



39年目を迎えた島田川水質調査

徳山高校では、毎年、地域の水源である島田川を水質調査しています。調査項目はpH、アルカリ度と酸度（滴定）、アンモニア態窒素（吸光度測定）、硝酸態窒素（吸光度測定）、塩化物イオン（滴定）、硫酸イオン（滴定）化学的酸素要求量（滴定）、硬度（滴定）リン酸（吸光度測定）の9項目にも及びます。17測定点の水質を丸1日かけて徹底的に調査してレポートにまとめます。計画、準備、実施、後片付け、まとめ。積み重ねた歴史は徳山高校の伝統となり、化学実験の修行場となりました。「徳山高校が地元の水資源を守っている」地域の方に言われた一言です。

令和5年度 スーパーサイエンスハイスクール 生徒課題研究論文集



令和6年3月
山口県立徳山高等学校

What do you know about HIBISCI??

ハイビスカス班 岡本 希聖 保賀 希聖 山本 希陽 中川 環乃 倉住 光恵

A. 背景・動機

庭園と建築にも使われている、マレーシアの国花であるハイビスカス。そのハイビスカスをマレーシア同様、御山高校でも一年中咲かせることができるのか興味を持った。もしハイビスカスが日本の気候に順応できるようにすれば、それをほかの植物にも応用できる。気候変動が世界中で、より広範囲で植物を栽培できるようにするため、資料収集や現地調査の目で研究するのでは無いかと考えた。

B. 方法

①学校の庭園の土を調べる(青木土壌分析キット、みどりくんを用いる)
 ②マレーシアで調査を行い、ハイビスカスの基本的なことについて学ぶ(苗の栽培や栽培方法など)
 ③マレーシアの土を調べる(①と同様)
 ④日本の土とマレーシアの土を比較し、日本でのハイビスカスの栽培に適した環境を考案する
 <青木土壌分析キットみどりくん>
 その場で測定結果が分かる。試料箱タイプの青木土壌キット。土に直接入れる。土壌分析結果を分析できる。測定範囲は、pH-10.0cmの深さから土を採取し、アラスチック容器に入れ、測定結果を返して返す。測定結果は印刷紙が入り、30秒後に測定結果が、40秒後にpHの値がわかる。

D. 考察

<pH>
 ①、②よりハイビスカスに最適なpHは5.0~6.0と判明。青木土壌分析キットを用いて、学校の庭園の土を調べてみた。マレーシアの土はpHが5.0~6.0と判明。マレーシアの土はpHが5.0~6.0と判明。マレーシアの土はpHが5.0~6.0と判明。

C. 結果

<調査から>
 ①ハイビスカスの葉について
 ・葉脈が網脈
 ・葉の裏面に腺毛がある
 ・葉の裏面に腺毛がある
 ②調査(リン)カリウムの比率
 調査結果より、これからの比率
 調査(リン)カリウム=7:6:5
 <土壌調査 実験結果>
 ①マレーシア ②ハイビスカスガーデン
 ③マレーシア青木土壌分析キット ④マレーシア青木土壌分析キット
 <結果>

	pH	有機物
①	5.0 ~ 6.0	0
②	5.0 ~ 6.0	0
③	5.0 ~ 6.0	0
④	5.0	0
青木土壌分析キット	5.0	20

 ⑤マレーシアの気候について
 <気候> 気候について
 マレーシア 平均気温 36.9℃ 湿度 100%
 日本 平均気温 13.2℃ 湿度 60%

E. 結論・今後の展望

御山高校でハイビスカスを一年中咲かせるにはこの花が多く咲いているマレーシアの環境を再現するのが有効だと考えられる。
 栽培条件として、気温は26℃前後を保ち、日射量を十分に与え、土壌の調査(リン)カリウム=7:6:5、pHは酸性になるように管理すれば、理論的に可能だと考えられる。
 今後、この栽培条件下で本当にハイビスカスが一年中咲くのかを実験的に検証してみたい。さらにほかの植物にも応用できれば、家庭用と異なる環境での植物栽培が容易になるため、気候変動の緩和は食糧生産の一環になるかもしれない。

図1 庭園中(HIBISCI)と、(HIBISCUS)の栽培状況である。

水質と築年数の相関関係

2年 見玉敦也 玉川早子 福田康大

目的

マレーシアの建物の築年数と水道水の水質との関係を探る。また、日本の水道水との差を明らかにする。

方法

1.カラランプール市内を現地の学生と周り(一部マラッカ市内) 現地の水を採取する
 2.バックテストを使用し水質を調べる
 3.築年数と水質との関係を探る
 4.日本の水質と比較する

仮説

築年数が古いほど、水道管から鉄さびが出てFeの含有量が多い。また、現地の人の事前調査で水道水を飲まないというため、程度は明確でないが、日本のほうが水質が良い。

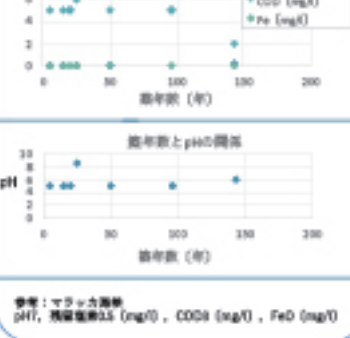
結果 I (築年数)

1.1b(5年)
 2.カラリリー・コ(15年)
 3.ブリーチャー・フード(20年)
 4.フィンクワ(25年)・噴水
 5.ヘアズ(50年)
 6.金浦示(96年)
 7.御山高校(143年)
 8.マラッカ海峡



結果 II (築年数と水質の相関)

築年数と残留塩素、COD、Feの相関

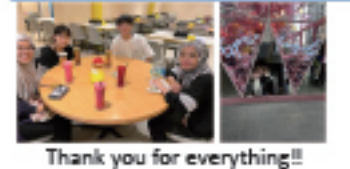


考察

マレーシアでのデータを比較すると、築年数による水質の大差は見られなかった。どのデータもFeが含まれていなかったのは、築年数=水道管の年数とはならず、水道管が途中で取り換えられているからだと考えた。また、残留塩素の値が高いところは、水道水の消毒が過剰に行われていると考えられる。さらに、COD値で見れば、御山高校は、マレーシアでのどのデータよりも水質が良いといえる。

今後の展望

今回の調査では、水道管の劣化と築年数が比例しないということを見落としてしまった。今後は多角的な視点を持って仮説を立て調査したい。



Thank you for everything!!

さすが 磁石！(そこにシビれる！あこがれる！)

一生懸命の力で磁石を動かす実験

① 研究目的
 磁石の磁力が鉄の塊に及ぼす影響を調べる。
 ② 実験方法
 磁石の磁力を測定するための実験装置を構築し、鉄の塊の質量と磁石の距離を測定する。
 ③ 考察
 磁石の磁力は鉄の塊の質量に比例する。また、磁石の距離が増えるにつれて磁力は弱くなる。

The Effect of An-kake

傾斜角と土砂の流出量の関係

① 実験
 傾斜角を変えて土砂の流出量を測定する。
 ② 結果
 傾斜角が増えるにつれて土砂の流出量も増加する。

砂粒の大きさと砂山の高さの関係~より高い砂山をつくらう~

山口県立御山高等学校 坂本 真由美 坂本 真由美 坂本 真由美

① 目的
 砂粒の大きさと砂山の高さの関係を探る。
 ② 方法
 砂粒の大きさを測定し、砂山の高さを測定する。
 ③ 結果
 砂粒の大きさが大きいほど砂山の高さも高くなる。

少年の日の思い出

御山高校の思い出

① 御山高校の思い出
 御山高校の思い出を振り返る。
 ② 御山高校の思い出
 御山高校の思い出を振り返る。

斜面を転がる物体の運動

斜面を転がる物体の運動の観察

① 目的
 斜面を転がる物体の運動を観察する。
 ② 方法
 斜面を転がる物体の運動を観察する。
 ③ 結果
 斜面を転がる物体の運動は等加速度運動である。

砂粒の大きさと砂山の高さの関係~より高い砂山をつくらう~

山口県立御山高等学校 坂本 真由美 坂本 真由美 坂本 真由美

① 目的
 砂粒の大きさと砂山の高さの関係を探る。
 ② 方法
 砂粒の大きさを測定し、砂山の高さを測定する。
 ③ 結果
 砂粒の大きさが大きいほど砂山の高さも高くなる。

台湾研修

志賀元隆 西田敏彦 松永浩毅 森田航汰

1. 学校交流

- (1) 調査内容
国立中山大学附屬陽光高級中學校と交流し、現地の文化、教育を調査する
- (2) 調査結果
・やさしい
・全ての学生が日常会話可能なレベルの英語力を持つ
・課題研究を行っている（発表は英語）
- (3) 考察
台湾の学生の方は愛らしくにもあるように態度を越えるやさしさを持っており、この「やさしさ」も台湾の特徴すべし文化だと考える。学生の英語力は高く、研究も進んでいることから、より世界で活躍する人材の育成に力を入れていると考える。

・レクリエーションの準備
・たぐまのお土産の準備
・星美の準備
・台湾の案内と送迎（送迎費）
〈案内していただいたかき水のお盆も学校に託っていた〉



図1 台湾の高校生との集合写真

2. 水質調査

- (1) 調査内容
北投温泉、陽明山自然公園で水の温度、pHを調査する。また、硫黄谷の水質を詳しく調査する。
- (2) 調査結果
表1 温泉の水質調査の結果
- | 温泉 | 温度(°C) | pH |
|---------|--------|------|
| 北投温泉 | 40 | 2.25 |
| 陽明山自然公園 | 100 | 2.64 |
- 表2 硫黄谷の水質調査
- | 塩素 | マグネシウム | 全硬度 | 塩化物 |
|-----|--------|--------|-----|
| 0.1 | 10 | 300 | 0 |
| リン酸 | 硝酸 | アンモニウム | COD |
| 0.2 | 1 | 2 | 8以上 |
- (3) 考察
表1の結果から、両方pHの値が低くなっていることがわかる。よって、どちらも酸性だといえる。また、表より、硫黄谷の水は、汚れが多く硬水と軟水の中間の硬度であることがわかる。

3. 大学見学

- (1) 調査内容
台湾師範大学校内を見学する。
- (2) 調査結果
大学内には巨大彫像、美術館、屋内プール、運動場といったたぐまの施設があった。図2の石像は世界でも台湾師範大学と東京芸術大学しか保有していない。このような機会が学習したいと強く感じた。



図2 石像 図3 石噴泉

4. 科学館

- この建物は国立台湾科学教育館と書かれているもので、物理、化学、生物、地学、数学の5分野が分かれて展示されている。
- 図4 科学館
- これらの中で特に印象に残った人体模型の展示について説明する。
- 生物分野にある、脳や内臓、血管などの詳しい解剖図がある。図5は中国語と、英語で書かれている。洋装型の大きな展示もあり、楽しみながら学ぶことができる。

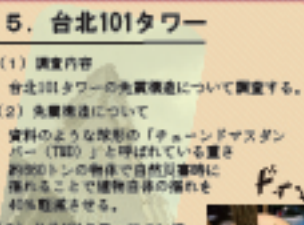


図5 人体模型の展示

7. 株式会社トクヤマ

- 株式会社トクヤマは、アジアを中心に世界7つの国と地域でグローバル展開している100年企業である。
- 台湾支部では、主に半導体産業と新素材事業で「Vitara」というサブリミント開発を行っている。
- 半導体産業では半導体を作る最初の工程で必要となる材料の化学製品の開発や研究を行っている。サブリミント部門では、漢方の重要な役割を担うエッセンスを抽出し、健康サプリや化粧品原料やサプリなど様々なサプリ市場と台湾で展開している。実際に試してみたが、特に乾燥剤の方に効果があった。

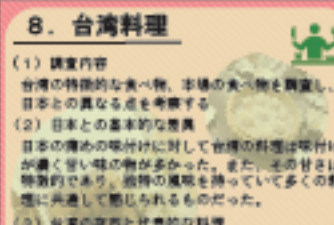


図9 台湾の夜市

5. 台北101タワー

- (1) 調査内容
台北101タワーの売場構造について調査する。
- (2) 売場構造について
資料のような限界的「チェンドマズダンパー(TDD)」と呼ばれる重さ約900トンの物体で自然災害時に揺れ込むことで建物自体の揺れを40%軽減させる。
- (3) 台北101タワーについて
高さ550mで世界10番目の高さを持つ台湾一のタワーである。

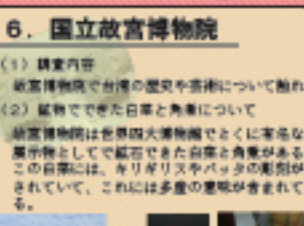


図6 TDD

8. 台湾料理

- (1) 調査内容
台湾の伝統的な食べ物、本場の食べ物を調査し、日本との異なる点を考察する
- (2) 日本との基本的な差異
日本の漬物の塩付けに対して台湾の料理は塩付けが薄く甘い味のものが多かった。また、その甘さは特徴的であり、独特の風味を持っていて多くの料理に共通して感じられるものだった。
- (3) 台湾の夜市と代表的な料理
・台湾の夜市
夜市とは夜9時から夕方から真夜中にかけて開かれる屋台で食べ物や雑貨などを売っている。
- ・魯肉飯(ルーローハン)
豚バラ肉を辛辛い味付けで煮込み、白飯の上に盛り付けた料理。北部では細かく切った状態、南部では大きく切られた状態で煮込まれるなど、地方によって形が異なる料理である。

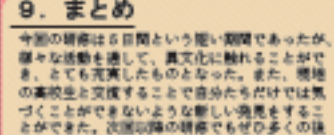


図10 魯肉飯

6. 国立故宫博物院

- (1) 調査内容
故宮博物院で台湾の歴史や芸術について触れる。
- (2) 展示物で見た日本と台湾について
故宮博物院は世界四大博物館とよく知られる展示物として展示された白雲と角鹿がある。この白雲には、ネリガリスネキッタの彫刻が施されていて、これには多量の意味が書かれている。

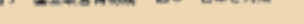


図7 国立故宮博物院 図8 白雲と角鹿

9. まとめ

今回の研修は8日間という短い期間であったが、様々な活動を通して、真文化に触れることができた。とても充実したものとなった。また、現地の高校生と交流することで自分たちだけでは気づくことができないような新しい発見をすることができた。次回以降の研修でもぜひ多くの先輩たちと楽しんでほしい。

タンパク質の腐敗に反応する菌類の同定

1 目的
2 調査内容
3 調査結果
4 考察

粘菌には学習能力があるのか

1 目的
2 調査内容
3 調査結果
4 考察

アニサキスの駆除の最適条件

1 目的
2 調査内容
3 調査結果
4 考察

動物園の動物の飼育環境

1 目的
2 調査内容
3 調査結果
4 考察



「スーパーサイエンスハイスクール生徒課題研究論文集」2024年3月

やまぐちけんりつとくやまこうとうがっこう
山口県立徳山高等学校 理科科・普通科



所在地
〒745-0061
山口県周南市鐘楼町2-50

連絡先
Tel. 0834-21-0099
0834-21-0198

http://www.tokuyama-hysn21.jp/bcms/index.php/tokko



令和5年度

スーパーサイエンスハイスクール生徒課題研究論文集



山口県立徳山高等学校

山口県立徳山高等学校

令和5年度スーパーサイエンスハイスクール生徒課題研究論文集

もくじ

はじめに	1
タンパク質の腐敗に反応する樹脂の開発	2
画像認識のみを用いた自転車自動ブレーキの開発	6
美髪への道	10
粘菌に学習能力があるのか	14
指で操作できるマウス代替機器の制作	18
これからのエコペーパー	22
アニサキスの成長条件	26
砂とプラスチック分離方法の開発	30
土壌条件による微生物燃料電池の最適化	34
3次元気体シミュレーションによる、高校物理の学習のためのARアプリの開発	38
カーボン系固体酸触媒を用いたセルロースの加水分解	42
ヒメタニシによる水質の浄化	46
食用油におけるポリスチレンの溶解具合について	50
最強の保冷剤を作る	54
海藻及び海草の灰分量による炭素含有量の評価手法の検討	58
椎茸菌の成長と音の関係性について	62
内接 n 角形の分割の最大個数	66
ハンドサインによる新しい撮影システム	70
足跡を可視化する装置の開発	74
あなたの知らない米ノリの世界	78
じゃぐっち	82
紙粘土を柔らかく	86

はじめに

山口県立徳山高等学校は、令和2年度に第Ⅲ期スーパーサイエンスハイスクール(以下SSH)に指定されました。これまで継続してきた様々な取組は、地域の方々、企業、大学、保護者、卒業生など多くの方に支えられながら成熟し、現在は学校の特色を形成するまでに成長しています。その成果として、科学部部員および「課題研究Ⅱ」受講者が作成した課題研究論文を本論文集に掲載しています。

課題研究に対する取組は、SSH指定第Ⅲ期に入って大きく飛躍し、指定4年目となる今年度も質・量ともに充実した内容の研究が多数行われました。課題研究の校外発表数は、第Ⅱ期最終年度の18件から毎年増加して今年度は62件に達し、全国大会で発表する研究も8件ありました。そのような研究の中から、「筋電位を用いたハンズフリーデバイスの開発」「足跡を可視化する装置」「じゃぐっち」「ハンドサインによる新しい撮影システムの実現」がそれぞれ「中国・四国・九州地区理数科高等学校課題研究発表会 優秀賞」「テクノ愛2023 奨励賞(2件)」「サイエンスキャッスル2023 関東大会 東武不動産賞」を受賞しました。延べ25名の生徒が表彰され、さらなる研究へのモチベーション向上や次の研究をする生徒への目標提示となっています。

こうした課題研究活性化の大きな要因は、「校内科研費」制度と「企業連携」です。「校内科研費」制度とは、生徒の研究計画のプレゼンテーションを校長が評価し、実験機材の購入や発表旅費に使う資金を交付する本校独自の研究支援制度です。この制度は、SSH指定第Ⅱ期の最終年度(令和元年度)から始まり、今年度で5年目となります。今年度は、昨年度の過去最多に次ぐ13の生徒チームが申請し、総額55万円をチームに分配しました。申請チーム数は、令和元年度には4チームでしたが、現在では十数チームが通常となりつつあります。また、「企業連携」も課題研究の質向上に大きく貢献しています。課題研究では、しばしば生徒や教員だけでは解決できない技術的、金銭的な問題に直面します。本校では、測定機器の借用や、技術的な助言など、企業から手厚い支援を受けることができます。高校生の研究活動を支援する様々な企業や地域の人々とのつながりは、探究活動を持続させる原動力になると考えています。

このように、徳山高校は「校内科研費」制度と「企業連携」により、生徒の自主性と主体性を維持しながら、質の高い課題研究を実現するに至りました。

本論文集に掲載されている論文には、課題研究の過程で生徒の得た様々な学びの成果が表れています。SSH事業を通じて、生徒は研究を計画し、実験を準備し、試行錯誤を繰り返しながら成果をまとめて発表し、論文を作成します。このような課題研究の過程が生徒に様々な学びを与えています。

未来を支える科学技術人材を育成するため、忌憚のないご意見をいただけたらと存じます。

令和6年3月

SSH主任 有馬和宏

タンパク質の腐敗に反応する樹脂の開発

原朋花 坂東陽向 藤田桜子 棕梨菜々子

指導教員 西村みずき

アブストラクト

タンパク質が腐敗するとアンモニアが発生して pH が大きくなることに着目し、pH によって変色する身近な自然材料を使用して、腐敗に反応する樹脂を製作した。タンパク質の腐敗によるアンモニア発生量、pH の変化を調べ、その変化に応じて変色する材料としてアントシアニンを多く含む赤紫蘇を選定した。赤紫蘇抽出液、カラギナンとポリアクリル酸ナトリウムを用いて樹脂を製作した。ササミを用いて樹脂の変色を観察すると、ササミの腐敗初期における酸性下、腐敗後期における塩基性下ともに色調が変化することが明らかになった。

1. 研究目的

食品の腐敗の初期段階では、食品を安全に食べられるかどうか正しく判断することが難しい。腐敗に気付かずに食品を食べてしまうと、食中毒の原因になり得る。このような背景から、食品が腐敗するときの pH の変化に着目して、身近な材料を使って食品の腐敗に反応する樹脂を開発しようと考えた。樹脂を身近な自然材料から作ることができれば、誰でも手軽に製作することができる。さらに、食品の腐敗に反応して樹脂が変色することで、腐敗を検知する客観的な指標となる。このような樹脂を開発し、各家庭で手軽に食品の腐敗具合を正しく判断できるようにすることで、食中毒を減らしたいと考えた。

2. 研究方法

(1) 研究1 腐敗による変化

ササミの腐敗による pH とアンモニア濃度の変化を調べた。

- ① ササミを 11℃ に保ち放置する。
- ② 放置したササミを水にさらし、pH を測定する。測定は 0、1、2、3、4、7 日目に行う。
- ③ パックテストを用いて、② で用いた溶液に含まれるアンモニウムイオン濃度を測定する。測定は 0、1、2、3、4、7 日目に行う。

(2) 研究2 色素の選定

参考文献から、タンパク質の腐敗初期では

500ppm、腐敗が進行すると 1700ppm のアンモニアが発生することが分かっている。そこで、アントシアニンを含む赤紫蘇の抽出液 A、B を準備し、(i) 蒸留水、(ii) 500ppm のアンモニア水、(iii) 1700ppm のアンモニア水をそれぞれ 1 mL ずつ滴下し、色の変化を調べた。

- A 400mL のお湯にゆかり (三島食品) 10 g を加えてろ過する。
- B 400mL のお湯とエタノール 100mL を混合し、ゆかり 10 g を加えてろ過する。

(3) 研究3 樹脂の作成

研究2で使用した赤紫蘇抽出液を、紅藻類が原料で食品のゲル化剤などに使われるカラギナンと、増粘剤として食品添加物にも使用されるポリアクリル酸ナトリウム (SAP) を用いてシート状にした。

- ① 赤紫蘇抽出液 50mL を 70℃ まで温め、砂糖 0.1 g を加え、カラギナンと SAP を表 1 の割合で加えてよく混ぜてシャーレに入れて冷まし、樹脂を作製する。
- ② それぞれに 500ppm、1700ppm のアンモニア水を滴下し、カラーメーターを使って色の変化を調べる。

表 1

	カラギナンのみ		カラギナン	SAP
a	0.5 g	d	1.0g	0.020g
b	1.0 g	e		0.1g
c	1.5 g	f		0.15g
		g		0.20g

(4) 研究 4 樹脂の性能

今まで作成した樹脂のうち、最も反応が良かったのはカラギナン 1.0 g、SAP0.15 g だが、目で見た際に色の変化が分かりやすいのは、SAP の量を 0.1 g にしたシートであった。そのためカラギナン 1.0 g と SAP0.1 g で樹脂を製作し、ササミを乗せて常温で放置した際の変化を観察した。

- A 樹脂のみ B 樹脂+ササミ
 C 白紙+樹脂 D 白紙+樹脂+ササミ
 (弱塩基性) (弱塩基性)

1. 3. 結果

(1) 研究 1

① pH の変化は次の図 1 のようになった。

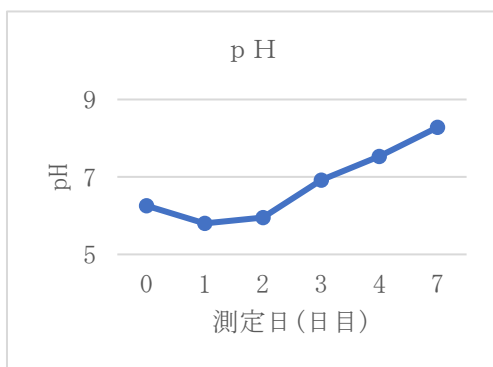


図 1

② アンモニウムイオン濃度の変化は次の図 2 のようになった。

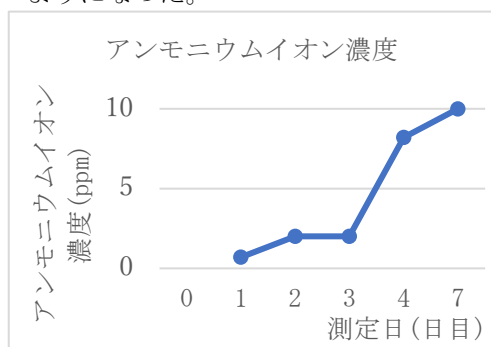


図 2

(2) 研究 2

蒸留水を加えたものは色の変化がなかった。

赤紫蘇抽出液に 500ppm のアンモニア水を滴下したものは蒸留水を加えたものよりも色が薄くなった。1700ppm のアンモニア水を滴下したものは色が緑に変化した。また A の赤紫蘇抽出液よりも B のエタノール 100mL を加えた赤紫蘇抽出液のほうが色の変化が分かりやすかった。

(3) 研究 3

① 次の表 2 に、カラギナンのみで作成した樹脂と、アンモニア水を加えた後のカラーメーターの値の差を示す。

表 2

カラギナン (g)	アンモニア水 (ppm)	ΔL	Δa	Δb
a	1700	3.30	2.47	1.75
	500	2.36	1.44	0.68
b	1700	4.17	2.10	0.84
	500	1.56	1.12	2.76
c	1700	0.88	1.41	0.62
	500	3.76	0.78	4.06

次の図 3 には、L、a、b の値の変化量の合計を示す。

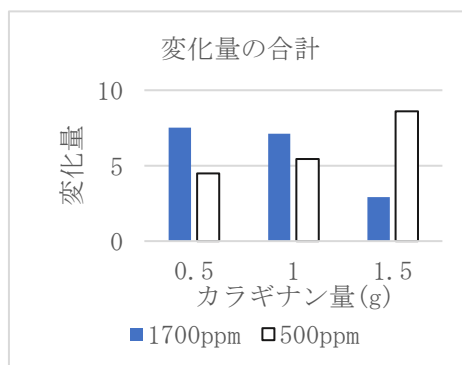


図 3

② 次の表 3 に、同量のカラギナンに SAP の量を変化させて作成した樹脂と、アンモニアを加えた後のカラーメーターの値の差を示す。

表 3

SAP (g)		アンモニア水 (ppm)	ΔL	Δa	Δb
d	0.02	1700	2.79	1.06	1.87
		500	3.46	0.67	0.64
e	0.10	1700	1.62	2.20	0.88
		500	0.04	0.25	0.19
f	0.15	1700	5.79	2.28	1.96
		500	4.59	1.62	1.99
g	0.20	1700	2.55	0.92	0.01
		500	1.37	1.15	1.18

次の図 4 に、L、a、b の値の変化量の合計を示す。

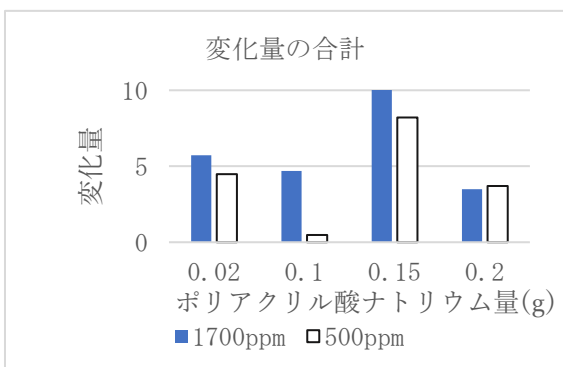


図 4

(4) 研究 4

① 次の表 4 に、放置後にカラーメーターで測った際の、b 値を示した。

表 4 b 値 (青味)

	直後	2 時間	20 時間	1 日後
A	9.09	9.09	-	6.27
B	9.09	8.35	10.77	10.52
C	9.09	12.41	-	14.07
D	9.09	4.98	2.54	2.8

② 次の表 5 に、放置後にカラーメーターで測った際の、a 値を示した。

表 5 a 値 (赤味)

	直後	2 時間	20 時間	1 日後
A	8.51	8.51	-	7.02
B	8.51	5.55	4.06	4.07
C	8.15	2.00	-	1.59
D	8.15	-0.04	0.63	0.58

③ 次の図 5 に A と B、C と D それぞれの a 値と b 値の差の合計を示した。

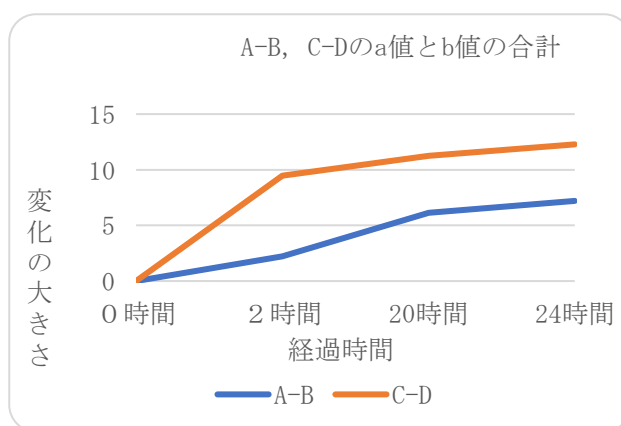


図 5

また、肉眼で色を確認したところ、Aは赤で、Bはササミを乗せていた部分のみ黄、Cは緑、Dは肉を乗せた部分のみ赤みを帯びた白であった。

4. 考察

研究 1 アンモニア濃度の上昇がみられたことより、ササミが腐敗するとアンモニアが発生することがわかった。また、タンパク質の分解により何らかの酸が生じて、はじめ pH が下がるが、アンモニアの発生に伴い pH が大きくなったと考えられる。

(2) 研究 2

アンモニアの濃度が高くなるにつれ、赤紫蘇抽出液の色の変化が大きくなった。また抽出液 A より、エタノールを加えた抽出液 B のほうが色の変化が分かりやすかった。エタノールを加えたことによりクロロフィルの抽出量が増え、クロロフィルがアンモニアの吸着に影響を与えていると分かった。

(3) 研究 3

① 表の ΔL 値 (明るさ)、 Δa 値 (赤色)、 Δb 値

(青色)を合計した値で、一番値の大きいものが変化の大きいものと判断する。かつ、アンモニアの濃度が大きくなるにつれて変化量が大きくなる必要がある。カラギナンが 0.5 g、1.0 g のときがこの条件にあてはまる。さらにカラギナン 1.0 g ではアンモニアの濃度が低いとき、より変化量が多い。これは、カラギナンが塩基性であり、微量のアンモニア濃度でも樹脂が変色するまでに必要な塩基の補填をしたと考えられる。1.5g のときに条件を満たさなかった理由として、樹脂を作る際に切る厚さにばらつきがあったことが挙げられる。

② ①と同様に変化値の合計で比較を行ったところ、SAP が 0.15 g のとき最も変化が大きいことが分かった。しかし、目で見た際にカラギナン 1.0 g、SAP 0.1 g のほうが樹脂に適していると判断した。

(4) 研究 4

A と B を比較すると 2 時間後から視覚的に赤→黄の変色に見えた。A と B の差を見ると、B では 2 時間後に a 値が減少した後、20 時間後からはほぼ一定になった。b 値は 20 時間後まで A と B で大きな差はない。2 時間後から塩基の発生により、赤味が大きく変化したのではないかと考える。C と D を比較すると、視覚的には緑→赤みを帯びた白の変色に見えた。2 時間後に b 値が大きく変化している。a 値はどちらも 2 時間後から小さい値のままであった。このことから早期にササミから発生した酸に反応することができたと考えられる。

5. 結論

ササミの腐敗初期では酸性を示すが、腐敗の進行とともにアンモニウムイオンが発生し、pH が大きくなり塩基性になることが分かった。赤紫蘇とエタノールを用いてアントシアニンを抽出した赤紫蘇抽出液は、1700ppm アンモニア水を滴下して pH を大きくすると赤から緑に変色したが、500ppm アンモニア水を滴下しても赤紫蘇抽出液は変色しなかった。カラギナン、SAP を用いて赤紫蘇抽出液をシート状にして 500ppm アンモニア水を滴下すると、シートは赤から緑に変色した。SAP とカラギナンが塩基性であるため、

微量のアンモニアにも反応しやすくなった。また塩基性の白紙によって緑色に変色した樹脂の上に腐敗したササミを置くと白に変色した。同じ緑の樹脂にアンモニアを含ませた脱脂綿を置いて、ササミと同じような変色は見られなかったが、0.1mol/L 塩酸を滴下したところ赤に変色した。赤の樹脂にササミを置くと黄に変色した。このことより、ササミの腐敗初期に発生した酸性の物質が緑に変色した樹脂を白に変色させたと考えられる。今回作製した樹脂は、アンモニアだけでなく、ササミの腐敗によって発生する酸性の物質にも反応するといえる。

今後は、緑の樹脂が赤味を帯びた後、ササミの腐敗によってさらに白に変色した原因をさらに調べたい。そして、腐敗の進行とアンモニア濃度との関係における樹脂の変色を定量化していきたい。

6. 謝辞

今回の実験を行うにあたり、東ソー株式会社様の測色色差計を使用させていただきました。この場をお借りして感謝を申し上げます。また、西村先生をはじめとする先生方にはたくさんのアドバイスをいただきました。ありがとうございました。

7. 参考文献

- 谷垣聡音(2022).「温度選択的可溶性を付与した生分解性素材の開発」.
- 牛腸ヒロミら(2014).「緑葉抽出物で染色した綿布によるアンモニアの消臭性」.『実践女子大学生生活科学部紀要』, 51(9), 77-81.
- 中川弘ら(1999)「食肉の保存温度と微生物の消長」.『日本食品微生物学会雑誌』, 16(2), 125-129.
- 中嶋昌徳(2000).「魚のヒスタミンによるアレルギー様中毒に関する研究 1 しまあじ(鮮魚)の保存温度とヒスタミン生成の関係」.『福岡市保健環境研究所報』, 25, 55-59.
- 田邊亮一(1990).「鶏肉における pH、K 値、保水性および遊離アミノ酸含量の死後変化」.『日本畜産学会報』, 61(11), 998-1003

画像認識のみを用いた自転車自動ブレーキの開発

桑原颯汰 宅野彰晟 門田知大

指導教員 有馬和宏

アブストラクト

自転車の自動ブレーキ開発において、狭い場所を走行することで距離センサーが有効に使えないことが障害となっていると考え、画像認識のみを用いた自動ブレーキを開発した。画像認識には、「アンゼン」「キケン」の2種類の画像をそれぞれ150枚学習させたAIを使用した。このAIは、静止画に対しては、約96%の正解率で「アンゼン」「キケン」を判定できた。さらに、学習する画像を増やしてサーボモーターを連動させることにより、危険な状況を判断して、自動的にブレーキレバーを引くシステムを作ることができた。

1. 研究目的

自転車事故は2010年からは減少傾向にあったものの、2017年から増加に転じている（日本損害保険協会、2023）。また、自転車事故は約8割が自動車との事故であり、身近な例とすれば、私の周りにも自動車と事故を起こしてしまった人がいる。さらには、自動車には自動ブレーキがついているが、自転車には自動ブレーキがついていた例がない。よって、自転車に後から搭載できる自動ブレーキを開発することで子供から高齢者まで多くの人が安全に自転車に乗ることができる。

今までに開発されたことのない自転車用の自動ブレーキであるが、今までに実現しなかった理由は、「自転車が狭いところを走ることに」と考えられる。一般的な自動ブレーキはカメラとレーダーなどの距離センサーで構成されている。しかし、そのような自動ブレーキは、裏路地など狭いところを走るときは壁や電柱などの障害物とセンサーの距離が近く、距離センサーを有効に使えない。また、狭いところを走るため、自動車よりも障害物との距離が頻繁に変化し、AIの判定を誤らせてしまうことが多くなると予想される。このことが、自転車の自動ブレーキ開発の障害となっていると考えた。また、自動ブレーキシステムを後付けするとき

車体の前方に距離センサーをつけ、設定するのは非常に手間がかかり、誰でも容易に使えるものではなくなってしまう。そこで本研究では、周囲の状況判断

において画像認識のみを用いた自動ブレーキを開発し、自転車での走行時における、頻繁に変化する障害物との距離という問題からの解放、システムの簡略化を目指した。

2. 研究方法

本研究の自動ブレーキは、カメラを用いて走行時の状況をモニターしてAIで状況を判断し、その結果によって、マイコンである「Arduino」を使用してサーボモーターの動作を決定し、ブレーキレバーを引くものである。

