

第Ⅲ期

スーパーサイエンスハイスクール

課題研究論文集

令和4年3月

鹿児島県立錦江湾高等学校

〈BS（理数科1年）活動の様子〉

ポスター発表会



教科横断授業



アカデミック講座



〈LP I（普通科1年）活動の様子〉

テーマ決めオリエンテーション



新聞作り



新聞ポスターコンテスト



〈SR（理数科 2 年）分野ごとの活動の様子〉



〈LP II（普通科 2 年）活動の様子〉

PC を用いた情報収集



1 年生へのポスター紹介



代表者によるポスター発表会



第Ⅲ期 スーパーサイエンスハイスクール（平成29年度～令和3年度）

課題研究論文集 目次

年度	分野	タイトル	ページ
平成29年度	化学	オゾン測定器(オゾン君)の開発	1
	化学	ごみからバイオエタノールの合成を目指して	8
	SC	複素数を用いた直角三角形の研究	11
	生物	犬の性格と遺伝子の相関IV	15
平成30年度	生物	花渡川で発見した日本新記録種の <i>P. shikueii</i> について	19
	化学	ホタルのお尻をchange the color—蛍光タンパク質をホタル発光タンパク質に融合させる—	23
	SC	音楽 管楽器の音程の温度特性に関する研究	26
	地学	砂浜における水みち形成に関する研究	28
令和元年度	物理	火山灰の浸透性について～水はどのように浸透するのか～	31
	化学	浮遊粒子状物質(SPM)測定器の開発	33
	化学	車のフロントガラスの解氷スプレーの開発	37
	SC	植物の発光とストレスの関係性	42
令和2年度	数学	地図における四色定理	45
	生物	タイリクバラタナゴ (<i>Rhodes ocellatus ocellatus</i>) の攻撃行動について	48
	保育・教育	科学から見た子育てについて	50
	LP	医療科学 鹿児島茶は健康のカギだった！？	52
令和3年度	人文科学	スマホが生徒に与える影響に関する研究	55
	社会科学	桜島とともに生きる人々に関する研究	56
	体育	メンタルトレーニングと競技力能力の関係性	59
	化学	BSアンテナを用いた太陽の表面温度測定	63
令和2年 LP	化学	炎色分光光度計による各金属イオンの定量とその応用に関する研究	66
	家庭	酵素を用いて肉を柔らかくする	70
	生物	錦江湾高等学校と屋久島町におけるヤンバルトサカヤスデCOIの遺伝子型解析	74
	地学	夏季静穏日における鹿児島沿岸の海陸風の特性II～喜入はなぜ陸風が弱いのか～	76
令和3年 LP	物理	滞空時間の長い紙飛行機を目指して	81
	生命科学	アマミノクロウサギと共に存するためには？	85
	自然科学	ヤステ防除テープの改良	87
	医療科学	錯視について～育った環境によって見え方が異なるかどうか～	88
令和3年 LP	体育	体水分率と飲料水の関係について	90
	SC	音楽 人が不快に思う音について～ストレスとの関連性～	96
	生物	クロマダラソテツシジミの生態について	99
	生命科学	イシクラゲの駆除について	101
令和3年 LP	社会科学	桜島フェリーの調査	103
	保育・教育	絵本が幼児に与える影響	105

オゾン測定器(オゾン君)の開発

鹿児島県立錦江湾高等学校 SSH SR オゾン班

大坪真也 大山紀眞 川原一貴 先田長郎 昇海斗 林慶洸 増満麗奈 大須開斗

1. はじめに

光化学オキシダント(O_x)の一つであるオゾン(O_3)は、気候変動や生態系衰退にも関わる物質として重要視されている。 O_x は環境基本法で環境基準が「1時間値が 0.06 ppm 以下であること」と定められている¹⁾。 O_3 の身体への影響は、喘息患者における発作回数増加、視覚低下、胸痛、咳、気道抵抗増加、呼吸困難、肺のガス交換低下などである²⁾。

日常生活圏での O_3 濃度を調べたいと考えたが、 O_3 濃度を調べるには紫外線吸収方式などを用いた高価な機器が必要で、鹿児島市でも 4 局のみしか設置されていない。そこで、安価で簡単かつ正確に O_3 濃度を測定できる簡易反射型吸光光度計(オゾン濃度測定器、以下：オゾン君)の開発を試みた。

2. 方法

2-1 簡易反射型吸光光度計の作成

オゾン濃度測定器(オゾン君)の模式図を Fig. 1 に示した。参考文献^{3,4)}をもとに、加工がしやすく、製品の寸法が正確な $\phi 30\text{ mm}$ PVC 製水道管および T 型管で本体を作製した。LED やレーザー、テスター等の電子部品は秋月電子より購入した(Table. 1)。 O_3 濃度の測定はインジゴ法を用いた⁵⁾。Fig. 2 に示すように、 O_3 によって青色のインジゴカルミンが分解され、無色の物質に変化する。大気中の O_3 濃度の測定では、インジゴカルミン水溶液をしみませたろ紙(検査用紙)を洗濯ばさみでそれぞれ吊り下げ、鹿児島市役所谷山支所にある大気汚染物質広域監視システム(そらまめ君)の近くに設置した。また、検査用紙の色変化を測定するための光源として最適な波長の LED を探るため、溶液の吸光度を紫外-可視分光光度計(APEL、PD-3500UV)で測定した。

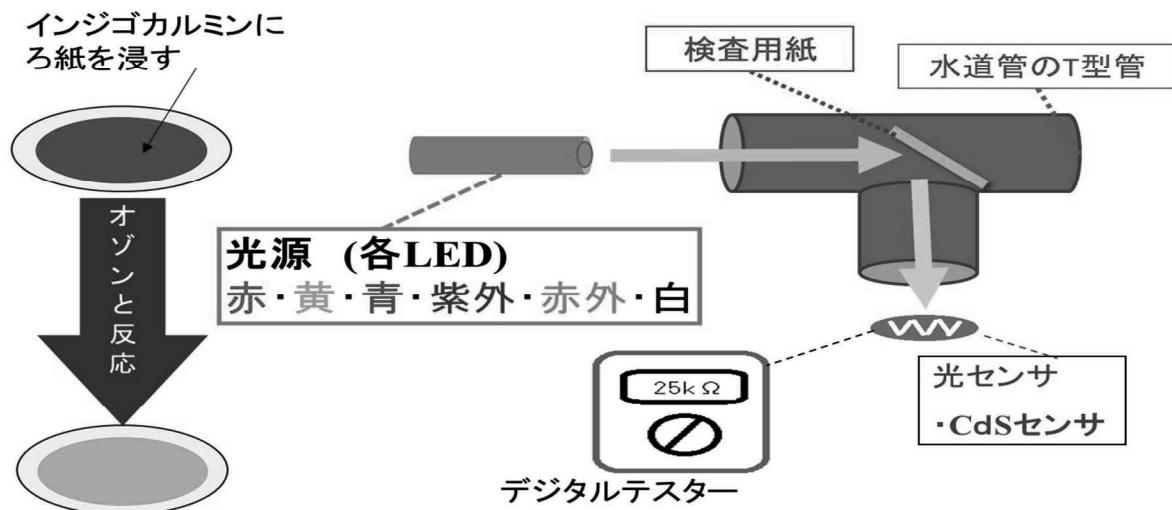


Fig.1 オゾン濃度測定器(オゾン君)の模式図

Table. 1 オゾン君作製に用いた各電子部品

電子部品	製造会社	型番	最大波長 λ_{max}
5 mm LED	OptoSupply	OSI3CA5111A	850 nm ($I_f=50 \text{ mA}$)
		OSHR5161A-QR	625 nm ($I_f=20 \text{ mA}$)
		OSYL5111A-TU	590 nm ($I_f=20 \text{ mA}$)
		OSPG5111A-34	525 nm ($I_f=20 \text{ mA}$)
		OSUB5111A-ST	470 nm ($I_f=20 \text{ mA}$)
		OSV5YL5111A	405 nm ($I_f=20 \text{ mA}$)
		Ospw5111A-Z3	混合色
センサー	CdS センサー Macron International Group Ltd.	MI527	最大感度波長 : 540 nm

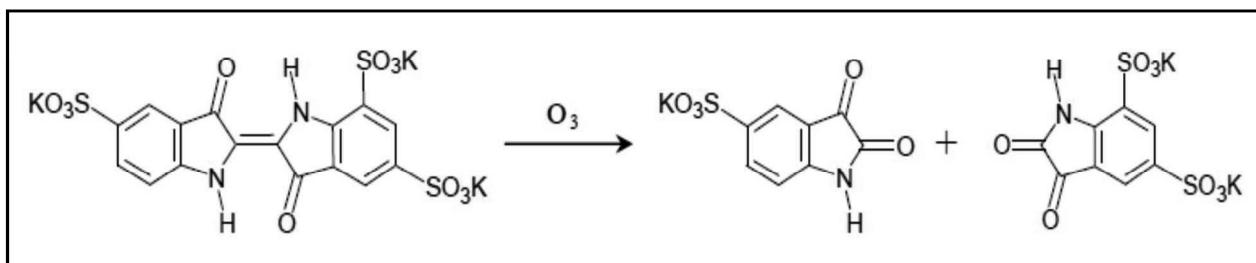


Fig.2 インジゴカルミンと O_3 の反応式

2-2 模擬大気装置でのオゾン濃度測定

Fig. 3 に示すように、内寸 $66 \times 27.5 \times 27.5 \text{ cm}$ のポリプロピレン製のボックスの中に、ボックス内の大气を攪拌できるように 12 V 、 50 mm 角の DC ファン (NMB-MAT、2004KL-04W-B50) とオゾン発生消臭器 (BESTEK、BTAS807) を入れ、蓋をして密閉した状態で教室に設置し、オゾンを含む模擬大气を発生させた。ボックス内の O_3 濃度を測定するために、インジゴカルミン水溶液をしみ込ませたろ紙をボックス内に 3 枚ずつ吊り下げ、最大 6 時間反応させた。測定開始後 1 時間ごとにろ紙を回収し、オゾン君で測定した。また、気体検知管 (ガステック、IM0018LJ3) もボックス内に設置し、同時に O_3 濃度を測定した。

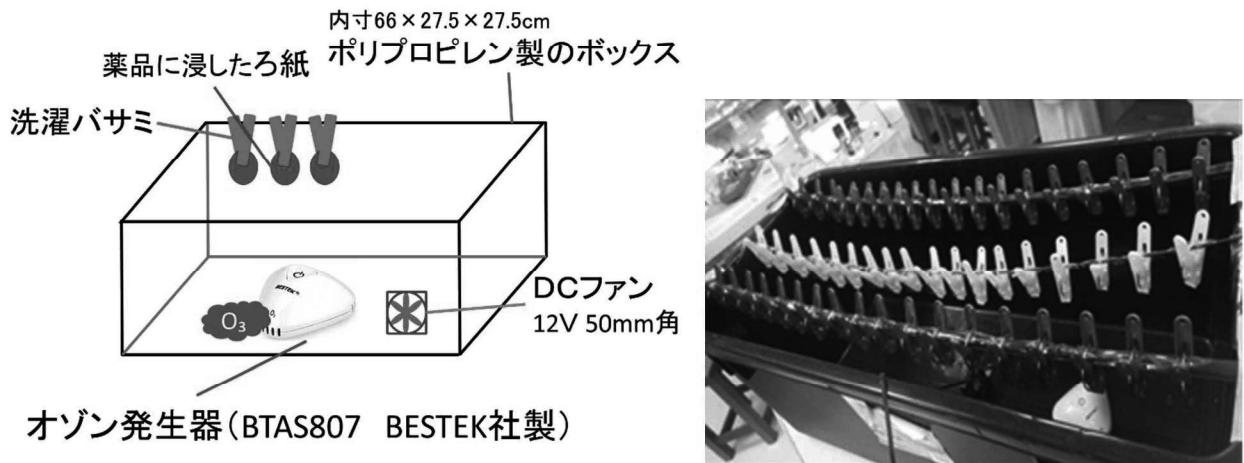


Fig. 3 模擬大気装置（左：模式図、右：実際の写真）

2-3 大気汚染物質広域監視システム近くでのオゾン濃度測定

実際に大気中のO₃濃度を測定し、模擬大気での結果と比較するために、インジゴカルミン水溶液をしみ込ませたろ紙を洗濯ばさみで吊り下げ、鹿児島市役所谷山支所にある大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）の近くに設置した(Fig. 4)。そして、回収したろ紙をオゾン君で測定し、O₃濃度に換算した。設置については鹿児島市環境局環境部環境保全課の許可を得た。



Fig.4 大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）の外観（左）と実際の測定の様子（右）

2-4 オゾンマップの作成

谷山支所以外の多くの場所のO₃濃度を測定したいと考え、クラスメイト 83 人にろ紙、ポリ袋、洗濯ばさみ、回収袋、ビニル手袋、説明書を配布し、各家庭で溶液を浸したろ紙を洗濯ばさみでつるして 12 時間反応させてもらい、ろ紙を回収した。

3. 結果・考察

3-1 簡易反射型吸光度計（オゾン君）の作製

吸光度計による吸収スペクトルの測定を行った結果、インジゴカルミンの希薄水溶液は 500 nm～650 nm 付近で吸収を示し、インジゴカルミンの吸収極大波長は約 600 nm であると判明した(Fig. 5)。590 nm での吸光度のインジゴカルミン濃度依存性を検討すると、吸光度は濃度にほぼ比例し、 $R^2=0.99$ と直線性が良かった(Fig. 6)。また、光源としては、吸収ピークの波長に近い黄色 LED ($\lambda_{\text{max}}=520 \text{ nm}$) の使用が適切であると分かった。

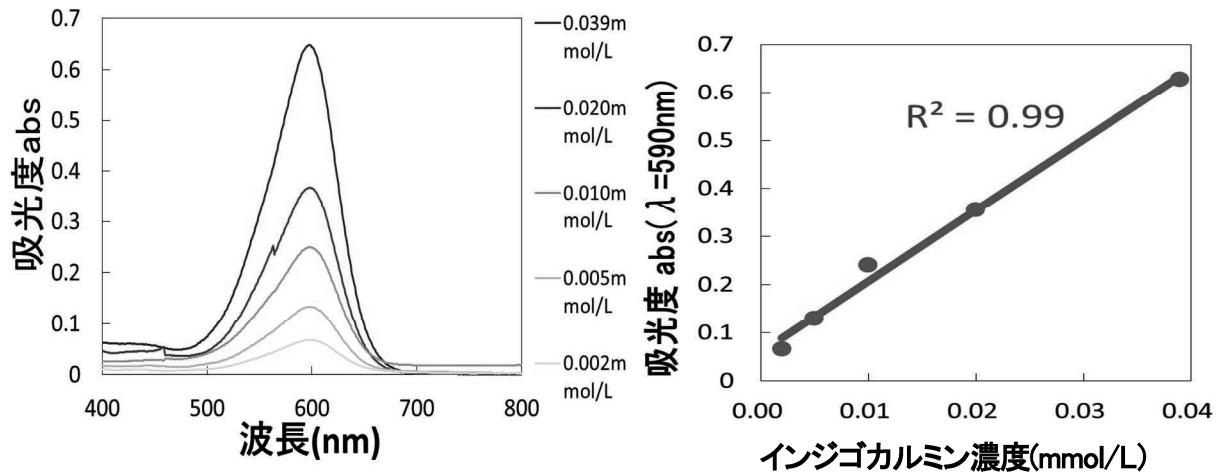


Fig. 5 インジゴカルミン水溶液の吸収スペクトル

Fig. 6 インジゴカルミン濃度と吸光度(590 nm)の関係

次に、光源の検討を行うために、インジゴカルミン水溶液をしみ込ませたろ紙を各 LED を光源として用い、オゾン君で測定した。測定した CdS センサの抵抗値 R と未使用のろ紙の抵抗値 R_0 の比の対数 $\log (R/R_0)$ が溶液の吸光度に相当するので、これをインジゴカルミン濃度に対してプロットした検量線を作成した(Fig. 7)。黄色 LED での結果が、傾きが大きく、直線性も最も良かった ($R^2=0.95$)。このことから、光源に黄色 LED、光センサに CdS センサを用いるのが最適であると分かった。

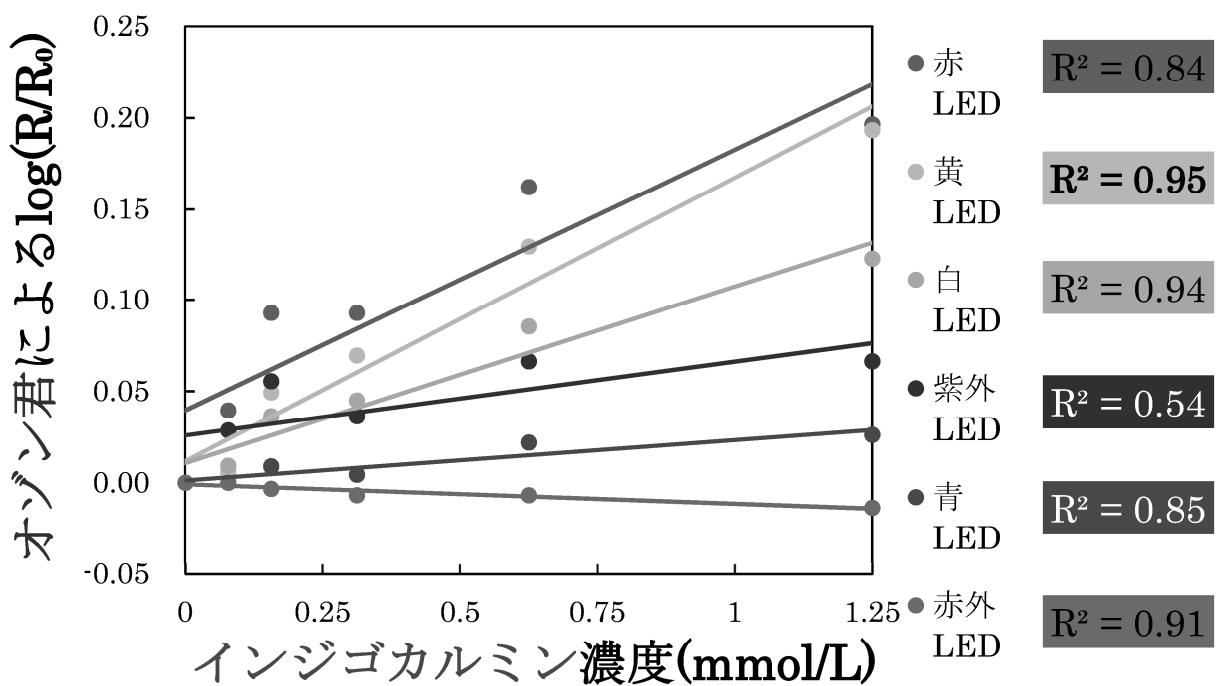


Fig. 7 インジゴ法による各LEDによるオゾン君の検量線

3-2 模擬大気装置でのオゾン濃度測定

模擬大気装置内に反応溶液をしみ込ませたろ紙を吊るし、1時間ごとにオゾン君で測定した。Fig. 8に示すようにインジゴ法では反応時間の1次関数で $\log(R/R_0)$ が減少しており、 R^2 が0.97であった。また、気体検知管で O_3 濃度を測定したところ0.1 ppmであった。模擬大気装置を用いることにより、オゾン君で O_3 濃度の測定が可能とわかった。

また、インジゴ法では、Fig. 2に示したように、 O_3 によってインジゴカルミンが分解され、無色の物質に変化したため、反応時間が長くなるにつれて $\log(R/R_0)$ が低くなったと思われる。

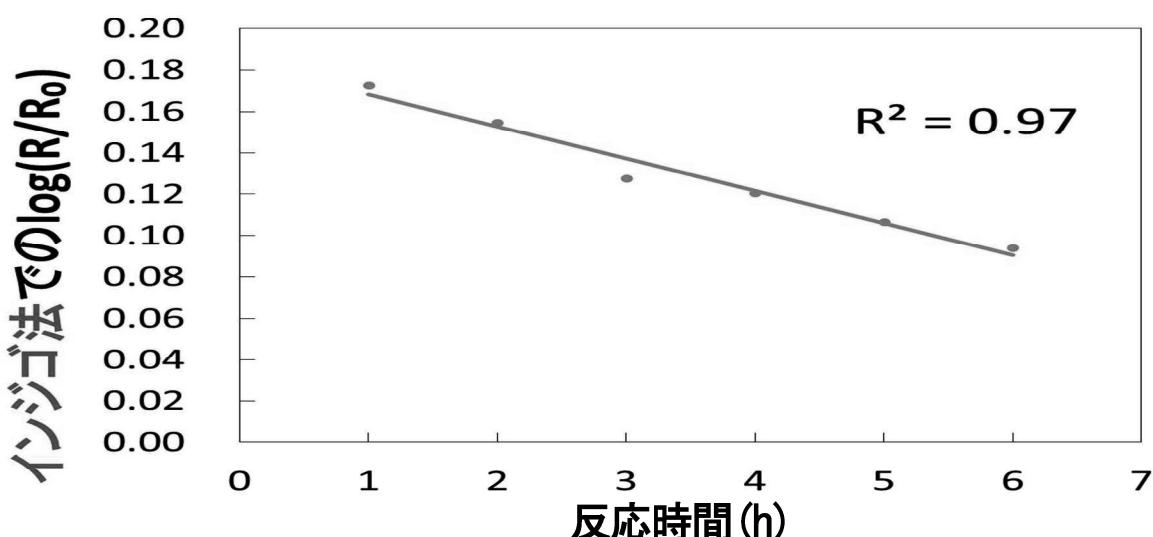


Fig. 8 模擬大気装置による反応時間と $\log(R/R_0)$ の関係

3-3 大気汚染物質広域監視システム近くでのオゾン濃度測定

そらまめ君で測定されたO₃濃度のデータは、環境省のホームページからダウンロードした⁶⁾。オゾン君とそらまめ君のデータとの相関性を調べたところ、R²=0.88と直線性が良く(Fig. 9)、錦江湾高校が開発したオゾン君は、環境省が設置したそらまめ君と同じように、ppm レベルのO₃濃度を正確に測定できることが実験的に証明された。

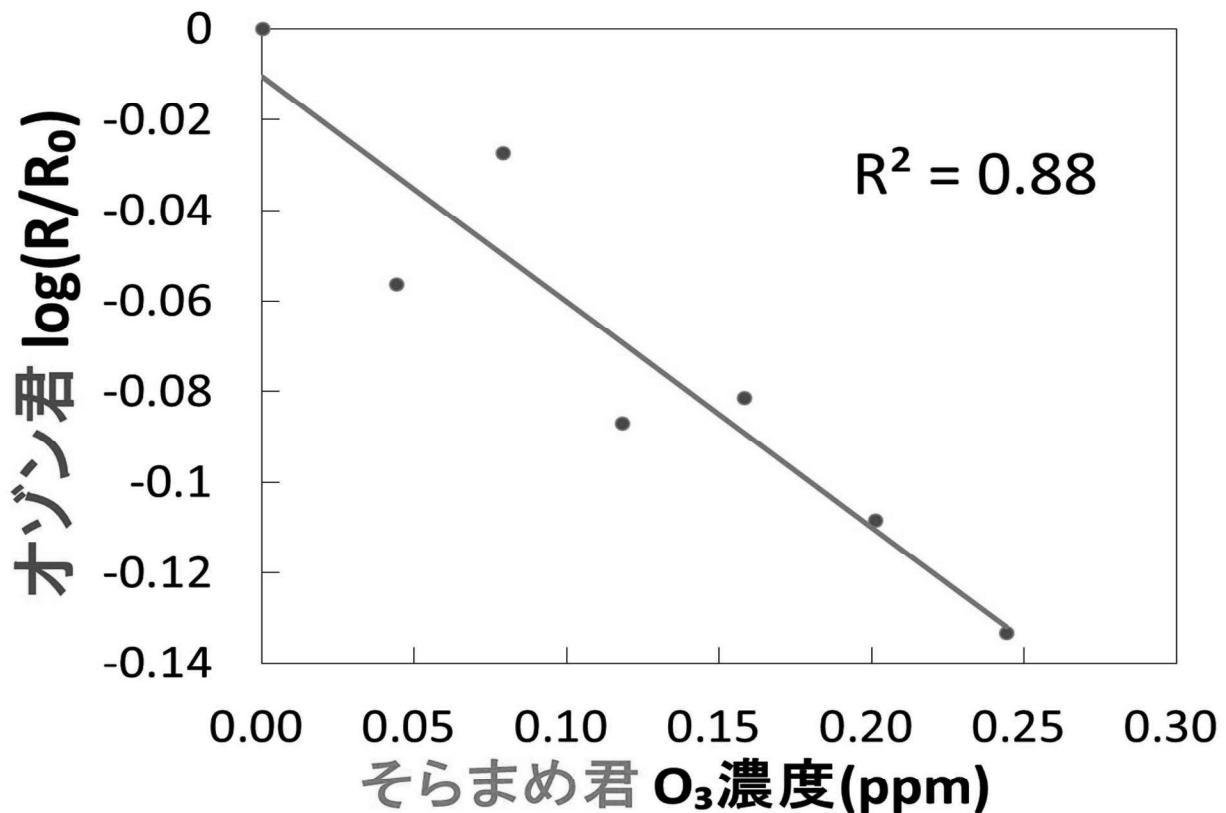


Fig. 9 インジゴ法によるオゾン君でのオゾン濃度測定結果とそらまめ君のデータの比較

3-4 オゾンマップの作成

83人に配布したろ紙の内、22枚を回収し、回収率は27 %だった。また、得られた測定値を地図上にプロットして作成したオゾンマップをFig. 10に示す。観測した範囲のO₃濃度は0.020～0.025 ppmで環境基準(0.060 ppm)をクリアしていることがわかり、簡単に測定できることがわかった。

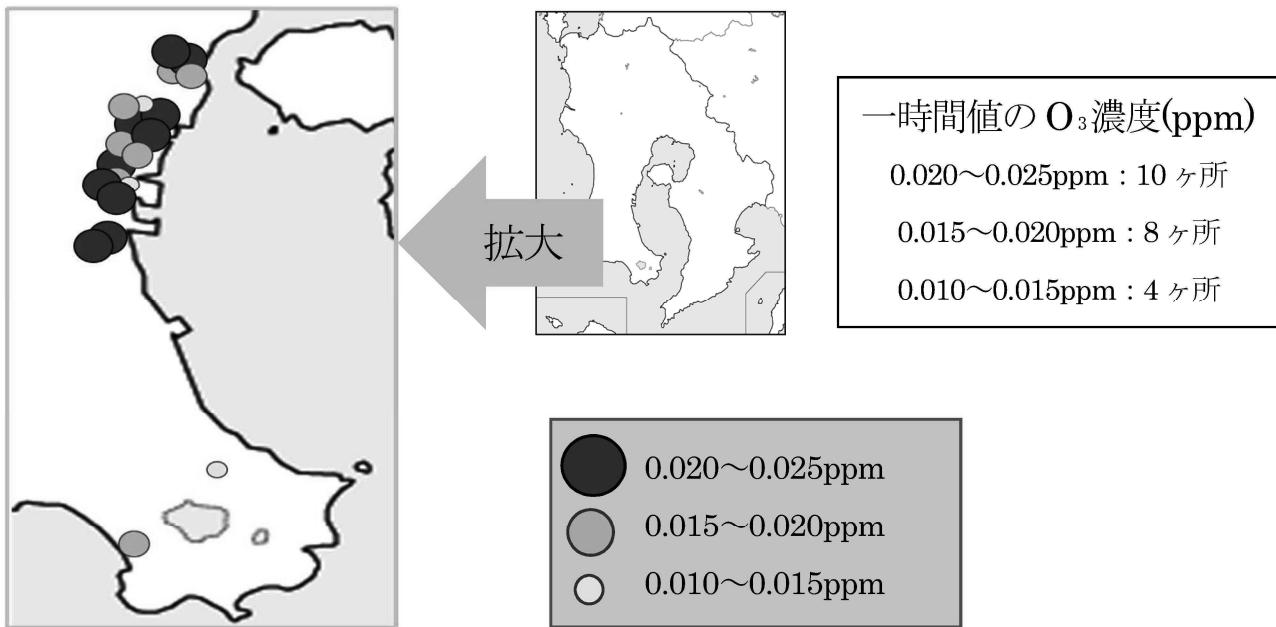


Fig.10 錦江湾高校生によるオゾンマップ

4. まとめ

- ・安価でどこにでも設置できるオゾン濃度測定器(オゾン君)の開発に成功した。
- ・オゾン君による測定結果は、環境省の測定機器(そらまめ君)のデータと高い相関性を示し、実際の大気中のオゾン濃度を正確に測定できることが立証された。
- ・オゾンマップの作成に成功し、環境基準をクリアしていることがわかった。

5. 今後の研究について

- ・オゾン君の小中学校への普及
- ・光化学スモッグ注意報への応用

6. 文献

- 1) 香川順、「窒素酸化物、粒子状物質、オゾン、タバコ煙による健康影響」
第3次健康住宅研究会資料No8、愛知県学校薬剤師会
- 2) 環境省、環境大気常時監視マニュアル 第4版
- 3) 神田直人、池山瑛渡、内田直人「二酸化窒素測定器(反射君)の開発」
第4回 気象文化大賞「高校・高専『気象観測機器コンテスト』」(2015年) 要旨
- 4) 杉木良一、紺野昇、「環境教育と情報活用」大学教育出版
- 5) 杉光英俊「オゾンの基礎と応用」光琳
- 6) 環境省大気汚染物質広域監視システム <http://soramame.taiki.go.jp/>

謝辞

鹿児島大学理工学研究科 神長暁子 助教には、器具の借用とご指導をいただき、ありがとうございました。

ごみからバイオエタノールの合成を目指して

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 化学班

中原 辰介 福良 圭市 塩谷 織織

新垣 亮汰 三島 大空 鹿子木 桜 吉浦 真歩

Kagoshima Prefectural Kinkowan Senior High School

Shinsuke Nakahara Keiichi Fukura Iori Shioya

Ryota Shinbashi Tsubasa Mishima Sakura Kakoki Maho Yoshiura

要約

私達は、シュレッダーごみからバイオエタノールを作ることができるかどうか調べた。シュレッダーごみに含まれるセルロースを硫酸で分解し水酸化カルシウムで中和をして、グルコース溶液にした。そしてグルコース溶液を銀鏡反応やフェーリング反応で確認した。その結果、シュレッダーごみからグルコース溶液を作ることができたことがわかった。

Abstract

We studied whether we can make bio-ethanol from paper cut by shredder.
We resolved cellulose by sulfuric acid and neutralized by calcium hydroxide to be glucose solution. And, we detected glucose by silver mirror reaction and Fehling's test reaction.
As a result, we found that we can make glucose solution from paper cut by shredder.

1 動機と目的

2016年、本校の第10期生である岩元美智彦氏が、衣服から作ったバイオエタノールを使ってデロリアン（映画『バック・トゥ・ザ・フューチャー』に登場する車）を走らせた。使われなくなったものから燃料を作るその技術に感銘を受け、私達化学班はバイオエタノールの合成を研究テーマに選んだ。そこで私達が注目したのは、学校や企業で大量に排出されるシュレッダーごみだ。シュレッダーごみは、纖維を細かく裁断しているため、古紙再生には向かないとされ、リサイクルされずに燃えるゴミとして捨てられている。これを資源として活用することはできないかと考え、バイオエタノールの原料に選んだ。

2 今年度の研究目的

バイオエタノールは紙や綿に含まれるセルロースをグルコースに分解して（糖化）、それを酵素で発酵させて作る。今回はシュレッダーごみをグルコースへ分解するところまで行った。

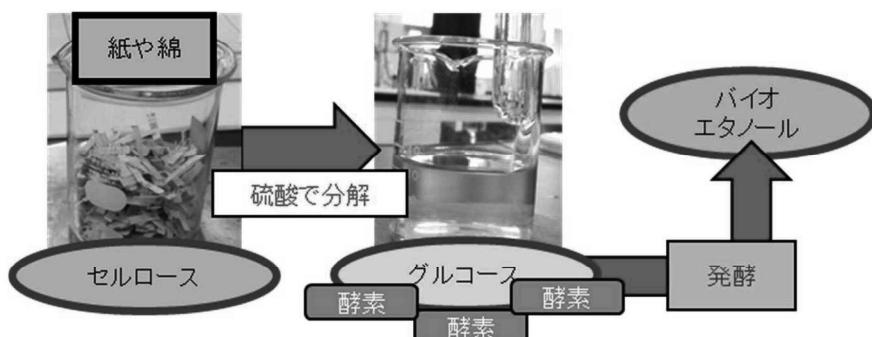


Figure 1 研究目的

3 研究方法

(1) シュレッダーごみのグルコースへの分解

- ① 98 %濃硫酸を、濃度 72 %になるように純水で希釈した。
- ② 濃度 72 %の硫酸 50 g を、シュレッダーごみが 10 g 入ったビーカーに入れ 40°Cで湯煎しながら 15 分間攪拌した。
- ③ 15 分間攪拌した後、硫酸濃度が 15 %になるように純水を加えた（硫酸：純水 = 3 : 2）。その際、ラップして蒸発を防いだ。
- ④ 加水後、90°Cで 35 分湯煎しながら、攪拌した。
- ⑤ 水酸化カルシウムで中和し、生じた硫酸カルシウムの沈殿を吸引ろ過して除いた。

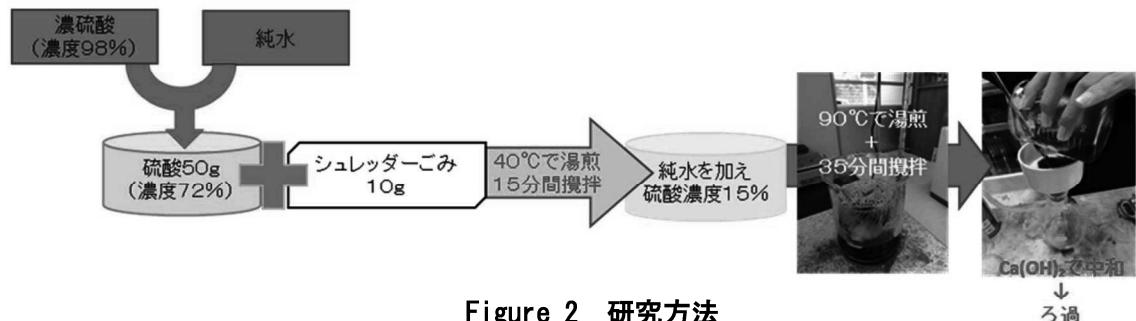


Figure 2 研究方法

(2) グルコースの確認

- ① 糖度計での測定
- ② 銀鏡反応による確認
 - (ア) アンモニア性硝酸銀水溶液に糖液を加えてお湯で温めた。
 - (イ) 発生した銀が試験管の内壁に付着し、鏡のようになった。
- ③ フェーリング反応による確認
 - (ア) フェーリング液に糖液を加えて、ガスバーナーで加熱した。
 - (イ) 酸化銅(I)の赤色沈殿が生じた。

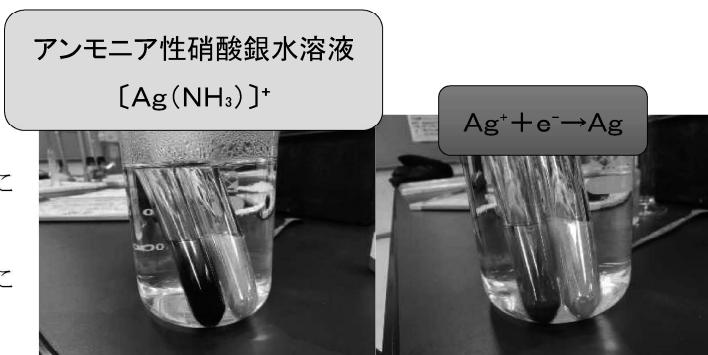


Figure 3 銀鏡反応

4 結果

- (1) シュレッダーごみを硫酸で分解し、中和したのちろ過すると、澄み切った黄色の溶液が得られた。ろ紙、上質紙、ざら紙で試したところ、いずれも同様の溶液が得られた。
- (2) 得られた溶液を糖度計で測定すると、1.8 %～2.9 %の測定値が出た。元のシュレッダーごみの質量と得られた溶液(糖液)の質量と糖度から、得られた糖の質量と収率を求めたところ、Table 1 のような結果になった。
また、得られた糖液は銀鏡反応やフェーリング反応を

