

ババ抜きにおける勝率の上げ方の検討

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 β1班

1. 要旨

ババ抜きを行う最近の学生にとって、ババ抜きで勝利し、罰ゲームを避けることは重要なこととなっている。本研究は、ババ抜きで勝つ確率を少しでも高める方法を明らかにすることを目的とした。厚木高校の生徒228名を対象にフォーム調査を実施し、得た結果をグラフにまとめた。その結果、重ねながらカードを机に並べたとき、上段にあるカードほど引かれやすいという考察が示された。

2. 背景・目的

私たち学生には、修学旅行にしばしば、ババ抜きを用いて罰ゲームを行う伝統があるのだ。しかし、負けた際の罰ゲームは必ず避けなければならないのである。そのために、対戦相手の性格と個性を活用し、ババ抜きに勝つための方法を編み出すことにしたのだ。

この研究では、個性と性格の情報を利用して、相手がババを引く確率が高い、持ち札の並べ方を検討するのである。

3. 仮説

カードを全く重ねていない場合の全体がカードを引く割合はそれぞれ25%になると考えた。また、カードの重ね方を変えることによってカードの引かれ方が変わるはずだと考えた。また、人間の利き手や性格の 카테고리別に分けることでもそれぞれのカードを引く確率に違いが出ると考えた。

4. 方法

3回に分けて1年生のクラスを訪ね、Googleフォームを使ってアンケートを行う。

- ①予備実験。トランプをなにも重ねなかったときのアンケートと利き手や性格、性別の カテゴリ別のアンケートを行う。
- ②本実験1回目。重ね方計16通りのうちの8通りのアンケートを行う。
- ③本実験2回目。重ね方計16通りのうち残りの8通りのアンケートを行う。

5. 結果

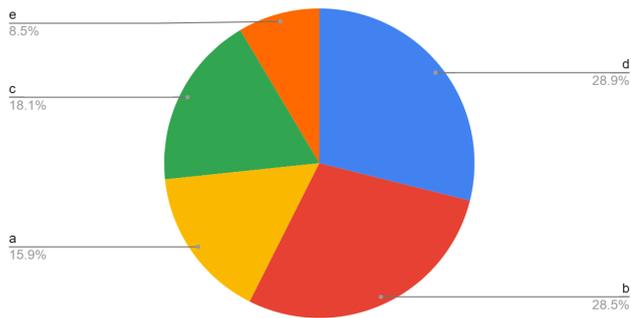
以下、5枚のトランプを左から順にa.b.c.d.eとする。

【予備実験】

トランプをなにも重ねなかったときのそれぞれのカードのひかれた割合は図1の通りになった。

図1 全体が何も重ねなかったときのそれぞれのカードを引いた割合

トランプをなにも重ねなかったときのそれぞれのカードのひかれた割合



また、利き手、性格、性別の 카테고리 別でそれぞれのカードがひかれた割合は図2～図7の通りになった。

図2 「男性」の人が引いたカードの割合

「男性」の人がひいたカードの割合

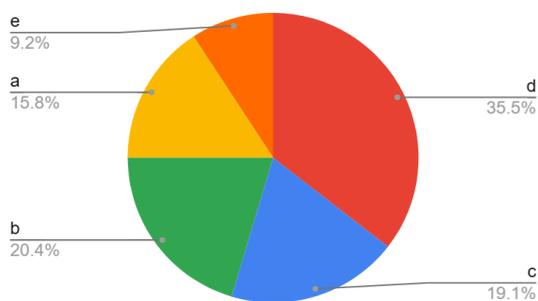


図3 「女性」の人が引いたカードの割合

「女性」の人がひいたカードの割合

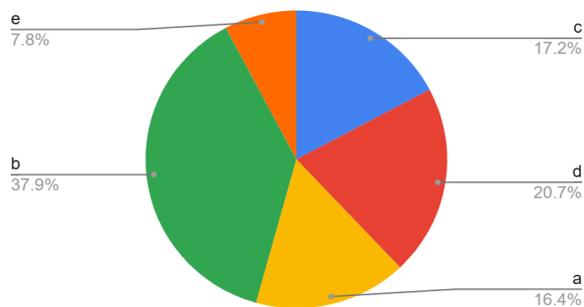


図4 「右利き」の人が引いたカードの割合

「右利き」の人がひいたカードの割合

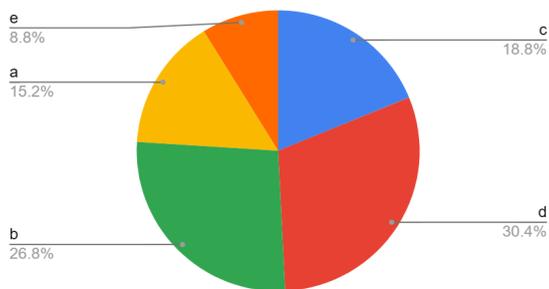


図5 「左利き」の人が引いたカードの割合

「左利き」の人がひいたカードの割合

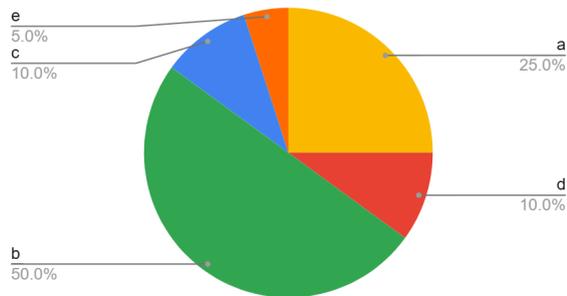


図6 「内向的」の人が引いたカードの割合

「内向的」の人がひいたカードの割合

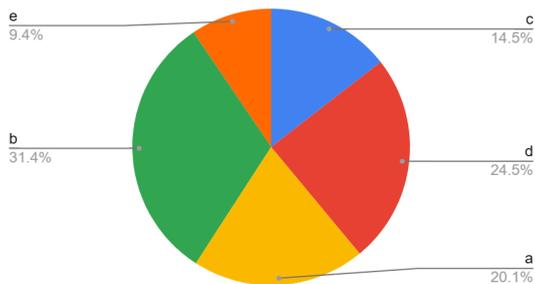
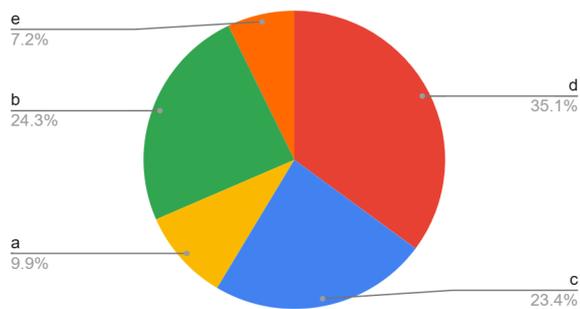


図7 「外交的」の人が引いたカードの割合

「外交的」の人がひいたカードの割合



全体的に見ると、端と真ん中を避けた2つのカードが引かれやすい。図4と図5から利き手寄りのカードを引く傾向がある。図2と図3から、男性は右よりのカード、女性では左よりのカードを引く傾向がある。図6と図7から、外交的な人は真ん中から右端、内向的な人は、真ん中を除いたカードを引く傾向がある。

【本実験】

有意水準を5%としてカイ二乗適合度検定をおこない、有意差のあるかどうかを調べる。有意差のあるもののうち、と本実験の全体のグラフとカテゴリーに分けたグラフを比較して、9.2%以上の増減のあるグラフが以下である。

a 並べ方14(+10.4%)

b 並べ方4(-10.0%)、並べ方7(-10.0%)、並べ方11(-13.5%)、並べ方12(-11.9%)、並べ方13(-10.0%)、並べ方15(-11.8%)、並べ方16(-14.9%)

c 並べ方11(+11.8%)、並べ方12(+9.2%)、並べ方15(+13.2%)

d 並べ方9(-9.2%)、並べ方13(-11.8%)、並べ方14(-12.7%)

e 並べ方5(+10.5%)、並べ方13(+12.7%)、並べ方14(+11.0%)、並べ方16(+10.1%)

しかし、a、b、c、d、eのカードにそれぞれ共通する並べ方や重なり方が見られなかったため、引かれる確率に差が生じたのは別に要因があると考えられる。

6. 考察

【予備実験】

①観測された全体のデータ270人が期待される比率25%と優位になるかどうかを調べる。「何も重ねなかったときに全体が引いたカードの割合(図1)」に有意水準を5%としてカイ二乗適合度検定をおこなった。カイ二乗統計量が46.96…、 X^2 の臨海値(自由度4,0.05)が9.488より、 $46.96 > 9.488$ となる。

よって帰無仮説は棄却され、5つのカードが選ばれる差に有意差が認められた。

②観測された全体のデータとそれぞれのグループ(男性、女性、右利き、左利き、内向的、外交的)に優位差があるかどうかを調べる。

有意水準を5%としてカイ二乗適合度検定をおこなった。

図8 各グループとの違いをカイ二乗適合度で調べた結果

| グループ | χ^2 値 | p値 | 有意差 |
|------|------------|-------|-----|
| 男性 | 6.01 | 0.198 | なし |
| 女性 | 6.47 | 0.167 | なし |
| 右利き | 0.62 | 0.961 | なし |
| 左利き | 7.76 | 0.101 | なし |
| 内向的 | 4.58 | 0.333 | なし |
| 外交的 | 6.63 | 0.157 | なし |

どのグループp > 0.05なので、全体分布と比べて有意差が認められなかった。

ただし傾向としては以下のようなものがあると考えられる。

- ・男性はdを選びやすく、bを選びにくい傾向
- ・女性は逆にbを選びやすく、dを選びにくい傾向
- ・左利きはa,bをやや選びやすく、dを選びにくい傾向
- ・内向的はaをやや選びやすく、c,dを選びにくい傾向
- ・外交的は逆にc,dをやや選びやすく、aをやや選びにくい傾向

【本実験】

①上段に並べられたほうが引かれる可能性が高くなる。とくに、予備実験ではそれほど選ぶ人が多くなかったカードが1段目や2段目などより上段に置かれると選ぶ人が増えた並べ方が六通りあった。しかし、上段にあったとしても引かれる割合が減ったカードもあり、本当に上段ほど引かれる可能性が上がるのかはさらに実験を重ねることでより信頼度の高い結果が得られるのかもしれない。

②予備実験では利き手や性格のカテゴリー別の傾向としての考察が出たが、本実験ではカテゴリー別の有意差が見られなかった。利き手や性格による違いはカードの重ね方にはあまり関係がないのかもしれない

ない。有意差が出なかった原因として考えられることは、電子黒板に映しながら回答をさせたため、実際に自分が引くだろうトランプがイメージしにくかったことや左利きの人数が少なかったことである。次回実験するときはより実際にトランプを引く状況に近い方法を用いることや左利きの人数を増やすなどして原因を改善する必要がある。

7. 結論

有意差5%水準では、カードの重ね方による、性別、利き手、性格のカードの引かれやすさの違いは出なかった。しかし、5枚のカードを重ねず独立させて置いた場合、カテゴリーによる傾向があると言える。

8. 今後の展望

- ①ババ抜き再現性の高めること。今回は、日常で行われるババ抜きとは違い、カードを置き、5枚という限られた条件で行われたため、今後では、より本番に近い条件で行うと信憑性の高い結果を得られるようにすること。
- ②表面積と引かれやすさの関係について検討すること。実験をしたことで新しく「見える表面積が大きさと引かれやすさに相関関係があるのではないか」という仮説が出た。トランプの人の目に映る表面積を変化させ引かれやすさを調べることによって相関関係の有無が分かる。

9. 参考文献

寺田智哉 渋谷雄 梶村昇吾 「対戦型カードゲームにおける視線情報の分析と活用方法の検討」
https://www.istage.jst.go.jp/article/jie/59/2/59_73/pdf/-char/ja 2025年6月18日 閲覧

[gmo-research.ai](https://www.gmo-research.ai)「カイ二乗検定とは？検定手法を解説」2025年6月18日 閲覧

パイプコーディングを用いた検索エンジンの作成

神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 β2班

1. 要旨

厚木高校のホームページには先輩の研究が大量に掲載されており、興味のある分野の研究が探しにくい。本研究は、先輩の研究を探しやすくすることを目的とした。パイプコーディングを用いてコードを作成し、プログラミングを行った。その結果、検索機能のあるウェブページが作られた。

2. 背景・目的

私達が厚木高校のホームページに掲載されている先輩の研究を調べた際、研究がクラスで分けられているだけであり、自分の興味があるジャンルが調べづらいという点で使いにくいと感じた。そこで、未来の厚木高校の生徒のためにも検索エンジンを作り、調べたいものがすぐに調べられるような使いやすいサイトへと進化させることを目的とする。

3. 仮説

なし

4. 方法

- ①パイプコーディングを用いてコードを作成
- ②GoogleドライブのApps Scriptの機能を利用しプログラミングを行う

5. 結果

検索エンジンを完成することができ、厚木高校ホームページにのせることができた。

6. 考察

なし

7. 結論

より使いやすいサイトへ進化した

8. 今後の展望

- ・閲覧数ランキング
- ・カテゴリー別に検索できる機能
- ・今後の研究を誰かがこの検索エンジンに追加する
→後輩に引き継いでほしい

9. 参考文献

- ・ChatGPT
- ・Gemini
- ・「検索エンジンを自作する」
<https://note.com/korange/n/n320c8dfc8035>

爆音を電気に ～軽音楽演奏における音エネルギーの発電利用について～

神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 β3班

1. 要旨

昨今のエネルギーの問題に対して、私たちは身近な音エネルギーに着目した。本研究では、圧電素子を用いた軽音楽部の演奏による音発電を目的とし、可能性と限界を検討した。圧電素子を用いた発電装置を製作し、様々な楽器による発電電圧[V]を測定し、最大値を求めた。その結果、素子の耐久性や発電量には課題が残るものの軽音楽部の演奏から発電することは可能であることが明らかになった。

2. 背景・目的

軽音楽部の演奏は校内に響くほどの大音量であり、その音エネルギーには活用の可能性があると考えた。そこで、軽音楽部の演奏で生じる音エネルギーを電力に変換し、発電量や効率を調べてその可能性と限界を明らかにする。

3. 仮説

軽音楽部の活動場所に圧電素子を用いた音力発電機を設置することで発電を可能にして軽音楽部の演奏を有効的に活用することができる。

4. 方法

【実験1】

実際に軽音楽部の演奏で計測する実験を行う前に小型アンプを用いて最適な条件について検証する。

【実験1-1】アルミホイルの有無による発電できる電圧[V]の違いについて

1.複数の圧電素子(以下素子と呼ぶ)を音源(アンプ)に直接貼り付ける。



図1 圧電素子



図2 音源(アンプ)

