

# 植物由来のシリカゲルの開発 Development of plant-derived silica gel

神奈川県立厚木高等学校  
2年 D組 1班(α)

## 1. 背景

お菓子などに同梱される乾燥剤のシリカゲルを、イネの籾殻から作るという先行研究を見つけたのがきっかけ。そこではイネの籾殻に、二酸化ケイ素からなるプラントオパールが多く含まれていることに着目していた。プラントオパールはイネの籾殻だけでなく、イネ科の植物に含まれているようで、それならば身近にあるススキでも同様の実験ができるのではないかと考えた。

通常、乾燥剤に使われるシリカゲルは石英を加工して作られているため、持続可能でなく、作成時に多くの二酸化炭素を排出するため、環境にもやさしくない。また現在砂からの開発も進んでいるが、バイオマス発電にも用いられるため世界的に砂不足が進んでいる。

新たな植物(今回はススキ)からの作成が可能になれば、その植物だけでなく籾殻の新しい用途を見出すことができ、大きな社会的影響をもたらすことができる。

## 2. 目的

先行研究と同様の実験方法で、ススキからシリカゲルを作成する。  
その収率、吸収効率を、籾殻のものや既製品と比べる。

## 3. 仮説

### (1)根拠となる先行研究・原理等

#### 先行研究

イネの籾殻が20 %ほどシリカを含むことに注目し、籾殻をシリカの原料にすることで、従来の珪砂からの産出に比べて省エネ化が見込めるだけでなく、年間200万トンもの籾殻の焼却処分を防ぐこともできる。また珪砂からの産出では、アルカリ融解で1200℃もの工程が必要になるが、籾殻ではそのまま、もしくは100℃以下で抽出することができる。

実験方法において、はじめに籾殻を細かく砕いておくと、シリカゲルの収率の向上が見られた。

具体的な実験方法はおおよそ、後述の4.方法の通りだが、自ら学校の実験室にある器具などで行えるよう、改良を加えた部分もあるためここに記しておく。籾殻(事前に微粉碎しておく)を90℃の炭酸ナトリウム水溶液と反応させ、水ガラスを形成させる。それを冷却しシリカゲルとしたのち、ろ過、脱水を経て非晶質シリカとした。

得られたシリカは蛍光X線測定により、95 %の純度、X線回折により、非晶質であることが確認できた。また不純物は取り除かれずに残ったCaに加え、反応させた炭酸ナトリウムのNaであった。原料の籾殻の重量に対して得られたシリカの重量より求めた収率は3 %強であり、籾殻灰に対しては50 %程度であった。

#### 原理

##### ○プラントオパール(図1)

植物の細胞組織にある非晶質の珪酸体。二酸化ケイ素(シリカ)で形成されており、イネ科・カヤツリグサ科・シダ植物・コケ植物において含有量が高い。これらの植物は自身のからだを丈夫にするためにシリカを地中から吸収する。そのためとくに表皮細胞に蓄積されやすい。加えて、プラントオパールには植物体が枯死し

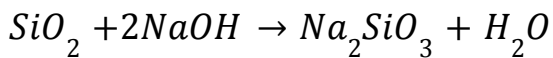


図1:イネのプラントオパール

た後も腐敗せずに土壌に残る特徴があり、イネ科植物は特にこれが残しやすいことから、稲作の起源を探る研究に利用されることが多い。

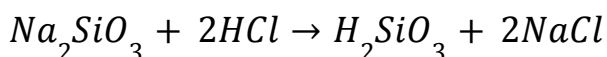
#### ○シリカゲルの製法について

① $\text{SiO}_2$ から中和反応を利用して $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ をつくる。このとき $\text{SiO}_2$ は固体であるため、加熱しながら反応させる必要がある。反応式は以下の通り。



② $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ に水を加えながら加熱し、水に溶かす。こうしてできるのが「水ガラス」であり、強い粘性を持つ。この特徴は $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ が細長い構造をとり、互いの分子が絡まりあうことによる。

③ $\text{HCl}$ を水ガラスに加え、ケイ酸 $\text{H}_2\text{SiO}_3$ をつくる。ケイ酸は弱酸であることを利用し、弱酸遊離反応を起こす。また白色のゲル状の物質であるため、沈殿を確認することができる。



④ $\text{H}_2\text{SiO}_3$ を加熱し一部を脱水することでシリカゲルを生成できる。

乾燥剤などに用いられる物質は多孔質であることがほとんどであり、シリカゲルもその一つである。図2の構造式から分かるように、その多数の穴が-OH基を持っている。そこに $\text{H}_2\text{O}$ が入り込むことで乾燥剤として働くのである。-OH基を適度に残すために脱水しすぎないことが必要。

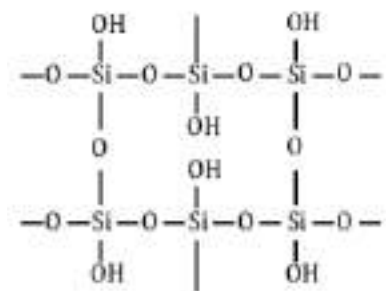


図2 シリカゲルの構造式

#### (2) 仮説

原料にススキを用いてもシリカゲルを作成できる。

ただ、先行研究のイネの籾殻に比べ、ススキは不純物を含んでいると考えられるので、同じ量の灰から得られるシリカゲルの量(収率)は少ないと考えられる。

#### 4. 方法

先行研究をなぞる形で籾殻からシリカを作成する実験も行った。先行研究と全く同じなので実験結果としては扱わないが、手順の確認や効率化、得られる量の予測に大きく役に立ったので、それも併せて記しておく。

##### (1) 実験材料

イネの籾殻: 267.6 g → イネの籾殻灰: ①4.7 g ②2.9 g

ススキ: 計測忘れ → ススキ灰: ①4.62 g ②13.9 g

##### (2) 手順

##### 0) 原料の下準備をする。

この作業は先行研究の籾殻では記述がなかったため行わなかったが、ススキから実験をするとなると必要だと自分たちで考え、行った。実際に行なったのは、ススキの茎を外したことで、ススキを回収した袋が数日後には水滴だらけになるほど多くの水分を含んでいたのも、新聞紙とともに日の当たる場所に放置し、少し乾燥させたことである(図3, 4)。どちらも実験を効率よく行うには必要な手順であった。



図3 ススキを乾燥させる様子



図4 採集したススキ

### 1)原料を燃やして灰にする。

一番時間のかかるこの作業を効率化すべく、二つの段階を踏んだ。

まず、原料を炭にする作業は、一気に多くの量を燃やす必要があるため、手持ちのバーナーを使った。また草を燃やすことによって煙が出て、においもひどかったためこの作業は屋外で行った。その際安全面に留意して、バーナーを持つ人は軍手を着用し、近くに消火用の多量の水も用意した。



図5 燃やす様子



図6 灰を微粉碎する様子

ガスバーナーを用いた手順の前に、火の当たる

表面積が増えるようにするために、金属製の乳鉢と乳棒を用いて粉碎しておいた(図6)。先行研究に記述のあった粃殻をシリカ調製前に微粉碎するというのは、炭酸ナトリウムとの反応性の向上を図ったものなのでこの目的とは異なる。ただここで粉碎していたため、結果的にできた灰は粉末状であり、反応しやすくなったとも考えられる。

灰にする作業は、かなり高い温度で熱する必要があったため実験室のガスバーナーを用いた。ガスバーナーの火の一番温度の高い部分を直接当てるといふ、先生が助言してくださった方法が最も効率的であった(図5)。ただ、一回の授業で灰が微量しか完成せず、この作業に最も多くの時間を費やすこととなった。

### 2)灰を水酸化ナトリウムと反応させ、水と加熱して水ガラスを形成させる。

得られた灰は微量で固体であったため、はじめ適量の水を加えて水溶液にしてから反応させようと考えた。ただ3. 仮説で記述した化学式のとおり反応させると水が出るため、必要以上の水が含まれている状態になった。また、水酸化ナトリウムとの反応と水ガラスの形成はほぼ同時に起こる反応であるので、加熱しながらこの実験を行ったため突沸がおき、非常に危険であった。これを受け、次回以降この手順は蒸発皿を用いたり、ガスバーナーの出し入れや混ぜながらなど温度が上がりすぎないようにしたりなど、工夫を加えていった。結局のところ、はじめに水溶液にする必要がなかったため、灰の質量から求めた、理論上の反応に必要な質量の水酸化ナトリウム水溶液を、加熱しながら灰に直接反応させた。

### 3)試験管に移し、上澄みを取り出す。

本来水ガラスはゲル状で粘り気が見られるが、それがなく水酸化ナトリウムと反応してできたケイ酸ナトリウムが判断できない。(おそらく余分な水酸化ナトリウム水溶液や水などの不純物が含まれている。)そこでケイ酸ナトリウムが水に溶ける性質を利用して、一度お湯に生成物を溶かし、上澄みを取り出す作業を繰り返す事で、できるだけ純度の高いケイ酸ナトリウム水溶液を作ろうと試みた。

### 4)上澄みと塩酸を反応させる。

先程の上澄みにフェノールフタレイン溶液を加えると色が変わったことから、余分に水酸化ナトリウム水溶液が加えられていると分かる。塩酸を加えることで、中和し水ガラスを形成させるとともに、ケイ酸ナトリウムと弱酸遊離反応を起こし、ケイ酸をつくることができる。

### 5)水分を蒸発させてシリカゲルを析出させる。

この際も、加熱する物質が少量であるため突沸が起こる。先程と同様、蒸発皿を用いるなどして温度が上がりすぎるのを防いだ。

## 5. 結果

### 粃殻を用いた調製

実験1 炭 8.4 g→灰 4.7 gを用いた。

先行研究より、粃殻に含まれるシリカは全体の20 %程度であることから、灰 4.7 g中のシリカは



0.94 gであると判断。 $SiO_2$ の分子量60より、物質量は  $1.6 \times 10^{-2}$  [mol] である。この時 $SiO_2$ と反応するのに必要な $NaOH$ の物質量は  $3.2 \times 10^{-2}$  [mol] である。つまり1.0 [mol / L]の $NaOH$ 水溶液が32 mL必要である。もともと粃殻灰水溶液は塩基性であり、中和したかどうかの判断が難しかったため、理論値である32 mLを全て加えた。前述の通り中和反応と水ガラスの形成は同時に起こるため、加熱しながら行う必要があった。突沸に注意するため蒸発皿で少しずつ、90℃前後で日をまたいで1時間程度加熱し、表面に膜のような物が生じわずかに粘り気が出てきたところで反応終了とした。まだ明確に水ガラスの形成が見られなかったため、ケイ酸ナトリウムが水に溶けることを利用し、お湯に生成物を溶かし上澄みを取り出すことで、ケイ酸ナトリウム水溶液を作った(図7)。この上澄みには粘り気は見られなかったが実験を続行し、塩酸と反応させた。先程と同様にして、必要な $HCl$ の理論値は1.0 [mol / L]で32 mLであったが、 $NaOH$ が残っている可能性が高いため、フェノールフタレイン溶液を指示薬として用いて、少しずつ反応させた。結果、2.05 mL加えたところで白色透明のゲル状の固体が見られた(図8)。この固体を蒸発皿で加熱し水分を蒸発させると、再び塩基性が見られ、結果0.30 gの赤色のシリカゲルが得られた(図9)。半分くらい水で満たした大ビーカーに形成物を入れた小ビーカーを入れ、気液平衡を利用して水蒸気で満たし吸収量を調べるといった性能評価を試みたが、中に水が入って正常に行えなかった。そのため次回以降は後述の性能評価の方法で行った。



図7 二層の様子



図8 ゲル状の固体



図9 粃殻由来のシリカゲル(実験1)

実験2 灰 2.9 gを用いた。

2.9 gの粃殻灰には1.0 [mol / L]の $NaOH$ 水溶液19.3 mLで理論上中和する。突沸が危険なので、ガスバーナーを当てたり離したりして、90℃程度で加熱した。実験1と同様の反応が起き、結果1.53 gのシリカゲルが生じた(図10)。このシリカゲルに水蒸気を当て、吸いきれなくなり結露が生じたところでの質量の変化を見るという性能評価(図11)をしたところ、0.19 g吸収したようだった。



図10 粃殻由来のシリカゲル(実験2)



図11 水蒸気を吸収させる様子

## ススキを用いた調製

実験3 灰 4.62 gを用いた。

ススキでも同様の実験を行う。ススキに含まれるシリカの量は情報がなかったため、含有率20%と仮定し、それと反応する1.0 [mol / L]の $NaOH$ 水溶液を30 mL加えた。この際、粃殻灰の実験でみられた突沸が一切見られず、比較的穏やかに反応した。だが純水を加え沈殿させても、量のごくわずかでできる限り抽出して $HCl$ と反応させるもゲル状の変化は見られず、脱水してもシリカゲルは析出しなかった。この時上澄みを取り出すときに入った灰は見られたが、白色の物質は見られなかった。

実験4 灰 13.9 gを用いた。

、実験1と実験3の灰の質量はほとんど変わらないが、ススキ灰からシリカゲルが析出しなかったことを受け、ススキ灰を大幅に増やし、微量しか存在しないシリカを目に見える程度までなるべく多くつくことを目指した。加えて、反応させる $NaOH$ 水溶液の質量も理論値よりも減らし、その後加える余分な $HCl$ 極力減らそうと試みた。1.0 [mol / L]の $NaOH$ 水溶液36.6 mLと加熱し反応させ、沈殿させたところ、実験3と異なり、沈殿物の層が三層に分かれた(図12)。そのうち微量の白色の沈殿部分(A)と沈殿物の3分の2ほどを占める無色透明の部分(B)をそれぞれ分けて抽出した。黒色の層の部分はススキ灰だと考え、残した。(A)(B)に $HCl$ を加えたところ、(A)はゲル状にならず、(B)は加熱している最中にゲル状の物質が確認できた。脱水すると実験1, 2で出来た生成物と酷似した白色の物質が1.86 g析出した(図13)。実験2の方法で水蒸気を当てると、0.30 g吸収したようだった。

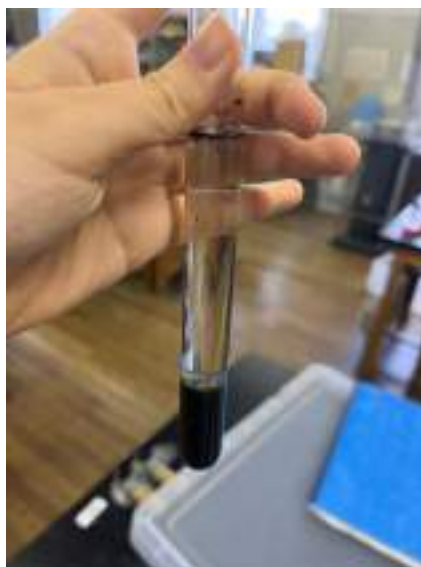


図12 三層の様子



図13 ススキ由来のシリカゲル(実験4)

## 性能評価

シリカゲルができた実験1, 2, 4の質量から、灰1 gあたりのシリカゲルの量(収率)を求めたところ、実験2では0.53 gであり、先行研究通り、灰に対して50%程度であった。実験4で得たススキ由来のシリカの収率は0.13 gであった。

また、実験2, 4で得られたシリカゲルに加え市販のものにも同様に水蒸気を吸収させ、1 gあたりの吸収量(吸収率)を比較した。粃殻由来のシリカゲルが0.12 g、ススキ由来のものが0.16 g、そして市販のものが0.12 gであった。

表1 得られたシリカゲルの収率、それらと市販のものの吸収率の比較

	灰[g]	シリカゲル[g]	収率[g/g]	吸収量[g]	吸収率[g/g]
--	------	----------	---------	--------	----------

粃殻①(実験1)	4.7	0.3	0.064	—	—
粃殻②(実験2)	2.9	1.53	0.53	0.19	0.12
ススキ①(実験3)	4.62	—	—	—	—
ススキ②(実験4)	13.9	1.86	0.13	0.30	0.16
市販	—	—	—	—	0.12

## 6. 考察

### 粃殻灰からの収率について

粃殻灰は実験2では先行研究通り、50%程度だが、実験1では1%にも満たない数字になってしまった。これは水酸化ナトリウムと反応させる際に、突沸が起きて多くが飛び散ったことや、図14のように、容器にこびりついて沈殿させようとしても抽出できなかったことが原因であると考えた。灰4.7 gから正確に析出できたとしたら、収率より、2.5 g程度のシリカゲルを生成できると考えられる。



図14 NaOH反応後の黒い固体(実験1)

### 水ガラスの生成について

本来、水ガラスは熱しながら水酸化ナトリウムを加えることで生成するが、今回の実験ではいずれも塩酸を加えた際に水ガラスとみられるゲル状の物質が見られた。詳しいことはわからないが(今回の実験では結果的に成功したため無視した)、おそらく水酸化ナトリウムは理論値の量を加えたため、余分に入っていてその時にはまだゲル状が見られなかったのだと思う。が、上澄みを抽出した後加えた塩酸でその残った水酸化ナトリウムが中和されたのち、水ガラスが生成され、反応しケイ酸ができたと考えた。

### 上澄みについて

先行研究にはなかったが、独自に実験をやりやすくするために、沈殿させ上澄みを取り出すという段階を踏んだ。これは、反応しなかった灰や不純物と、塩酸と反応させるケイ酸ナトリウムを水に溶けることを利用して分けることを目的としていた。実験4より、沈殿させた際、無色透明の部分(図12)にケイ酸ナトリウムが含まれていると考察できる。どうやら白色の部分はススキに含まれている不純物で、実験1、2で層が二つしかなかった(図7)のは、粃殻に含まれる不純物が少ないことを示している。上記の実験4の結果での(A)はゲル状にはならなかったが、わずかに固体が析出した。フェノールフタレイン溶液を加えると濃く反応したので、この物質は残った $OH^-$ と、不純物の $Ca$ や残った $Na$ が再びくっつくなどして析出したのではないかと考えた。

### 粃殻とススキの違いについて

やはり実用化に耐えうるのは粃殻であり、ススキは不純物を多く含むことから収率が悪く実用化には向いていないであろうと思った。今回先行研究のように純度を測ることができなかったため、その値についてはわからない。そもそも純度が何に基づいて決まるのかわからないが、反応の完璧さや不純物の含有量など、実験の手順に起因するものなのであれば、我々のものは低純度であると思う。しかし、植物ではプラントオパールにシリカが多く含まれているため、もしプラントオパールの純度に起因するとしたら、シリカが骨格の形成などに使われていくため、原料の成長具合や使う場所などによって変化したり、同じ条件・実験工程でくればたら、同じ純度のものを作ることも可能なのかもしれない。

