

# 令和3年度 SSH研究成果報告会（2期目第4年次）研究テーマ一覧

リージョナルサイエンス I（RSI）

対象生徒：理数科・普通科1年（161名）

講座	班番号	担当教員	研究テーマ	ページ
A 基礎理工講座	1	山本	土の性質と土砂災害の関係性に関する研究Ⅱ	2
	2	浦辻	スペースデブリの除去方法の検討	4
	3	浦辻	ゴム状硫黄の最適な除去方法	6
	4	田中善	高速道路高架下約1/64模型を使った津波シミュレーション	8
	5	藤田	家庭ごみを用いてのバイオマス発電の開発	10
	6	田中義	回転数と回転軸による球速の変化	12
	7	森脇	折り紙の構造に着目した反射望遠鏡の形状の考察	14
	8	中村	宇和島東高校校舎内避難経路シミュレーション	16
	9	中村	カゼインプラスチックの性質の検証	18
	10	窪地	避難経路を探せ～withジオラマ～	20
	11	田中義	みかん果皮による製紙工程の考察	22
B 生命環境講座	12	林	地域の素材を利用した水質浄化	24
	13	林	神田川に生息する生物と水質調査	26
	14	清川	学校内における飛沫の影響範囲とその特徴	28
	15	清川	サワガニの利き手・利き足	30
	16	赤松	嗅覚と暗記力の関係性	32
	17	赤松	聴力と集中力の関係性	34
	18	中尾	農薬の害削減と菌根菌の可能性	36
	19	中尾	カキの生息条件	38
	20	芝	抗菌効果の検討 ～アルコールを超える食材を探して～	40
	21	芝	宇和島東高校内の生物相調査	42
	22	河野	地球温暖化による海拔上昇とその影響	44
C 総合科学講座	23	山本	おいしい魚を食べ鯛	46
	24	藤田	災害時に乾麺を美味しく食す方法の開発	48
	25	窪地	松野町目黒地区事前復興デザイン	50
	26	山崎	ゲル化剤の違いによるみかんゼリーの食嗜好	52
	27	山崎	郷土料理と私たちの食生活	54
	28	横内	布に対するリモネンの洗浄効果	56
	29	田中善	板書を科学する	58
	30	井上	音楽の活用～作業効率の上昇～	60
	31	井上	宇和島クレヨンをつくろう	62
	32	川端	河内晩柑の酸味で減塩する	64
	33	川端	言葉による心理への影響	66

# 土の性質と土砂災害の関係性に関する研究 II

1年1組 高田 悠朗    1年1組 古川 賢太郎    1年2組 宮國 來斗  
1年3組 赤松 奏來    1年4組 山元 颯太  
指導者 山本 鷹裕

## 1 課題設定の理由

愛媛県は山間部の地すべり分布面積が全国7位の有数の土砂災害県（表1）である。土砂災害の多くは三波川変成岩帯の結晶片岩地域によるものであるが、南西部に位置する西予市、宇和島市、南宇和郡なども平成30年7月豪雨災害で、甚大な土砂災害に見舞われた。そこで、本研究では、少しでも土砂災害対策に寄与することを目的として、土壌を構成している粒子の大きさや、雨量、傾斜に注目し、それらの違いより土砂災害の発生がどのように変化するかを発見するために、本研究課題を設定した。

表1 地すべり分布面積上位10位（新井場2008より作成）

順位	県名	面積(ha)	順位	県名	面積(ha)
1	新潟	76,113	6	山形	13,355
2	徳島	44,893	7	愛媛	12,884
3	長野	19,886	8	富山	12,314
4	島根	18,746	9	長崎	11,377
5	石川	13,815	10	高知	11,305

## 2 仮説

本研究では以下の仮説を立てて、実験を行った。

- (1) 土の粒の大きさによって崩れやすさに違いが出る。
- (2) 雨量や傾斜によって崩れやすさに違いが出る。

## 3 実験・研究の方法

- (1) 平成30年7月豪雨災害で甚大な被害をうけた西予市宇和町、城川町、野村町、宇和島市吉田町、北宇和郡鬼北町の5つの地域から土を採取した（図1）。採取した状態の土とホットプレートで乾燥させ土の、粒子の粒径を、ふるいを使って調べ、各地域の土壌粒子の粒径の割合を調べる。
- (2) 16度、32度の傾斜台に土を乗せ、散水機を用いて、水をかける。
- (3) 水量を、20mm/h、40mm/h、60mm/hと変化させながら、土の崩れ方を調査する。



図1 土壌採取地点

## 4 実験装置

- (1) 傾斜台（図2）

素材：硬質ポリ塩化ビニル管 内部直径 20mm 全長 1m  
ウルトラ多用途 SU  
重なる収納ケース #13 内部直径 13mm



図2 実験装置（傾斜台）

## (2) 散水機 (図3)

素材:硬質ポリ塩化ビニル管 内部直径 20mm 全長 1m  
直径 0.3 mmのドリルで4 個穴を開け、1 本あたり 10 mm/h の散水量となるように調整を施した



図3 散水機

## (3) 整流装置

素材: 硬質ポリ塩化ビニル管 内部直径 20mm 全長 249 mm

## 5 結果と考察

### (1) 各地域の土壌粒子の粒径の割合

通常時は全体的に中径 4.00 mmから中径 2.00 mmの粒子の割合が多く (図4)、乾燥させた場合は逆に中径 0.5 mmから中径 0.25 mm以下の粒子が増えることが分かった。(図5) この理由としては、水分を含んだことによって小さい粒子が凝集したことが原因だと考えられる。

### (2) 考察

これらの結果より、傾斜台に土壌を積み、実験を行った際、吉田の土、野村の土は中径 2.00 mm以上の粒子が多いため、粒子間に隙間ができ、その隙間を水が通り抜け、岩盤と土の間を水が浸透する。浸透する水によって岩盤直上の土壌の流動性が増加することで、深層崩壊が起りやすい可能性がある。城川、鬼北の土は、吉田、野村の土と比べ、中径 1.00 mm以下の粒子が多いため、粒子の隙間ができにくく、水も通り抜けにくくなる考えたため、崩壊にかかる時間が長くなる可能性がある。また、宇和の土はほかの地域の土と比べ、中径 1.00 mm以下の粒子が多いため、粒子間の隙間が小さくなり、崩壊が浅い箇所で起きる可能性がある。

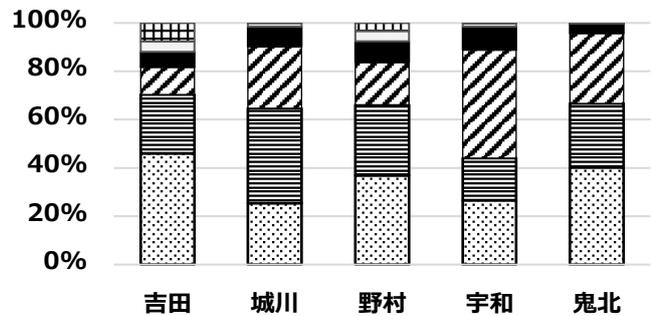


図4 採取した状態のままの土壌粒子の粒形

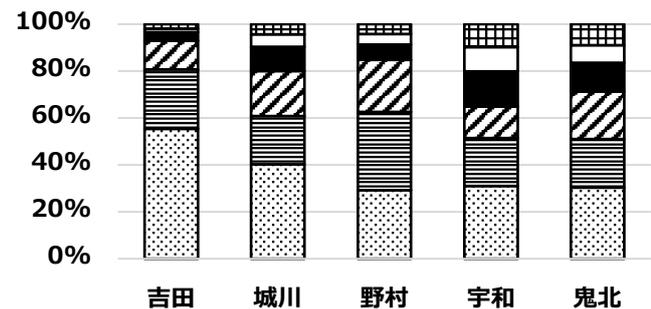


図5 採取した土を乾燥させた際の土壌流の粒形

## 6 今後の課題

今後の課題として、粒形や降水量、傾斜がどの程度崩れ方に影響するのか実験を行い、詳細に観察を行っていく必要がある。また、それらの結果から、土砂災害対策を考えていきたい。

## 謝辞

本研究を進めていくにあたり、ご助言を賜りました愛媛県果樹研究センターみかん研究所所長二宮泰造様に心より感謝申し上げます。

## 文献

新井場 公德・野崎 保・鄭 炳表・福本 安正 (2008) : 日本の地滑り指定分布と地質的特徴について-全国地滑り指定地調査結果報告-. 日本地すべり学会誌, 44 (5), 39-43.

# スペースデブリの除去方法の検討

1年2組 中川 景太      1年1組 山本 愛大  
1年1組 北川 奏駕      1年1組 二宮 洸太  
指導者 浦辻 規幸

## 1 背景・目的

宇宙には「運用を終え故障した人工衛星」、「打ち上げロケットの上段」、「ミッション遂行中に放出した部品」、「爆発や衝突により発生した破片」等、宇宙ゴミ（スペースデブリ）と呼ばれているゴミが存在している。数としては10 cm以上の物体で約2万個、1 cm以上は50~70万個、1 mm以上は1億個を超える<sup>[1]</sup>。これらの宇宙ゴミは、宇宙空間での実験やロケットの打ち上げなどの妨げとなっており大きな問題となっている。私たちはこの問題を解決したいと思いこの題目を設定した。

## 2 仮説

宇宙ゴミをキャッチできるような装置を宇宙に飛ばす。その装置が飛んでいる宇宙ゴミを捕まえることができれば重さによって大気圏に落ちていくのではないかと考え、本研究では自作した装置を使い宇宙ゴミをなくすことができると仮説を立てた。

## 3 方法

宇宙ゴミを丸い発泡スチロール球と鉄球に置き換えて以下の方法で検討をする。

### (1) 宇宙ゴミをキャッチする装置の作成

宇宙ゴミをキャッチするための装置を自作する。ストローと細輪ゴムを使って作った、四角形を使い、片方のストローには細輪ゴムを引っ掛けるのに固定するような切り方ではさみを使用して切り、引っ掛ける。残りは外れやすいような切り方で輪ゴムを引っ掛けて作る。はずれやすいところに、球が当たるとストローと輪ゴムが外れ、キャッチをする部分が閉じるように作る。そして、宇宙ゴミをキャッチする網を最後に取り付ける（**図1**）。

### (2) 球を飛ばす装置の作成

**図2**のパチンコを模した球を飛ばす装置を太輪ゴムで作成する。パチンコから装置までの距離を40センチとする。また、パチンコを作る際にゴムの長さは15センチとする。最後に、パチンコを使うとき、飛ばすときの高さを地面から1メートルとする。

### (3) 事前実験 宇宙ゴミをキャッチする装置と球を飛ばす装置の条件の決定

共に輪ゴムを使用するため、その輪ゴムの性質について測定を行う。30gのおもりを、増やしながらゴムに吊るし、2種類のゴムの伸びを測定し計算する。

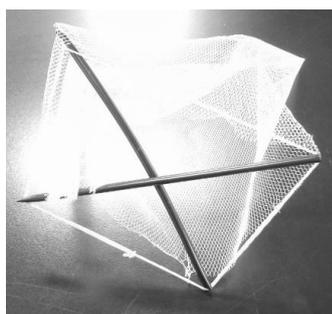


図1 宇宙ゴミをキャッチする装置



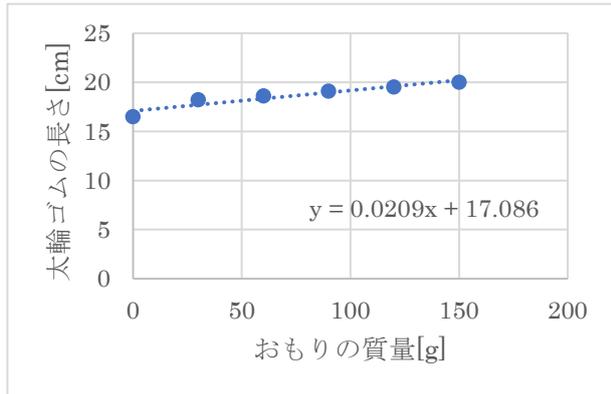
図2 球を飛ばす装置

(4) 実験 自作した装置による落下距離の短縮

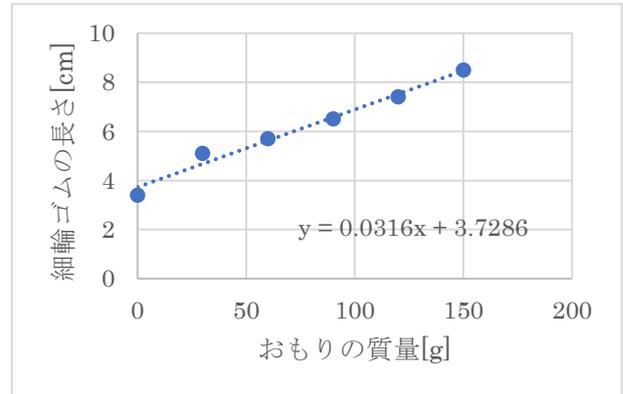
実験では、自作した装置で実際に実験を行う。ストローの長さを変えて、飛んでいる球が装置に当たった場合の変化と装置が当たって落下した場合の落下地点を測定する。その際、ストローの長さが、15cm (質量 3.53g)、20cm (質量 4.64g) の二種類の装置を用意する。また、球を飛ばすとき、輪ゴムを引っ張る長さを、5cm、10cm、15cm の3パターンに分けて実験する。ストローの部分にあたると装置の口の部分が閉じるようになっているので、三種類の中で、一番装置にあたった回数が多く、落下地点が近いものが良いとする。

4 事前実験 結果

事前実験の閣下を**グラフ1**、**グラフ2**に示す。以下の比例定数の値の輪ゴムを使用した。



グラフ1 太輪ゴムの結果



グラフ2 細い輪ゴムの結果

5 実験 結果

結果を**表1**に示す。なお輪ゴムを伸ばす長さ 5cm、10cm、15cm について、装置なしの落下距離は、発泡スチロール球は 80cm、165cm、200cm で、鉄球は 90cm、175cm、245cm である。

表1 実験の結果

発泡スチロール球(質量 0.30g, 直径 25mm)の結果

ストローの長さ[cm]	輪ゴムを伸ばす長さ[cm]	接触	捕獲	落下	落下距離(平均)
15	5	1	2	0	
15	10	3	0	0	
15	15	3	0	0	
20	5	1	2	0	
20	10	3	0	0	
20	15	0	1	2	26

鉄球(質量 38g, 直径 25mm)の結果

ストローの長さ[cm]	輪ゴムを伸ばす長さ[cm]	接触	捕獲	落下	落下距離(平均)
15	5	1	1	1	68
15	10	1	0	2	119
15	15	0	0	3	162
20	5	0	0	3	64
20	10	1	0	2	119
20	15	0	0	3	135

宇宙ゴミの除去に優れているのは、ストロー20 cm、輪ゴムを引っ張る長さ 15 cmの時である。

6 まとめと今後の展望

実験の結果より、装置のストローの部分は長いほうが良いということが分かった。しかし今回の構造体だと、宇宙ゴミを一つしかキャッチできない可能性があるため今後は、今の装置を改良しつつ、他の適した構造体も見つけていきたい。

参考文献

[1] 「宇宙ごみ(スペースデブリ)って何?」 JAXA, <https://fanfun.jaxa.jp/faq/detail/15954.html>

# ゴム状硫黄の最適な除去方法

1年4組 上杉 夏蓮 1年4組 幸瀧 美嘉 1年4組 児玉 亜門  
指導者 浦辻 規幸

## 1 背景

硫黄の実験でゴム状硫黄を作る際、試験管を使用するが、ゴム状硫黄が試験管等にこびりつくことがある。その時に試験管にこびりついたゴム状硫黄は取り除きにくいいため、使用した試験管は廃棄されることが多い。立島 (2008) によると、ポリマー硫黄はアンモニア等の塩基性物質との接触で容易に斜方硫黄に相転移されることが分かっている<sup>[1]</sup>。また、兵庫県立教育研修所により、試験管にこびりついた硫黄は水酸化ナトリウムを入れ煮沸し、冷えてから水に移してブラシで擦ると簡単に取れることが述べられている<sup>[2]</sup>。しかし高温の塩基となるため、ガラスがとけること想定され、他の方法による除去方法の確立が重要である。ゆえに、ゴム状硫黄を塩基性物質との接触あるいは温度変化によって硫黄の状態に変化させ、試験管を再使用することを目的とし、本研究を行った。

## 2 仮説

ゴム状硫黄とは、いくつもの硫黄原子がつながっている直鎖状硫黄のことである。立島 (2008) より、ポリマー硫黄はアンモニア等の塩基性物質との接触でも容易に斜方硫黄に変化することが分かっている。そこで、強塩基である無機化合物の水酸化ナトリウム (NaOH) と、冷却された窒素の液体である液体窒素の2種類の液体を用いることにより、試験管内のゴム状硫黄を取り除くことができると考え、以下の仮説を立てた。

- (1) 試験管にこびり付いたゴム状硫黄に塩基性物質を接触させることで試験管から取り除くことができる。このとき、塩基性の高い物質ほどゴム状硫黄を斜方硫黄に戻しやすい。
- (2) 液体窒素を試験管の硫黄に接触させることで、温度の変化により硫黄の体積が変化することで硫黄を取り除くことができる。

## 3 方法 (実験①・②)

試験管内にこびりついたゴム状硫黄の除去について以下の方法で検討する。

- (1) 本実験で使用する材料について
  - ・硫黄 (株式会社松葉薬品) ・NaOH 水溶液 (1.0,2.0,6.0M) ・液体窒素 (大和酸素工業株式会社)
- (2) 実験① NaOH 水溶液の濃度 (n=1)
  - 以下の条件で NaOH 水溶液に曝した後、試験管ブラシで擦った際の取れ方を比較・検討する。
  - ア ゴム状硫黄を生成するため、加熱する硫黄 0.5 g
  - イ 注入する溶液 NaOH 水溶液 6.0M、2.0M、1.0M、水 各 0.5mL
  - ウ 溶液と接触させる期間 1 週間
- (3) 実験② 液体窒素に対する反応 (n=3)
  - ゴム状硫黄との接触の仕方によって反応性が異なると考え、試験管へのゴム状硫黄のこびりつき方を変え、1 分間液体窒素による曝した後、試験管ブラシで擦った際の取れ方を比較・検討する。
  - ア 試験管の底にゴム状硫黄を溜め、液体窒素を試験管の内外ともに接触させる
  - イ-1 試験管からゴム状硫黄を流し、硫黄と接触させるように液体窒素を内側のみ浸す
  - イ-2 試験管からゴム状硫黄を流し、硫黄が接触しないように液体窒素を外側のみ浸す
  - ウ 試験管からゴム状硫黄を流し、液体窒素を内外ともに接触させた後、27 度の水に浸す
  - 液体窒素でゴム状硫黄が取り除けなかった場合、試験管内に NaOH 溶液を入れて時間を置き、試験管ブラシで擦って取り除く。

## 4 結果・考察 (実験①・②)

- (1) NaOH 水溶液の濃度
  - 実験①の結果、NaOH 溶液 6.0M を入れたゴム状硫黄のみゴム状硫黄が溶けていた。また、ゴム状硫黄の色は、6.0M のものは茶色、2.0M のものは少し黄色に変化しており、1.0M のもの

と水のものには変化がみられなかった。この結果より、6.0M の NaOH 水溶液がゴム状硫黄を取り除くことに最も効果があると考えられることができる。

## (2) 実験② 液体窒素に対する反応

ア、イ、ウで条件を変えて実験を行った結果、ゴム状硫黄の生成直後に液体窒素に浸した場合、すべて硫黄が除去できたものは無かった。この結果より、ゴム状硫黄の生成直後においては、ゴム状硫黄が弾性を持ち、温度変化による体積変化を起こしても試験管のガラス壁面に対し隙間ができなかったことが原因であると考えられる。経時によりゴム状硫黄が斜方硫黄に変化することで、この方法が有効になることが考えられる。

## 5 方法 (実験③)

1 年前の授業で使用された試験管 50 本を使用する。液体窒素に試験管を浸し、効果を検証する。また液体窒素でゴム状硫黄が取り除けなかった場合、試験管内に NaOH 水溶液を入れて 1 週間置き、試験管ブラシで擦って取り除くことで、二つの方法による効果を検証する。

## 6 結果・考察 (実験③)

結果を表 1 に示す。

表 1 実験 3 の結果

除去できた数 (本)		再利用できない数 (本)		合計
液体窒素のみ	液体窒素と NaOHaq	硫黄が残った	ヒビ・割れ	
6	18	20	6	50

ゴム状硫黄作成後 1 年間経過した硫黄に液体窒素を浸すと、表 1 のように 6 本の試験管において白変した硫黄が剥がれ落ちたため、硫黄表面では以下の反応が起こっていると考察した。

### (1) 前提条件

立畠 (2008) によるとゴム状硫黄が斜方硫黄にもどるには時間を要するとある<sup>[1]</sup>。そのため、実験に用いたゴム状硫黄の実験後 1 年間たった硫黄は、斜方硫黄とゴム状硫黄が混ざり合った状態にあると仮説を立て、この考察をする。

### (2) 仮説

斜方硫黄とゴム状硫黄がまじりあった状態の硫黄は液体窒素に触れることで体積が小さくなる。この時、王冠状の斜方硫黄がバラバラに混ざり合い隙間ができた状態から、隙間のない状態になろうとする。そこで王冠状の斜方硫黄は縦に重なる。斜方硫黄どうしの距離が小さくなることで、ガラスとの間に空間が生まれたことで、分子間力が小さくなり、試験管から剥がれ落ちたのだと考えた。さらに液体窒素の気化が解離を加速させたと考えた。

### (3) 観察結果と比較

斜方硫黄どうしの距離が小さくなることで、硫黄内にも空間が生まれたことにより、光が乱反射され、液体窒素に浸したあと硫黄が白くなって見えたのだと考えた。

## 7 まとめ

実験③より、試験管内にこびりついたゴム状硫黄を取り除くには、ゴム状硫黄の長く時間を置いたものを液体窒素に浸し、それでも取り除けなかった場合は、6.0M の NaOH 水溶液を入れて擦る方法が最適である結果が得られた。今後はゴム状硫黄を放置する期間を細かく分け、どのくらいの期間を置いたものがゴム状硫黄を取り除くのに最適かを調査していきたい。また、液体窒素はコストがかかるため、低コストで同じような結果を得られる方法を考えていきたい。

## 参考文献

- [1] 「硫黄の特徴と不溶性硫黄の用法」 三新化学工業 (株) 立畠 達夫 (2008)  
[www.sanshin-ci.co.jp/wp/wp-content/uploads/2013/02/GR015.pdf](http://www.sanshin-ci.co.jp/wp/wp-content/uploads/2013/02/GR015.pdf)
- [2] 「実験化学-3」 兵庫県立教育研修所  
<http://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmanual/jikken/kaga/kaga03.htm>

# 高速道路高架下約1/64模型を使った津波シミュレーション

1年3組 中井 優心    1年2組 魚下 結菜  
1年3組 源 舞香    1年4組 松浦 るみ  
指導者 田中 善久

## 1 課題設定の理由

高速道路（**図1**）が宇和島湾の海岸線に沿って走り、その高速道路上は避難場所でもある。津波到来時、その高速道路高架下周辺はどのように変わってくるのか調べたかった。高架下には高速道路の橋脚（**図3**）がある影響で、水流に緩急が生じて渦ができるかもしれない。水がどのように流れ、人や自動車などがどのように流されるのか調べたかった。



図1 高架下の風景①

## 2 仮説

津波が進む向きを追うと、橋脚の後方には渦を巻く水流ができる。

## 3 研究の方法

- (1) **図2**の写真から人の身長と橋脚の高さは約1:4なので、橋脚の高さを約6mと考えた。
- (2) **図3**の右側のように、橋脚、フーチング、基礎杭の模型（素材：セメント）を、約1/64の縮尺で製作した（**図4**）。



図2 高架下の風景②

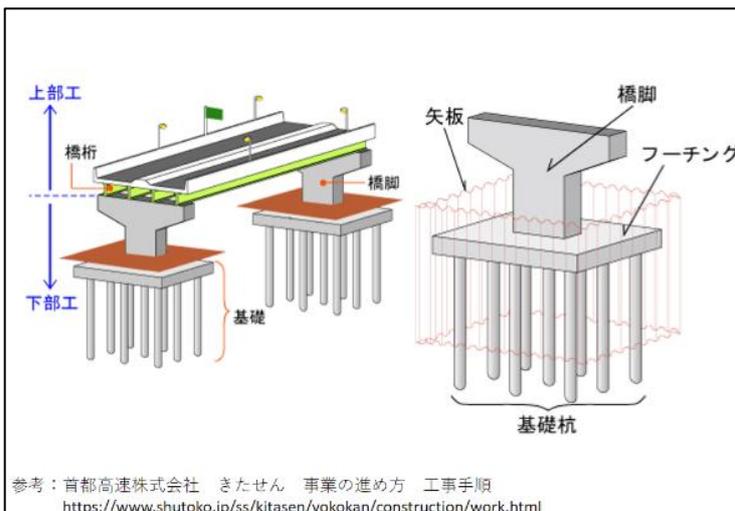


図3 高速道路の構造



図4 自作の橋脚模型

プラスチック段ボールで模型の型を作る。その型にセメントを流し込む。数日間乾かしたら、型から取り出し、フーチングに橋脚や基礎杭をセメントボンドで取り付ける。

- (3) 大きな容器の中に、左半分を陸地と見立て、橋脚模型を立地させるよう小石を敷き詰める。ブックエンドを使って小石が崩れないようせき止め、岸壁のように形作った。一方、その容器の右半分を海と見立てて水を貯める。なお、容器の底では、ブックエンドにラミネートシートの端を縛りつけて固定し、容器内面の底から右側面の範囲にラミネートシートが貼り付くよう設置させた後に水を注いだ。



図5 津波の発生装置

- (4) 陸地の表面には、人や自動車などに見立てたBB弾（玩具の鉄砲の玉）を、ほぼ均一に散りばめて配置した。固定していないラミネートシートのもう一方の端の勢いよく引き上げ、水を持ち上げることで津波を発生させた。例えば、**図5**の津波の高さを、方眼用紙を背景に使って読み取ると、9.3 cmであったことにより、それを約64倍して、実際の津波の高さは約6.0mに相

当すると考えた。

(5) 津波が通過した後、陸地の表面での BB 弾の散らばり方を観察することによって、高架下での津波の進み方について考察した。

#### 4 結果と考察

(1) 実際の津波の高さが6.0mのときの結果 (図6)

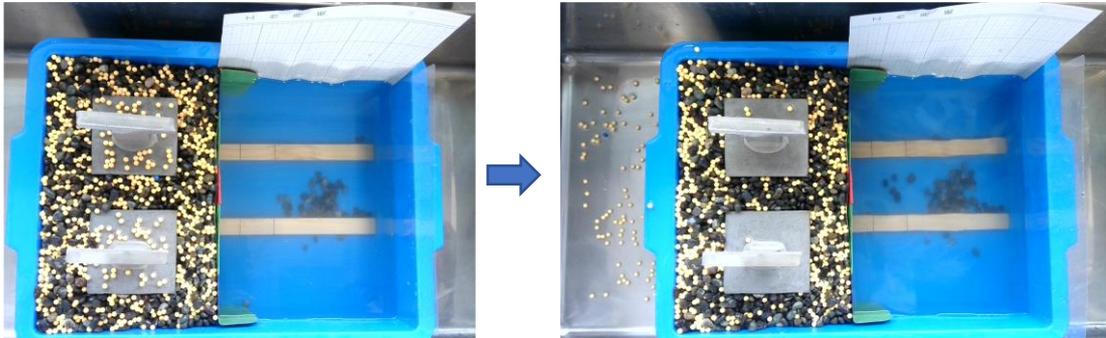


図6 津波の高さが6.0mのとき、津波到達前(左)と津波到達後(右)のBB弾の散らばり

(2) 実際の津波の高さが7.0mのときの結果 (図7)

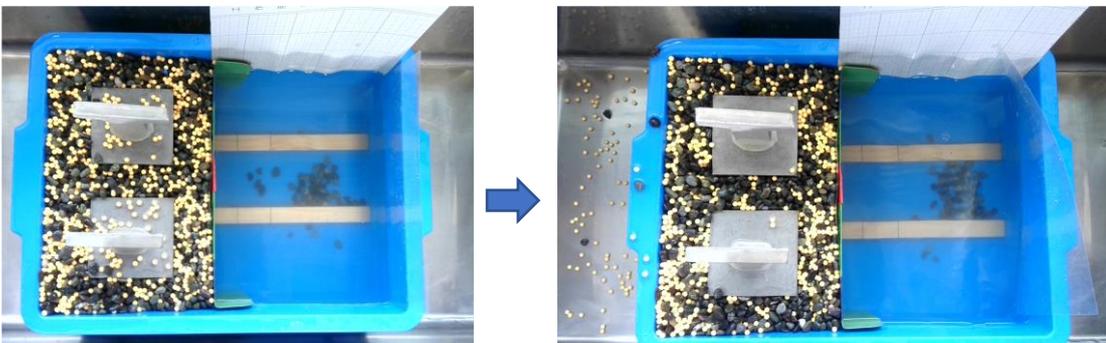


図7 津波の高さが7.0mのとき、津波到達前(左)と津波到達後(右)のBB弾の散らばり

(3) 考察

- ・津波の高さ6.0mと7.0mでは、BB弾が流された後の様子に大きな違いは見られない。
- ・フーチング上のBB弾は最も流されやすいが、小石の上に置かれたBB弾は流されにくい。
- ・橋脚に挟まれた平面では水流の勢いが増すのかBB弾が多く流されている。
- ・水流の向きに対して、橋脚の後方には、BB弾が密にたまった形跡があると思える。水流の向きが橋脚の後方に曲げられた形跡なのかもしれないが、渦を巻いた形跡かどうかは確認できない。
- ・津波に最初に当たったはずの、橋脚の前方にもBB弾が溜まっていることが不思議である。

#### 5 まとめと今後の課題

渦を巻くかどうかまでは断言できなかったが、同じ小石の上に置かれたBB弾でも、橋脚に挟まれた平面では多数が運ばれ、橋脚の後方にはBB弾の密集が見られた。水流が橋脚によって曲げられた形跡かもしれない。最大の疑問点は、橋脚の前方にもBB弾の密集が見られることである。

今後の課題としては、本来の津波のように、長周期・長波長の波を作る装置を製作して、同様な実験を行い、同じ結果を得られるか検証する必要がある。津波の速さも計測できるよう工夫する必要がある。

#### 参考文献

- ・首都高速株式会社 きたせん 事業の進め方 工事手順  
<https://www.shutoko.jp/ss/kitasen/yokokan/construction/work.htm>

# 家庭ごみを用いてのバイオマス発電の開発

1年1組 白瀧 嵩虎 1年1組 酒井 隆也 1年2組 松浦 輝空  
1年2組 杉浦 滉紀 1年3組 松本 大輝 1年3組 後畠 俊介  
指導者 藤田 恭兵

## 1 課題設定の理由

近年、地球温暖化が進み SDGs が注目されている中で、私たちの班は SDGs に制定されている 17 の目標に含まれている内、二つに目を付けた。一つは、SDGs の 7 つ目の目標「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」ともう一つは、11 個目の目標「住み続けられるまちづくりを」に注目した<sup>[1]</sup>。そこで家庭でできる簡易的な「気体発生装置」を作製し、生ごみからエネルギーを生み出すことをテーマにこの題材を設定した。

## 2 仮説

土の中にはメタン菌と呼ばれる微生物が存在しており、メタン菌が有機物を分解することでメタンを生成される。またメタンはバイオマス発電の一つの材料とされるため本研究では家庭ごみを用いて簡易的なメタンの生成を試みた<sup>[2]</sup>。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 実験 1 (簡易的気体発生装置の作成)

三間の山から採取した土 1.5 kg に毎週生ごみ 100 g を加えた。ビニール袋 (cm×cm) でバケツを覆う。ストロー (長さ 21cm×口径 1.2cm) で気体を採取するビニール袋 (8.1cm×35cm) 連結させた (図 1)。設置場所を中庭の普通科教棟とした。

三間の山から採取した土 3 kg に毎週生ごみ 200 g を加えた。残りの条件は上記と同じにした (図 2)。



図 1 簡易的気体発生装置



図 2 簡易的気体発生装置

### (2) 実験 2 (気体検知管測定器 AP-5E を用いての測定)

二酸化炭素と酸素の測定するために、気体を採取する用に装着したビニール袋に気体検知管を差し込み測定した。その後同じ大きさのビニール袋に付け替えた (図 3)。



図 3 気体検知管測定

#### 4 結果と考察

ビニール袋が膨らんでいたことから気体が発生していると考えられる。気体検知管を用いての測定の結果を表 1, 2 に示した。この表 1, 2 より、全体的に酸素の量が多く二酸化炭素がほぼ発生していなかった。



図 4 左 : 土 1.5 kg+生ごみ 100g 右 : 土 3.0kg+生ごみ 200g

表 1 気体発生装置 1 の気体検知管の結果

実験装置 1	2月3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日
二酸化炭素	0%	0%	0%	0%	0%	0.1ppm	0.2ppm
酸素	24ppm	24ppm	24ppm				

表 2 気体発生装置 2 の気体検知管の結果

実験装置 2	2月3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日
二酸化炭素	0.30%	0%	0%	0.50%	0%	0.10ppm	0.40ppm
酸素	24ppm	24ppm	24ppm				

メタン菌からメタンを発生させるために植物や藻類等に含まれるメトキシ芳香族化合物であるケロジェンが必要だと報告されていた<sup>[3]</sup>。今回の生ごみ中には植物由来のもの多く含まれていたが、メタン菌を生成させる役割より光合成による影響によって、気体発生装置内の二酸化炭素が使われ、酸素が多くなったことが考えられる。また、酸素が多い環境ではメタン菌が死滅すると報告がある<sup>[4]</sup>。ことから、酸素の含有率の多いこの気体検知管内ではメタン菌の多くが死滅したのではないかと推察した。

#### 5 まとめと今後の課題

酸素含有量の多い気体発生装置ではメタン菌が死滅するので本研究ではメタンを発生させられなかった。要因として、酸素の含有量が多すぎるので酸素を取り除く方法が今後検討していく必要がある。別の方法としてメトキシ基を利用してメタンを発生させる石炭に含まれるメトキシ芳香族を同時に用いることでより、メタンの発生効率を上げることができると考えている。

#### 参考文献

- [1] SDGs とは？ 外務省
- [2] バイオマス発電 - 環境技術解説環境展望台 環境省
- [3] 石炭から天然ガスを生み出す 産業技術総合研究所
- [4] 石炭を天然ガスに変えるメタン生成菌を発見 産業技術総合研究所

# 回転数と回転軸による球速の変化

1年1組 江里口爽太 1年2組 三瀬 陽大 1年2組 和田 琉聖  
1年3組 宇都宮郁人 1年4組 宮田 輝  
指導者 田中 義則

## 1 課題設定の理由

我が校の野球部は春夏合わせて甲子園に22回の出場を果たしている。

今回のRSIの活動で私たちが「回転数と回転軸による球速の変化」について調べそのデータを野球部に提供し、日々の練習に役立ててもらいたいという願いで今回の課題を設定した。

## 2 仮説

回転軸が0度に近く、回転数が多いほど球速は上がると仮定した。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 方法

- ア まず約20分キャッチボールで肩を慣らす
- イ 通常の硬式球を用いてブルペンで約10球投球する
- ウ テクニカルピッチを用いて5人それぞれが投球する
- エ 測定したデータから表・グラフを作成する
- オ 作成した表・グラフから考察する

### (2) 実験の条件

- ア 場所
  - ① トンボをかけた状態のブルペン（野球場の一角に設けた投手の練習場）
- イ 時間
  - ① 約14:00～17:00
- ウ 気候
  - ① 風が強すぎない
  - ② 雨や雪等が降っていない
- エ 体調
  - ① 身体の痛み等がなく健全な状態

### (3) 使用道具

- ア テクニカルピッチ
- イ 通常の硬式球
- ウ グローブ
- エ スマートフォン
- オ トンボ

## 4 結果

回転数と回転軸の二軸から成る表の適切な位置に数値を入力し、二つ以上の数値が存在する場合は平均を求め、小数第一位を四捨五入し整数値とする。

上記の方法で作った表から作成したグラフと、データのない箇所に近辺の数値から計算し、推測した数値を入力して作成したものとの二つから考察する。

なお、近辺からの数値の推測については、以下の手順で行う。

縦に連続してデータのない箇所の数を  $n$ 、横に続してデータのない箇所の数を  $m$  とする。

- (1) 縦の関係からみて、実際に測定した数値の差を、 $n+1$  で割り、一次関数のような形式で数値を確定する。数値は小数第二位を四捨五入した数値とする。
- (2) 横の関係でも(1)と同様の作業を行う。
- (3) (1)から得た数値に  $m$  をにかけて、(2)から得た数値に  $n$  をにかけて二つの数値を獲得する。
- 5 (4) 新たに得た二つの数値の合計を  $n+m$  で割り、小数第一位を四捨五入して数値を確定する。一つしか数値を得られなかった場合には、その数値を入力する。

## 5 考察

回転数がまずと増すと球速も増すが、回転軸が  $0$  に近ければ速いというわけではなく、個人によって球速が速いときの回転軸は異なる。

## 6 今後の課題とまとめ

今回の実験では、実験途中でテクニカルピッチが故障したため十分なデータが取れなかったが、一人当たりの投げる球数を増やすことも必要である。また、実際に野球部員に協力してもらい、野球部員のデータを取るとより実用的になると考える。

# 折り紙の構造に着目した反射望遠鏡の形状の考察

1年3組 藤江 栞里 1年2組 石黒 心望 1年2組 竹内 美乃  
1年3組 川本 美羽 1年3組 佐々木唯文  
指導者 森脇 由衣

## 1 課題設定の背景

天体の観察のために用いられる宇宙望遠鏡の反射鏡は、光を集める放物線の性質を利用し、放物面になっている。反射鏡が大きいほど遠くの星を鮮明に観察することが可能であり、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は三つ折りして収納することで、歴代最大の反射鏡を使用している。そこで、私たちはより鮮明な映像が得られるよう、三つ折りよりさらに効率的に収納・展開できる方法を探ることを目的とし、この課題を設定した。放物面の展開図を作製し、収納・展開する方法を工夫することで、より大きな反射鏡を作ることができると考えた。

## 2 放物面について

### (1) 展開図

回転体ベースの立体折紙設計ツール「ORI – REVO: A Design Tool for 3D Origami of Revolution」の描く球の展開図を参考に、放物面の展開図を考えた（**図1**）。放物面をいくつかの平面に分解し、その平面をつなぎ合わせて展開図を作る。展開・収納方法は以下の通りである。

- ① 展開図を折りたたんだ状態で収納する。
- ② 展開図の下部分にひもを通し、一方向に引くことで展開する（**図2**）。

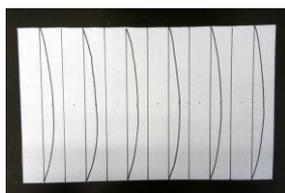


図1 ORI-REVOによる球の展開図  
(直線が谷折り線、曲線が山折り線)

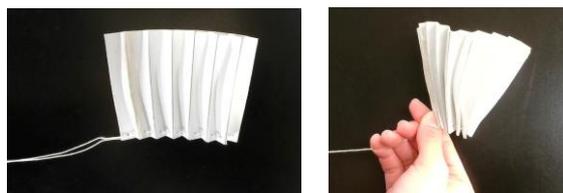


図2 放物面の展開の様子

### (2) 原理

放物線  $4py = x^2$  を  $y$  軸を中心に回転させた放物面の展開図について、 $y$  軸に垂直な平面と放物線で切り取った断面は円である。この円に内接する正  $n$  角形の頂点を結んでできる平面について考える（**図3**・**図4**）。放物面の展開図における  $y = t$  のときの点線の長さを  $L_t$ 、点線から山折り線までの長さを  $d_t$  とし（**図4**）、それぞれと  $t$  の関係式を導く。

点線の長さ  $L_t$  について、 $L_t$  は  $0 \leq y \leq t$  における放物線の長さと同じ。本研究では、放物線を細かな線分の集まりと考えた。 $y = t$  における放物線上の点  $P(x_t, t)$  と  $y = t'$  における放物線上の点  $Q(x_{t'}, t')$  の距離を  $\Delta L$  とすると、次の式が得られる（**図5**）。

$$L_{t'} = L_t + \Delta L$$

$$\Delta L^2 = (x_{t'} - x_t)^2 + (t' - t)^2 \quad (\text{三平方の定理})$$

点線から山折り線までの長さ  $d_t$  について、 $d_t$  は放物面の断面の円に内接する正  $n$  角形の一辺の半分  $PH$  に等しい（**図6**）。円の半径  $OP$  の長さは、点  $P$  の  $x$  座標  $x_t$  に等しいので、 $\angle POH$  の大きさを  $\theta$  とすると、次の式が得られる。

$$d_t = x_t \sin \theta$$

$$\theta = \frac{360^\circ}{2n}$$

また、 $4pt = x_t^2$  より、 $x_t = \sqrt{4pt}$  である。

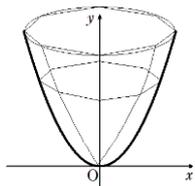


図3 放物面

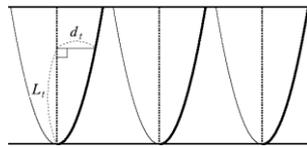


図4 放物面の展開図

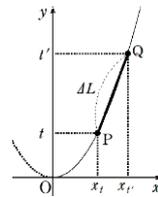


図5 放物線の長さ

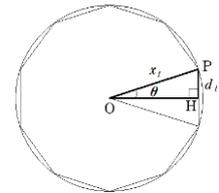


図6 放物面の断面

### (3) 放物面の作製

本研究では、厚紙を用いて  $p = 100\text{mm}$ 、 $n = 12$  となる放物面を作製した。Excel を用いて  $t = 0, 1, 2, 3, \dots$ (mm)のときの  $L_t$  と  $d_t$  をそれぞれ算出し (表 1)、 $L_t$  と  $d_t$  の散布図から放物面の展開図を作製した (図 7)。

表 1 Excel を用いた  $L_t$  と  $d_t$  の算出表の一部

t	dt	Lt
0	0	0
1	5.1763809	20.024984
2	7.3205081	28.369393
3	8.9657547	34.804314

(単位mm)

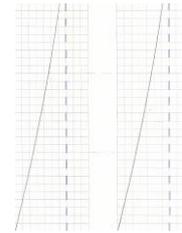


図7 放物面の展開図

## 3 教室における放物面と平面の照度比較の実験

### (1) 測定方法と測定条件

反射面にアルミ箔を貼った放物面 (図 8) と平面 (図 9) に光源を当て、反射する光の量 (照度) を測定した。条件は以下の通りである。

測定条件: 窓・暗幕をすべて閉め、室内の蛍光灯はすべて点ける。

放物面の焦点 (100mm) の位置にデジタル照度計 (LX-1108) を固定する。

### (2) 測定結果・考察

表 2 より放物面での照度は平面での照度と比べて 67% 高く、作製した放物面の反射鏡は平面の反射鏡より多くの光を集めることができると考えられる。

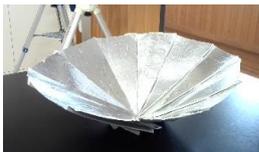


図8 放物面の反射鏡



図9 平面の反射鏡  
(放物面と等しい大きさの円)

表 2 照度比較実験の結果

	1回目	2回目	3回目	平均値
放物面	576	576	575	576
平面	388	387	386	387

(単位 Lux)

## 4 まとめと今後の課題

立体折紙設計ツールの描く球の展開図を参考に放物面の展開図を作製し、下端にひもを通すことで容易な展開を可能にした。作製した放物面の半径は、三つ折りした放物面の半径の約 2 倍であると考えられる (反射面積は約 4 倍)。また、教室での照度比較の実験結果から、作製した放物面は光を効率よく集めることができていると考えられる。今後は、光源の明るさや種類、放物線の焦点の位置や  $n$  の値を変化させたときにも、同様の効果があるか調べたい。

## 参考文献

- [1] 回転体ベースの立体折紙設計ツール「ORI-REVO:A Design Tool for 3D Origami of Revolution」  
[https://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/ori\\_revo/](https://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/ori_revo/)
- [2] NASA<JAMES WEBB SPACE TELESCOPE> ホームページ  
<https://webb.nasa.gov>

# 宇和島東高校校舎内避難経路シミュレーション

1年1組 高岡 伊織 1年2組 藤本 和真  
1年3組 三宅 樹生 1年4組 森 一琉  
指導者 中村 俊貴

## 1 課題設定の理由

いつ起きてもおかしくない南海トラフ地震。もしこれが授業中に起こった場合、どのような経路で避難するのが最適なのかを調べたいと思い、学校で避難経路図のようなものを見たことないので、どう避難すると最も速く避難できるのかを知りたかったからである。

## 2 仮説

できるだけ経路と出口を複数作り、経路ができるだけ交わらないようにすればより速く避難できるのではないかと。今回は避難にかかる時間を示すためにセルオートマトンを使用する。

## 3 研究の方法

### (1) 前提条件

- ア 避難する際の移動速度は3.6m/sとし、危険箇所を通る際は1.8m/sとする
- イ 使用する出口は4箇所とする。
- ウ 障害物が倒れてきて、通行に時間がかかる箇所がある(写真1～写真2)。校舎の損壊はなし。尚、ガラス等が散乱していた場合でも、通行の妨げにはならないものとする。
- エ 普通教棟の生徒数が多い木曜日の1限目に地震が発生したものとする。
- オ シミュレーションをしやすいするために、生徒がいる教室ごとに1つの集団で表すものとする。

### (2) 研究の方法

- ア 各集団の出口までの距離を測る。
- イ 避難経路を作成する。(図1)
- ウ 校舎内の危険な箇所を調査する。(図1の塗りつぶされている範囲)
- エ セルオートマトンを使用し検討する。



写真1 職員室前



写真2 生物実験室前

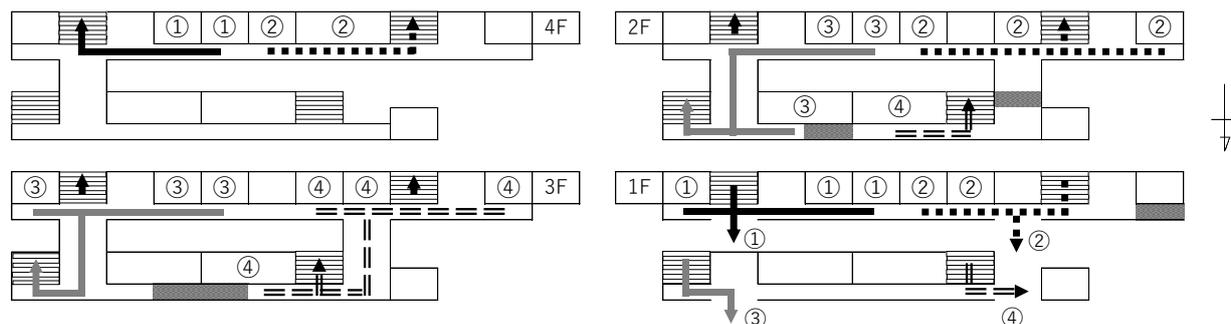


図1 避難経路図

### (3) セルオートマトンについて

セルオートマトンは格子状のセルと単純な規則を用いた計算モデルのことである。今回作成したセルオートマトンはそれぞれ横軸が距離(右に1マスで1.8m)、縦軸が時間(下に1マスで1秒)の変化を表している。今回与えたルールをいかに示す。

ア 1つのセルには4人の人間が正方形の形に並んでいるものとする。

イ 塗りつぶされているセルが人間が存在するセルである。

ウ 1秒経過する際、右側のセルが空いていなければその場にとどまる。

エ 1秒経過する際、右側のセルが1マス空いていれば1マス進む。

オ 1秒経過する際、右側のセルが2マス空いていれば2マス進む。

## 4 結果と考察

ア 図内の2本の直線は階段の範囲を表している。(ただし、図5は右端の出口の線と階段の終わりが同じ)

イ 図は左端がスタート、右端直線が出口を表している。

図2～図5から避難には、①のルートで逃げる集団で最初に逃げる人は2秒、最後に逃げる人は83秒かかり、②のルートで逃げる集団で最初に逃げる人は3秒、最後に逃げる人は111秒かかり、③のルートで逃げる集団で最初に逃げる人は15秒、最後に逃げる人は133秒かかり、④のルートで逃げる集団で最初に逃げる人は10秒、最後に逃げる人は108秒かかることがわかった。どれも先行研究のルートでかかっていた時間よりも短い。

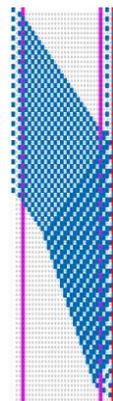


図2  
①ルート



図3  
②ルート

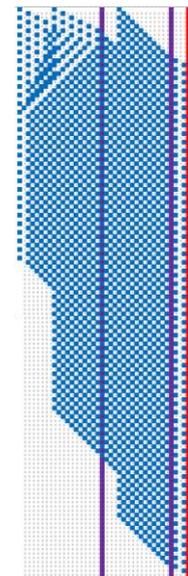


図4  
③ルート

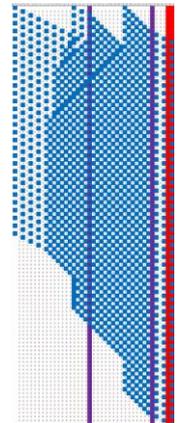


図5  
④ルート

## 5 今後の課題とまとめ

今回は経路を1パターンしか検証できていないが今後パターンを増やして検証していきたい。そして、今回の実験では教室や校舎への大きな被害に関してはないものとしているため、今後の研究ではそれらの被害に応じてどう避難経路が変わっていくかを調べたい。さらに、危険箇所はどうすれば安全になるのかを学校と相談したい。

## 参考文献

- ・三井和男, 森北博己 (2020) 「数学モデルを作って楽しく学ぼう 新 Excel コンピューターシミュレーション」 森北出版株式会社
- ・北栄輔, 脇田佑希子 (2011) 「Excel で学ぶセルオートマトン」 株式会社オーム社
- ・中学生・高校生・大学生男子の1500m持久走のタイム 年齢・学年別の平均値と5階評価  
<https://jp.gdfreak.com/public/detail/jp010110010010100060/1>

# カゼインプラスチックの性質の検証

1年1組 山本 陸王 1年1組 芝 悠斗  
1年3組 松本 拓実 1年4組 阿部 翔  
指導者 中村 俊貴

## 1 課題設定の理由

これまでの学習活動やインターネットなどを通してプラスチックごみに関する環境問題や先行研究(水野ら 2020) より、プラスチックごみ削減の観点において、生分解性プラスチックが大きな役割を果たすのではないかと考えた。また、その先行研究についての改善点や不明な点に気づき、そこを深く掘り下げることで新たな可能性を見出せるのではないかと考え、この課題を設定した。

## 2 原理

牛乳に含まれるタンパク質(カゼイン)が持つ負の電荷は反発しあいながら浮遊している。そのため、酸を加えるとカゼインの持つ負の電荷が酸に奪われる。その結果、カゼイン同士が互いに引き寄せあい、沈殿する。これを濾し取ることで、カゼインを分離することが出来る。分離したカゼインを乾燥させることで、カゼイン同士の間にある水分が抜け、結合する。

## 3 研究の方法

### (1) プラスチックの生成

- ア 牛乳\*にレモン果汁 15mL を加えて 80°Cまで熱する。
  - イ 沈殿物を冷水で冷やし、濾し取る。
  - ウ キッチンペーパーで水気を取り、自然乾燥させる。
- ※本研究では牛乳 50mL・100mL・200mL で生成実験を行った。  
以下、牛乳 100mL で生成したプラスチックを A 群、  
牛乳 200mL で生成したプラスチックを B 群と表記する。



図1 生成実験の様子

### (2) 加熱実験

A 群、B 群からそれぞれ 1 個のプラスチックを、5 分間 150°Cに設定したオーブンで加熱する。下線部を 5 回行う。

### (3) 耐薬品性実験

A 群、B 群からそれぞれ 1 個ずつ 0.1mol/L または 0.5mol/L の塩酸(以下 HCl)、HCl と同様の濃度の水酸化ナトリウム(以下 NaOH)、エタノール、純水のそれぞれに入れ、その時の反応を観察する。

### (4) 生分解性の検証

2 週間、A 群、B 群からそれぞれ 1 個のプラスチックを校内に埋めて変化を観察する。

## 4 結果と考察

### (1) プラスチックの生成結果

牛乳の体積を変えて実験した結果、牛乳 50mL での生成は困難だった。理由としては、出てくる沈殿物が少なかったため、イの工程が出来なかったことが挙げられる。

しかし、牛乳 200mL での生成は可能だったので、より大量のプラスチックを一度に生成することは可能であると考えられる。

### (2) 加熱実験結果

A は 10 分間、B は 15 分間加熱した後から体積の変化は見られなかったが、質量は増減し続けていた。これについて、実験終了後にオープン内部の皿に、油のような液体が見られたため、この液体がプラスチックに吸収されたことが原因だと考えた。

また、実験中にプラスチックが黒く変色し、硬さが増した(図2)。これは、加熱により変性したと考えられる。



図2 加熱実験結果  
(左A群 右B群)

### (3) 耐薬品性実験結果

薬品にプラスチックを入れ約 24 時間後の状態を表 1 にまとめた。

表 1 耐薬品性実験結果

	HCl 0.1mol/L	HCl 0.5mol/L	NaOH 0.1mol/L	NaOH 0.5mol/L	エタノール	純水	何も入れない
A 群							
	HCl0.5mol×B 群の時に比べて柔らかい	純水×A 群の時に硬さがあまり変わらない	・柔らかい ・溶けた	・崩れやすい	・かなり硬い	・やや硬い ・表面が薄く剥げた	変化なし
B 群							
	HCl0.1mol×A 群の時に比べて硬い	純水×B 群の時に硬さがあまり変わらない	・やや柔らかい ・溶けた	・崩れやすい	・エタノール×A 群より硬い	・やや硬い ・表面が薄く剥げた	変化なし

### (4) 生分解性実験の結果

形が崩れるなどの変化はなかったが、柔らかくなっていた。理由としては、微生物による分解を期待していたが、実験を 1 月に行ったため微生物があまり活動しなかったと思われる。

## 5 今後の課題とまとめ

今回の実験でのカゼインプラスチックの生成方法では、従来の石油を原料とするプラスチックの代用品となるには、まだまだ課題があることに気付いた。しかし、加熱実験の際の、変性したと思われるプラスチックは検証が不十分であるため、検証の必要があると思われる。

また、加熱した際に生じた液体は、牛乳に含まれる動物性脂肪ではないかと考え、そのような不純物を取り除くとプラスチックにどのような影響が出るのかを実験したい。

耐薬品性実験の際に、質量の変化の測定をしていなかったため、また機会があれば測定し、反応後と比較したい。A 群と B 群を比較したときどの薬品に対しても B 群のほうが硬かった。3 つの実験結果より、この方法で作るときは牛乳 200mL:レモン果汁 15mL のほうが効率よく作れて、性能が良いといえる。

## 参考文献

- ・創成化学工学実験 <https://www.ichinoseki.ac.jp/che-site/sosei/hei27/hei27-01.html>
- ・水野百菜ほか(2020) 『ソイとカゼインによるプラスチック生成』 令和元年度 SSH 生徒課題研究論文集 愛媛県立宇和島東高等学校

# 避難経路を探せ～with ジオラマ～

1年1組 河野 紗良 1年1組 松下 真優 1年1組 三好 悠来  
1年1組 山口 舞佳 1年1組 山下 明純  
指導者 窪地 育哉

## 1 課題設定の理由

宇和島では、南海トラフを震源とする地震が発生した場合、6.5mの高さの津波がくると予想されている。(宇和島市防災マップより)。私たちは、その津波で命を落とすことがないように備えたいという思いから、このテーマを設定した。

津波から逃げるためには、津波浸水域から外に逃げなければならない。しかし、私たちの学校には市外から通学している生徒も多く、土地勘のない生徒が多くいる。そこで、私たちは津波避難の際、どちらの方角へ逃げるのがよいかを正しく知ってもらわなければならないと考えた。

## 2 研究の方法

### (1) 避難方向に関するアンケート

図1に宇和島市街地図を示した。図中①JR宇和島駅、②商店街北側(駅付近)、③商店街南側(駅の反対側)、④宇和島港付近、⑤学校正門前、⑥内陸部の6か所を指定し、指定した箇所地震が起きた際に、どの方向へ避難したらよいかABCDの4つの択肢から選んでもらうというアンケートを実施した。



図1 宇和島市街および避難方向アンケート地点

### (2) ジオラマ作り

本校周辺の地域の地図を印刷し、インターネットで等高線を調べて地図に書き写す。地図を重ね合わせ、板状の発泡スチロールを書き写した等高線に合わせて切る。切った発泡スチロールを重ねる。

## 3 結果と考察

(1) 表1に、避難方向に関するアンケート結果を示した。回答数376名のうち、市内在住者140名、市外在住が236名であった。また、年齢別では、0歳～15歳14名、16歳～18歳116名、19歳以上246名であった。

表1 避難方向に関するアンケート結果

	①	②	③	④	⑤	⑥
A方向	15	13	11	36	6	13
B方向	6	5	16	3	5	5
C方向	9	16	14	5	6	16
D方向	59	56	46	50	80	56
わからない	11	10	13	6	3	10

①～⑥のどの場所においても、海へ向かう方向に行かないことを考慮すると、B 方向への避難は避けるべきであるが、回答を見ると一定数見られた。また、どの場所にも避難方向が分からない人が多くいることから、宇和島市街地は避難方向が分かりにくい状況にあると考えられる。そのため、ジオラマを見てもらいどの方向に逃げたらよいのかを再確認してもらう必要があると考えた。また、正しい避難方向が分かっても経路が混雑すると避難に間に合わなくなる可能性も出てくる。経路を1か所以上把握したり、地区ごとに1か所以上の経路を地図に示したりするとよいのではないかと考える。

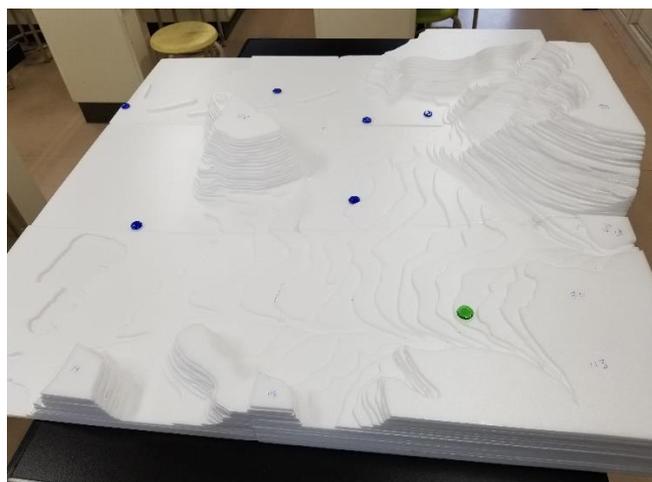


図2 制作したジオラマの様子

## (2) 完成したジオラマの様子

図2に、完成した市街地エリアのジオラマを示した。また、図3に商店街北側の様子と避難方向のアンケート結果を、図4にジオラマで表した商店街北側の様子を示した。実際に商店街北側に立ってみると、土地の高低差を感じることはない。ジオラマだと高低差を見ることができるので、津波避難の方向を判断するのに重要な情報を得ることができるものと考えられる。

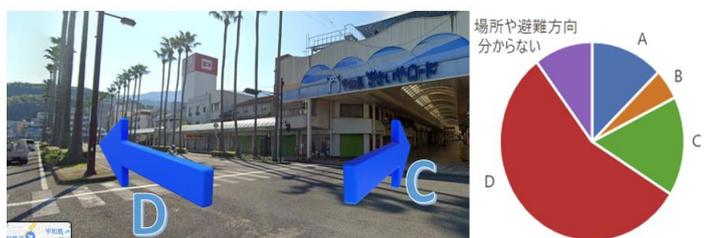


図3 商店街付近の様子と避難方向のアンケート結果

図2において青色のおはじきを置いて示した点は、避難方向に関するアンケートの各地点を表している。土地の高低差に着目することで、正しい避難方向を判断することができるようになるものと期待される。

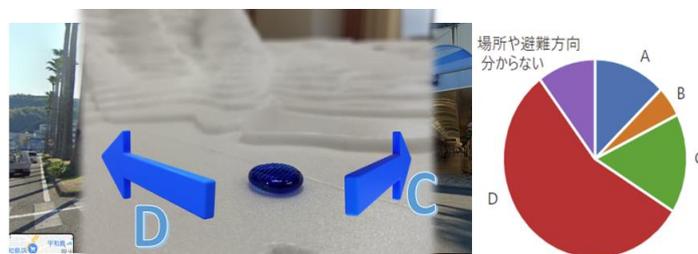


図4 ジオラマで表した商店街付近の様子

## 4 まとめと今後の課題

アンケート結果から、宇和島市内における津波避難に関する知識の乏しさや判断の誤りが明らかとなった。それを改善するためのジオラマの制作を行い、高低差を強調するジオラマを完成させた。今後の課題として、まずジオラマによって、津波避難に関する知識や理解がどの程度深まったかを調査できればと考えている。高低差を強調する色付けやプロジェクションマッピングなどを行って、より視覚的に伝わるものとさせたい。U-BOC Base(宇和島市中央公民館)での展示も計画しているので多くの人に正確な避難経路を再確認してもらい、津波避難に役立ててもらいたいと考えている。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、東京大学羽藤英二先生はじめ、防災地理部顧問の皆さまには貴重なご助言を賜りました。また、全国高校生復興デザインコンペに出場させていただき、諸先生方からも大変ありがたい励ましのお言葉を頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。

# みかん果皮による製紙工程の考察

1年1組 千崎 佳穂 1年1組 田中 咲羽 1年2組 西田ゆうか  
1年4組 岩本 達也 1年3組 草島 日向 1年3組 河野 右京  
指導者 田中 義則

## 1 研究の背景

持続可能な社会を作ることとは命題であり、それを愛媛県でも行うことは非常に重要である。SDGsのうち目標12「つくる責任つかう責任」に着目し、みかんの廃棄ゴミとなるみかん果皮や規格外品の再利用を目指し、本研究を行った。また、みかん果皮には植物であるため、セルロースを含有する<sup>[1]</sup>。このセルロースを生かしみかん果皮による素材本来の色の製紙を目指す。

## 2 事前実験（カヤによる製紙方法の確認）

みかん果皮による製紙を行う前に製紙方法の確立を行う。以下の方法で確認を行った。

### (1) 器具

以下の器具を使用する。なお、実験①以降においても同じ器具を使用した。

- ・円形プラスチック水槽（高さ15cm，直径32cm）
- ・紙漉き用の型（**図1**）（外枠20cm×15cm，内枠17cm×12cm，金網17cm×11cm）
- ・ミキサー（TESCOM製PALCOOKIN）
- ・雪平鍋（アルミ製，高さ7.0cm，直径17cm）
- ・ガスコンロ（グリル付ガステーブルRTS-320NFS-L）
- ・フードプロセッサー
- ・新聞紙



図1 紙漉き用の型

### (2) 材料（紙1枚あたり）

- ・カヤ33g
- ・重曹60g
- ・水（加熱用）600ml
- ・水（紙漉き用）2.0L

### (3) 方法

- ① カヤを2cm以下になるように切り揃える
- ② ①のカヤに重曹、水を加え1時間加熱（コンロ「標準火力」）
- ③ ②のカヤの水を切り、粗熱を取る
- ④ ③のカヤをミキサーに1分間かける
- ⑤ ④で作成した繊維を漉く
- ⑥ ⑤の繊維を新聞紙に挟み、96時間乾燥させる



図2 カヤによる紙

### (4) 結果

**図2**に成果物を示す。フェルト上の紙を製作することができた。

### (5) 考察

漂白剤を使用しないことで、素材本来の色を残すことができ、これをみかん果皮による製紙に応用することで、みかんの紙を製作できることが考えられる。

## 3 実験・研究の方法

みかん果皮による製紙を行う。方法は以下の通りである。

### (1) 事前実験を参考にみかんの果皮を用いて行った。

- ・みかん果皮33g
- ・水（加熱用）600ml
- ・洗濯糊15g
- ・水（紙漉き用）2.0L

### (2) みかんに含まれる糖などの成分による焦げ付きをおさえるために時間を30分とした。

みかんの香りの成分がアルカリである重曹により変質化することをおさえるため、重曹を使用せず行った。

- (3) 果皮、洗濯糊、水の量、煮沸、ミキサーの時間を変更し繰り返し実験を行った。

#### 4 結果

- (1) 最初に制作した紙は、ひび割れや穴があり、構造がまばらで紙と言えるものにはならなかった。
- (2) 徐々に乾燥できるよう洗濯糊の量を 10 g に減らし、繊維を増やすために果皮の量を 50 g 増やした。最終的な大きさが小さくなるよう、加熱をコンロの「強火力」で行い、それに伴い水を 300g 追加した。また、ミキサーにかける時間を 3 分に延ばした。上記のように変更したが、紙として使用できるものにはならなかった。
- (3) 繊維を増やすため、みかん果皮以外から繊維を追加して製紙を行った。このとき SDGs の「つくる責任つかう責任」の観点から牛乳パックを使用した。この実験では、これまでで一番紙と言えるものを制作することができた。
- (4) さらに紙の滑らかさ、繊維の細かさを得るために、みかん果皮自体からの繊維量を増やすことを考え、徳島県立博物館の植物担当学芸員の方が公表されている方法<sup>[2]</sup>で繊維の抽出を行った。この実験では、前回よりも良い紙はできなかった。

#### 5 考察

みかん果皮を使った最初の実験では、ひび割れや穴があり、カヤを使った事前実験でできた紙と大きな違いがあった。それは、みかん果皮の破片が残っていることから、繊維量の少なさ、粒子の粗さの違いが考えられる。しかし、みかんのオレンジ色やみかんの匂いを感じることができた。

みかん果皮だけでは、紙にならなかったことから、みかん果皮の繊維と紙を構成する繊維は根本的に異なるのではないかと考えられる。



図3 果皮と牛乳パックを使用

#### 6 まとめと今後の課題

- (1) みかんの果皮だけでは、製紙としては不十分な物になったが、牛乳パックを紙の繊維として使用すれば、みかんの色と香りを生かした製紙が作れると分かった。今後の課題としてみかんの果皮から製紙に適した繊維を効率よく抽出する方法を模索する。
- (2) 現状では製品化するとなると紙としての柔軟性がないので、名刺やしおりが適していると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 改訂版生物基礎 嶋田正和他 14 名 数研出版株式会社
- [2] 「みどりの工作隊 雑草で紙をつくろう」, 徳島県立博物館 植物担当学芸員 小川 誠  
<https://museum.bunmori.tokushima.jp/ogawa/kami/default.htm>

# 地域の素材を利用した水質浄化

1年2組 大野 寛平 1年2組 石崎 成峯  
1年2組 二井 智 1年3組 山本 遥駒  
指導者 林 広樹

## 1 課題設定の理由

世界には水不足だったり、きれいな水が手に入らなかったりする人が多くいる。実際に世界では、20億人以上の人が安全な水を手に入れることができていない。汚染水の影響で感染症などにかかってしまう人も多くいる。このような世界問題を解決するのは簡単ではない。そこで、生活用水として使えるくらいに、自分たちで水を簡単にろ過できるものが身近にあるのではないかと考えこの課題を設定した。

## 2 仮説

池や川の水を生活用水として使うためには、浄水器のような機械が必要である。しかし、途上国の中には、経済的な問題で浄化槽や下水設備が十分に整っていない地域もある。そこで、私たちは、地域の廃棄物やそこに生育している生物で、水質浄化をできればと考えた。

今回は、木炭や貝殻を使い浄化できないか調べることにした。炭は、浄化作用があると分かっているため良い結果が期待できると予想した。また、貝殻などは、先行研究よりろ過機能があると報告があり水質浄化に期待できるのではないかと考えた。シジミは、微生物を取り込み、ろ過作用があり水質浄化に期待できると考えた。

## 3 実験の方法

- (1) 米のとぎ汁と校内の池の水を污水とする。
- (2) 木炭とシジミを水質浄化剤とする。
- (3) 米のとぎ汁を3つのビーカーに分け、それぞれ水質浄化剤であるシジミと木炭を入れる残りのビーカーには対照区として何も入れない。
- (4) 校内の池の水についても(2)と同様に実験区を設定する。
- (5) 水質浄化剤を入れる前に、それぞれの実験区で、COD（化学的酸素要求量）、 $\text{NO}_3^-$ （硝酸イオン）、 $\text{PO}_4^{3-}$ （リン酸イオン）のパックテストを行い、記録する。
- (6) 1日後、水の透明度を目視し、(5)と同様のパックテストを行いどれだけ水質が浄化されたか評価する。

## 4 結果と考察

- (1) 米のとぎ汁の浄化



図1 米のとぎ汁



図2 1日後の様子（木炭）



図3 1日後の様子（シジミ）

ア 見た目の様子

図2のように、米のとぎ汁に木炭を入れたものは、見た目の変化は特にはなかった。図3のシジミを入れたものでは、とぎ汁の白い濁りが取れているのが確認できた。

イ パックテストの結果

表1 パックテストの結果

項目	COD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
浄化剤を入れる前	100	1	2
浄化剤を入れた1日後	100	1	2

表1よりパックテストの結果はどの項目も浄化剤を入れても変化が見られなかった。

## (2) 池の水の浄化

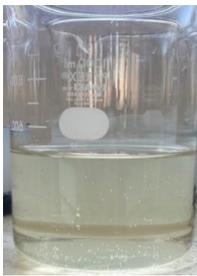


図4 池の水



図5 1日後の様子（木炭）



図6 1日後の様子（シジミ）

ア 見た目の様子

池の水では、図5、図6のように、木炭とシジミいずれも、水の濁りに変化は見られなかった。

イ パックテストの結果

表2 パックテストの結果

項目	COD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
浄化剤を入れる前	20	2	2
浄化剤を入れた1日後	20	2	2

表2よりパックテストの結果はどの項目も浄化剤を入れても変化が見られなかった。

## 5 今後の課題とまとめ

- (1) 身近にあるものを使ってる過をする実験をいくつか行ってきたが、水質に変化が出ることはなかった。水をきれいにするには、実験の方法から変えなければならないと思った。
- (2) もっと多くのものを使ったり、結果を調べる期間を時間単位などで区切って丁寧に実験することで、わずかな変化が出てくるのではないかと思った。

## 参考文献

- ・佐々木長市、江成敬二郎、小関恭、伊藤豊彰、中山正与 農業土木学会論文集
- ・二枚貝の水質浄化能力とは！しじみやドブガイは水を浄化する？

<https://oitamedakabiyori.com/contents/post-315.html>

# 神田川に生息する生物と水質調査

1年3組 小西 樂 1年4組 山口 青航 1年4組 山本 大斗  
指導教員 林 広樹

## 1 課題設定の理由

私たちが暮らしている宇和島市内を流れる神田川の水質を調査し私たちの住む宇和島の川の水質を評価しようと考えた。そこで、採取した水質指標生物とパックテストの結果を照らし合わせて一致すれば、より正確に神田川の水質を評価できると考え、水生生物の捕獲とパックテストの調査両方を行った。加えて、先行研究（濱見ら、2021）で調査されている同じ宇和島市を流れる本村川の水質と比較して宇和島市の河川の水質を多角的に考察する。



図1 神田川の場所

## 2 仮説

- (1) 上流は山で住宅街は少ない。しかしながら、下流に行くにつれ住宅が増えて下流では住宅街が広がっている。そのため、生活排水の影響で下流の方につれ、水質が悪化しているのではないか。
- (2) 本村川に比べると住宅が多いため水質が悪いのではないか。

## 3 実験・研究の方法

- (1) 神田川の上流と下流で生息している指標生物を捕獲する。
- (2) 川の水を採集し、パックテストで、COD(化学的酸素要求量)、 $\text{NH}_4^+$ (アンモニウム態窒素)、 $\text{NO}_2^-$ (亜硝酸態窒素)、 $\text{NO}_3^-$ (硝酸態窒素)、リン酸態リンを評価する。
- (3) 観察・調査
  - ① 採取した生物を写真に撮る。
  - ② 写真から見られる特徴から図鑑を利用し名前と生態を調べる。その指標生物から川の水質を評価する。
  - ③ パックテストの結果と指標生物の生態から、川の水質を評価する。

## 4 結果

表1 神田川 調査結果

日付	9月9日 (木)	9月16日 (木)	9月30日 (木)	10月14日 (木)	11月4日 (木)
河川名	神田川	神田川	神田川	神田川	神田川
調査地点	下流	上流	下流	上流	下流
天気	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ/曇り
採取生物	メダカ、 カマツカ タニシ	タニシ、 サワガニ	ヨコエビ、 サワガニ オナシカワゲラ タニシ、 ヒラタドROMシ ケガニ	ヤゴ、 サホコカゲロウ タニシ	サワガニ

表2 本村川の調査結果（濱見ら、2021の調査より）

日付	9月24日 (金)	9月24日 (金)	9月27日 (月)	10月15日 (金)	11月5日 (金)	11月12日 (金)	11月15日 (月)
河川名	本村川	本村川	本村川	本村川	本村川	本村川	本村川
調査地点	上流	中流	中流	下流	中流	上流	下流
天気	晴れ	晴れ	曇り時々雨	晴れ	晴	曇り	快晴
水温	19℃	19℃	20℃	21℃	16℃	13℃	13.5℃
COD	8以上	8以上	8以上	8以上	6	4	4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.5	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02	0.05	0.1	0.02	0.2	0.02	0.02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	2	5	5	10	10	10
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.5	0.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

表3 神田川上流の結果について

COD(化学的酸素要求量)	0.2~0.4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (アンモニウム態窒素)	0.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (亜硝酸態窒素)	0.02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (硝酸態窒素)	1~2
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (リン酸態リン)	0.05~0.1

表4 神田川下流の結果について

COD(化学的酸素要求量)	4~6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (アンモニウム態窒素)	0.5~1
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (亜硝酸態窒素)	0.05~0.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (硝酸態窒素)	2~5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (リン酸態リン)	0.1

