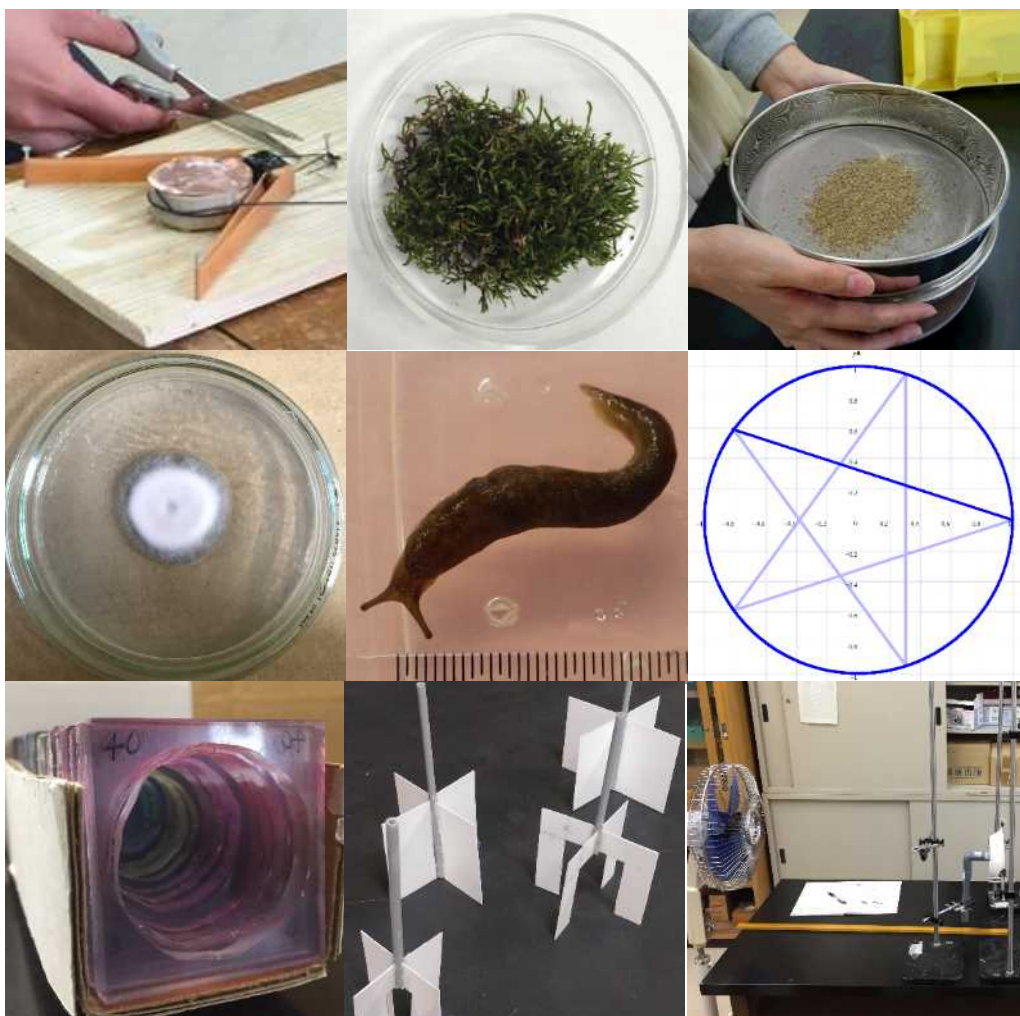


平成 29 年度
SSH 理数科サイエンスコース

課題研究発表会

要 旨 集



新潟県立長岡高等学校

次 第

1. 日 時 平成 29 年 4 月 15 日(土) 12:45 ~ 17:20

2. 会 場 長岡技術科学大学 2 階 A 講義室

3. 日 程

12:45 開会の挨拶

新潟県立長岡高等学校副校長 加藤 幹男
長岡技術科学大学副学長 中出 文平 様

13:00~ 全体発表[各テーマ：発表時間 7 分 / 生徒間質疑応答 2 分 /
長岡技術科学大学先生による講評 2 分]

13:00 物理系発表(5 班)

14:00 休 憩

14:10 化学系発表(4 班)

15:00 休 憩

15:10 生物系・地学系・数学系発表(5 班)

16:10 ~ 16:40 ポスターセッション

発表内容をまとめたパネルを前にして、
生徒が質疑に対して応答します。

16:45 長岡技術科学大学より

長岡技術科学大学大学院教授 高橋 勉 様
長岡技術科学大学大学院教授 小笠原 渉 様

17:00 全体講評

長岡技術科学大学大学院教授 城所 俊一 様

17:10 表 彰

4 . 全体発表テーマと発表順

時間	分野	番	テーマ	氏名	頁
13:00 ~	物理	1	水中翼に関する研究	下村 麟太郎 石井 嶺 佐藤 友瞭 杉井 龍一	P.2~3
13:12 ~		2	風レンズ風車に関する研究	鈴木 皓仁 大竹 悠 立川 みなみ 柳 翔太郎	P.4~5
13:24 ~		3	水切りに関する研究	小林 拓 粉川 凌我 滝沢 進之佑 矢尻 凜太郎	P.6~7
13:36 ~		4	気柱管と倍音の関係	渡邊 光之介 岩根 直 櫻井 悠之介 長谷川 隼哉	P.8~9
13:48 ~		5	渦水力発電の研究	近藤 光史郎 相澤 圭佑 金田 理幹 河原 舞理恵	P.10~11
休憩(10分)					
14:10 ~	化学	6	身近な土から作るセラミックスの研究	苅田 淳平 関 汐音 磨田 真由美 松澤 匠	P.12~13
14:22 ~		7	有機溶媒を用いた温泉成分の抽出	穴沢 優奈 松田 絵里奈 渡邊 奏真	P.14~15
14:34 ~		8	シャツについてボールペンのインクを落とそう!	木山 律子 石丸 美樹 小倉 ちひろ 田辺 みらい	P.16~17
14:46 ~		9	ボルタ電池の電解液と電圧の関係について	小山 和輝 遠藤 泰聖 細川 貴弘 山本 純平	P.18~19
休憩(10分)					
15:10 ~	生物	10	アオギヌゴケに対する植物ホルモンの影響 ~コケで夏を快適に過ごそう~	友野 七海 板垣 佑妃乃 平沢 梨帆	P.20~21
15:22 ~		11	カビの増殖面積と浸透圧の関係について	遠藤 ゆりの 桑野 明妃 外山 夢乃	P.22~23
15:34 ~		12	ナメクジの条件による滞在変化	大港 悠可 五十嵐 紗衣 樺澤 絢美	P.24~25
15:46 ~	地学	13	綱引きの公平性と地質の関係について	坂上 晴香 小西 真央 宮嶋 愛菜	P.26~27
15:58 ~	数学	14	星形正 n 角形の性質	間瀬口 秀斗 渡辺 大護 高橋 良輔	P.28~29

1 水中翼に関する研究

新潟県立長岡高等学校 理数科 石井 嶺・佐藤 友瞭・下村 麟太郎・杉井 龍一

1. 研究の動機

新潟-佐渡間を結ぶジェットfoilに興味を持ち、水中翼の有無や水中翼の位置によってどのような違いが生じるのか疑問に思い研究を始めた。

2. 研究内容

実験装置

定滑車を使用し、水平方向に進む船を鉛直方向に動くおもりで引っ張った(図1)。おもりは50gに統一することで引く力を一定にして行った。定点カメラによっておもりの落下および船体を撮影し、trackerでおもりの落下速度、船体の水面からの高さを調べた。なお、この装置は1~3のすべての実験で使用した。船体は写真1を参照。

実験1

水中翼をつけることによりどのような効果があるのかを確認するために、市販の船の模型にスポーツカーの模型のリアウイングを上下逆さに船底につけ、船の速度、船首の高さを調べた。その結果、水中翼があると、船の速度は遅くなった。また、船首の上昇が確認された。

実験2

水中翼1枚で、水中翼の位置による船の速度、船首の高さの違いを調べた。水中翼の位置は船首に近いほうから順に4cm間隔に位置A,B,C,D,Eの計5パターンと水中翼無しで計測、比較した(位置Cは船体の中心と一致する)。船首の上昇度は水中翼無しと比べて位置Aは上昇していたが位置Bを境に逆に下がっていった。このことより位置B付近に船にかかる力の作用点があると考えた。

実験3

水中翼2枚で測定した。水中翼をつける位置の組み合わせによる船の速度と船首の高さを測定し、どの組み合わせが安定して上昇し、航行するか調べた。実験2より2枚の水中翼の間に作用点が存在すると考えられる位置AB,AC,AD,AE,BCの計5パターンで測定した。実験から船首の高さと船の航行の安定性を見るために船首の水面からの高さのデータの標準偏差、水面に対する船の角度、その角度の標準偏差を解析した。その結果、位置AB,BCは水面からの高さのデータの標準偏差と角度の標準偏差がどちらも大きく、5パターンの中では著しく不安定だった。また、位置AEは安定した航行が見られたが船首が沈みながら航行していたため、実際の船の航行の仕方とはかけ離れていて、適さないことが分かった。位置ADは船の角度の標準偏差が大きく外部からの力を受けた場合に不安定な航行をすることが考えられる。位置ACは5パターンの中で最も水平に近い航行をし、2つの標準偏差も小さいため安定していると考えられる。よって位置ACが最も適した水中翼をつける位置だと分かった。また、位置ACと位置ADの間を境に水面に対する船の角度の符号が変わる(水平方向を基準とする)ことから、位置Bと位置Cの間で、位置Bに近い点に力の作用点があることが確認できた。

