

令和6年度指定



SS 課題探究 生徒論文集

第2年次



地域の自然や素材を活用し探究の過程を身につけ、
国内外に発信できる Well-Being に繋がる科学人材の育成

令和8年3月

沖縄県立向陽高等学校

発刊にあたって

沖縄県立向陽高等学校

校長 玉木 亨

「令和7年度向陽高等学校SS課題研究生徒論文集」の刊行にあたり、ご挨拶申し上げます。

文部科学省が指定する「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」は、平成14年度に開始され、先進的な科学技術、理科・数学教育を通じて、生徒の科学的な探究能力等を培うことで、将来社会を牽引する科学技術人材を育成することを目的としています。向陽高校は令和元年度に指定され、I期5年間を終え、令和6年度からはII期がスタートしています。本校SSH事業の中で中心となるのが、生徒が主体的に行う課題研究となっており、在学中系統的に取り組んでいます。1年生では多角的な物の見方や考え方、実験の方法、データのまとめ方など研究活動に必要な基礎を学びます。2年生では約4名のメンバーと一緒に、自ら課題を見つけ、それを解決するために試行錯誤しながら観察・実験を繰り返し、データを分析してまとめます。3年生では前年度に行った結果をもとに、追加の実験・検証、論文を作成します。また、一部は英語での論文作成に挑戦しています。このように作成した論文を集録したものが本冊子となります。

さて、学習指導要領の改訂により高等学校では「総合的な探究の時間」が新たに始まりました。その解説では「この学習活動が、解決の道筋がすぐには明らかにならない課題や、唯一の正解が存在しない課題に対して、最適解や納得解を見いだすことを重視している」ことが示されています。高等学校において質の高い探究活動を行うことは生徒の資質・能力の向上に結びついており、その導入はこれまで全国で取り組まれたSSH事業の成果の蓄積が大きいとされています。

また、科学的な探究活動は①事象に対する気づきや疑問、②本質的な「問い」の発見、③解決のための仮説の設定、④検証計画の立案、⑤観察・実験の実施、⑥結果の処理、⑦考察・推論、⑧表現・伝達の一連の学習過程が示されています。繰り返すことで、よりよく「問い」を発見し解決していくための資質・能力が育成されます。本校生徒の課題研究においても同様に取り組んでいます。これから進学する大学や社会の中で求められる最適解や納得解を導くための必要な力が育成されていると感じており、生徒の今後の活躍を期待しています。

この生徒論文集は向陽高校30期理数科生徒の3年間の取組と成長、その結果が詰まったものです。私自身、本冊子を手にした時、課題研究の取組や内容の深化を図り、社会を牽引する人材となる生徒の育成に努めていきたいと改めて思ったところです。

集録されている論文の中には8月に行われたSSH生徒研究発表会や第27回中国・四国・九州地区理数科高等学校課題研究発表大会愛媛大会へ学校代表として参加した研究も集録されています。是非、お手にとってご覧頂きたいと思います。

令和8年3月

目 次

Chemi	What Will the Performance of Egg Plaster Be Like!?	1
Bio	Earthworm's Reaction to Phototaxis and Electrotaxis	6
化学	卵殻を用いた漆喰の製造とその性能評価	11
	軽石蓄電池	16
	シークワサーの消臭効果	21
	飲める防虫剤	26
	地球温暖化	31
生物	光走性と電気走性によるミミズの反応	35
	物理的刺激によるシロツメクサの葉の変異	40
	1/f ゆらぎによるイースト菌への発酵促進効果について	45
	グッピーに与える昆虫の栄養効果	50
数学	ゲームの必勝法～「5隠し」の拡張～	56
物理	人工的なオーロラの再現	61
	プロペラの羽の枚数と風速の関係	65
地学	波を弱めるマングローブ林の配置	69
	琉球石灰岩による水質への影響～雄樋川の水質調査を通して～	73
情報	来校しない学校紹介	79
	室内農業を自動化する	83

What Will the Performance of Egg Plaster Be Like!?

Abstract

In this study, we focused on eggshells, which are routinely discarded, and examined the possibility of recycling them as a raw material for plaster by using their main ingredient, calcium carbonate. Plaster made from eggshells was refined to find the optimum mixing ratio, and performance evaluation regarding fire resistance and dehumidification was conducted by comparison with plaster including commercial products. As a result, the plaster refined from eggshells showed superior properties to the commercial product in both performance evaluations. These properties can be attributed to the porous structure inherent in eggshells. The eggshell plaster also has advantages in terms of the availability of raw materials and low environmental impact, suggesting its potential as a material that contributes to the construction of a recycling-oriented society. In the future, we plan to further examine the practical application of eggshell plaster and conduct more detailed analysis of the effects of the porous structure on various properties.

① Introduction

In this study, we worked on the theme “What will the performance of egg plaster be like.” Currently, about 80% of eggshells in Japan are thrown away, which adds up to about 250,000 tons every year. Getting rid of them costs around 1.5 billion yen. So, the goal of our research was to find a good way to reuse eggshells. We think that using eggshells in this way can help with some of the Sustainable Development Goals (SDGs), like Goal 11: “Sustainable Cities and Communities,” Goal 12: “Responsible Consumption and Production,” and Goal 13: “Climate Action.” The main component of eggshells is calcium carbonate, and we tried to use this to make plaster.

② Hypotheses

In this study, we made two hypotheses:

1. It is possible to make plaster from eggshells.
2. The plaster made from eggshells has better performance than commercially available plaster

③ Experiment • Result

【Experiment 1. Making calcium hydroxide from eggshells】

(Process)

Powdered eggshells were heated at 900W for 45 minutes to make calcium oxide, then add water to it.



(Confirmation method)

(1) Reaction with Phenolphthalein solution

(To confirm the change to basicity)

(2) Reaction with CO₂

(To confirm that limewater is an aqueous solution of calcium hydroxide and therefore exhibits similar properties)

(Result)

(1) The change to basicity was confirmed.

(2) The same cloudy reaction as with lime water was observed.

Defined as calcium hydroxide by (1) and (2).

【Experiment 2. Make a eggshells plaster】

(Material)

Aggregate (Meiji period sand), Water, Adhesive, Fiber (newspaper), Calcium hydroxide.

Although something resembling plaster was made, when referencing online procedures and proportions, it was determined that the amount of water was excessive. Therefore, an appropriate ratio was sought by adding more material.

Comparing plaster with water amounts of 3ml, 5ml, and 7ml. (The amounts of other materials were kept the same.)

→ It was found that 5ml of water was most appropriate, but the amount of sand was considered excessive.

Next, a comparison was made using two different amounts of sand: 0.5g and 2.5g, while keeping the water at 5ml and all other amounts unchanged.

→ The combination of 5ml of water and 0.5g of sand was determined to be the most appropriate ratio.

The following proportions were decided:

Sand: 0.5g, Water: 5.0g, Adhesive: 0.23g, Newspaper: 0.22g, Calcium Hydroxide: 5.0g.

【Experiment 3. Confirm the difference of the performance】

We refer to the four plates used in this experiment as follows

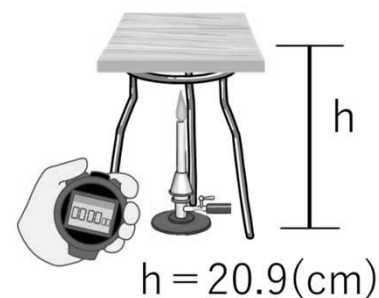
- Plaster made from eggshells → Egg plaster (E.P)
- Plaster made of calcium oxide → Normal plaster (N.P)
- Commercially available plaster → C.A.P
- Uncoated boards → Board (B)

Method 1: Fire Resistance Test

(1) Place a board on the test stand.

(2) Apply a gas burner to it.

→ We conducted the experiment five times. If smoke appeared, we considered the sample to have burned.



(Result)

On average, over five trials, the egg plaster showed the best fire resistance.

Table 1. Experiment of fire resistance

	First	Second	Third	Fourth	Fifth	Average
E.P	92	88	94	45	94	91.5
N.P	40	75	69	63	75	61
C.A.P	56	65	45	64	57	57.9
B	11	13	23	15	15	15.4

Method 2: Testing the dehumidifying effect

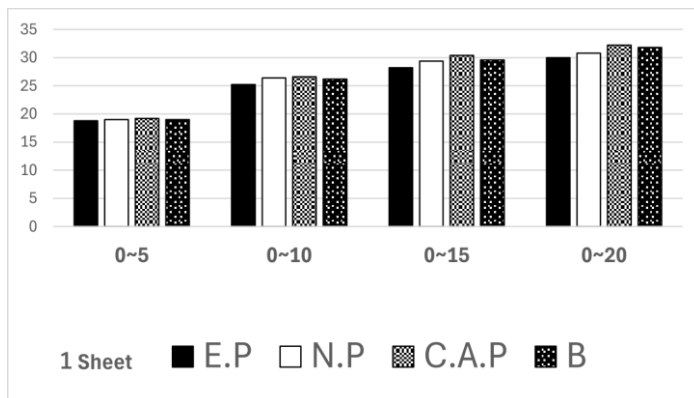
(1) Place a board and a cup of boiling water in a water tank and seal it

→Measure the change in humidity and temperature every 5 minutes for 20 minutes



(Result)

It was found that egg plaster has a higher dehumidifying effect than plaster.



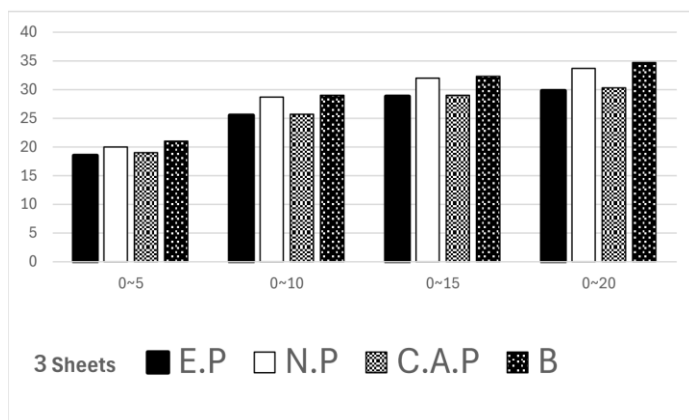
<Additional experiment>

(1) Put three boards and a cup of boiling water into the tank and seal it.

(Other steps are the same as method 2)

(Result)

Even when the number of boards was increased to three, egg plaster proved to be the most effective at dehumidifying.



④ Analysis

The above experiments showed that plaster can be made from eggshells, and that plaster made from eggshells is superior to commercial plaster in terms of both fire resistance and dehumidification. Eggshells are a porous material with many microscopic pores inside, and this structure enhances heat insulation and moisture absorption, which may have led to the improved overall performance of the plaster.

⑤ Outlook

In the future, we would like to further investigate the effect of porous eggshells on the plaster and changes in performance due to layering. Also, since the manufacturing process of plaster took a long time, it is necessary to examine a more efficient and cost-effective way of making the plaster

⑥ Reference

Plaster Ratio

- <https://note.com/miauchi/n/n30f601a24b62>

About Porous

- https://www.jstage.jst.go.jp/article/gomu/88/8/88_297/_pdf

Earthworm's Reaction to Phototaxis and Electrotaxis

Abstract

We wondered how organisms exhibit taxis in response to multiple stimuli simultaneously. Then, in this research, we decided to examine earthworms, which have phototaxis and electrotaxis and are easily accessible for collection. We will investigate earthworm's reaction when light and electro stimuli are applied at the same time. Earthworms were placed in a shallow container filled with agar solution, and the room was kept in complete darkness for the experiment. As a result, the movement distance of earthworms decreased, and they were more affected by electric stimulation. Similarly, a comparable trend was observed when the type of light source was changed. Through the research, the experimental results showed that contrary to the information in the reference materials, earthworms exhibited a tendency to move toward the cathode.

Background

At biology class, we learned "taxis" and were interested in this word. So, we decided on this research topic.

Objective

To investigate the response of earthworms, one of the multiple taxi's organisms, to two types of taxis stimuli. (Earthworms have negative phototaxis, positive electrotaxis and so on. In this experiment, a combination of phototaxis and electrotaxis were used.)

Hypothesis

We have two hypotheses.

1. When multiple stimuli indicating taxis are given at the same time, movement slows down or stops.
2. When multiple stimuli indicating taxis are given at the same time, one side of the taxis takes precedence over the other side.

Experimental method

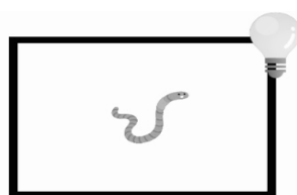


Fig.1 Experiment1

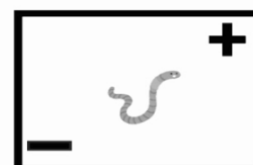


Fig.2 Experiment 2

Experiment I

[Experiment 1] Light only (Fig.1)

- (1) Place the earthworms in the center of the agar solution.
- (2) Shine the light from the corner of the container for 1 minute.
- (3) After 1 minute, measure the change in distance between the earthworm and light source.

[Experiment 2] Electricity only (Fig.2)

- (1) Place the earthworms in the center of the agar solution.
- (2) Passing an electric current for 1 minute.
- (3) After 1 minute, measure the change in distance between the earthworm and positive electrode.

[Experiment 3] Electricity and light (shine from positive electrode)

- (1) Place the earthworms in the center of the agar solution.
- (2) Passing an electric current and shining the light from positive electrode for 1 minute.
- (3) After 1 minute, measure the change in distance between the earthworm and positive electrode.

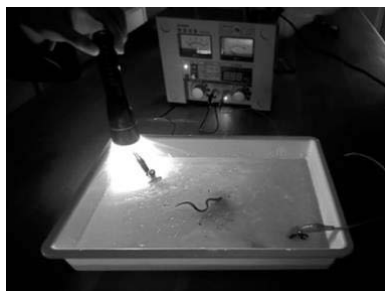
[Experiment 4] Electricity and light (shine from negative electrode)

- (1) Place the earthworms in the center of the agar solution.
- (2) Passing an electric current and shining the light from negative electrode for 1 minute.
- (3) After 1 minute, measure the change in distance between the earthworm and positive electrode.

*In Experiment I , the light source used was the LED light of smartphone. The measurement results indicated the changes in distance between the starting point and the stimulus source in positive and negative values.

Experiment II

Using the same method as Experiment I , the light source was changed to an incandescent flashlight for the experiment. The measurement method was modified from the distance to the light source to coordinates (x,y).



Picture1 The state of Experiment 4 of Experiment II

Results

Experiment I Number of data 29.

Average -5.81 SD 5.31

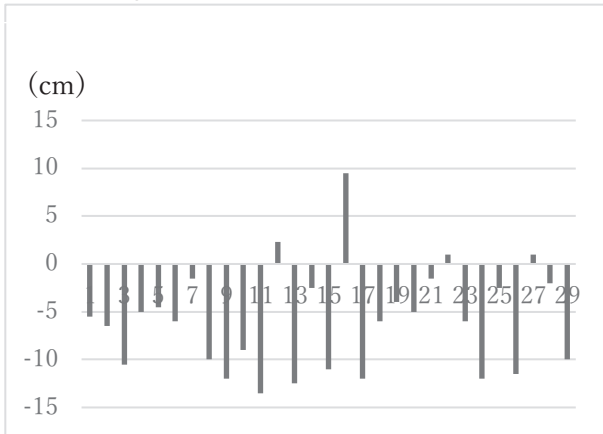


Fig.3 Experiment 1

Average -5.76 SD 4.57

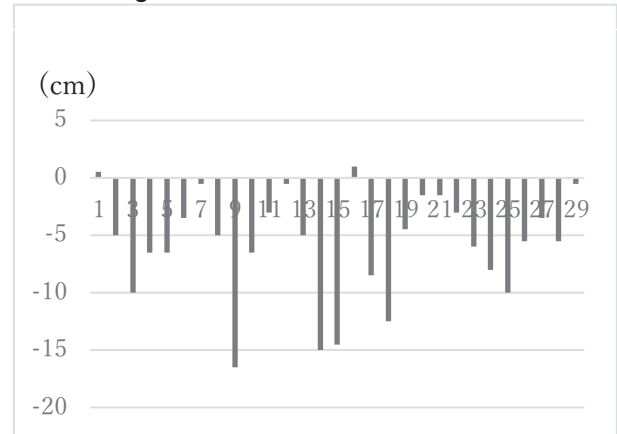


Fig.4 Experiment 2

Average -5.48 SD 0.50

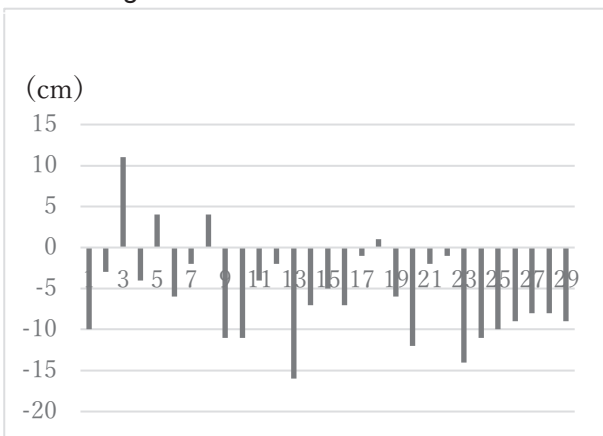


Fig.5 Experiment 3

Average -1.76 SD 7.50



Fig6 Experiment 4

In Fig.3, a trend of negative phototaxis and in Fig.4, negative electrotaxis were observed. In Fig.5, negative phototaxis and negative electrotaxis were observed. In Fig.6, more than half of the samples showed positive phototaxis and negative electrotaxis.

Experiment II Number of data 30.

Average x-axis -2.3 SD x-axis 1.5
y-axis -1.2 y-axis 2.3

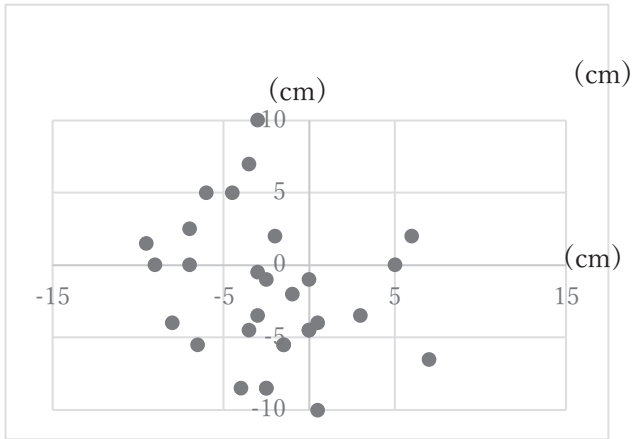


Fig.7 Experiment 1

Average x-axis -0.1 SD x-axis 6.0
y-axis -0.2 y-axis 5.3

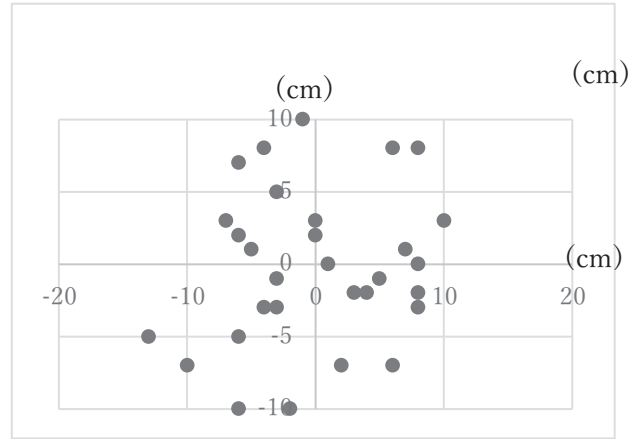


Fig.8 Experiment 2

Average x-axis -2.3 SD x-axis 6.7
y-axis -1.1 y-axis 5.0

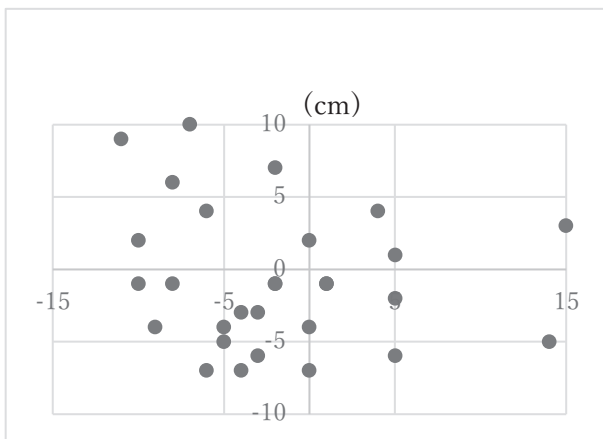


Fig.9 Experiment 3

Average x-axis -2.1 SD x-axis 6.8
y-axis -0.8 y-axis 4.0

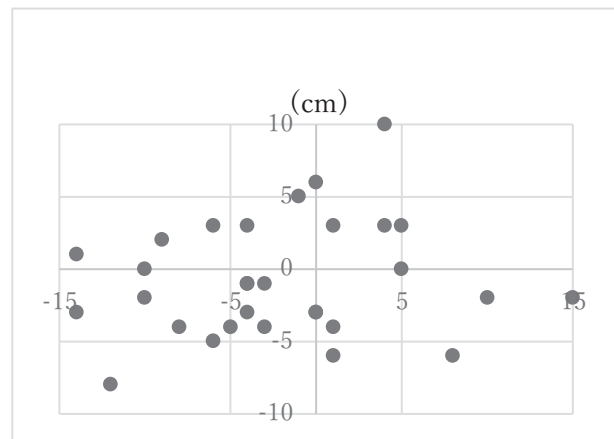


Fig.10 Experiment 4

In Fig.7, the worms tended to move away from the light, while in Fig.8, 9, and 10, there was a scattering of the worms' movements.

Analysis

Experiment I : Based on the result of Experiment 3 and 4, a tendency for reduced movement distance was observed, suggesting that the earthworms appeared to be confused by multiple stimuli. Considering the results of Experiment 4 in relation to Experiment 1, 2, and 3, it is suggested that earthworms are influenced by electrical

stimulation and prioritize negative electrotaxis. Based on these findings, Hypotheses 1 and 2 are considered to be largely validated.

Experiment II : The results of Experiment 1 showed a similar trend, though some variations were observed. Based on the results of Experiments 3 and 4, it is suggested that earthworms are influenced by electrical stimulation and prioritize negative electrotaxis.

References

- <http://www.ml.seikei.ac.jp/biolab/lecture/LabClass2/Lab18/Lab18.htm>

Electrotaxis of paramecium

- <https://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmanual/jikken/sei/sei28.htm>

Experiment of taxis

- https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h17_06.pdf

Paramecium electrotaxis and action

- <https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h30/183149.pdf>

Earthworm research

- New Stage Biological Chart, Second Edition (Hamajima Shoten)

Thanks

We would like to thank all those who provided us with valuable guidance and support in conducting this research. We would like to express our sincere gratitude to Mr. Arakaki, Mr. Toyoshima, and other professors for their valuable advice.

卵殻を用いた漆喰の製造とその性能評価

What will the performance of egg plaster be like!?

要

要旨

本研究では、日常的に廃棄されている卵殻に着目し、その主成分である炭酸カルシウムを利用して漆喰の原料とする再資源化の可能性を検討した。卵殻を原料とした漆喰の製造を行い、最適な配合比を模索するとともに、市販品を含む漆喰との比較により、耐火性および除湿性に関する性能評価を実施した。その結果、卵殻を用いて精製した漆喰は、いずれの性能評価においても市販品を上回る優れた特性を示した。これらの特性は、卵殻に内在する多孔質構造に起因すると考えられる。また、原料の入手容易性や環境負荷の低さという点でも利点があり、循環型社会の構築に資する材料としての可能性が示唆された。今後は、卵殻漆喰の実用化に向けた検討を進めるとともに、多孔質構造が各種物性に与える影響について、より詳細な分析を行う予定である。

Abstract

In this study, we focused on eggshells, which are routinely discarded, and examined the possibility of recycling them as a raw material for plaster by using their main ingredient, calcium carbonate. Plaster made from eggshells was refined to find the optimum mixing ratio, and performance evaluation regarding fire resistance and dehumidification was conducted by comparison with plaster including commercial products. As a result, the plaster refined from eggshells showed superior properties to the commercial product in both performance evaluations. These properties can be attributed to the porous structure inherent in eggshells. The eggshell plaster also has advantages in terms of the availability of raw materials and low environmental impact, suggesting its potential as a material that contributes to the construction of a recycling-oriented society. In the future, we plan to further examine the practical application of eggshell plaster and conduct more detailed analysis of the effects of the porous structure on various properties.

