

# ペットボトル回収ボックスの形状検討

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 1班

## 1 背景

歩いていると、自動販売機の近くにペットボトルを回収するためのボックスが置いてあるが、それらからペットボトルがあふれ出し、道まで転がっている姿がよく見られる。道にあふれ出したペットボトルは通行の邪魔である。さらに景観を損ない、回収員の手を煩わせ、さらに飲み残してあるボトルで増殖した菌が関係のない、ペットボトルを拾った人にまで感染してしまう恐れがある。そこで、ペットボトルをより多く回収ボックスに収納できればそのようなことが防げると考えた。

## 2 目的

飲み物の自動販売機の横にあるペットボトル回収ボックスからペットボトルが入りきらずあふれることを防ぐため、より多くのペットボトルが回収ボックスに入る収納の仕方を考える。そのためにいろいろな種類の大きさの円柱形がより多く入る収納のしかたを知る。また、回収ボックスがどのような形状ならより多くのペットボトルを回収できるか調べる。ただし、なるべく既存の回収ボックスの形状を変えず、従来の製品にオプションのように付けるようにしたい。これは、ペットボトル回収ボックスは様々なメーカーが販売しているため、形状が一定しないためである。

## 3. 仮説

### (1) 既知の事実・先行研究

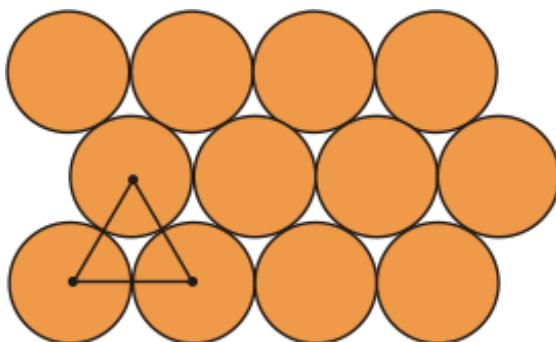


図1 引用:円と球の空間



図2 ペットボトル実際にを細密になるように並べた様子

先行研究によれば、図1のように並べれば円と円の間の空間を最も減らすことができる。実際のペットボトルは一本一本の円周や直径がちがうので図2のようにペットボトル同士の間に隙間ができてしまう。また、今回実験するにあたって参考にした市販のペットボトル回収ボックスはArt Factory Gen 株式会社のMPX-95というタイプで、W 408 × D 512 × H 557(単位mm)で容量は約90Lである。今回実験を行うにあたってペットボトルを集めたが、全て同じ種類のペットボトルを集めることができなかった。よって、集めたペットボトルの円周、直径、高さの平均を出すことにした。巻き尺を使用して円周を測りその平均を、円周率で割って直径を出した。高さは定規を固定し、ペットボトルのキャップを外した状態でボトルの口を真横から見た高さをペットボトルの高さとした。キャップを外したのは、キャップの締め方によって高さに違いができるからである。

表 1 ペットボトルの円周の平均・直径・高さの平均(約 500 ml のペットボトル 82 本分)

円周の平均	直径	高さの平均
21.15682927	6.734427916	21.05621951

## (2) 仮説

今回は、既存のペットボトル回収ボックスにより多くのペットボトルを収納することを目的としているので、ペットボトルを変形させたり、回収ボックスに大掛かりな仕掛けを作ることは目的としていない。

先行研究よりペットボトルが互い違いのよう並ぶことで最密充填に近い形をとることができると考えられる。よって、縦や横の向きを揃えれば乱雑な大きさの円柱形でも雑に入れたときより多く入ると考えた。また、丁寧に並べずに入れた場合でもより多く収納するために、回収ボックスの底面に傾斜をつければペットボトルが滑り落ちて、自然と横向きに収納できると考えた。しかし、回収ボックスに占める傾斜の体積が大きいと収納するためのスペースが少なくなってしまうので、傾斜の回収ボックスに占める体積を小さくすれば小さくするほど多く収納することができると考えた。

## 4 方法

### (1) 実験材料

・ペットボトル約 100 本 ・大きいダンボール箱(縦 32 cm 横 41 cm 高さ 57 cm ) ・ダンボール片 5 枚 ・30 cm ものさし ・分度器 ・巻き尺

### (2) 手順

1 異なる種類の大きさの円柱形がより多く入る収納の仕方を調べる

①回収ボックスのモデルを段ボールで作成した。

今回は縦 32 cm 横 41 cm 高さ 57 cm の段ボールを使用した。また、横から観察できるように図 2 のような窓を作成した。

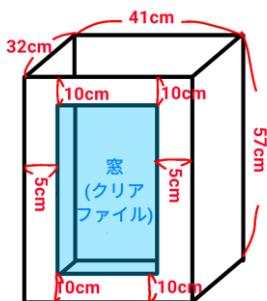


図 3 回収ボックスのモデルの設計図

②箱の中にペットボトルを横向きにして積み上げた。

③箱にペットボトルがいっぱいになつたら段ボールの切れ端を箱の縁に合わせてすべらせ、はみ出たペットボトルを除外した。そして箱の中のペットボトルの本数を数えた。

④一度箱を空にして箱の横の縁にペットボトルを置き、手を離して自由落下で箱にペットボトルを入れた。

⑤箱にペットボトルがいっぱいになつたら段ボールの切れ端を箱の縁に合わせてすべらせ、はみ出たペットボトルを除外した。そして箱の中のペットボトルの本数を数えた。

⑥②～⑤操作を 5 回以上繰り返した。

2 どのようにすれば同じ大きさの回収ボックスにより多くのペットボトルを入れられるか調べる

①回収ボックスモデルの底に図 4 のように 60 度 45 度 30 度の傾斜を取り付けた。



図 4 回収ボックスモデルの底に 60 度の傾斜をつけた様子



図 5 回収ボックスモデルの底の半分を傾斜の先端とした 45 度の傾斜をつけた様子

②それぞれ傾斜の上側の箱の縁からと、傾斜の下側の箱の縁からそれぞれペットボトルを自由落下させた。

③箱にペットボトルがいっぱいになつたら段ボールの切れ端を箱の縁に合わせてすべらせ、はみ出たペットボトルを除外した。そして箱の中のペットボトルの本数を数えた。

④①～③の操作をそれぞれ 3 回以上繰り返した。

⑤図 5 のように回収ボックスの底の半分を傾斜の先端とした 60 度 45 度の傾斜を取り付け、②～④の操作を行った。

## 5 結果

### 1 異なる種類の大きさの円柱形がより多く入る収納の仕方を調べる

表 2 5 回以上実験した平均値

	60度	45度	30度	傾斜なし
上から	28. 16666667	34. 42857143	55. 33333333	67. 3
下から	32. 16666667	35. 33333333	53	67. 3
並べる	39. 4	55	66. 66666667	82. 4

表 3 3 回以上実験した平均値

	半坂道60度	半坂道45度	傾斜なし
上から	60. 4	64. 33333333	67. 3
下から	59. 6	66	67. 3
並べる	71	75. 66666667	82. 4

## 6 考察

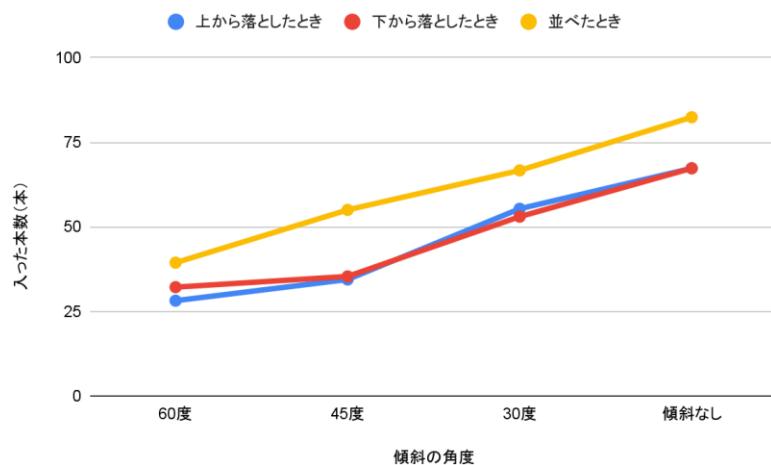


図 6 箱の底につけた傾斜の角度と入ったペットボトルの本数

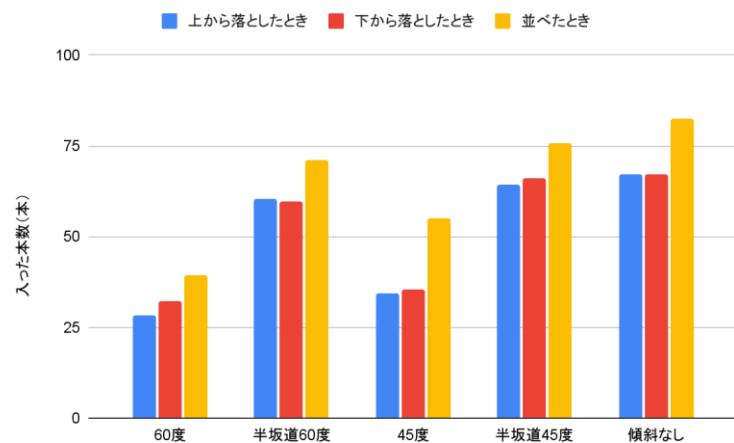


図 7 箱の底につけた傾斜の体積と角度を変えた時の入るペットボトルの本数



図 8 斜面ありでペットボトルを並べた様子



図 9 斜面ありでペットボトルを自由落下させた様子

結果から 2 つのグラフを作成した。図 6 より、上から落としたとき、下から落としたときよりも並べたときの方が圧倒的に多くのペットボトルが収納されていることがわかる。このことから、いろいろな種類の円柱形も互い違いのようにならべれば、ただ無造作に入れたときよりも多く収納できることがわかった。いっぽうで、図 7 に示すように傾斜の占める体積が小さくなればなるほどペットボトルを収納できる本数は増えていくと考えられる。そして、結果的に傾斜がない方が一番多く入るという結果になってしまった。理由は図 8、9 に示すように傾斜があっても並べたときのように綺麗に横向きに入るとはかぎらないからであると考える。

## 7 結論・今後の展望

ペットボトルを互い違いに入れると最も多く収納できる。しかし、回収ボックスの底に斜面を設置してもペットボトルは横向きに、互い違いに入らない。しきりを設けるなど方法を変えてみると良いかもしない。

## 8 参考文献

[1]株式会社アートファクトリー玄

<https://artfactorygen.studio/>

[2]円と球の空間

<http://www.gs.niigata-u.ac.jp/~kimlab/lecture/math/SpacingsCirclesSpheres.html>

# 球状タイヤの開発

神奈川県立厚木高等学校  
2年 H組 2班

## 1. 背景

現代において車は、人々にとって欠かすことのできない重要な交通手段となっている。しかし、現在の車は狭い場所への駐車が難しく、駐車スペース以上の面積が要る。さらに、方向転換の際もその場では不可能であり、何度も切り返したり大回りをしたりする必要がある。これを解決するためには、前後方向の運動様々な方向に動くことができればよいと考えられる。

私たちはタイヤを球状にすることでこれを可能にしようと考へた。調べていくと、磁力によって制御される球状タイヤは存在したが、車体部分にまで大きな変更が必要である。そこで、よりシンプルな構造であれば普及するのではないかと考え、直流モータを用いての仕組みを考案した。今回はそのアイデアの基礎を確立するため、最も単純な仕組みとなっている後進運動ができる目標とした。

## 2. 目的

「3つの直流モータをタイヤに接触させて動力源とし、これらの出力を調整することで様々な方向へ移動する」という球状タイヤの仕組みの基礎を確立するため、同じ仕組みを用いて後進運動をする。

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

「H29 神奈川県立厚木高等学校 2年AB組物理 3班」による「球体タイヤで駆動する自動車の開発と操作」では、不完全ながらもモータを接触させることで走行できているため、同じようにモータの回転軸をタイヤに接触させることができると考えられる。

網谷大輔、 笹木亮、 池本有助、 小原治樹による「球を内包する全方位移動ロボットの開発」では3つのモータで球状のタイヤを制御しており、全方向に移動可能であることを示している。また、熊谷正朗、落合恭也、今野範明による「平面上を移動可能な倒立振子の開発 一玉乗りロボットの開発と1脚跳躍ロボットの基礎研究一」や、熊谷正朗、落合恭也による「玉乗りロボットによる物体運搬に関する研究」などの「玉乗りロボット」では、力をかける方向が異なるものの似たような構造で全方位に移動可能となっている。これらのことから次の「仮説」で挙げるような仕組みをとすれば全方向への移動ができると思われる。

### (2) 仮説

3つのモータのシャフトをタイヤに接触させ、タイヤに力を図1のような向きではたらかせることができるようにする。なお、3つの作用線はタイヤの中心で交わり、任意の二つの作用線がなす鈍角は $120^\circ$ である。

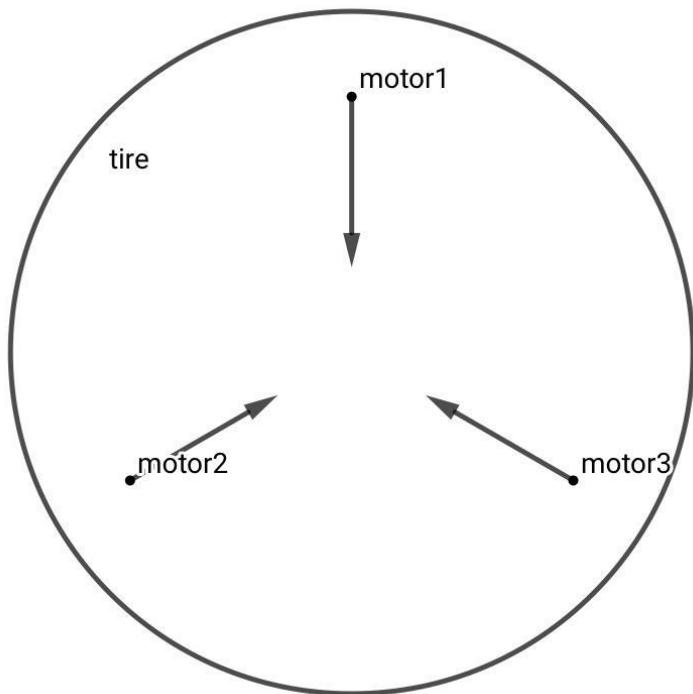


図1 モータからタイヤにかかる力

タイヤがそれぞれのモータから受ける力の合力の向きに車は進むと考えられる。例えば前後左右の4方向について考えると、ある電流を流されたモータがタイヤに加える力を1として次の表のように調整すると移動できる。なお、合力の大きさは考慮していない。

表1 移動方向と各モータがタイヤに加える力

	前	後	左	右
motor1	0	1	1	1
motor2	1	0	0	2
motor3	1	0	2	0

つまり、図1のように力がかけられるようにモータを配置し、motor1にのみ電流を流せば後進運動をすることができると考えられる。

#### 4. 方法

##### (1) 実験材料

- ・車体1

発泡スチロール(長辺30 cm, 短辺25 cm, 厚さ2 cm)

スーパーボール(直径7 cm)

DCモータ(FA-130型, 朝日電器製HK-M130H)

シャフト(タミヤミニ四駆グレードアップパーツ 60 mmブラック強化シャフト)

ミニ四駆用スペーサ(スクエア製SGE-51S)

瞬間接着剤  
キャスター(40径L型プレート式)  
単3形アルカリ乾電池  
ビニルテープ  
両面テープ  
ワイヤー(自遊自在)  
風船  
・車体2  
プラスチック製円筒容器(底面直径7.8 cm, 高さ8.5 cm)  
木球(直径4.5 cm)  
車体1で使用したモータ・シャフト・スペーサ  
爪楊枝  
電源装置  
粘着テープ

## (2) 手順

まず、仮説通りに力がかけられると考えられる次の図2のような車体1を製作する。

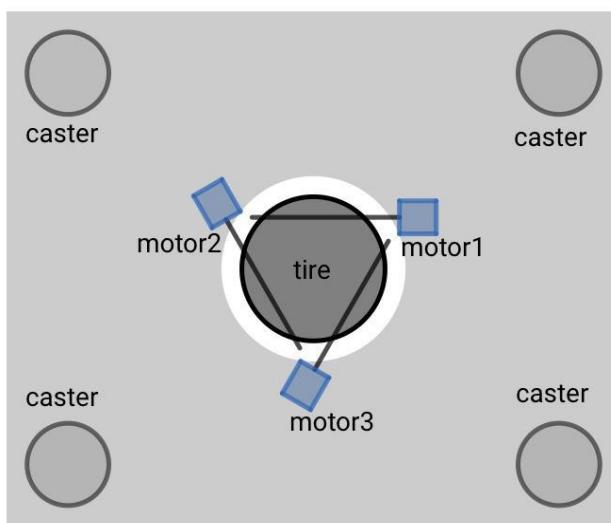


図2 車体1を上方から見たイメージ

この図では車体の構造が見えるように、車体部分である図2中の灰色の部分を透明であるように示している。実際に上方から見ると、車体部分とタイヤ以外は車体に隠れて見えなくなっている。

この車体1を走行させ、その結果を元にして問題点と改善策を探し、改造をして再度実験を繰り返す。

その後は得られた結果を参照しながらの実験となるため、次の「5. 結果と考察」に実際の詳細を記述する。

最終的な実験では同じ条件で実験を繰り返し、後方へタイヤが回転することによって運動し、かつ同様の挙動を繰り返すことを確認する。

## 5. 結果と考察

図2のように制作するためにはモータの回転する部分は長くなければならないが、モータの回転軸は短かった。そこで、モータの回転軸にスペーサを被せ、そこにシャフトをはめた後、瞬間接着剤を用いて固定することによって延長し、タイヤとモータが接触できるようにした。実際の車体を逆さにして撮影したものが次の図3である。

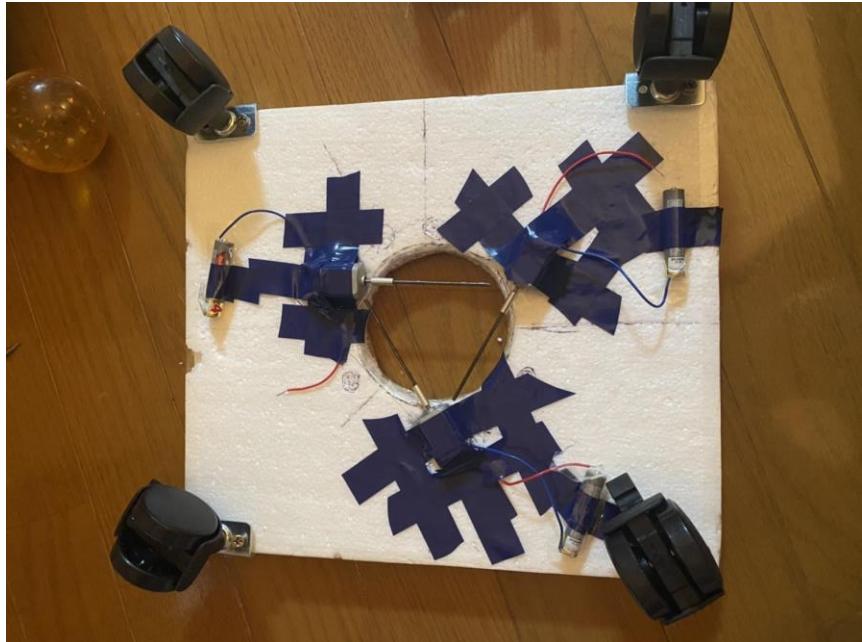


図3 車体1を逆さにして撮影した画像

この車体で実際に走らせてみると、シャフトとタイヤが触れていても滑っておりほとんど進むことはなかった。そこで、シャフトとタイヤの間の摩擦を大きくすれば良いと考え、次の図4のようにシャフトに両面テープを巻きつけた。



