

ダイズ由来サポニンの抽出方法の確立と抗菌効果の検証

神奈川県立厚木高等学校

2年 F組 1班 α

1. 背景

COVID-19の流行に伴い、消毒液の需要が増加した。しかし、アルコール消毒液は人によっては肌荒れを引き起こす。そのため、私達は人体に優しい消毒液の作成を研究しようと考えた。界面活性剤であるサポニンには抗菌作用があることが知られている^[1]。植物由来のサポニンから消毒液を作ることができれば、人体に優しいのではないかと考えた。これらの理由からサポニンを含む植物であるダイズ(*Glycine max*)^[2]に着目して抗菌成分を抽出することを目標とする。

2. 目的

ダイズに含まれるサポニンの抽出方法を確立し、サポニンの抗菌効果を検証する。

3. 仮説

独立変数:ダイズに含まれる抗菌成分

従属変数:菌数

ダイズからサポニンを抽出することができる。

ダイズ由来のサポニンに抗菌効果があるのならば、抗菌試験を行った際、菌数は抑制される。

4. 方法

A.ダイズ由来のサポニンの抽出^[2]

実験道具・材料

エバポレーター、凍結乾燥器、はかり、木槌 3、厚めの木の板 3、ビーカー 4、ガラス棒 4、ザル(目の細かいもの) 1、ろうと 4、ろうと台 2、バット 2、濾紙 1、キッチンペーパー 2、輪ゴム 2、ジップロック 6、ダイズ(ホクレン大豆) 200 g、エタノール(99.5%) 395.2 g、純水 395.2 g

実験方法

[1] ダイズの皮を剥く。剥きづらい場合は一度木槌で軽く砕くと良い。木槌で砕くときは机を傷つけないように厚めの木の板の上で行う。

[2] ダイズの実を木槌やすりこぎで砕いて粉末状にする。木槌で砕く際はダイズを2重にしたジップロックに入れて砕くとダイズが飛び散らずに済む。

[3] 4倍量(質量比)のエタノール(99.5%)にダイズの実を混ぜ、常温で24時間抽出する。

[4] 4倍量(質量比)の純水にダイズの実を混ぜ、常温で24時間抽出する。なお、[3]と[4]のダイズの質量は可能な限り等しくするものとする。

[5] [3]と[4]をザルで漉す。

[6] [5]を16ひだの濾紙で濾過する。目が詰まったら濾紙を替える。

[7] [2]~[6]の手順をダイズの皮でも行う。

[8] [6]と[7]の内、水で抽出したものを凍結乾燥器に4時間40℃でかけ、溶媒除去を行う。残ったものはビーカーに蓋をし、常温で保存する。

[9] [6]と[7]の内、エタノールで抽出したものをエバポレーターで溶媒除去を行う。残ったものを微量の純水に溶かす。冷蔵庫で保存する。

この操作をした物質を以降このように呼ぶ。

表1 実験Aで作成した物質の呼称

ダイズの実からエタノールで抽出したもの	ダイズの実から純水で抽出したもの	ダイズの皮からエタノールで抽出したもの	ダイズの皮から純水で抽出したもの
実抽出物(エタ)	実抽出物(純水)	皮抽出物(エタ)	皮抽出物(純水)

B-1. サポニンの抗菌効果の検証(雑菌)^{[4][5]}

実験道具・材料

インキュベータ 1、オートクレーブ 1、乾熱滅菌器 1、ビーカー 1、メスシリンダー 1、コンラージ棒 1、三角フラスコ 1、駒込ピペット 1、ピンセット 3、薬包皿 2、薬さじ 2、プラスチック製シャーレ(未開封) 10、ペーパーディスク 40、アルミホイル、サポニン(merck製・製造番号558255) 1 g、エタノール(70%) 微量、純水 220 ml、ポテトデキストロース寒天培地 7.8 g

(ポテトデキストロース寒天培地に純水を加え、固めたものを以後ポテト培地と呼ぶ)

実験方法

- [1] 純水 200 ml、ポテトデキストロース寒天培地 7.8 gを量りとり、三角フラスコに入れ、アルミホイルで蓋をする。
- [2] [1]の三角フラスコ、ビーカーに入れた純水をオートクレーブに入れて120°C20分滅菌する。
- [3] 駒込ピペット、ビーカー、ピンセット、コンラージ棒を乾熱滅菌器で180°C40分滅菌する。
- [4] 手先から肘までアルコール消毒をする。このとき、クリーンベンチ内に入れる器具はアルコール消毒をする。
- [5] 滅菌した純水 20 mlにサポニン 1 gを加えたもの、エタノール(70%)を用意する。
- [6] クリーンベンチで[2]の液体をシャーレに厚さ4 mmになるように分注する。
- [7] シャーレに名前を書く。(例:サポニン①など)
- [8] 20分ほど放置し固める。
- [9] 純水に消毒していない手を入れて洗い、雑菌水を作る。
- [10] [9]の雑菌水をピペットで2滴ずつシャーレに垂らし、コンラージ棒で塗り広げる。このとき雑菌水を塗らないポテト培地を一つ用意する(以後、雑菌水なし培地と呼ぶ)。

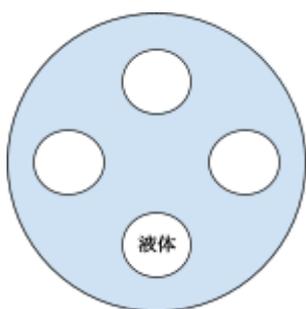


図1 ペーパーディスクの置き方

- [11] ペーパーディスクを図1のように置く。
このとき4つのディスクのうち1つにはサポニンか純水、エタノールをそれぞれ浸してから置く。
- [12] これらを30°Cでインキュベータ内で9日間保管し、観察する。

B-2. サポニンの抗菌効果の検証(大腸菌)^{[5][6]}

※この実験は2回行われた。

①大腸菌の培養

実験道具・材料

乾熱滅菌器、オートクレーブ 1、ウォーターバス 1、ガスバーナー 1、メスシリンダー 1、試験管 3、三角フラスコ 1、500 mlビーカー 1、白金耳 1、薬さじ 2、薬包皿 2、ペプトン 0.1 g、塩化ナトリウム 0.85 g、純水 100 ml(ペプトン培地作成用)、純水 約300 ml(白金耳洗浄用)

実験方法

- [1] 純水 100 ml、ペプトン 0.1 g、塩化ナトリウム 0.85 gを量り取り、三角フラスコに入れよく混ぜ、ペプトン培地を作成する。
- [2] [1]をオートクレーブに入れ、120℃20分滅菌する。これをペプトン培地とする。
- [3] クリーンベンチ内で[2]を3本の試験管に分ける。
- [4] [3]の試験管に予め用意してある大腸菌を1コロニーずつ移す。このとき白金耳は各釣菌前にガスバーナーで熱し、滅菌水に浸し、もう一度熱しておく。
- [5] [4]の試験管をウォーターバスで40℃に保ち、約3日間保存する。

②サポニンの抗菌実験

実験道具・材料

インキュベータ 1、乾熱滅菌器 1、電子レンジ 1、200 ml三角フラスコ 4、メスフラスコ 1、マイクロピペット 1、コンラージ棒 1、プラスチック製シャーレ(未開封) 15、ペーパーディスク 14、ピンセット 14、セロハンテープ、サポニン(merck製・製造番号558255) 22.5 g、エタノール(99.5%)微量、純水 約100 ml、デソキシコレート寒天培地 18 g、①で作成したペプトン培地、実抽出物(エタ)、実抽出物(純水)、皮抽出物(エタ)
※皮抽出物(純水)は量が少なく、実験に使用できなかった。

実験方法

- [1] コンラージ棒、ピンセットを乾熱滅菌器で180℃50分滅菌する。
- [2] サポニン水溶液を作成する。純水はオートクレーブで120℃20分滅菌したものを使用する。

表2 サポニン水溶液の組成

質量%濃度	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
サポニン(g)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
純水(g)	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5

- [3] 三角フラスコに滅菌した純水 400 mlとデソキシコレート寒天培地 18 gを入れてよく振る。

※電子レンジの大きさの都合上4分の1ずつ作成した。

- [4] [3]を500 W電子レンジに入れ、沸騰する直前まで加熱し溶かす。光に透かし、寒天の白い粒が見えなくなったことを確認する。また、赤色透明になっていることを確認する。

ここからの操作はクリーンベンチ内で行う。

- [5] [4]をシャーレに等量ずつ分注する。このとき培地表面を乾燥させるため蓋を半分ほど開けておく。

- [6] ①で作成したペプトン培地を1 mlずつマイクロピペットでデソキシコレート培地15枚に分注し、コンラージ棒で培地全体に塗り広げる。

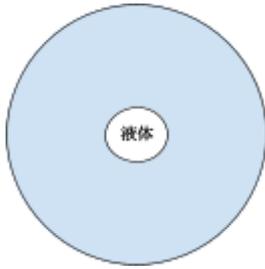


図2 ペーパーディスクの置き方

[7] ペーパーディスクを5%サポニン水溶液、10%サポニン水溶液、15%サポニン水溶液、20%サポニン水溶液、25%サポニン水溶液、30%サポニン水溶液、35%サポニン水溶液、40%サポニン水溶液、45%サポニン水溶液、実抽出物(エタ)、実抽出物(純水)の水溶液1%、皮抽出物(エタ)、純水、エタノール(99.5%)に浸し、デソキシコレート寒天培地の中心に1つずつ置く。ピンセットは溶液ごとに異なるものを使用する。また、デソキシコレート寒天培地の内1枚はこの操作を行わない。

[8] シャーレの蓋が取れないよう、セロハンテープで密閉する。

[9] インキュベータで30℃7日間保管し観察する。

C-1.成分分析(起泡実験)^[7]

実験道具・材料

ビーカー 5、試験管 3、サポニン溶液(0.01、0.1、1、2、3、4、5%)、純水、実抽出物(エタ)、実抽出物(純水)、皮抽出物(エタ)、皮抽出物(純水)

実験方法

[1] サポニン溶液(1、2、3、4、5%)、実抽出物(エタ)、実抽出物(純水)、皮抽出物(エタ)、皮抽出物(純水)を等量ずつビーカーにとり、12回ずつ振る。

[2] 起泡の様子(量、持続時間など)を観察する。

[3] 起泡の限界濃度を調べるために、0.1%と0.01%のサポニン水溶液を10 mlずつ試験管にとり、12回振る。

[4] 起泡の様子(量、持続時間など)を観察する。

C-2.成分分析(TLC)^[8]

実験道具・材料

ピペット 4、ビーカー 3、管瓶 4、ブラックライト 1、安全メガネ 3、TLCシート 4、クロロホルム 32.5 g、メタノール 17.5 g、純水 5 g、サポニン水溶液45%、実抽出物(エタ)、実抽出物(純水)の水溶液1%、皮抽出物(エタ)

※皮抽出物(純水)は量が少なく、実験に使用できなかった。

実験方法

[1]クロロホルム 32.5 g、メタノール 17.5 g、純水 5 gを常温で混合し、展開液を作る。

[2] 管瓶に展開液を1 cmほど入れて、蒸発を防ぐために蓋をしておく。

[3] TLCシートの下部1 cmあたりにシャープペンシルで線を引き、サポニン水溶液45%、実抽出物(エタ)、実抽出物(純水)の水溶液1%、皮抽出物(エタ)を毛細管でとり、線を引いたところに置く。

[4] [3]のTLCシートを管瓶に入れ、蓋をして、展開液がTLCシートの上部に達するまで静置する。

[5] 暗室の中でTLCシートをブラックライトで照らし、発光した箇所を比較する。

5. 結果

A.ダイズ由来のサポニンの抽出

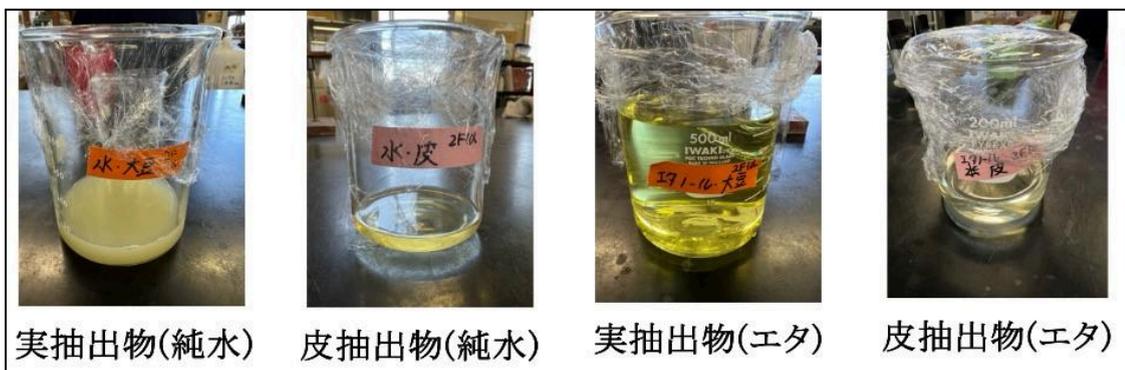


図3 ダイズ由来のサポニンの抽出

B-1.サポニンの抗菌効果の検証(雑菌)



図5 サポニンの抗菌効果の検証(雑菌)

※左から順番に3つずつ、エタノール、サポニン、純水

※「2F1 サポニン2」と書かれているシャーレは雑菌なし培地である。「2F1」のシャーレがサポニン2である。

B-2.サポニンの抗菌効果の検証(大腸菌)

