

平成 30 年度

理 数 科 課 題 研 究 報 告 書

岡山県立津山高等学校理数科

目 次

[物理分野]

- ボールに加えた回転数と飛距離の関係についての研究 1
高山 航輔, 大林 啓人, 戸田 俊光, 富阪 柚希, 中西 統也
- 団扇の形状による風力・風向の関係 5
一柳 敬, 神浦 真也, 木梨 嘉紀, 坂手 悠太郎
- 加硫の有無によるゴムの特性変化 9
井上 理香子, 大谷 陽希, 高木 麻未, 久永 遥香, 松村 音乃
- 摩擦電気の定量的な測定とその考察 13
山本 拓海, 植田 祐一郎, 月野 亜夢路, 野上 颯俊

[化学分野]

- 粘度と表面張力と泡立ちについての研究 17
井野 涼介, 角南 卓哉, 奥田 早織, 角野 菜奈美
- フリーズドライによる柿の渋抜きについて 21
小柳 彩華, 平井 葉, 藤原 亜衣

[生物分野]

- 光の強度の変化によるミドリムシの光驚動反応の研究 ～短波長光が及ぼす影響～ 25
山田 夏未, 声元 琴美, 芦田 薫里
- クマムシの共生細菌と乾眠との関係 29
森数 朋也, 明石 大輝, 宮城 佳浩, 高橋 勇太
- ゼブラフィッシュはなぜ赤色に集まるのか 33
黒瀬 雅人, 小郷 瑞貴, 高矢 蘭奈斗, 安藤 有紀

[地学分野]

- 1600 万年前にあった津山海はなぜ消滅したのか
～津山市皿川に見られる玄武岩岩脈の古地磁気測定による考察～ 37
間所 颯, 江見 裕太, 俣野 翔太, 鷺田 尚行

[付録]

- 研究発表ポスター集 42 ～ 51

ボールに加えた回転数と飛距離の 関係についての研究

研究者 高山 航輔, 大林 啓人, 戸田 俊光, 富阪 柚希, 中西 統也 指導者 津田 拓郎, 仲達 大輔

Abstract

When you throw a ball, how far you throw it sometimes differs even when you throw it with the same power. This is partly because of lift. And we know it partly depends how many times the ball spins. So we researched how far we can throw when the ball's spin changed. We created a pitching machine that can spin and pitch a ball, and made a formula about relationship between the spin of the ball and distance of the ball. We found that more spin, farther distance.

1. 概要

野球の始球式で、腕の力などは同程度でも、飛距離に差がでていることがある。この原因としては、ボールの回転によるボール付近の空気の流れの変化が影響しているということがわかっている。そこで、本研究は物体の回転の度合いによる飛距離変化についてその規則性を明らかにすることを目的とした。そのため、ボールに常に一定の回転を加えることのできる装置を自作し、回転数を変化させながら飛距離の計測を行い、回転数と飛距離の関係を定式化することを試みた。その結果、回転の有無や向きによって飛距離は大きく変化し、2つの関係を数式によって表すことができた。

2. 目的

本研究は、卓球のボールに回転を加えることで飛距離がどのように変化するかを明らかにすることを目的とし、さらに回転数と飛距離の関係を定量的に表す関係式の作成を試みた。

3. 仮説

回転がかかることによりボールに揚力が発生し、ボールの飛距離が変化する。そして、その変化には定量的な関係がある。

4. 方法

- (1) 図1・2のように、投射するボールにバックスピンまたはトックスピンを回転軸が地面に水平になるように加えることのできる投射装置を作製した。

【装置について】

本研究をするにあたって、測定ごとの誤差を小さくするために、自作の投擲装置を設計・製作した。自作した投擲装置は全長が1m弱であり、図1中のモーターの先端につけた

磁石と、ボールに取り付けた小さな磁石が一体となって回転し、回転軸が水平面に対して平行な回転運動をボールに加える。この装置を用いて、モーターの回転速度を変えることで、ボールの回転数を自在に操作できる。そして、図2中の回転棒が同じ高さから回転を始め、ボールに衝突させることで、ボールに一定の力を加え、ボールの投射を行う仕組みである。また、装置の製作にあたって、ボールの回転による回転軸のずれを防ぐために、モーターの先に小型のネオジム磁石を取り付けることで、回転を安定させた。

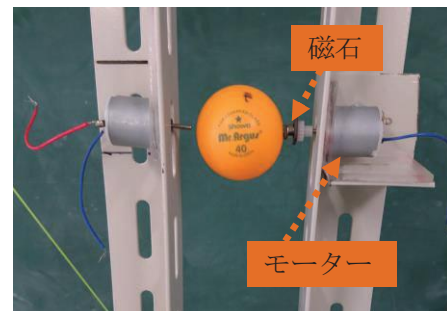


図1 モーターとボールと磁石

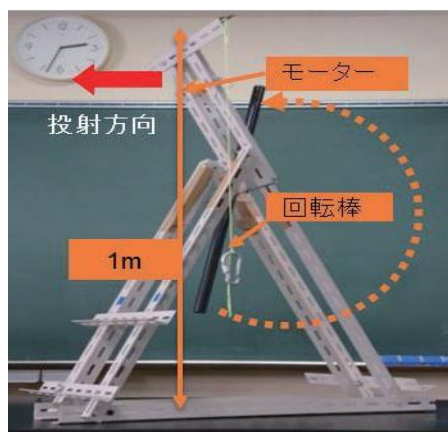


図2 投擲装置と使用したボール

- (2) 卓球のボールを用いて様々な回転数の回転を加えて投射し、飛距離を測定した。そして、回転数と飛距離の関係を示すグラフを作成した。(図3)
- (3) 同時に、ボールの運動をカメラで撮影し、動画を解析することでボールの初速度と仰角を算出し、またボールの軌道を描写した。
- (4) (3) で求めた仰角と速度から理論上のボールの軌道を描写し、実測値と比較した。(図5)

今回、図5のグラフに示した軌道を描写するのに、以下の式を用いた。

$$F_l = 1/8\pi^2\rho d^3vn$$

$$\Delta v_x = (kv/m + F_l/m)\Delta t$$

$$\Delta v_y = (-g - kv/m + F_l/m)\Delta t$$

※ F_l : 揚力 (N), ρ : 空気密度 (kg/m^3),
 d : ボールの直径 (m), v : 速度 (m/s),
 n : 回転数 (rps), k : 空気抵抗 (N),
 m : ボールの質量 (g), t : 時間 (s)
 をそれぞれ表す。また計算には、
 $\rho = 1.184$ (kg/m^3), $k = 0.001361$ (N)
 を用いて、その他の値は計測した値を用いた。

- (5) (3) (4) より、各回転数でのボールの軌道について、投射地点を原点としたグラフを作成した。(図4)

5. 結果

- (1) 図3より、ボールにバックスピンを加えたときにはその回転数の増加に伴い飛距離も増加傾向にあった。逆に、トップスピンを加えたときには、飛距離は減少傾向にあった。

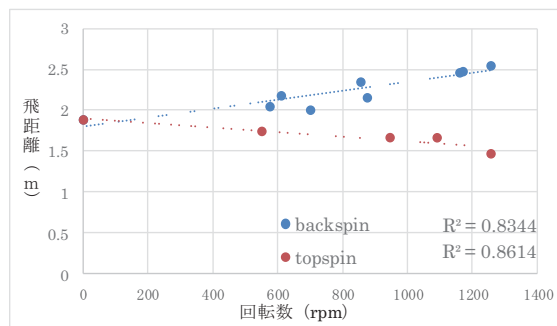


図3 回転数と飛距離

- (2) 図4より、各回転数での軌道の形に大きな変化は見られなかった。そして、図5において0 rpm時の軌道で水平到達距離が2.0 mの時の高さ (-0.83 m) を基準とし、それぞれの回転数における同じ高さ (-0.83 m) での水平到達点を算出し、それらを元に回転数と水平到達点の変化量を示すグラフを作成した。(図6)

このとき、ボールにバックスピンを加えた時を回転の正の向き、トップスピンを加えた時を負の向きとした。図4のグラフは右から高回転数順になっている。

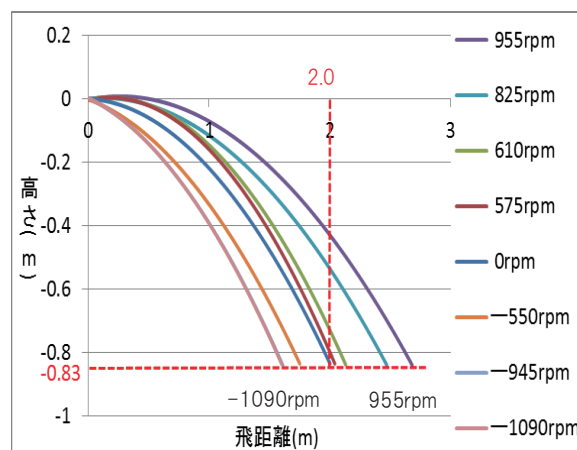


図4 ボールの回転数と軌道の変化

- (3) 図5より、バックスピンの920 rpmの時の軌道と、トップスピンの1090 rpmの時の軌道を理論計算により求めた軌道と比較すると、理論値と実測値はほぼ一致した。飛距離が1.5 mを超えたあたりから、理論値と実測値が外れてきているのは、空気抵抗でボールの回転数が減少したことにより揚力が減少したことが原因と考えられる。また、実測値と同じ初速度で回転を考慮せずに計算した軌道と

の比較で、ボールに回転が加わることで軌道に変化が現れ、飛距離に変化があったことが分かった。

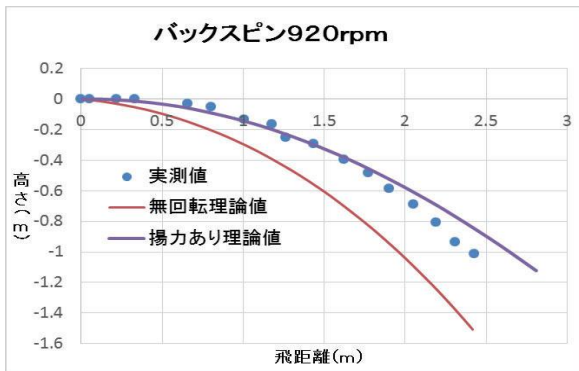


図 5-1 理論値と実測値の比較 (920 rpm)

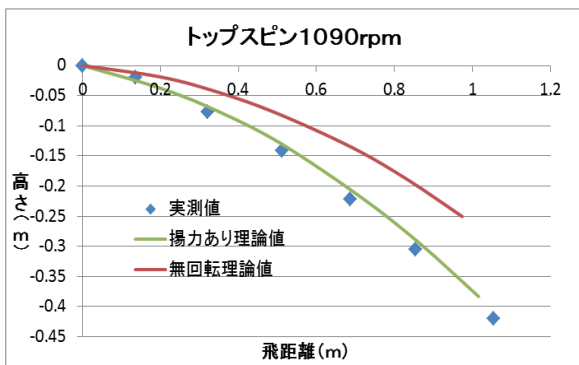


図 5-2 理論値と実測値の比較 (1090 rpm)

6. 考察・結論

図 6 より、回転数と飛距離の変化量に関する近似式は以下ようになった。

$$y = 4.0 \times 10^{-10}n^5 + 3.0 \times 10^{-7}n^3 + 1.0 \times 10^{-4}n - 0.1293$$

$$(R^2=0.9522)$$

※ n は回転数、 y は飛距離の変化量を示す。

図 6 での回転数と飛距離の変化量を示すグラフから作成した式について考察するため、理論計算により、今回の実験と同様の方法で飛距離の変化量を算出し、図 6 グラフと比較した。(図 7)

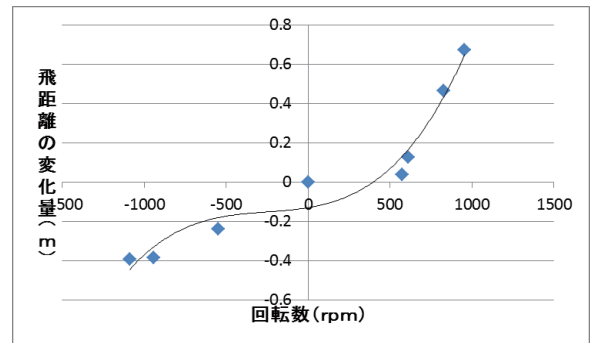


図 6 ボールの回転数と飛距離の変化量

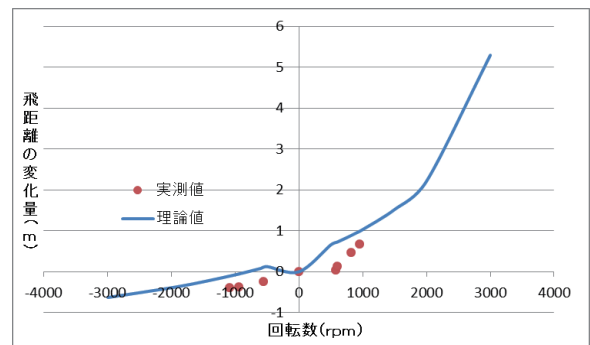


図 7 理論計算で求めた回転数と飛距離の変化量

図 7 より、回転数と飛距離の変化量の関係を表す式は多項式となるが、その次数の確定にはいたらなかった。また、図 5 の理論上の軌道を示すグラフの作成と同様の手法で、回転数をさらに増加させた場合 (今回は 10000 rpm 時) で作成すると、図 8 に示すように下に凸の軌道となった。

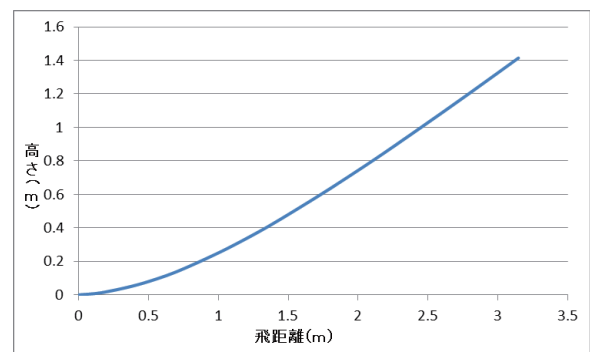


図 8 10000 rpm における計算で求めた軌道

図 8 より、ボールは上昇する軌道を描くため、今回のように高回転数時も含めた場合では、飛距離の増加を一つの式では表せないことが予想される。

以上のことから、今回の実験で計測した範囲ではボールの回転数と飛距離の増加量を表す式は3次式となったが、回転数をさらに増加させて計測すると今回と次数などが異なった式が当てはまることが考えられる。

今後は、回転数を変化させる幅を小さくして実験を行うとともに、高回転数時でのこの関係式を用いた実測値と理論値との差について考察を進め、式の精度を向上させたい。また、投擲装置を改良し、ボールの回転軸が水平でない場合での飛距離の変化についても研究を進めたい。

7. 謝辞

本研究を行うにあたり、指導してくださいました津山工業高等専門学校 佐藤 紳二 先生、加藤 学 先生、また、この研究を支援してくれた方々、ありがとうございました。

8. 参考文献

1) <http://www.mech.keio.ac.jp/ja/souzou/proceedings2014/pdf/9-6.pdf>

(テニスボールにおける回転の意味)

2) http://www.scienceacademy.ip/showcase/09/pdf/HP-001_showcase2010.pdf

(球体の運動変化)

3) <http://hooktail.sub.jp/mechanics/resistdown/>

(抵抗力のある落下運動)

団扇の形状による風力・風向の関係

研究者 一柳 敬, 神浦 真也, 木梨 嘉紀, 坂手 悠太郎 指導者 津田 拓郎

Abstract

Paper fan that has flat shape is one of the classical air conditioner. In this research, we focus on the shape of paper fan. It became clear that by bending the fan, the amount of air moved was changed. Wind to the left and right was also suppressed. The factor of the change to the air volume is due to the reduction in air resistance caused by bending the surface. Another factor is that it suppresses the scattering of air. As a result the force began to work only to send the wind forward by bending the surface.

1. 概要

古典的な冷房器具の 1 つである団扇はその形状が平面である。本研究は団扇の形状に着目し、団扇の面を曲げることで扇いだ際の風量の変化、左右への風が抑えられることが明らかになった。風量の変化は面を曲げることによる空気抵抗の減少が要因である。また、曲げたことにより風の散らばりが抑えられ、より効率的に、前方へ風を送ることができるようになったことが要因の 1 つである。

2. 目的

現在、団扇には平らな形のものしかなく、用途別の使い分けなどはない。また、先行研究は魚の尾びれなどの二次元的な形状を変化させて研究調査しているものが主であった。そこで本研究は団扇の面の形状を変化させることによる風力および風向の変化を明らかにし、より効率的にそれぞれの用途にあった風を作り出す団扇の形状を明らかにすることを目的とした。本研究では、プロペラの羽の湾曲のような「曲げ」という三次元的な変化に着眼して研究調査を行った。

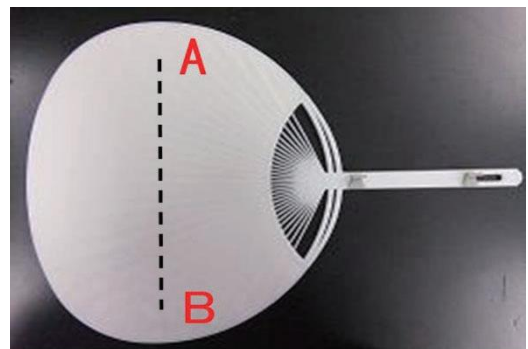


図 1 団扇にひもを取り付ける位置

3 - 1. 実験方法

団扇を湾曲させるために団扇の端を点 A, 点 B とする (図 1)。そして、2 点 A, B を軽く丈夫なひもで結び、ひもの長さを約 1.6 cm ごとに変化させることで三次元的に形状を変化させた (図 2, 図 3)。以下の文章では、これらの団扇を No.1 ~ No.7 と記す。

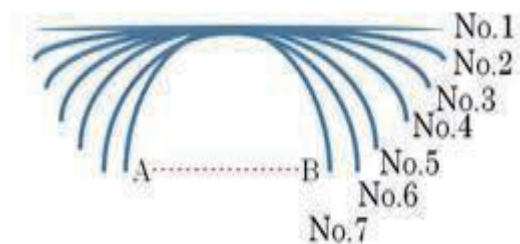


図 2 団扇の断面のモデル図



図3 実験用に曲げた団扇

3-2. 仮説

私たちは、団扇を曲げることによって風力・風向ごとの風速に違いが生じることで、効率よく団扇を扇ぐことができるようになると思った。

3-3. 装置について

団扇仰ぎ機の製作

<目的>

実験において、一定の力で団扇を扇ぐために以下の装置を製作した。そして、発生する風の風速について測定し、風速が一定であることを確認した。

<方法>

車輪をモーターで回し、回転運動を上下運動に変えることのできるクランク機構（図4）を用いて一定の風を送ることができる機械を製作した（図5）。そしてこの装置を用いて市販の団扇を扇ぎ、風速計を用いることにより測定を行った。

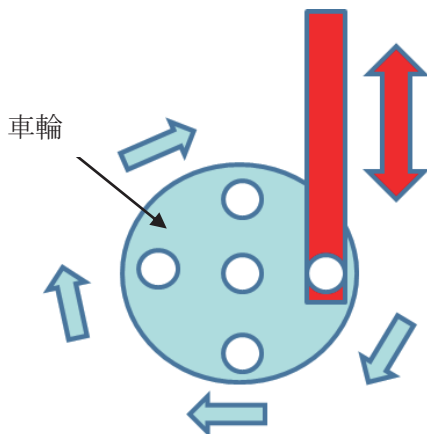


図4 クランク機構のモデル図

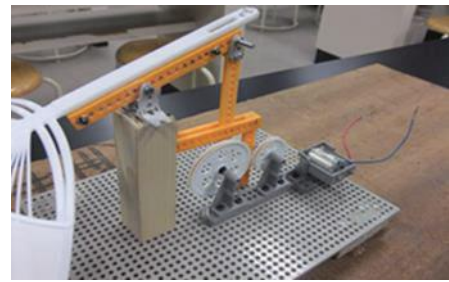


図5 クランク機構を用いた実験装置

<結果>

表1より、作製した装置によって一定の風速で風を送ることが可能であることが確認できた。

表1 団扇を20回扇いだときの風速変化

回数	風速(m/s)	回数	風速(m/s)
1	1.2	11	1.1
2	1.1	12	1.1
3	1.2	13	1.1
4	1.2	14	1.2
5	1.2	15	1.2
6	1.2	16	1.2
7	1.2	17	1.2
8	1.2	18	1.2
9	1.2	19	1.2
10	1.3	20	1.1

4. 実験Ⅰ 風速の変化の測定

<目的>

団扇を曲げることによって生じる風向ごとの風速の変化を明らかにすることを目的とした。

<方法>

団扇の前方を0度とし、0度、30度、45度、60度と角度をつけ、団扇の面の中心から等距離になるよう風速計を置いて（図6）風向、風速を測定した。

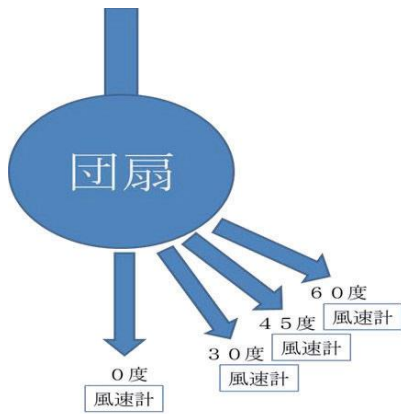


図6 実験 I のモデル図

<結果>

図7より、団扇を曲げていけばいくほど左右方向の風速は減少していくことが確認できた。しかし、正面においては団扇の曲げ具合を大きくしていても風速に違いは確認することはできなかった。