## 7. 結論

原料にススキを用いてもシリカゲルを作成することができた。  
ススキ灰からの収率はイネの籾殻よりも悪い。

## 8. 参考文献

### 1) 研究ノート 籾殻を用いた非晶質シリカの調製

<https://www.aichi-inst.jp/mikawa-yougyou/research/report/10ty22.pdf>

### 2) 安価で豊富なケイ素を使いこなしたい！－砂や灰から直接化学原料を作る新たな可能性－ academist Journal

<https://academist-cf.com/journal/?p=264>

### 3) プラントオパール－Wikipedia

<https://ja.wikipedia.org/wiki/プラントオパール>

### 4) シリカゲルとは？製法・性質を総まとめ！【高校化学】－受験メモ

<http://www.jukenmemo.com/chemistry/inorganic/silica-gel>

### 5) バイオマス成分データベース

<https://www.naro.affrc.go.jp/org/nkk/soshiki/soshiki07-shigen/01shigen/pdf/sekkeitohyouka/huzoku-1.pdf>



# 植物の不可食部を用いた防滑紙の開発

神奈川県立厚木高等学校  
2年D組2班(α)

## 1. 背景

植物から紙を作るという前例は多いが、その紙を実用化させるという研究はあまり見られなかった。飛行機での機内食やケーキなどの運搬に使われる防滑紙として植物由来の紙を使用できれば、木材資源の保存や廃棄物の削減に貢献できると考えた。

## 2. 目的

防滑紙の作成にふさわしい植物の不可食部を明らかにし、より摩擦係数の大きな紙を作成する。

## 3. 仮説

### (1) 根拠となる先行研究・原理等

アモントン＝クーロンの法則より、摩擦力は見かけの接触面積ではなく真実接触面積に依存する。真実接触面積は主に表面粗さが関係しているが、分子間力も影響しているため、同じ条件でも素材によって摩擦力は異なる。防滑紙は紙に特殊発砲マイクロカプセルを付着させ防滑の効果を出すものが主流。非木材の紙の原料としてはわらや麻、バナナの幹の部分が使われることもある。

### (2) 仮説

防滑紙の作成には強度のあるイネ科の植物が適していると考えられる。また、繊維が大きいもののほうが接地面積が大きくなり真実接触面積も大きくなる。凹凸は多いほうが接地面積は大きくなり、摩擦力も大きくなる。

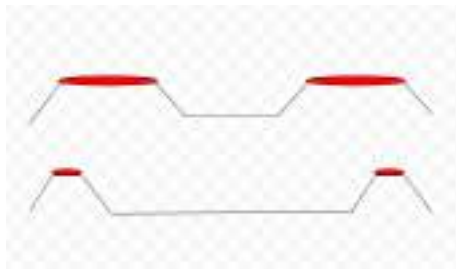


図1 接触面積の予想図

## 4. 方法

### 実験1

どの植物が最も摩擦係数が大きくなるかを調べる。

#### (1) 実験材料

鍋 カセットコンロ バット 箸 秤 紙漉き機 新聞紙 ミキサー A4コピー用紙 ダブルクリップ  
カップ ばねばかり 両面テープ 洗濯糊 2Lペットボトル 水 重曹 枝豆の皮  
バナナの皮 牛乳パック トウモロコシの皮 落花生の殻

#### (2) 手順

1. バナナの皮100 gを鍋に入る位の大きさに切る。
2. 鍋に1 Lの水と50 gの重曹とバナナの皮をいれ、コンロの火にかける。
3. 12分ほど煮たら取り出し、ミキサーに入れる。水500 ml、洗濯糊キャップ1杯分を加え、強で1分間ミキサーにかける。
4. できたものを紙漉き機に入れ、均等な厚さになるようにならす。
5. 新聞紙に挟み、重りとして2 Lの水を入れたペットボトルを乗せ、完全に乾くまで1週間ほど乾燥させる。
6. 作成した紙を4 cm×5 cmの大きさに切る。



7. A4コピー用紙を半分の大きさに切り,一方を机に両面テープで固定する。間に6の手順で作った紙を挟んで,上にもう一方のA4コピー用紙を乗せ,机と固定したコピー用紙と両面テープで固定する。
8. 上に100 mlの水が入ったカップを乗せ,紙にダブルクリップをつけ,そこにばねばかりをつける。
9. 床と平行になるようにばねばかりを引き,紙が動いた瞬間のばねばかりの値を読み取る。
10. 水を入れたカップ,クリップ,紙,半分に切ったA4コピー用紙の重さをはかり,ばねばかりの値とともに  $F=\mu N$  に代入して摩擦係数を求める。

1～10の手順を枝豆の皮,牛乳パック,トウモロコシの皮,落花生の殻でも同様に行う。  
ただし牛乳パックの実験では3の手順の際,ミキサーに入れる前にフィルムをはがしておく。

〈実験の様子〉



図2 トウモロコシの皮(手順4)

図3 手順6終了後の紙

図4 手順9の様子

### (3) 仮説

牛乳パックは針葉樹から作られているため繊維が長く,強度が高い。そのため,摩擦力は大きくなると予想する。また,わら半紙などがあるようにイネ科の植物は紙の作成に適しているといわれているため,イネ科であるトウモロコシは摩擦力が大きくなると考えた。落花生の殻は子房壁の部分であり小さな穴が沢山空いているため繊維がとても小さくなり,摩擦力は小さくなる。枝豆の皮は食物繊維量が非常に多く,さやの部分にあたるため繊維は硬いので,摩擦係数は大きくなると考えた。

### (4) 結果

	重さ	1回目	2回目	3回目	平均	摩擦係数
トウモロコシ	130.9	0.85	0.75	0.90	0.83	0.66
バナナ	130.4	0.70	0.60	0.50	0.60	0.47
牛乳パック	131.1	0.95	1.00	0.90	0.95	0.74
枝豆	141.1	1.25	1.25	1.35	1.28	0.93

図5 実験1の結果

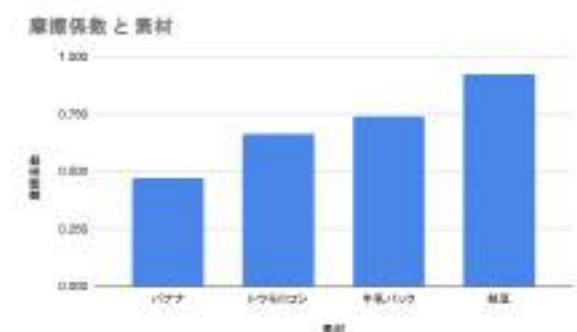


図6 摩擦係数と素材についてのグラフ

落花生は紙が作成できなかったため測定不可能。

## (5) 考察

同じ条件下で行ったが、異なる数値になったことからそれぞれの素材の成分が結果に影響しているといえる。牛乳パックは工場ですでに良質なパルプに加工されている素材であるため、繊維は柔らかく、しっかりとした紙が作成できた。バナナの摩擦係数が小さくなったのは、バナナの繊維が他の繊維に比べて柔らかかったため繊維同士の絡まりが強くなったことや、凹凸が小さくなったことが原因と考えられる。また、枝豆は膜の部分や筋の部分を取り除かなかったため、平らな紙にならずに引っ掛かってしまったので摩擦係数が大きくなったと考えられる。落花生の殻は硬さに対して煮る時間が短かったことや、粉末状になってしまったことが紙が作成できなかった原因と考えられる。

今回は植物の不可食部でより摩擦係数の大きな紙を作成することが目的であるため、防滑紙の作成に適している素材はトウモロコシの皮であるといえる。



図7 枝豆の皮で作った紙を横から見た様子

## 実験2

今回は使用する素材が同一であるため、分子間力に依存する真実接触面積は等しいとみなし、表面粗さについてのみの実験とする。

ミキサーの時間と煮る時間によって摩擦係数の値に差が出るのか調べる。

### (1) 実験材料

鍋 カセットコンロ バット 箸 秤 紙漉き機 新聞紙 ミキサー A4コピー用紙 ダブルクリップ  
カップ ばねばかり 両面テープ 洗濯糊 2Lペットボトル 水 重曹 トウモロコシの皮

### (2) 手順

1. トウモロコシの皮100 gを鍋に入る位の大きさに切る。
  2. 鍋に1 Lの水と50 gの重曹とトウモロコシの皮をいれ、コンロの火にかける。
  3. 15分ほど煮たら取り出し、ミキサーに入れる。水500 ml、洗濯糊キャップ1杯分を加え、半分を強で3分間、もう半分を強で4分間ミキサーにかける。
  4. できたものを紙漉き機に入れ、均等な厚さになるようにならす。
  5. 新聞紙に挟み、重りとして2 Lの水を入れたペットボトルを乗せ、完全に乾くまで1週間ほど乾燥させる。
  6. 作成した紙を4 cm×5 cmの大きさに切り、ダブルクリップをつける。
  7. A4コピー用紙を半分の大きさに切り、一方を机に両面テープで固定する。間に6の手順で作った紙を挟んで、上にもう一方のA4コピー用紙を乗せ、机と固定したコピー用紙と両面テープで固定する。
  8. 上に100 mlの水が入ったカップを乗せ、ダブルクリップにばねばかりをつける。
  9. 床と平行になるようにばねばかりを引き、紙が動いた瞬間のばねばかりの値を読み取る。
  10. 水を入れたカップ、クリップ、紙、半分にしたA4コピー用紙の重さをはかり、ばねばかりの値とともに  $F=\mu N$  に代入して摩擦係数を求める。
- 1～10の手順を煮る時間20分でミキサー強で3分と4分、煮る時間35分でミキサー強で4分と6分でも同様に行う。

### (3) 仮説

実験1の結果から、繊維の小さいもののほうが摩擦力は大きくなると考えた。したがって、ミキサーの時間と煮る時間が長いほうが繊維が小さくなり、接地面積が大きくなるため摩擦係数は大きくなる。

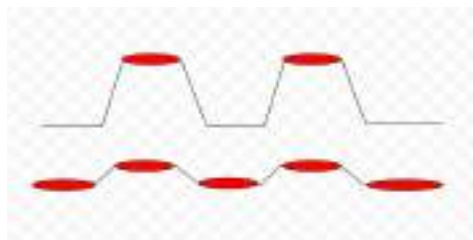


図8 接地面積の予想図

### (4) 結果

煮る/ミキサー	重さ	1回目	2回目	3回目	平均	摩擦係数
15/3	130.9	0.50	0.40	0.40	0.47	0.36
15/4	130.9	0.95	0.80	0.80	0.85	0.66
20/3	131.2	0.90	0.75	0.60	0.75	0.58
20/4	131.3	0.95	1.00	0.80	0.92	0.71
35/4	129.3	0.70	0.75	0.85	0.77	0.60
35/6	129.3	0.90	0.90	0.85	0.88	0.69

図9 実験2の結果

### (5) 考察

仮説通り、15分と20分の実験ではミキサーの時間と煮る時間が長いほうが摩擦係数は大きくなった。また、ミキサーの時間が同じもので比較すると煮る時間が同じもので比較した時より数値の差が大きくなった。このことから繊維の細かさには煮る時間よりもミキサーの時間が大きく影響しているといえる。4分間ミキサーにかけたものと比べると、35分間煮たものより20分間煮たもののほうが摩擦係数が大きくなっている。これは長時間煮たことで紙が薄くなってしまい、細かな穴が増えてしまい、分子間力に起因する真実接触面積に影響が出てしまったと考えた。

〈紙を光に透かしたときの様子〉

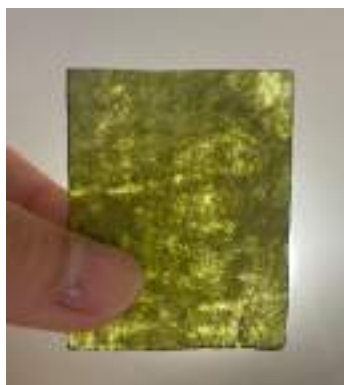


図10 35/4



図11 20/4

## 実験3

顕微鏡で実験2で作成した紙を観察し、繊維の差について調べる。

### (1) 実験材料

作成した紙 双眼実体顕微鏡

### (2) 手順

作成した紙を双眼実体顕微鏡で観察し、それぞれの写真を撮影して比較する。

### (3) 仮説

ミキサーの時間、煮る時間が長いもののほうが繊維が細くなっている。

### (4) 結果

〈顕微鏡で観察した写真 煮た時間/ミキサーの時間〉



図12 15/3

図13 15/4

図14 20/3

図15 20/4

### (5) 考察

あまり大きな差は見られなかったが、図12と図15で比べると図15のほうが繊維が大きいことがわかる。また、図12と図14で比べると図14のほうが繊維の形が確認できない部分が多い。これは煮ることによって繊維が壊されたからだと考えられる。図12と図13、図14と図15とで比べると、どちらもミキサーの時間が長いほうが繊維が細く、短くなっている。これはミキサーによるものだと考えられる。

したがって、表面粗さには繊維の柔らかさや絡み付きの度合よりも繊維の細さや長さのほうが影響が大きいといえる。

## 6. 結論

防滑紙を作るには今回の実験で行った範囲ではトウモロコシが最も適していた。同程度の厚さの紙で比較すると、繊維は細く、短いほうが摩擦力は大きくなる。

## 7. 参考文献

3分で簡単「アモントンの法則」！歴史的背景を含めて理系大学院卒ライターがわかりやすく解説

<https://study-z.net/100087413/3>

落花生パルプの性質と紙の強度

<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/R1/193186.pdf>

防滑紙 宇野紙株式会社 荷崩れ防止 滑り止め

<http://www.unopaper.com/boukatsu.html>

ビデオ撮影による静止および動摩擦係数の測定ー表面粗さと摩擦係数の関係ー

<http://www.jpho.jp/2015/2015-1st-chall-exp-report/1531012.pdf>

雑草で紙作り

<https://museum.bunmori.tokushima.jp/ogawa/kami/kami01.htm>

「非木材」の紙の原料には、どんな種類があるの？ | 環境とサステナブルを学ぶ BambooRoll STUDY

<https://bambooroll.jp/blogs/study/paper?adlt=strict&toWww=1&redig=79BC4DD7B0224749B08EE9EDA3B4D216>



# 消費者心理に基づいた動画広告の作成

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 4班(β)

出席番号 氏名

(班員;)

## 1. 背景

スマホやパソコンを使用していると、商品やゲームソフトの動画広告をよく見ることがあるが興味をひかれるものとひかれないものがある。社会ではごく普通のものとして定着している動画広告には視覚、聴覚、心理等に関するさまざまな技術が用いられて作られている。

## 2. 目的

今回の研究では視覚、聴覚、心理的な内容に違いのある動画広告の中から、どんな技術を用いた動画広告が最も興味をひくのかを調べ、実際に最も人気のある動画広告を作成する。

## 3. 仮説

### (1)根拠となる先行研究・原理等

- |                   |  |
|-------------------|--|
| ハロー効果:            | 第一印象をよくするために、有名人等の名前を挙げることで信頼されやすくなる効果 |
| バーナム効果:           | 自分に当てはまることを信用してしまう効果                   |
| シャルパンティエ効果:       | 身近に理解しやすいような数値などを与えると信頼しやすくなる効果        |
| ハード・トゥ・ゲット・テクニック: | 対象を特別扱いすることで信頼を得るテクニック                 |

セピア色:親近感や懐古感を与えやすい色



### (2)仮説

今回の研究では (A)音楽、(B)問題の難易度、(C)見出しに使用する消費者心理効果、(D)背景に使用する色、の4観点でそれぞれ比較をする。

(A)の音楽は広告を明るい雰囲気にし、視聴者を楽しませるようなアップテンポの音源が最も人気になると考えた。

(B)の問題の難易度は一番解きがいを感じられる、普通の難易度が最も人気になると考えた。

(C)の見出しは最もインパクトを与えやすく、身近であるハロー効果を使用したものが最も人気になると考えた。

(D)の背景の色は先行研究にもある、懐古感、親近感を与えやすいとされるセピア色を用いた広告が最も人気になると考えた。

#### 4. 方法

##### (1)実験対象

厚木高校76期、77期の全生徒

##### (2)手順

###### 【1】動画広告を制作する

- (A)音楽は「アップテンポ」「ハッピー」「落ち着く」の3つそれぞれを使った動画広告を作る
  - (B)問題の難易度は「簡単」「普通」「難しい」の3つの難易度の問題を掲示した動画広告を作る
  - (C)見出しは「ハロー効果」「バーナム効果」「シャルパンティエ効果」「ハード・トゥ・ゲット・テクニック」の4つそれぞれの効果を用いた動画広告を作る
  - (D)背景の色は「セピア色」「緑色」「赤色」「青色」の4つそれぞれの色を用いた動画広告を作る
- ※難易度に関してはその知識を初めて履修する学年数から決定した。

###### 【2】制作した動画広告をGoogle Form で実験対象にアンケートをとる

#### 5. 実際に制作した動画広告

##### (A)アップテンポ:

<https://drive.google.com/file/d/1V8t9Ipaufiyv2C1rA6aQFEpMv0Zt3nVT/view?usp=drivesdk>

##### (A) ハッピー

<https://drive.google.com/file/d/1821K86dWarzV68HJcXkh7uqrULx3N8R/view?usp=drivesdk>

##### (A)落ち着く

<https://drive.google.com/file/d/1PH1U7XNPWd3-9wvA0Y8gpWLEnte500My/view?usp=drivesdk>

##### (B)簡単

[https://drive.google.com/file/d/11N3BAoQ89EghvqYl0ZUoDGdgOJqS\\_v9\\_/view?usp=drivesdk](https://drive.google.com/file/d/11N3BAoQ89EghvqYl0ZUoDGdgOJqS_v9_/view?usp=drivesdk)

##### (B)普通

<https://drive.google.com/file/d/18dL4zwTC4I2oqDoN331nnwVTyuhAUCyl/view?usp=drivesdk>

##### (B)難しい

<https://drive.google.com/file/d/10dmls3SzemiYuiqgOcWugp-eul36hixD/view?usp=drivesdk>

##### (C)ハロー効果

<https://drive.google.com/file/d/1ZwT20LevCO6XSTnaQP2nKu7zwcWMrFam/view?usp=drivesdk>

##### (C)バーナム効果

<https://drive.google.com/file/d/1dK53QI68IGmE27P7VctD9beQxFPKSd6a/view?usp=drivesdk>

##### (C)シャルパンティエ効果

[https://drive.google.com/file/d/1-iZJCbPtXwG2NeV9\\_OHs9H43d0YlljXy/view?usp=drivesdk](https://drive.google.com/file/d/1-iZJCbPtXwG2NeV9_OHs9H43d0YlljXy/view?usp=drivesdk)

##### (C)ハード・トゥ・ゲット・テクニック

<https://drive.google.com/file/d/1ghxw-Yl5qtVocAEOfleI3HJqv1gWdKM-/view?usp=drivesdk>

##### (D)セピア色

[https://drive.google.com/file/d/1wYRrAFFttw0X7qUa6pmLszi6iTsl\\_6\\_F/view?usp=drivesdk](https://drive.google.com/file/d/1wYRrAFFttw0X7qUa6pmLszi6iTsl_6_F/view?usp=drivesdk)

##### (D)緑色

<https://drive.google.com/file/d/1v4jfJgEjBuoAYHUop5Ucbft3vLeQhUb8/view?usp=drivesdk> (D)

##### 青色

<https://drive.google.com/file/d/1ghxw-Yl5qtVocAEOfleI3HJqv1gWdKM-/view?usp=drivesdk>