3. まとめ

- ・水中翼をつけ、船体を水面上まで上昇させて航行させることが出来た。
- ・水中翼の位置を変えることで、上昇させる高さを変えることが出来た。
- ・静止している船体の重心と、航行している時の船体にかかる合力の作用点は異なることが分かった。
- ・航行している時の合力の作用点は位置Bの少し後方にあると推測し、この作用点を中心にくるよりに挟んで水中翼を設置すると、最も船体が安定することが分かった。

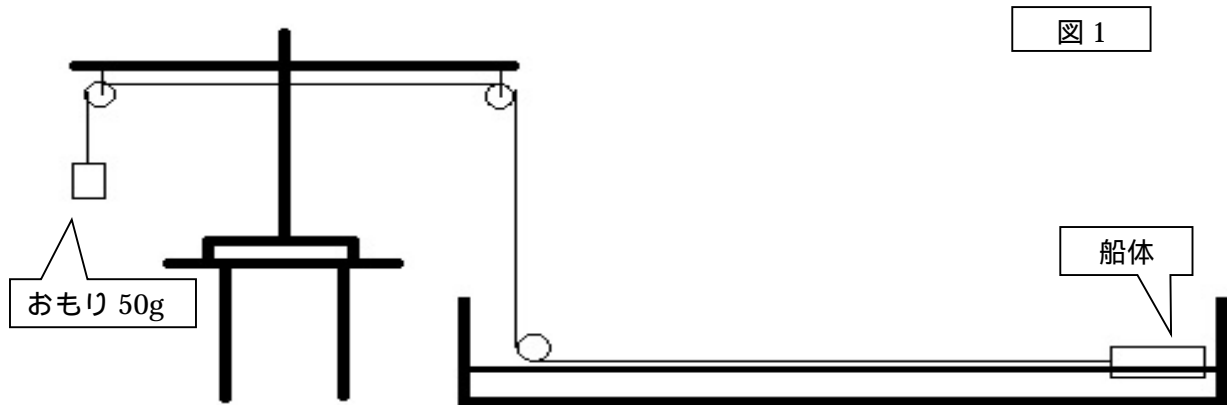


図 1



【用語解説】

リアウイング

エアロパーツの1つ。スポーツカーなどに用いられる。車体の後方につけると、走行時に下向きの力が働き、車体をコントロールしやすくなる。今回はこのパーツを逆さまにつけることによって上向きの力を得た。

Tracker

物体の運動を解析するパソコンソフト。

【メモ】

2 風レンズ風車に関する研究

新潟県立長岡高等学校 理数科 鈴木 皓仁・大竹 悠・立川 みなみ・柳 翔太郎

1. 研究の目的

風力発電について調べているうちに風レンズ風車について知り、興味を持った。
そこで、風レンズ風車において重要な気流の渦について調べようと思い、研究を始めた。

2. 研究内容

以下の実験における電圧の測定では、イージーセンスというソフトウェアを用いた。

実験 1

筒部分の長さを変えたいくつかの場合について電圧を測定した。つばの広さは2.5cmで統一し、筒部分はシリンダカルタイプのものを用いた。筒部分の長さは、筒部分なし(輪の状態)/2.5cm/5.0cm/7.5cm/10.0cmの5通りで実験した。(筒部分のない風レンズを「筒部分なし」と以後表記する)測定時の風レンズの位置は、プロペラと筒部分の端をそろえた位置(以後「前方」と表記する)、プロペラとつばをそろえた位置(以後「後方」と表記する)の2通りで行った。

- ・風レンズの位置が「後方」の方が電圧が大きくなった。
- ・風レンズをつけるとどの風レンズでも電圧は大きくなった。
- ・風レンズの筒部分の長さを変えても電圧に変化はなかった。
- ・「筒部分なし」の場合だけは電圧は小さくなった。

実験 2

つばの広さを変えたいくつかの場合について自作の風洞装置と線香を用いて可視化した。筒部分はシリンダカルタイプ、長さは5.0cmで統一し、つばの広さは2.5cm/3.75cm/5.0cmの3通りで実験した。

つばの広いものほど渦は大きくなり、渦の中心は風下側に移動した。

実験 3

実験2の風レンズを用いて電圧を測定した。

結果を比較すると、結果の良いものから2.5cm、3.75cm、5.0cmであり、いずれの場合も風レンズ無しするときよりも良かった。

実験 4

風速を変えたときの渦の様子を実験2と同様に可視化した。風洞装置内部のつばのある位置での風速は、弱:1.4m/s、強:1.6m/sであった。

風速の変化による渦の大きさと位置の変化はほぼ見受けられなかったが、渦の巻き方は風が強いほうが強く巻いていた。

3. まとめ

- (1) 風レンズにおける筒部分の存在は電圧増加に有効な気流の渦をつくりだす上で必要不可欠なものである。
- (2) 空気の流れを可視化し、発生した渦の様子を観察することができた。
- (3) 実験で用いた風レンズでは、「後方」の電圧の方が大きくなった。
- (4) シリンダカルタイプの筒部分の長さによって電圧が変化することは無いことがわかった。
- (5) つばの広さが渦の大きさと中心の位置を決定している。
- (6) 吹き込む風が強くなると渦の巻き方は強くなる。

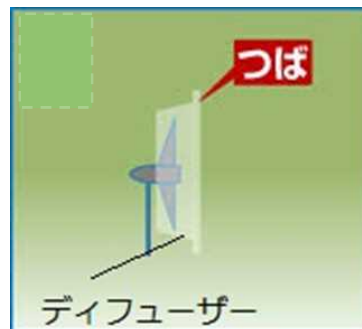
【用語解説】

風レンズ

風レンズを風車に取り付けることで発電効率を上げることができる。

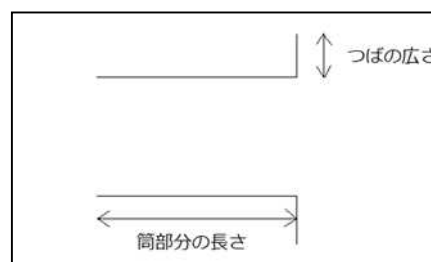
本来は風レンズではディフューザータイプの筒部分を用いるが、実験ではシリンドリカルタイプの筒部分を用いて測定した。

画像は <http://windlends.com/風レンズ風車とは/風レンズ風車メカニズム/>より



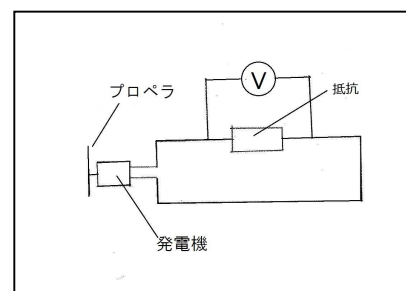
シリンドリカルタイプ

円筒部分の断面積が空気の流の下流に向かって大きくなるディフューザータイプに対して、断面積が変化しないもの。



測定

風の発生装置として用いた扇風機を動かして始めて 10 秒後からの 1 分間の電圧測定を指す。その際の回路は右の図の通りである。



イメージセンス

解析ソフト。電圧や電流をパソコンで測定することができる。

【メモ】

3 水切りに関する研究

新潟県立長岡高等学校 理数科 小林 拓・滝沢 進之佑・矢尻 凜太郎・粉川 凌我

1. 研究の目的

一昨年の先輩方の水切りの研究を見て、身近な遊びである水切りに興味を持った。
水切りが成功する条件だけでなく、飛ばす物体の軌跡や速度減衰に関しても調べることで、水切りという現象を深く知り、さらに流体が物体に及ぼす力についても理解することができると考え実験を始めた。

2. 研究内容

実験 1 では円形に加工した木片を使い、実験 2 以降では、木片に金属をはり合わせた物体を飛ばして使っており、以下これを物体と呼ぶ。

また、Tracker というソフトウェアを用いて運動の解析を行った。

実験 1

実際の水切りでは投げた石などが回転するが、一昨年の先輩方の実験では木片を回転させていなかった。そこで、木片の回転の有無による水切りの成功率を調べた。

回転の有無による水切りの成功率を比較した結果、木片の回転がある方が無いほうより成功率が高くなった。

実験 2

その後、実験 1 からわかった水切りが成功する条件の下、物体に及ぼす水の影響を見るために、入水直前と入水直後の速度ベクトルを調べることで、入水時に生じる物体の減速の加速度と、物体が水面で跳ねる時に失う運動エネルギーを測定した。

結果、物体が大きい負の加速度を持って入射するほど多くの運動エネルギーが失われた。

実験 3

次に、物体が描く軌跡についての変化を調べるために、発射台の高さを上げていき、1 回目と 2 回目に跳ねた時の放物運動における最高点の高さの比を調べた。

その結果、水面からの発射台の高さが 19 cm になるまでは跳ねる高さの比が上昇し、19 cm より高くなると跳ねる高さの比が減少するという特別な高さを発見した。水面からの発射台の高さによって物体の最高点の高さの比の peak 値が存在すると言える。

また、実験中に物体の後方が水面をひきずって運動する現象が見られたが(以下この運動をすべるという)、この現象は物体の跳ね上がる時の鉛直方向の速度成分が小さいために起きたのだと考えられる。

