

平成29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1年次 平成30年3月

宮城県仙台第三高等学校

目次

I GS課題研究（理数科）

数学領域

擬似乱数の検定法の提案	1
限られた空間上での充填問題 ～最密充填率と図形の性質の研究～	2
立体四目並べに必勝法はあるのか？	3

物理領域

イスタンプールのお盆に乗せた2層の液体の動き	4
圧電素子を用いた発電～音を電気に変える～	5
落下による滑空	6
物質の硬度と摩擦力の関係	7
入浴剤を用いた蓄電について	8

化学領域

銅の腐食を防ぐための合金膜	9
貧溶媒法で得られた塩化ナトリウムの結晶	10
ホウ素の未知の性質	11
螺鈿の色調変化を目指して	12
硝酸のpH値が色素増感型太陽電池の発電能力に与える影響	13
きたい通りにいかないろうそくたち	14

生物領域

ゼニゴケの生殖	15
アカヒレタビラの保全にむけて	16
プラナリアの生と死の境	17

地学領域

効果的な免震装置の検証	18
-------------	----

保健体育領域

運動と計算能力の関連性	19
-------------	----

II 【第61回日本学生科学賞 中央審査 旭化成賞／第9回坊ちゃん科学賞最優秀賞／ISEF推薦】

理数科2年 圓谷 修平 普通科2年 永田 紘規, 山田 智也

金溶液の研究とその応用	21
-------------	----

【第61回日本学生科学賞 中央審査 入選3等／第42回全国高等学校総合文化祭出場】

理数科2年 藪 貴 普通科2年 平間 草太

受動歩行機の歩行解析	32
------------	----

【サイエンスキャッスル2017 東北最優秀賞】

理数科2年 芦立 美春, 伊藤 亜珠希, 大宮司 百花, 山田 桃子

プラナリアの生と死の境界 Stress-receptive Mechanism in Planarian	44
--	----

III	第 41 回全国高等学校総合文化祭自然科学部門「みやぎ総文 2017」出場研究	
	ポスター発表	
	銅樹の異方性の研究 ～もっと真っ直ぐ平らな面に！～	4 8
	仙台市海岸林におけるマツの菌根	5 0
	研究発表（口頭発表）	
	物理部門	
	圧電素子への力の加え方と電圧の関係について	5 2
	身近なものを用いた加速度計の作製について	5 4
	化学部門	
	結晶生成現象を利用したゲルの研究	5 6
IV	第 42 回全国高等学校総合文化祭自然科学部門「2018 信州総文」推薦研究	
	研究発表（口頭発表）	
	化学部門	
	コレステリック液晶の色の変化	5 9
	生物部門	
	ヨロイイソギンチャクと褐虫藻の共生関係について	6 0
V	自然科学部	
	より実用的な再固化コンクリートを作るには	6 1
	ヨーグルト電池の研究	7 0
VI	研修等の記録	
	S S 台湾研修	
	S S 台湾研修とは	7 1
	The Effect of Nitric Acid pH to The Power Generation of Dye-Sensitized Solar Cell	7 2
	A simple alloy planting method for corrosion prevention of copper plates	7 3
	Mechanism of death of Planarian	7 4
	S S 白神フィールドワーク	
	S S 白神フィールドワークとは…？	7 5
	十二湖周辺の毎木調査 ～木々はたたかう，森はうごめく～	7 6
	白神の発光生物	7 7
	地すべりと追良瀬川の土石流	7 8
	磯の生物観察	7 9
	十二湖地域の地形	8 0
	G S 理数言語活動 東北大学工学部研修	8 1

GS 課題研究
(理数科)

擬似乱数の検定法の提案

宮城県仙台第三高等学校 2101 阿部 健人 2223 田中 龍也

1. 背景・目的

ゲームの結果はランダムに起きているように見える

“乱数”でランダムな結果に見せている！

しかし...

その“乱数”が自由に解析されてしまっている！

▶ 解析しにくい乱数とは？

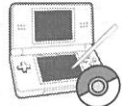


fig.1) ゲーム機例

2. 実験方法

乱数を作成したとしても検定する方法が無ければ乱数の優劣の決定が出来ない
...乱数の検定方法について検討する

使用する乱数

- ・乗算合同法 【 $X_n = aX_{n-1} \pmod{M}$ 】 i)
- ・混合合同法 【 $X_n = aX_{n-1} + b \pmod{M}$ 】 i)
- ・Excel rand関数

古典的
乱数的に不十分

実験した検定方法

- ・ブロック単位での最長連検定...同じ要素を含む値の連続性を調べる
- ・Bit列検定...出現しない数値の個数の偏りを調べる
- ・累積和検定...乱数の値の偏りを調べる

3. 実験※

最長連検定

0と1からなる乱数列をMビット単位で分割し、最長連の長さに応じて各部分列を7個のクラスに割り当てその度数 χ^2 検定にて検定し最長連の長さの偏りを調べる。なお、Mは乱数列の長さによって決まる。

(要約)

0と1からなる乱数を一定のビット単位で複数のブロックに分け、1が連続する長さの最大値の出現を、期待値と比較し、乱数の性能を判断する。

クラス	f_0	f_1	f_2	f_3
度数	~1	2	3	4~
確率	0.2148	0.3672	0.2305	0.1875

fig.2) 連の長さの期待値(乱数列長さ1000) ii)

※検定は有意水準5%、自由度3で行った

Bit列検定

0と1からなる乱数列から20ビットの数値を 2^{21} 個作り、一度も出現しなかった数値の偏りを調べる。なお、20ビットの数値は、1つ目が $(X_1, X_2, \dots, X_{20})$ 、二つ目が $(X_2, X_3, \dots, X_{21})$ のように1ビットずつずらして重ねながら作っていく。
※パソコンの性能を考慮し、今回は20ビットの数値を 2^{21} 個作成した

(要約)

乱数列から作られる整数の中で、一回も出現しなかった値の数の個数と、その期待値を比較し、乱数の性能を判断する

(処理内容) ii)

処理内容 ステップ1: X_i を列の先頭から順に20ビットずつ取り出し、20ビットの整数からなる新しい列 $\{Y_i\}$ を作る
ステップ2: ステップ1の列 $\{Y_i\}$ を $i=0$ まで作る。1)は $(X_1, X_2, \dots, X_{20})$ 、2)は $(X_2, X_3, \dots, X_{21})$ のように1ビットずつずらして重ねながら作っていく。
ステップ3: ステップ2で作った 2^{21} 個の中に、20ビットの数値として現れていない数値の個数 k を数える。 k は平均141,060、標準偏差428の正規分布に従うので、この分布からp-valueを計算する。

fig.3) Bit列検定の処理内容

累積和検定

0と1からなる乱数 X_1, X_2, \dots, X_n に対し

$$S_i = \sum_{j=1}^i (2X_j - 1) \text{ および}$$

$$S'_i = \sum_{j=n-i+1}^n (2X_j - 1) \quad (1 \leq i \leq n)$$

の絶対値の最大値を求め、その偏りを調べる。

(要約)

乱数列の値の和を調べ、絶対値が最大である X_n 番目までの数の和までの数の和を、標準正規分布から求められる累積分布関数と照らし合わせて、乱数の性能を判断する

(処理内容) ii)

処理内容 ステップ1: $S_i = 2X_i - 1$ とし、 $S_k = S_{k-1} + 2X_k - 1$ を求める(2 ≤ k ≤ n)。さらに、 $i := \max_{1 \leq k \leq n} |S_k|$ を求める。[3Mode]
ステップ2: $p\text{-value} = 1 - \sum_{k=1}^{i-1} \left[\Phi\left(\frac{k+1/2}{\sqrt{n}}\right) - \Phi\left(\frac{k-1/2}{\sqrt{n}}\right) \right] + \sum_{k=1}^{i-1} \left[\Phi\left(\frac{k+1/2}{\sqrt{n}}\right) - \Phi\left(\frac{k-1/2}{\sqrt{n}}\right) \right]$ を求める。ただし、 Φ は標準正規分布の累積分布関数である。
ステップ3: $S_i = 2X_i - 1$, $S_k = S_{k-1} + 2X_k - 1$ とし、ステップ1, 2を行う。[3Mode]

fig.4) 累積和検定の処理内容

4. 結果・考察

最長連検定、Bit列検定、累積和検定の結果

(最長連検定)

乗算合同法 } ...不合格
混合合同法 } Excel rand関数 ...合格

(Bit列検定)

乗算合同法 } ...不合格
混合合同法 } Excel rand関数 ...合格

(累積和検定)

乗算合同法 } ...合格
混合合同法 } Excel rand関数 ...合格

乱数的に不十分な乱数でも累積和検定を合格した

一つの検定だけでは乱数の検定には明らかに不十分

複数の検定を使用することが大事

5. 今後の展望

結果から...

- ・乗算合同法、混合合同法が検定を合格した理由を調べる
- ・一番適した検定方法、組合せを調べる

▶ 具体的な乱数検定方法を確立する

6. 謝辞

本研究に際して、数学科の顧問の先生方、また情報科の先生方には様々なご指導を頂きました。深謝いたします。

7. 参考文献

- 乱数発生法, 平成12年度 (www.kochi-tech.ac.jp/library/ron/2000/ele/1010276.pdf), 高知工科大学
- 擬似乱数検証ツールの調査開発 調査報告書, 平成15年2月 (<https://www.ipa.go.jp/files/000025886.pdf>), 情報処理振興事業協会キヤリイセンター
- 統計の分析と利用, 2011/1/14 (http://www.bunkyo.ac.jp/~hotta/lab/courses/2010/2010dist/10dist_6.pdf), 堀田敬介
- 統計WEB 14-5. 標準正規分布表の使い方1, 2017/10/31 (閲覧) (<https://bellcurve.jp/statistics/course/7805.html>)
- 統計WEB 14-1. 正規分布, 2017/10/31 (閲覧) (<https://bellcurve.jp/statistics/course/7797.html>)

限られた空間上での充填問題

～最密充填率と図形の性質の研究～

宮城県仙台第三高等学校 2111 菊池 瑛久 2135 渡邊 伶允 2235 山田 隼

研究動機・目的

ケプラー予想などの様々な充填問題・定理が存在

↓
多くは無限空間上で証明・説明される

↓
有限空間上では同様の結果を得られるのだろうか

↓
図形の形・大きさと、有限空間(平面)上での充填できる個数や最大充填率との関係性を明らかにする

研究1

研究方法

- 半径10cmの大円Cの紙に半径2cmの円に内接する正三角形Δの紙を充填する
- 正三角形Δの最大充填個数n, 最大充填率p, 最小非充填率qを調べる

$$p = \frac{(\text{正三角形}\Delta\text{の面積}S_1) \times n}{(\text{大円}C\text{の面積}S_2)} \times 100$$

$\pi = 3.14, \sqrt{3} = 1.73$

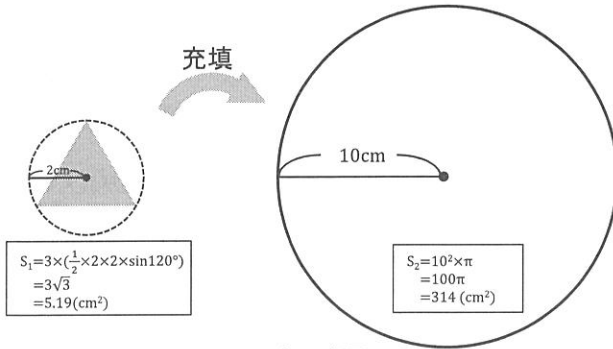


fig.1 研究1の概要

結果

- fig.2からn=47[個]
- $p = \frac{5.19 \times 47}{314} \times 100 \approx 77.75[\%]$
- $q = 100 - p \approx 22.25[\%]$

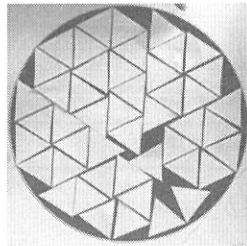


fig.2 研究1の結果

研究2

研究方法

- 半径1の大円Oにn個の小円oを充填する
- 小円oの最大半径r, 最大充填率p, 最小非充填率qを調べる

$$p[\%] = \frac{(\text{小円}o\text{の面積}S'_1) \times n}{(\text{大円}O\text{の面積}S'_2)} \times 100$$

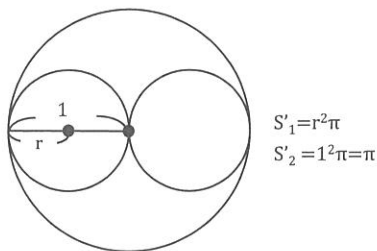


fig.3 研究2の概要(n=2のとき)

まとめ

研究1と研究2 (n=7のとき)で充填した図形の大きさや形は同じではないが最大充填率pの値は近似している

↓
最大充填率pはある条件下(充填する図形が極端に大きい, または小さいなど)では一定の値の近似値になるのではないかと

↓
研究IIでn=6のときr, p, qの値が存在しなかった

↓
「円」特有の新たな性質か

↓
r, p, qの値が存在しないときのnの値の規則性を見出せば「円」の詳細な性質を見出せるのではないかと

↓
日常生活に利用できるのではないかと

結果

- 1 ≤ n ≤ 7のときのr, p, qの値はfig.4のとおり
- n=6のときr, p, qの値は存在しない

n[個]	r	p[%]	q[%]
1	1.0000	100.00	00.00
2	0.5000	50.00	50.00
3	0.4641	64.62	35.38
4	0.4142	68.63	31.37
5	0.3702	68.51	31.49
6	—	—	—
7	0.3333	77.78	22.22

fig.4 研究2の結果

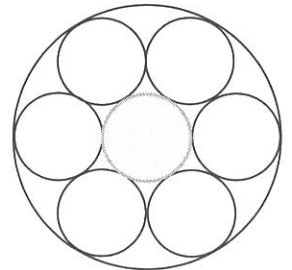


fig.5 n=7のときの小円の最密充填の図

○n=6のときr, p, qの値が存在しないことの証明(現在検証中)

大円中にn個の小円を、以下の条件αを満たすように充填させる。

条件α: n個の小円全てが大円に内接する

大円におけるn個の小円の充填率pが最大になるとき、全ての小円の中心は半径(1-r)の円(中円)に内接する正n角形の頂点になる。(この証明は省略する)ここで、大円の中心をO, 隣り合う2つの小円の中心をU, Vとし、θ = ∠UOVとおくと条件αを満たすとき、 $\theta = \frac{2\pi}{n}$ と表される。このとき余弦定理より

$$(2r)^2 = (1-r)^2 + (1-r)^2 - 2(1-r)(1-r)\cos\theta$$

これを計算すると $r = \frac{1}{1+\sqrt{2a}}$ (ただし $a = \frac{1}{1-\cos\theta}$) n=6のとき、 $r = \frac{1}{3}$ となる。

ここで、間円を以下のように定義し、その半径をsとおく。

間円: 条件α下でn個の小円が並んでいるときに、n個全ての小円と外接する円。

大円の中心と間円の中心は一致するから、間円の定義より $s = 1 - 2r$ で、間円に小円が自然数個充填できるとき、 $s \geq r$ が成り立つ。

このときsの最小値は $s = r$ のときで $s = \frac{1}{3}, r = \frac{1}{3}$

ここで $r = \frac{1}{3}$ のとき、条件αを満たして小円を充填させると最大で6個充填できる。

つまり、条件αを考慮せずに大円にn個の小円を充填させるとき

$r \leq \frac{1}{3}$ の場合では間円にも小円を充填できるため $n \geq 7$ となる。 $r > \frac{1}{3}$ の場合では間円に小円を充填できる空間が無いいため $n \leq 5$ となる。

このことから、n=6のときの最密充填がないため、r, p, qの値は存在しない。

(n≥3のときの証明終わり)

今後の展望

- 更に様々な形や大きさの図形を充填し、充填の性質を解明する
- n ≥ 8のときのp, g, rの値が存在していないときのnの値の数列から円の性質を解明する

立体四目並べに必勝法はあるのか？

2212 木村 基治 2221 高橋 和暉 2230 保坂 春樹

1. 背景

先行研究より立体三目並べには必勝法が存在する。

では… ↓

立体四目並べではどうなのだろうか？

2. 定義

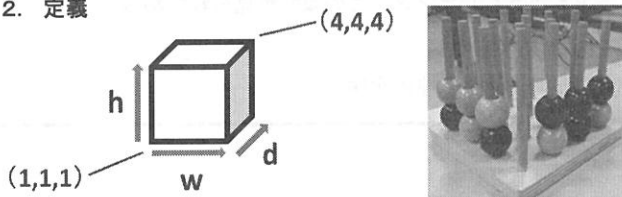


図-1 定義の概略図

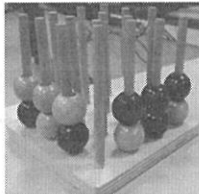


図-2 拮抗点

- ・縦をd、横をw、高さをhとし、置き方 (w, d, h) は(1, 1, 1)から(4, 4, 4)まで
- ・縦、横、斜め、高さにおいて石が3つ揃った場合をリーチ、いずれかの4つ揃った列のことを勝利列とする。なお、勝利列は76通り存在する。
- ・先手と後手の両方においてその点に置くと敗北する座標を拮抗点と呼ぶ。

3. 減点法を用いた研究

相手の勝利列を減らし自分に有利な盤面を作ることができるのでは？

↓

相手の勝利列を減らす方法を考えた。

減点法

- ・1手において、「相手の勝利列をいくら減らすことができるか」を各地点の点数とし、その点数の高いところに置くことを繰り返す手法。

表-1のような進行で実験を行った。

座標	先手勝利列数	後手勝利列数
	76	76
先(1,1,1)	76	69(-7)
後(1,4,1)	69(-7)	69
先(4,4,1)	69	63(-6)

表-1 減点法の実験の棋譜の一部

4. 減点法についての考察

- ・減点法は相手の勝利列を減らす戦い方。
- ・勝利者の傾向がない。
- ・先手と後手のどちらが有利かわかりづらい。



「負けない」戦い方ではあるが、「勝てる」戦い方ではない？

まとめ

立体四目並べの必勝法はまだ見つかっていない



2つの方法で研究を行った



後手が有利…？

5. 偶数理論を用いた研究

減点法での問題を解決するため、偶数理論を使って研究することにした。

偶数理論

- ・オセロにおいて後手が終盤に角をとるために角の周りを偶数個残して先手にそこを打たせる作戦。
- ・本研究では、後手(白)が最終的に拮抗点を奇数段に作る作戦とする。

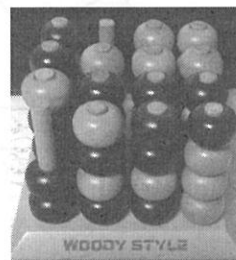


図-3 偶数理論を用いた盤面

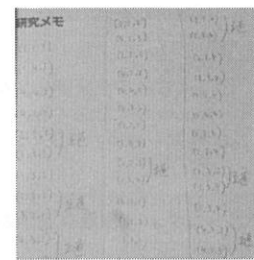


図-4 左の盤面の棋譜

結果は下図の通りである。対戦相手はイカスミメロンというネットの立体四目AIのLv.1とした。AIを黒(先手)、人間を白(後手)とし、試行回数は100回とした。

	黒勝ち	白勝ち	引き分け
勝数	41	57	2
勝率	41%	57%	

表-2 偶数理論の勝ち数と勝率

6. 偶数理論についての考察

- ・偶数理論を使うと後手が有利となり得る。
- ・二段目の拮抗点の個数が奇数個の場合、先手が勝つ。

今後は…



- ・より試行回数を増やし、偶数理論に至るまでの盤面を確立させる。

6. 参考文献

- 中央大学理工学部情報工学科 クイズの部屋 08.4x4の盤で遊ぶ四目並べ
 (http://www.ise.chuo-u.ac.jp/ISE/outline/Gmajor/matsui/contents08.html) (2017年5月24日現在)
 イカスミメロン 立体四目並べ (http://www.geocities.jp/nanami_486/3d4narabe.html) (2017年8月23日現在)
 オセロの終盤戦術～偶数理論～オセロ講座 (http://www.othello.org/lesson/lesson/endgame.html) (2017年10月11日現在)

イスタンブールのお盆に乗せた2層の液体の動き

宮城県仙台第三高等学校

2110 門脇温人 2126 三浦時瑛 2128 望月志光
2205 石黒俊輔 2213 後藤崇仁 2217 佐藤蒼真

背景と目的

イスタンブールでは、液面とお盆が平行に保たれコップの中の液体がこぼれないお盆が使われている。しかし、コップの中の液体が二層の時、境界面がお盆と平行にならない。

先行研究より、粘度と慣性が影響している。

そこで、粘度に着目して実験を行った。



写真1: 実験装置

実験 1

実験目的: ①2種類の液体の粘度の差と境界面の変化の関係を調べる。
実験器具: スタンド、紐、プラスチックのコップ、水受け(お盆として使用)、2種類の液体、絵の具。

- 実験方法: ①2種類の液体をコップに注ぐ。
(みりん+水の混合液、菜種油)
②液体の入ったコップを装置に乗せて、揺らす。
③揺れる様子を撮影し、左端の液面の変化を図に記録する。
④2種類の液体の粘度の差を変えて、繰り返す。

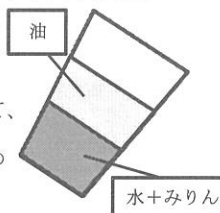


図1: 液体の様子

メシリンダーに各液体を入れ、BB弾が底に落ちるまでの時間から粘性を定義した。

結果

比率 (みりん:水)	粘性の差	図
1:4	6.61	
1:1	6.44	
4:1	6.12	

まとめ

粘性の差が大きいほど、また、振り子の周期が小さいほど、境界面の傾きが大きくなる。

しかし、水にみりんを混ぜないときと、振り子の周期をもっとも小さくしたとき、この傾向が見られなかった。

〈今後の展望〉

上記の2つの例外の原因を探る。

実験 2

実験目的: ①2種類の液体の周期の差と境界面の変化の関係を調べる。
実験器具: 実験1と同じ

実験方法: ①~③は実験1と同じ
④2種類の液体の紐の長さを変えて、繰り返す。

結果

周期(s)	図
1.06	
1.37	
1.81	
2.01	

参考文献

平成28年度 課題研究「イスタンブールのお盆の原理の解明」

圧電素子を用いた発電～音を電気に変える～

宮城県仙台第三高等学校

2103 石原匠 2114 酒井夏輝 2117 高野太地 2119 田中辰弥 2121 野澤一輝 2233 三浦築

研究動機

私たちは、無駄に存在する騒音を有効活用できないかと考え、圧電素子を用いた音による発電の研究をすることにしました。しかし、これまで行われた研究では、発電量があまりに小さく、実用的では無かった。そのため私たちは音発電の発電量を大きくするため、集音器を作成し、さらに音の振動数や音色と発電量の関係を調べた。

今後の展望

- ・集音時に発電量の増加にばらつきがある。
→ 原因を見つける。
- ・各コードの発電量の数値に差がある。
→ 原因を解明する。

研究に使用した器具の説明

<圧電素子>

- ・振動を与えることによって電圧が生じる素材
- ・メリットは安価な点と小さいので設置が容易な点
- ・デメリットは破損しやすい点と発電量が小さい点

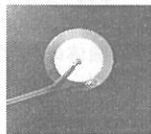


図1 圧電素子

<パラボラアンテナ>

- ・焦点に音を集め発電量を増加させるために使用

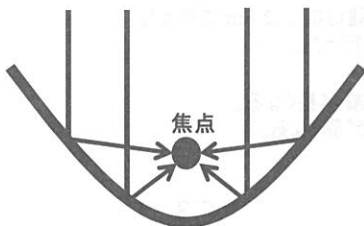


図2 イメージ図



図3 パラボラアンテナ

実験方法

- ・ビニールを張った面の上にセロハンテープで固定した圧電素子（台湾製）を、パラボラアンテナの焦点の針で設置する。次にキーボード（YAMAHA製HD-200）で周波数を変えて、スピーカー（YAMAHA製SMS-100からパラボラアンテナに向けて音を当てる。

<実験1>

- ・パラボラアンテナの有無により発電量にどれだけの差があるか調べる。

<実験2>

- ・パラボラアンテナ有の場合でのメジャーコード、マイナーコードでの発電量の差を調べる。
 - ・メジャーコード・・・1度+長3度+完全5度
 - ・マイナーコード・・・1度+短3度+完全5度

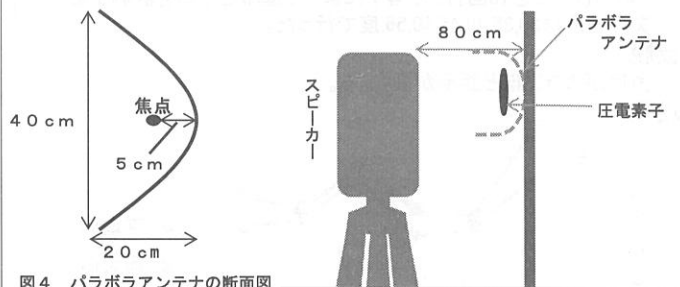
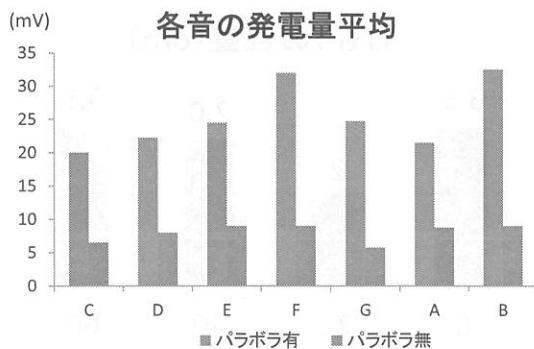


図4 パラボラアンテナの断面図

実験1 結果・考察

- ・パラボラアンテナの有無による発電量の比較。



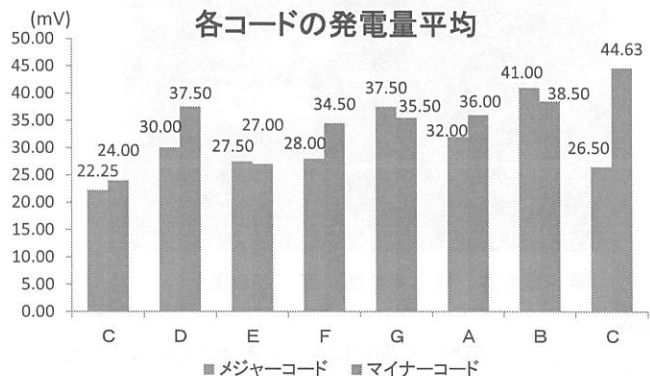
パラボラアンテナ有の方が発電量が増えた。

音階によって発電量にばらつきがあったのは、使用したビニールの共振によるものだと考えられるのではないだろうか。

集音した時の発電量の増え方にばらつきがある原因は不明であり、今後の課題とする。

実験2 結果・考察

上記機器を用い、基本の周波数を440.0Hzに設定し、発電量を計測。



全体的にマイナーコードの方が発電量が多かった。しかし、全体的に数値に差があるため原因を解明する必要がある。

参考文献

パラボラアンテナの作り方 <http://www.ne.senshu-u.ac.jp/~proj22-20/make.pdf>

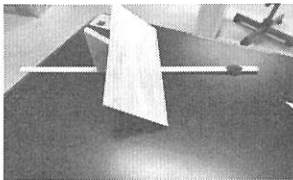
落下による滑空

2127 三上凌平 2129 藪貴 2132 吉葉悠斗 2207 岡田薫宗 2210 神坪幸太郎

目的と背景

近年、エネルギー問題や大気汚染などの環境問題が深刻化している。そこで私たちはこの二つの問題を改善するために滑空距離を伸ばす方法を調べることで飛行機の石油の消費量を抑えられるのではないかと思い実験を始めた。

機体の構造



実験機の構造

- 翼一枚の横の長さ: 20cm
- 翼一枚の縦の長さ: 8cm
- 軸の長さ: 20cm
- 素材: パルサ板

実験1

翼の角度と距離との関係性を調べる

方法

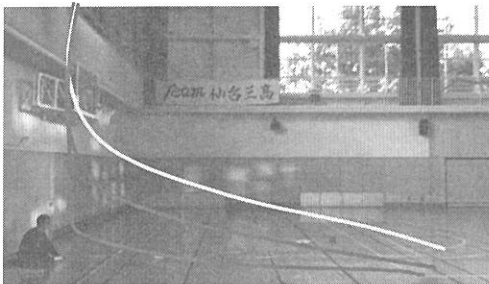
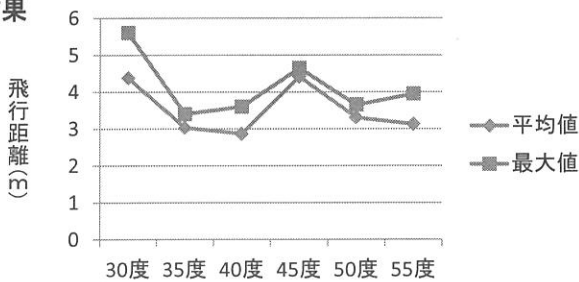
高さ5mの高さから作成した機体を軸を垂直にして落とす。それを一つの角度につき10回行い、落下によって進んだ距離を計測する。

翼の角度は30,35,40,45,50,55度で行った。

仮説

角度が大きいほど距離が長くなる。

結果



黄: 55度 青: 45度 赤: 30度

考察

- 角度を変えても平均滑空距離に大きな差はみられなかった。
- 55度がもっとも安定して滑空している。
- 一定の時間内では30度が最も滑空しているとも考えられる。

高いときは55度が一番距離が伸びる

まとめ・今後の展望

実験1・2の結果より55度・60度・位置3cmがベスト



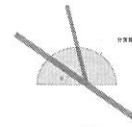
より細かい角度での実験をしていく
角度と距離との関係式を導く

実験2

機体を落とす角度と距離との関係とおもりの位置と距離の関係性を調べる

方法

実験1より30度が距離の最高値を出しているため、その機体を使う。おもりは3gのものを翼の付け根から長さを変えて実験した。また、落とす際の機体の角度も変えて実験した。実験1と同じように各角度につき10回落とし、進んだ距離を計測する。角度は軸と地面との角度とする。

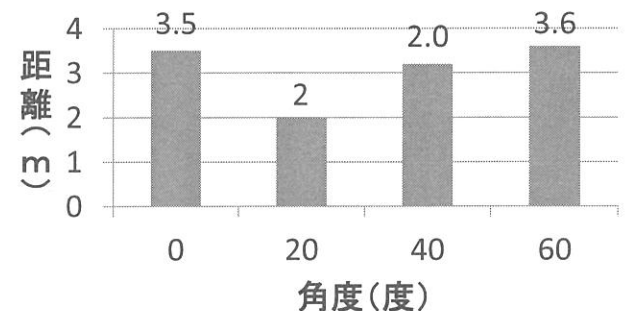
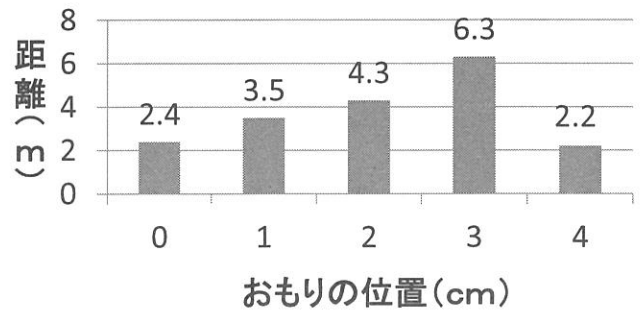


おもりの翼の付け根からの距離は0,1,2,3,4cmで行った。
落とす角度は0,20,40,60度で行った。

仮説

おもりの位置が0cmのとき距離が長くなる。
また、角度が大きいほど距離が長くなる。

結果



考察

- 60度でおもりが3cmのとき一番飛ぶことが分かった。その理由として、翼の角度と落とすときの角度が90度、つまり、翼と地面との角度が垂直だったからと考えられる。

参考文献

紙飛行機の基礎についての研究 II

<http://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/ronnbunshu/062081.pdf>

なぜ飛べるか グライダー <http://www.ntv.co.jp/megaten/archive/library/date/05/01/0123.html>

物質の硬度と摩擦力の関係

仙台第三高等学校

引地 啓太 古川 佑 金澤 昂大 駒田 啓伍 菅原 優人

研究目的・動機

摩擦係数は物質の組み合わせごとに固有

しかし…

どのように摩擦が発生するのか不明

物質の硬さと摩擦係数の関係を見出す

↳ ビッカース硬度

まとめ

硬度が小 ▶ 摩擦は大

硬度が大 ▶ 摩擦は小

硬度と摩擦には負の相関にある

展望

・鉛のような軟らかい金属、鋼鉄のような硬い金属をそれぞれ用意して実験する。

・ニッケルやコバルトの金属板を用意し、磁力によって摩擦が大きくなるのか確かめる。

実験方法

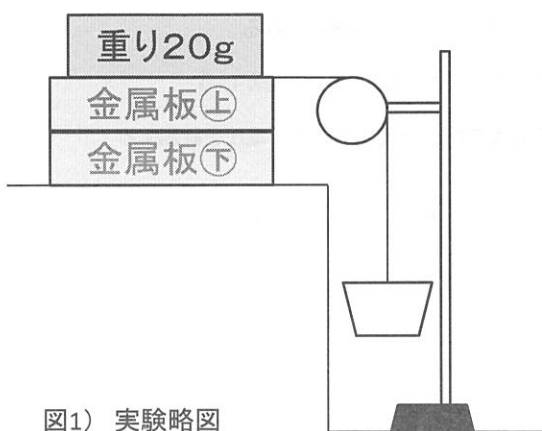


図1) 実験略図

〈実験器具〉

金属板

↳ (鉄板・銅板・亜鉛板・アルミ板・ステンレス板・真鍮板)

20gの重り、滑車、皿、砂、テープ、棒付き台

〈摩擦係数の計測〉

1、図1のように金属板を置き、その上に20gの重りを置く

2、金属板(上)は滑車に掛ける糸とテープで固定する

3、皿に砂を入れていき、重りとする

4、金属板(上)が滑り始めた時の皿の重さを量る

実験1 金属板(下)が鉄板、(上)は各種金属板

実験2 金属板(上)が鉄板、(下)は各種金属板

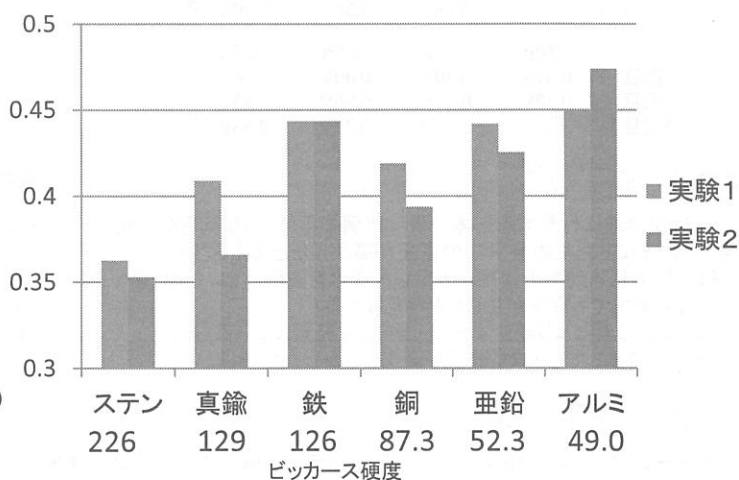
結果・考察

軟らかい金属ほど摩擦が大きかった

鉛のような軟らかい金属では摩擦は大きく、
鋼鉄のような硬い金属では小さくなる

鉄だけ摩擦が不自然に大きかった

磁力が原因なら磁性金属(鉄、ニッケル、コバルト)
で実験すれば硬さの割に摩擦が大きくなる



参考文献

1) 東京書籍 物理基礎

入浴剤を用いた蓄電について

2107及川和真 2131横山零 2202壹岐虎太郎 2224谷浩志 2232松戸秀斗 2234湊大輝

目的

浴槽やバケツで簡単に蓄電できる

▶ 災害時の非常用電源に使える

原理

〈充電時〉

溶液中の水分子が電気により酸素と水素に分解される

〈放電時〉

酸素と水素の反応で水分子と電流が生まれる

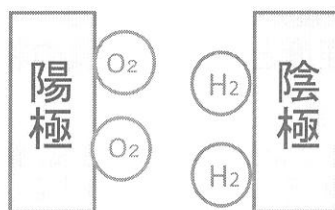


図1 水の電気分解

実験1：入浴剤の濃度の変化による電圧の変化

実験方法

- ①入浴剤を一定の割合で水に溶かす
- ②, ①を炭素粒の入った容器に入れる
- ③5分間10Vの電圧をかける
- ④電源装置を外し, 電圧を計測する
- ⑤電極を変え操作を繰り返す

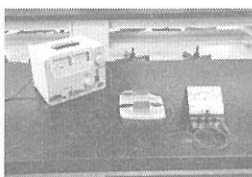


図2 実験装置

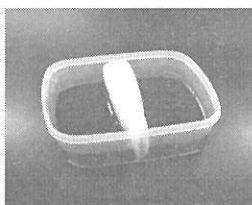


図3 電池内部

実験結果1

Zn	0.0g	0.3g	0.6g	0.9g	
1回目	0.35V	0.20V	0.30V	0.30V	表1
2回目		0.30V	0.30V	0.30V	
3回目		0.28V	0.30V	0.30V	
Cu	0.0g	0.3g	0.6g	0.9g	
1回目	0.37V	0.30V	0.30V	0.30V	表2
2回目	0.33V	0.31V	0.35V	0.45V	
3回目		0.37V	0.33V	0.43V	

考察1

- ・電圧は炭素粒に付着する気体の量に比例するが, Cuが何らかの化学反応を起こしたため若干Cuの電圧が高かったと考えられる。
- ・一般家庭や災害時での使用を想定し水道水を使用していたため, 通電し入浴剤0gでも電圧が生じたと考えられる。
- ・H₂Oの電気分解により発生するH₂, O₂により発電しているため, 入浴剤が増加してもあまり電圧が変化しなかったのでは。

参考文献

- TDK株式会社 エレクトロニクス入門 コンデンサ編 NO.8 「電気二重層キャパシタ(EDLC)」
http://www.tdk.co.jp/techmag/electronics_primer/vol8.htm
- 岩手大学工学部 高木浩一 「活性炭と入浴剤で電池作り」 2010/1月
<http://thunder-fujiwara.elc.iwate-u.ac.jp/edct-docs/16-sci-ed-doc.pdf>
- 産業技術総合研究所 太陽電池発電研究所 「トコトやさしい 太陽電池の本」 2007/01/30

まとめ

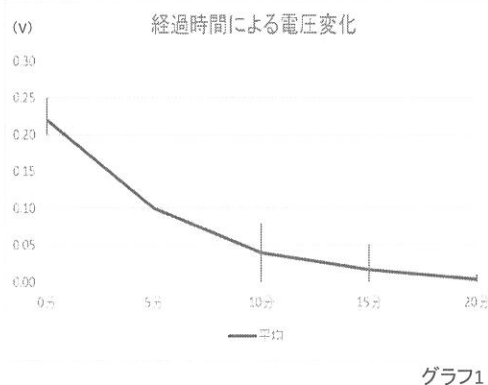
- ・入浴剤による蓄電池の作成は成功した。
 - ⇒ 実用には改良が必要
 - ⇒ 電圧向上のため効率の良い電解質の模索
 - + 電圧の低下を防ぐ・緩やかにするためセパレートの変更
 - または温度, 使用する溶液の変更
 - + 装置を直流・交流につなぎかえる
- ・イオンを固定するために炭素粒を使用した
 - ⇒ 電気伝導性+表面積の大きい物質であれば代用できる
 - ⇒ 金属多孔体または備長炭での反応を検証する

実験2：経過時間による電圧の変化

実験方法

- ①入浴剤を0.6g水に溶かす
- ②, ①を炭素粒の入った容器に入れる
- ③Znを電極とし, 5分間10Vの電流をかける
- ④電源装置を外し, 一定時間ごとに電圧を計測する

実験結果2



グラフより電圧が指数関数的に減少していることが分かる。

考察2

- ・水溶液中をH⁺とOH⁻が容易に行き来できたため, 反応が早く終わってしまったと考えられる。
- ・水溶液中のH⁺とOH⁻が多いときほど水の生成が多く起こりやすく, H⁺とOH⁻が少ないほどH₂Oの生成が起こりにくいため, 経過時間が短いほど電圧が高く, 経過時間が長いほど電圧が下がったと考えられる。

銅の腐食を防ぐための合金膜

宮城県仙台第三高等学校

2137 伊藤 夏海

2138 櫻井 聖花

2139 高平 響

◆背景

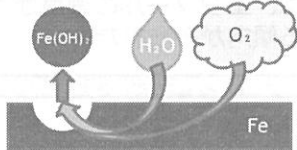


(図1:錆びたボルト)

○腐食とは何か

金属の腐食は酸化還元反応によって電子を失いイオン化した金属が表面から欠落することでおこります。

例) $2Fe + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_2$

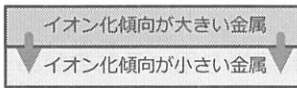


(図2:腐食のメカニズム)

○なぜ私たちはメッキをする必要があるのか

大きな理由の例として 1,装飾性 2,機能性 3,腐食防止 などがあげられる

○メッキの仕組み



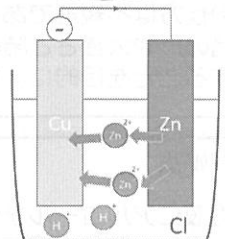
(図3:めっきの仕組み1)

○予想

- ・金属の表面を合金にすることで金属の腐食を防げるのではないか
- ・金属の表面が欠落しなくなるのではないか

私たちは化学電池と同じような仕組みで、イオン化傾向を利用して実験を行うことにした。

イオン化傾向
Al>Zn>Fe>Ni>Sn>Pb>Cu>Ag>Au
腐食のしやすさ
← 易 → 難



(図4:めっきの仕組み2)

目的:銅に合金をメッキすることで銅の腐食を防ぐ

◆ 実験1

イオン化傾向: Zn>Ni>Sn>Cu

<条件> 銅にメッキをする

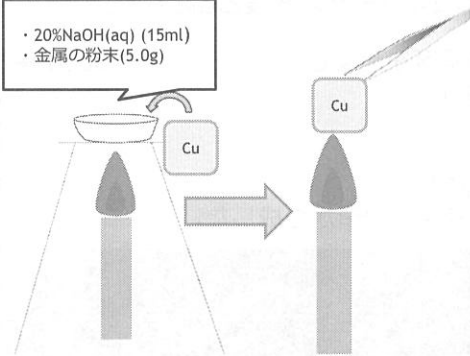
I. Cu + Zn

II. Cu + Ni

III. Cu + Sn

～実験方法～

- ・ 20%NaOH(aq) (15ml)
- ・ 金属の粉末(5.0g)



(図5:加熱によるめっきの方法)

◆ 結果

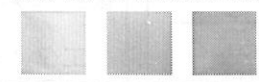
I. Cu + Zn

P: 20%NaOH(aq)に浸した時間

Q: ガスバーナであぶった時間

Pの値が大きく、Qの値が小さいほど黄銅に近い金属光沢が見られた

黄銅、銅、Cu + Znの比較写真



II. Cu + Ni, III. Cu + Sn

結果: 黒くなった

予想: ニッケルとスズは銅とイオン化傾向の差が小さいため、メッキの膜が薄くなり黒くなった。標準還元電位の値が銅と離れているほどメッキの膜が厚くなり、きれいな合金になるのではないか。

P \ Q	10	20	30	40	50	60
10						
20						
30						
40						
50						
60						

(図6:実験結果1)

還元反応	標準還元電位 (V)
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+0.34
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	-0.76
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(g)$	-0.14
$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$	-0.25
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	-1.18

(図7:標準還元電位)

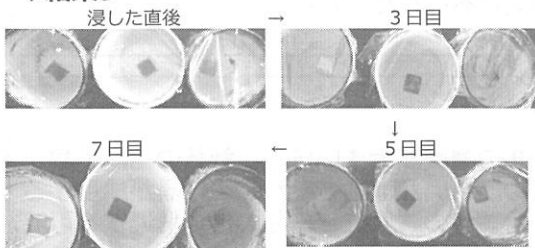
◆ 実験3

酸化は防いでいるのだろうか

～実験方法～

黄銅、銅、Cu + Zn(P: 50s, Q: 20s)をそれぞれ0.10mol/LのNaCl(aq)10mlに浸して観察する

◆結果3



(図9:実験結果3)

考察:7日目の酸化の具合はCu + Zn、銅、黄銅の順に進んでいたことからCu + Znは酸化が防げていないこれはCuより先にZnが腐食したからではないか

◆実験2

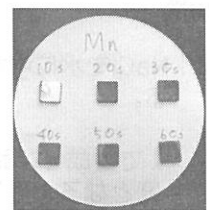
IV. Cu + Mn

実験1の銅と亜鉛の組み合わせからPの値を50秒にする

◆結果2

Cu + Znの組み合わせよりQの値が大きいほうがマンガン銅に近い金属光沢がみられた

考察: 標準還元電位の値が銅と離れているほど合金に近い金属光沢がみられる



(図8:実験結果2)

◆展望

- ・ 実験1 Cu + Znの組み合わせの表面はCuではないのか
→ 黄銅、銅、Cu + Zn、それぞれの電流の通りやすさ(抵抗)を比較する
- ・ 実験2 Cu + Mnよりイオン化傾向の差が大きい組み合わせで実験を行う
- ・ 金属の表面を合金にすることで酸化は防げるのだろうか
→ クロイン法を用いて数値化する

参考文献: ・ 黄銅をつくってみよう<<http://www.eonet.ne.jp/~nakacchi/Brass.htm>>
・ 海水腐食試験法の理論的研究および実験方法
<https://www.istage.ist.go.jp/article/jcorr1954/7/2/7_2_72/_pdf>
・ 第6版 電気化学便覧<http://www.electrochem.jp/info/DENKAG_030101.pdf>

貧溶媒法で得られた塩化ナトリウムの結晶

宮城県仙台第三高等学校

2105 伊藤柊威 2106 遠藤魁人 2130 山田聖太郎 2206 大倉寛澄 2211 加茂侑賢 2229 福田杏耶

背景と目的

結晶を作る再結晶の方法として貧溶媒を用いるものがあるが、通常の再結晶とは異なり、結晶の形や大きさの析出の仕方は不規則である。結晶の形や大きさと結晶が析出する条件の関係を明らかにすることを目的に、本研究を行った。

貧溶媒法

水溶液にアルコールを添加すると溶解度が低下する現象を利用し、飽和水溶液から結晶を取り出す手法である。



図1 貧溶媒法

溶解度が下がり、溶けることのできなくなった溶質の結晶が析出する。

利点

- ①加熱や冷却操作が不要である。
- ②高純度の結晶を得られる。

課題

- ①生成する結晶の形や大きさが不規則である。
- ②結晶成長現象の構造も十分解決されていない。

実験

1. NaClを水に溶かし、100 gの飽和水溶液をつくる。
2. 1で生成した飽和水溶液に任意の質量パーセント濃度となるように、エタノールを静かに加える。
3. 1週間静置して析出した結晶の長さ、形を観察・測定する。

参考文献

- 1)結晶の話 齊藤喜彦 伊藤正時 (化学の話シリーズ 培風館 1984)
- 2)村上正祥 「塩の析出環境条件と結晶形状(1)」(日本海化学雑誌 第54巻 第2号)
- 3)村上正祥 「塩の析出環境条件と結晶形状(2)」(日本海化学雑誌 第54巻 第3号)
- 4)村上正祥 「塩の析出環境条件と結晶形状(3)」(日本海化学雑誌 第54巻 第5号)

まとめ

- ・貧溶媒法でNaClの結晶を生成したところ、針状の結晶が生成した。
- ・針状の結晶は、エタノールの濃度が大きいほどその長さが長くなる傾向がみられた。

結果

①貧溶媒法で析出した針状の結晶の長さ

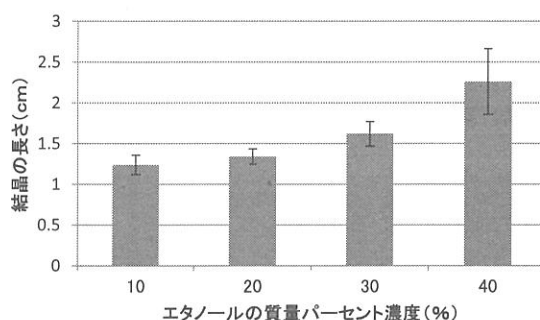
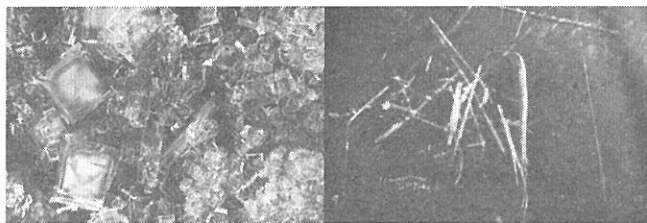


図2 エタノールの質量パーセント濃度と結晶の長さ

- ・エタノールの濃度を高くしていくと、より結晶が長くなる傾向があった。

②析出した結晶の形

NaClは次の2通りの形が生成した。



エタノールを加えないで再結晶させると方形のみの結晶が生成した(左)。一方、エタノールを加えた貧溶媒法で結晶を析出させたところ、エタノールの濃度が大きくなるほど、針状の結晶の量が多く、その長さは長くなる傾向がみられた(右)。

考察と展望

- ・エタノールの濃度が大きいほど、針状の結晶の数が増え、伸長の度合いが増すことから、結晶が成長する速度とエタノールの濃度に、結晶の形が関連する可能性があること示唆された。
- ・さらにエタノールの濃度を大きくした場合の針状の結晶の長さの変化を調べる。

ホウ素の未知の性質

2122 橋本靖裕 2125 三浦玄 2201 阿部瑤平 2208 鑑龍人 2231 本田勝丸 2237 渡邊北斗

目的1

我々は学校では習わないホウ素(B)に興味を持ち調べたところ、まだ解明されていない性質があることが分かった
そこで私たちはアルコールなどのヒドロキシ基(OH)を含む物質を加えるとpHが下がる点に着目して、その原理や傾向を解明しようとした

実験1

- ①0.10mol/LのOHを含む物質の水溶液50mLに0.10mol/Lのホウ酸水溶液をビュレットを用い3.0mLずつ加える
- ②pHメータをpHの変化を測定した

今回用いたOHを含む物質はグルコース(C₆H₁₂O₆)、スクロース(C₁₂H₂₂O₁₁)、グリセリン(C₃H₈O₃)である

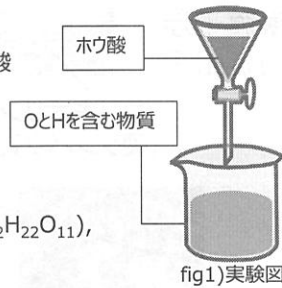
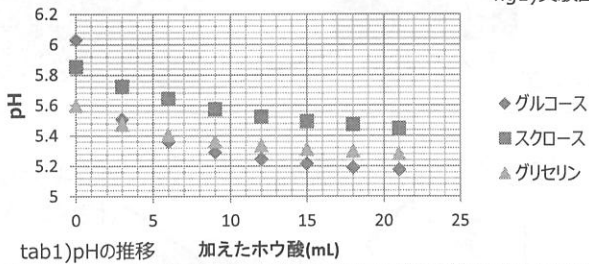


fig1) 実験図



結果1

各物質でのpHの変化の様子及び放出した水素イオン[H⁺]はそれぞれ tab 1, tab 2 のようになった

考察1

我々は各物質の構造に着目した
グルコース(fig2)とグリセリン(fig4)はOH鎖の間隔が狭いためBとOが結合しやすくHが出やすくなるためpHの変化が大きい
それに対しスクロース(fig3)ではOH鎖の間隔が広いいためBとOが結合しづらいためpHの変化が小さい

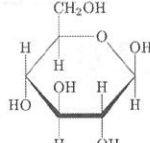


fig2) グルコース構造式

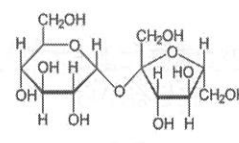


fig3) スクロース構造式

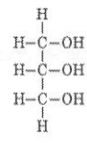
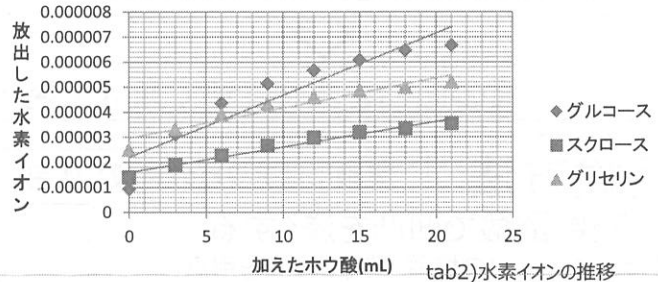


fig4) グリセリン構造式



目的2

ホウ素には、ガラスの原料である二酸化ケイ素 (SiO₂) に加えるとその融点を下げる性質がある
二酸化ケイ素は砂の中に含まれているから、我々は校庭の砂から選別した二酸化ケイ素(fig5)を原料にし、三高産ガラスの作成を試みた
これは三高の長い歴史の中でも初の試みである

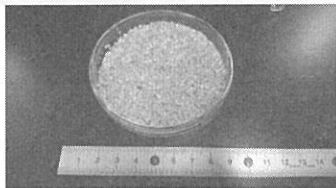


fig5) 砂から選別した二酸化ケイ素



fig6) 実験装置

実験2

- ①集めた二酸化ケイ素を3.0g 二酸化鉛を4.0g ホウ砂を2.5gを計りとり乳鉢でまぜる(以下、混合物とする)
- ②ガスバーナー、マッフル、三脚、ラボジャッキを準備する
混合物をるつぼに入れ、るつぼをマッフルの中に入れる(fig6)
- ③ガスバーナーで混合物を加熱する(fig7)
5分ごとになるつぼの蓋を開け、混合物の状態を確認する
- ④るつぼの中を確認して、ガラスが赤く光っている状態である時にるつぼをさみで、流動性のあるガラスを素早くるつぼからトレーに移す

