 20℃で放置したものを使用した.

実験2 浸透圧による影響

0.5%から2.0%の間を0.1%ずつ調整した計16種類のNaCl水溶液とレクチンを混合し30分放置したものに赤血球を滴下して凝集の有無を確認するという方法で行った. 対照としては0.9%NaClを使用した.

実験3 金属塩による影響

K^+ , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} の計5種類の金属塩水溶液とレクチンを混合し30分放置したものに赤血球を滴下して凝集の有無を確認する方法で行った. 対照としては Na^+ を使用した.

結果

実験1

表1に示したように, 30℃, 40℃, 50℃, 60℃の低温加熱では, 全てのウェル底部で凝集が確認できた. このことからインゲン豆レクチンの赤血球凝集能には低温加熱による影響がないことが分かった. また表2に示したように, 80℃, 90℃, 100℃の高温加熱では, 全てのウェル底部で凝集が確認できなかった. ここからインゲン豆レクチンの赤血球凝集能には高温加熱による影響がないことが分かった.

実験2

低張液での凝集の有無は表3に, 高張液での結果は表4, 5にまとめた. いずれのウェル底部で凝集が確認できたことから赤血球凝集能に対しては浸透圧の影響がないことが分かった.

実験3

金属塩の影響は表6にまとめたが, 実験2と同様に全てのウェル底部で凝集が確認できたことから赤血球凝集能に対して今回調べた金属塩に関しては, 赤血球凝集に影響がないことが分かった.

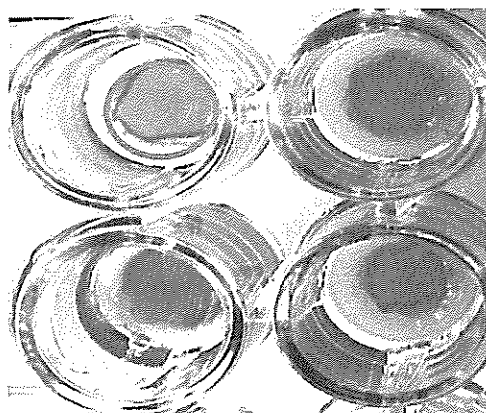


図1 凝集あり

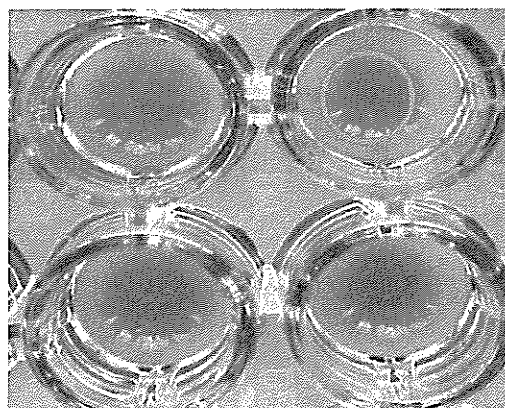


図2 凝集なし

凝集が確認できたものは、ウェル底部に薄い膜状の凝集が見られた。

凝集が確認できなかったものは、ウェル底部に赤血球の沈殿が見られた。

表 1 低温加熱による赤血球凝集能への影響
全てのウェル底部で凝集確認

希釈率	対照				
	20℃	30℃	40℃	50℃	60℃
1 倍希釈	○	○	○	○	○
10 倍希釈	○	○	○	○	○
100 倍希釈	○	○	○	○	○
1,000 倍希釈	○	○	○	○	○
10,000 倍希釈	○	○	○	○	○
100,000 倍希釈	○	○	○	○	○

表 2 高温加熱による赤血球凝集能への影響
全てのウェル底部で沈殿確認

希釈率	20℃	80℃		90℃		100℃	
		30秒	60秒	30秒	60秒	30秒	60秒
1 倍希釈	○	×	×	×	×	×	×
10 倍希釈	○	×	×	×	×	×	×
100 倍希釈	○	×	×	×	×	×	×
1,000 倍希釈	○	×	×	×	×	×	×
10,000 倍希釈	○	×	×	×	×	×	×
100,000 倍希釈	○	×	×	×	×	×	×

表 3 低張液による赤血球凝集への影響
全てのウェル底部で凝集確認

希釈率	NaCl濃度				対照
	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	
1 倍希釈	○	○	○	○	○
10 倍希釈	○	○	○	○	○
100 倍希釈	○	○	○	○	○
1,000 倍希釈	○	○	○	○	○
10,000 倍希釈	○	○	○	○	○
100,000 倍希釈	○	○	○	○	○

表 4 高張液による赤血球凝集への影響 1
全てのウェル底部で凝集確認

希釈率	対照	NaCl濃度			
		0.9%	1.0%	1.1%	1.2%
1 倍希釈	○	○	○	○	○
10 倍希釈	○	○	○	○	○
100 倍希釈	○	○	○	○	○
1,000 倍希釈	○	○	○	○	○
10,000 倍希釈	○	○	○	○	○
100,000 倍希釈	○	○	○	○	○

表 5 高張液による赤血球凝集への影響 2
全てのウェル底部で凝集確認

希釈率	NaCl濃度							
	1.3%	1.4%	1.5%	1.6%	1.7%	1.8%	1.9%	2.0%
1 倍希釈	○	○	○	○	○	○	○	○
10 倍希釈	○	○	○	○	○	○	○	○
100 倍希釈	○	○	○	○	○	○	○	○
1,000 倍希釈	○	○	○	○	○	○	○	○
10,000 倍希釈	○	○	○	○	○	○	○	○
100,000 倍希釈	○	○	○	○	○	○	○	○

表 6 金属塩による赤血球凝集への影響
全てのウェル底部で凝集確認

希釈率	対照					
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Mn ²⁺
1 倍希釈	○	○	○	○	○	○
10 倍希釈	○	○	○	○	○	○
100 倍希釈	○	○	○	○	○	○
1,000 倍希釈	○	○	○	○	○	○
10,000 倍希釈	○	○	○	○	○	○
100,000 倍希釈	○	○	○	○	○	○

考察

今回の実験の結果からインゲンマメレクチンは低温処理については長時間加熱しても失活しないが、高温加熱することによって短時間の加熱でも失活する。また浸透圧、金属塩では凝集を阻害することができないことがわかった。したがって、食中毒を防止するためには、やはり高温加熱が必要であると考えられる。しかし一方で高温加熱でも食中毒が確認された報告²もある。これらのことから、赤血球凝集はすくなくとも食中毒に直接の影響は無いと推測される。また、中途半端な加熱だと毒の強さが上昇してしまうことがあるようだ。今後は、分解酵素阻害能にも焦点を当てて調査していく必要があると考えられる。

参考文献

- (1) 福岡市保健環境研究所. 白インゲン豆による健康被害事例. メッセージ. 156. 2006
- (2) 林原亜樹. et al. 白インゲン豆による食中毒に伴うレクチン活性の分析事例.
<http://www.city.fukuoka.lg.jp/data/open/cnt/3/25270/1/32-p101.pdf> (last accessed 23. June. 2013)
- (3) 杉浦義紹, et al. 加熱不足の白インゲン豆喫食による健康被害について.
神戸市環境保健研究所報 34. pp. 47-49, 2006
- (4) 遊佐忠幸. エンドウマメレクチンを用いた赤血球凝集の観察と凝集阻害実験.
みやぎの生物実験ポイント集. pp. 99-102. 1997
- (5) 遊佐忠幸. 植物レクチンを用いて哺乳類赤血球と両生類赤血球の違いを比較する実験.
みやぎの生物実験ポイント集. pp. 103-107. 1997
- (6) 木下理子. 陽イオンとグルコースによるマウスとヒト赤血球の形態変化.
平成24年度日本動物学会東北支部大会発表要旨. 2012

納豆菌ファージ ϕ Nit1 の宿主および納豆菌に感染する

バクテリオファージの探索

自然科学部生物班 鎌田睦大

背景

ファージとは細菌に感染するウイルスで人に感染することはない。ファージに細菌が感染する方法は2つある。1つ目は溶菌サイクルと呼ばれている。溶菌サイクルとはファージが細菌に感染した際に細菌のDNAを破壊して増殖し、細菌の細胞壁を破壊（溶菌）して外へと放出される。もう1つは溶原サイクルと呼ばれている。溶原サイクルとはファージが細菌に感染した際にファージのDNAが細菌のDNAに取り込まれ、細菌自身が増殖することによってファージも増殖する。溶原サイクルのファージは細菌が死滅しかけると溶菌サイクルに変わるといことが実際に知られている。

本研究において ϕ Nit1 を使用したのは大腸菌に感染するファージであると病原菌を運んでしまう恐れがあり、危険と判断した。しかし、 ϕ Nit1 であれば納豆菌にのみ感染することが知られているため、高校の実験室で研究するのは安全である判断したためである。

目的

ファージ感染のしくみの理解に向けて感染に差のある納豆菌とファージの組合せを調べるため製品納豆の納豆菌の ϕ NIT1 感受性と野外からファージを探索する。

そこで今回は予備実験を行い、また納豆菌とファージの組合せを調べる一環として ϕ Nit1 が感染可能な枯草菌の探索を行った

材料と方法

バクテリオファージには ϕ Nit1 を使用した (Kimura and Itoh, Appl Environ Microbiol 69:2491-2497, 2003)。納豆菌は市販納豆から分離した。基層プレートとなる培地には 1.0% ポリペプトン、0.5% 酵母エキス、1.5% 寒天、0.5% NaCl₂ を使用し、液体培地には寒天を除き、軟寒天培地には 0.7% 寒天を使用した。

また実験において緩衝液として SMC(50mM Tris-HCl buffer, 0.1M NaCl₂, 8mM MgSO₄, 1mM CaCl₂, ゼラチン)を使用した。

納豆菌の培養には市販納豆の糸をプレートに塗り、植え継いだ。また試験管の液体培地に懸濁し、室温 (20~30℃) で震盪培養した。

実験1 スポットテスト

納豆菌の培養液 150 μ L を 0.7%軟寒天と混合し、1.5%寒天を含む基層プレートに重層し

た。その後、 $10^2 \sim 10^8$ 倍まで SMC で希釈したファージ液を $1 \mu\text{L}$ ずつスポットした。 30°C で培養し、スポットを観察した。

実験 2 プラーク形成

納豆菌を LB 培地で一晚培養した。その後、ファージ溶液を 10^2 倍に SMC で希釈し、ファージ液 $100 \mu\text{L}$ と納豆菌液 $100 \mu\text{L}$ を 0.7% 軟寒天を含む培地に加えて混合し、LB プレートに重層して一晚培養した。

実験 3 納豆菌および枯草菌の探索

稲わらを採取し、採取した稲わらを軟寒天を含む培地に入れ、納豆菌および枯草菌は熱にさらされると耐熱孢子となることを利用して煮沸した。それを基層プレートに重層し、枯草菌が生えるのかを見た。

結果

実験 1 スポットテスト

ファージ溶液の原液、 10^2 倍、 10^6 倍希釈でプラークを確認できた。

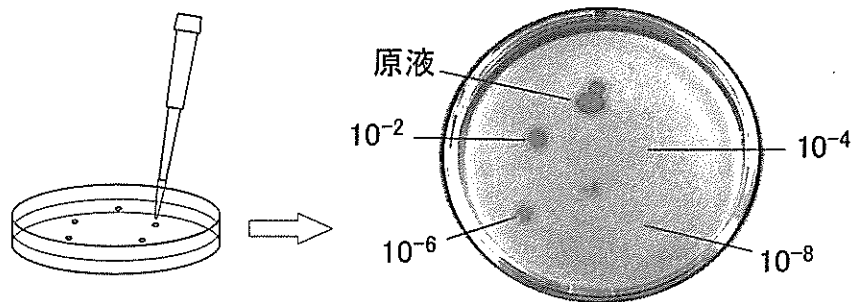


図1 スポットテストによるスポット（プラーク）

プラークとはウイルスがそこにいる証明となる。ウイルスは普段目にすることができないが、上の写真のように一面に菌が生えているところにウイルスがいると、菌が死滅し、菌の生えない部分ができる。それがプラークとなる。

実験 2 プラーク形成

A 社、B 社、C 社の納豆を使用し、ファージ 10^2 倍希釈液 $100 \mu\text{L}$ の添加において A 社で 27、B 社で 67、C 社で 338 のプラークが見られた。

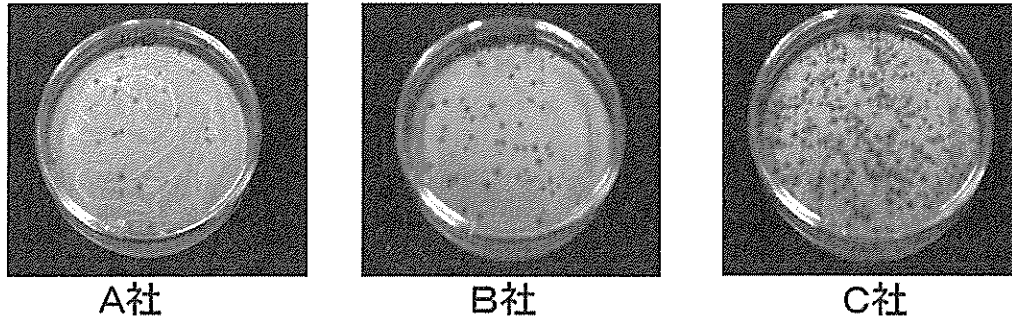


図2 ϕ Nit1 感染によるプラーク

実験3 納豆菌および枯草菌の探索

2箇所の田んぼから稲わらを採取し、3種類の枯草菌と思われる菌が見つかった

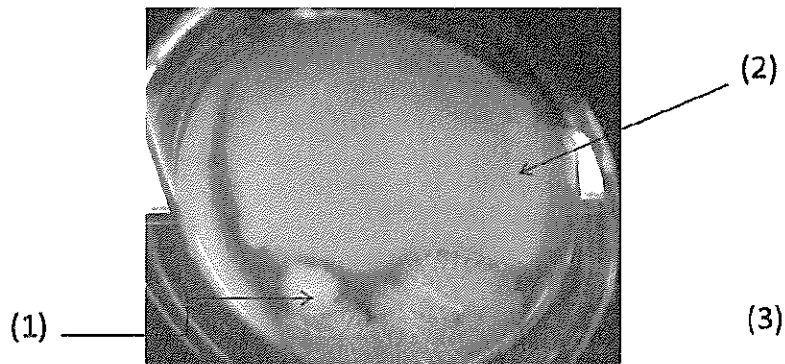


図3 稲わらから得た菌

考察

実験1 スポットテスト

納豆菌に感染することのできるファージであると再確認できた。同様に 10^6 倍希釈まで感染することができる。

実験2 プラーク形成

A社, B社, C社ではプラーク数に大きな違いがあった。その可能性として1つ目は菌株によって溶菌サイクルと増殖サイクルの割合が異なり, A, B社は潜伏するファージの割合が多いと思われる。2つ目は操作のミスであると考えられる。溶液を希釈したときによく混合せずに濃度にむらがあり添加されたファージ数が異なっていた。