2.音源(アンプ)から同じ曲の同じサビを一定音量で流す。

※今回使用した曲は嵐のA・RA・SHI

3.電圧[V]の最大値をデジタルマルチメーターを用いて5回記録する。



図3 デジタルマルチメーター

4.各回の最大値の平均値を求める。

5.アルミホイルに圧電素子を貼り付けたものを音源(アンプ)に貼って実験手順3.4.を再度行う。

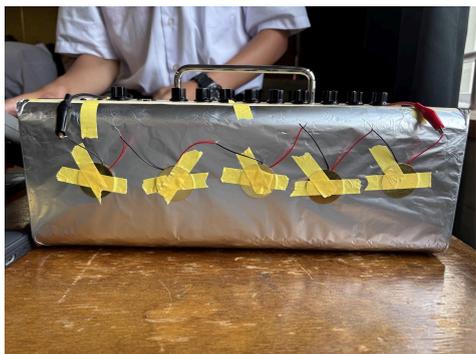


図4 アルミホイルを音源(アンプ)に貼った上に素子を貼り付けたもの

【実験1-2】素子の数の違いによる発電できる電圧[V]の違いについて

【実験1】の工程と基本的には同じである。素子13個で測定を行い、【実験1】の結果をもとに比較する。

※【実験1-1】の結果より、今後アルミホイルは貼った状態で実験していく。

【実験1-3】整流回路を用いることによる発電できる電圧[V]の違いについて

【実験1-1,2】の工程と基本的には同じである。測定の結果は【実験1,2】の結果をもとに比較する。

※整流回路にすることで電圧が減少することが予想されたため、素子の数は【実験1-2】の結果より、発電できる電圧[V]が5個の時よりも大きくなった13個で行った。

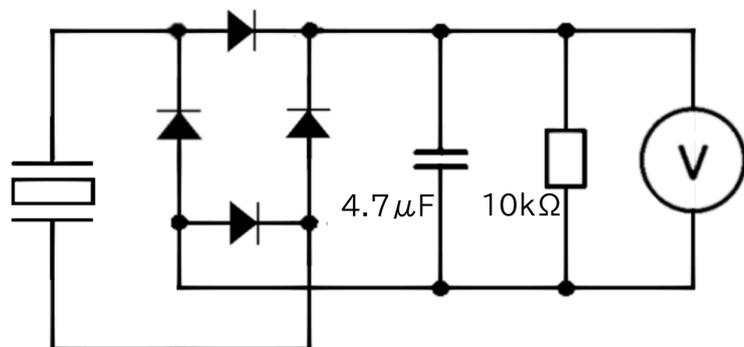


図5 整流回路の回路図

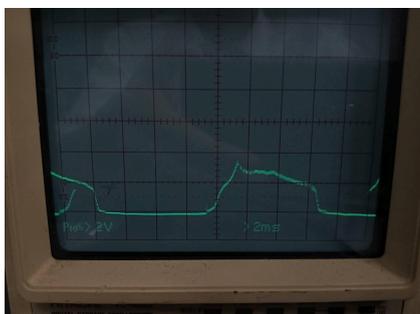


図6 整流回路を通した電波波形

この整流回路の作成に使用した部品は研究へのアドバイスを頂いていたアンリツの方から、将来的に蓄電を目指すならば発電した電気を整流して交流から直流に変えたほうが良いということから頂いた。また、これから述べる【実験2】ではアンリツの方に新たに頂いた低電圧でのロスが少ないダイオードに変更し、実験を行った。

【実験2】

実際に軽音楽部の方々に協力していただき、実際の演奏でどれほど発電できるのかを楽器ごとに検証する。

【実験2-1】ギターで発電できる電圧[V]の計測

- 1.アルミホイルに素子4個を貼り付けたものを音源(アンプ)に貼る。(図○)
- 2.電圧[V]を計測する。

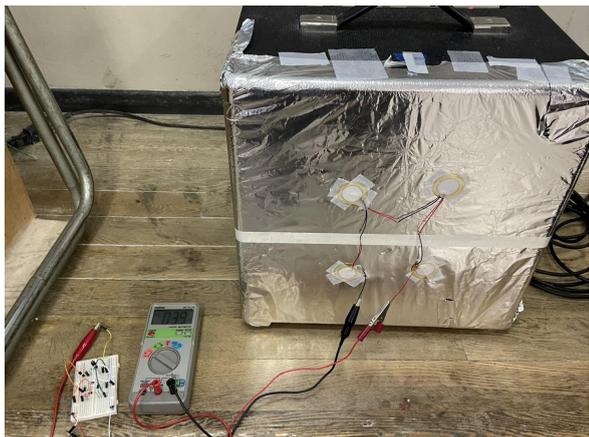


図7 音源(アンプ)にアルミホイルと素子を貼ったもの

【実験2-2】ベースで発電できる電圧[V]の計測

- 1.【実験2-1】と同様に、アルミホイルに素子4個を貼り付けたものを音源(アンプ)に貼る。
- 2.電圧[V]を計測する。

【実験2-3】ドラムで発電できる電圧[V]の計測

- 1.スネアドラム(図○)及びバスドラム(図○)に直接素子4個を貼る。(図○)
- 2.電圧[V]を計測する。



図8 ドラムに素子を貼ったもの(この図はスネアドラム)



図9 スネアドラム



図10 バスドラム

5. 結果

【実験1】

| | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| アルミホイルなし 素子数：5個 | | | | | | |
| n[回目] | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 平均値 |
| 電圧 [V] | 0.22 | 0.24 | 0.20 | 0.24 | 0.21 | 0.22 |
| アルミホイルあり 素子数：5個 | | | | | | |
| n[回目] | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 平均値 |
| 電圧 [V] | 0.43 | 0.47 | 0.42 | 0.39 | 0.39 | 0.42 |
| アルミホイルあり 素子数：13個 (整流回路なし) | | | | | | |
| n[回目] | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 平均値 |
| 電圧 [V] | 0.50 | 0.55 | 0.49 | 0.50 | 0.45 | 0.50 |
| アルミホイルあり 素子数：13個 (整流回路あり) | | | | | | |
| n[回目] | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 平均値 |
| 電圧 [V] | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.19 |

表1 発電電圧[V]:アルミホイル使用・整流回路条件・素子数による比較(各条件5回測定の平均)

【実験1-1】

アルミホイルがあることで得られる電圧が大きくなった。

【実験1-2】

圧電素子の数を2.6倍にしたが、得られる電圧が圧電素子の数に比例して大きくなることはなかった。

【実験1-3】

整流回路を用いたところ、0.3Vほど得られる電圧が小さくなった。

【実験2】

【実験2-1,2】

| アルミホイルあり 素子数：4個 ギター | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|--|
| n [回目] | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 平均値 | |
| 電圧 [V] | 0.32 | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.33 | |

| アルミホイルあり 素子数：4個 ベース | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| n [回目] | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 平均値 |
| 電圧 [V] | 2.98 | 1.87 | 1.75 | 1.12 | 1.52 | 1.85 |

表2 各測定回における楽器別最大発電電圧[V]

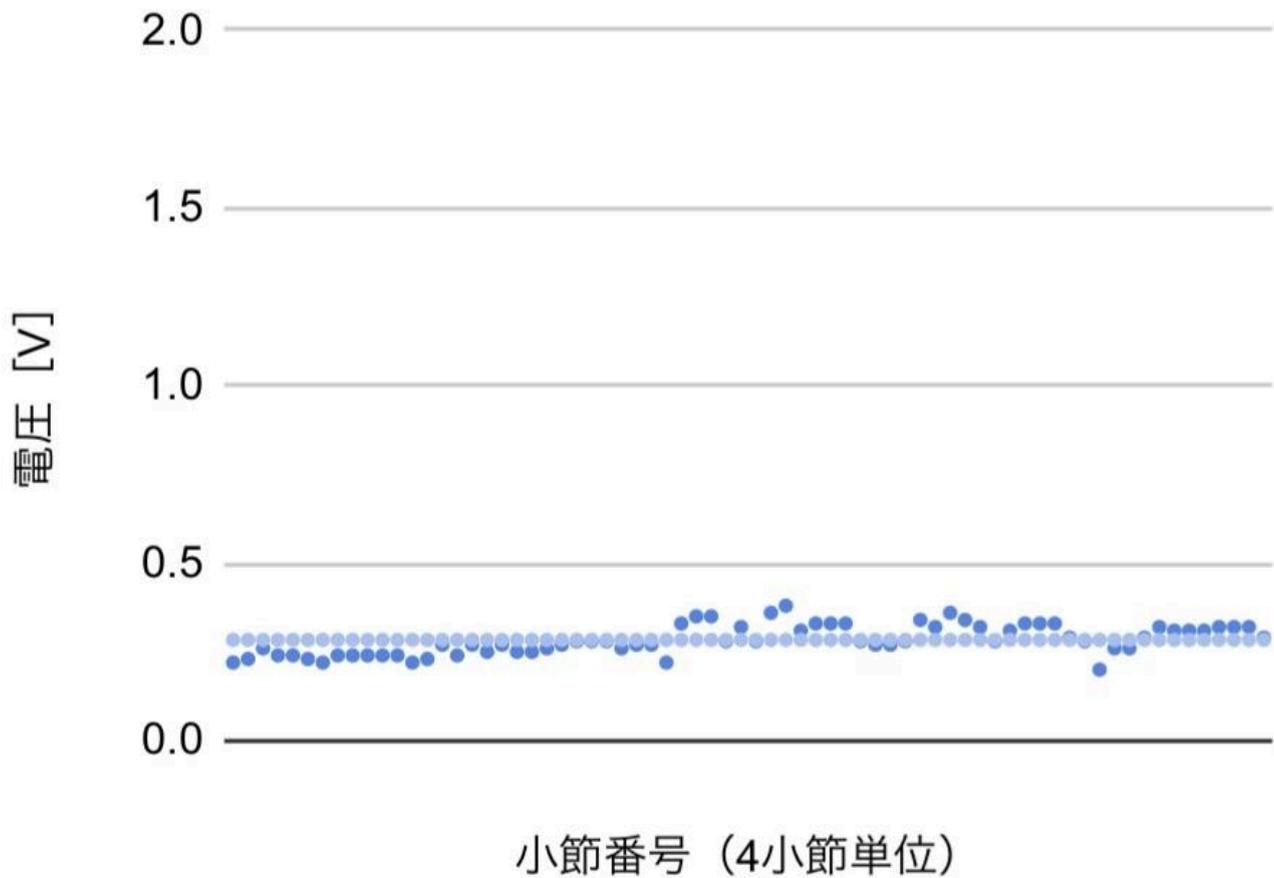


図11 ギター演奏における発電電圧[V]の推移 ※水色の線は平均値0.28Vを表す

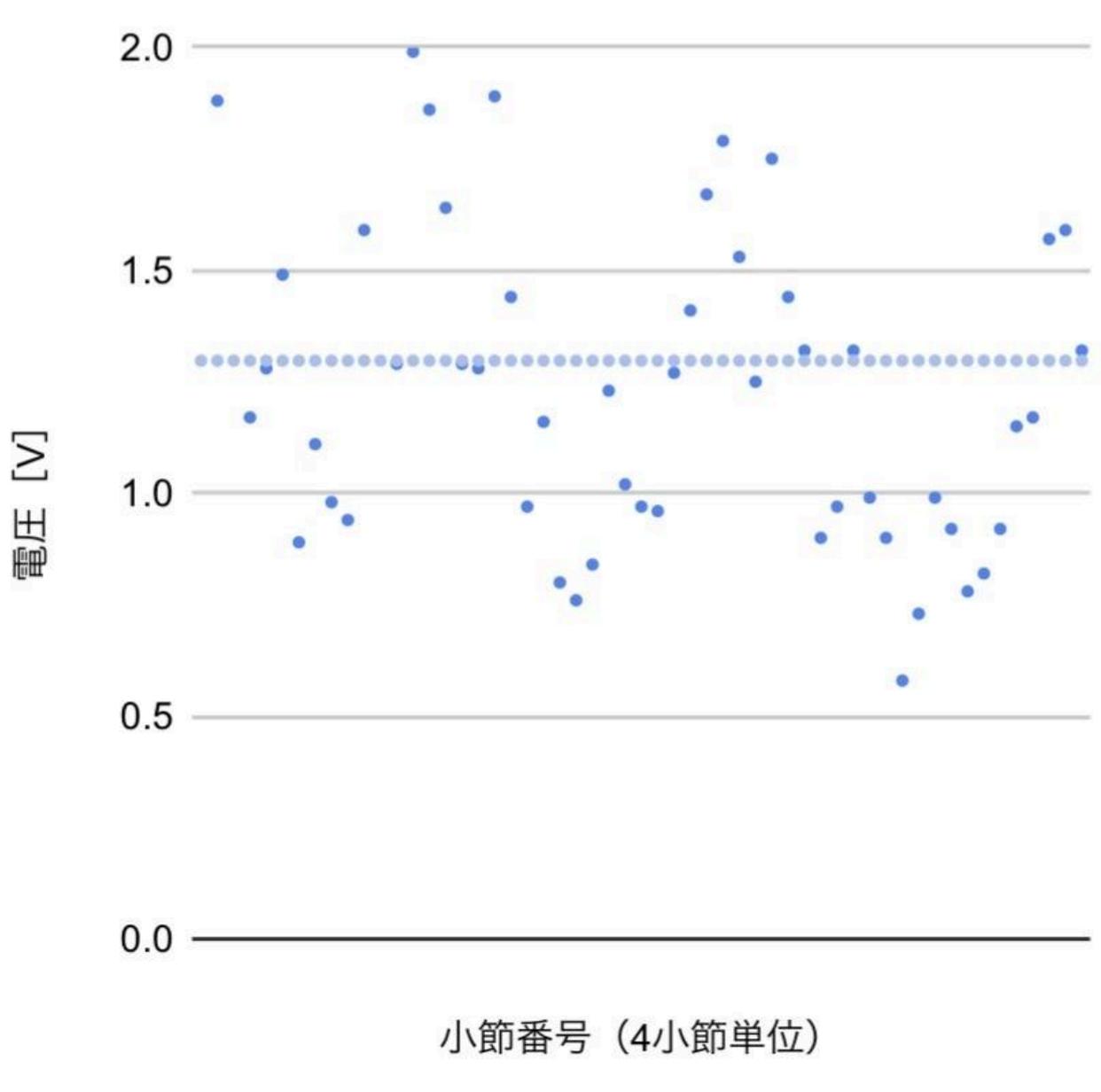


図12 ベース演奏における発電電圧[V]の推移 ※水色の線は平均値1.30Vを表す

ギターアンプでは平均0.28V、各回の最大値のみ考えると0.33V、ベースアンプでは平均1.30V、各回の最大値のみで考えると1.85Vの電圧を得ることができた。

【実験2-3】

| アルミホイルあり 素子数：4個 ドラム | | | |
|---------------------|------------|------|------------|
| n [回目] | スネア① | スネア② | スネア③ |
| 電圧 [V] | 0.79 | 1.22 | 1.29 |
| n [回目] | バスドラ (固定◎) | | バスドラ (固定△) |
| 電圧 [V] | 0.48 | | 3.82 |

表3 ドラムの最大の発電電圧[V]