結果2

資料通りの分量では、るつぼから取り出せるほどの流動性のあるガラスにはならなかった
この結果から、実験2と同じ手順でホウ砂の量だけを少しずつ増やしていったところ、7.0gの量で、るつぼからとりだせるほどの流動性をもったガラスを作成することができた



fig7) 加熱中の様子

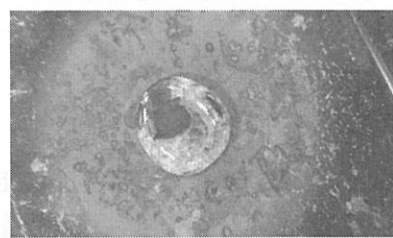


fig8) 作成したガラス

考察2

ガラスが緑色になった

▶ 二酸化ケイ素中に酸化鉄が含まれていたためと考えられる

ガラスにひびが入った

▶ 加熱時のムラ 急激な温度変化が原因

まとめ

物質に含まれるOHの数によって、pHの変化の仕方が異なり、放出した水素イオンに相関が見られた
また、pHの変化の仕方は物質の構造に大きな関係がある
ホウ砂で二酸化ケイ素の融点を下げること
学校にある設備と原料からでもガラスを作成することができた

参考文献

- [1] 職場のあんぜんサイト 2014年3月31日
〈 <http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/gmsds/10043-35-3.html> 〉
- [2] グルコースの構造式 2017年10月20日
〈 https://sci-pursuit.com/chem/organic/glucose_structure.html 〉
- [3] 化学図録 数研出版

螺鈿の色調変化を目指して

宮城県仙台第三高等学校 課題研究 螺鈿班
佐藤大智 渡邊翔平 伊藤和史 中川朔未 新山拓馬 芳賀太郎

背景

螺鈿 らでん

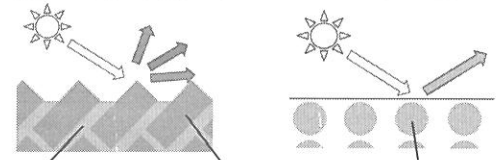
貝殻の光沢がある部分や、それを使用した伝統工芸品

Q. そもそもなぜ貝殻に光沢がある？

貝殻の構造色
薄膜干渉
回折格子

構造色(回折格子)

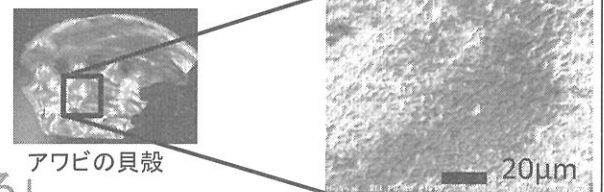
ふつうの色



A. 表面の微細な構造によって構造色が生じるから

コンキオリン(硬タンパク質) 炭酸カルシウム 色素

表面の微細な凹凸を変えれば光沢も変わる？



目的「表面の凹凸を変化させて光沢を変化させる」

実験方法

実験にはアワビの貝殻を使用

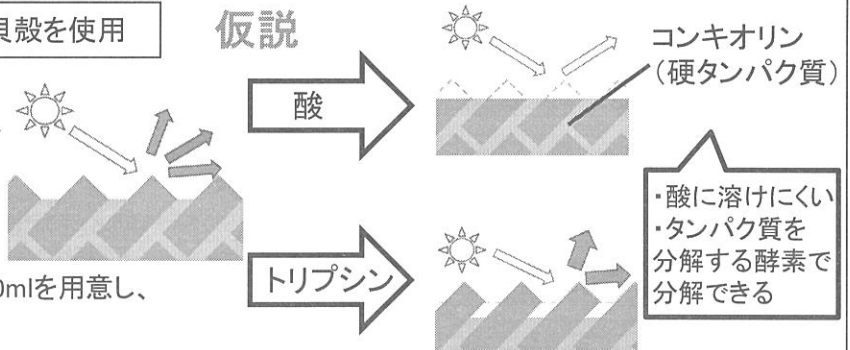
1. 塩酸・酢酸で凹凸を浅くする

濃度0.30[mol/L]の塩酸・酢酸200mlを用意し、常温でアワビの貝殻を1日～4日間漬けた
1日～4日後の貝の色調変化を観察した

2. トリプシンで凹凸を深くする

濃度1.0、2.0、10.0[g/L]のトリプシン水溶液50mlを用意し、40℃でアワビの貝殻を4日・7日間漬けた
4日・7日後の貝の色調変化を観察した

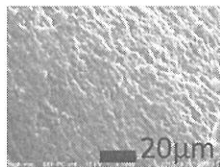
仮説



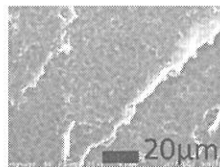
実験結果・考察

1. 酸を用いる方法

	1日目	2日目	3日目	4日目
塩酸				
酢酸				



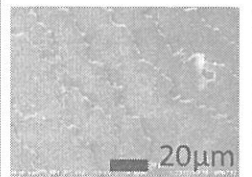
塩酸3日目



酢酸3日目

2. トリプシンを用いる方法

0日目	4日目	7日目



トリプシン10.0g/L
4日目

- ・塩酸は4日目まで変化なし、4日目は光沢が見られない
 - ・酢酸は2日目以降、光沢が見られない
 - ・塩酸の凹凸は実験前とあまり変わらないが、酢酸やトリプシンの凹凸はなだらかになっている
- 表面の凹凸を変化させて光沢を変化できる

参考文献

- ・原色図解伝統工芸技法大事典 上巻 P151
- ・木下修一(2010) 生物ナノフォトニクス -構造色入門- P146-149
- ・材料技術編シリーズ集 - 独立行政法人 国立高等専門学校機構 P7

硝酸のpH値が色素増感型太陽電池の発電能力に与える影響

2103有本 英海, 2113 久保 圭大, 2120中嶋 孝誠, 2216佐藤 千仁



目的

使用したキットでは、硝酸の濃度がpH 3~4と曖昧に決められている。
→発生する電圧の違いから、最も適したpH値を決定する。

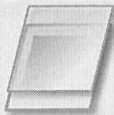
結論

10分程度の計測では、pH 3.0の硝酸を用いた場合が最も高い電圧を示した。
→pH 3~4の間では、pH 3.0の硝酸が最も電池の作成に適している。

背景

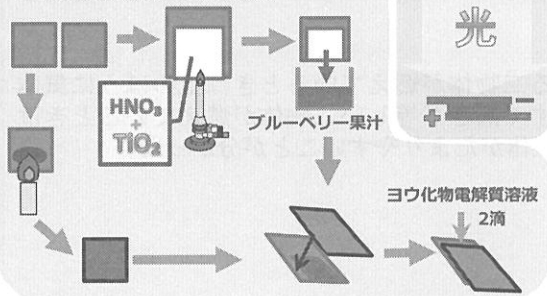
■色素増感太陽電池

・他の太陽電池に比べ作成が容易で安価



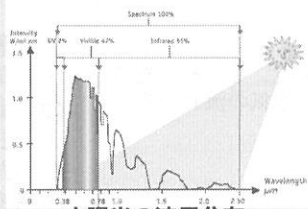
実験には、ケニス「ナノクリスタル太陽電池作成キット」を使用した。

■基本的な太陽電池作成手順



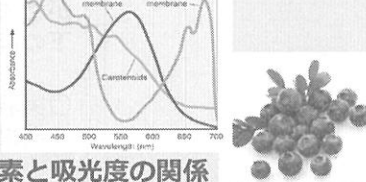
■アントシアニンの効果

[1] SOLAR SPECTRUM



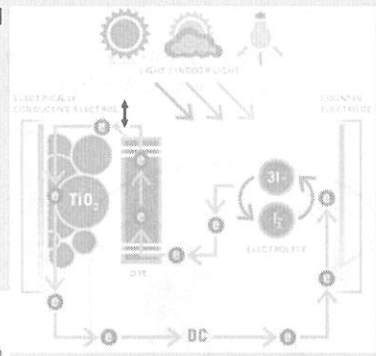
太陽光の波長分布

[2]



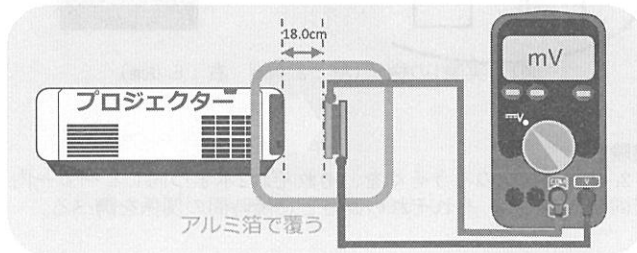
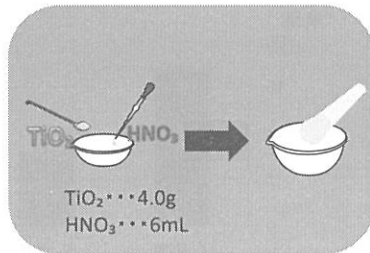
色素と吸光度の関係

[3]



色素増感太陽電池の原理

実験

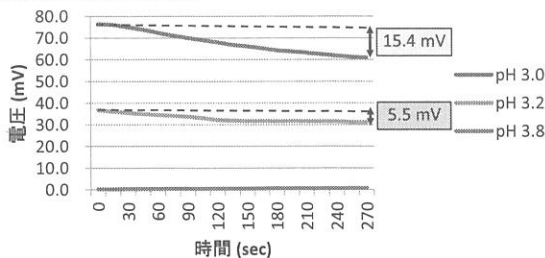


結果

硝酸のpH値による最大電圧への影響

pH	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
V_{max} (mV)	76.3	36.7	21.2	15.9	0.700
	HIGH				LOW

時間経過に伴う電圧の推移



考察

- ・最大電圧は、低いpH値の硝酸を用いると上昇した。
- ・最大電圧が高いほど、時間の経過と共に電圧が大きく低下する。
→高い水素イオン濃度の硝酸を用いると、太陽電池の効率には向上するが持続性は低下する。

展望

- ・さらに細かい関係を調べるため、pH値の間隔を狭める。
- ・pH値が3~4と決められていた理由を調べるため、pH値の範囲を広げる。
- ・それぞれの太陽電池の最低電圧を調べるため、計測時間を延長する。

参考文献

- ケニス ナノクリスタル色素増感太陽電池作成キット
- [1] https://www.reddit.com/r/explainlikeimfive/comments/6cz6x7/eli5_the_difference_between_light_from_the_sun/
 - [2] <http://sidthomas.net/wp/index.php/chlorophylls/>
 - [3] <http://gcell.com/dye-sensitized-solar-cells>

謝辞

この場をもって、研究の様々な過程で助言や協力をしてくださった清原先生、仙台第三高校 自然科学部化学班の皆さんに御礼を申し上げます。また、研究およびプレゼンテーション作成の過程で ご指導くださったヨッスパンヤー・ウィジャック氏に、感謝申し上げます。

きたい通りにいかないうそくたち

宮城県仙台第三高等学校

2115 佐藤 圭 2133 若松 柊佑 2219 菅田 碧 2239 海野 ひかり

背景

NHKの「考えるカラス」という番組で、ビーカーの中に長さの異なる2本の火をつけたろうそくを入れた場合、長い方のろうそくが先に消えるという現象が紹介されており、その現象に疑問を持った。そこで

仮説

実験1

・発生したCO₂がビーカーの上部に溜まることで酸素の濃度が低下している。

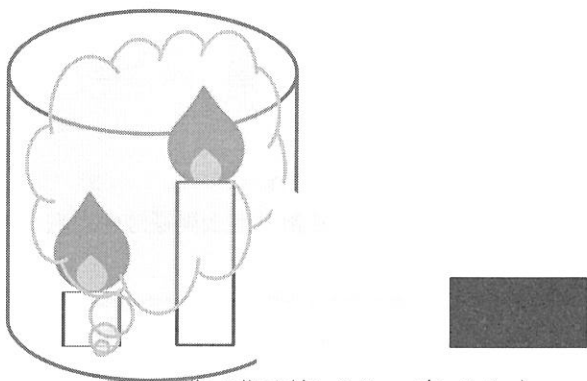
今後の展望

・今後は防災や減災の観点とも結び付けていきたい。

実験

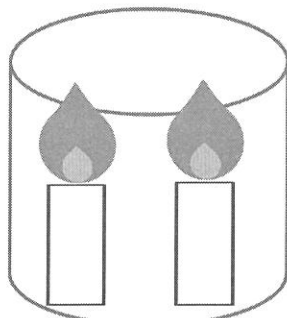
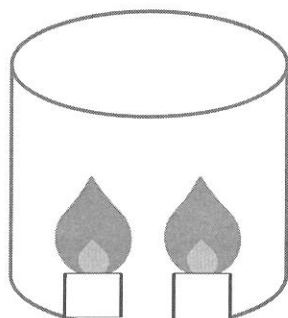
実験1

水が主成分である煙を入れたビーカーの中で、ろうそくを燃やし、ビーカーに対して光を照射することで空気の流れを調べる。



実験2

2.0cm、6.0cmのろうそくを、それぞれ2本ずつ同じビーカー内で同時に燃やし、それぞれの高さや燃焼時間の関係性を調べる。



結果と考察

○実験1

・結果

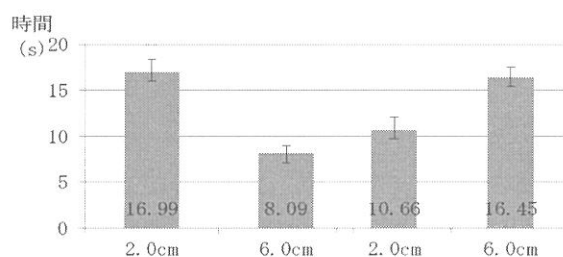
煙の動きを可視化したことで短いろうそくの上昇気流により長いろうそくの対流がせき止められていたことが分かった。

・考察

高さの異なる二物体が燃えているときは上のほうに気体がたまりやすく高さが等しい二物体が燃えているときは下のほうに気体がたまりやすいことが分かった。

○実験2

・結果



先行研究

実験1

・考察

先行研究では2.0cmのろうそくのほうが燃える時間が短かったが実験2では対比的な結果となり6.0cmのほうが燃焼時間が長かった。

参考文献

- 1) 2本のろうそくの考察 kazafe.hatenadiary.jp/entry/2013/04/13/1446353
- 2) 考えるカラスHP www.nhk.or.jp/rika/karasu/origin/idea01.html
- 3) ロウソクの科学 著:ファラデー 訳:三石 巖
- 4) 面白くて眠れなくなる化学 著:左巻 健男

ゼニゴケの生殖

所属 2215 笹森俊大 2218 清水一樹 2222 武田怜士

1. 背景

コケ植物は、維管束を持たず、多少の光さえ当たればコンクリートの道の上や側溝でも生長できる。虫や鳥、風の力を借りて受粉、そして受精を行い子孫を残す種子植物とは違い、コケ植物は精子が泳ぎ、それと卵が受精することで胞子を作り出して増えるという点で大きな特徴を持っている。しかし、その精子がどのように卵までたどり着くのかはまだはっきりと解明されていない。そこで、私たちはコケ植物の構造と誘引を行う物質の有無に着眼して解明を試みた。

2. 目的と仮説

目的は、コケ植物の生殖において、精子が卵にたどり着くまでの道筋を解明すること。

仮説：

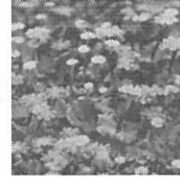
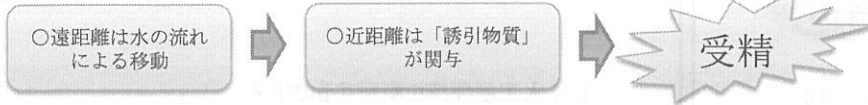


図1) 雄株

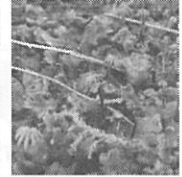


図2) 雌株

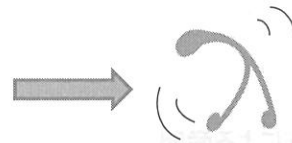
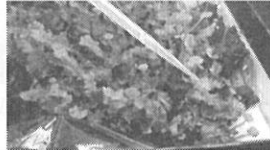
3. 実験1

<実験方法>

- ①雄器托の皿部分に水を垂らし、得られた精子をプレパラートで観察
- ②接眼マイクロメーターで1分間に何メモリ分動くか観察し、活動時間から移動可能なだいたい距離を求める。

<結果>

移動距離(平均)	運動時間(平均)
275μm/min (±25)	26分42秒



4. 実験2

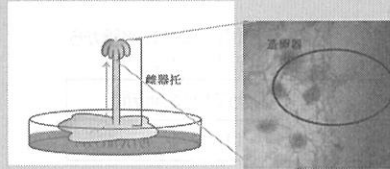
<実験方法>

- ①着色した溶液に雌株の仮根を30分浸ける
- ②30分後、造卵器のある雌器托を観察し、溶液が到達しているか見る。



- ・溶液に浸けて30分後に雌器托の腹面を観察すると、先端が赤く染まっているのが確認できた。(図4)
- ・溶液に浸けて30分後に雌器托の上部を切って断面を観察すると、溶液が造卵器の近くまで到達していることが確認できた。

⇒仮根束によって精子を造卵器の近くまで運ぶことは可能と考えられる。



(図4)

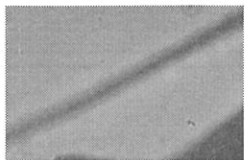
5. 実験3

<実験方法>

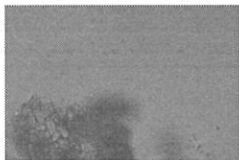
雌株の造卵器と葉状体を同一プレパラート上に離して置き、精子がどちらに集まるか観察した。

<結果>

↓葉状体付近



↓造卵器付近



○葉状体よりも造卵器付近でみられる精子の数が多く、活発に動いていた。

⇒造卵器が精子を誘因している？

6. 考察

- ・精子の移動距離は短く、活動時間も30分ほどである
- ・仮根束は水や溶液を造卵器まで運ぶ



コケ植物の精子は水の流れによって遠距離の移動を行うのではないか。

- ・造卵器付近は精子が集まっており、活動も活発だった



コケ植物の精子は造卵器（もしくは造卵器が発するなんらかの物質）に誘因されるのではないか。

7. 参考文献

- ・[特集]身近なコケ植物-その分類と生態 熊澤 辰徳
- ・岡山理科大学 生物地球学部 生物地球学科 (<http://had0.big.ous.ac.jp/plantsdic/bryophyta/bryophyta.htm>)
- ・ゼニゴケの分類学と形態学 嶋村正樹 広島大学大学院理学研究科生物科学専攻
- ・福原のページ(植物形態学・生物画像集など) (<https://ww1.fukuoka-edu.ac.jp/~fukuhara/index.html>)

アカヒレタビラの保全にむけて

宮城県仙台第三高等学校 課題研究 タナゴ班

2104 伊藤 玄 2225 圓谷 修平

背景

アカヒレタビラ(Acheilognathus tabira subsp.R)が減少



図1 アカヒレタビラ¹⁾



アカヒレタビラの産卵方法

メスのタナゴ類は産卵管を貝の出水管に差し込み、卵を産みつける。オスのタナゴ類は精子を放出して、貝が入水管から吸い込み受精卵となる。

仮説と目的

仮説 二枚貝の呼吸を再現した装置を用いれば、二枚貝と同じように産卵するのではないかと

目的 人工産卵床を作成し産卵させ保全につなげる

実験1 人工産卵床による産卵

1.1 貝の呼吸時間の測定

実験 わりばしの先に細く切ったビニール袋を貼り付け、貝が入水管から水を吸っている時間と、吸っていない時間を計測した。

結果	水を吸う時間	水を吸っていない時間
	約6.3秒	約5.7秒

表1 貝の呼吸時間

1.2 人工産卵床の作成

作成方法

- ①図2のイメージ図のように人工産卵床を作成した。
- ②表1の結果からArduinoを用いてプログラミング³⁾をしてポンプのオンとオフを制御した。

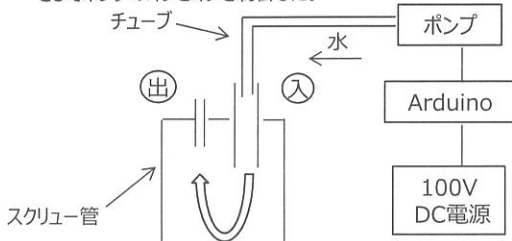
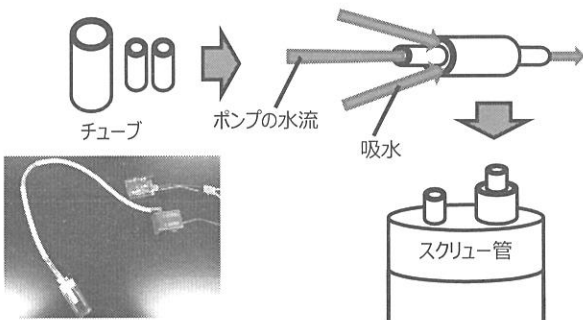


図2 人工産卵床のイメージ図



1.4 人工産卵床に産卵するのか？

実験 条件:水温20度。タイリクバラタナゴを使用。水槽の中に作成した人工産卵床を設置し(図4)オスとメスのタナゴを入れた。



図3 作成した人工産卵床

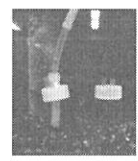


図4 設置した様子

	出水管の角度	貝のにおい	卵の数
装置1	約45度	なし	28日間で0個
装置2	垂直	あり	5日間で24個
ブランク(水流なし)	垂直	あり	5日間で0個

結果 人工産卵床による産卵の結果

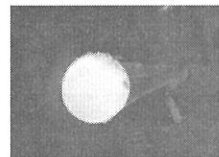


図5 産卵させた卵

考察

- ・出水管の角度と貝のにおい(コハク酸)に着目⁴⁾して修正すると産卵が行われた。
- ・タナゴ類の産卵には水流と出水管の角度と貝のにおいに深く関係している。

作成した人工産卵床に産卵させることができた

結論

・人工産卵床によるタナゴの産卵は可能である。

今後の展望

- ・実験2を行う。
- ・最終的にはアカヒレタビラを人工的に増やす段階まで到達したいと考えている。
- ・近隣の小学校とも連携し、アカヒレタビラを飼育してもらおうプロジェクトを計画する。

参考文献

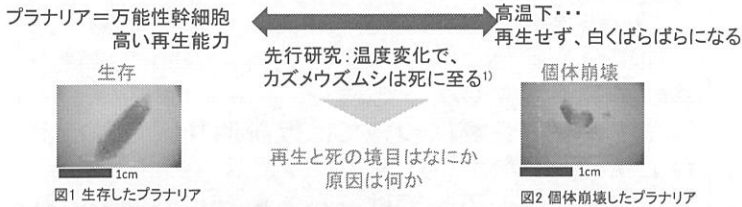
- 1) 国立研究所 侵入生物データベース <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/50490.html>
- 2) 赤井裕, 秋山信彦, 上野輝彌, 葛島一美, 鈴木伸洋, 増田修, 荻本美孝タナゴ全
- 3) TetsuakiBaba.jp (tetsuakibaba.jp/)
- 4) 川端孝一・タナゴ類における新たな性ホルモンの同定と繁殖行動の解析
- 5) 棟方有奈・上嶋勇太・田福憲一 仙台産アカヒレタビラの人工増殖法の開発ならびに環境教育活動の実践～小型プラスチックチューブ、水槽、ため池による増殖法の検討～
- 6) 二枚貝の飼育 <http://www.geocities.jp/ngiyu77/nimaigainosaiiku2.htm>
- 7) 増田 修・内山 りゅう 日本淡水貝類図鑑

プラナリアの生と死の境

宮城県仙台第三高等学校 2年 課題研究

芦立 美春 伊藤 亜珠希 大宮司 百花 山田 桃子

背景

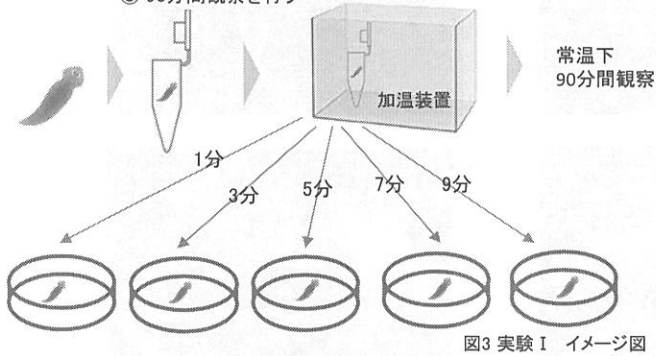


目的: プラナリアの生と死の境を特定し、
I: 条件 II: 仕組みを明らかにする

観察の基準...
図2のように、個体が原型を
とどめていない状態=個体崩壊

実験 I : 個体崩壊に必要な加温時間を特定する

- 材料: 岩手県久慈市・宮城県仙台市から採集したナミウズムシ
佐沼高校から頂いたナミウズムシ
- 方法: ①ナミウズムシをマイクロチューブに入れ、
40°Cにした加温装置に1分、3分、5分、7分入れる
②規定時間を超えたら、取り出す
③90分間観察を行う



実験 I 結果

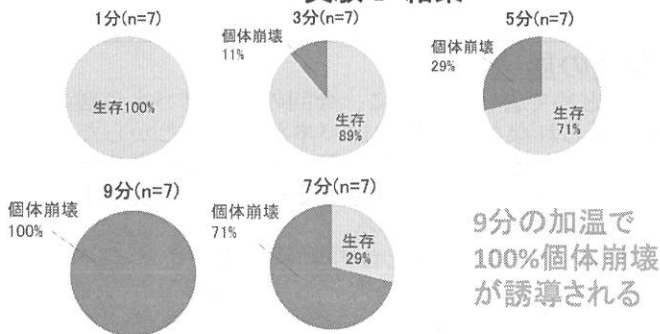
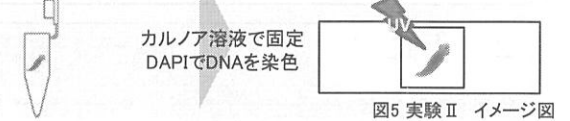


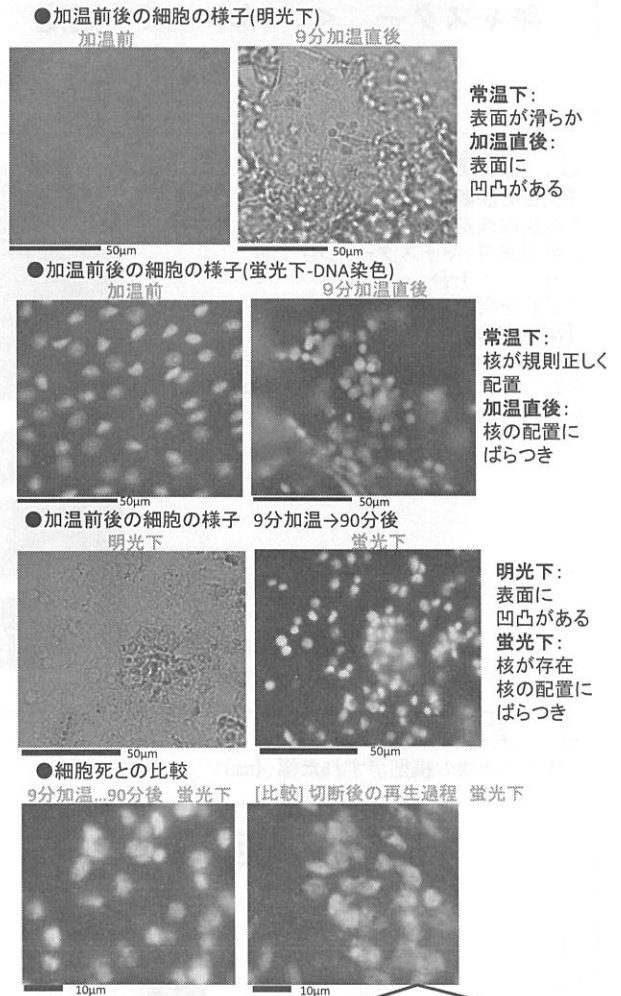
図4 実験 I 結果

実験 II : 個体崩壊は細胞死によるものか特定する

- 方法: 9分加温したナミウズムシを、カルノア溶液で固定し、
DAPIでDNAを染色し、蛍光顕微鏡で観察
加温したプラナリア



実験 II 結果



[比較対象]: 切断後の再生過程では細胞死(アポトーシス)が起こることが知られている²⁾ [2010 J. Pellettirei]

プラナリアの死の仕組みモデル



モデルを
明らかにするために

細胞骨格を染色して観察

カルシウム除去による
人為的な個体崩壊の誘導

短時間加温による
中途半端な個体崩壊の誘導

細胞接着に付随する細胞骨格が
崩壊の原因かどうかを調べる

人為的に個体崩壊させたものが
再生するかどうかを検証する

個体崩壊の程度による
再生可能ライン(生と死の境)の
を明らかにする

参考文献

- 1) プラナリアから見る死の仕組み平成28年度 仙台三高
- 2) Cell death and tissue remodeling in planarian regeneration - ScienceDirect (2010)
- 3) 阿形 清和: 切っても切ってもプラナリア pp44. 岩波書店(2009)
- 4) 原島 広至: プラナリアの再生・走性・消化の実験. 生物の科学 遺伝・別冊 実験単, pp174. エヌ・ティー・エス(2015)

効果的な免震装置の検証

宮城県仙台第三高等学校
2112菊地 克 2118高橋 凜

1. 実験の目的

日本では多くの地震が発生しており、どのような免震装置が地震に対して効果的なのかを確かめる。

2. 仮説

移動距離は

キャスター < バネ < 固定

となると考えた。

5. まとめ

4の結果のグラフのように、「バネ免震」、「加工なし」、「キャスター免震」の順に建物の移動距離が大きくなった。

キャスター免震については仮説通り固定した土台よりも動かなかった。

一方で、この実験では「バネ免震」の効果がみられずに仮説と異なる結果となった。

このような結果になった原因としては、使用したバネが強すぎたからであると考えた。

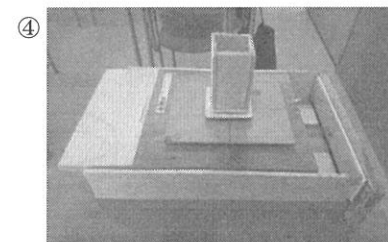
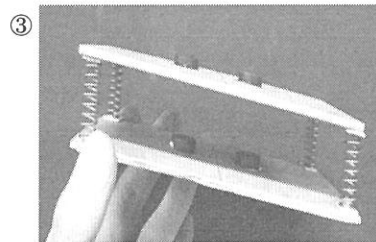
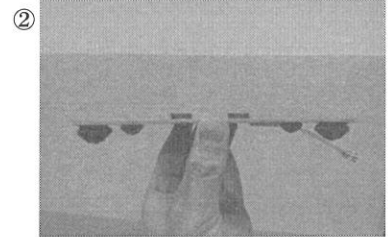
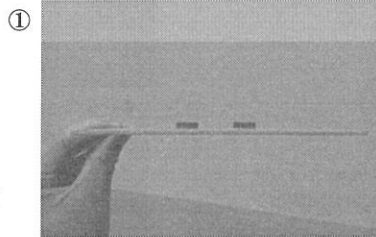
3. 実験方法

【土台の説明】

- ①免震装置がない土台
- ②免震装置(キャスター)つき土台
- ③バネつき土台
- ④揺れを発生させる装置

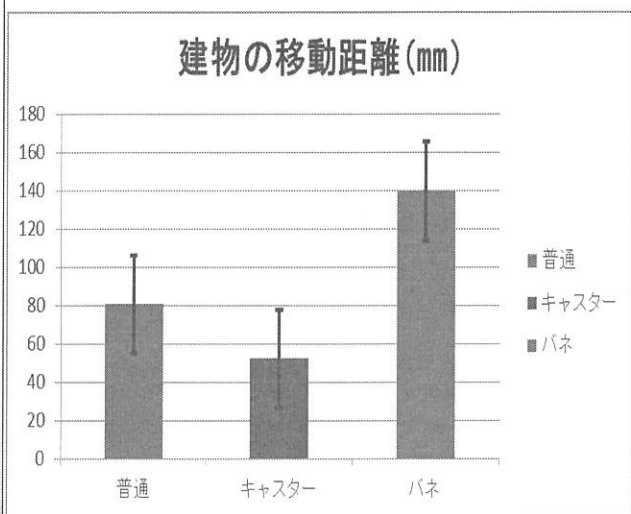
【測定方法】

装置をばねに一定の縮み幅(3cm)で装置を揺らし、それぞれの建物の移動距離を測定した。



4. 実験結果

数字は建物の模型がずれた幅 (mm)



6 今後の展望

5のまとめで書いたように、今回の実験でバネ免震の効果が見られなかった理由はバネが強すぎたからだと考えている。そこで、これからの実験ではバネの強さを変えて実験し、バネの強さの変化による免震効果の違いを調べたいと考えている。

また今回の実験では土台の重さの統一をしていなかったため、重りを用いるなどして土台の重さの統一をしたいと考えている。

7. 参考文献

大明建設 転がり免震

www.daiimeikensetsu.co.jp/gyiyutu.html

免震構造4種類

・転がり免震装置 ・積層ゴム免震装置 ・すべり支承免震装置
・粘性減衰装置

www.adc21.com/200_menshin.html

運動と計算能力の関連性

宮城県仙台第三高等学校 理数科

2108 小野寺就 2109 勝又吾羽 2236 吉田龍生

1. 背景

運動後に記憶能力向上！
(安齋らの研究より)

計算能力も向上する
のでは？

2. 目的

- ・運動と計算能力の関連性を調べる。
- ・有酸素運動と無酸素運動に違いはあるのか調べる。

3. 仮説

- ・運動後のほうが計算能力は向上する。
- ・有酸素運動と無酸素運動では有酸素運動の方が計算能力は向上する。

4. 実験方法

対象者：普通科男女各5名(全員運動部)
期間：3日間

	実験内容
運動前	運動せずに計算のみ
無酸素運動	POWER MAX 負荷値7.0 (7秒全力でこぐ+30秒レスト)×5セット
有酸素運動	エアロバイク 5分間こぎ続け(128回/分)

- ・運動後すぐ、2桁×1桁(掛け算)の計算問題を10分間にそれぞれ何問解けたかを測定。
- ・計算問題には乱数を使用。

6. まとめ

結果より、
・個人差はあるが平均的に、計算能力を上げるには運動を行ってから計算をすると正答率、回答速度が上がる。
・有酸素運動後より、無酸素運動後のほうが正答率、回答速度ともに上がることがわかった。

7. 考察

運動⇨海馬の幹細胞から新しいニューロンが成長*参考文献(1)

活性化⇨成績向上

<無酸素運動>

運動⇨瞬間的に脳の酸素が不足⇨酸素の吸収量が増加

脳内の酸素量増加⇨効率UP

<有酸素運動>

運動⇨酸素が不足⇨酸素の吸収量が増加*参考文献(2)
しかし...

酸素が糖質や脂肪などの燃焼に使われた⇨少し効率UP
以上より「無酸素運動>有酸素運動>運動なし」と考える

8. 今後の展望

- ・運動の種類、強度を変える。
- ・記憶力の実験と反対の結果が出た原因を調べる。
- ・運動後の成績が下がった人の原因を調べる。

5. 結果

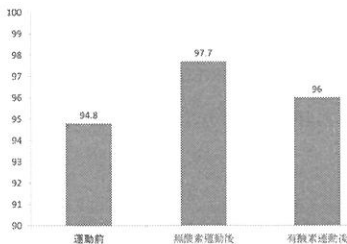


図2 運動前後による正答率平均(%)の変化 (有効数字3桁)

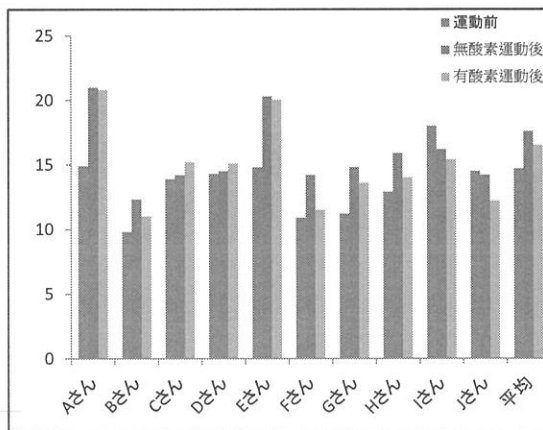


図1 運動前後による計算能力の変化

図1から、(平均解答数/10分)



図1、図2から

- 1位、無酸素運動後
- 2位、有酸素運動後
- 3位、運動前

参考文献

- (1)脳の事典(坂井建雄、久光正)
- (2)脳内革命(春山茂雄)
- (3)運動適応の科学(作宮隆、石河利寛)
- (4)計算課題および記憶課題における脳血流変化のfNIRSによる測定(<http://www.is.doshisha.ac.jp/academic/papers/pdf/10/2010mthesis/2010tanabe.pdf>)

第 61 回日本学生科学賞
第 9 回坊ちゃん科学賞
サイエンスキャッスル 2017 東北
「みやぎ総文 2017」出場研究

金溶液の研究とその応用

宮城県仙台第三高等学校

圓谷修平 永田紘規 山田智也

1. 概要

宇田川榕菴現代訳「舎密開宗」記載の「金溶液にエーテルを混ぜると、金溶液中の酸化金はエーテルに溶解し、エーテルが金分を含むことになる」を参考に再現実験をし、王水中の酸化金がエーテルに移動する様子を確認した。そして水溶液中の酸化金は、酸性の強さによって水層とエーテル層に溶解する割合が異なることを解明し、さらに各 pH の水溶液における酸化金の水層とエーテル層への分配比 D を求めることにも成功した。また、溶媒がエーテルという電子のやりとりが制御された条件下で亜鉛に金メッキをすることで「金赤(きんあか)メッキ」の存在を発見し、さらに同様の条件で銅に金メッキをすることで伝統工芸品である赤銅(しゃくどう)にそっくりな色合いである「赤銅様(しゃくどうよう)メッキ」の開発にも成功した。

2. 研究の背景

宇田川榕菴現代訳「舎密開宗」の第百七十六章「金はエーテル^{※1}に溶ける」に「金溶液^{※2}にエーテルを混ぜると、金溶液中の酸化金はエーテルに溶解し、エーテルが金分を含むことになる」という記載がある。教科書²⁾や図説³⁾では金は、王水に溶けてその水溶液中にテトラクロリド金(Ⅲ)酸イオン $[\text{AuCl}_4]^-$ として存在すると書いてある。エーテル中に金分が存在できることを知らなかったのが本当にエーテル中にも金分が溶解するのか、またその際はどんな様子なのか実際に見て確かめることを目的とした。

※1 ジエチルエーテルと考えられる。以下エーテルと記載。

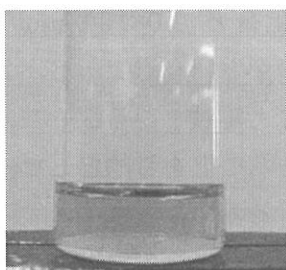
※2 王水に金を溶かした溶液。

3. エーテル中に酸化金が溶解するか確認する実験

金箔(20×20 mm)を王水で溶かし、金溶液を準備した。金溶液をスクリー管に 4 mL 取り、エーテル 4 mL を加えて攪拌し、静置した。その結果、**図 1** のように王水中の酸化金は、エーテル層に溶解した。溶液の色から王水中の酸化金は、ほぼすべてエーテル層に溶解したと考えられる。

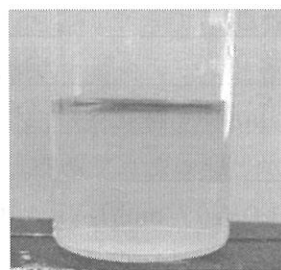
王水中の酸化金

エーテル層の金分



エーテルの添加

→



上層がエーテル層

下層が水層(王水)

図 1 水層からエーテル層に溶解した酸化金の様子

「舎密開宗」の記載通り、王水に溶けていた酸化金は、エーテル層へと溶解した。しかも酸化金のほとんどが水層からエーテル層に移動した。他の文献⁴⁾では、「王水に Au を溶かすと溶液となり、それを蒸発させると $[H_3O][AuCl_4] \cdot 3H_2O$ を析出する。このテトラクロリド金(Ⅲ)酸イオンはきわめてたやすく加水分解して $[AuCl_3(OH)]^-$ となる。Au^Ⅲは、希塩酸溶液から酢酸エチルあるいはジエチルエーテル中にきわめて高い分配係数で析出することができる。このときの有機溶媒中の黄色化学種は、恐らく $[H_3O][AuCl_3(OH)]$ であろう。」といった記載があった。

調べた結果より「金溶液中の酸化金」は $[AuCl_4]^-$ や $[AuCl_3(OH)]^-$ であること、「エーテルが金分を含む」の金分とは、 $[H_3O][AuCl_3(OH)]$ であることが判明した。高校の教科書の範囲で王水中の酸化金は $[AuCl_4]^-$ だけと考えていたが、より深く調べることで加水分解することまで把握することができた。

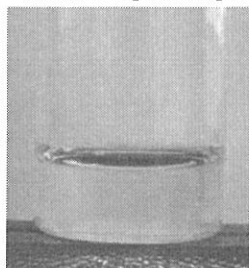
エーテルが金分を含むことは確認できたが、なぜ酸化金は水層よりもエーテル層に優先して溶解するのか疑問に思った。

※以下の文章では Au^Ⅲの化合物は、舎密開宗の記載になぞらえて酸化金として記載する。

4. 市販の $H[AuCl_4] \cdot 4H_2O$ を用いた実験

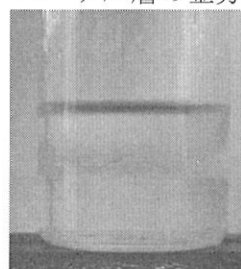
金を溶かして酸化金を得るために王水を用いたが、王水は研究で扱うには危険な物質である。そこで市販のテトラクロリド金(Ⅲ)酸四水和物 $H[AuCl_4] \cdot 4H_2O$ を購入して使用することとした。これであれば濃塩酸の塩化物イオンや濃硝酸の硝酸イオンを含むことなく酸化金のみで実験できる。 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L } H[AuCl_4] \text{ aq}$ を作成し、実験したところ不思議なことに王水中の酸化金は、ほぼすべてがエーテル層に溶解したのに対し、今回の $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L } H[AuCl_4] \text{ aq}$ の酸化金は、**図2**のように水層とエーテル層の両方に溶解していた。

$1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L } H[AuCl_4] \text{ aq}$



エーテルの添加
→

エーテル層の金分



上層がエーテル層
下層が水層

図2 水層からエーテル層に溶解した酸化金の様子

5. 2つの疑問と目的

この結果を踏まえ、2つの疑問ができた。1つ目は、なぜ王水中の酸化金と $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L } H[AuCl_4] \text{ aq}$ 中の酸化金では水層とエーテル層への溶け具合に違いが生じたのかという点である。2つ目は、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L } H[AuCl_4] \text{ aq}$ 中の酸化金は、水層とエーテル層どちらにも溶けているがその分配の割合はどのくらいであろうかといった点である。この2つの疑問を解明することを目的とした。なお、今後は王水中の酸化金と $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L } H[AuCl_4] \text{ aq}$ の酸化金を区別するために王水中の酸化金は、酸化金_(王水)とし、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L } H[AuCl_4] \text{ aq}$ の酸化金は、酸化金_(水溶液)とする。

○王水中の酸化金	→	酸化金 _(王水)
○ $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L } H[AuCl_4] \text{ aq}$ 中の酸化金	→	酸化金 _(水溶液)

6. 目的1 なぜ酸化金_(王水)と酸化金_(水溶液)ではエーテル層への溶け具合に違いが生じたのかを解明する

王水中には酸化金の他に水素イオンと濃塩酸の塩化物イオン、濃硝酸の硝酸イオンが含まれている。一方酸化金水溶液には、水素イオンと酸化金のみが含まれている。そこで酸化金の水層とエーテル層への溶け具合には、塩化物イオンと硝酸イオンが関係しているのではないかと考えた。また、 1.0×10^{-2} mol/L H[AuCl₄]aq の pH は、HORIBA 社の卓上型 pH 測定器 LAQUA を用いて測定したところ pH 2.2 と王水と比べて酸性が弱かったので水素イオンの存在も関係しているのではないかと考えた。そこでどのイオンが水層に存在すると酸化金をエーテル層へと移動させる影響を持つのか 1.0×10^{-2} mol/L H[AuCl₄]aq に塩化ナトリウム NaCl と硝酸カリウム KNO₃ を加えて調べた。また水素イオンの影響を確かめるため濃塩酸 HCl と濃硝酸 HNO₃ を用いて調べた。

○王水中のイオン	H ⁺ , 酸化金 _(王水) , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻
○ 1.0×10^{-2} mol/L H[AuCl ₄]aq のイオン	H ⁺ (pH 2.2), 酸化金 _(水溶液)

【実験】

1.0×10^{-2} mol/L H[AuCl₄]aq 4 mL をスクリー管に取り、塩化ナトリウム 2 g(0.034 mol 相当), 硝酸カリウム 2 g(0.020 mol 相当), 濃塩酸 2 mL(0.024 mol 相当), 濃硝酸 2 mL(0.026 mol 相当)を加えた。各水溶液にエーテル 4 mL を加えた後に攪拌し、静置した。結果は以下の図 3 のようになった。

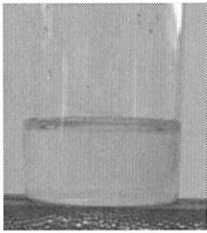
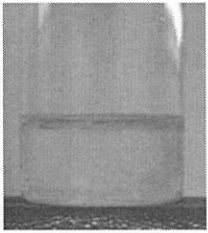
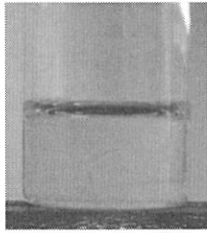
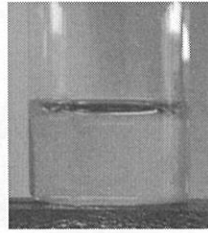
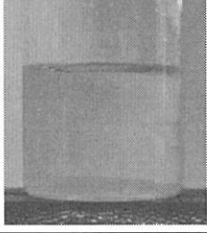
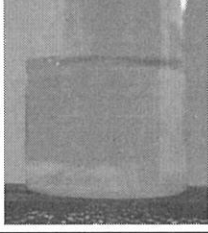
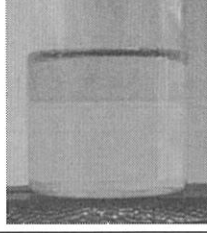
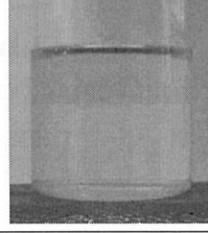
試薬	塩化ナトリウム	硝酸カリウム	濃塩酸	濃硝酸
エーテル 添加前				
エーテル 添加後				

図 3 各試薬を入れた時の酸化金_(水溶液)の水層とエーテル層への溶け具合

図 3 より塩酸と硝酸を加えるとどちらも見た目では、ほぼすべての酸化金_(水溶液)がエーテル層に移動した。一方、塩化ナトリウムと硝酸カリウムを加えた際は、酸化金_(水溶液)の水層とエーテル層への溶け具合に違いはあるが、塩酸と硝酸を加えたときほどはっきりとは変化がなかった。この結果より、「なぜ酸化金_(王水)と酸化金_(水溶液)ではエーテル層への溶け具合に違いが生じたのか」に関しては、間違いなく水素イオンの影響が大きく関係していると判断できる。

教科書の範囲内で考察すると、水溶液中に水素イオンが多くなると [AuCl₄]⁻ は、ルシャトリエの原理より反応式 1 の平衡が右側に移動し、H[AuCl₄]として存在すると考えられる。



王水は、強い酸性を示すので平衡が右側に移動するのに対し、酸性が弱い 1.0×10^{-2} mol/L

H[AuCl₄]aq は[AuCl₄]⁻としても存在しているため水層とエーテル層のどちらにも存在した。

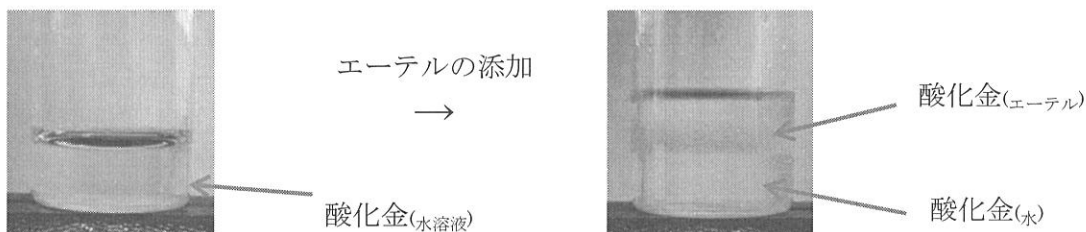
ただ、参考文献 4)では「[AuCl₄]⁻は加水分解して [AuCl₃(OH)]⁻になり、エーテル層に溶けているのは [H₃O][AuCl₃(OH)]であろう。」と明記されていることから理由はもっと深く、複雑であると考えられる。しかし当初疑問とした「なぜ酸化金(水)は、水層よりもエーテル層に優先して溶解するのか」に関しては、酸性が強くなることが関係していることを解明することができた。

7. 目的2 酸化金(水溶液)の水層とエーテル層への分配比 *D* を求める

1.0×10⁻² mol/L H[AuCl₄]aq の pH は 2.2 であり、このとき酸化金(水溶液)は水層とエーテル層のどちらにも溶解し、見た目では水層に多く溶けているように見える。しかしあくまでも見た目なのできちんと数値で把握したいと考えた。参考文献 5)によると「有機層と水層の分配の割合を表した分配比 *D* が便利である」と記載されていた。

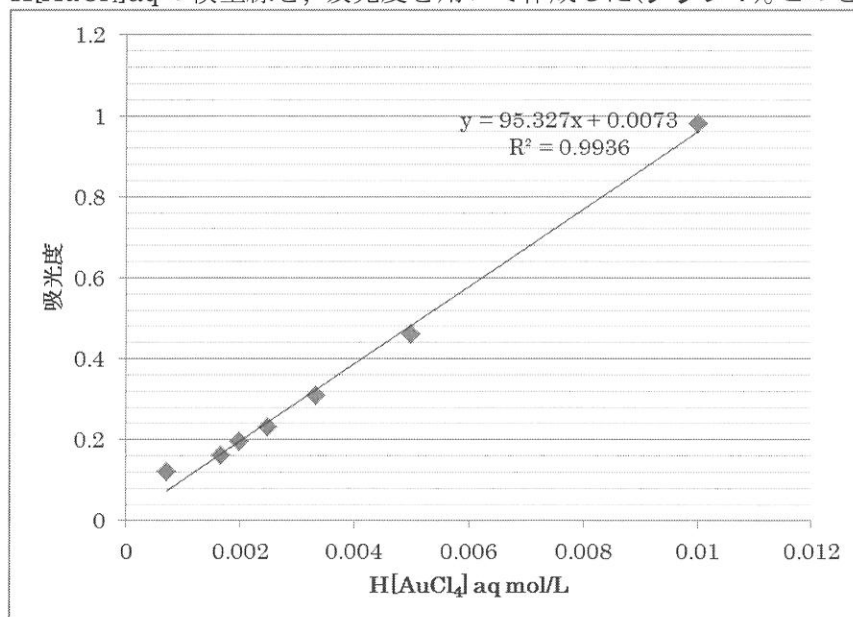
$$\text{分配比 } D = \frac{\text{有機相中の溶質の全濃度}}{\text{水相中の溶質の全濃度}} = \frac{C_o}{C_w} \quad \begin{array}{l} O: \text{有機相} \\ W: \text{水層} \end{array}$$

そこで分配比 *D* を用いて酸化金(水溶液)の水層とエーテル層への分配を求めることを目的とした。なお、この実験において酸化金(水溶液)のうちエーテル層に移動した酸化金を酸化金(エーテル)、水層に残った酸化金を酸化金(水)と記載することとする。



7. 1 H[AuCl₄]aq の検量線の作成

H[AuCl₄]aq の検量線を、吸光度を用いて作成した(グラフ 1)。このとき吸収波長は 410nm を用いた。



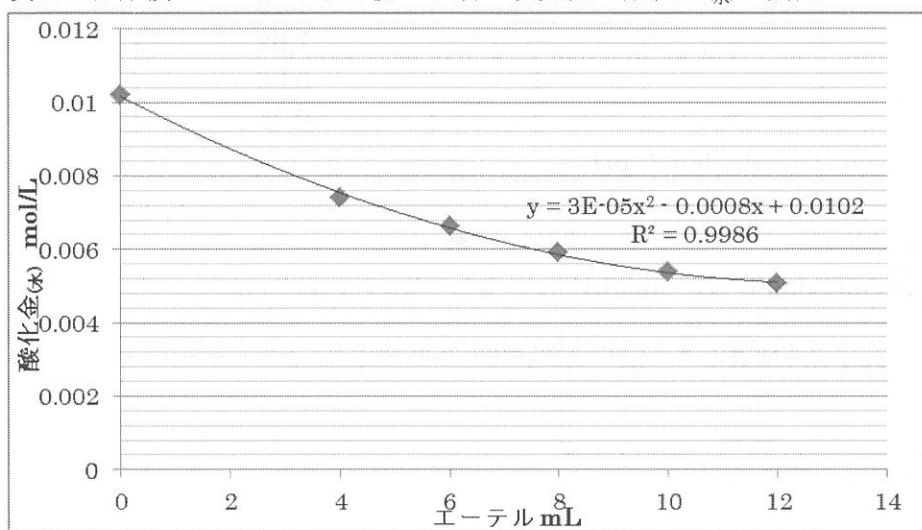
グラフ 1 H[AuCl₄]aq の検量線

7. 2 酸化金_(水溶液)の水層とエーテル層への分配比 D の測定

1.0×10^{-2} mol/L $\text{H[AuCl}_4\text{]aq}$ 4mL にエーテルを 4 mL 加え、その後 2mL ずつ加えていき、水層の吸光度を測った。吸光度の値とグラフを表 1 に示す。また表 1 の値からグラフ 2 を作成した。