## 5 考察

### (1) パックテストの結果について

CODに注目してみると、上流は数値が0.2~0.4で「きれいな水」という結果になった。下流では数値が4~6で「やや汚れた水」という結果になった。

### (2) 生息する生物について

上流・下流の両方で「きれいな水」の指標であるサワガニが生息していた。また、「少し汚れた水」の指標であるヒラタドロムシ類についても上流・下流の両方で確認できた。ヒラタドロムシは、下流に比べて上流のほうに多く生息していた。上流と下流に生息する生物について「きれいな水」と「少し汚れた水」の指標生物が共生していることが分かった。これより神田川の水質は「ややきれいな水」と「きたない水」の中間に位置するのではないのだろうか。

### (3) パックテストと指標生物による神田川の水質評価のまとめ

- ・CODについては、上流のほうがかきれいであることがわかった。
- ・「きれいな水」と「きたない水」の指標生物が共生している。
- ・指標生物による調査では上流・下流の水質に違いが見られなかった

### (4) 他の川との比較について

神田川は本村川に比べCODの値が低いことが分かった。



図2 捕獲したサワガニ

## 6 今後の課題

今回の調査では指標生数が少なかったため、次回の調査ではより多く捕獲する必要がある。

## 参考文献

- ・環境庁水質保全局 水生生物による水質の調査法一川の生き物から水質を調べよう
- ・濱見、伊藤、兵頭、清家(2021) 本村川に生息する生物と水質調査

# 学校内における飛沫の影響範囲とその特徴

1年2組 引野 詩子 1年2組 藤田 鈴奈 1年2組 吉田 和誠  
1年3組 岸本 弦樹 1年3組 福鹿 文音 1年4組 米川 結子  
指導者 清川 彩

## 1 課題設定の理由

新型コロナウイルス感染症が蔓延している中で、教育現場においても様々な感染予防策が講じられている。特に、近距離での接触による飛沫拡散に注意を払い、向かい合っでの食事や会話を避けるよう推奨されている。私たちは、教室という閉鎖的な空間において、これらの対策の効果はどれほどのものなのか疑問を持ち、より良い対策を模索したいと考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

- (1) マスクを着用していてもマスクと顔の隙間から飛沫が飛散する。
- (2) 理化学研究所のシミュレーション結果から推測して、マスク未着用時は、着用時に比べて4倍程度飛沫が飛散する。
- (3) エアコンが稼働している場合は、稼働していない場合に比べ飛沫が前方に飛散しやすい。

## 3 実験の方法

教室内で、くしゃみによる飛沫がどのくらい飛散するか、マスク着用の有無、エアコンの有無を変えて実験した。理化学研究所によると、不織布マスクが飛沫の飛散防止効果が高いことから、研究に使用するマスクは不織布マスクとした

### (1) 方法

生徒椅子に腰かけて机との距離を0とし、机（高さ40cm、横幅50cm、縦幅39cm）上と床に模造紙を設置した（写真1）。被験者の口内に食紅（赤、青）を含んで3回のくしゃみをさせ、模造紙上に飛散した飛沫の距離と個数を計測した。



写真1 実験の様子

### (2) 条件

- ア マスク無し、エアコン無し（食紅:赤）
- イ マスク無し、エアコン有り（食紅:赤）
- ウ マスク有り、エアコン無し（食紅:青）
- エ マスク有り、エアコン有り（食紅:青）

### (3) 飛沫の計測方法

被験者からの距離を1m間隔で4つのグループに分け、各グループについて無作為に抽出した10cm四方の5つの区画の飛沫数の平均値を算出する。

## 4 結果と考察

マスク着用時には、最大でも机上に20個の飛沫が飛散ただけで、それ以上の距離には、飛沫は確認できなかった。一方、未着用の時には、机上には、測定不能なほどの無数の飛沫が飛散しており、被験者から1mの範囲には、 $171.4/10\text{cm}^2$ もの飛沫が観察された。マスクの着用時、被験者からの距離が近いときはも



写真2 観察された飛沫

もちろん、1m以上の場所には目視できる飛沫はなく、マスクの高い飛散防止効果が確かめられた。

マスクを未着用時、エアコンの有無に関わらず、机上には無数の飛沫が観察された。しかし、机を超えて飛散した飛沫の数は、エアコン有りの場合が、無しの場合に比べて約7.5倍であった。さらに、マスク着用の場合でも、エアコン有りの場合のみ、机上に飛沫が確認された。以上のことから、エアコンの風によって、飛沫がより遠くに拡散された可能性が高い。

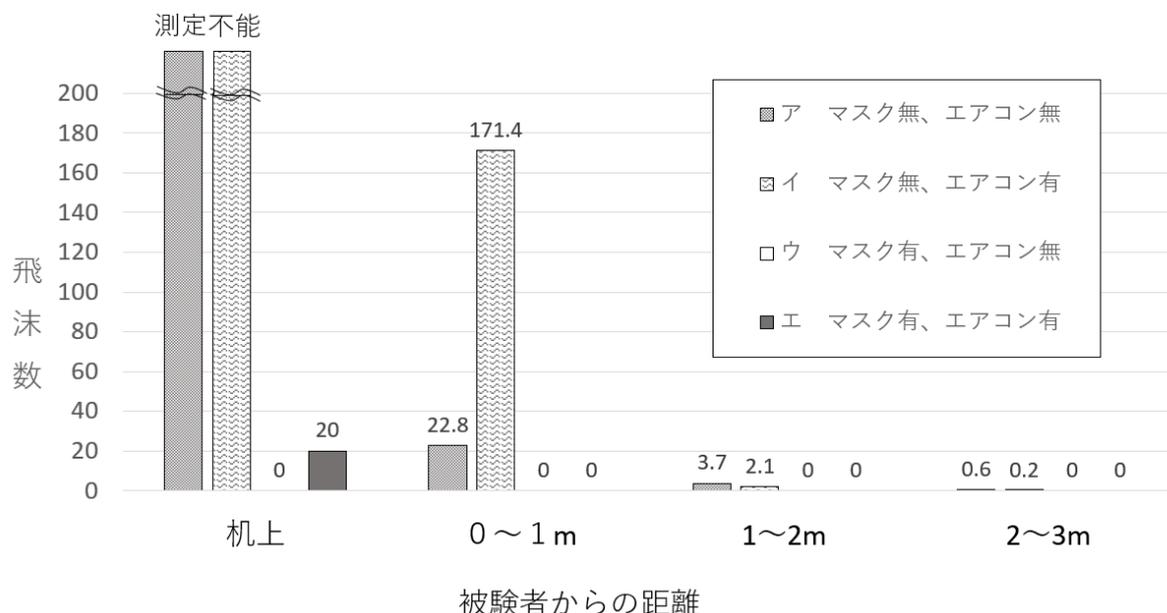


図1 被験者からの距離と飛沫数

## 5 今後の課題とまとめ

今回の研究で、マスク未着用時の飛沫飛散の影響は、特にすぐ1つ前の座席への影響が大きいことが分かった。もし、食事中にくしゃみをしたとすると、前の席の人への飛沫飛散は避けられない。教室という閉鎖空間で、食事をする以上、アクリルパネルなどの仕切りの設置が必要である。また、エアコンを使用する場合には、風向を人に当たらないように調節しておくことで、飛沫の飛散を抑えられる。

今回は、目視できる飛沫のみ調査したが、マイクロ飛沫等の見えない飛沫を考慮すると、室内の換気を定期的に行い、飛沫が空気中にとどまる時間を少なくすることが大切である。今後は、換気による飛沫飛散の違いを調査し、適切な換気方法を考えたい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、飛沫シミュレーションのデータを提供していただいた国立研究開発法人理化学研究所の方に感謝申し上げます。ありがとうございました。

## 参考文献

理化学研究所・神戸大学、坪倉 誠、「ウイルス飛沫感染シミュレーション資料」記者勉強会 20年6月17日版、8月24日版、10月13日版、11月26日版、21年3月4日版、6月23日版

# サワガニの利き手・利き足

1年1組 竹田りえる 1年2組 田中 文也 1年3組 安倍 獅音  
1年3組 菊池亜美花 1年4組 吉村 直城  
指導者 清川 彩

## 1 課題設定の理由

私たちヒトには「利き手・利き足」があり、日々生活を送る上で、物を掴んだり、階段を登ったりするとき、無意識に「利き手・利き足」を多く使っている。「利き手・利き足」は、左右の脳の発達に関係があると考えられ、ヒトのみならず、チンパンジーやゴリラなどのヒトに近い類人猿や、イヌやネコなど多くの脊椎動物にも見られることが分かっている<sup>[1]</sup>。そこで、脊椎動物よりも神経系が未発達な無脊椎動物も、採食したり敵から逃げたりする本能行動の中で、無意識に多用する手足「利き手・利き足」が存在しているのではないかと、これらを明らかにすることは、動物の進化や脳の発達について未知な部分を解明することにつながるのではないかと、考え本研究を行うことにした。

## 2 仮説

日々横歩きをしているカニの仲間は、手（ハサミ）足の使用頻度に左右で偏りがあり、利き手・利き足が明確に判断しやすい。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 利き手の検証

ア 防御に使用するハサミ（手）棒（ピンセット）をサワガニの正面に示し、右または左のハサミでつかんだ回数をカウントした（**写真1**）。1匹につき10回、10匹行った。

イ 採食に使用するハサミ（手）天井から餌を吊るした虫かごにサワガニを入れ、餌を食べるときに、右または左のハサミを用いた回数をカウントした（**写真2**）。1匹につき4時間半、5匹について観察した。



写真1 棒をちらつかせる



写真2 餌を吊るしておく



写真3 カニの背中を押す



写真4 壁をよじ登る

### (2) 利き足の検証

ア 逃避方向

止まっているサワガニの背中を真後ろから指で押し、右または左に移動した回数をカウントした（**写真3**）。1匹につき10回、20匹について行った。

イ よじ登る方向

虫かごの壁によじ登るとき、上になった方の足をカウントした（**写真4**）。1匹につき4時間半、5匹について観察した。

## 4 結果と考察

### (1) 利き手の検証

防御に使用したハサミは、10個体中8個体（80%）で、右または左の使用頻度が7割以上となり、9割、10割の個体もあった（**図1**）。採食に使用したハサミについては、5匹のうち2匹は採食行動があまりみられなかったものの、この2匹を含め、左右のどちらかへの使用頻度の偏りは6割程度であり、7割を超える個体はいなかった（**図2**）。

松沢<sup>[2]</sup>によると、チンパンジーには利き手があり、石でヤシの実を割るときには、どちらかの手（利き手）のみを使用する。しかし、木の実を採るときには、左右の偏りがあるもののど

ちらの手も使用する、とのことである。よって、サワガニにおいても、棒をつかむという防衛行動で左右の使用頻度に偏りが大きく、餌を口に運ぶという採食行動において偏りが小さかったことは、利き手の存在を明確に否定するものではないと考えられる。防衛行動について、さらに試行回数を増やす必要がある。

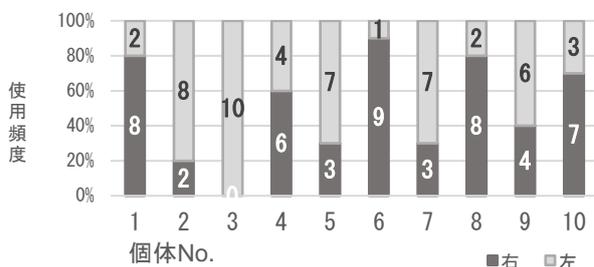


図1 防衛に使用したハサミ

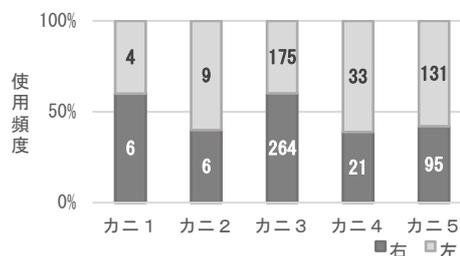


図2 採食に使用したハサミ

(2) 利き足の検証

逃避方向は、20 個体中 14 個体 (70%) で、右または左へ逃げる頻度が 7 割以上となった (図3)。よじ登る方向については、左右のどちらかへの 7 割以上の偏りがある個体は、5 匹中 1 匹のみであった (図4)。

カニは、へん平な体を 8 本 (ハサミを除く) の足でバランスを取りながら進むため、足運びに規則性がある (図5)。また、ヒトの膝が前方へしか曲がらないため前方への移動が速いと同じく、間接が横方向に曲がるため、横歩きをする<sup>[3]</sup>。これらの事実と、実験結果、さらに限られた空間・時間で行った実験条件から考えて、8 本あるカニの足について、右に進んだから右利き、左に進んだから左利き、と一概に断定することは難しいと考えられる。

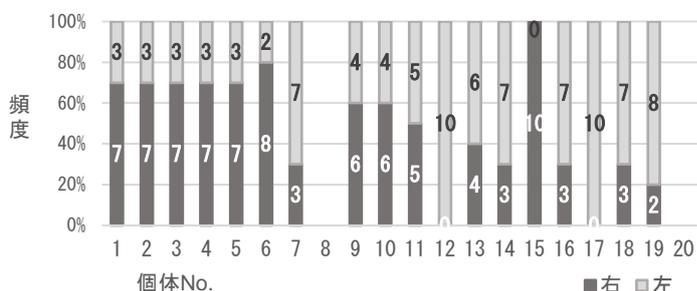


図3 逃避方向

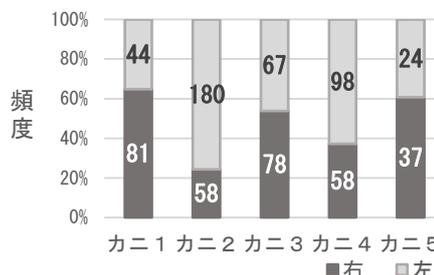


図4 よじ登った方向

5 まとめと今後の課題

今回の実験から、カニのハサミ (手) については、ある程度の偏りがある結果が得られたことから、利き手が存在する可能性が高まった。しかし、足については、複数の足をもつことから、カニの生態行動をよく観察しながら、利き足の定義から再考し、個体数と試行回数を増やして検証する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたって丁寧なご助言をいただきました、愛媛県総合教育センターの真鍋昌嗣先生に、この場を借りてお礼申し上げます。ありがとうございました。

参考文献

[1] ペット保険ランキング HP <https://www.pethoken.jp/article/basis/220/>  
 [2] 松沢哲郎「野生チンパンジーの石器使用」『発達』第46巻、1991年、p.106-113  
 [3] 学研キッズネット <https://kids.gakken.co.jp/kagaku/kagaku110/science0167/>



図5 カニの歩行の規則性

# 嗅覚と暗記力の関係性

1年2組 薬師寺柑奈 1年3組 宇都宮未来 1年3組 河野 朱音  
 1年4組 上杉 舞 1年4組 豊岡 叶羽 1年4組 山口 涼  
 指導者 赤松 弘教

## 1 課題設定の理由

インターネットで匂いによって暗記力が高まることを知り、学習環境にも匂いと暗記力との関係性があるのではないかと考えた。そこで、最も暗記力が高まる匂いを見つけ、日々の学習に生かしていきたいと考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

嗅覚は記憶力に直結している。先行研究により、過去に嗅いだことのある匂いを嗅いで昔の光景を思い出すブルースト現象があることが分かっている。匂いがする環境のほうが記憶力や集中力を高めるのではないかと考えた。匂いありと無臭では、匂いありのほうが良い結果となり、その中でも柑橘の匂いが最も記憶力や集中力を高めると考えた。また、生活習慣と集中力に関係があることがわかっている(2020 尾崎ら)。そこで、生活習慣と匂いにも関係性があると考えた。

## 3 研究の方法

(1) 本校普通科の1年生に生活習慣に関するアンケートと暗記力についてのテストを行う。

ア 生活習慣に関するアンケートでは、就寝時間、起床時間、そしてその答えてもらった時間がいつも通りかどうかの3つの質問をした。

イ 暗記力についてのテストでは、1分間で10個の平仮名の組み合わせを暗記してもらい、そのあと覚えた単語、配列順を正しく記入してもらう。この調査を4回行い、4回のうち1回を無臭の空間で何も匂わずに行い、残りの3回を柑橘系、ローズ、ペパーミントの3種類の匂いをそれぞれ嗅ぎながら行った。

(2) 調査をもとに関連性などを調べて結果を集計する。

## 4 結果と考察

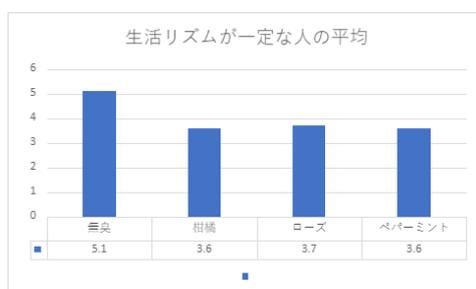


図1 生活リズムが一定 (正答数)

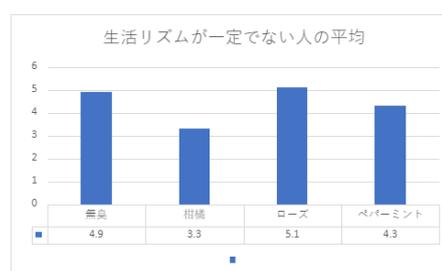


図2 生活リズムが一定でない (正答数)

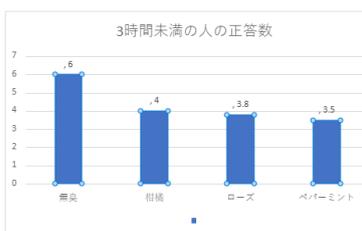


図3 睡眠3時間未満

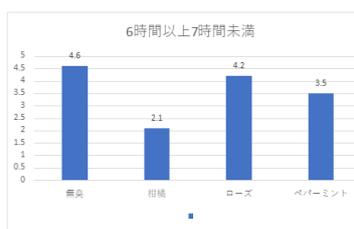


図4 睡眠6~7時間

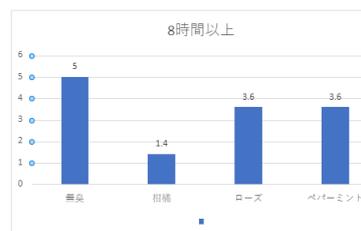


図5 睡眠8時間以上

上記の結果から、暗記力は匂いによって変化することが分かる。4つの匂いの中で最も暗記力が高かったのは無臭だった。柑橘の匂いが暗記力を高めると予想していたが、結果は4つの中で最も暗記力が低かった。また、匂いがないほうが暗記の効率が良いことがわかった。そして、生活習慣に着目すると、就寝時刻や起床時刻が一定である人は、無臭の匂いが暗記力を高めることが分かり、一定でない人は、最もローズの匂いが暗記力を高めることが分かった。睡眠時間の長さでは、睡眠時間が短いほど柑橘の匂いの結果が良くなった。

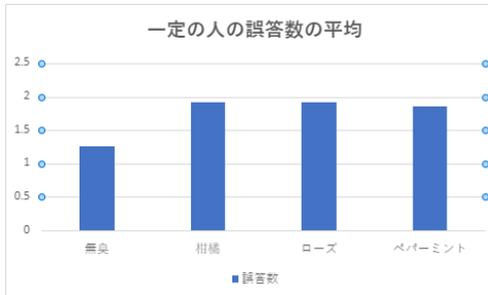


図6 生活リズムが一定（誤答数）

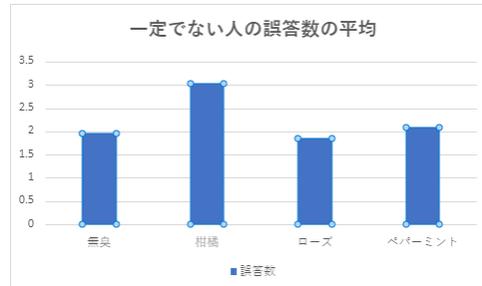


図7 生活リズムが一定でない（誤答数）

上記の結果から、生活習慣が一定の人はローズの匂いや柑橘の匂いが暗記力を下げ、一定でない人は最も柑橘の匂いが暗記力を下げることが分かる。生活習慣のリズムに関係なく、柑橘の匂いは暗記力を下げることが分かった。その理由は、柑橘の匂いにはリラックス効果が期待できるため、暗記には向いていないのではないかと考えた。

暗記力は匂いだけでなく日頃の生活リズムにも影響する。生活リズムが一定の人は匂いによる暗記力の影響はあまりないと考え、一番無臭で勉強するのが適している。一定でない人は匂いによって暗記力が左右され、ローズの匂いを使って勉強するのが一番適していて、この匂いで学習に取り組むと暗記がたくさんできると考えた。

## 5 まとめと今後の課題

テスト期間中は生活リズムが乱れてしまう人が多い。そこで本研究からわかったテストで良い結果を出すために、生活リズムが一定でない人の中で特に暗記力が高まったローズの匂いを使って、暗記力を上げてほしいと思う。

部活動等で調査に参加してくれる生徒が少なく、結果があまり得られなかった。部活やその他個人の事情がある場合、休み時間や朝読書の前のすきま時間を使い、調査の対象になっている生徒全員に実験に協力してもらうよう促すべきであった。今後は被験者の人数を増やして統計を取り、生活習慣と暗記力の関係性はあるのか、匂いは何に関係があるのか、他の匂いと暗記力の関係性はあるのかを課題として調査をしていきたい。

## 参考文献

- ・尾崎ら（2020）「生活習慣と集中力の関係性」愛媛県立宇和島東高等学校
  - ・『香り』で勉強効率UP!?香りの力で集中力・記憶力を10倍にッ!! (mol-fp.com)
  - ・匂いと嗅覚の心理学：香りを制する者は魅力と能力UPにつながる - Theories:アカデミアをあたりまえに Academia for All (academictheories.com) academictheories.com/2020/03/09/odor-psychology/
  - ・CiNii 論文 - 香りがもたらす、心身機能への効果/ci.nii.ac.jp/naid/130004580140
- 集中力を高める香りは？【部屋のにおいて脳を操ろう】 | 集中力のメモ帳 (shuchuryoku-up.com)

# 聴力と集中力の関係性

1年1組 豊田 更祐 1年1組 小笠原奈々 1年1組 山本 芽依  
1年1組 武田 真奈 1年3組 高野 諒二 1年3組 成瀬 望  
指導者 赤松 弘教

## 1 課題設定の理由

勉強をするとき、より集中し効率を良くするには、何が影響を及ぼすのだろうか。環境の中でも、勉強に直結している周囲の音について考えた。勉強をする際の集中力と音にどのような関係があるかを調べる。そして、普段の勉強を集中して行い、学力を向上させるために今回の調査をするに至った。

## 2 仮説

クラシックは曲調がゆっくりしていて優しい音のため、リラックスすることができ、本来の能力を発揮できるのではないかと考えた。また、ロックのようにアップテンポで歌詞がある曲では歌詞を認識することに意識を割いてしまうため暗記能力とともに集中力が低下する。また睡眠時間が短いと集中力は低下してしまうと考えた。また、生活習慣と集中力に関係があることがわかっている(2020 尾崎ら)。そこで、生活習慣と音にも関係性があると考えた。

## 3 実験

### (1) 方法

- ア クレペリン検査を 30 秒で解けるところまで解く。
- イ 解く際に、無音・ロック・クラシックの異なる 3 種類の音楽を聴きながら行う。  
また、検査日の睡眠時間を記入してもらう。
- ウ 採点し、解答・正解・誤答の数を数えて正答率を出す。

### (2) データの出し方

- ア 音楽別にそれぞれ 3 回分のデータがあり、音楽別の 1 回のクレペリン検査のミス の総数および、1 回分 (30 秒) の 1 人当たりのミスの平均値を求める。
- イ それぞれ解答数が増えた人数を数える。
- ウ 睡眠時間が 360 分未満の人と 360 分以上の人の正答率と解答数の平均を出す。

## 4 結果と考察

### (1) 結果

- ア 一人当たりのミスについて

図 1 のように 1 人当たりのミスで無音が約 0.27 個、ロックが 0.48 個、クラシックが約 0.3 個という結果となった。この結果より 3 つのうちロックを聴いているときが一番誤答しやすいことが分かった。

- イ 無音、ロック、クラシックのなかで一番解答数が増えたのはクラシックだった。しかし、クラシックによる検査のデータの量が 3 つの中で少なかった。無音とロックを比べると、ロックのほうが、解答数が増えた人数が増加した。

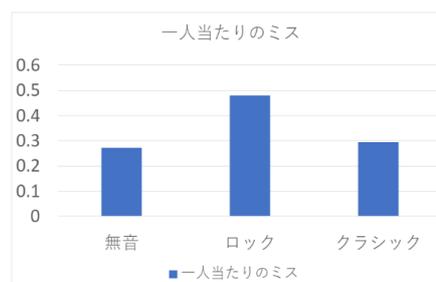


図 1

## ウ 睡眠時間と作業効率の関係性について

睡眠時間と作業効率の関係性について調べるために、睡眠時間を細分化し全体の正答率・解答数の平均値を出し、何時間睡眠の人が最も作業効率が上がっているかを調べる。

### ① 無音の場合

361分から420分睡眠の人が最も正答率・解答数が高かった。これよりわずかな差ではあるが、361分から420分睡眠が最も作業効率上がるということが分かった。解答数に関しては、300分以下の睡眠時間の解答数が最も高かったからだ。逆に421分以上睡眠している人の解答数は最も低かった。

### ② ロックの場合

無音の場合と同じように361分から420分睡眠の人の正答率・解答数が最も高かった。また、300分以下の睡眠の人が2番目に高かったが、421分睡眠以上の人は最も低い結果となった。

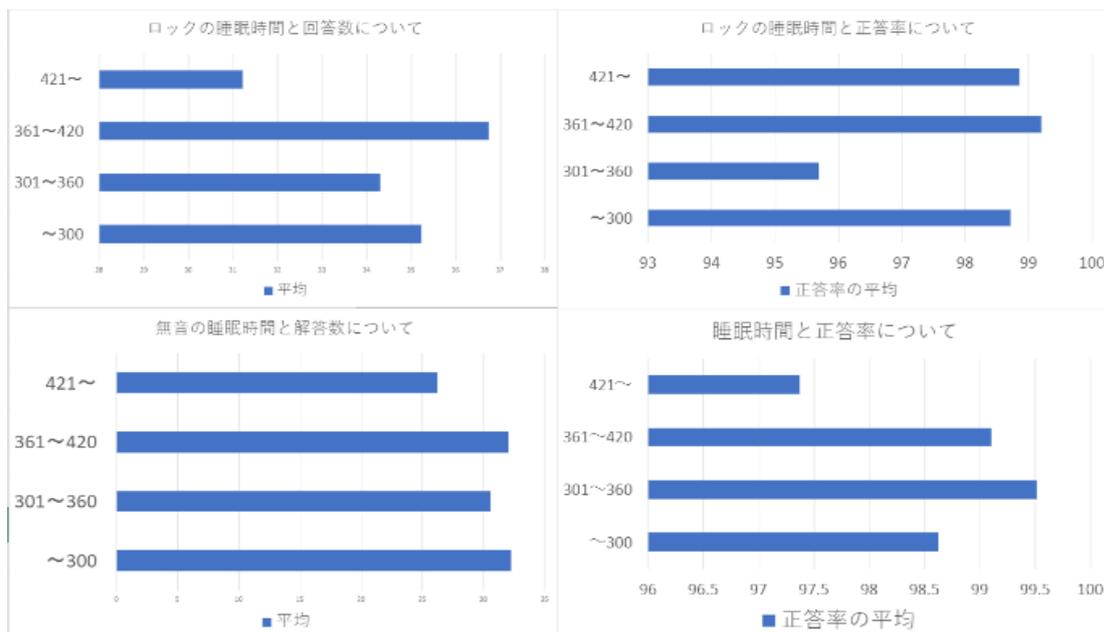


図 2

## (2) 考察

この実験の結果をまとめると、無音・ロックともに361分から420分睡眠が最も作業効率が高いことが分かった。また、300分以下の睡眠の人と421分以上の睡眠の人を比べると、300分以下の睡眠の人のほうが高く、421分以上の睡眠の人は全体で見ても、最も数値が低かったことにより考察は間違っていたことが分かった。

## 5 今後の課題とまとめ

今後の課題として、3種類のデータを多く集められなかったので、きちんと集めて再度比較する必要がある。また、3種類のデータしか取れていないので、種類を増やし、どのようなジャンルの音楽が集中力と関係があるのかを判断していきたい。また、生活習慣との関係による音楽の差があるのかなど検証していきたい。

## 参考文献

- ・尾崎ら (2020) 「生活習慣と集中力の関係性」愛媛県立宇和島東高等学校

# 農薬の害削減と菌根菌の可能性

1年1組 益田 光    1年1組 三好 和臣    1年1組 松田 流  
1年1組 河野 琉青    1年1組 兵頭 玲勇  
指導者 中尾 力広

## 1 課題設定の理由

菌根菌は植物と共生して、その成長を促進するはたらきを持つ。また、土壌浄化作用に関する先行研究の中で、土壌中の重金属など特定の物質を減らすはたらきを持つことを知った。成長促進作用と害から守る作用の両面から、植物の生育を助けているかもしれない。菌根菌の効能、特に農薬の浄化について調べてみたいと考え課題を設定した。

## 2 仮説

菌根菌には重金属を削減する機能が備わっていることが分かっている。一般的な除草剤や農薬などについても、菌根菌を使って作物を作ること、成長過程に不要な農薬の作用を減らすことができるのではないか。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 実験・研究の方法その1

ア プランターを6種類用意する(表1)。

イ プランター6つにグリーンピースを植える。昨年度の実験より、マメ科植物の豆苗において、その成長を菌根菌が助ける作用があることが分かっており、今回も同様にマメ科植物を用いることとした(写真1)。

ウ 平日に水のみ(他の栄養素は与えない)を与え、収穫した豆の農薬の有無を調べる。

表1 プランターの準備

	農薬	菌根菌
プランター1	あり	あり
プランター2	あり	なし
プランター3	あり	あり
プランター4	あり	なし
プランター5	なし	あり
プランター6	なし	なし



写真1 グリーンピースの成長の様子

### (2) 実験・研究の方法その2 (農薬検出方法)

ア アグリケム(残留農薬検査キット)本体を用いる。

イ 10ミリリットルシリンジにカラムチップを差し込み、カラムシリンジを作る。

ウ ろ過した液にカラムシリンジを入れ排出・吸引を3回繰り返す、その後2液をカラムシリンジで吸いチューブ内に戻す。

エ カラムシリンジをきれいに洗い、チューブ3に3液入れ、排出・吸引を3回繰り返す。

オ 3液をアグリケム本体に入れ15分放置し、4液をアグリケム本体に入れ15分放置する。

カ 色インデックスカードとの色を比較する(写真2)。陽性の場合には青色が出ず無色となる(写真3)。なお、中間色は弱陽性である。

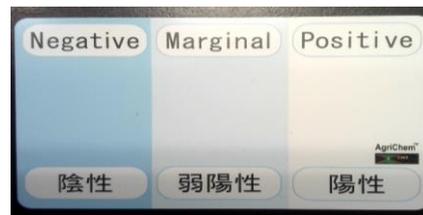


写真2 色インデックスカード



写真3 陽性の場合

#### 4 結果

- ① プランター1 (農薬あり、菌根菌あり)
- ② プランター2 (農薬あり、菌根菌なし)
- ③ プランター3 (農薬あり、菌根菌あり)
- ④ プランター4 (農薬あり、菌根菌なし)
- ⑤ プランター5 (農薬なし、菌根菌なし)
- ⑥ プランター6 (農薬なし、菌根菌なし)

上記のプランター1~6 はすべて陰性(写真4)となった。農薬のみで調べたところ、陽性(写真3)だったことから、手順や薬品の効果については問題なかったことが分かる。



写真4 実験結果

#### 5 考察

ア 結果から考えられることとして農薬が水によって流された可能性がある。水をあげてから時間を十分においてから農薬を入れる必要がある。

イ 農薬の量が足りなかった可能性がある。農薬の量を一定量増やして入れる必要がある。

ウ 実験に使用する豆の量が足りなかった。ある程度農薬が残っていないと反応が出ないとすれば、収穫する豆の量を増やす必要がある。

エ 菌根菌の与え方も適切でなかった。一定量を増やして実験を行う方が、その変化が顕著に出る可能性がある。また、菌根菌は根に共生しており、根についても調べる必要がある。

オ 農薬を使う対象が豆ではなかった。絵に記載した根に加えて葉や土壌についても検証が必要である。また、農薬を変え、もう一度実験を行うことも考慮しなければならない。

#### 6 まとめと今後の課題

今回の実験では菌根菌と農薬の害削減について正確なデータをとることができなかった。しかし実験によって新たな考察(ア~オ)ができ、今後結果と考察をもとに研究したいと考えている。今後の課題としては考察から農薬の量が足りていなかったと考え、プランター4つを作り再始動している。農薬を一定の量で書ける必要がある。毎朝、農薬を前回より多くかけ果実が実るのを待っている。

#### 謝辞

本研究にあたり、愛媛県農林水産研究所果樹研究センターみかん研究所長に二宮泰造先生をはじめ、多くの先生方よりご助言をいただきました。感謝の意を表します。

#### 参考文献

- ・ [https://www.jstage.jst.go.jp/article/rootres1992/9/3/9\\_3\\_135/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/rootres1992/9/3/9_3_135/_pdf/-char/ja) ・ 菌根圏における重金属汚染土壌浄化(II) バイオレメディエーションと菌根菌 稲葉尚子・竹中千里 名古屋大学大学院生命農学研究科
- ・ アーバスキュラー菌根菌が野菜の生育に及ぼす効果(R2 宇和島東高校 SSH)

# カキの生息条件

1年1組 廣瀬 紬 1年2組 清水 理子  
1年2組 寺川 千尋 1年3組 土居 歩加  
指導者 中尾 力広

## 1 課題設定の理由

環境によって生息する生物が違うのではないかと考えたとき、近くの宇和島湾に生息している海の生き物として、フジツボの調査を考えた。しかし、調査可能な場所にフジツボがなく、代わりにカキが多く生息しており、調査対象としてカキが適切と考え、カキの調査を実施しようと考えた。

## 2 仮説

- (1) カキは餌の多いところに集まると思われる。
- (2) 特定の物質に集まると思われる。動物フェロモンのような物質の存在があるのではないか。

## 3 実験・研究の方法

実際に辰野川（**図1**）に行き調査をする。辰野川は宇和島城の北側に位置している。この宇和島湾に近い河口付近で調査研究を行う（**写真1**）。

### (1) 観察・調査

- ア プランクトンネットを使って、プランクトンを採取し観察する。
- イ 魚類等がいた場合は捕獲する。

### (2) 水質調査

- ア 水質調査セット(パックテスト)でCOD、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ の5つの物質を調査する。
- イ 天候、水温、塩分濃度、pHについて調査する。



図1 辰野川河口付近の地図  
(グーグルマップより)



写真1 辰野川河口

## 4 結果

ア 土管のある側にはカキが多く生息しており、土管と反対側はカキの数が少なく、明らかにカキの密集具合が異なっている（**写真2・写真3**）。

イ プランクトンネットを使って海水産プランクトンの採取・観察を行ったが、土管側も反対側にもあまりプランクトンが存在しておらず、十分な比較はできなかった。

ウ 魚類を見かけることはほとんどなかった。

エ カキが密集している原因を

探るために、パックテストのほか、天気、気温、水温、pH等も同時に調査・記録した。これらをまとめたのが**表1・表2**である。なお、9月以前のデータは、土管側のデータを取っていなかったため掲載していない。



写真2 土管側



写真3 土管と反対側

表1 土管側

日付	天気	気温	水温	亜硝酸イオン	硝酸イオン	アンモニウムイオン	リン酸イオン	COD	pH
11月4日	晴れ	15度	18度	0.05	1	0.2	0.05	6	6
11月11日	雨	15度	18度	0.02	0.2	0.2	0.2	4	5
11月16日	晴れ	18度	17度	0.05	1	0.2	0.02	4	6
12月2日	晴れ	14度	13度	0.05	1	0.2	0.05	6	5
12月9日	晴れ	14度	12度	0.05	1	0.2	0.02	4	5
12月16日	雨	16度	15度	0.1	1	0.2	0.05	2	6

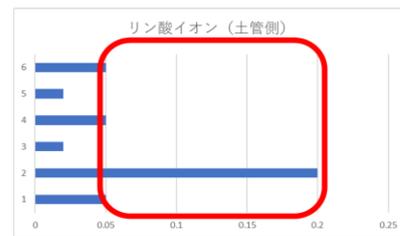


図1 土管側(リン酸)

表2 土管と反対側

日付	天気	気温	水温	亜硝酸イオン	硝酸イオン	アンモニウムイオン	リン酸イオン	COD	pH
11月4日	晴れ	15度	18度	0.05	1	0.2	0.2	6	6
11月11日	雨	15度	16度	0.02	0.2	0.2	0.2	4	5
11月16日	晴れ	18度	17度	0.1	1	0.2	0.02	4	5
12月2日	晴れ	14度	13度	0.02	1	0.2	0.1	4	5
12月9日	晴れ	14度	12度	0.05	2	0.5	0.05	4	5
12月16日	雨	16度	15度	0.1	1	0.2	0.1	0	5

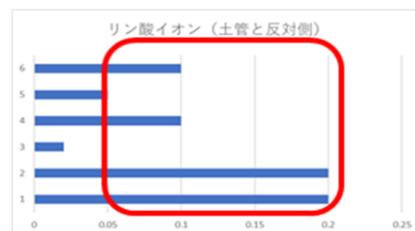


図2 土管と反対側(リン酸)

## 5 考察

私たちは、表1・表2の条件の中で、特にリン酸の値(赤線枠)に差があることに注目した。グラフ(図1・図2)にも示した通り、土管側に比べてその反対側の数値が高いことが分かる。カキが、特定の物質を好むのではなく、特定の物質の少ない方に集まっている可能性も考えられる。また、動物フェロモンのような特定の物質の存在は見つけれなかった。

亜硝酸イオン、アンモニウムイオン、pHは、土管側と土管と反対側で数値に差がほとんどないため、カキへの影響は小さいと考えられる。また、プランクトンが少なかった理由としては、この場所が汽水域であり、潮の満ち引きの影響等も要因として考えられるが、カキの生息状況と環境の変化との関連を十分に検証することはできなかった。魚類が少なかったことも考慮すると、生息している生物自体が少ないことも考えられる。

## 6 まとめと今後の課題

- (1) リン酸値のみの結果から、カキが土管側に密集していることの原因とはできないと考える。汽水域であることから、塩分濃度の調査や、今年調査できなかった他の物質についても今後さらに調査項目を増やすなどして検証を進めたい。
- (2) 土管の反対側の亜硝酸の値には、ばらつきがあった。このことも含め、今後もパックテストによる調査は継続して行い、周囲の環境とカキとの関連性を見つめたい。
- (3) 前述した塩分濃度以外にも、天気・水温・pH・季節的な変化等にも注目して調査する必要がある。

## 謝辞

本研究にあたり、愛媛県農林水産研究所水産研究センター長 桧垣俊司先生をはじめ、多くの先生方よりご助言をいただきました。感謝の意を表します。

## 参考文献

- [https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000028093.pdf](https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000028093.pdf)
- 神田川の水質と生物(R2 宇和島東高校 SSH 生徒課題研究)
- グーグルマップ

# 抗菌効果の検討 ～アルコールを超える食材を探して～

1年1組 岡原 未旺 1年1組 山口 真央 1年4組 西岡こはね  
1年4組 上甲 陽詩 1年4組 清家 愛 1年4組 中須賀千陽  
指導者 芝 絢香

## 1 背景と目的

魚住ら (2019) は、石鹼とアルコールを両方用いて抗菌すると、最も菌が増殖しにくいことを確認した。しかし、口や喉を直接抗菌するためには、アルコールは不相当である。そこで私たちは、アルコールや石鹼と同様の抗菌効果があり、なおかつ口に入れても良い物質は他にないかと思い、研究を行った。

## 2 仮説

例えば、ワサビに含まれている芥子油類は抗菌活性があり、腸炎ビブリオやサルモネラ等の食中毒菌に増殖抑制効果があるとされている。ワサビ以外の食材でも、他に抗菌効果を持つものがあるのではないかと考え、「寒天培地を用いて菌を培養したとき、抗菌作用がある食材が培地上に付着していれば菌の増殖を抑えることができるのではないかと」仮説を立てた。

## 3 材料と方法

### (1) 寒天培地の作成

- ア ビーカーにポテトデキストロース寒天培地 30g、水 1000ml を入れ、混ぜた。
- イ アをオートクレーブに入れ、121℃で、30分程度滅菌を行った。
- ウ 寒天を 30ml ずつシャーレに注ぎ、すぐに蓋をした。
- エ 滅菌室に保管し、寒天を固めた。

### (2) 実験方法

ア コロニーの培養と各試料について

- ① 土の上に手を置き、手を汚した。
- ② 下記の試料を手につけた後、寒天培地に汚した指を押し付けた。  
【アルコール・オレンジジュース・緑茶・ワサビ汁・ネギ汁・塩水(10%・15%・20%・25%)】
- ③ ②を行った当日から4日間、シャーレ内の菌の増殖を撮影した。

イ Image J を用いたコロニーの面積測定

- ④ シャーレの面積を測定した。
- ⑤ ②を行った当日から4日間のコロニーの面積を測定した。
- ⑥ 以下の式に④と⑤の数値を代入し、シャーレ中のコロニーの割合を算出した。

$$\text{シャーレ中のコロニーの割合 (\%)} = \frac{\text{菌の面積} \times 100}{\text{シャーレの面積}}$$



写真1 培地に増殖した菌(対照実験用で、手には何も塗っていない)



写真2 培地に増殖した菌(オレンジジュースを手につけたもの)

#### 4 結果と考察

実験開始の翌日の朝は菌の増殖は確認されなかったが、その日の昼からは菌の増殖が確認できた。実験を始めてすぐは、何も塗らなかつた培地と比較すると、緑茶、オレンジジュース、ワサビ汁を塗った培地においてはコロニーの増殖割合が大きかった。また、最終日を比較すると、アルコールよりもオレンジジュース、ワサビ汁、ネギ汁の方が増殖割合は小さかった(図1・図2)。塩水は、どの濃度でもアルコールのように抗菌効果を示すものはなかった(図3)。ただし、今回の実験では、どの試料に関しても大きな差を確認することはできなかった。気温が低くなり、菌の増殖が抑制されたことが原因であると考えられる。

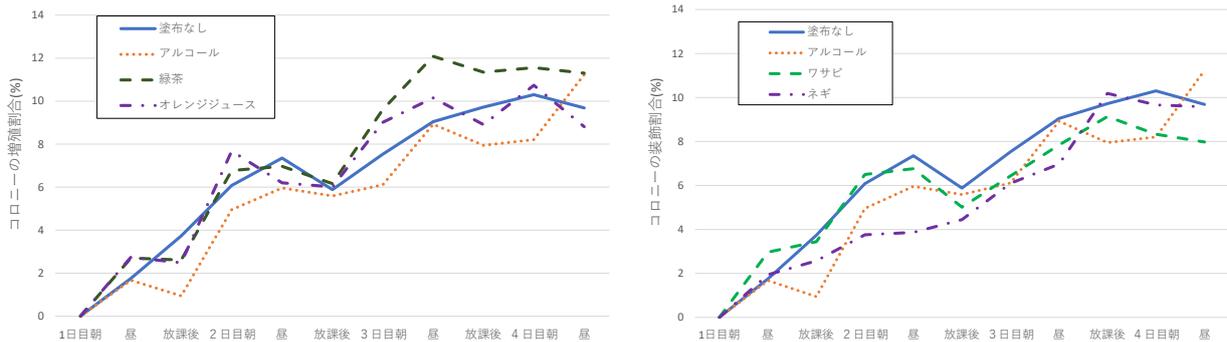


図1 コロニーの増殖割合(緑茶・オレンジジュースとアルコールの比較)(左図)

図2 コロニーの増殖割合(ワサビ汁・ネギ汁とアルコールの比較)(右図)

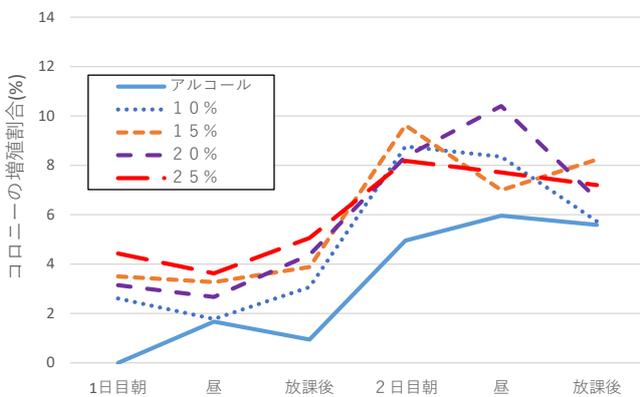


図3 コロニーの増殖割合(濃度別の食塩とアルコールの比較)

#### 5 今後の展望

今回の実験は主に冬季に行ったため、気温が低下し、菌の増殖が抑制され、アルコールと他の食材で大きな差を見ることはできなかった。今後は菌が増殖しやすい35°C前後の条件が保てるよう、恒温室内で実験を行えば結果に差が生じやすくなると考えられる。

長期的な抗菌作用に着目すると、オレンジジュースやワサビ汁、ネギ汁はアルコールよりも菌の増殖を抑える可能性があった。口や喉内の消化液の作用等も考慮しながら、これらの食材が菌の増殖抑制に有効かどうか調べていく必要がある。

#### 参考文献

- ・ Image J (<https://imagej.nih.gov/ij>)
- ・ 第23回 中国・四国・九州地区理数科高等学校課題研究発表大会(福岡大会) p152 手を清潔に保つには?～石鹼 vs アルコール～

# 宇和島東高校内の生物相調査

1年2組 松浦 士竜      1年3組 岡崎 耀太郎      1年3組 坂島 心優  
 1年4組 末光 伊咲希      1年4組 杉本 吏輝  
 指導者 芝 絢香

## 1 課題設定の理由

宇和島東高等学校にはふるさとの森の木々をはじめとした様々な生物が生息している。昨年の金澤らの研究<sup>[1]</sup>では、宇和島東高校の正門前を中心に樹木調査が行われた。しかし、宇和島東高校内の植物について網羅的に調査が行われたのは2000年の橋越の研究が最後になる。私たちは、現在校内にどのような生物が生息しているのかを網羅的に調査し、校内に生息する生物を対象とした来年度以降の課題研究等に役立てたいと考えた。また、校内に存在する樹木や植物にネームプレートは、名前とその植物が一致していなかったり、破損していたりものがある。樹木種を確認しながら、ネームプレートを新しいものに変えていくことで、本校生徒の生物への興味・関心を高めることができると考え、この課題を設定した。

## 2 研究の方法

### (1) 校内に生息する生物の分布調査

校内に生息する生物の分布調査と種の同定を行った。樹木については、昨年の樹木調査の結果や、宇和島東高校研究紀要(2000)内にある樹木分布図と比較しながら確認を行った。

### (2) 分布図の作成

校内地図と(1)で調査した生物の分布を照らし合わせ、分布図を作成した。

### (3) ネームプレートの作成

(1)の情報をもとに樹木のネームプレートを作成した。

## 3 結果と考察

(1) 種の同定ができた生物種について、表1にまとめる。1～14番は動物種、52番と53番は原生生物、それ以外は植物種である。

表1 校内で発見した生物一覧

1	ダンボコオロギ	19	アラカシ	37	センニチコウ
2	ツバメシジミ	20	アベリア	38	ヨモギ
3	クロオオアリ	21	メダケ	39	スイレン
4	ミズカマキリ	22	シュロ	40	オオカナダモ
5	イナゴ	23	モミジバフウ	41	エポルブルスブルーラグーン
6	コガタスズメバチ	24	ネズミモチ	42	ミリオンベルサマー
7	メダカ	25	ツツジ	43	ツワブキ
8	ヤゴ	26	トベラ	44	ヒイラギモクセイ
9	ジョロウグモ	27	アオキ	45	キンモクセイ
10	イヌビワコバチ	28	ヒマラヤトキワサンザシ	46	ニジュウガキ
11	ルリシジミ	29	イチヨウ	47	イヌビワ
12	ナメクジ	30	レモン	48	カタバミ
13	ハマオモトヨトウ	31	カエデ	49	ウバメガシ
14	ゴカイ	32	ムラサキカタバミ	50	ジャガイモタケ
15	ミリオフィラムマトグロッセセ	33	ツユクサ	51	ハルジオン
16	ユズリハ	34	ハボタン	52	サルノコシカケ
17	ヤツデ	35	シロタエギク	53	ヒメジオン
18	シャシャンボ	36	パンジー	54	エノコログサ

(2) 主に生物が多く生息していたのは、中庭と学校保全林の二か所であった。この2か所は樹木等の植物が多く生育しており、また、噴水や水槽等の水辺が近くにあるという共通点を持つ。その他の生物が住処や栄養源としてその場に存在する植物を求めて来たと考えられる。このことから、生物が生息しやすい素材が多ければ多いほど、そこに生物が住み込み、生態系が豊かになっていくといえる。

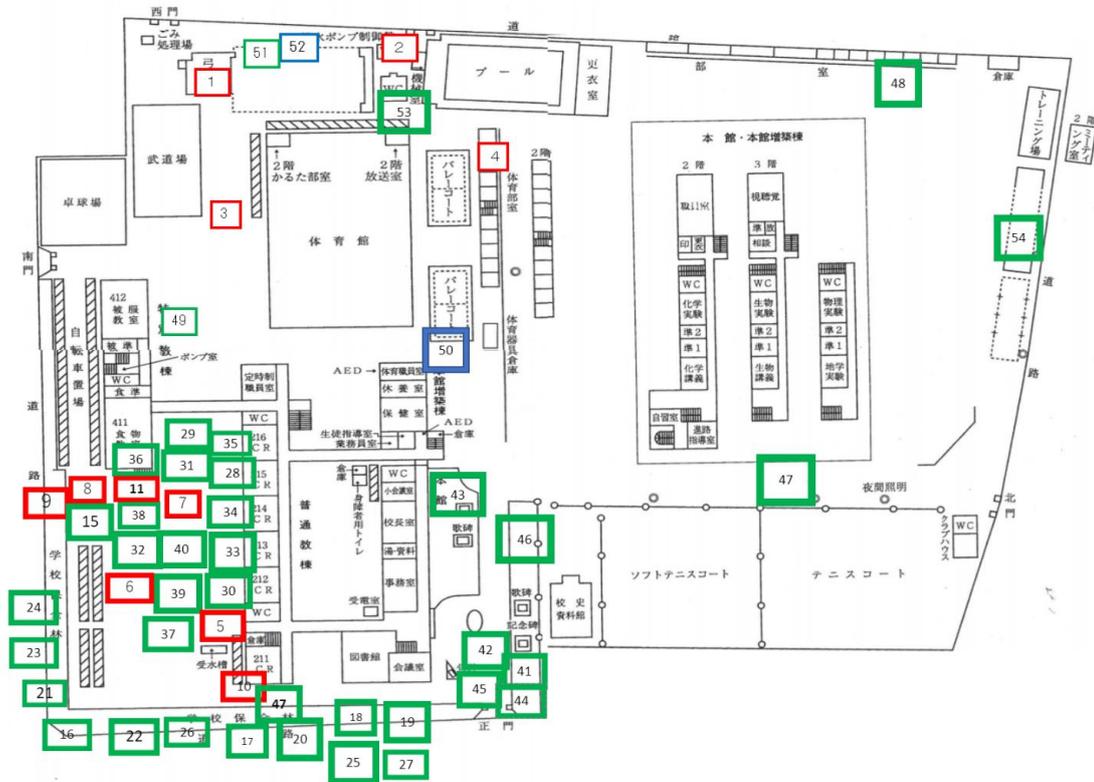


図1 校内の生物の分布図(表1の番号と対応している)

(3) 計15本の樹木にネームプレートを設置した。

#### 4 まとめと今後の課題

本研究では、計54種の生物を同定し、分布図とネームプレートを作成した。植物種を中心に生物の分布を可視化したことで、今後の生き物を対象にした課題研究の取り組みが容易になることが期待できる。しかし、今回の分布図は季節性を考慮しておらず、また調査を行った種数も不足している。今後の課題として、生物の種数を増やすとともに、季節ごとにまとめた分布図の作成を行うことが挙げられる。また、作成した分布図はレイアウトを整え、自由に閲覧できるよう学校のHP等に掲載して、様々な人に宇和島東高校の生物相の豊かさを発信していきたい。



図2 新設したネームプレート

#### 参考文献

- [1] 金澤礼佳ら(2021)『校内の樹木調査』,令和2年度SSH生徒課題研究論文集,p28-p29
- [2] 橋越清一(2000)「宇和島東高等学校の植物とエコアップ・プラン」宇和島東高校研究紀要,第26号, p28-p46
- [3] 昆虫エクスペローラー (<https://insects.jp>)
- [4] みんなの花図鑑 (<https://minhana.net/zukan>)
- [5] みんなの趣味の園芸 (<https://www.shuminoengei.jp>)

# 地球温暖化による海拔上昇とその影響

1年2組 山口 莉乃 1年3組 二宮 孝高 1年4組 清家 惇生  
1年4組 横田 かほ 1年4組 吉見妃奈乃  
指導者 河野 達也

## 1 課題設定の理由

世界的な問題にもなっている地球温暖化。その影響は国一つを水没させるほど大きい。私たちが住む宇和島の城山は麓までかつては海に面しており、今は埋め立て地となっている。そこで、宇和島の市街地は地球温暖化の影響をどのくらい受けるのか検討する。

## 2 仮説

埋め立て地の多い宇和島は海拔が低いと仮定されるため将来、海に沈んでしまう場所が多くあるのではないかと考える。

## 3 研究の方法

(1) IPCC 第6次評価報告書の「世界の平均海面水位」のデータで示される、良いシナリオと悪いシナリオにおける将来の海拔上昇を考察する（表1）。

良いシナリオとは現在よりも CO<sub>2</sub> の排出量を減少させ海面の上昇を最低限で抑えられた場合、悪いシナリオとは現在のように CO<sub>2</sub> の排出量が年々増加し海面の上昇を抑えられなかった場合である。

(2) 国土地理院の自分で作る色別標高図で自分たちが仮定した海面水位を宇和島の地図に重ねて水没する範囲を着色する（図1，図2）。

## 4 結果と考察

(1) 元禄16年(1703)、藩の原図によると現在愛媛県立宇和島東高等学校が建っている土地をはじめ周辺は海であったことが分かる。そして大正10年(1921)発行の地図には現在私たちが暮らしている愛媛県立宇和島東高等学校を含め周辺の土地が海ではなく土地として記されているので埋め立てられたことが分かる。

(2) 世界の平均海面水位は、温暖化が1.5℃に抑えられた場合は約2~3M、5℃の温暖化では19~22M上昇し、その後も数千年にわたって上昇し続ける。つまり、人為的なCO<sub>2</sub>排出量と人為的なCO<sub>2</sub>除去量が均衡しなければ、地球温暖化の進行が加速し海拔上昇の進行速度も、年々上がっていくことになる。その悪いシナリオ(図1)だと2200年には市街地のほとんどが、そしてこの愛媛県立宇和島東高等学校は水没することがわかる。世界全体でCO<sub>2</sub>の排出量と人為的な除去量の均衡が達成され持続した良いシナリオの場合(図2)、市街地のほとんどは2350年以降から水没域がまばらに増えていく。以上のことから宇和島も地球温暖化による海拔上昇の変化の影響を大きく受けることがわかる。

表1 シナリオ予想

状態\年	2100年	2150年	2200年	2250年	2300年	2350年
悪いシナリオ	1.01m	1.88m	2.75m	3.62m	4.49m	5.36m
良いシナリオ	0.55m	0.86m	1.17m	1.48m	1.79m	2.1m

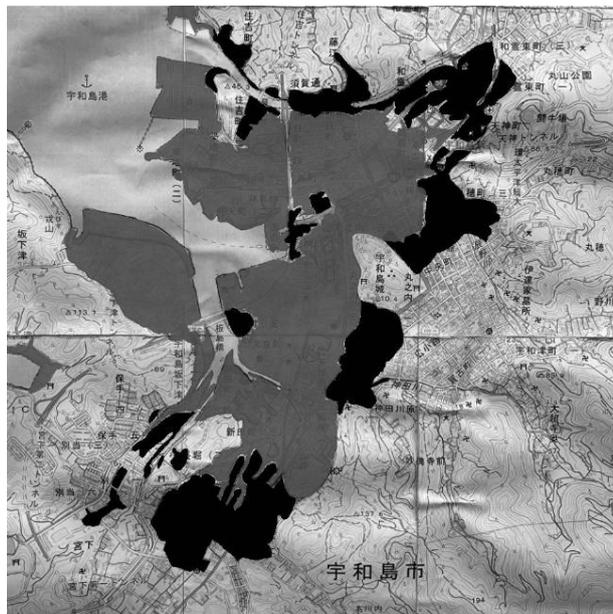


図1 悪いシナリオ

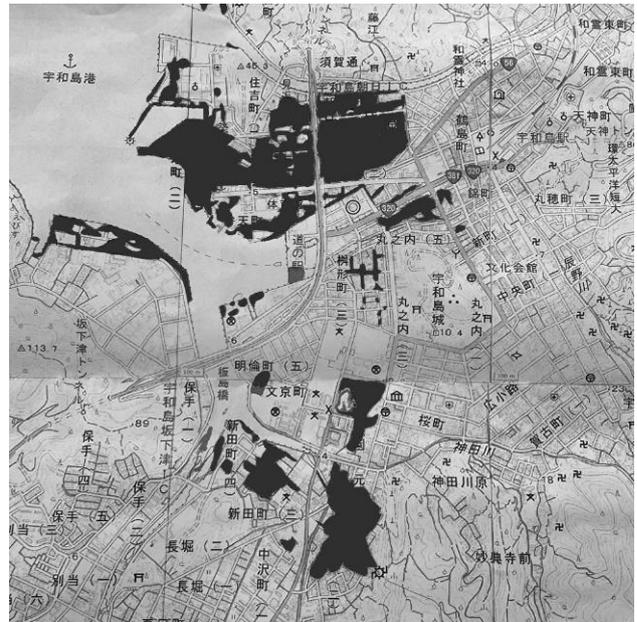


図2 良いシナリオ

## 5 今後の課題とまとめ

今後の課題として人為的なCO<sub>2</sub>排出量と人為的なCO<sub>2</sub>除去量の均衡が第一に挙げられる。それはCO<sub>2</sub>排出正味0を達成し、他の温室効果ガスも大幅に削減することである。レジ袋の有料化やプラスチックの紙製品化などは地球温暖化対策の一部に過ぎない。つまり現状の対策に満足せず私たちがやるべきことは何なのかを考えていく必要がある。

## 参考文献

- ・ GSI HOME PAGE -国土地理院地理院地図 / GSI Maps | 国土地理院
- ・ IPCC 第6次評価報告書 第1作業部会報告書 気候変動2021：自然科学的根拠 IPCC AR6/WG1 報告書 SPM 暫定 (jma.go.jp)
- ・ 宇和島城下埋立ての記録宇和島城下埋立ての記録 (fc2web.com)

# おいしい魚を食べ鯛

1年2組 伊藤 脩 1年3組 濱見 晴丘 1年4組 伊藤 樹生  
1年4組 清家 蒼太 1年4組 水谷 光希  
指導者 山本 鷹裕

## 1 課題設定の動機

愛媛県は水産業総産出額全国3位で県内でも多くの魚が流通している。中でも養殖真鯛は全国シェアの56.7%を占めている。しかし、流通の過程や、家庭で消費しきれず廃棄される魚が一定数あることは否定できない。そこで、やむを得ず廃棄される魚を少しでも減らすために、魚を冷蔵庫で長期間保存できる方法を開発しようと考え、実験を行った。

## 2 仮説

- (1) 内臓を除去し血抜きを行うことによって鯛の可食部分を比較的長期間保存することが可能になるのではないかと。
- (2) 先行研究と同様に白身魚である鯛も同じような結果を示すのではないかと。また、赤身魚よりも、効果は少ないのではないかと。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 実験1

以下の五つの処理をした鯛を用意し冷蔵庫で一週間保存する。但し、実験で用いる鯛は体長45cm程度の養殖で育てられた鯛を用いた

### (2) 実験方法

処理A 無処理

処理B 鱗のみ取り除く

処理C 鱗と内臓を取り除く

処理D 鱗と内臓を取り除き血抜きをする

処理E 鱗を残して内臓を取り除き血抜きをする

今回行った血抜き処理は、魚のエラと身体をつなぐ膜の背骨寄りの位置に包丁で2cm程度の穴を開け、そこからホースを用いて、腎臓に淡水を通す処理の事を指す(図1)。

- 1週間後の鯛の状態を比較し、腐敗していない個体があれば実食する。
- 2匹以上腐敗していなければおいしさの相対的な評価をする。

### (3) 実験2

以下の2つの処理をした鯛を用意し冷蔵庫で4日間保存する。但し、実験1と同様に実験で用いるのは体長45cm程度の養殖で育てられた鯛を用いた。

処理E' 鱗を残して内臓を取り除き血抜きをする。(実験1の処理Eと同じ方法だが、新しい鯛を用いる)

処理F 鱗を残して内臓を取り除き、血抜きをしない。

3日後の鯛の状態を比較し、腐敗していない個体があれば実食する。2匹とも腐敗していなければおいしさの相対的な評価をする。

## 4 結果と考察

### (1) 実験1の結果

全ての処理した魚の切り身からは、腐敗臭がしたことから、今回の処理で1週間保管しても食べることができる個体はいないということが分かった。また、処理Dについては保存段階で



図1 血抜き処理

失敗したためデータが取れなかった。

処理 A より処理 B の方が、えらの色が保存当初のものに近かったため、鱗は残したまま保存したほうが良いということが分かった (図 2)。

処理 B より処理 C の方が、内臓付近の身の色が、鮮やかであったため、内臓は取り除いたほうが良いことが分かった (図 3)。



図 2 処理 A と処理 B のえらの比較

## (2) 実験 1 の考察

同じ冷蔵庫で保存していたことから、1 週間保存しきれなかった原因は①冷蔵保存に問題がある②同じ場所での保存に問題がある③もともと 1 週間は保存することができないの 3 つの可能性があげられる。内臓を取り除き、鱗を残したままのほうが保存はできると分かったが、血抜きの有無が保存にどの程度影響するかは不明であった。



図 3 処理 B(上)と処理 C(下)の身の色比較

## (3) 実験 2 の結果

どちらも身の状態、臭いともに食べられる状態であったため被験者 21 人に実食をしてもらった。臭いに差はなかったが、E のほうが美味しいとした人が多かった (図 4)。

## (4) 実験 2 の考察

食べた時の臭いに差がなく、身そのものから発生される臭いが強かったため腐ってはないと判断した。その中で、E'の方が F より美味しいと回答した人の割合が少ないため、熟成されていないことがわかる。よって E'の血抜きありの方がより長期間保存することが可能であると考えた (表 1)。

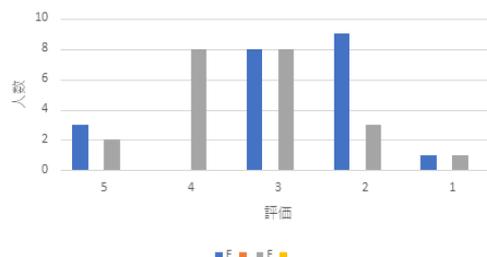


図 4 美味しさの回答 (度数分布)

## 5 まとめ

最も長期間保存が可能である方法は鱗を残し、内臓、血を抜いたものであることが分かった。

## 6 今後の課題

実験 2 におけるアンケート回答者を増やすこと。また、今回の調査において、定性的に魚の保存状態を評価することができていなかったため、魚の可食部分の ATP 及びイノシン酸とヒポキサンチンの割合の調査し、定性的にうま味や腐敗の度合いの評価を行うことが今後の課題である。

表 1 匂いの有無の回答

	E'	F
あり	13	13
なし	8	8

## 謝辞

本研究にご助言賜りました愛媛県水産研究センター研究企画室長竹中彰一様、鯛をご提供いただいた田中水産株式会社様、中島鮮魚店様に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka-gaiyou/gyosan/r1/index.html>

令和元年 漁業産出額：農林水産省

# 災害時に乾麺を美味しく食す方法の開発

1年1組 兵頭 綺      1年1組 清水 和奏  
1年2組 井上 凧      1年3組 中村 日南  
指導者      藤田 恭兵

## 1 課題設定の理由

近年起こると予想されている南海トラフ巨大地震において、宇和島市では最大震度6強が想定されており、その際多くの市民が避難することが予想される。避難時には保存期間が長い非常食が必要とされているが、非常食を好まない人も多く、満足いく食事ができないというケースがある。私たちが着目した乾麺は保存食に利用されているが災害時に食べられている場合が少ない。さらに、乾麺を災害時に美味しく食べる論文は今のところ少なく課題解決に向けての研究がされていない。そこで、非常時でも少ない熱の消費量で調理が可能な点と生きるために必要な塩分等が含まれていることからこの課題を設定した。

## 2 仮説

乾麺をゆでる前に水に長時間浸すと、乾麺が水を吸うことで加熱に必要な時間が短くなり、ガスなどの限られた物資の節約につながるのではないかと仮説を立てた。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 方法

鍋(直径 cm 深さ cm)の中に半分に折った乾麺をいれ、水 500ml を入れる。その後設定した時間乾麺を水に浸したらガスコンロ (PALACE3.5kW) で常に最大火力で加熱し、加熱し始めた時間から1分ごとにおいしさを観点に記録をとる。

### (2) 記録の方法

官能評価を行い五段階で記録を行った。

5…おいしい

4…食べられる

3…食べられなくはない 2…食べたくない(おいしくない)

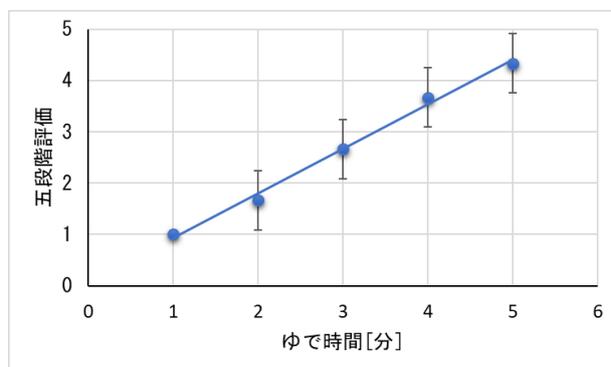
1…食べれない

## 4 結果と考察

### (1) うどんの場合

うどんを水に浸す時間(13,26,39分)

グラフ1より、水に浸す時間を変えてもおいしさの割合はあまり変化しなかった。麺の保水量が温度によって変化することが推察される。したがって、水に浸す時間は13分が最適だと分かった。

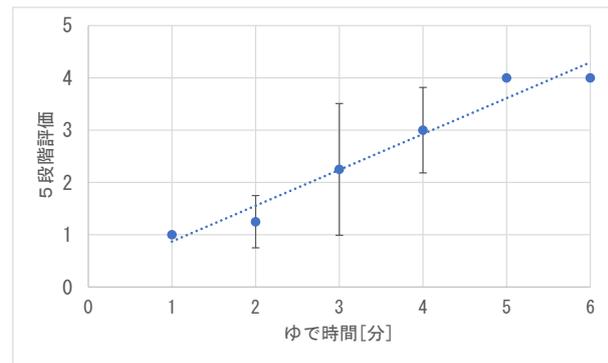


グラフ1 うどんにおけるゆで時間とおいしさの関係

## (2) そばの場合

そばを水に浸す時間(4,8,16,20分)

グラフ2より、ゆで時間が3分の時大きな誤差が出た、水に浸す時間20分の時に5段階評価で4を得たことが原因である。要因としては、そばは、水の温度が低い状態でも麺自体に保水することが可能であると示唆される。したがって水に浸す時間が20分で、ゆで時間3分が最適である。

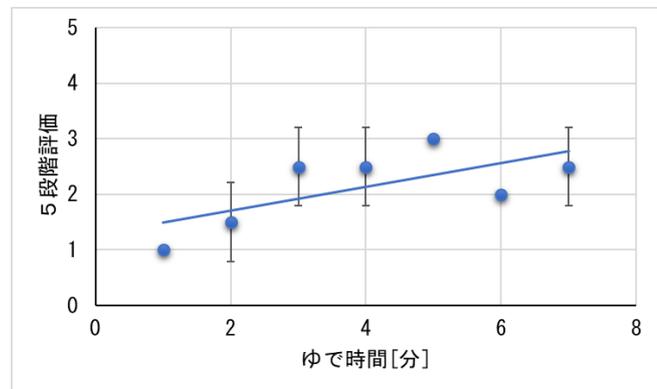


グラフ2 そばにおけるゆで時間とおいしさの関係

## (3) そうめんの場合

そうめんを水に浸す時間(3,6分)

グラフ3より、そうめんは水に浸す時間関係なく美味しくないといい結果になった。要因としてはそうめん自身が細いのですぐに麺が水を保水してしまうことが原因となることが考えられる。官能評価を行った際も、麺がベトベトで食べたくないという結果になった。このことからそうめんは水に浸すのは不向きであると考えられる。



グラフ3 そうめんにおけるゆで時間とおいしさの関係

## 5 まとめと今後の課題

乾麺のおいしさは麺の保水量によって大きく異なることが面全体の結果でいえることが分かった。おいしい乾麺を作るために水に浸す時間や水の温度など様々な条件設定によってゆで時間を変化させることでは可能であると考えられる。

今後の課題として、おいしい状態での麺の保水量を測定し、官能評価ではなく科学的においしい基準を判別していきたいと考えている。

そうめんなどの細い麺に対しては、余熱調理などを駆使することで余分なエネルギーを使用することなく調理することが可能ではないかと考えている。

本来茹でる水も災害時では貴重になるので、ゆで方についても改良をしていく必要がある。

## 参考文献

- [1] 奥西 智哉 「炊飯米を生地に添加したパンの官能評価」2009

# 松野町目黒地区事前復興デザイン

1年2組 高田 莉瑚 1年2組 中川 美羽  
1年2組 長谷 はな 1年4組 末廣 真央  
指導者 窪地 育哉

## 1 課題設定の理由

松野町は愛媛県南予地方に位置する自然豊かな山あいの町である。しかし、過疎化が進んでいる。そのため、災害時に復興に要する時間もおかかると危惧される。平成30年7月豪雨では広見川が氾濫し、多くの浸水被害が出た。南海トラフを震源とする巨大地震のようなケースでは、内陸部にある小さな町であるがゆえに、物資や重機、人手などが入りにくいことが懸念される。場合によっては陸の孤島のような状態に陥ることも想定される。そこで、松野町の復興デザインについて考えることにした。松野町の中でも特に、現在使用されておらず避難施設として活用できそうな松野南小学校のある、目黒地区の事前復興デザインを考えることにした。

## 2 事前復興デザイン制作のための調査

松野町の総人口は3767人で、年少人口・生産年齢人口は減少傾向にあり、老年人口は増加傾向にある。目黒地区は松野町の南西部に位置し、滑床溪谷を源流とする目黒川沿いの集落である。急傾斜の山があり、これまで度々土砂崩れが起こっており、災害リスクの高い場所であると言える。また、目黒地区では水を引いて行う農業、稲作・畑作・果樹園が盛んである。さらに、目黒地区には、廃校になった松野南小学校を含む4つの指定避難所がある。



図1 二つの地形のケース

- ①山→民家→田畑→川
- ②山→田畑→民家→川

## 3 現地の分析結果

現地調査により、田畑のすぐ近くに民家があることが分かったが、私たちはその形が大きく二つに分かれていることに気が付いた。一つは、山沿いに民家があって、田畑を経て川になっているケースである。そしてもう一つは、山のすぐ下に田畑があって、川のそばに民家があるケースである【図1】。この二つの民家は、それぞれに土砂崩れによる災害のリスクと鉄砲水や土石流、川の氾濫といった、目黒川から受ける災害のリスクを持っている。逆に考えると、この二つの民家は、互いのリスクを補填しあっているとも考えられる。補填しあうとはいえ仮住まいや避難所は必要である。目黒地区には4つの指定避難所があるが、特に廃校になった松野南小学校に注目した。この施設は空き教室をうまく活用して、宿泊可能な施設として利用したいと考えている。

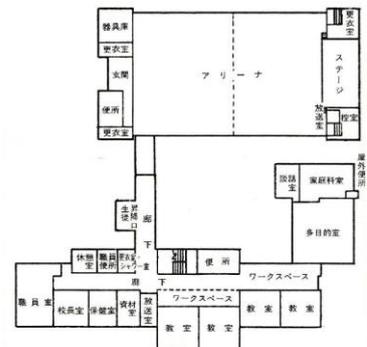


図2 旧松野南小学校校舎(左)と校内配置図(右)

#### 4 事前復興プラン

『山の斜面崩壊などに対しては川べりに住む人が、土石流や鉄砲水などの災害に対しては山際に住む人が、お互いに助け合うことで、復旧復興を迅速にする。また、両方が起こった場合は、松野南小学校を拠点として復旧復興を迅速に行う。』というのが私たちの考える松野町の復興デザインである。しかしもっとも大切なのは「目黒地区に人が住んでいること」という結論に至った。目黒地区に人を呼ぶために私たちが考えたのは、目黒地区の自然を生かした、農業体験や滑床溪谷へのトレッキングツアーなどのイベントである。また、空き家のイノベーションで住宅を確保したり移動販売車を活用したりすることで、iターンで目黒地区に定着してもらおうと考えている。



図3 復興プランの各アイデア

①古民家リノベーション、②③果樹栽培やタケノコほり、④⑤移動販売車の活用、⑥サイクリングロードの整備、⑦巨木を活用したイルミネーション など

#### 5 まとめと今後の課題

目黒地区に人を呼ぶために出したアイデアについては、今後、松野町の役場の方などと相談して、実現可能なものにしていきたいと思う。目黒地区の豊かな自然とともにある暮らしが、より安全に、いつまでも続くよう願っている。

#### 謝辞

本研究を行うにあたって、松野町役場の皆さま、東京大学羽藤英二先生はじめ、防災地理部顧問の皆さまには貴重なご助言を賜りました。また、全国高校生復興デザインコンペに出場させていただき、諸先生方からも大変ありがたい励ましのお言葉を頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。