※「アンゼン」、「キケン」とカタカナで表記しているものは、AI作成時の画像を格納するファイル名であり、画像がふたつのうちのどちらなのかを表す。

(1) ソフトウェアの開発と「アンゼン」、「キケン」の画像判別実験

プログラミング言語「Python」を用いて、走行時の状況が安全か危険か判断できるAIを、「アンゼン」「キケン」の2種類の画像を用いて機械学習をして作成する（図1）。「アンゼン」の画像は自転車で歩道または車道の左側を安全に走行中かつ

写真を自転車に取り付けたカメラで撮影し、「キケン」の画像はBlenderで作成した自動車の3Dモデル(図2)を作成して「アンゼン」の写真に合成して、左折してくる自動車に巻き込まれる状況を再現したものである(図3)。これらの画像を、機械学習したAIに「アンゼン」または「キケン」の写真を判定させる実験を行う。そして、(正しく判断した回数 / 実験回数) × 100 を精度として算出する。

```
for data in Datas:
    imgarray.append(img_to_array(data))
imgarray = np.array(imgarray) / 255.0
imgarray = imgarray.astype('float32')
#predict by data
preds = model.predict(imgarray, batch_size=imgarray.shape[0])
time.sleep(0.1)
try:
    for pred in preds:
        #show pred KAKURITSU
        for i in range(num_classes):
            print("i=",i," ", ident[i],"=",preds[0][i])

        #show pred name
        max_pred_i=np.argmax(preds)
        print("This is {}".format(ident[max_pred_i]))

        #draw on picture Japanese fonts and send sign
        img_pil = Image.fromarray(img)
        draw = ImageDraw.Draw(img_pil)
        draw.text((20, 20), ident[max_pred_i], font = font, fill = (100,100,0))
        draw.text((20, 50), str(int(100*preds[0][max_pred_i]))+"%", font = font, fill = (100,100,0))
        img = np.array(img_pil)
        ser = serial.Serial()
        ser.port = "COM11"
        ser.baudrate = 9600
        ser.setDTR(False)
        ser.open()
        if 100*preds[0][0] >= 50:
            ser.write(b"1")
            print("1 sended")
        else:
            ser.write(b"0")
            print("0 sended")
        ser.close()
        time.sleep(0.01)
```

図1 AIのプログラム(一部抜粋)

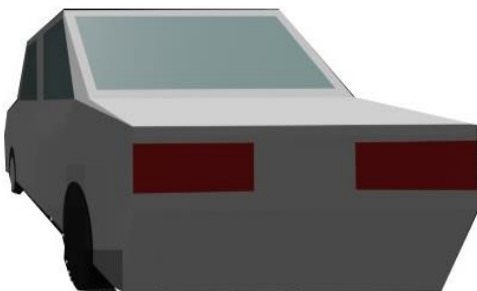


図2 自動車3Dモデル



図3 「キケン」の画像

(2) ハードウェアの作成と両者の連動

Arduinoを用いてAIの判断結果が

- ① 「アンゼン」のときはサーボモーターがブレーキレバーを握らない角度にする
- ② 「キケン」のときはサーボモーターを回転させる

というプログラムを作成する(図4)。ハードウェア面だが、結束バンドでハンドルバーにサーボモーターを固定し、サーボモーターに取り付けたアームとブレーキレバーをつなげる。(図5)サーボモーターが回転しきったときにブレーキを完全に握りきれよう、ブレーキレバーとサーボモーターをつなげるにあたって、柔軟で長さを調節しやすいタコ糸を用いた(図5)。

```
1 #include <Servo.h>
2 Servo myServo1;
3 Servo myServo2;
4
5 void setup() {
6     pinMode(2, OUTPUT);
7     myServo1.attach(2, 500, 2400);
8     pinMode(13, OUTPUT);
9     myServo2.attach(13, 500, 2400);
10    Serial.begin(9600);
11 }
12
13 byte inputData;
14 void loop() {
15     // シリアルデータを受信したら処理を実行する
16     if (Serial.available() > 0) {
17         inputData = Serial.read();
18         switch(inputData){
19             case '0':
20                 myServo1.write(90);
21                 myServo2.write(90);
22                 break;
23             case '1':
24                 myServo1.write(0);
25                 myServo2.write(180);
26                 break;
27             default:
28                 break;
29         }
30     }
31 }
```

図4 ハードウェアのプログラム



図5 自動ブレーキハードウェア

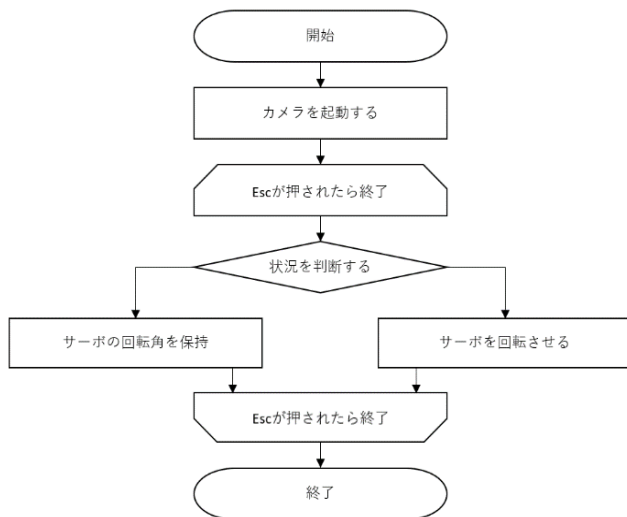


図6 自動ブレーキ フローチャート

(3) 走行実験

自転車に取り付け、自動車の近くや歩道、駐輪場など、自転車で実際に走行することが想定される場所を走行し、「アンゼン」、「キケン」のどちらの状況でも正しく判断できるか確認する。

3. 結果

前述の実験(1)では、精度は約96%と、かなり高い結果となった。しかし、実験(1)の

AIを使って実験(3)を行うと、駐輪場や暗い場所などでブレーキが誤作動してしまった。そこで、「アンゼン」のデータを、先ほどと同じ定義で新しく1436枚収集し、その中から、いくつかの交差点が写った画像に自動車の3Dモデルを合成して「キケン」のデータを作成し、それらをさらに機械学習させて、新しくAIを作成した。このAIを使って実験をしたところ、誤作動はほとんどなくなった。また、実験中に同じ位置でも自転車を傾けて自動車の写り方を変えてみると「アンゼン」、「キケン」の判定が変わることが分かったため、「キケン」の画像の傾きを様々に変更した画像を、さらに機械学習をさせてAIを作成し、再実験をすると、判定が不安定になることが全くなくなった。

4. 考察

実験(1)のAIが機械学習していた「キケン」のファイル内に暗い画像が多く、「アンゼン」のファイル内には明るい画像が多かったことから、暗い夜道やトンネルなどで「アンゼン」な状況を「キケン」と判断してしまうことがあった。2回目の実験では「アンゼン」では100枚強から1,000枚弱、「キケン」では100枚強から231枚と、ファイル内の画像を大幅に増やし、「アンゼン」に様々なシチュエーションの画像(駐輪場、信号待ちなど)を加えた。また、両ファイルの画像の明るさも同等の物を用いたことにより両画像の差が自動車の有無のみになったことで、判断結果がカメラの映す画像の明るさに左右されにくくなった。さらに、判断結果は自転車の傾きによる自動車の映り方にも関係があることが分かったので、「キケン」の画像をそれぞれ $\pm 2^\circ$, 4° , 6° , 8° と傾けた画像(総数1848枚)を、Pythonを用いて作成して「キケン」に追加し、それに追従して「アンゼン」の画像を1436枚弱に増やして追加実験をした。結果として、今までは短い時間で判定が変化していたのに対し、傾きが変わっても判定が変化しなくなったことで、よりブレーキを正

確にかけられるようになった。

5. 結論

実験(1)の静止画を読み込ませる実験と、実験(3)の実際に走ってみる実験では状況が異なるため、精度が約96%と高かった前者で見つからなかった問題点が後者で露呈することとなった。しかし、「アンゼン」の状況を「キケン」と判断することに対しては、道路や歩道を走行している画像のみでなく駐輪場や信号待ちの画像を「キケン」のフォルダに追加して学習させ、自転車の傾きによって変化する車の見え方の違いに対しては、「キケン」の画像の傾きを様々に変化させて学習させることで、右前方の近接した位置に自動車がある巻き込み事故が起こる可能性がある状況で、自動的に自転車のブレーキレバーを引く、自動ブレーキシステムを作成することができた。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、私たちの班の指導教員である有馬和宏先生には終始適切なお指導をしていただきました。また、科学部物理班の顧問である末谷健志先生にはプログラミングやハードウェアの構造など、多くの助言をしていただきました。ここに深謝の意を表します。最後に、物理班の皆様には、本研究の遂行にあたり多大なご助言、ご協力頂きました。ここに誠意の意を表します。

7. 参考文献

一般社団法人日本損害保険協会 (2023)
「知っていますか? 自転車の事故 ～安全な乗り方と事故への備え～」
https://www.sonpo.or.jp/report/publish/bousai/ctuevu00000053ot-att/book_bicycle.pdf

2024年1月25日

美髪への道

高橋百花、平林一花、松下結子

指導教員 大塚薫

アブストラクト

髪は人の印象に大きな影響を与える。「髪をより美しく」をテーマにツヤという光学特性、物理特性に着目し様々な実験を行った。本研究では、髪の損傷を修復するにはどのような成分が必要なのか調べた。結果より、髪の損傷（キューティクルの損傷）は糖化反応によってキューティクルが接着することで修復することが分かり、髪の修復に必要なものの1つとして糖があげられるという結論に至った。

1. 研究目的

昔から「髪は女の命」といわれているように髪はツヤは人の印象に大きな影響を与える。「佐藤直樹、美しい髪の機構と毛髪の構造、表面化学、27(8)、480 - 484 (2006)」では、メデュラ、コルテックス、キューティクルの損傷により、光の当たり方が同じでも美しく見えないことから、髪の内部を補修し最も髪が美しく見える状態を研究している。そこで私たちは髪の損傷を身近な食品を使って修復することは可能なのか、また身近な食品の中でどの成分が髪の修復に役立つのか調べることにした。予備実験では、髪のツヤの外部的要因を明らかにするため照度や光の波長の違いに着目し、それらによる髪の見え方を調べた。ここでの“ツヤ”という抽象的な概念を、同年代の高校生からの、SNSを用いたアンケート調査をもとに数値化した。そして、照度に関しては日光ありの屋外のときの髪の見え方が、光の波長については緑や黄色など可視光線のスペクトルの中間の波長の髪の見え方がツヤが多くみられ、一般的に美しい髪とされることが分かった。ここで私たちは栄養価が高く、粘り気のあるはちみつが髪の損傷を修復するのに役立つという仮説を立て、実験を行った。本実験では、昔に髪トリートメントとして使われていた米のとぎ汁と米ぬか、栄養価の高いはちみつ、タンパク質を保護する効果を持つ砂糖水、乾燥を防ぐごま油、美容成分やミネラルを含む海泥を用いて髪の修復の程度を調べた。また、比較をするために、髪の水分を奪い、髪の損傷

を促す海水を用いて髪の損傷についても調べた。実験の結果から、髪の修復にどの種類の成分が必要なのかを身近に手に入るものという観点から考察した。

2. 研究方法

くせ毛、直毛、カラーをした髪の3種類の髪を用意する。それぞれ10本ずつを一束としてはちみつ、ごま油、米のとぎ汁、米ぬか、砂糖水、海水、海泥に8時間つけておく。8時間経ったら水道水で約1分間洗い、乾かす。そして、その髪を用いて以下の2つの実験を行った。

(1) 強度の測定



写真1 強度の測定

- ①それぞれの髪を1本ずつ用意する。
- ②髪の両端をテープで固定し、取れないように上から手で押さえる。
- ③髪の真ん中に分銅を吊り下げ、髪が切れるまでに必要な重さを量る。

これらの動作を3回ずつ行い、平均値を実験の結果とする。

(2) スンプ法



写真2 スンプ法

①スライドガラスに液状のりを垂らす。

②のりの表面に、何も処理を施していない3種類の髪と、(1)の実験で最も重さに耐え

た髪をそれぞれ1本ずつ置く。

③のりが乾くまで2日間風通しの良いところへ置いて自然乾燥させる。

④のりがよく乾いたら、のりについた髪の跡が崩れないように、まっすぐ上にはがす。

⑤髪の跡がついたのりの表面を顕微鏡でキューティクルが見えるようにピントを調節し観察する。

3. 結果

実験(1)で得た結果を表1、実験(2)で得た結果を写真3, 4, 5に示す。

表1

髪質 試料	くせ毛	直毛	カラー
なし	100	190	150
はちみつ	160	90	220
ごま油	170	90	150
とぎ汁	150	190	180
米ぬか	120	170	130
砂糖水	100	250	230
海泥	140	170	140
海水	130	180	120

数値の単位は〔g〕

・くせ毛の髪で最も重さに耐えたのは、ごま油、直毛の髪で最も重さに耐えたのは、砂糖水、カラーをした髪で最も重さに耐えたのは、砂糖水であった。

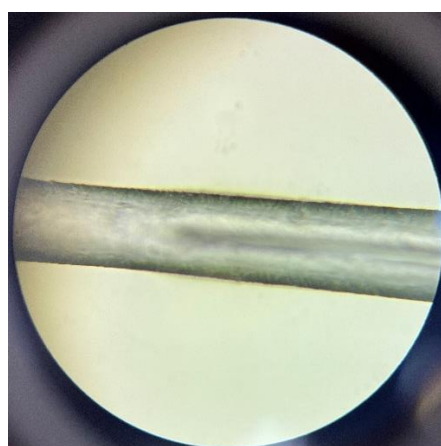
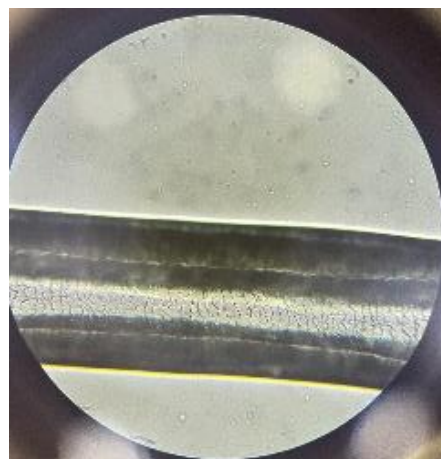
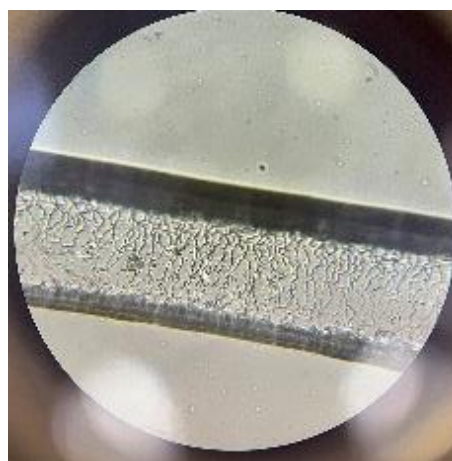


写真3 くせ毛の髪の無処理(上)とごま油(下)

・ごま油の油によって髪全体が覆われたため、キューティクルの層が見られなかった。



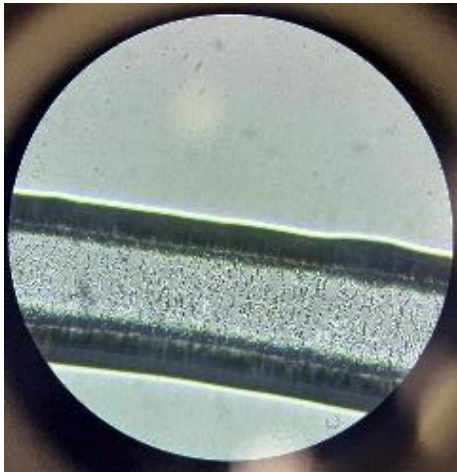


写真4 直毛の髪が無処理（上）と砂糖水（下）
 ・キューティクルの層の幅が狭まった。

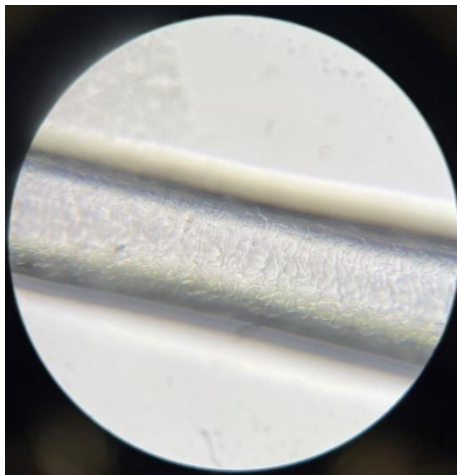


写真5 カラーした髪が無処理（上）と砂糖水（下）
 ・キューティクルの層の幅が狭まった。

4. 考察

以下の文から示す「くせ毛」や「直毛」、「カラーをした髪」はあくまで被験毛であって、個人差があるため髪質によって髪の損傷や修復が変わるというわけではない。表1の結果より、直毛の髪とカラーをした髪が砂糖水につけた時に1番重さに耐えることができたのは、砂糖と髪のキューティクルが何らかの反応を起こし、キューティクルを補修したためだと考えた。このことはスンプ法の結果より、キューティクルの層の間隔が狭まっていることから考えることができる。そこで私たちが注目したのが、生体外では一般に120度以上で起こるが、温度が低くても時間が長ければ反応が起こるとされる糖化反応である。一般的に糖化反応とは、食事によってとりすぎた糖のフルクトースやグルコースなどの分子が有するケトン基やアルデヒド基が酵素の働きなしにタンパク質や脂質などのアミノ残基やヒドロキシ基に結合することを起点に起こる一連の化学反応のことを指す。具体例を挙げると、中華料理の北京ダックである。こんがりしたあめ色がおおいそうに感じられるが、これが糖化反応の一例である。糖化反応の中でとくに、タンパク質や脂質への糖の付加はグリコシル化反応といわれ、細胞間を接着する役割を持つ。キューティクルの主成分はケラチンタンパク質であるが、キューティクル同士はCMC（細胞膜複合体）【下図参考】という成分で接着されている。CMCは、キューティクルだけでなく、コルテックスにも認められる複合体で、脂質からなる二つのβ層とその間のシスチンを含まないタンパク質と糖タンパク質からなるδ層からなる三層構造体である。その役割はキューティクルとキューティクル間、ならびに毛皮質内細胞間の接着に寄与し、毛皮質内の水分やたんぱく質が溶出するのを防ぎ、逆に外部から水分並びにパーマ剤、ヘアカラー剤などの薬液が毛髪内部の毛皮質に浸透作用するための通り道になっている。通常、新毛はCMCによってしっかりとキューティクル同士が接着されているが、カラーやブリーチ、紫外線や熱などでCMCの大部分が失われるとキューティクルは剥がれ、髪の毛が痛んでしまう。本研究では、直毛とカラー毛がこれにあて

はまる。実験結果より、この CMC の脂質やタンパク質のアミノ残基やヒドロキシ基がグリコシル化反応によって糖と結合したため、CMC の大部分が失われたにもかかわらず、はがれたキューティクル同士を接着する手助けをしたため、髪がより重さに耐えるようになったと考えた。また、くせ毛の髪は砂糖水が1番重さに耐えることができる、という結果を得ることができなかった。その理由として、直毛の髪やカラーをした髪はキューティクルがはがれており、髪が痛んでいたのに対して、実験で用いたくせ毛の髪はもともと髪が痛んでおらず、キューティクルがはがれていたわけではなかったため、結果が顕著に表れなかったと考えられる。

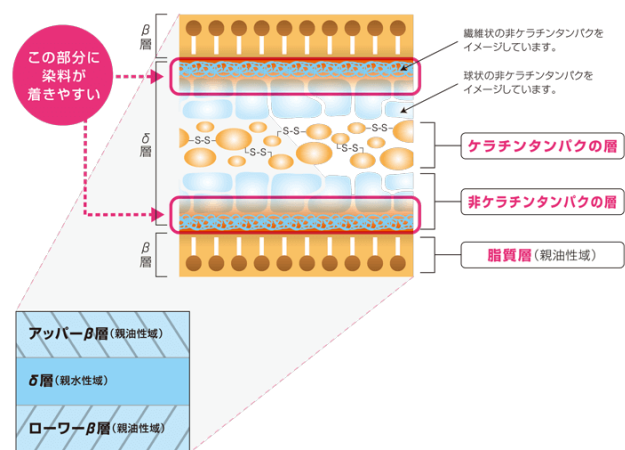


図 1

5. 結論

考察より、髪の損傷、いわゆるキューティクルの損傷を修復するのに必要なものの1つとして糖があげられるという結論に至った。今回は糖として砂糖水を用いたが、ほかの異なる種類の糖についても調べたい。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、一緒に試行錯誤してくださった大塚薫先生、助言をくださった SSH 運営指導委員の先生方、また、SNS を用いたアンケートにご協力してくださった徳山高校の生徒の方々に感謝申し上げます。

7. 参考文献

「佐藤直樹、美しい髪の機構と毛髪の構造、表面化学、27 (8)、480 - 484 (2006)」

図 1) 「髪の基礎知識 vol.11 キューティクル～キューティクル間の CMC デミコスメティクス」

粘菌に学習能力があるのか

武智帆之佳、原田結菜、福谷遼、山門菜々花

指導教員 佐々木啓介

アブストラクト

人間より効率的に迷路を解く粘菌に興味を持ち、学習能力があるのではないかと仮説を立てた。まずストローの中に好物のオートミールと苦手なクエン酸を交互に入れ粘菌を通らせ、その後それらのストローに他個体の粘菌を置き反対側にオートミールを置くと、事前にオートミールを置いていたストローを通った。この結果から粘菌は、何か伝達物質を落としているのではないかと考察した。今後は、伝達物質の性質や新たに発見された赤カビのような物質と粘菌が出す伝達物質との関係について調べたい。

1. 研究目的

粘菌は私たち人間よりも迷路の最短ルートを見つける能力が高い。このことを初めて知った時、脳を持たない単細胞生物である粘菌にどうしてそのような能力があるのか疑問に思った。調べていくと粘菌は温度と湿度による好環境と悪環境の周期を記憶する機能も持っていることを知った。

そこで私たちは粘菌が学習能力を持っていると仮定し、どのように学習をしているのか解明することを目的として実験を開始した。

2-1. 研究方法①

粘菌が迷路を通る回数を重ねると到達時間がどのように変化するのか観察する。

(1) 実験用具

- ・学校にある3Dプリンターで作った迷路
 - ・シャーレ
 - ・寒天培地（約1.5%）
 - ・プラスチック板
 - ・オートミール
 - ・ピンセット
- （以上の器具はオートクレープで滅菌済）

- ・タブレット
- ・スマートフォン
- ・定点カメラ
- ・インキュベータ（設定温度23~24℃）

(2) 実験方法

- ①3Dプリンターで作った迷路に寒天培地をひき、迷路のゴールに粘菌の好物であるオートミールを置く
- ②粘菌がどこを通過してオートミールにたどり着くのかカメラ（1回目タブレット、2回目スマートフォン、3回目定点カメラ）を用いて観察する。
- ③①、②の操作を複数回行う。

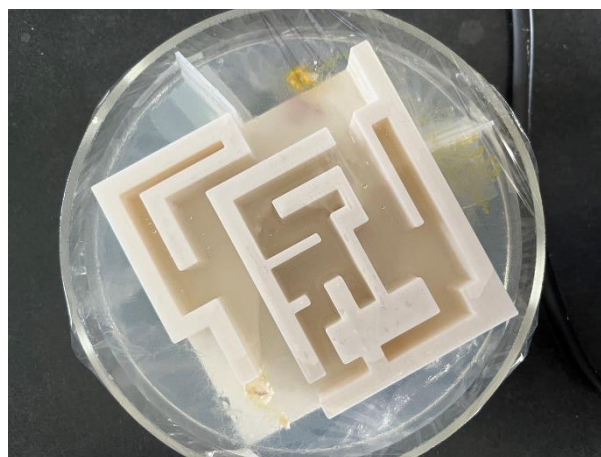


図1 制作した迷路に寒天培地をひいた様子

3-1. 結果①

表1 カメラの状態と改善方法

	1回目	2回目	3回目
カメラの状態	明るさが足りなかった	バッテリーが不足していた	データ容量が足りなかった
失敗より改善した点		ライトを外から当てた	充電しながら撮影した

表1で示すように回数を重ねるごとに改善を試みたが、粘菌が迷路を移動する様子を完全に動画に収めることは出来なかった。だが、朝、昼、夕方、夜で観察していたこと、粘菌は1時間におよそ2cmしか動かないこと、確認時刻だけでも大きな差があったことから結果を得ることができた。

表2 ゴールまでの所要時間

	開始時刻	到達確認時刻	所要時間
1回目	5日 8時頃	6日 8時頃	およそ 24時間
2回目	7日 17時頃	8日 8時頃	およそ 13時間
3回目	12日 8時頃	12日 16時頃	およそ 8時間

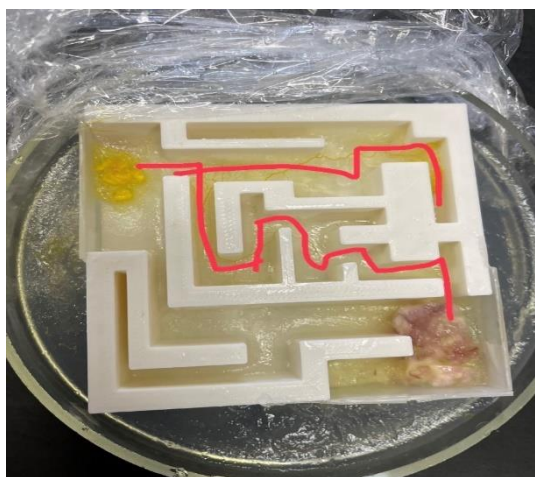


図2 粘菌の通過した経路

表2より1回目と2、3回目では、ゴールまでにかかる時間が大きく速くなったことがわかる。

4-1. 考察①

回数を重ねると所要時間が短くなったため、粘菌には最短経路を学習する能力がある。あるいは、アリのようにフェロモンのような伝達物質を置いて、最短経路を他の部位に伝えているのではないかと考えられる。

2-2. 研究方法②

研究方法①での考察より、最短経路を伝達物質で伝えているということを検証する実験を行った。先行研究より粘菌はオートミールを好み、クエン酸を嫌う。このことを利用して実験を行う。

(1) 実験用具

- ・クエン酸
- ・オートミール
- ・紙ストロー
- ・プラスチックシャーレ
- ・ピンセット

(2) 実験方法

- ① 4cmのストローを12本用意する
- ② 2本ずつ交互にオートミール、クエン酸をストローの先に設置する。
- ③ 粘菌を湿らせたストローの中に通らせる。
(図3)
(粘菌がストローの中以外を通らないように仕切りをつけた)
- ④ ③で通らせた粘菌を回収する。
- ⑤ シャーレの一方にオートミールを十分に置き、粘菌をストローで挟んでオートミールと反対側に置いて観察する。(図4、5)
(この時用いた粘菌は別の塊にあったもの)



図3 ③の操作を行っている様子

3-2. 結果②

③では粘菌は始めクエン酸、オートミールを問わずすべてのストローを通ったが、次第にオートミールのストローのみに集まっていく様子が確認できた。

⑤では粘菌が最初から②の時にオートミールを置いていたストローを通っていることが確認できた。



図4 操作⑤の結果



図5 操作⑤後のストローを横から見た様子

実験後、粘菌が通ったストローを開いた。すると下記の画像のようにクエン酸を置いていたストローに赤カビや黒カビが生えていることを確認した。(図6) オートミールを置いていたストローに同様のものは見受けられなかった。



図6 ストローの内側に見られた赤カビ

4—2. 考察②

粘菌がクエン酸を取り除いたにも関わらずクエン酸の通った道を忌避するようにオートミールにたどり着いた。また、観察から栄養があるところにしか繁殖しない赤カビがクエン酸を置いていたストローから発見された。これらのことからクエン酸のような苦手な物質のある悪条件の場所にフェロモンのような伝達物質を落としていると考えられる。

5. 結論

これらの実験から私たちは、

- ・粘菌には学習能力、またはフェロモンのような伝達物質を残す能力がある
- ・粘菌は悪条件を伝達する能力を持っている

と予想した。

実験回数も少なく、本当に物質を落としているかの検証はしていないためこれらの予想の信ぴょう性は決して高いものではない。そのため今後は伝達物質の有無、粘菌がどのようにして好条件と悪条件を判別しているのかを調べたい。

6. 謝辞

今回実験を行うにあたり、粘菌を育てるための環境整備、実験の助言や指導をしてくださった、佐々木先生、山本先生をはじめお世話になった先生方には感謝しております。

7. 参考文献

Nakagaki, T. Yamada, T. Tóth, A. (2000). Maze-solving by an amoeboid organism. *Nature*407, 470 (2000)

指で操作できるマウス代替機器の制作

中村颯吾、野村結以、藤尾一花、本城光悠

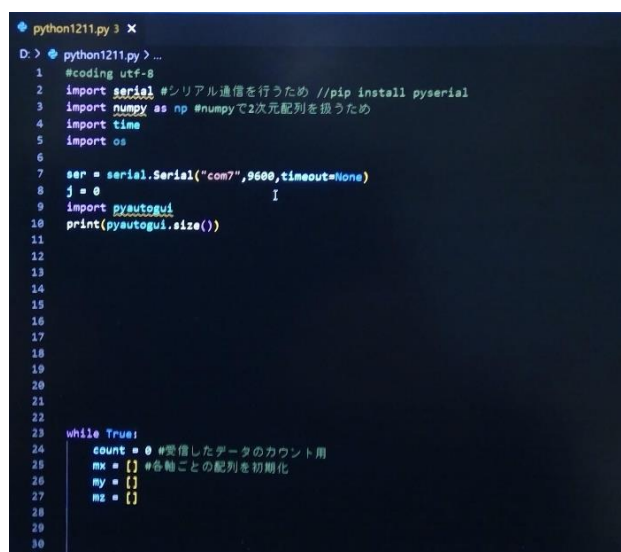
指導教員 末谷健志

アブストラクト

マウスを使わずに指でパソコンを操作できる道具を作ることを目的とする。Arduino と python を使ってプログラムを作り、指の動きや向きをはかることができる加速度センサでプログラムを再現し、パソコン操作ができる装置を作った。最終的に、シングルクリック・ダブルクリック・スクロール・ドラッグができるものを作ることができた。

1. 研究目的

私たちは、タップでパソコン操作やタイピングをすることができる「Tap XR」というものを見つけ、使ってみたいと思った。しかし、Tap XR は操作が複雑で、周りの物との距離を把握する視覚センサ・指の動きを感知するモーションセンサ・ジャイロセンサ・加速度センサなどたくさんのセンサが搭載されているため、約 2.5 万円ととても高校生に手が出せる値段ではない。そこで、Arduino と python というプログラミングソフトを使ってそれを加速度センサで再現し、Tap XR を安価(数千円程度)で作ろうと考えた。



```
python1211.py 3 X
D:\> python1211.py > ...
1 #coding utf-8
2 import serial #シリアル通信を行うため //pip install pyserial
3 import numpy as np #numpyで2次元配列を扱うため
4 import time
5 import os
6
7 ser = serial.Serial("com7",9600,timeout=None)
8 j = 0
9 import pyautogui
10 print(pyautogui.size())
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23 while True:
24     count = 0 #受信したデータのカウン用
25     mx = [] #各軸ごとの配列を初期化
26     my = []
27     mz = []
28
29
30
31
```

図 1 python のプログラム

2. 研究方法

(1) 加速度センサの信頼性を確かめるための実験

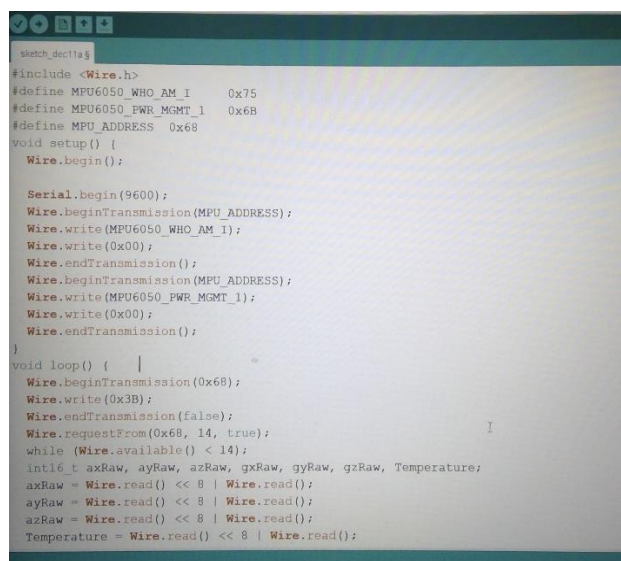
まず、加速度センサの信頼性を確かめるための予備実験を行う。滑車にひもをつけ、片方に加速度センサを、もう片方におもりをつけて落下させたときの加速度の理論値(計算で出した値)と実際にセンサが示した値を比較する。

(2) 道具の作成

①加速度センサが出力した値を Arduino・python により処理し、マウスポインタを動かす・シングルクリック・ダブルクリック・ドラッグができるというシステムを制作する。

②加速度センサ、マイクロコンピュータを指に着け操作するものを目標の形として、有線での制作を行う。

③Bluetooth を使って無線化する。



```
sketch_dec11a5
#include <Wire.h>
#define MPU6050_WHO_AM_I 0x75
#define MPU6050_PWR_MGMT_1 0x6B
#define MPU6050_ADDRESS 0x68
void setup() {
    Wire.begin();

    Serial.begin(9600);
    Wire.beginTransmission(MPU6050_ADDRESS);
    Wire.write(MPU6050_WHO_AM_I);
    Wire.write(0x00);
    Wire.endTransmission();
    Wire.beginTransmission(MPU6050_ADDRESS);
    Wire.write(MPU6050_PWR_MGMT_1);
    Wire.write(0x00);
    Wire.endTransmission();
}
void loop() {
    Wire.beginTransmission(0x68);
    Wire.write(0x3B);
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(0x68, 14, true);
    while (Wire.available() < 14);
    int16_t axRaw, ayRaw, azRaw, gxRaw, gyRaw, gzRaw, Temperature;
    axRaw = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    ayRaw = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    azRaw = Wire.read() << 8 | Wire.read();
    Temperature = Wire.read() << 8 | Wire.read();
}
```

図 2 Arduino のプログラム

PC のスペックに関わらず、入力から実行にタイムラグがなく同様に使えるように python 側に対して Arduino 側のプログラムの delay に余裕を持たせ PC の処理速度に合わせて順次実行されるようにした。また、初めは Arduino のみで完結させようとしていたが、Arduino においてマウス関数を使うことのできるマイコン(プログラムを処理し機器を制御するもの)が限られておりその中で Bluetooth を用いるのが困難であったため加速度センサの出力の処理を Arduino で行いそれを Bluetooth でパソコンに送ったのち python でマウスポインタを動かすというシステムにした。

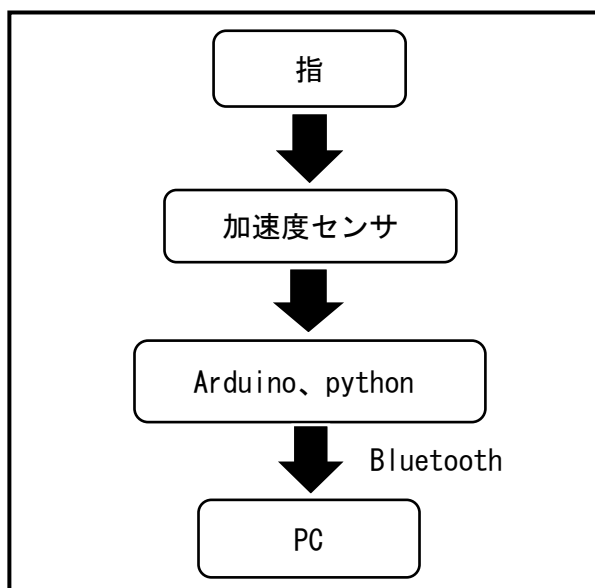


図3 マウス代替機器の処理手順

3. 結果

(1) 加速度センサの信頼性を確かめるための実験

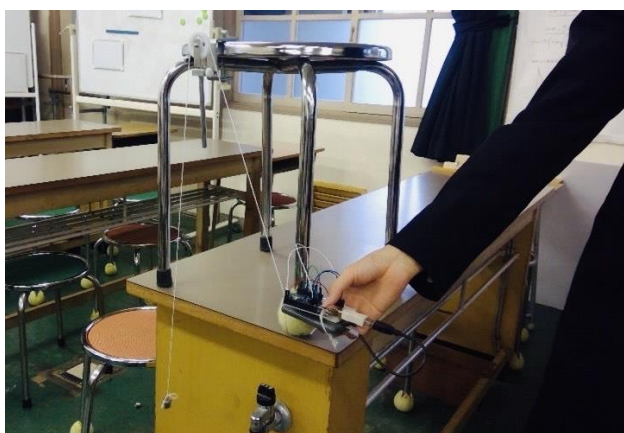


図1 実験の様子

表1 加速度センサの示した値

	実験値 1回目 (m/s ²)	実験値 2回目 (m/s ²)	実験値 3回目 (m/s ²)	平均値 (m/s ²)	理論値 (m/s ²)
おもり 100g	4.7	3.6	3.0	3.8	2.9
おもり 20g	9.2	10.3	10.0	9.8	8.2