1.0×10^{-2} mol/L $\text{H[AuCl}_4\text{]aq}$ [mL]	エーテル [mL]	吸光度	酸化金 _(水) [$\times 10^{-2}$ mol/L]
4	0	0.98	1.02
4	4	0.71	0.74
4	6	0.64	0.66
4	8	0.57	0.90
4	10	0.52	0.54

表 1 各体積のエーテル添加後の水層の吸光度と酸化金_(水)の濃度



グラフ 2 各体積のエーテル添加後の酸化金_(水) の濃度

グラフ 2 より添加したエーテルの体積に応じて一定の割合で酸化金_(水溶液)がエーテル層に溶解していくのがわかる。各体積に含まれる酸化金_(水)の濃度を計算し、分配比 D を求めてみた(表 2)。

1.0×10^{-2} mol/L $\text{H[AuCl}_4\text{]aq}$ [mL]	エーテル [mL]	酸化金 _(水) [$\times 10^{-2}$ mol/L]	酸化金 _(エーテル) [$\times 10^{-2}$ mol/L]	$D = \frac{[\text{酸化金}]_{\text{(エーテル)}}}{[\text{酸化金}]_{\text{(水)}}}$
4	0	1.02	0	—
4	4	0.74	0.27	0.376
4	6	0.66	0.24	0.358
4	8	0.59	0.21	0.364
4	10	0.54	0.19	0.359
4	12	0.51	0.17	0.338
	平均			0.359

表 2 酸化金_(水溶液)の水層とエーテル層への分配比 D

その結果、分配比 D はおおよそ 0.359 という値となった。見た目では酸化金_(水溶液)は、水層の方に多く溶けているように見えていたが、実際に数値で証明することができ、目的 2 を達成できた。

8. 新たな目的 各 pH における酸化金_(水溶液)の水層とエーテル層への分配比 D を求める

酸化金のエーテル層へ溶解具合には水素イオンが大きく影響していることは目的 1 で判明した。また目的 2 においても酸化金_(水溶液)の分配比 D を求めることができた。この 2 つの目的を達成から「各 pH の値における酸化金_(水溶液)の分配比 D はいくらか」といった目的が生まれた。そこで塩酸を加えて pH を調整した $\text{H}[\text{AuCl}_4]\text{aq}$ を準備し、酸化金_(水溶液)の分配比 D を求めることとした。今回 1.0×10^{-2} mol/L $\text{H}[\text{AuCl}_4]\text{aq}$ 4 mL にそれぞれ 0.1 mol/L と 1.0 mol/L 塩酸を加えて pH を調整した。その pH を以下の表 3 に記す。

1.0×10 ⁻² mol/L H[AuCl ₄]aq [mL]	添加した HCl の体積 [mL]		酸化金水溶液の pH
	0.1 mol/L	1.0 mol/L	
4	1	—	1.79
4	2	—	1.62
4	—	1	0.96
4	—	2	0.76

表 3 各濃度の HCl を添加した際の $\text{H}[\text{AuCl}_4]\text{aq}$ の pH

各 pH における酸化金水溶液の吸光度を測り、濃度を把握した(表 4)。

pH	吸光度	$\text{H}[\text{AuCl}_4]\text{aq}$ [$\times 10^{-3}$ mol/L]
1.79	0.78	8.1
1.62	0.64	6.6
0.96	0.78	8.1
0.76	0.65	6.7

表 4 各 pH における $\text{H}[\text{AuCl}_4]\text{aq}$ の濃度

pH を調整した $\text{H}[\text{AuCl}_4]\text{aq}$ にエーテルを同じ体積だけ加え、水層とエーテル層の体積比を 1 : 1 とし、酸化金_(水)の吸光度を測った(表 5)。

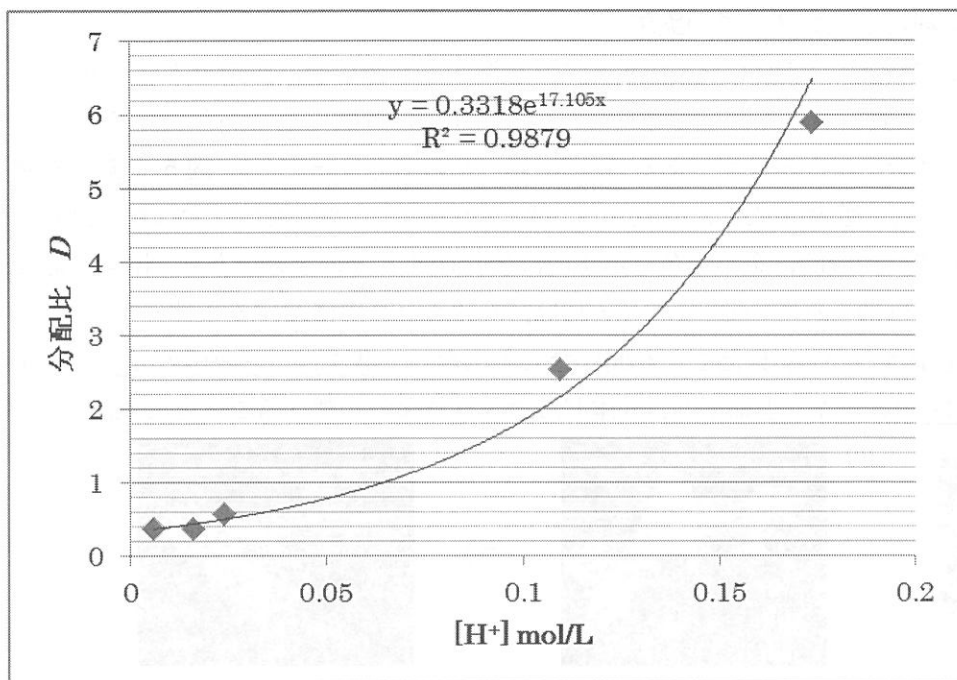
pH	$\text{H}[\text{AuCl}_4]\text{aq}$ [mL]	エーテル[mL]	吸光度	酸化金 _(水) [$\times 10^{-3}$ mol/L]
1.79	5	5	0.57	5.9
1.62	6	6	0.41	4.2
0.96	5	5	0.23	2.3
0.76	6	6	0.10	1.0

表 5 各 pH におけるエーテル添加後の酸化金_(水)の濃度

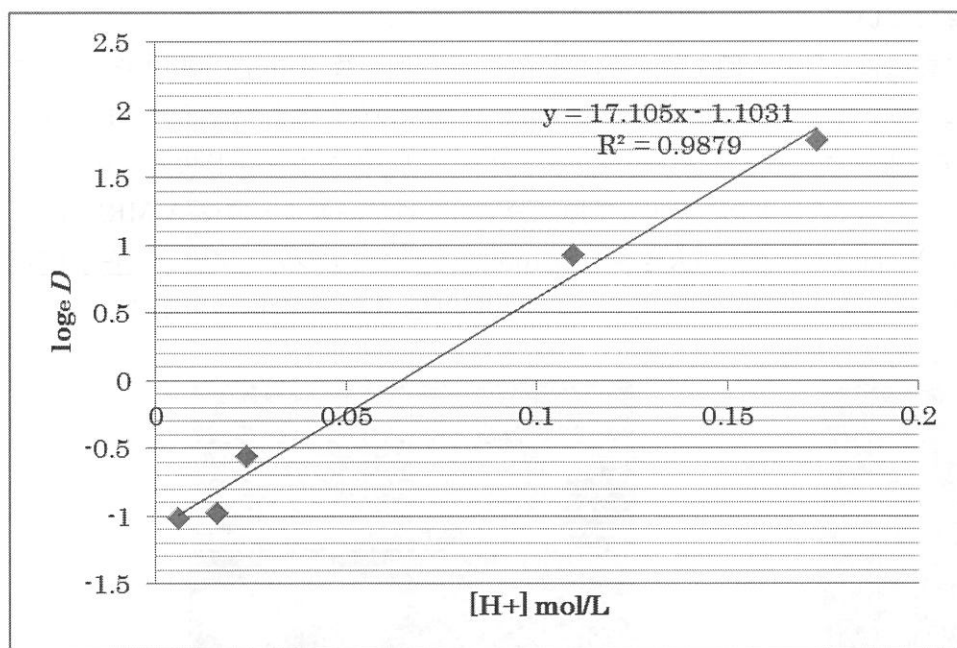
この表 5 の結果より、各 pH における分配比 D を求めた(表 6)。また表 6 の水素イオン濃度を横軸にとったグラフ 3 と分配比 D の自然対数を縦軸に取ったグラフ 4 を作成した。

pH	酸化金 _(水) [$\times 10^{-3}$ mol/L]	酸化金 _(エーテル) [$\times 10^{-3}$ mol/L]	$D = \frac{[\text{酸化金}]_{\text{エーテル}}}{[\text{酸化金}]_{\text{水}}}$
1.79	5.9	2.2	0.373
1.62	4.2	2.4	0.571
0.96	2.3	5.8	2.519
0.76	1.0	5.7	5.879

表 6 各 pH における酸化金_(水溶液)の分配比 D



グラフ3 水素イオン濃度と酸化金(水溶液)の分配比 D の関係



グラフ4 水素イオン濃度と分配比 D の自然対数の関係

この結果、酸化金(水溶液)の分配比 D は、水素イオンの濃度の上昇とともに指数関数的に上昇し、エーテル層に移動することが判明した。この結果は、目的1の「なぜ酸化金(王水)と酸化金(水溶液)ではエーテル層への溶解具合に違いが生じたのか」に関して酸性の強さが大きく関係していることをより一層正しいことを裏付ける結果となった。今回 pH を 0.76 までとしたが、例えば pH=0 のとき分配比 D はなんと 8.9×10^6 となり、ほぼすべての酸化金(水溶液)がエーテル層に移動することがわかる。見た目では酸化金(王水)はほぼすべてエーテル層に移動したように見えたが、数値で証明することができた。

9. エーテル中の酸化金を利用した金メッキの実験

偶然であるが、市販の $\text{H}[\text{AuCl}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ をエーテルに直接溶かした金溶液に亜鉛を入れてみると、数十秒のうちに図 4 のように表面が赤くメッキされた。エーテル中には酸化金しか存在しておらず、メッキされるのであれば当然金色になるはずである。疑問に思ったのもう一度亜鉛(図 5)を濃度の濃い金溶液に入れたところ、今度は図 6 のように金色のメッキになった。この結果からやはり赤色のメッキは金メッキと考えられる。一般的に金が赤色を示すのは金コロイド⁶⁾のときであり、粒径に応じて他に青色や紫色になることは知られている。しかしそれは溶液やガラス中における条件⁷⁾であり、固体状の金メッキでは赤色を示さないし、見たことも聞いたこともない。我々は、この極めて珍しい赤い金メッキを「金赤(きんあか)メッキ」と命名し、一体どんなメッキなのか調べることにした。



図 4 赤色の金メッキ

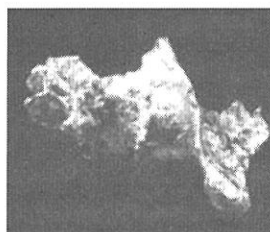


図 5 亜鉛

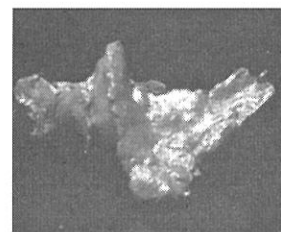


図 6 通常の金メッキ

9. 1 金赤メッキの正体について

赤いメッキの部分を電子顕微鏡で見ると図 7 のように表面は、すき間が数百 nm の細かい網目状になっていた。参考文献を調べていくと「ナノポーラス金⁸⁾」という金の存在にたどり着き、よく似た画像(図 8)を見つけた。参考文献⁹⁾によると「金原子がサブミクロン以下のスポンジ形状となり、多孔質(ポーラス)構造体となる。」とあった。また、東北大学原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)の浅尾直樹教授は、HP 掲載記事¹⁰⁾において「細孔の大きさが約 100 ナノメートルのナノポーラス金を作製すると、金色が赤みを帯びてきます。」と述べている。この 2 つの共通点より、今回の金赤メッキはナノポーラス金である可能性が考えられる。

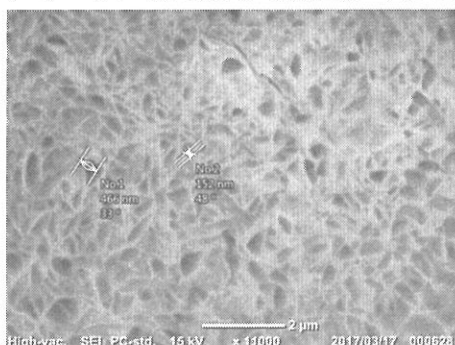


図 7 金赤メッキの表面構造

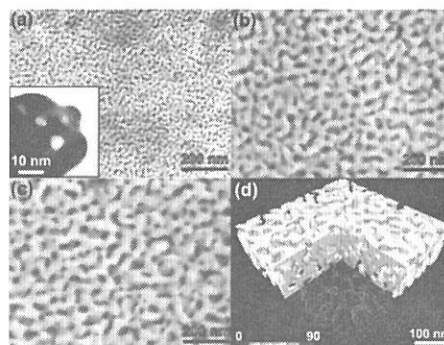


図 8 ナノポーラス金⁷⁾

ナノポーラス金以外には、やはり金がコロイド状態のまま析出したことも考えられるが、どちらにしても金が赤い状態でメッキされることは珍しい。これはエーテルを用いたことで水溶液のときと比べ、亜鉛から電子の供給が制御され、さらに金化合物として存在したため金が制御されて析出したと考えられる。今回のエーテルを用いた無電解メッキの方法は金赤メッキに止まらず、金を制御させて析出させることが可能であることを意味しており、応用が可能である。

10. エーテル中における金メッキを応用し、赤銅の色を出す

金の析出を制御してメッキできるので、今度は下地を銅にして微量の金メッキをすれば赤銅(しゃくどう)に近い色合いができるのではないかと思いついた。

赤銅¹¹⁾は、主に銅と3~5%の金で作られる紫黒色や深い青紫がかった黒色の合金である。「カラスの濡れ羽色」とも呼ばれ、江戸時代には刀の鐔(つば)や髪飾りなどの実用品、美術品への装飾に使われた。現在でも美術品への装飾に用いられる高級品であり、海外でも注目されている大変貴重な合金である¹²⁾。赤銅の色は、銅 Cu の表面に形成された亜酸化銅 Cu_2O 中に金 Au のコロイド粒子が分散して光を吸収することで表れる。図 9 は、赤銅を用いて職人が作った八咫鳥(やたがらす)のブローチであり、博銀館から 15,600 円で購入した。この色を赤銅の色として目指すこととした。

10.1 赤銅様メッキの実現

エーテル 20 mL に様々な質量の $\text{H}[\text{AuCl}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を溶かし、浸す時間を調整して何度も実験したところ、0.05 g、4 分間の条件で図 10 のように青紫がかった黒色を得ることができた。図 10 だけは分かりにくいですが、色合いは図 9 の赤銅を用いた作品と見間違ふほどそっくりである。そこで「赤銅の様な色のメッキ」の意味からこのメッキを「赤銅様(しゃくどうよう)メッキ」と名付けた。

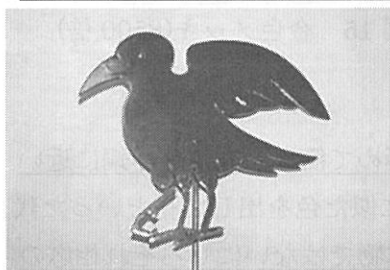


図 9 赤銅を用いた作品(八咫鳥のブローチ)

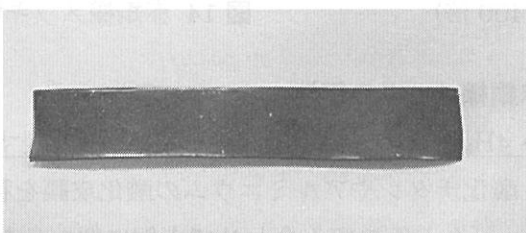


図 10 銅板に金メッキを施したもの

10.2 赤銅様メッキのオリジナリティーの証明

赤銅様メッキと酸化銅(II)を比較した(図 11)。赤銅様メッキは、深い黒色で光沢があり、酸化銅(II)は黒色というより灰色に近く、表面はざらざらして光沢はない。また銅板は、金溶液の濃度の上昇とともに銅から赤銅の色を経て、金色のメッキになる(図 12)。このことから赤銅様メッキは金が銅板にメッキされることで生成した紛れもない金メッキであると言える。

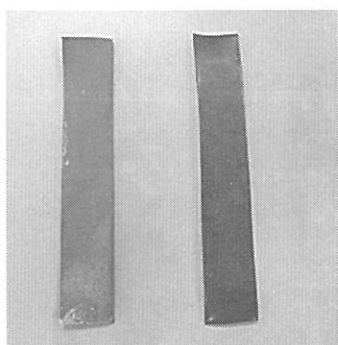
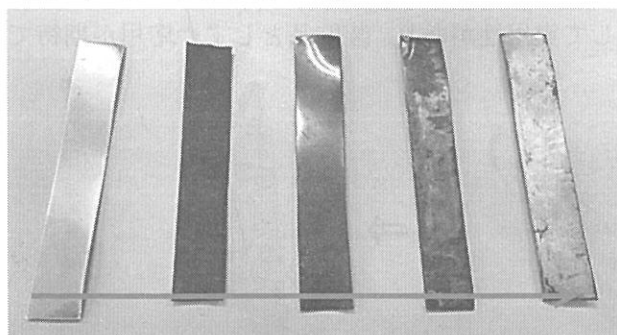


図 11 酸化銅(II)(左)と赤銅様メッキ(右)



0 g 0.025 g 0.05 g 0.075 g 0.100 g

図 12 エーテル 20 mL に溶かした $\text{H}[\text{AuCl}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の質量と金メッキの色 中央(0.05 g)が赤銅様メッキ

10.3 赤銅様メッキが赤銅に似た色になる理由の考察

なぜ赤銅様メッキが、赤銅に似た色を示すか調べるために電子顕微鏡を用いて銅板(図13)、赤銅様メッキ(図14)、金色メッキ(図15)の表面を調べた。その結果、赤銅様メッキは、下地の銅に金が微粒子の状態で付いていた。金色のメッキでは凹凸はあるものの金は一様に析出している。このことから赤銅様メッキの色合いは、金微粒子の下地の銅が酸化され、 Cu_2O 被膜が成膜し、結果的に赤銅の構造と同じ構造になった、もしくは金微粒子という存在のみが光を吸収して影響を及ぼしたと考えられる。

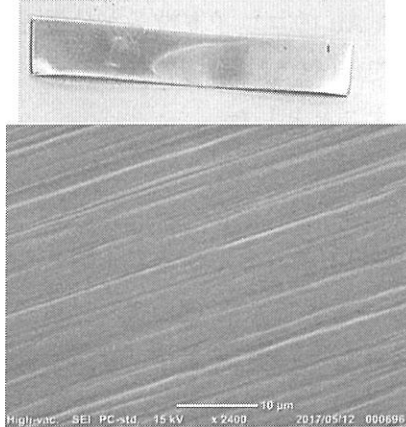


図13 銅板(2400倍)

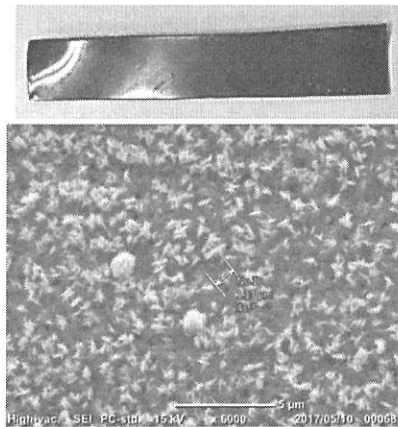


図14 赤銅様メッキ(6500倍)

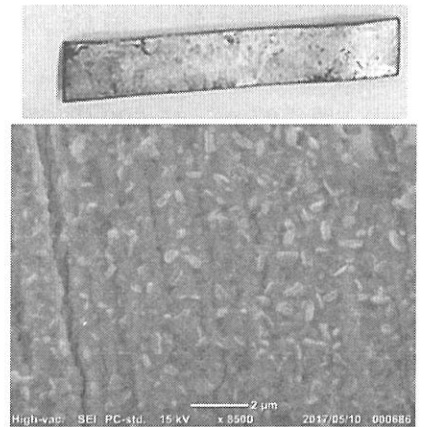


図15 金色メッキ(8500倍)

10.4 赤銅様メッキの価値

$\text{H}[\text{AuCl}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ をエーテルに溶かして、銅板を浸すだけといった極めて簡単な方法で赤銅に近い色を出せた。酸化チタンやアルミニウムの酸化皮膜を利用して「赤銅に似た色を出した」といった代用品ではなく、「金と銅の組み合わせで赤銅に似た色を出した」ので本物ではないにしろそれ相応の価値があると考えられる。

10.5 銀への応用

購入した銀100%のシルバーアクセサリーに金メッキを施した。金溶液につける時間によって灰色と黒みがかかったメッキになった(図16)。下地が銀なので反射率が高く、黒みがかっていても光沢が強い(図17)。この新しいメッキ法を用いて微量の金メッキを施すことで、銀表面を処理した「いぶし銀」やホワイトゴールドなどの合金とは異なる全く新しい色合いを作り出せる可能性がある。銀はアクセサリーとして実用性があり、装飾品としての応用が期待できる。

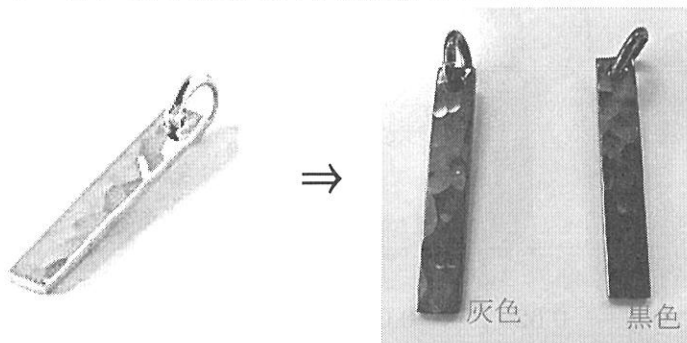


図16 左は灰色、右は黒みがかっている。

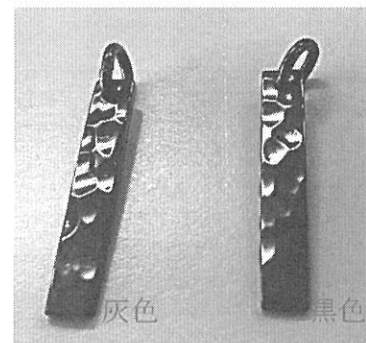


図17 光を当てた際の色合い。

11. まとめと今後の展望

「舎密開宗」の「金はエーテルに溶ける」の1文から始まり、①酸化金の水層とエーテル層に溶け具合には水素イオンの影響が大きいことを突き止め、さらに②pH2.2における酸化金(水溶液)の水層とエーテル層への分配比 D を求めることができた。また、③水素イオン濃度の上昇とともに指数関数的に分配比 D が上昇する傾向を掴むことができた。そしてエーテル中という電子のやりとりが制御された中で微量の金メッキをする方法を開発し、④「金赤メッキ」の存在を発見し、それがナノポーラス金の可能性であると考察した。また⑤伝統工芸である赤銅に着目し、「赤銅様メッキ」を作ることに成功し、その表面構造から金の微粒子が関係していることを突き止めた。⑥さらに銀にも金メッキすることで既存の銀製品とは異なる全く新しい装飾品の可能性を見出せた。

酸化金のエーテル以外の溶媒への溶け具合や、銅を下地とした金溶液の濃度と時間に対する金メッキの色なども表でまとめたが、字数の制限上書けなかった。今後はなぜ酸化金はエーテルに溶けるのかといった原理の解明、銀を下地とした新しい色の装飾品の開発をしていきたい。

12. 謝辞

この研究を進めるにあたって顧問の先生方にはいつも親身に研究について考えていただきました。東北大学原子分子材料科学高等研究機構池田進准教授には実験、技術などの助言をしていただくなど大変お世話になりました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

13. 参考文献

- 1) 田中実「宇田川榕菴 舎密開宗—復刻と現代語訳・注—」講談社(1975)
- 2) 山内薫ほか18名「高等学校 化学」第一学習社(2016)
- 3) 実教出版編修部「サイエンスビュー化学総合資料」実教出版(2016)
- 4) F.Albert Cotton and Geoffrey Wilkinson(1979)「基礎無機化学」培風館
- 5) 梅澤喜夫「分析化学」岩波書店(1988)
- 6) 米澤徹「金をベースとするナノ粒子を俯瞰する」オレオサイエンス第14巻第1号(2014)
- 7) 石橋秀夫「金ナノ粒子の色材・意匠材料への応用」Color Science Laboratory, Nippon Paint Co., Ltd. 19・17, Ikedanaka-Machi, Neyagawa-City, Osaka, 572・8501, Japan(2008)
- 8) 東北大・WPI 藤田 武志, L. H. Qian, 陳 明偉 日本大学・文理 岡田 宏成 東北大・金属材料研究所 小山 佳一, 渡辺 和雄, 前川 禎通「ナノポーラス金の電気伝導と磁気抵抗」
- 9) Asao, N., Ishikawa, Y., Hatakeyama, N., Menggenbater, Yamamoto, Y., Chen, M., Zhang, W. & Inoue, A. Nanostructured materials as catalysts: Nanoporous-gold-catalyzed oxidation of organosilanes with water. *Angewandte Chemie International Edition* 49, 10093–10095 (2010).
- 10) http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/aimresearch/highlight/2011/20110228_000805.html
- 11) 北田正弘「伝統技法で着色した Cu-4mass%Au 合金(赤銅：しゃくどう)の着色層における微細構造と物理的性質」*J.Japan Inst.Metals*, Vol.69, No.12(2005), pp.1069-1076
- 12) 村上隆「金・銀・銅の日本史」岩波新書(2007)

受動歩行機の歩行解析

宮城県仙台第三高等学校 SSHクラブ

藪 貴 平間 草太

1 要旨

私たちの普段行っている歩行がどのようなメカニズムなのかを知りたいと考えた。他の制御機器を用いずに重力のみを利用して歩く歩行である受動歩行に着目することで、根本的な歩行の原理を知ることができると考えた。やじろべえ型受動歩行機を用いて、横揺れに着目して二足歩行を解析することを目的とした。

アルミ板とアルミ棒または鉄の棒でできた膝や足首のなしシンプルな受動歩行機を用いて、斜面を歩行させた。斜面の角度を変えた場合、歩幅の大きさ、横方向の揺れ、歩行距離や歩行歩数、歩行の様子にどのような差が出るかを計測した。

実験から受動歩行機を一定の角度傾ける場合、歩行可能な斜面の角度の上限と下限が分かった。また、斜面の角度が8度の場合安定して歩行した。斜面の角度を8度より大きくした場合、より歩行距離が短くなっていくが、8度の場合と同じくらい安定した歩行がときどき見られ、装置の板がつかえたり一步分浮いたりする様子が見られた。

斜面の角度を8度より大きくした場合に、時々安定した歩行が見られたのは余分なエネルギーを分散したからだと考えられる。斜面の角度を上げることによって、受動歩行機の持つ位置エネルギーがより大きくなっていく。その結果、横に揺れすぎて倒れたりしてしまう。しかし、一步分浮かせたり板をつかえさせたりすることで余分なエネルギーを分散させた場合、安定した歩行が可能になった。今後はこの安定した歩行を単振動に着眼して解析していくことで装置の歩行速度や位置エネルギーの関係を調べていこうと思っている。

歩行とは何か、その原理を解析することによって私たちの普段の歩行が横揺れに依存していることがわかれば、装置を安定した歩行がより可能なものに改良していくことによってさまざまな角度や障害物にも対応して歩行を持続し続けることができるようになると予想できる。私たちが現在高校で学習している範囲でもそのことを物理的に表現することができることを目標としている。

2 背景と目的

人間の歩行とはとても複雑な運動であり、その要素をすべて割り出して解析することは困難である。これに対して受動歩行は、モーターやセンサ、制御システムを持たずに緩やかな下り斜面を歩行することができ、歩行現象の力学的原理を探究する上で重要といわれている。受動歩行は、エネルギー効率が高くヒトの歩行に近いとも言われている。

受動歩行については、名古屋工業大学などで研究が行われており、佐野教授らは膝の

ある受動歩行機が連続歩行の世界記録を樹立した。この歩行機は左右の揺れがなく、前後と上下だけの二次元的に動作する。一方、左右の揺れを伴い、三次元的に動作する歩行は、二次元的な動作よりも人の歩行に近いとされる。

今回、高校の物理実験室で作成することができ、動作の解析が可能な受動歩行機として、膝や足首のない一枚の板でできた脚をもつ二脚のものに着目した。股関節に相当する軸には長い金属の棒を使用し、棒の質量を変えることで歩行機の重心を変えるようにした。横に長く棒が突き出した形態から「やじろべえ型受動歩行機」と呼ぶことにした。この歩行機は、二脚で自立し、横揺れを伴う三次元的な動作をした。

そこで我々は、ヒトが「歩く」とはどのような現象なのかを力学的に理解するために、よりヒトの歩行に近い三次元的な動作をする「やじろべえ型受動歩行機」の歩行を解析することにした。

本研究では、歩行の歩幅をデータ化することで歩幅と安定した歩行の関係性について考え、傾斜の大きさと歩行機の重心が二脚歩行にどのように影響するかを明らかにすることを目的とした。

3 研究方法

3-1 受動歩行機

実験機は、長さ 10cm、幅 6cm、厚さ 1cm のアルミ板を脚とし、上端から 2cm の中央部に直径 5.5mm の穴を貫通させ、ボールベアリングを取り付け、直径 5mm、長さ 1m のアルミまたは鉄の棒を差し、脚の軸とやじろべえの腕を兼ねる構造とした。二脚の間隔は 4cm とした (図 1)。

3-2 下り斜面

実験機を歩行させる斜面は、たわみのない合板の板に摩擦が十分に発生するようにゴムシートを敷き、ノブ式のラボラトリージャッキで傾斜を調節した。

3-3 歩行の開始

実験機を斜面の上部に立たせ、横に突き出した軸を上方に持ち上げて機体を傾け、持ち上げられたことにより前方へ振り出された脚の底面が地面と平行になるようにし、かかとを斜面につけた状態で軸を放し、歩行を開始させた。

3-4 歩幅

歩行を動画で撮影し、片側の脚について、支持脚のかかとの位置から振り出されて斜面に着いたかかとの位置までの距離を測定し、歩幅とした。左右の脚が交互に踏み出されたときの二脚間の歩幅ではなく、片側一脚に着目した片脚步幅を計測した。特に断りのない場合、歩幅は「片側一脚に着目した片脚步幅」を示す。

4 結果

4-1 実験機の歩行の様子

右方向に揺れて傾いた機体において、持ち上がった左脚は自重によって軸で回転し、前方に振り出された。振り出された左脚のかかところが斜面に着くと振り出しは終了し、機体が揺り戻すことで左脚の踏み込みが起こり、左方向に横揺れを起こし、持ち上がった右脚が振り出され、かかところが斜面に着くと右脚の振り出しは終了した。再び右方向に横揺れを起こしながら右脚が踏み込まれ、持ち上がった左足が振り出されてかかとを着いた。振り出された脚のかかところが斜面に着いたところから、再び同じ脚のかかところが斜面に着くまでを1周期とする歩行のサイクルであった(図2)。

4-2 傾斜の大きさと歩行

軸がアルミの場合、傾斜が10.2度や10.3度のとき、歩幅1.0cmを繰り返す歩行が観察された。傾斜が10.1度の場合には歩幅が次第に減少し、歩行を停止した。傾斜が10.4度や10.8度の場合には歩幅が次第に増大し、歩幅が不規則になり、かかところがつかえて歩行を停止したり、脚が空回りしたり、転倒して歩行が中断した(図3)。

軸が鉄の場合、傾斜が7.47度や7.61度のとき、歩幅0.5cmを繰り返す歩行が観察された。傾斜が7.18度や7.33度の場合には歩幅が次第に減少し、歩行を停止した。傾斜が7.69度の場合には、歩幅が次第に増大してつまずき小さい歩幅に戻り、再び歩幅が増大することを繰り返す歩行が見られた。傾斜が7.90度より大きい場合は歩幅が次第に増大し、歩幅が不規則になったり、かかところがつかえて歩行を停止したり、脚が空回りしたり、転倒して歩行が中断した(図4)。

4-3 n歩目の歩幅に対するn+1歩目の歩幅の頻度

実験機の傾斜による歩数と歩幅の変化を、n歩目の歩幅(W_n)に対するn+1歩目の歩幅(W_{n+1})の頻度としてバブルチャートで図5、図6に示した。

軸がアルミの場合、傾斜が10.2度や10.3度のとき、歩幅1.0cmの頻度が高く、傾斜が10.4度の場合には W_n に対する W_{n+1} の値は分散した。傾斜が10.8度の場合には W_n に対する W_{n+1} の値が次第に増大した(図5)。

軸が鉄の場合、傾斜が7.47度や7.61度のとき、歩幅0.5cmの頻度が高く、傾斜が7.69度の場合には W_n に対する W_{n+1} の値は分散した。傾斜が7.90度の場合には W_n に対する W_{n+1} の値が次第に増大した(図6)。

4-4 安定した歩行

安定した歩行をする斜面の角度は、軸が鉄のときよりも、アルミのときのほうが大きかった。その場合の繰り返される一定の歩幅大きさも、軸が鉄のときよりもアルミのときのほうが大きかった。

5 考察

5-1 やじろべえ型受動歩行機の歩行サイクル

本研究で製作した「やじろべえ型受動歩行機」は、振り出した脚が斜面を踏み込むことによって、位置エネルギーの減少が横揺れの運動エネルギーに変換され、持ち上げられた反対側の脚が振り出され、踏み込み、横揺れ、持ち上げ、もとの脚が再び振り出されるというサイクルを繰り返した(図2)。すなわち、

振り出し→踏み込み(位置エネルギー減少)→横揺れ(運動エネルギーへの変換)→
反対側の持ち上げ(位置エネルギー増加)→反対側の振り出し→反対側の踏み込み(位置エネルギー減少)→横揺れ(運動エネルギーへの変換)→もとの脚の持ち上げ(位置エネルギー増加)→もとの脚の振り出し(歩幅)

というサイクルとして模式化することができる。

脚の踏み込みによる位置エネルギーの減少の程度は、傾斜の大きさと歩幅によって決まると考えられる。ただし、ここでの歩幅は研究方法の項に示したように、一般的な左右の脚が交互に踏み出されたときの二脚間の歩幅ではなく、片側一脚に着目した歩幅である。横揺れの運動エネルギーは、脚の踏み込みによる位置エネルギーの減少の程度によって決まると考えられる。したがって、横揺れの運動エネルギーは、傾斜の大きさと歩幅によって決まると考えられる。一方、横揺れの運動エネルギーによって、脚の持ち上がりの程度が決まり、受動歩行機の重心の高さの影響も受ける。歩幅は、脚の持ち上がりの程度と傾斜の大きさによって決まる。

これらのサイクルについて、重心に着目して考えると、ある傾斜における受動歩行は以下のように複数の式のサイクルとして表現できる。

ある歩幅 W_n が与えられると、踏み込みによる落差 H_{n+1} が決まる。ただし、振り出しによる歩幅 W_n を決定する持ち上げ L_n も落差 H_{n+1} に含まれる。

$$H_{n+1} = aW_n + bL_n \quad \dots \dots 1)$$

H: 重心の落差

W: 歩幅

L: 持ち上げ

重心の落差 H_{n+1} によって、踏み込む際の位置エネルギーの変化量 U_{n+1} が決まる。

$$U_{n+1} = cH_{n+1} \quad \dots \dots 2)$$

U: 位置エネルギーの変化量

位置エネルギーの変化量 U_{n+1} によって、横揺れの運動エネルギー S_{n+1} が決まる。踏み込みの際の位置エネルギーの変化量が横方向の運動エネルギーに変換される。

$$S_{n+1} = dU_{n+1} \quad \dots\dots 3)$$

S : 横揺れの運動エネルギー

横揺れの運動エネルギー S_{n+1} によって、反対側の脚の持ち上げ L_{n+1} が決まる。

$$L_{n+1} = eS_{n+1} \quad \dots\dots 4)$$

L : 反対側の脚の持ち上げ

反対側の脚の持ち上げ L_{n+1} によって、反対側の脚の歩幅 W_{n+1} が決まる。 W_n による前進 g も W_{n+1} に加えられる。

$$W_{n+1} = fL_{n+1} + g \quad \dots\dots 5)$$

つまり、ある傾斜における受動歩行について、ある一步の歩幅 W_n が次の一步の歩幅 W_{n+1} を決定すると考えられ、次のような式で表現できる。

$$W_{n+1} = \mathbf{f}(W_n) \quad \dots\dots 6)$$

横方向の動きである横揺れと持ち上げについて、式 3) の係数 d と 4) の係数 e は、機体の重心の高さと復元力の影響を受けると考えられる。

脚の踏み込みによる位置エネルギーの減少の程度について、式 1) の係数 a および b と 5) の係数 f と項 g は、斜面の傾斜の大きさによって決まると考えられる。式 2) の係数 c は質量と重力加速度の積 mg である。

5-2 安定した歩行と機体の重心

同一の脚を用いて、軸としてアルミまたは鉄の棒を用いた場合、それぞれの機体で安定して歩行が観察される傾斜は異なっていた。軸がアルミの場合、傾斜が 10.2 度や 10.3 度のとき、歩幅 1.0cm を繰り返す歩行が観察された。軸が鉄の場合、傾斜が 7.47 度や 7.33 度のとき、歩幅 0.5cm を繰り返す歩行が観察された。

歩行が安定する傾斜は、軸が鉄よりもアルミのときのほうが大きかった。軸が鉄のほうがアルミよりも密度が大きいため、歩行機の重心が高い位置にあると考えられる。重心の位置が高いと横に大きく揺れやすく、より小さい傾斜でも安定した歩行を心得

る。重心が低いと横揺れが小さくなり、十分に脚を振り出すことができないため、安定した歩行に必要な傾斜がより大きくなったと考えられる。

ただし、横揺れについては復元力を評価する必要があり、1 mの長さの軸にかかる慣性モーメントが無視できないと考えられ、軸が鉄の機体とアルミの機体を比較する上で、横揺れと持ち上げに慣性モーメントがどのように影響するかを検討する必要がある。

5-3 安定した歩行の条件

n 歩目の歩幅と n+1 歩目の歩幅の関係について、軸が鉄の場合は歩幅 0.5cm を多く繰り返し、アルミの場合は歩幅 1.0cm を多く繰り返していることから、これらの機体の受動歩行が安定する傾斜と歩幅はそれぞれ異なるが、安定した歩行においては特定の歩幅に収束することが考えられる。機体の重心の高さによって受動歩行が安定する傾斜の大きさが存在し、それよりも傾斜が大きいと歩幅は発散していき、それよりも傾斜が小さいと歩幅が 0 に収束していくと考えられる。傾斜の大きさによって n 歩目で増大した歩幅は n+1 歩目でも増大し、同様に n 歩目で減少した歩幅は n+1 歩目でも減少する傾向にある。したがって、安定した受動歩行とは、n 歩目の歩幅 W_n が次の n+1 歩目の歩幅 W_{n+1} と一致する歩行であると解釈できる。

$$W_{n+1} = W_n \quad \dots \dots 7)$$

5-4 不規則な歩行

安定した受動歩行が見られる傾斜よりも大きな傾斜において、歩幅が不規則になる場合があった。増大していく歩幅が急に減少したのは、振り出した脚が空回りして戻り、小さな歩幅で斜面にかかとを着き、つまずいたような動きをする場合であった。大きすぎる余分な運動エネルギーを分散し、一時的に歩幅が小さくなるが、傾斜の影響でまた動きが増大していき、大きくなりすぎると分散させるといった動作が繰り返された。

5-5 ヒトの歩行との比較

本研究で用いた「やじろべえ型受動歩行機」は、膝や足首のないシンプルな構造であるが、ヒトの歩行と比較すると、特に赤ちゃんのよちよち歩きに似ている。赤ちゃんは、重心を左右に移動させて脚を振り出して歩行する。中枢である脳による制御が未発達の赤ちゃんの歩行は、制御を特に必要としない受動歩行と類似するしくみに関与しているのではないだろうか。ヒトが無意識にしている歩行は、さまざまな調節を受けて制御されている複雑な運動であるが、その基盤は二脚の構造自体が持つ自律的なサイクルにあるのではないだろうか。

また、4-4 で触れた不規則な歩行は、酒に酔った成人の千鳥足とも似ている。横揺れを使って脚を振り出し、脚の振り出し幅に対して重心の移動が追いつかず、不規則な歩幅になっていると考えられる。

また、ヒトが下り斜面で安定して歩行する場合、傾斜に合わせて歩幅と重心の移動の程度を小さくし、運動エネルギーが大きくなりすぎないように調節していると考えられる。したがって、機体の重心と歩幅を制御することで、さまざまな傾斜にあわせて受動歩行機を安定して歩行させることができるのではないだろうか。

5-6 今後の展望

本研究で製作した「やじろべえ型受動歩行機」の歩行は、振り出し、踏み込み、横揺れ、持ち上げ、振り出しというサイクルを持つ。n 歩目の歩幅 W_n が n + 1 歩目の歩幅 W_{n+1} を決定すると考えられ、 $W_{n+1} = f(W_n)$ という関係を導いた。今後、傾斜の大きさをさらに細かく設定し、受動歩行機の歩幅をより詳細に計測することで、歩幅が発散、収束する様子を捉え、振り出し、踏み込み、横揺れ、持ち上げを $W_{n+1} = f(W_n)$ に組み込み、受動歩行を式で表現したい。

また、安定した歩行に見られる $W_{n+1} = W_n$ の関係から、機体が安定して歩行できる傾斜を推定してみたい。

機体の重心が高いほど、より小さい傾斜で安定して歩行する傾向が得られた。このことから、「機体の重心の高さを調整することで、さまざまな傾斜で受動歩行を安定させることができる。」という仮説を立て、検証したい。

6 まとめ

歩行の様子は、脚を振り出してから横に揺れ、反対側の脚が持ち上がって振り出されるといった段階を繰り返している。これらの段階がすべて関係しあっていることからサイクルの式にあらわした。

踏み込む際の位置エネルギーの変化を、重心の変位を用いて表した。重心の変位は直前の歩幅に関する値であり、この歩幅とは斜面の角度に依存する値である。次に、位置エネルギーの変化が次の段階である横揺れに影響していることから、この値を用いて横方向の運動エネルギーをあらわした。同様に、反対側の脚の持ち上げを横揺れの値を用いてあらわし、その次の段階である反対側の脚の歩幅を持ち上げの値であらわした。ここで、この歩幅の値が次の脚の重心の変位をあらわす式に組み込まれる。

ある歩幅 W_n に依存する値からサイクルの式が開始され、反対側の脚の歩幅 W_{n+1} に一つのサイクルが成り立つ。そして次のサイクルが、 W_{n+1} に依存する値が重心の変位の式に組み込まれて開始される。この循環する式で歩行のサイクルをあらわした。このことから、歩行は歩幅によって規定されると考えられる。歩行は直前の歩行の歩幅に依存するといえるのでこれを $W_{n+1} = f(W_n)$ と式化した。また、安定した歩行をする

場合、前後の歩行が変わらない、つまり歩幅が一定であるといえるので $W_{n+1} = W_n$ とあらわした。

このサイクルの式に、ねじれや軸の復元力などの要素を加えていくことでより正確なものに作りあげていくことが今後の課題であると考えます。

7 参考文献

- 1) 池俣吉人, 佐野明人, 受動歩行の力学的原理と応用, 日本 AEM 学会誌 Vol. 25 (2017) No. 1 p. 2-8
- 2) 川副嘉彦, NANBA Walking Robot byYoshihiko Kawazoe, JRM 26(6), 2014-12, pp.673-684

8 謝辞

この研究は、東北大学・飛翔型「科学者の卵養成講座」(グローバルサイエンスキャンパス協定事業)の支援を受けて行いました。

9 図表

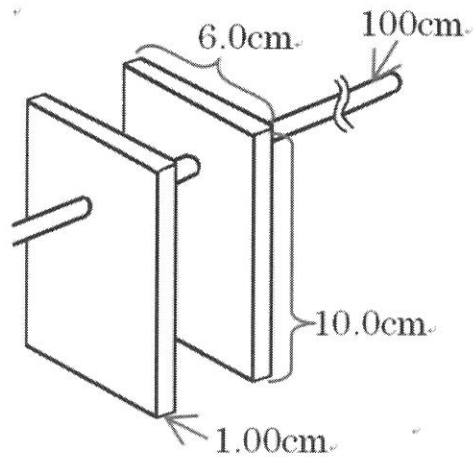


図1 歩行機の構造

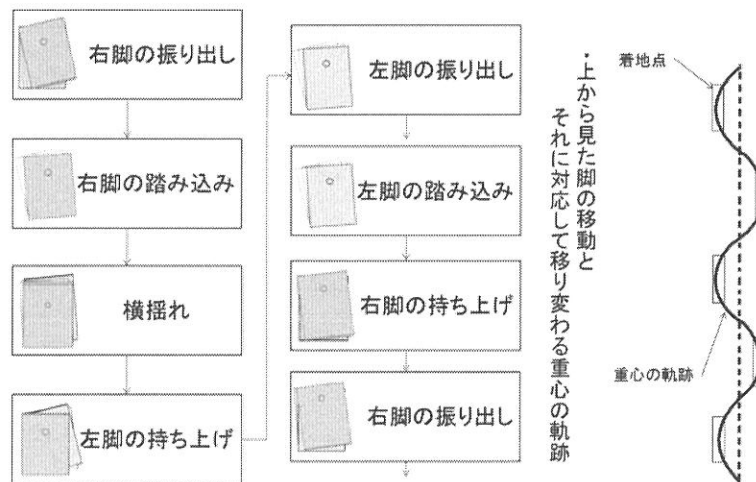


図2 やじろべえ型受動歩行機の構造と歩行サイクル

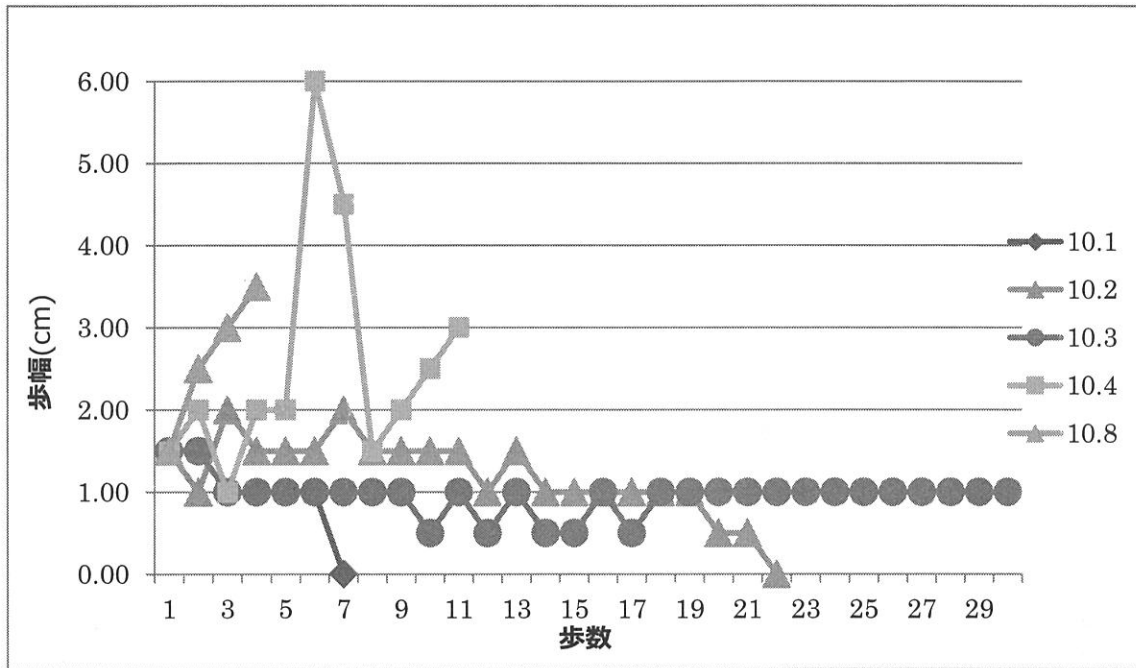


図3 軸にアルミを用いた歩行機の傾斜の大きさによる歩数と歩幅
傾斜の大きさを10.1度、10.2度、10.3度、10.4度10.8度で測定を行った。

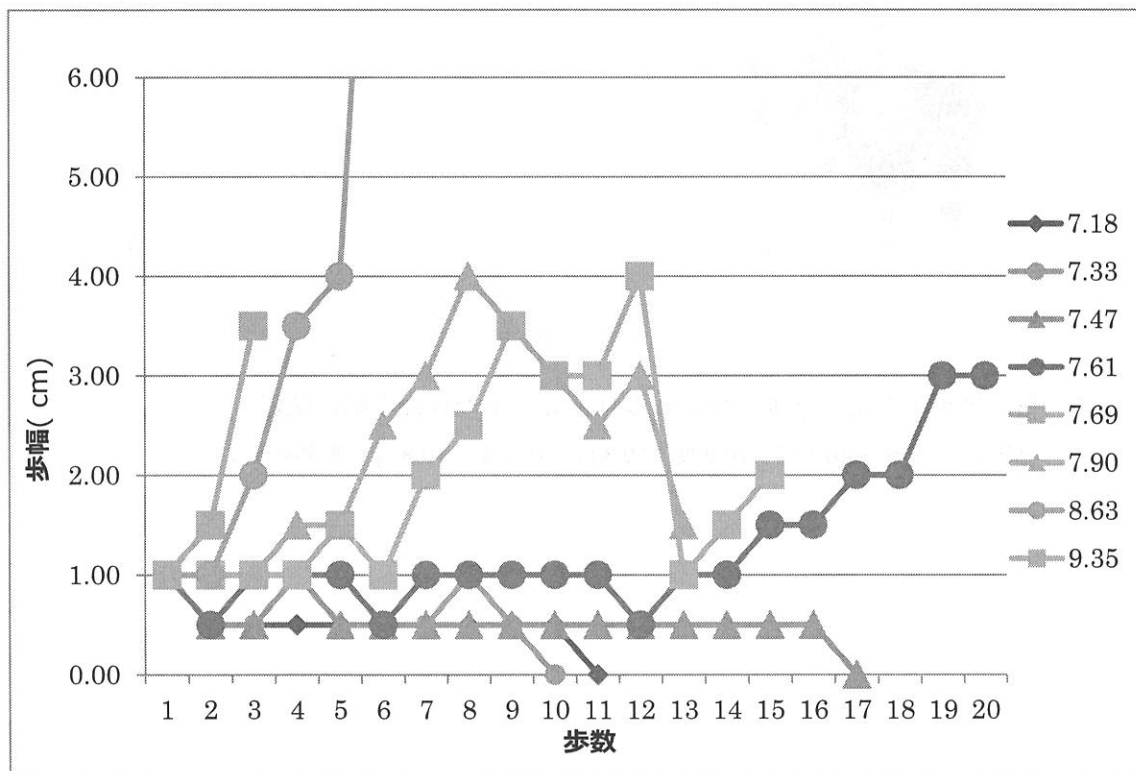


図4 軸に鉄を用いた歩行機の傾斜の大きさによる歩数と歩幅
傾斜の大きさを7.18度、7.33度、7.47度、7.61度、7.69度、9.35度、10.08度、10.81度、で測定を行った。