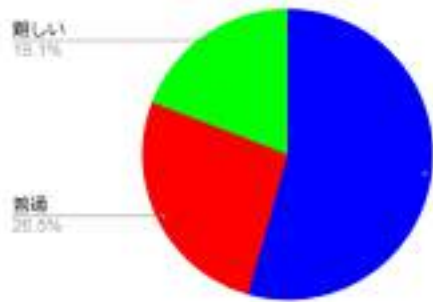
##### (D)赤色

[https://drive.google.com/file/d/1NI2OZcfKYQAKovQRKTIqYd\\_a8GH9QcUa/view?usp=drivesdk](https://drive.google.com/file/d/1NI2OZcfKYQAKovQRKTIqYd_a8GH9QcUa/view?usp=drivesdk)

#### 6. 結果

図1

広告の難易度に関するアンケート結果

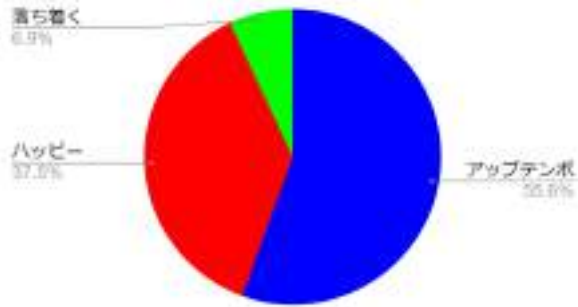


票数:68票

難しい:13票 普通:18票 簡単:37票

図2

広告の音楽に関するアンケート結果

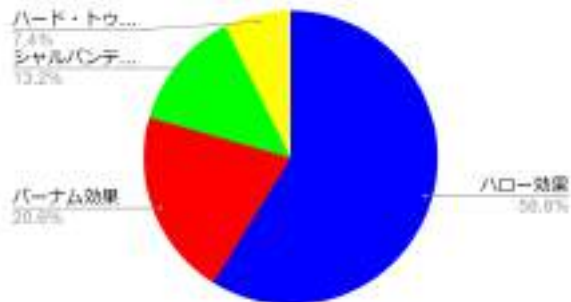


票数:72票

落ち着く:5票 ハッピー:27票  
アップテンポ:40票

図3

広告の見出しに関するアンケート結果

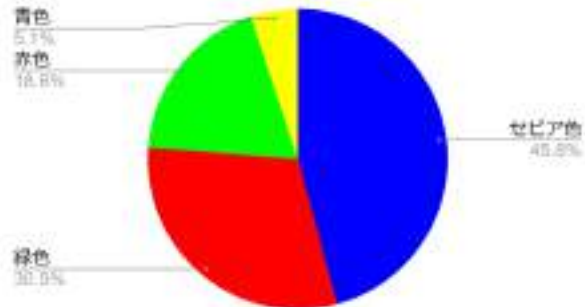


票数:68票

ハロー効果:40票 バーナム効果:14票  
シャルパンティエ効果:9票  
ハード・トゥ・ゲット・テクニック:5票

図4

広告の背景の色に関するアンケート結果



票数:59票

セピア色:27票 緑色:18票 赤色:11票  
青色:3票

## 7. 考察

(A)音楽は仮説通り見ていて明るい気分になるもの、広告の雰囲気明るくなるものがこのまれるのだと考えた。

(B)の問題の難易度は簡単なものは誰でも解ける問題として設定してるので、より多くの人が解けて、達成感や爽快感を感じたのではないかと考えた。

(C)の見出しはハロー効果は最も使われやすく、またわかりやすい、印象を与えやすい心理効果で、今回使用したワードが生徒にとって印象を与えやすかったのではないかと考えた。残り3つの効果にそれほど差がないのは、それぞれの効果が性質上他を兼ねてしまうことがあり、それが影響したのではないかと考えた。

(D)の背景の色は先行研究で分かっていた通り、セピア色は親近感や懐古感、馴染みやすい色で、広告にもその性質が働いたと考えた。また、緑色が多いのは緑色は青色と赤色の間の色であり、青はリラックスさせる効果、落ち着かせる効果があり、赤色は青とは逆に緊張状態を感じさせる色となっていて、その間にある緑色は両方の効果を兼ねたのではないかと考えた。

(その他)

色で2番目だった緑色は青と赤の中間で両方の効果を兼ねたと書いたが、音楽の結果を見ると、落ち着くよりもアップテンポやハッピーの方が票数が多い結果となっていて、緑色は赤色のように緊張感を与

える性質の方が大きいのではないかと考えた。赤色は青色よりも票数が多かったこともあり、広告においては「落ち着く」イメージは最も適していないのだと考えた。

## 8. 結論

動画広告ではアップテンポな音楽、掲示する問題は簡単に、著名な人も使っていることなどを示したハロー効果を用い、懐古感、親近感を感じさせるような色を使うことが良いと分かった。

また、落ち着きを感じさせるような色や音楽は適していないことも分かった。

## 9. 参考文献

[店頭POPの効果的な訴求方法に関する考察 \(ist.go.jp\)](#)

[広告と消費者心理単純接触効果による安心感とノスタルジア ja \(ist.go.jp\)](#)

2次因子分析によるハロー効果の測定 [pdf \(ist.go.jp\)](#)

サウンドロゴの反復呈示とメロディ親近性が商品評価に及ぼす効果  
[認知心理学研究 第4巻第1号 2006年、1-13 \(ist.go.jp\)](#)

セピア色

[SARASAにもある、あの色名の由来は？？：A3のコピー用紙の上で。\(livedoor.jp\)](#)



# 苔の生育環境と光合成、消臭効果について

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 5班(β)

## 1. 背景

地球温暖化が問題となっている現在、それを防止するために植物の光合成について着目した。  
そのとき厚高の周りに生息しているギンゴケに着目し、光合成を活発化させるために最も適した生育環境を調査した。

また苔には消臭効果があるということも聞いたことがあるので、消臭剤としての役割があるのかも調査した。

## 2. 目的

### ①苔の生育環境と光合成の実験

苔は光合成をして二酸化炭素を吸収、蓄積する能力があるので、生育環境と二酸化炭素吸収能力の関係を明らかにすることで地球温暖化への具体的な効果を知る。

### ②苔の生育環境と消臭能力の実験

苔の消臭剤としての役割が分かると、インテリアとして身近に設置することができて、緑化にも利用できて、環境の保護にもつながる。

## 3. 仮説

### (1)根拠となる先行研究・原理等

- ・ギンゴケは日光が当たらない場所を好む。
- ・ギンゴケは湿度が高い所を好む。
- ・ギンゴケは水やりをあげすぎず、週2, 3回程度を好む。

### (2)仮説

ギンゴケの生育環境に最も適している日光が直接当たらず、湿度が高く、水やりが週2回の条件である苔が最も二酸化炭素を吸収し、消臭能力があると考えた。

## 4. 方法

### (1)実験材料

苔(縦5cm、横5cm)、同じ量の土、プランター、ジップロック、シャーレ→8つずつ

二酸化炭素検知管、アンモニア検知管→16本ずつ

GASTEC気体検知管、二酸化炭素ポンペ、アンモニア水

### (2)手順

学校で採取したギンゴケを同じ大きさ(縦5cm、横5cm)に統一して、下の表のように8つの生育環境に分けて育てた。

苔	太陽	水やり／1週	湿度(%)
A	○	1	90
B	○	1	50
C	○	2	90
D	○	2	50
E	×	1	90
F	×	1	50
G	×	2	90
H	×	2	50



#### ①苔の生育環境と光合成の実験

- 1.ジップロックの中にそれぞれ苔を入れる
- 2.ジップロックの中にストローで大きく5回呼吸し、二酸化炭素ボンベで2秒間二酸化炭素を入れる。
- 3.GASTEC気体検知管と二酸化炭素検知管を用いて、ジップロック内の濃度を測定する。
- 4.30分間待機する。
- 5.3.と同じように濃度を測定する。

#### ②苔の生育環境と消臭能力の実験

- 1.シャーレに20倍に希釈したアンモニア水を1ml入れる。
- 2.1.を苔と一緒にジップロックの中に入れる。
- 3.15分待機する。
- 4.シャーレを取り出し、GASTEC気体検知管とアンモニア検知管を用いて、ジップロック内の濃度を測定する。
- 5.30分待機する。
- 6.4.と同じように濃度を測定する。

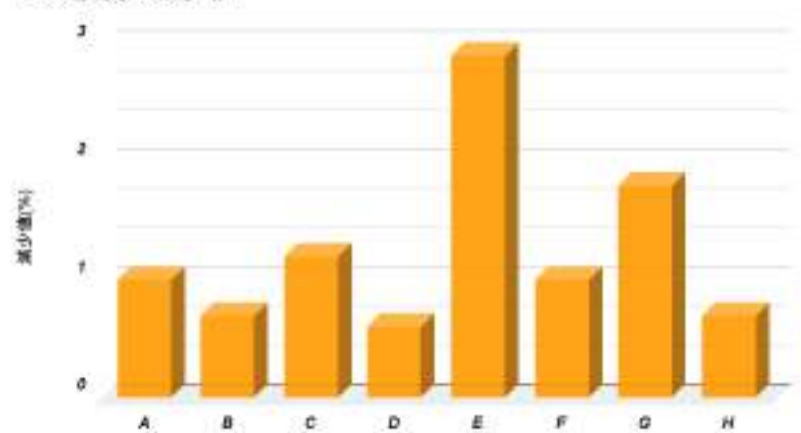
5. 結果

①生育環境と光合成の実験(温度22.3℃、湿度67%)

	A	B	C	D	E	F	G	H
はじめ	5.5	3.5	3.7	4.4	6.5	3.0	5.0	5.0
30分後	4.5	2.8	2.5	3.8	3.6	2.0	3.2	4.3
減少値	1.0	0.7	1.2	0.6	2.9	1.0	1.8	0.7

上の表と下の減少値を表すグラフから、生育環境とCO2減少値に関連がみられた。

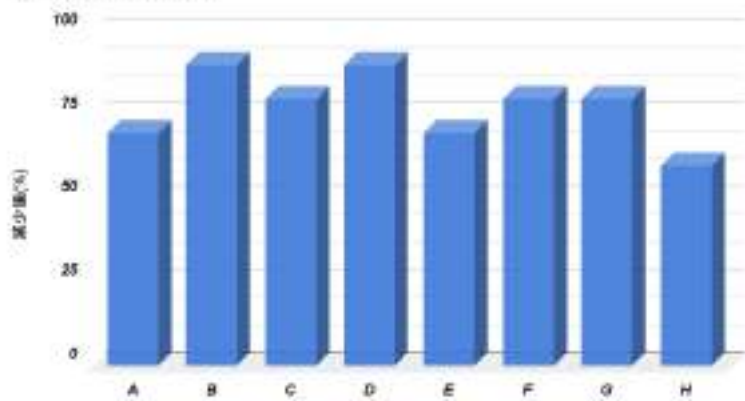
CO2濃度の減少値



②苔の生育環境と消臭能力の実験(温度20.0℃、湿度73%)

	A	B	C	D	E	F	G	H
はじめ	220	230	250	220	270	210	200	240
30分後	150	140	170	130	200	130	120	180
減少値	70	90	80	90	70	80	80	60

NH<sub>4</sub>濃度の減少値



上の表と減少値を表すグラフから、生育環境と消臭能力に関連はみられなかった。

## 6. 考察

苔は二酸化炭素を吸収する働きがあり、水やりの回数は苔の生育環境と関係しない。  
個体によってアンモニア吸収量に差はない。

## 7. 結論

生育環境と光合成の実験から、ギンゴケの生育環境に最も適しているのは、直接日光が当たらず湿度が高い場所で、水やりの回数は関連性がないことが分かった。

苔の生育環境と消臭能力の実験では、消臭効果が土の多孔質構造なのか苔によるものなのか判断できなかった。

## 8. 参考文献

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/turfgrass1972/32/supplement1/32\\_supplement1\\_138/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/turfgrass1972/32/supplement1/32_supplement1_138/_article/-char/ja/)

[https://scholar.archive.org/work/ghi3cavpxvfxjdrcmcqbuke7f3m/access/wayback/https://www.jstage.jst.go.jp/article/taiki1978/22/5/22\\_5\\_347/\\_pdf](https://scholar.archive.org/work/ghi3cavpxvfxjdrcmcqbuke7f3m/access/wayback/https://www.jstage.jst.go.jp/article/taiki1978/22/5/22_5_347/_pdf)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jspp/2003/0/2003\\_0\\_94/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jspp/2003/0/2003_0_94/_article/-char/ja/)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/turfgrass/37/1/37\\_7/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/turfgrass/37/1/37_7/_pdf/-char/ja)



# 情報量の違いによる単純接触効果について

## Mere exposure effect due to difference in the amount of information

神奈川県立厚木高等学校  
2年 D組 6班 ( β )

### 1.背景

コロナ禍でマスクをした状態の顔を見ることが日常になり、マスクをしていない状態の顔を見ることが少なくなった。そこで、マスクの有無という顔の情報量の違いによって、マスク無しの顔の印象はどう変わるのか疑問に思った。また、無表情に抱く印象と、怒や嬉などの感情のある表情に抱く印象とは異なると思う。

### 2.目的

マスクをした状態とマスクをしていない状態という顔の情報量の違いによって顔の印象の善悪に差があるのか、また、無表情と怒や嬉などの表情の情報量の違いによる顔の印象の善悪に差を与えるのかを解決する。

### 3.仮説

#### (1) 根拠となる先行研究・原理等

山口大学、京都大学の松田憲さん、佐々木翔子さん、楠見孝さんによる「単純接触効果に及ぼす刺激提示の回数と時間の影響」の研究では、見せる総時間を12秒に固定し0秒×0回(無呈示)、1秒×12回、2秒×6回、3秒×4回、4秒×3回、6秒×2回、12秒×1回呈示する7グループにわけ、画像に対する好意度、新奇性、親近性の評定を5件法で、再認判断を2件法で結果を示した。これにより、呈示時間、呈示回数が多いほど好感度は高くなる傾向があるが、一定の時間、回数を超えると好感度はそれ以上高くなることがわかっている。

筑波大学の川上直秋さん、吉田富二雄さんによる「多面的単純接触効果-連合強度を指標として-」の研究では3人の表情及び角度を変化させた画像を見せた。表情における研究では正面状態における怒り、嫌悪、恐怖、喜び、悲しみ、驚き、無表情の7種類を用意した。角度における研究では無表情状態における左右角30度、45度、60度、真正面の7種類を用意した。

実験1では多面的接触人物においては7角度を3回ずつの計21回をランダムに呈示し、単一角度接触人物においては真正面のみを21回呈示し、統制人物においては顔写真の呈示を行わなかった。その後、GNATを用いた連合強度の測定によって対象者に快か不快かの判定をしてもらい、結果を示した。

実験2では多面的接触人物においては7種類の表情の顔を3回ずつ計21回を呈示し、単一表情接触人物においては無表情のみを21回呈示し、統制人物においては顔写真の呈示を行わなかった。その後、実験1と同様にして結果を示した。

これにより、顔の見せる角度を変えることによる違いでは、真正面から見た顔の単純接触効果と斜めから見た顔の単純接触効果は同じ値になることがわかっている。

また、表情の違いによる単純接触効果の研究では、多表情接触人物と単一表情接触人物においては、不快よりも快との連合が強く、統制人物においては、快よりも不快との連合が強いということがわかっている。

#### (2) 仮説

マスクありとなしの調査ではマスクありよりマスクなしの方が顔の情報量が多いため、マスクなしへの好感度の方が高いと推測する。

また、表情の違いによる調査では無表情よりも感情を含んだ表情の方が口元や目元など顔の情報量が多くなると予想されるため、感情を含んだ表情の方が好感度は高くなると推測する。

#### 4.方法 (調査1)

##### (1) 実験材料

generated photos

CapCut

##### (2) 手順

###### 1.準備

generated photos というアプリを用いて、AIの顔のサンプルを作成する。

無表情の顔で、マスクをしているものとしてないものの2種類を3人のAIの顔で作成する。(図1～6)恐, 幸, 悲, 驚, うんざりの表情を変えた5種類を先ほどと異なる3人にAIの顔で作成する。(図7～24)つまり, 24種類の顔のサンプルを作成する。

以下の人物を右からサンプル1, サンプル2, サンプル3とする。



図1

図2

図3

図4

図5

図6

以下の人物をサンプル4とする。



図7

図8

図9

図10

図11

図12

以下の人物をサンプル5とする。



図13

図14

図15

図16

図17

図18

以下の人物をサンプル6とする。



図19

図20

図21

図22

図23

図24

実験は顔のサンプルの画像の呈示0.5秒とインターバル0.5秒を1セットとして、これを1人の顔のサンプル画像につき10セット行う。対象者には10セット×3つの顔のサンプルを呈示する動画をCapCutというアプリを用いて作成し、それを見せる。

なお、順番は1つ目の顔のサンプルで10セット見せ終わったら、2つ目の顔のサンプルを10セット見せるというようにする。

## 2.調査

調査は厚木高校の2学年を対象として行う。募集期間は2022年(令和4年)7月19日から2022年(令和4年)8月16日。

Google Classroomで、動画とアンケートを投稿し、回答してもらう。

実験はマスクの有無の調査、6種類の表情の調査の2つの観点で行う。この時、対象者をA.B.Cの3グループに分ける。AグループはA,B,C組(26人)を、BグループはD,E,F組(20人)を、CグループはG,H,I組(17人)を対象とする。

(マスクの有無)

Aグループはマスクありの顔のサンプルを1人のサンプルにつき、0.5秒見せ、インターバル0.5秒をとる。これを1セットとして10セット行う。3人分のサンプルがあるので合計30セット行う。Bグループはマスクなしの顔のサンプルをAグループと同様にして30セット行う。Cグループは動画の視聴はしない。調査後、マスクなしの顔を1~7段階で評価してもらう。

Aグループに呈示した動画

[https://drive.google.com/file/d/15CzVnPobjh\\_LFVazWQbbYTqvxKKC8nYK/view?resourcekey](https://drive.google.com/file/d/15CzVnPobjh_LFVazWQbbYTqvxKKC8nYK/view?resourcekey)

Bグループに呈示した動画

<https://drive.google.com/file/d/1RbC8EQNcZReQYirrG9IHPbWlzbqiozpg/view?resourcekey>

(表情の有無)

Aグループは恐,幸,悲,驚,うんざり,無表情の6種類の表情の顔のサンプルをランダムに見せる。マスクの有無の実験と同様の秒数で1人のサンプルにつき10セット,合計30セット見せる。Bグループは無表情の顔のサンプルのみを1人のサンプルにつき10セット見せ,合計30セット見せる。Cグループは動画の視聴はしない。調査後,無表情の顔を1~7段階で評価してもらう。

Aグループに呈示した動画

<https://drive.google.com/file/d/1pKYwNP9pGLSyuORYuKVT0Cgg0ODxwytv/view?resourcekey>

Bグループに呈示した動画

[https://drive.google.com/file/d/1IXPP\\_MX5ZAqeTNIj0W9vyXp7619NyvmW/view?resourcekey](https://drive.google.com/file/d/1IXPP_MX5ZAqeTNIj0W9vyXp7619NyvmW/view?resourcekey)