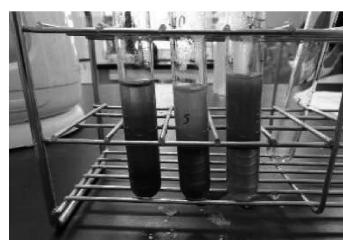


Figure 4 フェーリング反応

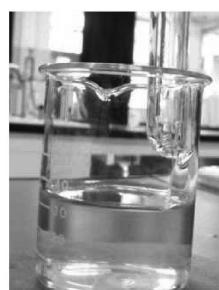


Figure 5 得られた糖液

示したため、還元性を含む糖であるグルコースが含まれているのではないかということが確認できた。

Table 1 シュレッダーごみから得られた糖の収率

実験日	シュレッダーごみ	硫酸	糖液	糖度	糖	収率
9/26	2.0g	10g	30.6g	1.8%	0.55g	27.5%
10/3	2.0g	20g	54.1g	1.8%	0.97g	48.5%
10/24	2.0g	20g	58.4g	1.6%	0.93g	46.5%
11/21	10g	50g	213.6g	2.3%	4.9g	49.0%
12/19	10g	50g	169.5g	2.9%	4.9g	49.0%

5 まとめと考察

- (1) シュレッダーごみから還元性のある糖（グルコース）を作れることを確認できた。
- (2) 原料となるシュレッダーごみの約 49 %を糖に変えることができた。
- (3) シュレッダーごみから糖を作るためには、多くの量の試薬が必要だった。

6 今後の課題

- (1) シュレッダーごみから作った糖からバイオエタノールを合成できるか。
→ アルコール発酵の活用班と協力
- (2) より少ない量の試薬で糖の収率を上げることを目指す。
- (3) 生成したグルコースの量を、ベルトラン法を用いてより正確に求める。

7 参考文献

- (1) 「糖含有物から効率よく糖を取り出す方法を探る」
<http://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H23ssh/sc3/31132.pdf>
- (2) 「高校農業 農業実験 還元糖の定量（ベルトラン法）」
http://weba6.gifu-net.ed.jp/~contents/kou_nougyou/jikken/SubShokuhin/09/genri.html
- (3) 『新編 化学』（東京書籍）

複素数を用いた直角三角形の研究

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 数学班

足立一真 大迫龍世 加治慧介 上吹越翼 川路拓夢 西村亨

要約

直角三角形と複素数を関連づけて直角三角形の研究を行った。

直角三角形 P は 2 つの数字の組 (m, n) , $(m > n)$ と 1 対 1 の対応がついているので、直角三角形 P をある複素数 $m+ni$ を用いて $P (m+ni)$ とあらわす。すると 2 つの直角三角形 $P (a+bi)$, $Q (c+di)$ から新しい直角三角形 $R (e+fi)$ を考えることができる。

ただし、新しい演算 Δ を使って、 $(a+bi) \Delta (c+di) = e+fi$ である。

Δ の定義：2 つの複素数 $a+bi$, $c+di$ に対して、 $(a+bi) \times (c+di)$ の実部を g , 虚部を h とすると、

$$g + hi (g \geq h \text{ のとき})$$

$(a+bi) \Delta (c+di) = e+fi := \{$ と定義する。

$$h + gi (h < g \text{ のとき})$$

この論文では、3 つの定理がわかった。定理 1 で新しい直角三角形の大きさ、定理 2 で新しい直角三角形の角度、定理 3 で新しい直角三角形の積の累乗についての性質を証明することができた。

1. 研究の方法

直角三角形と複素数を関連づけて直角三角形同士の演算を定義し、その性質を調べた。

2. 直角三角形を全て作り出す定理

3 辺の長さ a, b, c が自然数の直角三角形（ただし、 c は斜辺の長さ）の中で、 a, b, c の最大公約数が 1 のとき、ある正の整数 m, n ($m > n$ かつ m, n の片方のみ偶数) を用いて

$a=m^2-n^2, b=2mn, c=m^2+n^2$ (または、 $b=m^2-n^2, a=2mn, c=m^2+n^2$) という形で表せる。

また、正の整数 m, n ($m > n$ かつ m, n の片方のみ偶数) に対して

$a=m^2-n^2, b=2mn, c=m^2+n^2$ で作った自然数 a, b, c は最大公約数が 1 でかつ直角三角形の 3 辺の長さになる。

つまり、直角三角形は 2 つの数字の組 (m, n) と 1 対 1 の対応がある。そこで、3 辺が

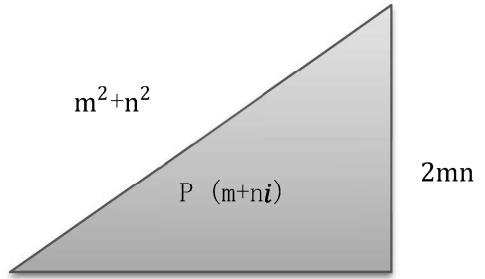
$a=m^2-n^2, b=2mn, c=m^2+n^2$ である直角三角形 P を複素数を用いて $P (m+ni)$ と表す。

複素数を用いた理由

複素数でなくても 2 つの数字の組からなるものは多くある。しかし、複素数の簡単な計算で

$$(m+ni)^2 = (m^2 - n^2) + 2mn i,$$

$|m + ni|^2 = m^2 + n^2$ がでてくる。先ほど出てきた値がすべて出てきているので、複素数を用いるといいことがありそうなので複素数を使った。



3. 研究結果

定理 1

二つの直角三角形 $P (a + bi)$, $Q (c + di)$ がある。

$(a + bi) \triangle (c + di)$ で求めた値に対応する直角三角形の斜辺の長さ $(ac - bd)^2 - (ad + bc)^2$ は直角三角形 P , Q の斜辺の長さの積 $(a^2 + b^2)(c^2 + d^2)$ に等しい。

定理 1 は複素数の乗法で定めた新しい直角三角形の大きさが、元の 2 つの直角三角形の大きさと、どのように関係しているかを示している。

(証明)

$$(a^2 + b^2)(c^2 + d^2) \\ = a^2 c^2 + a^2 d^2 + b^2 c^2 + b^2 d^2 \quad \dots \dots \textcircled{1}$$

$$(a + bi)(c + di) \\ = a c + a d i + b c i - b d \\ = (a c - b d) + (a d + b c) i \quad \dots \dots \textcircled{2} \text{ よって新しい直角三角形の斜辺の長さは} \\ (a c - b d)^2 + (a d + b c)^2 \\ = a^2 c^2 - 2 a b c d + b^2 d^2 + a^2 d^2 + 2 a b c d + b^2 c^2 \\ = a^2 c^2 + a^2 d^2 + b^2 c^2 + b^2 d^2 \quad \dots \dots \textcircled{3}$$

① ③より

$(a + bi) \triangle (c + di)$ で新しく作った直角三角形の斜辺の長さは直角三角形 P , Q の斜辺の長さの積 $(a^2 + b^2)(c^2 + d^2)$ に等しい

定理 2

$P (m + ni)$ に対して斜辺 $m^2 + n^2$ と底辺 $m^2 - n^2$ のはさむ角の角度を $\angle P$ とする。

このとき、 $P (a + bi)$, $Q (c + di)$ ならば

$$\angle R = (\angle P + \angle Q) \quad (\angle P + \angle Q < 90^\circ \text{ のとき})$$

$$\angle R = 180^\circ - (\angle P + \angle Q) \quad (\angle P + \angle Q > 90^\circ \text{ のとき})$$

ただし、 R は複素数 $(a + bi) \triangle (c + di)$ に対応する直角三角形とする。

定理 2 は複素数の乗法で定めた新しい直角三角形の形が、元の 2 つの直角三角形の形とどのように関係しているかを示している。

定理3

p と q は自然数で、 p は q より大きく、互いに素、片方のみ偶数である。このとき、複素数 $t = p + q i$ について、 $t^2 n \Delta$ (Δ の累乗) を以下のように定める。

$t^2 \Delta = t$, $t^2 (n+1) \Delta = (t^2 n \Delta) \Delta t$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) この時、1乗から順に出てくる複素数を第1項、第2項、第3項・・・と呼ぶ。ある自然数 n が存在して第 n 項目に初めて $t^2 n \Delta \neq t^2 n$ となる。また、

$$t^2 (k+2) \Delta = (p^2 2 + q^2 2) t^2 k \Delta \quad (k \geq n-1 \text{ のとき}) \text{ が成り立つ。}$$

(証明)

$$t^2 k = (\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 k (\cos k \alpha + i \sin k \alpha) \text{ とできる。}$$

$t^2 n$ のとき初めて実部<虚部 ($\cos n \alpha < \sin n \alpha$) となる仮定する。(明らかに $n \geq 2$ としてよい)

$$t^2 (n-1) \Delta = t^2 (n-1) = (p+qi)^2 (n-1) \cdots I$$

$$= \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 (n-1)\}$$

$$\times \{\cos(n-1) \alpha + i \sin(n-1) \alpha\} t^2 (n-1) \text{ は実部>虚部より } \cos(n-1) \alpha > \sin(n-1) \alpha \cdots \text{①}$$

$$t^2 n = (p+qi)^2 n = \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 n\} (\cos n \alpha + i \sin n \alpha) \quad t^2 n \text{ は実部<虚部より}$$

$$t^2 n \Delta = \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 n\} (\sin n \alpha + i \cos n \alpha)$$

$$= \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 n\} \{\cos(\pi/2 - n \alpha) + i \sin(\pi/2 - n \alpha)\} \cdots \text{II}$$

$$(t^2 n \Delta) t = \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 n\} \{\cos(\pi/2 - n \alpha) + i \sin(\pi/2 - n \alpha)\}$$

$$\times (\sqrt{p^2 2 + q^2 2}) (\cos \alpha + i \sin \alpha)$$

$$= \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 (n+1)\}$$

$$\times [\cos(\pi/2 - (n+1) \alpha) + i \sin(\pi/2 - (n+1) \alpha)]$$

$$= \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 (n+1)\} \{\sin(n+1) \alpha + i \cos(n+1) \alpha\}$$

①より $t^2 (n+1)$ は実部<虚部なので $t^2 (n+1) \Delta = \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 (n+1)\} \{\cos(n+1) \alpha + i \sin(n+1) \alpha\}$

$$= (p^2 2 + q^2 2) \times \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 (n+1)\} \{\cos(n+1) \alpha + i \sin(n+1) \alpha\}$$

$$= (p^2 2 + q^2 2) (p+qi)^2 (n+1)$$

$$= (p^2 2 + q^2 2) t^2 (n+1) \Delta \cdots \text{III}$$

同様にすると

$$t^2 (n+2) \Delta = (p^2 2 + q^2 2) t^2 n \Delta \cdots \text{IV}$$

$$t^2 (n+3) \Delta = \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 2\} t^2 (n-1) \Delta \cdots \text{V} \text{ この作業を無限に続けると}$$

I, II, III, IV, V, などにより

$$t^2 (n+1) \Delta = (p^2 2 + q^2 2) t^2 (n-1) \Delta t^2 (n+2) \Delta = (p^2 2 + q^2 2) t^2 n \Delta$$

$$t^2 (n+3) \Delta = \{(\sqrt{p^2 2 + q^2 2})^2 2\} t^2 (n-1) \Delta$$

•

•

•

(証明終わり)

4. まとめ

●直角三角形と複素数を結びつけることで新しい演算を考えることができた。また、その演算の色々な性質を調べる中で何度も知的興奮を味わうことができた。

●2つのことを関連付けていく手法は他のときにも有用なので、今後も研究をつづけていきたい。

5. 今後の課題

分数も2つの数字の組 (m, n) でできている。分数で直角三角形を表すと何が分かるかを考えたい。実際に現在研究中であり、面白い性質がありそうだが、今回の発表には間に合わなかった。

犬の性格と遺伝子の相関IV

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科

柴村隼 添田亜季 谷門愛花 西穂乃実 東海月 南千果

1. 動機・目的

性格は、生活を取り巻く環境によって形成される。しかし、特定の遺伝子の配列もその個体の性格形成に関与することがヒトや犬で報告されている。犬は、古くからヒトとともに生活し、現在、盲導犬や警察犬、猟犬、愛玩犬など様々な犬がヒトと共に存し、社会に大きく貢献している。これらの役割を持つ犬は、性格により向き不向きがあるが、遺伝子により性格の本質がある程度決まると言えば、用途に適した遺伝子を持つ幼犬をあらかじめ選び、より優れた犬を育成することが可能になる。このことから、本研究では、性格と遺伝子の相関を明らかにする。

2. 研究方法

- ①動物愛護センターで無作為に4匹の犬を選び、犬の行動を観察する。(表1)
- ②①の犬の白血球からDNAの抽出をする。
- ③PCR法により、目的遺伝子DRD4の増幅をする。
- ④③で増幅した遺伝子サイズを予測するため、電気泳動により図1の検量線を作成し測定値を求める。また、すでに報告されているDRD4遺伝子を参考に予想値を求める。(表2)
- ⑤シークエンサーによって、性格遺伝子の塩基配列及び塩基対数を正確に同定する。
- ⑥アミノ酸配列を決定し、その配列の特徴を分析して性格と遺伝子の相関を見出す。

表1 行動観察による各犬の性格

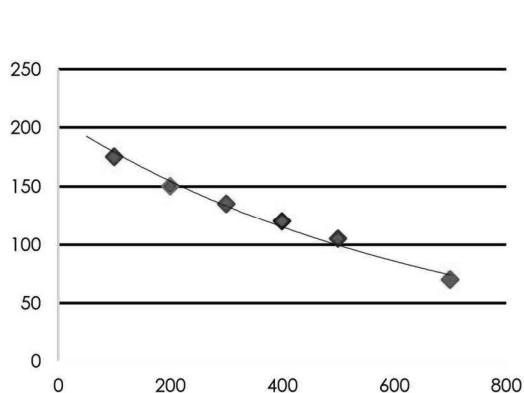


図1 DNAマーカーの移動距離とDNA断片との相関
(PCRで増幅されたバンドサイズを予想するための検量線)

	犬種	性格
1	ペリー ♀ (雑種)	・おとなしく、温厚で懐っこい ・警戒心が強い(攻撃的)
2	リク ♂ (雑種)	・おとなしく、温厚で懐っこい ・警戒心が強い(怖がり)
3	あんこ ♀ (雑種)	・おとなしく、温厚 ・警戒心が強い(怖がり)
4	セイシロウ ♂ (雑種)	・おとなしくはない ・採血時嫌がって噛もうとする

3. 結果

行動観察と飼い主の証言から判断した各犬の性格は、表1のようになった。電気泳動とシークエンスによる各犬のDRD4遺伝子の塩基対数は、表2のようになった。ほとんどの犬は、電気泳動から推定した塩基対数とシークエンサーで決定した塩基対数の値が一致、あるいは近い値となった。

表2 電気泳動から測定した DRD4 遺伝子とシークエンサーで決定した DRD4 遺伝子

名前	電気泳動の測定値(bp)	予想 DRD4 遺伝子(bp)	決定した DRD4 遺伝子(bp)
1 ペリー	431	435	447b
2 リク	488/445	486/447	447b/486
3 あんこ	447	447	447b
4 セイシロウ	556/460	549/447	447b/549

表3 各犬の性格と遺伝子の相関 (●・・・主にみられる性格 ▲・・・環境要因が含まれている可能性がある性格)

	性別と犬	気が弱い		穏やか ← → 活発・活動的					気が強い		
		怖がり 臆病	警戒心 (弱気)	おとなしい 優しい 寛容	温厚 懐っこい	よく吠える (機嫌良く)	騒々しい はしゃぐ	頑固 自己主張	警戒心 (強気)	攻撃性	
396	♀/くらら (ビーグル)			●		●					
435	♂/団十郎 (ビーグル)					●					
	♀/かごしま (ビーグル)					●	●				
447a	♀/ライン (ラブラドール レトリバー)	●	●			▲					
	♂/とうや (雑種)		●	●		●					
447b	♂/セイシロウ (雑種)						●	▲		▲	▲
	♀/ペリー (雑種)				●	●	●	●	▲		▲
	♂/リク (雑種)				●	●		●	▲		
	♀/あんこ (雑種)				●				▲		
486	♂/リク (雑種)				●	●		●	▲		
549	♂/セイシロウ (雑種)						▲	▲		▲	▲

塩基配列からわかった各犬の遺伝子と性格をまとめると、表3のようになつた。昨年度の結果もふまえ、塩基配列からわかった各犬の遺伝子と性格をまとめると、396bp・435bp・447bp[a]では温厚で優しい性格となり、447bp[b]では温厚で懐っこいが騒々しい性格、486bp・549bpでは神経質で警戒心が強くよく吠える性格になると考えられる。

表4 参考文献による①～⑫の塩基配列から求めたアミノ酸配列

①GPGGGGLPSGLPW →①	⑦GSGGGLPSGLPW →①	A : アラニン G : グリシン
②GLPW →②	⑧SLPW →②	L : ロイシン W : トリプトファン
③GSGGGLPSGLPW →①	⑨GPGGGGLPSGLPW →①	P : プロリン Q : グルタミン
④SLPW →②	⑩GPGGGGLPSGLLL	S : セリン
⑤GPGGGGLPSGLPW →①	⑪GAGGGGLSS	①→GPGGGGLPSGLPW
⑥GLPW →②	⑫GPGGGGLQWGL	②→GLPW

DRD4 の塩基配列には特徴があり、①～⑫の 12 種類のパターンが存在する。

①～⑫の塩基配列群の組み合わせにより、DRD4 の種類が特定できる。そこで、①～⑫の塩基配列を 3 つずつに分け、それぞれアミノ酸配列を特定した。①～⑫の塩基配列をアミノ酸配列で並べると表4のようになつた。

表4を見ると、①・⑤・⑨は同じアミノ酸配列になっていることが分かつた。また、③・⑦は①・⑤・⑨とは 1 塩基違ひで、もともとは同じものだと推測、仮定し、すべて①の配列と考えた。同様に、②・⑥、④・⑧もそれぞれが同じ配列で 1 塩基違ひであるため同じものとみなし、すべて②の配列と考えた。

さらに見てみると、①の配列の最後の 4 つのアミノ酸は②の配列と同じになっていることが分かつた。そのため、図2のように①をさらに分けて考え、DRD4 ごとに①と②を配列した。
(表5)

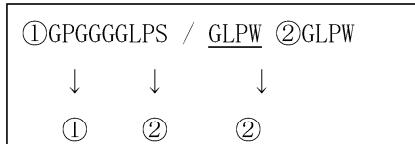


図2 アミノ酸配列の繰り返し構造

表5 各遺伝子における繰り返し配列

DRD4		
396bp	①②①②②①	G : グリシン L : ロイシン
435bp	①②①②②①②①	S : セリン P : プロリン
447bp[a]	①②①②②①②②①	W : トリプトファン
447bp[b]	①②②①②②①②①	
486bp	①②①②②①②②①②①	
498bp	①②②①②②①②②①②①	【繰り返し配列】
549bp	①②②①②②①②②①②②①②①	①GPGGGGLPS ②GLPW

4. 考察

①②②の繰り返しの回数が多いほど、つまり塩基対数が多いほど気が強い性格になり、塩基対数が小さいほど気が弱い性格であるという傾向がみられた。そこで、繰り返しの回数が少ないほどドーパミンが結合しやすい受容体の構造をしており、繰り返しの回数が多いほど結合しにくい構造をしているのではないかと推測した。さらに、上図から 396bp・435bp・447bp [a]・486bp のように繰り返し配列の最初が①②①…の構造を持つときはおとなしいという共通の性格が見られた。また、447bp [b]・498bp・549bp のように繰り返し配列の最初が①②②①…の構造を持つときは警戒心が強い（強気）という共通の性格が見られた。ということから、①②①の構造に②が挿入されることで受容体の構造になんらかの影響を及ぼしていると推測した。

5. 今後の課題

- ・アミノ酸配列からタンパク質（ドーパミン受容体）の最終の立体構造を求め、性格と遺伝子の相関を明確にする。
- ・個体数を増やし、データの信頼性を高める。

6. 謝辞

この研究を進めるにあたって、ご指導ご協力をいただいております以下の方々に感謝します。

・鹿児島大学共同獣医学部 三浦直樹准教授

　　ライ・ユーチャン先生

・鹿児島県動物愛護センター

花渡川で発見した日本新記録種の *P. shikueii* について

鹿児島県立錦江湾高等学校 3年

福島華帆 山本龍宙 若松歩 有村未夢 清水菜々子 立石ひめ乃 松野下絢

要約

日本に生息しているイソゴカイはスナイソゴカイとイシイソゴカイの2種である。鹿児島県枕崎市花渡川に生息するイソゴカイは、これまで、スナイソゴカイとされてきた。今回、花渡川で採集したイソゴカイは、生息場所及び頸片の形状でスナイソゴカイの特徴と違いが認められた。そこで、採集したイソゴカイを同定するため、詳細な頸片の観察と16SrRNA 遺伝子の塩基配列を調べた。その結果、花渡川のイソゴカイは日本新記録種の *P. shikueii* であることがわかった。

1 研究の目的

枕崎市花渡川で採集されるイソゴカイは、本来、スナイソゴカイとされてきた。しかし、スナイソゴカイの生息場所は主に砂の中(Fig. 1 青枠)であるが、今回採集された花渡川のイソゴカイは牡蠣殻(Fig. 1 赤枠, Fig. 2)に生息していた。形態的特徴(ゴカイの種の同定を行う時に指標となる頸片)の観察をすると、日本における生息が報告されていない *Perinereis shikueii* に似ていることが分かった。そこで、採取した花渡川のイソゴカイについて頸片の詳細な観察及びミトコンドリア 16SrRNA 遺伝子の塩基配列を調べ、比較することで、花渡川のイソゴカイはスナイソゴカイなのか *Perinereis shikueii* ののか、種の同定を行った。



Fig. 1 花渡川の様子

水色：スナイソゴカイ生息場所

赤色：*P. shikueii* の生息場所



Fig. 2 牡蠣殻

2 研究方法

花渡川で3回にわたり採取したサンプル(2016.5.8 / 2016.11.13 / 2017.1.31)の顎片を実体顕微鏡で観察した。

ミトコンドリア 16SrRNA 遺伝子の塩基配列の比較(2016.5.8 採取のみ)

- ① 花渡川で採取した6匹のイソゴカイを99%エタノールで固定
- ② Promega社の Wizard Generic DNA purification Kit を用いてDNAを抽出
- ③ PCR法により抽出した遺伝子を増幅
- ④ PCR法の後、電気泳動にかけ、目的とするバンドを切り出す
- ⑤ GM biolab社の Pus Gel Elution Kit を用いてミトコンドリア 16SrRNA 遺伝子の塩基配列を決定
- ⑥ AB社 Big Dye Terminator3.1Kit を用いてシークエンス反応の後、シークエンサーによりミトコンドリア 16SrRNA 遺伝子の塩基配列を決定
- ⑦ 近隣結合法(⑤で得た塩基配列とオーストラリアノーザンテリトリー博物館から提供を受けた三種 *P.mictodonta*, *P.shikueii*, *P.wilsoni* 12個体のミトコンドリア 16SrRNA 遺伝子の塩基配列)により系統樹を作成した。

3 研究結果

(1)顎片の観察

花渡川で採取したイソゴカイの顎片の観察結果をFig. 3とTable1に示した。5月に採取した個体(幼体)では、V区は *P.shikueii* の特徴を持っているが、VI区はスナイソゴカイの特徴をもっている。VI区に着目すると、11月に採取した個体では棒状と点状の中間的な2形状となり、1月に採取した個体では点状となった。このことから、花渡川のイソゴカイは成長に伴い、棒状であったものが分かれて点状に変化すると考えられる。顎片の観察結果から花渡川のイソゴカイは *P.shikueii* と同定される。

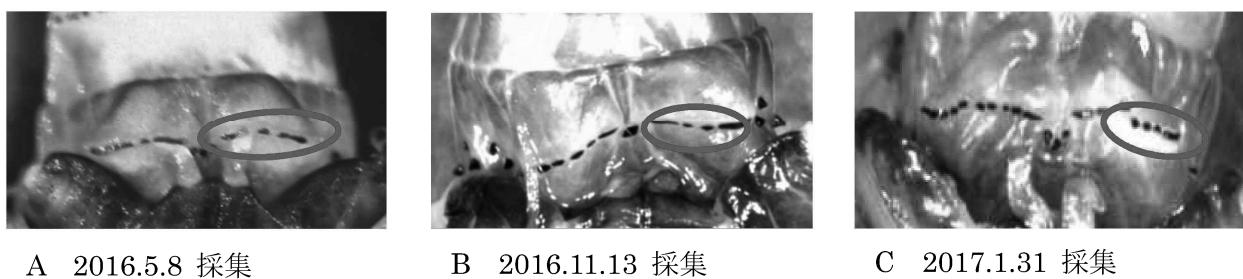


Fig. 3 花渡川で採取したイソゴカイの顎片

Table1 頸片の観察結果

	V区	VI区
花渡川のゴカイ(2016.5.8)	広がった逆三角形	棒状
花渡川のゴカイ(2016.11.13)	広がった逆三角形	棒状と点状
花渡川のゴカイ(2017. 1.31)	広がった逆三角形	点状
スナイソゴカイ(<i>P.mictodonta</i>)	三角形	棒状
<i>P.shikueii</i>	広がった逆三角形	点状

(2)ミトコンドリア 16SrRNA 遺伝子の塩基配列の比較

Fig. 5 は花渡川で採取したイソゴカイと標準サンプルのミトコンドリア 16S r RNA 遺伝子の塩基配列比較から作成した系統樹である。Fig. 5 から花渡川で採取したイソゴカイはスナイソゴカイ(*P. mictodonta*)とは全く別のクラスターを形成し、*P. shikueii* と同じクラスターに属することが分かる。このことから、花渡川に生息するイソゴカイは、ミトコンドリア 16S r RNA 遺伝子の塩基配列の比較から、スナイソゴカイではなく *P. shikueii* と同定される。

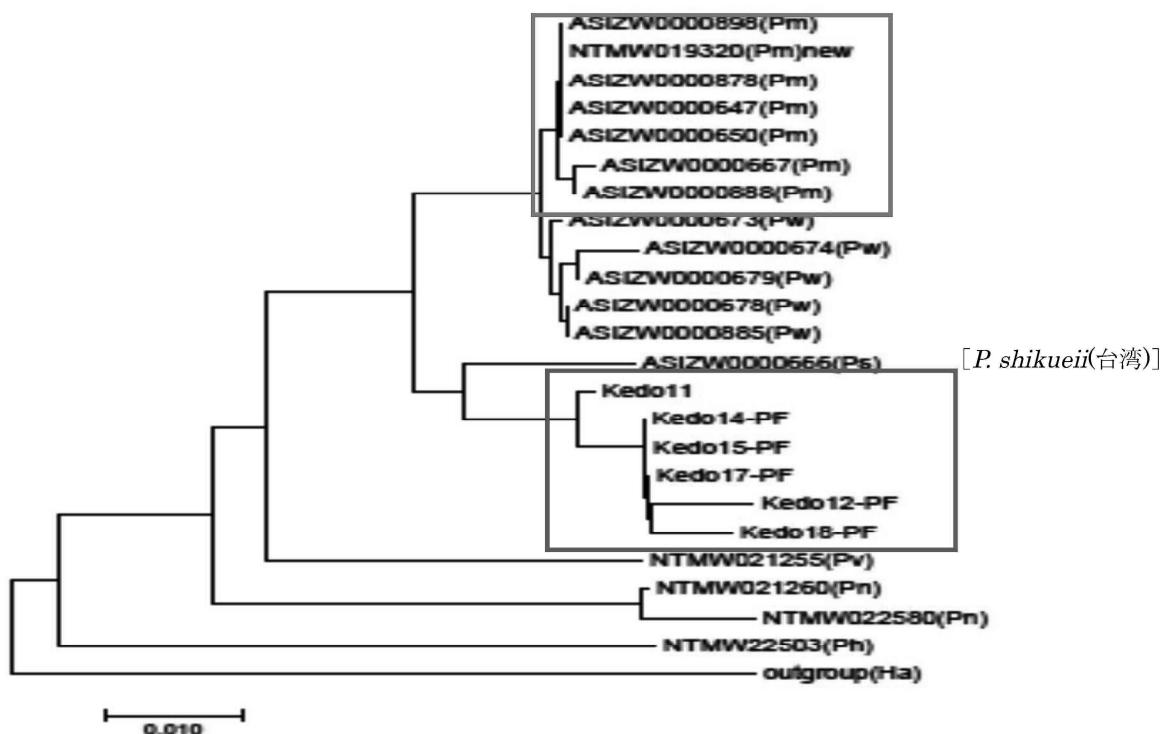


Fig. 5 近隣結合法により作成した系統樹

緑枠 スナイソゴカイ

赤枠 花渡川のイソゴカイ

4 考察

花渡川で採取したイソゴカイは顎片の観察とミトコンドリア 16SrRNA 遺伝子の塩基配列の比較から *P. shikueii* と同定できる。*P. shikueii* はこれまで国内での生息は報告されていないため日本新記録種である。図 3 の系統樹から判断して、花渡川のイソゴカイは台湾に生息する個体から派生して分化したと考えられる。幼生が黒潮に乗って日本にたどり着き、国内で生息するようになったのかもしれない。塩基配列のより詳しい比較が必要である。

5 今後の課題

今回の研究で花渡川に *P. shikueii* が生息していることが判明した。このことから他の河川にも生息していると考えられる。今後、鹿児島県の河川において *P. shikueii* の分布状況を幅広く調べていきたい。

6 参考文献

「環形動物 多毛類」 今島 実

7 謝辞

この研究を実施するにあたり、鹿児島大学大学院理工学研究科の塔筋弘章准教授をはじめ、大学院生の木尾さん、他多くの学生方にご指導をいただきました。厚く御礼申し上げます。また、オーストラリアノーザンテリトリー博物館、台湾中央研究院生物多様性研究博物館よりサンプルの提供を頂きました。厚く御礼申し上げます。

ホタルのお尻を change the color

—蛍光タンパク質をホタル発光タンパク質に融合させる—

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科三年 化学班
古市大雅 松田譲斎 緒方森理 前田拓良 前原宏太

要旨

ホタルがもつ発光タンパク質ルシフェラーゼは黄緑色に発光し、食品衛生検査や生体内イメージングに用いられている。しかし、これまでのイメージングは黄緑色のみのモノクロであった。発光色を変えることができれば、より複雑なイメージングが可能となる。本研究ではホタルルシフェラーゼと蛍光タンパク質 Mcherry を融合させることで、黄緑色の発光色を赤色に変えることに成功した。

1. 研究の背景と動機

ホタルのお尻の光は化学反応による生物発光で、「ホタルルシフェラーゼ」という発光タンパク質が使われており、発光波長は 560 nm で黄緑色を示す。ルシフェラーゼは食品衛生検査においては微生物数の測定、生体内イメージングにおいては体内の特定物質の分布測定に用いられている。しかし、これまでのイメージングは光が「ある」か「ない」かや、強度の違いのみで表される「モノクロ」であった。

ルシフェラーゼの色を変えることができれば、微生物の種類で色分けしたり、正常な細胞と異常な細胞を色分けすることが可能になる。しかし、このような研究はまだ報告されていない。

本研究ではルシフェラーゼを蛍光タンパク質に融合させて発光色を変えることを目的とした。

2. 実験の原理

BRET (Bioluminescence Resonance Energy Transfer)

BRET とは生物発光エネルギーが蛍光タンパク質に移動する現象のことと言う（図 1）。本研究では、遺伝子操作を行い、ホタルルシフェラーゼと蛍光タンパク質を融合させ、BRET が起こることを期待した。ベクターであるホタルルシフェラーゼの N 末端側に蛍光タンパク質、Mcherry を繋ぐ場合をパターン①とし、ホタルルシフェラーゼの C 末端側に蛍光タンパク質 Mcherry を繋ぐ場合をパターン②とした。パターン①とパターン②では、タンパク質同士の距離が異なる。この 2 パターンで発光波長に変化があるか実験した。

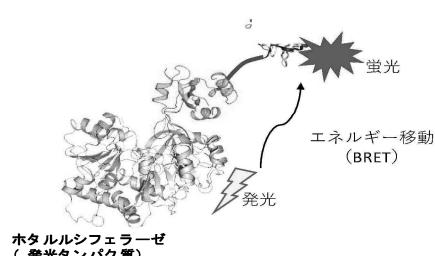


図 1. BRET の模式図

3. 研究方法

- 実験① PCR 法により、ホタルルシフェラーゼ (LucG) と蛍光タンパク質 (mCherry) の増幅を行った。装置は BioRAD の ChemiDoc XRS+を用いた。
- 実験② SLiCE 反応による相同組み換えにより、ルシフェラーゼと蛍光タンパク質の DNA を結合させ、次に大腸菌 J M 1 0 9 株の形質転換を行い、コロニーPCR によるインサート挿入確認をして、挿入を確認したクローニングのプラスミド抽出を行った。
- 実験③ 2 種類のプラスミドを用いて大腸菌 B L 2 1 株を形質転換し、200 ml スケールで大量培養した。その後コールドショックによるタンパク質発現誘導を行い、無菌状態にて一晩培養して集菌した。さらに大腸菌を超音波破碎し、タンパク質精製、SDS-PAGE による確認で mCherry を LucG の N 末端と C 末端に結合する 2 種類を得ることができた。
- 実験④ 発光測定・機能解析 精製した 2 種類の融合タンパク質を発光波長をスペクトルメーターを用いて測定した。



図 2. PCR 装置

4. 結果と考察

実験①について、図 3 は PCR 法によって得られた試料を電気泳動させたものである。この図の 2 ~ 5 列目のバンドより目的のDNA が増幅したことが分かる。

実験④について、図 4 は蛍光タンパク質 mCherry をホタルルシフェラーゼ LucG の N 末端側に結合させた (パターン①)、蛍光タンパク質を C 末端側に結合した (パターン②) およびワイルドタイプ (WT) の発光スペクトルである。この図からパターン①560 nm と 610 nm の 2 つのピークが見られた。また目視による色の確認においても赤色になった。

このことからルシフェラーゼの N 末端に蛍光タンパク質を結合させることで発光色を黄緑色から赤色に変化させることができたといえる。

これは 2 つに物質の距離が一定に保たれうまくエネルギー移動が起こったためだと考えられる。

また、パターン②では 560 nm (黄緑色) の発光波長が得られた。

このことから N 末端に結合するか C 末端に結合するかで発光色に変化があるということが分かる。これはエネルギー移動の起こりやすさが原因だと考えられる。

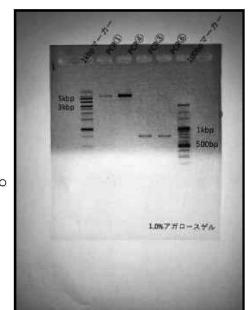


図 3. PCR 実験結果

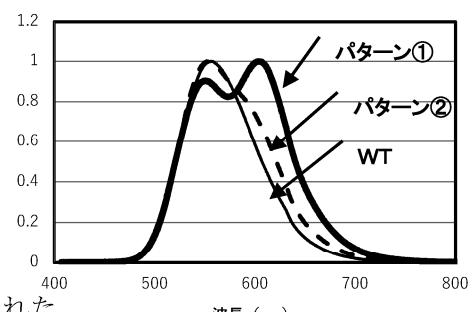


図 4. LucG・mCherry 結合タンパク質の発光スペクトル

5. まとめ

今回はホタルの発光タンパク質の発光色を変化させることを目指して研究を行い、ホタルルシフェラーゼと蛍光タンパク質の融合タンパク質を合成することで赤色に発光させる

ことに成功した。これは、2つの物質の距離が一定に保たれ、うまくエネルギー移動が起ったためだと考えられる。また、同じタンパク質同士の融合でも、結合の仕方で発光色に違いが見られた。具体的にはルシフェラーゼのN末端に蛍光タンパク質を結合させたときは赤色になり、C末端に結合させたときは黄緑色になった。これはエネルギー移動の起りやすさによる違いによるものだと考えられる。

6. 今後の課題

ホタルルシフェラーゼを他の様々な色に発光させることにも挑戦して、医療面や衛生面等への応用につなげていきたい。

7. 謝辞

本研究を行うにあたり、鹿児島大学 助教加藤太一郎様に、たくさんの助言をいただきました。また、TA の鶴田篤弘様にも丁寧なご指導を頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

8. 参考文献

丹羽 一樹, 「生物の発光とルシフェラーゼの科学」, 生物工学会誌, 2015, 93, 407-410.