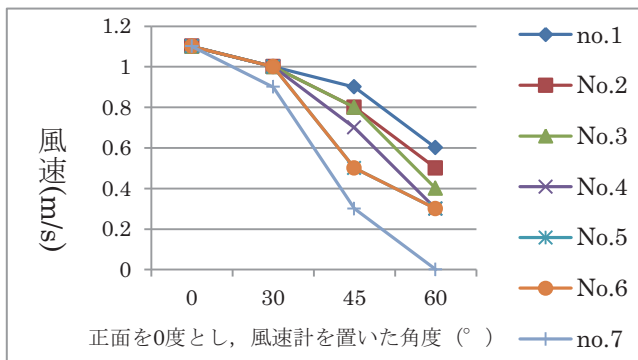


図7 実験 I 結果

5. 実験 II 風の強さの測定

<目的>

実験 I より、団扇の形状による正面での風速に差異は見られなかった。次に団扇の形状の違いによる風の強さについて明らかにすることを目的とした。

<方法>

図8の様のうちわの前方 20 cm の位置にボール(市販の卓球ボール)をレールの上に置き発生した風を受けてボールが進んだ距離を測定する。

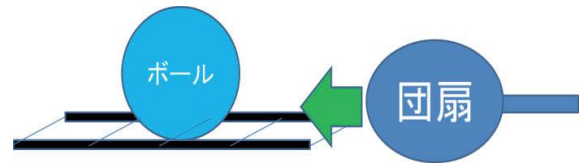


図8 実験 II のモデル図

<結果>

図10より、団扇を曲げていけばいくほどボールの進む距離は増えていった。

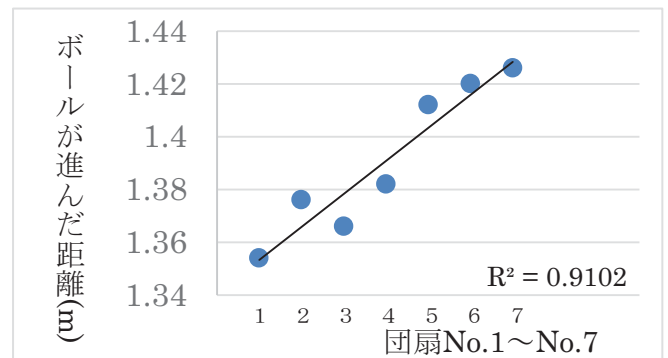


図9 実験 II 結果

<考察>

実験中の団扇と実験装置を観察した際、団扇の曲がり具合が大きくなるにつれて団扇の扇ぐ回数が増えていることが分かった。空気抵抗に関する先行研究より、空気抵抗は投影面積が小さいほど小さくなるということが分かっている(図10)。このことから団扇の上下運動の際の空気抵抗が小さくなることで、同じ力で扇いだときに、扇げる回数が増え、風量が増えていったと考えられる。また、曲げたことにより風の散らばりが抑えられ前方へ風を送ることができるようになったことが要因の1つと考えられる。

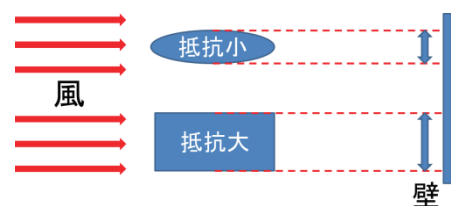


図10 空気抵抗について

6. 結論

図7より、0度のときは風速の違いは見られなかったが、角度をつけて測るにつれ風速に違いが見られ、左右への風が抑えられることがわかった。

図8より、団扇の形状が変化すると、ボールの進む距離も増加する傾向にあることがわかった。

以上の事から、団扇の形状を曲げることで団扇の前方の風速は変わらず、その強さが増すことから、前方への風のみを必要とし、周囲への風を必要としない火起こしなどに用いることが適していると考えられる。

7. 今後の課題

今回の実験では団扇の断面の形状について平面から半円まで7つの形状について行ったが、今後は団扇の面の形についても変えながらデータを収集し、それぞれの用途に合った団扇の形状を考察することをやりたい。

8. 謝辞

本研究において多くのご助言を下さった津山工業高等専門学校の 佐藤 紳二 先生、加藤 学 先生に感謝申し上げます。

9. 参考文献

1. 流体力学公式集

<http://www.toyomec.jp/old/student/formula/ryuriki/ryuriki.html>

2. 送風機の風量と風圧（三菱電機）

https://www.mitsubishielectric.com.jp/ldg/ja/air/guide/support/knowledge/detail_02.html

加硫の有無によるゴムの特性変化

研究者 井上 理香子, 大谷 陽希, 高木 麻未, 久永 遥香, 松村 音乃 指導者 津田 拓郎

Abstract

The purpose of our research was to show the change in characteristics of rubber, depending on the presence or absence of vulcanization. In order to do that we used ultraviolet rays. We started by making an apparatus that enabled us to take accurate measurements of the relationship between the elastic force and stretching of rubber. In a second step we made non-vulcanized rubber. We irradiated the commercial rubber with vulcanization and the self-made rubber without vulcanization with ultraviolet rays and then compared the results in case of expansion or contraction. It became clear that the two sorts of rubber show differences in relation to strain and that elasticity varies depending on irradiation with ultraviolet rays.

1. 研究の概要

本研究は、加硫の有無によるゴムの特性の変化について、紫外線を用いて明らかにすることを目的とした。そのためにまず、ゴムの伸縮とそのときの応力をより正確に測定する為の装置を自作した。そして、加硫されていないゴムを自作し、加硫されている市販のゴムと紫外線の照射による伸縮の変化を比較した。その結果、二種類のゴムではひずみと応力の関係に差異がみられ、紫外線の照射により弾性が異なる変化をすることが明らかになった。(ひずみとはゴムの伸び率のことである。)

2. 目的

窓際に長時間おいていた輪ゴムはすぐにちぎれるようになることがある。先行研究から、加硫によりゴムは紫外線による変化を抑えていることがわかり、本研究は紫外線を用いて加硫していないゴムと比較実験を行うことで、加硫の有無によるゴムの特性変化の差異を可視化することを目的とした。

3-1. 予備実験研究内容

上記の目的を達成するために、輪ゴムの伸びとそのときの応力を正確に測定できる装置を以下の手順に沿って製作、改良した。

装置 1 について

以下のような素材を用いて、図 1 のように実験装置を製作した。

[材 料]

フィルムケース、輪ゴム (オーバンド)、電子天秤、釣り糸 (6 号)、コンパス、スタンド、セロハンテープ、ものさし、おもり (フックの代わりとして用いる)



図 1 装置 1 の様子

<実験 1 方法>

- ① フィルムケースを電子天秤に乗せ、質量が 50 g になるように水を加える。
- ② フィルムケースに釣り糸を図 1 のようにくくりつけ、セロハンテープで接着し、スタンドからおもりを 1 個つりさげ、輪ゴムをくくりつけ、スタンドに結び付ける。このとき、輪ゴムは切って一本の直線にして用いる。
- ③ 揺れがおさまってから、②の時の輪ゴムの長さに合わせてコンパスを開き、ものさしでコンパスを開いた長さを測る。(より正確に測るためコンパスを用いた)
- ④ この時の輪ゴムの長さを基準として水量を 0.50 g ずつ増加させたときの輪ゴムの伸びを測定していく。

<実験 1 結果>

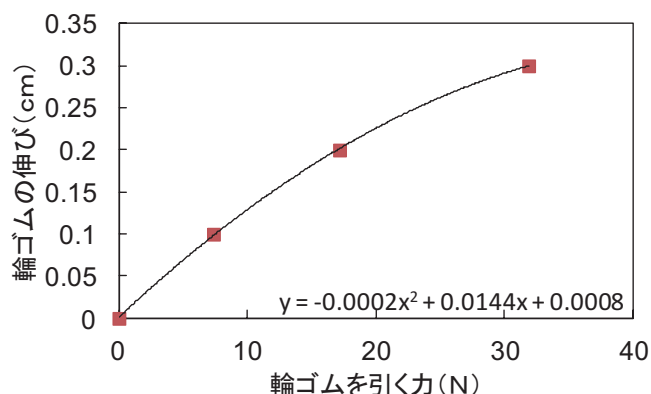


図 2 輪ゴムの引く力と伸びの関係

図 2 より、少しの引く力の変化で輪ゴムの伸びは変化した。フックの法則に従うが、10 N 付近から伸びにくくなることがわかった。

<課題 1>

揺れにより、輪ゴムの伸びを正確に測ることが困難である。これらの課題を解決するために、測定方法を見直し装置 2 を製作した。

装置 2 について

実験 1 をもとに、以下のような素材を用いて、図 3 のように実験装置を作製した。そして装置の強度を測定する実験を行った。

[材 料]

輪ゴム：ピュアバンド#60 フト（製造元：アイジー・オー株式会社）、塩化ビニルパイプ、釣り糸 6 号（1 cm ごとに目盛をつけている）、リング、ハンドル、金属棒（直径 5 mm）、段ボール、針金、おもり（1 個 1kg）

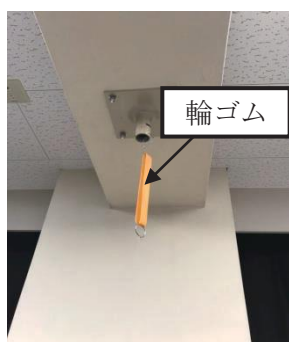


図 3

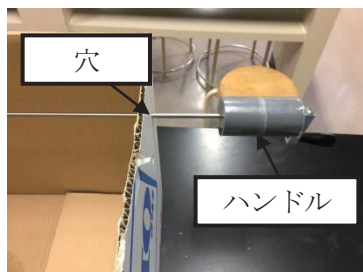


図 4

<実験 2 方法>

① 釣り糸に 1 cm ごとに目盛をつける。そして輪ゴムと釣り糸を結び付け、装置を設置した状態で輪ゴムが自然の長さになるように釣り糸をハンドルに巻きつける。

② ハンドルをゆっくり回しながら、輪ゴムを徐々に伸ばしていった。

③ その後、ハンドルをゆっくりと逆に回すことで、巻きつけた釣り糸を戻し、その時の輪ゴムの伸びを観察した。

<実験 2 結果>

2 回の強度実験を行った結果、1 回目は最大で 80 cm 伸びた。2 回目は 105 cm 伸びた時点で釣り糸が切れた。

<課題 2>

実験の結果以下のような課題が明らかになった。

- ・ 80 cm 伸びた時点で、ハンドルの位置を固定するための段ボールの穴が広がった。また、より正確に測定を行うために、輪ゴム以外の装置の材質をより強いものに変更する必要があることがわかった。
- ・ 輪ゴムや釣り糸の接続方法についても検討する必要があることがわかった。
- ・ 装置 2 では、輪ゴムを引く力の大きさが測れないため、装置を改良する必要があることがわかった。

これらのことから、ばねを引く力とばねの伸びを同時に測ることのできる装置を考える必要がある。

装置 3 について

実験 2 で明らかになった課題を改善するために、以下のような素材を用いて、図 5・6 のように実験装置を製作した。そして、輪ゴムを引く力と伸びの関係を求めた。

[材 料]

装置 2 と同じ

※ 変更点 ピュアバンド#60 フト ⇒ #130 フト、釣り糸 6 号 ⇒ 8 号、針金 ⇒ カラビナ、支柱、ばねばかりを追加

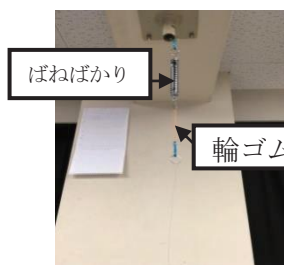


図 5



図 6

<実験 3 方法>

① 釣り糸に 1 cm ごとに目盛をつける。そして輪ゴムと釣り糸を結び付け、装置を設置した状態で輪ゴムが自然の長さになるように釣り糸をハンドルに巻きつける。

- ② ハンドルを回しながら、5 cm 巻き取るごとにばねばかりの値とばねばかりの伸びを測定する。
 - ③ ②の測定を 55 cm 巻き取るまで行う。
 - ④ その後、巻きつけた釣り糸を 5 cm ごとに戻し、その時のばねばかりの値とばねばかりの伸びを測定する。
 - ⑤ ①～④の測定を輪ゴム 1 個のときと輪ゴム 2 個を直列につないだとき (=結び目 1 個) で、それぞれ 3 回ずつ測定した。
- ※ ハンドルに巻きつけたひもの長さからばねばかりの伸びを引いた長さを輪ゴムの伸びとした。

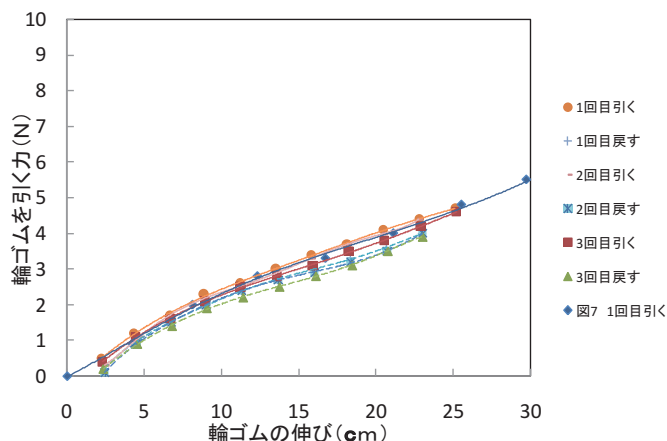


図9 図8を1/2倍した値

<実験3結果>

- ① 輪ゴム 1 個のとき、図7から、輪ゴムを引く力を増やしたときと減らしたときで引く力と伸びの関係には違いがあることがわかった。

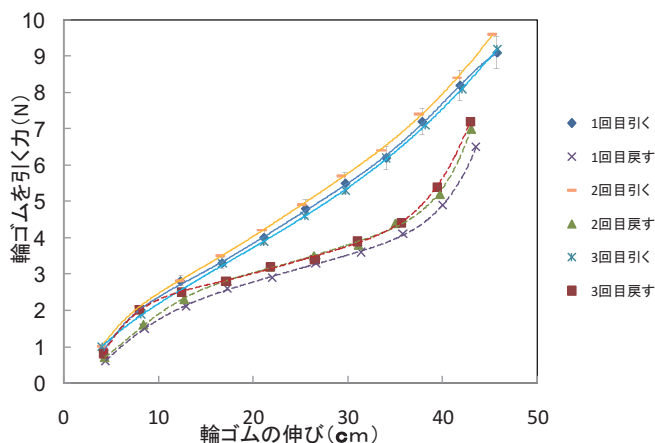


図7 輪ゴム 1 個のときの伸びと引く力

- ② 輪ゴム 2 個のとき、輪ゴムを引く力を増やしたときと減らしたときとの伸びの差が小さくなった。

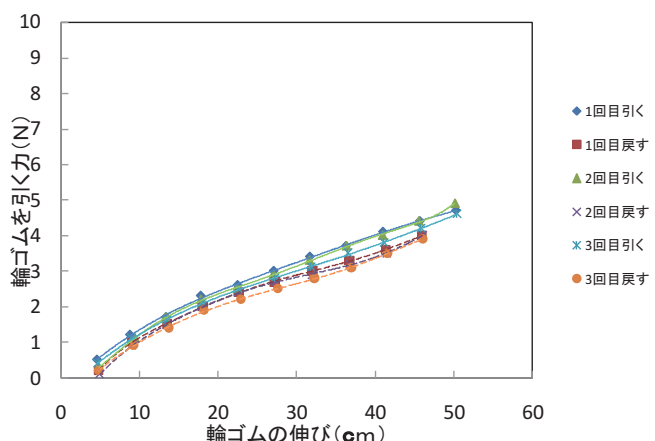


図8 輪ゴム 2 個のときの伸びと引く力

- ③ 輪ゴム 2 個のときの伸びを 1/2 倍にし、輪ゴム 1 個のときに換算したとき、図7のグラフと重なっていることから、輪ゴムの結び目の数によらず 1 個あたりの輪ゴムの伸びの測定が可能であると考えられる。

以上の予備実験より、ゴムの長さ、結び目の数によらず今回の装置で輪ゴムの伸びについての測定が正確に可能であるとわかった。

3-2. 実験

<装置作製>

- ① 図10のように装置を組み立てる。
- ② ハンドルに巻きつける紐に目盛りを 1 cm ごとにつける。(10 cm ごとに印をつけておく) (図11)
- ③ 巻いていくと紐が重なるので、ハンドルに溝を作っておく。(図12)

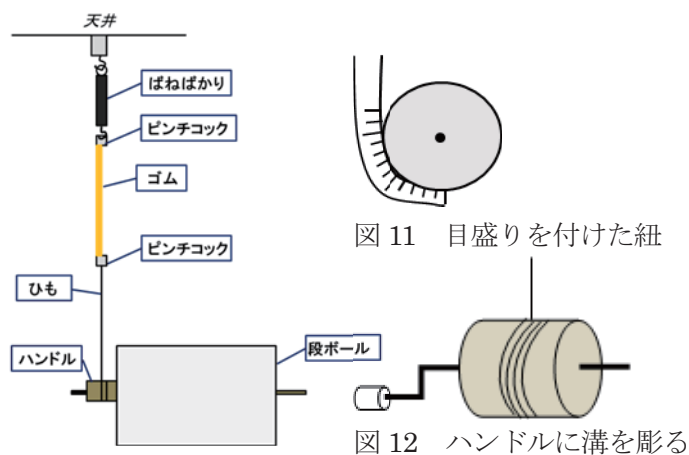


図10 装置の全体図

<測定手法>

図10のようにばねばかりを天井につるし、釣り糸を巻き取ることでゴムの伸びと引く力を測定できる装置を製作する。市販ゴムは 5 cm、自作ゴムは 3 cm ずつ巻き取り、ゴムの伸び、引く力、幅、厚さを測定する。ゴムを戻すときも同様に行う。このとき、加硫されている市販のゴムとしていない自作ゴムに紫外線 (波長 $2.5 \times 10^{-8} \text{ m}$) を 24 時間照射したものを用いる。

<加硫されていないゴムの製作>

図13のように容器にクエン酸水溶液を霧吹きで吹きかけ、ラテックスをそそぐ。さらに、上からクエン酸を吹きかけ、約1分間放置する。板を押し付けた後、約1分間放置し、ゴムを取り出す。



図13 ラテックス投入

取り出したゴムに重石をのせ、紫外線の当たらないところで乾燥させる。(以下自作ゴムと記す)

加硫されている市販のゴムとされていない自作ゴムに紫外線(波長 $2.5 \times 10^{-8} \text{m}$)を24時間照射する。紫外線の有無と加硫の有無によるひずみと応力の関係を調べる。



図14 市販ゴムの写真



図15 自作ゴムの写真

4. 結果

測定結果をもとに、2種類のゴムそれぞれで、応力とひずみの関係を示すグラフを作成した。

(図16・17)

- ① 市販ゴムより、自作ゴムのほうが同じ応力において、伸縮前後でのひずみの差が大きい。一方で市販ゴムは紫外線の照射による伸縮前後でのひずみの差はほとんどなかった。
- ② 各図での傾きはヤング率を表すが、市販ゴムは一定であるのに対して、自作ゴムは応力に応じて変化している。
- ③ 図16では、紫外線照射後のグラフが照射前のグラフより上側にあるのに対して、図17では、反対になっている。

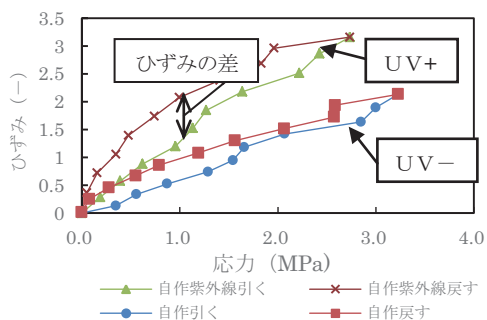


図16 自作ゴムの応力とひずみの関係

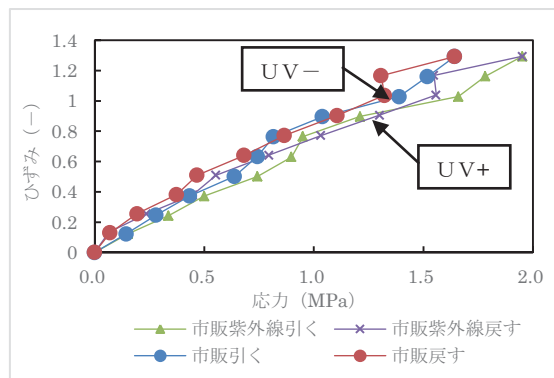


図17 市販ゴムの応力とひずみの関係

5. 考察・結論

結果①②から、表1にそれぞれのゴムにおけるひずみの差の最大値をまとめた。自作ゴムは市販ゴムに比べて、伸縮時のひずみの差が大きくなるという欠点が明らかとなり、さらにその大きさは紫外線照射後の方が顕著であることがわかった。

表1 各ゴムのひずみの差の最大値

	紫外線照射前	紫外線照射後
市販ゴム	8.92×10^{-3}	1.15×10^{-2}
自作ゴム	0.145	0.230

結果③より、市販ゴムでは紫外線を照射した方が同じ応力でもひずみが小さくなるのに対し、自作ゴムでは同じ応力でも紫外線を照射した方がひずみが大きくなった。このことから、市販ゴムは紫外線を照射すると伸びにくくなる(=硬化)のに対し、自作ゴムは伸びやすくなる(=軟化)という特性があると言える。

これらの原因として、紫外線を照射することでゴムの有機物の結合が切断されることが挙げられる。市販ゴムは加硫による結合が残るが、未加硫の自作ゴムは結合がほとんど切断されてしまい、そのことが軟化の一因と考えられる。

6. 今後の展望

加硫を加えたゴムを製作し、硫黄の含有量を変化させることでの特性の変化について連続的に分析を進めたい。

7. 参考文献

- ・「バルーンポップ」
www.balloon-pop.com/knowledge/3504.html
- ・『ニューステージ化学図表』「浜島書店」(2019)
- ・『改訂版 フォトサイエンス 化学図録』「数研出版」(2019)

8. 謝辞

本研究にあたり、丁寧にご指導してくださいました 津田 拓郎 先生 に深く感謝申し上げます。

摩擦電気の定量的な測定とその考察

研究者 山本 拓海, 植田 祐一郎, 月野 亜夢路, 野上 颯俊 指導者 津田 拓郎

Abstract

In our research, we have two purposes. First is to develop a device that can quantitatively measure the frictional electricity generated by rubbing a substance. Second is to test this device by using it to measure electric quantity. We found that by adjusting the rotation speed of the rubber belt and the position of the electrode, it was possible to generate electric quantity of about $13.5\mu\text{C}$ in 10 seconds.