(2) 道具の作成

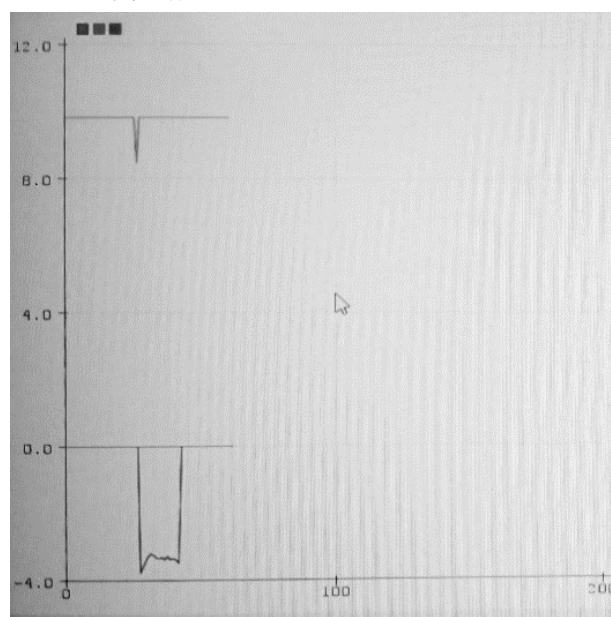


図4 マウスポインタを右に動かしたとき
(上 zt グラフ、下 xt グラフ)

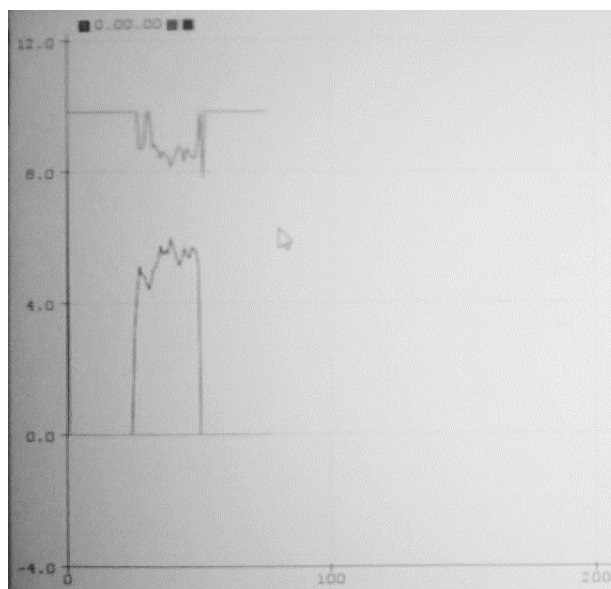


図5 マウスポインタを左に動かしたとき
(上 zt グラフ、下 xt グラフ)

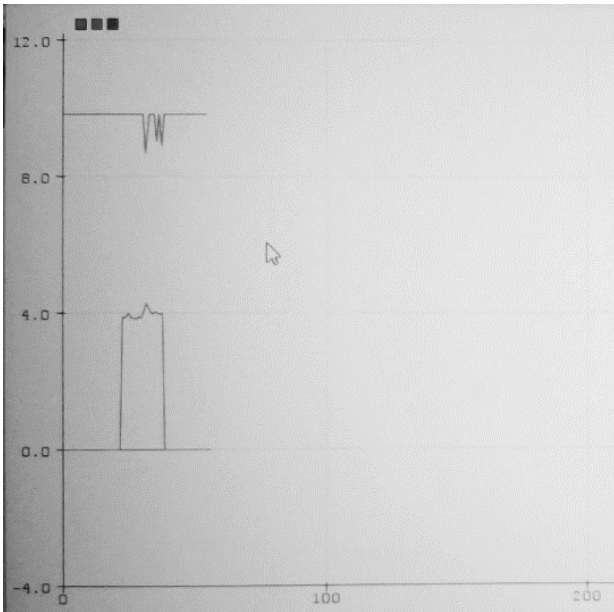


図6 マウスポインタを下に動かしたとき
(上 zt グラフ、下 yt グラフ)

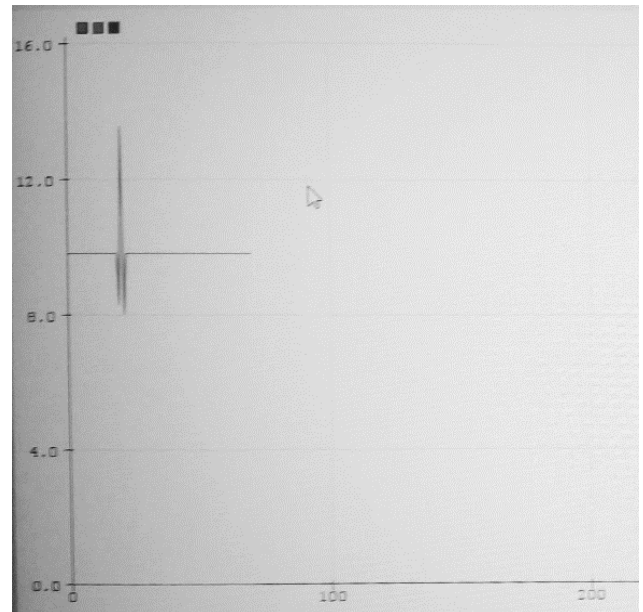


図8 ドラッグをしたとき (zt グラフ)

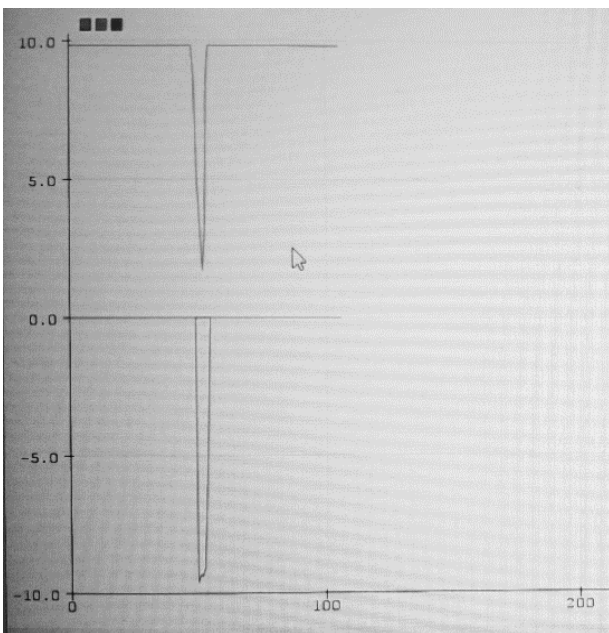


図7 シングルクリックをしたとき
(上 zt グラフ、下 yt グラフ)

表2 作るのにかかった値段

使った物	値段 (円)
加速度センサ	435
Bluetooth	150
マイコンボード	1000
バッテリー	100
アダプター	1240
ケーブル	530
合計	3455



図9 指に着ける部分の詳細図



図 10 実際に動かした様子

4. 考察

(1) 加速度センサの信頼性を確かめるための実験

表 1 より、おもり 100g のときの相対誤差を求めると 31.0%、おもり 20g のときの相対誤差は 19.5% である。よって、加速度センサの精度はマウスの代替となる道具を作るためには十分だと言える。

(2) 道具の作成

図 4 から図 8 のグラフは、x 軸方向が手を左右に動かしたとき、y 軸方向が手を平面上で手前と奥に動かしたとき、z 軸方向が手を上下に動かしたときを表している。図 4 よりマウスポインタを右に動かしたときは x 軸マイナス方向に、図 5 より左に動かしたときは x 軸プラス方向に、図 6 より下に動かしたときは y 軸プラス方向に動いていることがわかる。これは、加速度の出力からセンサの傾きの向き大きさを求めたものを用いたからだ。また、変位を用いなかった理由としては加速度センサの値を処理できる回数が 20 回/s 程度であり、変位を求めるには不十分であったためである。

図 7 よりシングルクリックをしたときは y 軸マイナス方向に、図 8 よりドラッグをしたときは z 軸方向に動いていることがわかる。はじめは、一般のマウスを用いる時と似た上下の動きで操作し、z 軸方向(上下方向)のみでクリックかドラッグかを判別しようとしたが、波形が似通っていて判別がつきにくく精度が低かった。そこで一般のマウスと動かし方は少し変わってしまうが、シングルクリックのときは y 軸マイナス方向に、ドラッグのときは z 軸方向に

動くようにしたため、このような波形になった。また、ダブルクリックのときは y 軸プラス方向の動きで操作する。

図 9 のようなものを作ることができた。また、図 10 よりマウスポインタを動かせたことがわかる。

表 2 より、3455 円と「Tap XR」の約 1/7 の値段で作ることができた。

5. 結論

数千円程度で、マウスの代替となる道具を作るというのが私たちの目標であった。最終的に、目標通り高校生のお小遣いで十分買うことができる値段で作ることができた。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教員としてご指導してくださった末谷先生に感謝申し上げます。

7. 参考文献

- ・「実践 Arduino!」 著者：平原 真
- ・「Arduino ではじめる電子工作超入門」 著者：福田 和宏

これからのエコペーパー

鹿嶋友恵、藤本沙弓

指導教員 平佐美月

アブストラクト

私たちは、日本の食品ロスの深刻な現状を受けて、野菜や果物の食べない部分の利用によって、環境に良いペーパーを作り、そのペーパーの実用性について研究しようと考えた。じゃがいも、ごぼう、みかんの皮を使用して、様々な方法でペーパーを作成し、本来の紙により近いペーパーも作成することができた。また、耐水性と耐久性に関する実験を行い、実用性についても調べた。今後は、このペーパーの実用性が高まるような研究をしていきたい。

1 研究目的

2023年に公表された2021年度の食品ロス量によれば、日本の食品ロスは523万トンで、そのうち事業系の食品ロスが279万トン、家庭系の食品ロスが244万トンとなっている。食品ロスは本来食べられるはずの食品が捨てられることを指し、日本はその量が非常に多い国として知られている。日本だけでなく、世界各国でも食品ロス削減の取り組みが進められている。

私たちは、野菜や果物の通常は食べない部分を利用することによって、食品ロスとは異なった視点から持続可能な社会の実現に貢献したいと考えた。具体的には、普段捨てている野菜や果物の皮から環境に良いペーパーを作り、出来上がったものをより少量の材料、必要最低限の工程で作る方法を開発することを目的とした。また、先行研究では野菜や果物の皮をフリーズドライし、粉碎した後に熱圧縮することで、強度が一般的なコンクリートの4倍になることがわかっている。そこで私たちは強度ではなく、耐水性と耐久性に重点を置いて研究を行った。

2 研究方法

(1) 紙パックを用いたペーパーの作成方法

- ① 紙パックを水で30分間煮込み、フィルムを剥がす。

- ② ①を細かくちぎり、ミキサーでペースト状にする。
- ③ 水気を切った②を新聞紙の上に薄くのばし、上から重しを乗せて乾燥させる。

(2) 紙パックと野菜や果物の粉末を用いたペーパーの作成方法

- ① 紙パックを水で30分間煮込み、フィルムを剥がす。
- ② ①を細かくちぎり、ミキサーなどを用いてペースト状にする。
- ③ じゃがいもの皮、ごぼうの皮、みかんの皮をそれぞれ乾燥させ、すり潰し、粉末状にする。
- ④ ②、③を表1の配合で混ぜ合わせ、ラップの上に薄くのばし乾燥させる。

表1 紙パックと野菜の粉末の配合

	A	B	C	D	E	F	G
紙パック (g)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
野菜や果物の粉末 (g)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5

(3) 野菜や果物の皮を用いたペーパーの作成方法

- ① じゃがいもの皮、ごぼうの皮、みかんの皮をそれぞれ乾燥させ、すり潰し、粉末にする。
- ② 米粉と水を1:6の割合で混ぜ合わせて加熱し、米ノリを作成する。

- ③ ①と②を表2の配合で混ぜ合わせ、ラップの上に薄くのばし乾燥させる。

表2 野菜や果物の粉末と米ノリの配合

	A	B	C	D	E	F
野菜や果物の粉末 (g)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
米ノリ (g)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

(4) みかんを用いたペーパーの作成方法

- ① みかんの皮と薄皮を準備する。
 ② みかんの皮を1%水酸化ナトリウム水溶液で2時間煮込み、水洗いした後、一晚水に漬けておく。
 ③ 薄皮を目の細かいネットに入れ、薄皮の量の約2倍の水で30分間煮込む。
 ④ ②をミキサーでペースト状にし、③と混ぜ合わせる。

- ⑤ ④を自作の紙漉き機(図1)で漉き、新聞紙の上に移して上からアイロンをかける。



図1 自作の紙漉き機

(5) (2)、(3)のペーパーを用いた耐水性実験
 以下の2種類の実験を行う。

- 実験Ⅰ ペーパーの表面を霧吹きで全体的に濡らした後、ペーパーの表面を顕微鏡で観察する。
 実験Ⅱ ペーパーを水に10分間浸した後、ペーパーの表面を顕微鏡で観察する。

(6) (4)のペーパーを用いた耐久性実験

- ① 自作の実験装置(図2)に2(4)の薄くて平らなペーパーと湾曲したペーパー、半紙、コピー用紙、画用紙をそれぞれ砂時計型に切って固定する。
 ② 切った紙のくぼみ部分に糸を付けた折り紙の箱(1g)を吊るす。



図2 自作の実験装置

- ③ 紙が切れるまで②の箱に錘を追加していく。
 ④ それぞれの紙について③を3回行う。

3 結果

(1) 紙パックを用いたペーパーの作成方法

図3のような薄さが均一なペーパーができた。



図3 紙パックを用いたペーパー

(2) 紙パックと野菜や果物の粉末を用いたペーパーの作成方法

A~Gまでの配合で乾燥させた結果、図4~6のように野菜や果物の皮と米ノリを混ぜたものに紙パックを混ぜることでペーパーを作成することができた。また、野菜や果物の種類に関係なく、どのペーパーも厚く、米ノリの量を多くするほど大きく曲がった状態のペーパーができた(ごぼうは粉末の量が不足していたため、A~Cの配合のみ作成した)。

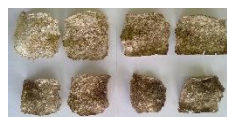


図4 じゃがいも



図5 ごぼう



図6 みかん

(3) 野菜や果物の皮を用いたペーパーの作成方法

A~Fまでの配合で乾燥させた結果、図7のように野菜や果物の皮と米ノリのみを混ぜることでペーパーを作成することができた。どのペーパーも薄さを均一にすることが出来た。また、ごぼうとみかんの粉末を用いたペーパーは粉末の量が少なかった関係上、小さく作成したため、平らで柔軟性を保ったまま乾燥したが、じゃがいもの粉末を用いたペーパーは、大きく作成したため、

硬く曲がった状態で乾燥した。



図7 左側からじゃがいも、ごぼう、みかん

(4) みかんを用いたペーパーの作成方法

重しを乗せずに乾燥させたペーパーは図8のように縮んで湾曲してしまったが、重しを乗せて乾燥させたペーパーは図9のように薄く平らに乾燥させることができた。また、どちらも米ノリ等の接着剤を用いることなくペーパーを成形し、乾燥させることができた。



図8 湾曲したペーパー 図9 薄く平らなペーパー

(5) (2)、(3) のペーパーを用いた耐水性実験

実験Ⅰ、Ⅱのどちらの実験でも、図10のように水に濡れたペーパーは形が崩れたり溶けたりすることはなかったが、持ち上げたり引っ張ったりすると容易にちぎれた。また顕微鏡で観察した結果、図11のように他のどのペーパーも細かな繊維や繊維の絡まり方までは観察できず、ペーパーの表面の凹凸しか観察できなかった。



図10 どちらも左からみかん、ごぼう、じゃがいも

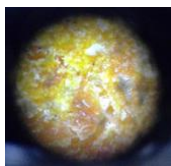
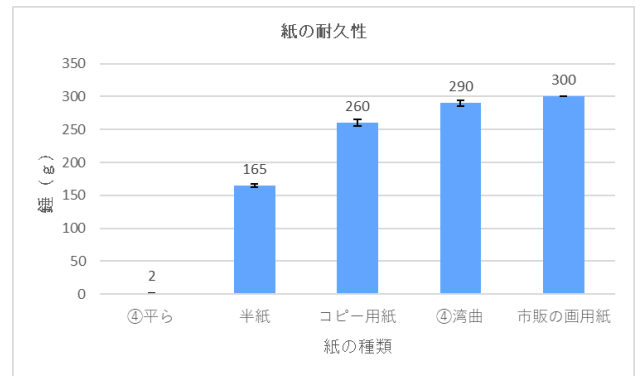


図11 顕微鏡で観察したみかんで作成したペーパーの表面

(6) (4) のペーパーを用いた耐久性実験

耐久性は、グラフ1のように(2)(1)④の薄くて平らなペーパー) < (半紙) < (コピー用紙) < (2)(1)④の湾曲したペーパー) < (市販の画用紙) となった。

※今回は錘を入れる箱の耐久力を加味して上限は300gに設定



グラフ1 紙の耐久性

4 考察

(1) 紙パックを用いたペーパーの作成方法

図3より、紙パックの繊維同士が絡まることによって薄さが均一なペーパーを作成することができたと考えられる。

(2) 紙パックと野菜や果物の粉末を用いたペーパーの作成方法

図4～6より、乾燥する際に湾曲したのは、粉末と米ノリに混ぜた紙パックの塊が大きく、粉末とよく混ざらなかったためだと考えられる。また、均一に混ざらなかったことでペーパーが厚くなってしまったと考えられる。

(3) 野菜や果物の皮を用いたペーパーの作成方法

図7より、ペーパーを米ノリと野菜や果物の粉末のみで作成したことで均一にそれらが混ざり、ペーパーの薄さが均一で平らになったのだと考えられる。また、米ノリの量を多くするほど、乾燥する際に湾曲したのは、米ノリの量を多くすると米ノリよりも野菜の粉末が早く乾いてしまい、ペーパーが縮んでしまうためと考えられる。

(4) みかんを用いたペーパーの作成方法

図8、9より、みかんの薄皮にペクチンが含まれるため、ペクチンが米ノリの代わりにみかんの皮の繊維同士を繋ぎ合わせる役割を行ったと考えられる。

(5) (2)、(3) のペーパーを用いた耐水性実験

図10、11より、2(1)②、③のペーパーは水に弱い米ノリを使用しているため、水に漬けるとふやけてしまい、ちぎれやすくなったと考えられる。

(6) (4) のペーパーを用いた耐久性実験

グラフ1より、2(1)④の湾曲したペーパーに耐久性はあるが、柔軟性に欠けているため、このペーパーを使った包装紙などの形成は難しいと考えられる。また、2(1)④の薄くて平らなペーパーに耐久性はないが、柔軟性に優れているため、包装紙などの形成は、比較的簡単であると考えられる。

5 結論

普段捨てている野菜や果物の皮から、ペーパーを作成することができたが、作成に時間がかかり、再現性も高くない。実用性についての実験も不十分であるため、今後も効率の良いペーパーの作成と実用性についての実験を続けていきたい。

6 謝辞

この研究を遂行するにあたり、一緒になって試行錯誤してくださった平佐先生、終始適切な助言を贈り、また丁寧に指導してくださった竹重先生、米本先生に感謝します。

7 参考文献

「酒井雄也（東京大学生産技術研究所准教授）、町田紘太（研究当時：東京大学工学部社会基盤学科4年）「廃棄食材から完全植物性の新素材開発に成功」東京大学生産技術研究所プレスリリース、2022年5月」

アニサキスの成長条件

三上彩良、柿並駿佑、篠川翔、玉川琴子、福田晴菜

指導教諭 重森大輝

アブストラクト

近年のアニサキス症の増加において原因であるアニサキスの駆除について調べることを目的とし、実験、調査を重ねるうちにアニサキスの生態の不明瞭な点の多さに興味を惹かれ、成虫になる条件を明らかにすることに目的を変え研究した。条件を変えた複数の100ml ビーカーで飼育し条件を特定しようとしたが、条件設定やアニサキスの数の確保が難しく特定には至らなかった。

1. 研究目的

アニサキスとは非淡水魚・回遊魚など海洋生物に寄生する寄生虫である。2021年1年間に厚生労働省に報告されたアニサキス症は344件、食中毒の発生件数としては1位で、カンピロバクターやノロウイルスを超える。また、診療報酬明細書のデータをもとに国立感染症研究所で試算したところ、1年間に7000人以上がアニサキス症になっていると推計されている。加えて、近年、アニサキス患者は増加傾向にありニュースやネット記事での注意喚起が増えている。そこで私たちは、この食中毒の原因であるアニサキスについて駆除法を調べることにし研究を始めた。先行研究では調味料を用いたアニサキスの駆除法について研究しておりほぼ100%の防虫効果が得られた調味料の中から私たちは醤油に着目した。醤油のどの成分がアニサキスに影響を与えているのかを明らかにすることを目的とし塩分濃度について実験を行った。しかし、後述の実験①の途中、調査によりアニサキスの成長過程における成長条件が解明されていないことを知り、その条件の特定に目的を変え研究した。

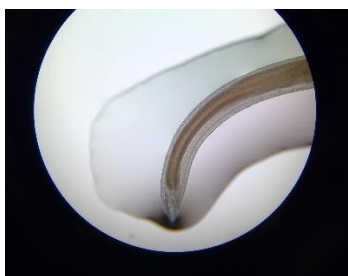


図1 アニサキス(10×10倍)

2. 研究方法

(1) アニサキスの入手

本実験にはアルク徳山中央店から提供していただいた魚の内臓から採取したアニサキス(図1)を使用した。(図2)



図2 アニサキス採取の様子

(2) 食塩水の精製

0.85%、1%、16%の濃度の食塩水を精製する。

(3) pH3の塩酸の精製

1.0×10^{-3} mol/L 塩酸を精製する。

(4) 飼育方法

100ml ビーカーに試薬を60ml ずつ入れ、各条件において数匹ずつアニサキスを飼育する。

実験①ではアニサキスの駆除法を明らかにすることを目的とし、塩分濃度と餌の有無について室温で飼育した。0.85%の生理食塩水と醤油の塩分濃度である16%食塩水にそれぞれ魚の内臓を餌として入れた。(図3)

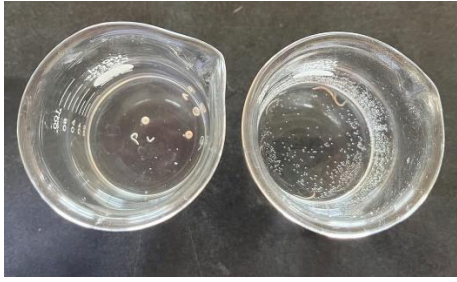


図3 実験①の様子(左:0.85%食塩水、右:16%食塩水)

実験②はアニサキスの成長条件を明らかにすることを目的として実験を行った。

実験②-IではpH、餌の有無、明暗について、インキュベーターを用いて温度を40℃に保ち、アニサキスの成長条件を明らかにすることを目的とし、飼育した。これらの条件は、アニサキスが成虫まで成長するクジラの胃の中の環境を再現する目的で設定した。1%の生理食塩水と 1.0×10^{-3} mol/L塩酸にそれぞれ餌を入れ、アルミホイルを使用し、光を遮った。(図4)

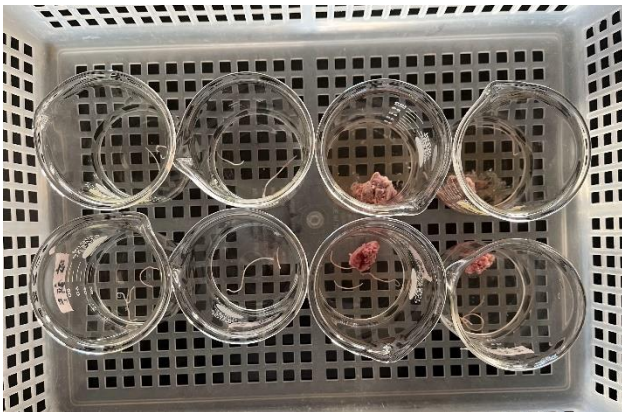


図4 実験②-Iの様子(上段:左から順に、pH3暗餌なし、pH3明餌なし、pH3暗餌あり、pH3明餌あり、下段:pH7暗餌なし、pH7明餌なし、pH7暗餌あり、pH7明餌あり)

実験②-IIではpH、明暗についてインキュベーターを用いて20℃に保って飼育した。この実験では、実験②-Iと同様に、アルミホイルを使用して光を遮り、もう一方はサランラップを使用して蓋をし、飼育した。(図5)(図6)



図5 実験②-IIの様子(左上:pH7暗、右上:pH3暗、左下:pH7明、右下:pH3明)



図6 インキュベーターの様子

(5) 生死判定

平日の午後4時にすべてのアニサキスについて生死判定を行う。今回の実験では、ピンセットで刺激を加えた際の反応の有無をもって生死判定とした。

3. 結果

(1) 実験① 塩分濃度について

塩分濃度が0.85%の時と16%の時のそれぞれの場合において餌を入れた時と入れなかったときの結果を表1に示した。

表1 実験①の結果

	餌あり	餌なし
塩分濃度 0.85%	7日間	21日間
塩分濃度 16%	1日未満	1日未満

・表1から分かるように塩分濃度が16%の時は、死滅までの時間が0.85%の時より短かった。

・16%食塩水を用いた方は餌の有無にかかわらず、体が朽ちたように離散していた。

*アニサキスを採取した日の翌日を1日目とする。
 *16%食塩水を用いた実験について、夜間は学校から支給されたタブレットでの撮影を試みたが、性能上3時間までしか撮影できていなかったため、正確な死滅までの時間はわからなかった。また、その他の実験においては飼育開始から間もなくアニサキスの動きが緩慢になり映像での生死判定が困難なことから撮影を断念した。

(2) 実験②-I pH、餌の有無、明暗について

2日目まではすべての個体が活着していることを確認したが、5日後に観察したところ、どの個体も表面が茶色くなり死滅していた。また、光を遮らなかつた方はビーカーからの蒸発を防ぐものが無かつたため、ビーカー内の液の大部分が蒸発していた。

(図7)



図7 5日後の pH7 明餌なしのビーカーの様子

(3) 実験②-II pH、明暗について

それぞれの条件において生存期間が最も短かつたものと、最も長かつたものをそれぞれ表2に示した。

表2 実験②-IIの結果

	最短	最長
pH3、明	38～55日間	70日後現在(1月23日)も活着している
pH3、暗	10日間	38～55日間
pH7、明	38～55日間	38～55日間
pH7、暗	38～55日間	38～55日間

*表2に記載しているもの以外は38～55日間に死んでいた。

*38～55日間と記載しているものは冬季休業と重なってしまったため、具体的な数値を得ることができなかった。

4. 考察

(1) 実験①

死亡したアニサキスの体の状態から、16%食塩水で飼育したものが0.85%食塩水で飼育したものと比べ著しく死滅までの期間が短いのは、浸透圧により体内の水分が抜かれたからだと思われる。

(2) 実験②

pH3で暗くした条件下以外でどの条件でもひと月以上は生存しており、観測可能な範囲では結果に差異が見られないため、これらの条件はアニサキスの成長において関連がない可能性が考えられる。また、pH3で暗くした条件下において最短が10日で死亡してしまったのは同条件でのほかの個体も他条件の個体と同じように生存しているため外れ値と考え、その原因は個体差または採取および生死判定の際にピンセットなどで損傷した可能性が考えられる。

5. 結論

本研究は、アニサキスの成長に明暗や、pHが関係あると考え行つたが、結果や考察に示したように、いずれも成長に関係があるとはいえず、成長条件の特定には至らなかつた。

6. 展望

今後の展望として、まずは観測が不正確なため、実験②をもう一度行い、pH、明暗などの条件が本当にアニサキスの成長に関連がないのか確かめる必要がある。

そして、今回1%食塩水で最も長い間生存していたため、その条件でアニサキスの成長や生殖について長期的に調べることができるのか検証する必要がある。

また、今回の実験ではアニサキスの個体数の確保が難しく少数での実験になったため、個体数を確保し、実験の正確性を上げたい。

加えて、器具の数の関係などから一つのビーカーに複数匹入れて飼育したが、同一個体の推移が見られないためビーカーの数を増やし実験したい。

7. 謝辞

今回の実験研究を行うことにあたって、理想的な実験方法が思いつかなかったときに、様々な助言やほかの方向性で実験することを提案してくださり、毎回の実験で時間を割いてお力添えいただいた重森先生、山本先生をはじめ、お世話になった先生方に感謝いたします。

8. 参考文献

- 1) 「日本周辺海域に生息するサバにおけるアニサキスの感染率とヒトへの簡易な防虫の検討」
戸城達行, 中井恵, 平野有希, 2014 年
- 2) 「図説人体寄生虫学 改訂9版」吉田幸雄著,
南山堂, 2016 年
- 3) 「寄生虫のふしぎ」目黒寄生虫館+研究有志一
同著, 技術評論社, 2009 年
- 4) 「線虫 1ミリの生命ドラマ」長谷川浩一著,
dZERO, 2023 年
- 5) 「絵でわかる寄生虫の世界」長谷川英男著,
講談社, 2016 年
- 6) 「寄生虫のはなし」永宗喜三郎編, 朝倉書店,
2020 年

砂とプラスチック分離方法の開発

尾上空磨、郷木拓実、近間映秀、中本昊汰、弘中豊

指導教諭 原田幸一

アブストラクト

海洋のマイクロプラスチック問題解決に貢献するために、この研究を始めた。プラスチックと砂の分離可能な方法を探すことを目的とした。プラスチックと砂の比重の差から分離することは可能だったが、様々な問題があり、効果的ではなかった。電界による分離は不可能だった。静電気を用いると、不安定ではあるが、少量のプラスチックと砂を分離することが出来た。季節や天気によらず、安定して大きな静電気を発生させることができれば、効果的な分離方法となると考えられる。

1. 研究目的

近年、プラスチックをはじめとした生活ごみが大量に海辺に捨てられている。それらは海を漂ううちに紫外線などの影響で大きさが数ミリのマイクロプラスチックとなる。それを動物プランクトンが食べる。そしてそれらを小魚が食べ、それを大きい魚が食べ、それを人間が食べることで、生物濃縮が起ってしまう。これが長期的に継続することによる、健康への影響はまだ確認できていない。しかし、懸念点の1つである。

海洋中のマイクロプラスチックを回収することは非常に困難だ。海岸にもプラスチックごみは多くあり、海洋中にマイクロプラスチックが漂うことの原因の一つである。そのため、海岸のプラスチックごみを回収することで、海洋にプラスチックが流入することを防ぐことができ、問題解決に一步近づくと考えた。それを海岸の砂と分別して回収することを第一の目的として研究を始めた。

海洋プラスチック問題の現状を知るために、実際に地域の海岸を清掃した。その時多かったプラスチックごみはポリエチレンテレフタレート (PET) とポリプロピレン (PP) だった。そのため、本研究ではこの2つのプラスチックに注目した。また、プラスチックには砂が多く付着しており、プラスチックのみの回収が困難だった。そのため、プラスチックと砂の分離方法について模索することにした。



図1 海岸清掃時に拾ったごみ

プラスチックと砂の比重差から分離するという先行研究があった。その研究では、砂糖水を用いて分離を試みていた。20℃の飽和砂糖水溶液を調製していたが、PETは溶液に沈み、分離が不可能だった。PPは水よりも比重が小さいため、砂糖を添加しなくても浮いていた。この研究からPETは浮き、砂は沈むような溶液を調製可能な、溶質を模索することにした。

静電気によってプラスチックを回収するという、先行研究もあった。それは、塩ビパイプに静電気を帯させ、プラスチックと砂の混合物に近づけるといったものだった。砂が勢いよく多量に付着していた。プラスチックも付着したため、砂とプラスチックの分離は不可能だった。先行研究の結果から、プラスチックと砂の静電気に引き付けられる力の差を調節することで、分離が可能だと考えた。

2. 研究方法

海岸から砂を拾ってくる。砂は光市にある虹ヶ浜

海岸で採取した。ペットボトル本体（PET）とキャップ（PP）を、5mm 四方以内の寸法で切る。マイクロプラスチックの定義が5mm 以下だったため、そのようにした。海岸の砂と切ったプラスチックを混合する。以下これを混合物とする。

溶質の異なる複数種類の水溶液に混合物を添加して、浮き沈みを観察した。

金属板・炭素板を用いて電界を作り、その間に混合物を置き、動くか観察する。ライデン瓶に静電気を溜め、混合物を付着させることが出来るか調べる。

（1） 比重の差による砂とプラスチックの分離

①～③の水溶液に PET 片と砂を添加し、浮き沈みを観察する。

①飽和硝酸カリウム水溶液

②飽和ミョウバン水溶液

③食塩と砂糖の混合水溶液

（2） 電界によるプラスチックの回収

①銅板2枚を単一電池の両極につなぐ。銅板同士は接触しないように空間をあける。銅板の間に混合物を置き、動きを観察する。

②銅板を鉄板、炭素板にそれぞれ入れ替えて同様の実験をした。



図2 実験装置

③上の2つの実験を、電池を手回し発電機に変えた状態で同様に行った。

（3） 静電気によるプラスチックの回収

静電気を帯びた塩ビパイプによる、砂とプラスチックの回収能力を調べるために、実験を行った。

①塩ビパイプを綿布で擦り、塩ビパイプを混合物に近づける。

②塩ビパイプを100%ナイロンの手袋で擦り、混合物に近づける。

③塩ビ板を毛皮で擦り、塩ビ板を混合物に近づける。

④塩ビ板、毛皮を用いてライデン瓶に静電気を溜める。これによって湿度が高く、静電気を帯びにくい時でも、砂とプラスチックを引き付けることができるのではないかと仮説を立てた。静電気を溜める時間を5分、10分、15分の3つの条件で行う。ライデン瓶の周囲に混合物を置き、動きを観察する。ビニール袋を細く切り、まとめたもの（以下くらげとする）をライデン瓶に近づけ、引き付けられるか観察する。



図3 ライデン瓶の実験装置

⑤塩ビパイプ、綿布をそれぞれモーターに取り付ける。2つを逆向きに回転させることで摩擦を起こす。静電気を帯びているか、くらげを用いて確認する。

3. 結果

（1） 比重の差による砂とプラスチックの分離

水溶液ごとの混合物の浮き沈みは表1のようになった。飽和硝酸カリウム水溶液、飽和ミョウバン水溶液で、水溶液の比重を砂とPETの間にするために加熱をした。

飽和ミョウバン水溶液と飽和ミョウバン水溶液では、PETと砂の分離が可能だった。しかし、硝酸カリウムは危険な物質であり、実用化は難しい。またミョウバン水溶液では、ミョウバンの再結晶がすぐに始まってしまい、PETや砂を取り出すことが困難

で、効果的な方法ではない。

表1 水溶液ごとの砂とプラスチックの浮き沈み

溶質	温度[°C]	PET	砂	課題
硝酸カリウム	76	浮	沈	廃液の処理困難
ミョウバン	80	浮	沈	すぐに再結晶
食塩と砂糖の混合水溶液	20	沈	沈	分離不可

(2) 電界によるプラスチックの回収

実験結果は表2のようになった。今回の実験ではどの板でもプラスチックや砂を引き付けることはできなかった。板を横に倒し、混合物を上に乗せ徐々に板を傾けることで、板に混合物が付着するか調べた。しかし、銅板以外では全て付着しなかった。