実験3 納豆菌および枯草菌の探索

今回の実験で得た菌が枯草菌だったならば, ϕ Nit1 が感染できるかどうかを調べることができる。

今後の課題

実験3をさらに多くするため、実験の効率化をはかり、実験数を増やしていきたい。

考察をふまえて今回得た菌が枯草菌であるかをDNA検査で調べるとともに、 ϕ Nit1が感染できるかどうかをスポットテストを用いて調べたい。

また、ファージの採取および菌株とファージ株を増やして感染に差のある組み合わせを見つけたい。

謝辞

本研究にあたり、東北大学大学院農学研究科金子淳先生より ϕ NIT1を分与いただくとともに、バクテリオファージの取扱いを指導していただきました。心より感謝いたします。

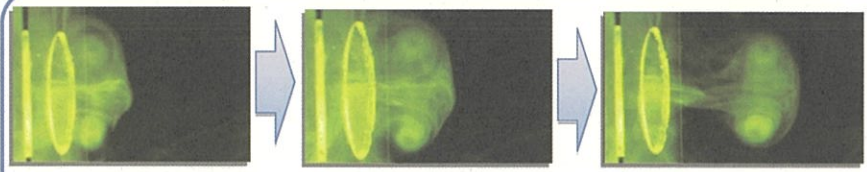
参考文献

- 1) 納豆研究の新展開～納豆菌とファージの共進化から探る～, 木村啓太郎, 生物工学, 2012年, 第90巻第6号 315-319
- 2) 地球村で共存するウイルスと人類, 山内一也, NHKライブラリー
- 3) Characterization of Poly- γ -Glutamate Hydrolase Encoded by a Bacteriophage Genome: Possible Role in Phage Infection of *Bacillus subtilis* Encapsulated with Poly- γ -Glutamate, Keitarou Kimura and Yoshifumi Itoh, APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, May 2003, p. 2491-2497

SSH諸行事の記録

The possibility of "Air Cannon" for industrial use

Miyagi Sendai Daisan Highschool Ryo Ozaki Hironobu Sakuma



2 Motivation

Our class assignment was to create an interesting presentation that would appeal to elementary school and junior high school students. We thought that the demonstration of an "Air Cannon" would be a good example because it usually amazes many children. Also, we thought it would be a good opportunity for us to learn more about the possibilities of uses of "Air Cannon." An "Air Cannon" is an experimental gadget made from a cardboard box as shown in the photograph in the upper left. Also, to put it simply the characteristic with the vortex ring is "mass of air extrusion go straight until it hits an obstacle." We thought that trying to apply practically its characteristics, and examined the usefulness of air-conditioning equipment in the air cannon.

Air resistance between the outside air and vortex rings is reduced by going straight while winding vortex, so speed of the vortex ring is difficult to decrease, and it continues to advance far in the inertia by the rate at which the first occurrence.

3 Materials

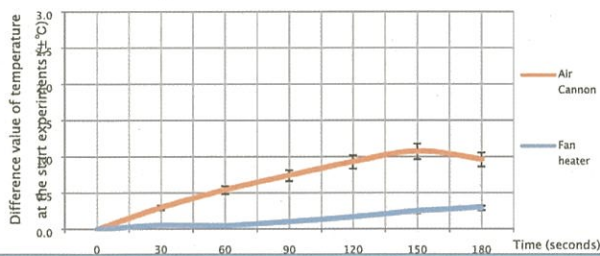
• Air Cannon • Digital thermometer • Measure • Fan heater • Blue ice • Smoke machine • Target object(50x50 wooden board) • Metronome • Stand

4 Experiments

Experiment1: Comparison of Air Cannon with Fan heater

- I. Use a fan heater to warm up air by in the Air Cannon box about 30 degree Centigrade.
- II. Push out warmed air from the box to a target object 2 meters away 45 times per a minute.
- III. And measure temperature changes around the target object every 30 minutes.
- IV. Do the experiment again, but this time, don't push out warmed air, just keep Fan heater connected with the Air Cannon.
- V. Compare the results of the procedures 2 and 3.

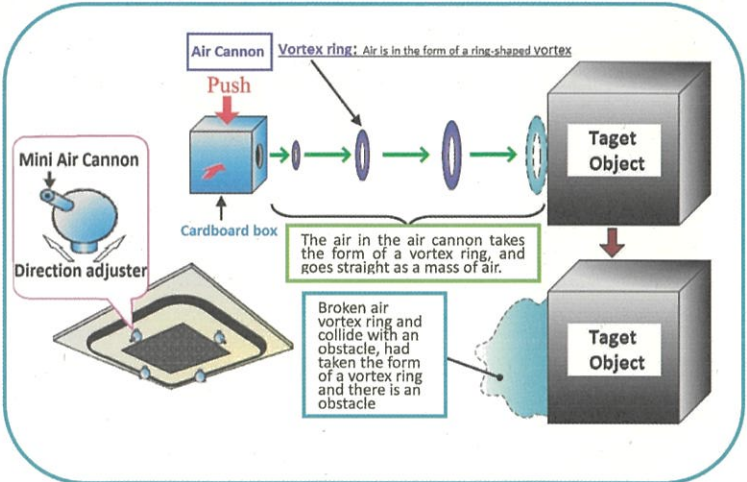
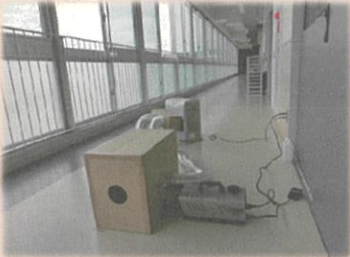
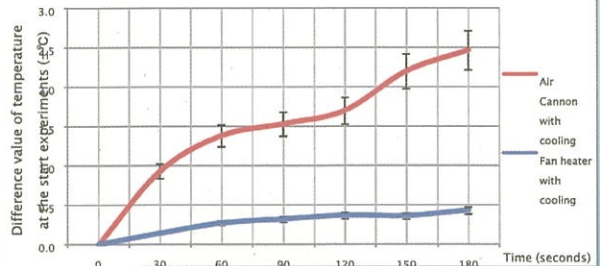
Comparison of Air Cannon with Fan heater



Experiment2: Compare with cooling around the target object

- Install ices near the target object to bring near actual usage environment, and keep temperature around the target object lower than room air temperature.
- I. Basically the same as experiment 1.
 - II. Install ices near the target object, and lower the heat around it, and do experiment 1.

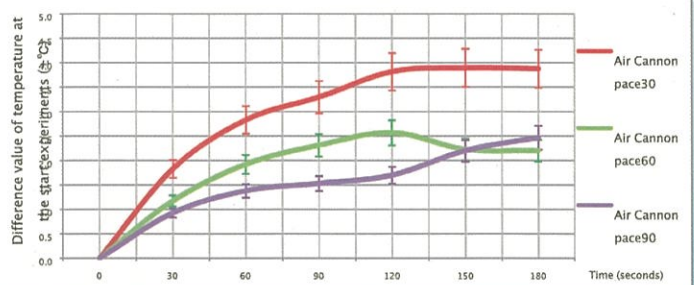
Comparison with cooling around the target object



Experiment3: Comparison with changing the interval for emitting vortex ring

In order to investigate the relationship between the temperature rise efficiency and interval emits vortex ring, do experiments1 with changing 30 times per minute, and 15 times the vortex ring injection interval.

Comparison of shooting pace



Consideration

Experiment1: It can be seen that the rate of increase in temperature at the time of 150 seconds is maximized in the case of using an air cannon. Looking at the graph, the rate of increase in temperature is lowered slightly at that time. I believed that this is because the temperature of the object around has finished rising. In addition, better air cannon rather than using only the fan heater also was used is higher by about 0.7 °C temperature rise rate. From this, it was found that the hypothesis "better using the air cannon than using only the fan heater can be efficiently air-conditioning" and is correct. However, season we have been making experiments was to spring-summer. So, the difference between the hot air out of the fan heater and temperature of the object around was small. It's warm from there it felt difficult.

Experiment2: We found that air-conditioning efficiency using the air cannon temperature environment to be used is lower than rises. Therefore, we consider the required elements and to increase the air-conditioning efficiency. How much is the best interval to press the air cannon? How large are the best in the size of the air cannon? Further, a bug in order to use the air cannon actual distance between the object and the air cannon, the effect of drafts can be considered.

Experiment3: Rate of increase is rising firing interval as the change [90] [60] and [30] If you look at only the experimental results. However, we think this is not to say that the better long free interval is longer simply. Because we are using the fan heater is to heat the air in the air cannon in. In this experiment, takes a while to warm the air inside. It is believed therefore continued to fire the air in a state where the air inside is not warmed sufficiently firing interval is so short that it is the case of [90], too high growth rate and it was not observed. Meanwhile the air inside is warmed enough interval is longer in [30], it is considered that the rate of increase was high and so was able to deliver up to the object that warm air. However, more space is short should be high rise rate if this is the constant temperature of the air cannon in unchanged. It is believed from the results of this, there is correlation quadratic between the firing interval and increase rate at least, it appears that firing interval efficiency becomes highest temperature for each air cannon in the wrong. I want to look for firing interval the rate of increase is highest in temperature for each air cannon in the future.

SSH 台湾海外研修 事後報告書

1. ～研修二日目 研究発表・文化交流～

理数科 2年 2235 関 亜鈴華

その日の日程は下のようなものでした。

まず始めに互いの校長挨拶があり、次に Thank you speech でした。これは私がスピーチしたのですが、結構緊張していました。今までの練習でも完璧に暗記できたという実感も無かったし、緊張でスピーチの中身が飛びそうでしたが、腹をくくって前に立ちました。実際に前に立ってみると、さっきの緊張はどこへ行ったのか気が大きくなったようで（人数もそこまで多くなかったからかもしれませんが）、堂々と発表出来たように思いました。本番が一番良い出来だったので、個人的には満足でした。相手校の校長先生に”Nice speech.”と、お褒めの言葉をいただいて握手をしてもらいました。

宮城の紹介を、私を含めた六人で行いましたが、生徒さんのウケはまあまあでした。いよいよ口頭発表になり、内容が伝わるかと心配でしたが、無事に終わりました。パワーポイントの作りかた、発表の仕方は「勝った！」と思いましたが、英語の会話力は断然彼らのほうが上だったので、そこはこれから鍛えていかなければいけないと、強く思いました。

ポスター発表は時間制限があって、あまり内容を伝えられなかったのですが、一番説明したかった“渦輪”というもののしくみについては説明することが出来たので、その点では良かったかなと思います。

国際交流は午後からで、その前に昼食を学校の学食で食べました。生徒さん達と不慣れな英語で話をしました。相手が意図をくみ取ってくれたので、とても楽しく会話が出来ました。売店にも連れて行ってもらいました。10月なのにアイスが売っていて驚きました。

午後は国際交流で甚平を着ました。他二人の女子は浴衣でしたね。これは本当に受けが良かったですね。ただ上手く英語で説明できなかったので、後悔しています。折り紙を一緒にやったのですが、台湾の学生さん達はうまかったです。男子はけん玉をやりましたね。そのあと学校を見学しましたが、規模が違いました。図書館に DVD もあって、“ハウルの動く城”を見つけました。姉妹校の調印も無事に終わったし、とても楽しい一日でした。



2. ～研修三日目 フィールドワーク～

理数科 二年 2235 関 亜鈴華

二日目はなかなか盛りだくさんなスケジュールでしたが、三日目はフィールドワークのみの予定だったし、大きな山は二日目に終わっているのので、この日は気持ちが軽かったです。

前日に仲よくなった女の子がいて、その子と話しながら、バスでフィールドワークの場所に向かいました。バスに乗っている間、お菓子をもらったり、iPadでゲームを一緒にしたりしていました。このiPadは学校から借りられる仕組みらしいです。

あれこれしている間に到着しました。その日は雨が降るとのことで、最後までフィールドワークが出来るかどうか心配されていましたが、晴れたので問題なかったです。バスを降りて、道路を歩いていきます。海岸沿いで、海がきれいでした。湿度が高かったようで、歩いていると汗をかいていました。岩場に着くまでにはほとんど皆半袖でした。

その後、地層をいくつか見てその度に説明が入りました。ちゃんと聞いていましたが、単語不足のせいか、よくわからないということもあったので、「勉強しなければいけない。」と思いました。同じ崖沿いにあるのに、全く性質が異なる地層があったり、貝が掘ったと思われる穴のようなものがありました。柔らかいのかと思っていたのですが、力いっぱい踏んでも全然壊れない硬さでしたね。足場が悪く滑りそうな処もありましたが、生徒さんが手を貸してくれたので、カメラを持ちながらでも、歩けました。優しさに感動しましたね。

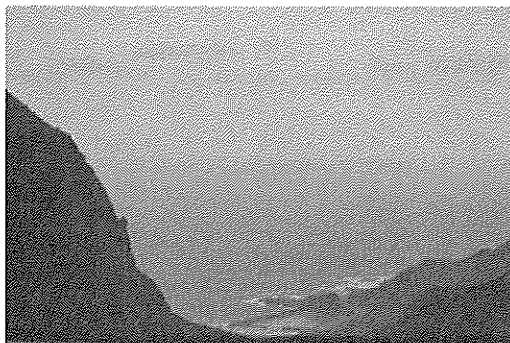
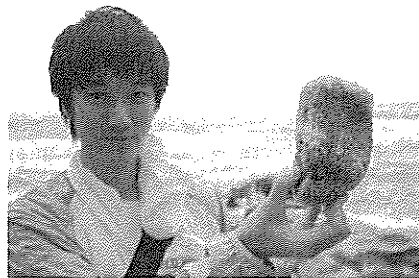
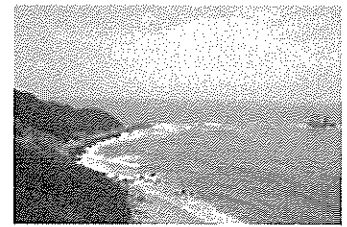
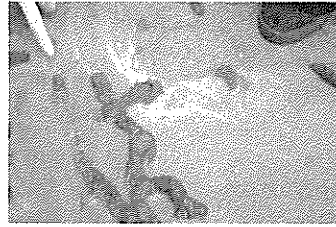
昼食はおすすめの中華料理店でした。あちらの学校の先生方にご馳走していただいたので、感謝して食べました。初めて中華の回るテーブルというのを見て、ここでも感動してました。すごく中華料理はおいしくて、お腹いっぱい食べました。