#### 参考文献

・松野町ホームページ <https://www.town.matsuno.ehime>

# ゲル化剤の違いによるみかんゼリーの食嗜好

1年1組 渡部 ひとみ    1年1組 今井 美海    1年3組 金子 凜々  
1年3組 谷口 咲智    1年4組 河野 有咲  
指導者 山崎 薫

## 1 課題設定の理由

愛媛県では年間 75 万 t の温州ミカンが収穫されている。宇和島地域でも多数の柑橘類が栽培されている。そこで宇和島市の特産品でもあるみかんを使ったみかんジュースを用いて親しみやすいゼリーを作ることで地域に貢献できるのではないかと考え、研究に取り組んだ。

## 2 仮説

先行研究ではゲル化剤の違いによるコーヒーゼリーの食嗜好について研究が行われている。その先行研究では、ゼラチン・寒天・カラギーナンの3種類で調べ、カラギーナン、寒天、ゼラチンの順に好まれることが分かっている。みかんゼリーで実験を行っても同じ結果になると考えられたが、カラギーナンは高価であるため、カラギーナンに似たゲル化剤であるペクチンを用いて実験を行うことにした。また、寒天については角寒天と粉寒天の2種類を使用した。先行研究の結果からペクチン、寒天、ゼラチンの順に好まれると仮説を立てた。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 方法

みかんジュース（果汁 100%）・ゲル化剤（ゼラチン・角寒天・粉寒天・ペクチン）（**図 1**）・砂糖を用いてゼリーを作り、試食して見た目、透明度、食感、弾力の4つの観点から5段階評価を行い平均値を求める。

### (2) みかんゼリーの作り方

材料

みかんジュース 125ml

ゲル化剤 適量

砂糖 10g

①ゲル化剤を水に入れてふやかす。

②ジュースと砂糖を鍋に入れ火にかける。

③ゲル化剤を少しずつ加え、濃度がつくまで加熱する。（**図 2**）

④容器に入れ、冷やし固める。



図 1 使用したゲル化剤



図 2 実験風景

#### 4 結果と考察

ゼリーを作る際、すべてのゲル化剤の量を統一すると凝固しないものが出てきたり凝固しすぎたりしたため、実験ごとに修正を行った。最終的にゼラチンは2.5g、粉寒天は1.5g、角寒天は2g、ペクチンは7.5gの 때가1番評価が高くなることが分かった。4つの観点でバランスよく評価が高かったものはゼラチンであった。粉寒天と角寒天を比較すると粉寒天のほうが透明度の評価が少し高く、角寒天の方が食感の評価が少し高かった。これらの結果からゼラチン、ペクチン、角寒天、粉寒天の順に好まれると推測できる。また、見た目の評価が高いものほどおいしいと感じられたことより、食嗜好に見た目に関係しているのではないかと考えられた。

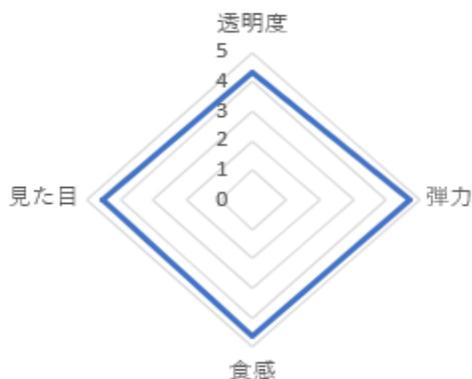


図3 ゼラチンの評価

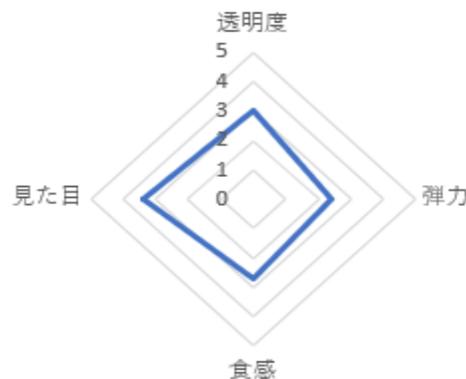


図4 粉寒天の評価

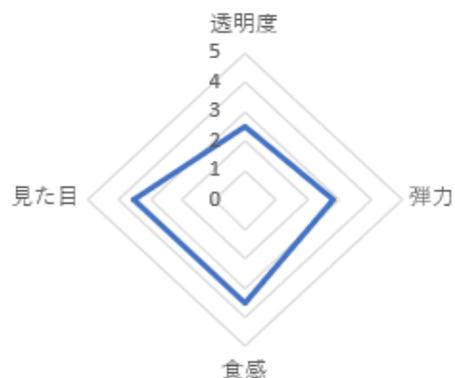


図5 角寒天の評価

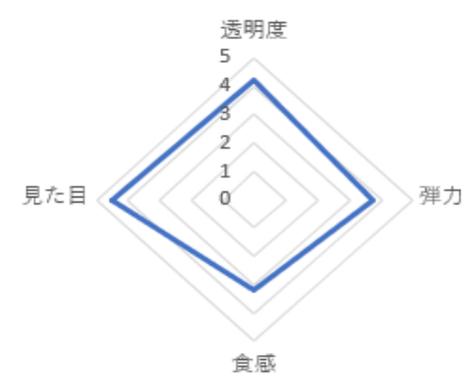


図6 ペクチンの評価

#### 5 今後の課題とまとめ

先行研究の結果と今回の実験での結果を比べると、違いが大きいので、同じゲル化剤であってもコーヒーとみかんジュースに含まれる成分によって食嗜好に違いが生じているのではないかと考えられる。今後は、ゲル化剤に含まれる成分と媒体となる液体に含まれている成分を調べることでより親しみやすいゼリーを考案していきたい。

#### 参考文献

- ・品川弘子、福島靖子、田島恵美子、堀口美代子 (1991)「ゲル化剤の違いによるテーブルゼリーの食嗜好」日本女子大学
- ・ <http://himitsu.wakasa.jp/contents/pectin/>

# 郷土料理と私たちの食生活

1年1組 大野 衣槻 1年1組 清吉 怜 1年2組 細川 惺菜  
1年3組 河野真理奈 1年3組 宮本 雛花 1年4組 岩城 帆夏  
指導者 山崎 薫

## 1 課題設定の理由

現在、郷土料理の存在が薄れつつある。そこで、自分たちが住んでいる地域の郷土料理を知らない人が多くいるのではないかと考えた。次世代に郷土料理を伝承していくためにも、もっと親しみやすいレシピを考案し提供の場を設け、地域に広めていきたいと思い、研究に取り組むことにした。

## 2 仮説

アンケートにおいて回答数の少なかった料理は、提供される場、摂食の機会が少ないために、郷土料理として認識されていないのではないだろうか。また、ほとんどの人が経験する学校給食を通して提供することで認知度が上がるのではないだろうか。

## 3 研究の方法

### (1) アンケートの実施

宇和島東高校1年生（158名）を対象に、以下のアンケートを行った。

#### ア 郷土料理についてアンケート

##### ①知っている郷土料理は何か

(図1)

##### ②郷土料理を食べる頻度・場所

#### イ 卵寒天についてアンケート

##### ①卵寒天を知っているか

##### ②卵寒天を食べたことがあるか

##### ③卵寒天の嫌いな点

### (2) 学校給食センターにインタビュー

#### ア 給食に提供している郷土料理は何か

#### イ 多くの郷土料理の中から、給食

に提供する郷土料理はどのような観点で選択しているか

### (3) 卵寒天の改良

※加熱調理の中心温度は、75度以上で1分間以上（文部科学省ホームページより）

#### ア 見た目

#### イ 味 ① 濃口醤油を薄口醤油にする

#### ② 出汁 かつお・いりこ・あご

#### ③ 具材 ほうれん草・ちりめん・けずりかまぼこ・おくら・レモンの皮

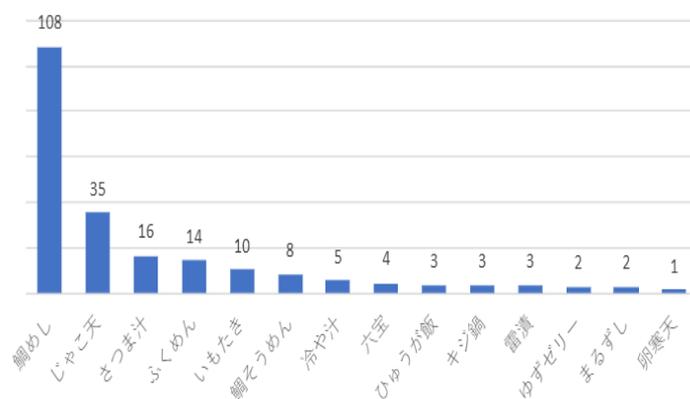


図1 知っている郷土料理

## 4 結果と考察

158人のアンケート結果をもとに「知っている郷土料理について」回答数を比較し、図1に示した。その結果、鯛めしに多くの票が集まった。実際は、学校給食においても鯛めしは提供されている。また、雷漬や卵寒天など回答数の少ないものもあった。その中で、私たちは卵寒天に注

目し、改めて卵寒天の知名度について再調査した結果、20人中12人が卵寒天を知っていると回答した。この結果からアンケートにおいて回答数の少なかった料理は提供される場が少なく摂食する機会が少ないのではないかと考えた。学校給食でも提供はされていなかった。そこでもっと親しみやすい料理にするために6回の調理を通して卵寒天の見た目と味について改良を行った。その結果を表1・2に示した。実験の結果、砂糖の量は改良前の半量にし、見た目の色を改良するために濃口醤油から薄口醤油に変更した。また、3種類の出汁を味と値段の観点で比較し、かつおだしを材料に加えた。さらに味と見た目の評価を得点化し比較した。その結果、けずりかまぼこの評価が一番高かったが、従来の卵寒天と比べると評価がよくなかったため、採用はしなかった。最終的な材料で調理した卵寒天は図2である。

**表1 卵寒天の改良点**

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
砂糖	100 g	75 g	50 g	50 g	50 g	50 g
醤油	濃口	薄口	薄口	薄口	薄口	薄口
出汁	なし	なし	なし	いりこだし	あごだし	かつおだし

**表2 見た目と味の評価**

	見た目	味	合計
ほうれん草	2	3	5
ちりめん	2	2	4
けずりかまぼこ	4	3	7
オクラ	3	2	5
レモンの皮	3	2	5

5...とても良い 4...良い 3...どちらともいえない 2...悪い 1...とても悪い



**図2 卵寒天**

最終的な材料・・・卵，水，粉寒天，醤油，砂糖，かつおだし

## 5 まとめと今後の課題

今回の研究を通して、摂食する機会の少ない郷土料理は卵寒天の他にも多くあることが分かった。十分な試食回数を得られず、卵寒天の改良したレシピを広めるまでには至らなかったが今後、少しでも多くの人に郷土料理を伝えられるよう学校給食などを通して普及させる方法を考えていきたい。

## 謝辞

研究にご協力いただいた宇和島市中央学校給食調理場の皆様ならびに先生方、アンケートに答えてくださった生徒の皆様、ありがとうございました。

## 参考文献

- ・伊藤美穂，大越ひろ（2012）「郷土料理の伝承からみた学校給食の役割と今後の方向性」日本女子大学
- ・戸田美穂，大越ひろ，本間健（2007）「学校給食から見た郷土料理伝承の実態と今後の方向性」日本女子大学
- ・愛媛県教育委員会「平成28年度学校給食地域食文化継承モデル事業 郷土料理・地域の食材を使った料理学校給食レシピ集」（平成29年）
- ・愛媛県教育委員会「社会的課題に対応するための学校給食の活用事業」報告書(平成28年)
- ・文部科学省ホームページ
- ・農林水産省ホームページ

# 布に対するリモネンの洗淨効果

1年2組 都築 ゆらら 1年4組 中川 彩実 1年4組 中濱 遙  
1年4組 藤岡 杏里 1年4組 宮本 陽菜  
指導者 横内 悠人

## 1 課題設定の理由

宇和島市は全国でも有数のみかんの生産地である。私たちはみかんを食べるときにごみとして廃棄されるみかんの皮を、生活で利用できる方法はないかと考えた。

## 2 研究の目的・仮説

本研究では、リモネンに、布に付着した汚れを落とす効果があるのか調べることを目的とする。先行研究から、みかんの皮にはリモネンという汚れを落とす成分が含まれていること、リモネンは油汚れを落とすのに有効であることが分かった(村上ら, 2021)。そこで私たちは、リモネンには日常で着用する衣服に付着する油汚れや、その他の汚れを落とす効果もあるのではないかと考えた。

## 3 実験と結果・考察

### (1) 実験1

#### ア 目的

布に付着した汚れに対するリモネンの洗淨効果を調べる。

#### イ 方法

組成の異なる布を用意し、500円玉大の2種類の汚れ(カレー、醤油)を付着させる。それらの布を、(1)水のみで洗濯機洗淨する、(2)洗剤を入れて洗濯機洗淨する、(3)リモネンを塗布し、洗剤を入れて洗濯機洗淨する、の3種類の 방법으로洗淨し、汚れの落ち具合を検証する。

#### ウ 準備物

- ・7×7cmの3種類の布(綿100%、ポリエステル100%、綿35%ポリエステル65%の混紡)
- ・布に付着させる汚れ(カレー、醤油)
- ・リモネン(20倍希釈)

#### エ 結果

表1-1: 実験1の結果(カレー)

洗淨方法	綿	ポリエステル	混紡
①水のみ	×	◎	○
②洗剤	×	◎	○
③リモネン+洗剤	△	◎	○

表1-2: 実験1の結果(醤油)

洗淨方法	綿	ポリエステル	混紡
①水のみ	◎	◎	◎
②洗剤	◎	◎	◎
③リモネン+洗剤	◎	◎	◎

(◎:完全に落ちた ○:落ちた △:やや落ちた ×:あまり落ちなかった)

#### オ 考察

表1-1、表1-2より、20倍に希釈したリモネンを塗布しても実験結果に差はないことから、リモネンは布汚れに効果はなく、布の種類によって汚れの落ち方に違いが生まれるのではないかと考えられる。

## (2) 実験 2

### ア 目的

布に付着した汚れに対する、みかんの皮に含まれる成分の洗浄効果を調べる。

### イ 方法

実験 1 と同様に汚れを付着させた布を用意し、それらの布を、(1)洗剤のみで洗濯機洗浄する、(2)みかんの皮の表をこすりつけた後洗剤を入れて洗濯機洗浄する、(3)みかんの皮の裏をこすりつけた後洗剤を入れて洗濯機洗浄する、の 3 種類の方法で洗浄し、よごれの落ち具合を検証する。

### ウ 準備物

- ・7×7cm の 3 種類の布 (綿 100%、ポリエステル 100%、綿 35%ポリエステル 65%の混紡)
- ・布に付着させる汚れ (カレー、醤油)
- ・みかんの皮

### エ 結果

表 2-1 : 実験 2 の結果 (カレー)

洗浄方法	綿	ポリエステル	混紡
①水のみ	△	◎	△
②皮の表・洗剤	○	◎	○
③皮の裏・洗剤	△	◎	△

表 2-2 : 実験 2 の結果 (醤油)

洗浄方法	綿	ポリエステル	混紡
①水のみ	◎	◎	◎
②皮の表・洗剤	◎	◎	◎
③皮の裏・洗剤	◎	◎	◎

(◎ : 完全に落ちた ○ : 落ちた △ : やや落ちた × : あまり落ちなかった)

### オ 考察

表 2-1、表 2-2 から、皮の表を使ったときにもっと最も汚れが落ちていることから、みかんの表と裏では、表のほうが汚れを落とす成分が多く含まれていることがわかる。

## 4 まとめと今後の課題

私たちが行った 2 つの実験では、みかんの皮の表と裏では、表側でこすったほうが、汚れが落ちた。したがって、みかんの皮の表側には、汚れを落とす何らかの成分が、裏よりも多く含まれているのではないかと考えられる。長谷川 (2016) によると、皮の表側のほうがリモネンは多く含まれている。しかし、それがリモネンによるものであることは本研究では証明されなかった。そこで今後は、みかんの皮の表に含まれている成分のうち、何の成分が汚れを落とすのに有効なのかを解明したい。

## 参考文献

- ・村上優斗、三嶋亮雅、門口陽哉 (2021) 「油の分解について」、福岡県立鞍手高校令和 2 年度 S S H 課題研究論文、<http://kurate.fku.ed.jp/html/wp-content/uploads/2021/06/f9f0bc835668b09e053a88bf71f40ea4.pdf>.
- ・長谷川夏未 (2016) 『リモネン』を用いた科学実験、2010 年度岡崎女子短期大学谷田貝ゼミ卒業論文、<http://yatagai.jp/student/h22/h22semi2/research/21128.pdf>.

# 板書を科学する

1年2組 劉 丞緯    1年2組 大久保響義    1年2組 川添央太郎  
1年3組 清家 佳樹    1年4組 赤松 丞  
指導者 田中 善久

## 1 課題設定の理由

多くの人は「見やすい板書」であることを感覚的に判断しがちであるが、「見やすい板書」とはどのようなものか、いくつかの特徴を数値的に分析し、「見やすい板書」を生み出すポイントを提案できれば、授業の内容がより頭に入りやすくなる状況をつくることができると考えたから。

## 2 目的

美しい字を書くポイントはいくつかあると慣例的に言われている。そのポイントのうち、次の3点に焦点を当てる。

- (1) 「右上がり」・・・・・・・・文字を書く過程で横線は少し右上がりに書くこと
- (2) 「縦長の長方形」・・・・・・・・一字の大きさはやや縦長の長方形の中に収まること
- (3) 「漢字>ひらがな」・・・・・・・・漢字よりひらがなを少し小さく書くこと

「見やすい板書」「美しい板書」と判断するものを収集・分析し、これらの3点について数値化を試み、ある決まった数値を見つけることを研究の目的とした。

## 3 研究の方法

- (1) サンプル収集の方法    ※「2 目的」の(1)～(3)を**調査項目1**～**調査項目3**と改める。

6名の先生方から板書の写真を撮らせていただき、班員全員が「美しい板書」と思うものを選び、3名の先生(A先生、B先生、C先生)の板書から漢字とひらがなを無作為に10文字ずつ抽出して、**調査項目1**～**調査項目3**\*について数値化する。

- (2) 分析の方法

### **調査項目1** 「右上がり」

図1のとおり、写真の文字に右上がり線と水平線を補助線として描き加え、直角三角形の底辺の長さ $a$  [cm]と

高さ $b$  [cm]から $\tan \theta = \frac{b}{a}$ を求め、三角比の表から角度 $\theta$

[°]を小数第1位まで求める。



図1 調査項目1の計測

### **調査項目2** 「縦長の長方形」

板書の写真と一緒に写っているホワイトボード用マジックの長さが13.5cmである。これを

用いて、図2のとおり、写真の文字を長方形できっちり囲み、実際の文字の大きさを示すために横 $x$  [mm]、縦 $y$

[mm]をそれぞれ算出し、縦横比 $m =$

$\frac{y}{x}$ を求める。



図2 調査項目2の計測

### **調査項目3** 「面積比」

**調査項目2**の横 $x$  [mm]、縦 $y$  [mm]を用いて、漢字、ひらがなをきっちり囲む長方形の面積をそれぞれ $A$  [mm<sup>2</sup>]、 $B$  [mm<sup>2</sup>]として、漢字とひらがなの面積比 $s = \frac{A}{B}$ を求める。

## 4 結果と考察

### 調査項目1 「右上がり」(表1)

表1 「右上がり」に関するデータ

A先生 漢字					ひらがな					B先生 漢字					ひらがな					C先生 漢字					ひらがな				
文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)	文字	tanθ	θ(°)
花	0.0806	4.6	た	0.1325	7.6	過	0.2500	-14.0	す	0.1667	-9.5	抵	0.0000	0.0	の	0.0000	0.0	差	0.0000	0.0	が	0.0603	3.5	前	0.0000	0.0	に	0.2192	12.6
意	0.0843	4.8	せ	0.1405	8.0	大	0.0000	0.0	て	0.3077	-17.1	備	0.0000	0.0	る	0.0000	0.0	出	0.3333	-18.4	で	0.2459	-13.8	大	0.0000	0.0	の	0.0000	0.0
麦	0.0971	5.2	て	0.1630	9.3	界	0.2308	-13.0	し	0.0000	0.0	吸	0.1429	-8.1	ら	0.0000	0.0	出	0.3333	-18.4	し	0.2459	-13.8	拓	0.0000	0.0	へ	0.0000	0.0
梅	0.0938	5.4	は	0.1731	9.9	日	0.1667	-9.5	は	0.2069	-6.8	量	0.1429	-8.1	に	0.0000	0.0	内	0.0000	0.0	と	0.0000	0.0	南	0.0000	0.0	も	0.0171	9.7
音	0.1184	6.8	ぼ	0.1959	11.2	吸	0.1429	-8.1	ら	0.0000	0.0	量	0.1429	-8.1	に	0.0000	0.0	内	0.0000	0.0	と	0.0000	0.0	南	0.0000	0.0	も	0.0171	9.7
歌	0.1277	7.3	と	0.3617	19.9	日	0.1667	-9.5	は	0.2069	-6.8	量	0.1429	-8.1	に	0.0000	0.0	内	0.0000	0.0	と	0.0000	0.0	南	0.0000	0.0	も	0.0171	9.7
歳	0.1739	9.9	と	0.0408	2.3	吸	0.1429	-8.1	ら	0.0000	0.0	量	0.1429	-8.1	に	0.0000	0.0	内	0.0000	0.0	と	0.0000	0.0	南	0.0000	0.0	も	0.0171	9.7
代	0.3226	17.9	さ	0.0127	0.7	吸	0.1429	-8.1	ら	0.0000	0.0	量	0.1429	-8.1	に	0.0000	0.0	内	0.0000	0.0	と	0.0000	0.0	南	0.0000	0.0	も	0.0171	9.7
和	0.1852	10.6	ば	0.0900	5.1	冷	0.0870	-5.0	い	0.0000	0.0	量	0.1429	-8.1	に	0.0000	0.0	内	0.0000	0.0	と	0.0000	0.0	南	0.0000	0.0	も	0.0171	9.7
移	0.1946	11.0	る	0.4525	24.3	風	0.0000	0.0	も	0.2083	-11.8	領	0.0000	0.0	で	0.0408	2.3	平均	0.00	0.0	平均	0.00	0.0	標準偏差	0.00	0.0	標準偏差	0.00	0.0
	平均	8.35		平均	9.83		平均	-7.61		平均	-5.90		平均	0.00		平均	3.57		平均	0.00		平均	0.00		平均	0.00		平均	3.57
	標準偏差	4.14		標準偏差	7.33		標準偏差	6.42		標準偏差	6.75		標準偏差	0.00		標準偏差	4.72		標準偏差	0.00		標準偏差	0.00		標準偏差	0.00		標準偏差	1.49
	標準偏差	1.31		標準偏差	2.32		標準偏差	2.03		標準偏差	2.14		標準偏差	0.00		標準偏差	1.49		標準偏差	0.00		標準偏差	0.00		標準偏差	0.00		標準偏差	1.49

#### 【調査項目1】の考察

個人ごとに「右上がり」「右下がり」「水平」の特徴を持ち、その傾斜角度のブレは小さい。つまり、個人ごとに、傾きの方向に一貫性がある。

### 調査項目2 「縦長の長方形」(表2)と 調査項目3 「面積比」(表2)

表2 「縦長の長方形」「面積比」に関するデータ

A先生 漢字					ひらがな				
文字	横x(mm)	縦y(mm)	縦横比m=y/x	面積比s=A/B	文字	横x(mm)	縦y(mm)	縦横比m=y/x	面積比s=A/B
花	11	13	1.2	143	た	10	10	1.0	100
意	12	13	1.1	156	せ	11	8	0.7	88
家	9	15	1.7	135	て	7	7	1.0	49
梅	12	14	1.2	168	は	9	9	1.0	81
音	10	8	0.8	80	ぼ	14	9	0.6	126
歌	13	13	1.0	169	と	7	9	1.3	63
歳	16	15	0.9	240	て	9	13	1.4	117
代	14	11	0.8	154	さ	10	10	1.0	100
和	13	13	1.0	169	ば	13	8	0.6	104
移	12	12	1.0	144	る	10	11	1.1	110
	平均		1.06	155.8		平均		0.98	93.8
	標準偏差		0.25	39.5		標準偏差		0.27	23.97
	標準偏差		0.08	12.5		標準偏差		0.08	7.58

B先生 漢字					ひらがな				
文字	横x(mm)	縦y(mm)	縦横比m=y/x	面積比s=A/B	文字	横x(mm)	縦y(mm)	縦横比m=y/x	面積比s=A/B
過	6	7	1.2	42	す	3	5	1.7	15
大	5	5	1.0	25	て	3	5	1.7	15
備	5	5	1.0	25	る	2	4	2.0	8
出	2	4	2.0	8	で	2	3	1.5	6
界	4	5	1.3	20	し	3	4	1.3	12
日	2	3	1.5	6	は	3	3	1.0	9
吸	4	4	1.0	16	ら	3	3	1.0	9
量	3	4	1.3	12	に	2	2	1.0	4
冷	4	4	1.0	16	い	1	1	1.0	1
風	5	5	1.0	25	も	2	4	2.0	8
	平均		1.23	19.5		平均		1.42	8.7
	標準偏差		0.32	10.50		標準偏差		0.41	4.47
	標準偏差		0.10	3.32		標準偏差		0.13	1.41

C先生 漢字					ひらがな				
文字	横x(mm)	縦y(mm)	縦横比m=y/x	面積比s=A/B	文字	横x(mm)	縦y(mm)	縦横比m=y/x	面積比s=A/B
抵	11	12.1	1.1	133	の	10.35	9.2	0.9	95
差	12.65	20.7	1.6	282	が	14.95	12.65	0.8	189
前	13	14	1.1	182	に	8.05	9.2	1.1	74
大	13	12	0.9	156	の	9.2	9.2	1.0	85
拓	14.3	13.2	0.9	189	へ	9	6	0.7	54
内	13.8	16.1	1.2	222	と	6	9	1.5	54
南	11	8.8	0.8	97	も	5	9	1.8	45
北	11	6.6	0.6	73	に	7	7	1.0	49
離	18.4	16.1	0.9	296	の	6	6	1.0	36
領	16.5	11	0.7	182	で	9	11	1.2	99
	平均		0.98	179.1		平均		1.11	78.0
	標準偏差		0.29	69.36		標準偏差		0.33	44.71
	標準偏差		0.09	21.93		標準偏差		0.11	14.14

#### 【調査項目2】の考察

字がやや縦長の長方形に収まる傾向が強く表れていると言えるが、正方形に収まるように書く人もいる。横長の長方形に収まるように書く人は少ない。

#### 【調査項目3】の考察

漢字とひらがなの面積比を求めてから、長さの比を割り出すと、

A先生の場合

面積比  $155.8/93.8 \div 1.66 \rightarrow$  長さの比 1.29

B先生の場合

面積比  $19.5/8.7 \div 2.24 \rightarrow$  長さの比 1.50

C先生の場合

面積比  $179.1/78.0 \div 2.30 \rightarrow$  長さの比 1.52

長さの比において、ひらがなの1.3~1.5倍の大きさで漢字を書く傾向がある。

## 5 まとめと今後の課題

右上がりについては、個人によってそうである場合とそうでない場合がある。ただ、その個人の書く文字に傾斜角度についてブレは少ない。字を縦長の長方形に収まるように書くこと、ひらがなより漢字をやや大きく書くことは実行されていた。ほかにも「見やすい板書」のための調査項目は数多くあるので、十分なサンプル数をもって調査してみたい。

## 参考文献

- 文部科学省 補習授業校教師のためのワンポイントアドバイス集 5 板書  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/clarinet/002/003/002/005.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/clarinet/002/003/002/005.htm)
- ペン字いんすとーる 字がきれいになる5つの方法  
[https://cumacuma.jp/eq/eq\\_index/bimoji\\_method/](https://cumacuma.jp/eq/eq_index/bimoji_method/)

# 音楽の活用～作業効率の上昇～

1年1組 有馬 拓郎 1年1組 谷口 天花  
1年2組 越智 雅文 1年2組 西村 涼花  
指導者 井上 淳一

## 1 課題設定の理由

私たちの班は、班員全員が音楽経験者だった。そのため今回の活動では、自分たちが持っている音楽知識・理論を基にして地域に貢献できることはないか考えた。音楽に関する様々な先行研究を調べていった中で、特に音楽と作業効率の関係性について興味を持った。そこで、自分たちが作曲した音楽で宇和島東校生の作業効率を上げることができれば、地域に貢献できるのではないかと考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

七尾児童相談所の池田妙子氏の論文によると、「 $\alpha$ 波は集中力を上昇させる効果がある」といわれている。また九州大学の論文によると、「モーツァルトが作曲した多くの曲には、脳の $\alpha$ 波分泌を促進する効果がある」といわれている。このことから、モーツァルトの曲を参考に曲を作り、その曲に $\alpha$ 波の分泌を促進する効果があるという仮説を立て、宇和島東高生の作業効率を上昇させようと考えた。

## 3 調査(作曲)・実験

〈実験の手順〉

- (1)  $\alpha$ 波の分泌を促進するとされている曲の共通点を調べる。
- (2) (1)で得られたデータを基に、実験時に使用する曲を作る。
- (3) (2)で制作した曲を用いて、対象者にクレペリン検査を行う。

### ア 調査・作曲

モーツァルトの「シンフォニー」、 $\alpha$ 波分泌を促進するとされている10曲の共通点について、

- ・主旋律(メロディー)の流れ
- ・調
- ・テンポ

に注目して調査する。その後、集めたデータを基に作曲する。

### イ 実験

宇和島東高校の1年生80名を対象にクレペリン検査を行い、作業効率を測定する。検査は、音楽を流す日と流さない日に分け、別日同時刻にそれぞれ30秒のものを連続して3回行い、検査結果を比較する。このとき、音楽は自分たちが作曲・録音したものを使用する。なお今回の実験においては、作業速度に着目し、より速く、計算を行えた場合に作業効率の上昇が見られたと仮定する。

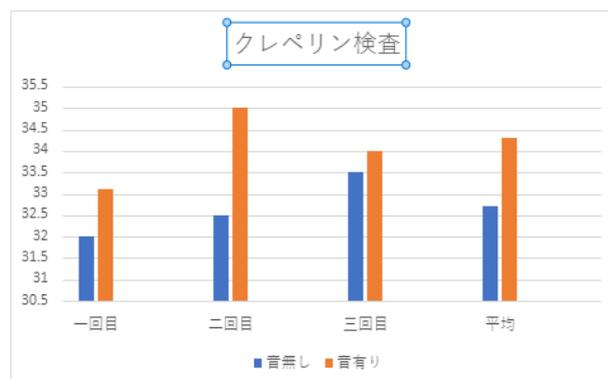
## 4 結果と考察

- (1) 調査の結果、次のことが分かった。
  - ・主旋律に注目すると、高低差のある山なりのものが多かった。

- ・調、テンポに大きな共通点は見られなかった。
- この結果をもとにして、**図1**を作曲した。



**図1** 作曲した曲



**図2** クレペリン検査の結果

- (2) 測定結果を**図2**にまとめた。**図2**より、1回目、2回目、3回目、平均の全ての項目において音楽を流さなかったときよりも音楽を流したときの方が計算速度が上昇していることが分かる。また、音楽を流していないときは回数を重ねていくごとに計算速度が上昇しているが、音楽を流したときは段々と計算速度が下降していくことが分かる。

## 5 今後の課題とまとめ

今回の実験では、実験できる期間が短く、実験回数も少なかったため、精度の高いデータを得られなかった。また、作業効率を作業速度の観点からしか着目できなかった。今後の課題として、より精度の高いデータを得るために被験者の数を増やしたり、クレペリン検査の正答率に着目して実験を行ったりして、音楽と作業効率の関係性について理解を深めていきたい。

## 謝辞

今回の実験に協力してくださった生徒の皆様、並びに楽曲制作や実験を行う環境を整えていただいた先生方、誠にありがとうございました。今後ともよろしくお願ひ申し上げます。

## 参考文献

- ・「音響刺激による集中性効果と時間の過小評価について」池田妙子  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjpsy1926/63/3/63\\_3\\_157/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjpsy1926/63/3/63_3_157/_pdf)
- ・「モーツァルト音楽による快適性の脳波変動への影響」九州大学大学院人間環境学府  
[https://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac\\_download\\_md/1518346/pp003.pdf](https://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac_download_md/1518346/pp003.pdf)
- ・「モーツァルトの交響曲第1番 - 音楽理論 ざっくり解説」 music.agliukov.net  
<https://www.mie238f.com/entry/2017/09/09/133535>
- ・ぐっすり眠れる  $\alpha$  波 ~ クラシック ピアノ・ベスト2 - ハイレゾ音源配信サイト【e-onkyo music】 <https://www.e-onkyo.com/music/album/gnc002/>

# 宇和島クレヨンをつくろう

1年1組 西原 万悳

1年2組 川上 陽菜

1年2組 田原 里南

1年2組 大内 優

1年3組 佐藤千奈津

指導者 井上 淳一

## 1 課題設定の理由

宇和島市の特産品であるみかんが摘果されることを知り、食べられないみかんをなんとか有効利用できないかと考えた。摘果されたみかんの多くは自家消費(家で食べる)するがそれでも余ってしまうので土に混ぜて肥料にされる。別の利用方法を考えたところ、25班はみかんを顔料にしてクレヨンを作ろうと考えた。今回は顔料に着目して研究を行った。

## 2 仮説

顔料を作る実験の前にカドミウムオレンジ顔料を使用してみつろうと顔料のクレヨンを作成して最適な比率を調べた。この調査を通じてみつろうと顔料の比率が3:1のクレヨンが最も色付きが良く耐久性も備えていることが分かった。そのため今回のクレヨン制作においてみつろうと顔料の比率はすべて3:1になっている。

調べたところ顔料に用いられる粒子径は300nm(0.0003mm)が適当であることが分かった。水分がある状態では細かくできない(水で皮がべたついてしまうため粉末になるまで分離しない)ため乾燥させた後に細かくすれば粉末化できると考えた。

## 3 研究の方法

### (1) クレヨンの制作

みつろう6gを電子レンジで溶かし、そこに顔料2gを混ぜ、クレヨンを作成した。この顔料は以下の3つの方法で作成した。乾燥したみかんを粉砕する方法は乳鉢、ミキサーで行った。

#### ア 乾燥・粉砕の方法

##### ① 天日干し

薄く切ったみかんを風通しの良い場所で日光に当て一週間置いておく。この際、夜間時は取り込む。

##### ② 冷蔵乾燥

冷蔵庫に入れ一週間保存する。乳鉢で粉砕した。

##### ③ 冷凍乾燥+電子レンジ

冷凍庫に入れ一週間保存した後、ミキサーで粉砕する。その後電子レンジで600W×1分を5セット行う。

### (2) 制作したクレヨンの調査

ア 色の付き具合・描き心地を調べる。

イ 匂いを調べる。

ウ 見た目の比較

## 4 結果と考察

(1) ①ではみかんの皮が黒くなり、クレヨンの色に影響が出ると考え、クレヨンは作らなかつ

た。また、実の部分は水分が多く含まれていたため、完全に乾燥させることが難しいと考えた。よって、②では、皮の部分のみを使用することにした。②の冷凍乾燥させたみかんは①よりも乾燥しており、匂いも残っていたが乳鉢で磨り潰した際に凍っていた水分が溶けだし皮が乳鉢に張り付いてしまったために粉末化を諦めた。③では粉末化することは達成できたが、双眼実体顕微鏡で大きさを測ったところ 300nm 以下にはならなかった。(図1)また③の顔料を使用してみつろうと混ぜた。(図2)作った試作品は顔料とみつろうが混ざり合わず分離してしまっていた。

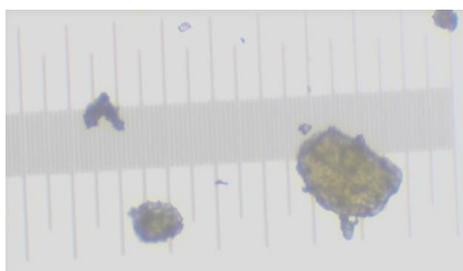


図1 粉末の大きさ



図2 試作品

- (2) ア 薄く色付いたがクレヨンように濃く色がつかずクレヨンとしての機能は果たせなかった。描き心地は滑らかだった。  
イ 匂い…みかんの匂いはせず、みつろうの匂いしかなかった。  
ウ 見た目…みかんの粉末が沈殿する形になっており、みつろうとみかんの粉末とで分離している状態だった(図2)。

## 5 今後の課題とまとめ

今回、みかんを使用して、ある程度までは乾燥させたみかんを粉末状にすることができた。しかしその顔料を使用してクレヨンを作ったところ色が薄い、もしくはつかなかった。また、みかんの香りがしないなどの課題も見つけることができた。色が薄いことに関してはみかんとみつろうが分離せずに混ざり合う、つまり今以上に細かく粉末化する必要があると感じた。すり鉢では限界があるため次は機械を使用して粉末化する必要がある。匂いに関してはみつろうの匂いが強く出てしまった。今後の研究では匂いについても試していきたい。

## 謝辞

本研究をするにあたって尽力していただいた元気本舗さんにこの場を借りて感謝申し上げます。

## 参考文献

- ・クレヨンができるまで <https://crayon.mizuiroinc.com/process>

# 河内晩柑の酸味で減塩する

1年2組 豊田 心花 1年2組 高山 夏歩 1年3組 宇都宮育美  
1年3組 白石 萌恵 1年3組 中尾 杏  
指導者 川端 恵美

## 1 課題設定の理由

塩分は食のうま味を引き立てるが、取りすぎると身体に悪影響を及ぼすことがある。また、世界保健機構[WHO](2020)によると世界基準 5.0g/日に比べて、日本人の食塩平均摂取量は男性が 11.0g/日、女性が 9.3g/日となっており、上回っている。そこで、地元のみかんの果汁を使って減塩する実験を行う。最適な塩分濃度を見付けることで、食塩摂取量を控えた健康的かつおいしく楽しい食事になると考えてこの課題を設定した。

## 2 仮説

先行研究「食酢希釈液と食塩水溶液閾値および食塩の共存が閾値に及ぼす影響」(日本調理科学会誌)により、食酢の酸味は塩味を上昇させることが判明している。特にリンゴ酢は米酢などと比べて塩味をより感じやすいことが分かっている。そこで、愛媛県の特産品である柑橘の酸味を利用することで、味のバランスを崩さずに塩味を強くし、減塩につなげることができると仮説を立てた。

## 3 実験方法

試料 水、塩、河内晩柑果汁(濃度 100%)

- 濃度が 0.30%、0.50%、1.00%、1.50%、2.00%の食塩水を比較用に用意し、それぞれ官能評価で判断する。比較用の食塩水を用意し、濃度が 0.30%を官能評価 1、0.50%を官能評価 2、1.00%を官能評価 3、1.50%を官能評価 4、2.00%を官能評価 5 とする。
- 塩分濃度が 0.50%、1.00%の食塩水に、それぞれ河内晩柑果汁を全体の濃度が 5.00%、10.00%、15.00%、20.00%になるように加える。
- (1)と(2)を官能評価する。

※ 官能評価とは、人間の感覚を用いて製品の品質を判定する検査であり、人間の感覚特性を研究するために行われる。

## 4 結果と考察

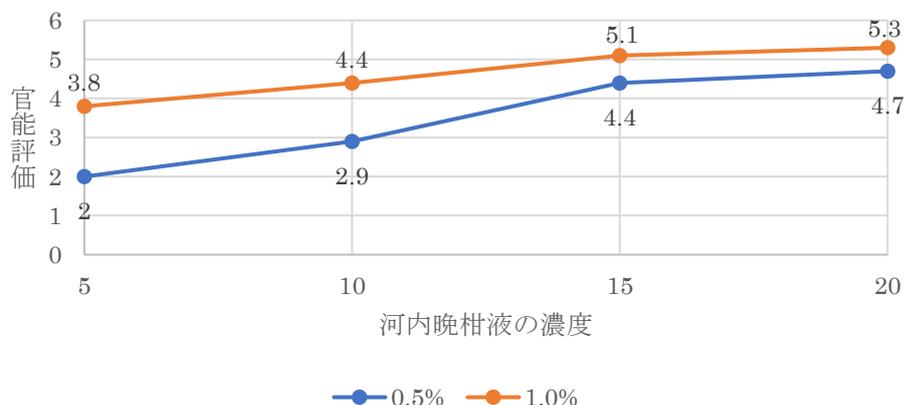


図 1

塩分濃度が 0.5%、1.0%どちらの場合でも河内晩柑液を入れると塩味が増して感じた。また、河内晩柑液の濃度を上げるほど塩味を強く感じた（図 1）。

10%、20%のときは味のバランスが整っていた。このことから、10%、20%の河内晩柑液を料理に入れると減塩できるのではないかと考える。

## 5 今後の課題とまとめ

実験により、河内晩柑を使うと塩分濃度 10%、20%が適している。今後の展望として、実際に 10%、20%の河内晩柑液を料理に入れ、料理の味を損なうことなく塩味を増すことができるかを確認したい。また、河内晩柑以外の柑橘類でも実験を行い、最適な塩分濃度になる柑橘を比較していきたい。

## 参考文献

- [1] 食酢希釈液と食塩水溶液の閾値および食酢と食塩の共存が閾値に及ぼす影響（2009 年、日本調理科学会誌）

# 言葉による心理への影響

## ～ごみ投棄問題の解決策を考察し宇和島市の景観を守る～

1年4組 水野 すず 1年4組 谷口 理名 1年3組 細島 優  
1年4組 福島 隼人 1年4組 戎 菜々子 1年3組 井上 南海  
指導者 川端 恵美

### 1 課題設定の理由

宇和島市のごみ処理は市役所が管理し、地域のボランティアでも清掃活動を行っている。しかし、道路や人目に付かない場所などではごみが放置されてある場所があり、大きなものでは川に発砲スチロールが投棄されているものもあった。ごみ処理に関する整備はなされているのに、ごみの投棄があるということは、人々の心理状態に問題があるということになるだろう。そこで、宇和島市内の特定の場所において、ごみを投棄する人の心理に訴えかけるための効果的な方法を検証し、解決策を模索することにより宇和島市の景観を守ることに貢献できると考えてこの課題を設定した。

### 2 仮説

論文「優秀ポスターを構成するデザイン要素の研究」によると、言葉によって心理への影響は異なるという。そこで、ポスターの文言を二つの場合に分けて検証を行った。一つは禁止や指摘の言葉、もう一つは感謝の言葉である。「互恵性規範」により、謝辞の方がごみを持ち帰ろうという気持ちになり、ごみの総数が減少すると考える。

### 3 ポスター作製と検証

#### (1) ポスター作成

ア ポスターの条件：文字数：24字、フォント UD デジタル教科書体 NK-B  
背景色：白色、文字色：青色  
大きさ：A2サイズ

UD書体とは、ユニバーサルデザインフォントのことであり、教科書体は学校教育において弱視や読み書き障がいなどの文字を読むことが困難な子どもにとって読みやすい書体として設計されたものである。これを用いることによって、通行している自転車や自動車などの遠くからでも見やすい表記になるようにした。

文字色は、心を落ち着かせる効果があり、集中力や記憶力が上がると言われている青色で統一した。また、青色は視認性を高めることで書いてあるものが自然と目に入ってくるという。

イ 検証場所：元結掛口バス停留所の待合所

#### (2) ごみ拾い

検証を行う前にごみを拾い、何もない状態から一週間毎のごみの増減を調べた。初日のごみ合計は約152個であり、その8割がたばこの吸い殻であった。

ア ポスターAでの検証

ポスターA(写真1)「ゴミを捨てている人がいます ゴミは持ち帰りましょう」という指示の言葉で検証した。期間は10月16日から12月2日の47日間設置した。



写真1 「指示」

#### イ ポスターBでの検証

ポスターB(写真2)は「いつもきれいに利用していただきありがとうございます」という謝辞で検証した。期間12月9日から2月3日の57日間設置した。



写真2 「謝辞」

## 4 結果と考察

一週間毎のごみの増減(図1)の結果の通り、ポスターAを設置していた期間(10月16日~12月2日)のごみの総数は7個、ポスターBを設置していた期間(12月9日から2月3日)のごみの総数は9個であり、ごみの総数に大きな変化は見られなかった。ごみの種類としては、空き缶やナイロン袋のごみは無くなったが、たばこの吸い殻のごみは減少することはなかった。

空き缶ごみの減少の理由は、季節が秋から冬と変化して水分摂取をさほど必要としなかったからということも考えられる。ポスターを見て持ち帰ったりごみ箱に適切に捨てたりしたからかもしれない。

また、たばこの吸い殻ごみは喫煙する時間が夜間で、ポスターの見えにくい夜間だったのではないかと考察する。

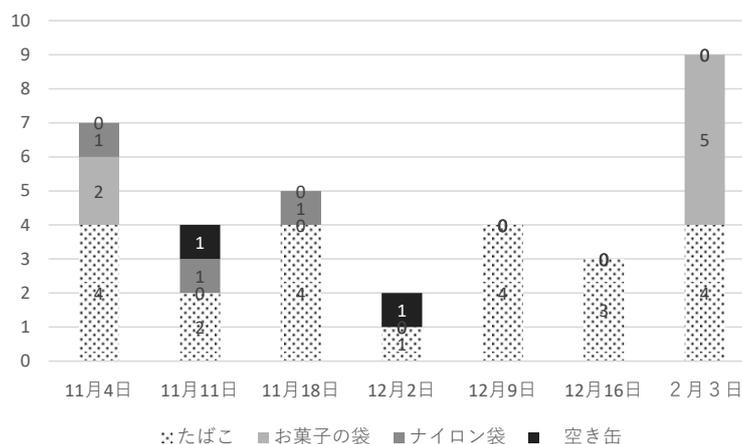


図1 一週間毎のごみの増減

## 5 今後の課題とまとめ

今回は呼び掛ける言葉に焦点を絞って研究を行ったが、人間の心理に訴えるのは言葉以外にも様々な要因がある。例えば、設置場所(高さ)やポスターの大きさ、挿絵などのポスターに関する条件や、待合所のきれいさや人目の有無などの周囲の環境条件だ。

また、ごみの投棄は昼夜問わず行われるという可能性を考えて、夜でもポスターが見えるように文字色などを工夫する必要がある。また、ごみが地域の方々によって回収されていた場合が考えられるので、地域の方々と連携を取って検証をする。さらに、ポスター以外にもポイ捨てを無くする取組として捨てたくなるごみ箱の設置などがある。これらから効果的な方法を組み合わせることも考えていきたい。

今回は不特定多数の人を対象にして研究を行ったので確実な考察を行うことができなかった。逐一観察可能な校内での検証を行い、それらを参考にして校外・宇和島市内に展開していきたい。

## 参考文献

- [1] 「送り手との互惠性規範の形成による社会的迷惑行為の抑制効果:情報源の明確な感謝メッセージに着目して」(油尾聡子:名古屋大学大学院教育発達科学研究科・日本学術振興会、吉田俊和:名古屋大学大学院教育発達科学研究科)(社会心理学研究 第28巻第1号2012年)
- [2] 「見えざる人の存在を想起させる仕掛けによるポイ捨て抑止実験」(山根大路、松村 真宏:大阪大学経済学部・大阪大学大学院経済学研究科)
- [3] 優秀ポスターを構成するデザイン要素の研究(日本デザイン学会研究発表大会概要集:J-STAGE)

## 令和3年度 SSH研究成果報告会（2期目第4年次）研究テーマ一覧

リージョナルサイエンスII（RSII）

対象生徒：理数科・普通科2年（79名）

講座	班番号	担当教員	研究タイトル	ページ
A 基礎理工講座	1	浦辻	段ボールの構造による防音効果	69
	2	岩村	降水確率何パーセントから傘を持っていくべきか	73
	3	浦辻	船体運動におけるウルトラファインバブルの効果	77
	4	田中善	Pythonを用いたセオトマトンのよる避難時交差点シミュレーション	81
	5	中村	模型を使った流水予想	85
	6	藤田	みかん果皮の応用による再生繊維の簡易製法	89
B 生命環境講座	7	林	線虫の生態	93
	8	芝	栄養価の高いコオロギ餌の検討	97
	9	芝	宇和島市におけるアザミウマの生態調査	101
	10	窪地	魚粉を用いた芝の緑化研究	105
	11	林	成長速度を通じたトキワバイカツツジの成長過程の推定—根回りと胸高直径からの考察—	109
	12	中尾	じんでんがわ 神田川の水質と生物II	113
C 総合科学講座	13	藤田	キウイフルーツを用いての消臭スプレーの開発	117
	14	窪地	油によるマイクロプラスチックの回収の最良条件	121
	15	清川	宇和島湾における鉄炭団子使用の検討	125
	16	清川	三間町の田んぼ環境調査	129
	17	谷田	魚の未利用部位を使って商品開発	133
	18	長瀧	ビジョントレーニングにおける眼筋運動と認知速度の関係	137

# 段ボールの構造による防音効果

2年4組 濱田 妃夏 2年4組 高田 千聡  
2年3組 笹岡 美 2年3組 土居 琴葉  
指導者 浦辻 規幸

## 1 課題設定の理由

現在、避難所ではベッドやパーテーションの代用として安価で防音性を持つ段ボールが使用されている。復興庁の資料<sup>[1]</sup>によると、阪神淡路大震災では最長7か月、東日本大震災では最長3か月という期間を避難所で過ごしている。しかし、話し声やいびき、足音などの騒音トラブルが避難所生活において課題である<sup>[2]</sup>。そこで段ボール内の構造について、防音効果や強度の比較・検討を行い、新たな段ボールの開発を目指す。

## 2 仮説

日本音響材料協会によると壁や板材には質量則と呼ばれる「質量密度の大きいと防音性に長ける」性質がある<sup>[3]</sup>一方で、「一重壁構造ではないと質量則から外れる」<sup>[3]</sup>とある。そこで、物体の密度を一定にしたうえで構造を密にすると防音性が高まると仮説を立てた。

## 3 方法

### (1) 内部構造 (図1) の材料

段ボールの内部構造において、実際の段ボールに近く、現実的に扱うことができる素材を使用した。作成した段ボール1枚における使用した素材は以下の通りである。

段ボールの断面図

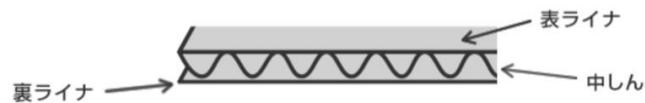


図1 段ボールの構造<sup>[4]</sup>

- ・表ライナ ; 黄ボール紙 厚さ 0.7mm 547×397
- ・裏ライナ ; 黄ボール紙 厚さ 0.7mm 547×397
- ・中芯 ; 印字<sup>※1</sup>済み更紙 8枚
- ・接着剤 ; 両面テープ ; 木工用ボンド

※1 更紙はSDGsの観点から再利用を想定し、印字されたものを使用

### (2) 中芯の異なる段ボールの作成

7種類の中芯が異なる段ボールを作成した。なお、段ボールの厚みは全て13mmとした。

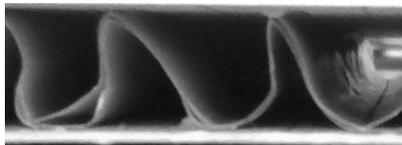


図2 ①波型 (従来型、二重)

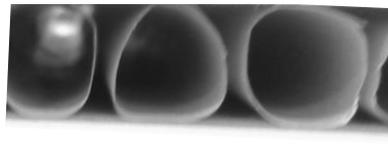


図3 丸型

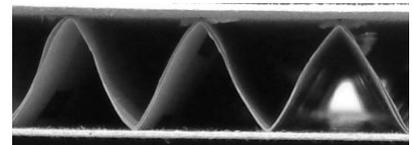


図4 三角型 (二重)

#### ア 断面の内部構造を変化させた構造

表ライナ・裏ライナと中芯による遮音を想定し、従来型とその断面の内部構造のみを変化させたもので作成を行った。

##### ① 波型 (従来型、二重) (図2)

従来の段ボールと同じ構造で中芯を波形にした。なお、波の1波長分は1.5cmで作成を行った。なお、一重では自重で潰れ、安定しなかったため、中芯に使う更紙8枚の条件内で二重とした。

##### ② 丸型 (図3)

丸型は弾性に富むことと、場所によって表ライナ・裏ライナの間に空気の層が2つできるため、作成した。更紙を筒状にした直径1.3cmの円柱を作成し、内部構造を作成した。このとき筒と筒の間は距離を置かず接した形で作成を行った。

③ 三角型（二重）（**図4**）

トラス構造であるため作成した。このとき、中芯に使う更紙8枚の条件内で二重とした。更紙を筒状にした一辺1.6cmの三角柱を作成し、内部構造を作成した。このとき筒と筒の間は距離を置かず接した形で作成を行った。

イ ラーメン構造+緩衝材（緩衝材で音を減衰）

表ライナ・裏ライナと中芯による遮音に加え、緩衝材による吸音を想定し内部構造を作成した。質量密度を変えず緩衝材を用いるため、強度の面においては少ない質量密度においても頑強さが得られる内部構造が必要である。本研究では建築使われるラーメン構造を使用することとした。なお、緩衝材はシュレッダーで裁断したもの（縦2.7cm×横0.2cm、シュレッダーで裁断）を封入した。（**図5**）



**図5** 緩衝材の封入

④ 三角+緩衝材型

更紙を4枚使用し、筒状にした一辺1.6cmの三角柱を作成し、内部構造を作成した。残りの4枚を緩衝材とし、空洞部分に加えた。

⑤ ラーメン構造+緩衝材（縦型）

0.95cmの間隔でボール紙と垂直になるように更紙を置く。その間に緩衝材を加え、内部構造を作成した。

⑥ ラーメン構造+緩衝材（横9cm型）

一辺9.0cmの正方形の枠を作成し、ボール紙の上に敷き詰め、その間に緩衝材を加え、内部構造を作成した。

⑦ ラーメン構造+緩衝材（横4.5cm型）

一辺4.5cmの正方形の枠を作成し、ボール紙の上に敷き詰め、その間に緩衝材を加え、内部構造を作成した。

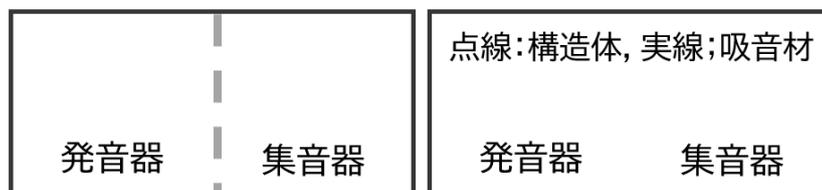
(3) 実験① 防音効果の検証

段ボールの内部構造をそれぞれ変えて板を作り、作った板の防音性能を検証する。発音機の音のみをどれだけ減らせるかを調べるために**図6**のように吸音材で密閉し、段ボールによって減衰した音圧[dB]を調査する。なお、段ボール有り（**図7**左）の音圧から無し（**図7**右）の音圧を減算し傾向を比較した。また周囲の影響を避け吸音材で密閉し、防音性の高い宇和島東高校放送室で実施した。

発音器； Sony パーソナルオーディオシステム SRS-X11

集音器； 騒音計アプリケーション「Sonic Tools」

周波数； 100Hz、200Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz<sup>[5]</sup>

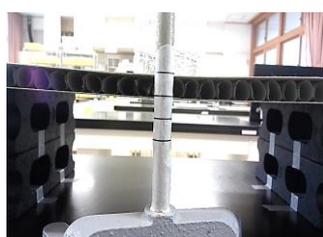


**図6** 吸音材

**図7** 測定装置模式図（左；段ボール有り 右；段ボール無し）

(4) 実験② 作成した段ボールの頑丈さの検証

ブロック（20cm×10cm×5cm）の上に両端を設置した段ボールの中心が1.3、2.6、3.9cm沈んだ（**図8**）際のおもりの質量を測定した。なお、おもりは水入りペットボトルの水を注ぐことでシームレスに測定を行った。（**図9**）



**図8** 段ボールの沈み



**図9** おもりの増量

## 4 結果

### (1) 実験① 内部構造による防音効果 (周波数特性)

図10に結果を示した。

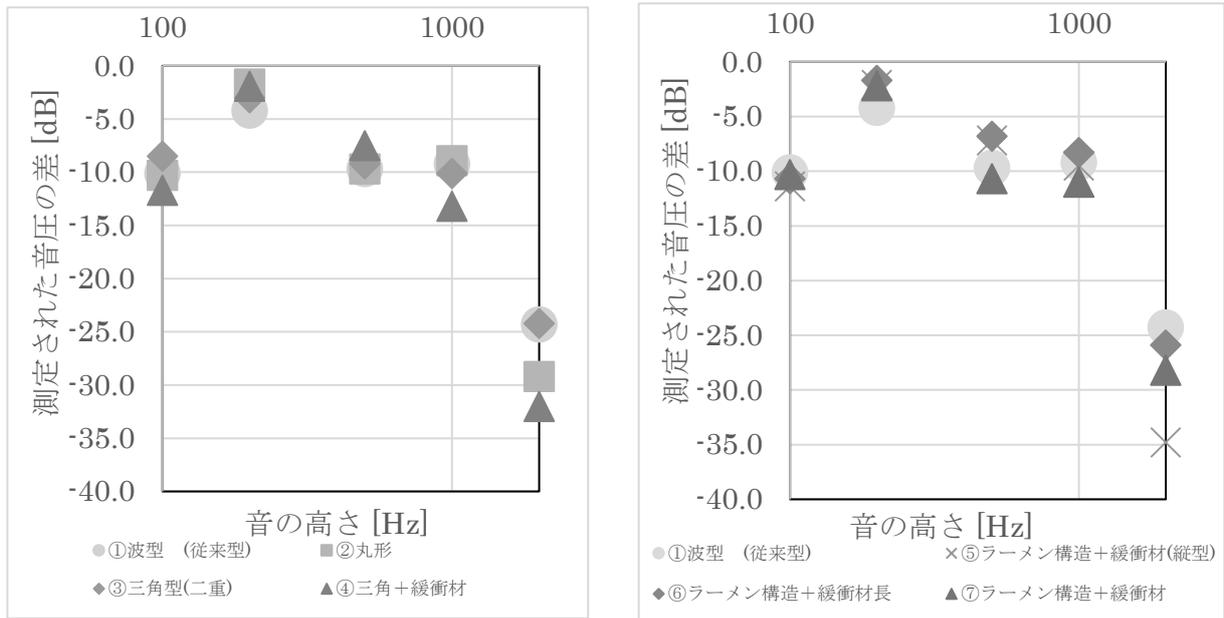


図10 各段ボールに対する音の高さと防音効果の関係

(左；断面のみ変更、右；ラーメン構造+緩衝材と従来型との比較)

高音の2000Hzで④は従来型の1.3倍の防音効果が得られた。また、⑤は従来型の1.4倍の防音効果が得られた。

### (2) 実験② 内部構造による強度の比較

図11に結果を示した。

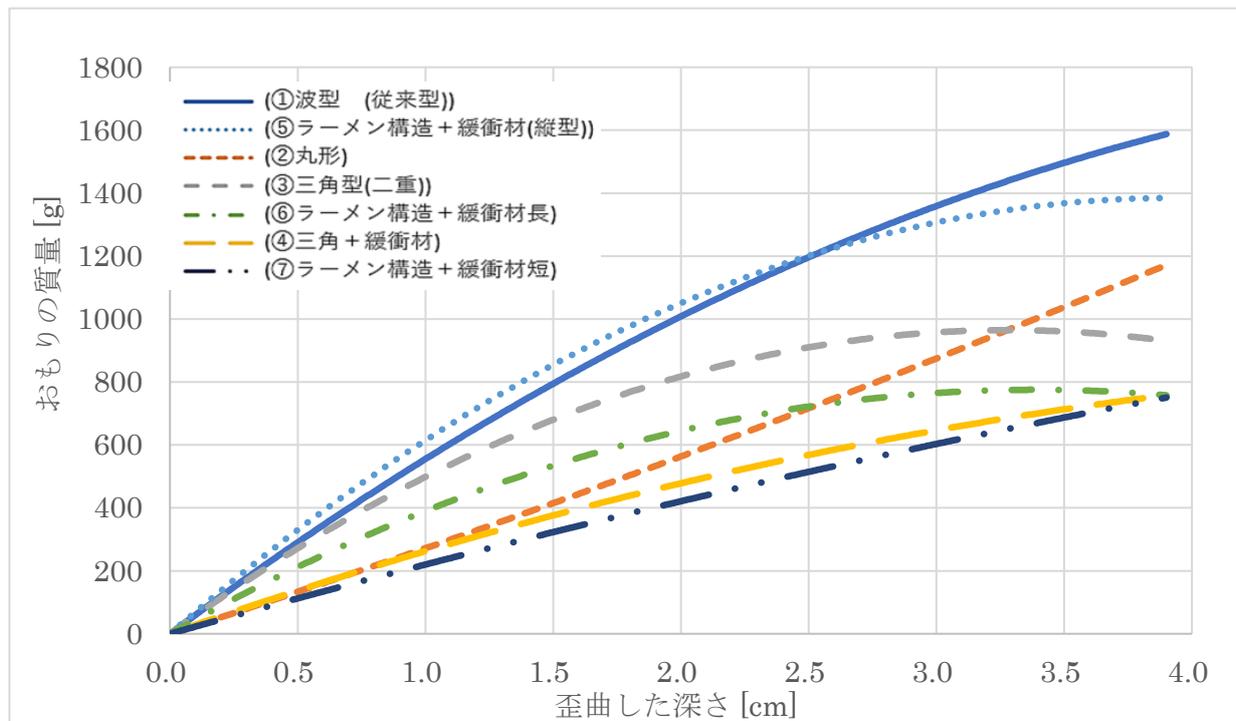


図11 各段ボールにおける上からのおもりに対する強度の比較

⑤は従来型と大きく変わらない結果が得られた。一方で、④は従来型に比べ強度が小さい傾向がある。

## 5 考察

### (1) 実験① 内部構造による防音効果（周波数特性）

- ア 1000 Hzまではあまり差は見られないことについて  
低周波数において表ライナ・裏ライナ、その間にある空気によって十分遮音され減衰された可能性がある。
- イ 2000Hz のとき、緩衝材を含む内部構造がより減衰されたことについて  
高周波数においては緩衝材が音圧を減衰した可能性がある。

### (2) 実験② 内部構造による強度の比較

- ア ダンボールを支える内部構造の密度の低い⑥や⑦が弱く、密度の高い①や⑤が強いことについて  
表ライナや裏ライナとの中芯の接地が強度に関係あることが考えられるため、**図 1 2**にその関係を示した。

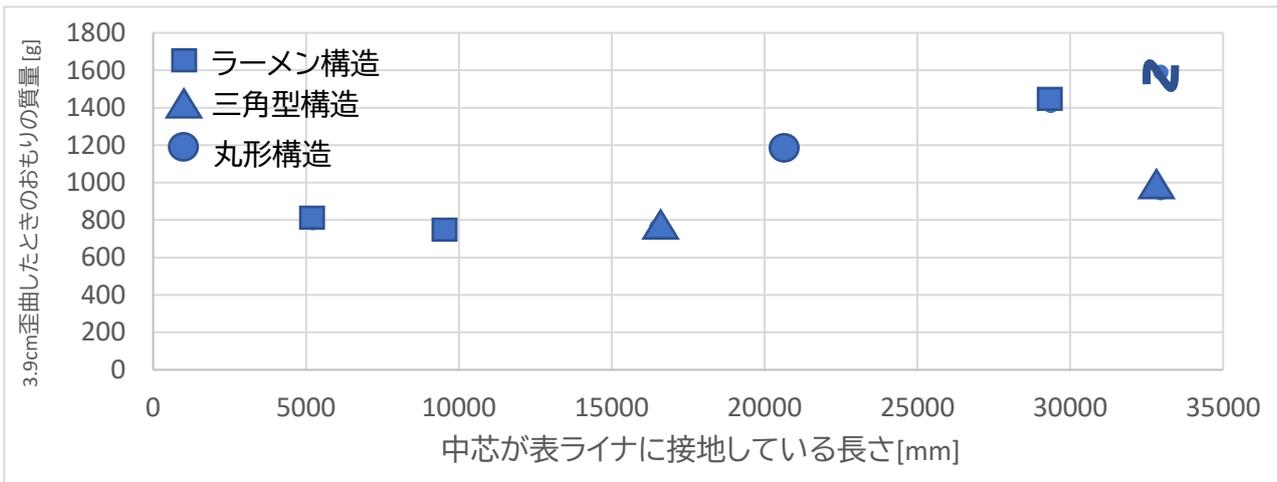


図 1 2 中芯が表ライナと接地した長さとの関係

ラーメン構造を除くと表ライナと中芯の接地が強度と関係あることを示唆される結果が得られた。このことより、ラーメン構造が段ボールにおいて強度が大きくなる性質があることが考えられる。

## 6 まとめと今後の課題

縦型ラーメン構造＋緩衝材の段ボールは強度が強く防音効果が高いことが本研究によって分かった。

今後においては、従来型に劣る強度の向上を図ることと、実際に体育館で実験することが課題である。これらを通して最も良い段ボールの開発を目指す

## 謝辞

実験に際して、快く放送室を貸していただいた宇和島東高校放送部の皆様に感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 「【避難所の推移】東日本大震災、阪神・淡路大震災及び中越地震の比較について」  
<https://www.reconstruction.go.jp/topics/hikaku2.pdf>
- [2] 「大震災に備える工務店のための知恵袋（その3）避難所が抱える問題」SAREX | 住環境価値向上事業協同組合  
[http://www.sarex.or.jp/chie/chiebukuro\\_3.pdf](http://www.sarex.or.jp/chie/chiebukuro_3.pdf)
- [3] 「3. 「Q&A」について」一般社団法人 日本音響材料協会  
[http://www.onzai.or.jp/pdf/new/gijutsu201306\\_3.pdf](http://www.onzai.or.jp/pdf/new/gijutsu201306_3.pdf)
- [4] 「段ボールの基礎知識」株式会社八千代パッケージ  
<http://www.yachiyo-pkg.com/contents/base.html>
- [5] 「Test Tone」 Sonic Electronix  
[https://www.youtube.com/playlist?list=PLzFvCAflq7a2SIBfDhpCytJ4RHVb\\_KLY](https://www.youtube.com/playlist?list=PLzFvCAflq7a2SIBfDhpCytJ4RHVb_KLY)

# 降水確率何パーセントから傘を持っていくべきか

2年4組 越智 康太 2年4組 土居 茂樹

2年4組 濱田 黎大 2年4組 三瀬 直隆

指導者 岩村 崇

## 1 課題設定の理由

現代では、天気予報という技術が発達している。アメダスなどの100年前には考えられなかった画期的な方法で私たちは明日の、あるいは明後日の天気を予想し、そのよその予想によってもたらされたその恩恵を日々、享受している。もはや私たち現代人の日常生活の中で天気予報は欠かせないものとなっているのではないだろうか。私たちは普段、降水確率をテレビなどで確認した後、傘があるかどうかを直感的に判断することが少なくないと思う。また、人によって何パーセントから傘をもっていくべきかという判断の基準は異なる。そこで、天気予報で示された降水確率に比べ、実際にどれだけの確率で雨が降ったのか調べ、直感ではなくデータに基づいた判断基準を考察してみたいと思い、この課題を設定した。

## 2 仮説

降水確率 50 パーセント以上から傘を持っていくべきである。

## 3 研究の方法

降水確率の定義は、予報区内で、一定時間内に1mm以上の雨や雪が降る確率のことである。

前提として、実際に1時間で1mm以上の降水があった割合が50パーセント以上あった時の降水確率を、傘を持っていくべき降水確率とし、6時間ごとに1つの区間とする。(例：降水確率が60パーセントの区間が10個あり、そのうちの半分以上の割合で1mm以上の降水があった場合、60パーセントは、傘を持っていくべき降水確率である)

また、インターネット上で既に一年を通しての計算結果が出ていたため、3月から5月までを春、6月から8月までを夏、9月から11月までを秋、12月、1月、2月を冬として、季節ごとに計算することにした。そして、過去の天気予報のデータは東京都(図1)のもののみ、過去の天気予報のデータは2006年以降のもののみ存在したため、私たちは東京都の2006年以降のデータを統計・分析することにした。

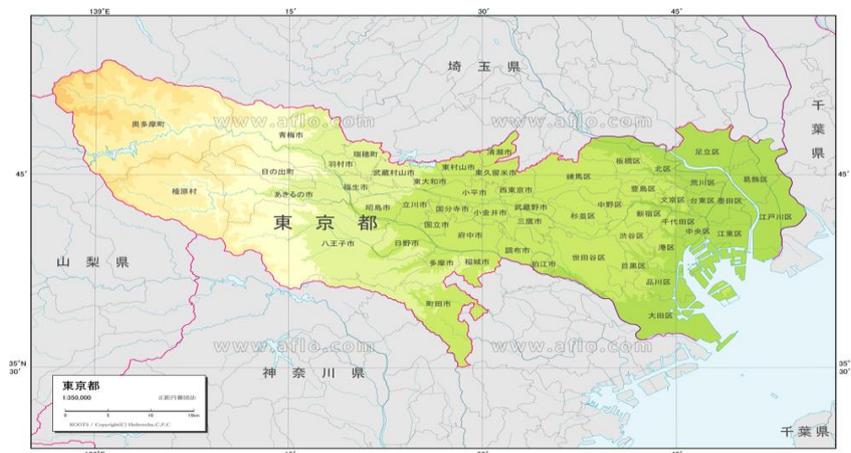


図1 東京都

まず、実際に1時間で1mm以上の降水があった区間を調べる。その際、月ごとの降水を調べ、エクセルにまとめ、1mm以上の降水があった日を抽出する。次に、抽出したデータをもとに、実際に降水があった区間の降水確率を調べ、確率ごとに分ける。そして、すべての降水確率を調べ、区間ごとに分ける。最後に、降水があったときの降水確率の、確率ごとの個数を、全体の降水確率の、確率ごとの個数でそれぞれ割って、割合を求める。

ここで、本研究では以下の数値を定義する。

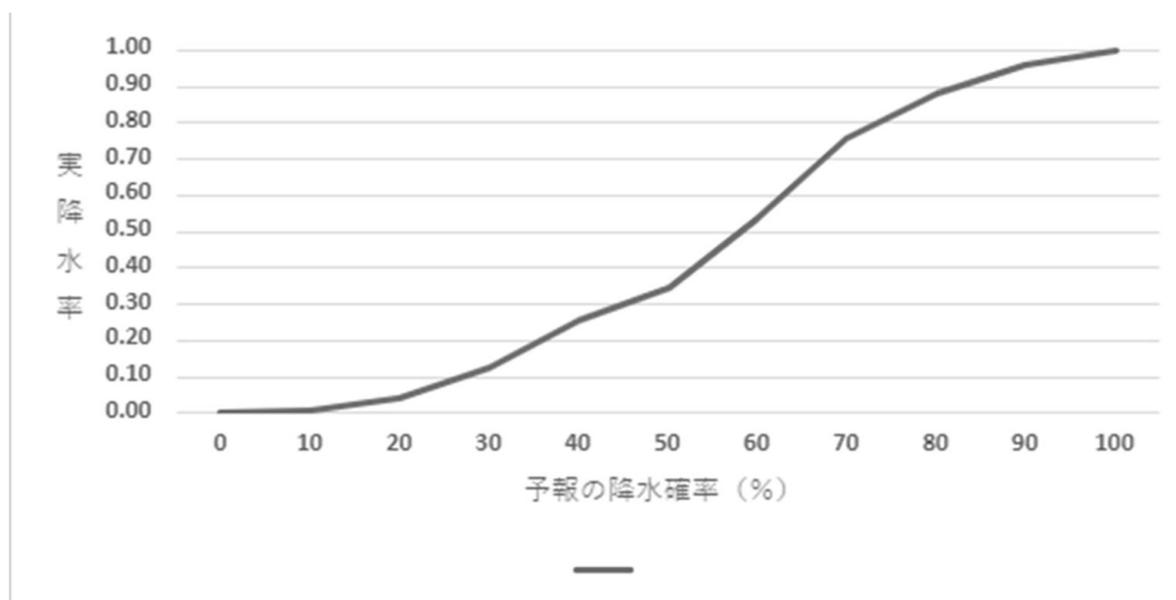
$$\text{実降水率} = (\text{予報の降水確率ごとの降水のあった区間数}) / (\text{降水確率の出現回数})$$

#### 4 結果と考察

表1 実降水確率

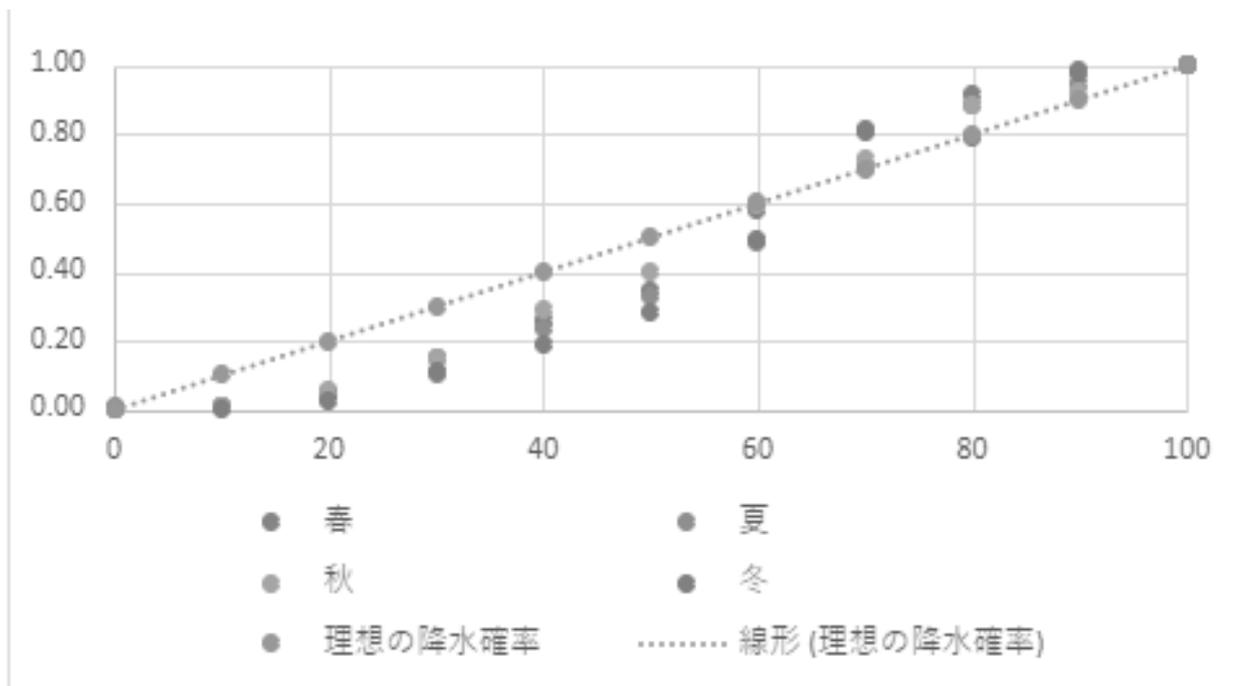
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
春	0.00	0.00	0.04	0.15	0.26	0.34	0.58	0.82	0.92	0.99	1.00
夏	0.01	0.01	0.04	0.10	0.24	0.33	0.49	0.71	0.89	0.95	1.00
秋	0.00	0.01	0.05	0.15	0.29	0.40	0.60	0.73	0.88	0.93	1.00
冬	0.00	0.00	0.03	0.11	0.19	0.28	0.49	0.80	0.79	0.98	1.00

