

# 水面の広さによって異なる コーヒーフレッシュの広がり

班員 小倉 大暉、日光 泰斗、林脇 宗一郎、若林 里穂  
担当教員 山本 一博

キーワード：コーヒーフレッシュ、波、先行する物質、ラングミュア膜

Coffee creamer is a product made from vegetable oil and some food additives. When you drop it onto water, it spreads on the surface. We found that how large it spreads depends on the area of water surface. We also found that the spread is limited by some substance which spreads ahead of the creamer.

## 1 はじめに

コーヒーフレッシュとは、コーヒーの味をよりまろやかにするために用いられる食品で、その主成分は植物性油脂であり、乳脂肪は含まれない。コーヒーフレッシュを水に落とした時、落とす量と落してから時間が一定であっても、水面の広さ(容器の大きさ)が広いほどコーヒーフレッシュは水面でより大きく広がっていた。(図1・図2)

このことに興味を持ち、水面の広さとコーヒーフレッシュの広がり(面積)との関係を探るとともに、その理由を明らかにするために実験を行った。



図1 200mLに落としたときの様子



図2 水槽に落としたときの様子

## 2 実験

### 【実験Ⅰ】

#### 目的

水面の広さ(容器の大きさ)を変えた時に、水面でのコーヒーフレッシュの広がり(面積)はどのように変化するかを明らかにする。また、その関係性を調べる。

#### 方法

水を入れた容器にビュレットを用いてコーヒーフレッシュを一滴のみ落とし、落としてから5秒後の水面でのコーヒーフレッシュの広がり(面積)を測定する。

#### 面積の測定方法

- 1 滴下してから5秒後のコーヒーフレッシュの写真を印刷し、容器の水面とコーヒーフレッシュの広がり(面積)に合わせて切り取る。
- 2 ①で切り取ったものの質量を電子ばかりで量る。
- 3 「実際の水面の広さ：コーヒーフレッシュの広がり(面積)」の比率を用いてコーヒーフレッシュの広がり(面積)を算出する。

### 設定

- ・ビュレットと水面の間は10cmあける
- ・10回ずつ測定する
- ・直径の異なる4種類の容器を使う
- ・滴下してから5秒後を撮影

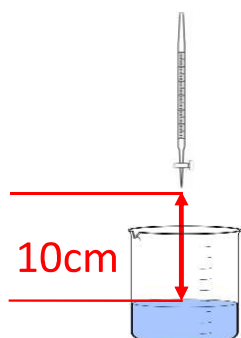


図3 実験装置の条件

表1 容器の種類と直径

種類	直径
200mL ビーカー	6.3cm
シャーレ	8.8cm
鍋	22.0cm
水槽	23.8cm

### 結果

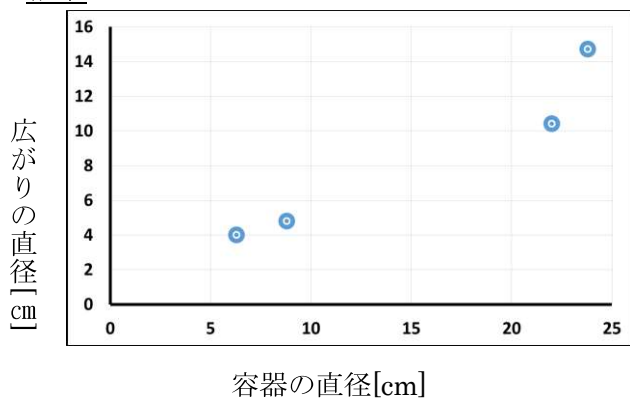


図4 実験Ⅰの結果

実験Ⅰの結果から、容器の直径とコーヒーフレッシュの広がり直径は相関があるといえる。

しかし、容器の材質の違い、水深の違いなどの問題点があげられたため、実験Ⅱを行った。

### 【実験Ⅱ】

#### 目的

水深を統一し、同じ材質の容器において容器の大きさを変化させた時の水面でのコーヒーフレッシュの広がり直径の面積の関係性を調べる。

### 方法

大きさの異なる5種類のビーカーに水を入れ、そこにコーヒーフレッシュを一滴のみ落とし、落としてから5秒後の広がり直径の面積を測定する。

### 設定

- ・水深は3cmで統一する
- ・ビュレットと水面の間は10cmあける
- ・10回ずつ測定する
- ・直径の異なる5種類のビーカーを使う

表2 ビーカーの種類と直径

ビーカーの種類	直径
50mL	4.5cm
200mL	6.3cm
500mL	8.8cm
1000mL	11.0cm
2000mL	13.2cm

### 結果

水面に滴下するコーヒーフレッシュの量は一定でも、水面が広いほどコーヒーフレッシュは水面でより大きく広がった。

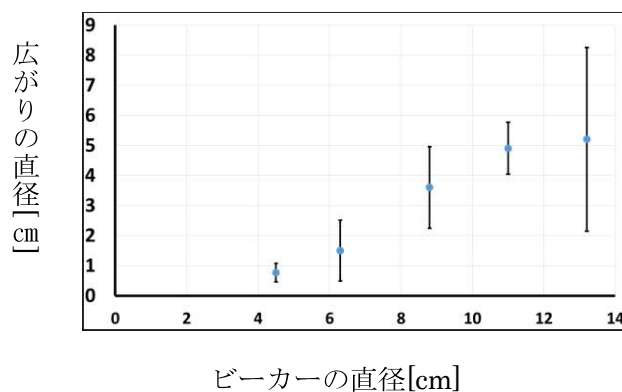
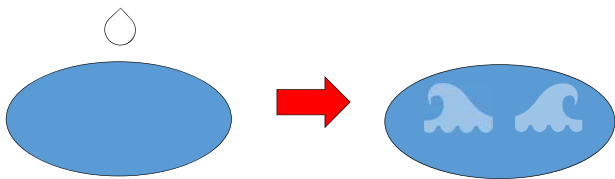


図5 実験Ⅱの結果

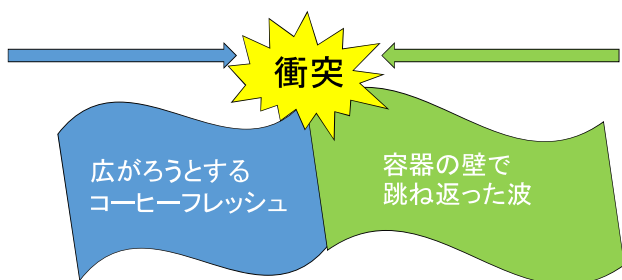
実験Ⅱの結果を受けて、仮説1及び仮説2を立て、それらを検証する実験を行った。

### 《仮説 1》

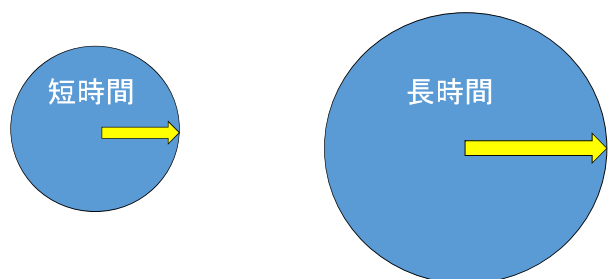
①水面に波が発生。



②容器の壁で跳ね返った波が広がる途中のコーヒーフレッシュとぶつかり、広がりが止まる。



③水面が広いほど波が容器の壁まで伝わるのに時間がかかるためコーヒーフレッシュは大きく広がる。



よって、コーヒーフレッシュの白い部分の広がりが制限されるのは、波の影響を受けているためである。

### 【実験Ⅲ-1】

#### 目的

仮説 1 の検証

#### 方法

ハイスピードカメラでコーヒーフレッシュが広がっている時の水面の様子を撮影する。

#### 結果

コーヒーフレッシュの白い部分の広がりは、壁面で跳ね返った波とぶつかる前に止まった。

#### 考察

コーヒーフレッシュの白い部分の広がりが水面の広さによって異なるのは、波の影響ではない。

### 《仮説 2》

コーヒーフレッシュの白い部分に先行して広がる物質が存在し、その先行する物質がピーカーの壁に溜まることで白い部分の広がりが制限されている。

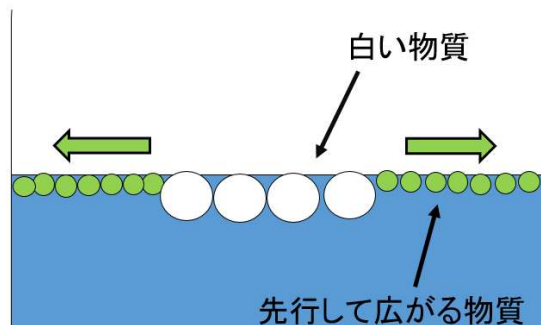


図 6 仮説 2 の模式図

### 【実験Ⅲ-2】

#### 目的

仮説 2 の検証

#### 方法

水面に糸くずを浮かべ、そこにコーヒーフレッシュを滴下し、糸くずの動きを観察する。対照実験として、水を滴下する実験も行う。

滴下した時に溶媒の振動である波が発生しただけなら、糸くずは上下に振動するだけであるため、コーヒーフレッシュを滴下した場合に糸くずが外側に移動すれば、白色の広がりに先行して広がる物質が存在することになる。

#### 結果

水面に浮かべた糸くずは、コーヒーフレッシュを滴下した場合、外側に移動した。

水を滴下した場合、糸くずは上下に動いただけだった。

#### 考察

コーヒーフレッシュが水面に広がるとき、白い部分に先行して広がる物質が存在し、白い部分の外側に溜まることで、白い部分の広がりが制限されている。

また、水で実験を行った際に糸くずが外側に移動しなかったのは、水には先行する物質が含まれていないためである。

調べていくなかで、白い部分に先行して広がる物質はラングミュア膜ではないかと考えた。

#### ラングミュア膜とは

親水基と疎水基の両方をもつ有機物を水面に落としたときに形成されるうすい膜のこと。

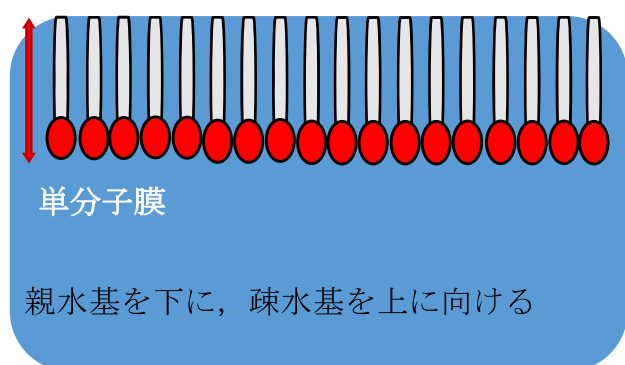


図7 ラングミュア膜の模式図

### 3 結論

実験Ⅲより、白い物質に先行して広がる物質が存在し水面に膜（ラングミュア膜）を形成したことが示唆される。

水面の面積が広いと、先行する物質が容器の壁面に達するまでに時間がかかるため白い部分の面積が広くなる。

### 4 今後の展望

白い部分に先行して広がる物質が何であるのかを特定する。

### 5 参考文献

国立研究開発法人産業技術総合研究所

L膜とLB膜の解説.

[https://staff.aist.go.jp/k.ikegami/LB\\_kaisetsu/LB\\_kaisetsu.html](https://staff.aist.go.jp/k.ikegami/LB_kaisetsu/LB_kaisetsu.html)

(参照 2019-02-25)



# 千里浜が道路として利用できる理由

班員 小渕 裕香、杉田 翔英、本多 一翔、南 佳吾  
担当教員 小林 広典

キーワード：千里浜、砂、勾配、干満

*Chirihama* is a beach in Ishikawa prefecture on which cars can drive. It is actually used as a road. What makes it possible are: the size of its sand suitable for cars to drive, the stable wide area of wet sand, and merits as a road.

## 1 はじめに

千里浜は石川県羽咋市にある全長 8 km の砂浜で、車が走ることができる日本で唯一の砂浜である。千里浜は砂が湿る部分で車が走ることができる。

「砂の性質」、「砂浜の構造」、「道路の利点」の 3 つの要因で、私たちは千里浜が道路として利用できると考えた。本研究では、この 3 つの要因について検討を行った。



図 1 千里浜で車が走る様子

## 2 研究方法と結果

### I 砂の性質

#### 〈仮説 I-1〉

千里浜が道路として利用できる理由は、千里浜の砂が粒径や形状の点で、他の砂に比べて、特殊であるから。

#### 〈調査 I-1〉 砂の粒径と形状の調査

##### (方法)

千里浜の砂の粒径と形状について、文献を用いて調べた。

#### (結果)

##### 1 粒径

- ・ 0.1～0.2 mm の目の揃った細かい砂<sup>(1)</sup>
- ・ 125～250  $\mu\text{m}$  の粒径が 90%<sup>(2)</sup>
- ・ 60% 粒径は 0.18 mm と極めて小さい<sup>(3)</sup>

##### 2 形状

- ・ 角張った粒子の多い所に特徴がある<sup>(3)</sup>
- ・ 石英が混じり角ばっている<sup>(4)</sup>

#### 〈考察 I-1〉

千里浜が道路として利用できるのは、千里浜の砂の粒径が小さいことと形状が角ばっていることが理由と文献では書かれている。しかし、これらの文献では、他の粒径や形状の砂では車が走ることができないとは書かれていない。

したがって、千里浜の砂の粒径と形状のみが、千里浜が道路として利用できる理由になっているとは言えることはできない。

#### 〈調査 I-2〉 他の砂浜の調査

##### (方法)

Google マップで千里浜以外の砂浜において、砂の湿っている範囲に車がないか調べた。

#### (結果)

日本全国の砂浜を調査したところ、いくつかの砂浜で砂の湿っている範囲に車があることが確認できた。また、その中で千里浜よりも粒径が大きい砂浜も確認できた。

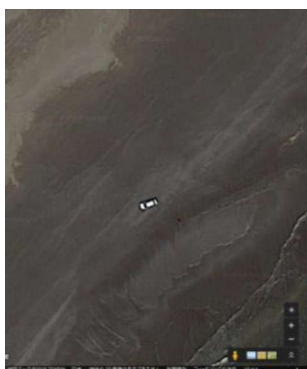


図2 九十九里浜（千葉県）



図3 寺泊北側海岸（新潟県）

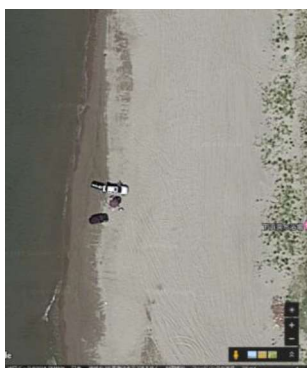


図4 下浜（秋田県）

地図データ：Google、ZENRIN

### 【各地の砂の粒径】

九十九里浜	約 60% が 0.25mm 未満 <sup>(5)</sup>
寺泊北側海岸	0.4mm 程度 <sup>(6)</sup>
下浜	～0.5mm <sup>(7)</sup>