表2 各条件による混合物の動き

	電池1個	手回し発電機
銅板	×	△
黒鉛板	×	×
鉄板	×	×

単一電池と手回し発電機で、電流の大きさを比較するために2つを豆電球につないだ。光の大きさを比較すると、手回し発電機の方が大きかった。

×・・・混合物に動きは見られなかった。

△・・・混合物は引き付けられなかった。しかし板の上に乗せて落とそうとすると、砂が数粒落ちないことがあった。

(3) 静電気によるプラスチックの回収

春や夏では、静電気によるプラスチックや砂の回収は行えなかった。冬は勢いよく砂が引き付けられ砂ほどではないが、プラスチックも引き付けられ、回収することができた。季節によって静電気の大きさに違いが出たのは、湿度が小さい時ほど静電気を発生させやすいからだ。塩ビパイプを擦るものの素材が、綿布とナイロンで比較したが、特に違いは見られなかった。毛皮を使うと、綿布・ナイロンの時よりも非常に効果があった。毛皮をストーブで乾燥させると静電気をより多く帯電させることができた。



図4 静電気を帯びた塩ビパイプ

ライデン瓶に静電気を溜めると、5分以降は、くらげがライデン瓶に引き付けられた。帯電時間が長くなるほど、強く引き付けられていった。10分以降だと、砂が少しずつライデン瓶に引き付けられた。ライデン瓶にはじかれることもあった。プラスチックは引き付けられなかった。15分以降になると、少量のプラスチックがライデン瓶に引き付けられ、付着した。

表3 帯電時間と混合物の動き

	帯電時間[分]		
	5	10	15
混合物	×	○	△
くらげ	●	●	●

○・・・砂だけ引き付けられた。

△・・・全て引き付けられた。

×・・・動かなかった。

●・・・引き付けられた。

塩ビパイプと綿布をモーターにつけ、静電気を発生させようとした。しかし、抵抗が大きくなりあまり回転しなかった。そのため、静電気は生じなかった。

4. 考察

結果(1)から、安全で水に溶けやすく比重が適度な物質であれば、水溶液にした時、効果的にPETと砂を分離することが出来ると考えられる。

結果(2)では、プラスチックや砂を引き付けるには、単一電池では電流の大きさが足りず、行えなかった。しかし、電池よりも大きい電流の流れる手回し発電機だと少量の砂が付着することがあった。このことから、大きな電流を流すと、生じた電界に

よって砂を引き付けることが出来ると考えられる。プラスチックも引き付けることが出来るかは、今回の実験結果からは分からなかった。

結果（3）で、季節や天気によって静電気の発生具合が異なった。そのため、静電気を一か所に溜めるなどして、いつでも十分な静電気を発生させることができるようにする必要があると考えられる。ライデン瓶に静電気を溜めることができたため、湿気の多い夏や雨の日でも、静電気を帯びさせ、砂を引き付けることができると考えられる。

5. 結論

PET と砂の比重の差から、水溶液を用いて2つを分離することができた。しかし、安全性の問題や後処理が困難などの問題があり、有効的な方法ではなかった。

電界を用いてプラスチックと砂を分離することはできなかった。

季節や天気によるが、静電気によってマイクロプラスチックと砂を回収することができた。また、少量ではあるが、砂だけを回収しマイクロプラスチックと分離することに成功した。一方で安定した静電気を発生させることはできず、どちらも回収できなかったり、どちらも回収してしまったりと、分離できないことが多かった。そのため、安定して適度な静電気を発生させることが大切だ。

6. 謝辞

この研究に対し多くの指導をくださった原田先生にこの場を借りて感謝の意を表します。

7. 参考文献

- ・「マイクロプラスチックの回収方法の提案」
静岡県立浜松北高等学校 大島慈温、他 7 人
2019 年

土壌条件による微生物燃料電池の最適化

川口博大、貞弘一成、都留瑞生、福田康太、松田周広、若槻紘輝
指導教員 菊永竜馬

アブストラクト

身近なもので用いた微生物燃料電池の作成と発電効率の向上を目的にこの実験を始めた。微生物燃料電池を作成するにあたって、土壌条件の観点から実験を行い電流、電圧、抵抗の三項目で比較を行った。今回の結果、中性でリン酸を入れたものが最も電圧値が高いといえる。しかし、データの変動が大きかったので、安定化する方法についても調べていく。

1. 研究目的

(1) 背景と目的

①背景

緊迫した世界情勢の下で物価が上昇している昨今、電力供給の観点から新しい発電方法が求められている。その中で近年では水と微生物を利用した微生物燃料電池 (Microbial fuel cell 以下 MFC) が知られており、実用規模に向けた開発がさかんに行われている。しかしその運用には電極や装置作成にかかるコスト等の問題点があることも知られている。私たちは、それらの MFC の課題を解決すると同時に、身近にある素材を用いた MFC による簡易的な発電方法について深く調べてみたいと考えた。MFC における土壌条件の最適化に向けた実験を進めることで環境問題とも真摯に向き合うことができ、さらに将来的に求められると予想されている再生可能エネルギーの活用方法についても新しい方面から見定めることができると考える。

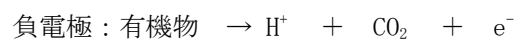
②目的

すでに使用されている栗田工業の微生物燃料電池では特殊な酸化還元触媒を用いており、再現は現段階では難しかった。そこで MFC の電圧値が最も高くなる条件を調べ、身近な素材を用いて発電効率の良い MFC を作成することを目的とした。電極や装置の作成が困難なため、土壌条件を変更することで簡易的に効率を上げられると考えた。このため、特に酸性条件下、塩基性条件下での電圧値や、土の量に応

じた電圧値に着目した。また、私たちが作成した MFC は、身近な、ラップやペットボトルなどを使用し、私達の抱える環境問題だけでなく電力問題も解決することができると思う。さらに、作成コストや作成難易度の低い電池を実用化できれば、誰もが簡単に作成、使用することができ技術の進歩にも役立つことができると考える。この技術を社会に役立てる術を模索、検討していく。

2. 研究方法

MFC の仕組みは以下のようになっている。



まず、発電菌が有機物を分解し、 CO_2 と H^+ と e^- を放出する。放出した e^- を負電極で回収し、正電極に流れることで、 H^+ と O_2 から H_2O が生じる。

装置作成、反応条件の決定は、先行研究をもとに行った。本研究では、市販の腐葉土を用いて土の種類を統一させ、新たに土壌条件を比較しながら実験を行った。また気温によるデータの変動が大きかったことから、気温の変化の影響を受けないインキュベーターを採用した。使用したものの分量並びに条件は以下に示した通りになっている。計測方法としては、テスターを用いて、電流、電圧、抵抗を計測し条件別に比較した。(なお、比較するものは電圧を基本とした。) 図 1 のように実験装置を準備した。

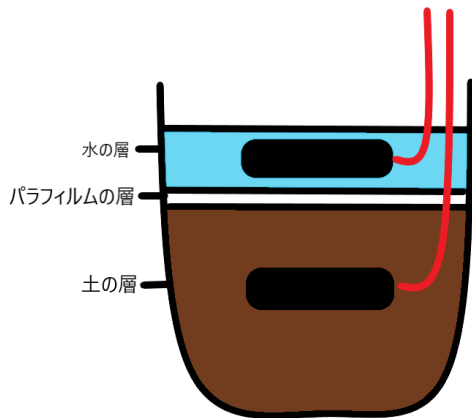


図1 作成したMFCの図

〈装置の全体概要〉

- ① 容器に腐葉土、グルコース (5.0g、1.5g)、蒸留水を入れてよく攪拌した。
- ② パラフィルム、サランラップで層に分割して上層に蒸留水を電極がすべて浸るまで入れた。
- ③ 3日放置してからテスターを使用して電圧、電流、抵抗を測定した (図2)。



図2 使用したテスターと装置 (三和電気計器株式会社)

(1) 熱処理の有無

仮説 土壌を加熱することで微生物は死滅して、電圧値が大幅に低下すると考えた。

- ① 先行研究と同様に微生物を死滅させるため図3のオートクレーブで加熱し、熱処理した土壌と熱処理していない土壌を用意して、電圧値を測定した。



図3 使用したオートクレーブ

- ② 加熱を行い、その前後での差を計測した。

(2) 電極の差

仮説 表面積が大きいカーボンフェルトの電圧値が最も大きくなり、次いで多孔質である炭素棒が銅線に比べて電圧値が大きくなると考える。

- ① 市販の腐葉土を 100g 使用した。
- ② グルコースを 1.5g 入れてよく攪拌した。
- ③ 電極は炭素棒、カーボンフェルト、銅線をそれぞれ用いて比較した。

(3) リン酸二水素カリウムを追加した実験

仮説 赤潮など海水の富栄養化の原因とされ、微生物の働きにも重要とされているリン酸を土壌に加えることで微生物の働きを活性化し、発電装置としての性能を向上させることができると考えた。

- ① 腐葉土は 60g、電極は炭素棒を用いた。
- ② グルコース 1.5g のみのものとリン酸二水素カリウムを 1.5g それから入れたもので比較を行った。

(4) pHを調整した実験

仮説 pHは微生物が生息している一般的な土壌と同じ中性条件のときに最も電圧値が大きくなると考える。

- ② 土は 60g、電極は炭素棒を用いた。

② 土壌に希塩酸と石灰水（水酸化カルシウム水溶液）をそれぞれ加え、pH試験紙を用いて酸性に調整（pH2）したものと塩基性に調整（pH8）したものをそれぞれ作成した（表1）。それぞれ電圧値を測定し、比較を行った。

表1 pH調整後の比較

	1回目	2回目
塩酸 pH	2	1
石灰水 pH	8	8



図4 pH試験紙による土壌のpH調整後の比較

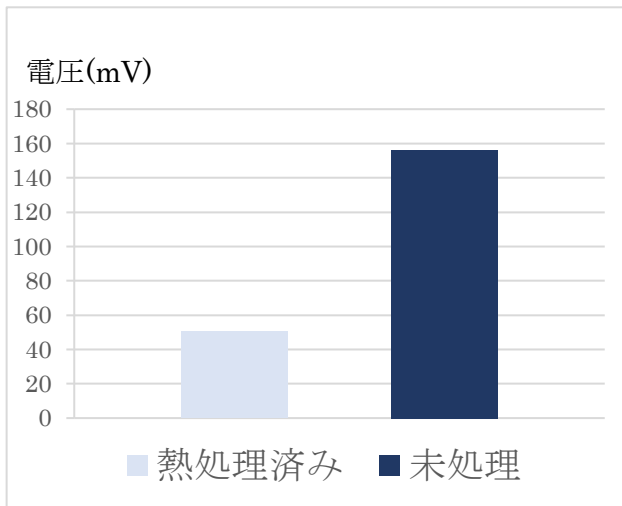


図5 熱処理の有無による比較

3. 結果

実験（1）での実験結果は以下の図5のようになった。この実験結果から、熱処理をすることで、数値の減少を観測することができた。

実験（2）の実験では、電極の種類による電圧値の大きな差は見られなかった。

実験（3）の結果は図6のようになった。この結果から、差は小さいもののリン酸による影響を確認することができた。

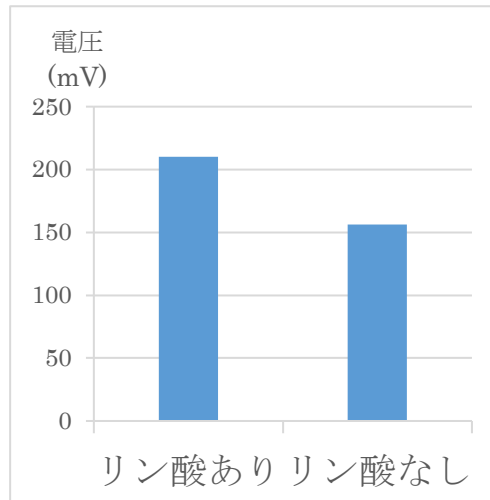


図6 リン酸の有無の比較

実験（4）の結果は図7のようになった。pH調整を行っていないブランクと比較しても極端な差が現れた。pHの与える影響は他の条件よりも大きいと考えられる。

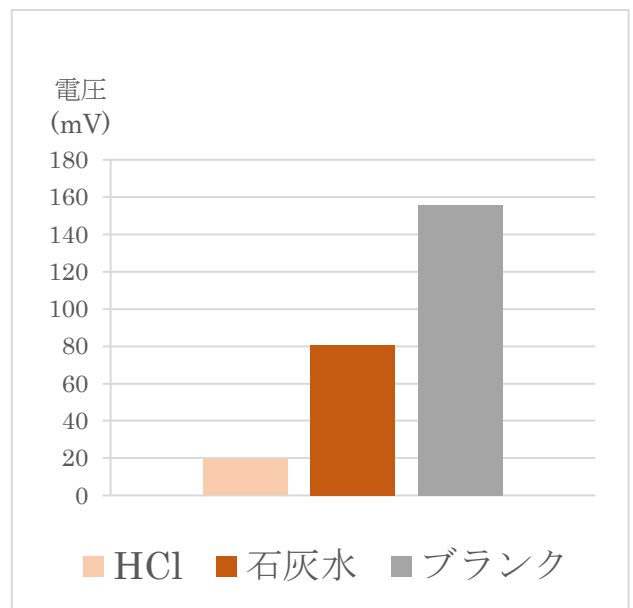


図7 pHによる比較

4. 考察

実験（1）より熱処理した土を用いた発電装置が熱処理していない土を用いたものに比べて大幅に電圧が下がったことが読み取れる。このことから先行研究と同じように土壌中の微生物による発電が成り立つことが分かる。

また、実験（2）ではどの電極を用いても電圧の差はあまり見られなかった。先行研究では安価で表面積の広いカーボンフェルトが電極に用いられていたが、本実験では電圧に大きな差は見られなかった。これは発電装置自体のサイズが小さいと表面積の大きさが与える影響があまり大きくないためだと考える。

実験（3）では、リン酸二水素カリウムを入れた発電装置の方がリン酸二水素カリウムを加えていないブランクに比べて数値が高くなったことから、微生物が活発に活動できる環境の方が発電量は大きくなると考えられる。

実験（4）では、pHによる影響が大きく表れた。酸性土壌と塩基性土壌の電圧値の差が大きく、これは一般的に言われている、酸性よりも塩基性の方が作物の成長に良いといったことへの裏付けになるといえる。一方塩基が強すぎてもカリウムなどの欠乏症になることが考えられる。これがこのような結果になった理由ではないかと考える。

5. 結論

今回の実験では電圧値のデータの安定化といったことが最大の課題となった。その理由としては、値が小さすぎるといったことが挙げられる。値が μA や mV といった普段の実験で扱うことのない小さい単位であったため、少しの条件や環境の変化でも数値が大幅に変動し、特定の条件下での電圧値を決定することができなかったからであると考えられる。一方で、pH調整後の数値を見ると明らかに電圧値が下がっていることを確認できる。諸外国では、酸性土壌（ラトソル）による農作物の成長低下が挙げられており、本実験でも電圧値の低下が見られた。このことから、農作物が多く育つ中性条件や栄養豊

富な土壌条件下では微生物の働きも活発になり、微生物燃料電池の電圧値を向上できると考えられる。

6. 謝辞

この研究を進める過程で、さまざま困難なことが発生しましたが、そのような状況の中で専門的な助言と実験その他についてさまざまな協力をしてくださった菊永先生本当にありがとうございました。また竹重先生、実験の助言ありがとうございました。

7. 参考文献

- [1] 一宮高校
令和3年度大分県立大分舞鶴高等学校課題研究論文集「微生物電池の電圧向上の方法の検討」. 76-80
- [2] 大分舞鶴高等学校
令和3年度理数科24期生課題研究論文集「微生物電池の研究」. 29-33
- [3] 武田容枝（2010）. 「土壌リンの存在形態と生物循環」. 『土と微生物』. 64(1), 25-32

3次元気体シミュレーションによる、高校物理の学習のためのARアプリの開発

志賀元飛 澁谷夏輝 西田敦彦
指導教諭 有馬和宏 末谷健志

アブストラクト

気体分子運動論は高校物理の基礎分野であるが、「見る」ことによる直感的な理解は困難である。そこで本研究では高校物理の学習の補助を目的とした、気体分子の3次元シミュレーションアプリを、AR（拡張現実）を用いて開発した。これは先例のない画期的なアプリである。開発には運動の法則で分子の衝突を制御する独自の計算式を用いた。また、シミュレーションから得た値を教科書等と比較し、シミュレータの有用性が十分であることを確かめた。

1. 研究目的

気体分子運動論は高校物理で学習する基礎的な分野であるが、この分野で扱う気体分子は非常に小さく、視覚的に理解することが困難である。気体分子の運動をシミュレートするアプリはいくつか知られているが、操作が難しい上、モニター上で行われるため、それらが実際に自分たちの周囲で発生している運動であることを実感することが難しい。そこで、本研究では、誰でも広く使用可能であり、高校物理で学習する気体分子運動論の視覚的な理解と、気体の運動が身の回りで起こっていることの直観的な理解を促すため、手持ちのスマートフォンで動作する、AR（拡張現実）を用いた3次元の分子運動シミュレータを実現し、高校で学ぶ Maxwell の速度分布や状態方程式を直感的に理解できるアプリを開発する。

2. 研究方法

次の3つのステップを通して、シミュレータを開発する。

研究（1）分子の衝突に関する計算方法の確立

シミュレートを構築するために、分子が衝突する際の計算式を構築する。衝突には運動の法則を使う方法と分子間力を使う方法が考えられるが、分子間力を使う方法ではシミュレーション速度が速いと非常に大きな斥力が発生し、シミュレートが困難となるため、運動の法則を使う方法を採用した。現実に即したシミュレートが行われるよう、分子の衝突のための式を自分たちで構築した。

研究（2）ARアプリケーションの開発

（1）で作成した計算式を用いて iPhone で動作する AR を用いたアプリケーションの開発を行った。プログラムの言語は swift を使用した。

研究（3）精度の検証と高校物理の学習への利用

高校物理や化学の教科書で扱われる次の学習項目について、シミュレータで確認し、現実と一致するかを確認した。

- ①Maxwell の速度分布
- ②状態方程式 ($pV=nRT$)
- ③蒸発

研究（4）学習のための機能の追加

温度、圧力、体積といった値をユーザーが自由に調節できるようにした。

3. 結果

研究（1）「計算方法の確立」の結果

式①、式②はそれぞれ分子の衝突のために構築した式である。式①では衝突した2つの分子の情報を用いて、何秒前に衝突したかを表す t （符号は負）を求めている。シミュレーションでは分子がコマ送りで動くため、分子同士は少しめり込んでしまうが、式①によってそれらを補正している。また、式②では分子の速度を分解、合成することで、衝突時に交換される速度成分のみを抽出し、交換している。交換については運動量保存則、反発係数の式を用いている。

$$\begin{aligned} & A(x_1, y_1, z_1, vx_1, vy_1, vz_1) \quad \text{分子1} \\ & B(x_2, y_2, z_2, vx_2, vy_2, vz_2) \quad \text{分子2} \\ & (x \text{ 座標, } y \text{ 座標, } z \text{ 座標, } x \text{ 速度, } y \text{ 速度, } z \text{ 速度}) \\ & r = \text{分子半径} \\ & a = (vx_2 - vx_1)^2 + (vy_2 - vy_1)^2 + (vz_2 - vz_1)^2 \\ & b = 2\{(x_2 - x_1)(vx_2 - vx_1) + (y_2 - y_1)(vy_2 - vy_1) \\ & \quad + (z_2 - z_1)(vz_2 - vz_1)\} \\ & c = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - (2r)^2 \\ & t = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \end{aligned}$$

式① 分子の正確な衝突時刻を求めるために構築した式

$$\begin{aligned} & A(x_1, y_1, z_1, vx_1, vy_1, vz_1) \quad \text{分子1} \\ & B(x_2, y_2, z_2, vx_2, vy_2, vz_2) \quad \text{分子2} \\ & (x \text{ 座標, } y \text{ 座標, } z \text{ 座標, } x \text{ 速度, } y \text{ 速度, } z \text{ 速度}) \\ & r = \text{分子半径} \\ & \text{衝突計算} \end{aligned}$$

$$xzd = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

$$\begin{bmatrix} v'_{x1} \\ v'_{y1} \\ v'_{z1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{xzd}{2r} & \frac{y_1 - y_2}{2r} & 0 & \frac{x_1 - x_2}{xzd} & 0 & \frac{z_1 - z_2}{xzd} \\ -\frac{y_1 - y_2}{2r} & \frac{xzd}{2r} & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{z_1 - z_2}{xzd} & 0 & \frac{x_1 - x_2}{xzd} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{z1} \end{bmatrix}$$

v_{x2}, v_{y2}, v_{z2} についても同様に計算する

$$\begin{bmatrix} v''_{x1} \\ v''_{y1} \\ v''_{z1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x_1 - x_2}{xzd} & 0 & -\frac{z_1 - z_2}{xzd} & \frac{xzd}{2r} & -\frac{y_1 - y_2}{2r} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \frac{y_1 - y_2}{xzd} & \frac{xzd}{2r} \\ \frac{z_1 - z_2}{xzd} & 0 & \frac{x_1 - x_2}{xzd} & \frac{y_1 - y_2}{2r} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v'_{x2} \\ v'_{y1} \\ v'_{z1} \end{bmatrix}$$

$v'_{x1}, v'_{y2}, v'_{z2}$ についても同様に計算する

衝突後

$$A(x_1, y_1, z_1, vx''_1, vy''_1, vz''_1)$$

$$B(x_2, y_2, z_2, vx''_2, vy''_2, vz''_2)$$

式② 分子の衝突のために構築した式

研究（3）「精度の検証と高校物理の学習への利用」の結果

①Maxwell の速度分布

シミュレータを用いて速度分布を作成し、教科書と一致するかを確認する。図8では2つの横軸にそれぞれ、x軸方向の速度 v_x 、y軸方向の速度 v_y をとり、縦軸に分子数を取っている。

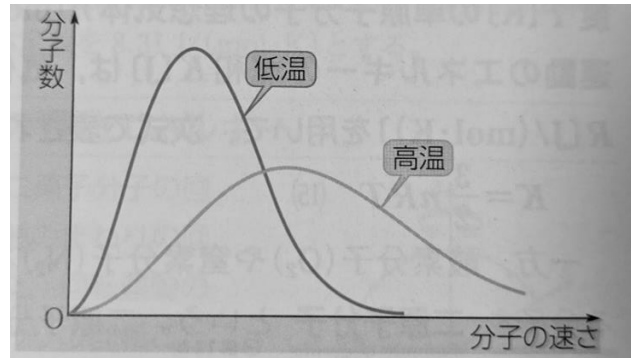


図6 Maxwell の速度分布（手持ちの教科書のものを撮影）

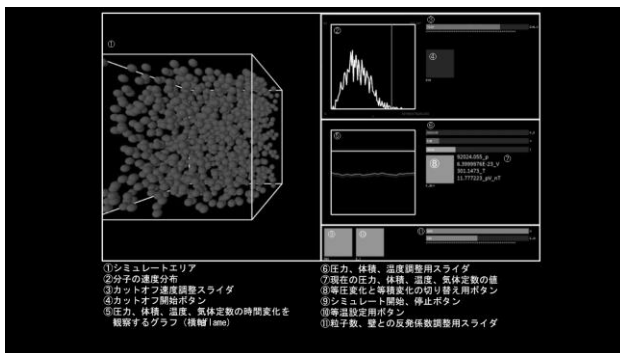


図1 デスクトップ上でのシミュレーション画面

研究（2）「AR アプリケーションの開発」の結果

AR 空間に分子を描画し、様子を確認する。

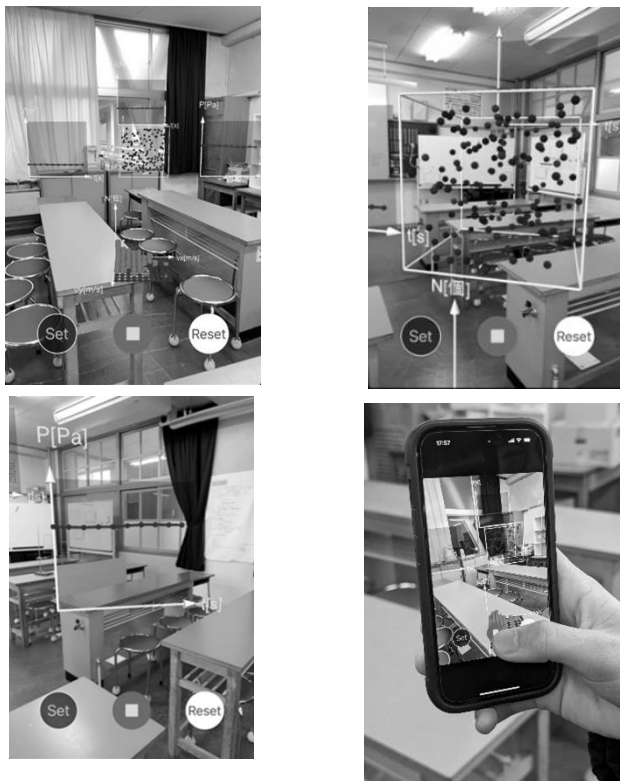


図2, 3 開発したARアプリの画面

図4, 5 開発したARアプリの画面と使用する際の様子

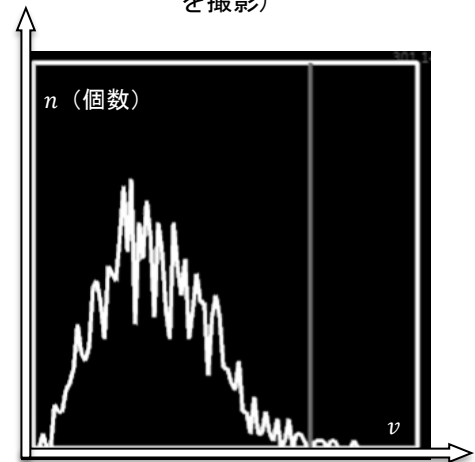


図7 シミュレーションから取得した速度分布

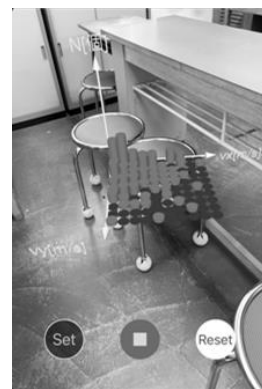


図8 アプリ上で動作する3次元速度分布

②状態方程式

シミュレータから得た値が教科書と一致するかを確認する。表①のシミュレータによる気体定数では図9の低圧下の気体定数の平均を用いている。図9の2つの横軸はそれぞれ圧力、絶対温度であり、圧

力は低圧化では $5 \times 10^3 \sim 10^5 \text{ Pa}$ 、高圧化では $5 \times 10^5 \sim 10^7 \text{ Pa}$ の範囲で均等に 20 ポイント測定し、それら 20 ポイントすべてにおいて絶対温度を $100 \sim 1050 \text{ K}$ の範囲で均等に 20 ポイント測定している。

表① 気体定数の真値との相対誤差

気体定数の真値 ^① (理科年表) ^②	開発したシミュレータ ーによる気体定数 ^③	相対誤差 ^④
8.3144 J/molK ^⑤	8.4113 J/molK ^⑥	1.1649 % ^⑦

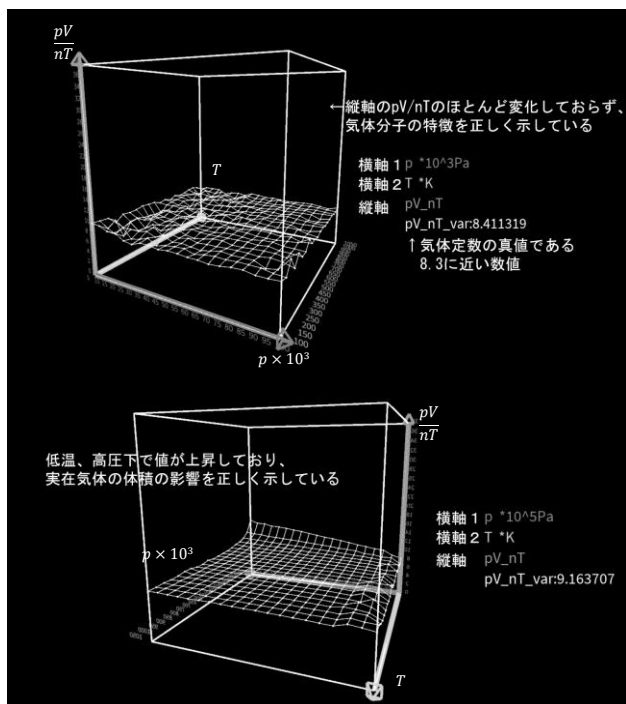


図9 圧力、温度による気体定数の値 (上図：低圧、下図：高圧)

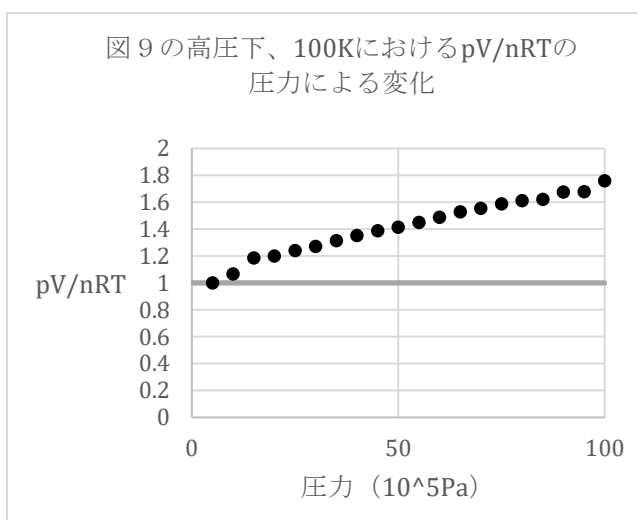


図10 図9の高圧下、100Kにおける pV/nRT の圧力による変化のグラフ

③ 蒸発

分子が一定の速度に達したとき、その分子が「蒸発した」とみなす。この時、蒸発した分子の数がどのように変化していくかを分子の速度分布を用いて観察する。

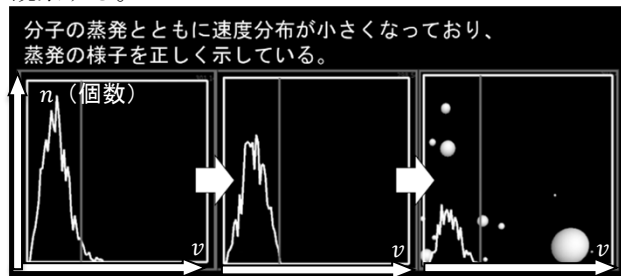


図11 蒸発に伴う速度分布の変化

研究(4) 「学習のための機能の追加」の結果

温度、圧力、体積、分子数、分子半径といったパラメータを自由に調節するための機能を追加した。

4. 考察

研究(1) 「計算方法の確立」の考察

式①、式②を使用してシミュレートを行ったところ、図1のように、分子が正しく描画された。また、実際にシミュレータを動かし、分子同士が力学の法則に則して衝突している様子が確認できた。よって、構築した計算式は正しかったと考えられる。

研究(2) 「AR アプリケーションの開発」の考察

図2、図3、図4、図5にあるように、実空間で分子が運動しているように表示することができた。モニター上で観察するよりも、分子が存在していることが直感的に感じられた。よって、従来のシミュレータよりも効果的に学習を助けられると考える。

研究(3) 「精度の検証と高校物理の学習への利用」の考察

① Maxwell の速度分布

Maxwell の速度分布は図6のように、速度が大きい地点で「すそ」が見られることが特徴であるが、図7、8にもその特徴が表れていることが分かる。よって、このシミュレータは Maxwell の速度分布の観察のための十分な精度を持っているといえる。

② 状態方程式

図9から、気体定数の値はほとんどの場合において $8.4113 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 前後で安定していることが分かり、表①からその平均の相対誤差は 1.1649% と分かる。さらに、図9の高圧下では気体定数の値が大きく上昇する様子が見られるが、これは体積を持つという実在気体の特徴を示しており、実際に、図10のグラフでは圧力の増加に伴って気体定数が増加している。以上より、相対誤差が小さく、実在気体の特徴も正しく表れていることから、このシミュレー

タは状態方程式への活用のための十分な精度を持っているといえる。

③蒸発

図 11 より、分子同士の衝突によって分子それぞれの温度が変化し、分子が少しずつ蒸発していることが分かる。これは、現実の蒸発の様子と一致する。よって、このシミュレータは蒸発のシミュレートのための十分な精度を持っているといえる。

研究（４）「学習のための機能の追加」の考察

パラメータを自由に調節する機能を追加したことにより、ユーザーはパラメータを変化させた際の、分布の変化や圧力等のグラフの変化をリアルタイムに、自由に観察することができるようになったと考える。

5. 結論

考察より、作成したシミュレータは高校物理学習項目である、「Maxwell の速度分布」「状態方程式」「蒸発」のシミュレートのための十分な精度を持っており、AR（拡張現実）を活用した表示も正しく行うことができている。よって、だれでも使用可能な、これまでにない直感的な理解を可能にするシステムを構築できたといえる。本アプリは調整後、App Store で公開予定である。



図 12 開発したアプリの画面（再掲）



図 13 公開予定のアプリのアイコン（仮）

6. 展望

今後は、浸透圧、空気抵抗を含む自由落下、多原子分子の衝突といった、他の現象もシミュレート可能にしたいと考える。

7. 謝辞

今回の研究にあたって、シミュレータの価値を担保するための方法といった様々な相談にのってくださった、指導教員の有馬和宏先生、末谷健志先生をはじめ、お世話になった先生方に感謝いたします。

8. 参考文献

- ・西田淳（2009）．「粒子衝突シミュレータの制作とその応用」https://nwuss.nara-wu.ac.jp/media/sites/11/ssh09_05.pdf
2023年2月5日.
- ・福井大学（2013）．「気体シミュレータ Piston」．<https://polymer.apphy.u-fukui.ac.jp/~koishi/Piston/index.php>.
2023年2月5日.