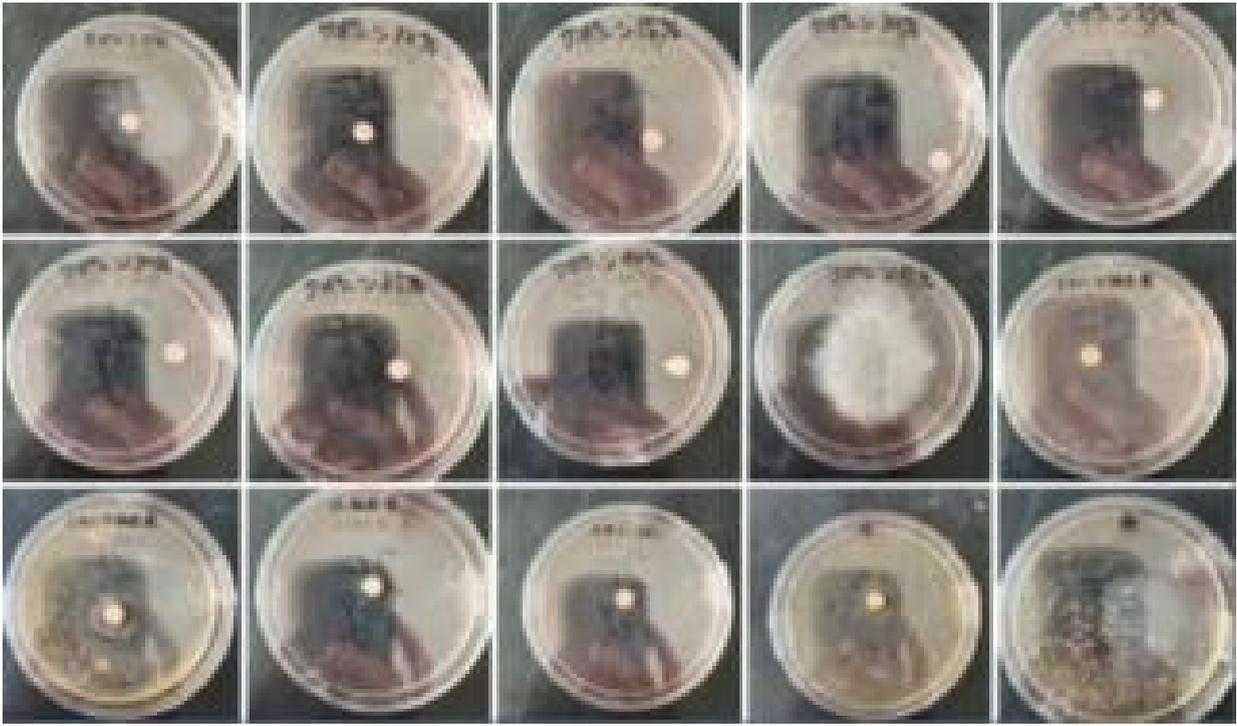


図6 サポニンの抗菌効果の検証(大腸菌)1回目

※左上から順番に5%サポニン水溶液、10%サポニン水溶液、15%サポニン水溶液、20%サポニン水溶液、25%サポニン水溶液、30%サポニン水溶液、35%サポニン水溶液、40%サポニン水溶液、45%サポニン水溶液、実抽出物(エタ)、皮抽出物(エタ)、実抽出物(純水)の水溶液1%、エタノール(99.5%)、純水、ペーパーディスクなし



図7 サポニンの抗菌効果の検証(大腸菌)2回目

※左上から順番に5%サポニン水溶液、10%サポニン水溶液、15%サポニン水溶液、20%サポニン水溶液、25%サポニン水溶液、30%サポニン水溶液、35%サポニン水溶液、40%サポニン水溶液、45%サポニン水溶液、エタノール(99.5%)、実抽出物(エタ)、皮抽出物(エタ)、実抽出物(純水)の水溶液1%、

C-1.成分分析(起泡実験)

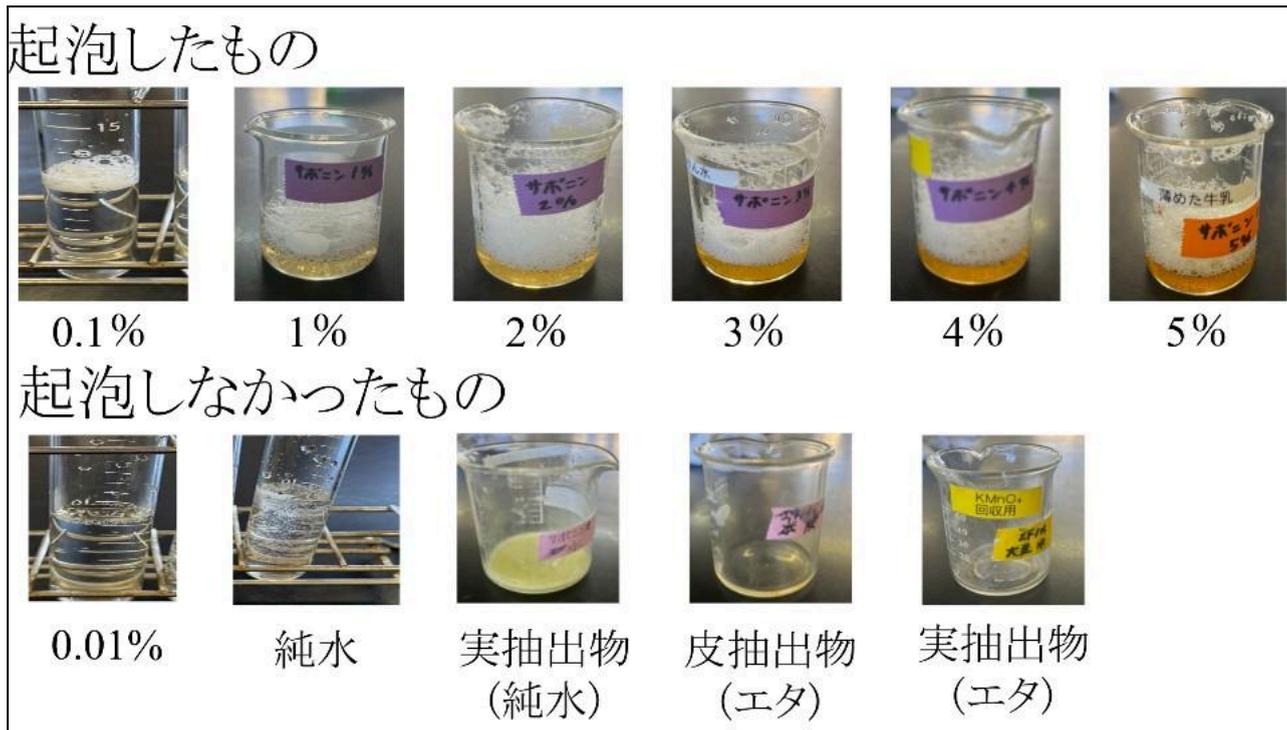


図8 起泡の様子

サポニン水溶液は0.01%のものを除いてすべて起泡した。その気泡は約3日間持続した。純水と実抽出物(エタ)、実抽出物(純水)、皮抽出物(エタ)は起泡した様子は見られなかった。

C-2.成分分析(TLC)

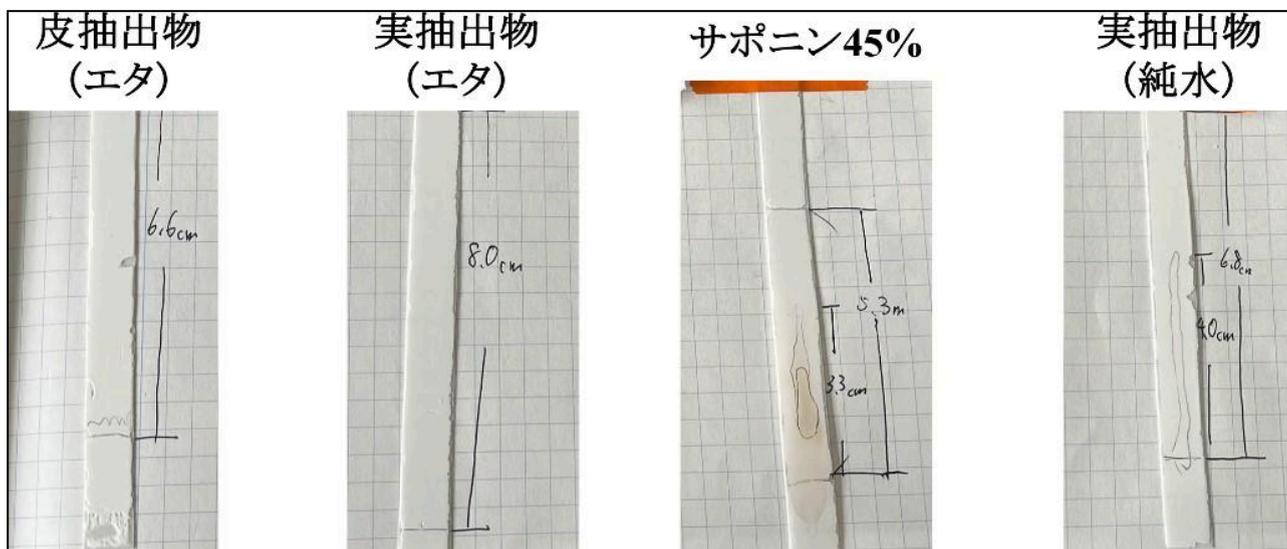


図9 発光の様子

表3 rf値

溶液名	サポニン水溶液 45%	実抽出物(エタ)	実抽出物(純水)の 水溶液1%	皮抽出物(エタ)
rf値	0.62	0	0.58	0

6. 考察

A. ダイズ由来のサポニンの抽出

実験後にすべての液体の色が変化したため、何かしらの物質が抽出できたと考えられる。詳しくは実験Cの考察で述べる。

B-1. サポニンの抗菌効果の検証(雑菌)

操作なしにもカビが見られたことから、観察中にシャーレの蓋が開き、空気に触れてしまったものと考えられる。また、他の寒天培地に見られるカビも操作なしのものと形状や色が似ているため、手ではなく空気中に存在するカビが増殖してしまった可能性がある。細菌はコロニーが寒天培地を覆うほど繁殖しなかったため、今回の実験では主に抗カビ作用を観察するものとなった。すべての寒天培地において阻止円が見られなかったことから、サポニンには手についたカビもしくは空気中に存在するカビに対する抗カビ効果がないと考えられる。雑菌に関しては阻止円を観察できるほど繁殖しなかったため、効果は不明である。

B-2. サポニンの抗菌効果の検証(大腸菌)

溶液の保存の仕方が悪く、カビのコンタミが起こってしまったが、カビが繁殖していたためサポニンに防カビ効果はないと考えられる。阻止円が見られず、統計処理を行えなかったため、大腸菌に対する効果は不明である。1回目の実験において、ペーパーディスクを置かなかったものと純水のものにのみ大腸菌が多く繁殖していたのには、ペプトン培地内での大腸菌の濃度が偏っていた可能性が考えられる。

C-1. 成分分析(起泡実験)

実験Aで抽出したのものには起泡した様子がなかったことから、サポニンの含有量は0.1%未満と考えられる。

C-2. 成分分析(TLC)

rf値がサポニン水溶液45%と異なっていたため、実験Aで抽出したもののうち、実抽出物(エタ)と皮抽出物(エタ)にサポニンは含まれていないと考えられる。実抽出物(純水)はサポニン水溶液45%とrf値が近いので、サポニンが含まれていると考えられる。まとめると、ダイズサポニンの抽出にはエタノールよりも純水のほうが適していると考えられる。

7. 今後の展望

抽出に用いた大豆の量が少なく、溶液の濃度の調整が困難だったため、抗菌効果の検証がうまくいかなかった。次回は使用する大豆の量を増やす。また、培地で菌が繁殖しなかったため、ペプトン培地の組成などを見直し、大腸菌をより繁殖させる。サポニン溶液にカビが繁殖していたため、サポニンにカビを繁殖させる効果があるのかを検証する。



図10 サポニン溶液に繁殖したカビ(左が5%、右が15%)

8. 参考文献

[1]提坂裕子ら

https://www.jstage.jst.go.jp/article/yakushi1947/116/3/116_3_238/_pdf

茶葉サポニンの抗菌作用及び抗炎症作用 1月20日最終閲覧

[2]上村照美ら

https://www.jstage.jst.go.jp/article/yakushi1947/115/7/115_7_528/_pdf/-char/ja

サポニンによる好中球の活性化 1月20日最終閲覧

[3]田中真実ら

[ja \(jst.go.jp\)](http://ja.jst.go.jp)

ソヤサポニンBの血糖上昇抑制効果 1月20日最終閲覧

[4]農林水産省

<https://www.maff.go.jp/nval/yakuzai/pdf/yakuzaikanjyuseitest.pdf>

細菌の分離方法～大腸菌の例～ 1月20日最終閲覧

[5]農林水産省 動物医薬品検査所

https://www.maff.go.jp/nval/yakuzai/koenshiryo/pdf/h29kenshu_1.pdf

https://www.maff.go.jp/nval/yakuzai/koenshiryo/pdf/h29kenshu_2.pdf

「薬剤感受性試験の実施方法について」(ディスク拡散法) 1月20日最終閲覧

[6]日水製薬・小高秀正

<https://www.kanazawa-med.ac.jp/~kansen/situmon2/pepton-seishoku.html>

ペプトン生理食塩水の生成法 1月20日最終閲覧

[7]木下武司ら

http://www2.odn.ne.jp/~had26900/crude_drugs/chemassess_shoyaku.htm

生薬の理化学的評価 1月20日最終閲覧

[8]工藤重光ら

https://web.archive.org/web/20181030083326id_/https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk1962/37/10/37_10_786/_pdf