上の表では、実降水率が0.50を下回った区間を白字、0.50を上回った区間を黒字に着色した。私たちの前提に基づくと、黒字に着色した区間で傘を持っていくべきであるということになる。上の表は降水確率ごとの実降水率を示している。この表から、降水確率が50パーセント以下



グラフ1 合計の実降水率

のとき、すべての季節で40パーセント以下になっていることがわかる。また、降水確率が60パーセントのとき、春と秋では60パーセント近い割合になっているのに対して、夏と冬では50パーセントを下回っていることがわかる。



グラフ2 季節ごとの実降水率

上のグラフから予報の降水確率が低確率の時には、実際の降水確率は理想の値よりも低く、逆に予報の降水確率が高確率のときには、理想の値よりも高く出ることがわかる。このことから、低確率時は予報の値よりも降水のある確率は低くなるため傘をもっていく必要性は低くなるといえ、高確率時は、予報よりも、傘を持っていく必要性は高くなるといえる。

また、低確率時に冬の実降水率と予報の乖離度が、その他の季節と比べ大きくなっている。このことから、冬で低確率の時は他の季節と比べて傘を持っていく必要性は低くなると考えられる。逆に春の高確率時は他の季節と比べて実降水確率が高くなっているため、傘を持っていく必要性は高くなると考えられる。

春に天気予報の降水確率と実降水確率との差が大きくなった要因として考えられるのは、春は冬から夏に向かう気象の不安定な季節であり、日本付近の風は、春に冬の北寄りの風から夏の南寄りの風へと切り替わっていくために、天気不安定になり、急変することが多いため天気予報の降水確率と実降水率に大きな差が生じたと考えられる。

春と同様に秋も気団の勢力の変化があり、風向きが変化するため、気性が不安定であり、それに加えて秋雨前線の停滞や台風などの接近による天気の急変も考えられるため、天気予報の降水確率と実降水率に大きな差が生じたと考えられる。

## 5 今後の課題とまとめ

この研究では季節ごとの降水確率の精度に着目して研究を進めた。春、夏、秋、冬という四つの季節ごとにすべてのデータをまとめ、降水確率の的中率を計算したため、一年ごとの天気予報の的中率の変化などを調べることはできなかった。

そして今回は四季を単純に三か月ごとに分けたが、春分の日からを春、秋分の日からを秋とする、というようにもっと気候に即して季節を分けるほうが望ましかった。

また、今回は東京都の結果しか調べることができなかった。今回の結果と同じ結果がほかの地域でも出るのか、または地理的状況によって降水確率は変化するのか調査していきたい。そして、季節ごとに実降水率と予報の降水率の乖離度に違いがみられた理由についての考察を行っていないため、それを今後考えていく必要がある。

また、今回は自分たちの主観によって仮定したため、異なる世代に対してこの研究で出たデータを見てもらったうえで、降水確率何パーセントから傘を持っていくかを問うアンケートを行うことで、より多くの人にとって意味のある研究にしていきたい。

## 6 参考資料

- [1] 気象庁 Japan Meteorological Agency ([jma.go.jp](http://jma.go.jp))
- [2] 東京地方 過去の天気予報・降水確率 ([pe-sawaki.com](http://pe-sawaki.com))

# 船体運動におけるウルトラファインバブルの効果

2年3組 嘉新 遥陽 福鹿 涼輝  
2年4組 仁尾 恵輔 矢野 愛信  
指導者 浦辻 規幸

## 1 背景・目的

ウルトラファインバブル(UFB)とは、1マイクロメートル(=1/1000ミリメートル)以下のナノメートル単位の極小サイズの泡であり、ウルトラファインバブルの含まれた水と通常の水を肉眼で見分けることはできない。このことを前提に話を進めていく。

佐藤ら(1997)より、マイクロバブルを用いることで、摩擦を低減することが分かっている。この時、マイクロバブルは、発生装置を、船底から放出していた。そこでマイクロバブルよりもさらに、泡のサイズが小さいウルトラファインバブルを用い、また、船底からではなく、事前に放出しておくことで船底から放出する際の反作用の影響を除き、どのような結果が得られるかを調べ、より少ないエネルギーでより速く、船舶を駆動させSDGsの項目のうちの、7番と、13番の達成の一助とすることを目標に、この課題を設定した。



図1 SDGsの目標(左;7番、右;13番)

## 2 仮説

船が水面上を進むとき、つまり、船体運動を行うとき、当然のように船底と水面の間に摩擦が生じる。また、船が大型化するほど、水面と触れる面積が増えるため、摩擦力が大きくなり、運動をするのに必要なエネルギーが多くなる。そこで、船底と水面との間に気泡を存在させてはどうか、また、このとき、用いるのがウルトラファインバブルのような極小サイズの気泡であれば、船底の一定面積当たりに触れる泡の個数やそれによって生まれる液体の触れていない空間が増える(図2)ことになり、二者間に生じる摩擦を低減し、より効率的かつより速く動かすことができるのではないかと仮定した。

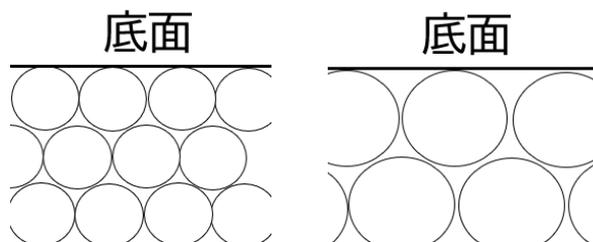


図2 泡の大きさによる船底の違い

## 3 方法

### (1) 実験装置

図3、図4の実験装置の設計図で実験を行う。なお、ウルトラファインバブル発生装置と船体速度測定装置はア、イに示すとおりである。

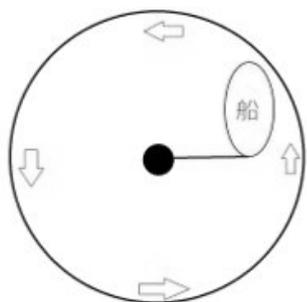


図3 設計図(俯瞰)

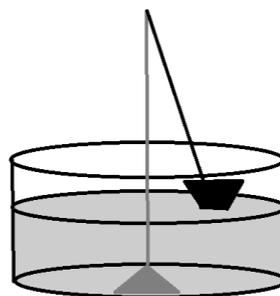


図4 設計図(横視点)

ア ウルトラファインバブル発生装置

- ・ボリーナ ワイド パール ※ウルトラファインバブル含有量(1億個/1cc)
- ・KVK シャワーホース

イ 船体速度測定装置

プールの中心にたこ糸で船と繋がれた、先端にベアリングのついた支柱を設置

- ・INTEX クリスタルブループール※水深 11.6cm で使用
- ・水中モーター付き船体 (図5)
  - タミヤ 樹脂製 長さ 12.2×幅 24.1×高さ 3.8 (cm)
- ・ベアリング
- ・支柱 80.8cm
- ・たこ糸 85.0cm
- ・ストップウォッチ

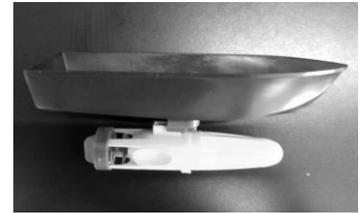


図5 水中モーター付き船体

(2) 対照条件

「ウルトラファインバブル無し」、「ウルトラファインバブル半分」、「ウルトラファインバブルのみ」の3つの条件を対照させて実験を行う。

- ・ウルトラファインバブル無し

水道水のみでプールの推進条件を満たし静水状態になってから使用。このときウルトラファインバブル含有量は 1cc あたり、0 個であることを想定。

- ・ウルトラファインバブル半分

水道水とウルトラファインバブル発生装置による水が 1 : 1 となる状態にしてよくかき混ぜて静水状態になってから使用。このときウルトラファインバブル含有量は 1cc あたり、5000 万個であることを想定。

- ・ウルトラファインバブルのみ

ウルトラファインバブル発生装置による水のみでプールの推進条件を満たし静水状態になってから使用。このときウルトラファインバブル含有量は 1cc あたり、1 億個であることを想定。

(3) 測定方法

図6に示す実験装置で測定を行った。船が回転開始地点から 10 周するまでの時間を 1 周ごとに計測する。なおサンプル数はそれぞれ 10 とした。また、同じ条件で実験を行うため、次のア～ウの条件を統一して実験を行った。

ア 静水状態

ウルトラファインバブルは、液面へと浮上せず、水中で保持される性質がある。水中における経時変化は考慮する必要がないため、液面が十分に静止した状態で行う。

イ 計測開始

1 周目におけるウルトラファインバブルが付着する時間を等しくするため、船を水に浮かべてから 5 秒待った後、計測を開始する。

ウ 電池電圧

電池電圧は電池を使用することにより、わずかながら低下する可能性がある。本研究において船の単三電池は、水を変えるごとに新品に変更することで、電池電圧を 1.5V で行う。

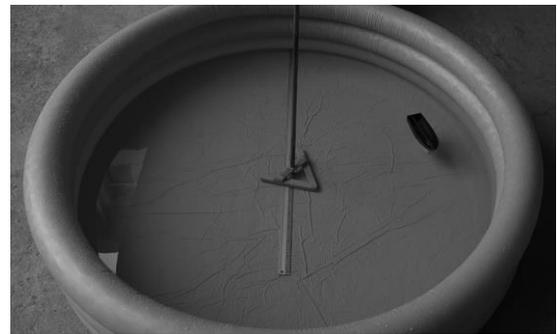


図6 使用した実験装置

## 4 結果

得られた結果について、周数ごとの平均を行い、船底に付着するかどうか、または付着したウルトラファインバブルが時間経過による挙動の変化について考察を行うために、図7～9のグラフ化を行った。

(1) ウルトラファインバブルなしの場合

1周目のみ高い。二周目以降では安定しており、平均は8.489秒である。

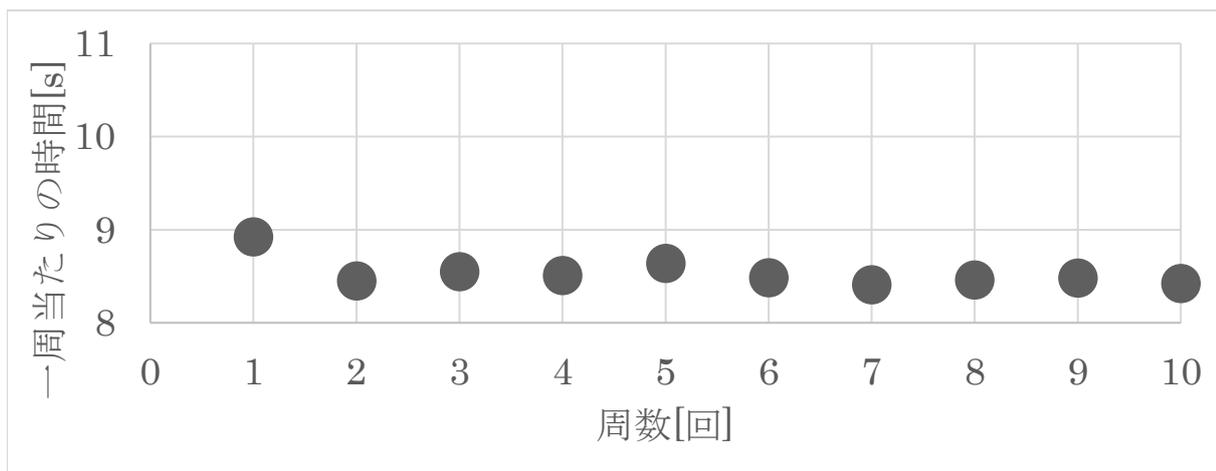


図7 ウルトラファインバブルがない場合の周数と一周当たりの時間の関係

(2) ウルトラファインバブル半分水半分の場合

1周目のみ高い。二周目以降では安定しており、平均は9.942秒である。

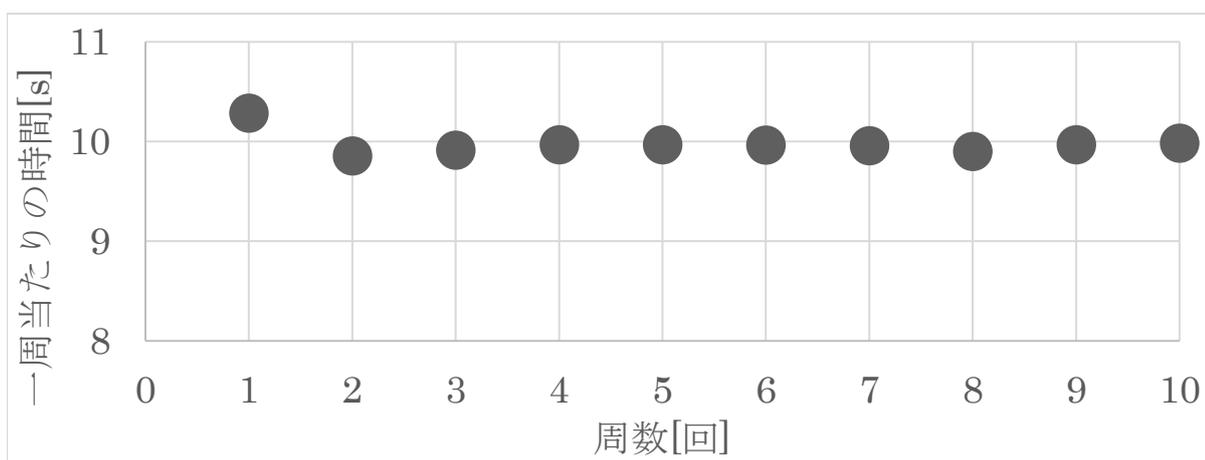


図8 ウルトラファインバブル半分水半分の場合の周数と一周当たりの時間の関係

(3) ウルトラファインバブルのみの場合

1周目のみ高い。二周目以降では安定しており、平均は9.576秒である。

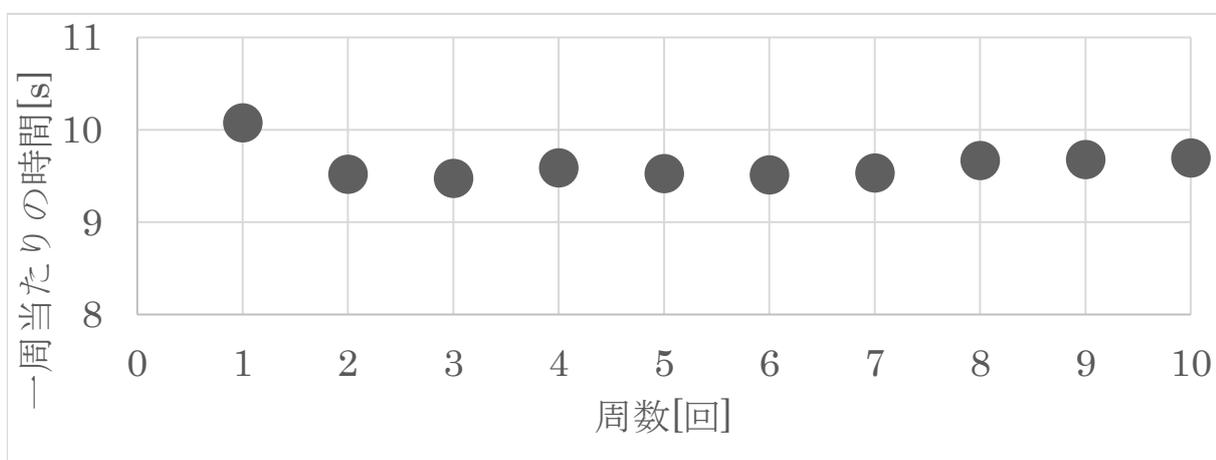


図9 ウルトラファインバブルのみの場合の周数と一周当たりの時間の関係

## 5 考察

次の3点について考察を行う。

- (1) 一周目の平均周回時間が長いことについて  
一周目は固定状態から始めたため、速度が安定するまで加速していたと考えられる。よって一周目の値を除いた、二周目以降の傾向を図10に示す。

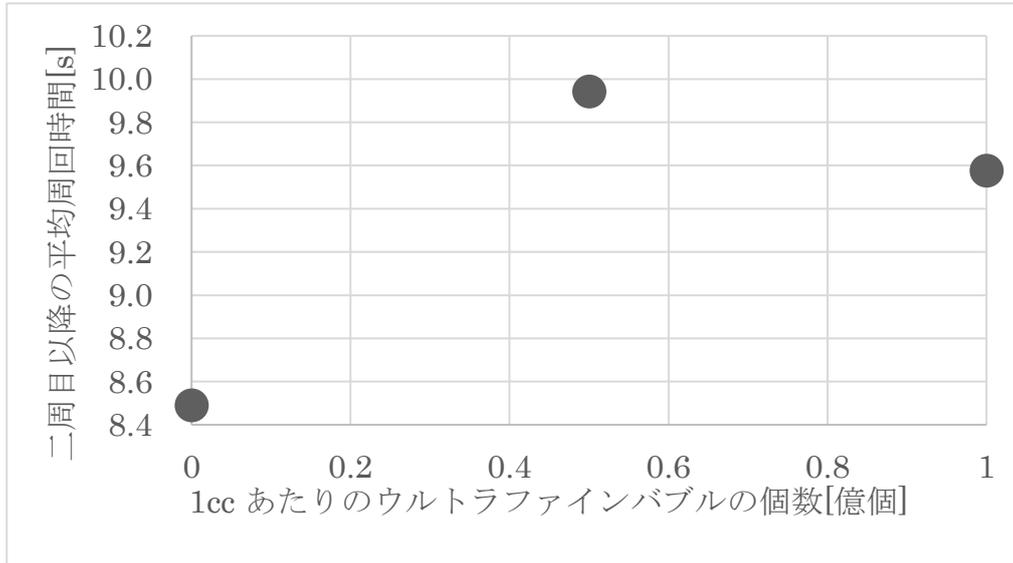


図10 ウルトラファインバブルの密度と二周目以降の平均周回時間の関係

- (2) 通常の水より、泡ありのほうの速さが小さいことについて  
船底で空気潤滑による摩擦の低減するいっぽうで、タービンに泡が付着し、微細な泡が緩衝材の役割を行い、速さが小さくなったことが考えられる。
- (3) 泡半分よりも全て泡ありの速さが大きいことについて  
ウルトラファインバブルが増加したことで、摩擦がより低減され、空気潤滑による影響が緩衝材の役割をしていた影響を上回り、関係が逆転したことが考えられる。

## 6 まとめと今後の課題

本研究の仮説において、ウルトラファインバブルにより、船体の効率的な移動が可能であると設定していたが、測定結果によるとウルトラファインバブルを用いた場合の方が遅くなるという結果が得られた。これはタービンにウルトラファインバブルが付着したことが原因と考えられる。

今後においては、船底だけにウルトラファインバブルが当たるように、実験装置を開発することが課題である。また、実際の船においては、荷を運ぶことが想定されるため、その荷の重さによる変化もあるのかおもりを使って検証することが課題である。

## 謝辞

実験に伴い、水の使用についてご相談させていただきました、宇和島東高校の事務室の皆様ありがとうございました。

## 参考文献

- ・「未来の科学者たちへ #14 「超撥水ふたたび」 物質・材料研究機構 (NIMS)  
<https://www.youtube.com/watch?v=uM5TAXKHPQc>
- ・「空気潤滑による模型船の摩擦抵抗低減実験」 佐藤 徹,中田 崇,竹下 理人,土屋 好寛,宮田 秀明, 1997-12,日本造船学会論文集 182,121-128

# Python を用いたセルオートマトンによる避難時交差点シミュレーション

2年3組 中村 祐太 2年3組 木下 太陽 2年3組 岩田 耀介  
2年4組 酒井 宝 2年4組 中西 琉惺  
指導者 田中 善久

## 1 課題設定の理由

「地震大国日本」と称され、南海トラフ地震が発生する可能性が高まる中において、中規模の地震が頻発している昨今、脅威となる地震やそれに伴う津波への被害を最大限に減じる対策について、今一度深く考え直さなければならないと思い、本研究テーマを設定した。

本研究の先行研究である「シミュレーションを用いた避難経路の最適化」(中村ら、2021)を参考にして、先行研究で用いた Excel によるセルオートマトンではなく、新たにプログラミング言語 Python によるセルオートマトンの手法を習得するよう取り組み、避難時交差点における人流のシミュレーションを行うよう決めた。特に、先行研究ではうまくシミュレーションできなかった、人流の合流については大きな課題であると捉え、速やかな避難行動のシミュレーションにつながるよう目指した。

## 2 仮説

Python によるセルオートマトンの手法を用いることによって、交差点での人流の合流におけるシミュレーションを、Excel を用いた場合にはうまくできなかったところを、円滑に実現できる。

そして、交差点での人流の合流という課題を解決することによって、実際の避難行動に近いシミュレーションを実現することができ、多くの避難者がその交差点を渡り切るのに要する時間を推定できる。将来的には、最適避難経路等を導き出すことができる。

## 3 研究の方法

(1) Python を用いて一次元セルオートマトンによる避難シミュレーションのプログラム(図1)を作る。

ア セルオートマトンとは格子状のセルと単純な規則による計算モデルのことである。

イ 本研究では、「1」を人がいる状態、「0」を誰もいない状態として捉える。

ウ 規則は右を進行方向として、「1」の1セル前方に「0」があるとき、時間が経過すると「1」が1セル進み、「1」の1セル前方に「1」があるとき、時間が経過しても、後方の「1」はその場に留まっている。

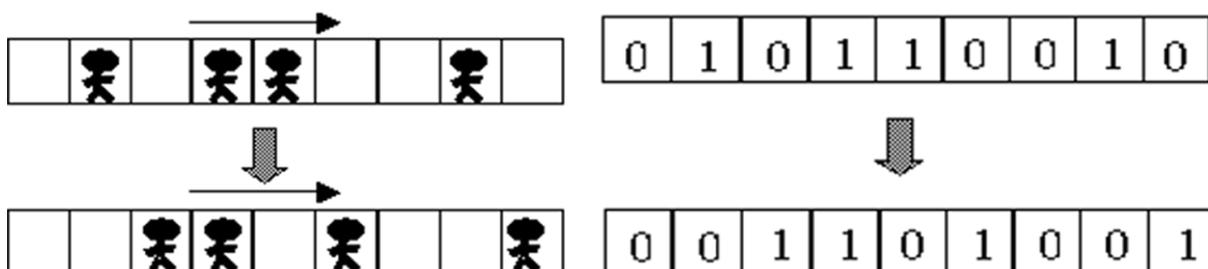


図1 セルオートマトンの一例

(2) 二次元セルオートマトンへの応用

二次元セルオートマトンとは、一次元の(直線的な)セルオートマトンから二次元の(平面的な)セルオートマトンに置き換えたものを指す。二次元では、一次元に比べて、プログラミングにおけ

る条件の設定を細かくしなければならないが、根本的な考え方は一次元と変わらない。

図2はライフゲームの一例を示したもので、ライフゲームとは、二次元セルオートマトンを利用した有名なプログラミングである。表1にはライフゲームのルールをまとめる。

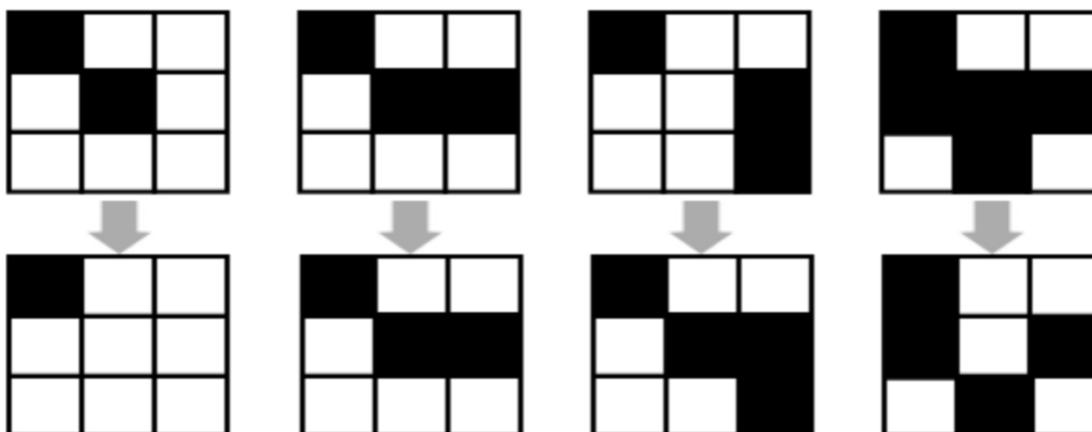


図2 ライフゲームの一例

表1 ライフゲームの3つのルール

ルール1	周りの8セルのうち3つのセルが黒ならばそのセルは黒になる
ルール2	周りの8セルのうち2つのセルが黒ならばそのセルは現状を維持する
ルール3	それ以外はそのセルは白となる

このようなルールは細菌の繁殖をモデル化するときに応用される。このルールを二次元の避難行動に則したルールに書き換えることによってそれぞれのセルが変化していく。人流の合流におけるルールに書き換えることには特に注意を払う。

#### 4 結果と考察

(1) 一次元セルオートマトン (図3 : プログラム実行、図4 : プログラムコード)

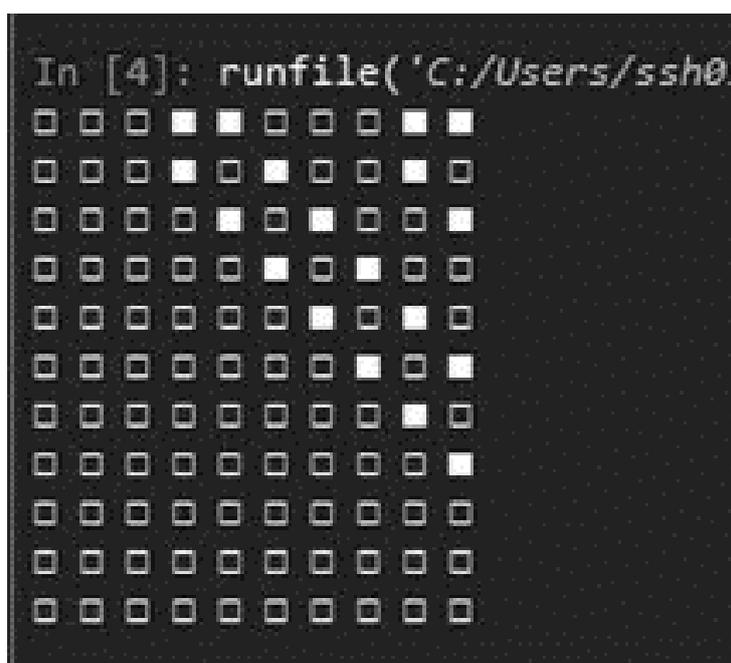


図3 プログラム実行

```

import random
import copy

MAX = 10
SIM_TIME = 10
P = 0.2

# 状態 0 は車なしの空きスペース
# 状態 1 は車両を表す
traffic = [0 for i in range(MAX)]

def list2string(l):
    string = ""
    for state in l:
        if state == 0:
            s = "□"
        elif state == 1:
            s = "■"
        string += s
    return string

def setRandom(l, p):
    for i, state in enumerate(l):
        if p < random.random():
            l[i] = 0
        else:
            l[i] = 1

def nextTime(l):
    temp = copy.deepcopy(l)
    for i, state in enumerate(l):
        if state == 0:
            # 左端なら
            if i == 0:
                temp[i] = 0
            # それ以外のとき後方チェック
            elif l[i-1] == 0:
                temp[i] = 0
            else:
                temp[i] = 1
        elif state == 1:
            # 右端なら
            if i == len(l)-1:
                temp[i] = 0
            # それ以外のとき前方チェック
            elif l[i+1] == 0:
                temp[i] = 0
            else:
                temp[i] = 1
    return temp

if __name__ == "__main__":
    # 実行部分
    setRandom(traffic, P)
    print(list2string(traffic))

    for i in range(SIM_TIME):
        # 情報を更新
        traffic = nextTime(traffic)
        # 情報を文字にして描画
        print(list2string(traffic))

```

図4 プログラムコード

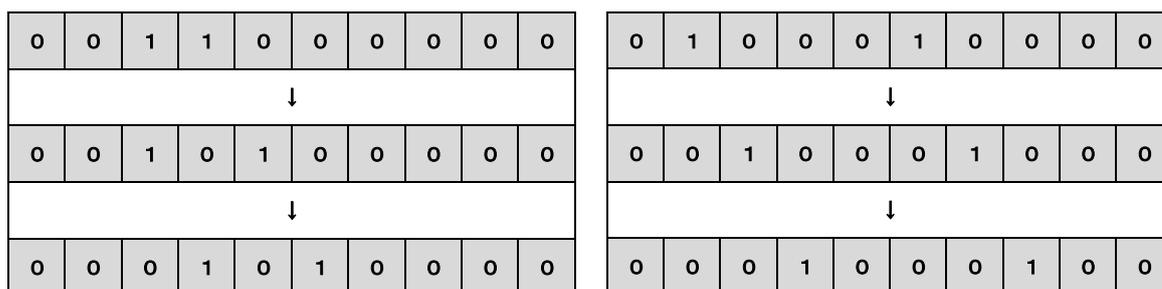
### 【補足】避難者の密度のランダム設定と人流のシミュレーション

図5、図6に示すように、いくつかの例を用いて説明する。初期条件として、全てのセルの数10に対して、人の密度を1.0や0.2と設定するプログラムを作成することができた。密度0.2の場合、10セル中2セルに人をランダムに配置させて、避難シミュレーションを開始させた。

図5 密度の設定と避難シミュレーション（密度1.0の場合）

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
↓									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
↓									
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

図6 密度の設定と避難シミュレーション（密度0.2の場合）



## (2) 二次元セルオートマトンへの応用

ライフゲームのルールにならって、二次元の避難行動に関するルールを、プログラムとして完成させることはできなかった。

## (3) 結果と考察

一次元のセルオートマトンのプログラムは簡単に作る事ができたが、次の難所は、一次元から二次元セルオートマトンへの応用のプログラムを作成させることが次の難所である。その次の難所は、避難時交差点での人流の合流における二次元セルオートマトンのプログラムである。Pythonの動作環境を調整するための苦労や、セルオートマトンという概念をしっかりと理解するための時間に多くを要し、研究が途中までしか進まなかったが、進むべき研究の方向性は定まったと考える。

## 5 まとめと今後の課題

- ・一次元のセルオートマトンまではシミュレーションを実行できたが、二次元のセルオートマトンに発展させ、また、避難時交差点における人流の合流における避難シミュレーションを完成させるまでには至らなかった。
- ・今後、本校正門前の交差点において、実際の避難行動に近いシミュレーションを実現させ、多くの避難者がその交差点を渡り切るのに要する時間を推定できる。将来的には、最適避難経路等を導き出すことができる。

## 謝辞

この研究に取り組むにあたり、愛媛大学大学院理工学研究科の土屋卓也教授をはじめ、御指導・御助言をいただいた先生方に、お礼申し上げます。ありがとうございました。

## 参考文献

- ・中村ら(2020)「シミュレーションを用いた避難経路の最適化」令和2年度SSH生徒課題研究論文集
- ・幸田ら(2018)「地震避難シミュレーションから本校の課題を考察するー1次元セルオートマトンを活用してー」社会共創コンテスト2018 社会共創コンテスト201 研究・探究部門出品（グランプリ）  
[https://www.cri.ehime-u.ac.jp/cri\\_k5m4gn7/wp-content/uploads/2018/06/b0fb44b76cd4a1b653ade57a84fb6c5e.pdf](https://www.cri.ehime-u.ac.jp/cri_k5m4gn7/wp-content/uploads/2018/06/b0fb44b76cd4a1b653ade57a84fb6c5e.pdf)
- ・機械系エンジニアの備忘録【python】【tkinter】【part2】canvasを使って図形を動かす  
<https://www.stjun.com/entry/2019/10/29/201602>
- ・森巧尚(2021)「Python 1年生」株式会社翔泳社
- ・三谷純(2021)「Python ゼロからはじめるプログラミング」株式会社翔泳社
- ・ライフゲーム <https://tomari.org/main/java/lifegame.html>
- ・待ち行列理論 その4 <https://qiita.com/ogata-k/items/01657a6628e92a641257>

# 模型を使った流水予想

2年3組 大野 碧    2年3組 白石 柊椰    2年3組 武田 詩帆  
2年3組 中野 桃伽    2年4組 酒井 萌衣  
指導者 中村 俊貴

## 1 目的・背景

RSIでの研究では、宇和島商店街（きさいやロード）を復興の拠点として、事前復興を進めていくにはどのように変えるべきなのかを考えた。（図1）

そこで、震災時に瓦礫類の処理が滞り復興が遅れ、また瓦礫の処理場に関する問題が起こるなど、津波から来る瓦礫類の処理が重要な事が分かった。このことより津波の浸水予想に対し、震災時に早期復興するためには街中に残った瓦礫類を迅速に処理することを優先すべきだと考えた。そこで、津波で流れてくる瓦礫類がどのような場所に溜まるのかを調べることで、震災時の瓦礫処理に活かすことができると考えた。先行研究では、津波によって流れる瓦礫類についてのデータが少ないことがわかったため、商店街の模型を使って水の流れや土砂の堆積状況を調べる必要があった。そこで得られた結果を用いて、堆積物を効率よく除去すること、市役所や避難所などの街において重要な施設の設置場所を決定することを目的とした。

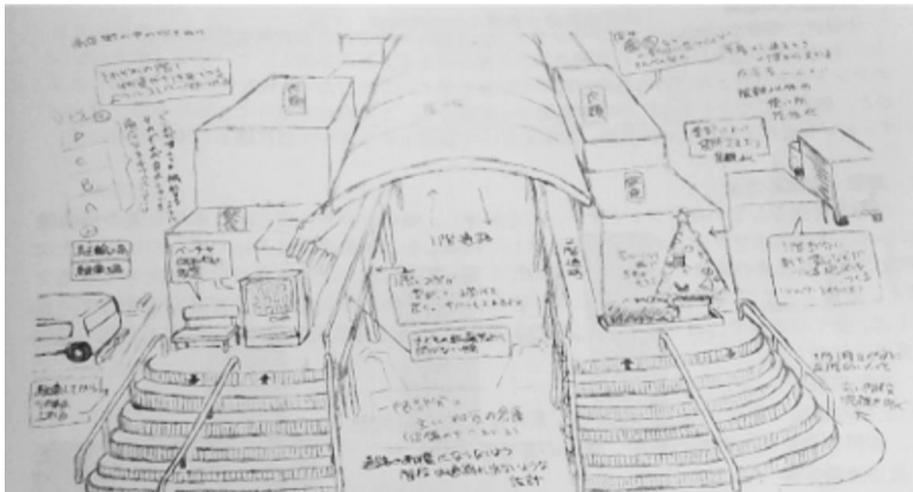


図1 商店街のイメージ図

## 2 仮説

瓦礫類の堆積に関係するのは建物の柱の形状ではないかと考えた。そこで、私たちは一番水の流れを妨げず瓦礫類を溜めない形状と、水の流れを妨げ、瓦礫類を溜める形状の二種類を扱うことを計画した。三角柱と四角柱の二つにおいて、三角柱の場合では流水が綺麗に分断され、水の流れに沿って瓦礫類が流れていく（図2）、一方で、四角柱では流水が壁にぶつかり横へ流れ、瓦礫類はその壁に遮られ溜まっていくと考えた。（図3）

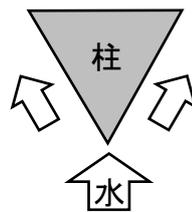


図2 流水予想（三角柱）

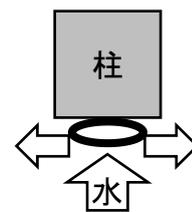


図3 流水予想（四角柱）

### 3 実験・研究の方法

#### (1) 実験道具

板・水（真水・砂、泥、小石が入った水）・発泡スチロール・プラスチックダンボール・ブックエンド・水を溜める容器・ラミネートフィルム

#### (2) 実験方法

- ① プラスチックダンボールで枠を作る。
- ② ①で作った枠が、水の衝撃で広がらないようにブックエンドで固定する。
- ③ ②のプラスチックダンボールの枠を土台の木の板の上に設置する。
- ④ 四角柱と三角柱の発泡スチロールに1kgの重りをつけ、プラスチックダンボールで補強した柱を置く（図4）。
- ⑤ ラミネートフィルムの一端を板に固定し、弛んだ部分を容器に入れ、約3Lの真水・砂、泥、小石が入った水を溜める。
- ⑦ ラミネートフィルムの端を引き上げることで作成した模型に水と土砂を流す（図5）。
- ⑧ 真水の流れと、砂・どろ・小石が入った水の流れの、そして、それぞれの土砂の堆積状況を調べ撮影する。

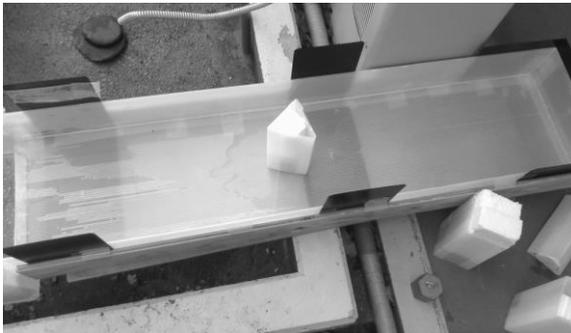


図4 実験装置

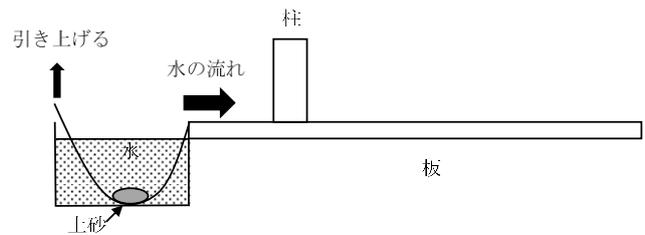


図5 水・土砂を流す仕組み

### 4 結果

四角柱の場合、予想とは違い、面にあって跳ね返る水より誘導される水の方が多かった。面に衝突したあと、四角柱の背面で水の流れは交差したように見えた（図6）。三角柱の場合、予想通り面に沿って水が流れて二手に分かれたあと、四角柱と同じように中央に集まるような流れが見られた（図7）。

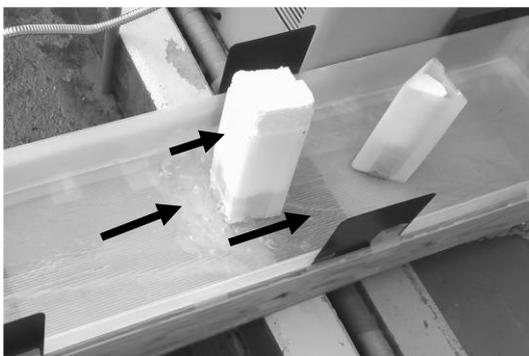


図6 真水（四角柱の場合）

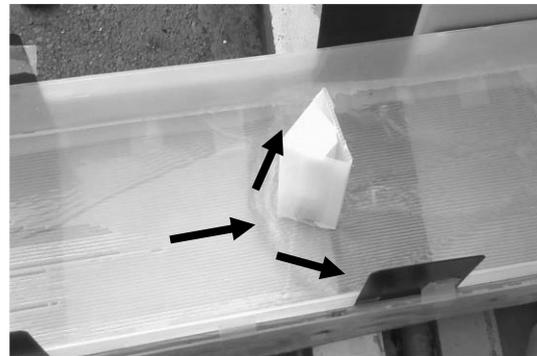


図7 真水（三角柱の場合）

土砂の堆積状況を観察すると、四角柱の方が三角柱よりも前側に堆積する土砂が多かった。また、多くの土が柱の背面で止まっていた。（図8・9）堆積した中で前方の多くの土砂を見る

と水の勢いだけで堆積したように考えられ、図6・7を見ると水は多くが誘導されていることがわかるが、土砂の場合ほとんどが前方に止まっていることから、水の勢いを抑制すると多くの土砂が前方で止まり軽い土砂が後方の四角柱の近くに行くのではないかと考えられる。このことから重い土砂が瓦礫類などの堆積物、軽い土砂が後方の四角柱の近くに行くのではないかと考えられる。このことから重い瓦礫類は柱によって防ぐことができる。



図8 泥水（流水の様子）

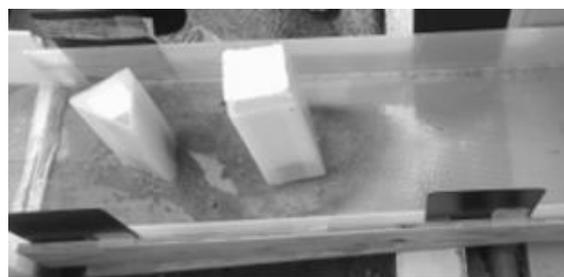


図9 堆積の様子

## 5 考察

水と衝突する面が小さいほど、水は柱の面に沿って誘導されやすく堆積する土砂の量が少ない。水と衝突する面が大きいほど、面によって跳ね返す水により堆積する土砂の量が多い。四角柱と三角柱の両方で見られた交差するような水の流れは、面に衝突したあと両サイドに分かれた水が、枠の側面にぶつかり反射したため、見られたのではないかと考えた。三角柱の背面に土砂が溜まったのは、2つに分かれた水流が中央に集まり互いに波を打ち消しあい土砂が溜まった（図10）、または、三角柱の後ろにある四角柱に波がぶつかり土砂が溜まったのではないかとと思われる（図11）。このことから、水の流れと柱の位置が土砂の堆積する量に関係していることが分かった。しかし、今回の装置は商店街と比較するとサイズの小さなものであり、実際に津波が発生した場合、商店街には多くの木材や瓦礫などがあり、また、内部構造が実験と違うため、結果が変化することが考えられる。

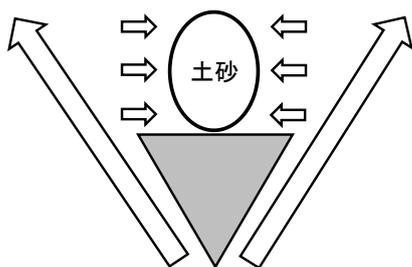


図10 三角柱背面の流水と堆積

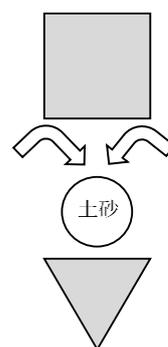


図11 後方の四角柱による堆積

## 6 まとめと今後の課題

三角柱の柱は、商店街に水や瓦礫が入ってきた場合、奥まで誘導する危険性があるが、四角柱の柱の場合は、瓦礫の多くが柱でせき止められ、奥までは誘導しない可能性がある。

土砂のせき止めの実験において、三角柱と四角柱を比較する際のデータが不足しているため、柱の位置や本数を変えて複数回実験を行う必要がある。また、他の形状の柱で実験を行い、土砂が堆積するデータを集め、実用的な柱を考えていきたい。また、柱の形状が商店街のものあまり似ていないため、類似した長方形の柱での実験も考えていきたい。

今回の結果として、水の量が不均一であったり、水を流し込む際流す人物によって堆積状況が変化したり、実験結果が大きく変化したりするなどの問題が発生したため、正確に水の量を

調節したり、土砂の堆積物をどの実験でも均一になるようにすべきではないのかと考えた。堆積状況を考えても結果からの仮説になっている所が有り、その仮説が正しい事を調べ、その結果を昇華できるようにしていきたい。

## 7 参考文献

「波を抑える消波壁の関係」平成30年度 SSH 生徒課題研究論文集

「津波と防波堤の関係」平成30年度 SSH 生徒課題研究論文集

「きさいやロード事前復興プロジェクト」令和2年度 SSH 生徒課題研究論文集

# みかん果皮の応用による再生繊維の簡易製法

2年4組 芝 晃司 2年4組 西田 将輝 2年4組 吉本 昂生  
2年4組 松浦 悠 2年3組 和田 源太  
指導者 藤田 恭兵

## 1 課題設定の理由

昨年度より愛媛県の特産品である柑橘類を用いたナノセルロースファイバーの作成に取り組んできた。これにより、摘果みかんや搾汁ごみの再利用につながると考えた。しかし、現段階では製品にするためには蒸留水処理やアルカリ処理の時間が長いなどの問題が多く見受けられた。本研究では蒸留水処理や植物の細胞壁に存在するリグニンを取り除くためのアルカリ処理の長さの是非について研究を行った。

## 2 仮説

昨年の研究においてみかんの摘果果皮を2%水酸化ナトリウム水溶液で80°C、6時間処理でアルカリ処理をした結果、ナノセルロースファイバーが生成された。しかしながら、安定に生産することができなくなったことから、蒸留水処理やアルカリ処理の間に不純物を除去すると同時にセルロースが除去されていると考えた。そこで蒸留水処理やアルカリ処理にかかる時間を減らすことで果皮中のセルロースを残すことを目的として行った。

## 3 実験・研究の方法

### (1) みかん果皮からのセルロースの取り出し

昨年と同様に、秀野ら(2013)の論文を参考にしてみかん果皮に対して以下の処理を行った。また、以降の実験を含め、果皮の質量、生成された粉末の質量を測定し、最終的にみかんの果皮からどれほどの割合の粉末が得られるかについて検討した。

ア 水溶性の物質を取り除くため蒸留水を用いて80°Cで時間設定を変えて処理した。

イ 2%水酸化ナトリウム水溶液80°Cで時間設定を変えて処理した。

ウ 得られた固形成分をろ過し、乾燥後乳鉢ですり潰し、茶こしを使って粉末と固体を分離した。

### (2) 脱リグニン処理 ※この処理は必要に応じて行っている。

ア 得られた粉末1.0g、次亜塩素酸ナトリウム1.0g、酢酸0.5ml、蒸留水10mlを丸底フラスコに加えた。

イ マントルヒーターを用いて70~80°Cで1時間加熱した。本実験において昨年の実験の12時間の脱リグニン処理を1時間のホロセルロース処理に変更した。

ウ 処理した液体をろ過し得られた固形物質を乾燥させ、粉末化した。

### (3) 銅アンモニアレーヨンの作成

ア 1.0gの硫酸銅(II)に4mlの2mol/L NaOH水溶液と10mlの濃NH<sub>3</sub>水を加え、シュヴァイツァー試薬を準備した。

イ 摘果みかんから得られた粉末をシュヴァイツァー試薬に加えて混合することで粘性のある液体を得た。



図1 作製した銅アンモニアレーヨン

ウ 得られた粘性のある液体を注射器にとり、2mol/Lの硫酸中に押し出し、繊維状に成型した。

エ 得られた繊維状の成型体を乾燥させた。

#### 4 結果と考察

##### (1) 質量の変化

処理時間とみかん果皮から粉末にかけての質量変換率を表1にまとめた。昨年はみかん一個あたりで実験を行っていたが、本実験では1回の粉末生成に4個のみかんを用いた。

表1 みかん果皮から得られる粉末の変換率

処理時間 (h) (蒸留水処理×アルカリ処理)	みかん4個の果皮の質量 (g)	果皮から粉末への変換率 (%)
0 × 6	73.49	21.2
6 × 1	81.95	16.5
6 × 6	53.57	15.4

表1より、収率として約15%がみかん果皮に含まれるセルロースの量のため、不純物を取り除けている判断した。よって蒸留水処理やアルカリ処理を短縮したとしても昨年度とあまり変わらないと考えられる。

蒸留水処理、アルカリ処理後の果皮は茶色がかっていた。また、粉末の色はアルカリ処理にかける時間が長ければ長いほど茶色の濃い粉末が得られた。水溶液処理では果皮に含まれている水溶性の物質だけが溶け出したと推察できる。さらにアルカリ処理することでリグニン除去をさらにすることで柑橘類に含まれるカロテノイド色素などが溶け出さず濃縮されたことで色の濃い粉末が得られたのではないかと考えられる。



図2 粉末化したみかん果皮  
左：蒸留水処理＋アルカリ処理  
右：アルカリ処理

##### (2) ホロセルロース処理（脱リグニン処理）

ホロセルロース処理後、粉末は茶色から白色に変化した(図3)ホロセルロース処理を行うことで、カロテノイド色素などが除去され、粉末が白色になったと考えられる。ただし、短時間でのみ行ったためリグニン除去までの効果は定かではない、しかし多くの文献より長時間行うことによって除去することは可能だと考えられる。



図3 ホロセルロース処理後の粉末

### (3) 銅アンモニアレーヨンの作成

#### ア 脱リグニン処理なしの場合の繊維

茶色い粉末であったため、茶色がかった繊維が作られた。

表2 処理時間と作製した繊維の関係

処理時間 (h)	見た目・手触り
6×6(昨年の論文)	3×3よりは少し長い、ボロボロ
0×6	1本鎖になったが、ボロボロ
6×1	持つことのできる一本鎖

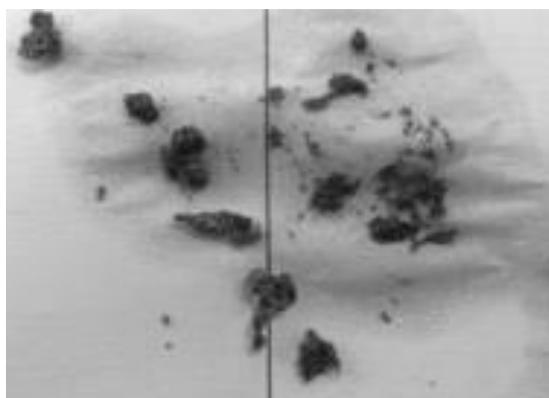


図4 蒸留水処理(6h)とアルカリ処理(6h)



図5 蒸留水処理(0h)とアルカリ処理(6h)

蒸留水処理(6h)とアルカリ処理(6h)ボロボロになった。加熱時間が長引くことにより、蒸留水処理を行わず、アルカリ処理(6h) (図5)を行うことで加熱の時間の調整とリグニン除去を行った。1本鎖になったがボロボロであった。1本鎖になった理由としてアルカリ処理によってかなりのリグニンが除去できたと考えられる。しかし、ボロボロの原因は水溶性の物質があまり除去されず、残っていたことが要因だと考えられる。加熱時間としては両方で約六時間が最適であるのではと考えた。蒸留水処理(6h)やアルカリ処理(1h)で行うと、ピンセットで持つことができるほどの強度の繊維が得られた。



図6 蒸留水処理(6h)とアルカリ処理(1h)

蒸留水処理によって水溶性のガラクトースなどの不純物を取り除くことで前回の操作の改善を行ったことで、水溶性の物質が取り除かれたと考えられる。アルカリ処理は1時間にするこで加熱時間を調整した。また、最低限のアルカリ処理でリグニンを除去することができたのは水溶性の物質を除去したことにより、リグニンが除去されやすかったのではないかと考えられる。

#### イ 脱リグニン処理ありの場合の繊維

本実験で0×6の処理によって生成された粉末に1時間ホロセルロース処理をすることによって繊維は生成されなかった。ホロセルロース処理後粉末化をする際に、粘り気があったことやシュヴァイツァー試薬との反応で吸熱反応が見られなかったことからホロセルロース処理がうまくできていなかったといえる。またこのことを踏まえて脱リグニン処理に一定の時間を要することは間違いなく、脱リグニン処理の簡易化は難しいことが推測される。また粉末が茶褐色から白色になった理由は、塩素による脱色反応が起こり白色の粉末になったことが考えられる。

### 5 まとめと今後の課題

結果より簡易化に向けてアルカリ処理と蒸留水処理の処理時間のバランスを図ることが重要であると分かった。蒸留水処理が水溶性の物質であるガラクトース等を除くのがリグニンを除去することに必要であることが分かった。さらに、アルカリ処理する場合は加熱時間を調整する必要がある。ホロセルロース処理は粉末を白くするためには、必要性がある。

今後の課題として、アルカリ処理の時間を調整する必要があるまた、アルカリ処理の温度について検討する。加熱することによって、セルロースが変性セルロースになるため、変性セルロースを生成させない温度設定にする必要がある。一本鎖の強度になる繊維を生成させるために、シュヴァイツァー試薬にセルロースをよく溶かす必要があるので溶けにくいので、溶けやすくする必要がある。一本鎖の繊維が安定的に生産できるようになった場合強度測定をする必要がある。

### 6 参考文献

- [1] 石村知規、小川翼、菊池耕史、河野太輔、松浦永研「摘果みかん果皮を原料とする繊維合成」『令和二年度 SSH 生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島東高等学校 p 133
- [2] 山下泰範 深沢和三 石田茂雄 「亜塩素酸脱リグニン処理の材の組織化学的研究」
- [3] 秀野晃大 阿部健太郎 川崎文人 矢野浩之「蜜柑搾汁残渣を原料としたセルロースナノファイバー製造及びその特性」、*The Japan Institute of Energy*, 2013

# 線虫の生態

2年3組 大加田 凌    2年3組 飯田 航平    2年3組 宮本 鎌慎  
2年4組 森本凜乃介    2年4組 山本 峻大  
指導者 林 広樹

## 1 課題設定の理由

線虫とは線形動物門 (nematoda) に属する動物の総称である。推定で50万種以上が存在し、多くの土壌、海洋、淡水に生息する非寄生性のものと、一部の寄生性のものが存在する。

簡易がん検査 (N-NOSE) では、線虫の優れた嗅覚で、尿に含まれるがんの匂いを検知し、尿に集まる線虫の性質が利用されている。

その一方で、線虫による農作物の被害も報告されている。そこで、私たちは線虫の生態について興味を持ち、その生態を解明することを試みた。



図1 センチュウの顕微鏡写真 (4×10倍)

## 2 仮説

- (1) 土壌に生育しているため、暗い場所を好み、負の光走性を示す。
- (2) アミノ酸や NaCl には体内での生命活動に必要な物質であるため NaCl やアミノ酸に対して正の光走性を示す。
- (3) 育った培地が生育好条件であれば、その温度を記憶し、その温度に対して正の走性を示す。

## 3 研究内容

### (1) 線虫の採取

#### ア 採集及び観察、培養方法

- ① 日向の乾いたコケと日陰の湿ったコケを採集する。
- ② 簡易ペールマン装置を用いてコケから線虫を分離する
- ③ 日向及び日陰で採集した線虫の個体数を比較する
- ④ 光学顕微鏡または実態顕微鏡を使って線虫を観察する。
- ⑤ 2%寒天培地に納豆菌を塗布し、線虫を培養した
- ⑥ NGM (Nematode Grown Medium) 寒天培地に大腸菌を塗布し、線虫を培養した

#### イ 結果と考察



図2 簡易ペールマン装

表1 捕まえた土壌センチュウの数

コケの種類	乾いたコケ	湿ったコケ
5回採集した平均	4.2 匹	12.6 匹

- ・線虫は日向の乾いたコケよりも日陰の湿ったコケの方が個体数が多かった
- ・2パーセント寒天培地 (納豆菌) では増殖しなかった。これは納豆菌を繁殖させるための糖類が少なかったのではないかと考えられる。
- ・大腸菌を塗布した NGM (Nematode Grown Medium) による培養では線虫が1週間で大量に増殖した



図3 NGM 寒天培地

(2) 光走性の実験

ア 実験方法

- ① 培養シャーレ（寒天培地）の半分にアルミ箔を巻き、片側だけ光を遮断する。
- ② 線虫をシャーレの中央に移しアルミ箔のない部分に光を照射する。
- ③ 三日後、線虫の集合状態を観察し5mm<sup>2</sup>当たりの個体数を数える。3区画を切り取り、その平均を求めた。
- ④ 光走性指数

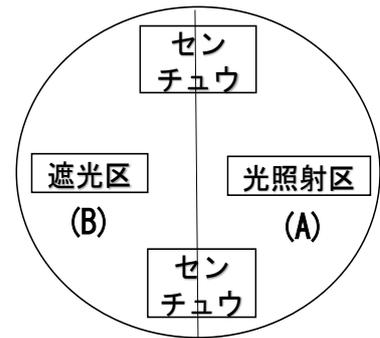


図4 光走性の実験

$$\text{光走性指数} = \frac{(A)}{(A)+(B)} \quad \text{とする。}$$

イ 結果と考察

表2 光走性の結果

光照射	3区画の平均	方向	光走性指数
有	214	正	0.72
無	83	負	0.28

正の光走性を示したため、**感覚ニューロン**で光を受容し、**神経環（脳）**で光刺激を処し、**筋肉系**へつながる**神経回路**が存在するのではないかと推察される。

(3) 化学走性の調査

ア 実験方法

- ① シャーレの半分に塩化ナトリウム、アミノ酸（アスパラギン酸）を滴下した。
- ② 線虫をシャーレの中央に移す。
- ③ 三日後、集合状態を観察し、5mm<sup>2</sup>当たりの個体数を数えた。3区画切り取り、その平均を調べた
- ④ 化学走性指数

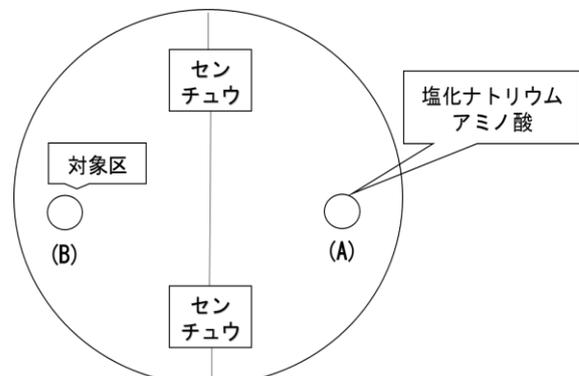


図5 化学走性の実験

$$\text{化学性指数} = \frac{(A)}{(A)+(B)} \quad \text{とする}$$

イ 結果と考察

NaCl水溶液について、1.0%で正の化学走性を示し、化学走性指数が最も高くなった。NaClが餌である細菌の存在を示しており、NaClに引き付けられるのではないかと推察される。高濃度のNaCl水溶液に対しては、浸透圧に対しての防御機構がはたらき負の走性を示すのではないかと推察される。アミノ酸水溶液について、正の化学走性を示し、濃度を高くすれば、化学走性指数が大きくなった。アミノ酸はタンパク質合成に必要な物質なので、濃度が大きいほど化学走性指数も大きくなるのではないかと推察される。

表3 化学走性の実験結果

物質の種類	濃度	物質の有無	平均値	化学走性指数
NaCl	0%	蒸留水	54	0.53
		無	48	
	0.001%	有	107	0.46
		無	125	
	0.01%	有	114	0.62
		無	69	
	0.10%	有	58	0.88
		無	8	
	1.00%	有	81	0.93
		無	6	
	5.00%	有	35	0.64
		無	20	
10.00%	有	84	0.39	
	無	131		
アミノ酸	0.100%	有	132	0.67
		無	66	
	1.00%	有	233	0.81
		無	55	

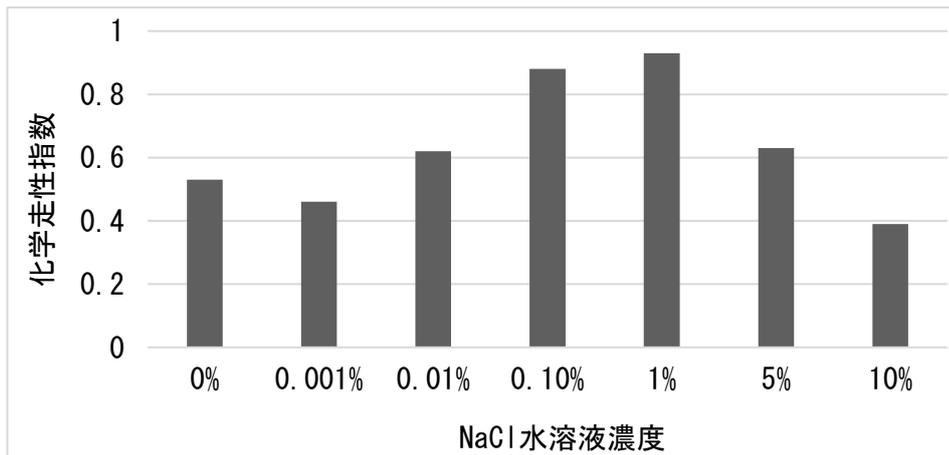


図6 NaCl 水溶液濃度と化学走性指数

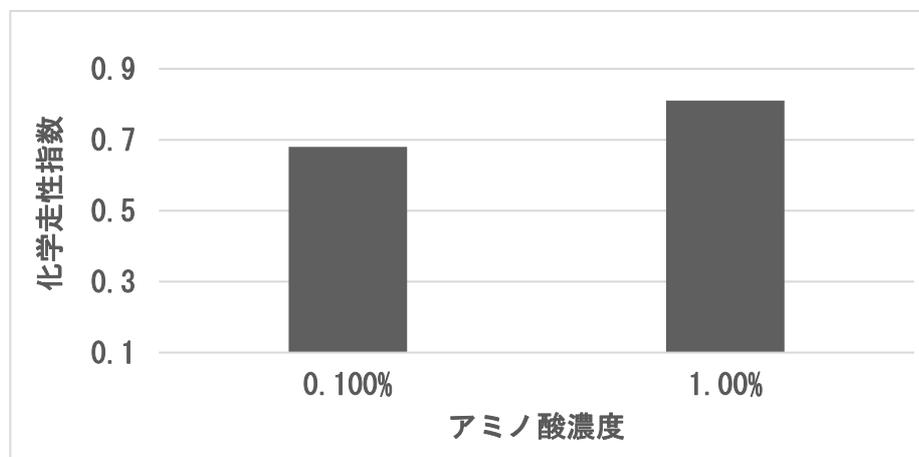


図7 アミノ酸水溶液濃度と化学走性指数

#### (4) 温度に対する反応

##### ア 実験方法

- ① 線虫を予め 15 度、20 度、25 度の温度で培養する。
- ② 保冷剤とカイロを使用し、シャーレに温度勾配を付けた。
- ③ それぞれの温度で培養した線虫をシャーレに移した
- ④ 1 日後、集合状態を観察し、5 mm<sup>2</sup>当たりの個体数を数えた。3 区画を切り取り、その平均を求めた。

##### イ 結果と考察

表3 温度走性の結果

育った培地の温度	培地の温度勾配			温度走性指数
	15℃	20℃	25℃	
15℃	207	131	43	0.54
20℃	136	161	60	0.45
25℃	57	41	99	0.50

栄養条件を十分にした育った場所の温度で、温度走性指数が高くなっている。よってセンチュウは温度を記憶することができるのではないか。

#### 4 結論

- ・線虫は正の光走性を示す。
- ・線虫は、NaCl 水溶液やアミノ酸水溶液に対して正の化学走性を示す。
- ・線虫は、生まれた時の温度条件や生育環境が整っているときの温度条件を記憶し、その温度に対して正の温度走性を示す可能性がある。

#### 5 今後の課題

- ・正の光走性を引き起こすための感覚ニューロン及び神経回路の解明。
- ・センチュウの温度を記憶する神経系のメカニズムの解明
- ・オンアイス（0℃～5℃ 氷などによる低温刺激）やヒートショック（50℃～60℃ タンパク質が変性しない程度の温度）などの刺激が、行動様式に与える影響の検証。

#### 参考文献

- 飯野雄一・石井直明(2003):シュプリンガー・フェアラーク株式会社『線虫 究極のモデル生物』、  
水久保隆之・二井一禎(2014):亜細亜印刷株式会社『線虫学実験』  
鈴木恵子(2011):線虫を用いた発生学および遺伝学実験の教材化の研究、  
鈴木恵子(2014):啓林館『線虫 (C. elegans) の教材化』  
[https://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/kou/science/seibutsu-jissen\\_arch/201411/](https://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/kou/science/seibutsu-jissen_arch/201411/)  
土壌線虫の教材化に関する研究 —マイ土壌線虫を使った実験・観察—  
<https://www.chiba-c.ed.jp/shidou/k-kenkyu/H23/rika-4.pdf>

# 栄養価の高いコオロギ餌の検討

## - みかんコオロギの流通を目指して -

2年3組 尾崎 宇宙 2年3組 高田 裕生

2年4組 関本龍一郎 2年4組 高田 悠作

指導者 芝 絢香

### 1 課題設定の理由

国連食糧農業機関の調査によると、パンデミック、紛争、気候変動による異常気象、経済不況の影響で2019年から2020年の間に、10人に1人が慢性的な栄養不足である<sup>[1]</sup>ことが示唆されている。食糧危機が懸念される中、昆虫食が注目を集めている。理由としては、牛や豚等の動物性タンパク質を含む食材と可食部100gあたりのタンパク質含有量を比較すると、昆虫によってはそれらと同等、もしくはそれ以上の量が含まれていることがわかっている<sup>[2]</sup>。また、飼育時に発生する温室効果ガスの量も少なく、飼育するための農地も少なくすむため<sup>[3]</sup>、持続可能な食を実現する食材として注目されている。昆虫食は、SDGsの目標にもある、世界の貧困や飢餓をなくすこと、気候変動の軽減や陸の豊かさを守るために有効な食品であるといえる。しかし、昆虫に含まれる含有量が少ない栄養素もある。我々は、昆虫に不足している栄養素を人の手で昆虫に添加させることができれば、昆虫食の発展に貢献できるのではないかと考えた。また、愛媛県は柑橘類の生産量が日本一である。廃棄されたり商品価値の低かったりするみかんを有効に活用する方法が見つければフードロスの問題の解決に一役買うことができると考えた。したがって我々は、コオロギ餌にみかんを用いることでコオロギにビタミンCを添加することができるのではないかと考え、この課題を設定した。

### 2 仮説

- (1) 先行研究<sup>[4]</sup>では柚香をコオロギに与えることで、ビタミンCが蓄積できることが明らかになっている。柚香ではなくみかんを用いても、コオロギにビタミンCを蓄積させることができる。
- (2) ビタミンCを多く含む餌を与えたコオロギは通常の餌を与えたコオロギよりバランスのよい栄養素を摂取できているがために、生存日数が増加する。

### 3 実験

#### (1) コオロギの特徴及び飼育環境

ア コオロギの種類：ヨーロッパイエコオロギ (*Acheta domesticus*)

雑食性だが、水分不足なりやすく大量死しやすい特徴を持つ。

イ 飼育頭数：実験アは20匹~60匹、実験イは40匹

ウ 飼育箱：衣装ケース(38cm×49cm×29cm)

飼育箱の中にはコオロギ同士の共食いを予防するため、丸めた新聞紙や紙製の卵パックをいくつか設置した。餌と水の交換は毎日、掃除は毎週1回行った。水はキッチンペーパーやガーゼに含ませ与えた。飼育箱ごとに与える餌を変え、(2)(3)の実験を行った。与えた餌は次の①②の通りである。

飼育群① 缶詰みかん+通常餌 (1:1)、通常餌を給餌した2グループ

飼育群② 生みかん、生みかん+通常餌 (1:1)、通常餌を給餌した3グループ

缶詰みかんは市販のものを使い、生みかんは温州みかんを使った。また、通常餌も市販のものを使用し、成分は次の通りである。

小麦ブラン:30%、大豆:27%、魚粉:12%、トウモロコシ:8%、濃縮ホエー:7%、



図1 飼育箱内の様子

米ぬか:7%、脱糖サトウキビ:5%、ニンニク粉末:1%、炭酸カルシウム:1%、  
ブドウ糖:1%、ビフィズス菌:1%

※ ①の飼育を先に行ったが、ビタミンCの含有量に大きな差が生じなかったため、②の飼育を行った。

### (2) コオロギの個体数の推移

毎週の掃除を行う際、死亡しているコオロギを取り除き、飼育ケージの上から写真を撮り、撮影されたコオロギの頭数を数えた。

### (3) ビタミンC含有量の測定

共立理化学研究所が販売しているビタミンCの簡易比較を行うことができるパックテストを用いて、実験を行った。冷凍コオロギを破砕した液をヘキササン 20ml で抽出し、4 分間マグネティックスターラーで攪拌を行い、5 分間静置した。その後、攪拌液をろ過し、パックテストを行ったが、コオロギに含まれるビタミンC含有量が多かったため、②の飼育群からは攪拌液を 20 倍に希釈した。

パックテストの結果はRGB値を用いて測定した。RGB値とは「赤 (R)」「緑 (G)」「青 (B)」の光の三原色から構成される色の表現方法である。パックテストの結果を撮影し、写真データからRGB値を読み取った。

ビタミンCであればどれも青系統の色で結果が出るため、我々は読み取ったRGB値から、青色の明るさの違いを考慮するため、輝度を算出した。輝度は次の式で算出することができる。

$$\text{輝度 } Y = 0.21R + 0.72G + 0.07B$$

輝度の値が小さいほど明るい色であることを示し、今回のパックテストではビタミンC含有量が少ないことを示す。

※ 輝度計算時の係数にはいくつか種類があるが、今回は ARIV で規定された HDTV 用信号用の値を用いた。

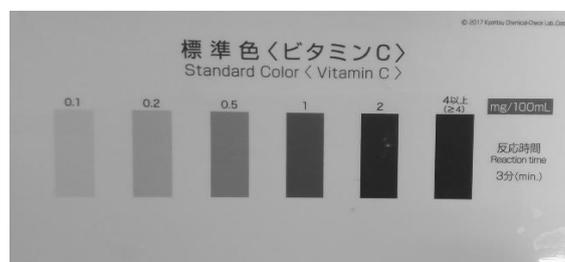


図2 パックテストの色の指標

## 4 実験結果

### (1) コオロギの個体数の推移

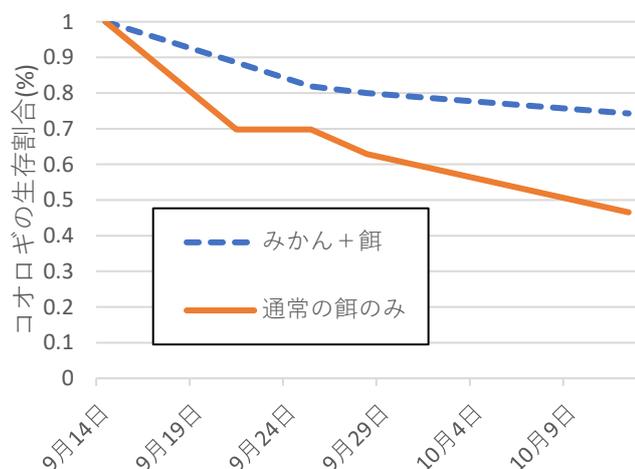


図3 飼育群①におけるコオロギの個体数の推移

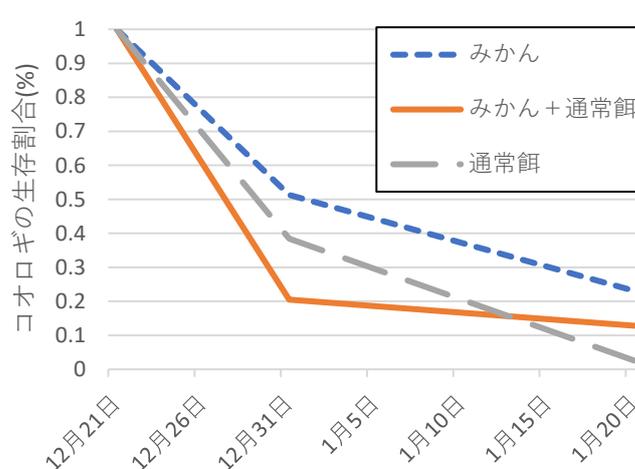


図4 飼育群②におけるコオロギの個体数の推移

飼育群①では、缶詰みかんと通常餌の両方を与えたグループの方が、一貫して生存率が高いことが読み取れる。最終的に、通常餌のみを与えたグループの生存率が5割を下回ったのに対し、缶詰みかんと通常餌を与えたグループの生存率は7割を越えた。(図3)

飼育群②では、温州みかんのみを与えたグループが、一貫して生存率が高かった。また、温州みかんと通常餌を与えたグループは最初の10日間の死亡率が最も高かったが、最終的な生存率は通常餌のみを与えたグループよりも生存率が高くなった。(図4)