カーボン系固体酸触媒を用いたセルロースの加水分解

川口博大 椋梨菜々子 郷木拓実

指導教諭 米本和生

アブストラクト

カーボンニュートラルを実現するために、カーボン系固体酸触媒の作製を目的に研究を始めた。セルロースを加熱し、炭化・灰化させることでカーボン系固体酸触媒を作製した。セルロースの加熱時に温度をゆっくりと上昇させることで反応が隅々まで届き、カーボン系固体酸触媒としての効果が高まると仮説を立てた。しかし、今回作製したものではセルロースを加水分解することができなかった。今後、先行研究と同様の炭化物を用いて、効果的なカーボン系固体酸触媒の作製が可能か調べる。

1. 研究目的

(1) 背景

今世界でも問題になっているように、年々増加するCO₂排出量を減らすために、カーボンニュートラルの実現が重要である。そのためには、バイオ燃料（サトウキビなどの作物を発酵させて作るバイオエタノールなど）を活用する必要がある。バイオ燃料の原料はグルコースである。そのグルコースを効率的にセルロースの加水分解によって作るには触媒が必要となる。よって、カーボン系固体酸触媒に注目し、この研究テーマを定めた。セルロースは自然界に最も多く存在する高分子である。そのため、枯渇の心配性がなく、グルコース及び触媒の原料として最適であると考えた。

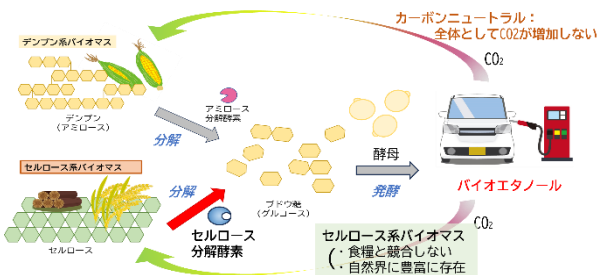


図1 カーボンニュートラルの仕組み

(2) 目的

この研究の最終目的はカーボン系固体酸触媒（以下C触媒とする）を作製することによって、地球温暖化対策とすることである。

セルロースの加水分解には、従来の主要な方法として濃硫酸による加水分解がある。しかし、濃硫酸には問題が多い。よって濃硫酸のような危険な薬品を使用せず、簡単な器具・薬品だけでセルロースを加水分解することが理想的だ。C触媒は

これを実現できる理想的なC触媒である。

また、原料を炭化させる際の条件を変更することによって、糖化収率（デンプンなどの多糖類を、単糖類に分解する際に、どの程度の効率で分解できたかを表す指標）の高いC触媒を作製することも目的である。

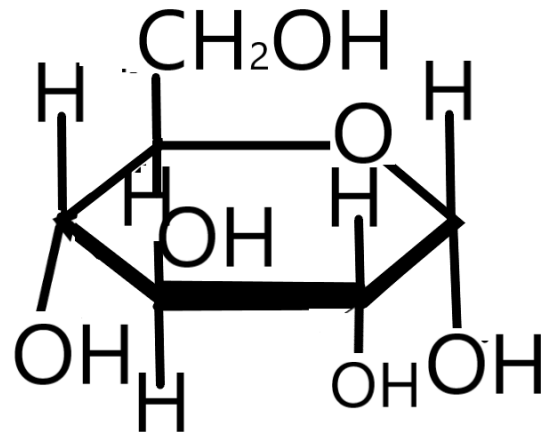


図2 グルコースの構造

作製したC触媒によるセルロースの加水分解後に、グルコースの生成量を測定する必要がある。先行研究ではDNS（ジニトロサリチル酸）法やHPLC（高速液体クロマトグラフ）などによって測定されていた。しかし薬品が危険、必要な機械が学校にないなどの問題があり、これらの方法は行えない。よって、新しい方法を考える必要がある。そこで、グルコースと反応するベネジクト液に着目した。

ベネジクト液を用いてグルコースの定量を試みた先行研究は複数あった。その中の一つとして、グルコースがベネジクト液と反応して色が変わるまでの、時間と濃度の関係性に着目していた研

究があった。それは、溶液が赤褐色になるのを目視で確認していた。そのため、色が薄い場合は測定が不可能だった。

そこで、私たちは反応溶液の吸光度と濃度の相関性を検量線で表すことで、測定可能だと考え実験を進めた。ベネジクト液の吸光度から、グルコースを定量する研究は他には見られず、新しい方法である。また、この方法は少量のグルコースも測定することが可能だ。この方法が、この研究のグルコース定量方法として適切かどうか調べることも目的とした。

2. 研究方法

セルロースを電気炉によって加熱することで炭化・灰化させ、それらをC触媒とする。C触媒と粉末セルロースを蒸留水に溶かす。溶液の水分を保った状態で加熱し、1時間反応させる。反応後の溶液に、ベネジクト液を添加し反応させることで、グルコース生成の有無を調べる。グルコースが生成した場合は、溶液の吸光度を測定する。

複数濃度のグルコース水溶液にベネジクト液を添加し、加熱することで赤褐色に発色させる。水溶液の濃度と、発色した溶液の吸光度の相関性を表す検量線を引く。この検量線により、C触媒による分解反応で生成したグルコースの濃度がわかる。

実験1 C触媒の作製

①セルロースの炭化

粉末セルロースを電気炉内に入れる。30分で350℃まで電気炉内の温度を上げる。その状態で1時間30分加熱をする。

②C触媒の作製

炭化したセルロースを電気炉内に入れる。30分で475℃まで電気炉内の温度を上げる。その状態で1時間20分加熱する。炭化セルロースを加熱し、灰化することでC触媒を作製する。



図3 電気炉

実験2 C触媒によるセルロースの加水分解

作製したC触媒0.30gと粉末セルロース0.025gを混ぜる。混合物に蒸留水7.0 mLを加え、十分に攪拌する。溶液の水分を保った状態で1時間加熱し、反応させる。反応後の溶液にベネジクト液を添加し加熱する。この溶液が赤褐色に変化することにより、グルコースの生成が確認できる。

実験3 C触媒のpH測定

セルロースは、酸性の触媒によって分解される。これは、先行研究で示されている。このことから、触媒に酸性を示す官能基があると加水分解できる可能性がある。そのため、C触媒のpHを測定し、触媒としての有効性についても調べた。

①蒸留水のpHを測定する。溶液のpH測定は、pH試験紙を用い、色の変化が落ち着いてから行った。

②炭化したセルロースを蒸留水に溶かし、pHを測定する。溶液が炭によって濁っていたため、pHを測定する前に濾過を行った。濾過によって溶液は透明になった。

③作製したC触媒を蒸留水に溶かし、pHを測定する。

実験4 検量線の作成

①グルコース0.010gを蒸留水0.70mLに溶かす。グルコース水溶液にベネジクト液1.0mLを添加して加熱する。

②①と同様の操作を、添加したグルコース量が0.020g、0.030g、0.040g、0.050gの時にも行う。

③加熱後で色の変化した溶液の透過率を、吸光度計により測定した。測定は640nm波長で行った。その後、Excelで検量線を作成した。

3. 結果

実験1で、電気炉を用いてセルロースの炭化・灰化を試みた。どちらも行うことが出来た。炭化・灰化後の物質は、元の量と比べて半分以下となった。図4は左から、粉末セルロース、炭化セルロース、C触媒である。



図4 セルロースと炭化・灰化物

実験2では、C触媒と反応後の溶液にベネジクト液を添加し、色の変化が現れるか観察した。しかし、溶液の色に変化は見られず、グルコースは生成していなかった。そのため、C触媒が上手く作製できていなかった可能性がある。また、溶液の濁りがひどかった。濾過をして取り除こうとしたが、溶液の量が非常に少なく、濾過は行えなかった。そのため、溶液の吸光度を測定することはできなかった。その後、ベネジクト液が機能しているか調べるために、溶液にグルコースを添加した。すると、赤褐色に変化した。

実験3では、C触媒のpHを測定した。測定結果は下の図のようになった。炭化セルロースは中性を、C触媒は弱塩基性を示した。pH測定は複数回行ったが、いずれも同様の結果となった。



図5 加水分解後の溶液

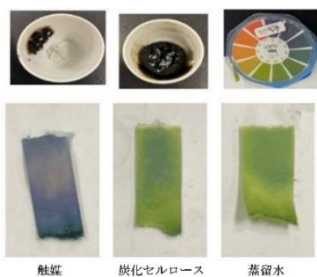


図6 C触媒のpH測定

実験4で作成した検量線は下の図である。

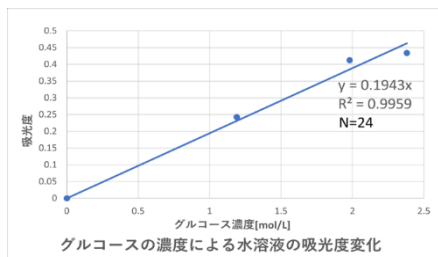


図7 検量線

4. 考察

実験2で、セルロース溶液の加水分解を試みた。実験処理後の溶液量は非常に少なくなってしまった。C触媒、セルロース、水の量、加熱温度や時間は先行研究と同じだったが、分量が少なく測定できなかった。そのため、今後は薬品等の量を検討する必要があると考えられる。

加水分解後の溶液はベネジクト液と反応しなかった。そのため、現在の方法で作製したC触媒のみでの、セルロースの加水分解は出来ないと考えられる。

C触媒を溶かした溶液が弱塩基性となってしまった。これは、電気炉で加熱後のC触媒中に、塩基性の物質が混合していた可能性があるからだ。文献では、炭化物中に原料の塩基性の成分が含まれていることがあった。

炭化の温度が高温だと炭化物がアルカリ性になるという先行研究もあった。炭化後の加熱の温度が高すぎた可能性も考えられる。

図9から、検量線の R^2 値は0.9959で問題はないと考えられる。しかし、データ数が少ないため、もっとデータを増やす必要がある。

5. 結論

今回の実験で、灰化したセルロースはC触媒として機能しなかった。炭化・灰化の温度を低くして再度C触媒の作製を検討する。また、先行研究と同様の炭（味の素のカーボンBA）を灰化し、C触媒とすることができるかを実験する。炭化物を加熱する時間についても検討する。また、灰化前の炭化物として、竹炭の有効性について調べる。竹を使用することで、周南市の課題である、竹林の急激な成長による、竹林面積の拡大への対抗策として有効である。竹の伐採による管理は行われているが、伐採後の竹の有効活用が求められている。竹を活性炭にし、セルロース加水分解の触媒とすることで、2つの課題を解決することができる。また、どちらも枯渇する恐れがないので、重要視されている持続可能な社会に合っていると考えられる。

炭化セルロース、C 触媒の pH 測定を再度行う。測定前に炭化セルロース、C 触媒を水に浸し、塩基性の成分を取り除くなど、工夫して測定を行う。

検量線のデータ数が少なかった。そのため、もう 1 度検量線を引き直す。引き直す時は、データ数を増やしグラフの正確性を高める。発色溶液をろ過し、沈殿物を取り除くなど、実験工程も工夫し、誤差を小さくする。

先行研究に示されていたスルホン化については、本研究でその反応時間の長さから行うことができなかった。また反応時に二酸化硫黄が発生する。その危険性からも、安全な方法が見つかるまでは行うことができない。スルホン化をすることでより高性能な C 触媒を作成することが可能になるため、安全性が確保できるならスルホン化も検討していく。

6. 謝辞

今回の研究をするにあたって、なかなか思ったような結果が出ない中、協力していただき、多くのアドバイスをくださった竹重智美先生並びに米本和生先生に深く感謝し、御礼申し上げます。

7. 参考文献

- ・「弱酸点を有する炭素触媒によるセルロースの加水分解」 小林広和、福岡淳著、2019 年
- ・「セルロースの加水分解反応の検討」 阿久津浩、古瀬愛実、武部志帆、坪野玲巳、山田洋一著、2018 年
- ・「セルロースの加水分解反応の検討（第 2 報）」 長谷川拓巳、山田洋一著、2019 年
- ・「木炭の種類と特性」 立本英機著、2004 年

ヒメタニシによる水質の浄化

北川大幹 前原朱里 堀越悠花 渡邊陽奈
指導教諭 小田中也

アブストラクト

この研究では、最も身近な貝の一つであるヒメタニシを用いて、近年増えつつある富栄養化を軽減する方法を考え実験した。実験するにあたって、富栄養化の状況に近いグリーンウォーターを使用し、水草とろ過摂食を行うヒメタニシに浄化能力があるのかを実験した。その結果、ヒメタニシには濁りに対してのろ過能力はあるが、栄養分に対しての浄化能力はないことが分かった。しかし、水草と組み合わせることで高い浄化能力を確認できた。今後はより効果的な浄化方法の条件を模索していきたい。

1. 研究目的

近年、生活排水による水質汚濁が社会問題となっている。その中でも生活排水により引き起こされる富栄養化に着目した。富栄養化とは海水や川の水に含まれる栄養分が自然の状態よりも増え、プランクトンが大量発生することで起こる水質汚濁のことである。生活排水は普段の私たちの生活に最も身近な水質汚濁の原因であり、富栄養化によって酸素不足が起これ、魚が死滅してしまうことを知った。このことから、より環境に配慮した水質浄化を行う方法を確立させるため、身近な生物を利用して本実験を行った。

今回の実験ではヒメタニシを使用した。その理由として、ろ過摂食を行う点が挙げられる。ろ過摂食とは、水中の余分な栄養分や植物プランクトンなどを取り込んで吸収することであり、特にヒメタニシの餌であるコケなどが不足しがちな環境下で盛んに行われる。そのため水質浄化に効果的であると考え、使用した。

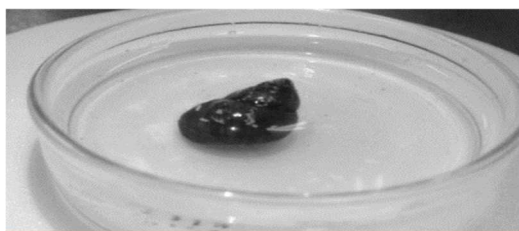


図1 本実験で使用したヒメタニシ

2. 研究方法

今回の研究ではグリーンウォーターを用いて富栄養化の状況を作り、生物による水質浄化能力を調べる実験を行った。

グリーンウォーターとは植物プランクトンが増殖した緑色の水のことでありプランクトンが大量発生した富栄養化の状況に近いと考えた。本実験では水に5Lに対して5mLの植物プランクトン培養液を入れグリーンウォーターを作成し使用した。

(1) 実験に使用したもの

- ・ヒメタニシ (各 10 匹)
- ・水草 (オオカナダモ)
- ・水槽
- ・グリーンウォーター (各 700mL)

(2) 実験方法

- ① グリーンウォーターを作る。
 - ・水 500mL、グリーンウォーター200mL合計 700mL を 4 つの水槽にそれぞれ入れる。
- ② ①で用意した水槽にそれぞれ生物を入れて、4つの異なる条件を作る。
 - 条件1 何もなし
 - 条件2 オオカナダモのみ
 - 条件3 ヒメタニシ (10 匹) のみ
 - 条件4 オオカナダモとヒメタニシ (10 匹)
- ③ 1週間観察してそれぞれの水質浄化能力につ

いて調べる。

*10月下旬と、11月上旬の計2回同じ条件（直射日光の当たらない室内の机上）で実験を行った。



図2 実験風景

3. 結果

(1) 10月上旬（平均気温 23℃）の結果

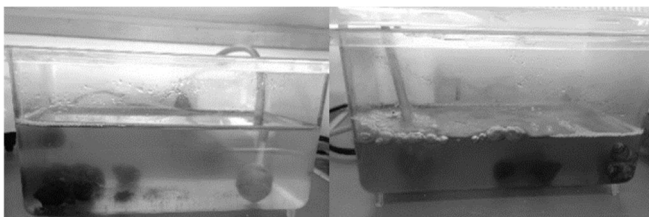


図3 左 1日目の条件3の水槽
右 7日目の条件3の水槽



図4 左 1日目の条件4の水槽
右 7日目の条件4の水槽

- ・条件1の水槽では目視で濁り具合の変化が確認できなかった。
- ・条件2の水槽では目視で濁り具合の変化が確認できなかった。
- ・条件3の水槽では実験開始1日目の時点で、グリーンウォーターが浄化され透明度が高くなった。しかし翌日には実験開始前と同程度に濁りが戻り、それ以降改善することはなく、その状態で1

週間維持された。

- ・条件4の水槽では1日目の時点で、条件3の水槽と同様に浄化され透明度が高くなった。それ以降濁りが元の状態に戻ることもなくその状態で1週間維持された。

(2) 11月上旬（平均気温 17℃）の結果

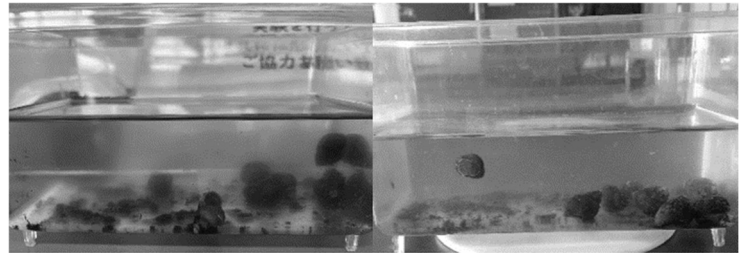


図5 左 1日目の条件3の水槽
右 7日目の条件3の水槽

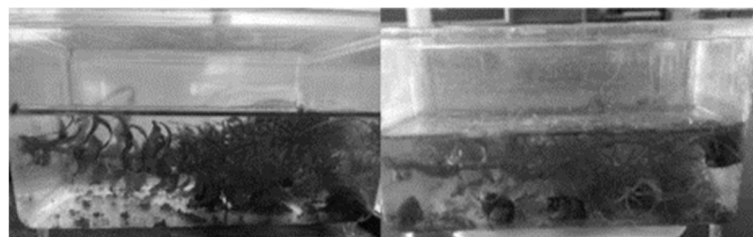


図6 左 1日目の条件4の水槽
右 7日目の条件4の水槽

- ・条件1の水槽では目視で濁り具合の変化は見られなかった。
- ・条件2の水槽では目視で濁り具合の変化は見られなかった。
- ・条件3の水槽では1日目でグリーンウォーターが浄化され透明度が高くなったがまだ少し濁りが残り、その状態が1週間維持された。
- ・条件4の水槽では1日目で条件3と同じ程度にグリーンウォーターの透明度が高くなり、2日目には条件3の水槽に比べて透明度がさらに高い状態で1週間維持された。

4. 考察

条件1・条件2の水槽ではグリーンウォーターに大きな変化が見られなかったが、条件3・条件4の水槽ではグリーンウォーターの透明度が高くなった。このことから、ヒメタニシには浄化作用があると考えられる。

条件3と条件4の水槽を比較すると、水草の入っていない条件3の水槽は、水草の入っている条件4の水槽と比べ、透明度が高くなった後にその状態を維持できた期間が短かった。その原因として水中に栄養分が多く残っていたことが考えられる。ヒメタニシはろ過摂食によって浄化を行う。そのためヒメタニシの排せつ物が蓄積し、水中の栄養分が増え再び富栄養化の状況となり、水中の植物プランクトンが増殖したと考えられる。さらに、ろ過摂食によって浄化をおこなうためヒメタニシが飽食（これ以上食物を摂取できない状態）となり、浄化速度が植物プランクトンの増殖速度に追いつけなくなったことも原因として考えられる。

条件4の水槽で透明度が高い状態で保たれた理由としては、水中の栄養分が条件3の水槽と比較して低い状態で保たれたことが考えられる。ヒメタニシの排せつ物などの栄養分を分解者が分解、その後水草が吸収したことで水中の栄養分の濃度が比較的低い状態で保たれ、植物プランクトンの増殖を抑えられたと考えられる。

このことから、ヒメタニシにはグリーンウォーターを浄化する働きはあるが、水中の栄養分そのものを無くす働きはないことが分かった。

条件2と条件4の水槽の結果を比較すると、水草自体にグリーンウォーターを浄化する能力がないことが分かった。しかし、条件4の水槽の結果よりヒメタニシなど、ほかの生物と組み合わせることによって高い浄化能力が期待できると考えられる。

10月下旬と11月上旬に行った実験では条件3の水槽について結果の違いがみられた。10月上旬の結果では1日目に高い透明度が確認されたものの、翌日には実験開始前と同じ程度の濁りが見られその状態が改善されることはなかった。11月上旬の結果では濁りが完全になくなるまで時間はかかったもの

の、濁りが戻ることはなかった。

この結果の違いが生じた原因として気温の違いが考えられる。10月上旬の平均気温は23℃なのに対し、11月上旬の平均気温は17℃だった。植物プランクトンが発生する温度の条件は8℃前後からであり、25℃前後で多く発生することが調べ2)で分かった。つまり温度が高いほど植物プランクトンが発生しやすいことが分かった。

実験結果より、10月上旬の方が11月上旬よりも気温が高く、より植物プランクトンが発生しやすい状況だったため条件3の水槽の濁りが戻ったと考えられる。

5. 結論

今回の実験の結果より、ヒメタニシにはグリーンウォーターを浄化する能力があることが分かった。しかし、ヒメタニシのみでは高い透明度を保つことができなかった。水草とヒメタニシを一緒に入れた条件4の水槽では高い透明度を保つことができたことから、ヒメタニシのみではなくほかの生物と組み合わせることで高い浄化能力が期待できると考えられる。

10月上旬の結果より、ヒメタニシが飽食の状態になったことが濁りの戻った一因だと考察したが、まだ断定はできない。そこで、この仮説を立証するために次の実験を考えている。

まず、1日目で浄化された水槽内のヒメタニシは、飽食の状態であると仮定する。そのヒメタニシをきれいな水の中に入れていた別のヒメタニシと入れ替え、浄化された状態が維持されるかを確かめる。もし飽食が原因であれば2日目以降も浄化された状態が維持されることが考えられる。また別の方法として、実験で使用したヒメタニシを別のグリーンウォーターの入った水槽に入れて浄化作用を確認する。飽食が原因であれば水槽は浄化されないと考えられる。以上の実験を行うことでさらにヒメタニシのろ過摂食の仕組みについて調べていきたい。

本実験は富栄養化による水質汚濁の浄化を目的としてきた。実験結果より生物による浄化はある程度効果的であると分かった。しかし、実用に向けては

まだまだ課題も多い。ヒメタニシと水草を組み合わせることで高い水質浄化能力が得られたが、まだ効率的とは言えない。今後の展望として、実用化を進めるために、水草とヒメタニシの比率を調整してより高い透明度を保つことができる条件を模索していきたい。

6. 謝辞

本実験を行うにあたって、科学部生物班の顧問である小田中也先生、山本圭子先生には実験を行う上での助言や、実験器具の準備などをしていただきました。ありがとうございました。

7. 参考文献

1) ヒメタニシを飼育するなら知っておくべき10のこと

<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=b69a27ffac9c1915Jm1tdHM9MTcwNTg4MTYwMCZpZ3VpZD0zNzIxYTE3Yy0wYzJlLTU5YzItMmY0ZC1iMzIxMGRmYzY4NjMmaW5zaWQ9NTIwNw&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=3721a17c-0c2e-69c2-2f4d-b3210dfc6863&psq=%e3%81%b2%e3%82%81%e3%81%9f%e3%81%ab%e3%81%97&u=a1aHR0cHM6Ly9hcXVha29rZS5jb20vaGltZS1zbnFpbC1mdWxsLXZlcnNpb24v&ntb=1>

2) 植物プランクトンと動物プランクトン

https://www.cf.ocha.ac.jp/marine/info_sck/d008884_d/fil/2020_Plank_instru.pdf

食用油におけるポリスチレンの溶け具合について

小川七夢、松本芽依、山内綾桃

指導教員 竹重智美 米本和生

アブストラクト

即席カップめんの容器には発泡ポリスチレンが使われている。発泡ポリスチレンは、ヤシ科の植物に含まれる天然成分である中鎖脂肪酸のみで作られている MCT オイルや、えごま油等の食用油を加えると、容器が破損して内部の湯が漏れ出してしまう事故が起こっているため、発泡ポリスチレンの原料であるポリスチレンが、食用油によりどの程度溶けるのかを研究しようと思った。

熱したごま油、MCT オイル 20mL に、ポリスチレンを加え 3 分間加熱した。熱する前後でポリスチレンの質量に大きな差は現れなかった。ポリスチレンの質量に変化が現れない理由や、他の食用油でも同様なのかということに関しても研究を行っていききたい。

1. 研究目的

即席カップめんの容器に使われている発泡ポリスチレン製容器に、MCT オイルやえごま油等の食用油を加えると、容器が破損し、内部の湯が溶けだす事故が起こっていることをニュースで知った。そこで、私たちは発泡ポリスチレンが、油と温度の二つの要素によって溶けるのではないかと仮説を立てた。この仮説をもとに、発泡ポリスチレンの原料であるポリスチレンが溶ける原因や、溶けやすい条件について研究し、事故防止に貢献しようと考えた。

2. 実験と仮説

実験 1 「油と温度によってポリスチレンが溶けるかを調べる。」

油と温度の二つの条件がそろっているとポリスチレンが溶けると考えられる。

実験 2 「ポリスチレンが溶けるのに油が影響しているかを調べる。」

ポリスチレンが溶ける条件には、油は影響しおらず、温度の上昇のみが影響してポリスチレンが溶けると考えられる。

実験 3 「油の種類によってポリスチレンの溶け方が変化するかを調べる」

中鎖脂肪酸のほうがポリスチレンを溶かしやすいため MCT オイルのほうがポリスチレンをよく溶かすのではないかと考えられる。

3. 研究方法

ビーカーにポリスチレンと油を入れてそれをホットスターラーで加熱する。その後ろ過した後の物質の質量ともとのポリエチレンの質量とを比較し変化を調べる。

(1) 実験準備物

吸引ろ過器、100mL ビーカー、ポリスチレン、マグネットホットスターラー、MCT オイル、ごま油、蒸留水、ろ紙、シャーレ、ガラス棒、薬包紙、電子天秤、温度計

(2) 実験方法

予備実験

- ① ビーカーにごま油 20mL とポリスチレン 1.00g を入れる。
- ② 24 時間静置した後、ろ過して質量を量る。

実験 1 「油と温度によってポリスチレンが溶けるかを調べる。」

- ① ごま油 20mL とポリスチレン 1.00 g をそれぞれビーカーに入れる。
- ② ホットスターラーの温度を最高温度 (140℃) に設定し、①のビーカーを加熱する。
- ③ 吸引ろ過器を使って、ビーカーの内容物をろ過し乾燥させる。
- ④ 洗剤を使ってろ過した後の物質を洗浄する。
- ⑤ ④の物質の質量を測定する。



図1 実験に使用した油とポリスチレン

実験2「ポリスチレンが溶けるのに油が影響しているかを調べる。」

- ① 蒸留水 20mL、ごま油 20mL をそれぞれビーカーに加え、そのビーカーそれぞれにポリスチレン 1.50 g を加える。
- ② ホットスターラーを用いて、ビーカー内の溶液の温度が 100°C に保たれるように温度計で液温を測り、調節しながら加熱する。
- ③ 実験1と同様にろ過、洗浄を行い物質の質量を測定する。



図2 実験2の①の操作を行ったビーカー

実験3「油の種類によってポリスチレンの溶け方が変化するかを調べる。」

- ① ポリスチレン 0.50 g、1.00 g を入れたそれぞれのビーカーに MCT オイル 20mL を加える。
- ② 実験2と同様に加熱、ろ過、洗浄を行い物質の質量を測定する。

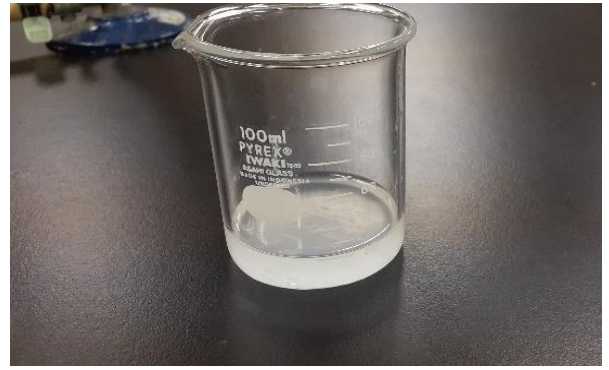


図3 MCT オイル発泡ポリスチレンを入れ加熱した様子

4. 結果

予備実験

ポリスチレンは 1.02g に変化していた。

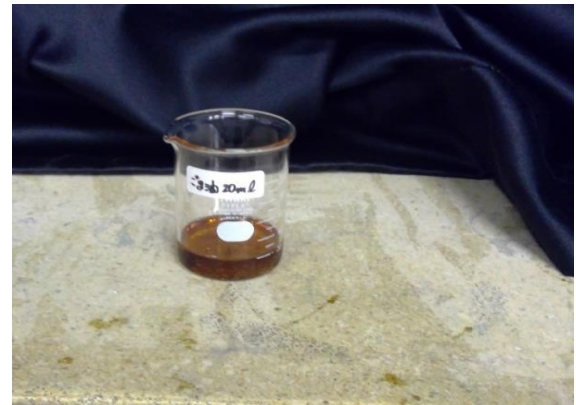


図4 静置したビーカーの様子

実験1「油と温度によってポリスチレンが溶けるかを調べる。」

ポリスチレン 1.00g が 0.98g に変化した。

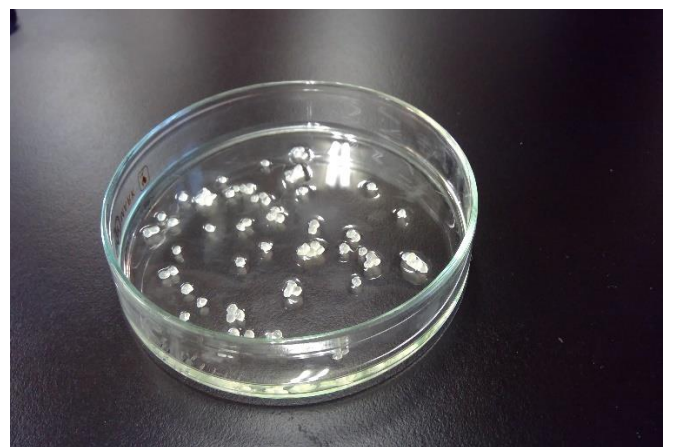


図5 洗浄したのちのポリスチレンの様子

実験 2 「ポリスチレンが溶けるのに油が影響しているかを調べる。」

1.50g のポリスチレンが 1.60g に変化していた

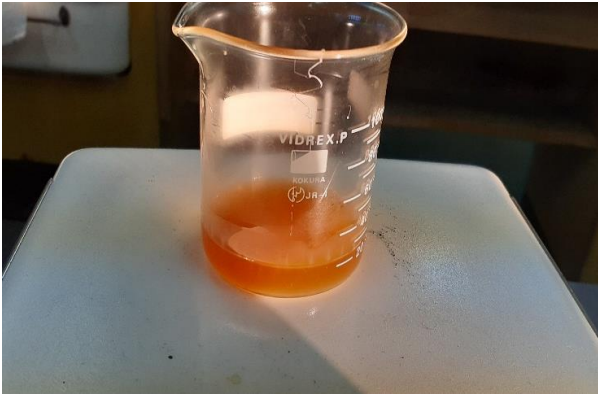


図 6 加熱後のビーカーの様子

実験 3 「油の種類によってポリスチレンの溶け方が変化するかを調べる。」

0.50g のポリスチレンが 0.53g に変化していた。

1.00g のポリスチレンが 1.13g に変化していた。

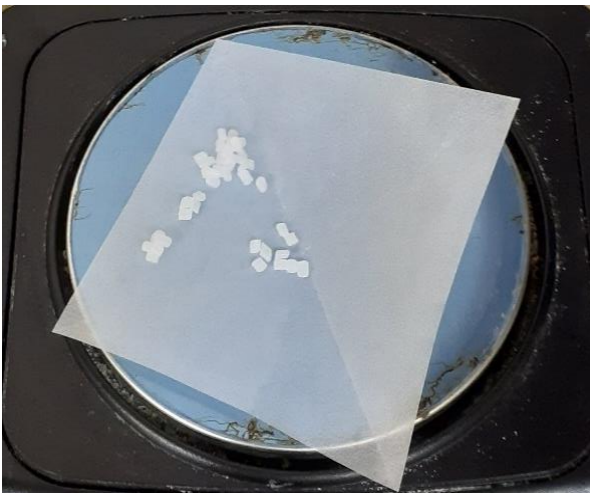


図 7 加熱後のポリスチレンの様子

5. 考察

予備実験では質量の変化はほとんど見られなかったことから、油だけではポリスチレンの質量は変化しないことが分かった。

この考察を踏まえて実験 1 を行ったところ、質量の変化は見られなかったが、目視では、角ばっているポリスチレンが丸みを帯びている様子が見られた。このことからポリスチレンは温度と油、もしくは温度のみが影響して溶けたと考えられる。また

元々透明色であったポリスチレンが実験後、ごま油と同じような色に着色されていた。このことから、ポリスチレンは溶けたのに質量がほとんど変化していない理由は、ポリスチレンにごま油が付着したからと考える。

実験 1 ではポリスチレンが溶ける理由が温度のみという可能性があるため、実験 2 を行い、油が溶ける要因として影響しているかを調べた。水で実験を行ったときは、形状の変化も質量の変化もどちらも観察できなかった。水は 100°C 以上温度が上がらないため、もっと沸点が高い液体で実験を行えば溶ける可能性はあるが、少なくとも油で行ったときは溶けていたことから、油にはポリスチレンを溶かす性質があると考えた。

油がポリスチレンを溶かす性質をもつという考察を踏まえ、油の種類によって質量が変わるのかを確かめるために実験 3 を行った。MCT オイルの場合も質量の変化は確認できなかったが、ポリスチレンに白濁色の着色が確認できた。このことから、MCT オイルもポリスチレンは溶かすが、MCT オイルが付着することにより、質量変化を確認できなかったと考えられる。

しかし、ごま油と MCT オイルどちらにおいてもポリスチレンに油が付着したままで、溶けた後の質量を正確に測定できず、溶けた質量も測定できなかった。実験 3 では、油の種類によって溶け方の変化を確かめることはできなかった。

最後に、なぜ油にはポリスチレンの溶解する効果があるのかを考察する。私たちは物質の分子構造が関係しているのではないかと考える。使用した物質の分子構造は次のようになっている。

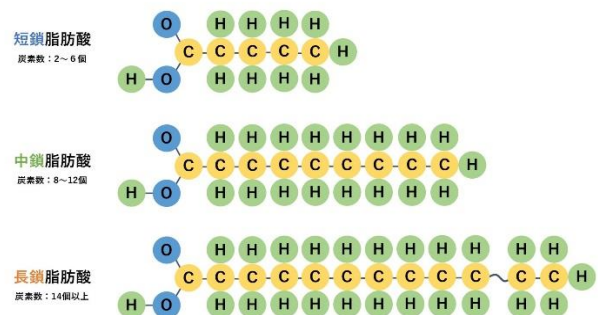


図 8 各脂肪酸の分子構造

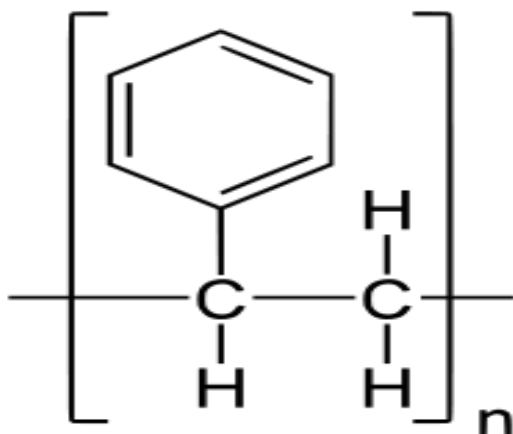


図9 ポリスチレンの分子構造

このように、油の分子構造とポリスチレンの分子構造は図9のように示され、ともに炭化水素鎖を持っており、よく似ていることがわかる。このことから分子構造が似ている物質同士は、溶けやすい関係にあるのではないかと考察する。また、ポリエチレンなど、油と分子構造が似ているプラスチックは多く存在し、それらのプラスチックも油によって溶解されると考える。

それに加え、油は無極性溶媒であり、ポリスチレンは無極性分子である。無極性溶媒には無極性分子が溶けやすいという性質からも油はポリスチレンを溶解すると考える。

6. 結論

今回の研究で、油は温度の上昇と組み合わせることによってポリスチレンを溶解する性質があることが分かった。しかし、今回の研究では油の付着により、溶解後の正確な質量を測定ができなかったため、今後は溶けた後の質量を正確に測定する方法を検討していきたい。

7. 謝辞

本研究においては、竹重先生には、研究方法の指導やアドバイスなど様々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。

8. 参考文献

「ポリスチレン」西本教幸著、1998年37巻11号

最強の保冷剤を作る

長井謙介、村田蒼志

アブストラクト

保冷剤は高吸水性ポリマーと水だけでできている。高吸水性ポリマーはポリアクリル酸ナトリウムが網目状につながったものであり、自重の100~1000倍の水を給水することができる高分子である。そこで私たちは、従来の保冷剤に改良を加え、さらに長い時間保冷をすることができる保冷剤の開発を目的とし研究を行った。

1. 研究目的

近年、夏の猛暑日が多く、お弁当に保冷剤を入れていても、すぐに溶けてしまう。この問題を改善できるような、低温を長時間維持できる保冷剤を開発したいと考え、この実験を行った。

2. 研究方法

保冷材の材料である高吸水性ポリマーに、水とその他の材料を混合させて保冷剤を作り、温度変化を検証する。

- ① 高吸水性ポリマー75g、水 50g、その他の材料（炭酸水素ナトリウム、塩化ナトリウム、クエン酸）を混合する。
- ② 作った保冷剤を冷凍庫で冷凍する。
- ③ 保冷剤を冷蔵庫から取り出し、温度変化を観察する(恒温機を使って 25℃に保つ)。
- ④ 保冷剤を冷蔵庫から取り出す。