管楽器の音程の温度特性に関する研究

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 音楽班

川口竜輝 重田玲奈 山下紗理奈 池端哲 上田竣太 今玉利優香

要約

私達は、管楽器の音程がその時々の環境の温度に大きく左右されるかどうかを調べた。トランペット、アルトリコーダー、ソプラノリコーダーそれぞれの楽器を、夏の暑い時期と冬の寒い時期に演奏した。その結果、気温の上昇とともに周波数も上昇することが分かった。

1. 研究の目的

管楽器経験のあるメンバーから、「管楽器の音程（＝ピッチ）がその時々の環境の温度に大きく左右されるのはなぜか」という疑問が提起された。これについて、原理を詳しく調べ、温度によってどれだけ音程に変化が起こるか知りたいと思ったのが本研究の目的である。

2. 研究の背景（基本原理）

一般的に言えば、管楽器のピッチは夏の暑い時期には上がりやすく、逆に、冬の寒い時期は下がりやすい傾向にある。そこで、高等学校物理基礎の教科書などを基に考察した。その結果、楽器の熱膨張の影響は無視でき、音速の影響のみを考慮すればよいことが分かった。気温とピッチや周波数との関係は以下の通りである。

(1) 気温と音速の関係

音速 (V) は気温 (t) によって決まる。

$$\text{音速 } (V) = 331.5 + 0.6 \times \text{温度 } (t) \cdots ①$$

(2) 音速と周波数の関係

$$\text{音速 } (V) = \text{周波数 } (f) \times \text{波長 } (\lambda) \cdots ②$$

(3) ピッチと周波数

音程は周波数 (f) の違いによって決まる。周波数が大きければ大きいほど音程は高くなる。

式 ①②より、温度が上がれば周波数が大きくなる（＝音程が上がる）ことが分かる。

3. 実験方法

気温の異なる 5 つの条件下（約 5°C, 10°C, 20°C, 25°C, 30°C）で、身近な楽器 3 種類（トランペット、ソプラノリコーダー、アルトリコーダー）で A（実音でラ、周波数は通常値 442Hz）の音を吹き、それぞれの周波数 (Hz) を測定し、楽器先端部の温度と周波数との相関を求めた。

【測定方法】

- ① 各温度の部屋で、各楽器 2 回ずつ A の音を吹き、マイクを通して録音する。
- ② 吹奏前後の楽器先端部の温度を測定する。
- ③ 録音した音を再生し、周波数 (Hz) を測定する。より正確なデータを得るために、FFT とチュナーの 2 種類の機器を用い、各楽器 5 回ずつ測定し、その平均値を割り出す。

4. 実験結果と考察

図 1～3 は、それぞれの楽器の温度による周波数の変化を示したものである。図中の実線は基本原理で示した理論値（20°C で 442Hz）であり、点線は実測値から求めた回帰直線である。3 種類の楽器すべてにおいて気温の上昇とともに周波数 (Hz) が上昇する結果が得られた。

ただし、トランペットとアルトリコーダーでは理論値に近い変動（傾き）であったのに対しソプラノリコーダーではわずかな変動にとどまった。この理由は、ソプラノリコーダーでは A の音程を演奏

する際に頭部管に近い2つの音孔のみを閉じる構造のため、先端部での計測では頭部管内で変動した温度を正しく測定できなかつたためと考えられる。

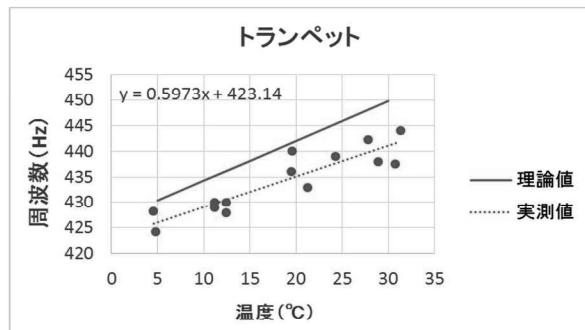


図1 トランペットの温度による周波数の変化

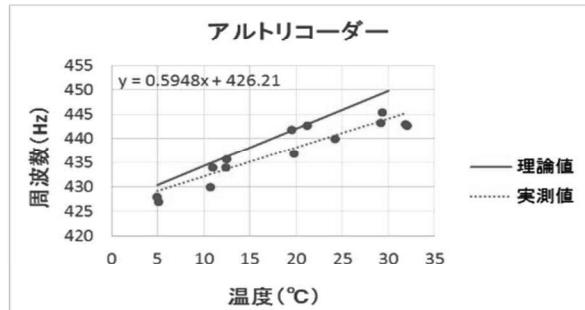


図2 アルトリコーダーの温度による周波数の変化

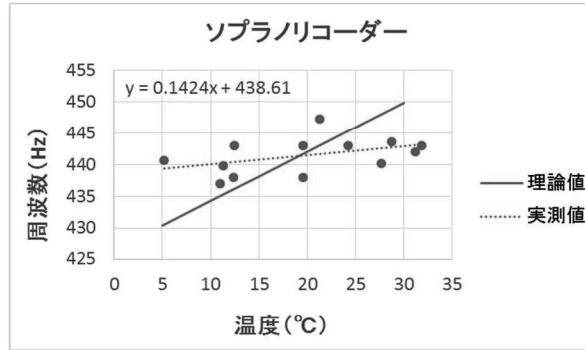


図3 ソプラノリコーダーの温度による周波数の変化

5. 今後の課題

今回使用した3種類の管楽器のほか、異なる種類の楽器でも試し、より多彩なデータを得る。毎回異なる環境でも良いコンディションで演奏ができるよう、今回の研究では触れなかつた湿度など、ほかの要因にも着目する。

6. 謝辞

今回の研究を進めるに際し、鹿児島大学理工学研究科の大塚昨一教授とTAの但靖さんには、音速の計算の仕方など理論の講義をしていただくほか、FFTによる楽器の波形測定やプレゼンテーションの作成指導など、さまざまな面で多大なるご協力をいただきました。本当にありがとうございました。

7. 参考文献

教科書「高等学校新物理基礎（改訂版）」（第一学習社出版）

砂浜における水みち形成に関する研究

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科3年 SC地学班
青柳 涼華・飯伏 玲奈・神野 真希・濱崎 千奈・福守 育

要旨

地下水の水位と海水面の水位と水みちの関係性、水みちによる砂の運搬を調べるために、水槽に砂浜を作り、水を入れポンプで吸い上げて水みちのでき始めの高さと移動した砂の量を測った。

海水面の水位から水みちのでき始めの高さは斜面勾配が小さいとき高さは大きく、斜面勾配が大きいとき高さは小さい。また、斜面先端から高さ 2 cm の砂の量を測ったところ斜面勾配が大きいとき移動した砂の量が多いことがわかった。海水面から一定の位置に地下水が流出すると考えられ、傾斜が大きくなると流速が大きくなるので砂の移動量は増えると考えられる。

1 はじめに

砂浜における水みちとは、地下水が地上に現れ、それぞれの筋が細い河川のように海に向かって流れが形成されたものである。実際に引き潮の時に宮ヶ浜へ行き水みちを観察した。

2 研究の目的・仮説

観察したことによりふたつのことを目的として研究をすることにした。

一つ目は地下水の水位と海水面の水位と水みちのできる位置の関係性を調べるということ、二つ目は水みちによる砂の運搬を調べるということである。これらを調べるために水槽を用いて室内でのモデル実験を行った。

実験を行うにあたって仮説を立てた。一つ目は地下水の水位が砂浜内部の地下水の水位より低くなると浸透流が生じてある高さで流出するのではないかということ、二つ目は水みちが形成されると砂が運搬されるのではないかということだ。

3 実験方法

砂は、錦江湾高校の地学室に保管されていた砂場用の砂と吹上浜の砂を混ぜて、目開き 2.0 mm のふるいで分別したものを使用した。砂 400 g を目開き 0.063 mm, 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm のふるいにかけ粒径の積算分布図を作成した。図 1 にその結果を示す。

3 回測定を行い、0.25 mm～1.0 mm の割合が約 75% を占めた。

幅 38 cm、高さ 38 cm、横の長さ 83 cm の水槽に乾いた砂を入れ、ハケとスコップを使い斜面勾配 17°, 25° の砂浜をつくり、A を海側、B を陸側と考える。斜面先端から横 66.5 cm、山の頂点から横 18.6 cm は固定し、17° のとき一番高いところは 17.5 cm、B 側を 7.5 cm、25° のとき一番高いところを 22.0 cm、B 側を 12.3 cm とした。実験前に斜面先



図 1 宮ヶ浜の水みち

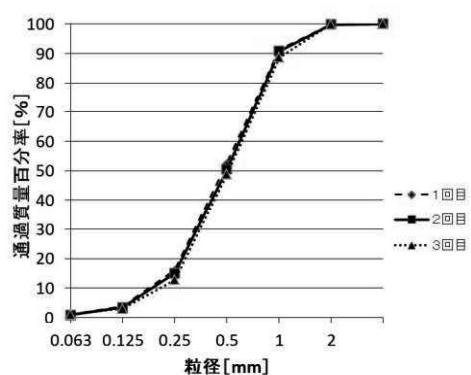


図 2 粒径積算分布図

端から高さ 2 cm までの砂の量を測り、戻して形を整え、両側に基準水位まで水をいれていく。そのとき、なるべく波を立てないように水を水槽の壁をつたわせて入れた。

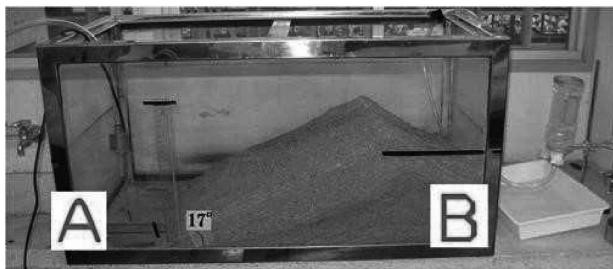


図 3 実験装置



図 4 注入・吸収ポンプ

B 側の水位を注入ポンプを使って一定に保ち、A 側の水を吸引ポンプで吸い上げる。B 側の水位を一定に保つのは地下水位は変化しないと仮定したからである。また、A 側の水を吸い上げるのは引き潮を想定し再現するためである。吸引ポンプが水を吸い上げなくなった時点で実験を終了とし、実験前と同様に斜面先端から高さ 2cm までの砂の量を測る。

注入ポンプは 2 L のペットボトルの底を切り、側面に穴をあけたものである。ホースで水を入れ、ペットボトルを上下に動かすことによって B 側の水位を一定に保つことができるようとした。ここでの一定の水位とは斜面勾配 17° のとき 14 cm, 25° のとき 19 cm である。

実験開始後約 10 分頃には多くの水みちができ、その水みちによって砂が運ばれている様子が見られた。どの実験でも水みちは 10 本ほど形成された。また、宮ヶ浜で観察したときと同様に複数の水みちの筋が合流しているのも見られた。

4 実験結果

まず、1 本目から 10 本目まで水みちができ始めた高さ—海水位を計算し、それぞれの数値を出した。

斜面勾配が 17° のとき、

実験 I と実験 II の平均は

1.65 cm, 斜面勾配が 25° の

ときの平均は 1.27 cm となった。それぞれの実験で数値にはばらつきはあるものの、平均値は同じような値が出た。

次に、実験前と同様に斜面先端から高さ 2 cm の砂を取り出し、十分に乾かした後、計測した。水みちによって移動した砂の量は、斜面勾配が 17° の実験 I では 304.9 g, 実験 II では 361.2 g, 斜面勾配が 25° では 2494.1 g となった。これより斜面が急になると水みちによって移動した砂の量が増加することがわかった。

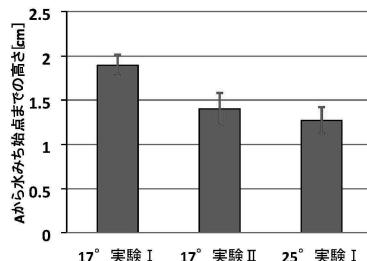


図 5 A から水みち始点までの高さ

表 1 A から水みちの始点までの高さ

	17° 実験 I [cm]	17° 実験 II [cm]	25° 実験 I [cm]
1本目	2.1	0.9	0.9
2本目	2.1	2.0	0.9
3本目	1.9	1.3	1.0
4本目	1.7	1.5	1.4
5本目	2.4	1.1	1.0
6本目	1.2	0.6	0.5
7本目	1.9	0.7	1.3
8本目	1.9	1.7	2.0
9本目	-	1.5	2.0
10本目	-	2.7	1.7
平均	1.9	1.4	1.27

表 2 斜面先端から高さ 2 cm

実験前の砂の量[g]	実験後の砂の量[g]	移動した砂の量[g]
17° 実験 I	1169.4	1474.3
17° 実験 II	1165.1	1526.3
25° 実験 I	797.8	3291.9
		2494.1

5 考察

地下水が海に向かって流れようとするため、海面から一定の位置に地下水が流出すると考えられる。また、傾斜が大きくなると流速が大きくなるため移動する砂の量が増えると考えられる。

6 今後の課題

斜面勾配の異なる砂浜や粒径の異なる砂を用いて実験を行い、水みちができる条件や関係性をさらに調べていきたい。さらに、現地調査を行い、実際の砂浜における水みちの形成の仕組み・規則性を調べ、実験の再現性を高めていきたい。今日の日本では砂浜の縮小が問題視されている。これは、私たちが研究した水みちの形成による砂の運搬も原因のひとつであると考えられているので今後の研究につなげていきたい。

7 謝辞

本研究を行うにあたり、鹿児島大学大学院理工学研究科海洋土木工学専攻 柿沼太郎准教授 加古真一郎助教に実験方法、データ解析などについてご指導いただいた。

8 参考文献

- (1) 柿沼太郎：砂浜の地下水,鹿児島大学環境報告書 2011, pp.39-40
- (2) 永田佑輔・柿沼太郎：砂浜における水みち形成過程の水理実験, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.347-348, 2012

火山灰の浸透性について ～水はどのように浸透するのか～

鹿児島県立錦江湾高校 S R 物理班
理数科 3 年 秋元 悠吾 江口 七生樹
東龍之介 河野 龍也 千葉 悠大 味園 優真

1 目的

水が火山灰に浸透する様子の観察方法を確立して、桜島の火山灰の影響を受けやすい鹿児島県において水が地下に流れる様子を理解するために基礎的なシミュレーション実験を行う。また、火山灰(粒子)に水が浸透するとき、影響を与えるものは何かを知り、「浸透する時間」と「水が浸透する深さ」の関係を考察する。

実験目的

- ・水が火山灰に浸透する様子の観察方法を確立し、鹿児島県において水が地下に流れる様子を理解するために基礎的なシミュレーション実験をする。
- ・火山灰(粒子)に水が浸透するとき、影響を与えるものは何かを知る。
- ・「浸透する時間」と「水が浸透する深さ」の関係を考える。

図 1. 実験の目的

2 実験方法

火山灰:50ml を試験管の底に入れ、その上から水: M_0 [ml]を浸透させる。その様子をスマートフォンで動画撮影をし、浸透する時間と深さ(水の最先端が進む時間と深さ)を測定した。

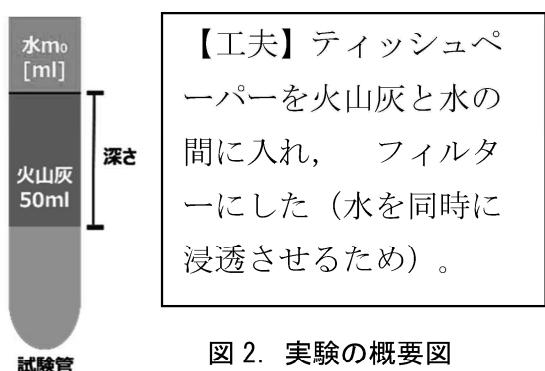


図 2. 実験の概要図

3 結果

表 1. 浸透した深さの時間変化

浸透した深さ x [mm] の時間変化

時間 [s]	浸透させる水の量 m_0 [ml]				
	$m_0=10$	$m_0=15$	$m_0=20$	$m_0=25$	$m_0=30$
0	0	0	0	0	0
15	20	23	37	24	20
30	30	30	48	37	25
45	37	33	54	43	32
60	41	39	57	45	36
75	42	46	57	47	38
90	42	46	57	53	43
105	42	46		56	46
120				57	52
135				57	58
150				57	62
165					66

10m l ~ 30m l の 5m l ずつ増やして 15秒間隔で測定。そして、浸透する水が止まったところで測定を終了した。

浸透した深さ x - 時間 t グラフ

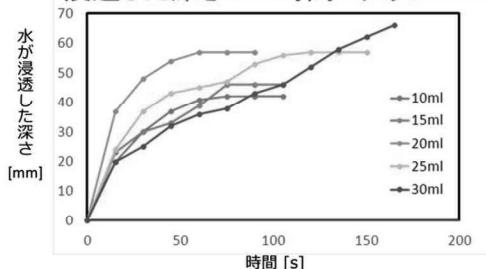


図 3. 浸透した深さと時間の関係

グラフ・表より水の量が多いほど、水が深く浸透する。(浸透する深さは、水の量と関係している。) 浸透する速さは、水の量だけでは決まらない。

4 実験中に気づいたこと

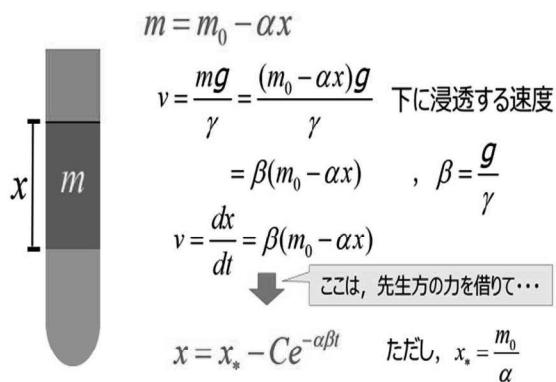
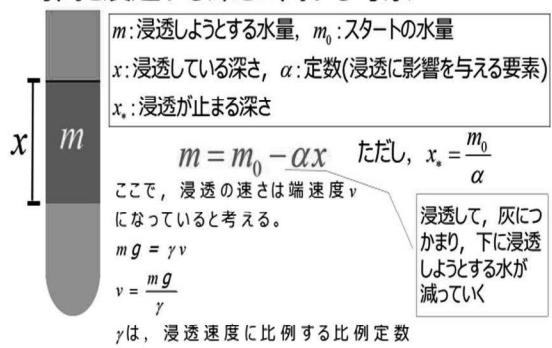
水が浸透する際に、泥(水の浸透した部分)と火山灰(水の浸透していない部分)の間に空洞が発生した。また、水が浸透する際に火山灰の表面から気泡が発生した。

水が浸透する速さには、火山灰の中に入っている空気も関係していると考えられる。

5 考察

実験の結果より時間と浸透する深さの関係式を以下のよう考察した。

時間と浸透する深さに関する考察



この予想式のモデルが実際の実験結果とどのくらいあてはまっているのか確かめるために 10m1 で検証した。

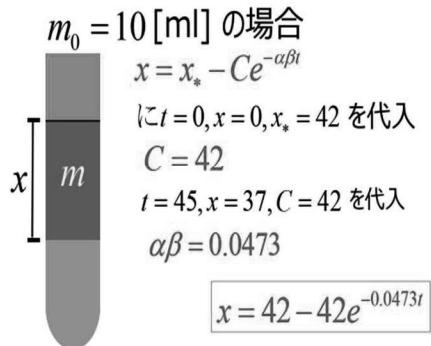


図 4. 時間と浸透する深さの考察

この 10m1 の予想式を実際の実験結果と比べるためにグラフに表す。

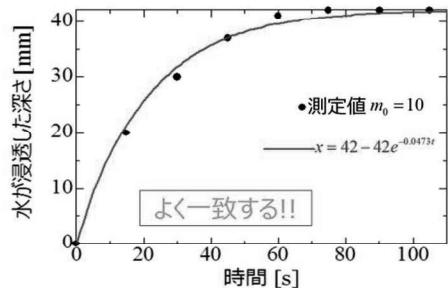


図 5. 時間と浸透する深さの関係

このグラフみると分かるように 10m1 の予想式のモデルと実際に実験した 10m1 の結果を比較するとよく一致していることがわかる。このことから、私たちが考えた予想式のモデルはより近い式ができたと考えられる。

6 今後の課題

まず、今回の実験で気づいたことである。

[実験中に気づいたこと]

- 水が浸透する際に、泥（水の浸透した部分）と火山灰（水の浸透していない部分）の間に空洞が発生した。
- 水が浸透する際に火山灰の表面から気泡が発生した。

\downarrow
水が浸透する速さには、火山灰の中に入っている空気も関係していると考えられる。

図 6. 実験中に気づいたこと

このことから火山灰の浸透には空気も関係しているということが分かった。私たちは今回の実験で使用したのは底のある試験管である。それにより空気が関係していると考えられる。私たちは底のない試験管を作成し、空気の通り道をつくることによって、また新たな実験結果が生まれるのではないかと考えている。以上のふまえて、実験結果を生み出せるように頑張りたいと思う。

浮遊粒子状物質(SPM)測定器の開発

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 池畠麻衣・平望多瑠・久松佳奈・安留千加

要約

私たちは、空気中の SPM 濃度を測定できる装置を開発した。私たちが作成した SPM 測定器（SPM 君）での測定値と環境省が設置している機械（そらまめ君）での測定値を比較した。その結果、環境省が設置しているそらまめ君は高価で観測点も限られているが、私たちが作成した SPM 君は安価でどこでも簡単に測定することができた。

1. 動機

「浮遊粒子状物質」(以下: SPM = Suspended Particulate Matter) とは、大気中に浮遊する粒子状物質であって、その粒径がおおむね 10 マイクロメートル以下と定義されている¹⁾。小さいため気管に入りやすく、特に粒径が 1 μm 以下の粒子は、気道や肺胞に沈着しやすく、呼吸器疾患の原因になっている²⁾。SPM は、代表的な大気汚染物質の一つとして、大気汚染防止法で規制・監視の対象で、環境基準として「1 時間値の 1 日平均値が 0.10mg/m³ 以下であり、かつ、1 時間値が 0.20mg/m³ 以下であること」と定められている³⁾。

SPM の発生源は 2 種類あり、工場などから排出されるばいじんや粉じん、ディーゼル車の排出ガス中に含まれる黒煙など人為的発生源によるものと、飛散した土壤など自然発生源によるものがある⁴⁾。

2. 目的

大気中の SPM の測定には光散乱法や圧電天秤法などを用いた高価な機器が必要であるが、環境省が設置した大気汚染物質広域監視システム(そらまめ君)は鹿児島市でも 9 局(鹿児島市役所・谷山・有村・黒神・環境保健センター・鴨池・桜島・赤水・喜入)しか設置されていない⁵⁾。

そこで、安価で簡便な方法として、SPM をフィルター付きの吸引ポンプで捕集し、そのフィルターに付着した SPM の量を測定する簡易反射型吸光度計(以下: SPM 君)を製作し、家や学校の周囲の SPM を実測することを目的とした。

3. 研究方法

3-1 捕集装置の作製

先行研究^{6, 7)}を参考に、フィルターとしてろ紙をセットした吸引口から吸引ポンプで大気を吸引し、ろ紙上に SPM を捕集する装置を作製した(Fig. 1)。ろ紙と吸引ポンプの間にガスマーティーをつなぎ、吸引量を測定した。また、長時間測定のため、容量の大きい車用のバッテリーを電源として用いた。ガスマーティーは、上村ガス(株)より使用期限が切れたものを提供して頂いた。

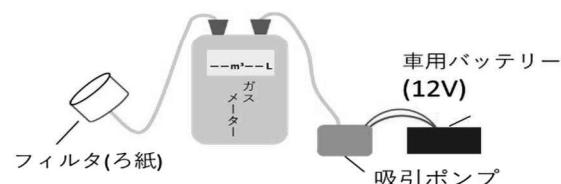


Fig. 1 SPM 捕集装置

3-2 簡易反射型吸光光度計の作成

SPM 君の模式図を Fig. 2 に示した。加工しやすい PVC 製水道管および T 型管で本体を作製した。光源として LED(赤、黄、緑、青、紫外、白、赤外)、光センサとして硫化カドミウム(CdS)センサをフィルムケースに取り付けて使用し、ろ紙で反射された光の強度をデジタルテスターで測定した。

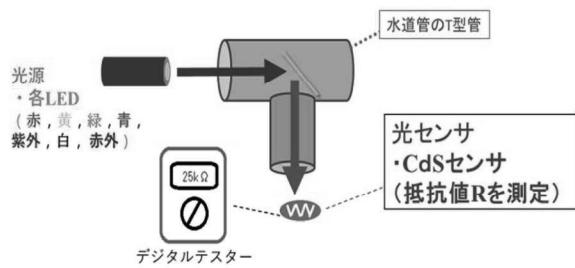


Fig. 2 SPM 濃度測定器(SPM 君)の模式図

3-3 電子顕微鏡による観察

24 時間 SPM を捕集したろ紙を卓上顕微鏡 (Miniscope® TM3030、日立) を用い、400 倍で観察を行った。

4. 結果・考察

4-1 SPM の捕集

3-1 で作成した SPM 捕集装置を計 28 回にわたり鹿児島市谷山・鴨池にある大気汚染物質広域監視システム(そらまめ君)の近くに設置し(設置については鹿児島市環境局環境部環境保全課の許可を得た)、測定を行った。

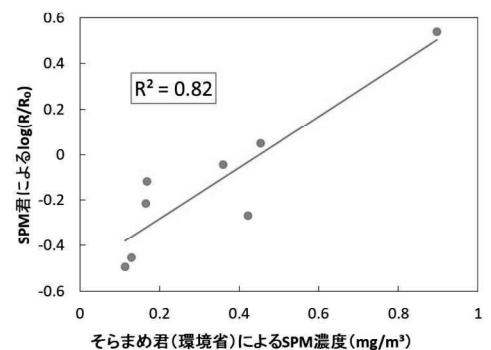
吸引によるろ紙の色変化の一例を Fig. 3 に示す。吸引後は大気中の粒子が付着し、ろ紙が灰色に変化した。



Fig. 3 吸引後のろ紙の様子

4-2 SPM 君での濃度測定

I) そらまめ君のホームページに掲載された SPM 濃度と、SPM 君による測定値の比較を行った。SPM 君で測定した CdS センサの抵抗値 R と捕集前のろ紙での抵抗値 R_0 との比の対数 $\log(R/R_0)$ をそらまめ君による SPM 濃度に対してプロットした(Fig. 4)。測定光源を検討したところ、緑色 LED を光源とした場合に直線性が良かつた($R^2=0.82$)。よって、緑色 LED が測定光源として適しており、SPM 君で SPM 濃度の測定が可能であるということが分かった。 Fig. 4 そらまめ君による SPM 君の校正



4-2 ImageJ での濃度測定

II) 吸引したフィルターの色を明度で評価した。フィルターをスキャナー (Satera MF224dw、Canon) でカラー・JPEG 方式で読み込み、画像解析ソフトウェア (ImageJ) で、明度 V のろ紙全域の平均値を求めた。その結果を Fig. 5 に示す。 R^2 値が 1 に近く、直線性が良かつた($R^2=0.91$)。

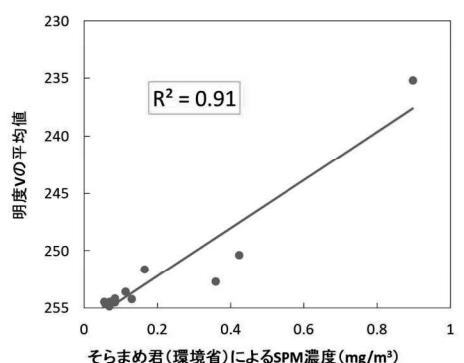


Fig. 5 ImageJ とそらまめ君による校正

4-2 色差計での濃度測定

III) さらに、明度の評価を色差計(TES-135A プラス、佐藤商事)で検討した。色差計は L*(明度)、a*(色度)、b*(色度)を測定できるが、捕集後のろ紙はすべて灰～黒色だったため、L*のみで評価した。色差計による L*をそらまめ君による SPM 濃度に対してプロットしたところ、 $R^2=0.91$ であり、直線性が良かつた。(Fig. 6)

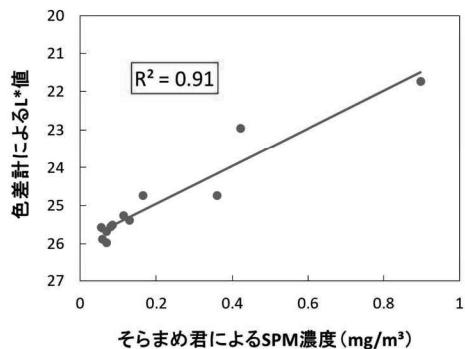


Fig. 6 色差計とそらまめ君による校正

4-3 電子顕微鏡によるろ紙の観察

24 時間 SPM を捕集したろ紙を卓上顕微鏡で測定したところ、白い粒のようなものが確認できた。

(Fig. 7)

確認できた粒の一つ一つの大きさを測り、ヒストグラムにしたもの(Fig. 8)を示す。

この結果から、測定した粒子のうち、9/23 では 84%、10/27 では 99% が 10 μm 以下の SPM であることがわかった。また、9/23 は 7.5 μm 以上～10.0 μm 未満、10/27 は 5.0 μm 以上～7.5 μm 未満の SPM が一番多かった。

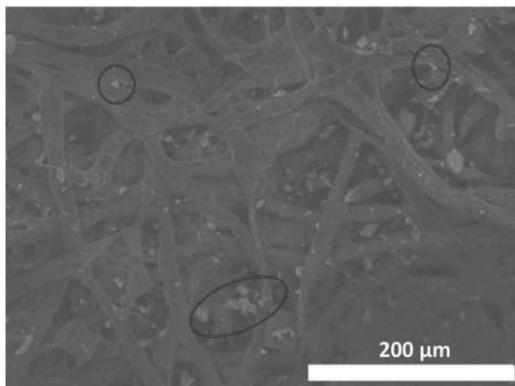


Fig. 7 電子顕微鏡による SPM 画像

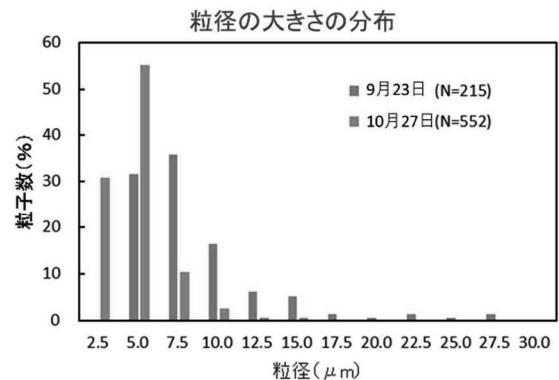


Fig. 8 粒径の大きさの分布

5.まとめ

Table. 1 濃度測定方法の評価

校正法	携行性	価格	R^2 値
SPM君	◎	○	$R^2=0.82$
ImageJ	×	◎	$R^2=0.91$
色差計	○	△	$R^2=0.91$

3 つの濃度測定法の評価を Table. 1 に示す。

環境省が設置しているそらまめ君は高価で観測点が限られているが、私たちが作成した SPM 君は安価で携行性がよく、どこでも簡単に測定可能だとわかった。また、ImageJ や色差計を用いたろ紙の明度測定でも SPM 濃度を正確に測れることがわかった。

6. 参考文献

- 1) 大気汚染防止法施行規則 第18条の2
- 2) 横浜市環境創造局 「用語解説：浮遊粒子状物質（SPM）」
<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kanshi/worda/spm.html>
- 3) 環境庁 昭和48年5月8日告示第25号
- 4) 独立行政法人 環境再生保全機構 「ばいじん、粉塵、浮遊粒子状物質（SPM）とは？」
https://www.erca.go.jp/yobou/taiki/taisaku/01_02.html
- 5) 環境省大気汚染物質広域監視システム <http://soramame.taiki.go.jp/>
- 6) 齋藤由倫 「視覚による官能試験を利用したPM2.5簡易測定法の検討」
全国環境研会誌 Vol.41 No.1(2016)
- 7) 齋藤由倫 「科学的な環境教育を目指した大気環境に関する体験学習の試み」 環境教育 Vol.24-3
(2015)

車のフロントガラスの解氷スプレーの開発

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 内村優希・黒瀬千晴・前田優梨

要約

市販の解氷スプレーよりも解氷効果が高く、ワイパーを傷めにくい解氷スプレーを、異なるアルコール・濃度を用いて開発しようと考えた。解氷実験・希釈熱実験・ワイパーの溶解実験の3つの実験を行った結果、エタノール40%が最も解氷スプレーに適していると考えた。

1 動機・目的

北海道の札幌の最寒月平均気温が -7.0°C (Fig. 1)と、氷点下になることが多いため、霜が発生する頻度が多い。そのため、霜が発生する前にフロントガラスにカバーをかける、フロントガラスに撥水加工を施しておくるなどの対策をすることに慣れていて、フロントガラスが凍ることは滅多にない。一方、私達が住む鹿児島の最寒月平均気温は 4.6°C (Fig. 2)と、氷点下になることが比較的少なく、霜が発生する頻度が少ないため、車の霜の対策をすること自体に慣れていない。フロントガラスに霜を付着させたまま運転してしまうと、視界不良のため交通事故等の危険性が高まるが、暖気運転で霜を解かすのは時間がかかる。また、解氷スプレーも市販されているが、解氷スプレーに含まれるエタノールが、車のワイパー等のゴム製品を傷めてしまうことがある。

そのため本研究では、市販の解氷スプレーがゴムを傷めてしまうという特徴を、アルコールの種類や濃度を変えることで改善し、かつ即効性のある解氷スプレーを自作して市販の解氷スプレーと比較したいと考えた。

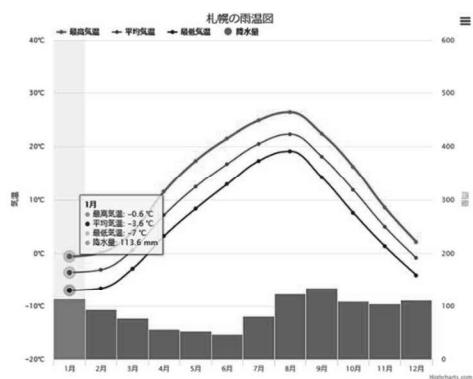


Fig. 1 札幌の最寒月平均気温

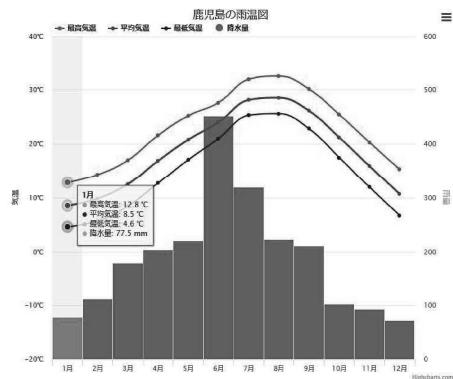


Fig. 2 鹿児島の最寒月平均気温

2 霜の発生原理

冬場の夜になると放射冷却によって気温が低下し、外気温より車のフロントガラスの表面温度の方が低くなるため、フロントガラスに空気中の水蒸気が結露する。結露した後も外気温が下がり続け 4°C 以下になると、フロントガラスの表面温度が 0°C になる。フロントガラスに結露していた水が凍ることによって、霜が発生する。

霜が発生しやすい条件としては、湿度が高いこと、晴れでいて風がないこと、雲があまりないことなどが挙げられる。

3 研究方法

市販の解氷スプレーにはアルコールが含まれており、市販の解氷スプレーはアルコールの融点が水より低いという特徴を利用して霜を解かしている。そこで、融点が異なるアルコール(Table. 1)の解氷

効果を検討しようと考えた。しかし、一部のアルコールは、融点が水よりも高い、疎水性が高く水と分離してしまう、独特な臭いがあるなど、解氷スプレーとしては不向きである。それらはいずれの実験にも使用しなかった。よってメタノール、エタノール、1-プロパノール、2-プロパノールについて、解氷実験、希釀熱実験、ワイヤーゴムの溶解実験の3つの実験を行った。

Table.1 アルコールの一覧表

名称	英語表記	FW	示性式	融点(°C)
メタノール	Methanol	32.04	CH ₃ OH	-97.6
エタノール	Ethanol	46.07	C ₂ O ₅ OH	-114.1
1-プロパノール	1-Propanol	60.10	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	-126.0
2-プロパノール	2-Propanol	60.10	CH ₃ CH(OH)CH ₃	-89.5
1-ブタノール	1-Butanol	74.12	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	-89.0
2-ブタノール	2-Butanol	74.12	CH ₃ CH ₂ CH(OH)CH ₃	-114.7
2-メチル-2-プロパノール	2-Methyl-2-Propanol	74.12	(CH ₃) ₂ COH	25.69
n-アミルアルコール	n-Amyl Alcohol	88.15	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	-78
イソアミルアルコール	Isoamyl Alcohol	88.15	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ OH	-117
2-ペンタノール	2-Pentanol	88.15	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH(OH)CH ₃	-73
1-オクタノール	1-Octanol	130.23	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₂ OH	-15