※固定◎は十分に固定したこと、固定△は軽めに固定し圧電素子が歪む余地を残したことを示す

ドラムでも電圧を得ることができた。また、軽めに固定すると得られる電圧がかなり大きくなったが、すぐに壊れてしまった。

6. 考察

【実験1】

アルミホイルが薄く張りのある素材であったため振動板の役割を果たし、より大きな振動を生み、得られる電圧を大きくできたと考えられる。加えて、振動の仕方がそれぞれの素子の場所で違うため、発電される交流電流どうしが互いに相殺し合い、得られる電圧の大きさに圧電素子の個数が影響しなかったと考えられる。他にも、整流回路を用いても発電が可能だったため蓄電などの可能性を広げることができたと思われる。

【実験2】

ベースのような低い音の場合、同じ音圧でも他の音に比べてエネルギーが大きくなって発電量が増えたのではないかと考えられる。さらに、アルミホイルを用いたことで、楽器から出る音自体は途切れても振動が途切れることなく、継続して発電することができたと考えられる。加えて、楽器の中でも一回一回の振動が大きく、素子が発音体に近いほど発電量は大きくなるのではないかと考察される。別の観点から見ると、ギターのグラフが右肩上がりになったのは音量を途中で上げたため、ベースが右肩下がりなのは素子の劣化によるものであると考察される。

7. 結論

軽音楽部の演奏は、特に低周波のベースアンプの振動と、高エネルギー密度のドラムの衝撃という二つの主要な発電ポテンシャルを持つことが明らかになった。発電効率の観点からは、振動の振幅や物理的ひずみを最大限に利用する(アルミホイル、軽めの固定)ことが鍵となるが、この高効率な状態は、素子の耐久性の限界を示すものでもある。実用的な電力として活用するためには、耐久性の課題克服と、得られた交流電力から低ロスで直流に変換し蓄電する技術の確立が次のステップとなるだろう。

8. 今後の展望

データを基に、電力[W]などを計算し、実用性を検討する。

集音方法や素子周辺の構造、整流回路に用いる電子部品を変えて、発電量が大きくなる条件をまとめる。

音の大きさや周波数などのデータを計測して他の音発電の実験と比較する。

軽音楽部で発電した電気の実用的な使用方法を検討する。

9. 参考文献

1:山浦 真一 南 武志 中嶋 宇史 2023

市販の圧電素子とヘルムホルツ型共振器を用いた音響発電の基礎的研究

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsaem/31/2/31_350/_pdf 2025年5月14日閲覧

2:Ming Yuan, Ziping Cao, Jun Luo , Roger Ohayo 2018

Acoustic metastructure for effective low-frequency acoustic energy harvesting

https://www.researchgate.net/publication/327117002_Acoustic_metastructure_for_effective_low-frequency_acoustic_energy_harvesting 2025年6月17日閲覧

3:Ramsha Waseem 2024

Can the Noise in Sports Arenas Be Turned Into Electricity?

<https://www.smithsonianmag.com/innovation/can-the-noise-in-sports-arenas-be-turned-into-electricity-180984692/> 2025年5月20日閲覧

4:杉本 陸 梶原 美紀 隅田 智也 千葉 信明 東口 修樹 2020

集音器の材質の違いによる音力発電の効率の変動

<https://kozu-osaka.jp/cms/wp-content/uploads/2020/11/3743b86591ab8525ba3981ca94608d02.pdf>
2025年6月4日閲覧

おからによる上履きの汚れの除去
神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 β 4班

1. 要旨

本研究は食品ロスや水質汚染などの環境問題を解決することを目的として、不可食部であるおからを用いることで洗剤を使わずに上履きの汚れを落とすことができるか研究を行った。本研究ではおからの水溶液と重曹の2つの濃度を変化させて対照実験を行った。分光測色計を使用して汚れの落ち具合を確認した所、おからの水溶液で上履きの汚れが落ちることが示されたが、重曹とはあまり大きな差がないことも分かった。

2. 背景・目的

私達が学校生活を送っている中で、上履きの汚れが気になるという意見ができ、それをきっかけに上履きの汚れについて調べたところ、先行研究から弱アルカリ性の洗剤で落とすことができる¹と分かった。更に詳しく調べた結果、上履きの汚れを落とす際に使われている洗剤には、石油などから化学的に作られた界面活性剤が含まれている事も分かった。この界面活性剤は自然界で分解されにくく、水質汚染の原因になっている。他にも、洗剤に含まれているリン酸が、プランクトンが大量発生し水中が酸素不足に陥る富栄養化の原因になっている。このことから、洗剤以外のものでも上履きの汚れを落とすことができないかと考えた。そして、近年の問題の一つに食品ロスが挙げられる。調べてみると、食品ロスの約87%を不可食部が占めていた。このことから、食品の不可食部をなにかに利用できないかと考えた。調べていくうちに大豆の煮汁には洗浄作用がある³ことを示す先行研究があったので、大豆に着目するようになった。そこで豆腐を作る際に出てくるおからという物質を見つけ、更におからは食品として食べられることもあるが、その割合は消費されているおからの約1%しか占めておらず⁴、非常に少ないことがわかった。また、おからのpHは8.1で弱アルカリ性²で洗剤と同じ性質があることがわかったため、おからは上履きの汚れに対して洗浄効果が期待できると考えた。

3. 先行研究

1. 上履きの汚れは弱アルカリ性洗剤で落とすことができる。
2. おからのpHは8.1であるので、おからは弱アルカリ性の物質である。
3. 大豆の煮汁には洗浄作用がある。
4. おからのうち1%が食用、約50%が焼却処分されている。
5. 弱アルカリ性洗剤の原理は酸性の汚れに対してアルカリ成分が中和・ケン化(石けん化)して汚れを水溶性にし、配合された界面活性剤によって汚れをおとすことである。

4. 仮説

おからで上履きの汚れを落とすことができるのではないかと

5. 方法

○準備

- ①おから→生のおからを水溶液にする
- ②布→白色の綿100%キャンパス生地
- ③汚れ→厚木高校の敷地内の土(昇降口横の植木から採取)と人の皮脂に近いホホバオイル
- ④②(布)+③(汚れ)→布にホホバオイル0.3mlを布の中央に円状になるようにつけ、乾燥させた後、布に撥水性があったため水で湿らせてから泥をつける

○方法

濃度を0.1%、0.5%、1.0%、3.0%、5.0%に変化させたおからの水溶液と重曹の2つで対照実験を行った。その際、溶液の体積は3Lに統一した。それぞれの溶液と準備④で作った布を使用し小型洗濯機で5分間洗濯を行う。十分に乾燥させた後、color muse2という分光測色計を用いて汚れを数値化した。color muse2とは、物体表

面に光を照射し、その反射光の波長分布を測定するものである。専用のアプリと連携させることでデータを読み取り、色を数値化することができる。

6. 結果

洗う前と洗った後の数値は以下の表である。

| 洗う前 | おから 0.1% | おから 0.5% | おから 1.0% | おから 3.0% | おから 5.0% | 重曹 0.1% | 重曹 0.5% | 重曹 1.0% | 重曹 3.0% | 重曹 5.0% |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 明度 | 30.53 | 36.36 | 24.20 | 25.64 | 35.16 | 18.94 | 40.74 | 48.74 | 33.24 | 39.55 |

表1 洗う前の汚れの明度の数値

| 洗った後 | おから 0.1% | おから0.5% | おから 1.0% | おから 3.0% | おから 5.0% | 重曹0,1% | 重曹 0.5% | 重曹1.0% | 重曹3.0% | 重曹 5.0% |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 明度 | 47.45 (+16.92) | 50.04 (+13.68) | 52.50 (+28.30) | 53.93 (+28.29) | 58.39 (+23.23) | 55.30 (+36.36) | 50.04 (+9.30) | 60.40 (+11.66) | 73.10 (+39.86) | 58.39 (+18.84) |

表2 洗った後の汚れの明度の数値と洗う前との差

汚れの実際の色は以下の表である。

| | 0.1% | 0.5% | 1% | 3% | 5% |
|-------------|------|------|----|----|----|
| おから 洗う前 | | | | | |
| おから 洗った後 | | | | | |
| 重曹 洗う前 | | | | | |
| 重曹 洗った後 | | | | | |

表3 実際の汚れの色

7. 考察

t検定を用いて有意差を確認した所、おからの水溶液と重曹の水溶液はどちらも有意差があった。そのため、おからの水溶液には洗浄効果があり、上履きの汚れを落とすことができると考えられる。しかし、おからと重曹を比べると、おからは重曹よりも洗浄効果は少ないと考えられる。

8. 結論

おからを用いて上履きの汚れを落とすことができる。

9. 今後の展望

今回使用したキャンバス地には非水溶性の繊維が使用されていたり生地が分厚いなど、実際の上履きに使用されている素材と大きく変わってしまった。そのため、素材をより近いものに変更して実験を行いたいと思った。また、今回の研究ではおからの水溶液の他に重曹の水溶液を使用した。実際に重曹を使って上履きを洗う家庭は少ないので、石けんや洗剤等のより身近なもので実験を行いたいと思った。加えて、おからの水溶液を使用して洗濯する際に繊維が多く残ってしまうので、おからの水溶液からおからの繊維を除いて成分のみを取り出して利用できるようにしたいと思った。

10. 参考文献

- ①mi-mollet 海外で注目される“アルカライズ”って？身体の新たな健康指標になるかもしれない「pHバランス」をケアしたい！ <https://mi-mollet.com/articles/-/37806?page=2> 2025年5月17日閲覧
- ②株式会社オカラテクノロジス 【おからでフードロス削減】おからなのに「もちもち！おからぼんで」。CAMPFIREにて先行予約販売開始〈OKARAT〉
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000008.000106025.html>2025年6月1日閲覧
- ③前橋女子 自然由来の洗剤を作る～大豆の煮汁に注目して～
<https://maejo-hs.gsn.ed.jp/wysiwyg/file/download/22/3392025年6月17日閲覧>
- ④daily-cleaners.com 汚れのオールスター！難敵、上履きの洗い方
<https://daily-cleaners.com/blogs/blog/202012192025年5月17日閲覧>
- ⑤農林水産省 令和5年度 食品産業リサイクル状況等調査委託事業（食品関連事業者における食品廃棄物等の可食部・不可食部の量の把握等調査）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/attach/pdf/161227_8-93.pdf2025年5月17日閲覧

防音性の高い多層構造ダンボールの検討

神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 β5班

1. 要旨

地震や台風を始めとした自然災害の多い日本において、避難所の快適性が求められている。本研究は、身近な素材である段ボールに注目し、より防音性の高い段ボールを検討することを目的とした。内部構造の異なる段ボールを作成し、作成した段ボール板の防音性能を測定した。その結果、断面が側面にあり、隙間が多い構造の断面が音源側になるように片面を塞いだ段ボールが、高い周波数を中心に最も防音に適した構造であることが確認された。

2. 背景・目的

私たちは、近年の避難所の利用件数の増加と、それに伴う避難所生活での問題の増加¹に着目した。数ある問題の中から特に騒音問題に焦点を当て、身近にある段ボールの構造を見直すことで、避難所での生活を快適にすることができるのではないかと考えた。そこで、段ボールの内部構造による防音効果の違いを調べ、防音性の高い多層構造段ボールを検討する。

3. 仮説

本研究では、波形が外側に露出し、内部の空気層が貫通している段ボール構造は、通常の段ボール構造に比べて防音効果が高いと考える。

その理由として、まず、段ボール内部に形成される空気層が音波の伝わり方を弱めることが挙げられる。音は異なる媒質（紙と空気）の境界を通過する際に一部が反射・吸収されるため、複数の空気層を通過するときにエネルギーが減少し、透過音が小さくなる。段ボールの吸遮音特性を高めるためには、段ボールの間に空間を設け、空間の厚みを増加させることが有効である²。

音の吸収は、音波エネルギーが材料内部に取り込まれ、分子や粒子の振動を通じて熱エネルギーへ変換されることで音が減衰する現象であり、散乱は音波が材料表面や内部構造によって多方向に拡散し、反射や吸収を促進する作用を持つ³。以上より、段ボールの波形が外側に露出する構造では表面積が増加し、音波が内部で散乱や反射を繰り返すため、音エネルギーが効率的に失われ、吸音効果が高まると考えられる。

4. 方法

段ボールの内部構造をそれぞれ変えて板を作成し、その作成した板の防音性能を検証する。

・実施材料

A ボール紙・更紙・セロハンテープ・ホッチキス

B 吸音材・糸・ガムテープ

・実施手続き

1. 段ボールの作成

実施材料Aを使用し、厚さ・大きさが等しく(図1)、内部構造が異なる合計5種類の段ボール(図2)を作成する。

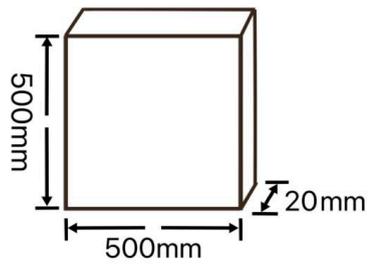


図1 作成する段ボールの大きさ

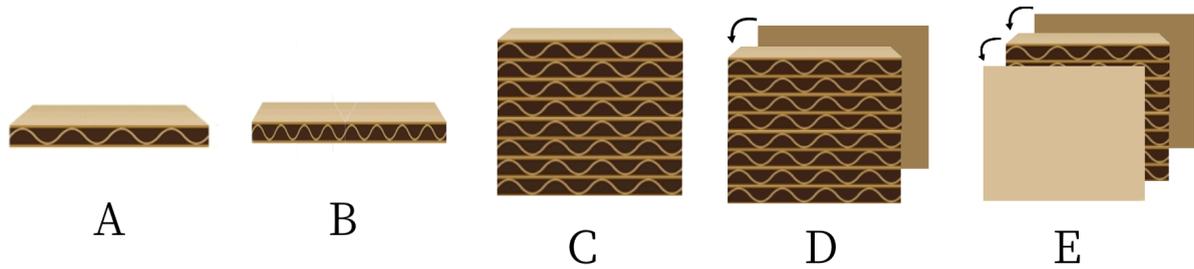


図2 作成する段ボール

図2より作成する段ボールの説明は以下の通りである。

A 一般的な構造

ボール紙 500mm×500mm 2枚
 更紙 500mm×650mm 4枚
 波の間隔 50mm
 隙間の数 20個

B Aより隙間が広い構造

ボール紙 500mm×500mm 2枚
 更紙 500mm×1300mm 8枚
 波の間隔 100mm
 隙間の数 10個

C 断面が側面にある隙間が多い構造

ボール紙 20mm×500mm 4枚
 更紙 20mm×650mm 4×25枚、20mm×500mm 25枚
 波の間隔 50mm
 隙間の数 500個

D1 Cの片面を塞いでいる構造(断面が音源側)

C+ボール紙 500mm×500mm 1枚

D2 Cの片面を塞いでいる構造(断面が騒音計側)

