

## 令和4年度 SSH研究成果報告会（2期目第5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	長瀧	一番くじの確率と最適なタイミング	2
	2	横田	Excelを使用した避難経路シミュレーションに関する研究	4
	3	尾崎慎	廃校を有効活用した地域活性化	6
	4	谷口	宇和島市の活性化のための研究	8
	5	中村	紙飛行機の形状による飛行距離の変化	10
	6	浦辻	試験管に付着したゴム状硫黄の除去方法の確立	12
	7	横田	カゼインプラスチックの活用方法に関する研究	14
	8	窪地	油脂によるマイクロプラスチックの回収	16
	9	窪地	ヒオウギ貝に関する研究	18
	10	松岡	最適なソーラーッカーの形状と気候の関係	20
B 生命環境講座	11	林	花の匂いの効果的な抽出方法	22
	12	林	線虫の生態II	24
	13	中尾	宇和島湾内でのカキの養殖に向けて	26
	14	中尾	住宅地の河川に生息する生物	28
	15	清川	ビオトープをキレイにしたい！～鉄炭団子を使って～	30
	16	高橋	貝殻を用いた農業排水による四万十川濁水の改善	32
	17	浦辻	ヒオウギガイの麻酔濃度と作用発現時間の関係	34
	18	山本	ブラッドオレンジ中のアントシアニンの紫外線吸収効果	36
	19	高橋	真珠調色の最適温度	38
	20	山崎	蜜蝋ラップの保存性について～プラスチックゴミ削減のために～	40
	21	山崎	だしにおける減塩効果について～宇和島減塩計画～	42
C 総合科学講座	22	中村	南海トラフ地震による被害の最小化のための工夫	44
	23	松岡	視力と色の関係	46
	24	木戸	音を与える心理的影響	48
	25	長瀧	先入観による味覚の変化	50
	26	清川	三間町の米作りを継承するための課題	52
	27	山本	空腹時の糖質摂取による運動パフォーマンスの維持	54
	28	中田	宇和島さんさの伝承を通しての地域活性化について	56
	29	堀内	キネシオテーピングと走力に関する研究	58
	30	堀内	宇和島市内におけるサイクリングコースの検討	60
	31	木戸	コミュニティベンチの制作	62
	32	尾崎真	高校生が考える理想的なコワーキングスペース	64

# 一番くじの確率と最適なタイミング

1年1組 江崎龍ノ介 1年1組 濱田 闘志  
1年2組 久能 大河 1年2組 高田 悠生  
指導者 長瀧 剛

## 1 課題設定の理由

くじを引く場合において高校数学で学習した通り、一般的には何番目にくじを引いても当たる確率はすべて等しく（当たりくじの本数）／（くじの総数）で求めることができる。しかし、2回目以降にくじを引く場合、その1本が当たる確率は確実に変化している。私たちはその1本1本に着目し、条件が変化していく中で、くじが当たる確率はどのように変化するかに興味を持った。そして、よりお得に一番くじを購入する条件を明らかにすることを目的に本研究を行った。

## 2 研究の方法

数学的な確率を考えると自分が引くまでの確率も考慮する必要があり、この時の確率は  $m/l$  で一定となると考えられる。そこで、本研究においては、その状態になるまでの確率は考慮しないものとし、自分がその時に当たりを引く確率を求める。引く本数や買うタイミング、あたりの本数などの条件を変化させて計算する。なお、それぞれの文字を下のように定める。

自分たちが引くまでに当たりが引かれる事象：A、自分たちが当たりを引く事象：B

くじ全体の総本数： $l$ 本、あたりの本数： $m$ 本、引く本数： $k$ 本（ $n$ 番目のとき  $l-k+1>0$ ）

## 3 結果と考察

ア 期待値を利用して考える。

下表1のような条件下における期待値を考える。

表1 期待値のデータ

	1	2	3	合計
本数(本)	1	2	2	5
景品の値段(円)	500	200	100	
確率	0.2	0.4	0.4	1

（期待値）＝（確率変数）×（確率）であることを利用して期待値を  $E$ 、引く本数を  $x$  とすると、当たりくじが1本の場合は、 $E(1)=220$  となり、当たりくじが5本の場合までの期待値を求めたところ、 $E(x)=220x$  となったため、線形性があるのではないかと考察した。期待値に線形性があるとき、これは単調に増加する関数となり、タイミングを考察するのに適さないため、本研究においては用いないものとする。