### 〈考察 I-2〉

千里浜の砂ほどの小さな粒径でなくても車が走ることができることが確認された。したがって、千里浜の砂が特殊であることが、千里浜が道路として利用できる理由とは言えない。

## II 砂浜の構造

### 〈仮説 II-1〉

千里浜が道路として利用できる理由は、砂浜の傾斜が緩やかなことで海水が広範囲にいきわたるようになり、砂の湿っている範囲が広がるからである。

### 〈調査 II-1〉 砂浜の勾配の測定

千里浜と千里浜の南に約 15km 離れた高松の砂浜を比較した。高松は千里浜と砂の性質が似ている。しかし、車が走ることができない。5/6 から 8/23 にかけて、5 回にわたり調査を行った。

### （方法）

- ①水準器付きレーザーを定規に水平に照射した。
  - ②砂の湿っている範囲  $a$  [m] を計測した。
  - ③勾配変化  $b$  [cm] を計測した。
- ( $b$  は  $a$  を 2m ごとに計測。)

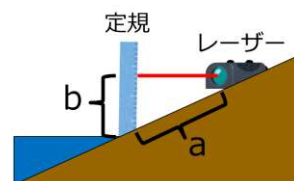


図5 砂浜の勾配の測定方法

### （結果）

$a$  と  $b$  の値をもとに汀線を原点とした断面図を作成した。

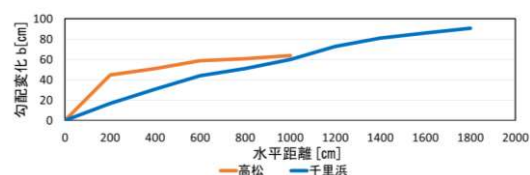


図6 千里浜と高松の断面図

- \*  $a$  [m] の値は干満の差を考慮した補正值である。
- \* 断面図は縦方向に 5 倍に伸長させている。

断面図より次の 3 つのことが言える。

- 1 千里浜の方が砂の湿っている範囲が広い。
- 2 千里浜は緩やかに一定の勾配が続く。
- 3 高松は汀線付近で勾配が急になる。

### 〈考察Ⅱ-1〉

砂浜の傾斜が緩やかなため、水が広範囲にいきわたり、砂が固く締まって道路として利用できる。

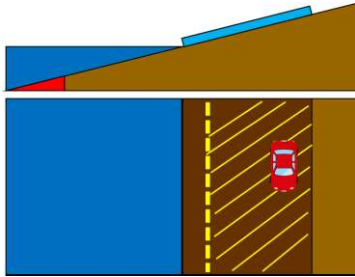


図7 考察Ⅱ-1を視覚化した図

### 〈仮説Ⅱ-2〉

千里浜が道路として利用できる理由は、干満の差が小さいことにより、海水に覆われる範囲の変化が小さくなり、砂の湿っている範囲が安定するから。

### 〈調査Ⅱ-2-i〉 干満による境界の変化

干満の変化による、砂の湿っている部分と乾いている部分の境界の変化を調べる。

#### 〈方法〉

千里浜の砂の湿っている部分と乾いている部分の境界に杭を刺し、それを基準として、境界の変化を2時間ごとに調べた。

#### 〈結果〉

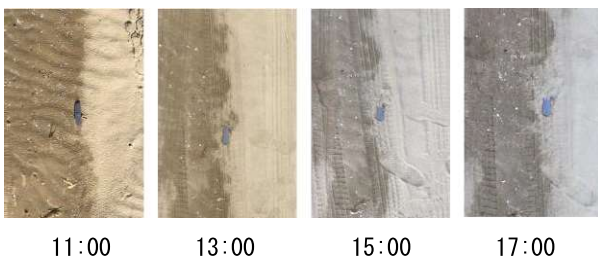


図8 干満による境界の変化（11/18）

砂の湿っている部分と乾いている部分の境界は干満によってほとんど変化しなかった。

### 〈調査Ⅱ-2-ii〉 干満の差の調査

千里浜と千葉県にある九十九里浜を比較した。九十九里浜は千里浜と似た緩やかな傾斜の砂浜である。それぞれの干満による潮位の変化を比較し、汀線の変化を推定した。

#### 〈結果〉

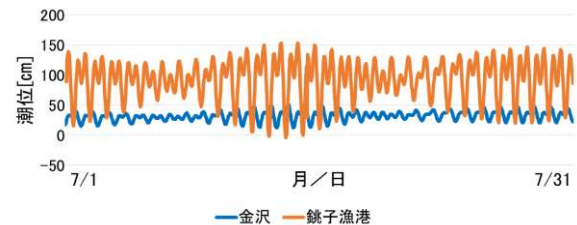


図9 千里浜付近と九十九里浜付近の潮位の変化

（気象庁 潮位表<sup>(8)</sup>より作成）

#### 【千里浜付近】

干満の差は約 30 cm で、汀線の変化は±3m ほどだと推定できる。

#### 【九十九里浜付近】

干満の差は約 150 cm で、汀線の変化は千里浜の±3mより遥かに大きいと推定できる。

### 〈考察Ⅱ-2〉

砂が湿っている範囲は、干満の変化による汀線の変化のみに影響される。そのため、干満の差が小さい砂浜では、砂が湿っている範囲の変化が小さくなり、車が同じ場所を安定して走ることができる。

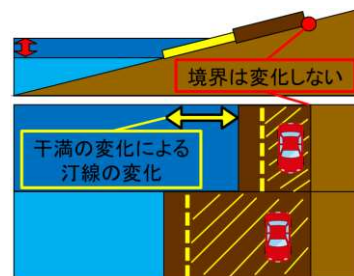


図10 考察Ⅱ-2を視覚化した図

## Ⅲ 道路の利点

### 〈仮説Ⅲ〉

砂浜が道路として利用されるためには、道路としての利点があることも必要である。

### 〈調査Ⅲ〉 道路としての利点

#### 1 走行が可能な範囲への車の入れやすさ

(例) 九十九里浜と千里浜

九十九里浜は車道から砂の湿っている範囲まで約100mもあり、車を砂浜に入れにくい。一方、千里浜では車道と砂の湿っている範囲が近くなっていて車が入れやすい。



図11 九十九里浜

#### 2 車が走行可能だが入ることができない砂浜

(例) 氷見市脇方の砂浜

砂浜の状態は車が走行可能だが、車を入れることができないし、また車が入る必要もないため、道路として利用されることもない。



図12 富山県氷見市脇方の砂浜

### 〈考察Ⅱ-2〉

車が走ることができるような砂浜であっても、道路としての利点がない砂浜は道路として利用されない。

## 3 結論

1つ目に、砂の性質について、千里浜の砂は特殊ではあるが、砂の特殊性のみが車が走ることができる理由とは言えない。

2つ目に、砂浜の構造について、砂浜の傾斜が緩やかであることで、砂の湿っている範囲が広くなる。また、干満の差が小さいことで、砂の湿っている範囲が安定する。

3つ目に、道路の利点について、車が砂浜を走

るためには道路としての利点が必要である。

これらの要因から、千里浜の他にも道路として利用できる砂浜を見るけることができるかもしれない。また、このような砂浜は観光資源につながる可能性もある。

## 4 今後の展望

より多くの砂浜を調査することで、砂浜が道路として利用できるための要因を調査する。

## 5 参考文献

- (1) 出村拓也, 岸井徳雄, 鷺見浩一. 千里浜海岸の汀線変動と来襲波浪に関する研究. 土木学会中部支部発表会. 概要集. 2011. 97-98
- (2) 柳井清治. 石川県能登半島の歴史と景観の形成過程. 景観生態学. 2014. 19. 2. 161-168
- (3) 石田啓. 車が通れる千里浜海岸. 土と基礎. 1991. 3. 6. 2
- (4) 第一回千里浜再生プロジェクト委員会 説明資料. 2011.  
<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/kasen/chirihama-saisei/documents/presentation1.pdf> (参照 2019-02-04)
- (5) 宇多高明, 水垣浩, 宇野晃一, 大木康弘, 酒井和也. 九十九里浜北部における海浜砂の粒径分級. 土木学会論文集B3(海洋開発). 2014. Vol170. No2. I\_726-I\_731
- (6) 東良慶, 平石哲也, 関口秀雄. 河口海岸域における砂浜地形の形成過程を読み解く試み. 土木学会論文集B1(水工学). 2013. Vol169. No4. I\_1477-I\_1482
- (7) 有田正史, 須藤定久. 砂と砂浜の地域誌(20)本荘から秋田・男鹿へ. 地質ニュース 660号. 2009. 6-15
- (8) 国土交通省 気象庁 潮位表.  
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/index.php> (参照 2019-02-04)

# メントスガイザーと物質表面の構造の関係

班員 荒木 咲瑛、市川 涼太、矢田 愛結佳、山口 陽丈

担当教員 屋敷 秀樹

キーワード：メントス、炭酸水、メントスガイザー、多孔質

When a porous object is put in carbonated water, many bubbles are generated. This is called Mentos Geyser. We investigated how the number and the size of the holes on the surface of a porous object influences the amount of gas generated, and found, that they had no influence. Next, we experimented on the amount of space in the porous object. As a result, it was found that the object reacts greatly when it has much space in it.

## 1 はじめに

メントスガイザーとは、炭酸飲料のコーラにチューイングキャンディーのメントスを入れるとコーラが溢れ出す現象のことである。この現象は、メントスが多孔質であることと界面活性剤のはたらきをしていることによって起こることが先行研究で明らかになっている。本研究では、メントスが多孔質であるという点にのみ着目し、どのような構造の物質が激しいメントスガイザーを引き起こすのかを調べることを目的として実験を行った。ここでは、炭酸水と反応して気体が多く発生することを、「激しい」と表現する。

## 2 実験で使用した多孔質

金沢大学の電子顕微鏡をお借りし、様々な物質を観察し多孔質かどうかを調べ、その穴の大きさを測定した。ただし、発泡ゴムの写真は、インターネットで鉄道総合技術研究所の研究から引用した<sup>(1)</sup>。多孔質とは、表面および内部に小さな穴や凹凸がたくさんある物質のことであり、穴には空気が含まれている。観察の結果、以下のように分類した。

### ▽多孔質

乾麺（スパゲッティ、そうめん、そば）、乾燥昆布、珪藻土、発泡ゴム、チョーク、沸騰石、マカロニ、割りばし、木炭、メラミンスポンジ、メントス

### ▽非多孔質

アルミホイル、食品用ラップフィルム、セロハンテープ

### ＜多孔質の穴の測定方法＞

顕微鏡の写真から、大きい穴、小さい穴、平均的な大きさの穴を選ぶ。これらの穴を楕円としたときの長軸を測り、その平均値を穴の大きさとした。図1に撮影した素材の一部について、写真、素材名、穴の大きさを表す。

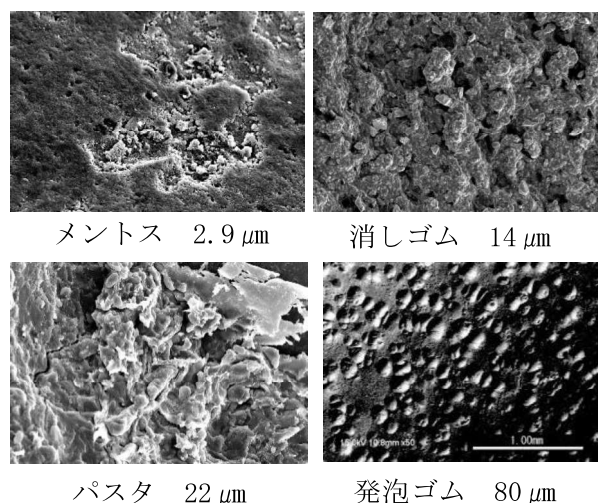


図1 電子顕微鏡写真



### 3 実験

#### 実験1

沸騰石を入れた水を沸騰させると、多孔質である沸騰石に含まれる空気が核となり、液体内部から多量の水蒸気の泡を発生させる。メントスガイザーにおいて、炭酸水が噴き出るとき、メントスに含まれる空気が核となり、二酸化炭素の泡を発生させていると仮定すると、多孔質であることが気体を発生させる要因であるといえる。本実験では、多孔質に含まれる空気が核となり、気体を発生させていることを確かめることを目的とした。

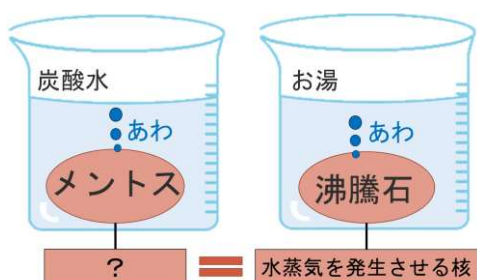


図2 多孔質が泡を発生させる仕組み

#### ○方法

電子顕微鏡で観察した物質を、沸騰中のお湯や炭酸水に入れて、その様子を観察した。

#### ○結果

メラミンスポンジを除く多孔質は、泡をたくさん発生させた。しかし、その他の物質は、泡をあまり発生させなかった。



図3 沸騰中のお湯に入れた消しゴム(左)とラップ(右)の反応の様子



図4 炭酸水に入れた消しゴム(左)とラップ(右)の反応の様子

#### ○考察

多孔質が炭酸水からの泡の発生を促す役割は、沸騰石が沸騰中のお湯から泡の発生を促す役割と同じである。

#### ○仮説

表面の穴の数が多く、表面の穴が小さい多孔質は、より激しいメントスガイザーを起こす。

#### 実験2

表面の穴の数と気体発生量との関係について確かめることを目的とした。

#### ○方法

- ① 表面の穴の数を変えるために、図5のように、同質量の消しゴムを表面積が約2倍、約3倍になるように切り、表面積を28cm<sup>2</sup>、58cm<sup>2</sup>、73cm<sup>2</sup>とした。