(1) 解氷実験

エタノールを用いてどのアルコール濃度で最も早く氷が解けるかを調べるために解氷実験を行った。実験の最中の熱の出入りを防ぐため、発泡スチロールで自作した容器の中に100 mLビーカーを入れた。そのビーカーの中に異なる濃度のアルコール水溶液を各50 mL入れ、その中に市販の製氷皿で作成した約10 gの氷を入れてスターラーで攪拌しながら氷を解かし、氷を入れてから氷が完全に解けるまでの時間を計測した(Fig. 3)。

アルコール水溶液の濃度は下記の計算式を用いて設定した。

$$\text{アルコール濃度(%)} = \frac{\text{アルコールの体積}}{\text{アルコールの体積} + \text{水の体積}} \times 100$$

本実験では、0 %から100 %まで10 %刻みの11種類の濃度について測定を行った。

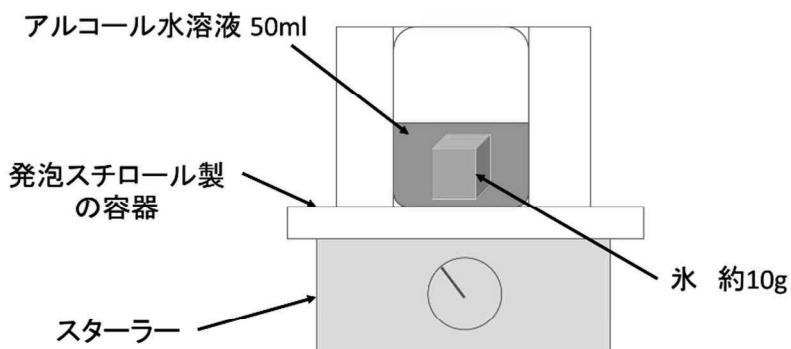


Fig. 3 解氷実験の実験装置

(2) 希釀熱実験

私達はアルコールが氷を解かす要因として希釀熱が関係しているのではないかと考え、各アルコールの希釀熱の熱量を算出するための実験を行った。解氷実験と同様に、発泡スチロールで自作した容器に、50 mL のアルコール水溶液を入れた 100 mL ピーカーを入れた。スターラーで攪拌しながら、保温容器の蓋に空けた穴からホールピペットで蒸留水 10 mL を加えた。アルコール水溶液の温度変化を測定するため、溶液中に入れた温度センサをデータロガーに接続し、データを PC に記録した。

(Fig. 4)

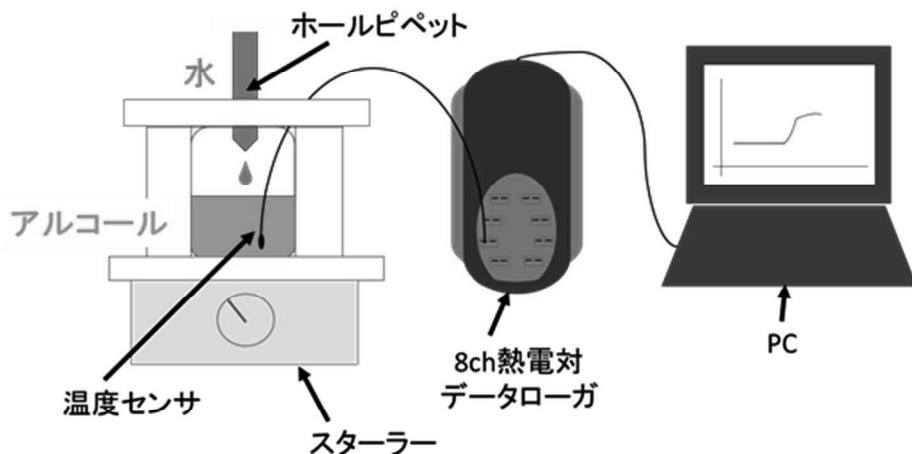


Fig. 4 希釀熱実験の実験装置

この実験では、0 %から 100 %まで 10 %刻みの 11 種類のアルコール濃度について、それぞれ測定を行った。

温度が上昇しきった温度(Fig. 5 赤丸・上)と、温度が上がる前の温度(Fig. 5 赤丸・下)を利用して、次式を用いて熱量 $Q[J]$ を計算した。

$$Q=mc \Delta T$$

ただし、 m =質量[g]、 c =比熱[J/(g·K)]である。

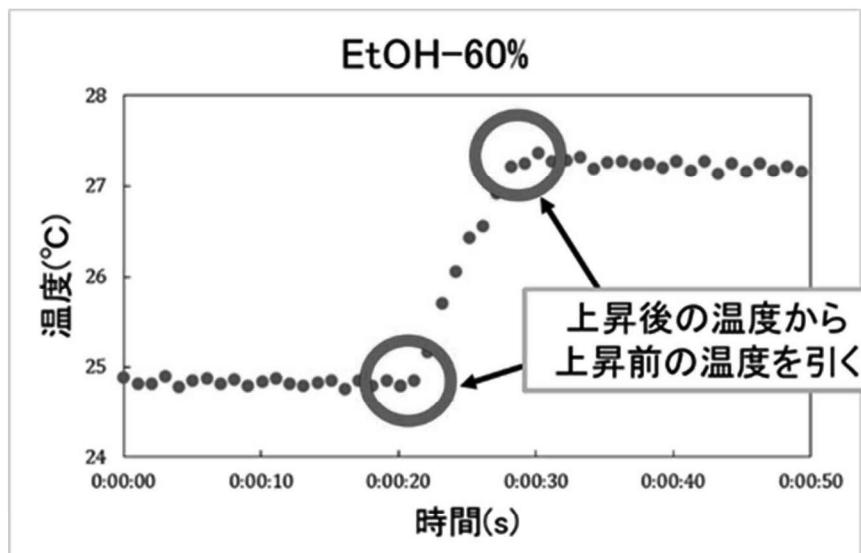


Fig. 5 エタノールの希釀熱による温度変化(例)

(3) ワイパーの溶解実験

車のワイパーゴムを傷めにくいアルコールを確定するため、市販のワイパーゴム(RPH 製 GRAPHITE GEAR U-30G)を用いて溶解実験を行った。ワイパーゴムを3 cm(約1g)の長さに切り、それぞれの質量を計測した後各アルコールに浸漬させ、0.5、1、1.5、2、24、48時間後に取り出し、十分乾燥させてから、再度質量を計測した。メタノール、エタノール、1-プロパノールに浸漬させた前後の質量差を、溶解したワイパーゴムの質量とした。

4 研究結果

(1) 解氷実験

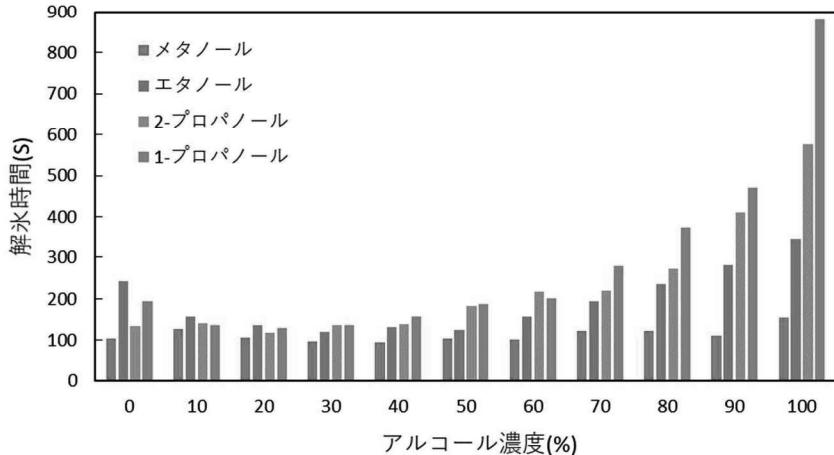


Fig. 6 各エタノール濃度における解氷時間

Fig. 6より、全体的に見ると、メタノール、エタノール、2-プロパノール、1-プロパノールの順に解氷時間が短かった。

メタノールは全体的に、エタノールは30%から50%が、2-プロパノールは20%から40%が、1-プロパノールは10%から30%が、解氷時間が短かった。

(2) 希釀熱実験

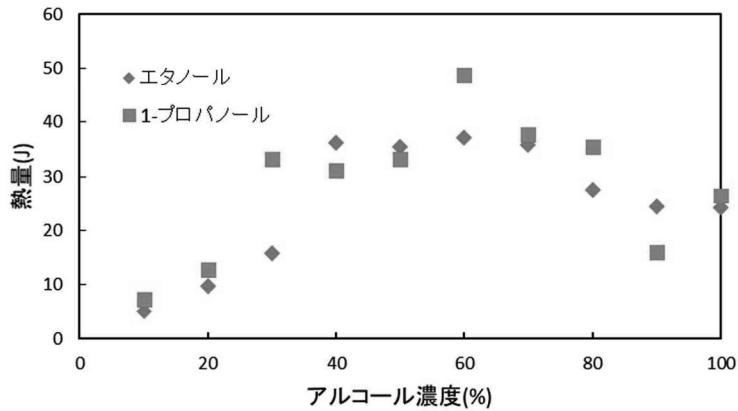


Fig. 7 アルコールの各濃度における希釀熱

Fig. 7より、エタノールでは、濃度40%-70%で熱量が大きく、1-プロパノールでは、濃度60%で最も熱量が大きかった。

全体的にエタノールと1-プロパノールを比べると、1-プロパノールの方が熱量が大きかった。

(3) ワイパーの溶解実験

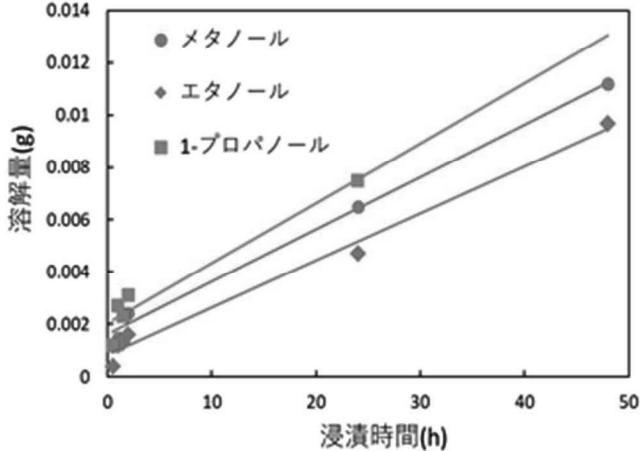


Fig. 8 ワイパーゴムの溶解量の浸漬時間による変化

Fig. 8 より、エタノールが最も溶解量が小さく、1-プロパノールで溶解量が大きかった。

また、メタノールが最も溶解量が大きく、エタノールが最も溶解量が小さかった。

5 考察

解氷実験より、解氷時間がメタノール、エタノール、2-プロパノール、1-プロパノールの順に長くなっているので、分子量が小さいと物質量が多くなる、つまりヒドロキシ基の数が多くなって、水和しやすいのではないかと考えた。

6 結論

メタノールの毒性、解氷実験・希釀熱実験の結果、ワイパーの損傷を考慮した上で、エタノール 40% が最も解氷スプレーに適しているのではないかと考えた。

7 今後の研究

3つの研究それぞれで実験回数を増やし、データの平均値をとった上でグラフ化し、考察を行っていく。現在、市販の解氷スプレー(DAISO 製、WILLSON 製)と自作の解氷スプレーの性能を、本研究の実験方法を用いて比較している。

8 参考文献

- 1) 「エタノールの比熱一覧」 一般社団法人アルコール協会
http://www.alcohol.jp/expert/list/04hinetsu60_100.html
- 2) 「1-プロパノール、2-プロパノールの比熱一覧」 エンジニアリングズブック 19 版
http://ebw.eng-book.com/heishin/Table_sort_liquid_specific_heat_2_sort.do?table_name=liquid_specific_heat_2
- 3) 「寒冷地でフロントガラスの凍結を防ぐには？」 JAF ニュース
http://www.jaf.or.jp/profile/news/file/2014_45.htm

植物の発光とストレスの関係性

錦江湾高校 理数科2年

有木 碧海 岡本 胡波 神野 亜弥

大久保 然 木下 立城 白窪 真悟 瀧田 翔汰

要旨

植物と光について調べていく中で、植物の葉に紫外線を当てると赤く光るということがわかった。そこで、本研究では、植物の生長、採取してからの経過時間、育てる土のpHと赤色発光の関係について調査した。植物は桜島大根を用い、発光スペクトルの測定は、光源として紫外線ランプを用い、光ファイバー、分光器、段ボールを使って自作した装置で行った。その結果、大根の葉は生長するにつれて表裏の発光強度の差が増すこと、採取してから時間がたつほど発光強度が増すこと、アルカリ性の土で育てると発光強度が増すことがわかった。(大根を育てる土の最適pHは5.5~6.8)これは、成長やストレスでクロロフィルなどの光捕集アンテナ色素の数の変化することが影響していると考えられている。将来的には植物(野菜)の発光を調べることで新鮮かどうかまた野菜の味を判別できることである。

1. 背景と動機

植物と光の関係といえば、光合成を思いつくだろう。光合成について調べていく中で、葉っぱは光合成を行うだけでなく、紫外線を照射すると、赤く発光することがわかった。これはクロロフィル蛍光と呼ばれている。先行文献では植物にストレスをかけるとクロロフィル蛍光が大きくなることがわかっている。このことを利用して野菜の鮮度測定器が作れるのではないかと考え、本研究では植物に様々なストレスを与えた後、クロロフィル発光の強度を測定した。

2. 実験の原理

植物はクロロフィルなどの光合成色素を、光を捕集するアンテナとして用い、集めた光エネルギーで光合成を行っている。しかし、集めた光エネルギーが多すぎると、光合成に有効活用できない余分なエネルギーが生じる。これは熱や光として放出されるが、このとき放出される光がクロロフィル蛍光とよばれ、赤色に発光する。

3. 実験の方法

毎週月曜に桜島大根(株式会社アタリヤ農園)の種を植えることで、期間の違う同じサンプルを得られるようにした。この実験では7月~9月の間で栽培したものを用いている。一部は土に牡蠣の殻を碎いたものを混ぜ、土を塩基性に変化させた。その後、生长期間の異なる葉、採取してからの時間が異なる葉、土の性質が異なる葉のそれぞれで発光スペクトルを測定し、比較した。発光スペクトルの測定は光源はキセノンランプを用いた。分光器と繋がる光ファイバーは標準試料として蛍光ペンを用いり発光スペクトルが最も高いところで固定した。380 nmの紫外線を光ファイバーを通して、試料に当てた。得られた発光を分光器に通しパソコンで処理している。その後、以下の測定を行った。

測定 1

成長期間が 1 週間～6 週間の葉の発光スペクトルを比較した。土の pH、採取してからの時間は同じである。

測定 2

採取してから 30 分、1 時間、2 時間、4 時間の葉の発光スペクトルを比較した。土の pH、成長期間は同じである。

測定 3

土の pH が中性、塩基性の葉の発光スペクトルを比較した。成長期間、採取してからの時間は同じである。

4. 結果と考察

(1) 測定 1 の結果

図 1 は、植物の成長と発光強度の関係を示している。縦軸に葉の表裏の発光強度の比、横軸に成長期間をとったグラフである。縦軸は具体的には、波長 680 nm での裏の発光強度を、表の発光強度で割った値である。この図より、植物が成長するにつれて、表裏の発光強度比が増していくことがわかる。これは、植物が成長するにつれて、表側は光合成をする機構が発達し、表裏の光合成の働きの差が大きくなるためだと考えられる。光合成の働きが活発であるほど、入射光を有効活用し、クロロフィル蛍光の強度は小さくなる。

また裏側は、光が当たりにくいためアンテナ色素が多くなっている。そのため、強い光を当てるとエネルギーの余りも大きくなり、発光強度は大きくなる。

これ以降は、葉の裏側の発光強度が大きいため、裏側のみで結果を示す。

(2) 測定 2 の結果

図 2 は、葉を採取してから 30 分、1 時間、2 時間、4 時間後の葉の発光スペクトルを示している。縦軸は発光強度、横軸は波長である。この図より、採取してから時間がたつほど発光強度が大きくなることがわかる。これは、時間が経つにつれ光合成を行う物質が機能を失いエネルギーの余りが増えるためだと考えられる。

また、葉を採取するということは植物にとってストレスであり、ストレスがかかるほど発光強度が増していくといえる。

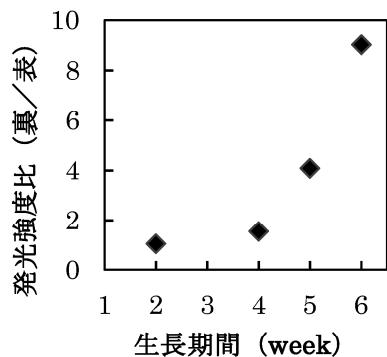


図 1. 生長と表裏の発光強度差の関係

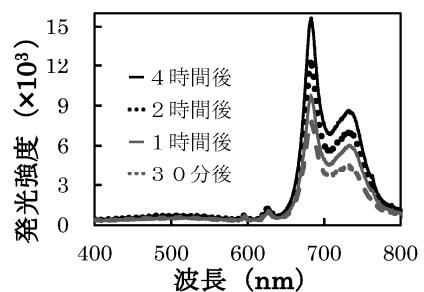


図 2. 採取後の時間と発光強度の関係

(3) 測定3の結果

図3は、中性の土と塩基性の土で育てた大根の葉の発光スペクトルを示している。縦軸は発光強度、横軸は波長である。この図より土のpHが塩基性のほうが発光強度が大きいことがわかる。大根の最適pHは、5.5~6.8であり、塩基性の土はストレスとなる。そのため光合成反応がうまく機能せず、それを補うためにアンテナ色素を増やし、光を集めすぎてエネルギーの余りが増えると考える。

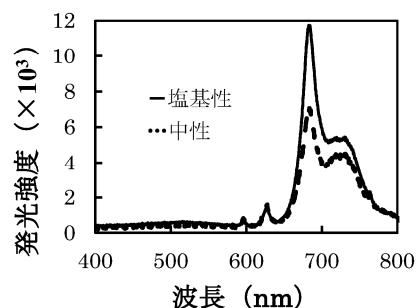


図3. 土のpHと発光強度の関係

5.まとめ

本研究では桜島大根の葉に紫外線を当て、発光スペクトルを測定した。試料には、生長期間、採取してからの時間、育てる土のpHが異なる葉を用いた。

その結果、生長するほど葉の表裏の発光強度差が大きくなること、採取して時間がたつほど発光強度が大きくなること、塩基性の土で育てると発光強度が大きくなることがわかった。

これは、生長やストレスによってアンテナ色素の数が変化し、光エネルギーを多く集めすぎてしまうためだと考えられる。

本研究を生かし、将来的には発光を測定することで、野菜の新鮮や、野菜が受けたストレスを判定できる装置を開発したい。

地図における四色定理

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 尾上涼馬 永用陽大 前園夢翔

(要約)

本論文では1976年に証明された四色定理がどのように証明されたのか参考書などを利用し、研究したものである。研究の結果、四色定理には様々な定理が使用されているということが分かった。

1 動機 目的

四色定理はすでに証明されているが、たとえば、「四色定理は4色無いと本当に塗れないのか」などの疑問があったので、これらの疑問を解決して4色定理の知識をさらに深めていきたいと思ったから。

2 研究の方法・結果

4色定理の定義

すべての図形は少なくとも4色あれば塗り分けられることができる。

ただし、隣り合う辺のとき、異なる色を用いる。また、隣り合う点のとき、同色を用いるものとする。

I 「オイラーの多面体定理の証明」

オイラーの多面体定理

面(内部領域)−辺+頂点 = 2

この公式が本当に正しいのかを証明する。

(1) 2個の面を分けていた辺を取り去るとき (外部領域を含む)

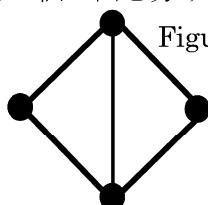
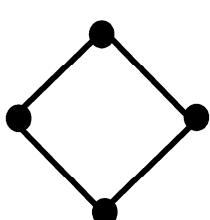


Figure 1 公式証明

面が3 辺が5 頂点が4より

$$3 - 5 + 4 = 2$$



面が2 辺が4 頂点が4より

$$2 - 4 + 4 = 2$$



この後も辺を 1 本ずつ取り去っていくと、最後は点だけが残る。

そのとき、面が 1 (外部領域のこと) 辺が 0 点が 1 より

$$1 - 0 + 1 = 2$$

(2) 余っていた辺を取り去るとき (外部領域を含む)

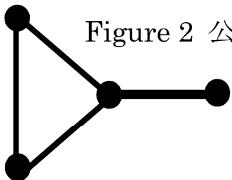
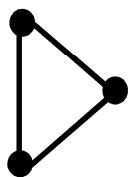


Figure 2 公式証明 面が 2 辺が 4 頂点が 4 より

$$2 - 4 + 4 = 2$$



面が 2 辺が 3 頂点が 3 より

$$2 - 3 + 3 = 2$$



この後も辺を 1 本ずつ取り去っていくと、最後は点だけが残る。

そのとき、面が 1 (外部領域のこと) 辺が 0 点が 1 より

$$1 - 0 + 1 = 2$$

よって、(1) (2) よりオイラーの多面体定理である 面-辺+交点 = 2 が成り立つ。

(まとめ)

- ・(1) (2) より、ある図形から辺を 1 本ずつ取り除く過程で、外部領域を含むとき、面-辺+頂点の値は変わらない。

よって、オイラーの多面体定理の証明は正しいといえる。

II 「隣国は5つだけ定理」

「隣国は5つだけ定理」とは、どんな地図にも5個以下の隣国しかもたない国が少なくとも1つ含まれているという定理である。

(証明方法)

背理法を用いて、そこから不合理の結果が導き出されることを示すという方法である。よって、どんな地図にも5個以下の隣国をもつ国はない仮定する。

(証明)

地図にある国の数をF個 国との境界線の数をE本 交点の数をVとする。

(1) すべての交点から出ている境界線の数を求める。

V個の交点から少なくとも3本の境界線が出ているが、各境界線の両端に交点が1個ずつあるため境界線の数は少なくとも $\frac{3}{2}V$ 本となる。

よって、

$$E \geq \frac{3}{2}V \quad \text{すなわち} \quad V \leq \frac{2}{3}E \quad \text{となる。}$$

仮定である「どんな地図にも5個以下の隣国を持つ国はない」つまり（どの国も少なくとも6つに囲まれている。）

(2) すべての国の境界線の本数を数える。

各線の両側に国が一つずつあり6つの国に囲まれているので

$$\frac{6}{2}F \text{つまり } 3F \text{となる}$$

$$\text{よって } E \geq 3F \quad \text{すなわち} \quad \frac{1}{3}E \geq F \text{となる。}$$

(3) オイラーの多面体定理に $\frac{2}{3}E \geq V - \frac{1}{3}E \geq F$ を代入すると、

$$F - E + V \leq \frac{1}{3}E - E + \frac{2}{3}E = 0 \quad \text{となる。}$$

オイラー公式は $F - E + V = 2$ であるが、代入した式の答えは0であった。

よってこの仮定は、間違いである。

したがって5個以下の隣国しか持たない国が1つでもあるということが証明された。

3 今後の課題

四色定理を理解した上で、日常生活において何か役立つことがないかを調べていく。

4 参考文献

「四色定理」平成15年12月1日発行 著者 ロビン・ウィルソン 訳者 茂木健一郎
発行所 株式会社 新潮社

タイリクバラタナゴ (*Rhodes ocellatus ocellatus*) の攻撃行動について

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科

喜山直紀 松元友希 勝木夏央 北田美月 重山望歩 副田知瑚 羽田佳園

1. 目的

私たちはタイリクバラタナゴを多数飼育する中で、個体数が多いときは攻撃行動を行わず、個体数が少ないと攻撃行動を行うことを観察した。魚の攻撃行動の代表例として縄張りアユの例が知られている。アユは個体群密度が高い状況だと群れアユになり、個体群密度が低い状況だと縄張りアユになる。この例からタイリクバラタナゴも同様に攻撃行動は個体群密度と関係しているかどうかを調べることを目的とした。

2. 研究方法

(1) 研究で使用した器具

水槽：グラステリア 450H 縦 35×横 45×奥行き 20 (cm)

ポンプ：MEGA POWER 2045

(2) タイリクバラタナゴについて

タイリクバラタナゴ (*Rhodes ocellatus ocellatus*)

タナゴ亜科バラタナゴ属 要注意外来生物

体が著しく側扁し、特に成熟したオスは体高が高く背は盛り上がる。ニッポンバラタナゴに酷似するが腹鰓前縁に白線があるのが特徴。

(3) 研究方法

個体数、性別、成熟度合い、異種について条件を設定し、それぞれ条件で攻撃行動をとるか継続観察を行った。

使用したタイリクバラタナゴはオス、メス共に 5～7 cm の個体

【実験 1】 個体数と攻撃行動の関係

オスのタイリクバラタナゴ 14 匹を入れ、採餌行動が観察されてから 1 週間攻撃行動が観察されない場合、水槽内の個体数を 2 匹ずつ減らし行動を観察する。



【実験 2】 性別と攻撃行動の関係

オスとメスを 1 匹ずつ入れ行動を観察する。

【実験 3】 性別と攻撃行動の関係

メスを 2 匹入れ行動を観察する。

【実験 4】 成熟度合いと攻撃行動の関係

幼魚を 2 匹入れ行動を観察する。

【実験 5】 異種と攻撃行動の関係

同じ大きさのオスのタイリクバラタナゴとオイカワを一匹ずつ入れ行動を観察する。

Fig.1 婚姻色でのタイリクバラタナゴ

3. 結果

実験	内 容	結 果
実験 1	14匹から減らしていく	◎ 4匹から継続的な攻撃行動を観察
実験 2	オス・メス 1ずつ	○ 継続的ではないが攻撃行動
実験 3	メス2匹	◎ 継続的な攻撃行動
実験 4	幼魚 2匹	△ 穏やかであるが攻撃行動
実験 5	オスとオイカワ 1匹ずつ	○ 継続的な攻撃行動

4. 考察

- ① タイリクバラタナゴは4匹程度以下の小さな群れを形成するとき継続的な攻撃行動をとることがわかった。(実験 1 から)
- ② タイリクバラタナゴの攻撃行動は性別とは関係がないことがわかった。(実験 2・3 から)
攻撃は繁殖に関係したものと仮設をたて実験を開始したが、性別により攻撃の強さに差がみられるものの攻撃行動は繁殖に起因するものではないと考えられる。
- ③ タイリクバラタナゴの攻撃行動は成長につれて激しさを増すことがわかった。(実験 4 から)
- ④ タイリクバラタナゴの攻撃行動は同種間に限ったものではないことがわかった。(実験 5 から)
水面に近い場所で採餌するメダカとの実験では、攻撃行動は観察されなかつたが、同じ場所で採集しメダカよりもニッチが近いオイカワとの実験では、タイリクバラタナゴからオイカワへの継続的な攻撃行動が観察された。ニッチが近い種へは攻撃行動をとると考えられる。
- ⑤ ②、④から攻撃行動は採餌に起因する行動ではないかと考えられる。

5. 考察のまとめ

今回の研究からタイリクバラタナゴは4匹以下の個体群を形成するとき攻撃行動をとることがわかつた。今後、水槽のサイズを変え同様の研究を行い、攻撃行動をとるボーダーライン（底面積/匹）を求めたい。

6. 参考文献・謝辞

今回の研究を実施するにあたり九州大学農学部大学院生物資源環境科学府アクアフィールド科学研究所の鬼倉徳雄准教授と研究室の学生方にご指導いただきましたことに感謝申し上げます。

科学から見た子育てについて

鹿児島県立錦江湾高等学校

3年1組 堀切 梨乃

道野 ちひろ

3年2組 立石 芹梨奈

宮地 喜恵

1. 研究の概念

年々増えている実母による虐待は主に産後うつが原因だと言われている。なぜ産後うつになってしまうのか。調べると脳やホルモンによる科学的な関係があった。このことから母親に周囲の人のサポートが必要ではないかと考えた。また、子育てに関するアンケートを保育園の保護者に行った。アンケートの結果から、子育てに周囲のサポートが必要だということがわかった。

2. 動機

最近のニュースでは、虐待で命を落とす事件が年々増えていて、子どもは何もしてないのに、なぜ命を落とす必要があるのか、親も本当は殺したくない人もいるのではと思い、原因を見つけたいと思った。

3. 方法

本、インターネットによる調査やアンケートの実施。

アンケートは身近にある指宿市内の保育園に通う子供たちの保護者約100人に協力していただいた。

4. アンケート結果

[質問1] 子育て中の孤独を感じましたか？

また周りにサポートをしてくれる人はいますか？(母親)

→はい 19% (そのうちサポートいない 32%)

いいえ 71% (そのうちサポートいない 2%)

[質問2] 子どもとどのようなことをして遊んでいますか？(母親 父親)

→外遊びよりもメディア利用をして遊んでいる数が増えていた。

[質問3] ご自身と子どもの夜の睡眠時間はどれくらいですか？(母親)

→子どもの睡眠時間は勧められている睡眠時間より少なかった。

1～5歳の母親の睡眠時間が少ないと子どもの睡眠時間も比例して少なかった。

[質問4] 出産後 気分の落ち込みを感じることがありましたか？(母親)

奥さんの気分の落ち込みを感じることがありましたか？(父親)

→母親 45% 父親 70%

[質問5] 幸せを感じる妊娠ホルモンが出産後、急激に減少します。その影響で気分が不安定になりやすくなることや、孤独を感じやすくなることを知っていますか？(母親 父親)
→母親 84% 父親 51%

5. 考察

- ① 質問1から周りにサポートしてくれる人がいた方が母親は孤独を感じにくい結果となり、サポートの重要さがわかる。
- ② 長時間スマホなどの機器から発せられる映像を見続けると右脳と左脳をつなぐ脳梁という部分が細くなり、コミュニケーション能力や感情をコントロールする力が低下する。攻撃的で落ち着きのない子供になってしまう。
- ③ 子どもにとって睡眠は脳をつくり、育て、守る大事な時間であり、睡眠が不足すると神経細胞の育成、維持に問題が起こる。さらに、スマホなどの機器から発せられる、強い人工光線と機械音の刺激により、睡眠の質の悪化がおこる。
- ④ 妊娠ホルモンのエストロゲンとプロゲステロンが妊娠中に急激に増加するが出産後、激減してしまう。不安やストレスから子どもへの「不適切な養育」(マルトリートメント)が生じる。親の何気ない言動が子どもの脳を傷つけている。

6. さらに考察

脳科学で明らかになっていること、子どもの心と体への影響を知ること、また、母体の変化を医学的に知ることで、周りのサポートにつながり、これからの子育てのヒントになるのではないかと考える。

授業や妊婦教室で若い世代に出産前から伝えていくこと、このことが産後の自殺や虐待を少しでもなくすことにつながっていくと思う。

7. 今後の研究

考察から、虐待を受けて脳にダメージを及ぼしたり、愛着不足で愛着障害になった子どもたちの将来をよりよくするためにどうすればいいか、そうならないために、子供を持つ親やその周りの人々がどのように接していくべきなどを研究していき、それを伝えていきたい。

鹿児島茶は健康のカギだった！？

鹿児島県立錦江湾高等学校

3年3組 久藤 沙也峰

3年4組 折田 愛美

3年4組 村岡 里菜

3年4組 山内 翠

1. 研究の概要

私達は鹿児島茶、掛川茶、八女茶、宇治茶、伊勢茶の5つの県の茶葉に含まれるビタミン、ポリフェノール、フッ素、タンニンの4つの成分についてそれぞれの茶葉の抽出液を用いて研究してきた。茶葉を抽出したものに試薬を入れ色の変化をみた。色の濃さの違いで、それぞれの茶葉にどれくらいの量の成分が含まれているのか確かめた。そして、鹿児島茶を中心にそれに含まれている成分を比較した。その結果鹿児島茶は、甘くて飲みやすいので子供から大人まで長期にわたって飲むことができるということがわかった。また、鹿児島茶の育ちやすい条件、特徴、栽培方法についても研究した。鹿児島県茶市場と製茶工場の見学をし、茶葉が摘み取られてから出荷されるまでの過程を見た。そして、池田製茶さんにもお話を聞かせていただいた。どのような気候が栽培に適していて、またおいしく甘くなる栽培方法なども教えていただいた。そのことから鹿児島茶について、さらに詳しく知ることができた。

2. 動機

鹿児島茶について調べようと思った動機は2つある。

① 鹿児島茶はなぜ生産が盛んなのか

私達の住んでいる鹿児島県は静岡に次ぎお茶の生産量が全国第2位である。そこで、鹿児島茶はなぜ生産が盛んなのかを知りたいと思った。

② 鹿児島茶にはどのような効能や特徴があるのか

お茶は私たちの健康にいいと聞いた。そこで、お茶は私たちの病気を予防したり治したりすることができるのではないかと考え、鹿児島茶にはどのような効能や特徴があるのかを知りたいと思った。

3. 方法

①鹿児島茶はなぜ生産が盛んなのかについて

・工場見学とインタビュー

鹿児島茶の生産が盛んな理由を知るために鹿児島市南栄にある鹿児島県茶市場と池田製茶さんを訪問した。

・資料や文献から調べる

鹿児島茶業会議所のHP、また文献から引用した。

②鹿児島茶にはどのような効能や特徴があるのかについて

<実験>

お茶が健康にいいと聞いて、「鹿児島茶」にはどのような効能・特徴があるのか知りたいと思い実験を行った。この実験では、福岡・静岡・三重・京都・鹿児島の茶葉を使って成分分析をした。調べた成分は、ビタミンC・フッ素・ポリフェノール＝タンニンの4つだ。

<実験結果>

I まずそれぞれの茶葉（静岡の掛川茶、福岡の八女茶、三重の伊勢茶、京都の宇治茶、鹿児島の鹿児島茶）を3gずつ計り70～80度のお湯100mlで1分間抽出する。

II 抽出したお茶をそれぞれビタミンC分析時は100倍希釀、フッ素分析時は0倍希釀、ポリフェノール分析時は50倍希釀、タンニン分析時は10倍希釀する。

III ビタミンCポリフェノール分析時は希釀したお茶を1.5ml容器にとり、液体試薬を二滴加えて蓋をし、2～3回振る。

IV 粉末試薬入りのチューブでそれぞれ希釀したお茶をチューブの半分まで吸い取り、10回ほど振り、ビタミンCとポリフェノールは3分後にフッ素は10分後にタンニンは1分後に標準色の上に乗せ比色をする。反応した色が濃いほど含有量が多いということを示す。

4. 結果と考察

①鹿児島茶はなぜ生産が盛んなのかについて

・茶市場では多くの茶業関係者が集まり水の色やにおい、見た目や手触りなどで茶葉の状態を確かめて行う入札販売が開かれていた。茶市場には、隣にお茶工場もあり茶葉を持ってきて加工するという製造工程から包装をして出荷する仕上げ工程まですべて見学した。また、池田製茶さんにも訪問して、インタビューを行った。質問は「鹿児島茶は出荷期間が長く一番茶から四番茶まであるが、味や効能などでどのような違いが出るのか。」「お茶は飲用だけでなく、食用としても利用されているがどのような特徴の違いがあるのか。」「鹿児島茶の特徴には色が濃くつやがある。味はふくよかで濃厚でありきれい。ということがある。鹿児島茶にこれらの特徴が生まれてくるのにはどのような原因が考えられるのか。」などのことがある。わかったことで1番興味深かったのは、現在、鹿児島茶は静岡に次ぎ全国第二位の生産量だが数年後には鹿児島茶が静岡茶の生産量を追い越すだろうということだった。

・生産が盛んな理由の1つ目は、鹿児島県が他県と比べて栽培期間が長いことだ。他県が4～7・8月に対し鹿児島県は4月～10月と長い。鹿児島県は年間を通して温暖な気候で日照量が多く、シラス台地が広がるなどらかな地形を生かし、排水性が優れているので、鹿児島茶が育ちやすい条件に適している。2つ目は、お茶の品種が多いということだ。全国の品種は主にやぶきたが4分の3以上を占めており、それに対し、鹿児島

はやぶきたを中心にゆたかみどり等の多くの品種が栽培されている。この鹿児島の温暖な気候を生かして、多様な品種を栽培し、お客様の様々なニーズに対応することができる。3つ目は、平らな土地を生かし、機械を使い低コストで収穫できることだ。静岡と鹿児島のお茶畠を比較すると、鹿児島のお茶畠は平坦な土地なので機械で一気に収穫でき、大きくコストが変わる。ただ、生産量が増加している一方で、鹿児島特有の桜島の火山灰は、昔からお茶の栽培に悪影響を与えていた。その火山灰対策として、摘採前洗浄機が開発された。灰をかぶったお茶は、水色試験（製茶を湯に戻し色を見ること）で灰が出て、赤黒く濁って底に黒い沈殿物がたまる。降灰の中、その品質を保持するために「灰落とし作業」は重要だ。