図4 シャフトに両面テープを巻きつけた様子

この結果、モータの力でタイヤを回すことには成功した。しかしながら、勢いがつきすぎたためにシャフトが作る三角形の部分からタイヤが飛び出してしまった。これを抑えるため、次の図5に示す構造をワイヤーを用いて製作し、図6のように取り付けた。



図5 ワイヤーで作った構造物



図6 図5に示す構造物を車体に取り付けた状態

この改良でタイヤが大きく飛び出すことはなくなった。しかし、タイヤがmotor2のシャフトの先とmotor3のシャフトの根元と図5の構造の間に挟まってしまい、motor1のシャフトがタイヤに触れなくなってしまった。これを防ぐため、シャフトで囲まれた正三角形の内部のmotor2のシャフトの先とmotor3のシャフトの根元ができる頂点付近にワイヤーを入れ、タイヤがそこに転がるのを防ごうとした。



図7 正三角形内部にシャフトを入れた状態(車体上部から見た画像)

これにより、タイヤは常にmotor1のシャフトに接触し続け、安定して回転させ続けることができた。しかし、細いシャフトで大きなタイヤを回すため、動きが非常に遅くなった。また、両面テープでは摩擦力が安定して保てない問題も発生した。

そこで風船を巻きつけてシャフトを太くし、適度な摩擦力を保てるようにした。すると、太くなった影響でモータの力が不足し、さらに実質的にシャフトが作る三角形が小さくなっこことでタイヤとシャフトが以前より強く接触して、タイヤを触れさせた瞬間回らなくなってしまった。また、強く接触したことによりシャフトが傾き、モータと車体との固定が耐えきれず、破損してしまった。

以上の課題を克服するためには、シャフトの根本だけでなく先端も支えること、モータのトルクを上げること、車体の重さやシャフト・タイヤの材質を考慮して接触のさせ方を工夫することが必要である。

そこで、次の図8、図9、図10のような車体2を設計した。なお、見やすくするため図8、9、10では実際には車体を支えるために取り付けた爪楊枝を省略して表している。図9、10ではモータ本体(図8における青色の部分)を省略しているが、実際には「motor1」 「motor2」 「motor3」と書かれたあたりに存在する。

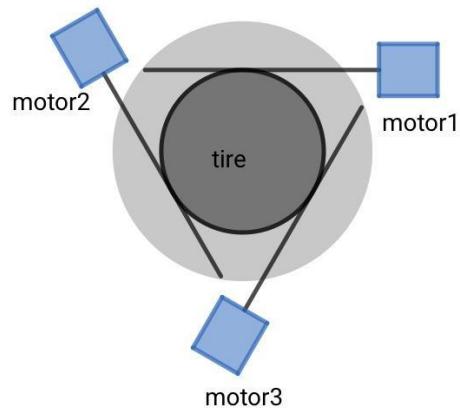


図8 車体2を上方から見たイメージ

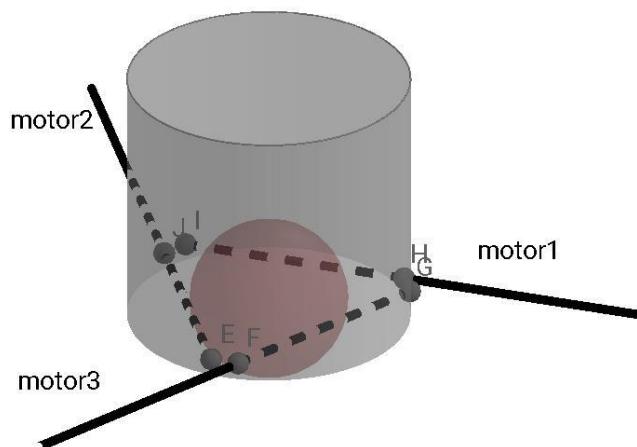


図9 車体2の立体イメージ(斜め上方より)

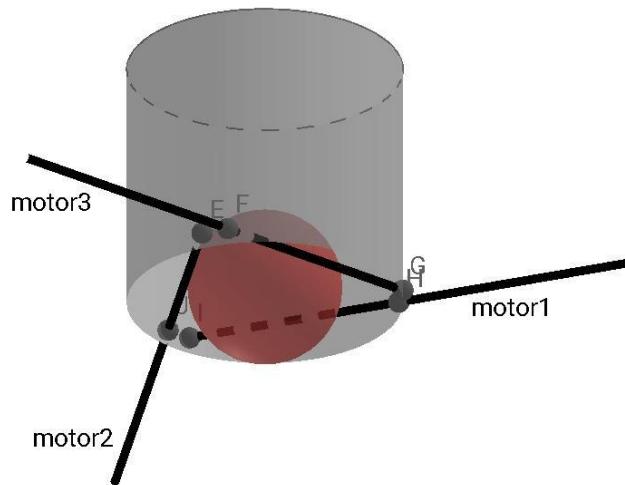


図10 車体2の立体イメージ(斜め下方より)

図8, 9, 10中で灰色で表されている円筒状の容器の側面に十分な大きさの穴を開け(図9, 10中の点E, F, G, H, I, J)モータのシャフトを通した。これによりシャフトの根本と先端を同時に支え、モータの安定を図った。

また、電源を乾電池から電源装置に変更し、トルクを大きくできるようにした。

タイヤとシャフト表面の材質を検討するため、次のような実験をした。車体1を逆さにし、3つのシャフトでできた三角形にタイヤを乗せてモータを動かしたとき、安定してタイヤが回転する組み合わせを探すというものだ。タイヤは「スーパーボール」「木球」の2種類、シャフト表面は「何も取り付けない」「両面テープ」「風船」の3種類を対象とした。その結果、「木球」を「何も取り付けない」シャフトで回転させると最も安定することが分かった。この組み合わせで常にタイヤとシャフトが触れ続けるように調整すれば、車を走行させることができると考えられる。

これらを元にして実際に車体2を製作した。それが次の図11に示す車体2である。

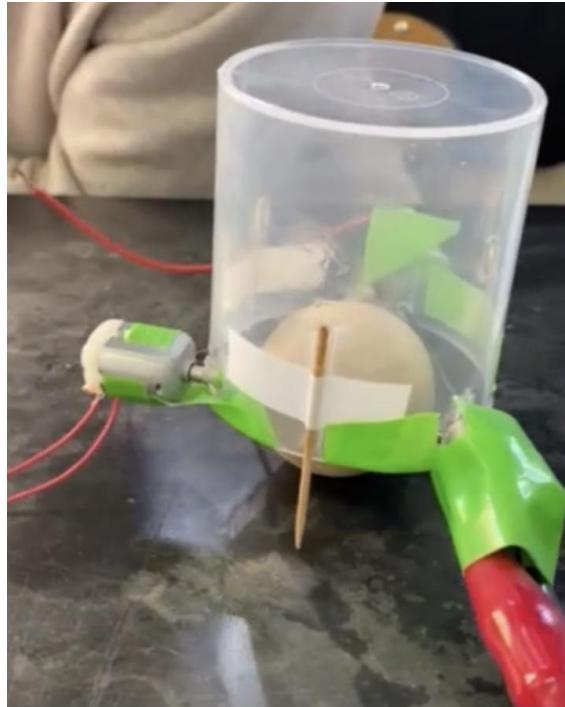


図11 実際に製作した車体2

この車体を使い、車体1を用いて行った上記の実験を行い、同様の結果になるか試した。その時の様子が次の図12である。結果は成功で、車体1での実験通りに安定して回転した。

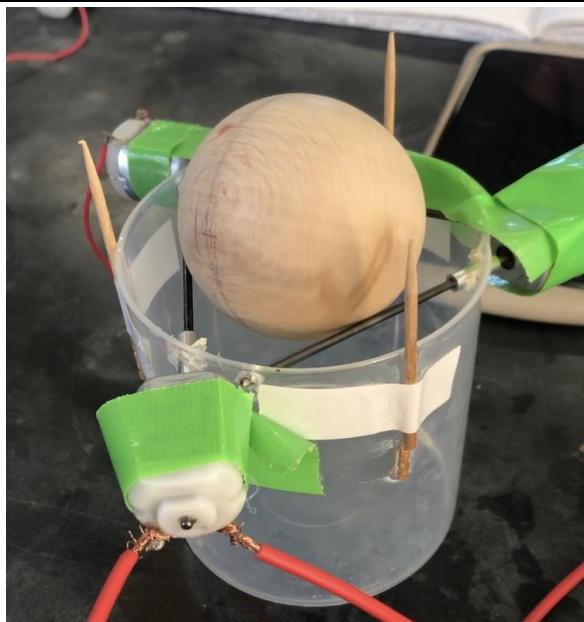


図12 車体2を用いた実験の様子

この結果により、タイヤとシャフトは「木球」と「何も取り付けない」に決定した。

最後に、この車体2を実際に走行させる実験を行った。支えとする爪楊枝の高さは車体が傾いたときに地面に触れる程度とし、直立しているときは触れないようにした。この車全体の重さは121.8 g、タイヤの重さは41.6 gだった。

結果、1.50Vの電圧で1.10Aの電流を流したとき後進運動をした。そのときの速さを計測すると、0.0716 m/sであった。しかし、走行中は常にシャフトとタイヤが接触しておらず、わずかに振動するシャフトがタイヤにぶつかったときにタイヤを回転させて走行していた。接触させ続けるとモータが止まってしまうため、さらに大きな電流・高い電圧をかけたが、モータから異臭がしたため中止した。さらに性能の良いモータがあれば、効率よく走行させることが可能になると考えられる。

また、モータの故障が原因で2つのモータを動かす実験は行えなかつたため、今後の課題として取り組んでいきたい。熊谷正朗による玉乗りロボットではオムニホイールを使っており、詳しく調べていくと回転方向以外への摩擦を軽減することができそうである。このような他の部品の使用も検討していきたい。

## 6. 結論

車体2のような仕組みを作り、motor1にのみ適切な電流を流せば後進運動ができる。

## 7. 参考文献

1) EAGLE-360 | 日本グッドイヤー

<https://www.goodyear.co.jp/strength/eagle360.html>

2) 身近な吸収材 若松浩行 関本光希 畠山啓介 中谷玲雄 箕輪卓哉 神奈川県立厚木高等学校 2年AB

[https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/29\\_abp.pdf](https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/29_abp.pdf)

3) 球を内包する全方向移動ロボットの開発 - J-Stage

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/pscjspe/2011S/0/2011S\\_0\\_403/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/pscjspe/2011S/0/2011S_0_403/_pdf/-char/en)

4) 2P1-D18 玉乗りロボットによる物体運搬に関する研究

[https://doi.org/10.1299/jsmermd.2009.\\_2P1-D18\\_1](https://doi.org/10.1299/jsmermd.2009._2P1-D18_1)

5) 2P1-C11 平面上を移動可能な倒立振子の開発：玉乗りロボットの開発と1脚跳躍ロボットの基礎研究(特殊移動ロボット)

[https://doi.org/10.1299/jsmermd.2008.\\_2P1-C11\\_1](https://doi.org/10.1299/jsmermd.2008._2P1-C11_1)

6) どのように制御する？DCモータの速度制御 - ASPINA

<https://jp.aspinagroup.com/ja/learning-zone/columns/what-is/011/>

7) オムニホイール、株式会社土佐電子

[https://tosadenshi.co.jp/cargo2021/goodslist.cgi?in\\_kate=20-2](https://tosadenshi.co.jp/cargo2021/goodslist.cgi?in_kate=20-2)

# UVレジンを用いた接着剤の汎用性

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 3班

## 1. 背景

工作をする際に使った接着剤は乾燥のための時間が長く、効率的に作業できない難点があった。そこで、UVレジンが紫外線で固まる性質を利用してアクセサリーやハンドメイド作品を作る流行が生まれ、UVレジンは100円ショップや手芸用品店で販売されるようになっているという話題からUVレジンのこのような特殊な性質を応用して接着剤として活用できぬかという疑問が浮かんだ。

## 2. 目的

UVレジンの紫外線で固まる性質を生かし接着剤として応用できるのか調べる。またそれを私たちの生活の中でどのように生かすことができるのかを調べる。

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

接着面積を大きくすると接着の強度は増す。

UVレジンは物質の融点を上げることにより、液体を固体に状態変化させることを利用している。

UVレジンは20°C程の温度で硬化しやすい。

### (2) 仮説

接着させる素材に関して接着部分の表面が粗いものは接着が強くなる。

接着したものを高温にすると接着の強度は弱くなる。

UVレジンによる接着は水に弱い。

## 4. 方法

### (1) 実験材料

UVレジン、接着する素材(木材)、プラスチック(木材の表面を覆う)、水、ビーカー、ガスバーナー、温度計、ビニール袋、おもり、スタンド、水を入れる入れ物

### (2) 手順

実験を三つ行う。またそれぞれの実験結果に対し、T検定を用いて、帰無仮説を二つのデータに有意差はない、対立仮説を二つのデータに有意差はあるとし、有意差があるか調べる。

#### (1) 接着部分の表面の粗さと接着の強度の関係を調べる

接着する素材の表面を粒度(表面の研磨剤の粒子の粗さ)の違うやすりでやすり表面の粗さを60,120,400,1000の四種類の素材を用意する。木材にUVレジンの硬化を用いて取り付けた取っ手を棒につるし、おもりを付けていき、接着が取れるまでの時間を計り、接着するものの表面の粗さと接着の強度の関係を調べる。このとき、接着部分の温度は20°Cで統一する。



図1 接着の強度の測定方法

(2) 接着部分の温度と接着の強度の関係を調べる

素材をUVレジンを用いて接着させ、袋に入れる。ガスバーナーを用いて水を入れたビーカーを熱し、そこにビニール袋に入った物質を入れることで接着部分の温度を20,40,60,80°Cに変化させ、接着部分の温度と接着の強度の関係を調べる。強度の測定方法は(1)と同様に行う。0°Cのときは接着させた木材を冷凍庫で冷やす。このとき、表面の粒度は60で統一する。

(3) 接着部分の耐水性について調べる

素材を水に入れ、(1)と同様の測定方法で接着の強度を調べる。素材を水に入れる時間を0秒、30秒、60秒の三種類に分け実験を行う。このとき素材(木材)の表面を粒度60のやすりでやったプラスチックで覆う。また水温はすべて15°C程度に設定する。

## 5. 結果と考察

(1) 接着部分の表面の粗さと接着の強度に関して

## 接着部分の表面の粗さと接着の強度

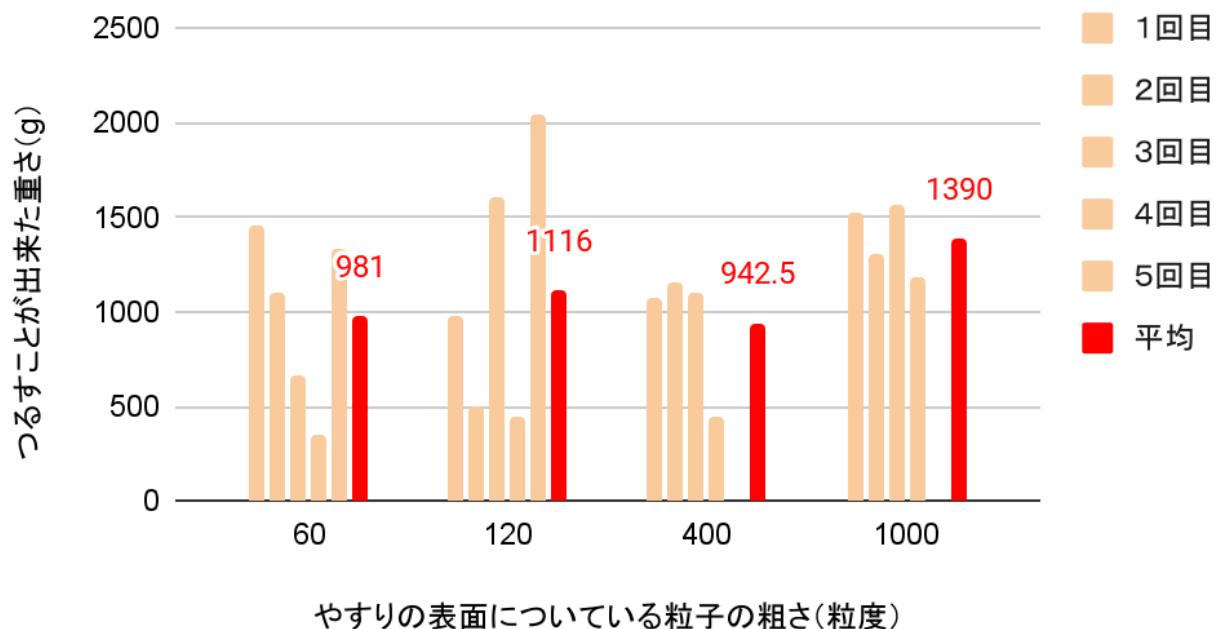


図2 接着部分の表面の粗さと接着の強度

グラフから見て読み取れることは、粒度が60、120のやすりを用いた場合の数値が安定せず、数値の範囲が大きいことである。T検定による判定結果は以下の通りだった。

表1 T検定を用いた接着表面の粒度の比較による有意差

比較 (粒度)	60-120	60-400	60-1000	120-400	120-1000	400-1000
F 検定	0. 4484971813	0. 6022231796	0. 1533164005	0. 2486559241	0. 05090367881	0. 3491452653
T 検定	0. 7280111323	0. 8931117712	0. 1435049175	0. 7602300101	0. 4746045804	0. 05485894539
有意差	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし

粒度のすべての比較において有意差がなかった。よって接着部分の表面の粗さと接着の強度に関して関係は分からなかった。理由として考えられるのは、素材として木材を使用したため木くずが残ったり表面を均一にやすることが出来なかつたことが挙げられる。