バスに揺られながら次に着いたのは、“千と千尋の神隠し”のモデルとなった場所でした。心行くまで写真を撮りましたね。本当に映画の中に入ったかのような感覚に陥ることが出来ると思います。夜じゃなかったことが残念でしたね。赤い提灯が灯っていれば、さらに雰囲気は近かったかなと、思います。

古い建物が多く、山の上の方に小学校があったので、

驚きました。この生徒はこの急な坂道を毎日登校するのか…。と。

そこでもデザートを御馳走になって、バスに乗って帰りました。



3. ～研修四日目 台湾科学教育館・故宮博物館での調べ学習～

理教科 二年 2235 関 亜鈴華

三日目で台湾師範大学附属高等学校の方とは、お別れです。四日目は中国文化大学の劉教授からご指導を頂ながら、科学教育館・故宮博物館での調べ学習です。

午前中は科学教育館、午後は故宮博物館という順番で行きました。科学館は到着した時に驚きましたね。大きさが普段見るものと違ったので。入口で集合写真を撮って、三階の生物のフロアから見ていきました。

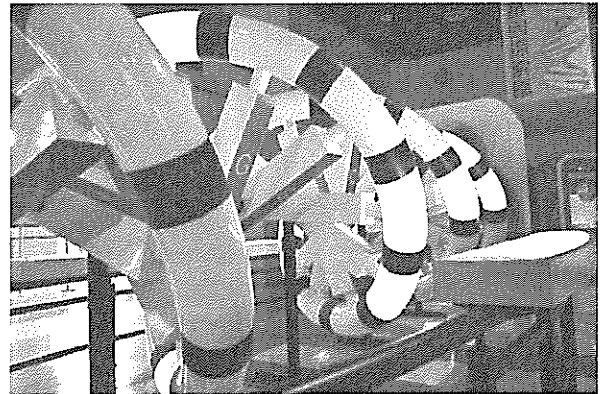
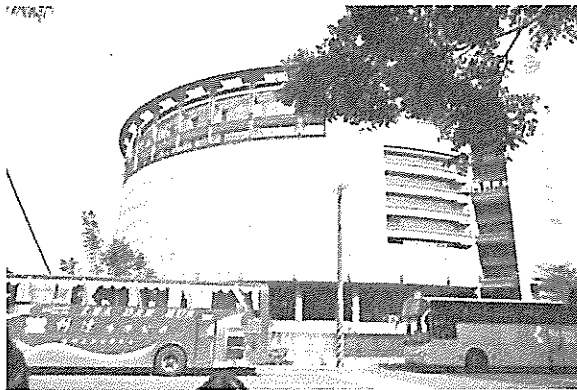
三階には、DNA や遺伝子のモデルの構造物があり、見ていただけでも楽しかったですね。一年の時こんなのをやったというものが幾つも出てきて、親近感が湧きました。学校の授業でこの博物館を使えば、眠くなることも無く、頭にしっかり入るだろうに…。と思いながら、展示物を見ていました。

四階のフロアには、私の大好きな物がありました。“昆虫”です。昆虫の標本が奇麗に飾ってあったので、シャッターを何回切ったか分かりません。擬態を実際に見ることが出来たり（もちろん標本なので、生きてはいませんが）、カマキリ・セミ・カミキリムシ・蝶・蛾…。あとゴキブリもありましたね。

私以外の人はあんまり時間をかけて標本を見てはいませんでしたね。なんか趣味の溝を感じた瞬間でした。

そこで昼食を食べ、故宮博物館へ向かいました。“白菜の翡翠”を実際に見てみましたが、何がどんな象徴なのか分かってはいるのですが、「何で白菜なんだ？」と思わずにはいられなかったです。奇麗な陶器や絵画を見ていて、とても非日常的な空間で時間を過ごすことが出来たのは本当に良かったです。ただ、ここの展示物を全て（展示されている分だけでも）見るのは、まあ不可能だなんて思いました。

お土産に面白いものを買って帰りました。



SSH台湾海外研修 事後報告書

普通科 1年 1640 安田 愛

1. 二日目 研究発表・文化交流

国立台湾師範大学附属高級中学の生徒との国際交流を行いました。



上は台湾師範大学附属高級中学校舎の写真です。国際交流はこちらで行いました。

敷地面積がたいへん大きな学校で、我が校の倍以上の広さがあります。校舎は南国らしい風通しのよい設計でした。国際交流は、以下の流れで実施されました。【宮城紹介→口頭研究発表→ポスター発表→日本文化の紹介→校内見学】の順です。研究発表では、三校からは物理と化学の二分野が発表しました。緊張の中、慣れない英語を話すのは難しく、ところどころつかえる場面もありましたが、師範大学のみなさんは熱心に聞いてくださいました。また、師範大学からは主に地学分野の研究発表がありました。台湾における海水汚染についての研究をはじめとしたさまざまな研究は、そのどれもがたいへん興味深く、良い刺激となりました。

発表後、食堂で昼食をいただきました。師範大学の食堂は、複数用意されたおかずの中から自分の気に入ったものを選択して皿に盛っていく形式で、豆腐、野菜、肉料理が多く見受けられました。とても美味しかったです。

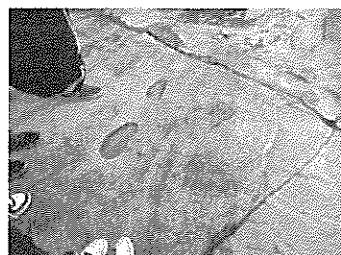
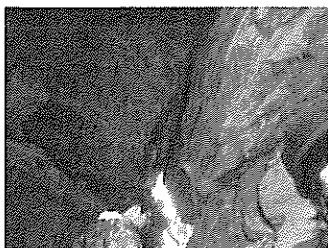
昼食後には日本文化の紹介をしました。剣玉や折り紙をはじめとした日本の伝統的な遊びや、浴衣や甚平などの伝統衣装を持参し、説明をして、一緒に遊びました。師範大学のみなさんはどれも興味深そうに眺めたり触ったりしていました。浴衣と剣玉は特に人気でした。

校内見学では、校舎の様々な場所を案内していただきました。どの施設も広く立派でしたが、なかでも図書館は書籍や映像資料の数が豊富で、魅力的な施設でした。

また、姉妹校の締結を行いました。さまざまな記念品は思いがけないうれしいプレゼントでした。

2. 三日目 地質調査・九份探索

午前中は磺港の獅頭山公園で地質調査を行いました。大学の教授をお迎えして、公園を回りながら、さまざまな地層について説明していただきました。

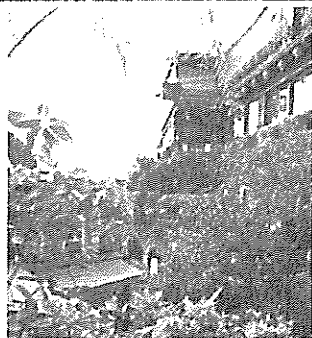
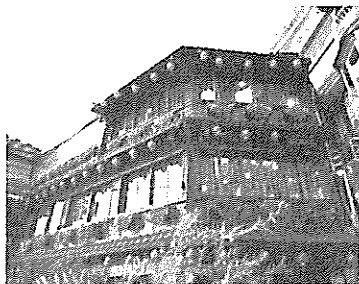


左は通り抜けできる洞穴、右は足跡のようなくぼみのできた岩盤です。どちらも水の働きによりつくられました。ほかにも、うつくしいマーブル模様の岩盤や、石英の結晶により光をあてるときらきら輝く岩盤、触れるとぼろぼろ崩れるやわらかい黒の地層、丁寧に積み上げられた積み木を思わせる地層など、形質の異なるさまざまな地層・岩盤に出会いました。

そのどれもが自然の働きによって形成されたものであるということです。その事実はわたしに自然の偉大さを改めて教えてくれました。

午後は場所を移し、九份を探索しました。

九份は台湾北部の港町基隆市の近郊に位置する山あいの町です。日本統治時代の面影を色濃く残す町並みは趣深く、何十段と続く階段からは湾を見渡すことができます。



右下の写真は休憩中の台湾師範大学附属高級中学のみなさん。手にしているのは芋団子のスイーツです。

3. 四日目 国立台湾科学教育館・故宮博物院・士林夜市見学

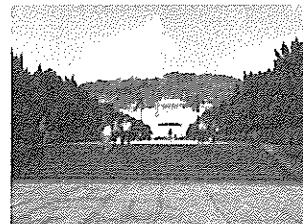
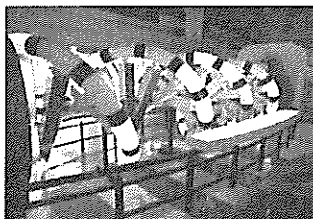
この日はまず、台湾の科学館を見学しました。

10階建ての科学館は広く、展示内容はたいへん充実していました。

数多くあった展示の中でも、わたしが最も関心を持ったのは、物理の音についての展示です。

その展示は、ガラスの粉末を振るいかけた金属板を弦でこすって音を出し、ガラスの粉末で模様を描くというものでした。音の振動で描かれる模様はどれも美しく、こする場所や強さを変えると、それに伴う音の波長の変化からガラスの粉末はまたたく間に模様を変え、まるで万華鏡のようでした。

また、このほかにも、生物・地学・物理のコーナーをくまなく見学したり、シャボン玉をつくる実験をしたり、施設の方から様々なお話をお聞きしたりしました。左は金属板に模様を描く実験で、右は生物フロアのDNAモデルです。



午後は故宮博物院を見学しました。故宮博物院は世界四大博物館の一つです。六十万件冊をこえる美術品の数々が所蔵されており、三ヶ月に一回の割合で展示品の入れ替えが行われます。数多くの展示品の中でも、とくに有名なものは「翠玉白菜」と「肉形石」です。翠玉白菜は、その名の通り翡翠を彫刻して作られた白菜のことです。葉の上にはイナゴとキリギリスがとまっています。白菜は清らかさを、二匹の昆虫は多産を象徴しており、中国の妃の嫁入り道具であったと

されている品です。間近で見ると、葉の形や葉脈が実によく表現されており、本物の白菜と比べても遜色ない出来栄でした。肉形石は、瑪瑙類の鉱物でできていますが、一見するとそうであるとわからないほど豚の角煮によく似た品です。染色などの加工により皮・脂身・赤身がうまく表現され、さらに毛穴まで丁寧に作られています。見ているとお腹がすいてくるほどの精巧な技巧が施されています。どちらの美術品からも、当時の中国人の食への飽くなき思いを感じ取ることができます。ほかにも、直径三センチほどの小さな種に、窓の開閉が自由にできる小舟を彫刻した作品や、いまだに制作方法がわかっていない何重にも割り貫かれた象牙細工など、すばらしい作品がところせましと展示されており、見る者の心を奪います。

最後に、台北の有名な夜市、士林夜市を見学しました。

スパイスの独特な香りが満ちた路上には、飲食物や衣料品などさまざまな屋台がひしめくようにして出店していました。観光客や現地の方でにぎわっており、活気のある場所となっています。また、日本語のメニューが数多くあり、観光客にやさしい仕様でした。



夜市の様子と、案内して下さった台湾の先生方との写真。目の前のお皿は台湾のかき氷です。台湾のかき氷は日本のものとは違い、甘い牛乳を凍らせたものを削っていたので、甘くておいしかったです。トッピングも豊富で、マンゴーやタピオカ、小豆などがありました。私はアロエ蜂蜜のかき氷をチョイスしました。蜂蜜のとろりとした甘さが氷とマッチしておいしかったです。ほかにも、おのおの小籠包や台湾の牛肉ラーメンなどを食べました。異国の味を堪能し、充実したひと時になったと思います。

以上が台湾海外研修の事後報告です。

五日間という短い時間で行われた研修でしたが、台湾の人々・文化との交流は新鮮な驚きと感動に満ち溢れており、忘れがたい貴重な体験となりました。

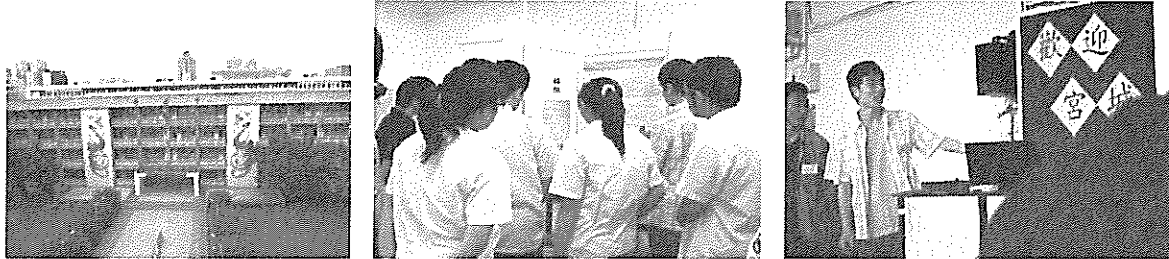
今後は、晴れて姉妹校となった台湾師範大学附属高級中学と切磋琢磨してさらなる研究を行うとともに、この研修で学んだことを校内外に広く発信していこうと考えています。

最後になりますが、この研修を実施するにあたって、さまざまな形でわたしたちをサポートして下さったすべての方々に心からの感謝を申し上げます。

SSH 台湾海外研修 事後報告書

理数科2年 2129 山崎 誠仁 (SSHクラブ・コア)

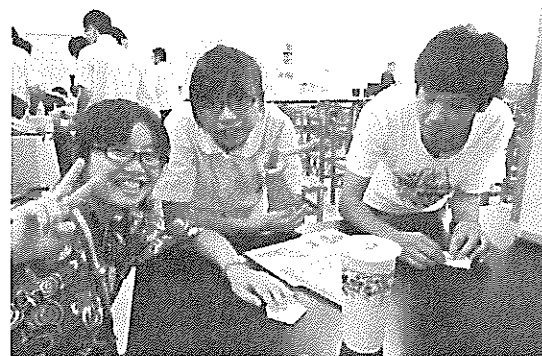
台湾での研修1日目 (10/14)