各種味噌の大豆配糖体成分組成および味噌の品質に及ぼす大豆サポニンの影響 1月20日最終閲覧

BGMの歌詞の有無が計算課題の遂行に及ぼす影響

神奈川県立厚木高等学校
2年F組2班

1. 背景

音楽を聴きながら作業する人もいるが、今までの定説として効率の悪いこととして思われているため、実際どうなのか調べてみることにした

2. 目的

作業中に聴く音楽の歌詞の有無が計算課題の遂行のスピードにどのような影響を及ぼすのかを調べる

3. 仮説

音楽の歌詞の有無による計算課題の遂行のスピードの向上、低下に差がない

4. 方法

4-1(準備するもの)

問題用紙、筆記用具、タイマー、イヤホン、スマホ

4-2(実験方法)

- 【1】音を出さずにイヤホンをして、計算問題を解いてもらう
- 【2】音楽(歌詞あり)をイヤホンで聞きながら、計算問題をといてもらう
- 【3】音を出さずにイヤホンをして、計算問題を解いてもらう
- 【4】音楽(歌詞なし)をイヤホンで聞きながら、計算問題をといてもらう
- 【5】1と2で解き終わるのにかった時間の差を記録する
- 【6】3と4で解き終わるのにかった時間の差を記録する
- 【7】5と6の結果を用いてT検定をおこなう

* 実際に使用した問題用紙(一部)(図1,2)

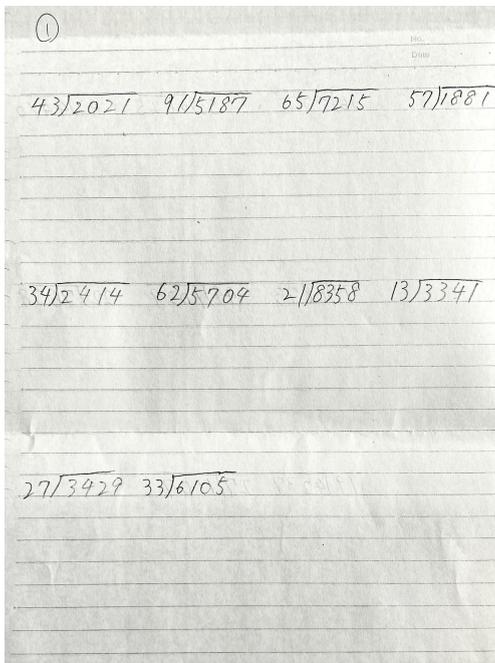


図1

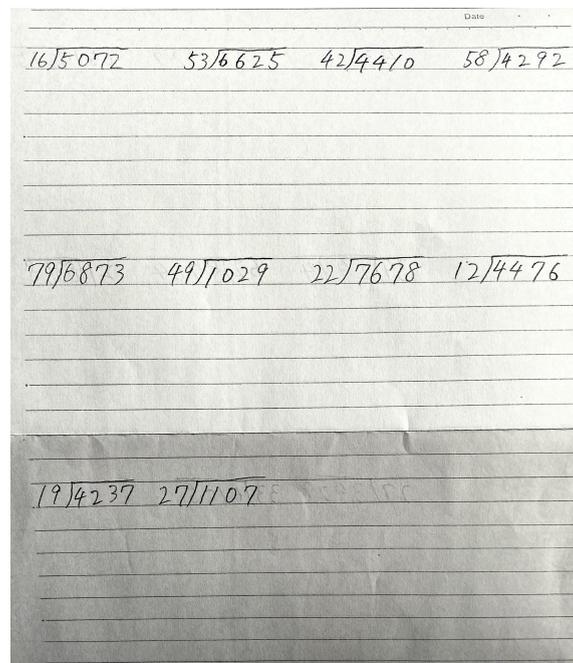


図2

※計算問題は四則演算の中でも多くの計算要素を含む割り算を用いて、1回の問題数を二十問とし、1と2と3と4ではそれぞれ別の問題を使う

※曲に関しては認知の差がないように総合ソングチャート“JAPAN HOT100”の15年分の集計「オールタイムTOP50」1位の「Lemon」を使用

5. 結果

テスト受験者の秒数(図3)

	無音	歌詞あり	差	無音	歌詞なし	差
1	4:59	4:50	-0:09	5:53	5:36	-0:17
2	3:57	3:47	-0:10	4:06	3:46	-0:20
3	6:27	5:28	-0:59	5:21	5:13	-0:08
4	5:39	5:24	-0:15	5:36	4:54	-0:42
5	6:25	6:56	0:31	6:13	8:17	2:04
6	4:48	4:35	-0:13	6:29	4:23	-2:06
7	3:37	3:44	0:07	4:35	4:43	0:08
8	4:34	3:38	-0:56	5:32	3:27	-2:05
9	6:02	4:48	-1:14	8:51	7:03	-1:48
10	5:21	6:04	0:43	6:48	4:17	-2:31
11	8:11	5:34	-2:37	10:47	8:56	-1:51
12	4:35	4:05	-0:30	4:34	5:38	1:04
13	5:37	6:16	0:39	5:03	5:32	0:29
14	3:37	2:40	-0:57	3:58	3:28	-0:30
15	5:09	5:46	0:37	5:58	4:16	-1:42
16	5:18	3:01	-2:17	4:19	3:14	-1:05
17	3:40	2:32	-1:08	3:03	2:55	-0:08

図3

テスト受験者の分布(図4)

歌詞有り と 歌詞無し の 比較

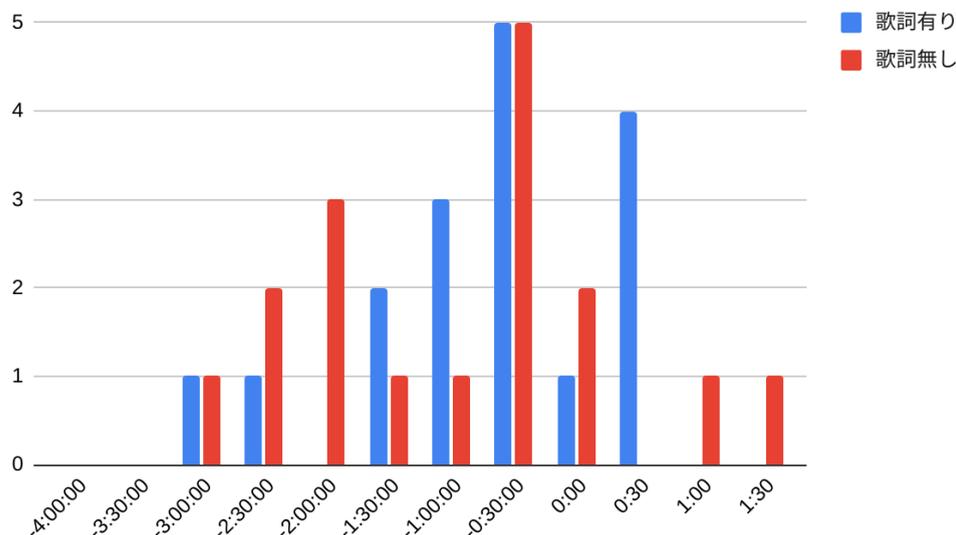


図4

また、有意水準を0.05としてT検定を行った結果、仮説は棄却されなかった(図5)

F検定		0.2879312335	T検定	p値	0.6390901036
	有意水準	0.05		有意水準	0.05
		等分散		結果	有意差がある(帰無仮説は棄却されない)
	p>=a	等分散		p>=a	有意差がある(帰無仮説は棄却されない)
	p<a	異分散		p<a	有意差がない(帰無仮説は棄却される)

図5

6. 考察

今回の実験では差が見られなかったが、分布は山なりになっているので母数を増やすことで有意差が見られるようになるのではないかと考えた。

問題に関しては、今回は計算問題を用いたが国語等の脳内で言語化して処理する問題を用いてみたら有意差が出るのではないかと考えた。

7. 結論

この実験では計算課題の遂行中に聴く音楽の歌詞の有無によって、課題遂行の時間に差は確認できなかった。

8. 参考文献

音楽が集中力に及ぼす影響

(<https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/2iposter.pdf>)

BGMに含まれる言語が計算課題と読解課題に及ぼす影響

(https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=210258&file_id=1&file_no=1)

埃による繊維の生成

神奈川県立厚木高等学校

2年 F組 3班

1. 背景

繊維を生成する際や処分する際には環境に大きな負荷がかかっている^[1]。環境省のサイトによると、天然繊維を生成する際は栽培時に大量の水が消費されていることや、化学肥料における土壌汚染が問題となっている。また、化学繊維を生成する際には石油資源の使用や工場でのCO₂の排出が挙げられている。更に、衣服を含む衣料廃棄物は年間500,000 tを超えると推計されており、焼却・埋め立て処分されている割合が90 %とされている^[2]。

一方、普通廃棄される埃は成分の半分以上を繊維が占めている^[3]。そこで廃棄されるはずの埃から繊維を取り出すことができれば、環境問題の解決につながるのではないかと考えた。

2. 目的

埃から繊維を生成する。

3. 仮説

先行研究では、脱脂綿からセルロースを取り出して繊維を生成することに成功している^[4]ことから、埃からセルロースを取り出すことができれば、繊維を生成する事が可能である。

4. 方法

※実験材料

硫酸銅(Ⅱ)五水和物1 g、2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液4 ml、濃アンモニア水10 ml、100 ml三角フラスコ、ゴム栓、100 mlビーカー、ガラス棒、ピンセット、注射器、注射針、駒込ピペット、キッチンペーパー

〈シュバイツァー試薬の作成〉

1.100 ml三角フラスコに硫酸銅(Ⅱ)五水和物1 g、2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液4 mlを加えて、水酸化銅(Ⅱ)を沈殿させる。

2.1の沈殿に濃アンモニア水を10 ml加え、沈殿を溶かす。

〈脱脂綿を用いた実験〉

(1)実験材料

※のもの、脱脂綿0.2 g

(2)手順

1.シュバイツァー試薬に脱脂綿0.2 gを少量ずつ加え、かき混ぜながら溶かす。

2.1の粘性のある溶液を注射器で吸い込み、注射針を取り付け、2 mol/l硫酸100 mlを入れたビーカーの中に静かに押し出す。(出てきにくい場合、少し押し出して注射針の先に球をつくり、ピンセットで球を引っ張りながら押し出す)

3.しばらく放置し、繊維の青みが抜けたらキッチンペーパーに取り出して乾燥させる。

〈埃を用いた実験〉

【試料集め】

家の洗濯機のフィルターから埃を集める。

【実験1】:目視で埃から髪の毛やゴミを取り分ける

(1)実験材料

※のもの、埃0.2 g

(2)手順

- 1.洗濯機のフィルターから集めた埃から、目視で可能な限り髪の毛など繊維以外のゴミをピンセットで取り除く。
- 2.シュバイツァー試薬に1で髪の毛などを取り除いた埃を少量ずつ加え、かき混ぜながら溶かす。
- 3.2の粘性のある溶液を注射器で吸い込み、2 mol/l硫酸100 mlを入れたビーカーの中に静かに押し出す。
- 4.しばらく放置し、繊維の青みが抜けたら水洗いし、キッチンペーパーに取り出して乾燥させる。

【実験2】:フィルターを用い、ろ過することで埃から髪の毛やゴミを取り分ける

(1)実験材料

※のもの、埃、排水口フィルター(ポリエチレン)、ガーゼ(木綿)、マスクのフィルター(ポリプロピレン)、水切りネット(ポリプロピレン)、チュール(ポリエステル)

・目の粗さ

排水口フィルター > 水切りネット > チュール > ガーゼ > マスクのフィルター

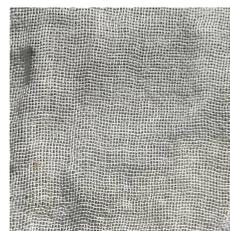


図1:排水口フィルター

図2:水切りネット

図3:チュール

図4:ガーゼ



図5:マスクのフィルター

(2)手順

- 1.シュバイツァー試薬に埃を少量ずつ加え、かき混ぜながら溶かす。
- 2.ビーカーにそれぞれのフィルターを輪ゴムで取り付け、上から1を流してガラス棒でフィルターに押し付けながらろ過する。

《フィルターの種類》

- a.排水口フィルターのみ
- b.排水口フィルターでろ過した後、ガーゼでろ過
- c.排水口フィルターでろ過した後、マスクのフィルターでろ過
- d.排水口フィルターでろ過した後、水切りネットでろ過
- e.チュールのみ

3.2でろ過した溶液を注射器で吸い込み、注射針を取り付け、2 mol/l硫酸100 mlを入れたビーカーの中に静かに押し出す。

4.しばらく放置し、繊維の青みが抜けたら水洗いし、キッチンペーパーに取り出して乾燥させる。

【実験3】

(1)実験材料

※のもの、埃、チュール、シャーレ

(2)手順

1.シュバイツァー試薬に埃を少量ずつ加え、かき混ぜながら溶かす。

2.ビーカーにチュールを輪ゴムで取り付け、上から1を流してガラス棒でフィルターに押し付けながらろ過する。

3.チュールを付け替え、もう一度ろ過する。

4.3でろ過した溶液を注射器で吸い込み、注射針を取り付け、シャーレの約半分まで2 mol/l硫酸を入れ、そこに溶液を静かに押し出す。

5.しばらく放置し、繊維の青みが抜けたら水洗いし、キッチンペーパーに取り出して乾燥させる。



図6:硫酸中に押し出している様子

〈観察〉

できた繊維が完全に乾いた後に、顕微鏡で特徴を観察する。

5. 結果

〈脱脂綿を用いた実験〉

- 注射器で押し出すと詰まることなく、押し出せた。
- 押すのを止めない限りは、繋がった繊維が出続けた。
- 青みが抜けたあとは、白くなった。
- 太いところも細いところもあり、強度は持ったら切れてしまうものもあれば、引っ張っても切れないものもあり様々だった。
- 乾燥させたら、少し黄みがかかったものもあった。
- 顕微鏡で見ると、強度が比較的強いものは、太さが一定で、真ん中に一本の線が見られた。
- 強度が比較的弱いものは、太さが均一ではなく、所々横から繊維が飛び出していた。



