

令和7年度

# 課題研究論文集

# 高

令和8年3月

島根県立益田高等学校

# 目 次

## 令和7年度 課題研究論文

分野	研究テーマ	生徒氏名	ページ
物理	紙で調べる構造の耐久性について	天津 祐聖 , 本坊 拓之 , 水野 楓	1
物理	防音する段ボールの中芯の形状に関する研究	澄川 由乃 , 中山 愛子	5
化学	SDSと食紅退色の関係について	宮田 凜美 , 田原 陽愛 , 三浦 凪人	10
化学	ケイ酸ナトリウム水溶液の濃度によるケイ酸膜の成長速度とサイズの影響	藤原 織冬 , 和田 理音	16
生物	カメムシの校舎侵入防止作戦	丸本 真子 , 龍河 昌矢 , 右田 葉音	21
生物	益田川の脱窒素細菌の活性化条件	野村ひかる , 金銅 謙信 , 竹本 樹理	25
生活科学	オブラートの可能性を探ろう!	福間 理央 , 安野 美優	29

# 紙で調べる構造の耐久性について

## Durability of Structures using Paper

天津祐聖, 本坊拓之, 水野楓

指導教員: 黒崎滉太 (物理)

AMATSU Yusei, HONBO Hiroyuki, MIZUNO Kaede

Teacher: KUROSAKI Kota (physics)

### 【要旨】

紙ストローを用いて作成した構造に上からの力を加えていき、構造が崩れたときの加えた力の大きさを測定した。実験の結果、側面の構造が左右対称でない模型は、上面が回転するように底面とずれ、構造の形を保てなくなった。一方、側面の構造が左右対称である模型はストローが折れたことで構造の形を保てなくなった。

### 【abstract】

We applied force to the structure made from paper straws from above and measured the amount of force when it collapses. As a result, the top surface rotates and shifts from the bottom surface, not keeping the shape of structure in the model with asymmetrical side structure. On the other hand, the model with symmetrical side structure couldn't keep the shape of the structure due to the straw being folded.

【キーワード】 耐久性 構造 左右対称

## 1. はじめに

インターネット上でパスタのみで作られたタワーが何 kg もの重さに耐えている動画を見て弱い素材でも耐久性の高い構造に変化できるところに興味をもち、構造と耐久性との関係を調べることを目的に研究を行った。

## 2. 仮説

支えの数が増えるほど耐久性は強くなり、支えの数が等しい構造は、耐久性も等しくなる。

## 3. 製作した構造

### (1) 使用したもの

- ・紙ストロー
- ・発泡スチロールの球体 (直径 2cm)
- ・竹串 (2cm 程度)
- ・紙 (巻き付け用)

※接続が弱い箇所は接着剤で補強している

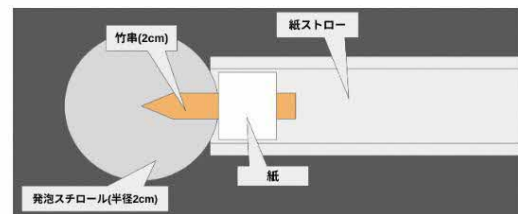
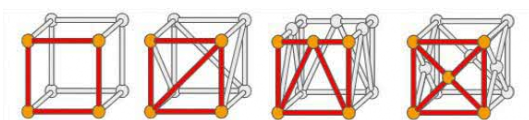


図1 構造体の製作方法

### (2) 構造の種類

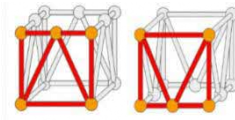
#### 実験 I

- ①支えなし ②斜め線 1 本 ③三角形 ④バツ



#### 実験 II

- ③三角形 ③'



#### 実験 III

- ④バツ ④'

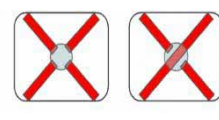


図2 実験 I、II、IIIで製作した構造体

#### 4. 実験器具

- ・構造体（4種類）
- ・タッパー 約70g  
（フタ付き 約55g） 計4個
- ・丸型水槽（プラスチック製）500g
- ・プラスチック板 約330g
- ・透明な板 約70g

#### 5. 実験方法

- (1) 構造体の上に透明な板とタッパー1個（合わせて200gになるよう水で調整）を設置した。
  - (2) 容器に水を100mlずつ加えた。※容器はタッパー→丸型水槽の順に使用した。
  - (3) 構造体が崩れた時点での加えた力の大きさを測定した。
- ※構造体に乗せたすべてのものの質量を考慮した。  
実験は各構造2回ずつ行った。

#### 6. 実験

##### 6.1 実験Ⅰ（側面の構造の違いによる耐久性の変化を調べる）

実験Ⅰでは、① 支えなし・②斜め線1本・③三角形・④バツ を使用した。

	①	②	③	④
1回目	11.760	105.056	231.476	158.956
2回目	14.700	91.924	231.672	
平均	13.230	98.490	231.574	

表1 実験Ⅰの結果 ※単位はN

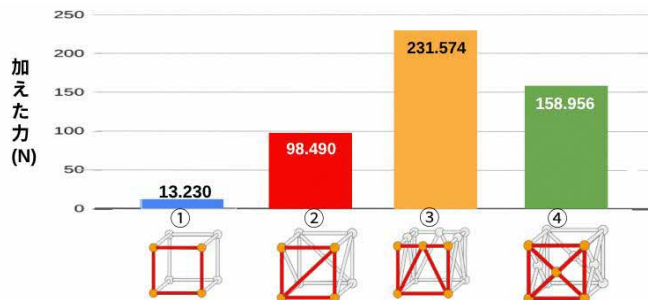


図3 実験Ⅰの結果

##### 結果

支えの本数を増やすほど、より大きな力に耐えた。  
④は③と支えの本数は等しいが、③より力に耐えることができなかった。

##### 実験Ⅰの考察

④は構造が複雑であるため、制作の際に側面が垂直になるよう構造が作れなかったことで耐久力が下がったと考えられる。

③は上面の点の数が8個と、他の構造体に比べて多いため耐久力が上がったという可能性が考えられる。そのため、構造の耐久性は上面の点の数と関係があるのではないかと考えた。

##### 6.2 実験Ⅱ（実験Ⅰの考察より、上面の点の数と耐久性の関係を調べる）

③三角形を上下反転させた③'を使用し、実験Ⅰの結果と比較した。

	③	③'
重力(N)	231.574	229.32

表2 実験Ⅱの結果

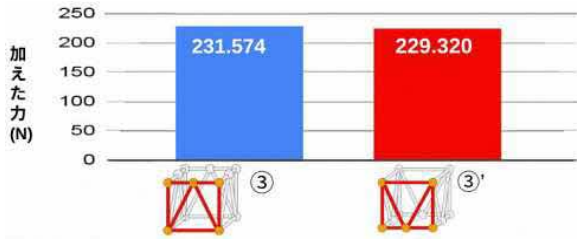


図4 実験Ⅱの結果

結果

耐えた力の大きさの差は約 2.3(N)と小さい。  
2つの構造の耐えた力の大きさに差はなかった。  
といえる。

実験Ⅱの考察

上面の点の数は耐久性には影響しない。

### 6.3 実験Ⅲ

④の接続部を支えの一方が球を貫通するように改良した。

	④	④'
重力(N)	158.956	202.958

表3 実験Ⅲの結果



図5 実験Ⅲの結果

結果

④' は④よりも約 44.9(N) 大きな力に耐えられた。  
接続部の改良には成功したが、③よりも力に耐えられ  
なかったため、仮説とは異なる結果となった。

実験Ⅲの考察

④' は支えの一方を貫通させたことで側面が傾くことなく垂直であり続けられたため、④よりも大きな力に耐えられた。

④の側面の支えのうち、貫通させていない方のストローを、完全に直線な状態で接続し続けられなかったため、構造が崩れた。

## 7. 結果

	①	②	③	③'	④	④'
重力(N)	13.230	98.490	231.574	229.320	158.956	202.958

表4 実験Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの結果



図6 実験Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの結果

## 8. 力の加わり方の考察

側面が左右対称でない②は図3のように力が加わっているため、上面が回転し底面とずれ、構造が崩れた。よって、側面が左右対称でない構造は、側面が左右対称である構造よりも耐久性が低い傾向にある。

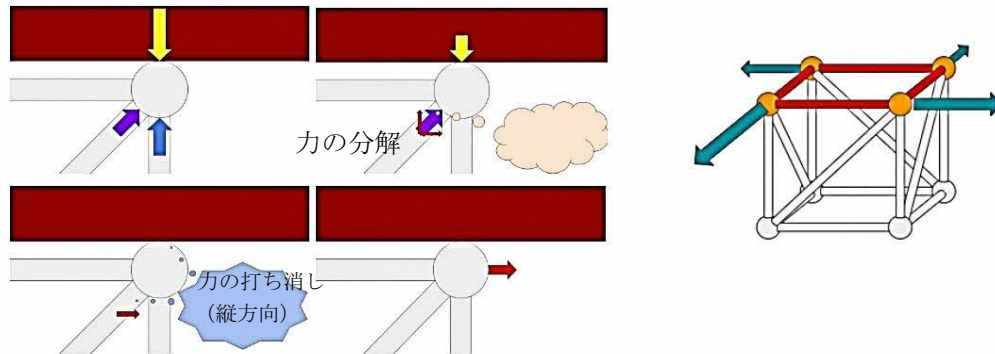


図7 ②の力の加わり方

## 9. まとめ

①、②、④、④' , ③・③' の順に耐久性に優れている。

側面の構造が左右対称でないモデルは、上面が回転して倒れる。

側面の構造が左右対称であるモデルは、ストローが折れて倒れる。

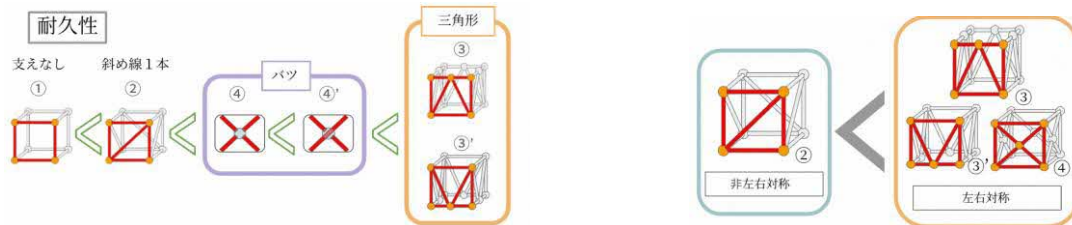


図8 構造の耐久性

## 10. 今後の展望

構造の種類を増やし、実験を行う。

耐久性に優れたオリジナルの構造を作る。

## 11. 参考文献

- 1) 車谷 麻緒(2019) 茨城大学大学院理工学研究科. 「パスタで橋の強さを調べてみよう!」. 国立大学 56 工学系ホームページ

<https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/190913.php>. 参照日 2024 9/11

