

植物由来の油吸着材の作成

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 1班 α

1.背景

近年、家庭から出る生活排水に含まれている油類が河川や海面へ流出し油汚染をきたしている。その結果、河川に生息する生き物が死滅したり、水道や農業用水が停止したりと、周辺環境に悪影響をあたえており、その除去は迅速に行われるべきである。しかし、熔融スラグやポリプロピレンなどからなる従来の油吸着材は油の吸着量が少ない、吸着速度が遅いなどの課題がある⁽¹⁾。一方、食品加工工場や家庭では、残渣として野菜や果物などの不可食部の大量廃棄が行われており、その総重量は日本だけで年間約1270万トンにもものぼるといわれている⁽²⁾。大量廃棄が行われれば、それらを捨てるために多くのコストがかかり、また残渣は分解過程でメタンガスを発生させ地球温暖化の原因となり、これも環境問題の一つとなっている。そこで私たちはこの二つの課題を解決するために、残渣を用いて環境にやさしい植物由来の油吸着材を作成することにした。

2.目的

野菜・果物の不可食部を用いて油吸着材を作成する。またそれを実用化に繋げることで、迅速に油汚染を除去し環境への負担を削減することにつなげる。

3.仮説

同じ種類の残渣でも、油の種類を変えると、油の粘度などの違いによって吸着量に差がある。

また、炭化すると多孔質になり⁽³⁾、細孔に油が入り込むため、炭化させて粉碎した粉末は乾燥させて粉碎した粉末より油の吸着量が多くなる。

4.方法

4-1. 材料

残渣: キャベツ、白菜、とうもろこしの皮、オレンジの皮、人参の皮、ピーナッツの殻、もみ殻、ネギの葉身部、玉ねぎの皮

油類: ごま油、サラダ油

器具: 150g粉末ミル、吸引瓶、吸引ろうと、アスピレーター、お茶パック、ガスコンロ、空き缶、アルミホイル

4-2. 方法

実験1 乾燥させた残渣粉末による吸着量の測定

[実験準備]

残渣が水気を失うまで乾燥させ、それぞれ150g粉末ミルで粉末化させた(以降、試験物と呼ぶ)

[実験手順]

1. 試験物(1.0g)を油(9.0mL)と純水(9.0mL)の混合液に入れ、混ぜ合わせた(図1)
2. お茶パックを十分湿らせ、その質量(①とする)を量り、吸引ろうとの上に敷いた
3. お茶パックの上に1の混合液を流し込み、アスピレーターで吸着されなかった油と純水を吸引した(図2)

4. 3で吸引後に残った、油と純水を吸着した試験物とお茶パックの質量(②とする)を量り、数日自然乾燥させて純水を蒸発させた
5. 乾燥させた試験物の質量(③とする)を量り、①②③を用いて、吸着した油の質量(※1)と油・純水を吸着した試験物の質量あたりの吸着した油の質量の割合(吸着率)(※2)を算出した
6. 1~5までを残渣の種類、油の種類をそれぞれ変えて繰り返し実験した

※1 残渣が吸着した油の質量④ = ③ - (①+1.0g)

※2 吸着率(%) = ④ ÷ ② × 100

実験2 炭化させた残渣粉末による吸着量の測定

[実験準備]

乾燥させた残渣をそれぞれ空き缶の中に入れ、アルミホイルを被せて針金で周りを巻いた。アルミホイルに小さな穴を数か所あけ、ガスコンロで残渣が炭化するまで中火で加熱した(図3)。炭化した残渣をミルを用いて粉末にした(以降、炭粉と呼ぶ)。

[実験手順]

実験1と同様の手順で行い、それぞれの炭粉の吸着率を算出する



図1 混合液



図2 実験の様子



図3 炭化の様子

4.結果

実験1

乾燥させた粉末と油の組み合わせによって吸着率には差が生まれたが(表1)、油の種類ごとの吸着率の平均には大きな差は見られなかった(図4)。

	ごま油	サラダ油
キャベツ	19	20
白菜	26	21
とうもろこし	40	37
オレンジ	15	9
人参	12	17
ピーナッツ	29	24
もみ殻	19	20
ネギ	26	41
玉ねぎ	25	22

表1 実験1における吸着率(単位 %)

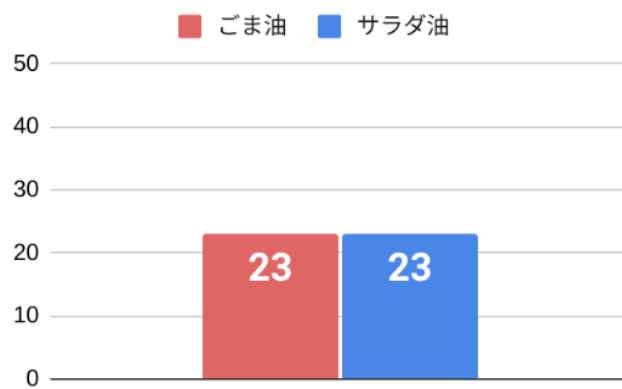


図4 2種類の油に対する吸着率の平均 (単位 %)

実験2

乾燥させた粉末同様に組み合わせによって吸着率には差が生まれた。また、乾燥させた粉末の吸着率の平均と炭化させた粉末の吸着率の平均では有意差が認められた。

	実験1	実験2
キャベツ	19	29
白菜	26	38
とうもろこし	40	41
オレンジ	15	35
人参	12	35
ピーナッツ	29	35
もみ殻	19	27
ネギ	26	46
玉ねぎ	25	44

表2 ごま油を用いた試料の吸着率(%)

	実験1	実験2
キャベツ	20	43
白菜	21	30
とうもろこし	37	58
オレンジ	9	44
人参	17	38
ピーナッツ	24	42
もみ殻	20	42
ネギ	41	48
玉ねぎ	22	55

表3 サラダ油を用いた試料の吸着率(%)

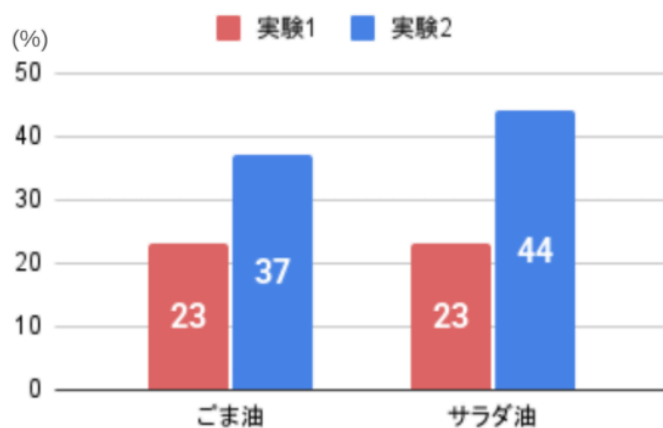


図5 実験1.2の吸着率の比較

5.考察

吸着率は用いる油と残渣の種類の組み合わせによって変化した。また実験1と実験2の比較(図5)から、実験2の平均の吸着率は実験1の平均の吸着率より双方の油において高いため、炭化は油の吸着率を上げると考えられる。

実験1と実験2のどちらにおいても1種類の油に対する吸着率は残渣ごとに異なっている。これは残渣に含まれる疎水性、親油性の成分(リモネン・ β -カロテンなど)がどのくらい含まれているかが要因であると考えられる。また1種類の残渣に対する吸着率は油ごとに異なっている。これは油ごとの粘度や成分の違いが要因であると考えられ、これらのことから油の種類ごとに応じて最も吸着に適した種類の残渣があると推察できる。

6. 今後の展望

今回私たちは9種類の残渣と2種類の油のみを用いて、生活排水による油汚染を想定した研究を行ったが、実際にはさらに多くの種類の残渣が捨てられ、また生活排水の他に産業排水に含まれる重油、軽油等の油流失も河川や海の汚染原因となっている。それを踏まえ、より実用的な油吸着材を作成するために、今後はさらに多くの油と残渣の種類で実験を繰り返し、油を吸着しやすい構造の解明や炭化そのものの効率化を図っていき、環境の保全に寄与する研究を進めていきたい。

7. 参考文献

1 吉岡正則、本多淳一 植物性材料を用いた油吸着材、その製造方法、及び油処理方法

<https://patents.google.com/patent/JP2004167481A/ja> 2024年6月3日閲覧

2 農林水産省 令和5年度 食品産業リサイクル等調査委託事業

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/attach/pdf/161227_8-93.pdf 2025年1月30日閲覧

3 日刊工業新聞 炭の正体に迫る

https://pubdata.nikkan.co.jp/uploads/book/pdf_file5326a18384c1f.pdf 2025年1月27日閲覧

4 日本ガイシ【炭づくり】くだものだって「炭」になる！(No. 28)

<https://site.ngk.co.jp/lab/no28/> 2025年1月8日閲覧

5 飯塚 博 植物のマクロな多孔質構造を利用した炭素粉体の開発とその応用

https://www.jstage.jst.go.jp/article/networkpolymer/31/5/31_233/_pdf 2024年6月29日閲覧

6 神奈川県立厚木高等学校 SSH研究開発資料 2年A組9班

https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/20240502_r_a.pdf 2025年1月27日閲覧

生成AIと人間が書いた文章の構造とそれぞれから受ける印象の違い

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 α 2班

1.背景

近年、宿題や課題でChatGPTを始めとした生成AIを使う人が多い。生成AIに聞けばわかるのだから、人間が学校などで学ぶ意味があるのだろうか、という声もよく聞く。そこで人間が学習し文章等で表現する意味とはなにかを再確認したいと考えた。

2.目的

生成AIと人間の文章の相違点を見つけ「人間が学習し、表現する意味」を再発見する。

3. 仮説

文字数が近く、同じテーマについて述べた文章を比べた場合、生成AIと人間の文章の間では使用される品詞の割合に有意差がある。

生成AIと人間が書いた文章の分かりやすさについてアンケートを行った場合、それぞれの文章に対して分かりやすいと答える人数に有意差がある。

4.方法

4-1実験方法

2つの実験を行った。

実験1:各文章で使われる品詞の割合を調べる実験

①3つテーマを用意し、それぞれについてChatGPT(人間の書いた文章の文字数に極力揃える)、人間(筆者は全て違うもので、書籍等から引用)が書いた説明文を用意した。

(テーマ1:フランツ・リスト、テーマ2:後期高齢者医療制度、テーマ3:刺胞動物)

②それぞれの文章をMeCabを用いて形態素解析し、使用されている品詞の割合をまとめた。

③品詞の出現頻度について有意差の有無を下記の検定方法を用いて検証した。

〈図1:MeCabを用いた形態素解析〉



実験2:アンケートを用いて各文章のわかりやすさを調べる実験

- ①実験1で使用したテーマごとのChatGPT、人間の文章を1セットとして、それを3セット用意。どちらの文章がわかりやすいかを選択式で選んでもらうアンケートを、Googleフォームを用いて作成した。
- ②それぞれの文章に対してわかりやすいと答えた人数に有意差があるか下記の検定方法で検証した。

追加実験:実験1と2で使用した文章を解析ソフトを用いてわかりやすさを比較する実験

- ①日本語文章難易度判定システムjReadability Portalを用いて実験で使用した文章をリーダビリティスコア(高いほど読みやすい)として数値化し表に表した。
- ②表からそれぞれスコアを比較し考察した。
- (リーダビリティスコアは{平均文長-0.056}+{漢語率-0.126}+{和語率-0.042}+{動詞率-0.145}+{助詞率-0.044}+11.724 の式で算出される。)

4-2客観的な有意差の検証方法

実験1:AIが書いた文章の品詞の割合と人間が書いた文章の品詞の割合に関して、各品詞の割合を10000倍した値に対し、有意水準0.05の χ^2 二乗検定を行い、その結果に対してGoogle スプレッドシート上で残差分析を行った。また、極端な差をなくすため、人間の文章同士、AIの文章同士の品詞の偏りも、同様の手順で分析した。

実験2:厚木高校生を対象にしたアンケートの結果に対して、Google スプレッドシート上で二項検定を行い、どちらがわかりやすい文章だったかを検証した。アンケートのサンプル数は102人であった。

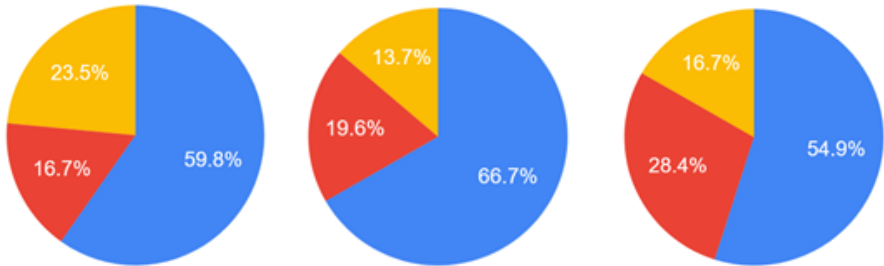
5.結果

実験1:帰無仮説「各文章の各品詞カテゴリの度数に偏りはない」が立証された。

〈表1 文章に含まれていた品詞の割合〈%〉〉

	名刺	助詞	記号	助動詞	動詞	その他合計
ChatGPT	42.8%	25.3%	11.6%	5.10%	12.0%	3.00%
人間	44.8%	21.7%	15.2%	5.30%	10.6%	2.40%