国立台湾師範大学附属高級中学にて研究発表を行いました。
台湾の学生の英語の発信力の高さに驚かされました。
発表の後で、国際交流や校内の見学、姉妹校締結式を行いました。

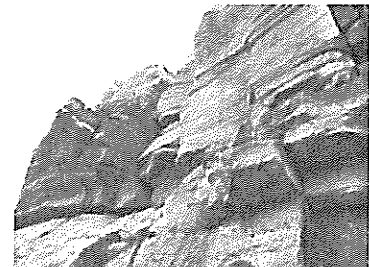
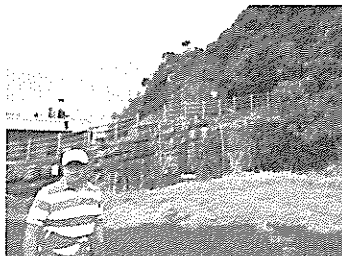


姉妹校締結の様子

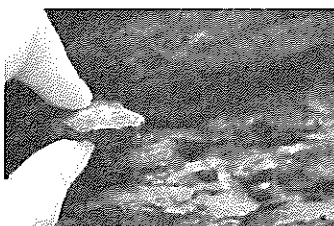


国際的な交流の様子

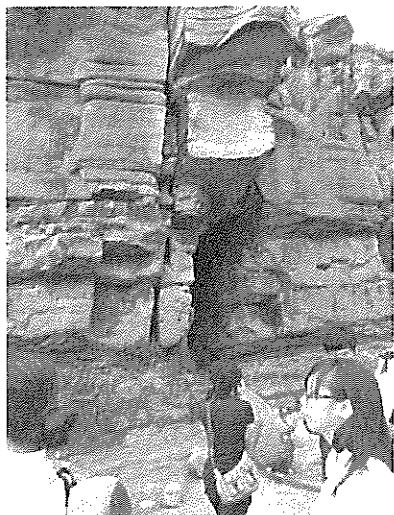
台湾での研修2日目 (10/15)



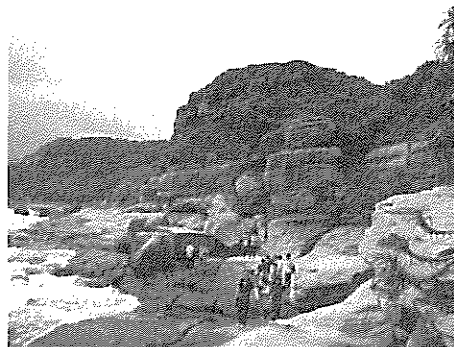
台湾北部の金山地区の海岸線の観察を行いました。
上右の写真は昔の甲殻類などの巣穴の跡と考えられます。
岩が赤錆色になっているのは、層に鉄分が含まれているからだそうです。



この層は石炭層であり、その石炭は古代の海岸線に生息していた植物などに由来すると考えられます。この層は手で力を加えるだけで崩れてしまいました。石炭の質はそれほどよくないそうです。

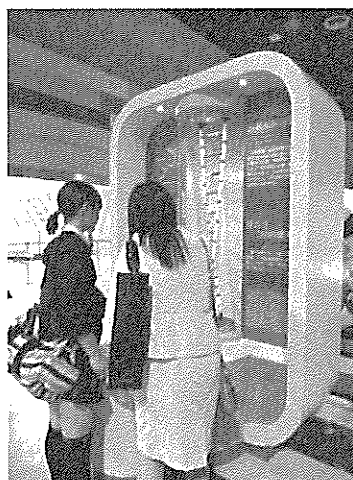


波の侵食によって岩に穴が開き洞窟となっています。
岩は切りそろえたように四角くなっていました。

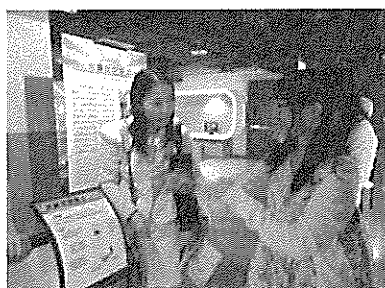


海岸線全体の様子。一面に崖が広がり、波が激しく打ち寄せられていました。

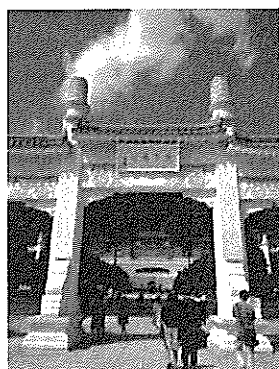
台湾での研修 3 日目 (10/16)



国立台湾科学教育館と台湾国立故宮博物院の見学に行きました。
科学館では物理・生物分野の展示を見学しました。
上は金属板の振動を、砂を使って観察する実験の様子。



見学は、この研修を企画して下さった劉先生と一緒に行いました。
上の写真は生徒からの質問を聞く劉先生です。



乾隆帝に関連する数々の書物や美術品が展示されていました。展示品から、彼は皇室の所蔵品の整理を行い、図録を作ったこと、また、書物の評価も行い、これらの所蔵品をランク付けしていたことがわかりました。乾隆帝の几帳面な性格と、芸術を愛した様子が伝わってきました。

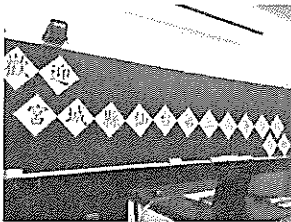
SSH 台湾海外研修 事後報告書

理数科 2 年 2130 湯澤翔太郎 (SSH クラブ・コア 化学班)

1. 研 修 名 課題研究発表会・国際交流会
2. 日 時 平成 25 年 10 月 14 日 (研修 2 日目)
3. 場 所 国立台湾師範大学附属高級中学
4. 内 容

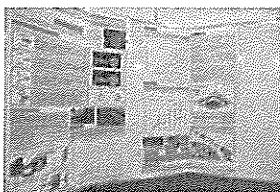
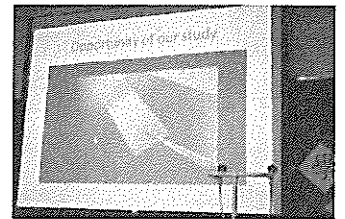
- ・プレゼンテーション
- ・ポスター発表
- ・国際交流
- ・姉妹校締結式

5. 所 感



国際交流会初日、我々仙台第三高等学校は歓迎された。氏家校長らの挨拶は円滑に進み、場の雰囲気は交流会の幕開けにふさわしいものとなった。

プレゼンテーションは事前勉強会の効果あってか、見事成功した。仙台紹介での師範大生徒の反応も良く、課題研究発表も受けが良かった。師範大生徒の発表は英語のレベルが高く、後の活動への緊張感を与えられた。



ポスター発表は質疑応答を中心に交流が進められた。我々の英語は意外と相手に伝わり、交流会らしいものとなった。日本から持って行った実験試料を見せることで発表はさらに盛り上がりを見せた。



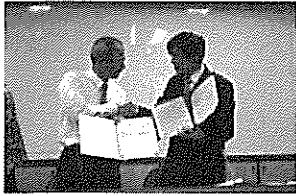
師範大の生徒との国際交流は発表会での緊張が抜け、賑やかなものとなった。折り紙・けん玉・浴衣の紹介をすると、興味を持ってくれたらしく、共に遊んだり競い合ったりした。先生方が差し入れて下さったタピオカのミルクティはとても美味だった。

師範大の敷地は広く、外には陸上用トラックのほか、バスケットコートが4つも設置されていた。

校舎見学中、佐藤祐介 (SSH 部長) のバスケ魂に火が付き、師範大生と一試合させたもらえることになった。

アクティブな彼らに勝つことはできなかったが、良い経験となった。





姉妹校締結式は予定通り進んだ。

式の後には自称<台北市で一番偉く美人>の PTA 会長が場を盛り上げてくれた。とても力感のある会長さんで、仙台第三高等学校の面々はノリについていけず、ただ笑っているだけだった。

1. 研修名 フィールドワーク

2. 日時 平成 25 年 10 月 15 日（研修 3 日目）

3. 場所 台北市北部の海岸・九份

4. 内容

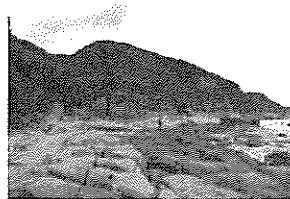
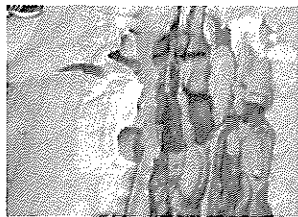
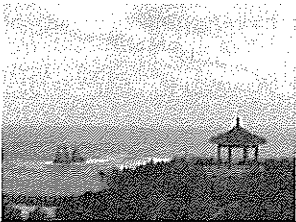
- ・ 附属大附属の地球科学の洪逸文教授による地形の説明（金山地区地質考察）
- ・ 千と千尋の神隠しツアー（九份）

5. 所感



左の写真は洪先生と師範大附属の生徒が地層の状態の説明をしてくれた時の様子である。

師範大の生徒が体を使って表現してくれた。



実際に見た地形



左の写真は九份で撮ったものである。

九份は映画『千と千尋の神隠し』のモデルとなった場所で、多くの観光客が訪れている。

我々が訪れたときにも、日本人観光客を数団体見かけた。

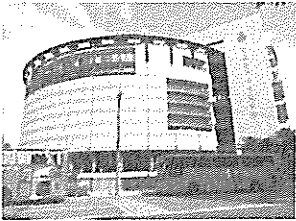
右の写真の建物は 『千と千尋の神隠し』 に登場する、湯婆婆の屋敷のモデルである。この建物は店舗として使用されている。





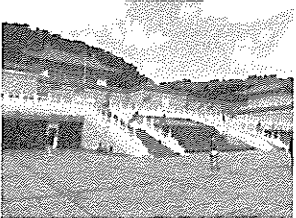
九份の山の上には、似通った建物がいくつも見られる。これらはお墓として建てられているようだ。道端やお墓の近くにはシーサーに似たものがあり、沖縄とのつながりを感じずにはいられなかった。

1. 研修名 劉助教授との調べ学習
2. 日時 平成 25 年 10 月 16 日 (研修 4 日目)
3. 場所 国立台湾科学教育館・国立故宮博物館
4. 内容
 - ・国立台湾科学教育館での調べ学習
 - ・国立故宮博物館での調べ学習
5. 所感



国立台湾科学教育館は、1階から8階まで分野ごとに多くの展示をしており、子供から大人まで楽しむことができる。フードコートやグッズ販売スペースも充実しており、長時間楽しむことが可能だ。

科学館内は日本の科学館とそう変わらない。この科学館では案内人を頼むことができ、よく内容が理解できない人も安心して回ることができる。但し、台湾語である。台湾の地形も展示していて、よい勉強になった。



国立故宮博物館は日本の博物館と異なり、外観がとても色鮮やかであった。敷地が広く風通しも良かった。ここに来ることで外国に来ている実感がわいた。

写真でしか見たことがなかったが、実際にみることでこれらの作品の凄さを感じることができた。

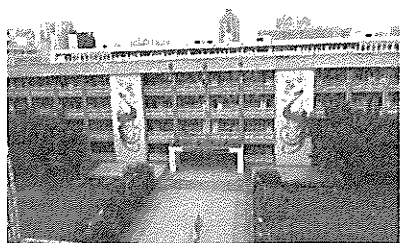
翠玉白菜と肉形石は、2014年に東京国立博物館と九州国立博物館で開かれる『台北・故宮博物院展』に出品されるので、ぜひ見てほしい。

SSH 台湾海外研修 事後報告書

普通科 2年 2313 佐藤祐介

研修二日目

私たちは研修二日目に、台湾師範大学付属高級中学校にて、「研究発表」と「国際交流」を行いました。



←台湾師範大学付属高級中学校

自分たちの課題研究を英語で発表し、台湾の学生さんたちの発表も聞き、とても良い経験となりました。

交流の面では、英語での会話こそあまりできませんでしたが、多彩なアイテム（けん玉、折り紙、お手玉・・・）の活用により、言葉以上の交流ができたと思います。

その後は、学校の案内をしていただきましたが、あらゆるものが立派で、外には大きなトラックがあるだけでなく、バスケットコートもたくさんありました。そして、私の勝手なわがままを聞いて頂き、台湾の方々とはバスケットボールをすることができました。



↑（ボールを持っているのが私です）

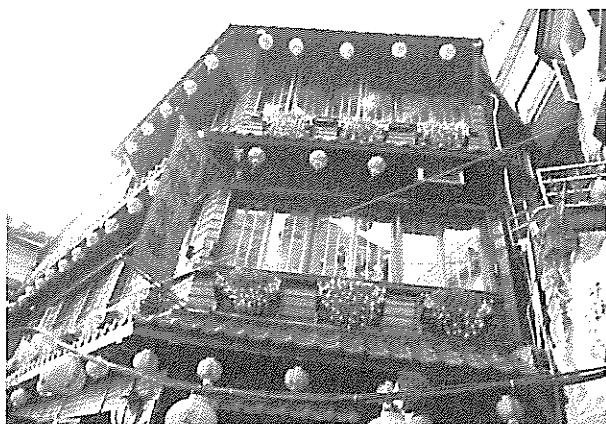
一緒にスポーツをすることで、より一層「交流」ができたと感じました。

研修三日目



三日目はまず、台湾の高校生の方々と共に、フィールドワークに行きました。このフィールドワークでは、主に海辺を歩き、波による周りの地層や岩石への影響などを、先生方だけではなく高校生の方々にも丁寧に教えて頂きました。

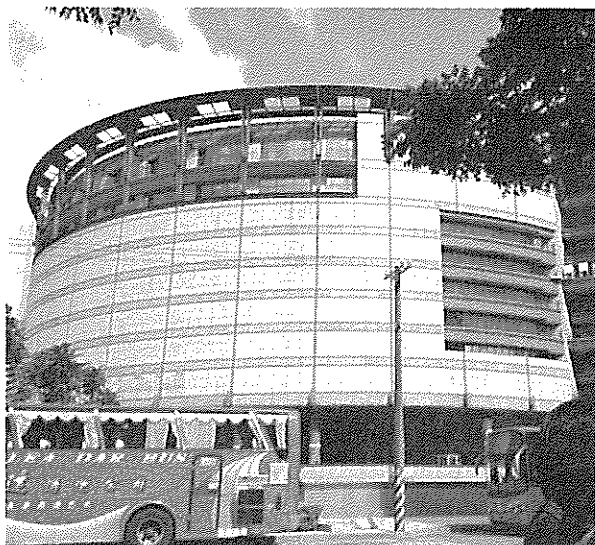
この日の昼食は、みんなでテーブルを囲み、食事をしました。料理も勿論美味しかったのですが、みんなでテーブルを囲んで食事することで、打ち解けて話をする事もできたので、とても良かったです。