- 2) 隈研吾 (2008) 『自然な建築』. 岩波書店, P139
- 3) 隈研吾 (2013) 『小さな建築』. 岩波書店, P91, 138, 164

# 防音する段ボールの中芯の形状に関する研究

## The Shape of the Inner Core of Soundproofing Corrugated Cardboard

澄川由乃, 中山愛子

担当教員：田中志宜（物理）

SUMIGAWA Yoshino, NAKAYAMA Aiko

Teacher : TANAKA Yukinori (physics)

### 【要旨】

様々な観点から考えた中芯の形状を、それぞれ段ボールに似せた厚紙の箱にはめ込み、箱を介して伝わる音の大きさを調べた。その際に得た数値をそれぞれ比較し、どの形状が最も防音性に優れているか考察した。実験を行った結果、中芯と壁との接点の数、接地面積、中芯と壁が成す空間の数は防音性に影響しないということがわかった。

### 【abstract】

Various core shapes were considered from multiple perspectives and fitted into cardboard-like thick paper boxes. The sound transmission through the boxes was then measured. The obtained values were compared to determine which shape exhibited the best soundproofing performance. The experiment revealed that the number of contact points between the core and the walls, the contact surface area, and the number of spaces formed between the core and the walls do not affect the soundproofing properties.

【キーワード】 防音 中芯 接点 接地面積 空間の数

### 1. はじめに

段ボールの中芯とは、段ボール板を構成する波状の部分を指す。益田高校で工事が行われている際、騒音のため授業に集中できないことが多々あった。身近なもので防音性があるものとして私達は段ボールに興味を持ち、段ボールの中芯の形状によって防音効果が変わると考えた。本研究では、段ボールの中芯の形状を変え、最も防音性のある形状と防音効果との関係性を調べることを目的とした。まず、段ボールに似た厚紙の箱を作り、防音効果に関係しそうな中芯の形状をそれぞれ考えることから始めた。

### 2. 仮説

愛媛県立宇和島東高校の研究によると、低周波において、両側の間にある空気によって十分遮音された可能性がある、ということ、従来型、丸型、三角型で実験を行ったが、従来型に勝るものはなかったということが分かった。このことから私達は、中芯と壁との接点の数が多いほど箱の振動を抑えることができ、防音する（実験①）、また、中芯と壁がなす空間の数が多いほど音が反射し防音する（実験②）と仮説を立てた。

### 3. 実験方法



写真1 実際の箱と配置の様子

- (1) 段ボールに似せた、底がない厚紙の箱を作成する。このとき、中芯の形状が入るように 3cm の隙間を空けておく。
- (2) 工事の音に似せた振動数 40Hz の音をスピーカーから流し、箱を被せ、箱を介して伝わる音の変化を記録する。10 秒間の音をそれぞれ 5 回ずつ、最大値と平均値を測定する。

#### 4. 実験①（接点の数、設置面積について）

実験①で使用する形状



波型(従来型)・・・防音効果の基準とする



三角型 A



三角型 B ……このとき三角型 A よりも接点の数が 2 倍になるよう隙間に仕切りを入れ工夫した。



四角型 a (3cm) ※(1 個あたりの接地面積の広さ)



四角型 b (6cm)



四角型 c (9cm)

写真 2 実験①で用いた形状

#### 5. 実験①結果

※数値が低いほど防音していると言える。

波型が最も防音することが分かった。

三角型 A、三角型 B を比べると、接点の数が多いた三角型 B が防音した。

接地面積を比較した四角型 a、四角型 b、四角型 c は設置面積が 3cm である四角型 a が最も防音した。

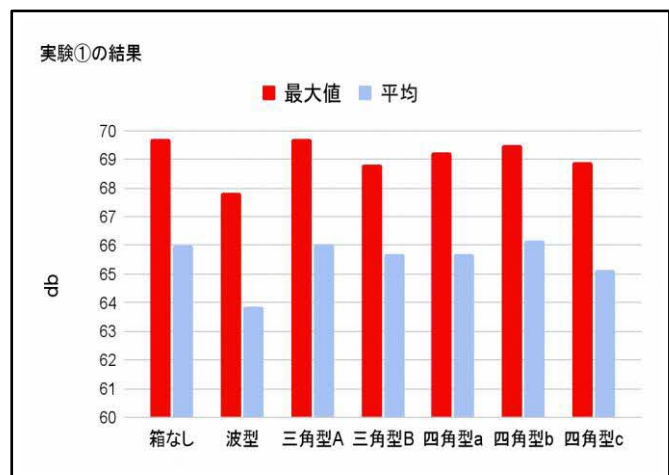


図 1 実験①の結果

単位(db)	箱なし	波型	三角型 A	三角型 B	四角型 a	四角型 b	四角型 c
最大値	69.7	67.82	69.7	68.8	69.26	69.52	68.92
平均	66.0	63.86	66.05	65.68	65.68	66.16	65.14

表 1 実験①の結果

## 6. 実験①の考察

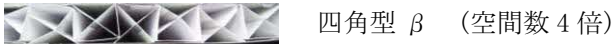
芯と壁の接点の数が多いほうが防音する可能性があると考えた。  
芯と壁との接する面積の大きさは防音性に影響しないと考えた。

## 7. 実験②（空間の数について）

実験②で使用する形状 四角型 a (3cm) の隙間に仕切りを入れ作成した。



四角型  $\alpha$  （空間数 2 倍）



四角型  $\beta$  （空間数 4 倍）

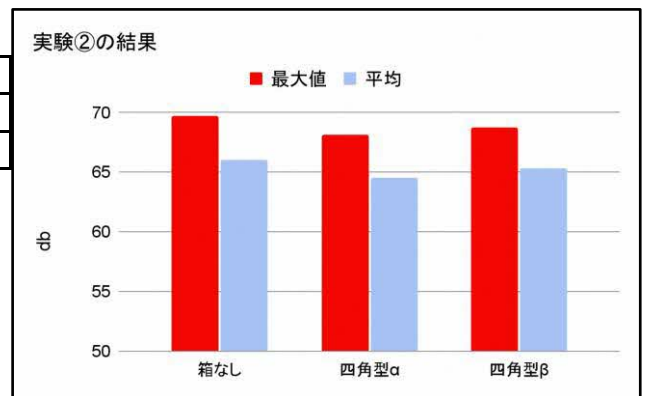
写真 3 実験②で用いた形状

## 8. 実験②結果

単位 (db)	箱なし	四角型 $\alpha$	四角型 $\beta$
最大値	69.7	68.16	68.74
平均	66.0	64.56	65.32

表 2 実験②の結果

四角型  $\alpha$  の方が防音することが分かった。  
四角型  $\alpha$ 、四角型  $\beta$  の db の差は僅かだった。



## 9. 実験②の考察

中芯の空間の数が多いほど防音するわけではないと考えた。

## 10. 実験③

実験①②では、断定するのが難しい結果になった。スピーカーを物化教室で振動させることによって、室内に音の振動が伝わった可能性があると考えたため、それらの振動が実験結果に影響があったのではないかと推測した。よって、物化教室よりも防音効果のある視聴覚室で再度全ての形状を実験することにした。

実験③は周りの音や振動の影響が少ない場所で実験①②を行った。  
また、実験③ではより明確な差がでるか調べるため、比較や考察をしやすいように、最大値と平均値だけでなく最小値も測定した。

## 1 1. 実験③の結果

単位 (db)	箱なし	波型	三角型 A	三角型 B	四角型 a	四角型 b	四角型 c	四角型 α	四角型 β	最も防音した型
最大値	65.06	61.32	60.22	59.32	61.56	63.56	63.48	61.20	63.98	三角型 B
平均値	60.47	56.86	56.10	56.72	56.84	58.48	58.62	56.06	58.88	四角型 α
最小値	57.36	47.86	50.06	49.87	49.76	48.34	50.38	47.66	49.30	四角型 α