3. 研究のまとめ

- (1)回転によって水切りは成功しやすくなる。
- (2)物体の水面に入射した時の負の加速度によって物体が失う運動エネルギーが変わる。
- (3)物体の入水前後の運動エネルギーの減少率がわかった。
- (4)水面からの発射台の高さの差によって物体の 1 回目と 2 回目に跳ねる最高点の高さの比が変化し、また物体の最高点高さの比の peak 値があることから、水面からの発射台の高さが水切りに大きな影響があることがわかった。
- (5)水切りの一度目の最高点から二度目の最高点を推定できるようになった。
- (6)物体が着水した後、すべる動きが起こるのは物体の水平方向の速度成分はあるが垂直方向の速度成分が小さいため起こる。

【用語解説】

Tracker

水切りの物体の運動を調べるために用いた解析ソフト

加速度

単位時間当たりの速度の変化率

運動エネルギー

運動をする物体が持つ仕事をする能力

発射台

下の写真にある実験に用いた装置



【メモ】

4 気柱管と倍音の関係

新潟県立長岡高等学校 理数科 渡邊 光之介・長谷川 隼哉・櫻井 悠之介・岩根 直

1. 研究の動機

人の声は、声帯が振動したときにできる喉頭原音が声道を通ることによってできる。そのとき声道の形が変化することで喉頭原音が加工され音色が変化する。それが「声」として私達の耳に届く。人の声道の形と声の持つ特徴との関係に興味をもち研究を始めた。

2. 研究内容

以下の実験では、音源発生ソフト ToneGen と音響解析ソフト Wavespectra を用いて音の解析を行った。任意の基音で無数の倍音を含む音波（以後これを A 波とする）を様々な形の気柱管に通し、出てくる音の各倍音の音圧レベル[dB]を測定する。

予備実験

気柱管の形が一定の太さの筒の場合と、より複雑な場合とで、A 波を通した時出てくる音の性質は保たれるのかを調べた。

気柱管に音を通した時、A 波の音圧レベルを変えてもその音圧傾斜は変化しない。また、気柱管に音を通した場合でも、音の独立性は保たれることを確認した。

実験 1

プレートの穴の直径の違いとその位置が気柱管を通る音にどのような影響を与えるのかを調べるため、気柱管の様々な場所を、直径 40, 35, 30, 20, 15, 10[mm]のプレートに置換して、A 波を通して出てくる音を解析した。なお、1 回の計測で置換する箇所は気柱管の内 1 箇所、それ以外のすべてのプレートは直径 25mm のプレートを使用。

最もマイクに近いプレートを置換していったとき、プレートの穴の直径が小さくなるほど全体の音圧レベルが下がる傾向が見られた。それ以外の置換場所では、特定の周波数にのみプレートの穴の直径に応じて音圧レベルの変化が見られた。

実験 2

気柱管の形がより複雑な場合に、強調される音の周波数がどのように変化するのかを調べた。気柱管の形としては右ページの図の例にあるように、直径 40mm のプレートに着目し、その位置を変えていくものと、同様に直径 10mm のものを行う。

直径 10mm の移動の場合で、直径 10mm の部分がスピーカーに近いほど、強調される音の周波数は大きくなっており、また、直径 40mm の場合でも同様に、直径 40mm の部分がスピーカーに近いほど、強調される音の周波数は大きくなっていった。

しかし、太い部分の移動において、スピーカーに最も近い位置に直径 10mm のプレートが来たときに一度強調される音の周波数が大きくなっている。このとき、直径 10mm のプレートの数が増えていくにつれて強調される音の周波数が大きくなっている。このことから、直径 10mm のプレートの幅が音の強調に関わっているのではないかと私たちは考えた。

3. 研究のまとめ

気柱管の形と強調される音の周波数との間には何かしらの関係性がある。その例として、直径 40mm と直径 10mm のどちらの場合でも、スピーカーに近いほどより周波数の大きい音が強調される。また、直径 10mm のプレートの幅も音の強調に関わっている。

今後は、気柱管の形と強調される音の周波数との関係性についてより深く調べ、倍音の強調がどのような法則に基づいているのかを調べていきたい。

【用語解説】

音圧レベル

音による圧力の大気圧からの変動分である音圧[Pa]の大きさを、基準値との比の常用多数によって表現した量である。単位はデシベル[dB]が用いられる。音圧が 10 倍するごとに、音圧レベルは、20dB 増加するという関係になっている。この研究では、音圧レベル 音の大きさと考えて良い。

喉頭原音

ヒトの声帯の振動によって発せられる喉頭直上の音波。基音（基本振動）とその倍音が無数に重なった複合音である。

基音

基本振動ともいう。発音体が発する複合音のうちで、周波数の最も小さいもの。この研究では、倍音列（倍音の周波数を示す等差数列）の中の 1 倍音（初項）を指す。例)200,400,600,800,1000,1200,...[Hz]という倍音列があるとすると、200Hz が基音の周波数。

スペクトル

複雑な音を、組成の周波数成分に分解し、横軸を周波数、縦軸を音圧レベルとしてそれぞれの周波数成分の音圧レベルを表す。

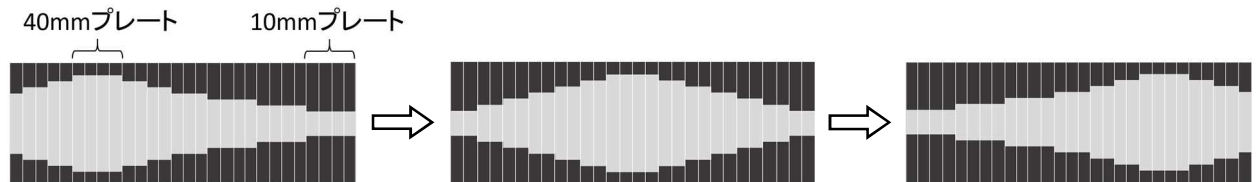
様々な形の気柱管

円形の穴の空いた正方形のプレート（50mm×50mm×5mm）を何枚も重ねて内部にできる空洞を用いて作られる気柱管。穴の直径は、40,35,30,25,20,15,10[mm]の7種類。プレートの順列により、長さ、太さ、太くなる傾斜を変数にもつ。

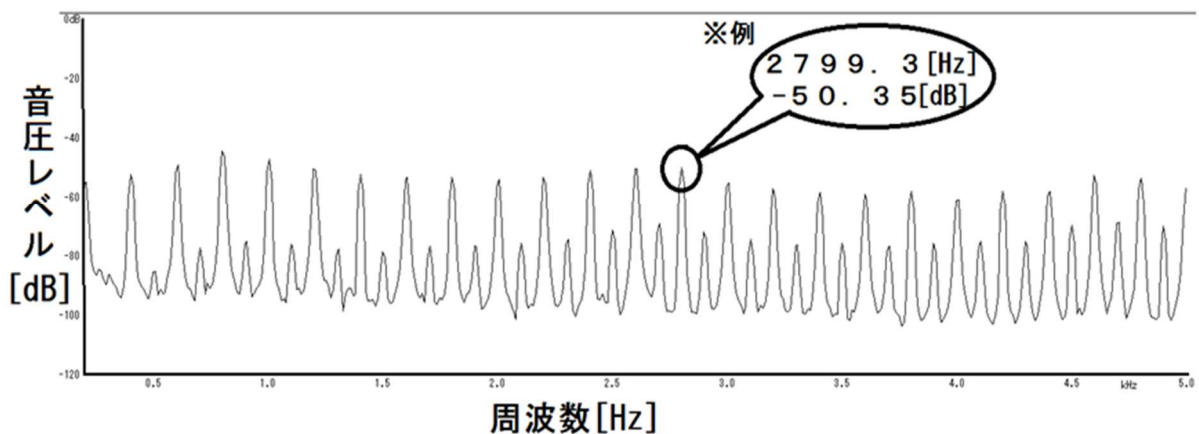
音圧傾斜

倍音をスペクトル表示したときの各倍音の音圧レベルの増減の傾斜。

40mm プレート移動のイメージ



【WaveSpectra のスペクトルの読み取り例】



例にある 2799.3Hz はスピーカー、マイク等によって 0.7Hz の誤差があるとみて、データの分析の際は 2800.0Hz として処理している。このような誤差はこの周波数に限らず、すべての周波数に見られる。

5 渦水力発電の研究

新潟県立長岡高等学校 理数科 相澤 圭佑・金田 理幹・河原 舞理恵・近藤 光史郎

1. 研究の目的

現在の日本は、火力発電による燃料資源の枯渇や原子力発電による健康被害に対する懸念など、電力供給に関する問題を多く抱えている。そこで、近年注目されているのは再生可能エネルギーである。私たちは既存の再生可能エネルギー以外に新しい発電方法はないかと考え、渦水力発電に着目した。

2. 研究内容

液体が回転して発生する渦を利用して発電しようと考えた。河川や下水道で発電することを想定し、小規模化した渦発生装置*で水渦を作る。風力発電用モーターに各プロペラを繋いだもので測定。全ての実験はミキサーを使って5秒間渦を発生させた後に行い、EASY SENSE**を用いて電流値・電圧値を測定した。以下の4つの実験を行い、最も電流値の高い条件を調べた。

