

ジャガイモ由来毒素成分ソラニンを用いた環境負荷低減農薬開発の検討

神奈川県立厚木高等学校

2年 A組 1班 α

1. 背景

現在、農薬は河川への流入による水質汚染、残留農薬、散布者への影響など様々な課題を抱えている。そこで、75期の先輩方による研究「天然由来の農薬の開発」^[1]、76期の先輩方による研究「トマト由来トマチンの農薬への利用の検討」^[2]から着想を得て、ジャガイモに含まれる毒素成分ソラニンに着目した。

ジャガイモ毒素に代表されるソラニンは自然界において、害虫や病原菌から植物を保護する防御機構としてのはたらきがある^[3]ことから、これらを活用した農薬の開発を試みた。ソラニンに防虫効果や、抗菌効果を確認することができれば、ソラニンを利用した新規天然由来農薬として、環境負荷を低減した農薬を作ることができると考えられ、それらを立証するための実験を行うことにした。

2. 目的

ジャガイモの毒素成分ソラニンにおける、防虫効果の確認、水環境に与える影響について検証することで、ソラニンがもつ環境負荷を低減した農薬の有効成分としての効果を明らかにする。

3. 仮説

ソラニンに防虫効果があれば、それを防虫実験に供した際、防虫効果を確認できる。

さらに、ソラニン抽出液を水環境への影響に関する実験に供した際、化学物質を使用した農薬と比べて水中の微生物への影響が少ないことが確認できれば、ソラニン抽出液は環境負荷を低減した農薬の有効成分として利用することができる。

4. 方法

実験1-1 ソラニン抽出実験(1)

・材料と器具

材料; ジャガイモの芽, 水

器具; 鍋, 電子天秤, ガスコンロ, ペットボト

ル, ガーゼ, ろ紙, ろうと, 包丁, まな板

・方法

1. ジャガイモの芽45.0 gを細かく刻み、鍋に投入した後、水を入れ沸騰させた。
2. その後30分間静置した。
3. ろ紙とろうとを用いてろ過装置を作成し、2でできた液体をろ過した。
4. ここでできた薄い褐色の液体を、以降ソラニン抽出液(水)とする。

実験1-2 ソラニン抽出実験(2)

・材料と器具

材料; ジャガイモの芽, 99.5 %メタノール

器具; ビーカー(300 mL), 電子天秤, 乳鉢, 乳棒, ガラス棒, ガーゼ, ろ紙, ろうと, エバポレーター, ナスフラスコ(500 mL)

・方法

1. ジャガイモの芽100 gを乳鉢と乳棒ですり潰した。
2. ビーカーに99.5 %メタノール400 mLと1ですり潰したジャガイモの芽を入れて、ガラス棒でよくかき混ぜた。
3. 2をガーゼでこした後、ろ紙とろうとを用いてろ過装置を作成し、ろ過した。
4. 3の液体をエバポレーターで処理し、メタノールを蒸発させた。ここでできた濃い褐色の液体を、以降ソラニン抽出液(メタノール)とする。

実験2-1

アワダチソウゲンバイに対する防虫実験(1)

・材料と器具

材料; ソラニン抽出液(水), 純水, セイタカアワダチソウ(*Solidago altissima*:キク科アキノキリンソウ属の植物)の葉

器具; プラスチック製の箱, ハケ, プラスチック製のカップ, フォーク, ラップフィルム, 針, テープ

調査対象; アワダチソウゲンバイ(*Corythucha marmorata*; カメムシ目ゲンバイ科の昆虫)^[4]

・方法

1. 学校周辺で採集したセイタカアワダチソウに付いているアワダチソウゲンバイをハケでプラスチック製のカップの中にはたき落とした。
2. おおよそ同じ大きさのセイタカアワダチソウの葉をフォークで穴を開けた後、それぞれをソラニン抽出液(水)と純水に5分間浸した。
3. ソラニン抽出液(水)側を実験区、純水側を対照区とし、葉を5-6枚ずつプラスチック製の箱に2つに分けて並べた。
4. アワダチソウゲンバイを箱の中心に放ち、数時間静置した後、セイタカアワダチソウの葉の上にいるアワダチソウゲンバイの数を集計した。

以上の操作を10回繰り返した。

ただし、10回分のそれぞれのアワダチソウゲンバイの数は以下の通り。

箱1	171匹
箱2	61匹
箱3	85匹
箱4	102匹
箱5	91匹
箱6	101匹
箱7	96匹
箱8	110匹
箱9	100匹
箱10	74匹

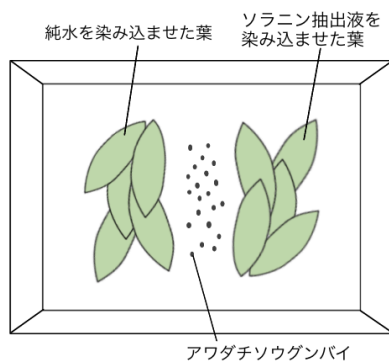


図1 実験2-1の様子

実験2-2

アワダチソウゲンバイに対する防虫実験(2)

実験2-1における課題を考慮し、以下の変更点を設けた。

- 1) ソラニン抽出液を水抽出からメタノール抽出に変更した。

- 2) アワダチソウゲンバイが吸汁性の昆虫であることから、実験液を葉に吹きかけるのではなく茎の根本から吸わせた。

・材料と器具

材料; ソラニン抽出液(メタノール), 純水, セイタカアワダチソウの葉茎, 赤色食用色素粉末

器具; ビーカー(500 mL), 光学顕微鏡, カッター, プラスチック製の箱, ハケ, プラスチック製のカップ, フォーク, ラップフィルム, 針, テープ

調査対象; アワダチソウゲンバイ

・実験

1. 2つビーカーにソラニン抽出液と純水をそれぞれ入れ、赤色食用色素粉末で着色した。
2. 1のビーカーにセイタカアワダチソウの葉茎を、茎の部分が浸るように入れ、24時間静置した。
3. 2の茎をカッターでスライスし、光学顕微鏡で観察し、着色したそれぞれの実験液により、葉茎の維管束が赤色に染まっていることを確認した。
4. 葉茎をプラスチック製の箱に入れ、実験2-1と同様にして集めたアワダチソウゲンバイを箱に投入し、5時間程度静置した後、それぞれの実験液を浸した葉茎にいるアワダチソウゲンバイの数を集計した。

以上の操作を2回繰り返した。

ただし、2回分のそれぞれのアワダチソウゲンバイの数は以下の通り。

箱11	128匹
箱12	150匹

実験3 ツヤアオカメムシに対する防虫実験^[5]

・材料と器具

材料; ソラニン抽出液(メタノール), 純水, ミカン(Citrus)

器具; シャーレ, キッチンペーパー, ダンボール箱, プラスチック製の蓋, 針

調査対象; ツヤアオカメムシ(*Glaucias subpunctatus*; 半翅目カメムシ科の昆虫)

・実験

1. ミカンをスライスし、キッチンペーパーで表面の水分を拭き取った後、それぞれの実験液に浸した。

- キッチンペーパーを底に敷いたシャーレに1のミカンを2つに分けて設置し、3匹のカメムシ(20時間以上、水だけを与えて絶食させた)を放した後、シャーレに針で穴を開けたプラスチック製の蓋を被せた。また、シャーレに段ボール箱を被せ、遮光した。
- 数時間ごとにそれぞれの区画にいるカメムシの数を集計した。
- 以上の操作を2つのシャーレで同時に行った。また、このうちの1つ目のシャーレをシャーレA、2つ目をシャーレBとする。

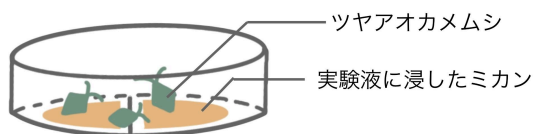


図2 実験3の様子

実験4 水環境への影響に関する実験

・材料と器具

材料; ソラニン抽出液(メタノール), 市販農薬(カダンプラスDX; エマメクチン安息香酸塩を主成分とする市販農薬), ミネラルウォーター

器具; スライドガラス, カバーガラス, 駒込ピペット, 光学顕微鏡

調査対象; ゾウリムシ(*Paramecium caudatum*)

・実験

- ゾウリムシが入った液体を3枚のスライドガラスに駒込ピペットでそれぞれ1滴ずつ滴下した。
- 1で用意した3枚のスライドガラスに、ソラニン抽出液, 市販農薬, ミネラルウォーターをそれぞれ1滴ずつ滴下し、カバーガラスをかけ、プレパラートを作成した。
- 光学顕微鏡でゾウリムシの様子を観察し、ゾウリムシの平均移動速度を計測した。

実験5 高速液体クロマトグラフによる分析^[6]

・試薬

1) α -ソラニン標準溶液; α -ソラニン(Sigma 社製)5 mgをメタノールに溶解して50 mL(100 μ g/mL)とした。

2) HPLC用移動相(65%アセトニトリル含有10 mmol/Lリン酸ナトリウム溶液(pH 7.6)); 0.2 mol/Lリ

ン酸二ナトリウム87 mL, 0.2 mol/Lリン酸一ナトリウム13 mL, 水100 mLを混和して得られた0.1 mol/Lリン酸ナトリウム緩衝液(pH 7.6)100 mLに250 mLの水および650 mLのアセトニトリルを加えて混和した。

3) 固相抽出カラム; Bond Elut C18 (Agilent Technologies社)

・HPLC 装置

ポンプ; LC-20AD

カラムオープン; CTO-20AD

検出器; SPD-M20A (以上、島津製作所製)

・HPLC条件

カラム; Kinetex 5 μ m C18 100A (250×46 mm) phenomenex社製

移動相および流速; 0~13 min 65%アセトニトリル含有10 mmol/Lリン酸ナトリウム溶液(pH 7.6) 3 mL/min; 13~55 min 65%アセトニトリル水溶液2.0 mL/min; 55~70 min 65%アセトニトリル含有10 mmol/Lリン酸ナトリウム溶液(pH 7.6) 1.3 mL/min
カラム温度; 40 $^{\circ}$ C

検出波長; 202 nm

注入量; 20 μ L

・試験溶液の調製

1) ソラニン抽出液(水);

- ビーカー内で20 mLのソラニン抽出液(水)をヘキサンにて洗浄層(ヘキサン層)が無色になるまで洗浄した。
- 洗浄層を駒込ピペットで取り除き、塩酸(1.5 mol/L)20 mLとクロロホルム10 mLを加えた。
- クロロホルムの蒸発が考えられたため、ドラフトチャンバー内でホットプレートに2を置き、液体の温度が80 $^{\circ}$ Cになるよう調節し、50分間加水分解を行った。
- 加水分解の途中でクロロホルムがすべて蒸発してしまった可能性があるため、3のビーカーにクロロホルム20 mLを加えて混ぜ、クロロホルム層を駒込ピペットで採取し、GLCTD-HPTFE1345(島津GLC社製)でろ過した。これを高速液体クロマトグラフ(以下、HPLC)用ソラニン抽出液(水)とした。

2) ソラニン抽出液(メタノール); 実験1-2を参照。その後、あらかじめメタノール3 mL, 水3 mLでコンディ

シヨニングしたBond Elut C18 カートリッジに負荷した。30%メタノール溶液1.5 mLで洗浄した後、メタノール15 mLで溶出した。この溶出液を乾固した後、残留物をメタノール1 mLに溶解し、HPLC用ソラニン抽出液(メタノール)とした。

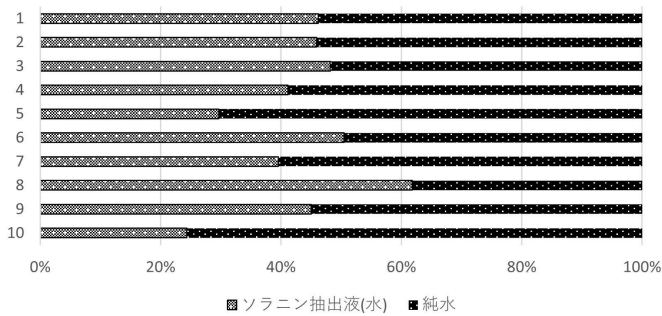
5. 結果

実験2-1

アワダチソウゲンバイに対する防虫実験(1)
実験により、以下の結果が得られた。

表1 実験2-1の結果

	アワダチソウゲンバイの数(単位; 匹)	
	ソラニン抽出液(水) [実験区]	純水 [対照区]
箱1	79	92
箱2	28	33
箱3	41	44
箱4	42	60
箱5	27	64
箱6	51	50
箱7	38	58
箱8	68	42
箱9	45	55
箱10	18	56



実験2-1について、実験区と対照区の2区間において独立2群のt-検定を行った結果、統計的に有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。

実験2-2

アワダチソウゲンバイに対する防虫実験(2)
実験により、以下の結果が得られた。

表2 実験2-2の結果

	アワダチソウゲンバイの数(単位; 匹)	
	ソラニン抽出液 (メタノール) [実験区]	純水 [対照区]
箱11	28	46
箱12	100	104

実験2-2について、実験区と対照区の2区間において独立2群のt-検定を行った結果、統計的に有意差が認められた ($p < 0.05$)。

実験3 ツヤアオカメムシに対する防虫実験
実験より、以下の結果が得られた。

表3 実験3の結果

時間	ツヤアオカメムシの数(単位; 匹)	
	ソラニン抽出液 (メタノール) [実験区]	純水 [対照区]
1) シャーレA		
5 min	1	2
10 min	1	2
20 min	0	3
30 min	1	2
2 h	0	2
4 h	1	2
18 h	1	1
20 h	0	3
24 h	2	1
26 h	1	1
28 h	2	1
42 h	1	2
44 h	1	2
2) シャーレB		

5 min	1	2
10 min	2	0
20 min	2	1
30 min	1	1
2 h	1	1
4 h	1	2
18 h	0	3
20 h	1	2
24 h	0	3
26 h	2	1
28 h	1	1
42 h	2	1
44 h	2	1

2つのシャーレを合わせて1群t-検定を行った結果、統計的に有意差が認められた(p<0.05).