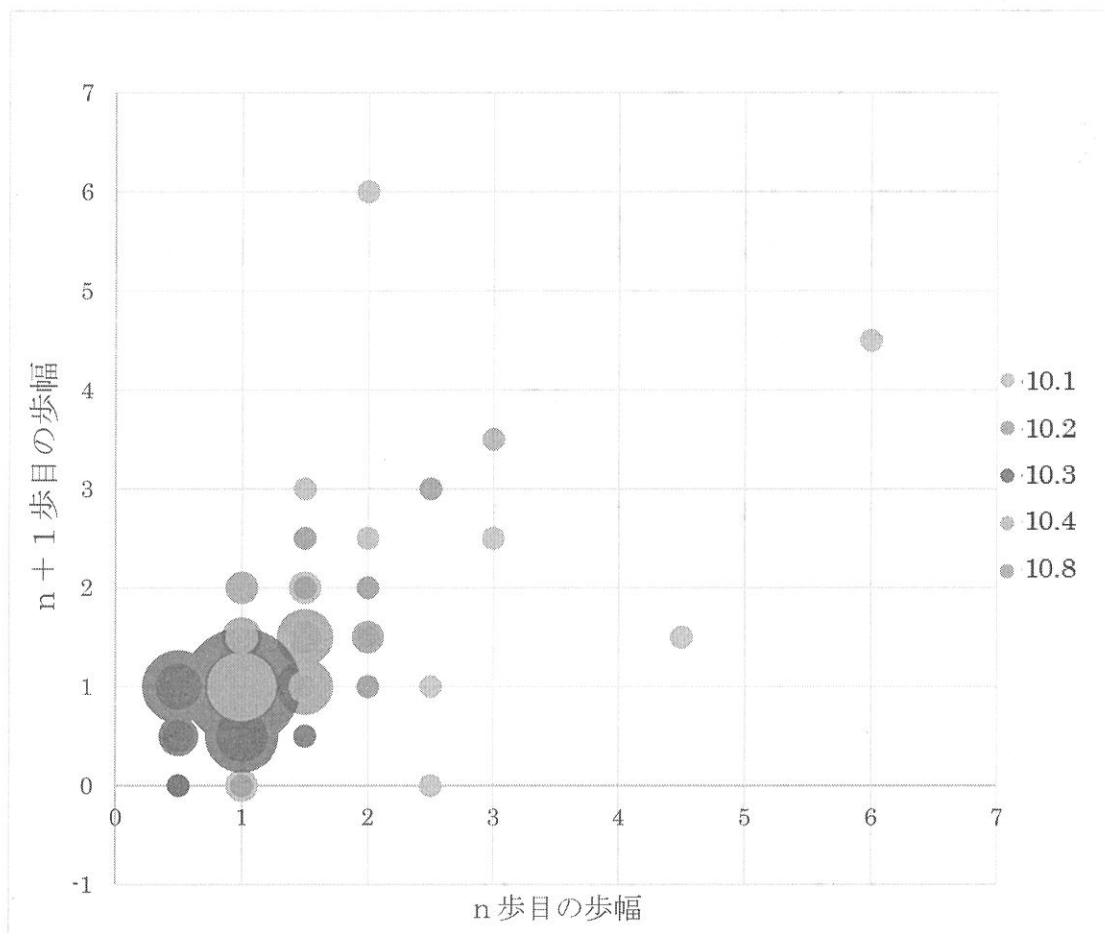


図5 軸にアルミを用いた歩行機の n 歩目と $n + 1$ 歩目の歩幅の関係
傾斜の大きさを 10.1 度、10.2 度、10.3 度、10.4 度、10.8 度で測定を行った。

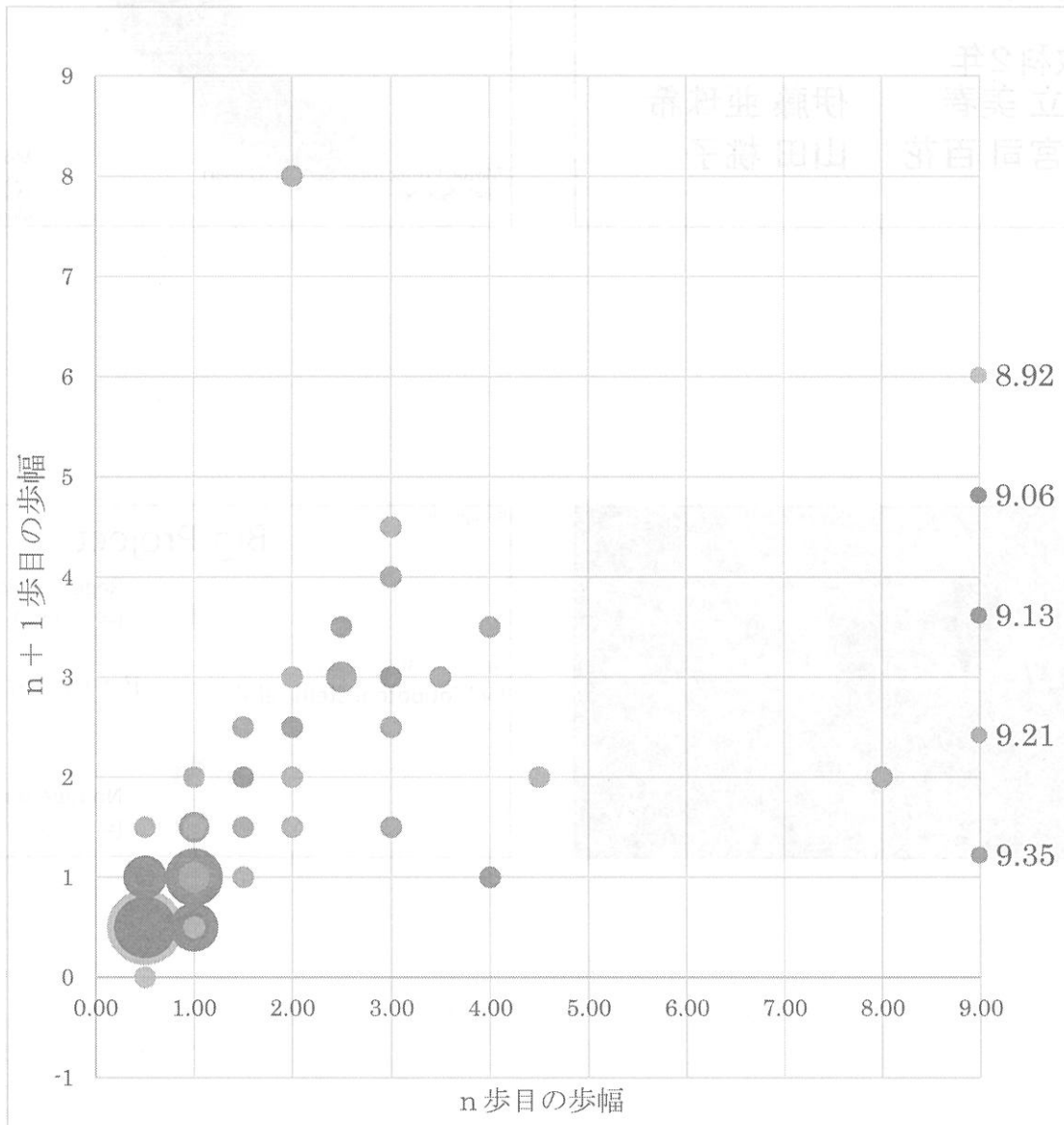


図6 軸に鉄を用いた歩行機のn歩目とn+1歩目の歩幅の関係

傾斜の大きさを8.63度、8.77度、8.92度、9.06度、9.13度、9.35度、10.08度、10.81度、で測定を行った。

GS課題研究
プラナリアの生と死の境

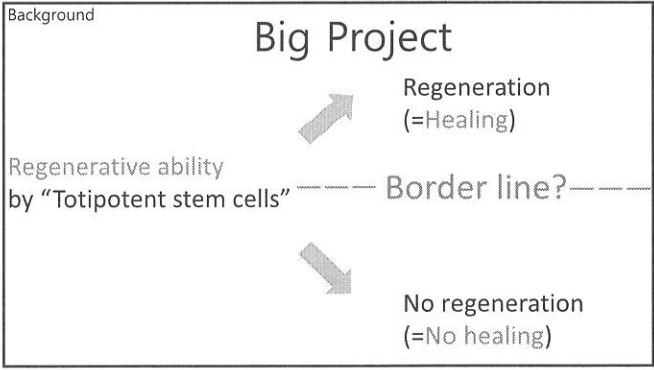
理数科2年
 芦立 美春 伊藤 亜珠希
 大宮司 百花 山田 桃子

Stress-receptive Mechanism
 in Planarian



Miyagi Prefectural Sendai Daisan High School

Miharu Ashitate
 Azuki Ito
 Momoka Daiguji
 Momoko Yamada



Background

Viability in Cool Water Bottle

The mountainous shirakami

Seidlia auriculata

Plastic bottle

Cool water bottle

Break apart

Alive

Previous study : *Seidlia auriculata* (Planaria) are weak against heat stress. Sato et al.(2016)

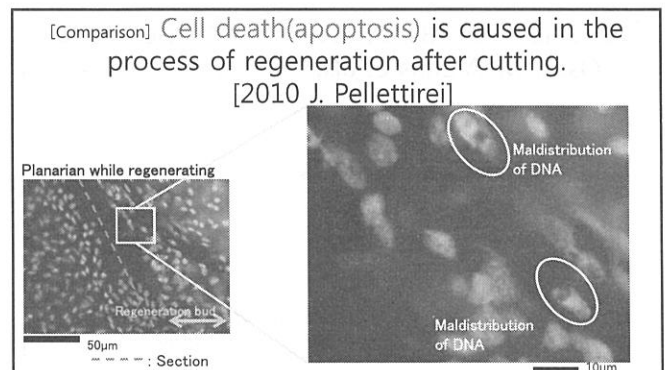
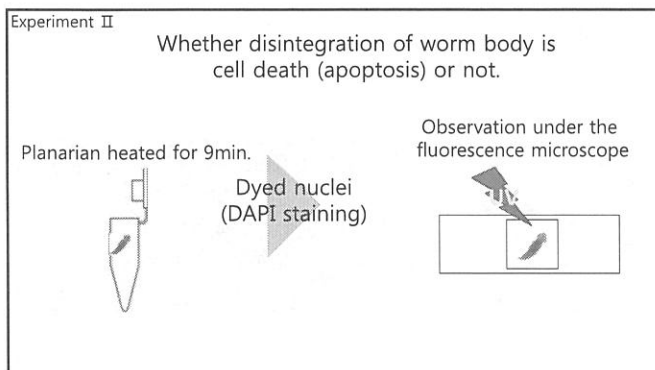
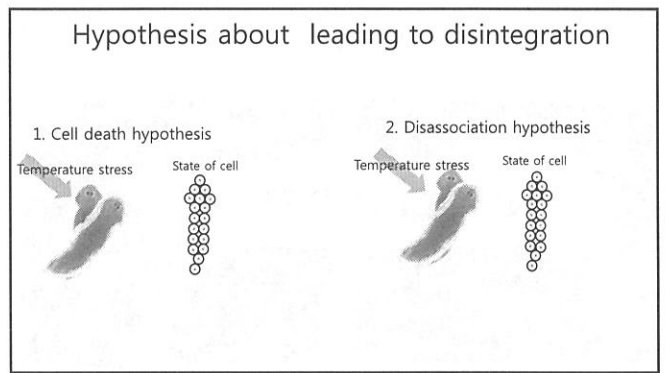
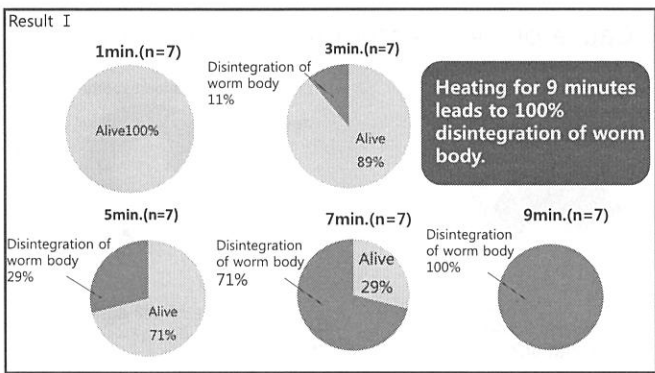
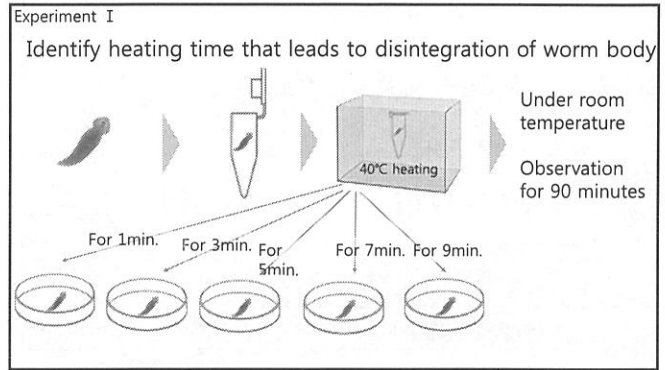
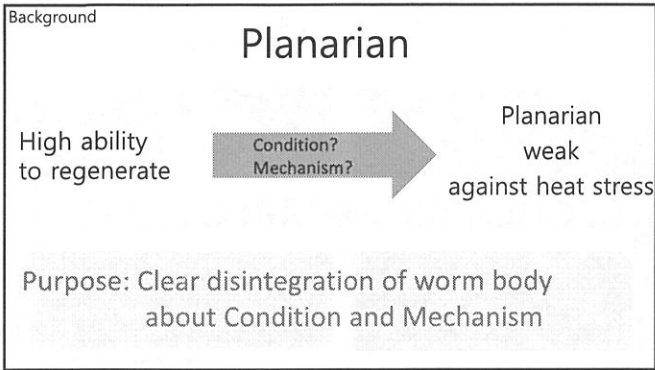
Background

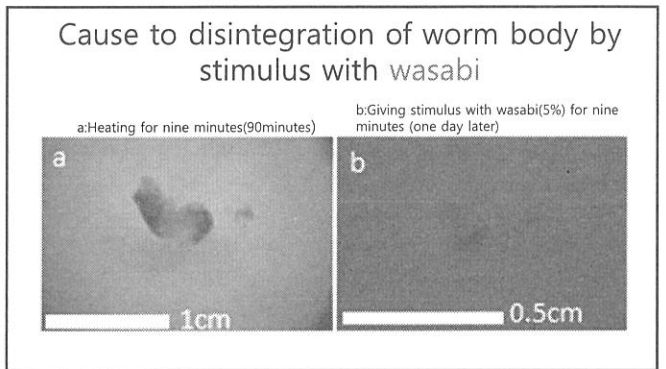
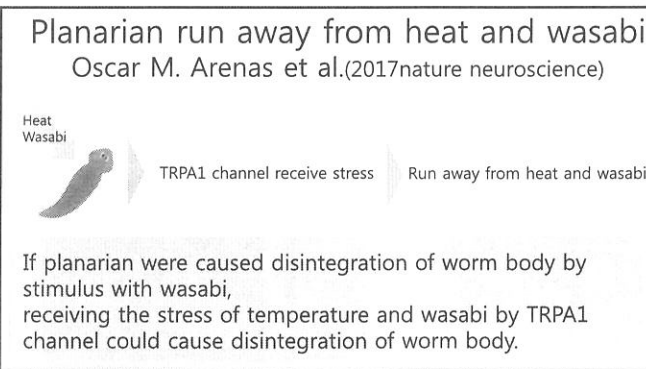
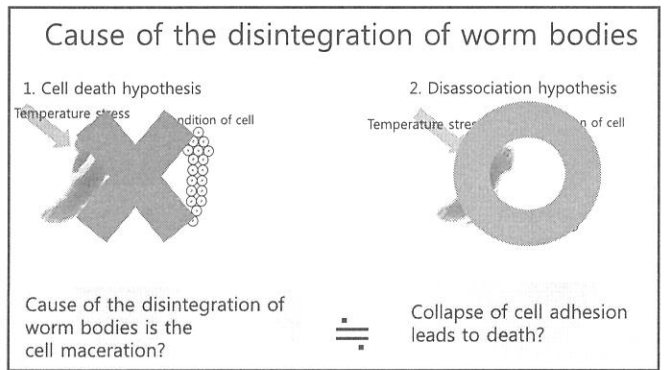
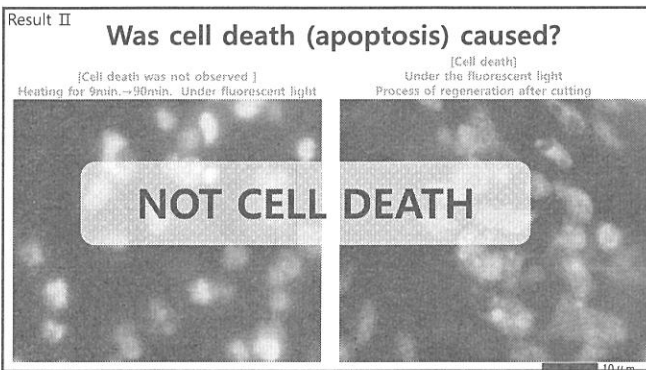
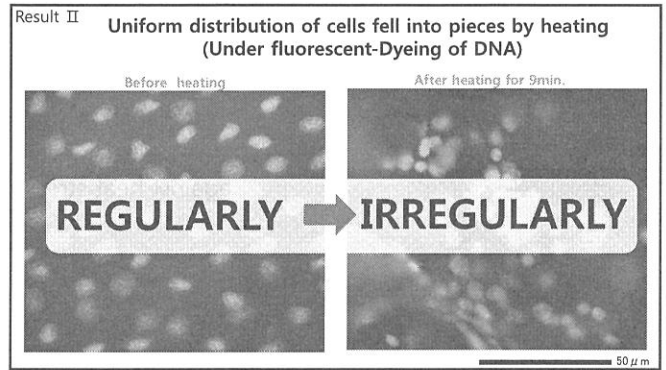
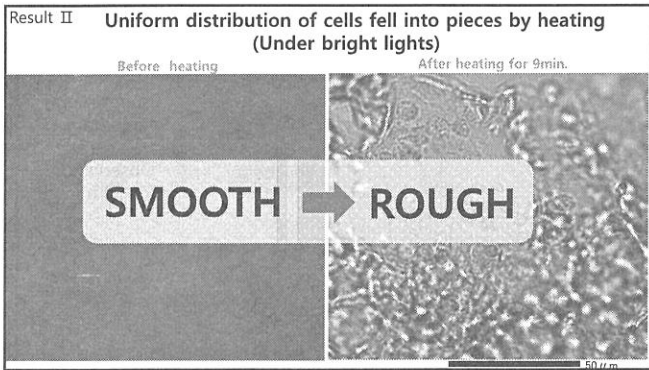
Definition

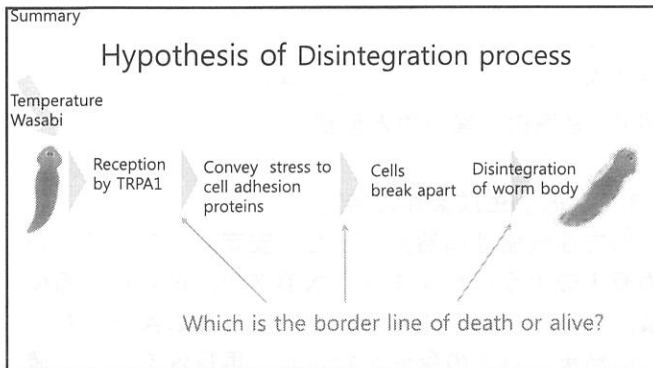
Alive

Disintegration of worm body

The state that planarian could not keep its original shape = Disintegration of worm body







- Future plan
1. To clarify relationship between TRPA1 channel and disintegration of worm body.
 2. To identify what part of cell adhesion protein changes when cell maceration occurs.
 3. To reveal the state of protein denaturation.

Ultimate goal

"Some TRP channels are related to recognition of injury."
Aijima and others (2014)

▶ TRP channel is related to response to stress.

Human has TRP channel.

If we can control the TRP channel . . .

There is a possibility that we can stop and prevent disease and aging by stress.

References

- 1) プラナリアから見る死の仕組み平成28年度 仙台三高
- 2) Jason Pelletieri, Patrick Fitzgerald, Shigeki Watanabe, Joel Mancuso, Douglas R. Green, Alejandro Sanchez Alvarad. Cell death and tissue remodeling in planarian regeneration -Developmental Biology (2010)
- 3) 阿形 清和: 切っても切ってもプラナリア, pp44, 岩波書店(2009)
- 4) 原島 広至: プラナリアの再生・走性・消化の実験, 生物の科学 遺伝・別冊 実験単, pp174, エス・ディー・エス (2015)
- 5) Activation of planarian TRPA1 by reactive oxygen species reveals a conserved mechanism for animal nociception Oscar M. Arenas, Emanuela E. Zaharieva, Alessia Para, Constanza Vásquez-Doorman, Christian P. Petersen & Marco Gallo—nature neuroscience(2017)
- 6) 沼田 朋大, 香西 大輔, 高橋 重成, 加藤 賢太, 瓜生 幸雄, 山本 伸一郎, 金子 雄, 真本 達生, 森 泰生 : TRPチャネルの構造と多様な機能(2009)-生化学 第81巻 第11号
- 7) 辻本 賀英: 細胞死・アポトーシス集中マスター 羊土社(2006)
- 8) The thermosensitive TRPV3 channel contributes to rapid wound healing in oral epithelia. Aijima R1, Wang B2, Takao T2, Mihara H3, Kashio M3, Ohsaki Y2, Zhang JQ2, Mizuno A4, Suzuki M4, Yamashita Y5, Masuko S6, Goto M5, Tominaga M3, Kido MA7.—The FASEB Journal(2014)



銅樹の異方性の研究

～もっと真っ直ぐ平らな面に！～

宮城県仙台第三高等学校 自然科学部化学班

2年 伊藤 柚里

1. 研究背景・目的

資料種に載っている銅樹は図1のように錆びてしまっている。そこで錆びていない銅樹を見たいと思い、銅本来の色(赤金)を持つ銅樹(赤金銅樹)を作製することにした。ビタミンC水溶液の添加により赤金銅樹の作製に成功した^{2,3,4)}。ここまでで銅樹を100枚以上作成する中で疑問が出てきた。図2のように通常の銅樹とは明らかに形状が異なる銅樹が生成したことである。通常金属樹は、図3のような樹枝状(デンドライト)という晶癖を持つが、図2は直線状で、平たい外観を持っている。興味をもったので形状が異なる銅樹は①一体どんな銅樹なのか、②生成条件の特定、③生成する理由の解明を目的とした。

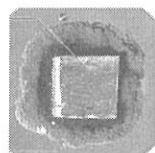


図1 資料集の銅樹

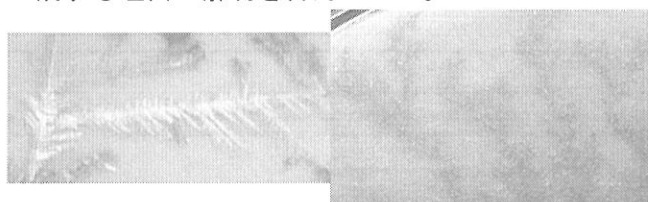


図2 形状が異なる銅樹



図3 樹枝状の銅樹

2. 目的①一体どんな銅樹なのか

形状の異なる銅樹と通常の樹枝状銅樹との違いを知るため電子顕微鏡で1700倍にして観察した。通常の樹枝状銅樹は、図4のように立体的であった。一方形状が異なる銅樹は、図5のように巨大な一塊の直線状の結晶であり、さらに平面的であった。

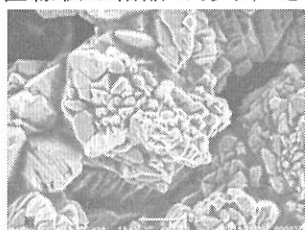


図4 樹枝状銅樹(1700倍)

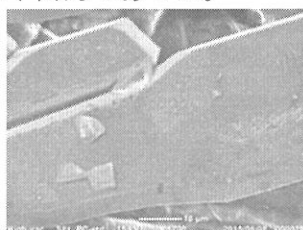
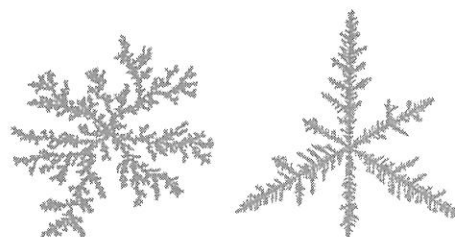


図5 形状が異なる銅樹(1700倍)

静岡大学理学研究科佐藤信一教授の講演資料⁵⁾に図6のように形状が異なる銅樹によく似た形のものを見つけた。金属樹は通常は樹枝状に成長していくが、結晶が成長していく過程で粒子の動きに制限がかかり、ある一方の方向のみに力が働き成長すると直線状になる。このとき「異方性」があるという。形状が異なる銅樹は「強い異方性が働いた銅樹」であると分かったため「異方性銅樹」と命名した。



弱い異方性

強い異方性

図6 金属樹の異方性と形状

3. 目的②生成条件の特定

異方性銅樹は偶然発見した。安定して作製するため表1のようにビタミンC水溶液の濃度と加える体積、ろ紙の種類を組み合わせることで繰り返し実験した。その結果、以下の条件を特定し、再現性を持って確実に作製することに成功した。

ビタミンC水溶液の濃度	ビタミンC水溶液の体積	ろ紙の種類
5%	0.5mL	定性ろ紙
10%	1.0mL	定量ろ紙
15%	1.5mL	ガラスろ紙
27%	2.0mL	石英ろ紙

表1 銅樹作成条件の組み合わせ

異方性銅樹の作成条件

○塩化銅水溶液 2 mol/L, 2 mL ○垂鉛粒 3粒
○ヘキサン ○ガラスろ紙
○ビタミンC水溶液 飽和 27%, 0.5 mL

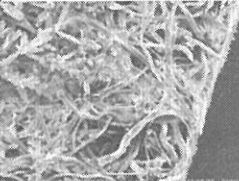

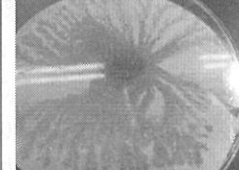
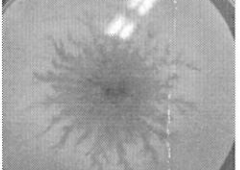
4. 生成する理由の解明

異方性銅樹の作製に再現性を持たせることに成功したが、ビタミンC水溶液、ろ紙の種類のどの条件が異方性に影響を及ぼすのか明確に把握していない。そこで異方性銅樹が発生する要因を①ろ紙の影響、②ビタミンCの影響として突き止めることとした。

4-aろ紙の影響

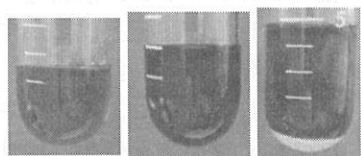
ガラスろ紙でのみ異方性銅樹が発生した。定性ろ紙とガラスろ紙の違いを知るために電子顕微鏡で観察し、表2にまとめた。ガラスろ紙は繊維が細く、編み目も細かく密であり、結晶が成長する上で均一な場があると分かる。それぞれのろ紙上で銅樹を作製したところ、ガラスろ紙では非常に均整の取れた樹枝状銅樹が得られた。この結果より銅樹に異方性を働かせるためには、まず均整の取れた樹枝状結晶が成長する環境が必要であり、そのためにはガラスろ紙で発生させることが必要だと考えられる。

表2 定性ろ紙とガラスろ紙の違い

ろ紙の種類	定性ろ紙	ガラスろ紙
表面 (100倍)		
作製した銅樹		

4-b ビタミンCの影響

塩化銅(II)水溶液に飽和ビタミンC水溶液を添加した際に、図7のように塩化銅(II)水溶液の色に変化があると気が付いた。添加量0.5mLのときには塩化銅(II)水溶液の色が緑色から茶色になり、1.5mLのときにはCuCl₂の白色沈殿が生じた。それぞれの溶液で銅樹を作成すると0.5mLの茶色のときだけで異方性銅樹が発生した。よって「溶液の色が茶色になる」というのがうまく異方性銅樹を生成する条件の目安となった。



飽和ビタミンC水溶液の添加量 なし 0.5 mL 1.5 mL
塩化銅水溶液の状態 緑色 茶色 白色沈殿
図7 ビタミンCの添加と塩化銅(II)水溶液の色

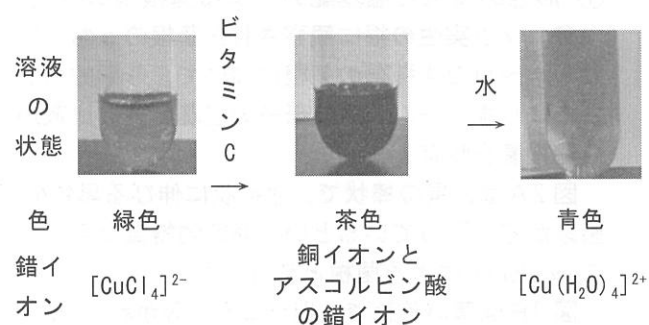


図8 塩化銅(II)水溶液の変色の様子と錯イオン
茶色の溶液に水を加えると図8のように青色の水溶液のみとなった。この現象から茶色の水溶液中で銅イオンがビタミンCと錯イオンを形成しているのではないかと考えた。文献⁶⁾を調べると銅イオンは、ビタミンC(アスコルビン酸)と錯イオンを形成することが判明した。今回の茶色の溶液は、アスコルビン酸と銅イオンの錯イオンが存在すると考えられる。
飽和ビタミンC水溶液を0.5mL加えると異方性銅樹が生成する原因を以下のように考えた。

事実1. 銅が異方性を持って直線状に平滑に配列するためには、ある程度運動を制限された異方性が強い状態で析出しなければならない。

事実2. 塩化銅(II)水溶液が茶色となると異方性銅樹が生成する。

事実3. 塩化銅(II)水溶液が茶色となるのは銅イオンにビタミンCが配位している可能性がある。

考察 異方性銅樹にはビタミンCが配位した銅イオンが必要である。このときビタミンCのかさばった構造(図9)により、銅イオンが結晶として析出する際に立体障害を起こすため銅イオンの動きに制限をかけ、結晶が成長するときに限定的な配列となった。このことが非常に滑らかな表面になった要因と考えられる。またビタミンCは、還元剤として溶存酸素を除去する働きがある。銅イオンが析出する際に酸素の影響がないためとも考えられる。しかしビタミンC水溶液の添加量が多くても少なくとも異方性銅樹は発生しないのでその影響は小さいと考えられる。

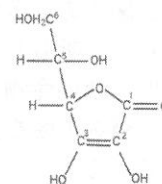


図9 ビタミンCの構造式

5. まとめと今後の展望

異方性銅樹を発見し、再現性も達成した。ガラスろ紙の緻密な表面構造とビタミンCと銅イオンの錯イオンが影響で異方性銅樹ができたと考察することにも成功した。今後は銅樹を作成した条件で、他の金属樹でもどのように異方性が働き、形状が変化するか試したい。

6. 参考文献

- 1) ダイナミックワイド図説化学
- 2) 第55回日本学生科学賞「銅(I)水酸化物と光沢銅樹の生成～その銅樹、ちゃんと光ってますか!～」宮城県仙台第二高等学校 大村啓貴 針生崇史 (2012年)
- 3) 金児 紘征「金属葉の形態」日本金属学会会報 Vol. 30, No. 12, pp. 985-992, 1991
- 4) 第43回東理理科教育賞「平面展開による金属樹の保存とイオン化傾向の理解」東京都立葛西工業高等学校 土屋徹(2011年)
- 5) サイエンスカフェ in 静岡「形の不思議」佐藤信一
- 6) 松原凱男・上澤俊治・森澤誠・吉原正邦・前嶋俊壽「銅(I)イオンとアスコルビン酸を触媒とする塩化アリル類のヒドロキシル化反応」日本化学会誌, 1991, (11), P. 1521-1525
- 7) 石神昭人「ビタミンCの事典」東京堂出版(2011年)

仙台市海岸林におけるマツの菌根

宮城県仙台第三高等学校自然科学部生物班
2年 伊藤亜珠希 中川朔未

1 背景と目的

東日本大震災により、多くのものが失われた。江戸時代に伊達正宗の指示で造成された、仙台市沿岸部の海岸防災林としての松林もその1つである。現在、海岸林の再生事業としてクロマツの植林活動が行われている。仙台市内の高校に通う私たちに何かできることはないかと考え、マツについて調べたところ、菌根菌と共生し、貧栄養な場所でも生育できることが分かった。

松田ら¹⁾によると、一般に樹木は外生菌根菌と共生し、図1のように外生菌根菌は菌糸を土壤中に張り巡らし、吸収した水分や無機塩類を植物に供給し、植物は光合成産物を菌根菌に供給するとされ、クロマツは複数の菌根菌と共生する場合があることが知られている。

日本の海岸クロマツ林では、黒い棒状の菌根で放射状に伸びる黒色の菌糸が密に覆うものが多く見られ、*Cenococcum geophilum* (以下 *C.geophilum*) が菌根菌の優占種であると示唆されている²⁾。

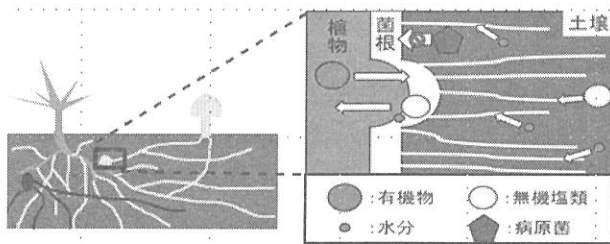


図1 マツと外生菌根菌の共生モデル

現在、仙台市沿岸部で植林に用いられているクロマツはアカマツより耐塩性が高く、特にマツノザイセンチュウ抵抗性のクロマツが植林されている。

これらのことから、植林されるクロマツの苗木が丈夫に育つには、共生する菌根菌が重要であると考えられ、津波を受けた沿岸部に自生するマツにどのような菌根菌が共生するかを明らかにし、菌根菌を植林に活用する技術を確認することが望まれる。

そこで、本研究では、仙台市海岸林のマツについて、菌根の基礎的情報を整理し、植林活動に応用できる菌根菌の利用技術を確認し、震災復興へ貢献することを目指して、次の2つの目的を設定した。

目的1：未報告の仙台市沿岸部に自生するマツの実生の菌根と菌根菌を明らかにする。

目的2：無菌播種したクロマツ実生を仙台市沿岸部の砂地に植え、形成される菌根と菌根菌を明らかにする。

2 実験材料と方法

(1) 材料

仙台市沿岸部に自生していたクロマツ *Pinus thunbergii*、アカマツ *Pinus densiflora* の実生を、仙台市宮城野区岡田および仙台市若林区井土より採集し、菌根を観察した。岡田は震災前からある砂地の土壌であり、井土は植林のために宮城郡利府町の山の土を盛土した土壌である。岡田の砂地からアカマツ(標本番号 OK1612Pd01)、クロマツ(標本番号 OK1612Pt02)、アカマツ(標本番号 OK1612Pd03)を採集し、井土の盛土からアカマツ(標本番号 OK1612Pd07)を採集して菌根を観察した。

若林区荒浜に自生するクロマツより得た種子を滅菌し、バーミキュライトで12時間の明暗周期、20°Cで育てた実生を菌根形成試験に用いた。

(2) 方法

マツ実生の根の菌根を実体顕微鏡で観察した。観察された菌根を色、形状、単生か群生か、菌糸の色などの形態的特徴に着目して分類した。

観察された菌根の一部を切取って破碎し、DNAを抽出し、18S リボソーム RNA 遺伝子の領域をPCR法によって増幅し、塩基配列をファスマック社のDNAシーケンス解析を利用して決定した。

決定した塩基配列について、NCBIのBLASTを用いて類似配列を検索した。

滅菌して播種し、バーミキュライトで生育させたクロマツ実生を盛土、砂地にそれぞれ2個体植え、3月26日から4月24日の約1ヶ月間放置してから採集し、根を実体顕微鏡にて観察した。

3 実験結果と考察

(1) 仙台市沿岸部に自生するマツ実生の菌根

① 形態的特徴と塩基配列による菌根菌の特定
アカマツ実生の根に観察された菌根のうち、図2のA~Dの4種類の菌根について、形態的特徴と18S リボソーム RNA 遺伝子の塩基配列の比較から菌根菌を特定した。

図2Aは、黒の棒状で、放射状に伸びる黒色の菌糸が密に覆っているという形態的特徴から、*C.geophilum* による菌根と判断した。

図2Bは薄い茶色で先端が二又に分かれていた。ハツタケ *Lasctarius hatsdake* の塩基配列と568塩基が完全一致し、ハツタケによる菌根と判断した。

図2Cは濃い茶色で先端が二又に分かれ、白い糸状の構造が絡みついていて、*Tomentilla badia* の塩基配列と592塩基中542塩基が一致した。配列の類似性が92%であるので、*Tomentella.sp* による菌根と判断した。

図2Dは薄い茶色で分岐が短く群生していた。ショウロ *Rhizopogon roseolus* の塩基配列と635塩基が完全一致したので、ショウロによる菌根と判断した。

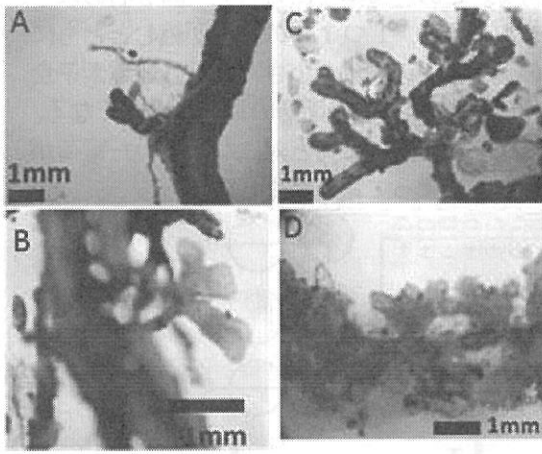


図2 仙台市沿岸部に自生するアカマツ実生の菌根
Aは *C.geophilum*、Bはハツタケ *L. hatsudake*、Cは *Tomentella* sp.、Dはショウロ *R.roseolus* による菌根である。

(2) 菌根菌の群集構造

松田ら²⁾の報告のように、仙台でも海岸林におけるマツの菌根で *C.geophilum* が優占するかを確かめるため、宮城野区岡田の砂地と若林区井土の盛土から採集したマツ実生について、5cmの深さごとの菌根の種類と菌根数を調べた(図3)。

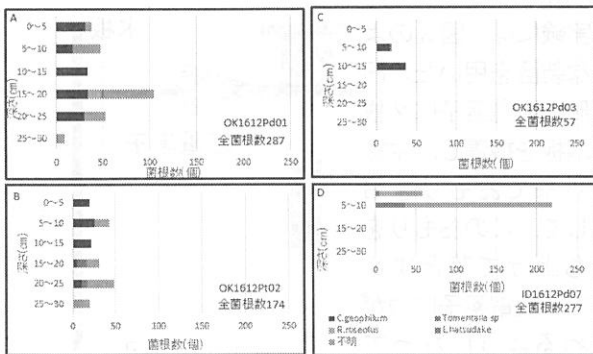


図3 5cmの深さごとの菌根の種類と菌根数

Aは砂地で採集した2年目のアカマツ(OK1612Pd01)、Bは砂地で採集した2年目のクロマツ(OK1612Pt02)、Cは砂地で採集した当年のアカマツ(OK1612Pd03)、Dは盛土で採集した当年のアカマツ(OK1612Pd01)の菌根の構成を示す。

図3のA、B、Cは砂地に自生していた個体であり、*C.geophilum* による菌根が共通してみられ、菌根数も多かった。他の3個体からも *C.geophilum* による菌根が観察された。

一方、図3のDは盛土に自生していた個体であり、*C.geophilum* による菌根は見られなかった。他の10個体でも *C.geophilum* の菌根は見られなかった。

図3のA、C、Dはアカマツ、Bはクロマツの菌根構成を示し、砂地ではアカマツとクロマツに共通して *C.geophilum* による菌根が見られた。

これらのことから、海岸線の砂地の土壌と、植林用の盛土の土壌では、マツに共生する菌根菌の群集構造が異なると思われる。

(3) 砂地に植え付けたクロマツ実生の菌根形成
砂地にクロマツを植えてから2週間おきに観察して撮影した写真を図4に示す。

図4の植付け前、2週間、4週間の写真を比較すると、4週間後の根には植付け前・2週間後の根には見られない菌糸とみられるものが強く付着していた。

図2Cや、他の菌根の周囲には、図4Dにみられる菌糸様の構造が見られることがあり、観察された根の変化は、菌根形成の初期過程をとらえた可能性もある。震災以前からある砂地の菌根菌を用いてマツの苗木に菌根を形成させれば、海岸環境に適した植林に役立つのではないかと考えた。

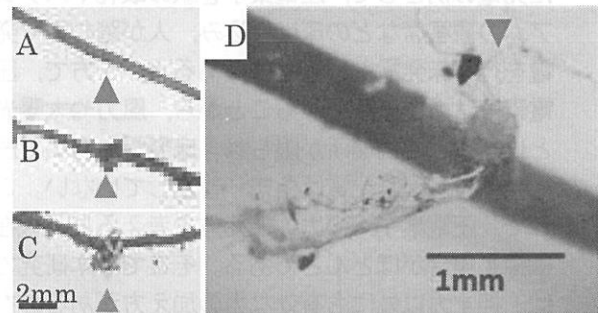


図4 砂地に植え付けたクロマツ実生の根の観察

矢印は変化のあった個所。A: 砂地に植える前の根。B: 砂地に植えてから2週間後の根。C: 砂地に植えてから4週間後の根。D: Cの側根を拡大したもの。

4 結論と展望

仙台市沿岸部の砂地に自生するマツの実生では、*C.geophilum* による菌根がクロマツ、アカマツに共通して見られたが、植林用の盛土の土壌では *C.geophilum* による菌根が観察されず、マツに共生する菌根菌の群集構造が砂地と盛土では異なると思われる。

砂地にクロマツ実生を植えると菌根が形成される可能性が示唆された。震災以前からある砂地には環境に適応した菌根菌がいると考えられることから、砂地でクロマツの苗を育て、菌根を形成させてから盛土に植林すると、より丈夫な海岸林をつくることのできるという仮説が得られた。

今後、図4Dにみられる菌糸様構造のDNAバーコーディングを行い、変化が見られた部分を樹脂包埋して切片を作成し、光学顕微鏡で外生菌根菌であるかどうかを評価したい。また、野外でのマツ種子の発芽時期に合わせた移植を行い、砂地に植付けたクロマツ実生の菌根形成過程を明らかにしたい。

5 参考文献

- 松田陽介(2008)海岸林を支える菌根菌『森林技術 No.798』P7-14
- 松田陽介・竹内康介・小長谷啓介・伊藤進一郎(2011)日本の海岸クロマツ林における *Cenococcum geophilum* の遺伝的多様性 第123回日本森林学会 K16

圧電素子への力の加え方と電圧の関係について

宮城県仙台第三高等学校
3年 萩田泰晴

1. 動機及び目的

2011年3月の福島第一原発事故以来、再生可能エネルギーによる発電の必要性が高まってきており、その1つとして、圧電素子を用いた発電が挙げられる。圧電素子とは、加えられた力を電圧に変換するもので、比較的小型で安価なことや、構造が簡単であることが利点である¹⁾。これを用いた発電の例として、圧電素子を駅の改札やスタジアムの観客席などの床に仕込み、人が踏む力で発電を行う床発電というものがある²⁾。一方で、圧電素子は力を必要とすることから、風力や太陽光と比べると使用場所が限られ、床発電も含めて圧電素子を用いた発電はあまり普及していない。ここで、圧電素子への力の加え方を考えると、現在は押す場合がほとんどである。そこで、本研究では、押す力以外にも有効な力の加え方があるのを示すことで、圧電素子の使用場所を広げ、普及につなげることを目的とした。

<圧電素子の原理>

圧電素子の結晶は図1のような構造をしており、陽イオンである金属イオン、陰イオンである酸化物イオンがそれぞれ図のように配置されている。圧電素子にはキュリー点という特定の温度が存在し、キュリー点以上のときは図1左のような立方体の結晶になるが、キュリー点以下になると中心の陽イオンの位置がずれ、図1右のように結晶が伸びる。同時に、双極子モーメントの、結晶が伸びた向きの成分が増え、電気分極が起こる。

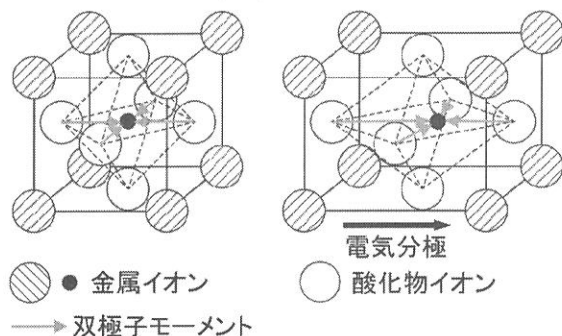


図1 結晶の自発分極の様子

(NEC トーキンのカタログ³⁾を参考に作成)

結晶ごとに分極が起こると、圧電素子全体でも分極が生じ、図2左のように片側の表面層に正電荷、もう片側には負電荷が過剰に存在した状態になり、これを中和するため、空気中の浮遊電荷と

結び付く。この圧電素子に対して、図2右のように力を加えると、1つ1つの結晶が縮むとともに中心の陽イオンのずれが小さくなり、圧電素子全体の分極が減少して、表面層の電荷が小さくなる。その結果、表面層の電荷と対になっていた電荷が余り、これによって電圧が生じる。

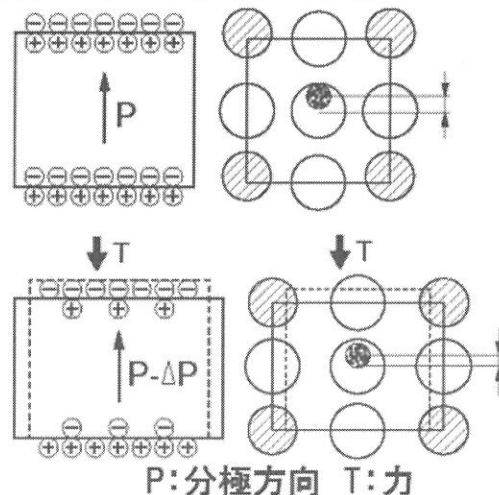


図2 圧電素子に力を加えた際の様子

(FDK株式会社のカatalog⁴⁾を参考に作成)

2. 方法

実験には、図3のような装置を用いた。円筒形の圧電素子に2枚の木板を接着し、木板から糸でおもりを吊るして、このおもりを持ち上げて落とすことで、圧電素子に力が加わるようになっていく。押す力、引く力、剪断力、曲げる力の4種類で実験を行い、圧電素子と木板の配置を変えることで、圧電素子への力の加え方を変えた。また、おもりの質量を変えることで力の大きさを変え、その値は運動量と力積の関係から計算で求めた。電圧の測定にはオシロスコープを用いて、電圧を波形として記録できるようにした。

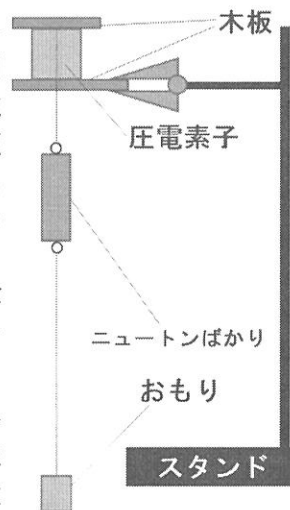
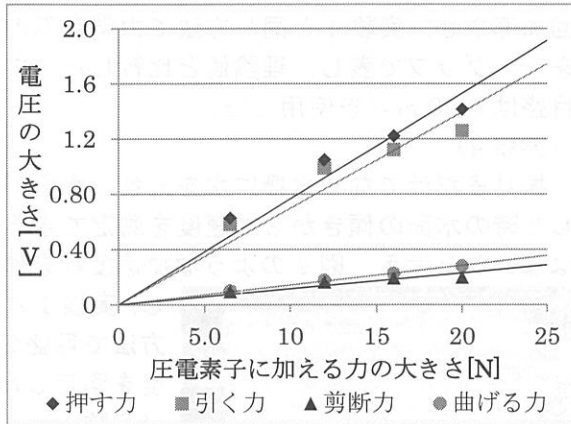


図3 実験装置図

3. 結果と考察

記録したそれぞれの波形のグラフについて、同じ時間だけ一定の大きさの力が加わり、その間の電圧も一定になったとして長方形のグラフを考えたとき、元の波形のグラフと長方形のグラフの面

積が等しくなるような一定電圧（平均電圧）の値を求めると、グラフ1のようになった。これを見ると、押す力と引く力の電圧の大きさはあまり変わらないが、剪断力と曲げる力での大きさはかなり小さくなっていることが分かる。



グラフ1 力の加え方ごとの平均電圧の大きさ

剪断力・曲げる力での電圧が小さくなったことについて、圧電素子に力を加えたときの結晶内の陽イオンの動きから考察した。図4において、圧電素子に力 F を加えたときのひずみを ε とし、陽イオンがずれている方向の結晶の長さを 1 とすると、力の加え方ごとにそれぞれ図に示した部分に ε が表れる。さらに、力を加える前と後の陽イオンのずれをそれぞれ x, x' とすると、陽イオンの中心からのずれの変化、すなわち $x' - x$ は、押す力では $-\varepsilon x$ 、引く力では εx と表され、変化の大きさはともに εx となる。それに対し、剪断力・曲げる力では $(\sqrt{1 + \varepsilon^2} - 1)x$ と表される。そして、 $\varepsilon x > (\sqrt{1 + \varepsilon^2} - 1)x$ が成り立つことから、押す力、引く力より剪断力・曲げる力の方がずれの変化が小さいと分かり、このため電圧が小さくなったのだと考えられる。

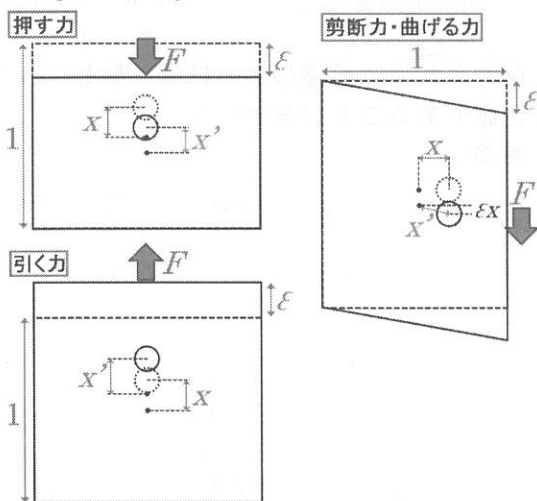


図4 力の加え方ごとの結晶の変形の様子

一方、引く力では押す力とほぼ同等の電圧が得られたことから、引く力も十分有効であると考え

られる。その上で、引く力によって発電する場合の例として、下津井瀬戸大橋という吊り橋の接合部に圧電素子を配置した場合の発電量(電力量)を計算してみた。今回の測定データと文献⁵⁾⁶⁾をもとにして計算すると、1日の発電量は $4.0 \times 10^2 \text{Wh}$ となる。1世帯の1日あたりの消費電力が約 10kWh である⁷⁾ので、これを賄うには約25個の圧電素子が必要ということになる。吊り橋の規模を考えると、これはあまり大きな発電量とはいえないが、この電力を常時使用するのではなく、蓄電池と併用していったん蓄えておけば、非常時の電力として有効活用できると考えられる。

4.反省と課題

今回の実験では、引く力については有用性を示すことができたが、剪断力と曲げる力については有用性を見出せなかった。今回は主に平均電圧から考察を行ったが、記録した電圧の波形には山となる部分が何力所も見られ、その数や大きさは力の加え方ごとに異なっていたので、その原理を説明し、それぞれの力の加え方の特徴をさらに分析したいと考えている。

5.参考文献

- 1)吉田友紀(2014)「圧電素子を利用した変動荷重による発電装置の開発に関する研究」, 中央大学理工学研究科編『大学院研究年報』44
- 2)武藤佳恭・小林三昭・林寛子(2010)「人の歩行で電気を生み出す『床発電システム』」, 『OHM』97(12), pp.27-30, オーム社
- 3)NEC トーキン(2015)「圧電セラミックス Vol.06」
- 4)FDK 株式会社(2011)「技術資料 圧電セラミックス」
- 5)加藤寛・酒井徹(1988)「下津井瀬戸大橋の設計」, 日本橋梁株式会社編『日本橋梁技報』5, pp.7-13
- 6)中村工業株式会社(発行年不明)「吊橋主索の張力計算」, <http://www.rope.co.jp/products/technical/t_h_03.html>
- 7)電気事業連合会(2015)「一世帯あたりの電力消費量の推移」 <http://www.fepec.or.jp/enterprise/jigyou/japan/sw_index_04/index.html>

身近なものをを用いた加速度計の作製について

宮城県仙台第三高等学校 自然科学部 物理班
3年 海老 健太郎

1. 動機及び目的

物理の授業で、力学台車をばねばかりで加速させる実験を行ったが、ばねばかりで力学台車を加速させるのが難しく、正確なデータをとれなかった。そこで、力学台車に乗せられて簡単に力学台車を加速させられる道具があれば便利ではないかと考え、研究を始めた。

2. 方法

(実験 1)

振り子を用いて図 1 のように加速度計を作成し、目盛の精度を測定した。

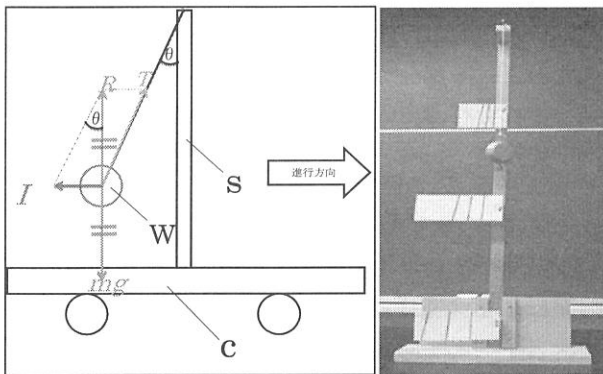


図 1 加速度計の原理の説明図

I : 錘にかかる慣性力 R : 張力と錘にかかる慣性力の合力 m : 錘の質量 g : 重力加速度 T : 張力
 S : 支柱 W : 錘 C : 力学台車

力学台車を 2 個並列に固定し、一方に加速度計、もう一方にカメラを乗せる。この時カメラは加速度計の目盛が写る高さに置く。また、力学台車の進路に沿って、加速度計の目盛と同じくらいの高さの位置に定規を設置する。力学台車が走行している時に加速度計の目盛と定規の目盛がカメラに写るようにする。次に、カメラの録画を開始して、加速度計を振り子と目盛が一致するように手で加速させ、力学台車の運動を磁気テープで記録する。そして、録画したビデオを使って、背景の定規の目盛から振り子と加速度計の目盛が完全に一致している区間を調べて、その区間の磁気テープを使って加速度を調べた。また、測定は 10 回行った。