C+ボール紙 500mm×500mm 1枚

E Cの両面を塞いでいる構造

C+ボール紙 500mm×500mm 2枚

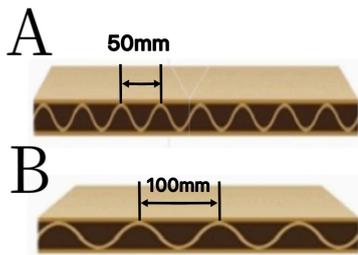


図3 波の間隔について

・段ボールA

- ①ボール紙、更紙を上記の大きさにそれぞれ切る。長さが足りないところはセロハンテープを使ってつなげる。
- ②切った更紙4枚をホチキス、セロハンテープを使って4重にする。
- ③更紙の500mmの辺をセロハンテープでとめる。
- ④1枚目のボール紙には1組の向かい合う辺に50mm間隔で印をつけ、もう一方のボール紙にも端から25mmあけてから同じく50mm間隔で印をつける。②の更紙には650mmの辺に65mm間隔で印をつける。
- ⑤1枚目のボール紙と更紙のそれぞれの印が重なるようにし、そこを細くしたセロハンテープで固定する。この工程を10回続ける。
- ⑥2枚目のボール紙の印の部分と作った波の高いところを細くしたセロハンテープで固定する。



図4 Aの段ボール

・段ボールB

- ①ボール紙、更紙を上記の大きさにそれぞれ切る。長さが足りないところはセロハンテープを使ってつなげる。
- ②切った更紙8枚をホチキス、セロハンテープを使って8重にする。
- ③更紙の500mmの辺をセロハンテープでとめる。
- ④1枚目のボール紙には1組の向かい合う辺に100mm間隔で印をつけ、もう一方のボール紙にも端から50mmあけてから同じく100mm間隔で印をつける。②の更紙には1300mmの辺に130mm間隔で印をつける。
- ⑤1枚目のボール紙と更紙のそれぞれの印が重なるようにして、そこを細くしたセロハンテープで固定する。それを5回続ける。
- ⑥2枚目のボール紙の印の部分と作った波の高いところを細くしたセロハンテープで固定する。



図5 Bの段ボール

・段ボールC

- ①ボール紙、更紙を上記の大きさにそれぞれ切る。長さが足りないところはセロハンテープを使ってつなげる。
- ②切った更紙4枚を4重にし、更紙の20mmの辺をセロハンテープでとめ、それを25セット作る。
- ③20mm×500mmの更紙の片面には500mmの辺に50mmの間隔で印をつけ、もう片面にも端から25mmあけてから同じように印をつける。②の更紙には65mmの間隔で印をつける。

- ④③の更紙のそれぞれの印が重なるようにして、そこを細くしたセロハンテープで固定する。それを20mm×500mmの更紙1枚につき10回続ける。これを25セット作る。
- ⑤作った波の高いところと20mm×500mmの印の部分を細くしたセロハンテープで固定する。
- ⑥20mm×500mmの更紙の印と⑤で作ったそれぞれの端をセロハンテープで固定する。



図6 Cの段ボール

・段ボールD、E

上記で説明した段ボールCにボール紙をDは片面、Eは両面にセロハンテープを使って貼り付ける。

2.防音ボックスの作成

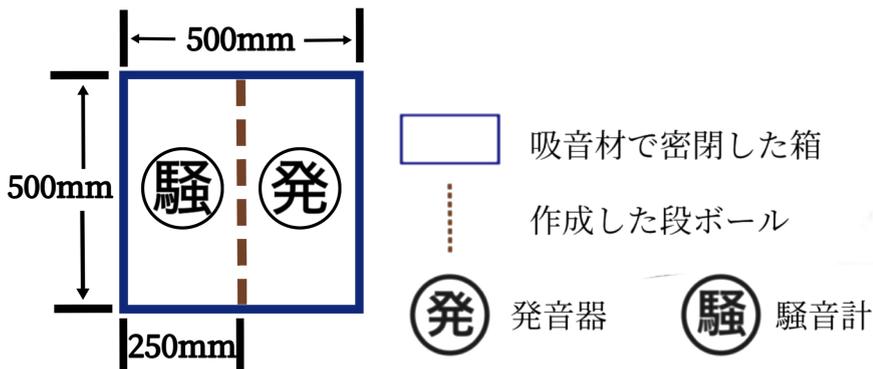


図7 防音ボックスと実験時の配置について

図3のような防音ボックスを実施材料Bを使用し、次のような手順で作成する。

- ①500mm×500mm×500mmの箱になるように針と糸を使って吸音材を組み立てる。
- ②隙間がある部分や接続が弱い部分をガムテープで塞ぐ。
- ③実験時には、作成した段ボールを図のように中央に隙間が出来ないように、設置する。



図8 騒音計

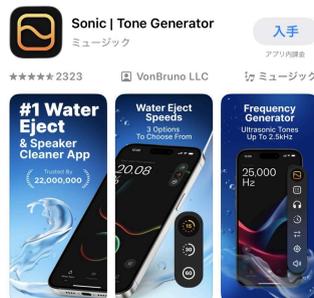


図9 発音器

3.測定

・測定方法

図2のように作成した5種類の段ボール(6パターン)の防音性能を、図8、9のアプリケーションソフトウェアの発音器と騒音計を使い、それぞれ以下のような手順で測定する。

- ①図3のように、作成した防音ボックスに作成した対象の段ボールを設置する。
- ②防音ボックスの区切られた片方には発音器、もう片方には騒音計を設置する。
- ③騒音計で測定を開始させ、発音器で一定の音量(普通の会話程度である60dBくらい)を流す。周波数は、400Hz、800Hz、1200Hzの3種類を計測する。
- ④その後、防音ボックスを密閉し、外部の音ができるだけボックス内に入らないようにする。その状態で20秒間の測定を2度行い、その平均を実験の値とする。



図10 実際の計測(MAX=68.0dBから)



図11 実験の様子

※400Hz:通常音階の基準音として使用される「ラ」の音(440Hz)より少し低い音。

800Hz:ドの完全5度上の音(ソ)(784Hz)より少し高い音。

1200Hz:一般的な88鍵ピアノの鍵盤上で、中央ハ(ド4、C4)より2オクターブ高い位置にある「レ」の音(1175Hz)より少し高い音。

※基準とした800Hzは人の耳に届きやすい高さの音である。

4.結果の計算

数日に渡って計測をするので、日による環境音の違いを考慮し、その日の段ボールを設置せずに3の測定方法で計測した実験の値(dB)から調べる段ボールについての実験の値を引いて、これを結果とする。この値が大きいほど、防音効果が大きいと言える。

5. 結果

(dB) 表1 実験の結果

| 調べる段ボール | 400Hz | 800Hz | 1200Hz |
|-----------|-------|-------|--------|
| なし | 0 | 0 | 0 |
| A(基準) | 3.65 | 7.98 | 11.6 |
| B(幅広) | 3.45 | 1.48 | 12.5 |
| C(隙間多) | 0.55 | 1.98 | 6.35 |
| D1(断面音源) | 3.9 | 8.95 | 11.8 |
| D2(断面騒音計) | 5.15 | 6.6 | 9.55 |
| E(両面) | 5.15 | 8.15 | 6.85 |

※有効数字3桁で表している(2桁に表示されているものは3桁目は0である)

赤:10dB以上 オレンジ:5dB以上

○色の着いた部分を見る

振動数が大きい(高い)音ほど、段ボールの防音効果が発揮されやすい。

○表を横に見る

同じ段ボールでも振動数によって吸音効果に大きな違い(最大9.05dB、平均6.35dB)がある。

○表を縦に見る

同じ振動数でも段ボールによって吸音効果に大きな違い(最大7.47dB、平均6.07dB)がある。

※5dBは環境によるが「違いがわかる」程度の変化である。(音の大きさが約3分の1(電力換算)から約2分の1(音圧換算)に小さくなる)

10dBは人間の耳には音が約半分になったように聞こえる。(音の大きさが約10分の1(電力換算)から約3分の1(音圧換算)に小さくなる)

※5dBは「違いがわかる」程度の変化であるが、5dBの防音効果が集まることによってより大きな防音効果を得られるので、5dBの変化も防音効果が十分に発揮されたと言えると考えている。

6. 考察

〈400Hzの場合〉

○AとBを比較

波の幅が広いBの段ボールの方がやや吸音効果が低い。

○AとCを比較

Cの段ボールは隙間の数が多いことで、壁としての役割を果たせず吸音効果はほぼなかった。

○CとD1/D2/Eを比較

Cの段ボールにボール紙を貼り、断面を塞ぐことでD1/D2/Eの段ボールは大幅に吸音効果が向上している。また、騒音計側がボール紙で覆われている方が、より効果がみられることがわかる。

全体では隙間の数が多く、そして貫通していないD2/Eの段ボールの構造が最も適していた。

〈800Hzの場合〉

○AとBを比較

400Hzの場合は2種類の間でほとんど吸音効果が変わらなかったが、800HzになるとAの段ボールの方が約6dB高いという大幅に変化がみられた結果となった。

○AとCを比較

依然としてCの段ボールでは吸音効果はほとんど見られず、Aの構造が適していると考えられる。

○CとD1/D2/Eを比較

400Hzの時と同様に、Cの段ボールにボール紙を貼り、断面を塞ぐことでD1/D2/Eの段ボールは大幅に吸音効果が向上している。また、音源側に断面がむき出しになっている置き方で測定したD1の段ボールで一番効果がみられた。

全体では隙間の数が多く、そして音源側に断面がむき出しになるようにしたD1の段ボールの構造が最も適していた。

〈1200Hzの場合〉

○AとBを比較

400Hz・800Hzの場合では、その差に違いはあるがどちらもAの段ボールのほうが効果が高かったのに対し、1200Hzの場合のみ波の幅が広いBの段ボールのほうが吸音効果が見られた。

○AとCを比較

今までの実験結果とは異なり、Cの段ボールでも5dB以上の結果が得られたが、やはりどの周波数でも一貫してAの段ボールのほうが効果が高いことがわかる。

○CとD1/D2/Eを比較

800Hzの場合と同様に、音源側に断面がむき出しになっている置き方で測定したD1の段ボールで一番効果がみられた。また、C/D1/D2の段ボールは周波数が高くなるにつれて吸音効果も高くなっているが、Eの段ボールのみ800Hzから吸音効果が下がっていることがわかる。

全体では波の幅が広いBの段ボールの構造が最も適していた。

○すべての比較

それぞれの段ボールでの防音効果を比較してみると、合計で大きな防音効果が得られたのはD1である。

しかし、400Hzと1200Hzではより高い防音効果を示した段ボールもあることが分かる。

これらをふまえ、以下の考察を立てる。

低周波(400Hz)の場合、波長が長いという特徴があり、空洞部分が大きすぎると音が反射・吸収されずにそのまま透過してしまいやすいため、全体的に吸音されにくいのではないかと。

高周波(1200Hz)の場合、波長が短いという特徴があり、段ボールの内部でたくさん反射が起こるため、吸音されやすいのではないかと。

段ボールD1は、隙間の数が多く、また断面が音源側であるため、図12のように音が多く反射し、吸音効果が大きくなったのではないかと。

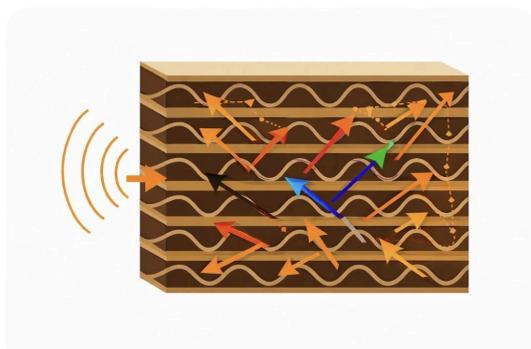


図12 反射の様子

7. 結論

新たに考えた断面が側面にあり、隙間が多い構造の断面を音源側になるように片面を塞いだD1の段ボールは、高い周波数を中心にある程度の効果がみられたため、最も吸音に適している構造であるという結論に至った。しかし、400Hzと1200Hzではより高い防音効果を示した段ボールもあったため、防音したい特定の周波数がある場合は、使い分けることが効果的だと思われる。

8. 今後の展望

①段ボールの精密性の向上

市販の段ボールを使用すると、段ボールによって素材や内部構造などの条件が変わってしまうことを考慮して1から手作りすることに決めたが、裁断・接着などの過程でそれぞれの段ボールに**差異**が生まれてしまったため、市販の段ボールを使用した実験も合わせて行い、この差異がどれほど実験結果に影響を与えているかを調べる必要があったと考える。

②段ボールの密度の改善

手作業という点を考慮し、段ボールの厚さ・波の間隔などを市販の段ボールと比べて約4倍に拡大して作成。その結果段ボール内の空洞部分が大きくなってしまい、音がそのまま透過されやすくなり、段ボール本来の防音効果を十分に発揮できていない可能性があるというところを考慮できていなかったため、段ボールの密度を高めた実験も視野に入れていきたい。

9. 参考文献

1 新建ハウジング: パナソニックホームズの防災意識調査(2025年)

https://www.s-housing.jp/archives/398282?utm_source=chatgpt.com 2026年1月29日閲覧

2 瀬尾千晶: 「避難所における段ボール仕器の吸遮音特性に関する研究」卒業論文(PDF) 2018年.

https://sb82aee8c5e08e39c.iimcontent.com/download/version/1524647923/module/12619164390/name/%E7%80%AC%E5%B0%BE%E5%8D%83%E6%99%B6%E5%8D%92%E6%A5%AD%E8%AB%96%E6%96%87%E6%A2%97%E6%A6%82.pdf?utm_source=chatgpt.com 2026年1月29日閲覧

3 防音ファクトリー: 音響材料はどのように音を吸収するのか?

https://bouonfactory.co.jp/%E9%9F%B3%E3%81%AE%E9%9F%BF%E3%81%8D%E3%82%92%E6%94%B9%E5%96%84%EF%BC%81%E6%9C%80%E6%96%B0%E3%81%AE%E9%9F%B3%E9%9F%BF%E6%9D%90%E6%96%99%E6%8A%80%E8%A1%93%E3%81%A8%E3%81%AF%EF%BC%9F/?utm_source=chatgpt.com 2026年1月29日閲覧

バナナ摩擦係数

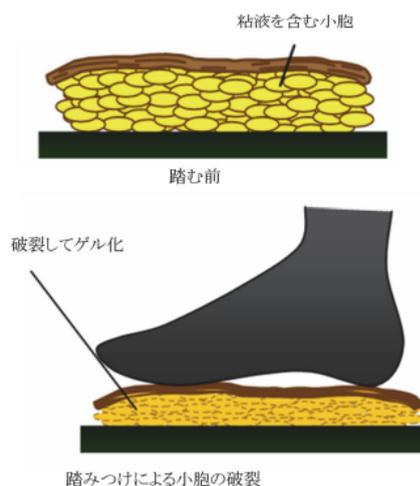
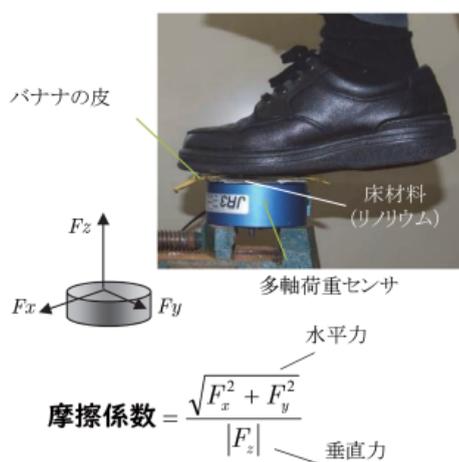
神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 β6班