実験2:すべてのテーマで生成AIの文章の方がわかりやすいと答える人が統計的に有意に多かった。
〈左から図2 3 4:左からテーマ1、2、3のどちらの文章がより分かりやすいかという質問の回答〈%〉〉



青→生成AI 赤→人間 橙→どちらも変わらない

追加実験:すべてのテーマで生成AIの文章の方が人間の文章よりもリーダビリティスコアが高かった。

〈表2:文章ごとのリーダビリティスコア一覧(単位は無し)〉

テーマと作成	テーマ1 人間	テーマ1 AI	テーマ2 人間	テーマ2 AI	テーマ3 人間	テーマ3 AI
リーダビリティスコア	1.98	2.36	0.95	1.18	1.86	2.74

6. 考察

実験1からは、AIと人間の文章の間に品詞の割合に大きな差はないと考えられる。

実験2から、多くの人が生成AIの文章のほうがわかりやすいと感じると考えられる。

追加実験からは、リーダビリティスコアの判定材料となる「テキスト情報」より、生成AIは人間と比べて一般的な語彙が多く、読みやすい文章を作成することに長けている可能性が高いと考えられた。また実験1及び実験2からは、使用されている品詞の割合とは別の要因が働いて、わかりやすさに影響を与えていると考察できる。

7. 今後の展望

リーダビリティスコア及びテキスト情報で差が見られた、総文数や総形態素数、平均語数などの項目を機械学習フレームワークのHugging Faceなどを用いて学習させる。このことで、人間のリーダビリティスコアに近い、つまり語彙や表現に特徴を持った文章を作成できるかどうかを検討する予定だ。作成できなかった場合は、「背景」の人間が学習し文章等で表現する意味の再発見、につながると考える。

8. 参考文献 文章引用元 使用ソフトウェア

8-1 参考文献

[1] いちばんやさしい、医療統計 残差分析とは？使い方やエクセルでの計算方法をわかりやすく解説！

<https://best-biostatistics.com/contingency/zansa-bunseki.html#i-2> 2024年5月22日閲覧

[2] 統計Web 27-4. 予測値と残差

<https://bellcurve.jp/statistics/course/9704.html> 2024年5月22日閲覧

[3] 山下裕毅 ChatGPTと人間の違いは？約4万件の質疑応答から中国の研究者らが分析

<https://www.itmedia.co.jp/news/amp/2301/30/news058.html> 2024年5月28日閲覧

8-2 文章引用元

[1] 監修 皆川達夫 (1995)『楽器 歴史、形、奏法、構造』 マール社

[2] 独立行政法人福祉医療機構 用語集医療

<https://www.wam.go.jp/content/wamnet/pcpub/iryo/handbook/dictionary/> 2024年7月16日閲覧

[3] 日本動物学会 (2018)『動物学の百科辞典』 丸善出版

8-3 使用ソフトウェア

[1] Open AI ChatGPT

<https://openai.com/ja-JP/chatgpt/overview/> 2024年4月23日から同年12月23日まで使用

[2] jReadability Portal jReadability Portal

<https://jreadability.net/> 2024年8月23日から同年12月23日まで使用

[3] 柏崎インターネットサービス js-STAR_XR+

<https://www.kisnet.or.jp/nappa/software/star/> 2024年8月23日から同年12月23日まで使用

[4] 京都大学情報学研究科 MeCab

<https://taku910.github.io/mecab/> 2024年8月23日から同年12月23日まで使用

リモネンの高濃度抽出法の検討

神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 α 3班

1. 背景

日本の家屋に危険な影響を及ぼすシロアリの駆除に使われる薬品にはシックハウス症候群¹が引き起こすものがある。一方で普段我々が口にする柑橘類の果皮に含まれるリモネンには、シロアリへの忌避効果があるという研究結果^{2,3}がある。また、柑橘類は不可食部(主に果皮部分)が大きく、廃棄される量も多い。捨てられてしまうものから、より効果的で人体に優しい忌避剤の原料を抽出するためにどのような手順を踏むべきか検証することを試みた。

2. 目的

柑橘類(本実験においてはネーブルオレンジ(*Citrus sinensis* var. *brasiliensis*))からリモネンを高濃度で抽出し、高い効果で安全に使用できるシロアリ忌避剤を精製する。

3. 仮説

オレンジの果皮から、アルベド(実と皮の間の白い部分)を除去したり、いくつかの方法からリモネンを抽出したりして得た抽出液を、活性炭を用いたろ過や遠心分離をした液体は、より高濃度な抽出液になる。T検定において、抽出したままの液体の濃度と、活性炭によるろ過や遠心分離をした後の液体の濃度は変わらない、という帰無仮説が棄却される。

4. 方法

実験1-1：圧搾法による抽出

・材料と器具

材料：ネーブルオレンジ(*Citrus sinensis* var. *brasiliensis*)

器具：SHIBOROUS(圧搾機)、水切りネット(不織布)

・実験方法

- 【1】ネーブルオレンジの果皮40gを1cm×1cmの大きさに切り、水切りネットに包んでSHIBOROUS(圧搾機)を用いて圧搾し、出てきた液体を採取する。
- 【2】採取した液体をさらに不織布で濾す。
- 【3】アルベドを取り除いたもので同様の手順によって実験を行う。



図1 圧搾の様子

実験1-2：溶剤抽出法による抽出

・材料と器具

材料：ネーブルオレンジ(*Citrus sinensis* var. *brasiliensis*)

エタノール、シクロヘキサン、ジエチルエーテル

器具：ロータリーエバポレーター、ビーカー(200ml)、ピペット(10ml)、ナスフラスコ(ロータリーエバポレーター付属、600ml)、ガラス棒

・実験方法

- 【1】ネーブルオレンジの果皮40gを圧搾法の時と同様に切り、ビーカーに入れる。
- 【2】ビーカー(200ml)に果皮が浸るくらいまでそれぞれの薬品を注ぎ、果皮をガラス棒でつつく。
- 【3】液体のみを取り出してナスフラスコ(600ml)に移し、規定通りにエバポレーターで蒸留する。
- 【4】ある程度液体が減ったら機械を止める。
- 【5】アルベドを取り除いたものでも同様の手順によって実験を行う。

実験2-1(実験1終了時に行う)：活性炭によるろ過

(ペクチンにより固まった部分を取り除く)

・材料と器具

材料：実験1-1、1-2で取り出した液体

器具：ろうと、ビーカー、ガラス棒、ろ紙

・実験方法

【1】抽出した液体に活性炭(顆粒)を入れ、ガラス棒でよく混ぜる。

【2】ろうとにろ紙を用意し、活性炭を混ぜた液体をろ過する。

実験2-2(実験1終了時に行う)：遠心分離

(密度の違いを利用し、リモネンを取り出す)

・材料と器具

材料：実験1-1、1-2で取り出した液体(各3ml)、純水

器具：マイクロチューブ、駒込ピペット(1ml)

・実験方法

【1】マイクロチューブに抽出した液体を入れる。試料の量が少ない場合、質量を合わせた純水をセットし、バランスを取る。

【2】3000回/分で15分間遠心分離を行う。

【3】遠心分離終了後、2層に分かれた液体をピペットで取り出す。

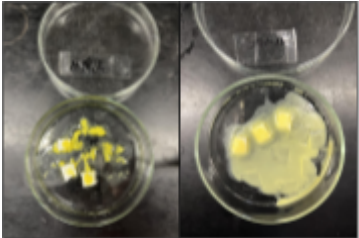


図2.3 濃度の測定の様子
左：(圧搾法) 右：(溶剤抽出法、エタノール)

実験3(実験1,2終了時に行う)：濃度の測定

・材料と器具

材料：実験1,2で採取した液体

器具：発泡スチロール(約1×1×1cm)、シャーレ、ピペット(5ml)

・実験方法

【1】シャーレに発泡スチロールを入れ、抽出液をそれぞれ1ml加える

【2】1時間後、メスシリンダーを用いて溶けた後の発泡スチロールの体積を測る。

5. 結果

実験1-2 溶剤だけでも発泡スチロールを溶かしてしまったため、この抽出液ではそれ以降の実験は行えなかった。

実験2-1 ろ過後の液体は微量しか得られず、発泡スチロールを浸しても体積は1cm³で変わらなかった。

実験3 それぞれの液体の検定後の図

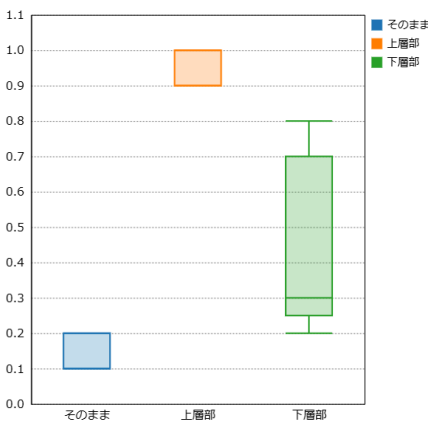


図4 圧搾法(アルベドなし)
そのまま、遠心分離後の上層、下層
の箱ひげ図

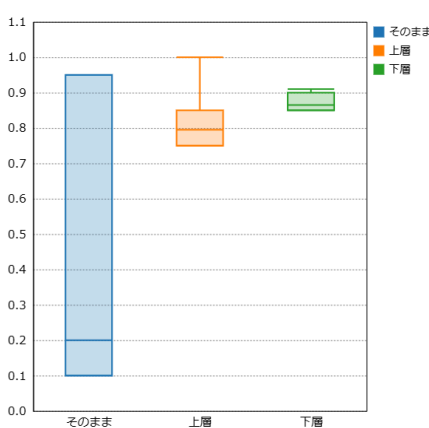


図5 圧搾法(アルベドあり)
そのまま、遠心分離後の上層、下層
の箱ひげ図

T検定 アルベドなし	
そのままと上層	そのままと下層
0.00000105746359	0.01423010163
T検定 アルベドあり	
そのままと上層	そのままと下層
0.01070082691	0.001185538123
T検定 そのまま	
アルベドありとなし	
	0.5

図6 T検定により算出したp値
①圧搾法アルベドなしのT検定
そのままと遠心分離後の上層、下層
②圧搾法アルベドありのT検定 ①と同様
③そのまま同士のT検定 アルベドありとなし

図4、5

縦軸は溶けずに残った発泡スチロールの体積[cm³]を表す。
遠心分離において、上層は液体層、下層は固体層を指す。

図6

有意水準=0.05としてT検定を行った。

アルベドの有無に関わらず、抽出したままの液体と遠心分離をした液体では $p < 0.05$ となり、有意差が見られた。

6. 考察

圧搾法で抽出してから処理をしていないものと遠心分離をしたものでは濃度に差が見られたことから、抽出後の処理によってより効果的にリモネンが抽出できると考えられる。

活性炭を用いた実験では、表にはないが発泡スチロールが溶けなかった。アルベドはペクチンでできたものである。このことと、図4・5の内容を踏まえると、ペクチン(すなわち遠心分離における固体層)が凝固する際にリモネンも取り込んでしまったのではないかと考えられる。

7. 今後の展望

溶剤抽出法では溶媒自体がプラスチックを溶かしてしまい比較が困難であったため、検証のしやすい溶媒を用いることを検討したい。このように抽出した物質をガスクロマトグラフィー等で定量分析し、実際に濃度が変わっていることを検証する必要がある。また、このように抽出した物質のシロアリ忌避効果を実際にシロアリを用いて検証する必要がある。

8. 参考文献

1 厚生労働省 医薬局 医薬品審査管理課 化学物質安全対策室 第24回シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会

2025.1.31 閲覧<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/001138288.pdf>

2 j-stage オレンジ皮からリモネンを取り出す

2024.6.27 閲覧https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/48/4/48_KJ00003521285/_pdf

3 厚木高校77期2年A組8班 α オレンジ果皮由来のシロアリに対する忌避剤の生成

2024.6.28 閲覧https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/20240502_s_02.pdf

4 国立大学55工学系学部ホームページ 発泡スチロールでオリジナルスタンプを作ろう

2024.6.29 閲覧[160906_02.php](https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/20240502_s_02.pdf)