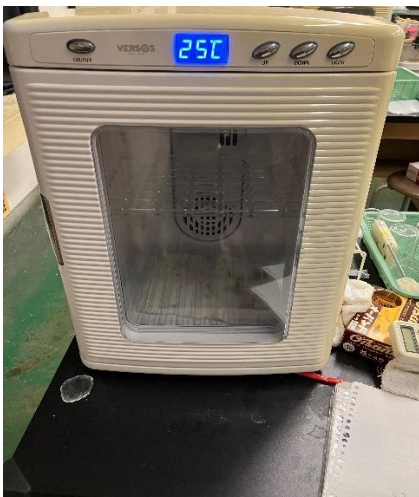


図1 恒温機（温度を一定に保つ装置）

- ⑤ 60分ごとにそれぞれの保冷剤の表面の温度変化を、デジタル温度計で測定する。

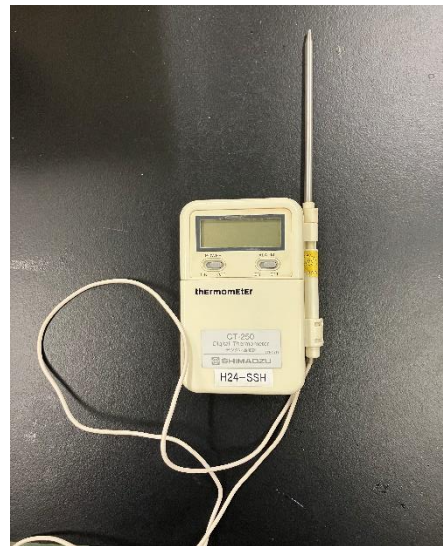


図2 デジタル温度計

【高吸水性ポリマーが吸水する仕組み】

高吸水性ポリマーは図3のように、網目構造をしている。その所々にあるCOONaが、水を含むと、ナトリウムイオン(Na⁺)を放つ(図4)。よって、ポリマーの粒子内と水の間には濃度差が生じ、浸透現象で、水をポリマーの内部へと取り込む力が働く。

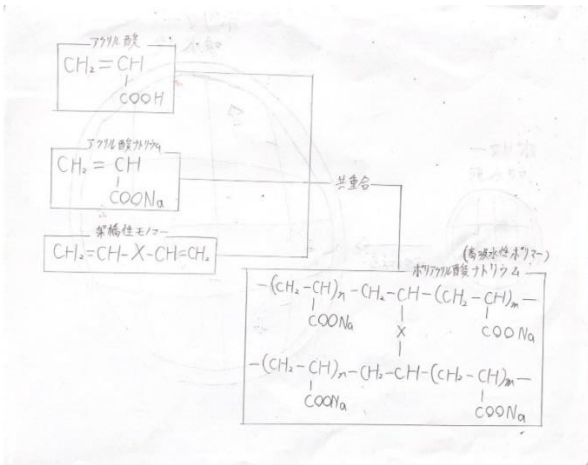


図3 ポリアクリル酸ナトリウムの構造

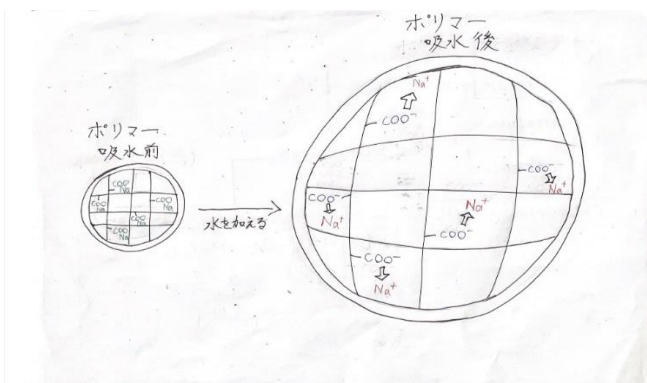


図4 高吸水性ポリマーが水を吸水する仕組み

3. 結果

(1) 温度変化について

図5のように、各材料 1.0g ずつ添加した場合は、物質による違いは見られなかった。2時間程度温度が持続したが、3時間経過した時には温度が急激に上昇した。

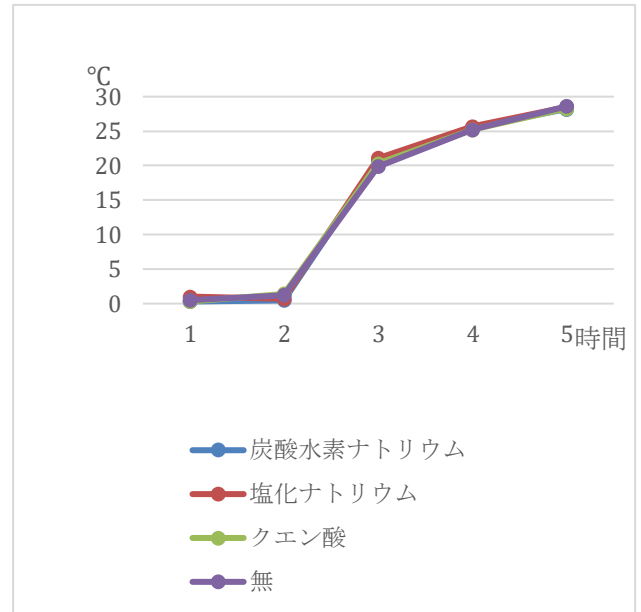


図5 材料各 1.0g を添加した場合の温度変化次に、各材料 2.0g ずつ添加して実験を行った(図6)。この場合も温度変化が2時間程度持続した。また、クエン酸を含ませた場合が一番緩やかに変化し、3時間後には約 2.0°C の差が出た。

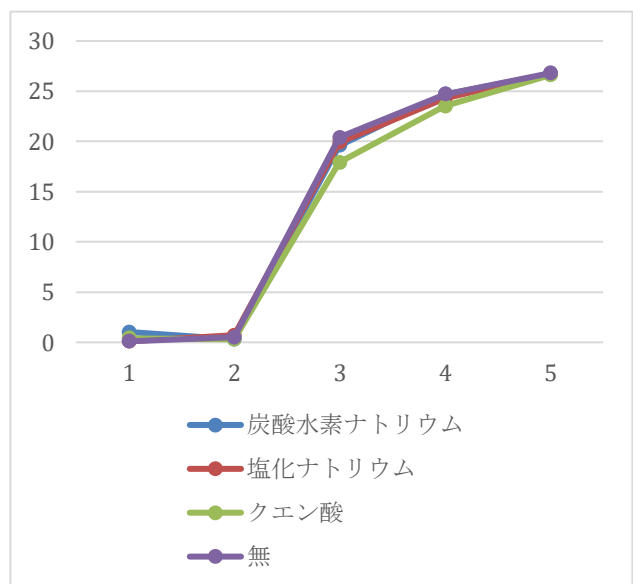


図6 材料各 2.0g を添加した場合の温度変化さらに、前回の実験で温度変化が見られたクエン酸を、質量を変え添加した。(図7) 結果は、クエン酸を 1.5g 添加した場合が、1番温度変化が緩やかだった。

図7 クエン酸を質量別に添加した場合の温度変化

また、図8より、クエン酸を加えてから水を入れたものと、水とクエン酸を混合してから高吸水性が

リマーに含ませたものでは、温度変化が異なる結果になった。また、4時間後の温度変化が顕著で、混ぜたほうが10℃低温になった。

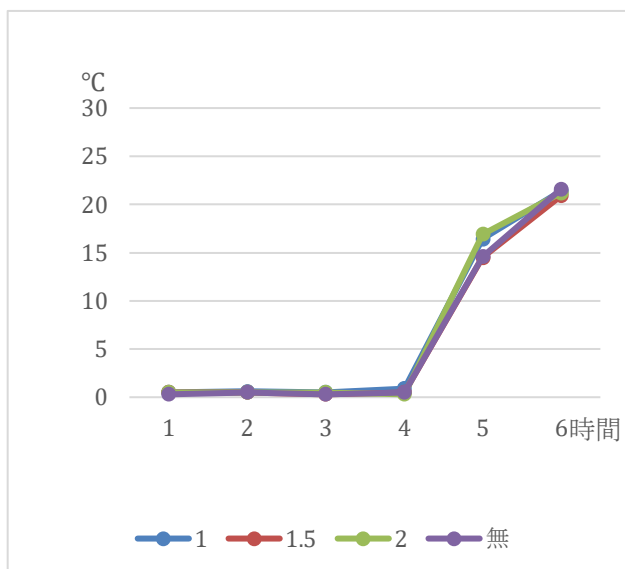


図8 クエン酸0.2gを水と混合して入れた場合と、別で入れた場合の温度変化

これらの結果から、酸性の物質に保冷効果があると考え、酢酸を添加する実験を行った。図9のように、保冷剤に酢酸を加えた場合とクエン酸と水を混合した場合には同様にポリマーの液体吸収率が低くなりゲル状にならなかった。

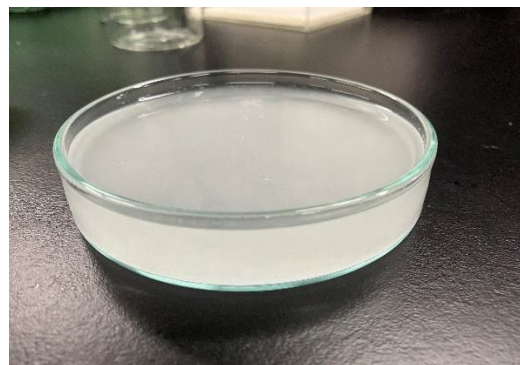
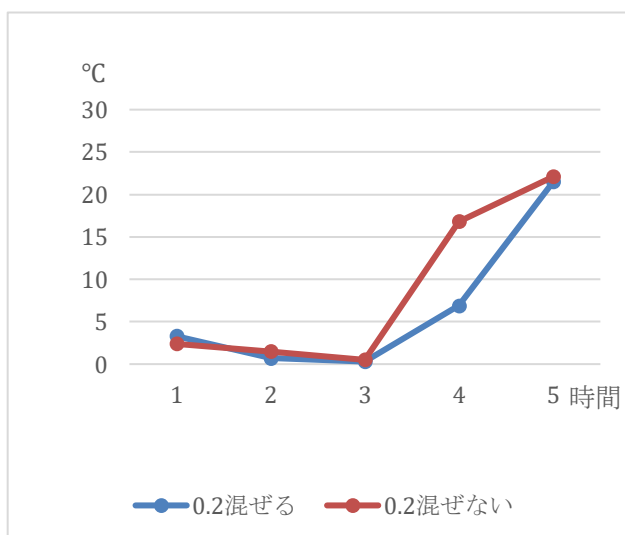


図9 酢酸を添加した後水を含ませた保冷剤 (ゲル状になっていない)

酢酸とクエン酸を溶かした水を比較した場合、図10のように、クエン酸を溶かした水のほうがゲルの量が多かった。

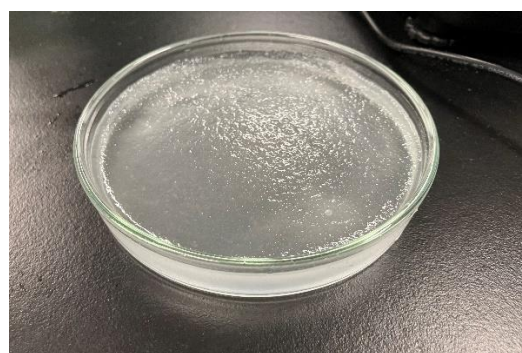


図10 クエン酸を添加した保冷剤 (ゲル状に固まった)

4. 考察

(1) 保冷材に適した添加材料

クエン酸を保冷剤に添加すると、温度変化が緩やかになった。

(2) 酸性の液体添加による吸水力低下について

酸性の液体をポリアクリル酸ナトリウムに加えたものは、通常の水と比べ吸水率が低かった。

高吸水性ポリマーの吸水には架橋度が大きく関係している。架橋度が高すぎると水はポリマー粒子内に入ることができず、水はポリマーに吸収されない。このことから、酸性の液体を加えるとポリマー粒子内部の網目構造が正常に作用しなくなる、または破壊されるのではないかと考えられる。

※架橋とは、線状の高分子中の原子同士が直接あるいは他の原子を介して共有結合すること。架橋度とはその割合。

5. 結論

クエン酸には、保冷剤の温度変化を緩やかにする効果がある。また、酸性の液体を添加すると、何らかの原因でポリマーが吸水できなくなる。

6. 反省点

保冷剤の表面温度では場所によって温度の差が大きかったため、密閉空間に保冷剤を保管し空間の気温の測定を行ったほうが、正確な温度を測定することができると考えられる。

酸性の液体でしか実験が行えなかったので、今後は様々な液体を添加していき、保冷剤を長持ちさせる方法を模索していく。

7. 謝辞

今回の研究にご協力していただいた担当教員の米本先生、竹重先生に深く感謝申し上げます。

8. 参考文献

秋田大学 高吸水性ポリマーの構造 2011年

http://ene.ed.akita-u.ac.jp/~ueda/education/menkyo/2011_Sasaki/page2.html

▷ [ポリアクリル酸ナトリウム 2023 のガイド\(用途、安全性、価格\)](#)
[nl6p10.11.pdf](#)

海藻及び海草の灰分量による炭素含有量の評価手法の検討

松永七海、山本春花、横山理樹

指導教諭 小田中也

アブストラクト

「藻場」はブルーカーボンの代表的な吸収源であるが、CO₂隔離量（藻場の植物が一次生産として有機炭素化した大気中CO₂量）が評価されていない海草及び海藻（以下、「海藻等」という。）が多く残っている。本研究では、海藻等を燃焼して得られる灰の重量と燃焼前の海藻等の重量との比（以下、「灰分量」という。）とその海藻等のCO₂隔離量に相関関係があるかを調べることで簡便にCO₂隔離量の多寡を評価できるのではないかと考え、海藻等4種を調べたが、明確な相関関係の確認には至らなかった。CO₂隔離量は地域差や季節差があることから、相関関係を調べるためにはこれらについても独自に実験で算出した値と比較することが必要だと考える。

1. 研究目的

地球温暖化により世界の平均気温が上昇し、海洋や陸上の生態系、人々の暮らしなどにさまざまな影響が生じている。地球温暖化の原因とされる温室効果ガスを削減するため、2015年に採択されたパリ協定では「世界の平均気温の上昇を、産業革命前と比べて少なくとも2℃未満に抑える」という世界共通の目標が設定され、温室効果ガスの中でも地球温暖化に及ぼす影響が最も大きい二酸化炭素（CO₂）については国ごとに排出量の枠が定められた。このCO₂の吸収源として、「ブルーカーボン」が世界的に注目されている。ブルーカーボンとは、沿岸・海洋生態系に取り込まれ、そのバイオマスやその下の土壌に蓄積される炭素のことで、ブルーカーボンの代表的な吸収源である「藻場」については、私たちの学校がある山口県周南市でも大島干潟においてアマモ場を増やす取組みが行われている。藻場が吸収するCO₂量については、CO₂隔離量¹⁾（単位面積当たりの藻場が貯留するCO₂量（吸収係数）を求め、さらに人為活動によって増減させた藻場の面積（活動量）を乗じることで算定）が大きいほど藻場がCO₂を効率的に固定することとなるが、まだ評価されていない藻場が多く残っている。

CO₂隔離量を厳密に算定するには高度な実験が必要となるが、ブルーカーボンを効率的に隔離する海藻等を掘り起こすため、CO₂隔離量の多寡を簡便に算定する方法を検討することを目的とした。

2. 仮説

灰分にはCO₂の構成元素である炭素（C）が多く含まれることから灰分量は、その海藻等の炭素含有量と相関関係があると仮説を立てた。

3. 方法

（1） 試料採集

令和5年7月22日に山口県長門市仙崎において採集したアマモ（海草）、アオサ（緑藻）、ウミトラノオ（褐藻）、マメダワラ（褐藻）を用いた。

海藻等には漁業権が設定されているため、山口県漁協の許可を得て採集した。



図1 アマモの採集（長門市仙崎）



図4 海藻等の天日干し

(2) 灰分量の測定

① 採集した海藻等は、表面の付着物を真水で洗浄し、葉面の固形付着物をスポンジで除去した。また、種ごとの状態を一定にするため、海藻等と海水を入れた水槽にCO₂添加機器によりCO₂を一定量（10秒ごとに気泡が出る速度）で添加し、24時間以上放置した。



図2 海藻等の洗浄

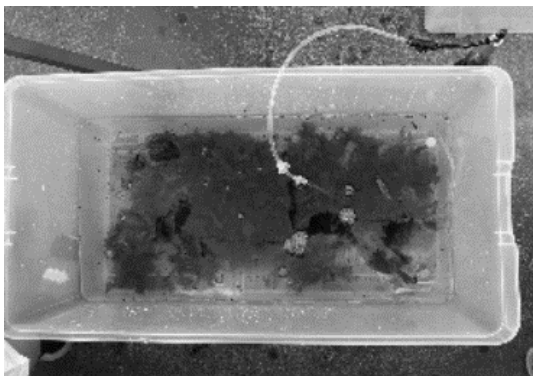


図3 CO₂の添加

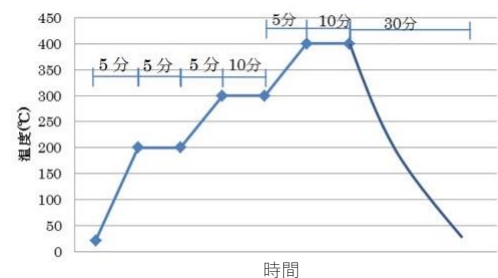
③ ②を種ごとに細断した。



図5 海藻等の細断

④ ③で細断した海藻等 2.00 g を完全に乾燥させるため、まず電気炉により 105℃で 30 分間水分を蒸発させた後、最高 400℃で 10 分間完全に灰になるまで燃焼させた。なお、電気炉での加熱はグラフ 1 のように設定して行った。

電気炉の温度変化



グラフ 1

② ①の水分を蒸発させるため天日で乾燥した。



図6 電気炉



図7 燃焼後の海藻等

- ⑤ 燃焼後の灰分の重量を電子天秤（エーアンドデイ社，EK-120A）で計測し、先行研究の海藻等のCO₂隔離量との相関関係を調べた。

4. 結果

(1) 藻類の燃焼

① 緑藻類

アオサ 2.00 g を完全燃焼した灰分の重量は表1のとおり平均 1.09g であったことから、灰分量 (%) は、54.5% であった。

表1 緑藻類の燃焼によって得られた灰分の重量 (g)

	1回目	2回目	3回目	4回目	平均
アオサ	1.06	1.06	1.16	1.11	1.09

② 褐藻類

マメダワラ及びウミトラノオ 2.00 g を完全燃焼した灰分の重量は、表2のとおりマメダワラは平均 1.03g、ウミトラノオは平均 1.14g であったことから、灰分量 (%) はマメダワラ 51.5%、ウミトラノオ 57% であった。

表2 褐藻類の燃焼によって得られた灰分の重量 (g)

	1回目	2回目	3回目	4回目	平均
マメダワラ	0.82	0.9	1.24	1.16	1.03
ウミトラノオ	1.16	1.14	1.00	1.24	1.14

(2) 海草類の燃焼

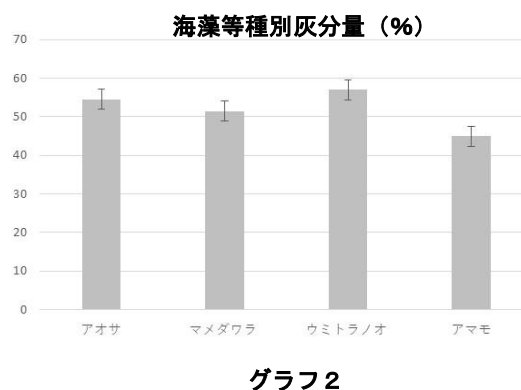
アマモ 2.00 g を完全燃焼した結果は表3のとおり平均 0.9g であったことから、炭素含有量 (%) は 45% であった。

表3 海草類の燃焼によって得られた炭素量 (g)

	1回目	2回目	3回目	4回目	平均
アマモ	0.79	0.74	1.11	0.98	0.9

(3) 海藻等の灰分量

アオサ、マメダワラ、ウミトラノオ、アマモの灰分量 (%) の平均値と標準誤差をグラフ2に示した。



5. 考察

先行研究では、アマモについて国分ら (2015)²⁾ が炭素含有量を調べているが、アマ

モ草体（栄養株及び生殖株）の炭素含有量は約33%であった。

また、吉田ら（2001）³⁾は、大型褐藻類の炭素量の季節変動は比較的小さく、アオサ類など緑藻類の全炭素量は乾燥重量の25~30%、褐藻のウミトラノオは33.2%と報告している。

褐藻類のマメダワラの炭素含有量に関する先行研究はないが、村岡⁴⁾によると同じホンダワラ属のエゾノネジモクの炭素含有量は36.7%であったことから参考値とした。今回の実験結果と先行研究の比較結果を表4に示す。

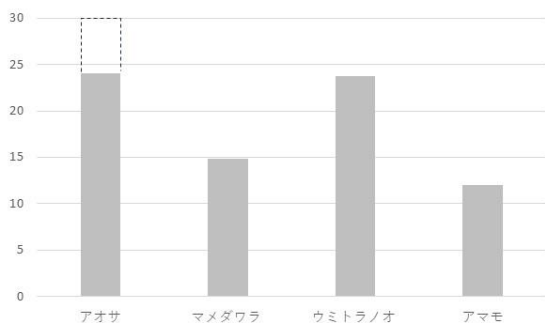
今回の実験で得られた灰分量（%）と先行研究の炭素含有量（%）とを比較した結果、アオサ24.1~30ポイント、マメダワラ14.8ポイント、ウミトラノオ23.8ポイント、アマモ12.0ポイントと種によって10~30ポイントの差があった。

異なる種でも灰分量（%）と海藻等の炭素含有量（%）との差が一定の値であれば、灰分量を量ることで炭素含有量の多寡を類推することができるとの仮説を立てたが、グラフ3のとおり今回は明確な関係は見られず、仮説は検証されなかった。

表4 実験結果と先行研究の比較

	(a) 灰分量 (%) (本研究の実験値)	(b) 炭素含有量 (%) (先行研究)	(a-b) aとbの比較
アオサ	54.1	25~30	24.1~30.0
マメダワラ	51.5	36.7 (エゾノネジモク)	14.8
ウミトラノオ	57	33.2	23.8
アマモ	45	33	12.0

本研究の灰分量と先行研究の炭素含有量との差



グラフ3

6. 結論

今回は、海草等4種について灰分量と炭素含有量の関係を調べたが、明確な相関関係の確認には至らなかった。

今回は7月に採取した海藻等を試料として灰分量を計測し、炭素含有量は先行研究のデータを用いたが、これらには光合成の活性等による季節差があることから、相関関係を調べるためには、同じ海域で同じ季節に採取した海藻等を独自に実験で計測し、比較することが必要であると考えます。

また、山口県には今回の研究に用いた海藻等以外にも多くの種の海藻等が生息していることから、さらに種を増やして調べる必要がある。

7. 謝辞

今回の研究を行うにあたり、終始適切な助言をしてくださった科学部生物班顧問の小田先生をはじめとする本校の先生方、海藻等の採集にご協力いただいた山口県漁業協同組合長門統括支店及び江崎支店に感謝します。

なお、本研究では山口県立徳山高校科研費に助成していただいています。

8. 参考文献

- 1) 「海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定ガイドブック」国立研究開発法人水産研究・教育機構, 2015
- 2) 国分秀樹、山田浩且 (2015) : 伊勢湾内のアマモ場における炭素固定量の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol171, No. 2, I_1381-I_1386
- 3) 吉田吾郎・内村真之・吉川浩二・寺脇利信 (2001) : 広島湾に生育する海藻類の炭素・窒素含量とその季節変化, 瀬戸内海区水産研究所研究報告 (Bull. Fish. Environ. Inland sea), No. 3, 53-61
- 4) 村岡大祐 (2003) : 三陸沿岸の藻場における炭素吸収量把握の試み, 東北水研ニュース, No. 65

椎茸菌の成長と音の関係性について

武智彩夏、細川明里、篠川翔、石村太一、佐伯隼一

指導教諭 小田中也

アブストラクト

近年のキノコの需要の増加に向けて、栽培面積を広げずにキノコの生産量を増やすという目的で、植物に音を流すと収穫量が増加するようにキノコでも同じような結果が得られないかと予想し、シイタケの子実体に様々な周波数の音を一週間流しながら培養し、その様子を調べた。その結果、10000Hz と 20000Hz の周波数の音で培養したものは、どちらも菌糸の増殖はほとんど見られず、子実体は腐った。また 200Hz で培養したものは、無音に比べてコロニーの半径の大きさが下回っていた。これらのことから、音をシイタケに流すとその成長を阻害し、周波数が高くなるとその影響もさらに大きくなると考えられる。

1. 研究目的

近年、キノコはそれに含まれている微量栄養素や代替タンパク質への期待から健康食品として注目されつつある。また、株式会社グローバルインフォメーションの市場調査レポート⁶⁾ではキノコ市場は 2027 年までに 8.3%の年平均成長率で成長すると予測されている。

ところが農林水産省による「キノコ類、木材需給の動向」⁴⁾によると日本のキノコ生産者は減少が続き、キノコ生産量は 1989 年の 33 万トンから約 20 年で 4 割ほど増加したものの近年はキノコ生産量は年により多少の増減があるだけで横ばいの状態である。

キノコの需要に対応するためにキノコ生産量を増やそうとしても栽培面積を大きくすることや、新たな栽培施設を増設することではキノコ農家にとって大きな経済的負担となってしまう。

そこで私たちは、植物に音を流すことで成長が促進される事例があることに注目し、音がシイタケの成長を促進するのではないかと仮説を立て、実験を行った。

昨年は 200Hz、400Hz、600Hz の音をシイタケ聞かせ、成長を調べたが、400Hz、600Hz の場合、どちらも菌糸の増殖はほとんど見られず、子実体は腐った。また 200Hz で培養したものは、無音に

比べてコロニーの半径の大きさが下回っていた。

このことを去年の京都大学森里海シンポジウムで発表し、頂いたアドバイスを基に 2 つの仮説を立て、今年の実験を行うことにした。音を流して成長を調べた後、無音状態でさらに一定期間成長を調べることにした。また、昨年の研究では菌糸の成長にとって影響の少ない周波数だったのではないかと考え、昨年と同様の実験を 10000Hz、20000Hz と、周波数の幅を広げて行うことにした。

2. 研究方法

(1) 供試菌株

本実験にはすでに栽培されており身近で入手しやすい市販の菌床栽培のシイタケ（雲仙）を使用した。

(2) 寒天培地の作成

水 500ml にエビオス錠 2.5 g、砂糖 5 g、寒天 10 g を溶かし、寒天培地の液とした（以下、寒天液と表記する）。オートクレーブ（図 1）での滅菌の効果を上げるために三角フラスコ（100ml）2 個にわけて寒天液を流し入れ、使用するシャーレと共にアルミホイルで包んでオートクレーブ（図 2）で 121℃、30 分で滅菌したのち、クリーンベンチ内（図 3）で室温まで冷まし、シャーレに約 50ml ずつ寒天液を流し込む。

流し入れた寒天液が完全に固まった後、クリーンベンチ内でシイタケの外気に触れていない部分を無菌的*1にハサミとピンセットで5mm四方の大きさに切り取った。そのシイタケ片をそれぞれの寒天培地の中央に1か所接種し、十分に冷めてからシャーレの蓋を閉め、定温21℃のインキュベーター内でスピーカーから周波数の音を流しながら培養した。

(図3)

なおこの実験は令和5年7月から12月にかけて学校の生物実験室で授業での使用が少ない時期に行った。

(3) 音の流し方

①仮説1 自然環境下ではシイタケは音を感知すると、自ら成長を抑制し動物に食べられることを防ぐ。

スピーカーはタブレット端末に接続してトーンジェネレーターというアプリを使用して子実体に2通りの周波数(200Hz、400Hz)の音を流すものと無音状態のものに分けそれぞれの違いを観察した。スピーカーはシャーレに隣接させ、50dBで音を流した。音を流す時間帯は、8:00~24:00とした。

②仮説2 シイタケに聞かせる音の周波数の幅を広げることでより多様な結果が出てくる。

スピーカーはタブレット端末に接続してトーンジェネレーターというアプリを使用して子実体に2通りの周波数(10000Hz、20000Hz)の音を流すものと無音状態のものに分けそれぞれの違いを観察した。スピーカーはシャーレに隣接させ、50dBで音を流した。音を流す時間帯は、8:00~24:00とした。

※1クリーンベンチの中で作業し、70%エタノール消毒液、アルコールランプを使用した。



図1 オートクレーブ

図2 クリーンベンチ



図3 インキュベーターの様子

(4) 経過観察

寒天培地に接種したシイタケ片以外の白色や緑色で綿状の雑菌の混入が確認されたため、シイタケ菌の増殖に与える影響がないと判断された場合に限り、雑菌を含む寒天の部分のみを切除してコンタミネーションの拡大を防いであうえで観察を継続した。

また、寒天培地の作成の段階で寒天液が冷めないうままシャーレの蓋を閉め、水滴が蓋についた場合に混入した雑菌が増殖しやすくなると考え、シャーレの蓋の水滴が確認された場合には水滴をふき取った。

これらの操作はいずれもクリーンベンチの中で無菌的に行った。(図3)

(5) 計測

シイタケ片の接種から8日間、毎日午後4時に菌の入ったシャーレを真上からタブレットで撮影し、(図5)に示すようにシイタケ片からコロニーの円周までの半径を3か所測りその平均値を記録とした。なお、1、2日目は休日のためシャーレの撮影は行っていない。

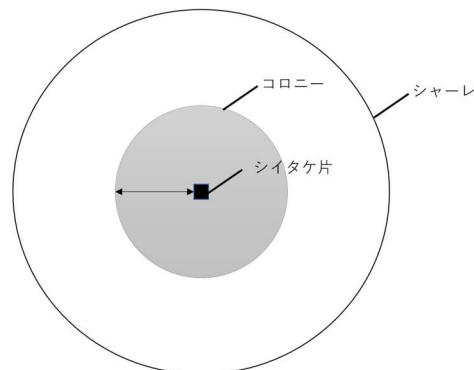


図4 コロニー半径の測り方

3. 結果

(1) 仮説① 200Hz と 400Hz と 無音

200Hz と 200Hz と 無音でシイタケ菌を培養した結果を表 1 及び図 5 に示す。

すべてのシャーレで培養 7 日目以降からシイタケ菌の増殖が見られた。

表 1 コロニー半径の平均値の変化 (cm)

	7日	14日	15日	25日
無音 a	0	0.47	0.502	1.566
無音 b	0	0.78	0.818	1.566
200Hz a	0	0.17	0.147	0.433
200Hz b	0	0.5	0.55	1.233
400Hz a	0	0.51	0.382	1.166
400Hz b	0	0.3	0.422	1.4

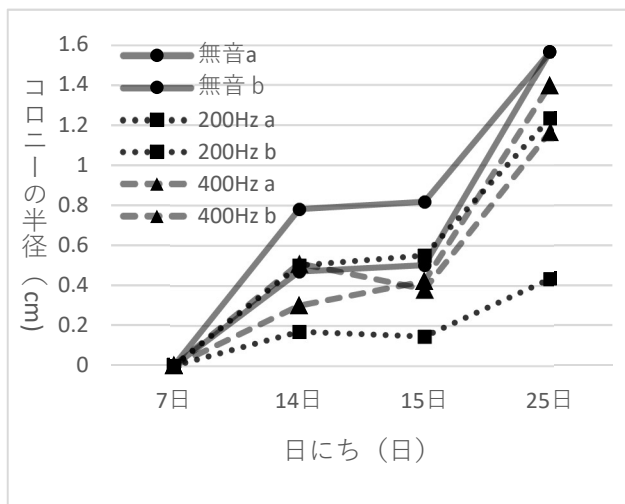


図 5 コロニー半径の平均値の変化 (cm)

(ここでは一部の結果を抜粋し載せている。)



図 6 シイタケ菌の増殖の様子

(2) 仮説② 10000Hz と 20000Hz と 無音

10000Hz と 20000Hz と 無音でシイタケ菌を培養した結果を表 2 及び図 7 に示す。

10000Hz と 20000Hz では大きな差は見られず、菌

糸の増殖はほとんど見られなかった。

表 2 コロニー半径の平均値の変化 (cm)

	4日	5日	6日	7日	8日
無音	0	0.1	0.15	0.25	0.4
10000Hz	0	0	0.01	0.1	0.1
20000Hz	0	0.1	0.1	0.1	0.11

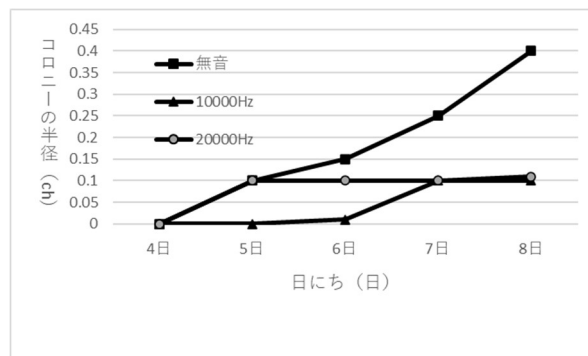


図 7 コロニーの半径の平均値の変化

4. 考察

今回の研究で得られた結果より音がシイタケ菌の増殖にどのように影響の違いがあるかについては考察できたがその原因まで考察することはできなかった。私たちに理由を考えてみた。

(1) 仮説 1

結果からシイタケ菌は音を止めると周波数を流した時に比べて増殖が促進されたので、音を流している状態よりも無音状態の方がシイタケ菌の成長には適していることが分かった。

(2) 仮説 2

結果から周波数が高くなるほど、シイタケ菌は増殖しなくなることが分かった。そして、あまりにも高すぎる周波数になると一定まで成長するとほとんど成長が進まないことが分かった。

(3) 今回の研究から得られた結果から私たちは以下のように考えた。

- ① 自然環境下でシイタケは音を感知すると自ら抑制し捕食者に食べられることを防いでいる。
- ② シイタケ菌は振動数が高くなるほど無音状態よりも成長した。

5. 結論

本研究は音が植物の成長を促進するという事例から菌類においても成長を促進すると考え実験を行ったが、結果と考察に示したように、無音状態でシイタケ片を培養したほうが、一定の音がある状態でシイタケ片を培養した場合よりコロニーの半径が上回った。また、極度に大きな周波数の音を聞かせると成長が抑制されることも分かった。これらのことから、音はシイタケ菌の成長を促進する効果はなく、むしろ成長を阻害していると言える。このことによって、その理由として動物などから自らの身を守り、極度な周波数はよりシイタケ菌の成長を抑制している可能性がある。

6. 展望

今後の展望は、シイタケ以外のキノコに対して音が成長にどのような影響を与えるのか調べたい。そして音がシイタケの成長に影響を与えた原因について解明することがあげられる。

まずシイタケ以外のキノコの成長に音がどのように影響するのかに関しては、他のキノコの成長に音を与える影響を解明することができれば、キノコ全般への音を与える影響について傾向をつかめるのではないかと考える。

また、音がシイタケの成長に影響を与えた原因について、今回の研究結果ではわからなかったが、顕微鏡でシイタケの細胞の観察や寒天培地に接種する前のシイタケ片に含まれる物質と培養後のシイタケ片に含まれる物質の種類や量の違いについて調べたい。

7. 謝辞

今回の実験研究を行うことにあたって、理想的な実験方法が思いつかなかったときに、様々な助言やほかの方向性で実験することを提案して下さり、毎回の実験で時間を割いてお力添えいただいた小田先生をはじめ、お世話になった先生方に感謝いたします。

本研究は徳山高校のSSH 校内科研費を使い実験しました。

8. 参考文献

- 1) 「無菌操作と培地の作り方マル」.
<http://www.ed.ehime-u.ac.jp/~mukolab/img/file7.pdf>
- 2) 「キノコ栽培用の寒天培地の作り方。菌糸を培養して種菌づくりの準備をしよう。」.
<https://sakanakinoko.hatenablog.com/entry/20201106/1604665353>
- 3) 「ほだ木を 10 打 シイタケ 2 倍 大分農研センター、増収の条件解明」.
<https://www.agrinews.co.jp/news/index/55509>
- 4) 「きのこ類、木材需給の動向：農林水産省」.
<https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/25.html>
- 5) 「子実体からキノコ菌糸の分画培養法」
file:///C:/Users/%EF%BC%B3%EF%BC%91%EF%BC%97%EF%BC%90%E3%80%80%EF%BC%B2%EF%BC%90%EF%BC%93%E6%96%B0%E5%85%A5%E7%94%9F%EF%BC%91%EF%BC%97%EF%BC%99/Downloads/2011_k_1381.pdf
- 6) [キノコ市場規模、2027年に533億4,200万米ドル到達見込み - 株式会社グローバルインフォメーションのプレスリリース \(value-press.com\)](#)