【実験1】

渦が発生しやすい状況について調べた。漏斗の角度(45度、60度、75度)、口径(1cm、2cm)を変えて、水(2L)が全て流れ落ちるまでの時間を20回ずつ計測した。結果、継続時間は75度>60度>45度の順であった。口径1cmより2cmの方が水の流れ落ちる量が多く、数値がより傾斜の違いによる影響を受け、大小関係が表れた。

【実験2】

漏斗の傾斜、プロペラ***の形状(大・中・小、それぞれ空洞の有無)による電流値の違いを調べた。空洞 無しのプロペラは実験1で使用した6種類の漏斗を使い、空洞有りのプロペラは口径2cmの漏斗3種類のみを使用し、それぞれ10回ずつ計測した。結果、漏斗の口径2cm、角度45度、プロペラ小で計測した時、最も電流値が大きくなった。これは、プロペラの直径が渦の柱に直径に近くなり、回転数が増したこと、水の流れ落ちる量と勢いが強くなったことが原因だと考えられる。空洞有りのプロペラは渦の柱に干渉しにくいいため、持続時間は長いと考えられる。

【実験3】

実験2で電流値が大きいと分かった口径2cm、角度45度の漏斗と空洞有り・無しのプロペラ小の組み合わせを使い、プロペラを置く位置・渦助走速度による電流値の違いを調べた。漏斗を上・中・下の3箇所に分け、プロペラを設置する高さを変え、それぞれの電流値を測定した。結果、下にプロペラを設置したとき、電流値が最も大きくなることが分かった。これは、上からかかる水圧の影響が大きく、渦の回転数が増したためだと考えられる。また、渦助走速度が大きいほど、プロペラの回転数が増し、電流値が上がると分かった。

【実験4】

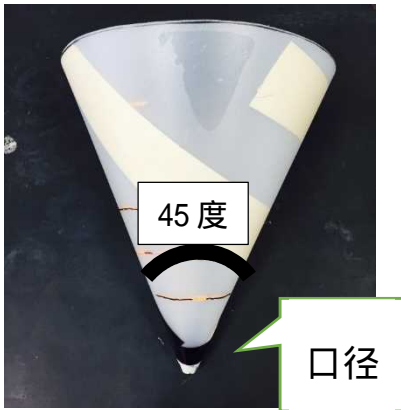
口径が2cm、角度が45度の漏斗を使用して、容器に水を流し続けた時(20秒)の電流値・電圧値を測定した。プロペラは、小、小長****、中のそれぞれ空洞有り・無し2種類を使用し、10回計測した。その結果、小長のプロペラが一番電流値・電圧値が高かった。小長は水と接する面積が一番大きいため、より水流の影響を受けて回転速度が大きくなったと考えられる。

3. 研究のまとめ

- (1) 渦の力を利用した発電は可能である。
- (2) 漏斗がつくる渦の柱の直径に近いプロペラを使うことで電流値が大きくなる。
- (3) 上からかかる水圧が大きいほど、渦の回転数が増す。
- (4) 渦の柱に接する面積が大きいほど水流をとらえ、プロペラの回転数が大きくなる。

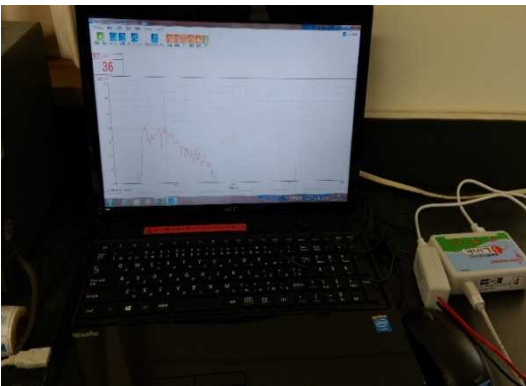
【用語解説】

* 渦発生装置



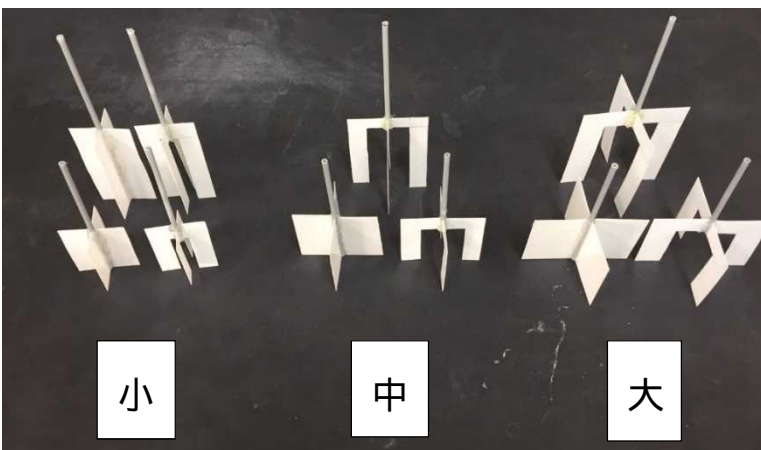
形状から漏斗と呼ぶ。(口径 1 c m、45 度)

** EASY SENSE



パソコンに接続して電流値や電圧値を読み取る装置。

*** プロペラ



大・中・小のプロペラを実験に使用した。

**** 小長

羽が長いプロペラのこと。

6 身近な土から作るセラミックスの研究

新潟県立長岡高等学校 理数科 荻田 淳平・磨田 真由美・關 汐音・松澤 匠

1. 研究の目的

私たちは、土が加熱されると固まるという性質を持ち、そのことを利用して多くのセラミックス製品が作られていることを知り、大きな関心を持った。そこで、高校の実験室にある電気炉を用い、我々の身近にある土を使ってセラミックスを作ってみようと考え研究を開始した。

2. 研究内容

実験1 長岡高校のグラウンドの土の焼成

長岡高校のグラウンドの土を採取し、乾燥させたあと成形し、電気炉を用いて 1000 で焼成した。その結果、土は赤く変色し、指でつつくともろく崩れた。グラウンドの土は砂利などを含み粒径が大きいものが含まれ、粒子の大きさが不ぞろいだったためうまくできなかつたものと考えられる。

実験2 身近な土を用いた焼成

実験1の結果を踏まえ、原料となる土は細かな粒子のそろったものでなければうまくいかないと考え、実験方法を次のようにした。

- 1 原料から水簾(すいひ)を用いて細かな粒子の層を得る。
- 2 細かな粒子の層の土を取り出し、厚さ 0.50cm、直径 5.0cm の円盤状に成形する。
- 3 電気炉を用い、900 で 5 時間焼成する。

原料とした身近な土

水田の土 長岡高校敷地内の土(弓道場付近) 悠久山で採取した土

これらは、陶芸等を意識しない全く普通の土である。また、比較対象として、市販の陶芸用の粘土でも同様の実験を行った。

実験の結果、上記の材料すべてにおいて、硬い焼成物を得ることができた。

実験3 原料による焼成物の色の違い

実験2の結果より、同じ条件で実験しても原料とした土によって焼成物の色に明らかな違いが見られた。蛍光X線分析の結果、鉄を多く含むものほど赤くなることがわかった。この赤色は鉄が酸化されることにより得られる酸化鉄()によるものだと考えられる。

実験4 焼成温度と焼成物の色の違い

焼成温度を 800、900、1000、時間はその温度に達してからそれぞれ3時間と5時間でそれぞれ焼成した。その結果、温度が高くなるにつれて色が赤く変化した。これは高い温度で焼成するほど中に含まれている鉄の酸化がより進行するためと考えられる。焼成時間による違いは肉眼では確認できなかった。

実験5 焼成物の強度の測定

原料の違いと温度の違いによる焼成物の強度の違いを検証した。ここで、強度を割れにくさと定義し、高さ 10cm から 28g の錘を落下させ、何回目で割れたかということ調べた。その結果、やはり市販品の粘土から作られた焼成物が最も強度が大きかった。しかしながら、身近な土を用いた焼成物でも市販品と同等の強度を示すものも見られた。

3. 研究のまとめ

- (1) 校地内の土など身近な普通の土から「セラミックス」を作ることができた。
- (2) 原料に含まれる鉄の量により焼成物の色が大きく変化することがわかった。
- (3) 焼成温度により鉄の酸化の度合いが変わり、焼成物の色が変化することがわかった。
- (4) 独自の方法により焼成物の強度を検証することができた。

【用語解説】

セラミックス

無機物を焼き固めた焼結体。窯業製品の総称。土器、陶磁器、ガラス、セメントなど。

電気炉

電気の発熱作用を利用した炉。抵抗炉・アーク炉・誘導炉があり、温度調節が容易で廃ガスがなく、熱効率がよい。電炉。長岡高校で使用できる電気炉は 1000 までの焼成が可能。

焼成

土を焼いて固めること。

水簸(すいひ)

土粒子の大きさによって水中での沈降速度が異なるのを利用して、大きさの違う土粒子群に分ける操作。陶土を細粉と粗粉に分けたり，砂金を採集する場合などに用いる。

蛍光 X 線分析 (XRF)

X 線を試料に照射した時に発生する蛍光 X 線のエネルギーや強度から、物質の成分元素や構成比率を分析する方法

【メモ】

7 有機溶媒を用いた温泉成分の抽出

新潟県立長岡高等学校 理数科 穴沢 優奈・松田 絵里奈・渡邊 奏真

1. 研究の目的

温泉にはいろいろな成分が溶け込んでいる。ナトリウムイオン Na^+ を始めとする各種金属イオン、炭酸水素イオン HCO_3^- などの陰イオンなど多種多彩である。私たちは、これらの温泉水に含まれる成分のうち、非電解質成分であるケイ素成分(メタケイ酸等)、ホウ素成分(メタホウ酸等)を有機溶媒を用いて取り出すことができないかと考え研究を始めた。