5 SUUMOジャーナル5軒に1軒は床下にシロアリが潜む！？その被害と対策は

2024.8.3 閲覧<https://suumo.jp/journal/2016/04/14/109407/>

6 カラパイア オレンジの皮のパワーってすごかった。12,000トンのオレンジの皮が自然に青々とした緑をもたらすまで

2024.8.3 閲覧 <https://karapaia.com/archives/52245209.html>

7 戸建ての平均延床面積、坪数ってどれくらい？あなたが求める広さを確認しよう

2024.8.3 閲覧 <https://www.whalehouse.co.jp/kodate-heikin-menseki/>

透過型砂防堰堤における新たな形状の提案

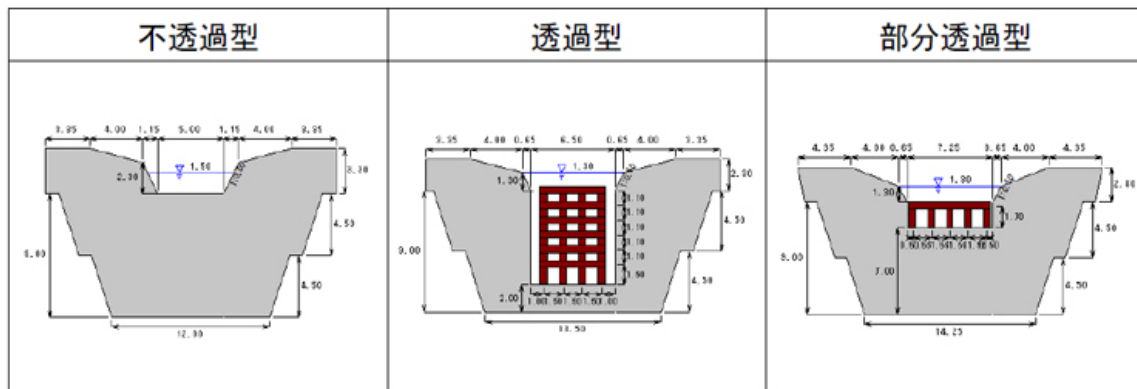
神奈川県立厚木高等学校
2年H組 β 4班

1. 背景

砂防堰堤(砂防ダム)とは、山地や溪谷の急峻な地形において、土砂災害から人命や財産を守るために造られる構造物である。豪雨や地震などによって発生する土石流をせき止め、土砂の流出を抑制することで、下流域の市街地や農地などを保護する役割を果たす。

図1の通り、砂防堰堤は透過型・不透過型・部分透過型に大別される。

図1 砂防堰堤の形状と種類

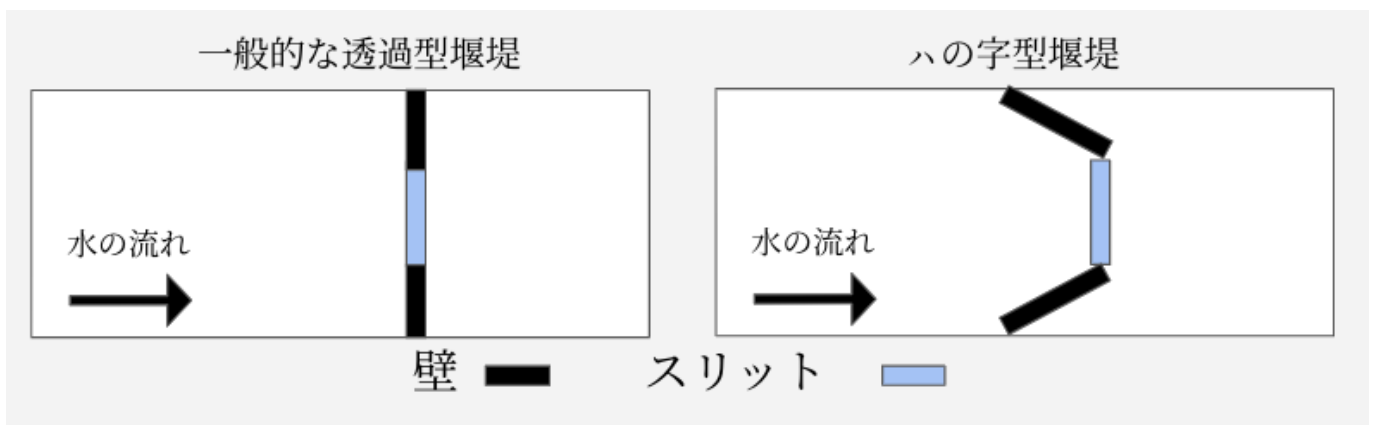


近年、透過型砂防堰堤の有効性が再注目されている。しかし、各河川によって自然条件や用途は異なるためそれぞれに最適な形状が必要である。

2. 目的

私たちは透過型砂防堰堤に注目した。図2の通り、一般的な透過型堰堤は川の流れに対し垂直な壁とスリットからなっている。これに対し私たちは川の流れに対して任意の角度をもたせるハの字型堰堤という独自の形状を考案した。今回の実験では、このハの字型砂防堰堤の有用性を検証することを目的とする。

図2 ハの字型堰堤の形状



3. 仮説(なくてもよい)

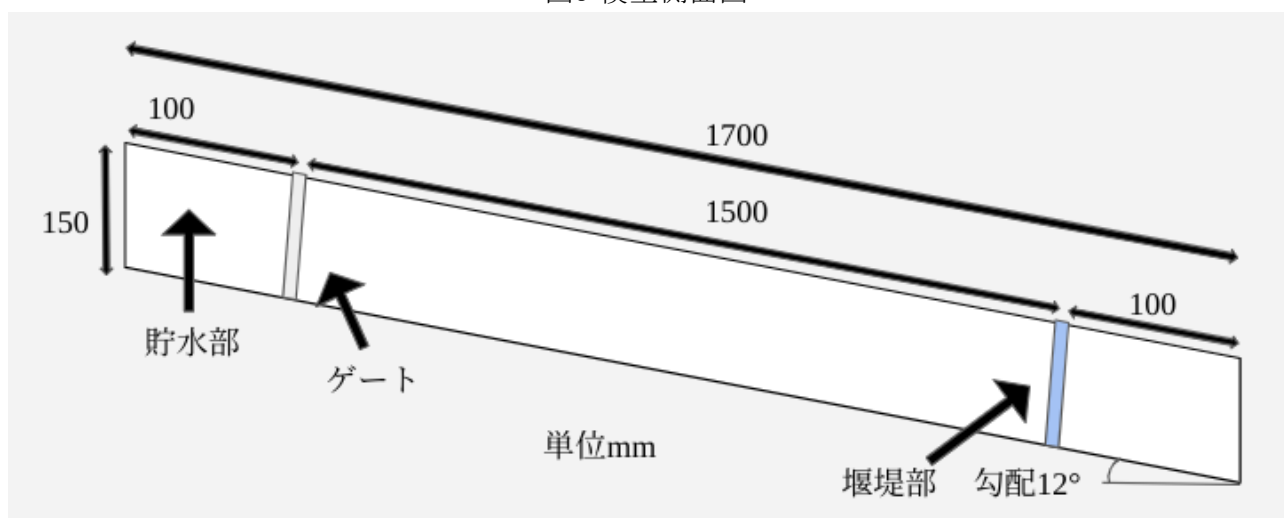
4. 方法

4-0. 下記の先行研究を参考にした。

- ・先行研究1「スリットを有する砂防ダムに関する実験的研究」建設省土木研究所
 - ・先行研究2「鋼製透過型砂防堰堤の流木閉塞による土砂捕捉に関する実験的検討」防衛大学校
- どちらの研究も川の模型を用いて疑似的に川の流れを再現していた。これを参考に私たちも模型を用いることにより、ハの字型堰堤の有用性を検証することにした。

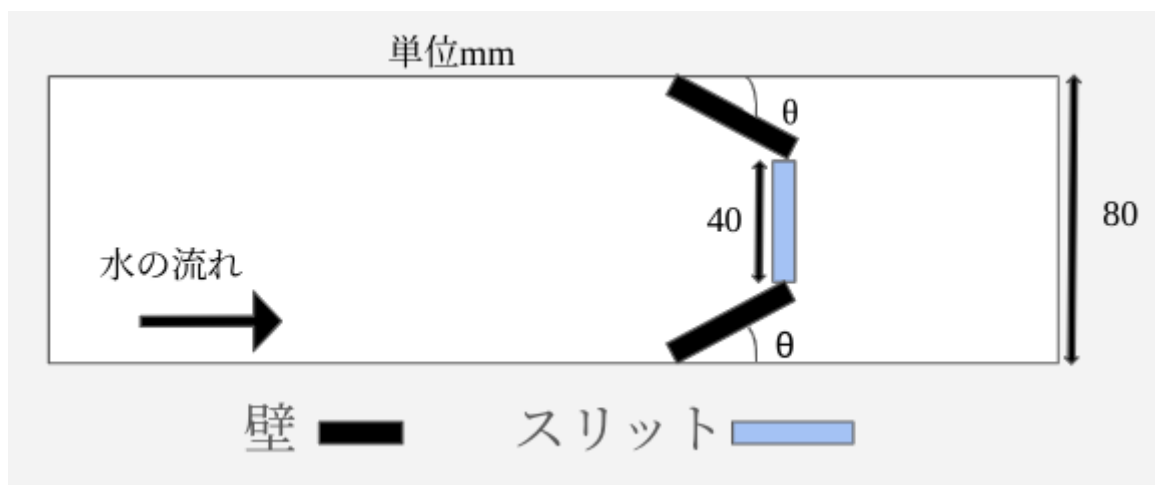
4-1. 図3に実験に用いる実験装置の側面図を示す。この模型は先行研究1「スリットを有する砂防ダムに関する実験的研究」の装置を参考に、実際の河川の規模の約400分の1の縮尺である。この実験装置で河川と堰堤を疑似的に再現する。左上の貯水部から水や土砂を流し、右下の下流部で水を収集する。堰堤部は下記の図4に示す。

図3 模型側面図



4-2. 図4に実験装置の堰堤部の平面図を示す。角 θ を変数とする。
したがって、 $\theta=90^\circ$ のとき一般的なハの字型堰堤を表す。
スリットの格子ごとの幅は8mmとする。

図4 模型平面図



4-3. 粒径半径5mm程度の小石の混合物を土砂と見立てる。これを土砂モデルと呼ぶ。

4-4. 条件 $\theta=10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ において、河川の平常時を想定し250mlの水と微量の土砂モデルの流体を実験装置上部から流し、流体が詰まらずに流れることを確認する。詰まりが確認された条件は以下の実験から除外する。

4-5.条件 $\theta=10^{\circ}, 20^{\circ}, 30^{\circ}, 40^{\circ}, 50^{\circ}, 60^{\circ}, 70^{\circ}, 80^{\circ}, 90^{\circ}$ のうち4-4で正常に流れることを確認した条件において、土砂災害発生時を想定した500mlの水と50gの土砂モデルを混ぜた流体を上流から流す。下流部に流れてきた土砂モデルの量を測定する。

4-6.4-5をそれぞれの条件で5回行う。

4-7.下記の計算値によって平均捕捉量と平均捕捉率を導く。

(平均捕捉量)=(捕捉した土砂モデルの5回の合計) \div 5

(平均捕捉率)=(平均捕捉率) \div 50 \times 100

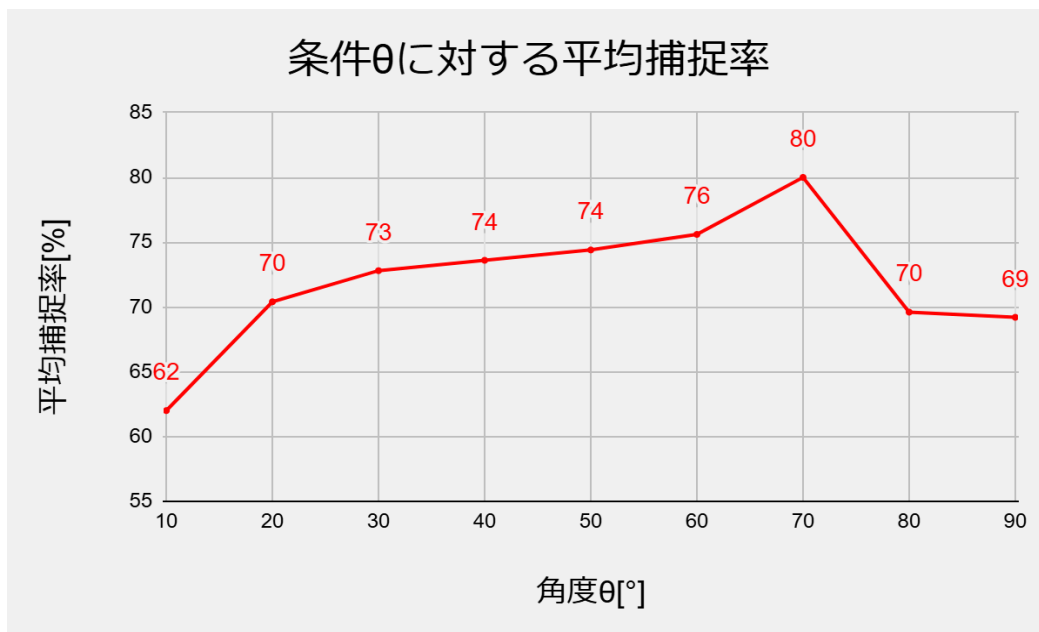
5. 結果

- 4-4において、通常時を想定した微量の水と土砂はすべての条件でスリットを通過した。
- 4-6における土砂モデルの捕捉量・平均捕捉率を表1、図5に示す。

表1 非常時土砂モデル捕捉量結果

θ [°]	非常時補足量[g]					平均	平均捕捉率
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目		[%]
10	31	34	33	31	26	31	62
20	34	36	35	36	35	35	70
30	38	34	38	36	36	36	73
40	38	37	36	35	38	37	74
50	37	38	37	37	37	37	74
60	41	39	36	37	36	38	76
70	42	40	39	41	38	40	80
80	35	38	36	32	33	35	70
90	36	35	37	33	32	35	69

図5 条件 θ に対する平均捕捉量のグラフ



6. 考察

6-1. 帰無仮説「ハの字型堰堤は通常の透過型堰堤と捕捉量に違いはない」を立て、通常の透過型堰堤（条件 $\theta=90^\circ$ ）と各条件を有意水準 $\alpha=0.05$ とし両側t検定を行う。各条件で求めた p_1 の値を表2に示す。