図7:脱脂綿から生成した繊維



図8:脱脂綿で生成した繊維のうち比較的強度の強いものの顕微鏡写真



図9:脱脂綿で生成した繊維のうち比較的強度の弱いものの顕微鏡写真

〈埃を用いた実験〉

【実験1】:目視で埃から髪の毛やゴミを取り分ける

- ・最初に注射針をつけて行ったが、埃に混ざっていた髪の毛やゴミで針が詰まってしまった。→注射針をはずし、注射器のみで実験を行った。
- ・繊維状に繋がらず、塊ができた。
- ・できたものを観察すると、ゴミや髪の毛が混ざっていた。
- ・青みが抜けたあとは、赤紫色になった。



図10:硫酸中から取り出したもの 図11:埃から生成した繊維の顕微鏡写真

【実験2】:ろ過で埃からいらぬものを取り分ける

a.排水口フィルター

- ・排水口フィルターの上には粘性のあるものが残り、ろ過することができた。
- ・ところどころ繊維状に繋がる箇所はあったが、ほとんどすぐに切れてしまった。
- ・途中で注射針が詰まってしまった。
- ・青みが抜けたあとは、赤紫色になった。



図12:実験2のaの硫酸中の様子

b.排水口フィルター+ガーゼ

- ・3回行ったが、3回とも途中でガーゼに穴が空いてしまった。



図13,14:穴が空いたガーゼ

c.排水口フィルター+マスクのフィルター

- ・マスクのフィルターでは下になにも落ちてこず、ろ過することができなかった。



図15:実験2のcで溶液が落ちてこなかった様子

d.排水口フィルター+水切りネット

- ・水切りネットの上には粘性のあるものが残り、ろ過することができた。
- ・繊維状に繋がらず、押し出してもすぐに切れてしまった。
- ・途中で注射針が詰まってしまった。
- ・青みが抜けたあとは、赤紫色になった。

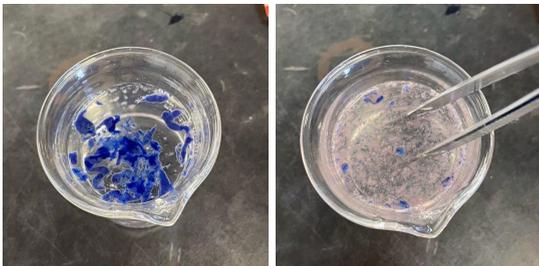


図16,17:実験2のbの硫酸中の様子

e.チュール

- ・チュールの上には粘性のあるものが残り、ろ過することができた。
- ・注射針が詰まることなく、繋がった繊維を押し出すことができた。
- ・青みが抜けたあとは、赤紫色になった。
- ・硫酸中から取り出す際に、繊維状のものが切れてしまい、取り出すことができなかった。

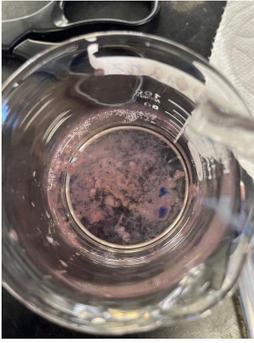


図18:実験2のeの硫酸中の様子

【実験3】

- ・注射針が詰まることなく、繋がった繊維を押し出すことができた。
- ・青みが抜けたあとは、赤紫色になった部分と少しだが白くなった部分もあった。
- ・硫酸中から取り出す際に切れてしまった箇所もあったが、切れずに取り出せた箇所も多かった。
- ・顕微鏡で観察すると太さがだいたい一定で真ん中に一本の線が見られたものもあった。
- ・箇所によっては所々横から繊維が飛び出していたり、ゴミなどが混ざっていた。



図19:実験3によってできた繊維 図20:実験3で白くなった繊維(左)、赤紫色になった繊維(右)



図21:実験3で太さが比較的一定だった繊維の顕微鏡写真



図22:実験3でゴミが混ざっていた繊維の顕微鏡写真

6. 考察

- ・実験1から、多量のゴミや髪の毛などセルロース以外のものが混ざっていると繊維状にならないことがわかった。
- ・実験2のacdeの結果より、ろ過するフィルターが目が粗いと埃からゴミや髪の毛が取り切れず、注射針に詰まっ
てしまい繊維状に押し出せず、ろ過するフィルターが目が細かすぎるとろ過できないことがわかった。
- ・実験2のbでガーゼに穴が空いてしまったのは、ガーゼが木綿でできているためシュバイツァー試薬によって溶
けてしまったからだと考えられる。
- ・実験2のeと実験3の結果より、チュールでろ過した場合、1回よりも2回ろ過した方が強い繊維ができることがわ
かった。これは、2回ろ過したことによって埃に含まれていたゴミや髪の毛をより多く取り除くことができたからだ
と考えられる。また、硫酸中に押し出すときにはビーカーを用いるよりもシャーレを用いたほうが押し出すときに絡
まりづらく、取り出しやすい。
- ・実験1と実験3より、比較的強度が高く、太さが一定な繊維は顕微鏡で観察した際に、真ん中に一本の線が見
られることがわかった。

7. 今後の展望

- ・実験で使用したものよりフィルターの穴が細かいものを使用したり、ろ過をする回数を増やすなどして不純物を
取り除く。
- ・より強度の高い繊維を生成するために、強度の強い繊維の顕微鏡写真(図8,21参照)に共通している線は何か
を調べるため、繊維を切断して断面を顕微鏡で観察する。
- ・赤紫色になる原因を突き止め、先行研究のような色味の繊維を生成する。

8. 参考文献

[1]環境省_サステナブルファッション

https://www.env.go.jp/policy/sustainable_fashion/

[2]第5回 衣料廃棄物について考える

https://www.kokusen.go.jp/wko/pdf/wko-202104_06.pdf

[3]「ホコリ」とは何か | 開発研究所 | 株式会社ダスキン

<https://www.duskin.co.jp/rd/laboratory/feature/dust/01/>

[4]銅アンモニアレーヨンの合成

<https://apec.aichi-c.ed.jp/kvouka/rika/kagaku/2018/koubunshi/douannmo/douannmo.htm>

植物を利用した可分解容器の作成と実用化

神奈川県立厚木高等学校

2年 F組 4班

1. 背景

1-1. プラスチックゴミが引き起こす課題と対策

プラスチックゴミが引き起こす海洋汚染や土壌汚染などの問題に対応するため、プラスチックの代わりになる素材を原料にした製品の使用を増やしてプラスチックの使用量を減らす必要がある。現在は紙を用いた製品が代表的である。しかし、原料として利用する木材資源は他の用途も含め消費量が多く、生産のための過度な森林伐採が環境に大きな影響を及ぼしており、プラスチックを紙に置き換えられる量には限界があると言える。また、紙製品はプラスチック製品と比較すると耐水性に課題がある。そこで新たに、再生可能な資源を利用して自然に分解できる素材を開発したい。

1-2. 先行研究と課題、今回の研究へ

本校の先行研究に雑草や海草を加工して可分解容器を作成する試みがあり、素材の手軽さと比較的単純な製造工程からこの研究はさらに精度を高めることで実用化できるのではないかと考えた。今回の研究では先行研究で課題だった物理的強度と耐水性の改善を目指し、繊維を抽出して容器に加工することで達成できるのではないかと考えた。今回は比較実験の都合上容器の底面のみをカバーする板を作成して検証する。

また、使用する植物には「成長がはやく、草丈1 m以上になる」「日本では要注意外来生物であり、国内の一部自治体では駆除の対象になっていることから、乱獲が問題になるリスクが低いと言える」という2つの理由からセイタカアワダチソウの茎を選択した。

2. 目的

背景を踏まえ、セイタカアワダチソウから抽出した繊維をもとに可分解容器を作成し、耐水性、物理的強度が改善されたことを確かめ、実用化に近づける。

3. 仮説

セイタカアワダチソウの茎からより純粋なセルロースを抽出し、これとつなぎとを用いて可分解容器を作成することで、先行研究1(参考文献参照)で作成したものより強固な結合を発生させ、耐水性や物理的強度を改善させることができる。

4. 実験

4-1. 容器の作成

(1) 先行研究を再現

- | つなぎのゼラチンが機能することを確認し、後の比較実験で使用
- | 今回は容器の底面板の部分のみを作成

【オオバコを使った容器作成方法】

〔使用材料・器具〕

- ・オオバコ(校内で採取)
- ・ゼラチン粉末(市販されているものを購入)
- ・Φ7.0 cm程度の透明な容器(シャーレまたは市販されているものを購入)
- ・ミル
- ・片手鍋またはポットなど、お湯を沸かせられるもの
- ・計量に使用するもの(薬包皿、薬さじ、はかり)
- ・ガラス棒:手順 A-3~A-5で使用
- ・50 mlビーカー:手順 A-3, A-5で使用
- ・分銅(目安は80 g / 液面を見て調節)
- ・ラップ

〔実験の手順〕

(手順 A-1) 採集したオオバコの葉を洗い自然乾燥させる

(手順 A-2) オオバコの葉をミルに20秒程度かけて粉碎する

→ 基材

(手順 A-3) 粉末ゼラチン2 gを80℃の水20 mlに入れガラス棒で溶かす

→ つなぎ

(手順 A-4) 基材1.5 gをΦ7.0 cm程度の透明な容器に敷き詰めてならず

(手順 A-5) つなぎを流し込み、ガラス棒を使って基材が完全に浸かるように均一に混ぜる

(手順 A-6) 冷蔵庫に入れ2時間半ほど放置し、取り出して固まっていることを確認

(手順 A-7) 風通しのよい日の当たる場所で3日間ほど自然乾燥

(手順 A-8) 破れないように身長に土台から剥がす

→ 完成

図1,オオバコを量る様子(手順 A-4)



図2,ゼラチン水を流し込む様子(手順 A-5)



図3,固まった容器(手順 A-6) 図4,乾燥後の容器(手順 A-7) 図5,完成した容器(手順 A-8)



(2) 基材を変更して作成

- | 基材にセイタカアワダチソウの茎から抽出した繊維を使用
- | 基材なし(つなぎのみ)→(手順 A-3,A-5~A-8)のみで作成

【セイタカアワダチソウを使った容器作成方法】

[使用材料・器具]

- ・セイタカアワダチソウ (校内で採取)
- ・炭酸ナトリウム
- ・酢
- ・万能試験紙またはpH測定器
- ・鍋, ザル
- ・アクをとるおたま
- ・頑丈なハサミ

[実験の手順]

(手順 B-1) セイタカアワダチソウを採取して葉を取り、土を落としたら茎を約10 cmずつ切る
※茎を軽く握って先端から根元の方にスライドさせると簡単に葉を取ることができる

(手順 B-2) 沸騰したお湯で20分程茹でて、水溶性の成分(色素)を取り除く
※完全にに取り除ききる必要はないので色素が残っていても茹でたら次の手順へ

(手順 B-3) 水(水道水可)を炭酸ナトリウムを質量比20:1で混合 **➡アルカリ水溶液**

(手順 B-4) 茹でた茎をアルカリ水溶液に入れ100分加熱
※匂いが最初特にかついので注意(必ず換気をする)

(手順 B-5) 一度茎だけ取り出して外皮を剥がし、外皮のみを鍋に入れ再び加熱

(手順 B-6) 繊維質になったら加熱をやめて冷ます

(手順 B-7) アルカリ水溶液のpHを測定し、10以上の場合は酢などで8以下まで中和する

(手順 B-8) 繊維を取り出して流水であらい、水気を切って乾燥 **➡基材**

これ以降の手順は(手順 A-3 ~ A-8)と同様

図6,セイタカアワダチソウ(手順 B-1) 図7,葉をとった茎(手順 B-1)



図8,茎を茹でる(手順 B-2) 図9,外皮を茹でる(手順 B-5) 図10,容器に加工する(手順 A-6)



4-2. 物理的強度と耐水性の比較

(1) 物理的強度の比較

[比較群]

- | グループ a : オオバコの葉を基材に使用したもの
- | グループ b : セイタカアワダチソウの茎の繊維を基材に使用したもの
- | グループ c : 基材を使用せずゼラチンのみで作成したもの

[使用材料・器具]

- ・スタンド2個
- ・サンプル
- ・おもり(40~50 g程度)
- ・筒(長さ20~25 cm程度・太さはおもりが摩擦なく通れる程/ラップの芯なども可)
- ・緩衝材(おもりが下に落ちたときの防音・床の保護/重ねた新聞紙やクッションなども可)
- ・竹尺(おもりの高さの調節用)

[実験の手順]

(手順 C-1) 作成した板を半分に切る

(手順 C-2) 2つのスタンドに板と丸い筒を上口の口と板の距離が30 cmになるように固定する

(手順 C-3) 板の中央に40~50 gのおもりを筒の口から落下させぶつける

※板が破れるまで繰り返し、試行回数や亀裂が入るなどの途中変化を記録する

(手順 C-4) 各グループの試行回数の平均をWelchのT検定で比較し有意差を検証する

➡セイタカアワダチソウの繊維の使用によってほか2つより破壊までの平均落下回数が増加したことを統計的に調べたいので、片側T検定を行う

2つの帰無仮説を立て、有意水準を0.05としてそれぞれ検証をする

【検証Ⅰ】

帰無仮説 H_0 : グループ a とグループ b では破壊までの平均回数に差はない

対立仮説 H_1 : グループ b のほうが、グループ a よりも破壊までの平均回数は大きい

【検証Ⅱ】

帰無仮説 H_0 : グループ b とグループ c では破壊までの平均回数に差はない

対立仮説 H_1 : グループ b のほうが、グループ c よりも破壊までの平均回数は大きい

図11・12, 実験に使用した装置(手順 C-2)