内接 n 角形の分割の最大個数

福谷亮介 藤本沙弓 牧莉緒 山本直輝

指導教員 西元教善

アブストラクト

数学 B で学んだ「数列」の中の図形の規則性に関する問題から、円に内接する n 角形を対角線で分割したときに現われる規則性について興味を持ち、調べようと思った。漸化式を作り、それが階差数列になるような離散関数を求め、一般項を求めた。その結果、内接 n 角形の分割の最大個数は ${}_nC_4 + {}nC_2 + {}nC_0$ で求められることがわかった。今後はこの規則性を空間図形に拡張し、場合の数の問題に応用したい。

1. 研究目的

内接 n 角形の対角線で作られる円の分割部分の最大個数は、その対角線のどの 2 本も平行ではなく、またどの 3 本も 1 点で交わらないときであるから、対角線によって作られる交点の個数 a_n や円の分割部分の個数 b_n を求める。

内接 n 角形を分割したときの最大個数を求めようとしたところ、 $n = 5$ のときまでは一定の規則性があるように見えたが、それ以降は規則性を見いだせなかった。

そこで、 $n = 6$ 以降のとき、どのような規則性が出てくるのかを検証し、それを「場合の数」や「漸化式」などの他の分野の内容を用いて考察して求める。

2. 研究方法

円周上の n 個の点のうちの 2 個を結んでできるすべての線分が作る分割図形について考える。このとき、その分割個数が最大になるのは線分同士の交点の個数が最大になるときと予想できる。よって、どの線分も平行でなく、円の内部で交わらないときを考える。

(1) 簡単にするために、円周上の n 個の点のうちの 2 個を結んでできる交点の個数を a_n とおく。これを一般の 4 以上の n について考えると、 n 個の点から作

られるすべての三角形（その個数は ${}_nC_3$ 個）と $(n + 1)$ 個目の点と他の n 個の点を結んだ線分は 1 対 1 に対応するため、階差数列 $a_{n+1} = a_n + {}nC_3 (n \geq 3)$ が導かれる。

したがって、 $a_3 = 0$ より、 $n \geq 4$ のとき、 a_n は次の式で表される。

$$a_n = \sum_{k=3}^{n-1} kC_3$$

ここで ${}_nC_r = {}_{n-1}C_r + {}_{n-1}C_{r-1} (n \geq 2, 1 \leq r \leq n-1)$ を用いると、 $n \geq 4$ のとき

$$\begin{aligned} {}_nC_4 &= {}_{n-1}C_4 + {}_{n-1}C_3 \\ &= ({}_{n-2}C_4 + {}_{n-2}C_3) + {}_{n-1}C_3 \\ &= \dots \\ &= {}_4C_4 + {}_4C_3 + {}_5C_3 + \dots + {}_{n-1}C_3 \\ &= {}_3C_3 + {}_4C_3 + \dots + {}_{n-1}C_3 \\ &= \sum_{k=3}^{n-1} kC_3 \end{aligned}$$

であるから

$$\sum_{k=3}^{n-1} kC_3 = {}_nC_4 (n \geq 4) \cdots \textcircled{1}$$

(2) 次に、分割される領域の個数を b_n とおく。
 (1)と同様に三角形と線分が1対1に対応するため、 $n \geq 3$ のとき、次の関係式が成り立つ。

$$b_{n+1} = b_n + {}_n C_3 + n$$

したがって、 $b_3 = 4$ より、 $n \geq 4$ のとき、 b_n は

$$\begin{aligned} b_n &= 4 + \sum_{k=3}^{n-1} ({}_k C_3 + k) \\ &= 4 + \sum_{k=3}^{n-1} {}_k C_3 + \sum_{k=3}^{n-1} k \\ &= 1 + \sum_{k=3}^{n-1} {}_k C_3 + \sum_{k=1}^{n-1} k \\ &= 1 + {}_n C_4 + \frac{1}{2}(n-1)n \quad (\because \textcircled{1}) \\ &= {}_n C_0 + {}_n C_4 + {}_n C_2 \\ &= {}_n C_0 + {}_n C_2 + {}_n C_4 \end{aligned}$$

これより、内接 n 角形を分割したときの最大個数が求まった。

(3) 最後に(2)で求めた数値が最大値になることを証明する。

このとき、交点の個数が最大となる \Rightarrow 分割個数が最大となる \dots ①を示せばよい。

分割個数を N とし、 n 本目の線分を引いたときにその線分と他の線分との交点の数を m とする。

このとき、 m と n の間には、 $m \geq n - 1$ が成り立つ。(等号成立はすべての線分と交わる時)

また、分割された一つの領域に着目すると、ある線分とその領域の交点が1つならば、その領域は分割されない。交点が2個であれば、その領域は2つに分割される。 \dots ②

そこで、①を数学的帰納法で証明する。

$n = 1$ のとき、交点の最大値は0であるため、

このとき、 N は最大値をとる。 \dots ③

$n \leq k$ のとき(k は自然数)すべての線分と交わり、 N が最大値をとる、すなわち

$k = n - 1$ で k が最大値をとる \dots ④と仮定する。

$n = k + 1$ のとき、すべての線分と交わるような線分が新たに引ける。 $(\because \textcircled{4})$

このとき、 N が最大値をとる

\Leftrightarrow どの領域の二本の線分も新たな線分が通過する $(\because \textcircled{2})$

\Leftrightarrow 交点の数が最大 \dots ⑤

③、⑤より、すべての自然数 n について、交点の個数が最大となる時、分割個数が最大となる。

3. 結果

ここから先の計算では、二項係数の性質

$${}_n C_r = {}_{n-1} C_r + {}_{n-1} C_{r-1} \quad (n \geq 2, 1 \leq r \leq n-1)$$

\dots ①を利用する。

図1~3は、それぞれ $b_4 = 8$ 、 $b_5 = 16$ 、 $b_6 = 31$ であることを表している。

$n = 4$ のとき

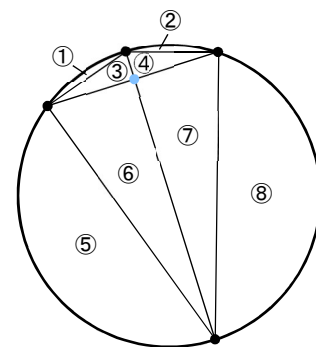


図1

8

$n = 5$ のとき

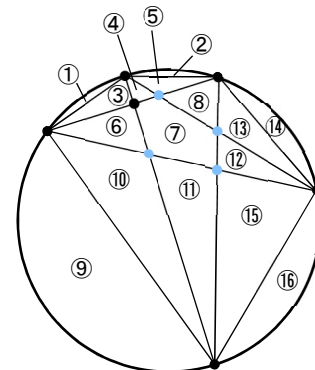


図2

16

$n = 6$ のとき

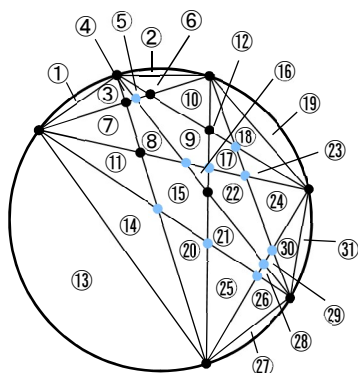


図 3

31

ここで、 $a_{n+1} = a_n + f(n)$ となる $f(n)$ を見つける。
 $(n - 1)$ 個の点同士を結んだそれぞれの三角形と、 n 個目の点をとって結んでできる三角形は1対1に対応しているので、 $f(n)$ は n 個の点でできる三角形の総数に等しい。

したがって、 $f(n) = {}_n C_3 (n \geq 3)$ となる。

このとき、数列 a_n は階差数列であるため、

$n \geq 4$ のとき

$$a_n = \sum_{k=3}^{n-1} k C_3$$

①より

$$\begin{aligned} n C_4 &= {}_{n-1} C_3 + {}_{n-1} C_4 \\ &= {}_{n-1} C_3 + {}_{n-2} C_4 + {}_{n-2} C_3 \\ &= {}_{n-1} C_3 + {}_{n-2} C_3 + {}_{n-2} C_3 + {}_{n-2} C_4 \end{aligned}$$

これを繰り返して

$$\begin{aligned} n C_4 &= {}_{n-1} C_3 + {}_{n-2} C_3 + {}_{n-3} C_3 + {}_{n-4} C_3 \\ &\quad + {}_{n-5} C_3 + \cdots + {}_3 C_3 \\ &= \sum_{k=3}^{n-1} k C_3 \end{aligned}$$

$$\therefore a_n = n C_4$$

また、 $b_{n+1} = b_n + g(n)$ となる $g(n)$ は、 $f(n)$ と同様に考えて、 $n \geq 3$ のとき

$$\begin{aligned} g(k) &= f(k) + n \\ &= {}_n C_3 + n \end{aligned}$$

よって、 $n \geq 3$ のとき

$$b_{n+1} = b_n + \sum_{k=3}^{n-1} g(k)$$

a_n と同様に、 $n \geq 4$ のとき

$$\begin{aligned} b_n &= b_3 + \sum_{k=3}^{n-1} g(k) \\ &= 4 + \sum_{k=3}^{n-1} ({}_k C_3 + k) \\ &= \sum_{k=3}^{n-1} {}_k C_3 + \sum_{k=3}^{n-1} k + 4 \\ &= 1 + \sum_{k=3}^{n-1} {}_k C_3 + \sum_{k=1}^{n-1} k \end{aligned}$$

1 = ${}_n C_0$ 、2. (1) ①より

$$\sum_{k=3}^{n-1} {}_k C_3 = {}_n C_4 (n \geq 4)$$

また、

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{n-1} k &= \frac{1}{2} n(n-1) \\ &= {}_n C_2 \end{aligned}$$

より

$$b_n = {}_n C_0 + {}_n C_2 + {}_n C_4 (n \geq 4)$$

4. 考察

内接 n 角形の最大分割個数の式を見ると、 n 個の円周上の点から0個、2個、4個の点を選ぶときの場合の数の和に等しくなった。

0個選ぶ項 ${}_nC_0$ が元の円の領域の個数、2個選ぶ項 ${}_nC_2$ が加えた線分による分割、4個選ぶ項 ${}_nC_4$ が点同士を結んだ線分による分割であるから、これらの単純な和になったと考えられる。

5. 結論

内接 n 角形を分割したときの最大個数は、すべての自然数において、次の規則性があることがわかった。
内接 n 角形の分割の最大個数は

$${}_nC_4 + {}nC_2 + {}nC_0 \text{ 個である。}$$

今後の課題は、なぜ n 角形の頂点の選び方の単純和になるのかということを検証し、この規則性について図形的な考察をしたり、場合の数的な考察をしたりすることで、別の事実を見つけることである。

6. 謝辞

本論文の作成にあたり、徳山高等学校教員、西元教善先生にご指導いただきました。ここに感謝の意を表します。

7. 参考文献

- 高等学校 数学 A 数研出版
- 高等学校 数学 B 数研出版

ハンドサインによる新しい撮影システム

堤康稀、上野莉空、磯部開地、倉橋和希

指導教諭 末谷健志、有馬和宏

アブストラクト

私たちは、アイドルのライブ等に行ったとき、写真や動画を撮影する。しかし、このとき折角の生で見るアイドルをカメラ越しにしか見ることが出来ないのは非常に勿体ないと思った。そこで私たちは、物体検出を利用して、ハンドサインによる新しい撮影システムを考えた。スマートフォンに物体検出 AI を搭載させ、写真や動画を撮影できるようにはなったが、音声認識を搭載することはできなかった。今後は、音声認識にノイズキャンセリングを搭載し、音声認識の実用化を図りたい。

1. 研究目的

自分の好きなアイドルのライブや歌手のコンサートに行った際に、その瞬間を写真や動画に収めるためにスマートフォンやビデオカメラを構える人は多い。しかし、折角生で見ることが出来る機会であるにも関わらず、デバイスの画面を通して見るというのは勿体ない。また、日常や風景のふとした一瞬をとらえようとしてスマートフォンを構えた時には、既にその瞬間が過ぎ去っていた、などという経験も多い。

そこで私たちは、これらの課題を解消するために、ハンドサインを用いることで写真や動画の撮影をより簡単に素早く行えるようなシステムの開発をすることにした。

2. 研究方法

Python を使って AI を作成した後、PC 上で試作品を作り、それを iPhone 用のアプリケーションに移行させる。

研究 I 「PC 上でハンドサイン検出 AI を開発する」

ハンドサインを使って、領域を切り取って写真を撮るシステムを作りたい。

これには、画像内に写っているハンドサインの種類と位置を自動的に検出する AI が必要である。そ

こで、YOLOv5 と呼ばれる物体検出アルゴリズムを用いることにした。YOLOv5 は他の物体検出アルゴリズムと比べて処理速度が非常に高速であることが特徴で、リアルタイム処理に適していると判断したからである。

今回は、手カメラの上 (upper) と下 (lower)、ジャンケンのグー (rock) とパー (paper) の四種類のハンドサインを検出する AI を作成する。

(1) 学習用のデータセットを作成する

AI を学習させるために必要なデータセットを作成するため、四種類のハンドサインを写した画像を撮影し、アノテーションする。アノテーションとは、画像内の検出させたい物体の範囲とラベルを付ける作業である。データセットは 995 個作成する。

データセット用の画像を撮影するにあたり、同じ背景ばかりにならないように複数の場所での撮影を心がける。また光加減等を考慮し、様々な明るさの画像を用意する。

(2) 作成したデータセットを基に、学習を行い AI を作成する

(1) で作成したデータセットを用いて、GPU で YOLOv5 内の既存のモデルを表 1 の条件で転移学習させる。転移学習とは、事前学習済みの重みを学習の

開始点とする学習の手法で、学習時間の短縮や小規模なデータセットでの学習でも高い精度を実現できることが特徴である。

YOLOv5 のモデルには、モデルサイズの小さい順に n、s、m、l、x がある。モデルサイズが大きいくほど精度は良いが処理速度が遅く、モデルサイズが小さいほど処理速度は速いが精度が悪い。今回は検出精度が比較的高く、検出速度も申し分ないモデル l を選ぶ。

表 1 学習条件

データセット数	995
モデル構成	Yolov5l.yaml
開始点の重み	Yolov5l.pt
エポック	100
バッチサイズ	8

学習後は最終エポックでの重みと最も精度が良いエポックでの重みが保存されるが、今回は後者の重みを用いる。

研究 II 「iOS 上でのハンドサイン検出 AI を開発し、写真・動画撮影のシステムを開発する」

研究 I で作成したものを、Swift を用いて、iPhone に対応したアプリケーションに移行する。

iOS には coreML と呼ばれる機械学習を扱うフレームワークが存在する。これを用いたアプリケーションを作成するために、研究 I で開発した PyTorch 形式のモデルを CoreML 形式に変換する。

また、このアプリケーションでは写真だけでなく動画の撮影も行えるようにするため、手カメラ上下 (upper、lower) で囲んだ範囲を検出しその範囲の写真撮影を行う、というシステムと、グー (rock) で動画撮影を開始し、パー (paper) で動画撮影を終了するシステムを開発する。

3. 結果

研究 I (1) のデータセットを図 1 に示す。



図 1 転移学習に用いたデータセット

研究 I (2) の学習結果を図 2、3、4 に示す。

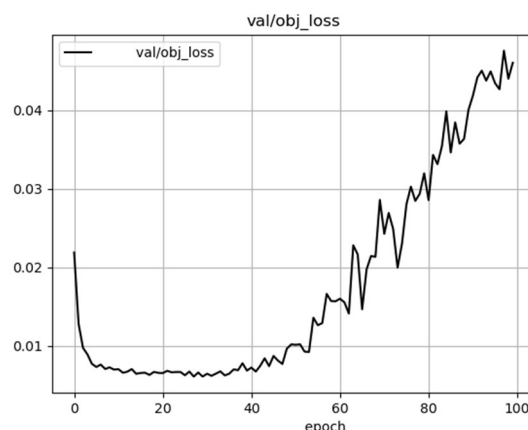


図 2 検証用データセットに対する損失関数の値

研究Ⅱで完成した iOS アプリケーションを写真 1、2、3 に示す。

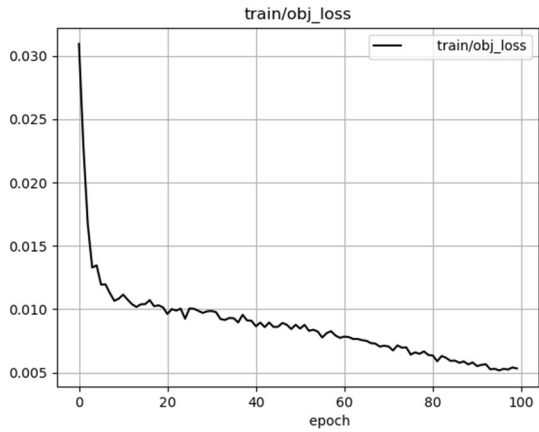


図3 学習用データセットに対する損失関数の値

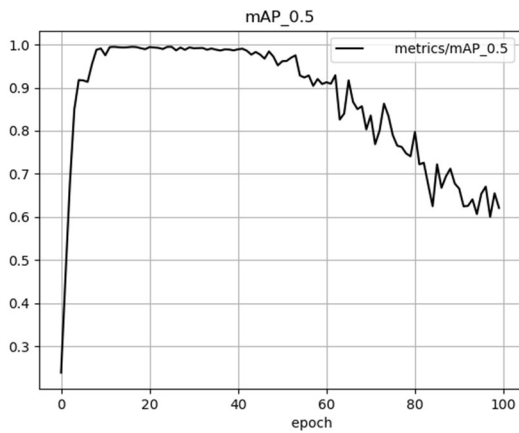


図4 エポックごとのモデルの精度

研究Ⅱで作成した Swift コードを図5 に示す。

The image shows a screenshot of a Swift code editor. The code is written in Japanese and appears to be a class or function definition for an application. It includes comments and several lines of code, including a 'main' function and various property declarations.

図5 iOS上で実行する Swift コードの一部



写真1 使用時の iPhone の様子



写真2 写真1から実際に切り取られる

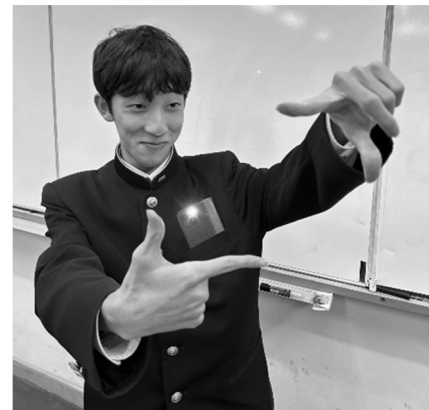


写真3 外部から見た使用時の様子

4. 考察

研究 I 「PC 上でハンドサイン検出 AI を開発する」

ゼロから学習をさせる場合、実用的な AI を作るには数万程度のデータセットが必要である。しかし、今回は転移学習という学習方法を採用したため、4種類の物体を判別し検出するために図1に示す通り、995枚のデータセットで精度のよいAIを作ることができた。

また、表1からわかる通り、今回の学習ではエポック数を100として学習させたが、図2から、検証用データセットにおける損失関数の値はおよそ50回目の学習あたりから増加している。それに加えて、図3から学習用データセットにおける損失関数は一貫して小さくなっていること、図4に示すモデルの精度も同じ50回目辺りの学習から落ちていることから、このモデルは過学習をしてしまっていると言える。改善するには、データセットやハイパーパラメータの調整が必要である。

研究 II 「iOS 上でのハンドサイン検出 AI を開発し、写真・動画撮影のシステムを開発する」

写真1、2、3より、iOSに移行し、実際にハンドサインを用いて写真撮影を行うことができた。

5. 結論

今回の研究では、最終的に高い精度でハンドサインを検出することのできるAIを作成することができたが、実際には過学習を引き起こしていた。

今回の研究を通して、最初に理想としていたアプリケーションを開発するという目標は概ね達成することができたが、今回の機構では過ぎ去る一瞬を写真に収めることはできない。この課題を達成するための一つの解決方法として、音声認識を用いるということがあげられる。音声を認識して写真・動画撮影を行うことができれば、瞬間的な撮影が可能になるだけでなく、本人の意図しない撮影が行われる可能性が大幅に下がるというメリットまである。この点も含めて、このアプリケーションにはまだ改善の

余地を残しているといえる。

完成したアプリケーションは以下のような手順で実行される。

- ①アプリケーションを起動し、胸ポケットなどにスマートフォンを入れ、前方に手をかざす。
- ②写真1のようにスマートフォンがハンドサインを検出し、音声による予告が始まる。
- ③予告の後、シャッター音とともに写真撮影が行われ、写真2に示すような範囲がトリミングされ保存される。
- ④動画撮影を行う時はスマートフォンの前でグーをかざせば動画撮影開始を示す音が発され、その状態でパーをかざせば動画撮影終了を示す音が発される。そして、動画が保存される。

6. 参考文献

- 齋藤康毅．ゼロから作る Deep Learning．オライリー・ジャパン．2020
- 大重美幸．SwiftUI iPhone アプリ開発入門ノート．ソーテック社．2020

足跡を可視化する装置の開発

宇野康介 中本晃汰

指導教諭 有馬和宏 末谷健志

アブストラクト

今までのダンスレッスンでは、足の動きや体重移動を教えづらいとされてきた。そこで、私たちはこれらを分かりやすく可視化する靴型デバイスを制作した。このデバイスは python で足の位置を特定し、Arduino で圧力を可視化するという仕組みである。現段階ではカメラの前に障害物がない環境では思い通りに動作したが、カメラの前に障害物が映ると足の位置特定がうまくいかず、思い通りに動作しなかった。

1. 研究目的

ダンスレッスンでは足の動きや体重移動が教えづらく、分かりにくい。そこで足跡をリアルタイムで可視化する装置を作ろうと考えた。

従来、足跡を可視化するには次の2つの方法がある。床に敷くシート状の装置を使う方法と、特殊なライトを床に照らす方法である。

まず、シート状の装置を使う方法だがこの方法は床にシート状の装置を敷くため、多くのスペースを必要とする。また医療機器のため、つかう際に医者や看護師がいないと使えない。そのため使う人が限られる。

2つ目の特殊なライトを使う方法は、周囲の環境によって可視化が可能かどうか異なる。また周囲の環境によっては可視化した足跡が分かりにくい。

そこで我々は、低コストであること、誰もが使いやすいこと、コンパクトであること、またどのような環境でも使えるようにすること、の4つを達成することを目標に研究を行った。

2. 研究方法

【使用機器】

PC、Arduino、webカメラ、プロジェクター、
圧力センサー、圧電ブザー、LED

【方法の概要】

プログラムにはpython、Arduinoを用いた。

(1) 靴の制作

段ボールを足裏の形に切り、それを4枚重ねて靴を製作する。靴のつま先側に緑色の、かかと側に青色のLEDを取り付ける。また、圧力センサーも靴のつま先

側とかかと側にそれぞれ取り付ける。

(2) LEDの位置特定

① マスク画像の生成

初めに、パソコンにつながっているカメラで、床に対して真上に設置したカメラから緑色と青色のLEDの光を認識する。これらをそれぞれ別で認識するために、HSV空間で青と緑の閾値をそれぞれ決め、画像全体を2値化したマスク画像をOpenCVで作る。そしてこのマスク画像から、緑色と青色にそれぞれ対応している白い部分の重心をそれぞれ取り、足跡の座標と足の向き(角度)を取得する。

② ノイズ除去

このままだとノイズが入り、誤差が大きくなってしまふ。そこで画像自体を平均化する平滑化処理や、ノイズを小さくして、正しい値を大きくする膨張、縮小といった処理を加える。

カメラの歪みを除くためにキャリブレーションを行う。チェスボードをいろいろな角度から撮影した15枚の写真を用いてカメラの歪み係数を取得する。歪み係数を基に、取得した座標に対してOpenCVのundistortPoints()を用いてキャリブレーションを行い、座標を補正する。

(3) 体重移動の情報を取得する

① 圧力センサー

体重移動の情報を得るために、分圧回路を用いて、靴のつま先とかかたにつけた2つの圧力センサーからArduinoで値を読み取る。

② 圧電ブザー

リアルタイムで聴覚的に体重移動をわかりやすくする

ために、靴につけた圧電ブザーから音を出す。体重がかかればかかるほど圧電ブザーの音階を高くする。

(4) 足跡の描画、投影

① 足跡を表す図形を作る

真っ黒な画像を一つ作り、そこに python から取得した足跡の座標と Arduino から取得した体重移動の情報を基に足跡を描画していく。OpenCV の楕円関数を用いて、足跡を描画する。ここでの足跡の色は圧力センサーから得た値を基に色を変える。圧力がかかればかかるほど、黒色から赤色になるようにする。Arduino と python 間の通信方法はシリアル通信を使用した。

② 足跡を消す

このままでは過去につけた足跡が永久に残ってしまい、時間がたつにつれて足跡が分かりにくくなる。そこで、クロマキー合成を用いて6個足跡を付けたら古いものから1つ消去するようにする。

③ プロジェクターで投影する

足跡が描画された画像をプロジェクターで web カメラがある位置から床に向かって投影する。

3. 結果

(1) LED の位置特定

マスク画像を用いて LED の位置を取得することができた。

LED をつま先とかかと付近につけているとカメラでうまく光をとらえられないことがあったので、つま先付近に LED を集中させることでこれを解決した。(図1、図2)



図1 LEDの配置 改善前

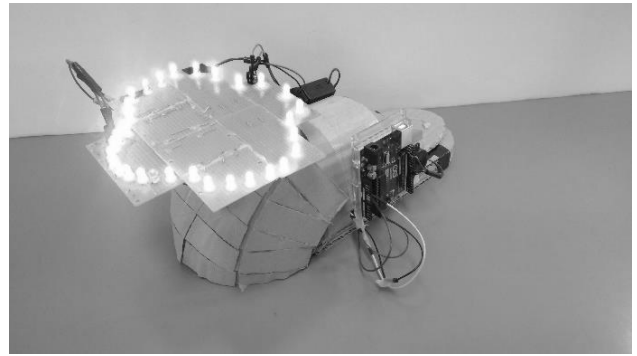


図2 LEDの配置 改善後

マスク画像のノイズ、カメラの歪みを無くすことができ、位置特定の精度を上げることに成功した。(図3、図4、図5、表1、表2)

```
58 def find_specific_color(frame, AREA_RATIO_THRESHOLD, LOW_COLOR, HIGH_COLOR):
59
60     h,w,c = frame.shape
61     frame1 = cv2.blur(frame, (3, 3))
62     #二値化
63     hsv = cv2.cvtColor(frame1, cv2.COLOR_BGR2HSV)
64     #拡張・収縮
65     ex_img = cv2.inRange(hsv, LOW_COLOR, HIGH_COLOR)
66
67     dilation = cv2.dilate(ex_img, kernel, iterations=1)
68     cv2.imshow("picture image", dilation)
69     contours, hierarchy = cv2.findContours(dilation, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
70
71     areas = np.array(list(map(cv2.contourArea, contours)))
72
73     if len(areas) == 0 or np.max(areas) / (h*w) < AREA_RATIO_THRESHOLD:
74
75         print("the area is too small")
76         return None
77     else:
78
79         max_idx = np.argmax(areas)
80         max_area = areas[max_idx]
81         result = cv2.moments(contours[max_idx])
82         x = int(result["m10"]/result["m00"])
83         y = int(result["m01"]/result["m00"])
84
85         return (x,y)
86
87
88
```

図3 マスク画像、ノイズ除去のプログラム

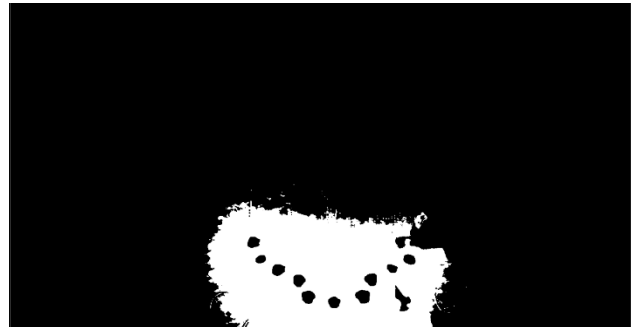


図4 ノイズ除去前



図5 マスク画像 ノイズ除去後

カメラの前に障害物がないところでは正確に位置を取得できたが、人の体などが邪魔になり位置を正確に取得できない時があった。

表1 足跡を正確に位置特定できたかどうか
(ノイズ、歪み除去前)

試行回数	200
成功	85
失敗	115

表2 足跡を正確に位置特定できたかどうか
(ノイズ、歪み除去後)

試行回数	200
成功	181
失敗	19

(2) 体重移動の情報を取得する

Arduino を使い、圧力センサーから圧力の情報を取得するために分圧回路を用いた。分圧回路は抵抗を大きくすればするほど、調べることができる圧力の上限が高くなる。そこで、人間の体重移動に適した抵抗を探したためにいろいろ試した結果、1kΩが一番体重移動の情報をスムーズに取得できることが分かった。

圧電ブザーで聴覚的に体重移動を分かりやすくすることができた。

(3) 足跡の描画、投影

Arduino から得た体重移動（圧力変化）の情報を基に、python でつくった図7のプログラムで、圧力がかかればかかるほど足跡の色を黒色から赤色に変化させた。これにより体重移動によって足跡の色を変えながら描画することができた。（図6、図8、図9）

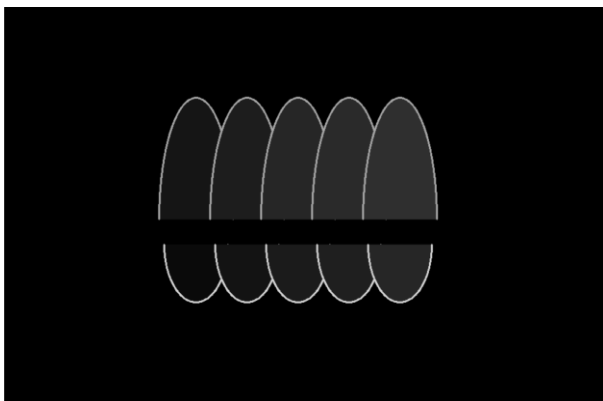


図6 足跡の色を変えている様子

```
cv2.rectangle(img, (0, 0), (1920, 1080), color=(0, 0, 0), thickness=-1)
for i in range(5):
    i = 4 - i
    if list0[i][5] == 0:
        cv2.ellipse(img, (int(list0[i][0]), int(list0[i][1])), (29, 95), 90*int(list0[i][2]), 0, 180, (0, 0, round(255*list0[i][3]/900)
        cv2.ellipse(img, (int(list0[i][0]), int(list0[i][1])), (45, 25), 180*int(list0[i][2]), 90, 270, (0, 0, round(255*list0[i][4]/900)
        cv2.ellipse(img, (int(list0[i][0]), int(list0[i][1])), (29, 95), 90*int(list0[i][2]), 0, 180, (0, 180, 255), 2)
        cv2.ellipse(img, (int(list0[i][0]), int(list0[i][1])), (45, 25), 180*int(list0[i][2]), 90, 270, (25, 225, 255), 2)
    elif list0[i][5] == 1:
        cv2.ellipse(img, (int(list0[i][0]), int(list0[i][1])), (29, 95), 90*int(list0[i][2]), 0, 180, (0, 0, round(255*list0[i][3]/900)
        cv2.ellipse(img, (int(list0[i][0]), int(list0[i][1])), (29, 95), 90*int(list0[i][2]), 0, 180, (16, 160, 255), 2)
    elif list0[i][5] == 2:
        cv2.circle(img, (int(list0[i][0]),int(list0[i][1])), 30, (0, 0, round(255*list0[i][3]/900)), -1)
        cv2.circle(img, (int(list0[i][0]),int(list0[i][1])), 30, (16, 160, 255), 2)
    elif list0[i][5] == 3:
        cv2.ellipse(img, (int(list0[i][0]), int(list0[i][1])), (45, 25), 180*int(list0[i][2]), 90, 270, (0, 0, round(255*list0[i][4]/900)
        cv2.ellipse(img, (int(list0[i][0]), int(list0[i][1])), (45, 25), 180*int(list0[i][2]), 90, 270, (24, 224, 255), 2)
    elif list0[i][5] == 4:
        cv2.circle(img, (int(list0[i][0]),int(list0[i][1])), 30, (0, 0,round(255*list0[i][3]/900)), -1)
        cv2.circle(img, (int(list0[i][0]),int(list0[i][1])), 30, (16, 160, 255), 2)
imgwindow = cv2.flip(img, 3)
cv2.imshow("picture image",imgwindow)
```

図7 足跡を描画するプログラム



図8 プロジェクターで実際に投影している様子

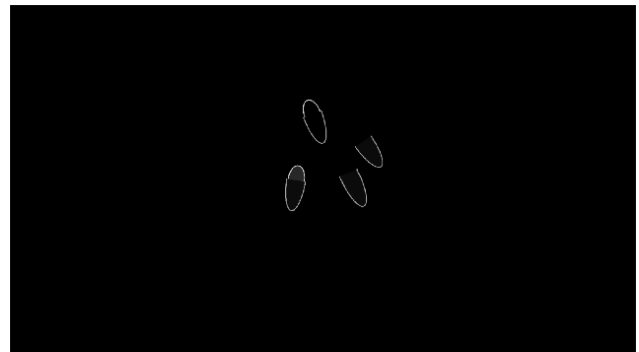


図9 PCの画面

クロマキー合成を使って古い足跡を消去することはできたが、処理が重くなり、リアルタイムで足跡を描画できなくなった。そこでpythonでlistを使って処理を行うことでこれを解決した。（図10）

```

#両方の足が床に付いているとき
if pos is not None and pos1 is not None and number1<=900 and number2<=900:
    #右に一つずらす
    for i in range(4):
        i = 4 - i
        for j in range(6):
            list0[i][j] = list0[i-1][j]
    #消す
    for i in range(6):
        list0[0][i] = 0
    list0[0][5] = 0
    coords=[[pos]]
    src=np.array(coords,dtype=np.float32).reshape(-1,1,2)
    dstPoints=cx2.undistortPoints(src,mtx,dist,P=mtx)
    xgreen=dstPoints[0][0][0]
    ygreen=dstPoints[0][0][1]

    coords=[[pos1]]
    src1=np.array(coords1,dtype=np.float32).reshape(-1,1,2)
    dstPoints1=cx2.undistortPoints(src1,mtx,dist,P=mtx)
    xblue=dstPoints1[0][0][0]
    yblue=dstPoints1[0][0][1]

    #x1,y1

    list0[0][0]=(xgreen+xblue)/2
    list0[0][1]=(ygreen+yblue)/2

Agreen = { 'x': xgreen, 'y': ygreen }
Bblue = { 'x': xblue, 'y': yblue }
radian = math.atan2(Bblue['y'] - Agreen['y'], Bblue['x'] - Agreen['x'])
#degree
list0[0][2] = radian * (180 / math.pi)

```

図10 listのプログラム

4. 考察

(1) LEDの位置特定

表1、表2より、カメラの前に人の体などがあると、位置特定が困難になる。そのため、限定的な状況（座った状態など）では使えるのではないかと考えた。

(2) 体重移動の情報を取得する

圧電ブザーで体重移動の様子を音としてアウトプットすることで、ダンスをしている人だけではなく、ダンスを見ている周りの人たちにもリアルタイムで体重移動が分かるようになったのではないかと考えた。

(3) 足跡の描画、投影

図6より、色の変化は足跡の軌跡を録画して、後から見返すときにわかりやすくなるのではないかと考えた。

(4) まとめ

カメラの前に人の体などの障害物がない動作には本研究の装置は有効である。例えば、座って踊るタップダンスなどのように体勢を固定したままでの運動や、動作にはこの装置は有効だと考えられる。また、他にもリハビリテーションでの利用もできると考えている。リハビリをする患者は自分が思っている歩幅と実際の歩幅にギャップが生じている場合があり、そこでこの装置を使うことで自分の足の軌跡を客観的に見ることができる。