表2 条件 $\theta=90^\circ$ とのt検定の結果（有意水準 $\alpha=0.05$ を下回る条件に染色してある。）

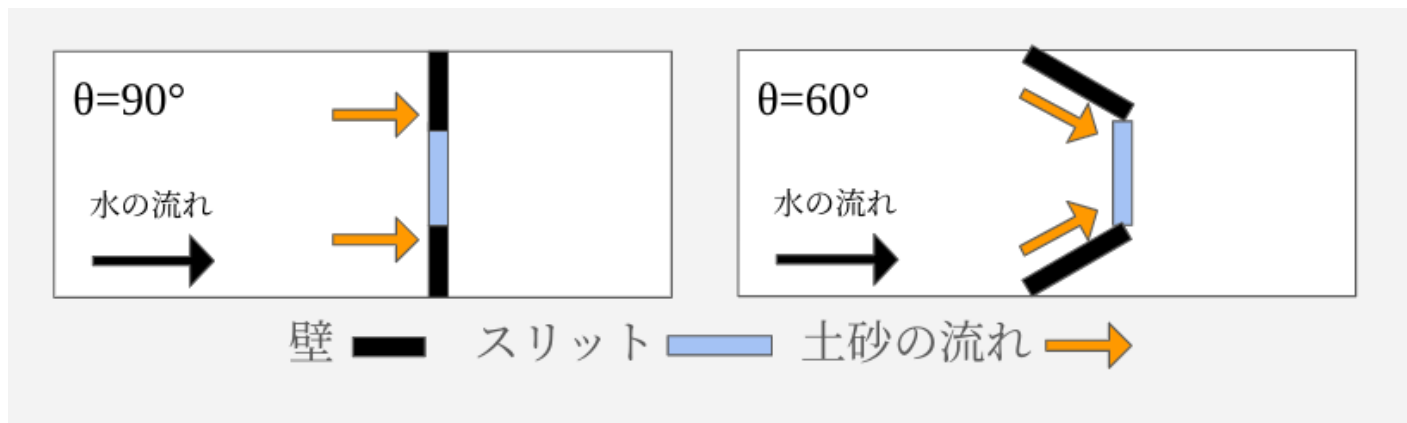
$\theta [^\circ]$	p_1
10	0.0669
20	0.5734
30	0.171
40	0.0862
50	0.0471
60	0.0442
70	0.002
80	0.8911
90	—

表2より、条件 $\theta=50^\circ$ 、 60° 、 70° にかけて有意水準 $\alpha=0.05$ を下回る。条件 $\theta=50^\circ$ 、 60° 、 70° において帰無仮説「ハの字型堰堤は通常の透過型堰堤と捕捉量に違いはない」は棄却され、ハの字型堰堤は通常の透過型堰堤と比べ捕捉量を上昇させることがわかる。

よって、ハの字型堰堤は条件によって捕捉率を上昇させると考えられる。

その原因として、スリットの幅は土砂より大きく、土砂は挟まり合うことでしか捕捉されない。図6よりハの字型堰堤は速やかに土砂がスリット部に集中するため、互いに挟まり合い捕捉されやすいと考えられる。

図6 堰堤部での土砂の流れのイメージ図



6-2.次に最も捕捉量が大きかった条件 $\theta=70^\circ$ に注目した。帰無仮説「条件 $\theta=70^\circ$ のハの字型砂防堰堤とほかの角度のハの字型砂防堰堤では捕捉率の違いはない。」を立て、条件 $\theta=70^\circ$ と各条件を有意水準 $\alpha=0.05$ とし両側t検定をする。各条件で求めた p_2 の値を表2に示す。

表3 条件 $\theta=70^\circ$ とのt検定の結果（有意水準 $\alpha=0.05$ を下回る条件に染色してある。）

$\theta [^\circ]$	p_2
10	0.0012
20	0.0009
30	0.0082
40	0.0087
50	0.0144
60	0.1076
70	—
80	0.0049
90	0.002

表3より条件 $\theta=60^\circ$ を除く条件で p_2 は有意水準 $\alpha=0.05$ を下回る。条件 $\theta=60^\circ$ 以外で帰無仮説「条件 $\theta=70^\circ$ のハの字型砂防堰堤とほかの角度のハの字型砂防堰堤では捕捉率の違いはない。」が棄却され、条件 $\theta=70^\circ$ のハの字型砂防堰堤とほかの角度($\theta=60^\circ$ 以外)のハの字型砂防堰堤では捕捉率の違いがあるとわかる。また、条件 $\theta=60^\circ$ では帰無仮説「条件 $\theta=70^\circ$ のハの字型砂防堰堤とほかの角度のハの字型砂防堰堤では捕捉率の違いはない。」は棄却されず、条件 $\theta=70^\circ$ と条件 $\theta=60^\circ$ のハの字型砂防堰堤では捕捉率の違いはないとわかる。これらのことから、捕捉量が最大になったのは $\theta=70^\circ$ であるから、条件 $\theta=70^\circ$ 、 60° で最も捕捉率が高く有効だと言える。

ただし、各河川で自然条件は異なり、一部の条件では僅かに捕捉率が低下しているため実際には各河川での用途や条件に応じて十分な検証が求められる。

7. 今後の展望

改善点として、試行回数が少ないこと、実験装置の精度が低かったことが挙げられる。これらを見直し、実際の河川に模したより大きな装置を用いることによって、具体的な河川に対するハの字型堰堤の有効性や問題点を求めたい。

特に近年では大雨による土砂災害の被害が増加傾向にあると示されることがある。建設に膨大な費用と時間がかかる構造物であり、またただひとつの構造物で多くの命や財を救える重要な役割を持つ社会基盤であるため、十分な検証と検討を進めることが求められる。

8. 参考文献

- 国土交通省北陸整備局 よくわかる「砂防」－砂防堰堤のはたらき
https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/jigyo/sabo/yoku/yoku_hat.html 2024/12/17閲覧
- FORUM8 砂防堰堤の設計 <https://www.forum8.co.jp/topic/ieiri-labo129.htm>
2024/12/17閲覧
- 第28回 水理 講演会論文集1 スリットを有する砂防ダムに関する実験的研究
https://www.jstage.jst.go.jp/article/prohe1975/28/0/28_0_723/_pdf/-char/en 2024/05/21閲覧
- 防衛大学校 鋼製透過型砂防堰堤の流木閉塞による土砂捕捉に関する実験的検討
http://www.koseisabo.gr.jp/report/H26/H26_4.pdf 2024/05/21閲覧

ソメイヨシノを用いた消臭剤の作成

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 β5 班

1. 背景

避難所でのトイレの臭いをストレスに感じている被災者の意見が多い。
また、トイレを使用したくないため水分や食料の摂取を控える人が増え、体力・免疫力低下によって持病が悪化したり、感染症にかかりやすくなるなどの問題が発生している。

2. 目的

災害によって精神状態が不安定になっている人々のストレスを少しでも軽減する。

3. 仮説(なくてもよい)

桜の樹液は酸性であり、トイレの臭いの元となっている主な成分の1つが塩基性であるアンモニアのため、桜の受益によってアンモニアが中和され、消臭効果が期待できると考えた。また、樹液が多く含まれるのは葉の蜜腺であるため、葉によって消臭効果が期待できると考えた。

4. 方法

アンモニアが気体の状態で試験管内に存在できる時間を調べるために、
水を入れたビーカーにそれぞれ生成したアンモニアと桜の葉をすりつぶしたもの、切ったものを入れラップで蓋をする。それぞれ2時間置くものと5時間中和滴定によりアンモニアの残量を調べる。

5. 結果

切った葉

2時間後で何も入れていない場合との間に有意差が生じた。

すりつぶした葉

2時間後では何も入れていない場合と有意差が生じていない。

5時間後で何も入れていない場合との間に有意差が生じた。

6. 考察

検定結果から、切った葉では2時間後には効果があり、すりつぶした葉では、5時間後には効果があることがわかった。これらの結果から、すりつぶした葉よりも、切った葉のほうが即効性があると考えられる。また、すりつぶした葉のほうが効果が少なかった原因として、桜の葉をすりつぶすときに使用したすり鉢、すり棒に消臭の要因となる桜の樹液が付着したことで、消臭に使われる樹液が切った葉よりも減少したためだと考えられる。

7. 今後の展望

消臭剤を加えた時のアンモニアの量のへんかを調べ、市販品との効果の差を調べる。

実際に使用してみた時にどれくらいの量が必要となるのか、また使わない時と比べてどのような感じ方の違いが起こるのかを調べる。

木の幹や枝などの今回使用した葉では無い部分でも同様の結果を得られるのかを調べる。

8. 参考文献

(1) 理数科2年D組 化学班 様々な物質の消臭効果

<http://www.yuri-h.akita-pref.ed.jp/yuri-h-cms/assets/uploads/2022/03/f826c3cf3757bc8a0b562af0f126bd5b.pdf>

(2) ハーパーベンソン株式会社 強力な消臭剤

<https://harper-benson.com/item/mira/feature/performance>

(3) 木と生きる.com 木材は消臭に役立つの？

<https://kitoikiru.com/2021/08/03/shoushu/#:~:text=A%3A%20%E6%9C%A8%E6%9D%90%E3%81%AF%E3%82%A2%E3%83%B3%E3%83%A2%E3%83%8B%E3%82%A2%E3%81%AA%E3%81%A9.%E3%81%AE%E9%99%A4%E5%8E%BB%E4%BD%9C%E7%94%A8%E3%82%82%E3%81%82%E3%82%8A%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82&text=%E7%B2%BE%E6%B2%B9%E3%82%92%E3%81%A8%E3%81%A3%E3%81%9F%E5%BE%8C.%E3%81%AB%E4%BD%8E%E4%B8%8B%E3%81%95%E3%81%9B%E3%81%BE%E3%81%97%E3%81%9F%E3%80%82>

(4) 日本消臭抗菌予防株式会社 消臭メカニズム・弊社独自の消臭方法

<https://www.yobo.co.jp/science/post-85.html>

(5) 大阪医療福祉専門学校 避難所における生活環境とストレスについて

<https://www.ocmw.ac.jp/contents/sotuken/archives/sotuken/41010>

ヴェリタスⅡ 研究レポート

2年 H組 6班 β 班員数 4 名

【タイトル】コーヒー摂取後に発生する口臭の軽減の検討

【研究カテゴリー】化学

【背景】

近年職場や学校などで口臭等による「スメルハラスメント」が起こっている。一般的にコーヒーを摂取すると独特な口臭が発生すると言われているが何がその原因になっていて、どうすればその口臭を軽減させることができるのかを究明したい。

【先行研究と概要】

コーヒー豆から超臨界二酸化炭素を用いてカフェインを抽出する

水分を含ませたコーヒー生豆を頑丈仲間の中に投入し、一定の熱と圧力をかけて超臨界流体にした二酸化炭素に接触させる。

そして、気体の拡散性と液体の溶解性を併せ持った超臨界流体の二酸化炭素がコーヒー生豆に染み渡り、溶媒として作用しながらカフェインのみを溶かし出す。

カフェインを溶かしだした二酸化炭素は、カフェインを除去しクリーンな状態に戻してから再利用する。このように機械の中で二酸化炭素を循環させてカフェインを取り出していく。

コーヒーを飲んだ後は口臭が強くなる

＜対象と方法＞

20歳から35歳までの男性5名、女性10名、計15名の健康成人を調査対象とした。コーヒーと対照の水を各1回飲用する実験をクロスオーバー法にて行った。実験に先立って口腔衛生指導及び歯石除去を実施し、歯周組織に問題がない状態で実験を開始した。実験にはインスタントコーヒー（ネスカフェゴールドブレンド）100mlを用い、甘味料などは加えなかった。対照の水も同量の100mlとした。コーヒー

飲用前、飲用15分後、60分後、120分後に官能検査及び機器測定(BBチェッカー、オーラルクロマ)にて口臭の強さを測定した。さらに代表的な口臭の原因物質である揮発性硫黄化合物を産生する嫌気性菌の加水分解活性についてBANAペリオを用いて各4回測定した。また、唾液の分泌量や性状についても各4回測定した。

〈結果〉

官能検査において、コーヒー摂取後の官能強度や最小感知距離は摂取前より高い値を保つ傾向にあった。一方で、水摂取後は摂取前より官能強度が低下する傾向にあった。コーヒーと水を比較すると、口腔内ガスおよび呼気ガスの官能検査では、コーヒー摂取15分後、60分後において、対照群と比較して官能強度が高く、最小感知距離が長かった。また、コーヒー摂取2時間後の官能強度も高かった。BBチェッカーを用いた機器測定では、コーヒー摂取120分後の口腔内ガスが対照群より高かった。BANAペリオを用いた嫌気性菌の加水分解活性は、コーヒー摂取120分後の時点で舌背部のBANAテスト値が対照群より高かった。コーヒー摂取120分後の刺激時唾液pHは対照群より低下していた。