1. 要旨

本研究では、バナナの皮にかかる圧力および力を加える角度と静止摩擦係数の関係を明らかにすることを目的とした。バナナの皮は踏むと滑りやすいとされているが、静止摩擦係数が圧力や力の加え方によってどのように変化するかは十分に検討されていない。そこで先行研究データの解析および角度を変化させた摩擦測定実験を行い、相関係数を評価した。その結果、圧力と静止摩擦係数には負の相関が、角度と静止摩擦係数には正の相関が認められ、バナナの静止摩擦係数が条件に依存して変化することが示唆された。

2. 背景・目的

アニメや漫画で「バナナの皮で滑って転ぶシーン」を見ることがあるように、バナナの皮を踏むと、滑りやすいイメージを持つ人が多い。しかし、実際に日常生活でバナナの皮を踏む機会はほとんどなく、この現象がどのような条件で起こるのかは明確ではない。そこで、我々はこのシーンが成立するのか、成立するならどんな条件で滑り始めるのか疑問に持ち、研究のテーマとするに至った。2014年にイグ・ノーベル賞を受賞したバナナの摩擦係数の研究があった¹。この研究では、バナナの皮の滑りやすさについて解明をしている。研究チームは、バナナの皮を「踏む」ことに意味があるとし、バナナの皮を足で踏んだ瞬間の摩擦係数を求めた。バナナの皮を踏むと、床材の約6倍ほど滑りやすくなることがわかっている。また、バナナの皮の内側は高分子の多糖類を含む粘液が詰まったつぶがたくさんあり、足で踏むとつぶれて滑る原因になるという²。



【図1】荷重センサを用いた摩擦測定

【図2】踏む動作によるバナナの皮の変化

また、過去の高校生の研究でバナナの皮におもりをのせて、摩擦角との関係を調べているものがあった³。この研究ではバナナの皮にかかる垂直抗力と静止摩擦係数の関係は、おもりの質量が大きいほど静止摩擦係数が小さくなることが明らかにされた。

図3の通り、負荷の大きさが一定値を超えると一定の値を取り続けると推測していた。

| | | | | | | | |
|------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| おもりの質量(kg) | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| tanθの値 | 0.416 | 0.39 | 0.247 | 0.205 | 0.172 | 0.197 | 0.165 |

【図3】おもりの質量に対するtanθの値*

これらの研究から、バナナの小胞内の粘液が摩擦係数に影響するということがわかった。しかし、バナナの摩擦係数や滑りやすさの原因は明らかになったが、バナナの皮にかかる圧力やバナナの皮を踏んだときの角度を変数としていなかった。

これを受け、私たちは、通常定数のはずの静止摩擦係数は、バナナの場合は、皮の潰れ具合に影響されて、変化をするのではないかと考えた。

そこで、バナナの皮にかかる圧力と角度を変数とし、静止摩擦係数がどのように変化するのか調べることを我々の目的とした。

3. 仮説

バナナの皮にかかる圧力や力を加える角度を変えていき、静止摩擦係数との相関関係を調べることができる。

4. 方法

【予備実験】

一度本実験①を木の板を使って試したところ、結果に差異が見られなかった。これは、木の板の静止摩擦係数が大きすぎて実験に適していないためと考えられる。

そのため、今回の実験に最も適した環境を作ることを目的に予備実験を行った。

1. 薄い木の板を何も塗布せずに用いる場合
2. 薄い木の板に油を塗布して用いる場合
3. 薄い木の板に洗剤を塗布する場合
4. アクリル板を用いる場合

以上4つに分けて本実験①を行う。

最も差異がみられたものを、本実験①②において使用することにした。

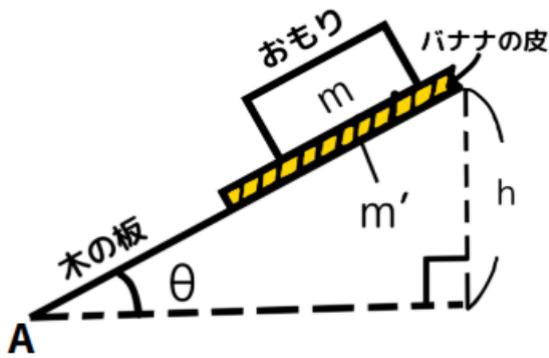
【本実験①】

おもりとバナナの皮をテープで固定し(以後「バナナの皮がついたおもり」とする)、

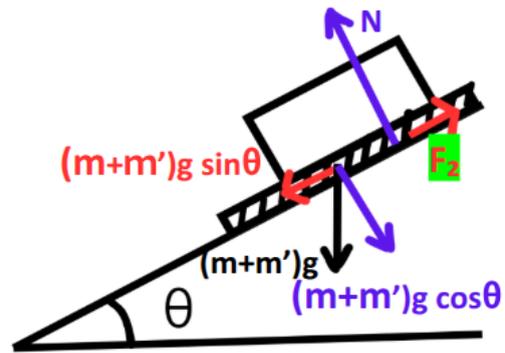
バナナの皮がついたおもりを水平な木の板にのせ、バナナの皮がついたおもりが滑り落ちるまで点Aを支点として木の板を傾ける。バナナの皮がついたおもりが滑り始めた瞬間の高さをhとおいて記録する。

この操作をバナナの面積のみを変えて(バナナの皮にかかる圧力のみを変えて)何度も行う。静止摩擦係数と圧力の求め方は以下の通り。

1. 高さhを記録し、正弦定理よりθを求める
2. $\mu N = (m+m')g \sin \theta$, $N = (m+m')g \cos \theta$ より(図4)
 $\mu = \tan \theta$ で静止摩擦係数μが求まる
3. 加えられた力(N)÷バナナの皮の面積(m²)より圧力を求める
4. 様々な圧力とその静止摩擦係数を記録
⇒圧力と静止摩擦係数の関係を考察する



【図4】実験①の様子を表した図



【図5】実験①での力の関係を表した図

【本実験②】

バナナの皮(以後「皮」とする)の白い内側の部分を下にしてアクリル板に皮を乗せる。しかし、用いる式の性質上、質量がバナナの皮のような小さい場合、静止摩擦係数の値が角度に依存してしまうため、皮の上に重りを乗せ、これを一つの物体(以後「物体」とする)とみなして質量を揃えてアクリル板に乗せる(図8)。デジタルばねばかりを事前に決めた角度で物体に当てる。デジタルばねばかりに力を加え、その様子をばねばかりのディスプレイが映る画角と、真横からの画角のそれぞれで動画を撮る。物体が滑り出した瞬間の角度を角度アプリ(Angle Meter)、力を動画速度変更アプリ(スローモ)で0.1倍速に変えて計測し、スプレッドシートを用いて記録する。これを角度を変えて繰り返し行う。バナナとの比較のために、静止摩擦係数に変化しない段ボールでも同様の実験を行う。静止摩擦係数の求め方は以下の通り。

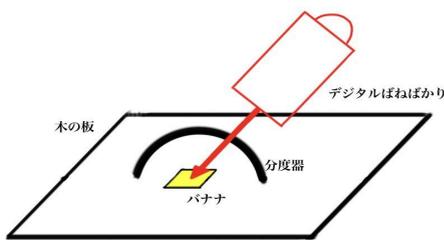
1. 計測される値: 固定した角度 θ , 滑った瞬間の力 F

2. $N=mg+F\sin\theta$, $F\cos\theta=\mu N$ より(図6)

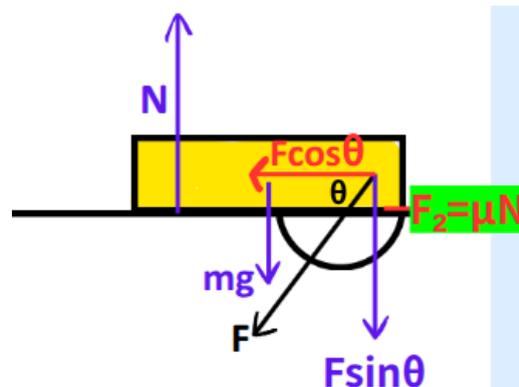
$$F\cos\theta = \mu(mg+F\sin\theta)$$

$\mu = F\cos\theta / (mg+F\sin\theta)$ で静止摩擦係数 μ が求まる

⇒スプレッドシートの関数を用いて、角度 θ と静止摩擦係数の関係を考察する



【図6】実験②の様子を表した図



【図7】実験②での力の関係を表した図



【図8】実験②の様子

H160:H187 $\mu_s = F160 * \cos(E160) / (A160 * 9.8 + F160 * \sin(E160))$

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|-----|--------|----|--------|-------------|---------|------|---|---------|---|
| 1 | 質量(g) | 角度 | 角度 (分) | 角度 (度) | 角度(rad) | 力 | | 静止摩擦係数 | |
| 167 | 291.29 | 53 | 31 | 53.51666667 | 0.93 | 2.48 | | 0.30 | |
| 168 | 264.73 | 59 | 6 | 59.1 | 1.03 | 3.99 | | 0.34 | |
| 169 | 264.73 | 59 | 17 | 59.28333333 | 1.03 | 4.87 | | 0.37 | |
| 170 | 261.35 | 61 | 38 | 61.63333333 | 1.08 | 3.98 | | 0.31 | |
| 171 | 261.35 | 64 | 19 | 64.31666667 | 1.12 | 2.83 | | 0.24 | |
| 172 | 263.2 | 10 | 24 | 10.4 | 0.18 | 1.02 | | 0.36 | |
| 173 | 263.2 | 10 | 41 | 10.68333333 | 0.19 | 1.2 | | 0.42 | |
| 174 | 263.2 | 11 | 50 | 11.83333333 | 0.21 | 0.96 | | 0.34 | |
| 175 | 263.2 | 10 | 57 | 10.95 | 0.19 | 1.17 | | 0.41 | |
| 176 | 262.06 | 14 | 30 | 14.5 | 0.25 | 1.07 | | 0.37 | |
| 177 | 262.06 | 14 | 21 | 14.35 | 0.25 | 0.28 | | 0.10 | |
| 178 | 262.06 | 13 | 49 | 13.81666667 | 0.24 | 0.5 | | 0.18 | |
| 179 | 262.06 | 15 | 17 | 15.28333333 | 0.27 | 0.7 | | 0.25 | |
| 180 | 260.77 | 15 | 39 | 15.65 | 0.27 | 0.75 | | 0.26 | |
| 181 | 260.77 | 15 | 47 | 15.78333333 | 0.28 | 0.74 | | 0.26 | |
| 182 | 260.77 | 18 | 29 | 18.48333333 | 0.32 | 1.1 | | 0.36 | |
| 183 | 260.77 | 18 | 37 | 18.61666667 | 0.32 | 1.03 | | 0.34 | |
| 184 | 261.88 | 17 | 54 | 17.9 | 0.31 | 1.2 | | 0.39 | |
| 185 | 261.88 | 27 | 24 | 27.4 | 0.48 | 1.09 | | 0.32 | |
| 186 | 261.88 | 28 | 29 | 28.48333333 | 0.50 | 0.77 | | 0.23 | |
| 187 | 261.88 | 28 | 11 | 28.18333333 | 0.49 | 1.1 | | 0.31 | |
| 188 | | | | 0 | 0.00 | | | #DIV/0! | |

【図9】実験②におけるスプレッドシートを用いた記録

5. 結果

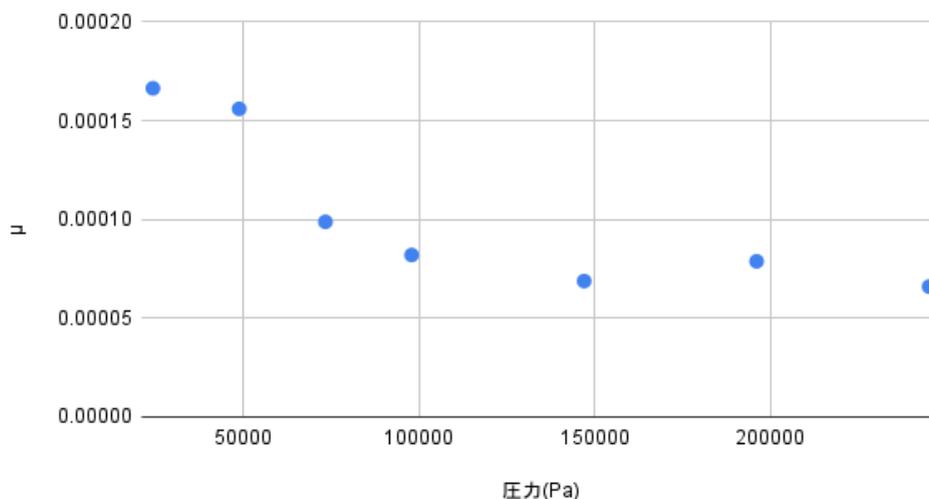
【予備実験】

油と洗剤は均一に塗布することができないと分かった。また、薄い木の板では皮が板を滑り始める前にばねばりの先端が皮の上を滑ってしまった。以上のことからアクリル板が最も実験に適しているとし、今回の実験①②で使用することに決定した。

【実験①】

実験①において、適した重さのおもりを用意することが不可能だった。バナナにかかる圧力による滑り具合に有意差を出すためには、おもりの質量が大きい必要があったが、おもりの質量を大きくすると、モーメントなど別の力がかかってしまうことから、この実験は実行できないと判断した。また、先行研究³より適当な θ の値から圧力を求めると、圧力と静止摩擦係数の関係を表すことができると分かったため、実験①は行わないこととした。

以下の図は先行研究³の値から圧力を求めた図である。



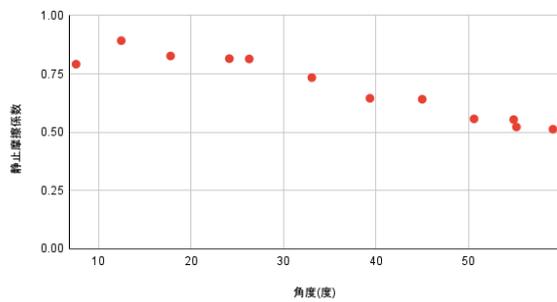
【図10】圧力と静止摩擦係数の関係

図10より、圧力と静止摩擦係数には負の相関関係があった。また、圧力の大きさがある一定値を超えると静止摩擦係数は一定の値をとり続けていた。

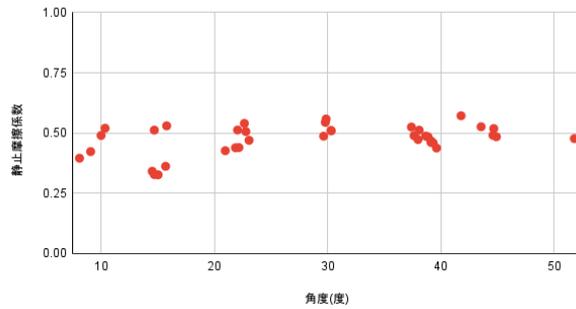
【実験②】

実験より、以下の結果が得られた。

[1]段ボール (二つの異なるダンボールで実験)