## (2) ビタミンCの含有量

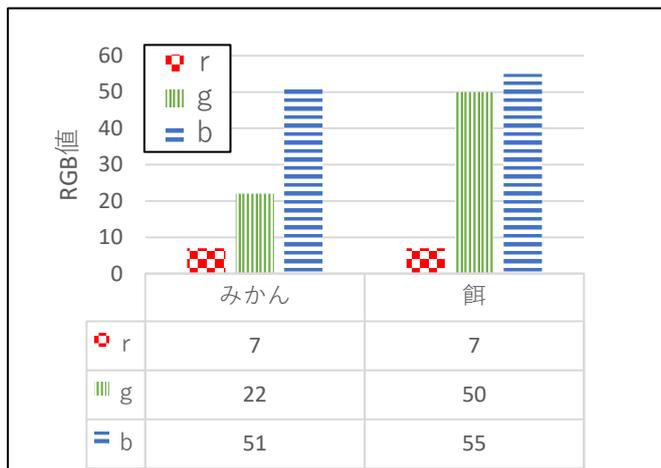


図5 飼育群①におけるパックテストのRGB値

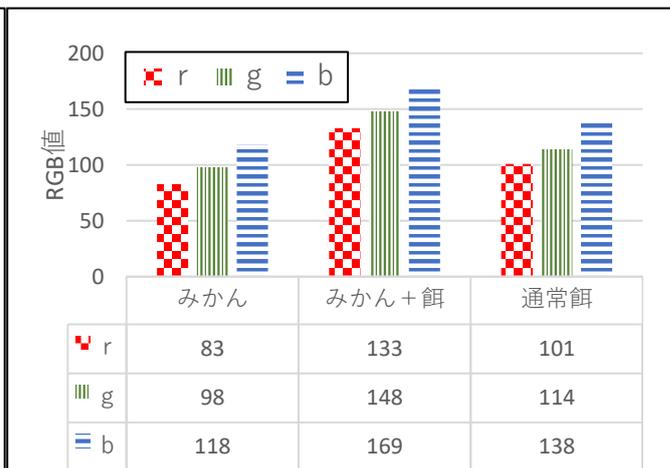


図6 飼育群②におけるパックテストのRGB値

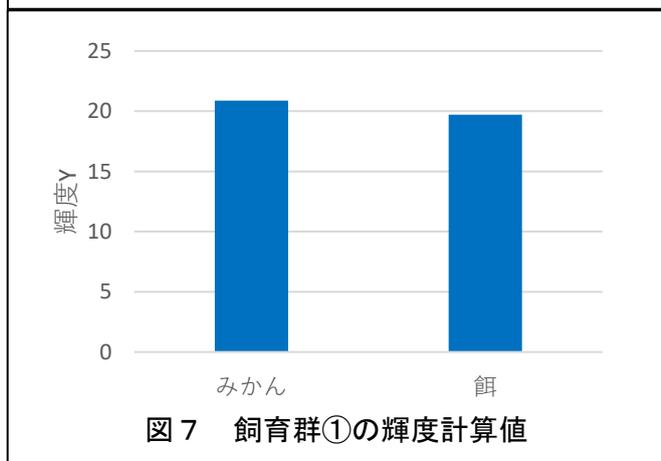


図7 飼育群①の輝度計算値

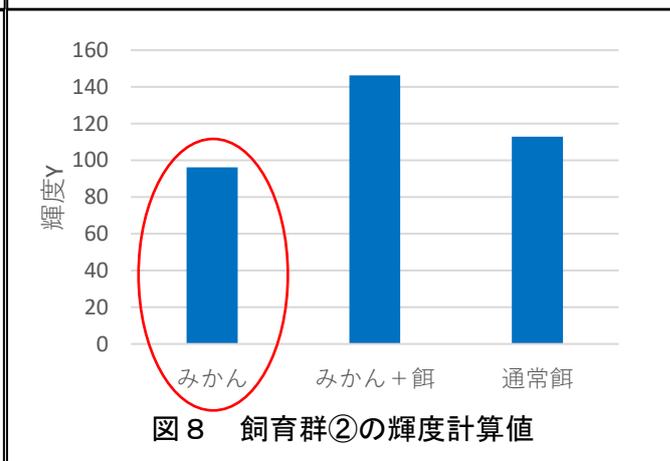


図8 飼育群②の輝度計算値

飼育群①においては、缶詰みかん+通常餌と通常餌を給餌した場合を比較すると、輝度に大きな差はみられなかった。(図5・図7)したがって、缶詰みかんと餌に混ぜて与えたとしてもビタミンCの含有量に影響を与えないと考えられる。

飼育群②においては、生みかんのみを与えたグループは輝度が96.25と一番低く、ビタミンC含有量が一番多かった。しかし、みかんと通常餌を与えたグループは輝度が146.32と一番高く、ビタミンC含有量が一番小さかった。(図6・図8)

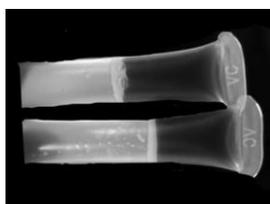


図9 飼育群①のパックテストの結果 (上:みかん+通常餌、下:通常餌のみ)

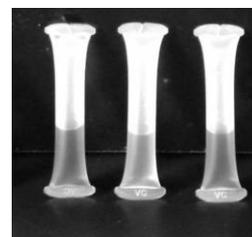


図10 飼育群②のパックテストの結果 (左:みかん、中央:みかん+通常餌、右:通常餌のみ)

## 5 実験結果の考察とまとめ

### (1) コオロギの個体数の推移

缶詰か生かは問わず、みかんを給餌したグループは、生存率が高い傾向にあった。生存日数を伸ばした要因として考えられることは2つある。1つ目は、ヨーロッパイエコオロギの特性上、水分不足に陥りやすいため、餌を食べる際に水分と一緒に摂取することができたことが生存日数を伸ばしたのではないかと考えられる。2つ目はコオロギの嗜好性である。通常餌よりもみかんへの食いつきが良く、みかんを給餌したグループの方が摂取した栄養が多くなったのではないかと考えられる。

### (2) ビタミンCの含有量

飼育群①では、みかんの収穫時期や長期保管の観点から、缶詰のみかんを与えて実験を行っていたため、水溶性ビタミンであるビタミンCは溶け出し、コオロギにビタミンCが移動しなかったのではないかと考えられる。

飼育群②では飼育群①の反省を生かし、生の温州みかんを与えた。通常餌のみを与えた場合よりも温州みかんを与えた場合の方がビタミンC含有量は大きくなったが、通常餌とみかんの両方を与えたグループはビタミンC含有量が低くなってしまった。通常餌とみかんを与えたグループは飼育の初期に多くのコオロギが死亡してしまっただけでなく、グループ自体になんらかの問題があった可能性がある。

(1)(2)の考察内容から、ヨーロッパイエコオロギにみかんを給餌すると、市販の餌を与えた場合と同等以上のビタミン量をコオロギに蓄積させることができ、なおかつ、生存日数を延ばすことができると推測した。

## 6 今後の課題

今後の課題は次の4つである。

1つ目に、コオロギの生存日数が伸びた要因を追究していきたい。ヨーロッパイエコオロギが効率的に水分を確保できる方法や、好みの味付け等、給餌の方法を検討したい。

2つ目に、飼育群②において、通常餌とみかんを与えたコオロギが最もビタミンC含有量が少なかった理由を追求していきたい。研究回数を増やしていくことで今回の結果の理由が飼育環境のイレギュラーによるものか、必然的にそうなったものか判明すると思うので、今後は温州みかんを給餌した場合のビタミンC含有量の測定回数を増やしていきたい。

3つ目に、みかんのみを給餌した場合、コオロギに含まれる他の栄養素はどう変化しているのか測定したい。通常餌にはタンパク質等のもととなる成分が多く含まれており、通常餌が与えられなかった場合、もともと豊富だったタンパク質や鉄分が減少しているのではないかと考えられる。

4つ目に、衛生管理の方法について模索したい。乾燥した通常餌を与えていた飼育箱よりも、みかんを与えた飼育箱の方がはるかにカビの発生度合いが多かった。コオロギが快適に生活することができ、なおかつ効率良く掃除ができるよう餌の形態や給餌方法を検討していく必要がある。

## 7 参考文献

- [1] 国際連合食糧農業機関 (FAO) 駐日連絡事務所(2021)『世界の食料安全保障と栄養の現状』(<https://www.fao.org/japan/portal-sites/foodsecurity/en/>)
- [2] [3] 国際連合食糧農業機関 (FAO) (2013)『Edible insects Future prospects for food and feed security』p64, p69
- [4] 徳島県立城南高等学校 木下ら(2021)「廃棄される柚香でのコオロギに対するビタミンCの添加」第23回中国・四国・九州地区理数科高等学校課題研究発表大会(福岡大会)p61-p64

# 宇和島市におけるアザミウマの生態調査

2年3組 奥田 凌大      2年3組 谷本 淳晟  
2年3組 牧野 寿栄      2年3組 片山 匠  
指導者 芝 絢香

## 1 課題設定の理由

アザミウマは、総翅目 (*Thysanoptera*) に属する体長 1~5mm 程度の微小昆虫の総称である。小さくて探すのが困難に思われる昆虫だが、実際は様々な植物や土壌の中などに生息している。アザミウマは吸汁害虫で、一部の種類のアザミウマはイネやネギ等の農作物の害虫として広く知られている。その一方で、近年熱帯地方を中心に、アザミウマが花粉媒介に関わっているのではないかとと思われる植物種が報告されており<sup>[1]</sup>、アザミウマの花粉媒介者としての評価が見直されている。その一方で、アザミウマの4枚の棒状の翅は、長くて細かい毛が羽毛のように総状に密生した形状をしており、飛翔能力が乏しいため、他の花粉媒介者を呼ぶための餌としての役割があるのではないかという研究<sup>[2]</sup>も報告されている。しかしながら、これまでアザミウマは送粉者としてあまり注目されてこなかったグループであるため、多くの野草にアザミウマが生息しているにも関わらず、アザミウマとの関係性が詳しく調べられていないのが現状である。我々は、宇和島地域におけるアザミウマが花粉媒介者としてなりうるかどうかを調べようと思い、この課題を設定した。

## 2 仮説

アザミウマが花粉媒介者であると実証するためには、次のようなことを調査する必要があると考えた。

- (1) 訪花昆虫であること
- (2) 同じ植物種間で移動していること
- (3) 花粉をからだに付着させていること

本研究で我々は(1)を調べるために、宇和島市内の植物の花器内におけるアザミウマの分布について調査を行った。アザミウマは体長が小さいため、花卉が密に詰まっている花に多く分布していると予想した。

## 3 調査方法

### (1) 採集時期

2021年4月27日~2022年2月10日の日中に採集した。岐阜大学でアザミウマの研究をされている塚原氏の助言から、一般的なアザミウマの行動を観測するため、雨天時の採集は避けて行った。

### (2) 採集場所

- 次の愛媛県宇和島市内7ヶ所で主に採集を行った。
- ・宇和島東高等学校内(宇和島市文京町1-1)
  - ・天赦公園(宇和島市御殿町9-9)
  - ・薬師谷溪谷(宇和島市川内)
  - ・4人の生徒宅

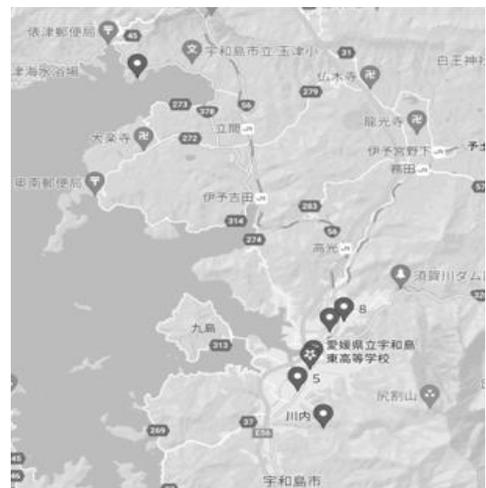


図1 採集場所(丸印がある場所で採取した)

### (3) 調査方法

- ア フィールドワークを行い、植物の花器のみを網羅的に採集した。
- イ 採集した花器はすぐに、80%エタノール液に浸し、スクリー管瓶内で標本にした。
- ウ 花器を保存したスクリー管内にアザミウマがいた場合、顕微鏡で観察を行い、その頭数と分類を記録した。
- エ 1花あたりのアザミウマの個体数を算出した。



図2 液浸標本にした花器とアザミウマ

### (4) アザミウマの同定法<sup>[3]</sup>

アザミウマの分類は亜目まで行った。図3の左のように腹部末端が円錐状になっているものをアザミウマ亜目、右のように腹部末端が管状になっているものをクダアザミウマ亜目と分類した。

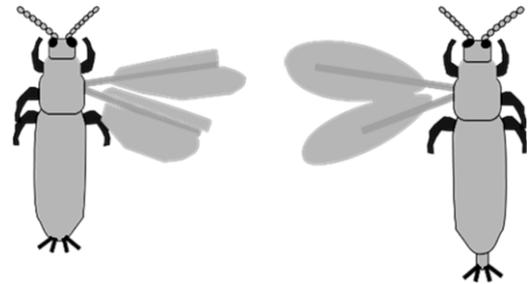


図3 アザミウマの略図(左がアザミウマ亜目、右がクダアザミウマ亜目)

## 4 結果

### (1) 野外におけるアザミウマの観察

アザミウマは様々な植物種において発見することができたが、今回我々が調査した植物においてはそのほとんどが花器内部、もしくは花器付近で多くのアザミウマを観察することができた。また、捕獲した後、花上に戻すと、すぐに花器内部へと戻る行動を示した。



図4 シロツメクサの外側にいたクダアザミウマ亜目の昆虫

### (2) アザミウマが分布した植物種

表1 アザミウマを花器内・花器付近に発見された植物種

科	属	種	花数	クダアザミウマ	アザミウマ
マメ科	シャジクソウ属	シロツメクサ	16	21	44
キク科	タンポポ属	タンポポ	2	2	13
	ムカシヨモギ属	ハルジオン	2	0	3
	キク属	キク	1	1	0
	コスモス属	コスモス	1	1	1
	アザミ属	ノアザミ	1	0	1
	クマツヅラ科	クマツヅラ属	バーベナ	20	1
サクラソウ科	シクラメン属	シクラメン	1	2	0
スイカズラ科	ツクバネウツギ属	アベリア	28	1	90
ツユクサ科	ツユクサ属	ツユクサ	1	1	0
バラ科	バラ属	バラ	1	0	2

タンポポ等のキク科植物は頭状花序であるが、本研究では小花の数ではなく、頭花の数を花数とみなしている。

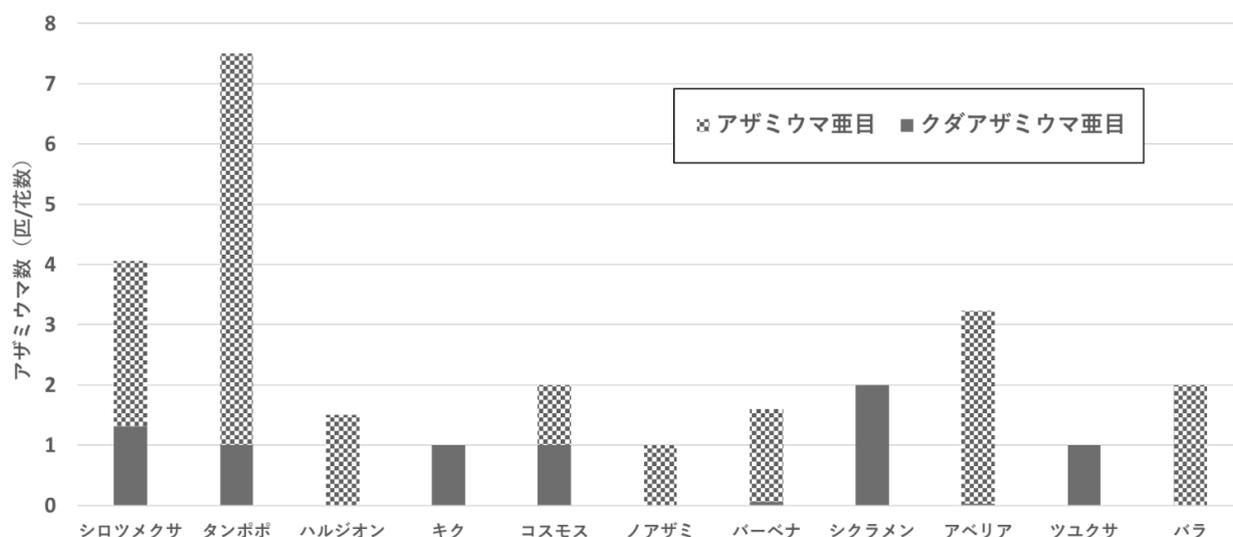


図5 1花あたりのアザミウマの個体数

校内ではアベリアが、学校近くの天赦公園でシロツメクサが、生徒宅ではバーベナが群生していたため、調査数が多くなったこともあり、アザミウマの発見総数はそれらの植物種で多くなった。発見されたアザミウマはアザミウマ亜目の昆虫がクダアザミウマ亜目の昆虫と比較すると多く、多くの野草の花器にはアザミウマ亜目の昆虫が生息していることが分かる。(表1)

1花あたりの個体数を算出すると、タンポポ、シロツメクサ、アベリアの花器には多くのアザミウマが生息していることがわかる。(図5)これらの花々にはアザミウマが密集して存在しているのではないかと考えられる。

アザミウマがいなかった植物種については表2に示す通りである。薬師谷溪谷内で採集した花器についてはアザミウマを発見することができなかった。しかしながら、どの花器も1つずつしか採集できていない。また、冬になって学校付近で開花している花が少なくなったこともあり、冬季においてはほとんど採集を行っていない。

表2 アザミウマを花器内・花器付近で発見できなかった植物種

科	属	花	場所	日付
ドクダミ科	ドクダミ属	ドクダミ	校内	4月27日
カタバミ科	カタバミ属	カタバミ	校内	5月25日
キク科	ハハコグサ属	チチコグサ	生徒宅(吉田町)	8月16日
ヒルガオ科	ヒルガオ属	ヒルガオ	生徒宅(吉田町)	8月16日
アゼナ科	ツルウリクサ属	ハナウリクサ	生徒宅(和霊町)	8月19日
ウリ科	カラスウリ属	カラスウリ	長堀の路地	8月19日
キジカクシ科	ギボウシ属	ギボウシ	生徒宅(和霊町)	8月19日
タデ科	イヌタデ属	ミズヒキ	薬師谷	8月24日
キツネノマゴ科	キツネノマゴ属	キツネノマゴ	薬師谷	8月28日
マメ科	クズ属	クズ	薬師谷	8月28日
キク科	フランスギク属	フランスギク	生徒宅(和霊町)	9月3日
オシロイバナ科	オシロイバナ属	オシロイバナ	天赦公園	9月26日
タデ科	イヌタデ属	イヌタデ	薬師谷	10月19日
ユリ科	ホトトギス属	ホトトギス	薬師谷	10月19日
シソ科	シモバシラ属	シモバシラ	薬師谷	10月19日
ハナシノブ科	フロックス属	シバザクラ	生徒宅(吉田町)	2月10日
ツツジ科	ツツジ属	サツキ	生徒宅(吉田町)	2月10日

## 5 まとめと考察

今回採集した花器にはアザミウマ亜目の昆虫を多く発見することができた。アザミウマは多くの野草の花器内・花器付近に生息していたが、特に白色や桃色、黄色等の明度の高い花で、かつ花器内の密度が高いという共通点がみられた。このことから、アザミウマは明度の高い花や、身を隠すために花卉内の密度が大きい植物に嗜好性があるのではないかと考えた。今回、アザミウマを発見できなかった植物種の中にも、アザミウマを発見できた植物種と同じ共通点を持つものも存在するため、花器の採集数を増やしていけばアザミウマが発見される可能性は高い。



図6 顕微鏡で観察したアザミウマ

## 6 今後の課題

本研究では宇和島市においては表1に示すような植物種にアザミウマが訪花していることを明らかにすることができた。アザミウマがこれらの植物の花器でどのように行動しているか今後も観察を続けていきたい。また、本研究は春から秋にかけて宇和島東高校を中心に行ったものであるため、今後は採集場所や採集時期を拡大して、花器を網羅的に採集していきたい。

アザミウマが花粉媒介者であることを明らかにするためには、仮説で提示した(2)(3)を明らかにしていく必要がある。現時点で、(2)を立証していくために、訪花数が多かった花を中心に、アザミウマの主な食料であるとされる花粉を生体染色し、再捕獲法を行っていきたいと考えている。(3)については(2)と並行して、アザミウマの行動観察として飼育することで、アザミウマの体に花粉の有無とその量を確認していきたい。

## 7 謝辞

今回の研究を進めるにあたり、岐阜大学連合農学科塚原一颯氏に多大なるご協力を賜りましたことをここに感謝いたします。

## 8 参考文献

- [1] 石井博(2021)『花と昆虫のしたたかで素敵な関係 受粉にまつわる生態学』p72-p77
- [2] 酒井章子(2009)『オオバギ(トウダイグサ科)と花序で繁殖するヒメハナカメムシの送粉共生の起源』
- [3] 塚原一颯(2021)『アザミウマ世界』
- [4] 梅谷献二ら(1988)『農作物のアザミウマ 分類から防除まで Pest Thrips of Japan』

# 魚粉を用いた芝の緑化研究

2年3組 梶田 怜    2年3組 福田 祥子    2年3組 水田 侑輝  
2年4組 岡崎 綾香    2年4組 水野 凜  
指導者 窪地 育哉

## 1 課題設定の理由

宇和島では、宇和海の恵まれた自然環境を生かして真鯛の養殖が盛んに行われている。養殖真鯛は刺身などに加工され、全国の食卓に届けられるが、骨や内臓など約 65%は未利用部位として廃棄される。宇和島市に本社を置く秀長水産株式会社では真鯛の未利用部位を食品素材として利用することに取り組み、こうして作られた製品は「カルペイン」と呼ばれている。

カルペインは窒素やカリウムを豊富に含むことから、肥料としての効果が期待されており、実際に米栽培にも活用されている。一木ら (2020) は、カルペインを用いて芝を育成し、芝の緑化に対する魚粉肥料の有効性を示したが、データ量や測定期間の設定に課題を残している。我々は測定期間を延ばし、測定時期によるデータの変化を明らかにすることを目的に本研究を行った。

## 2 実験・研究の方法

### (1) 試験区について

校内の花壇（芝の生育地）に約 30 cm × 30 cm の区画を設け、芝以外の雑草等を取り除き、カルペインと硝酸アンモニウム硝酸カリウムをそれぞれ散布する。実験に用いた芝の品種は高麗芝である。

### (2) 散布について

散布量は、カルペイン 20 g / 200 mL 水を基準として、カルペイン 20 g に含まれるカリウム、窒素の物質量と同量となるように算出した硝酸カリウム水溶液および硝酸アンモニウム水溶液を用意し、それぞれの区画に散布した。カリウム、窒素の物質量を算出する際に、秀長水産株式会社から提供していただいた成分表を利用した。

【表-1】に、各区画区分および散布した溶液を示している。散布頻度は約 2 週間に 1 回とした。

【表 - 1】各区画区分における散布物

区画／区分	①	②	③
I	カルペイン 20 g / 水 200 mL	無散布	KNO <sub>3</sub> / 水 200 mL
II	カルペイン 20 g / 水 200 mL	無散布	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> / 水 200 mL
III	カルペイン 20 g / 水 200 mL	無散布	無散布

### (3) 結果の解析方法について

#### ア 画像による色の解析

週 5 日程度のペースで芝生の撮影を続けた。デジタルカメラで撮影して記録した。記録した写真はフリーソフト「GIMP for Windows」を用いて、画像の RGB 値を読み取りデータ化した。

「GIMP for Windows」では、画像データのピクセルごとに得られた RGB 値を度数分布として表す。その度数分布の平均値と中央値を区画ごとに測定し芝の色の変化とした。

ここで RGB 値について説明する。RGB 値とは光の三原色 R（赤）G（緑）B（青）を組み合わせた値であり、色を表現する際に用いられる。RGB 値は加法混色であるため、RGB

それぞれの値が最大であれば白色を示し、最小であれば黒色を示す。【図-1】によると、RGB 値の最大、つまり白色の状態から R 値と B 値を小さくしていくと、白は緑に近づいていく。また、R 値最小、G 値最大、B 値最小の色から G 値を小さくしていくと、緑色が濃くなり黒に近づいていく。そこで私たちは、「緑化」について R 値、B 値が小さくなり緑色が鮮やかになるプロセスと、G 値が小さくなり緑色が濃くなるプロセスの二つがあると考えた。



【図-1】RGB 値の変化のモデル

### イ クロロフィルの定量による解析

各区画区分の芝を刈り取り細かく切ったものを約 1g 量りとり、アセトンにおよそ 48 時間浸してクロロフィル抽出液とする。そして抽出液から吸光度測定器を用いて吸収スペクトルを測定し、「Porra の式」【式 1】【式 2】によりクロロフィル濃度を算出する。

クロロフィル a [ $\mu\text{g}$ ]

$$12.25 \times (\text{664 nm における吸光度}) - 2.55 \times (\text{647 nm における吸光度}) \dots \text{【式 1】}$$

クロロフィル b [ $\mu\text{g}$ ]

$$20.31 \times (\text{647 nm における吸光度}) - 4.91 \times (\text{664 nm における吸光度}) \dots \text{【式 2】}$$

ここでクロロフィル a, b について説明する。クロロフィル a と b は、光合成に関与する二つの主要な色素である。クロロフィル a は青緑色の光を、クロロフィル b は黄緑色の光を反射しており、その反射した光が私たちに緑色として見えることになる。また、薄い色の葉から濃い色の葉になるにつれてクロロフィルの量が増えていくことが分かっている。

## 3 結果と考察

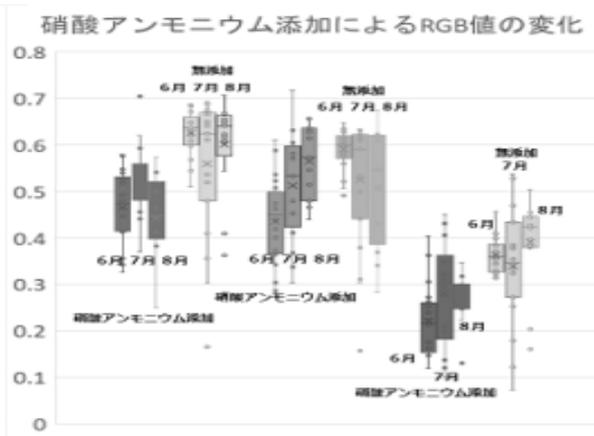
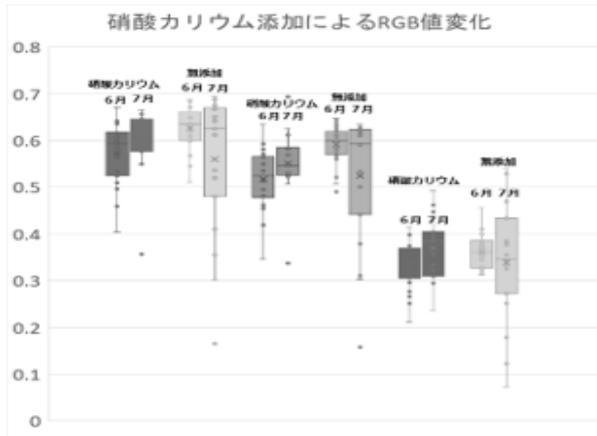
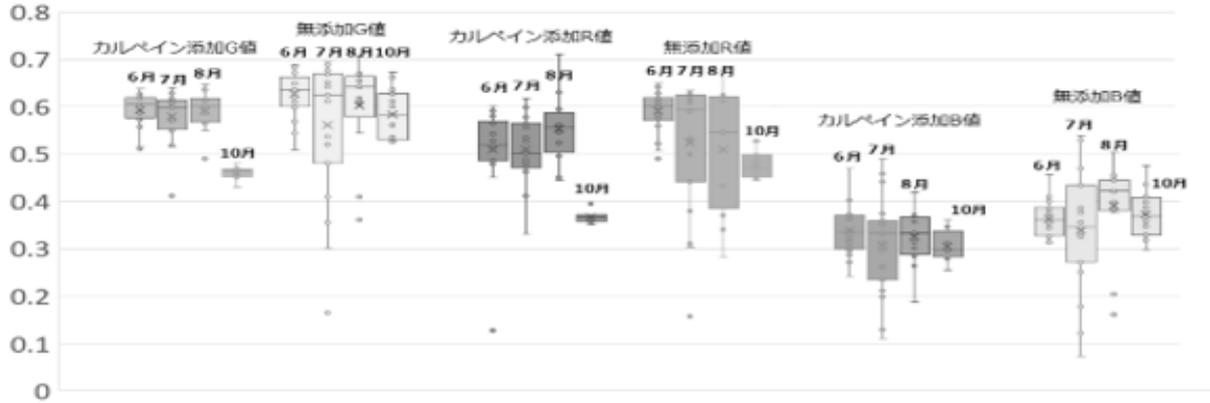
### (1) 画像解析による結果

【図-2】に今年度 6 月から 10 月にかけてのカルペイン添加、硝酸カリウム添加、硝酸アンモニウム添加による芝の画像の RGB 値の変化を示した。また、【図-3】に昨年度秋期の画像解析による RGB 値の平均値を示した。

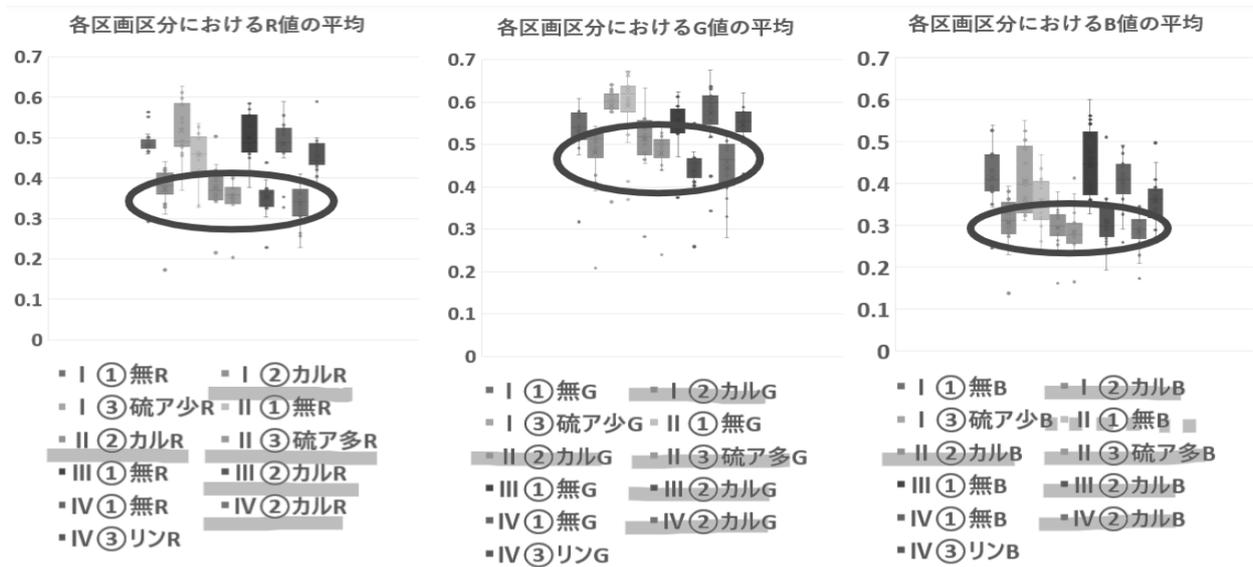
図によると、今年度のカルペインを散布した区分は全体的に RGB 値がやや低めになっている。また硝酸カリウムを散布した区分は R 値 G 値がやや低めになり、硝酸アンモニウムを散布した区分において、G 値 B 値は大幅に低くなり、R 値はやや低めになった。しかし、昨年度と比較においては全体的に高い値となっている。

RGB の値は RGB それぞれの値が最大であれば白色で、R 値と B 値が小さくなるにつれて緑色になる。また、R 最小、G 最大、B 最小から徐々に G 値を小さくしていくと少しずつ緑色が濃く、黒色に近づいていく。

### カルペインRGB値の平均



【図—2】今年度の各区画区分における RGB 値の平均値



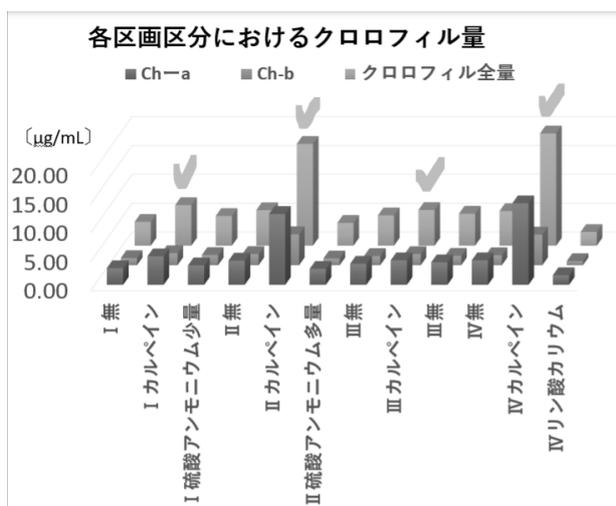
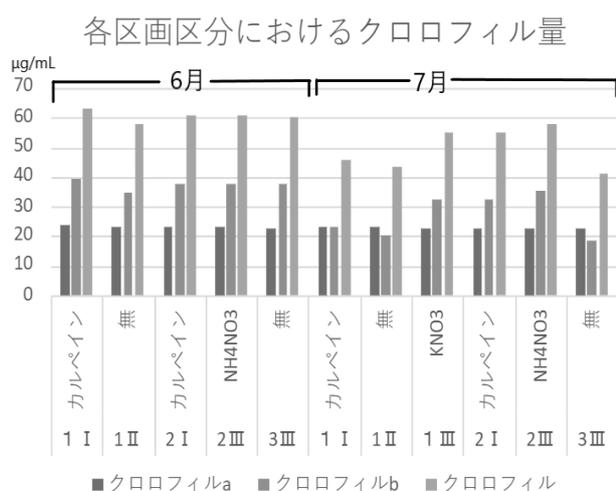
【図—3】昨年度の各区画区分における RGB 値の平均値

結果から、夏は秋ほどではないものの、カルペインが R 値 B 値を低下させ、緑を鮮やかにし、また G 値を低下させ、緑を濃くする効果があった。

また、目視で確認すると、カルペインを散布した区画、硝酸アンモニウムを散布した区画では、芝全体の背丈も高くなっていることが観察できた。

#### (2) クロロフィル量の吸光度測定による結果

【図-4】に今年度、【図-5】に昨年度の各区画区分におけるクロロフィル量を示す。



【図-4】今年度の各区画区分におけるクロロフィル量

【図-5】昨年度

図によると、昨年度の秋季はカルペイン区分のクロロフィル量が多くなっている一方で、今年度の夏季は区分ごとのクロロフィル量にあまり差がなく、カルペインの緑化作用が弱かったと考えられる。

#### 4 まとめの今後の課題

GIMP を用いた RGB による画像解析と、クロロフィルの吸光度測定によって、カルペインの芝に対する緑化作用は、芝の鮮やかさが失われる冬季によく見られることが分かり、夏季は、特別化学肥料を与えなくても芝に十分な緑色が見られることがデータとして明らかになった。また、カルペインの散布区画において草丈が長くなっていたことから、カルペインは芝の緑化だけでなく生育にも大きな効果があることが確認できた。

今回は身近な場面でのカルペインの活用の一例として、芝の緑化に焦点を当てて実験、観察を行ったが、カルペインの商品価値をさらに高めるには、農作物の栽培への活用など、より直接的に我々の利益となる場面での活用を進めることが望ましい。冒頭でも述べたように、カルペインを用いた米栽培は実際に行われ成功している。今後、さらに広い場面でのカルペインの利用可能性について明らかにしていきたい。

#### 参考文献

- ・一木昂大ほか、「魚粉を用いた芝の緑化研究」『令和2年度 SSH 生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島東高等学校,31-32
- ・静岡県総合教育センター第27回山崎賞「10 葉の色素の違いII」

# 成長速度を通じたトキワバイカツツジの成長過程の推定

## —根回りと胸高直径からの考察—

2年3組 本田 咲和 宮崎 千佳  
2年4組 尾崎 煌弥 丸永 李音  
指導者 林 広樹

### 1. はじめに

トキワバイカツツジ *Rhododendron uwaense* H. Hara et T. Yamanaka は愛媛県宇和島市に自生する固有種で、環境省カテゴリーは絶滅危惧種 IB 類、愛媛県カテゴリーは絶滅危惧 IB 類 (EN) に指定されている (環境省 2015, 愛媛県 2014)。本種は、1984 年の原記載 (原・山中, 1984) から 30 年以上経過したが、生育適地、訪花昆虫、遺伝的多様性、生活史などの情報が不足している。そこで、筆者らは、本種の保全の基礎とするべく、胸高直径から肥大成長速度を求め、根回りから樹齢を推定し、トキワバイカツツジの生活史を明らかにすることを目的とした。



図1 トキワバイカツツジ



図2 自生地での調査の様子

### 2. 調査方法

- (1) 1年枝から伸長成長速度(1年枝の長さ)を推定し、伸長成長速度からトキワバイカツツジの樹齢を推定できないか検証を行う。
- (2) 胸高直径(DBH(mm))の測定し、肥大成長速度(Vag)を推定する。そして、肥大成長速度から樹齢を推定できないか検証を行う。
- (3) 根回りの直径の測定
- (4) 胸高直径から肥大成長速度(Vag)を求め、根回りの長径から樹齢を推定
- (5) 植物群落における各樹種のDBH(cm)の測定し、生育地における二次遷移を推定

### 3. 結果及び考察

#### (1) 平均伸長成長速度の測定結果

全個体(株立個体はそれぞれを測定、 $n=12$ )の1年枝の長さの平均の長さは  $6.9 \pm 5.1$  cm であった。これにより、1年間に約7cmの伸長成長がみられることがわかったが、標準偏差が大きいため、1年枝の長さには生育条件(日当たり、方位、水分条件、気分など)によって差が著しいことがわかった。伸長成長速度を  $6.9$  cm/年とする。

樹齢(年) = 株立ち個体平均樹高(cm) / 伸長成長速度(cm/年) =  $280$  (cm) /  $6.9$  (cm/年) =  $40.58$  年

森林管理署への聞き取り調査により、自生地は60~70年前に段階的に皆伐した記録があることがわかった。この求められた樹齢は、記録より誤差が大きいので、伸長成長速度は樹齢の推定に適さないことがわかった。

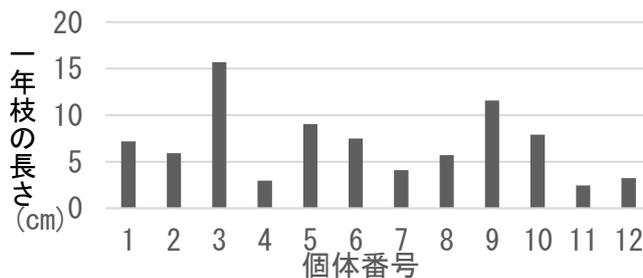


図1 個体別1年枝の長さ

## (2) 胸高直径の測定結果について

2021年5月の調査では、トキワバイカツツジの平均胸高直径(DBH)は $3.3 \pm 1.5$  (n=12)であった。聞き取り調査により1952年(2021年から69年前)に伐採されたとすると、平均肥大成長速度(cm/年)=平均胸高直径(DBH)(cm)/(現在-伐採年)= $3.3/(2021-1952)=0.049$ (cm/年) 調査した全個体の中で株立ち個体の最大胸高直径は3.5cm。

**推定樹齢=株立ち個体の最大胸高直径(cm)/平均肥大成長速度(cm/年)= $3.5/0.049=71.43$ (年)**  
 推定樹齢と伐採後からの年数の誤差が約2年と小さいため**平均肥大成長速度から樹齢を推定することは有効と言える。**

(株立ち個体は、自生地の植物群落を伐採後に萌芽したと考えられる。伐採直後に最も早く萌芽したと考えられる個体の胸高直径(最大胸高直径)を平均肥大成長速度で割ることによって推定樹齢を求めた。)

2021年9月の調査では**168**個体の胸高直径を測定し、その全個体平均胸高直径(DBH)は **$36.1 \pm 16.7$ mm**であった。橋越ほか(2020)では平均胸高直径は $32.3 \pm 15.4$ cmで最大値は79mm、最小値は11mであったことから胸高直径はやや大きくなった。この平均胸高直径から平均肥大成長速度を求める。

**胸高直径の平均(mm)/(現在-伐採年) =  $36.1/(2020-1960) = 0.60$  (mm/年)**

この平均肥大成長速度を用いてトキワバイカツツジの根回りの直径から、自生地の溪流沿い**43**個体、山側**37**個体の樹齢を推定した。

## (3) 根回りの測定結果

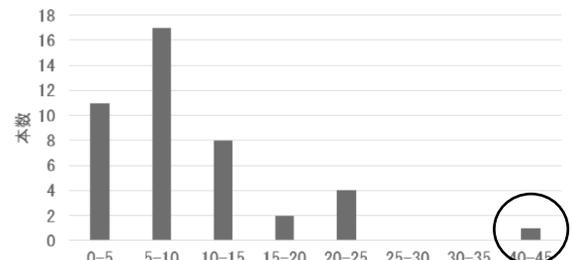
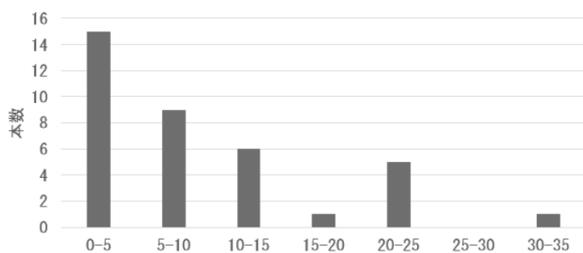


図2 溪流沿いの個体 (n=43) の根回りの直径

図3 山側の個体 (n=37) の根回りの直径

根回りの最大は約40cm、周囲は125cmあった。根回りの大きい個体は、尾根沿いに見られた。

## (4) 根回りの長径からトキワバイカツツジの樹齢を推定する。

胸高直径からの平均 肥大成長速度=0.60(mm/年)。例えば、根回り5cmの個体ならば、根回りの直径(mm)/平均肥大成長速度(mm/年) =  $50/0.60=83$ (年)(成長年)

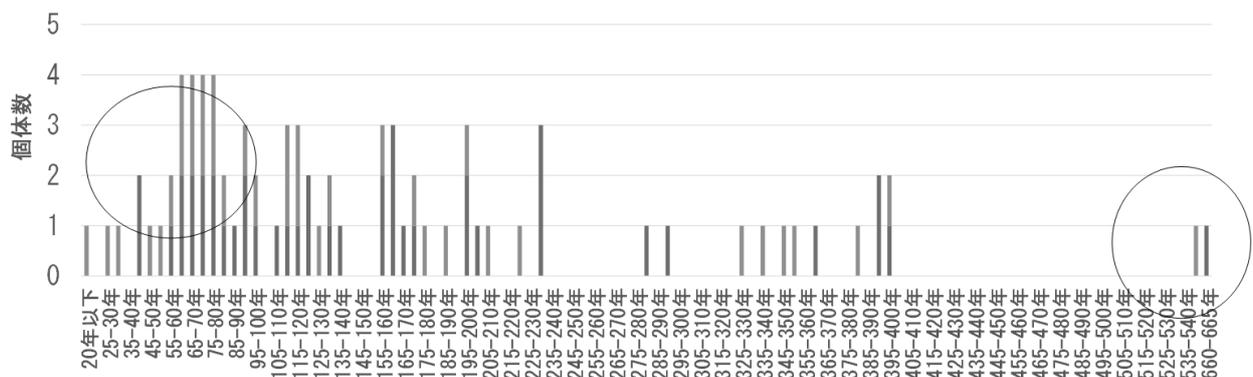


図4 根回りからの樹齢推定結果 (n=80)

〈なぜ、トキワバイカツツジは現在まで生き延びてこられたのか。〉

図3より、推定樹齢100年以内の個体数が多く、全体の40%を占める。森林管理署への聞き取り調査によると、自生地は60~70年前に段階的に皆伐した記録があることが分かった。この伐採により、林内に光が入るようになり、個体数が増えたのではないかと考えられる。また、樹齢600年以上前の個体も確認することができる。このような根回りの大きい個体は、他の植物が侵入しにくい急斜面の尾根沿いで多く見られた。尾根沿い、ギャップの下などで、光を受け、現在までほそぼそと生育してきたのではないかと考えられる。

また、自生地周辺には、炭焼き窯の痕跡があることが報告されており、人の手が入り、炭を得るために定期的な間伐もあった可能性もある。

(5) 植物群落における各樹種の胸高直径 (DBH(cm)) の測定結果

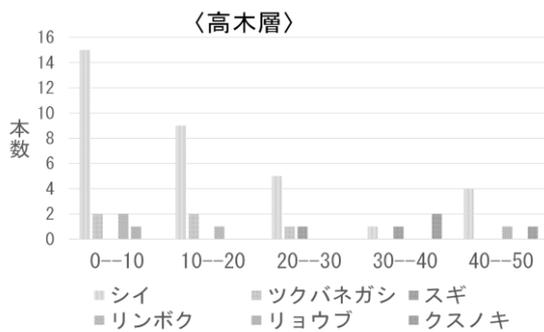


図5 高木層の樹種別 DBH の分布

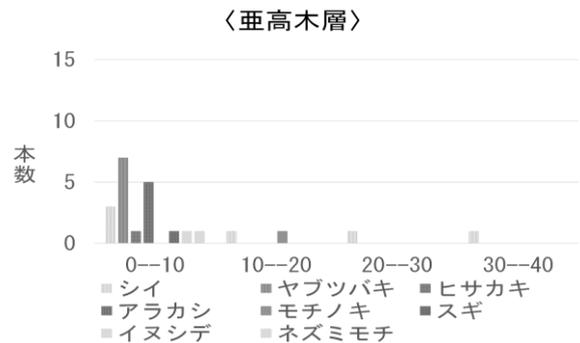


図6 亜高木層の樹種別 DBH (cm) 分布

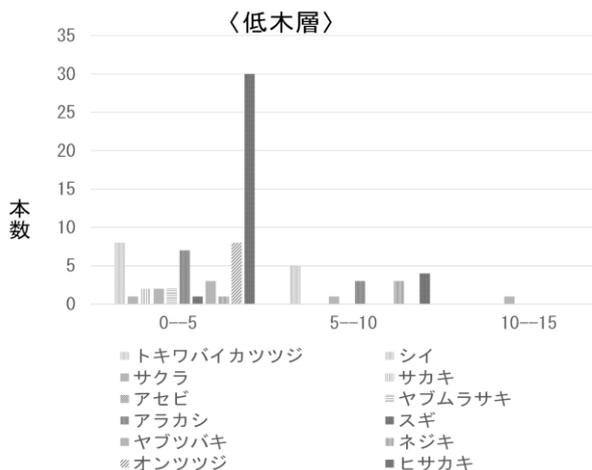


図7 低木層の樹種別 DBH (cm) 分布

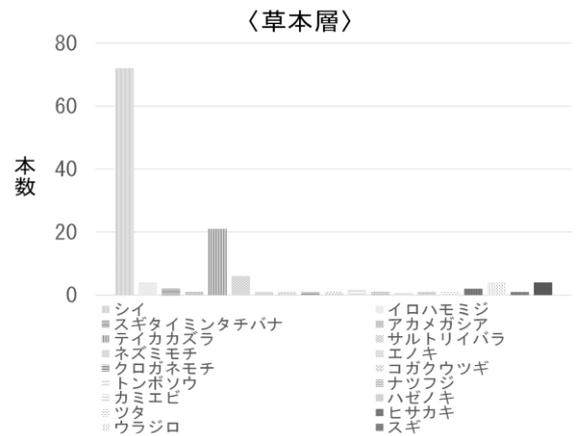


図8 草本層の樹種別 DBH (cm) 分布

トキワバイカツツジの生育地はシイが優先する照葉樹林の林縁。林床には、シイ類の稚樹が多数見られ、生育地は今後もシイ林など照葉樹林が維持される。トキワバイカツツジは植物群落の林内には存在せず、林縁にて低木層を形成している。

(6) トキワバイカツツジをこれからどう保全していくべきか

私たちは、トキワバイカツツジのみの保全に偏らず、自生地の生態系全体の保全を目指したい。

① 適度な間伐と他の希少種の調査

トキワバイカツツジを保全するためには、適度な間伐が必要である。ただし、自生地には「ヤマモガシ」などトキワバイカツツジ以外にも貴重な動植物が存在する。それらの希少種もトキ

ワバイカツツジと同様に保護していかなければならない。そのためにも、他の希少種の調査する必要がある。

## ② 土壌に存在する微生物（菌根菌）の分析と鹿などの害獣に対する対策

なぜ、トキワバイカツツジが自生地にはしか生育しないのか、その謎を解明するためには、自生地がどのような生態系を構成しているのか解明していく必要がある。

## 4. 結論

- (1) **肥大成長速度 (Vag) 0.60mm/年**は、樹齢の推定に有効ではないか。また、樹齢の推定は、トキワバイカツツジの生態的解明（成長パターンの推定、生育適地の推定、低木層・亜高木層を形成するしくみの解明、ゼネラリスト的戦略（強光下～弱光下でも生育可能））の検証につなげることができる。
- (2) 自生地におけるトキワバイカツツジの樹齢は100年未満のものが多い。60～70年前の間伐の影響している可能性がある。また、樹齢が600年を超える個体も存在する。トキワバイカツツジは、自生地に元々存在していたのではないか。
- (3) **NbS**の視点からトキワバイカツツジの保全を考える。トキワバイカツツジのみの保全に偏らず、自生地の生態系全体の保全を目指す。

## 5. 今後の課題

- (1) トキワバイカツツジの樹齢推定の精度の向上をする。
- (2) トキワバイカツツジの生育環境の詳細な分析をする。  
なぜ、限られた地域しか生育しないのかを分析する。
- (3) 保全のための具体策の検討  
NbSの8つの世界基準で、自分たちの取り組みを評価する
- (4) 適切なトキワバイカツツジの保全のための他の団体との連携をする。

## 6. 参考文献

- ・原寛・山中二男（1984）：四国産ツツジの一新種。植物研究雑誌，59(10)，289-292.
- ・早川宗志・徳岡良則・橋越清一（2015）：愛媛県宇和島市固有種トキワバイカツツジ（ツツジ科）の系統的背景と訪花昆虫，(46)，6-12.
- ・橋越清一（2020）：高知県立牧野植物園におけるトキワバイカツツジの訪花昆虫，(49)，92-97.
- ・橋越清一・徳岡良則（2020）：トキワバイカツツジの保全のための基礎的研究Ⅰ 生育地における植物相，エヒメアヤメ，(49)，55-63.
- ・橋越清一・増田陽海・高平なごみ・小西真生・松浦愛・吉岡文香・林広樹・吉田美沙紀（2020）：トキワバイカツツジの保全のための基礎的研究Ⅱ トキワバイカツツジの訪花昆虫，エヒメアヤメ，(49)，64-79.
- ・橋越清一・徳岡良則・藤林弘恭・久松定智（2020）：トキワバイカツツジの保全のための基礎的研究Ⅲ トキワバイカツツジの生育する林分の構造，種子形態に基づく生態的特徴についての考察，エヒメアヤメ，(49)，80-91.
- ・Yoshinori, Hiroshi Hayakawa, Kiyokazu Hashigoe (2020): Spatial distribution and environmental preferences of a threatened species (*Rhododendron uwaense*) and two common species (*R. dilatatum* var. *decandrum* and *R. weyrichii*) in southwestern Japan, *Journal of Forest Research*, 25(2), 113-119.
- ・Spatial distribution and environmental preferences of a threatened species (*Rhododendron uwaense*) and two common species (*R. dilatatum* var. *decandrum* and *R. weyrichii*) in southwestern Japan, *Journal of Forest Research*, 25(2), 113-119.
- Geng Yuying (2014) *The Genus Rhododendron of China* (271-273)

# とんでんがわ 神田川の水質と生物Ⅱ

2年3組 牧野穂夏 2年3組 藤田悠生  
2年3組 横島早那 2年3組 渡部愛梨  
指導者 中尾力広

## 1 課題設定の理由

神田川は、一見きれいに見えるが本当にきれいなのか、化学的、生物学的な面から、神田川に生息する指標生物をもとに神田川の水質をより詳細に調べたいと考え、課題を設定した。

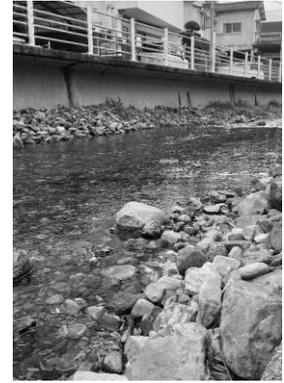


写真1 神田川(中流)

## 2 仮説

- (1) 令和2年度(昨年度)の本校の牧野らによる調査では、中流の流れが遅く汚れていた。今年も同様に中流が汚れているのではないか。
- (2) カワムツを指標生物として用いても河川の水質の推測は可能である。
- (3) カワムツの生息域は、COD以外の物質とも関連性がある。

## 3 実験・研究の方法

- (1) 神田川(写真1)に行き、上流・中流・下流、それぞれの場所で生息している生物(ターゲットはカワムツ(写真2))を捕獲し、その生息域の特徴から水質を予想する。他の指標生物も同時に捕獲する。
- (2) パックテスト(COD、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ )を使って、水質を調べる。そこに生息している生物との関連性について検証する。

## 4 結果その1

神田川に行き、便宜上、上流・中流・下流と区分し、それぞれの場所で生息している生物を捕獲した。

### (1) カワムツ

河川の上流から中流に生息し水がきれいなところを好む。捕獲したカワムツは約4.5 cm。昨年は上流、下流で捕獲できた、昨年は中流で捕獲できなかったが、今年は全流域で捕獲できた。

このカワムツをメインターゲットとして神田川の水質調査に取り組んだ。



写真2 カワムツ

### (2) ヨシノボリ

山地から都市部まで広く生息している。また、流れが緩やかなところに生息している。上流で捕獲。肉食性である。(写真3)



写真3 神田川(上流)

(3) ヒラタカゲロウ

環境省指定の指標生物であり、きれいな水に生息する。上流で捕獲した。(写真4)

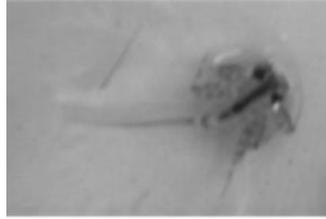


写真4 神田川(上流)



写真5 神田川(下流)

(4) クロベンケイガニ

下流で発見。河口域に生息する。植食性である。(写真5)

このほか、サワガニやエビ、カワニナ、ヤマトトビケラ属とその巣等も確認できた。神田川は、水質階級 I ~ II の比較的きれいな水質であることが分かるが、カワムツの生息から水質を予想できれば、川岸からその確認ができる。

5 結果その2

パックテスト(COD、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)を使って、水質を調べる。より細かいデータ収集を目的として、今年度は昨年度よりも調査項目を増やして実施した。



写真2 パックテスト

(1) COD 値について

昨年度は神田川の水質と水生生物との関連性を調査するため、COD の値について調査したが、その比較のため今年度もCOD については引き続き調査を行った。(図1)

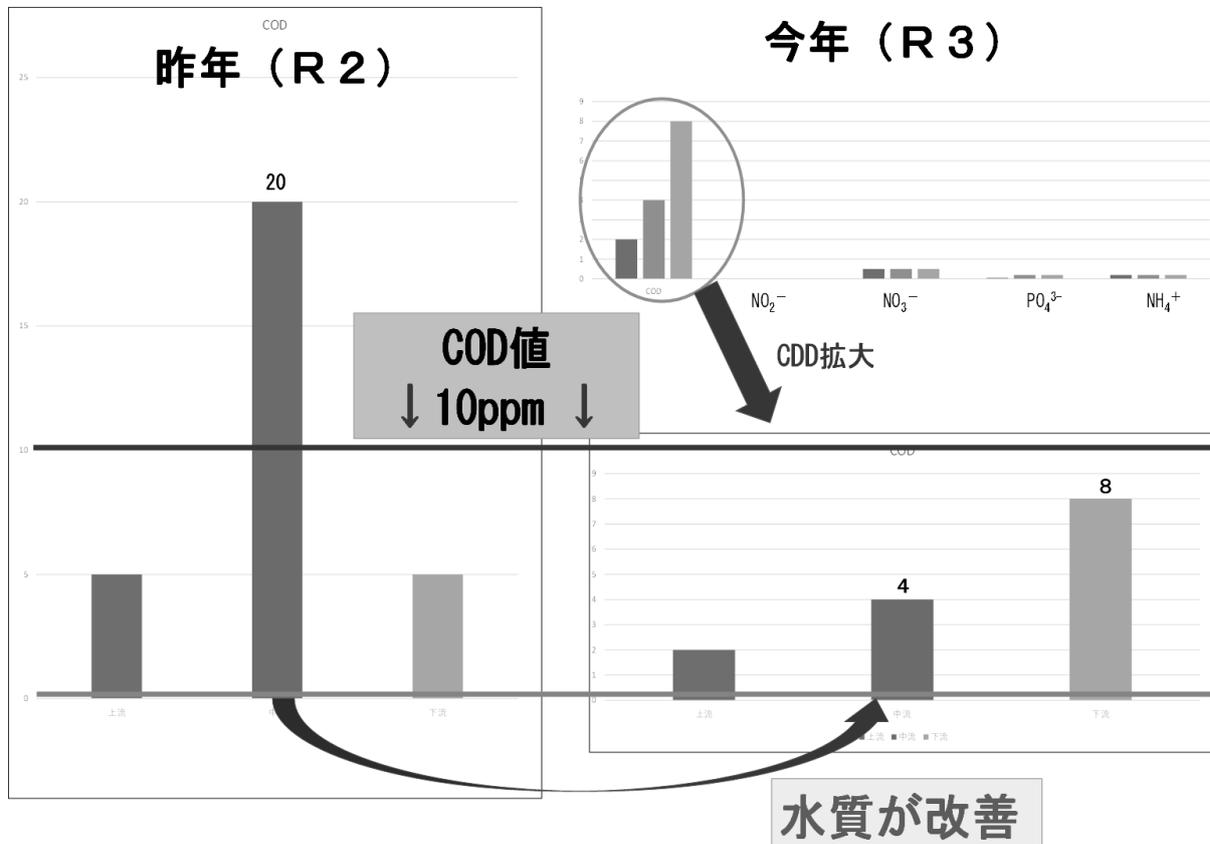


図1 令和2年度と令和3年度のCOD値比較

COD 値が、上流では平均 2ppm、中流では平均 4ppm と昨年と比べ低くなっている。特に中流での水質の改善が顕著である。一方で、下流では昨年よりやや高くなっており、平均値は 8ppm であった (図 1)。結果のまとめを図 2 に示す。

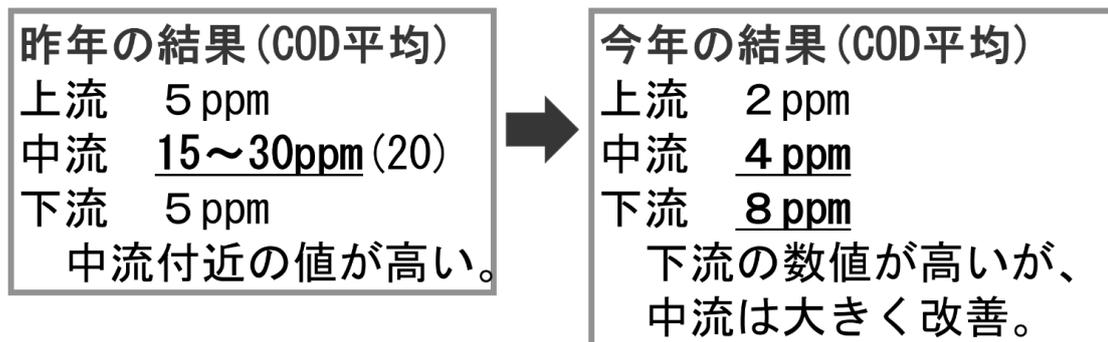


図 2 令和 2 年度と令和 3 年度の COD 値比較 (まとめ)

(2) COD 以外の調査項目について

ア NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (図 3)

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>が高い値を示す場合は、有機物が多く、水質汚染の指標となる。流域ごとの大きな違いはなかった。なお、横軸は調査した回数を示す。

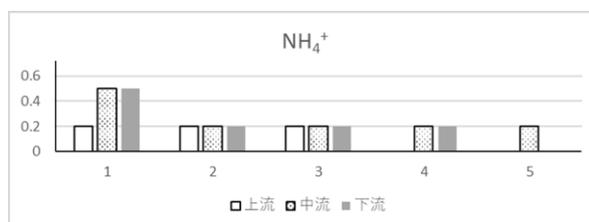


図 3 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>比較

イ NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (図 4)

亜硝酸塩をその窒素量をもって表したものを。0.02ppm 以下がきれいな水とされている。よって、神田川はきれいな水であると言える。

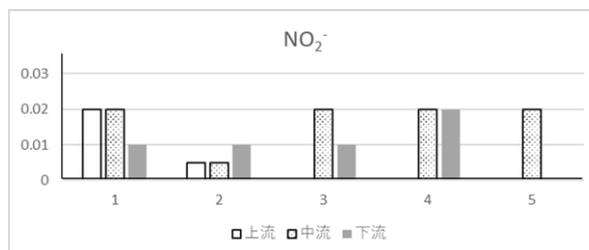


図 4 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>比較

ウ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (図 5)

5 回目の調査時に、かなり高い数値が出ている。見ためにもやや汚れている箇所の確認はできたが、12 月のこの 1 度のみの現象からその原因の特定はできなかった。

その他の調査時には、すべてにおいて、上流、中流、下流に大きな違いはみられなかった。

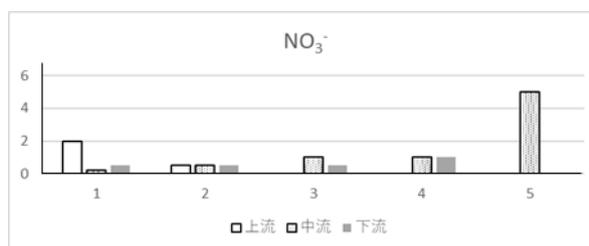


図 5 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>比較

エ PO<sub>4</sub><sup>3+</sup> (図 6)

リン酸イオンは合成洗剤にも含まれており、この数値が高いほど富栄養化しているということができる。

下流の値がやや高いが、水質環境基準 (6.5~8.5) 中にある。

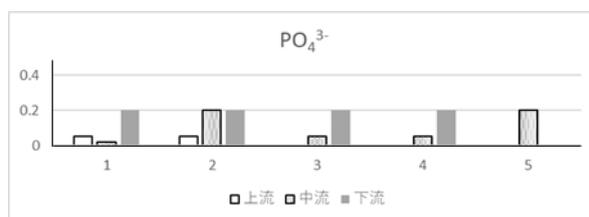


図 6 PO<sub>4</sub><sup>3+</sup>比較

## オ pH (図7)

他の物質のように継続できておらず、調査回数が少ないが、ほぼ中性ということが分かった。

上流では、調査地点に入れなくなり、調査不能となってしまったので、今後は調査地点の再考が必要である。

今年、新しく追加した  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  は、上流の  $\text{NO}_2^-$  がやや高い日もあったが、その他はどの流域でも大きな違いはなかった。

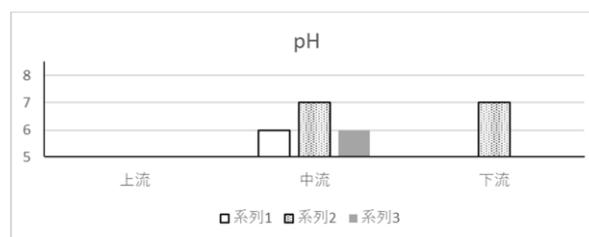


図7 pH 比較

## 6 考察とまとめ

- (1) 今年は、全流域でカワムツの生息が確認できた。昨年より川がきれいになり、生息域が広がった可能性が考えられる。カワムツの生息域と COD 値との関連性が強く示されていることは興味深い。
- (2) 昨年、最低値 15ppm の中流では生息していなかったカワムツが、今年、COD 値が 8ppm の下流では生息していた。カワムツの生息域に影響を与える境界値が、COD 値 8ppm~15ppm の間である可能性がある。より詳細な研究を継続してその値を特定していきたい。

今年、COD 値以外に調査した物質については、その増減や変化のパターンに一貫性がなかった。原因として、生活域での水質変化は、そこに住む人の影響を強く受けていると思われる。結果として、これら様々な物質とカワムツとの関連性は見いだせなかった。また、別の水生生物や指標生物等との関連性についても、データ収集も不十分であり、満足な検証結果を得ることはできなかった。

中流で水質が改善した理由や、COD 以外の物質と水生生物との関係についても特定できなかった。本村川の調査(本校生物部調査中)からも、COD 値の低い所には、カワムツが生息していることが確認されており、このような他の河川との比較も有効と思われる。

## 7 今後の課題

- (1) カワムツが生息する場所に関して、より詳細な COD 値の特定を目指し、調査数・調査地点を増やす。
- (2) 神田川は住宅地を流れており、そこに住む人々の生活との関連性についても調査したい。
- (3) 河川の流量は、天候によっても左右される。特に調査前日の天候などとの比較も重要である。また、季節的な面や、そこに住む人々の生活との関連性について、より有効な検証方法を検討したい。
- (4) さらにデータを蓄積し、河川の水質改善や維持について、有効な手立てを考えたい。

## 8 参考文献

石綿進一・竹門康弘, 2005a. カゲロウ目. in 川合禎次・谷田一三(編), 日本産水生昆虫, 東海大学出版会. ISBN 4-486-01572-X・刈田敏, 2002. 水生昆虫ファイル I. つり人社. ISBN 4-88536-484-1 荒木晶, 松浦修平 ほか, サワガニの成長『九州大学農学部学芸雑誌』1995年 49巻 3/4巻 p.125-132, doi:10.15017/23540 関伸一、短報 (Note) 男女群島におけるサワガニ *Geothelphusa dehaani* の記録森林総合研究所研究報告 6巻 2号 p.89-92(2007-06) 小林哲、河川環境におけるカニ類の分布様式と生態『応用生態工学』2000年 3巻 1号 p.113-130, doi:10.3825/ece.3.113 神田川の水質と生物(令和2年度宇和島東高等学校 RSI)

# キウイフルーツを用いての消臭スプレーの開発

2年4組 進藤 たより 2年4組 清家 栞  
2年4組 田中 美鈴 2年4組 山本 菜緒  
指導者 藤田 恭兵

## 1 課題設定の理由

農産物には外観や大きさ、損傷や汚れなどにより、規格外品として廃棄を余儀なくされているものが少なくない。しかし、このような規格外品でも内容成分である栄養素や機能性成分の含有量は市場流通品と大差ないものが多いことから、規格外品を有効利用する方法が注目されている。愛媛県では様々な農作物が育てられている中で生産量全国1位を誇るキウイフルーツが特に規格外品が多いのではと考え、キウイフルーツを利用して新たな製品開発できないかと考えた。

## 2 仮説

衣類の悪臭の原因の一つとして人の汗や皮脂などのタンパク質汚れを細菌が分解することでにおい物質を発生させていることがあげられる。近年、キウイフルーツのタンパク質分解酵素のアクチニジンが口内のタンパク質汚れを分解して口臭を抑制したという研究結果が報告された。この研究結果を用いて人の汗などに含まれているタンパク質を細菌が繁殖する前に分解することで衣類の消臭につながるのではないかと考え、キウイフルーツを用いた消臭スプレーの開発を目指した。

## 3 実験方法

実験1 鶏肉をキウイで加水分解させる実験

- (1) 鶏肉 100g に対して次の条件で鶏肉を浸し、冷蔵庫で保管した。(図1)。
  - a キウイの果汁(200g)
  - b 果汁+果肉(200g)
  - c 無操作
- (2) 数日おきに pH と匂いを測定及び確認し、それを数回繰り返す(グラフ1)。
- (3) 一週間後に容器に入れたキウイを取り除き、数日後再び匂いと pH を測定する。



図1 鶏肉をキウイに浸した  
左から条件 a, b, c

実験2 鶏肉と酢酸実験

- (1) 鶏肉 100g に対して酢酸水溶液(pH 2)200g をジップロックに入れ、冷蔵庫で3日間保管した。
- (2) 酢酸水溶液に浸ける前とつけた後の pH を測定した。

実験3 キウイスプレーを用いた衣類の消臭

- (1) 同じ運動部員4名に1日靴下を使用してもらう。
- (2) こし器で果汁のみにし、スプレー容器に50ml ずつに分ける。
- (3) 純水で濃度を100%, 70%, 40%, 10%に調整し、キウイスプレー(図3)を用意する。



図2 靴下の切り方

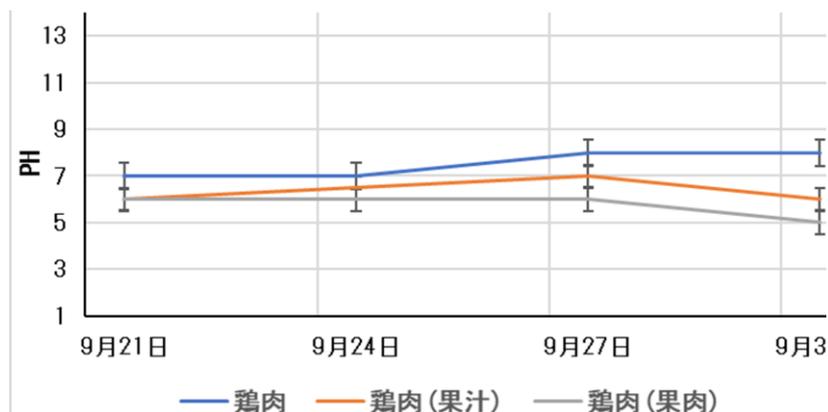
- (4) 靴下にスプレーをしてから、濃度別と無操作の靴下をジップブロックで保存する。
- (5) 1日ごとに六段階臭気強度表示表を用い、4名で官能評価を行った。またにおいをかぐ際は試料から3cm離して行い期限は1週間繰り返した。
- (6) 靴下にニンヒドリン溶液を滴下し、ニンヒドリン反応を行う。



図3 キウイスプレー

#### 4 結果・考察

##### 実験1 鶏肉をキウイで加水分解させる実験



グラフ1 pHとキウイに浸した鶏肉の関係

グラフ1より、キウイに浸した鶏肉のほうが pHは低くなった。これはキウイによる酸の影響が考えられる。また無操作の pHが大きくなったのはアンモニア臭がすることからアンモニアが生成したのではないかと考えられる。

見た目の変化として鶏肉の表面や内部まで白くなっていた。これは pH5~8 ではアクチニジンがミオシン重鎖を選択的に加水分解するためだと考えられる。次にこの見た目の変化が酸によるものかアクチニジンによる酵素によるものを比較するべく酢酸による対処実験を行った。

##### 実験2 酢酸による対照実験

鶏肉の見た目の変化として表面的には白くなったが内部までは白くならなかった。理由として、酢酸は加熱することで加水分解を起こす。そのため今回は加熱をしなかったため、内部まで白っぽくならず表面だけ白色になったと考えられる。実験1,2の結果より、鳥肉の内部までタンパク質の分解が進行していたので、キウイには酸の影響のほかにアクチニジンの酵素としての働きがあると推察した。



図4 酢酸に浸した鶏肉 1日目



図5 酢酸に浸した鶏肉 3日目

### 実験3 キウイスプレーを用いた衣類の消臭

キウイスプレーを吹きかけて一週間のにおいの強度測定するために6段階臭気強度表を用いて官能評価を行った結果を以下に示す。

#### (1) キウイ(100%)スプレーの場合

グラフ2より、4日目の臭気強度が1番低い値が出た。しかし、全体的な結果としてはとても強い臭基が残っていることも明らかになった。要因としてはキウイ自身のにおいが強すぎるのだと考えられる。4日目には臭気強度が下がっているのは、キウイのアクチニジンが靴下に付着したタンパク質汚れに作用したと推察される。その後臭気強度が大きくなっているのは、キウイの水分や糖分に細菌が住み着くことで悪臭の原因になっていると考えられる。これらのことから、キウイ果汁100%は消臭スプレーとしては濃度が高すぎて使えないことが分かった。

#### (2) キウイ(70%)スプレーの場合

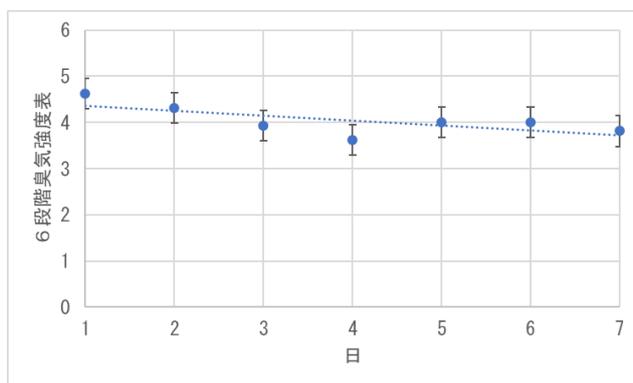
グラフ3より、全体的な臭気強度は100%の時と比べては低い値を示した。これはキウイの配合によってキウイ自身のにおいを抑えられることが示唆される。3日目から4日目にかけて臭気強度が下がった。100%の時と同様にアクチニジンが作用し、靴下についてのタンパク質汚れを分解したことが予想される。5日目以降は臭気強度が大きくなったことからキウイの水分や糖分に対して細菌が繁殖したことで強いにおいの原因になったのではないかと考えられる。100%の時より臭気強度が下がったことを踏まえるとアクチニジンとタンパク質汚れの割合を最適化することで、キウイが消臭スプレーとして用いることができるとわかった。

#### (3) キウイ(40%)スプレーの場合

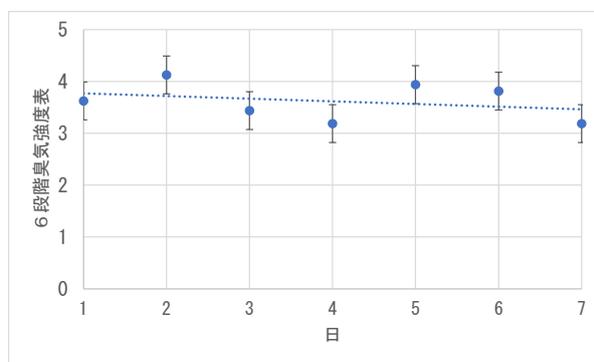
グラフ4より、全体的に臭気強度は楽に感知できる臭いであった。しかし、4日目にはかなり臭いの強度としては解消された結果だった。5日目以降の臭気強度はかなり大きくなっている。このことから、アクチニジンが靴下のタンパク質汚れに作用するには4日間要することが考えられる。酵素が作用するためにはかなり時間がかかると示唆される。酵素が作用する最適温度で行うことができればもっと早くタンパク質汚れに対してアクチニジンを働かせることができると考えられる。5日目以降の結果はキウイの水分や糖分だけではなく今回果汁を薄めるために使用した蒸留水にも細菌を繁殖させたり、キウイを腐敗させるのを早くさせたりする原因があると考えられる。

表1 6段階臭気強度表記表

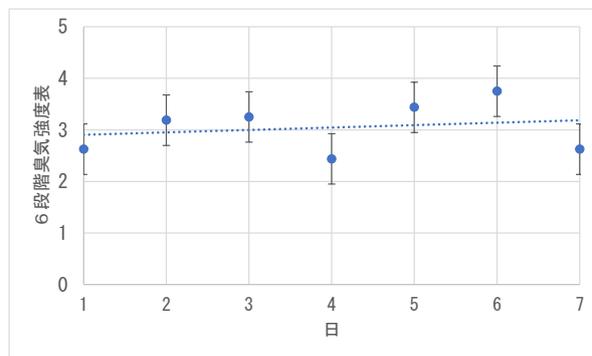
臭気強度	においの程度
0	無臭
1	やっと感知できるにおい
2	何の臭いか判る弱いにおい
3	楽に感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい



グラフ2 キウイ果汁100%における臭気強度



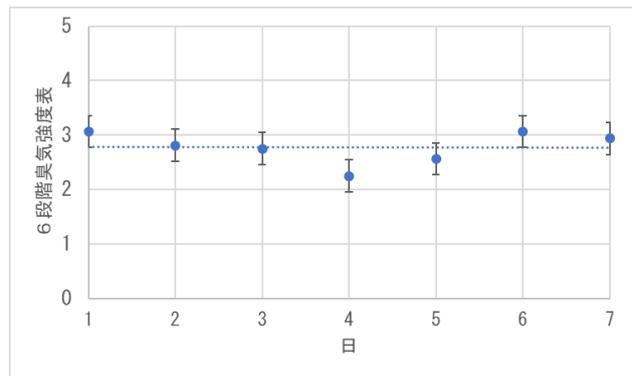
グラフ3 キウイ果汁70%における臭気強度



グラフ4 キウイ果汁40%における臭気強度

#### (4) キウイ (10%) スプレーの場合

グラフ 5 より、40%の時とあまり変化は見えて取れなかった。4日目までは下がり続け、5日目以降の臭気強度は増加した。4日目まではアクチニジンが働きタンパク質汚れを分解することができるが5日目以降はキウイの糖分や水分に対して細菌が働き腐敗臭などがしていた。



グラフ 5 キウイ果汁 10%における臭気強度

#### (5) ニンヒドリン反応による結果

1週間の測定を終えた靴下に対してニンヒドリン反応が行いタンパク質の有無を調べた。キウイスプレーを吹きかけたものすべてが紫色を示したことから、タンパク質が分解してアミノ酸になっていることが分かった。さらにキウイスプレーを吹きかけていないものも行ったが、ニンヒドリン反応が検出されなかった。このことから、タンパク質が存在しそこに細菌が入り込むことで別の物質になったことで異臭を発生していたことが示唆される。よってキウイによってタンパク質汚れを分解することで消臭することは可能であると推察される。

## 5 結論

キウイでスプレーを用いて衣類を消臭することが可能であることがわかった。しかし、消臭するために、アクチニジンが作用するために、4日ほどの時間がかかることから製品にするにはまだ改良するべきところがあるとわかった。また、5日目以降の臭気強度が上がる原因として、キウイの糖分や水分が細菌の繁殖する原因となることが考えられることがグラフ 2~5 を通してわかった。グラフ 2~5 より、臭気強度は何もしていないものより大きくなっていったこのことから、キウイそのものの臭気が強いのであることがわかった。キウイのアクチニジンとタンパク質が最適に働くのは 10%や 40%の時なので濃度調整が大事なことがわかる結果だった。

## 6 今後の課題

今回、実験の際に靴下にキウイの臭いが強く残ってしまい、消臭スプレーには不向きであることが分かったため、実用化に向けてキウイによる強烈な匂いを抑えつつ、消臭できる最適な濃度を検討する。具体的には濃度 10%未満または 10%~40%のキウイ果汁を使用した実験を行い、消臭にさらに適した濃度を探る必要がある。キウイについての微生物が実験 3 の臭いの原因である可能性が高いので、キウイの水分や糖分を除去するための方法の開発を考える必要がある。またキウイフルーツに含まれるアクチニジンのみを衣類に付着させるための方法を開発することも今後の課題である。今回は溶媒として蒸留水を用いたが今後はエタノールなどのアルコール類を検討し衣類に水分をとどめないような工夫が必要だと考えられる。今回の実験でアクチニジンが作用するまでに 4日ほどの時間がかかったのでアクチニジンの最適 pH や最適温度で作用させることで衣類に早くタンパク質分解酵素であるアクチニジンを届けるように改良することも今後必要になる。

## 7 謝辞

本研究を遂行するにあたって、終始適切な助言を賜り、また丁寧に指導して下さった先生方、ご協力いただいた皆様、関係者の方々に感謝申し上げます。

## 8 参考文献

- [1] 「精製アクチニジンによる筋原線維タンパク質分解作用の pH 依存性」 西山一朗 (2013)
- [2] 「プロテアーゼ含有凹凸タブレットの生理的口臭低減効果の検証」 小林ら (2013)
- [3] 「キウイフルーツ果汁のアクチニジン濃度およびプロテアーゼ活性の品種間差」 西山ら (2002)
- [4] 「官能試験と機器分析を組み合わせたにのいの評価」 榎本長蔵

# 油によるマイクロプラスチックの回収の最良条件

2年4組 伊藤 倫 2年4組 善家 陽菜 2年4組 高山 華怜  
2年4組 西田 なるみ 2年3組 須田 風咲  
指導者 窪地 育哉

## 1 課題設定の理由

マイクロプラスチック（以下MP）は、一般に5.0mm以下のプラスチックと定義されている。海洋汚染の原因には、家庭排水に含まれていたMPが微小なために下水処理場を通過したことも挙げられる。家庭排水には、洗顔料や歯磨き粉などに使用されるMPの一種であるマイクロビーズや、洗濯の際に合成繊維から発生するマイクロファイバーなどが含まれる。

伊藤ら（2021）は、宇和島市の海岸で海洋ゴミの種類について調査し、塩水中で浮くものと沈むものが混在していることを報告している。また、各種食用油、有機溶媒に対するMP粉末の吸着性について調べ、オリーブオイルを用いたMP粉末回収装置を考案し、その性能について、肉眼で見えるMP粉末のほとんどを回収することができたと報告している。一方で、肉眼で確認しづらい微小粉末の確認が不十分であることから、回収率の算出ができていないことや、回収に効果的な油の量について検討が必要であることなど、課題が多く残されている。我々は、マイクロプラスチックの回収について、その詳細について確認し、より効果的な回収方法の確立を図ることを目的に本研究を行った。

## 2 原理と本研究の目的

プラスチック成分が油脂に吸着しやすいという性質を利用し、食用油を用いてMPを回収する。本研究では、光学顕微鏡を用いてMP微小粉末の回収状況について調べることにする。また、回収に最適な油の量、油の種類調査も併せて行うものとする。

## 3 実験の方法

実験材料となるプラスチック粉末は、実験器具製作会社から頂いた、ポリアクリロニトリル、ポリ塩化ビニル、ポリエチレンテレフタラートの混合物を用いた。

### (1) 回収装置の改良

伊藤らによって製作が行われたマイクロプラスチック回収装置油吸着式 [Microplastic Recovery Device Oil adsorption type (以下 MrDoat)] の改良を行い、MrDoat II を考案した。

### (2) 回収方法に関する実験

MrDoat II に MP 0.25 g と水、油を入れ、5分間攪拌した。その後、容器の栓を抜き下層の水を取る。下層の水に含まれる微小粉末について以下の二つの方法で計測を行った。

#### (2)ーア 細胞計数盤を用いたMP微小粉末の計測

細胞計数盤の概略を図1に示す。細胞注入口よりMP微小粉末の混ざった水を注入し、係数室格子線内のMP微小粉末数をカウントした。

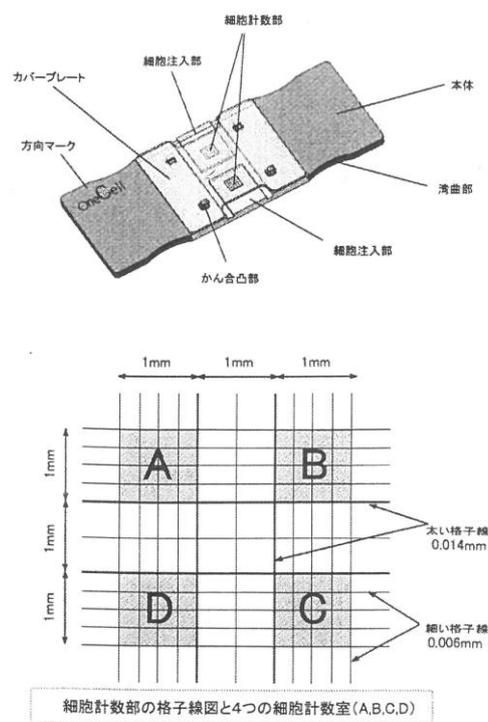


図1 細胞計数盤の概略と計数室模式図

(2)ーイ スライドガラスおよびカバーガラスを用いた MP 微小粉末の計測

MP 微小粉末の混ざった水をスライドガラス状に滴下し、カバーガラスで覆う。カバーガラスの隅にある MP 微小粉末数をカウントした。

4 結果

(1) 回収装置の改良

図2に、MrDoat を、図3に MrDoatII を示した。MrDoat では材質にプラスチックを使用している。使用していくにつれてプラスチック壁面への食用油の付着が顕著となり、MP 粉末をうまく回収できなくなっていったため、材質をガラスに変えることとした。以降、本研究における実験は、MrDoatIIを用いて行っている。

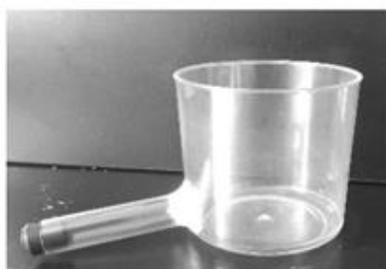


図2 MrDoat

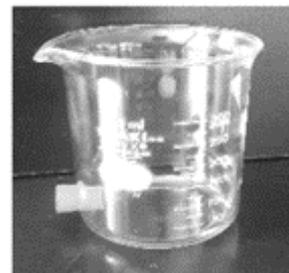


図3 MrDoat II

(2)ーア 細胞計数盤を用いた MP 微小粉末の計測

細胞計数盤の注入口より、MrDoat II で攪拌後の水を注入したところ、MP 粉末の多くが注入口付近にたまる様子が観察された。細胞計数盤の本体とカバープレートの間が 0.10 mm で、MP 微小粉末の多くが、この隙間を通過できなかったことが原因の一つである【図4】。よって、細胞計数盤を用いた MP 微小粉末の計測は不適当と判断した。

MP粉末が計数室まで入らない

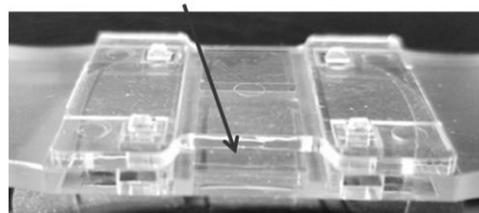


図4 細胞計数盤の注入口付近

(2)ーイ スライドガラスおよびカバーガラスを用いた MP 微小粉末の計測

MrDoat II で攪拌後の水を滴下してカバーガラスをかけたところ、MP 粉末の多くがカバーガラスの隅にたまる様子が観察された【図5】。カバーガラスの4隅を顕微鏡で拡大し、100 μm × 100 μm の枠内にある MP 粉末の個数をカウントし、回収の分析を行うこととした。行った実験の条件は以下のとおりである。実験 No ごとに、カバーガラスの4隅について 10 回ずつ計数を行い、平均したものを MP 粉末の個数とした。

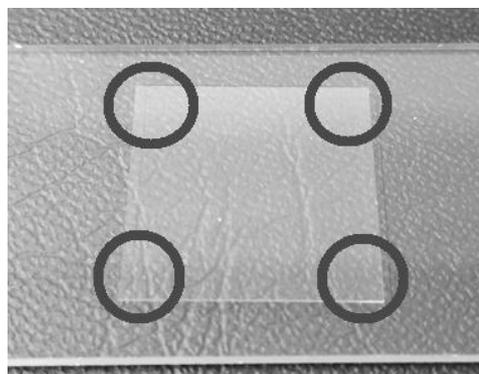


図5 カバーガラスの4隅

《オリーブオイルを用いた実験》 室温で行った

実験 No	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
油の量(mL)	10	20	30	30	30	30	40	50	60	70
水の量(mL)	250	250	150	200	250	300	250	250	250	250

《オリーブオイルを用いた実験》 水の温度を変えて行った

実験 No	⑪	⑫	⑬	⑭
油の量(mL)	30	30	30	30
水の量(mL)	250 (20℃)	250 (30℃)	250 (40℃)	250 (50℃)

《廃棄油を用いた実験》 室温で行った

実験 No	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑
油の量(mL)	10	20	30	40	50	60	70
水の量(mL)	250	250	250	250	250	250	250

※ 廃棄油は、飲食店から頂いた、酸価数 3.0 のブレンド油を用いた。

《酸化したオリーブ油を用いた実験》 室温で行った

実験 No	㉒	㉓	㉔	㉕
油の量(mL)	10	30	50	70
水の量(mL)	250	250	250	250

※ 酸化したオリーブオイルについては、オリーブオイルを 30 分間約 220℃で熱し、酸化を促したものを用いた。

図 6～図 9 に実験結果を示した。

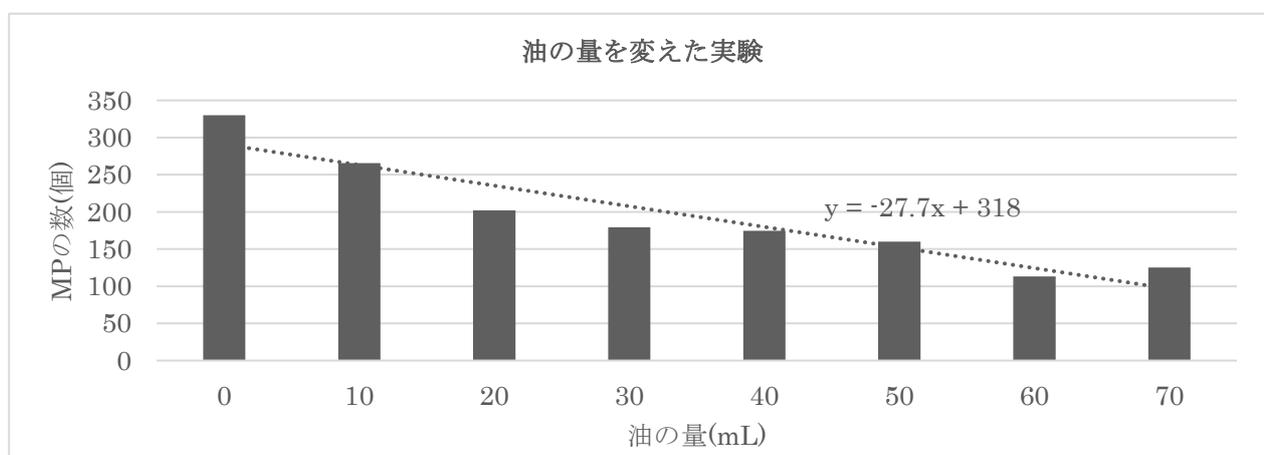


図 6 実験 No①②⑤⑦⑧⑨⑩の結果

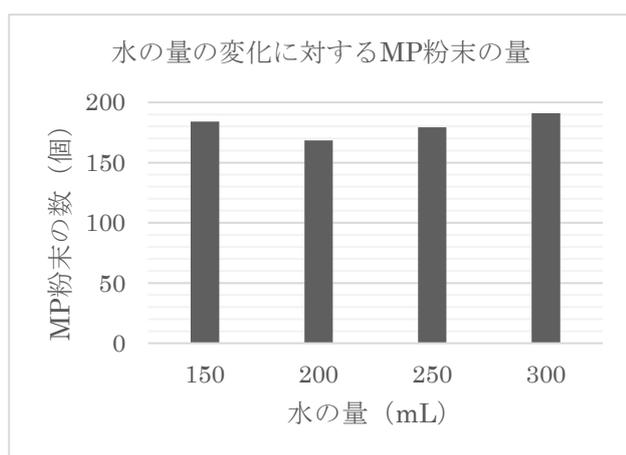


図 7 実験 No③④⑤⑥の結果

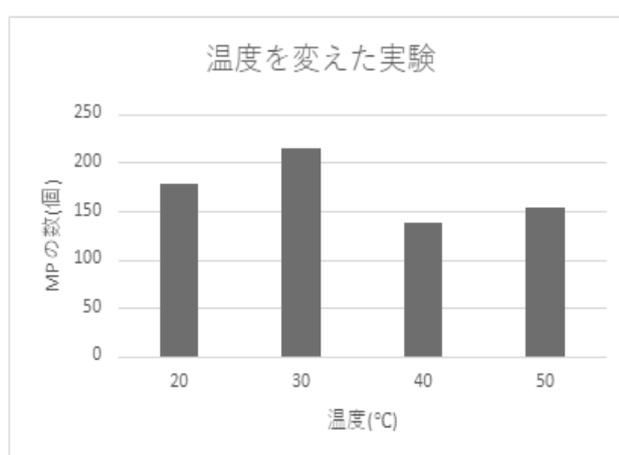


図 8 実験 No⑪⑫⑬⑭の結果

MrDoat II での操作後に取り出した水に残った MP の数を数えているため、グラフの値が減少するほど、回収できたといえる。また、油の量が多いと回収できる MP の量が増えた。図 7 より、水の量を変えても、MP の回収量に変化は見られず、図 8 より、温度を変えることによる、回収率向上の効果は不明となった。近似式の値から考えて、115 mL のオリーブオイルを入れると、微小粉末の 100 % が回収できることが示唆されている。

図9に非加熱オリーブオイル、加熱オリーブオイル、廃棄ブレンド油を用いたMP回収状況についての結果を示した。

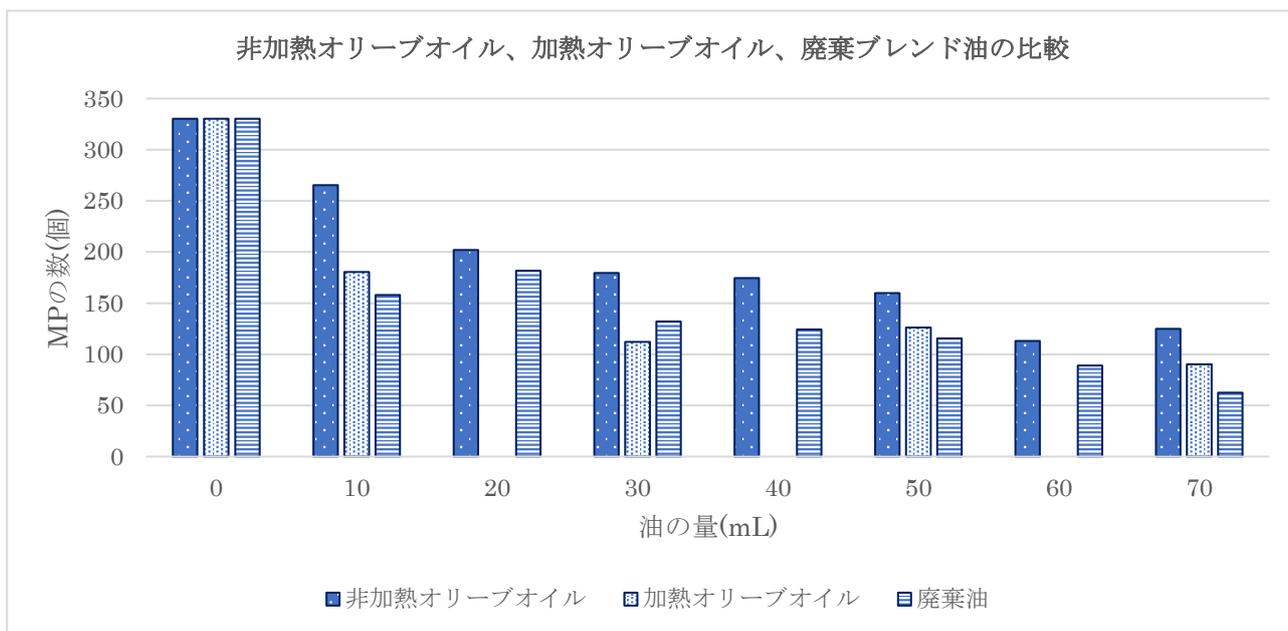


図9 実験 No⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕の結果

廃棄油、加熱オリーブオイルの方が、非加熱のオリーブオイルよりも回収率が高いという結果が得られた。加熱オリーブオイルと廃棄油では、MrDoat IIで攪拌する際に、油滴のサイズが小さいことが確認された。食用油の変質・劣化を示す値に酸価という値があり、これは遊離脂肪酸の数が大きく関係している。酸価が大きくなるに伴って油脂の粘性などの物性に大きく違いが生まれ、結果的に回収の違いとして表れてきたのではないかと考えている。

## 5 まとめと今後の課題

油によるMPの回収において、顕微鏡を用いてMP粉末を数えることで、回収量について数値化して示すことができた。

MP粉末回収に用いる油については、酸価の高い廃棄油が有効であり、実験では、微小粉末のうち80%以上を回収することができた。オリーブオイルについても、非加熱よりも加熱したもののほうが回収量は多く、微小粉末のうちの75%を回収することができた。酸価数が大きい廃棄油を用いることで、オリーブオイルよりも多くのMPを回収することができた。

得られた実験結果によると、油と水との割合をおよそ1:2以上とすることで目視で確認できるサイズのものから、顕微鏡で確認しないと分かりづらい微小なものまですべてを回収することが可能ではないかということが示唆された。100%回収に向け、さらに測定を行っていきたいと考えている。

## 参考文献

- ・伊藤ら(2020)「マイクロプラスチックの回収方法」令和2年度SSH生徒課題研究論文集
- ・三小田憲史、西口大貴(2019)「水環境汚染の評価に向けた海洋マイクロプラスチックの分析,J-STAGE,分子化学,68巻11号,853 - 857」
- ・健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会(2020)「マイクロプラスチックによる水環境汚染の生態・健康影響研究の必要性とプラスチックのガバナンス,J-STAGE,学術の動向,25巻5号,92 - 93」

# 宇和島湾における鉄炭団子使用の検討

2年3組 石崎 杏香 2年2組 潮田 有紀 2年3組 松井 雪花  
2年3組 山口 明里 2年4組 橋本 彩花  
指導者 清川 彩

## 1 課題設定の理由

近年、海洋環境保全の必要性は高まっており、私たちがすむ南予地域でも、赤潮の発生による漁業被害や、磯焼けによる生物多様性の減少などが問題視されている。宇和島市遊子地域の小学校では、環境学習の一環として、海水の浄化作用がある鉄炭団子（使用済みカイロにデンプンのり等を混ぜてこぶし大の大きさに丸めたもの）を投入する活動を定期的に行っている。鉄炭団子の海水浄化作用について科学的に調べてその効果を明らかにし、宇和島湾での有効な活用方法を探るため、この課題を設定した。

## 2 仮説

- (1) 鉄炭団子の鉄イオンによって、海藻の成長が促進される。
- (2) 鉄炭団子の鉄イオンによってリン酸濃度が下がり、有害プランクトンの増殖が抑えられる。
- (3) 宇和島湾はリアス式海岸の一部で波が穏やかなため、鉄炭団子成分が拡散せず、投入場所で高い効果が得られる。

## 3 準備物

- (1) 鉄炭だんご  
ア 鉄炭だんご  
使用済みカイロ、デンプンのり、クエン酸を混ぜて手のひらサイズに丸める。  
イ 炭だんご  
炭素粉末、デンプンのり、クエン酸を混ぜて手のひらサイズに丸める。
- (2) 海藻の飼育  
水槽（60×45×48）に30L程度の海水を入れ、通気しながら海藻（ウミブドウ）を飼育する。
- (3) 海藻（ウミブドウ）の色見測定（写真1）  
壁面を黒く塗った撮影箱の中で、光源を一点（電球 Toshiba 100v 60w）とし、デジタルカメラ（COOLPIX、p950、レンズ：OPTICAL200M）で撮影する。画像編集・処理ソフトGIMPを用い、撮影した海藻（ウミブドウ）の色味を比較する。
- (4) リン酸濃度の測定  
パックテスト（共立理化学研究所 写真2）、リーフテストキット（Red Sea 写真3）を用いて測定する。

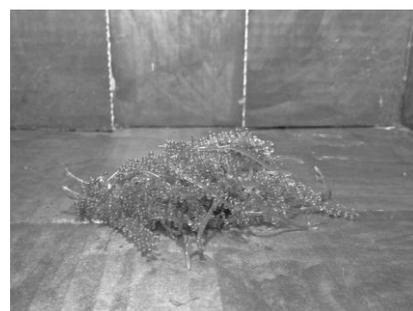


写真1 ウミブドウの撮影

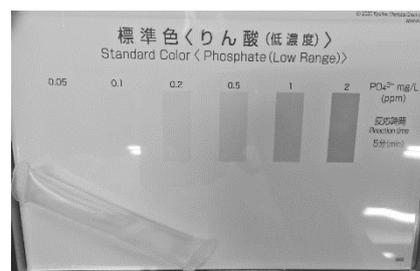


写真2 パックテスト



写真3 リーフテストキット

## 4 実験

- (1) 実験1 鉄炭団子による海藻の変化  
ウミブドウ 100g を入れた2つの水槽に、それぞれ鉄炭団子と炭団子を投入し、1週間後と2週間後にウミブ

ドウの色見と質量（写真4）を比較する。

(2) 実験2 鉄炭団子によるリン酸濃度の変化

以下の4つの水槽ア～エを用意し、1週間後と2週間後のリン酸濃度を測定する。

ア 鉄炭団子

イ 炭団子

ウ 鉄炭団子+海藻

エ 炭団子+海藻



写真4 海藻の質量測定

## 5 結果と考察

(1) 実験1 鉄炭団子による海藻の変化

色見については、ウミブドウへの炭素粉末の沈着がひどく、黒く変色したため比較できなかった。

ウミブドウ（100g）の質量の変化を図1に示す。炭団子の水槽では1週間で77gになり、2週間後には、2分の1以下の44gになっていた。一方、鉄炭団子の水槽では、1週間で、初期値よりも増加して100gを超えていたが、2週間後には85gにまで減っていた。

以上の結果から、鉄炭団子には海藻の成長促進効果があることが確かめられた。2週間後には効果が大幅に減少していることから、効果期間は限定的であり、海への投入頻度や投入場所を検討することで、鉄炭団子の効果を最大限に生かすことができると考えられる。

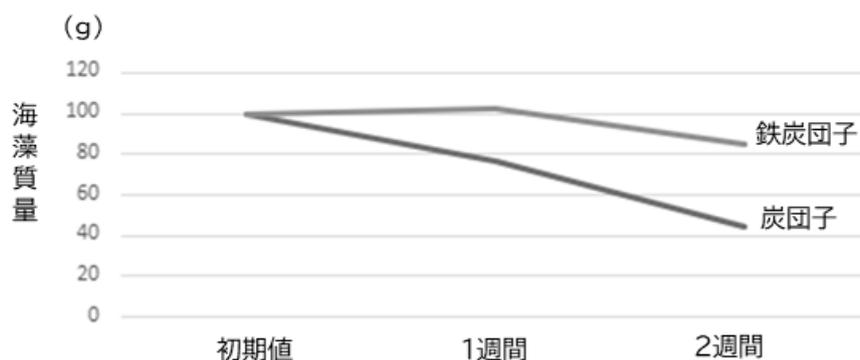


図1 海藻の質量変化

(2) 実験2 鉄炭団子によるリン酸濃度の変化

パックテスト、リーフテストキットのどちらを使用した検査においても、類似した結果となった（図2・図3）。

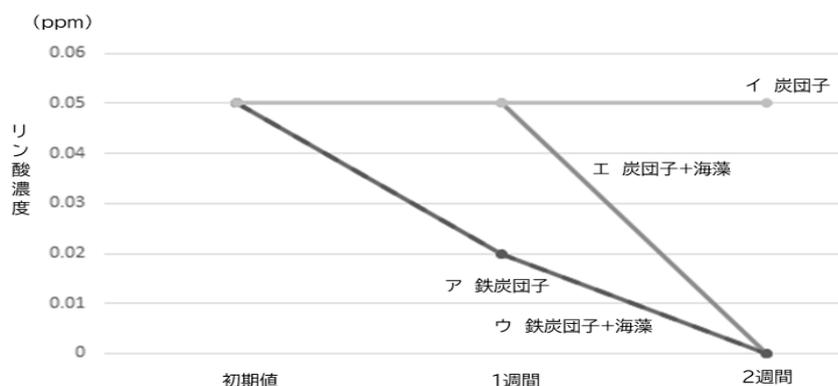


図2 パックテストのリン酸濃度の変化

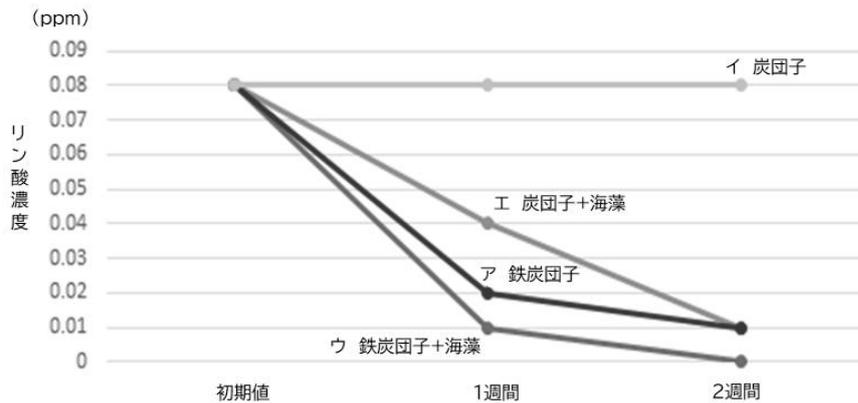


図3 リーフテストキットのリン酸濃度の変化

「イ 炭団子」のみの水槽では、リン酸濃度の変化が見られなかったのに対し、他の水槽では、大きく減少していた。特に、1週間の変化については、「ア 鉄炭団子」および「ウ 鉄炭団子+海藻」の水槽での減少が顕著であった。また、「エ 炭団子+海藻」の水槽でもリン酸濃度の大幅な低下が見られた。

これらの結果から、鉄炭団子には海水のリン酸濃度を低下させるはたらきがあること、海藻にもそのはたらきがあることが確かめられた。また、実験1と同じく、1週間以内の低下率が高く、2週間後にはほぼ0となっていたことから、実際の海への鉄炭団子の投入で環境保全の効果を得るためには、かなり継続した取組が必要であると考えられる。

## 6 宇和島湾における鉄炭団子使用の検討

### (1) 地形

宇和島湾はリアス式海岸の一部で入り組んだ位置にあり、黒潮が流れ込む南西側には、日振島や戸島、遊子半島がある（図4）ことで潮流の変化を比較的受けにくい位置にあり、海流は穏やかである。湾に流れ込む大きな河川はなく、陸からの塩類流入の影響はほとんどない。湾内の水深は、深いところでも60m未満と浅い。湾内はほぼ埋め立て地で、宇和海沿岸の周辺地域に比べて藻場は少なくなっている<sup>[1]</sup>。

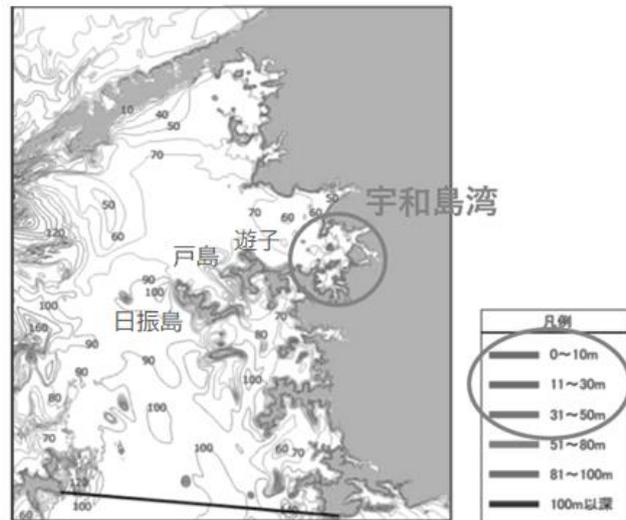


図4 宇和島湾の位置と水深 環境省HPより引用

### (2) 産業

宇和海は、全国有数の養殖産地である。ブリや真鯛などの魚類や真珠の養殖が有名であり、宇和島湾内にも、魚類の養殖所がある。魚類の養殖においては、飼料由来の窒素やリンによる海水の富栄養化が危惧される。

### (3) 潮流

宇和海の特徴的な潮流として、急潮と底入り潮がある<sup>[2] [3]</sup>（図5）。急潮は、黒潮由来の夏季（7～9月）の小潮の時期に、黒潮由来の貧栄養の断水が入り込む現象で、湾内の海水がごっそり入れ替わる。これにより、養殖による富栄養化を阻止する効果があると言われている。急潮の後には、底部陸棚斜面から高栄養の冷水が流入する現象で、窒素やリン、ケ

イ素を海底から供給し、海藻や珪藻類の成長促進の効果がある。潮の満ち引きと相まって、1~2週間周期で湾内の海水が入れ替わる。

また、夏季に限らず、一年を通して大潮の時期には海水が鉛直方向に混合し、小潮の時期には潮流は穏やかである。

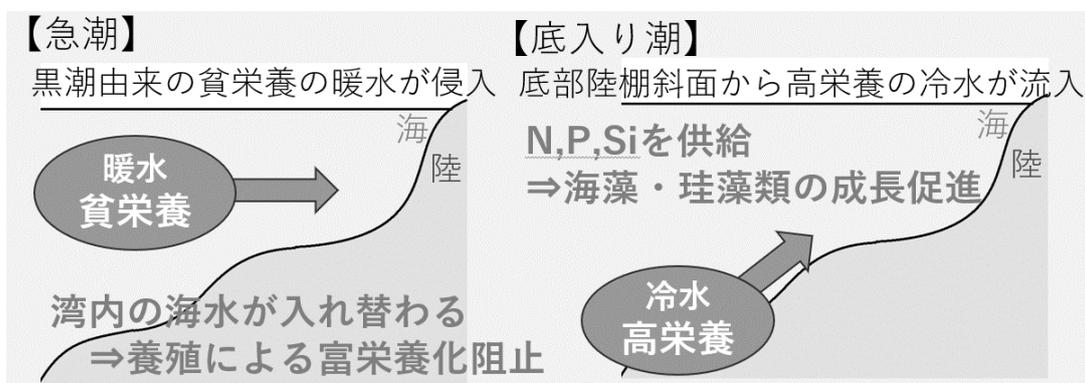


図5 宇和島湾周辺の海水流入

水産庁瀬戸内海漁業調整事務所 HP および宇和海海況情報サービス HP 参考に作成

#### (4) 鉄炭団子投入の場所と時期

宇和島湾内の地形的特徴から考えて、水深が浅く穏やかな沿岸部では現存する藻場に鉄炭団子を投入すれば、藻場の拡大が期待できる。また、産業の面から考えて、魚類の養殖飼料による富栄養化を防止するため、養殖所での投入も効果的である。

投入時期について、大潮や急潮の際は、湾内の海水に大きな動きがあるため、この時期に鉄炭団子を投入すると、成分が湾外へ流出する可能性があり効果的でない。夏季は、急潮が見られた後に投入することで、底入り潮との相乗効果が期待できる。また、一年を通して、小潮の際、半月の日を目安に投入することで、鉄炭団子の成分がゆっくりと溶出・拡散して効果的である。よって、投入頻度は、月に2回ほどとなる。今回の実験から、鉄炭団子の効果は1~2週間で失われたが、月に2回の投入を続けることで、鉄炭団子の効果をほぼ持続することができる。

## 7 まとめと今後の課題

今回の実験により、鉄炭団子の効果を確かめ、効果的な利用について検討することができた。しかし、その検証には、長期にわたる鉄炭団子投入と水質や藻場の観察が必要である。地域の方々に協力していただきながら今回の考察について検証することが今後の課題である。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、丁寧なご助言をいただいた愛媛県農林水産研究所水産研究センターの桧垣 俊司 様、関 信一郎 様に感謝申し上げます。

### 参考文献

- [1] 環境省 HP [http://www.env.go.jp/water/ehime\\_Part1.pdf](http://www.env.go.jp/water/ehime_Part1.pdf)
- [2] 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所 <https://www.env.go.jp/press/106510/111023.pdf>
- [3] 宇和海海況情報サービス HP <https://akashio.jp/explain.html>
- [4] 夏池真史 菊地哲郎 LeeYingPing 伊藤紘晃 藤井学 吉村千洋 渡部徹, 2016, 「自然水中における鉄の化学種と生物利用性—鉄と有機物の動態からみる森・川・海のつながり—」水環境学会誌 Vol. 39, No6, p. 197-210

# 三間町の田んぼ環境調査

2年4組 安岡慎之助 2年4組 玉川 諒征  
2年4組 藤堂 大空 2年4組 丹下 聖士  
指導者 清川 彩

## 1 課題設定の理由

近年、持続可能な開発目標（SDGs）が世界的な課題として設定された。私たちも、私たち自身の足元に目を向け、身近な課題から取り組む必要がある。その中で私たちは、在来種の減少や生態系の変化に目を向けた。県内有数の米どころである三間町は、山に囲まれた自然豊かな地域であるが、その生態系は今後も安定して保存されるのか、現在の実態を調査することにした。

## 2 仮説

- (1) 米どころである三間町は、高い水質が維持されている。
- (2) 在来種も保存されており、外来種の影響は少ない。
- (3) 今後も生態系が大きく変化したり破壊されたりする可能性は低い。

## 3 調査内容

8月4日、8月6日、三間町金銅地区において3つの田んぼ（**図1**）を調査地とした。田んぼ「A」、「B」とより上流の「上」とした。

### (1) 水質調査

田んぼに加えて、田んぼと並行して流れる川も調査した。田んぼ「上」の側を上流、田んぼ「A」、「B」の側を中流、さらに大きな川と合流する下流で調査した。パックテスト（共立理化学研究所）を用い、COD、リン酸態リン（ $\text{PO}_4^-$ ）、アンモニウム態窒素（ $\text{NH}_4^+$ ）、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3^-$ ）、亜硝酸態窒素（ $\text{NO}_2^-$ ）を測定した。

### (2) タニシ調査

多くの地域で外来種であるジャンボタニシ（スクミリンゴガイ）が定着し、水稻に食害を及ぼしている。金銅地区の川や水田に移入がないか、在来種の存在とともに調査することにした。田んぼの4角（畔沿い）で、それぞれ $1\text{m}^2$ の区画を3つ（1つの田んぼについて12区画）取り、5分間、人の手により巻貝を採取し、種類と数を記録した。

### (3) アンケート調査

田んぼ周辺の環境の変遷を知るため、三間地区の米農家の方々に、アンケート調査（自由記述）を行った。質問事項は、「1 三間の田んぼの特徴」、「2 三間米がおいしい理由」、「3 これまでに田んぼが受けた被害」、「4 生物による田んぼへのメリット、デメリット」、「5 昔と比べて、田んぼ周辺の環境の変化」、「6 昔と比べて、生物の数や種類の変化」である。

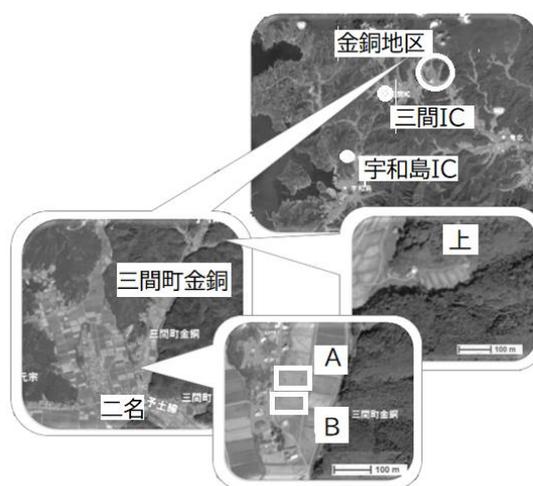


図1 調査地

## 4 結果と考察

### (1) 水質調査

パックテストの結果を**図2**に示す。水中の有機物量を示し、人間の生活排水等の影響を示すCODは、川では、いずれの地点でもほぼ、きれいと言われる値の範囲内であった。田んぼでは、川に比べて高い値となっていた。

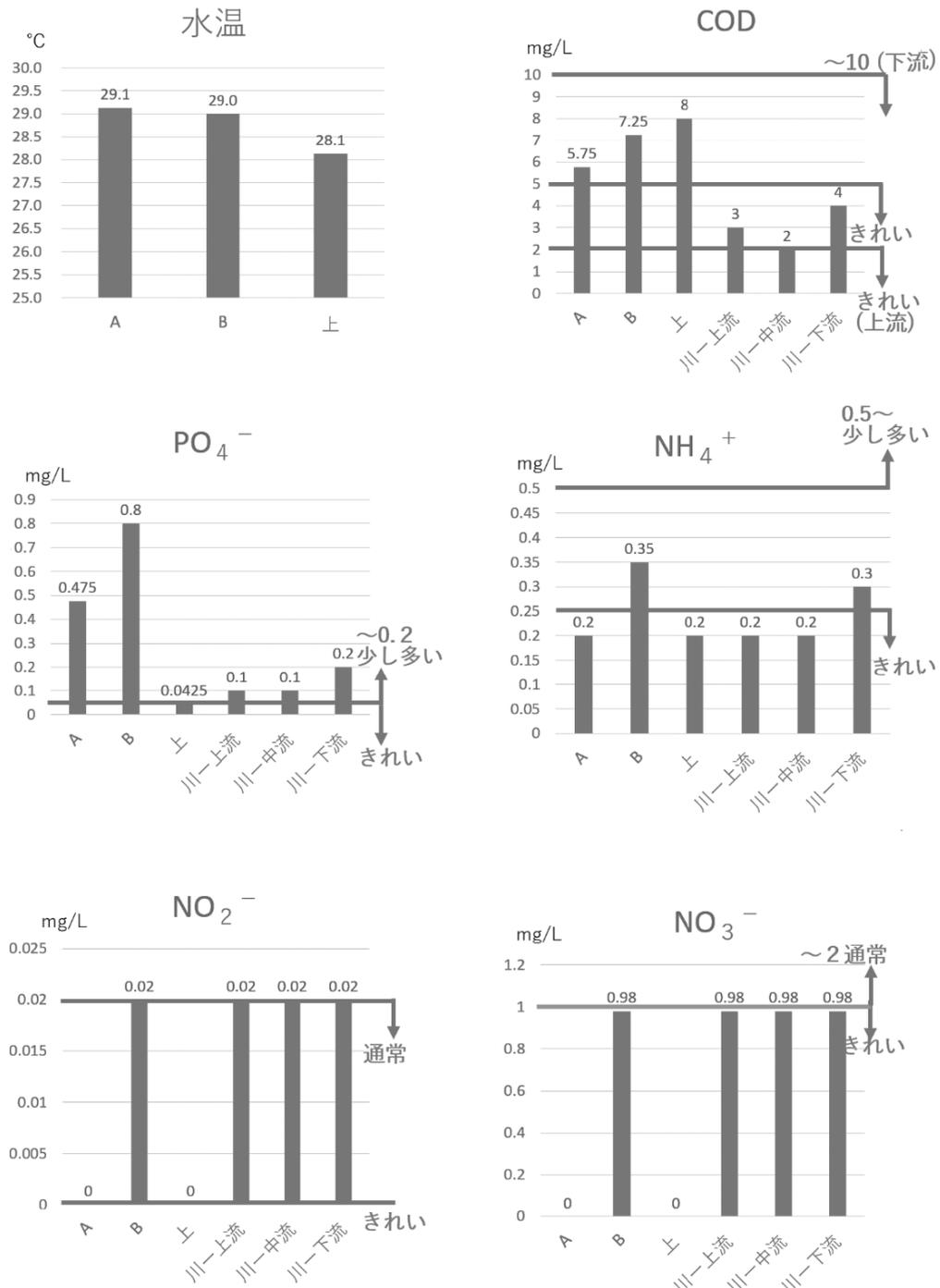


図2 田んぼと川の水質調査結果 ※「きれい」は一般的な川の基準

リン酸態リン (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) は、食品や飼料由来の汚濁の指標となるが、田んぼ「A」、「B」で大変高い値となっていた。一方、田んぼ「上」では、川以上に低い値となっていた。地元の方の話では、田んぼ「上」については、水質調査の1日前に水を張ったそうである。田んぼには、窒素 (N)、リン酸 (P)、カリウム (K) に代表される肥料が与えられる。田んぼの環境は、水を溜めてからの期間や肥料の与え方によって大きく変化する。川については、下流でのリン酸態リン (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) の量が多くなっている。人の生活排水等の人為的影響が起き始めているのではないかと考えられる。

川での窒素化合物の測定結果については、次のように読み取ることができる。アンモニウム態窒素 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) は主に生活・工場排水や田畑からの肥料等の流入が、硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)



表2 アンケート内容と多かった回答

質問	多かった回答 (回答数)			その他
	1位	2位	3位	
1.三間の田んぼの特徴	土壌が粘土質 (18)	ため池を利用 (14)	耕地整理の進歩 (9)	米作りに適した平野、暖かい水で米を作る
2.三間米のおいしい理由	土壌が粘土質 (38)	寒暖差が大きい (18)	農家の努力 (12)	肥料農薬の軽減化、米の粘り気が強い
3.これまでに田んぼが受けた被害	自然災害 (大雨・台風など) (28)	ウンカの被害 (12)	干ばつ (5)	モグラやカメムシなどの被害、土砂の流入
4.生物による田んぼへのメリット	害虫の駆除 (9)	除草の効果 (7)	自然保護につながる (4)	土壌がよくなる、環境にやさしい水田の形成
生物による田んぼへのデメリット	ウンカの被害 (6)	食害と食害 (5)	水田の稲に害 (4)	畔が崩れる恐れあり病気を運ぶ
5.田んぼ環境の変化	農業形態の変化と生産性向上 (17)	外来植物の増加 (8)	側溝等のコンクリート化による生物減少 (5)	放置田増加、山の手入れがされていない
6.生物の数と種類の変化	ウナギの数減少 (10)	生物種・数が減少 (7)	外来種の増加 (4)	生物の数や種類の減少 雑草に蔓性のものが増加

表3 アンケート回答に見られた生物種の変化

絶滅または減少した生物				増加した生物		
植物	動物			植物	動物	
アカマツ	イモリ	ゲンゴロウ	ノウサギ	オモト	アナグマ	シラサギ
オトギリソウ	ウナギ	シジミガイ	バッタ	クズ	アメリカザリガニ	タニシ
オミナエシ	馬・牛	セキレイ類	ハヤ	クローバー	イナゴ	タヌキ
キキョウ	ウマオイムシ	タカ	ヒバリ	スギナ	イノシシ	トンビ
高山のススキ	オコゼ	タガメ	ヒバリ	セイタカアワダチソウ	ウ	ハエ
ツキミノソウ	カエル類	タニシ	ヒヨドリ	タンポポ	ウンカ	ハクビシン
ナデシコ	カニ	ツガニ	フクロウ	ツル性の植物	カメムシ	バッタ
マダケ	カメ	ツチガエル	フナ	ツワブキ	カラス	ブラックバス
リンドウ	カラスガイ	ツバメ	ヘビ	ナンテン	サギ類	ブルーギル
レンゲ	カワウソ	テナガエビ	ホタル	ノシラン	ザリガニ	新たなヘビ
	ガン	ドンコ、スイチキドンコ	メダカ	マンネングサ類	サル	見たことない野鳥
	キジ	トンボ	モズ	ヤツデ	シカ	
	キチョウ	ナマズ	ヤスデ	ヨシ		

## 5 まとめと今後の課題

三間町金銅地区の川はきれいであることが分かった。一方、田んぼの水環境は、川の指標で一概に評価できるものではなく、水の流れや施肥の量・時期、取水口の位置などによって変わりやすいことが分かった。施肥による水質汚濁の懸念もあるが、田んぼには水質浄化作用がある。今回は、夏季の収穫前に限定して調査を行ったが、継続的な調査をすることにより、1年を通じた周期的な変化を捉えたい。さらに、三間町に特徴的な粘土質な土壌には、他地域の土壌と比べて水の浄化作用に何か影響があるのか調査したい。

三間町には、川・田んぼとも、ジャンボタニシの移入は見られないが、南予地方の他地域にはすでに移入している。さらにアンケート調査からは、三間町にも動植物ともかなりの外来種が移入し、生態系が単純化しているようである。一方、環境の回復についての回答も複数あった。さらなる保全に向けて、聞き込み調査や生物採集を継続したい。

## 謝辞

調査のご助言をいただいた愛媛大学農学部吉富博之先生、アンケート調査にご協力いただいた三間町の米農家の皆様に、この場をお借りしてお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

## 参考文献

- ・環境省ホームページ「生物調査」 [https://www.biodic.go.jp/ne\\_research.html](https://www.biodic.go.jp/ne_research.html)
- ・宇和島市役所ホームページ <https://www.city.uwajima.ehime.jp/>
- ・宇和島市三間町支所 HP <https://www.city.uwajima.ehime.jp/soshiki/9/>

# 魚の未利用部位を使って商品開発

2年4組 岡 俊輔      2年4組 神田 一  
2年4組 田窪 真大      2年4組 田邊 宏規  
指導者 谷田 美穂子

## 1 課題設定の理由

近年日本では、食材廃棄率が高いことが問題視されている。そこで私たちは、これまで栄養価が高く、骨粗鬆症の予防となるが臭いが特有で美味しくなく日常的に利用されてこなかった鯛の未利用部位に着目し、それを細かく砕いた真鯛のパウダーを使って研究を進めている。また、未利用部位には、カルシウムやコラーゲン、遊離アミノ酸などが豊富に含まれており、魚粉を混合した肥料は多く販売されている。本研究では、真鯛のパウダー特有の臭いを消し、料理に有効活用することを目標としている。

## 2 仮説

- (1) 加熱によって真鯛のパウダーに残っている特有のにおいを消せるのではないかと。
- (2) 特有のにおいが消えることによって真鯛のパウダーを食品として活用できるのではないかと。

## 3 実験・研究の方法

- (1) 真鯛のパウダーの成分表(表1)(表2)を基に、臭いの原因となっている成分を調べる。  
臭いの原因が判明した後、その成分に手を加え、真鯛のパウダー特有の嫌な臭いを解消する。
- (2) 中間発表で、臭いも気になるが、それ以上に食感が気になるということが判明した。  
それを解消するために、実際に調理をし、真鯛のパウダーの特徴を最大限に活かせる方法を調べる。

表1 遊離アミノ酸組成

項目	結果(mg/100g)	項目	結果(mg/100g)
イソロイシン	3	ヒスチジン	3
ロイシン	4	アルギニン	10
リジン	4	アラニン	12
メチオニン	3	アスパラギン酸	4
シスチン	2	グルタミン酸	9
フェニルアラニン	4	グリシン	12
チロシン	8	プロリン	1
スレオニン	5	セリン	5
バリン	4	タウリン	183
ヒドロキシプロリン	0	オルニチン	0

表 2 真鯛のパウダーの栄養素

項目	結果	試験方法
エネルギー(kcal/100g)	355	五訂日本食品標準成分表の分析法に準拠
水分(g/100g)	1.8	常圧加熱乾燥法
タンパク質(g/100g)	48.5	ケルダール法
脂質(g/100g)	17.3	ソックスレー法
炭水化物(g/100g)	1.2	五訂日本食品標準成分表の分析法に準拠
灰分(g/100g)	31.2	直接灰化法
ナトリウム(mg/100g)	208	ICP 発光分光法
カルシウム(mg/100g)	9,878	ICP 発光分光法
食塩相当量(g/100g)	0.5	五訂日本食品標準成分表の分析法に準拠
コラーゲン(mg/100g)	14,300	高速液体クロマトグラフ法

(3) 宇和島東高生を対象に真鯛のパウダーをにおってもらいどう感じるかを調査した。(図 1)

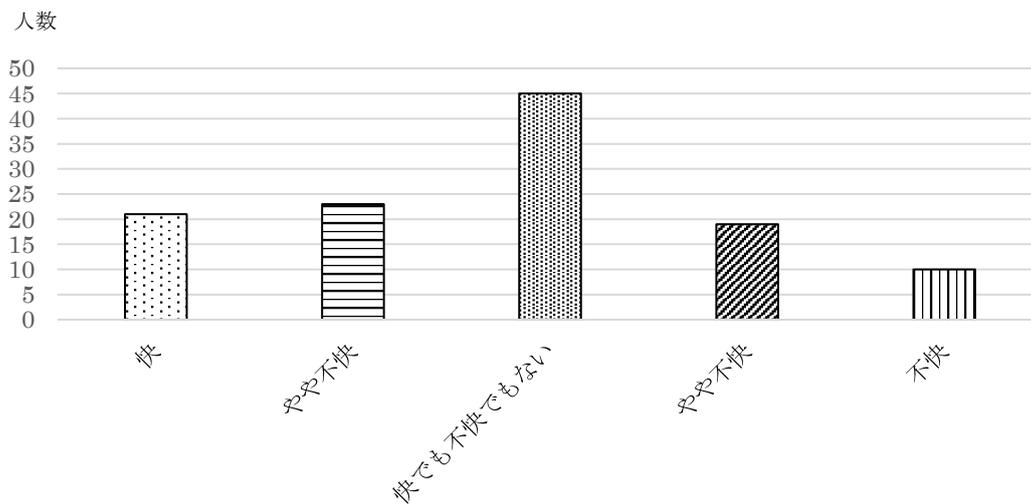


図 1 パウダーのにおい調査

快と感じた人数 21 人、やや快と感じた人数 22 人、快でも不快でないと感じた人数 45 人、やや不快と感じた人数 19 人、不快と感じた人数 10 人であった。このことから、においを改善するというよりそのにおいを生かすべきではないかと考えた。

#### 4 結果と考察

##### (1) フライドポテトとパウダー (画像1)

①②③④の割合で真鯛のパウダーと砂糖、塩を混ぜ、揚げたポテトの表面にまぶし、それぞれの相性を比べた。

〈材料〉

- ・冷凍ポテト
- ・塩
- ・砂糖
- ・真鯛のパウダー (炒ったもの)
- ・真鯛のパウダー (炒ってないもの)



画像1 フライドポテトとパウダー

①

- 炒りパウダー：砂糖＝1：1
- 炒りパウダー：砂糖＝2：1
- 炒りパウダー：砂糖＝3：1

③

- 炒りパウダー：砂糖＝1：1
- 炒りパウダー：砂糖＝2：1
- 炒りパウダー：砂糖＝3：1

②

- 炒ってないパウダー：塩＝1：1
- 炒ってないパウダー：塩＝2：1
- 炒ってないパウダー：塩＝3：1

④

- 炒ってないパウダー：砂糖＝1：1
- 炒ってないパウダー：砂糖＝2：1
- 炒ってないパウダー：砂糖＝3：1

結果

- ・砂糖と真鯛のパウダーの相性は良くない。真鯛のパウダーの生臭さが強くでている。特に、口に残る食感がさらに増した。
- ・塩：真鯛の炒りパウダー＝1：1のとき最も相性が良かった。全体的に塩と真鯛のパウダーとの相性が良い。

##### (2) 蒸しパン (画像2)

蒸しパンの生地にパウダーを混ぜ、焼いた。

〈材料〉

- ・ホットケーキミックス 300g
- ・砂糖 大さじ4
- ・牛乳 160cc
- ・サラダ油 大さじ2
- ・真鯛のパウダー 小さじ2



写真2 蒸しパン

結果

- ・真鯛のパウダーの生臭さは大幅に軽減された。蒸しパンの柔らかさが真鯛のパウダーのじゃりじゃりした触感をなくし相性が良い。また、蒸しパンに真鯛のパウダーを混ぜることによって、幅広い年代の人が食べやすい物となる。

### (3) 団子 (画像3)

団子の生地我真鯛のパウダーを混ぜ、茹でた。

〈材料〉

- ・ 団子粉 100 g
- ・ 水 100g
- ・ 真鯛のパウダー 大さじ3
- ・ 砂糖 小さじ3
- ・ 塩 少々



画像3 団子

結果

- ・ 生臭さが増し、真鯛のパウダーに入っている骨や筋の食感が強く表れ、食べやすいものではなかった。しかし、味噌などにつけると臭いや食感が軽減され、食べやすくなった。

### (3) クッキー (画像4)

真鯛のパウダーを生地に混ぜるのではなく、真鯛のパウダー・レモン汁と皮をフライパンで炒り、それを焼いたクッキーの表面につけた。

〈材料〉

- ・ ホットケーキミックス 200g
- ・ サラダ油 40ml
- ・ 卵 1個
- ・ レモン 1個
- ・ サラダ油 小さじ1
- ・ 真鯛のパウダー 大さじ3



画像4 クッキー

結果

- ・ 真鯛のパウダーをレモンと炒ることで生臭さがなくなった。また、食感もクッキーとの相性が良い。クッキーの表面につけることで、幅広い年代の人が食べやすく、栄養価の高いものになった。

## 5 まとめと今後の課題

真鯛のパウダーを炒ることや、加熱による調理で生臭さを軽減できることが分かった。特に、レモンと一緒に炒ることで、大幅に臭いを軽減することができた。真鯛のパウダーをすり鉢で擦ることによって口に残る食感をなくそうとしたが、粒が細かくなっただけであまり変化はなかった。また、真鯛のパウダーの臭いをさらに軽減できる調理方法を調べ、口に残る触感を改善すること。レモン以外の酸味のあるものでも臭いを軽減できるのか。作ったものを企業に紹介し、商品開発をするということが今後の課題である。

## 6 謝辞

今回の研究を進めるにあたり、宇和島市の秀長水産株式会社より真鯛のパウダーを多数提供していただきました。この場を借りて、心よりお礼申し上げます。

# ビジョントレーニングにおける眼筋運動と認知速度の関係

2年3組 浅井 暦                      2年3組 島村 陽向  
2年3組 兵頭 凜華                  2年3組 松浦 優夏  
指導者 長瀧 剛

## 1 課題設定の理由

近年、急速に進むIT化は人々の生活に様々な影響を与えている。教育界においても、タブレット端末の導入により電子機器の利用時間が増加している。私たちは目に着目し、電子機器等が目に与える影響を調べる中で、文部科学省の資料より視力1.0を下回る小中学生が増加しているという調査結果を得ることができた。関係は不明だが、ゲームをする時間が長い人ほど学業成績が悪い傾向にあるということも分かった。そこで、電子機器の利用時間が増えることで視点を1点に集中することで眼筋を使わなくなり、眼筋運動の働きが低下してしまうのではないかと考え、眼筋運動と認知速度の関係について調べることにした。

## 2 仮説

ビジョントレーニングを継続することによって、眼球運動の働きが高まり、認知速度が向上するのではないかと考えた。

ビジョントレーニングでは以下のことが分かっている。

〈トレーニング効果〉

- ・1か月目まで顕著であるが2か月目以降のトレーニング効果は少ない。
- ・週2回のほうが週1回よりトレーニング効果は大きい。
- ・トレーニング効果は少なくとも2か月は保持される。
- ・トレーニング効果はトレーニング前に低い群に顕著であり、トレーニング前に高い群の効果は少ない。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 眼筋運動能力と認知速度の調査①

眼球運動能力と認知速度の関係について調査する。班員4名と宇和島東高校2年生の文系17人、理系23人、理数科25人、商業科7人を対象にナンバータッチ、暗算を行い、それぞれの結果の相関係数を求める。

### (2) ビジョントレーニングの実施

班員4名は、ビジョントレーニングを週に2, 3回程度継続して行う。

### (3) 眼筋運動能力と認知速度の調査②

ビジョントレーニング前後の班員4名の眼筋運動能力、認知速度を調査する。

#### ・眼筋運動能力の調査

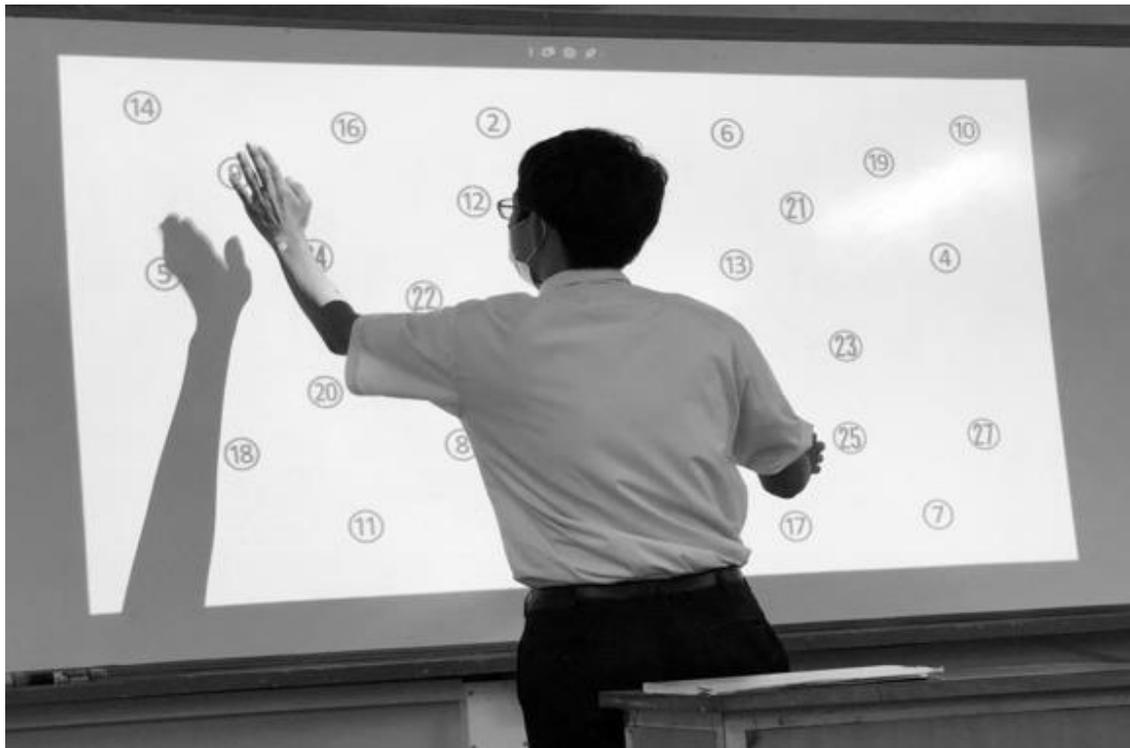
ナンバータッチを用いて、ランダムに映し出された1～30までの数字を順番にタッチし、かかった時間を計測する。(以後ナンバータッチとする。)

#### ・認知速度の調査

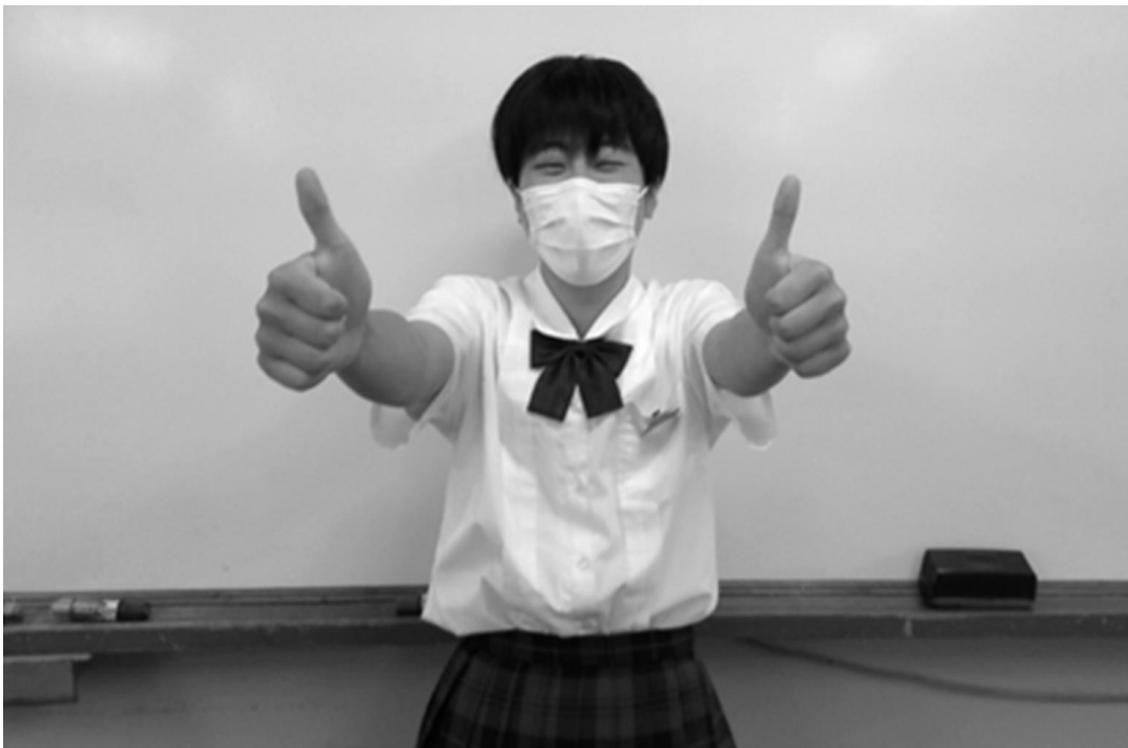
暗算計算アプリ「Ninimaths」を用いて、2桁+2桁の計30問の暗算にかかった時間を計測する。

#### ・ビジョントレーニング

親指フォーカストレーニングを行うことで眼球を動かす筋肉が鍛えられ、広範囲のものを素早く認識できるようになる。



画像1 ナンバータッチの様子



画像2 親指フォーカストレーニングの様子

#### 4 結果と考察

##### (1) 眼筋運動能力と認知速度の調査①の結果

IQRから $\pm IQR \times 1.5$ (IQR:四分位範囲)の外側の範囲を外れ値として、ナンバータッチの結果と暗算の結果の相関係数を求めた。相関係数は、0.27と弱い正の相関があることが分かった。

(2) 眼筋運動能力と認知速度の調査②の結果

ビジョントレーニング前後での班員4名（A, B, C, D）のナンバータッチの結果と暗算の結果を比較した（表1）。ナンバータッチではCの結果のみが向上し、暗算では、C, Dの結果が向上した。

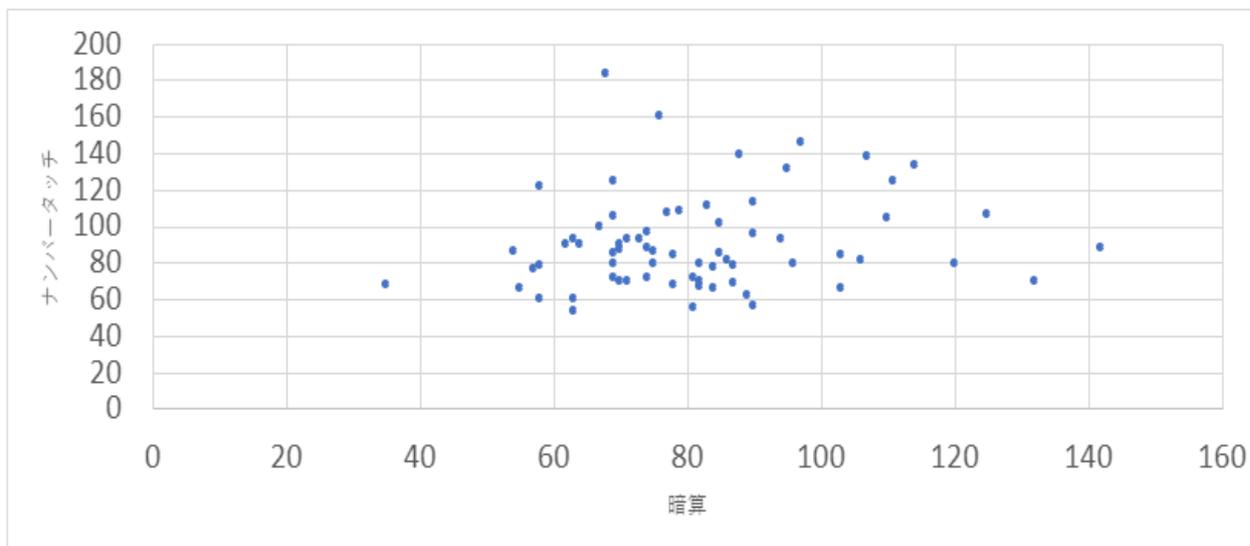


図1 ナンバータッチの結果（縦軸）と暗算の結果（横軸）

表1 ナンバータッチの結果

	A	B	C	D
ビジョントレーニング前	37	51	71	59
ビジョントレーニング後	54	100	60	66

表2 暗算の結果

	A	B	C	D
ビジョントレーニング前	77	66	80	100
ビジョントレーニング後	80	80	60	77

(3) 考察

(1) より、ナンバータッチの結果と暗算の結果には弱い正の相関があることが分かった。また、(2) より、ビジョントレーニングの前後で必ずしもナンバータッチと暗算の結果が向上するわけではないということも分かった。このことから、眼球運動と認知速度には大きな関係はないということが考えられる。

5 まとめと今後の課題

今回の研究からは、ナンバータッチの結果と暗算の結果には弱い正の相関があることが分かった。また、ビジョントレーニングの前後で必ずしもナンバータッチと暗算の結果が向上するわけではないということも分かった。このことから、眼球運動と認知速度には大きな関係はないとい

うことが考えられる。しかし、今回の研究では班員4名のナンバータッチ、暗算の記録の測定をビジョントレーニングの前後で1回ずつしか実施しておらず、結果に誤差があったことも考えられる。何度か測定を実施し、その平均値を比較すれば良かったと感じた。また、ビジョントレーニングの前後だけでなく、定期的な測定を実施することでビジョントレーニングにおける成果の過程についても調査することができただろう。

今回の研究ではビジョントレーニングを用いて、眼筋運動と認知速度の関係について調査したが、今後はビジョントレーニングがスポーツにもたらす影響などについても研究を進めていきたい。また、親指フォーカストレーニング以外のビジョントレーニング方法、およびビジョントレーニングの成果をより正確に調べるのが課題である。

## 6 謝辞

今回の研究に参加、協力してくださった方々に感謝の意を表します。

## 7 参考文献

[1] 視覚的注意と安全性

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jieij1980/82/3/82\\_3\\_180/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jieij1980/82/3/82_3_180/_article/-char/ja/)

[2] AIT Associated Repository of Academic Resources: スポーツビジョンのトレーニング効果 (aitech.ac.jp)

<http://repository.aitech.ac.jp/dspace/handle/11133/1167>

[3] [24-145]\_第61回総会\_論文集-10\_自企シ.indd (jst.go.jp)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/pamjaep/61/0/61\\_26/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/pamjaep/61/0/61_26/_pdf/-char/ja)

## 令和3年度 SSH研究成果報告会（2期目第4年次）研究テーマ一覧

リージョナルリサーチ（RR）

対象生徒：普通科2年（78名）

班番号	担当教員	研究テーマ	ページ
1	横田	宇和島の魅力発見とその発信方法について	142
2	芝	マスクの見た目と機能の関係	144
3	中村	集中力と睡眠習慣の関係性	146
4	吉良	制服のあり方	148
5	清川	ヒオウギ貝の血抜きを検討	150
6	野中	宇和島東 デジタル機器が身体に及ぼす影響について	152
7	谷田	子ども食堂	154
8	野中	宇和島市の観光ルートの作成	156
9	谷田	音楽と集中力の関係	158
10	長尾	宇和島の巡礼文化に関する研究	160
11	尾崎	ディズニープリンセスにおける女性像の変化	162
12	横田	部活動とサブカルチャーの関係	164
13	吉良	漁業との関連性を用いた弁当屋の出店基準の考案	166
14	長尾	行動経済学を新型コロナウイルス感染拡大防止に生かそう	168
15	林	トキワバイツツジを知ってもらうために ～Nbsの視点を踏まえ、適切な保全の在り方を考える～	170
16	尾崎	宇和島東高校のアピールをしよう	172

# 宇和島の魅力発見とその発信方法について

2年1組 高倉 佳純    2年1組 竹内 晴南  
2年2組 清家 望     2年2組 中村 美心  
指導者 横田 幸治

## 1 課題設定の理由

昨年度の RR の課題研究論文集に「宇和島牛鬼マップを作ろう」という研究を見つけ、タイトルに惹かれ読んでみると、今後の課題として「新たな魅力が宇和島市には眠っている。」と書かれていた。そこで私たちは、新たな魅力を発見するとともにそれを発信するにはどうしたらいいのかという点に目を付けた。また、この課題について調べていると宇和島には「ふくめん」という料理を知り、それを広めたいとも感じた。現在、特産品として知名度のあるものにはどのような傾向があるのか、それを活かして地域に貢献できないかと思い、この課題を設定した。

## 2 研究の流れ

- (1) 宇和島市の特産品は何かを予想した。
- (2) 特産品とその理由を記入するアンケートを旧市内と旧市外に分け、2年生文系(73人)に実施した。
- (3) アンケートを基に特産品とその理由の傾向についてまとめた。
- (4) 傾向から分かることを活かして、宇和島市の魅力の発信方法の提示をした。

## 3 仮説

市内と市外とでは特産品と思うものが異なり、市内では「ふくめん」が特産品として出てくる。名前をよく耳にしたり、道の駅などで販売されていたりするものが特産品になりうると思われる。

## 4 結果と考察

2年生文系79人を旧市内と旧市外に分けてアンケートをとった結果、旧市内では1位鯛、2位真珠、3位みかん、旧市外では1位鯛、2位みかん、3位真珠という市内、市外共に鯛と思う人が最も多い結果となった。

鯛が1位になった要因としてそれを宇和島の特産品と考える理由の傾向を見ると、「よく目にする」「生産量1位と聞いたことがある」などが多く挙げられた。やはり、特産品として知名度を上げるためには人の目にたくさん触れること、普段から食卓に並んだり日常的に耳にしたりするといったことが必要である。

表1 旧市内と市外の特産品理由の違い

特産品	鯛	真珠	みかん
旧市内	<ul style="list-style-type: none"> <li>・どこにでもあるから</li> <li>・生産量が多いから</li> <li>・よく家で食べるから</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小学校の頃見学したから</li> <li>・道の駅、真珠会館にあるし、テレビでも見るから</li> <li>・知り合いに真珠を養殖している人がいるから</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小さい頃から家族と食べていたから</li> <li>・昨年のRS1で発表をしていたから</li> <li>・飲食店のメニューで特産品と書かれているから</li> </ul>
特産品	鯛	みかん	真珠
旧市外	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テレビでよく見るから</li> <li>・イメージが定着しているから</li> <li>・駅においてあるから</li> <li>・よく聞くから</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・よく作られているから</li> <li>・道の駅やお土産コーナーにみかんの商品が置かれているから</li> <li>・冬になると余るほどもらうから</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有名だから</li> <li>・取り扱っている店をよく見るから</li> </ul>