表 3 実験③結果

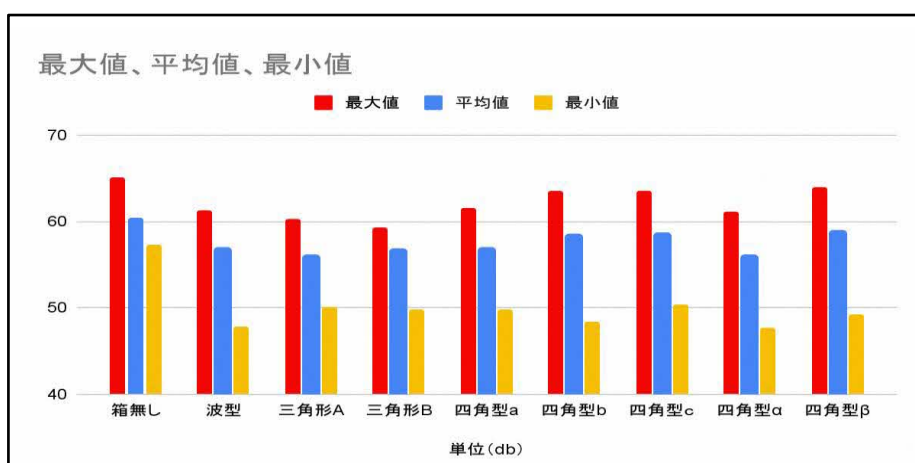


図 3 実験③の結果

実験①②の結果と比較すると、全体の数値が約 5~9db ほど値が小さくなった。このことから、室内の音の振動の影響を抑えることができたと言える。

最大値で最も防音したものは三角型 B (実験①で使用) だった。

平均値と最小値で最も防音したものは四角型 α (実験②で使用) だった。

しかし、平均値と最小値で 2 番目に最も防音したものは三角型 B であった。

## 1 2. 実験③の考察

三角型 B は全体的に最も防音効果があると考えられる。また、実験③の結果から実験②では断定できなかった”中芯の空間の数が多いほど防音する”という仮説は正しくなかったと考えた。

## 1 3. まとめ

段ボールの中芯は、接点の数が多いほど防音する可能性がある。また、中芯の空間の数が多いほど防音するわけではない。

基本的に、接点の数が多いほど防音するけれど、その段ボールの中芯の幅や大きさによって適する接地面積や空間の数がある。それを見つけることができれば、さらに防音効果を高めることができる。

#### 14. 今後の展望

波型を基に、隙間に仕切りを入れるなどして従来の波型より防音する形状を考える。  
段ボールの大きさによって変わる防音性の具体的な規則を見つける。

#### 15. 参考文献

- (1) 濱田 妃夏. 高田 千聡. 笹岡 美. 土居 琴葉. 愛媛県立宇和島東高校. 「段ボールの構造による防音効果」(2024). 69– 70.
- (2) アース段ボール. 「ダンボールで防音室を作る方法 遮音・吸音の効果を高めるコツ」.  
[https://www.bestcarton.com/media/column/contents/cardboard\\_soundproof.html](https://www.bestcarton.com/media/column/contents/cardboard_soundproof.html).  
2024年7月18日閲覧
- (3) 株式会社共ショウ. 「防音防振ネット!」  
<https://bouon-boushin.net/>. 2024年9月14日閲覧

# SDS と食紅退色の関係について

## Relationship Between SDS and Food Coloring Fading

宮田凜美, 田原陽愛, 三浦凜人

指導教員：松川均（化学）

MIYATA Rimi, TABARA Hina, MIURA Nagito

Teacher : MATSUKAWA Hitoshi(chemistry)

### 【要旨】

歯磨き粉などの日用品にも含まれている SDS という物質の安全性について議論されていることに興味を持った。SDS の細胞への影響を調べるため、食肉ホルモンと食紅を用いて実験を行った。SDS の細胞への浸透は見られなかったが、SDS を含まない水溶液では食紅が退色した。さらなる実験の結果、食紅退色の原因は細菌の存在であると判明した。また、SDS には殺菌作用があり、浸透性はないと結論付けた。

### 【abstract】

To investigate the effect of SDS on cells, experiments conducted with meat offal and food dye were conducted; no penetration of SDS into cells was observed, but the food dye faded only in SDS-free aqueous solutions. It was found that the cause of the fading of the food dye was the presence of bacteria. It was also concluded that SDS has bactericidal properties and is not permeable.

【キーワード】 SDS ラウリル硫酸ナトリウム 食紅 退色 細菌

### 1. はじめに

SDS（ラウリル硫酸ナトリウム）とは陰イオン性界面活性剤で、歯磨き粉や洗剤など日常生活で使用する製品に含まれている。主に発泡作用や洗浄作用などがある。一部の国では、SDS の使用や濃度を制限していると知った。そのため、日本ではよく使われている SDS の性質を調べることで、人体へどのような影響があるのか、また海外ではなぜ使用が規制されているのか調べようと思い研究を始めた。

### 2. 実験 I

SDS が細胞に与える影響を調べることを目的に以下の実験を行った。

#### 2.1 方法

口腔内粘膜の細胞を取り酢酸カーミンで染色したもの、細胞に SDS 水溶液 0.5% をつけ酢酸カーミンで染色したものをそれぞれ顕微鏡で観察した。

#### 2.2 結果

SDS なし→正常な細胞（写真1）

SDS あり→細胞に影響あり（写真2）

細胞膜はリン脂質から成っているため SDS の影響を受けて細胞が崩れた。



写真1 SDS なし

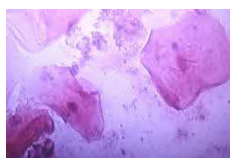


写真2 SDS あり

### 3. 実験Ⅱ

SDS が細胞を溶解し、組織に浸透するかを調べることを目的に行った。

#### 3.1 材料

- ・食紅〈赤〉
- ・食肉ホルモン
- ・SDS 粉末

#### 3.2 実験方法

口腔粘膜の代用として、粘膜を持つ食肉ホルモンを用いた。SDS を入れた水溶液と入れていない水溶液で食紅による染色性の違いを調べた。SDS の濃度についてはサンスター株式会社の研究（2020）を踏まえて、実際に販売されている歯磨き粉に含有されている SDS の濃度に近いと推測される 0.5% に設定した。

また、細胞の組織に浸透するかどうかを調べるために、水溶液に食紅を加えて、ホルモンの着色から浸透を可視化した。

(1)水 100mL に食紅を入れたもの、SDS0.5%水溶液 100mL に食紅を入れたものを用意する。

(2)それぞれに食肉ホルモンを入れ、水溶液の変化を観察する。

#### 3.3 結果

SDS ありの水溶液はホルモンが染色されず、食紅も退色しなかったが、SDS なしの水溶液はホルモンは染色されず、食紅が退色した。



写真3 実験Ⅱの結果（左が SDS あり水溶液、右が SDS なし水溶液）

ここで、SDS ありの水溶液は食紅の色が残り、SDS なしの水溶液は食紅が退色したのはなぜかという新たな疑問が発生した。そこで SDS なしの水溶液のみ食紅が退色する仮説を立てた。

1つ目は、ホルモンに明瞭な着色は見られなかったが、ホルモンに食紅が浸透したことで食紅が退色したと考えた。その理由として SDS ありの場合は SDS がホルモンの脂肪と結びつきミセルを形成したことでホルモン表面の脂肪が除去されて色素が吸着できなくなると考えたからである。

2つ目は、SDS なしの水溶液では水溶液が白濁しており、おそらく細菌が増殖したことで、水溶液中で増殖した細菌が色素に何らかの影響を与えたと考えた。

### 4. 実験Ⅲ

仮説1つ目の「色素がホルモンの組織に浸透した」を検証した。

#### 4.1 材料

- ・フルオレセインナトリウム（蛍光色素）
- ・食肉ホルモン
- ・SDS
- ・パラフィルム
- ・ブラックライト

#### 4.2 実験方法

食紅をより検出感度の高い蛍光色素フルオレセインナトリウムに変え、実験 I と同様の手順で色素の行方を調べた。ビーカー内に虫などが入ることを防ぐためにビーカーをパラフィルムで覆った。

ブラックライトを使って水溶液の蛍光強度を測定し、3D グラフ化した。

撮影方法は、黒い画用紙をビーカーに巻き付けて暗室で撮影した。ブラックライト、カメラ、ビーカーの位置は全て固定し、同一条件で撮影した。

3D グラフは、「大金賢司(2017). 研究室での画像処理: ImageJ の使い方・基礎編. Image Processing with ImageJ」を参考にして作成した。

#### 4.3 予想

色素がホルモンに吸着していた場合はホルモンのみが光り、ホルモンに吸着していなかった場合は蛍光色素が水溶液中に広がるか、もしくは蛍光色素がなくなるのではないかと考えた。

#### 4.4 結果

SDS ありの水溶液、なしの水溶液どちらも蛍光色素の色に明確な変化は見られなかった。SDS なしの水溶液は水溶液が白濁した。念のため蛍光強度を 3D グラフで比較したが、グラフの形にもほとんど違いはなかった。

したがって、食紅が退色した原因は「色素がホルモンに浸透した」のではないことが判明した。

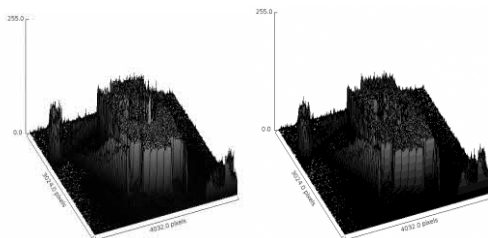


図 1 SDS なし

図 2 SDS あり



写真 4 実験Ⅲの結果

フルオレセインナトリウムでも SDS なし水溶液が白濁したため、山口大学の先生に、細菌から DNA を抽出して、16s rRNA (SSU rRNA) の塩基配列を部分的に決定し、データベース上の配列との相同性を検索していただいた結果、アクアスピリルム (*Aquaspirillum*) が増殖していることが分かった。

ただし、種間競争などによって食紅を退色させた原因菌が死滅した可能性があるため、アクアスピリルムが食紅の退色に関係しているのかを調べるために次の実験を行った。



写真 5 水溶液中で増殖したアクアスピリルム (*Aquaspirillum*)

#### 5. 実験Ⅳ

仮説 2 つ目の「細菌が色素に影響を与えた」を検証した。

### 5.1 材料

- N-broth
- 食紅
- アクアスピリウム
- SDS

### 5.2 実験手順

細菌培養の液体培地 N-broth に以下の①～③を用意し、食紅が退色するかどうか観察した。

- ① N-broth + 食紅
- ② N-broth + 食紅 + アクアスピリウム
- ③ N-broth + 食紅 + 0.5%SDS + アクアスピリウム