① はじめに

本研究では、「卵殻を用いた漆喰の製造とその性能評価」というテーマに取り組んだ。現在、日本では卵殻の約 80%が廃棄されており、その量は年間約 25 万トンに達する。また、廃棄には約 15 億円ものコストがかかっているため、この現状を背景に、卵殻の再利用方法を模索することが本研究の目的である。

特に、卵殻を活用することで、SDGs（持続可能な開発目標）の目標 11「住み続けられるまちづくり」、目標 12「つくる責任 つかう責任」、目標 13「気候変動に具体的な対策を」の達成に寄与できる可能性があると考えた。その中でも、卵殻の主成分である炭酸カルシウムに着目し、漆喰の材料として利用する方法を提案する。

② 仮説

本研究では、以下の 2 つの仮説を設定した：

- 1.卵殻から漆喰を製造することが可能である。
- 2.卵殻由来の漆喰は、市販漆喰よりも優れた性能を有する。

③ 実験・結果

【実験 1.卵殻から水酸化カルシウムを作る】

〈手順〉

卵殻をすり鉢とすりこぎを用いて粉末状にし、卓上型高温マッフル炉で 900W, 45 分間加熱・酸化させ、水を加える。



〈確認方法〉

- (1)フェノールフタレイン溶液との反応
- (2)二酸化炭素を加えた反応（石灰水が水酸化カルシウムの水溶液であることから同様の性質を示すことを確認するため）

〈結果〉

- (1)塩基性が確認できた。
 - (2)石灰水と同様の水溶液が白濁する反応が確認できた。
- (1)、(2)より、水酸化カルシウムを作ることができたとする。

【実験 2. 実際に漆喰を作る】

〈材料〉

骨材(珊瑚砂)、水、ノリ、繊維(新聞紙)、水酸化カルシウム

漆喰らしいものはできたが、手順、分量をネットを参考に製造すると、水の比率が過剰になってしまっていると判断したため、追加で適切な比率を求めることにした。

水の分量 3ml、5ml、7ml の漆喰を比較。(水以外の分量はそのまま)

→水 5ml が適切だが、砂の分量が過剰であると判断した。

更に、砂の分量 0.5g、2.5g の漆喰を比較。(水、砂以外の分量はそのまま、水は 5ml)

→水 5ml と砂 0.5g の組み合わせが最も適切な分量であると判断した。

分量をそれぞれ以下の通りに決定した。

砂 0.5g、水 5.0g、ノリ 0.23、新聞紙 0.22g、水酸化カルシウム 5.0g

【実験 3. 漆喰の性能を比較する】

〈方法 1〉 耐火性の実験

(1) 実験用スタンドの上に板を置く

(2) ガスバーナーを当てる

→試行回数は 5 回とする。煙が出たことを燃えたと定義し実験を行う。

〈結果〉

5 回の平均で、卵漆喰が最も耐火性に優れているとわかった。

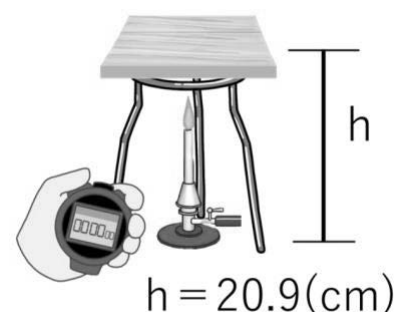


表1. 耐火性の実験

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
卵漆喰	92	88	94	45	94	91.5
ノーマル	40	75	69	63	75	61
市販漆喰	56	65	45	64	57	57.9
板	11	13	23	15	15	15.4 (S)

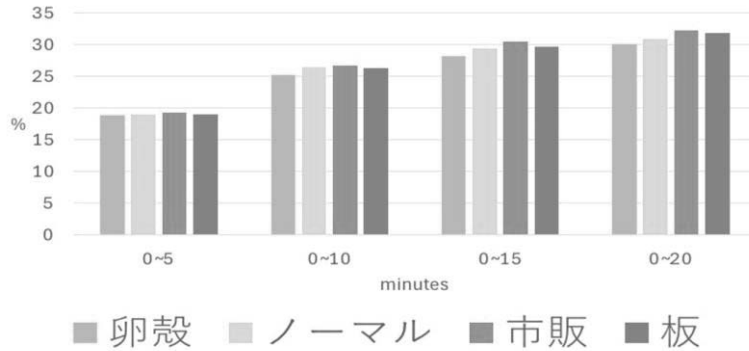
〈方法 2〉 除湿効果の実験

(1) 水槽に板とコップ一杯の熱湯を入れ、密閉する
→5 分ごとに 20 分間湿度と温度の変化を計測



〈結果〉

卵漆喰は市販漆喰よりも除湿効果が高いとわかった。



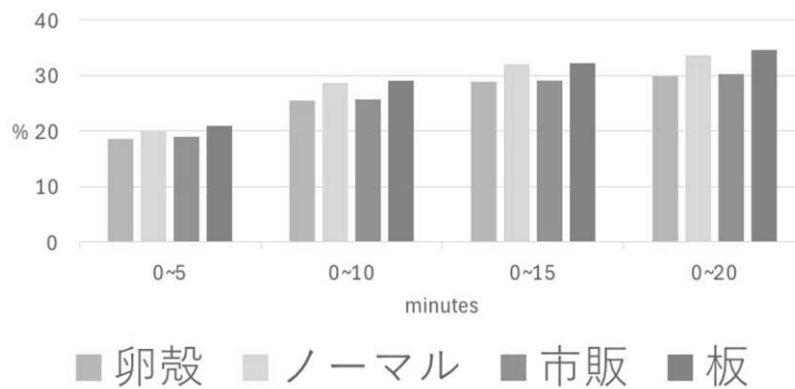
グラフ1. 一枚の時

〈追加実験〉

(1) 水槽に 3 枚の板とコップ一杯の熱湯を入れ、密閉する
(その他は方法 2 と同様)

結果

板の枚数を 3 枚に増やして実験を行っても卵漆喰が最も除湿効果が高いことがわかった。



グラフ2. 三枚の時

④ 考察

以上の実験より、卵殻から漆喰を作ることができ、その卵殻を用いた漆喰は、市販の漆喰よりも耐火性と除湿性の両方において優れていることがわかった。卵殻は内部に多数の微細な孔をもつ多孔質な素材であり、この構造によって断熱性や吸湿性が高まり、それが漆喰全体の性能の向上につながったと考えられる。

⑤ 展望

今後は、多孔質な卵殻が漆喰に与える影響や、重ね塗りによる性能の変化についてさらに調べたい。また、漆喰の製造工程に時間がかかったことから、より効率的でコストを抑えた作り方を検討する必要がある

⑥ 参考文献

漆喰の比率

- ・ <https://note.com/miauchi/n/n30f601a24b62>

多孔質について

- ・ https://www.jstage.jst.go.jp/article/gomu/88/8/88_297/_pdf

軽石蓄電池

Pumice Storage Battery

要旨

私たちはSSHの研究テーマを考えていく中で「活性炭蓄電池」の存在を知り、その仕組みに興味を持った。活性炭が持つ多孔質構造に注目し、自然界にも同様の構造を持つ素材が存在することから、それらを代替材料として蓄電池を作ることができないかと考えた。本研究では、活性炭の代わりにサンゴ、貝殻、軽石（天然・人工）といった多孔質物質を用いて、蓄電池の作成を行った。電流値を測定した結果、いずれの素材も活性炭と比べて電流値が劣ることがわかった。さらに、蓄電後の放置時間を変える実験を行った結果、これらの蓄電池は長時間にわたって電気を保持することが難しく、蓄電池として機能していないことが分かった。

Abstract

In our SSH research project, we learned about "activated carbon batteries" and became interested in how they work. Focusing on the porous structure of activated carbon, we noticed that similar porous materials exist in nature. This led us to wonder if they could replace activated carbon in batteries. We conducted experiments using natural porous materials like coral, shells, and pumice to build batteries. We then measured the electric current produced by these batteries. The results showed that natural materials generate less electric current than activated Carbon. Additionally, we tested how well these batteries retained electricity over time after charging. The results indicated that the natural materials couldn't hold a charge for long, meaning they weren't effective as storage batteries.

①はじめに

私たちは SSH の研究テーマを考えていく中で「活性炭蓄電池」の存在を知った。活性炭蓄電池とは、福岡工業大学工学部の田島研究室で研究されている、多孔質構造を持つ活性炭の微細な孔に電子を蓄えることで、電気をためることができる蓄電池である。私たちはその仕組みに興味を持ち、活性炭が持つ多孔質構造に注目し、自然界にも同様の構造を持つ素材が存在することから、それらを活用して活性炭蓄電池に似た蓄電池を作れないかと考えた。本研究では、活性炭、サンゴ、貝殻、軽石（サンゴ、貝殻、軽石は港川の浜で拾った）株式会社トリム様から頂いた軽石を用いて、蓄電性能の比較実験を行った。（軽石を区別するため拾った軽石を天然軽石、株式会社トリム様から頂いた軽石を人工軽石とする）

・仮説

1. 物質が変わっても電気をためることができる。
2. 蓄電してからしばらく放置しても問題なく使うことができる。

②研究方法

・蓄電池の作成手順

- ①. 粉末状にした研究対象の物質(3mL)に飽和食塩水(1mL)を加え、ペースト状にする
- ②. ①をそれぞれ 2 枚の銅板に薄く均一に塗り広げ、飽和食塩水に浸したろ紙を間に挟み、銅板を組み合わせる
- ③. ②をラップで包み、クリップで固定する

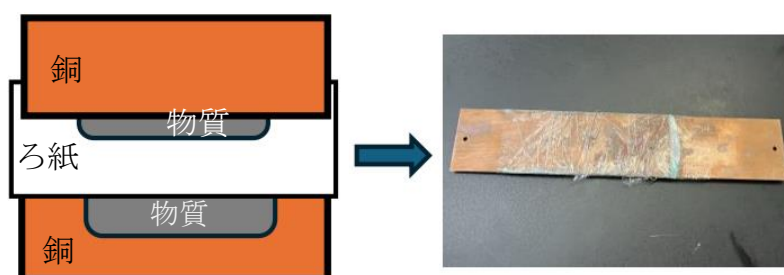


図 1 完成形

・実験内容

蓄電池をそれぞれ乾電池 1 本で 3 分間充電した後、1 分間放置し、30 分間放出して累積電流量で比較する。

今回は以下の条件を変えて測定する

実験 1 ペースト状にする粉末を変える。

実験 2 人工軽石を使用し、放置時間を変化させる。

③結果

・実験 1

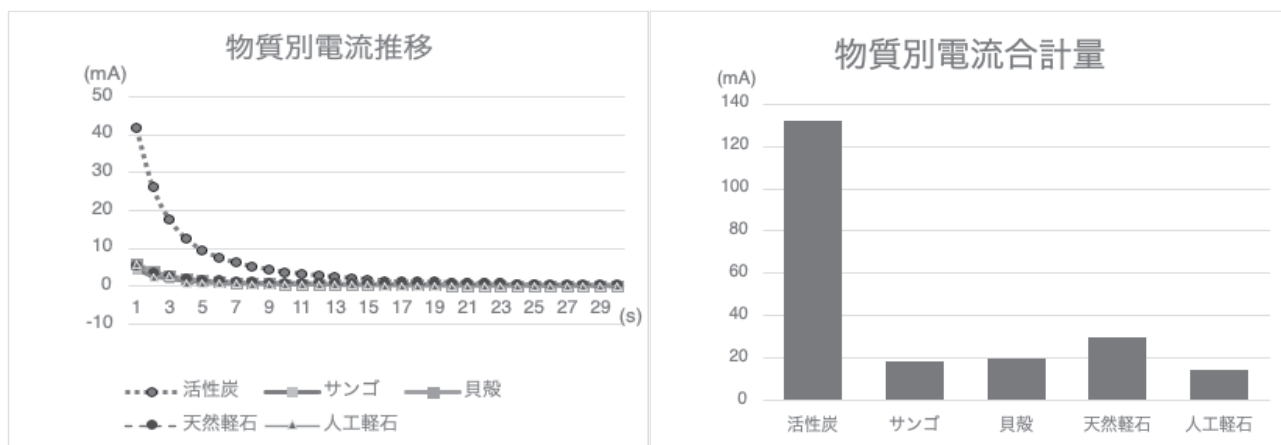


図 2

図 3

電流の推移(図 2)から減少の仕方が同じということが読み取れる。

30 分間の電流の合計(図 3)から活性炭は約 130mA あるのに対し、他の物質は 20mA 前後である。また、代替え物質間に有意差は見られなかった。(電流の合計量とは測定開始地点からの累積電流量のことで、今回は 30 分間の電流量を測定することで蓄電池から放出された電流の総量を調べた。)

・実験 2

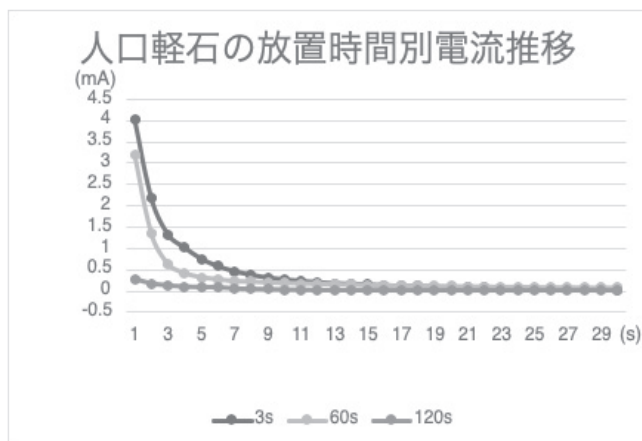


図 4

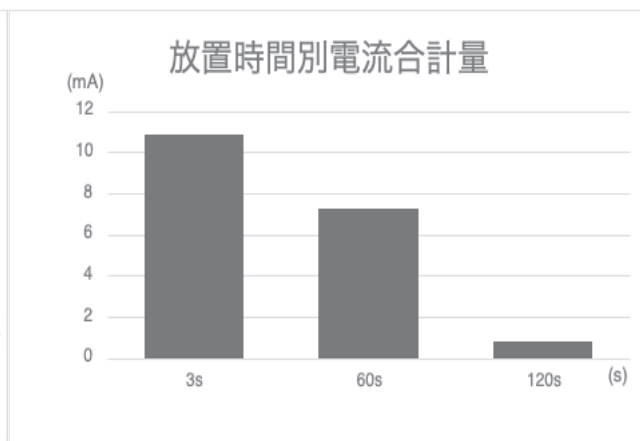


図 5

電流の推移(図 4)から最初から電流に差があることが読み取れる。

30 分間の電流の合計(図 5)から 3s の時がもっとも大きく、120s との差が大きい。

④考察

多孔質の物質であるサンゴ、貝殻、軽石は電気を蓄えることができた。この結果から、多孔質構造を持つ物質は蓄電池としての利用が可能であると考えた。しかし、いずれも電流値が小さいため、蓄電池としての実用性はない。

また、これらの物質の電流値の差は、物質によって電子やイオンが溜まる多孔質の孔の量が異なること、そして、電気伝導率の違いによるものだと考えた。

一方で、充電後に一定時間放置すると測定される電流値が小さくなることが確認された。この結果から、これらの蓄電池は自然放電しやすく、長期保存には適していないことが分かった。

⑤今後の課題

代用品で作った蓄電池は活性炭蓄電池ほどの電気量を貯めることができず、実用的に使えるのかまだ調べきれていない。また、ペーストの塗る範囲や粉末の大きさの違いなど正確性に欠けている部分があるので設定を見直す。孔の数の比較。物質の抵抗の比較。

参考文献

DASH 島 ～発電計画、始動～ | ザ!鉄腕!DASH!! | 日本テレビ (ntv.co.jp)

「焼酎かす」など有機性廃棄物を次世代電源として活用 | 研究レポート | 福岡工業大学研究特設サイト (fit.ac.jp)

スーパーキャパシタ（蓄電装置）を作ってみよう！！ | おもしろ科学実験室（工学のふしぎな世界） | 国立大学 55 工学系

学部 HP (mirai-kougaku.jp)

白石研究室 炭素材料電極化学研究室

株式会社トリム リサイクル事業本部- 廃ガラス リサイクル資材 スーパーソル

謝辞

本論文の執筆にあたり、多くの方々にご支援いただきました。

本研究のためにご協力いただいた株式会社トリム様に心から感謝いたします。

主指導教員である玉城直哉 先生には、研究の着想から、調査、論文執筆まで多くのご指導をいただきました。心から感謝申し上げます。

シークワサーの消臭効果

Deodorizing effect of Shikuwasa

要旨

私たちは、向陽高校周辺の豚舎からの悪臭を消臭することを目的に、沖縄県産の柑橘類であるシークワサーを用いて、その消臭効果について調べた。本研究では、豚舎の悪臭をアンモニアとして実験を行った。仮説として、シークワサーのアンモニアに対する消臭効果にはシークワサーの水分量や、中和反応が関与すると考えた。

そこでシークワサーの状態が変わることで消臭力に違いがみられるのか、消臭の前後でpHの値が変化するかを調べた。さらに、その他の消臭効果を持つものと、シークワサーの消臭力を比較した。その結果、シークワサーの状態によって消臭効果に違いがみられ、中和反応による消臭効果も確認できた。今後の計画として、部位および状態分別したシークワサーのポリフェノール含有量を測定し、消臭力とポリフェノールの関係性を追求していきたい。

Abstract

We investigated the deodorizing effect of Okinawa citrus, Shikuwasa, for the purpose of eliminating bad odors from pig barns around Koyo High School. In this study, we conducted the experiment using ammonia as the malodor of the piggery. The hypothesis was that the deodorizing effect of Shikuwasa on ammonia involves the water content of Shikuwasa and its neutralization reaction.

Therefore, we investigated whether the deodorizing power of Shikuwasa differs depending on the state of Shikuwasa, and whether the pH value changes before and after deodorization. Furthermore, we compared the deodorizing power of Shikuwasa with that of other deodorizers. As a result, differences in deodorant effect were observed depending on the state of the Shikuwasa, and deodorant effect due to neutralization reaction was also confirmed. As a future plan, we would like to measure the polyphenol content of Shikuwasa in different parts and states and pursue the relationship between deodorizing power and polyphenols.

1. はじめに

向陽高校は周辺の豚舎からの悪臭が強烈であり、私たちはその悪臭を環境に配慮した方法で消臭しようと思いついた。柑橘類には消臭効果があることが知られており、沖縄県の特産物であるシークワサーを使って消臭できるのではないかと考えた。そこで、シークワサーの消臭効果について調べ、最終的には、実際に豚舎周辺で活用できる消臭剤を作ることを目的として研究を行った。

2. 仮説

アンモニアは高い水溶性を持つことから、シークワサー中の水分にアンモニアが溶けることによる消臭、またアンモニアは塩基性を示すことから、酸性の物質を含むシークワサーと中和反応による消臭を行っているのではないかと仮説を立てた。

3. 実験方法

【前提として】

豚舎の臭いの主成分はアンモニアであるため、アンモニアを豚舎の臭いとして実験を行う。シャーレに1mLのアンモニア水をいれ、上から水槽を被せ密閉空間を作る。水槽内がアンモニアで満ちるように15分間気化させ、豚舎の空気をシミュレーションする。(以下、この空間を水槽と表記する。(図1-1)

【予備実験】

シークワサーが実際に消臭することができるのかを調べる。

- ① 下記の3つの条件に分けた水槽を用意する。
 - ア アンモニア水(1mL)とシークワサーの皮(50g)を一緒に入れる水槽
 - イ シークワサーの皮(50g)のみをいれる水槽
 - ウ アンモニア水(1mL)のみをいれる水槽
- ② それぞれの15分後の水槽中の気体を注射器を用いて50mL×6本分採取する。(図1-1)その後、採取した気体をゆっくりと蒸留水(100mL)の中に溶かしていく。(図1-2)その際、気体を蒸留水に溶けやすくするため、注射器の先端に水槽用のエアストーンを装着する。
- ③ それぞれ水槽中の気体を溶け込ませた蒸留水を10mLとり、そこにフェノールフタレイン溶液を一滴たらし、塩酸($1.1 \times 10^{-3} \text{mol/L}$)を用いて中和滴定を行う。この操作をそれぞれ3回ずつ行う。



図 1-1



図 1-2

【実験Ⅰ】

シークワサーがどの状態で消臭力が最も強いのかを調べた。シークワサーを下記に記されている6つの状態に分け（図2）、【予備実験】の①～③を1セットとして実験を2セット行い、塩酸の滴下量の平均値を求めた。ミキサー皮は消臭力と表面積の関係性を、乾燥皮は水分量と消臭力の関係性を調べるために、皮の状態をノーマル皮とミキサー皮、乾燥皮の3つに分けた。

- ア 通常の状態の皮（以下、ノーマル皮と表記する）
- イ ミキサーを用いて細かく粉碎した皮（以下、ミキサー皮と表記する）
- ウ 乾燥機を用いて60°で22時間乾燥させた皮（以下、乾燥皮と表記する）
- エ 種
- オ 搾り汁
- カ 搾りかす

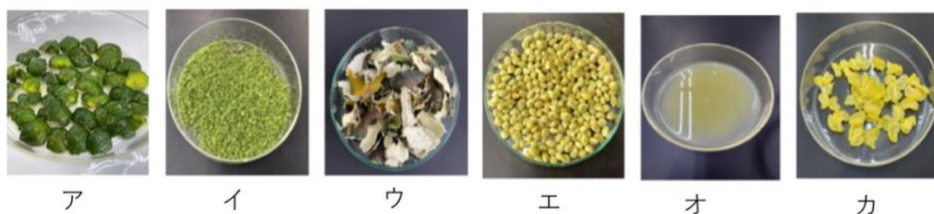


図2

【実験Ⅱ】

中和反応が消臭力に関係しているのかを調べた。シークワサーは酸性であり、塩基性であるアンモニアと中和反応をすることによる消臭も行われているのではないかと考えた。そこで、液体状にしたシークワサーの皮と実を用いて、消臭前後でのpHの値の変化を調べた。まず、消臭を行う前のそれぞれの液体のpHの値をpH試験紙を用いて測定した。そして、【予備実験】の①のシークワサーの皮を液体状にしたシークワサーの皮と実にそれぞれ置き換え消臭を行い、消臭後に再びpHの値を測定した。

【実験Ⅲ】

実験Ⅲでは、既存の消臭効果を持つものとシークワサーの種の消臭効果を比較した。【予備実験】のシークワサーの皮を下記の4つとそれぞれ置き換えて、同様の方法で実験を行った。

- ア 種 50g
- イ 水 50mL
- ウ 人工軽石 50g（以下スーパーソル）
- エ 市販のトイレ用消臭剤（消臭力）

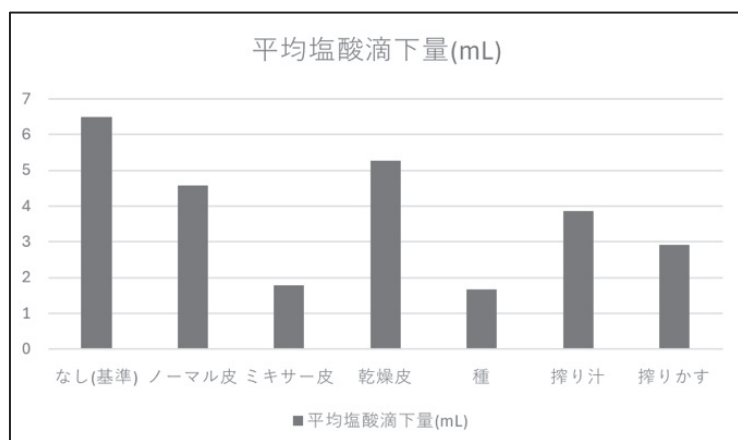
4, 結果

【予備実験】

	1回目	2回目	3回目	平均
アンモニアのみ (mL)	5.29	7.44	6.56	6.43
アンモニア + シークワサー (mL)	4.50	4.99	4.80	4.76