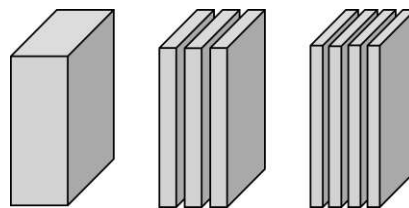


図5 消しゴムの切り方

- ② 3つのガラス瓶に消しゴムをそれぞれ入れた。
- ③ 開封直後の炭酸水を、3つのガラス瓶に入れた。注ぐ際は瓶を横一列に並べ、右から順番に入れていき、すべての瓶に半分の20mL まで入れる。次に、左から順番に40mLになるまで入れる。このようにして、それぞれの瓶に含まれる炭酸ガスの量をほぼ一定にして、実験の誤差を小さくする工夫をした。
- ④ 30秒間で発生した気体を水上置換法で集め、記録した。

※実験は5回行った。

※多孔質を入れてから炭酸水を入れると、多孔質ごとに体積が異なるため、容器に目盛りがあったとしても、炭酸水の量を揃えることが難しい。そのため、メスシリンダーで水20mL、40mLを測り、多孔質が入っている容器に入れ、そのときの水位に印をつけ、毎回同じ量の炭酸水を入れるようにした。



図6 実験装置

### ○結果

気体の発生量の平均は、グラフ（図7）のようになった。t検定を行ったところ、気体の発生量の差に優位性がなかった。つまり、表面の穴の数と気体の発生量との関係はない。

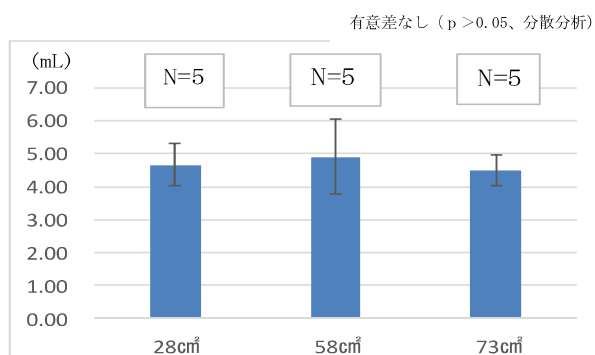


図7 表面積と気体の発生量の関係

### 実験3

表面の穴の大きさと気体発生量との関係について確かめることを目的とした。

### ○方法

多孔質である消しゴム、パスタ、発泡ゴムを用いた。これらの質量をそろえ、実験2と同様に、炭酸水40mLを加えて、気体の発生量を比較した。



図8 実験の様子

### ○結果

気体の発生量の平均は、グラフ（図9）のようになった。発泡ゴムとパスタが激しく反応した。パスタと消しゴムおよび発泡ゴムと消しゴムによる気体発生量には有意差が認められるが、発泡ゴムとパスタによる気体の発生量には、有意差が認められなかった。

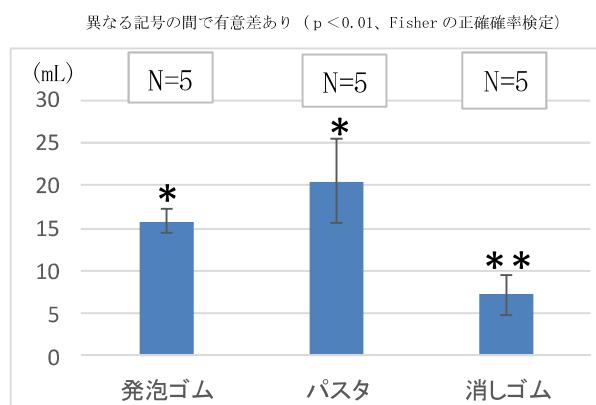


図9 穴の大きさと気体の発生量の関係

### ○考察

実験2・3より、物質の表面の穴の数、穴の大きさは、激しいメントスガイザーを引き起こす要因ではなかった。つまり、物質の表面は関係がないといえる。そこで、物質の内部の空隙との関係があると考えた。

### 仮説

物質の表面と内部の穴の総数が多い多孔質は、より激しいメントスガイザーを起こす。



#### 実験4

物質の表面および内部の穴の大きさと気体発生量との関係を確認することを目的とした。

##### ○方法

消しゴムの体積を $7.5\text{cm}^3$ 、それを半分にした $3.25\text{cm}^3$ 、8分の1の $0.93\text{cm}^3$ に変えることで、物質表面および内部の穴の数を変え、気体の発生量を比較した。



図 1 0 実験の様子

##### ○結果

気体の発生量の平均は、グラフ（図 1 1）のようになった。検定を行ったところ、大きな消しゴムほど気体の発生量が多くなったといえる。

異なる記号の間で有意差あり（ $p < 0.01$ , Fisher の正確確率検定）

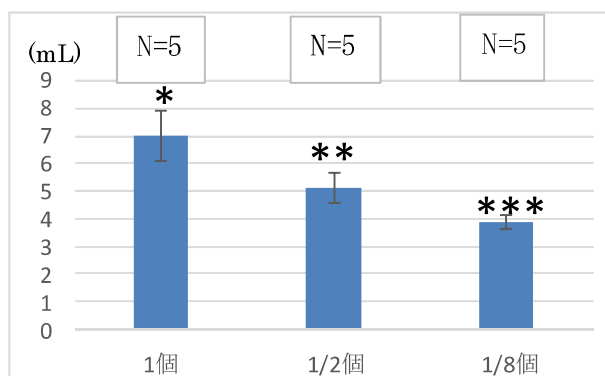


図 1 1 体積と気体の発生量の関係

##### ○考察

物質内部に空気を含むたくさんの空隙があることで、消しゴムの反応が激しくなる。

#### 4 結論

より激しいメントスガイザーを起こすには、物質の内部に空気を含むたくさんの空隙がある多孔質を用いればよいということがわかった。

#### 5 今後の展望

メントスガイザーをより激しくする物質の条件についての研究を継続し、物質の穴の深さと、気体の発生量との関係を明らかにする。

#### 6 謝辞

電子顕微鏡写真の撮影に協力頂いた金沢大学助教ロバート・ジェンキンズ先生、大学院生渡邊壮さんに感謝します。

#### 7 参考文献

- (1) 鈴木実, 佐藤大悟, 間々田祥吾. 発泡ゴムを用いた低ばね定数軌道パッドの低温特性の向上. 鉄道総合技術論文. 2014. vol28, no2, p. 17-22 <https://bunken.rtri.or.jp/doc/fileDown.jsp?RairacID=0001003779>
- (2) 小島葉子. メントスとコーラでなぜ噴き出るの？原理を簡単に解説！. 2016 <http://wonder-trend.com/archives/9962.html> 2018 年 5 月閲覧
- (3) 卜部吉庸. 化学 I・II の新研究. 三省堂. 2004.

# 高濃度の食塩水における植物の吸水について

班員 大島 健志郎、大島 美礼、水野 怜美、森本 隆志

担当教員 山本 幸平

キーワード：高濃度の食塩水、植物の吸水

It is generally said that, due to osmotic pressure, plants do not absorb highly-concentrated salt water. In our research, however, the amount of the salt water decreased, salt crystals appeared on the leaves and the stem, chlorides ion was observed in the plants. This indicates that the plants absorbed the highly-concentrated salt water.

## 1 はじめに

植物は高濃度の塩分により吸水が阻害されたり、脱水が起こったりすることが知られている。ところが、3.5%の食塩水にカイワレダイコン（以下カイワレとする）の根を浸して約3週間放置したところ、葉の表面に塩の結晶のようなものが析出していた。私たちは、植物は高濃度の食塩水を吸い上げるのではないかと考え、なぜこの現象が起きたのかを明らかにすることを本研究の目的とした。

## 2 研究と結果

本研究では植物の等張液（0.59%～1%）より濃度が高い2%、4%、8%の食塩水を用いて実験を行った。

### 実験1-1

カイワレが食塩水を吸い上げたかの確認

〈仮説〉

葉の表面から塩の結晶のようなものが析出したことから、カイワレは食塩水を吸い上げる  
〈方法〉

- ① 蒸留水と2%、4%、8%の濃度の食塩水をそれぞれ50mL入れたビーカーを2組準備した。
- ② カイワレを同じ重さに分け、準備したビーカーの1組それぞれに根だけが蒸留水、食塩水に浸かるように入れた。

③ もう1組のビーカーにはカイワレを入れず、コントロールとした。

④ 作成した計8つのビーカーを人工気象器内に設置した。

・一定の温度…20℃

・日照時間…12時間(6:00～18:00)

⑤ それぞれのビーカーの重さを計測した（約1日おき、8日間）

〈結果〉

それぞれの食塩水の減少量は、グラフ(図1、図2)のようになった。5日目にカイワレを入れた蒸留水が無くなったため、新たに50mLを加えた。

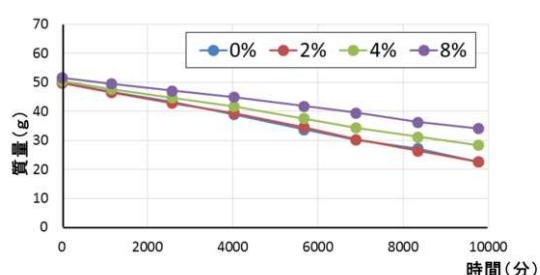


図1 コントロールの食塩水の減少量（カイワレなし）

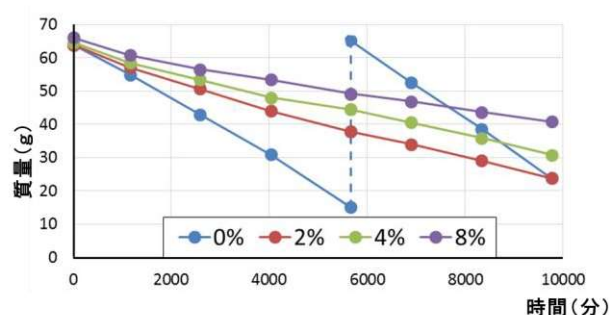


図2 カイワレを入れた食塩水の減少量

### 〈減少量の比較〉

カイワレを入れた食塩水とコントロールの食塩水の減少量をよりわかりやすく比較するために、コントロールの食塩水の減少量に占めるカイワレを入れた食塩水の減少量の割合を $\alpha$ （図3）とし、グラフ（図4）を作った。全ての濃度で $\alpha$ の値は1よりも大きくなった。このことから、カイワレを入れた食塩水がコントロールの食塩水よりも多く減少したことが分かる。

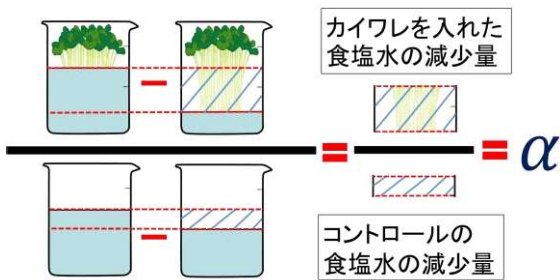


図3  $\alpha$ の値

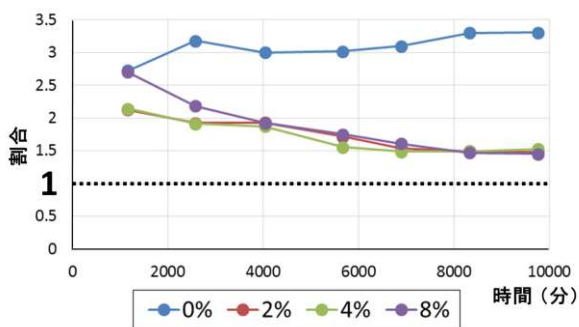


図4  $\alpha$ の値の変化

### 〈考察〉

全ての濃度で $\alpha$ の値が1よりも大きくなったことから、カイワレが食塩水を吸い上げた可能性があるが、カイワレが束になっていたり、ビーカーに触れていたりすると、そこで毛細管現象が起きて食塩水の減少量を正確に測定できないと考え、以下の実験1-2を行った。

### 実験1-2

#### 正確な減少量の測定

#### 〈方法〉

毛細管現象を防ぐため、カイワレよりも太く、1本でも安定するエンドウ（以下豆苗とする）を用いた。針金を使って、豆苗がビーカーに触れないようにした（図5）。また、実験1-1の方

法①～⑤と同様に行った。



図5 固定した豆苗

### 〈結果〉

それぞれの食塩水の減少量は、グラフ（図6、図7）のようになった。7日目に豆苗を入れた蒸留水が無くなったため、新たに50mLを加えた。実験1-1と同様に $\alpha$ の値を出し、グラフ（図8）を作ると、全ての濃度で $\alpha$ の値が1よりも大きくなった。このことから、コントロールの食塩水よりも、豆苗を入れた食塩水の方が多く減少したことが分かる。

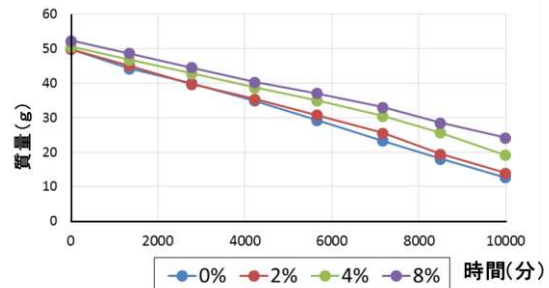


図6 コントロールの食塩水の減少量（豆苗なし）

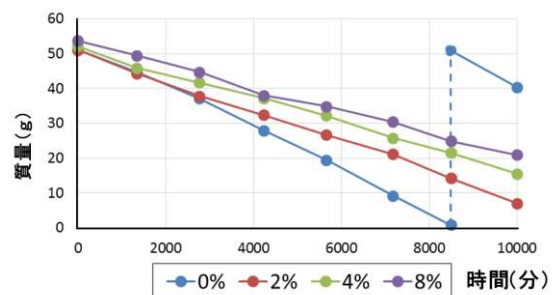


図7 豆苗を入れた食塩水の減少量

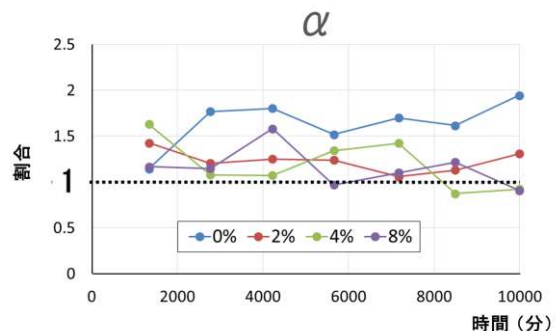


図8  $\alpha$ の値

〈考察〉

毛細管現象がおきないように設定したため、豆苗を入れた食塩水の減少量がコントロールの食塩水の減少量よりも多かったことは、豆苗が高濃度の食塩水を吸い上げたためであると考えた。