イ  $l$ 本中2本が当たりくじを  $n$ 番目に3本引くとして確率を考える。

$$P(A)=n/l$$

[1] (A,B)=(1,1)のとき

$$P(B)={}_1C_1*{}_{l-n}C_2/{}_{l-n+1}C_3 \\ =3/(l-n+1)$$

[2] (A,B)=(0,2)のとき

$$P(B)={}_2C_1*{}_{l-n}C_2/{}_{l-n+1}C_3 \\ =6/(l-n+1)$$

[1]、[2]より求める確率は  $P(B)=9/(l-n+1)$

ウ  $\ell$  本中  $m$  本が当たりくじ  $n$  番目に 2 本引くとして確率を考える。

まずは  $m=4$  として考えると、当たりくじの引かれ方は、(A で引かれる当たりの本数, B で引かれる当たりの本数)として、(0,4)、(1,3)、(2,2)、(3,1)、(4,0)であるが、(4,0)の場合は B の確率が 0 となるので考えないこととする。

よって、

$$\begin{aligned} P(B) &= (4C_1^{*\ell-n}C_1/\ell-n+1C_2) + (3C_1^{*\ell-n}C_1/\ell-n+1C_2) + (2C_1^{*\ell-n}C_1/\ell-n+1C_2) + (1C_1^{*\ell-n}C_1/\ell-n+1C_2) \\ &= \{2/(\ell-n+1)\}(4+3+2+1) \\ &= 20/(\ell-n+1) \end{aligned}$$

これより、 $m$  の値を一般化すると以下のようなになる。

$$\begin{aligned} P(B) &= 2^{*\ell-n}C_1/(\ell-n) * (1C_1+2C_1+3C_1+4C_1+\dots+mC_1) \\ &= \{2/(\ell-n+1)\}(1+2+3+4+\dots+m) \\ &= \{2/(\ell-n+1)\} \sum_{j=1}^m j \\ &= \{2/(\ell-n+1)\} \{1/2m(m+1)\} \\ &= m(m+1)/(\ell-n+1) \end{aligned}$$

エ  $\ell$  本中  $m$  本が当たりのくじを  $n$  番目に  $k$  本引くとして確率を考える。

イ、ウから、求める確率として、 $\ell$ 、 $m$ 、 $n$ 、 $k$  の 4 つの文字を用いて下の式が得られる。

$$\begin{aligned} P(B) &= (\ell-nC_{k-1}^{*\sum_{j=1}^m j})/\ell-n+1C_k \\ &= \{1/2m(m+1)^{*}\ell-nP_{k-1}/(k-1)!\} /(\ell-n+1P_k/k!) \\ &= \{1/2km(m+1)\} /(\ell-n+1) \\ &= km(m+1)/2(\ell-n+1) \end{aligned}$$

#### 4 今後の課題とまとめ

今後の課題としては、実際に研究結果を検証するなどの方法で実生活に応用することを考えていきたいと考えている。また、研究を行う中で獲得した数学の知識を今後の学習などに生かしていきたい。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、長瀧先生をはじめとする多くの先生方、周りの方々に、終始熱心な指導をしていただきました。心から感謝いたします。

また、精神面で支え合い、研究を一緒に行った仲間感謝いたします。これからも継続して、頑張っていきたいと思えます。本当にありがとうございました。

#### 参考文献

- ・山本隆範(2007)くじ引きの解法について(1)、学園論集、131、123-128
- ・三輪直也(2014)数学を創ることを意図した期待値の概念形成過程に関する研究