2. 研究内容

実験に用いた温泉水

源泉名 青葉温泉(長岡市)

泉質 弱塩基性(pH 8.61)、泉温は 22.4 であるがメタケイ酸の項により温泉に該当炭酸水素イオン、メタケイ酸を多く含む。メタホウ酸は微量である。

本研究においては、上記温泉水を 10 倍に加熱濃縮したものを使用した。

実験 1 有機溶媒による成分抽出

ケイ酸ナトリウム Na_2SiO_3 水溶液からケイ酸を有機溶媒によって抽出する方法を基に次の手段で抽出実験を行った。

塩酸 25ml に温泉水 25ml を加えて 10 分間攪拌する。

有機溶媒 50ml と塩化ナトリウム 15g を加えて 30 分間攪拌する。

10 分以上放置すると塩化ナトリウムにより塩析された有機溶媒層が分離する。

有機溶媒層を取り出し、溶媒を蒸発させる。

この実験方法により温泉水から白色(一部黄色あり)の固体を得た。

実験 2 各種有機溶媒による抽出

使用する有機溶媒の種類による抽出量の違いを検証した。比較した有機溶媒はアセトン、t-ブチルアルコール、1-プロパノール、テトラヒドロフランの 4 種類。この 4 種類は水と任意に混ざり合い、塩化ナトリウムにより容易に塩析される。実験 1 の方法により抽出実験を行った。この実験により得られた固体を蛍光 X 線分析で計測したところ、ホウ素成分が多く抽出されたことがわかった。ホウ素は水質汚濁法に定められた有害物質の一つである。アセトン、1-プロパノールの抽出量が最も多かった。ケイ素成分はどの溶媒でもあまり抽出されなかった。

実験 3 塩酸の濃度と抽出量の変化

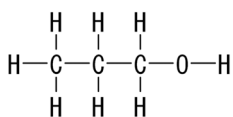
塩酸の濃度を変えて抽出量に変化がないかを検証した。塩酸の濃度は 1.0 mol/L ~ 6.0 mol/L。使用した有機溶媒は t-ブチルアルコール、テトラヒドロフランの 2 種類。実験の結果、塩酸の濃度が大きいほど抽出により得られた固体の総量は多かった。また、塩酸の濃度が大きいほど抽出されるホウ素成分の量も多くなった。

3. 研究のまとめ

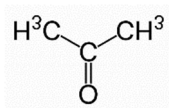
- (1) 有機溶媒を用いて温泉水に含まれる成分の一部の抽出をすることができた。特にホウ素成分の抽出に大きな効果があることがわかった。ホウ素は水質汚濁物質であり、そのホウ素を抽出分離することができることから、環境問題等今後の発展的な応用が期待される。また、今回の方法では温泉水からケイ素成分の抽出を行うことはできなかった。
- (2) 使用する有機溶媒により抽出される量に違いがあることがわかった。
- (3) 使用する塩酸の濃度により抽出される量に違いがあり、高濃度の方がより抽出量が多く、ホウ素成分もより多く抽出されることがわかった。

【用語解説】

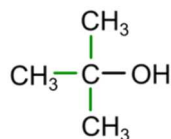
使用した有機溶媒



1 プロパノール



アセトン



t ブチルアルコール



テトラヒドロフラン(THF)

メタケイ酸

温泉に含まれている成分の1つ。ケイ素、酸素、水素の化合物であるケイ酸の一種。保湿成分があり、化粧水などに使用されている。

メタホウ酸

温泉に含まれている成分の1つ。ホウ素、酸素、水素の化合物であるホウ酸の一種。殺虫剤、殺菌剤として使用されている有害成分。環境省の一律排水基準により、海域以外の公共用水域での排水中のホウ素は10mg/L未満に制限されている。

蛍光 X 線分析(XRF)

元素に X 線を当て、反射してきた蛍光 X 線の波長の違いから元素の種類を特定する方法。比較的少量のサンプルでも測定できる。

【メモ】

8 シャツについてのボールペンのインクを落とそう！

新潟県立長岡高等学校 理数科 木山 律子・石丸 美樹・小倉 ちひろ・田辺 みらい

1. 研究の目的

日常よくボールペンを使うが、白いシャツにボールペンのインクがつくとなかなか落ちない。そこで私たちは、ボールペンのしみを「家庭にある身近なもの」で落とすことを目指して研究を始めた。

2. 研究内容

用意したもの ボールペン：油性インク（ジェットストリーム・ドクターグリップ・ジムノック）
水性インク（Vコーン・ぺんてる・ユニボール）

ゲルインク（サラサドライ・サラサ・コレト・ユニボールシグノ）

白いワイシャツ、固形石鹼、洗濯用洗剤、漂白剤（酸素系・塩素系）、台所用洗剤、ヘキサン、シクロヘキサン、牛脂、オリーブ油、ゴマ油、アマニ油、エタノール、1-プロパノール、1-ブタノール、1-ペンタノール、デンプン、水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）水溶液

実験 長方形(7cm×5cm)に切ったワイシャツに、様々な種類(上記)のボールペンで文字を書いた。そのワイシャツをそれぞれ、水・漂白剤・洗濯用洗剤・固形石鹼・台所用洗剤で洗い、変化を見た。溶液の温度は 15 で行い、洗い終わったものは水で軽く洗い流した。

結果は、水と漂白剤はどのインクも落とせなかった。洗濯用洗剤と台所用洗剤は油性インクとゲルインクに有効であった。固形石鹼はどのインクの落ちもよかったことから、高級脂肪酸^{実験}のナトリウム塩^{実験}に注目してさらに実験を進めた。

実験 親油性である高級脂肪酸に注目した。油性インクは溶剤に有機溶剤を用いているため、有機溶剤にインクが溶けると考えた。以下の物質を用いて実験と同様の操作を行い、変化を見た。また、炭素原子間の不飽和結合(今実験では二重結合に限る)がどう影響するかを確認した。

物質	構造の特徴
ヘキサン	化学式 C_6H_{14} 炭素原子間がすべて単結合
シクロヘキサン	化学式 C_6H_{12} 炭素原子 6 つの環状構造
牛脂	炭素原子間がすべて単結合
オリーブ油	主成分オレイン酸 $C_{17}H_{33}COOH$ 炭素原子間に二重結合 1 つ
ゴマ油	主成分リノール酸 $C_{17}H_{31}COOH$ 炭素原子間に二重結合 2 つ
アマニ油	主成分リノレン酸 $C_{17}H_{29}COOH$ 炭素原子間に二重結合 3 つ

結果は、どの物質も油性インクを落とすことができなかった。さらには、布のインクは、どの物質に対してもにじむこともなかった。このことから、インクを落とすには、親油基と親水基の両方の構造が必要であると考えた。

実験 親油基と親水基の両方の構造が必要であることの確認として、両方の構造もつアルコールである、エタノール CH_3CH_2OH 、1-プロパノール $CH_3CH_2CH_2OH$ 、1-ブタノール $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ 、1-ペンタノール $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$)を用いて実験を行った。また、C が多く -OH が多いデンプン($C_6H_{10}O_5$)_nでも実験を試みた。

結果は、1-プロパノール、1-ブタノール、1-ペンタノールは油性インクをよく落とした。デンプンはゲルインクをよく落とした。

実験 実験 で用いたオリーブ油、ゴマ油、アマニ油それぞれに、水酸化ナトリウム(苛性ソーダ)水溶液を加えて加熱(けん化)し、セッケンをつくった。その自作したセッケンを用いて、

実験と同様の操作を行い、変化を見た。

3. 研究のまとめ

- (1) インクを落とすには、親油基と親水基の両方の構造が必要であることがわかった。
- (2) 油性インクを落とすにはセッケンが有効であった。
- (3) ゲルインクはどの洗い方でも比較的よく落ちた。デンプンでも落とすことができた。
- (4) 水性インクをきれいに落とすことはできなかった。

【用語解説】

- 油性インク : 有機溶剤に樹脂や添加剤を溶かし、着色剤を加えたもの。
- 水性インク : 水に添加剤を溶かし、着色剤を加えたもの。
- ゲルインク : 水に添加剤を溶かし、着色剤、ゲル化剤を加えたもの。
- 界面活性剤 : 水になじみやすい部分(親水基)と油になじみやすい部分(親油基)をもつ物質の総称。
- 高級脂肪酸 : 炭素原子にカルボキシ基(-COOH)が1つ結合した物質の総称。炭素原子が多い。
- アルコール : 炭素原子にヒドロキシ基(-OH)が結合した物質の総称。
- けん化 : エステルに水酸化ナトリウムなどの塩基を加えて加熱し、酸の塩とアルコールに加水分解する化学反応のこと。

【メモ】

9 ボルタ電池の電解液と電圧の関係について

新潟県立長岡高等学校 理数科 小山 和輝・遠藤 泰聖・細川 貴弘・山本 純平

1. 研究の目的

化学の教科書においてよく電池の単元の導入として取り扱われているボルタ電池⁽¹⁾であるが、この電池には欠点が多く、実用性は高くない。私たちは、ボルタ電池の電圧が高くなる条件を調べることを目的とし、この研究を行った。以下の「実験 1」と「実験 2」では希硫酸を電解液⁽²⁾とし、「実験 3」と「実験 4」ではイオン性物質⁽³⁾の水溶液を電解液として用いた。