(実験 2)

実際にこの加速度計を使用した際の人の手による誤差を測定した。振り子と加速度計の目盛をあわせるように手で力学台車を 10 回加速させ、磁気テープで力学台車の運動を記録した。磁気テ

ープから 0.10 秒ごとの速度を調べて、10 回の平均値で $v-t$ グラフを作り、理論値と比較した。

(実験 3)

振り子のひもを 10cm, 30cm, 40cm の 3 種類用意した。力学台車をそれぞれのひもの時で 10 回加速させ、実験 1 と同じ方法で力学台車の運動を $v-t$ グラフで表し、理論値と比較した。また、目盛は 0.50m/s^2 を使用した。

(実験 4)

振り子だけでなく水槽に水を入れ、水槽が加速した時の水面の傾きから加速度を測定できるのではないかと考え、図 2 のような加速度計を作製

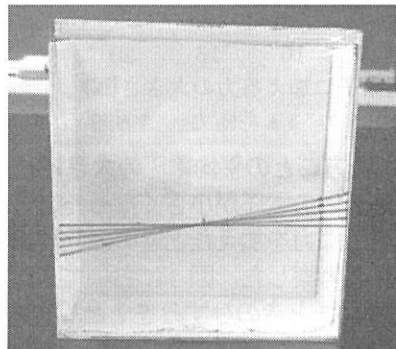


図 2 使用した水槽

し、実験 1 と同じ方法で目盛の精度を測定した。

(実験 5)

水槽を用いた加速度計の手による誤差を測定するために、実験 2 と同じ方法で実験を行った。

(実験 6)

力学台車が走行している際に水面が波立って、誤差が大きくなるのを防ぐため、水の表面に油を注いで実験を行った。

3. 結果と考察

(実験 1)

加速度(m/s^2)	0.50	1.0	1.5
測定平均値(m/s^2)	0.51	0.97	1.5

測定平均値は目盛の値とほぼ一致し、加速度計は正確であることが分かった。

(実験 2)

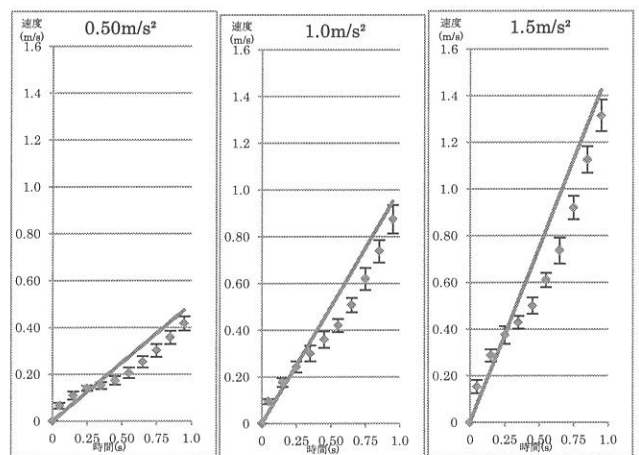


図 3 加速度計の目盛ごとの $v-t$ グラフ

(— 理論値, ◆ 測定平均値)

どのグラフも 0 秒から 0.50 秒までの間に加速度が理論値より一度大きくなり、その後小さくなって、0.50 秒より後は測定値のグラフは理論値と平行になっている傾向がある。これは、振り子が目盛に到達するまでの動いている間は加速度を測定できないため、このような誤差が生じるのではないかと考えられる。この誤差を小さくするためには、振り子のひもの長さを短くして、振り子が目盛に到達するまでの時間を短くすればよいと考えられる。

(実験 3)

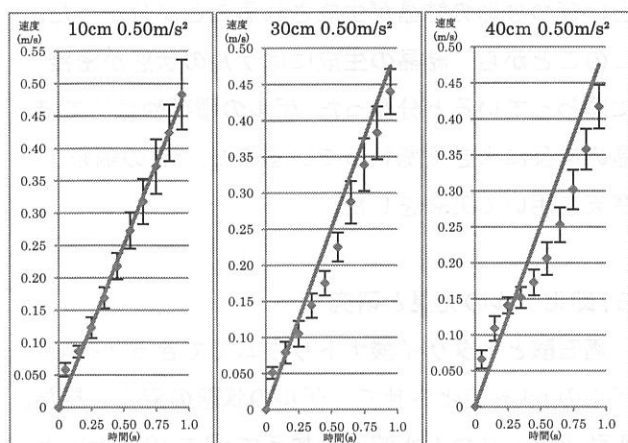


図 4 ひもの長さごとの $v-t$ グラフ

(— 理論値, ◆ 測定平均値)

振り子のひもの長さが 10cm の時は測定値のグラフにほとんど誤差がなかったが 30cm, 40cm のグラフは実験 1 同様の誤差がみられる。よって、振り子のひもの長さは最大でも 10cm が良いということが分かった。

(実験 4)

加速度(m/s^2)	0.50	1.0	1.5
測定平均値 (m/s^2)	0.50	0.99	1.6

測定平均値は目盛の値とほぼ一致し、加速度計は正確であることが分かった。

(実験 5)

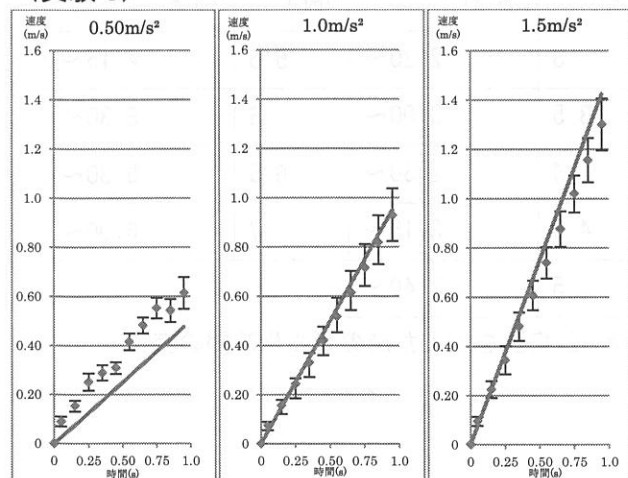


図 5 加速度計の目盛ごとの $v-t$ グラフ

(— 理論値, ◆ 測定平均値)

1.0 m/s^2 , 1.5 m/s^2 では振り子の時より誤差が小さくなった。0.50 m/s^2 では傾き角が小さく、水面の波立つことの影響を大きく受けたと考えられる。(実験 6)

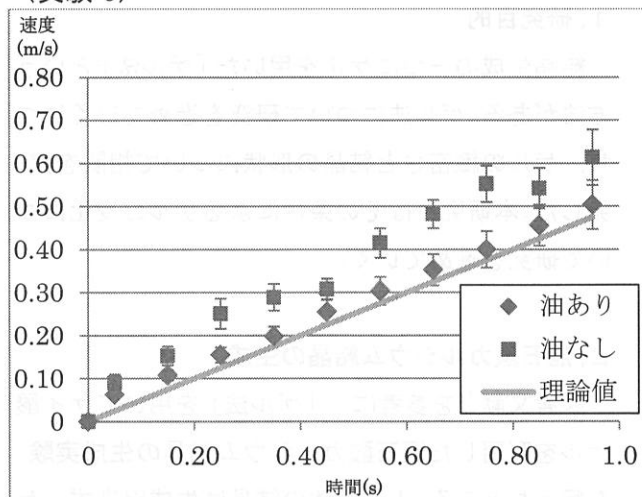


図 6 油を注いだときと水だけのときの比較

粘性の高い油によって水面の揺らぎを押さえられたと考えられる。

4.反省と課題

研究の中で、装置の問題点を見出し、その解決策を導き出して、初期のものよりよくすることができた。今後も、正確に測定ができる装置を目指して、研究していきたいと考えている。

5.参考文献

- ・「電気用語辞典」(コロナ社 1982)
- ・「渦電流 わかりやすい高校物理の部屋」
<http://wakariyasui.sakura.ne.jp/p/elec/dennji/uzu.html>
- ・「電磁誘導ってコイルしかできないの？」(関西電力)
http://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/kids/science/topic07.html
- ・「震度と加速度」(気象庁)
<http://www.date.jma.go.jp/svd/eqev/date/kyoshin/kasoku/comp.htm>

結晶生成現象を利用したゲルの研究

宮城県仙台第三高等学校 化学班

2年 山田 隼 田中 龍也

三浦 玄

1, 研究目的

結晶生成の一つにゲルを用いた「ゲル法」という方法がある。ゲル法について研究を進めていくにつれ、ゲルの緻密さと結晶の形状について相関を発見した。本研究ではその条件によるゲルの変化について研究を進めていく。

2, 酒石酸カルシウム結晶の生成

参考文献¹⁾を参考に、「ゲル法」を用いてケイ酸ゲルを利用した酒石酸カルシウム結晶の生成実験を行ったところ、正八面体の結晶は生成出来ず、ケイ酸ゲル上部に多結晶が多く生成された。ゲルの環境が影響している

と思い、そこでケイ酸ゲルの pH を調整し、ゲルの緻密さを変更して結晶の生成を行った。Tab. 1 から分かるように、pH を低くし、ゲルを緻密にした際は、pH を調節しないゲルに

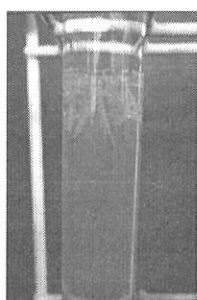


Fig. 1) ケイ酸ゲル上部の多結晶

比べて結晶の生成数が減少した。その代わりに Fig. 3 のような、綺麗な結晶が生成した。また pH13 付近まで上げた際はゲル化しなかった。

	pH 無調整	pH 下	pH 上 (pH13)
結晶の有無	有	有	(ゲル化せず)
生成質量	1.26g	0.92g	
生成した数	32 個	13 個	

Tab. 1) pH を変化した時のゲル, 結晶の変化

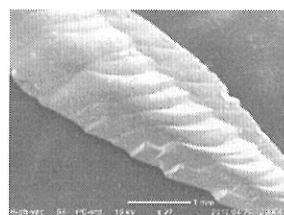


Fig. 2) pH 無調整 時の結晶 (27 倍)

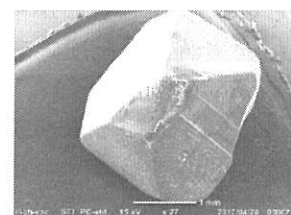


Fig. 3) pH 下 時の結晶 (27 倍)

実験の結果から、ゲルが緻密であれば正八面体に近い形の結晶が生成し、緻密でなければ羽形などいびつな形の結晶が生成されることが分かった。このことから、結晶の生成にはゲルの状態が密接に関わっていると分かった。ゲルの種類や状態で結晶の成長に大きく関わっているため、pH の調整、寒天を用いて実験をした。

3, 即化ゲルの発見と研究

酒石酸とメタケイ酸ナトリウムでできるケイ酸ゲルの pH を変化させて、ゲルの状態の変化を見た。水酸化ナトリウム水溶液を加えて pH を 10 付近に上げた時に、数分程度でゲル化した。pH 調整前のゲルが二、三日でゲル化するのに比べると、ゲル化時間が極めて短くなった。また、炭酸アンモニウムとメタケイ酸ナトリウムでできるケイ酸ゲルも pH10 付近で急速にゲル化した。この急速にゲル化するゲルを仮に“即化ゲル”と呼び、この即化ゲルについて実験を行った。炭酸アンモニウムとメタケイ酸ナトリウムの混合溶液に徐々に塩酸を加え、ゲル化時間の変化を見たところ、ゲル化時間が短くなった。

塩酸 (mL)	ゲル化時間 (m. s)	塩酸 (mL)	ゲル化時間 (m. s)
3	2:20~	5.5	4:15~
3.5	3:00~	6	5:30~
4	2:30~	6.5	5:30~
4.5	3:15~	7	6:00~
5	3:40~		

Tab. 2) 塩酸を加えた時のゲル化時間の変化

また、即化ゲル内で結晶の作成を行ったところ、羽状の結晶や微小の球状の結晶の様ないびつな結晶が多く生成された。pHを変化させた時にゲルの緻密さが変化することが関係していると考えた。そこでpHを変化させた時のゲルの固さについて、数値化し、結晶の生成との関係性についてより深く研究を進めていく。

4、寒天ゲル中のリーゼガング現象

寒天ゲルでの炭酸カルシウムの結晶の作成を行った。食用寒天水溶液に塩化カルシウムをとかしゲル化し、ゲル上部に炭酸水素ナトリウム水溶液を静置した。

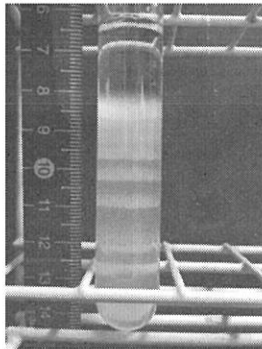


Fig. 4) 見られたリーゼガング現象

その結果、微小な炭酸カルシウムの粒が

生成され、リーゼガング現象が見られた。塩化カルシウムの濃度を変えた時は違いが見られなかったが、食用寒天の濃度を変えた時に、Fig. 4のような帯状の粒の集合体(以下、バンドとする)の生成の仕方に変化が見られた。

次に食用寒天の濃度だけを変化させて実験した。また実験用寒天でも同様に実験を行った。結果、寒天濃度が薄いほど各バンドの幅が広く、下方まで生成された。逆に濃度が濃いほど幅が狭く、上方までしか生成されなかった。また各バンドの間隔が狭かった。また、食用寒天では各バンドに乱れが出来たのに対し、実験用寒天では乱れがほとんど見られなかった。

	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%
食用寒天	1.23	1.20	1.16	1.08	
実験用寒天	1.51	1.43	1.39	1.35	1.35

Tab. 3)隣り合うバンドの位置の比の平均

	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%
食用寒天	0.23	0.10	0.15	0.10	
実験用寒天	0.67	0.45	0.39	0.41	0.31

Tab. 3)各バンドの幅の平均 (cm)

寒天の濃度によってリーゼガング現象に違いがあったのは、炭酸水素イオンのゲル中での拡散の速度や自由度が、寒天の濃度、すなわち寒天の緻密さによって制限される力に影響されるためだと考えた。

食用寒天と実験用寒天でリーゼガング現象に違いがあったのは、使用した寒天粉末に含まれる不純物の違いが原因だと考えた。すなわち、寒天粉末に含まれる不純物の違いがリーゼガング現象に影響を与えていると考えた。

5、まとめと展望

研究を通して、結晶の生成にはゲルの状態が大きく関係していることが分かった。また、ゲルの状態は条件によって大きく異なり、ゲル中の物質や緻密さなどが作用して、結晶の生成を変化させていると分かった。今後もゲルの様々な状態の変化について研究を進めていく。

6、参考文献

- i) 大森千輝, 2012年1月30日,
「ゲル法による結晶作成」
(http://www.mie-c.ed.jp/htu/ssh/2011seito_report/geru1.pdf),
三重県立津高等学校

「2018 信州総文」推薦研究
自然科学部

コレステリック液晶の色の変化

宮城県仙台第三高等学校・自然科学部化学班

1年・佐々木偲人 1年・平戸李奈 1年・佐藤理来

1 背景と目的

ヒドロキシプロピルセルロース(以下、HPC)を使ったコレステリック液晶は、先行研究^{1), 3)}により温度と濃度による色の変化に規則性がみられることや、圧力により色が変わることが判明している。しかし、色にムラがみられることが多く、正確な数値化には至っていない。そこで単色化を成功させ、それをもとに温度、濃度、圧力による色の変化の数値化を成功させることを目的とした。

2 実験方法

純水 1.00 g に対し、濃度(58.3 %-66.7 %の 7 段階)に応じた HPC を用意する。40.0 °C に温めた水の中に、ビーカーを入れ、湯煎しながら純水 1.00 g と HPC を少しずつ混ぜる。混ぜ終わったらスクリー管に保存する。螺旋ピッチを安定させるために、1 日に 2 回、3 日間スクリー管を反転する。

その後シャーレに液晶を入れ、目的の温度(0 °C-45 °C で 5 °C 間隔の 10 段階)にし、観察する。このとき室温以上は恒温水槽で加熱し、室温以下は氷水で冷却する。

圧力に関する実験では、デジタルフォースゲージを使い、液晶に一定の圧力を加え、観察する。

また、スキャナーで色を測定するために、圧力により変化した液晶の色を固定化する実験を行った。まず、シャーレに液晶を挟み、クリスタルレジンを流し込む。そして、デジタルフォースゲージを使いクリスタルレジンが固まるまで加圧し続け、その後、観察する。

3 結果と考察

完成度の高い単色化に成功したことで、温度と濃度による色の変化の正確な表を作成することができ、その表から相関をみることができた。そのとき、液晶の濃度を低く、温度を高くしていくと白濁した。これは液晶内の分子の熱運動が活発になったことで、液晶が螺旋構造を維持できなくなり、乱反射する割合が増えたからだと考えた。また液晶の濃度を高く、温度を低くしていくと透明になった。これは螺旋ピッチが凝縮し短くなり、可視光線外の長さとなったからだと考えた。

圧力による実験では、液晶に圧力を加えると一時的に螺旋ピッチが凝縮し短くなるが、時間が経過すると元の長さに戻ることが分かった。これは、構造が安定した液晶では、元に戻ろうとする力が働くためだと考えている。また、作製したばかりの構造が安定していない液晶では加圧してから螺旋ピッチが元の長さに戻るまでの時間が長かった。このことから、構造が安定した液晶の方が元に戻ろうとする力が大きいと考えられる。

圧力により変化した液晶の色を固定化する実験に成功し、圧力と濃度の関係を見ることができた。構造が安定している液晶と安定していない液晶では後者の方が色の変化が大きかった。例えば、60.0 %の液晶では、構造が安定していれば赤色から緑色に変化するが、構造が安定していなければ赤色から紫色まで変化する。このことから、構造が安定していない液晶の方が螺旋ピッチが凝縮されやすいことが分かる。

4 今後の展望

今後の研究の課題として、濃度、温度による色の変化の数値化、圧力による色の変化に関する詳しい研究、さまざまな溶質や溶媒を用いた時の液晶の色の変化の比較などを考えている。

5 参考文献

1) 進藤光太ほか 「色が変わる液晶の不思議」 2017 宮城県仙台第三高等学校

2) 菊池紗也香 「コレステリック液晶の研究」 2010

〈http://www.science-academy.jp/showcase/09/pdf/HP-026_showcase2010.pdf〉

3) 石川謙ほか 「コレステリック液晶のピッチに対する圧力の効果」 1981

〈<http://ci.nii.ac.jp/els/contents110001467008.pdf?id=ART0001777627>〉

ヨロイイソギンチャクと褐虫藻の共生関係について

宮城県仙台第三高等学校・自然科学部 生物班
1年 乙供真澄 小山西音 佐藤広樹 濱野斗真

1 背景と目的

ヨロイイソギンチャクは褐虫藻と共生していると考えられている。しかし、代謝においてどの程度ヨロイイソギンチャクが褐虫藻に依存しているか、また、物質の授受の詳細はまだ知られていない。そこで、本研究ではヨロイイソギンチャク及び褐虫藻の光合成量，呼吸量を調べ、ヨロイイソギンチャクが代謝においてどのくらい褐虫藻に依存しているかを解明することを目的とした。

2 材料と方法

(1) 材料

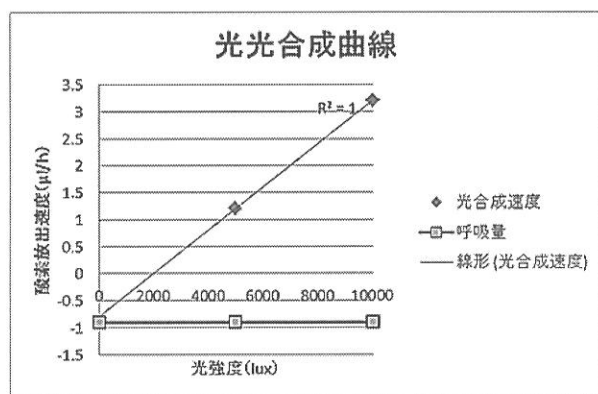
宮城県女川町の沿岸部でヨロイイソギンチャク *Anthopleura uchidai* を採取した。

(2) 方法

- ① ヨロイイソギンチャクの代謝量の測定：ヨロイイソギンチャク全体（褐虫藻を含む）の光合成量（5000lux, 10000lux），呼吸量（0～1 lux の暗条件下）を測定するためプロダクトメーターを用いて 60 分間を数回測定した。
- ② 褐虫藻の培養：ダイゴ IMK 培地と人工海水を用いて褐虫藻の培養を行った。マウスピペットを使用し、切断したヨロイイソギンチャク触手より褐虫藻を採取した。培地の濃度は 100mL の人工海水に対し、0.025g と、その 2, 3, 4, 5, 6 倍のものを用いた。培養中は常時 20℃，一定の明暗周期（明期 12 時間，暗期 12 時間）の下で培養した。
- ③ 白化イソギンチャクの作成：共生褐虫藻がないヨロイイソギンチャクの呼吸量を測定するため、暗所にイソギンチャクを入れて白化イソギンチャクを作成した。

3 結果・考察

- ① 右図のような光光合成曲線が作成出来た。これより自然光下（2000lux）では光合成によってイソギンチャク触手内で一定量の有機物の生成が行われていることが示唆された。
- ② 褐虫藻の数量のはっきりとした変化はみられなかった。しかし、培養を始めてから 17 日経過した培地で、触手内の褐虫藻よりも大きいと思われる個体を発見した。触手内では、褐虫藻の活動を抑制する何らかの要因があるのではないかと考えられた。
- ③ ヨロイイソギンチャクは最短 1 週間で白化した。白化個体の触手は見た目も白くなり、蛍光顕微鏡を用いた観察では、クロロフィルの蛍光が観察されなかった。また、白化個体を飼育していた水槽の海水を少量採り、遠心分離後観察したところ、同様に褐虫藻は観察されなかった。以上のことから、褐虫藻はクロロフィルが白化し死滅したか、白化個体によって消化された可能性が考えられた。さらに、実験を継続すると死亡した白化個体もあったことからヨロイイソギンチャクは、褐虫藻由来の有機物に多くを依存している可能性が考えられた。



4 まとめ

①～③の結果より、ヨロイイソギンチャクは褐虫藻が光合成によって合成する有機物を利用して可能性が考えられた。今後はイソギンチャク単体の呼吸量を求める実験を行いたい。

5 参考文献

坂見知子（1994）サンゴ礁生態系の維持機構の解明とその保全に関する研究 P.97,
イソギンチャクと暮らす褐虫藻，雑学 4.褐虫藻のメカニズムと種類と種類

より実用的な再固化コンクリートを作るには

宮城県仙台第三高等学校 吉原克磨 佐藤佳也 松戸秀斗

1. 研究概要

昨年度、わが校の研究によりホウ砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)と純水を用いた新たなコンクリートの再固化技術が開発された。しかし、再固化の詳しい原理は未だ判明しておらず、建築材料として実用するには強度が不十分であったこと、コストが高すぎることなど様々な問題があった。そこで、本研究では

- 1, 強度向上
- 2, 原理解明

の二点に焦点を当て研究を行った。その結果、加える水分量を以前と比べて約 10 分の 1 に減少させてもこれまでと同程度の強度となることを発見した。

2. 研究目的

現在、世界ではポルトランドセメントを用いたコンクリートが広く流通しており、コンクリート建造物(RC 建造物)は全世界の建造物の 90% を占めている。ポルトランドセメントの世界生産量は 1990 年台の 11.5 億トンから 2011 年の 36.1 億トンへと 3 倍増しとなっていて、これからも増え続けることが予想されている。しかし、その一方で東日本大震災により宮城県をはじめとする岩手県や福島県の沿岸部では平年の産業廃棄物量の 9 倍~14 倍という膨大な量の“震災がれき”が発生するなど自然災害によって RC 建造物が倒壊し平年以上の産業廃棄物が排出された事例が多数報告されている。また、日本では高度経済成長期(1954-1973)に RC 建造物が多く建設され、また RC 建造物は約 50 年の時を経て寿命を迎えていることから近い将来多くの廃コンクリートが排出されると予想される。共通した問題となっているのは廃コンクリートの処理という点である。この問題の解決方法の一つとしてとして、先行研究により CB 法(Concrete-Borax 法)という再固化コンクリート作製方法が開発された。CB 法とは、粉末化した廃コンクリートをホウ砂と純水とともに 100°C 前後の温度で熱することで再固化させる方法である。しかし、その方法により作製された再固化コンクリートは 1m ほどの高さから落下させれば割れてしまうほど強度が低い。また作製の面においても、作製者や作製日の気温・天候などの若干の差異により完成度に大きな違いが出る。これは、建材や商業品としての使用に際して大きな問題となる。

そこで私たちは再固化コンクリートの①強度向上と②原理解明の二つのテーマに分け研究を行った。

3. 研究方法

(1). 凡例

本文中では、以下の凡例を使うものとする。

コンクリート粉末	:	コ(表中のみ)
ホウ砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	:	ホ(表中のみ)
純水	:	水
生成物の名称	:	再固化コンクリート

(2). 廃コンクリートの粉砕方法

本研究において、廃コンクリートの代用品として市販品のコンクリートブロック^[fig.1]を用い、以下の手順で粉末状にして実験に用いた。

- ① コンクリートブロックを鉄製乳鉢に入る程度までに鉄製ハンマーで破碎した。
- ② 鉄製乳鉢と乳棒を用いて粒状まで破碎した^[fig.2]。
- ③ ②を岩石粉碎機^[fig.3]にかけふるいを用いて直径 1mm 以下のものをコンクリート粉末とする^[fig.4]。

また、岩石碎粉機として以下の機器を使用した。

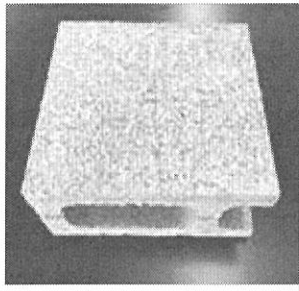
(i) 岩石粉碎機^[fig.3]

[製造]大阪ケミカル株式会社 [型番]WB-1 [使用回転数]25000rpm

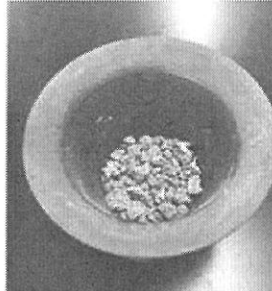
ふるいは以下のものを使用した

(ii) ふるい^[fig.5]

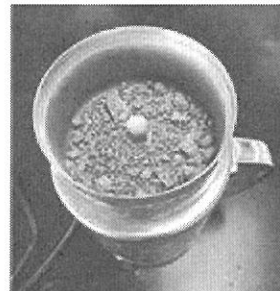
[製造]株式会社飯田製作所 [型番]JIS Z 8801 [使用目開き範囲]1000 μ m \sim 125 μ



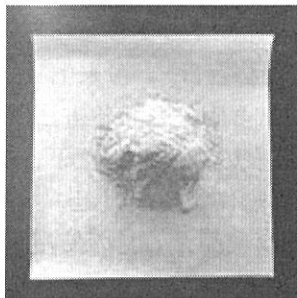
[fig.1]コンクリート
ブロック



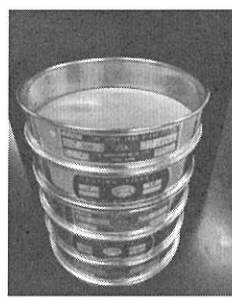
[fig.2] 鉄製乳鉢での
粉砕



[fig.3]岩石碎粉機⁽ⁱ⁾
による碎粉



[fig.4]作成したコン
クリート粉末



[fig.5]使用したふるい⁽ⁱⁱ⁾

(3). 気泡除去装置

本研究では、再固化コンクリートの気泡除去処理のために以下の器具を用いた。

(i) 簡易減圧器^[fig.6]

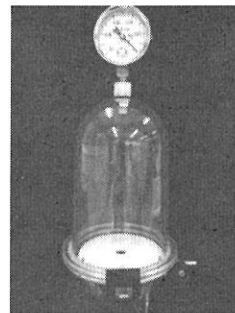
[製造]東洋計器興業 [規格]JIS B 7505-1

[使用圧力範囲]0.00 \sim -1.00 MPa

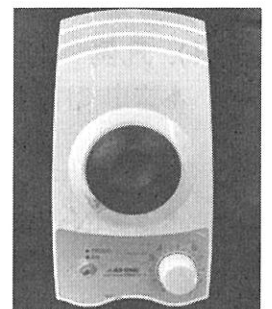
(ii) 簡易振動機^[fig.7]

[製造]アズワン [型番]TM-1F

[最大振動数] 1500rpm



[fig.6]使用した簡易
減圧器⁽ⁱ⁾



[fig.7]使用した簡易
振動機⁽ⁱⁱ⁾

(4). 強度測定装置

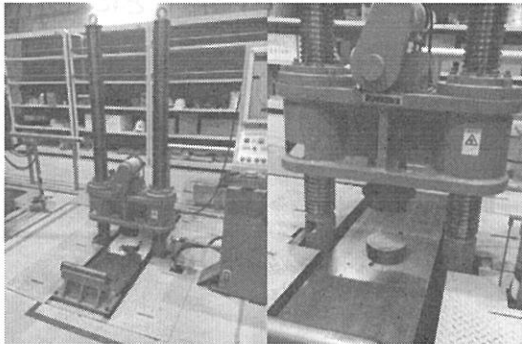
本研究では、再固化コンクリートの強度測定のために以下の器具を用いた。

(i) 強度測定機 [fig.8] [fig.9]

[提供先] 東北大学大学院工学研究科 建築材料分野 久田研究所

(ii) 簡易強度測定機 [fig.10] [fig.11]

[製造] ケニス [型番] DS2-1000N [使用圧力範囲] 1000N



[fig.8] [fig.9] 3.JIS 規格 [実験 II] での測定において使用した強度測定機 (i)

[fig.10] [fig.11] 使用した簡易強度測定機 (ii)

4 強度向上についての実験

(1). 粒径

[実験 I] 骨材に対する表面積が大きいほど強度が向上すると考えた。そこで、粒径の変化と強度の変化との関連性を検証するため、各粒径ごとの強度を測定した。

[目的] 粒径の違いによる強度の差を調べる

[準備物] ・コンクリート ・ホウ砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ・蒸発皿 ・ガスバーナー ・水
・ヒットワン ($\text{Ø}100 \times 200\text{mm}$)

[方法] ① 廃コンクリート粉末とホウ砂を電子天秤で計量し、質量比 4 : 1 で混ぜる。
② ①で生成した物質に水を一定量加える。
③ 蒸発皿に②を入れる。
④ ガスバーナーで軽く混ぜながら熱する。
⑤ 液状になったところで、紙コップに入れる。
⑥ 自然冷却させる。

[条件] ・粒径は $1000 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$, $500 \mu\text{m} \sim 250 \mu\text{m}$, $250 \mu\text{m} \sim 125 \mu\text{m}$, $125 \mu\text{m}$ 未満の 4 段階で検証する。
・型に流し込んでから一週間後、型から取出し強度測定を行う。
・強度測定は簡易強度測定機 [fig.10] [fig.11] を用いて行う。

[表 I] 実験 I に対する結果

	1 回目 (N/mm^2)	2 回目 (N/mm^2)	3 回目 (N/mm^2)	平均強度 (N/mm^2)
1000~500	1.94		3.32	2.63
500~250	4.91	4.65	1.79	3.78
250~125	6.17	4.16	10.11	6.18
125~	6.52	4.04	7.18	5.91

【凡例】 \:実験失敗

【実験Ⅰの考察】

実験より、粒径が小さいほど強度が増加する傾向にあることがわかった。これは骨材となるコンクリート粉末が細くなるほど表面積が増加し、それに比例して結合する範囲も増加したためであると考えられる。しかし、粒径が細かいほど拘水能力が高いため、乾燥にかかる時間が多く一週間では十分に乾燥できなかつたこと、乾燥する際の湿度を無視し実験を行ったことにより今回に実験においては粒径が 125nm 未満のものより 250~125nm のものの方が強度が高かつたと考えられる。

(2). JIS 規格

【実験Ⅱ】 JIS 規格に則った強度測定

〔目的〕	再固化コンクリートの水分量による強度の変化を JIS 規格に基づき調べる
〔準備物〕	・再固化コンクリート
〔方法〕	① 再固化コンクリートを作製する。 ② ①により作製したコンクリートを強度測定機[fig.8] [fig.9)を使用し、強度を測定する。
〔条件〕	・水分量の多いほうを水 150ml, 少ないほうを 75ml とする ・製作から容器取出しを 4 日とする ・容器取出しから一日に 7 時間 60℃での乾燥を 8 日間行った ・製作から強度試験までを 14 日間とする。 ・試験体は $\varnothing 100 \times 200\text{mm}$

【表Ⅱ】 実験Ⅱに対する結果

水分量(mL)	乾燥	平均強度(N/mm ²)
75	無	1.80
75	有	2.69
150	無	3.72
150	有	5.07

【凡例】 有：乾燥処理を行った 無：乾燥処理を行わず

【実験Ⅱの考察】

実験より水分量が多いほど強度が高いことが分かつた。また乾燥機を使用することで強度が低下した

1, 水分量が多いほど強度が高い理由について

型に流し込む際、水分量が少ない場合は多い場合と比べて固化するのが早い。すると気泡が空气中に逃げられずに再固化コンクリート中に残ってしまうためだと考えた。それにより再固化コンクリート内に空隙ができ強度の低下につながつたと考えられる。

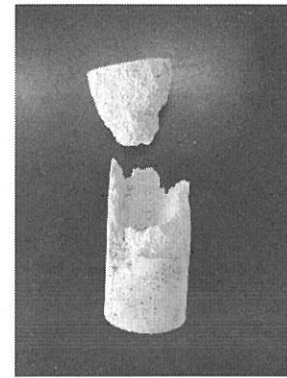
2, 乾燥機を使用することで強度が低下し理由について

この原因は、乾燥時の温度変化による再固化コンクリートの熱膨張、または、ネットワーク形成に必要な水分が固化の途中で抜けてしまったことによりネットワーク形成が未発達のまま固化が停止してしまったためであると考えた。

以上より、考察を検証するために下記の実験を行った。



[fig.12]強度測定に使用したコンクリート柱



[fig.13]強度測定により破損したコンクリート柱

[実験Ⅲ] 実験Ⅱより、空隙と強度の関連性を検証するための実験。

〔目的〕	空隙による強度の減少について調べる。
〔準備物〕	・コンクリート ・ホウ砂 ・蒸発皿 ・ガスバーナー ・水 ・紙コップ ・簡易減圧器 ^[fig.7]
〔方法〕	① 廃コンクリート粉末とホウ砂を電子天秤で計量し、質量比 4 : 1 で混ぜる。 ② ①で生成した物質に水を一定量加える。 ③ 蒸発皿に②を入れる。 ④ ガスバーナーで軽く混ぜながら熱する。 ⑤ 液状になったところで、紙コップに入れる。 ⑥ 減圧器に入れ、気泡の除去を行う。 ⑦ 自然冷却させる。
〔条件〕	・製作から容器取出しを 1 週間とする。 ・試験体は減圧処理後そのまま自然冷却したもの、減圧処理後軽く振動を加えたもの、それぞれ 2 体ずつ用いる。 ・試験体ごとの強度の測定は簡易強度測定機 ^[fig.10] ^[fig.11] により行う。

[表Ⅲ] 実験Ⅲに対する結果

	1 回目 (N/mm ²)	2 回目 (N/mm ²)	3 回目 (N/mm ²)	平均強度 (N/mm ²)
減圧処理なし	3.95	2.50	4.88	3.78
減圧処理あり	2.62	3.39	1.95	2.66
減圧処理+振動あり	3.31	2.38	4.13	3.27

[実験Ⅲの考察]

実験より、減圧処理を行ったものに比べ減圧処理を行わなかったものの方が強度が高いことが分かった。また減圧処理のみ行ったものより、減圧処理に加え振動を加えたものの方が強度が高いことが分かった。

1, 減圧処理を行ったものに比べ減圧処理を行わなかったものの方が強度が高い理由について減圧処理を行った時点での再固化コンクリートの粘性が高く、気泡が再固化コンクリート内部から抜け出せなかった。また、減圧により水の沸点が低下したことで加熱直後のため高温である再固化コンクリート表面の水が気化し気泡が発生した。これらの理由から強度が

減少したと考えられる。

2, 減圧処理のみ行ったものより, 減圧処理に加え振動を加えたものの方が強度が高い理由について

コンクリートを含む一部の液体は振動などの力が加わると粘性が低下する。このことから, 振動を加えたことにより粘性が低下し気泡が逃げやすくなったことでコンクリート内部の空隙が減少し, 強度が向上したと考えられる。

[実験Ⅳ] 実験Ⅱより, 空隙と強度の関連性を検証するための実験。

〔目的〕	空隙による強度の減少について調べる。
〔準備物〕	・コンクリート ・ホウ砂 ・蒸発皿 ・ガスバーナー ・水 ・紙コップ ・簡易振動機 ^[fig.7]
〔方法〕	① 廃コンクリート粉末とホウ砂を電子天秤で計量し, 質量比 4 : 1 で混ぜる。 ② ①で生成した物質に水を一定量加える。 ③ 蒸発皿に②を入れる。 ④ ガスバーナーで軽く混ぜながら熱する。 ⑤ 液状になったところで, 紙コップに入れる。 ⑥ 振動機による処理をし, 気泡の除去を行う。 ⑦ 自然冷却させる。
〔条件〕	・製作から容器取出しを 1 週間とする。 ・試験体ごとの強度の測定は簡易強度測定機 ^[fig.10] ^[fig.11] により行う。

[表Ⅳ] 実験Ⅳに対する結果

	1 回目 (N/mm ²)	2 回目 (N/mm ²)	3 回目 (N/mm ²)	平均強度 (N/mm ²)
0rpm	1.89	1.67	1.78	1.78
750rpm	2.63	2.29	2.60	2.51
1500rpm	1.81	1.74	2.04	1.87

[実験Ⅳの考察]

750rpm のときが最も強度の向上に適していることが分かった。しかし, 期待していた以上の効果は得られなかった。

1, 750rpm が最も強度が向上した理由について

コンクリートを含む一部の液体は振動などによる力が加わると粘性が下がる。0rpm のときは粘性が高いため気泡が外部に逃げ出せなかったため強度が低く。750rpm のときは再固化コンクリート内部の揺れの振動数に近く内部で干渉しあい波を強め合い, 十分に粘性を下げる事ができた。そのため, 再固化コンクリート内部の気泡が再固化コンクリート外部に逃げ出すことができたため乾燥後に内部の空隙が少なく強度が高かった, と考えられる。逆に, 1500rpm のときは再固化コンクリート内部の揺れの振動数と大きく異なったので内部で干渉しあい波を打ち消しあってしまう, 粘性を十分に下げることができなかった。そのため, 再固化コンクリート内部に気泡が留まってしまったため乾燥後に空隙が多かったため強度が低かったのでは, と考えられる。

2, 期待以上の効果が表れなかった理由について

空気が抜けきる前に再固化コンクリートの粘性が上昇してしまい, 気泡が抜けきれなかつ

たためであると考えられる。この対策として再固化コンクリートに加える水分量を増やすことも考えられるが、これは少ない水分量で十分な強度を出すという趣旨に反している。そのため、実際のコンクリート生成にも使用されている緩衝材を加えることで水分量を変えずに粘性の向上を緩やかにできるのではないかと考えた。

(3).水分量

【実験Ⅴ】 これまでの実験から、CB法と比べ水分量を減少した際にもコンクリートの固化がおこることが分かった。そこで加える水分を変え、固化の限界値を求めた。

[目的]	再固化に必要な水の割合を計測する。
[準備物]	・コンクリート ・ホウ砂 ・蒸発皿 ・ガスバーナー ・水 ・紙コップ
[方法]	① 廃コンクリート粉末とホウ砂を電子天秤で計量し、質量比4:1で混ぜる。 ② ①で生成した物質に水を一定量加える。 ③ 蒸発皿に②を入れる。 ④ ガスバーナーで軽く混ぜながら熱する。 ⑤ 液状になったところで、紙コップに入れる。 ⑥ 自然冷却させる。
[条件]	・加える水の量を5mlずつ減らしていく。 ・②を火にかけてから取り上げるまでを加熱時間とし、水分量ごとの加熱時間を計測する。 ・加熱終了は水分量が一定まで低下し、粘性の増加が観測された時点とする。 ・取り出した再固化コンクリートは48時間後に取り出し乾燥させる。 ・試験体ごとの強度の測定は簡易強度測定機[fig.10] [fig.11]により行う。 *水分量0mlでの測定は加熱に伴う膨張により蒸発皿が破損するため測定不能とする。

【表Ⅴ】 実験Ⅴに対する結果

[凡例]
○:固化成功
×:固化失敗

水(g)	質量比 (コ+ホ : 水)	加熱時間 (分)	固化	強度 (N/mm ²)
30	100g:30g	5:10	○	5.73
25	100g:25g	3:10	○	4.57
20	100g:20g	3:10	○	5.24
15	100g:15g	2:00	○	5.84
10	100g:10g	1:40	○	4.44
5	100g:5g		×	

【実験Ⅴの考察】

実験より、加える水分量が10分の1以上のとき固化が確認されたことから、加えられる水分量が使用するコンクリートに対し10分の1以上の場合ならば同程度の強度で固化が起こることが分かった。また、加える水分量が減少するほど、必要な加熱時間も減少することが分かった。

1, コンクリートとホウ砂に加える水分量が10分の1以上のとき固化した理由について

ホウ砂の加水分解には、一定以上の水分が必要である。このことから、加える水分量が10分

の1以上の時はホウ砂が加水分解を十分に行うことができたため、ほぼ一定の強度で固化することができたと考えられる。

2, 加える水分量が減少するほど加熱時間が減少する理由について

加熱時間はコンクリートとホウ砂を火にかけてから、沸騰し水分が一定以下になるまでとしている。そのため水分が少ないほど加熱終了までに必要な熱量が少なくて済むので加熱時間が減少したのではないかと考えられる。

5. 原明理解

(1). 固化要因解明

[実験VI] 再固化の原因を検証する

[目的]	コンクリートとホウ砂の結合の要因を調べる。
[準備物]	・ガラス粉末 ・ホウ砂 ・蒸発皿 ・ガスバーナー ・水 ・紙コップ ・塩化カルシウム(CaCl ₂) ・水酸化カルシウム(Ca(OH) ₂) ・酸化鉄(III)(Fe ₂ O ₃) ・塩酸(HCl) ・水酸化ナトリウム(NaOH) ・酸化アルミニウム(III)(Al ₂ O ₃)
[方法]	① ガラス粉末にコンクリートの成分である各種材料を加える。 ② 再固化ガラスを作製する。 ③ 状態を観察し、強度測定を行う。
[条件]	・用いるのはガラス粉末：ホウ砂＝80g：20g とする。 ・強度測定は容器取り出しから約1週間後に行う。 ・試験体ごとの強度の測定は簡易強度測定機[fig.10] [fig.11]により行う。

[表VI] 実験VIに対する結果

	1回目(N/mm ²)	2回目(N/mm ²)	3回目(N/mm ²)	平均強度(N/mm ²)
CaO	0.17	0.61	0.37	0.38
Ca(OH) ₂	0.30	0.49	0.37	0.39
NaOH	2.22	0.41	0.41	1.01
H ₂ Oのみ	2.55	0.42	0.61	1.19
Al ₂ O ₃	2.20	1.69	1.67	1.85
Fe ₂ O ₃	1.88	1.88	1.92	1.89
HCl	1.45	3.12	1.53	2.03
CaCO ₃	5.04	3.56	4.40	4.33

[実験VI]に対する考察

実験より、酸化鉄(III)(Fe₂O₃)、塩酸(HCl)、酸化アルミニウム(III)、炭酸カルシウム(CaCO₃)において強度向上が見られ、特に炭酸カルシウムは約3.6倍もの強度向上が見られた。このことから、BC法による固化には廃コンクリートに含まれる炭酸イオンが関わっていると考えられる。

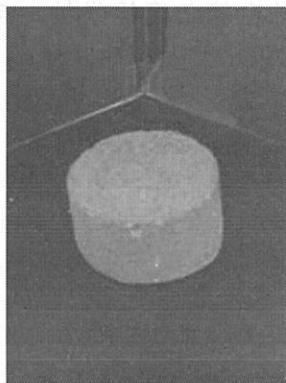
炭酸イオンが固化の要因であると考えた理由について

- 1, CaCO₃と同様にCaイオンを含むCaO, Ca(OH)₂の強度は低かったため、Caイオンと固化の関連はないと考えられる。
- 2, CaCO₃の水溶液は弱塩基性を示すが、強酸性である塩酸を加えた再固化ガラスの強度が高かったこと、CaCO₃と同様に塩基性であるCaO, Ca(OH)₂, NaOHを加えた再固化ガラスの

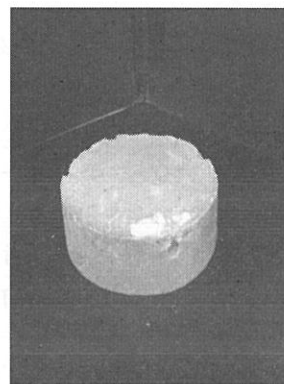
強度は低かったことから pH と固化との関連はないと考えられる。

3, CaCO_3 はソーダ石灰ガラスの生成に使用されているが, ソーダ石灰ガラスの生成には 1000°C 近くの高温が必要であること, ソーダ石灰ガラスの生成に CaCO_3 を加えるのはあくまで Na_2CO_3 の添加によりガラスが水溶性を示すのを防ぐためであるのでソーダ石灰ガラスの生成と同様の原理とは考えられない。

以上の理由から, CB 法による固化には炭酸イオンが関わっていると考えられる。



[fig.14] Fe_2O_3 +ガラスを用いた再固化ガラス



[fig.15] CaCO_3 +ガラスを用いた再固化ガラス

6.まとめ

本研究を通して, 加熱時間を容易に操作する方法が判明した。また, 加える水分量や乾燥の有無, 使用する廃コンクリート粉末の粒径による強度の変化との関連性について明確にすることができた。そして, コンクリートの再固化の要因となる物質の解明について見通しが立った。

7.今後の展望

- ・ コンクリート粉末と加える水分量の割合の関連性について, 加える水分量が 0ml のときの固化の有無について加熱容器を変えて再検証する。
- ・ 3(2)JIS 規格【実験Ⅳ】より緩衝材を加えたうえで振動を加えた際の強度の変化を調べる。
- ・ 実験Ⅵの考察を検証するため, 炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)や炭酸カリウム(K_2CO_3)などの炭酸塩を添加した際の強度を調べる。

8.参考文献

- [1] 井上晋, 2008/12/19, 『コンクリートなんでも小事典-固まるしくみから, 強さの秘密まで』, 講談社.
- [2] ニューガラスフォーラム, 2013/6/25 『おもしろサイエンス ガラスの科学』 日刊工業新聞
- [3] 岩間公希, 『コンクリート再固化技術の開発』

9.謝辞

本研究を進めるにあたり, 強度測定機[fig.8] [fig.9]をお貸しくださった東北大学工学部・材料科学総合学科久田研究室様, 本校科学部顧問の清原和先生, 菅原佑介先生, 伊藤浩美先生, 佐藤貴哉先生に感謝致します。

ヨーグルト電池の研究

宮城県仙台第三高等学校・自然科学部化学班
1年・岩渕陽 1年・加藤魁晟 1年・笠原康太郎

1. 目的

先行研究¹⁾により、ヨーグルトから電流を取り出せることが判明している。しかし、取り出した電流は $10\ \mu\text{A}$ ～ $20\ \mu\text{A}$ と微量のため、我々は安定したより多くの電流を取り出し、生活に実用することはできないかと考えた。そこで、電子オルゴールを鳴らすことができる $120\ \mu\text{A}$ ～ $300\ \mu\text{A}$ の電流を取り出すことを目的として実験を行った。

2. 実験内容

先行研究¹⁾と同様に、乳酸菌飲料の容器にセロファンを巻き、その中に市販のヨーグルト(LB81 プレーンまたは BifiX ヨーグルト)を 70g 入れた。次に、ビーカーに石灰水を 300mL 入れ、その中にヨーグルトが入った容器を沈めた。電極はビーカー側、容器側ともに炭素棒を使用し、導線をテスターにつないで測定を開始した。1時間電流を測定し続け、5分毎に値を記録した。

3. 結果と考察

どちらの実験も導線をつないだ直後は $30\ \mu\text{A}$ 前後の電流が取り出せたものの、5分後には $10\ \mu\text{A}$ 前後まで電流の値が低下し、その後はほぼ一定の値で推移した。中でも、BifiX ヨーグルトを用いたときが最も多くの電流を取り出せた(図1)。徐々に電流の値が低下するのは、乳酸菌の活動が活発ではなくなったためだと考えられる。

また、BifiX ヨーグルトで多くの電流を取り出せた理由は、先行研究²⁾に、「乳酸菌が糖を乳酸にする過程で電子が取り出される」とあったため、BifiX ヨーグルトには砂糖が多く含まれているからだと考えられる。

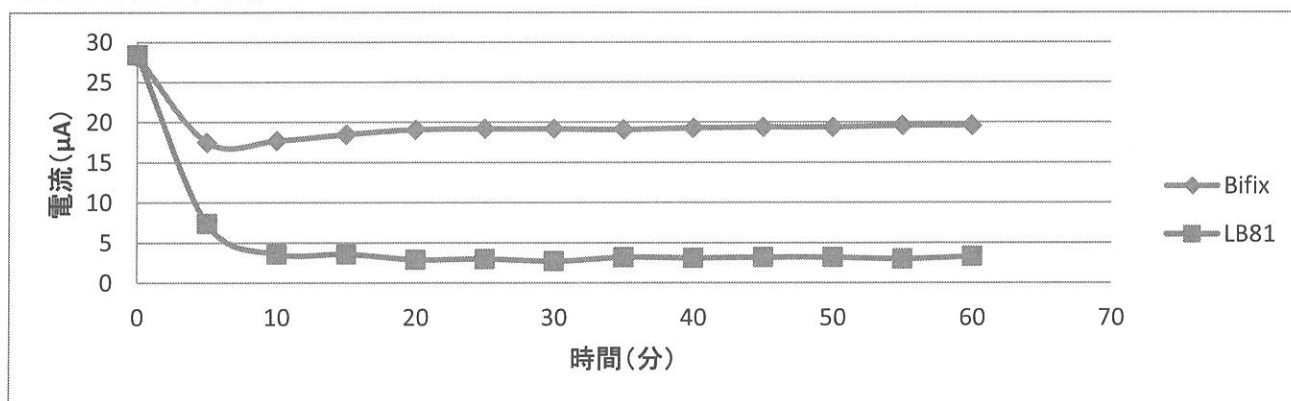


図1 ヨーグルトの種類別に見た取り出せた電流の値の推移

4. まとめ

先行研究よりも多く、安定した量の電流を取り出すことができた。しかし、目的である電子オルゴールを鳴らすことはまだできていないため、これからはヨーグルトに糖を加えるなどして、より多くの電流を取り出し、生活に実用したい。

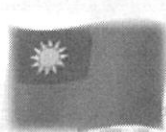
5. 参考文献

- 1) 「ヨーグルト電池による発電の機構」屋代高等学校
http://sec-db.cf.ocha.ac.jp/pdf/55_seikagaku_HC12.pdf 2011年
- 2) “乳酸菌”って、どんな菌？-分かりやすい基礎講座-(その2) 森地敏樹
http://www.nyusankin.or.jp/scientific/moriji_4.htm 2007年

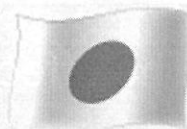
SS台湾研修

SS白神フィールドワーク

GS理数言語活動 東北大学工学部研修



SS台湾研修とは



◎目的

- ① 台北市の姉妹校である国立台湾師範大学附属中学及び台湾師範大学、国立台湾科学教育館に赴いて、日本とは異なる生活文化や風土を土壌で育まれた研究に直に現地で触れることで、サイエンスリーダーとなる資質を養うこと。
- ② 積極的な交流やプレゼンテーションを通して、基本的な知識や技能に基づいたレポートの作成・論述ならびにプレゼンテーション能力の育成や、理系専門用語の知識や語彙の習得を行い、言語運用能力を向上させること。

◎平成29年度の日程

- ・1日目：10/11（水）
移動日 仙台空港～台湾桃園空港
- ・2日目：10/12（木）
AM：国立台湾師範大学附属中学にて、英語で口頭発表&ポスター発表
PM：同校にて、英語による数学・英語・生物の授業での交流会



到着時は台北の夜景がお出迎え



これがウワサのバイク渋滞！



まさかの横断幕でお出迎え♪



台湾初披露！竜神の歌



All Englishで頑張りました！



ポスター発表だってやり切った



パティと一緒に数学の授業



英語の授業のスピードに驚き



食文化もバッチリ体験



師範大学の先生と



大学の研究室で物理実験

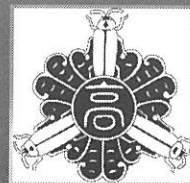


搭乗間近…お土産Get！

- ・3日目：10/13（金）
AM：国立台湾科学教育館にて、姉妹校生徒とコミュニケーション&見学
PM：国立台湾師範大学にて、姉妹校生徒と共に講演会&実験教室
- ・4日目：10/14（土）
移動日 台湾桃園空港～仙台空港

The Effect of Nitric Acid pH to The Power Generation of Dye-Sensitized Solar Cell

Hidemi ARIMOTO, Keita KUBO, Kosei NAKAJIMA, Kazuto SATO



Purpose

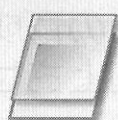
We investigated the effect of nitric acid solution (HNO_3) to the electric-generating efficiency by making the Dye-Sensitized Solar Cells changing pH of nitric acid solution.