## 5 まとめと今後の課題

この研究を通して、宇和島の特産品として有名なものや新たに魅力として発信できそうなものも沢山発見することが出来た。特産品として確立されるためには、多くの方法が考えられるが、私たちの研究から得たデータを基にすると、多くの人の目に触れること、名前をたくさん聞くことが最も重要であると分かる。よって、道の駅に並べてもらう、テレビなどで紹介されるといった方法が最も有効である。今回の調査では、時間が足りず追加の実験やアンケートの実施が出来なかった。今後の課題としては、データから得た結果を現在はあまり知られていない商品に対して試し、どれほど知名度を上げることが出来るのか、また特産品として地域の人に認めてもらう為には今回のデータが本当に有効であるのかについてなど、もっと深く掘り下げて研究していきたい。

## 6 参考文献

[1] 高野ら「宇和島牛鬼マップを作ろう」 令和元年度 SSH 生徒課題研究論文集 p174、175

# マスクの見た目と機能の関係

2年1組 兵頭 果笑 2年2組 岩本 真優 2年2組 清水 理音  
2年2組 内藤 結衣 2年2組 西川 乃愛  
指導者 芝 絢香

## 1 課題設定の理由

新型コロナウイルスの影響で、マスクが生活必需品となった。マスクの急激な普及によって、様々な種類が開発されたり、おしゃれをする際もマスクがあることを考慮されたりするようになった。マスク着用による弊害として、顔の大半が隠れてしまうことが挙げられる。私たちはマスク着用により、顔から感情が読み取りにくくなり、身に着けているマスクが着用者の印象を左右しているのではないかと考えた。実際に伊藤資浩ら<sup>[1]</sup>や平古樹莉亜ら<sup>[2]</sup>の研究では黒色のマスクはネガティブな印象を受けやすく、白色のマスクは好印象を与えることが示された。また、色以外にもマスクには様々な種類があり、自分に適したものを選択して着用している。私たちは先行研究で検証された以外の色についても印象の変化をより詳細に調べるとともに、マスクの選考基準についても調べることにした。

## 2 調査方法

宇和島東高校2年生160人を対象に、次の内容のアンケートを実施した。

### (1) マスクの色によって受ける印象の変化

質問項目：どの色のマスクが清潔感(威圧感・優しさ・血色の良さ・血色の悪さ)を感じるか。

### (2) マスクを選ぶ基準

質問項目：どの種類のマスクが見た目が良い(機能性が高い・使いやすい・値段が安い)か。

どの質問も複数回答可にし、(1)のアンケートはMicrosoft Formsを用いて作成し、Teamsで配布した。(2)のアンケートは紙面アンケートを行った。結果から項目別にグラフを作成し、それぞれのマスクによる印象や特徴をまとめた。

## 3 結果と考察

### (1) マスクの色による印象の変化

本校生徒が多く使用している白色のマスクは、一番清潔感があるという結果になった。また、ピンク色のマスクは血色が良く、優しい印象を与えることが明らかになった。その一方で、寒色系のマスクは血色が悪く見え、特に黒色のマスクは相手に威圧感を与えているということが分かった。

現在、寒色系のマスクを使用している人は少ない。新型コロナウイルス感染拡大初期にカラ

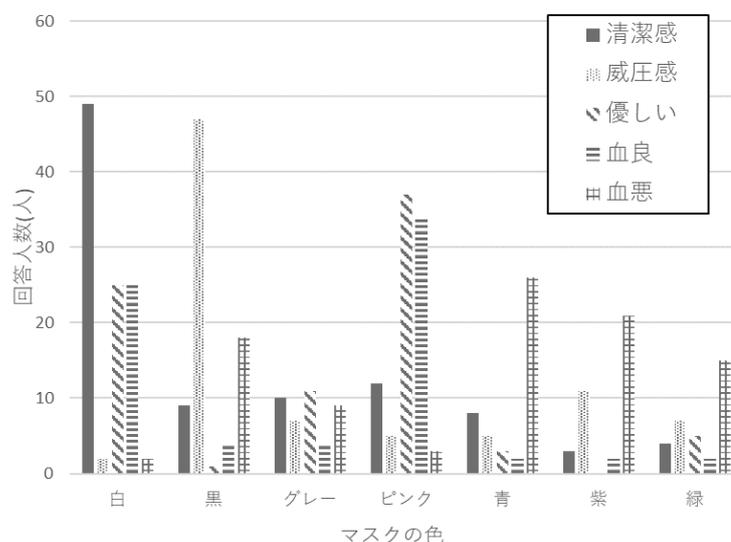


図1 アンケート結果 (1) マスクの色による印象の変化

一マスクが急速に普及した。その時期はマスクが入手困難であり、多くの人が黒や紺などの暗い色のマスクを着用していたが、マスクの色が相手に与える影響を等が配慮され、白色のマスクを着用する人が増えたと考えられる。

## (2) マスクを選ぶ基準

見た目、機能、使いやすさ、値段のすべての項目で不織布が多く、フェイスシールド、マウスシールドはどの項目においても少なかった。また、見た目、使いやすさでは不織布に次いでウレタンが多く、値段に関しては、ウレタンと3Dが多かった。

坪倉らの研究<sup>[3]</sup>によると、不織布マスクや布マスク以外は、吐き出したり吸い込んだりする飛沫量が多い傾向にあり、マスクとし

ての機能は高くない。布マスクの機能がウレタンマスク等よりも低くなっており、マスクに関する正しい知識が不足しているのではないかと考えられる。

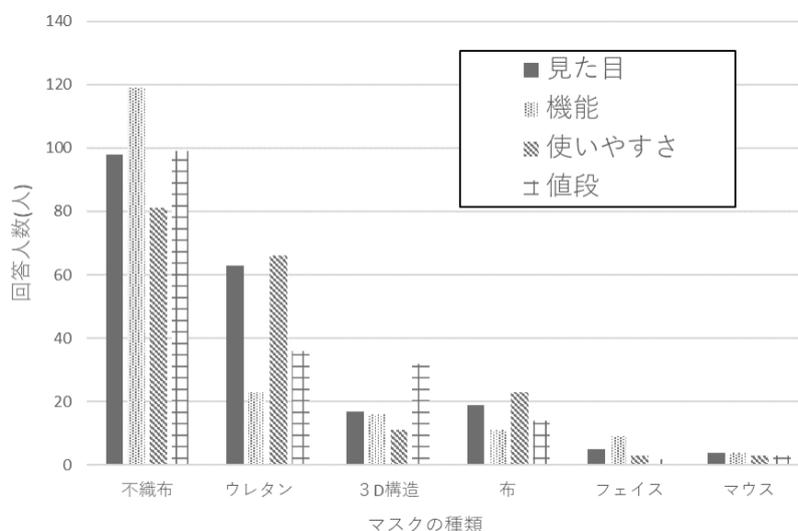


図2 アンケート結果(2) マスクを選ぶ基準

## 4 まとめと今後の課題

先行研究と同じように、白色のマスクは印象が良く、寒色系のマスクは血色が悪くなる等のマイナスな印象を与えることを明らかになった。また、不織布やウレタンを素材にしたマスクは見た目が良いという回答が多かった。したがって、宇和島東高校生の多くが着用している白い不織布マスクは周りから好印象を持たれるものであるため、今後も白い不織布マスクを積極的に着用していくことが望ましいと考えられる。

本研究は宇和島東高校の2年生のみを対象にしており、他の年代へのアンケートは実施していない。今後は実際にマスクを購入している年齢層や職業ごとのマスクを選ぶ基準等を調査していきたい。また、マスクへの正しい知識が不足している生徒がいる可能性も踏まえ、どのようなマスクが感染症予防に効果的であるか情報を発信していくことも必要であると考えられる。

## 5 参考文献

- [1]伊藤資浩ら (2018) 『着用する衛生マスクの色が印象と魅力の知覚に及ぼす影響』, 北海道心理学研究 41 巻, p31
- [2]平古樹莉亜ら (2021) 『マスクの色の印象についての研究』 (<https://www.vories.ac.jp/news/JrHighTopics/wp-content/uploads/sites/7/2021/03/210319-2.pdf>)
- [3]坪倉誠 (2021) 『飛沫やエアロゾルの飛散の様子を可視化し有効な感染対策を提案 ～「富岳」による新型コロナウイルス対策その1』 (<https://www.r-ccs.riken.jp/highlights/pickup2/>)

# 集中力と睡眠習慣の関係性

2年1組 遠山 洸太    2年1組 兵頭 明樹    2年1組 増田 哲聖  
2年1組 増原 悠希    2年2組 森岡 幸輔  
指導者 中村 俊貴

## 1 課題設定の理由

普段の生活の中には学校や職場など集中力が求められる場面が多くある。そこで私たちは睡眠習慣と集中力の間に関係があるのではないかと思った。また、先行研究では睡眠習慣と集中力がどれだけ持続するかの関係性を調べていたので、今回の研究では睡眠習慣と集中の深さについても研究した。

## 2 仮説

先行研究では、集中力の持続には起床時刻や就寝時刻のズレに関係があり、睡眠時間にはあまり影響されないことが分かった。そのため集中力の深さも睡眠時間には関係性があまりなく、起床時刻、就寝時刻のズレが影響をより与えるのではないかと考えた。

## 3 実験・研究の方法

ア 宇和島東高校2年生53人に協力してもらいパソコン上で一桁の簡単な計算をしてもらった。

イ 計算をしている間の顔を録画し、瞬きの回数を最初の1分間と4分後の1分間に分けて数えた。

ウ ①当日の睡眠時間、②平日の睡眠時間、③当日の平日との起床時刻のズレの有無、④就寝時刻のズレの有無、の4つの観点に分けて集計した。(睡眠時間に関しては被験者の平均を基にそれぞれ2グループに分け集計を行った。)

エ 最初の1分間での瞬きの回数をX、4分後からの瞬きの回数をYとして、**図1**、**3**はY-X(瞬きの増加数)、**図2**、**4**はX+Y(平均の瞬きの回数)をそれぞれグループごとに平均し比較した。

オ 今回の研究では、瞬きの回数が多いほど集中していないとして研究を行った。また、瞬きの増加量に集中力の持続、瞬きの回数に集中力の深さが関連するとした。

## 4 結果と考察

今回の結果は下のグラフのようになった。

まず、睡眠時間について見てみると、**図2**では当日も平日も差異はほとんどないのにもかかわらず、**図1**では平日の睡眠時間で、睡眠時間が短いグループの方が、長いグループより瞬きの増加数が多いことが分かる。ここから集中力の持続には平日の睡眠時間の長短が影響を及ぼし、睡眠時間が長いほうが集中力がより続くのではないかと考えた。

次に、起床時刻と就寝時刻について見てみると、**図3**では起床時刻と就寝時刻のズレのあるなしでは差異があまり無いが、**図4**ではどちらも、ズレがあるほうが瞬きの回数が多くなっている。集中力の深さに関しては、起床時刻と就寝時刻のズレに関係があり、起床時刻と就寝時刻が一定であるほうが集中力が深くなると思った。

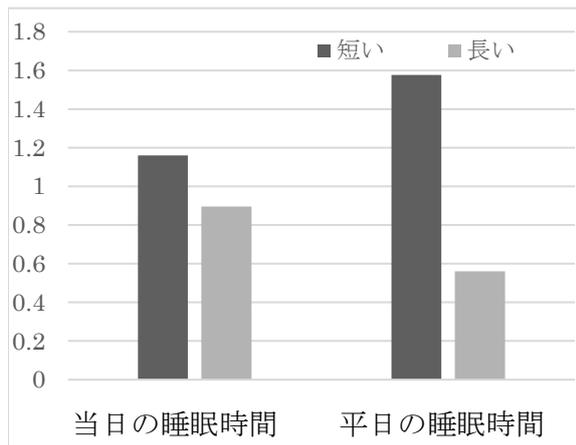


図1 睡眠時間の長さとの瞬きの増加量

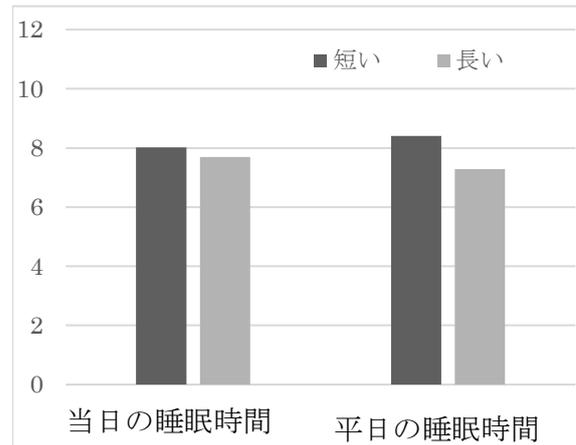


図2 睡眠時間の長さとの瞬きの回数

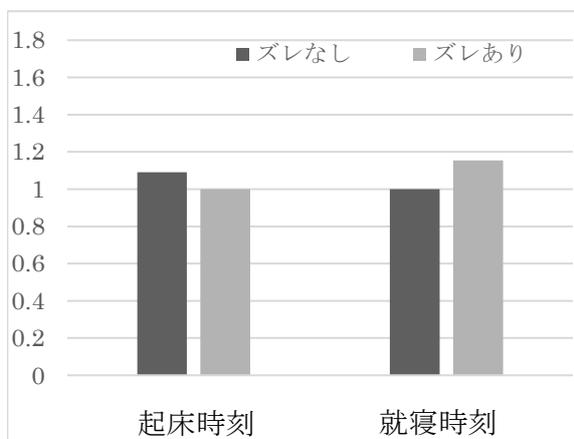


図3 起床・就寝時刻のズレとの瞬きの増加量

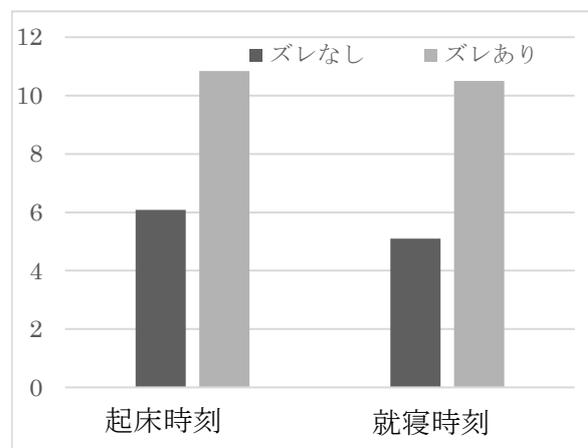


図4 起床・就寝時刻のズレとの瞬きの回数

## 5 まとめと今後の課題

今回の研究では、集中力の持続に関しては、平日の睡眠時間が長いほうが集中力が続き、その当日の睡眠時間や、起床・就寝時刻のズレはあまり影響を与えないということが分かった。また集中力の深さに関しては、睡眠時間はあまり関係がなく、起床・就寝時刻のズレに関係があるということが分かり、この2つが一定であるほうが集中力が高くなるということが分かった。仮説や先行研究とは違った部分もあった。

今後の課題は、被験者数をより増やすことと、統計処理を行ってデータの確実性を増すことである。

## 6 参考文献

<https://beamsite.net/archives/5407>

<https://style.nikkei.com/article/DGXMZO49137950Z20C19A8000000/> <https://beamsite.net/a>

# 制服のあり方

2年2組 富永 葵衣 2年2組 沖 希乃花 2年2組 久米 雅  
2年2組 高野 実紗 2年2組 池田 彩花  
指導者 吉良 千寿

## 1 課題設定の理由

近年、世界的に性的マイノリティへの理解が進んでいるが、依然として制服には男女の区別があるものが多い。違和感を持っている人がたくさんいるはずなのに、なぜ制服は従来のままなのだろうか。この疑問から、制服の役割等を調べ、今の時代にふさわしい制服の在り方について考えるため、この課題を設定した。

## 2 仮説

本校でも、現在の制服に不満や違和感を持つ生徒が多く、近年の多様性を重んじる風潮の高まりもあり、制服の変化を望む声が多いのではないか。それを、これからの制服のあり方について考えるきっかけとしたい。

## 3 研究の方法

### (1) 制服についての意識調査

google form を用いて、本校2年生にアンケートへの回答を求める。

【質問項目】「制服の長所」、「制服の短所」、「これからの制服のあり方」

### (2) 文献調査

制服についての記述がある書籍を参考にして、制服の歴史や意義等を調べる。

### (3) 現在の制服事情についての調査

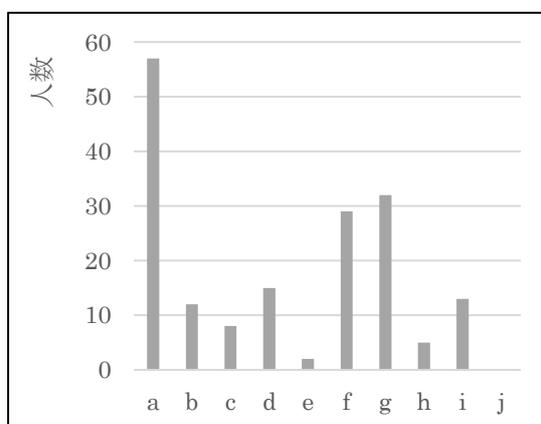
ア インターネットを活用して全国の制服事情を調べる。

イ 生徒指導課の先生の協力を得て、愛媛県下の学校の制服事情を聞かせてもらう。

## 4 結果

### (1) アンケートによると、制服の着用により公的な場で自身の立ち位置を表せ、安心感が得られている

ようだ(図1)。短所としては、体温調節がしづらいという身体的側面、個性の喪失、性別の限定という精神的側面を答えた生徒が多



- a 服を選ばなくていいから楽
- b 公私の切り替えができる
- c 制服は学校の看板になる
- d デザインがいい(夏)
- e デザインがいい(冬)
- f ファッションセンスを問われな
- い
- g 冠婚葬祭で使える
- h 譲ってもらえる
- i 同音識が高まる
- j

図1 制服の長所

かた(図 2)。

今後の制服のあり方としては、半数以上の生徒が性別を問わず使える制服を望んでいることが分かった(図 3)。

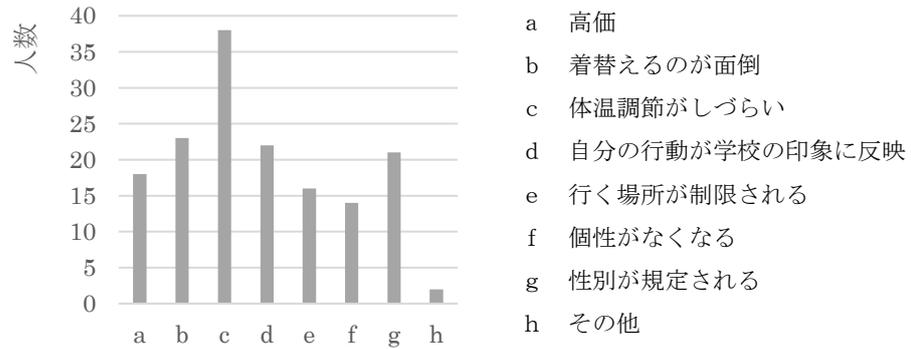


図 2 制服の短所

## (2) 高村(2015)

は、制服は、「同じ服を着ることで団体意識、協調性を高め」、「様々な文化的背景をもつ生徒たちをまとめる」ことができる」と述べる。

## (3) ただ、ジェンダーについて

の理解が進んできたことで、従来の制服に大きな変化が起こっている。大手学生服メーカーの調査によると、女子用スラックスを採用している中学・高校は、全国で約 1,000 校あり、ここ 3 年で約 2.7 倍増加したという。愛媛県内でも、今年度・来年度でジェンダーレス制服を採用する学校が 13 校あり、8 校が検討している。

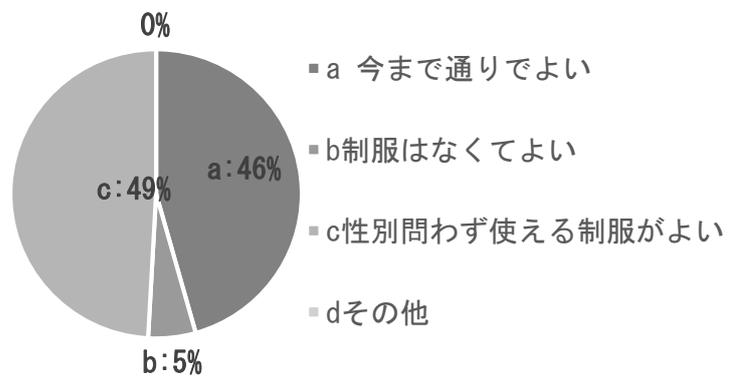


図 3 これからの制服のあり方

## 5 まとめと今後の課題

制服は、構成員が統一感や連帯感を持つために有効なツールである。ただ、没個性に陥る可能性があること、性差によって区別が余儀なくされることが課題である。本校生徒の中にも性別を問わず使える制服を望む声も多いという結果も出た。本研究が、今後、本校の制服のあり方を考えていくきっかけになればと考える。

### 参考

- ・高村是州, 2015 年, 『ファッション・ライフの楽しみ方』, p.64~69, 岩波書店
- ・愛媛朝日テレビ <https://eat.jp/eat/?ehimenews=202111031763>
- ・トンボ学生服 <https://www.tombow.gr.jp>

# ヒオウギ貝の血抜きを検討

2年1組 川平 紗月 2年1組 二宮 梓 2年2組 伊手 和夏  
2年2組 竹内 陽菜 2年2組 戸梶 叶  
指導者 清川 彩

## 1 背景

愛媛県の南予地方には、刺身が美味であるヒオウギガイの日本有数の産地がある。しかし、水槽で保存するのが難しいという課題がある。また、古田ら(2018)<sup>[1]</sup>によると「冷凍貝柱は生鮮貝柱に比べて臭気が強く感じられることがある」とある。一方で、「近年、消費者の生鮮嗜好が高まっている」ことから、刺身が美味であるヒオウギガイの魅力为全国に発信したいと考え、むき身の生鮮ヒオウギガイの保存方法について検討を行うこととした。

## 2 仮説

ホタテガイには無色透明の体液があり、それに含まれるトリメチルアミンオキシド(以下TMAO)という成分が不快臭の原因であるということが判明している。TMAOが分解されることで不快臭の成分であるトリメチルアミン(以下TMA)が生成される。また、ヒオウギガイはホタテガイと同じイタヤガイ科である。そこで、ヒオウギガイにもホタテガイと同じ無色透明の血液があり、血液の成分が不快臭の原因であると考え、本研究ではヒオウギガイの血抜きを行うことで不快臭を抑えることができると仮説を立てた。

## 3 事前調査

ヒオウギガイの血管系は、開放血管系という構造である(図1)。開放血管系とは、動脈と静脈をつなぐ毛細血管が存在しない血管系のことをいう。動脈を流れた血液は組織中に流出し、その後静脈にあたる血管に集まるか、または直接心臓に戻り、再度体内を循環する。つまり体内で常に血管が切れている状態である。私たちヒトでイメージするように、血液が血管内を流れていれば存在が把握しやすく血抜きが容易であると考えられるが、そうではないため、まずは血液の流れを確認することにした。

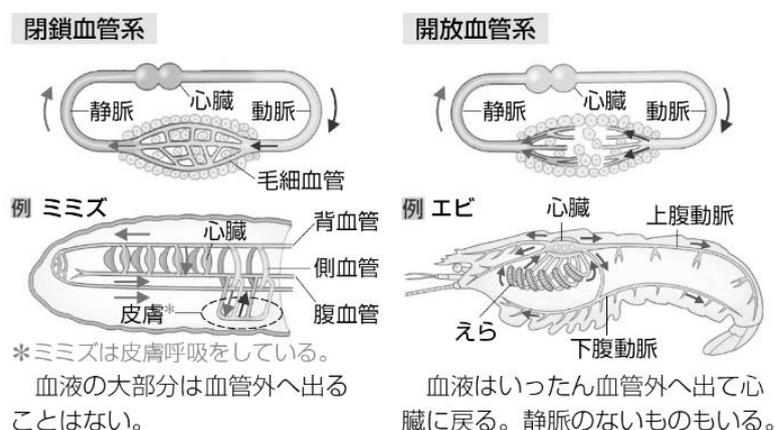


図1 開放血管系と閉鎖血管系

浜島書店「2018 ニューステージ新生物図表」より

## 4 実験

### (1) 準備物

ヒオウギガイ、墨汁(10倍希釈)、注射器及び注射針

### (2) 方法

ヒオウギガイの心臓(図2)部分から墨汁を注入(図3)し、血液の流れを確認する。心臓は白色透明で中腸腺の側にあり、貝を開いた直後は拍動しており見つけやすい。

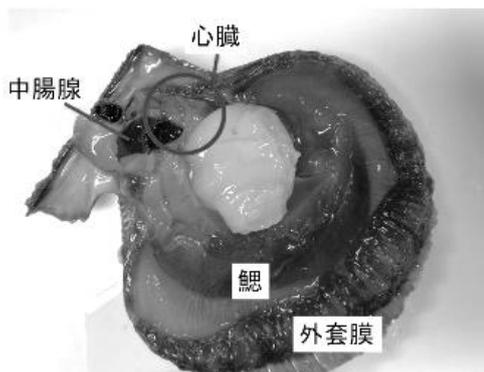


図2 ヒオウギガイの心臓部分



図3 墨汁の注入

## 5 結果と考察

血液は全体的にうっすらと確認できた。特に、生殖腺と鰓の部分に濃く見られたが、血抜きを目安となるような血液が集まる部位は確認されなかった。また、心臓や表面の皮膚が非常に薄く脆いためか、すぐに破裂してしまった。

開放血管系をもつ二枚貝を開いたときに出てくる水分は、海水ではなくほぼ体液である<sup>[2]</sup>。ヒオウギガイの血管系が開放血管系であり、大きな血管も存在しなかったこと、貝を開いた時には体液が充満していることから、血抜きを行うことは、貝の水分をすべて取り除くことになり、現実的ではなかった。



図4 墨汁注入後

○：特に墨汁が濃く見られた部分

## 6 今後の展望

ヒオウギガイの体の構造上、血抜きは困難だということが分かった。今後は体液を保ったまま、鮮度の長持ちと食中毒菌の付着を防ぎ、増殖を抑えるという観点から、真空パックでの輸送や低温輸送の検討をしたい。

## 参考文献

- [1] 古田智絵, 吉川修司, 成田忠明, 五十嵐俊成, 2018年, 「多変量解析によるホタテガイ 冷凍貝柱の臭気に寄与する臭気成分の推定」, 日本水産学会誌 84巻5号 p.843-849
- [2] 小坂善信, 2005「ホタテ貝は血があるのか」青森県水産総合研究センター増養殖研究所第104号 p.89

# 宇和島東 デジタル機器が身体に及ぼす影響について

2年1組 佐渡 華佳 2年1組 水谷 空  
2年2組 今西 杏華 2年2組 松下 楓花  
指導者氏名 野中 誠也

## 1 課題設定の理由

東ら(2015)によると私たちの生活には多くのデジタル機器が普及しているが、その中で最も身近なものがスマートフォンである。今日では、スマートフォンによる身体への様々な影響が懸念されている。そこで、私たちはスマートフォンを使用し始めた時期や1日の平均使用時間の違いによって、身体にどのような影響が及ぼされるのかを明らかにすることを目的に、本調査を行った。

## 2 仮説

- (1) スマートフォンの使用開始年齢が早いほど、使用時間が長くなる傾向にある。
- (2) したがって、私生活と体への影響が大きくなる。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 方法

- ・スマートフォンの使用開始時期、利用時間、利用による身体への影響に関して、アンケートを取る。

### (2) 条件

- ・アンケートの対象は宇和島東高校の全生徒である。(170人)

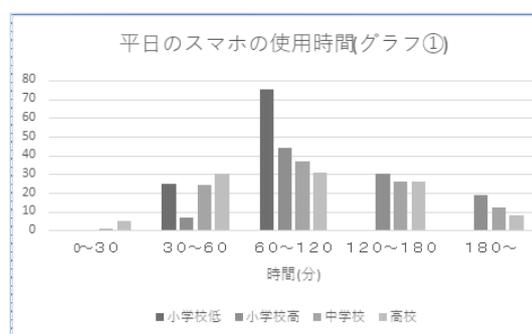
## 4 結果と考察

- ・スマートフォンの使用開始時期

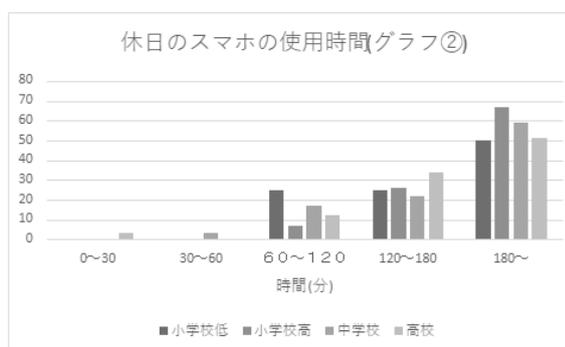
小学校低学年…2% 小学校高学年…16% 中学生…46% 高校生…34%

この結果から、ほとんどの人が中学生以降からスマホを使用し始めていることが分かる。

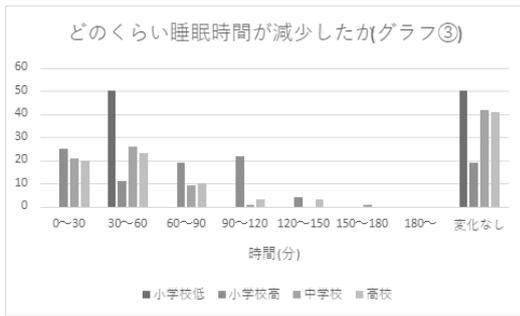
以下の項目は①の使用開始時期の割合別に分析したものである。



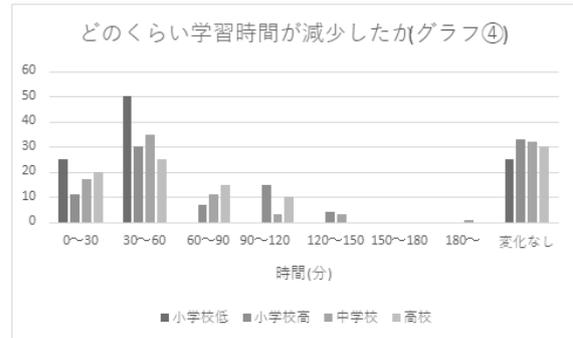
グラフ1 平日のスマホの使用時間



グラフ2 休日のスマホの使用時間



グラフ 3 どのくらい睡眠時間が減少した

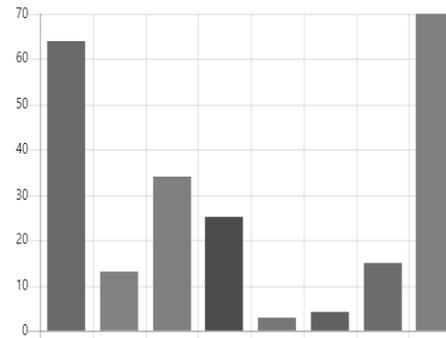


グラフ 4 どのくらい学習時間が減少したか

これらのグラフから以下のことが分かった。

- ・グラフ①、②より、スマートフォンの使用開始年齢に関わらず、平日は60～120分、休日は180分以上に分布する。
- ・グラフ③、④より、睡眠、学習時間ともに30～60分減少したと答える人が多かったが、変化なしと答える人も多かった。

● 目が悪くなった。	64
● 倦怠感がある。(だるい、疲れた...)	13
● 首、肩が凝っている。	34
● 姿勢が悪くなった。(猫背など)	25
● 頭痛	3
● 耳が聞こえにくくなった。	4
● ドライアイになった。	15
● 何もしない。	70



グラフ 5 スマホを操作したときに及ぼす影響

- ・グラフ⑤より、目に最も影響があったことがわかるが、全体の約40%に当たる70人は影響がないと回答した。

## 5 まとめと今後の課題

- ・使用開始年齢と使用時間の関係性はあまりなかった。しかし、アンケートの傾向から、スマートフォンを長時間利用することによって、睡眠、学習、身体に影響があった人は多かった。
- ・今の私たちより前の世代からデジタル機器を使用している人が将来高齢者になったときに身体にどのような影響が出るかはまだわからない。若いうちから高齢になるまでデジタル機器を日常的に使用した人はいないためである。したがって、今後も身体への影響については調査する必要がある。

## 参考文献

- ・中高生スマホ利用傾向調査レポート 2019年2月版 (一般社団法人日本スマートフォンセキュリティ協会啓発事業部会)
- ・家庭における青少年のスマートフォン等の利用等に関する調査 (東京都民安全推進本部)
- ・令和元年度 青少年のインターネット利用環境実態調査 調査結果 (内閣府)
- ・高校生のスマートフォン・アプリ利用とネット依存傾向に関する調査 報告書 (総務省情報通信政策研究所)

# 子ども食堂

2年1組 宮本 真衣                      2年1組 野中 春華  
2年1組 宇都宮 ひかり                2年2組 梶谷 采未  
2年2組 稲葉 鈴香  
指導者 谷田 美穂子

## 1 課題設定の理由

コロナ禍で外出する機会や、人と交流する機会が減少する中、母子家庭の援助、地域の人との交流などを主に目的とする子ども食堂は通常の運営が困難な状況である。新型コロナウイルス感染拡大によりひとり親世帯 140 万世帯のうち、少なくとも約 10% の 14 万世帯は、子どもが十分に食べて体重を増やせる状況ではないと推測されている。しかし、農林水産省によると現在国内 1 年間に発生する食品ロスが 612 万トンと言われており、これは世界の食品援助量のほぼ 2 倍にあたる。このうち一般家庭から出る食品ロスは 284 万トンと言われている。この結果を踏まえて、現状を打開し、食品ロス削減の意識向上やボランティア活動への参加意欲増進を図るために私たちにできることは何かを考えたとき、子ども食堂への食糧支援を行うことで、食品ロス削減に繋がっていくのではないかと考えた。

## 2 仮説

- (1) コロナ禍で、新型コロナウイルス感染防止対策の観点から子ども食堂の営業は休業している。
  - (2) 子ども食堂へ赴き、調理等の活動ができない。
  - (3) 子ども食堂へ支援をすることが食品ロスの削減につながる。
  - (4) 子ども食堂は子どもがご飯を食べたりする場所である。
- 以上の仮説を立て、研究を行った。

## 3 実験と研究の方法

- (1) 全校生徒対象に子ども食堂に関するアンケート実施
- (2) 宇和島市NPO団体「うわじまグランマ」の代表理事 M さんにインタビュー
- (3) 校内でフードドライブを実施
- (4) フードドライブ後の意識変化に関するアンケート実施

## 4 結果と考察

アンケート結果

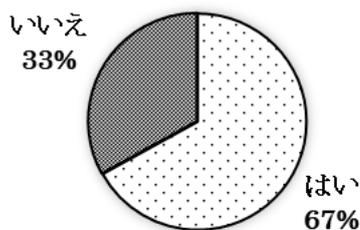


図1 子ども食堂を知っているか

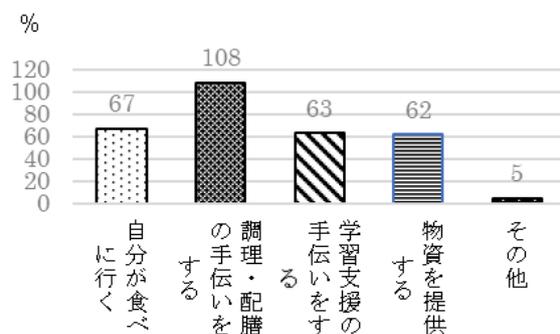


図2 子ども食堂にどのような形で関わって

1回目のアンケートで、「子ども食堂を知っていますか」(図1)という質問に対し、知っている人は67%と大半の人が認知していたことがわかる。新型コロナウイルス感染拡大の影響でボランティア活動のできる範囲が限られるが、「子ども食堂にどのような形で関わっていききたいか」(図2)という結果からも活動に対して強い関心があることがわかる。

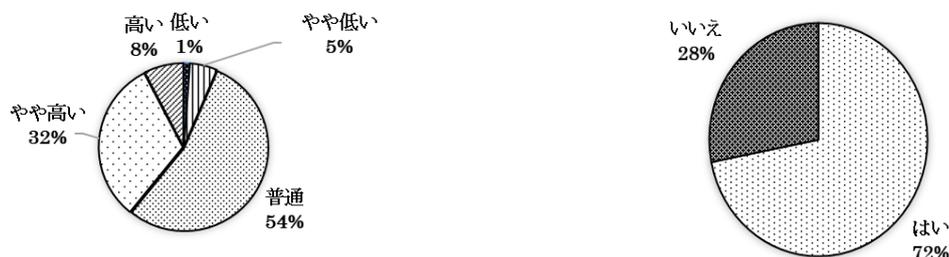


図3 現在のあなたの食品ロスに対する関心度 図4 子ども食堂の活動に参加したい

2回目のアンケートではフードドライブを終えて、食品ロスや子ども食堂に対する意識がどのように変化したのかを調査することを目的に実施した。図3からは、食品ロスに対する関心度は「やや高い」、「高い」を約半数の人が選んでおりフードドライブ実施前に比べ増加したことがわかる。また図4からは72%の生徒が「はい」と答えており、積極的に子ども食堂の活動に参加したいと思っている。

2つのアンケート結果から、初めは子ども食堂や食品ロスに対する関心も低いことから、実際に子ども食堂のボランティア活動に参加した経験のある人も少ないことが分かった。

今回の研究でフードドライブの啓発活動を実施したことで、家庭で使わなくなった食品を寄付するという簡単なことで子ども食堂のボランティア活動に参加できると広く認識してもらうことができた。

「うわじまグランマ」の代表理事であるMさんとのインタビュー(図5)を通して子ども食堂は子どもがご飯を食べる場所としてだけでなく、地域の方々との交流やお母さんたち同士の情報交換の場としても機能していることが分かった。



図5 インタビューの様子

新型コロナウイルス感染拡大状況の中でも工夫をし、可能な限りの支援や活動をし、地元宇和島をはじめとする全国の支援を必要としている家庭に物資の提供をしたり、相談に乗ったりしていることが分かった。

## 5 まとめと今後の課題

今後は、さらに子ども食堂と学校の連携を強化し、効果的にフードドライブの活動を実施することで、積極的に参加する生徒を増やしていき、食品ロスの意識向上につなげていきたい。

### 謝辞

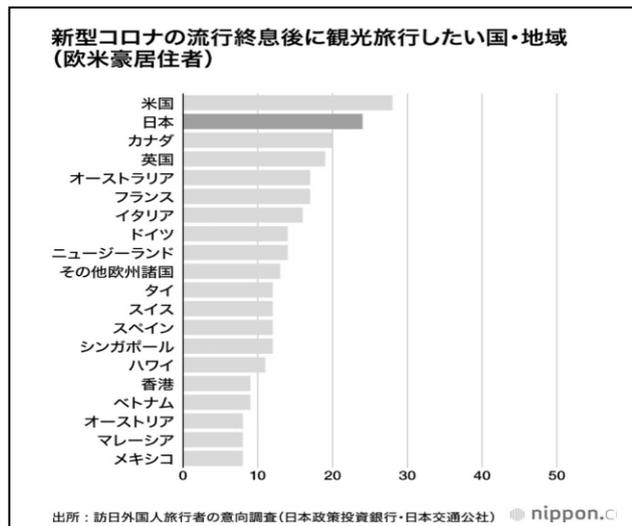
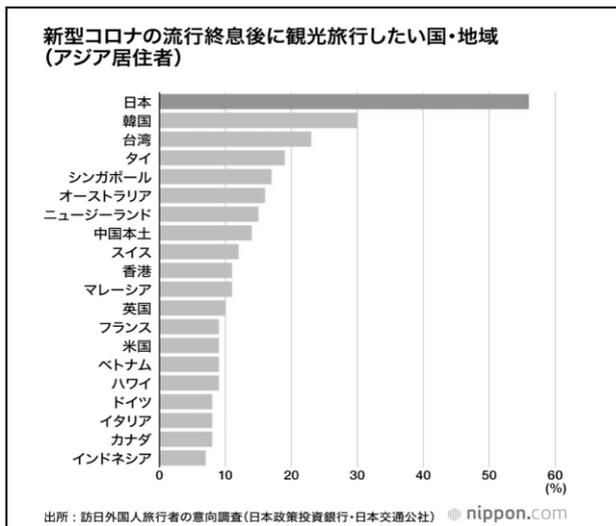
今回の研究に御協力いただいた「うわじまグランマ」の皆様、フードドライブに御協力いただいた宇和島東高校の教職員・生徒・保護者の皆様はこの場をお借りして感謝を申し上げます。

# 宇和島市の観光ルート作成

2年1組 善家 楓 2年1組 宝本 拓夢  
2年2組 田邊 佑規 2年2組 杉浦 佑京 2年2組 山本 瑛太  
指導者氏名 野中 誠也

## 1 課題設定の理由

新型コロナウイルス感染拡大前、日本は観光立国を目指し、海外からの観光客 4000 万人を目標に東京五輪に向けて進んでいた。それが地域の観光振興にも寄与していた。しかし、現在、新型コロナウイルスの感染拡大により日本の観光産業は甚大な被害を受けている。いつ回復するのかわきまだ不透明である。ただ、そんな中でも日本政策投資銀行によると、コロナ後に訪れたい国ランキングでアジア居住者の中では第1位、欧米居住者の中では第2位であった。このことから、世界がコロナウィルスを乗り越えた後、多くの観光客が日本を訪れる可能性が大きい。以上の理由から私たちは、コロナ収束後により多くの観光客を地元宇和島市に誘致するため、観光ルート作成に取り組んだ。

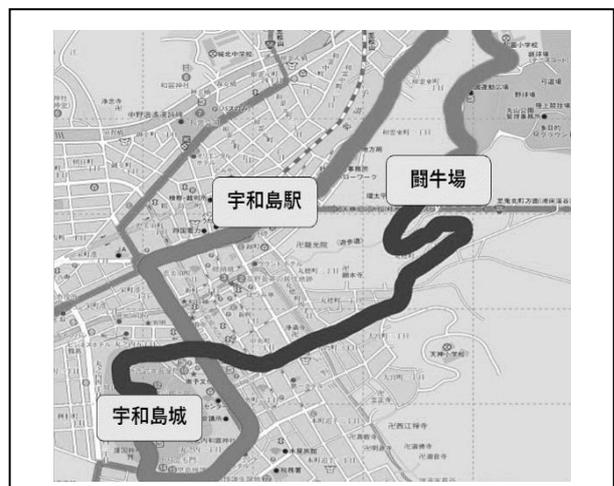


## 2 実験・研究の方法

- (1) 徒歩・・・宇和島城を実際に見て回り掛かる時間や看板、施設などを観光客の立場になって巡り、改善すべき点を見つける。
- (2) 自転車・・・宇和島駅から宇和島城→丸山公園→宇和島駅への道を自転車で周り、掛かった時間やそこに置いてあるもの、施設を確認する。

## 3 結果と考察

宇和島駅から宇和島城まで徒歩で約20分かかり、宇和島城内を観光するのに約30分かかった。また、宇和島城から闘牛場まで自転車で約20分かかり、闘牛場から宇和島駅まで約20分かかる。そして、観光にかかった合計時間は約1時間30分であった。





ウェブサイトを作成、また冊子を作り公共機関に設置させてもらうことでアクセス数、外国人観光客がさらに増え宇和島市の活性化の促進が見込める。

看板が日本語のため、他国語を使った看板を作成すると外国人がより楽しめる。

宇和島バスを利用すれば移動できる範囲が広がり、より多くの観光スポットを巡ることが可能になる。

#### 4 まとめと今後の課題

コロナ禍以前から外国人観光客の増加は続いていたが、コロナ禍で海外からの日本人気が爆発的に増えた。このことからコロナ終息後に日本への観光客が増えると考え、宇和島市への観光客の誘致を目的とした本活動で宇和島市の魅力を再発見でき、またいくつかの課題もみつけることができた。まず、実際に自分たちで試行してみて、かかるであろう時間を調べる。また、市内そして市外のルートを増設する。そして、公共交通機関の活用も検討していきたい。

#### 参考文献

- [1] MAPJAPAN [https://www.japanmap.jp/pages/76/detail=1/b\\_id=444/r\\_id=17#&gid=1&pid=1](https://www.japanmap.jp/pages/76/detail=1/b_id=444/r_id=17#&gid=1&pid=1)
- [2] 宇和島市HP <https://www.city.uwajima.ehime.jp/soshiki/22/guidemap.html>

# 音楽と集中力の関係

2年1組 末廣 優衣 2年1組 薬師寺 咲希 2年1組 脇田 さくら  
 2年1組 渡邊 楓 2年2組 河野 花奏  
 指導者 谷田 美穂子

## 1 課題設定の理由

音楽を聴きながら勉強することがよくある。音楽を聴きながら勉強をすることで本当に集中できるのかを検証し、これからの私たちの学習に役立てるためにこの課題を設定した。

## 2 仮説

勉強をするときに、音楽を聴きながらする人が多くいるのではないかと考えた。しかし、音楽を聴きながら勉強をすることで集中力は低下し、また音楽の種類によっても集中力は左右されるのではないかと考えた。

## 3 実験・研究

- (1) アンケート：普段の勉強方法についてのアンケート調査
- (2) 実験：暗記する科目と流す音楽を決めて、5分間暗記し、5分間でテストする。

## 4 結果と考察

- (1) アンケート結果（図1・2・3）からは、「ながら勉強」をする人が多かった。特に音楽を聴きながら勉強をしている人がほとんどだった。音楽のジャンルはJポップや洋楽が多いことが分かった。

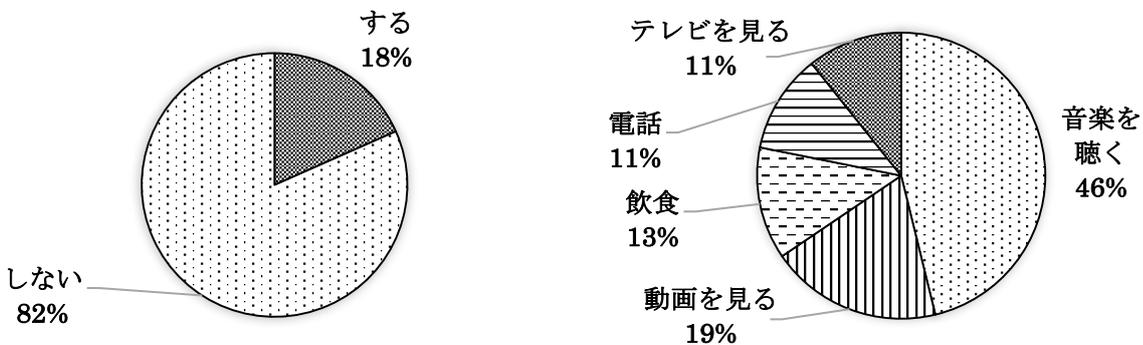


図1 ながら勉強はしますか？

図2 何をしながら勉強しますか？（複数回答可）

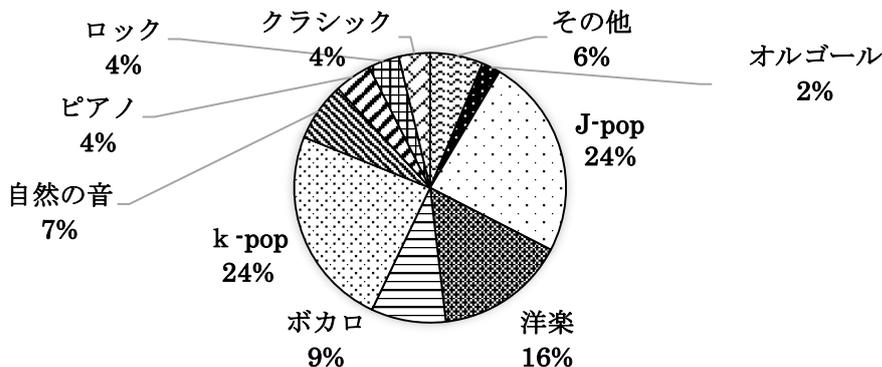


図3 何の音楽を聴きますか？（複数回答可）

## (2) 実験結果

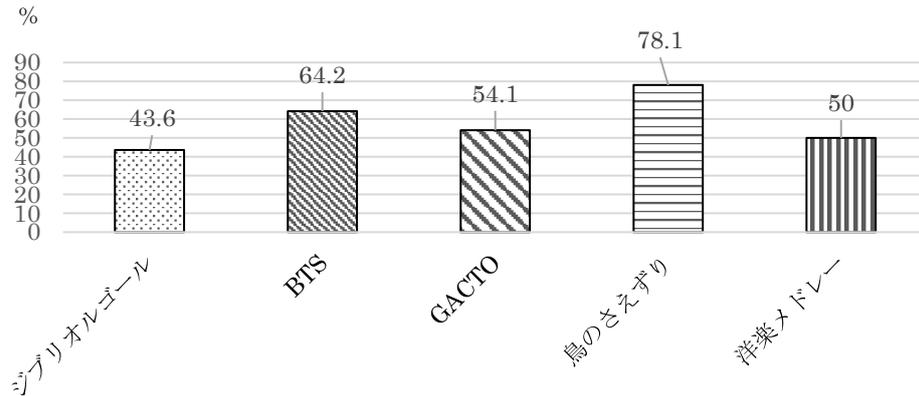


図4 倫理テストにおける音楽と正答率

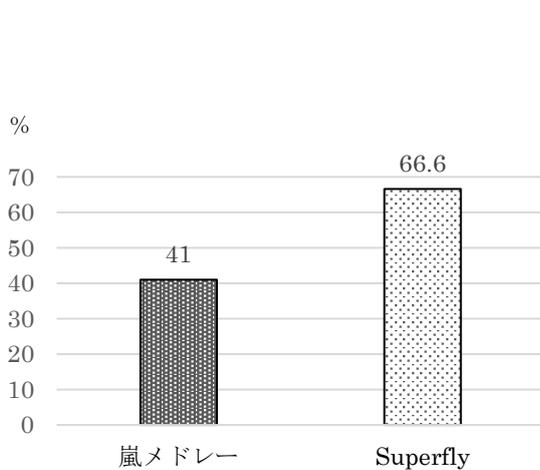


図5 漢字テストにおける音楽と正答率

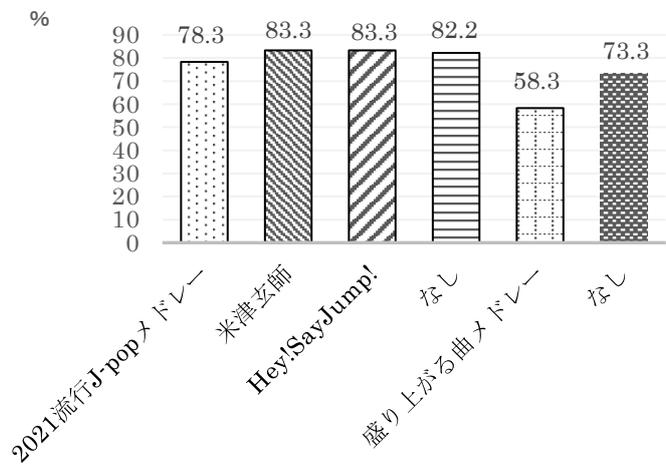


図6 日本史テストにおける音楽と正答率

私たちの行った実験（図4・5・6）からは、音楽をかけながら勉強をすると効率が上がることが分かった。

流す音楽で結果は異なっていて、特に静かな自然の音（鳥のさえずりなど）や、Jポップが全体的に得点が高く集中力が上がることが分かった。

## 5 まとめと今後の課題

音楽を聴きながら勉強することで集中力は高まることが分かった。しかし、音楽の種類によって集中力に差がみられた。また、疲れている日やテストの前日など、日による自分たちのコンディションも影響していると考えられる。

今後の課題としては、実験の時に条件をそろえ、もっと細かく調査し、自分たちの学習に生かしたい。

## 謝辞

アンケートに協力してくださった皆様ありがとうございました。

## 参考文献

「音の種類の違いは集中力に影響するか」

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hsp/40/0/40\\_24/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hsp/40/0/40_24/_pdf/-char/ja)

# 宇和島の巡礼文化に関する研究

2年1組 尾崎 濯    2年2組 堀田 弥人    2年2組 深田 瑞樹  
2年2組 松本 航生    2年2組 岡崎 壮真  
指導者 長尾 起条

## 1 課題設定の理由

近年、地方から都市への人口流失に伴い地方文化は衰退と消滅の危機にある。それは宇和島市も例外ではない。そこで私たちが着目したのは、宇和島に根差した巡礼文化である。宇和島には「四国八十八か所」などを模したミニ巡礼が複数ある。それらを調査して魅力を再発見することで、地方文化の再興につなげたいと考えた。

## 2 調査の方法

### (1) 方法

#### ア 九島公民館を訪問

九島公民館長の宮本荘一氏を訪問し、お話と資料を提供していただいた。

#### イ 巡礼に関する先行研究の調査

二十四輩様、地四国山八十八か所、お西国三十三か所に関する先行研究を調査した。

## 3 結果と考察

### (1) 二十四輩様

#### ア 場所 宇和島市九島

#### イ 成立年代 明治13年(1880)～明治14年(1881)

#### ウ 由来等

明治13年に九島住民らが宇和島市高光の地四国山八十八か所を参拝した際に、九島にも同様の信仰対象を欲し、仏像や祠を作成した。本来の「二十四輩様」は親鸞の有力な24人の弟子、または、彼らを開基とする栃木・茨城等の諸寺院を指す。九島のもはこの霊場巡礼を模したもの。なお、香川県にも同様の二十四輩様巡礼が存在する。なぜ四国八十八か所ではなく二十四輩様を模したのかは、九島には本光寺・念稱寺という浄土真宗寺院があることから、浄土真宗の信仰が篤かったためと考えられる。



図1 九島の石像

### (2) 地四国山八十八か所

#### ア 場所 宇和島市高串

#### イ 成立年代

天保5年(1834)～天保12年(1841)

#### ウ 由来等

「四国八十八か所」とは、四国にある空海(弘法大師)ゆかりの88か所の仏教寺院の総称であり、四国八十八か所を巡礼(巡拝)することを四国遍路、遍路という。地元の人が四国霊場を模して、山や島、半島などにおいて、ミニ巡礼としているものを「地四国」と呼び、寺院のかわりに、小さい祠を置いて、お参りする順番も決められている。「ミニ四国」「新四



図2 高串の石像

国」などの名でも呼ばれ、四国各地や他地域でもみられる。

宇和島市高光では「槇の山」に、四国八十八か所を模した祠や仏像を配している。今回調査したものの中では、年代がはっきりしている最も古い例であり、九島の「二十四輩様」設置の契機となっていることから、古くから地元での尊崇を集めていたことがうかがえる。

### (3) お西国三十三か所

ア 場所 宇和島市戸島 遠戸島

イ 成立年代 不明（少なくとも 1940 年代には存在）

ウ 由来等

本来の「西国三十三か所」は近畿を中心とした三十三か所の寺院に観世音菩薩を安置した札所巡礼の霊場である。戸島のものはこれを模したものであり、三十三体の観音菩薩像が祭られている。

全島にわたって見晴らしの良い岬や山の峰々に小

さな観音菩薩の石像が配置されているが、聞き取り調査を行った範囲では、なぜ「西国三十三か所」を模したのかは不明である。はっきりとした成立年代も不明であり、由来等を覚えている人もいないが、少なくとも 1940 年代にはこの信仰は存在していたらしい。



図3 戸島の石像

## 4 まとめと今後の課題

本研究では主として既存の文献と有識者の方からの聞き取り調査を行った。残念ながら、本研究期間中だけでは戸島まで現地調査に行くことはできなかった。しかし、数少ないながら今後の研究につながる貴重な情報を得られ、宇和島には「四国八十八か所」を模した「地四国」だけでなく、「西国三十三か所」や「二十四輩様」のように、同じ巡礼であっても宗派が違うなど、多様性があることがわかった。実際の四国遍路や遠方の巡礼に行くことが困難だった時代、巡礼に行くことは信仰心の表れでもあり、数少ない娯楽でもあった。人々は少しでも巡礼を身近に感じたいと考え、ミニ巡礼を作ったのだろう。今後は、不明な点の多い戸島のお西国三十三か所の調査をさらに進めたい。さらに、宇和島や近隣にはまだ数多くのミニ巡礼があるはずであり、それらについて調査することも必要である。

また、高齢化に伴う人口の減少により、参拝道の整備にあたる人員が不足したり、行事を実施できなくなるなど、巡礼文化を存続させることが困難になっている例も多い。これらの問題点を解決し、貴重な宇和島の巡礼文化を存続させるための方法を模索することも急務だと考える。

## 5 謝辞

本研究をするにあたり、お話をしていただいた九島公民館長の宮本荘一氏、戸島の写真を提供していただいた深田勇樹氏に感謝いたします。

## 6 参考文献

- [1] 九島実年クラブ (2004) 『二十四輩様について』
- [2] 釋 暁光 『讃岐における「二十四輩」に関する社会仏教学的考察』
- [3] 加藤庸二 (2010) 『原色日本島図鑑日本の島 433-有人島全収録-』 新星出版社

# ディズニープリンセスにおける女性像の変化

2年1組 岡崎 世奈    2年1組 山下 桃代    2年1組 若松 由奈  
2年2組 金澤 礼佳    2年2組 濱田 夢路  
指導者 尾崎 弥笑

## 1 課題設定の理由

今日ニュースや新聞で「女性の社会進出」という言葉を聞くことがある。そこで、私たちに身近なディズニープリンセスの人柄や描かれ方を調べていき、時代背景と照らし合わせ、女性像の変化を具体的に見ていきたい。また、これから理想とされる女性像をもとに未来のプリンセスを予想したいと考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

先行研究によると、「リトルマーメイド」のプリンセスであるアリエルは、これまでのディズニープリンセスの描かれ方と違って活発だ。そして、この時からディズニープリンセスの描かれ方は徐々に変化している。つまり、この時期に女性の社会的立場を変化させるような法律が制定されたのではないだろうかと考えた。

## 3 研究の方法

ディズニープリンセスの映画が公開された年代にどのような女性に関する法律が出されたのかを調べ、法律が出される前と出された後のプリンセスの描かれ方の違いを比較する。また、これから理想とされる女性像についてアンケート調査を実施し、その結果を参考にして、自分たちで未来のプリンセスを作る。

## 4 結果

先行研究「ディズニープリンセス映画にみるジェンダー表現の変容」によると、「白雪姫」、「シンデレラ」、「眠れる森の美女」の初期3作は、財力や名誉ある男性と主人公の女の子らしい従順なプリンセスが結婚し、幸せになるという結末が主流であった。しかし、「リトルマーメイド」以降、プリンセスの性格にたくましさや精神的なタフさ、自活力が見られ、過去3作とは全く違った印象が見受けられる。そして、「リトルマーメイド」が公開された1989年頃に、国連が女性差別撤廃条約を採択(1979年)したり、日本が男女雇用機会均等法を制定(1985年)したりしている。このことから、昭和の時代に人々に根強く意識されていた「男は仕事、女は家庭」というようなあり方が一変し、平成になって女性の社会進出が増加した時代背景が分かる。

また、私たちは今回、見た目だけでなく性格も考慮して未来のプリンセス像を作るために、宇和島東高校2年生文系の生徒を対象に、「令和に求められる女性像は何か」というアンケート調査を実施した。結果は「自立していて、発言力がある」という回答が多く、その次に「子育てと仕事の両立ができる」、「コミュニケーションがうまく取れる」という回答が多かった。

## 1. 令和に求められる女性像とは何だと思えますか？

詳細

● 子育てと仕事の両立ができる	11
● 子育てに集中している	0
● 仕事に熱中している	2
● 自立していて、発言力がある	13
● コミュニケーションがうまく取れる	11
● ひかえめな人	0
● その他	6

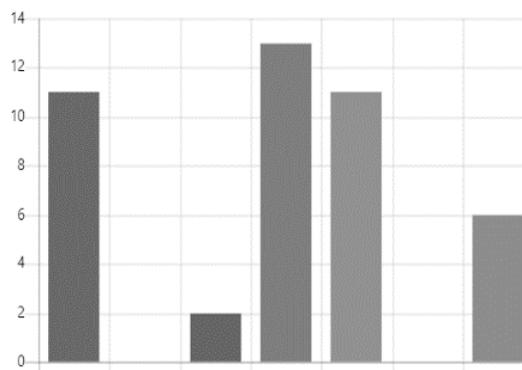


図1：アンケート結果 令和に求められる女性像



図2：未来のプリンセス像

以上のアンケート結果から私たちは、図2のようなプリンセスを作成した。このプリンセスの特徴は、ショートカットであり、スカートが短くて動きやすいことだ。そして、皇室としての仕事と子育てを両立している。私たちは、ドレスの色を黄緑色にデザインした。なぜなら、黄緑色には「平等を大切にし、平和と安全を重視する」、「円満な人間関係を築くことができる」、「行動力があって、可能性を信じて前に突き進む」といった意味が込められているからだ。

## 5 今後の課題

ディズニープリンセスの映画が公開された年の社会情勢や制定された法律をさらに調べ、プリンセスの性格や描かれ方と照らし合わせる。

## 参考文献

- ・上野由美子、佐々木優子（2016）「ディズニープリンセス映画にみるジェンダー表現の変容」

# 部活動とサブカルチャーの関係

2年1組 大久保 知哉    2年2組 河野 史琉  
2年2組 清家 孝之    2年2組 棟田 悠仁  
指導者 横田 幸治

## 1 課題設定の理由

近年、「鬼滅の刃」を筆頭にアニメや漫画の人気の若い世代を中心に高まっている。本校も例外ではなくアニメ好き、漫画好きの生徒が多い。そこで、サブカルチャーが若い人に影響を与えていると考えた。その中で本校の生徒の部活に限定してサブカルチャーの影響を調査することにした。

## 2 仮説

アニメや漫画といったサブカルチャーが学生に影響を与え、その影響が顕著に表れるのが部活動ではないかと考えた。

## 3 研究の方法

### (1) インターネットを使った調査

インターネットで全国の高校生の各部活動の所属人数の推移と、各年に流行した部活動に該当する作品を調べ、その関係性を考察する。

### (2) アンケートでの調査

#### 1回目 対象者：宇和島東高校生

現在所属している部活動を質問した上で、その部活動に何らかのサブカルチャーの影響を受けたかどうかを調べる。

#### 2回目 対象者：宇和島東高校生

1回目で思うような結果が得られず、回答者も少なかったため、質問の内容に影響を受けた作品名を答えてもらうよう変更し、より具体的な答えを調べる。

## 4 結果と考察

### (1) インターネットを使った調査

全国高校体育連盟の加盟登録状況の平成21年度から令和3年度までの統計資料から部活動の人数を調査しグラフを制作した。

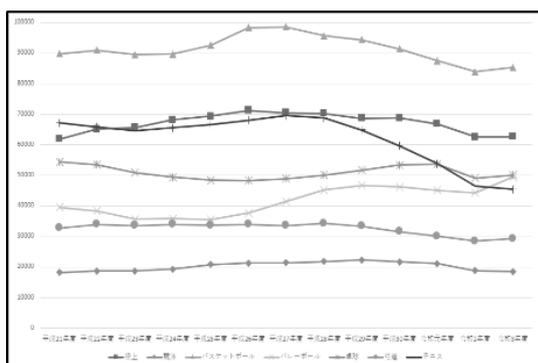


図1 高校生の部活動の人数の推移（男子）

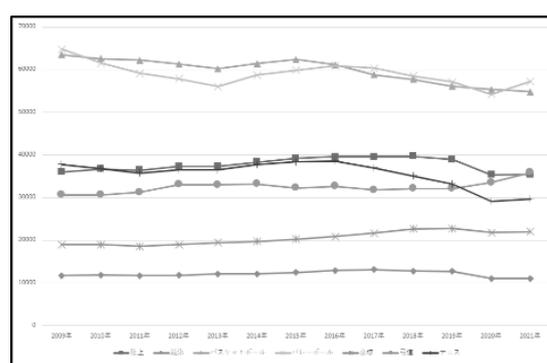


図2 高校生の部活動の人数の推移（女子）

上のグラフから男子のバスケットボールで2013年から2017年ごろにかけて増加傾向に転じた。前年の2012年はバスケットボールが題材の漫画「黒子のバスケ」のアニメの放送年である。バスケットボールの国内リーグ、Bリーグが設立されたのが2015年のため2013年からのバスケ人気はアニメ「黒子のバスケ」によるものと考えられる。また、男子のバレーボールでも2015年から2018年ごろにかけて増加傾向に転じた。前年の2014年はバレーボールが題材の漫画「ハイキュー!!」のアニメの放送年である。このことから2015年からの男子バレーボールの増加はアニメ「ハイキュー!!」によるものと考えられる。

## (2) アンケートでの調査

調査結果では、サブカルチャーに影響を受けた人が237人中59人と、約25%いることが分かった。カッコいいプレイや、主人公たちのひたむきに努力する姿に影響を受けた人が多かった。特にバレーボールでは、所属していると答えた22人のうち、15人が影響を受けていた。

## (3) 考察

この結果を通して、全国的にみるとサブカルチャーとスポーツには相関関係がある可能性が高いと考えられる。アンケートの結果にもあるように本校でも同様な結果となった。

## 5 まとめと今後の課題

2つの調査結果から、アニメや漫画といったサブカルチャーが部活動を行う高校生に対して与える影響はあると思われる。よって、サブカルチャーが与える影響を今回のアンケートより広い範囲で調査することで結果の信憑性を高め、サブカルチャーを部活動勧誘などに活かしていきたい。

## 参考文献

[1] 「公益財団法人 全国高等学校体育連盟」 [https://www.zen-koutairen.com/f\\_regist.html](https://www.zen-koutairen.com/f_regist.html)

# 漁業との関連性を用いた弁当屋の出店基準の考案

2年1組 日多 宏斗

2年1組 島本 爽

2年2組 稲垣 雄斗

2年2組 岩村 健汰

2年2組 山下 真桜

指導者 吉良 千寿

## 1 背景・目的

稲垣ら(2020)において、四国県内の主要漁港において主要漁港を中心に弁当屋が集中していることが分かっている。本研究ではさらに四国四県以外での関係を調査し、漁業と弁当屋の関係について検証を行う。

更に稲垣ら(2020)において、四国県内において弁当屋と沿岸漁業の関係が示唆されているため、その検証も行う。

## 2 方法

### (1) 調査1 日本国内の主要漁港からの距離と弁当屋の密度の関係

「漁港に近ければ近いほど、より多くの弁当屋が存在しているのではないか」という仮説を検証するため、主要漁港（釧路港（北海道）、銚子港（千葉県）、焼津港（静岡県）、長崎港（長崎県））について以下の方法で調査する。

ア 弁当屋の漁港からの距離を測定

イ 漁港からの単位距離別に店舗数を求めて、密度を算出

### (2) 調査2 四国県内の漁業従事者数と弁当屋数の関係

「沿岸漁業従事者が多いほど弁当屋が多いのではないか」という仮説を検証するため、四国四県について沿岸漁業従事者数と弁当屋数の関係を調査する。

ア 各県ごとに市町村の沿岸漁業従事者数と弁当関連店舗数の相関係数と比例定数を調査

イ 2-アで調査した比例定数と沿岸漁業者数の関係を調査

### (3) 調査1、調査2に使用したデータ

ア 弁当屋の住所；「タウンページ」<sup>[1]</sup>

イ 各市町村における沿岸漁業従事者数；「2003年漁業センサス」<sup>[2]</sup>

ウ 二点間の距離；「グーグルマップ」<sup>[3]</sup>

## 3 結果

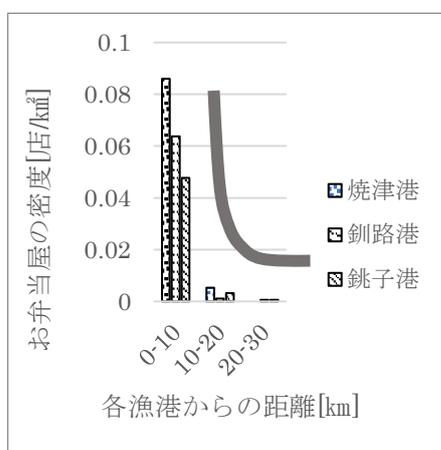


図1 各漁港からの距離と店舗の密度の関係

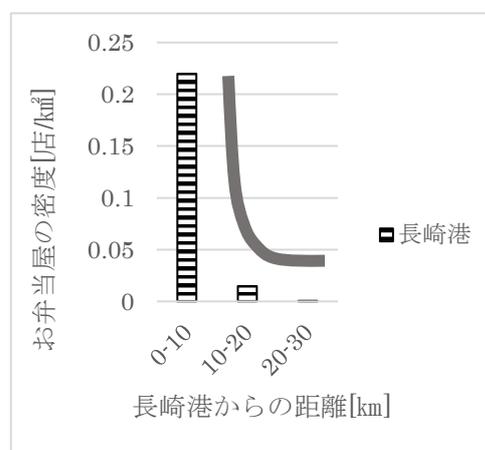


図2 長崎港からの距離と店舗の密度の関係

(1) 調査1 各漁港からの距離と弁当屋の店舗の密度の関係を図1・2に示す。スケールが大きく異なるため、長崎港のみ図2にて図示した。なお、図中の実線は傾向を示したものである。四国以外においても各漁港で反比例の結果が得られ、弁当と漁業に密接な関係がある。

(2) 調査2 各県における市町村単位の漁業従事者数と弁当屋関連店舗数の相関を調べ、相関係数Rと比例定数kを表1にまとめた。なお各県庁所在地を含むかどうかは相関係数が高いかで判断を行い、香川県と愛媛県は県庁所在地を除いた。

**表1 各県の漁業者数<sup>[2]</sup>**

	相関係数 R	比例定数 k
徳島県	0.75	0.0206
香川県	0.82	0.0686
愛媛県	0.74	0.1027
高知県	0.06	0.0103

#### 4 考察

近似曲線の傾きが小さいことから弁当屋への依存度は高知県が最も低く、宇和島市や徳島県においても依存度は小さいことが考えられる。漁業においてこれらに共通する点は太平洋側に面しているという点である。そこで表2に四国四県における沿岸漁業と遠洋漁業の従事者数を示す。表1の近似直線の傾きの逆数から、漁業従事者数に対する沿岸漁業者数の割合は表2より算出した。

**表2 各県の漁業者数<sup>[2]</sup>**

	沿岸漁業者 [人]	沖合・遠洋漁業者 [人]
徳島県	2,929	521
香川県	3,556	80
愛媛県	10,751	300
高知県	4,696	1,128

図3は相関係数よりきわめて強い相関があり、やはり遠洋漁業者が弁当に依存しない結果が示唆された。しかし補正を行った結果、特に愛媛県の沿岸漁業者数の割合において宇和島市の遠洋漁業者数を含めた値を用いたため、愛媛県のデータを本来のグラフ上の位置から左にプロットした可能性が考えられる。そのことを踏まえても香川県は近似直線を下回るため、香川県が持続可能な弁当屋の出店が可能であると考えられる。

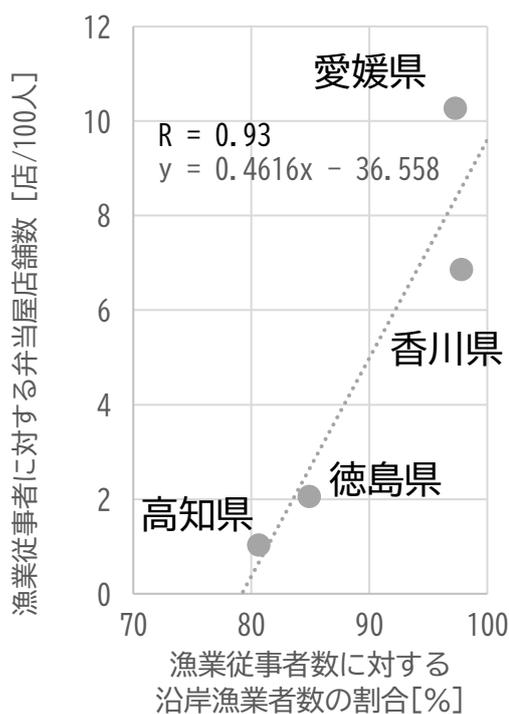


図3 愛媛県と香川県で補正を行った沿岸漁業者の割合と弁当屋の依存度の関係

#### 5 まとめと今後の課題

本研究により、四国四県それぞれの弁当屋の出店状況の傾向、沿岸漁業者率と弁当屋に対する依存度の相関関係、香川県の弁当屋の出店余地を見出すことができた。

今後は、四国以外にも対象地域を広げ、本研究の結果と比較していきたい。また、漁港付近に関しては沿岸漁業者率に対する依存度の相関関係を市町村単位で調査し、弁当屋の出店余地を検討したい。漁港付近以外においては、林業など第一次産業にも注目し、多角的な解析を行ってきたい。

#### 6 参考文献

- [1] 「タウンページ」 <http://www.denwacho.ne.jp/>
- [2] 「漁業センサス 2003年(第11次)漁業センサス 確報」 <https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/fc/2003/>
- [3] 「グーグルマップ」 <https://www.google.co.jp/maps/>

# 行動経済学を新型コロナウイルス感染拡大防止に生かそう

2年1組 秋場 希丈      2年1組 池田 陽向      2年1組 坂井 樹生  
2年1組 中村 幸志郎      2年2組 山口 珠希      2年1組 岩崎 隆  
指導者 長尾 起条

## 1 課題設定の理由

一見合理的であるはずの人々の行動は、実は直感・感情に頼って判断・決定を行ない、些細な情報に振り回されている。そんな人々が、どのような経済行動をし、その結果、市場で何が起こり、資源配分や所得分配、そして人々の幸福や満足にどのような影響が及ぼされるのかを追究する学問が行動経済学である。この行動経済学の重要な理論に「ナッジ理論」がある。ナッジとは「そっと肘でつつく」という意味であり、人々を強要ではなく自然に良い方向へ誘導し、自然な形で行動変容を促すようにするための理論である。私たちは、この理論を利用して新型コロナウイルスの感染拡大防止に取り組もうと考えた。

## 2 仮説

行動経済学の「ナッジ理論」を利用することで、消毒液の使用頻度を増やしたり、自動販売機前の密集を軽減し、新型コロナウイルスの感染対策を進めることができるのではないかと考えた。

## 3 検証の方法

### (1) 検証1 「消毒液の使用頻度を増やそう」

232 教室、233 教室、3 階トイレ前にそれぞれ消毒液を設置して 5 日間毎日消毒液使用量を測定した。その後、図 1 のような 2 択の質問を用意し、同じ場所に図 2 のように設置して質問に回答してもらうことで、消毒液を使用できるようにし、同様に消毒液使用量を測定した。他の質問に「無人島に連れていくならどっち？ A 犬 B 猫」も用意した。