アンモニアのみの場合とアンモニア+シークワサーの場合を比較するとシークワサーがある場合の方が消臭していたことからシークワサーには消臭効果があると言える。

【実験 I】



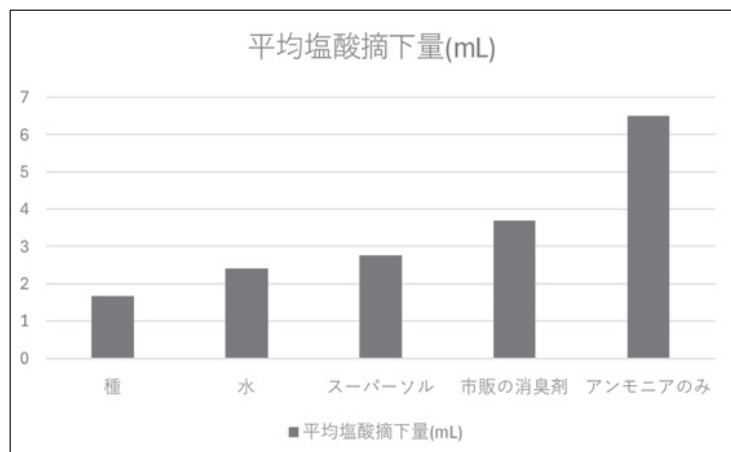
実験 I では種、ミキサー皮、搾りかすの順で消臭効果が高かった。

【実験 II】

	消臭前	消臭後
シークワサーの皮の搾り汁	4.5	9
シークワサーの実の搾り汁	3	5

実験 II では、消臭前後で液の pH の値が増加した。

【実験 III】



実験 III では、種 > 水 > スーパーソル > 市販の消臭剤の順に消臭効果が高かった。

5. 考察

1. 実験Ⅰより、1番目と3番目に消臭力が高い種と薄皮（搾りかす）には保水力のあるペクチンが含まれており、その水分に対してアンモニアが溶けたことで消臭力が増加したと考えられる。また、2番目に消臭力の高いミキサー皮は粉碎したことにより表面積が増加したため、消臭力が増加したと考えられる。
2. 実験Ⅱより、消臭前後で皮と実の搾り汁のpHがともに大きくなったことからクエン酸等の成分により中和反応を起こし、アンモニア量が減少したことで消臭効果に影響を与えたと考えられる。
3. 実験Ⅲより、水より種の方が消臭していたことから、水分量だけでなくポリフェノール含有量やクエン酸等による中和反応も消臭に影響していると考えられる。しかし、種の方が市販の消臭剤より消臭効果があるという結果となったが、15分間で実験を行ったため、長時間での持続的な消臭力があるとはいえない。

6. 今後の課題

シークワサーのポリフェノール含有量が消臭効果に与える影響について検証ができていないため、分光光度計などを用いてポリフェノール含有量に関する正確なデータを出し、他の柑橘類の植物と比較して、シークワサーの特異性を明らかにしていきたい。また、シークワサーの時期による消臭力の違いが、ポリフェノール含有量等にどのように関係しているのかについて解明していきたい。さらに、実用化に向けて長時間での消臭力についても検証し、消臭剤としての商品化に向けて、研究を進めていきたい。

7. 参考文献

- ・畜産臭気対策マニュアル

（群馬県畜産試験場埼玉県農林総合研究センター 畜産研究所新潟県農業総合研究所 畜産研究センター）

<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/318281.pdf>

- ・本食品保蔵科学会誌 VOL. 32 NO. 12006 [技術報告] シークワーシャー果実からのペクチンに関する研究 玉城志博

<https://www.4193honpo.jp/1377/>

飲める防虫剤

Drinkable insect repellent

要旨

私たちはSDGsの観点からフードロスに着目し、普段は廃棄されているピーマンの葉の活用方法を調べることにした。

そこで本研究では、虫が集まってくる生ごみに、防虫剤に見立てた試料をふりかけて集まってきた虫の数を調べた。その結果、ピーマンの葉には防虫効果があるとわかった。また、ピーマンの葉の元素濃度はキャベツに比べて、カリウムやリンなどの数値が大きいことから、ピーマンの葉には栄養効果があるとわかった。以上のことから私たちは、ピーマンの葉を乾燥させて茶葉にし、使用後の茶葉を防虫剤としても活用できると考えた。

Abstract

We focused on food loss from the perspective of the SDGs and decided to investigate ways to make use of green pepper leaves, which are usually discarded.

In this study, we sprinkled samples that like an insect repellent on food waste, which attracts insects, and examined the number of insects that gathered. As a result, it was found that green pepper leaves have insect repellent properties. In addition, the elemental concentrations of potassium and phosphorus in green pepper leaves were higher than those of cabbage, indicating that green pepper leaves have a nutritional effect. Based on the above findings, we hypothesized that green pepper leaves could be dried and made into tea leaves, and that the tea leaves could also be made use of as an insect repellent after use.

1. 始めに

ピーマンは、向陽高校のある具志頭地区の特産品であり、日頃から各家庭で使用されているが、出荷過程で葉は廃棄されている。そのため、私たちはSDGsの観点からフードロスに着目し、廃棄されているピーマンの葉を有効活用したいと考えた。そこで、ピーマンの葉には防虫効果と栄養効果があると考え、実験を行った。

2. 先行研究

高知大学のピーマンの葉を利用したフラボノイド生産技術の開発と薬用利用についての研究を参考にした。この研究より、ピーマンの葉には害虫であるマメハモグリバエに対する産卵阻害活性があることを明らかにしている。

3. 仮説

ピーマンの葉がマメハモグリバエに対する産卵阻害活性を持つことから、ピーマンの葉には身の回りの虫に対する防虫効果も持っていると言説を立てた。また、ピーマンの実には栄養があることから、葉にも十分な栄養が含まれていると言説を立てた。

4. 実験

同じ質量のバナナを入れた7つの容器を用意した。これらの容器それぞれに、ピーマンの葉のメタノールでの抽出液、メタノール、ピーマンの葉の水での抽出液、水、ピーマンの葉、ピーマンの乾燥葉、試料なしの異なる条件を設定した。液体の試料は1日1回霧吹きで同じ量を振りかけ、葉は観察初日にバナナの周りに設置し、1週間後の虫の数を記録した。この実験は、結果に信頼性を持たせるため、同じ方法であと3回繰り返し、計4回行った。

5. 実験結果

- (A) …ピーマンの葉のメタノールでの抽出
- (B) …メタノール
- (C) …ピーマンの葉の水での抽出
- (D) …水
- (E) …ピーマンの葉
- (F) …ピーマンの乾燥葉
- (G) …何も手を加えない

表①化学室での実験結果(匹)

試料	A	B	C	D	E	F	G
虫の数	0	10	11	4	0	1	25

表②化学室での2回目の実験結果(匹)

試料	A	B	C	D	E	F	G
虫の数	0	1	1	4	0	0	2

表③ゴミ捨て場での実験結果(匹)

試料	A	B	C	D	E	F	G
虫の数	2	1	4	4	2	1	5

表④体育館横での実験結果(匹)

試料	A	B	C	D	E	F	G
虫の数	0	1	1	1	0	0	1

表⑤実験結果の平均値(匹)

試料	A	B	C	D	E	F	G
虫の数	0.67	1	2	3	0.67	0.34	2.67

※太字はピーマンの葉が関わっている試料

6. 実験結果からの考察

- ・1回目の実験は夏に行い、2回目から4回目の実験は秋に行った影響で虫の数に差があった。
- ・試料A、E、Fを入れた容器の虫の数が明らかに少なくなっていることから、ピーマンの葉には防虫効果があると考えられる。
- ・試料C（ピーマンの葉の水での抽出）を入れた容器の虫の数が多かったことから、防虫効果のある物質は水には溶けず、葉に留まると考えられる。

7. 分析方法

私たちは京都府にある総合地球環境学研究所（地球研）でICP-MASを使用し、元素濃度分析を行った。分析の手順は以下のとおりである。

[ピーマンの乾燥葉]

- ① 乾燥させたピーマンの葉をマルチビーズショッカーで細かく砕く。
- ② 細かくしたピーマンの葉（0.296g）を2%の硝酸（4.9ml）と過酸化水素（6.1ml）を加え、マイクロウェーブを使って有機物を分解させる。（希釈倍率213.1%）
- ③ 超純水（63ml）を加える。
- ④ 有機物を分解した状態のピーマンの葉（0.1ml）を取り出し、ICP-MASを使って元素濃度について調べる。

[メタノールで抽出]

- ① ピーマンの葉（10g）をメタノール（80ml）、蒸留水（20ml）でつくった溶液（100ml）で抽出する。
- ② 抽出液（10ml）を2%の硝酸（4.9ml）を加え、マイクロウェーブを使って有機物を分解させる。（希釈倍率5.53%）

- ③ 超純水 (55.3ml) を加える。
- ④ 希釈したメタノールで抽出した溶液 (0.1ml) を取り出し、ICP-MAS を使って元素濃度について調べる。

[水で抽出]

- ① ピーマンの葉 (10g) を蒸留水 (100ml) で抽出する。
- ② 抽出液 (10ml) を 2% の硝酸 (4.9ml) を加え、マイクロウェーブを使って有機物を分解させる。(希釈倍率 5.63%)
- ③ 超純水 (56.2ml) を加える。
- ④ 希釈した水で抽出した溶液 (0.1ml) を取り出し、ICP-MAS を使って元素濃度について調べる。

8. 分析結果

ICP-MAS を使って分析した結果は以下の表のとおりである。

表⑥ ピーマンの葉の元素濃度 (mg/100g)

	Mg	P	K	Mn	Zn	Cd
水抽出	30	61	825	0.2	0.3	0.03
メタノール抽出	35	45	635	0.9	0.4	0.04
乾燥葉	2,920	3,214	40,394	21	39	6.8

9. 分析考察

- ・ピーマンの葉にはマグネシウムやカリウムなどの栄養素が豊富に含まれている。
- ・Cd が含まれているが、健康に害はない。

表⑧米のカドミウム基準値

	mg/L 以下
米	0.04

表⑨沖縄県の土壌に含まれる成分

	高濃度	低濃度
国頭マージ	Cd、Ni、Zn 等	Ca、Mg 等
島尻マージ、ジャーガル	Ca、Mg 等	Cd、Ni、Zn 等

10. 展望

ピーマンの乾燥葉には、十分な栄養が含まれているとわかったため、ピーマンの葉を練り込んだクッキーやドーナツを作るなどして活用したい。また、ピーマンの葉の水での抽出は腎臓病患者が控えるリンやカリウムが少ないため、安心して飲めるお茶を作ることができると考えた。そしてピーマンの葉には防虫効果があることがわかったため、使用後の茶葉を防虫剤として活用できると考えた。これを私たちは「飲める防虫剤」と名付けた。

11. 参考文献

<https://www.cc.kochi-u.ac.jp/~tebayasi/pepper.html> ピーマンの葉のフラボノイドについて)

<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/cadmium/index.html> (厚生労働省 HP カドミウムについて)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/geochemproc/51/0/51_0_36/article/-char/ja/ (沖縄県南部の土壌について)

12. 謝辞

本研究を進めるにあたり、親泊真実先生には終始熱心なご指導を頂きました。心から感謝いたします。そして、本研究の趣旨を理解し、快く協力して頂いた総合地球環境学研究所の皆様、具志頭ピーマン農家の仲宗根朝洋氏に心から感謝いたします。本当にありがとうございました。

地球温暖化

Global warming

要旨

これまでの研究や報道において、地球温暖化の主な原因は二酸化炭素（CO₂）であると広く認識されている。しかし、本研究ではその前提に対して疑問を抱き、「本当に二酸化炭素が地球温暖化の主要因であるのか」、また「二酸化炭素以外の要因が温暖化の進行に関与している可能性はないのか」、さらには「地球温暖化という現象自体が実際に起きているのかどうか」を、できる限り科学的かつ客観的に検証することを目的とする。本研究における出発点として、私は仮説的に「地球温暖化という現象は存在しないのではないか」という立場をとった。理由は、温暖化の進行が日常生活の中で明確に体感できるものではなく、視覚的あるいは感覚的に確認しにくいからである。したがって、本研究では過去の気象データ、各国の温室効果ガス排出量の統計、そしてインターネット上における信頼性の高い科学的情報を基に、温暖化現象の有無およびその原因について多角的に検討する。肯定派や懐疑派の主張を整理・比較しそれぞれ根拠や理念の妥当性を分析することで、より中立的な立場から地球温暖化の実態に迫ることを目指す。

Abstract

Studies to date indicate that carbon dioxide is the primary cause of global warming. The purpose of this study is to find out as accurately as possible whether carbon dioxide is really responsible for global warming, whether there are other causes, and whether global warming actually exists. I assume that global warming does not exist. The reason is simple: global warming is invisible. The main part of the experiment will be conducted using past data and the Internet.

1 目的

私が地球温暖化に関心を持った理由は、地球の平均気温が長期的に上昇しているとされる現象に疑問を抱いたことだ。一般的に「地球温暖化」とは、年間を通じて気温が上昇する傾向を指すと理解されている。しかし実際には、冬季において顕著な気温上昇が見られない場合も多い。このように報道される現象との間に違和感を覚えたことが、私の探究の出発点となった。地球温暖化について調査を進めていく中で、意見が二極化している現状があることを知った。もし地球温暖化という現象が客観的に存在し、その原因が明確に特定されているのであれば、このような意見の対立は生じにくいはずだ。また、地球温暖化の主要因として二酸化炭素（CO₂）が挙げられていて、大気中に占める二酸化炭素の濃度は約 0.04%に過ぎないにもかかわらず、なぜそれほど大きな影響を及ぼすとされているの

か、直感的に理解しがたいと感じた。これらの疑問を背景に、本研究では「二酸化炭素と地球温暖化との因果関係は本当に存在するのか」、さらには「地球温暖化そのものが実在するのかどうか」という根本的な問いに対して、文献調査や既存のデータをもとに検討を行うことを目的とする。

2 研究仮説

本研究では、「地球温暖化という現象は存在しないのではないか」という仮説を立てている。その理由は、地球温暖化が実際に進行しているのであれば、季節を問わず平均気温が上昇しているはずであり、近年の冬における気温の降下とは矛盾するのではないかと考えた。加えて、地球温暖化への対策が必ずしも世界的に実行されていないという点も懸念材料の一つだ。たとえば、二酸化炭素の排出量が世界的に多いとされる中国やアメリカでは、十分な温暖化対策が講じられていない現状がある。特に中国は、今後も排出量を増やす見通しであると報じられており、こうした動向を見ると、国際社会全体で温暖化の危機を現実的な問題と捉えていまいと考えられる。これらの理由から、私は地球温暖化という現象自体に対し懐疑的な立場をとっており、その実在性や原因とされる二酸化炭素との因果関係について、改めて科学的な視点から検証する必要があると考えていく。

3 方法・手順

実験本研究では、「地球温暖化」という現象に対する多角的な理解をするため文献調査や既存のデータをもとに検討を行うことを目的として、関連する情報を幅広く調査・整理することを主な手法とする。具体的には、地球温暖化の存在やその原因に関する肯定的な立場(温暖化肯定派)と、否定的または懐疑的な立場(温暖化懐疑派)主張を比較・分析し、それぞれの論拠となる科学的根拠に着目して検討を行う。また、単なる意見の対立として捉えるのではなく、両者の主張における論理性や証拠の信頼性、用いられているデータの出所や妥当性などを評価しながら、客観的な視点で整理・考察する。

4 地球温暖化の定義・原因や影響

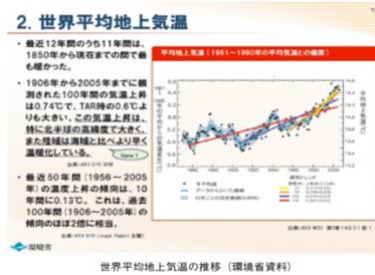
地球温暖化は、主として化石燃料の燃焼や森林伐採などの人為的活動により、二酸化炭素(CO₂)をはじめとする温室効果ガスが大気中に大量に放出されることで、地球の平均気温が長期的に上昇し、その結果として気候変動や生物多様性の喪失など、自然環境に深刻な影響を及ぼす現象である。地球の表層は、主に窒素、酸素、二酸化炭素などから構成される大気に包まれており、この大気は地表の熱を保持することで気温を一定に保つ役割を果たしている。参考文献より、近代以降の人間活動、特に石炭や石油などの化石燃料の大量燃焼により、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの大気中濃度が急激に上昇した。その結果、地表から放出される赤外線(熱放射)が宇宙空間へ逃げにくくなり、熱が地球内部に蓄積される現象が顕著となった。このような過剰な温室効果が、地球温暖化の主要因と考えられる。

5(1)温暖化肯定派

二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスは、地球の表面温度を適度に保ち、生命の維持に必要な気候環境を形成する上で重要な役割を果たしている。しかし、18世紀後半から19世紀にかけての産業革命以降、人類は石炭や石油などの化石燃料をエネルギー源として大量に消費するようになった。その結果、エネルギー転換の過程で大量の二酸化炭素が大気中に排出されるようになり、温室効果ガスの濃度が顕著に上昇した。これに伴い、地球

全体の平均気温が上昇する傾向が観測されており、地球温暖化の主要因の一つとされている。

5(2)温暖化懐疑派



地球温暖化に関する気象データや観測結果については、その正確性や信頼性に疑問を呈する声も存在する。地球温暖化の原因についても、温室効果ガスの増加以外に、自然の気候変動、太陽活動、地球の周期的な変化などを挙げる意見があり、温暖化の現象自体が過大に報道されているとの指摘もある。さらに、気温上昇と二酸化炭素濃度との因果関係が必ずしも明確でないとの見解や、大寒波や大雪といった寒冷傾向を示す事象が発生していることを根拠に、地球温暖化への懐疑的な意見も根強い。

2つの意見まとめたこと・有力な説（ミランコビッチサイクル）

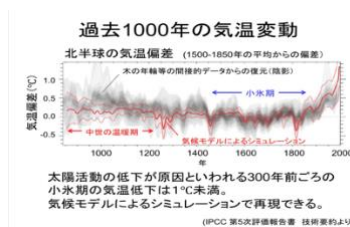
まず、約6000年前気温は2℃ほど高い時期があった。その理由は地球は氷河期と間氷期を繰り返しており最も新しい氷河期は今から約1万年前に終わり今は間氷期に当たると言われている。6000年前は間氷期で一番暖かい時期と言われていたため今よりも気温が2℃高かった。そのため南極や氷河期に形成されていた氷河が溶け出して海面の高さも現在よりも4メートルから6メートルほど高くなっていた。

次に二酸化炭素との因果関係がないと言われていることだ。その理由は大気の0.04%に



すぎない二酸化炭素が地球温暖化の原因になるとは考えにくく、他の原因があるのではないかとのことだ。

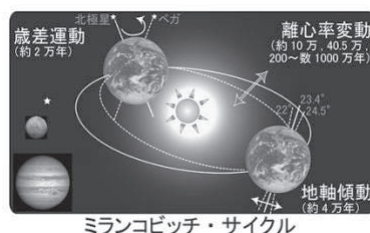
今からや約一万年前現代と同じかそれ以上に気温が高い時期があった。氷期と間氷期と呼



ばれる自然サイクルが起きているとも取れる。しかし、気温の変化を振り返ると二万五千年前から一万年前の間は4℃から7℃と緩やかな気温上昇であったのに対し、20世紀後半からその10倍ものスピードで気温が上昇しているのもわかっている。私は調べていく上で有力な説を見つけた。それはミランコビッチサイクルだ。ミランコビッチサイクルとは、地球の気候変動に関する理論のことで地球の公転軌道の離心率、自転軸の傾き、自転軸の歳差運動の3つの天文学的要因による日射量の周期的変動を示す。歳差運動とは、自転している物体の回転軸が円を描くように振れる現象のことだ。公転軌道の離心率の変化は

約 10 万年周期、自転軸の傾きの変化は約四万年周期、自転軸の歳差運動は約 2 万 6 千年周期で変動し、これらが組み合わさって地球の高緯度地域の日射量が変化し、氷期と間氷期のサイクルを引き起こす。この結果は 1970 年代の海洋底ボーリング調査で得られた有孔虫の化石分析結果と一致し、その正確性が証明されている。地球の軸は、地球の公転面に対して、垂直に立っているのではなく、図のように約 23.4 度斜めに傾いている。ちょうど地軸の北側が指している方向に現在の北極星があるので、地球が自転しても北極星だけはほとんど動かないように見える。しかし地軸が指している方向は、ずっと同じではない。地軸は公転面に垂直な方向に対して半径約 23・4 度の円を描くように移動し、約 2 万 6 千の周期で一回りしている。そのため、円周上付近にある恒星が、将来の北極星となる。地球が歳差運動をするのは、太陽や月、惑星の引力によって、傾いている地球の地軸を引き起こそうとする力が働く。

意見のまとめ



これらの諸説を踏まえると、地球温暖化とは、長期的な気候変動サイクルにおける「間氷期から氷期へと移行する過程」における一時的な気温上昇現象を指している可能性があると考えられるに至った。地球は過去においても、氷期と間氷期を繰り返しており、現在もそのサイクルの中にあるとされている。加えて、近代以降の人口増加および科学技術の急速な発展ヒートアイランド現象が、この気温変動のサイクルに一定の影響を及ぼし、結果として気温上昇の速度を加速させた可能性があると考えられる。一方で、二酸化炭素と地球温暖化との間に明確な因果関係が存在するかについては、現時点では科学的に十分に解明されていないという指摘も存在する。すなわち、二酸化炭素濃度の上昇と気温上昇の相関性は観測されているものの、それが直接的な原因であるという決定的な根拠は未だ示されていないのが現状だ。

参考文献

https://cigs.canon/article/20220404_6683.html

https://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/24/24-2/qa_24-2-j.html

<https://www.cger.nies.go.jp/cgernews/201806/330006.html>

<https://data.earth.jaxa.jp/app/sea-level-rise/?h=20&lng=140.4263&lat=35.5497&zoom=8.03>

<https://x.gd/U0Ek5>

光走性と電気走性によるミミズの反応

Earthworm's reaction to phototaxis and electrotaxis

要旨

私達は走性を示す刺激を複数同時に与えた際に生物はどのような反応をするのか疑問を持った。

そこで本研究では、光走性と電気走性を持っており、身近に生息するミミズを研究材料とし、ミミズに光と電気の2つの刺激を同時に与えた時にどのような反応をするのか調べた。ミミズを寒天溶液を浸した容器に入れ、暗所にて実験を行った。実験結果より、ミミズの移動距離が小さくなったことと、電気刺激の方により強く影響されることがわかった。また、光源の種類を変えた場合でも同様の傾向が見られた。研究を通して、過去の文献の情報とは異なる、ミミズが陰極に向かう傾向があるということもわかった。

Abstract

We wondered how organisms exhibit taxis in response to multiple stimuli simultaneously. Then, in this research, we decided to examine earthworms, which have phototaxis and electrotaxis and are easily accessible for collection. We will investigate earthworm's reaction when light and electro stimuli are applied at the same time. Earthworms were placed in a shallow container filled with agar solution, and the room was kept in complete darkness for the experiment. As a result, the movement distance of earthworms decreased, and they were more affected by electric stimulation. Similarly, a comparable trend was observed when the type of light source was changed. Through the research, the experimental results showed that contrary to the information in the reference materials, earthworms exhibited a tendency to move toward the cathode.