Conclusion

The power generation of the dye-sensitized solar cell made with nitric acid solution pH 3.0 had the highest efficiency for short time duty.

Introduction

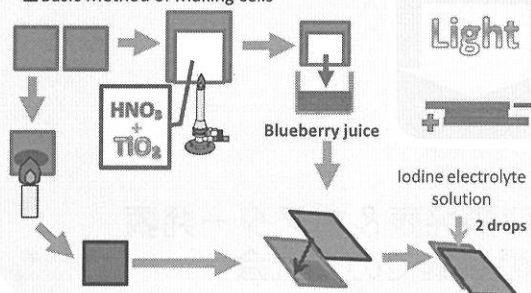
Dye-Sensitized Solar Cell



- Easy to make
- Cheaper than other types of solar cells

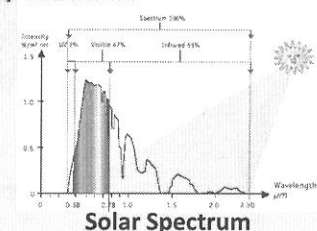
Our research is based on "Kenis Nano-Crystal Dye-Sensitized Solar Cell Kit."

Basic Method of Making cells

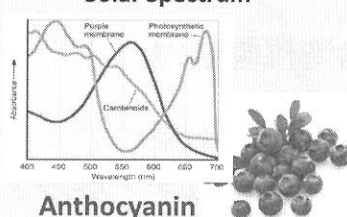


Effect of Anthocyanin

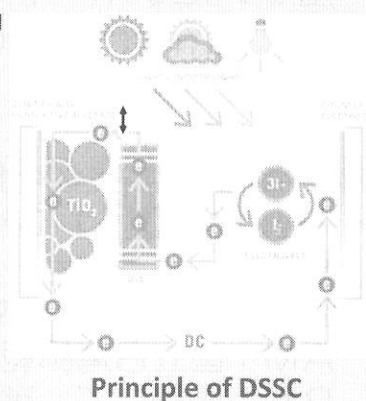
[1] SOLAR SPECTRUM



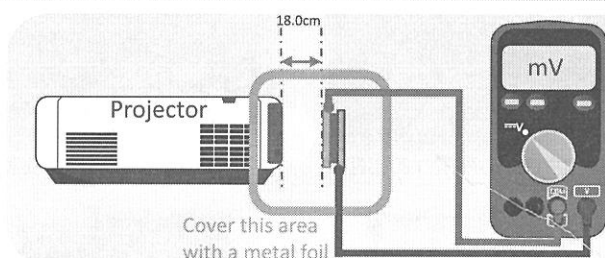
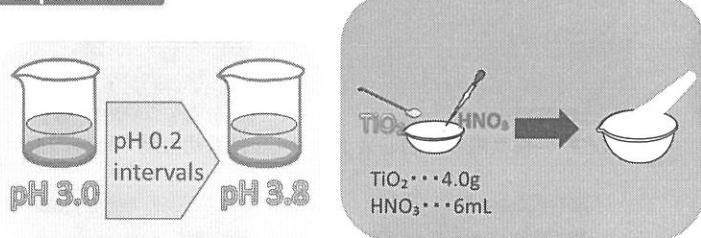
[2]



[3]



Experiment

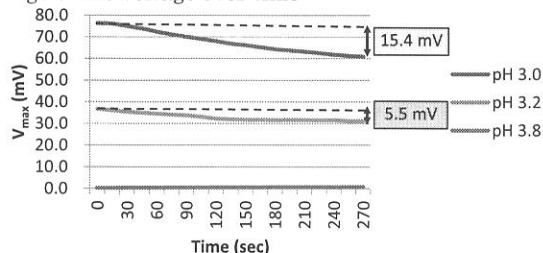


Result

The effect of pH value of nitric acid solution

pH	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
V_{\max} (mV)	76.3	36.7	21.2	15.9	0.700
	HIGH				LOW

The change of the voltage over time



Discussion

- The maximum voltage increased at the lower nitric acid pH.
 - The larger the maximum voltage is, the faster the voltage decline over time.
- The high concentration of hydronium ion increases the efficiency but decreases the stability of the dye-sensitized solar cell.

Future Works

- Reduce the pH interval to get more accurate data.
- Extend the range of the pH to find the best pH for the experiment.
- Extend the measurement time to obtain the minimum voltage of each sample.

Reference

- Kenis Nano-Crystal Dye-Sensitized Solar Cell Materials Kit (manual)
- [1] https://www.reddit.com/r/explainlikeimfive/comments/6cz6x7/eli5_the_difference_between_light_from_the_sun/
 - [2] <http://sidthomas.net/wp/index.php/chlorophylls/>
 - [3] <http://gcell.com/dye-sensitized-solar-cells>

Acknowledgements

We take this opportunity to express our greatest regards to Mr. Kiyohara and the members of the Sendai Daisan H.S. Natural-Science club for their co-operation in this project.
Our thanks are also to Mr. Yospanya for his advices to our research and presentation in English.

A simple alloy plating method for corrosion prevention of copper plates

Sendai-Third high school Natsumi Ito, Hibiki Takahira, Seika Sakurai

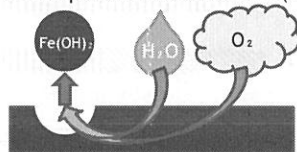
◆ Background

• What is corrosion?



Metal corrosion is caused by the loss of surface level electrons of metal by a redox reaction. The ionized metal then falls off the metal surface.

For example: $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2$

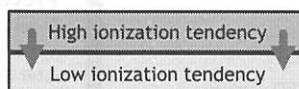


• Why do we need alloy plating?

The purpose of plating are

1. Decoration
 2. Functionality
 3. Corrosion resistance
- etc...

• What is the principle of plating?



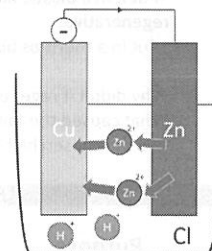
Ionization tendency
Al>Zn>Fe>Ni>Sn>Pb>Cu>Ag>Au

Corrosion tendency
Easy ← Difficult

• In our research

Corrosion could be prevented by alloying the surface of the metal plate. A surface that is alloyed will not corrode easily.

We conducted an experiment which similar to that of a chemical battery mechanism that performs electrolysis utilizing the ionization tendency.



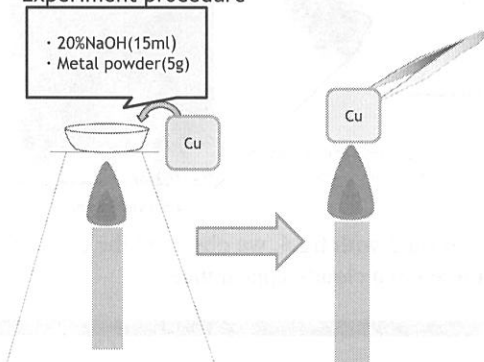
Purpose: To create simple an alloy plating method for corrosion prevention of copper plates.

◆ Experiment 1

Ionization tendency: Zn>Ni>Sn>Cu
Plating metal on copper plate make alloy
Choose three metal combinations

- I. Cu + Zn
- II. Cu + Ni
- III. Cu + Sn

-Experiment procedure-



◆ Result

I. Cu + Zn
P: Immersing time in solution
Q: Heating time

The P value increases
→ Immersing time in solution

The Q value increases
→ Heating time

The plating was successful
at a longer immersion time
and shorter heating time.

II. Cu + Ni, III. Cu + Sn

Result: Both combination turn black after heating
→ Question: Why does the plate turn black?

From these results, we believe that nickel and tin have too the small difference in ionization tendencies compared to copper, so the plating film becomes unsuccessful.

P \ Q	10	20	30	40	50	60
10						
20						
30						
40						
50						
60						

The table on the right is the reduction potential of metal.

If we make combinations of ionization tendencies with metals further away from copper, the plating might become successful. That's why in the next experiment we try to do experiment on Cu + Mn combination.

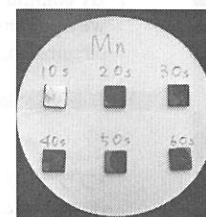
Reduction half reaction	Standard reduction potential (V)
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0.34
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0.76
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{g})$	-0.14
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0.25
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{s})$	-1.18

◆ Experiment 2

IV. Cu + Mn
Experiment was conducted by varying the heat at fixed immersion time for 50 seconds.

◆ Result 2

Successfully alloy plated with shorter time comparing to Cu + Zn combination.



◆ Conclusion/Future plans

- Investigate the reason why other combinations did not work and retry with other experiment methods.
- Investigate the properties of the material in experiment 1 and check its ability to prevent corrosion.
- Investigate Cu + Mn combination with longer immersing time.

References: 黄銅をつくってみよう
<<http://www.eonet.ne.jp/~nakacchi/Brass.htm>>

Mechanism of death of Planarian

Sendai Daisan High School

Miharu Ashitate

Back Ground

Planarian has high regenerative ability.
Polycelis auriculata collected in from Jyuniko Lake...

- Put it in a plastic bottle, it died without regenerative.
- Put in a thermos bottle, we can bring it to school.

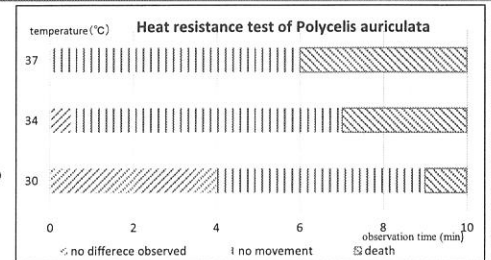
Why didn't it regeneration?
What caused the failure to regenerative?
→ Is the caused high temperature?

Preceding studies

we conducted a warming experiment with warm water using *Polycelis auriculata*.

From result, it was relationship between the death of the *Polycelis auriculata* and high temperature.

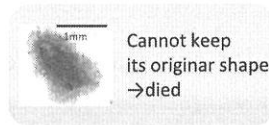
Death within a short time of 10 minutes → Is it due to digestive enzymes?
...The cause was not a digestive enzyme, as it died even in experiments with digestive enzyme inhibitors.



Purpose

Planarian=high regenerative ability
⇕
Don't recover from the damage by high temperature

Research whether not only *Polycelis auriculata*, but also planarians with different habitats will die in the same way and what is the cause of death?



Method

- Four planarian were heated at 40°C for 1min, 3 min, 5min, and 7min respectively.
- After heating for a specified period of time, we placed them in a petri dish having water (12°C) and observe by microscope.
- After 7minutes, we checked the movement of planarian by observing their movement with the use of dissecting needle.

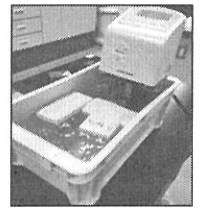
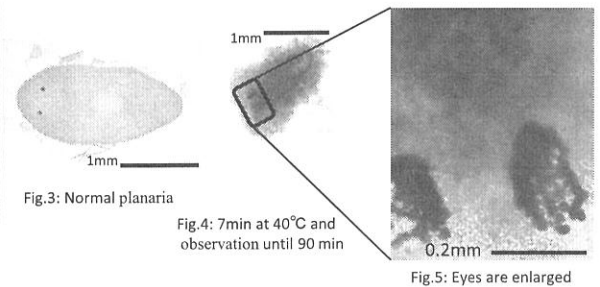
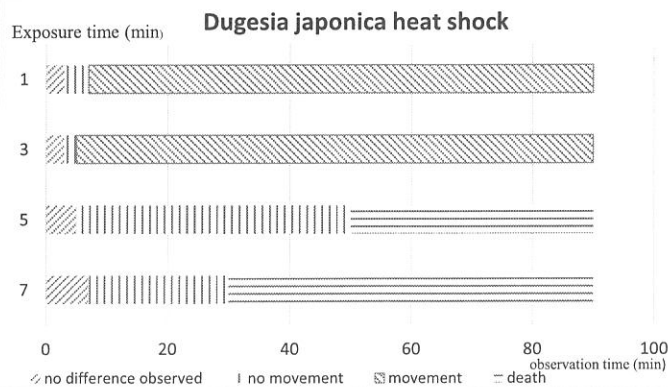
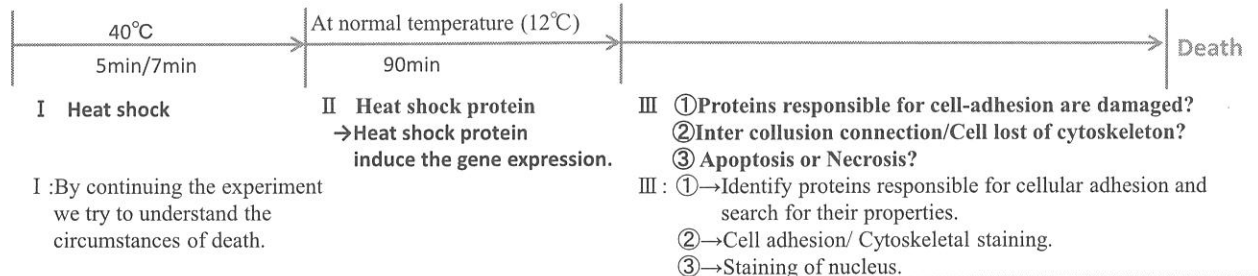


Fig.2: Heating chamber



By comparing fig.3 with fig.4, we observed the cells of eye are scattered in a cloudy appearance.

Hypothesis



Reference

- プラナリアから見る死の仕組み平成28年度 仙台三高.
- 阿形 清和: 切っても切ってもプラナリアpp44, 岩波書店,(2009).
- 原島 広至: プラナリアの再生・走性・消化の実験, 生物の科学 遺伝・別冊 実験単, pp174, エヌ・ティー・エス,(2015).

SS白神フィールドワークとは…?

白神十二湖地域…

白神山地は、青森県南西部から秋田県北西部にまたがる130,000haに及ぶ広大な山地帯の総称です。このうち原生的なブナ林で占められている区域16,971haが1993年12月に世界遺産として登録されました。青森県側の面積は、その約4分の3を占め、12,627haとなっています。仙台三高では、SSHに認定されたH22年から青森県の深浦町に行き、白神山地の成り立ちや自然環境の調査を行っています。今年度は8月7日～9日の日程で開催しました。



実習・講義内容



ブナ林の毎木調査

・私たちが見る植生は、遷移の途中段階に過ぎません。植生は植物の時間の中で常に変化しており、私たちヒトの時間感覚とは大きく異なります。実習を通して、身動きが取れない植物たちの光争いの熾烈な競争を垣間見ることができます。



発光生物の観察

・生物発光は、エネルギーを光に変換する効率が極めて高く、照明などのような人工の光と異なり、熱をほとんど発しません。いくつかの生物で発光現象は見られますが、発光のメカニズムは個々の生物により異なっていることを学ぶことができます。



地すべりと追良瀬川の土石流

・1793年に起こった寛政西津軽地震による地滑りは、その後土石流を誘発したと古文書に記されています。土石流はなぜ起こったのか？土石流はいつ起こったのか？現在の地形から当時の災害の規模や時期の予測を実習を通して学ぶことができます。



磯の生物観察

・白神山地は海にも面しており、潮間帯には様々な生物が分布しています。実際に生物を採取し、形態的特徴から生物の同定を行います。生物の分布や森が育む豊かな海の生態系を垣間見ることができます。



十二湖地域の地形

・白神山地十二湖地域の森の中に点在している30以上の湖がどのようにして形成されたのかを、大崩と呼ばれる地滑りの痕跡から考察します。非常に長い時間の流れの中で雄大な自然が作り上げられていったことを学ぶことができます。

今年度の様子



十二湖周辺の毎木調査

～木々はたたかう、森はうごめく～

宮城県仙台第三高等学校 伊藤亜珠希 八尋結愛 菅野綾花 大谷瑞貴 瀧美伊織

背景・目的

仙台三高→11年にわたり十二湖周辺の
毎木調査を行っている

昨年の調査→倒木が多くみられ
ギャップが多く存在



図1 昨年の倒木の写真

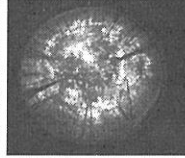


図2 昨年のD2の全天写真

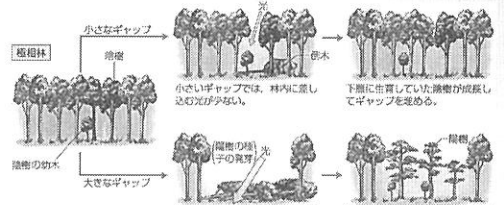


図3 ギャップ更新について

目的：調査区の森林の変化を可視化し、ギャップ更新の状況を明らかにすることで、今後の森の動きを予測すること。

方法

- 50m×50m に区切られた方形区枠の中に25個の10m×10mの小方形区枠A0～E4を設置。
- それぞれの区枠内の木の幹回りを測定。
- 10年前のデータと比較し、変化をみる。



図4 昨年の毎木調査の様子

今後の展望・感想

- ギャップが形成された林床における樹種の同定をすることで、ギャップに侵入する樹種を把握することが可能である。
- 森林の移り変わりは、1年ごとに少しずつは変わっているものの、自然の変化を探るには長い時間が必要だとわかった。そのためにも、来年以降もブナ林を見守り続けて欲しいと思った。

結果・考察

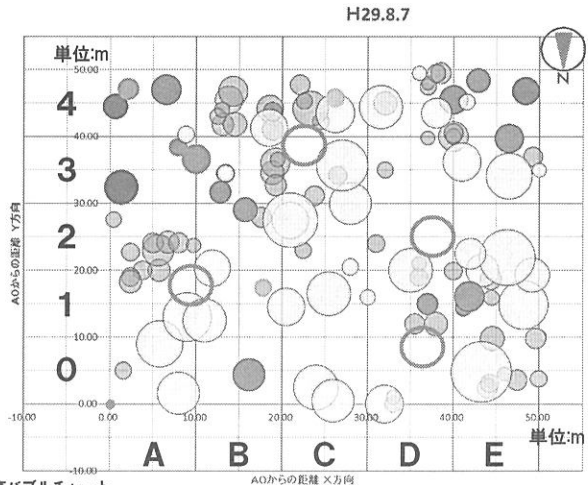
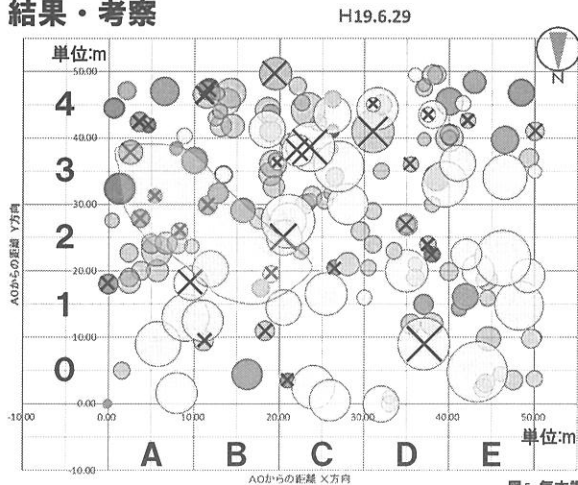


図5 毎木調査バブルチャート

- アオダモ
- イタヤカエデ
- ウミスズザクラ
- カエデ?
- カツラ
- キブシ
- コシアブラ
- サワグルミ
- サワシバ
- シナノキ
- トチノキ
- ノリウツギ
- ハウチワカエデ
- ハクウンボク
- ブナ
- ホオノキ
- ミズキ
- ヤマザクラ?
- ヤマモミジ
- 枯木

10年前との比較

大きなブナが倒れる→ギャップ(空いた空間)→周辺の大木の枝がギャップを埋める→耐陰性草本増加

今年の特徴



図6 今年の倒木



図7 今年の倒木の上部

E1区画外の
ブナが倒れた
↓
巨大なギャップの
形成

昨年までにできたギャップに自生する芽生え



図8 A1ギャップ

A1のギャップ：
丸い葉が特徴の芽生えが
多く自生していた

今後の予測

大きなギャップを中心に、光の競争が生じ、森林を形成する木が移り変わる？
ブナの本数が減少しほかの樹種の割合が増加する？

白神の発光生物

2班 松浦公平, 田中裕人, 相良文太, 大場陸斗, 長谷川風花

考察<ウミホタル>

・魚肉ソーセージも、レバーも捕獲数はほぼ変わらなかった。
⇒エサはこれまでの魚肉ソーセージのまま問題ない

ウミホタル

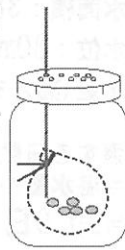
<知られていること>

体長3mm程の、夜行性の節足動物
発光物質を射出、海中の酸素と反応させて
青色の発光を行う

<調査方法>

- ①採集用具は図1のもので固定
- ②魚肉ソーセージ、レバー、レバー(腐)をそれぞれ採集用具に入れる
- ③3つの採集用具を海に投げ入れ、4時間後に回収する
- ④それぞれの容器で採集できたか確認する

図1



採集地→



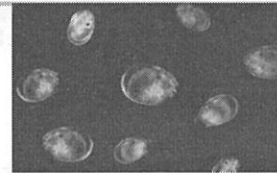
考察<ホタル>

・白神のハイケボタルの体長は全国平均に比べ小さい。
・調査地の池は最大深度20.3mだったが、そこに流れ込む川に生息すると思われる。底質は泥と適する。
⇒ほぼハイケボタルに適した環境といえる。

ウミホタル調査の目的・概要

・従来の白神研修では固定化されていたウミホタルの採集方法を再検討し、今後の採集活動の効率化を図る。

ウミホタル <調査結果>



(CanonHPより)

魚肉ソーセージ	○
レバー	○
レバー(腐)	—(腐らせすぎてできず)

ホタル調査の目的・概要

・白神におけるホタルの傾向を理解し、今後の管理・保全に役立てる。

ホタル

<知られていること>
全国的に分布 地域差大
求愛の際に発光する

<調査方法>

[個体調査]

- ①白神山地で主に観察される種である、ハイケボタル*Luciola lateralis*について調査を行う。
- ②捕虫網を用い捕獲、各項目に関するデータを取る。
※採集方法は任意採集調査とする。

[環境調査]

- ①ホタルの生息する付近の環境を調べる。
- ②得られた結果と事前に調べた資料情報(参考文献より)からどの程度適当かを考察。



ホタル

<調査結果>
捕獲数：8匹



項目	資料情報	結果
体長	12~16mm	8~10mm
水深	10~40cm (水田、小川ほど)	20.3m
底質	泥質、砂礫、礫	泥

感想

白神で見たホタルとウミホタルはどちらもとてもきれいだった。

しかし、全員が初の白神だったので、事前レポートと、現地での研修でかなりギャップができてしまった。しかし、今回多くの明確な反省点が見つかったので、次回の研修で改善し、よりよいデータを取ろうと思う。

参考文献

- ・大場信義,2012.「こころも育つ <図解> ホタルの飼いや観察」: 88-101.ハート出版,東京
- ・東京ゲンジボタル研究所,2001-17.「ホタル百科事典」<http://www.tokyo-hotaru.com/jiten/conditions.html>
(参照2017-7-13)

地すべりと追良瀬川の土石流

3班 横山汐音, 平戸李奈, 野崎真悟, 稲妻大佑, 濱野斗真

追良瀬川について知られていること

規模：全長33.7km 白神山地の中心を流れ日本海に注ぐ
源流：青森県と秋田県の県境の稜線付近
崖や深い峡谷、V字谷を流れるが標高差はあまりない
最近では2005年8月29日に土石流が発生した記録がある

土石流とは

「山腹が崩壊して生じた土石流又は溪流の土石等が水と一体となって流下する自然現象」(日本の法令による)

「御国日記」とは

寛文元年(1661)から元治元年(1864)まで弘前藩の行政と司法に関する事柄、弘前の毎日の天気記録された国日記。

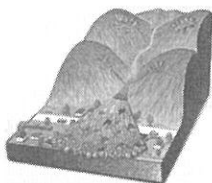


図1 土石流イメージ
(土砂災害防止広報センターより)

研究の目的

- ・過去の記述と計測結果から地すべりの起きた地点を特定する
- ・実習地点の災害リスクがどのようなものか推察する

研究方法

1. 流域面積・総流量調査

〈方法〉

1. 候補地点での流速、川底の断面の形、川幅を測定する。
(流速調査は川の深さを変え2回行うものとする。)
2. 1で得たデータから川の断面積と流速の平均を求め、一日あたりのその地点の流量を求め。
3. 地形図を用いて、水がたまったと思われる範囲を推定し、閉塞箇所背後にたまった水量を求める。(点格子法を用いる)
4. 2と3から計算上の決壊する日数を求める。

2. 過去のデータから推測する。

「御国日記」によると天然ダムが決壊したのは地滑りの2週間後とわかっている。



崖面の埋木

計測結果

湛水面積・湛水量調査

湛水面積：387500m²

湛水位：30m

湛水量(高さ30mの錐体とみて算出)：3875000m³

決壊する日数

$$= \text{湛水量} / (\text{流量} \times 24 \times 60 \times 60)$$

$$\approx 20.0 \text{日}$$

※流速はペットボトルを用い、表面流速と少し沈んだところの流速を測って平均を出したもの

実際の断面図

まとめ・考察

1973年寛政西津軽地震発生後の資料により天然ダムの結成～決壊までの期間

$$= 14 \text{日}$$

今回のダム決壊までの日数

$$= \text{約} 20 \text{日}$$

文献で伝えられている日数や同様の場所で調査を行った昨年の算出結果との間に差が生じたが、これは調査を行った時期の降雨量が例年より少なかったことによる誤差と考えられる。

よって、寛政西津軽地震による地すべりと河道閉塞/決壊箇所はこの調査地の可能性が高く、少雨の影響を受けた今年データでも1か月足らずというスピードで天然ダム決壊が起こるといふ算出結果から、この調査地の災害リスクはとてつもないことが分かった。

参考文献

Wikipedia 「追良瀬川」
「弘前藩庁日記」

磯の生物の観察

4班 田中 裕美夏, 小澤 知夏, 渡邊 菜々子, 吉郷 向陽, 山信田 悠莉

はじめに・背景

・磯とは？

海や湖の岸で水面付近に岩石が露出していて、堆積物がほとんど見られない波打ち際の場所のこと。

・潮間帯とは？

海岸で最大高潮線(満潮時に水が到達する線)と最大低潮線(干潮時に陸が露出する線)の間にあり、潮の干満により露出と水没を繰り返す場所のこと。

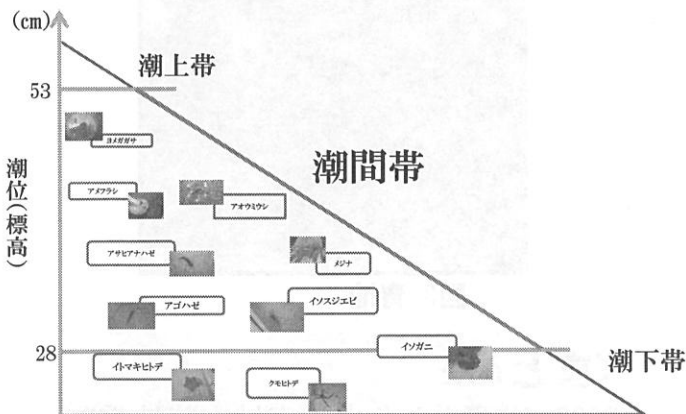
目的

- ①磯の生物を観察し5門10目を探す
- ②磯に生息する生物の特徴を調べる。

研究

・今回採集した生物の分布の特徴から、潮間帯生物を特定する。

潮間帯生物・・・潮間帯に生息する生物の総称である。温度、湿度、塩分、光量などの環境条件の変化が急激で大きく、それに耐性を有する生物である。



今回採集した生物の生息域を調べ、潮位を照らし合わせると、上図のようになった。なお、イマキヒトデは水深300mまで、クモヒトデは水深6000mまでの水域に生息している。

私たちが採集を行った8月8日の最大高潮線は標高53cm、最大低潮線は28cmであった。

これより、今回採集した生物のうち7種は潮間帯にのみ、3種は潮間帯またはそれ以深に生息すると推定できる。

まとめ・考察

・集計の結果、4門7目11種の生き物を採集することができた。

・今回の観察では、刺胞動物門の生物は発見できなかった。

・観察した生物から温暖な海であることがわかった。

観察した生物

刺胞動物門

今回の観察では、採集できなかった。

節足動物門

十脚目 イソガニ、イノシエビ

棘皮動物門

アカヒトデ目 イマキヒトデ
カワクモヒトデ目 クモヒトデ

脊索動物門

スズキ目 メジナ、アゴハゼ、アサヒアナハゼ

軟体動物門

後鰓目 アオウミウシ、アメフラシ
カサガイ目 ヨメガカサ
腹足目 イシダタミ

参考文献

磯釣り専科 http://www.otomiya.com/fishing/iso/06_iso.html

浅虫アーカイブ http://www.biology.tohoku.ac.jp/lab-www/asamushi/asamushi_archive/index.html

気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

Web魚図鑑 <https://zukan.com/fish/>

十二湖地域の地形

5班 渡邊北斗， 武田怜士， 二瓶玲香， 長沼杜羽子， 伊藤春奈

十二湖について

概要

十二湖とは青森県西津軽郡深浦町にある三十三湖群からなる湖の総称。

東西2km、南北3kmにわたって湖が点在している。十二湖は白神山地を手軽に知ることができる場所と言われている。

十二湖ができるまで

湖は1704年の能代地震による山の崩山で形成されたのだと思われる。地すべりで崩れてきた土砂が少なく積もった所に湖ができたと思われる。崩れた場所である〈大崩〉は地すべりの典型である。



このような大きな岩も飛んでくることもある。

図1 大崩から飛んできた岩

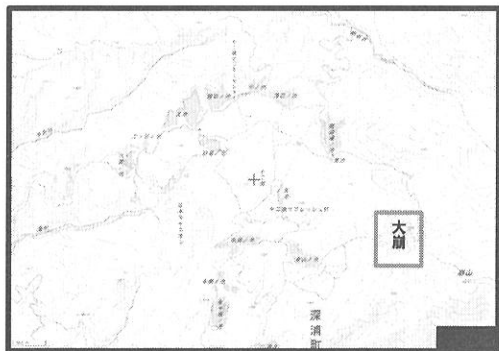


図2 十二湖の地形図

青池について

*なぜ青池は青いのか？

・水の分子が赤色の光を吸収し、残った青色として見えてくるため。

・湖底が白い岩でき、差し込んだ光が反射することによってより青色が際立つため。

*地下水が絶え間なく湧いてきているので枯れることはない。またみずが増えすぎても、周りにしみこんでいくため、あふれることもない。

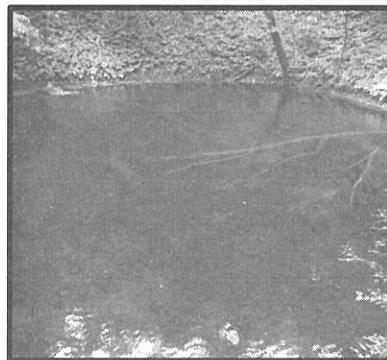


図3 青池

〈まとめ〉

2008年に発生した岩手宮城内陸地震によって大規模な地滑りが起こったが、十二湖地域の形成の仕方からわかるように、地滑りによって全く地形が変わってしまうことはめずらしくない。

十二湖地域は宮城県の200年後、300年後を思わせる場所かもしれない。

参考文献

青森環境保健センター 青森県庁ホームページ

http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kankyo/kankyosenta/Aoike_Top_1.html

目に見えない世界との戦い

東北大学工学部 坂研究室

2117 高野太地 2118 高橋凜 2131 横山零

○研究室紹介

私たちが今回見学させていただいたのは、東北大学工学部の坂研究室です。そこは、機械知能・航空工学科に属しています。

研究室には今までに見たことがないような大きな機械がたくさんあり、学生の机の上にはそれぞれ自分のパソコンが置いていてそれぞれに作業することができるようになっていました。

女子の少ない研究室内の雰囲気は私たちにとてもなじみやすく、教授や大学生の方々は私たちに気軽に話しかけてくださいました。研究室には、北は北海道から南は島根県までと、いろいろなところから学生が来ていて、高校とは違う幅の広い範囲から来ていることがわかりました。

初めは工学部なのに材料を扱うのか、とかんがえている人も多いと思いますが、材料の発展によってそれまで不可能とされていたことが可能になったりします。材料の発展は製品の可能性をひろげてくれます。

○研究内容1 音響共鳴現象を利用した

高分解能ドライ超音波顕微鏡の開発について

従来の超音波顕微鏡

従来の超音波顕微鏡は発生させた超音波を音響レンズによって対象となる物の観察面に照射します。対象となる物からの超音波の反射波や透過波を再度電気的な受信信号に変換後、画像処理を行い観察していました。しかし、これには欠点があります。それは水中でなければ観察できない点です。この欠点により観察できるものは限られていました。

水を用いずに内部を見る

上記のようにして、電子デバイス等の内部検査に超音波顕微鏡が利用されていますが、従来法は検査時に被検査物の水没が不可欠であることから、その適用が制限されていました。

そこで、水と被検査物との間に音響整合層として機能し得る高分子薄膜を挿入し、薄膜と被検査物との界面に圧力を付与した状態で広帯域高周波数超音波を高効率に伝達する独自の手法の研究開発を行っています。

このドライ超音波顕微鏡法により、これまで実現されていなかった水非接触下における電子デバイス内部の高分解能可視化に成功しています。

また、この音響共鳴現象を利用して、数 μm 厚さの高分子薄膜の音響物性値を高精度に計測する手法について研究開発を行っています。

ほかにも非破壊検査といい、物を壊さずにその物を検査する方法を考えています。例えば人間の耳に聞こえない高い音（超音波）を使って大きな機器・構造物や小さな電子部品内部のひび割れを見つけたり、自動車鋼板の塗膜の厚さを測ったりしています。

このような応用研究では、これまでに重工産業、電子産業、自動車産業といった様々な分野の企業と共同研究を実施しており、より社会と直結した研究を行うことも可能です。

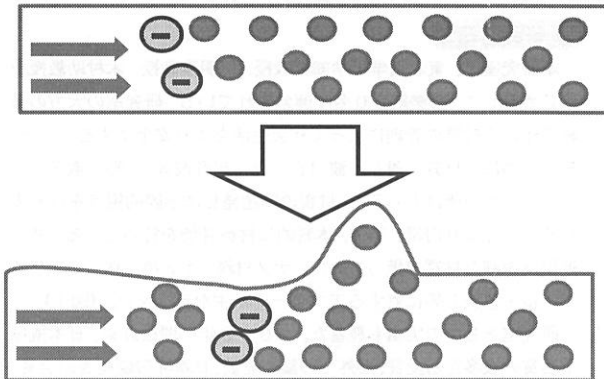
○研究内容2 マイグレーションによる材料の生成

・どんな研究?????

原子のマイグレーション(動き)を利用し、形を変えることで微細な材料を作ろうという研究。

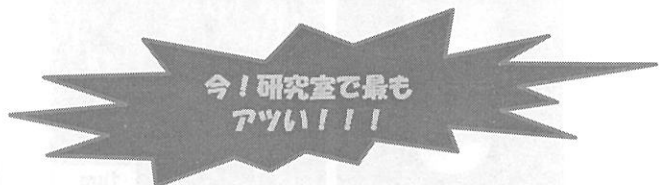
1、エレクトロマイグレーションによる生成

導線に電気を流した時に、電子と導線中の原子がぶつかることにより、導線がわずかに変形する現象を利用した方法。



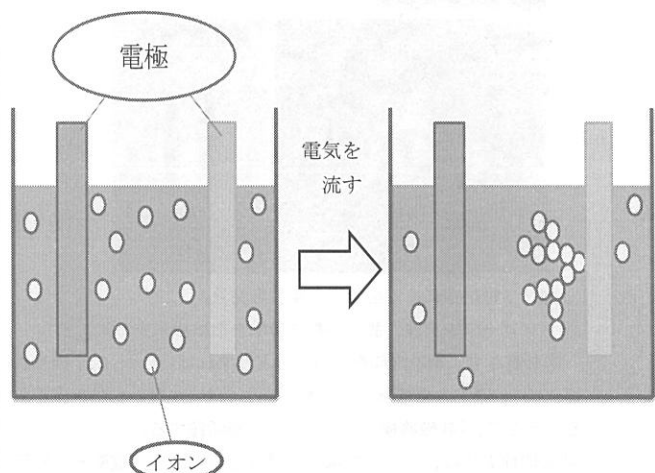
2、ストレスマイグレーションによる生成

2物質に熱が加わると、2物質の熱膨張係数の違いにより物質にストレスが加わる。物質がそのストレスを緩和するために物質内の原子が移動する現象を利用した方法。



3、イオンマイグレーションによる生成

溶液に2種類の電極を入れ、電気を流すと、溶液に含まれているイオンが電極の表面で電子と結びつき、電極の表面に付着する現象を利用した方法。



これらの現象は、今まで電子機器を壊す原因として、邪険に扱われてきましたが、この研究はそれらの現象を利用する新しい発想のため、今、注目を浴びています。

“材料”から社会を見守る

東北大学工学部 坂・木村／燈明研究室

2207 岡田薫宗, 2214 駒田啓伍, 2216 佐藤千仁

はじめに

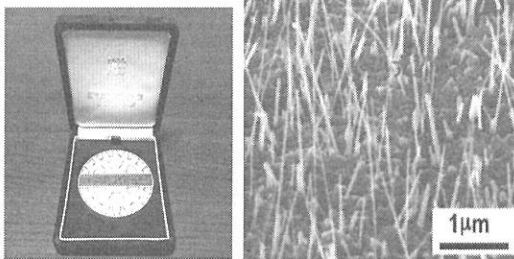
建造物を組成する材料に興味のあった私たちは今回、東北大工学部で材料システム評価学分野を中心に研究をしている坂教授研究室にお邪魔させていただき、研究内容、研究する上で大切なことなどを教えていただきました。

(材料システム評価学…材料の強度、機能性の状態を数値化して判断する学門分野)

① 研究室紹介

本研究室は、東北大学工学部坂教授、燈明准教授、木村助教授をはじめとして、総勢約30名で運営されている。研究室の大方の最終目標は“材質の管理によって社会生活をより安全にする”こと。そのために、材質に対し、波（音、光、超音波等）、熱、電子といったアプローチはもちろん、材質の問題発見に学際的視点を取り入れることでより円滑、正確、本質的に材料評価を行っている。特に近年は微細な材質を扱っていて、ナノ材料、ナノ構造体、ナノワイヤ、電子基板と等に対するアプローチが主なテーマだ。(図1)

研究室としての実績も豊富だ。2003年の開設以来、日本機械学会賞の数多たる受賞、海外での論文発表、日本非破壊検査協会賞、文部科学大臣表彰 若手科学者賞など列挙に暇がない。それもそのはず、本研究室で行われている研究は、どれも分野における日本、そして世界の最先端の部分でリードしているのだ。



日本機械学会賞の賞牌 図1 Cu (銅) ナノワイヤ

② 研究内容1 電位差法・超音波法による高感度非破壊評価法を用いた検査



図2：電位差による配管等の亀裂の発見。

(プローブ…実験、測定の際に接触または挿入する針)

物を壊さずに物の内部を見るにはどうすればいいか。航空機や鉄道、ビル、原子力発電所など、壊すわけにはいかないものが多い。そこで、「非破壊検査」というものが活躍する。

非破壊検査には、エックス線を透過させる方法や、電磁石と磁粉と呼ばれる粉を用いる磁粉深傷検査というものもあるが、本研究室では「超音波深傷検査」という方法を拝見した。超音波深傷検査は超音波を透過させることで、跳ね返ってきた超音波を読み取って電位差としてコンピュータ上に示すことで物体内部の傷や空洞の有無を検出できる検査法だ。

今回は、この方法でICカードの内部構造を見させて頂いた。すると、そのカードの内部構造は私たちが思っていたよりも複雑な構造をしていたが、そうでありながらも鮮明に検出されていたことには驚かされた。

この方法によって、配管等の亀裂を、内部を壊さず点検できるという形等で実用化に至る。(図2)

③ 研究内容2 ジュール熱を利用したナノ材料の接合について

まず、ジュール熱とは、導体に電流を流したときに生じる発熱である。また、ナノ材料とは髪の毛の直径と同じくらいの2マイクロメートルの物質である。物理特性にすぐれたナノ材料を利用するにあたって、接合や切断は不可欠であるといわれている。そのため、当研究室ではナノ材料の接触する場所に一定直流電流を流すことでジュール熱を発生させ、接触する部分を溶融してナノ材料同士を接合する手法に関する研究開発を行っていた。この研究はナノ材料を電気的、光学的、熱的素子として利用する際にとっても役に立つと思われる。(素子…電気回路の構成要素)

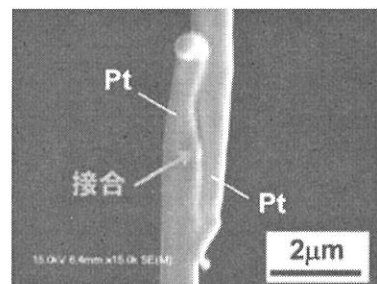


図3 プラチナ (Pt) のナノ材料の接合の様子

④ 質問* (学生向け)

- Q：本分野における海外経験と知識の重要性はどれほどですか？
A：もちろん重要。特に海外経験から得られる視野は大きい。加えて、学術論文の大半は英語による記述だ。となると当然英語の能力は重要。最低でも、リーディング能力は求められる。ただ心配は無用、東北大学に入学する基礎知識さえあれば、あとは入学後の手厚い授業で大方マスターできる。
- Q：“論文発表”から“実用化”に向けたプロセスとは？
A：よく、実用化をはやる人がいるが、実際にその技術が社会に出て私たちの目に触れるまでには、理論の確立から10～20年はかかる。その過程では、企業による経済面、流通、安全性の確保。生産ラインのやりくり等実務的問題がある。何より、社会に出るものは、“100%”の精度でなければいけないのだから、道のりは長い。
- Q：高校生の私たちが今すべきことは？
A：数学、物理分野の勉強は必須。その上で経験を積みつつ、余裕があったら英語に手を伸ばすよ。
- *研究室側の応答内容は、内容を概略してこちら側で編集してある。

⑤ 謝辞、感想

今回の工学部研修に際しまして、忙しい中、貴重な研究時間を割いて私たちに紹介、指導を頂きました工学部機械知能材料システム評価学分野坂・木村／燈明研究室の皆さんに感謝の意を示すとともに、これからの研究活動や日々の学習により一層精を出していきたいと思っております。ありがとうございました！

物理学でみる生命現象

東北大学 大学院 機械系 ファインメカニクス専攻 バイオメカニクス講座 石川/菊池研究室
2107 及川和真, 2120 中嶋孝誠, 2135 渡邊伶允

○研究室紹介

工学研究科ファインメカニクス専攻/医工学研究科医工学専攻

石川/菊池研究室では流体力学（液体、気体といった自由に変形できるものの動きに関したことを取り扱う学問）などをベースとして生命現象を探るバイオメカニクス（生体力学）の分野を研究している。

研究対象は主に微生物や人体についてであり、環境問題や健康問題に関わる様々な生命現象の解明に取り組んでいる。実験による新しい現象の発見、そしてその生命現象の理論解析及び定量的な数値シミュレーションによる工学・医療への応用を一貫して行っている。

○具体的な研究内容について

I 植物性プランクトンの解明

植物性プランクトンの分布や動き方についての研究を進めることで地球温暖化などによる環境の変化をより正確にとらえることに役立てる。

また、現在では植物性プランクトンの一種である微細藻類(水中に生息する藻類の総称)が原因とされる赤潮を利用したバイオ燃料の開発も注目されているのだそうだ。

II 抹消血中からがん細胞を分離する微小流体デバイスの開発

血管中に混ざりこんでしまったがん細胞（CTC）を、液体中を流れる物体はその硬度によって流れ方が異なるという流体力学を用いて分離させる装置の開発を行っている。具体的な物理的法則については専門性が高すぎるため割愛するが、血管中を流れる赤血球は柔らかいため、管の中央付近を流れ、比較的硬いがん細胞は血管内部の壁側を流れるという性質を利用して

いるのだそうだ。
この発明は医療現場で乳がんの検出や、がんの進行度の検査などに用いられているそうだ。

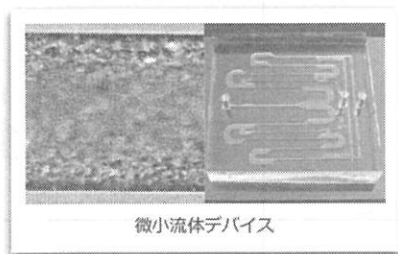


図1 IIのがん細胞を血液から分離するデバイス

III 繊毛や細胞が作り出す特異流動の可視化計測

大腸菌や精子、植物性プランクトン（植物であるが自ら移動することが可能である）などは鞭毛を動かすことで移動するのだが、実際どういった仕組みで移動しているのか、またどのような目的をもって動いているのかなどについては、近年になって解明された、もしくはまだ解明されていないことも多い。

例を挙げると精子は泳ぐとき鞭毛を束ね、ターンなどするときをそれをいったんほどくといった規則性があること、また、精子がどのような仕組みで卵のいるところまで泳いでいくのかといったことは比較的近年に解明されたそうだ。

このような細胞や微生物の動きを解明することで病気の進行の予測や植物性プランクトンの行動からの地球温暖化の進行状態の観測の正確性の向上などへの応用が試みられている。

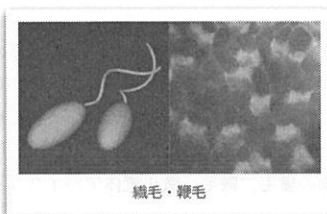


図2 繊毛・鞭毛の例

○クラミドモナスを用いた実験の体験

I クラミドモナスとは

真核生物の植物性プランクトンで、体長約10ミクロン(=10 μ m)。二本の鞭毛によって主に淡水中を運動する。この研究室では自然界に近い培養液(蒸留水にマグネシウムイオン等を加え、浸透圧、温度などを調節したもの)で培養していた。無性生殖によって、1日で4倍か8倍に増殖する。

II 実験

- ① 水とクラミドモナスを多数入れたシャーレを軽くかき混ぜ、上から光を当てて、顕微鏡と肉眼で観察する
- ② 肉眼で観察した際、かき混ぜてから30秒程度経過したとき、温めた味噌汁を放置した時のような模様がクラミドモナスによって作られた。また、クラミドモナスがシャーレの水の上部に集まっている様子が確認できた。顕微鏡で観察した際は、クラミドモナスが上部に集まり密集して運動できていない様子を観察できた。この運動によって微生物が作る流れを生物対流と言う。
- ③ 実験1と同様に水とクラミドモナスを多数入れたシャーレに今度は横から光を当てて動く様子を観察する。
光の方向にクラミドモナスが秒速約100ミクロンで移動した。

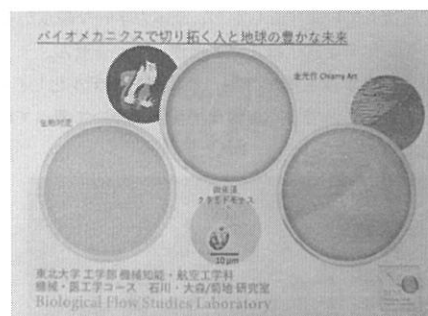


図3 実験①, ②の性質を利用した模様作り

○感想

正直、今回の研修を受けるまでは医工学と聞いてもイメージは漠然としていました。しかし実際は応用の幅は多種多様で、物理学などともつながっていて、私たちの生活とも深くかかわっていることを知ることができました。そして、観察の体験ではとても理解しやすい分野について教えてもらうことができました。また、将来の進路選択の視野を広げるきっかけとなり、普段体験することのできない貴重な経験をさせていただきました。

○謝辞

このたびはお忙しい中私たちにこのような貴重な機会を設けていただき、感謝しております。今回の研修で得ることができたのはとても大きいものであったと思います。ありがとうございました。

流体力学で拓く生物の未来

東北大学工学部 石川・今井・大森・菊池研究室

2215 笹森俊大, 2218 清水一樹, 2226 中川朔未

1. 研究室紹介

この研究室では、人体や微生物について生物学や医学とは異なる視点である力学から、環境問題や健康問題について研究しています。この研究分野はバイオメカニクスと呼ばれ、主に細胞を研究することで新しい現象の発見や数理モデルの開発、医療工学への応用などを行っています。具体的には、血液の循環や微生物の繊毛、鞭毛、微小流体デバイスなどが挙げられます。

2. 研究内容

① 微小流体デバイスの開発

液体内を流れる物質は硬さや大きさ、液体が流れる速度などによって集まりやすい場所があります。微小流体デバイスではこの性質を利用して、血液内の血球などからがん細胞を分離します。

これによりがん患者の血液中のがん細胞を調査し、患者の状態を診断するという方法(=CTC検査)の精度を大きく上げることが可能になるそうです。

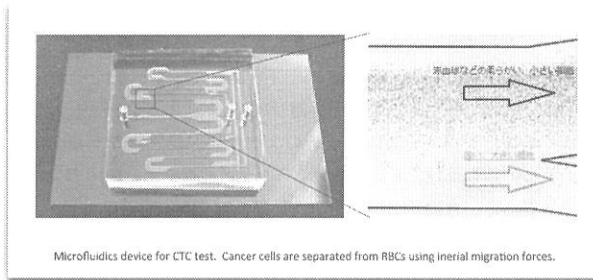


図1 微小流体デバイスの画像

② 微生物の数理モデル

微生物は私たちの生活に大きな影響を与えています。例えば、海のプランクトンは炭素や窒素循環に関わるほか、地球温暖化や赤潮などの環境問題にも深く密接しています。しかし、流体力学的な観点から見ると、微生物溶液のモデル化や定式化はまだ進んでいません。

石川研究室では、まず微生物が2体いる状態をモデル化し、そこから微生物を増やしていくことでより複雑な状況下について調べています。

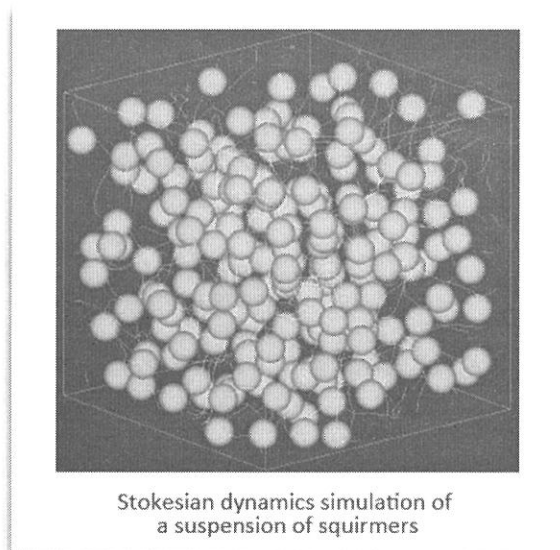


図2 海洋プランクトンのモデル図

③ 消化器系バイオメカニクス

普段私たちは何気なく食べ物を口にしていますが、実は、近年の医用画像撮像技術を用いても、どうやって食べ物が喉や食道、胃などを流れていくかわかっていません。

そこでこちらの研究室では、消化器系の計算バイオメカニクスを形成し、食物の嚥下などをテーマに研究しています。

食物の嚥下は舌や喉、食道の複雑な壁の運動によって成立しています。この研究室では粒子法を用いて嚥下の計算手法を開発し、個人別の嚥下シミュレーションに成功しています。

3. 実験

研究室の皆さんのご厚意により、2つのクラミドモナスの観察実験をさせていただきました。

クラミドモナスは体長10 μ mほどの微生物で、前方にある鞭毛(a)を平泳ぎのように動かして泳ぎます(図3)。

走光性とは、一定量の光が当たる場所へ近づいたり離れたりする性質です。光へ近づく性質を正の走光性、光から離れる性質を負の走光性といいます。クラミドモナスは正の走光性を持っており、光が当たる方へ移動します(図4)。

1つ目の実験として、シャーレにクラミドモナスを入れて左から光を当ててみると、全体に薄く広がっていたクラミドモナスが左側に集まり、左側の色が濃くなります(図5)。

2つ目の実験として、上から光を当ててみると、水面に斑点のような模様が浮かび上がります。これは生物対流と呼ばれる現象で、微生物が水面近くに集まったときに見られます。液体内の物質で液体より密度が重いものは下へ沈みますので、微生物が上に集まって液体上部の密度が高まると、そこに下へ沈もうとする力が生まれます。すると、その力に微生物が上へ集まろうとする力が重なり、液体内の密度が不安定な状態になります。その結果、微生物が柱のように集まり、それを上から見ると斑点に見えるのです(図6)。