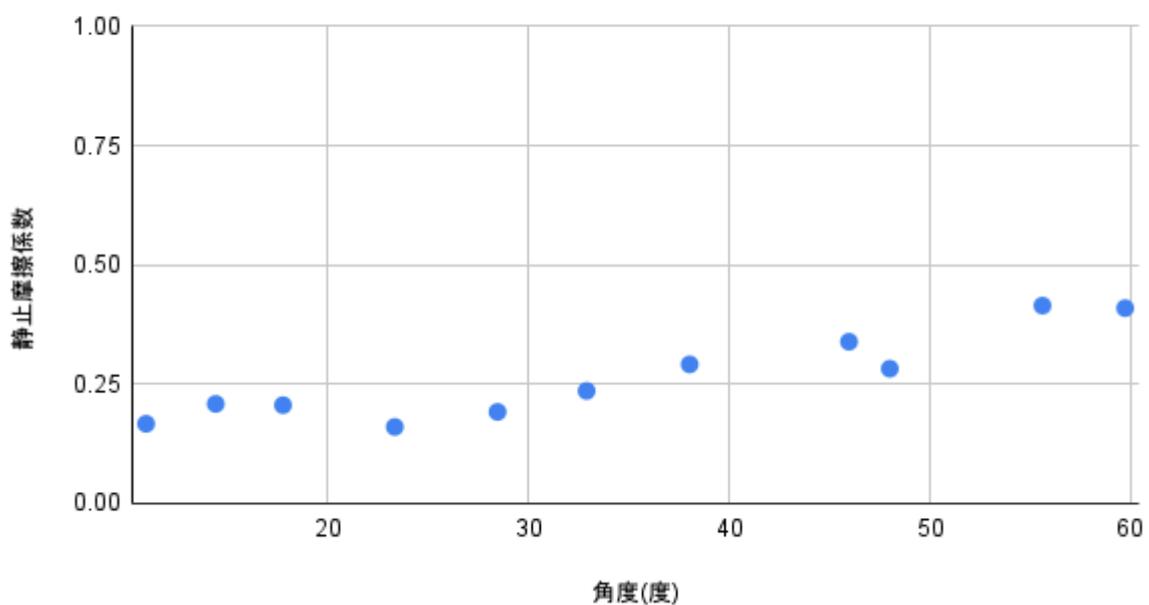
【図11】 段ボールにおける角度と静止摩擦係数の関係(10° から計測)



【図12】 段ボールにおける角度と静止摩擦係数の関係(60° から計測)

図11、図12より後半にかけて段ボールがすり減り滑りやすくなって静止摩擦係数が小さくなったと考えられると、段ボールでの角度と静止摩擦係数にはほとんど相関がないと見ることができる。

[2]バナナの皮



【図13】 バナナの角度と静止摩擦係数の関係(10° から計測)

20° から50° で正の相関関係が見られた。

6. 考察

【実験①】

先行研究のデータを用いて圧力と静止摩擦係数の関係を見ると、負の相関関係があった。このことより、圧力が大きくなるほど静止摩擦係数は小さくなるのがわかる。これは、バナナの皮の内側にある小胞が、圧力の増加によってより強く潰れ、中に含まれる粘液が広がるためだと考えられる。粘液が潤滑剤の役割を果たすことで、接触面が滑りやすくなり、摩擦係数が小さくなったと推測できる。

また、圧力がある一定値を超えると静止摩擦係数が一定になるのは、小胞がほぼ完全に潰れ、それ以上粘液の広がり方に変化が起こらなくなるためだと考えられる。

しかし、あくまで先行研究のデータを用いたものであり、そのデータの整合性は取れていないため、この結果は参考とする。

【実験②】

[1]段ボール

本来、静止摩擦係数が一定のはずの段ボールで一定にならなかったのは、段ボール表面が実験中にすり減り、表面状態が変化したことが原因だと考えられる。図8および図9において、角度を徐々に大きくしていった場合と、角度を徐々に小さくしていった場合で、どちらも静止摩擦係数が減少した。つまり、段ボールでは摩擦係数が角度に依存しているとは言えず、静止摩擦係数はほぼ一定とみてとれるだろう。

[2]バナナの皮

一方、段ボールと同じ条件で行ったバナナの皮の実験では、段ボールに比べて、20° から50° の範囲で角度と静止摩擦係数に正の相関関係が見られた。つまり、角度を大きくしていくと、摩擦係数は大きくなるといえる。角度が大きくなるにつれて、皮に加わる力の向きが変化し、小胞の潰れ方や粘液の広がり方が変わったため、摩擦係数が変化したと考えられる。このことから、バナナの静止摩擦係数は一定ではなく、力を加える角度によって変化するといえる。

7. 結論

本研究では、バナナの皮にかかる圧力および力を加える角度と静止摩擦係数の関係について調べた。その結果、圧力が大きくなるほど静止摩擦係数は小さくなり、一定以上の圧力では摩擦係数がほぼ一定になることが分かった。また、バナナの皮では角度によって静止摩擦係数が変化する範囲が存在し、通常一定とされる摩擦係数が、バナナの場合は条件によって変化することが示された。以上より、バナナの皮で滑りやすくなる現象は、皮内部の粘液と小胞の潰れ方が大きく関係し、バナナの静止摩擦係数は変数であると結論づけられる。

実際に人が踏む場合には、力の大きさや接触時間、足裏の変形などが影響するため、本研究の結果のみから滑りやすさを一意に決定することはできないが、少なくとも力を加える角度が摩擦係数に影響することが示された。

8. 今後の展望

①データ数を増やす

今回は同じ条件で行った実験が少なかったため、結果が正確ではない可能性もあると考えた。今後はよりデータ数を増やし、説得力を高めていきたい。

②より精密な実験

湿度や温度、バナナの熟度のデータも含めた、より正確な条件下で実験をしていきたい。

③多様な環境での実験

実際に踏むことを想定して靴の形や素材による違いを調べるなど、多様な環境・条件で実験を行い、どのように結果につながるのかを見ていきたい。

9. 参考文献

1)馬淵清資「潤滑油はなぜ潤滑するのか-バナナの皮が語る滑りの極意-

http://dsc.rcast.u-tokyo.ac.jp/~uchida/img/2021_Vol.026_No.12_0707.pdf(閲覧日2025/9/30)

2)馬淵清資 「バナナの皮の科学」<https://www.iikkvo.co.jp/contents/download/9992657204> (閲覧日2026/1/15)

3)鳩野郁介，森田倫太郎，四柳いずみ(2020)「バナナの皮の静止摩擦係数と、バナナの皮にかかる垂直抗力の関係」徳島県立城南高等学校課題研究集録

小麦のふすまを用いた新たな生分解性素材の発展と利用

神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 β7班

1. 要旨

小麦の胚乳の表皮部分であるふすまは製粉過程で発生するが、大部分が家畜の餌へと利用され人間の食用としては課題も多い。本研究はふすまを用いた生分解性素材に注目し、性能の向上とそれを使用した製品を作成することを目的とし紙皿に焦点を当てた。5種の紙製品とともにふすま素材を作成し、各素材の厚さ、耐久性、耐熱性、生分解性について検証した。その結果、本研究の中ではダンボールとトイレトペーパーの芯を用いたふすま素材が最適であると結論づけた。

2. 背景・目的

不可食部の食材などを中心とした”不要物”を活用して形になるものを作りたいと考えた。バイオマスプラスチックは高校生の技量・設備で1から作るのは困難。厚木高校78期の2年I組α1班が研究していた“小麦のふすまを用いた生分解性素材”に着目し、その性能を向上させ、形にしてみるなどの発展を目指す。

3. 仮説

なし

4. 方法

【実験1】ふすま素材の作成

〈材料・道具〉

ふすま10g、紙素材5g、水200ml、ミキサー、紙すきセット、メスシリンダー、はかり、スプーン

〈方法〉

- ①水と紙素材を合わせて30秒湿らせ、ミキサーで1分半粉碎する。
- ②ふすまを加えた後2分湿らせ、追加で1分粉碎する。
- ③パルプ液を紙すきセットを用いて成形する。
- ④日の当たる場所で数日間乾燥させる。
- ⑤長い辺を横向きにしたときの端から5cmの計4箇所の厚さをノギスで測定する。

【実験2-1】耐久性の検証

〈材料・道具〉

実験1で作成したふすま素材(複数の紙素材を混合していないもの)、スタンド、タコ糸、コットン、はかり、2.0mlにまごめピペット

〈方法〉

- ①ペットボトルの上部を切り取り、タコ糸を通し強度測定用の容器を作成する。
- ②スタンド2つを向かい合わせにし、根元でふすまが折れてしまうことを防ぐためにコットンをクッションにして間に素材を挟む。このとき間のふすま素材の距離は3.0cmにそろえた。
- ③ふすま素材の中心に容器の糸を通し、下にバケツを設置する。
- ④容器の中に水を少しずつ入れる。ふすま素材が水の重さに耐えられなくなったときの水の重さを量る。各ふすま素材につき3回計測し平均値をとる。
- ⑤独立2群のt検定を行い、有意差がみられるか検証する。

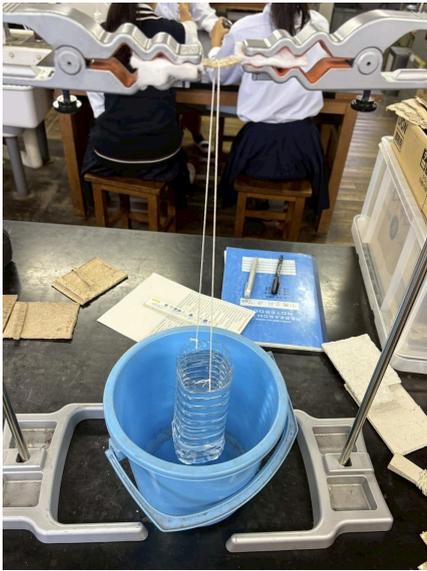


図1耐久力測定装置

【実験2-2】耐熱性の検証

〈材料・道具〉

紙素材(古紙、ダンボール、ティッシュ箱、トイレトペーパーの芯)、スタンド、タコ糸、コットン、はかり、2.0mlにまごめピペット、電子レンジ

〈方法〉

- ①紙素材を約1cmに切り、各3本用意する。
- ②その紙素材を電子レンジに入れて10分加熱する。
- ③加熱後、耐久性の実験と同様にふすま素材が水の重さに耐えられなくなったときの水の重さを量る。
- ④同じ素材で3回測定し、平均値を求める。

【実験2-3】生分解性の検討

〈材料・道具〉

紙素材各種(古紙、ダンボール、ティッシュ箱、トイレトペーパーの芯)、ふすま素材(ふすま素材と同種)、試験管12本、200mlビーカー3個、2mlにまごめピペット、セルラーゼオノズカ(粉末)、はかり、ガスバーナー、フェーリング溶液、沸騰石

〈実験2-3-1方法〉

- ①X: $9.0 \times 10^{-2}\%$ に希釈したセルラーゼ溶液4.0ml+水4.0ml
Y:水8.0ml

を試験管に加え、6本ずつ用意する(計12本)。

- ②ふすま素材を1.0cm四方に切り取ったものを2枚、紙素材をふすま1cm四方(0.08g)と同じ重さになるように切り取ったものを2枚ずつ各種用意する。
- ③試験管を40℃の恒温室に入れて14日間放置する。
- ④試験管にフェーリング液2.0mlと沸騰石を入れ、ガスバーナーで加熱して反応を見る。

〈実験2-3-2方法〉

実験1の方法③の恒温室の温度を55℃に変更。その他実験1と同様に実施。

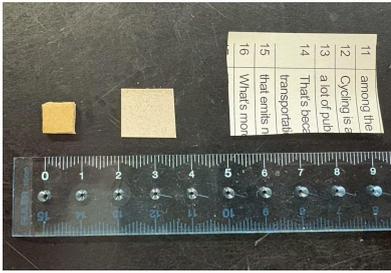


図2切り取った断片



図3恒温室の様子



図4恒温室に入れる前の試験管

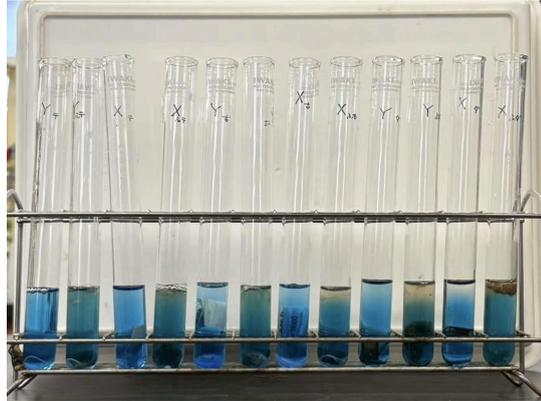


図5フェーリング溶液を加えた後の試験管

5. 結果

【実験1】ふすま素材の作成



図6ふすま素材の画像(上段左からティッシュ箱、古紙、トイレットペーパーの芯、下段左からダンボール、カレンダー、ダンボールとトイレットペーパーの芯半分ずつ)

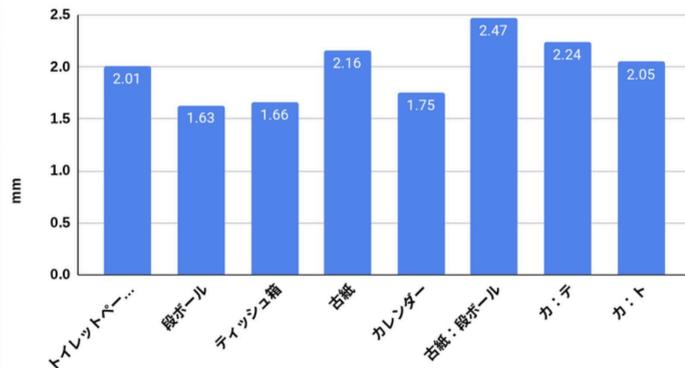


図7各ふすま素材における厚さの比較

【実験2-1】耐久性の検証

ふすまと紙素材を2:1で混合した場合の平均値

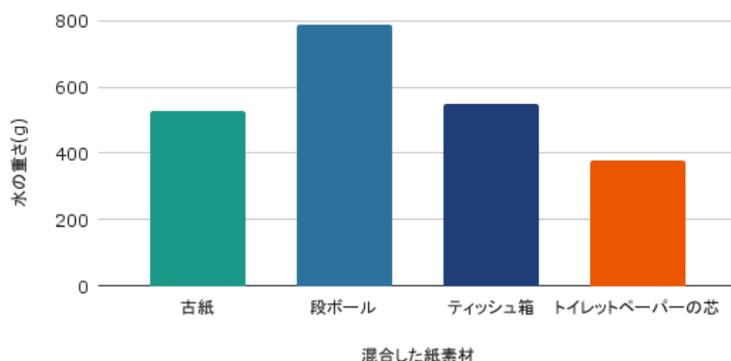


図8ふすまと紙素材を2:1で混合した場合の平均値(g)