実験4 水環境への影響に関する実験
実験より、以下の結果が得られた.

表4 実験4の結果

	市販農薬	ソラニン抽出液 (メタノール)	ミネラルウオー ター
平均移動速度 (単位: $\mu\text{m/s}$)	107.8	485.0	1,685

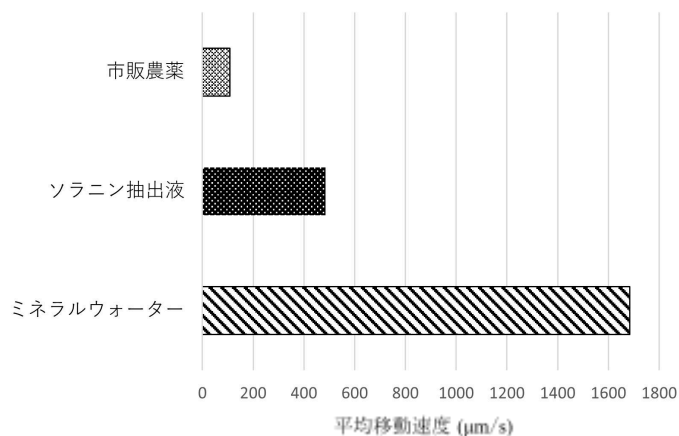


図4 実験4の結果

実験5 高速液体クロマトグラフによる分析
実験より、以下の結果を得た.

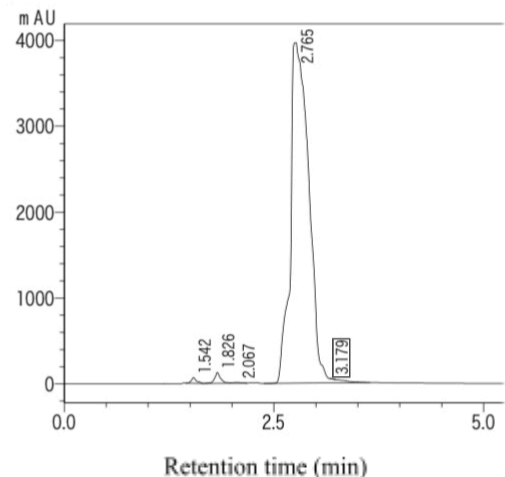


図5 実験5 ソラニン抽出液(水)

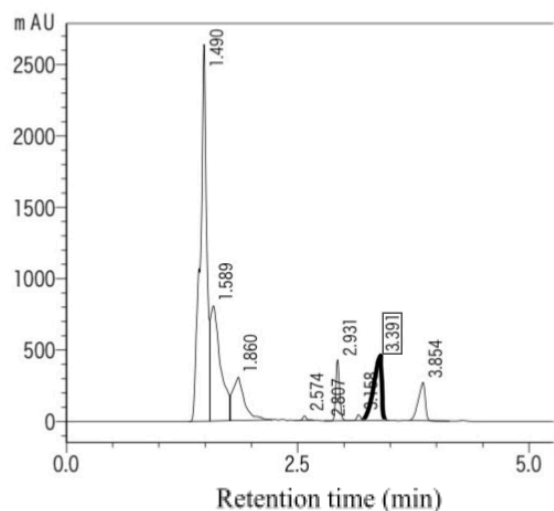


図6 実験5 ソラニン抽出液(メタノール)

図5で示したソラニン抽出液(水)の結果から、ソラニンと検出されたものは確認された(四角で囲まれたリテンションタイムで確認された)が、微量なためソラニンと断定することは難しい.

図6で示したソラニン抽出液(メタノール)の結果からは、858 $\mu\text{M/ml}$ の濃度でソラニンが検出された。(グラフの太線の部分、四角で囲まれたリテンションタイムでソラニンが検出された)

6. 考察

実験2-1について

独立2群のt-検定の結果、ソラニン抽出液(水)側(実験区)と純水側(対照区)のアワダチソウゲンバイの数について、統計的に有意差は見られなかった(p>0.05). よって、実験2-1からソラニン抽出液(水)の防虫効果の有無は判断できなかった. また、

HPLCによる分析の結果、抽出液中にソラニンと明確に断言できるものは検出されなかった。これらの要因として、ソラニンは水に難溶性を示すが、実験2-1で使用した抽出液は水抽出だったこと、またアワダチソウゲンバイは吸汁性害虫であるが、今回は葉の表面を実験液に浸しただけだったことが考えられる。

実験2-2について

独立2群のt-検定の結果、ソラニン抽出液(メタノール)側(実験区)と純粋側(対照区)のアワダチソウゲンバイの数について、統計的に有意差が見られた($p < 0.05$)。アワダチソウゲンバイがソラニン抽出液(メタノール)に対して忌避性を示すことが示唆される。

実験3について

1群t-検定の結果、シャーレAでは、ソラニン抽出液(メタノール)側(実験区)と純水側(対照区)のツヤアオカメムシの数について、統計的に有意差が見られた($p < 0.05$)。よって実験3から、ツヤアオカメムシがソラニン抽出液(メタノール)に対して忌避性があることが示唆される。しかし、シャーレBでは有意差が見られなかった。これは、2つのシャーレで系統の異なるカメムシを使用したことによるものであると考えられる。

実験4について

ゾウリムシの平均移動速度は、市販の農薬、ソラニン抽出液(メタノール)、ミネラルウォーターの順に速くなっていると言える。よって、市販の農薬に比べ、ソラニン抽出液(メタノール)のほうが水環境への影響が少ないと考えられる。

実験5について

ソラニン抽出液(水)からは、ソラニンと検出されたものは確認されたが、微量なため検出されたものがソラニンではない可能性が強く示唆される。また、ソラニン抽出液(メタノール)からは858 $\mu\text{M}/\text{ml}$ の濃度でソラニンが検出された。

このことから、実験2-2、実験3について、試験対象となった昆虫はソラニンにより実験側に対して忌避性を示したと考えられる。

したがって、実験2、3の防虫実験より、ソラニンにはアワダチソウゲンバイ、ツヤアオカメムシに対し、防虫効果があることが示唆される。また、実験4の水環

境への影響に関する実験より、ソラニン抽出液のほうが農薬よりも環境へ与える負荷が小さいと考えられる。これらのことから、ソラニンを環境負荷低減農薬として利用できる可能性がある。

7. 今後の展望

実験2-2について、今回見られた差を明らかなものにするために試行回数を増やす。また、ツヤアオカメムシがソラニン抽出液(メタノール)に対して忌避性があるかを調べる実験では、累代飼育を行い、同系統のツヤアオカメムシを使用することで、系統の違いによる結果への影響を解消した状態で実験を行うことができると考えた。そして、ソラニン抽出液(メタノール)にチャコニンが含有されている可能性を調べるため、HPLCによる分析を行うことにより、天然毒素成分由来の農薬の実用化を目指す。

8. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、多くのご教示をいただいた東京農業大学農学部農学科農業環境学研究室野口有里紗先生に深く御礼申し上げます。

9. 参考文献

- [1] 神奈川県立厚木高等学校 SSH研究開発資料 2年G組9班(2022)
<https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/2greport.pdf>
- [2] 神奈川県立厚木高等学校 SSH研究開発資料 2年A組11班(2023)
<https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/2a.pdf>
- [3] 農林水産省「食品に含まれるソラニンやチャコニン」(2022)
<https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/solanine/ganyuu/ganyu.html>
- [4] 病害虫・雑草の情報基地「アワダチソウゲンバイ」
<https://www.boujo.net/release/%E3%82%A2%E3%83%AF%E3%83%80%E3%83%81%E3%82%BD%E3%82%A6%E3%82%B0%E3%83%B3%E3%83%90%E3%82%A4.html>
- [5] 「混合植物抽出液『バグフリー®』の室内 試験における昆虫忌避および殺虫効果」藤田百合子 日本環境動物昆虫学会 13巻4号 p. 231-236 (2002)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjeez/13/4/13_231/article-char/ja/
- [6] 「ジャガイモ中の α -ソラニン、 α -チャコニンの含有量および貯蔵中の経時変化」新藤哲也、牛山博文、観公子、安田和男、 齊藤和夫 食品衛生学雑誌 45巻5号p.

277-282(2004)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/shokueishi/45/5/45_5_277/
/ article-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/shokueishi/45/5/45_5_277/article-char/ja/)

バルコニーによる農業用ハウスへの風害対策方法の検討

神奈川県立厚木高等学校

2年A組2班

1. 背景

一、台風による農業被害は農業の高齢化の1つの原因だ。実際、令和4年の台風15号による農業用ハウスの破損は静岡県と愛知県において全37件引き起こされており、その被害総額はおよそ7000万円。^[1]これは、被害にあった農家一件あたりに200万円弱もの被害が出ていることになる。

二、ビル風対策の一つに、バルコニーを設置するというものがある^[2]が、これはバルコニーを設置していない建物に比べて表面が複雑化した建物に当たった風は渦を巻きやすく、これによって建物方向に掛かる大きな力が分散されるからである。

一、二で調べたことから、農業用ハウスにもバルコニーを設置すれば周囲の風速が低減されるだろうと考え、バルコニーによる農業用ハウスへの風害対策の研究を始めた。また、通常の建築物にバルコニーを設置する際は転落事故の防止等の観点から、その形は限定されてしまうこともあるが、今回の実験では転落に関しては加味する必要がないので、四角形以外にも普通の住宅やビルではできないような半円形でも行うことにした。

2. 目的

本研究では、農業用ハウスの表面上に突起(バルコニー)を設置することで、表面上への風速を小さくすることを最終目的とし、そのために縮小したモデルを用いて実験を行うことにした。この研究は、台風等の強風による農業用ハウスへの被害を軽減させる一助となりえ、農業関係者の方々への貢献に繋がる。

3. 仮説

ビルやマンション等の建物では、そのバルコニー等の突起によって表面上で風が渦を巻き、大きな風の流が小さな乱れに分散される事がある。

このように、農業用ハウスにも突起をつければ、農業用ハウス周りの風速は弱まるのではないかと。そして渦を巻きやすいバルコニーの形を変えることによっても、風速に差が生まれるのではないかと考えた。

4. 方法

- ・板状ダンボール…縦520 mm×横920 mm (以下壁と呼ぶ。又、図1の区切りの中のアルファベットはその地点の名前で、ある横列に地点A,B,Cがあるならばその横列は列1と呼ぶこととする。)
- ・箱状ダンボール…縦190 mm×横375 mm×高さ404 mm
- ・正四角筒状ダンボール…底面の一边の長さ60 mm, 高さ860 mm (以下バルコニーIと呼ぶ) × 2
- ・半円筒…底面Φ6 cm, 高さ86 mm (以下バルコニーIXと呼ぶ) × 2
- ・ビッグファンBF-60J…60 cmビッグファン(以下風源と呼ぶ)
- ・BTMETER製風速計… BT100(AVGモード)
- ・照明器具(スマートフォンのライト機能を使用)

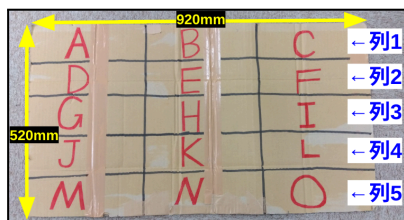


図1 壁

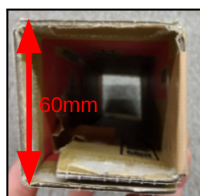


図2 バルコニーI



図3 バルコニーIX

一、箱状のダンボールの、下から140 mmの位置に、縦520 mm,横920 mmの壁を設置する。(図1)バルコニーを設置して実験をする際は列2と列4にそれぞれバルコニーI-Xのうち、IとIXを設置する。以下これを装置βとする。実験計画の段階では、バルコニーの形の案を10通り考えていたが、本実験ではそこから2つ、バルコニーIとIXに絞ることにした。これは、バルコ