また、通常のダンスレッスンでも使用可能と考えられる。この装置の具体的な使い方としては、ダンスの教師

がこの装置をはいて踊り、描いた軌跡を録画して生徒に見せる。この装置をはいた状態で生徒の前でダンスを踊り、リアルタイムで足の動きと体重移動を教える。などが考えられる。

5. 結論

本研究では、足の動きや体重移動を可視化することができた。ただし、カメラの前に障害物がない環境では足跡を正確に位置特定することができたが、カメラの前に人の体などの障害物が映ると、位置特定が困難になるという課題が見つかった。

6. 謝辞

本研究をするにあたって、助言や論文の校正をしてくださった本校科学部物理班顧問の有馬先生、末谷先生に謝辞を申し上げます。また、本研究は山口県立徳山高等学校科研費より助成をいただいております。

7. 参考文献

「さらに進化した画像処理ライブラリの定番 OpenCV 4 基本プログラミング」
北山 洋幸 著、株式会社 カットシステム、2019年

あなたの知らない米ノリの世界

内田紗椰、浦野茉莉

指導教諭 米本和生

アブストラクト

米ノリは日本で古くから用いられている環境にやさしいノリであり、強度が非常に高いとされている。しかしながら、硬化時間が長く、水や湿気に弱いといった弱点を抱えている。

前回の研究では、品種による米ノリの強度の違いを確かめ、どの品種がノリとしての利用に適しているのか実験した。しかし測定値にばらつきがあった。

今回の研究では、実験方法や木材を変更して、より正確なデータを測定した。

1. 研究目的

米ノリは木材どうしを繋ぎ合わせるのに優れた接着力を持っている。しかし、一般的に使われているのは、酢酸ビニル樹脂を主成分とした木工用ボンドであり、米ノリは建築などで使用される程度であまり日常的に利用されない。主な理由としては、米ノリが有機物であるため、カビに弱いことや接着に長い時間がかかることが挙げられる。

現在、SDGs を代表に世界全体で持続可能な社会を目標に掲げている。米ノリは米と水しか使っておらず、限りなく環境にやさしいノリである。私たちは普段の生活で手軽に利用できる接着剤として、米ノリを開発したいと考え、この研究を行った。

2. 研究方法

今回の研究では、米の品種による米ノリの強度の違いを調査する。

実験準備物

もち米、うるち米、インディカ米、蒸留水、シナノキ合板(12mm厚)、アガチス板(10mm厚)、ヨート、錘(250g/個)

(1) 米ノリの製作

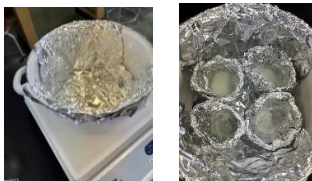


図1、2 米ノリ製作の様子

- ① 質量比が(米) : (蒸留水) = 1 : 3となるように米と蒸留水の質量を量り、鍋に入れて混ぜる。
- ② ホットプレートを220℃に設定し、加熱する。
- ③ 粉末状の米が蒸留水と完全に混ざり、粘り気が出て、半透明に変色したところで取り出す。そして一定質量を量って、実験装置に塗布する。

米ノリは冷凍庫で保存し、電子レンジで解凍して再度使用することができる。なお今回の実験では、冷凍した米ノリは使用していない。

(2) 品種による米ノリの強度の比較実験

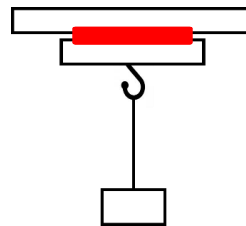


図3 実験装置の概形



図4 実験装置の写真

上部の板(以下「親板」と表記)に、米ノリを塗布した板を接着する。ヨートをつけ、糸をつけたカゴをかけて錘を追加していく。板が親板からはがれたときの錘の質量を調べる。また、1分ごとに250gずつ錘を追加するという方法をとった。前回の研究では、この方法を用いて、以下の条件1～条件3の実験を行った。

条件1

10 cm×15 cm のアカシア木の板に米ノリを10g塗布し、親板に貼り付ける。24時間以上乾燥させ、測

定を行う。

条件 2

3.0cm×3.0cm の板に米ノリを 0.50g 塗布し、同様に測定を行う。

条件 3

1.0cm×1.0cm の板に米ノリを 0.050g 塗布し、同様に測定を行う。

条件 1、2 では、米ノリの強度が高すぎることで、測定することができなかつた。よって規模を縮小して条件 3 を行った。しかし測定値の誤差が大きかった。

そこで今回の研究では、誤差を小さくしてより正確な値を得るために、以下の 2 つの条件を変更した。

- ① 1 つの親板に複数の板を接着するのではなく、1 つの親板に 1 つの板をつける。1 つの親板に複数の板を接着していたことにより、親板がしなり、親板の端につけた板と中央につけた板との強度差が生まれたためである。
- ② 板にアカシア集成材を用いるのではなく、品質の安定した板を用いる。板にアカシア集成材を用いていたが、集成材だけでなく、アカシア自体の個体差も大きいためである。

これらの 2 つを変更し、条件 4、5 として測定を行った。

条件 4

1.0cm×1.0cm のシナノキ合板 (12mm 厚) に米ノリを 0.050g 塗布し、同様に測定を行う。

条件 5

親板の種類は変えずに、1.0cm×1.0cm のアガチス板 (10mm 厚) に米ノリを 0.050g 塗布し、同様に測定を行う。



図 5 条件 4 の実験装置



図 6 実験の様子

3. 仮説

前回の研究では、もち米は粘り気が 1 番強いため、強度が一番高いと考えた。またインディカ米は食感がパサパサしているため、強度が 1 番低いと考えた。しかし結果は、うるち米ともち米を比較すると、うるち米の方が強度が高かった。インディカ米はノリを作るのに失敗したため、強度を測定することができなかつた。

私たちは、この結果が、米に含まれているアミロペクチンとアミロースの含有割合の違いによるものだと考え、アミロースの含有割合が大きいほど強度が高くなると仮定した。

本研究で強度が高いのは、表 1 の通り、アミロースの含有割合が大きい、インディカ米、うるち米、もち米の順になると仮説を立てた。

表 1 アミロース・アミロペクチンの含有割合

	アミロース	アミロペクチン
インディカ米	25~30%	70~75%
うるち米	20%	80%
もち米	0%	100%

4. 結果

条件 4 の実験では、品質の安定したシナノキ合板を用いた。しかし、米ノリの強度比較以前に、実験準備段階のドリル、ヨーテ等の外からの力に耐え切れずに割れてしまった。そのため計測を行うことができなかつた。これを踏まえて、板の見直しを行った。私たちは、使用した板が合板であったため、外からの力により割れてしまったと考え、アガチスの一枚板に変更して、再度測定を行うことにした (条件 5)。以下の表は、条件 5 での計測結果である。

※耐荷重の値について、板がはがれたときの質量が5.5kgだったとき、耐荷重として記載するのは、錘を追加する前の5.25kgとした。また計測結果の質量に、糸とカゴの質量は加算しなかった。

表2 米ノリの耐荷重比較

	耐荷重(kg)		
	インディカ米	うるち米	もち米
1回目	9.25	—	6.50
2回目	10.25	8.25	6.50
3回目	6.00	5.75	6.50
4回目	5.00	9.25	6.75
5回目	5.75	9.50	5.75
平均値	7.25	8.19	6.40

うるち米の1回目の測定結果は、実験装置が壊れてしまったため、測定することができなかった。

表2よりそれぞれの平均値を比較すると、強度が高い順にうるち米、インディカ米、もち米となり、私たちの仮説とは異なる結果となった。この実験の問題点としては、インディカ米の試行1～2回目と3～5回目の値が、大きく異なっていることが挙げられる。

5. 考察

うるち米、インディカ米の方がもち米より強度が高いのは、米が固まる際のでんぷんの老化現象が関係していると考えた。老化現象とは、でんぷん分子間の水分子が冷却に伴い離水することをいう。

アミロースは老化現象を起こしやすい。その理由は、アミロースは水に溶けやすく、直鎖構造を持っているからだと考えた。またアミロースは離水するとさらに固くなるという特徴を持っている。これらのことから、アミロースの割合が大きい米ノリの方が、強度が高くなると考えた。それに対し、アミロペクチンは、複雑な分岐構造を持っている。よって糊化(でんぷん分子間に水分子が分散すること)後はなかなか結晶化しにくく、老化のスピードが遅くなると考えた。また水分子は完全に離水できず、アミロペクチンに残留する。そのためアミロペクチンの含有割合

が高いほど、接着力が低下すると考えた。以上のことから、うるち米、インディカ米の方が強度が高い理由は、アミロースの含有割合が、もち米よりも大きいからではないかと考えられる。

インディカ米の試行1～2回目と3～5回目の結果の値の差が大きく異なる原因は、板を取り付けたときに、親板との隙間ができて、接着できていなかったからだと考えられる。

6. 結論

うるち米、インディカ米、もち米の順で米ノリとしての強度が高い傾向にある。よって現段階では米ノリを開発するのに適している米の品種はうるち米である。

しかし、インディカ米の耐荷重の値の誤差が大きかった。そのため再度実験をし、米ノリとして利用するのに相応しい米の品種を調べ直したい。これにより普段の生活で手軽に利用できる接着剤として米ノリを開発するという研究目的に近づけたい。

7. 展望

今後の研究で、アミロースの含有割合が大きい米の品種ほど、米ノリとしての強度が高いという仮説を証明したい。結果の誤差については、実験の特性上、均一な値を得ることが難しいため、実験回数を増やすことで対応する予定だ。また錘を板の上のせて、均一に米ノリが塗布できるようにしようと考えている。

米ノリの硬化時間を早める物質や、環境についても検討したい。米ノリは水分がなくなることで固まる。そのため、水と化学反応を起こす乾燥剤を添加しようと考えている。また結果を数値化するために、硬化時間の測定方法も検討したい。

米ノリは耐水性が低いという弱点を持っている。そのため湿気のあるところなどで使用できるように、耐水性を高める物質を検討したい。

市販のノリには、トウモロコシや小麦粉で作られたものもある。そのため米以外のものでもノリを作成し、米ノリと強度を比較したい。

8. 謝辞

この実験を遂行するにあたり、担当教員である、米本和生先生には、実験の手順などのアドバイスをいただきました。

また、竹重智美先生には、実験器具の用意、片付けなどのサポートをしていただき、徳山高校 SSH の方々には、費用面でのサポートをしていただきました。謝辞を申し上げます。ありがとうございました。

じゃぐっち

佐藤貴埜・山本夏穂

指導教諭 末谷健志・有馬和宏

アブストラクト

自身が左利きで道具が使いにくいと感じたため、「利き手や力の差などのハンデなく道具が使えるようにする」というテーマのもとユニバーサルデザイン製品を作った。対象を蛇口に絞り、私達は歯車の仕組みを用いて蛇口を時計回りでも反時計回りでも開けられるようにした。開発した「じゃぐっち」の利点は、①左利きが簡単に蛇口を開けられる②右利きも普段通り開けられる③少ない力で開けられる④既存の蛇口に簡単に取り付け可能の4点である。今後は蛇口だけでなく様々な回転動作を伴う道具に対応した補助道具にする。

1. 研究目的

この世に一割しかいない左利きのためには、残りの九割の人間はあまり物を作らない。普段私達が簡単に使っているものが、実は左利きの人にとっては使いにくいものになっている。きゅうすの持ち手は右手で注ぎやすいように右にあり、改札口は定期券や切符を右手で通しやすいように右にあるのが現状だ。意識すると左利きにとって使いにくいものばかりである。

一方で、左利き用に作られたものは右利きにとって使うことができず、共有できないようになっている。家族で一人しかいない左利きのために、左利き用のはさみや左右両方でも使えるパソコンのマウスを揃えるのはお金もかかるし、探すのも一苦労だ。

そこで私達は、左利きでも右利きでも使える安価なものを作ることにした。研究対象を考えていたところ、鉛筆削り器やかき氷器などの回転動作も左利きにとってやりにくいのではないかと、回転動作に注目した。そして回転動作の中でもより学生の私達にとって身近な、学校にある蛇口を対象に研究を行った。

2. 研究方法

歯車2個と蛇口のハンドルを作成し、蛇口と歯車を固定するために木を加工した。じゃぐっちを蛇口に取り付けるため、ボルトとナットで固定した。

(1) blender で歯車2つの設計

blender とは3Dプリンターで模型を作成するためにその模型の設計図を一から考えるソフトで、私たちの研究ではblender は歯車を作る目的で使用した。

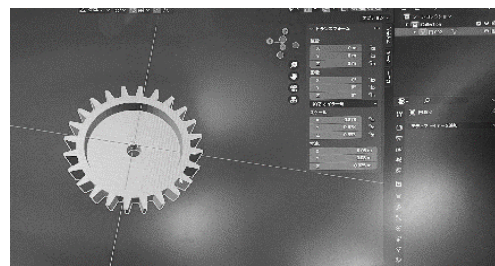


図1 blender で歯車を作成している様子

歯車は外側と内側の二重構造にし、内側は直径45mm、外側は直径80mm。歯車と蛇口を固定するために内側の歯車にかぎ爪となるように3つの楕円状の棒を付けた。

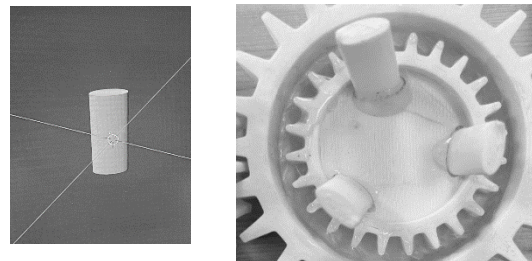


図2 図の左：かぎ爪

図3 図の右：かぎ爪を歯車につけたもの

(2) 蛇口のハンドルの作成

3Dプリンターで直径9mm、長さ60mmの棒を作った。蛇口ハンドルはホームセンターなどに売っており、約二千円で買える市販のものを取りつけた。

(3) 蛇口と歯車の固定

蛇口と歯車を固定するために木材を切り、既存の蛇口を挟むように取り付けた。

木材は縦90mm 横215mm 高さ57mmで2つ作った。

(4) 「じゃぐっち」の固定

「じゃぐっち」とは、私達が研究目的をもとに開発したユニバーサルデザイン製品である。蛇口に取り付けて蛇口の回転方向を変えることができる。じゃぐっちと蛇口をボルトとナットで固定するために縦40mm、横30mm、高さ15mmの長方形の木材を4つじゃぐっちの横に上下左右対称的に取り付けた。

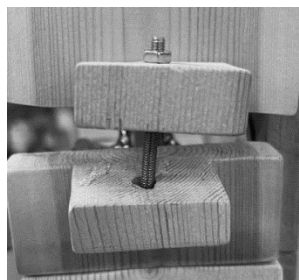


図4 じゃぐっち本体と蛇口をボルトとナットで固定している様子

3. 結果

(1) じゃぐっちの使用

左ハンドル 右ハンドル



図5 じゃぐっちを上から見たもの

左ハンドルを時計回り・右ハンドルを反時計回りに同時に回す。

(2) じゃぐっちの利点について

- ①左ハンドルを時計回りに回すことによって普段と逆回りに蛇口を開けることができるので、左利きが今までよりも簡に蛇口を開けることができた。
- ②右ハンドルを反時計回りに回すことによって、右利きも普段通り開けることができた。
- ③ハンドル二つを同時に回すことによって、蛇口が回しにくいと感じている人やうまく力が入らないと感じている人でもより少ない力で蛇口を回すことができた。
- ④蛇口を天板で挟み、左右をボルトとナットで固定することによって、既存の蛇口に簡単に取り

付けることができた。

4. 考察

開発した「じゃぐっち」は次のように様々な改良を経て作られた。

(1) 初期デザイン

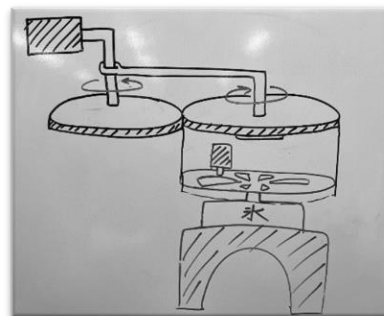


図6 初期デザイン

歯車の大きさを自由自在に伸縮させ、回転動作が必要なすべての道具に対応したものを構想した。しかし、初期デザインで考えた、歯車を自由自在に伸縮させすべての道具に対応させるということは素材の面でとても難しいということが分かった。そこで、対象を蛇口に絞って考えた。

(2) 結果 (2) ③の理論的検証

普通に蛇口を回す時よりもじゃぐっちを使った方が、少ない力で蛇口を回せることを理論的に確かめた。

図7・8中のaやFは以下である。

a : 歯車の中心から棒までの長さ

a' : 歯車の中心からかぎ爪までの長さ

a'' : 歯車の半径

f' : 蛇口を回すときにかぎ爪にかかる力

f'' : 蛇口を回すときに蛇口の棒にかかる力

F : 歯車の仕組みを用いて蛇口を回すときに蛇口にかかる力

F' : 歯車の仕組みを用いて蛇口を回すときにかぎ爪にかかる力

F'' : 歯車の仕組みを用いて蛇口を回すときに蛇口の棒にかかる力

証) 力のモーメントの公式により、

- ① 歯車1個の場合 (図7)

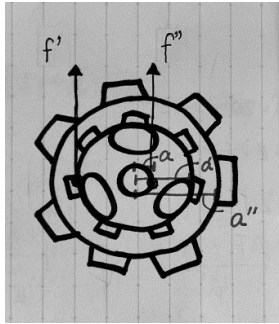


図7 歯車に水平方向にかかる力を表したもの

$$a' f' = a f''$$

$$f' = \frac{a f''}{a'}$$

② 歯車2個の場合(図8)

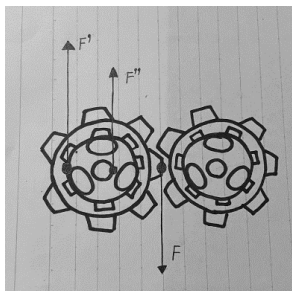


図8 歯車を回した際に歯車二個に水平方向にかかる力を表したものの

力のモーメントのつり合いにより

$$a' F' + a'' F = a F''$$

$$F'' = f'' \text{ だから}$$

$$F' = \frac{a f'' - a'' F}{a'}$$

① より、

$$F' = f' - \frac{a'' F}{a'}$$

測定すると a' は 13.8 mm、 a'' は 79.8 mm であったので、これを代入すると

$$F' = f' - 5.78F$$

となる。

つまり、①、②を比較すると、 F' は f' よりも F の 5.78 倍分ほど力が小さくなっている。

(3) 試作品

① 3Dプリンターで作成した部品の変形

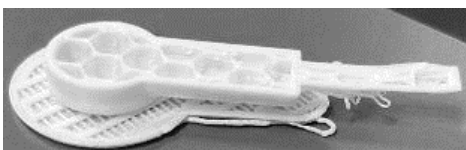


図9 ハンドルが変形している様子

ハンドルの棒が楕円形になったり歯車の表面が歪んだりした。

改良点：3Dプリンターの設定を見直す

部品の変形の原因は主に、空中に浮いている部分があることとラフトが剥がれたことだと推測される。

そこで、サポート材を付けて空中に浮いている部分がないようにした。

ラフトが剥がれないように、プラットフォームの温度を 105°C から 110°C に上げた。しかし、その日の湿度などによっても変わるので、温度は低い方がいい場合と高い方がいい場合がある。

② 部品の結合部分の空洞

棒同士の結合部分が空洞になっており、壊れやすくなっていた。

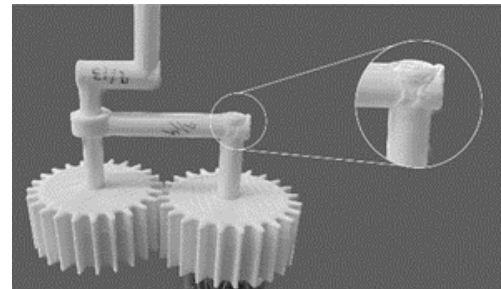


図10 棒の結合部分が空洞になっている様子

改良点：棒同士の接合部分の空洞は棒の細さが原因で起こったものであり、変更が難しかったため、棒自体をなくし、木に変更した。

① 棒同士の長さの違い

図8中の矢印の描いてある二つの棒同士の長さの違いにより歯車がうまくかみ合わず回らなくなった。

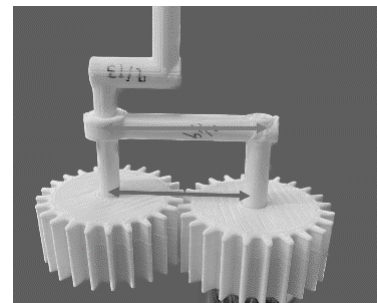


図11 歯車の直径よりも棒のほうが長く、歯車がかみ合わなくなった様子

改良点：図8中の上部にある矢印の描いてある棒をなくし、木に直接固定した。

② 木が割れる

ねじで木同士をつなぐ際に木にひびが入った。使用した木材が薄いことが原因だと推測される。

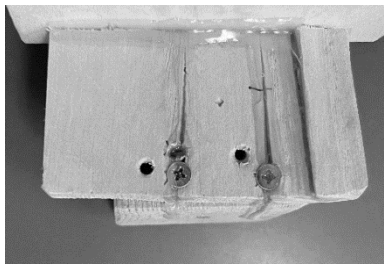


図 12 木にひびが入っている様子

改良点：木を厚くした

ねじで木同士をつなぐ際にひびが入ることを防ぐため木の厚みを厚くした。

その他の改良点：かぎ爪を付けた蛇口のハンドルと歯車の固定のためにかぎ爪を付けた。

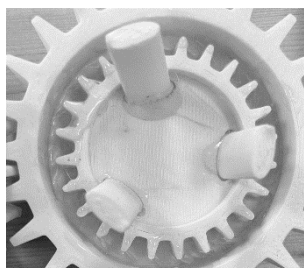


図 13 歯車の裏の様子

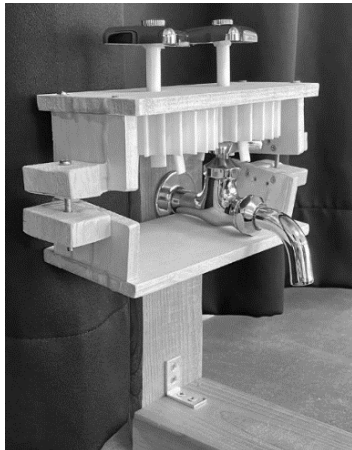


図 14 ジャグっちの全体像



図 15 ジャグっちを蛇口に取り付けた様子

(5) ジャグっちの欠点

①木を使ったこと

木にすることで低価格で作れたが蛇口は水回りで使うためカビが発生する心配がある。

②全体が不安定であること

本体と蛇口をボルトとナットでしか固定していないので、ジャグっちの持ち手を回す際に本体が少しずれてしまい回しづらくなっている。

③本体をボルトとナットで固定していること

ジャグっちは蛇口の回転方向を逆にして、回転動作のしにくい人たちを補助するために作ったものにもかかわらずそれらを固定するボルトとナットが回転動作のため、回転動作の苦手な人には取り付けづらくなっている。

(6) 改善点

①固定しているものを木からプラスチックなどの水に濡れても腐らない素材に変更する。

②ボルトとナットから、回転動作を使わずにはめて固定できるものに変更する。

6. 今後の展望

回転動作を伴う道具は蛇口のほかに、かき氷器やコーヒーマルなどがある。

本来のテーマである「利き手や力の差などのハンデなく道具を使えるようにする」から、蛇口だけでなくそれらの回転動作のするものにも対応できるように、歯車の素材や大きさ、構造を変更する。

ジャグっちは歯車を横に並べたため横幅が大きいため、歯車を縦に並べることで横幅を減らしコンパクトにすることで今までよりも場所を取らず、より誰にでも使いやすいようなものにした。

紙粘土を柔らかく

井村倭士、木下隼介、児島冬夢、深海颯斗、福田龍吾

指導教員 米本和生、竹重智美

アブストラクト

紙粘土は時間が経過するごとに固くなるという特徴があるため、時間が経過した後の加工に不向きである。そのため、固くなった紙粘土をもとの柔らかさに戻すための方法がないかと考え、本研究を行った。本研究は紙粘土がどれだけ水分を吸収するかという観点で、紙粘土を各溶液に浸して、どの溶液が紙粘土を柔らかくするか観察した。実験を進めると熱水が最も紙粘土を溶かした。よって、紙粘土を柔らかくするのは、熱水がよいということがわかった。今後は、幼稚園や、小学校などの施設で使えるように、安全性と簡易性を高めるための研究を進めていきたい。

1. 研究目的および仮説

幼稚園や保育園、小学校で紙粘土を使ったことがある人は、少なからずいるだろう。私たちは、紙粘土で作品を製作した後に、手直しをしたいと考えても、紙粘土が固まっていてできないという場面に出会ったことがある。

紙粘土が固まってしまった後に、それを柔らかくするために、水を用いる方法がある。しかし、その方法では時間がかかり、もとの柔らかさにも戻りにくい。そこで、水以外の溶液で乾いた紙粘土を柔らかくすることが、可能であるかを疑問に感じ、研究を行うことにした。

今回は、酸性の溶液と塩基性の溶液と、水への紙粘土の溶けやすさを調査することとした。塩酸は、物質を溶かす性質があるため、紙粘土を溶かすことにより、硬くなった紙粘土を柔らかくするのではないかと考えた。また、酢酸も酸性の溶液だが、塩酸とは、弱酸と強酸という違いがある。そのため、強酸である塩酸のほうが紙粘土をより柔らかくすると予想した。

加えて、強塩基である水酸化ナトリウム水溶液も紙粘土を柔らかくすると予想した。水は、熱水のほうが紙粘土を柔らかくすると予想した。

2. 実験方法

(1) 準備物

紙粘土 (成分：微小中空球樹脂、合成糊材、

保存料、水、防カビ剤)、電子天秤、100mL・200mL ビーカー、メスシリンダー、1mL・10mL ピペット、100g 錘 2個、蒸留水、6.0mol/L 塩酸、6.0mol/L 酢酸、6.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

(2) 実験手順

実験 1

- ① 電子天秤を用いて、紙粘土を塩酸、酢酸に浸すものは2.5g ずつ、水酸化ナトリウム水溶液に浸すものは5.0g ずつ測定する。
- ② 測定した紙粘土を直方体に加工する。
- ③ 塩酸を1.0mol/L、2.0mol/L、3.0mol/L、4.0mol/L 調整する。
- ④ 酢酸を1.0mol/L、2.0mol/L、3.0mol/L、4.0mol/L 調整する。
- ⑤ 常温の水(15℃)と熱水(80℃)を用意する(※熱水は始めのみ80℃)。
- ⑥ 水酸化ナトリウム水溶液を1.0mol/L、2.0mol/L、3.0mol/L、4.0mol/L 調整する。
- ⑦ ③④⑤⑥で調整した溶液にそれぞれ①で整形した紙粘土を浸す。
- ⑧ 1日後に取り出し、様子を観察する。
- ⑨ 紙粘土の質量を測り、当初の紙粘土と比較する。
- ⑩ 1.0mol/L、2.0mol/L、3.0mol/L、4.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液は表面の変化のみ

観察する。

実験 2

実験 1 で各溶液に浸した紙粘土に 100 g の錘を 2 個乗せ、図 1 のように何 mm 沈んだかを測定する。

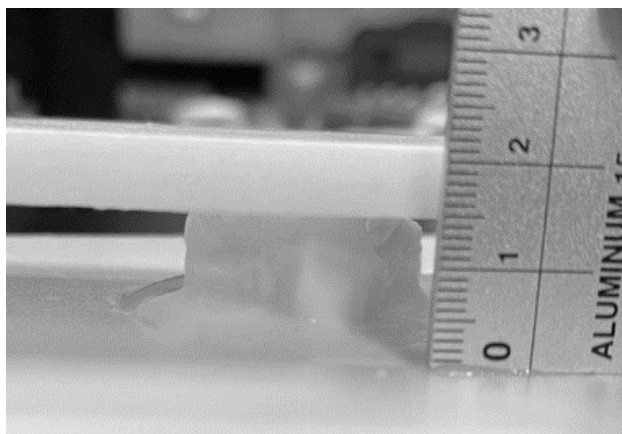


図 1 錘の重さにより沈んだ紙粘土

3. 結果

実験 1

表 1 塩酸の濃度と紙粘土の質量の増減

濃度 (mol/L)	1.0	2.0	3.0	4.0
変化後の質量 (g)	2.55	2.61	2.38	2.58
質量差 (g)	0.05	0.11	-0.12	0.08



図 2 塩酸に浸した紙粘土(左から 1.0mol/L 2.0mol/L 3.0mol/L 4.0mol/L)

表 2 酢酸の濃度と紙粘土の質量の増減

濃度 (mol/L)	1.0	2.0	3.0	4.0
変化後の質量 (g)	2.42	2.48	2.88	2.5
質量差 (g)	-0.08	-0.02	0.38	0



図 3 酢酸に浸した紙粘土(左から 1.0mol/L 2.0mol/L 3.0mol/L 4.0mol/L)

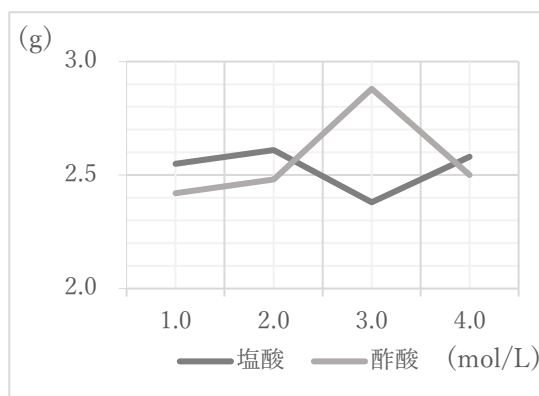


図 4 酢酸・塩酸に浸けた後の最終的な紙粘土の質量

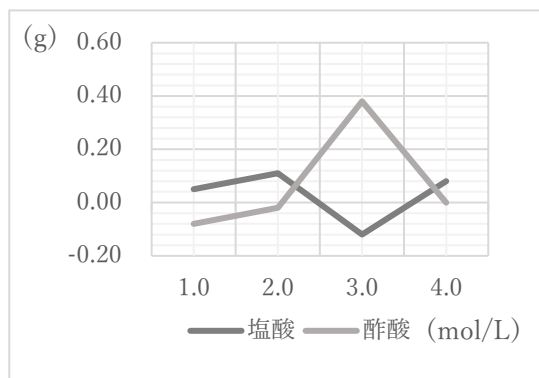


図 5 酢酸・塩酸に浸けた後の紙粘土の質量の増減

表 3 水温と紙粘土の質量の増減

水温 (°C)	15	80
変化後の質量 (g)	2.78	3.41
質量差 (g)	0.28	0.91

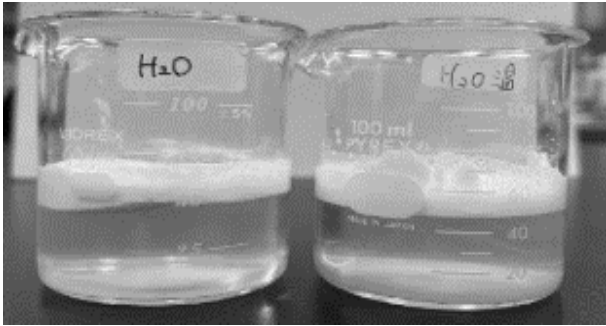


図6 水に浸した紙粘土(左から 15°C、80°C)

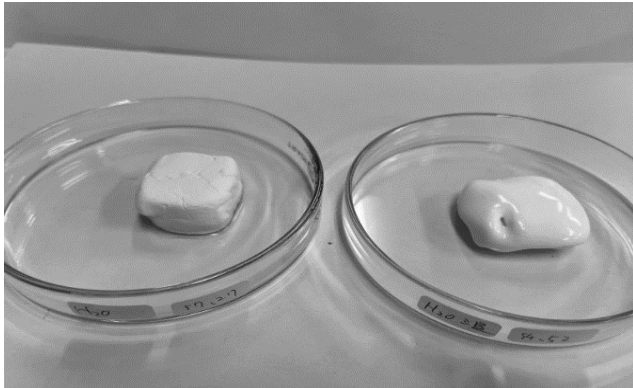


図7 水から取り出した紙粘土(左から 15°C、80°C)

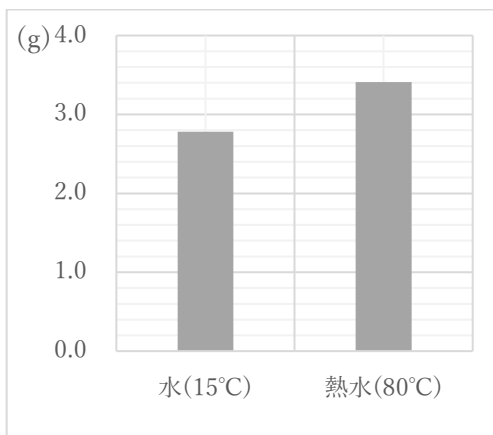


図8 水に浸けた後の紙粘土の質量

また、水酸化ナトリウム水溶液に浸けた紙粘土は図9、図10のように黒く変色した。



図9、図10 水酸化ナトリウムに浸けた後の紙粘土

実験2

紙粘土に錘を乗せたが、沈んだ長さの変化が微小であったため測定不能だった。

4. 考察

私たちは、紙粘土の質量が増加するほど紙粘土が含んでいる水分量が多くなるため、紙粘土はより柔らかくなると予想した。

実験1の結果から、塩酸、酢酸よりも熱水のほうが紙粘土の質量の増加量が多いため、熱水に浸した紙粘土は、他の液体に浸した紙粘土より柔らかくなったと考えられる。

水酸化ナトリウム水溶液については、紙粘土が黒色に変色しただけで、紙粘土を柔らかくする際に使うのは、不適だと考えられる。

塩酸と酢酸を比較すると、酢酸 3.0mol/L が最も紙粘土をよく溶かしているため、酸の強弱と紙粘土の溶解については不明である。塩酸は、電離しやすく、弱酸は電離しにくいという性質がある。このことが紙粘土を溶かすのに関係があるのかは、今後も継続して研究したい。

図8からわかるように、熱水が最も紙粘土を溶かした。紙粘土を柔らかくする方法として、一般的には濡れた水タオルで紙粘土を覆うという方法がとられている。よって、今回の実験では一般的な解決策が正しかったことが分かった。この結果から、紙粘土には親水性の物質が含まれていると考えられる。また、熱水が最も効果的である理由については、より紙粘土を溶かし、より水分を吸収したため、柔らかくなったと考えられる。

さらに、ガラス棒で、それぞれ紙粘土を押してみると、熱水、冷水、酢酸 3.0mol/L の順に柔らかいと感じたため、実験結果は正しいと考えられる。

5. 今後の展望

強塩基の水酸化ナトリウム水溶液では、紙粘土が変色してしまった。この原因として、水酸化ナトリウムは強塩基性のため紙粘土が変質したと考えられ

る。

また、溶液に浸した後、全ての紙粘土を割って中の状態を調べてみたところ、紙粘土の中心に近づけば近づくほど湿っており、柔らかくなっていることがわかった。

今回の実験では、溶液の種類が少なかったため、より多くの pH 溶液等で、実験していきたい。そして、塩酸も酢酸も 3.0mol/L が一番紙粘土を溶かしたので、その理由も調べていきたい。また、極性という観点でも、水よりも極性の強い溶液ならより柔らかくできるとも考えられる。そこを解明していくために、本当に極性が紙粘土の溶けやすさに関係しているのかを実験していきたい。

実験 2 については、錘の重さが足りず、また、実験装置の構造上、バランスを保つことができなかったため、変化を測定することができなかった。そのため、実験方法の改善を図っていきたい。

実用化に向けて、紙粘土が溶けるのではなく、柔らかくなるようにはどのような方法があるのかを、研究していきたい。

今回は液体に紙粘土を浸して、その前後での紙粘土の質量を比較して水の吸収量を計算し、吸収量が多ければ柔らかくなると定義して実験を進めたが、それについても再度見直していきたい。

6. 謝辞

本研究において、実験のご指導、監督、準備をしてくださった、竹重先生、米本先生に深く御礼申し上げます。

7. 参考文献

「粘土はなぜ固まるか」一國雅巳著、1995 年