## 3.検定

それぞれの結果を用いて、有意水準 $\alpha = 0.05$ としてT検定を行う。

## 5.結果(調査1)

表1・グループAとグループBにおけるマスクの有無による好感度の違い

	F検定の結果	T検定の結果	有意水準	有意差
サンプル1	0.48	0.32	0.05	ない
サンプル2	0.56	0.24	0.05	ない
サンプル3	0.71	0.32	0.05	ない
サンプル1,2,3	0.46	0.078	0.05	ない

表2・グループBとグループCにおけるマスクの有無による好感度の違い

	F検定の結果	T検定の結果	有意水準	有意差
サンプル1	0.31	0.44	0.05	ない
サンプル2	0.94	0.31	0.05	ない
サンプル3	0.88	0.29	0.05	ない
サンプル1,2,3	0.86	0.69	0.05	ない

表3・グループAとグループBにおける表情の有無による好感度の違い

	F検定の結果	T検定の結果	有意水準	有意差
サンプル4	0.82	0.000027	0.05	ある
サンプル5	0.86	0.013	0.05	ある
サンプル6	0.34	0.22	0.05	ない
サンプル4,5,6	0.54	0.013	0.05	ある

表4・グループBとグループCにおける表情の有無による好感度の違い

	F検定の結果	T検定の結果	有意水準	有意差
サンプル4	0.65	0.053	0.05	ない
サンプル5	0.21	0.32	0.05	ない
サンプル6	0.55	0.00029	0.05	ある
サンプル4,5,6	0.82	0.18	0.05	ない

表1・表2の結果から、マスクの有無による好感度に差はない。

表3の結果から、表情の有無による好感度に差がある。

表4の結果から、表情の有無による好感度の差はばらつきがある。



## 6.考察(調査1)

結果により,7段階評価では有意差に偏りがあったため,0~60段階の採点に変更するべきと考えられる。

人により外国人と日本人の好感度に違いがあることがあるため,サンプルを外国人ではなく日本人に変更して調査するべきと考えられる。

また,動画を最後まで見ずにアンケートに答えていた人がいる可能性があるので,採点項目の説明を動画の最後に入れるべきと考えられる。

さらに,アンケートの回答数が少なかったことも有意差がほとんど出なかったことの原因の一つと考えられる。

## 7.結論(調査1)

結果より,有意差がなかったなのでこの実験では単純接触効果がおこっていなかった。

これにより,今回の実験自体上手く行われていなかったといえる。

## 8.方法(調査2)

### (1)実験材料

スマートフォンのカメラ

CapCut

### (2)手順

#### 1.準備

スマートフォンのカメラを用いて家族の顔の写真を撮影し,顔のサンプルを作成する。

無表情の顔で,マスクをしているものとしてないものの2種類。これを2人の顔で作成する。(図25~28)  
さらに,喜,怒,哀,楽,無表情の5種類。これを先ほどと異なる2人の顔で作成する。(図29~36)つまり,14種類の顔のサンプルを作成する。

以下右の人物からサンプル7, サンプル8とする。



図25



図26



図27



図28

以下の人物をサンプル9とする。



図29



図28



図29



図30



図31

以下の人物をサンプル10とする。



図32

図33

図34

図35

図36

実験は顔のサンプルの画像の呈示0.3秒とインターバル0.3秒を1セットとして、これを1人の顔のサンプル画像につき10セット行う。対象者には10セット×2人の顔のサンプルを呈示する動画をCapCutというアプリを用いて作成し、それを見せる。なお、順番は1つ目の顔のサンプルで10セット見せ終わったら、2つ目の顔のサンプルを10セット見せるというようにする。

## 2.調査

調査は厚木高校の1・2学年を対象として行う。募集期間は2022年(令和4年)10月25日から2022年(令和4年)11月21日。

Google Classroomで、動画とアンケートを投稿し、回答してもらう。調査1での反省点を踏まえ、アンケートの回答数を増やすため、アンケートのQRコードが貼られたプリントを1・2年生の全教室に掲示し呼びかけを行った。

実験はマスクの有無の調査、5種類の表情の調査の2つの観点で行う。この時、対象者をA.B.Cの3グループに分ける。AグループはA,B,C組(61人)を、BグループはD,E,F組(44人)を、CグループはG,H,I組(55人)とする。

### (マスクの有無)

Aグループはマスクありの顔のサンプルを1人のサンプルにつき、0.3秒見せ、インターバル0.3秒をとる。これを1セットとして10セット行う。2人分のサンプルがあるので合計20セット行う。Bグループはマスクなしの顔のサンプルをAグループと同様にして20セット行う。Cグループは動画の視聴はしない。調査後、2人分のマスクなしの顔をそれぞれ0～60段階で評価してもらう。

### Aグループに呈示した動画

<https://drive.google.com/file/d/1HmBPVw1XiaOw5qXRioVUZRdb4wmwbJHk/view?resourcekey>

### Bグループに呈示した動画

<https://drive.google.com/file/d/1Ynk5jdKqygxhVZCBTXGnLveO0onReggd/view?resourcekey>

### (表情の有無)

Aグループは喜、怒、哀、楽、無表情の5種類の表情の顔のサンプルを各表情を2回ずつ見せる。マスクの有無の実験と同様の秒数で1人のサンプルにつき10セット、それを2人分なので、合計20セット見せる。Bグループは動画の視聴をしない。Cグループは無表情の顔のサンプルのみを1人のサンプルにつ

き10 セット,それを2 人分なので合計20 セット見せる。調査後,2 人分の無表情の顔をそれぞれ0~60段階で評価してもらう。

Aグループに呈示した動画

[https://drive.google.com/file/d/1ZT6qB0OEH\\_i6LcJGzi8E\\_c8Z2aBzJFj0/view?resourcekey](https://drive.google.com/file/d/1ZT6qB0OEH_i6LcJGzi8E_c8Z2aBzJFj0/view?resourcekey)

Cグループに呈示した動画

[https://drive.google.com/file/d/1tJwpEtbiCjIVhX31hI2V\\_cnx8HojdLyA/view?resourcekey](https://drive.google.com/file/d/1tJwpEtbiCjIVhX31hI2V_cnx8HojdLyA/view?resourcekey)

### 3.検定

それぞれの結果を用いて,有意水準 $\alpha = 0.05$ としてT検定を行う。

## 9.結果(調査2)

表5・グループAとグループBにおける好感度の違い				
	F検定の結果	T検定の結果	有意水準	有意差
サンプル7	0.63	0.71	0.05	ない
サンプル 8	0.58	0.51	0.05	ない
表6・グループ B とグループ C における好感度の違い				
	F検定の結果	T検定の結果	有意水準	有意差
サンプル7	0.96	0.91	0.05	ない
サンプル8	0.68	0.081	0.05	ない
表7・グループAとグループCにおける好感度の違い				
	F検定の結果	T検定の結果	有意水準	有意差
サンプル9	0.97	0.0011	0.05	ある
サンプル10	0.71	0.040	0.05	ある
表8・グループ B とグループ C における好感度の違い				
	F検定の結果	T検定の結果	有意水準	有意差
サンプル9	0.14	0.92	0.05	ない
サンプル10	0.026	0.79	0.05	ない

表5の結果から,マスク有とマスク無では好感度に差はない。

表6の結果から,マスク無と動画の視聴無では好感度に差はない。

表7の結果から,表情有と無表情では好感度に差がある。

表8の結果から,無表情と動画の視聴無では好感度に差はない。

## 10. 考察(調査2)

表6, 表8より, この実験では単純接触効果は起こっていないと考えられる。原因として次のことが考えられる。

一つ目は, 調査1での考察を踏まえ, 0 ~ 60段階での採点に変更した点。だが, 結果は調査1と変わらず, 点数に散らばりはなく, 検定後の数値も調査1と大きな違いはなかった。このことから採点形式での調査では点数に散らばりが出にくいと考えられ, 今回の実験での有意差がでなかったことの原因の一つだと考えられる。

二つ目は, 実験で用いるサンプルを日本人に変更した点。だが, これも結果は実験1と大きな違いはなかった。これより, 原因の一つは他にありと考えられる。

三つめは, アンケートの回答数を増やすため宣伝を行った点。だが, 複数人で集まって回答をしていた。これにより, 正しい結果を得るためにアンケートの最後に入れた質問の効果がなくなってしまい, 正確な調査をすることができなかったため, 得られた数値にも影響が出てしまったと考えられる。

以上のことから, 仮説と異なる結果が出たのは, 調査を正しく行えていなかったこと, もしくは, 好感度は情報量の違いによって決まるものではないということが原因であると考えられる。

改善点として三つのことが挙げられる。一つ目は, 先行研究より, 採点方法をGNATでの反応の計測にする。二つ目は, アンケートを行う際に, 対象者を集め同時に動画を見てもらい, 回答時間を設ける。三つ目は, 事前に注意事項を伝え, 話し合いなどを防ぐ。

## 11. 結論

単純接触効果によるためかはわからないが, マスクの有無という情報量の違いによる好感度の差はなく, 表情の有無という情報量の違いによる好感度の差はあった。

## 12. 参考文献

単純接触効果(ザイオンス効果)とは? 単純接触効果を活かした働き方  
[https://go.chatwork.com/ja/column/work\\_evolution/work-evolution-099.html](https://go.chatwork.com/ja/column/work_evolution/work-evolution-099.html)

多面的単純接触効果 連合強度を指標として -J-Stage-  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jipsy/82/5/82\\_5\\_424/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jipsy/82/5/82_5_424/_article/-char/ja/)

対応のない場合のt検定 例題・問題  
[https://www.geisya.or.jp/~mwm48961/statistics/ttest\\_question2.htm](https://www.geisya.or.jp/~mwm48961/statistics/ttest_question2.htm)

単純接触効果と無意識 ―われわれの好意はどこから来るのか―  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/ems/1/1/1\\_010117/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ems/1/1/1_010117/_pdf/-char/ja)

# 飛距離とベルヌーイの定理に基づいたブーメランの軌道

神奈川県立厚木高等学校  
2年D組7班(β)

## 1. 背景

古くから狩猟で用いられていたというブーメランが、どのような原理で旋回し、その原理を発展させるにはどのような工夫ができるか疑問に感じたため。

## 2. 目的

最も遠くまで飛び戻ってくるブーメランの形状を見つける。

## 3. 仮説

### (1)根拠となる先行研究・原理等

ブーメランを若干癖がつく程度に折り曲げる。すると、ベルヌーイの定理により、ブーメランの一辺の断面を見たとき、ブーメランの羽の上の部分と下の部分に流速差が生じ、それにより上の部分の圧力が下の部分より小さくなり、下から上へと揚力が生じる。その作用を活用するためにブーメランを60°立てて右上から投げる。すると、ブーメランは常に右から左へと揚力を受け続ける。←1

また、羽4枚に働く揚力の大きさはそれぞれ違い、進路方向に対して同じ向きに回転すると大きく揚力が働き、逆向きに回転すると小さい揚力が働く。←2

1と2により、ブーメランは刻一刻と回転面が変化し、軌道を左へ、左へと変えていき、投げ手のところへ戻ってくる。

### (2)仮説

3.ヘリコプターの羽が4本→揚力を発生させるのに最も効率がいいのが4本なのではないか。

4.空気抵抗に邪魔をされなければ飛距離が伸びるのではないか。

3と4より画用紙3, 4枚で4本の羽が最も飛距離が伸びる。また、ガムテープで補強することで空気抵抗を軽減し、飛距離が伸びる。

## 4. 方法

### (1)実験材料

- ・画用紙                      ・定規                      ・巻尺
- ・ガムテープ                ・カッター
- ・カッターマット          ・接着剤

### (2)手順

1. 画用紙で縦8 cm,横3 cmのブーメランを作成
2. 1で作ったブーメランで飛距離と投げた位置からどの範囲に戻ってくるか測定する。
3. どの形状が最も飛距離が長く戻ってくるか調べる。
4. 1～3の結果から形状と飛距離の関係を求める。

図1:縦8 cm,横3 cmのブーメラン



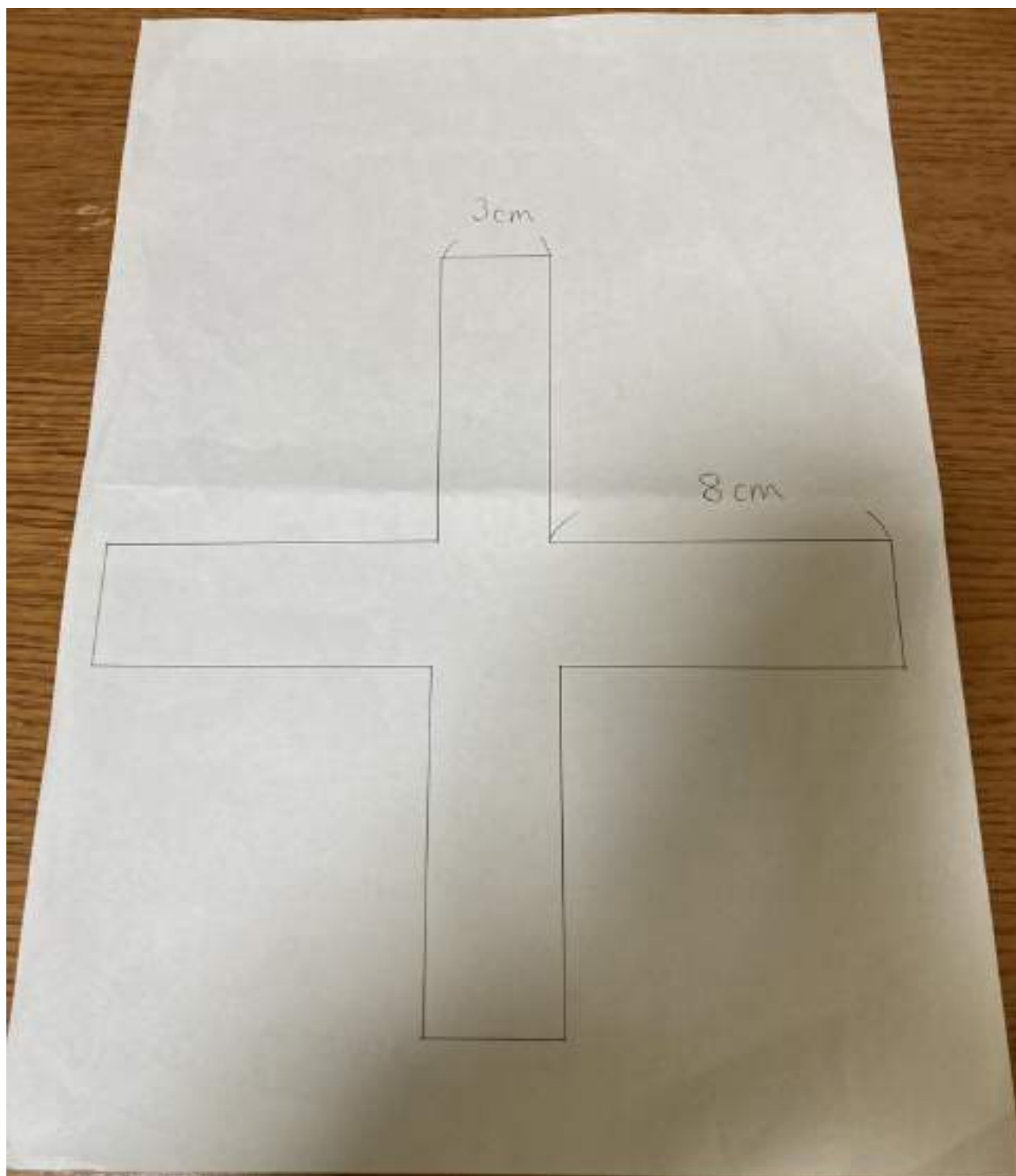
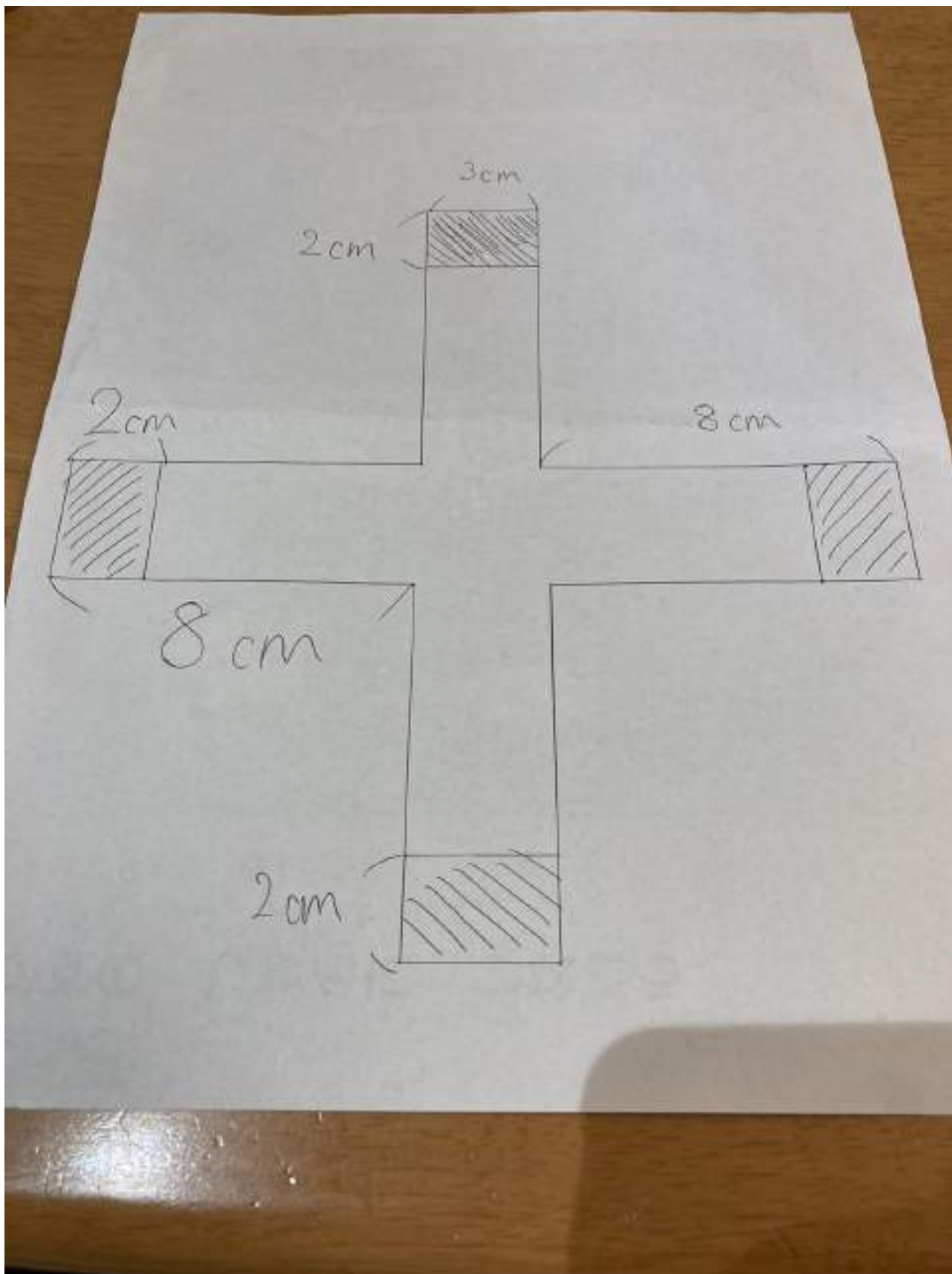