その後、「九份」という観光地に行きました。この場所は、あの有名な「千と千尋の神隠し」のモデルになった場所だと言われているらしく、赤提灯がとても印象的でした。それまで「勉強」がメインだった分、「観光」の要素をととても大切に感じました。

研修四日目

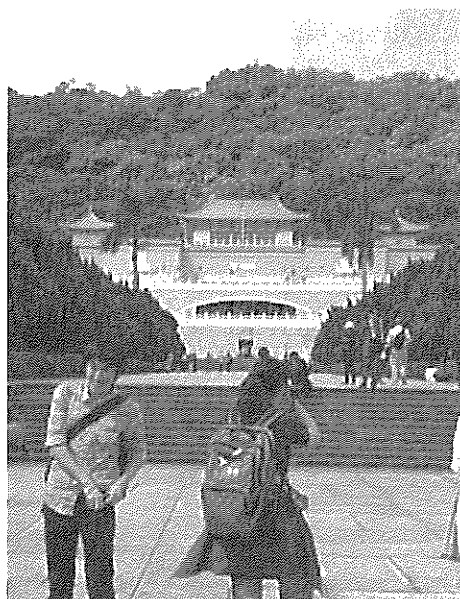
四日目は、科学館と故宮博物館に行きました。



科学館では、分野を問わず、広く深く様々な物が展示されていました。実験が体験できる物もあり、見るだけでなく、やってみて学ぶこともできました。

自分は普通科に所属していますが、科学館では理数的な要素がふんだんに盛り込まれた、とても濃密な時間を過ごす事ができました。

故宮博物館は、外見だけ見ても壮大でしたが、館内はより一層素晴らしく、たくさんの人々が訪れていました。有名な、「白菜の石」や「豚の角煮の石」も見ることができ、「芸術」という、研究とはまた一味違った勉強になりました。



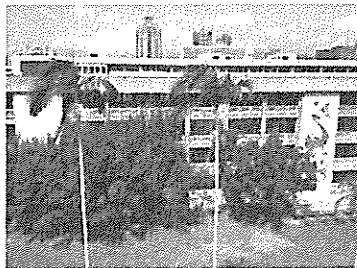
台湾海外研修 事後報告書

普通科 2年 2831 古林 百恵

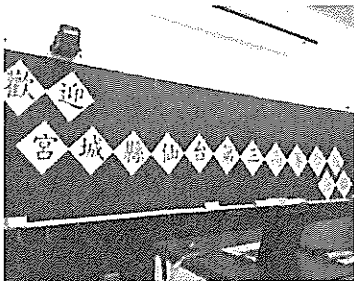
10月14日(2日目)

日時 平成25年10月13日～10月17日

場所 国立師範大学附属高級中学

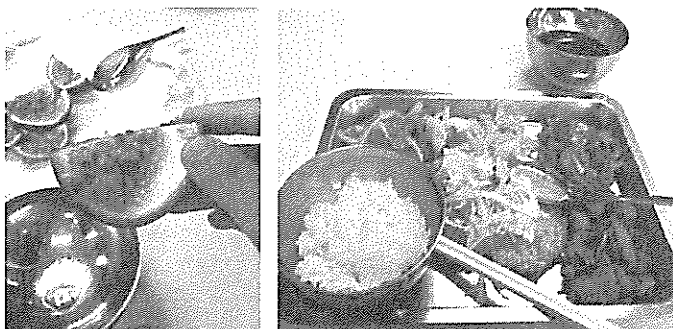
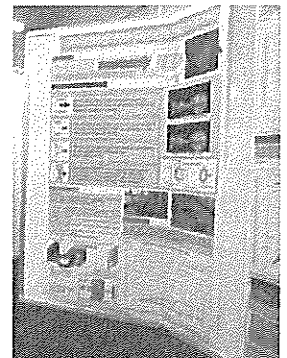


研修先の高校に到着して、日本では見られない背の高い木が中庭に立ち並ぶ景色に圧倒され、ようやく自分たちが台湾にいるのだという実感がわいてきました。



初めはなかなか恥ずかしさや英語で話すことへの戸惑いが捨てられませんでした。導入として行った仙台を紹介するプレゼンテーションは大成功し、自分たちの英語が通じたことに安心するとともに嬉しくなりました。

研究発表のプレゼンテーションでは、台湾の生徒の流暢な英語に圧倒されつつも、練習通りに発表することができました。研究内容はもちろん、まずは英語による表現の仕方も努力しなければ、と良い刺激になりました。同内容で作成したポスターにも良い反応をいただきました。



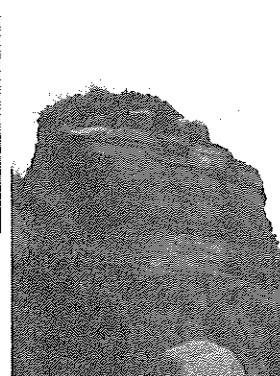
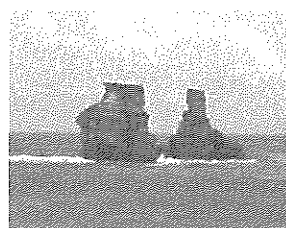
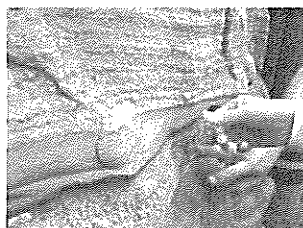
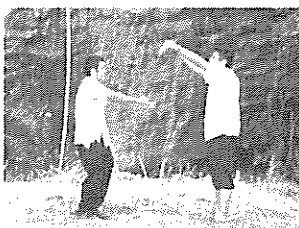
お昼は学校食堂での食事、ご飯の注文の仕方や台湾独特のフルーツの食べ方などを教えてもらいながらとても充実した時間となりました。台湾語や漢字の発音、お互いの国について知っていることなどの話で盛り上がり、一層仲良くなることができました。

午後には浴衣に着替えての国際交流が行われ、交代で折り紙や剣玉を披露しました。ここで場は最大の盛り上がりを見せ、最初にお互い遠慮しがちだったことなどまるで嘘のようでした。



10月15日（3日目）

バスでの移動を経て、3日目のメインの活動となるフィールドワークが開始されました。私にとっては地学の授業で習ったことを実際に目で見るという時間であり、とても楽しみにしていた活動の一つでした。教科書の中でしか見たことのなかった何重もの地層や巣穴の跡などを体感することができ、文章と写真ではなかなか理解できなかったこともすんなりと頭に入ってきて、本当に意義のある時間となりました。

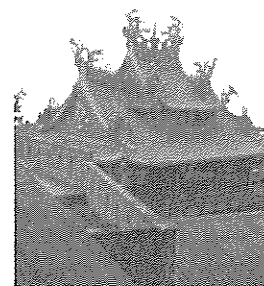


また地層について一つひとつ説明してくれた生徒の英語に迷いがなく、私たちももっと積極的に話しかけていきたいと感じました。



午後には、仇份を案内していただきました。仇份にはスタジオジブリの映画「千と千尋の神隠し」に登場する建物のモデルになった宿があることで有名で、日本の人も多く見かけました。

一帯の歴史的な背景や特徴ある家屋についても日本語で説明していただき、ただ楽しむための観光地巡りではなく、たくさんの収穫があった時間となりました。

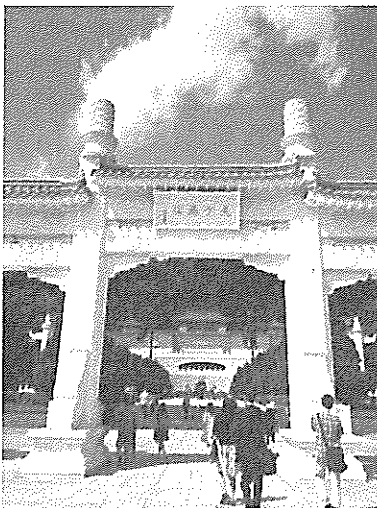
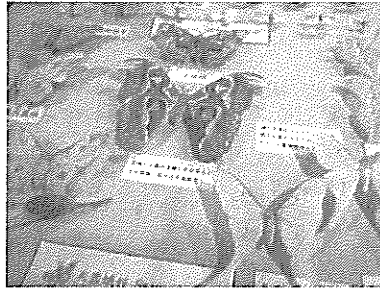
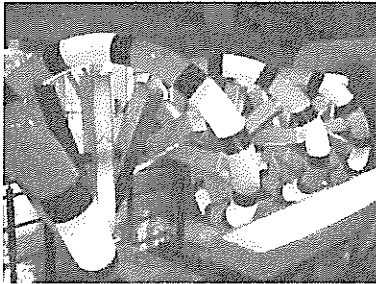


白玉だんごのようなおやつをごちそうになり、その美味しさにまた訪れたいと強く思いました。

晩御飯は市街地へ戻って高級レストランでいただき、自らのテーブルマナーに不安になりながらも、再び台湾の豪華な食事を楽しむことができました。

10月16日（4日目）

最終日は故宮博物館と国立博物館での研修を行いました。日本でも学んだことが同じように展示されているのを見て、当たり前のことですが、なんだか不思議な印象を受けました。展示品について説明して下さるスタッフの方も身振り手振りで分かりやすく教えてくださり、新たな印象を伴って学習内容を学びなおすことができました。



故宮博物館では白菜の彫刻がなされたヒスイ、豚の角煮のような石も無事見ることができました。当時の様々な歴史的背景が反映された美しい陶器や彫刻などを見比べ、それぞれの特徴から違いを考えて引率して下さった先生により詳しく説明していただきました。収蔵数が多くすべての展示品を見て回ることができなかつたのが残念です。館内での写真撮影が禁止のため、展示品のスケッチをお互いに見せ合って盛り上がりました。

研修後は有名な夜市を見て回り、ここでも台湾の食事を堪能することができました。歴史や文化の学習はもちろん、国際交流では英語で話す困難にとらわれることなく友達として仲良くなることができ、私にとって本当に有意義な5日間の研修となりました。今回身をもって体験できたことを忘れず、これからの学習や進路決定に生かせるよう努力していきたいです。



The Possibility of Air Cannon for Industrial use

Miyagi Prefectural Sendai Daisan S.H.S Seki Asuka / Furubayashi Momoe / Yasuda Ai

1 Motivation

Some childlike and easy experiments of Wakuwaku-Science for elementary school or junior high school students

We were especially interested in an Air cannon and their possible uses

- We hoped to Comprehend the properties of vortex rings more deeply.
- Verify a hypothesis that air cannon could be used for air conditioning.

Air cannon go straight all the way to their target object. Would it be possible to find a practical use for them?



2 Background—theory of a vortex ring⁽¹⁾

A vortex ring is a ring of air like a donut. It can be demonstrated by smoke from an air cannon.

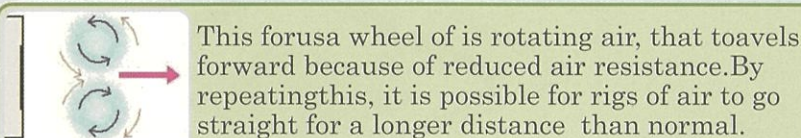
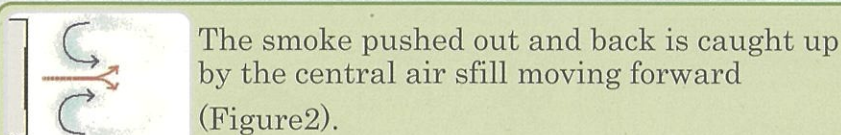
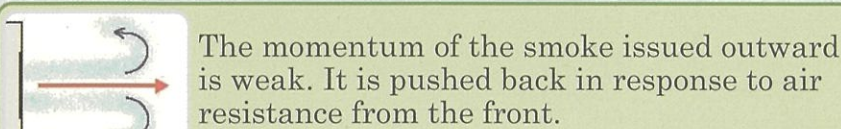
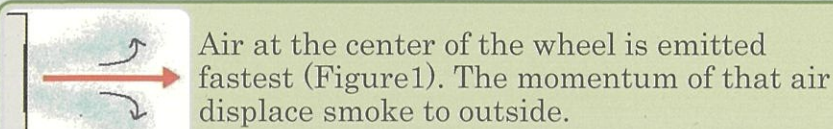
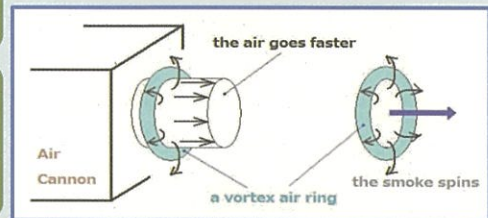


Figure 1 A speed of Vortex ring⁽²⁾



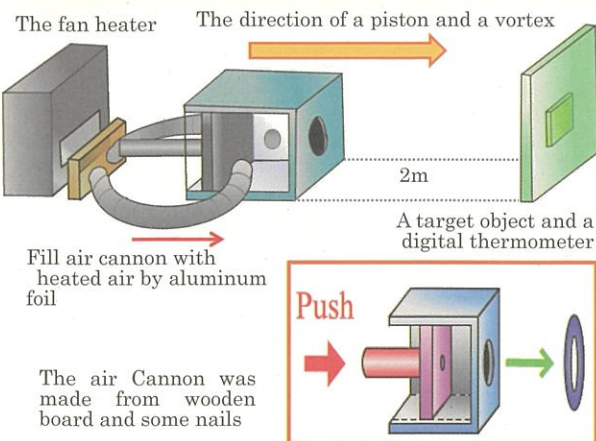
Figure 2 The smoke spins⁽²⁾



3 The experiment

Materials :
 • Air Cannon • Digital thermometer • Measure • Fan heater
 • Ice pack • Stand • Smoke machine • Metronome
 • Target object(50 × 50cm wooden board)

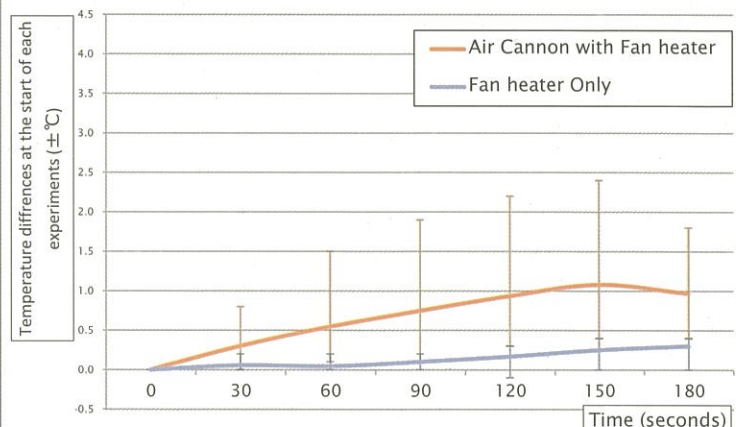
1. Use the aluminum foil to connect the fan heater to the Air cannon. Color the air by using the smoke maker.
2. Use the fan heater to heat up air in the Air Cannon to 30 degrees Centigrade.
3. Compress the box to push out heated air towards a target object 2 meters away.
4. Every 30 seconds, measure temperature changes around the target object.
5. As a control, set up the same experiment, but use the fan heater to heat up the air.
6. Compare the results of the two experiments.