ニーの形状に関して、多くの建物に用いられる四角形状のもの、通常ビルや住宅には用いられない半円状のもので風速や風の流れ方の違いを比較したかったためである。

二、風源であるビッグファンから装置βを1000 mm離して送風し、風速を、地点A~O各地点で計測する。この際、風速計は壁から一定距離(バルコニーなしの地点では壁から60 mm,バルコニーIを設置した地点ではバルコニーから60 mm,バルコニーIXを設置した地点では接着点から60 mm)離す。この操作をバルコニーI,IX,そしてバルコニーなしの3つの場合で、それぞれ10回ずつ行う。

風の可視化実験

暗くした場所に装置βを設置し、火をつけた線香を装置前にかざして風を送り、煙の動き方から空気の流れを観察する。又この際、煙を見やすくするため下からライトで装置付近を照らす。

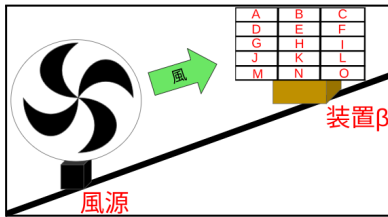


図4 風速測定実験の配置図

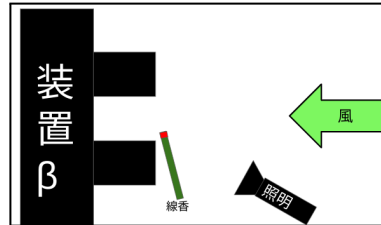


図5 風の可視化実験の配置図

5. 結果

風速測定実験

得られた風速の値を各バルコニーの場合ごと(色別),そして各列ごと(横軸別)に分けて平均を求めた。その結果(図6),バルコニーIを設置した時はバルコニーを設置しなかった時と比べ、列1,列3,列5で風速が低減されており、最大で風速は0.29m/s低減された。一方バルコニーIXを設置した時は、全ての列で風速が低減されており、最大で風速は0.43 m/s低減された。

バルコニーなし時とバルコニーI設置時の計測結果を用いて有意水準を0.05に設定してT検定を行ったところ、列2,列3,列4では有意差が確認された為、バルコニーIに上下から挟まれている3列では風速が低減されていると言える。列2,列4で風速が増大しているのは、計測地点が他よりも6 cm風源に近いからである。加えて、バルコニーなし時とバルコニーIX設置時に関しても同様にT検定を行い比較したところ、全ての列で有意差が確認され、このことから全ての列で風速が低減していると言える。

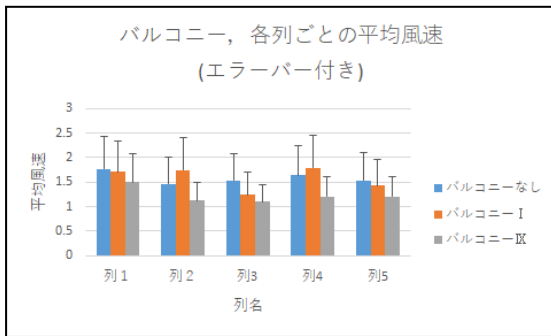


図6 バルコニー、各列ごとの平均風速のグラフ

風の可視化実験

バルコニーI設置時の列3,バルコニーIX設置時は列2,列3,列4で風が渦を巻いていることが確認できた。また、バルコニーIX設置時のほうが渦の流れは速かった。



図7 バルコニーなし時の可視化実験



図8 バルコニーI設置時の可視化実験



図9 バルコニーIX設置時の可視化実験

6. 考察

バルコニーIの列3,バルコニーIX設置時は列2,列3,列4では風速が低減されており、また風が渦を巻いていた。ここで、2つの地点で同じ現象が起きているにも関わらず、バルコニーIXのほうが風速が低減されていたことに疑問を抱き、これを可視化実験に注目してこの現象について考えることにした。

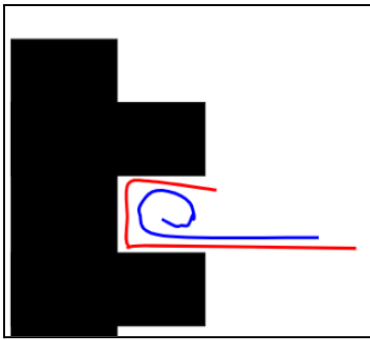


図10 バルコニーI設置時の渦の巻き方

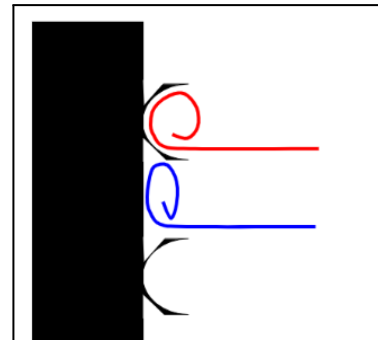


図11 バルコニーIX設置時の渦の巻き方

渦を巻く速さに差があるように見えたのは、バルコニーI設置時の列3は風が図10の赤線のように、バルコニーIや壁にぶつかりながら巻いていたのに対し、バルコニーIX設置時の列2,4では風が図11の赤線のように、バルコニーIXに沿ってスムーズに渦を巻いており、加えて列3では、風が図11の青線のように縦長で流れの早い渦を巻いていたからではないかと考えた。

このことから、ある一定方向への風の風速を弱めたいときは、同地点でそれと別方向に速く流れる風を発生させればよいのではないかと考察する。

、いずれも風速測定実験の際のT検定で有意差が確認されたところだった為、風が渦を巻くと一定方向への風速が弱められると言える。バルコニーの設置により対象物周辺の風速は弱めることができ、その効果はバルコニーの形状が四角形である時よりも半円形の時のほうが顕著に現れるという結論を得た。

7. 今後の展望

可視化実験で使用した線香の煙には火の熱によって上昇するという性質がある為、より正確に風の流れを把握するには、スモークワイヤ法等を用いた、煙が熱の影響を受けにくい方法での追加実験が必要である。

今後は、実用に向けてバルコニーの重量や素材について考えることや、バルコニーを農業用ハウスの一面だけでなく、全方面につけた実験をすることで現れる変化を調べることで、より研究を深化させたい。

8. 参考文献

引用文献

[1]令和4年台風15号に係る農林水産関係の被害状況

https://www.maff.go.jp/j/saigai/attach/pdf/r04_taihu15go-18.pdf

[2]バルコニーがあると、風速はこんなにも違う！

<https://www.cradle.co.jp/media/column/a95>

オレンジの果皮由来のシロアリに対する忌避剤の生成

神奈川県立厚木高等学校

2年 A組 4班

1. 背景

防蟻手段としてクロルピリホス、フェノブカルブ、ダイアジノン等の揮発性有機化合物がある。^(※1)しかし過去にこれらに起因するシックハウス症候群が問題となった背景から^(※1)、現在それらを用いない防蟻手段が考察されている。先行研究より柑橘類に含まれるリモネンには防虫効果があることがわかっている。^(※2)そこで本研究では、オレンジの果皮からリモネンを抽出し、シロアリへの忌避効果の有無を検証することで資源化に向けて検討を行った。^(※3)

2. 目的

リモネンを抽出する。リモネンのシロアリに対する忌避効果の検証を行う。

3. 仮説

オレンジの果皮由来リモネン含有物にはシロアリに対する忌避効果がある。

4. 方法

(1)実験材料

I.リモネンの抽出実験

-1 リモネンの抽出実験(圧搾法)

オレンジの皮, SHIBOROUS, 不織布, ビーカー

-2 リモネンの抽出実験(溶剤抽出法)^(※3)

オレンジの皮, エバポレーター, ビーカー, ピペット, エタノール, ナスフラスコ, ガラス棒

II.忌避効果の有無の解明について^(※4)

シャーレ(直径10 cm),ろ紙(直径10 cm),ヤマトシロアリ(*Reticulitermes speratus*) 6匹(天神山児童遊園;厚木市),各方法で抽出したリモネン抽出液,リモネン(富士フィルム和光純薬(株),F046838,25 g)

(2)手順

I.リモネンの抽出実験

-1 リモネンの抽出実験(圧搾法)

- ①不織布の中にオレンジの皮を入れ,SHIBOROUSの中に設置して圧搾し,出てきた液体を採取する。
- ②採取できた液体をさらに不織布で濾す。

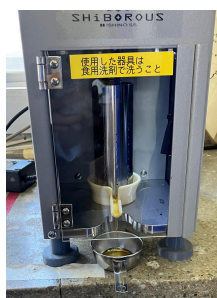


図1 圧搾の様子

-2 リモネンの抽出実験(溶剤抽出法)

- ①ビーカーの中にオレンジの皮とエタノールを入れ,ガラス棒でよくつつき,冷蔵庫で1日放置する。
- ②①のエタノールをろ紙で濾してナスフラスコの中に入れる。
- ③②をエバポレーターを用いて150 hPa,60°Cで1時間減圧し,蒸留する。



図2 溶剤抽出の様子

II.忌避効果の有無の検証について

-1 0.01%リモネン溶液のシロアリに対する防虫実験

- ①シャーレに底面の大きさの半分に合わせて切ったろ紙を敷いた。
- ②純水,リモネン(リモネン0.01%溶液)にそれぞれ浸しておいたろ紙2枚を隙間が少なくなるように置いた。
- ③ろ紙の上にシロアリを偏りのないようにならせた。
- ④シャーレに黒いビニール袋で覆われた箱を被せる。
- ⑤シロアリの様子を5分ごとに60分間観察する。

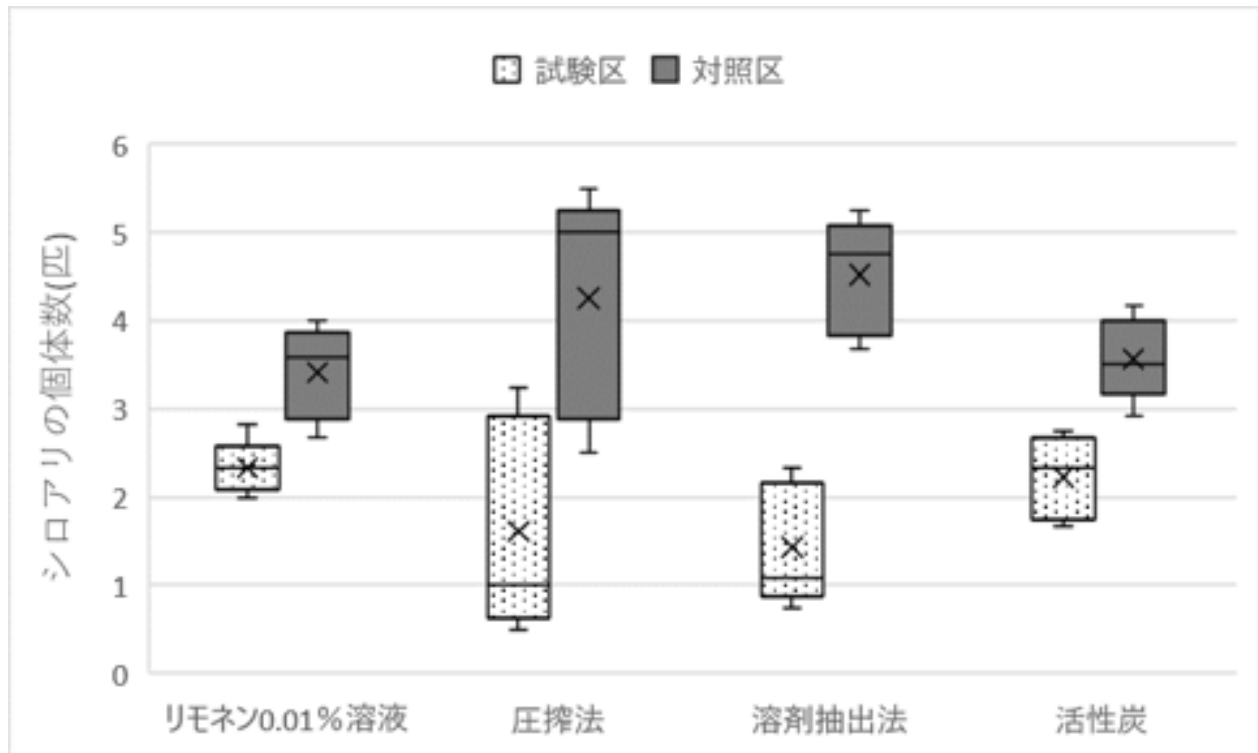


図3 防虫実験の概要

- 2 リモネン(圧搾法)を用いたシロアリに対する防虫実験
II-1と同様
- 3 リモネン(溶剤抽出法)を用いたシロアリに対する防虫実験
II-1と同様
- 4 リモネン(圧搾法活性炭)を用いたシロアリに対する防虫実験
II-1と同様