### (2) 接着部分の温度と接着の強度

## 接着部分の温度と接着の強度

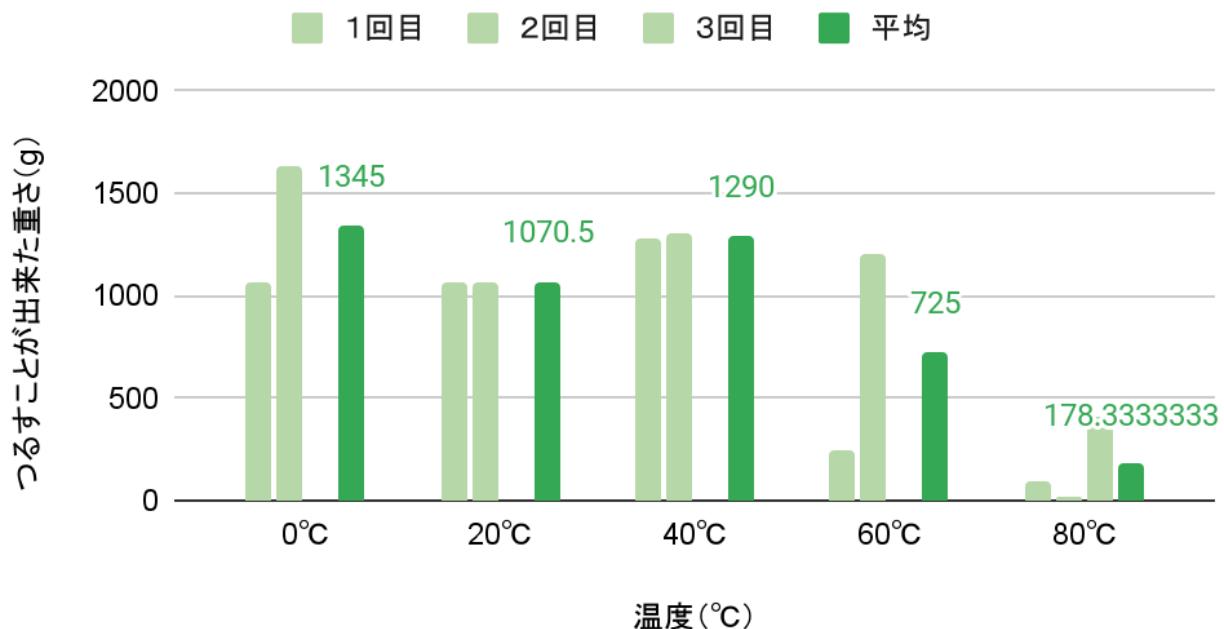


図3 接着部分の温度と接着の強度

グラフを見て読み取れることは、60°Cの時はばらつきはあるものの60°C,80°Cの時のつるすことが出来たおもりの数値は0°C,40°C,60°Cの時に比べ小さいということだ。T検定による判定結果は以下の通りである。

表2 T検定を用いた接着部分の温度による有意差

比較 (温度)	0-20	0-40	0-60	0-80	20-40	20-60	20-80	40-60	40-80	60-80
F 検定	0.002233 751296	0.044656 7514	0.688083 4785	0.38672 06606	0.063609 00502	0.001340 251657	0.004788 660088	0.026801 08398	0.095663 85381	0.169122 9063
T 検定	0.511945 5856	0.878648 9989	0.379410 1593	0.02136 902591	0.002074 256394	0.599655 9571	0.017775 4328	0.444980 2779	0.005670 044795	0.252405 5987
有意差	有意差 なし	有意差 なし	有意差 なし	有意差 なし	有意差 あり	有意差 なし	有意差 あり	有意差 なし	有意差 あり	有意差 なし

有意差があったのは接着の部分の温度の比較が20-40,20-80,40-80の時であった。

接着部分の温度の比較が20-80,40-80の時に有意差があったことからUVレジンの接着は熱によって弱まるという考察を得た。また接着部分の温度の比較が20-40のときに有意差があり、数値が一番大きかった0°Cの時に数値が安定していないことから40°C付近の温度がUVレジンによる接着をする時に適温だと考えた。

### (3) 接着部分の耐水性

## 接着部分の水耐性

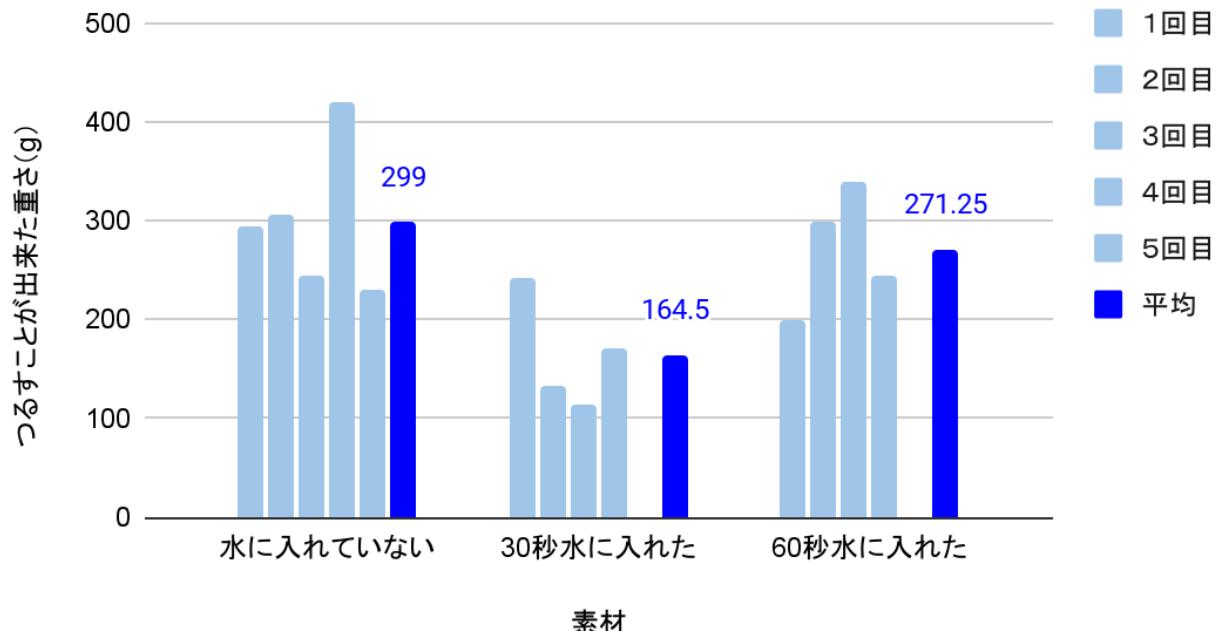


図4 接着部分の耐水性

グラフを見て読み取れることは、水に入った時間別の素材につるすことが出来たおもりの大きさはそれぞれの時間で 100 g ほどのばらつきがあるとはいえ、実験の全体として 200 g から 300 g の範囲に多いことがわかる。T検定による判定結果は以下の通りである。

表3 T検定を用いた水に入れた時間の比較による有意差

比較 (時間)	0-30	0-60	30-60
F 検定	0. 6611473141	0. 7774408909	0. 8815190891
T 検定	0. 02061171576	0. 5697487285	0. 0423488519
有意差	有意差あり	有意差なし	有意差あり

水に入った時間の比較が0-30,30-60の時に有意差はあった。

水に弱いという仮説を立てたが結果から考察すると、水に入った時間が0秒と30秒で有意差は出たが平均のおもりの数値が 130 g 程度しか変わっていないことから水に弱いとは判断出来ないと考えた。

また水に入った時間の比較が30秒と60秒の時に有意差があったのは水が15°C程度のものを使ったことと、UVレジンが本来20°C程度で硬化しやすいということから、水に入れても溶けなかったUVレジンが水によって冷やされさらに強く硬化したためだと考えた。

## 6. 結論

UVレジンによる接着は表面の粗さ、接着部分の温度、耐水性を考えると、日常生活には充分に汎用性があり、フレキシブルな利用が可能だと言える。特に文房具などの小物が壊れてしまった時の応急処置など

で充分に活用できる。しかし質量が大きすぎるものや体積の大きすぎるものなどはUVレジンが高額なこともあり、利用が難しい。

## 7. 参考文献

1) UV硬化の仕組み - ケイブルエイ

<https://www.klv.co.jp/technology/uv-curing-mechanism.html>

2) UVレジンはUV接着剤の代わりに使えるのか検証してみた - Naoyuki Ishida

[https://www.youtube.com/watch?v=HNMG1\\_XU-Ck](https://www.youtube.com/watch?v=HNMG1_XU-Ck)

3) 紫外線硬化樹脂 - wikipedia

<https://ja.m.wikipedia.org/wiki/%E7%B4%AB%E5%A4%96%E7%B7%9A%E7%A1%AC%E5%8C%96%E6%A8%B9%E8%84%82>

# 界面活性剤がダイラタンシー現象に及ぼす影響

神奈川県立厚木高等学校  
2年H組4班

## 1. 背景

ダイラタンシー現象をテレビなどで見てそれに興味を持ち、現象の起きる条件や原理について深く学びたいと思った。ダイラタント流体の硬化時の強度を強める試みは多く見られたが、弱める試みはあまり見られなかつたので、弱める研究をしてみようと考えた。ダイラタント流体の硬度を弱める調節が可能になれば、利用の幅が広がるのではないかと思った。

## 2. 目的

ダイラタンシー現象でのダイラタント流体の硬化時の強度は界面活性剤によって弱めることができるのかを調べ、ダイラタント流体の活用の幅を広げたり硬化によって引き起こされる様々な問題を解決したりするための糸口とする。強度の調整が可能になれば、強度を強めることで防弾チョッキなど、弱めることで均圧マットなどに応用できる。また、ダイラタント流体を扱う機械・工具にかかる余計な負荷を軽減したり、押出成形や管を用いた輸送を容易にしたりできる。可食の界面活性剤(乳化剤)を用いれば、パティシエ等のダイラタント流体である食品を扱う分野において、人の体にかかる負荷を軽減できる。(混ぜる際の手首の負担など)

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

#### ・レイノルズの膨張の原理

…密に充填された粉体媒質を変形すると、粒子間の空隙が増して媒質全体の体積が膨張する。逆に、体積が膨張できないような状況では、粉体媒質は変形できずに固体のように振る舞う。

#### ・ダイラタンシー現象の原理

…ダイラタント流体(ダイラタンシー現象が起こる溶液のこと)が、液体と粉体溶質から成る)が、外力による変形で、密に充填された粉体溶質の体積が大きくなり(密に充填された状態ではなくなり)、それによってできた溶質内部の空隙に液体が入り込む。このとき、液体と粉体溶質の間には界面張力が働いており、粉体溶質に負の内圧がかかるため、溶質粒子が互いに押し付けられ、溶質粒子どうしの摩擦力により大きな負圧を支えるので溶液が固体のように振る舞う(硬化)。

#### ・界面活性剤の働きについて

…例えば机の上にある水滴が広がらずに球のような丸い形を保っているときは、水素結合が強く働いており、界面は不活性の状態であり界面張力は強い。逆に水滴が潰れて広がっているときは、界面が活性の状態であり界面張力は弱い。界面活性剤は界面を活性化させる働きを持ち、界面張力を弱めて水素結合を切り、水分子を自由にして動きを盛んにさせる。即ち前者の丸い状態の水滴に界面活性剤を加えると、後者の広がった状態になる。界面に並ぶことで界面張力を低下させる。

#### ・界面活性剤の種類について

…界面活性剤は一つの分子の中に親水基(水になじみやすい部分)と疎水基(油になじみやすい部分)を持ち、親水基の性質によって大きく4つに分けられる。水に溶けた時に親水基がマイナスイオンになるものをアニオン界面活性剤、親水基がプラスイオンになるものをカチオン界面活性剤、両方のイオンをもつものを

両性界面活性剤と呼ぶ。これに対してイオンにならない親水基をもつものをノニオン(非イオン)界面活性剤と言う。

## (2)仮説

界面活性剤は界面を活性化させ、界面張力を弱める。そのためダイラタント流体に界面活性剤を加えると、外力を受けたときに溶質内部の空隙に入り込む液体が溶質を引っ張る力である界面張力が弱くなると考えられる。この界面張力がダイラタント流体の硬化の原因になることから、界面活性剤を加えたダイラタント流体は、加えなかったダイラタント流体よりも硬化時の強度が弱くなると考えられる。今回の実験では界面活性剤を加えた方が加えなかった方よりも、ある一定の濃度までは反発係数が小さくなると考えられる。ある一定の濃度まではというのは、界面活性剤は界面に並ぶことで界面張力を低下させるので、界面を全て覆ってしまいそれ以上界面にある界面活性剤を増やせなくなったら場合はそこから界面張力の変化はなくなるのではないかと考えるからである。

## 4. 方法

### (1) 実験材料

#### 実験1

- ・ノギス×1
- ・ビュレット×1
- ・純水約(50×16) mL
- ・ラウリル硫酸ナトリウム(界面活性剤)...7.4 g
- ・薬包紙×1
- ・薬さじ×1
- ・電子はかり×1
- ・ガラス棒×1
- ・50 mLメスフラスコ×1
- ・駒込ピペット×1
- ・スタンド×1
- ・シャーレ×1
- ・50 mLビーカー×1

#### 実験2

- ・純水(259.08×9) g
- ・ラウリル硫酸ナトリウム...15.61 g
- ・片栗粉(388.62) g
- ・500 mLビーカー×1
- ・薬包紙×1
- ・薬さじ×1
- ・電子はかり×1
- ・ガラス棒×1
- ・ジップロック×9
- ・1 mものさし×1
- ・スタンド×1
- ・スーパーボール×1
- ・スロー撮影可能なカメラ(スマートフォン)×1

## (2)手順

### 実験1 界面張力の測定

ラウリル硫酸ナトリウム水溶液のモル濃度と界面張力の関係を調べる。

調整するラウリル硫酸ナトリウム水溶液のモル濃度は以下の16種類である。実験2でも使用する濃度には右に;を付けている。

- 0.000 mol/L ;
- 0.002 mol/L ;
- 0.004 mol/L ;
- 0.006 mol/L ;
- 0.008 mol/L ;
- 0.010 mol/L ;
- 0.015 mol/L
- 0.018 mol/L
- 0.020 mol/L
- 0.025 mol/L ;
- 0.030 mol/L
- 0.050 mol/L ;
- 0.060 mol/L
- 0.075 mol/L
- 0.090 mol/L
- 0.100 mol/L ;

界面張力は滴下法(図1)を用いて求める。ビュレットの先端にしづくが徐々にたまり、界面張力と重力がつり合ったところでしづくは落下する。一滴の質量を $m$  [g], 重力加速度を $g$  [m/s<sup>2</sup>]とすると、液滴を下に引く力は $mg$ である。これを上に引き上げる力は界面張力を $\gamma$  [N/m], ビュレットの先端外径を $2r$  [mm]とすると、 $2\pi r \gamma$ である。したがって、液滴の質量とビュレットの先端外径を計測することで界面張力を求めることができる。式は下のようになる。

$$mg = 2\pi r \gamma$$

$$\gamma = mg / 2\pi r \quad \cdots (\text{式1})$$

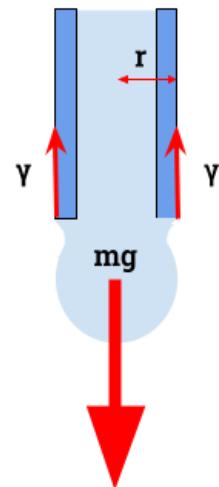


図1 滴下法

- (1) ノギスでビュレットの先端外径を4回測り、平均値を先端外径とする。
- (2) ラウリル硫酸ナトリウム水溶液を薬包紙、薬さじ、電子はかり、ガラス棒、50mLメスフラスコ、駒込ビペットを用いて調整する。
- (3) スタンドでビュレットを固定し、ラウリル硫酸ナトリウム水溶液をそれぞれビュレットからシャーレに10滴ずつ滴下する。このとき1滴ずつ滴下しないといけないため、水溶液が1滴ずつ滴下されるように勢いを調節する際に50mLビーカーに滴下するとよい。
- (4) 水溶液10滴分の質量をそれぞれ電子はかりで計測する。
- (5) (3), (4)を5回繰り返し、平均値から水溶液の1滴あたりの質量を求める。
- (6) (5)を16種類全ての濃度で行う。
- (7) 界面張力  $\gamma$  [N/m]を(式1)を用いて求める。

## 実験2 各供試体のダイラタンシー現象における硬化時の強度計測

ラウリル硫酸ナトリウム水溶液のモル濃度と供試体の反発係数の関係を調べる。

作成するダイラタント流体(供試体)に含まれるラウリル硫酸ナトリウム水溶液のモル濃度は以下の9種類である。

- 0.000 mol/L
- 0.002 mol/L
- 0.004 mol/L
- 0.006 mol/L
- 0.008 mol/L
- 0.010 mol/L
- 0.025 mol/L
- 0.050 mol/L
- 0.100 mol/L

ラウリル硫酸ナトリウム水溶液と片栗粉を用いてダイラタント流体を作る。強度は供試体にスーパーボールを落下させた時の反発係数で比較する。先行研究より純水と片栗粉の質量比が2:3のときにダイラタント流体の硬化時の強度が最も高いことが分かった。

- (1) 純水と片栗粉の質量比が2:3、ゆえに含まれる純水が259.08 g、片栗粉が388.62 gとなるように、500 mLビーカー、薬包紙、薬さじ、電子はかり、ガラス棒を用いてダイラタント流体を作り、ジップロックに入れて供試体とする。(\*)
  - (2) 供試体を10分間放置し片栗粉を均一に沈殿させ、稠密の状態にする。
  - (3) 供試体を机の上に置く。1 mものさしの0の目盛りを供試体の高さに合わせ、スタンドを用いて供試体の隣に垂直に立てる。
  - (4) 供試体の上へスーパー ボールをその1 m上から自由落下させ、その様子を跳ね返ったところまで撮影する。これを10回行う。
  - (5) (2)～(4)を9種類全ての濃度の供試体で行う。
  - (6) 撮影した動画から、スーパー ボールが跳ね返って上昇する最高点の高さ  $h'$  を読み取る。
  - (7)  $e = \sqrt{h'} / \sqrt{h}$  の式より、反発係数  $e$  を求める。  $h$  の値は供試体でなるべく差がないようにする。 $h' [m]$  は平均の値とする。(図1)

(\*): ラウリル硫酸ナトリウム水溶液の体積等の計算手順

- (1) ラウリル硫酸ナトリウム水溶液の濃度 [mol/L] ... (A) から、ラウリル硫酸ナトリウム水溶液100 mLに含まれるラウリル硫酸ナトリウムの質量 [g] ... (B) を求める。
- (2) (B) をラウリル硫酸ナトリウムの密度である 1.01 [g/cm<sup>3</sup>] で割り、ラウリル硫酸ナトリウム水溶液100 mLに含まれるラウリル硫酸ナトリウムの体積 [cm<sup>3</sup>] ... (C) を求める。
- (3) 100 - (C) の計算をして、ラウリル硫酸ナトリウム水溶液100 mLに含まれる純水の体積を求める。  
その値はラウリル硫酸ナトリウム水溶液100 mLに含まれる純水の質量 [g] ... (D) に一致する。
- (4)  $(259.08 \times 100) / (D)$  の計算をして、正しい濃度のまま純水を259.08 g 含むようなラウリル硫酸ナトリウム水溶液の体積 [mL] ... (E) を求める。
- (5) (B) × (E) / 100 の計算をして、(E) の溶液に含まれるラウリル硫酸ナトリウム水溶液の質量 [g] ... (F) を求める。