1. 研究背景

SSHの授業中に生物について調べていた時、走性という言葉に出会い、走性を複数持つ生物がいることを知った。私達はその時「走性を示す刺激を複数同時に与えた場合、生物はどのような反応をするのか」という疑問が浮かんだため、この研究テーマとした。

2. 研究目的

複数の走性を持つ生物の1つであるミミズに、2種類の走性を示す刺激（光と電気）を同時に与えた場合のミミズの反応について調べる。過去の文献によると、ミミズは負の光走性と正の電気走性を持っている。

3. 仮説

私達はこの研究をするにあたり、次の2つの仮説を立てた。

仮説1: ミミズは走性を示す異なる刺激を2つ同時に与えると動きが鈍くなるまたは止まる。

仮説2: ミミズは走性を示す異なる刺激を2つ同時に与えると一方の走性が優先される。

4. 実験方法

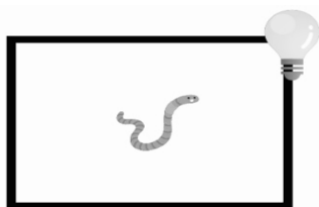


図1 光走性の実験

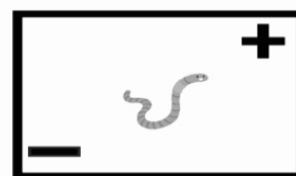


図2 電気走性の実験

実験 I

【実験①】 光走性の実験（図1）

（手順1） ミミズを寒天溶液の容器の中央に置く。

（手順2） 容器の角から光を当てる（1分間）。

（手順3） 1分後、ミミズと光源からの距離の変化を測定する。

【実験②】 電気走性の実験（図2）

（手順1） 実験①の（手順1）と同様。

（手順2） 5Vの電流を流す（1分間）。

（手順3） 1分後、ミミズと陽極からの距離の変化を測定する。

【実験③】 光と電気の2つの刺激を同時に与える実験で、陽極から光を当てた場合

（手順1） 実験①の（手順1）と同様。

（手順2） 陽極から光を当てながら5Vの電流を流す（1分間）。

（手順3） 1分後、ミミズと陽極の距離の変化を測定する。

【実験④】 光と電気の2つの刺激を同時に与える実験で、陰極から光を当てた場合

（手順1） 実験①の（手順1）と同様。

（手順2） 陰極から光を当てながら5Vの電流を流す（1分間）。

（手順3） 1分後、ミミズと陽極の距離の変化を測定する。

※実験 I において光源はスマートフォンの LED ライトを使用。測定結果は、実験開始地点と刺激源との距離の変化を正負で示した。

実験 II

実験 I と同様の方法で光源を白熱電球の懐中電灯に変えて実験を行った。測定方法は刺激源との距離から座標 (x, y) へ変更した。

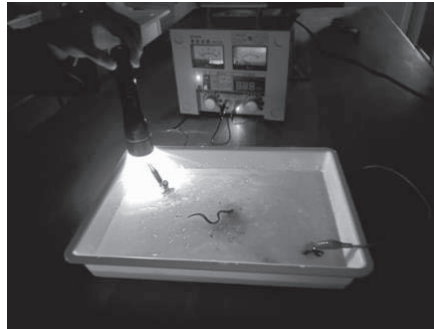


写真 1 実験 II 実験④の様子

5. 実験結果

【実験 I 結果】 データ数 29

平均 -5.81 標準偏差 5.31

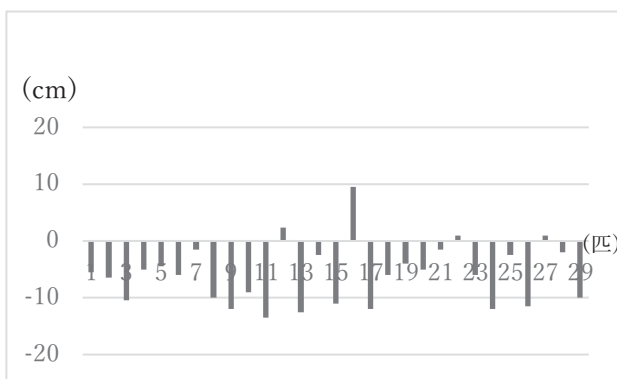


図 3 実験①光走性の実験

平均 -5.76 標準偏差 4.57

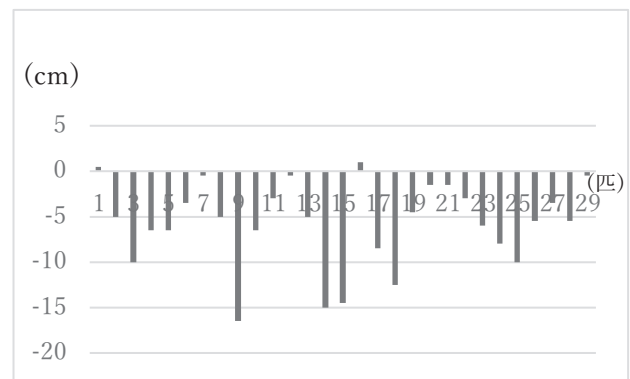


図 4 実験②電気走性の実験

平均 -5.48 標準偏差 0.50

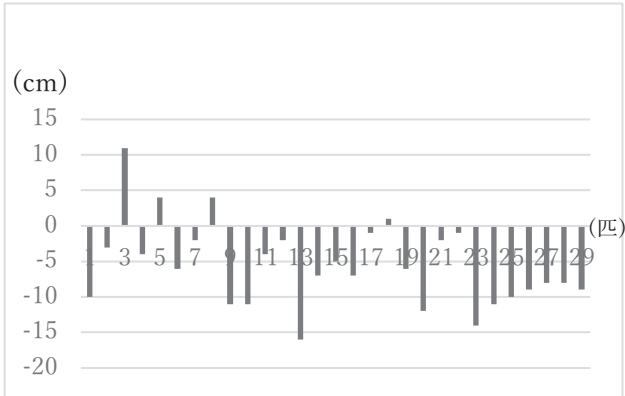


図5 実験③陽極から光を当てたとき

平均 -1.76 標準偏差 7.50

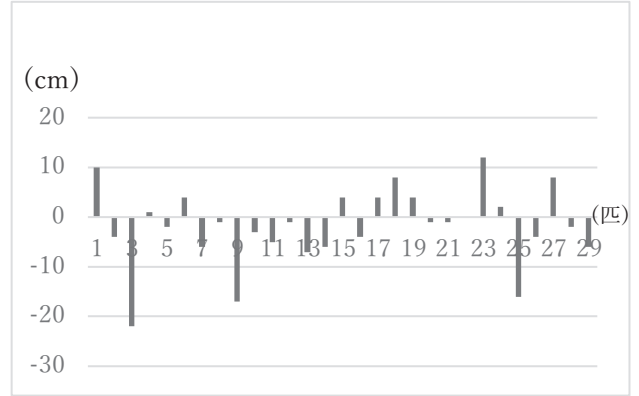


図6 実験④陰極から光を当てたとき

図3では負の光走性、図4では負の電気走性の傾向が見られた。図5では、負の光走性と負の電気走性の傾向が見られた。図6では、正の光走性と負の電気走性を示すものが半数以上見られた。

【実験Ⅱ結果】 データ数 30

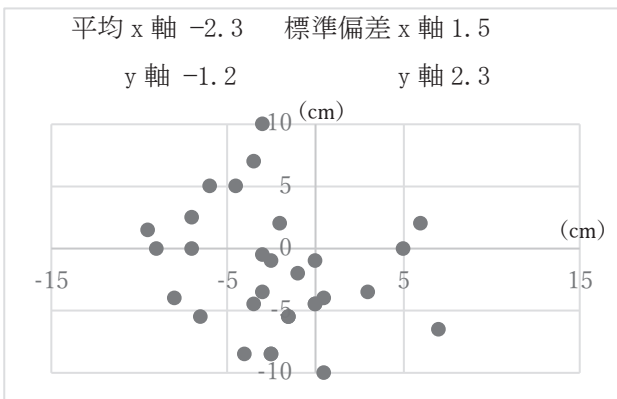


図7 実験① 光走性の実験

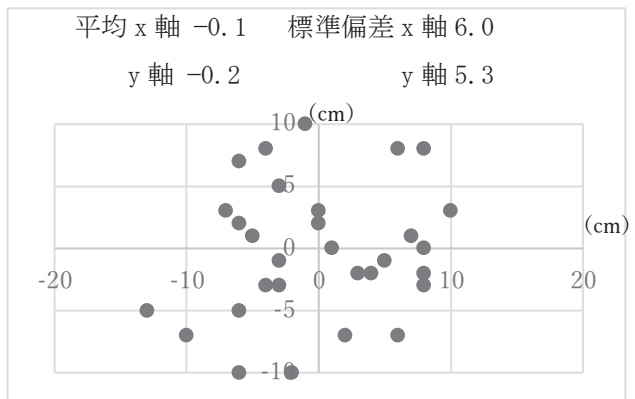


図8 実験② 電気走性の実験

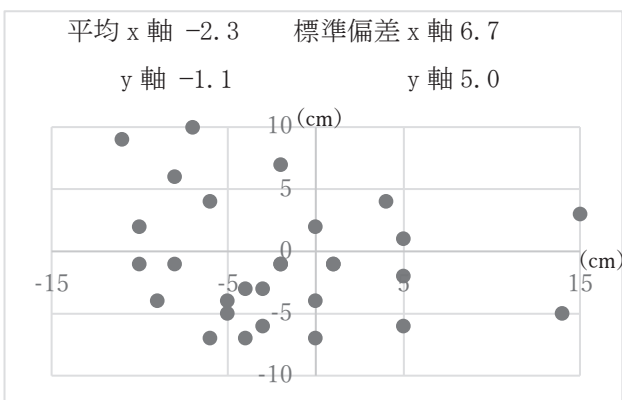


図9 実験③ 陽極から光を当てたとき

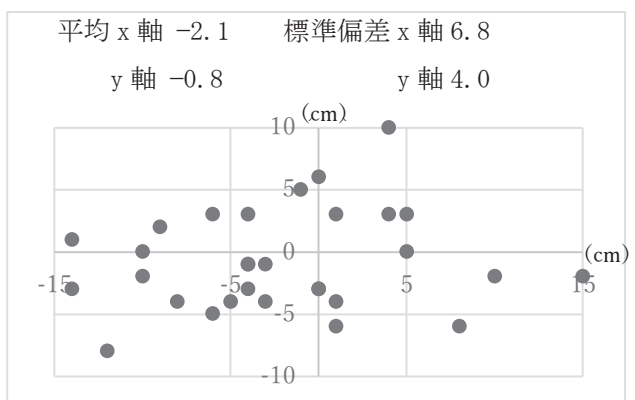


図10 実験④ 陰極から光を当てたとき

図7では光から遠ざかる傾向がみられたが、図8、図9、図10では、ミミズの動きに散らばりがみられた。

6. 考察

実験Ⅰ…実験③④の結果より、平均の動く距離が小さくなる傾向があったことから、複数の刺激によりミミズは戸惑ったと思われる。実験④より、実験途中でどちらに進もうか戸惑っている様子のミミズの数がより多く観察されたことから、実験④の結果を実験①②③と考え合わせると、ミミズは電気刺激の方に影響され、負の電気走性を優先していると考えられる。以上より仮説1及び仮説2についてはほぼ検証されたものとする。

実験Ⅱ…実験①の結果は傾向的に似ていたがややばらつきが認められた。実験③④の結果よりミミズは電気刺激の方により影響され、負の電気走性を優先していると考えられる。

7. 今後の展望

電気走性の実験で、参考文献とは異なる結果が得られたため、その原因を見出すために温度や湿度の条件を細かく分けるなど、外界からの影響も考慮した実験を考えている。また、光よりも電気の影響が大きい理由についても、引き続き解明していきたい。さらに、ミミズの種類を特定し、他の走性を示す刺激の組み合わせでの実験も行い、よりミミズの生物学的特性を解明していきたい。

8. 参考文献

- ・<http://www.ml.seikei.ac.jp/biolab/lecture/LabClass2/Lab18/Lab18.htm>
「ゾウリムシの電気走性」
- ・<https://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmanual/jikken/sei/sei28.htm>
「走性の実験」
- ・https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h17_06.pdf
「ゾウリムシの電気走性と行動」
- ・<https://gakusyuu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h30/183149.pdf>
「ミミズの研究」
- ・二訂版ニューステージ生物図表(浜島書店)

9. 謝辞

本研究を行うにあたり、多くの方々にご指導ご協力を賜りました。新垣光功先生、豊島先生をはじめとする先生方、貴重なご助言をくださった琉球大学他、研究機関の教授の方々に心より感謝申し上げます。

物理的刺激によるシロツメクサの葉の変異

Mutation of white clover leaves by physical stimulation

要旨

私たちは向陽高校で四つ葉の葉を多く見つけ、なぜ多くあるのか気になり物理的刺激について着目した。

そこで私たちは物理的刺激の度合いによって変異した葉の発生確率に違いがあるのか調べることにした。本調査ではシロツメクサに回数を分けて踏みつけを行ったり、葉の原基をついたりして物理的刺激を与えた。その結果、踏む回数によって変異した葉の数の増減にばらつきがあった。また、針で葉の原基をついたシロツメクサは葉の形が変形した。結果より、物理的刺激は葉の変異に大きくは影響しないと考えた。しかし、葉の原基への直接的な物理的刺激は葉の形の変形に影響すると考えた。

Abstract

An unusually high number of four-leaf clovers were found at Koyo High School, prompting an investigation into the potential role of physical stimuli in leaf mutation. This study aimed to determine whether the probability of mutated leaf formation in white clover (*Trifolium repens*) is influenced by the degree of physical stimulation. We conducted experiments by applying physical stimuli to white clover plants through repeated stepping and by poking their leaf primordia with a needle. The results showed that the number of mutated leaves varied depending on the frequency of stepping. Additionally, clovers whose leaf primordia were directly poked developed deformed leaf shapes. These findings suggest that while general physical stimulation may not significantly increase the occurrence of mutated leaves, direct stimulation of the leaf primordia could influence leaf shape development.

はじめに

シロツメクサは通常小葉を3枚持つが変異体として小葉が4枚になる個体がある。私たちの高校では小葉を4枚持つシロツメクサが多く見られたため、その原因を調べるためにこの研究を行った。シロツメクサの葉が変異する要因として、遺伝的要因、環境的要因、物理的要因が考えられる。私たちは物理的要因に着目して調査をした。仮説として、私たちは物理的刺激が強いほど変異する葉が増えると考えた。

調査①

○用意するもの

- ・ 荷造りひも
- ・ 園芸用スチール杭

向陽高校美術室横に30cm×30cmのコドラートを作る。踏む回数を、0回、10回、20回、30回の4つのグループに分け踏みつけを足で行う。踏みつけは毎日20日間行う。調査前と調査後のシロツメクサの数と変異した葉の数を数えて比較する。

結果

0回、20回、30回のグループは最初に比べて変異した葉の数が減ったが、10回のグループでは増えていた(表1)。調査地では三つ葉の上一枚の葉が乗ったような形をしている四つ葉が見られた(写真1)。

表1：調査前と調査後の変異した葉の割合の変化

	0回	10回	20回	30回
前	1.14% (10/874)	0.45% (4/895)	0.52% (7/1349)	0.20% (2/1012)
後	1.07% (6/562)	0.88% (0/575)	0.00% (0/575)	0.00% (0/345)



写真1：調査①で見られた四つ葉

考察

調査の途中から変異した葉の数が全体的に減少してしまったのは踏む頻度が高くシロツメクサが枯れてしまったからであり、10回踏んだ場所では変異した葉が増え、20回踏んだ場所では減ったことから10回が適度だと考えた。また、調査地で見られた四つ葉は、三つ葉の上一枚の葉が乗ったような形だったことや一箇所に固まって生えていたことから、遺伝によって発生したのではないかと考えた。

改善点

調査①では踏む頻度が高くシロツメクサが枯れてしまったと考えたので、踏む頻度を減らし10回が適度な回数かを確認するために踏む回数を細かく設定して調査する。また別の調査地で同じ調査をし、種を植えて葉を直接刺激する調査をする。

調査②

○用意するもの

- ・ 5 kg のいす

調査地は向陽高校体育館横と向陽高校美術室横として、踏み付けを行う回数を0回、5回、10回、15回に変更し、四つのグループに踏み付けを行う。その他は調査①と同様とする。

結果

体育館横では全ての回数の場所では変異した葉の割合は増加したが(図 1)、美術室横では0回、5回の場所では増加し、10回では減少、15回では変化がなかった(図 2)。

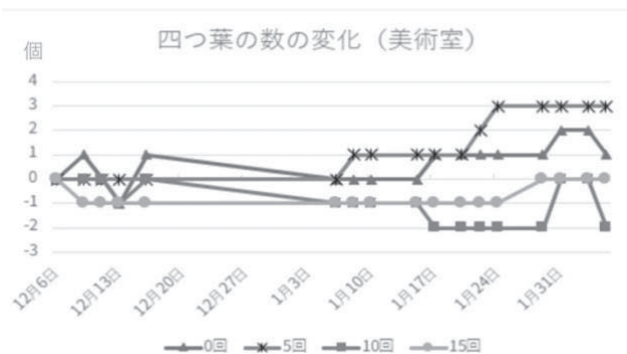


図 1 : 美術室での1日ごとの変異葉の数の変化

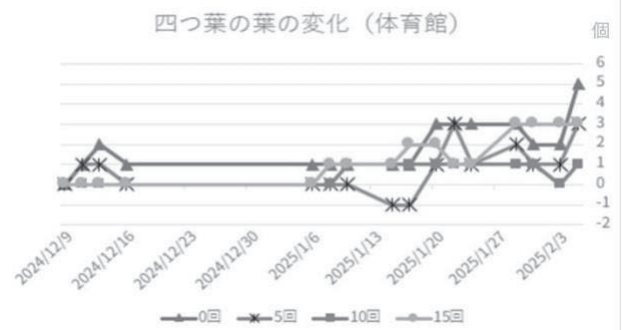


図 2 : 体育館での1日ごとの変異葉の数の変化

考察

調査②では二つの調査地で踏んだ場所でも踏まなかった場所でも変異した葉が発生したことから踏みつけが変異した葉の発生にあまり影響を与えていない可能性が考えられる。また、体育館横と美術室横では5回踏んだ場所に変異した葉の割合が増加していることから、葉の変形に影響を与えやすい刺激の回数は5回程度だと考えられる。

調査③

○用意するもの

- ・水耕栽培用スポンジ
- ・シロツメクサの種
- ・まち針

水耕栽培用のスポンジにシロツメクサの種子を植える。発芽後3枚目の葉が生えてきたら子葉の間を針でつつき原基刺激を与える(図3)。つつく回数は0回、5回、10回、15回。つついた部分から葉が生えてきたらその葉の形を観察する。

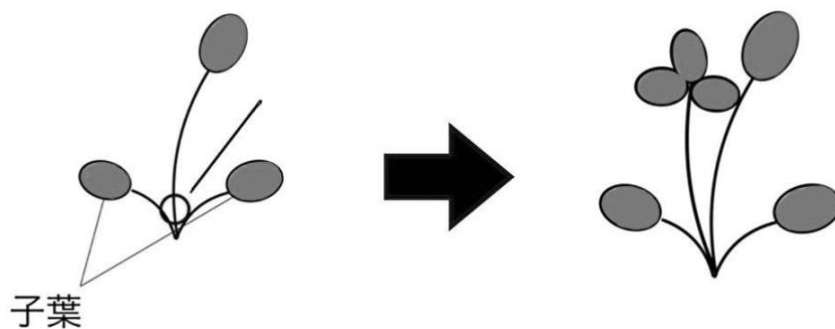


図3：調査3のイメージ

結果

つついた所では葉が変形したシロツメクサが発生した(写真2)。5回つついたところで一番多く葉が変形したシロツメクサが発生した(表2)。



表2:つついた回数ごとの変形した葉の数

0回	10回	20回	30回
(0/39)	(1/39)	(3/39)	(1/39)

写真2：調査3で発生した葉が変形したシロツメクサ

考察

調査③ではつついたシロツメクサの葉に穴があいていたことから原基に刺激を与えた部分だけ葉の形は変形する可能性が考えられる。今回行った調査の結果から、物理的刺激は変異した葉の発生に大きく影響しているわけではないが葉の変形に影響している可能性が考えられる。

参考文献

三つ葉のクローバーを四つ葉にする方法を探る

<http://www.taka-ichi-h.ed.jp/img/H30-05.pdf>

水耕栽培の簡単なやり方

https://www.youtube.com/watch?v=snbHlqeAPJ_M

謝辞

本研究を行うにあたってご指導してくださった新垣光功先生、琉球大学の鶴井香織准教授、宮國泰史准教授に心より感謝申し上げます。

1/f ゆらぎによるイースト菌への 発酵促進効果について

Fermentation Acceleration Effect of Yeast Fungus by 1/f Fluctuation

要旨

植物の成長促進に効果のある 1/f ゆらぎに興味を持ち調べたところ、パン作りにも利用されていたことからイースト菌への効果について調べようと考えた。そこで私たちは、1/f ゆらぎがイースト菌の CO₂ 発生量に影響を与えるのか調べるため 2 つの実験を行った。実験 1 では、1/f ゆらぎを含むピンクノイズ、その他 2 つのノイズ、音無しの場合で CO₂ 発生量をキューネ発酵管を用いて測定した。また実験 2 では、水温を発酵の最適温度にし、ピンクノイズ、単音、音無しの場合で、実験 1 と同様に測定した。得られたデータに対し t 検定と分散分析を行った結果、どちらも有意差がないことがわかった。

Abstract

We were interested in 1/f fluctuation, which is known to promote plant growth, and decided to investigate its effect on yeast fermentation, since yeast is also used in bread baking. We conducted two experiments to determine whether 1/f fluctuation affects CO₂ production by yeast. In Experiment 1, CO₂ production was measured using a kuhne fermentation tube under four conditions: pink noise including 1/f fluctuation, two other noise, and no sound. In Experiment 2, the water temperature was set to the optimum level for fermentation, and measurements were made as in Experiment 1 using pink noise, a single noise,

and no sound. A t-test and analysis of variance were performed on the data obtained, but no significant differences were found in either case.