1. 概要

本研究は、物質をこすり合わせることで発生する摩擦電気を定量的に測定できる装置の開発と、その装置を用いた定量的な測定を目的とした。そして、開発した装置のベルトの回転数と摩擦電気を集めるための電極の位置を調整することで、10秒間で約 $13.5\mu\text{C}$ の電気量を発生させることが可能となることがわかった。

2. 目的（予備実験 実験装置の製作）

本研究は、市販のゴムを回転させることで摩擦電気を発生させる装置を自作し、発生する電気量を定量的に測定することを目的とした。そして、その装置を改良することでより多くの電気量を発生させる方法について考察した。

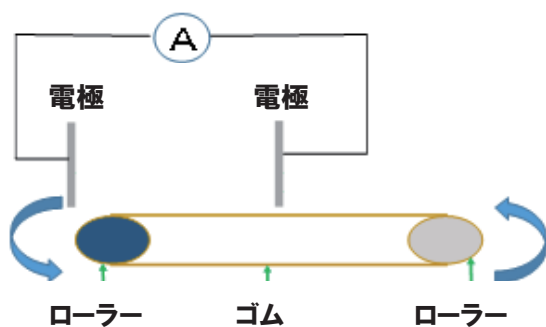


図1 製作する装置の概要

3. 実験内容

以下の手順で、より多くの電気量を計測するための装置を作製・改良した。

(1) 装置1について

準備物：モーター2個, 万力, ゴム, アルミニウム電極, ローラー（塩化ビニル）2個, 乾電池（単一）2個

結果：計測をすることができなかった。

考察：モーター2個では電流計で計測できる摩擦電気が発生しないことが考えられる。

仮説：モーターを増やすことで、電気量を大きくできるのではないかと。

変更点：モーターの個数を4個に増やす。

(2) 装置2について

準備物：モーター4個, 万力, ゴム, アルミニウム電極, ローラー（塩化ビニル）2個, 乾電池（単一）4個

結果：計測をすることができなかった。

考察：装置1と同じく計測できないのは、発生する摩擦電気が小さいためであると考えられる。よって、電流を大きくするためにローラーの素材に注目した。

仮説：ローラーの片側を塩化ビニルからアクリルに変更することで、電気量が大きくなるのではないかと。

変更点：一方のローラーを、塩化ビニルからアクリルに交換する。

(3) 装置3について

準備物：モーター4個, 万力, ゴム, アルミニウム電極, ローラー（塩化ビニルとアクリル）, 乾電池（単一）4個

結果：電流を計測することができるようになった。
 考察：電流の値は非常に小さいが、計測することが可能となった。さらに、電流値を大きくするためにモーターの交換を行う。
 そこで、より回転数の大きいモーターに交換する。
 仮説：モーターの回転数により、流れる電流は大きくなる。
 変更点：回転数の大きいモーターに交換する。

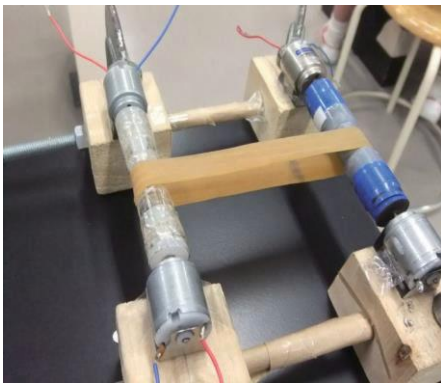


図2 装置3の全体図

(4) 装置4について
 準備物：モーター4個（変更後）、万力、ゴム、アルミニウム電極、ローラー（塩化ビニルとアクリル）、乾電池（単一）4個
 結果：計測することができなかった
 考察：回転数を大きくしても、電流を大きくできないと考えられる。
 仮説：装置3の電極を様々な種類の金属に変更することで、電流値が最大となる最適な金属を決めることができる。
 変更点：電極として、アルミニウム、銅、ステンレスを用いる。

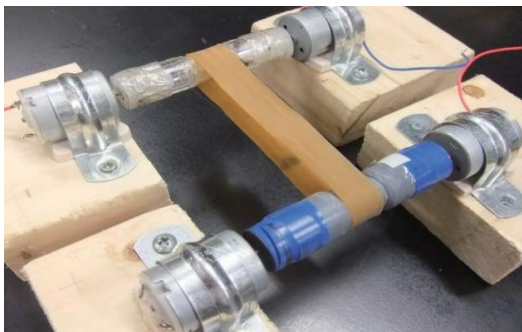


図3 装置4の全体像

(5) 装置5について
 準備物：モーター4個、万力、ゴム、電極（アルミニウム、銅、ステンレス）ローラー（塩化ビニルとアクリル）、乾電池（単一）4個
 結果：電流を測定することができた
 考察：錆・電気伝導率などを考慮して、アルミニウムが電極として適正なのではないかと考えられる。
 仮説：電極の位置を変更することで、電流値を大きくすることができる。
 変更点：片方の電極の位置を変えながら測定を行う。

(6) 装置6について
 準備物：モーター4個、万力、ゴム、アルミニウム電極（位置変更）、ローラー（塩化ビニルとアクリル）、電池（単一）4個、スタンド
 結果：計測することができた。
 考察：電極の位置によって、計測できる電流値が変化した。
 ただ、安定して電流値が測定できない場合もあった。
 仮説：安定した電流を測定するために、回転数を調整できるようにする。そのために、電源として直流電源装置を用いる。
 変更点：電池を電源装置に交換

(7) 装置7について
 準備物：モーター4個、万力、ゴム、アルミニウム電極（位置変更）、ローラー（塩化ビニルとアクリル）、スタンド、電源装置
 結果：計測することができた。
 考察：電源装置を用いたことで、回転数を変えることによる電流の変化を測定することができた。また、このとき発生する電流にばらつきがあるのは、装置の振動によるものと考えた。
 仮説：装置の振動が軽減すれば、電流値のばらつきを少なくすることができる。
 変更点：振動を軽減するために、装置全体を固定する。

(8) 装置 8 について

準備物：モーター4個、万力、ゴム、アルミニウム電極（位置変更）、ローラー（塩化ビニルとアクリル）、スタンド、電源装置、耐震用シール

結果：計測することができた。

考察：装置 7 に比べて、電流値のばらつきが少なくなった。この装置を本実験で利用することとする。

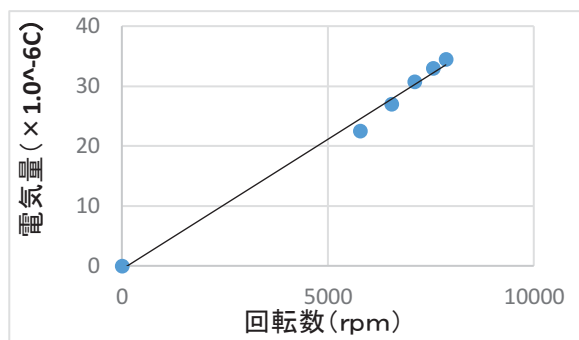


図 6 ローラーの回転数と電気量

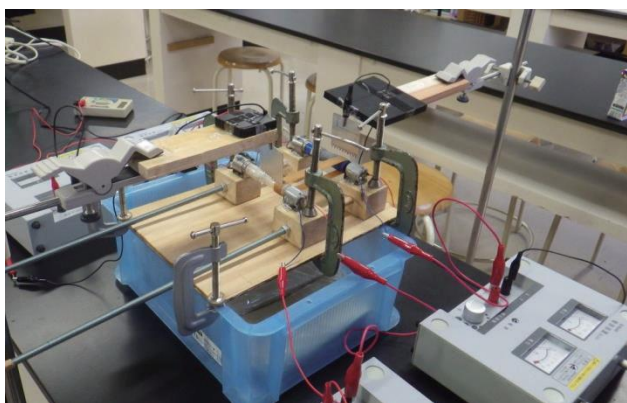


図 4 装置 8 (完成版)

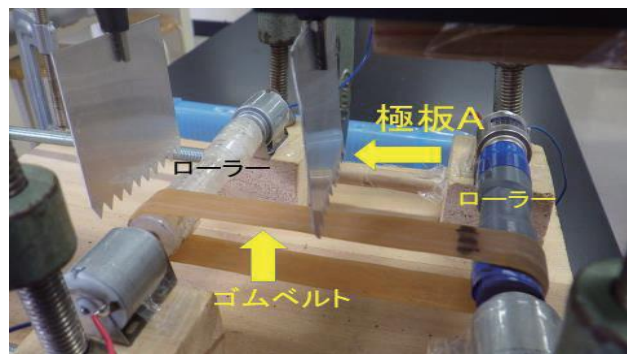


図 5 装置 8 の拡大写真

6. 考察 ①

回転数の増加に伴い電流が大きくなるのは、塩化ビニル製の回転軸とゴムベルトとの接触回数が増え、より多くの自由電子が移動できるためであると考えられる。

7. 実験 ②

ゴムを 8 等分 (1.54 cm) に区切り、図 5 中の極板 A を目盛りの 0→8 の方向に変化させながら、それぞれの目盛りで電極間に流れる電流を 10 秒間測定し、その値から発生する電気量を算出した。

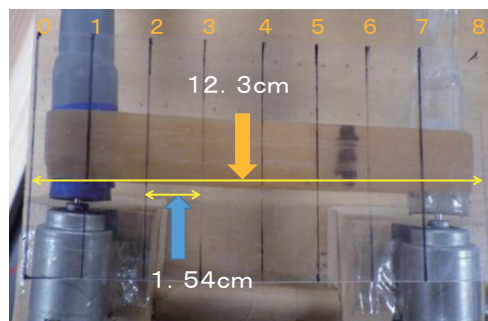


図 7 ゴムに印した目盛り線

4. 実験 ①

ローラーの回転数を変化させながら、電極間に流れる電流を 10 秒間測定し、その値から発生する電気量を算出した。

5. 結果 ①

図 6 より、ローラーの回転数を増加させると、発生する電気量も増加することがわかった。

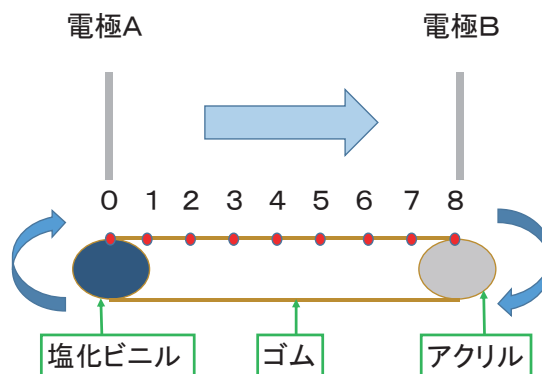


図 8 実験②でのゴム上の目盛り

8. 結果 ②

図 9 より、ローラーの回転数を 5200 rpm にして、電極 A を移動させたとき、電極 A がゴムベルトの中央付近にあるときに 10 秒間で約 $13.5 \mu\text{C}$ の電気量となり、最大となった。そして、どの回転数においても電極 A がゴムベルトの中央付近にあるとき、発生させることができる電気量が最大となった。

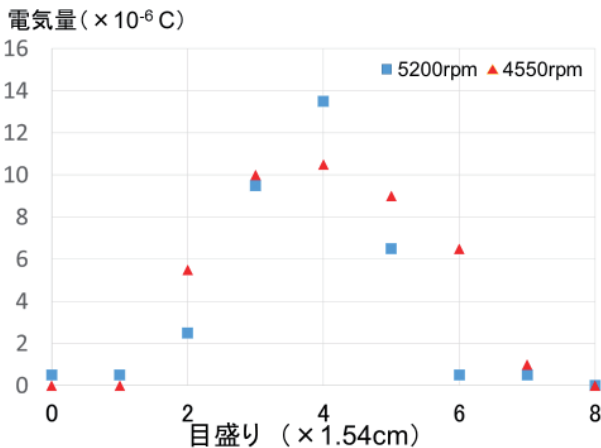


図 9 電極の位置と算出した電気量

また、図 9 の測定中のゴムベルトの観察により、ゴムベルトが上下に大きく振動している位置とそうでない位置が確認でき、ゴムベルトには定常波のようなものが発生していることがわかった。そして、計測したいずれの回転数においてもゴムベルトの中央付近は節となっていることが確認できた。

9. 考察 ②

これらの結果より、中央付近では電極とゴムベルトの間隔が常に一定となり、より多くの電子が安定して移動できたものと考えられる。

10. 結論

以上の考察より、物体の接触回数を増やすことで摩擦電気は増加し、さらに電極との距離を一定に保ち続けることでより多くの電気量を取り出すことが可能であると考えられる。

11. 今後の展望

今回の実験装置では、中央付近に節が観測できたが、今後は発生する節の数を増やすことで複数の電極を配置し、より多くの電気量を発生させる装置の開発を行いたい。

12. 参考文献

- ・ 静電気のおはなし
<http://www.trinc-concierge.com/018/index.html>
- ・ 自作バンデグラフ
<http://www.geocities.jp/jun930/elevandegraaf.html>
- ・ 理科年表 (2019) /丸善出版

粘度と表面張力と泡立ちについての研究

研究者 井野 涼介, 角南 卓哉, 奥田 早織, 角野 菜奈美 指導者 下山 卓士, 馬木 良輔, 小延靖史

Abstract

We researched the interaction between viscosity, surface tension and bubbles using a Gum Arabia solution. We measured viscosity and surface tension using a self-made viscometer, modeled after the Ostwald viscometer, and a surface tension meter, designed after the Deyunui surface tension meter. We examined characteristics of the beaten solution's bubbles by measuring the change of volume. Then we considered its viscosity, surface tension, and lathering.

1. 概要

アラビアガム¹⁾水溶液を用いて、流体の表面張力と粘度と泡立ちの関係について研究した。オストワルド相対粘度計を参考にして作った自作の粘度計と、デュヌイ表面張力計を参考にして作った自作の表面張力計を用いて粘度と表面張力を求め、さらにかき混ぜて泡立てることで、流体の表面張力と粘度と泡立ちの関係性について考察した。

2. 序論

アイスクリームは、牛乳や砂糖などが含まれた粘性の大きい溶液をかき混ぜて泡立てながら凍らせることで作られる。このとき、泡の性質は、何によって変化するか疑問に思い、この研究を始めた。先行研究²⁾より、粘度が大きいほど泡は保たれやすく、表面張力が小さいほど泡はできやすい、ということが分かっているので、この2つの要素に着目し、研究を行った。

3. 仮説設定

粘度とは、流動に対する液体の抵抗を表すものであり、表面張力とは、表面積をできるだけ小さくしようとする性質をさす。すなわち、泡の表面に直接関係する表面張力が泡の性質に大きく影響すると考えた。

4. 実験

実験を行う前段階として、我々は測定に用いる粘度計と表面張力計を作成した。先行研究³⁾と同様、粘度計はオストワルド相対粘度計を、表面張力計はデュヌイ表面張力計を参考にした。粘度については、測定した値と水の粘度の値を元に、公式 ($\eta / \eta_w = \rho t / \rho_w t_w$) より、溶液の粘度の値を計算するものとなっている。



図1 粘度計

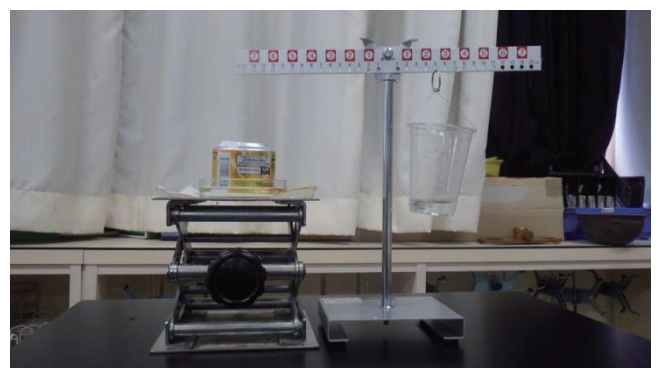


図2 表面張力計

(η は粘度, ρ は密度, t は流下時間をさし, η_w , ρ_w , t_w はそれぞれの水についての値をさす。)

表面張力計については, 測定した値を元に公式 ($\gamma = f/4\pi R$) より, 表面張力の値を計算するものである。(γ は表面張力, f はおもりの重さ, π は円周率, R は缶の半径をさす。)

粘度の測定では, まず溶液 100 mL をポンプに入れて, ポンプに栓をした。そして, 溶液の水面を上
の標線まで押し上げ, その後ポンプの栓を抜き, 水面が下の標線まで降下するまでの時間を測定した。

表面張力の測定では, 実験用でこの一端に水平に切った缶を吊るして流体表面に触れさせ, 他端のカップにおもりの水を入れていった。そして, 缶が流体の表面から離れたときに, 入れていた水の重さを計測した。

泡立ちの測定については, メスシリンダーに溶液を 60 mL 入れ, ハンドミキサーで 30 秒間かき混ぜ (図 3), 発生した泡の量と残った液量を測定した。



図 3 泡立ちの測定

以上 3 つの測定を, 蒸留水と, 質量パーセント濃度で 1%, 3%, 5%, 6%, 7%, 8% のアラビアガム水溶液について行った。

5. 結果

計測した結果は以下の通りになった。

① 粘度

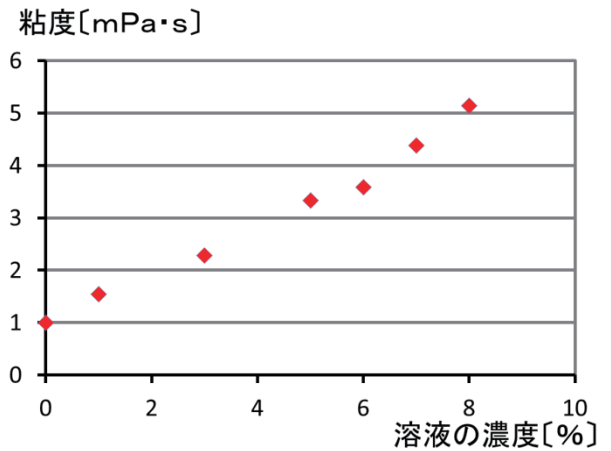


図 4 溶液の濃度と粘度の関係

先行研究³⁾にあるように, 濃度が上がるにつれ粘度の値も上昇した。

② 表面張力

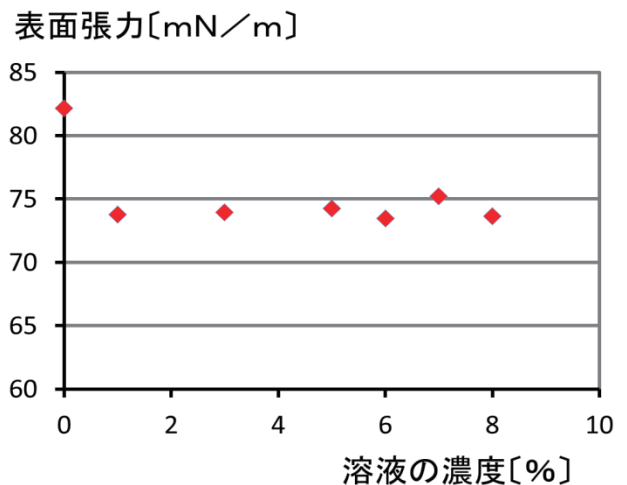


図 5 溶液の濃度と表面張力の関係

表面張力については, 水以外は濃度を変化させてもあまり値に差はなかった。これは, ある一定の濃度を超えると, 溶液の水面の状態は変化しなくなるからだと考えられる (図 6)。

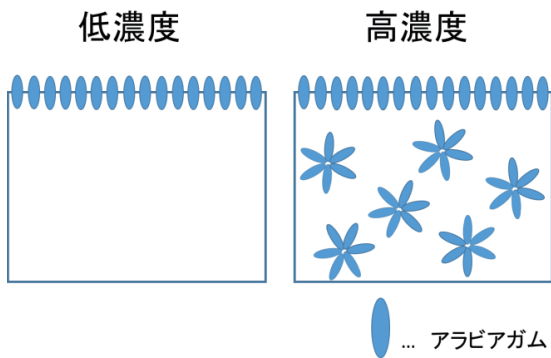


図6 高濃度と低濃度におけるアラビアガム水溶液のモデル図

低濃度で液体表面全体に溶質が並ぶと、濃度をそれ以上大きくしても液体の内部に溶質が溶けるだけで表面の状態は変化せず、表面張力は一定となる。

③ 泡のきめ細かさ

泡立ちについては、発生した泡の体積 V' / 泡化した溶液の体積 V の比を、泡のきめ細かさとして定義する。(図7)

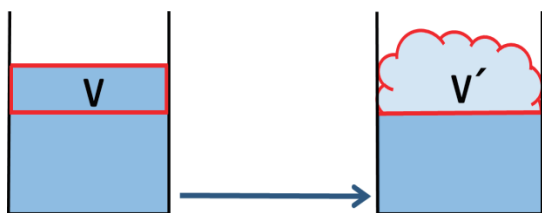


図7 溶液をかき混ぜた際の体積変化の図

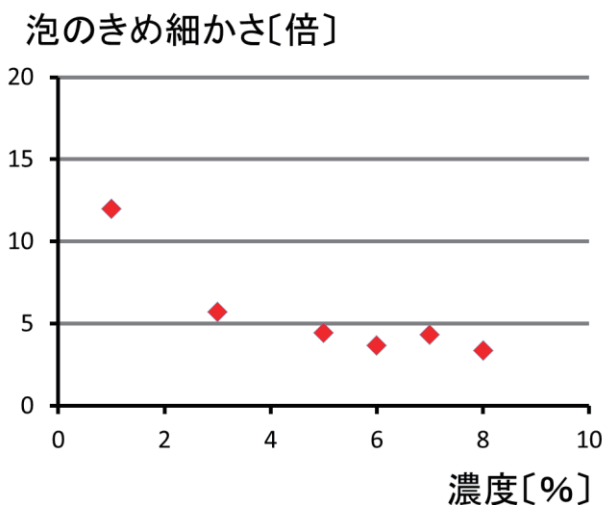


図8 溶液の濃度と発生した泡/泡となった溶液の体積比の関係

図8より、グラフが減少傾向であることから、濃度が上昇するにつれ、泡がきめ細かくなっていくことが分かった。

④ 粘度と泡のきめ細かさ

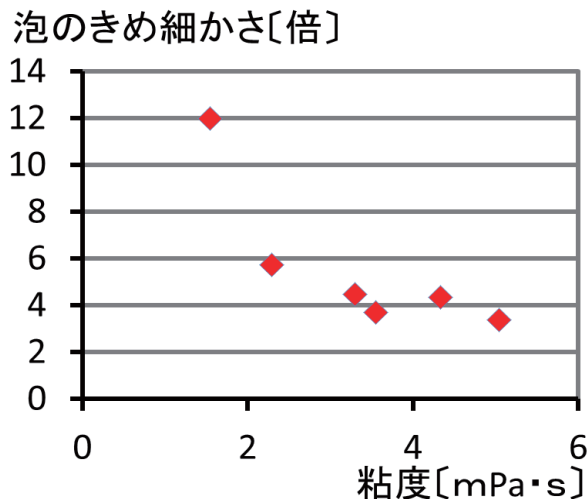


図9 溶液の粘度と発生した泡/泡となった溶液の体積比の関係

粘度と泡のきめ細かさについて、グラフがなだらかな曲線を描いて降下していることから、粘度と泡のきめ細かさには反比例に近い関係があると考えられる。

⑤ 表面張力と泡のきめ細かさ

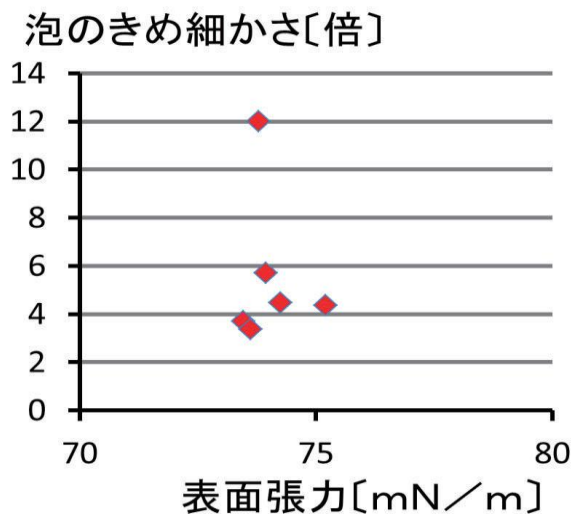


図10 溶液の表面張力と発生した泡/泡となった溶液の体積比の関係

今回の実験では、表面張力の値があまり変化しなかったため、グラフには規則性がみられず、表面張力と泡のきめ細かさには関係性が無いと言わざるを得ない結果となった。

6. 考察

濃度が上がると泡がきめ細くなる要因は、主に2つ考えられる。

1つ目は、濃度が上がると粘度が上がるためだと考えられる。粘度とは流動に対する液体の抵抗をさすものであり、これが大きくなると外力に対し溶液が変形しにくくなる。そのため、溶液の中に含まれる空気が少なくなり、結果的に多数の小さな泡が作られたと考えられる。