## 実験2-1

### 析出した物質が食塩かの確認

〈方法〉

豆苗から析出していた物質が本当に食塩であるかを確認するため、実験1-2後の豆苗の葉や茎から析出した物質の形をルーペや顕微鏡、双眼実体顕微鏡で観察した。

〈結果〉

ルーペで見た葉では白い斑点が見られ(図9)、顕微鏡で見ると、食塩の結晶と思われるものが析出していた(図10)。双眼実体顕微鏡で見た茎でも、角ばった、食塩の結晶と思われるものが析出していた(図11)。



図9 ルーペで見た葉



図10 顕微鏡で見た葉

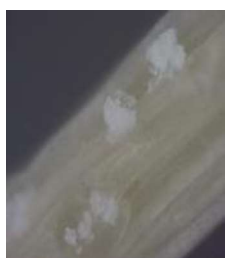


図11 双眼実体顕微鏡で見た茎

〈考察〉

角ばった形をしていたことから、確認できた物質は食塩の結晶であると考えた。

## 実験2-2

食塩水が茎の内部に入ったかの確認

〈方法〉

- ① 食塩水に入れてから2日目と5日目の豆苗の茎を根から2cmごとにカミソリで切断した(図12)。
- ② 断面に硝酸銀を滴下し、双眼実体顕微鏡で観察し、塩化物イオンの有無を確認した。



図12 切断した豆苗

〈結果〉

実験開始から2日目の豆苗の茎の断面に硝酸銀を滴下した様子。0%(蒸留水)(図13) 8%食塩水(図14)



図13 蒸留水に入れた豆苗の様子

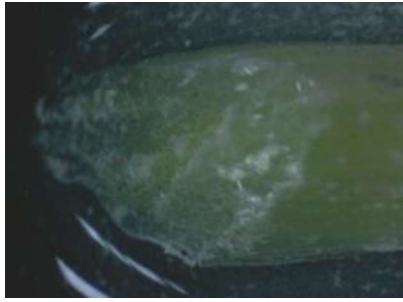


図14 8%食塩水に入れた豆苗の様子

蒸留水に入れていた豆苗の茎の断面に硝酸銀を滴下すると、実験開始から2日目と5日目のどちらも変化はなかった。2%、4%、8%の食塩水に入れていた豆苗は、実験開始から2日目、5日目のどちらからも白い沈殿が見られた。このことから、塩化物イオンが存在していると分かる。

〈考察〉

茎の断面に塩化物イオンが確認できたため、食塩水が豆苗の茎の内部を通ったと考えた。

### 3 結論

植物は、自身の等張液よりかなり高い濃度の食塩水でも吸い上げる。また、吸い上げられた食塩水は茎の内部を通り、葉まで達するため、茎や葉の表面から塩の結晶が析出した。

### 4 今後の展望

植物が高濃度の食塩水を吸い上げるのは、生物学的（能動的）な働きなのか、物理的（受動的）なものなのかを明らかにする。

### 5 参考文献

- (1) 今関英雅. 植物に塩水を加えるとかれるのはなぜ？. 日本植物生理学会 [https://jssp.org/hiroba/q\\_and\\_a/detail.html?id=327](https://jssp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=327). 2009. 2018年2月10日閲覧
- (2) 日本光合成学会. 光合成事典. <http://photosyn.jp/pwiki/index.php> 2016.2018年10月12日閲覧

# Missing Square Puzzleの傾きと折れ曲がり

班員 河崎 新一郎、竹中 丈二、中島 健雄、長田 尚真  
担当教員 今田 拓伸

キーワード：Missing square puzzle（面積増減パズル）、傾き、折れ曲がり

“Missing Square Puzzle (Fig. 1)” is a trick which looks like a straight line is actually bent. We researched why it is hard to notice the bend, focusing on the different angles of the two small triangles (Fig. 2). As a result, we found that it is hard to notice a line bent when it is oblique.

## 1 はじめに

Missing Square Puzzle(面積増減パズル)がある。

これは、図1のように同じ図形を組み替えただけで、全体の面積が変わっているように見える面積のパラドックスである。

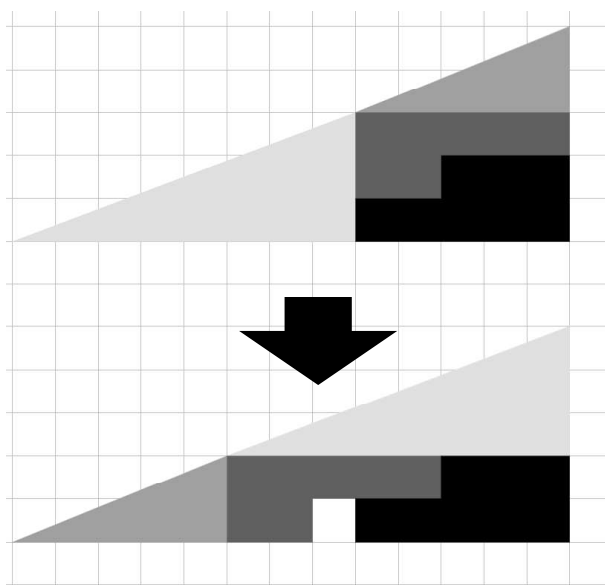


図1 Missing Square Puzzle の一つ（面積増減パズル）

面積が変わっているに見えるのは、図2のように大きな三角形を構成する2つの小さな三角形の傾きが異なるからである。

そのため、この大きな三角形の斜辺は折れ曲がっている。

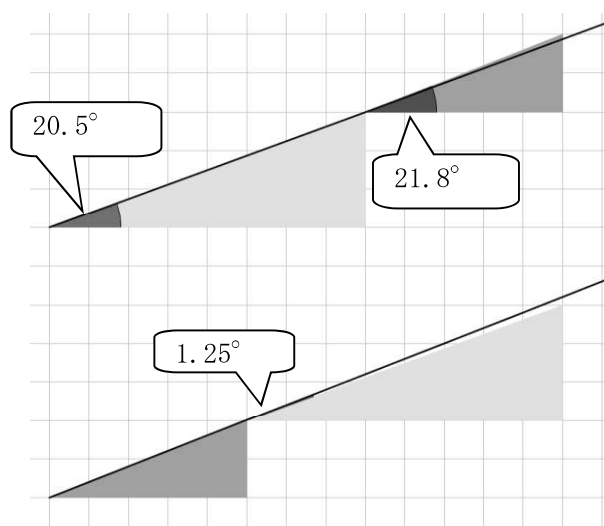


図2 三角形の傾き

しかし、一見しただけでは、折れ曲がっていることに気がつかない。

そこで、本研究では、斜辺が折れ曲がっていることに気づきにくい理由を、三角形の斜辺の傾きに注目して調べ、傾きが気づきにくさに関係していることが分かった。

## 2 仮説

図1のMissing Square Puzzleの全体の三辺全て同じ大きさだけ折り曲げた図形(図2)を作った。すると、垂直な辺や水平な辺に比べて、斜辺は折れ曲がっていることに気づきにくいと感じた。

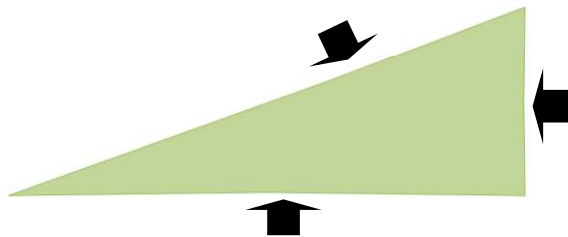


図3 全ての辺を同じだけ折り曲げた三角形



図4 斜辺の傾きが違う三角形

そこで、折れ曲がっている辺がどれだけ傾いているか、つまり「辺と水平との角度の大きさ（図4）によって、同じ大きさだけ折れ曲がっていても気づきにくさが変わる」という仮説を立てた。

### 3 定義

本研究では、三角形の斜辺と角度に着目した。また、簡略化するために三角形ではなく、黒線で実験を行った。また、本研究で扱う次の3つの角  $a$ ,  $b$ ,  $b'$  を定義した。定義した3つの角は図5の通り、

$a$  : 線と水平線との角

$b$  : 線を反時計回りに折り曲げたときの角

$b'$  : 時計回りに折り曲げた時の角

とした。

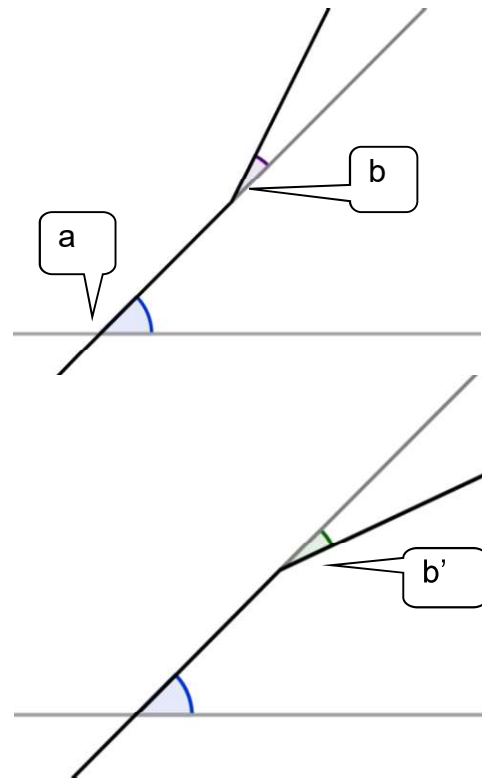


図5 定義

### 4 実験1

まず、実験で調べる折れ曲がりの角度の範囲を決めるため、実験1を行った。

対象者20人にどれが直線に見えるか判別してもらった。正確な実験に近づけるため20人には折れ曲がっている線と直線は両方あることをあらかじめ伝え、直感的に、短時間で判断するようお願いした。図6のようにグラフソフト“GeoGebra”を用いて作図した。

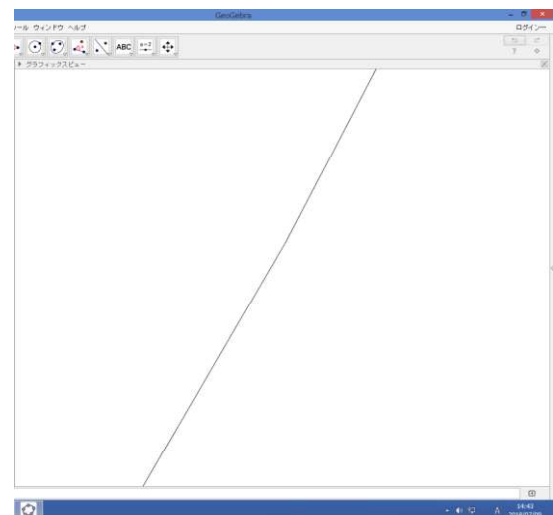


図6 実験用紙



印刷したものを用意し、一枚ずつ見せながら、直線に「見える」か「見えない」かをその場で答えてもらった。また、実験1で調べる角の範囲を次の通りとした。

aを45°で固定して、bを0°～4.0°の0.5°刻みの9通り

### 5 実験1の結果

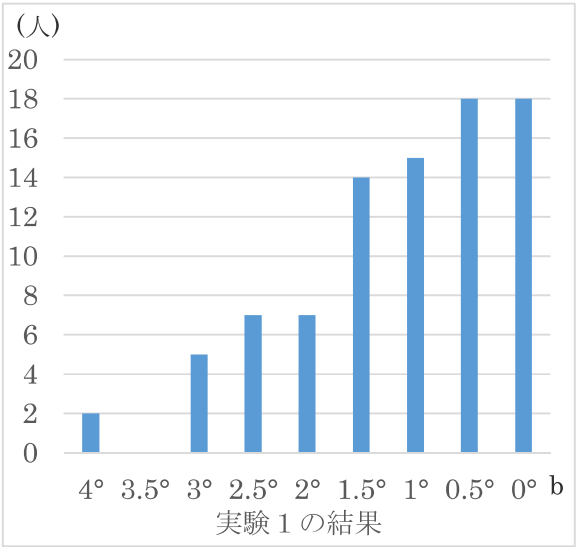


図7 実験1の結果

横軸はbの角度

縦軸はそれぞれのaの時、直線と答えた人数

bの角度が3.0°から0°になるにつれ、直線の折れ曲がりに気づかない人が増え続けた。このことから、実験2で調べるb, b'の範囲を0°～3.0°とした。

### 6 実験2

実験1の結果よりa, b, b'の範囲を  
a=0°～90° (15°刻み)  
b, b'=0°～3.0° (0.5°刻み)として実験した。

a(°)	0	15	30	45	60	75	90
b(°)	0～3	0～3	0～3	0～3	0～3	0～3	0～3

図8 実験範囲

つまり、a(7通り)×b, b'(14通り)=98通りを調べた。

また、より結果を正確にするために、実験の対象を増やして、40人に実験を行った。40人には実験1と同様に、折れ曲がっている線と直線は両方あることをあらかじめ伝え、直感的に、短時間で判断するようにお願いした。

さらに、より効率化を計るために、aの角度ごとに分類した実験用紙の束を1枚目から順に各自で見てもらった。そして、図9の記入用紙に、見てもらったaの角度と直線に見えるかどうかを「○(直線)」 「×(折れ曲がっている線)」を用いて各自で記入してもらった。