1 はじめに

1/f ゆらぎは心音や炎の揺れなどの自然現象の中に多くみられるゆらぎ（変化）である。私たちは1/f ゆらぎが植物の成長を促進する効果があることを知り興味を持ち調べたところ、パン作りにも利用されていたことからイースト菌への効果について調べようと考えた。イースト菌は微生物であり、糖を分解してCO₂とアルコールを生成する生命活動（発酵）を行う。この発酵はパン作りにおいて利用されている。私たちは1/f ゆらぎがイースト菌の発酵速度やCO₂発生量に影響を与えるか、またどのような影響を与えるかを調べた。

2 実験

〈実験1〉

仮説

1/f ゆらぎは他のノイズや音無しの場合と比べてイースト菌の発酵を促進させる効果があるので、1/f ゆらぎを含むピンクノイズを流したときに1番CO₂発生量が多くなる。

材料

ドライイースト、砂糖、蒸留水、キューネ発酵管、綿栓、桶、ビーカー、ガラス棒、駒込ピペット、温度計

方法

- ①イースト溶液を作り（図1）、3本のキューネ発酵管にそれぞれ20ml入れる。
- ②4つの桶にキューネ発酵管を1本ずつ設置してピンクノイズ、ブラウンノイズ、ホワイトノイズのノイズと音無しをそれぞれ流し発酵させる。
- ③キューネ発酵管の目盛りを読み取る（図2）。

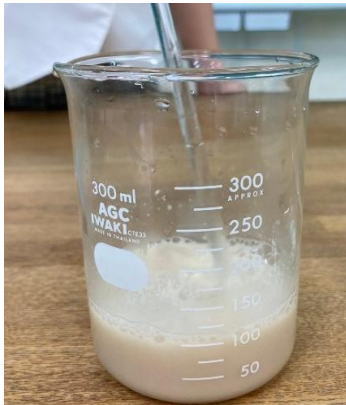


図1 イースト溶液



図2 発酵後のキューネ発酵管の様子

結果

表1 実験 31 回分の 3 種類のノイズと音無しの CO₂ 発生量の平均値

\ノイズ	ピンク	ブラウン	ホワイト	音無し
発生量の平均値 (ml)	9.43	9.27	9.26	9.20

表1より、3種類のノイズと音無しのCO₂発生量を比較すると、ピンクノイズが他と比べるとやや多くCO₂を発生した。しかし、t検定にかけたところ有意差は見られなかった。

考察

3種類のノイズと音無しのCO₂発生量に有意差はなかったものの、ピンクノイズを流したものが他のノイズ、音源なしと比べてやや発生量の多い傾向にあったのは1/fゆらぎの影響によるものではないか。

〈実験2〉

実験1の結果をふまえ、恒温槽を用いて水温をイースト菌の発酵の最適温度である36～40度にした(図3)。また、比較する音源をピンクノイズとゆらぎを持たない単音(528hz)、音無しの3種類にし、ゆらぎ自体が効果を及ぼしているのかということも含め実験を行った。その他の実験方法は実験1と同様に行う。



図3 恒温槽に入れたキューネ発酵管

結果

表2 実験33回分の2種類のノイズと音無しのCO₂発生量の平均値

ノイズ	ピンク	単音	音無し
発生量の平均値(ml)	7.61	7.91	7.82

表2の平均値より、わずかな差が見られるためCO₂発生量の傾向や分散に、より注目し比較したものが図4、5である。

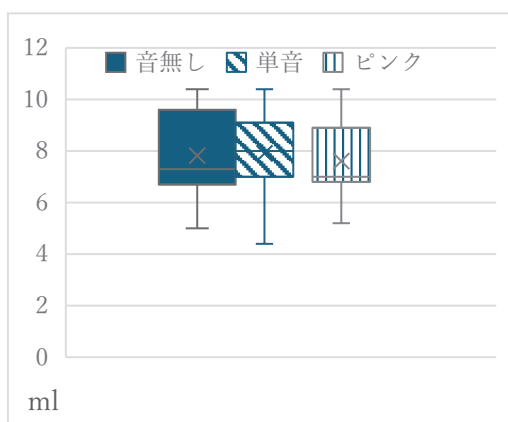


図4 最終測定時のCO₂の発生量を箱ひげ図で表したもの

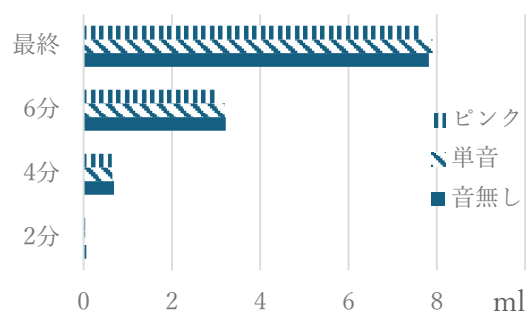


図5 2分ごとのCO₂発生量の傾向

これらのデータを t 検定と分散分析にかけたところ、有意差は見られなかった。

考察

有意差がないという結果より、ゆらぎ自体には促進効果が無い、もしくはイースト菌には促進効果が見られないという可能性が考えられる。また、音源の影響だけでなく、振動が影響している可能性も考えられる。

3 展望

- ・他の動植物や菌に対して生体活動を促進する効果があるのか調べる。
- ・音源だけでなく、振動によるイースト菌への効果についても調べる。

4 参考文献

- ・1/f ゆらぎの性質を持つ超音波によるもやしの生長促進実験

<https://www.ieice.org/publications/conference-FIT-DVDs/FIT2023/data/html/program/pdf/CG-005.pdf>

- ・“タンパク質合成の後成的制御”の方法：パン作りにおける実験

<http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/Bread.Pedro.html>

5 謝辞

本研究をご指導して下さった新垣光功先生、本研究に助言して下さった琉球大学亜熱帯農林環境科学科生態環境科学准教授鶴井香織先生、琉球大学地域連携推進機構特命講師宮国泰史先生を始めとする皆様に感謝申し上げます。

グッピーに与える昆虫の栄養効果

要旨

近年「昆虫食」が注目を集めていることから昆虫食に共通しているタンパク質に着目し、タンパク質含有量が多い昆虫が他の生物の成長にどのような影響を与えるのかを調べることにした。

そこで、本研究ではグッピーにタンパク質含有量が豊富なセミとバッタを含む餌を与え、成長の違いを比較した。その結果、イワサキクサゼミ、オンブバッタを含む餌を与えると市販の餌と比較して成長率が高くなったが、アカアシバッタを含む餌を与えた場合、成長率の平均が著しく低い結果になった。しかし、日数が経過するにつれて成長率が向上したことから、イワサキクサゼミ、アカアシバッタ、オンブバッタは市販の餌と同様の栄養効果があると考えられる。

Abstract

With increasing interest in insect-based diets, this study focused on proteins commonly found in entomophagy and their effects on the growth of other organisms. Specifically, we investigated how protein-rich insects influence the growth of guppies (*Poecilia reticulata*). Guppies were fed diets containing cicadas (*Mogannia minuta*), grasshoppers (*Atractomorpha lata* and *Heteropternis rufipes*) and their growth rates were compared to those fed commercial fish food. The results showed that diets including *Mogannia minuta* and *Atractomorpha lata* led to higher growth rates than commercial feed. In contrast, guppies fed *Heteropternis rufipes* initially exhibited significantly lower growth rates, although improvement was observed over time. These findings suggest that *Mogannia minuta*, *Atractomorpha lata*, and *Heteropternis rufipes* may offer nutritional effects comparable to commercial fish food, with potential applications in sustainable aquaculture.

初めに

近年昆虫食という言葉が注目を集めており、世界人口の増加に伴う食糧不足や環境負荷の増大という課題を解決するため、昆虫は新たな食糧資源として期待されている。昆虫は高い栄養価を有し、飼育に必要な水や土地の量が少ないことから国連食糧農業機関（FAO）は昆虫を「持続可能な食糧資源」として位置付けている。さらに、昆虫の利用可能性は人間の食料にとどまらず、動物飼料としての利用にも注目されている。こうした背景を踏まえ、本研究では、昆虫を動物飼料として利用する可能性を評価するために、淡水魚であるグッピーを対象とした実験を行った。

先行研究

愛媛大学南予水産研究センターの三浦教授らは、魚粉のみを与える真鯛と魚粉にイエバエサナギを含んだものを与える真鯛で効果を検証した。その結果、サナギを含む真鯛を与えた真鯛で3つの効能が明らかになった。1つ目はイエバエサナギを混ぜた飼料を魚が好んで食べることで、2つ目は体色が鮮やかになること、3つ目は免疫が活性化して病気に強くなることである。

目的

研究の目的は、昆虫の餌として利用することが、魚の成長にどのような影響を与えるのか調べることである。この研究の結果から、昆虫を餌として利用した場合のメリットや課題が明らかになることが期待される。また、この研究は昆虫飼料が持つ可能性を評価するだけでなく、昆虫を新しい飼料資源として活用するための基礎的なデータを提供するものである。水産養殖や鑑賞魚飼育の分野で、昆虫飼料がどのように役立つかを考えるための重要な一歩となることを目指す。

【実験 I】

仮説

バッタのタンパク質含有量はセミよりも多いことから、バッタを含む餌を与えた方が途中経過での成長率が高くなるのではないかと仮定する。

実験方法

- ① イワサキクサゼミ、アカアシバッタを採取し、食器乾燥機で乾燥させ、乳鉢で潰す。
- ② 潰したゼミ、バッタを50%で市販の餌（グッピー・テトラの主食 ジェックス株式会社）に混ぜる。

- ③ 電子天秤でそれぞれの餌を 0.003g ずつ量りとる。
- ④ 稚魚をセミの場合 6 匹ずつ、バッタの場合 6 匹ずつ次のグループに分ける。
- A. 市販の餌のみを与えるグループ (6 匹)
- B. 市販の餌にセミを 50%混ぜた餌を与えるグループ (6 匹)
- C. 市販の餌のみを与えるグループ (雄:3 匹、雌:3 匹)
- D. 市販の餌にバッタを 50%混ぜた餌を与えるグループ (雄:4 匹、雌:2 匹)
- ※A、B の実験は 5 月頃、C、D の実験は 8 月頃と実験した時期が異なっている。
- ⑤ 40 日間体長を継続測定する。

〈グッピーの測定方法〉

1mm 方眼用紙で直方体の箱を作り、その中にグッピーを入れ、真上から写真を撮り体長を測定する。

結果

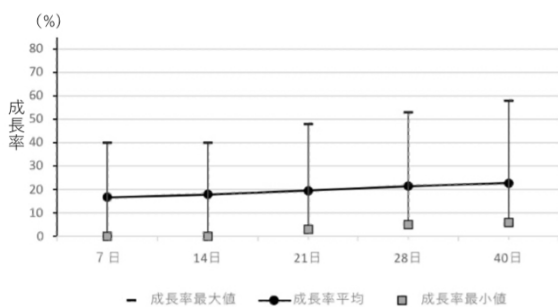


図 1 A (イワサキクサゼミ含有量 0%) におけるグッピーの成長率

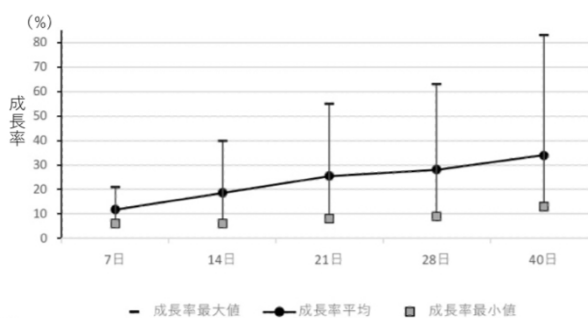


図 2 B (イワサキクサゼミ含有量 50%) におけるグッピーの成長率

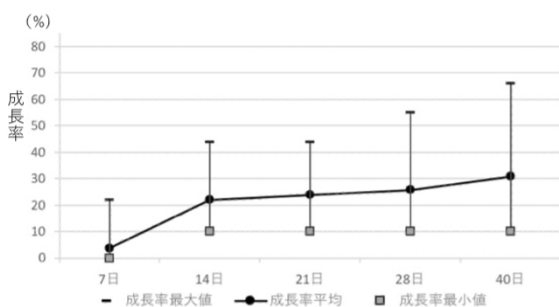


図 3 C (アカアシバッタ含有量 0%) におけるグッピーの成長率

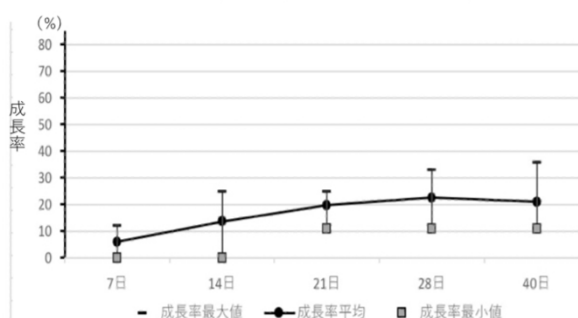


図 4 D (アカアシバッタ含有量 50%) におけるグッピーの成長率

図 1~4 の結果を比較してみると、成長率の平均が一番高いのは B (イワサキクサゼミ含有量 50%) であった (図 2)。反対に D (アカアシバッタ含有量 50%) では成長率の平均が最も低くなった (図 4)。

【t 検定の結果】

イワサキクサゼミ (図 1 の 0%、図 2 の 50%) → 有意差なし
 アカアシバッタ (図 3 の 0%、図 4 の 50%) → 有意差なし

考察

t検定を行った結果から考えると、イワサキクサゼミを含む餌を与えたグッピーの成長率とアカアシバッタを含む餌を与えたグッピーの成長率は、市販の餌のみを与えたグッピーの成長率と有意差がなかったため、イワサキクサゼミとアカアシバッタは、市販の餌と同様の栄養効果があると考えられる。

途中経過で最も成長すると仮説を立てていたアカアシバッタ 50%を含む餌を与えたグッピーが最も成長率が低かったことから、アカアシバッタはグッピーの成長を妨げる物質を含む可能性があると考えられる。

グッピーの個体数が少なかったことにより偏りが出た可能性がある。

今後の課題

より正確にグッピーの体長を測り、データの信頼性を高めるために、グッピーの体長の計測をジップロックに入れての方法に変えて、改善する。

【実験Ⅱ】

仮説

実験Ⅰの結果よりアカアシバッタはグッピーの成長を妨げる物質を含んでいる可能性があると考え、オンブバッタを含む餌を与えた方が途中経過の成長率が高くなるのではないか。

実験方法

- ① アカアシバッタ、オンブバッタを採取し、食器乾燥機で乾燥させその後乳鉢で潰し、篩にかける。
- ② 潰したアカアシバッタ、オンブバッタをそれぞれ 50%で市販の餌（グッピー・テトラの主食 ジェックス株式会社）に混ぜる。
- ③ 電子天秤でそれぞれの餌を 0.003g ずつ量り取る。
- ④ 同じ母体から生まれ、2週間経過した稚魚をアカアシバッタの場合 6 匹ずつ、オンブバッタの場合 C は 8 匹、D は 10 匹で次のグループに分ける
 - A. 市販の餌のみを与えるグループ（雄:3 匹、雌:3 匹）
 - B. アカアシバッタを 50%混ぜた餌を与えるグループ（雄:4 匹、雌:2 匹）

C. 市販の餌のみを与えるグループ（雄:4匹、雌:4匹）

D. オンブバッタ 50%混ぜた餌を与えるグループ（雄:4匹、雌:6匹）

※A、Bの実験は8月頃C、Dの実験は1月頃と実験した時期が異なっている。そのため、A、Bの実験とC、Dの実験での母体は異なる。

⑤ 40日間体長を継続測定していく。

〈グッピーの測定方法〉

ジップロックにグッピーを入れて方眼用紙の上に乗せ、真上から写真を撮り体長を測定する。

結果

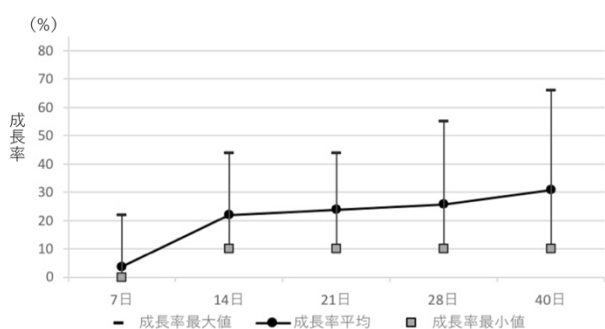


図 5 A (アカアシバッタ含有量 0%) におけるグッピーの成長率

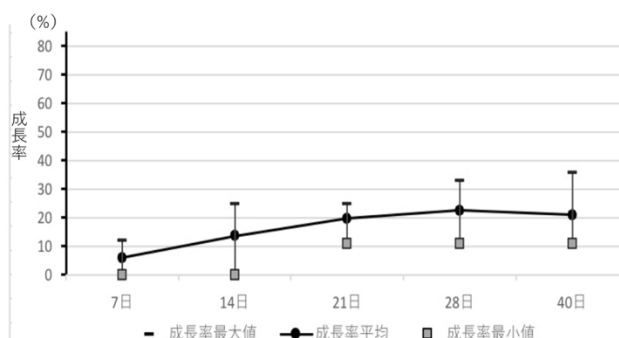


図 6 B (アカアシバッタ含有量 50%) におけるグッピーの成長率

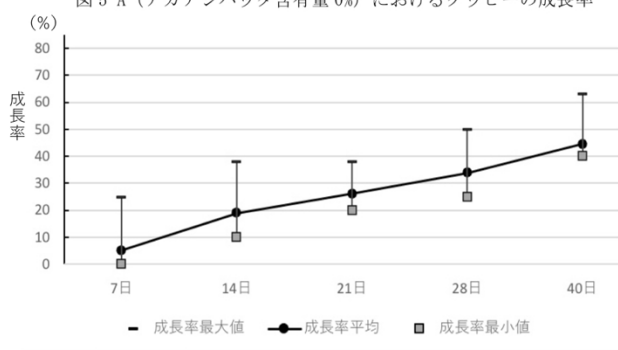


図 7 C (オンブバッタ含有量 0%) におけるグッピーの成長率

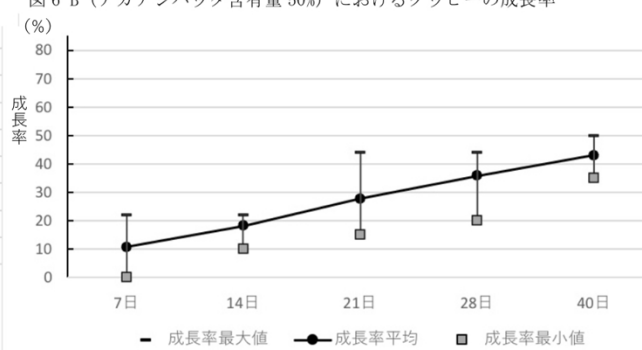


図 8 D (オンブバッタ含有量 50%) におけるグッピーの成長率

図 5～8 を比較してみると、D (オンブバッタ含有量 50%) は市販の餌のみの時と同様に問題なく成長したが (図 8)、B (アカアシバッタ含有量 50%) では成長率の平均が大幅に低くなっていた (図 6)。

【t 検定の結果】

アカアシバッタ (図 5 の 0%、図 6 の 50%) → 有意差なし

オンブバッタ (図 7 の 0%、図 8 の 50%) → 有意差なし

アカアシバッタ (図 6 の 50%) ・ オンブバッタ (図 8 の 50%) → 有意差あり

考察

t検定を行った結果から考えると、アカアシバツタを含む餌を与えたグッピーの成長率もオンブバツタを含む餌を与えたグッピーの成長率も、市販の餌のみを与えたグッピーの成長率と有意差がなかったため、アカアシバツタ、オンブバツタは、市販の餌と同様の栄養効果があると考察される。

t検定より、アカアシバツタ 50%を含む餌を与えたグッピーとオンブバツタ 50%を含む餌を与えたグッピーの成長率では、有意差があった。そのため、オンブバツタはアカアシバツタよりもグッピーの成長を促進するのではないかと思われたが、実験を行った時期が異なっているため、水温の違いが関係していた可能性が考えられる。

今後の課題

これらの結果を踏まえ今後は、グッピーにアカアシバツタ 100%の餌や、オンブバツタ 100%の餌を与え、成長への影響をより明確にしていきたい。

参考文献

- ・グッピーに与えるシロアリの栄養効果
(武田小夏、その他4名)
- ・魚粉に変わる養殖用飼料の原料を求めて
<https://www.jst.go.jp/seika/bt2018-08.html>
- ・昆虫にビビるな日本！世界が注目する昆虫食 - Jbpress
<https://jbpress.ismedia.jp/articles/-/42785?page=3>

<https://honualo.com/semi/>

John N. Kinyuru et al., Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya, Journal of Food Composition and Analysis, 30, 2013, 120-124

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々のご支援とご協力を賜りました。本研究の計画から実施に至るまで一貫してご指導くださった井口修先生、テーマ検討会や中間検討会で助言をして頂いた琉球大学宮国先生にこの場をお借りして感謝申し上げます。

ゲームの必勝法～「5隠し」の拡張～

Proof of N hidden

要旨

身近な指遊びである「5隠し」に興味を持ち、その必勝法を考えた。更にそれを拡張させたゲームを「N隠し」、「MN隠し」、「F F (Final Finger)」と名付けそれぞれ必勝法を考えていった。樹形図による実験の結果、先手が勝ちやすく、最初の方に小さい数を出すと勝ちやすいことが分かった。そこで私たちは出せる最小の数を出していくことで先手必勝になると仮説を立て、証明を進めた。結果、「5隠し」、「N隠し」、「MN隠し」は先手必勝であることを証明できた。

Abstract

We became interested in the familiar finger game called '*Five Hidden*' and thought about strategies to win it. We then extended the game to new versions, which we named '*N Hidden*', '*MN Hidden*', and '*FF (Final Finger)*', and examined strategies for these variations as well. Using tree diagrams, we found that it is easier to win if one plays first or chooses a smaller number at the beginning. Based on this observation, we hypothesized that the first player can always win by starting with a smaller number, and we tried to prove this. Finally, we succeeded in proving that in '*Five Hidden*', '*N Hidden*', and '*MN Hidden*', the first player can always win.

1. はじめに

一年生の時の「SSリテラシー」の授業で、大学教授による「ゲーム理論」の講義を聞いて、その面白さを実感した。そしてこの分野を研究してみようと考え、身近なゲームである「5隠し」を研究対象とすることにした。

また、「5隠し」の必勝法について研究を進めた後に、「5隠し」のルールを色々拡張させたもの（「N隠し」「MN隠し」「F F」）を研究していこうと思った。

※「必勝」について

プレイヤーがある一定の動作をすれば相手がどんな動作をしても勝てることをそのプレイヤーは必勝であるという。

2. 「5隠し」について

先手・後手を決めて1対1で行う指遊びである。私たちは視覚的にわかりやすいようカードを使って考えた。ゲームは以下のような手順で行う。

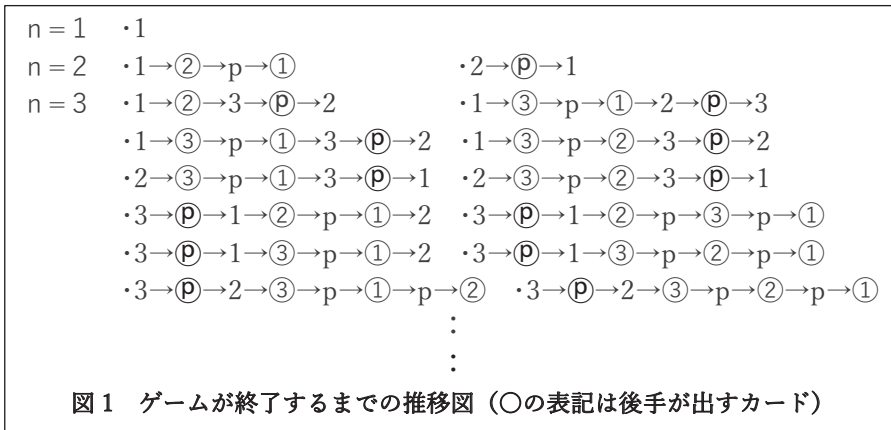
1. プレイヤーに1～5までのカードをそれぞれ配り先手・後手を決める。
2. 最初に先手は任意のカードを出せる。
3. プレイヤーは相手が出したカードの数より大きい数のカードを出していき、出せる数がないときにだけパスをする。
4. パスの後、パスをされたプレイヤーは任意のカードを出せる。
5. これを繰り返していき全てのカードを出したプレイヤーの勝利となる

3. 「N隠し」について

プレイヤーに1～nまでのカードを配り「5隠し」と同様のルールで行うゲームとする。

(1) 実験方法

図1のように、n = 1～5までのゲームのパターンをすべて書き出し（樹形図や推移図）、必勝法を考える。

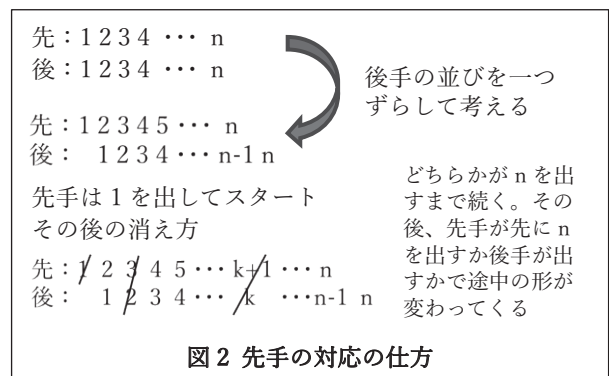


(2) 仮説

先手が勝つパターンが多く、最初の方に小さい数を出すと勝ちやすいことが分かった。この結果より、「N隠し」において「出せる最小の数を出す」そして「残り2枚の状況で最大の数を持っていれば、それを先に出す」という出し方をすれば先手必勝になる。

(3) 証明

先手は最初に1を出し、その後「後手が出した数+1」を先手が出す。それをどちらかがnを出すまで続ける。どちらかがnを出すかで場合分けを行った。



(i)後手が先に n を出す場合

残りカードは後手の番で図 3-1 となるが、後手のカードの上には、それより 1 大きい先手のカードがあるので、その後常にパスは先手が得ることになる(常に最大の数は先手)。図 3-1 で続けると、先手が n または n-1 でパスを得る。さらに続けると図 3-2(先手は残り 2 枚で最大の数を持っている状況)で先手の番をむかえ、

先:L → 後:パス → 先:X で先手の勝ちとなる。

図 3 後手が先に n を出す場合	
先: 2	a b ... n 図 3-1
後: 1	a-1 b-1 ... n-1

先:	X L 図 3-2
後:	e L-1
<p style="text-align: center;">} 後手のこの部分がない事もある(n が偶数で、先手・後手ともに「出せる最小の数」を出し続けたとき)</p>	

(ii)先手が先に n を出す時

残りカードは先手の番で図 4-1 となり、先手は「2」でスタートする。続けると後手の番で図 4-2(後手が最大数 n を出した後)または図 4-3(後手が最大数 n を出す前)の形になる。

図 4-2 のとき 先手は常に最大の数 L を持ち続けるので(i)と同様に先手必勝となる

図 4-3 のとき 後:n → 先:パス → 後:1 or Y-1 → 先:Y の手順で先手必勝となる。

図 4 先手が先に n を出す場合	
先: 2	a b ... n-1 図 4-1
後: 1	a-1 b-1 ... n-2 n

先:	c d ... L 図 4-2
後: 1	c-1 d-1 ... L-1

先:	Y 図 4-3
後: 1	Y-1 n

(i)(ii)より「N隠し」は「出せる最小の数を出す」そして「残り 2 枚の状況で最大の数を持っていれば、それを先に出す」(「最適手」と名付ける)ことで先手必勝となる。