2つ目は、多数の小さな泡を作るためにはより多くの溶質が必要になるからだと考えられる。図 11のように、多数の小さな泡と少数の大きな泡があり、どちらも体積が同じであるとき、表面積は前者のほうが大きくなる。泡を形成する際、泡の表膜に溶質が用いられるので、泡が小さいほうが形成に多くの溶質を使用する。よって溶けている溶質の少ない低濃度の溶液では、小さな泡を多数、きめ細かく形成するのは難しかったと考えられる。

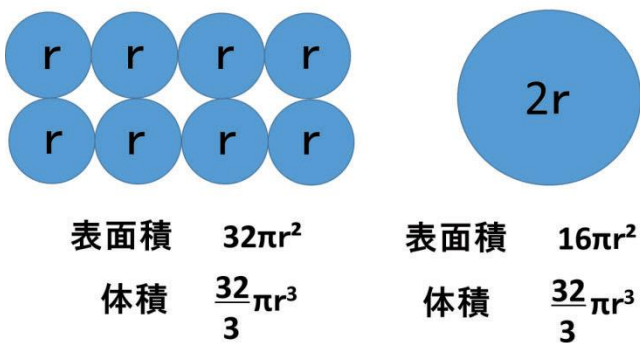


図 11

7. 今後の展望

今回の実験では、アラビアガムしか溶質を試していないので、他の物質でも同様の結果が得られるのかを研究する。

8. 参考文献

- 1) よくわかる食品添加物の基本と仕組み
(松浦 寿喜 著)
- 2) 水溶液が物性に及ぼす影響についての基礎的研究 (H28 本校課題研究)
- 3) 界面活性剤と大きな泡の関係性
(H29 本校課題研究)

フリーズドライによる柿の渋抜きについて

研究者 小柳 彩華, 平井 葉, 藤原 亜衣

指導者 小延靖史, 下山 卓士, 馬木 良輔

Abstract

We found that the process of freeze drying decreased the amount of astringent persimmon's bitterness. The cause of the bitterness occur in the solubility of tannins. The process of removing the bitterness relates to the effects on acetaldehyde. Therefore, we examined how freeze drying changed the solubility of tannins. In this experiment, we found that the content of soluble tannins in freeze drying persimmons was reduced. We aimed to clarify the cause.

1. 概要

私達は、渋柿をフリーズドライ（以下「FD」とする）することで渋味が減ることに気付いた。渋味の原因は可溶性タンニンであり、渋が抜ける過程にはアセトアルデヒドが関係していることが知られている。そこで、私達はFD処理によってどのように可溶性タンニン量が増えるか調べた。FD処理した柿の可溶性タンニンの含有量の減少が観察されたため、その原因を明らかにすることを目的とした。

2. はじめに

渋柿にはポリフェノール類の一種であるカキタンニンが豊富に含まれている。カキタンニンには可溶性タンニンと不溶性タンニンがあり、可溶性タンニンが柿の渋味の原因となっている。可溶性タンニンがアセトアルデヒドと結合することで不溶化し、渋味を感じなくなる。一般的な渋抜き方法を用いて作られた柿には、ドライアイスやアルコールにさらす方法で作られた合わせ柿や、天日干しで作られた干し柿などが知られている。¹⁾

私たちは、真空状態で柿が無気呼吸を始めてアセトアルデヒドができ、可溶性タンニンが不溶化するのではないかと考えた。そして、従来の渋抜き方法とは違う方法で効率が良く、衛生的で成功しやすい渋抜き法を見出したいと思った。また、食品をFD

処理するという製法は、栄養や質を損なわずに食品を乾燥させることができる点や、乾燥期間が短く衛生的であるという点などから近年注目を集めている。その製法を活用したいと考え、FD処理に着目して実験を行った。

3. 実験内容

【実験 I】

① 試料作製

自家栽培した柿(西条)の皮をむき、四等分にし、種を除去した。次に、柿の半量をFD処理した。生の状態の柿とFD処理した柿をそれぞれ10gずつホモジナイザーで粉碎し、50mL精製水に溶かした後、遠心分離で上澄み液を採取し、これを試料溶液とした(図2)。



図1 凍結乾燥機

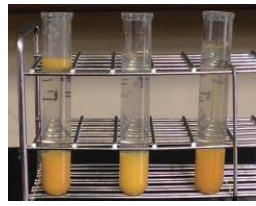


図2 試料溶液



図3 無処理の渋柿



図4 FD処理後の柿

② 可溶性タンニン量の測定⁴⁾

可溶性タンニン量の測定には、酒石酸鉄吸光高度法を用いた。ポリフェノール類と構造が似ている没食子酸エチル溶液を標準溶液とし、波長 540 nm で吸光度を測定し、検量線を作成した (図 5)。

検量線から求めた没食子酸エチルの濃度を 1.5 倍したものを可溶性タンニンの濃度とした。また、参考文献⁴⁾より、緑茶タンニンの 1.5 g が没食子酸エチル 1 g の吸光度に相当するので 1.5 倍にして計算した。

$$\frac{\text{没食子酸エチル濃度} \times 1.5}{\text{試料 } 10 \text{ g} \times \text{分取量 } 5 \text{ g}} \times 100$$

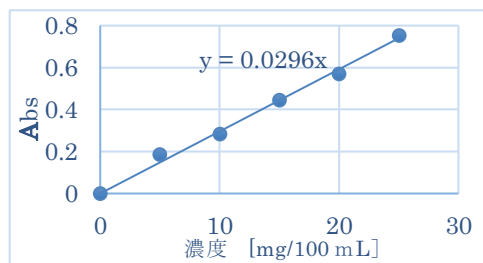


図5 没食子酸エチル量 (波長 540 nm) で作成した検量線

③ 結果 I

可溶性タンニンの濃度は、FD 処理前の柿が 60.81 mg/100 g, FD 処理後の柿が 2.18 mg/100 g となり、FD 処理すると可溶性タンニンが約 97 % 減少したことがわかった。可溶性タンニンが減少したことから、可溶性タンニンが不溶化し、渋味が減ったことがわかる。また、試食したところ、FD 処理した柿は渋味をほとんど感じず、甘味を感じた。

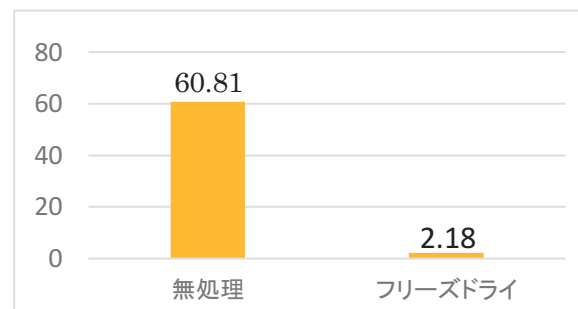


図6 西条柿の可溶性タンニン量 (mg/100 g)

④ 考察 I

結果 I より、可溶性タンニンの減少は、はじめに述べたように FD 処理することで柿が真空状態の中無気呼吸を始め、アセトアルデヒドができ、可溶性タンニンを不溶化していると考えた。不溶化の原因は無気呼吸を促している酵素であると言えるので、柿中の酵素を失活させると可溶性タンニンは不溶化しないと考えた。そこで、柿の酵素を失活させて同様に実験を行った。

【実験 II】

① 試料作製

あたご柿を実験 I と同様に下処理をした。次に、柿中の酵素を失活させるために、FD 処理する前に柿を電子レンジでマイクロ波を当てて加熱した。この時、柿の中心温度

が 65 °C 以上になるようにした。そして、また実験 I と同様の手順で試料溶液を作製した。



図 7 電子レンジで加熱する様子

② 可溶性タンニン量の測定

実験 I と同様に酒石酸鉄吸光光度法を用いて測定を行った。FD 処理前の柿も FD 処理後の柿も、どちらも電子レンジで加熱したものをを用いた。

③ 結果 II

可溶性タンニンの濃度は、FD 処理前が 204.6 mg/100 g、FD 処理後が 69.8 mg/100 g となり、可溶性タンニンの減少が見られた。試食したところ、実験 I と同様に、FD 処理後の柿に渋味はほとんど感じられなかった。

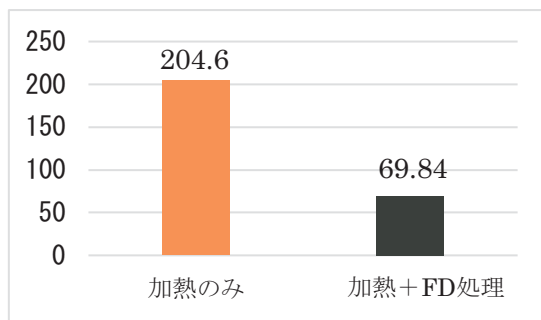


図 8 あたご柿の可溶性タンニン濃度 (mg/100 g)

そこで、得られた無処理の柿と FD 処理後の可溶性タンニンの濃度のデータについて、分散に有意な差があるかどうかを調べるため F 検定を行った。その結果、2 種類のデ

ータの分散には有意確率 5 % 以下で有意差があるという結果になった。そしてこの結果から分散が等しくないと仮定のもと t 検定をかけたところ有意確率 5 % 以下で有意差があるという結果になった。

④ 考察 II

結果 II より、可溶性タンニンの不溶化の原因は、柿の無気呼吸ではないと考えられる。そこで、より条件を絞り、不溶化の原因を明確にするために、酵素が無い柿渋のみでの FD 処理を考えた。

また、柿渋は和傘に塗り乾燥させると樹脂状に固まり、防水性を持つことが知られている。¹⁾ つまり、カキタンニンが不溶化していると考えられる。しかし、柿渋の不溶化が乾燥によるものなのか、乾燥させる際に空気中の二酸化炭素と結合することによるものなのかは解明されていない。私達は、結果 II より、乾燥させることで柿渋のカキタンニンが不溶化していると考え、柿渋の FD 処理を行い、可溶性タンニン量の増減を測定した。

【実験 III】

① 試料準備

市販の柿渋を FD 処理した。FD 処理前は 40 g、FD 処理後は 2.0 g となり、FD 処理することで柿渋の水分が 38 g 減少した。



図 9 使用した柿渋 (市販品)



図 10 FD 処理した柿渋

② 試料作成

FD 処理前の柿渋と FD 処理後の柿渋をそれぞれ 2.0 g ずつ 10 mL の精製水に溶かした後、遠心分離で上澄み液を採取し、これを試料とした。

③ 可溶性タンニン量の測定

実験Ⅰ，実験Ⅱと同様に酒石酸鉄吸光度法を用いて測定を行った。

④ 結果Ⅲ

測定時、試薬と試料溶液を混ぜると試料溶液が濁り、吸光度を測定できなかった。また、FD 処理した柿渋も発色が強く光が通らなかったため、吸光度が測定できなかった。そこで、試食したところ FD 処理後の柿渋は強い渋味を感じた。

⑤ 考察Ⅲ

FD 処理前の柿渋の可溶性タンニンの量は測定できなかったが、FD 処理後の柿渋は吸光度が測定できないほど発色したことや、強い渋味を感じたことから、可溶性タンニンは不溶化しなかったと考えられる。

4. 結論

渋柿を FD 処理することで可溶性タンニンが不溶化し、渋味が抜けることを発見した。また、可溶性タンニンが不溶化する原因は、柿の無気呼吸によるものではないことが明らかになったが、酵素の影響がない柿渋では可溶性タンニンが不溶化しなかったことから、乾燥することだけが不溶化の原因ではないと考えられる。

5. 今後の展望

柿渋の可溶性タンニンの量を正確に測定するために、測定方法の改善を検討していくとき、FD 処理による可溶性タンニンの不溶化のメカニズムを更に探求していきたい。また、衛生的で効率の良い柿の渋抜き法の研究を FD 処理という方法を軸に進めていき、合わせ柿の熟柿化が避けられないというデメリットと、干し柿のフレッシュさが無いというデメリットを改善し、長期保存が可能で、水に戻すとフレッシュに戻る柿の乾燥方法を開発がしたい。そして、近年注目されている FD 処理は宇宙食の製作に多く用いられていることから、FD 処理した柿を宇宙食に応用するなど、世界中の人々に日本の柿を知ってもらえるような研究を進めていきたい。

6. 謝辞

研究を進める上でのアドバイスや柿の提供など、実験をサポートしてくださった美作大学の 桑守 正範 教授、栗脇 淳一 准教授、津山高校の先生方ありがとうございました。

7. 参考文献

- 1) 濱崎 貞弘 柿づくし 農文協 2016.7 47p
- 2) 片岡 榮子 他 栄養学・食品学を学ぶヒトのための食品化学実験 地人図書
- 3) 国民生活センター ポリフェノール含有食品の商品テスト結果 2000.5 50p
- 4) 安井明美 日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）分析マニュアル・解説 建帛社 242p

光の強度の変化によるミドリムシの光驚動反応の研究 ～短波長光が及ぼす影響～

研究者 山田 夏未, 声元 琴美, 芦田 薫里 指導者 國定 義憲

Abstract

We have analyzed the photophobic response of euglena by using blue light and optical fiber. As a result, euglena escaped from bright blue light and began to rotate in place. Short wavelength light may have a great influence on photophobic response.

1. 概要

ミドリムシの光驚動反応について研究した。RGBの各波長と紫外線波長のLEDを用いて、急激な照度上昇によるミドリムシの反応を観察した。その結果、青色波長において照度上昇直後にミドリムシがその場で回転し、その後すぐに暗逃避するステップアップ光驚動反応が確認された。本研究では、光驚動反応及び回転運動の起こる照度変化の値の定量化を行った。

2. 動機

本校の先輩たちによる先行研究を参考に予備実験を行っていたところ、急激に照度を上げたとき、ミドリムシがその場で回転運動することが確認された。

3. 研究目的

急激な照度の変化によるミドリムシへの影響を調査するとともに、照度を変化させたときのミドリムシの反応の原因解明を行い、最も反応が起こりやすい照度の値を定量化することを目的とする。

4. 光驚動反応

光強度の変化によって、それまで行っていた運動を停止したり、逆方向に進路を変化させたり、回転したりする一種のショック反応のこと。

5. 実験装置

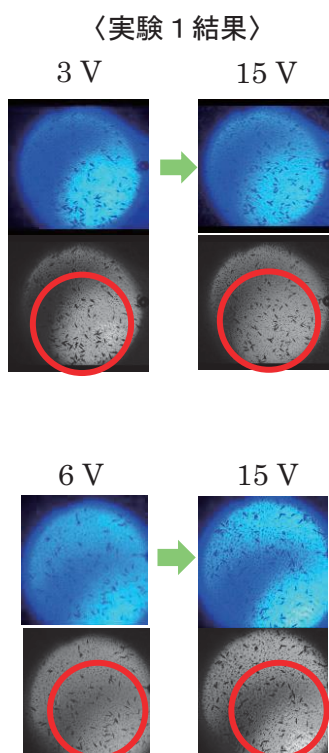
ミドリムシに当てる光は、青色波長(短波長)のLEDを使用した。それぞれの光を光ファイバーを通してプレパラートに当て、実験を行った。使用光以外の光が影響しないように自作の暗室を製作した。スライドガラスにミドリムシの行動範囲を制限するために正方形にくりぬいたビニールテープを張り付けた。

6. 実験方法

自然環境とほぼ同等の環境に置かれたミドリムシを遠心分離し、無作為に抽出した。時間間隔、照度の上げ幅を変化させながらミドリムシの反応を動画で撮影した。電源装置の電圧を変化させることで照度を変化させるものとする。

7. 実験 1

ミドリムシに当てる光源の電圧を $0V \rightarrow 3V \rightarrow 15V \rightarrow 3V \rightarrow 0V$, $0V \rightarrow 6V \rightarrow 15V \rightarrow 6V \rightarrow 0V$ に 1 分間隔で変化させ、それぞれ $3V \rightarrow 15V$, $6V \rightarrow 15V$ に変化させたときに注目してミドリムシへの影響を調査した。

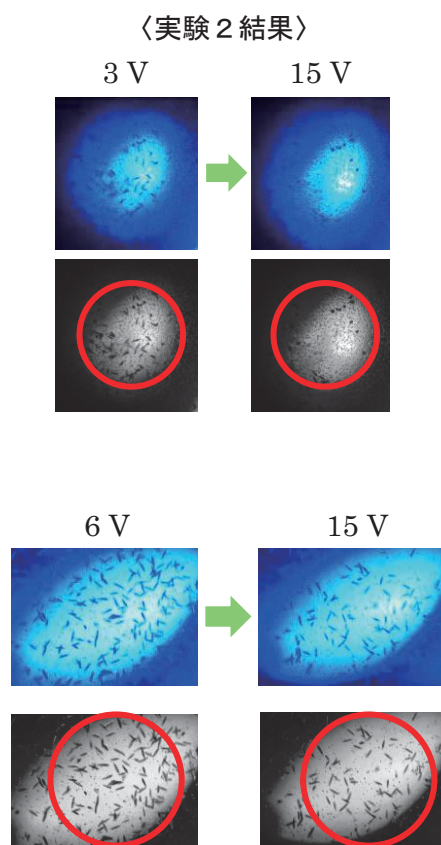


$3V \rightarrow 15V$ 及び $6V \rightarrow 15V$ の照度変化においてミドリムシにステップアップ光驚動反応が見られた。この反応において、 $3V \rightarrow 15V$ の場合より $6V \rightarrow 15V$ の場合の方が反応が大きかった。

さらに、 $3V \rightarrow 15V$, $6V \rightarrow 15V$ の照度変化において、照度を変化させた直後にミドリムシがその場で回転する現象が確認された。この反応もステップアップ光驚動反応と同様に $3V \rightarrow 15V$ の場合より、 $6V \rightarrow 15V$ の場合の方が反応が大きかった。

8. 実験 2

ミドリムシに当てる光源の電圧を $0V \rightarrow 3V \rightarrow 15V \rightarrow 3V \rightarrow 0V$, $0V \rightarrow 6V \rightarrow 15V \rightarrow 6V \rightarrow 0V$ に 30 秒間隔で変化させ、それぞれ $3V \rightarrow 15V$, $6V \rightarrow 15V$ に変化させたときに注目してミドリムシへの影響を調査した。



$3V \rightarrow 15V$ 及び $6V \rightarrow 15V$ の照度変化においてステップアップ光驚動反応が起きた。この反応において、実験 1 と同様に $3V \rightarrow 15V$ の場合より $6V \rightarrow 15V$ の場合の方が反応が大きかった。

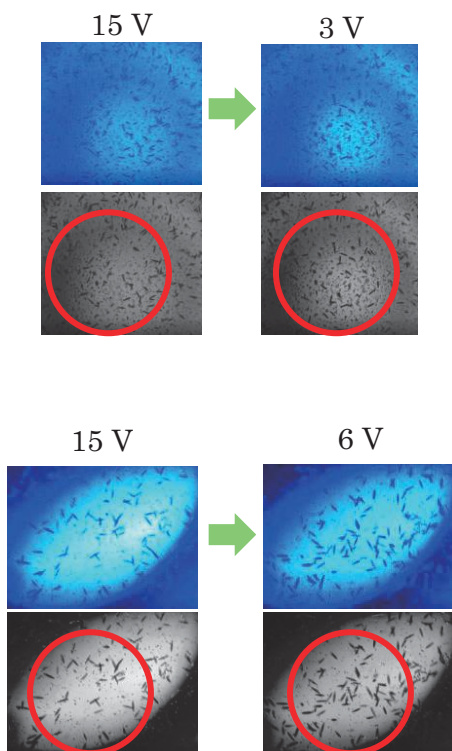
回転運動も実験 1 と同様に $3V \rightarrow 15V$ の場合より $6V \rightarrow 15V$ の場合の方が反応が大きかった。

実験 1 と実験 2 を比較すると、実験 1 の 30 秒間隔の方が実験 1 の 1 分間隔より反応が大きかった。

9. 実験3

ミドリムシに当てる光源の電圧を $0V \rightarrow 3V \rightarrow 15V \rightarrow 3V \rightarrow 0V$, $0V \rightarrow 6V \rightarrow 15V \rightarrow 6V \rightarrow 0V$ に変化させ、それぞれ $15V \rightarrow 3V$, $15V \rightarrow 6V$ に変化させたときのミドリムシへの影響を調査した。

〈実験3結果〉



$15V \rightarrow 3V$ 及び $15V \rightarrow 6V$ の照度変化において、ステップダウン光驚動反応が起きた。この反応において、 $15V \rightarrow 3V$ の場合より $15V \rightarrow 6V$ の場合の方が反応が大きかった。

また、 $15V \rightarrow 3V$, $15V \rightarrow 6V$ の場合で、どちらも照度を下げた直後にミドリムシが回転運動を行った。この反応においても、ステップダウン光驚動反応と同様に $15V \rightarrow 3V$ の場合より $15V \rightarrow 6V$ の場合の方が反応が大きかった。

10. 考察

ステップアップ光驚動反応について、実験1・実験2より、 $6V \rightarrow 15V$ に30秒間隔で変化させたときに最も反応が大きいがわかる。このことから、ミドリムシに当てる照度が短い時間間隔で加算的に増加した場合に光から逃げる反応が最も大きくなるのではないかと考える。または、 $6V \rightarrow 15V$ のときの差である9Vが重要なのではないかと考える。

実験3より、高照度から低照度に変化させたときにミドリムシがその場で回転し、光の当たらない範囲からミドリムシが光の当たる範囲に集まってくるのがわかる。このことから、照度が減少する変化においてミドリムシは回転するが、加算的な照度変化でないため、光の当たらない範囲への逃避は行われないと考えられる。

回転運動について、実験1~3の実験結果で大きな差は見られないが、結果動画の比較により $6V \rightarrow 15V$ に30秒間隔で照度を上げたときに最も反応が大きいと考える。このことから、ミドリムシに当てる照度を加算的に増加させた場合に最も回転運動が持続するのではないかと考える。

回転運動が起こる理由として、ミドリムシにより高エネルギーの光を当てることによって、体内環境がより還元的になることを防ぐためではないかと考える。

11. 結論

ミドリムシに当てる光の照度を急激に変化させると、ミドリムシはその場で回転運動を行う。加算的に照度が上昇したときにステップアップ光驚動反応により、光の当たらない範囲に逃避する。

照度が減少する反応において、ミドリムシは回転運動後に光の当たる範囲に集まる。

12. 今後の進展

ミドリムシにおいて、ステップアップ光驚動反応及びステップダウン光驚動反応が起きる照度の変化量の正確な定量化を目指す。

実験 3 において、15V→3V の場合より 15V→6V の場合の方が反応が大きかったことについての原因解明を行うことで、ミドリムシが回転運動を行う正確な照度の変化の値の定量化を目指す。

13. 参考文献

- ・伊関 峰生 (2007)
「ミドリムシにおける光センシングの分子機構」
- ・奥田 希実, 下山 千遥, 寺坂 安奈 (2014)
「ミドリムシの光走性と光合成の関係」

クマムシの共生細菌と乾眠との関係

研究者 森数 朋也, 明石 大輝, 宮城 佳浩, 高橋 勇太 指導者 國定 義憲

Abstract

We focused on bacteria in the water bear and effect of being dried through cryptobiosis. We researched the presence of bacteria in the water bear before and after they went through cryptobiosis. We divided water bears into two groups and dried one of them. We grinded and painted it onto culture medium. After culturing them, we compared dried group with the control group and checked whether they had bacteria after going through cryptobiosis by counting the difference between the dried group and the control group.