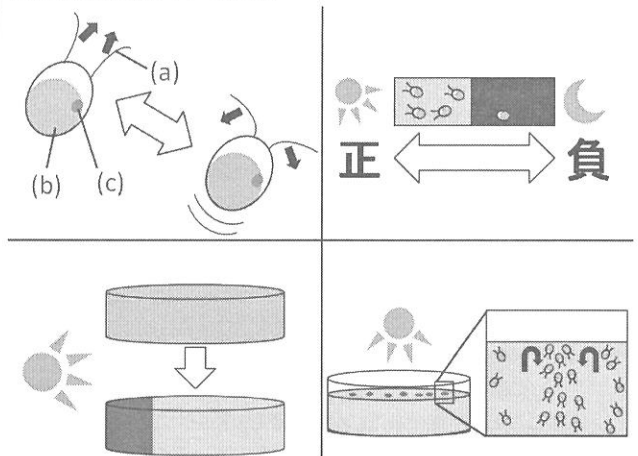


図3 (左上) クラミドモナスの体構造と泳ぎ方

(a)鞭毛 (b)葉緑素 (c)眼点

図4 (右上) 微生物のもつ走光性

図5 (左下) 観察①光を左から当てた場合

図6 (右下) 観察②光を上から当てた場合の生物対流

4. 謝辞

今回の研修を通して、研究室の雰囲気や皆さんの有意義な研究など、多くのことを学ばせていただきました。

石川研究室の皆さん、本当にありがとうございました。

風洞実験と SPH 法の組み合わせでわかる乱流

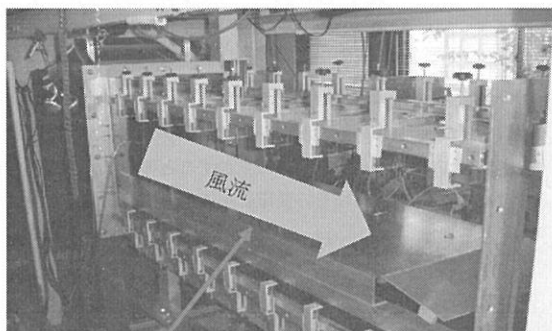
東北大学工学部 福西/伊澤研究室

2102 有本 英海, 2129 藪 貴, 2132 吉葉 悠斗

1. 研究室紹介

この研究室では学生たちがさまざまな流体に関する実験を行っていますが、それらの実験の目標のほとんどが、流体および乱流の“コントロール”です。乱流には拡散する性質があるため、2種類以上の流体をかき混ぜる際に用いられます。身近なもので例えると、コーヒーとミルクをかき混ぜたいとき、私たちは乱流を用いています。

○風洞装置について



平板

図1 風洞装置

図1の装置は矢印の向きに風をおこす機械です。この装置では乱れのない一定の速さ・向きの風をおこします。

- ・コンピュータシミュレーションについて

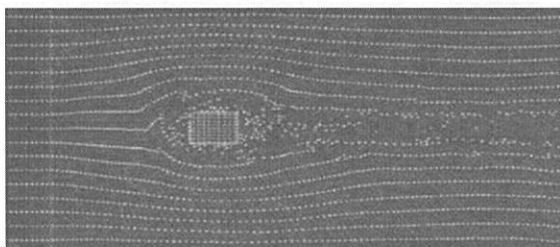


図2 SPH法の画像

この研究室の学生たちは自分たちの研究を行う際に、SPH法と呼ばれるコンピュータシミュレーションを使っています。SPH法とは、流体を細かな粒子として扱うことで流体の運動の様子をわかりやすく表す手法です。画像は、緑色の物体に対し、黄色で表された流体がぶつかる様子を表しています。

2. 研究内容について

当研究室では、福西教授、伊澤准教授、西尾助教を中心として流体の運動(乱流現象)に関する研究を行っています。

乱流の解明と制御システムの開発を通して、学術的貢献と科学技術の向上を図るとともに、流体が原因で生じる様々な社会問題を解決しようというのが当研究室の研究の目的です。

乱流現象とは

液体、固体の状態にある物質を流体といいます。

流体の運動の様子の1つには乱流があります。

煙突から立ち上る煙のように、乱流は非常に複雑なものであり、拡散していく性質があります。

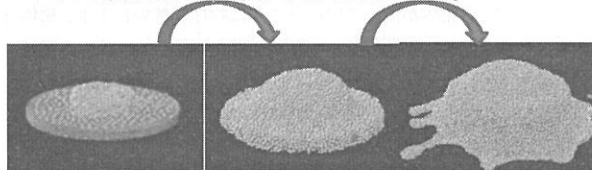
これらは不規則性、拡散性と呼ばれ、乱流の特徴的な性質です。

不規則性を持つということは、その解析が非常に難しいということになります。

そこで、当研究室では風洞実験やSPH法を用いたコンピュータシミュレーションを用いて乱流を解析する手法をとっています。

- ・垂直風車と気体の運動
- ・旗に吹き付ける気体の運動
- ・回転する円盤を用いた液体の微細化
- ・SPH法によるアメーバ運動の再現
- ・地面に置かれた物体を押し流す水流の運動

の5つの研究を例として紹介していただきました。



3. 質問内容

就職に関する質問

Q. この研究室を出た方々の就職はどのような様子か

- A. すでに就職先が決まっている方も数名いる
就職活動は多くの人は約1か月で終わる
東北大はメーカーに強いといわれている
自動車関係が多く見られた

研究に関する質問

最後に発表していた大学院生の方への質問

Q. 水流が地面に置かれた物体を押し流す運動をSPH法で

シミュレーションしていたが、障害物の下へ水流が入り込む場合については想定しているのか

- A. 浮力などが関係するため難しいが、これからの研究で重要になってくると考えている

4. 最後に

このたびの東北大工学部研修は、特定の研究室について掘り下げてゆくという点に主眼が置かれていました。それゆえ、OCでは見ることのできない設備、聞かせていただくことができない研究などを知る良い機会となりました。今後の進路選びの参考になるでしょう。

5. 謝辞

研究室で我々を親切に迎え入れてくださった福西教授、伊澤准教授、西尾助教、ならびに大学院生の方々に心から感謝を申し上げる次第です。

非常に貴重な体験をさせていただき、誠にありがとうございました。

流体を制御しよう

東北大学工学部 福西・西尾、伊澤研究室

2213 後藤崇仁 2217 佐藤蒼真 2237 渡邊北斗

① 研究室紹介

東北大学工学部機械知能・航空工学科の流体システム工学分野の福西・西尾、伊澤研究室では、乱流制御、空力騒音の抑制、SPH法による流れの数値シミュレーションについて研究を行っています。研究室には乱流を制御する装置が備えられており、常に乱れのないきれいな風を使って風洞実験をしています。また、その実験には手作りの装置が使用されています。研究では主に、乱流現象の解明、境界層の乱流遷移過程の能動制御・流れの制御による流体騒音の低減方法の開発、SPH法による自由表面及び気液界面を有する複雑な流れ場の解析に取り組んでいます。

② 研究内容 1

空気や水などの流れるものを流体といいます。流体の流れには、大きく2種類あります。乱流と層流といいます。層流は、きれいに整っている流れのことで、乱流は、不規則な渦運動をともなった流れのことで、流体が流れているところに物体を置いたとき、物体の周りには、物体の影響をうけて流体の速度が遅くなっている領域が薄くでき、この領域を境界層といいます。そして層流が乱流へと変化することを遷移といいます。自然界で見られる流れは、ほとんど乱流です。層流境界層に比べて乱流境界層では、物体に働く摩擦力が大きくなってしまいますことが知られています。不規則な乱流境界層を制御することを目標として、平らな板の上に行ける境界層を対象にして研究しています。空気の流れを作る装置を風洞といいます。この研究室では、乱れの少ない風洞を使っています。その風洞の中に薄い板などを置いて実験しています。

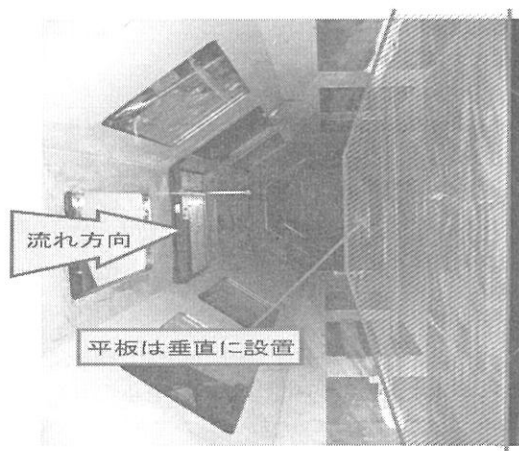


図1 風洞



図2 層流

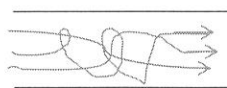


図3 乱流

③ 研究内容 2

流体システム工学分野では、風洞実験のほかにもさまざまな研究を行っています。ここではその中でも優れている大学院生による研究をいくつか紹介します。

1 高効率で自己機動性に優れた直線翼垂直軸風車の翼型設計風車



図4 直線翼垂直軸風車

一般的には三枚翼のプロペラ型のもが知られてますが、三枚翼のものでは正面からの風のみしか発電に生かすことができません。そこで、全方位からの風を発電に生かすことのできる直線翼垂直軸風車の翼型用いてさらにその発電効率の向上を目指しています。

2 SPH法によるアメーバ運動のシミュレーション

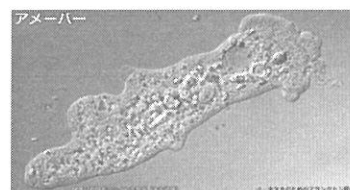


図5 アメーバ

アメーバは細胞体の変形をしながら移動しています。進む方向に原形質が動き、前端はゾルからゲルに変化して仮足をつくり、後端ではゲルからゾルに変化しながら進みます。この運動をSPH法を用いたシミュレーションで研究しています。

3 透過性をもつ旗のはためきに関する研究

普段何気なく目にしている風にはためいている旗。あの動きが起こる原因には、旗に沿って流れる空気のほか縦方向の空気の流れが大きく関係しています。これは旗の透過性によるものであり、旗の動きを複雑にしている原因である。この動きをシミュレーションを用いて再現しています。さらに旗を通る空気粒の大きさの変化によるふるまいの違いを利用して発電する方法を研究しています。

④ 質問内容

Q 直線翼垂直軸風車で水平軸風車のような大きいものはできませんか？

A 直線翼垂直軸風車を大きくすると、重さにより、軸を支えるベアリングが耐えられなくなるので、できません。

謝辞

このたびはお忙しい中での私たちの訪問にもかかわらず親切に対応してくださった先生方、大学院生の方々、今後の私たちの研究活動の参考となる貴重な経験の機会を下さった関係者の方々に感謝申し上げます。

今回の研究室訪問で学んだことを、今後の私たちの課題研究に生かしていければと思います。

先端情報技術

東北大学工学部 吉澤・杉田研究室

2114 酒井夏輝 2137 伊藤夏海 2138 櫻井聖花

① 研究室紹介

吉澤・杉田研究室では、「サイバー医療」と呼ばれる、コンピュータを使って医療システムの解析、制御をすることを目的とし、工学から医療に貢献することを目指している。

研究は大きく分けて四つの分野に分かれている。

1. サイバーリハビリテーション

映像からの自律神経情報の推定

→スマートフォンなどで手軽に体調を管理する

2. 高度医療画像処理システム

放射線で腫瘍を見つける

→呼吸により動いてしまう肺がんなどの腫瘍位置をコンピュータでリアルタイムに計測し、放射線が的確に当てられるように支援する

3. 補助人工心臓を用いた拍動成分推定

人工心臓のアルゴリズムの解析

→ (説明④)

4. 方向統計学による高精度信号マッチング

$$x(n_1, n_2) \quad \hat{x}(n_1, n_2)$$



位置限定相関関数
 $r(m_1, m_2)$

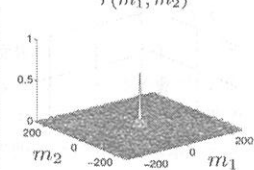


図1: 信号マッチングに用いられる「位置限定相関関数(POC関数)」の統計的性質を理論的に解明する

→二つの画像を用いて、互いの類似性を数値化して表す

② 高度医療画像処理システム 1

「魔法の鏡」

医者之眼だけでは診断できる範囲に限界がある。また腫瘍の位置を計測するには膨大な画像を処理しなければならない。それを助けるために研究されているのが「魔法の鏡」だ。これは鏡(マジックミラー)の前に立つだけで心拍数ばかりでなく、身体の2か所の脈波伝搬時間を連続算出する。また、遠隔・非接触的に人体の皮膚表面の血行状態をリアルタイムにわかりやすく動画で表示してくれる。これらは外付けWebカメラや内蔵カメラが付いたパソコンで動作する。



図2: 魔法の鏡

今後の計画としては、毎朝身支度のついでに自分の健康状態をチェックでき、「週刊健康予報」による、「健康度の見える化」を実現させるということ。

また、風呂場などの脱衣所に取り付けた「魔法の鏡」によるビデオカメラを利用者の後方に取り付け、普段見えない肩や背中中の血行状態が観察できる。

自律神経指標と合わせて、映像を毎日チェックし自覚し体調の変化との関係を利用者自身で学習し、その日の体調を予測するための手掛かりとして活用する。などの新しい指標を掲げている。また家庭の鏡や自動車内のドライブレコーダなどへ応用することで、日常的な体調管理ができると期待される。

③ 高度医療画像処理システム 2

今日の医療では、癌の腫瘍は医師の目だけで判断されている。だが、膨大な量の画像から判断することが難しく、熟練されてないと医師でも難しい。そのためコンピュータの画像解析システムを利用した癌の発見の研究が行われていた。

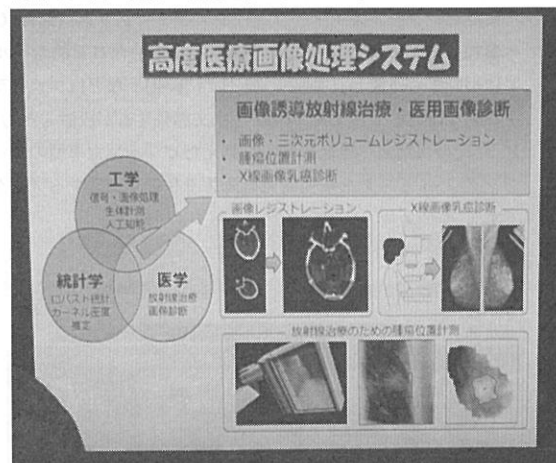


図3: 高度医療画像システム

④ 補助人工心臓を用いた拍動成分推定

世界で20万人ほどいると言われている重症心不全患者の唯一の根本治療法である心臓移植は臓器提供者が大幅に不足している。そこで、新たな治療法として、人工心臓が開発された。患者の生活の質向上や心機能回復を目指した補助人工心臓の制御アルゴリズムの検討とそのためポンプ流量推定や心拍動の推定の実験を行っていた。シミュレーションでの検討だけでなく、模擬循環回路実験や動物実験を行うことにより、信頼性の高いアルゴリズムの開発つまり個人の拍動の周期調整の実現を試みる研究が進められている。

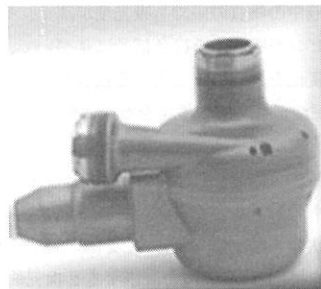


図4: 人工心臓

サイバー医療

東北大学工学部 電気物理情報学科 吉澤研究室
2224 谷浩志 2233 三浦築 2236 吉田龍生

① 研究室紹介

吉澤・杉田研究室ではサイバー医療を大きなテーマにあげ、研究を行っています。コンピュータを使った健康管理や異常の発見などを主に扱っています。ほかの研究室と異なり、「映像からの脈拍と血圧測定」や「補助人工心臓を用いた脈拍成分測定」など、かなり範囲の広いテーマを扱っています。



図1 遠心性補助人工心臓

またセンター・オブ・イノベーションプログラム（通称 COI）へ参加して身の回りにある機器絵を用いた日常的なヘルスケアについても研究し、「魔法の鏡（以下参照）」などはプログラムの中心的な研究の一つです。COI とは文部科学省が設置したもので、10年後の目指すべき社会像を見据えたビジョン主導型のチャレンジング・ハイリスクな研究開発を最長で9年間支援するプログラムです



図2 COIが目指す未来

② 魔法の鏡について

「魔法の鏡」とは、鏡に付属させたカメラにより、皮膚の表面から脈波を読み取り、その脈波から心拍数などを読み取ることで健康状態を確認できるというものです。

人の身体は、心臓が収縮すると血液中のヘモグロビン濃度が変わります。ヘモグロビンは血液中の物質の中でも吸光度が高く、そこで、皮下の血液中のヘモグロビンが吸収する緑色信号に基づいて、血液中のヘモグロビンの濃度の変化を読み取ることで心拍数が分かります。さらに、緑色信号から脈波伝搬時間の推定を行い、その差を利用して、血圧変動を測ることも可能なようです。

身体映像の領域を小領域に分割し、各領域の緑色信号の中でも心拍周波数近傍の成分が強いものを対象とします。さらに、映像脈波情報から脈波伝搬時間や血行状態を推定するために、身体の異なる2か所の領域間の信号の位相差を抽出し、各領域を変遷する2次元的な血行パターンを、実映像に重ねて表示することで、その変化と自分自身の体調の変化とを比較できるようになります。

図3は実際に開発された鏡型ディスプレイです。

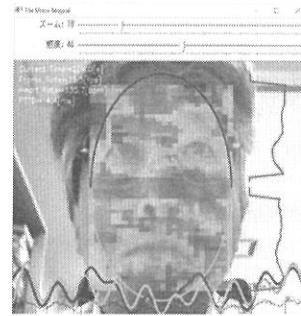


図3 魔法の鏡

今後の発展は、心拍数変動や脈波振幅変動などから得られる自律神経指標を表示することだそうです。さらに、インターネットを介した遠隔からの見守り用の体調管理や自動車内、スマートフォンなどでの体調監視、アスリートの体調推定、テレビ視聴者の感情分析などに期待されています。

③ VR技術を用いたリハビリテーションについて

VR（バーチャルリアリティ）とは、現実で仮想の世界を体験することで、医療や教育などの場面で活用されています。吉澤・杉田研究室では、足漕ぎ車いすとVR技術を用いたリハビリテーションシステムの開発をしているようです。

近年日本は高齢化社会が進み、高齢者に多い病気である脳卒中の患者数が増えています。そして、その中には半身麻痺の人たちがいて、この後遺症をもった人にとって歩行は困難で、車いすによる移動も難しいそうです。そこで、従来の車いすにペダルを付けた足漕ぎ車いすを用いてサポートしようとしています。しかし、この車いすに乗るにあたって、訓練をする必要があり、吉澤・杉田研究室ではVR技術を用いてこの訓練を行えるように開発を進めています。

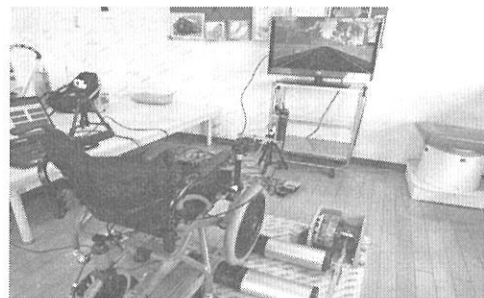


図4 実際の訓練システム

図のように画面の前に足漕ぎ車いすを設置し訓練を行います。通常なら広いスペースが必要ですが、VR技術を用いることによって狭いスペースでも安全に訓練を行えます。そして、通常なら介助者の手助けが必要ですが、このシステムなら利用者のみで訓練を行えるため介助者の負担を減らすことができ、さらに、訓練した際の走行データを分析して、利用者に向けた訓練を行うことができるため、より効率よく訓練を行えるように日々研究しています。

④ 謝辞

吉澤研究室の皆様、改めて謝辞を述べさせていただきます。今回学ばせていただいたことを自分たちの将来に生かせるようにしていきます。有難う御座いました。

体にやさしい超音波

東北大学工学部電気情報物理工学科 梅村・吉澤研究室
2110,門脇温人 2125,三浦玄 2139,高平響

1 研究室紹介

梅村・吉澤研究室では、主に超音波を用いた研究を行っています。エコー装置やその他超音波に関連する様々な装置が設置されており、とても充実した環境で研究を行うことができます。

生徒たちも仲が良く、そこで繰り広げられる議論はハイレベルかつ興味深い内容となることでしょう。



写真1 エコー装置

2 研究目的

主に医療への応用を目的としています。

もう既に一部の医療機関では用いられるようになってきましたが、心配されるのが副作用です。超音波を用いて治療するということは血を流さず、皮膚を切らず治療を行うということです。

ということは勿論、肉眼で直接見ることでできない患部に超音波を集めるということなので、その標準がずれてしまうと、正常な細胞を傷つけてしまいます。

また、少ないエネルギーでの超音波を用いてガン細胞などを破壊して、治療しようとする研究が進められています。

要するに、「体にやさしい超音波」が目的だということです。

3 研究内容

① 超音波の性質

・水を振動させる

水中で超音波を発生させると、超音波の焦点を中心にして周りにある水が振動します。さらに、焦点を水面に合わせて超音波を発生させることで水が霧状になります。最近の加湿器ではこの技術が利用されています。

・熱を発生させる

水中で超音波を発生させると、焦点の位置で熱が発生します。アクリルを軟化させることができたため、約80℃以上になります。

・ものの内部を見ることができる

見たいものの表面で超音波を発生させて、内部で反射してきた波を見ることで、ものの内部を見ることができます。さらに、動いているものに超音波が当たって反射すると波の速さが変化すること（ドップラー効果）を利用して、血液の流れなどを見ることができます。ただし、音波を反射するもの（血球など）がなければ流れを見ることは難しいです。

・水と空気の境界では反射しやすい

私たちが普段耳で聞いている音と同じように、超音波も水と空気との境界では反射しやすいのです。



写真2 水を超音波によって振動させ、霧を発生させている様子

② 医療への応用

超音波によるがん治療はHIF（集束超音波治療法）と呼ばれています。この治療は、超音波を体の内部に集めて、熱エネルギー及び非熱的エネルギーを起こしてがん組織を壊死させるという治療法です。超音波の焦点のみ熱エネルギーが発生し1回の照射で3ミリ×3ミリ×10ミリの範囲のがん組織を破壊します。これを何度も繰り返しがん全体を破壊します。

超音波の入射角を広くすることにより安全性を高め、皮膚表面のやけどや他の臓器への影響を最小限に抑えることができます。

また、X線やCTと比べると放射線被ばくに対する安全性が高いことも利点です。

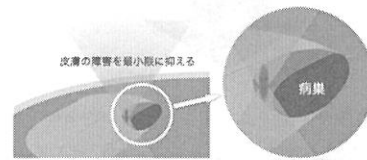


図1 超音波照射の様子①（照射開始）

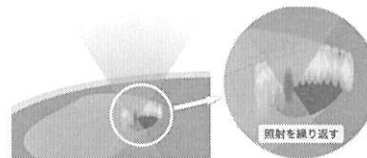


図2 超音波照射の様子②（照射の繰り返し）

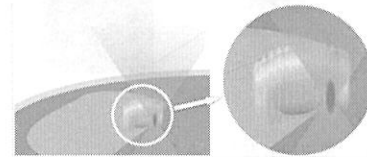


図3 超音波照射の様子③（がん全体を破壊）

4 質問内容 訪問して判明したことなど

Q、体に優しい超音波と体に悪い超音波の違いは？

A、体に優しい超音波は、圧電素子を平面上において発生させたもので、焦点がありません。体に悪い超音波は、圧電素子を内側に向けて配置して発生させたもので、焦点があり、そこにエネルギーが集中します。

Q、病院などで超音波を使うときに、機器の表面に液体を塗るのは何のため？

A、超音波を当てるときに、空気の層で超音波が反射してしまうのを防ぐためです。

5 謝辞

梅村教授、並びに研究室の学生の皆様には、丁寧な説明をしていただき大変感謝しております。ありがとうございました。

超音波による優しい医療

東北大学工学部 梅村・吉澤研究室

2211 加茂侑賢 2240 大宮司百花 2241 山田桃子

① 研究室紹介・研究内容

現代社会では、超音波があらゆる場所で、利用されています。医療の現場においては、体の内部の臓器の像を撮ったり、血の流れを調べたりする目的に、広く使われています。最近では、これだけでなく、超音波のエネルギーを患部に集め、体にやさしく、がんなどを治療することができるようになりました。血を流すことなく、細部まで治療できる最先端の治療方法として、注目されています。

超音波治療の実現のためには、患部に超音波エネルギーを集めるだけでなく、体の外から肉眼では見えない患部に焦点を定め、患部の治療による変化を実時間化するための、イメージング技術が必要になります。



そこで、梅村・吉澤研究室では、超音波治療の安全性と効率を高めるために、患部に集まりやすく、より少ない超音波エネルギーで、治療効果を生じさせる増感物質を得るため、日々研究しています。見えない、患部を血を流さず、切らずに治療できる、最先端の超音波治療技術です。

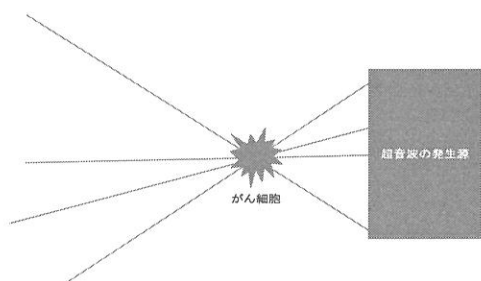


図1 集束超音波ビームの光学図

② 超音波について

超音波とは人間の耳には聞こえない高い振動数をもつ弾性振動波です。この研究室では主にこの超音波を医療へ生かすために研究しています。

超音波は体の内部の臓器の像を撮ったり、血の流れを調べたりする目的で使われています。

私たちが見せてもらった実験では超音波を水面に当てるものでした。超音波の焦点が交わるところに波紋ができ、その焦点にアクリルを当てると溶けだしました。これは超音波の振動で引き離され細かい水滴になったためだと教えていただきました。(60℃～80℃らしい)

これは加湿器などの多くに利用されています。この現象を利用して医療への発展を試みています。

また、エコー装置によって血管を見せてもらった際、エコー装置に映し出された血管は、ドップラー効果によって向きや速度測することができるかと教えていただきました。



←研修の様子

③ 超音波の活用法

真の目的はこの超音波を医療に生かすことです。超音波により癌を見つけ出し、別の超音波で癌細胞を破壊できます。しかし体への害のリスクも考えられます。そこで超音波の強度、当て続ける時間に超音波の使い方に違いがあることがわかります。

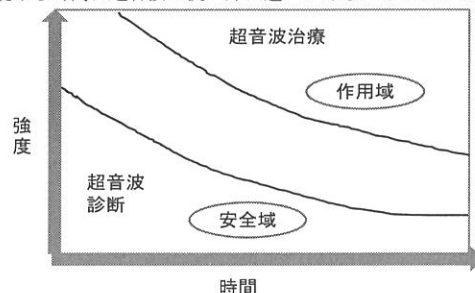


図2 超音波の時間と強度の関係

このグラフをみてわかるように強度と時間により診断、発見することに適している安全域と細胞を破壊することに適している作用域の二つに分け、診断や治療をしています。

これからの発展として体への害が少なく、かつ癌細胞を発見し、すぐに破壊できるように研究しています。

④ 質問内容 訪問してわかったこと

Q 超音波は赤血球に反射して戻ってくるとおっしゃっていましたが、赤血球がない場合は反射しないのですか。

A 反射しません。実際にホースに水を流して超音波を当てみるとホースの形だけしか見えず水の流れは全く見えません。

Q ドップラー効果とはなんですか。

A ドップラー効果とは、超音波の波の発生源と観測者との相対的速度によって波の周波数が異なって観測される現象をいいます。今回は、赤血球が発生源、観測者がエコー装置となります。救急車のサイレンが場所によって聞こえ方が変わることが一例です。

今回の訪問で超音波がどれだけ医療の世界で役に立っているか身にしみて感じることができました。また、放射線のエネルギーの大きさも私たちの想像をはるかに上回るものでした。今回の訪問を通じて、放射線はこれからの医療の世界で最も期待されている治療のひとつなのではないかと私たちは考えました。

⑤ 謝辞

梅村・吉澤研究室の皆様へ改めて謝辞を述べさせていただきます。ありがとうございました。

⑥ 参考文献

梅村・吉澤研究室 <http://www.ecei.tohoku.ac.jp/ume/>

「つながる」から「つくる」ネットワークへ

東北大学工学部 情報工学コース 加藤・西山研究室
2101 阿部健人, 2122 橋本靖裕, 2128 望月志光

① 研究室紹介

ネット環境が優れている今、もっと通信速度を早くし、電波の届かない場所でもどうやって電波をつなげるかなどの実験を行っている。

衛星航空通信ネットワークのグループの方々は、海上・山間部・極地・被災地域などの地上通信インフラが利用できない場所でもネットワークをつなげられるようにするため、ドローンを飛ばして実験を行っている。その結果、周辺300mまでネットワークを飛ばすことができた。(図1)

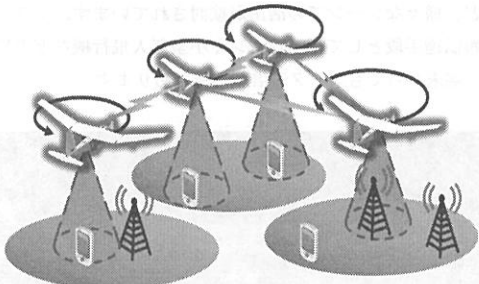


図1 無人飛行機を使用した通信イメージ

「いつでも、どこでも、だれでも簡単自由に作れるネットワーク」を目指すのが究極のゴール

ある程度の実用できるレベルにまですでに到達しており、今では、人工知能の分野の研究も開始している。

② 研究内容1 「スマホ de リレー」について

この研究室で進められている主な研究は圏外でも可能な通信、端末間通信である。これの基本的な考えを説明すると、端末間でアドホック通信を繰り返して目的の基地局、もしくはWi-Fiルーターに接続できる範囲にある端末までデータをバケツリレー方式で渡していき、圏外での通信を可能にしようというもの(アドホック通信はゲーム機同士での近距離の通信と同じもの)である。(図2)

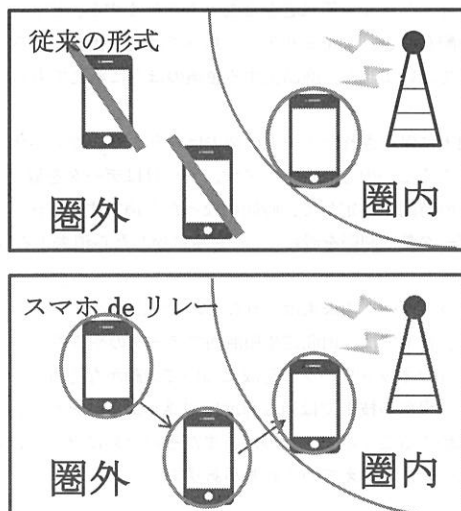


図2 従来の方式(上)とスマホ de リレー(下)の原理イメージ
考えられる通信形式にも2つあり、固定化された端末間での通信(MANET)と、移動する端末同士で(DTN)、データをバケツリレー方式で目的地まで運ぶ形式が考えられた。両者にはそれぞれその利点と欠点があり、この2つの形式を複合すればいいとの結論に至った。そうしてその2つを複合したアプリケーション「スマホ de リレー」が完成した。(図3) 仙台市の公園間で行われたテストでは

十分な結果も得られている。研究室の西山准教授は、「今後3年以下で商用化できるだろう」と仰っていた。

実際に使用させて頂いた感触は、データの転送速度も速く、日常でも不自由なく使えそうであり、実用化はすぐにでもできそうであった。

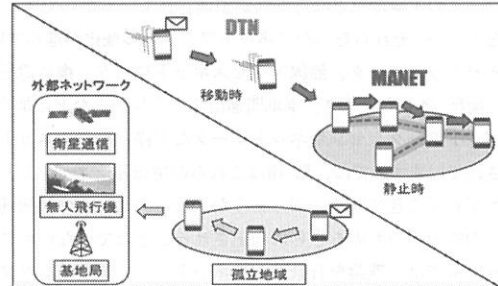


図3 DTNとMANETの通信形式イメージ

③ 研究内容2 「スマホ de リレー」の利用について

この「スマホ de リレー」はどのような利用を考えられて作っていたのかについて触れると、主に災害時の利用を考えられていたようだ。その後、海外でのテスト時に、基地局がまだ足りない、もしくははなような国での常時利用にも使えるということにも気づき、日本でも常時利用できるような利用法、例えば不特定多数の人を対象にしたクーポン配布やコマースへ利用してもらい、災害時で唐突に使って使い方が分からない等の不具合が起こらないようにしたいようだ。

ここで記した以外にも、周りにデータを送る端末がないような孤立した地域にいる人々も端末間通信をできるように、無人飛行機とドローンを仲介させて端末間通信を行う研究や新しい通信方法等の様々な通信方法について研究が進められている。

ここから先、どのような形で我々が利用できるのが楽しみだ。

④ 質問内容 訪問して判明したことなど

Q. スマホ同士でネットワークを作るときに情報が漏れるのではないのでしょうか?

A. セキュリティがあるので大丈夫です。

Q. ネットワークは、この先どのように発展すると思いますか?

A. 圏外をカバーできるようになるでしょう。

Q. ネットワークに限界はないのですか?

A. 孤立した地域などにはドローンによる遠隔操作が可能です。

Q. ドローンによる遠隔操作は、いつ実装されるのですか?

A. 3年後くらいです。

Q. データ量がふえたらどうするのですか?

A. ある一定量しかデータを蓄積できないから、消去しないとイケないです。そのことについてデータを受信する確率を作ったりして、最善を研究しています。

⑤ 謝辞

改めて加藤・西山研究室の皆さんに感謝を申し上げます。お忙しい中、私たちのために貴重な時間を割いてわかりやすい説明をしていただき、本当にありがとうございました。

「繋がる」ネットワークから「創る」ネットワークへ

東北大学工学部 加藤 (寧)・西山研究室

2204 伊藤 知史, 2229 福田 杏耶, 2230 保坂 春樹

研究の背景

今や私たちの周りでは情報通信技術の発展によりあらゆる場所でネットワークを利用した通信が可能となっています。それは私たちの周りでネットワークの中継地点となる場所が整備されているからです。これにともない、それらをつなぐネットワークも多様化が進んでいます。光ファイバネットワーク、無線アクセスネットワーク、携帯電話ネットワーク、衛星ネットワーク、車車間通信ネットワークなどに加え、アドホックネットワーク、センサネットワークなど様々な通信ネットワークが構築されています。では、私達はこれらの情報通信ネットワークの能力を最大限利用できているのでしょうか？また、これらの情報通信ネットワークの能力そのものをさらに向上させることはできないのでしょうか？本研究室では、理論を背景としたネットワークデザインとプロトコルデザインを武器に、最適な情報通信ネットワークの実現を目指した研究開発に取り組んでいます。



図-1 研究室の様子

スマホ de リレーとは？

目的 圏外の端末との通信を可能にするため、スマホ同士を接続し、今までにない新たなネットワークシステムの開発を通して、災害などに強い未来のネットワークの姿を考えています。

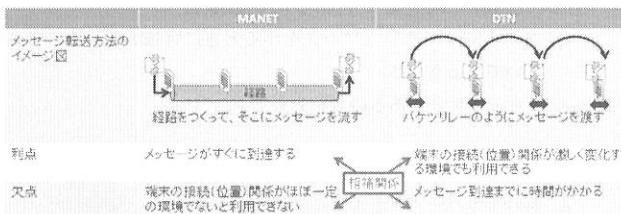


図-2 MANETとDTNの違い

研究では、Wi-Fiを活用しています。スマホ同士をつなげるのは、モバイルアドホックネットワーク (MANET) と遅延許容ネットワーク (DTN) があります。MANETは複数の端末を一つ路でつないでデータを伝達するもの、DTNはデータを近くの端末へバケツリレー方式で共有して伝達するものです。しかし、MANETには端末が移動すると経路がうまく構築できない、電池の消耗が早いなどのデメリットがあり、DTNにはデータの伝達に時間がかかるというデメリットがあります(図-2)。そこで、移動が小さく電池が多い端末をMANETモードに、高速で移動していたり電池が少なかったりする端末をDTNモードに自動で切り替え、データ送る手法の開発を目指して実験を重ねました。最初の実験では、

台のスマホを使用し、災害時を想定してデータの伝達を行いました。結果、30台すべてにデータを伝達することができました。また、東北大学の総合防災訓練においてこのシステムを活用し、テキストメールだけでなく、写真の送受信にも成功しました。ところで、MANETとDTNを組み合わせたものは、データを伝達する経路を構築するものであります。そこで、研究室では、小規模なMANETのグループを、構築と解散を繰り返すことでデータをさらに効率よく伝達するシステムについて考えました。この実験にも成功し、将来は災害時の情報伝達のほか、旅行などの際の情報共有やショッピングセンターなどでの広告・クーポンの配布など、様々なシーンでの活用が検討されています。また、孤立地域への情報伝達手段として、ドローンや小型無人飛行機などのUAVに搭載された端末からでもデータ通信が可能であります。

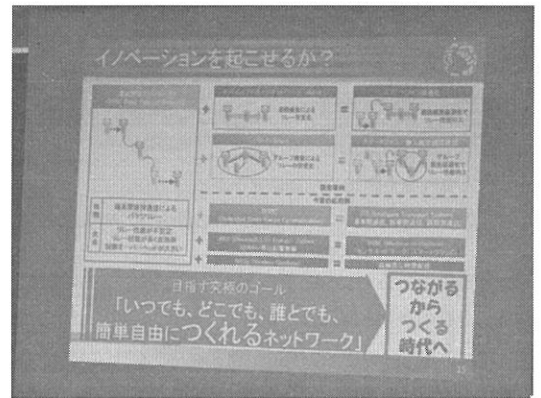


図-3 ネットワークのこれから

Q & A

Q、セキュリティに問題はないのですか？

A、セキュリティ対策は必要なこともありますが、広告やクーポンの配布など、セキュリティがあっては困る状況もあるため、考えてはいません。商品化する企業のほうに考えてもらいます。

Q、端末に保存されたデータの消去はどうするのですか？

A、大きく二つの方法があります。一つ目はデータを取り込んでからの時間を設定して、時間になったら消去する方法、二つ目はデータ量に制限を設けて、一定量に達したら消去する方法です。

Q、ネットワークの未来はどうなるのですか？

A、今、日本では、山間部や領海内でデータのやり取りができるようなネットワークの形成について議論がなされています。また、現在の技術では通信速度に限界があることから、その限界は超えることができるのか、またそのためにどうしたらよいかについても考えていく必要があります。

謝辞

このたびは、お忙しい中研究について、また学生生活について、わかりやすく説明して下さった西山准教授、学生の皆様、誠にありがとうございました。

ナノテクノロジーと磁石

東北大学工学部電気情報物理工学科 佐久間研究室

2105 伊藤 柊威, 2106 遠藤 魁人, 2113 久保 圭大

研究室紹介

佐久間研究室は工学部・電気情報物理工学科の応用物理学コースに所属。物性理論、量子力学およびシミュレーション技術を駆使し、最先端の電子デバイスの原理を追求するために磁性体と呼ばれる磁性を帯びる事が可能な物質の極小の世界にまで踏み込んだ研究を行っている。

応用物理学では理論を中心に研究することから佐久間研究室に実験装置などはほとんど無い(図1)が、様々な事柄の原理や効率化を研究しているため他の全てのコースに干渉しているとも言える。また、高校物理や数学よりも高度な理論を操るため量子力学の履修、また、テーマによってはプログラミングの技術が必要となる。

学部生は100%近く、大学院に進学。修士課程の学生の多くは民間企業への就職希望で、分野は大手電機メーカーや部品メーカー、材料メーカーなど様々である。また、早い時期から学会発表等の研究活動で成果を挙げる学生は博士課程に進学する傾向が強い。

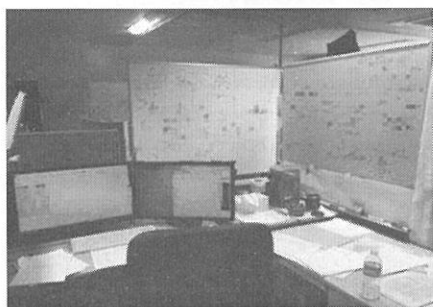


図1 所属する学生の机

ナノテクノロジー

「ナノ」とは、 10^{-9} を表す単位であり、ナノテクノロジーとはナノメートル(nm)のスケールで物質の仕組みを知り、自在に扱う技術のことである。アメリカのクリントン前大統領はナノテクノロジーについて次のように述べた。

- ・ 国立国会図書館の情報量を角砂糖ひとつの大きさに収容できる
- ・ 鋼鉄よりも10倍も硬く、しかもずっと軽い材料の実現
- ・ ガンを細胞数個程度の段階で検出できる

このように、ナノテクノロジーは多くの分野にまたがり複数の学部を取り込んだ研究を推進できる、微小にして巨大なはたらきを持つ技術なのである。

磁石による情報

佐久間研究所では、このナノテクノロジーを用いて「磁石」を扱うことを考えている。磁石はあらゆる方面への応用が期待されていて、その例の一つに不揮発性磁気メモリがある。

不揮発性メモリとはコンピュータで使われるメモリの一種で電源を供給しなくても記憶を保持するメモリのことである。このメモリを使用する最大のメリットは、電源を切ってもメモリの内容が消えないためにハードディスクからメインメモリへのコピーが不要であり起動が早くなることである。しかし不揮発性メモリのなかには、一度書き込むとそのデータを書き換えることができないというデメリットを持つものもある。

磁石は情報を記憶しておくエネルギーを必要としない。そのため記憶媒体に磁石を用いての効率化が期待される。これをナノテクノロジーと組み合わせることで、膨大なデータを小さなメモリに記録し、しかも素早く出し入れできる。佐久間研では、このような技術をより高度なレベルで使えるようにするための研究を行っている。

磁石はなぜ磁力を持つのか

磁石の最小単位は回転する電子である

磁場が発生するということは、金属などの電荷をもつ物質が回転していると言い換えることができる。しかし、小学校の理科の実験で使ったような棒磁石は机に置いてしまえば微動だにしない。それではいったいどこに回転があったのだろうか。

ここで棒磁石を半分に切り分けると切断面からまたS,N極が現れてS,N極のみの塊になることはないが、この切断を何度も何度も繰り返すと、最終的には原子一つ一つの構造にまで分解できる。原子核の周囲を回り、負の電荷をもつ電子は、ちょうど太陽の周囲を公転している地球のようにそれぞれが「自転」しているという。

負の電荷をもつ電子の回転が磁石の正体であった。

複数の電子のスピンの向きは揃いやすい

磁場には向き(N極→S極)があるが、それはつまりたくさんの電子の回転方向が揃っているということになる。佐久間教授はその原理についても説明してくれた。

パウリ原理…同じスピン状態の電子同士は近づかない

この原理により逆スピンでは電子同士が近づくが、その場合電子の間には斥力という反発しあう力が強くはたらく。反対に同じスピンで電子同士が遠いと斥力は弱く、楽に状態を保てる。

このことから、電子が回転する向きは揃いやすい。

現役大学生から

Q. 普段はどのような勉強生活を送っていますか。

A. 研究をする中で疑問に思ったことや、近い分野で必要な知識、ただ自分が興味を持ったことなどについての本を空き時間に読んでいます。

Q. 高校の時点から大学の教科についての予習は必要ですか。

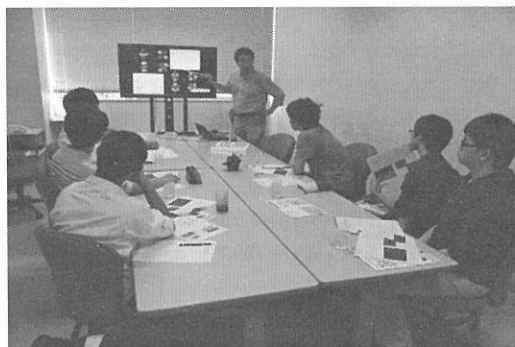
A. 大学で初めて触れる教科はそのときになってからで大丈夫です、高校では高校で学習すべきことに集中しましょう。

Q. 理学部と工学部の大きな違いはどこですか。

A. 理学部は主に個人的な興味からくるテーマについて研究を行っていますが、工学部はそれよりも社会のニーズに応えられるような、より実用に向けた研究を行っていると考えればよいと思います。

Q. この先、私たちが高校を出てから最も大切になることはなんですか。

A. 何と言っても他者とのコミュニケーション能力。二番目を挙げるならば忍耐力です。



社会的ニーズに答えるテクノロジー

東北大学工学部 佐久間研究室

2212 木村 基治、2219 菅田 碧、2232 松戸 秀斗

<研究室紹介 >

東北大学工学部電気情報物理工学科応用物理学専攻佐久間研究室では、主に応用物理学の固体物性物理学分野で研究を行っています。研究場所は東北大学青葉山キャンパスの工学部電気情報物理工学科電気情報システム・応物系 2 号館で研究室の内部は特に実験装置などはなくパソコンが並んでいます。東北大学には理学部にも物理の研究をする研究室もあるのですが、研究している目的が明確に違います。理学部の物理専攻がニュートリノなどの直接私たちの生活に関係のないような物事の本質を研究しているのに対して、工学部の応用物理学専攻では社会のニーズに答えた実用的な研究をしています。

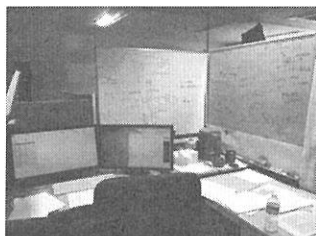


図 1 研究室の様子

電磁気学とは…

電気・磁気について研究する学問

トンネル効果 ●USBメモリ

超伝導 ●リニアモーターカー

ローレンツ力 ●電子レンジ

<電磁気学とは>

電磁気学とは様々な電子機器に用いられていて、主に電気と磁石に関することを研究する学問です。たとえば、コンピューターにはハードディスクが内蔵されています。スマートフォンはもちろん車や飛行機、SUICA に至るまであらゆる電子機器にも電磁気学が用いられています。そして、これらの電子機器を扱うにはもちろん電力は欠かせません。そのために必要な電力・磁気の性質、引き起こす現象などを研究する学問こそが電磁気学なのです。

<研究方法>

現在、電磁気学は様々なアプローチから研究が進められています。たとえば、実際に永久磁石を作ってその性質を研究するもの。あるいは、磁力を生み出している電子の動きに注目し、その振る舞いについて研究するもの。そのほかにも、電気・磁気などが周囲にどのような影響を及ぼすのかについて研究するもの、など多岐にわたります。

その中でも、電磁気学に関連する様々な数式、理論から数学的、理論的に物体の性質や起こり得る現象を考えているのが「佐久間研究所」なのです。その性質上、研究にはパソコンしか必要でないため、研究室も非常にコンパクトです。しかし、その分ほかの研究手法と比べて研究費用も、製品を作るまでに必要なコストも安く済みます。このように、お財布にも土地にも優しい研究法ですが、研究者の高い意識と豊富な知識により、世界でも最高峰のレベルを誇っています。

<磁石とナノテクノロジー >

従来のメモリ(揮発性メモリ)

- 素早いデータの書き込み、読み取りができる。
- 電源を切るたびにデータがリセットされてしまう。
→ 起動に時間がかかる。

ハードディスク

- 大量のデータを保存できる。
- 電源を切った後もデータが保存される。
- データの書き込み・読み取りが遅い。
→ 電力を多く消費する。

不揮発性メモリ

- 電源をOFFにしてもデータが保存されるため、起動が早い。
- 起動時の消費電力が少ない。
- 急なシャットダウンでもデータが失われない。

研究の一つとして、磁石を用い不揮発性磁気メモリへの応用をするというのがあります。不揮発性メモリとは電源供給がなくても記憶を保持することが可能なメモリの総称で、メモリの内容が電源を切っても消えなければパソコンが立ち上がるのを待つ必要はなくなります。磁石は情報を記憶しておくのにエネルギーを必要としないため今後の展望が期待されます。

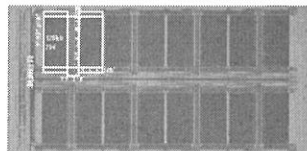


図 2 不揮発性磁気メモ

<今私たちに求められているもの>

研究第一主義を掲げる東北大学において、大学生に求められているものは学力ではありません。人とのコミュニケーション能力です。研究は決して一人で行うものではありません。そこには研究を共にする仲間との協力というものが存在します。研究に限らず仕事をする上でこの力は重要です。グローバル化が進む中、英語でコミュニケーションをとることが当たり前になった今現在、それが最も大切です。また研究には等しく忍耐が大切であると教授はおっしゃいました。研究に失敗は付き物であり成功するのは容易なことではありません。最後まであきらめずに努力し続ける忍耐力も必要です。これも研究に限らずどんなことにも言えるでしょう。私たちはどうしても学力ばかりに目が行きがちですが、そんな頭でっかちでは仕事も研究もできません。今私たちに求められているものは何かをよく考えることができました。今回の研修に協力して下さった佐久間研究室のみなさん本当にありがとうございました。



図 3 研修の様子

担当(木村、菅田、松戸)

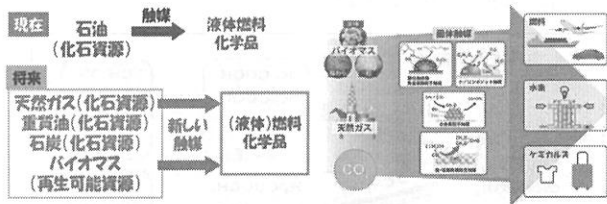
触媒開発による新しい資源の作成

東北大学工学部 富重研究室

2112 菊地克, 2121 野澤一輝, 2136 芦立美春

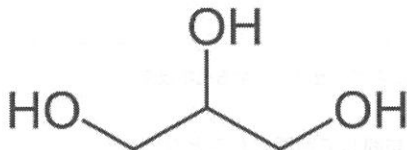
研究室紹介

私たちは今回、東北大学大学院工学研究科応用科学専攻 富重研究室へ研修に行ってきた。この研究室は現在、38名で構成されており、科研費、ALCA、さがりからの登録を受け、また新日鉄住金、三井ガス化学、JXTG エネルギー、昭和シェル石油、TOYO TIRES、ダイセルなどと共同でバイオマス、天然ガス、二酸化炭素から地球にやさしいエネルギー資源を作る触媒開発を主に行っている。バイオマスとは資源としてとらえた生物のことでおもに植物のことを指し、再生可能エネルギーの中で唯一の有機化合物である。このバイオマスや天然ガス、二酸化炭素などはそのままではエネルギー資源として使いにくいので、それを「ジオール」と呼ばれる化合物に変換してエネルギー資源とする。ジオールとは両端末にOH基がついている化合物で、ほかの物質と化合しやすく、反応性が高い。しかし、変換途中でプロパノールという1つしかOH基がついていない化合物ができてしまい、それがジオールとの識別が難しいなどの問題点もある。

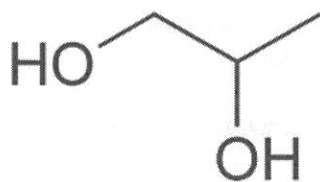


グリセリンを活用する

グリセリン



プロパンジオール

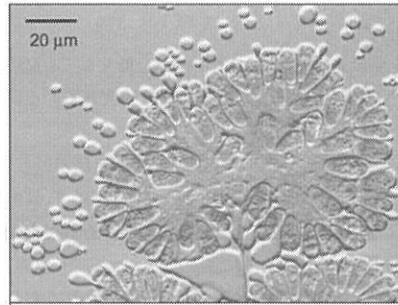


富重研究室では以前、グリセリンから化学繊維の原料を作り出す新しい触媒を開発した。これは植物油からバイオディーゼル燃料を製造する過程で出る廃油中のグリセリンを利用する方法として期待されている。

開発したこの触媒をグリセリンの水溶液に入れ、セ氏120℃で80気圧の水素と反応させたらポリエステル繊維の原料となるプロパンジオールが得られたという。この触媒は3回再利用しても性能が低下することはなかったということだ。ポリエステル繊維は通常は石油から作られるが、バイオディーゼル燃料の製造過程で出るグリセリンから生産できる可能性が出てきたということだ。

不純物が含まれた実際の廃液でも性能を確かめるということだ。この研究での成果は触媒の学術誌に掲載された。

藻が作る資源



(a) Botryococcus braunii (光学顕微鏡像)

藻がつくる油を石油に替わる資源とする研究も行われている。バイオマスにはトウモロコシやサトウキビのような穀物も使われているが、この汽水域に生息するしている藻をバイオマスとして見たときの穀物との違いとしては炭化水素(C₃₄H₅₈)の面積当たりの生産量がトウモロコシの約700倍にも及ぶということだ。さらに、穀物など陸地の植物とは使う土地がかぶることがなく、食料としての穀物を育てる土地を減らすことがないということも、藻を資源として活用することの大きな利点である。

しかし、藻が作る油を実際に使うことを考えた時の問題点としては、藻が作った資源を取り出すのが難しいということだ。それに、藻を育てるときに別の必要のない藻が発生すると生産性が落ちてしまう。これらの問題点を解決することが重要である。

私はこれまで藻がエネルギーとして利用することができるということを知らなかったもので、この話を聞いたときにとっても意外だと感じた。そして、これから技術がより発達すれば優れた資源となると思った。

質問内容

- Q. バイオマス燃料の原材料として、動物は使えますか。
- A. 動物は育てるのに使うエネルギーがとても大きく、エネルギー効率がとても悪いので、植物に比べ優れた燃料にはなりません。
- Q. 実用化までどのぐらいの期間が必要とされていますか。
- A. 研究が完了するまではどのぐらいの期間が必要かはわかりません。しかし、研究の完了から実用化までは少なくとも10年以上かかるといわれています。

感想

この工学部研修は私たちにとってとても貴重な体験になったと思う。また研究の内容や研究の方法だけでなく研究にたいする姿勢やその先にある自分自身の目標の持ち方も学ぶことができた。今の私たちでは技術面や精神面で劣っている面が多々あるが、少しでも上達できるように努力していきたい。

バイオマスの燃料実現化に向けて

東北大学工学部 富重研究室

2202 壺岐虎太郎 2206 大倉寛澄 2228 芳賀太郎 2239 海野ひかり

① 富重研究所について

富重研究所は、化学反応の活性化エネルギーを低くして、反応がより速く起こるようにする「触媒」というものを研究している研究です。

触媒の研究を進めることによってエネルギーの無駄をはぶけたり、バイオマスなどの今はあまり実用化されていないものから効率良くエネルギーを使えるようになることで、環境にかける負担を少なくすることが期待されています。