(2) 耐水性の比較

[比較群]

- | グループ a : (1)のグループ aと同様(比較の基準)
- | グループ a+ : グループ aに防水加工をしたもの(防水加工の効果)
- | グループ b : (1)のグループ bと同様(繊維抽出の効果)
- | グループ b+ : グループ bに防水加工をしたもの(繊維と防水加工の相性)

[使用材料・器具]

- ・サンプル
- ・容器(サンプル作成時に使用した大きさもの)
- ・容器のフタ
- ・水道水
- ・柿渋塗料
- ・刷毛
- ・清潔なキッチンペーパー

[実験の手順]

(手順 D-1) グループ a と b の板の半分に刷毛で柿渋塗料を両面に塗る

(手順 D-2) 日の当たる風通しの良い場所で自然乾燥 ➡グループ a+, b+

(手順 D-3) 実験に使用する板の質量を計測し記録

(手順 D-4) 片手に収まるサイズのフタ付きの透明な容器に水(水道水可)を縁まで入れる
※板1枚につき1つの容器を使用、水を捨て軽く流水で洗えば容器は使い回し可

(手順 D-5) 板が完全に水に浸かるように容器の中に入れフタを閉める

(手順 D-6) 水につけてから5分,10分,20分,30分,40分,55分,100分経過するごとに容器から板を取り出して軽く水気を切り質量を計測し記録

(手順 D-7) 100分経過時点での記録が終わったら板を容器から出し日の当たるところで乾燥

(手順 D-8) 記録した質量を元に折れ線グラフを作成

(手順 D-9) グラフと乾燥後のサンプルを比較

図13,乾燥後の各比較群のサンプル(左から グループ b+, グループ b, グループ a+, グループ a)



5. 結果

5-1. 容器の作成

オオバコの葉を基材に使用したものは乾燥時に白カビが生えたものがあったが板を作成することができた。セイタカアワダチソウの繊維を基材に使用したものはしたものは特に問題なく板を作成することができた。ゼラチンのみを使用したものは他と比べて気泡が目立った。中には数ミリの穴が空いたものもあった。

5-2. 物理的強度と耐水性の比較

(1) 物理的強度の比較

表1 単位:回, 比較群のグループ分けは4-2(1)参照

	1回目	2回目	3回目	4回目
グループ a	2	42	2	4
グループ b	789	873	121	284
グループ c	254	5	7	14

検証 I

T検定の結果は $\alpha=0.03354486892$ となる。したがって、帰無仮説は棄却された

検証 II

T検定の結果は $\alpha=0.03581532316$ となる。したがって、帰無仮説は棄却された

セイタカアワダチソウを用いて作成したものは、ほか2つの結果とT検定を行った結果、帰無仮説は棄却され、統計的に有意な差があることが認められた

グループ a とグループ c とでは有意差は認められなかった

(2)耐水性の比較

防水加工を施しても、水につけるとすべてすぐに水が染み込み柔らかくなった。時間あたりの吸水量については、以下の表のようになった。

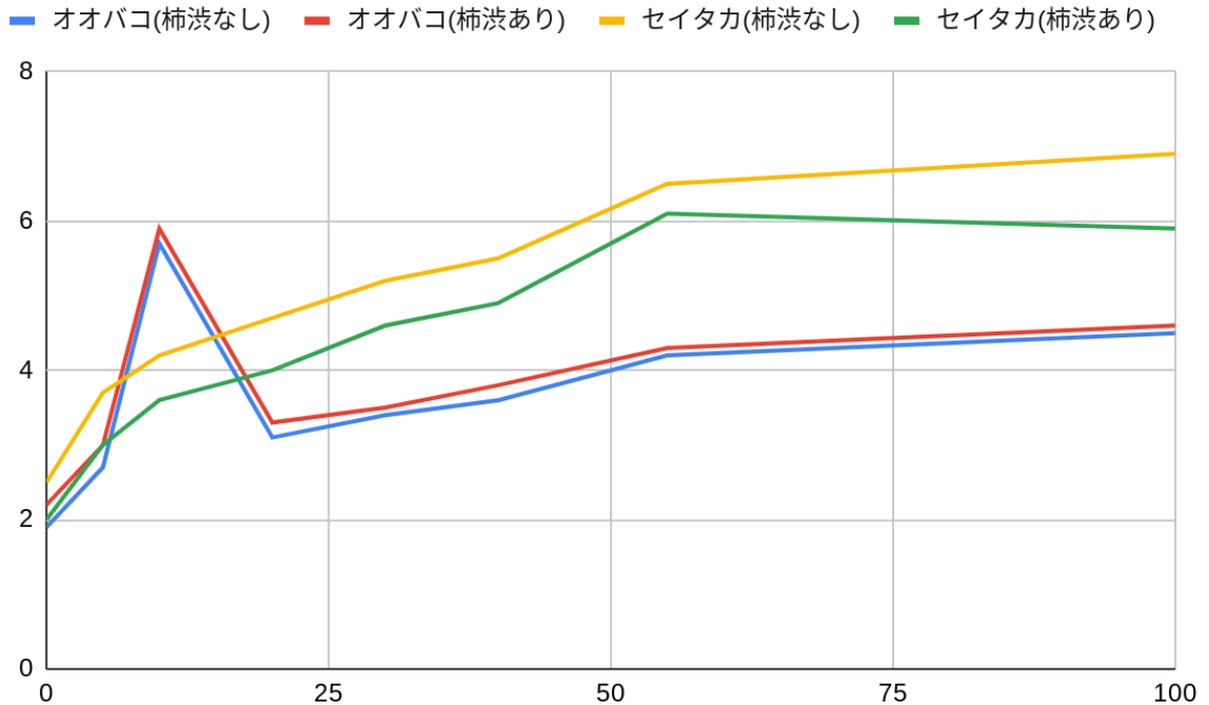
表2 1回目 単位:g, 比較群のグループ分けは4-2(2)参照

時間(浸けてから):分後	0	5	10	20	30	40	55	100
グループ a	1.9	2.7	5.7	3.1	3.4	3.6	4.2	4.5
グループ a+	2.2	3.0	5.9	3.3	3.5	3.8	4.3	4.6
グループ b	2.5	3.7	4.2	4.7	5.2	5.5	6.5	6.9
グループ b+	2.0	3.0	3.6	4.0	4.6	4.9	6.1	5.9

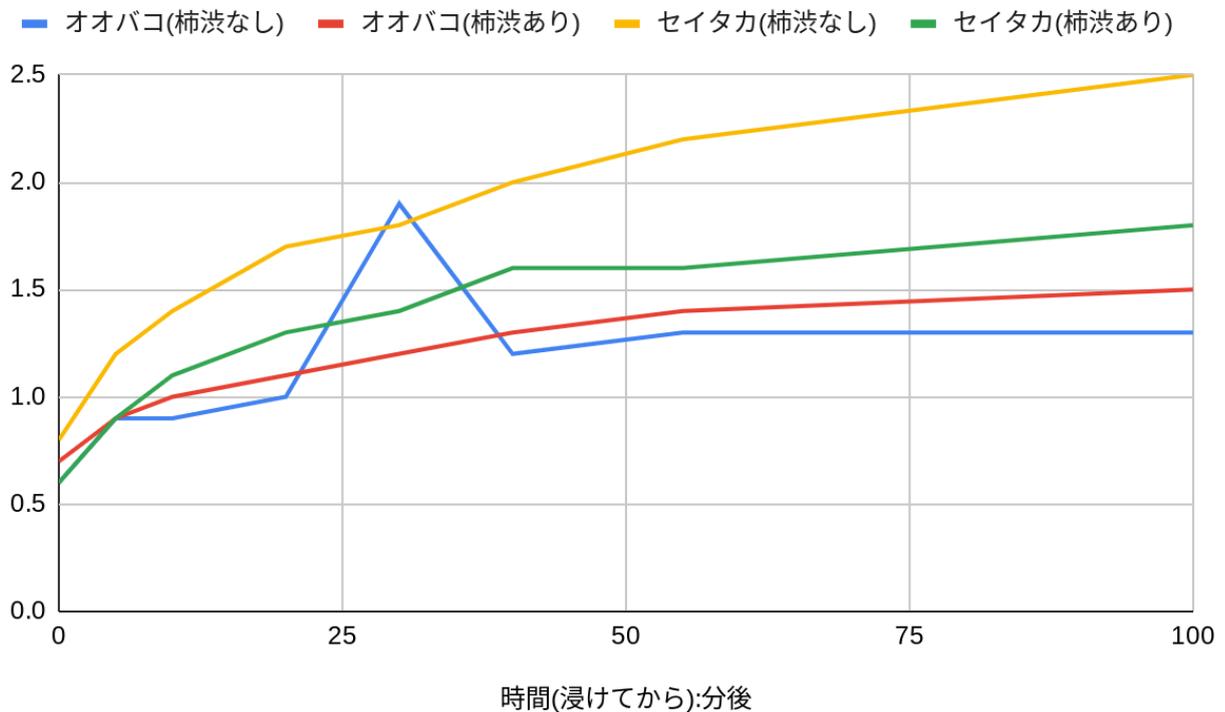
表3 2回目 単位:g

時間(浸けてから):分後	0	5	10	20	30	40	55	100
グループ a	0.6	0.9	0.9	1.0	1.9	1.2	1.3	1.3
グループ a+	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
グループ b	0.8	1.2	1.4	1.7	1.8	2.0	2.2	2.5
グループ b+	0.6	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.6	1.8

グラフ1 1回目



グラフ2 2回目



水に浸った瞬間にすべてのサンプルが水を吸ってしまい、塗料の効果は水没に対して効果がないことがわかった。

2回とも飛躍している点を無視してなめらかにつなげて考えた場合、柿渋塗料を塗らなかつたオオバコのサンプルがわずかに、時間あたりの吸水量が少ないことがわかる。

6. 考察

(1) 物理実験

各サンプル内に破壊までの回数の差が大きく外れた値が見られたため、実験ごとにサンプルを挟む強度、重りの落とし方や当て方に差が出てしまった可能性が考えられるが、それらを考慮しても、統計的に有意な差が認められたことから、繊維を基材に用いることは物理的強度の改善に有効であったと考えられる。また、セイタカアワダチソウの繊維のセルロースとゼラチンの間に乱雑な水素結合が機能していると考えられる。(厳密には電子顕微鏡などでの詳しい観察が必要)

(2) 耐水実験

どのサンプルも実験開始直後からすぐに水が染み込んで柔らかくなってしまったことから、柿渋塗料がもつ撥水機能は今回の実験ではうまく機能しなかったと考えられる。

7. 今後の展望

- ・実験の条件や環境の精度を高め大きく外れた数値の検証をし、精度の高いデータを収集
- ・抽出した繊維をさらに細かくして不純物を減らすことで、型に沿って容器を作ることが簡単になると考えられるため、繊維の細かさで強度がどのように変化するかを調べる必要がある
- ・柿渋塗料ではうまく防水効果を得られなかったため、他の方法を試し効果の高い加工方法の開発

8. 参考文献

【先行研究】

75期 G-12班『雑草を用いた可分解容器の作成』・・・1

| [ポスター](#)

| 内容：容器の基材にオオバコ、つなぎにゼラチンを使用して容器の作成に成功

| 課題：水分に対する耐性が不十分、繊維の抽出が不完全

76期 B-α-4班『海藻を用いた可分解容器の作成』・・・2

| [レポート](#) [ポスター](#)

| 内容：容器の基材に海藻、つなぎに寒天を利用して容器の作成に成功

| 課題：海藻の臭い、水分に対する耐性が不十分、耐久性の低さ

【学校外の機関による研究】

[山梨県環境科学研究所『「雑草からの紙作り」手順 パルプ作成まで』](#)・・・3

| 内容：雑草にアルカリで処理を行い、粗パルプ、パルプを作成し、紙を作成できる

[徳島県立博物館『誰でもできる紙作り』](#)・・・4

| 内容：材料を細かくし、中和、漂白をしてパルプを作成できる

自己肯定感がメッセージアプリの使用に与える影響

神奈川県立厚木高等学校

2年 F組 5班 β

1. 背景

近年、スマートフォンの普及率の増加に伴って、SNSトラブルの発生件数も増加している。その中でも、受け手が文面を勘違いすることから起こるトラブルに着目すると、原因の一つとして「文面をネガティブに捉えてしまう」ということが挙げられている。だが、文面をネガティブに捉えてしまう人にはどのような特徴があるか、その傾向は研究されていない。そこで私達は、自己肯定感が低い人ほど文面をネガティブに捉えてしまうのではないかと考え、本調査を企画した。

2. 目的

メッセージアプリ内での受け手(読み手)の感じ方の違いによるSNSトラブルを少しでも阻止するため、自己肯定感に対する文面の捉え方を調べる。

3. 仮説

もしも自己肯定感がメッセージアプリの使用に影響を与えるのであれば、自己肯定感が高い人ほど文面をネガティブに捉えやすく、自己肯定感が低い人ほど文面をネガティブに捉えやすい。

4. 方法

実験1

4-1(材料)

アンケート(後述)、全校生徒のうち任意の数

4-2(被調査者について)

神奈川県立厚木高等学校の生徒のうち317名に回答を行ってもらった。その後、科学研究に対する国際的なガイドライン(American psychological association)に沿うように、調査データの使用に同意しなかった被調査者のデータを分析から除外した。さらに、正確な分析実施のためにサンプルサイズを調整する必要があったため、無作為に選択した220名分を分析対象とした。

4-3(実験の手順)