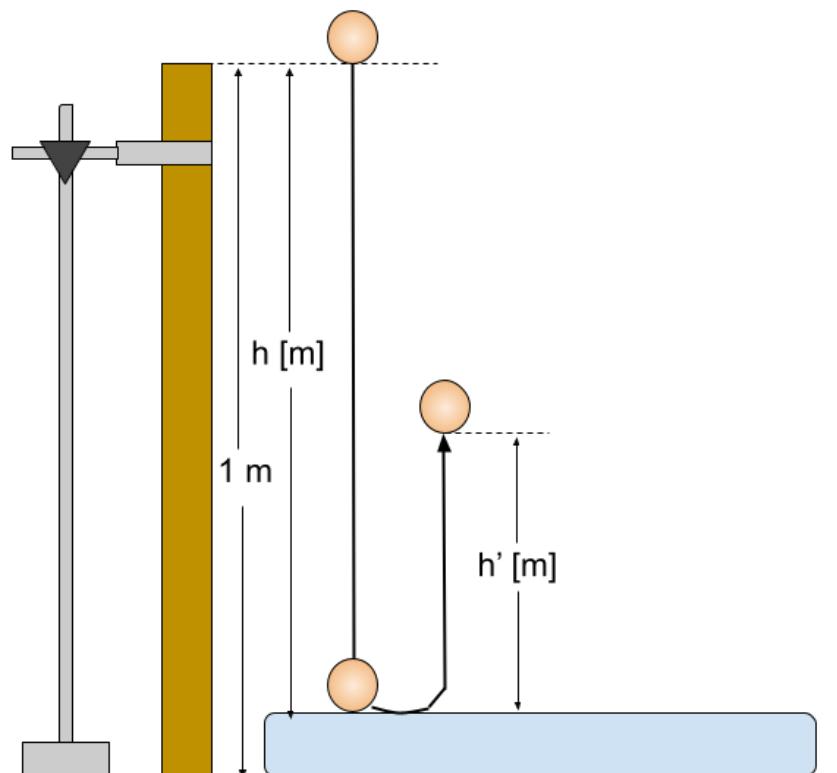


図2 実験2を横から見た様子

## 5. 結果と考察

(図3)~(図5)のグラフの誤差範囲は標準誤差の値を用いている。

表1 濃度,界面張力,反発係数の数値一覧

濃度[mol/L]	0.000	0.002	0.004	0.006	0.008	0.010	0.015	0.018	0.020	0.025	0.030	0.050	0.060	0.075	0.090	0.100
界面張力[N/m]	0.0445	0.0382	0.0344	0.0278	0.0246	0.0219	0.0215	0.0219	0.0219	0.0204	0.0206	0.0215	0.0216	0.0221	0.0213	0.0191
反発係数	0.5201	0.4710	0.4404	0.4049	0.3895	0.4180				0.3876		0.2418				0.2301

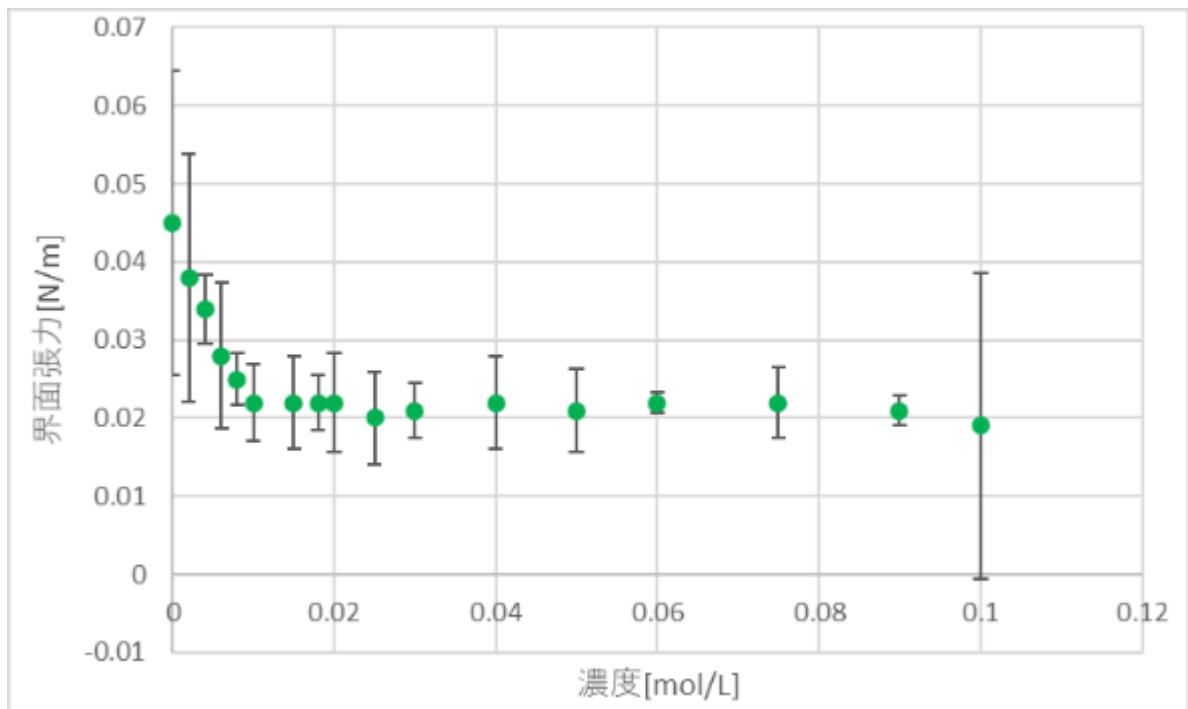


図3 ラウリル硫酸ナトリウム水溶液の濃度と界面張力の関係

表1は濃度,界面張力,反発係数の数値の一覧で,図3はラウリル硫酸ナトリウム水溶液の濃度と界面張力の関係を示すグラフである。図3より,水溶液の濃度が0~0.01 mol/Lまでは濃度が大きいほど界面張力は小さくなるのに対し,0.01~0.1 mol/Lの間は界面張力の値にはほとんど変化がないことが読み取れる。これは,0.01 mol/Lの時点では界面活性剤が完全に界面に覆われて,界面活性剤が界面張力を低下させることのできる限界に達したからだと考えられる。

これについて詳しく調べてみたところ,界面活性剤には臨界ミセル濃度(ミセルが形成され,系に加えられた全ての追加の界面活性剤がミセルとなる界面活性剤の濃度)というものがあり,臨界ミセル濃度に到達した後の界面活性剤の追加は単にミセルの数を増加させるだけであり,それ以上は界面に層を形成しないことが分かった。界面に層を形成しないということは,それ以上は界面張力が変化しないと考えられる。今回の実験における臨界ミセル濃度は0.01 mol/Lであると思われる。調べるとラウリル硫酸ナトリウムの25°Cにおける純水中の臨界ミセル濃度は0.0082 mol/Lであった。この値は0.01 mol/Lに近いものである。

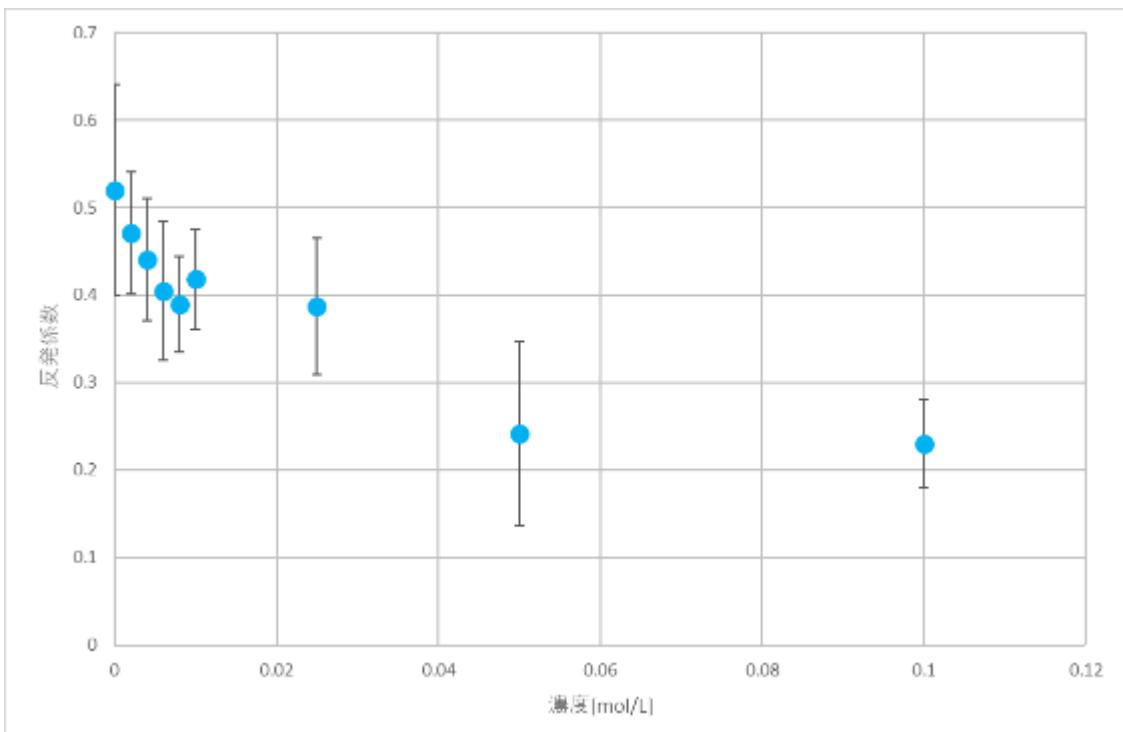


図4 ラウリル硫酸ナトリウム水溶液の濃度と反発係数の関係

図4はラウリル硫酸ナトリウム水溶液の濃度と反発係数の関係を示すグラフである。図3と同じように、およそ 0.01 mol/L を境にして反発係数の変化が緩やかになっている。

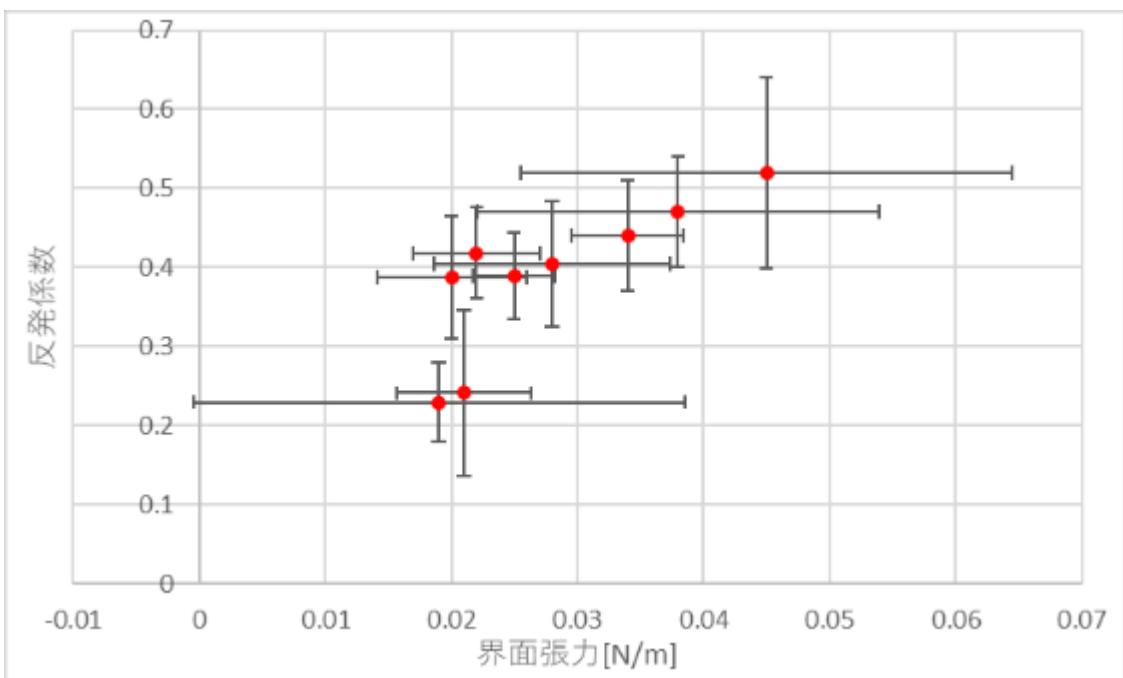


図5 界面張力と反発係数の関係

図5は界面張力と反発係数の関係を示すグラフである。ばらつきがあるものの、界面張力が大きくなるほど 反発係数も大きくなっているように見える。そこでこの2つの相関係数を求めると、0.7972であった。このこと から界面張力と反発係数の間には強い正の相関があると考えられる。

これらの結果より、界面活性剤をダイラタント流体に加えると液体と粉体媒質の間に働く界面張力が小さくなり、それにより粉体媒質にかかる負の内圧が小さくなると考えられる。その結果溶質粒子どうしの摩擦力が小さくなり強度が弱まったので反発係数が小さくなつたのだと推測される。

しかし界面活性剤水溶液が臨界ミセル濃度に達した後は界面張力が変化しにくいため(図3)、反発係数の変化も緩やかになる(図4)。このことから界面活性剤を加えることで得られるダイラタント流体の硬化時の強度の低下には限界があると考えられる。

今回の実験のグラフは誤差範囲が広くなつてしまつた。この原因として1つには標準偏差が大きいことが挙げられる。これはデータのばらつきが大きいということである。薬品を量り取る際に小数点以下2桁までしか量ることが出来なかつたり、スーパーボールが鉛直方向に落下せず、最高点の読み取りに誤差が生じてしまつたりしたことが反省点である。また、2つ目にデータ数が少ないことも原因として挙げられる。十分な量のデータを得られなかつたので繰り返し実験を行うことが必要だと思う。

## 6. 結論

界面活性剤を加えることで得られる界面張力の低下には限界がある。そのため、界面活性剤を加えるとダイラタント流体の硬化時の強度は下がるが限界がある。

## 7. 参考文献

1) ダイラタンシー現象と液体の界面張力の関係

[https://www.chiba-c.ed.jp/funako/ftp\\_kousin/ssh/reserch/2017/2017\\_02p2.pdf](https://www.chiba-c.ed.jp/funako/ftp_kousin/ssh/reserch/2017/2017_02p2.pdf)

2) ダイラタント流体、ダイラタンシー

<http://www.stat.phys.kyushu-u.ac.jp/~nakanisi/Physics/Dilatancy/index.html>

3) 【なぜ】ダイラタンシーの原理に迫る-ばけまなび

<https://neuechemikalie.hatenablog.com/entry/2020/11/29/190000>

4) 【c-2b】流体って何？(流体の種類)-ヘイシン モーノポンプ

<https://www.mohno-pump.co.jp/learning/manabiya/c2b.html>

5) 異常粘性現象(ダイラタンシー)の強度測定とその応用

<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H30ssh/sc2/21824.pdf>

6) JP2002017519A-均圧マット-Google Parents

<https://patents.google.com/patent/JP2002017519A/ja>

7) 界面張力差と石鹼ボードの速度

[https://www.chiba-c.ed.jp/funako/ftp\\_kousin/ssh/reserch/2017/2017\\_05p5.pdf](https://www.chiba-c.ed.jp/funako/ftp_kousin/ssh/reserch/2017/2017_05p5.pdf)

8) 界面活性剤の主な性質と種類

界面活性剤の主な性質と種類 ([jp-surfactant.jp](http://jp-surfactant.jp))

9) Microsoft PowerPoint - 表面張力2010ver1.ppt [互換モード]

Microsoft PowerPoint - 表面張力2010ver1.ppt [互換モード] ([u-fukui.ac.jp](http://u-fukui.ac.jp))

10) ダイラタンシー

<http://www.higashi-h.tym.ed.jp/course/kadai25/dairatannsii.pdf>

11) 界面活性剤 - Wikipedia

界面活性剤 - Wikipedia

12) ラウリル硫酸ナトリウム - Wikipedia

ラウリル硫酸ナトリウム - Wikipedia

13) 臨界ミセル濃度 - Wikipedia

臨界ミセル濃度 - Wikipedia

# 再形成したチョークの性質及び脱色の研究

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 5班

## 1. 背景

チョークの粉が大量に捨てられるのがもったいないと思い、再利用できないかと思ったから。また、過去に先輩方が実験していたが、実用化には至っていなかったので、実用化をしたいと考えた。

## 2. 目的

チョークの粉を再利用してチョークを作る。また、実用化するにあたって再利用率や耐久性などを調べる。集められたチョークを脱色し、白色のチョークをつくれるようにする。

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

チョークの粉を利用したチョークの再形成の検討 平成29年度 厚木高校課題研究 2-F 1班

### (2) 仮説

チョークの粉を再利用することで、新しいチョークを再形成することができる。また、粉の回収等をしっかりとすれば、90%以上再利用できると考えられる。

## 4. 方法

### (1) 実験材料

チョークの粉、水

#### 4-1. 再形成チョークの作成

### (2) 手順

1. チョークの粉を集め、水と混ぜながら形成する
2. 乾燥させる

#### 4-2. チョークの再形成率の計測

### (2) 手順

1. 新品のチョークの重さを量る
2. 一本使い切る
3. 2の過程でたたれたチョークの粉を集め、重さを量る
4. 再形成チョークを作り、重さを量る

#### 4-3. 再形成チョークの耐久性

### (2) 手順

1. 新品のチョークと再形成チョークを同じ高さから落とし、欠け方等と比べる
2. 落とす高さを高くしていく

#### 4-4. チョークの色の研究

### (2) 手順

1. 再形成チョークを作る際に白のアクリル絵の具を入れる

2.再形成チョークを作る前に、集めた粉を塩素系漂白剤で脱色する

## 5. 結果と考察

5-1.形はいびつだが、チョークとして利用可能な物ができた(写真1) 活動を通して何度も作るうちに形が良くなったり、手際も良くなっていった。

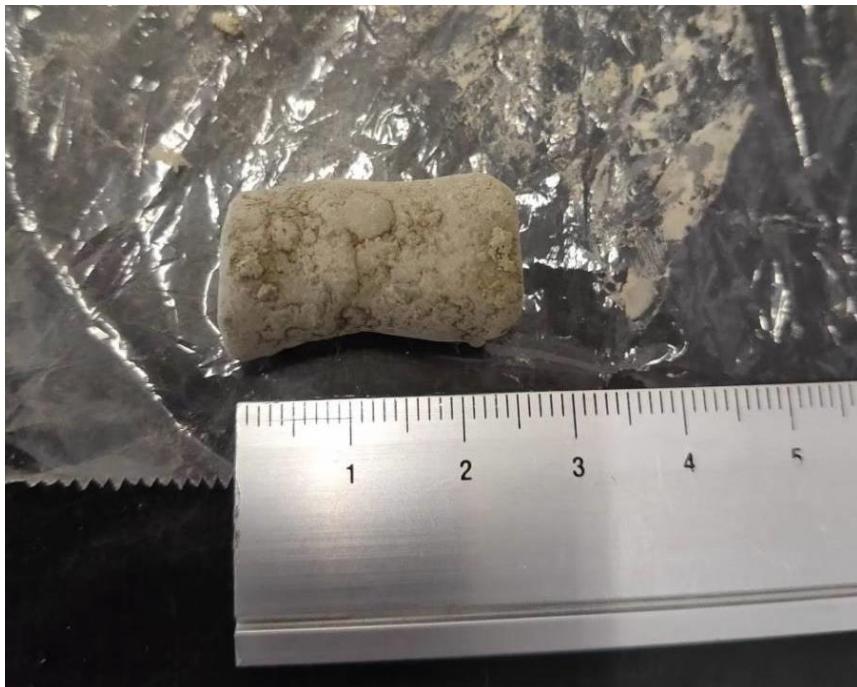
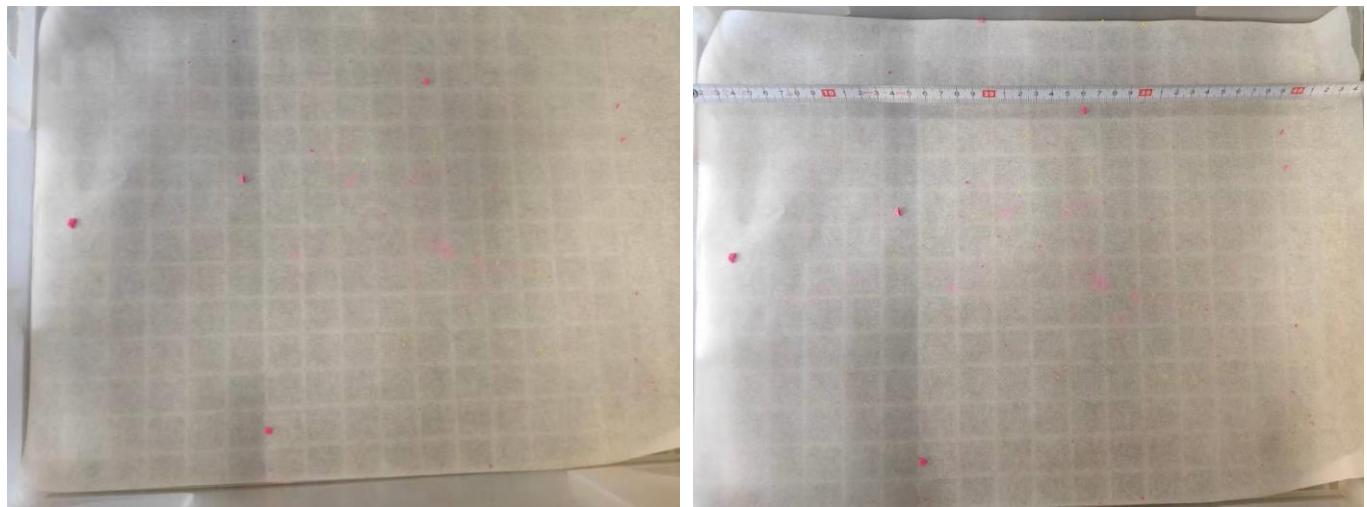