# Excel を使用した避難経路シミュレーションに関する研究

1年1組 滝澤 一華    1年4組 福溜 瑛太    1年4組 松本 惟吹  
1年4組 井関しずく    1年4組 坂本 颯平  
指導者 横田 幸治

## 1 課題設定の理由

現在、30年以内に南海トラフ巨大地震が起こる可能性は70%以上にもなると言われている[\*1]。私たちの住む宇和島市は特に、津波の被害が非常に大きいとされているため、避難経路を事前に把握しておくことが大切である。特に本校は、生徒数が800名以上と非常に多く、近隣に小中学校や保育園が多く存在していることから、迅速な避難の開始を求められる。一人でも多くの人を救うため、被害を最小限に抑える方法について深く考えることは、最も重要なことの一つであると考え、この研究テーマを設定した。

## 2 仮説

先行研究として先日行った避難訓練の情報を提示する。本校1年生280名程度が宇和津彦神社まで（道のり約1.3キロメートル）避難するには33分。名源寺・西江寺（道のり約1.1キロメートル）に避難した2年生もほぼ同じ時間かかった。このことから、今回、避難訓練を行わなかった3年生の避難を考慮しても、全校生徒が学校によって指定されたそれぞれの避難場所に避難する場合に、宇和島市の地震発生時からの津波到達の時間、54分[\*2]までには避難が完了すると考察する。

そのため今回の実験では、震度7の地震が発生したことにより、何らかの事情で避難開始が遅れてしまった生徒・教職員が、学校から一番近い避難場所であるサンシャイン宇和島店に避難するためには、いつまでに校内から避難する必要があるのかを実際の避難訓練やExcelを使用したシミュレーションを用いて導き出す。

## 3 研究の方法

- (1) 宇和島東高校から避難場所までの距離を計測し（**図1**）Excel上で一直線で示す。この時に人のいるセルを条件付き書式で色付けし、人のいないセルを白で表す。
- (2) Excelに関数を打ち込み、再計算を行うことによって、セルの移動を人の移動と考えてシミュレーションする。その時にこれまで移動したと計算されているセルをそのまま固定し、セルの変化によって人の移動の変化を示す。規則性のあるものであると仮定はするが、人の移動速度や、けがをしている人の避難であることを加味して、移動では確率を用いる。



図1 サンシャイン宇和島店までの上空映像

【条件】縦軸が時間（太線ごとに7s）、横軸が距離（緑線まで280m）

出発してから一定時間が経過した後（今回は5秒後）に4人あたりに1人が一定の速度で進むのではなく、遅れる。

【使用した関数】 =IF(AND(D1=1,E1=0,F1=0)+IF(AND(E1=1,F1=0,G1=1),1,0)  
+IF(AND(F1=1,G1=1),1,0)+IF(AND(E1=1,F1=0,G1=0),0,0)

この関数を用いることによって、移動してきたセルが固定され、時間を求めることが可能となった。このセルで避難時間は 266 秒であることがわかり、これを地震発生時から差し引くと、地震発生から何分後に校外に出るべきかわかる。(図 2)