1. 概要

私たちは、クマムシの乾眠後の共生細菌の変化について調べた。採取したクマムシを乾眠させたグループとさせていないグループの2つのグループに分け、それぞれのクマムシをすりつぶしてLB培地に分けて植えた。培養開始から数日後のコロニーの数と色を比較し、乾眠させたクマムシと乾眠させていないクマムシとの間でコロニーの違いについて調べることで、クマムシを乾眠させても体内に細菌を保持しているのかを調べた。

2. 序論

私たちが今回実験に用いたクマムシは、4対8足の節足動物門に位置する微生物である。

クマムシの特徴のひとつとして、乾眠がある。周囲が乾燥環境にある際に、体内の水分を体外に放出しほぼ完全な脱水状態になる現象を指す。この状態では、クマムシは代謝を行わず、乾燥状態や高圧状態などの極限環境に耐性を持つ。クマムシの体内が極度の乾燥状態にある乾眠時、消化管などで共生細菌はどのような状態にあるかについて興味を持ち、調べることにした。

3. 目的

クマムシは、乾燥によって体の大部分の水分を失った際に、乾眠状態に入る。そこで、クマムシも私たちと同じように共生細菌を保有していて、クマムシの乾眠時には共生細菌は乾燥に耐えているのではないかと考えた。そこで、クマムシの共生細菌は宿主であるクマムシの乾眠中にどのような状態にあるのか明らかにする目的で実験をおこなった。

今回実験に用いたのは、私たちが本校周辺のギンゴケから採取したチョウメイムシ科のクマムシ(図1)である。



図1 チョウメイムシ科のクマムシ

チョウメイムシ科のクマムシは日本全国に広く分布し、主に土や岩に生える蘚類の表面に生息している。

4. 実験準備

私たちは実験を行うに当たり、ベールマン装置(図2)を作成した。この装置は、ベールマン漏斗法に基づいており、茶こしの中でサンプルを水に浸し、サンプルから落ちてくる土壤生物などを採取することが出来る。今回の実験で使用したクマムシはこの装置を用いて実験のたびに採取した。

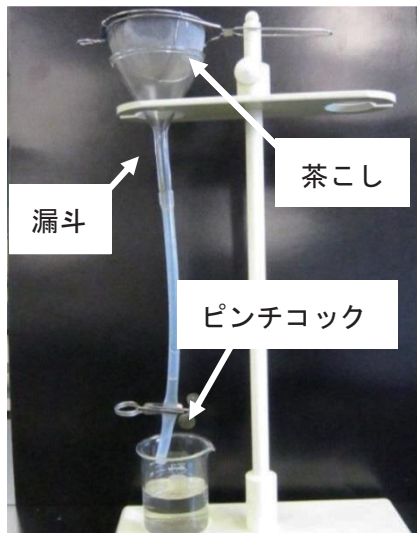


図2 ベールマン装置

また予備実験として、チョウメイムシ科のクマムシを乾眠させて、その後水分を与えることで乾眠状態から復活することが確認できた。

5. 実験1

通常のクマムシと乾眠させたクマムシをそれぞれすり潰したものを、LB培地に塗る。まず、実験結果からクマムシの共生細菌が形成したと思われるコロニーを割り出し、それらのコロニー同士を比較することによって乾燥による共生細菌の変化を調べる。

<仮説1>

共生細菌は乾燥に耐え、乾眠前後で変化は見られないと予想した。よって、通常状態のクマムシと乾眠状態のクマムシの共生細菌のコロニーの出現数に大きな違いは見られない。

<方法1>

- ① 採集したクマムシを3匹ずつ実験群（乾眠させるグループ）と対照群（乾眠させないグループ）に分ける。
- ② 対照群を滅菌水で洗浄し、洗浄に使った滅菌水と、洗浄した対照群をすり潰したものをそれぞれ培地に塗る。

- ③ 実験群に滅菌水を加えて乾眠状態から戻し、すり潰したものを培地に塗る。
- ④ 培地をそれぞれ4日間培養する。

<結果1>

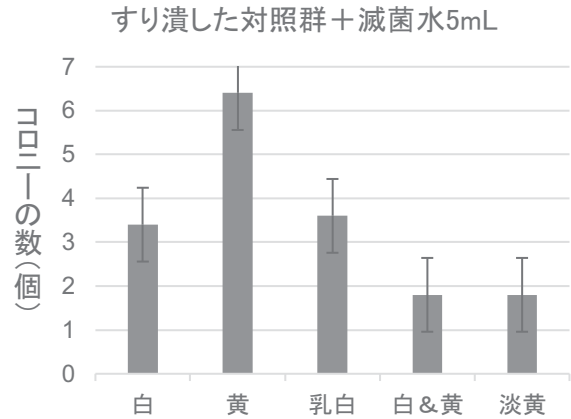


図3

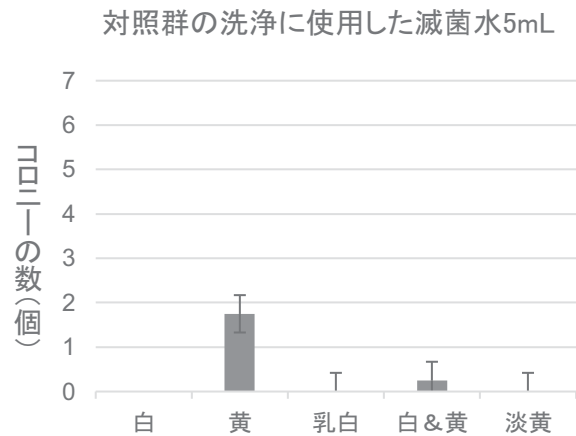


図4

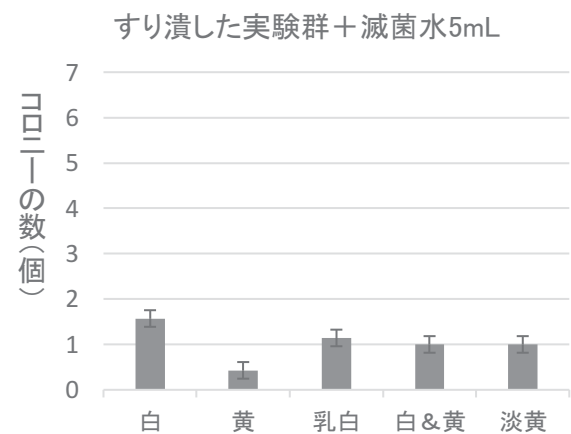


図5

実験の結果、上記の3つのグラフが得られた。

図3と図4を比較すると、クマムシが含まれているすり潰した対照群のみに形成されているコロニーが存在する。このことから、クマムシは体内に細菌を共生させていると考えた。また、黄色と白色が混ざった色のコロニーと黄色のコロニーは、クマムシに由来しないものであることが予想された。

次に、図3と図5を比較すると、図5は図3に対してクマムシに由来する白、乳白、淡黄のコロニーの数が減少したグラフとなっている。そのため、クマムシの乾眠によって、体内の細菌の数は減少すると考えた。

<考察1>

クマムシには共生細菌が存在している。共生細菌はクマムシが乾眠状態になる際に、体内から排出されている、もしくは排出されずに体内で乾燥によって死滅していると考えた。

<仮説2>

実験1の結果から、クマムシは減少した共生細菌を補うために周囲の水から新たに細菌を取り込んでいる。または、残った共生細菌がクマムシの体内で増殖していると考えた。

6. 実験2

乾眠させたクマムシに紫外線を照射し、細菌のみを死滅させる。照射した後、乾眠から滅菌水と滅菌を施していない水で戻す。それぞれのクマムシをすり潰したものと、乾眠から戻すのに使用した2種類の水をLB培地に塗る。コロニー形成の様子から、クマムシが乾眠によって減少した細菌を補うために、周囲の水から細菌を取り込むのか調べる。

<方法2>

- ① クマムシの乾眠時に波長253.7nmの殺菌灯を約24時間照射し、細菌のみを死滅させる。
- ② ①のクマムシを、滅菌水と滅菌を施していない水で、それぞれ乾眠から戻す。

- ③ すり潰した②のクマムシと、乾眠から戻すのに使用した2種類の水を5mLずつ培地に塗り、4日間培養する。

<結果2>

①の段階でクマムシはすべて死滅した。また、培地からコロニーも形成されなかった。そのため、仮説2の検証は行うことが出来なかった。

<考察2>

クマムシに当てた紫外線量が、自然界で当たる紫外線の量よりはるかに多かったために死んでしまったと考えた。

7. 実験3

実験2と並行して、紫外線ではなくマイクロ波を用いて細菌のみを死滅させる実験を行う。

照射した後は、実験2と同じ作業を行う。同じく、周囲の水からバクテリアを補っていることを確かめる目的で行った。

<方法3>

- ① 乾眠状態のクマムシ3匹ずつ(実験群)を電子レンジに入れ、500Wで波長60Hzのマイクロ波をi. 60秒 ii. 120秒 iii. 180秒照射した。
- ② 戻したクマムシを水で戻しすり潰した実験群と、戻したときに使用した滅菌水の対照群を培地に塗る。
- ③ 培地をそれぞれ4日間培養する。

<結果3>

i. 1匹生存確認 ii. 1匹生存確認 iii. 全滅
i, iiのクマムシをすり潰して培地に塗った結果、クマムシ由来のものではないと思われるコロニーが複数形成された。

<考察 3>

チョウメイムシ科のクマムシは、180 秒以上のマイクロ波照射に耐えることが出来ない。また、クマムシ由来でないと思われるコロニーが形成されたことから、滅菌が完全でないことが分かった。したがって、マイクロ波を用いての仮説 2 の検証は難しいと考えた。

8. 実験 4

実験 2 の結果を受け、クマムシに紫外線を照射する時間を 30 分から 30 分ごと延長しながら、クマムシは短時間であれば、紫外線下でも生存できることを調べる。

<方法 4>

- ① 乾眠させたクマムシのグループを複数個用意する。
- ② 用意したクマムシに殺菌灯を 30 分から始めて、そこから 30 分ずつ延長して時間を変えながら照射する。

<結果 4>

最長で 210 分まで生存していた。また、210 分以上照射した場合は生存する個体数が減少した。

<考察 4>

チョウメイムシ科のクマムシは、210 分までの紫外線の照射であれば、安定して生存することができる。したがって、この結果 4 をもとに実験 2 を再構築することができる考えた。

9. 結論

実験 1 の結果より、クマムシが乾眠しているとき共生細菌は乾燥によって死滅している、又は体内から水と一緒に排出されていることがわかった。

実験 2 の結果より、チョウメイムシ科のクマムシには約 24 時間の紫外線照射は過剰であることがわかった。

実験 3 の結果より、チョウメイムシ科のクマムシは電子レンジを用いての実験に適さないという事がわかった。

実験 4 の結果より、チョウメイムシ科のクマムシは約 210 分までであれば、乾眠中は紫外線下でも生存することができることが分かった。

10. 展望

実験 2 において、問題となった紫外線照射時間の調節を、実験 4 の結果を用いて再実験を行う。それによって、クマムシの乾眠後の体内環境の変化のメカニズムを明らかにしたいと考えている。

また、体内にいる細菌がどのような影響をクマムシに与えているのか、明らかにしたいと考えている。

今回の実験のすべてにおいて、より完全な滅菌環境を作り、細菌のほとんど存在しない状態で実験を行うことで、より精度の高いデータを得たい。

11. 参考文献

- ・クマムシの紫外線耐性能力が明らかに
堀川 大樹 (2012)
- ・クマムシ博士の「最強生物」学構造 新潮者
堀川 大樹
- ・クマムシ!? 小さな生物 岩川書店
鈴木 忠

ゼブラフィッシュはなぜ赤色に集まるのか

研究者 黒瀬 雅人, 小郷 瑞貴, 高矢 蘭奈斗, 安藤 有紀 指導者 小西 明雄

Abstract

According to previous research by our seniors, *Danio rerio* tend to gather in red. As a result, we set up an experiment to test a hypothesis that *D.rerio* tend to gather in red depending on the situation around them. We ran experiments on whether *D.rerio* tend to gather in red or not by changing situations around them to test the hypothesis.

1. 概要

先輩方の先行研究で、特定の実験環境下ではゼブラフィッシュが赤色に集まることが分かった。またその考察として、ゼブラフィッシュは、環境に応じて判断を変えているという仮説が考えられた。私たちは、その仮説を検証するため、実験環境を変えることで赤に集まらなくなるかどうかを実験した。

2. 目的

先輩方の研究では、ゼブラフィッシュが特定の色に集まるかどうかを条件を変えながら実験した。^{*1} その結果、明るい部屋で実験するとゼブラフィッシュは特定の色に集まる傾向が見られなかったが、暗室で明暗差をなくし均一に照らしている条件であればゼブラフィッシュは赤色に集まることが分かった。赤色光には、直進しやすいという性質がある。そのため、ゼブラフィッシュは生き残るために有利な性質を持つ赤色光の下に集まると考えた。網で追いかけられ、実験水槽に移されたゼブラフィッシュは強い不安を感じる事が分かっている。結果として、明るい部屋での実験では、周りが見やすく、敵を発見しやすいので赤色には集まる必要がないが、暗室では周りの様子が見えないため、より遠くを見ることが可能であり敵を発見しやすい赤色に集まるという事が考えられた。

つまり、ゼブラフィッシュは周囲の環境

に応じて状況判断し行動しているのではないかと考えられる。そこで私達は、先輩方の研究を発展させ、生物が判断を変えるような2つの実験条件を作ることで、どのくらい生物の脳が発達していて、どのくらい状況判断できるかを高校でも検証できると考えた。

研究計画としては、「脳が発達することで周囲の環境に応じて判断を変えるようになる」という仮説を検証するため、2つの実験環境を用意し赤、緑、青のうちどの色に生物が集まるかを測定する。実験環境に応じて判断を変えた場合、それが脳の発達の程度と関連があるかを考察する。まずゼブラフィッシュで検証し、実験が成功したら、他の生物でも検証する。

3. ゼブラフィッシュの特徴

ゼブラフィッシュの特徴として、色覚が優れている事がある。霊長類が4種類の視物質を持つのに対して、ゼブラフィッシュ

は 10 種類もの視物質を持っている。このため、色に対する反応を見る本研究においてゼブラフィッシュを用いるのは適当だと考えた。

4. 飼育方法

先行研究を調査し、一般的な飼育条件に近づけた。

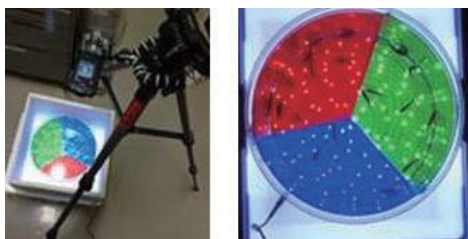
- ・餌やり 朝・昼・夕 ・餌 メダカの餌
- ・暗期 10 時間 ・室温 25℃以上
- ・明期 14 時間

5. 実験方法

20 匹の成魚を実験用に 1 つの水槽で飼育する。この 20 匹を網ですくい実験用水槽に移す。1 分間隔で 1 枚、合計 30 枚自動で撮れる設定にし、無人で写真撮影を行う。方位（磁場）や、照明が差し込む方向の影響を考え、水槽を回転させて複数回実験を行う。

6. 計測方法

特定の色に集まったゼブラフィッシュの匹数を計測する。境界線をまたいだゼブラフィッシュは、少し移動しただけで他の色に移動できてしまうため、判定不能として扱う。



実験の様子

7. 統計解析

Microsoft Excel 2010 の「データ分析」機能を使用して、統計解析を行った。*2 分散分析を行った後、t 検定を行い、どちら

の解析においても $0.05 \leq p$ のときは有意差なし、 $p < 0.05$ のときは有意差ありとした。

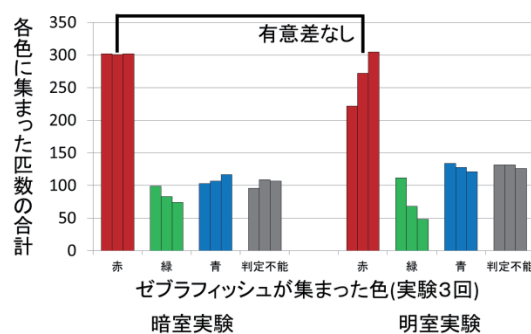
8. 実験 1

セロファンを用いて赤、青、緑に 3 分割した水槽を実験に用いた。方位（磁場）の影響を考え水槽を 120 度ずつ回転させて実験を行った。先輩方の研究では、暗条件では周りの様子が見えにくいいため、より遠くを見やすい赤色にゼブラフィッシュが集まると考察された。そうであるならば、部屋を明るくして周りの様子を見やすくすることで赤色に集まらなくなると考え、暗室と明室の条件のもと 3 回ずつ計 6 回の実験を行った。



実験 1 実験装置

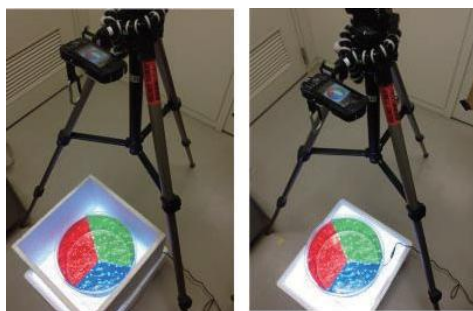
その結果、赤色に集まる匹数は減少したが、統計解析の結果、有意差なしと判定された。



実験 1 結果

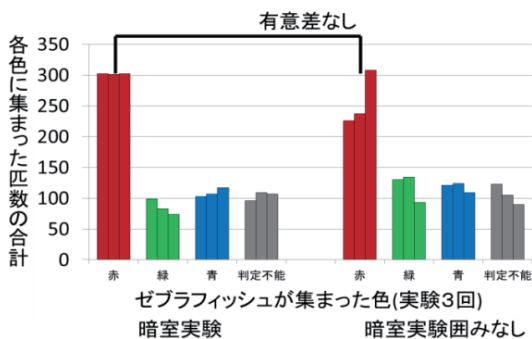
9. 実験 2

実験時使用していた囲いを外すことで囲いがある時と比べ、周りの様子が見やすくなるので、赤色に集まらなくなると考え、実験 1 で用いた水槽を使い、囲いはずして 3 回実験を行った。



実験 2 実験装置（暗室で実験）

その結果、実験 1 と同様に赤に集まる匹数は減少したが、統計解析の結果有意差なしと判定された。



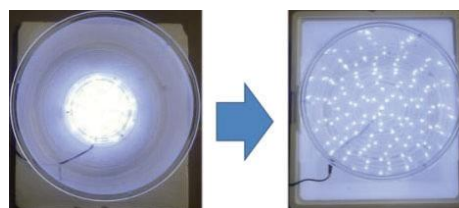
実験 2 結果

10. オープンフィールドテスト

実験 1, 2 で仮説と異なる結果が得られたことから、「暗室条件下では、ゼブラフィッシュは敵を発見しやすい赤色に集まる」という仮説が正しいのかと疑問が生じた。そこで、なぜゼブラフィッシュは赤色に集まるのかを考え直すために、ゼブラフィッシュは赤色に集まることで、不安が解消されているのかを検証するオープンフィールドテストを行った。オープンフィールドテ

ストとは、不安行動を確認するテストのことで、ゼブラフィッシュは不安を感じているほど、中心部を避け、壁際を添うような行動に出ることが知られている。^{*3} つまり、実験水槽の中心部にいるゼブラフィッシュの割合を数えることで、不安を測定することができる。

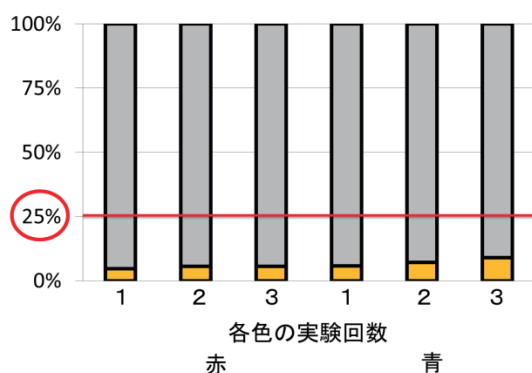
また、ゼブラフィッシュは敵に見つかりやすい明るい場所を避ける性質が知られている。^{*3} 先輩方の実験方法では、光源が中心部に集中していたため、明るい中心部をさけてしまいゼブラフィッシュの不安を正確に測定できないと考えた。したがって、光源の LED を実験用水槽全体に光が当たるように配置することで水槽全体に明暗差が出ないようにして実験を行った。