出席番号	角度	1	2	3	4	5	6	7

<例>

出席番号	角度	1	2	3	4	5	6	7
2616	30°	×	×	○	○	×	○	○

図9 記入用紙

図9のように記入したものを、エクセルを用いて集計した。

## 7 実験2の結果

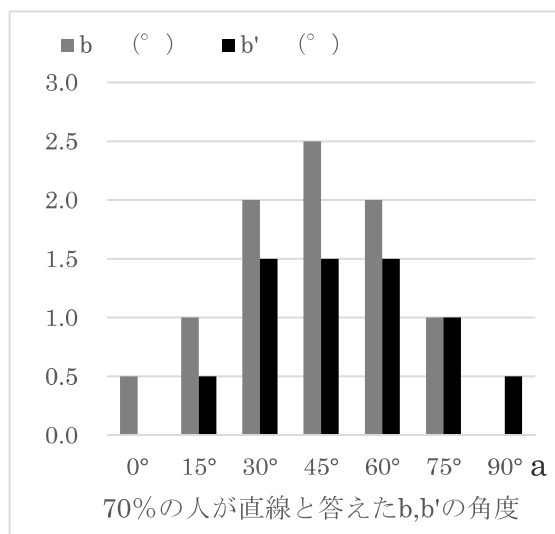


図10 実験2の結果

横軸は a の角度

縦軸は a の角度  $0^\circ \sim 90^\circ$  それぞれで、被験者のうち、直線と判断した割合が 70% をこえた b, b' の角度

a の角度  $0^\circ \sim 90^\circ$  それぞれで、被験者のうち、直線と判断した割合が 70% をこえた b, b' の角度をグラフ（図10）にした。

70% を基準にした理由は、すべての a について、折れ曲がり を認識できた人の割合が、ある b, b' の角度で急激に増加する傾向があり、その増加が落ち着くすべての b, b' について直線と判断した割合が 70% 以上であったことである。グラフを見やすくするため、基準をこのようにした。

グラフから次の 2 つのことがわかる。

1 つ目は、a が  $30^\circ \sim 60^\circ$  では、b, b' とともに  $1.5^\circ$  でも折れ曲がっていることに気づきにくいこと。

2 つ目は、a が  $0^\circ$  と  $90^\circ$  のときは、 $0.5^\circ$  でも折れ曲がっていると、気づきやすいことである。

これらのことから、「折れ曲がっている線が斜めであるとき、折れ曲がっていることに気づきにくい」といえる。

## 8 結論

図1のMissing Square Puzzleのパラドックスに気づきにくいのは、折れ曲がっている辺がある程度の傾きをもち、斜めになっているからである。

## 9 参考文献

Torsten Sillke “Curry’s Paradox”

<https://www.math.uni-bielefeld.de/~sillke/PUZZLES/jigsaw-paradox.html>

(参照 2019-3-11)

佐藤 洸風、「面積増減パズル」

<http://kofth.com/puzwords/archives/129>

(参照 2019-3-11)

# ゼラチンが琥珀糖に使われない理由

班員 小道 文也、刀祢 若奈、殿田 祐太、丸田 稚尋

担当教員 福光 英徳

キーワード：琥珀糖、ゼラチン、ゲル

*Kohakuto* is a kind of traditional Japanese sweet made from agar and sugar. There is no *kohakuto* made from gelatin instead of agar. The reason is that, unlike agar, gelatin produces uneven crystals, which is not suitable for *kohakuto* making, which requires crystals of the same size.

## 1 はじめに

琥珀糖は寒天に砂糖を加え、表面を乾燥し上白糖の結晶を均一に析出させた和菓子である。寒天は水を凝固するゲル化剤としての役割を持つ。しかし、寒天に似た性質をもつゲル化剤にゼラチンがあるがゼラチンから作る琥珀糖はない。そこで、その理由を結晶の析出量という観点から明らかにすることを目的に本研究を行なった。

その結果、ゼラチンは結晶が大きくまばらに析出するため、琥珀糖に適していないことが分かった。

## 2 実験方法

通常の琥珀糖の分量は上白糖175 g、寒天2 g、水100 gで、作ったゲルを縦横2cm、高さ2.5cmの型に入れて固まらせた。

## 3 実験 I

＜目的＞

ゲル化剤の成分量による結晶の析出量の違いを寒天とゼラチンで比較した。

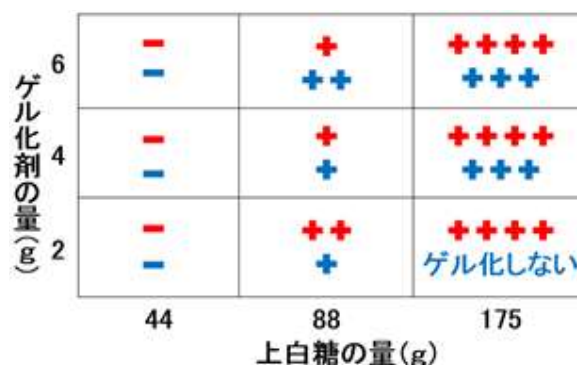
＜方法＞

上白糖とゲル化剤の量を変えたゲルを作り、結晶の析出量と質量の減少率を一週間調べた。水100g、上白糖175g、ゲル化剤2gを基本とし、上白糖を通常分量の約4分の1の44 g、約2分の1の88 g、通常分量の175g、寒天とゼラチンを

通常分量の2 g、2倍の4 g、3倍の6gと分量を変えて作った。

＜結果＞

表1 結晶の析出量



赤 (寒天) 青 (ゼラチン)



上白糖の量が増加すると結晶の析出量は増加する傾向があった。ゲル化剤の量を変えても析出量にほぼ違いはなかった。

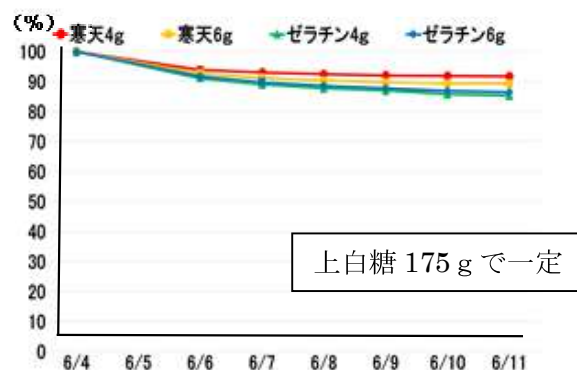


図1 ゲル化剤の量変化

質量の減少率は寒天とゼラチンでほぼ違いはなかった。

#### 〈考察〉

ゲルの成分量を変えても寒天とゼラチンに結晶の析出量の違いはないと言える。

そこで私たちはゲルの外見に違いがあるのではないかと考え、結晶の形状を比較する実験②を行った。

## 4 実験Ⅱ

#### 〈目的〉

表面の結晶の形状を寒天とゼラチンで比較した。

#### 〈方法〉

ゼラチンは2gではゲル化しないため、寒天とゼラチンを4gにして、上白糖を175g、水を100gでゲルを作り、寒天とゼラチンで表面に広がる結晶の大きさ、分布を比較した。

#### 〈結果〉



図2 寒天のゲル

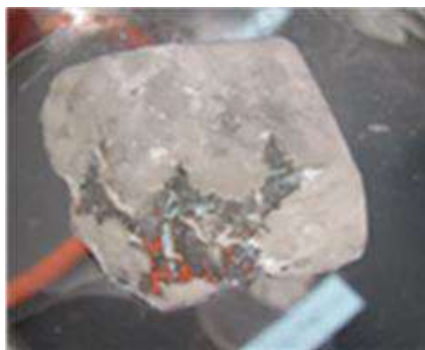


図3 ゼラチンのゲル

寒天は結晶が小さく均一に分布した。小さな結晶が集まり、全面に広がる大きな結晶を形成していた。（図2）

ゼラチンは結晶が大きくがまばらに分布し

ていた。いくつかの結晶が集合し、1つの結晶を形成していた。（図3）

#### 〈考察〉

寒天とゼラチンの表面の蒸発の状態を考えると、寒天は離水しやすく、表面は早く乾燥するため、表面の砂糖濃度が高くなり、細かい結晶を形成すると考えられる。一方ゼラチンは保水性がよく、表面部分の水分が保持されており、砂糖濃度は寒天の表面より低いと考えられる。つまり、ゼラチンの表面の砂糖の結晶は大きくなり、寒天の結晶は小さくなると考えられる。

## 5 実験Ⅲ

#### 〈目的〉

時間が経過しても寒天は小さな結晶を、ゼラチンは大きな結晶を形成することを検証した。

#### 〈方法〉

実験Ⅱと同じ分量の寒天とゼラチンのゲルをシャーレ上に作り、水分を完全に蒸発させて、寒天とゼラチンで表面に広がる結晶の大きさ、分布を比較した。

#### 〈結果〉



図4 寒天のゲル



図5 ゼラチンのゲル

寒天は小さな結晶が部分を構成し、全面に結晶ができた。（図4）

ゼラチンは粗い結晶が部分を構成し、全面に結晶ができた。（図5）

実験②と同様に寒天は小さく、ゼラチンは大きい結晶を形成している。

## 6 実験Ⅳ

＜目的＞

より純度の高いスクロースを用いてゲルを作り、スクロースの結晶の形状を比較した。

＜方法＞

実験Ⅱと同じ分量（寒天・ゼラチン4g スクロース175g）のゲルをシャーレ上に作り、寒天とゼラチンで表面に広がる結晶の分布を比較した。

＜結果＞



図6 寒天のゲル

放射状に結晶が広がっていた。小さい単一の結晶が均一に析出していた。



図7 ゼラチンのゲル

より密な結晶を形成していた。大きい単一の結晶がまばらに析出していた。

＜考察＞

寒天とゼラチンで結晶の大きさには差はほとんど見られなかった。しかし、実験Ⅲよりも

はっきりと形状に違いがみられた。

寒天は結晶が放射状に広がり、均一に析出したと考えられる。また、ゼラチンは寒天より密な結晶を形成し、結晶はまばらに析出したと考えられる。

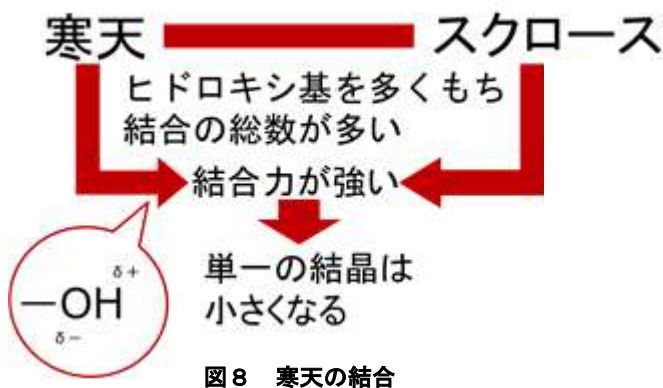
## 7 結論

結晶の析出量は寒天とゼラチンではほぼ同じである。しかし、ゼラチンは均一な結晶を形成しない。そのため均一な結晶を形成させて作る琥珀糖に使うことができないと考えられる。

## 8 仮説

実験ⅡⅢのように寒天とゼラチンのゲルから作る結晶は形状に違いがある。私たちはこれがスクロースとゲル化剤との結合力が関与しているからだと考えた。

スクロースと多糖類である寒天はヒドロキシ基を多く持つ。そのためスクロースと寒天は結合力が強く、単一の結晶は小さくなり、結晶は均一に析出すると考えられる。



一方、タンパク質であるゼラチンは結合力の大きい水素結合を持たず、また結合の総数も少ない。ゼラチンの結合力は寒天よりも弱いと言える。そのためゼラチンからできる単一の結晶は寒天より大きく、結晶はまばらに析出すると考えられる。

## スクロース ——— ゼラチン

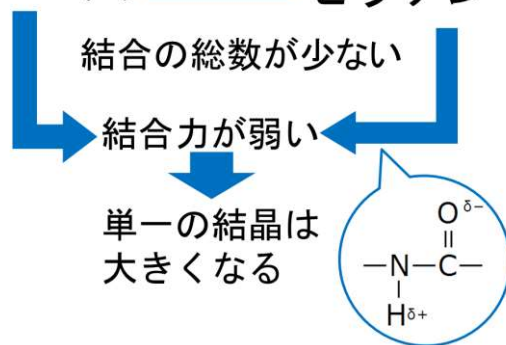


図9 ゼラチンの結合

### 9 今後の課題

寒天とゼラチンからできる結晶に違いができることについての仮説を検証する。

### 10 参考文献

「夜空の琥珀糖」 [https://mobile.twitter.com/boku\\_5656/status/859748834963996672/photo/1](https://mobile.twitter.com/boku_5656/status/859748834963996672/photo/1)

「多糖類.com」 [http://www.tatourui.com/about/03\\_outcome.html](http://www.tatourui.com/about/03_outcome.html)



# 紫外線が植物に与える影響

班員 井田 七海、久水 大和、古田 優弥、松田 純怜  
担当教員 荒邦 陽子

キーワード：紫外線（UV-C）、植物

It is said that UV-B affects plants. So we used UV-C instead, whose wavelength is shorter than that of UV-B, and found that UV-C also has an influence on the leaves and stalks of plants.