### 5.3 結果

②のアクアスピリウムを入れた培地のみ、食紅の色が退色した。  
よって、食紅を退色させたのはアクアスピリウムだと判明した。



写真 6 実験Ⅳの結果（左から①, ②, ③）

## 6. 実験Ⅴ

SDS の殺菌力により口腔内フローラのバランスを乱していないか調べた。

### 6.1 材料

- N-broth
- 標準寒天培地
- 口腔内細菌
- SDS

### 6.2 実験手順

口腔内細菌を N-broth で培養した。

以下の①～③を標準寒天培地に塗布し、経過観察した。

- ①口腔内細菌
- ②口腔内細菌+0.5%SDS
- ③口腔内細菌+1.0%SDS



写真 7 ② ③ ①

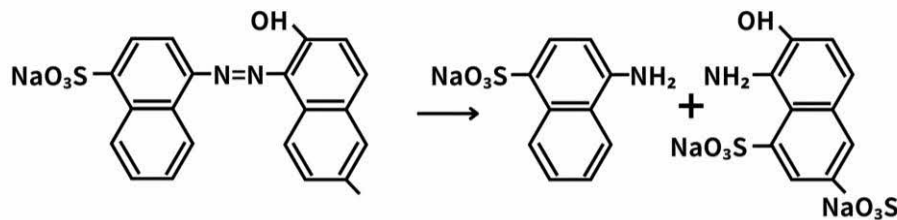
### 6.3 結果

実験を進めたが、結果は得られなかった。

### 7. 考察

今回実験で使用した食紅とは、ニューコクシン(赤色 102 号)という化合物で、その構造にアゾ基(-N=N-)の二重結合が含まれる。ベンゼン環と共役しているアゾ基は赤～橙色を発色するため、色素として利用されている。

今回の実験では、細菌のアクアスピリルムが増殖したことから、これらの細菌がつくる還元酵素によってニューコクシンのアゾ基が切断されてアミノ基(-NH<sub>2</sub>)になったため、発色が失われたと考えられる。(芥田 三郎 (1966), 「漬物研究上の諸問題」参照)



また、SDS の人体への影響について、本研究から、SDS が細胞内部に浸透し、顕著なダメージを与えてなさそうであることが分かった。このことから SDS は人体に過大な影響を与えない可能性が考えられる。

また論文から、皮膚への浸透はほとんどなく、歯磨き粉に配合されている程度の低濃度であれば、人体および口腔内への影響はほとんどないとされている。しかし、口腔内に炎症がある人や、濃度が高い場合は皮膚や目への刺激を起こす可能性があるため、海外では濃度を規制したり規制されていることが分かった。

また、実験IVから SDS は細菌を死滅させる程の強い殺菌力を持つことがわかった。実験 I から、SDS は、細菌の細胞膜を破壊することで殺菌していると考えられる。

### 8. まとめ

アクアスピリルムがニューコクシンのアゾ基を還元し退色をさせることが確認された。

SDS は殺菌力をもつ一方で、細胞には浸透せず、低濃度では人体への影響は少ないことが示唆された。

海外でも同じように実験で皮膚への浸透は低いと示されていたが、皮膚への刺激がある可能性があるため高濃度の SDS の使用が規制されている。

### 9. 今後の展望

海外では、なぜ SDS の使用が規制されているのか科学的な理由をさらに調べる。

SDS の殺菌力によって口腔内フローラのバランスを乱していないか調べる。

### 10. 参考文献

- 1) 大金賢司 (2017) 東京大学定量生命科学研究所. 「研究室での画像処理: ImageJ の使い方・基礎編」  
[https://www.iqb.u-tokyo.ac.jp/chem/IMCB-8ken-HP/Lab\\_Manuals/entori/2017/6/26\\_ImageJ\\_files/20170513\\_ImageJ%E3%81%AE%E4%BD%BF%E3%81%84%E6%96%B9.pdf](https://www.iqb.u-tokyo.ac.jp/chem/IMCB-8ken-HP/Lab_Manuals/entori/2017/6/26_ImageJ_files/20170513_ImageJ%E3%81%AE%E4%BD%BF%E3%81%84%E6%96%B9.pdf) 2024 年 5 月 10 日閲覧
- 2) 大原武, 金森健之, 大田洋二郎 (2014) 「歯磨組成物」. 特許公報  
<https://patentimages.storage.googleapis.com/02/49/82/f724d8c463e8b3/JP5548969B2.pdf>. 2024 年 5 月 18 日閲覧
- 3) Babatunbe Y Alli Olufemi A Erinoso Adetokunbo B Olawuyi (2019)

- 「Effect of sodium lauryl sulfate on recurrent aphthous stomatitis: A systematic review」  
「National library of medicine」 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30839136/> 2023年6月18日閲覧
- 4) Cara Am Bondi. Julia L Marks. Lauren B Wroblewski. Heidi S Raatikainen. Shannon R Lenox. Kay E Gebhardt (2015)  
「Human and Environmental Toxicity of Sodium Lauryl Sulfate (SLS): Evidence for Safe Use in Household Cleaning Products」. National library of medicine.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26617461/> 2024年5月18日閲覧
- 5) 石田正樹. *Image Processing with ImageJ*. 理科教育講座生物学教室
- 6) 加藤 熙, 小野 甚一 (1992) 「しょうが刻み漬から分離した酵母による - 食用色素 102 号の退色について」
- 7) 吟醸酵母の開発と利用. 「愛知県食品工業技術センター年報 第 33 号」(1992)
- 8) 芥田三郎 (1966) 「漬物研究上の諸問題」. 日本食品工業学会誌
- 9) 一般財団法人ボーケン品質評価機構 (2017) . 「アゾ色素由来の特定芳香族アミン試験について」  
[https://www.boken.or.jp/find\\_items/textile/1284/](https://www.boken.or.jp/find_items/textile/1284/) 2023年6月18日閲覧
- 10) Martin Dworkin Professor Dr. (2006) 「The Genus *Aquaspirillum*」  
[https://link.springer.com/rwe/10.1\\_007/0-387-30745-1\\_30](https://link.springer.com/rwe/10.1_007/0-387-30745-1_30). 2023年6月18日閲覧
- 11) 大矢勝 (2010) 「73 安全性・環境問題に関する消費者情報の課題」. 日本家政学会誌

## 1 1. 謝辞

本研究を行うにあたり、山口大学理学部の掘学先生にご指導・ご協力いただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

# ケイ酸ナトリウム水溶液の濃度によるケイ酸膜の成長速度と サイズの影響

## Effect of Sodium Silicate Solution Concentration on the Growth Rate and Size of Silica Membranes

藤原織冬, 和田理音

指導教員：戸田雄太 (化学)

FUJIWARA Shitou, WADA Ayane

Teacher : TODA Yuta (chemistry)

### 【要旨】

私たちはケミカルガーデンにおいて、ケイ酸ナトリウム水溶液の濃度が金属塩のケイ酸膜の成長に与える影響を調べた。4種の金属塩で実験したところ、濃度とケイ酸膜のサイズには比例の関係は見られなかった。実験を進めていくにつれ溶解度積が関係すると考えたが、硝酸クロムのみ異なり、の配位結合による $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$ がケイ酸膜の成長を妨げたと推察した。

### 【abstract】

This study explores the influence of sodium silicate solution concentration on the growth of silicate membranes formed by metal salts in a chemical garden system. Experiments were conducted using four different metal salts, revealing no clear proportional relationship between silicate concentration and membrane size. As the investigation progressed, it was hypothesized that the solubility product ( $K_{sp}$ ) played a key role in membrane formation. However, chromium nitrate exhibited anomalous behavior, likely due to the formation of coordination complexes such as  $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$ , which appeared to inhibit silicate membrane growth.

### 【キーワード】 ケイ酸膜 溶解度積

#### 1. はじめに

ケミカルガーデンとは、ケイ酸ナトリウム水溶液の中に金属塩を投入することで金属塩の周りにケイ酸膜という膜ができ、その中にケイ酸ナトリウム水溶液が浸透していく。限界に達すると膜が破れ、膜の中の溶液が飛び出し、その周りで再び膜が作られる。この過程が繰り返されることでケイ酸膜が植物のように成長していく現象のことである。私達はこのケミカルガーデンに興味を持ち、ケイ酸ナトリウム水溶液の濃度の違いによるケイ酸膜の成長に関係があるのか疑問を持ったことから、各金属塩におけるケイ酸ナトリウム水溶液の濃度による、ケイ酸膜の成長の違いを調べることを目的として実験を行った。

#### 2. 予備実験

本実験で使用していく金属塩を決定するため、ケイ酸膜が生成される金属塩を学校にある11種類の金属塩の中から調べた。

##### 2.1 用いたもの

ケイ酸ナトリウム

精製水

金属塩 {硝酸銅(Ⅱ), 硝酸銀, 硝酸アルミニウム, 硝酸ナトリウム, 硝酸クロム(Ⅲ), 硝酸バリウム, 硝酸ストロンチウム, 硝酸鉛(Ⅱ), 硝酸カリウム, 硝酸ニッケル(Ⅱ), 硝酸鉄(Ⅲ)}

##### 2.2 実験方法

(1) 精製水 210g にケイ酸ナトリウム 90g を加えてよくかき混ぜ、濃度 30% のケイ酸ナトリウム水溶液を作成した。

(2) 試験管に(1)で作成した溶液 10g と精製水 20g を入れ、かき混ぜ、濃度 10% のケイ酸ナトリウム水溶液を作成した。

(3) 金属塩 11 種類をそれぞれ 0.35g 量り取り、試験管に加えた。

(4) 試験管に金属塩を加えてから 30 分後に金属塩 11 種類それぞれのケイ酸膜のサイズを測った。

### 2.3 実験結果

ケイ酸膜のサイズは金属塩によって異なっていたため、ケイ酸膜の長さが 1.0cm 以上をケイ酸膜が生成されたと定義したところ、結果は以下の表 1 のようになった。本実験では、ケイ酸膜が生成された 6 種類の金属塩を使って実験を行った。