実験照明の作り直し

実験は、全体に赤セロファンを貼った赤色水槽と青セロファンを貼った青色水槽でそれぞれ 3 回ずつ行った。今回は、丸い実験用水槽の中心から 25% (面積比) を中心部、それ以外を外縁部とした。

グラフでは、中心部にいるゼブラフィッシュの割合をオレンジ色、外縁部の割合を灰色とし、縦軸にその割合、横軸は、左から、赤色と青色のそれぞれ 3 回分の実験結果を表している。不安が少ないとオレンジが 25% に近づく。



オープンフィールドテスト結果

結果を見ると、赤色水槽と青色水槽のどちらの実験結果も、ゼブラフィッシュが中心部を避けるという結果になった。赤色と青色で中心部に集まるゼブラフィッシュの匹数に差が見られなかったことから、赤に集まるからといってゼブラフィッシュの不安は解消されているわけではないと考えられる。つまり、網ですくわれ、実験用水槽に入れられたゼブラフィッシュの不安が強すぎると考えられる。

11. 考察

今回行った実験で、ゼブラフィッシュは実験条件を少し変えただけでは赤色に集まるという判断をほとんど変えないという事と、ゼブラフィッシュは赤に集まるからといって不安が解消されているわけではないという事が分かった。

これらのことから全体の考察を考える。

① 今回行った実験では、ゼブラフィッシュの不安を解消できるような実験条件になっていないと考えられる。ゼブラフィッシュは実験用水槽に移される際、網で追いかけられ強い不安を感じる。このため、暗い部屋から明るい部屋に変えるという程度の実験条件の変化は、強い不安を感じているゼブラフィッシュにとって大差のない変化であり、その結果、ゼブラフィッシュは赤に集まり続けていると考えられる。

② 実験が本当に同じ条件でできていないのではないかと考えられる。例えば、実験2の結果では、3回目の結果だけ赤色に集まる数が多くなっている。これは、3回目の実験の際、1, 2回目の実験の時とは違った行動があり、それが要因となって3回目の実験結果が他の実験の結果と異なっても考えられる。この対策として実験方法の見直しと、すべての実験が完全に同じ条件で実験できるように、実験手順をマニュアル化するという事が考えられる。

これらのことを改良することで、実験でより正確な結果を得られるようになり、2つの実験条件でゼブラフィッシュがどのように判断を変えるのかをより正確に測定できるようにになると考えられる。これにより、脳が発達することで周囲の環境に応じてどのように判断を変えるのかを検証することができる実験系の作成が可能になるのではないかと考えている。

12. 参考文献

*1 ゼブラフィッシュの色に対する

反応の研究 津山高校 (2017)

中西みのり 西下直子 菊入葵 岸本愛生

*2 Excel を用いた平均値の差の検定

(神戸松蔭女子学院大学 心理学部)

<http://ksw.shoin.ac.jp/dept/psychol/pshome/report/Exttestanova.pdf>

*3 魚類における恐怖・不安行動と

その定量的観察・吉田将之

https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikaku-seiriseika/28/4/28_4_317/_article/-char/ja/

1600 万年前にあった津山海はなぜ消滅したのか ～津山市皿川に見られる玄武岩岩脈の古地磁気測定による考察～

研究者 間所 颯, 江見 裕太, 俣野 翔太, 鷲田 尚行 指導者 山本 隆史

Abstract

According to previous studies, there was a warm archipelago, like that of the subtropical zone, in Tsuyama city about 16~7million years ago. In this study, we call the archipelago “the Tsuyama Sea”. However, no one has precisely examined factors and dates of the disappearance of the Tsuyama Sea. We measured paleomagnetism of the basalt dikes which are stretching north and south in the Tsuyama Sara River with our own astatic magnetometer. By this measurement, the paleomagnetism showed that magnetic north was shifted 2.4° north-west from the current magnetic north when the dikes had been formed. Therefore, we think that an increase of the north and south compression caused the rising of the backbone range, and after that, the disappearance of the Tsuyama Sea.

1. 概要

先行研究より、日本海が形成される約 1600~700 万年前の津山は現在より暖かく亜熱帯のような環境の多島海であったことが示唆されているが、津山の海が消滅した要因や年代については詳細に解明されていない。そこで、私たちは津山市皿川に見られる南北走向の玄武岩岩脈の古地磁気を自作の無定位磁力計を用いて測定した。その結果、古地磁気が現在の磁北とほぼ一致したことから、南北圧縮により日本海の拡大が弱まり、脊梁山脈の隆起によって津山海が消滅したと考えた。

2. 序論

1600 万年前頃の津山市周辺は温暖な多島海であったこと(図 1)が知られているが、現在は海が消滅し、陸地となっている。先行研究を整理したところ、津山海の消滅要因・年代は明らかになっていない。そこで、古地磁気を用いて津山市周辺の地形の変化を推定し、津山海消滅の要因を考察しようと考えた。



図 1 中新世中期の古地理図 (糸魚川, 1986)

3. 先行研究の整理

<目的>

岡山県立津山高校では、2013 年度より、津山海が消滅した原因を継続研究している。「南北圧縮の卓越によって脊梁山脈が隆起したことで日本海と津山海が分断され、海水が消失した」とする津山高校の先輩たちの仮説検証について、まずは、先行研究の調査を行い、以下に整理した。

① 1600 万年前頃の津山の古環境について

糸魚川 (1986) が、1600 万年前頃の津山市周辺は温暖な多島海であったことを示している。津山高校の課題研究 (2013, 2014) では、1600 万年前頃の津山市周辺の地層 (新第三紀海成層) から、オパキュリナ (有孔虫の一種) やビカリアを採取し、当時は暖かい海であったことを再確認した。また、地図ソフトであるカシミール 3D を用いたシミュレーションを行い、標高 150~200m まで海水が存在し

ていた可能性を示唆した。さらに、津山市周辺の地層の土壌分析を行い、土壌懸濁液の pH と電気伝導度の関係から、土壌が海水で堆積したか淡水で堆積したかどうかを検出する実験方法を開発した。これらの研究から、当時は、標高 150~200m の範囲で、海進と海退があった可能性に言及している。

② 脊梁山脈の隆起について

河合 (1957) によると、津山北部に美作衝上断層があるが、断層面の傾斜角が 45° 以上の箇所があることから、脊梁山脈は、逆断層によって隆起したと考えられる。また、山路 (2010) には、東北日本では、日本海拡大時の南北に伸張する力によって正断層が日本海側に形成されたと記載されている。

③ 新第三紀層で見られる玄武岩岩脈

日本地方地質誌 6 中国地方によると、1200~400 万年前に、フィリピン海プレートの沈み込みによって西南日本の各地で火山活動があったとされている。また、山崎・久保 (2017) では、1900~1500 万年前に日本列島が開裂したことが示されている。津山高校 (2016) では、西南日本の 9 つの地域 (長崎県長崎市神浦地域、長崎県五島市富江地域、福岡県福岡地域、山口県長門市仙崎地域、山口県萩市須佐地域、島根県出雲市島根半島、京都府丹後市丹後半島、長崎県北松浦郡北松浦半島、兵庫県養父市妙見山) の新第三紀層または新第三紀層のある地域に 1200~400 万年前に形成された南北走向の玄武岩岩脈の記載があったことを文献調査から明らかにしている。また、津山市皿地区皿川の新第三紀層に沸石が見られる玄武岩岩脈を発見している。

④ 古地磁気測定について

乙藤 (1996) により、残留古地磁気 of データを用いて、中新世に起こった西南日本の時計回り回転運動が明らかにされている。また、津山高校 (2016) では、津山市皿川において玄武岩岩脈を発見し、その玄武岩の残留古地磁気を、自作の無定位磁力計を用いて計測した結果、当時の磁北は $N4^\circ W$ であったことを示している。

⑤ 隆起と関連のある日本列島の形成過程

堤 (2015) によると、日本列島は 3000 万年前から観音開きに動き、1500 万年前には移動が終了した。したがって、これ以降日本列島の位置はほぼ変化していない。この移動終了は、フィリピン海プレートの南北圧縮があったためと考えた。また、日本地方地質誌 6 中国地方によると 1200~400 万年前にフィリピン海プレートの影響による火山活動があったとの記載があり、その活動のさなか西南日本の南北方向の圧縮が卓越したと考えられている。

以上の先行研究の調査から、本研究では先輩たちの研究 (2016) において、玄武岩岩脈の試料の少なさと無定位磁力計の精度向上が課題であると考え、以下の研究を行うこととした。

4. フィールド調査 試料の採取・薄片作製

<目的>

皿川の玄武岩岩脈の採取と薄片を作製する。

<方法>

津山市皿地区皿川の玄武岩岩脈の 3 か所で、9 つの玄武岩試料を採取し、石隆石材本店様に依頼して 8 cm 四方の試料を作製する。薄片作製は、島根大学の本校先輩に依頼する。

<結果>

・採取場所

Ⓐ $35^\circ 2' 14.16'' N, 133^\circ 58' 0.409'' E$

Ⓑ $35^\circ 2' 14.75'' N, 133^\circ 58' 0.690'' E$

Ⓒ $35^\circ 2' 14.64'' N, 133^\circ 58' 0.480'' E$

・岩脈の走向：平均で $N2^\circ E$ であった。すなわちほぼ南北走向と考えられる。

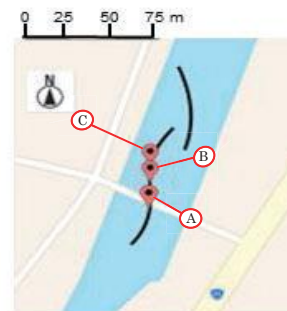


図 2 岩脈と採取地点

・採取した岩石の特徴

薄片の検鏡結果から、カンラン石を含んでいる玄武岩であると判断した。試料の表面に3mm程の沸石が見られたことから、岩脈は割れ目噴火（急速な冷却）によって形成されたと考えた（図5）。

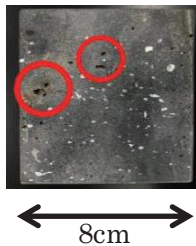


図3 沸石



図4 薄片画像

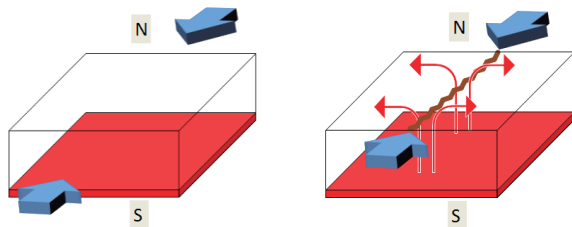


図5 割れ目噴火のイメージ図

5. 仮説

日本海が形成された後、フィリピン海プレートの活動によって西南日本の南北圧縮が卓越し、脊梁山脈が隆起した。そして、日本海と津山海の分断が起こり、津山海の海水が消失したと考えた。

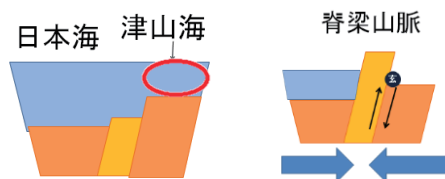


図6 消滅前と消滅後のイメージ図

6. 研究Ⅰ 無定位磁力計の作製と装置の誤差測定
＜目的＞

皿川玄武岩岩脈の残留磁気の磁北が現在の磁北と一致すれば、現在の位置で岩脈が形成されたことと、形成時に南北圧縮があったことが分かる。そこで、残留磁気を測定するために無定位磁力計を自作し、誤差を測定する。

① 無定位磁力計の改良と作製

磁石と鏡をアクリルパイプに取り付けた装置を製作する（図7）。

＜改良＞

磁力計の改良にあたって、私たちは、測定誤差が生じる要因は無定位状態の弱さではないかと考えた。無定位状態とは、磁石のN極とS極が互いに引き合うことで周辺磁場の影響を受けなくなる状態である。したがって、“磁力の強化”と“磁石間の距離の短縮”を行えば、無定位状態を安定化できる。そこで、より強いNd磁石への交換と磁石間の距離の短縮（13cm→7cm）を行った（図8, 9）。

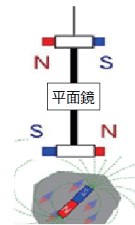


図7 磁力計の仕組み



図8 改良前



図9 改良後

＜誤差測定方法＞

鉄釘を木材で挟んだ9cm×6cmの試料（図10）で測定を行った。また、電流や鉄筋の影響の少ない木造の津山高校旧本館を測定場所とした（図11）。

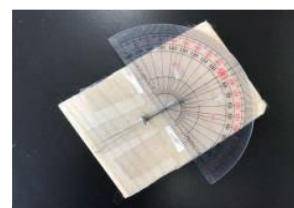


図10 擬似岩石



図11 津山高校旧本館

＜測定誤差結果＞

誤差は文献では±5~20°であったが、私たちの磁力計では±1~2°以内であった。

7. 研究Ⅱ 玄武岩岩脈の残留磁気測定

＜目的＞

皿川玄武岩岩脈の残留磁気を自作した無定位磁力計で測定する。また、形成当時の磁北を調べる。

<方法>

①自作のスタンドを机の上に設置し、フロロカーボン糸で磁力計をつるして実験系を組む。(図12)



図12



図13

②目視で角度確認

<結果>

9つの試料を3回ずつ測定した結果、平均してN2.4°Wとなり、ほぼ現在の磁北と一致していることがわかった。

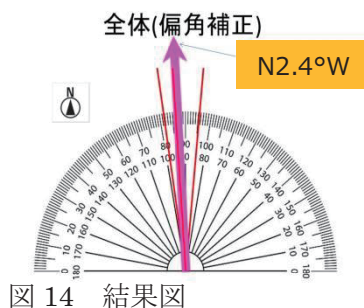


図14 結果図

8. 結論

当時の磁北と現在の磁北がほぼ一致していたこと、割れ目噴火によって南北走向の玄武岩岩脈が形成されたことの2点から、約300万年前頃からフィリピン海プレートの運動によって南北圧縮が卓越したと考えられる。

9. 考察

結論で示した南北圧縮によって脊梁山脈が隆起したことにより、日本海と津山海の分断が起こった。そして、津山海への海水の流入がとまり、津山海が消滅したと考えられる。

10. 今後の展望

年代を測定することで、いつ津山海の消滅に関連した地殻変動が起こったのか明らかにしていきたい。また、フィリピン海プレートの活動が活発になった時期がわかる。フィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界は南海トラフと呼ばれ、近いうちに大地震を引き起こすと予想されている。そこでフィリピン海プレートの活動周期を推定し、地震発生時期の予想につなげたい。

11. 謝辞

玄武岩岩脈の試料を作製して下さった石隆石材本店様、小網晴男先生(岡山県立岡山朝日高校教諭)、石戸里奈先輩(島根大学、本校OG)

12. 参考文献

- 1) 日本地方地質誌 6 中国地方 (日本地質学会 朝倉書店)
- 2) 日本海はどう出来たか (能田 成 ナカニシヤ出版)
- 3) 絵でわかるシリーズ 絵でわかる日本列島の誕生 (堤 之恭 講談社)
- 4) 津山周辺における新第三紀海成層の研究 (2015 山下ら)
- 5) 岡山県津山市の勝田郡層から化石十脚類オキナワアナジャコ属の産出 (2015 岸本 眞五)
- 6) 西南日本内帯における新第三紀後半の岩脈群と広域応力場 (1979 小林洋二)
- 7) 地磁気素材の教材化 (2000 比嘉)
- 8) 京都大学 石川尚人教授ホームページ <http://www.gaia.h.kyoto-u.ac.jp/~ishikawa/RPlab/Astatic%20magnetometer.htm> (2016 12.17)
- 9) 日本列島の地質構造の変遷 日本列島の地質構造の変遷について https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr0402pdf/TR0402-04c3-2.pdf (2016.3.7)
- 10) 中新世中期の日本の古環境 (1986 糸魚川淳二)
- 11) 日本列島 100 万年史 (2017 山崎 晴雄, 久保 純子)

本年度も課題研究を進めるにあたり、多くの外部指導者の方々にご指導・ご助言をいただきました。ご多忙のところ、快くご指導をいただき、充実した研究を行うことができました。

教員・生徒一同より厚く感謝を申し上げます。

研究指導	津山工業高等専門学校	佐藤 紳二 教授
	津山工業高等専門学校	加藤 学 准教授
	美作大学短期大学部	桑守 正範 教授
	美作大学短期大学部	栗脇 淳一 教授

外国語指導	本校 GSO	江原 Martina 様
-------	--------	--------------

指導助言	大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻	赤松 史光 教授
	高知県立大学文化学部文化学科	大村 誠 教授
	広島大学病院国際リンパ浮腫治療センター	光嶋 勲 センター長
	真庭市立北房中学校 校長	小林 守 先生
	京都大学大学院人間・環境学研究科	杉山 雅人 教授
	岡山大学異分野基礎科学研究所	鈴木 孝義 教授
	岡山大学大学院環境生命科学研究科環境科学専攻	永禮 英明 准教授
	福山大学生命工学部	秦野 琢之 教授

ボールに加えた回転数と飛距離の関係についての研究

岡山県立津山高等学校 理数科2年 高山 航輔, 大林 啓人, 戸田 俊光, 富阪 柚希, 中西 統也
指導者 仲達 大輔, 津田 拓郎

1. 目的

ボールに常に一定の回転を加えることのできる装置を自作し、回転数を変化させながら飛距離を測定することで回転数と飛距離の関係を定式化することを目的とした。

2. 自作投擲装置の作成

自作投擲装置の仕組み

- ① モーターの先端につけたネオジウム磁石が回転(図1)
⇒ マグネットシートを貼り付けた卓球のボールが回転(回転軸が地面に水平)
- ② 回転棒が回転しボールに衝突 ⇒ ボールが水平投射
< Point >
モーターの回転速度を変えることで、ボールの回転数が操作可能

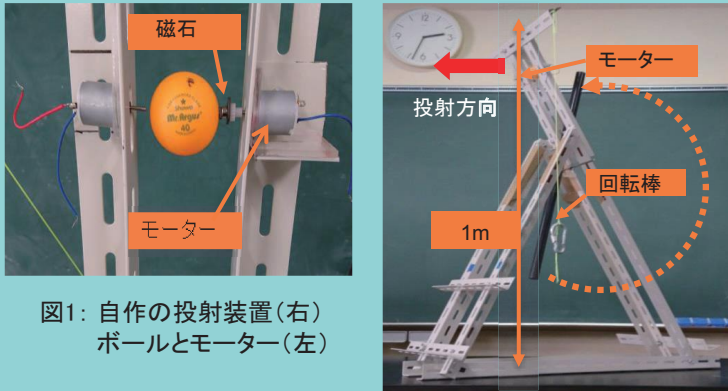


図1: 自作の投射装置(右) ボールとモーター(左)

3. 実験方法

- ① 様々な回転数の回転を加えて各回転20回投射し、飛距離を測定。⇒ 平均値から回転数と飛距離の関係を示すグラフを作成(図3)。
- ① 同時に、ボールの運動をカメラで撮影し、動画を解析することでボールの初速度と仰角を解析
⇒ 理論計算により算出したボールの軌道と実測したボールの軌道をグラフに描写(図4)。

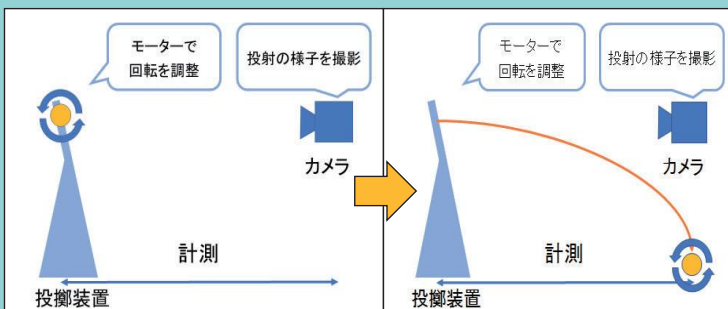


図2: 実験方法(バックスピンの場合)

4. 結果

図3から、回転数により飛距離が変化することが分かった。図4から、回転数を増加しても軌道の形に大きな変化はなく、飛距離が変化していることが分かった。

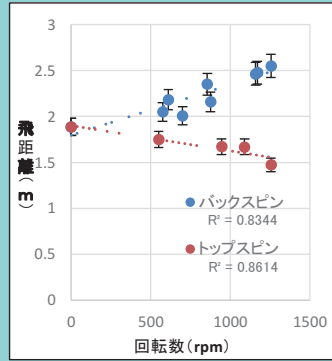


図3: 回転数と飛距離の関係

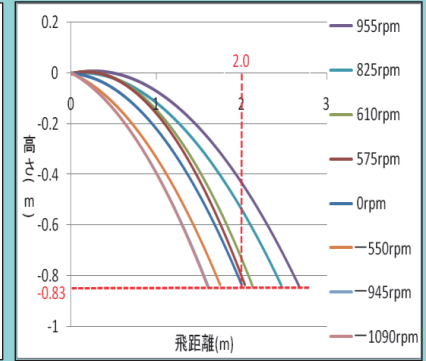


図4: ボールの回転数と軌道の変化

5. 考察・まとめ

図4における0 rpmでの投射で飛距離が2.0 mのときの高さ -0.83 m を基準 ⇒ それぞれの回転数における高さ -0.83 m のときの飛距離から回転数と飛距離の変化量を示すグラフを作成(図5)。近似曲線をとった。このグラフの範囲では3次式としたが、次数などの確定にはいたらなかった。

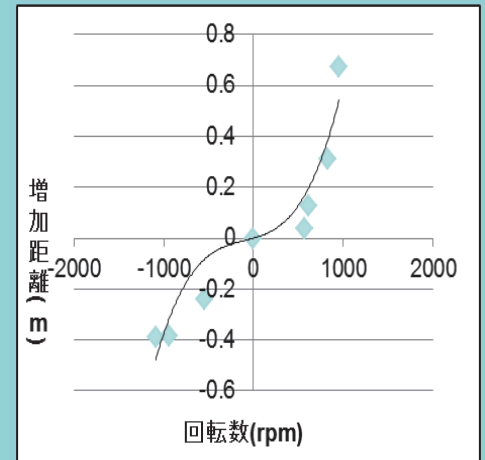


図5: ボールの回転数と飛距離の変化量
バックスピン: 正の回転
トップスピン: 負の回転

回転数と飛距離に関する近似式は以下の通りになった。

$$y = 4.0 \times 10^{-10} x^3 + 1.0 \times 10^{-7} x^2 + 1.0 \times 10^{-4} x$$

$$R^2 = 0.914$$

(x, yはそれぞれ回転数と飛距離の変化量を表す。)