5. 結果

II.忌避効果の有無の解明について



有意水準 $\alpha = 0.05$ として、T検定を用いた。
その結果、 $p < 0.05$ となり有意差があることが分かった。

6. 考察

リモネン(圧搾法)とリモネン(溶剤抽出法)には0.01%リモネン溶液と同様に、忌避効果が見られたことから、これらの方法を用いることでリモネンを抽出し、忌避効果を得ることができると考えられる。

7. 今後の展望

リモネンの濃度が高い抽出法、忌避効果の持続性の調査などさらなる研究の余地がある。また、機器分析によってリモネン(圧搾法)とリモネン(溶剤抽出法)のリモネンの定量分析を行う必要がある。

8. 参考文献

- ※1 第24回シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会 配付資料
<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/001138288.pdf>
- ※2 西田典由,高橋雅樹らの「柑橘抽出物を利用した衣料用防虫シートの開発」
https://paper.iri.pref.ehime.jp/report/2006/12_insectproofing_sheet.pdf
- ※3 横田知美,歌川晶子らの「オレンジの皮からリモネンを取り出す」
https://www.istage.ist.go.jp/article/kakyoshi/48/4/48_KJ00003521285/pdf
- ※4 東洋ビューティー株式会社Health & Beauty Care部,大阪府立大学大学院農学生命科学学科らの
混合植物抽出液「バグフリー」の室内試験における昆虫忌避および殺虫効果
https://www.istage.ist.go.jp/article/jieez/13/4/13_231/pdf/-char/ja

微生物発電の効率的な発電環境への研究

神奈川県立厚木高等学校

2年A組 5班 β

1. 背景

地球温暖化等の環境問題に対応するため、日々新しい発電方法の開発が進んでいる。その中でも微生物発電に興味を持ったので研究を行うことにした。微生物発電とは発電菌という微生物のはたらきを利用する発電方法である。有名な発電菌の一種である *Shewanella* は身近な土壌に生息しており^[1]、鉄(III)を還元した時に放電すること^[2]が先行研究より分かっている。一方で、現在開発されている微生物発電では発電量が少なく^[3]、現状大きな課題となっている。そこで私たちは発電における理想的な土壌環境を発見することで、より効率的に発電を行うことができるのではないかと考えた。

2. 目的

目的1: 粉末状の酸化鉄(III)の量と発電量の関係を明らかにする。

目的2: 電流を流してから時間経過による発電量の変化と、発電量が限界に達するまでにかかった時間を調べる。

3. 仮説1

発電菌の発電量は酸化鉄(III)を入れると増加する。

4. 実験1

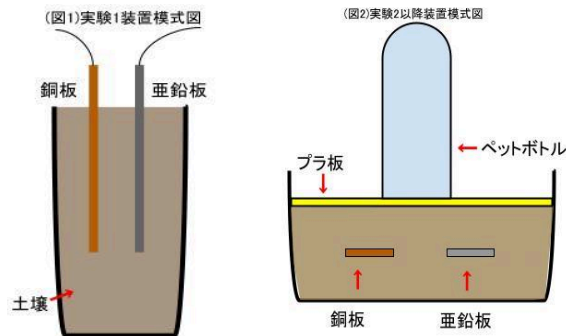
実験道具: 上端を切除したペットボトル 5本、亜鉛板 5枚、銅板 5枚、ビニールテープ、バーク堆肥 500 g、ミノムシクリップ 10本、電流計 5つ、酸化鉄(III)の粉末 75 g。

実験方法: (図1)の様に、5本のペットボトルにそれぞれ 100 gずつバーク堆肥を混入しそこにそれぞれ 0, 5, 10, 20, 40 gの酸化鉄(III)を入れた。次に銅板と亜鉛板をミノムシクリップとつなぎ、その接合部をビニールテープで覆ったものを電流計につなぎバーク堆肥の中に入れ発電量を調べた。

実験結果: 結果は以下の(表1)である。

(表1)土100gに入れる酸化鉄(III)と発電量

酸化鉄(III)の量 (g)	発電した量(μA)
0	129
5	100
10	181
20	32
40	26



0, 5, 10 gの酸化鉄(III)が入った土と20, 40 gの酸化鉄(III)が入った土の発電量の間には大きな差が見られた。また、実験の途中でペットボトルを横から指で押したところ、発電量の値が大きく上昇する現象が見られた。このことから次の実験2では、圧力の一定にする工夫をする必要があると考えた。

5. 実験2

実験道具: 実験1で使用した電流計と電極、バーク堆肥 500 g、酸化鉄(III)の粉末 20 g、図のプラスチック容器、アクリル板 5枚、ペットボトル 5本。

実験方法: (図2)の様に、バーク堆肥 100 g にそれぞれ 0, 2, 4, 8 gの酸化鉄(III)を混入した。そして圧力を一定にするために、まずそれらの土の半分を容器に入れ、その上に実験1で使用した電極を置き電流計につないだ。残った土をその上に被せ土を平らにならしたあと、アクリル板とペットボトルを乗せ、電流を測った。

実験結果: 結果は以下の(表2)から(表4)である.

(表2)土に入れる酸化鉄(III)と発電量(一回目)

酸化鉄(III)の量 (g)	発電した量(μA)	発電した量(μA)	発電した量(μA)
	1分経過後	5分経過後	10分経過後
0	23.1	30.5	34.1
2	24.0	31.1	34.9
4	21.9	26.3	29.0
6	23.9	30.2	33.8
8	27.6	33.1	36.2

(表3)土に入れる酸化鉄(III)と発電量(二回目)

酸化鉄(III)の量 (g)	発電した量(μA)	発電した量(μA)	発電した量(μA)
	1分経過後	5分経過後	10分経過後
0	27.1	29.5	32.1
2	22.9	26.0	31.0
4	30.1	32.8	35.2
6	26.8	30.0	33.5
8	22.0	25.9	30.0

(表4)土に入れる酸化鉄(III)と発電量(三回目)

酸化鉄(III)の量 (g)	発電した量(μA)	発電した量(μA)	発電した量(μA)
	1分経過後	5分経過後	10分経過後
0	32.0	32.3	33.5
2	24.1	26.2	28.0
4	22.0	26.9	30.0
6	31.6	32.5	34.5
8	24.1	27.0	30.1

0 ~ 8 gの酸化鉄(III)を混入した堆肥の間で発電量の差は見られなかった. また, 時間の経過とともに発電量が微増していることがわかることから, 仮説2を立てた.

6. 仮説2

発電量は時間とともに増加し, それには限度がある.

7. 実験3

実験道具: 実験2と同じ.

実験方法: 酸化鉄(III)を土に混入せずに実験2と同様に 31分間発電量を調べた.

実験結果: 結果は以下の(図3)である.

発電量が時間とともに増えていることがわかった. しかし発電量の増加が止まっていないことから, 実験時間が不十分だったとわかった.

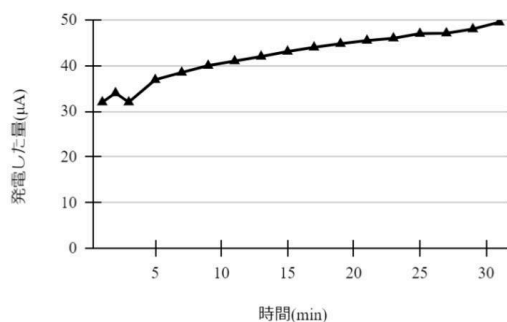
8. 実験4

実験道具: 実験2と同じ装置.

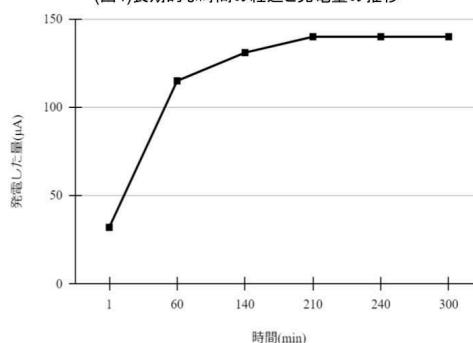
実験方法: 実験3と同じ装置で 4時間発電量を観察した.

実験結果: 結果は以下の(図4)である.

(図3)時間の経過と発電量の推移



(図4)長期的な時間の経過と発電量の推移



発電量の増加が 210分で止まっていることがわかった. このことから 100 gの堆肥が発電できる限界値は 140 μ A であると言える.

9. 実験5

実験道具: 実験2と同様.

実験方法: 実験3と同様にして装置を組み立てた後, 100 mLの水を土にかけた.

実験結果: 結果は以下の(表5)である.

(表5)水の添加による発電量の変化

水の添加(100 mL)	発電した量(μA)
あり	408
なし	37

発電量が従来の実験と比べて大幅に上昇していることがわかった.

10. 考察

実験1より, 容器を押した時に発電量が増えているのは, 実際に発電量が増えていたのではなく, 電極と土の接触面積が増えたことで電極に触れている菌の量が増え, 電子が回路を通りやすくなり, 計測される電流が大きくなったのだと考察できる.

実験1, 2より酸化鉄(III)の量と発電量の著しい関係が見られなかったことから酸化鉄(III)は発電量に影響しない, もしくは粉末状であったため発電菌が酸化鉄(III)を取り込めなかったと考察できる.

実験3, 4より, 微生物発電は土に電極を刺してから時間が経たないと発電量が安定しないと考察できる.

以上の考察から私たちが導き出した結論は,

“粉末状の酸化鉄(III)は発電量に影響しない”

“微生物発電の発電量は時間が経てば限度を迎え, 安定する” の2つである.

しかし, 今回の研究で取り扱った微生物発電は, 実際に電極に触れていた菌の数, 酸化鉄(III)以外で思いもしなかった影響など, さまざまな複雑な要因が絡み合っていること^[4]が知られており, 私たちが使った実験装置では結論に 100%の確証がなく, あくまでも考察の域を出ることができない.

11. 今後の展望

我々が次に行いたいことは, 土壌のpHを酸性や塩基性に変えることによる発電量の変化を調べ, 実際に微生物発電を行う時にどのような土壌が適しているのかを調べたいと考えている. 微生物発電の研究が進み, 土壌の環境含め発電の方法が確立されれば, 半永久的に電力を供給できる次世代の再生可能エネルギーになる可能性を秘めており, 人類のエネルギー事情の改善に貢献することができるかもしれない^[5].

12. 参考文献

[1] 田んぼで発電?, https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejjournal/136/3/136_132/_pdf/-char/ja

[2] 簡易微生物燃料電池の改良, <https://nwuss.nara-wu.ac.jp/media/sites/11/20210311a902.pdf>

[3] 半永久的に持続する電源!?細菌が起こす発電イノベーション, <https://emira-t.jp/ace/4748/>

[4] 微生物の発電, https://www.jstage.jst.go.jp/article/butsuri/71/5/71_296/_pdf

[5] 微生物で発電しよう!.....?, <https://yuhidou.com/various-materials/microorganisms/>

行動による体感時間の違い

神奈川県立厚木高等学校

2年A組6班

1. 背景

同じ時間を過ごしていたとしても、楽しい時間ならば短く、苦痛な時間ならば長く感じる。^[1]
私達は、それらを上手く利用し、苦痛な時間を効率よく過ごせないかと考える。

2. 目的

先行研究では、「楽しい時間が早く感じるのはドーパミンが出ているからだ」という研究結果が出ていた。^[2]
では、私達はそれらを上手く活用できないだろうかと考え、「ドーパミンを上手く利用すれば本来長く感じる時間も早く感じる」という仮説を立てた。もしこの仮説が成り立てば、苦痛に感じる時間でも体感時間を短くし、あまりストレスを感じずに済むようになるのではないかと考える。

3. 仮説

[仮説1]

得意科目を勉強しているときの感覚の時間は、苦手科目を勉強しているときの感覚の時間より長い。

[仮説2]

先に得意科目をしてドーパミンが出ていれば、苦手科目を勉強しているときの感覚の時間は単に苦手科目を勉強したときの感覚の時間より長い。

4. 方法

(4-1)実験に使用するもの

ストップウォッチ、筆記用具、サクシード I +A、やっておきたい英語長文300、入試現代文へのアクセス

(4-2)実験方法

先行研究(参考文献[2])を参考に、以下の条件のもと実験を行う。

教室を借り、時計を外した空間で過ごす。

(スマホなど時間がわかるものは目の届かないところにおいておく)