## 1 はじめに

紫外線（UV-B）は植物に有害であることが先行研究で明らかになっている。そこで、紫外線（UV-C）を当てた葉、茎に対する影響を明らかにすることを本研究の目的とした。

## 2 研究方法と結果

### 材料と方法

材料として市販されているカイワレダイコン（サラダコスモ社。以下「カイワレ」とする）を用いた。

暗室内に水銀灯（東芝GL15）の光（UV-C）を当てる区画、蛍光灯（日立FL15N）の光を当てる区画、光を当てない区画を段ボールで作成し実験した。

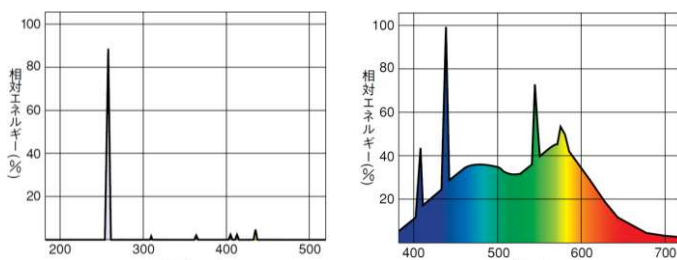


図1 実験で使った水銀灯（左）と蛍光灯（右）の波長スペクトル。水銀灯はUV-Cの波長のみにピークがある。



図2 段ボールで作った実験区画

### 実験Ⅰ：紫外線が与える影響の確認

カイワレの光を当てないもの、上から紫外線、蛍光灯の光を当てたものの3つを比較した。3日間連続して光を当て、12時間ごとにその様子を観察した。

### 結果



図3 実験開始前のカイワレ（左から暗中、紫外線を当てたもの、蛍光灯の光を当てたもの）



図4 3日目のカイワレ（左から暗中、紫外線を当てたもの、蛍光灯の光を当てたもの）。紫外線を当てたものは、葉が黒く変色している。

- ・ 蛍光灯の光を当てたものは茎が長くなった。
- ・ 紫外線を当てたものは葉が黒色になった。茎は長くならなかった。
- ・ 暗中に置いたものは葉が黄緑色になり、蛍光



灯を当てたものと同じように茎は長くなった。

- ・茎の色はすべて同じであった。

### 実験Ⅱ：紫外線が部分ごとに与える影響

カイワレ全体に光が当たるように、横から光を当てるようにした。そのうえで、コピー用紙を使い、茎、葉のみに光が当たるようにしたもの、全体に光が当たるものの3つの区画を設定し、比較した。光は6日間連続して照射し、実験終了後にその様子を観察した。

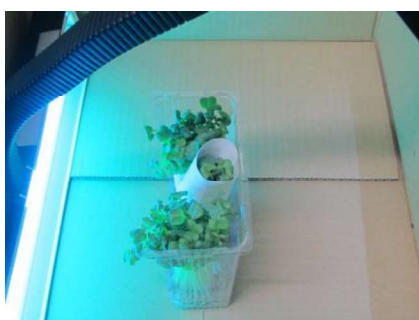


図5 実験Ⅱの様子

### 結果

葉のみ、茎のみに紫外線を当てたものでは、どちらも光を当てた部分が黒く変色した。加えて茎のみに紫外線を当てたものでは、光を当てていない葉の周辺部も黒く変色した。

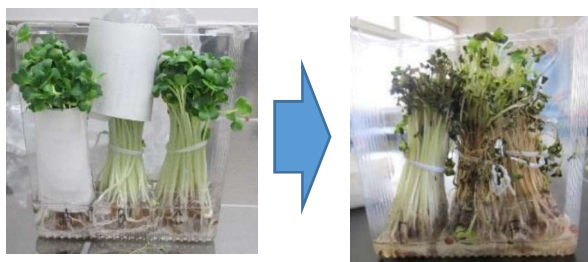


図6 実験開始前（左）と6日後（右）のカイワレの様子。それぞれ左から葉、茎、全体、に紫外線を当てたもの。

### 考察Ⅰ

実験Ⅰ、実験Ⅱの結果から、紫外線（UV-C）は、光の当たる部分を損傷させることがわかった。茎だけに当てた場合は茎が損傷した結果吸水ができなくなり、そのため葉にも影響が及ぶ

と考えた。このことについて以下の実験により検証を行った。

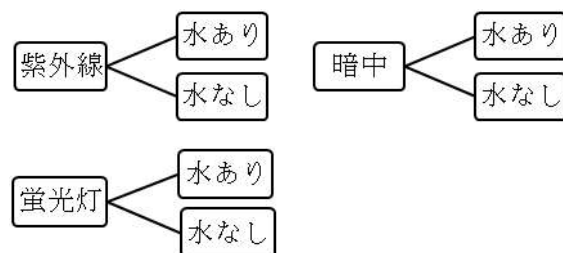
### 実験Ⅲ：茎の損傷が葉に与える影響

#### 仮説

紫外線により茎が損傷した場合、吸水できなくなり、葉にも影響が及ぶ

#### 方法

茎のみに光が当たった場合の葉への影響を検証するために、コピー用紙を用いて茎のみに光を当てるようにした。光は実験Ⅱと同様に横から6日間当てた。これらについて、水の有無で葉の変化を見るため、下図のように6つの実験区画を用意し比較した。



また、それぞれのカイワレの重さを12時間ごとに電子ばかりで測定し、記録し、50mLの水を与えた。

#### 質量の量り方

カイワレの根の部分に水を3秒間つけ、2秒間水から出して待機する。次に、雑巾の上にカイワレを置き（根の部分を下にする）、60秒間カイワレの根の水分をとる。その後電子ばかりでカイワレの質量を量る。

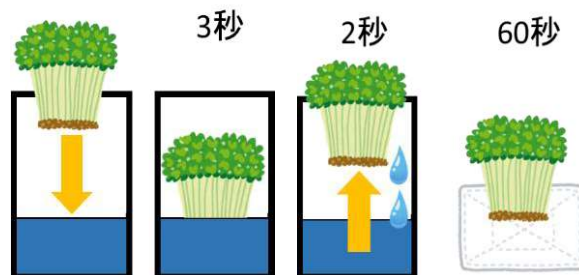


図7 質量の測り方のモデル

## 結果

実験Ⅲ終了後のカイワレは図8の写真のようになった。これらの葉の変化を表1にまとめた。

紫外線を当てたものは水あり、水なしに関わらず、黒色化した。一方で、蛍光灯の光を当てたもの、暗中のものは、水なしの場合、葉が黒色化し、水ありの場合、ほとんど変化は見られなかった。

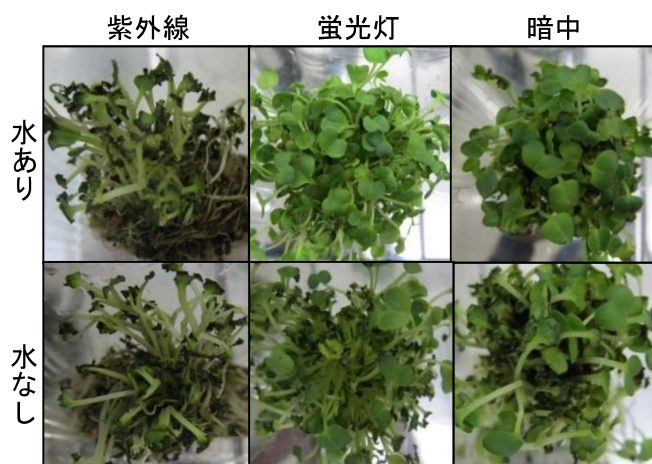


図8 実験Ⅲ終了後のカイワレの葉の様子

表1 水の有無と葉の黒色化の様子

	紫外線		蛍光灯		暗黒	
	水あり	水なし	水あり	水なし	水あり	水なし
葉の黒色化	◎	◎	×	○	△	○

◎重度の黒色化 ○中等度の黒色化 △軽度の黒色化 ×黒色化なし

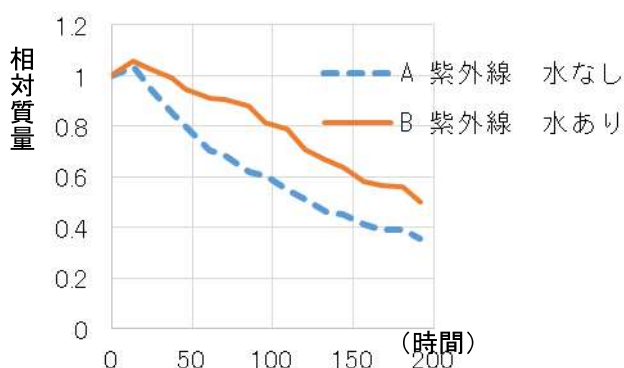


図9 紫外線を当てたカイワレの重さの変化。  
測定開始を1とした

紫外線を当てたカイワレの重さについてみると、12時間後には相対量が増えたが、その後は減少した。減少量を水ありと水なしの間で比較すると、50時間までの傾きは水なしのほうが大きく、50時間後以降の傾き

に差は見られなかった(図11、12、13、14)。図10のように近似直線A-1～B-2を定義し、傾きを比較した。(図11、12、13、14)

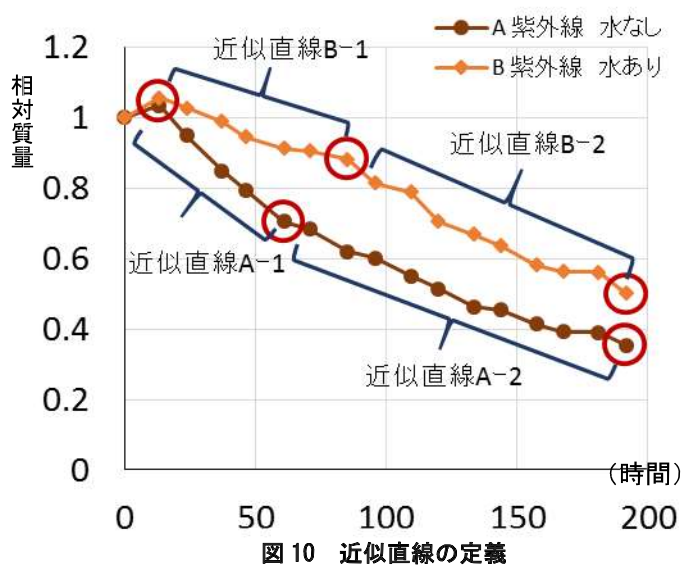


図10 近似直線の定義

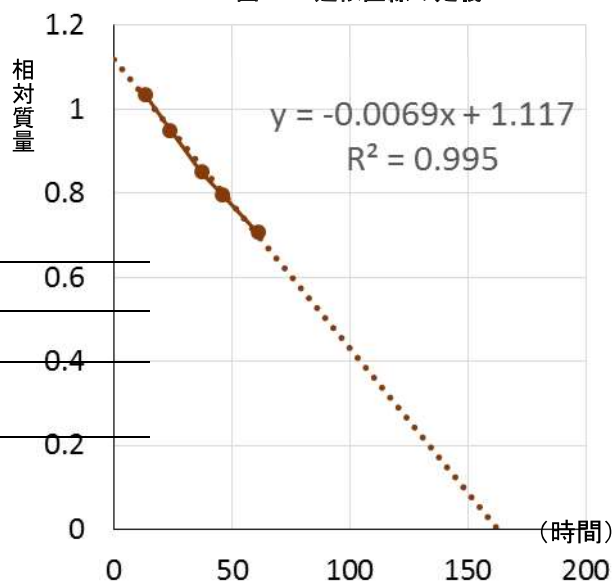


図11 近似直線 A-1 (紫外線水なし)

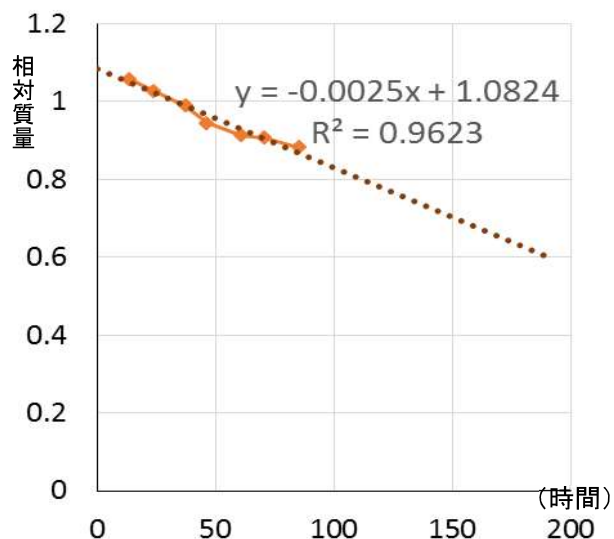


図12 近似直線 B-1 (紫外線水あり)

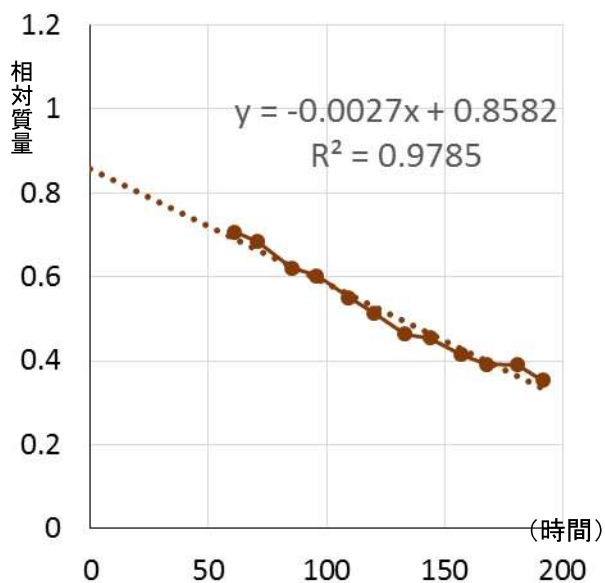


図13 近似直線 A-2 (紫外線水なし)

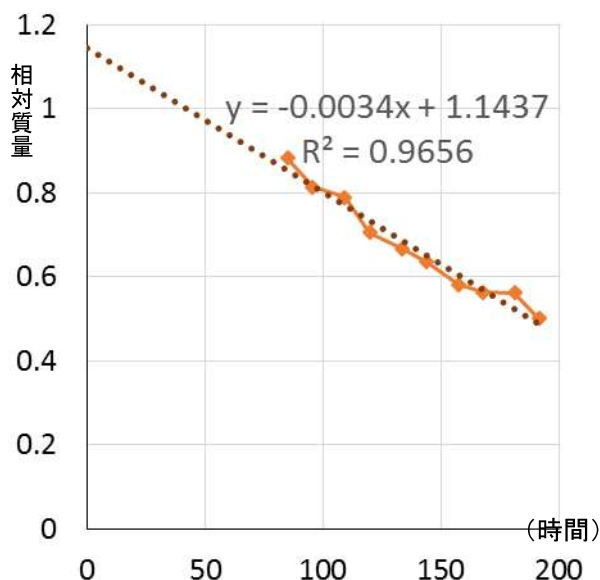


図14 近似直線 B-2 (紫外線水あり)

## 考察Ⅱ

実験Ⅲで水なしの場合に葉が黒色化したことから、葉の黒色化は水不足により引き起こされ则认为られる。紫外線を茎に当てたものの葉の異変は、これらの水不足での変化とよく似ていた。したがってこの葉の変化は、紫外線による茎の損傷により吸水できなくなったからであろう。

図9では50時間後以降、水がある場合も、水がない場合も、ほぼ同じ傾きで相対質量が減少

しており、このこともまた、茎が水を通さなくなったことを示していると考えられる。

図11、12において見られた0～50時間の相対質量の減少量の差は、カイワレの生命活動（呼吸などの代謝）と吸水の有無に起因すると考えられる。すなわち、水ありの場合は、生命活動により物質が消費されたり水分が蒸発しても吸水ができるので緩やかに減少し、これに対し水なしでは吸水できないため、ただ減少するだけで、そのため傾きが急になったのだと考えられる。

## 3 結論

紫外線（UV-C）を当てた植物の部分に影響が見られた。また茎のみに照射した場合は水分を吸わなくなり、葉にも影響が出ることがわかった。

## 4 今後の展望

実験Ⅲは、一回のみの実験から考察しているため複数回の実験が必要である。

## 5 参考文献

- (1) 野内勇(1991)紫外線（UV-B）がキュウリ、ハツカダイコンおよびインゲンマメの成長に及ぼす影響 農業気象 46:205-214.
- (2) Nouchi, I and Kobayashi, K (1995) Effects of enhanced ultraviolet-B radiation with a modulated lamp control system on growth of 17 rice cultivars in the field. J. Agric. Meteorol, 51: 11-20.
- (3) 野内勇 (1999)紫外線（UV-B）が数種の一年生雑草の生育特性に及ぼす影響 雑草研究 44: 324-328.