①事前調査

日本版PANAS(表1)という感情の尺度が私達の実験に適しているかどうかを検証する実験を行った。

【1】アンケートをグーグルフォームで作成し、①ネガティブに捉えることのできる質問、②ポジティブに捉えることのできる質問に対して回答してもらう。その際回答には日本語版PANASを使用する。

【1-1】「え、何で来るの？」に対して、①「来ないで」というニュアンスのときと、②「交通手段」というニュアンスのとき、どう感じるか質問を作成する。以下質問1とする。

【1-2】「もういいよ、あなたは友達じゃない」に対して、①「友達でない」というニュアンスのときと、②「友達でしょう」というニュアンスのとき、どう感じるか質問を作成する。以下質問2とする。

【1-3】「最悪、1時には来てね」に対して、①「酷い」というニュアンスのときと、②「期限」というニュアンスのとき、どう感じるか質問を作成する。以下質問3とする。

【2】任意の生徒に回答してもらう

【3】回答を分析する

統計処理のために、「全く感じない」に1を割り当て、順に2,3,4,5(とても感じる)を割り当てる。同じ尺度での比較のため、ネガティブ質問のポジティブ感情とポジティブ質問のポジティブ感情、ネガティブ質問のネガティブ感情とポジティブ質問のネガティブ感情、という組み合わせでウィルコクソンの符号順位和検定を行う。

表1 日本語版PANAS^[1]

ポジティブ感情	ネガティブ感情
活気のある	心配した
気合の入った	おびえた
誇らしい	びくびくした
熱狂した	苦悩した
わくわくした	うろたえた
強気な	いらだった
きっぱりとした	恥じた
機敏な	びりびりした

②本調査

【1】アンケートをグーグルフォームで作成する(図1)。すべての質問において、「全く感じない」から「とても感じる」までの5段階で評価してもらう。

【1-1】自己肯定感の尺度を測る8個の質問を作成する。(表2)

表2 自己肯定感の尺度を測る8個の質問^[2]

質問番号	質問内容
1	私は、自分のことを大切だと感じる。
2	私は、時々、死んでしまったほうがましだと考える。
3	私は、いくつかの長所を持っている。
4	私は、人並み程度には物事ができる。
5	私は、後悔ばかりしている。
6	私は、何をやってもうまくできない。
7	私は、自分のことが好きになれない。
8	私は、物事を前向きに考える方だ。

【1-2】「え、何で来るの？」 「最悪、1時には来てね」という言葉に対し、それぞれ2つのニュアンスを想像できる場面を用意する。言葉に対しどう感じたか、日本語版PANASの選択肢を使用する質問を作成する。以下順に、質問1-1、1-2とする。

【2】任意の生徒に回答してもらう

【3】回答を分析する

自己肯定感の尺度を測る8つの質問、感情を測定する質問のどちらも、統計処理のために「全く感じない」に1を割り当て、順に2,3,4,5(とても感じる)を割り当てた。

4-4(分析ソフトウェア)

全ての統計分析と数値計算は、Googleスプレッドシート(バージョン 1.2023.33200)を使って行われた。

実験2

4-1(材料)

アンケート(後述)、全校生徒のうち任意の数

4-2(被調査者について)

総務省統計学局のサイト^[3]より、単純無作為抽出をするときに必要な調査対象者数を求めた。

$n = \lambda^2 \{p(1-p)/d^2\}$ (n: 標本数、p: 比率、d: 標本誤差、λ: 信頼水準)

※比率: 今回は事前に参考となる結果がないため比率の標準偏差が最大となる0.5を入れる。

※標本誤差: 調査結果の誤差を10%に抑えたいと考えたため0.1を入れる。

※信頼水準: 95%とする。

$n = (1.96)^2 * \{0.5(1-0.5)/(0.1)^2\} \approx 96$

上記の計算を行ったところ、被調査者は96名が必要だということがわかった。そのため、神奈川県立厚木高等学校の一学年と二学年の生徒のうち、乱数を使って無作為に三クラス抽出し、選ばれたクラスの生徒に回答をしてもらった。三学年は除外した。そのうち、37名の回答が集まった。その後、科学研究に対する国際的なガイドライン(American psychological association)に沿うように、調査データの使用に同意しなかった被調査者のデータを分析から除外し、データの分析を行った。

4-3(実験の手順)

【1】アンケートをグーグルフォームで作成する。メッセージアプリ上で友達と会話している場面を想定する。1-2から1-3までの質問は、「全く感じない」から「とても感じる」までの5段階で評価してもらおう。

【1-1】実験1と同様に、自己肯定感の尺度を測る8個の質問を作成する。

【1-2】自分のことをポジティブだと思うか、ネガティブだと思うかの質問を作成する。

【1-3】「もういいよ」「何で行くの?」「はちは友達じゃない」「最悪、1時には来てね」「かっこよくない?」という言葉に対して、それぞれ岩手版PANAS(表3)の選択肢を使用する質問を作成する。以下順に、質問2-1、2-2、2-3、2-4、2-5とする。

表3 岩手版PANAS^[4]

ポジティブ感情	ネガティブ感情
活気のある	心配した
気力に満ちた	おびえた
充実した	びくびくした
熱中した	苦悩した
わくわくした	動揺した
自信がある	いらいらした
しゃきとした	恥ずかしい
てきぱきした	神経質な

【2】乱数を使用し決めた1-G、1-I、2-Iの生徒に回答してもらおう。

【3】回答を分析する。

1-1、1-3から1-7は、統計処理のために「全く感じない」に1を割り当て、順に2,3,4,5(とても感じる)を割り当てた。

4-4(分析ソフトウェア)

全ての統計分析と数値計算は、Googleスプレッドシート(バージョン 1.2023.33200)を使って行われた。

実験3

4-1(材料)

アンケート(後述)、全校生徒のうち任意の数

4-2(被験者について)

神奈川県立厚木高等学校の生徒のうち57名に回答を行ってもらった。その後、科学研究に対する国際的なガイドライン(American psychological association)に沿うように、調査データの使用に同意しなかった被調査者のデータを分析から除外し、データの分析を行った。

4-3(実験の手順)

【1】アンケートをグーグルフォームで作成する

【1-1】実験1、2と同様に、自己肯定感の尺度を測る8個の質問を作成する。

【1-2】「もういいよ」「何で行くの?」「最悪、1時には来てね」という言葉に対し、それぞれ簡易気分調査票日本版(表4)の選択肢を使用する質問を作成する。以下順に、質問3-1、3-2、3-3とする。

表4 簡易気分調査票日本版(BMC-J)^[5]

ポジティブ感情	ネガティブ感情
幸福である	憂うつである
うれしい	不愉快だ
心地よい	イライラしている
楽しい	不安だ

【2】乱数を使用し決めた1-B、1-D、1-I、2-Fの生徒に回答してもらう

【3】回答を分析する

すべての質問において、統計処理のために「全く感じない」に1を割り当て、順に2,3,4,5(とても感じる)を割り当てた。

4-4(分析ソフトウェア)

全ての統計分析と数値計算は、Googleスプレッドシート(バージョン 1.2023.33200)を使って行われた。

2つ目の発言

*あなたの名前は"はち"です。



5. 結果

実験1

①事前調査

ポジティブ質問、ネガティブ質問に対しての感じ方の差を調べるため、統計分析を行った。結果を表5に示す。



表5 質問に対する感じ方の分析結果(ウィルコクソンの符号順位和検定)

		n値	Z値	P値	効果量r
質問1-1	ポジティブ感情	198	-3.123	0.0018	0.2155
	ネガティブ感情	219	-12.207	0.0000	0.8424
質問1-2	ポジティブ感情	186	-1.006	0.3145	0.0694
	ネガティブ感情	209	-11.281	0.0000	0.7784
質問1-3	ポジティブ感情	188	-3.289	0.0010	0.2270
	ネガティブ感情	209	-11.539	0.0000	0.7963

効果量 $r=Z/\sqrt{N}$ (※3)、 $P<0.05$

表2のウィルコクソンの順位和検定の結果、質問の違いに対する感情の変化のP値に統計的に有意差がみられ、効果量rも大きい値がみられた。しかし、質問2のポジティブ感情においては統計的に有意差が見られなかった。またどの質問においても、P値はポジティブ感情よりもネガティブ感情の方が小さく、効果量rはポジティブ感情よりもネガティブ感情のほうが大きい値を示した。

この結果を受け、質問1-2は本調査に発展させるに適していないと判断したため、本調査では「あなたは友達じゃない」という文言が使われた実験を行う予定だったが、削除して実験を行うこととした。

②本調査

仮説を検証するため、統計分析を行った。結果を表6、図3-6に示す。

表6 質問1 言葉に対する感じ方の分析結果(相関係数)

質問	項目	相関係数 r	相関
質問1	自己肯定感とポジティブ感情	0.0944	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.2182	弱い負の相関
質問2	自己肯定感とポジティブ感情	0.1633	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.0269	相関なし

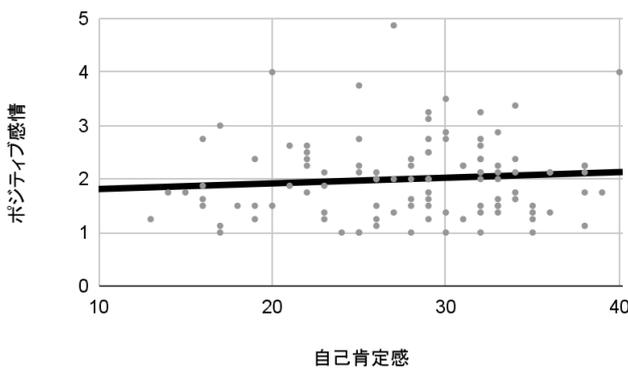


図4 1-1:自己肯定感とポジティブ感情

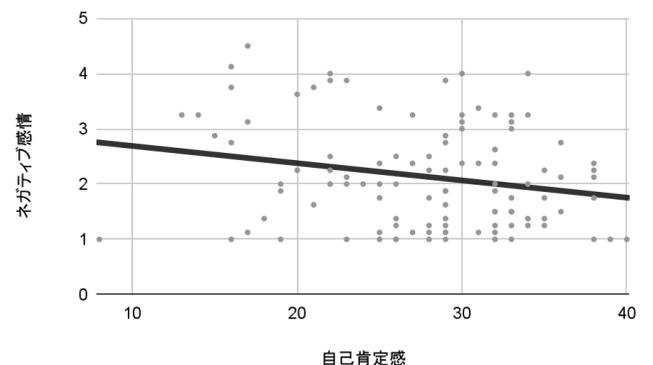


図5 1-1:自己肯定感とネガティブ感情

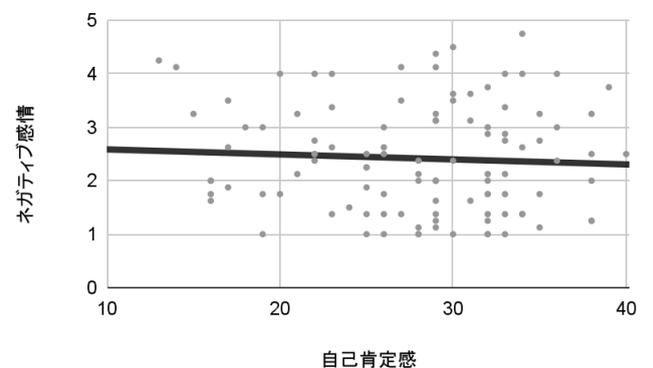
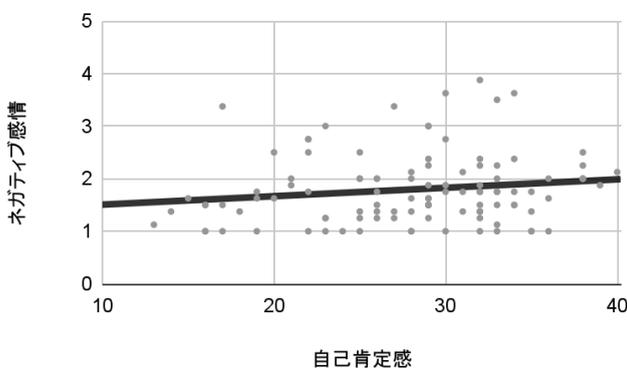


図6 1-2:自己肯定感とポジティブ感情

図7 1-2:自己肯定感とネガティブ感情

実験2

仮説を検証するため、統計分析を行った。結果を表7、図8-17に示す。

表7 実験2 言葉に対する感じ方の分析結果(相関係数)

質問	項目	相関係数 r	相関
質問1	自己肯定感とポジティブ感情	0.1435	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.0571	相関なし
質問2	自己肯定感とポジティブ感情	0.0768	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.3493	弱い負の相関
質問3	自己肯定感とポジティブ感情	0.1789	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.1308	相関なし
質問4	自己肯定感とポジティブ感情	-0.2328	弱い負の相関
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.1036	相関なし
質問5	自己肯定感とポジティブ感情	-0.0491	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	0.0772	相関なし