使用する参考書は統一。

数学は「サクシード I +A」。

国語「入試現代文へのアクセス」。

英語は「やっておきたい英語長文300」。

被験者は班員5名。その他クラスメート、部活の友人などに協力を請う。



(図1)実験で使用した参考書

[実験1-1]

被験者は班員と二人一組のペアを組む。

被験者は、得意科目の勉強をして過ごす。

15分が経過したと思ったタイミングで、被験者は手を挙げる。

ペアの班員は被験者が勉強を開始してから手を挙げるまでの時間をストップウォッチで計る。

[実験1-2]

被験者は班員と二人一組のペアを組む。

被験者は、苦手科目の勉強をして過ごす。

15分が経過したと思ったタイミングで、被験者は手を挙げる。

ペアの班員は被験者が勉強を開始してから手を挙げるまでの時間をストップウォッチで計る。

[実験1-3]

被験者は班員と二人一組のペアを組む。
 被験者は、得意な科目の勉強をして過ごす。
 15分が経過したと思ったタイミングで手を挙げて、苦手な科目の勉強を始める。
 被験者が苦手な科目を始めてから15分が経過したと思ったタイミングで再び手を挙げる。
 被験者が苦手科目の勉強を開始してから2回目の手を挙げるまでの時間を計る。

高校生の実験だけでは時間がかかり、収集できるデータ量も限られてしまうため、戸室小学校に協力して頂き、以下の実験を行う。

教室を借り、時計を外した空間で過ごす。
 (スマホなど時間がわかるものは目の届かないところにおいておく)

[実験2-1]
 他の被験者からの影響を防ぐため、座席を外側へ向け実験を行う。
 得意科目の代わりに点つなぎのプリントを被験者に行ってもらおう。
 5分経ったと思ったタイミングで被験者に手を挙げてもらい、
 プリントを開始してから手を挙げるまでの時間を計る。

[実験2-2]
 他の被験者からの影響を防ぐため、座席を外側へ向け実験を行う。
 苦手科目の代わりに漢字練習プリントを被験者に行ってもらおう。
 5分経ったと思ったタイミングで被験者に手を挙げてもらい、
 プリントを開始してから手を挙げるまでの時間を計る。

[実験2-3]
 得意科目のかわりに点つなぎプリントを被験者に行ってもらおう。
 ドーパミンが分泌されるまでの時間である5分
 プリントを行ってもらい、次に漢字練習の
 なぞりプリントをやってもらおう。
 その後すぐに漢字練習のなぞりプリントを始めて、
 実際に5分経ったタイミングで被験者に漢字練習の
 なぞりプリントを開始してもらい、漢字練習のなぞりプリントを開始してから手を挙げるまでの時間を計る。



(図2)実験で使用したプリント

5. 結果

実験1-1、実験2-2の結果表。

被験者	実験1-1の時間	実験1-2の時間
1	17:36(国語)	11:34(数学)
2	09:34(国語)	13:08(数学)
3	19:44(数学)	13:42(国語)
4	14:35(数学)	14:49(国語)
5	21:53(国語)	16:49(数学)
6	16:28(数学)	23:13(国語)
7	22:29(数学)	11:15(英語)

8	12:46(国語)	15:54(数学)
9	15:03(国語)	09:55(英語)
10	15:39(数学)	26:29(国語)

(表1)

実験1-2、1-3の結果表。

被験者	実験1-2の時間	実験1-3の時間	実験1-3と実験1-2の差
1	11:34(数学)	15:14(数学)	+03:39
2	13:08(数学)	11:10(数学)	-01:58
3	13:42(国語)	10:53(国語)	-02:49
4	14:49(国語)	17:04(国語)	+02:15
5	16:49(数学)	18:38(数学)	+02:14
6	23:13(国語)	15:45(国語)	-07:28
7	11:15(英語)	13:39(英語)	+02:24
8	15:54(数学)	23:14(数学)	+07:43
9	09:55(英語)	11:09(英語)	+01:15
10	26:29(国語)	11:48(国語)	-14:41

(表2)

実験2-1、2-2の結果表。

全て秒数換算。上限を600秒と設定。

被験者	実験2-1の時間	実験2-2の時間
1	600	600
2	418	500
3	600	360
4	600	600
5	411	361
6	498	472
7	393	424
8	600	600
9	-	295
10	431	287
11	299	359
12	441	359
13	405	600
14	600	600
15	600	349
16	343	340

17	366	250
18	181	192
19	502	600
20	600	282
21	587	578
22	406	275
23	600	-
24	600	-
25	600	-
26	510	-
27	600	-
28	375	-
29	600	-
30	442	-

(表3)

実験2-2、2-3の結果表。

全て秒数換算。上限を600秒と設定。

被験者	実験2-2の時間	実験2-3の時間
1	282	203
2	-	285
3	600	287
4	-	288
5	600	298
6	-	307
7	-	311
8	340	311
9	348	326
10	250	341
11	-	370
12	600	432
13	192	435
14	359	600
15	359	600
16	472	600

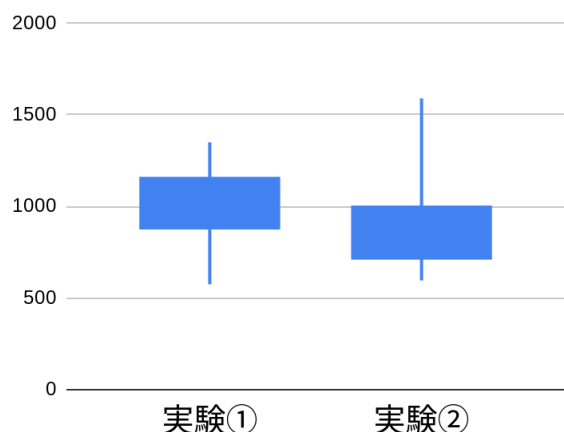
(表4)

6. 考察

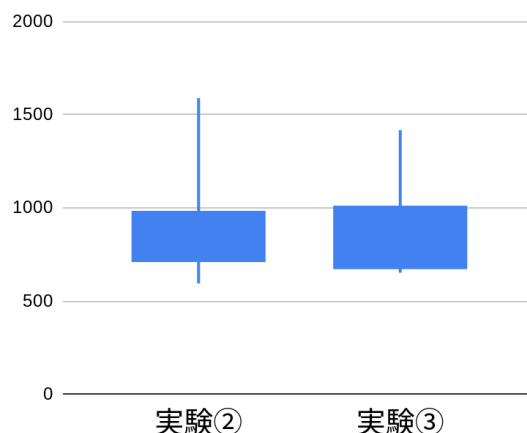
実験1-1と実験1-2、実験1-2と実験1-3、実験1-1と実験2-2、実験2-1と実験2-3において、

有意水準5%で両側検定のT検定を行った。外れ値は、箱ひげ図を利用して除去している。

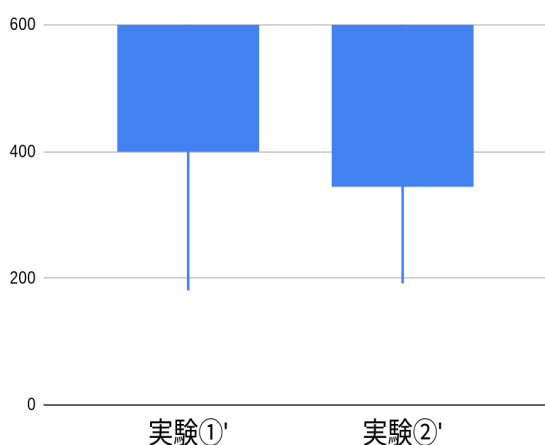
実験1-1と実験1-2 $p=0.690\dots$



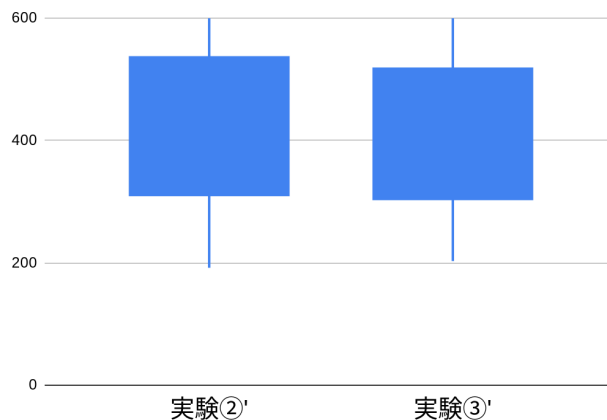
実験1-2と実験1-3 $p=0.209\dots$



実験2-1と実験2-2 $p=0.184\dots$



実験2-2と実験2-3 $p=0.964\dots$



(図3)実験1-1と実験1-2、実験1-2と実験1-3、実験2-1と実験2-2、実験2-1と実験2-3の箱ひげ図

いずれも $p>0.05$ となり、有意差は認められなかった。

実験1-1と実験1-2、実験1-2と実験1-3の検定の結果から、高校生の得意科目と苦手科目の時間に有意差がなく、また先に得意科目を勉強した後の苦手科目の時間と単に苦手科目を勉強したときの時間にも有意差がないとわかった。

実験2-1と実験2-2、実験2-2と実験2-3も同様に検定の結果から、小学生の楽しいことをしている時間とつまらないことをしている時間に有意差がなく、さらに先に楽しいことをした後につまらないことをしているときの時間と単につまらないことをしているときの時間にも有意差がないとわかった。

有意差がでなかった原因として考えられることは、実験内容を楽しいと感じるのに個人差があったこと、実験回数が少なく正確な値が出なかったことなどが考えられる。

次回実験をする場合は、勉強する科目や参考書を増やして実験内容を自身で選択できたり、実験時間を短縮し実験回数を増やすなど、原因を改善する必要がある。

7. 今後の展望

考察で述べた、有意差がでなかった原因を改善し、実験を行う。

また、学習面だけではなく、例えば食事やスポーツなどの別の視点からもアプローチし実験を行うなど、様々な観点につながる研究にしていく。

8. 参考文献

(先行研究)

- [1]楽しい時間はどのくらい速く過ぎるか <https://x.gd/v5K7T>
- [2]楽しい時間はなぜあっという間に過ぎるの？ <https://x.gd/PJTL1>
- [3]資格勉強のやる気を出す「作業興奮」とは？ <https://x.gd/AW6pV>

(実験に使用した資料)

点つなぎ「パラグライダー」<https://happyjilac.net/ten-paraglider.pdf>

小学三年生の漢字プリント【漢字のなぞり書き(全200漢字)】

https://xn--fdk3a7ctb5192box5b.com/pdf/es/jp/kanji_nazori/3nen/kanjinazori_ari_all.pdf

点つなぎ - プリント小路 - FC2<https://puzzlememo.web.fc2.com/pdf/tentunagi/tentunagi9.pdf>

小学六年生の無料漢字プリント【漢字のなぞり書き(全191漢字)】

https://xn--fdk3a7ctb5192box5b.com/pdf/es/jp/kanji_nazori_2020/6nen/kanjinazori_ari_001.pdf

https://xn--fdk3a7ctb5192box5b.com/pdf/es/jp/kanji_nazori_2020/6nen/kanjinazori_ari_002.pdf

色による記憶の定着の差

神奈川県立厚木高等学校
2年A組7班

1. 背景

私達が勉強などで色々なものを覚える時、重要な単語などには色が付いていることが多かった。しかし、全部に色が付いていると目立たないため、逆に覚えづらかった。そこで、記憶の定着に最適な色の付いた割合を調べようと思った。