②鹿児島茶はどのような効能や特徴があるのかについて

ビタミンCの結果は反応した色が最も濃いのが掛川、最も薄いのが紅茶ということが分かった。鹿児島茶は掛川茶の次に多く含まれていることが分かる。フッ素の結果は八女茶と掛川茶、次に鹿児島茶と伊勢茶と宇治茶が同じぐらいの量で含まれていることが分かる。実験のまとめとして鹿児島茶に多く含まれる成分はビタミンCとフッ素で疲労回復、免疫力向上、虫歯になりにくいなど健康に効果的であることが分かった。鹿児島茶にあまり含まれていない成分はポリフェノールとタンニンだったので渋みが抑えられて甘くて飲みやすいということが分かった。

つまり、鹿児島茶は子供から大人まで長期にわたって飲むことができる。

5. 今後の研究

品種による成分の違いと、栽培地域による成分の違いについて調べていきたい。例として、「さえみどり」と「ゆたかみどり」や鹿児島県と他県の「やぶきた」などについて調べたい。また、鹿児島県内にも多くのお茶の種類があるので、それらの違いについても調べてみたい。

6. 参考文献

- ・大森 正司『お茶の科学』講談社（2017）
- ・NPO 法人日本茶インストラクター協会『日本茶のすべてがわかる本』NPO 法人日本茶インストラクター協会（2017）
- ・市坪 弘『火山灰に生きる』中央公論社（1978）
- ・石川 秀雄『桜島－噴火と災害の歴史』共立出版株式会社
- ・大森 正司『お茶の大研究』PHP 研究所
- ・池田製茶株式会社様

スマホが生徒に与える影響に関する研究

鹿児島県立錦江湾高校

3年1組 平八重慶騎

石井菜々海

西みそら

3年2組 浦郷輝一

1. 概要

私たちの日常生活においてかかせない存在であるスマートフォンは私たち学生の学力、睡眠、身体面に一体どのような影響を与えるのか。私たちの班では、スマートフォンの影響について研究した文献を調べるだけでなく、スマートフォンのアプリケーションを用いた実験でスマートフォンが私たちの生活に及ぼす影響を調査した。

2. 動機

近年スマートフォンが小中高生の間でも普及しており、日常生活でもなくてはならない存在となっている。メディアでも度々スマートフォンの使い方や注意点などが取り上げられているが、私たちはスマートフォンの便利さゆえ、多くの人々の習慣の一部と化している。スマートフォンはどのような影響を与えるのか調べることにした。

3. 方法

スマートフォンの使い方によって我々の睡眠に与える影響について実験を行った。

高校生の対象者27名を3つのグループに分類し、帰宅後の行動を各々設定した。

それらは帰宅してからスマートフォンを

- ① 寝る直前まで使う
- ② 寝る1時間にやめる
- ③ 寝るまで使わない

以上3つのグループである。加えて、アプリを用いて入眠時間についても調べた。尚、この実験は先行研究を受けて作製・実施したものである。

4. 結果と考察

実験の結果から、スマートフォンを寝る前に使用することが寝つきに影響を与え、睡眠の質を悪くすることが分かった。また、グループ①の結果「寝つきはどうだったか」という質問に対して「とてもよい」「よい」と答えた割合が50%を超えたことから寝落ちの状態で眠りについたのだろうか、また入眠時間に関してグループ③が他よりも眠りにつく時間がかかったことから慣れないことにより精神的ストレスを感じたのではないかと結論づけた。

5. 今後の研究

スマートフォンを使うことによって「学力」、「睡眠」、「身体的」に影響があることが分かった。今後もこの3つの問題を調べていき、特に「睡眠」については条件や内容などをより整えて実験をし、スマホが生徒に与える影響について調べていきたい。

桜島とともに生きる人々に関する研究

鹿児島県立錦江湾高等学校

3年1組 福留 怜

3年3組 岡部 花音

3年4組 福山 裕平

1. 研究の概要（要旨）

まず、資料を通じて統計データからみる桜島・桜島がもたらす災厄と恵みについて調べた。その後、資料調査をふまえて、桜島の方々にアンケートをとり、そこから桜島とともに生活している町民の生活を分析した。

2. 動機

鹿児島のシンボルである桜島はその威容から普段よく考えることもなく、鹿児島の人々に受け入れられているが、私たちはその姿を本当に知っているのかと思い調べることにした。

3. 方法

I 資料調査

- 1.視点 資料調査は、統計データからみる桜島・桜島がもたらす災厄と恵みという2つの視点で実施。
- 2.統計データからみる桜島 鹿児島HPの統計情報・人口情報をもとに過疎化・高齢化を調査。

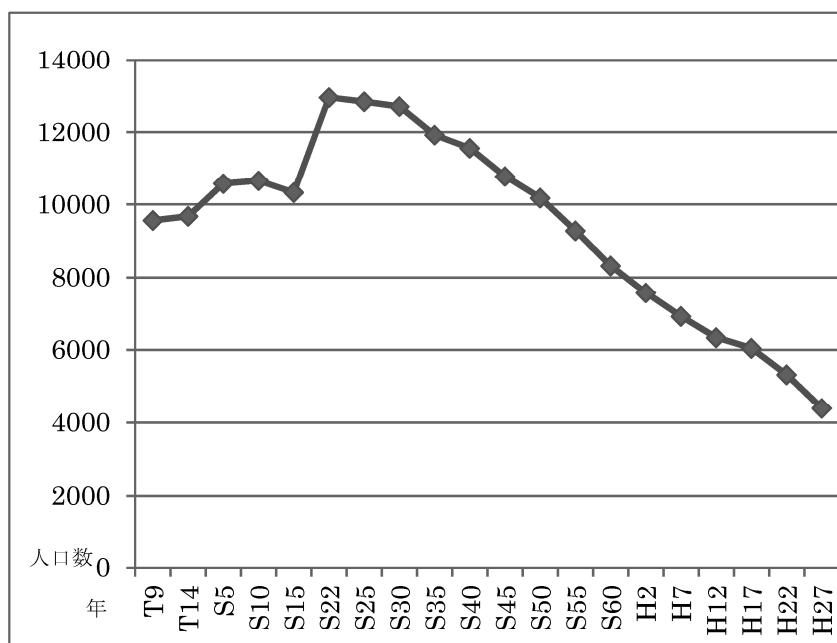
II アンケートとインタビュー

アンケート項目は資料調査内容と結びつけて作成した。インタビューなどは桜島の恵みで興味をもった点から行った。

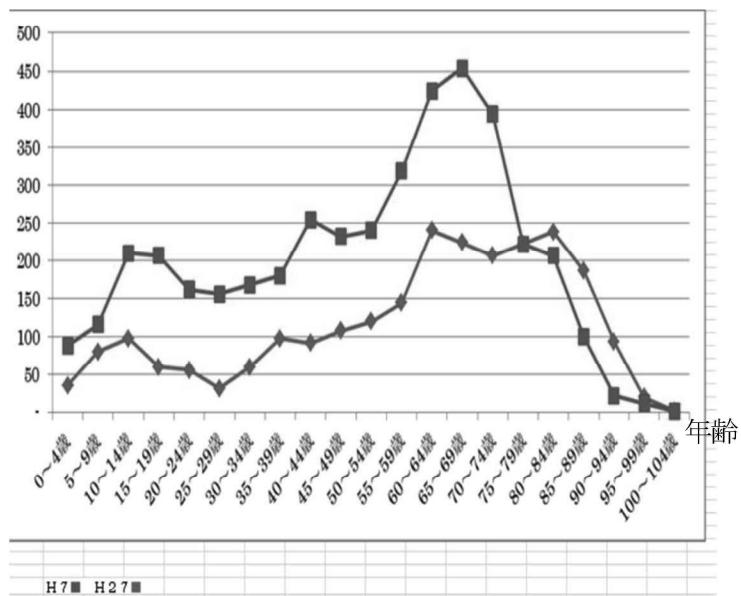
4. 結果と考察

～I 資料調査～

統計データからみる桜島→国勢調査
(T9~H27) では、桜島の住民は
大正9年から昭和50年までは約1万人
だが、平成27年には7千人と減少。
鹿児島全体に占める桜島の割合は統
計年平均3.8%で大正9年の9.3%
をピークに減少し、平成27年には
1.2%に減少。以上から桜島は過疎
化している。



次に住民基本台帳をもとに5歳毎の区切りで平成7年と平成27年を比較すると前者の人口数ピークが60~74歳の一山、後者のそれは60~64歳と80~84歳の二山だが、後者の60~64歳の山は前者の山より低くなりその分80~84歳の山にずれているので高齢化している。



～Ⅱ桜島町民アンケート～

1. 項目 平成30年7月28・29日に実施した。個別調査を行い、14集落60人の回答を得た。現在の町人口は4310人で回収率は1.4%。
2. 分析
 - ① 年齢構成→回答年齢は60~90代までで60%を占める。中堅層が薄く、高齢化が目立つ。
 - ② 過疎化・高齢化→それぞれ90%・95%の人が「はい」と回答
 - ③ 大正噴火→身近な人からの体験話の有無について「はい」が58%。内容は、避難の様子・溶岩被害・噴火現象・予兆と続く。
 - ④ 火山の恵み→最大の恵みは何かとの問には温泉が最多で、次に山と海に囲まれた自然、さらに桜島大根・小みかん・びわといった特産物、またビニールハウスの公的補助といった回答。
 - ⑤ 桜島で一番自慢できる農作物→最多は桜島大根で小みかん・みかんも多く、さらにびわと続いた。それ以外では4種類の果物と8種類の野菜があがった。
 - ⑥ 桜島の暮らしを誇りに思うか→火山の災厄と恵み双方を受けながら桜島とともに生きることを誇りに思うかとの間に「はい」が83.1%「いいえ」が16.9だった。大半は「はい」と答えているが、高齢化でどこにも行きようがないとの返答もあり、市町村合併後の流出や拠点病院以外の診療所がなくなったり、学校の複式学級化などもあって、できれば町外に出たいとの回答もあり、単純に数字だけで考えられるべきではないと思った。

桜島大根農家大野学さんへのインタビュー

- ① はじめに アンケートで最も自慢できる農作物としてあがったことや土壤特性からして桜島大根農家を訪問することにし、世界一重いギネス認定記録(31.1kg)をもち、世界一桜島大根コンテストで最近総合4連覇を達成している大野学さん(75)にインタビューするのが一番だと思い、様々な話を聞いた(H30.8.17)。
- ② 大根畑をみせてもらう 藤野にある大根畑を写真におさめている時に、「畑をみてどこに良い大根ができるか分かりますか」との間に自答して「ふくらんでいる所とくぼんでいる所があるでしょう。良い大根ができるのは水はけがよい風通しのよいふくらんだ所なんです」と大野さんは言った。これからトラクターで耕して畠作りをして種植えをし、10月頃間引きして「1本立ち」にする。収穫は

年末。ボラ土は軟弱野菜は30~40センチの所にあれば水はけも適度な水分もあってよいが、大根のような球根類は1ヶ月ほどの土の下にあるほうがよいとのこと。糖度も高くそのままでも十分おいしそうだ。

③ 事務所での話 畑から少し離れた事務所で続けて話しを聞いた。40年以上の大根作りで培った工夫例をあげると、複数の種植えは割合を年々の天候で替える。種蒔きは小ザルで大きさを均一化すると出来や収穫によい。種は大きく早生用・重みのあるコンテスト用・肉厚モノの3つで、梅雨前に作る。「まっすぐで姿勢がよく、大きさだけでなくツヤもあり葉も整っているもの」が素晴らしい大根だと教えて頂いた。大野さんの作る大根は引く手あまたで、その技量故の相応の収入と大根作りによる人づきあいの広さを通じて、搖るぎない自信を築かれていた。

5.今後の研究

桜島の姉妹都市であるナポリのヴェズヴィオ山の近くに住んでいる人々の調査を行い、桜島に住む人々と比較して違いを調べたいと思います。

6.結論

そのシンボルでその威容から普段よく考えることもなく鹿児島の人々に受け入れられている桜島を私たちは本当に知っているのかと思い調べてみました。桜島町の14集落をまわりアンケートをとった正直な感想は、過疎化と高齢化の現実でした。火山の災厄と恵み双方を受けながら桜島とともに生きることを誇りに思うかとの間に大半の方が「はい」と答えられましたが、単純に数字だけで考えるべきでないとも述べました。他方で、大根農家の大野学さんのように自らの仕事に大いなる誇りを持たれている方もおられます。私たちにとって身近でとても大切な存在である桜島について、ほんの少しですが理解できたように思います。

7.参考文献

NPO法人桜島ミュージアム編著『みんなの桜島』南方新社
幸田文『崩れ』講談社文庫

スポーツ科学班 「メンタルトレーニングと競技力能力の関係性」

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 菊永 晟弥 下出 陸弥 谷川 翔馬 福元 太陽
上奥 翔太 馬場 洋輔 津曲 裕仁
原口 美紗 有薗 風心 二階 聖南

【要約】

昨年の研究から、インターハイ等で活躍している選手は、精神の安定・集中力、作戦能力が特に優れていることがわかった。そこで今年は、その3つの分野のメンタルトレーニングを実践し、選手のパフォーマンスにどのような影響があるのかを、昨年も使用したDIPCA3を用いて研究を行った。また、トレーニング後にアンケートも実施し、その解答も参考にした。すると、各部活動において、3つの分野が向上していた。したがって、メンタルトレーニングとパフォーマンス向上には強い関係性があることがわかった。

【説明】

DIPCA3とは、心理的競技能力診断検査の略。

- ・スポーツ選手の一般的な心理傾向である心理的競技能力（通称、精神力）を12の内容（忍耐力、闘争心、自己実現意欲、勝利意欲、リラックス能力、集中力、自己コントロール能力、自信、決断力、予測力、判断力、協調性）に分けて診断する。
- ・個々の心理面の短所や長所を数値化して診断でき、メンタル強化の第一歩となる。
- ・12項目240点満点。一般的に200点を超えると心理的競技能力が高いといわれている。

【動機・目的】

昨年の研究より、本校の部活動生は、DIPCA3の結果から、精神の安定・集中力、作戦能力に欠けていることが分かった。そこで、本番の試合で良い結果が出せるようにするために、さらなるメンタル強化をしたいと考え、DIPCA3に基づき調査した。

【実践内容】

1 対象

対象者	調査人数
男子剣道部	17人
女子剣道部	6人
男子バレーボール部	15人
女子バレーボール部	22人
令和元年 剣道国体選手	4人

2 手順

- ① DIPCA3 を用いて対象者にアンケートをとる。
- ② アンケートの結果をまとめる。
- ③ 国体選手と本校部活動生、過去に大会でよい成績を残した先輩方の結果と比較し、本校部活動生に足りないメンタルの部分を考察、分析する。
- ④ それぞれに合ったルーティーンを考える。
- ⑤ ルーティーン前後でのメンタルの変化や、体の動き方の変化などを、再度 DIPCA3 を用いてアンケートをとる。
- ⑥ その結果をグラフに図示し、ルーティーンと心理的競技能力の関係性を考察する。

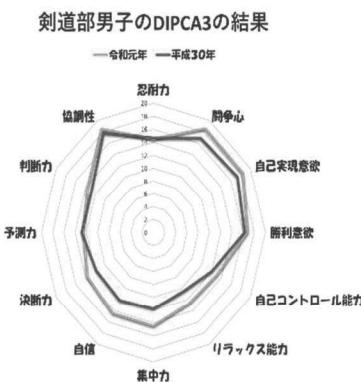
〈ルーティーン内容〉

- ・動画鑑賞（プロの選手の動画を見ることによって、頭にイメージがわき、集中力がますのではないか？）
- ・声かけ（ミスをした後の不安や焦りをなくすため、ミスの後、連続失点した後に、コートの中心に集まり、前向き・プラスな言葉をかけあつた。）
- ・リラックス効果を高めるストレッチ、トレーニングを継続的に行い、どう変化があったのか考察する。

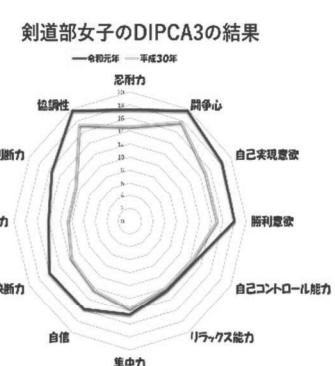
【調査結果】

・剣道部

リラックス効果を高めるトレーニング（センタリング、グランディング、腹式呼吸、ストレッチ）を行ったところ、男女共に、DIPCA3 の精神の安定、集中力の項目だけでなく、その他の項目も昨年の結果と比べて男女とも数値が上昇していた。



男子↑（平成 30 年と令和元年と比較）

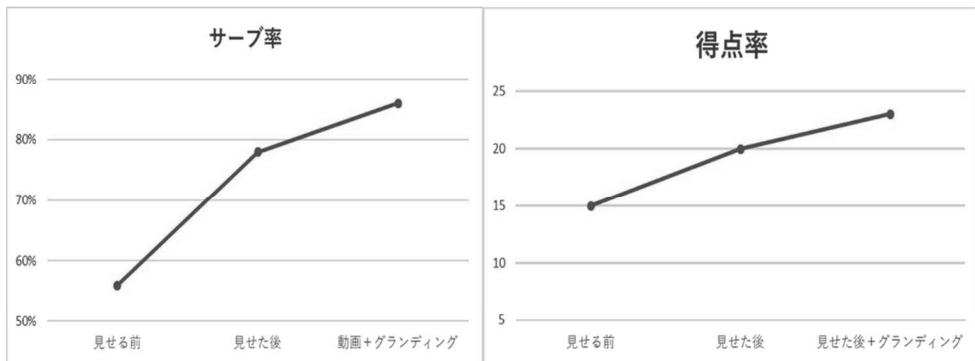


女子↑（男子と同じ条件で比較）

・男子バレー部

動画を鑑賞する前と後でのサーブ率と得点率の変化について調べたところ、動画

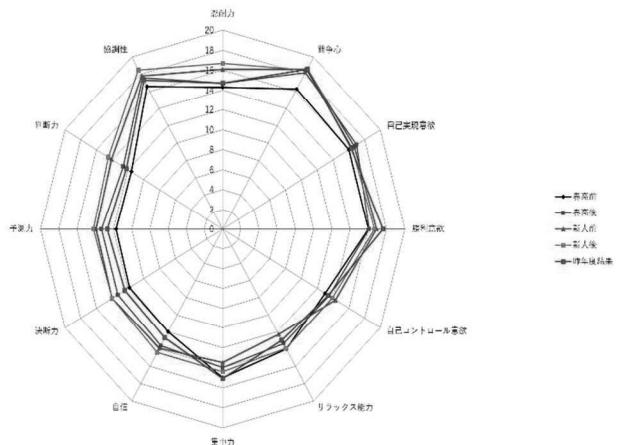
を見る、動画+グランディングでは、動画を見る前と大きな違いがあることが分かった。



県内の某高校との練習試合（3回）の中で、動画を見ない、動画を見る、動画+グランディングにおける得点率とサーブ率の相関関係

・女子バレー部

ミスをした後の不安や焦りをなくすために、ミスをしたときや、連続失点した時などに前向き・プラスの言葉をかけあった結果、協調性や判断力といった項目に変化が見られたが、集中力は少し低下していた。



春高前後、新人戦前後で女子バレー部を対象にDIPCA3を行った結果。↑

【結果に対する考察】

・剣道部

☆ 精神の安定・集中、作戦能力がともに上昇。

腹式呼吸やストレッチを行うことにより、体のコリが取れたり、余計な力が入らなくなり、自分の体を思い通りに動かすことができるようになったため、焦らずに落ち着いて試合に臨むことができたと考える。

・男子バレーボール部

☆ 得点率, サーブ率ともに上昇。

強い選手の動画を見ることにより, プレーの具体的なイメージを創ることができ, 凄いプレーを見ることによりモチベーションも上がった。その結果, 視野が広くなったり, 集中力が上昇して落ち着いてプレーできたから, 得点率, サーブ率が共に上昇したと考える。

・女子バレーボール部

☆ 協調性, 判断力は上昇。集中力のみ低下。

声かけをすることで, 協調性や判断力は上昇したが, 集中力のみは低下していた。このことから, ミスした直後には集中力が上がったと思うが, 時間が経過するごとに, その声かけが作業, やれなければならないことになってしまい, 特に何も意識することなく行ってしまったことで, 集中力が低下したのではないかと考えた。

【まとめ・今後の展望】

- ・これらの結果より, メンタルトレーニングとパフォーマンスの向上には, 大きな関係性があることが分かった。
- ・簡単に実践できるものも多いので, 継続的に実践していきたいと思う。
- ・今回は, 3つの部活動を対象に行ったので, 次は多くの部活動を対象に調査を行い, 競技別による心理的競技能力の変化を調査してみる。
- ・各部活動の特性に合わせた内容のルーティーンに改善ていき, それを提案していく。

BS アンテナを用いた太陽の表面温度測定

鹿児島県立錦江湾高等学校 3年

研究者氏名 山下尋翔・池尻陽菜・川原由吉・中島凜太郎・白瀬愛音

1 要旨

私達は太陽表面温度の測定において BS アンテナの条件の違いによる精度の変化を調べた。アンテナの面が小さいものが彩層の温度である 10000K に近く、受信機は左旋円偏波対応のものが精度が高いということが分かった。また 2019 年 12 月 26 日に部分日食があったため測ろうとしたが、雨が降り測定できなかった。

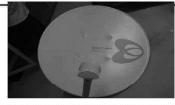
2 動機

地上に届く太陽からの電波の周波数域は 10 MHz～300 GHz である。そこで私達は、周波数 12 GHz の電波を受信することが可能であり、家庭でも使用されるため容易に入手できる BS アンテナに着目した。実際に 2 つの BS アンテナで太陽表面温度を測定したところ、同じ場所で同じ電波を測定したにもかかわらず、測定値に大きな差があった。2 つの BS アンテナの違いを調べたところ、「アンテナ面の大きさ」と「受信機の種類」の 2 条件が異なることが分かった。そこで、この 2 つの条件が測定値の精度に与える影響を調べ、より精度の高くなる条件を求めたいと考え、研究テーマに設定した。また 2019 年 12 月 26 日に部分日食があるため測ろうとした。

3 方法

今回、表 1 に示す寸法が異なる 2 つの縦長楕円形のオフセット型（以下、オフ小、オフ大と呼ぶ）の BS アンテナを用いた。電波の受信感度が最大となる方向から、受信感度が半減する方向までの角度を「ビームサイズ」と呼び、オフ小は 3° オフ大は 3.25° である。

表 1 実験で使用した BS アンテナ

型	オフセット(小)	オフセット(大)
実物		
形状	楕円形	
寸法	横 467mm 縦 532mm	横 527mm 縦 608mm

実験装置は参考文献¹⁾を元に、BS アンテナ、ブースター、検波器、デジタルテスターの順にケーブルでつないで作製した（図 1）。ブースターで増幅された信号を検波器で直流電圧に変換し、デジタルテスターで測定する仕組みである。電波を熱に変換して電波の反射や透過を抑える機能を持つ物体を「電波吸収体」と呼び、電波を正確に測りたいときや電波の反射を抑えたいときに使用され、太陽の表面温度を求める際にも必要である。

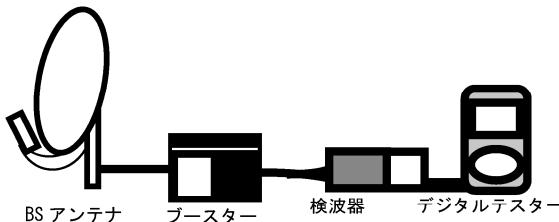


図 1 実験装置の概要

BS アンテナを空、太陽、電波吸収体に向かって、それぞれの電圧(mV) V_{sky} 、 V_{sun} 、 V_{abs} を測定し、実験時の温度 T_{abs} (°C) も測定して式 1、式 2 で計算した。太陽の表面温度を T_{sun} (K)、太陽の輝度温度を T_{ant} (K)、BS アンテナのビームサイズを a とし、太陽の視直径 r の値は 0.5° を用いた。

本研究では、各実験における T_{sun} の平均値及び標準偏差を求めて考察した。標準偏差はデータの散らばりの度合いを示す値で、標準偏差が小さいほど精度が高い。

$$T_{ant} = \frac{V_{sun} - V_{sky}}{V_{abs} - V_{sky}} (T_{abs} + 273)$$

式 1

$$T_{sun} = T_{ant} \frac{a^2}{r^2}$$

式 2

4 結果

(1) オフセット型のサイズによる比較

2019年11月16日にオフ小とオフ大で実験を行い、アンテナ面のサイズの測定値への影響を調べた。結果は図2と表2のとおりである。標準偏差の小さいオフ大の方が、精度は高い。しかし、太陽表面温度の平均値は、オフ小の方が理論値の10000 Kに近かった。

(2) 受信機による比較

受信機による測定値の違いを検証するため、受信機とアンテナの面の部分を取り外し付け替え、2020年2月1日に実験を行った。購入時の組み合わせに加えて、オフ小のアンテナ面にオフ大の受信機を付けたもの、オフ大のアンテナ面にオフ小の受信機を付けたものと、4つのパターンでそれぞれ太陽の表面温度を測定した（図3）。結果は図4と表3のとおりである。

太陽表面温度の平均値はアンテナ面の小さい③と④が理論値の10000 Kに近かった。標準偏差はオフ大の受信機を用いた②と④が小さく、精度が高かった。受信機について調べたところ、オフ小の受信機は右旋円偏波しか受信できないのに対して、オフ大の受信機は右旋円偏波と左旋円偏波の両方を受信できることが分かった。太陽光には右旋円偏波と左旋円偏波の両方が含まれるが、太陽大気の磁場の状態によりその含まれる割合は変動する。オフ大の受信機は偏波を両方とも受信できるため、磁場による変動を受けにくく、標準偏差が小さくなつたと考えた。

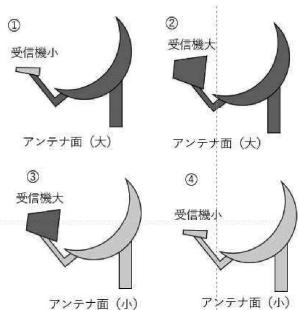


図3 受信機とアンテナ面の4通りの組み合わせ

(3) 部分日食観測

2019年12月26日の部分日食当日は、前線や低気圧が通過し、鹿児島市は雨であったため部分日食を測定することはできず、結果が得られなかつた。

表2 オフセット型大小による実験結果

	実験回数	T_{sun} の平均値 (K)	標準偏差
オフ小	8	9801	282
オフ大	8	7907	84

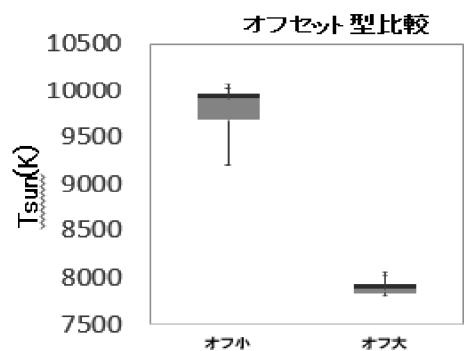


図2 オフセット型大小による測定値の比較

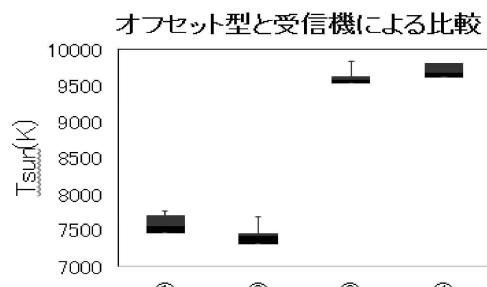


図4 受信機とアンテナ面の組み合わせによる比較

表3 受信機とアンテナ面の組み合わせによる結果の比較

組み合わせ	アンテナ面	受信機	実験回数	T_{sun} の平均値	標準偏差
①	大	小	8	7613	204
②	大	大	8	7401	86
③	小	大	8	9607	120
④	小	小	8	9718	167

5 考察

太陽の表面温度の測定による BS アンテナの形状と受信機の比較については、アンテナ面の小さい方が彩層の温度である 10000 K に測定値が近く、右旋円偏波と左旋円偏波の両方を受信できる受信機の方が測定の精度が高くなることが分かった。これらのことから、小さなアンテナ面と右旋円偏波と左旋円偏波の両方を受信できる受信機の両方を用いることがより精度の高くなる条件だと考えられる。また、今回の実験の目的の一つである部分日食の観測はできなかった。

6 今後の課題

観測対象として、金星や月などの太陽以外の惑星や恒星の観測データを集める。また、実験教室を通して、この実験について普及することで、小中学生により科学に対して興味を持ってもらうなどの活動を行っていきたい。今回の実験で使用した BS アンテナについては、現在の二年生がゲリラ豪雨を観測する実験で有効活用している。

7 参考文献

- 1) 高校生天体観測ネットワーク Astro-HS 観測ガイドブック編集委員編集、
高校生天体観測ネットワーク 2008 「太陽観測」、P22 - 27、高校生天体観測ネットワーク Astro-HS 運営委員会、2008.

炎色分光光度計による各金属イオンの定量とその応用に関する研究

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 下柳田皓貴・岸下藍己・富田千絵・福地彩根

1 要約

私たちは水溶液中の金属イオンの成分と濃度を容易に測定できる装置を開発した。異なる種類の金属イオンの濃度を測定し比較したところ、ナトリウムイオンにおいて $0 \sim 2.5 \times 10^{-3}$ mol/L の範囲で正確に測定できることができ、自作の装置で測定可能であることが分かった。また、温泉水の金属イオンの検出も可能であった。

2 動機・背景

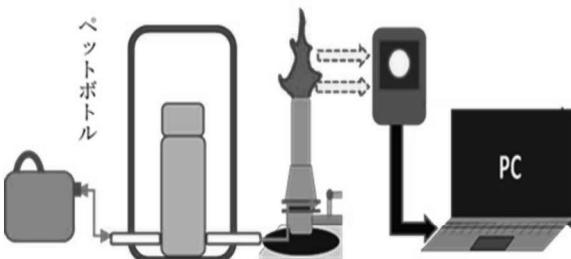
私たちの身の周りの海や川などには多くの金属イオンが含まれており、これらを定量分析するためには比色法を用いるのが一般的である。しかし、ナトリウムイオンやカリウムイオンについては適当な発色試薬がなく、比色法は適用できない。これらのイオンを測定するには、発光分光分析装置または原子吸光光度計を用いる必要があるが、その価格は数百～数千万円であり、購入は容易ではない。そこで私たちは、炎色分光光度計を作製し、これを用いて金属イオンの成分と濃度の測定を行った。

3 測定原理

装置には松浦¹⁾の論文を参考に、吸排気ポンプ(IP-550H)・超音波式加湿器(M1-Humidifier Gersymi)・ガスバーナー・PC・2 L ペットボトル・パラフィルムを用いた。

各溶液を超音波式加湿器に入れて霧状にし、パラフィルムで蓋をしたペットボトルに充満させ、ポンプを用いて、穴をあけたチューブよりガスバーナーの空気調節ねじから導入した。炎色反応時の炎から出る光の強度をカラーコンパス PCF で測定した。

(Fig. 1)



〈Fig. 1 簡易炎色分光光度計の模式図〉

4 手順

4-1 ナトリウムイオン濃度

私たちはアルカリ金属を含む溶液で身近にある塩化ナトリウム水溶液の定量測定を行った。ナトリウム標準溶液として $0 \sim 2.0 \times 10^{-3}$ mol/L 塩化ナトリウム水溶液を調製し、簡易炎色分光光度計で測定した。測定波長は、ICP 発光分析の測定でも用いられる Na D 線 589 nm(黄色)を用いた。

4-2 カリウムイオン濃度の測定

上記と同様に、カリウムイオンの測定も行った。測定波長は 760 nm(赤紫)を用いた。

4-3 カルシウムイオン濃度の測定

上記と同様に、カルシウムイオンの測定も行った。測定波長は測定値が安定していた 622 nm(橙赤)を用いた。

4-4 温泉水の測定

温泉水を試薬として、自作の装置を用いてこれまでと同様に実験を行った。

5 結果・考察

5-1 ナトリウムイオンの濃度

塩化ナトリウム水溶液の濃度とカラー
コンパスで検出した発光強度の関係を
Fig. 2 に示す。0~ 1.0×10^{-2} mol/Lまでの
測定を行った。 2.5×10^{-3} mol/L より高い
濃度範囲では発光強度は濃度に比例しな
かつたため 2.5×10^{-3} mol/L、が測定限界
であると考えた。(Fig. 2)

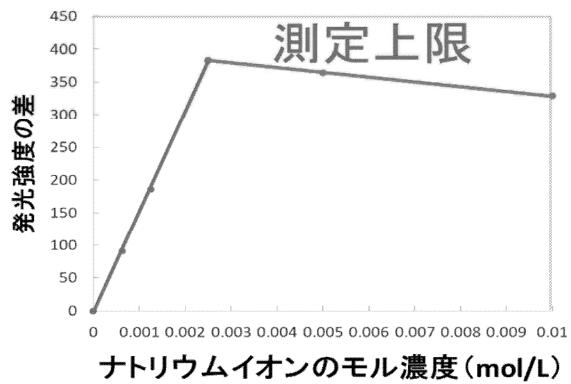


Fig. 2 ナトリウムイオン標準溶液の濃度と
発光強度 (589 nm) の関係

測定限界以下の 0~ 2.5×10^{-3} mol/L の範
囲では発光強度がモル濃度に比例した(相
関係数 $R^2 = 0.999$) (Fig. 3)。従って、この
濃度範囲では、ナトリウムイオンの定量が
可能であるということがわかった。(Fig. 3)

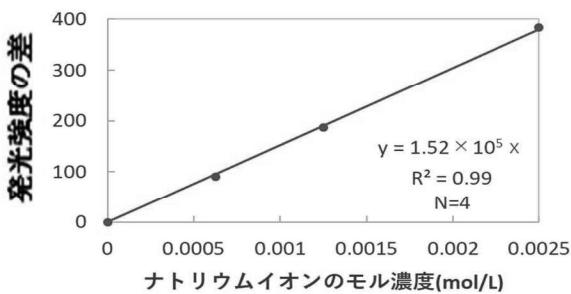


Fig. 3 ナトリウムイオン標準溶液の濃度と
発光強度 (589 nm) の関係

5-2 カリウムイオンの濃度

塩化カリウム水溶液の濃度とカラーコン
パスで検出した発光強度(測定値)の関係を
Fig. 4 に示す。0~ 1.0×10^{-2} mol/L の範囲で
発光強度は濃度に比例し(相関係数 $R^2 =$
0.98)、作製した炎色分光光度計は、カリウ
ムイオンの定量測定が可能ということが分
かった。(Fig. 4)

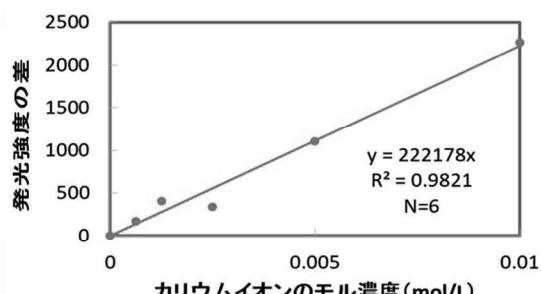
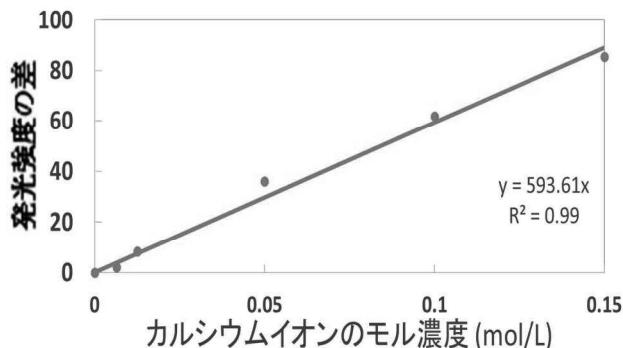


Fig. 4 カリウムイオン標準溶液の濃度と
発光強度 (760 nm) の関係

5-3 カルシウムイオンの濃度

塩化カルシウム水溶液の濃度とカラー
コンパスで検出した発光強度（測定値）
の関係を Fig. 5 に示す。0~ 1.5×10^{-1}
mol/Lまでの測定を行ったところ、発光
強度は濃度に比例し（相関係数 $R^2=0.99$ ）、
作製した炎色分光光度計は、カルシウム
イオンの定量測定が可能ということが分
かった。（Fig. 5）