表 1 金属塩 11 種類のケイ酸膜の有無

硝酸 アルミニウム	硝酸 ニッケル(II)	硝酸 クロム(III)	硝酸銅(II)	硝酸 バリウム	硝酸鉛(II)
○	○	○	○	○	○
硝酸 ストロンチウム	硝酸 ナトリウム	硝酸銀	硝酸鉄(III)	硝酸 カリウム	
×	×	×	×	×	

### 3. 実験① (硝酸アルミニウム)

予備実験で選出した金属塩を使い、ケイ酸ナトリウム水溶液の濃度とケイ酸膜のサイズの関係を知るため、実験①では硝酸アルミニウムを使い実験を行った。

#### 3.1 仮説

ケイ酸膜の成長のしやすさはケイ酸膜のできやすさに比例すると考えた。よって、本実験では、どの金属塩でもケイ酸ナトリウム水溶液の濃度が大きいほどケイ酸膜は大きくなる。

#### 3.2 用いたもの

濃度 30% のケイ酸ナトリウム水溶液 (予備実験にて作成したもの)

精製水

硝酸アルミニウム

#### 3.3 実験方法

(1) 濃度 30% のケイ酸ナトリウム水溶液と精製水を試験管に入れ、よくかき混ぜ、濃度 5, 10, 15, 20, 25, 30% のケイ酸ナトリウム水溶液が入った試験管をそれぞれ 5 本ずつ用意した。

(2) 試験管に 0.35g の金属塩を投入した。

(3) 投入時からの様子を 30 分間、動画に収め、10 分ごとにケイ酸膜のサイズを測った。

#### 3.4 結果

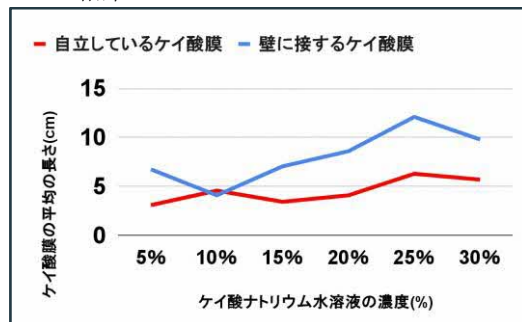


図 1 実験①ケイ酸膜の大きさ

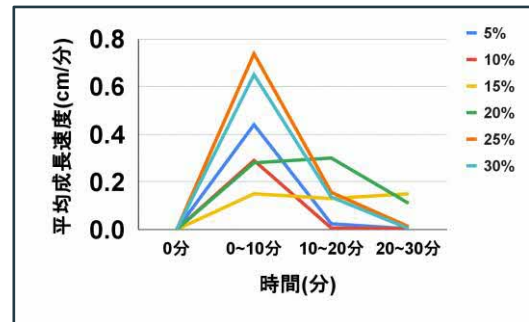


図 2 実験①ケイ酸膜の成長速度

予備実験を行った際に試験管に接していたケイ酸膜と、接していなかったケイ酸膜ではサイズが異なっていたため、自立しているケイ酸膜、試験管に接するケイ酸膜の二種類の値を計測しグラフを作成した。

図 1 からは比例の関係は見られなかった。

図 2 からは、金属塩をケイ酸ナトリウム水溶液に入れてから、10 分ほどで一気に成長することが読み取れるが、決して濃度の大きさ順ではなかった。

### 4. 実験② (硝酸ニッケル(II))

他の金属塩とケイ酸ナトリウム水溶液の濃度との関連性を明らかにしたいため、硝酸ニッケル(II)で実験①と同様の手順で実験を行った。

#### 4.1 仮説

他の金属塩として硝酸ニッケル(II)を用いた場合でもケイ酸ナトリウム水溶液の濃度とケイ酸膜の成長は比例の関係が示される。

#### 4.2 結果

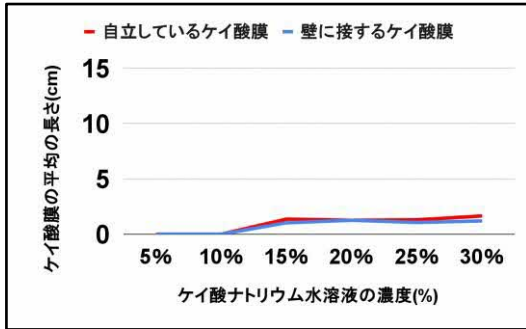


図3 実験②ケイ酸膜の大きさ

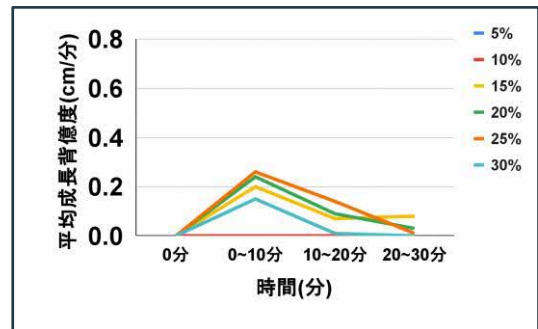


図4 実験②ケイ酸膜の成長速度

実験②の結果からもケイ酸ナトリウム水溶液の濃度とケイ酸膜の成長の関係に規則性は見られなかった。

#### 5. 実験①, ②より

実験①と②では、金属塩によってケイ酸膜の成長に差があることが分かった。また、どちらの実験でも金属塩をケイ酸ナトリウム水溶液に入れてから、10分ほどで一気に成長することが読み取れるが、決して濃度の大きさ順というわけではないようだった。ケイ酸膜の成長に差があったことについて追求した。

#### 6. ケミカルガーデンについて

ケイ酸膜の内部に浸透する液体はシリカゲルという物質を含んでいることがわかった。だが、シリカゲルという液体は無色であるため、ケイ酸膜に色がつくことはないはずだが、わたしたちが記録したケイ酸膜には色がついていた。よって新たに無色のはずのシリカゲルに、なぜ色がついているのかという疑問が生まれた。

ケイ酸膜の色に注目してみると、硝酸アルミニウムは白色、硝酸ニッケル(II)は緑色だった。これらの色はそれぞれ、「水酸化アルミニウム」と「水酸化ニッケル(II)」に酷似していることに気がついた。

シリカゲルは図5のような構造をしていて、構造内に空間が存在している。この空洞部分に生成した金属の水酸化物が入ることで色がついたと考察した。



写真1 ケイ酸膜

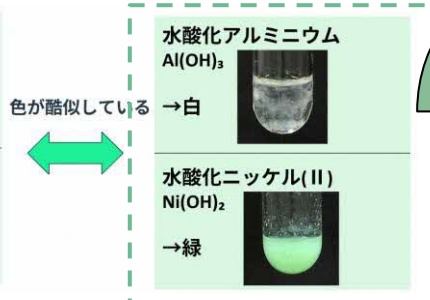


写真2 水酸化物の色

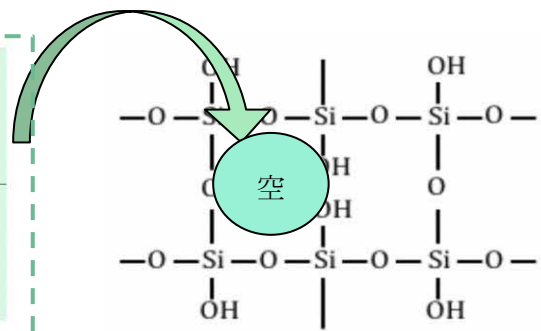


図5 シリカゲルの構造

#### 7. 溶解度積について

以上のこととケミカルガーデンの、「膜の中に水溶液が浸透し膜が破れ、再び膜が作られる」というこの仕組みから、反応の中で生成された、水酸化物が「沈殿しやすい」ほど、ケイ酸膜は成長しやすいのではないかと考えた。そこで沈殿のしやすさを比較するため、溶解度積を用いて比較してみることにした。

溶解度積 (Ksp)



塩の溶液中での構成成分のイオンのモル濃度の積

本実験で扱う金属塩の水酸化物の溶解度積は以下の通り。

表 2 水酸化物の溶解度積

水酸化物	溶解度積(25℃のとき)
水酸化クロム(Ⅲ)	$K_{sp}=[Cr^{3+}][OH^{-}]^3=1.0 \times 10^{-30}(mol/L)^4$
水酸化アルミニウム	$K_{sp}=[Al^{3+}][OH^{-}]^3=1.0 \times 10^{-31}(mol/L)^4$
水酸化銅(Ⅱ)	$K_{sp}=[Cu^{2+}][OH^{-}]^2=1.0 \times 10^{-19}(mol/L)^3$
水酸化ニッケル(Ⅱ)	$K_{sp}=[Ni^{2+}][OH^{-}]^2=1.0 \times 10^{-14}(mol/L)^3$

よって実験①, ②を比べてみると, 溶解度積の小さい水酸化アルミニウムのほうが, ケイ酸膜が成長しているため, 溶解度積が小さいほどケイ酸膜が成長しやすい可能性があると考えた。