【目的】

コーヒーを飲んだあとに発生する口臭を、匂わないコーヒーを作って周りへのスメハラを少しでも軽減する。

【仮説】

コーヒーから、口臭のニオイのもととなるカフェインやクロロゲン酸、酸味成分等の成分を抽出すれば、口臭が発生しづらいコーヒーが作れるのではないかと。

また、コーヒーに口臭のもととなるカフェインやクロロゲン酸、酸味成分の分量を増やすことで、摂取後に口臭にさらなる影響を与えるコーヒーが作れるのではないかと。

【実験方法】

コーヒーの粉2g、砂糖1袋、お湯140gを使ってコーヒーを作る。次に飲む前、飲んだ5分後、15分後、30分後の口臭をそれぞれ測定する。これにより、時間経過による口臭の変化を把握した。また、カフェインとクロロゲン酸の量を調整したコーヒーを用意し、それぞれの影響を比較した。測定機の精度を保つため、息を吐く時間を一定にし、実験条件を統一した。これにより、信頼性の高いデータを得ることにした。

【実験結果】

カフェインやクロロゲン酸の量を調整したコーヒーでは、匂いの強さに変化が見られた。ただし、被験者の人数が少なかったため、統計的な有意差を確認することができなかった。しかし、少数ながらも匂いの傾向に変化があることが確認された。この結果は、カフェインやクロロゲン酸が口臭に関与していることを示唆している。

図1 コーヒーが口臭に影響を与えるか

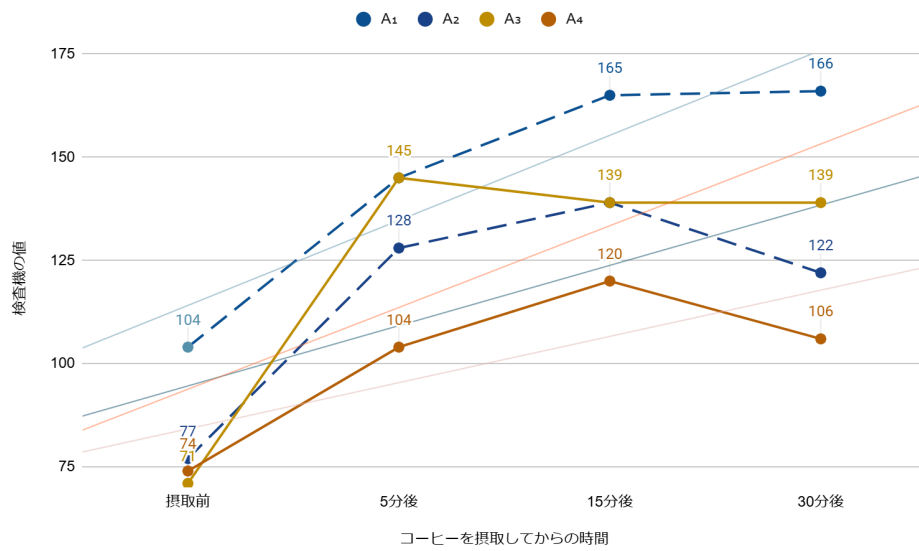


図2 カフェインの量の変化による匂いの変化

(それぞれA:カフェインなし B:カフェインあり)

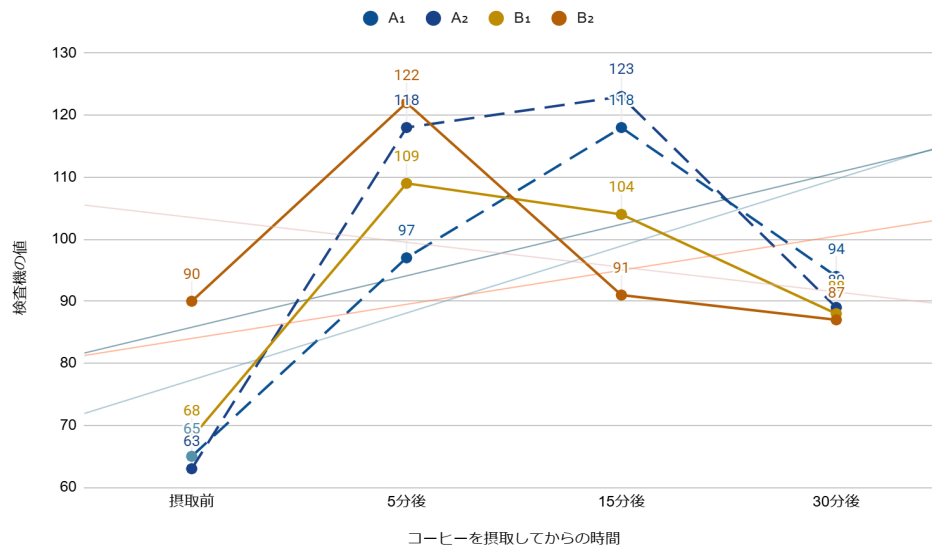
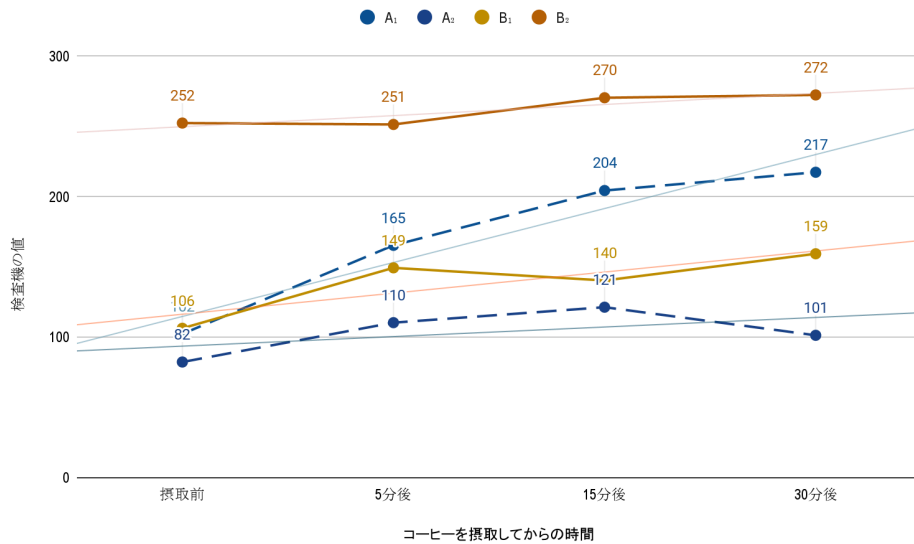


図3 クロロゲン酸量の変化による匂いの変化

(それぞれA:クロロゲン酸あり B:クロロゲン酸なし)



【考察】

臭いのもととなる成分を調整することで、口臭の軽減が可能である可能性が示された。今後は更に多くの被験者を対象により詳細なデータを収集する必要があると考えられた。

【今後の展望】

実験回数が少なかったのもっと回数を増やすこと、また匂いは多くの要素が関係していて今回のクロロゲン酸とカフェインの量だけでは決まらないので、ほかの成分に関しても抽出して実験していきたい。

【参考文献】

1. リケラボ編集部 おいしいカフェインレスコーヒーをつくる鍵は“超臨界技術”
<https://www.rikelab.jp/post/4874.html#> 2024年6月3日閲覧
2. 株式会社ダイオーズ コーヒーで口が臭くなるのはなぜ? 原因と簡単な口臭対策
<https://www.daiohs.co.jp/coffee/article/archives/1467/> 2024年6月3日閲覧
3. 東日本コーヒー商工組合 コーヒーの味は温度で変わる! 淹れるのに適した温度や飲み頃を紹介
https://www.ejcra.org/column/ca_122.html 2024年6月3日閲覧

タイトル 竹藪の構造による耐震性の検討

神奈川県立厚木高等学校
2年H組 β 7班

1,2.背景・目的

日本には古来から地震の際には竹やぶに逃げろという言い伝えがある。南海トラフ等の大地震が迫っている中、その伝承を技術として活かすことができれば多くの命を救うことができるのではないかと考えた。また日本の森林の多くを占める竹の有効活用を考えることで日本の林業を盛り上げられるのではないかと考えた。

3. 仮説(なくてもよい)

4. 方法

土を約3.5cmほど各容器に埋め、それに竹の根(綾瀬市城山公園、図1)を土に1.5cm埋め込んだ容器、木の根(厚木高校)を土に1.5cm埋め込んだ容器、何も埋めずに土を1.5cm埋めた容器の3つを用意し、それらに家の模型を1.5cmの深さに埋める(図2)。

それらを振動機(モーターやクランクを組み合わせた一定時間の間に往復運動をする装置)の上に載せ固定し、振動をさせる(図3)。

揺れの幅は実際の地震の揺れの基準を参考にして、縮尺100分の1で、震度6強想定 of 2.5cm、7 of 5.0cm、能登半島地震 of 10.0cm、東日本大震災 of 20cmとする。

振動後の家の傾きを、元々の地面と模型の柱との間の角度で(元々の地面の場所にはテープで印をつける)測り比較することで、どの程度の効果があったのかを測る。

また根を埋める土の強度に差を生じさせないため、一定量の土をフライパンとガスコンロで10分程度加熱して水分を除去したサラサラにしたものを使用して実験した。



図1竹の根の様子



図2模型の様子

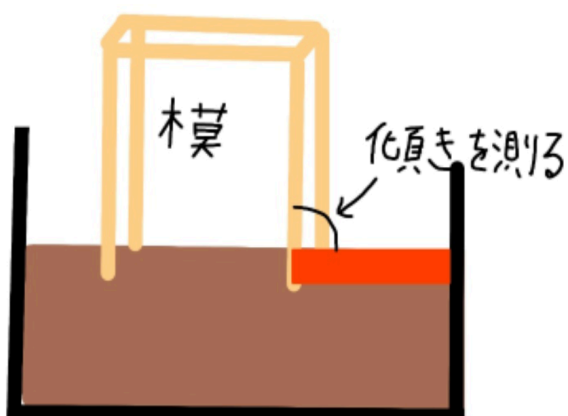


図3角度の測り方

振動機の作り方

ベースは木板や厚紙をベースとして使用する。

その後、回転運動を往復直線運動に変えるスライダクランク機構を作成し、それにモーターを取付けベースの中央に固定し振動を再現できるようにする(図4)。地震は主に横揺れなので今回は横に揺れる地震を再現するものとする。

その後、バッテリー、スイッチなどをモーターに接続し、振動の強弱を調節できるようにし、テコクランクの長さを揺れ幅に応じて変えることで、地震の揺れを正確に再現する。

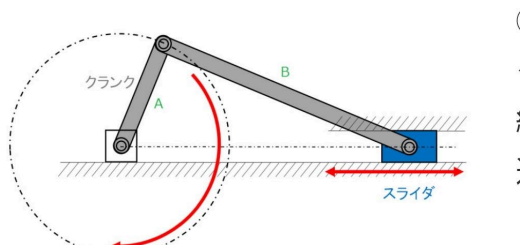


図4スライダクランク機構の仕組み



図5実験の様子

5. 結果

実験の結果は以下の表の通りとなった。

表1実験の結果

容器の種類	揺れ幅	2.5cm	5.0cm	10.0cm	20.0cm
竹の根		傾斜無し (1.無し 2.無し 3.無し)	傾斜無し (1.無し 2.無し 3.4.4°)	5.0° (1.4.8° 2.3.9° 3.6.2°)	13.2° (1.12.5° 2.14.7° 3.12.4°)
無し		傾斜無し (1.無し 2.無し 3.無し)	7.8° (1.7.9° 2.8.6° 3.6.9°)	12.5° (1.10.2° 2.27.4° 3.24.8°)	23.4° (1.18.1° 2.13.2° 3.14.1°)
木の根		*傾斜無し (1.無し 2.無し 3.無し°)	*傾斜無し (1.無し 2.無し 3.無し°)	*9.8° (1.11.2° 2.8.6° 3.9.6°)	*18.8° (1.21.1° 2.14.4° 3.20.9°)

※1 実験の結果は3回繰り返した結果の平均

※2木の根ありの結果は諸事情のため計器を用いる事ができず手動で行ったため参考程度

※3 試行回数が少ないため、有意差の検証はなし

6. 考察

実験から何も埋めていない場合や木の根を入れた場合と比べ、竹の根を埋めた場合の傾斜が小さいことがわかった。よって竹の根の構造により、耐震性が上がっていると考えられる。

また実際は建物の傾斜10度から倒壊の危険性が急速に高まるので、無補強の地盤に建てられた家は震度7から急速に倒壊の可能性が高まると考えられる。

したがって、竹の根で強化した場合はマグニチュード8未満の地震への非常に耐震性が高くなり、マグニチュード9程度の地震にも一定の効果が期待できると考えられる。

実際竹の根は網目のようにびっしりと広がっていて、地面の土を巻き込み一繋がりとなった地下茎のグループがいくつも存在していることが確認できる。したがって地盤が安定した状態になり、ある程度の力が加わっても地面が崩れないという特性があるため、このような結果が生じたと考えられる。

7. 今後の展望

今回は竹の根の直接的な地震への耐震性を実験したが、地震の間接的影響である液状化の実験も竹の根の活用に有効であると考えた。

竹の根は他の木の根と比べて吸水性に優れているため、地下水を吸収し、液状化の被害を抑えられる可能性があるのでそこも追求していきたい。これは竹の根の構造だけではなく竹本体による耐震性の証明にもつながると考えられる。