4. 「MN隠し」について

「N隠し」を m 枚ずつ用意し「5 隠し」と同様のルールで行うゲームとする。

(1) 実験方法

「N隠し」で出た必勝法を試し、先手が勝てるかどうか色々なパターンで検証する。

(2) 仮説

「N隠し」と同様、先手必勝となる「最適手」が存在する

(3) 証明

「N隠し」と同じように考えるため図 5 のようにセット毎で「N隠し」の形にまとめた。先手、後手のどちらかがパスするまでを 1 周と表現する。2 m 周後には「後手の全ての n」と「先手の全ての 1」が必ず出される(後手は、最大数 n でしかパスを得られないことや、先手はパスを得た後のスタートとして最小数「1」を出すことに注意)。

2 m 周後の残りカードについては、2 m 周目のパスを

(i)先手が n または n-1 を出して得る (ii)後手が n を出して得る の 2 つの場合分けとなる。

セット毎に「N隠し」の形にまとめる	
先: 1 2 3 4 5 ... n	} m セット
後: 1 2 3 4 ... n-1 n	
先: 1 2 3 4 5 ... n	
後: 1 2 3 4 ... n-1 n	
⋮	
⋮	
図 5 「MN 隠し」の対応の仕方	

ていた全てのカードにおいて、最多の枚数となる数（カード）である（図7の例だと、「2」が最多の3枚である。だから、3行目まで作られる。「N隠し」、「MN隠し」と同様、先手は、後手の数に対して上にある先手の数を出す。同じ数が複数ある場合は、上の行（数字の小さい行）から優先的に対応させる（図8でいうと、後手が「2」を出した時、2行目のではなく1行目を優先的に対応させる）。実際これは、先手の出し方において、「出せる最小の数を出す」ことに対応している。一方「N隠し」や「MN隠し」との大きな違いは、先手が最小の数でスタートしないところである。つまり、1行目の先手の最小の数ではなく、2行目の先手の最小の数でスタートすると先手必勝になると、私たちは考えた（厳密には、最小の数が複数ある場合は、最小の数でスタートすることになるが、1行目ではなく2行目で対応させる）。その後、先手がパスを得る度に、次のスタートとして3行目の最小の数、4行目の最小の数の順番で出していき、1行目の最小の数は、ゲームに勝つ直前の最後に出すことで必勝法になると考えている（つまり、「パスを得て→1行目の最小の数を出し→勝利」という流れ）。ただ、例外も存在して、「n行目の最小の数」を出し終えた後、次に先手がパスを得ることができれば、次は「1行目の最小の数を除いた中での最小の数（この時点での先手の残りカードで2番目に小さい数）」でスタートし、その後先手がパスを得ることができれば、そのスタートとして「1行目の最小の数」を出すことで、先手必勝になると考えている。

<pre> 先： abcd stu yz 後： abcd stu yz ----- 先： c e ... tu ... wx 後： c e ... tu ... wx ----- ----- 先： mn ... v 後： mn ... v ----- </pre>	<p>1行目</p> <p>2行目</p> <p style="text-align: center;">.</p> <p style="text-align: center;">.</p> <p style="text-align: center;">.</p> <p style="text-align: center;">.</p> <p style="text-align: center;">.</p> <p style="text-align: center;">.</p> <p>n行目</p>	<p>【FFの研究 まとめ（仮説）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ゲームは、基本的に2n周目以上続く。各行の最大の数で、先手・後手ともにパスがとれる(例外あり)。後手がとれるパスはn回以下である ・先手のスタートは、2行目の最小の数「c」から ・先手は、後手の数に対して上にある数を出す(これは「出せる最小の数」を出すに対応している) ・先手として(n-2)回目のパスを得たとき、次のスタートとしてn行目の最小の数「m」を出す。その後、先手がパスをとると1行目の先手の最小の数「a」を除いた中での最小の数を出す。次パスを得たら、先手の最小の数「a」を出す。すると、先手の残っているカードの下には、後手のカードが必ず残っている状況(1対1に対応)となっている。 <p>⇒ FFにおいても先手必勝となるだろう</p>
--	---	---

図12 FFの並べ方の一般化等

6. 今後の課題

- ・「FF」の仮説に対する証明をすること
- ・「FF」において仮説での「最適手」を行う場合を、プログラミングを用いて検証
- ・全ゲームにおいてプログラミングを用いて勝敗が決まるまでのパターン数について

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、琉球大学の山城康一先生、向陽高校数学科金城裕介先生、吉本振一郎先生をはじめ、研究に携わって頂いたすべての皆様に心より感謝申し上げます。

人工的なオーロラの再現

The generate artificial aurora

要旨

オーロラとは地球の極地付近で見られる発光現象である。

私たちは亜熱帯の沖縄において寒冷地で見られるオーロラを人工的に再現することは可能なかということに疑問を持ち、そのための実験を行ってきた。

その結果、完全にオーロラと同じ条件を作ることは叶わなかったが、100km程度の高度で見られる紫色のオーロラに似た発光現象が見られた。

今後の課題として、この再現実験で電子が本当に磁場の影響によるものなのかを調べるための対照実験を行う必要があると考えた。

Abstract

The aurora is a luminous phenomenon that can be observed in the polar regions. We wondered whether it is possible to artificially reproduce the auroras seen in cold regions, in subtropical Okinawa.

As a result, we could not completely reproduce the same conditions, but we observed a luminous phenomenon similar to a purple aurora occurring at an altitude of approximately 100 km.

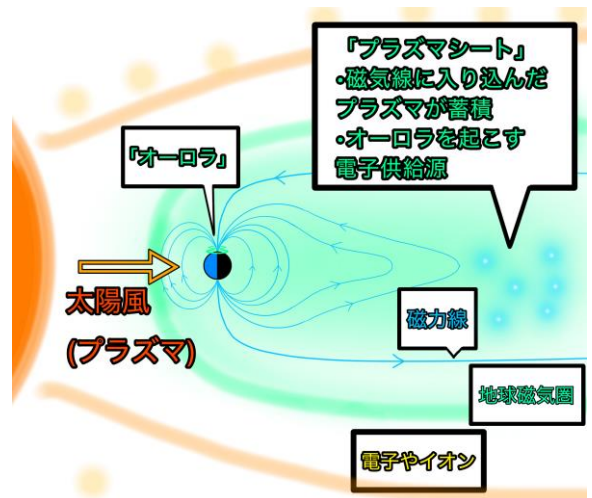
For future research, we believe that it is necessary to conduct a controlled experiment to determine whether the electrons were truly affected by the magnetic field.

はじめに

オーロラとは、天体の極域近辺に見られる大気発光現象である。極地上空では、太陽風に含まれるプラズマと大気中の分子（窒素や酸素など）が衝突し、分子は一時的に励起状態（エネルギーを吸収した状態）となる。その後、基底状態（元の状態）へ戻る際に、エネルギーの差分を光として放出する。この光の連なりがオーロラとして観測される。

オーロラは北極圏などでは観光資源として広く知られているが、実際は、空の明るさや大気条件などが整わなければ鮮やかに見えることは少なく、肉眼では白く淡い光にしか見えない場合も多い。人々がイメージする鮮やかな色彩は、カメラを通すことで初めて鮮明に捉えられる。それほど繊細で条件に左右されやすい自然現象なのである。

そこで私たちは、SSH 課題研究として「見えない現象を可視化する」ことを目的に、オーロラの人工再現に挑戦した。実験器具は自ら工夫して製作し、自然界の現象に近い仕組みを再現することを目指した。具体的には、太陽風によるプラズマを誘導コイルから流れる電子に、地球の磁場をネオジム磁石に置き換え、実験を行った。



研究方法

実験用具

- ・真空デシケーター(実験を行う容器)
- ・磁石 ・誘導コイル ・ゴム栓
- ・銅線(2本) ・銅板 ・真空ポンプ ・クリップ
- ・地球に見立てた半球の形のアルミホイル



図 2

実際にオーロラが発生するような環境を再現することは不可能なため、今回の実験では次の条件をすべて満たしていた時オーロラであると定義づける。

1. 真空度が高い環境で発生したもの
2. 磁石の極付近で発生したもの
3. 輪郭が曖昧なもの

予備実験

1. 真空デシケーターの中に土台を置き、その上にネオジム磁石を接着させた銅板を置く。
2. 一つのクリップを誘導コイルの陽極に、もう一方を陰極につなげる。次に真空デシケーター内に両方の銅線を入れ陽極に繋がった方を銅板に、陰極に繋がった方を空中に垂らす。
(図 2)
3. 次に真空ポンプの電源を入れ 3 分ほど待つ。時間になって容器内が真空に近づいたら誘導コイルの電源を入れ電子を放出する。

結果

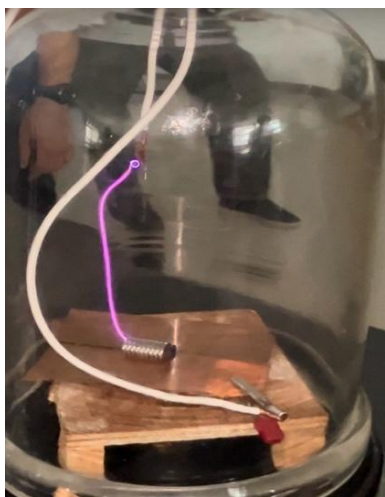


図 3

予備実験の結果

図 3 のようにハッキリと明瞭な放電現象が発生した。

実験①

予備実験と同様の手順で真空ポンプを最低値が 120hp まで下げられる真空ポンプから 10hp まで下げられる真空ポンプへ機材を変更して再度実験を行った。

予想

前回よりさらにぼやけて見える発光現象が観測されると予想した。

実験①の結果

予備実験同様に紫色に変色し、前回よりもぼやけて見えた。しかし、磁石には向かわず銅板へと向かった。(図 4)

実験②

実験①の結果を受けて、実験①の時より高い土台に磁石を置いて、磁石と陰極の距離を近づけ実験を行った。

予想

実験①より磁石が近づいたため、電子が磁石の極に集まるのではないかと予想した。

実験②の結果

銅線の先端から銅板に向かって真っ直ぐ進むと予想していた電子が磁石を避けているように見えた。(図 5)



図 4

図 5

実験③

実験①の手順に加えて、磁石をアルミ半球の内側の上部にテープで固定する。

予想

アルミ半球の上に電子が集まり、オーロラのような磁石の極付近で発光現象が起こる。

実験③の結果

予想通りの発光現象が見られた。特にアルミ半球の上で、電子が円形に広がっている様子が観察できた。(図6)

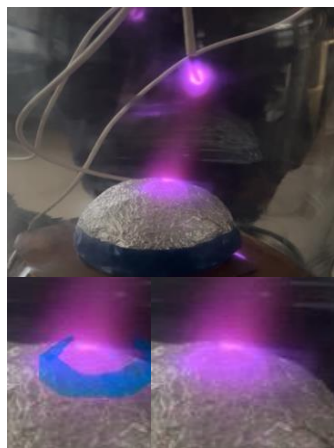


図6

考察

(1) 予備実験に比べて真空度を上げたことでより本来のオーロラの発生条件に近づき、光り方も変化した。

(2) 実験③では、磁界の影響を受けなかった電子が磁石の極付近に集まっており、実験①、②と③の違いは、磁石と陽極の間に絶縁体(空気)があるかないかだと考えられる。

(3) このことから、実験①、②では絶縁体(ビニールテープ)があることで電子の流れが絶たれ、電子は磁石に向かわずに陽極に向かったと考える。

(4) 対照的に、実験③では磁石と陽極の間に何もないため、電子がそのまま磁石に向かったと考えられる。

今後の展望

私たちが行った実験で電子が本当に磁石の影響を受けていたかを調べるために金属等を用いた対照実験を行う必要があると考えた。

謝辞

本実験にご協力していただいた琉球大学理学部物質地球科学科准教授前野昌弘様、SSH 物理担当大城航先生、新垣卓弥先生のおかげで本実験を終える事が出来ました。班員一同、深く感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 「オーロラの再現装置の研究」 奈良県立奈良高校/SSP 理数
https://www.pref.nara.jp/secure/261146/SSH_3.pdf
- (2) 「オーロラの色の違いは人工的に再現できるのか」 大阪教育大学附属天王寺中学校/自由研究〈第43集 2018〉
<https://f.osaka-kyoiku.ac.jp/tennoji-j/wpcontent/uploads/sites/4/2020/09/43-05.pdf>
- (3) オーロラは南北で鏡像？南極とアイスランドで同時観測/日本経済新聞
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOSG248V40U5A120C2000000/>
- (4) 陸別宇宙地球科学館/銀河の森天文台/1F 展示室
<https://www.rikubetsu.jp/tenmon/shisetu/setsubi/tenji/>

プロペラの羽の枚数と風速の関係

The relationship between the number of propeller blades and wind speed

要旨

扇風機には羽の枚数に種類があり、羽の枚数により機能に変化が生じる。そこから風速という点に着目し、その変化と要因を調べた。予備実験で、プロペラの風速は羽の枚数によるものではなく、プロペラの総面積によるものであると分かった。本実験では、羽一枚の面積を一定にし、羽の枚数を変化させた際の風速について調べた。また、風速の変化を利用し、風が及ぶ範囲についても調べた。その結果、羽の枚数が少なくなる程風速は大きくなることが分かった。更に、風の広がりについては、羽の枚数が少ない程直線的で、多い程多方向(広範囲)に広がることが分かった。このことから扇風機の風速、またその風が及ぶ範囲はプロペラの総面積が大きく影響していると言える。

Abstract

The function of a fan changes when the number of blades is altered. In this study, we focused on wind speed and investigated how it changes and what factors influence it. Preliminary experiments revealed that the number of blades does not directly affect wind speed; rather, it is influenced by the total area of the propeller.

We conducted experiments by varying the number of blades while keeping the total blade area constant. Additionally, we examined the range affected by the wind speed based on these changes.

As a result, we found that wind speed increases as the number of blades decreases. Furthermore, with fewer blades, the wind tends to flow in a more straight and concentrated direction, whereas with more blades, the wind disperses in multiple directions. From this, it can be concluded that both the wind speed and its range are influenced by the total area of the propeller.

1 初めに

市販の扇風機には、羽の枚数に3枚～6枚ほどの枚数の違いがある。そして扇風機の羽の枚数の違いによって、風の強さである風速や風量に変化する。そこで私たちは、扇風機の羽の枚数の違いによって、風速は実際にどれくらい変化しているのかという点に興味を持ち、枚数を4枚、6枚、8枚と3パターンに変化させていった際の平均風速の変化を研究したいと考えた。

2 目的

プロペラの羽の枚数による風速の変化とその要因を調べる。

3 予備実験

予備実験では、プロペラの総面積が一定ならば、羽の枚数が増えるほど風速は大きくなるとし、実験を行った。その結果、下の表1のように羽の枚数による変化は見られなかった。そこでプロペラの総面積に着目し、同じ6枚羽で、羽一枚あたりの面積が異なるプロペラを利用して風速の変化を実験したところ、面積が小さい方が大きくなることがわかった。

表1 羽の枚数を変えた時の風速(総面積一定)

予備実験 (m/s)						
	1	2	3	4	5	平均
6枚	2.5	2.5	2.3	2.3	2	2.32
8枚	2.3	2.4	2.3	2.3	1.9	2.24

4 仮説

プロペラの羽一枚の面積を統一すると、枚数によってプロペラの総面積が異なるので、風速は羽の枚数が少なくなるほど大きくなると仮定する。
扇風機の高さ、扇風機との距離を変えても、同じ位置では羽の枚数が少なくなるほど風速が大きくなると考えられる。

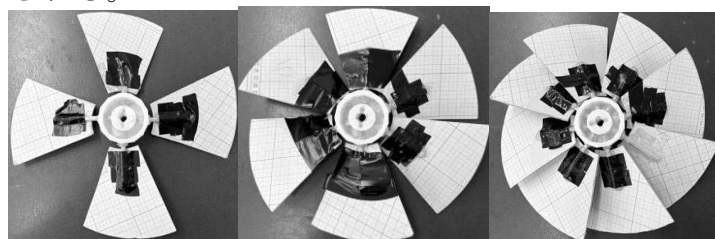


図1

図2

図3

5 実験

実験1

- (1) プロペラの羽1枚の面積を $25\pi \text{ cm}^2$ に統一して、4枚羽、6枚羽、8枚羽のプロペラを工作用紙を用いて製作する。
- (2) 風速計を用いてそれぞれのプロペラの風速を測定する。

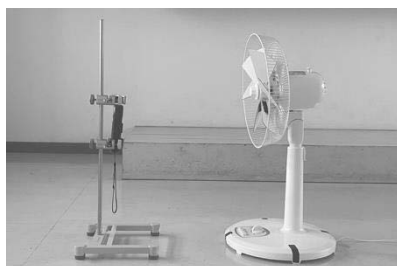


図4

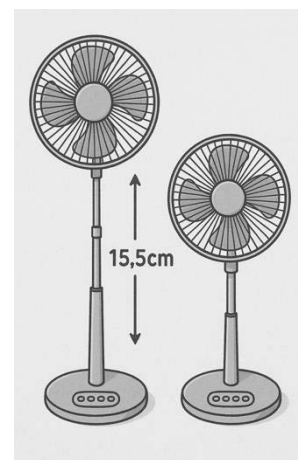


図5

実験2

- (1) 実験1と同様のプロペラの羽を用いて、25cmずつ距離を離しながらその風速が0になる位置を探す。
- (2) 図1のように扇風機の高さを15.5cm高くして再度実験する。
- (3) 扇風機から風速計を正面20cm離れた位置を 90° と基準し、そこから扇風機と風速計との距離が等間隔になるように 15° ずつ位置を変えていった時の風速を測定する。

6 結果

実験 1

表 2 羽の枚数を変えた時の風速

実験 1 (m/s)						
	1	2	3	4	5	平均
4 枚	3.5	3.6	3.5	3.5	3.5	3.52
6 枚	2.7	2.8	2.6	2.5	2.4	2.60
8 枚	1.9	1.6	1.6	1.8	1.9	1.76

実験 2

扇風機の距離による風速の変化

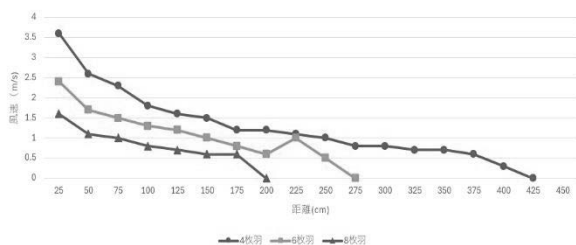


図 6

扇風機の距離による風速の変化(15.5cm 増)

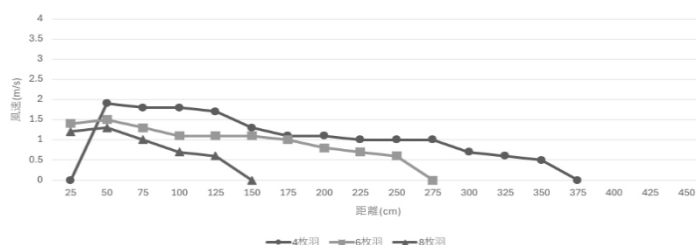


図 7

表 3 羽の枚数と角度を変えた時の風速

実験 2 (m/s)					
	90°	75°	60°	45°	30°
4 枚	3.5	2.1	0	0	0
6 枚	3.3	1.3	0	0	0
8 枚	1.9	1.6	0.3	0	0

7 考察

実験 1 より

- ・表 2 のように、羽が 4 枚、6 枚、8 枚と増えていくほど、風速は低下するした。よって、羽の総面積が小さいプロペラほど風速は大きくなることが考えられる。

実験 2 より

- ・縦方向の風速は枚数が少ない方が大きくなる→羽の枚数が減るほど広範囲(縦方向)に風が広がり、枚数が増えるほど風の広がる範囲が狭くなると考えられる。
- ・横方向の風速は枚数が多い方が大きくなる→羽の枚数が増えるほど広範囲(横方向)に風が広がり、枚数が減るほど風の広がる範囲が狭くなると考えられる。

8 展望

羽の総面積を等しくしたときの風の届く距離の変化を調べて羽の枚数と風の届く距離の関係性を明確にしたい。また、他の羽の枚数による扇風機の風の変化を見つける。

9 謝辞

この研究を行うにあたり本校 SSH 研究指導助言を頂いた、琉球大学理学部物質地球科学科前野昌弘先生には大変お世話になりました。ありがとうございました。そして、本研究にご協力いただいた皆様に心から感謝申し上げます。

10 参考文献

MODERN DECO 扇風機の羽の枚数はどう選ぶ？
<https://www.modern-deco.jp/blog/fan-blades/?m=AfmB0opuJ-q1A6oS1D51HL50gzvg0xxFcAyg5veGSWWaSXoy0eXph8jM>

波を弱めるマングローブ林の配置

Placement of Mangroves to Weaken Waves

要 旨

私たちは2004年に起きたスマトラ島沖地震でマングローブが津波を弱めたことを知り、興味を持った。そこで、配置は波の弱まり方に影響するのか明らかにし、マングローブをどう配置すればより効率的に波を弱めることができるのかを調べることにした。

本研究では、マングローブの模型を21本作り、それらをさまざまな配置で置き、その前後の波の高さを測ることでどの配置がより波を大きく弱められるのかを観測した。その結果、交互に配置することで波はより大きく弱まることがわかった。

Abstract

We learned that mangroves helped attenuate tsunami in the 2004 Sumatra earthquake, which caught our attention. Then, we investigated whether the placement of mangroves affects wave attenuation, and if so, what arrangement would be most effective. In this research, we made 21 mangrove models and arranged them in various patterns. We then measured the wave heights in front of and behind the models to determine which arrangements were most effective at weakening waves. As a result, we found that an alternating arrangement of the models attenuated waves the most.