写真1

5-2. 再形成率は40~50%となった(中間レポートより)

5-3.強くたたき落とすと、再形成チョークの方が壊れやすかったが、落とす高さが1m以内では、差はみられなかった(写真2,3)。授業で使う分には問題ないと考えられる。新品のチョークと比較すると壊れやすくなっているのは、粉の大きさが関係していると考えられる。



(写真2,3)

5-4.アクリル絵の具をいれたチョークは、ほとんど色が変わらなかった。少し色が薄くなつたが、一度色のついたものを着色料のみで白くすることは不可能だと思われる。(写真4)

次に、塩素系漂白剤で脱色を試みた粉はしっかりと脱色され(写真5,6,7,8,9)、再形成後は新品の白いチョークと遜色ない色になった。(写真10)

しかし、脱色の工程でかなり時間がかかるので、実用化をするためには効率よくできるような改善が必要である。また、漂白剤を利用することでコストもあがるので、実用化するにはもう少し研究が必要になる。



(写真4)



(写真5)



写真6(上),8(下)

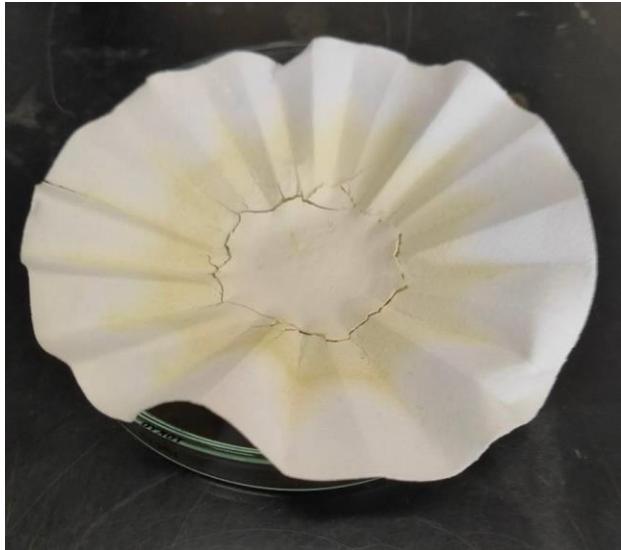
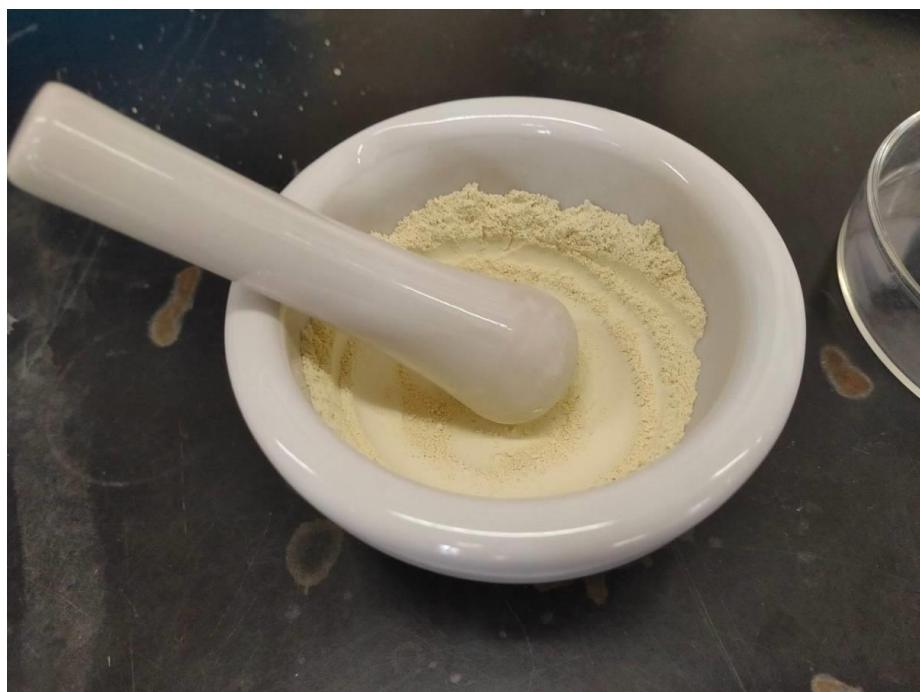


写真7(上)



(写真9)



(写真10)

## 6. 結論

チョークの粉を再利用することで、チョークを40～50%再形成することができる。また漂白剤を用いて脱色することで、色の混ざっている粉からも白のチョークを作ることができる。しかし、実用化するためには作業の効率化等をもう少し考える必要がある。

## 7. 参考文献

化学同好会活動記録

[http://chemistryclub.web.fc2.com/experiment/chalk\\_20091101.html](http://chemistryclub.web.fc2.com/experiment/chalk_20091101.html)

日本理化学工業株式会社

<https://www.rikagaku.co.jp/eco/monodane.php>

THE MAKING(175)黒板とチョークができるまで

<https://www.youtube.com/watch?v=TALaSN-cMVQ>

暮らしの丁度品店

<https://store.kimurasoap.co.jp/blog/about-bleach01>

# 音で作るクリーンなエネルギー

神奈川県立厚木高等学校  
2年H組6班

## 1. 背景

近年問題になっている、エネルギー問題に興味を持ち、地球温暖化を促進させない新たなエネルギーになりうるであろう“音”に着目した。

## 2. 目的

エネルギー問題の足掛かりとして、すでに試験的に行われている「音」を使った発電を調べる。具体的な活用例として、社会問題となっているエネルギー問題、特に騒音問題などで揉めている地域の摩擦を、発電した電気の譲渡による電気代の削減などによって減らすことなどが挙げられる。さらにそれを改良するために効率の良い方法を考え実験する。

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

マイクや簡単な回路で行われている。電流計にゲルマニウムダイオード、スピーカーを接続した回路にて、スピーカーに向かって大声で叫ぶ実験では、少しながら電流計の針の揺れを確認でき、電流が流れることを確認できた。

### (2) 仮説

#### 【実験1】

先行研究から、音による発電はエネルギー効率はそれほど高くないと考えられる。しかし、振動を伝えやすい金属・ガラス・プラスチックなどを用いると効率が上がると考えた。発電効率は材質の硬さに比例し、パラボラ状が一番効率が良いと考える。

#### 【実験2】

振動を用いた発電においては音量と周波数が高い方が発電量が大きいと考える。

## 4. 方法

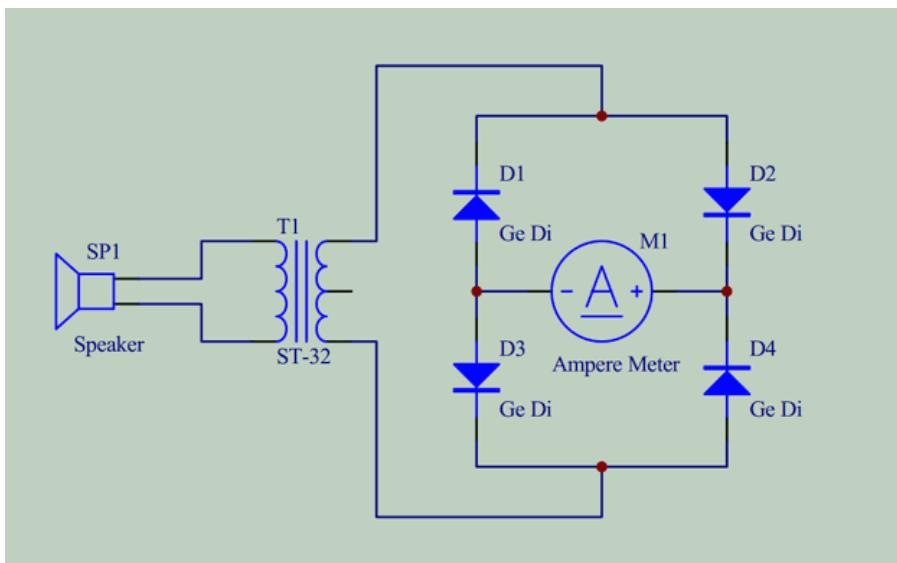
### (1) 実験材料

電流計・ゲルマニウムダイオード・dB計・蓄電池(コンデンサ)・トランスST-32・圧電素子

### (2) 手順

#### 【実験1】音による発電の場合

1. 発電できる回路(図1参照)の作成
2. 回路の点検、動作確認
3. 簡易実験
4. 対照実験
  - ・スピーカーに何もつけない
  - ・スピーカーに集音器具をつける
5. 実際の騒音を用いた本実験



【図1】実験1に用いた回路の図

### 【実験2】振動による発電の場合

#### 1. 压電素子を用いた回路の作成

検流計に直接压電素子を接続した。

#### 2. 回路の点検、動作確認

#### 3. 压電素子を音源に接触させて振動を直接集める簡易実験

#### 4. 発電機の設置場所を選考し、選考場所での本実験

## 5. 結果と考察

### ○結果

#### 【実験1】

簡易実験では、代表者が上記の回路のスピーカーを手で囲い、口を至近距離まで近づけて叫んだ。そのときは、音量は116.1 dB、発電量は0.95 mAを記録した(図2参照)。この時点で回路の動作確認は成功したと思われた。が、スピーカーから少し離れたところで同じように叫んだところ、検流計の針は全く動かなかった。これでは実際の騒音を用いても発電することはできない。我々はこの実験の続行を断念し、方針の見直しをせざるを得なくなつた。



【図2】実験1の簡易実験のときの検流計

### 【実験2】

方針を集め器具の工夫による発電の効率化から集音地点の音量・周波数と発電量の関係の調査に変更した。それによって実用化の際の発電機の設置場所の選考基準を提案することができる。

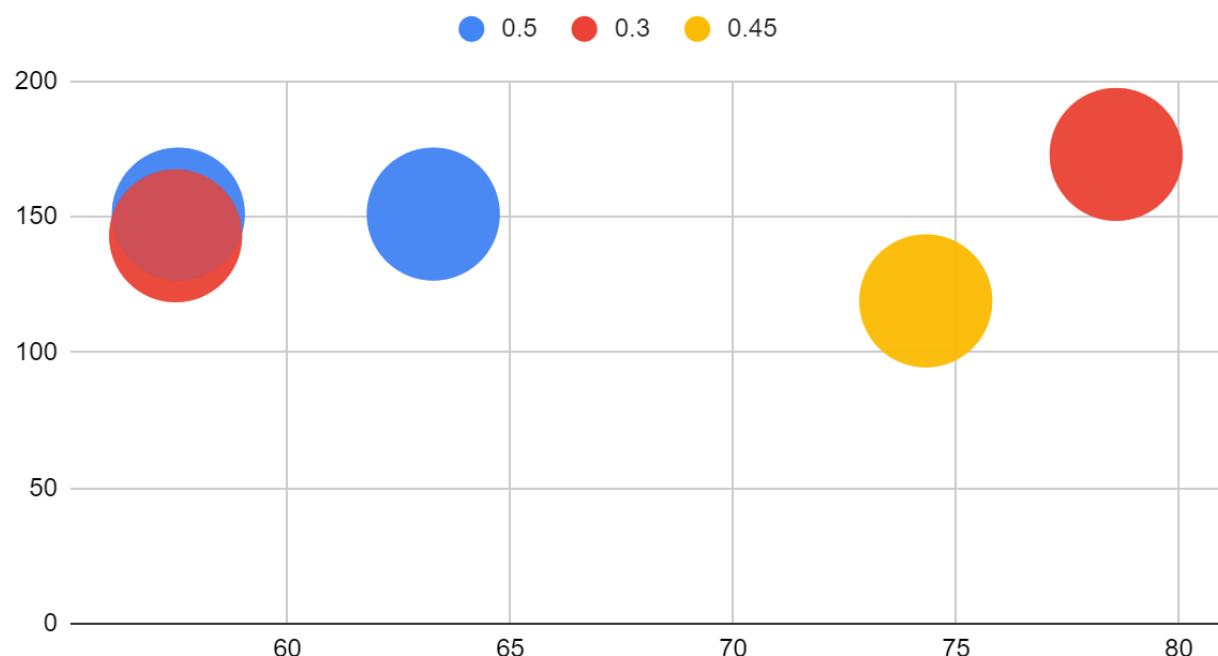
検流計に直接圧電素子を接続し、圧電素子を下記の4か所(計測するタイミング)に接触させ、電流が発生したときの音量・周波数・発電量それぞれの値を記録した。

- バスドラム (マレットで叩いたとき)
- スネアドラム (マレットで叩いたとき)
- 鉄橋の棧 (電車が通過したとき)
- 新体育館の床 (バスケットボールをバウンドさせたとき)