図2:図1のブーメラン縦8 cmの4分の1の長さの縦2 cmのガムテープを巻いて用意したもの



〈基準〉

投げた位置から半径1.5 m以内に戻ってきたものを成功としてカウントする。個体差が生じるため、1つの実験につき同じ条件のものを3枚用意し、1枚につき10回投げた平均の距離を求め、その平均値を実験値とする。

10回投げて6回以上戻ってきたら成功とする。

## 5. 結果

表1.画用紙1枚でガムテープなしの場合

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
a	0.50	0.40	0.50	0.40	0.60	0.40	0.30	0.30	0.10	0.90	0.48
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
b	0.80	0.50	0.60	0.40	0.80	0.50	0.20	0.20	0.30	0.60	0.49 (cm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
c	0.50	0.30	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	0.60	0.40	0.40	0.39
											0.4533

表2.画用紙1枚でガムテープ1周の場合

1周											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
A	1.6	1.6	1.4	1.6	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5	<del>1.55</del> 1.55
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
B	1.5	1.7	2.2	1.8	2.0	2.1	2.0	2.1	2.2	1.7	1.76
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
C	2.4	1.7	1.7	2.0	1.8	2.2	2.2	2.1	1.8	1.5	1.94
											↓
											1.75

表3.画用紙2枚でガムテープなしの場合

2枚											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
a	1.2	1.0	1.5	1.3	1.2	1.5	1.2	1.4	1.5	1.5	1.33
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
B	1.0	1.2	1.6	1.4	1.8	1.8	1.6	1.6	1.4	2.0	1.54
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
C	2.2	1.5	1.2	1.4	1.8	1.4	1.8	1.6	1.8	1.8	1.62

表4.画用紙3枚でガムテープなしの場合

3枚											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
a	1.9	1.9	2.0	2.0							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
b	2.0	2.2	2.2	2.6	2.6	3.0	2.8	3.0	3.0	2.6	2.60
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ave
c	2.2	2.1	1.8	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	1.0	1.9	1.98

表5.画用紙2枚でガムテープ1周の場合

表1 画用紙1枚 + 2枚重ねる											Ave	
1	2.8	3.0	3.2	2.2	2.0	2.4	2.4	2.2	2.2	2.8	2.52	2.51
2	2.0	2.1	2.6	2.7	3.0	2.0	2.2	2.8	2.6	3.0	2.5	
3	3.2											

表1と表2より,ガムテープ1周巻くことで飛距離は約4倍(3.88...)伸びることが分かった。

表1と表3より,画用紙を2枚にすることで飛距離は約3倍(3.33...)伸びることが分かった。

表1と表4より,画用紙を3枚にすることで飛距離は約5倍(5.08...)伸びることが分かった。

表1と表5より,ガムテープ1周かつ画用紙2枚にすることで飛距離は約5.6倍(5.57...)伸びることが分かった。

画用紙4枚→戻ってこない・・・6

ガムテープ2周→戻ってこない・・・7

画用紙2枚かつガムテープ2周→戻ってこない・・・8

## 6. 考察

結果の表1と表2は空気抵抗を軽減し,飛距離が伸びた。しかし7ではガムテープの重さに画用紙が耐えられず,円軌道を描いて飛ぶことが出来なかった。

結果の表1と表3と表4より,ブーメラン全体の重さを重くすることで,空気抵抗を軽減するかつ,より大きく揚力が働き飛距離が伸びた。しかし,6ではブーメランに働く重力を揚力で相殺できなかったため,ほぼ直線的にしか進まなかった。

結果の表1と表5は,空気抵抗を軽減するかつ,揚力が大きく働き,円軌道を描きつつ飛距離を伸ばすことができた。しかし8では,6と同様にブーメランに働く重力を揚力で相殺できなかったため,ほぼ直線的にしか進まなかった。

## 7. 結論

空気抵抗が大きすぎると飛距離は伸びない。また,ブーメランの重力に対して揚力や空気抵抗が小さいと,ブーメランは円を描いて飛ぶことはない。よって,ブーメランの飛距離を伸ばすには,ブーメランの受ける空気抵抗を軽減するかつ重力との兼ね合いも必要である。そして,安定してブーメランが戻るようにするための揚力の働きをより大きく引き出すには,今回の実験ではできなかったがブーメランの一辺の長さや傾きを変えるなどの工夫が必要であると思う。

## 8. 参考文献

『ブーメランの翼に関する考察』

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/oyama/42/0/42\\_27/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/oyama/42/0/42_27/_pdf/-char/ja)

『移動格子有限体積法を用いたブーメランの飛行運動シミュレーション』

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsces/2015/0/2015\\_20150016/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsces/2015/0/2015_20150016/_pdf)

『誰にでも作れる学園ブーメラン』

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/pesj/42/3/42\\_KJ00005896567/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/pesj/42/3/42_KJ00005896567/_pdf/-char/ja)



# カゼインプラスチック作成時の温度差による環境への影響

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 8班(β)

## 1. 背景

プラスチックによって環境汚染が進んでいる。

プラスチックは世界のごみ問題の原因となる主な物質であり、それは環境中で自然に分解されることはなく、半永久的にたまり続ける可能性があるからである。

## 2. 目的

生分解性プラスチックは環境に優しい。

この点から私達は牛乳から作ることができる生分解性プラスチック、カゼインプラスチックに着目した。

カゼインプラスチックを作る過程の温度差による環境への影響の変化を調べる。

## 3. 仮説

### (1) 根拠となる先行研究・原理等

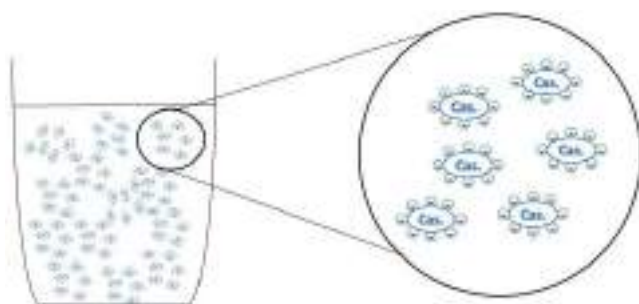


図1 操作なしの牛乳の状態

牛乳には、「カゼイン」と呼ばれるタンパク質が自身の持つ負の電荷により、反発しあいながら浮遊している。

もともとカゼインは、そのタンパク質を構成するアミノ酸のうち、セリンに由来する部分(セリン残基)の多くにリン酸が結合した、リンタンパク質(リン酸タンパク質)の代表的な例である。

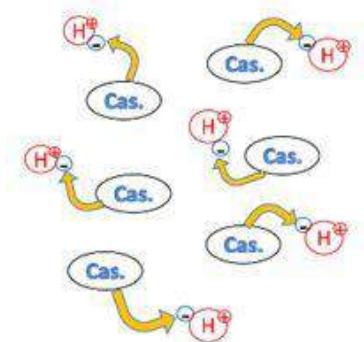


図2 酢を加えた時の反応

上記のように、カゼインはリンタンパク質の代表例であり、その特徴のためカゼインは分子全体として負の電荷を帯びている。また酢は酸性の水溶液なので、電離すると $H^+$ を発生させる。図2は酢を加えた時の反応を表しており、カゼインに酢を加えることによってカゼインの持つ負の電荷が水素イオンに奪われるのである。このようにして結合がおきる。

上記の、酢の電離は反応時の温度が高いほど、多くおこる。

## (2)仮説

カゼインプラスチックは作る温度によって自然分解の速度が変わる

## 4. 方法

### (1)実験材料

牛乳、酢、ガーゼ、ガスコンロ、適当な大きさの容器、ビーカー、ネット  
ガラス棒、こまごめピペット、スコップ、土、ハサミ

### (2)手順

#### ①カゼインプラスチックを作る

〈作り方〉

＊ 50、60、70、80、90℃の5種類の温度で制作する

牛乳をビーカーに入れて沸騰するまで温める

酢を1 gずつ入れながらガラス棒で混ぜる

カゼインが酢と反応して白い塊ができる(図3)



図3 酢と反応したカゼイン

カップにガーゼをひいて塊をこし出す

水で冷やしたあと形を整えて完成

②カゼインプラスチックを制作時の温度別に、小さく砕いてネットに入れ、土に埋める

場所は実験室の後ろの花壇に埋めさせて頂いた(図4)



図4 埋めた時の様子

③分解状況を調べる

5. 結果

①温度と酢の量

温度	酢の量
50℃	8 ml
60℃	7 ml
70℃	6 ml
80℃	5 ml
90℃	4 ml

図5 反応温度と酢の量の関係

②分解

＊実験前のカゼインプラスチックの状態



図6、7 作ったカゼインプラスチックを砕いた時の様子

＊実験後のカゼインプラスチックの状態



図8 50℃で作ったもの



図9 60℃で作ったもの



図10 70℃で作ったもの



図11 80℃で作ったもの



図12 90℃で作ったもの

## 6. 考察

①温度が高い程、必要な酢が少ない

加熱すると、牛乳に含まれる水分が $H^+$ と $OH^-$ に電離する

↓

重合しやすくなる

②分解しきらなかった理由

\* 11月29日に埋めた

→埋める期間が短い

\* 気温が低い

→微生物などの分解者の活動の低下

分解は好気性微生物の活動により起きる

この好気性微生物は気温が $30^{\circ}C$ 以上になると活性化する

これより、気温が高い状態で実験を行えば約15日で完全に分解されたと推測できるが、

今回は実験期間が冬になってしまい、気温が低い悪状況だったので、分解しきらなかったと考察できる。

## 7. 結論

カゼインプラスチックを土に埋めると、少しだけ分解された

もっと期間を長くして、気温が高い状態だったら、完全に分解されていたかもしれない

また、作る温度によって自然分解の速さの変化は見られなかった

## 8. 参考文献

[カゼインプラスチック](#)

[Make Plastic From Milk - A Bioplastics STEM Project For Kids](#)

[カゼインプラスチックってすごい!](#)



[生分解性プラスチックとは？ | NHK for School](#)

[α-カゼイン\(90-95\) | 83471-50-5](#)

# バナナ由来タンニンによる抗菌剤の開発

## The Development of Antibacterial Agent by Banana

神奈川県立厚木高等学校 2年D組 9班 β

### 1. 背景

バナナは、日本国内1世帯あたりで最も多く消費されている果物 (18, 448 g) である (総務省統計, 2018 年時点)。バナナを消費する際、必ずバナナの皮のゴミがでる。バナナの皮は生ゴミとして焼却処分される場合があるが、焼却による二酸化炭素排出は、地球温暖化の助長につながる。また、消費者の高いニーズに合わせ、見た目や統一感の観点から、規格外として輸出用バナナが大量廃棄されている現状もある。特に、バナナが果物年間消費量1位の日本において、バナナのフードロス問題は深刻である。バナナの皮を料理の材料やバイオ燃料として利用する動きも見られる中、さらにバナナの皮の活路を見出すことで、地球温暖化、フードロス問題のより迅速な解決につながると考えられる。

バナナの皮には様々な成分が含まれているが、そのうちの1つに「タンニン」がある。「タンニン」はフラボノイド系ポリフェノールの一種で、渋み成分であり、抗菌効果などの多くの効果がある。「タンニン」の抗菌効果は既に証明されており、バナナの皮の活路として抗菌効果に着目することは、有意義であると思われる。

### 2. 目的

今回の研究では、バナナの皮に含まれるタンニンの抗菌効果に着目し、タンニンの抗菌効果を利用した、バナナの皮からの新規抗菌剤の開発を図る。さらに、抗菌剤という新たなバナナの皮の活路を見出すことで、地球温暖化やバナナにおけるフードロス問題のより迅速な解決を図る。

### 3. 仮説

#### (1) 根拠となる先行研究・原理等

##### バナナ

バショウ科バショウ属のうち、果実を食用とする品種群の総称。多年生植物。熱帯から亜熱帯で栽培されるトロピカルフルーツ。

可食部と皮から構成されており、皮は全体のサイズにもよるが、おおよそ40%を占める。

## バナナ (熟度)

バナナは、生長するに従って色の変化とともに熟していく。  
バナナの熟度は8段階の指標に分類される (図1参照)。



図1 熟度分類表

緑色のバナナの段階では、固くて甘くない。タンニンの渋みにより害虫が寄り付かなくなっていることが特徴で、食品安全面から、緑色の状態のバナナのみ輸出入が認められている。

(熟度分類表に従うと、オールグリーンからハーフイエローの間である。)

↓

バナナの皮には、緑色のクロロフィルと黄色のカロテノイドの色素がある。生長するに従い、分解の早い色素クロロフィルが先に少なくなり、緑色から黄色に変化していく。

↓

黄色のバナナの状態から店頭に売り出されるようになる。甘い。

(グリーンチップからフルイエローの間である。)

↓

呼吸により酸素を吸収し、酸化酵素のはたらきでタンニンが酸化することで、次第にタンニンがデンプンや糖に変化していく。色も茶色に変わり、皮に茶色の斑点 (シュガースポット) が出現する。これをブラウニングという。

↓

茶色を含むバナナは、完全に熟しており、深い甘みが特徴である。

(スターからダブルの間である。)

## バナナ (皮に含まれる成分)

タンニン、カリウム、マグネシウム、ビタミンA・B6・B12・C、クロロフィル、カロテノイド など

## タンニン

植物界に広く存在するフラボノイド系ポリフェノールの一種。植物の苦みや渋み、色の成分であり、4000種以上存在する。バナナの皮だけでなく、茶葉、ワイン、渋柿、栗の渋皮などにも含まれる。タンパク質、塩基性物質、金属などと反応し、沈殿を生じる化合物である。

加水分解型タンニンと縮合型タンニンに大別されるが、バナナの皮の内側の白い部分には、カテキンやフラボノイドが複数個結合し、水に溶けにくい、縮合型タンニンが含まれる。

※以下の論文は、タンニンについて分析している。

タンニンに関する最近の研究

(九州大学 薬学部 西岡五夫, 薬学雑誌, 1983年2月25日 103巻 2号 pp. 125-142)

### タンニン(効能)

収れん作用 (組織や血管を縮める作用。化粧品原料に応用されている。)

抗酸化作用 (酸化を抑える作用。健康食品に応用されている。)

防腐効果 (皮革なめしに応用されている。)

防虫効果 (塗料に応用されている。)

抗菌効果

※以下の論文は、タンニンの化学構造的多様性とその機能について概説している。タンニンの生理活性に、抗酸化作用、抗腫瘍作用、抗菌作用があることを示唆しており、タンニンに抗菌効果があることが確認された。

天然ポリフェノールの構造と機能: タンニンを中心として

(岡山大学 薬学部 古田隆志, ファルマシア, 2000年12月1日 36巻 12号 pp. 1044-1048)

### 抗菌

広義で、微生物細胞(カビは対象外である。)を殺菌・除菌・滅菌・静菌・増殖阻害する状態。微生物細胞が増殖に適さない環境条件あるいは微生物細胞を殺滅する周辺環境(抗菌的環境)をつくることで、効果が発揮される。

### 抗菌(種類)

物理的抗菌

物理化学的抗菌

化学的抗菌 (抗菌剤は化学的抗菌に含まれる。)

### 抗菌剤

一部の化合物などの抗菌効果を利用する。特定あるいは広範に作用するものがある。

最適条件(温度、pHなど)がある。

※以下の論文は、抗菌及び抗菌剤について詳しく説明している。

抗菌剤の特性と抗菌メカニズム

(ヤマザキ学園大学 動物看護学部 石田恒雄, マテリアルライフ学会誌, 2011年2月28日 23巻 1号 pp. 21-32)

## (2) 仮説

今回の研究では、バナナの皮の内側の白い部分に含まれるタンニン量と抗菌効果を調査する。特に、熟度に着目し、熟度ごとのタンニン量と抗菌効果を調査し、熟度によるタンニン量と抗菌効果の差異を検証する。新規抗菌剤開発を目的とする中でタンニン量の調査を行うのは、タンニン量が明らかな方が、収率等、実用化に向けスムーズに動き出すことが可能であると考えたためである。

まず、熟度ごとのタンニン量について、熟していくに従ってタンニン量は減少していくと考えられる。緑色のバナナは害虫から身を守るため渋み成分タンニンを多く含んでおり、甘く熟していくと最終的にタンニンは酸化してシュガースポットに変化することから、タンニン量は一律減少していくと予想した。

次に、熟度ごとのタンニンの抗菌効果について、既にタンニン自体の抗菌効果は先行研究で確認されていることから、全グループの、バナナの皮の内側の白い部分に含まれるタンニンにも同様に抗菌効果があると考えられる。そして、熟していくに従って、抗菌効果は薄まっていくものと思われる。追熟過程で、タンニンの多くはシュガースポット等の異なる成分へと最終的に変化していく。変化していくにつれて、抗菌効果をはじめとするタンニンに備わっている効能が次第に薄まると予想され、タンニンとして抽出されたとしても、効能の薄いタンニンの確率がだんだんと高まるであろう追熟過程の後半では、全体としての抗菌効果が薄くなると考えられる。

## 4. 方法

### (1) 概要

- 実験1 バナナの皮からのタンニンの抽出 (確認)  
実験2 熟度ごとの、バナナの皮のタンニン量の調査  
実験3 熟度ごとの、バナナの皮のタンニンの抗菌効果の調査

### (2) 実験材料

#### 実験1

##### 〈はぎ取り〉

バナナの皮の内側の白い部分 50 g (どのグループのバナナでも良い。)

※今回は、コストコ 座間倉庫店で購入したデルモンテのバナナを使用した。今回の実験では、緑色のバナナから茶色を含むバナナ、様々な熟度のバナナを用意する必要があったが、コストコでは緑色のバナナも販売している。

※バナナの皮の内側の白い部分50 gは、今回の実験で使用したデルモンテのバナナであると、おおよそ2本分に相当する(個体差はある)。

バターナイフ、まな板、電子天秤 1台

##### 〈抽出〉

メタノール 150 g, リン酸二カリウム 3.0 g, 純水 35 g

ビーカー200 ml 1個, ミキサー, ろ紙, ペットボトルの先端, ビーカー500 ml 1個, 葉さじ 1本,

メスシリンダー 1個, ビーカー100 ml 1個, ガラス棒 1本, 電子天秤 1台

##### 〈タンニンであるかの確認〉

塩化第二鉄 適量, 純水 適量

葉さじ 1本, 駒込ビペット10 ml 1本, 遠心分離専用のプラスチック容器 4個,

遠心分離機 (400×10 rpm) 1台

実験2 (AからD, 全グループ同じ実験材料を用いて実験を行った。)