2. 目的

学生は、勉強をする際の記憶力の向上、社会人は重要な書類などの記憶、物忘れが多い人はそれを無くし、情報を脳に残しやすくする。

3. 仮説

もし色の付いた割合と、その文字の正答率に相関関係があるならば、最適な割合を求めることができる。

4. 方法

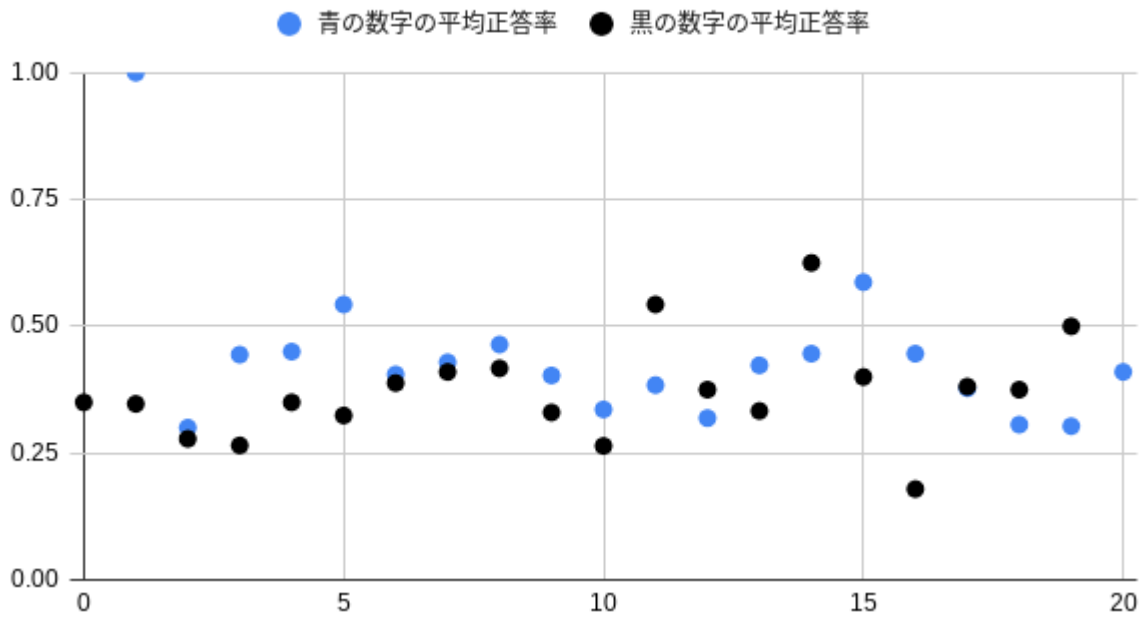
下の画像のように、青または黒の3ケタの数字を合計20個用意し、被験者に一分間見せる。その後紙とペンを渡し、覚えられた分だけ描いてもらう。その時の青の数字の正答率を検証し、青が何個のときに最も正答率が高くなるか調べる。

190 620 270 315 736
145 450 154 185 230
279 249 217 537 318
745 552 314 817 761

5. 結果

横軸は青の数字の数

青の数字の平均正答率 と 黒の数字の平均正答率



F	G
青の相関係数	黒の相関係数
-0.4061936487	0.3003850541

相関係数の範囲	相関の強さ
-1.0 ~ -0.7	強い負の相関がある
-0.7 ~ -0.4	負の相関がある
-0.4 ~ -0.2	弱い負の相関がある
-0.2 ~ 0.2	ほとんど相関がない
0.2 ~ 0.4	弱い正の相関がある
0.4 ~ 0.7	正の相関がある
0.7 ~ 1.0	強い正の相関がある

上図より青の文字の数とその正答率には負の相関がある。

6. 考察

結果から負の相関があるので覚えやすい青の文字の数ですら覚えられるの数にも限界があり、青の文字が15個のときが最も正答率が高くなっているので全体の文字の数の2/3を青の文字にすれば最も効率よく覚えられるということがわかった。

7. 今後の展望

次に同じ実験を行う際には、もっと実用的なものにするために、慣れ親しんでいない言語の単語などで実験をする。

8. 参考文献

東京法経学院

https://www.thg.co.jp/douyo/study/pen_colors/

withnews <https://withnews.jp/article/f0180301001qq0000000000000000W06a10701qq000016875A>

横浜市立大学 文字種類の違いによる記憶への影響と忘却率の変化
http://ruggero.sci.yokohama-cu.ac.jp/data/Ito_Degree.pdf

統計学活用支援サイト

<https://www.statweb.jp/method/sentaku-houho>

ポニカン <https://ponicom.net/correl/>

弁当の崩れを防ぐ姿勢の研究

[カテゴリー:物理]

神奈川県立厚木高等学校

2年A組8班

1. 背景

高校に入学してから、昼食に弁当を持参する機会が増えた。ただ、通学の途中で弁当の中身が崩れてしまったことで、昼食時にはおかず同士が混ざった状態になってしまっていることが度々ある。その光景を見ることで食欲が失せ、昼食を抜くことや、せっかく家族が作ってくれた弁当を美味しく食べられないことへの罪悪感が生じる。そこで私達はその問題を解決し、友人との楽しい食事の時間を有意義に過ごしたいと考えた。

2. 目的

お弁当の崩れを防ぐ方法^[1]を運搬時の背中の角度から紐解き^[2]、学校での食事を充実したものにする。昼食をより美味しく食するというモチベーションから午前授業の個々の学習意欲を高める。また、食欲を掻き立て、食べ残しを減らすことによりSDGsにおけるターゲット12-4に貢献する。

3. 仮説

移動の際、背中の角度の絶対値を小さくすれば^[2]、おかずの中身におけるズレの最大値は限りなく0に近づく。

4. 方法

4-1(使用した物)

i)実験1

・米・卵焼き*2・ミートボール*3・ミニトマト*2・キッチンスケール・油粘土・“不思議粘土つぶつぶ”

ii)実験2

・実験1で作成した模型・弁当箱 600 ml・リュック(透明)・輪ゴム*1・結束バンド*2・安全ピン*1・シール・マスキングテープ・マーカー・スマートフォン・レーザーレベル(app)

4-2(実験方法)

i)実験1

1.実際の弁当の具材(米、卵焼き、ミートボール、ブロッコリー、ミニトマト)の体積と質量を調べ、密度を求める。
2.1の結果を元に具材の模型を油粘土、“不思議粘土つぶつぶ”を用いて作成する。

ii)実験2

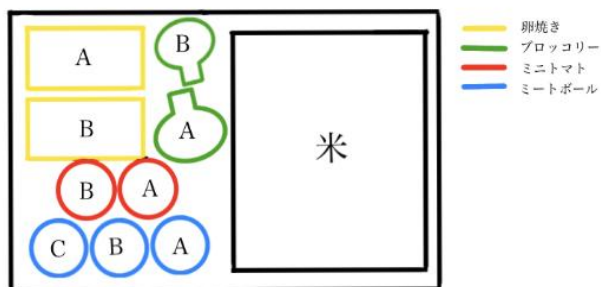


図1 模型内の具材の配置

1.実験1で作成した模型を図1のように配置し、透明なリュックに入れる。そのリュックを背負い、ある特定の人物が地面と垂直(0度)の姿勢を維持したまま、第2PC室前廊下を2往復する。その時、歩き方・姿勢に関してもダートフィッシュを用いて解析を行う。

- 2.1の実験前と実験後の弁当の画像を比較し、模型1種類ずつにおいてずれの最大値を求める。
- 3.1,2を10回行う。
- 4.3の結果をスプレッドシートにまとめる。
- 5.1~4の実験を、腰を基準として背中中の角度を+45度に変更して行う。
- 6.背中中の角度が垂直な場合の結果と+45度の場合の結果をT検定を用いて比較する。
- 7.6で垂直な場合と有意差が見られなくなるまで、背中中の角度の絶対値を5度ずつ小さくし、1~6の実験を行う。
- 8.1~7の実験を、最初の角度を-30度として行い、負の方向の角度の範囲を求める。

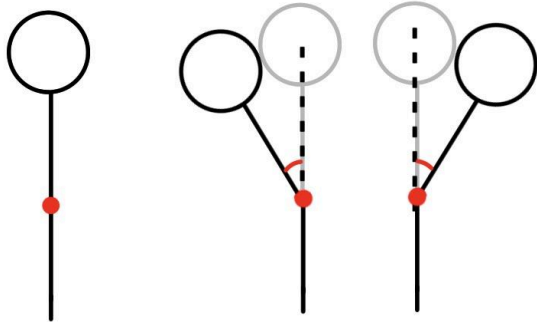


図2 基準(図中左)に対する正の背中中の角度(中央)と負の背中中の角度(右)

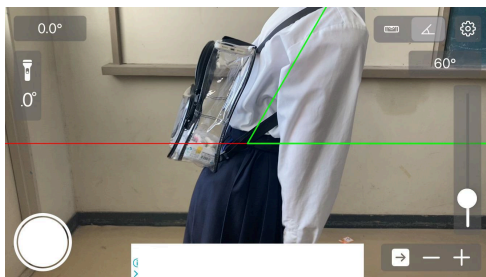


図3 レーザーレベルを用いて背中中の角度を測定する様子

- 9. 同様の実験を走って行う。

5. 結果

i) 実験1

表1 実際の具材の質量

品目	質量[g]
玉子焼き	25.15
ミニトマト	11.65
ミートボール	8.03
ブロッコリー	14.05
米	130.40

表2 実際の具材の体積

品目	体積[cm ³]
玉子焼き	0.47
ミニトマト	0.12
ミートボール	0.56
ブロッコリー	0.43
米	0.30

表3 具材の密度

品目	密度[g/cm ³]
玉子焼き	1.064
ミニトマト	1.667
ミートボール	1.071
ブロッコリー	1.163
米	1.000

表4 実験に使用する物質の体積、質量、密度

品目	体積[cm ³]	質量[g]	密度[g/cm ³]
油粘土	0.17	0.30	1.76
紙粘土	4.57	2.10	0.460
不思議ねんど	4.40	2.00	0.455
コルクボール	22.80	3.60	0.150
発泡スチロール	10.00	0.10	0.010

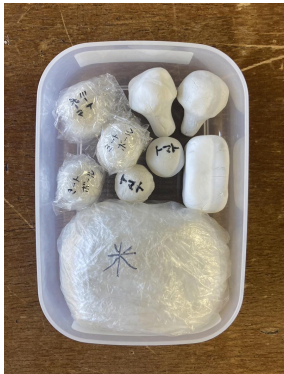


図4 紙粘土+油粘土で作成した模型



図5 不思議粘土+油粘土で作成した模型

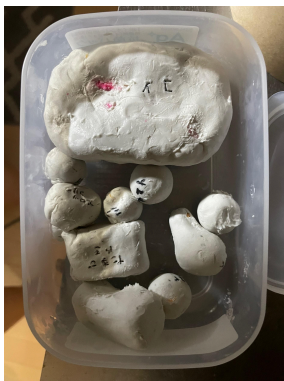


図6 粘土が溶け変形した模型



図7 紙粘土+油粘土+ニスで作成した模型

- 1.お弁当の具材を紙粘土+油粘土で作成した結果、質量の変化があった。(図4)
- 2.お弁当の具材を“不思議粘土つぶつぶ”+油粘土で作成した結果、粘土が溶け形が変化した。(図5)(図6)
- 3.お弁当の具材を紙粘土+油粘土で作成し、その上からニスを塗った結果、質量の変化もなく、粘土が溶け出すこともなかった。(図7)

ii)実験2

実験2では実験1において作成した複数の模型の中で、模型3(図7)を用いた。

表5 具材の角度の差の平均(歩行時)

	45度	0度	-30度
米	2.64	3.01	2.24
卵焼きA	8.16	4.55	8.11
卵焼きB	8.89	5.51	6.37
ブロッコリーA	14.50	10.48	10.05
ブロッコリーB	5.38	6.74	8.24
トマトA	3.31	5.72	9.73
トマトB	2.78	3.81	4.11
ミートボールA	7.13	2.83	9.33
ミートボールB	10.18	10.89	18.45
ミートボールC	9.58	4.63	12.43

表6 歩き0度と比較した各角度のp値と有意差の有無(歩行時)

	45度	-30度
米	0.69429	0.43316
卵焼きA	0.31146	0.25485
卵焼きB	0.24823	0.73503
ブロッコリーA	0.45980	0.89438
ブロッコリーB	0.48782	0.54258
トマトA	0.20268	0.07922
トマトB	0.49545	0.82699
ミートボールA	0.17823	0.20722
ミートボールB	0.84346	0.20053
ミートボールC	0.20910	0.15334

表7 具材の角度の差の平均(走行時)

	45度	30度	20度	10度	0度	-10度	-20度	-30度
米	7.55	4.80	4.12	5.58	4.79	4.65	4.83	8.41
卵焼きA	8.11	9.67	5.83	5.62	19.91	12.67	14.64	7.55
卵焼きB	9.61	5.60	4.75	8.38	26.30	10.99	9.10	7.79
ブロッコリーA	16.07	13.68	19.48	26.41	15.75	24.41	33.48	11.07
ブロッコリーB	9.09	7.07	9.39	8.80	7.27	13.52	29.31	9.68
トマトA	30.89	14.15	16.65	9.68	19.59	7.01	18.16	21.78
トマトB	15.44	10.31	4.63	8.91	21.50	6.70	8.19	11.51
ミートボールA	17.36	17.60	34.49	18.85	10.45	11.96	18.57	14.85
ミートボールB	11.54	17.53	13.01	11.62	21.93	6.34	13.46	9.24
ミートボールC	10.30	10.51	10.69	7.35	21.68	5.21	18.57	12.38

表8 歩き0度と比較した各角度のp値と有意差の有無(走行時)