### 8. 実験③

ケイ酸膜の成長に溶解度積が関わっているかを調べるため, 溶解度積が水酸化アルミニウムに近い硝酸クロム(Ⅲ)で実験①と同様の手順で行った。

#### 8.1 仮説

溶解度積が水酸化アルミニウムに近い水酸化クロム(Ⅲ)のケイ酸膜は実験①と同じようなグラフになる。

#### 8.2 結果

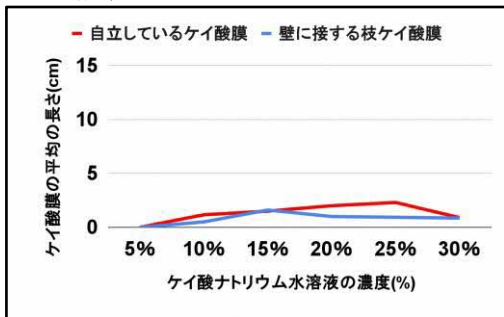


図 6 実験③ケイ酸膜の大きさ

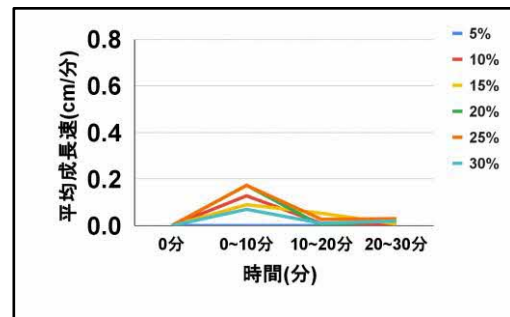


図 7 実験③ケイ酸膜の成長速度

仮説とは程遠く, 硝酸アルミニウムより明らかに小さな値が出た。

#### 8.3 考察

実験③の硝酸クロム(Ⅲ)が溶解度積と異なった値がでた原因として水酸化クロム(Ⅲ)と水酸化物イオンの配位結合による  $Cr(OH)_3 + OH^- \rightarrow [Cr(OH)_4]^-$  の生成が沈殿の生成を抑制したと考えられた。

### 9. 実験④

実験③の結果から硝酸クロム(Ⅲ)の場合, 配位結合が関係している可能性があり, 溶解度積とケイ酸膜の関係を見出すことはできなかったため, 実験④では他の金属塩を用いて実験を行った。

実験方法は硝酸クロム(Ⅲ)を硝酸銅(Ⅱ)に変更し, 実験①と同様の手順で実験を行った。

#### 9.1 仮説

溶解度積の値が水酸化アルミニウム<水酸化銅(Ⅱ)<水酸化ニッケル(Ⅱ)であるから, 実験④のグラフは実験①(硝酸アルミニウム)と実験②(硝酸ニッケル(Ⅱ))の間の値となる。

#### 9.2 結果

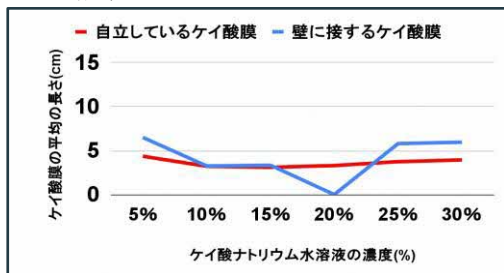


図 8 実験④ケイ酸膜の大きさ

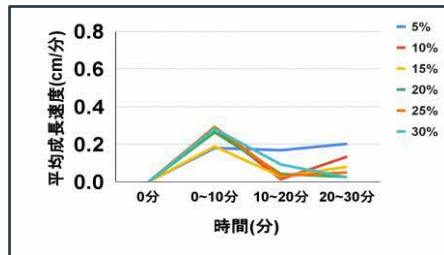


図 9 実験④ケイ酸膜の成長速度

仮説通り 2つのグラフの中間のようなグラフになったため, ケイ酸膜のサイズには溶解度積が関係

していると考えられる。

## 10. 考察

実験①～④より、ケイ酸ナトリウム水溶液の濃度による成長速度の変化はみられなかった。

ケイ酸膜のサイズはケイ酸ナトリウム水溶液の濃度によるものではなく、金属の水酸化物の溶解度積が関係しており、溶解度積が小さいほどケイ酸膜は成長しやすいと考えた。

## 11. 今後の展望

錯イオンが生成したかを確認する実験を行う。

pHに注目しながら塩基性条件を酸性条件に変えて実験を行う。

## 12. 参考文献

- 1) きらら舎. ケミカルガーデン. [https://kirara-sha.com/cafe\\_info/schole/chemicalgarden/](https://kirara-sha.com/cafe_info/schole/chemicalgarden/). 2024年6月18日閲覧
- 2) 櫻井菜花. 芹澤巧. 堀住祐介. 望月泉美. 安原百香. 静岡県立清水東高等学校. 「ケミカルガーデンでの成長速度の違い」. <https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp>. 2024年6月25日閲覧
- 3) 尾北環境分析株式会社. 【化学系実験】ケミカルガーデンを実際に作ってみました!. <https://bkb.co.jp/topics/chemical-garden-video-flow/>. 2024年6月18日閲覧
- 4) 中京テレビ, でんじろう先生のはぴエネ!. 第562回「化学の庭 ケミカルガーデン」. <https://www.ctv.co.jp/hapiene/program/20200111/index.html>. 2024年6月25日閲覧

# カメムシの校舎侵入防止作戦

## Strategy to Prevent Stink Bugs from Invading School Buildings

龍河昌矢, 丸本真子, 右田栞音

指導教員：廣田理史 (生物)

TATUKAWA Masaya, MARUMOTO Mako, MIGITA Kanon

Teacher : HIROTA Masashi (biology)

### 【要旨】

本校は七尾山下に位置し多くのクサギカメムシの侵入に長年悩まされてきた。教室に入ってくるカメムシの多くは窓際で見つかるため校舎侵入の要因は窓の隙間であり、体の厚みを縮めて通っていると考えた。カメムシの体の厚みと通過する隙間の大きさの関係を見出し隙間の認識方法を調査することにより侵入防止の作戦を練った。

### 【abstract】

Our school is located at the foot of Mt. Nanao and has been plagued for many years by the infestation of brown marmorated stink bugs. As most of the stink bugs that enter classrooms are found near windows, we thought that the reason they invade the school building is through gaps in the windows, and that they are passing through by shrinking the thickness of their bodies. We devised a strategy to prevent infestation by finding the relationship between the thickness of the stink bug's body and the size of the gap they pass through, and investigating how they recognize gaps.

【キーワード】 クサギカメムシ 隙間

## 1. はじめに

本研究で用いるカメムシの体長などの定義を下の図1のようにした。また、カメムシが最終的に通れる隙間の大きさとカメムシの厚みについての考察にて、「隙間を通過できたカメムシの体の厚みと隙間の大きさとの比率を出し、その比率から通過できた要因を推察する」という方法を採用する。(以下比率と呼ぶ)(比率=隙間の大きさ/カメムシの厚み) 更に、実験で使用したカメムシのうち、比率が1を下回った、つまり体の厚みを縮めて通ったと言える個体の割合を個体率と呼ぶことにする。

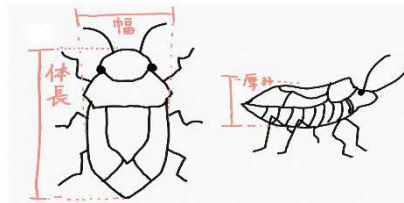


図1 カメムシの体長、幅、厚みの定義

## 2. 実験1

目的：カメムシの侵入状況を確認するため、カメムシが通れる隙間の大きさの限界値を調べる。

対象：ホシハラビロヘリカメムシ9個体(クサギカメムシの成虫が見られる時期ではなかったためこれを用いた。)

方法：カメムシの走光性を利用して、飼育箱を2空間をしきりで分け、片方を黒画用紙で覆い、明暗の差をつけた。しきりに隙間を作り、その大きさを変化させていき、個体ごとに通過可能か調べる。明るい空間にはカメムシを誘引するオレンジの香りの液体洗剤を設置した。



写真1 予備実験装置

結果及び考察：個体率は0.78であった。比率が1以下の個体に対して、厚みにおける比率の調和平均をとると、0.51となり、全体的にホシハラビロヘリカメムシは体の厚みを少なくとも約50%縮められることがわかった。更に、厚みにおける比率が1以下の個体の体厚の平均は3.68mmであったことから、ホシハラビロヘリカメムシは最大1.84mmの隙間を通過できることもわかった。

### 3. 実験2

目的：実験1と同様

対象：クサギカメムシ 14個体

方法：プラバンに穴を開け、画用紙で隙間の大きさを調節し、それぞれカメムシが通過できるか調べる。隙間にカメムシを誘引するため、実験開始時にカメムシがいる側に金属板を置き、それを約80℃の熱湯で熱した。



写真2 実験1 装置

結果及び考察：個体率は、0.50であった。厚みにおける比率が1以下の個体において、その比率の調和平均を取ると、0.60となった。ここからクサギカメムシはおよそ体の厚みの約40%を縮めたと推測できる。更に、厚みが1以下の個体の体厚は4.03mmであったため、クサギカメムシは最大2.41mmの隙間を通過できることがわかった。

### 4. 実験3

目的：実験1、実験2でカメムシが体の厚みを縮めて隙間を通過しているということが明らかになったため、カメムシの隙間の認識の仕方について明らかにする。

仮説：カメムシは体の感覚を使って隙間を認識している。

対象：クサギカメムシ 13個体

方法：実験3-1(カメムシが体を使って隙間を認識することの根拠)では、すべてのカメムシが通過可能な6mmの隙間を開けたペットボトルに、カメムシが側面を登ることを防ぐために歯磨き粉を薄く塗る。このとき光は容器の中まで通過できる。実験3-2(カメムシが視覚を使って隙間を認識することの根拠)で実験3-1のペットボトルの表面を黒画用紙で覆う。カメムシは外部を見ることはできないとする。以上のとおり2つの実験を対照実験として扱う。



写真3 実験3-1 装置



写真4 実験3-2 装置

先行研究について：昆虫の複眼における対象物の認識について，対象物の全体を認識できるのは少なくとも **6cm** の距離において(猿山他(1997年)を参照)。と報告がある。今回の装置の直径は 6.5cm であるので，カメムシは対象物を認識できるという前提で実験を進める。

表 1 結果

個体名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
3-1	○	×	×	○	×	×	×	×	×				
3-2			○					○	○	○	×	×	○