1. はじめに

マングローブには波を減衰させる効果があることを知り、マングローブ林の配置を変えることでより効率的に波を弱めることができるのではないかと興味を持った。実験では、沖縄に生えているマングローブ、かつ東南アジア地域での植林活動の際に使われているヤエヤマヒルギをマングローブのモデルとした。

2. 実験

〈実験道具〉

- ・波を起こす装置(以下、水槽とする)
- ・マングローブの模型

マングローブは横 2cm 縦 2cm 高さ 5cm に発泡スチロールを切つて、そこに針金を装着つけた針金にストローを被せる。

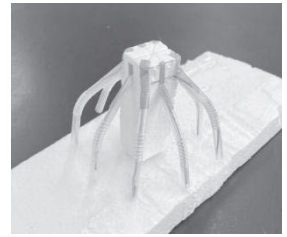


図1 マングローブの模型

〈実験方法〉

- ① 水槽に高さ 2cm になるように水を入れ、水槽の前方と後方の横側にもものさしを取り付ける。
- ② 波を起こし、ものさしを通過した波の高さの最高到達点を記録する。
- ③ この試行をそれぞれの実験で 3 回行い、前方と後方の平均を調べる。

〈マングローブの模型の配置〉

×はマングローブの模型を表し、個数は 21 個とする。

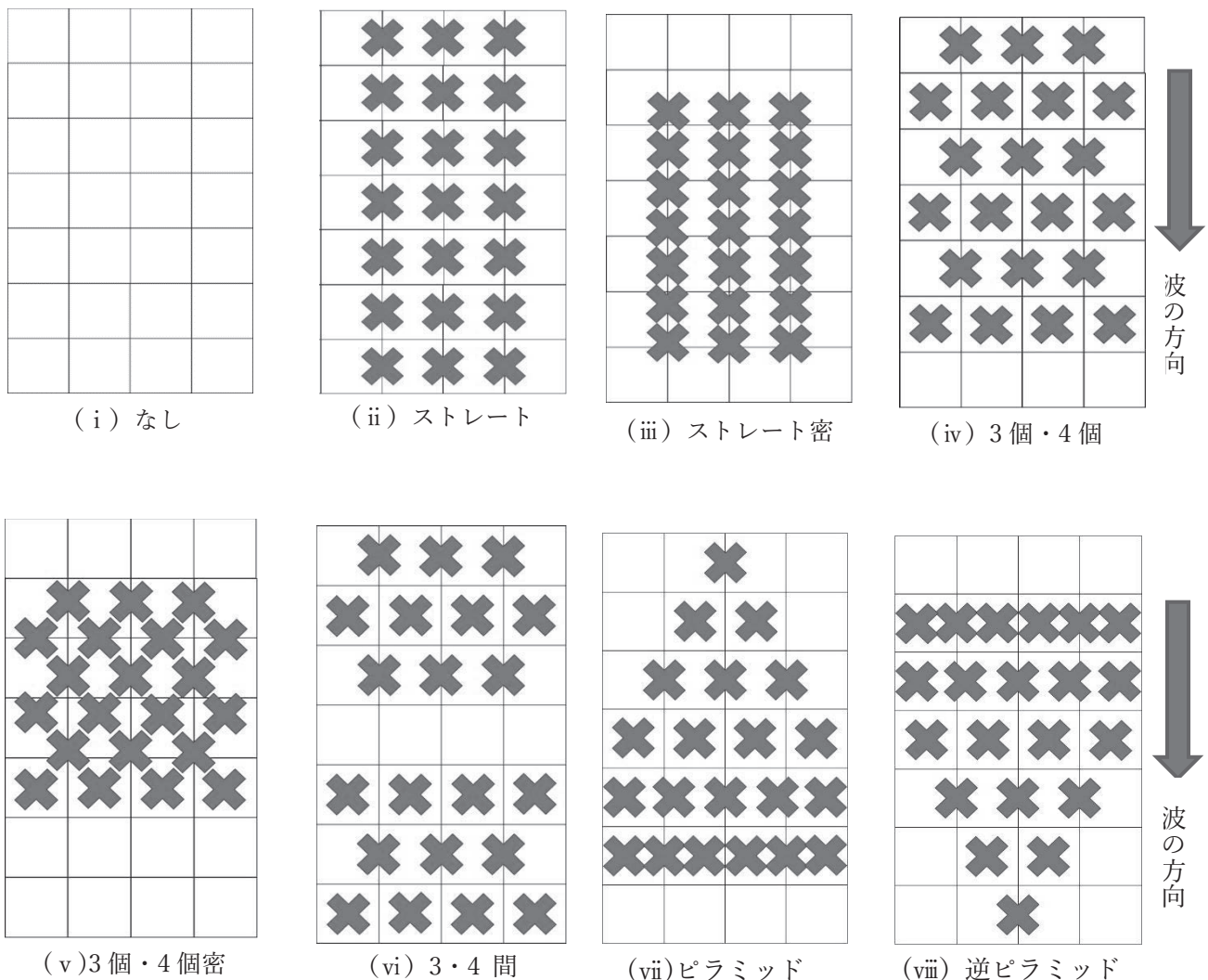


図2 マングローブの模型の配置パターン

〈波の起こし方〉

均等な高さからおもりを落とすことで同じ高さ、速さの波を起こした。

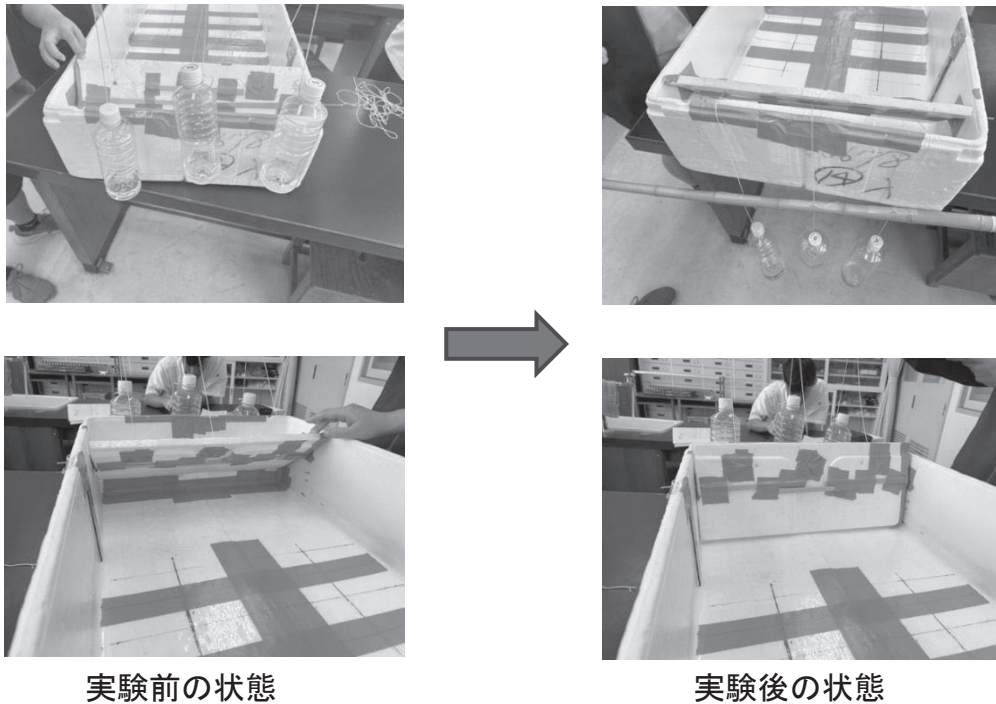


図3 波を起こす方法

3. 実験結果

- ・ 図の左側から右側に向かって波を起こし、図4に示した測定点で測定を行った。
- ・ 図5は配置(i)～(viii)ごとの測定結果である。マングローブなしの(i)を除くすべての結果で、中央の波の高さが最も低かった。

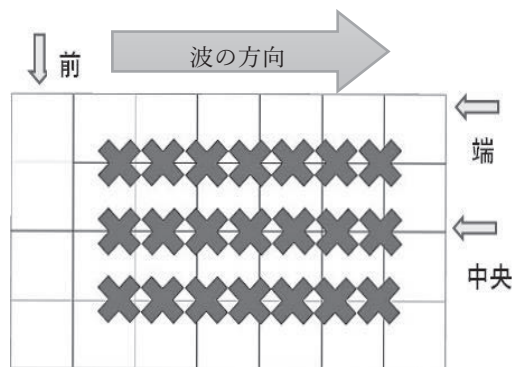


図4 測定した場所

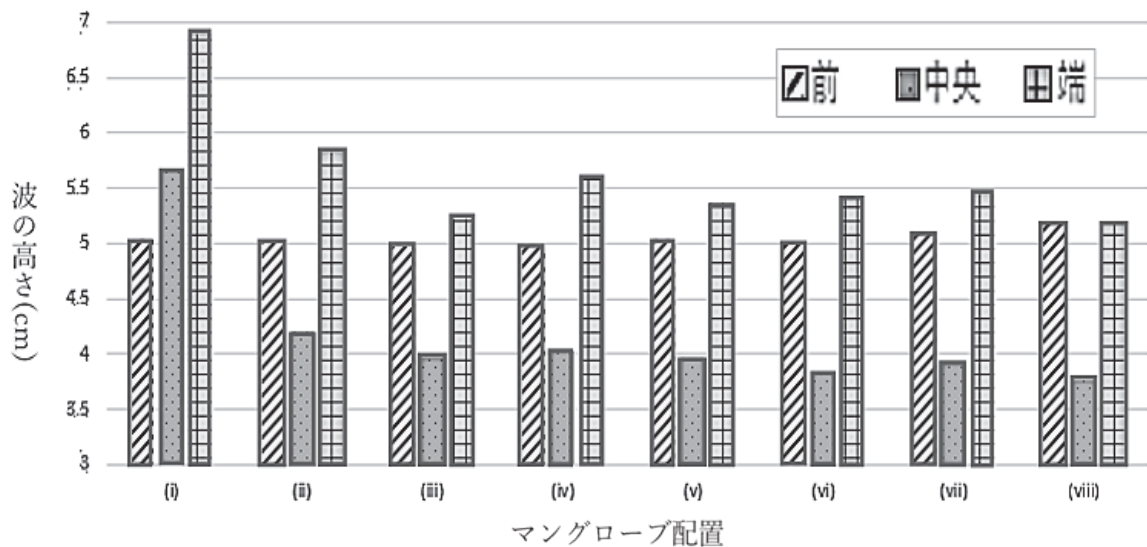


図5 模型の前後の端、中央の高さ

4. 考察

- (i) と (ii) の配置と (iv) と (v) の配置を比較すると、列の間隔を均等に置くことにより、密集させて置いた方が波が弱まるのではないかと考えられる。
- 配置 (i) とその他の配置を比較すると、マングローブの有無によって波の高さに明らかな差が見られた。これにより、マングローブには波を弱める減災作用があることがわかる。
- 配置 (ii) ではマングローブが一直線上に配置されていたため、波がその間から通り抜けやすく、その結果中央と側面の波の高さが高くなったことが確認でき、十分に波を減衰できないことがわかる。
- 配置 (ii)、(iii) と配置 (iv)、(v) を比べると、マングローブは距離を置いて配置するよりも、密度を高くしたほうが波を弱めやすいことがわかる。
- 配置 (v)、(vi) の結果からは、規則正しく配置するよりも、あえて間を開けるなど密度に変化をつけて配置した方が、波の動きがより不規則になり減衰効果が高まることが読み取れる。
- 配置 (vii)、(viii) より、マングローブの数を徐々に増やすよりも最初に波を当てるマングローブの数を増やしたほうが波をより大きく減衰させることがわかる。
手作りで水槽を作ったので端より中央の床が高くなり、端の方の波が高くなったのではないかと考えられる。また、中央と端の高さを同じにした時、結果が変わる可能性があると考えられる。

5. 今後の展望

今回の実験では、実験道具を自分たちで作成したのに加え、実験回数が少なく、実験の質があまり高くないため、試行回数を増やす必要がある。また、今回の研究では、ヤエヤマヒルギのみを参考に模型を作ったため、実際のマングローブ林に近づけられなかったので、模型の種類を増やしたり、その地域の地形に合わせた配置を考えるなど、実践的な実験を行っていきたい。

6. 謝辞

約2年間最後までこの研究を見守ってくださった、八幡史織先生、大城航先生本当にありがとうございました。

琉球石灰岩による水質への影響 ～雄樋川の水質調査を通して～

The Impact of Ryukyu Limestone on the Yuuhi River ～Through the Water Quality Survey of the Yuuhi River～

要 旨

私たちは、2023年度の先輩方の雄樋川の水質調査の結果から沖縄県南部地域に分布している琉球石灰岩が雄樋川の水質に影響をもたらしているのではないかと考え、継続して調査を行った。その結果、琉球石灰岩でできた鍾乳洞を流れる地下水（湧水）が雄樋川に流出する前と後で水質に変化があることが分かった。今回の測定結果から、これは湧水による雄樋川の水の希釈や、湧水中のイオンと雄樋川の汚濁の原因である物質との化学反応が原因であると考えた。これらのことから、琉球石灰岩による河川の水質への影響はあると考えられる。

Abstract

We thought Ryukyu limestone affects water quality of Yuuhi river that distributed in southern parts of Okinawa from the results of previous studies conducted by our seniors in 2023. So, we continued to investigate. As a result, it was found that there was a change in water quality before and after groundwater (spring water) flowing through limestone caves made of Ryukyu limestone flowed into the Yuuhi River. Based on the results of this measurement, we believe that this is due to dilution of the water in the Yuuhi River by the spring water and chemical reactions between the ions in the spring water and the substances that are causing the pollution in the Yuuhi River.

1. はじめに

私たちは、2023年度の先輩方の先行研究から生活排水や畜舎排水による雄樋川の汚染について知り、継続して水質調査を行った。その際、中流部分でBODやアンモニウムイオンの値が低くなっていることに気づき、沖縄県南部地域の琉球石灰岩という地質が雄樋川の水質に影響を与えているのではないかと考え、この研究を行った。

(1)目的

雄樋川の中流周辺に分布する琉球石灰岩が雄樋川の水質にどのように影響しているのか調査する。

(2)雄樋川

雄樋川は南城市大里にある大城ダム（農業用ダム）を源流として八重瀬町港川漁港に注ぐ、長さ約 2.5km、流域面積約 13 km²、環境基準*D 類型に指定された川である。

*D 類型…工業用水 2 級、農業用水 (pH 6.0~8.5・濁度 100mg/L・BOD 8mg/L 以下)

(3)仮説

- ① 琉球石灰岩は透水性が高いという特徴があるため、雄樋川の水が琉球石灰岩に浸透し流れ出てくる間に汚れが濾過され、水質に影響を与えているだろう。
- ② 石灰岩地域にみられる Ca²⁺が雄樋川の水質に影響を与えているだろう。

2. 先行研究

松川ら (2023) の『雄樋川の水質調査』では、雄樋川を A, B, C の 3 地点で水質調査を行っている。

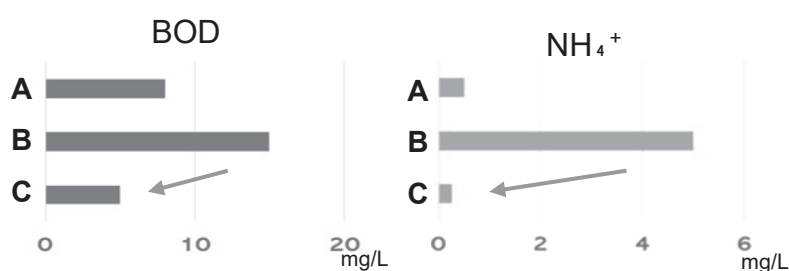


図 1 昨年度の水質調査結果（平均値）

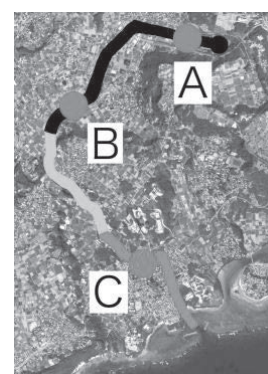


図 2 雄樋川の全体図

(結果)

- ・ A~B 地点の間で BOD や NH₄⁺ の値が増加している。
→源流が農業用ダムであること、上流付近には畑や畜舎などがあり排水が雄樋川の水質に影響していることが考えられる。
- ・ B~C 地点の間で BOD や NH₄⁺ の値が減少している。
→中流からは地質が琉球石灰岩に変化するため、琉球石灰岩の影響があるのではないかと考えられる。

3. 予備実験

私たちは予備実験として汚染の原因を突き止めるために雄飛川の源流である大城ダムの採水を行った。採水には南城市役所田園整備課の宜野座隆行さん、喜屋武真大さんにご協力いただいた。

(結果)

- ・ PO₄³⁻、BOD、COD において、値に差がなかった。
- ・ NH₄⁺ において、B 地点での値 (2) が大城ダムの値 (0.2) より極めて高くなっている。
→河川を流れる間に汚染されていると判断できる。

表 1 予備実験のデータ

	大城ダム	B地点
NH ₄ ⁺	0.2	2
BOD	20	20
COD	8以上	8以上
PO ₄ ³⁻	0	0

4.実験

【実験Ⅰ】水質変化を調べる

雄樋川の中流を通る前を「入口」、通った後を「出口」とし入口と出口での水質の変化を調べる。

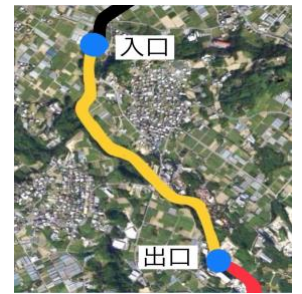


図3 雄樋川の中流

(1) 実験方法

予備実験と同様に、バケツをロープに繋ぎ共洗いをした後に採水を行い、マルチ水質測定器とパックテストで水質調査を行う。

(2) 測定項目

- ① pH ②水温 ③濁度 ④EC ⑤BOD ⑥リン酸イオン(PO_4^{3-})
⑦アンモニウムイオン(NH_4^+) ⑧カルシウムイオン(Ca^{2+})

①～④はマルチ水質測定器、⑤～⑧はパックテストで測定



図4 採水の様子

(3) 結果

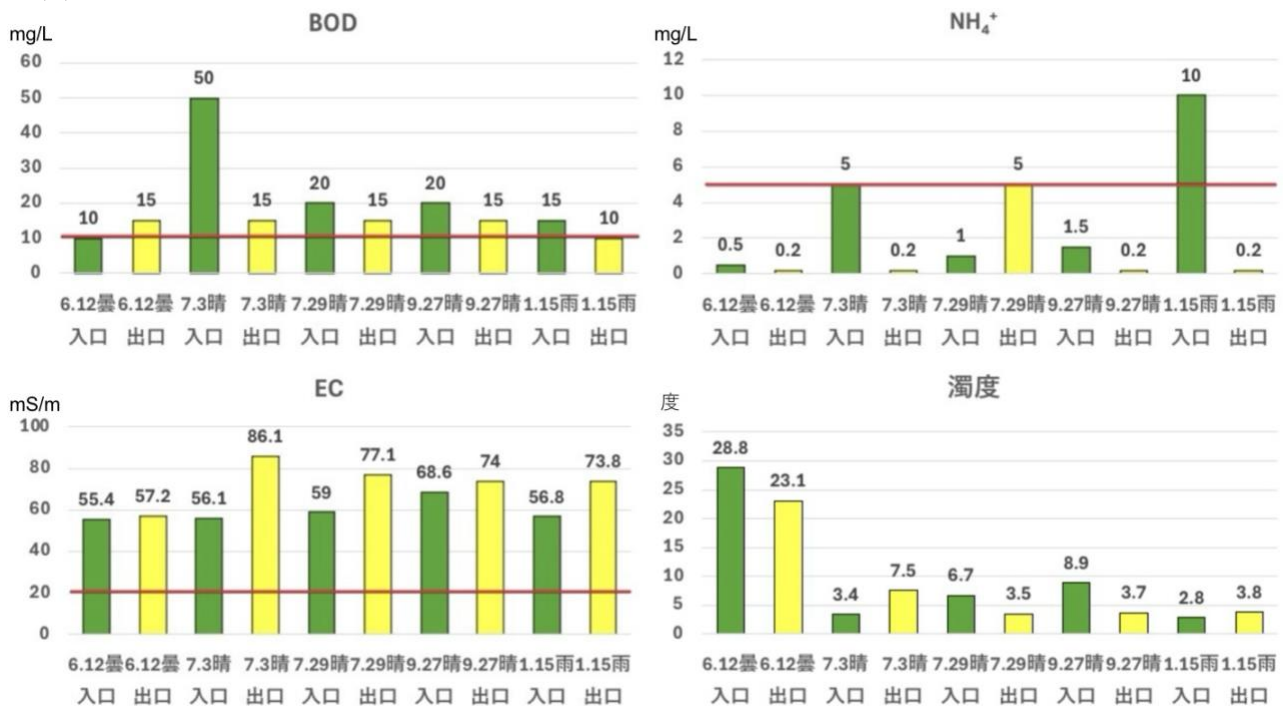


図5 実験Ⅰのデータ ※太線は河川の水質基準値

- BOD、 NH_4^+ 、濁度について、ほとんどの日で入口に比べ出口の方が値が低くなっている。
- ECについて、全ての日で入口に比べ出口の方が値が高くなっている。
- Ca^{2+} について、全ての値が50以上であった。
- PO_4^{3-} について、明確に判断することができなかった。

【実験Ⅱ】湧水の雄樋川の水質への影響を調べる

前川樋川と玉泉洞から出る湧水を採水し水質測定した後、雄樋川の水質と比べ、湧水の影響を調べる。

(1) 実験方法

- ①前川樋川と玉泉洞から出る湧水を実験①と同様に採水し、マルチ水質測定器とパックテストを用いて測定する。
- ②総合地球環境学研究所でIC測定を行い、*シュティフダイアグラムにして水質の特徴を見る。

*シュティフダイアグラム

IC測定の数値から陰イオンと陽イオンの濃度を六角形の図で表したもので、形や大きさから水質の特徴をひとめで把握することができる。

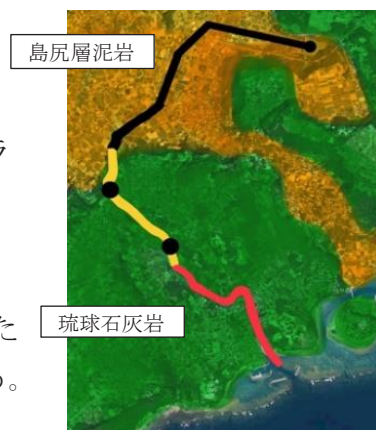


図6 雄樋川の地質図

(2) 結果

① マルチ水質測定器・パックテスト測定結果

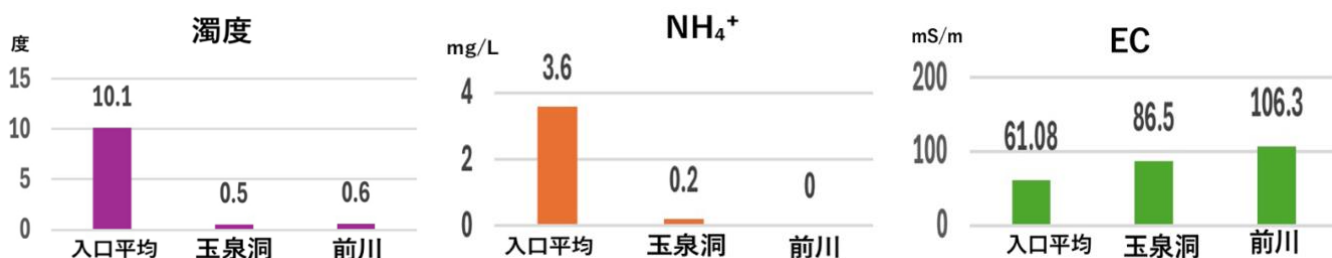


図7 実験II①の結果

- ・濁度とNH₄⁺において、どちらも値は極めて低い。
- ・ECにおいて、どちらも値は入口平均を25以上上回って高かった。

② IC測定結果によるシュティフダイアグラム

表2 IC測定の結果

sample name	F-	Cl-	NO2-	Br-	NO3-	SO42-	PO43-	HCO3-	Li+	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
大城ダム (中央) 9/20	0.1	12.2	0	0.2	0.5	22.9	0	144.6	0	10.5	0	3.9	7.8	37.6
大城ダム (端) 9/20	0.1	12	0	0.1	0.4	22.9	0	136.7	0	10.2	0	3.7	9.7	37.5
入口 9/20	0.1	20.1	0	0.3	10.1	49.1	0.5	306.9	0	20.8	0.7	8.6	16.2	83.7
入口 9/27	0.1	28.5	0	0.3	9.2	46.5	0.9	321.5	0	27.8	3.2	10.7	18.6	95.5
出口 9/27	0.1	32	0	0.3	13.8	63.9	1.3	327	0	27.8	0	10	17.5	91.5
おきなわワールド 9/18	0.1	25.8	0	0.3	13	48.6	1.6	249.5	0	18.8	0	10.2	14.6	75.7
鍾乳洞出口 9/18	0	40.9	0	0.4	27.3	84.8	0	352	0	26.3	0	7.2	12.6	127.3
河口 9/27	0	6304	0	23.7	20.9	913.2	0	274.5	0	3643.2	0	153.3	438.5	302.6

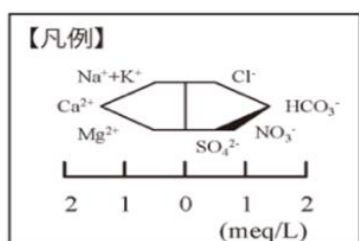


図8 シュティフダイアグラムの凡例

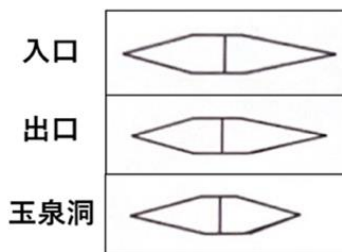


図9 実験II②の結果

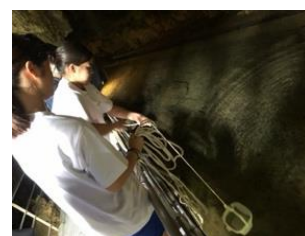


図10 採水の様子

図8より、雄樋川は全体を通してCa²⁺とHCO₃⁻が突出している*「Ca-HCO₃型」であり、さらに、玉泉洞の湧水も「Ca-HCO₃型」であることがわかった。

*「Ca-HCO₃型」石灰岩地域の湧水にみられる型

【実験Ⅲ】琉球石灰岩が水質に与える影響について調べる

- A) 琉球石灰岩を詰めた筒に蒸留水をつけ置きにし、水質に変化があるかどうか。
- B) 琉球石灰岩を詰めた筒に雄樋川の水を繰り返し通し、実際に雄樋川と同じような水質の変化が見られるかどうか。