	45度	30度	20度	10度	0度	-10度	-20度	-30度
米	0.03823	0.09143	0.31566	0.07821	0.27932	0.30403	0.17400	0.02537
卵焼きA	0.13067	0.06974	0.41816	0.51344	0.32933	0.07140	0.24402	0.51823
卵焼きB	0.15944	0.96652	0.69659	0.25002	0.16526	0.08557	0.24183	0.35629
ブロッコリーA	0.27455	0.41220	0.15240	0.01921	0.26813	0.02251	0.07357	0.85913
ブロッコリーB	0.41246	0.85625	0.24197	0.35502	0.80627	0.04031	0.01738	0.16844
トマトA	0.00294	0.00371	0.02591	0.21205	0.01204	0.47144	0.00284	0.04918
トマトB	0.01907	0.01410	0.65010	0.04817	0.13842	0.30635	0.06380	0.00837
ミートボールA	0.00844	0.03315	0.00091	0.00243	0.05592	0.02444	0.04859	0.12867
ミートボールB	0.86340	0.16028	0.64629	0.67463	0.15541	0.44961	0.70662	0.63591
ミートボールC	0.08815	0.04134	0.03525	0.22414	0.12136	0.41183	0.11377	0.09097

歩行時ではすべての食材に有意差が見られなかった。
走行時は有意差が見られた食材があった。

6. 考察

・歩行時に有意差が見られた食材はなかった。

歩行時の背中中の角度はお弁当の具材のズレに関係があるとは言えない。

・走行時では各角度で有意差が見られた。歩行時0度とT検定を用いて比較した際のp値より、ミニトマト、ミートボール、ブロッコリー、米、卵焼きの順で崩れやすいと考えられる。

またミニトマト、ミートボールはともにお弁当の中心付近に位置していた模型の方に有意差が見られることが多かった。よって、お弁当の中心付近に位置する食材が崩れやすいと考えられる。

しかし、走行時においても背中中の角度の絶対値の大きさと具材の崩れに統計的な有意差の間に相関関係は見られなかった。

・具材が崩れる角度を明確に定めることはできず、同じ角度で実験を行った場合でも崩れ具合に差があることから、背中中の角度以外にも要因があることが考えられる。

7. 今後の展望

・より正確に背中中の角度と具材の崩れの関係性を解明するためにさらにデータを集めて検証していく。

・背中中の角度を固定して別の要因に関する検証を行う。特に、考察で述べた「お弁当箱の中心付近に位置する具材が崩れやすくなっている」という仮説を検証していく。

8. 参考文献

[1]大阪学院大学 ビニール袋で弁当箱を傾かせずに持ち歩く方法

<https://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/TRIZ-st/2007hp/06Thesis-03S0021Yokota.pdf>

[2]広島都市学園大学 リュックサックの肩ベルトの長さに関する筋電図学的考察

<http://www.jsomt.jp/journal/pdf/064050265.pdf>

魚由来の油吸着材の作成の検討

神奈川県立厚木高等学校

2年 A 組 9 班

1. 背景

ラーメンの残り汁や調理後のフライパンなどに付着した少量の油などは、台所でそのまま流されている。このような油は排水管詰まりの原因となっている。また、下水が整備されていない地域では、油がそのまま河川や海に流れ出るため、水質の汚染やそこに生息している生物に大きな影響を与えている。先行研究によって、魚の廃棄部分である骨やうろこには多孔性物質であるヒドロキシアパタイト(*Hydroxyapatite*)が含まれている事がわかっている。また、ヒドロキシアパタイトは皮脂を吸着するために化粧品に含まれていることもわかった。これらのことから、魚のうろこや骨は油を吸着することができるのではないかと考えた。したがって、私達は魚のうろこ骨を利用し油が家庭から流れ出るのを防ぐ事のできる装置を作り、ゴミの活用、排水管の劣化を防ぎたいと考えた。

2. 目的

自然由来かつ魚の廃棄部分である骨やうろこから油吸着材を作成する。また、作成した油吸着材を最も効率的に機能させる方法を検討する。

3. 仮説

<全体を通しての仮説>

魚の骨やうろこを粉砕したもので、油と純水の混合液をろ過すると、多孔性物質であるヒドロキシアパタイトのはたきで混合液から油のみが取り除かれる。

<実験1の仮説>

1. 骨やうろこを燃焼させることで、もともと骨やうろこに付着していた油を取り除くことができるので、油の吸着率が上がる。
2. 骨やうろこを炭にすることで炭化による多孔性ができる、したがって油の吸着率が上がる。

<実験2の仮説>

うろこを界面活性剤で洗うことで、もともとうろこに付着していた油が取り除かれるので、油の吸着率が上がる。

4. 方法

<実験1> この実験では、魚由来の多孔質と炭由来の多孔質での油と純水の吸着の比較を行った。

[実験準備] 魚の骨、うろこを燃焼させた。骨は炭状のもので1種類、うろこは炭状のもの、炭になる手前、つまり乾燥したものを2種類、つまり計3種類用意しこれらをミルで粉末状に粉砕した。これらを顕微鏡で観察し多孔性の状態を見た。

1. 試験物(2 g)をろうとに入れ、油(3 mL)と純水(3 mL)の混合液(6 mL)を流し込んだ。
 2. ろ過されずに残った油、純水を吸着した試験物の質量(①とする)を測り、ホットプレートで加熱し、水分を飛ばした。
 3. 加熱後の試験物の質量を測り、①と比較し、試験物が油と純水を吸着した質量からそれぞれが吸着した割合を求めた。
- これを各試験物ごとに12回行った。

<実験2> この実験では魚由来の多孔質だけでの油と純水の吸着の割合の比較を行った。

[実験準備] 魚のうろこを界面活性剤で洗い、もともとうろこに付着していた油を落とし、洗ったうろこは茹でて油がないことを確認し、これらをミルで粉砕した。この時、粗くに粉砕したものと細かく粉砕したものを2種類用意した。2

種類の定義として、界面活性剤で洗ったマダイ(*Pagrus major*)のうろこをミルにかけ、その時に粉碎しきれなかったうろこ本体を”粗く粉碎したもの”,その時に出たうろこの削りカスのようなものを”細かく粉碎したもの”とした。

- 1.試験物(2 g)をろうとに入れ、純水(6 mL)を流し込み、アスピレーターで表面に物理的についた余分な水分を吸収した。
 - 2.油(3 mL)と純水(3 mL)を流し込み、アスピレーターで吸引した。(試験物2 gに対して油と純水の混合液(6 mL)では試験物が混合液を吸収しすぎてしまい、油と純水とで吸収した割合を測ることができなかった。つまり、ろ過できた量が少なかったため、吸引した。)
 - 3.吸引されずにろうとに残った油、純水を吸着した試験物の質量(①とする)を測り、ホットプレートで加熱し、水分を飛ばした。
 - 4.加熱後の試験物の質量を測り、①と比較し、試験物が油と純水の混合液を吸着した質量から吸着した割合を求めた。
- これを、各試験物ごとに8回行った。

5. 結果

<実験1>

実験1における吸着した油と純水の総量

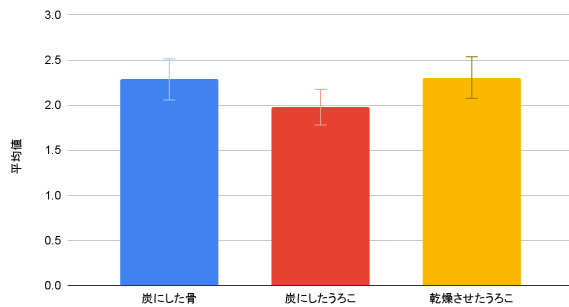


図1:実験1における水と油の吸着量の総量(g)

実験1における油を吸着した割合

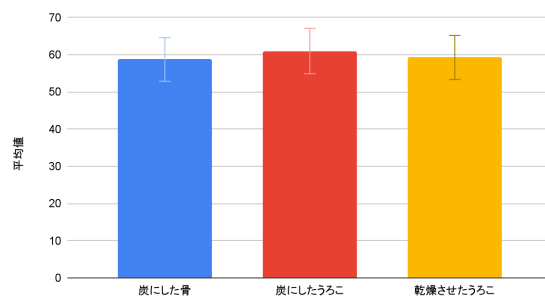


図2:実験1における吸着した油の割合(%)

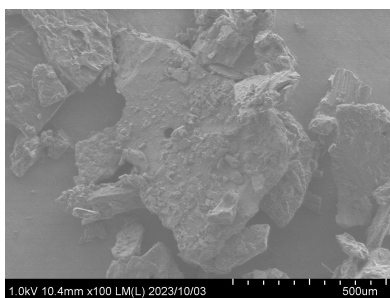


図3

図3:炭にした骨を電子顕微鏡で観察したもの

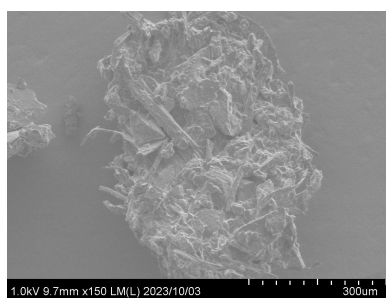


図4

図4:炭にしたうろこを電子顕微鏡で観察したもの

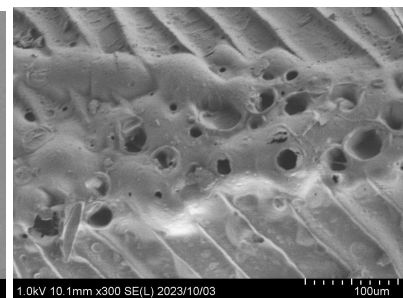


図5

図5:乾燥させたうろこを電子顕微鏡で観察したもの

図2より、炭にした骨、炭にしたうろこ、乾燥させたうろこ全てエラーバーが50 %を超えているため、水より油を有意に吸着することがわかる。

図3,5より炭にした骨とうろこには多孔性があること。図5から乾燥させたうろこの表面には油が残っていることが確認された。しかし、炭にした骨とうろこは炭化による多孔性とも考えられる。また、図3,4,5を比較すると粉碎後の大きさは炭にした骨、炭にしたうろこ、乾燥させたうろこの順に大きいことがわかった。

<実験2>

実験2における油と水の総量

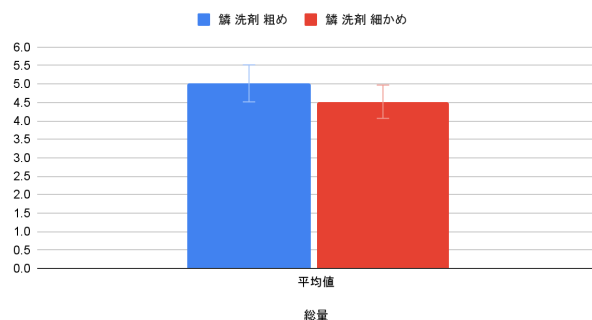


図6:実験2における吸着した水と油の総量(g)

実験2における油を吸着した割合

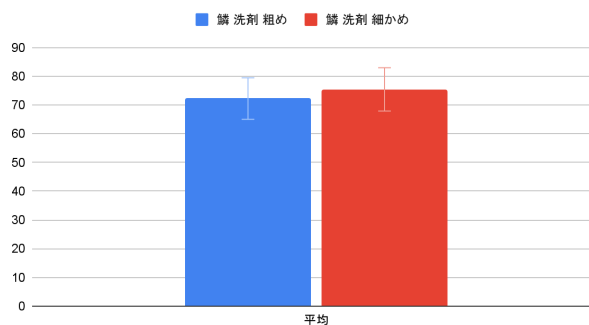


図7:実験2における吸着した油の割合(%)

図6より粗く砕いたうろこ細かく砕いたうろこの吸着量に差はほとんど見られなかった。図7よりどちらも吸着率が50%を超えていることがわかる。

よって、粗く砕いたうろこ、細かく砕いたうろこ、どちらも水より油を有意に吸着することがわかった。

6. 考察

<実験1>

粉碎後の表面積の大きさは、炭にした骨 \leq 乾燥させたうろこ \leq 炭にしたうろこであった。このことと実験1のグラフの結果より、表面積が大きいほど吸着率が高くなると考えられる。実験1の結果では、乾燥させたうろこの吸着率があまり良くなかった。これは、表面に油が除去しきれず残ってしまったからだと考えられる。

<実験2>

実験1と比較し、油の吸着率が上がったことから、うろこを炭化させてヒドロキシアパタイトの多孔質と炭由来の多孔質を利用するより、ヒドロキシアパタイトだけで多孔質に油を吸着させた方が油の吸着率が高いと考えられる。そしてうろこを燃焼させ、炭化させるとヒドロキシアパタイトの多孔質の利用は期待できない可能性があることがわかった。また、実験2の試験物は吸着量が増加したことで、試験物2g対し純水と油の混合液(6 mL)は少なく、十分にろ過できなかったため、試験物の表面に付着した純水と油の混合物を吸引しないと満足にろ過ができなかったと考えられる。