2. 実験条件

すべての実験において 50mL の溶液を電解液とし、よく磨いた銅板と亜鉛板をそれぞれ正極・負極に用いた。正極・負極に 100Ω の抵抗をつなぎ、電池間の電圧を測定した。

3. 実験内容

実験 1

水素イオン濃度が高くなるほど電圧が高い状態で保たれるのではないかと仮説を立て、硫酸の濃度を変えて実験を行った。この実験では、 1.0×10^{-2} mol/L、 5.0×10^{-2} mol/L、0.10 mol/L、0.50 mol/L、1.0 mol/L、5.0 mol/L、10 mol/L の 7 通りの希硫酸で電圧の測定を行い、3 回の実験の平均値を実験結果とした。実験により、濃度が高くなるほど電圧が高く、さらに高い電圧を長く保つことができることが分かった。

実験 2

各電極での反応に直接関係のないと思われる物質がボルタ電池の電圧にどのような影響を与えるかを調べるため、0.1 mol/L の希硫酸 50mL に 4 種類の硫酸塩（硫酸ナトリウム・硫酸カリウム・硫酸マンガン()・硫酸鉄()）をそれぞれ溶かし、それらの溶液を電解液として電圧の測定を行った。加える各硫酸塩の量は 2.5×10^{-3} mol、 5.0×10^{-3} mol、 1.0×10^{-2} mol の 3 通りであり、3 回の実験の平均値を実験結果とした。

実験により、どの硫酸塩においても 5.0×10^{-3} mol を入れた時の電圧が最も高くなるという結果が得られた。また、12 通りの実験のうち 9 通りにおいて、希硫酸のみの場合よりも高い最高電圧が得られたことから、希硫酸に加えられたイオンが電圧を上げるに関わっていると考えられる。

実験 3

食塩水を電解液とした場合の濃度と電圧の関係を調べるため、4 種類の濃度（2.0%、5.0%、8.0%、10%）を用いて実験を行い、3 回の実験の平均値を実験結果とした。その結果、5%のときが最も電圧が高いことが分かった。

実験 4

モル濃度は一定で、陽イオンが異なる電解液を 6 種類用意して実験を行った。その結果、同じ価数の陽イオンを比較したところ大きな差は見られなかった。一方、価数が大きい陽イオンでは最高電圧が高かったがその後電圧は急激に減少した。

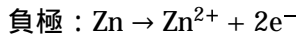
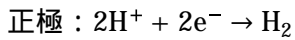
4. 研究のまとめ

- (1) 硫酸の濃度が高い方が、高い電圧を長く保つことができるということが分かった。
- (2) 希硫酸に加えられたイオン性物質が電圧に影響を与えるということが分かった。
- (3) 食塩水において電圧が最も高くなる濃度が濃くも薄くもない位置に存在することが分かった。
- (4) 一定のモル濃度の電解液を電池に用いた場合では、陽イオンの種類ではなく価数に影響されることが分かった。

【用語解説】

(1) ボルタ電池

アレッサンドロ・ボルタが発明した世界最初の電池。希硫酸を電解液として、銅と亜鉛をそれぞれ正極と負極に用いるものがよく知られている。その場合、各極での反応は以下のようになる。

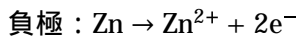
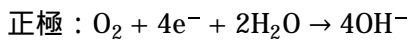


(2) 電解液

電解質の水溶液。

(3) イオン性物質

陽イオンと陰イオンのイオン結合によって成る物質。たとえば塩化ナトリウム水溶液を用いたボルタ電池では、希硫酸とは異なり水素イオンがわずかしか存在しないが、電圧が発生する。これは以下のような反応が各極で起こっており、電離したイオン性物質が電荷を輸送しているためである。



【メモ】

10 アオギヌゴケに対する植物ホルモンの影響

～ コケで夏を快適に過ごそう～

新潟県立長岡高等学校 理数科 板垣 佑妃乃・友野 七海・平沢 梨帆

1. 研究の目的

夏場の学校はとても暑く快適に過ごしにくい。私達は冷房に頼らずに地球に優しく、かつ身近なもので学校内の室温を下げられる屋上緑化に興味を持った。

屋上緑化にエゾスナゴケ¹が有効であることは知られている。一般にコケは高等植物に比べ、生命力が強く乾燥にも耐えることができる。そこで学校で容易に手に入れることができるコケを用いた屋上緑化を行い、さらにそのコケを効率よく増やそうと思い植物ホルモンを用いて培養実験を行うことにした。

2. 研究内容

以下の実験で用いたコケはアオギヌゴケ(*Brachythecium populeum*)²である。長岡高校の敷地内を調査した結果、アオギヌゴケが最も多くコンクリート上に生息していたためこのコケを用いることにした。

実験 1

コンクリートブロックの空洞を1つの部屋、表面を屋上と見立て、7時間日光に当てて1時間毎に部屋の中の温度変化を測定する実験を2回行った。その上にエゾスナゴケ、アオギヌゴケ、前記した2つのコケと同じ厚さの土を載せた。その結果、1日で気温が最も高い15時ごろでは土を載せた部屋よりもエゾスナゴケを上に乗せた部屋の方が温度が1℃程度下がることが分かった。また、エゾスナゴケよりもアオギヌゴケの方がさらに温度が0.5℃下がった。

実験 2

アオギヌゴケを4cm²に切り取って25℃の温度下で0.1%のハイポネックス溶液を与えて2ヶ月培養したがアオギヌゴケの表面積はあまり広がらなかった。

実験 3

ゼニゴケ³の孢子での論文を参考にして、植物ホルモンを用いてコケの孢子の発芽を促進させ原系体⁴の長さを伸ばすことができるのかを実験した。寒天に植物ホルモン(ジベレリン⁵・ナフチルアセトアミド⁶)を混ぜ条件を変え、1日ごとに発芽率と原系体の長さを5日間測定した。その結果、植物ホルモンを混ぜた培地の孢子の発芽率は植物ホルモンを混ぜない培地に比べて短期間で100%に近づいた。しかし本実験では原系体の伸長については植物ホルモンの影響を確認することができなかった。

3. 研究のまとめ

植物ホルモンが孢子の発芽を促進することから、アオギヌゴケの孢子には植物ホルモンの受容体が存在している可能性が示唆される。

アオギヌゴケの原系体の伸びが変わらなかったことから、植物ホルモンは原系体を伸ばす役割を持つことを確認できなかった。植物ホルモンの濃度を変えて実験することで伸長が促進される可能性はある。本研究を継続することで、より効率的な屋上緑化に繋がるだろう。

【用語解説】

1 エゾスナゴケ (*Racomitrium japonicum*)

蘚綱、キボウシゴケ目、キボウシゴケ科、シモフリゴケ属。体は長さ3 cmまでで太くずんぐりしている。低地～亜高山帯の日当たりの良い土上に芝生状に生育。日本や極東ロシア、朝鮮、中国に分布する。

2 アオギヌゴケ (*Brachythecium populeum*)

蘚綱、シトネゴケ目、アオギヌゴケ科、アオギヌゴケ属。茎葉は開出せず長さ約2 mmで一般にやや小さい。岩上や樹上に生える。北半球にのみ分布し、日本では北海道～九州などに分布する。

3 ゼニゴケ (*Marchantia polymorpha*)

ゼニゴケ亜綱、ゼニゴケ科、ゼニゴケ属。葉は灰緑色で長さ3～10 cm、幅7～15 mmで縁は強く波打つ。人家や路地畑などに生育。全世界に分布し、日本では北海道～九州に分布する。

4 原糸体

コケ植物の胞子が発芽してできる糸状、ひも状、塊状、あるいは盤状のもの。この上にできる芽が成長して茎葉体、葉状体になる。

5 ジベレリン

植物ホルモンの1つ。主な作用は茎、根の伸長、発芽促進、開花促進などがある。オーキシンの作用を高める効果を持つ。

6 ナフチルアセトアミド

植物ホルモンのオーキシンの作用をもつ。主な作用は茎、根の伸長、果実の肥大、細胞分化の促進などがある。この研究ではナフチルアセトアミドを含むルートンという植物成長調整剤を用いた。

また、ジベレリンとナフチルアセトアミドを含む植物ホルモンには最適濃度が存在し、植物の種類や部位によって異なる。

出典： 「日本の野生植物」平凡社 編：岩月善之助

「生物」数研出版

参考文献：大和勝幸ら「ゼニゴケの培養法」(2009)低温科学 67 巻 <http://hdl.handle.net/2115/39086>

川島久宜ら「植生マットを用いた屋上緑化に関する実証実験 - 夏季における冷房の消費エネルギー削減効果 - 」(2011)日本ヒートアイランド学会論文集 6 巻 http://www.heat-island.jp/web_journal/download/11A001.pdf

大塩愛子「*Pohlia flexuosa* 原糸体における培養特性の解析と建物緑化資材への応用」長岡技術科学大学 ir.nagaokaut.ac.jp

【メモ】

11 カビの増殖面積と浸透圧の関係について

新潟県立長岡高等学校 理数科 遠藤 ゆりの・桑野 明妃・外山 夢乃

1. 研究の目的

人類は古くから食品を保存するために、さまざまな加工法を生み出してきた。最も身近なものの一つとして、食品に塩や砂糖を加えるものがある。これらの方法によって、なぜ菌の増殖が妨げられるのかについて、私達は興味を持ち、研究を始めた。