以下のグラフ1～4は見出しに明記されたそれぞれの地点における値をまとめたバブルチャートである。縦軸は周波数、横軸は音量、円の大きさは発電量の大きさを示す。

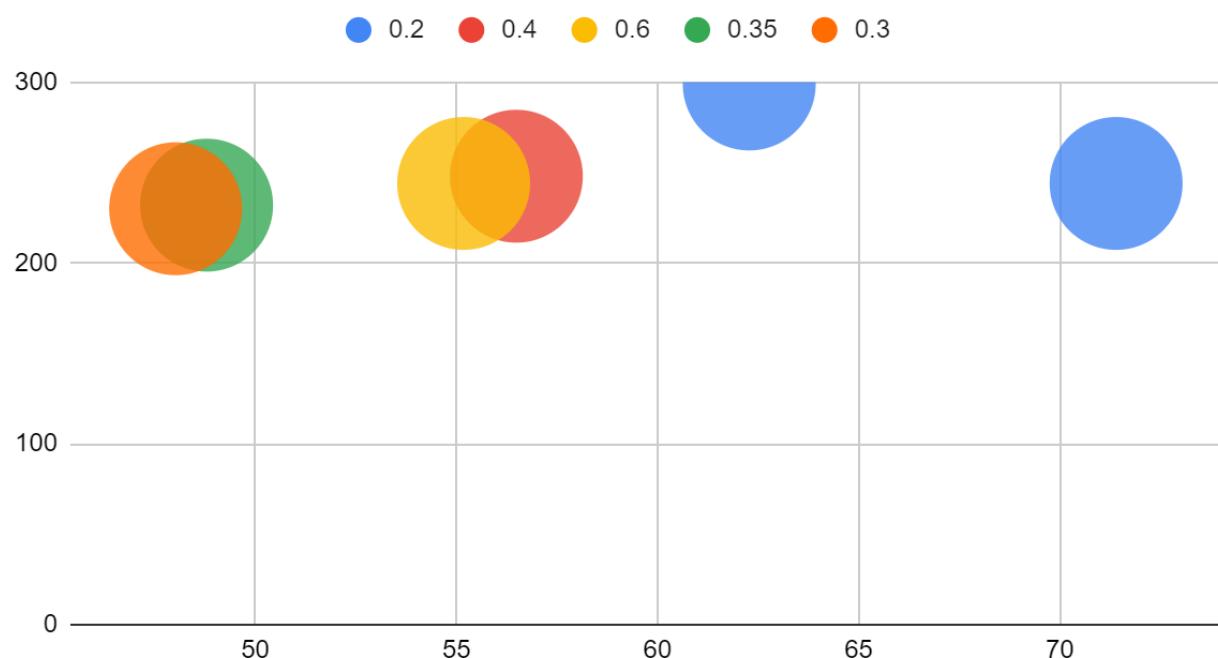
### 【グラフ1】バスドラム

### 周波数(縦軸 [Hz])・音量(横軸 [dB])と発電量 [mA] の関係



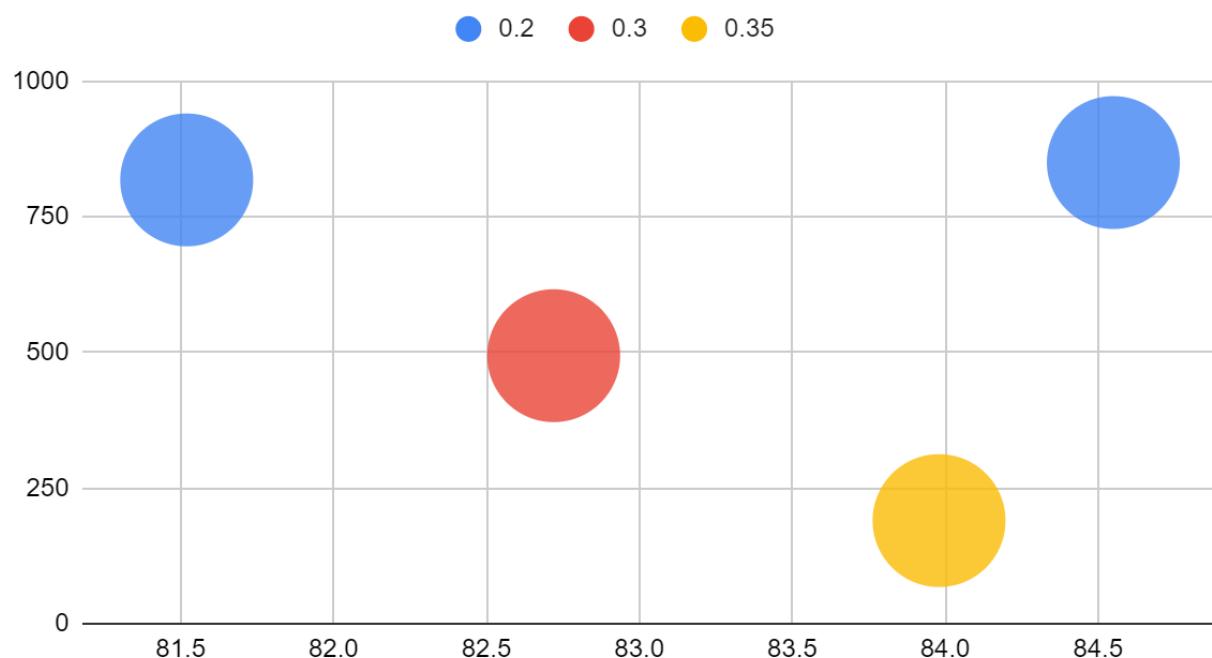
【グラフ2】スネアドラム

### 周波数(縦軸 [Hz])・音量(横軸 [dB])と発電量 [mA] の関係



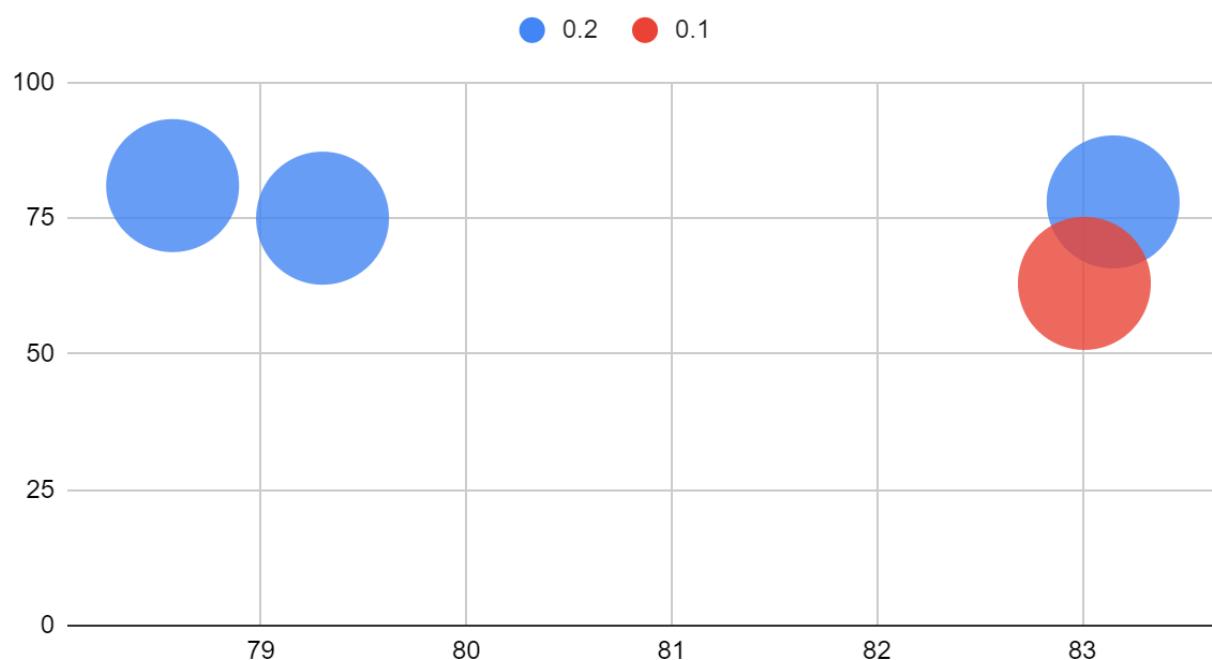
【グラフ3】鉄橋の棧

### 周波数(縦軸 [Hz])・音量(横軸 [dB])と発電量 [mA] の関係



【グラフ4】体育館の床

### 周波数(縦軸 [Hz])・音量(横軸 [dB])と発電量 [mA] の関係



上のグラフからは、同じぐらいの周波数のとき、音量が変わっても発電量が変わらないことや、同じぐらいの音量のときは周波数が高い方が発電量が大きいことが読み取れた。さらに、音量は鉄橋の方が圧倒的に大きいのに発電量がドラムや体育館とあまり変わらなかつたことも読み取れ、気になった。

## ○考察

結果より、振動を用いて発電する際は音量はあまり関係なく、周波数が発電量に関わってくると考えられる。音量があまり関係ないことの理由として、しかし、そうは言っても鉄橋のように極端に音が大きいと流石にもう少し発電できてもよかつたのではないかと思う。圧電素子にある程度強い振動を与えるないと発電されなかつたことからもそれは言える。その理由を調査していくと、ある仕組みにたどり着いた。音の伝わり方に大きく分けて2種類あり、1つは立体的に、拡散しながら伝わっていくもの、もう1つは平面的に、まっすぐ伝わっていくものである。後者の方が対象に音が伝わりやすい。ドラムは楽器として観客に音を確実に届けたいため、後者の伝わり方になるように構造が工夫されているのではないか。だから鉄橋よりも音量がかなり小さいにもかかわらず多くの電流を発生させることができたのだと考えられる。

## 6. 結論

音を用いて発電するなら、音源から直接振動を受け取った方が効率的である。

その際、より周波数が高い音を発する場所に設置することにより、さらなる効率化が期待できる。さらに、「音が平面状に伝わる」音源を用いた方が効率が良い。今後この仕組みを調査し、この基準を具体化することにより、実用化につなげることができる。

## 7. 参考文献

音の力で発電する実験

[https://www.cepstrum.co.jp/hobby/sound\\_power\\_generator/sound\\_power\\_generator.html](https://www.cepstrum.co.jp/hobby/sound_power_generator/sound_power_generator.html)

第2回 音響の基礎:音の発生と伝搬

[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000674398.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000674398.pdf)

# 飛沫防止に優れたマスクの形状とは

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 7班

## 1. 背景

新型コロナウイルスの影響でマスクは日常生活に欠かせないものとなっているが、様々な形状が存在し、どの形状が感染対策に適しているのか興味を持ったので研究することにした。

## 2. 目的

飛沫防止という点に注目する。様々な形状のマスクの特徴を踏まえたうえで最も飛沫防止に優れたマスクを製作し、感染拡大防止につなげる。

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

マスクの形状による飛沫の方向、飛沫の量に関する詳しい先行研究や原理が見つからなかったため、平型マスク、立体型マスク、プリーツ型マスクを用いて本実験と同様に先行研究を行った。(4. 方法 参考)

表1 マスクの形状と飛沫量の割合

マスクの形状	実験前のマスクの質量(g)	実験後のマスクの質量(g)	筒に残ったチョークの粉の質量(g)	飛沫したチョークの粉の質量(g)	飛沫したチョークの粉の割合(%)
プリーツ型①	2.71	2.73	2.97	0.01	0.33
プリーツ型②	2.78	2.76	2.93	0.09	3.00
プリーツ型③	2.74	2.84	2.89	0.01	0.33
平型①	11.35	11.39	2.96	0.00	0.00
平型②	11.41	11.42	2.95	0.04	1.33
平型③	10.71	10.74	2.92	0.05	1.67
立体型①	9.14	9.25	2.89	0.00	0.00
立体型②	9.18	9.50	2.65	0.03	1.00
立体型③	9.25	9.30	2.89	0.06	2.00

表 2 マスクの形状と飛沫量の割合の平均

マスクの形状	飛沫したチョーク の粉の割合の平 均(%)
プリーツ型	1.22
平型	1.00
立体型	1.00

平形は下部と上部から、プリーツ型は側部から、立体型は上部からの飛沫が多かった。どのマスクも前面からの飛沫があり、飛沫する割合にはほとんど差がなかった。

## (2) 仮説

飛沫する割合にはほとんど差がないが、形状によって飛沫する方向に違いがあるため、先行研究の結果を踏まえて飛沫が少ない部分の形状を組み合わせたマスクが最も飛沫防止に有効であると考えられる。

最も有効であると考えられる形状

- どの形状も前面からの飛沫が同様にあるため前面はプリーツ型とする
- 側部は肌と触れる面積が広く、先行研究で側部からの飛沫が少なかった立体型
- 上部からの飛沫を防ぐため鼻を覆う

## 4. 方法

### (1) 実験材料

チョークの粉 60 g

市販のマスク(平形マスク、プリーツ型マスク、立体型マスク) 各 3 枚

人の頭の形の発泡スチロール 1 個

ガーゼ マスク 12 枚分

ラップの芯 1 本

ドライヤー(先端部分に筒状にした紙を取り付けくしゃみと同じ風の強さになるよう調節)

スズランテープ

紙 2枚

輪ゴム 8本

### (2) 手順

1. 紙につけたスズランテープに向かって実際にくしゃみをしてスズランテープの動きを黒板を利用して調べる。
2. ドライヤーに筒状にした紙を取り付ける。1のくしゃみと同様の風の強さになるように紙に穴を開けて風量を調節する。(図 1, 2)
3. ラップの芯を人の頭の形の発泡スチロールの口部分に通し、実験するマスクをつける。粒子に見立てたチョークの粉15.0 g(先行研究では3.00 g)を通したラップの芯の口部分に置く。
4. 風量を調節したドライヤーを使用してラップの芯から2 秒間送風してくしゃみを再現する。送風した後にラップの芯に残ったチョークの粉の質量を測り、送風する前後でマスクの質量を測って実際に空気中に飛沫したチョークの粉の割合を調べる。また画像によってどの方向に飛沫したかを調べる。

比較のために最も優れていると考えられる形状(タイプ 1)の他にも2 種類の形状のマスクで実験を行う。

### タイプ 1

- 前面 プリーツ型
- 側部 立体型
- 上部 鼻を覆う形状

### タイプ 2

- 前面 プリーツ型
- 側部 プリーツ型
- 上部 鼻を覆う形状

### タイプ 3

- 前面上部 立体型
- 前面下部 プリーツ型
- 側部 プリーツ型

先行研究では最初にラップの芯の口部分に置くチョークの粉の質量を3.00 gで行ったが飛沫する質量が非常に小さく計測が難しかったため本実験では15.0 gで行った。

飛沫した割合(%) = (最初にラップの芯に置いたチョークの粉の質量 - 実験前後のマスクの質量の差 - ラップの芯に残ったチョークの粉の質量) / 最初にラップの芯に置いたチョークの粉の質量 \* 100

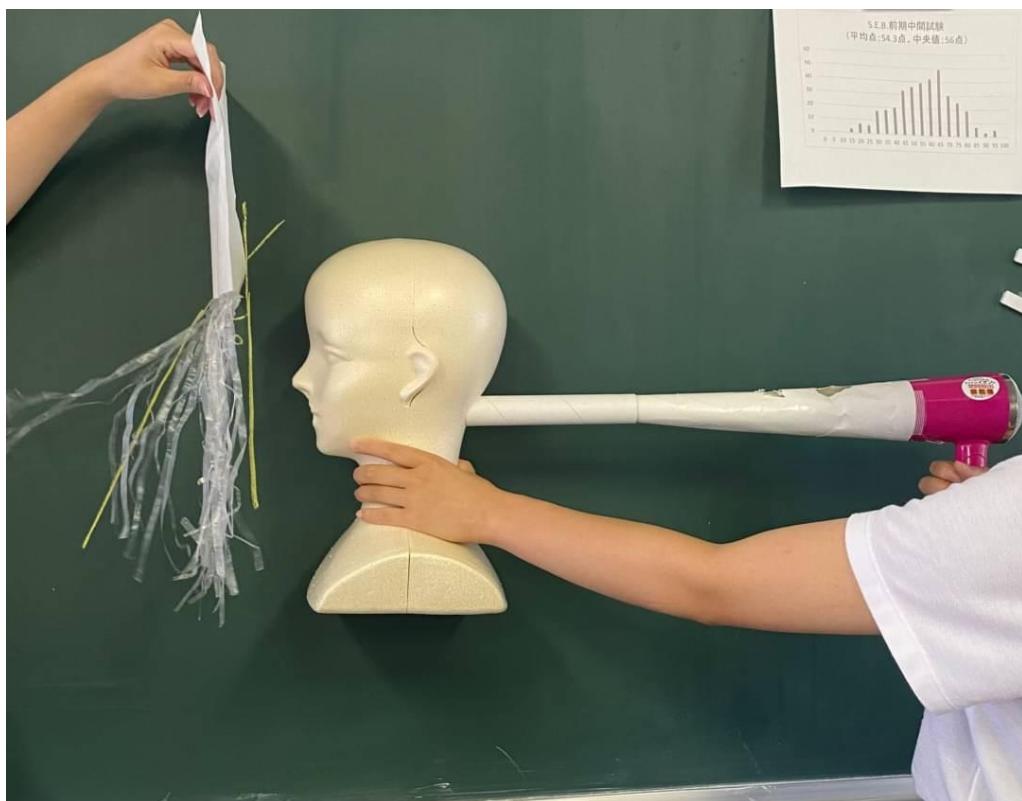


図 1 ドライヤーの強さを調節する実験



図 2 風量を調節したドライヤー



図 3 ラップの芯を通した様子

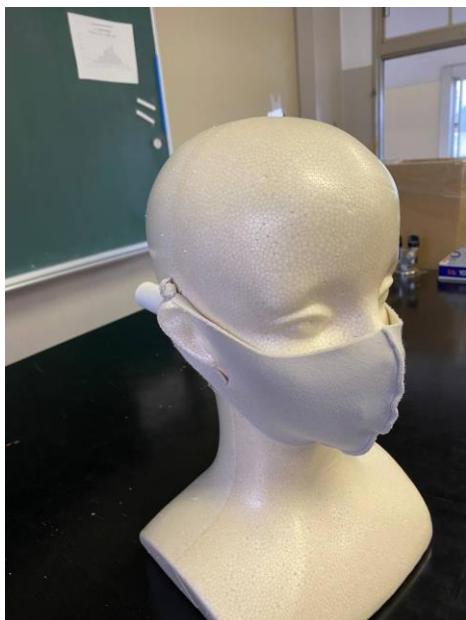


図 4 マスクをつけた様子



図 5 チョークの粉を入れた様子



図 6 実験中の様子



図 7 マスクの質量の計測

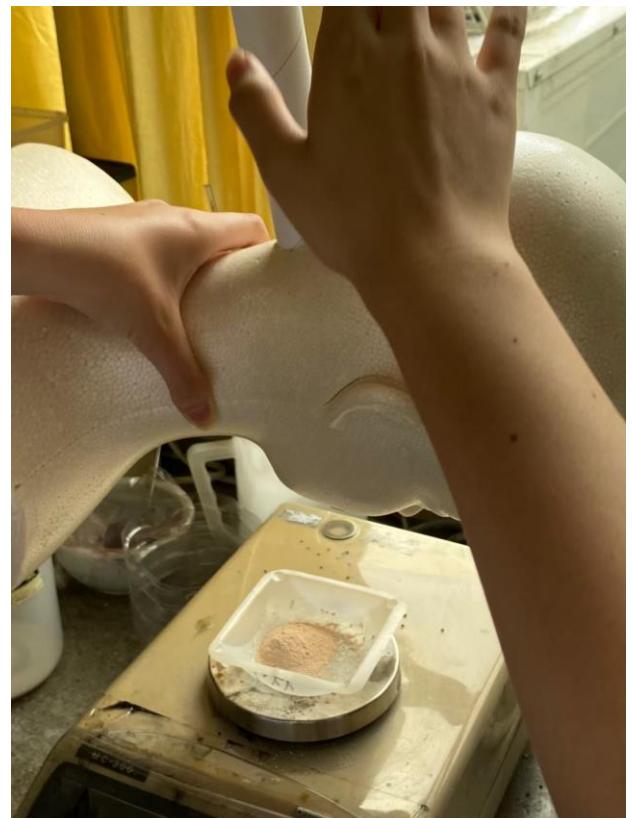


図 8 チョークの粉の質量の計測

## 5. 結果と考察

<タイプ 1>



図 9 タイプ 1

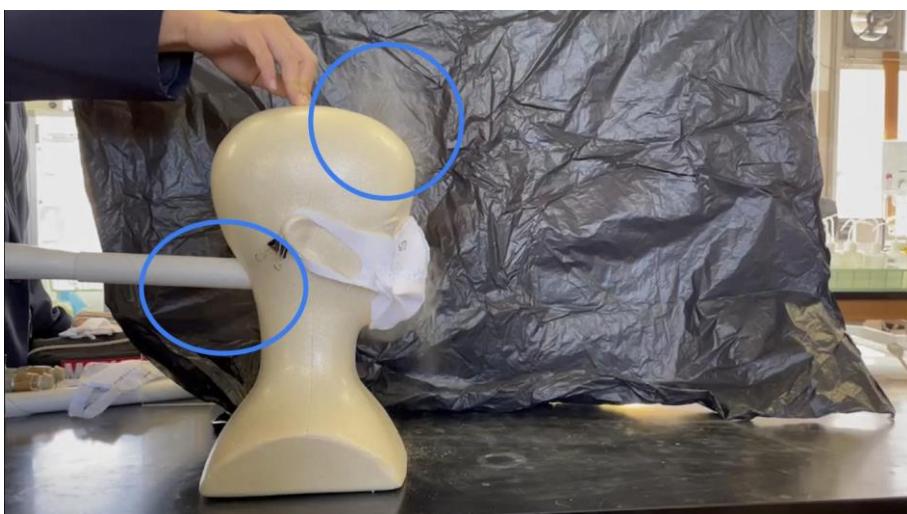


図 10 タイプ 1実験

表 3 タイプ 1結果

タイプ1	実験前のマスクの質量(g)	実験後のマスクの質量(g)	筒に残った粉の質量(g)	飛沫した粉の質量(g)	飛沫した割合(%)
1回目	6.80	7.09	14.57	0.14	0.93
2回目	8.39	9.03	14.34	0.02	0.13
3回目	7.09	7.41	14.41	0.27	1.80

- 上部からの飛沫が目立つ
- 側部からも飛沫が出ている

<タイプ 2>



図 11 タイプ 2



図 12 タイプ 2実験

表 4 タイプ 2結果

タイプ2	実験前のマスクの質量(g)	実験後のマスクの質量(g)	筒に残った粉の質量(g)	飛沫した粉の質量(g)	飛沫した割合(%)
1回目	10.18	11.12	13.96	0.10	0.67
2回目	7.99	8.46	14.4	0.13	0.87
3回目	11.51	13.29	13.11	0.11	0.73