(○は隙間を通った。×は通らなかった。空欄は未実施)

考察：個体③，⑧，⑨は実験 3-1 では隙間を通過せず，実験 3-2 で通過したことから，視覚で隙間を認識したと言える。ところが実験中，3 個体とも体で隙間を認識する仕草をしていたため，観察からは体を使って隙間を認識したとも考えられる。

個体①，④は実験 3-1 において壁には触らず，ある程度時間が経ってから隙間を見つけたため，隙間からの空気の流れの感知または視覚を使って隙間を認識したと考えた。またこれらは実験 2 の装置の内部の色が透明に見立てることができなかつたからでもあると考えた。

また，②，③，⑤，⑥，⑦，⑧，⑨はある程度時間が経っても地面で動き回っていたため実験 3-1 において隙間を見つけることができなかつたと推測した。

更に，隙間にたどり着いた個体によって所要時間が異なっていた。所要時間と隙間の認識の仕方には関係があるのではないかと考えた。

## 5. カメムシの侵入防止作戦の提案

ここまでのすべての実験からホシハラビロヘリカメムシの侵入を防ぐには隙間の大きさを最大でも 1.48mm，クサギカメムシについては 2.41mm までしか作らないということを提案したい。

## 6. カメムシの校舎侵入防止作戦について

益田高校校舎の窓の隙間について，大きいところでは確実に 3mm 以上空いていた。あまり古くない窓がそのような状態であったことに対して，公共施設における窓の隙間に関する，気密性の規定などがあるのではないかと疑問が生じた。そこで窓に詳しい YKK AP 株式会社様に問い合わせたところ，

- ・公共施設における窓の隙間などの規定は特にない
- ・窓のスムーズな開閉のためにある程度の隙間があることがある
- ・害虫対策として窓の建付けによって隙間をより小さくすることができる

以上の回答を頂いた。

私達の研究ではカメムシが通過可能な隙間の大きさの限界値を求めることができたため，これを侵入防止のための窓の設置工事の際の基準に役立てることができると考えている。

## 7. 今後の展望

- ・実験 3-1 の壁の色を透明により近づける。
- ・個体を追加してもう一度**実験 3**を行う。
- ・**実験 3**にてカメムシが隙間を認識する要因を視覚や体感以外でも考えていく。
- ・**実験 3**にて、カメムシが隙間を認識するまでにかかった時間も含めて今後調査していきたい。
- ・今後もカメムシの侵入防止のために具体的な検証を進めていきたい。

## 8. 参考文献

- ・石川忠. 『日本原色カメムシ図鑑 1 巻』(1993 年). 全国農村教育協会
- ・石川忠. 『日本原色カメムシ図鑑 2 巻』(2001 年). 全国農村教育協会
- ・石川忠. 『日本原色カメムシ図鑑 3 巻』(2012 年). 全国農村教育協会
- ・安永知秀. 『カメムシ博士入門』(2018 年). 全国農村教育協会
- ・渡辺護. 『クサギカメムシの家屋などの越冬飛来消長』. 衛生動物 45 巻 1 号. (1993 年)
- ・外山晶敏. 『チャバネアオカメムシ幼虫の栄養状態を推定する形態指標』. 果樹研究報告. 巻 19
- ・上田善紀. 『ホソヘリカメムシ成虫の侵入防止に最適なネット目合いの推定』. 関西病研報 50 号 (2008 年)
- ・猿山将臣. 『昆虫の視覚系模擬した複眼センサによる位置計測』. 日本時計学会誌 No. 162 (1997 年)

## 9. 謝辞

本研究を進めるにあたって, クサギカメムシの分与, ご丁寧な指導など, たくさんのご支援をくださったアース製菓株式会社様, YKK AP 株式会社様にお礼申し上げます。

# 益田川の脱窒素細菌の活性化条件

## Activity Conditions of Denitrifying Bacteria in The Masuda River

金銅謙信, 竹本樹理, 野村ひかる

指導教員：小川俊輔（生物）

KONDO Kenshin, TAKEMOTO Juri, NOMURA Hikaru

Teacher : OGAWA Shunsuke (biology)

### 【要旨】

益田川に生息する脱窒素細菌に焦点を当て、適している基質（電子供与体）や最適温度、脱窒の際に発生する有害物質の有無を調べた。実験の結果適した基質は有機酸、最適温度は 27°C、有害物質は発生しないことが明らかとなった。

### 【abstract】

This study focused on denitrifying bacteria inhabiting the Masuda River, examining their preferred substrates (electron donors), optimal temperature, and the presence of harmful byproducts during denitrification. Experimental results indicated that organic acids serve as the most suitable substrates, the optimal temperature for denitrification is 27°C, and no harmful substances are produced during the process.

【キーワード】 脱窒素細菌 脱窒

## 1. はじめに

脱窒素細菌とは硝酸イオン、亜硝酸イオンを脱窒し窒素に変えることができる細菌の総称である。亜硝酸イオンなどは硝化菌の硝化作用によってアンモニウムイオンから生成される。現在化学肥料の使用拡大により土中・水中に増えすぎたアンモニウムイオンが生物に悪影響となっている。そこで脱窒素細菌がより効率よく脱窒するようになれば、アンモニウムイオンも減少し、生物にとってより良い環境を作ることができるのではと考え研究を始めた。先行研究により脱窒素細菌の基質は有機酸、炭水化物、タンパク質だと明らかになっていたため、益田川に生息する脱窒素細菌に適した基質を探すことから始めた。

## 2. 予備実験

益田川に脱窒素細菌が生息しているかどうかを調べることを目的に行った。

### i. 実験方法

硝酸カリウム水溶液 ( $1.0 \times 10^{-6}$  mol/L) を益田川の水を精製水各 200mL に散布しパックテストを行う。ビーカーを密閉し約 30 度に保つ。散布から 2, 5 日後に再びパックテストを行い、散布直後と 2, 5 日後のパックテストの結果を比較する。

### ii. 結果



予備実験の結果

(左 散布直後、中央 2 日後、右 5 日後)

パックテストの色が薄くなったため、脱窒の発生が確認され、益田川に脱窒素細菌が存在することが明らかとなった。

写真 1 予備実験結果

### 3. 仮説

先行研究を参考にし、

- ・脱窒素細菌は基質によって脱窒の速さが異なる
  - ・脱窒の速さは気温で変化する
- 以上2つの仮説を立てた。

### 4. 実験 I

益田川の脱窒素細菌に適した基質を見つけることを目的に行った。

#### i. 材料

- ・益田川の河水
- ・クエン酸 (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>)
- ・亜硝酸ナトリウム (NaNO<sub>2</sub>)
- ・ペプトン (R-CH(NH<sub>2</sub>)COOH)
- ・グルコース (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)

#### ii. 実験方法

益田川の河水に基質となるペプトン、クエン酸、グルコースを与え活性化させた脱窒素細菌と通常の脱窒素細菌の脱窒速度の違いについて調べた。基質の量は先行研究を参考にした。亜硝酸ナトリウムはパックテストの変化が分かりやすくなるよう、質量パーセント濃度を0.1%にした。恒温器の温度は先行研究から脱窒素細菌の最適温度である27℃に設定した。脱窒中に嫌気的条件を作るためビーカーをパラフィルムで密閉した。

(1)以下の溶液を用意した。

- A:益田川の河水 500ml にペプトン 30mg を加えたもの
- B:益田川の河水 500ml にクエン酸 30mg を加えたもの
- C:益田川の河水 500ml にグルコース 30mg を加えたもの
- D:益田川の河水 500ml にペプトン 10mg, クエン酸 10mg, グルコース 10mg を加えたもの
- E:益田川の河水 500ml (対照実験)

(2)0.1%の亜硝酸ナトリウムを用意した溶液に加えた。

(3)A～Eの溶液が入ったビーカーをパラフィルムで密閉し、27℃に設定した恒温器で保管した。

(4)溶液作成から1時間後、1日後、2日後、6日後、2週間後にパックテストを用いて亜硝酸イオン濃度を調べた

#### iii. 結果

	1時間後	1日後	2日後	6日後	2週間後
A ペプトン					
B クエン酸					
C グルコース					
D 全部					
E 基質なし					

パックテストの色が薄くなるのが早かった順に脱窒が早くなると考えると、ペプトン、クエン酸、グルコース、基質なしの順に脱窒が早くなった。ペプトンについては2日後からパックテストの色の変化がなくなり溶液内にカビが繁殖した。

図1 実験 I 結果

#### iv. 考察

- ・どの基質も脱窒を促進させる。
- ・基質を複数与えることで効果が弱まる可能性がある。
- ・ペプトンを栄養分としてカビが繁殖した。
- ・脱窒素細菌が活性化することで亜硝酸イオンがなくなり亜硝酸イオンの持つ殺菌作用がなくなったことでカビが繁殖した。

## 5. 実験Ⅱ

水溶液 A にカビが生えた原因を探ることを目的に行った。

### i. 材料

- ・益田川の河水
- ・ペプトン
- ・亜硝酸ナトリウム

### ii. 実験方法

(1) 以下の水溶液を用意した。

A: 益田川の河水 500ml にペプトン 8g を加えたもの

B: 益田川の河水 500ml にペプトン 5g を加えたもの

C: 益田川の河水 500ml にペプトン 3g を加えたもの

(2) 水溶液 A~C に 0.1% 亜硝酸ナトリウム水溶液を 25ml ずつ加え、2 日間パックテストを行った。

### iii. 結果

	11/21 8:15	12:20	16:10	11/22 8:15	12:20	16:10
A						
B						
C						

2 日目の 12 時には既に少しカビが繁殖していた。

全ての水溶液で同時に亜硝酸イオンが無くなったため殺菌作用の有無は不明だった。

図 2 実験Ⅱ結果

以降の実験では、脱窒の観察をしやすくするためにクエン酸を使用した。

## 6. 実験Ⅲ

益田川の脱窒素細菌の最適温度を見つけることを目的に行った。

### i. 材料

- ・益田川の水
- ・クエン酸
- ・亜硝酸ナトリウム

### ii. 実験方法

(1) 実験 I と同様の水溶液 B を作成し恒温器で保管し、5 日間パックテストを行った。

(2) 恒温器は 27℃, 10℃ に設定した。

※恒温器の温度設定には益田の過去 30 年間の夏と冬の平均気温を利用した。ただし、恒温器を 10℃ 以下に設定することができなかつたため、冬の気温として 10℃ を設定した。