6. 参考文献

- <http://www.mech.keio.ac.jp/ja/souzou/proceedings2014/pdf/9-6.pdf> (テニスボールにおける回転の意味)
- <http://hooktail.sub.jp/mechanics/resistdown/> (抵抗力のある落下運動)

団扇の形状による風力・風向の関係

岡山県立津山高等学校 理数科2年 一柳 敬, 神浦 真也, 木梨 嘉紀, 坂手 悠太郎 指導者 津田 拓郎

目的

現在、団扇には平らな形のものしかなく、用途別の使い分けなどはない。本研究は団扇の面の形状を変化させることによる風力および風向の変化を明らかにし、より効率的にそれぞれの用途にあった風を作り出す団扇の形状を明らかにすることを目的とした。

実験の方法

- ① 団扇の平面の形状を連続的に変化させるため、(図1, 図2)の様に2点A, Bを丈夫な紐で結び、紐の長さを約1.6cmごとに短くし、7個の団扇(No.1~No.7)を作成した。
- ② 団扇を一定の力で扇ぐために、クランク機構の装置を製作した(図3, 図4)。
- ③ ②の装置を用いて前方を0度とし、左右に0度, 30度, 45度, 60度に団扇から等距離になるよう風速計を置いて、風速を調べた(図5)。[実験①]
- ④ ②の装置を用いて前方約20cmの位置にボールをレールの上に置き発生した風を受けてボールが進んだ距離を測定した(図6)。[実験②]
- ⑤ 団扇を(No.1~No.7)に変えながら③, ④の測定を行った。

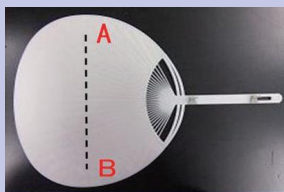


図1 団扇にひもを取り付ける位置

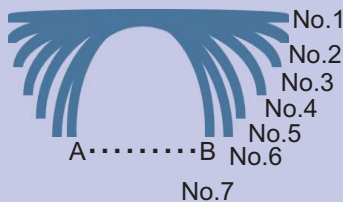


図2 団扇の断面のモデル図

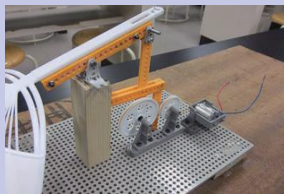


図3 クランク機構の団扇扇ぎ機

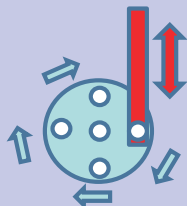


図4 クランク機構 モデル図

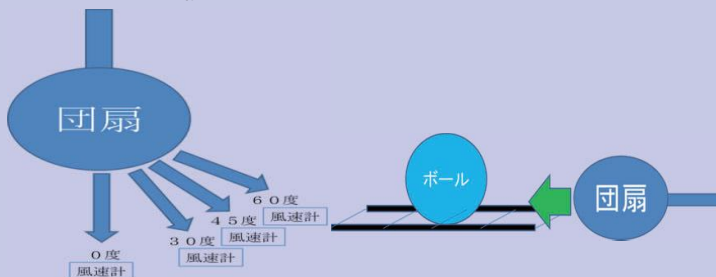


図5 実験① モデル図

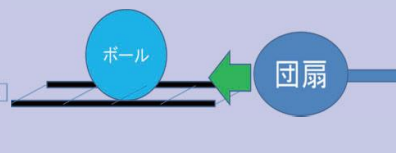


図6 実験② モデル図

結果

実験① 各角度ごとの風速の測定

図7より、0度的时候は風速の違いは見られなかったが角度をつけて測るにつれ風速に違いが見られ、左右への風が抑えられることがわかった。

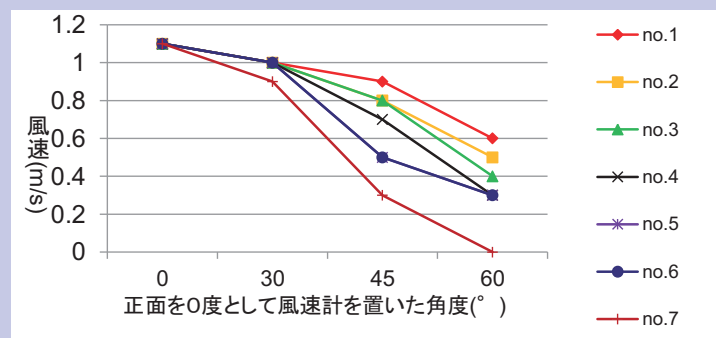


図7 測る角度を変えたグラフ

実験② ボールの進んだ距離の測定

図8より、団扇の形状が変化すると、ボールの進む距離も増加する傾向にあることがわかった。

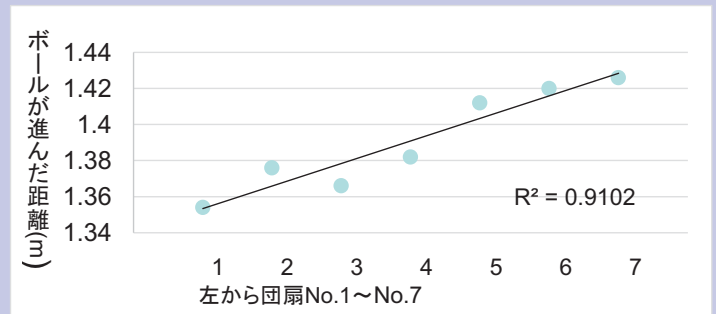


図8 レールの上をボールが進んだ距離

考察・結論

実験①, ②中の団扇と実験装置を観察した際、団扇の曲がり具合が大きくなるにつれて単位時間当たりの団扇の扇ぐ回数が増えていることが分かった。このことから上下運動の際の空気抵抗が小さくなることで、同じ力で扇いだときに、扇げる回数が増え、風量が増えていったと考えられる。また、曲げたことにより風の散らばりが抑えられ前方へ風を送ることにのみ力が働くようになったことが要因の1つと考えられる。

以上の事から、前方への風のみを必要とし、周囲への風を必要としない火起こし等に応用することが出来ると考えられる。

参考文献

- 流体力学公式集
<http://www.toyomec.jp/old/student/formula/ryuriki/ryuriki.html>
- 送風機の風量と風圧(三菱電機)
https://www.mitsubishielectric.com.jp/ldg/ja/air/guide/support/knowledge/detail_02.html

加硫の有無によるゴムの特性変化

岡山県立津山高等学校 理数科2年 井上 理香子, 大谷 陽希, 高木 麻未, 久永 遥香, 松村 音乃
指導者 津田 拓郎

目的 加硫の有無によるゴムの特性変化の差異を可視化する

実験装置について

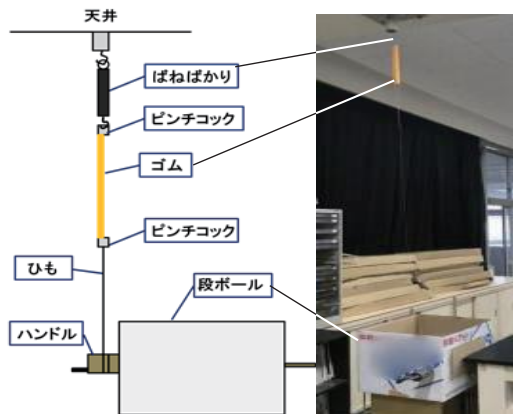


図1 測定装置
左: 概要
右: 写真

ゴムの弾性力と伸びの関係を測定する装置

- 利点
- ・ゴムを引く力を細かく調節できる
 - ・ゴムの伸びを正確に測れる
 - ・測定結果を数値化しやすい

ゴム作製

1. ラテックスを型に流し込む
2. クエン酸水溶液を吹き掛け、板を使って上から押さえる
3. ゴムが固まったら型から取り出して乾燥させる
4. 一定の大きさに切る



図2 ラテックス投入

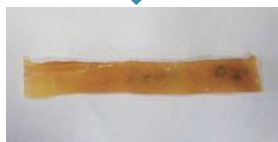


図3 自作ゴム

実験

1. 図1の装置を作製する
2. 加硫されていないゴムを作製する
3. 加硫された市販のゴムと加硫されていない自作ゴムに、24時間紫外線を照射する
4. 図1の装置を用いて測定を行う

結果

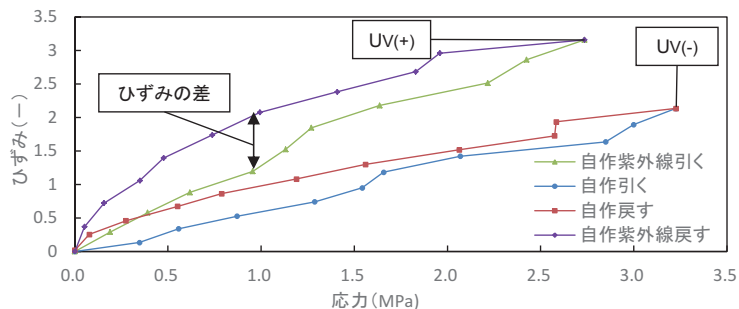


図4 自作ゴムの応力とひずみの関係

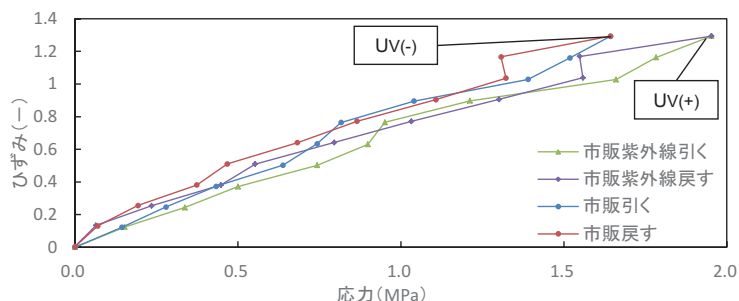


図5 市販ゴムの応力とひずみの関係

- (1) 市販ゴムより自作ゴムの方が同じ応力において、伸縮時でのひずみの差が大きい。
- (2) 図4では紫外線照射後のグラフが照射前のグラフより上側にあるのに対して、図5では位置が逆になっている。

考察

以上の結果より、市販ゴムと自作ゴムについての特徴をまとめると、以下の表1, 2のようになった。

表1 伸縮時のひずみの差の変化

	市販ゴム	自作ゴム
ひずみの差	小さい	大きい

表2 紫外線照射後のひずみ

	市販ゴム	自作ゴム
ひずみ	少し小さくなる	大きくなる

結論

- ・自作ゴムは、軟化するという特性があると言える。
- ・紫外線を照射することで、ゴムの有機物の結合が切断される。市販ゴムは加硫による結合が残るが、未加硫の自作ゴムは結合がほとんど切れてしまい、そのことが軟化の一因と考えられる。

今後の展望

加硫したゴムを製作し、硫黄の含有量を変化させることでの特性の変化について連続的に分析を進めたい。

摩擦電気の定量的な測定とその考察

岡山県立津山高等学校 理数科2年 山本 拓海, 植田 祐一郎, 月野 亜夢路, 野上 颯俊
指導者 津田 拓郎

目的

物質をこすり合わせることで発生する摩擦電気を定量的に測定できる装置の開発と考察

準備

自作の摩擦電気発生装置を作製した。

仕組み

ヴァンデグラフ起電機を参考にした。
アクリル・塩化ビニルのローラーとゴムベルトをこすりあわせることで摩擦電気を発生させる。

ローラーについて

帯電列をもとに最適な組み合わせで準備しやすいものとしてアクリルと塩化ビニルをローラーとした。

電極について

電極はアルミニウムを使用し、電極で摩擦電気を回収する。電極の位置はゴムの上層部。

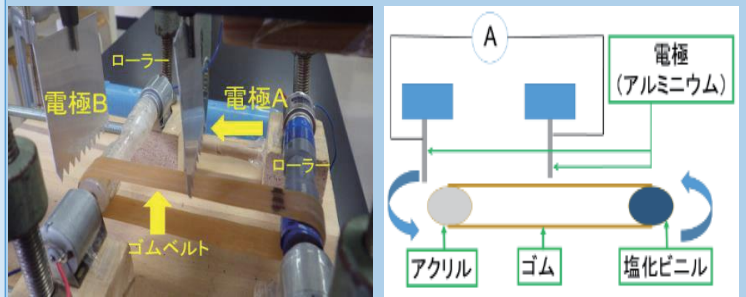


図1 装置の写真(左)と簡略図(右)

実験 I

ローラーの回転数を変化させながら、電極間に流れる電流を10秒間測定し、その値から発生する電気量を算出した。

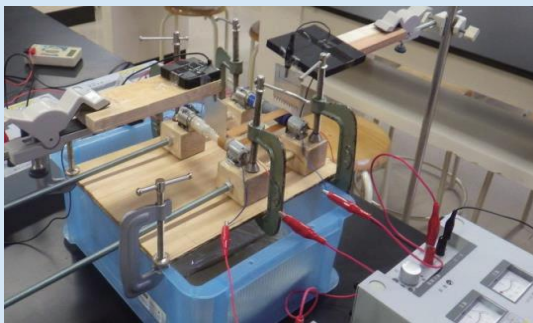


図2 装置の全体

実験 II

図1中の中央の電極Aの位置を変化させ、図4のようにゴムベルトを一定の間隔(1.54cm)で8等分し、各ポイントでの電気量の大きさを算出する。もう一方の電極Bは8目盛りで固定(図4)し、電極Aを動かしそれぞれのポイントでの電気量を算出した。

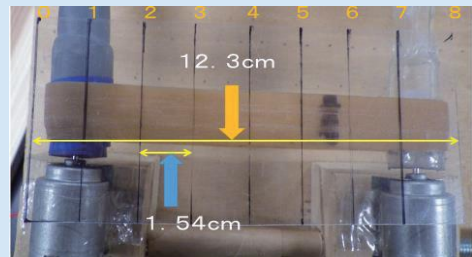


図4 ゴムベルトの写真と電極のポイント

実験 I の検証

結果 I

回転数が多いほど、発生する電気量は大きくなった。

考察 I

回転数の増加に伴い、電気量が大きくなるのは、塩化ビニルとアクリルのローラーとゴムベルトとの接触回数が増え、より多くの自由電子が移動できるためであると考えられる。

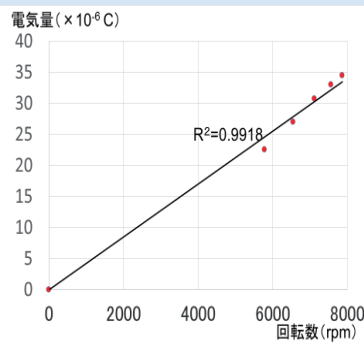


図3 回転数と電気量の関係

実験 II の検証

結果 II

どの回転数においても、電極が中央付近にあるとき発生する電気量が最大値となる定常波のようなものが観察できた。

考察 II

中央付近では電極とゴムベルトの間隔が常に一定となることで、より多くの電子が安定して移動できたと考える。

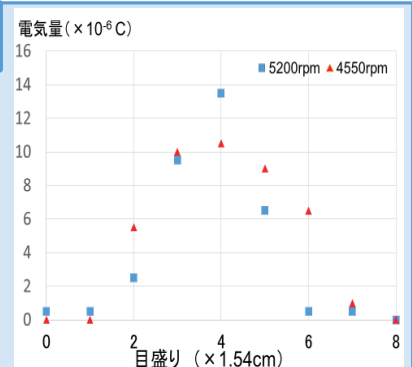


図5 電極の位置と電気量の関係

結論

- ・物体との接触回数を増やすことで、摩擦電気の発生量は増加する。
- ・電極とゴムベルトの位置を一定の位置に保つことで、より多くの電気量を取り出すことが可能である。

今後の展望

ゴムベルトの中央付近で電気量が最大になった理由を調べることで、さらに効率の良い方法を考案し、装置を改良する。

粘度と表面張力と泡立ちについての研究

岡山県立津山高等学校 理数科 角南 卓哉, 井野 涼介, 角野 菜奈美, 奥田 早織

指導者: 下山 卓士, 馬木 良輔, 小延 靖史

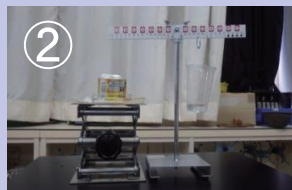
目的

アイスクリームは粘性流体をかき混ぜながら凍らせて作ることから、流体の物性がそれをかき混ぜたときの泡立ちにどのように関係するのかに興味を抱いた。そのことから、流体の粘性と表面張力が泡立ちにどう関係するのかを明らかにする。

実験

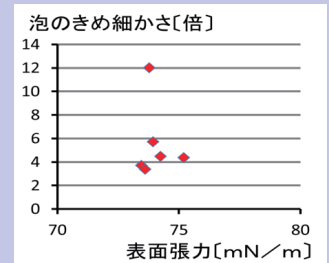
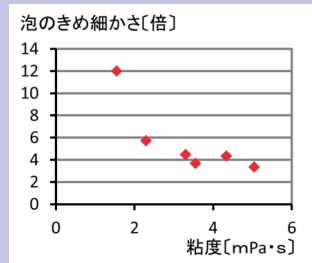
- ・オストワルド相対粘度計を参考に粘度計(①)を作成し、測定した。
- ・デュヌイ表面張力計を参考に粘度計(②)を作成し、測定した。
- ・ハンドミキサー(③)を用いて溶液を泡立て、泡の量と泡になった溶液の量を測定した。

以上の実験は、全て濃度を変えたアラビアガム水溶液を用いて行った。



考察

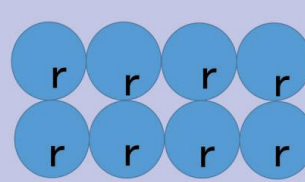
①, ②, ③より、粘度および表面張力と、泡のきめ細かさについての関係のグラフを作成した。



グラフより、粘度が大きくなると、泡がきめ細かくなることが分かった。

これについて、以下の2つの要因が考えられる。

- ① 粘度が上昇すると、外力に対し溶液が変形しにくい。
- ② 小さな泡を作るためにはより多くの溶質が必要となる。



表面積 $32\pi r^2$

表面積 $16\pi r^2$

体積 $\frac{32}{3}\pi r^3$

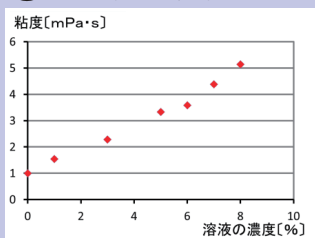
体積 $\frac{32}{3}\pi r^3$

体積が同じとき、泡が小さい方が表面積が大きくなる。

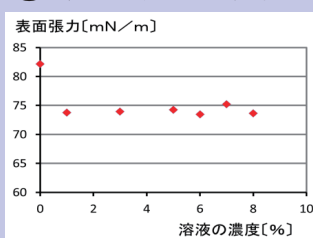
泡が小さい方が形成に多くの溶質を使用する。

結果

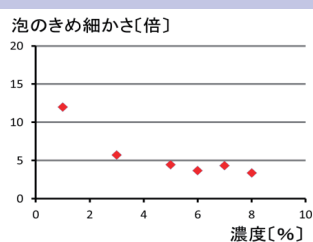
① 粘度と濃度



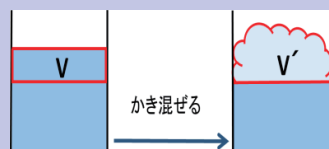
② 表面張力と濃度



③ 泡立ちと濃度



定義



$\frac{V'}{V}$ が小 → 泡がきめ細かい

今後の課題

- ・泡の出来やすさの要因を、分子構造や極性などの面からも推測する。
- ・アラビアガム以外の溶質を用いて同様の実験を行い、今回の結果から得られた関係が他の物質にも共通するのかを研究する。

参考文献

- ・水溶液が物性に及ぼす影響についての基礎的研究 (H28 本校課題研究)
- ・界面活性剤と大きな泡の関係性 (H29 本校課題研究)
- ・よくわかる食品添加物の基本と仕組み (松浦 寿喜 著)

フリーズドライによる柿の渋抜きについて

岡山県立津山高等学校 理数科2年 小柳 彩華, 平井 葉, 藤原 亜衣

指導者 小延 靖史, 下山 卓士, 馬木 良輔

渋抜きのメカニズム

柿が無気呼吸を始める



アセトアルデヒドによって
可溶性タンニンが不溶化

sweet

渋みを感じなくなる



目的・仮説

従来の渋抜き法よりも効率的で衛生的な渋抜き方法を見出す。

仮説

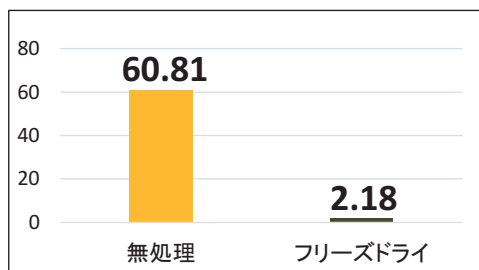
フリーズドライすることで、渋柿が真空状態で無気呼吸を始め、渋がぬけるのでは？

実験1

1. 下処理をした渋柿をフリーズドライする。
2. 柿を粉砕して、遠心分離をかける。
3. 上澄み液を抽出し、試料溶液とする。
4. 酒石酸鉄吸光光度法によって、吸光度を測定し、検量線から可溶性タンニンの濃度を決定。
5. 生柿とフリーズドライをしたものの可溶性タンニン量を比較する。



結果1



西条柿の可溶性タンニン量 (mg/100g)

フリーズドライした柿の可溶性タンニンが約97%減少した。



真空にすることで柿の無気呼吸が促進され、可溶性タンニンが不溶化した？

実験2

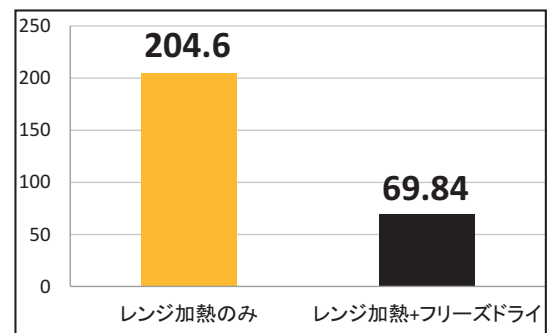
無気呼吸を促進させている柿中の酵素を失活させると可溶性タンニンが不溶化しないことを証明



1. 電子レンジで加熱し、酵素を失活させる。(柿の中心温度65℃以上)
2. 実験1と同様に実験を行う。



結果2



あたご柿の可溶性タンニン量 (mg/100g)