4 Experiment A

By injecting the vortex ring at intervals of 45 times per minute, we measured every 30 seconds the temperature around the object. In the control experiment, we did not cause vortex ring we just operated the fan heater, and measured and compared the conditions.

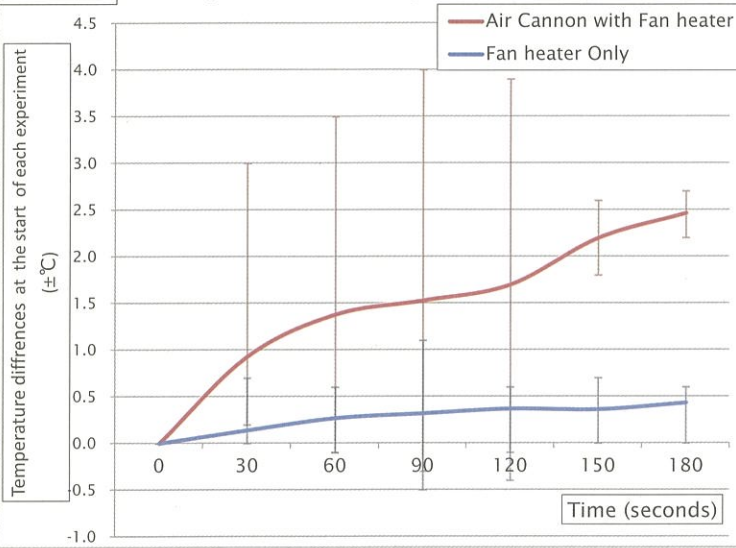
Graph 1 Temperature Change around the Target object



5 Experiment B

The temperature during the experiment was 10 °C higher than expected, because we used a fan heater in summer time, we thought, in experiment B, we would hang an ice pack near the target object. Maybe that would equal out the temperature rise from using the fan heater.

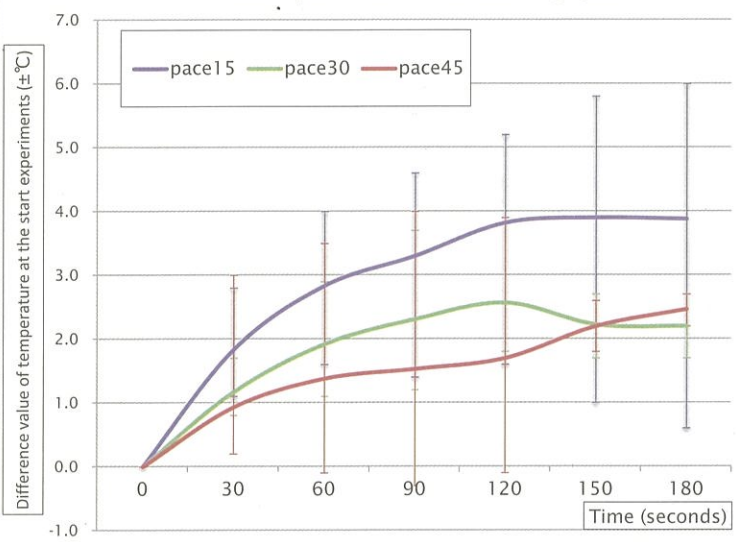
Graph 2 Comparison with cooling around the target object



6 Experiment C

We tested the efficiency levels in several conditions. We changed in times per minute of our box compressions. Then we tested the rise or the fall of temperature around the target object.

Graph 3 Comparison of shooting pace



Safer for people

Easy

Faster relief

Safe for the environment

Our future experimentation should be to compare more results to verify our hypothesis.

8 Research of precedence

- 1) 「ガリレオ工房の身近な道具で大実験」(Yoji Takigawa・Yoshiharu Ishizaki/大月書店)
- 2) 「僕にできるすべて。」 <http://ouou.sakura.ne.jp/hobbies/vr/4.shtml>
- 3) 「一つの空気内で個々に異なる空気状態を持つ空間を作る」 <http://nikkei-techno.jp/pdf/1st/H2nobuyasu.pdf>

7 Consideration

Experiment A :

The result of this experiment clearly shows that an Air Cannon can be an effective air-conditioning gadget. However, it should be noted that this experiment was done during the warm season, and the air was warm.

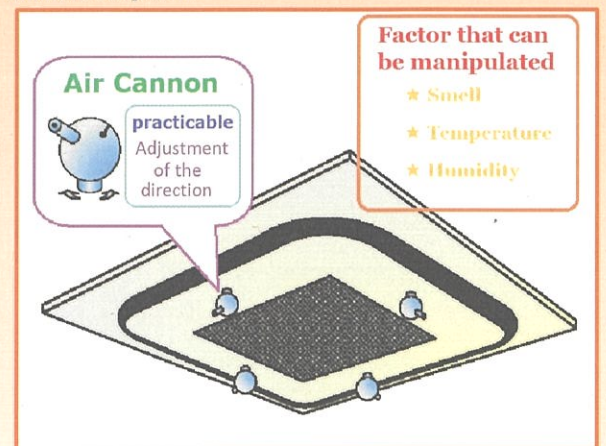
Experiment B :

This experiment showed that the effect of a vortex air ring is more pronounced in a low atmospheric temperature. Next, we tried to find other factors to boost energy efficiency. At first, we paid attention to an interval of push.

Experiment C :

According to the result of this experiment, the longer an interval of push is, the more efficiently temperature increase is. But normally it is not correct. We thought that it is not a problem of length of an interval but whether air in the Air Cannon is hot or not in this case. In other words, air in the Air Cannon can be kept hot by taking longer time between each pushes as an interval.

If we can maintain a uniform temperature in the Air Cannon, temperature increase should be more efficiently as regards of a shorter interval. In order to verify this hypothesis, we want to find a way to maintain a uniform temperature in the Air Cannon and most suitable interval. So we are planning to use heat-resisting material or change an aluminum foil to something heat-resisting as solution now so that we can protect hot air from getting away. As well, we will try to find a way how to measure the temperature in the Air Cannon without a hindrance to piston.



It is possible and effective to improve the efficiency of existing air conditioner by putting this property to practical use

In addition, applying this property to an insecticide, we would be able to better target insects protecting people in surrounding areas.



つくば研修 一 班

農業に迫る窒素の脅威!

二年 奈良 餘目 岡崎 後藤 橋本 伴津 櫻庭

〈序論〉

- ・背景 農業用の窒素肥料を過度に用いることで地下水汚染が起きている。

- ・目的 窒素の循環や水流のメカニズムを元に汚染を防ぐ方法を教える。

〈まとめ〉

- ・圧力や粒の細かさの違いによって水の移動の仕方が異なる。
- ・移動の違いをモデル化し、水の動きと予想
- 農地から肥料成分や農薬成分が流れ出さない工夫ができる!

〈水ポテンシャルについて〉

水ポテンシャル = 水を保持する力。(単位: b a t パール)

水はエネルギーが高い方から低い方に流れる。

水ポテンシャルで流れが分かる ⇒ 窒素の流出を防ぐことができる。

測るにはポテンシオメータと TDR プローブを使う!

回メより硝酸イオンが地中 2 m に至るまで 3 年かかる。

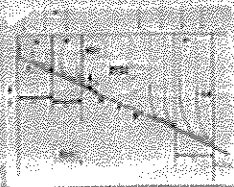
また後述の実験より硝酸イオンを含む水がすぐに地下水に混ざることがある。

⇒ 気付いた時には遅いかも!

〈土壌中の水の流れ I〉

・実験の方法

上を細かい砂や土、下には粗い砂礫の斜めの層を作り、青く染色した液体を上からスプレーでかけていく。



・実験の結果

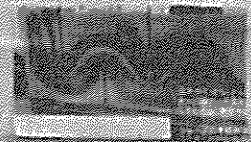
上下の層の境界面で水が溜まり、一定量集まると、水が下に流れた。



〈土壌中の水の流れ II〉

・実験の方法

水を通さない仕切りを作り、端から何色かの色づけした液体を流す。



・実験の結果

異なる色の液体は混じり合うことなく流れた。

仕切りに近い水が早く流れたため、水は最短距離を流れるということがわかった。

参考文献: 農業環境技術研究所資料

窒素

汚染

(1年)
右奈

理科 20 4月 代時

建太 天晴 響子

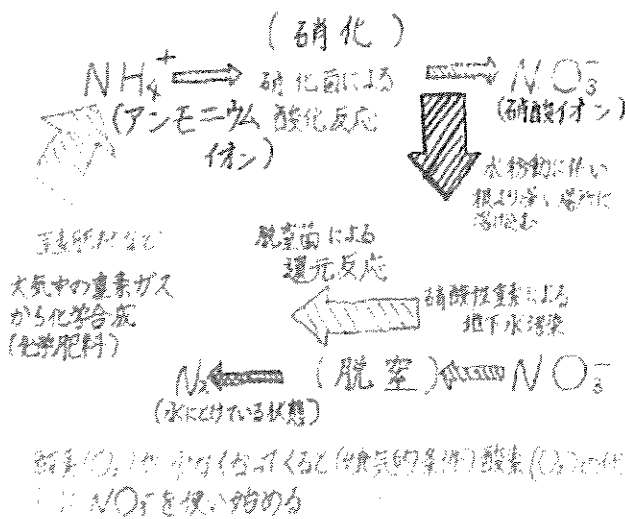
● 農業環境研究所について

明治29年(1896)設立。
環境中の汚染物質が周囲に与える影響などを長年にわたり調査・研究している国の機関。
農地から流れ出す窒素の及ぼす影響とその対策とは？

● まとめ

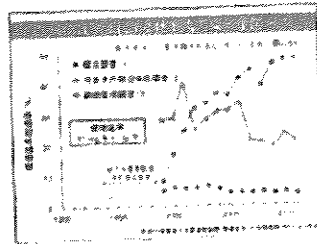
汚染の元となる窒素を有効に利用し、汚染の原因自体をなくするための研究が必要である。

① 作物生産に必要な不可欠な窒素



③ 硝酸化窒素による地下水汚染-全国-

- (1) 概況調査(全国をまんべんなく調査)
→ やや減少傾向の可能性はある
- (2) 汚染井戸周辺地区調査
(汚染されている井戸の周辺を重点に)
- (3) 継続監視調査(継続的に井戸の調査を行う)
→ 増加

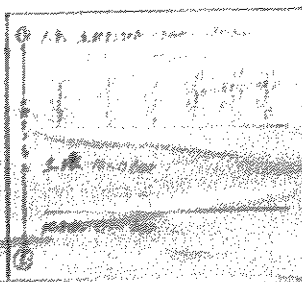


※ 環境基準は
 ・人の健康の保護および生活環境の保全のための目標
 ・対象物質が限られている
 ↓
 環境基準超過はあくまでも一面を捉えているのみであることに注意が必要。

② 水ポテンシャルとは？

水ポテンシャルは、植物などの水分保持力を表す数値。
 水は高い方 → 低い方に流れる(因)
 水ポテンシャルが低くなっているときに吸水できる。

植物は水の沖の硝酸イオンを吸うことにより濃度が下がる。そしてその吸われた硝酸イオンは蒸散などで外に出していくことはない。



④ 流域スケールで窒素負荷・流出量 (武田川流域 1950~2000年調査)

窒素負荷の最大量が1976年頃、 $150 MgN^{2-} l^{-1}$ に対し、流出の最大量は1990年頃、 $40 MgN^{2-} l^{-1}$

→有機態窒素が土壌に残存
 脱窒により硝酸塩が除去と推測！しかし原因不明

参考文献

- 農業環境技術研究所のHP
- 農業の原因となる地下水汚染と閉鎖性水域の富栄養化のメカニズムと地下水中の水の動きと中心に

3期はつくば研修

宇宙誕生の謎に迫る!?

2年 今年 主任 藤原 達安海一 優 山岸 俊人 阿部 純平 青木 信介 高村 晃大 三浦 俊哉

序論

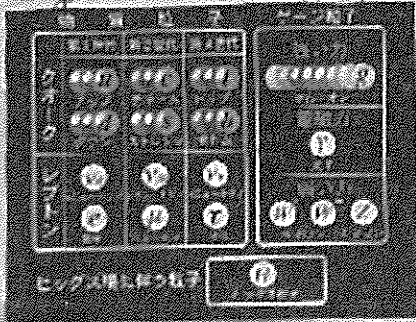
高エネルギーの物理過程を再現する装置 (KEK) とは
→ 加速器を用いた基礎科学研究の施設

目的

- 粒子を加速し、衝突させる
- 新たな粒子を観測
- 宇宙誕生時を再現
- 物質の起源を解明

本論 I

素粒子とは、物質を構成する最小単位



- クォーク
→ 陽子、中性子も構成している
小さな素粒子
- レプトン
→ 軽粒子であり、強い力を感しない素粒子

粒子と反粒子は同数あるが、粒子は残らない
→ ナゼ?