### iii. 結果

	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13
27℃					

	12/16	12/17	12/18	12/19	12/20
10℃					

どちらの条件でも脱窒は確認された。

27℃の方が早く脱窒が進んだと言えるため、実用化するには夏に基質を加えるとよい。

図 3 実験Ⅲ結果

## 7. 実験Ⅳ

実用化に向け、基質を加えた際に発生する有害物質の有無を確認することを目的に行った。

### i. 材料

- ・益田川の河水
- ・クエン酸
- ・亜硝酸ナトリウム
- ・マツチ
- ・石灰水
- ・ギ酸
- ・アンモニア性硝酸銀水溶液

### ii. 実験方法

- (1) 実験 I と同様の水溶液 B を作成し、恒温器で約 1 週間保管した。  
恒温器は 27°C に設定した。
- (2) 作成した水溶液にマッチを近づけた。
- (3) 作成した水溶液を用いて銀鏡反応の実験を行った。  
またギ酸を用いて対照実験を行った。
- (4) 作成した水溶液に石灰水を加えた。

### iii. 実験結果

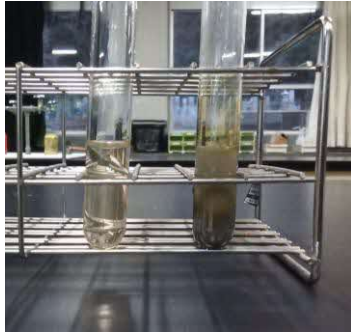


写真2 銀鏡反応



写真3 石灰水の様子

※写真2：右 ギ酸，左 益田川の河水

※写真3：右 益田川の河水，左 二酸化炭素

- ・マッチの火の強さに変化は無かったため、水素、酸素は検出されなかった。
- ・銀は析出しなかったため、アルデヒドは検出されなかった。
- ・二酸化炭素は検出されなかった。

### iv. 考察

現時点では人間に有害な物質は検出されていない。

## 8. まとめ

益田川に存在する脱窒素細菌に適した基質はクエン酸であり、実用化するには夏に基質を加えるべきだということが明らかとなった。また、現段階では基質を加えた際の有害物質の発生は確認されていない。

## 9. 今後の展望

- ・実用化に向け、基質を加えたときに有害な物質が他にも生成されるか考え検証する。
- ・溶液を中性にする方法を考える。
- ・自然界で嫌気的環境を作り出す方法を考える。
- ・脱窒素細菌を観察する。

## 10. 参考文献

- (1) 西尾隆(1994)「耕地土壌の脱窒過程」, 日本土壌肥料科学雑誌. 65 巻
- (2) 和田英太郎・上原洋一(1977) 「自然界における脱窒過程」, 掲載論文誌. 15 巻

# オブラートの可能性を探ろう！

Let's Explore the Possibilities of Oblaat!

安野美優，福間理央

指導教員：岩本雅子（家庭科）

ANNO Miyu, FUKUMA Rio

Teacher : IWAMOTO Masako (home economics)

## 【要旨】

大根の皮，玉ねぎの皮，コーヒーかすを使ってオブラートを完成させ，腐りやすいバナナ，鶏肉をオブラートで包み，腐りにくさを調べた。実験の結果，不可食部でのオブラートの抗酸化作用の効果はわからなかった。

## 【abstract】

Oblaat films (a thin edible film) were prepared using radish peels, onion skins, and coffee grounds, and their effectiveness in preserving perishable foods was evaluated by wrapping bananas and chicken meat. The study investigated the potential of these films to inhibit spoilage. Experimental results showed that the antioxidant effects of the oblaat films derived from these inedible materials were not clearly demonstrated in preventing spoilage.

【キーワード】 オブラート 抗酸化作用

## 1. はじめに

世界で有り余っている不可食部（家庭や企業でいらぬ、食べられない部分として捨てられる部分）に注目して、それを使ったオブラートを作ろうと思った。本実験では、オブラートの原料であるデンプンは使わず、水と寒天、不可食部を使った。また、その不可食部のオブラートには、食品に入っているものが持つ抗酸化作用の効果があるのかを調べた。

## 2. 仮説

原料をそのまま使うので、「オブラートにしても、抗酸化作用の効果は残っている」という仮説を立てた。

## 3. 試料

オブラートの作り方

- ①寒天液(寒天小さじ1+水 150cc)と不可食部を水に溶かした水溶液を1対1の割合で混ぜる。
- ②シリコンシートに混ぜた液体を薄く伸ばす。
- ③1週間冷蔵庫の中で乾燥させる。

\*可食フィルムを作っている会社に寒天を入れると良いとアドバイスを貰い、寒天を入れて作ったところオブラートにとっても近い感触になった。

## 4. 実験&結果

### <実験1方法>

不可食部のオブラートを作ることにした。

- (1)寒天液(寒天小さじ1, 水 150cc)を玉ねぎの皮, 大根の皮, 玉ねぎの皮, コーヒーかすそれぞれを加えて予備実験と同様に乾燥させることにより, オブラートとして完成させる。
- (2)腐りやすいと言われているバナナを成功したオブラートで包み, 腐り方を調べ, 不可食部の成分は, オブラート状になっても, 抗酸化作用が失われず, 防腐剤の代替となるのかを調べた。

<実験 1 結果>

玉ねぎの皮、大根の皮、コーヒーかすの3つ全てが、シート状になった。

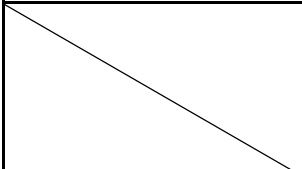



不可食部	玉ねぎの皮	大根の皮	コーヒーかす
			

写真1 実験1の結果

また、作ったシートにバナナを包んだところ、3つともオブラートで包んでいないバナナとは色が異なり、またシート状に包んだバナナの表面には潤いが残っていることも分かった。

3つの中でも特にコーヒーかすが腐敗を防げていた。




不可食部	玉ねぎの皮	大根の皮	コーヒーかす
オブラートを包んだバナナ (左) と 包んでいないバナナ (右)			

写真2 成功したオブラートをバナナで包んだ様子

<実験 2 方法>

(1)寒天液を玉ねぎの皮、コーヒーのかすに混ぜてシート状にする。大根の皮はオブラートにしたときに生ゴミのような匂いがあり、実戦向きではなかったのをやめた。

(2)作ったシートで、バナナ、鶏肉を包み、2日間放置し腐りやすさの違いを調べた。

<実験 2 結果>

①玉ねぎの皮で作ったシートで包んだときの様子

バナナの方は、体積が減ったものの、玉ねぎの皮の色素が移ってしまい、腐ったかどうか識別はつかなかった。しかし、腐敗臭がなかったことから、少しは酸化が防げていたと考える。

鶏肉は、色が移り、もとの鶏肉より体積が減った。

腐敗臭は少しあったが、横に何もしていない鶏肉をおいていたので、その臭いが移った可能性もある。

②コーヒーのかすで作ったシートで包んだときの様子

バナナは、体積が減ったものの、コーヒーかすの色素が移ってしまい、腐ったかどうか識別はつかなかったが、腐敗臭がなかったことから、少しは酸化が防げていたと考える。

鶏肉の方は体積は変化はなかったが、コーヒーの粉がついてしまった。





不可食部	バナナ	鶏肉
オブラートあり		
オブラートなし		

写真3 玉ねぎの皮で作ったオブラートを、バナナ、鶏肉に包んだ様子





不可食部	バナナ	鶏肉
オブラートあり		
オブラートなし		

写真4 コーヒー殻で作ったオブラートを、バナナ、鶏肉に包んだ様子

## 5. 考察

- ・ コーヒーのかすはオブラートにしたときに粉が落ちていたので、寒天の量を増やすことで粉がつきづらくなるのではないかと考えた。
- ・ 腐敗の条件を設定しておくべきだった（使った食材の実験前後の量など）。
- ・ バナナや鶏肉の体積が減ってしまったのは、食材の水分は出てしまったが、酸化は起こらなかったからと考える。
- ・ 形状が崩れていたのは水分が蒸発せず、身が柔らかくなってしまったからと考えた。

## 6. 今後の展望

他の抗酸化作用がある廃棄食物を使って、バナナや鶏肉だけではなく他のものでも防腐実験ができればと思う。

更に私達が描くオブラートの活用法としては、果物の抽出液から作ったシート状のオブラートを紅茶に入れることで簡単にフレーバーティーにできたり、オブラートが口の中ですぐに溶け、水不要な

ことを利用して、薬効成分を含むオブラートを赤ちゃんや寝たきりの高齢者等、飲み込み困難な方に薬として使用可能にできないかということである。

オブラートはその薄さ、軽さから運搬コストも抑えられ、乾燥しているので保存期限も長く、水不要なので災害時に服用できるなど、可能性はもっと広がってくると実験を通して考えた。

## 7. 謝辞

本研究を行うにあたり、伊那食品工業株式会社様にご協力いただきました。

この場を借りて、お礼申し上げます。

## 8. 参考文献

伊那食品工業株式会社. 「海藻由来の可食性フィルム」

<https://www.kantenpp.co.jp/corpinfo/business/businessuse/ediblefilm> . 2024年5月21日閲覧