図 11 実験Ⅲの様子

(1) 実験方法

- ① 大きさ約 1cm の琉球石灰岩 (港川産の栗石石灰岩) を筒に詰める。
- ② A) 琉球石灰岩を詰めた筒に蒸留水を満杯に入れ、10 日間つけ置きする。
B) 川の水 200ml を筒の上から流す作業を繰り返し行う。
- ③ パックテストで水質の測定を行う。

(2) 結果

- A)
 - ・ 蒸留水において、初めは全ての値が 0 だった。しかし、琉球石灰岩につけ置きにすると BOD、 PO_4^{3-} 、 Ca^{2+} において値が大きくなった。
 - ・ NH_4^+ において、値は 0 のままで変化はなかった。

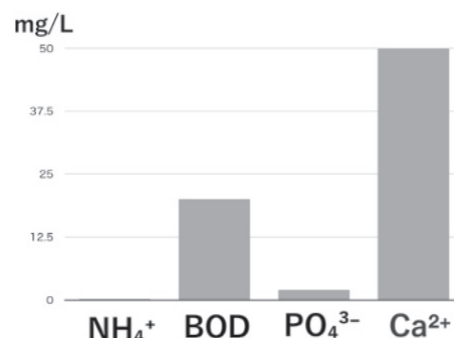


図 12 実験Ⅲ (A) の結果

B)

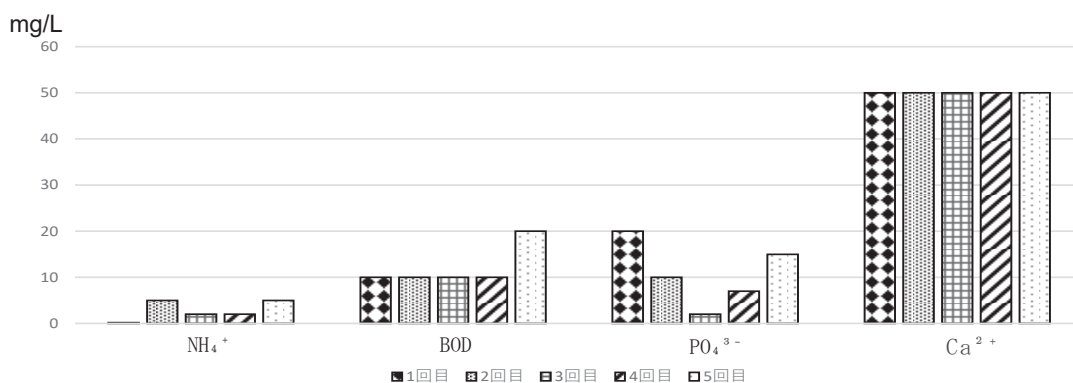


図 13 実験Ⅲ (B) の結果

- ・ NH_4^+ と PO_4^{3-} において、10 回目までは値が減り、その後は 20 回目まで値は増えた。
- ・ BOD において、蒸留水と同じように琉球石灰岩を通すほど値は増えた。
- ・ Ca^{2+} において、常に値は 50 以上だった。

5. 考察

- ・ 実験 I より、中流部分で汚れが琉球石灰岩に浸透し濾過されているのではないかと仮説を立てたが、実験Ⅲで琉球石灰岩に通すほど BOD の値が増えたことから琉球石灰岩の濾過作用は確認できなかった。
- ・ 実験 II より、 NH_4^+ 、濁度の値が極めて小さい湧水が雄樋川を希釈するため中流出口で NH_4^+ 、濁度の値が低くなったのではないかと考える。同様に、EC の値が大きい湧水が雄樋川に流れ込むため中流出口で EC 値が高くなったのではないかと考える。

- ・実験Ⅱ②より、雄樋川の水質は、全域で石灰岩地域の湧水にみられる『Ca-HCO₃型』であるため琉球石灰岩の雄樋川への影響は大きいと考える。
- ・実験Ⅲ(A)より、蒸留水を琉球石灰岩につけておくとCa²⁺の値が0から50以上に変わったことから、雄樋川のCa²⁺の値が全体的に高いのは琉球石灰岩の影響であると考え。
- ・実験Ⅲ(B)より、PO₄³⁻、NH₄⁺の値が一度減り、また増えたりしているのは琉球石灰岩から出るCa²⁺とPO₄³⁻、NH₄⁺が結合したり電離したりを繰り返しているからだと考え。

6. 展望

- ・カルシウムイオンメータを用いて、より正確なCa²⁺の値を調べる。
- ・実験①において、PO₄³⁻のパックテストの使用方法を間違えていたためパックテストの使用方法を見直して明確に判断できなかった値をもう一度調べる。
- ・実験③(B)において、濾過をする回数を増やしてそれぞれのイオンの値の変化を調べ、実際の雄樋川の水質の変化と比べる。

7. 参考文献

- ・地域の自然を活用した環境教育～沖縄県八重瀬町をフィールドとして～
著 新城竜一・安元純
- ・環境省 環境基準一覧
- ・地下水流動研究におけるマルチトレーサーの活用法
著 藪崎志穂
- ・琉球石灰岩の湧泉に関する若干～沖縄島南部の湧泉について～
著 清水欣一
- ・沖縄県：鍾乳洞に吸い込まれる雄樋川(前川ガンガラー)

https://www.web-gis.jp/GM1000/SelfSelect/Self-Select_176.html

8. 謝辞

南城市役所 田園整備課 宜野座 隆行さん、喜屋武 真大さん
おきなわワールド玉泉洞再開発プロジェクトチーム 大岡 素平さん
琉球大学 理学部物質地球科学科 教授 新城 竜一先生
総合地球環境学研究所の皆様
(株)宮昌工業の皆様
(株)がきや興産の皆様
本研究にご協力いただきありがとうございました。

来校しない学校紹介

Introducing the School Without a Physical Visit

要旨

向陽高校は沖縄本島南部にあり、遠く離れたところからの入学希望者が多く、見学のために本校へ来校することは多くの労力を要する。本研究では、受験生が容易に本校の情報を得る手段としてホームページ以外の紹介方法を考えた。メタバースの一つである cluster を使ってバーチャル世界に学校を再現し、実際の学校の情報をより得やすいようにする。また、このバーチャル向陽高校を見た人々が本校にどのような関心を抱いたのかについても調査を行う。

Abstract

Koyo High School is located in the southern part of Okinawa's main island, and many students come from far away to visit the school for a pre-enrollment tour, which requires a lot of effort. In this study, I explored alternative methods for websites for students to easily access information about the school. I plan to recreate the school in a virtual world using Cluster, a platform within the metaverse, to make it easier for students to access information about the actual school. I also conducted a survey to examine the interests of people who viewed virtual Koyo High School and their impressions of our school.

1. はじめに

向陽高校を紹介するにあたってホームページ以外の方法を模索し、今までにない学校紹介の方法を確立しようと考えた。そこで私は向陽高校をバーチャル世界に再現し、その世界で本高校を紹介する方法を考えた。一般的にバーチャル世界とはコンピュータ技術で再現され、ユーザーがアバター（分身）をなり現実世界とは異なる仮想的な環境を再現できるデジタル空間である。昨年度の研究では、360度カメラで学校内部の映像を撮影し、マイクラフトで向陽高校を再現する取り組みを行っていた。私はこの研究を cluster を用いて行い、ホームページと併せてアンケートを実施し、本研究が学校紹介に実用的であるかを調べることにした。

2. 目的

向陽高校を紹介するにあたって多くの方に本校を知ってもらい、そのうえで十分な情報を得られるようにする。cluster はメタバースプラットフォームとして世界中の利用者が多く、向陽高校を訪問するユーザーが多くなるであろうと考えた。ユーザー間での交流もできるため、学校を訪問する者同士の情報交換の場にもなるであろうと考えた。

また、今までの受験生が情報を得るための方法として、学校ホームページを参考にする生徒が多い傾向がある（図1）そのため、ホームページを作ろうと考えた。

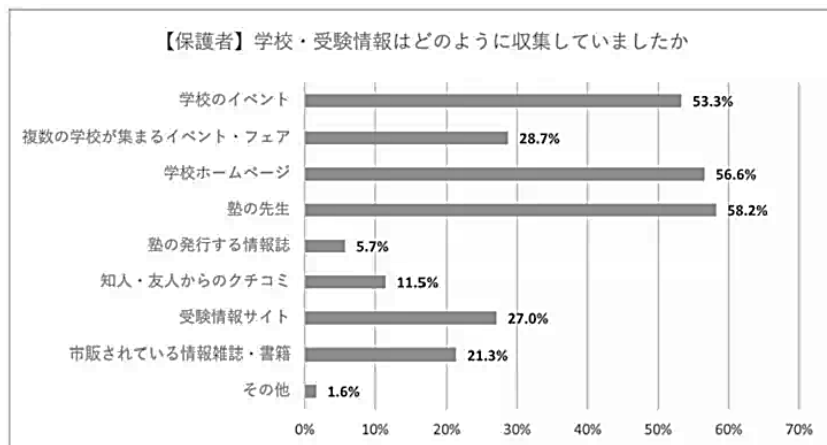


図1（栄光ゼミナール 2024 高校受験の情報収集に関する実態調査）

3. 実験・観察

（1）cluster ホームページの作成手順

1. 先輩方が撮影した360度カメラの画像（各教室を撮影したもの）から校舎の大まかな構造を把握する
2. Cluster を使って向陽高校を再現する
3. ホームページの作成
4. Cluster の一般公開
5. ホームページの一般公開
6. アンケートの実施

（2）アンケートの目的

1. アンケートには学校の情報を知るに十分な活動であるかをいくつか項目を作り（学校を体験した気になりましたか？ホームページだけでなくバーチャル世界での学校紹介はあったほうがいいですか？など）本研究の達成を調査するため。
2. 作成した仮想空間の学校を閲覧してもらい、そこで生まれた意見をアンケートを実施し意見箱として活用するため

4. 結果

(1) 仮想空間内での学校紹介

入口から作り、向陽高校の雰囲気を感じやすいようにピロティを作成し、ピロティから2階に続く階段、中庭、一階・二階のホームルーム教室を再現した。

(2) 学校紹介のホームページ

Wix というホームページ作成ツールを使用した。

ホームページの記載には、入試情報や年間行事、学科紹介など入学希望者が気になるような情報内容にした。また、バーチャルで再現した学校を閲覧した人に実際の学校の写真を対応して見てもらうために各教室を載せた。

どちらも、一般公開には至らなかった。

5. 考察

向陽高校を再現して教室内部の構造を再現することができ、入学を希望する方に教室の雰囲気を体験してもらうことができたと考える。また、ピロティや中庭など学校の大まかな構造も再現することができ向陽高校に来たことがない人にも興味を持ってもらうことはできると考える。しかし、実際の質感や細かな部分は再現しきれていないので閲覧した方が詳しく知りたいと考えるかもしれない。その要望にはホームページに載せた再現しきれていない部分の写真も確認することで閲覧者が詳しく知りたいと思ったところを実際に見てもらえることができ、より想像しやすいものであると考える。

6. 今後の課題

今回、仮想空間で再現した向陽高校には情報が不足しているので再現性を高めることと、メタバースで再現した向陽高校をメタバース上に一般公開することができなかつたので、一般公開できるようにして大勢の人に使ってもらい、向陽高校に興味を持ってもらう。十分に収集できなかったアンケートを実施して、これらの活動が向陽高校に興味を持つことにつながるのか調査する。

7. 参考文献

(1) 令和6年度本校 ssh「高校受験の新しい情報収集手段を模索する」

(2) メタバースに学校を作ってみて感じた新しい学校の在り方と教育の形 - CNET Japan
<https://japan.cnet.com/article/35207142/>

(3) 仮想空間（メタバース）とは？今知るべきデジタル空間の基礎知識
<https://corporatemuseum.tanseisha.co.jp/column/detail046/>

(4) 2024 受験生アンケート [高校受験編] - 栄光ゼミナール公式サイト
<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=eab74329b865afc8407d85067e2f4084bde8797f89e4254a1f85d52dc4992eefJmltdHM9MTc2MTA5MTIwMA>

バーチャル空間



写真（1）1階ピロティの様子



写真（3）二階から見た様子



写真（5）教室の様子

作成したホームページ



写真（2）学校外の写真



写真（4）学校内部の写真



写真（6）学校紹介

室内農業を自動化する

Automating Indoor Farming

要旨

現代社会では、気候変動や人口増加の影響による食糧不足が深刻化している。そこで私たちは、水耕栽培やマイクロコントローラーを活用して簡単かつ効率的な栽培を行うことは持続可能な食料生産の手助けになるのではないかと考え、この研究を行った。本研究ではマイクロコントローラーを用いて水耕栽培の作業を全自動で行い、人の手を介さずに作物の栽培を行えるようなシステムを作ることを目的とした実験を行った。

Abstract

Climate change and population growth are intensifying global food shortages. We believe that hydroponics, combined with microcontroller-based automation, offers a promising solution for sustainable and efficient food production. This study investigates the potential of a fully automated hydroponic system, designed to eliminate human intervention, to address these challenges. We conducted an experiment using a microcontroller to manage all cultivation tasks, aiming to demonstrate the feasibility of hands-free crop growth.

1. 始めに

水耕栽培とは、液肥に植物の根が常に浸かっている状態を維持することで、作物を効率的かつ簡単に栽培する方法のことである。

【水耕栽培の利点】

- ・室内で栽培するのに向いているため、害虫や病気のリスクが土壌栽培より低い
- ・栄養が水溶液として直接根に届けられるため、成長が早い(効率が良い)
- ・栽培環境をコントロールしやすく、栄養の管理がしやすい

本研究では、水中ポンプを稼働させることで液肥を装置内で常に循環させながら作物に栄養を届けるシステムをマイクロコントローラー等を用いて作成することで、作物の栽培の自動化を図ることを目的とした実験を行った。

研究素材

- ・ マイクロコントローラー (Arduino Uno R3)
- ・ 容器, 配管 ・ 水中ポンプ ・ タンク ・ EC センサー
- ・ 栽培用ポッド、スポンジ ・ コーキング(シリコン系)
- ・ 液体肥料 ・ ほうれん草 ・ カイワレ大根

当初はほうれん草のみで実験を行う予定であったが、試行回数を増やすため、より生育の早いカイワレ大根を使用することで、データを収集することができるように工夫した。

2. 実験方法

(1) 予備実験

水耕栽培の濃度を測定し、管理するための EC センサーの作成を行った。EC センサーは水中の電気伝導率(EC)を測るセンサーであり、水耕栽培を自動化するためには欠かせないものである。EC センサーの作成には Arduino と電気プラグを用いた。そこで水中に電流を流し、測定された抵抗の値から EC 値を計算するプログラムを作成した。

(2) マイクロコントローラーのプログラム

本プログラムは、Arduino と自作の電極端子を用いて水耕栽培液の電気伝導度(EC)を測定し、温度センサーによる水温補正を行うことで 25°C 換算の EC 値を算出するシステムである。得られた EC 値を溶解固形物濃度 (PPM) に変換し、リアルタイムで取得可能とすることで、肥料濃度を安価かつ高精度に管理できる簡易 EC・PPM メーターの実現をする。

具体的には、Arduino を用いて電気プラグ間に電流を流す回路を構成し、その間に挟んだ電極ピンによって培養液の抵抗値を測定する仕組みを採用した。また、温度センサーから取得した水温データをもとに EC 値の温度補正を行い、より正確な肥料濃度の指標を算出している。

将来的には、この測定データを基に肥料濃度の自動調整を行う制御システムを構築し、水耕栽培環境の自動最適化を目指している。(写真⑥・⑦)

(3) 実験の手順

1. 装置に種子を植えて、水だけを循環させ、発芽を待つ。
2. 発芽後、液肥を混ぜて、成長を待つ。(定期的にメンテナンスを入れる)
3. 成長後、収穫する。

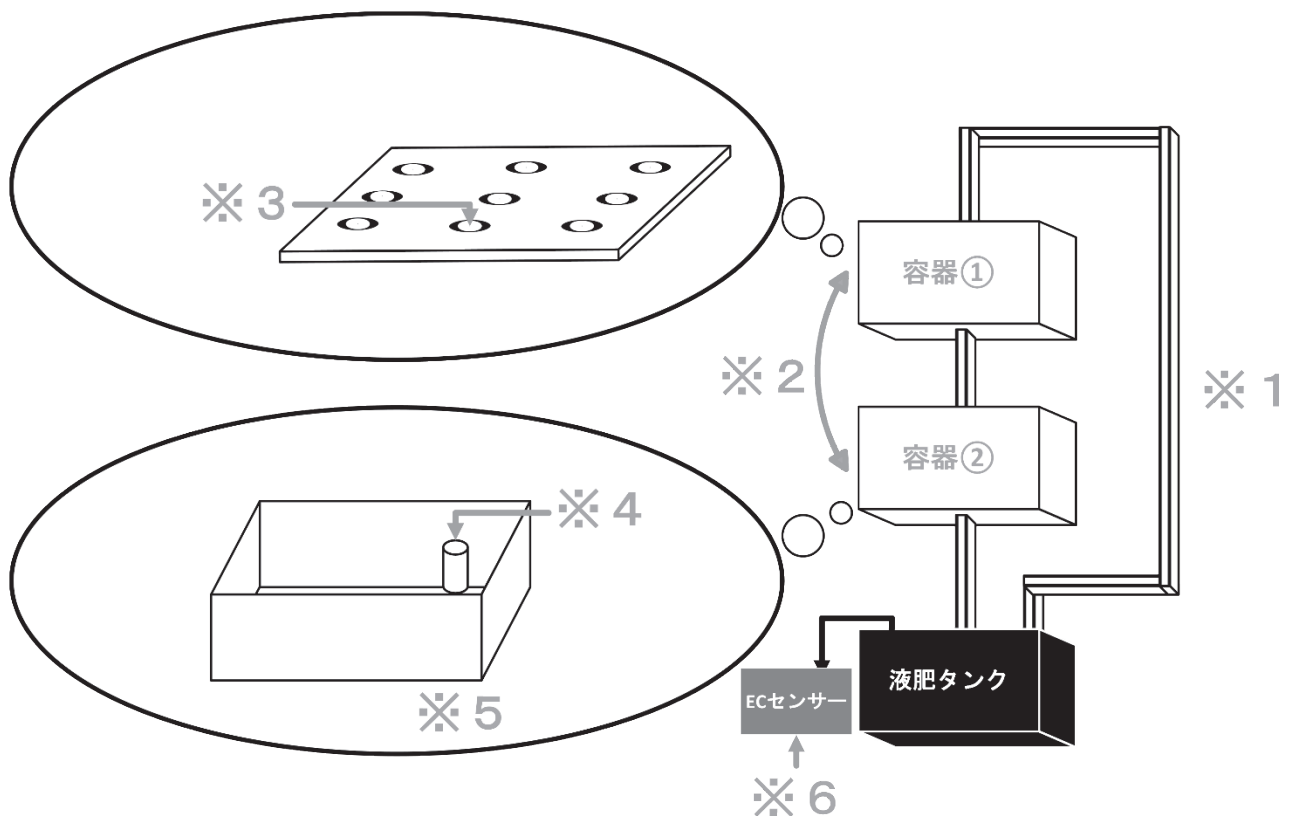


図 1

(4) 装置作成

私たちはまず、作物を栽培するための装置の作成に取り掛かった。(写真①～③)
 図 1 は装置の全貌を模式的に表したものである。

- ※ 1 水中ポンプを用いて液肥を容器②へ送る
- ※ 2 育てたい作物を容器の中のポッドに植える
- ※ 3 ポッドの中にスポンジが入っており、土の代わりに植物の根を支える働きを持つ
- ※ 4 容器の内部にはホースがあり、一定の水位を超えると下の階層に液肥が送られる仕組みになっている
- ※ 5 容器①と容器②は同じ構造
- ※ 6 EC センサーで液肥の濃度を測定し、基準値以下になれば追加を促す

(5) 実験中に感じた問題点

水を循環させて種を発芽させるまでの過程では特に問題なかったが、液肥を投入して装置を稼働すると、緑色のバクテリアのようなものが発生してひどく汚れてしまった。調べたところ、緑色のものは緑藻類というもので、これは水の中の酸素を奪ったり、液肥の pH や EC を狂わせたりして、作物の成長を妨げるものであると判明した。

(写真④・⑤)

栽培する環境があまり適したものになっておらず、日光が当たりすぎる時間帯があつて水温や気温が高くなりすぎることで成長が阻害されるといったことが起きているので、適切な環境を整えることでより生育が促進され、かつ健康な個体が完成すると思われる。

3. 結果

実験を行ったが、何度も失敗し、収穫まではたどり着けなかった。

また、室内農業をテーマにしていたが、設備の関係上、実験は室外の環境で行っていたため、思うように栽培環境を整えることができず、様々な問題が発生した。

EC センサーでは液肥の濃度を測ることはできたが、安定して測定を行うことができなかった。

4. 考察

今回の実験において栽培した作物はカイワレ大根及びほうれん草だったが、それ以外の作物でも栽培環境を整えて、液肥濃度の調整をする等の調整を行えば十分栽培可能になると考えられる。また、装置内の液肥を定期的に交換することや、現時点では成長度合いは個人で確認しなければならないことなど、完全自動化に向けた課題は数多くあるため、理論的な側面だけでなく、実際の運用面にも目を向ける必要があると考える。

栽培を完全に自動化するには EC センサーでの液肥濃度測定の安定性をより向上させ、正確にデータを収集する必要があると考えた。

5. 今後の課題

これらの問題を解決するために栽培用容器の周りにアルミホイルを巻いて日光を反射させたり、ポンプのホースに黒いテープを巻いて日光を遮断したりして、日光による悪影響を削減する手立てを考える必要があると感じた。

6. 参考文献

- ・ EC センサーのプログラム <https://hackaday.io/project/7008-hacking-the-way-to-growing-food/log/24646-three-dollar-ec-ppm-meter-arduino>
- ・ 家庭内水耕栽培の先行研究 <https://jitaku-yasai.com/self-made-hydroponics/>

【栽培装置制作の様子】



写真①



写真②

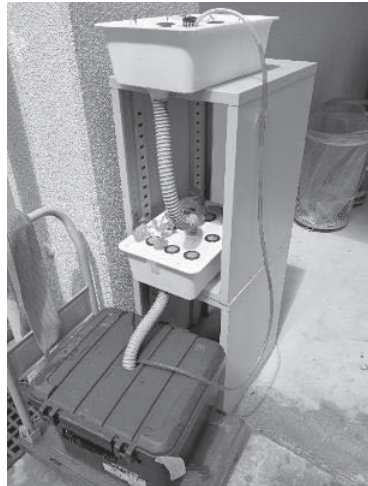


写真③

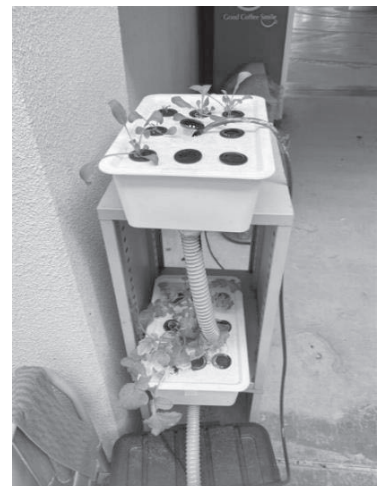
【緑藻類が発生している様子】



写真④

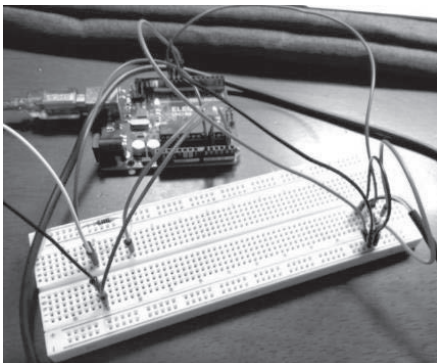


写真⑤



↑ 論文作成時の
野菜の成長度合い

【EC センサー】



写真⑥



写真⑦

令和6年度指定スーパーサイエンスハイスクール

SS 課題探究 生徒論文集 第2年次

発行日 令和8年3月

発行者 沖縄県立向陽高等学校



〒901-0511 沖縄県島尻郡八重瀬町字港川 150 番地

電話 098-998-9324 Fax 098-998-9326

<http://www.koyo-h.open.ed.jp>