8. 参考文献

J-Stage(2017)『斜面安定に対する竹林地下部の力学的効果』

https://www.istage.jst.go.jp/article/sabo/70/1/70_3/pdf/-char/ja

2024年5月21日閲覧

アボカドの抗菌作用の検証と防腐剤への有用性について

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 β 8班

1. 背景

ある特許情報^{※1}によると、アボカドに含まれるペルシンという物質(図1)に抗菌作用があるということがわかっている。そこで、この成分を使った防腐剤が作れるのではないかと考えた。また、この成分はアボカドの果実部分だけではなく、葉や種子の部分にも含まれているということがわかっている。よって、普段廃棄している部分を再利用し環境に優しい自然由来の防腐剤を作ることができると思った。

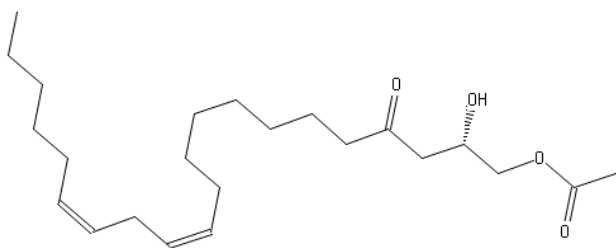


図1 ペルシン(persin)の構造式^{※2}

2. 目的

アボカドから抽出した溶液(ペルシン溶液)に抗菌作用があるかを確認し、アボカドを用いた防腐剤としての有用性について検証する。

3. 仮説

アボカドから抽出した溶液(ペルシン溶液)を抗菌試験に供した際に、腐敗の要因となる細菌、微生物の繁殖数は抑えられる。

4. 方法

実験1-1 ペルシン溶液抽出実験

・材料と器具

材料:アボカド(*Persea americana*)、50%エタノール、純水

器具:ビーカー(100ml)、駒込ピペット(10ml)、マイクロピペット、ガラス棒、まな板、包丁

・方法

1. アボカド4.0gを包丁で細かく砕いた。
2. 50%エタノール50mlに1を加え、ガラス棒でよくかき混ぜ、2週間ほど放置した。
3. ここでできた黒色の液体を、以降ペルシン溶液とする。

実験1-2 滅菌水と寒天培地の作成

・材料と器具

材料:純水、寒天粉末

器具:試験管、三角フラスコ(200ml)、駒込ピペット(10ml)、オートクレーブ

・方法

1. 試験管6本それぞれに純水10mlを入れた。
2. 三角フラスコ(200ml)に寒天粉末4.0gと純水100mlを加え、よく振って混ぜた。
3. 1と2を、オートクレーブを用いて20分間、121℃で温めた。

4. 以降、3の動作を行った1を滅菌水、2をシャーレに流し込んで固めたものを寒天培地とする。

実験2-1 ペルシン溶液の抗菌作用の有無の確認

・材料と器具

材料: ペルシン溶液、50%エタノール、滅菌水、寒天培地、納豆(小粒納豆ローソン)

器具: ビーカー(500ml)、ろ紙(直径8mm)、試験管、駒込ピペット(10ml)、マイクロピペット、乾熱滅菌器、クリーンベンチ

・方法

1. 納豆3粒と滅菌水10mLを試験管に入れ、懸濁させた。
2. 1を希釈し、懸濁液原液、10倍希釈液、100倍希釈液を作製した。
3. 寒天培地9つに、2で作成した3種類の懸濁液を3つずつ塗布した。
4. ろ紙(直径8mm)に滅菌水、50%エタノール、ペルシン溶液をそれぞれ染み込ませ、3の各種類の寒天培地の中央にそれぞれ設置した。
5. 4を30℃に保ったまま3日間納豆菌(*Bacillus subtilis*)を培養した。
6. 培養後に阻止円の面積を測定し、比較した。

実験2-2 ペルシン溶液の抗菌作用の大きさの確認

・材料と器具

材料: ペルシン溶液、次亜塩素酸水(キッチンブリーチ)、滅菌水、寒天培地、納豆(小粒納豆ローソン)

器具: ビーカー(500ml)、ろ紙(直径8mm)、試験管、駒込ピペット(10ml)、マイクロピペット、乾熱滅菌器、クリーンベンチ

・方法

1. 納豆3粒と滅菌水10mLを試験管に入れ、懸濁させた。
2. 1を希釈し、10倍希釈液を3つ用意した。
3. 寒天培地6つすべてに2を塗布した。
4. ろ紙(直径8mm)にペルシン溶液、次亜塩素酸水(キッチンブリーチ)を3つずつ染み込ませ、それぞれを寒天培地の中央に設置した。
5. 4を30℃に保ったまま3日間納豆菌を培養した。
6. 培養後に阻止円の面積を測定し、比較した。

5. 結果

実験2-1

ペルシン溶液の抗菌作用の有無の確認

実験により、以下の結果が得られた。



図2 左から、純水と懸濁液原液、10倍希釈液、100倍希釈液を組み合わせたもの。



図3 左から、エタノールと懸濁液原液、10倍希釈液、100倍希釈液を組み合わせたもの。

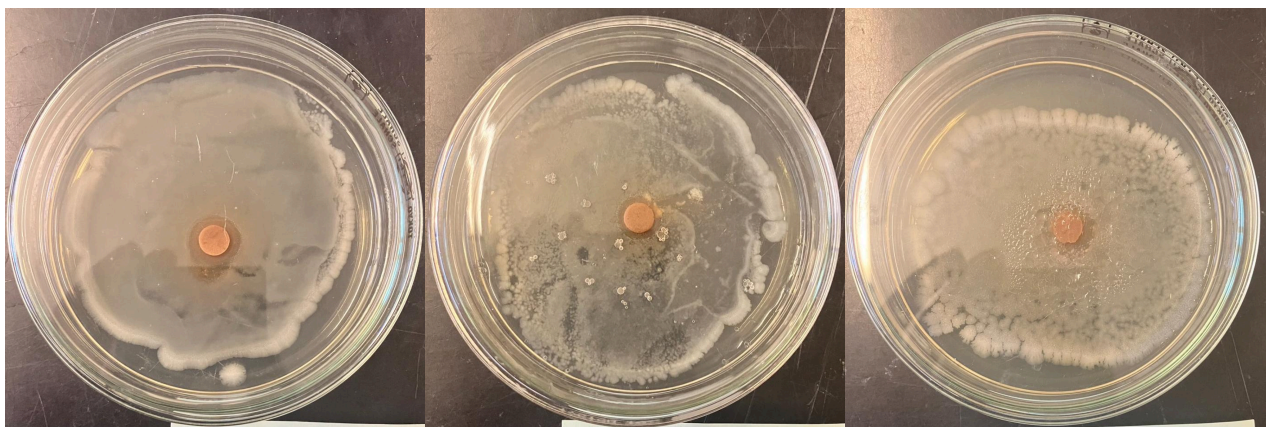


図4 左から、ペルシン溶液と懸濁液原液、10倍希釈液、100倍希釈液を組み合わせたもの。

表1 実験2-1における各培地に形成された阻止円の面積(mm²)

	原液	10倍希釈液	100倍希釈液
純水	0	0	0
50%エタノール	0	0	0
ペルシン溶液	162.80	96.599	130.82

実験2-2

ペルシン溶液の抗菌作用の大きさの確認

実験により、以下の結果が得られた。

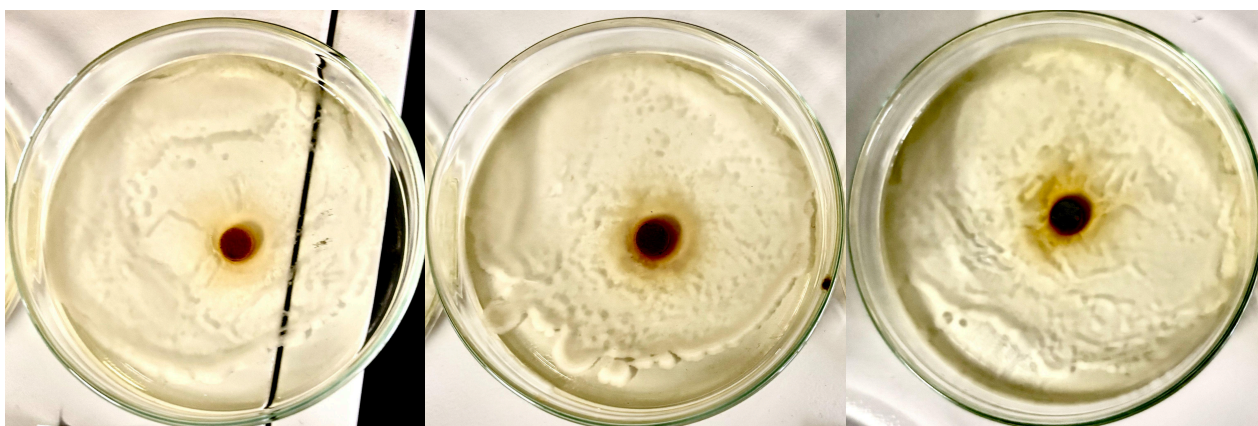


図5 実験2-2にて、ペルシン溶液と10倍希釈液を組み合わせたもの。

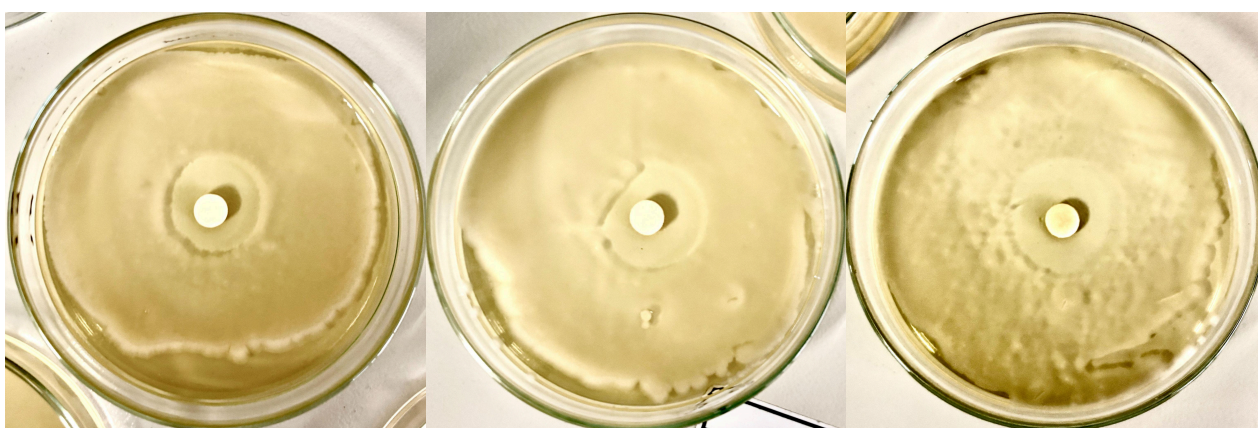


図6 実験2-2にて、次亜塩素酸水と10倍希釈液を組み合わせたもの。

表2 実験2-2における各培地に形成された阻止円の面積(mm²)

	No.1	No.2	No.3	平均値	相対値
ペルシン溶液	87.524	100.378	138.888	108.93	0.196
次亜塩素酸水	490.362	652.024	527.273	556.553	1.00

上記の相対値とは、各面積の平均値と次亜塩素酸水を使用したものの面積の平均との比の値である。

6. 考察

本来の目的である、防腐剤への有用性。また、防腐効果については、確かに、菌(納豆菌)に対する有用性は見られたものの、一般の菌あるいはウイルスに対しての有用性については原理の解明、または検証をしない限りわからないので現段階においては難しいと言えるだろう。

7. 今後の展望

上記の6にある通り、他の菌あるいはウイルスに対しての防増殖効果を見るか、原理の解明(論文からペルシンにおける防菌効果が見られるのは、ペルシンが何らかの形で単離し、ペルセノンAとして物質的效果を持った時のみである。しかし、単離の解明が進んでいないのでそもそも単理するのかさえも証明されていない。)を進める。はたまた、そもそも今回の実験における実証効果がペルシンだけのものであるか等様々な実験を通してその実用性を確かめる必要があるだろう。

8. 参考文献

※1 cross search 公表特許公報(A)_生物活性化合物が濃縮されたアボカド抽出物由来の抗菌、抗細菌、または芽胞発芽阻止活性

https://dbsearch.biosciencedbc.jp/Patent/page/ipdl2_JPP_an_2013523692.html

※2 ペルシン | 化学物質情報 | J-GLOBAL 科学技術総合リンクセンター

https://jglobal.ist.go.jp/detail?JGLOBAL_ID=200907092840619712

撥水性のある実用的な紙の開発

神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 B9 班

1. 背景

近年では、多くの契約がペーパーレスになりつつあるが、公正証書化する義務などから、書面での作成が法律で求められる文書もいまだに存在する。また、参考書やノートの電子化にも、デメリット(見にくい、書き込みづらい等)があり、やはり、紙媒体を持ち歩くことは避けられない。つまり、デジタル化が進んでいる現代でも、紙として持ち歩くデータがなくなることはないと考えられる。