【式】

38 セルあったため、

$$38 \times 7 = 266(\text{s})$$

地震発生時から津波到達まで 54 分かかる。

$$54 \times 60 = 3240(\text{s})$$

$$3240 - 266 = 2974(\text{s})$$

$$2974(\text{s}) = 49.5666\dots$$

よって、地震発生時から 49.57 分後に出れば間に合う。

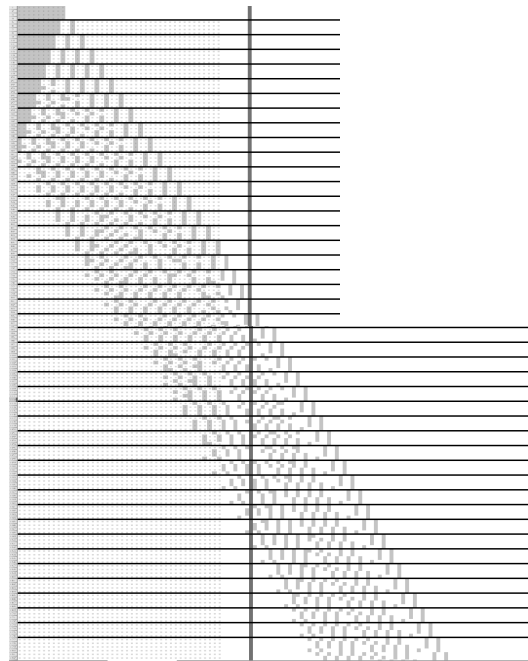


図 2 Excel を使用した避難シミュレーション

#### 4 結果と考察

実験を行った結果、40 人がサンシャイン宇和島店までの避難を行うには、地震発生時から 49.57 分後には校外に出る必要があることが分かった。今回は、40 人という縛りを持たせた上、4 人のうち 1 人は一定に進まないという条件を用いた。また、今回は道のりを直線として考えたため実際の道のりでシミュレーションすると角を曲がる時に失速してしまったり、渋滞してしまったりという時の状況も考慮できると考えられる。

#### 5 今後の課題とまとめ

この実験から、避難開始が遅れてしまった生徒は地震発生時から 49.57 分以内に校外へ出る必要があることがわかった。特に、けがをしてしまった生徒や動けなくなった人が出てきた時などに、「地震発生時から、49.57 分以内に校外へ出れば助かる」といった指標があればより効率的な行動ができると考える

今回の実験から、改めて南海トラフ巨大地震の被害規模の大きさや、避難時間の確保がどれだけ大切になってくるかが分かった。防災についての意識を高め、その情報を発信していくことこそが私たち高校生のすべきことではないだろうか。これからの宇和島を活性化していくためには、防災にも力を入れ、町全体で南海トラフ巨大地震の対策をしていく必要がある。この結果を多くの人に伝えていき、宇和島市の南海トラフ巨大地震による犠牲者を一人でも減らしたいと改めて感じた。

#### 参考文献

- ・[\*1] 国土交通省白書 2020 「第 2 節地球環境・自然災害に関する予測 2. 巨大地震のリスク」  
URL : <https://www.mlit.go.jp/hakusho/ndit/r01/hakusho/r02/html/n1222000.html>
- ・[\*2] 愛媛県地震被害想定調査結果 (第一次報告) について  
第一次報告書 津波 P.347 URL : [6dai3hen-tsunami.pdf \(pref.ehime.jp\)](https://www.pref.ehime.jp/6dai3hen-tsunami.pdf)

# 廃校を有効活用した地域活性化

## ～キャンプ場×釣り堀×道の駅としての活用を目指して～

1年1組 高田 涼      1年2組 永樂 陽奈子      1年2組 坂嶋 心優  
1年2組 遠山 彩結      1年3組 坂本 孝太      1年3組 高橋 里玖  
指導者 尾崎 慎太郎

### 1 課題設定の理由

全国・愛媛県の廃校の活用状況を調べたところ、全国に比べて愛媛県は廃校の利活用率が極めて低いことが分かった。そこで、全国的に増加している廃校の利活用について調査し、現状や過去の実践例を踏まえ、廃校の有効活用に向けたアイデアを考えた。多くの人に廃校の現状や考えうる解決策を知ってもらいたいと思い、この課題を設定した。

### 2 研究の方法

RESAS<sup>[\*1]</sup>などインターネットや文献からデータを収集し、考察をする。

### 3 結果と考察

#### (1) 宇和島市の現状の分析

##### ア 人口推移と観光客の年代別割合

図1から分かるように、直近20年間で人口が約3割減少している。また、図2より、観光客の約半数は50代以上が占めており、若者や家族連れが少ないことが分かる。

→ これらのことからターゲットは、若者・ファミリー世代に決定

##### イ 宇和島市の地域経済循環率

RESASにより図3・図4を示す。松山市と比較すると、宇和島市の方が約14%低いことが分かる。また、宇和島市は「支出」における「地域外への流出」が松山市と比べて多くなっている。観光客だけでなく、宇和島市民も来たくなる「憩いの場」を創りたい。