7. 今後の展望

今回の実験では少量の純水、油で実験器具を使用して実験をしたことから、吸着剤の実用化に向けて今回実験でなされなかった多量の水、油でも油の吸着効果を発揮するか、どのような形状の水道管でどの場所の油吸着で使うかなどを調べる。

8. 参考文献

[1]ヒドロキシアパタイトの基本情報・配合目的・安全性

<https://cosmetic-ingredients.org/bulking-agents/5122/>

[2]アパガード ハイドロキシアパタイト

https://www.apagard.com/oralpedia/ingredients/detail/Vcms4_00000115.html

9. 謝辞

本研究の遂行にあたり、東京農業大学農学部生物機能開発研究室、高久康春先生、ロピア厚木店の皆様に多大なご助言、ご協力いただきました。本当にありがとうございました。

五感への刺激の組み合わせによる集中力の変化の検証

神奈川県立厚木高等学校

2年 A組 10班

1. 背景

スピーカーで適度な雑音を流すなどの五感への刺激が集中力に影響をもたらす^[1]ことがわかっている。このことから複数の五感への刺激を組み合わせることにより、集中力の向上が見られると考えた。

2. 目的

複数の集中力を上げる手段として「五感」へ影響を及ぼすものうち、有効性が確立されているものを複数同時に使い、それらの組み合わせが集中力に影響を及ぼすのか検証する。ある組み合わせ下の実験において良い結果が見られたようであれば、「自宅で簡単にできる学習環境の整え方」と称しsnsを通じてより多くの人に情報を発信する。

3. 仮説

・全体

五感への刺激を組み合わせることにより、集中力に影響を及ぼす。

・実験1

環境音・適度な雑音が聞こえる環境下では集中力が向上し、無音の環境下では集中力が低下する^[1]こと、白色照明と青色照明が集中力に与える効果に差は無い^[2]ことがわかっている。このことから我々の実験においても環境音や適度な雑音の下では集中力が向上し、無音の場合は集中力が低下する。また照明の色が集中力に与える影響は変化しない。

・実験2

実験1の結果から視覚と聴覚への刺激を組み合わせても集中力への影響は無い。

4. 方法

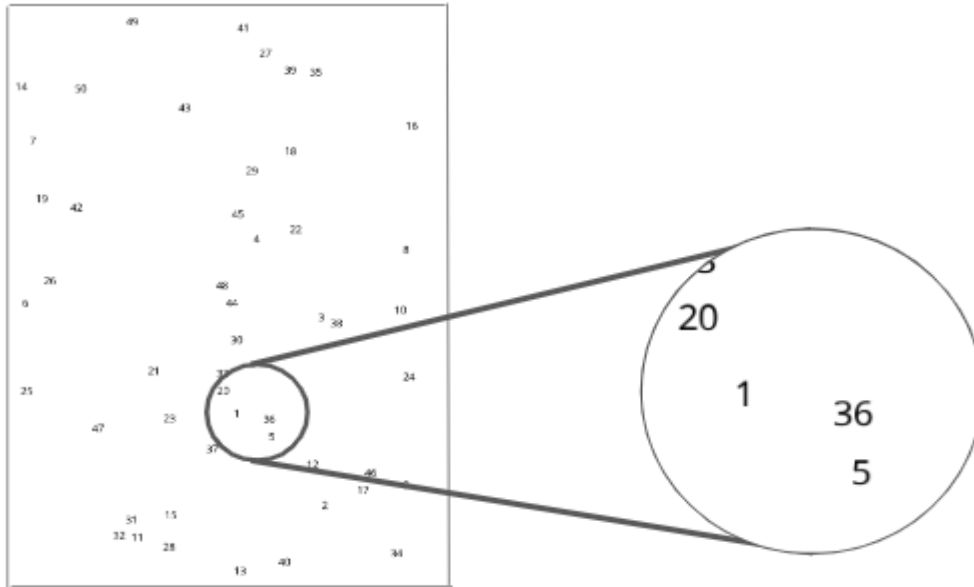
・実験1

集中力チェックテスト^[3]を模した用紙(図1)を用い、被験者らに複数回ずつのテストを受けてもらう。実験の時間は30秒間で統一し、視覚は白色、青色、オレンジ色の照明の3通り、聴覚はせせらぎの音^[6]、自習室の音^[5]、無音の3通りの計6通りで実験を行う。

・実験2

集中力チェックテストを模した用紙を用い、被験者らに複数回ずつのテストを受けてもらう。実験の時間は30秒間で統一し、視覚は白色、青色、オレンジ色の照明の3通り、聴覚はせせらぎの音、自習室の音、無音の3通りから視覚、聴覚の条件を一つずつ選んだ計9通りで実験を行う。

今回の実験は集中力チェックテストを30秒間で行う。



(図1)集中力チェックテストを模した用紙の例

5. 結果

・実験1

それぞれの実験の結果を任意に取り出し、有意水準0.05を用いてT検定を行った(表1)。

(表1)聴覚と視覚の実験の有意差

せせらぎの音と自習室の音	0.2443	白色の照明と青色の照明	0.2755
無音とせせらぎの音	0.1875	白色の照明とオレンジ色の照明	0.5338
無音と自習室の音	0.2473	青色の照明とオレンジ色の照明	0.0674

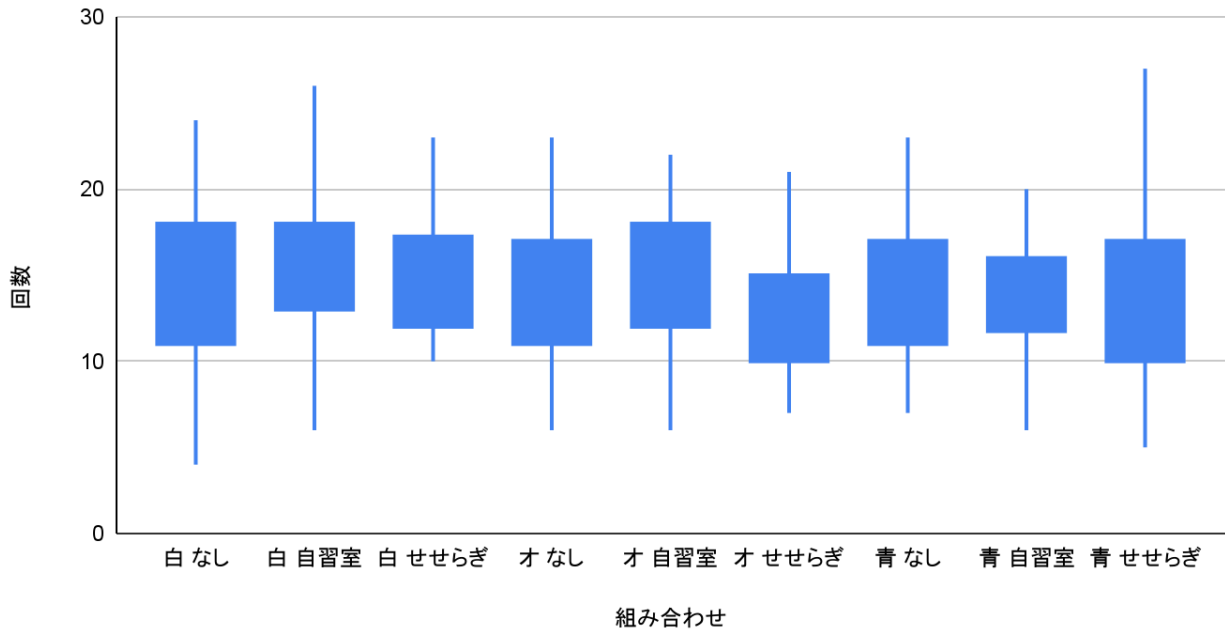
表1から読み取れるように、実験1ではどの条件下においても有意差が見られなかった。

・実験2

各組み合わせの実験結果を箱ひげ図に表した(図1)。それぞれにおいて最大値、第三四分位数、第一四分位数、最小値を読み取ることができる。この結果から、白色照明と無音の組み合わせとそれぞれの組み合わせにおいて有意水準0.05を用いてT検定を行った(表1)。

以下の図、表では無音を「なし」、せせらぎの音を「せ」、自習室の音を「自習」、青色の照明を「青」、白色の照明を「白」、オレンジ色の照明を「オ」と表記する。

(図1)各環境の組み合わせとその環境下で行われたチェックテストでの結果
(最小・最大値、第一・三四分位数)をそれぞれ示した箱ひげ図



(表3)照明の色と流した音の組み合わせと集中力チェックテストの
回数の検定結果としての有意差

	白なし	白自習	白せ	青なし	青自習	青せ	オなし	オ自習
白自習	0.2843							
白せ	0.2857	0.4901						
青なし	0.1497	0.0398	0.0361					
青自習	0.3785	0.1675	0.1641	0.2107				
青せ	0.0108	0.0008	0.0005	0.0857	0.0138			
オなし	0.1484	0.0405	0.0370	0.4904	0.2081	0.0944		
オ自習	0.0441	0.0056	0.0043	0.2472	0.0614	0.2235	0.2601	
オせ	0.0930	0.0243	0.0222	0.2701	0.1295	0.2192	0.3497	0.4358

(表4)表3の有意差の有無
 有意差が無い組み合わせを「-」、有意差がある組み合わせを「○」で示した

	白なし	白自習	白せ	青なし	青自習	青せ	オなし	オ自習
白自習	-							
白せ	-	-						
青なし	-	○	○					
青自習	-	-	-	-				
青せ	○	○	○	-	○			
オなし	-	○	○	-	-	-		
オ自習	-	○	○	-	-	-	-	
オせ	-	○	○	-	-	-	-	-

実験2では表3、表4より12通りの組み合わせで有意差が見られた。

6. 考察

・実験1

実験1では有意差がみられなかったため、照明の色を青、白、オレンジと変化させても集中力への影響は変化しないと考えられる。また、せせらぎの音、自習室の音、無音のどの環境でも集中力への影響は変化しないと考えられる。

・実験2

実験2では白色の照明と自習室の音の条件と青色の照明と無音、青色の照明とせせらぎの音、オレンジ色の照明と無音オレンジ色の照明と自主室の音、オレンジ色の照明とせせらぎの音の各条件の組み合わせ、白色の照明とせせらぎの音の条件と青色の照明と無音、青色の照明とせせらぎの音、オレンジ色の照明と無音オレンジ色の照明と自主室の音、オレンジ色の照明とせせらぎの音の各条件の組み合わせに有意差が見られたことから光と音の刺激を組み合わせた場合、白色の照明と音がある条件下で集中力に影響を及ぼすと考えられる。

・実験1と実験2

実験1でせせらぎの音と自習室の音の間に有意差が見られず、実験2で青色の照明とせせらぎの音の条件と白色の照明と無音の条件の組み合わせ、青色の照明と自習室の音の条件と青色の照明とせせらぎの音の条件の組み合わせに有意差が見られたことから青色の照明とせせらぎの音を組み合わせた場合、集中力に影響を及ぼす何らかの要因があると考えた。その要因としてせせらぎの音にはヒーリング効果^[7]があり、青色には副交感神経を刺激し気持ちを落ち着かせる効果^[8]がある。これらを組み合わせたため集中力に影響を及ぼしたと考えられる。また実験1ではどの条件下においても有意差が見られなかったことに対して、実験2では有意差がみられた条件があることから視覚への刺激と聴覚への刺激を組み合わせた場合、集中力に影響を及ぼすと考えられる。

7. 今後の展望

今回の実験では視覚と聴覚の組み合わせによる実験であったため五感のその他の感覚器官においての実験を実施し集中力との関係性と刺激の組み合わせによる変化を検証する。また五感は年齢によっても変化するため、年齢による五感の刺激の組み合わせによる集中力の変化を検証する。

8. 参考文献

- [1]聴覚が集中力に及ぼす影響
(<https://kozu-osaka.jp/cms/wp-content/uploads/2018/03/3bf3aad18839c6a98bc4aefa339a96ec.pdf>)
- [2]青色照明と白色照明が視力と集中力に与える効果
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/pacjpa/79/0/79_2PM-061/_pdf/-char/ja)
- [3]日本心理教育コンサルティングの集中力チェックテスト
(<http://n-sk-c.info/concentration-check.pdf>)
- [4]シート生成プログラム
(<https://github.com/Shichimi555/CheckSheet-ForSubmitting>)
- [5]自習室BGM
(<https://www.youtube.com/watch?v=aHELKsSko9Q>)
- [6]せせらぎのBGM
(<https://www.youtube.com/watch?v=4MgLFWefpbk>)
- [7]自然の音のヒーリング効果とは
(<https://www.mochihada.co.jp/column/224>)
- [8]色彩と心理の関係
(<https://digitalidentity.co.jp/blog/creative/color-psychology.html>)

謝辞

この研究を遂行するにあたり実験にご協力くださった2年A組の生徒の皆様、本当にありがとうございました。