- 上部からの飛沫
- 側部からの飛沫は少ない
- タイプ 1よりも上部からの飛沫が少ない

<タイプ 3>



図 13 タイプ 3

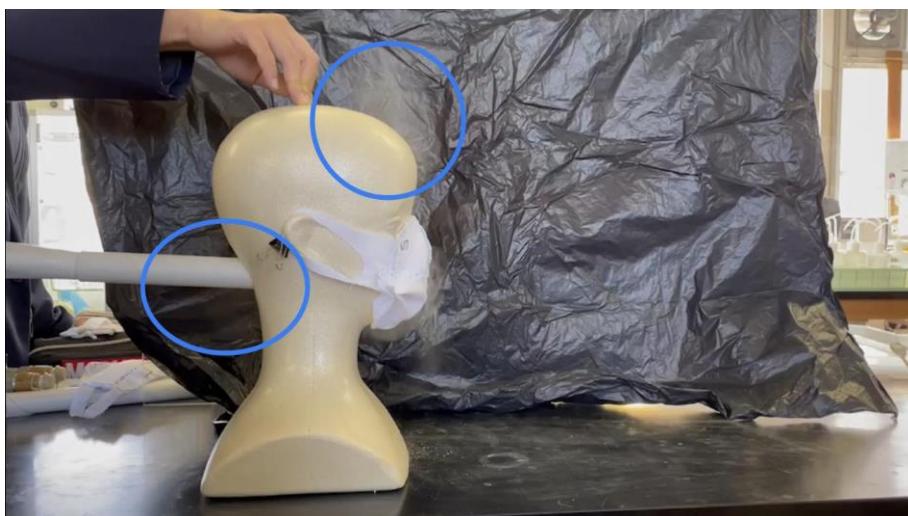


図 14 タイプ 3実験

表 5 タイプ 3結果

タイプ3	実験前のマスクの質量(g)	実験後のマスクの質量(g)	筒に残った粉の質量(g)	飛沫した粉の質量 (g)	飛沫した割合(%)
1回目	6.87	7.35	13.79	0.73	4.87
2回目	5.25	5.89	14.02	0.34	2.27
3回目	7.00	7.62	14.12	0.26	1.73

- 上部からの飛沫
- タイプ 1、タイプ 2に比べて側部からの飛沫が目立つ

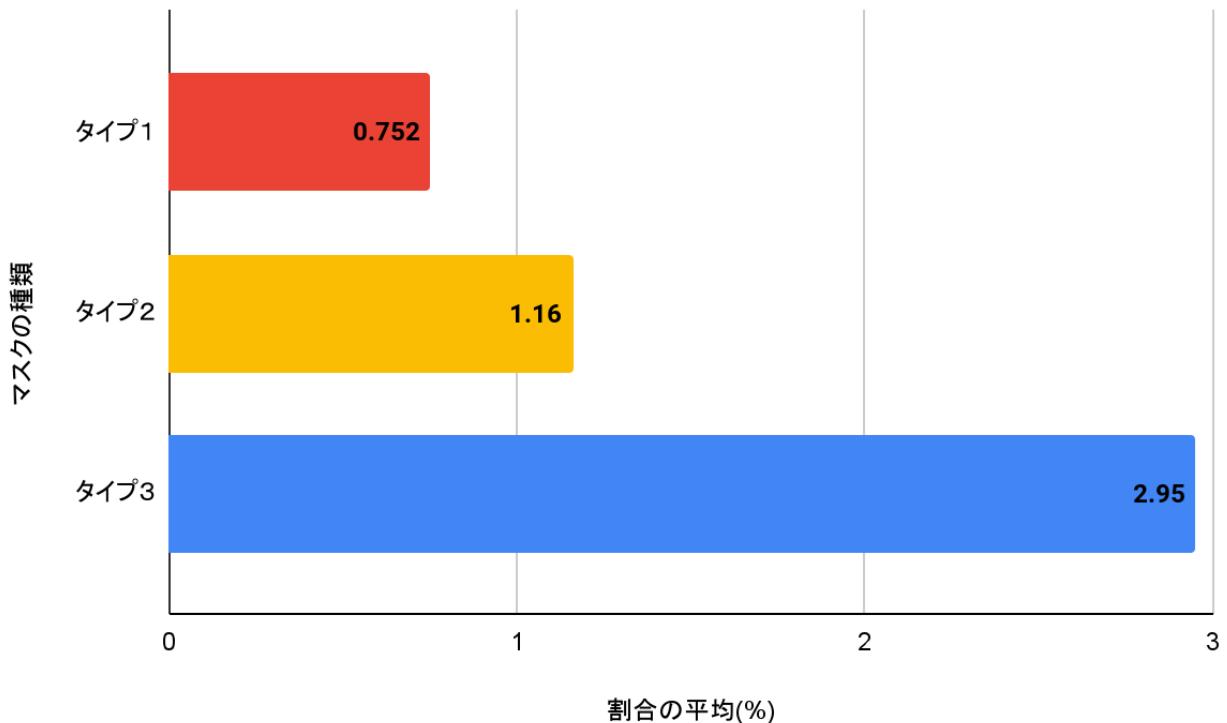


図 15 マスクの形状と飛沫する割合の平均

唯一鼻を覆わない形状であるタイプ 3だけ著しく飛沫した割合が高かったことから鼻を覆うことで飛沫量を減らせると考えられる。

また側部の形状だけが異なるタイプ 1とタイプ 2を比較すると仮説とは異なり、側部は立体型よりもプリーツ型の方が飛沫する割合が少ないことがわかる。このことからプリーツ型の前面にはプリーツ型の側面を組み合わせた方が肌とマスクとの隙間が小さくなると考えられる。

## 6. 結論

飛沫量を減らすには鼻を覆うことが有効であり、プリーツ型の前面に対する側部は立体型よりもプリーツ型の方が飛沫を抑えられる。またタイプ 2(前面→プリーツ型、側部→プリーツ型、上部→鼻を覆う形状)が最も飛沫防止に優れている。

## 7. 参考文献

1)マスクの形状の違いによる飛沫の飛散傾向

[https://kyodonewsprwire.jp/prwfile/release/M100785/202006090658/\\_prw\\_PA9fl\\_e2XM2LH4.pdf](https://kyodonewsprwire.jp/prwfile/release/M100785/202006090658/_prw_PA9fl_e2XM2LH4.pdf)

2)マスクの種類や形

<http://www.doyaku.or.jp/guidance/data/63.pdf>

3)マスクのサイズはどう選ぶ？プリーツ型、立体型の違いは？

<https://jp.unicharm-mask.com/ja/my-style-mask/artl06.html>

# 音量の増幅に優れたスピーカーの作成

神奈川県立厚木高等学校  
2年H組8班

## 1. 背景

近年スピーカーの需要が増えており、どのような素材や形状のスピーカーが音量が大きいのか興味を持ったから。

## 2. 目的

スピーカーの形状や素材による音量の変化を調べる。

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

音(波)は空気が振動している。

スピーカーの音の大きさ⇒音が反射して、音波が重なる。

スピーカーにはユニットというものがある。

下の4つは主なユニット

コーン型⇒コーンの高さで音域が変わる。

ドーム型⇒広がりのある音質

ホーン型⇒音の増幅に優れる。

リボン型⇒高音域の再生に強い。

### (2) 仮説

反射しやすい物質や形状だと音が大きくなる。

上であげた4つのユニットの中だとホーン型が音量について書いてあるため、大きい音をだしやすい。

## 4. 方法

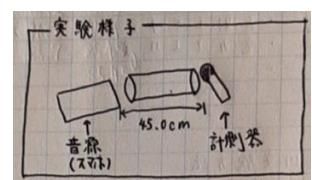
### (1) 実験材料

紙・クリアファイル・養生テープ

追加購入：チチヂチ・スポンジシート・硬めのプラスチック・市販のメガホン

### (2) 手順

色々な形状(四角柱、三角柱、円柱、ホーン型)で調べ、その中で一番大きい音が出たもので素材の違いを調べる。





## 5. 結果と考察

表1 紙とクリアファイルでの比較実験

	紙	クリアファイル
四角柱	74.4	84.2
円柱(大)	85.8	86.9
円柱(小)	85.45	86.05
三角柱	77.55	75.3
何もなし	66.2	

以下、メガホン型(ホーン型)についての実験

表2 メガホン型の大きさによるdBの違い

	普通の向き	逆向き
メガホン(大)→ 直径15cm	96.95	83.95
メガホン(中)→ 直径10cm	94.4	87.6
メガホン(小)→ 直径6.5cm	94.05	88.75

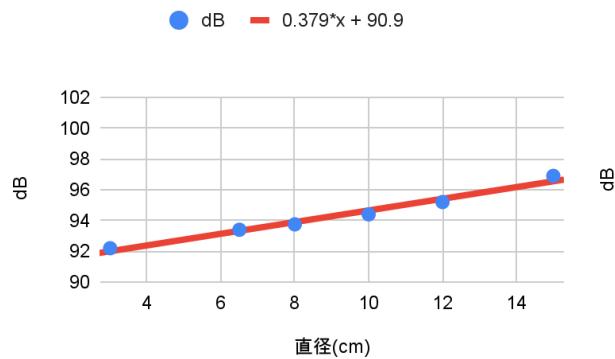


図1 dBと出力面の直径の関係

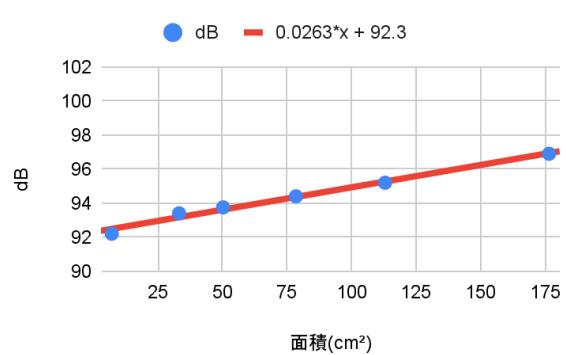


図2 dBと出力面の面積の関係

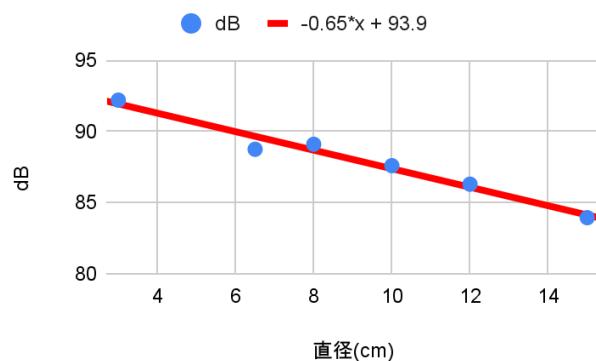


図3 dBと入力面の直径の関係

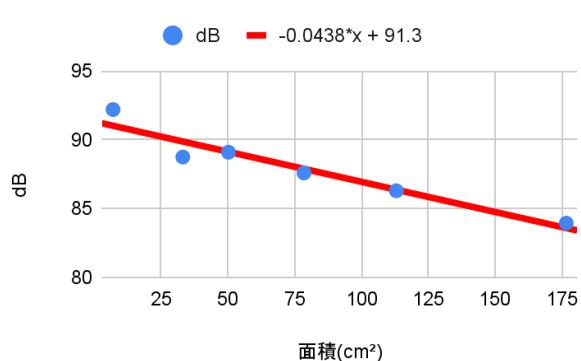


図4 dBと入力面の面積の関係

表3 メガホンに装飾を付けた場合のdBの関係

	メガホンの後ろに硬いプラスチックの板(入力面に板の凹面が向く)	メガホンの後ろに硬いプラスチックの板(入力面に板の凸面が向く)	中にプチプチ(潰した)	中にプチプチ(潰した)	メガホンの外側にプチプチ(潰した)	メガホンの外側にプチプチ(潰した)	潰したものと普通のプチプチを中心に入れた	中にスポンジのみで作ったメガホン		
何もなし	95.9	94.7	93.9	88.8	87	90.4	90.4	89.9	91.9	89.5

グラフより4つの式が得られた。面積の場合 $\pi$ を使用するため、値にずれが出やすくなると思われる。

よって、dBと直径の関係を表した式を使用することでメガホン型の直径からdBの値が予想できる。(ただし、今回の場合、入力面から出力面までの距離が約45cmのとき)

また、今回は実験できなかったが入力面から出力面までの距離によるdBの違いも調べることが出来ればだいたいのメガホン型について値の予想ができると思う。

## 6. 結論

紙よりもプラスチックのほうが硬いため、音が反射しやすくなりdBが大きい値を示すことができたと思う。また、今回の実験で行った形のうちやはりメガホン型が一番音を反射しやすく大きい音が出しやすいことがわかった。そして、追加購入をしたプチプチやスポンジを中心に詰めて測定したところ、反射するのではなく音を吸収してしまい、何も詰めないメガホンよりも小さい値に

なってしまった。それから、入力面の後ろに硬めのプラスチック板を置いたがあまり効果はなく、逆に音を様々な方向に散らしてしまった為、後ろに何か置いてもdBが少し小さくなってしまうのではないかと考えられた。

よって、大きい音を出す事が出来るスピーカーをつくるためには、より硬い素材を使ったメガホン型で中に凹凸はつけないようにすると良いと考えられる。

## 7. 参考文献

スピーカーから音が出る原因

<https://loohcs.jp>

電圧や電力の「dB」とは？

<https://detail-infomation.com/voltage-power-decibel-db/>

スピーカーの手作り実験

<https://www.yamazaki-kk.com/material/jiken/rescue/speaker.html>

# 飛沫防止に優れたマスクの形状

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 9班

## 1. 背景

コロナウイルスが拡大しているこの世の中には様々な形状のマスクが存在するが、形によって何が異なるか、またどのような形が最も飛沫を防止できるのかを明らかにするため。

## 2. 目的

各形状の特徴を生かし、最も優れた形状マスクを作り、今後の感染対策につなげる。

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

〈マスクの種類〉



図1:プリーツ型



図2:立体型



図3:平型

プリーツ型はマスクの上部が密着しているが、頬の部分の隙間が大きくなっている。立体型はマスク側部が密着している。また、平型は前方を除く上下左右四方に飛沫する。(図4)

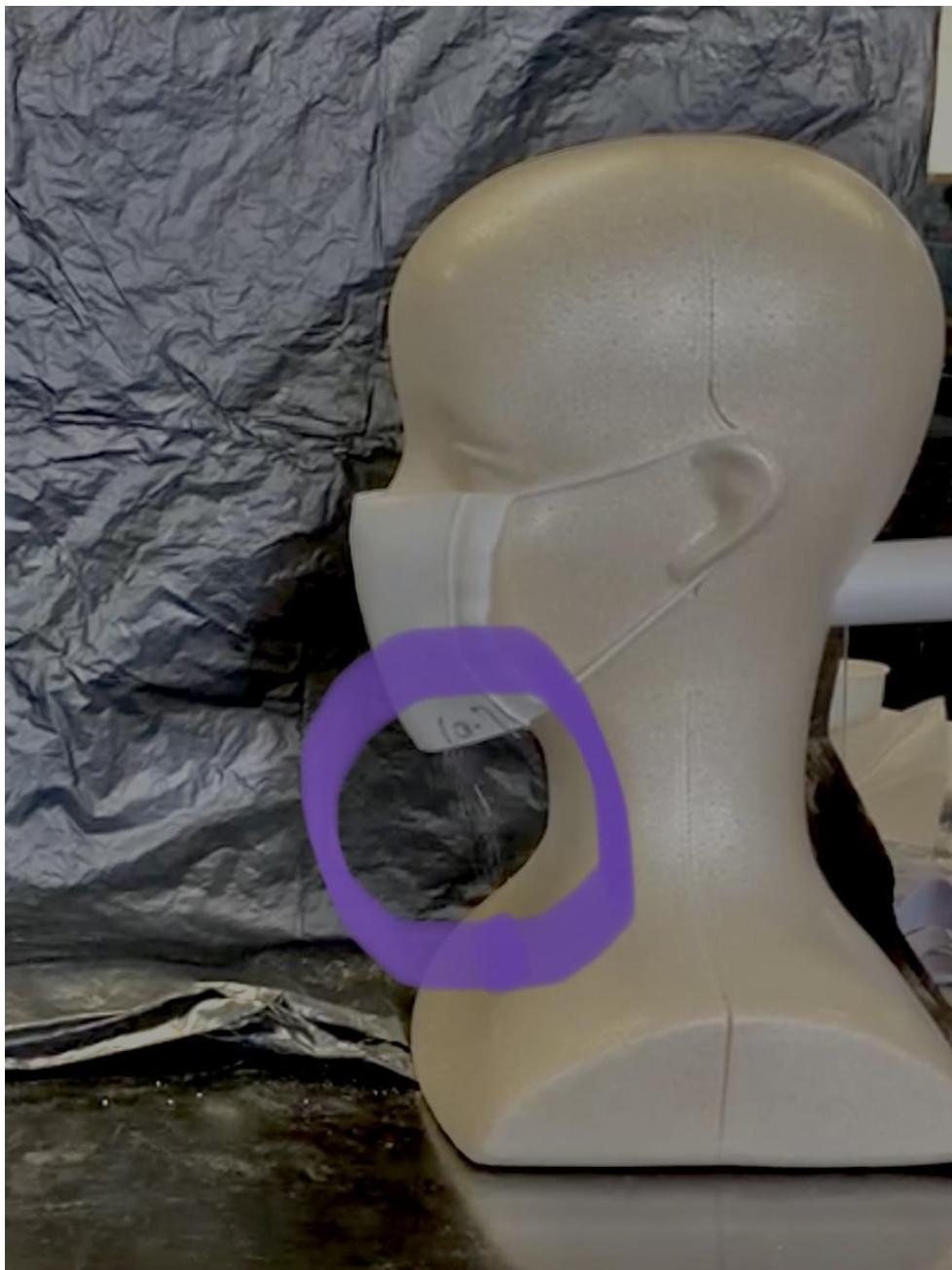


図4: 平型の飛沫が飛散する方向



図5:プリーツ型の折り目の部分に飛沫が付着している様子

## (2) 仮説

プリーツ型のように上部が鼻を覆い、立体型のように頬と密着するような側面で、前面を最も飛沫を受け止める形のプリーツ型で作ったものが最も飛沫を防ぐマスクではないか。

## 4. 方法

### (1) 実験材料

- ・チョークの粉... 15g(人の飛沫とする)
- ・人の頭の形の発泡スチロール
- ・サランラップの芯
- ・ドライヤー
- ・作ったマスク(3種類)



図:タイプ1(上部全体が立体型で側面がプリーツ型の太いヒモ)



図:タイプ2(上部の鼻の部分が立体型で側面がプリーツ型の細いヒモ)



図:タイプ3(上部も側面も立体型)

## (2) 手順

- ①図6のように人間の頭部に見立てた発泡スチロールに穴をあけ,サランラップの芯が口のあたりにくるように通す。



図6: 人の頭の形の発泡スチロールにサランラップの芯を通した様子

②人間の吐息の強さにドライヤーの風力を合わせる。

※風力の調節の仕方は、図7のような状態で実際に人がくしゃみをし、すずらんテープが最大何度まで上がったかを動画で確認する。そして、その角度まですずらんテープが上がるようドライヤーにつけた紙に穴を開けて風量を調整する。

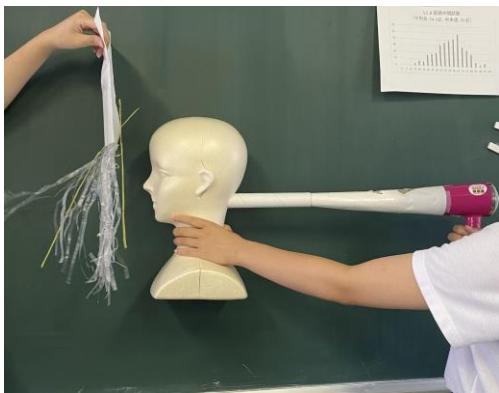


図7:ドライヤーの風力を人間の呼気に合わせている様子

③ラップの芯の中の前方部分に飛沫に見立てた15gのチョークの粉を盛る。

④調査するマスクの質量を量り、発泡スチロールの口元にマスクをつける。

⑤2秒間ドライヤーでパイプの中に後方から風を送る。

⑥ドライヤーを止めた後マスクを外しマスクの質量をもう一度量って、マスクについていたチョークの粉を調べる。また、芯の中に残ったチョークの粉の量を量る。

## 5. 結果と考察

(飛沫したチョークの粉の量) = (筒の中の粉の量) - { (実験前後のマスクの質量の差) + (筒の中に残った粉の量) }

\* 今回は筒の中チョークの粉の量を全て15gで行う。

表1 タイプ1のマスクで行った実験における各項目の数値

タイプ1	実験前のマスクの質量(g)	実験後のマスクの質量(g)	筒に残った粉の質量(g)	飛沫した粉の質量(g)	飛沫した割合(%)
1回目	6.80	7.09	14.57	0.14	0.93
2回目	8.39	9.03	14.34	0.02	0.13
3回目	7.09	7.41	14.41	0.27	1.8