2. 研究内容

以下の実験において、同一コロニーのカーブラリア属¹のカビを用いた。

実験 1-1 塩化ナトリウムとグルコースが与える影響

塩化ナトリウムとグルコースを加えたそれぞれ濃度 10%の培地を作成し、増殖の様子を比較した。その結果、塩化ナトリウムを加えた培地では増殖することはなく、グルコースを加えた培地では増殖した。この違いは浸透圧によるものではないかと考えた。

実験 1-2 塩分濃度による増殖の限界

濃度による増殖の限界を調べるため、塩化ナトリウムの濃度を変えて培地²に加えた。濃度はそれぞれ、水に対して質量パーセント濃度 2%、4%、6%、8%、10%での培地を作成し、室温でカビを増殖させた。その結果、濃度が高いほどカビは増殖しにくくなることが分かった。また、濃度 6%以上の培地ではカビが殖えなかった。

実験 2-1 塩化ナトリウムとグルコースの浸透圧での比較

実験 1-2 で、増殖の限界は塩化ナトリウム濃度 4~6%にあることがわかった。そこで、塩化ナトリウム濃度 4%と 6%での浸透圧を参考にして浸透圧の異なる培地を塩化ナトリウム、グルコースを用いて作成し実験を行った。塩化ナトリウム、グルコースともに浸透圧が高いほど増殖面積は小さくなった。また、低い浸透圧では塩化ナトリウムに比べ、グルコースの増殖面積が大きくなった。これはグルコースが栄養となってカビの生殖に影響を及ぼしたためだと考えられる。

実験 2-2 塩化カリウムとの比較

続いて、この変化が浸透圧によるものかどうかを調べるため、塩化カリウムを用いて同等浸透圧の培地を作成し、カビの生殖を観察した。結果、塩化ナトリウムやグルコースと同様、浸透圧が高いほど増殖面積が小さくなった。

以上の実験では、カビは 20 のインキュベーター内に置いた。また、コロニーの面積を計測するために、面積計算ソフト³を用いた。

3. 研究のまとめ

- (1) 培地の溶質の質量パーセント濃度が高いほど、増殖面積は減少する。
- (2) 質量パーセント濃度 10%の塩化ナトリウム培地では増殖しない。グルコースでは無操作の培地の約 1/3 の面積に増殖が抑制された。
- (3) 塩化ナトリウムとグルコースの培地では、浸透圧が高いほど増殖面積は小さい。
- (4) 塩化カリウムの浸透圧別の培地において、増殖面積は塩化ナトリウムやグルコースと同様に浸透圧が高いほど小さい。
- (5) 塩化ナトリウムと塩化カリウムを加えた培地を比較したところ、増殖面積に大きな差は見られなかった。
- (6) 塩化ナトリウムやグルコースは食品の保存に用いられてきたが、今回塩化カリウムを用いた実験を行ったことで、その効果は浸透圧によるものであることが証明できた。

【用語解説】

1 カーブラリア属

日本全国に分布し、一般的に黒カビと呼ばれるもの。

カビの試料を得るために、空気中に培地を放置したところ、多く増えたためこれを採用した。胞子の形や、コロニーの様子から、カーブラリア属と同定した。

2 培地

培地には、ポテトデキストロース寒天培地を用いた。

3 面積計算ソフト

面積計算ソフトとして ImageJ を使い、撮影した写真からピクセル数を算出した。

【メモ】

12 ナメクジの条件による滞在変化

新潟県立長岡高等学校 理数科 五十嵐紗衣 大港悠可 樺澤絢美

1. 研究の目的

植木鉢や植物の葉などの裏に、ナメクジが体を逆さにして滞在している姿を見ることがある。その行動は、どのような条件によって起こるものなのかを疑問に思い、研究を始めた。

2. 研究内容

実験 1

研究の目的にもあるように、植木鉢の裏の面にナメクジが滞在する、ということは本当なのかどうかを確かめた。そのため、私たちはバットに入れた乾いた土の上にナメクジを置き、その上に乾いた土の入った植木鉢を置いて、30分ごとに計6回、ナメクジの滞在場所を観察した。結果は、予想に反して、常に植木鉢の裏に体を逆さにしている個体や、常に土の上に滞在している個体など、滞在¹場所はバラバラだった。その原因として、私たちは実際に外に置かれている植木鉢と違って、湿度と光に関する条件について考えることとした。

実験 2

実際の植木鉢に入っている土は湿っていることが多い。そこで私たちは、実験1と同様の実験を、植木鉢の中の土を湿らせた状態で再度行った。結果は、4個体中4個体が植木鉢の裏に滞在し、実験1とは異なった。実験1と2では植木鉢の土以外の条件は全て同じであり、比較すると、ナメクジは湿り気のある面に滞在する傾向があるといえた。

実験 3

また、乾いた容器内ではどのような行動をするのかを観察するため、暗所に置いたシャーレの中のナメクジの様子を撮影、行動を観察した。結果は、3個体中1個体が1度も滞在せず、残りの2個体もほとんど滞在しなかった。滞在場所も特定の面に決定しなかった。ナメクジがどこかに滞在するためには、周囲が湿っていることが条件だと分かった。

実験 4

先行研究でナメクジには光を避ける性質があるということを知り、私たちは、実験1でナメクジがバラバラに滞在した原因に、植木鉢の下に光が入らない植木鉢を使用したことがあるのではないかと考えた。そこで、ナメクジの体の向きに、光が関係していると予想し、実験を行うことにした。

作成した透明な円柱状の装置²の中にナメクジを入れて観察を行った。(A)上面に黒紙を貼ったもの、(B)下面に貼ったもの、(C)暗所に置いたシャーレの3種類を比較した。どちらも黒紙のない方向から光を照射した。結果としては、Aではナメクジは5個体中5個体、上面に体を逆さにして滞在し、Bではナメクジは5個体中4個体下面に滞在し、Cでは3個体がそれぞれバラバラの位置に滞在した。

A、Bどちらも黒紙に腹側をつける結果となり、ナメクジは腹側を光に向けないように滞在する性質があるといえた。

3. 研究のまとめ

- (1) ナメクジは湿り気のある面に腹を向けて滞在することが分かった。
- (2) 乾燥した場所では、ナメクジはバラバラな位置に滞在し、滞在時間も短くなることが分かった。
- (3) ナメクジは腹を光に向けないように滞在することが分かった。

【用語解説】

1 「滞在した」と評価した基準

実験 1、2 を行っている際、ナメクジが触覚を縮めて長時間滞在することに気づいた。私達はこれを滞在ポーズと定義した（写真 1、2）。

実験の評価は、
$$\frac{\text{上・側面で滞在ポーズをとっている写真の枚数}}{\text{滞在ポーズをとっているすべての写真の枚数}} \times 100$$
 で行った。

2 作成した透明な円柱状の装置の中にナメクジを入れて観察を行った

装置は 2 L ペットボトルを使用して作成した（写真 3）。

観察はインターバル 2 分でのカメラ撮影で行った。実験 4 は 5 時間の撮影、実験 5 は 4 時間の撮影だった。



写真 1

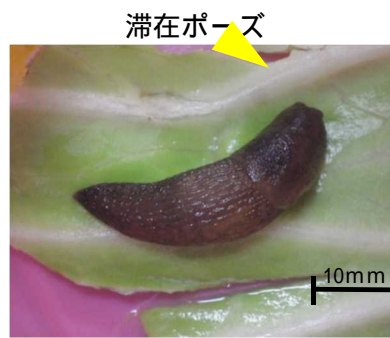


写真 2



写真 3

【メモ】

13 綱引きの公平性と地質の関係について

新潟県立長岡高等学校 理数科 坂上 晴香・小西 真央・宮嶋 愛菜

1. 研究の目的

本校の体育祭の綱引きにおいて、毎年野球場側¹に比べてテニスコート側¹の勝率が高い。私達はその原因がグラウンドの地質にあると考え、勝率の偏りと地質との関係について究明し、綱引きを公平に行うための解決策を導き出すことを目的に研究を始めた。

2. 研究内容

貫入抵抗²、摩擦力、砂の量、粒度の4つの要素が関係していると考え、地点ごと³に実験を行った。また、体育祭時の天候も考慮し、地面の湿潤時と乾燥時それぞれで実験を行った。