##### 〈はぎ取り〉

バナナの皮の内側の白い部分 50 g

※今回は、コストコ 座間倉庫店で購入したデルモンテのバナナを使用した。今回の実験では、緑色のバナナから茶色を含むバナナ、様々な熟度のバナナを用意する必要があったが、コストコでは緑色のバナナも販売している。

※バナナの皮の内側の白い部分50 gは、今回の実験で使用したデルモンテのバナナであると、おおよそ2本分に相当する(個体差はある)。

バターナイフ、まな板、電子天秤 1台

##### 〈抽出〉

メタノール 150 g, リン酸二カリウム 3.0 g, 純水 35 g

ビーカー200 ml 1個, ミキサー, ろ紙, ペットボトルの先端, ビーカー500 ml 1個, 葉さじ 1本,

メスシリンダー 1個, ビーカー100 ml 1個, ガラス棒 1本, 電子天秤 1台

##### 〈タンニンであるかの確認〉

塩化第二鉄 適量, 純水 適量

葉さじ 1本, 駒込ビペット10 ml 1本, 遠心分離専用のプラスチック容器 4個,

遠心分離機 (400×10 rpm) 1台

##### 〈タンニン量の測定〉

石灰水 20 ml, 抽出したタンニン 0.3 g

ビーカー100 ml 1個, 葉さじ 1本, 電子天秤 1台



実験3 (AからD, 全グループ同じ実験材料を用いて実験を行った。)

〈はぎ取り〉

バナナの皮の内側の白い部分 50 g

※今回は、コストコ 座間倉庫店で購入したデルモンテのバナナを使用した。今回の実験では、緑色のバナナから茶色を含むバナナ、様々な熟度のバナナを用意する必要があったが、コストコでは緑色のバナナも販売している。

※バナナの皮の内側の白い部分50 gは、今回の実験で使ったデルモンテのバナナであると、おおよそ2本分に相当する(個体差はある)。

バターナイフ、まな板、電子天秤 1台

〈抽出〉

メタノール 150 g, リン酸二カリウム 3.0 g, 純水 35 g

ビーカー 200 ml 1個, ミキサー, ろ紙, ペットボトルの先端, ビーカー 500 ml 1個, 薬さじ 1本,

メスシリンダー 1個, ビーカー 100 ml 1個, ガラス棒 1本, 電子天秤 1台

〈タンニンであるかの確認〉

塩化第二鉄 適量, 純水 適量

薬さじ 1本, 駒込ビペット10 ml 1本, 遠心分離専用のプラスチック容器 4個,

遠心分離機 (400×10 rpm) 1台

〈寒天培地の作成〉 ※全グループ共通

純水 250 g, 寒天粉末 9.75 g, 純水 適量

メスシリンダー 1個, 薬さじ 1本, ガラス棒 1本, 三角フラスコ 1個, オートクレーブ 1台,

アルミホイル 適量

〈抗菌効果〉

純水 適量

クリーンベンチ 1台, 滅菌シャーレ 2皿, 薬さじ 1本, ビーカー 10 ml 2個,

ペーパーディスク 4個, ピンセット 2本, ビーカー 500 ml 1個, 駒込ビペット10 ml 1本,

電気低温乾燥機 (25.0°C) 1台

### (3) 方法

#### 実験1

〈はぎ取り〉

バナナの皮の内側の白い部分を、スプーン・フォーク・バターナイフで、40 gはぎ取る

バナナの皮の内側の白い部分を、バターナイフで、50 gはぎ取った (図2参照)。

\* 〈はぎ取り〉に使用する器具について、金属製のバターナイフが、最も効率よく1本のバナナからたくさんの量をはぎ取ることができた。平たい板状の構造により、深くまではぎ取ることができるようだ。

\* はぎ取る量は、今回の研究で使ったデルモンテのバナナであると、50 gでバナナ2本分に匹敵した(個体差はある)。



図2 バナナの皮の内側の白い部分をはぎ取った様子

↓  
〈抽出〉

はぎ取ったバナナの皮の内側の白い部分40 gを、有機溶媒として3〜4倍量のメタノールで、ホモジナイザーでホモジナイズする。

はぎ取ったバナナの皮の内側の白い部分50 gを、有機溶媒として3倍量のメタノール(150 g)で、ミキサーでホモジナイズした。

- \*メタノールの量にも限りがあり、3倍量で十分な結果が保障されたため、3倍量に統一した。
- \*学校にホモジナイザーがないため、ミキサーで代用した。

↓  
ろ紙でろ過し、不要物を取り除く。

ろ紙で、ペットボトルの先端を用いて、ろ過し、不要物を取り除いた(図3参照)。

- \*ガラス器具の処理は少し手間がかかるため、できるだけ使用を控えるために、化学実験室にあったペットボトルの先端を代用した。学校側もガラス製のろうとではなく、ペットボトルの先端の使用を推奨していた。



図3 ろ過の様子

- ※以下の論文を参考に、ここまでの方法を組み立てた。

いくつかの若い果実からの凝縮タンニンの簡便かつ迅速な精製方法

(鹿児島大学 農学部 Tomoaki Matsuo Saburo Ito,

Agricultural and Biological Chemistry, 1981年 45巻 8号 pp. 1885-1887)

↓  
得られたろ液に、沈殿しなくなるまで、リン酸二カリウムを添加する。

リン酸二カリウム3.0 gを純水35 gに溶かし、その水溶液をろ液に追加し、ガラス棒で混ぜ、沈殿させた(図4参照)。

- \*精度を高めるために複数回実験1の試行を行ったが、一度、今までの実験の様子とははるかに異なる、莫大な量の沈殿物がこの手順で収集された。一つの可能性として、沈殿しなくなるまでというあいまいな方法を設定したことで、今までの実験より必要以上の量のリン酸二カリウムを加えてしまい、白色の沈殿物と、反応せず沈殿した同じ白色のリン酸二カリウムが混ざってしまったことが考えられる。以降、リン酸二カリウムが水溶性であることを利用し、事前にリン酸二カリウムを純水に溶かす手順を加えたことで、莫大な量の沈殿物の収集及び白色の沈殿物との混合の再発は防止できた。
- また、リン酸二カリウムの質量は、それまでの実験を踏まえ、3.0 gとした。少し多すぎる量と思われるが、純水に溶かしており、余分のリン酸二カリウムが混合することはない。

※純水の質量について、リン酸二カリウムが全て溶ければ純水の量は問題ないとのことだったので、飽和水溶液でないかもしれないが、完全に溶けた35 gとした。純水の質量はメスシリンダーで測定した。

※以下の論文は、タンニンを含むメタノール溶液からリン酸二カリウムの添加によりタンニンが白く沈殿することを示している。

いくつかの若い果物からの凝縮タンニンの比較研究

(鹿児島大学 農学部 松尾友明 伊藤三郎, 日本園芸学会誌, 1981年 50巻

問題2ページ pp. 262-269)



図4 リン酸二カリウム水溶液をろ液に加えた様子

↓  
(タンニンであるかの確認)

ろ紙でろ過し、塩化第二鉄を滴下することで色が変わるかを確認する。

沈殿が生じた液体が濁るまで、塩化第二鉄を添加した (図5参照)。



図5 沈殿が生じた液体に塩化第二鉄を添加した様子

↓

遠心分離専用のプラスチック容器4個に、均等に、沈殿が生じた液体を分配した。



I  
5分間、遠心分離 (400×10 rpm) し、上澄み液及び沈殿物とに分離させた (図6参照)。



図6 遠心分離の様子

I  
上澄み液を取り除いた。

I  
純水を加えて沈殿物と混ぜ、不要物及び余分な塩化第二鉄を洗い取った。

I  
5分間、遠心分離 (400×10 rpm) し、上澄み液及び沈殿物とに分離させた (図6参照)。

I  
上澄み液を取り除いた。

I  
沈殿物の色の変化を観察した。

\* 沈殿物の粒子の大きさがとても小さく、ろ過は不可能であったため、先行研究の調査や先生方のご協力も得て、遠心分離を行う手順に組み立て直した。沈殿物 (縮合型タンニン) は水に溶けにくい性質がある。

\* 遠心分離については、今回の研究で、5分 (400×10 rpm) で十分であることが保障された。

※タンニンに塩化第二鉄を加えると、種類によって、タンニンが緑色から黒紫色に変化する、フェノール類の呈色反応が生じる。よって、沈殿物がフェノール類の呈色反応を示していることが確認されれば、タンニンが抽出されたことになる。

## 実験2

既存の熟度分類表を、さらに大まかに4つに分けて表の上からA, B, C, Dグループと名づけた独自の指標 (図7参照) を基に、目視で、デルモンテのパナナをAからDの4つのグループに分類した。



図7 パナナの熟度のグループ分けの独自の指標

↓

(これ以降、AからD、全グループ同じ方法で実験を行った。)

実験1と同様にタンニンの抽出を行った。

### 〈はぎ取り〉

バナナの皮の内側の白い部分を、バターナイフで、50 gはぎ取った (図8参照)。



図8 バナナの皮の内側の白い部分をはぎ取った様子 (再掲)

↓

### 〈抽出〉

はぎ取ったバナナの皮の内側の白い部分50 gを、有機溶媒として3倍量のメタノール (150 g) で、ミキサーでホモジナイズした。



↓  
ろ紙で、ペットボトルの先端を用いて、ろ過し、不要物を取り除いた (図9参照)。



図9 ろ過の様子 (再掲)

↓  
リン酸二カリウム3.0 gを純水35 gに溶かし、その水溶液をろ液に追加し、ガラス棒で混ぜ、沈殿させた (図10参照)。



図10 リン酸二カリウム水溶液をろ液に加えた様子 (再掲)

↓  
《タンニンであるかの確認》  
沈殿が生じた液体が濁るまで、塩化第二鉄を添加した (図11参照)。



図11 沈殿が生じた液体に塩化第二鉄を添加した様子 (再掲)

↓  
遠心分離専用のプラスチック容器4個に、均等に、沈殿が生じた液体を分配した。

I

5分間、遠心分離 (400×10 rpm) し、上澄み液及び沈殿物とに分離させた (図12参照)。



図12 遠心分離の様子 (再掲)

I

上澄み液を取り除いた。

I

純水を加えて沈殿物と混ぜ、不要物及び余分な塩化第二鉄を洗い取った。

I

5分間遠心分離 (400×10 rpm) し、上澄み液及び沈殿物とに分離させた (図12参照)。

I

上澄み液を取り除いた。

I

沈殿物の色の変化を観察した。

↓

#### 〈タンニン量の測定〉

遠心分離専用のプラスチック容器の質量と遠心分離専用のプラスチック容器に抽出したタンニンが含まれている状態の質量を電子天秤でそれぞれ測定し、その差からタンニン量を計算し、全グループ比較する。

石灰水20 mlに、抽出したタンニンを0.3 g入れた。

I

沈殿の様子を観察、全グループ相対的に比較し、目視で、タンニン量が多いか少ないかを判断した。

- \* 先行研究の更なる調査や川村通商株式会社へのお問い合わせなどにより、タンニン含有量を正確な数値 (g) として出すためには、非常に複雑な方法を用いなければならないことが判明した。当初予定していた抽出直後のタンニン量の測定は、データとして正確ではなく、また、学校での限られた期間での研究で複雑な方法を用いることは、他の実験との両立が難しく、非現実的であると判断した。そこで、川村通商株式会社から教えていただいた、石灰水にタンニンを加えると沈殿が生じるという性質を利用することとした。含有量を数値としては出せないが、沈殿の様子を観察し相対的に比較することで、含有量が多いか少ないかある程度判断できると考えた。実際、目視で確認できるほど各グループに明確な違いが生じたため、この石灰水を用いる方法を採用し、結果に結びつけることとした。

※タンニンとは、金属塩と反応し沈殿しやすい性質を持っている。今回の場合は、石灰水に含まれるカルシウムと反応し沈殿が生じる。

※以下の論文は、正確なタンニン量を数値 (g) で出すために用いる方法でタンニン量を測定している研究である。今後の参考になればと思う。

水不溶性の柿 (カキ) 成分乾燥粉末中の縮合型タンニン含有量測定法

(岐阜県産業技術センター 専門研究員 横山慎一郎

石川県立大学 生物資源環境学部食品科学科准教授 松本健司、

食品中の健康機能性成分の分析法マニュアル, 2012年1月27日

4.「柑橘加工品、フルーツ等に含まれる機能成分定量法」)

カキ葉、ガク、幼果に含まれるポリフェノールの経時的変化

(鹿児島大学 農学部 松尾友明 川添裕子 伊藤三郎、鹿児島大学農学部学術報告、

1981年3月 31号 pp. 1-9)

### 実験3

実験2と同様に、デルモンテのバナナの分類及びタンニンの抽出を行った。

既存の熟度分類表を、さらに大まかに4つに分けて表の上からA, B, C, Dグループと名づけた独自の指標 (図13参照) を基に、目視で、デルモンテのバナナをAからDの4つのグループに分類した。



図13 バナナの熟度のグループ分けの独自の指標 (再掲)

↓

〈はぎ取り〉

(AからD, 全グループ同じ方法で実験を行った。)

バナナの皮の内側の白い部分をはぎ取り、50 gをはぎ取った (図14参照)。



図14 バナナの皮の内側の白い部分をはぎ取った様子 (再掲)

↓  
〈抽出〉

(AからD, 全グループ同じ方法で実験を行った。)

はぎ取ったバナナの皮の内側の白い部分50 gを、有機溶媒として3倍量のメタノール (150 g) で、ミキサーでホモジナイズした。

↓  
ろ紙で、ペットボトルの先端を用いて、ろ過し、不要物を取り除いた (図15参照)。



図15 ろ過の様子 (再掲)

↓  
リン酸二カリウム3.0 gを純水35 gに溶かし、その水溶液をろ液に追加し、ガラス棒で混ぜ、沈殿させた (図16参照)。



図16 リン酸二カリウム水溶液をろ液に加えた様子 (再掲)

↓  
〈タンニンであるかの確認〉

(AからD, 全グループ同じ方法で実験を行った。)

沈殿が生じた液体が濁るまで、塩化第二鉄を添加した (図17参照)。



図17 沈殿が生じた液体に塩化第二鉄を添加した様子 (再掲)



↓  
遠心分離専用のプラスチック容器4個に、均等に、沈殿が生じた液体を分配した。

↓  
5分間、遠心分離 (400×10 rpm) し、上澄み液及び沈殿物とに分離させた (図18参照)。



図18 遠心分離の様子 (再掲)

↓  
上澄み液を取り除いた。

↓  
純水を加えて沈殿物と混ぜ、不要物及び余分な塩化第二鉄を洗い取った。

↓  
5分間遠心分離 (400×10 rpm) し、上澄み液及び沈殿物とに分離させた (図18参照)。

↓  
上澄み液を取り除いた。

↓  
沈殿物の色の変化を観察した。

↓  
〈寒天培地の作成〉  
電気低温乾燥機でシャーレを180℃、3時間で滅菌する。  
省略した。

\*プラスチック製の滅菌シャーレが用意できたため、電気低温乾燥機でのシャーレの滅菌は省略し、滅菌シャーレをそのまま使用した。

↓  
純水250 g、寒天粉末9.75 gを三角フラスコに入れて、ガラス棒でよく混ぜ合わせた。

↓  
アルミホイルで蓋をし、オートクレーブで15分、121℃で滅菌する。  
オートクレーブに、底にあるステンレス製の円盤が浸る程度の純水を入れた。

↓  
三角フラスコにアルミホイルで蓋をし、オートクレーブ内のカゴに入れた。

↓  
オートクレーブのフタをしっかりと閉め、コース1に設定した。



I

スタートさせ、寒天を滅菌した。

I

滅菌終了後、オートクレーブ内のカゴから三角フラスコを取り出した。

\* 研究計画書の提出時点では、詳細が分からず、あいまいな方法の記載となっていていた。実験を進めていく中で、先生方やSS研の方のご協力もあり、今回の抗菌効果の実験方法を確立することができた。来年度以降に引き継ぐためにも、詳細に手順を記載した。

↓

〈抗菌効果〉

(これ以降の手順は、AからD、全グループ同様に行い、全てクリーンベンチ内で行った。)

3皿のシャーレに、滅菌した寒天を均等に分ける。

2皿の滅菌シャーレに、滅菌した寒天を均等に分けた。

\* 研究計画書の提出時点では詳細が分からず、それぞれのグループで3皿のシャーレを用いて対照実験を行うことにしていた。しかし、先生方やSS研の方のご協力もあり、それぞれのグループ2皿の滅菌シャーレで実験3及び対照実験を実施することができた。実験材料も限られた中であったため、効率的に実験を行うことができた。

↓

寒天が固まるまで放置した。

↓

3皿のシャーレのうち2皿に、寒天に指を触れることで菌を付着させる。さらに、菌を付着させた2皿のうち1皿にはタンニン抽出物を入れる。1時間ほど放置したのち、蓋をし、カラーボックスに入れ、5日間変化の様子を観察する。

抽出したタンニンをビーカー10 mlに移し、純水と混ぜた。

I

ペーパーディスク2個を、前の手順の純水にタンニンを混ぜた液体に浸し、しみこませた。

I

ペーパーディスク2個を、純水に浸し、しみこませた。

I

純水にタンニンを混ぜた液体に浸したペーパーディスクと純水のみ浸したペーパーディスクを、それぞれ1つずつ1皿の滅菌シャーレに、ピンセットを用いて、ある程度距離をおいて置いた(図19参照)。(図19の状態のものを計2皿作成する。)



図19 寒天培地の作成

左側が純水のみ浸したペーパーディスクである。

I

2皿のうち1皿に、菌を付着させた(\*)。もう1皿には、全体に純水を薄くかけた。

(\*) 菌の付着のさせ方

ビーカー500 mlに純水を適量入れた。

I

その中で手を洗い、手に付いている菌を純水に含ませた。

I

菌に含ませた純水を、菌を付着させる方の滅菌シャーレ全体に駒込ピペット10 mlで薄くかけて、菌を付着させた。

I

滅菌シャーレ2皿に蓋をし、逆さにして、電気低温乾燥機(25.0℃)に入れた。

I

1週間後の寒天培地の様子を観察した。

\*研究計画書の提出時点では、詳細が分からず、あいまいな方法の記載となってしまうていた。実験を進めていく中で、先生方やSS研の方のご協力もあり、今回の抗菌効果の実験方法を確立することができた。来年度以降に引き継ぐためにも、詳細に手順を記載した。

\*菌の付着のさせ方について、当初は寒天に指で触れて菌を付着させることにしていた。しかし、その方法であると寒天全体にまんべんなく菌を付着させることが困難であるため、代わりに純水に菌を含ませて寒天全体に薄くかけることで、菌が全体に行き届くようにした。

\*研究計画書では、カラーボックスにシャーレを保管することになっていたが、温度の変化が影響し対照実験とならないため、電気低温乾燥機(25.0℃)に入れ、温度の変化の影響を受けないようにした。

\*5日間継続して様子を観察することは、時間の都合上非常に困難であり、抗菌効果の差異の調査であれば途中経過は結果にあまり大きく影響しないと判断し、1週間後の様子を観察することにした。