しかし、アナログのデメリットは、保存の不確かさだろう。特に、「濡れ」は紙面上の文字をぼやけさせたり、紙自体を弱くする。

既に耐水紙は商品として販売されているが、値段が高い。そのため、既存のストーンペーパー^{1,2}という耐水紙を、安価で生成することを試みた。(実験1)

また、ラミネート加工など、紙を保護して耐水性を持たせる方法はあるが、加工後に印刷したり筆記したりすることは難しい。そこで、ハスや里芋の葉に見られるロータス効果をヨーグルトの蓋に利用している例から、紙の表面にもそれを応用できるのではないかと考えた。本来、ロータス効果とは、面に細かい突起があることによって、間に空気層ができ、水滴を弾くというものである。しかし、先行研究によって、撥水性のある物質とそうでない物質が細かく混在することでも、表面に撥水性を持たせることができるとわかっている³。今回の実験では、紙の表面にこの構造を施すことで、撥水性のある紙を生成することを試みた。(実験2)

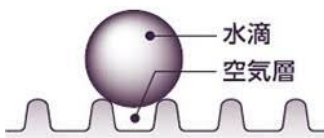


図1 ハスや里芋の葉に見られるロータス効果^{3,4,5}

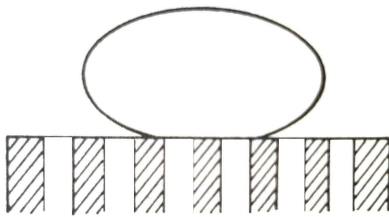


図2 実験2で目指す撥水紙の断面構造イメージ⁶

斜線部; 撥水性のある物質
空白部; 紙の繊維

2. 目的

[実験1]

製造方法の単純化や材料コストの削減により、ストーンペーパーを模した耐水紙をより安価で生成すること

[実験2]

髪(ハス)の表面にロータス効果を応用した加工を施すことで、より普通紙に近い性質の撥水紙を開発すること

[撥水性の検証]

水滴の接触角と紙に浸水する速さから、実験で生成した紙の濡れ性を比較する。

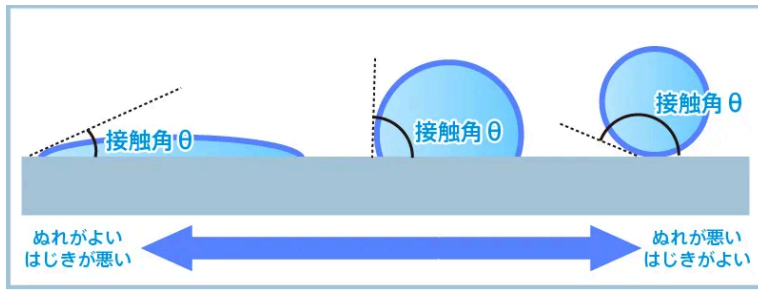


図3 静的接触角⁷

3. 仮説

[実験1]

石から抽出された無機鉱物粉末から作られるストーンペーパー¹を、卵の殻で代用して再現できる。

[実験2]

撥水性のある物質を細かく点在させるように紙の表面に混ぜ込むことで、表面を滑らかに保ったまま、ロータス効果の撥水性を、紙面に再現できる。

[撥水性の検証]

実験で生成した紙は、普通紙より水に強い。

4. 方法

[実験1 ストーンペーパーの再現]

・材料と器具

材料; 高密度ポリエチレンのペレット(4g), 粉状にした卵の殻(6g)

器具; 鍋, ヘラ, コンロ, クッキングシート, 耐熱バット

・方法

1. 高密度ポリエチレンのペレット(4g)を鍋に入れ、ヘラで捏ねながら、一つにまとまるまで熱する。
2. 卵の殻(6g)を加え、熱しながら均一に混ざるまで練る。
3. クッキングシートを敷いた耐熱バットに移し、平たく潰す。以降、ここで生成したものをシェルペーパーとする。

[実験2 ロータス効果の応用]

・材料と器具

材料; シュレッダーで細断された紙(10g), 水道水(100ml), 粉状にした卵の殻, 洗濯のり(40ml), 食用油

器具; ミキサー, ガーゼ, 鍋, ヘラ, 油切りネット

・方法

1. シュレッダーで細断された紙(10g)と水道水(100ml)をミキサーにかける。
2. ガーゼで水気を取ったものを、鍋に移す。
3. 洗濯のり(40ml)を加えて、ヘラで混ぜる。これを混合物①とする。
4. 混合物①と同等の量の粉状にした卵の殻を加え(以降、殻のみの紙とする。), 均一になるまで混ぜる。これを混合物②とする。同様に、食用油に通した粉状の卵の殻を加えたもの(以降、油+殻の紙とする。), 何も加えないもの(以降、普通紙とする。)も生成する。
5. 油切りネットに混合物②を薄く広げ、表面が平らになるようにならす。
6. 2日間ほど、湿気の少ない場所で乾燥させる。

[撥水性の検証]

・材料と器具

材料; 実験で生成した紙(シェルペーパー, 殻のみの紙, 油+殻の紙, 普通紙), 水道水

器具; カメラ(今回はiPhone14を使用), ライト, スポイト

・方法

1. 実験で生成した紙を水平に置き、それを挟む形でカメラとライトを設置する。

2. 生成した紙に水道水を一滴垂らし、液滴が落ちてから紙に染み込むまでを撮影する。
3. 着適してから2.0秒まで、0.5秒ずつの液滴の接触角をアプリ⁹を使って求める。

5. 結果

撥水性の検証により、以下の結果が得られた。

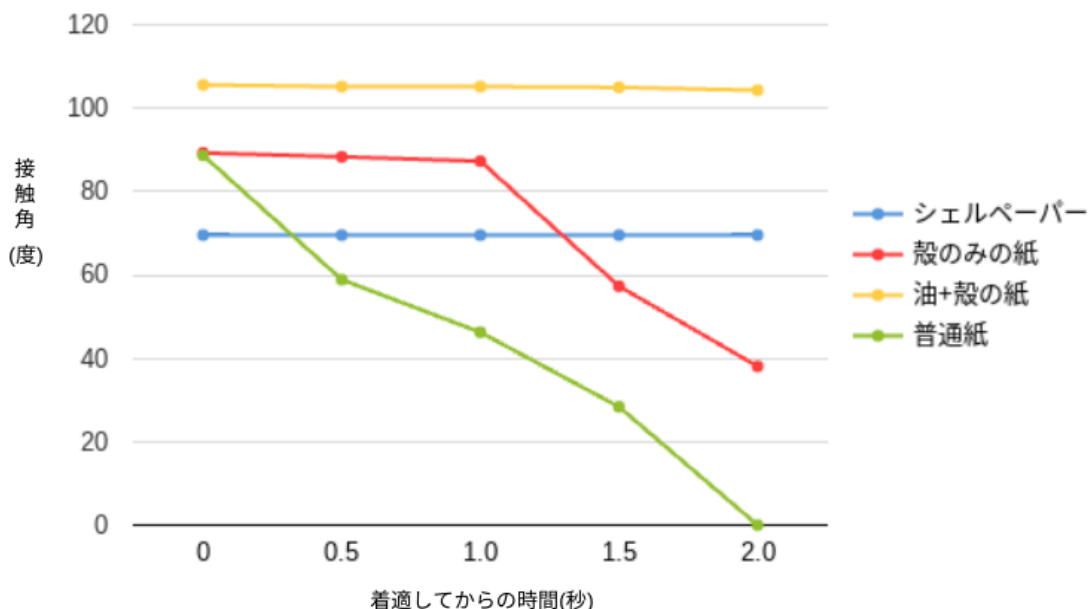


図4 撥水性の検証結果

濡れ性を評価する数値である静的接触角の静的状態とは本来、液滴輪郭の左右端点が静止していて、かつ、液滴輪郭の形状が安定していることを意味する。しかし、グラフからわかる通り、液滴輪郭の形状が完全に安定化した状態は実現し得ない場合が多いため、着適してから1秒後前後の接触角を静的接触角とみなしてしまうことが多い⁸。そのため、今回の撥水性の評価においては、着適してから1.0秒後の接触角を静的接触角として、撥水性を比較する。

6. 考察

結果より、シェルペーパー、殻のみの紙、油+殻の紙はどれも普通紙に比べ、静的接触角が大きく、より撥水性を持つことがわかった。特に、ロータス効果を応用した構造を施した紙(殻のみの紙、油+殻の紙)は、水を弾くはたらきが強いことがわかった。

結果のグラフより、折れ線の傾斜がなだらかなほど、耐水性があると言える。よって、シェルペーパーと油+殻の紙は、耐水性が強いとわかった。

また、シェルペーパーは着適してからどれだけ経っても接触角に変化が見られなかったため、既製品で使用されている石から抽出した石灰石を卵の殻で代用できることがわかった。

殻のみの紙と油+殻の紙を比較すると、卵の殻に油をまとうせることで、撥水性、耐水性どちらにおいてもより優れたものができるとわかった。

7. 今後の展望

実験1について、より薄く柔軟性を持たせるために、卵の殻の割合を多くしたり、アルミホイルの圧延に使用される温間圧延加工を活用する。

実験2について、点在させる撥水性のある物質を、今回使用した卵の殻よりも細かい、パウダー状のものを点在させ、より高い撥水効果を目指す。また、実験2では撥水性のある物質を紙の繊維に混ぜ込むこと

で、表面が滑らかで撥水構造を持つ紙面を目指したが、表面の滑らかな紙は生成できなかったため、別のアプローチを試みる。万年筆に使われる顔料インクなどの撥水性のあるインクで、コピー用紙に細かい格子状の印刷を施すことで、紙面にロータス効果を応用した構造を再現できると考えた。撥水性の検証実験について、より正確な検証を行うために、接触角計を用いる。

8. 参考文献

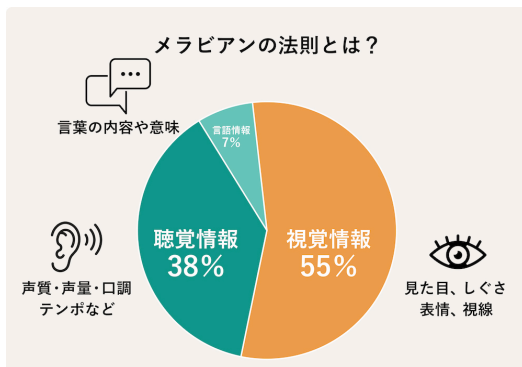
1. 釜谷紙業株式会社 ストーンペーパー|石から抽出した強度の高い紙
http://www.kamatani.jp/stone_paper/2025年1月26日閲覧
2. 株式会社シオザワ 紙らぼ係 紙らぼ 紙の専門家による【紙の研究所・紙情報サイト】石からできた紙【ストーンペーパー】
<https://www.4030paperlabo.com/2018/03/06/%E7%9F%B3%E3%81%8B%E3%82%89%E3%81%A7%E3%81%8D%E3%81%9F%E7%B4%99-%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%B3%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%83%91%E3%83%BC/>2024年6月3日閲覧
3. プライムオンライン編集部 フタの裏にヨーグルトがつかないのは「ハスの葉」が関係していた！？10年悩んだ末に“神頼み”…開発秘話を聞いた|FNNプライムオンライン
<https://www.fnn.jp/articles/-/492070?display=full>2025年1月8日閲覧
4. GEOMATEC 植物から発見されたロータス効果！その生物模写技術(biomimetics)の原理と応用例・製品への使用例について詳しく解説
<https://www.geomatec.co.jp/column/lotus-effect.html>2024年6月3日閲覧
5. 帝人フロンティア株式会社 蓮の葉構造を傘地に再現！撥水性に優れる機能傘を発売
<https://www2.teijin-frontier.com/news/old/150226.html>2025年1月21日閲覧
6. 小野周(1980)『物理学one point表面張力』共立出版
7. 株式会社フロロテクノロジー 撥水性とは?防水との違いや水を弾く仕組み・原理、性能やメリットなどを詳しく解説<https://www.fluorotech.co.jp/column/waterrepellent.html>2024年6月3日閲覧
8. 福山紅陽 撥水性の評価法https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/60/1/60_1_21/_pdf/-char/ja2025年1月31日閲覧
9. 製作者Myumi Kato カメラ分度器アプリ
<https://apps.apple.com/jp/app/%E3%82%AB%E3%83%A1%E3%83%A9%E5%88%86%E5%BA%A6%E5%99%A8/id705832869>2025年1月30日

イケボの共通点の探求と再現

神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 β-10班

1. 背景

メラビアン^(※1)の法則によると、コミュニケーションにおいて言語・聴覚・視覚から受け取る情報がそれぞれ異なった際、言語情報 (Verbal) が7%、聴覚情報 (Vocal) が38%、視覚情報 (Visual) が55%の影響がある。以上のことから、「声」を改善することはコミュニケーションにおいて見た目を改善することと同等の価値があると思われる。そこで人がどんな「声」に魅力を感じるのか、魅力を感じる「声」にはなにか共通点があるのか、「声」に関して調べてみることにした。



↑ 図1 メラビアンの法則(※1)

2. 目的

魅力を感じる声の共通点や特徴などを調べ、共通点が見つかった場合は、特徴を真似することで誰でもそのような声を出せるかどうかを検証する。また、魅力的な声を出せるようにすることで、多くの人が自分に自信を持てるようにする(※2)。