2017年5月現在、交換留学生を含む38人で構成されており、科研費やALCA、さきがけからの登録を受け、三菱ガス化学、JXTGエネルギー、昭和シェル石油、TOYO TIRES、日新鉄住金、ダイセルなども共同研究も行っています。

研究所では、①つくる(触媒調製)→②はかる(活性評価)→③しらべる(構造解析)→④きわめる(反応機構解明)の行程を何度も何度も繰り返し、思うような結果が出るまで実験を続けるそうです。

② バイオマス資源から触媒開発について

バイオマスは、再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたものです。なぜバイオマスに植物を利用するかというと、森林を構成する個々の樹木等は、光合成によって大気中の二酸化炭素の吸収・固定を行っています。森林から生産される木材をエネルギーとして燃やすと二酸化炭素を発生しますが、この二酸化炭素は、樹木の伐採後に森林が更新されれば、その成長の過程で再び樹木に吸収されることになります。

このように、木材のエネルギー利用は、大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えないというカーボンニュートラルな特性を有しています。このため、化石燃料の代わりに木材を利用することにより、二酸化炭素の排出の抑制が可能となり、地球温暖化防止に貢献します。

そのバイオマス資源から固体触媒を開発し、将来的にエネルギー環境問題を解決する触媒開発を目指しています。富重研究所では、バイオマス資源に植物油や脂肪酸トチグリセリドなどを使用し、加水分解、水酸化分解をして、ナノ構造制御触媒を作成します。将来的には、石油以外のものから液体燃料や化学品を作る原料の転換が進むと同時に水素社会がやってくる可能性もあり、多様な再生可能資源から水素を作ることができれば、地球温暖化問題に寄与できます。

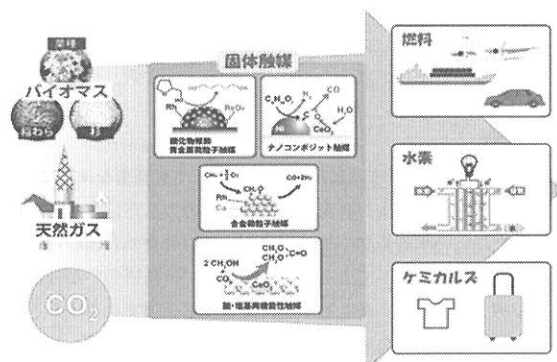


図1 個体触媒の作成と使い道

③ バイオマスの変換技術について

バイオマスに主に使われているものは植物油です。例えば、菜種油や、オリーブ油、ひまわり油などがあります。そのなかでも微細藻類油という植物油が注目されています。その微細藻類油は、河川や湖、沼などに生息する藻類からとることができます。

なぜ藻類が注目されているかというその理由は二つあり、一つは他の植物に比べて日光の当たる面積が大きいことで、もう一つは藻本体があまりエネルギーを使わないため、余った光合成のエネルギーを油として外に放出するからです。

この植物油の主成分はトリグリセリドと呼ばれる物質で、これを加水分解という方法でグリセリンという物質を取りだし、このグリセリンから、プロパンジオールという触媒ができます。この触媒があることでバイオマスが効率的に燃料になることができます。この結果バイオマスという再生可能エネルギーの実用化に一歩近づいたといえます。

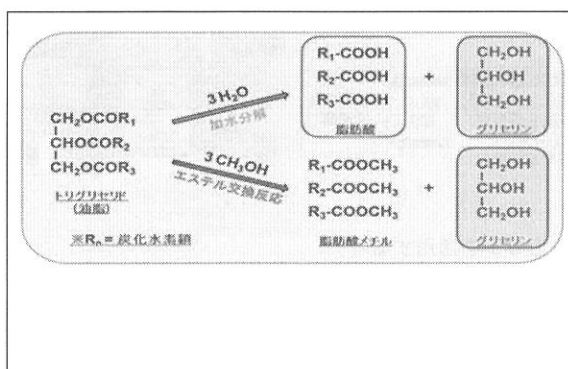


図2 トリグリセリドからグリセリンにする化学反応

④ 質問内容 訪問して判明したことなど

- 1、一つの研究に費やす時間はどれくらいですか？
→大学3年生の場合、42時間(90分×2コマ×14回)
研究室で行う実験の場合 触媒の実験
260時間(論文に記載されている実験時間) しかし実際には、2400時間(2007年12月～2009年5月 8時間×20日×15か月)もの時間が費やされています。
- 2、バイオマスのエネルギー変換実験の際に、動物を使わないのはなぜか？
→エネルギー変換率が高い動物とそうでないものがあるため、植物を実験に用いたほうが適当であるからです。

⑤ 謝辞

今回の工学部研修では、貴重なお話を聞かせていただきありがとうございました。この経験を今後の進路選択や、将来に活かしていきたいと思います。

反応プロセス工学

東北大学工学部 北川研究室

2111 菊池 瑛久 2115 佐藤 圭 2116 佐藤 大智

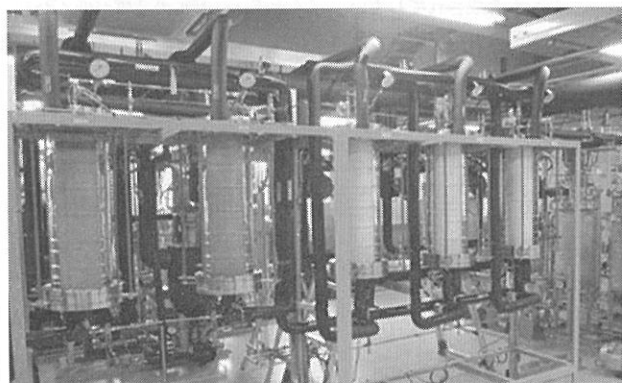
① 研究室紹介

北川研究室（大学院工学研究科・化学工学専攻反応プロセス工学研究室）は、東北大学工学部では唯一の、女性が教授の研究室で化学バイオ工学科・化学工学コースに所属している。

化学工学とは、化学の分野の一つで、化学物質、化学製品を工業的に生産するために必要な学問である。主に、研究室での実験と、工業としての大量生産のパイプ役となるものがこの化学工学である。

反応プロセス工学は、装置の中で反応がどのように起こっているのかのメカニズムを考える学問である。メカニズムがわかることによって、反応を予想、制御できるようになり、目的物質を効率的に生産することができるようになる。

その中でも、北川研究室は、既存産業の廃棄物に注目して、そこから燃料や日用品などを作る新規技術の研究をしている。



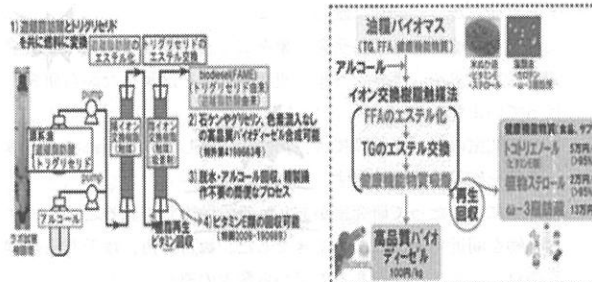
② 研究内容 1 ビタミンEの製造

●北川研究室では、従来のプロセスより効率的により高純度のビタミンEの製造方法を研究している。

●従来のプロセスでは脂肪酸エステルを製造する際に生じた非可食油をエステル化、多段分子蒸留シクロマト分離することでビタミンEを製造するものだった。しかし、このプロセスでは多段分子蒸留の際に脂肪酸エステルが不要物として廃棄されてしまうほか、脂肪酸エステルを製造する際に、グリセリンが不要物として廃棄されてしまう、廃食用油が石鹸を副生してしまうなどの問題がある。

ここで、北川研究室ではエネルギーと食品を同時に製造するという新たなプロセスを提案している。そのプロセスでは、食用油を製造する際に、生じた非可食油をエステル化、エステル交換、吸着離脱することでグリセリン、脂肪酸エステル、ビタミンEを同時に製造することができる。また、このプロセスでは従来のプロセスよりも高純度な脂肪酸エステルとビタミンEを製造できる。

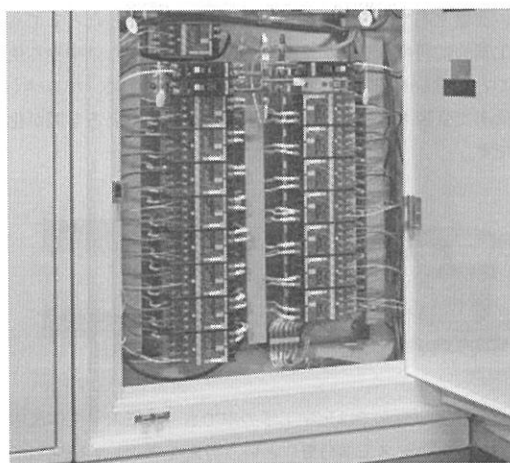
エステル交換



イオン交換樹脂を用いた、新たなビタミンE種の回収法

③ 樹脂の触媒と油脂の燃料について

●東北大学では陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂という新しい製造法を作り出しました。具体的には遊離脂肪酸やトリグリセリドを燃料に完全変換したり、副生物グリセリンや色素を吸収したりしている。樹脂を触媒とした油脂の燃料化の世界初の成功例で、特許4198663号を獲得した。水酸化ナトリウム触媒から陰イオン交換樹脂触媒にしたことで石鹸生成がなくなり、グリセリンや色素が樹脂に吸収し溶液から除去でき高品質燃料が合成可能になった。また、東北大学では温水循環方式によるトリグリセリドリッチ油用ベンチシステムとヒーター方式による脂肪酸リッチ油用ベンチシステムという新たな工業的な装置の開発をした。ちなみにベンチシステムとは植物油からバイオディーゼルを作る機械のことである。



●謝辞

今回、大変忙しい中訪問した際に親切に対応して下さいました北川先生始め、大学院生の方々に大変感謝申し上げます。また、今後の研究活動の参考になる大変貴重な体験の機会を下さった関係者の方々にも感謝申し上げます。

今回の体験を今後の研究活動に生かして頑張っていきたいと思っております。

バイオディーゼルの高品質化を目指して

東北大学工学部化学・バイオ系化学工学コース反応プロセス工学分野 北川研究室
2201 阿部瑤平 2223 田中龍也 2234 湊大輝 2235 山田隼

1. 研究室紹介

この研究室は平成7年4月に発足し、北川尚美教授のもと東北大学の生徒らが日々研究に励んでいます。

反応工学を機軸にして、研究対象を広く新素材からバイオ、環境問題にまで求め、世界レベルで速度解析論を追及しながら研究を行っています。

この研究室の北川尚美教授は、女性では難しいと言われていた博士課程を修了した一人です。

何部屋にもわたって研究室があり、普段は決して見ることのできない物を間近で見ることができました。数百万円、数千万円の実験機材などがごろごろあるのだから驚きの連続でした。

この研究室が化学工学において非常に重要な役割を担っていることは間違いないだろうと研修を通して思いました。

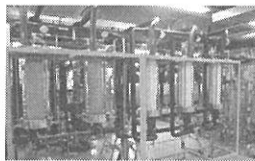


図1) バイオディーゼル製造パイロットプラント

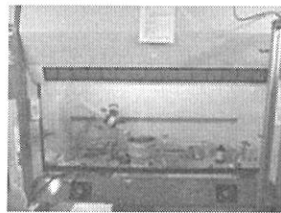


図2) ドラフト

2. 化学工学とは

「自然科学の法則」を究極まで極める学問を“理学”とすると、「自然科学の法則」を我々の生活と結びつける学問を“工学”といます。その中でも化学工学とは、化学物質を工業的に生産するのに必要な学問です。

例えば、実験室内で効率的な燃料の生成方法を発明したとしても商業・工業的に利用するとなるとスケールの違いから効率良く使用することが難しいことがあります。そのようなときに、なるべく最大の効率で生産するにはどうしたらよいか、を考える学問が化学工学です。

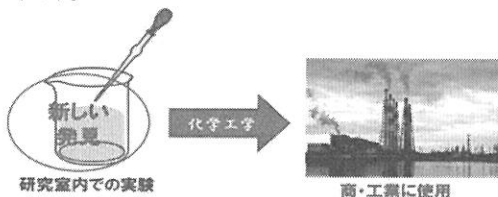


図3) 化学工学とは

今回訪問した北川研究室では化学工学の中でも“反応工学生体反応工学”の“反応プロセス工学分野”という分野を専攻して研究しています。反応プロセス工学とは、装置(反応器)の中で反応がどのように起こっているか(メカニズム)を考え、そのメカニズムから反応を予測・制御し、目的の物質を効率的に生産する、という分野です。効率的に生産と、一言で言うには難しいですが、例えば反応器の大きさや適切な反応の条件、最大の反応速度などがあげられます。

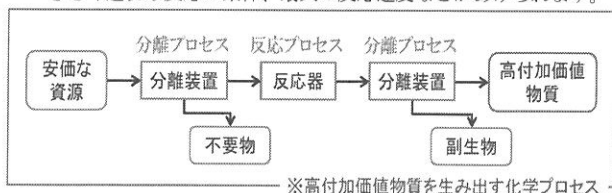


図4) 化学プロセス

3. 研究内容

北川研究室では、物質をより効率的で高品質に物質を生成する方法など、様々な研究・開発が行われています。

北川研究室で行われている研究の一つにバイオディーゼルの効率的な合成方法の開発の研究があります。バイオディーゼルとは、植物や動物の油などから作られる燃料で、鉱物から作られるディーゼルとは異なり、排気中に黒煙や硫黄化合物など、いわゆる大気汚染物質を含まないクリーンな燃料であり、さらに天然のものが由来であることから再生可能エネルギーとして注目されている燃料の一つでもあります。

このバイオディーゼルの現在の一般的な合成方法は水酸化ナトリウムといったアルカリ性の物質を触媒(反応を促進させる物質)として用いる、植物油とアルコールのエステル交換反応^{図5)}によるものですが、この方法では、合成時に同時に石鹸^{図6)}やグリセリンも合成されてしまい、バイオディーゼルの品質が低くなり、精製時の費用や環境に負担をかけてしまうというデメリットがあります。

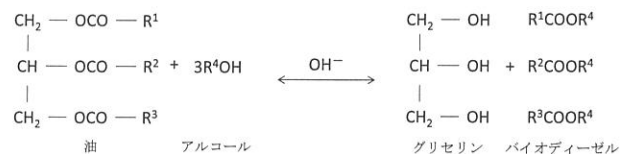


図5) エステル交換の反応式(副産物としてグリセリンを生成する)

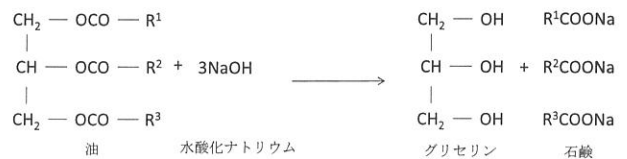


図6) 鹸化反応(石鹸を生成する化学反応)

北川研究所では、そのような問題を解決するために水酸化ナトリウム触媒の代わりにイオン交換樹脂^{図7)}を用いた合成方法を開発し、さらにその方法による連続製造装置を設計して、現在はその装置の評価などを行っている段階です。北川研究所が開発した、イオン交換樹脂を用いる合成方法は水酸化ナトリウムを用いた時に生成する石鹸やグリセリンが最終的に残らず、それゆえ品質の低下もしません。それに加えて、イオン交換樹脂は固体であるためバイオディーゼルからの分離が容易であるというメリットもあります。

陰イオン交換樹脂

陽イオン交換樹脂

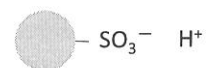
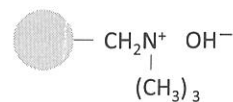


図7) イオン交換樹脂の模式図

北川研究室ではこの他にも、ビタミンEの高効率回収技術や植物細胞培養による有用物質生産などの研究・開発が行われています。

4. 謝辞

今回は大変お忙しい中、訪問に際して親切に対応して下さいました北川教授を始め、学生の皆さん、また、今後の研究活動で参考になる大変貴重な機会を下された関係者の方々に感謝申し上げます。

今回の体験を今後の研究活動に生かしていきたいと思っております。

夢の接合方法

東北大学工学部材料科学総合学科 佐藤裕研究室

2104 伊藤玄 2124 古川佑 2126 三浦時瑛

1. 研究室紹介

佐藤裕研究室は東北大学大学院工学研究科コースに属し、主に接合プロセスについての研究を行っている。

接合プロセスとは電子部品から航空宇宙機器に至るあらゆる製造工程で駆使されている基本技術である。その接合プロセスを材料科学的観点からアプローチし、より特性の良い接合部を創出するための研究をしている。

2. 研究目的

従来の溶接方法であるアーク接合では、材料が歪む、接合部を一度溶かすため接合部分が弱くなるといった問題点が多くあった。そこで、佐藤裕研究室では、問題点が多いアーク溶接に代わる摩擦攪拌接合や超音波接合などの溶接方法を研究し、実用化に向けて研究を行っている。



図1 アーク接合

図2 超音波接合機

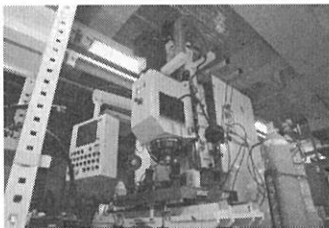


図3 摩擦攪拌接合機

3. 研究内容

①摩擦攪拌接合 (FSW)

摩擦攪拌接合とは、一般的に思い浮かべられる接合方法である溶接(アーク接合)とは全く異なるものだ。今までの接合方法では接合された場所が発生した熱などによって収縮するなどして製造物全体に歪ができてしまっていたが、FSWではアーク接合に比べるとごくわずかな摩擦熱のみしか出ないため、歪が生じる心配性がないのである。さらに通常の接合方法では接合部分の強度は大幅に下がるが、FSWでの接合面の強度は接合前とほぼ変わらないという。その気になる接合方法だが、接合面の酸化膜などの不純物を取り除き圧力をかけることによって、金属本来のひきつけあう力に任せて接合するというものだ。一見すると単純な接合方法だが、これが今までの接合方法の課題ともいえる問題点を一挙に解決してしまうのだから驚きだ。

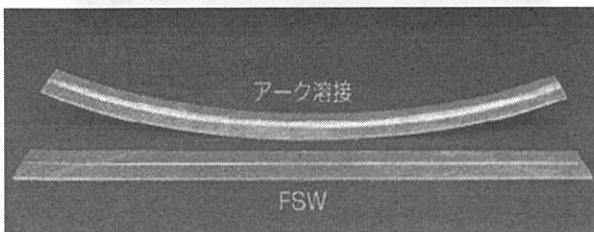


図4 アーク接合とFSWの比較

図4は先述したアーク接合とFSWの比較である。

夢のような接合方法のFSWだが、欠点もある。鉄のような硬い物質を接合しにくいという点だ。主にツールなどが原因なのだが、そのような問題点を解決するために今も研究を続けているという。

②超音波接合 (USW)について

2番目に行った研究室では、超音波接合(USW)について教えていただいた。接合の仕方は先ほど紹介した摩擦攪拌接合とは全く異なり、超音波で金属の表面の汚れを落とし、金属同士を重ね、上から圧縮してこすり合わせるという接合方法である。超音波で汚れを落とすのは、メガネ洗浄機などでも使われている方法である。しかし、なぜ金属の表面の汚れを落とすとくっつけることができるのかが分からなかった。説明して頂いたところ、金属の分子は分子同士でくっつきやすい性質があるらしく、金属の表面は普段は汚れてしまっているからくっつかないそうである。その汚れを落とすことで、圧縮してこすりあわせるだけで接合できるようだ。また、超音波接合を使う利点は電子部品などを接合できる点である。摩擦攪拌接合ではどうしても規模が大きくなってしまい、スマートフォンなどの製造には向かなかったが、超音波接合では細かな部分まで接合できるため、小さい電子機器などの生産に向いている。装置自体は何回も使えるところも、魅力である。これからもっと幅広い分野で活躍してほしい。

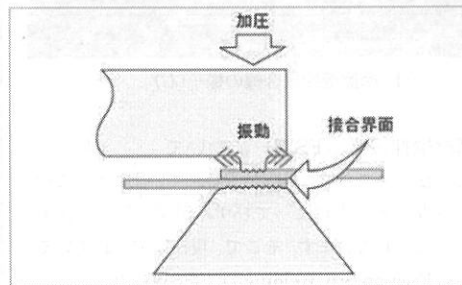


図5 超音波接合の仕組み

4. 質疑応答

Q、摩擦攪拌接合は何故鉄などの硬い材料ではできないのか？

A、ツールという部品の材料でいい材料がない。

Q、なぜ攪拌するだけで接合できるのか？

A、酸化膜やごみを取り除くことでつなげている。

Q、アーク接合のような熱は生じないのか？

A、多少の熱は生じるが、歪が生じるほどではない。

Q、実験のやりがいは？

A、誰もやったことのない研究はとても楽しい。

Q、具体的な活用方法は？

A、FSW・・・飛行機や電車

USW・・・電子機器や細かな部品

Q、接合部分の強度は？

A、接合前とあまり変わらない。

5. 感想

今回の工学部研修では、普段の高校生活で経験できないような貴重な体験ができた。今回の見学の内容は私たちが普段触れることのないことばかりでとても興味が湧いた。もし摩擦攪拌接合や超音波接合が実用的なものになったら、町の建物の強度や町並みが変わると思うので摩擦攪拌接合や超音波接合が実用的なものになってほしいと思った。

6. 謝辞

東北大学工学部の皆様、今回はお忙しい中私たちのために貴重な時間を割いていただき、誠にありがとうございました。

今回学ばせていただいた研究は大変興味深いものでした。私たちも興味を持った研究をするため、日々精進していきたいと思っております。今回は本当にありがとうございました。

「くっつける」を科学する

東北大学工学部 佐藤裕研究室

2208 鑑 龍人, 2221 高橋 和暉, 2231 本田 勝丸

① 研究室紹介

私たちが研修を行った佐藤裕研究室は、東北大学工学部材料科学総合学科 材料システム工学コース 接合界面制御学分野の研究室です。

ここでは、金属を「くっつける」ということをテーマとし、いかに元の金属の性質を損なうことなく安全性に優れた金属接合法及び接合するための機材などを日夜研究しています。

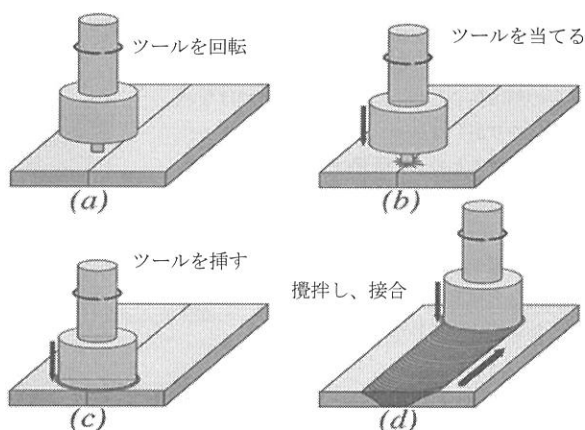


図Ⅰ 摩擦攪拌接合機の様子(右)

② 研究内容1 摩擦攪拌接合 (FSW) について

金属を接合する方法として、主に溶接が使われていますが、この方法では熱や圧力を加えることによってひずみが発生したり元々の特性が低下したりしてしまいます。そこで、現在研究されているのが摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding;以下 FSW) です。

FSW は 1991 年に英国で開発され、固体のまま接合できるという特徴から「接合部位のひずみが少ない」「低い温度で接合できる (エネルギー効率がいい)」などの数々の利点があり、研究が進められています。



図Ⅱ FSW の接合のイメージ図

上図は FSW の模式図です。(a)~(c)突き合わせた接合面に回転した接合ツールが押し入る過程で摩擦熱が発生し、材料が軟化します。(d)軟化すると同時に接合面に沿ってツールを動かすと、金属が攪拌され接合されます。これが FSW の接合プロセスです。今後の課題としては、FSW で接合できる金属の種類(鉄など)を増やす、装置が大きいため、実際の接合現場では使いにくいなどがあげられます。

③ 研究内容2 超音波接合について

先の FSW では、厚めの金属で、かつ融点が低めの同種の金属しか接合させることはできませんが、超音波接合(以下 USW)では、FSW ではできないより薄い金属同士の接合や、違う種類の金属もたった 6mm 四方でしっかりと接合させることができます。



図Ⅲ 超音波接合機、USW

USW の今後の課題は、接合時に金属に格子状の模様ができること、精密機器には命とりになりかねない細かい粉が出てしまうこと、接合したときに金属がとても熱くなることなどがあげられます。

④ 質問と回答

Q.FSW でくっつけられない金属はありますか？

A.鉄などの融点が高い金属ですね。鉄は融点(溶ける温度)が高いため、ツールが壊れたり、すぐに削れたりしてしまいます。たとえば、元素の中で一番融点が高い元素であるタングステンをツールに使ったとしても、すぐに使えなくなるくらいに削れてしまうので、何度も使いたい FSW のツールとしては不合格になります。



図Ⅳ FSW のツール

Q.USW で接合した時にひずみはできますか？

A.USW での接合はかかる時間が一瞬なので、特にひずみは気になりません。

⑤ 謝辞

今回の東北大学工学部研修において研究室にお邪魔させていただいた佐藤裕教授をはじめ、研究室の学生の皆様に深く御礼を申し上げます。

未来をつくる材料

東北大学工学部 成田研究室

2119 田中辰弥, 2123 引地啓太, 2134 渡邊翔平

1. 研究室紹介

わたしたちの行った成田研究室は東北大学大学院工学研究科・工学部のマテリアル・開発系の中の材料システム専攻に属するマイクロシステム学講座材料システム設計学分野というところの研究室です。そこではいわゆる材料科学とよばれる学問の研究をしていました。東北大学の材料系は日本でもっとも進んでいる研究所です。

しかし、材料科学といわれても何を研究しているのかピンとこないと思います。わたしたちも研究室に行く前はそうでした。

材料科学とは、文字通りさまざまな材料を研究する学問で、新しい材料の開発や、より安価な方法での材料の作り方の構築などを行っています。

また、材料科学は理学と工学を結ぶ学問ともいわれていて、なくてはならない学問であるといえます。

2. 研究目的

わたしたちの行った研究室では、I o t (モノのインターネット)と呼ばれるあらゆるモノをインターネットで結ぶための装置のスポーツ用のものを企業と共同開発しています。しかし、それには膨大な量のセンサが必要になり、それを維持するためには膨大な量のエネルギーが必要となります。そこでは、そのためのエネルギーを衝撃や振動などから得るために研究をしていました。

また、ほかにも航空宇宙や超電導などの過酷な環境条件下に耐え、安定した機械、構造物を作るための材料も作っていました。

3. 研究内容 複合材料について

「複合材料」…2つ以上の素材から作られた材料
設計の自由度が高い

例) 炭素繊維

「軽くて強い」鉄と比較すると

比重:1/4、比強度:10倍、比剛性:7倍

加えて、

＋:耐摩耗性、耐熱性、低線膨張率、耐腐食性、電気伝導性

－:リサイクルが容易でない

(強度:強さの度合い、 剛性:変形のしにくさ)

母材と強化材を織物技術を用いて組み合わせることによって、強度、弾性(材料の変形しにくさ)、じん性(材料の粘り強さ)などが高い材料を開発している。

また、軽量に作成できるため、今日では、飛行機やタブレット端末など様々なものに使用されており、エネルギーの節約にもつながっている。

4. 圧電材料と磁歪材料

圧電材料とは圧力を加えると電気が発生し、また電気を加えると形が変形する材料のことです。

私たちが圧電材料がどのようなものか実際にライターに使われているものを使って体験しました。



図1 圧電素子の体験

この研究室では磁歪材料についても研究しています。磁歪材料とは磁力によって変形して圧力を加えると電気が発生する材料のことです。この研究室では、磁歪合金ファイバー・粒子/ポリマーコンジットを作製して、磁場による音圧評価と振動・衝撃による発電評価を行っています。

これらの材料を使いほかの材料と組み合わせることによってスポーツシューズやラケットに搭載するセンサの電源となる軽くて丈夫な電子複合材料の研究開発を目標としています。



図2 センサを利用したシステムの例

5. 感想

研究室では、実験を交えて楽しい研修をさせていただいたことで、大学生活での研究に興味を持つことができました。非常に良い経験になりました。

6. 謝辞

成田研究室の皆様に、改めて謝辞を述べさせていただきます。

より強く、より軽く、よりエコに

東北大学工学部 材料科学総合学科 材料システム設計学分野 成田研究室
2210 神坪幸太朗, 2220 菅原優人, 2225 圓谷修平

① 研究室紹介

私たちが研修を行った成田研究室では、踏んだり、叩いたりなどの衝撃を与えると発電する材料や、リサイクルしやすい原料をつかった材料をつくって、より生活が便利になるような仕組みを研究しています。

(圧電材料、磁歪材料、強誘電材料、複合材料、植物材料)

また、磁歪材料については、ガリレオ・ガリレイ(固体の強度を初めて研究した数学者)のいたパドバ大学(イタリア)と共同研究を実施しています。

複合材料としては、三軸織物炭素繊維プラスチックなどを例に、世界唯一の開発メーカーと共同で、極低温・高温環境における強度・機能評価を行っています。将来的には、地球と宇宙をつなげる宇宙エレベーターが建てられるように、その素材となる、軽くて丈夫な材料の開発を研究しています。

② 研究内容1 複合材料について

複合材料とは2つ以上の素材から作られた材料のことです。主な複合材料として炭素繊維強化プラスチックなどが挙げられます。炭素繊維プラスチックの特徴として、鉄と比べて重さが1/4、強度が10倍あり、鉄よりも「軽くて強い」と知られています。主な用途として、ロケットや人工衛星といった航空宇宙分野から自動車、ノートパソコン、携帯電話といった産業分野など幅広いところで利用されています。しかし、炭素繊維強化プラスチックは元の素材には戻らないためリサイクルがとても難しいとされています。

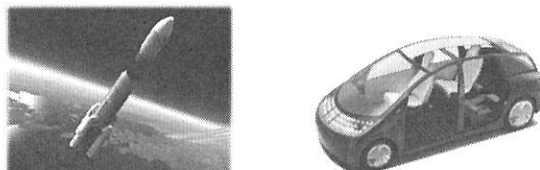


図1 複合材料の主な使用例 左)ロケット 右)自動車

東北大学工学部成田研究室では、次世代航空機、宇宙機器の飛躍を目指して宇宙探査機用の炭素繊維強化プラスチックを対象に、1500℃以上の高温な環境や極低温な環境に耐えられる強度、機能評価を行っています。また、宇宙では電力供給が問題となっているため、樹脂に強誘電ナノ粒子を分散させ、振動の減衰挙動や振動による発電特性についても調査しています。

③ 研究内容2 圧電材料について

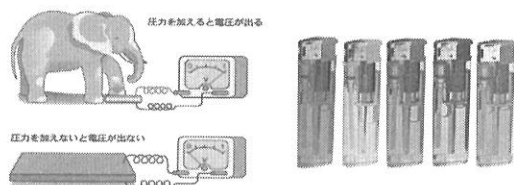


図2 圧電材料の仕組み

図3 圧電材料の使用例

圧電材料とは外部から圧力を加えることで電圧が発生し、圧力を加えないと電圧が発生しない材料のことです。身近な使用例としてライターやガス器具といったものが挙げられます。例えばライターを着火するときにカチッとボタンを押すことで、瞬間的に衝撃が加えられ、放電に十分な電圧が得られることで火をつけることができます。

また、圧電材料を利用した床発電システムがあります。床発電システムとはコンクリートなどの下に圧電材料を敷くことで、人が床を踏む圧力で発電するものです。JR 東日本研究開発センターが実際に丸の内北口改札通路に設置したところ1日最大約10,000Ws(100Wの電球を100秒点灯する電力)発電しました。しかし圧電材料の耐久性の低下に伴い発電量が減少しました。

そこで、東北大学工学部成田研究室では、効率良く発電できるように研究しています。

④ 研究室で体験したこと

実際に研究されているのを見たりさわったりして体験させていただきました。

・圧電材料

ボタンを押すと電気が流れる小さな装置を体験しました。力、つまり圧力を加えることで電圧が発生するようになっていました。また、圧電素子を生活の中で実用する例として、部品から組み立ててセメントに埋め込む体験もしました。完成したものをかなづちで叩くと、電気が流れるようすが確認できました。強く叩くほどより強い電流が流れているようでした。



図4 研修の様子

・炭素繊維強化プラスチック

複合材料のひとつである炭素繊維強化プラスチックに触れ、その特徴を学びました。強度もさることながら、驚くべきはなんといってもその軽さ。まるで発泡スチロールでも持っているかのような感覚でしたが、それで鉄をもしのぐ強度を持っているのです。材料が持つ力を間近に感じられる貴重な体験をすることができました。

⑤ 謝辞

とても貴重な体験をさせていただきました。東北大学工学部成田研究室の皆様へ、改めて謝辞を述べさせていただきます。有難う御座いました。今回の体験をこれからの研究活動に生かしていきたいと思っています。

橋の強度向上を目指して

東北大学工学部 齊木研究室

2103 石原匠, 2108 小野寺就, 2130 山田聖太郎

1. 研究室紹介

構造強度学研究室の紹介をします。本研究室では、主に鋼橋を対象としてリダンダンシーの向上による、重大事故のリスクを減らすための研究(※)や、研究に用いる数値の計算方法についての研究も行っています。本研究室は東北大学工学研究科、人間・環境系教育研究棟内にあります。この研究棟はアルファベットの「S」を左右反転させた構造になっています。案内して下さった方によると、建物が建っている地盤にこの形が最も適しているそうです。

研究室は四階にあり、研究室につながる廊下からは近くを通る地下鉄東西線の滝の口橋梁を眺めることができます。本題から少しそれるが、滝の口橋梁は日本唯一の地下鉄と車道の上下式の併用橋です。「上下式であっても基本構造は一般的なトラス橋と同じになっている。」と齊木准教授は教えてくれました。

研究は主にパソコンを用いたシミュレーションで行っているため、学生が高性能なパソコンを一人一台使えるようになっていきます。

そのパソコンですら計算に一晚以上かかることもあるというから驚きです。

また教授の部屋も同じ研究室の中にあり、学生と教授が非常に近い造りになっています。

研究室にはソファもあり日頃から学生と教授がそこで真剣な研究の話から談笑まで行っているそうです。

このように齊木研究室では研究にベストな環境が整えられています。

※リダンダンシー…冗長性。

(詳しくは研究紹介①に記載)

2. シミュレーションについて

研究室紹介で書いたように、齊木研究室では学生が一人一台高性能なパソコンを用いて日々シミュレーションを行っています。

橋のデザイン・強度をシミュレーションするソフトウェアは橋の建設現場で使われているものや、企業が使っているものなどいくつかあります。本研究室ではそれらのシミュレーションソフトウェアを用いて研究を行っているが、同時にソフトウェアの研究も行っていて、独自に作成したものも使用しているとのことでした。

今回訪問させていただいたときに実際に少ない材料でよりたわみの少ない橋をデザインするシミュレーションの体験もさせていただきました。

橋の構造において、何がより良いのかを初めから見つけるのは難しいですが、「Try and Error.」で何度もシミュレーションを試みる事が大切だと齊木准教授は教えてくれました。



<図1> コンピュータを用いたシミュレーション

3. 安全な橋とは

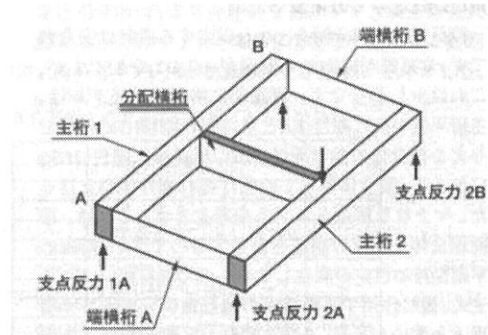
橋は時間がたつとともに劣化してしまいます。

定期的な橋の点検や、後述するリダンダンシーが必要になってきます。橋の点検は目視やたたいた時の音をもとに行われますが、足場を組むなど大規模な作業になってしまいます。そこで、点検時の負担を減らすための研究がおこなわれています。具体的には、橋の強度を保つ技術、冗長性(研究紹介①)を向上させることなどがあります。

4. 研究紹介① 鋼橋のリダンダンシーデザイン

まず、リダンダンシーとはなんでしょう？

それは冗長性、つまり橋梁の一部材が損傷した時に他の部材で負担をカバーしあい橋がすぐに落ちないようにする余裕のことです。たとえば、飛行機の場合エンジンが1つ故障しても、ほかのエンジンが補うことで、飛びつづけることができます。このようなことから、冗長性を高める構造要因を明らかにすることは重要です。従来は、床版と主桁を複合構造とみなし、主桁間の部材を変えることで、冗長性・安全性は保たれていました。だが齊木研究室での研究によって床版と主桁間の部材を合成させることで、代替荷重経路となることがわかりました(図2)。具体的には、分配横桁(主桁をつなげるもの)を設置することで、この工夫により、損傷時のたわみが減少する。橋の冗長性が保つためにはかかせません。



<図2> 橋の構造を模式化したもの

5. 研究紹介② 複合構造の数値的性能照査

日本にも多くある鋼橋には、コンクリートや鉄を混ぜた複合構造が使われています。複合構造は短所を補いあう合理的な構造をしているが、解析、設計が難しいそうです。そこで本研究室は、はりを平均化して設計・解析を効率化することに成功しました。また、断変形を加えるシミュレーションを開発し、複合構造の性能をより正確な数値で解析しています。

6. 謝辞

今回は私たちのために体験をさせていただいたこと、丁寧な解説をくださったことに感謝しております。土木や建築に興味のある私たちにとって、最高の時間となりました。本当にありがとうございました。

鋼橋のリダンダンシー

東北大学工学部 斉木研究室
2203 石黒俊輔, 2222 武田怜士

1. 研究室紹介

道路や橋、鉄道などの社会基盤構造と呼ばれるものの中でこの研究室では特に橋の研究をしています。土木分野での、鋼製の橋に関することを軸に、材料である鋼やコンクリートなどの材料力学的研究、既存の橋の構成部材や維持管理に着目し新たな視点からの意見を出し合ったりするなどの研究、またこれらの研究に用いる数値計算方法の研究や要素試験方法の開発、広い谷を渡る橋をコンクリートで造った場合にどのようなメンテナンスをすれば性能を維持できるかの研究などを行っています。研究室にはたくさんのパソコンが置いてあり、研究のほとんどはそれらのパソコンによるシミュレーションで行われています。

2. 研究内容

①社会基盤構造の老朽化

近年、道路や橋の老朽化の問題が深刻化しています。2012年に起きた中央自動車道の笹子トンネル天井崩落事故をきっかけとして、道路や橋の点検の間隔を5年、方法を近接目視とすることが規定されました。ただし近接目視とは、読んで字のごとく目で見るだけなので、十分とは言えないのです。しかも、橋をしっかりと点検しようと思うと足場の建設が必要となってしまう、多くの人員やコスト、時間が必要になってきます。それは、とても現実的とは言えません。また2007年に米国で、規定通り点検していた鋼トラス橋が崩落しました。このように、しっかりと点検をしても大規模な事故を防ぐことができるとは限らないのです。そのため、このような事態への対策が求められているのです。

②リダンダンシーデザイン

リダンダンシーデザインとは…

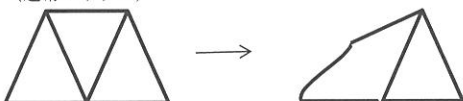
直訳すると、冗長性。少し壊れてしまっても全体的な機能は失われず問題なく働くように設計されていることをいいます。

例) ジェット機のエンジン

ジェット機にはエンジンが2つ搭載されており、1つが壊れてしまっても問題なく飛行できるようになっています。そのため、ジェット機に搭乗中に事故に遭い死亡する確率はたいへん低くなっています。

橋の崩落などの事態の対策のために、斉木准教授の研究室では、橋の事故を防ぐための研究をされていました。その一つが鋼橋のリダンダンシーデザインというものです。鋼橋とは、鋼という主に鉄と炭素で構成される物質でできた橋です。橋は主にコンクリートか鋼で作られます。コンクリートの橋はその場で型にはめて作り、鋼橋は工場で作ってから、現場に運ぶという作り方をします。リダンダンシーデザインというのは、上で述べたとおり「冗長性のデザイン」。つまり、機能を安定化させるデザインです。これは橋の崩落を防ぐためのもので、故障している箇所が点検などで見逃されたり、点検が行われていない間に壊れてしまったりしたときに少し壊れていても人が死ぬような大規模な事故にはつながらないように設計しようという考えです。このリダンダンシーデザインを鋼橋に取り入れることで崩落などの大規模な事故を防ぐことができます。

(通常のトラス)



(リダンダンシーのトラス)



③パソコンによるシミュレーション

そのような設計を見つけるために、どのような実験をしているのかという疑問が出てくると思います。それが右下の写真図2です。斉木准教授の研究室では、生徒一人一人が超高性能のパソコンを所持し、そのパソコンを使ってシミュレーションをするという実験方法をしていました。それによる例を一つ上げると、荷重分配横桁の配置についてです。荷重分配横桁とは、橋につけるもので、車などが通った時にその重さを減らすための装置です。従来では、均一に配置するという方法がなされていたのですが、パソコンのシミュレーションにより橋の端に集中的に置くという従来よりも低コストで強力な効果を得られる配置を発見しました。パソコンのシミュレーションならば、実際に橋の模型を作らなくとも大規模な実験を行うことができます。また、実際に実験を行った際にかかる莫大な費用を抑えることもでき、研究を進める点で実に効率的な方法だと思います。

私たちが実際にシミュレーションを体験させて頂きました。図2のようにパソコンで、トラスと呼ばれる三角形を積み重ねていかに橋の強度を強くできるかというものです。難しいながらもとても楽しく有意義な研究でした。



図1 訪問したときの様子



図2 シミュレーション体験

3. 質問内容 訪問して判明したことなど

Q. この研究室ではどのような実験をしているのですか？

A. 基本的に実験はしません。私たちの研究室では、高性能のパソコンを使ったシミュレーションの結果から、研究をしています。

Q. 橋にはさまざまな種類の橋がありますが、建てる橋の種類はどのように決めていますか？

A. 橋の種類によって、建造方法が異なってきます。例えば鋼橋なら、工場を組み立てて運んで作ります。なので、その地形に適したつくり方から決めています。

Q. 橋に関する技術者のこれからの需要について教えてください。

A. 橋の点検においては、たくさんの人員を必要としています。ただし、日本国内における、橋の建設の市場は確実に縮小しています。しかし、日本の企業には、小さくなった市場から抜け出して、世界で頑張っているところもあります。

最後に

斉木研究室のみなさんありがとうございました。私たちは皆、土木に興味があります。貴重な体験を受けて、将来への考えがより深まりました。皆さんに続いて私たちが頑張っていこうと思います。

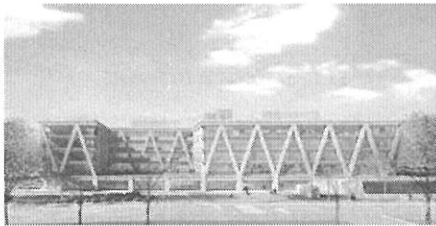
東北大学工学科 都市・建築学専攻 サステナブル環境構成分野

東北大学工学部 小林研究室

2109 勝又吾羽 2127 三上凌平 2133 若松柊佑

1. 研究室紹介

東北大学工学研究科 都市・建築学専攻 サステナブル環境構成分野では、さまざまな専門分野の中から建築についての専門知識の学習と研究をしていて、人が住みやすい環境はどのような環境か、どのような温度や湿度、どのくらい太陽光を入れれば快適か、建築するための材料はどれを使えば安全で住む人にとって快適かということを研究しているとともに、そのような環境を作り上げるためにはどのような能力の機械が必要か、環境に優しく人も快適な機械を作るためにはどのような物質の何の能力を使えばよいかを研究していて、具体的には・空調研究（新たなデシカント空調開発）・太陽光利用（太陽光利用・光環境評価）・温熱環境制御（グリーンハウス）・安全、健康な環境開発（福島放射線調査・解析）について調べています。



2. 建築環境工学について

1, 建築学とは

建築は英語で「architecture(原初の技術)」といわれるほど古くから研究され、身近な存在です。そしてウィトルウィウスの「建築十書」では「建築は、firmitas(強さ), utilitas(用), venustas(美)の理が保たれるように造られるべきである」と記され、この三原則が建築において大事だとされてきました。近年では、地域に合わせた建築によって住みよい建物にする「comfort(快)」も重視されてきました。

建築学とは、これらの四つの要素を取り入れる建築を計画、設計し、つくり上げるための学問を行う分野です。建築学は、主に計画、デザイン、環境、構造に分けられます。

2, 建築環境工学について

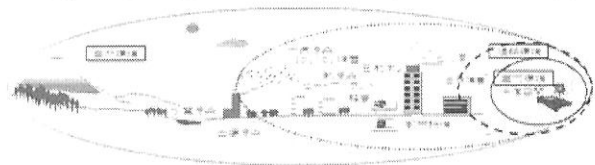
建築環境分野とは、人に快適な屋内・屋外の環境から、産業、医療などに必要な環境などを学問する分野です。この分野で扱うものは建物のグリーン化、エネルギー、効率などの生活の場や人の活動に必要な、不定形なものです。そして居住者の快適・健康・利便と密接に関係し、室内の快適性や利便性、エネルギーについて研究するのが建築環境工学です。実際の建築計画ではエネルギーを使ってでも人の活動を快適にする設備と良い環境を効率よく表現する建物、設備を計画することとのバランスを取りながら、質を高めることが重要です。

3, 環境について

建築学において、環境はよく室内環境、建築環境、都市環境、地球環境の4つの円に例えられ(図1)、そのおのおの環境において問題が生じています。地球環境においては人口増加によるエネルギーの増加や、Co2濃度の増加、温暖化や異常気象などの建築に関わる大きな問題が多数存在します。ここで大切になるのが健康的で快適な住環境を維持しながらほかの環境に大きな影響を与えないことです。

「Sustainable(持続可能な)」

この言葉を小林研究所では大きなテーマに掲げ研究をしています。



3. サステナブル環境構成分野の研究について

現在、研究は主に以下の4つの体制となっています。

- ①空調研究（新たなデシカント空調開発）
- ②太陽光利用（太陽光利用・光環境評価）
- ③温熱環境制御（グリーンハウス）
- ④安全・健康な環境（福島、放射線環境調査・解析）

①空調研究

デシカント空調とは、デシカント材(乾燥剤)を利用して温度と湿度を別々に制御する空調システムのことで、この研究室では、新たに開発された材料を利用することによって、デシカント空調の高効率化を図り、従来のデシカント空調よりも小型で省エネな空調システムを開発しています。この新しい材料は除湿スピードが従来のものより早く、これを利用することによって除湿性能の向上やより小型で省エネなシステムの開発が可能になると期待されています。

②太陽光利用

この研究室では、再生可能エネルギー利用の一つとして、「太陽光」を照明として利用する昼光利用システムの開発に取り組んでいます。この研究では「非結像光学」という原理を利用し、天井全体に光を反射させる技術を開発中です。(図2)

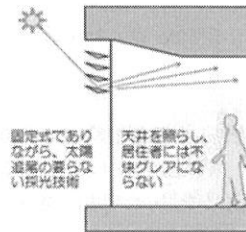


図2 太陽光を利用した照明

③温熱環境制御

この研究では、PCMを用いて外皮システムの構築を図り、自然エネルギーを利用したパッシブな変温管理が可能なグリーンハウスを開発しています。また、PCM(Phase Change Material)とは潜熱(凝固熱・融解熱)を利用して蓄熱する物質のこと(図3)で、一定温度範囲での熱供給が可能です。これを利用することで省エネルギーでハウス内温度を管理することが期待されます。



図3

④安全・健康な環境

現在放射線問題は新しい深刻な公害となっています。そこでこの研究室では、東日本大震災に伴う福島第1原発事故被災地の放射能汚染が建築空間に与えるメカニズムを明らかにすること及び、建築内部の放射線空間線量率を予測する手法を確立することを目指しており、今後の復興の一助となることを期待されます。

4. 感想・謝辞

この研修を通して、建築の歴史や面白さを教えていただき、より理解と興味が深まりとても良い研修になったと思います。また、実際に大学生の研究風景を見て、研究は大変そうだなと思ったのと同時に、早くこんな高度な研究をしてみたいと思いました。そのため知識をこの2年で蓄えていこうと思います。

お忙しい中、研修に付き合ってくださいました小林教授、大学生の方々に本当に感謝しています。私たちにこのような貴重な機会を設けていただき、本当にありがとうございました。

生活を快適にするために

東北大学工学部 建築サステナブル環境構成学研究室 小林研究所
2209 金沢昂大 2227 新山拓馬 2237 伊藤亜珠希

1. 研究室紹介

東北大学工学部 建築サステナブル環境構成学研究室では、小林光准教授のもと、近年見られる様々な環境問題を解決・改善するための研究がおこなわれています。東北大学では、研究室配属が4年生からで、4年生3名、修士1年生3名、修士2年生6名と准教授を含めた計13名で研究がおこなわれています。ここの研修室では、吸着式デシカント空調、液体デシカント、PCM、昼光利用、放射線測定の計5つの題材で、研究をしていました。そのどれもが近年深刻になっている環境問題ばかりでこれらの研究が成功したらと思うと、とても楽しみになりました。またこの研究室は、研究するのに決められた時間がなく、それぞれの生徒が自分のやりたい時間に研究を行っていました。大学院生の中にはお昼に来て、深夜まで研究をして帰る人もいますと聞きました。ここの研究室は、とても雰囲気がよくとても楽しそうでした。また東北大学では、大学院生になると、授業よりも研究が主要になりこの研究室の大学院生の方々も授業はなく、修士論文のために研究に精を出していました。

2. 研究内容1 「乾燥剤で生活を快適に！！」

—デシカント空調機の効率改善と進化—

(1) 目的

従来の空調よりも小型で、省エネかつ効率の良い空調システムを開発すること。

(2) 研究内容

●除湿液を用いた新しい除湿空調システムの開発

液体デシカント剤(乾燥剤)として、塩化リチウム水溶液を用いている。塩化リチウムを用いた理由は、塩化リチウムは、潮解性(水分を吸収しやすい性質)を持つからです。それを利用して、図1のような空調システムを開発しています。

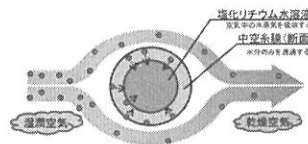


図1 塩化リチウムを用いた除湿空調システム

<http://www.archi.tohoku.ac.jp/labs-pages/kankyo/sec/research/liquid-desiccant/figure/panel.jpg> 引用

●太陽光を利用する新しいデシカント空調システムの開発

除湿液のほかに、シリカゲルをはじめとする固体の乾燥剤を用いた除湿空調システムの開発も行っています。そして、乾燥剤の加熱に必要な熱源として太陽熱を利用し、省エネルギー化を目指しています。

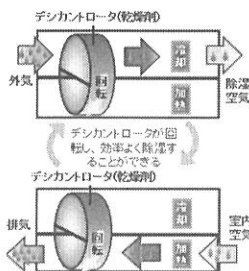


図2 デシカント空調の仕組み

<http://www.archi.tohoku.ac.jp/labs-pages/kankyo/sec/research/new-desiccant/figure/panel.jpg> 引用

3. 研究内容紹介

＜太陽光利用・光環境技術を研究、開発＞

自然利用技術・パッシブ採光、非結像光学による、高効率で建築と一体化する採光システムを開発中です。固定式でありながら太陽の追尾のいらぬ採光技術で、天井を照らし居住者には不快になりません。

模型内に設置した採光ルーバーユニットにより、天井面に採光。模型の窓を遮蔽条件として、採光装置による効果のみを確認します。

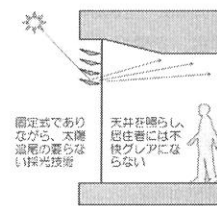


図3 採光システムについて

<http://www.archi.tohoku.ac.jp/labs-pages/kankyo/sec/research/daylight/figure/panel.jpg>

＜放射線環境調査・解析・遮蔽に関する研究＞

より分析的に放射線を調べるために、放射線の指向性測定を検討中です。測定によって得た知見を反映した、実施設計にも対応できる建物内外のγ線分布解析の実現を目指しています。

屋内外の空間線量率の測定調査、地面（線源）の汚染とγ放射特性の調査をしています。

＜温熱環境制御 グリーンハウスの研究、開発＞

グリーンハウスにサステナブル建築の知見を投入。

夏季のハウス栽培について、無理に思えるハウス内環境制御に取組中です。施設園芸をテーマにししながら、建築のアトリウム等の環境コントロールにも応用可能な技術を目指しています。

施設園芸と建築技術 異分野の技術を融合する、建築での常識は施設園芸では驚いたり、施設園芸の常識に驚いたりすることも多いです。

4. Q&A コーナー

研究内容について

Q:塩化リチウムに限界はあるのですか？

A:塩化リチウムには、吸収できる水分量に限界があります！

そこで、塩化リチウムが吸収できる限界の水分量を吸収したら、液側から空気側に水分をはきだす仕組みを作ること、塩化リチウムを再利用できる仕組みにしています！

Q:どうして乾燥剤を使おうと思ったのですか/ひらめきに必要なのはなんですか？

A:乾燥剤を使おう！というアイデアはもともとあって、それにどうやったら現実化できるかを、文献を調べながら学生・院生と小さなことから考えていく中で、今の空調機の研究になりました。つまり、調べる→小さな発想が大きなアイデアになるのです！！ただ、デザインの方は大きな発想が必要かもしれませんが(笑)。

5. 謝辞

小林先生、院生の方々、研究室を見学させていただいた先生方のおかげで楽しく、学びのある工学部研修を行うことができました。

平成30年3月14日発行

宮城県仙台第三高等学校

〒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/>