ダンボールと(古紙・ティッシュ箱)、(古紙・ティッシュ箱)とトイレtpーパーの芯の各耐久性には有意差($p < 0.05$)が見られた。また、古紙とティッシュ箱の耐久性には有意差($p < 0.05$)が見られなかった。

【実験2-2】耐熱性の検証

紙素材の種類によって耐熱性に大きな差が見られ、未加熱の同素材の平均値と比較すると加熱後は約8割の耐久性にとどまった。中には約800g程度の水に耐えられる素材があった一方で、約300g程度で水の重さに耐えられなくなった素材も存在した。また、同じ素材であっても測定値にばらつきが見られた。

【実験2-3-1,2】生分解性の検証

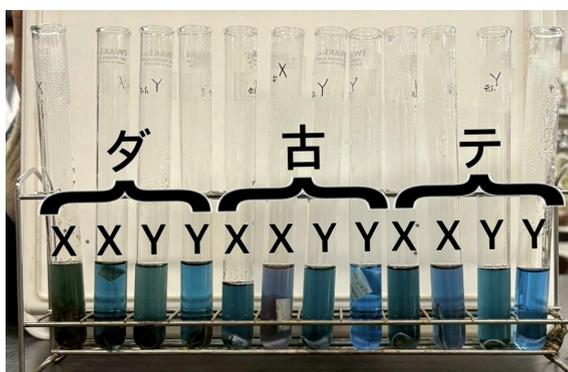


図9【実験2-3-1】加熱後の試験管

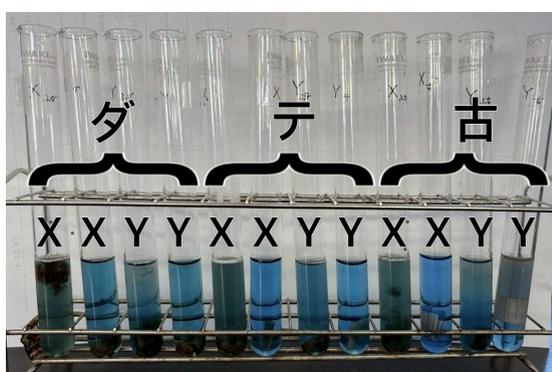


図10【実験2-3-2】加熱後の試験管

6. 考察

【実験1】ふすま素材の作成

4つのふすま素材の中では最大0.5mmの厚さの違いが生じた。これを繊維の長さに着目して考察する。用いた紙製品のうち繊維が長めのもの(ダンボール、ティッシュ箱)に比べ繊維が短めのもの(古紙、トイレtpーパーの芯、カレンダー)が厚い傾向にあった。長い繊維は繊維同士がよく絡まり合い一つの面を形成することで、乾燥による収縮が全体で均一になり薄くなったと考えられる。薄いものは密度が高いとも言い換えることができる。



図11 使用回数によるパルプの変化

【実験2-1】耐久性の検証

実験1と同様に繊維の長さに着目すると、用いた紙製品のうち繊維が長めのものには下向きの張力に対して強いすなわち耐久性が高く、繊維が短いものは下向きの張力に対して弱いすなわち耐久性が低かった。実験1同様繊維が長いほど繊維同士がよく絡まり合い、繊維同士またふすま素材と紐の間にはたらく摩擦力が大きくなったと考察できる。

【実験2-2】耐熱性の検証

トイレtpーパーの芯を用いたふすま素材を除く全てのふすま素材において加熱後は耐久性が低下した。これは加熱によってふすま素材内の水分が一気に蒸発し乾燥したことで脆くなったと考えられる。また、1cm幅の細い素材を使用したため乾燥後に安定していた厚さや密度にムラができ、その弱くなった一点に紐の圧力が集中したことも想定される。

【実験2-3】生分解性の検証

想定していたフェーリング液の反応が観察できなかった。これは先行研究と比較して対照実験となる試験管Yの内容を酵素液から水に変更したことが一つの要因であると考えられるが、その場合紙製品のみかつ試験管Xであるものは反応するべきである。よってフェーリング液の調製中に誤差が生じたことが最も考えられる要因である。そこで他の観点から分解について考察する。紙素材のうちインクやコーティング剤が多く使用されているもの(古紙、ティッシュ箱)は繊維が分離しづらく再生に多くの水と薬品を必要とする。一方でそれらの使用量が少ないもの(ダンボール、トイレtpーパーの芯)は再生時に必要な資源や手間が少なく、繰り返し再生しても品質の維持が可能である。したがって後者の純度の高い紙製品の方が環境やコストに優しく再生利用が可能であると考えられる。

7. 結論

今回の研究を通しての最適なふすま素材を用いた紙皿のための紙製品の組み合わせ方はダンボールとトイレtpーパーの芯を用いたものと結論づけた。理由としては、

- ・ダンボールの繊維が長く密度や耐久性が向上すること
- ・トイレtpーパーの芯は加熱後の耐久性の低下が少なかったこと
- ・どちらもインクやコーティングが少なく純度の高い紙製品であること

などが挙げられる。

8. 今後の展望

今回の研究では紙素材の耐久性や耐熱性、生分解性について調べたが、今後は評価項目を増やしてより多角的な検討を行う必要があると考えた。耐熱性については、加熱時の条件や温度条件を変えた実験を行いたい。生分解性については、土壌や水中など異なる環境での分解の速度を比較することで、環境条件による違いを調べたい。

9. 参考文献

1)神奈川県立厚木高等学校78期生2年I組α1班

小麦のふすまを用いた新たな生分解性素材の開発 実験スライド

https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/78i1_slide.pdf 2026年1月14日閲覧

2)岩手県立一関第一高等学校3年 紙からエタノールを作ろう！

https://ic1-h-ssh.sakura.ne.jp/wp/wp-content/uploads/2021/08/2019_01.pdf 2026年1月14日閲覧

3)newji 紙の強度を決める要因とは？繊維長・密度・コーティング技術の影響

<https://newji.ai/supplier/manufacturing-industry/factors-determining-paper-strength-fiber-length-density-coating-technology/> 2026年1月14日閲覧

4)はなたか先生 糖類の性質 | 気になる遺伝子

<https://idenwatch.com/seikagaku3-4/> 2026年1月14日閲覧

5)神奈川県立厚木高等学校78期生2年I組α1班

小麦のふすまを用いた新たな生分解性素材の開発 実験レポート

https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/78i_report.pdf 2026年1月31日閲覧

6)日本製紙連合会

日本製紙連合会 | サステナビリティ | 紙のリサイクルに対する考え方 | 繊維の再利用

<https://www.jpap.gr.jp/sustainability/recycle/reuse/index.html> 2026年1月31日閲覧

トマチンを用いた農薬の検討

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 β 9班

1. 要旨

近年、農業における農薬の使用は主流となっているが、その反面人間や環境に与える影響にも注目が集まっている。本研究では、以前の研究で防虫効果が確認された玉ねぎの皮に含まれるソラニンと類似する物質であるトマチンを用いて環境負荷の少ない農薬の開発を目的とした。農薬との防虫効果や環境負荷の程度の差を調査した結果、それらの点において一定の効果が期待でき、農薬に代替できる可能性があることが判明した。

2. 背景・目的

76期「トマト由来トマチンの農薬への利用の検討」でトマトの抗菌性は実証されていたが、防虫効果については実証できていなかった。トマチンと構造が似ているソラニンでは防虫効果が実証されていたので、トマチンでも同様の効果が得られるのではないかと考えた。

目的としては、防虫効果の検証と水環境への影響、またトマチンが抽出できているかの検証である。

3. 仮説

(1)根拠となる先行研究

神戸大学院農学研究科の研究より、ジャガイモ成分ソラニンとトマチンは類似物質であることが解明されている。⁸

厚木高校77期の研究より、ソラニンの防虫効果、農薬よりも環境負荷が少ないこと、メタノール抽出が可能なが確認されている。³

厚木高校66期の研究より、黒カビに対するトマチンの抗菌作用がみられ、アブラムシ及びミルワームに対する忌避効果は見られなかった。^{1,2}

朝倉敬行の研究から、トマチン抽出にはエタノールを溶媒とする方法がもっとも効率がよいと確認されている。⁷

(2)仮説

75期の先輩方の研究でジャガイモに含まれるソラニンに防虫効果が確認されている。トマチンはそれに近い物質を含み、分子構造を持っていることから、昆虫の消化管細胞や細胞膜に作用することで細胞機能の障害や細胞死を引き起こせる可能性があるため、ソラニンと同様に一定の防虫効果を確認できると考えた。また、トマチンは摂取しない限りは無害であり、害虫などが付着する部分にトマチン溶液をつけるため害虫以外の生物や環境に影響はないと考えた。

4. 方法

前提として、純水、自作トマチン水溶液、市販農薬(ベニカベジフル乳剤)規定量通り300倍希釈したものでの対照実験を行った。

I トマチン抽出(メタノール抽出)

- 1 トマト (*Solanum lycopersicum*) のヘタ5.0gをすりつぶす。
 - 2 1に20%メタノールを10ml加え、冷蔵庫で1時間冷やす。
 - 3 ろうとろ紙とビーカーで作ったろ過装置でろ過する。
完全にろ過するために10ml 2 で使ったメタノール溶液を加える。
 - 4 100mlの純水を加える。
 - 5 ビーカーを湯煎し、メタノールを蒸発させる。
 - 6 冷蔵庫で保管する。
- 以降これを自作トマチン水溶液とする。

II 数値計測(水環境の影響を見る)

COD(湖沼や海域などの水質を評価する際に用いる指標)を使う。CODパックテストを用いて、対照実験を行った。

実験対象とした溶液:①純水②自作トマチン水溶液③トマチン水溶液④市販農薬

②③④については、実際に農業排水として河川などに流出した後のことも考慮するために濃度を変えた溶液(各原液、100倍希釈、1000倍希釈)のものも用意し、全10種の溶液で比較した。

- 1 上記の溶液10種を作成する。
- 2 各溶液でCODパックテストを行う。
- 3 色彩判定アプリ「色判定カメラ」を用いて各溶液の画像をとりこみRBG比を導き出す。
- 4 純水を基準に色の構成比の差を見る。

III 防虫効果の検証

フタホシコオロギ(*Gryllus bimaculatus*)

- 1 抽出液に浸したキャベツ (*Brassica oleracea var. capitata*)
- 2 真ん中に線を引き、①②をどちらかに一つずつ置く
- 3 そこに虫を入れて、どちらのキャベツによっていくかを見る。真ん中に引いた線を基準にして考える。
- 4 抽出液をトマチンに置き換えて同様の実験を行う。
- 5 実験の結果、①に寄った場合は防虫効果はない、あるいは逆効果であるといえ、②に寄った場合は防虫効果があるといえる。また、抽出液とトマチン溶液で結果が違う場合はトマチンを十分に抽出できていない可能性があることがわかる。

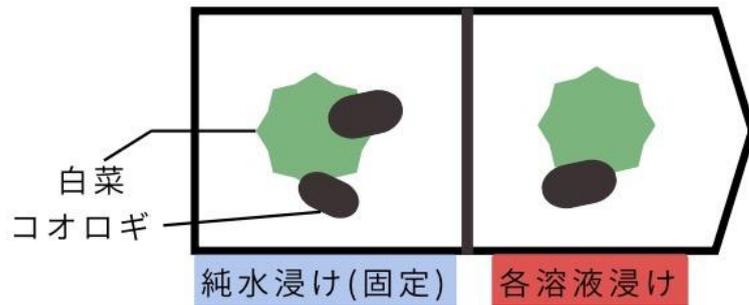


図1:実験の簡易図

IV 水環境への影響の検証

1 ヒメタニシ(*Sinotaia quadrata histrica*)を用意し、①淡水(カルキ抜きした水)②トマチン抽出液(水100ml)③トマチン抽出液(水150ml)④トマチン抽出液(水200ml)⑤市販農薬をそれぞれカルキ抜きした水に10%ずつ入れる。水槽それぞれにヒメタニシを5匹ずつ入れる。このとき水槽は水を入れる際、陸地部分ができるようにする。

2 水槽内のヒメタニシの動きを観察する。液部分から陸地に上がったヒメタニシの数で各液への忌避性をみる。陸地に上がった場合は生物への悪影響があると判断できる。

5. 結果

I

II 数値計測



図2:実験の様子

| 試料名 | RGB比 |
|-------------|-------------|
| 水 | 148:97:122 |
| トマチン原液 | 153:158:122 |
| トマチン×100 | 169:132:142 |
| トマチン×1000 | 156:87:129 |
| 自作トマチン原液 | 192:166:109 |
| 自作トマチン×100 | 134:113:132 |
| 自作トマチン×1000 | 12:108:142 |
| 農薬原液 | 131:89:122 |
| 農薬×100 | 141:112:133 |
| 農薬×1000 | 149:89:129 |

図3:試料ごとに観測されたRGB比率

| | Gの割合(%) | R/B比 |
|----------|---------|------|
| 水 | 26.4 | 1.21 |
| 自作トマチン溶液 | 26.2 | 1.36 |
| トマチン溶液 | 23.8 | 1.21 |
| 農薬 | 24.3 | 1.16 |