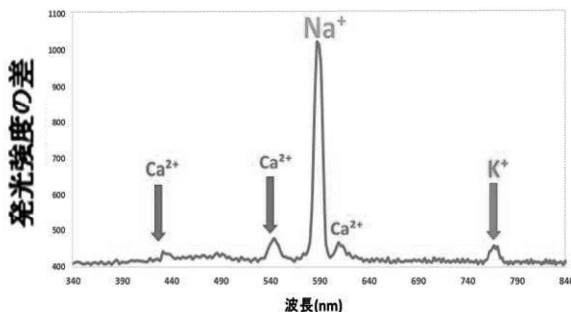


〈Fig. 5 カルシウムイオン標準溶液の濃度と
発光強度（622 nm）の関係〉

5-4 温泉水

今回の実験で測定した標準溶液の代わり
に温泉水を用いて測定した発光スペクトル
を Fig. 6 に示す。

自作の装置で、ナトリウムイオン、カリウ
ムイオン、カルシウムイオンを検出するこ
とができる。



〈Fig. 6 温泉水に含まれている
各金属イオンとその発光強度〉

6 各金属イオンの測定範囲・相関係数

3種類の金属イオンの結果を表に示す。（Table. 1）

〈Table. 1 各金属イオンの測定結果〉

相関係数がいずれも $R^2 \geq 0.98$
であったことから正確に測定が
できたといえる。

イオン	測定範囲(mol/L)	相関係数 R^2
ナトリウムイオン Na^+	$0 \sim 2.5 \times 10^{-3}$	1.00
カリウムイオン K^+	$0 \sim 1.0 \times 10^{-2}$	0.98
カルシウムイオン Ca^{2+}	$0 \sim 1.5 \times 10^{-1}$	0.99

発光分光分析装置や原子吸光
光度計は非常に高価であるが、今回作製した炎色分光光度計は、安価に作製するこ
とができる。（4万円弱）

採取してきたサンプルを前処理なしで直接測定でき、手順が少ないと簡単に測定が
できる。

複数の金属イオンが含まれる温泉水の測定もできた。

7 今後の課題

- (1) 温泉水に含まれている金属イオンと気圧（天気）の関係を調べる。
- (2) マグネシウムイオンは炎色反応を示さないので、他の方法で測定できないかを調べる。

8 参考文献

- 1) 松浦 紀之「水中のナトリウムイオンをどのようにして定量するか-自作炎光光度計による定量測定-」化学と教育 63(2015)182-183
- 2) 第20回 中国・四国・九州地区理数科高等学校課題発表大会(佐賀大会)P100～P101
- 3) 『改訂 化学基礎』 高等学校理科用 文部科学省 檢定済み教科書, 東京書籍 P143-147, 168

酵素を用いて肉を柔らかくする

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 川越遙人, 森園公子, 山崎優雅, 立石キラリ, 林あみか, 山口真由

1. 要約

肉はたんぱく質を多く含み、たくさんの人々に食べられている。しかし、硬いことから肉の摂取が難しい高齢者や小さな子ども達が多くいるのが今の日本の現状である。そこで調べていくと、肉を柔らかくすることができるたんぱく質分解酵素（プロテアーゼ）があることを知った。プロテアーゼで本当に肉を柔らかくすることができれば、より多くの人達が肉を食べられると思い、今回の実験に至った。本研究では、肉を柔らかくすることだけを目的とし、レオメーターを使用して研究を行った。その結果、キウイ果汁が最も効果的なことが分かった。また、最適な時間、最適な温度で浸漬することが最善だと考えた。これらを実践することで、肉を柔らかくするという目的を果たすことができた。

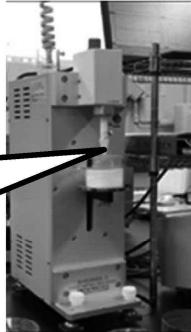
2. 動機と背景

私達、日本人のQOL（quality of life）は、全国的に低い傾向がある。理由となる高齢者の寝たきりを防ぐには、たんぱく質を多く含む肉を摂取し、筋力を保持する必要がある。しかし、硬いなどの理由で肉の摂取量が減り筋力低下を起こしていると考えられる。そこで私達は、たんぱく質を分解するプロテアーゼを含んだ果物を利用して硬い肉を柔らかくする効果的な方法を明らかにし、日本人のQOLを少しでも高めたいと考え予備実験を行った。

- ① ゼラチン 15 g を水 400 ml に加熱、溶解したゼラチングルにすりおろした果汁（リンゴ、キウイ、パイナップル、オレンジ、メロン、グレープフルーツ、いちじく、みかん）10 g を入れて凝固の比較をした。実験の結果よりパイナップルとキウイが効果をもたらしたため、以降の実験では、パイナップルとキウイを用いることにした。
- ② ①のような果物の果汁に漬け込んだ豚モモ肉をホットプレートで加熱し、食べ比べることで硬さを比較した。しかし、ホットプレートでの加熱では焼き方にムラが出てしまったり、脂身の入り方で硬さも変わったり、人の試食での客観的判断は難しかった。
- ③ ②の実験の反省を活かして脂身の少ない鶏ムネ肉を使用し、肉にかかった圧力を測定できるレオメーターという測定器を用いて比較した。また、焼きムラを防ぐために電子レンジを使用して加熱を行なった。しかし、測定用の肉が小さいため肉が爆発してしまった。そして最終的に、キウイとパイナップル果汁に浸漬した肉を湯煎し、肉を柔らかくすることを目指した。

ここに 1 cm 角の肉を置き、上から圧力をかけ肉の弾性を測定

※肉の繊維に対して垂直に圧力を加える



実験① 果汁による歪率の比較

- 密封パックを使用して鶏ムネ肉を重量の半分の果汁に 20 分浸漬する。
- 沸騰したお湯で 10 分煮た後 1 cm 角に肉を切りレオメーターを使い測定する。

実験② 時間変化による歪率の比較

- 密封パックを使用して鶏ムネ肉の重量の半分のキウイ果汁を 30 分、60 分、90 分、12 時間、24 時間浸漬する。
- 沸騰したお湯で 10 分煮た後、1 cm 角に肉を切りレオメーターを使い測定する

実験③ 温度変化による歪率の比較

- 密封パックを使用して鶏ムネ肉を重量の半分の果汁に 20 分浸漬する。
- その際、密封パックを 25 °C、30 °C、35 °C の 3 つの異なる条件のお湯につけ 20 分浸漬する。
- (2) を沸騰したお湯で 10 分煮た後 1 cm 角に肉を切りレオメーターを使い測定する。

3. 結果と考察

1 果汁による歪率の比較

図 2 は、無処理、キウイとパインアップルの果汁に 20 分浸漬した鶏ムネ肉を用意し、沸騰したお湯で 10 分煮た後、1 cm 角に統一したものをレオメーターで測定した結果である。縦軸に荷重（物体に加わる力）、横軸に歪率（ある波形が正弦波と

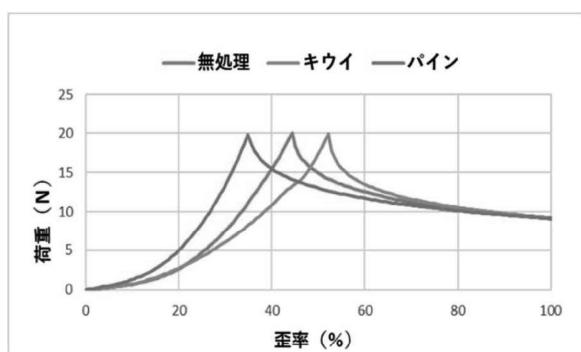


図 2 果汁による歪率の比較（鶏ムネ肉）

比べ、どの程度歪んでいるかを示す量) をとったグラフである。この図より、20 N 加えた場合歪率はキウイが一番柔らかいことが分かった。

のことから、キウイにはたんぱく質を分解するプロテアーゼが多く含まれていることが分かった。しかし、肉を柔らかくすると知られているパイナップルより無処理が柔らかいという結果がでた。これは、レオメーターでの測定の際、繊維の方向をレオメーターに対して垂直に圧力を加えなければいけないところを無処理だけ平行に圧力を加えたことが原因だと思われる。

2 時間変化による歪率の比較

図3は、鶏ムネ肉をキウイ果汁に30分、60分、90分、12時間、24時間浸漬し、沸騰したお湯で10分煮た後、1cm角に統一したものをレオメーターで測定した結果である。この図より20 N加えた場合歪率は90分が一番柔らかいことが分かった。また、キウイ果汁に浸漬した時間に比例して柔らかくなる結果にはならなかった。

この原因としては、実験による誤差や果汁に浸漬する時間によって効果に波がある可能性が考えられる。

3 温度変化による歪率の比較

図4は、キウイ果汁に20分浸漬した鶏ムネ肉を用意し、25°C、30°C、35°Cのお湯に20分浸漬し、沸騰したお湯で10分煮た後、1cm角に統一したものをレオメーターで測定した結果である。この図より、20 N加えた場合25°Cが一番柔らかいことが分かった。

のことから、鶏ムネ肉を浸漬したお湯の温度によって効果が異なった。また、35°Cが30°Cより柔らかいことから効果が表れる最適な温度があると考えられる。

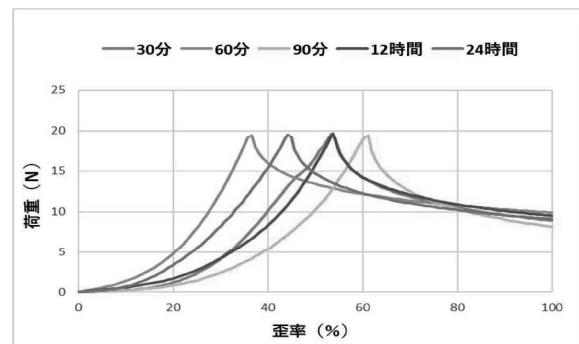


図3 キウイ果汁の柔らかさに及ぼす時間変化

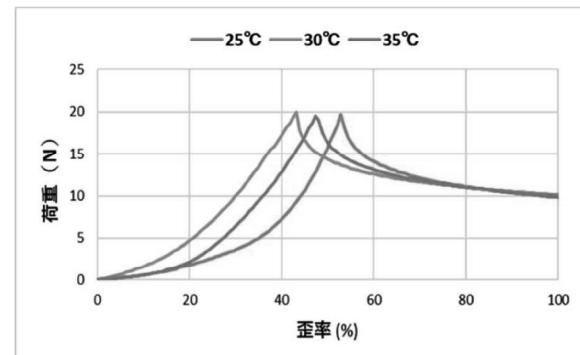


図4 キウイ果汁の柔らかさに及ぼす温度変化

4.まとめ

本研究では、日本人のQOL (quality of life) を高めることを目的に研究を始めた。研究の前に予備実験としてゼラチンゾルを用いた実験、肉をホットプレートで加熱した実験、レオメーター

での測定実験を行った。その結果より、キウイ、パイナップル果汁に効果があり、また、肉の中でも特に脂身の少ない鶏ムネ肉を使用し、湯煎での実験が最適だと分かった。これを用いて実験を行った結果、果汁で比較した場合キウイ果汁が最も効果的なことが分かった。また、キウイ果汁での時間変化では、90分、温度変化では25℃が柔らかいことが分かった。

5. 今後の展望

文献によると、肉を柔らかくする場合にはpH 5.5～8.0にしたキウイ果汁で作用させると繊維を維持した状態で分解できると示されているため、pHの測定と繊維の観察を行う。

6. 参考文献

西山一郎：精製アクチニジンによる筋原線維タンパク質分解酵素作成のpH依存症、日本家政学会誌52巻11号1083～1089・2001年

錦江湾高等学校と屋久島町における ヤンバルトサカヤスデCOIの遺伝子型解析

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科3年

研究者氏名 大薗日菜 草野晃士朗 合志笑愛 小松愛佳 新條嘉洸 田仲彩乃 長田聖哉

1 要旨

ヤンバルトサカヤスデ (*Chamberlinius hualienensis* 以後ヤスデと記す) の伝播の傾向を探る目的で、飯田ら (2012) の発表をもとに鹿児島市と屋久島町のヤスデのCOI配列の遺伝子多型の割合を調べた。錦江湾高校ではA種だけであった。屋久島町はA・C種が見られ、各地の割合と発生年、島でのヤスデ初確認が南部であった事実から、ヤスデが太平洋側を北上し、ヤスデの侵入が2度以上あった可能性が示唆された。

2 動機

昨年から本校でヤスデの防除・駆除の研究を行っているが、一度広がった種の駆除は非常に難しいと感じた。ヤスデの各地の遺伝子多型の割合と分布を把握することで、移動の経路や傾向を推定し、ヤスデのように樹木の土などに付着する外来種の伝播を防ぐヒントが得られるのではないかと考えた。ヤスデの遺伝子多型は飯田 (2012) らの研究を参考にCOI領域を調べた。

3 方法

(1) ヤスデの採集

ヤスデの大量発生地域として本校(寮・側溝・体育館), 屋久島(図1の3地区)にて採取した。

(2) ヤスデのDNA抽出, PCRによる增幅

腸内細菌等の遺伝子混入を防ぐため、DNAの採取はヤスデの脚のみを使用した。DNA抽出, PCR, DNA精製はMACHEREY-NAGEのNucleo Spin®Gel and PCR Clean-upを使用した。PCR条件とバンド情報は以下のとおりである。

ア 増幅部位：ヤスデCOI領域(240bp)を含んだ400bp

イ PCR条件：①95°C 3分, ②(95°C 10秒, 55°C 15秒, 72°C 15秒) × 37回, ③72°C 3分

ウ プライマー配列：設計者が論文未発表のため記載不可。

PCR後にアガロース電気泳動を行ったところ、図2のように目的の400bpのバンドを確認できた(マーカーはExcelBand™100bp DNA Ladder)。乾燥個体からでもDNAが採取できることが判ったため、伝播防止の観点から、屋久島のヤスデは冷蔵して死亡させ、その個体からDNAを抽出することにした。バンドのゲルを切り出してDNAを精製した。



図1 ヤスデ採集場所(屋久島)

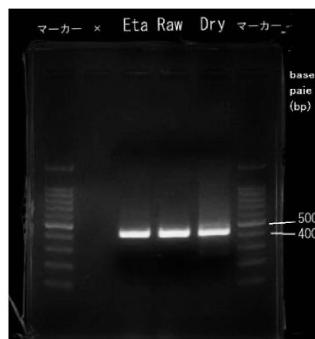


図2 PCR後の電気泳動結果
Eta:エタノール固定, Raw:死後1日以内, Dry:乾燥した個体を示す

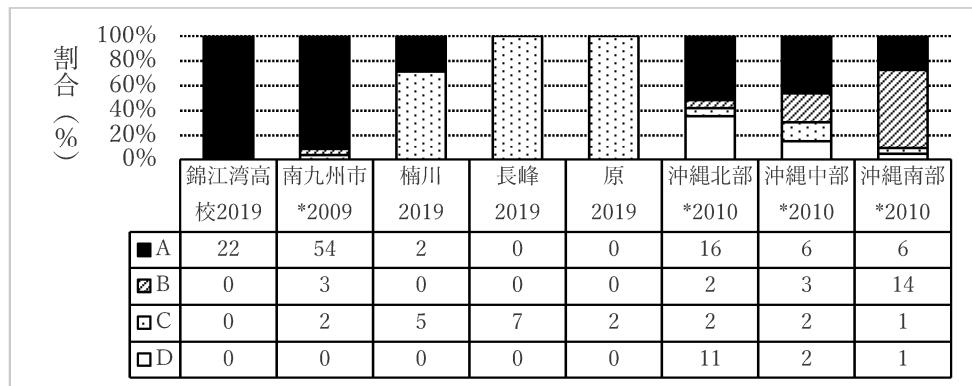
(3) シークエンス結果を用いた遺伝子多型の確認

精製したDNAを(株)ファスマックに送り、シークエンスを委託した。センス鎖、アンチセンス鎖両方を読めた個体情報のみ使用し、飯田らが発表した4種類の遺伝子多型の配列のどれと合致するか、配列を確認した。

4 結果

比較の結果、以下の表1のようになった。参考のために、飯田(2012)らの結果も*として示す。地名の後部にある数値は採取年である。なお、北から南の順に左から右に並べてある。

表1 各地域におけるヤスデCOI領域の比較



5 考察

本校のヤスデはA種のみであったことから、今までヤスデが複数種混じるほど大量または複数回侵入した可能性は低いと考えた。ただ、この可能性は鹿児島市他地域の割合を確認する必要がある。屋久島は採取数が少ないが、他地域では珍しいC種が多く、長峰と原はC種のみであった。これが事実と仮定し考察する。最近(2017年頃)ヤスデが初確認された長峰は、屋久島でヤスデが初確認された東南部の地域(2002年頃)から約30km、A種が存在した楠川(2013年頃初確認)から約8kmの距離がある。楠川は2013年頃の発生地域より離れた地域に存在する。このことから、長峰がC種のみならば、C種が15年をかけ太平洋側を北へ30kmを伝播した可能性が考えられる。またA種を含んだヤスデがC種とは別に島外から侵入した可能性が示唆される。

6 展望

屋久島の検査数を増やし、仮説を検証したい。また、ヤスデが本来生息していた台湾の種の割合を調べてみたい。鹿児島市の他地域を生息が確認された順に調べてみたい。

7 参考文献

飯田奈都子、神谷貴文、村上賢 2012 「ヤンバルトサカヤスデのミトコンドリアDNA解析」第35回日本土壤動物学会大会 ポスター発表

8 謝辞・報告

静岡県の青山様、屋久島町役場の渡辺様には多大なご協力をいただきました。この場をかりて厚く御礼申し上げます。本研究の過程で、夏の一時期、ヤスデが土中から確認しづらくなる一方、川で大量に群れ、いくつかは樹皮の間に隠れていた事を発見した。川での生息については、屋久島でも同様の事例が見られることを屋久島町役場への取材によって確認したことを報告する。

夏季静穏日における鹿児島沿岸の海陸風の特性Ⅱ

～喜入はなぜ陸風が弱いのか～

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 地学班
廣瀬大・唐鎌陸園・平峰大慎・吉良紋侍・藤波忍・石野好花・黒瀬七海

要旨

昨年度の鹿児島湾における海陸風の研究結果より喜入の陸風はほかの地域と比べて弱いということが分かった。なぜ、喜入は陸風が弱いのか。まず、喜入周辺の地域を観測し、海陸風の流れを考察すると、喜入に吹く海陸風は喜入周辺の地形に沿った風の流れがみられた。次に海陸風は気温と海水温の温度差が関係していると考え、鹿児島、喜入、枕崎の気温と海水温を調査した。その結果、喜入は海水温と気温の差が大きいことや、喜入以外の地域では海風が陸風よりも強いことが分かった。よって、喜入の陸風が弱い理由は、喜入周辺の地形が関係しているという結論に至った。

1、はじめに

海陸風とは、海と陸の温度差によって発生する風を表す。昼間は、陸地で暖められた空気が上昇し海風の循環を経て海から陸へ海風が吹く。夜間は、海上で暖められた空気が上昇し陸風の循環を経て陸から海へ風が吹く。この一連の流れを、海陸風と言う。

私たちは、昨年度の先輩方の研究結果をもとに今年度研究することを決めた。

昨年度の結論では、海風が陸風より風速が大きいことや、喜入に陸風が吹かないのは地形の影響を受けていることなどが考えられた。このことから本研究は、喜入に陸風が吹かない原因について考察するものである。

2、仮説

仮説①：喜入の東シナ海側からくる陸風と鹿児島湾岸からくる風が交わり、交わった風が地形のなだらかな東シナ海側の地域に吹くと考えられる。

仮説②：国土地理院を用いて喜入から枕崎の地形断面図を（図1）に表す。喜入から加世田までの地形断面図を（図2）に表す。

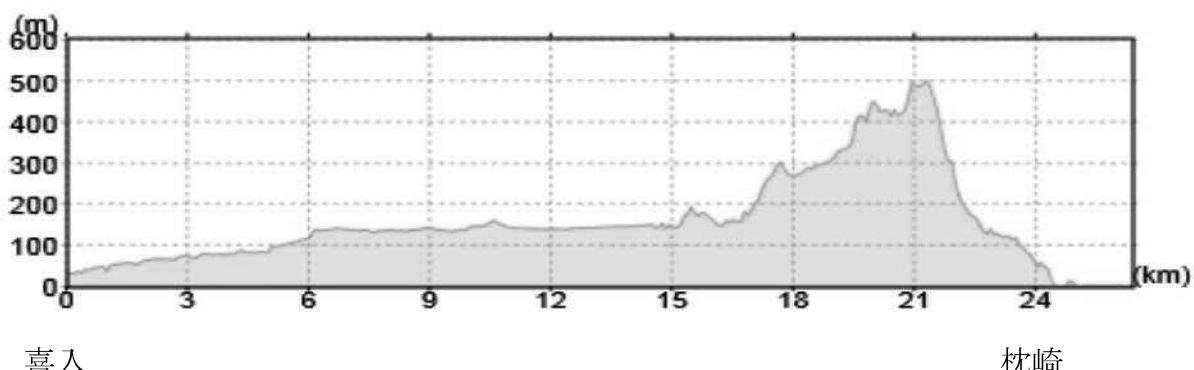


図1 喜入から枕崎の地形断面図

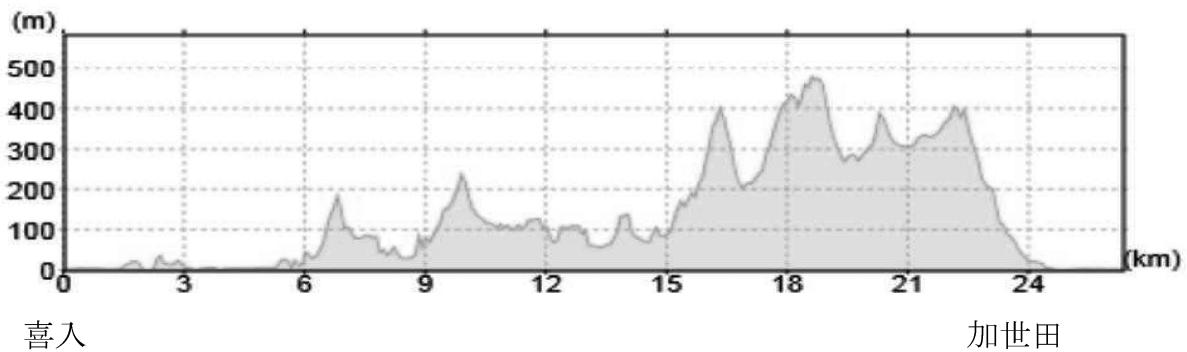


図2 喜入から加世田の地形断面図

この2つの図から、喜入は500m程の山地の真下にありこの山地から枕崎に行くにつれて地形がなだらかになっていることがわかる。この地形図から簡単な模式図を作った(図3)。

私たちが考えたこの模式図は、喜入付近の地形を表した。この図から鹿児島湾側と東シナ海に陸風がおこる際の喜入の循環は発生しているが地形の影響により鹿児島湾側の陸風は東シナ海側の陸風の循環に巻き込まれて東シナ海側の陸風となつたことを表している。いずれから、喜入に陸風が吹かない原因と考えた。

仮説③：海風が陸風よりも風速が大きいという昨年度の結果から、陸風が海風よりも強いのは海水温と気温の差が海風の吹く昼間に大きくなる原因と考えた。

3、実験・観測

本研究の解析対象である夏季の期間は、昨年の7月から8月にかけて7月24日から8月19日の約1か月間である。仮説①と仮説②の検証は風車型風向風速計とウェザートランスマッターの2つの機械を使用した。風車型風向風速計という機械は風が吹くとプロペラが回り、風向風速を計測できる。ウェザートランスマッターという機械は上の部分にあるアンテナが超音波を出し風向風速を計測できる。設置した場所は、風車型風向風速計(図4)は手篠小学校に、ウェザートランスマッター(図5)は松原小学校に設置した。

観測機を置かなかった鹿児島、指宿、枕崎、加世田、東市来の各地点は気象庁のアメダスデータを使用した。気象庁のデータは風向の頻度を風配図(図6)にまとめた。

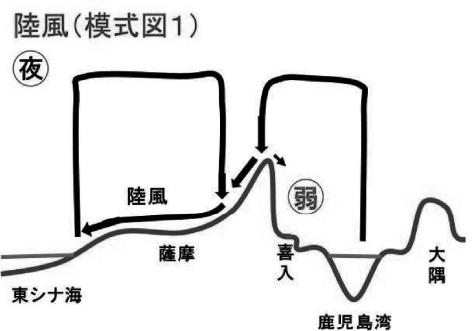


図3 夜間の陸風の流れの仮説図



図4 風車型風向風速計



図5 ウェザートランスマッター

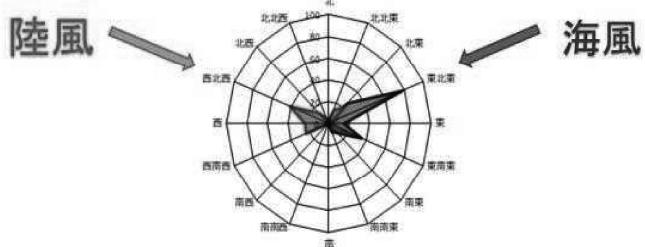


図 6 風向の頻度風配図

4、観測結果

観測したデータと気象庁のアメダスデータをもとに風配図にまとめた。

陸風

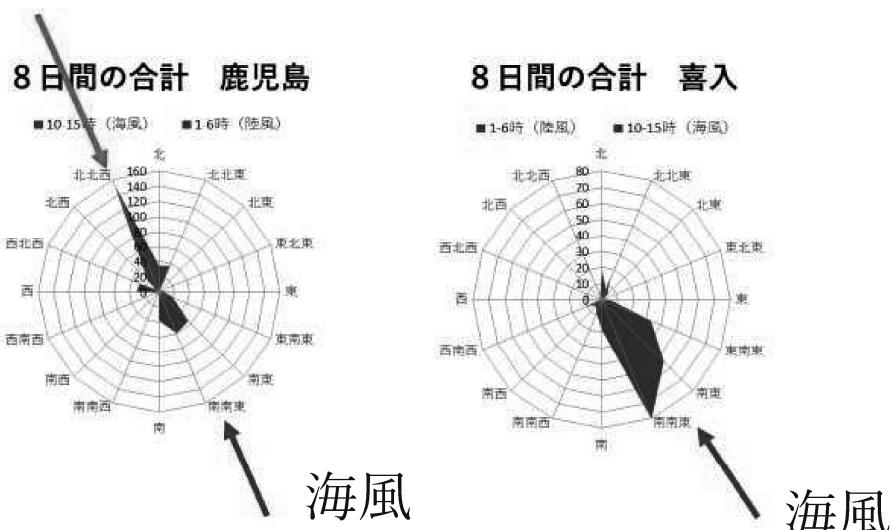


図 7 観測したデータの風配図

(図 7) から喜入は陸風が吹かず、鹿児島は海陸風がある事が考えられる。

また、各地域の8日間のアメダスデータと観測した手蓑と松原の結果を地形図の上で表した(図 8)。

海風(10時から15時) 陸風(1時から6時)

左が陸風、右が海風の図を示している。矢印の長さが風速を表しているため長さが長いほど強い風が吹いているとする。また、矢印が向かっている方向が風向を示している。

図 6 から考察することは、全体的に陸風よりも海風の方が強く、喜入の海風は周りより小さい事と喜入と指宿以外は海風がみられること。(現在指宿は実験対象外のため海陸風があるかは特定していない)

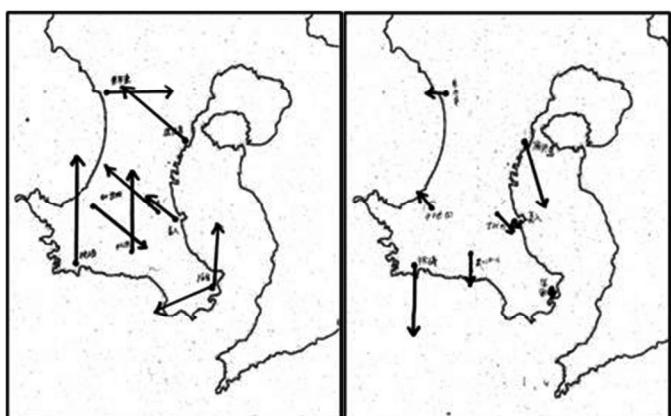


図 8 8日間の海風と陸風の風向風速

さらに海陸風の流れを考えてみた。まず、陸風から見ていくと鹿児島や枕崎、東市来は陸風がよく吹いているが喜入を見てみると喜入には近くに山があり陸風の進路を変化させているため喜入には陸風が吹かないと考えた。詳しく説明すると喜入は西から鹿児島湾側に吹こうとする陸風が存在するが、地形に沿って吹くため結果的に喜入に陸風が吹かないということだ。

次に海風をみてみると、海風も鹿児島や枕崎、東市来は海風が吹いているが喜入はこちらも陸風同様に、山が海風の進路を変化させているため海風が弱い。また、喜入付近の山地にある手蓑は海風がよく吹いているが風向が少し変化している。この考察としては、喜入は東から海風が吹いてくると予測すると海風は山にあたり北に方向を変え地形に沿って吹いていると考えられる。喜入より標高が高い手蓑では地形の影響を受けつつも山地に位置しているため海風がよく吹いていると考えられる。つまり、喜入に吹く海陸風は山の影響を受けていることが分かった。

仮説③の陸風が海風よりも弱いには、水温と気温の差が陸風の温度差のほうが低いためであるか検証した。海水温を調査する際に鹿児島県水産技術センターのフェリーのデータを使用した。これは、二日に一度、クイーンコーラル8が観測したデータである。観測地点を鹿児島は鹿児島港、喜入は知林ヶ島、枕崎は佐多岬のデータを参考にした。(図9)は使用したデータをまとめたものである。これは、7月28日のデータである。この3地点の中で喜入が1番海水温と気温の差が大きく、陸風と海風の温度差は小さい。その他の日(7月26日, 8月1日, 3日)も同様な結果だった。海水温と気温の温度差の

結果から散布図を作った。散布図の縦の軸が風速で横の軸が海水温と気温の差を表している。

この中の線で囲まれているものが喜入のデータである。このデータから、喜入の海風は海水温と気温の温度差は大きいが海風は弱いことや、陸風も同様に海水温と気温の温度差が大きいが陸風が吹かないことが分かった(図10)。喜入を除いた地点の海風と陸風を合わせてみてみると、比較的海水温と気温の温度差が大きいと風速も大きくなることが分かる。また、海風の方が温度差は大きく風速も陸風より大きい(図11)。

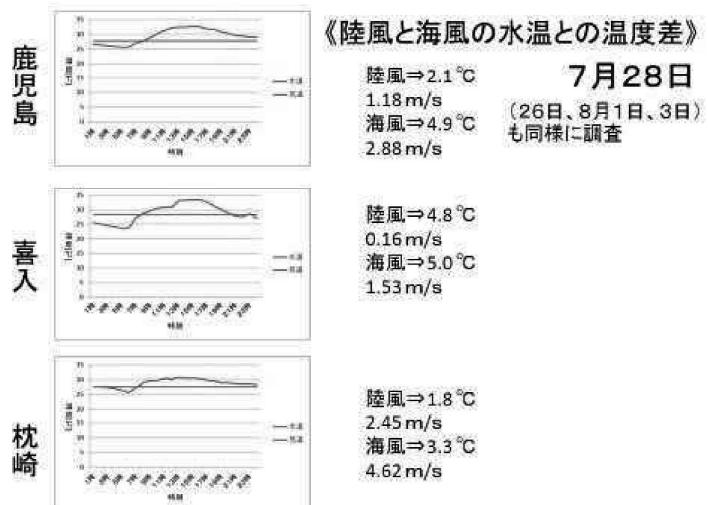


図9 陸風と海風の水温との温度差

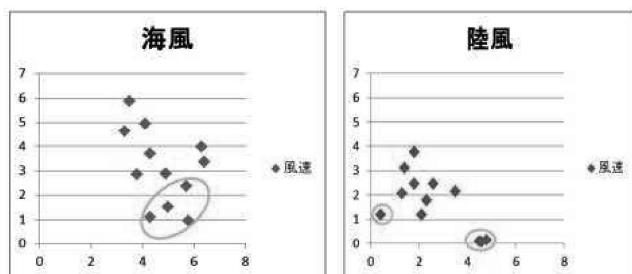


図10 風速の頻度

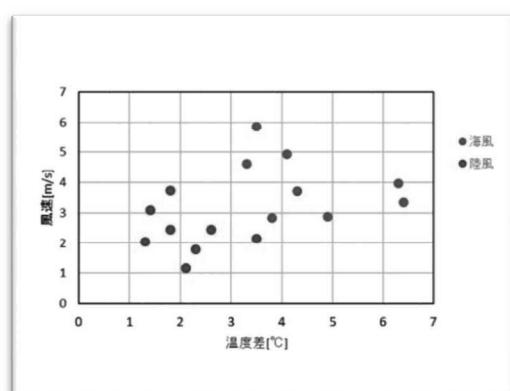


図11 海水温と気温の温度差と風速の関係

5、考察

以上のことから、喜入の海陸風は地形の影響を受けている事がわかった。(図 12)

喜入の海風は東の方角から吹くと予測し、標高が高い手蔵では地形の影響を受けており、山の麓に位置する喜入では山にそった風向になり北に吹いている。陸風は、喜入に吹く風は存在するが山を通過しなければならないため喜入に吹かないということが考えられる。

また、海水温と気温の温度差が海風は吹く昼間の時間帯のほうが大きいため喜入以外の地域は海風が陸風より強いことも分かった。

薩摩半島の海陸風(模式図2)

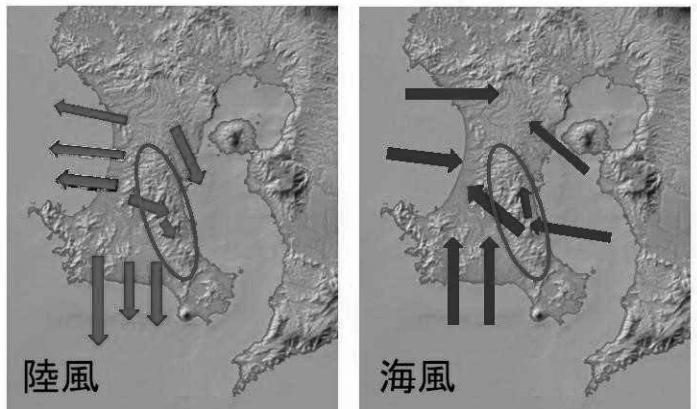


図 12 薩摩半島の海陸風の模式図

6、結論

喜入は海水温と気温の温度差が大きく、陸風が吹く条件は整っているが、地形の影響で陸風が吹かないという考察に至った。

7、今後の展開

喜入と同様に陸風が弱い指宿に吹く海陸風の特徴や大隅半島においての海陸風の特徴を調べ、鹿児島湾の海陸風の特徴を全体的にみられるようとする。

昨年度も行っていたが未だに成功に至っていない喜入の海陸風の循環についてモデル実験を行う。

8、謝辞

南九州市立手蔵小学校、松原小学校には観測機器を設置させていただいた。鹿児島大学水産学部の中村啓彦教授、仁科文子助教には観測及びデータ処理の指導をしていただいた。

9、参考文献

- ・堤 純一郎他, 1985, 「夏季の海陸風を対象とする気象データの統計解析」, 日本建築学会計画系論文報告集第 389 号
- ・吉田保衡, 鵜野伊津志, 2006, 「領域気象モデルを用いた九州地域における局地風の地域特性と季節変動の解析」, 大気環境学会誌第 41 号
- ・「地学基礎新訂版」, 実教出版, 2017, p. 115
- ・気象庁ホームページ, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

滞空時間の長い紙飛行機を目指して

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科3年 課題研究物理班

研究者氏名 田脇凜, 岡本尚, 岡崎遥心, 岩元颯真, 城戸内謙大, 上水流翔瑛

要約: 紙飛行機は多くの人に楽しまれている。調べる中で、滞空時間を競う大会があることを知り、優勝することを目標に研究を始めた。同条件で発射できる発射台(カタパルト)を作製し実験したところ、同じ機体でも、同じ折り方の別の機体でも、旋回しながらゆっくり降りてくる場合と旋回せずに落下する場合があり、滞空時間に差が生じた。滞空時間を延ばすためには安定して旋回させることが重要だと考え、片方の翼にのみ折り目をつけることで32機中17機を意図的に旋回させることに成功した。また、好記録者が紙飛行機を投げる際の動画を見比べた結果、真上に向けて頭の高さで離す投げ方が最善だと考えた。これらを実践し、JAL主催の滞空時間を競う紙飛行機大会(鹿児島県予選)で準優勝することができた。