3. 仮説

「イケボ」とは「イケてるボイス」「イケメンボイス」の略で、一般に素敵な声や魅力的な声を指す言葉。インターネットで「イケボとはどんな声なのか」と調べたときに最も多かった意見である、「色気がある低い声」を「イケボ」と定義する(※3)。

今回定義した「イケボ」という声に共通点があるとしたら、それを真似することで誰でも「イケボ」が出せるのではないかな。

先行研究(※3)より、声優の声の基本周波数は一般人と比べて低いのではないかな。また、声優の方が、基本周波数の二倍音が強い声が多いのではないかなという仮説を立てた。

4. 方法

【1】youtubeからネット上のイケボ声優ランキング(※4,5,6)で上位だった24人の声優が「あ」「い」「う」「え」「お」と言っている音声を集め、ボーカルリムーバーでBGMなどを消す。これを声優サンプルとし、共有フォルダに保存する。

← 声優 音声 🔍 📑 ⋮	← 声優 音声 🔍 📑 ⋮	← 声優 音声 🔍 📑 ⋮
ファイル	梶裕貴(あ,う) [vocals].mp3 ⓘ	小野大輔(あ) [vocals].mp3 ⓘ
阿座上洋平(い,う) [vocals].mp3 ⓘ	梶裕貴(い,お) [vocals].mp3 ⓘ	小野大輔(い,う,お) [vocals].mp3 ⓘ
阿座上洋平(う,え) [vocals] (2).mp3 ⓘ	江口拓也(あ) [music].mp3 ⓘ	神谷浩史(い,う,お) [vocals].mp3 ⓘ
榎本淳也(あ) [vocals].mp3 ⓘ	江口拓也(い,お) [vocals].mp3 ⓘ	神谷浩史(え,お) [vocals].mp3 ⓘ
榎本淳也(う,お) [vocals].mp3 ⓘ	江口拓也(え) [vocals].mp3 ⓘ	諏訪部順一(い,う,お) [vocals].mp3 ⓘ
榎本淳弥(い) [vocals].mp3 ⓘ	江口拓也(お) [vocals].mp3 ⓘ	杉田智和(い) [vocals].mp3 ⓘ
岡本信彦(い,う,え) [vocals].mp3 ⓘ	山寺宏一(あ,う) [vocals].mp3 ⓘ	杉田智和(お) [vocals].mp3 ⓘ
岡本信彦(い) [vocals].mp3 ⓘ	山寺宏一(あ,お) [vocals].mp3 ⓘ	石田彰(あ,い,お) [vocals].mp3 ⓘ
岡本信彦(お) [vocals].mp3 ⓘ	山寺宏一(あ) [vocals].mp3 ⓘ	石田彰(い,お) [vocals].mp3 ⓘ
	山寺宏一(い,お) [vocals].mp3 ⓘ	大塚剛央(あ,い) [vocals].mp3 ⓘ
	山寺宏一(え) [vocals].mp3 ⓘ	大塚剛央(お) [vocals].mp3 ⓘ
← 声優 音声 🔍 📑 ⋮	← 声優 音声 🔍 📑 ⋮	← 声優 音声 🔍 📑 ⋮
大塚明夫(あ,い,う) [vocals].mp3 ⓘ	中村悠一(お) [vocals].mp3 ⓘ	梅原裕一郎(あ) [vocals].mp3 ⓘ
大塚明夫(い,お) [vocals].mp3 ⓘ	津田健次郎(い,え) [vocals].mp3 ⓘ	梅原裕一郎(い,お) [vocals].mp3 ⓘ
大塚明夫(え) [vocals].mp3 ⓘ	藤原啓治(あ,お)? [vocals].mp3 ⓘ	福山潤(あ,え,お) [vocals].mp3 ⓘ
池田秀一 (あ,い,う ... vocals].mp3 ⓘ	藤原啓治(い,お) [vocals].mp3 ⓘ	福山潤(あ) [vocals].mp3 ⓘ
中井和哉(あ,お) [vocals].mp3 ⓘ	藤原啓治(お) [vocals].mp3 ⓘ	福山潤(い) (1) [vocals].mp3 ⓘ
中井和哉 (お) [vocals].mp3 ⓘ	内山昂輝(あ,お) [vocals].mp3 ⓘ	福山潤(う) [vocals].mp3 ⓘ
中井和哉(い,う,お) [vocals].mp3 ⓘ	内山昂輝(い,う) [music].mp3 ⓘ	福山潤(え) [vocals].mp3 ⓘ
中井和哉(い) [vocals].mp3 ⓘ	内山昂輝(え) [vocals].mp3 ⓘ	緑川光(あ) [vocals].mp3 ⓘ
中井和哉(お).mp3 ⓘ	内田雄馬(あ,い,う,え ... [vocals].mp3 ⓘ	緑川光(い) [vocals] (1).mp3 ⓘ
中村悠一(あ) [music].mp3 ⓘ	内田雄馬(あ,い) [vocals].mp3 ⓘ	緑川光(お) [vocals].mp3 ⓘ
中村悠一(い) [vocals].mp3 ⓘ	内田雄馬(い,お) [vocals].mp3 ⓘ	櫻井孝宏(あ) [vocals].mp3 ⓘ
櫻井孝宏(い,う) [music] (1).mp3 ⓘ		
櫻井孝宏(お) [vocals].mp3 ⓘ		

↑ 図2-8 共有フォルダの声優サンプル

【2】一般人サンプルを、校内外で集め「あ」「い」「う」「え」「お」と言っている声を静かなところで録音させてもらう。校内では、googleフォームのアンケートで協力者を募る。口頭でも呼びかけを行い、最終的に18人の協力者を集めた。

ヴェリタスβ10班 「イケボ」の実験

B I U ↶ ↷

私たちヴェリタス10班はイケボに関する研究をしています。
現在、実験に協力してくれる方を募集しています。
協力してくれる方も協力が難しい方も答えていただくと嬉しいです！

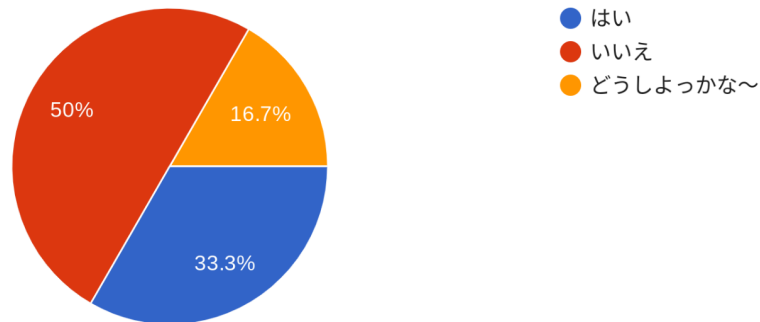
- 実験では「あ」「い」「う」「え」「お」と言ってもらい、それぞれの音を録音します。
- 研究の結果によっては再度録音させてもらうかもしれません。

このフォームでは、すべての回答者からのメールが自動的に収集されます。 [設定を変更](#)

↑ 図9 Googleフォームのアンケートの説明文

私たちの実験に協力してもらえますか？

18 件の回答



↑ 図10 アンケート結果のグラフ

【3】声優と一般人の声のサンプルを、それぞれFFTというアプリでフーリエ変換(※7)し、波形や含まれる周波数とその比率を調べる。

【4】声優サンプルと一般人サンプルを比較する。

5. 結果

声優の基本周波数の平均値は約133.0Hz、一般人の平均は約125.2Hzであり、声優の平均は一般人のものより高かった。また、二倍音が強い声の割合は、声優が0.56、一般人が0.78と、声優の方が低かった。(声優のサンプル25個中、一般人のサンプル63個中)

結果	総数(個)	基本周波数 平均(Hz)	二倍音あり(個)	二倍音 割合
声優	25	132.964	14	0.56
一般人	63	125.1809524	49	0.7777777778

↑ 図11 研究結果

6. 考察

我々の予想や先行研究に反して、イケボと呼ばれる声優のほうが一般人と比べ、基本周波数が高く、二倍音が弱い傾向が見られた。

このような結果になった要因として、以下のことが考えられる。

- ・録音中に雑音が入った
- ・音声編集で、必要な音が削られていた
- ・声の高さは、イケボと断ずるのにさほど重要な要素ではなかった
- ・厚高生には声優以上にイケボの持ち主が多かった

7. 今後の展望

今回は「声の低さ」に注目して研究を行ったが、考察でも述べた通りイケボと言われる声には他の要因があるのかもしれない。今回は時間の関係上イケボの再現は行うことができなかったが、再現のためには、基本周波数や二倍音以外の観点から検討する必要があると考える。そのため、次回の研究では他の要因に注目してイケボの共通点を探したい。次回に期待する。

8. 参考文献

※1 [メラビアンの法則とは？ 定義からビジネスでの活用法まで詳しく解説]

<https://schoo.jp/biz/column/617>

2024年9月24日閲覧

※2 [話し方に自信がもてる声の磨き方]

『話し方に自信がもてる声の磨き方』(村松由美子 著、かんき出版)

<https://www.lifehacker.jp/article/241875book-to-read-833/>

2024年5月21日閲覧

※3 [男性声優による「イケボ」の研究]

https://www.istage.jst.go.jp/article/asisc/2/2/2_SC-2022-20/article/-char/ja

2024年5月21日閲覧

※4 [【投票結果 1～126位】男性声優イケボランキング！最も声がかっこいい男性声優は？]

<https://ranking.net/rankings/best-ikebo-male-voice-actors#is-result>

2024年10月15日閲覧

※5 [国宝級に「イケボ」だと思う男性声優ランキング 1位から9位]

<https://ranking.goo.ne.jp/column/8983/ranking/54805/>

2024年10月15日閲覧

※6 [耳が幸せ！最高のイケボ声優といえど？]

<https://ranking.goo.ne.jp/vote/results/2882/>

2024年10月15日閲覧

※7 [秋田県立横手高等学校 物理一班 声真似は本当に似ているのか？]

https://yokote-h.info/wp-content/uploads/2020/03/73267aa10f4e721c452674e4f355_f2c2.pdf

2024年5月21日閲覧

※8 [母音の波形と喉の関係]

<https://www.nagasaki-kagakukan.jp/sakuhin/28-C205.pdf>

2024年5月21日閲覧

※9 [音声波形のサンプル]https://wsignal.sakura.ne.jp/onsei2007/wav_data51/wav_data51.htm

水引交差点と周辺交差点における交通渋滞改善方法の検討

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 11班 β

1.背景

近年、交通渋滞は、二酸化炭素排出や2024年問題によるドライバーの労働時間の制限下において深刻な社会問題となっている。そこで、私達は学校までの通学路にある交差点、水引交差点の渋滞改善に取り組むことで、現在日本で慢性化し、社会問題となっている、交通渋滞の改善の手立てを見つけていくことができるのではと考えられ、それらを確立するための実験を行うことにした。

2.目的

本研究を通して、水引交差点における交通渋滞の渋滞区間短縮により、それにより発生していた経済損失を防ぎ、普遍的な交通渋滞改善方法を見つける。

また、近年の環境問題改善、またはSDGsの達成のためアイドリング時の二酸化炭素を減らすべく、渋滞によるアイドリング時間を短縮させ、これを目指す。

3.仮説

右左折信号を市役所方面と厚木高校方面の交差点に設置することで、歩行者の横断により妨げられていた車の横断を活発にする。

4.方法

[4-1] 現地での調査、データ集計

現地にて実地調査を行い、何が課題なのか、どのように渋滞が発生するかを調査する。また、既存のデータも活用し、現状把握を行う。

[4-2]既存のデータを入力しグラフ化

既にあるデータと、実地調査で得たデータをグラフ化し、問題点を可視化

[4-3] シミュレーターによる仮想空間における実験

シミュレーター上において、検証現場(水引交差点及びその周辺の地図データ)を再現し、実際の車両台数と照らし合わせて仮想実験を行う。

5.結果

A.車両速度の比較

(以下2つのグラフにおける水引交差点の座標は64~71である)

[改善前]



[改善後]



□考察

改善前と改善後では水引交差点において速度の変化から渋滞が減少したことがわかる。しかし全体の平均速度はあまり変わっていなかった。その理由として、水引交差点をスムーズに通過するため、この場所以外で渋滞が発生していると考えられる。

6.今後の展望

水引交差点の渋滞については改善することができたが、それにより他の交差点において渋滞が発生している。

ここから、一つの交差点の交通渋滞改善においては、複数交差点との関係性を調べ、その交差点も含めて信号周期の改善などの改善策を施した方が良く考える。

7.参考文献

高速道路における渋滞の原因分析と緩和策の提案

徐 クン閣 武田 創介

<https://www.comm.tcu.ac.jp/shi/assets/1031126.pdf>

CV_20250106_AN00215401-022-01-016.pdf

SUMO初心者向けチュートリアル(4)

かとうぎ

<https://zenn.dev/katogi1031/articles/65ba1ab2a1f91e>

SUMO documentation

<https://sumo.dlr.de/docs/index.html>

高速道路のトンネル、サグにおける渋滞現象に関する研究

越 正毅*・桑原雅夫**・赤羽弘和***

https://web.archive.org/web/20170924131256id_/https://www.jstage

[jst.go.jp/article/jscej1984/1993/458/1993_458_65/_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1984/1993/458/1993_458_65/_pdf)