図8 タイプ1のマスクで行った実験における飛沫の様子

・主に上部からの飛沫

表2 タイプ2のマスクで行った実験における各項目の数値

タイプ2	実験前のマスクの質量(g)	実験後のマスクの質量(g)	筒に残った粉の質量(g)	飛沫した粉の質量(g)	飛沫した割合(%)
1回目	10.18	11.12	13.96	0.1	0.67
2回目	7.99	8.46	14.4	0.13	0.867
3回目	11.51	13.29	13.11	0.11	0.733



図9 タイプ2のマスクで行った実験における飛沫の様子

- ・主に上部からの飛沫
- ・タイプ1よりも少ない

表3 タイプ3のマスクで行った実験における各項目の数値

タイプ3	実験前のマスクの質量(g)	実験後のマスクの質量(g)	筒に残った粉の質量(g)	飛沫した粉の質量(g)	飛沫した割合(%)
1回目	6.87	7.35	13.79	0.73	4.87
2回目	5.25	5.89	14.02	0.34	2.26
3回目	7	7.62	14.12	0.26	1.73



図10 タイプ3のマスクで行った実験における飛沫の様子

- ・横からの飛沫が目立つ

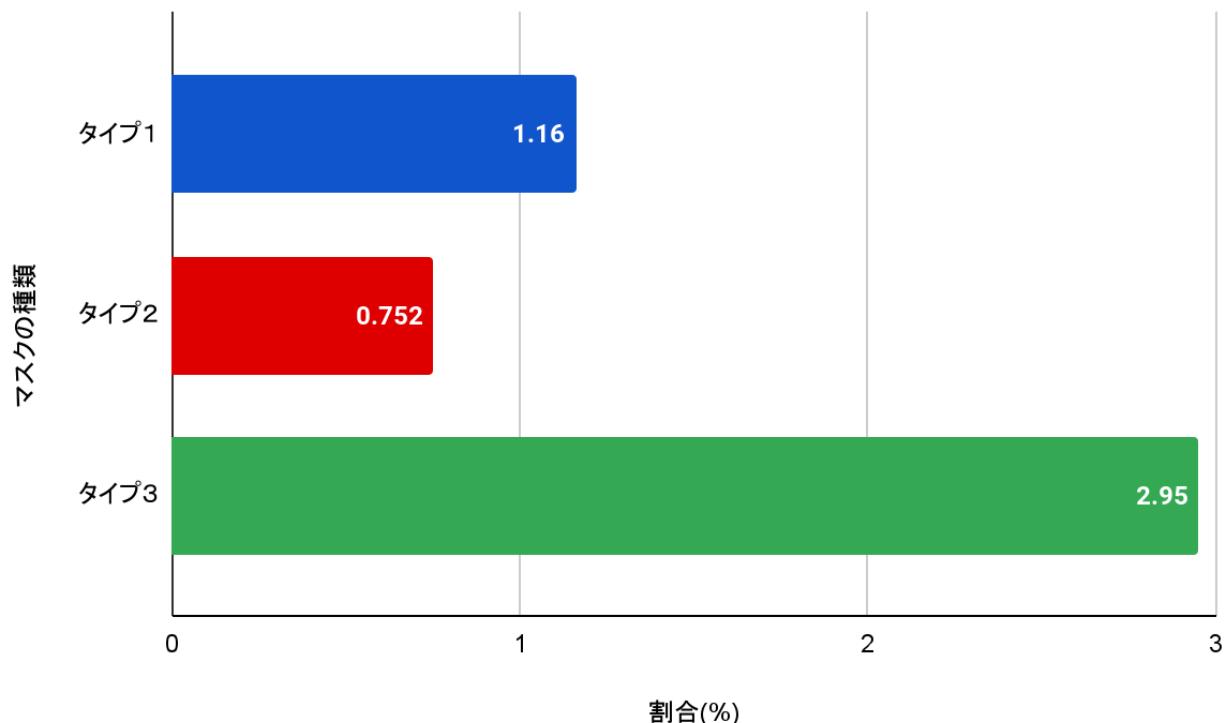


図11 タイプ1, 2, 3それぞれの飛沫した割合の平均

#### 考察

タイプ3のみ側部が立体型だったことから仮説と異なり側部はプリーツ型の方が飛沫を防いでいることがわかる。またタイプ1よりもタイプ2の方が飛沫した割合が小さいことから、上部は鼻を立体型で覆うのが最も良いとわかる。

#### 6. 結論

上部が立体型で鼻を覆っており、側部がプリーツ型で細いゴムの形状が最も飛沫を防ぐ。

#### 7. 参考文献

マスクの形状の違いによる飛沫の飛散傾向

<https://kyodonewsprwire.jp/prwfile/release>

マスクの種類や形

<http://www.doyaku.or.jp/guidance/data>

マイスタイルマスク | マスクのサイズはどう選ぶ？プリーツ型 ...

<https://jp.unicarm-mask.com/my-style-mask/art106>

# ドクダミによる抗菌効果の検証

神奈川県立厚木高等学校

2年 H組 10班

## 1. 背景

雑草は繁殖力が強く、他の農作物の生育を妨げることが多い。その為、刈られて捨てられてしまうことが多くあったが、近年では、刈った雑草を利用して様々なものを作る人が増えている。その活用例として、化粧水、入浴剤、虫よけスプレーなどが挙げられる。

## 2. 目的

ドクダミの活用例の1つにドクダミの抗菌作用を利用した化粧水があり、その抗菌効果を最も高める作り方を見つける。

## 3. 仮説

### (1) 仮説の根拠となる先行研究・原理等

生のドクダミに含まれるデカノイルアセトアルデヒドには殺菌、抗菌効果があるため、肌荒れの原因となる細菌の働きを抑制する。

デカノイルアセトアルデヒドは揮発性で乾燥させると分解されて効果が消える。また、熱に弱い。

ドクダミエキスをアルコールを用いて抽出することで防腐、防カビ効果が期待できる。

### (2) 仮説

アルコールに浸している期間が長い方がドクダミエキスがより抽出されること、温度が高い方がアルコールへのドクダミエキスの溶解度が大きくなることから、今回の実験で最も抗菌効果を高める作り方は、ドクダミの葉を常温(25~28 °C)で長期(3~4ヶ月)アルコールに浸しておいたものである。

## 4. 方法

### (1) 実験材料

<ドクダミエキスの作成>

・ドクダミ(葉)・ホワイトリカー1.8 L(アルコール度数35度)・450 ml瓶4個・はかり・キッチンペーパー・ろ紙・2 Lペットボトル4個・ビーカー4個

<寒天培地の作成>

・寒天粉末1.2 g・純水120 ml・片栗粉0.6 g・200 ml三角フラスコ1個・シャーレ(蓋付き)4個・新聞紙

<ポテト培地の作成>

ジャガイモから手作り

・ジャガイモ80 g・水400 ml・砂糖8 g・寒天粉末7.2 g・鍋・ガーゼ・500 mlビーカー1個・かき混ぜ棒1本・200 ml三角フラスコ2個・シャーレ(蓋付き)12個・新聞紙

粉末から作成

・ポテト培地の粉15.6 g・純水400 ml・500 ml三角フラスコ2個・50mlメスフラスコ・シャーレ(蓋付き)12個・新聞紙

<納豆菌の採取、培地への納豆菌の植え付け、ドクダミエキスの塗布>

・納豆・試験管1本・純水9.0 ml・かき混ぜ棒1本・駒込ピペット1本・コンラージ棒1本・ガスバーナー・ペーパーディスク(実験1回分の必要な道具。計3回実施)

## (2) 手順

<ドクダミエキスの作成>

1. 厚木高校の駐車場に生えているドクダミを茎から採取し、水道水で土を洗い流す。【図1】
2. 茎と葉を分ける。茎は処分し、葉は水気をキッチンペーパーで拭き取る。【図2】
3. 4つの瓶にそれぞれ葉を入れ、瓶・蓋・葉の合計質量を300.0 gにする。
4. 3の瓶にそれぞれホワイトリカーアルコールを注ぎ、瓶・蓋・葉・ホワイトリカーアルコールの合計質量を約638.5 gにする。
5. 4つの瓶のうち2つは保管ボックスの中で常温で、他の2つは化学室の冷蔵庫の中で保管する。保管している間は1週間に2~3回瓶を振り、中身を混ぜる。
6. 保管開始から約1ヶ月後と約3ヶ月後に瓶を取り出し、それぞれをろ過する。(今回は漏斗を使わず、2 Lペットボトルを半分に切って重ねて作った簡易的な濾過装置を使用。)【図3】



図1: ドクダミを水で洗う様子



図2: ドクダミの葉と茎を分ける様子



図3: ろ過する様子

<寒天培地の作成>

1. シャーレ4個を2個ずつ新聞紙で包みセロハンテープで止め、乾熱滅菌器にかけて滅菌する。
2. 灰化後シャーレをクリーンベンチ内で保管する。【図4】
3. 200 ml三角フラスコに純水120 ml、片栗粉0.6 g、寒天粉末1.2 gを加えてよく振って混ぜ、アルミホイルを被せて冷蔵庫で保管する。【図5】
4. 菌の培養の実験をする日の朝(実験の約3時間前)に3の三角フラスコをオートクレーブにかける。【図6】
5. クリーンベンチ内でシャーレに寒天培地の原液を注ぎ、約30分放置して固まるのを待つ。【図7】



7】  
図4: クリーンベンチ内のシャーレ  
外見



図5: 寒天培地の原液



図6: オートクレーブの

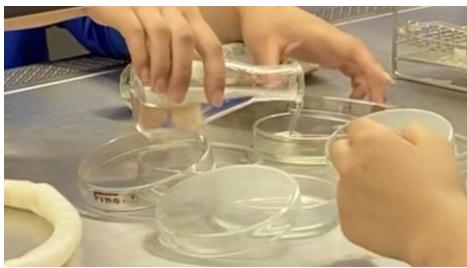


図7:寒天培地の原液をシャーレに注ぐ様子

<ポテト培地の作成(ジャガイモから手作り)>

1. シャーレ12個を2個ずつ新聞紙で包みセロハンテープで止め、乾熱滅菌器にかけて滅菌する。
2. 皮を剥いたジャガイモ80 gを短冊切りにする。【図8】
3. 鍋にジャガイモと400 mlの水を入れ約30分煮沸した後、ガーゼでこす。【図9、10】
4. 3に砂糖8 g、寒天粉末7.2 gを加えてよく混ぜ、アルミホイルをかけて冷蔵庫で保管する。【図11】
5. 寒天培地と同様に、菌の培養をする日の朝(実験の約3時間前)に4のポテト培地の原液をオートクレーブにかける。
6. 3時間後、クリーンベンチ内でシャーレにポテト培地の原液を注ぎ、約30分放置して固まるのを待つ。



図8:短冊切りしたジャガイモの様子



図9:煮沸したジャガイモの様子



図10:ジャガイモをこす様子



図11:ジャガイモをこした煮汁に砂糖と寒天粉末を入れかき混ぜる様子

<ポテト培地の作成(粉末から作成)>

1. シャーレ12個を2個ずつ新聞紙で包みセロハンテープで止め、乾熱滅菌器にかけて滅菌する。
2. ポテト培地の粉末7.8 gを入れた500 ml三角フラスコを2つ用意し、それぞれにメスフラスコを用いて純水を200 mlずつ注ぐ。【図12】

3. ポテト培地の粉末が完全に溶けるまでよく混ぜ、アルミホイルをかけ、オートクレーブにかける。【図13】

4. 3の作業から約3時間後、クリーンベンチ内でシャーレにポテト培地の原液を注ぎ、約30分放置して固まるのを待つ。



図12:ポテト培地の粉末に純水を注ぐ様子  
様子



図13:ポテト培地の原液を混ぜる

<納豆菌の採取、培地への納豆菌の植え付け、ドクダミエキスの塗布>

1. 納豆をよく混ぜ、そのうちの1粒を純水9.0 mlが入った試験管に入れて軽く振る。

2. クリーンベンチ内で1で採取した納豆菌を駒込ピペットを用いて0.5 mlずつ垂らし、ガスバナーで温めたコンラージ棒で均等に広げる。【図14、15】

3. 寒天培地のシャーレには、100 %、50 %に希釈した常温または冷蔵庫で約1ヶ月保管したドクダミエキスをそれぞれしみこませたペーパーディスクを置く。ポテト培地には、1倍、2倍、3倍に希釈した常温または冷蔵庫で約3ヶ月保管したドクダミエキスをそれぞれしみこませたペーパーディスクを置く。【図16】

4. 納豆菌が増殖していく様子を観察する。



図14:納豆菌を培地に垂らす様子  
広げる様子



図15:納豆菌をコンラージ棒で均等に



図16:ドクダミエキスをしみこませたペーパーディスクを置く様子

<培地の処分、片付け>

1. 培地を割り箸を用いてシャーレから取り除き、厚木高校のテニスコート横の土に埋める。【図17】
2. シャーレは洗剤でよく洗い、純水をかけたあと乾燥させる。



図17:培地を土に埋める様子

## 5. 結果と考察

第1回目の寒天培地を用いた実験では、8月3日(火)時点でペーパーディスクの周りに黒い斑点が目視できた。常温の50%、冷蔵庫の50%、冷蔵庫の100%、常温の100%の順で黒い斑点の数が多かった。ただし、冷蔵庫の100%と常温の100%はほとんど差がなかった。(ドクダミエキスは1ヶ月保管したものを使用。)【図18】

第2回目のジャガイモから作成したポテト培地を用いた実験では、10月11日(月)時点で全てのシャーレに白い納豆菌が繁殖していた。保管期間、保管温度、ドクダミエキスの濃度による違いは見られなかった。(ドクダミエキスは1ヶ月保管したものと3ヶ月保管したものを使用。)【表1】

第3回目の粉末から作成したポテト培地を用いた実験では、培地作成当日11月5日(金)、翌日11月6日(土)時点ではまだ変化なし。11月8日(月)時点で白い納豆菌が繁殖し始めていて、保管期間、保管温度、ドクダミエキスの濃度による違いも見られた。【表2】

保管期間、保管温度によらず、ドクダミエキスの濃度が高いほど納豆菌の繁殖が抑えられていた。

また、常温で長期保管したもの、冷蔵庫で短期保管したもの、常温で短期保管したもの、冷蔵庫で長期保管したものの順に納豆菌の増殖が抑えられていた。

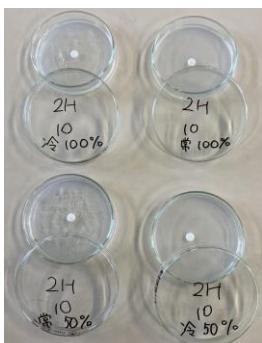
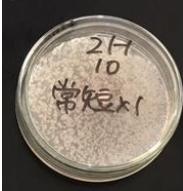
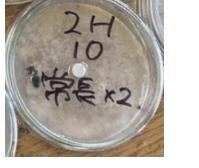
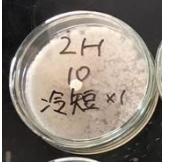
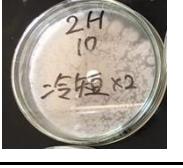


図18:寒天培地の観察の記録

表1: ジャガイモから作成したポテト培地の観察の記録

	10月11日(月)	10月28日(木)
常温、短期、1倍希积		
常温、短期、2倍希积		
常温、短期、3倍希积		
常温、长期、1倍希积		
常温、长期、2倍希积		
常温、长期、3倍希积		
冷藏庫、短期、1倍希积		
冷藏庫、短期、2倍希积		

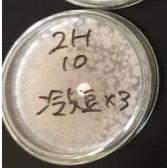
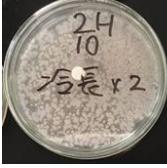
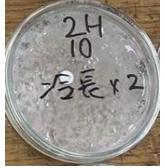
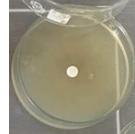
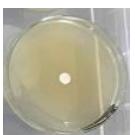
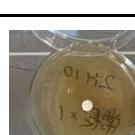
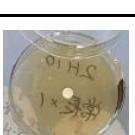
冷蔵庫、短期、3倍希釀		
冷蔵庫、長期、1倍希釀		
冷蔵庫、長期、2倍希釀		
冷蔵庫、長期、3倍希釀		

表2:粉末から作成したポテト培地の観察の記録

	11月5日(金)	11月6日(土)	11月8日(月)	11月11日(木)
常温、短期、1倍希釀				
常温、短期、2倍希釀				
常温、短期、3倍希釀				
常温、長期、1倍希釀				
常温、長期、2倍希釀				

常温、長期、3倍希釀				
冷蔵庫、短期、1倍希釀				
冷蔵庫、短期、2倍希釀				
冷蔵庫、短期、3倍希釀				
冷蔵庫、長期、1倍希釀				
冷蔵庫、長期、2倍希釀				
冷蔵庫、長期、3倍希釀				

第2回のジャガイモから作成したポテト培地の実験で、全てのシャーレに納豆菌が繁殖していく違いがみられなかつたのは、菌の植え付けから観察までの期間が長かったためだと考えられる。それを踏まえて第3回の粉末から作成したポテト培地の実験では菌を植え付けた当日からこまめに観察したため、保管期間、保管温度による違いを観察することができた。

常温で短期保管したものと、冷蔵庫で長期保管したものに大きな抗菌効果の差が見られなかつたことから、保管期間と保管温度が共に最適であることが抗菌効果に影響するのだと考えられる。

## 6. 結論

今回の実験では常温で長期保管したドクダミエキスを1倍に希釀したものが最も抗菌効果を発揮する。

保管温度が常温であることと、保管期間が長期であることの両方の条件を同時に満たすときに抗菌効果が最大になる。

## 7. 参考文献

- ・ドクダミとは？ドクダミの花や効能の魅力、活用方法から駆除方法まで

<https://lovegreen.net/flower/p269986/>

- ・庭のドクダミで【ドクダミチンキ】と【ドクダミ化粧水】を手作り

<https://www.google.co.jp/amp/s/gamp.ameblo.jp/familyhealth0331/entry-12602971833.html>

- ・元気通信

<https://www.yomeishu.co.jp/sp/genkigenki/crude/060825/index.html>

- ・神戸薬科大学 薬用植物園 レター 2021. 5. 17 発行

〈 Medicinal Botanical Garden Letter 〉

(Vol. 12)

<https://www.kobepharma-u.ac.jp/botanical-gardens/news/docs/2021-5-letter.pdf>