なお、結果は検定⁴を用いて統計処理を行った。

実験1（貫入抵抗）

地面の沈み込み易さを比較するため、一定の高さから重りを落として地面にねじを打ち込み、地面にねじが完全に埋まるまでに重りを落とした回数で、貫入抵抗を計測した。

結果、乾燥時には差が見られなかったが、湿潤時にはテニスコート側の値が小さくなった。

実験2（摩擦力）

結果に直接的に関係すると考えられる靴の裏と地面との間の摩擦力を比較するため、重りを入れた靴をばねばかりで引っ張り、最大静止摩擦力を計測した。

結果、湿潤時はあまり差が見られなかったが、乾燥時には野球場側の値のほうが大きくなった。

実験3（砂の量）

動く砂の量を比較するため、掃除機を用いて一定の面積から表層の砂を採取し、量を計測した。

結果、天候に関わらず野球場側の方の値が大きくなった。また、湿潤時には値の差が小さくなった。

実験4（砂の粒度）

実験3で採取した砂を、ふるいを用いて粒度ごとに7段階に分類した。

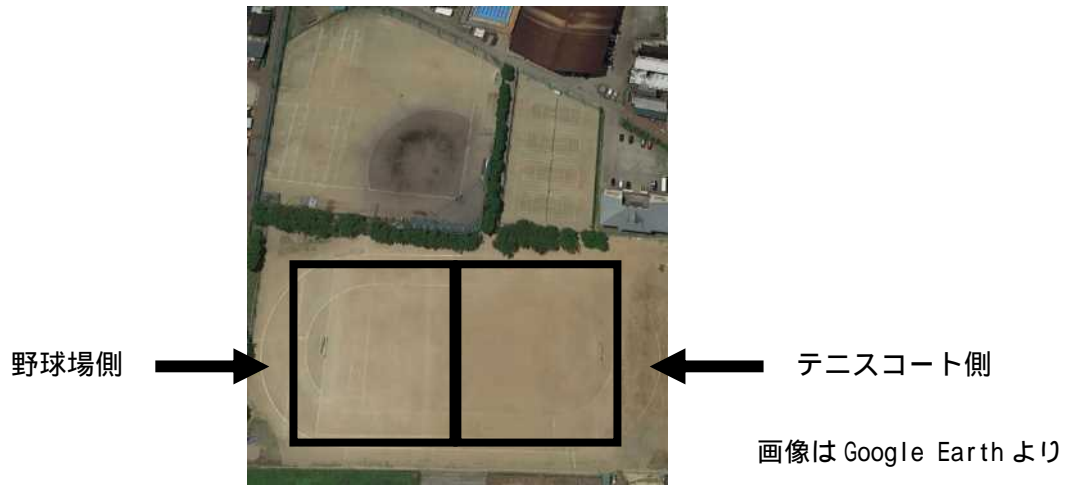
結果、野球場側の方が細かい砂の割合が大きかった。

3. 研究のまとめ

- (1) 湿潤時には、貫入抵抗の小さいテニスコート側の地面が沈み込み易く、踏ん張りが利きやすいことが分かった。乾燥時には差が認められなかったことから、水はけの具合が地点によって異なることが、貫入抵抗に差が出た原因だと考えられる。
- (2) 摩擦は仮定に反し、野球場側の最大静止摩擦力が大きかった。これは、今回の実験で完全に綱引き時の状況を再現できなかったことが原因として考えられる。
- (3) 表層の砂の量が多い野球場側の方が、移動する砂が多く踏ん張りが利きにくいいため、滑りやすいことが分かった。
- (4) 細かい砂の多い野球場側の方が、滑りやすいことが分かった。
- (5) 実験2・実験3では、野球場側とテニスコート側との間の値の差が、乾燥時に比べて湿潤時のほうが小さくなった。
- (6) (5)より、ある程度地面を湿らせることで状態が均一になり、公平性が高まると考える。

【用語解説】

1 野球場側、テニスコート側
グラウンドを半分に分け、



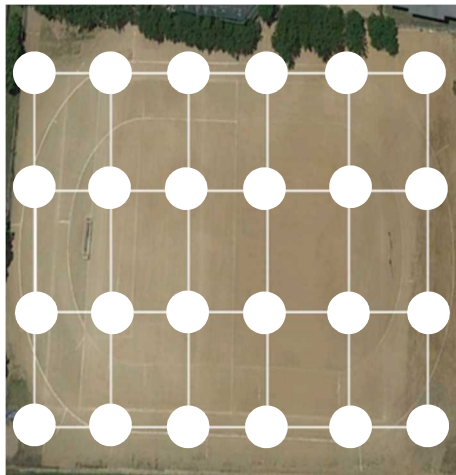
と呼ぶことにする。

2 貫入抵抗

土の硬さのことを指す。つまり、重りを落とした回数が多いほど硬いことを意味する。

3 地点ごと

縦 20 m、横 20 m 毎に線を引き、その交点となる 24 箇所のことを指す。



画像は Google Earth より

4 検定

- Shapiro-Wilk 検定...標本が正規分布に従うかを調べる。
 - Mann-Whitney の U 検定...標本が正規分布に従わないとき、独立した 2 組の標本間での有意差を調べる。
 - Student の T 検定...標本が正規分布に従うとき、独立した 2 組の標本間での有意差を調べる。
- これらの 3 つを用いて統計処理を行った。

14 星形正 n 角形の性質

新潟県立長岡高等学校 理数科 間瀬口 秀斗・渡辺 大護 普通科 高橋 良輔

1. 研究の動機

私たちは、五芒星(1)や六芒星(1)などの普段よく見かける図形に興味を持ち、これらを一般化した時にどのような性質が現れるのか調べたいと思い(この一般化した図形を星形正 n 角形(2)と呼ぶことにする)、研究を始めた。

2. 研究内容

定理 1

飛び数(2)m で描かれた星形正 n 角形と飛び数(n-m)で描かれた星形正 n 角形は同じ図形になる。

定理 2

星形正 n 角形が描ける $\gcd(n,m)$ (3)=1

問題 3

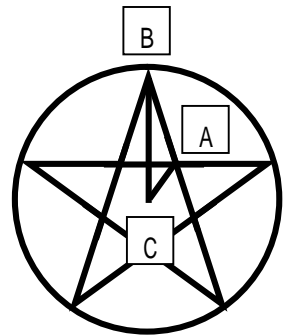
半径 1、飛び数 m の星形正 n 角形について、 $\lim_{n \rightarrow \infty} S_{(n,m)}$ (面積), $\lim_{n \rightarrow \infty} l_{(n,m)}$ (外周(4)), $\lim_{n \rightarrow \infty} L_{(n,m)}$ (パス(4))を求めよ。

右図のように点 A ~ C をとると、 $\angle A = \frac{\pi(n+2m-2)}{2n}$, $\angle B = \frac{\pi(n-2m)}{2n}$, $\angle C = \frac{\pi}{n}$

よって結論は、 $\lim_{n \rightarrow \infty} S_{(n,m)} = \lim_{n \rightarrow \infty} n \frac{\sin B \sin C}{\sin A} = \pi \cdot \frac{1}{1} = \pi$ (円の面積に収束)

$$\lim_{n \rightarrow \infty} l_{(n,m)} = \lim_{n \rightarrow \infty} 2n \frac{\sin C}{\sin A} = 2\pi \cdot \frac{1}{1} = 2\pi$$
 (円周の長さに収束)

$$\lim_{n \rightarrow \infty} L_{(n,m)} = \lim_{n \rightarrow \infty} n \frac{\sin 2mC}{\sin B} = \frac{2m\pi}{1} = 2m\pi$$
 ((円周の長さ) × (飛び数)に収束)



問題 4

底面の円の半径が r であり高さが h である円柱について、円周上に等間隔となるように n 個の点をとる。上面と下面の点は $\frac{\pi}{n}$ ずれているとする。このとき $\lim_{n \rightarrow \infty} L_n$ (パス(5))を求めよ。

< 結論 > 点を取った結果、r とは無関係に、 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{L_n}{2n} = h$

3. 工夫した点・苦労した点

- ・求める極限を n と三角関数のみで表し、 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ を使えるようにうまく式変形をした点。
- ・定理 2 の証明が予想以上に厳密性を必要とした点。
- ・立体では点を取り、飛び数を定義すると図形的に閉じた立体にならなかった点。

4. 今後の展望

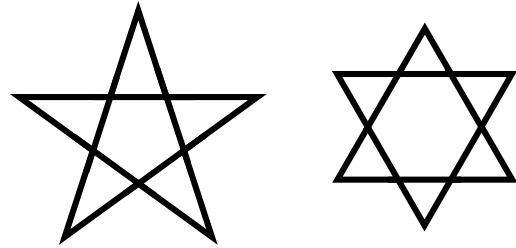
点を取り、できる場合は飛び数を定義し、円柱や球などの問題に挑みたい。

【用語解説】

(1)五芒星(左)、六芒星(右)

五芒星...いわゆる「星」。

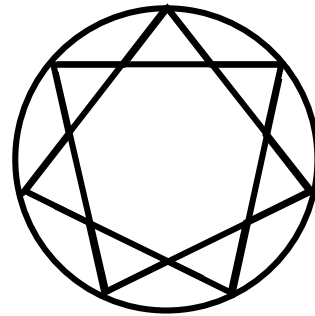
六芒星...いわゆる「ダビデの星」。



(2)星形正 n 角形、飛び数

円周上に等間隔となるように n 個の点をとる。このとき、円周上のある 1 点から数えて m 番目の点に線を引く場合、飛び数は m であるとする。n 個の点のうちある 1 点を起点として、すべての点を通して起点に戻ってくる図形を星形正 n 角形とする。

例えば、五芒星は星形正五角形で、飛び数は 2 だが、六芒星は $n=6, m=2$ となるため、星形正六角形ではない。



(右に挙げた図形は飛び数 2 の星形正七角形)

(3) $\gcd(n, m)$

n と m の最大公約数。

(4)外周、パス(平面)

外周は星形正 n 角形の輪郭の部分の長さ。

パスは星形正 n 角形を描くために使った線分の合計の長さ。言い換えると線分の部分の長さの総和。

(5)パス(立体)

ある 1 点を 1 番目として数えて、上面の k 番目の点から、下面の $(k+1)$ 番目に引くことを $2n$ 回繰り返した合計の長さをパスとする。

(右図は $n=3$ のときのイメージ)