2-1:自己肯定感とポジティブ感情

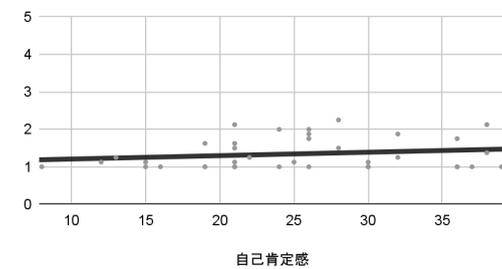


図8 2-1:自己肯定感とポジティブ感情

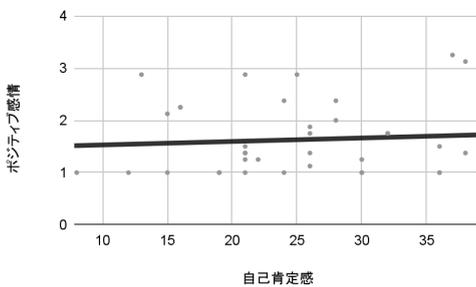


図10 2-2:自己肯定感とポジティブ感情

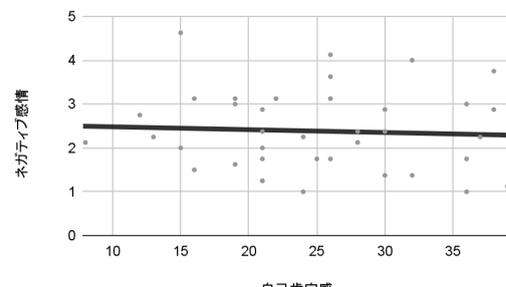
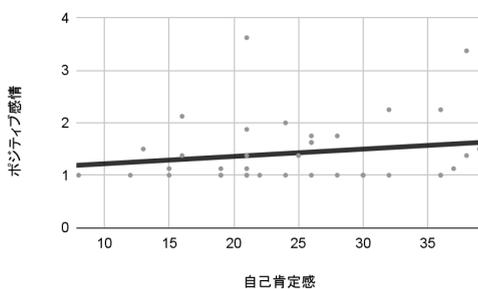


図9 2-2:自己肯定感とネガティブ感情

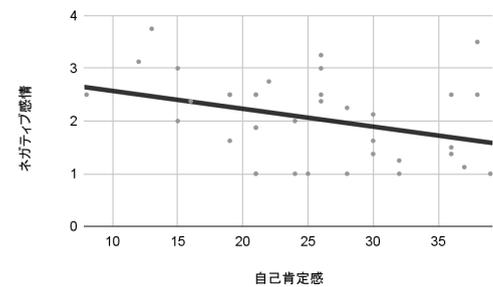


図11 2-2:自己肯定感とネガティブ感情

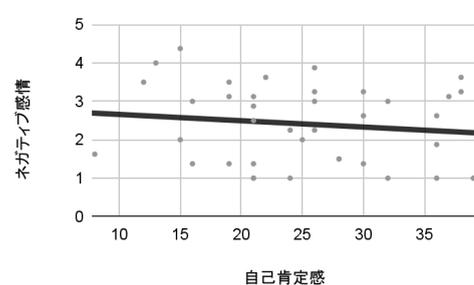


図12 2-3:自己肯定感とポジティブ感情

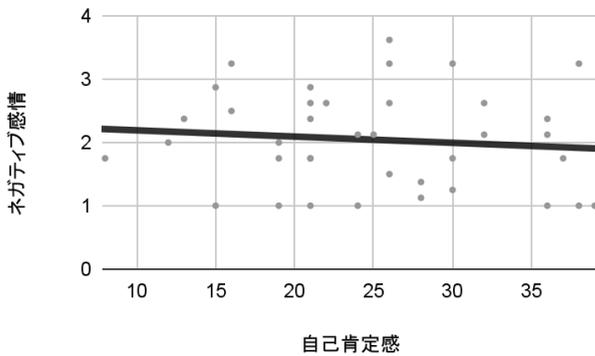


図13 2-3:自己肯定感とネガティブ感情

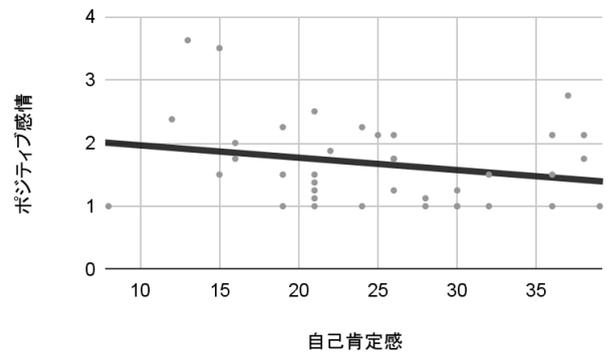


図14 2-4:自己肯定感とポジティブ感情

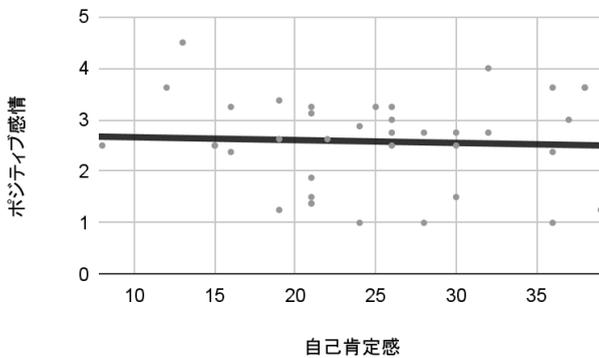


図15 2-4:自己肯定感とネガティブ感情

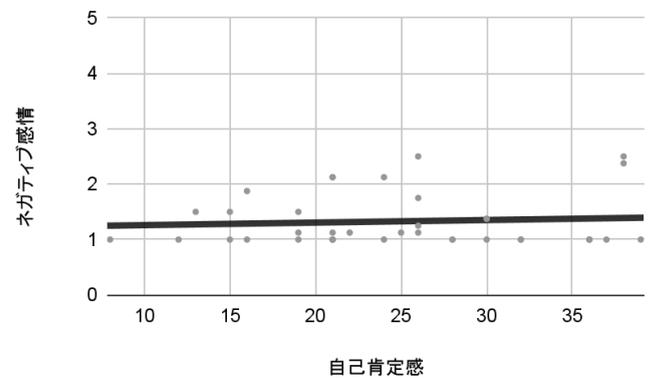


図16 2-5:自己肯定感とポジティブ感情

実験3

仮説を検証するため、統計分析を行った。結果を表8、図18-23に示す。

表8 実験3 言葉に対する感じ方の分析結果(相関係数)

質問	項目	相関係数 r	相関
質問1	自己肯定感とポジティブ感情	-0.0177	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.0060	相関なし
質問2	自己肯定感とポジティブ感情	0.0808	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.2462	弱い負の相関
質問3	自己肯定感とポジティブ感情	0.1193	相関なし
	自己肯定感とネガティブ感情	-0.1725	相関なし

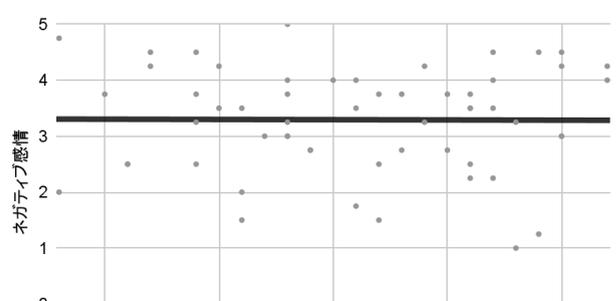
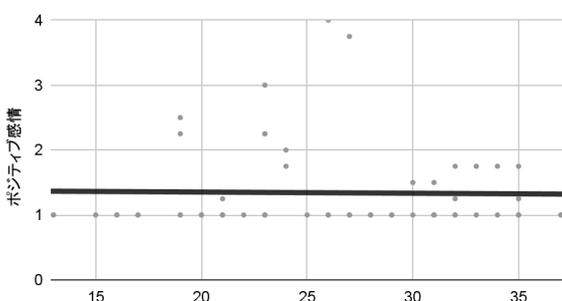


図18 3-1:自己肯定感とポジティブ感情

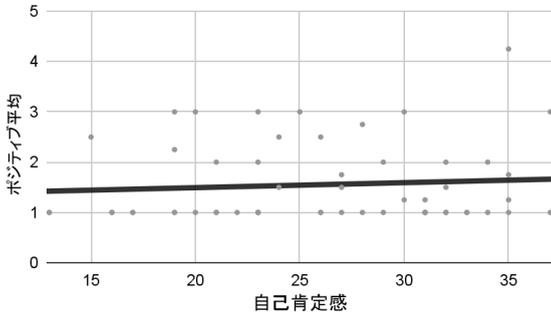


図19 3-1:自己肯定感とネガティブ感情

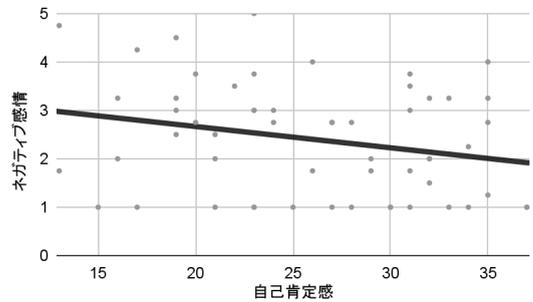


図20 3-2:自己肯定感とポジティブ感情

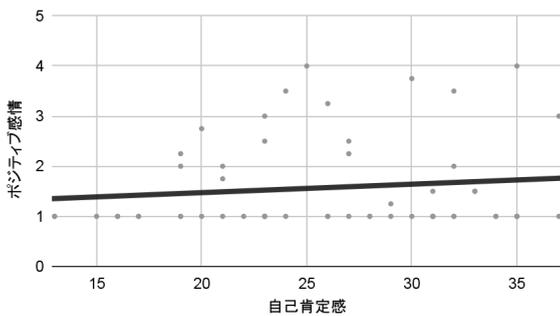


図21 3-2:自己肯定感とネガティブ感情

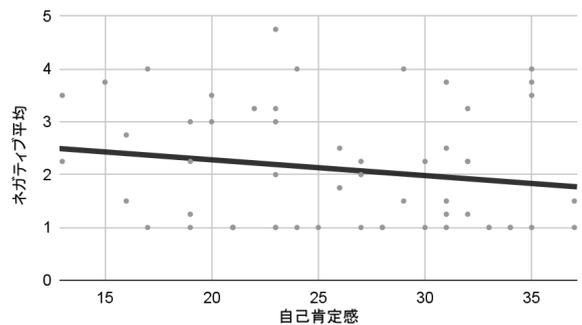


図22 3-3:自己肯定感とポジティブ感情

6. 考察

統計的な有意差の有無は様々だったが、傾向としては、自己肯定感が高いほどポジティブ感情を感じている度合いが高く、ネガティブ感情を感じている度合いが低かった条件が多かった。このことから、自己肯定感が高いほど文面をポジティブに捉えており、自己肯定感が低いほど文面をネガティブに捉えているといえる。

また、自己肯定感と感情の尺度の間に相関が全く見られなかった、もしくは逆の相関が見られた条件においては、言葉の不確定要素が多かったことが原因だと考えた。例えば、私達は「友達じゃない」という言葉で「友達ではない」というニュアンスと「友達だよな？」というニュアンスしか想定することができていなかった。だが、「じゃない」という言葉は驚きを表す表現でもあることに気がついた。例えば、「やればできるじゃない」という言葉には、「あなたはやればできるんだね！すごいね！」という意味を取ることができる。このような「じゃない」という言葉の曖昧さがこの結果に繋がったのだと考えた。実際に標準偏差を求めたところ、私達が曖昧だと考察した言葉に対するポジティブ感情、ネガティブ感情の標準偏差は大きいことから、平均値からのばらつきが大きく言葉の曖昧性が高いと考えることができる。

7. 今後の展望

- ・今回の実験では言葉の曖昧さや使用頻度がすべて一緒でなく、結果の出方にばらつきがあったので、言葉の曖昧さを測る。
- ・実験3のように、わかりやすく親しみのある言葉が使われており、かつ数の少ない尺度を使った際にうまく結果が出た。だが、言葉に対してポジティブな意味で捉えていたとしても、ネガティブな意味の尺度に点数を入れているか否かは疑問である。よって、被験者が言葉に対し、ポジティブに感じたかネガティブに感じたかも尺度に加えて直接的に聞く。
- ・メッセージアプリをよく使用する人ほど様々な言葉に対応できる力が高く、結果に影響を与えている可能性があると考えたため、メッセージアプリの使用頻度もアンケートに追加する。

8. 参考文献

- [1] 「日本版PANAS尺度使用マニュアル」、日本パーソナリティ心理学会、佐藤徳
https://ispp.gr.jp/doc/PANAS_manual.pdf
- [2] 「自己肯定感尺度の作成と項目の検討」、田中道弘、人間科学論究、第13号(2005)
<http://self-esteem.life.coccan.jp/SAver.2.pdf>
- [3] 「効果量と検定力分析入門 ー統計的検定を正しく使うために」、水本篤、より良い外国語教育研究のための方法、pp. 47-73(2010)
<https://www.mizumot.com/method/mizumoto-takeuchi.pdf>
- [4] 「ポジティブ感情とネガティブ感情の測定」、阿久津洋巳、岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要、第7号、135-144(2008)
<https://iwate-u.repo.nii.ac.jp/record/10685/files/jcrc-n7p135-144.pdf>
- [5] 「簡易気分調査票日本語版(BMC-J)の信頼性および妥当性の検討」、大阪経大論集、第58巻第7号、田中健吾(2008)
https://www.i-repository.net/il/user_contents/02/G0000031Repository/repository/keidaironshu_058_007_271-275.pdf