図4:河川放流時と一番近いと考えられる1000倍希釈時のデータを用いたRGB比率

III 防虫効果の検証



図5.6.7.8:実験の様子

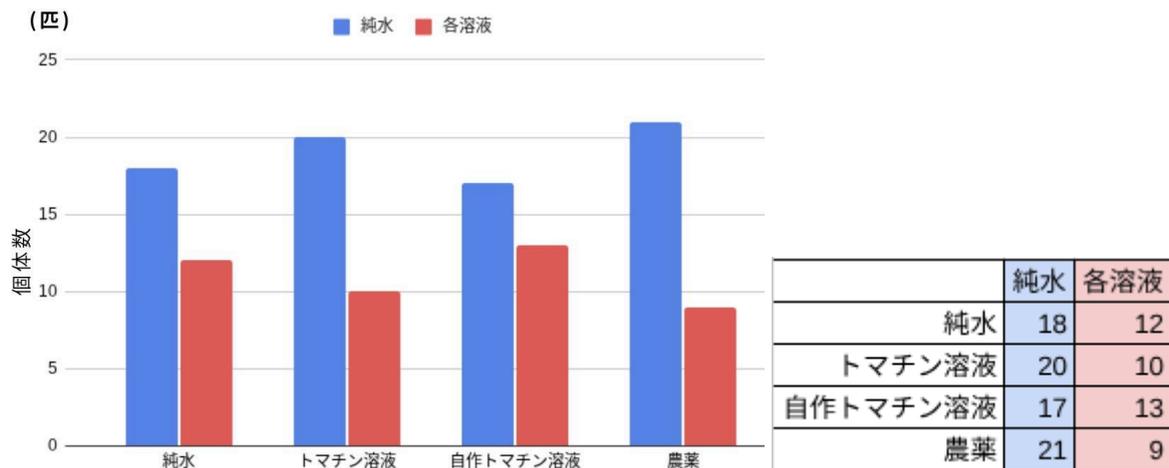


図9.10:純水側と各溶液側でのコオロギ個体数差

IV 水環境への影響

| 特によく動いていた時間帯で5匹を抽出 | | | | |
|--------------------|------|------|--------|--|
| | 水 | 農薬 | トマチン溶液 | |
| タニシの動き | 3.78 | 4.34 | 4.20 | |
| (cm / 2min) | 3.50 | 2.10 | 4.48 | |
| | 2.80 | 2.52 | 1.40 | |
| | 4.20 | 5.25 | 2.94 | |
| | 3.78 | 1.96 | 5.88 | |
| 2時間継続して動きがあった個体 | 4/10 | 1/10 | 2/10 | |

図11:タニシの動き(cm/2minと溶液)

6. 考察

II 水環境への影響の検証

CODパックテストの結果から、1000倍希釈時、自作トマチンが農薬・水と同じ値を示した。また、色彩判定アプリの測定の結果トマチン溶液2種で農薬よりも水に近い値を示した。このことから、トマチン溶液の水環境へ与える影響は農薬と同等、またはそれ以下と考えられる。さらに、自作トマチンとトマチン原液を比較するとCODパックテスト、また色彩判定アプリの測定結果が近似しており、自作トマチンにもトマチンが含まれるのではないかと考えられる。

III 防虫効果の検証

結果からカイ二乗検定をした。

p値は

農薬とトマチン溶液0.78

農薬と自作トマチン溶液0.28

トマチンと純水0.59

本実験においてトマチン溶液および自作トマチン溶液はp値 > 0.05であることから農薬に類する防虫効果を発揮しているものと考えられる。

さらに忌避率計算も行ったところ、

純水20%

トマチン溶液33.3%

自作トマチン溶液13.3%

農薬40%

となった。

トマチン溶液は市販農薬に近い効果を発揮しているとわかり、農薬としての機能も十分に期待することができる。しかし、自作トマチン溶液に関しては純水を下回っているため、仮定とは異なる結果となった。

純水同士での実験でも忌避率が20%となっており、容器の形が左右でやや非対称であったことなどが原因なのではないかと考えられる。

IV 水環境への影響の検証

純水に浸けられたタニシが最も活発な動きを見せ、農薬とトマチン溶液に浸けられたタニシはほとんどその動きに差がなかった。しかし農薬とトマチン溶液ではいずれもその値にムラがあり、双方ともにその値の信憑性は高くないと考えられる。また、実験時の水温をタニシがよく活動する20~30℃に維持することができず水温が各溶液で異なっていたことから、タニシが動きを見せなかっただけに過ぎない可能性が強いため、この実験での値は参考程度となってしまうと考えられる。

7. 結論

トマチン及びそれを含む溶液には農作物に対して害のある昆虫等に対して防虫効果が認められ、農薬と比較するとその効果が僅かに劣る程度であるといえる。劣ってしまう理由として考えられるのは、実験 I におけるトマチン抽出の際のトマチンの濃度が想定よりも低かった可能性が挙げられる。また、水中の有機物の濃度が極めて低かったことから水環境及び在来の水生動物への影響は農薬と同程度であり、少ないと考えられる。

8. 今後の展望

今回の研究ではトマチンを抽出する際に正確なトマチンの含有量や濃度を調べるのが困難であったため、それらを計測できる専門機械を用いることでさらに詳細な値を求めることに繋がると考えられる。また、水環境への影響を確認する実験においては温度管理の精度や具体的な計測方法に問題があり、その値の信憑性を高めるためにより偏りの少ない方法を採用する必要があると考えられる。

9. 参考文献

- ①厚木高校令和四年度2年A組 実験ポスター 2025年5月20日閲覧

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

- ②厚木高校令和五年度2年A組 実験ポスター 2025年5月14日閲覧

https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/20240412_a.pdf

③厚木高校令和五年度2年A組

ジャガイモ由来天然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 2025年5月14日

閲覧

https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/20240502_s_01.pdf

④尾北環境分析株式会社 化学的酸素要求量〈COD〉について 2025年5月21日閲覧

<https://www.bkb.co.jp/topics/cod-test-flo>

⑤ソラニンの組成 2025年6月17日閲覧

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BD%E3%83%A9%E3%83%8B%E3%83%B3>

⑥トマチンの組成 2025年6月17日閲覧

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%88%E3%83%9E%E3%83%81%E3%83%B3>

⑦LC-MS/MS を定量手段とした食品中の残留化学物質等の分析法開発および公定法への適用

に関する研究 2025年12月13日閲覧

<https://tust.repo.nii.ac.jp/record/915/files/%E5%B8%9D%E4%BA%AC%E7%A7%91%E8%AB%96%E5%8D%9A%E7%AC%AC11%E5%8F%B7.pdf>

⑧ジャガイモの毒 α -ソラニン はトマトの苦味成分から分岐進化した 2025年12月15日閲覧

https://www.kobe-u.ac.jp/ia/news/article/2021_02_26_01/

コーティング剤の保冷効果

神奈川県立厚木高等学校
2年 H組 β10班

1. 要旨

本研究は、氷をコーティング剤で覆うことで溶けにくくできるかを検証したものである。ゼラチン、寒天、ゼラチンと寒天の混合物をコーティング剤として用い、コーティングした氷と無処理の氷の温度変化および溶解までの時間を比較した。その結果、コーティングを施した氷は無処理の氷と比較して温度上昇が緩やかであり、溶解までの時間も長くなる傾向が見られた。一方で、ゼラチンと寒天の間に大きな差は見られず、混合物では効果が低下する結果となった。これらの結果から、ゲル状コーティングによる断熱効果が氷の溶解を遅らせる可能性が示唆された。

2. 背景・目的

アイスは時間の経過とともに溶けやすく、特に気温が高い環境では形状や食感が損なわれやすいという問題がある。このような課題に対し、食品分野では溶けにくいアイスに関する研究が行われている。先行研究では、食品素材を用いたコーティングやゲル化によって保冷効果が高まることが報告されている。

そこで本研究では、氷の表面をゲル状のコーティング剤で覆うことで外部からの熱の伝達を抑え、溶けにくくすることができるのではないかと考えた。本研究の目的は、異なるコーティング剤による断熱効果を比較し、氷を溶けにくくする方法を検討することである。

3. 仮説

氷の表面をコーティング剤で覆うことで外気からの熱伝導が抑えられ、氷は溶けにくくなると考えた。また、水を多く含み熱伝導率が低いゲル状物質ほど断熱効果が高いと予想されるため、寒天はゼラチンよりも高い保冷効果を示すと仮説を立てた。さらに、ゼラチンと寒天を混合することで両者の性質が組み合わさり、より高い効果が得られると予想した。

4. 方法

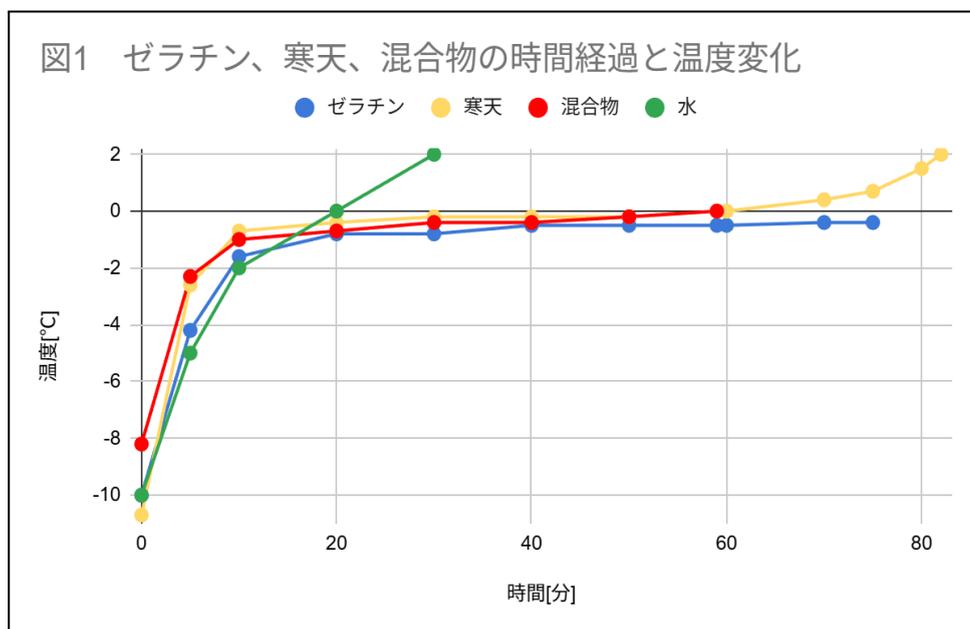
氷をコーティングする方法は、まずプラスチックの板を切って小さい容器(2×2×11)cm³と大きい容器(3×3×12)cm³を作る。次に小さい容器を大きい容器の中心にセットしてコーティング剤を流し入れて冷蔵庫で固める。固まったら小さい容器を抜き取り小さい容器があったところに水を入れ、温度計をさして凍らせる。凍ったら外側の大きい容器を剥がして完成とした。

実験では、ゼラチン、寒天、アガー、ゼラチンと寒天の混合物の四つのコーティング剤を使用した。その四つのコーティング剤を上記の方法でコーティングさせた氷に刺さっている温度計をスタンドで挟んで吊るし、氷が落下するまでの時間と温度変化を測定した。

5. 結果

ゼラチン、寒天、混合物、水(コーティングなし)の温度変化は以下の通り。また、ゼラチンは75分、寒天は82分、混合物は60分、水は30分で落下した。そのためそれ以降は記録を行っていない。図2は表2をグラフにしたものである。アガーは冷蔵、冷凍の両方試したが、氷にうまくコーティングされず、崩れてしまったためアガーでは実験できなかった。

| 表1 | ゼラチン | 寒天 | 混合物 | 水 |
|-----|---------|---------|--------|---------|
| 0分 | -10.0°C | -10.7°C | -8.2°C | -10.0°C |
| 5分 | -4.2°C | -2.6°C | -2.3°C | -5.0°C |
| 10分 | -1.6°C | -0.7°C | -1.0°C | -2.0°C |
| 20分 | -0.8°C | -0.4°C | -0.7°C | 0.0°C |
| 30分 | -0.8°C | -0.2°C | -0.4°C | 2.0°C |
| 40分 | -0.5°C | -0.2°C | -0.4°C | |
| 50分 | -0.5°C | -0.2°C | -0.2°C | |
| 59分 | -0.5°C | 0.0°C | 0.0°C | |
| 60分 | -0.5°C | 0.0°C | | |
| 70分 | -0.4°C | 0.4°C | | |
| 75分 | -0.4°C | 0.7°C | | |
| 80分 | | 1.5°C | | |
| 82分 | | 2.0°C | | |



6. 考察

本研究では、コーティングを施した氷は何もしていない氷と比べて温度上昇が緩やかであり、溶けるまでの時間が長くなる傾向が見られた。これは、コーティング剤が外部からの熱の伝わりを抑える断熱材のような役割をしたためであると考えられる。氷は溶けるときに熱を吸収するため、0°C付近で温度が一定に保たれる性質があるが、コーティングによって外部からの熱が入りにくくなり、その状態が長く続いたと考えられる。

ゼラチンと寒天の間で大きな差が見られなかった理由として、どちらも水を多く含むゲルであり、熱の伝わり方が似ていることが考えられる。また、ゼラチンと寒天を混合した場合に効果が下がったのは、異なる性質のゲルが混ざることによって内部の構造が不均一になり、断熱の働きが弱くなった可能性がある。

一方で、溶けた水が氷の周りにたまることで、追加の断熱効果が生じた可能性もある。そのため、コーティング剤だけの効果を完全に評価できていない点は課題である。また、コーティングの厚さや室温などを厳密にそろえられていない点も、結果に影響した可能性がある。

アガーについては、冷却後に崩れやすく、氷を安定して覆うことができなかった。これは、アガーが比較的硬くてもろい性質を持ち、氷の表面に密着しにくかったためであると考えられる。そのため、本研究のようなコーティング用途には適していない可能性がある。

7. 結論

氷の表面をゲル状のコーティング剤で覆うことで、何もしていない氷よりも温度上昇を抑え、溶けるまでの時間を延ばせることが分かった。これは、コーティング剤が断熱材として働き、外部からの熱を伝わりにくくしたためであると考えられる。

しかし、ゼラチンと寒天の間に大きな差は見られず、混合すれば必ず効果が高まるわけではないことも分かった。このことから、コーティング剤の種類だけでなく、構造や均一さも重要であると考えられる。

以上より、ゲル状のコーティングは氷を溶けにくくする方法として有効である可能性があるが、より正確に調べるためには条件をそろえた追加実験が必要である。

8. 今後の展望

本研究では、コーティングによって氷が溶けにくくなる傾向が見られたが、まだ改善できる点がある。今後は、コーティングの厚さをできるだけ一定にする方法や、室温をそろえて実験することで、より正確な結果を得たいと考えている。

また、今回は氷を用いたが、実際のアイスクリームでも同じような結果が出るかを確かめたい。アイスクリームは氷と性質が異なるため、違いが出る可能性もある。

さらに、今回うまくいかなかったアガーについても、作り方や条件を変えることでコーティングできるかを試す余地があると考えている。

9. 参考文献

- 1, Google Patents 冷菓用コーティング組成物及びコーティング方法
<https://patents.google.com/patent/JP3417716B2/ja> 2025年5月7日閲覧
- 2, 昭和女子大学 大学院生活機構研究科 寒天-ゼラチン混合ゲル嚙下特性と力学特性の関係
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsse/15/2-2/15_107/pdf-char/ja 2025年5月7日閲覧
- 3, arxiv Crosslinks increase the elastic modulus and fracture toughness of gelatin hydrogels
<https://arxiv.org/abs/2203.08693> 2025年5月14日閲覧
- 4, Google Patents ゼラチン架橋ゲル系冷熱媒体および保冷熱材
<https://patents.google.com/patent/JP5304732B2/ja> 2025年5月14日閲覧
- 5, 石川県産業創出支援機構ISICO イチゴの成分生かした「溶けない!?アイス」が人気
<https://www.isico.or.jp/i-maga/journal/i111123137.html> 2025年5月14日閲覧