酵素を失活させても実験1と同様に、可溶性タンニンが平均で約66%減少した。

考察・今後の展望

実験1より、渋柿はフリーズドライで部分的に渋抜きが可能なのことがわかった。

実験2より、柿中の酵素は渋抜きに影響を与えていないと考えられる。

今後は、柿の個体差の影響も考慮しつつ、タンニンの不溶化のメカニズムをさらに探究する。

参考文献

- ・濱崎 貞弘 柿づくし 農文協 2016.7 47p
- ・片岡 榮子 他 栄養学・食品学を学ぶヒトのための食品化学実験 地人図書
- ・国民生活センター ポリフェノール含有食品の商品テスト結果 2000.5 50p
- ・安井 明美 日本食品標準成分表2015年版(七訂)分析マニュアル・解説 建帛社 242p

光の強度の変化によるミドリムシの光驚動反応の研究 ～短波長光が及ぼす影響～

岡山県立津山高等学校 理数科2年 山田 夏未, 声元 琴美, 芦田 薫里 指導者 國定 義憲, 平井 彩乃, 林原 広幸

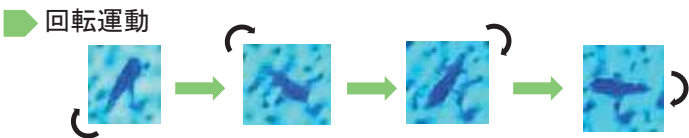
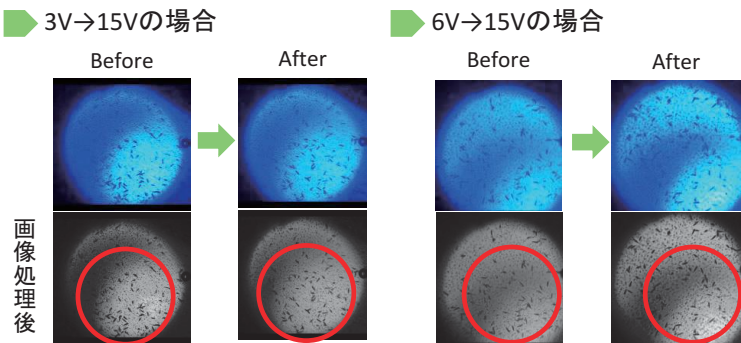
研究目的

- ・照度の変化によるミドリムシへの影響を調査
- ・急に照度を変化させたときの反応の原因説明
- ・最も反応が起こりやすい照度の値を数値化

実験装置

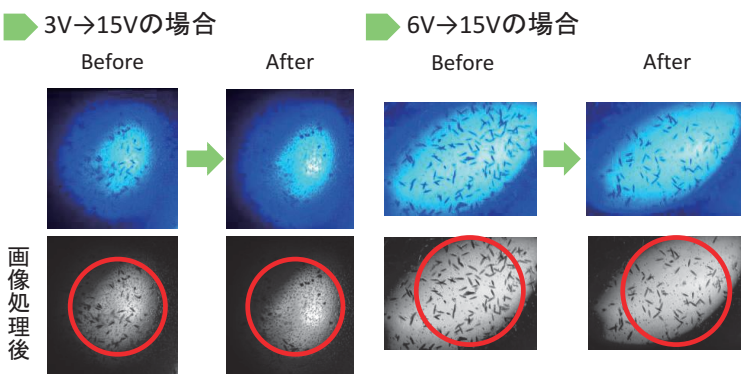
- ➡ 暗室
他の光の影響を避けるための自作の暗室
- ➡ スライドガラス
ミドリムシの行動範囲を制限したスライドガラス
- ➡ 光の当て方
LEDライトを光ファイバーを通して上から当てた

実験1: 電圧を3V→15V, 6V→15Vに1分間隔で変化させる



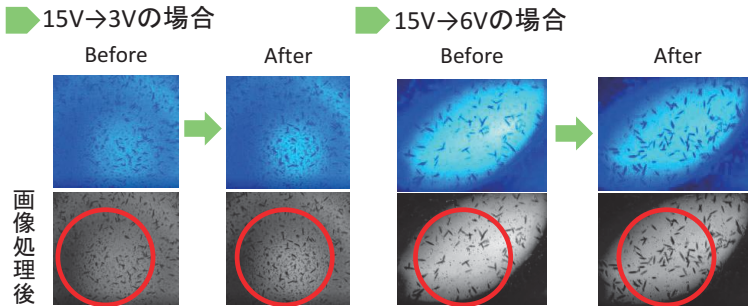
- ➡ 実験結果
- ・3V→15Vの場合より6V→15Vの場合の方が光の当たる範囲から逃避するステップアップ光驚動反応が大きかった。
 - ・回転運動においても、3V→15Vの場合より6V→15Vの場合の方が反応が大きかった。

実験2: 電圧を3V→15V, 6V→15Vに30秒間隔で変化させる



- ➡ 実験結果
- ・実験1と同様に、3V→15Vの場合より6V→15Vの場合の方がステップアップ光驚動反応及び回転運動の反応が大きかった。
 - ・実験1と実験2を比べると、実験2の30秒間隔の方がステップアップ光驚動反応と回転運動の両反応において反応が大きかった。

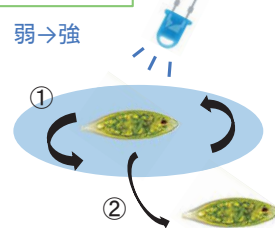
実験3: 電圧を15V→3V, 15V→6Vに30秒間隔で変化させる



- ➡ 実験結果
- ・ステップダウン光驚動反応において、回転運動後にミドリムシが光の当たっている範囲に集まってくる現象が確認された。
 - ・実験1・実験2と同様に回転運動が起きた。
 - ・この反応において、15V→3Vの場合より15V→6Vの場合の方が反応が大きかった。

考察

実験1・2



実験3



➡ ステップアップ光驚動反応について

実験1・実験2より、6V→15Vに30秒間隔で変化させたときに最も反応が大きくなる。このことから、ミドリムシに当てる照度を短時間間隔で加算的に増加した場合に光から逃げる反応が最も大きくなるのではないかと考えられる。

➡ ステップダウン光驚動反応について

実験3より、高照度から低照度に変化させたときにミドリムシがその場で回転し、光の当たらない範囲からミドリムシが光の当たる範囲に集まってくる。このことから、照度が減少する変化においてミドリムシは回転するが、加算的な照度変化でないため、光の当たらない範囲への逃避は行われないと考えられる。

➡ 回転運動について

実験1～3より、6V→15Vに30秒間隔で照度を上げたときに最も反応が大きくなる。このことから、ミドリムシに当てる照度を加算的に増加させた場合に最も回転運動が持続するのではないかと考えられる。理由として、ミドリムシにより高エネルギーの光を当てることによって、体内環境がより還元的になることを防ぐためではないかと考える。

結論

- ・ミドリムシに当てる光の照度を急激に変化させると、ミドリムシはその場で回転運動を行う。
- ・加算的に照度が上昇したときにステップアップ光驚動反応により、光の当たらない範囲に逃避する。
- ・照度が減少する反応において、ミドリムシは回転運動後に光の当たる範囲に集まる。

今後の課題

- ・ミドリムシが回転運動を行う正確な照度の変化の値の数値化
- ・実験3において15V→3Vの場合より15V→6Vの場合の方が反応が大きかったことについての原因説明

参考文献

伊関峰生 (2007), 「ミドリムシにおける光センシングの分子機構」
奥田希実, 下山千遥, 寺坂安奈 (2014), 「ミドリムシの光走性と光合成の関係」

クマムシの共生細菌と乾眠との関係

岡山県立津山高等学校 理数科2年

森数 朋也, 宮城 佳浩, 明石 大輝, 高橋 勇太 指導者 國定 義憲

目的

クマムシは乾燥などの極限環境耐性を持つが、共生細菌などは乾燥に弱いことに疑問を持った。そこでクマムシの共生細菌の調査を行った。

今回の実験には、チョウメイムシ科のクマムシを用いた。



チョウメイムシ科のクマムシは日本全国に広く分布し、蘚類中などに生息する。

乾眠とは

クマムシが乾燥することで脱水して縮まり、含水量が数%にまで低下した状態のこと。この状態では生命活動は見られませんが、水を与えると速やかに活動状態に戻ることができる。

仮説 I

クマムシには共生細菌が存在し、その細菌は乾燥に対する耐性を持っている。

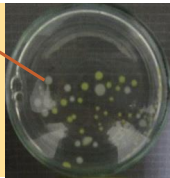
実験 I

- ① 実験群(乾眠したグループ)と対照群(乾眠していないグループ)の共生細菌を培養する。
- ② 培養した細菌のコロニーの各色(RGB値)でコロニーの個数を測定し、各色のコロニー数でグラフを作成する。
- ③ 作成したグラフを比較する。

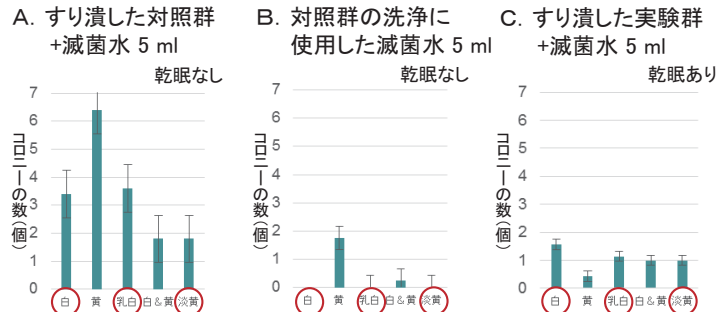
培養した細菌のコロニー

この実験では、培地の写真をパソコンに取り込み、RGB値を測定するソフトを用いてコロニーの個数の計測を行った。

なお、今回の実験にはLB培地を使用した。



結果 I



- ・ AとBのグラフには、Aのみ出現しているコロニーがある。
- ・ AとCのグラフは形成されたコロニーの種類に変化はないが、その数は減少している。

考察 I

- ・ クマムシには共生細菌が存在する。
- ・ 共生細菌はクマムシの乾眠時には内部から排出、または体内で乾燥によって死滅していると考えられる。

仮説 II

クマムシは乾眠後、共生細菌を補うため外部から細菌を新たに取り込んでいる。

実験 II

- ① 殺菌灯を約24時間、乾眠したクマムシに照射する。
- ② 滅菌水と滅菌していない水で乾眠からもどす。
- ③ それぞれのグループを培養し、観察する。

結果 II

クマムシは全滅し、細菌のコロニーも形成されなかった。その為、仮説検証は行えなかった。

考察 II

チョウメイムシ科のクマムシに約24時間の紫外線の照射は多量すぎたと考えられる。

仮説 III

乾眠状態のクマムシは短時間の紫外線の照射であれば耐えることができる。

実験 III

- ① 乾眠したグループを複数個、用意する。
- ② 用意したグループに、時間を30分ずつ延長しながら殺菌灯を照射する。

結果 III

- ・ 最長で210分まで生存していることが確認できた。
- ・ 210分以上照射した場合は、生存する個体数が減少した。

考察 III

- ・ チョウメイムシ科のクマムシは、210分までは安定して紫外線下で生存できると考えられる。

結論

- ・ クマムシは体内に細菌を共生させていると考えられる。
- ・ クマムシの共生細菌は宿主の乾眠の際には、体内から排出、または乾燥によって死んでいる。
- ・ チョウメイムシ科のクマムシは、約210分であれば紫外線下でも生存できる。

展望

- ・ クマムシの乾眠後の体内環境のメカニズムを明らかにする。
- ・ 共生細菌がどのような働きをしているか明らかにする。

参考文献

堀川大樹 (2012) クマムシの紫外線耐性能力が明らかにクマムシ博士の「最強生物」学構造 新潮社 堀川大樹 クマムシ!? 小さな生物 岩波書店 鈴木忠

ゼブラフィッシュはなぜ赤色に集まるのか

岡山県立津山高等学校 理数科 黒瀬 雅人, 小郷 瑞貴, 高矢 蘭奈斗, 安藤 有紀 指導者 小西 明雄

ゼブラフィッシュの特徴

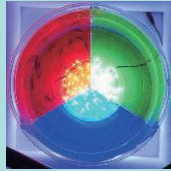
- ・飼育が容易
- ・色覚が優れている



先輩の研究

仮説 ゼブラフィッシュは特定の色に集まるか？

結果 暗い条件で赤色に集まる
明るい条件では赤色に集まらない
常に同じ色に集まるわけではない



ゼブラフィッシュは生き残るために
周りの環境によって判断を変えている？

実験仮説

判断を変える2つの実験環境を作り実験する事で
どこまで脳が発達していて、どこまで状況判断
できるのかを検証できる実験系が作れる？

実験方法

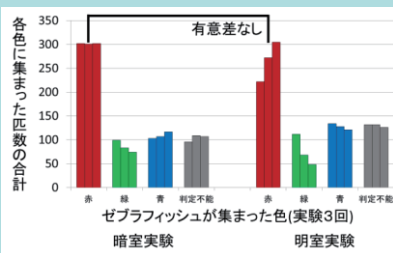
- ① 飼育用水槽から成魚を20匹網ですくう
- ② 午後4時15~45分の30分間に①の魚を実験水槽
に移し、1分間隔で30枚写真撮影を行う
- ③ 写真を解析し、各色に集まった
ゼブラフィッシュの匹数を計測する
境界線をまたいだゼブラフィッシュ
は、判定不能として扱う



実験 1

仮説 部屋を明るくすると赤色に集まらなくなる
実験装置

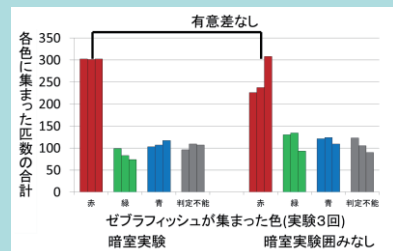
結果



実験 2

仮説 囲いを外すと赤色に集まらなくなる
実験装置

結果



実際には暗室で実験

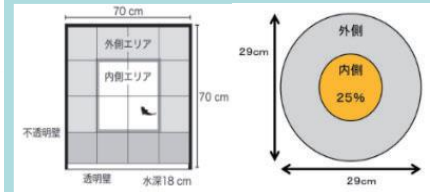
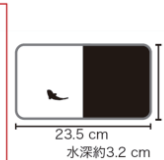
実験1, 2共に赤に集まる匹数は減少したが、
有意差は見られなかった

実験3 オープンフィールドテスト

オープンフィールドテストは、不安行動確認テスト

魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察
J-STAGE Journals 吉田将之 著 - 2011
https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/28/4/28_4_317/_article-char/ja/

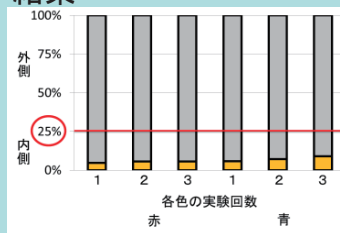
網ですくう
+
慣れない環境
↓
ストレス
不安感
↓
敵に見つかりやすい
明所を避ける



不安を感じているゼブラフィッシュは
中心を避けて行動する

仮説 赤色に集まることで不安が解消される

結果



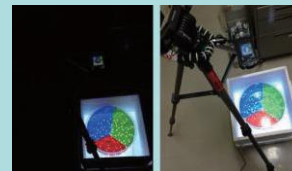
赤でも青でも、中心を避ける

赤色に集まっても
不安は解消されていない

網ですくわれたゼブラフィッシュの
不安が強すぎる

考察

ゼブラフィッシュの不安を解消できる実験が
できていない？



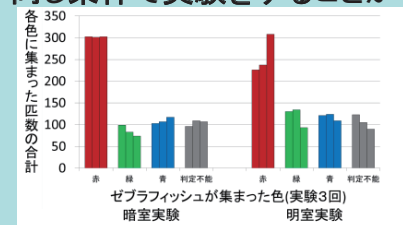
暗い

明るい

少しの条件変化は
ゼブラフィッシュにとって
大差がない

赤に集まり続ける

同じ条件で実験をすることができていない？



3回目の実験結果が
1, 2回目と比べると
大きく異なっていた

実験方法の見直し
厳格化

結論

- 1.ゼブラフィッシュは赤色に集まる
という判断をあまり変えない
- 2.ゼブラフィッシュの不安は
赤色に集まっても解消されていない

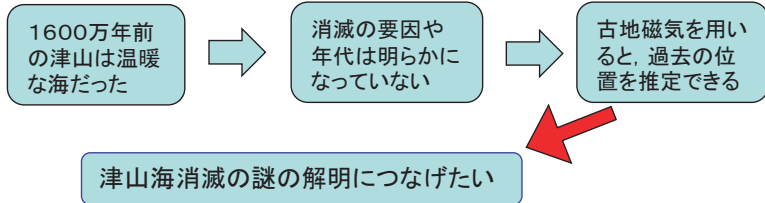
参考文献

ゼブラフィッシュの色に対する反応の研究
津山高校(2017)中西みのり 西下直子 菊入葵 岸本愛生
魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察 吉田将之
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/28/4/28_4_317/_article-char/ja/)
Excelを用いた平均値の差の検定(神戸松蔭女子学院大学 心理学部)
(<http://ksw.shoin.ac.jp/dept/psychol/pshome/report/Exttestanova.pdf>)

1600万年前にあった津山海はなぜ消滅したのか

岡山県立津山高等学校 理数科 間所 颯, 江見 裕太, 俣野 翔太, 鷲田 尚行 指導者 山本 隆史

1 研究の背景



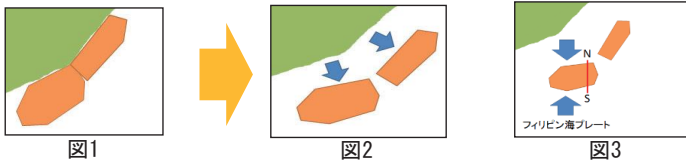
2 目的

津山市皿川の新生代新第三紀海成層に見られる玄武岩岩脈の古地磁気を測定

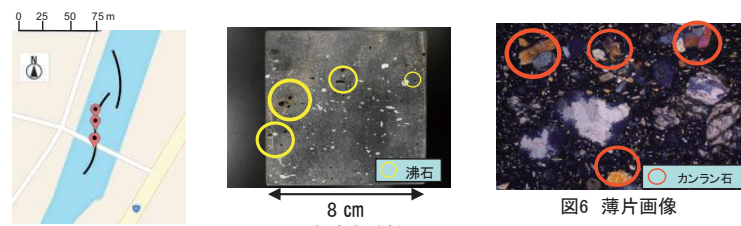
津山海消滅の過程を明らかにする

3 研究① 先行研究の整理

- 19~15Maに日本列島が開裂 (山崎・久保2017)
- 16Maの津山は暖かい多島海であった。(本校課題研究H25)
- 3Maから日本付近の南北圧縮が増大 (山崎・久保2017)
- 無定位磁力計を作製したが、誤差が大きかった。(本校課題研究H28)

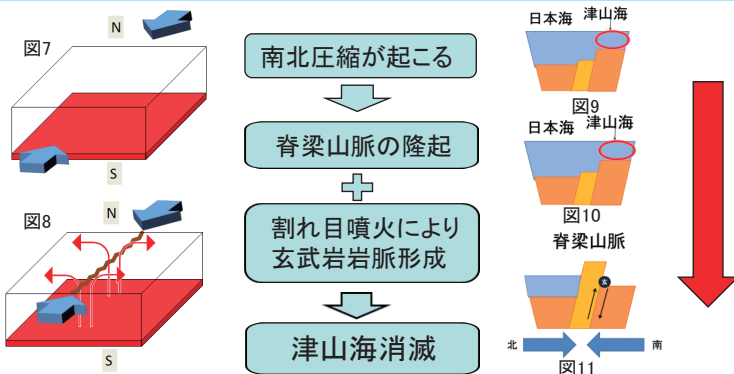


4 研究② フィールド調査・試料採取・薄片作成



- ・3地点の岩脈から岩石を採取し、試料を作成した(図4・5)。
- ・岩石薄片を作成し、検鏡した結果、玄武岩であった(図6)。
- ・沸石が確認できることから、割れ目噴火による岩脈形成であることが推定できる(図5)。

5 仮説



6 研究③ 無定位磁力計の改良

目的: 磁力計を改良し、測定誤差を減らす

測定誤差が生まれる原因は無定位状態の弱さではないか

“磁力の強化”と“磁石間の距離を短縮”を行えば、無定位状態を安定化できる



図12 改良前



図13 改良後

- ・改良点
 - ・ より磁力の強いNd磁石に交換
 - ・ 磁石間の距離を13cmから7cmに短縮

結果: 測定誤差が $\pm 5^\circ$ から $\pm 2^\circ$ になった

7 研究④ 古地磁気測定

目的: 玄武岩岩脈形成時の磁北を調べる

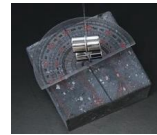


図14 測定中の試料



図15 測定装置



図16 津山高校旧本館

※ 電流や鉄筋の影響を減らすため木造の津山高校旧本館で測定した(図16)

- ① 採取時の磁北を記した玄武岩に分度器を固定する(図14)
- ② 磁力計を作成した測定台に吊るす
- ③ 装置の下に①の玄武岩を測定場所の磁北に合わせて置くと玄武岩の磁気で磁力計が回転する
- ④ 目視で回転角を確認
- ⑤ ①~④を、3地点で採取した試料1つにつき3回ずつ繰り返し、その平均を計算する

結果: 当時の磁北は現在の磁北から西に 2.4° ずれていた(図17)



図17 結果

8 考察

当時の磁北と現在の磁北がほぼ一致していたことから、約3Ma頃からフィリピン海プレートの運動によって南北圧縮が卓越し、割れ目噴火が起きたことで南北走向の玄武岩岩脈が形成されたと考えられる。

脊梁山脈の隆起によって日本海と津山海が分断され、津山海が消滅

9 今後の展望

- ・ K-Ar法を用いて岩脈形成時の、より詳細な年代を測定。
- ・ 玄武岩試料の採取地点を増やす。
- ・ 当時のプレート活動を解析し、プレート活動によって引き起こされる地震の予測などにつなげたい。

10 参考文献

- ・ 比嘉 裕子 (2000). 「地磁気素材の教材化」.
- ・ 日本地質学会 (2009). 「日本地質学会日本地方地質誌 中国地方」. 朝倉書店.
- ・ 堤 之恭 (2014). 「絵でわかる日本列島の誕生」. 講談社.
- ・ 能田 成 (2008). 「日本海はどう出来たか」. ナカニシヤ出版.
- ・ 京都大学 石川 尚人研究室 <http://www.gaia.h.kyoto-u.ac.jp/~ishikawa/Lecture>
- ・ 奈義町 奈義ビカリアミュージアム <http://www.town.nagi.okayama.jp/bikaria/>