① 粒子と反粒子について

粒子 \longleftrightarrow 反粒子

電荷 (+, -) が違うだけで他のものは同じ。

ex)

電子 \longleftrightarrow 陽電子
の反対のもの

まとめ

加速器研究の展望

① 物質構成の解明 ② 素粒子の性質研究 ③ 宇宙論への応用

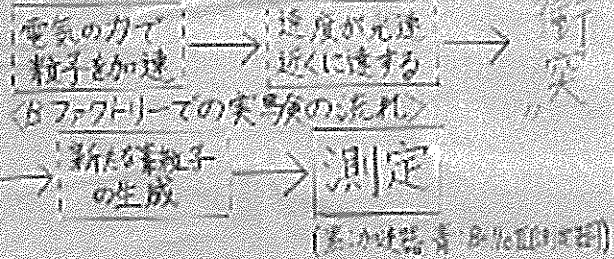
線形加速器は円形に比べ効率的

⇒ 放射光によるエネルギーロスが少ない

結論

宇宙の起源は解明されていない

本論 II



Belle II 加速器で生成された素粒子の測定装置
= Bファクトリー加速器と測定器からなる機構

※ 加速器には、円形加速器と線形加速器の2種類がある。



補足説明

① 反粒子って何?

— 「電荷、質量が反対の性質の粒子」

② 粒子を保持する方法は?

— それこそが加速器の目的

③ 暗黒物質、ダークエネルギー?

— 宇宙の9割を占める「未知のもの」

④ フェルミオン?

— クォークは陽子や中性子と結合して原子核を構成する

素粒子フルスピード

1年 丸尾弘明 鈴木若奈 岩瀬彩 森瑞希 令江颯一朗
遠藤柚奈 武藤 終 白石正大 菅野 速

【序論】

KEKとは
加速器科学について研究
国内外の研究者に研究の場を提
供することが目的の一つ
素粒子原子核、物質構造、加速
器、共通基盤の4つの研究施設

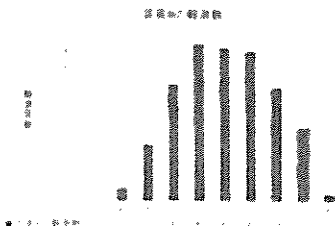
まとめ

- ①素粒子の顕微鏡の加速器を使用
 - ②陽子と電気をぶつけ、宇宙を探る
 - ③発生する放射光で様々な実験
 - ④宇宙線観測にスパークチェンバーが貢献
- ★未来へ次世代の力を求め!!

【本論】

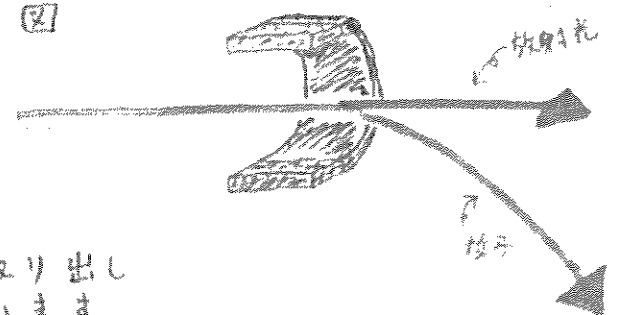
磁場のかき釣りし、加速させた粒子と反
粒子をぶつけた瞬間のようすを調べるこ
とのできる機械、それが加速器だ。加速
器は大きく分けて2つある。一つは円形
加速器、もう一つは直線加速器だ。

加速器では電子と陽電子を衝突させ、ビッグバン
の再現(ミニビッグバン)をします。このことによ
り宇宙の起源を知ることが
できます。またミニビッグバンの際に生じた素粒子をより多く
調べることで、今まで解明されていなかった暗黒物質の証体をい
くつか知ることができるともされています。



【放射光】

光速に近い速さで直線に動いている粒子を磁石
の力を使ってその軌道を曲げた時に発生するの
が、放射光です。右の図のように、
粒子は曲がり、以前の進行方向に
放射光がぶちまけられます。簡単に言えば
慣性の法則のようなもの。急に進
行方向を変えられ、放射光がぶち
まかれた感じなのです。



また、放射光に含まれるX線を取り出し
レントゲンなどの医療に使われています。

【スパークチェンバー】

スパークチェンバーは、宇宙からくる高エネルギー
の粒子、ミュー粒子やタウ粒子が通る様子を放電に
よって見えるようにするための装置である。
宇宙線と大気の関係で、宇宙線の一種の大陽光がある。その位置に
よって、空が赤いスパークチェンバー

【参考文献】

KEKバンフレット、ホーム
ページ等

よって、空が赤い
陽の色が赤くなる
という現象が起
きる。

JAXAときぼう

2012年12月

二年 5班 木村・田中・菊地・加藤・石川・宇美田・小澤・安部

～序論～

2003年10月、宇宙科学研究所 (ISAS)、航空宇宙技術研究所 (NAL)、宇宙開発事業団 (NASDA) が1つになった。それが、JAXAである。

また、JAXAの中には「ISS」がある。ISSとは、地上から約4000km上空に建設された巨大な有人実験施設だ。ISSの中で最大の実験モジュールが「きぼう」だ。

JAXA

1. JAXAとは

JAXA = 「宇宙科学研究所 (ISAS)」 + 「航空宇宙技術研究所 (NAL)」 + 「宇宙開発事業団 (NASDA)」

2. JAXAの選考過程

① 書類選考 → ② 1次面接 → ③ web試験
→ ④ 2次面接 → ⑤ 最終試験 → ⑥ Goal

3. 施設見学

ロケット音響体験というコーナーがあり、ロケット発射場から約3km地点での発射時の音響を体験できる。また、H-IIロケットの実機が展示されていて、全長は53mになる。ロケット以外にも人工衛星が展示されていて、「かぐや」や「ありみめ」と「ひこぼし」などである。



～まとめ～

- きぼうでは生物や医療など様々な分野の研究が行われている。
- JAXAには「きぼう」運用管理室があり、24時間体制できぼうを監視している。

人類初の国境のない場所はどこ??

その答えはISS!!
ISSとは巨大な有人実験施設です。ISSは1998年に建設が始められ、2011年7月に完成しました。その大きさは、およそ109m x 73m (サッカーコートと同じ) 重さ約190トン (世界最大の宇宙ステーション)



～宇宙環境～

- 宇宙の気温は日光の有無で最低-120℃、最高150℃になる。
- 宇宙環境での実験に使うのは「無重力」だ。無重力では地球上では作ることができない材料が作れる。
- 宇宙には宇宙線や銀河宇宙線が降り注いでいる。そのため、宇宙船には、放射線を防ぐための特殊なコンクリートが使われている。

「きぼう」 - 日本実験施設 -

「きぼう」とは、日本初の有人実験施設だ。そして、ISSの中で最大の実験モジュールである。

「きぼう」は、ISSの中で最大の実験モジュールである。その大きさは、およそ109m x 73m (サッカーコートと同じ) 重さ約190トン (世界最大の宇宙ステーション)

＜船内実験室＞

サイズ: 長さ21.2m 高さ4.1m
内部には実験室となっており、音響室や、ロボットなどがある。実験室は、ロボットを用いた実験や、宇宙飛行士の生活、宇宙開発などを行っている。



＜船外実験＞

「きぼう」には、船外実験施設がある。その大きさは、およそ109m x 73m (サッカーコートと同じ) 重さ約190トン (世界最大の宇宙ステーション)

Q	A
「きぼう」は、ISSの中で最大の実験モジュールである。その大きさは、およそ109m x 73m (サッカーコートと同じ) 重さ約190トン (世界最大の宇宙ステーション)	「きぼう」は、ISSの中で最大の実験モジュールである。その大きさは、およそ109m x 73m (サッカーコートと同じ) 重さ約190トン (世界最大の宇宙ステーション)
「きぼう」は、ISSの中で最大の実験モジュールである。その大きさは、およそ109m x 73m (サッカーコートと同じ) 重さ約190トン (世界最大の宇宙ステーション)	「きぼう」は、ISSの中で最大の実験モジュールである。その大きさは、およそ109m x 73m (サッカーコートと同じ) 重さ約190トン (世界最大の宇宙ステーション)

参考文献

・ JAXA HP (<http://www.jaxa.jp/>)

発光生物のしくみ

～ホタルとウミホタルの違い～

氏名：鈴木沙也香 及川優香 土井世莉菜 安倍綾花

<白神フィールドワークに行って>

私たちは夏休み期間の3日間 SSH 白神フィールドワークに行ってきました。大地震による山の地滑りや世界遺産のブナ林など、主に地学的要素が含まれている内容を学んできました。手が増えられていない野山に分け入ったり、沢登りをしたり、大自然に圧倒されながらも滅多にできない貴重な体験をすることができました。その中でも私たちの班は十二湖で見たホタルとウミホタルについて大変興味をそそられました。発光生物についてとことん追求したいと思います！

<ホタルの現状>

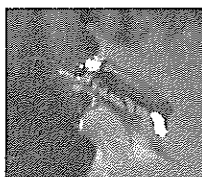
現在、家庭から出る生活廃水や工場排水などによる水質汚染でほたるが自然発生する場所が減少している。そのため最近では、ホタル保護を目的とする団体が増加している。主な活動は次の通りである。

1. 里山・谷戸の保全活動
2. 河川環境の整備
3. ホタルが発生する季節にパトロール
4. ホタル観賞会やホタル祭り

ホタルの特徴

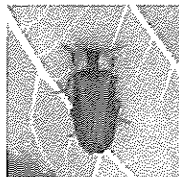
	種目	生息場所	体長	発生時期
ゲンジボタル	昆虫類ホタル科	里山の小川や山間部の溪流	雌:18mm 雄:15mm	5月上旬頃から
ヘイケボタル	昆虫類ホタル科	里山の小川や水田、湿地帯	雌:10mm 雄:8mm	6月上旬頃から8月中旬頃まで
ウミホタル	介形虫類 ウミホタル目	日本列島沿岸部温暖海流域	3mm	通年

ゲンジボタル



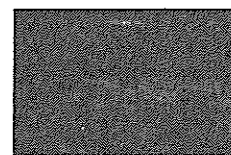
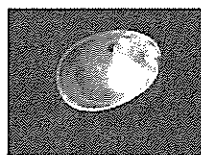
- ・体色が黒
- ・前胸背板の赤斑には黒い十字型の紋

ヘイケボタル



- ・体色が黒
- ・前胸背板の赤斑には黒く太い縦条

ウミホタル



- ・体色は半透明の藍色
- ・危険を感じると光る (右の写真は海に大量発生するウミホタル)

ホタル	<p>① 光理由</p> <ul style="list-style-type: none"> ・求愛 ・敵回避 ・刺激されたとき <p>② 発光利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・菌の検出 	<p>③ その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・すべてのホタルが光るだけではない (光るのはゲンジボタルやヘイケボタル) ・オスもメスも発光する ・ゲンジボタルは卵、幼虫、成虫の一生発光することができる
<p>ホタルルシフェリン (基質) + ホタルルシフェラーゼ (酵素) + O₂ + P + P + P → 光エネルギー</p>		
ウミホタル	<p>① 発光理由</p> <ul style="list-style-type: none"> ・求愛 ・捕食者回避 <p>② 発光利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・軍事利用 (照明) ・医学利用 (がん細胞の発見) 	
<p>ウミホタルルシフェリン (基質) + ウミホタルルシフェラーゼ (酵素) + O₂ → 光エネルギー</p>		

ウミホタル採取

材料

- ・フタつきびん
- ・金魚アミ
- ・ロープ (10m程度)
- ・バケツ
- ・茶こし袋
- ・エサ (レバーや魚など)
- ・輪ゴムまたはたこ糸
- ・カッター
- ・布
- ・懐中電灯

方法

- ① ビンのフタに、直径1cm程度の穴を10個ほどあける
- ② 適量のエサを茶こし袋に入れて、輪ゴムまたはたこ糸で口をしぼる
- ③ ②をびんに入れる
- ④ ビンの穴にロープを通し、日が落ちたら海の中に投げ込む
- ⑤ 約20～30分後にトラップを回収する

参考文献

発光生物のふしぎ・ホタル百科・ホタル学

白神山地の地滑りと土石流

発表者 笹原慧哉 後藤卓也 千葉隼人 遠藤幹太

白神山地は地滑りの密集地帯！？

地滑りが原因で土石流が発生し地形が変わる！？



地滑りと土石流なしには白神山地は語れない！！

⇒これらを研究すればいまの白神山地の地形となった理由が分かる！

『研究対象』

～地滑り～

- ・今の白神山地の地形となった理由

2800 万年前から活発な火山活動が起こり、陸上・海上ともに火山噴出物がたまる

海底では隆起が起こり、地上では地震などの影響で以前たまった火山噴出物が崩れる（地滑り）

今の地形に至る

～土石流～

- ・土石流とは土砂が水と混合して河川・溪流などを流下する現象

↓地すべり発生メカニズム

地すべりとは 土砂層を押し、地盤が動き出すこと

原因は雨 雨の降ると、地すべりが起こりやすくなるためです。

地すべりの発生

『実験、結果』

< 流量の計算 >

- ① 観測時の流量を Q ($m^3/秒$)、川の断面積を S 、流速を V とする
※流速は川の複数地点で観測したものの平均である
- ② $Q = S \times V$ で流量を求め、これを Qh ($m^3/時間$) として計算し、1日あたりの観測地点の流量を求める
- ③ 地形図を用いて水が溜まったと思われる範囲を推定し、その水量を求める
- ④ ②と③のデータから決壊する日数を求める



< 結果 >

今回はそれぞれ5つの班で計算した

班	流量	日数
1	6125000 m^3	8.1日
2	6239046 m^3	8.2日
3	5934375 m^3	7.8日
4	6187500 m^3	8.1日
5	6292500 m^3	8.3日

寛政5年2月2日に起きた地震の12日後2月14日の山の決壊、つまり地滑りによっていまの日本キャニオンができた。今回が約8日という結果になったのは川の水が多く、流れも速かったためだといえる。

『まとめ、考察』

このようにして流量や土石流によって形成された天然ダムが決壊する日数がわかる。地震などが多い日本では、他の場所やこの十二湖周辺でもまた地滑りが起き、いつ天然ダムができてもおかしくはない。しかし、このような計算や測定法を用いることによって迅速に適切な対策をとることができるだろう。多少の誤差がでることもあるが、それをより正確なものにするためにこれからも研究を続けていきたい。