# ブラジルナッツ効果が起こりやすい要因について

班員 川端 章嗣、佐藤 優希、福井 雄太、水内 陽太  
担当教員 井上 翔吾

キーワード：ブラジルナッツ効果、密度比

Brazil nut effect is: if you put balls of different sizes in a cup and vibrate them, the big balls move to the top of the cup. We thought density ratio (the density of the large ball / the density of the small ball) relate time of rising the big ball and we experimented. We discovered there is the relationship. However we couldn't discover the relationship in detail.

## 1 はじめに

異なる大きさの集合体に振動を与えると、大きい方の物体が表面に上がってくる現象をブラジルナッツ効果という。ブラジルナッツ効果において、容器内にある物体を異なる大きさの2種類にした時、小さい物体と大きい物体の密度比（大きい球の密度／小さい球の密度）が大きい物体の上昇する時間に関係していると考え、実験を行った。

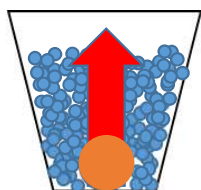


図1 模式図  
(上昇する様子)

## 2 目的

どのような条件においてブラジルナッツ効果が起こりやすいのかを明らかにする。  
大きな物体の上昇時間が早いことを、「ブラジルナッツ効果が起こりやすい」とする。

## 3 実験1

### 予想

ブラジルナッツ効果が起こりやすい要因は容器内の密度に関係がある。容器内の密度が小さいほど上昇時間は短くなる。

### 実験方法

大きい球を1つ入れたプラスチックコップをBB段で満たし、肩たたき用のマッサージ機を使用した実験装置で下から振動を与え、大きい

球が表面に上がってくるまでの時間を計測した。このとき班員の2人が計測を行い。それを1つの組み合わせにつき10回繰り返した。

### 実験道具

#### 1. 大きい球 (φ 25mm)

球	質量	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
木球	4.07	0.58
スーパーボール	7.07	0.86
プラスチックボール	9.46	1.15
紙粘土球	15.56	1.90
ガラス球	19.56	2.38
鋼鉄球	65.88	8.06

#### 2. BB弾 (φ 6mm)

質量 (g)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
0.12	1.06
0.20	1.77
0.25	2.21

#### 3. プラスチックカップ

#### 4. ストップウォッチ

#### 5. 実験装置

振動を一定にするために肩たたき用のマッサージ機を使用して、下から振動を与える。



図2 実験装置

## 結果

平均値の取り方：それぞれの最高値、最低値2つずつを除外し、平均値をとった。

表1 密度比と上昇時間

球の種類	0.12g	0.20g	0.25g
木球	10.0	10.0	26.3
スーパーボール	10.2	10.7	65.3
プラスチック球	11.2	20.5	27.9
紙粘土球	9.1	26.6	20.0
ガラス球	17.2	35.4	27.8
鉄球	—	—	—

鉄球は一度も上がることがなかった。

※以下、鉄球の記録は除く

容器内の物体の密度比が関係していると考えた。

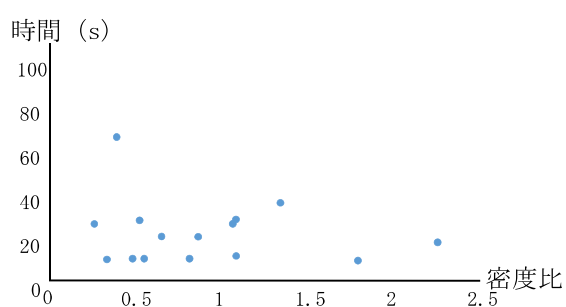


図3 密度比と上昇時間の関係

このグラフからは関係性がわからないので、大きい球の種類ごとに色分けしたグラフを作った。

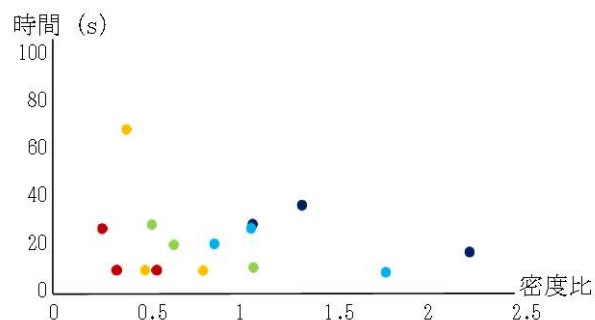


図4 大きい球ごとに色分けした密度比と上昇時間の関係

関係性がわからなかった。

## 考察

鉄球の結果から、ブラジルナッツ効果は密度比が大きすぎると起こらない。

大きい球の材質の違いにより、摩擦力、反発係数が変わることが実験に影響し、詳しい関係性がわからなかったと考えた。

## 4 実験2

実験1の考察より、摩擦力、反発係数をできるだけ揃える実験を行った。それによりブラジルナッツ効果が起こりやすい要因と密度比との関係をより明確にすることができる。

## 予想

実験1の予想と同様に、ブラジルナッツ効果が起こりやすい要因は容器内の密度に関係がある。容器内の密度が小さいほど上昇時間は短くなる。

## 実験方法

実験①と同様に行った。

## 実験道具

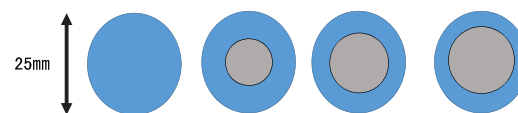


図5 模式図（紙粘土球に発泡スチロール球を入れた様子）

違う大きさの発泡スチロール球（φ12mm、φ15mm、φ17mm）を中に入れ、紙粘土でφ25mmの球になるように包むように丸めた。なお、中に発泡スチロールを入れないものも使用した。



### 1. 大きい球 (φ25mm)

球	質量	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
なし	15.81	1.93
12	13.88	1.70
15	12.21	1.49
17	10.78	1.32

### 2. 実験1と同じ3種類BB弾

(φ6mm)

### 3. プラスチックカップ

### 4. ストップウォッチ

### 5. 実験装置

## 結果

表2 密度比と上昇時間

球の種類	0.12g	0.20g	0.25g
なし	5.9	7.4	15
12mm	6.1	7.8	14.2
15mm	5.1	9.0	10.1
17mm	5.1	8.4	9.2

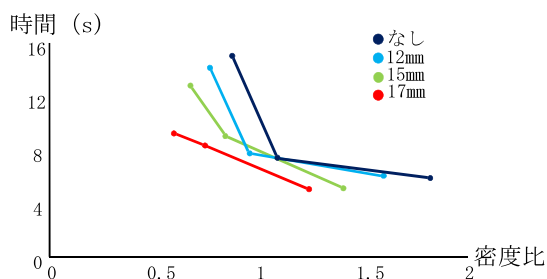


図6 同じ球ごとに結んだ  
密度比と上昇時間の関係

大きい球に着目すると、密度比が大きくなると上昇時間が短くなることがわかる。

## 考察

実験1、2の結果より、密度比が大きくなるにつれて上昇時間は短くなるが、鉄球の結果から密度比が一定以上の値になるとブラジルナッツ効果は起こらない。

## 5 実験3

ブラジルナッツ効果によって小さい球がどのような動きをするのか調べるために実験を行った。

## 予想

対流が起こっている。

## 実験方法

実験①と同様に行った。

## 実験道具

1. 実験1で使用した大きい球
2. 黒、青、緑、黄、赤の色別に分けた3種類のBB弾
3. プラスチックカップ
4. ストップウォッチ
5. 実験装置

## 結果



図7 上から見た写真(前)



図8 上から見た写真(後)

最初は表面に赤のBB弾しかなかったが、実験後は大部分が下の層にあった黒、青のBB弾がしめれた。



図9 横から見た写真(前)



図9 横から見た写真（後）

上の赤と黄のBB弾が全体的に下に移動しており、上の層が下に移動していることが分かる。

#### 考察

下の層の球が上にきていることから、対流が起きていると考えた

### 6 今後の展望

ブラジルナッツ効果が起こらなくなる密度比の値の調査

液状化現象との関係性を調べる。

※液状化現象とは、地盤中の比較的飽和砂が地震動による繰返しせん断応力を受け、この時に生ずるダイラタンシー効果によって、粒子間の間隙水圧が上昇し、最終的に粒子間の有効応力が0となる現象

### 7 参考文献

(1) 正岡直起, 松井淳.

日本物理学会第72回年次大会(2017年)概要集.  
楢円体のブラジルナッツ効果.

Web版 一般社団法人日本物理学会 2017年出版  
72.1巻. 3076頁

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/72.1/0/72.1\\_3076/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/72.1/0/72.1_3076/_pdf/-char/ja)

2018年8月閲覧

(2) ジーテンファイ・関口輝世・奥村剛

日本物理学会 第71回年次大会(2016年)概要集.

二次元における粉粒体のブラジルナッツ効果について.

Web版 一般社団法人日本物理学会 2017年出版  
71.1巻. 2834頁

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/71.1/0/71.1\\_2834/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/71.1/0/71.1_2834/_pdf/-char/ja)

2018年9月閲覧



# 赤い牛乳ができる原因について

班員 長谷川遥香、箕田和奏、山屋美乃里、吉野沙良

担当教員 清水宏一

キーワード：牛乳、水酸化ナトリウム、けん化、メイラード反応

When we added sodium hydroxide aqueous to milk, we observed the formation of coagulum and yellowing of solution, which in the end, turned red. We found that the mechanism of these phenomena is related to the main components of milk. Among them, lipid relates to coagulation, and protein and sugar relate to discoloration.

## 1 はじめに

牛乳に酸性の物質を加えると牛乳が凝固するということが知られているが、塩基性の物質を加えてみたという例はあまり見られない。そこで、牛乳に塩基性の物質として1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液3mLを牛乳3mLに加えてみたところ、実験開始から1～2時間後に白い凝固物が形成され、溶液が黄色く変色し、5時間後には赤褐色へと変色するという現象が見られた(図1)。私たちは、牛乳の主成分である脂質、タンパク質、糖に焦点をあて、これらの現象の原因を解明することを目的とする。

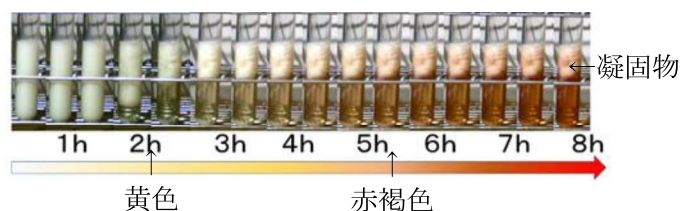


図1 牛乳 30分ごとの変化

## 2 実験方法と結果

### 2.1 反応物質の特定

#### 実験1:牛乳の主成分における反応

##### 目的1

牛乳の脂質、牛乳のタンパク質であるカゼイン、牛乳の糖であるラクトース、の水酸化ナトリウムにおける反応を明らかにする。

#### 実験1-1:脂質について

##### 実験方法1-1

脂質の含有量が異なる牛乳、低脂肪乳、無脂肪乳の各3mLに1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶

液3mLを加えた。凝固物が形成された場合は、凝固物をろ過し、水分を完全に乾燥させ、ろ紙の質量を引いたものを凝固物の質量とした。

##### 結果1-1

表1 脂質による色の変化と凝固物

	0h→2h→5h	凝固物
牛乳 (7.6g)	白→黄→赤褐	0.31g
低脂肪乳 (2.4g)	白→黄→赤褐	0.13g
無脂肪乳 (0.4g)	白→黄→赤褐	0.09g

\* ( ) の数値は牛乳200mL中に含まれる脂質の質量

すべてにおいて、時間の経過とともに溶液の黄色、赤褐色への変色が見られた。牛乳に含まれる脂質が少なくなるにつれ、形成された白い凝固物も少なくなった。



図2 牛乳と無脂肪乳

#### 実験1-2:タンパク質について

##### 実験方法1-2

牛乳3mL中のタンパク質の質量0.13gをすべてカゼインとみなし、これに1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液3mLを加えた。凝固物が形成された場合は実験1-1と同様の方法を用いて、凝固物の質量を測定した。

##### 結果1-2

表2 タンパク質による色の変化と凝固物

	0h→2h→5h	凝固物
牛乳	白→黄→赤褐	0.31g
カゼイン	白→黄→黄	—

カゼインは時間の経過とともに溶液の黄色への変色がみられた。また、白い凝固物は形成されなかった。

### 実験1-3:糖について

#### 実験方法1-3

牛乳3mL中の糖の質量0.15gをすべてラクトースであるとみなし、0.14mol/Lの水溶液にし、この水溶液3mLに1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液3mLを加えた。凝固物が形成された場合は実験1-1と同様の方法を用いて、凝固物の質量を測定した。

#### 結果1-3

表3 糖による色の変化と凝固物

	0h→2h→5h	凝固物
牛乳	白→黄→赤褐	0.31g
ラクトース (還元糖)	白→白→黄…赤褐12h	—

ラクトースは時間の経過とともに溶液の黄色、赤褐色への変色がみられた。また、白い凝固物は形成されなかった。



図3 ラクトース

#### 考察1

脂質が白い凝固物の形成、溶液の黄色、赤褐色への変色に、牛乳のタンパク質であるカゼインが黄色への変色に、牛乳の糖であるラクトースが黄色、赤褐色への変色に関係している。ただし、脂質についての実験において、脂質単体の実験は行っていないため、脂質が溶液の変色に関係しているかは明らかではない。