1. 背景と動機

日本航空(JAL)が主催する紙飛行機の滞空時間を競う大会は、令和元年度が第3回大会である。競技規定では、折り紙ヒコーキ協会の競技認定用紙(A5サイズ)を使用すること、人の手で投げること、投げる際両足とも地面から離れないことなどが明記されている¹⁾。

紙飛行機の研究は、他校の課題研究等で行われており、2017年千葉県立船橋高校の研究では、紙飛行機の翼の後ろ部分を上に折り曲げると、機首が上を向き、高く飛ぶということが報告されている²⁾。

また、滞空時間に関しては、折り紙ヒコーキ協会の創設者で会長の戸田拓夫氏がスカイキングという紙飛行機およびその折り方を発明し2010年にギネス記録を残している³⁾。

好記録者が公開している動画を確認したところ、特徴として、以下の3点を見出した。

- (1) 滞空時間が15秒以上であること
- (2) 投げ上げ後の最高到達点が高いこと
- (3) 旋回しながら降りてくること

今回は、最終的に、上記3の旋回しながら降りてくる紙飛行機の作製を目指した。

2. 実験方法

実験1 カタパルトの作製

人の手で投げると初速度や角度がバラバラで、処理が難しくなるため、同じ条件で発射できるカタパルトの作製を試みた。牛乳パックと輪ゴムで簡易版を作製したが、推進力が弱かつた。輪ゴムを増やしたが、1点に力が集中し、紙飛行機が破れてしまった。

推進力の強化と、1点に力が集中することを避けるために、バネを推進力とし、紙飛行機の後ろ部分全体を押すことができるカタパルトを図1のように作製した。木材、三角定規、カーテンレール

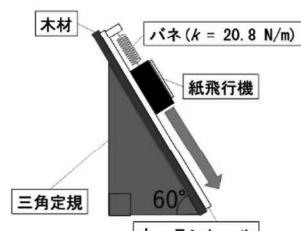


図1 カタパルトの模式図

ール、バネ、プラスチックダンボールを用いた。図1の黒い部分がプラスチック段ボールでできており、その上に紙飛行機を乗せて発射する。バネ定数は、測定したところ 20.8 N/m であった。打ち出し角度は、90度だと発射前に紙飛行機が発射台から落ちてしまうので、60度とした。

ばねの伸びを 35 cm , 45 cm , 55 cm に設定して、紙飛行機を射出し、滞空時間を測定した。1機体、ばねの各長さに対して10回ずつ実験を行った。

実験2 旋回する機体の作製

滞空時間を延ばすためには旋回して降りてくることが重要だと考え、意図的に旋回させることを試みた。左右の翼に違いをつけることが必要だと考え、具体的には、片方の翼の後方から 0.5 cm の部分を全体的に上向きに折って高い位置から滑空させた。3回以上連続で旋回した機体を旋回したと定義した。

実験3 機械学習の利用

図2のように、競技認定用紙に $7 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$ の格子模様を印刷し、紙飛行機を作製した。これらの写真を撮り、コンピュータに学習させることで、旋回する機体の特徴の検証を試みた。

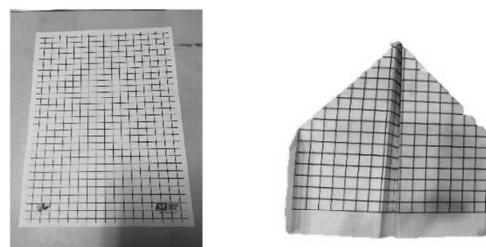


図2 格子模様を印刷した用紙と紙飛行機

実験4 投げ方の検証

好記録者の動画を確認し、体の傾きや手足の角度の測定を試みた。

3. 結果と考察

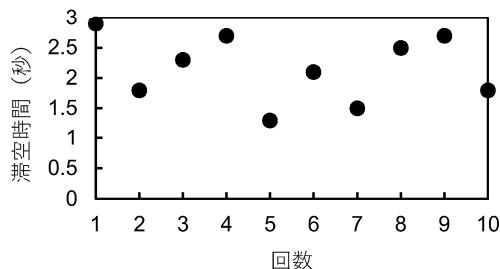


図3 バネを 45 cm 引いて同じ機体を10回射出した際の滞空時間

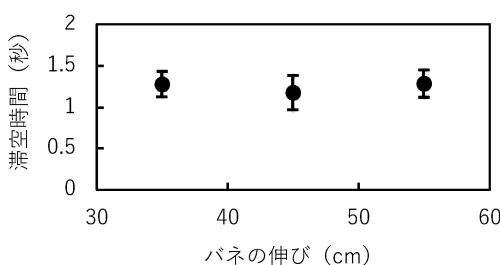


図4 バネの長さと滞空時間の関係

結果と考察1 カタパルトの実験

図3は、バネを引く長さを 45 cm に統一し、同じ機体を10回射出した結果である。縦軸は滞空時間、横軸は測定回数である。この図より、同じ力で同じ機体を射出しても滞空時間に大きな差があることがわかった。

図4は、同じ機体を、バネの引く長さを 35 cm , 45 cm , 55 cm と変化させ射出した結果である。縦軸は滞空時間、横軸はバネの伸びである。バネの伸びが大きければ紙飛行機の初速度も大きくなり、滞空時間が伸びると予想していたが、こ

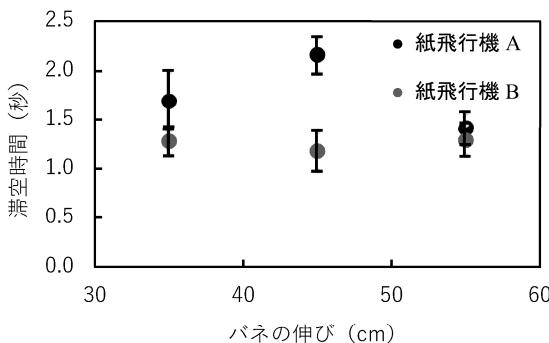


図5 同じ折り方の2機と滞空時間の関係

このように同じ機体・折り方でも滞空時間に差があるのは、実験の様子から旋回しながら降りたり、旋回せずに降りたりしたことが原因であると考えた。

結果と考察2 旋回する機体の作製

32機の機体に対して実験2の操作を行うことで、17機を旋回させることに成功した。これは、片方の翼の後方が風の力を受けて下がり、機体が傾くためと考えられる²⁾。

32機全てで、実験2の操作をしたにも関わらず、15機は旋回しなかった。この原因を考察するため機械学習の利用を試みた。

結果と考察3 機械学習の利用

実験3の格子模様を印刷した用紙を用いて、図6のように同じ形の紙飛行機を100機作製した。今後、機体の旋回の有無を測定した後、機体を撮影し、格子模様をコンピュータに認識させる、機械学習を行う予定である。

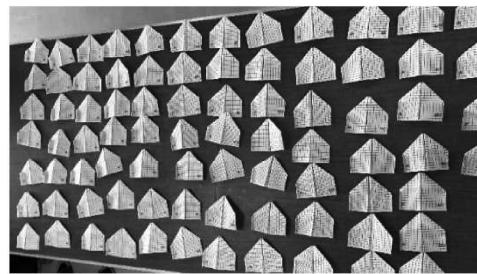


図6 格子模様を印刷した紙飛行機

結果と考察4 投げ方の研究

紙飛行機が手から離れる瞬間に着目した。自分たちの紙飛行機を投げる動画を撮影し、図7のように、滞空時間が3秒以下だったときと、12秒だったとき、そしてインターネット上に公開されている好記録者の、手から紙飛行機が離れた瞬間を比較した。その結果、滞空時



図7 紙飛行機が手から離れた瞬間の写真 左から滞空時間 3秒、12秒、16秒(好記録者の動画より引用)

の図より、バネの伸びと滞空時間に相関関係が見られないことがわかる。

図5は、同じ折り方で作った別々の機体を、それぞれバネの引く長さを35cm, 45cm, 55cmと変化させ射出した結果である。縦軸は滞空時間、横軸はバネの伸びである。この図より、同じ折り方の機体でも滞空時間に相関関係が見られないことがわかる。

間が 12 秒のときと好記録者の投げる瞬間では、どちらも頭と同じ高さで手を離していることがわかった。

4.まとめ

本研究では、JAL 主催の紙飛行機の滞空時間を競う大会で優勝することを目的に研究を始めた。紙飛行機の折り方はスカイキングという紙飛行機を参考にした。機体の研究の前に、同じ条件で発射できるカタパルトを作製した。これを用いて実験を行った結果、同じ機体、同じ折り方の別の機体でも滞空時間が安定しなかった。これは、実験の様子から、旋回しながらゆっくり降りたり旋回せずに降りてきたためと考えた。

この結果を受けて、滞空時間を延ばすためには安定して旋回する機体を作製することが重要だと考え、研究を進めた。片方の翼にのみ上方向の折り目をつけることで、32 機中 17 機を旋回させることに成功した。また、投げる際の動画を見比べた結果、真上に向けて頭の高さで紙飛行機を離す投げ方が最善だと考えた。これらを実践することで、JAL 主催の滞空時間で競う紙飛行機大会（鹿児島県予選）で準優勝することができた。

5.今後の展望

機械学習を利用して、旋回した機体の共通点を見出す。また、旋回の半径や 1 回の旋回の落下幅を測定する。さらに、最高到達点を高くする投げ方の特徴を高記録者の動画を再確認し、見出す。



図 8 大会当日の様子（左：予選前の機体作製時、右：準優勝後の記念撮影）

- 1) CSR 第 3 回 JAL 折り紙ヒコーキ全国大会 https://www.jal.com/ja/csr/origami_yosen/
- 2) 紙飛行機のエレベーターの折り曲げによる飛行の変化
千葉県立船橋高等学校 理数科課題研究 2017 年
https://www.chiba-c.ed.jp/funako/ftp_kousin/ssh/reserch/2017/2017_03p3.pdf
- 3) おりがみひこーき<折り紙飛行機>の HP, <http://www.oriplane.com/ja/top.html>

アマミノクロウサギと共に存するためには？

鹿児島県立錦江湾高等学校

3年2組 塚田 鳩太 東郷 敬 福山 美幸子

3年3組 鶴野 史乃 3年4組 前畠 梨乃

1. 研究の概要

鹿児島県（奄美大島、徳之島）の絶滅危惧種であるアマミノクロウサギが、近年増加傾向にある。その結果、島の特産物への食害被害が発生している。被害を減らすため、ソテツの葉を使用した防除方法を考え、実験を行った。



2. 動機

私たちは絶滅危惧種について調査していた。結果、鹿児島の動物であるアマミノクロウサギが絶滅危惧種であることを知った。しかし、地元の人々の対策により、数は増加した。同時に食害被害も増加していった。次第に地元の人々はアマミノクロウサギを「害獣」と呼ぶようになった。そこで私たちは、地元の被害を防ぐことで貢献できないかと思い、研究を行うことにした。

3. 方法

アマミノクロウサギは絶滅危惧種であるため、防除法が厳しく制限されている。そこで私たちは、ソテツの葉を使った「ソテツ法」を考えた。ソテツ法とは、木にソテツの葉を巻き付ける防除法だ。ソテツの葉を使用しようと考えた理由は、

- ①葉が硬く葉先が尖っているから避けると思った
 - ②島に多く生えているから準備が簡単
 - ③枯れても硬さを維持している
- などの点からだ。

使用したものは、

- ・ソテツの葉
- ・麻縄（自然分解できるため）
- ・丸太2本（縦につなげる）
- ・キャベツ
- ・アナウサギ（谷山小学校）



丸太を最も被害の多いタンカンの木に見立てて実験を行った。

ウサギ小屋に丸太を設置。このとき、安定させるために丸太1本分を土に埋めた。

丸太の上に餌を置き、①ソテツ法ありの場合 ②ソテツ法なしの場合 で実験し比較した。1時間置いてウサギに食べられたかどうかを検証した。アマミノクロウサギは絶滅危惧種であるため実験に使用することが不可能であるので、アマミノクロウサギの遺伝子に近い「アナウサギ」を使用したモデル実験を行った。

4. 結果と考察

私たちはソテツの葉を避けると考えていたが、なんとウサギは避けるどころかソテツの葉を食べてしまった。

ソテツ法は有効では無かった。

よって、ウサギが食べることのできる植物による防除法自体が有効では無いということが分かった。



5. 今後の研究

今後の研究としては、今回のような「触覚的防除法」ではなく、まだ研究の行われていない「嗅覚的防除法」に目をつけ、新たに有効な「忌避剤」を考え出したいと思う。

6. 参考文献

わきやあまみ⑧ アマミノクロウサギブック（最終閲覧日 2019 年 10 月 17 日）

<https://www.vill.yamato.lg.jp/kikaku/kurashi/kankyo/shizentaiken/documents/wakyaами08.pdf>

環境省_アマミノクロウサギ（最終閲覧日 2019 年 10 月 17 日）

<https://www.env.go.jp/nature/kisho/hogozoushoku/amaminokurousagi.html>

<https://academic.oup.com/sysbio/article/53/3/433/2842876>

ニホンジカによるスギ剥皮害に対するテープ巻きの防除効果：処理後 20 カ月目の評価

http://www.tokokosen.co.jp/industrial_bis/pdf/rinron_gakujyutu2.pdf

ヤスデ防除テープの改良

鹿児島県立錦江湾高等学校

3年3組 重野 公亮

3年4組 野口 尚央

1 要約

2018年度、錦江湾高校理数科SRヤスデ班の防除テープ実験では防除率は最低でも98%という高い割合だったが、残りの2%のヤスデは防げなかった。私達は2%のヤスデの侵入原因を天井、建物の角からの侵入とテープ表面の汚損だと仮定し、検証を行った。結果は、テープ表面が汚損しているテープ2枚で登坂の有無が異なったが、テープ表面の砂粒の数と密度は等しかったため、角からの侵入を調べる実験と同時に現在原因を調査中である。

2 先行研究

2018年度、錦江湾高校理数科SRヤスデ班では養生テープを用いたテープ防除法を考案し屋外実験で98%という高い結果を得た。

3 今後の研究目的 2%のヤスデの侵入原因を調査し、防除率をより100%に近づけること。

4 研究方法

- ① 天井からのヤスデの侵入があるかを調べるために、天井の一部にテープを貼り定点カメラでテープを撮影した。
- ② テープ表面の状態とヤスデの登坂の有無を調べるために、3種類のテープ(汚損テープ白(1)・汚損テープ緑(2)・新品のテープ(3))をシャーレに巻き付けて貼り、箱庭を作つて実験を行つた。またヤスデが登れた場合、テープ表面に水を10秒間5周で勢いよく当てて再度実験を行つた。
- ③ 角(テープの継ぎ目)からの侵入があるかを調べるために、(1)テープ返しありで表面を養生テープで巻いて貼つた牛乳パック・(2)表面を養生テープで巻いて貼つた牛乳パック・(3)表面を両面テープで巻いて貼つた牛乳パックを用いて実験を行つた。

5 結果 ① 一部テープが貼れなかつたため、データが出なかつた。

②	登る	登らない
汚損テープ白 (1)	×	○
汚損テープ緑 (2)	○	×
汚損テープ緑 (2) 洗浄後	×	○
新品のテープ	×	○

Table 1 テープの表面の状態とヤスデの登坂の有無

汚損テープ白(1)と汚損テープ緑(2)のテープ表面の砂粒の数と密度はどちらも等しかつた。

① 現在調査中

6 考察 上記の研究方法②よりテープ表面とヤスデの登坂性に砂粒の数と密度は関係しないことが分かつた。また、水を勢いよくテープ表面に当てるとき防除率は高くなる。

7 今後の課題 研究方法①は場所を検討し、再度研究を行う。研究方法②は砂粒の大きさに注目して研究を行う。研究方法③は結果が出次第、今後の課題を決める。

錯視について～育った環境によって見え方が異なるかどうか～

鹿児島県立錦江湾高等学校

3年3組 田貫 莉子

3年4組 田中 麟

1はじめに

錯視とは目に異常がないのにもかかわらず、対象物が実際とは異なった見え方で見えてしまう現象である。普段は生活の中で役に立っている目の機能が、ある場面で極端な形として現れたものにすぎない場合が多い。

2 動機・目的

研究テーマを決める際、錯視について話を聞く機会があり興味を持った。グループメンバー内で、特定の対象物について実際に錯視が起こるかどうか実験してみると、それぞれ見え方が異なった。なぜ人によって錯視が起こる人とそうでない人がいるのか疑問に思った私たちは、錯視がについて調べることにした。

3 先行研究

鹿児島大学の大塚作一教授の研究結果によると、育った環境によって錯視の起こり方が異なることが明らかとなっている。子供のころから、自然を立体的に見てきた人は錯視が起こりやすく、一定のものだけをじっと見てきた人は錯視が起こりにくいようだ。

4 実験方法

大塚教授の助言をもとに、私たちは育った環境に重点を置いて実験を行うことにした。

フットステップ錯視を ①動く長方形が手前、ストライプが後ろ、②それを前後入れかえたもの、それらをそれぞれ 2D、3D に分けたもの (③、④) の合わせて 4 パターンの装置を開発した。それぞれの被験者にこれらの四つの装置を見てもらい、錯視が起こるかどうか検証した。同時に、育った環境に関する質問に答えてもらった。以上のアンケートの結果から、錯視の起こり方と、育った環境との共通点を探した。

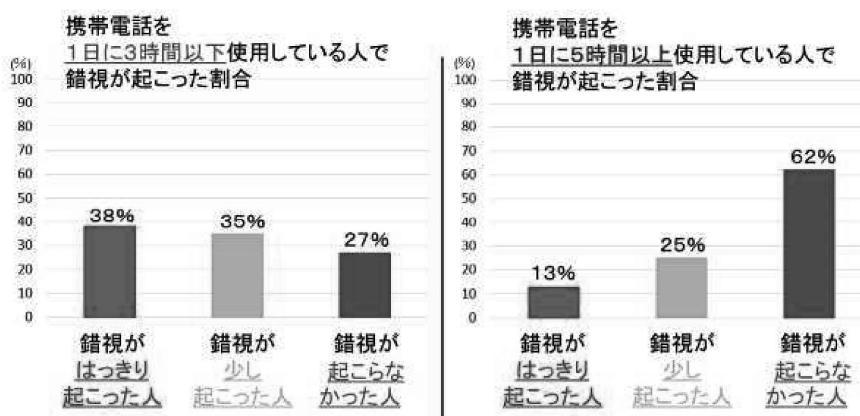
育った環境に関するアンケート内容

- ① 2D 長方形が後ろ・ストライプが前
- ② 3D 長方形が後ろ・ストライプが前
- ③ 2D 長方形が前・ストライプが後ろ
- ④ 3D 長方形が前・ストライプが後ろ

- ・今まで習っていた習い事は何がありますか？
 - ・いつから自分の携帯電話を持ちましたか？
 - ・一日に何時間携帯電話を使用しますか？
 - ・毎日の交通手段は何が多いですか？
- など

5 実験結果

- 1) ストライプが手前で長方形が後ろの場合、2D、3Dにかかわらずどちらとも錯視が起こりにくい傾向がみられた。
- 2) 一方、長方形が手前でストライプが後ろ、かつ3Dの場合、
 - ア) 水泳、書道、テニスを習ったことがある人は、錯視が起こりにくかった。
 - イ) 普段、携帯電話を使用している時間が短い人ほど錯視が起こりやすく、
 - ウ) 携帯電話を使用している時間が長い人ほど錯視は起こりにくい結果となった。
- 3) 長方形が手前でストライプが後ろ、かつ2Dの場合、水泳を習ったことがある人は、錯視が起こりにくかった。



6 今後の研究

- 1) 上記4の実験をさらに年代別に分けて行う。
- 2) 上記4の実験の装置からの距離を変えて行う。
- 3) 錯視を利用した交通事故の防止を目指す。

7 参考文献

北岡 昭義 “Second-Order Footsteps Illusions”
<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2041669515622085>

8 謝辞

本研究をするにあたり、熱心なご指導をいただいた鹿児島大学の大塚作一教授に感謝の意を表します。

体水分率と飲料水の関係について

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 スポーツ科学班 上原晟来 引地健斗 肥後圭太郎
飯沼舞優 上原望乃 取違日菜子 宮園理紗子

【動機・目的】

2018年以降、異常気象と温暖化の進行により気温が上昇し熱中症患者数は年々増加している。また、錦江湾高校の部活動では、近年、スポーツによる脱水症状が増えている。活動中に水分補給をしているのにもかかわらず、なぜ、脱水症状になりやすいのか疑問をもち、飲料水によって体にどのような変化があるのか調べてみた。

【研究方法】

- (1) 2020年7月・8月・9月の3回、部活動前後に体組成計を用いて、体重、BMI、体脂率、筋肉量、推定骨量、体水分率、基礎代謝量を測定する。
- (2) 水、糖分多め、糖分少なめ、糖分なしのスポーツ飲料、経口補水液をそれぞれ500ml飲み、飲水前・10分後・30分後・60分後に、体組成計で7つの項目を測定する。
- (3) 糖分少なめのスポーツ飲料(500ml)に、砂糖3g・6g、塩3gをそれぞれ加え、体組成計で7つの項目を測定する。
- (4) 20分間走り、軽い脱水状態にし、糖分少なめのスポーツ飲料(500ml)に砂糖3gと塩3gを加え、体組成計で7つの項目を測定する。

※ポカリスエットを糖分ありのスポーツ飲料、アクエリアスを糖分少なめのスポーツ飲料、アクエリアスを糖分なしのスポーツ飲料、OS-1を経口補水液とする。

【検証で使用したもの】

- ・体組成計（インナースキャンデュアル ブラック RD-E04BK）
- ・水
- ・OS-1
- ・ポカリスエット
- ・アクエリアス
- ・アクエリアス・ゼロ
- ・塩
- ・砂糖
- ・ストップウォッチ

【結果・考察】

検証 1-① 対象者：剣道部

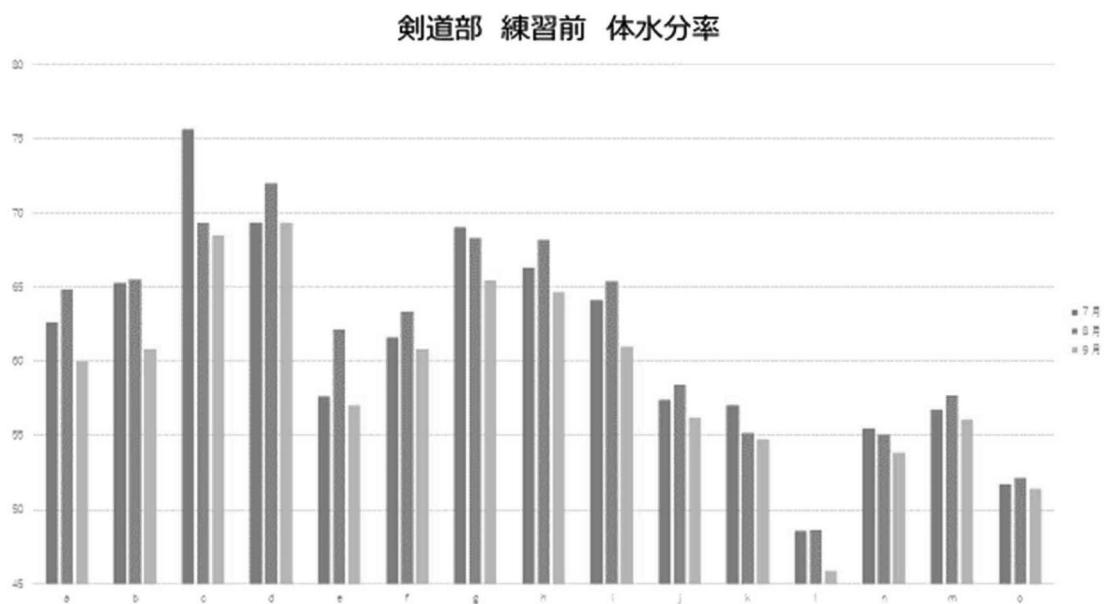


図 1. 剣道部の 7 月～9 月の練習前の体水分率

検証 1-② 対象者：女子バレー部

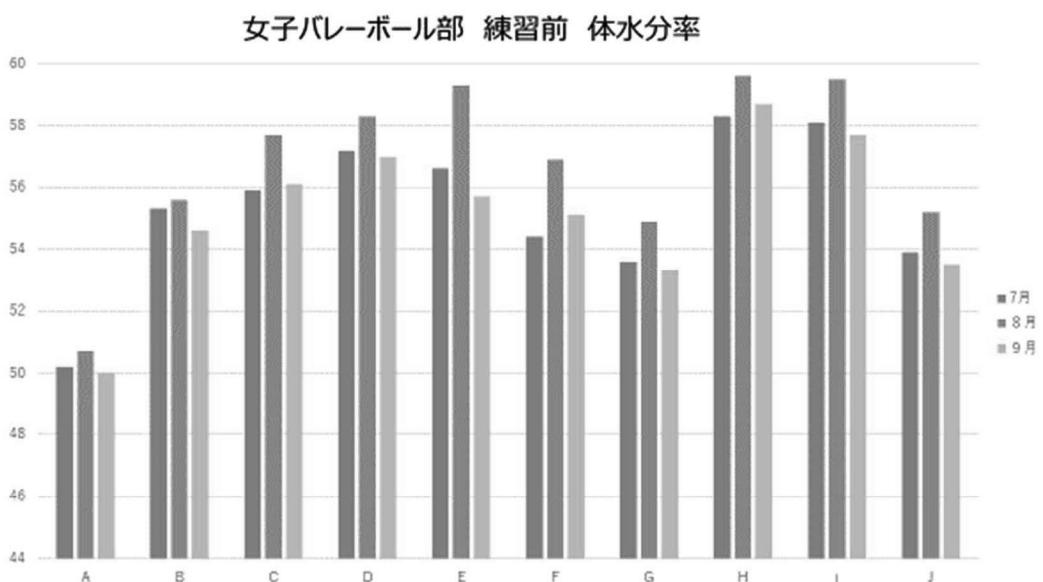


図 2. 女子バレー部の 7 月～9 月の練習前の体水分率

個人によって体水分率にばらつきが見られたが、8 月が 1 番高く、7 月と 9 月は同じくらいだった。

検証 1 の考察

○

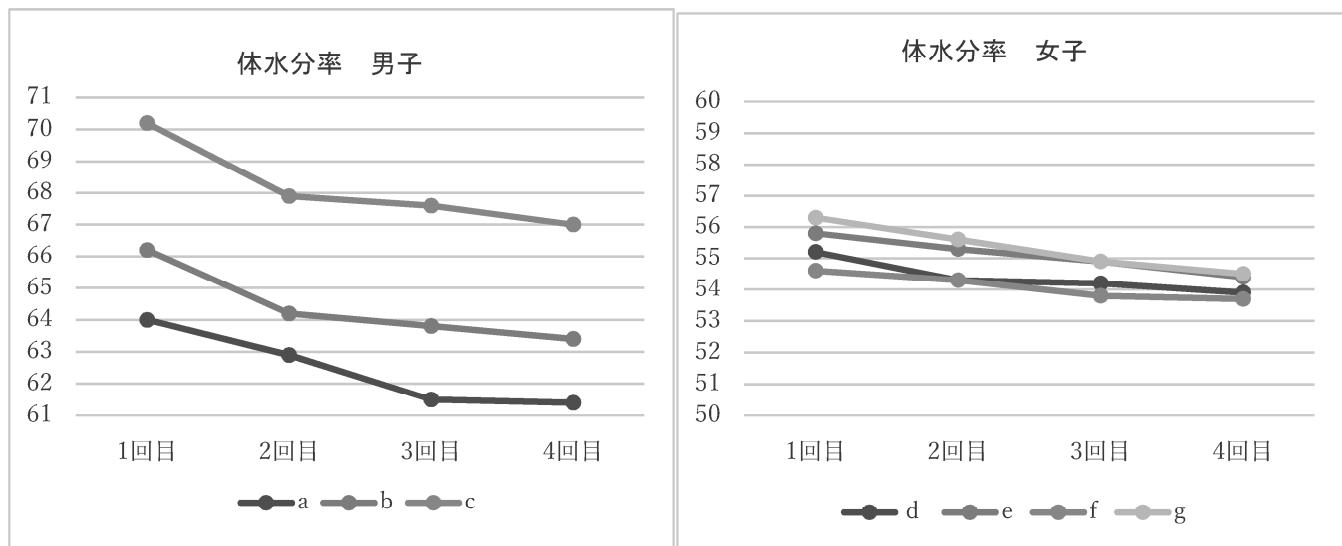
女子バレー ボール部	練習前	練習後	剣道部	練習前	練習後
7月	54.41	55.38	7月	60.92	61.20
8月	56.33	56.77	8月	61.53	61.73
9月	54.19	55.17	9月	59.11	59.03

女子バレーボール部と剣道部の練習前後の体水分率の平均を出してみると、女子バレーボール部は練習後に練習前に比べて7月1.0%、8月0.4%、9月1.0%増加しているのに対し、剣道部は7月0.3%、8月0.2%増加し、9月0.1%減少していた。これらのことから、剣道部は女子バレーボール部に比べ、水分補給が足りていないのではないかと考える。

夏場は練習前に比べて練習後のほうが、体水分率が低くなるのではないかと予想していた。しかし、体水分率に変化は見られなかった。その理由として、練習中にこまめに水分を補給しているからではないかと考えた。

秋場は、夏場に比べ、のどの渇きに気づきにくく、水分補給をあまり行わないため体水分率が低くなると考えた。

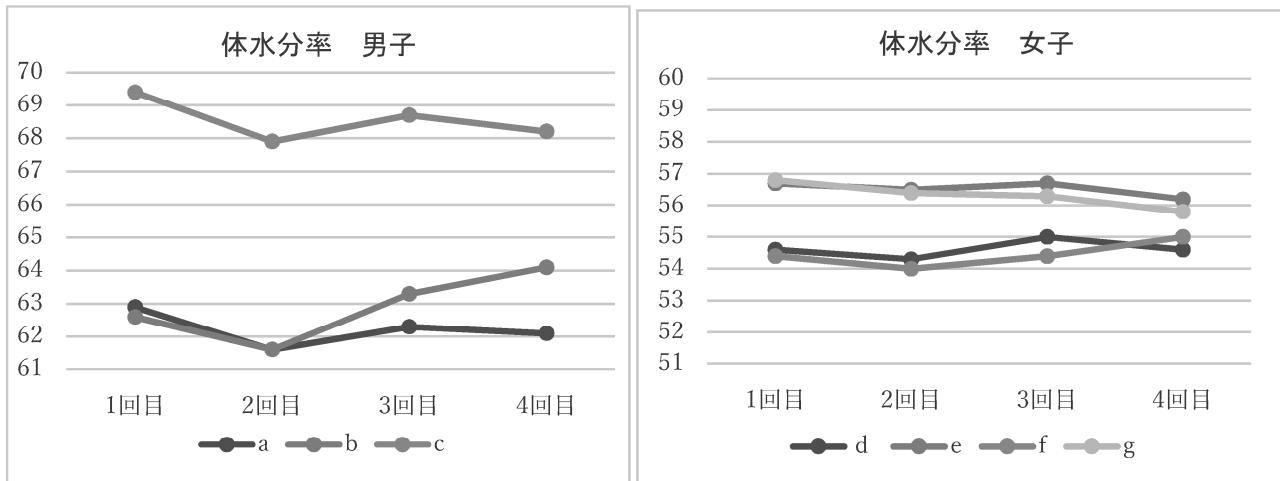
検証 2 - ①



〈 結果・考察 〉

- ・男子も女子も体水分率は減少していた。浸透圧が働くため。

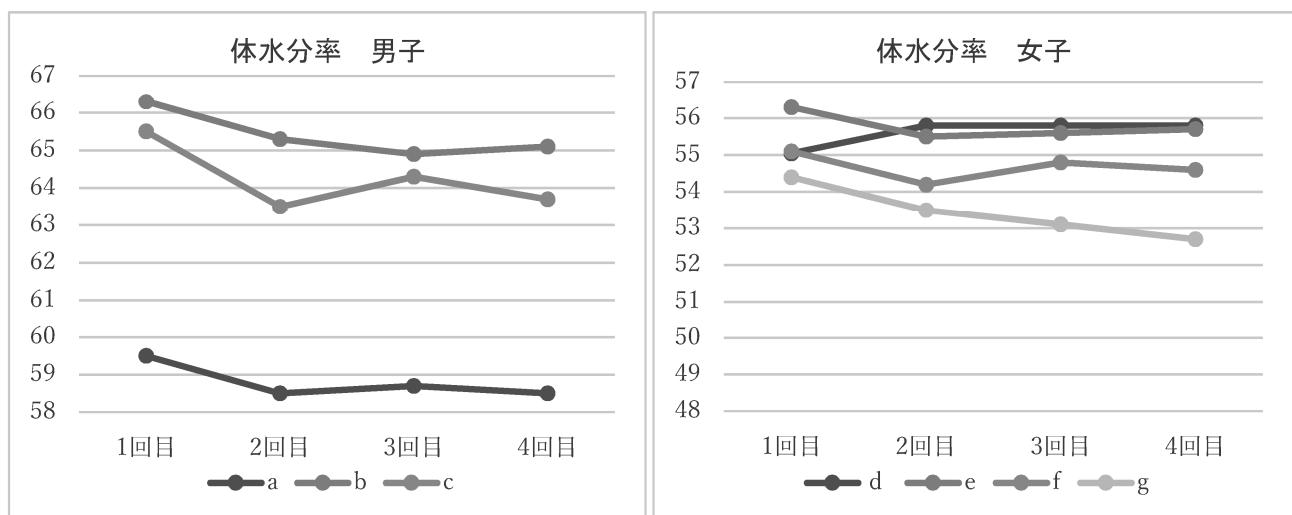
検証2 - ②: 糖分なしのスポーツ飲料



〈結果・考察〉

- 1回目に比べ全体の71%減少した。

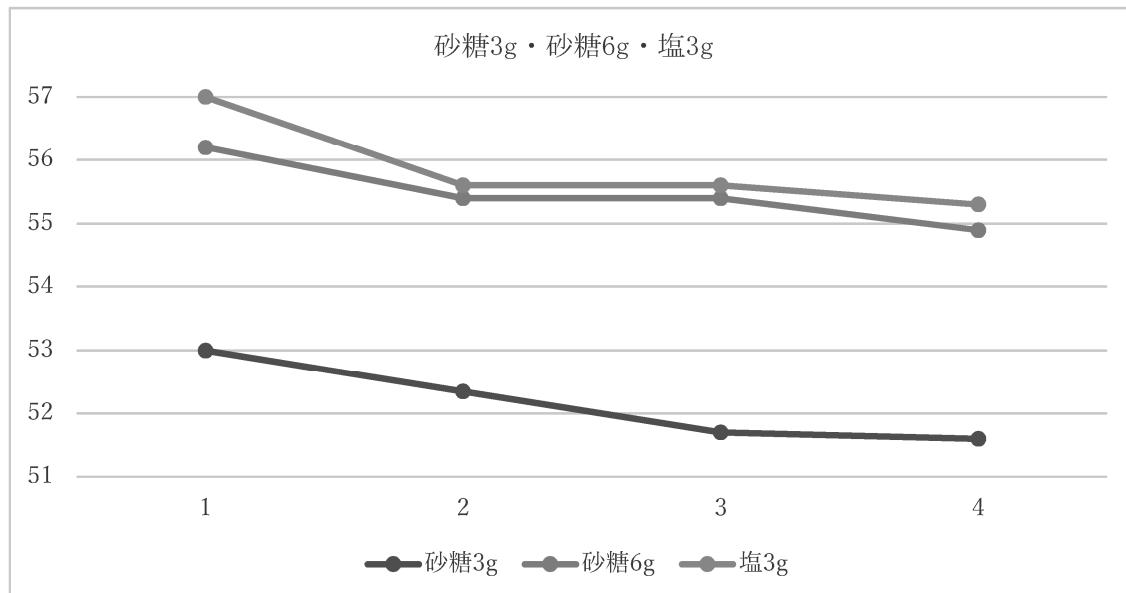
検証2 - ③: 糖分少なめのスポーツ飲料



〈結果・考察〉

- 個人にばらつきがあったが、体水分率は緩やかに減少した。

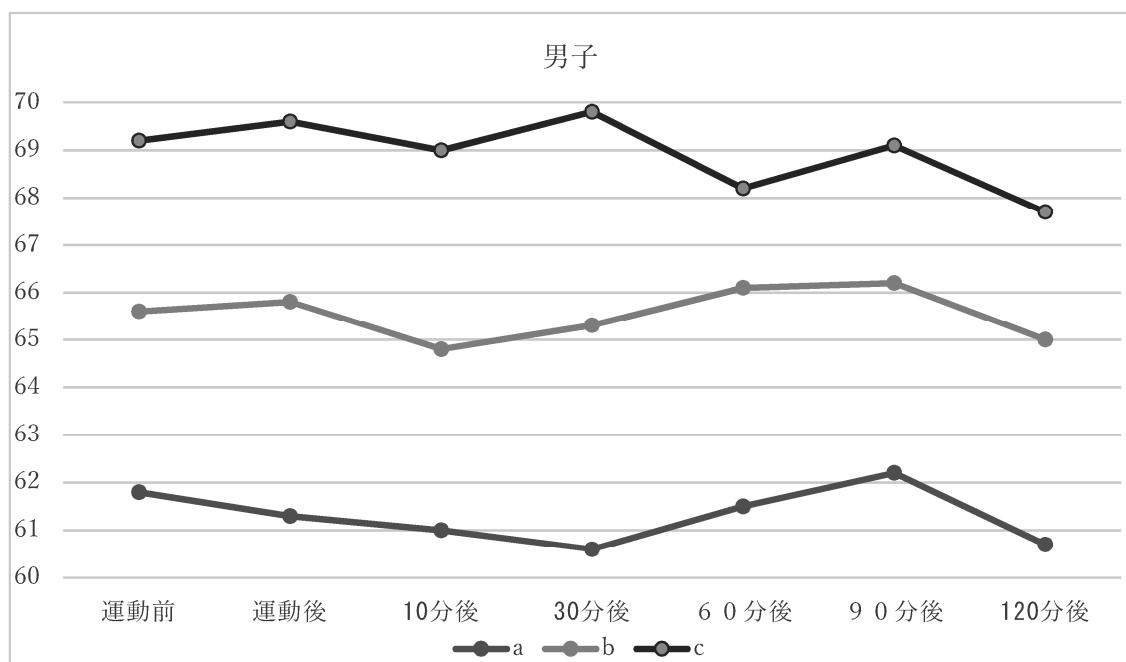
検証3



〈結果・考察〉

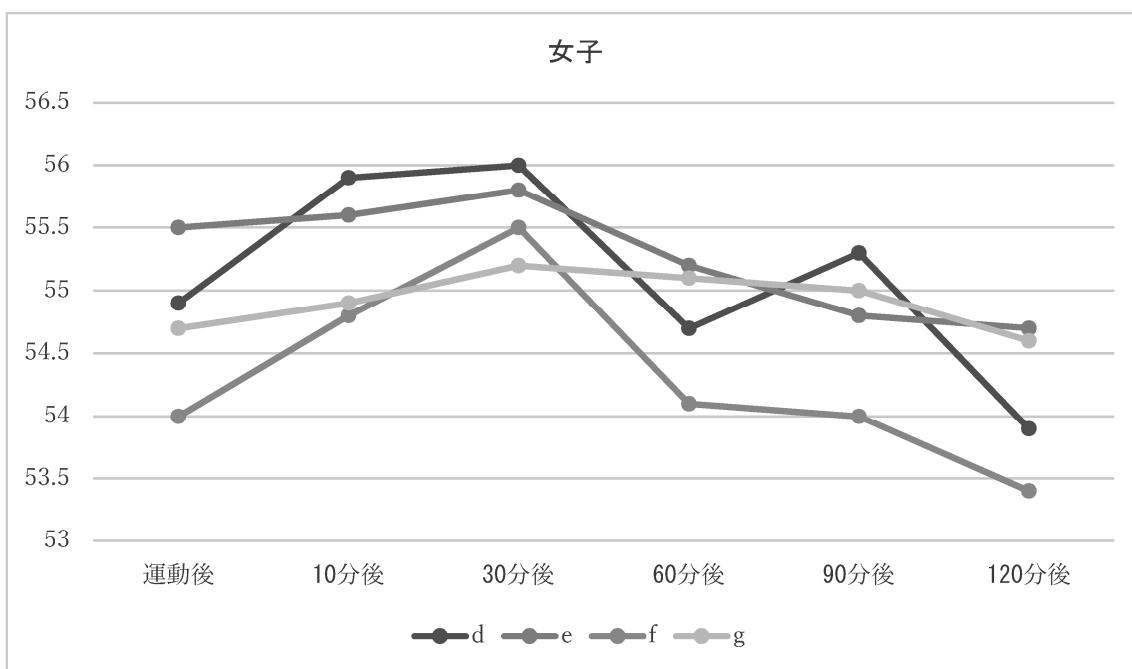
- 結果は、塩のみより砂糖のほうが、体水分率の上昇がみられた。また、塩のみでは、体水分率の減少が長く続くことが分かった。