補色関係がもたらす暗記効率の効果

神奈川県立厚木高等学校
2年F組β7班

1. 背景

日本人の英語力が世界と比べて低い状態にある。この原因のひとつは日本の英語教育が遅れていることにあり、その解決が求められている。

2. 目的

英単語の学習をより効率よく行うための方法を調べ、英語学習をより高いレベルにする。

3. 仮説

先行研究を踏まえ、青色が記憶の定着に効果があることがわかった。そこで、以下の仮説を立てた。

①青色の文字にして、用紙を補色(黄色)にし、青を目立たせることでより良い結果が得られる。

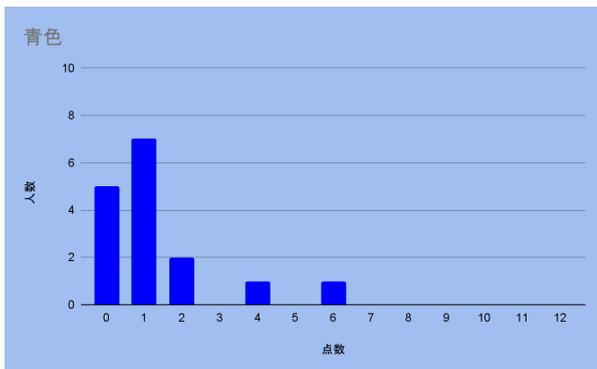
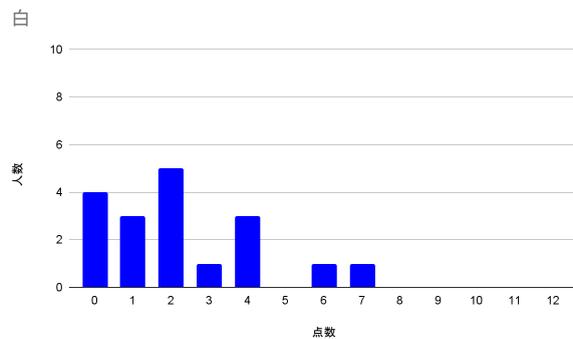
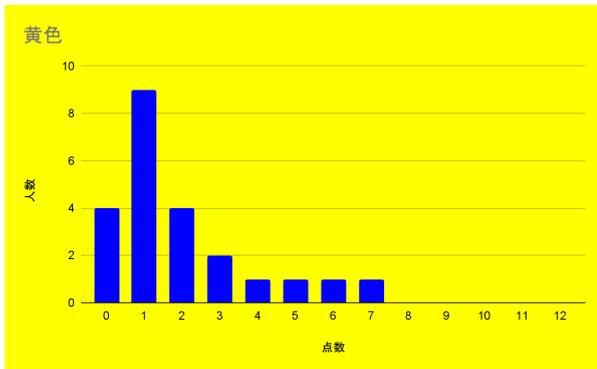
②青色の文字にして、用紙を青系統(水色)で統一させることによってより良い結果が得られる。

以上の2つの結果が正しいかどうかを調べるために以下の実験を行った。

4. 方法

被験者にテストを行い、点数を記録する。単語と、その意味が書かれた紙を30秒見せて暗記させる。30秒後に30秒間のテストを実施し、その点数を記録する。その一週間後に暗記の時間を設けずに同じテストを実施し、その点数を記録する。白色の紙に青文字で書かれたものと、水色の紙に青文字で書かれたものと、黄色の紙に青文字で書かれたもので分けて実験を行い、一週間後のテストの結果の変化を調べて記憶の定着率の差を調べる。

5. 結果



T検定の結果

紙の色が青の場合と白の場合を比べた結果0.6334044626

紙の色が白の場合と黄の場合を比べた結果0.6086764808
紙の色が黄の場合と青の場合を比べた結果0.9883639385
(有意差0.05)

6. 考察

有意差が0.05を大きく上回ったので、紙の色を変えて視覚的に文字を目立たせても目立たせなくても記憶の定着率に差はないと考えられた。

7. 今後の展望

この実験結果を世界に伝えて、効率よく英単語を覚えてもらい、沢山の人を幸せにする。

8. 参考文献

先行研究

https://twcu.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=26620&item_no=1&page_id=13&block_id=29

タイトル

神奈川県立厚木高等学校

2年F組 8班

1. 背景

近年様々な情報が出回るようになり、正確性が確かめられないものも増えた。その中で全ての情報を鵜呑みにして踊らされないようにする為に、古来から続くプロパガンダを調べ情報発信の特徴を分析し情報リテラシーを身につける必要性を感じたから

2. 目的

様々な国から先述のプロパガンダを調べ、その情報の特徴を掴む。何が人の心を動かすかを分析し、作り手の思惑通りの、見た情報全てを鵜呑みにする事態を防ぐ情報リテラシーの向上へと繋げていく。

3. 仮説

ある一定の感情に人々を傾けるのは、色やその絵に描いてある表情、フォント、そのポスターが描かれた時代背景などのいろいろな要素が影響しあって起こりうることで、それは今の状況にも通用し、自分たちでプロパガンダの手法を利用し人々を扇動できるのではないか。

4. 方法

検定は片側検定をする。これにより、コインの裏表で、「表の一方にだけ偏る確率」を調べる。有意水準 $p=0.05$ で検定。

まず、オリジナルポスターを作成。過去のプロパガンダを学び、自分たちで人々を一定の感情に向けるようなポスターを作成、提示し、自分たちが目標としている感情を抱かせる。ポスターはInstagramやgoogle formなどに乗せて広報。3桁集計を目指す。感情をおおまかに分類して集計し、集まったデータから指定の目的である感情に対して仮説検定を実施する。

5. 結果

アンケート結果から片側検定を $P=0.05$ で行うと $P<0.05$ になり、帰無仮説は棄却された。

6. 考察

中国共産党のポスターや日本のポスターを参考に作成した際、本来「奮起」させる事を目的としたポスターの特徴を模倣した為、同じような結果が出るのは自然だと考えられる。奮起を目的に作成したポスターを模倣して奮起させる事は至極簡単な事だが、その他のポスターからも模倣すればまた違う結果になる事が予想される。ポスター内の情報を操作して、相手に目的の行動を起こさせる事は可能というのが明らかになった。

7今後の展望

アンケートの中で、「悲しみ」が予想以上に多く集まり、2番目の多さとなった。奮起に偏る様に絵を描いたはずだが、悲しみを連想させる様な特徴が混ざっていたのかもしれない。更なる研究では、何がそれを印象づけさせたか調べることも必要

8. 参考文献

<https://otomae-ha.ed.jp/ssh/dat/2014s21.pdf>

「色が人に与える影響」桑原舞、松本詩織 大阪府立大手前高校の実験

<https://f.osaka-koyulu.ac.jp/tennoji-j/wp-content/uploads/sites/4/2020/09/38-02.pdf>

<https://www.kochi-tech.ac.jp/library/ron/pdf/2013/03/14/a1140396.pdf>

https://ir.ide.go.jp/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=51478&item_no=1&attribute_id=58&file_no=1&page_id=39&block_id=158

戦時ポスターとプロパガンダ 土田泰子

クロロフィルを用いた紫外線防止フィルムの作成

神奈川県立厚木高等学校

2年F組 10班

1. 背景

- ・プラスチックごみによる環境汚染が問題となっていること
- ・プラスチックが紫外線によって時間の経過とともに劣化してしまうこと
- ・先行研究での問題点を改善すること

先行研究での問題点

- ・クロロフィルによる緑色着色
- ・ムラができる
- ・シャーレから剥がれにくい
- ・乾燥に時間がかかる

2. 目的

先行研究で見つかった問題点を改善した劣化防止フィルムの作成

3. 仮説

前回のプレゼン時→分光光度計で各フィルムの光の波長を分析し、でんぷんのり、液体のり、ハイドロゲル、シリコン等を用いて先行研究の問題点を改善したプラスチック劣化防止フィルムを作成できる

実験前→クリアペンをういて先行研究の問題点を改善したプラスチック劣化防止フィルムを作成できる

4. 方法

(実験準備)クロロフィル抽出液の作成

- ①雑草(イノコヅチ)を細かくちぎる
- ②すり鉢に入れ、乳棒でさらに細かくする
- ③②に高濃度エタノールを加えてかき混ぜる
- ④③の液体をろ過する

(実験1)クロロフィル抽出液の紫外線防止効果の測定

- ①実験準備で作成したクロロフィル抽出液をシャーレに移す
- ②スタンドにブラックライトを固定し、ライトの下部が机から6 cmになるようにセットする。
- ③シャーレ(何も入れていない状態、クロロフィル抽出液を入れた状態、エタノールを入れた状態)にブラックライトを当て、それぞれの紫外線強度を測定する



の紫外線防止効



(実験2)クリアペンキを用いたフィルムの作成

- ①紙コップを6つ用意し、それぞれ5 gのクリアペンキを量り入れる
- ②6つの紙コップにクロロフィル抽出液2 ml, 4 ml, エタノール2 ml, 4 mlをそれぞれ量り入れ、ガラス棒でよくかき混ぜる
- ③②で作ったクロロフィル抽出液入りクリアペンキ、エタノール入りクリアペンキをA4サイズクリアファイル5 cm × 6.5 cmの範囲に塗り、自然乾燥させる
- ④作成したフィルムの紫外線防止度と耐伸性を測定する



図3 フィルム作成の様子

(測定方法)作成したフィルムの紫外線防止度の測定

1. スタンドにブラックライトを固定し、ライトの下部が机から6 cmになるように調節する
2. ライトの真下に紫外線強度計を置く
3. 紫外線強度計の上にフィルムを置き、それぞれの紫外線透過度を測定する

(測定方法)作成したフィルムの厚さ測定

マイクロメーターでそれぞれのフィルムの厚さを測定し、測定した紫外線透過度の実験の考察の参考にする

5. 結果

$\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (エタ)	なし	3ml	4ml	5ml
一回目	116	116	81	111
二回目	115	112	107	105
三回目	101	102	102	102
四回目	103	105	103	102
五回目	108	109	109	108
	109	109	100	106

表1 エタノールの紫外線透過度

$\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (クロ)	なし	3ml	4ml	5ml
1回目	108	17	4	1
2回目	100	12	5	1
3回目	102	14	5	2
4回目	102	13	5	1
5回目	102	14	5	2
	103	14	4.8	1.4

表2 クロロフィルの紫外線透過度

% (エタ)	3ml	4ml	5ml
1回目	100	69.8	95.7
2回目	97.4	93.0	91.3
3回目	101	101	101
4回目	102	100	99.0
5回目	101	101	100
	100	93.0	97.4

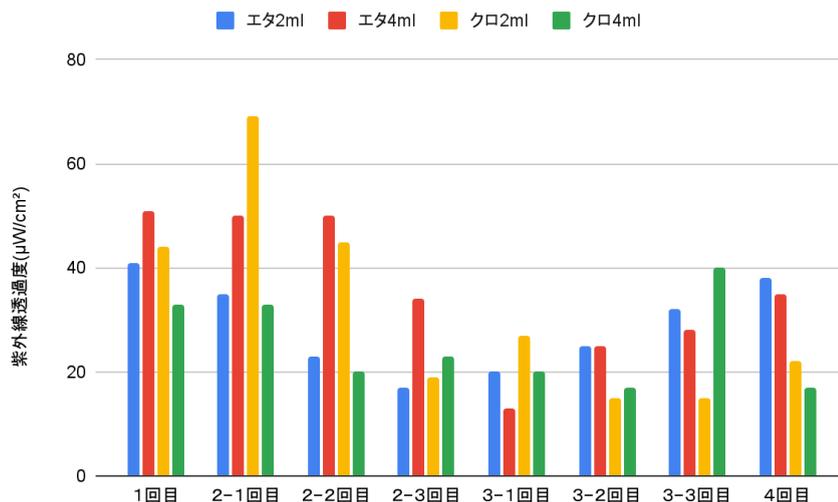
表3 エタノールの紫外線透過率

% (クロ)	3ml	4ml	5ml
1回目	15.7	3.70	0.926
2回目	12.0	5.00	1.000
3回目	13.7	4.90	1.961
4回目	12.7	4.90	0.980
5回目	13.7	4.90	1.961
	13.6	4.68	1.37

表4 クロロフィルの紫外線透過率

$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	2ml	4ml	2ml	4ml
1回目	41	51	44	33
2-1回目	35	50	69	33
2-2回目	23	50	45	20
2-3回目	17	34	19	23
3-1回目	20	13	27	20
3-2回目	25	25	15	17
3-3回目	32	28	15	40
4回目	38	35	22	17
	17	13	15	17

表5 図4
フィルムの紫外線透過度



厚さ				
	エタノール		クロロフィル	
	2ml	4ml	2ml	4ml
1回目	0.35mm	0.27mm	0.14mm	0.16mm
2回目	0.15mm	0.12mm	0.20mm	0.33mm
	薄く、均等化に成功			

表6 フィルムの厚さ

最小値	17	13	15	17
第一四分位数	22.25	27.25	18	19.25
第二四分位数	28.5	34.5	24.5	21.5
第三四分位数	35.75	50	44.25	33
最大値	41	51	69	40
四分位範囲	13.5	22.75	26.25	13.75

表7 フィルム測定値の四分位数

今回、フィルムの平均を取るために、外れ値を出そうと思ったが、数値の最小値と最大値の差がとても広く、外れ値を出すことができなかった。そのため、今後は数値が推定の結果にふさわしい四回目の作り方を用いて、そのフィルムの数値から平均を出す必要があると考えた。

6. 考察

クロロフィル抽出液とクリアペンキを混ぜたフィルムには紫外線をカット・吸収するがあると言える

- ・先行研究の課題について
- ・クロロフィルの緑色着色
→透明化はできない
- ・ムラができる
→ビニールテープを用い、水平な場所で作る
- ・シャーレから剥がれにくい
→クリアファイルを用いる
- ・乾燥に時間がかかる
→時間短縮はできない

7. 今後の展望

- ・机と紫外線強度計の距離を一定にする
- ・厚さを均等にする
- ・乾燥時間の短縮
- ・候補に挙げていた他の物質を用いてフィルムを作る

8. 参考文献

クロロフィルを用いたプラスチックにおける劣化の防止(2022年)

<https://www.-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/2g.pdf>

植物色素の紫外線カット効果(2022年)

<http://www2.tokai.or.jp/seed/seed/seibutsu16.htm>

プラスチックの紫外線劣化のメカニズムと対策の考え方(2018年8月)

<https://seihin-sekkei.com/blog-pla-think-19-2/>