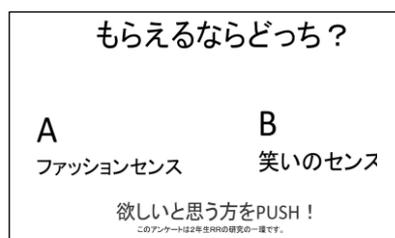


図 1

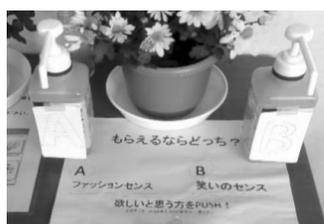


図 2

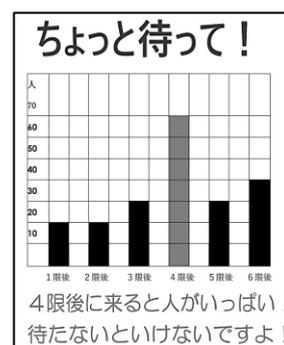


図 3

### (2) 検証2 「自動販売機前の密集を軽減しよう」

まず、各休み時間の自動販売機利用人数を調査し、その後、各休み時間の利用人数をグラフにした図 3 のポスターを作成し、生徒が見やすい場所に貼って最も密の可能性が高いとされる、昼休み以外の休み時間に利用を促す。ポスターを貼った後に各休み時間の自動販売機利用人数を調査する。

## 4 結果と考察

### (1) 検証1 の結果と考察

消毒液のみを設置したときの消毒液の消費量と、2 択の質問を設置したときの消費量を下記の図にまとめた。

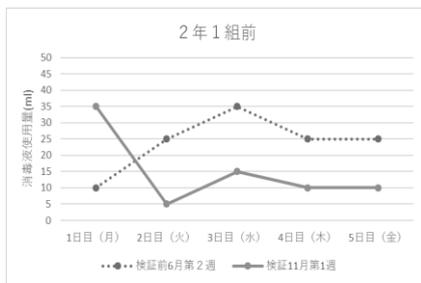


図4 2年1組前

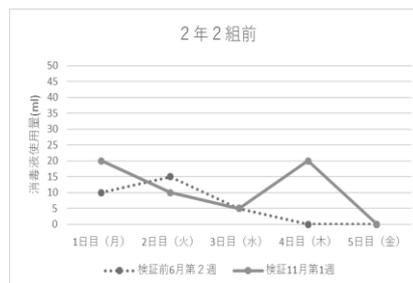


図5 2年2組前

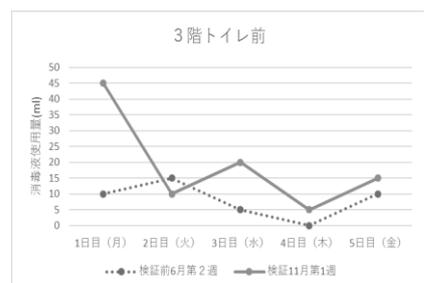


図6 3階トイレ前

3か所とも、初日は2択の質問によって、検証前の消毒液の使用量より大幅に使用量が上昇した。しかし、2日目からは全ての場所で使用量が減少した。また、2年1組前（図4）では2日目以降は検証前より減少という結果になった。2年2組前（図5）、3階トイレ前（図6）では検証前より若干使用量が増えている。

検証初日の使用量増加により、検証は成功したと言える。しかし、課題も残った。2日目以降は使用量が減少したことである。この原因は2択の質問に問題があったと考えられる。「もらえるならどっち？ Aファッションセンス B笑いのセンス」という質問では、回答が一回限りになり、継続性がないからである。今後は興味を持って継続的に答えたいような質問を考えるなどの工夫が必要になるだろう。

## (2) 検証2の結果と考察

検証する前の自動販売機利用人数と、ポスターを貼った後の自動販売機利用人数を下記の図にまとめた。

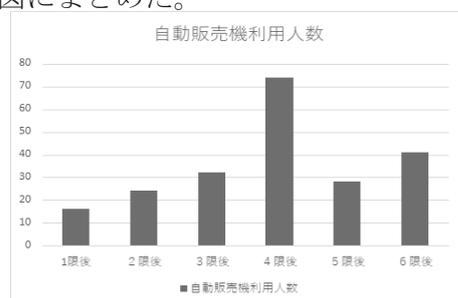


図7 検証前（7月）

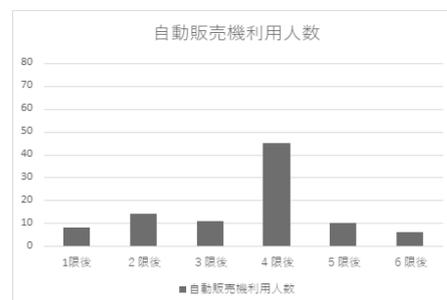


図8 検証後（10月）

検証前（図7）と検証後（図8）を比較すると、と全体的に利用人数が減っているが、割合はあまり変わっていない。検証後も4限後の利用人数が全体の6割近くを占めていることから、検証は失敗したと考えられる。理由としては、計測時の季節が違ったこと、自動販売機内の種類が変わったことなどが挙げられる。今後の課題として、ポスターをさらに見やすくし全生徒の目に入るようなポスターを作る、ポスター以外の仕掛けを考えることなどが挙げられる。

## 5 まとめと今後の課題

検証1・検証2ともに、検証前の調査と検証後の調査では、時期が大きく違っており、適切な対照実験とは言えないものになったことが悔やまれる。同じ期間に同じ場所では検証は行えないため、仕方のない部分はあるが、感染が拡大する時期とある程度抑え込みができていた時期では感染防止への意識に差が見られたため、数値が多少前後した可能性があり、実験方法の改善点が見つかった。これらの実験の他にも行動経済学を利用した活動を実施することで、ストレスを感じない自然な新型コロナウイルス感染拡大防止に取り組んでいきたい。

# トキワバイツツジを知ってもらうために

～Nbsの視点を踏まえ、適切な保全の在り方を考える～

2年1組 井伊 彩佳    2年1組 玉田 凛    2年1組 山ノ内 莉央  
2年2組 池田 夢美    2年2組 大館 咲羽  
指導者 林 広樹

## 1 課題設定の理由

トキワバイカツツジは愛媛県宇和島市に自生する固有種で、環境省カテゴリーは絶滅危惧種 IB 類、愛媛県カテゴリーは絶滅危惧 I B 類 (EN) に指定されている (環境省 2015, 愛媛県 2014)。そこで、地域活性化の視点でトキワバイカツツジの保全をしようと考えた。そのために、啓発活動からはじめて始めていこうと考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

トキワバイカツツジの知名度は低く、その希少性は理解されていない。そこで希少性を理解してもらうことで保全意識を高め、自然の大切さを学ぶ良い機会につながるのではないかと考えた。また、トキワバイカツツジの知名度を上げることで地域の活性化にもつなげられるのではないかと考えた。

## 3 研究の方法

(1) 宇和島東高校二年生の生徒 201 人、その保護者の 184 人にアンケートを取った。

(2) アンケートの内容

- ① 出身中学、出身地
- ② トキワバイカツツジを知っているかどうか
- ③ トキワバイカツツジを知ったきっかけ
- ④ トキワバイカツツジの保全活動をしたことがあるかどうか
- ⑤ 保全活動をした場所

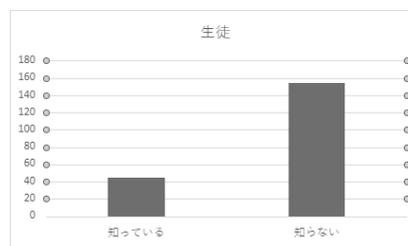
## 4 結果と考察

(1) 結果

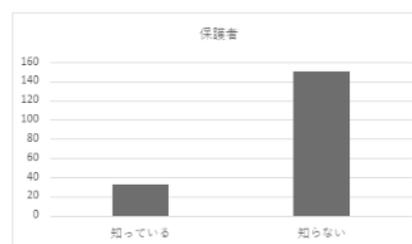
ア 生徒で、トキワバイカツツジの知名度は約 2% (グラフ 1)、知っていると回答した生徒の中で約 6 割ほどは学校でトキワバイカツツジについて知っていた。また、知っていると回答した生徒の中で、保全活動を行ったことのある生徒は約 36% で、保全活動を行ったことがあると回答した生徒の 8 割ほどは学校の活動として保全活動を行っていた。

イ 保護者で、トキワバイカツツジの知名度は約 18% (グラフ 2)、知っていると回答した保護者の中では約 6% だった。

ウ 出身地別のトキワバイカツツジの知名度では、生徒は津島町が一番多い (グラフ 3)。保護者は旧宇和島市の人が一番多く、次に津島町の人が多いのが分かる (グラフ 4)。津島町出身の生徒は



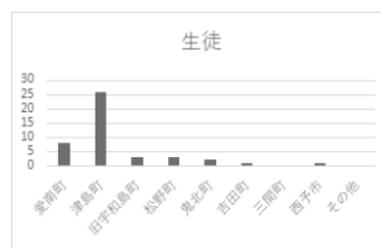
グラフ 1



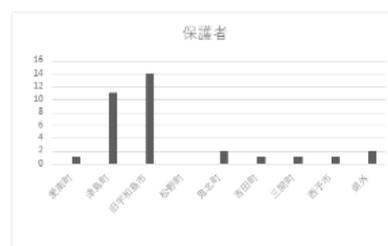
グラフ 2

トキワバイカツツジを知っている割合が 100,0%であった。保護者は津島町が 61,1%と、津島町の人が圧倒的に多いことがわかる。トキワバイカツツジは津島町にあることが関係していると考えられる。

エ 生徒は、津島中学校が保全団体と連携して学校で保全活動をしていることから、学校で学んだ人が多いことがわかる。保護者は人から聞いたが多く、その中でも子供から聞いたが多いことから、子供が通っている学校が関係していると考えられる。その他には、仕事や、ポスターで見たなどがあつた。



グラフ 3



グラフ 4

## (2) 考察

### ア トキワバイカツツジの保全について

トキワバイカツツジの知名度が低いことから、絶滅危惧種であるトキワバイカツツジを知ってもらい、啓発活動を行う必要がある。そこで以下のことを行った。

#### ① 南楽園でのトキワバイカツツジの植樹

#### ② トキワバイカツツジの絵本作り

### イ NbS の視点でのトキワバイカツツジの保全について

NbS (Nature based Solutions)とは、「自然に根ざした解決策」である。このNbSの視点で宇和島市の社会課題の解決をトキワバイカツツジの保全活動とつなげて解決することができないか考えた。宇和島市の社会課題として、「過疎化、高齢化が進んでいること」「若い人が行きたいと思う観光地が少ない」ことがあげられる。そこで次のようなことを考えた。

例1 南楽園にトキワバイカツツジを植樹し、トキワバイカツツジの花言葉を作る。例えばピンクのツツジの花言葉(愛の喜び)とし、「南楽園を恋人の聖地に」できないか。そうして、様々な世代の人が南予地域を訪れ、人の流れを活発にできると考える。

例2 トキワバイカツツジの花の特徴を生かした名産品の開発を目指す。トキワバイカツツジの花は甘い香りがする。この匂いの成分を抽出し、香水、お香、ハンドクリームなどの商品開発することはできないか。これらは、宇和島にしかない特産品になる。

## 5. まとめと今後の課題

- ・津島出身以外の人にはトキワバイカツツジをほとんど知らなかったため、今後も啓発活動を引き続き行っていきたい(更なる啓発活動の持続)
- ・他校や大学、保全活動を行っている団体とも協力しあい、連携を深めていきたい
- ・作成した絵本をまずは南予地域の他校に貸すなど絵本を活用して啓発活動を行いたい
- ・保全についてNbSの視点から考える(具体策の検討)

## 6. 参考文献

- 橋越清一・徳岡良則(2020):トキワバイカツツジの保全のための基礎的研究Ⅰ 生育地における植物相,エヒメアヤメ,(49),55-63.橋越清一・増田陽海・高平なごみ・小西真生・松浦愛・吉岡文香・林広樹・吉田美沙紀(2020):トキワバイカツツジの保全のための基礎的研究Ⅱ トキワバイカツツジの訪花昆虫,エヒメアヤメ,(49),64-79.橋越清一・徳岡良則・藤林弘恭・久松定智(2020):トキワバイカツツジの保全のための基礎研究Ⅲ トキワバイカツツジの生育する林分の構造,種子形態に基づく生態的特徴についての考察,エヒメアヤメ,(49),80-91.
- Yoshinori, Hiroshi Hayakawa, Kiyokazu Hashigoe (2020): Spatial distribution and environmental preferences of a threatened species (*Rhododendron uwaense*) and two common species (*R. dilatatum* var. *decandrum* and *R. Weyrichii*) in southwestern Japan, *Journal of Forest Research*, 25(2), 113-119.
- Geng Yuying (2014) *The Genus Rhododendron of China* (271-273)

# 宇和島東高校のアピールをしよう

2年1組 佐々木 昭太 2年1組 長岡 健心  
2年1組 志水 橘夏 2年1組 平岡 理子 2年1組 松浦 千夏  
指導者 尾崎 弥笑

## 1 課題設定の理由

ここ数年宇和島東高は年々志願者数が減っている。また、昨年度から新型コロナウイルスの影響により体験入学が中止となり、中学生に対して宇和島東高のことを知ってもらう機会が無かった。そこで、中学生に宇和島東高のことについてもっと知ってもらいたいと思った。また、在校生の持っている宇和島東高校に対するイメージも、入学前と入学後では差があることに気が付いた。その差をなくしたいと考え、この課題を設定した。

## 2 調査方法

(1) 宇和島東高校2年生文系へのアンケートを実施

- ① 入学前の宇和島東高校のイメージ
- ② 入学後の宇和島東高校のイメージ
- ③ 中学生にもってほしいイメージ

(2) 近隣中学校6校3年生へのアンケートを実施

- ① 宇和島東高校の勉強、部活、行事に対するイメージ
- ② 宇和島東高校の生徒への質問

## 3 調査結果

(1) 宇和島東高校2年生文系へのアンケートの結果

表1：入学前と入学後の東高に対するイメージ

	プラスなイメージ	マイナスなイメージ
入学前	<input type="checkbox"/> 文武両道ができている <input type="checkbox"/> 楽しそう <input type="checkbox"/> 自由がある	<input type="checkbox"/> 厳しそう <input type="checkbox"/> 勉強ばかり <input type="checkbox"/> 忙しい <input type="checkbox"/> 勉強に遅れをとる <input type="checkbox"/> 下校が遅い <input type="checkbox"/> 固い <input type="checkbox"/> 制服がださい <input type="checkbox"/> 睡眠時間がない
入学後	<input type="checkbox"/> 勉強のレベルが高い <input type="checkbox"/> いい人が多い <input type="checkbox"/> 楽しい <input type="checkbox"/> 行事が充実している <input type="checkbox"/> 部活に対して意欲的 <input type="checkbox"/> 先生が勉強に対して熱心	<input type="checkbox"/> 睡眠時間が取れない <input type="checkbox"/> 勉強しんどい <input type="checkbox"/> 文武両道が難しい

表2：中学生に持ってほしいイメージ

文化部も活躍している 行事が楽しい  
人がいい 固くない

表2のように、中学生にはプラスなイメージを持ってほしいと考えていることが分かった。

(2) 近隣中学校6校3年生へのアンケートの結果

表3：宇和島東高校の勉強、部活、行事に対するイメージ

	プラスなイメージ	マイナスなイメージ
勉強	○レベルが高い ○質がいい ○意欲的 ○先生が親身である ○充実している	○厳しい ○難しい ○勉強ばかりで忙しい ○ペースが速い
部活	○チームワークがいい ○環境がいい ○部活の種類が多い	○忙しい ○うまくないといけない ○体力的に厳しい ○勉強と両立出来ない
学校行事	○行事が多い ○生徒中心 ○体育祭が盛り上がる ○クオリティーが高い ○思い出に強く残りそう	○大変そう ○文化祭楽しくなさそう ○行事が少なそう

#### 4 まとめと今後の課題

今回の調査で、中学3年生は宇和島東高校に対して、プラスなイメージも持っているが、その反面でマイナスなイメージも多く持っていることが分かった。また、実際に宇和島東高校2年生に聞いた結果と中学3年生に聞いた結果では、宇和島東高校に対して抱いているイメージに差があった。この差を埋めていくために、アンケートにご協力して頂いた中学生からの質問への回答を中学校へ配布し、宇和島東高校2年生が入学後にもったプラスなイメージを伝えていきたい。また、中学生に持ってほしいイメージとして挙げられていた「文化部の活躍」や「学校行事」などを中心に、ホームページなどで発信することで、宇和島東高校のアピールにより一層力を入れていきたい。

#### 5 謝辞

本研究に際して、アンケートにご協力してくださった宇和島市立城東中学校、宇和島市立城北中学校、宇和島市立城南中学校、宇和島市立三間中学校、宇和島市立吉田中学校、宇和島市立津島中学校の先生方、3年生の皆様にご心より感謝申し上げます。

## 令和3年度 科学系部活動 研究テーマ一覧

### ○ 物理部

- ・斜面を下る力学台車に加わる力と加速度の関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.175~178

### ○ 化学部

- ・ウミホタルの生息状況と発光反応について・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.179~180
- ・ヒオウギ貝の色の研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.181~183

### ○ 生物部

- ・菌根菌による植物の体細胞分裂に与える影響  
・・ p.184~185
- ・固有種トキワバイカツツジ保全ための基礎調査Ⅲ  
・・ p.186~187

### ○ 地学部

- ・宇和島城の石垣を構成する岩石の由来Ⅲ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.188

# 斜面を下る力学台車に加わる力と加速度の関係

愛媛県立宇和島東高等学校

1年1組 山本 陸王

## 1 要約

斜面を下る力学台車に加わる力の大きさを測定するとともに、その台車の加速度の大きさを測定し、力と運動の関係を調べた。適当な測定回数を設けて統計処理を施し、誤差や再現性について考察できるように分析した。

まず、斜面の角度を固定し、台車に取り付けた糸を張って、斜面方向上向きにはたらく張力によって、斜面上に台車を静止させることにした。その張力の大きさと等しい力が、この後、斜面を下る台車に加わる斜面方向下向きの力の大きさであると考えた。なお、その張力の大きさを測定する際には、電子天秤や適当な質量のおもりを用いた。

次に、台車がその斜面上を静かに下り始め、その運動の様子を1/30秒ごとに連続写真に収めた。その台車の位置を読み取るのに適切な写真を5連続分だけ抽出し、そこから平均の加速度の大きさを求めた。

以上の実験を、斜面の角度を変えて合計4種類の斜面で行った結果、力と加速度の間には比例関係があると分かった。

## 2 実験の目的

斜面を下る力学台車に一定の力が加わり続けるとき、その力がその台車の運動にどのように関わっているかを調べる。つまり、その力の大きさがその運動の加速度の大きさにどのような影響を及ぼすかを調べる。

## 3 実験手法

### 【実験装置】

- ・力学台車(図1) 質量1.005kg
- ・厚板(斜面として使用し、斜面の上面に方眼紙を貼り付ける)、土台、固定装置(厚板が滑って斜面の角度が変化しないように使う)、分度器(傾斜の角度を計る)(図2)
- ・デジタルカメラ(1/30秒ごとに連続写真を撮影できる)、三脚、ライト(写真上で方眼紙の目盛りを読み取れるように光量を確保する)(図2)
- ・円断面の棒(糸を掛ける滑車の代わりに斜面の上端に固定して使う)(図3)、ガムテープ(棒や糸の固定に使う)、糸(電子天秤の上に置くおもりと台車とつなぐ糸)、電子天秤、おもり(図4)



図1 力学台車

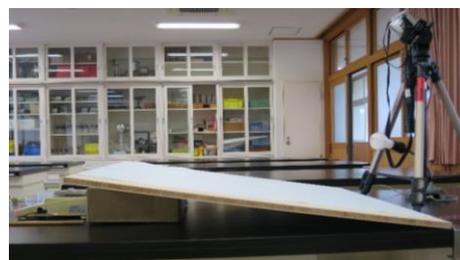


図2 斜面とデジタルカメラ等の配置



図3 斜面上端に固定した円断面の棒

### 【測定方法】

実験に使用した斜面の角度は $9^\circ$ 、 $14^\circ$ 、 $19^\circ$ 、 $24^\circ$ の4パターンとする。それぞれの傾斜の角度について、**実験1**、**実験2**をそれぞれ5回ずつ行い、測定値は平均値±標準誤差で表す。

**実験1**張力の大きさ(=斜面を下る台車に斜面方向下向きにはたらく力の大きさ)

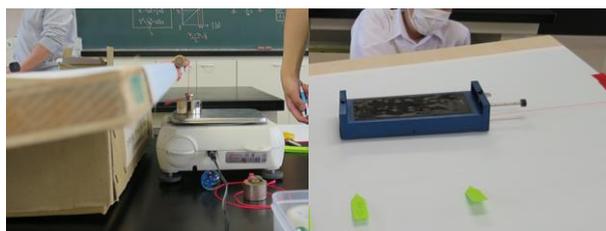


図4 電子天秤やおもりを使った張力の大きさの測定

を測定する

- ① 適当な質量のおもりを電子天秤で計測する。
- ② 電子天秤に載せたおもりに糸をつなぎ、その糸の他端に台車をつなぐ。その台車を斜面に静止させた状態で、電子天秤で質量を計測する。このとき、糸が斜面と平行になるように、また、電子天秤に載せたおもりとつながる、棒に掛かった糸が鉛直になるようにする。
- ③ ①、②で計測した質量の差 $\Delta m$  [g] の数値から、次の(式1)を用いて、張力の大きさ $F$  [N] を算出する。

$$F = (\Delta m / 1000) \times g \quad \dots \dots \text{(式1)}$$

ただし、愛媛県宇和島市の重力加速度の大きさ $g$  [m/s<sup>2</sup>] は、国土地理院の重力値推定計算サービスを活用し、 $g = 7.975869$  [m/s<sup>2</sup>] として引用する(参考資料②)。

**実験2** 平均の加速度の大きさを測定する

- ① 台車が斜面の最大傾斜角となる直線上を下るように、台車を定点からデジタルカメラのほうへ静かに下らせる。
- ② 斜面を下る台車を、1/30 秒ごとに連続写真に収める。
- ③ 方眼紙の目盛りが読み取れて視差が少ない連続写真を5枚だけ抽出する。 $\Delta t = 1/30$  [s] ごとに定点からの位置 $x_i$  [m] ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ )から、次の(式2)を用いて、速度 $v_i$  [m/s] ( $i = 1, 2, 3, 4$ )を求める。

$$v_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t} \quad \dots \dots \text{(式2)}$$

ただし、台車は等加速度直線運動を行うので、速度 $v_i$  [m/s] は、位置 $x_i$  [m] を台車が通る時刻と位置 $x_{i+1}$  [m] を通る時刻の中間値の時刻における速度である。

- ④ ③で求めた速度 $v_i$  [m/s] ( $i = 1, 2, 3, 4$ )から、次の(式3)を用いて、加速度 $a_i$  [m/s<sup>2</sup>] ( $i = 1, 2, 3$ )を求める。そして、加速度 $a_i$  [m/s<sup>2</sup>] ( $i = 1, 2, 3$ )から、次の(式4)を用いて、平均の加速度の大きさ $a$  [m/s<sup>2</sup>] を求める。

$$a_i = \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t} \quad \dots \dots \text{(式3)}$$

$$a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} \quad \dots \dots \text{(式4)}$$

4 実験結果

**実験1** 張力の大きさ(=斜面を下る台車に斜面方向下向きにはたらく力の大きさ)を測定する

- ・表1の1段目のセル…傾斜の角度 $\theta$  [°] を示した。
- ・表1の2段目のセル…台車の質量 $m = 1.005$  [kg]、重力加速度の大きさ $g = 9.795869$  [m/s<sup>2</sup>] (参考資料②)、傾斜の角度 $\theta$  [°] のそれぞれの数値から、次の(式5)を用いて、斜面を下る台車に斜面方向下向きにはたらく力の大きさ $F$  [N] を示した。  
 $F = mg \sin \theta \quad \dots \dots \text{(式5)}$
- ・表1の中段の塗りつけたセル…**実験1**の実験手法で測定した、斜面を下る台車に斜面方向下向きにはたらく力の大きさ $F$  [N] を示した。

表1 傾斜の角度 $\theta$  [°] と斜面を下る台車に鉛直方向下向きにはたらく力の大きさ $F$  [N] と平均の加速度の大きさ $a$  [m/s<sup>2</sup>] の関係

傾斜の角度 $\theta$ [°]	9	14	19	24	
斜面方向下向きにはたらく力の大きさ $F = mg \sin \theta$ [N]	1.540	2.382	3.205	4.004	
斜面方向下向きにはたらく力の大きさ $F$ [N]	1回目	0.899	1.435	1.922	2.226
	2回目	1.073	1.508	1.797	2.272
	3回目	1.169	1.459	1.858	2.296
	4回目	0.942	1.421	1.804	2.204
	5回目	1.052	1.419	1.885	2.251
	平均値	1.027	1.448	1.853	2.250
標準偏差	0.10765	0.03690	0.05327	0.03647	
サンプル数	5	5	5	5	
標準誤差	0.048	0.017	0.024	0.016	
平均の加速度の大きさ $a$ [m/s <sup>2</sup> ]	1回目	1.2	2.4	3.0	3.9
	2回目	1.2	2.1	3.0	3.9
	3回目	1.2	2.4	3.3	3.9
	4回目	1.2	2.4	3.0	3.9
	5回目	1.5	2.1	2.7	3.6
	平均値	1.26	2.28	3.00	3.84
標準偏差	0.13	0.16	0.21	0.13	
サンプル数	5	5	5	5	
標準誤差	0.06	0.07	0.09	0.06	

**実験2** 平均の加速度の大きさを測定する

- ・表1の下段の塗りつけたセル…**実験2**の実験手法で測定した、平均の加速度の大きさ $a$  [m/s<sup>2</sup>] を示した。

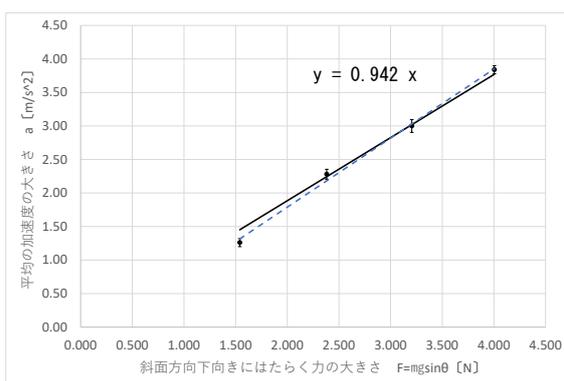


図5  $a-F$ グラフ ( $F$  [N]) は (式5) で求めた数値

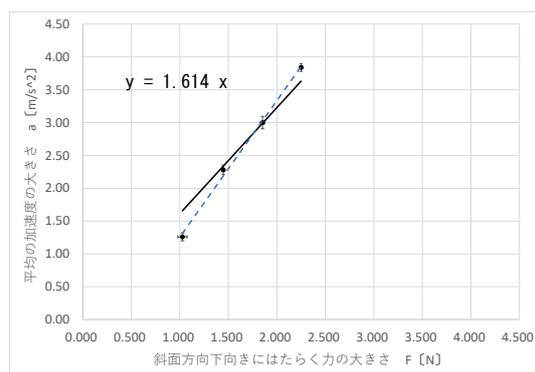


図6  $a-F$ グラフ ( $F$  [N]) は実験1で測定した数値

## 5 考察

表1のピンク色セルの数値を平均値として求めるときに用いた、平均の加速度の大きさとして示す5つの測定値はほぼ一定であると言え、図5の $a-F$ グラフにまとめたデータは誤差が小さいと考察した。より誤差を抑えるために実験手法を工夫するならば、デジタルカメラと斜面が垂直になるように設置すべきであり、方眼紙の目盛りをより正確に読み取る工夫をすべきである。

表1の青色セルを求めるときに用いた、力の大きさとして示す5つの測定値はほぼ一定であると言え、図6の $a-F$ グラフにまとめたデータは誤差が小さいと考察した。しかし、理論上、台車にはたらく斜面方向下向き力は、斜面と台車に摩擦がいくらかあったとしても、ほぼ $mg \sin \theta$  [N] と考えられる。そして、表1の黄色セルと青色セルの数値には大きな差がある。台車に加わる力としては、表1の黄色セルの数値のほうが正しい。その理由は、図5の $a-F$ グラフのほうが正しいと考えられるからだ。図5と図6の線形近似としては原点を通ることを期待する。そこで、原点を通ることを指定せずに描いた近似の直線(青色点線)と原点を通ることを指定して描いた近似の直線(黒色実線)を見比べると、図5のほうが青色点線と黒色実線が重なって見えることから、図5の $a-F$ グラフのほうが正しいと考えた。さらに、運動方程式は、質量 $\times$ 加速度=力と表せるので、図5の近似式に示す傾き0.942は質量の逆数であると解釈できる。その数値から台車の質量を1.062kgと算出でき、実際に使用した台車の質量1.005kgにより近いことも図5の $a-F$ グラフのほうが正しいと考えた理由になる。

実験1では、斜面の上端に取り付けた円断面の棒と糸に大きな摩擦力が加わった可能性を否定できないし(ちょうどよい大きさの滑車を手に入れることができなかった)、また、おもりと力学台車をつなぐ糸を鉛直に張ったり、斜面と平行に張ったりすることが難しかったと感じたため、その不十分さがうまくいかなかった原因の一つである。

## 6 結論

一定の力が物体に加わり続けるとき、その力の大きさに比例して加速度も大きくなる。そして、実験1の実験手法では定性的な関係は見出せるが、正確なデータを導き出すには不十分な実験手法であることも分かった。

## 7 参考資料

- ①改訂版 物理基礎 (数研出版) 國友 正和 ほかに10名 令和2年1月31日発行
- ②国土地理院の重力値推定計算サービス <https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/gravity/calc/gravity.pl>

## 8 謝辞

今回の実験を手伝ってくれた本校物理部でもあり、理数科・普通科1年の上杉夏蓮さん、全体を通じて助言して下さった物理部顧問の田中善久先生、実験器具等を快く貸し下さった理科の先生方に感謝を申し上げます。

# 斜面を下る球体の運動にその重心のずれが及ぼす影響

愛媛県立宇和島東高等学校

宇東物理部

山本 陸王

上杉 夏蓮

## 課題設定の理由

### 2021物理チャレンジ実験課題レポート

「斜面を下る力学台車に加わる力と加速度の関係」(山本, 2021)  
 「坂を転がるビー玉に加わる力と加速度の関係性」(上杉, 2021)

1/30秒ごとに撮影した連続写真から、変位、速度、加速度を測定

**共通の結果** 力学台車やビー玉に加わる力と加速度には比例関係がある。

**新たな疑問** ○力学台車の運動は等加速度運動と見なせる。

×ビー玉の運動の加速度には、その数値にばらつきが大きい場合がある。

## 仮説

**仮説1** 重心が球体の中心からずれたビー玉は、斜面を下る回転運動における1周期の中で、緩急のついた転がり方をしますが、その重心のずれが大きいほど、その不均一な転がり方を強く現れる。

**仮説2** 重心のずれが同程度であるビー玉同士では、ビー玉全体の質量が大きいほど、その不均一な転がり方を強く現れる。

斜面を下る力学台車またはビー玉のv-tグラフ

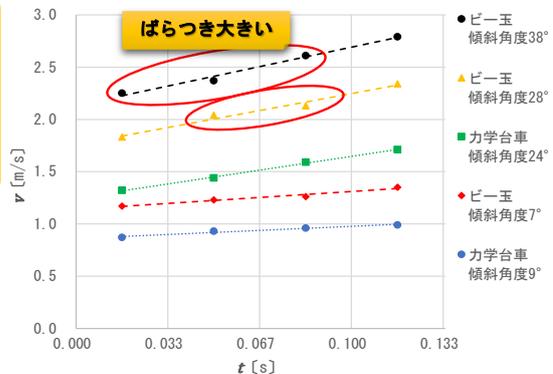


図1 2021物理チャレンジ実験課題の結果

## 実験方法

### (1) 実験装置

・輪切り塩ビパイプ (厚紙敷きとネオジム磁石の質量を含む、図2参照)

大輪	質量: 337.4g	外径: 125.1mm	内径: 114.3mm	幅: 105.1mm
中輪	質量: 120.1g	外径: 84.4mm	内径: 76.0mm	幅: 73.2mm
小輪	質量: 51.1g	外径: 54.3mm	内径: 47.9mm	幅: 47.3mm

- ・ネオジム磁石 (重心をずらす、図3参照)
- ・両面テープ (厚紙接着)
- ・厚板 (斜面として使用、斜面上面に方眼紙を貼付)
- ・土台及び固定装置
- ・ものさし (傾斜角の測定)
- ・電子天秤及びノギス
- ・ライト (写真上の方眼紙の目盛りを読み取るための光量)
- ・デジタルカメラ (1/30秒ごとに連続写真が撮影できるもの) 及び三脚 など

### (2) 実験方法

- ① 斜面の傾斜角 $\theta$ を固定し、斜面を作る厚板と机面(水平面)との接地点から水平距離 $x = 900$  [mm]を、その接地点からの厚板下面までの高さ $y = 97$  [mm]をそれぞれ測る。  
 $\tan \theta = \frac{y}{x} = 97/900 \approx 0.1078$ の結果と三角比の表を用いて、 $\theta \approx 6.2^\circ$ とする。
- ② 斜面上を定点から転がる輪切り塩ビパイプを、1/30秒ごとに連続写真に収める(図4)。
- ③ 写真上で方眼紙の目盛りが読み取れて視差の少ない連続写真を5枚だけ抽出する。  
 $\Delta t = 1/10$  [s]ごとに定点からの位置 $x_i$  [m] ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ )から、次の(式1)を用いて、速度 $v_i$  [m/s] ( $i = 1, 2, 3, 4$ )を求める。

$$v_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t} \quad \dots \dots (式1)$$

ただし、輪切り塩ビパイプが斜面を転がる運動は等加速度運動であると見なし、速度 $v_i$  [m/s]は、位置 $x_i$  [m]を通る時刻と位置 $x_{i+1}$  [m]を通る時刻との中間値の時刻における速度である。

そして、 $v-t$ グラフの線形近似の傾きから得られる平均の加速度 [m/s<sup>2</sup>] を求める。

- ④ 同じ輪切り塩ビパイプを使い、ネオジム磁石の位置を変えながら、各条件のもとで③の実験を5回ずつ行う。そして、ネオジム磁石の位置を変えずに、輪切り塩ビパイプの大きさを換えながら、各条件のもとで③の実験を5回ずつ行う。  
 各条件のもとで得られた $v-t$ グラフによる平均の加速度 [m/s<sup>2</sup>] の5つの数値から、測定回数による平均の加速度 $\bar{a}$  [m/s<sup>2</sup>] を求める。  
 そして、ネオジム磁石を取り付けていない場合の平均の加速度 $a_0$  [m/s<sup>2</sup>] を基準にどれだけの散らばりが見られるか、その分散を求め、**仮説1**、**仮説2**を検証する。



図2 輪切り塩ビパイプ (厚紙敷き)

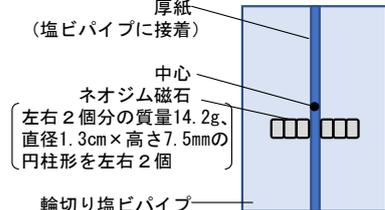


図3 ネオジム磁石の取り付け



図4 実験の様子

## 実験結果

【小輪】

測定回数	磁石の位置による $v-t$ グラフによる平均の加速度[m/s <sup>2</sup> ]			
	なし	中心	0.5cmずれ	1.0cmずれ
1	0.52	0.57	0.57	0.57
2	0.52	0.57	0.52	0.63
3	0.54	0.54	0.52	0.53
4	0.52	0.61	0.56	0.67
5	0.50	0.57	0.70	0.68
測定回数による平均の 加速度 $\bar{a}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.520	0.572	0.574	0.616
平均の加速度 $a_0$ [m/s <sup>2</sup> ] からの分散	0.003	0.007	0.013	

【中輪】

測定回数	磁石の位置による $v-t$ グラフによる平均の加速度[m/s <sup>2</sup> ]			
	なし	中心	1.0cmずれ	2.0cmずれ
1	0.53	0.55	0.49	0.70
2	0.57	0.54	0.70	0.47
3	0.53	0.58	0.48	0.58
4	0.52	0.55	0.55	0.35
5	0.52	0.62	0.43	0.60
測定回数による平均の 加速度 $\bar{a}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.534	0.568	0.530	0.540
平均の加速度 $a_0$ [m/s <sup>2</sup> ] からの分散	0.002	0.007	0.014	

【大輪】

測定回数	磁石の位置による $v-t$ グラフによる平均の加速度[m/s <sup>2</sup> ]			
	なし	中心	1.0cmずれ	2.0cmずれ
1	0.63	0.53	0.58	0.80
2	0.61	0.69	0.63	0.83
3	0.59	0.62	0.61	0.60
4	0.67	0.62	0.64	0.77
5	0.63	0.59	0.68	0.66
測定回数による平均の 加速度 $\bar{a}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.626	0.610	0.628	0.732
平均の加速度 $a_0$ [m/s <sup>2</sup> ] からの分散	0.003	0.001	0.019	

## 結果

**結果1** ビー玉の重心のずれが大きいほど、その不均一な転がり方を強く現れる。

**結果2** ビー玉全体の質量が大きいほど、ビー玉の重心のずれによる不均一な転がり方を強く現れるとは言えない。

### 【参考文献】

- 改訂版 物理基礎 (数研出版) 國友 正和  
 ほか10名 令和2年1月31日発行
- 力学I-質点・剛体の力学- (裳華房) 原島 謙  
 1991年9月20日発行

# ウミホタルの生息状況と発光反応について

愛媛県立宇和島東高等学校

大谷 和愛 幸淵 美嘉 児玉 亜門 高野 諒二

## 1. 課題設定の理由

ウミホタル（海蛍）は、顎脚綱（がくきやくこう） 貝虫亜綱 ミオドコパ上目 ミオドコピダ目 ウミホタル科 ウミホタル属に属する甲殻類[1]で、発光する生物としてよく知られている。その発光が非常にインパクトの強いもので、生徒の興味を引き付けやすいこと、酵素反応のメカニズムがほぼ解明されていることなどから、教材化も進み、高等学校生物での酵素実験などに用いられている。一方で、乾燥ウミホタルが、非常に高価であること、また、その発光反応の不可逆性から、教材として扱いづらいという難点もある。四国地方では、徳島県、香川県、愛媛県東予地方でウミホタルの捕獲に関する報告があるものの、愛媛県南予地方におけるウミホタルの生息の報告がない。我々は、南予地方でのウミホタルの捕獲について調査するとともに、その発光反応の可逆性について検討しようと考え、この研究を行った。

## 2. ウミホタル捕獲

粉コーヒーの瓶などの広口の容器を用意し、竹輪を入れ、蓋を閉める。蓋には桐を用いてウミホタルが通れる程度の穴をいくつか作っておく。容器にひもをくくりつけ、外れないようにガムテープなどで固定し、これを海に沈める。30分～1時間後、容器を回収し、中の海水をガーゼで濾過する。採集したウミホタルはクッキングシートなどで水気を取り、濾紙で包んで、タッパーに収める。タッパーにはあらかじめシリカゲルを敷いておく。一晚タッパーの中に入れておけば翌日には乾燥ウミホタルが得られる。

大洲市長浜町の海岸、宇和島市吉田町惣代のツグネ岩で採集することができた。特に長浜町では8月に採集を行い、6日間で12.61gの乾燥ウミホタルを得た。三崎町や吉田町では、生息を確認することはできたものの、十分な数のウミホタルを捕獲するには至らなかった。

## 3. 乾燥ウミホタルの発光反応について

溶媒や加熱方法を変えながら、発光反応がどう変化するかを観察した。

シリカゲルで乾燥したウミホタルを、乾燥機に入れ、99℃で40時間放置したものを乳鉢ですりつぶし、水を加えたところ、発光が確認された。このことは、99℃で酵素の失活が十分ではないということ、または、ルシフェリンの酸化において、酵素が必ずしも必要ではないということを示唆している。

エタノール、ジメチルスルホキシド、ヘキサン、アセトン溶媒中では発光が起こらなかった。特にエタノールでは十分な溶存酸素があることから、溶媒の水が、発光反応に大きく関係しているものと考えられる。

## 4. まとめ

愛媛県南予地方でウミホタルの生息を確認するとともに、実験に用いるのに十分な量の乾燥ウミホタルを得ることができた。

発光反応は、酵素ルシフェラーゼと溶存酸素による、基質ルシフェリンの酸化に伴う発光であると言われているが、そのことだけでは説明しづらい結果となった。今後、条件を変えながら発光についてまとめ、詳細に迫りたい。

## 参考文献

- ・「探究的実験教材としてのウミホタルの利用ーウミホタルの発光と温度の関係ー」、小坂那緒子、理科教育学研究 61 巻 p83-96, 2020
- ・ウミホタルルシフェリンの構造、下村脩, 1960
- ・「ウミホタルの採集と観察」、小江克典, 化学と教育 64 巻 8 号, 2016 年
- ・「愛知教育大学の学生による訪問科学実験のための生物発光化学発光の化学マジック実験法の検討」、戸谷義明, 愛知教育大学研究報告 55 (自然科学編) p45~53, 2006



## 課題設定の理由

ウミホタル (Cypridina hilgendorffii)

甲殻類、体長3-3.5mm、砂底に生息、夜行性、雑食、

ルシフェリンルシフェラーゼ反応により発光 ⇒ 酵素反応の教材として用いられる

およそ6,000円 / 0.5g、発光させると発光体に戻せない、教材として使用するための十分な数の確保が困難

- 1) 香川県、徳島県、愛媛県東予地方での生息は確認されているが、愛媛県南予地方での生息および捕獲の報告はない
- 2) ルシフェリンの発光反応は不可逆反応である

**十分な数のウミホタルを捕獲し、発光反応の詳細に迫りたい！！**

## ウミホタル捕獲の方法

- 1) 蓋に穴をあけたコーヒーの空き瓶を準備し、ビニールひもを取り付けておく。
- 2) 瓶の中に餌となるちくわを数本入れ、海底が砂浜の場所に沈める。
- 3) 1時間強放置し、引き上げる。
- 4) 瓶に入っているウミホタルを含むプランクトン類を水切りネットなどで集め、キッチンタオルで水気をとる。
- 5) シリカゲルを敷き詰めたタッパーで一昼夜放置し、乾燥させる。

## ウミホタル捕獲場所

南予地方における砂浜の地点をインターネットで調べ、大洲市長浜町の脇川河口およびその周辺と、宇和島市惣代で捕獲を試みた

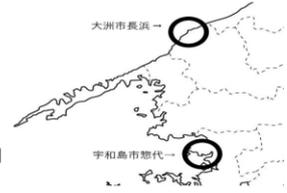


図2：採集場所

## ウミホタル捕獲の結果

表1 ウミホタルの捕獲データ(大洲市長浜町周辺)

日付	天気	最高気温 / °C	最低気温 / °C	海水温 / °C	捕獲数 (乾燥質量) / g
8月1日	晴れ	29.8°C	22.9°C	28.2°C	少量
8月3日	晴れ	29.7°C	23.2°C	28.4°C	1.78
8月10日	晴れのち曇り	27.1°C	22.7°C	28.0°C	4.17
8月16日	曇り	25.4°C	22.2°C	26.9°C	0.54
8月19日	曇りのち雨	29.1°C	21.0°C	26.2°C	3.96
8月25日	晴れ	36.5°C	26.7°C	26.4°C	2.16

- \* 大洲市長浜町深浦漁港(脇川河口付近)の砂地で多くのウミホタルを捕獲
- \* 大洲市長浜町付近の砂地でも捕獲を確認
- \* 宇和島市惣代で数匹の捕獲を確認
- \* 三崎町(宇和海側)でウミホタルの生息を確認

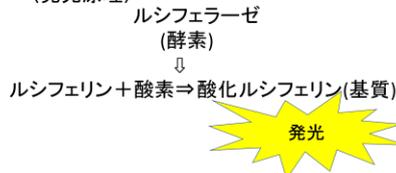
## 溶媒や加熱方法によって発光反応がどう変わるか

ウミホタル処理および溶媒を変えながら発光の実験を行い、発光の判定を行った。

表2 実験結果 ◎明るく発光する ○発光する △非常に弱いが発光が起こる ×発光が起こらない ---実験を行っていない

No.	ウミホタル	溶媒	①溶媒を加えたときの発光の様子	②①の後、酵素液を加えたときの発光の様子
1	シリカゲルで乾燥	水	◎	---
2	シリカゲルで乾燥	熱湯	×	○
3	シリカゲルで乾燥	エタノール	×	×
4	シリカゲルで乾燥	ジメチルスルホキシド	×	×
5	シリカゲルで乾燥	ヘキサン	×	×
6	シリカゲルで乾燥	アセトン	×	×
7	99°C乾燥機 40時間	水	○	---
8	99°C乾燥機 40時間	熱湯	×	△
9	フライパンで加熱 1分	水	○	---
10	フライパンで加熱 2分	水	△	---
11	フライパンで加熱 3分	水	×	×

### 〈発光原理〉



### \* 7、8の結果より

99°C で 酵素の失活が起こらない??  
発光が起こらないことは溶存酸素に関係がある??  
酵素反応でなくとも酸化反応がおこってしまう??

### \* 3、4、5、6の結果より

水の存在が発光に関係している??

## まとめ

- 南予地方でウミホタルの捕獲が可能であることが確認できた。
- 発光反応については酵素の熱に対する耐性や、基質の反応性の高さが示唆された。今後さらなる調査が必要である。

## 参考文献

- ・「探究的実験教材としてのウミホタルの利用 ―ウミホタルの発光と温度の関係―」, 小坂那緒子, 理科教育学研究61巻p83-96, 2020
- ・ウミホタルルシフェリンの構造, 下村脩, 1960
- ・「ウミホタルの採集と観察」, 小江克典, 化学と教育64巻8号, 2016年
- ・「愛知教育大学の学生による訪問科学実験のための生物発光化学発光の化学マジック実験法の検討」, 戸谷義明, 愛知教育大学研究報告55(自然科学編)p45~53, 2006

## ヒオウギ貝の色の研究




愛媛県立宇和島東高等学校  
化学部 1年 岡崎綾香 梶田怜 須田凧咲 橋本彩花

### 1 課題設定の理由

愛媛県愛南町由良半島  
 ➡ヒオウギ貝の有数の産地

**【ヒオウギ貝の特徴】**  
 ・ホタテ貝より小さな2枚貝  
 ・オレンジ、赤、黄、紫色の美しい貝殻



ヒオウギ貝

なぜ、ヒオウギ貝には鮮やかな色がついているか？  
 ➡貝殻の表面に他の貝にはない何かがある

先行研究を調べたが、色に関する研究事例がない

先生方にアドバイスをいただきながらヒオウギ貝の色素の種類を特定し、色素として取り出す研究に挑戦

### 2 仮説

**貝の色**  
 ○アコヤ貝・・・構造色(結晶の層間で反射した光が干渉し、7色の色彩)  
 ○ヒオウギ貝・・・生体色素でないか？

**主な生体色素**

フラボノイド (植物、藻類)	カロテノイド (植物、藻類、動物、微生物など広く分布)
クロロフィル (植物、藻類)	シクロム (植物、バクテリア、動物など)
ヘモグロビン (動物)	ヘモシアニン (動物)



アコヤ貝



ヒオウギ貝

○ヒオウギ貝の色は、オレンジ、赤、黄、紫など種類が多いこと  
 ○ヒオウギ貝を加熱しても色変化がない  
 ➡ヒオウギ貝の色素は「フラボノイド」でないかと考えた。

### 3 実験の方法と結果・考察

(1) 酸を用いたヒオウギ貝貝殻の色素の分離

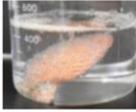
**貝殻の主な成分**  
 炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub> + コンキオリン + 色素 (タンパク質)

ヒオウギ貝の貝殻の成分を除去 ➡ 色素だけが残る

- ① 貝殻をきれいに洗浄する
- ② 砕いた貝殻に酸を加え、炭酸カルシウムを溶解
- ③ ろ過し、未反応物を取り出す
- ④ 未反応物を乳鉢ですりつぶし、細かく砕く
- ⑤ エタノールを加え、溶媒に色がつくまですりつぶす

### 3 実験の方法と結果・考察

(1) 酸を用いたヒオウギ貝貝殻の色素の分離

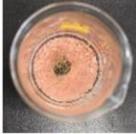


ヒオウギ貝を塩酸に入れると二酸化炭素が発生

➡



表面は反応したが内部まで反応しなかった



砕いたヒオウギ貝を4%酢酸に入れると二酸化炭素が発生

➡



未反応部分にエタノールを加えすりつぶしたが、色素は得られなかった。

### 3 実験の方法と結果・考察

(2) EDTAを用いたヒオウギ貝貝殻の色素の分離

先行研究がない  
 ➡愛媛大学プロテオサイエンスセンターの杉浦美羽先生に相談

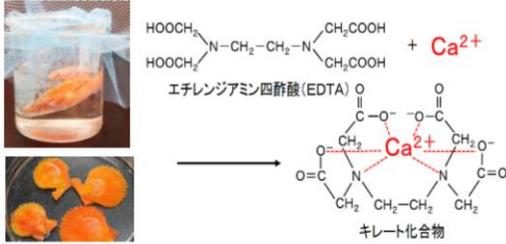
色素の上に石灰質が沈着 ➡ 色素の抽出が困難

解決するには、EDTAで貝殻から石灰質を除去 脱灰

- ① 貝殻をきれいに洗浄する
- ② 約4%EDTA(エチレンジアミン四酢酸)に約10日間、浸漬し脱灰する
- ③ 貝殻の色がついている部分を彫刻刀などで削る
- ④ 集めた貝殻片を乳鉢ですりつぶし、細かく砕く
- ⑤ エタノールを加え、溶媒に色がつくまですりつぶす

### 3 実験の方法と結果・考察

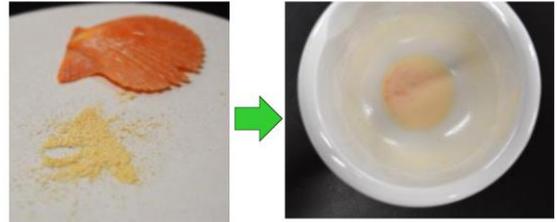
(2) EDTAを用いたヒオウギ貝貝殻の色素の分離



EDTAにつけると、気体を発生しながら上の反応が進行し、貝殻のCaを除去する脱灰が起こった。

### 3 実験の方法と結果・考察

(2) EDTAを用いたヒオウギ貝貝殻の色素の分離



脱灰後、彫刻刀で貝殻表面を削って得られた粉末

粉末にエタノールを加え、乳鉢でさらにすりつぶす

ろ過すると、色素はろ紙の上に残り、分離できなかった

### 3 実験の方法と結果・考察

(3) ヒオウギ貝の外套膜・内臓の色と貝殻の色の関係

外套膜・・・軟体動物にみられる器官  
多くの貝では外套膜から炭酸カルシウムを分泌して貝殻を形成⇒外套膜・内臓の色と貝殻の色の関係



外套膜・内臓の色と貝殻の色がよく似ていることが判明

### 3 実験の方法と結果・考察

(3) ヒオウギ貝の外套膜・内臓の色と貝殻の色の関係



外套膜と内臓の切除



切除した外套膜と内臓

外套膜をすりつぶしたものにエタノールを加える  
⇒黄色に着色した液が得られた

### 3 実験の方法と結果・考察

(3) ヒオウギ貝の外套膜・内臓の色と貝殻の色の関係



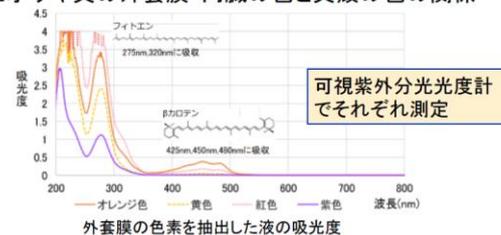
黄色い液をセルに入れ、吸光度を測定



可視紫外分光光度計 (SHIMAZU UVmini-1240)

### 3 実験の方法と結果・考察

(3) ヒオウギ貝の外套膜・内臓の色と貝殻の色の関係



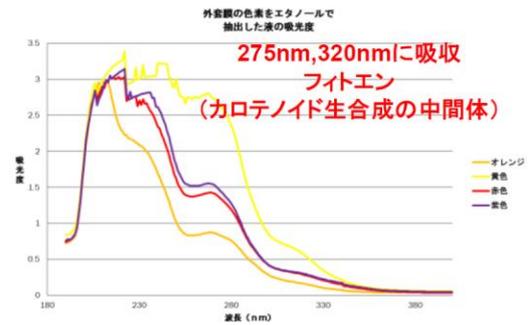
フィトエンと考えられる吸収(275nm、320nm)とβカロテンと考えられる吸収(425nm、450nm、480nm)が見られた。  
⇒ヒオウギ貝の色素は少なくともフィトエンとβカロテンが含まれ、外套膜から分泌されたと考えた。

### 3 実験の方法と結果・考察

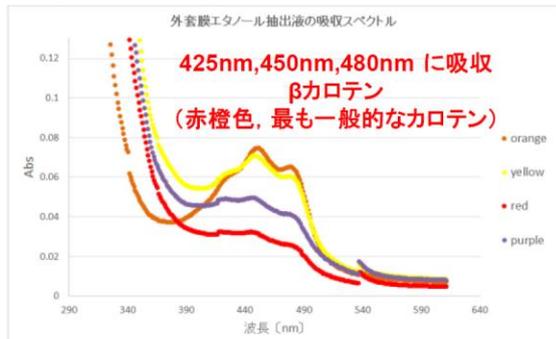


貝殻と外套膜

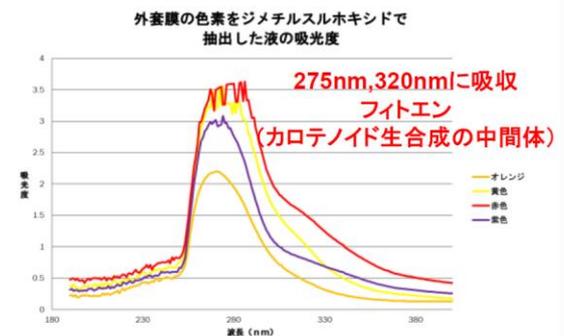
### 3 実験の方法と結果・考察



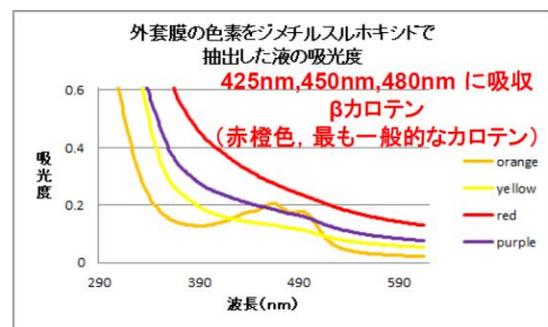
### 3 実験の方法と結果・考察



### 3 実験の方法と結果・考察



### 3 実験の方法と結果・考察



### 4 まとめと今後の課題

#### 【まとめ】

- 脱灰のなど、何か月も、いろいろな方法を試みたが、貝殻から色素を得ることはできなかった。
- 生きたヒオウギ貝の解剖から、外套膜・内臓の色と貝殻の色がよく似ていることが分かった。
- 吸光度の測定から、ヒオウギ貝の外套膜には、少なくとも、フィトエンとβカロテンという色素が含まれることが分かった。

#### 【今後の課題】

- 肉眼で見えるその色素そのものをその色のままで抽出することはできなかった。今後、抽出に用いる溶媒の種類や濃度を変えながら実験を行い、必ず成功させたい。

## 菌根菌による植物の体細胞分裂に与える影響

大久保 知哉 嘉新 遥陽 芝 晃司 指導者 中尾力広

### 1 研究の概要

本校における先行研究等から、菌根菌は植物の成長に影響(多くは成長促進)を与えていることが分かっている。そこで私たちは、成長を促進する要因として、主に細胞の伸長・肥大などがあげられるが、その他の要因として、細胞分裂をする細胞の数が増えることも考えられるのではないかと思い、今回の研究テーマとした。

### 2 仮説

菌根菌は、先行研究から、リン酸の吸収に影響を与えることが分かっている。リン酸はDNAの成分であるため、分裂の際に必要なDNAの合成に効果がある可能性が考えられる。以上のことから、菌根菌を与えて育てた場合の方が、細胞分裂している細胞の割合が多くなるという仮説を立てた。

### 3 実験・研究の方法と結果その1

#### (1) 方法

豆苗に菌根菌を与えて、分裂している細胞数を数え、その割合を求める。酢酸バイオレットを用いて染色し、豆苗・菌根菌ありと豆苗・菌根菌なしの2つの比較を行った。

#### (2) 結果

分裂している細胞が極めて少なく、分裂像自体を得ることに於いて、本実験には適さないことが分かった。豆苗は、根がかなり成長した状態で市販されており、根が伸びた状態では、体細胞分裂がそれほど起こっていない可能性が考えられる。

### 4 実験・研究の方法と結果その2

#### (1) 方法

(ア) ネギとタマネギの発根種子を用いて、体細胞分裂を行っている細胞の割合を検証した(写真1)。発根がスムーズに起こることがこれらを用いた理由である。

(イ) image Jを用いて全細胞数を数える。

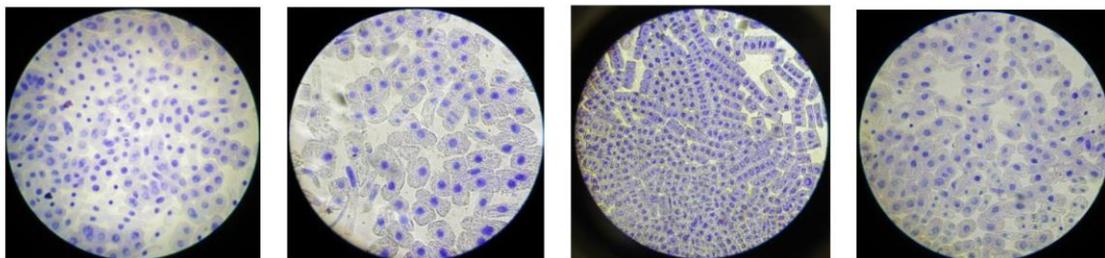
この際、顕微鏡400倍で観察し、分裂像を1つでも発見できたときの画像を撮影し、画像処理による計測を行った。

#### (2) 結果

(ア) 顕微鏡による写真撮影の結果を次に示す。(写真2)



写真1 生育環境の様子  
タマネギ(左) ネギ(右)



菌根菌あり

菌根菌なし

菌根菌あり

菌根菌なし

タマネギ

ネギ

写真2 体細胞分裂の様子(酢酸バイオレットで染色)(撮影は×400)

※ 写真で細胞の大きさが違って見えるのは、画像を引き延ばした結果による。

(イ) image J の画像では、写真3のように、紫色で染色された細胞の核が、黄色の番号で示される。例えば、模式図中の53という数字は、範囲内の53個目の細胞であることを示している。一方で、image J で分裂像を特定して数えるのは、私たちの技術的には困難であったため、分裂像は目視で数えることとした。この際、分裂期の時期に関係なく、染色体が観察できた場合を分裂期の細胞とした。

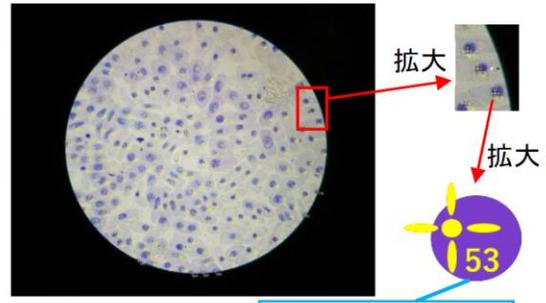


写真3 image J 画像処理及び模式図

(ウ) 手順(ア)(イ)の結果をもとに分裂指数を求めた。(表1)

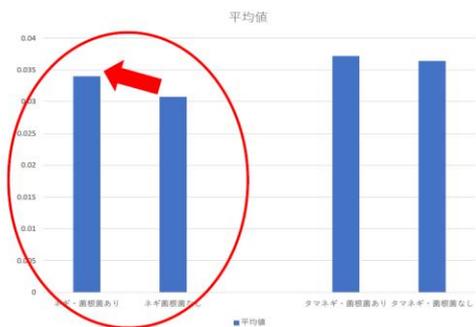
表1 分裂している細胞と分裂指数(抜粋)

	1	2	3
<b>ネギあり</b>			
全細胞数	202	637	504
分裂した細胞	3	10	14
分裂指数	0.014851485	0.015698587	0.027777778
<b>ネギなし</b>			
全細胞数	237	310	396
分裂した細胞	11	12	8
分裂指数	0.046413502	0.038709677	0.02020202
<b>玉ネギあり</b>			
全細胞数	169	201	253
分裂した細胞	2	7	14
分裂指数	0.01183432	0.034825871	0.055335968
<b>玉ネギなし</b>			
全細胞数	97	119	136
分裂した細胞	4	9	9
分裂指数	0.041237113	0.075630252	0.066176471

## 5 結果と考察

ネギでは、菌根菌ありの細胞分裂の割合は菌根菌なしの細胞分裂の割合の1.1倍であった。また、タマネギでは、菌根菌ありの細胞分裂の割合は菌根菌なしの1.02倍であった。(グラフ1)

特にネギでは、菌根菌の存在によって分裂指数が増加しており、細胞分裂する細胞数の増加に影響を与えていると推察できる。



菌根菌 あり なし あり なし  
ネギ タマネギ

グラフ1 分裂指数のまとめ

## 6 まとめと今後の課題

- (1) 「ImageJ」において細胞の数を数えるために染色をより鮮明にする。
- (2) データ数を増やし、菌根菌が植物の成長に与えている影響をより正確に把握する。

## 7 参考文献

- ・国立研究開発法人 科学技術振興機構 大阪府大学 基礎生物学研究所 ・西尾道德 農林水産ジャーナル 03879240 91 (1986年1月)・磯部勝孝 坪井良雄 イネ科・マメ科作物のアーバスキュラー菌根菌感染による生産促進効果の形態のリン吸収の関係 日本大学 (1998年9月)
- ・<https://money-treasure-likes.net/archives/3119> アーバスキュラー菌根菌が野菜の生育に及ぼす効果 (R2 宇和島東高校 SSH 生徒課題研究)

# 固有種トキワバイカツツジの保全のための基礎調査Ⅲ ～トキワバイカツツジに訪花するハチ類について～

愛媛県立宇和島東高等学校生物部生態班

井伊彩花 池田夢美 大館咲羽 尾崎煌弥 本田咲和 丸永李音 指導教諭 林 広樹

## 1. はじめに

トキワバイカツツジ *Rhododendron uwaense* H. Hara et T. Yamanaka は愛媛県宇和島市に自生する固有種で、環境省カテゴリーは絶滅危惧種 IB 類、愛媛県カテゴリーは絶滅危惧 I B 類 (EN) に指定されている (環境省 2015, 愛媛県 2014)。本種は、1984 年の原記載 (原・山中, 1984) から 30 年以上経過したが、生育適地、訪花昆虫、遺伝的多様性、生活史などの情報が不足している。そこで、筆者らは、本種の保全の基礎とするべく、胸高直径から肥大成長速度を求め、根回りから樹齢を推定し、トキワバイカツツジの生活史を明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査方法

- (1) 胸高直径 (DBH, mm) の測定 → 肥大成長速度 (Vag) を推定
- (2) 根回りの直径の測定
- (3) 胸高直径から肥大成長速度 (Vag) を求め、根回りの長径からトキワバイカツツジの樹齢を推定する。

## 3. 結果及び考察

- (1) 胸高直径の測定結果 (n=168)

全個体平均胸高直径 (DBH) は  $36.1 \pm 16.7$  mm。この平均胸高直径から平均肥大成長速度を求める。 $\text{胸高直径の平均 (mm)} / (\text{現在一伐採年}) = 36.1 / (2020 - 1960) = 0.60$  (mm/年) この平均肥大成長速度を用いてトキワバイカツツジの根回りの直径から、自生地の溪流沿い 43 個体、山側 37 個体の樹齢を推定した。

- (2) 根回りの測定結果

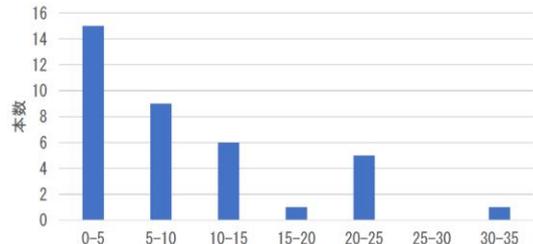
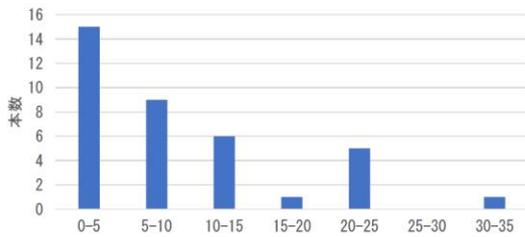


図1 溪流沿いの個体 (n=43) の根回りの長さ (cm)

図2 山側の個体 (n=37) の根回りの長さ (cm)

- (3) 根回りの長径からトキワバイカツツジの樹齢を推定する。

胸高直径からの平均肥大成長速度=0.60 (mm/年)。例えば、根回り 5 cm の個体ならば、根回りの直径 (mm) / 平均肥大成長速度 (mm/年) =  $50 / 0.60 = 83$  (年) (成長年)

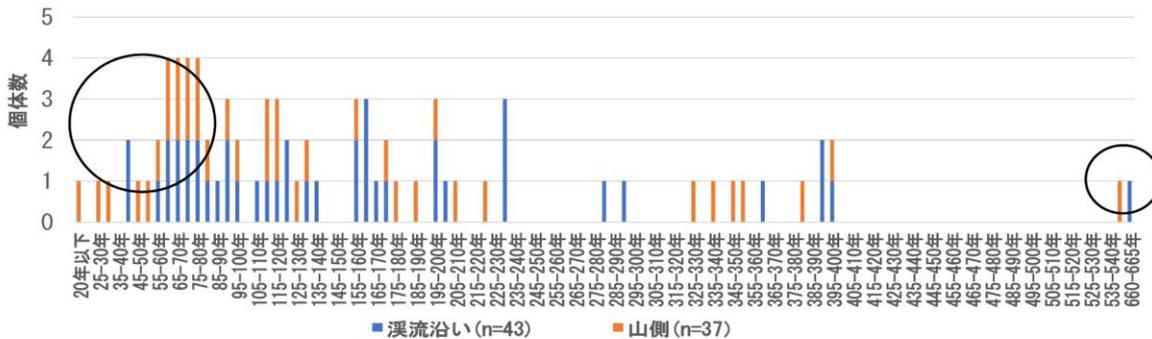


図3 根回りからの樹齢推定

- (4) なぜ、トキワバイカツツジは現在まで生き延びてこられたのか。

図3より、推定樹齢100年以内の個体数が多く、全体の40%を占める。森林管理所への聞き取り調査によると、自生地は60~70年前に段階的に皆伐した記録があることが分かった。この伐採により、林内に光が入るようになり、個体数が増えたのではないかと考えられる。また、自生地周辺には、炭焼き窯の痕跡があることが報告されており、人の手が入り、炭を得るために定期的な間伐もあった可能性もある。

図3より、樹齢500年以上前の個体も確認することができる。このような根回りの大きい個体は、他の植物が侵入しにくい急斜面の尾根沿いで多く見られた。尾根沿い、ギャップの下などで、光を受け、現在までほそぼそと生育してきたのではないかと考えられる。

- (5) トキワバイカツツジをこれからどう保全していくべきか

① NbSの視点で考える

NbS (Nature based Solutions)とは、「自然に根ざした解決策」である。このNbSの視点で考え、宇和島市の社会課題の解決をトキワバイカツツジの保全活動とつなげて解決を図ることができないかと考えた。宇和島市の社会課題として、「過疎化、高齢化が進んでいること」「若い人が行きたいと思う観光地が少ない」ことがあげられる。

例1 南楽園にトキワバイカツツジを植樹し、トキワバイカツツジの花言葉を作る。例えばピンクのツツジの花言葉(愛の喜び)とし、「南楽園を恋人の聖地に」できないか。すると、様々な世代の人が南予地域を訪れ、人の流れを活発にできると考える。

例2 トキワバイカツツジの花の特徴を生かした名産品の開発を目指す。トキワバイカツツジの花は甘い香りがする。この匂いの成分を抽出し、香水、お香、ハンドクリームなどの商品開発することはできないか。これらは、宇和島にしかない特産品になる。

② 私たちが考えるトキワバイカツツジの適切な保全

トキワバイカツツジを保全するためには、適度な間伐が必要である。ただし、自生地には「ヤマモガシ」などトキワバイカツツジ以外にも貴重な動植物が存在する。それらの希少種もトキワバイカツツジと同様に保護していかなければならない。そのためにも、他の希少種の調査する必要がある。なぜ、トキワバイカツツジが自生地にしか生育しないのかその謎を解明するためにも、自生地がどのような生態系を構成しているのかを明らかにし、トキワバイカツツジとその自生地をどう保全していくかを検討していきたい。

#### 4. 結論

- (1) 肥大成長速度(Vag)0.60mm/年は、樹齢の推定に有効ではないか。また、樹齢の推定は、トキワバイカツツジの生態的解明へ(成長パターンの推定、生育適地の推定、低木層・亜高木層を形成するしくみの解明、ゼネラリスト的戦略(強光下~弱光下でも生育可能)の検証につなげることができる。
- (2) 自生地におけるトキワバイカツツジの樹齢は100年未満のものが多い。60~70年前の間伐の影響している可能性がある。また、樹齢が500年を越える個体も存在する。トキワバイカツツジは、自生地に元々存在していたのではないかと考えられる。
- (3) NbSの視点からトキワバイカツツジの保全を考える。トキワバイカツツジのみの保全に偏らず、自生地の生態系全体の保全を目指す。

#### 5. 参考文献

原寛・山中二男(1984):四国産ツツジの一新種.植物研究雑誌,59(10),289-292.早川宗志・徳岡良則・橋越清一(2015):愛媛県宇和島市固有種トキワバイカツツジ(ツツジ科)の系統的背景と訪花昆虫 Spatial distribution and environmental preferences of a threatened species (*Rhododendron uwaense*) and two common species (*R. dilatatum* var. *decandrum* and *R. weyrichii*) in southwestern Japan, *Journal of Forest Research*, 25(2), 113-119. Geng Yuying(2014) *The Genus Rhododendron of China* (271-273)

# 宇和島城の石垣を構成する岩石の由来Ⅲ

愛媛県立宇和島東高等学校  
地学部

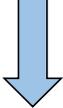
## 宇和島城の石垣を構成する岩石の由来Ⅲ

宇和島東高等学校 大加田凌 杉浦佑京 藤堂大空 田窪真大 梶田怜 佐々木昭太 清家孝之 仁尾恵輔

### はじめに

#### 【宇和島城】

天守閣が1671年の改修より現存する貴重な城



同様に天守閣が現存する松山城と比較すると観光客の数が約10分の1

宇和島城の見どころをよりPRしたい



石垣の由来に着目

### 結論

#### 【井戸丸】

九島由来

#### 【長門丸】

赤松海岸由来

#### 【代右衛門】

周辺にある他の砂岩の地質帯由来



図1 宇和島城石垣分布図

### 先行研究と仮説

#### 善家ら(2020)

宇和島城の石垣の小さな穴を侵食作用による浸食穴と仮定

岩石を海岸から引き上げたという史実

#### 本研究

宇和島城の石垣の小さな穴を塩類風化によるタフォニと仮定



図2 タフォニ

### 研究方法・結果・考察

#### 方法

- ①肉眼鑑定
- ②周辺の地質帯と比較(図3)
- ③侵食穴の長径・短径・深さ(図4)

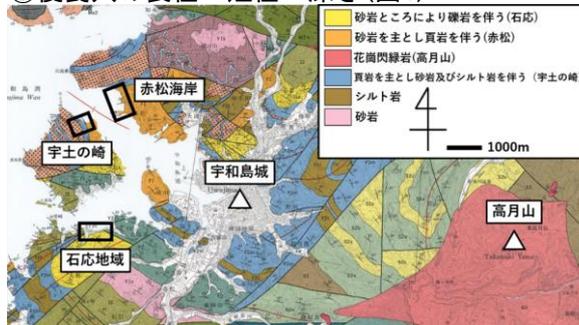


図3 宇和島市周辺地質図

③

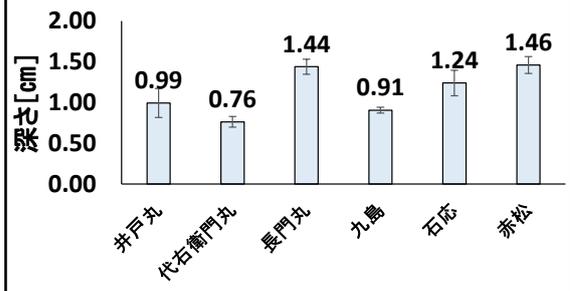


図4 タフォニの深さ

【井戸丸】0.99cm 【長門丸】1.44cm  
【九島】0.91cm 【赤松海岸】1.46cm

#### 結果

- ①頁岩を主とした砂岩及びシルト岩
- ②【長門丸】【井戸丸】【代右衛門丸】  
→ 砂岩 → 赤松海岸 or 石応海岸  
九島(宇土の崎)

#### 考察

侵食穴は岩石が石垣として建造される前に形成

深さの方が建造前後の変化が小さい

井戸丸は九島由来である可能性  
長門丸は赤松海岸由来である可能性  
代右衛門丸に関しては不明

文献①石丸翠未ほか(2019)『宇和島城の石垣を構成する岩石の由来』平成30年度SSH生徒課題研究論文集宇和島東高等学校 ②愛媛県立博物館(1992)『愛媛の自然』愛媛自然科学教室県立博物館内  
③宇神幸男(2011)『シリーズ博物館宇和島』現代書館 ④柳町敏彦(2004)『道庁名城を行く』小学館