※〈寒天培地の作成〉と〈抗菌効果〉の手順については、以下の研究レポートも参考にした。

天然由来の農薬の開発

(神奈川県立厚木高等学校 2年G組 9班, 研究活動記録2年G組, 令和3年度 pp. 49-56)

## 5. 結果

実験1 複数回の試行を経て、抽出を実施した。

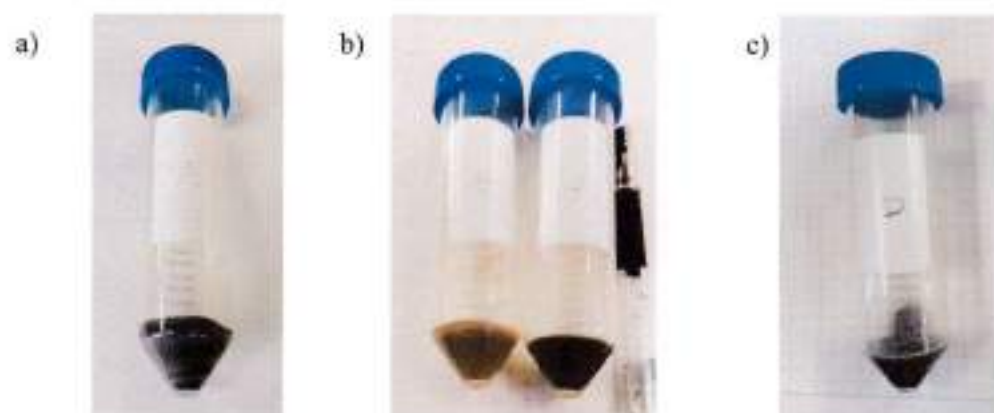


図20 沈殿物の色の変化の様子

a) はAグループ, b) は左からBグループとCグループ, c) はDグループである。

それぞれ, Aグループは薄い灰緑色, Bグループは灰色, CグループとDグループは灰緑色となった。

先行研究の調査や川村通商株式会社へのお問い合わせにより, 全グループフェノール類の呈色反応を示していることが確認され, よって全グループタンニンが抽出された。

実験2 1度の試行を経て, 2度調査を行った。

《1度目》



図21 石灰水にタンニンを入れた様子 (1度目)

左からA, B, C, Dグループである。

《2度目》

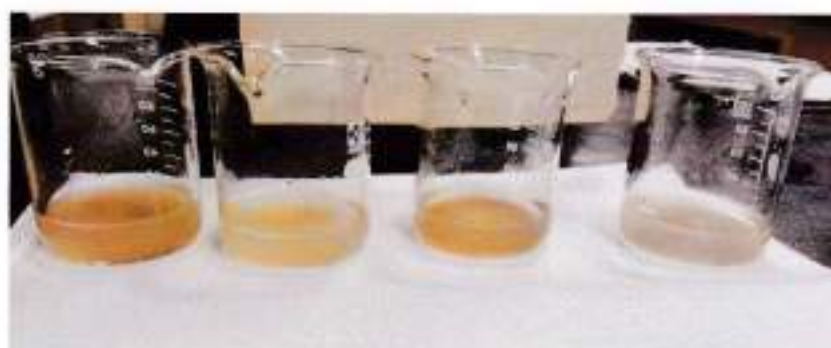


図22 石灰水にタンニンを入れた様子 (2度目)

左からA, B, C, Dグループである。



1度目も2度目も、石灰水を加えると全グループ赤褐色の沈殿が生じた。また、1度目も2度目も、各グループで明確な違いが生じ、赤褐色の沈殿の濃さを相対的に比較したところ、濃い順にAグループ、Cグループ、Dグループ、Bグループとなった。したがって、タンニン含有量はAグループ、Cグループ、Dグループ、Bグループの順で多い。

※前回の中間研究レポートでは、当初予定していた方法の、遠心分離専用のプラスチック容器と遠心分離専用のプラスチック容器に抽出したタンニンが含まれている状態の質量を電子天秤で測定し、その差からタンニン量 (g) を計算することで、実験2の結果としていた。しかし、中間研究レポートのタンニン量 (g) は正確なデータとは言えず、結果として不十分であった。

実験3 2度調査を行った。

《1度目》

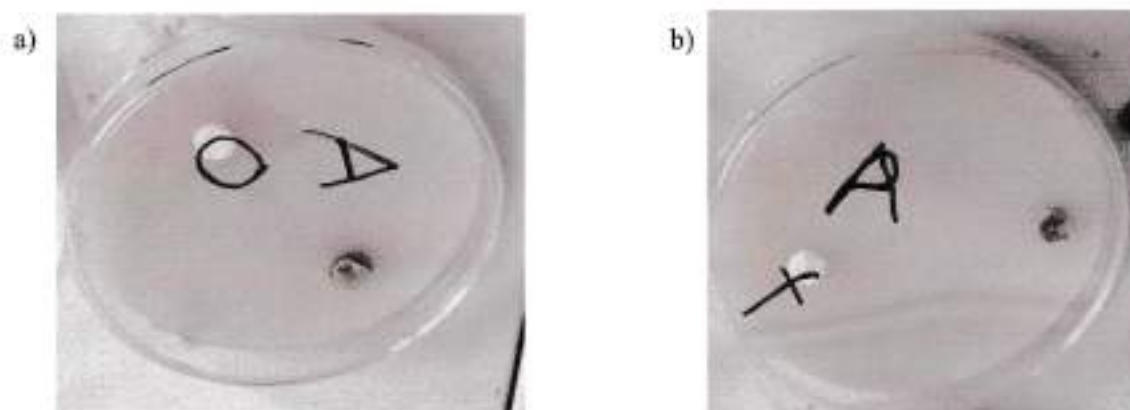


図23 寒天培地の様子 (Aグループ) (1度目)

a) は菌を付着させており、b) は菌を付着させていない。

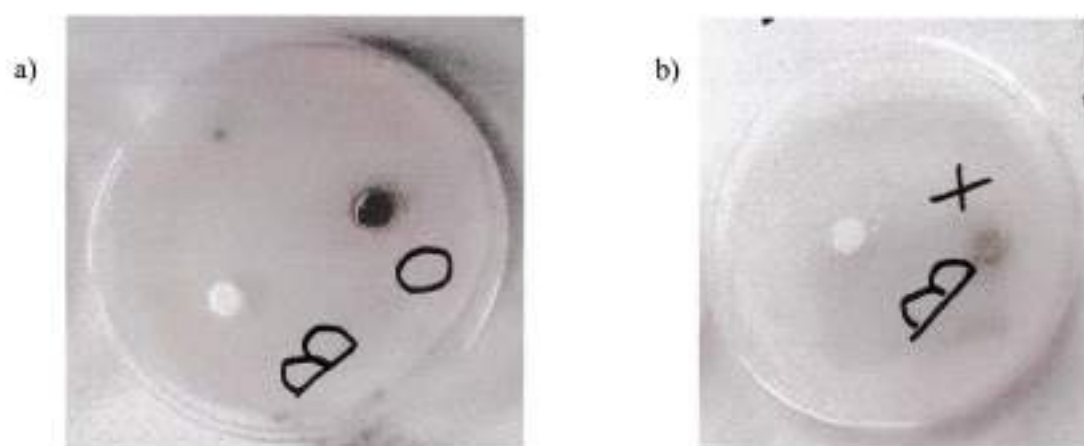


図24 寒天培地の様子 (Bグループ) (1度目)

a) は菌を付着させており、b) は菌を付着させていない。

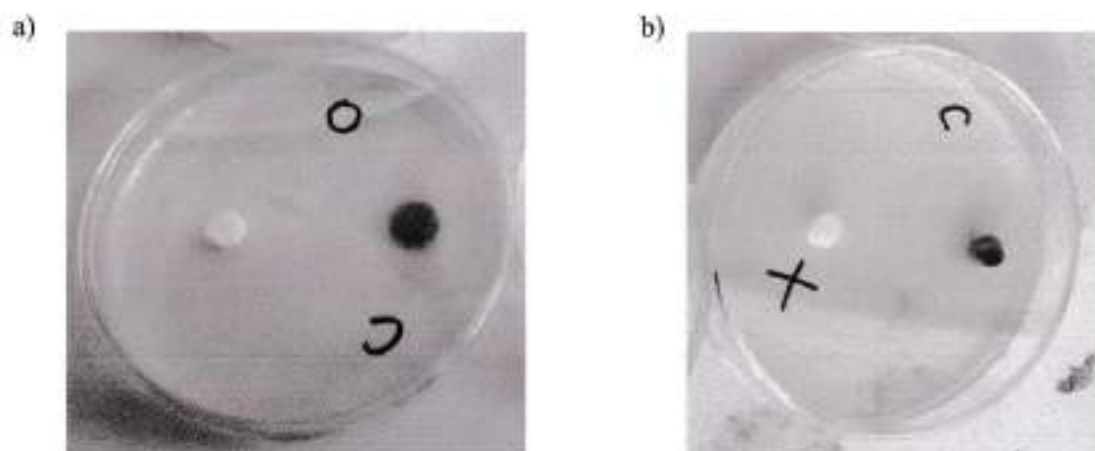


図25 寒天培地の様子 (Cグループ) (1回目)

a) は菌を付着させており, b) は菌を付着させていない。

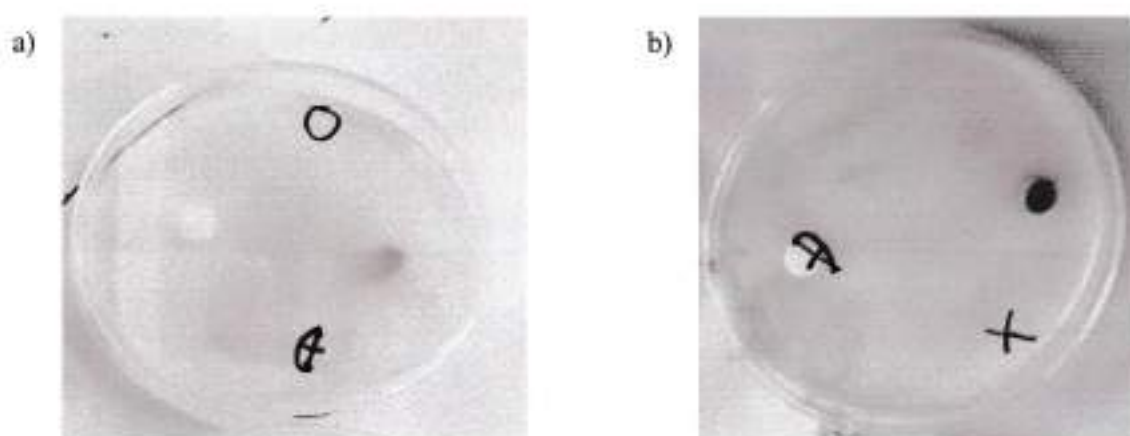


図26 寒天培地の様子 (Dグループ) (1回目)

a) は菌を付着させており, b) は菌を付着させていない。

全ての滅菌シャーレにおいて菌の発生が見られなかった。

その要因として、オスマン液で消毒した後の手で菌を付着させる作業を行ってしまい、オスマン液の消毒効果により、菌を付着させる時点で既に手に付いていた菌は全て死滅してしまっていたことが考えられる。クリーンベンチで作業する際、手指及び実験器具は全てオスマン液で消毒しなければならない。1度目の実験では、実験手順を誤り、クリーンベンチでの作業後に手に付いている菌を純水に含ませる手順を行ってしまった。クリーンベンチでの作業前に行わなければならない、今後の実験においても気を付けたいところである。



《2度目》

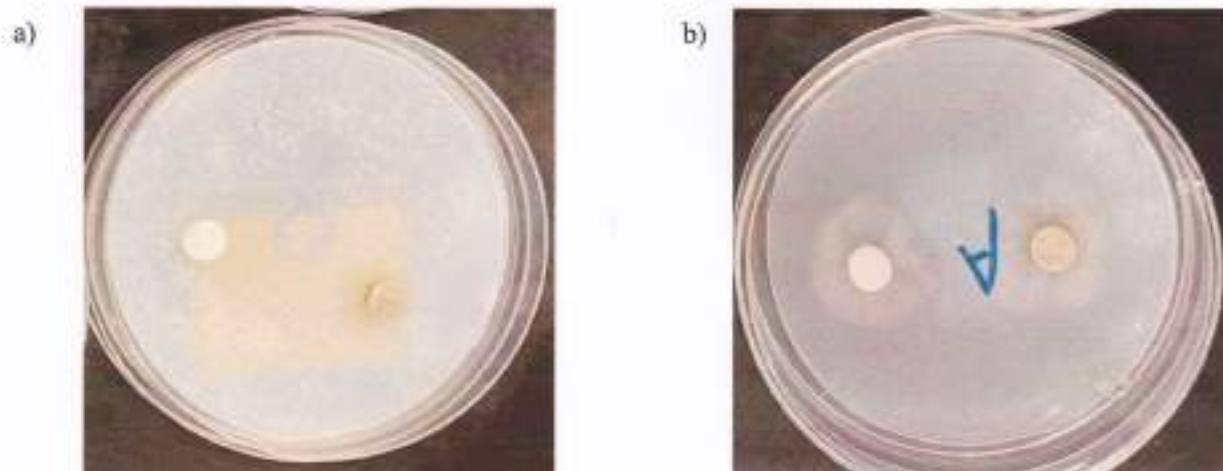


図27 寒天培地の様子 (Aグループ) (2度目)

a) は菌を付着させており, b) は菌を付着させていない。

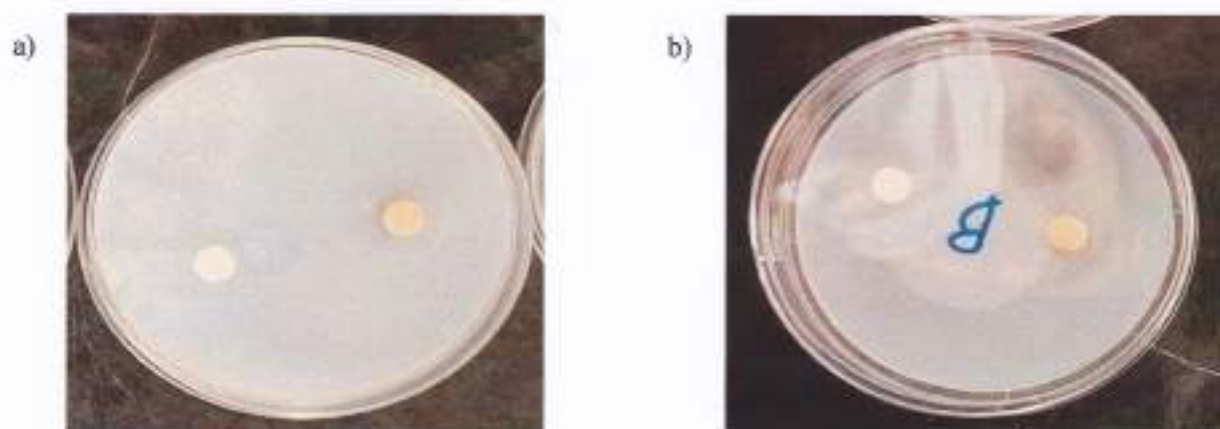


図28 寒天培地の様子 (Bグループ) (2度目)

a) は菌を付着させており, b) は菌を付着させていない。

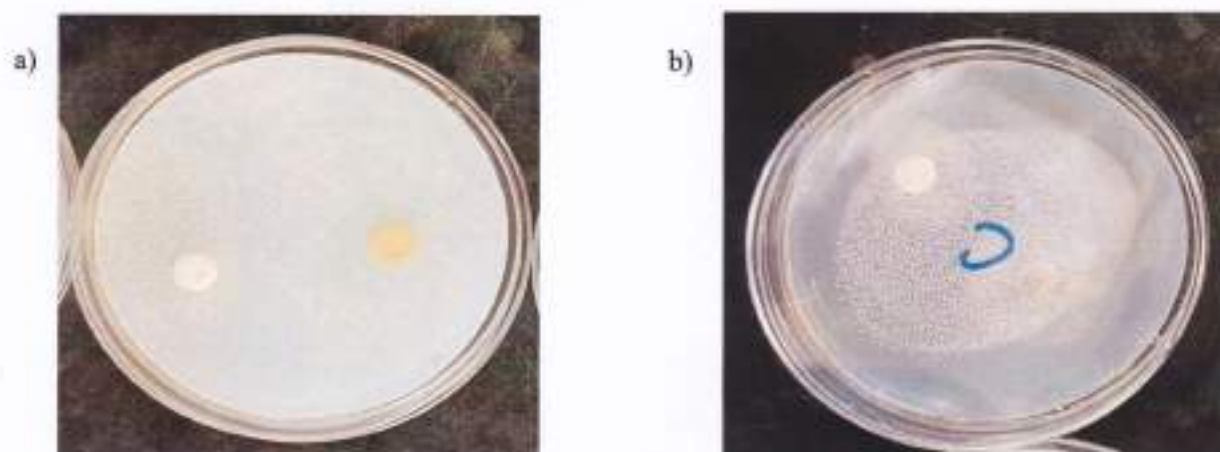


図29 寒天培地の様子 (Cグループ) (2度目)

a) は菌を付着させており, b) は菌を付着させていない。



図30 寒天培地の様子 (Dグループ) (2度目)

a) は菌を付着させており, b) は菌を付着させていない。

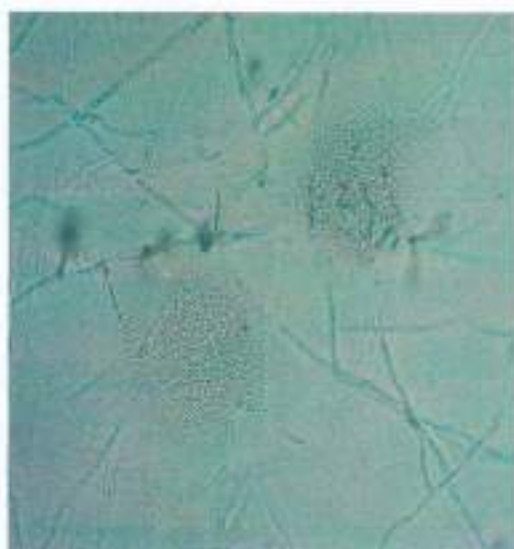


図31 増殖しているバクテリアの様子 (1000倍)

表1 グループごとの1週間後の寒天培地の菌の様子

グループ名	菌を付着させたか、 付着させていないか	1週間後の菌の様子 (タンニン側)	1週間後の菌の様子 (純水側)
Aグループ	菌を付着させた	増殖せず	増殖した
	菌を付着させていない	発生せず	発生せず
Bグループ	菌を付着させた	増殖せず	増殖した
	菌を付着させていない	発生せず	発生せず
Cグループ	菌を付着させた	増殖した	増殖した
	菌を付着させていない	発生せず	発生せず
Dグループ	菌を付着させた	増殖した	増殖した
	菌を付着させていない	発生せず	発生せず