検証4



〈結果・考察〉

- 男子の結果は、30分を境に減少する傾向があった。検証4の結果より、男子にとって適切な摂取量ではなかったため摂取量を増やすべきだと考え、女子は30分おきに水分を摂取することが望ましいと考える。



〈 結果・考察 〉

- 30分後までは全員上昇したが、30分を境に減少する傾向ある。

【まとめ・今後の展望】

飲料水によって体水分率は変化することが分かった。また、性別、年齢、筋肉量によって飲料水の摂取を工夫する必要がある。

今後は、熱中症対策の補助食品を組み合わせ、熱中症予防に効果があるかを継続して調べたい。

人が不快に思う音について～ストレスとの関連性～

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 有田優奈・岩元ひなた・中村優月・中渡瀬日菜

1 要約

身近にある様々な音について不快に感じるか、心地よいかをアンケートで調査し、その音の周波数の特性を分析した。その結果、異なる2つの周波数が強く持続的、または交互に鳴る音を不快に感じ、1.6 kHz以下の広範囲の周波数帯が持続的に鳴っている音を心地よく感じることが分かった。そのことを踏まえて、ストレス度が高いと唾液中の濃度が高まることが知られているヘルペスウイルス6型（以下「HHV-6」という。）の濃度をPCRで測定し分析した結果、音がHHV-6（身体）に影響を与えるのは約1時間後であると考察する。

2 研究の動機・目的

人は耳元で飛ぶ蚊の羽音を不快に感じることから、不快な音と心地良い音を感じる違いについて興味を持った。

また、不快に感じる時にはストレスが関係していると考察し、鹿児島大学の隅田教授による先行研究「ストレス度が高いと唾液中の濃度が高まることが知られているヘルペスウイルス6型を糖鎖ナノテクノロジーとリアルタイムPCRで測定する方法」を用い、音がどのようにストレスに影響を与えるのかを科学的に分析した。

3 研究方法

(1) 研究方法①

当時の2年理数科73名の協力を得て、身近にある10種類の音を聴いてもらい、心地良いから不快に感じる音までを4段階に分けた「音の不快度に関するアンケート」を実施し、それぞれの音を縦軸は音の高低差、横軸は時間を示す、スペクトログラムで分析した。

結果を基に、「黒板をひっかく音」「蚊の羽音」を不快な音として、「小鳥のさえずり」「セミの鳴き声」「川の流れる音」を心地よい音として実験に用いた。

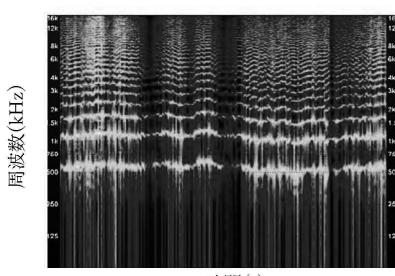


図1：蚊の羽音のスペクトログラム

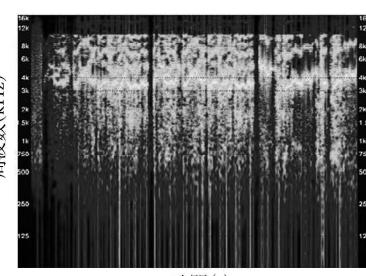


図2：黒板をひっかく音のスペクトログラム

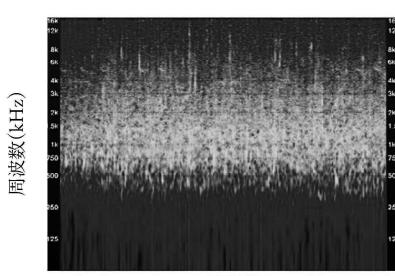


図3：川の流れる音のスペクトログラム

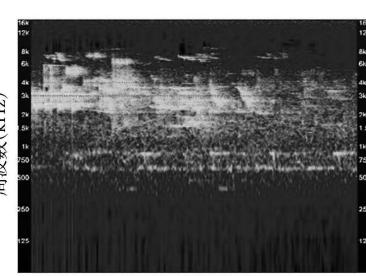


図4：小鳥のさえずりのスペクトログラム

多くの人が不快に感じる音は異なる2つ以上の周波数帯が持続的、または交互に鳴っている。

多くの人が心地よく感じる音は1.6 kHz以下の広範囲の周波数が持続的に鳴っている。

不快に感じる音や心地よいと感じる音にはストレスが関係していると思い、ストレスを科学的に分析したいと考えた。そこで、ストレスについて調べると、ストレスや疲労を感じるとヘルペスウイルス6型というウイルスの濃度が高まることが先行研究で分かった。

(2) 隅田教授による先行研究について

人間の細胞、つまり唾液中には「糖鎖」と呼ばれる鎖状の分子がある。ウイルスはこの糖鎖にくっつくことで、宿主に感染している。隅田教授はこれを利用し、人工的に糖鎖を持つ金属の粒子を作った。それを唾液と混ぜ合わせる。そして、唾液中にヘルペスウイルスがあると糖鎖を持つ金属の粒子がヘルペスウイルスにくっつく。そこに磁性を持った大きな粒子を入れるとくっつく。そして、磁石を当てるとき引き寄せられ、ヘルペスウイルスを集めることができるという仕組みである。

(3) 研究方法②

心地良い音(Good music)、不快に感じる音(Bad music)を各1種類選び、図5のスケジュールで音を聴き、鹿児島大学理工系総合研究棟生体適合第6実験室にて唾液中のHHV-6の濃度を計測した。

図5は、色別でストレスの反応を示しており、緑色が陽性、青色が陰性を示す。
横軸は時間(分)を示す。

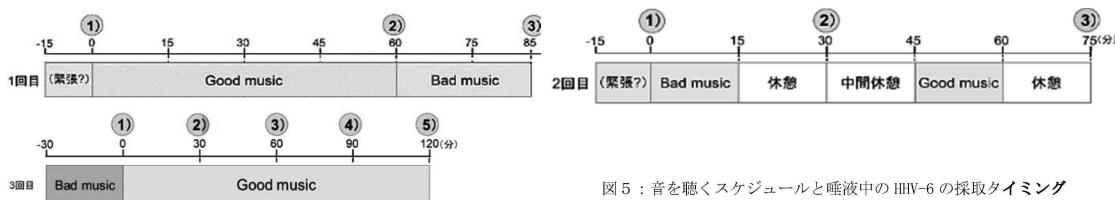


図5：音を聴くスケジュールと唾液中のHHV-6の採取タイミング

ア 1回目の結果

- ①の測定—全員が陰性。
- ②の測定—3人のうち2人が陽性。
- ③の測定—全員が陰性。

イ 2回目の結果

- ①の測定—全員が陰性。
- ②の測定—全員が陰性。
- ③の測定—3人のうち1人が陽性。

ウ 3回目の結果

- ①の測定—全員が陰性。
- ②の測定—3人のうち1人が陽性。
- ③の測定—全員が陰性。
- ④の測定—全員が陰性。
- ⑤の測定—全員が陰性。

4 謝辞

今回の研究にあたり、新型コロナウイルスのPCR検査を行っている鹿児島大学大学院理工学研究科の隅田泰生教授と、同大学院生の下田裕奈氏にはご指導及びご助言をいただきだけでなく、PCR検査を行っているその実験室で私達も実際に検査を行わせていただきました。貴重な経験をさせていただきました。心から感謝を申し上げます。

5 参考文献

- (1) 論文「疲労とHHV-6（東京慈恵会医科大学微生物講座第一 教授 近藤一博）」など
- (2) サウンド編集ソフト「SoundEngine Free ver. 5.23」
- (3) MBCテレビ「MBC ニューズナウ」のシリーズ「この人に聞く」2013年7月17日放送
- (4) 引用音源
 - ア 黒板をひっかく音 <https://www.youtube.com/watch?v=9NfusXoKvKM>
 - イ 雨の音 <https://www.youtube.com/watch?v=yCmSyMyAEPg>
 - ウ パソコンのタイピング音 <https://www.youtube.com/watch?v=8L1E909LgKo>
 - エ グラスをフォークでひっかく音 <https://www.youtube.com/watch?v=AvFeBfPi6nc>
 - オ 木々を揺らす風の音 <https://www.youtube.com/watch?v=JZr0kP3vkEc>
 - カ 蚊が耳元で飛ぶ音 <https://www.youtube.com/watch?v=59oB2zTBeso>
 - キ 鈴虫の鳴き声 <https://www.youtube.com/watch?v=Stbh217TM8A>
 - ク 小鳥のさえずり <https://www.youtube.com/watch?v=McRmF9ccjUA>
 - ケ セミの鳴き声 https://www.youtube.com/watch?v=_n73qJ_8DPQ
 - コ 川の流れる音 <https://www.youtube.com/watch?v=tul5eyXwgbo>

クロマダラソテツシジミの生態について

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 鶴田敢太 金山大樹 桶口雄正 川畠星穂 下之薗猛 吉海知希 山元玲旺 藤山歩夢

要約

私たちはクロマダラソテツシジミ（以降「クマソ」と記す。）について3つの研究を行った。1つ目は、クマソ幼虫の寄生虫の種類について、2つ目は、クマソの最新分布はどうなっているのか、3つ目は、クマソは越冬できるのかである。研究の結果、クマソの活動は気温と関係している可能性が示唆された。

1 研究動機

クマソはチョウ目シジミチョウ科に分類される蝶である。クマソは本校のソテツ園周辺で頻繁に見られる。これはクマソがソテツに産卵し、幼虫がソテツを摂食するからである。私たちはソテツを摂食するクマソ幼虫にも寄生虫がいるのか興味を持った。また、クマソは1992年に日本に侵入し、その分布が拡大している¹⁾。論文を検索すると、2000年代後半から世界各地でクマソの論文が見られるようになる。主に発生の報告とソテツの食害に関する論文が多く、寄生虫について明言した論文は見られない。また、分布拡大の原因については諸説あり、定まってはいない。

2 研究目的

本研究の目的は、クマソの天敵の有無と越冬の有無とその条件を解明することである。昨年度、秋～冬期の気温と野外で成虫・蛹・幼虫・卵の発生状況を記録した。これにより、本種の生育拡大が本当に地球温暖化によるものなのか、それとも、クマソが耐寒性を獲得したためかを判断する材料となる。判断することができれば、より環境に配慮した的確なクマソの防除や、在来地での共存の一助になると考える。

3 研究方法

1) クマソ幼虫への寄生率

プラスチックの容器にクマソの幼虫と餌となるソテツの新芽を入れ、28°Cに設定した人工気象の中で飼育した。寄生虫がクマソの幼虫の中から出てきたら、捕獲、保存する予定であった。

2) クマソの越冬調査

クマソが1年中、成虫の状態で生息しているのか、それとも卵または幼虫、蛹の状態で越冬有無を確認するため、クマソの数が減り始めた11月から、本校のソテツ園にてクマソの数を観測した。できるだけ同一条件での観察とするため、2人で45分間、本校のクマソ園と条件を固定して観測した。クマソがいた場合は捕獲し羽にマーキングして記録した。

発生する条件と気温などの条件に相関関係がないかを調べるために、Excelを用いて1日の捕獲数と各気象条件に相関の有無があるかデータの分析を行った³⁾。

3) クマソの分布

クマソがみられる場所と定着したと見られる年を調べ、日本地図に描き起こした^{1) 2)}。日本の分布に対する情報は、CiNii、GoogleScholarを用いて、クマソの分布について確認できる日本語論文を調べた。さらに、鹿児島昆虫同好会が発行した『SATSUMA』クマソ特集の情報も加えた¹⁾。

4 研究結果

1) クマソ幼虫への寄生率

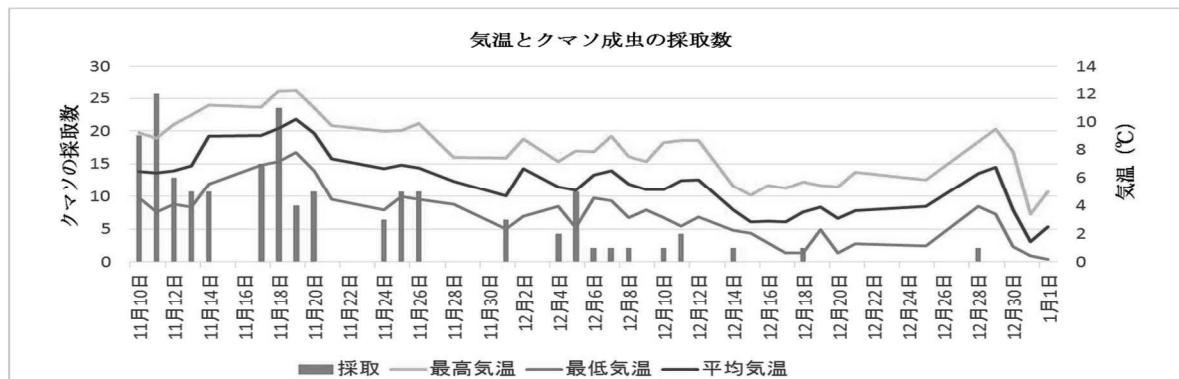
91匹中6匹が羽化、50匹乾燥死、28匹カビの付着によって死亡した。全幼虫から寄生虫の出現はなかつた。平井らにより、クマソ幼虫への寄生率は低いという可能性が示唆されている²⁾。本結果はそれを肯定している。

2) クマソの越冬調査

温度が下がるにつれて捕獲数が減り、2020年12月28日（観測開始から49日目）を最後にクマソ成虫が確認できなくなった（表1）。1月12日時点で成虫が一般的に生存可能とされる14日を超えた¹⁾。この状況

は2021年6月22日時点まで続いている。よって、鹿児島市ではクマソは成虫のすがたで越冬はできないと考える。Excelを用いて捕獲数に対する気温（最高・最低・平均）、湿度、日照時間の相関係数を調べたところ、最高気温とのR²値が0.75、平均気温とのR²値が0.7であり、捕獲数に対する最高気温、最低気温は正の相関があることが示唆された。

表1 気温とクマソ成虫の採取数



3) クマソの分布

現在までに、日本の分布については地図に記し終えた（図1）。

以上より、クマソ幼虫への寄生率は低く、高くなはないが最高気温、平均気温との相関性が示唆された。また、本校で越冬を示す卵も幼虫も見つからなかったため、定着についてはさらに観察範囲を拡大するなど検証する必要がある。

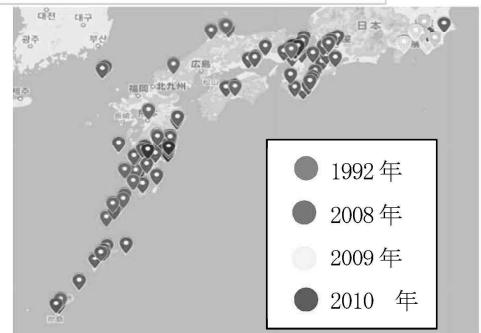


図1 クマソの分布

5 考察

実験1より、クマソ幼虫への寄生率は低いと考えられる。また、人工気象機は常に温度28°C一定であり、その飼育がクマソに影響を与えた可能性が示唆される。実験2、3より、クマソは越冬を行わず、分布が南から北に拡大していることが考えられる。また、冬にクマソの卵を発見できなかった。そのため、クマソが温かい時期になると南から北上してくると考える。（表1、図1）

6 今後の展望

- 1) クマソ幼虫を大量に捕獲でき次第、様々な気温条件で再び実験を行いたい。
- 2) 気温の気候以降、現在（2021年6月23日時点）まで、成虫が見られていない。次にいつ、クマソが発見できるのかその条件を調べる。
- 3) クマソの分布の拡大にどのような要因が関係しているのか検証したい。

7 参考文献

- 1) 鹿児島昆虫同好会. SATSUMA. 鹿児島昆虫同好会, 2008, Vol. 58, No. 138.
- 2) 平井規央. 本州と四国におけるクロマダラソテツシジミの記録. やどりが, 2009, vol. 2009, no. 2-20. https://www.jstage.jst.go.jp/article/yadoriga/2009/220/2009_KJ00005989885/_article/-char/ja/, (参照 2021-1-16).
- 3) 末吉 正成. EXCEL ビジネス統計分析. 第2版, 翔泳社. 2014, 256p.
- 4) 平井規央. 日本におけるクロマダラソテツシジミの発生と分布拡大. 植物防疫. 2009, Vol. 63No. 6p. 365-368.

謝辞

この研究は、独立行政法人日本学術振興会 特別研究員(PD) 藏満司夢氏、鹿児島県立博物館 学芸主事 中峯敦子氏から多大なご協力をいただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

イシクラゲの駆除について

錦江湾高等学校 3年1組 松元梨子・山之内雅、2組 日高莉瑠、
3組 大久保萌・大重愛、4組 岩元梨帆

1 研究背景

イシクラゲは、寒天基質の中に丸い形の細胞が多数数珠状に並んでいることから、ネンジュモと呼ばれており、シアノバクテリアの一種である。細胞内には、光合成色素であるクロロフィルa、フィコシアニン、フィコエリトリンや、炭酸同化を行う酵素が存在していて、細胞自体が葉緑体の機能を持っている。光合成の結果、緑色植物などと同じように酸素を発生させる。

イシクラゲは日本全国の住宅の空き地、田んぼのほとりや校庭の端の土壌、芝生の表面やコンクリート上などに生息している。陸上での生活に適応し、乾燥と直射日光の光に耐えて生命力を維持することが出来る。または、コスモポリタンとして南極大陸や中国の砂漠地帯などの極限環境を含めた地球上の広い地域に分布している。雨の後などの湿っている時は寒天のような感触で、色は黒みがかった緑色から褐色である。乾燥状態の時は、黒色の乾燥わかめのようになり手で揉むと壊れる。

2 目的

この研究を始めた理由は、過去に水分を多く含んで寒天のようになったイシクラゲを踏んで転んだことがあり、色々なところに繁殖しているのを目にして、身近なもので簡単に駆除したいと思ったからだ。

3 方法

準備する物は、シャーレ、水、酢、洗剤、ハイター、クエン酸水溶液、イシクラゲ。実験方法は、図1のようにシャーレにイシクラゲを入れて、そこに液体を15ccずつ入れる。二週間後にそれぞれの変化を観察する。1番を水、2番を酢、3番を洗剤、4番をハイター、5番をクエン酸水溶液として実験した。

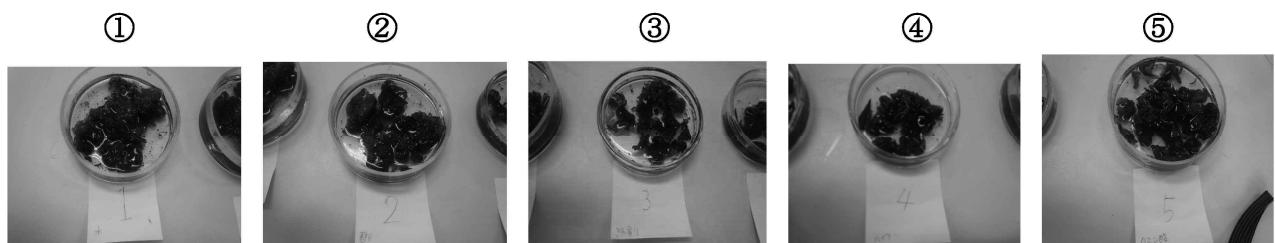


図1 実験前のイシクラゲの様子

4 結果・考察

2週間後それぞれ図2のように変化した。図2では、1番の水と2番の酢は特に変化があまり見られなかつた。変化がなかつたのは、中性の液体だつたからではないかと考えた。5番のクエン酸水溶液は表面にカビのようなものが生えてしまい、正確な結果が得られなかつた。3番の洗剤と4番のハイターは液の色が変化し、イシクラゲが他のものと比べると少し縮んだ。(表1参照)

液の色が変化したのは、液体の汚れを落とす成分が働いたからではないかと考えた。

この実験からみると、洗剤とアルカリ性が1番効果があつた。このことから、アルカリ性の液体ならなんでも駆除に効くのではないかと考えた。

表1 イシクラゲの変化

①水	②酢	③洗剤	④ハイター	⑤クエン酸
液体が白く濁つた。	・液体が少し濁つた。 ・イシクラゲの色が薄くなつた。	・イシクラゲの色が薄くなつた。 ・液体が濁つた。	・液体が黄色く濁つた。 ・イシクラゲが縮んだ。 ・イシクラゲの色が薄くなつた。	・表面にカビのようなものが生えた。 ・イシクラゲの色は濃い。

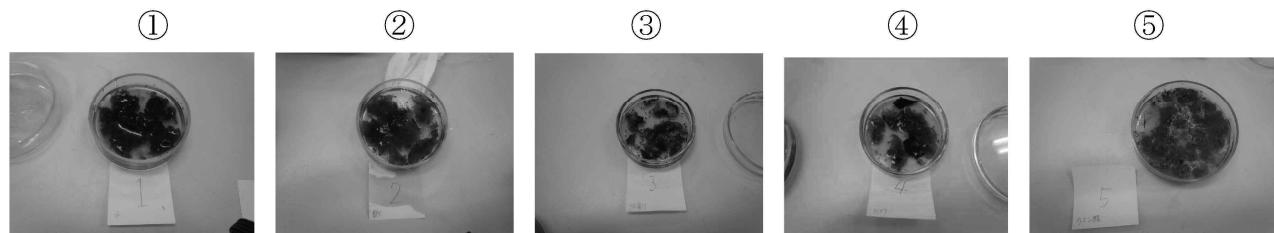


図2 2週間後のイシクラゲの様子

5まとめ

イシクラゲは原核生物でラン藻類ネンジュモ属の一種で、校庭の端やコンクリート上に生息していることが分かつた。また、この実験では完全に駆除することはできなかつたが、アルカリ性によつてイシクラゲが収縮することが分かつた。

6 今後の展望

今後の展望は、土壤の影響を考える、駆除する時期はいつか、細胞の様子を顕微鏡で観察してみようと考えている。乾燥したイシクラゲを水に戻して、もう一度実験する。カビの原因を調べる。試料の量を等しくして何回も実験を繰り返す。また、駆除する時期はいつが最適か調べる。

7 引用・参考文献

石松成子 石橋源次 1994年 『藍藻類イシクラゲの食品素材としての特性』 日本家政学会誌 vol.45 No.8 719~722

桜島フェリーの調査

錦江湾高等学校 3年1組圓山亮汰 3年2組中武瑛希
3年2組羽生和真 3年4組有村大空

1 研究背景

桜島フェリーは鹿児島市における総合的な交通体系の中に位置づけられ、桜島のアクセスとして、観光振興と地域の活性化に寄与すると共に災害発生時には、救難船舶としての役割を果たしている反面、現在桜島フェリーは九州自動車道の延伸の影響や、桜島、大隅半島の人口減少等による収益の減少が続き、赤字の状況に陥っている事が問題となっている。

2 目的

九州の南端で活躍している桜島フェリーについて多くの人に知ってもらい、現在、桜島フェリーがどのような状況にあるか理解してもらうことを目的としている。具体的には、桜島フェリーの利益や年間乗客数、機体の種類・構造などについて調査したことを初めに校内の人々に、最終的には校外の人々にも知ってもらい、桜島フェリーの利益回復につながることを望んでいる。

3 方法

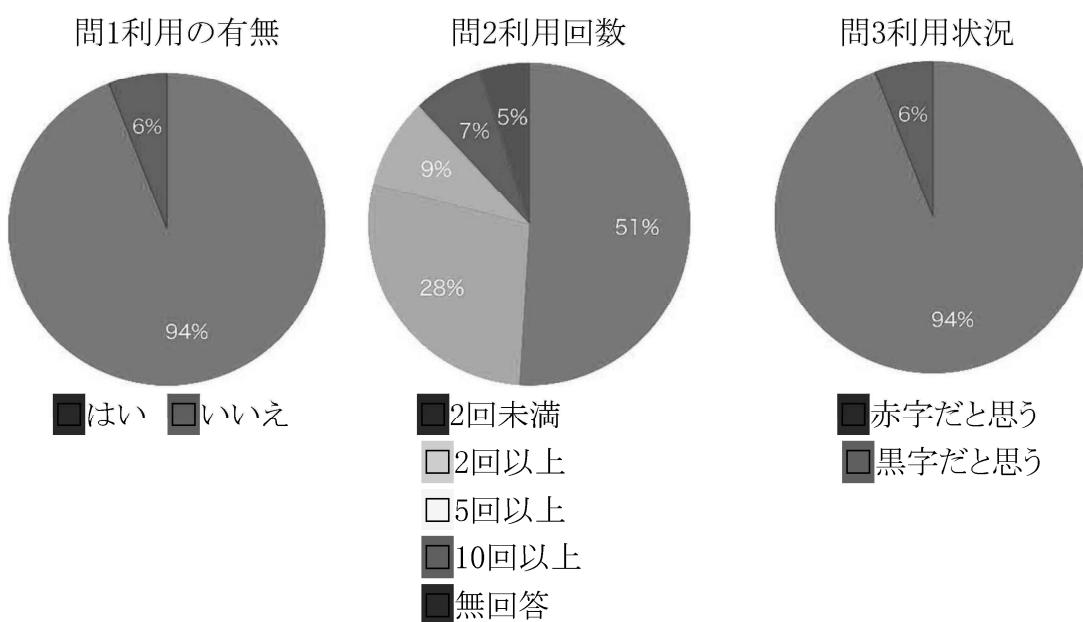
錦江湾高等学校の普通科2年(当時)1.2.4組各クラスの担任の先生方々計123名を対象にアンケート調査を行った。

●質問内容●

問1「桜島フェリーを利用した事があるか」

問2「利用回数は、どのくらいか」

問3「利益状況は、どのような状況だと思うか」



4 結果・考察

アンケート調査から「桜島フェリーに乗ったことがありますか。」の質問に対して「はい」と答えた人の割合は94%で、アンケートに答えたほとんどの人が乗ったことがあるということが分かった。

「はい」と答えた人の利用目的としては、ほとんどの人が部活動などの試合での利用だった。また、利用回数は2回未満と答えた人が1番多かった。

「桜島フェリーの現状について正しいものを1つ選んでください」の質問に対して、1番多かった回答数が「赤字が続いている。」であり、1番少なかった回答数が、「黒字が続いている。」であった。

実際のところ桜島フェリーは赤字が続いており年間利用客数は約10万人である。そのため、桜島フェリーは年間利用客数を増やすなければならない状況にある。

そこで我々は桜島フェリーのこれから改善案について複数の案を出しアンケートを取った。その結果として1番多かったのは「運賃を安くする」という回答であり、2番目に多かった回答は「船内に飲食店を増やす」という回答だった。

5 まとめ

本研究により、私達は桜島フェリーに関する多くの知識を身につける事ができた。また、私達の身の回りにいる人たちに桜島フェリーの魅力を伝える事により、桜島フェリーに興味を持つてもらえた。ポスター発表の際には、私たちが作成したポスターに対してのアドバイスを大学の教授からいただいたことにより、ポスターの改善点を見定めることができた。

6 今後の展望

今回の調査・研究は、桜島フェリーの利益や年間乗客数、機体の種類・構造などについて調査したが今後の展望としては他県や世界に目を向けて、桜島フェリー以外に活火山に向かって進む船や船舶があるのか、やコロナウイルス感染症にどの様に対処・対策していくのか、赤字の状況をどうすれば改善できるかを考え今後の展望をしていきたい。

7 引用・参考文献

鹿児島市船舶局総務課 平成30年 9月 『船舶事業概要』 鹿児島市船舶局総務課

絵本が幼児に与える影響

錦江湾高等学校 3年4組 馬場結愛 3年2組 外内美羽 有馬舞七

1 研究背景

小さい頃から絵本を読んでいたがそれが語彙力の発達に影響があるのか調べたかったから。

2 目的

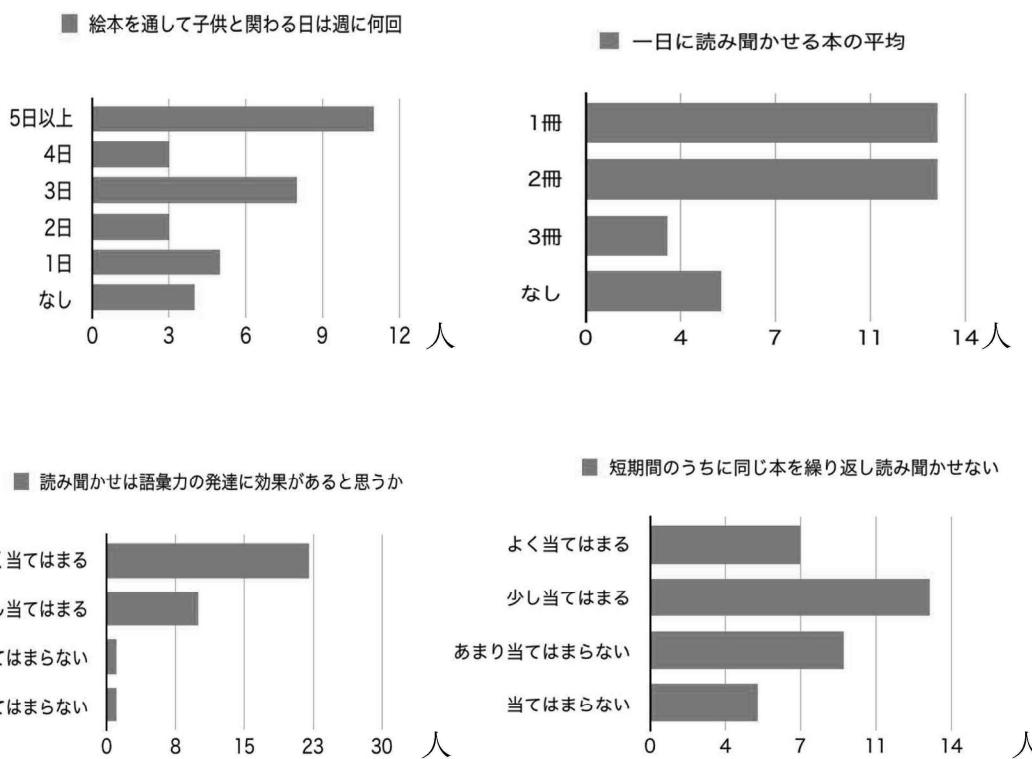
幼児の事を調べるにあたって絵本に着目して絵本が与える影響を明らかにするため。

3 方法

- ・先行研究論文
- ・田上キッズ保育士へのアンケート(2020年11月20日実施)
絵本の読み聞かせの実態について知るために担任9名と園児の保護者(年少5名、年中7名、年長8名、その他5名)の計34名にアンケートを実施した。

4 結果・考察

以下に実施したアンケート6つのうち4つを抜粋する。



5まとめ

① 現在読み聞かせの効果についてわかっている事(論文より)

・家庭での読み聞かせ頻度は、読み聞かせによる言語性や語彙力の伸びやすさに関連する可能性が示唆された。

・言語性に関して、読み聞かせの頻度が高頻度群のみ、読み聞かせ期間内に向上する傾向が認められた。(家庭での読み聞かせの影響からすでにある程度語彙力の基盤や短期記憶の能力が備わっていたため、読み聞かせの効果がより高度な物語理解へと及ぶようになりそれに関わる言語性の向上が促されたのではないかと推測されたため)

・家庭での読み聞かせの基礎を作った上で集団で読み聞かせをすると一定の効果が期待できる。

② 保育士・保護者による意見(アンケート結果より)

・語彙力の習得には効果があるが理解言語はまだ差がある

・同じ言葉を繰り返す絵本を読むと覚えて会話に取り入れるようになった

・平仮名を覚え読み書きができるようになった

・想像力が豊かになる

・単語を覚える

・読み聞かせをしてから明らかに話す言葉の数が増えた

③ 効果的な読み聞かせ方法

1.同じ本を繰り返して読む

2.毎日継続して読み聞かせを行う

3.家庭でも読み聞かせを行う

6 今後の展望

・効果的な読み聞かせ方法をより深く掘り下げてさらに詳しくしらべる。

・アンケートから得た情報を元に効果的な読み聞かせ方法を保育所に提案する。

→アンケート結果から同じ本を繰り返し読み聞かせない人の方が多いという結果になったが、論文によると、同じ本を繰り返し読み聞かせる方が語彙力の発達に影響がある事が分かった。よって同じ本を繰り返し読み聞かせる事を提案する。

7 引用・参考文献

雨越康子、森下正修（2020）『幼児期の集団および家庭における絵本の読み聞かせと認知能力』日本教育工学会論文誌