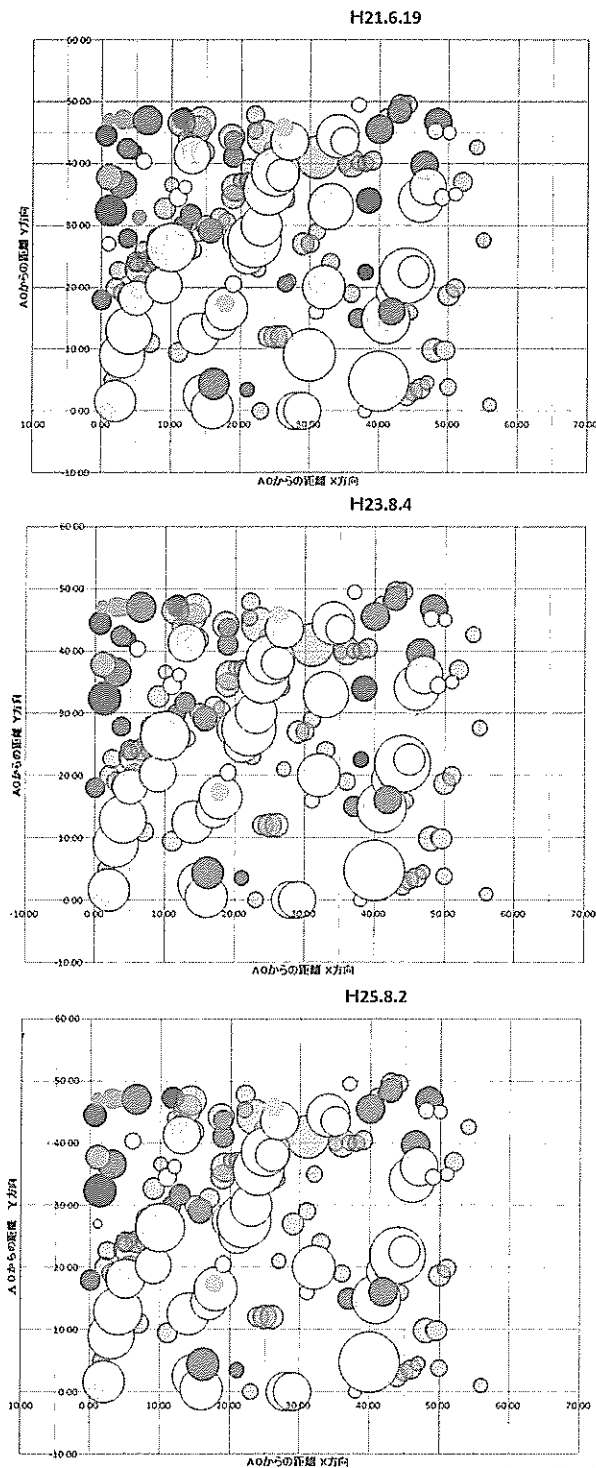
参考文献

www.mlit.go.jp/river/sabo/link03021.htm

十二湖周辺の毎木調査

平成 25 年度 S S H 白神フィールドワーク

～調査結果～



※ ○ブナ ○ノリウツギミズキ ○サワグルミ
 ○ハクウンボク
 ※丸の大きさは木の大きさに比例する。

～毎木調査の目的と方法について～

・目的

区域を設定し、その中で自然がどのような変化をしているのか調査し、今後の自然の変化を予測する。

・方法

- 1、調査林内に 50m×50m の方形区枠を設置し、その中に 25 個の 10m×10m の小方形区枠を設置する。
- 2、小方形区枠内にある木にはそれぞれ ID が振ってあり、それを照合し、メジャーで胸高の幹周りを測定する。
- 3、過去のデータと比較し、変化をみる。

～考察～

今回は H21, H23, H25 のデータを用い、座標の表記は (x, y) とする。

<調査地の特徴>

・座標 (0`10, 30`50) のエリアにおいて多様性が見られる。また、その周辺にハウチワカエデが群集している。

→枯死して倒れたブナがあることから光のギャップにより様々な生物が侵入したことが考えられる。

→また、この座標がほかの地形よりも低い位置にあることも要因の一つだと考えられる。

・座標 (0`10, 0`30) (10`20, 10`50) においてブナの木が並んで生えている。

→岩によって形成される小さな山ができていることが考えられる。

・陽樹であるハウチワカエデと陰樹であるブナが混在していることから極相 (クライマックス) になっている。

<過去のデータと 25 年度のデータとを比較して分かること>

・座標 (0`10, 30`50) のエリアにおいての多様性が小さくなっている。

・座標 (30`35, 30`35) のブナが枯死した。

<これらの結果から予測できること>

・多様性がさらに小さくなっていく。

・枯死したブナが倒れ、光のギャップができる。そのことにより、空いたスペースに新たな命が生まれる。

～木々の生存競争～

年々、ハウチワカエデの数が減少している。これは、大きいブナの木のおかげで日光が遮られ、成長が抑制され、最終的に日光がとどかないために枯れてしまったからと考えられる。

また、寿命により大きなブナの木が倒れたことで、そこに日光のギャップができ、新たな木が芽生える様子も見られた。

こうして森の中ではほとんど変わらないように見えて静かに生存競争がおこなわれているのである。

～感想～

今回の調査を通して、普段の生活では知ることができない木々の特徴や静かな生存競争を身近に感じ、知ることができた。また、今後は地形による成長度の差や湿度による生息種を考慮するために高低差や湿度を含めた調査やデータ収集を行い、さらに詳細なデータの収集を行っていきたい。

担当：黒田道生、長谷川新、鈴木幹太、鎌田睦大、笹木俊希

白神山地 十二湖 ～自然が生み出した天然のダム～

1102伊藤岳晟 1807小倉励 2219庄司雄貴 2229本郷義人 2230森谷拓冬

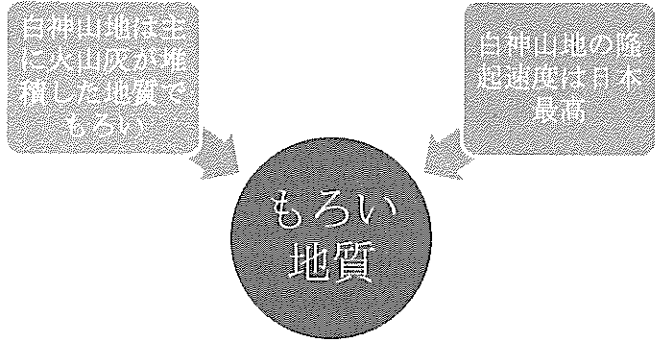
概要

- 白神山地十二湖とは...
 - ・白神山地の一角にある複数の湖の総称
 - ・ブナの森の中におよそ33の湖が点在している
- 特徴
 - ・急激な隆起によってできた地形である
 - ・火山灰が堆積した地形である
 - ・東側に大崩という地すべり跡がある

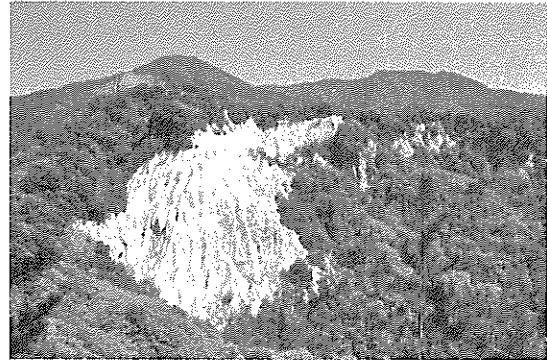


図は、大崩がある崩山

なぜ地すべりが起きたか？



- ・もともと、もろい地質だったところに地震が発生
→地すべりが誘発された



図は、日本キャニオン。火山灰の堆積によってできた凝灰岩が露出している。浸食によって崩壊し現在の姿になっている。このように付近の地質はもろく、崩れた跡が随所で見られる。

地震が起き、崩山という山が地すべりを起こした

その土砂が現在の十二湖一帯を覆った

土砂が川をせき止め、湖が形成された

結論

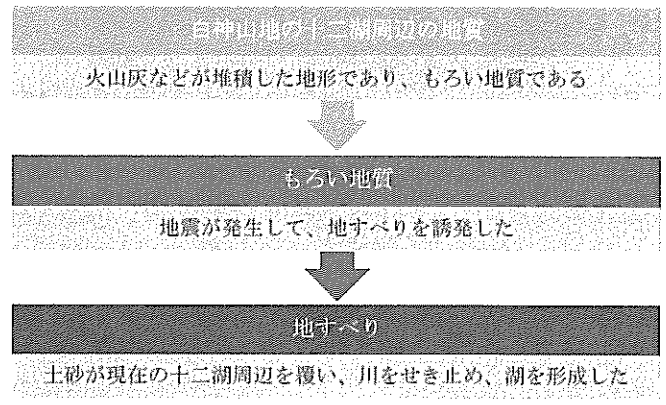
- ・十二湖は地すべりによって形成された地形である

類似例

- ・岩手・宮城内陸地震の時に起きた、荒砥沢ダム付近の地すべり



まとめ



感想

白神山地の広大な自然が生んだ十二湖の美しさを楽しむことができた。また過去の自然の変遷と白神山地のつながりが分かった。

奥が深い！森林におけるギャップの重要性

佐藤 祐介 湯澤 翔太郎 山崎 誠仁 渡辺 俊也 中村 祐馬

1:序論

ブナ林が永続的に存在するには、ブナの芽生えがほかの木の陰による暗さに耐えて成長し続けることが必要だ。しかし、ブナ林をよく見ると「ミズナラ」という木がブナ林に混在していることがわかる。この「ミズナラ」は明るい環境を必要とし、ブナとは対照的な植物だ。ではなぜブナ林に「ミズナラ」が成長したのか。それは「ギャップ」という、木が無くなって、地表に光が入るようになった穴が関係している。木がいきなり無くなるとこの「ギャップ」ができ、暗い環境にあると枯れてしまうが、明るい環境だと成長できる樹木が、ブナにかわって生育するというのだ。この一連のようすを「ギャップ更新」という。この「ギャップ更新」のため広いブナ林の中にミズナラが点在するのだ。

私たちは「ブナとミズナラの芽生えの成長と光環境を比較する」という目的のもと、作業と実習を行った。

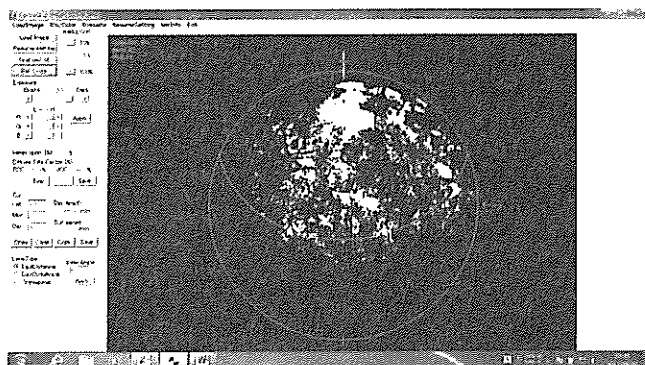
2:調査・観察

使うもの：カメラ（魚眼レンズ付き）、三脚、水準器、方位磁石、CanopOn2

調査対象：ブナ、ミズナラの幼木

方法

- 1 調査対象の木とカメラが同じ高さになるようにカメラを三脚で固定する
- 2 カメラの上が北になるように向きを変える
- 3 カメラの上に水準器を置き、レンズが天頂を向くようにする
- 4 写真を撮る（人が映らないように注意する）
- 5 撮った写真をCanopOn2で解析する
- 6 木の生長と空隙率を見る



CanopOn2とは・・・

全天写真解析システムで、光の透過率の計算ができるソフト。撮影地点の緯度、月、日にちを入力すると太陽の軌跡や太陽からの直射光の透過時間も計算できる。図の白い部分が実際に見上げると空が見える空間を示す。黄色い線は太陽の軌跡。この図を見ると、空は見えるが、その上を太陽が通ってないので、撮影地点の光の量は少ないと予想できる。

ブナ林



まとめ

- ・調査の結果から、次のようなことがわかった。
- ・ブナの大木がある程度の規模で倒れると、林床まで直接光が差し込むようになる。この際に生じる「ギャップ」と呼ばれる木々の隙間の穴が多くみられるような、明るい環境下においてよく成長する。
- ・「ギャップ」があるだけでなく、その「ギャップ」が、太陽の昇る方向に多く存在していると、なお成長する。

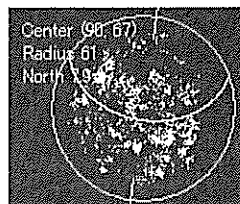
3:考察

樹木の芽生えの成長の早さは、その芽生えの真上に大木が倒れるなどしてできた「ギャップ」があるかどうかによる。

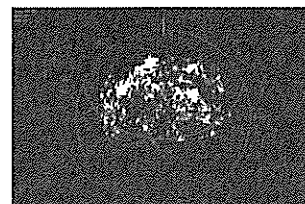
しかし、「ギャップ」があれば必ずしも成長が早いというわけではない。ギャップ上空を太陽が通過しなければ、林床へと差し込む太陽光が少なくなり、成長の早さはさほど変わらない。

つまり、より芽生えが早く成長するには、芽生えの真上に「ギャップ」が存在し、かつ、そのギャップ上を太陽が通過することが重要だ。このような条件だと林床までたくさんの光が届くような環境になり、芽生えにも光が当たるからだ。

芽生えが育ちやすい環境



芽生えが育ちにくい環境



感想

- ・データを得るために自分たちで方法を工夫し、その結果、正確で多くのデータを得ることができた今回の実習を通して、研究の難しさと学ぶことの楽しさを知ることができた
- ・世界自然遺産登録地域のある白神山地で大自然に恵まれた中に行った実習活動は自分にとって得難く、貴重な経験だった
- ・この実習では光の入る量や時間と木の関係が分かった。自分の思っていたよりも木はゆっくと成長することを知った。
- ・白神山地という自然の中に入り、調査や研究を行えたことは、自分にとって良い経験となった。今回の経験を忘れずに日々を過ごしていきたい。

蜂にさされたことも含めて・・・

- ・自然の中に入ることはよくあったが、今回白神山地で様々な調査を行い、今までのデータと見比べることで、目では見ることのできない自然の姿を見ることができ、とても良い経験となった。

蜂に刺されたことはおいとして・・・

参考文献

全天写真解析プログラム CanopOn 2
<http://takenaka-akio.org/etc/canapon2/>

平成26年3月31日発行

宮城県仙台第三高等学校

SSH委員会
理数科部

〒983-0824

宮城県仙台市宮城野区鶴ヶ谷一丁目19番地

TEL 022-251-1246

FAX 022-251-1247

E-Mail chief@sensan.myswan.ne.jp

URL <http://ssh-sensan.myswan.ne.jp/>

<http://sensan.myswan.ne.jp/>