※便宜上、純水にタンニンを混ぜた液体に浸したペーパーディスク周辺はタンニン側、純水のみに浸したペーパーディスクの周辺は純水側とする。

全グループの菌を付着させなかった滅菌シャーレについては、タンニン側、純水側、どちらにおいても菌の発生は全く見られなかった。

一方、菌を付着させた滅菌シャーレにおいては、非常に小さな水滴のような集まりが見られた。先生方のご協力もあり、その集まりは大腸菌などのバクテリアが増殖したものであることが確認され、この集まりの様子がグループによって異なっていた。Aグループでは、純水側でのみバクテリアが増殖し、タンニン側ではバクテリアの増殖は見られなかった。Bグループも、Aグループと同じく、純水側でのみバクテリアが増殖し、タンニン側ではバクテリアの増殖は見られなかった。しかし、Aグループと比較すると、タンニン側寄りでもバクテリアが増殖していた、すなわちバクテリアの増殖範囲が、純水側のペーパーディスクを中心としてAグループよりも広がった。CグループとDグループについては、タンニン側でも純水側でもバクテリアの増殖が確認された。

※図27～図30で見られる白いものについてはカビである。

※図27～図30では、菌の増殖具合の確認が非常に難しくなっている。今回は手に付いている菌を付着させたため、増殖したのは透明な集団を形成する大腸菌などのバクテリアであり、今回は目視での観察でバクテリアの発生の有無及び増殖具合を確認したが、実際近くで観察を行わないと判別は難しい。

※図31は、Aグループの菌を付着させた滅菌シャーレの純水側において見られた非常に小さな水滴のような集まりを、双眼実体顕微鏡で拡大観察したものである。図31のやや左斜め下とやや右斜め上に見られる透き通った集団が、増殖しているバクテリアである。これからも、非常に小さな水滴の集まりのようなものはバクテリアであることが分かる。

※表1は、2度目の実験結果を表にまとめたものである。

## 6. 考察

### 実験1

実験1の方法でタンニン抽出できると考えられる。

Bグループでのみ灰色の呈色反応を示したが、川村通商株式会社によると、タンニン量が少ないと呈色反応で灰色を示すとのことだった。Bグループの時期はタンニン量が少ないことが予想される。

### 実験2

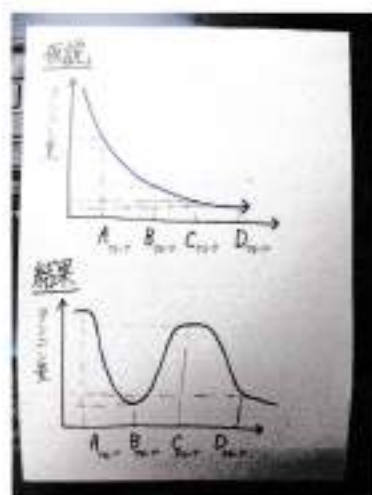


図32 追熟過程とタンニン量 (推測)

仮説では、熟していくに従ってタンニン含有量は減少していく、すなわちAグループ、Bグループ、Cグループ、Dグループの順でタンニン含有量は減少していくと予想していた。しかし結果としては、Aグループの含有量が最も多いが、その後一律減少せず、Cグループ、Dグループ、Bグループの順となった。

図32は、我々の仮説と実験2の結果をもとに、追熟過程に沿ったタンニン量の変化を我々で推測して作成したものである。

図32をもとに考察すると、まずAグループについては、まだ未熟の状態であり害虫などから身を守る必要があるため、渋み成分タンニンが最も多くなっていると考えられる。Aグループの時期がバナナの追熟過程において、最もタンニンの生産量が多い、生産ピークの時期に当たると思われる。次にDグループについて、シュガースポットの出現及び急激な増加の時期に当たり、タンニンの多くが酸化しデンプンや糖に変化することでシュガースポットとなるため、バナナの追熟過程の中でタンニン量は少ないと考えられる。シュガースポットがないCグループの時期から、タンニン量は大幅に減少すると思われる。Bグループは、緑色から黄色のバナナへと甘く熟していく時期であり、その変化過程で一時タンニン量は著しく減少し、追熟過程全体の中で最もタンニン量が少なくなると考えられる。その要因の一つとして、甘く熟していく中でAグループの時期の渋いタンニンから他の種類のタンニンに変化しており、タンニンの再編成のために一時タンニンでなくなっていることなどが挙げられる。そして、Cグループの時期に調整が入り、異なる種類のタンニンであるかは不明だが、最もタンニン量の多いAグループには及ばないまでも、再びタンニン量が一定の水準まで増加すると考えられる。

追熟過程とタンニン含有量には一定の関係性があると考えられる。



### 実験3

仮説では、全グループのタンニンには抗菌効果があり、追熟過程に沿って抗菌効果は薄まっていくとしていたが、実際はCグループとDグループのタンニンには抗菌効果が現れず、Aグループ、Bグループの順で抗菌効果が見られた。

Aグループについては、実験2よりタンニン量が最も多く、そして実験3より抗菌効果も確認された。まだ未熟で、これからさらに生長していく時期に当たり、病気やウイルス感染などに対する抵抗力を持っている必要があるため、抗菌効果があると考えられる。実験2の考察より、Aグループの時期は害虫などから身を守るためにタンニン量が最も多くなっていると思われ、実験2と実験3を総合して考えると、Aグループは全体の防御体制が最も強固な時期であると考えられる。野生のパナナは、緑色の状態からだんだんと甘く熟していき、最終的には動物に果実を食べてもらって種子を散布する。現在店頭で売られているパナナは種なしであるが、子孫繁栄の本質的な部分の名残があり、緑色の状態の時期は周辺環境に対する守りが強いのかかもしれない。

次にBグループについては、タンニン量が最も少なかった一方で、抗菌効果は確認された。Aグループに比べると抗菌効果は弱かったが、今回の実験3の方法であるとタンニン量の影響を受けてしまっている可能性もあり、Aグループよりタンニン量が圧倒的に少なかったBグループにおいて、抗菌効果が弱かったのはある意味当然の結果かもしれない。少なくとも、AグループからBグループの時期にかけて、含まれるタンニンの種類自体の変化などはないと思われる。

C、Dグループについては、仮説とは反し、抗菌効果が現れなかった。その要因の一つとして、B、Cグループ間で含まれるタンニンの種類自体が変わり、抗菌効果の非常に弱い種類のタンニンに変化したことなどが考えられる。しかし、C、Dグループ間でのバクテリアの増殖具合の差はあまり見受けられなかったため、C、Dグループ間での含まれるタンニンの種類自体の変化などは考えにくい。実験2で、Bグループの時期に一時大幅なタンニン量の減少があったが、C、Dグループの今回の結果がタンニンの種類自体の変化によるものだと仮定した場合、何かしら関係があるかもしれない。

### 7. 結論

熟度によって分類したA～Dの4つのグループ全てに、タンニンは含まれている。

また、Aグループの時期、すなわち出荷前後の緑色のパナナの時期が、最もタンニン量が多く、抗菌効果も強いことから、新規抗菌剤としての実用化に最も適しているのはAグループの時期のタンニンであると考えられる。

今後の課題として、まず、パナナの皮の内側の白い部分に含まれる縮合型タンニンの熟度ごとの詳細な分析を行う必要がある。新規抗菌剤開発に当たり、数多くある縮合型タンニンのうち具体的にどの種類の縮合型タンニンの抗菌効果を利用しているのか示す必要がある。各グループごとに詳細な分析が行えると、Bグループの時期の一時大幅なタンニン量の減少やグループごとの抗菌効果の有無の原因も解明できるかもしれない。また、新規抗菌剤の開発にあたり、今回の研究ではパナナの熟度に着目したが、温度やpHなどの最適条件を調査する必要もある。これらは来年度以降に引継ぎ、パナナの皮からの新規抗菌剤の開発を継続してもらいたい。

本研究の遂行にあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻をいただきました。

川村通商株式会社、パナナ大学、ドール・フード・カンパニーには、終始適切な助言を賜りご協力いただきました。本研究に不可欠な数多くのデータを提供していただき、本研究を無事に形にすることができました。ここに感謝の意を表します。

本当にありがとうございました。



## 8. 参考文献

川村通商株式会社

<https://www.kawamura-net.co.jp/>

バナナ大学-バナナの情報総合サイト-

<https://www.banana.co.jp/>

DOLE | バナナはドール

<https://dolesunshine.com/jp/ja/>

家計消費状況調査

(総務省統計局)

<https://www.stat.go.jp/data/joukyou/index.html>

廃棄される輸入バナナ“完璧”から生まれる食品ロス

(長野幸代, NHK, 2022年10月21日)

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20221021/k10013865621000.html>

実は栄養たっぷり!?「バナナの皮」の効果効能&食べ方

(charlotte 竹内弘久, macaroni, 2021年6月10日)

<https://macaro-ni.jp/20810>

バナナの皮をバイオ燃料に。廃棄物利用で脱炭素社会を目指す

(シェアシマレポート, シェアシマinfo, 2022年10月19日)

<https://reports.shareshima.com/2428/>

タンニン・タンニン酸 | 成分情報

(わかさの秘密, わかさ生活, 2014年4月19日)

<https://himitsu.wakasa.jp/contents/tannic-acid/>

タンニン(フェノール性水酸基)の確認試験のゴロ(覚え方) | 薬学ゴロ-薬学部はゴロでイチコロ!

(べんぜん, 株式会社Micelle, 2022年5月30日)

<https://www.benzenblog.com/entry/2022/05/30/115236>

タンニンに関する最近の研究

(九州大学 薬学部 西岡五夫, 薬学雑誌, 1983年2月25日 103巻 2号 pp. 125-142)

天然ポリフェノールの構造と機能: タンニンを中心として

(岡山大学 薬学部 吉田隆志, フェルマシア, 2000年12月1日 36巻 12号 pp. 1044-1048)

抗菌剤の特性と抗菌メカニズム

(ヤマザキ学園大学 動物看護学部 石田恒雄, マテリアルライフ学会誌, 2011年2月28日 23巻 1号 pp. 21-32)

いくつかの若い果実からの凝縮タンニンの簡便かつ迅速な精製方法

(鹿児島大学 農学部 Tomoaki Matsuo Saburo Ito, Agricultural and Biological Chemistry, 1981年 45巻 8号 pp. 1885-1887)

いくつかの若い果物からの凝縮タンニンの比較研究

(鹿児島大学 農学部 松尾友明 伊藤三郎, 日本園芸学会誌, 1981年 50巻 問題2ページ pp. 262-269)

水不溶性の柿 (カキ) 成分乾燥粉末中の縮合型タンニン含有量測定法

(岐阜県産業技術センター 専門研究員 横山慎一郎

石川県立大学 生物資源環境学部食品科学科准教授 松本健司,

食品中の健康機能性成分の分析法マニュアル, 2012年1月27日

4.「柑橘加工品、フルーツ等に含まれる機能成分定量法」)

カキ葉, ガク, 幼果に含まれるポリフェノールの経時的変化

(鹿児島大学 農学部 松尾友明 川添裕子 伊藤三郎, 鹿児島大学農学部学術報告, 1981年3月 31号 pp. 1-9)

天然由来の農薬の開発

(神奈川県立厚木高等学校 2年G組 9班, 研究活動記録2年G組, 令和3年度 pp. 49-56)

# 活断層周辺の土地利用規制法導入の検討

神奈川県立厚木高等学校  
2年D組10班(β)

## 1. 背景

日本には2000を超える活断層が存在しており、最近地震が増えていたり、今後大きな地震が起こると言われている。しかし、日本各地にある危険な活断層の直上や周辺にインフラ施設等が建ち並ぶ地域が多いことが現状であるため、活断層周辺の土地利用を規制し、減災につなげることは出来ないか、と考えた。ただ活断層周辺一定範囲に建築を規制する法整備をしている地域が少なからずあるが、それでは無駄な範囲まで規制してしまって、本来活用できる土地が使えないということがあると考え、その土地と活断層の特徴に合わせた土地規制を提案すれば、無駄のない規制ができ、より効果的な減災対策に繋がると考えたため。

## 2. 目的

活断層周辺の土地利用規制法を全国的に導入する方法を検討する。

## 3. 仮説

### (1) 根拠となる先行研究・原理等

活断層周辺の規制法の例としては、

地域 (断層帯名)	内容
神奈川県横須賀市 衣笠・北武断層帯、武山断層帯	「野比4丁目地区地区計画」 活断層より両端25mの範囲には開発を制限 「横須賀リサーチパーク地区地区計画」 活断層より両端15mの範囲には開発を制限
徳島県 (中央構造線断層帯)	「中央構造線活断層帯に係る土地利用の適正化」 活断層付近40mを特定活断層調査区域と設定し、 特定施設の開発を許可制
福岡県福岡市 (警固断層帯)	建築基準法実行条例を一部改正し、耐震性能の強化及び情報提供

神奈川県の場合

・「横須賀リサーチパーク地区地区計画」

活断層より両端15mの範囲には開発を制限などの規制を行なっている。しかし実際では活断層を 跨ぐ両側の地域では土地利用が異なるので、それによって被害の規模も変化する。

※左の表は全国の規制法の一部

規制法が存在する地域はあるが全国的に見るとまだ少ないことが分かる。



・野比4丁目地区地区計画」

活断層より両端25mの範囲には開発を制限。

※左図は、野比4丁目付近の土地利用

北部→森林が多い

南部→住宅地が多い

横須賀市が土地利用を規制している野比4丁目の、北武断層を跨ぐ両側の地域では、予想震度と全半壊世帯数に差がある。

### (1) 実験材料

特になし

①野比4丁目地区を活断層を跨ぐAとBの地域に分け、断層から25m離れたそれぞれ25箇所、計50箇所での想定震度と全半壊世帯数を調べる。

※防災科研の地震被害シミュレーションサービスを用いる。

主要断層・季節・時間帯・地点を設定すると想定被害状況が分かるもの

②それらの数値をT検定にかけ、有意差があるか否か調べる。

今回の実験では比較要素を震度と全半壊世帯数とし、一時被害のみを調べた。

北武断層が神奈川県活断層についての調査結果より、マグニチュード6.7程度の地震が発生すると想定されているため、それに合わせて過去の地震発生時の季節と時間の平均を調べた。

→結果、春の13時33分となったためこの実験では季節を春、時間設定は1時間単位のため14時とした。

- ・震度:震度6強を6.75、震度6弱を6.25
- ・全半壊世帯数:表示されない地域を0、1未満を0.5、1～5を2.5、5～10を7.5

## 5. 結果

表1

表2

テーマ		Aの地域とBの地域では予想値に差があるか	
標準値(MA)	Aの地域とBの地域では予想値に差がある		
計算結果(MA)	Aの地域とBの地域では予想値に差がある		

1.データ		2.分析の過程(検定)	
平均	Aの地域 Bの地域	分析タイプ	0.05 検定式入力
標準値(MA)	0.75 0.75	検定式α	0.05 検定式入力
1	0.75 0.75	検定	両側検定 検定検定
2	0.75 0.75	検定結果	
3	0.75 0.75	p値	検定結果
4	0.75 0.75	p値	検定結果
5	0.75 0.75	検定結果	
6	0.75 0.75	検定結果	
7	0.75 0.75	検定結果	
8	0.75 0.75	検定結果	
9	0.75 0.75	検定結果	
10	0.75 0.75	検定結果	
11	0.75 0.75	検定結果	
12	0.75 0.75	検定結果	
13	0.75 0.75	検定結果	
14	0.75 0.75	検定結果	
15	0.75 0.75	検定結果	
16	0.75 0.75	検定結果	
17	0.75 0.75	検定結果	
18	0.75 0.75	検定結果	
19	0.75 0.75	検定結果	
20	0.75 0.75	検定結果	
21	0.75 0.75	検定結果	
22	0.75 0.75	検定結果	
23	0.75 0.75	検定結果	
24	0.75 0.75	検定結果	
25	0.75 0.75	検定結果	

[illegible]

震度→有意水準0.05でT検定した結果、有意差なし(表1)

全半壊世帯数→有意水準0.05でT検定した結果、有意差なし(表2)



表3

データ1 北武断層をまたぐ両側の地域では、震害に差があるか		
活断層が1丁	北武断層をまたぐ両側の地域では、震害に差があるか	
活断層が2丁	北武断層をまたぐ両側の地域では、震害に差があるか	
データ2 北武断層をまたぐ両側の地域では、予想全半壊世帯数に差があるか		
活断層が1丁	北武断層をまたぐ両側の地域では、予想全半壊世帯数に差があるか	
活断層が2丁	北武断層をまたぐ両側の地域では、予想全半壊世帯数に差があるか	

表4

データ1 北武断層をまたぐ両側の地域では、震害に差があるか		
活断層が1丁	北武断層をまたぐ両側の地域では、震害に差があるか	
活断層が2丁	北武断層をまたぐ両側の地域では、震害に差があるか	
データ2 北武断層をまたぐ両側の地域では、予想全半壊世帯数に差があるか		
活断層が1丁	北武断層をまたぐ両側の地域では、予想全半壊世帯数に差があるか	
活断層が2丁	北武断層をまたぐ両側の地域では、予想全半壊世帯数に差があるか	

また、野比4丁目を含む北武断層全域に範囲を広げてそれぞれT検定した結果も有意差なし

## 6. 考察

- 地震被害シミュレーションに地点を入力する際、手動で行ったため誤差が生じてしまった。
- 震度は地盤や地形に影響を受けるが、有意差が認められなかったということは横須賀市の宅地造成の際の地盤調査と対策が十分だったとも考えられる。

## 7. 結論

横須賀市が土地利用を規制している野比4丁目の、北武断層を跨ぐ両側の地域では、予想震度と全半壊世帯数に差はなかった。

全国的に活断層周辺の土地利用規制法を導入するには、それぞれの地域での調査が必要だが、結果に伴い各々の地盤に適した土地利用をすれば、被害を抑えられる可能性があることが確認された。

## 8. 参考文献

- 活断層とは何か - 国土地理院 <https://www.gsi.go.jp/top.html>
- 活断層直上の災害を最小化するための土地利用制限の提案  
[https://www.cpij.or.jp/com/ac/reports/20\\_186.pdf](https://www.cpij.or.jp/com/ac/reports/20_186.pdf)
- あなたのまちの直下型地震-防災科研  
<https://nied-weblabo.bosai.go.jp/amcj/>
- 過去の被害地震-気象庁  
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/higai/higai-1995.html>
- 地理院地図/GSI Maps/国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp/#16/67.901488/135.701966/&ls=afm&disp=1&lcd=afm&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s1m0f1&vs2=f1&sync=1&ls2=seamlessphoto&disp2=1&lcd2=seamlessphoto>
- 横須賀の活断層 (その1):るりぼしの日々雑感 <http://ruriboshi.cocolog-nifty.com/blog/2011/09/post-2a40-4.html>
- 北武断層と建築規制 ぶらり防災の旅 |弁護士永野海 法律と防災のページ <http://naganokai.com/kitatake/>
- 野比(北武断層エリア)/三浦半島断層群:まち空間プラス vol.1 <https://funatowato.exblog.jp/18859777/>