### 実験2:脂質、タンパク質、糖における反応

#### 目的2

牛乳の主成分以外の脂質、タンパク質、糖の水酸化ナトリウムへの反応を明らかにする。

#### 実験2-1:脂質について

##### 実験方法2-1

牛脂、サラダ油、アマニ油、各3mLに1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を加えた。凝固物が形成された場合は実験1-1と同様の方法を用いて、凝固物の質量を測定した。

#### 結果2-1

表4 脂質による色の変化と凝固物

	0h→2h→5h	凝固物
牛脂	白→白→白	2.60g
サラダ油	白→白→白	1.64g
アマニ油	白→白→白	1.22g

すべてにおいて、溶液の色の変化は見られなかったが、白い凝固物が形成された。



図4 牛脂

#### 実験2-2:タンパク質について

##### 実験方法2-2

卵白、豆乳、各3mLとコラーゲン0.13gに1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液3mLを加えた。凝固物が形成された場合は実験1-1と同様の方法を用いて、凝固物の質量を測定した。

#### 結果2-2

表5 タンパク質による色の変化と凝固物

	0h→2h→5h	凝固物
卵白	白→黄→黄	—
豆乳	白→黄→黄	0.20g
コラーゲン	白→黄→黄	—

すべてにおいて、時間の経過とともに溶液の黄色への変色がみられた。豆乳のみ、白い凝固物が形成された。



図5 豆乳

#### 実験2-3:糖について

##### 実験方法2-3

0.14mol/Lのマルトース水溶液、グルコース水溶液、スクロース水溶液、各3mLに1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液3mLを加えた。凝固物が形成された場合は実験1-1と同様の方法を用いて、凝固物の質量を測定した。

#### 結果2-3

表6 糖による色の変化と凝固物

	0h→2h→5h	凝固物
マルトース (還元糖)	白→白→黄…赤褐12h	—
グルコース (還元糖)	白→白→黄	—
スクロース (非還元糖)	白→白→白	—

マルトース、グルコースともに、溶液の黄色への変色がみられた。その後、マルトースのみ赤褐色への変色がみられた。また、すべてにおいて、白い凝固物は形成されなかった。



図6 マルトース

#### 考察2

白い凝固物の形成には脂質が、溶液の黄色の変色にはタンパク質と還元糖が、赤褐色の変色には糖が関係している。

## 2.2 仕組みの解明

### 実験3:各反応の仕組み

#### 目的3

白い凝固物の形成、溶液の黄色、赤褐色への変色の仕組みを明らかにする。

#### 実験3-1:白い凝固物について

##### 仮説3-1-1

牛乳の脂質と水酸化ナトリウムによるけん化によって、白い凝固物(石鹸)が形成される。

##### 実験方法3-1-1

牛乳に水酸化ナトリウム水溶液を加え、ろ過した後の凝固物を再び水にとかし、ガラス棒でかき混ぜた。

##### 結果3-1-1

かき混ぜた結果、泡立った。



図7 凝固物をかき混ぜた結果

##### 仮説3-1-2

牛乳の脂質と水酸化ナトリウムによるけん化により、白い凝固物(石鹸)が形成されるならば、水酸化ナトリウム水溶液の代わりに、水酸化カリウム水溶液を用いても同様の現象がみられる。

##### 実験方法3-1-2

牛乳3mLに1mol/Lの水酸化カリウム水溶液を加えた。凝固物が形成された場合は実験1-1と同様の方法を用いて、凝固物の質量を測定した。

#### 結果3-1-2

表7 水酸化カリウムによる色の変化

0h→2h→5h	
水酸化ナトリウム	白→黄→赤褐
水酸化カリウム	白→黄→赤褐

水酸化ナトリウム水溶液の代わりに、水酸化カリウム水溶液を用いても、同様の結果が得られた。

#### 考察3-1

白い凝固物は、牛乳の脂質と水酸化ナトリウムによるけん化によって形成されたと考えられる。

#### 実験3-2:黄色への変色について

##### 仮説3-2

牛乳のタンパク質に含まれる芳香族アミノ酸の酸化により、黄色に変色する。

##### 実験方法3-2

実験1、2で使用したタンパク質を酸化させるために、酸化剤として1mol/Lの次亜塩素酸ナトリウム水溶液3mLを加えた。

#### 結果3-2

表8 タンパク質による色の変化

0h→2h→5h	
牛乳	白→黄→黄
カゼイン	白→黄→黄
卵白	白→黄→黄
豆乳	白→黄→黄
コラーゲン	白→黄→黄

すべてにおいて、時間の経過とともに溶液の黄色への変色がみられた。

#### 考察3-2

酸化剤により、タンパク質が黄色く変色したことから、牛乳のタンパク質に含まれる芳香族アミノ酸の酸化により、溶液が黄色に変色したと考えられる。

#### 実験3-3:黄色と赤褐色への変色について

##### 仮説3-3

牛乳に含まれるラクトースとタンパク質の(1)メイラード反応により、溶液が黄色から赤褐色へ変色する。

(メイラード反応は高pHで反応が促進する。)  
実験方法3-3

0.1mol/L、1mol/L、3mol/L、の水酸化ナトリウム水溶液3mLをそれぞれ牛乳3mLに加えた。

結果3-3

表9 溶濃度変化による色の変化

0h→2h→5h	
0.1mol/L	白→黄→黄
1mol/L	白→黄→赤褐
3mol/L	白→赤褐→赤褐

水酸化ナトリウム水溶液の濃度を濃くするにつれ、溶液の変色の速度も促進された。

0.1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液は、5時間後に黄色に変色したが、赤褐色にはならなかった。

3mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液は1時間後に黄色の変色がみられた。

考察3-3

水酸化ナトリウム水溶液の濃度を濃くするにつれ、変色の速度も促進されたことから、メイラード反応により溶液が黄色、赤褐色に変色したと考えられる。

### 3 結論

白い凝固物が形成される仕組みには、脂質と水酸化ナトリウム水溶液によるけん化が、溶液が黄色く変色する仕組みには、タンパク質に含まれる芳香族アミノ酸の酸化と、タンパク質とラクトースによるメイラード反応の初期状態が、溶液が赤褐色に変色する仕組みには、タンパク質とラクトースによるメイラード反応が関係している。

### 4 今後の課題

赤褐色に変色した原因としてカラメル化が関係しているのかを確認する。

タンパク質と水酸化ナトリウム水溶液だけでも凝固するとの助言をいただいたため、実際に凝固するのか確かめる。

牛乳が黄色から赤褐色へと変色する際、どの

タイミングで芳香族アミノ酸の酸化とメイラード反応が関係しているかを、光の吸収スペクトルを分解して確かめる。

### 5 謝辞

元新潟青陵大学荒井威吉先生、金沢大学太田明雄先生、金沢大学西村達也先生より、多くの助言をいただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

### 5 参考文献

(1) Yumko Hirai. 栄養士のための食品化学実験. メイラード反応. 2010-10-10

<http://shokujikken228.hatenablog.com/entry/2013/10/23/110135> (参照2019-01-28)

# 珪藻土の間隙の体積の測定について

班員 大西 直子、小石 悠真、中橋 真幸、山辺 茉衣子  
担当教員 芳網 健太郎

キーワード：珪藻土、間隙

Diatomaceous earth has so many microscopic gaps that it can absorb a lot of water.

We attempted to estimate the proportion of the volume of the gaps in diatomaceous earth by putting it into ethanol.

## 1 はじめに

珪藻土には微小な孔が多くあるため、吸水性に優れている。本研究では、珪藻土の間隙の体積の測定することを目的として、その測定方法の考案を試みた。

## 2 方法

### (1) 使用した珪藻土

企業から焼成された3種類の珪藻土のサンプルをいただいた。それぞれを粒の小さいものから順にA、B、Cとした。(図1、2、3)

この3種類の珪藻土のうち1種類だけ産地が異なる。

### (2) 実験手順

- ① 250mLのメスシリンダーにエタノールを入れる
- ② 珪藻土をメスシリンダーに投入
- ③ メスシリンダーの口をパラフィンフィルムで覆う(図4)
- ④ 珪藻土投入直後のエタノールの体積を計測
- ⑤ 毎日エタノールの体積を計測し、三日間継続する

\*珪藻土1粒1粒の形状は複雑なため、直接体積を測定するのは難しいと考えた。そこで、エタノールに珪藻土を投入して体積を測定した。



図1 珪藻土 A



図2 珪藻土 B



図3 珪藻土 C



図4 実験風景

### 3 実験

#### (1) 実験 I

【目的】同じ種類の珪藻土で粒の大きさによるエタノールの吸収量の違いを調べる。

【仮説】粒の小さい珪藻土ほど、液体と触れ合う表面積が大きくなるため液体の吸収量が大きくなる。

【材料】・珪藻土B 5g  
・エタノール 20mL

表1 珪藻土Bのグループ分け

	5mm	6mm	8mm
B①	○	○	○
B②	×	○	○
B③	×	×	○
B④	×	×	×

○ 通る × 通らない

珪藻土A、B、Cの中で最も1粒の大きさにばらつきのあった珪藻土Bを5mm、6mm、8mm四方のメッシュで4グループに分けた。

粒の大きさが小さいものから順にB①、B②、B③、B④とした。(図5、6、7、8)



図5 珪藻土B①



図6 珪藻土B②



図7 珪藻土B③



図8 珪藻土B④

#### 【結果】

表2 エタノール 20mL に対して珪藻土 5g 入れた時の吸収量

	吸収量 (mL)
B①	1.33
B②	1.35
B③	1.60
B④	1.73

粒の大きさが大きいほどエタノールの吸収量が大きかった。



### 【考察】

エタノールが時間をかけて入っていく部分の体積は一粒の大きさが大きいほど大きい。

したがって、エタノールが瞬時に入っていく部分の体積は粒の小さいものほど大きい。

これは、粒の小さい珪藻土ほど表面積が大きいためであると考えられる。

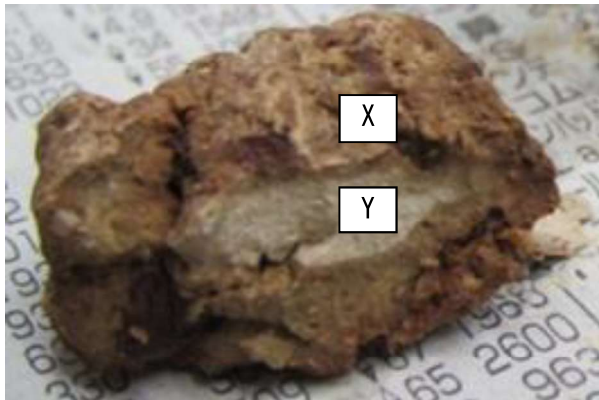


図9 珪藻土を1分間エタノールにつけた後の断面図

X 瞬時にエタノールが浸み込む部分  
Y 時間をかけてエタノールが浸み込む部分



図11 珪藻土B 粉



図12 珪藻土C 粉

### (2) 実験Ⅱ

【目的】粒の種類によるエタノールの吸収量の違いを調べる。

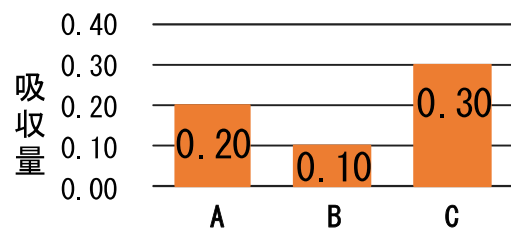
【材料】・珪藻土A、B、C 各10g  
・エタノール 40mL

\*珪藻土はすりつぶして1粒の大きさをそろえた。(図10、11、12)



図10 珪藻土A 粉

### 【結果】



グラフ1 エタノール 40mL に対して珪藻土 10g 入れた時の吸収量

粒の種類はエタノールの吸収量と関係性がなかった。

## (5) モデル化

珪藻土一粒を球であると仮定し、モデル化することで、珪藻土の内側の部分の体積を算出した。その体積と、実験で得られた、内側の部分の間隙の体積の比から、珪藻土全体に占める間隙の体積を算出することができると考えた。

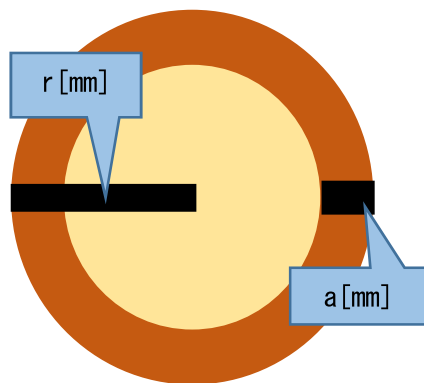


図 1 3 珪藻土のモデル化

〈間隙の体積の求め方〉

$$\begin{aligned} & \text{エタノールの吸収量} \times 10^3 \text{ [mm}^3\text{]} \\ & \div \text{内側の部分の体積} \frac{4}{3} \pi (r - a)^3 \text{ [mm}^3\text{]} \\ & = \text{珪藻土全体に占める間隙の割合 [\%]} \end{aligned}$$

aと珪藻土全体に占める空隙の割合がB①～B④で一定であると仮定してB①の式＝B②の式のように連立させて、aを求め、珪藻土全体に占める間隙の割合を求めた。

表 3 珪藻土全体に占める間隙の割合 [%]

	B①	B②	B③	B④
B①	—	28.7	43.3	42.6
B②	—	—	52.6	46.2
B③	—	—	—	42.0

平均値 42.6%

## 4 今後の展望

珪藻土の電子顕微鏡写真を活用して、含まれる珪藻種の違いや産地の違いと、間隙の体積との関係を検討する。

## 5 謝辞

電子顕微鏡写真の撮影に協力頂いた金沢大学助教ロバート・ジェンキンス先生、大学院生渡邊壮氏に感謝いたします。

## 6 参考文献

根上 武仁, 立石 義孝, 鬼塚 克忠, 日野 剛徳, 沖積粘土の間隙分布特性に及ぼす珪藻遺骸と塩分濃度の影響について, 低平地研究, 2004, 13, 21-24