#### (2) 本研究の対象

宇和島市が廃校利活用申請を募集している宇和島市立宇和海中学校について考える。

#### (3) 活用方法

##### ア キャンプ場

近年のキャンプ人気により、10年間で利用者は約3倍に増加している。現地の土地面積の広さを生かし、最大100組がキャンプをすることができる。

##### イ 釣り堀

学校のそばの海を活用し、釣り堀を設置する。そこで釣った魚を捌いてもらい、海鮮丼が食べられる。宇和島

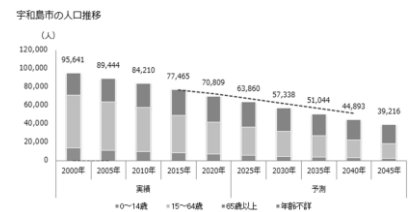


図1 宇和島市の人口推移

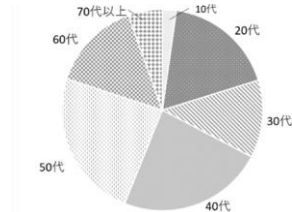


図2 宇和島市の観光客の年代別割合

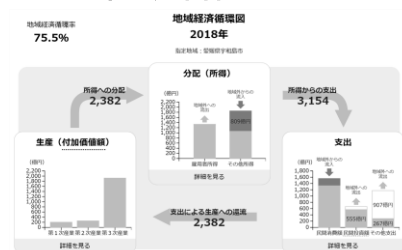


図3 宇和島市の経済循環図

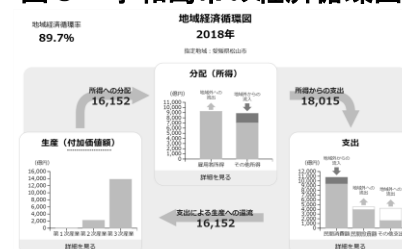


図4 松山市の経済循環図

の魚の魅力アピール、宇和島の水産業の活性化、雇用創出効果につながる。

#### ウ 道の駅

宇和海中学校の施設を生かして、体育館、調理場それぞれをスポーツスペース、食堂スペースに改築。これにより、現地を知ってもらうとともに、観光を通じて集客につながり、宇和島地域の活性化が期待される。

#### (4) 損益分岐点

実際に釣り堀と道の駅を運営した場合の1日あたりの収支計算書と損益分岐点を計算。

			単価	数量	合計
収入	売上	海鮮丼	¥1,500	100	¥150,000
		入場料	¥2,000	100	¥200,000
	小計				¥350,000
費用	原材料費		¥1,200	100	¥120,000
	人件費		¥10,000	10	¥100,000
	リース料				¥5,000
	小計				¥225,000
収支					¥125,000

図5 1日あたりの収支計算書  
(釣り堀入場料・海鮮丼)

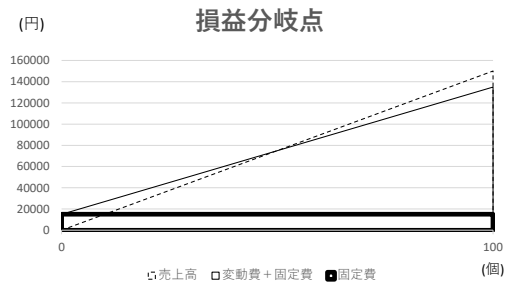


図5より、週6回で営業すると、 $125,000(\text{円}) \times 312(\text{日}) = 39,000,000$  となり、約400万の経済効果となる。

## 4 今後の課題とまとめ

キャンプ場も釣りも楽しめる夢のような道の駅「ゆめみる うわうみ 通称：ゆめうみ」として、宇和島市の歴史ある第一次産業の活性化と経済・観光業の発展を目指し、「住みたくなる宇和島」、「行きたくなる宇和島」を実現する。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、情報提供をいただいた宇和島市観光物産協会の皆様、活用方法を考案する上でご協力いただいた重松校長先生・中尾先生、大変ありがとうございました。

## 参考文献

- ・宇和島市「宇和島市廃校施設利活用のための基本方針」  
<https://www.city.uwajima.ehime.jp/site/gakkouatoti/>
- ・文部科学省「廃校施設等活用状況実態調査」  
[https://www.mext.go.jp/content/20220331-mxt\\_sisetujo-000012748\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20220331-mxt_sisetujo-000012748_1.pdf)
- ・環境省「地域産業関連表」、「地域経済計算」
- ・観光庁「旅行・観光消費動向調査」および日本オートキャンプ協会「オートキャンプ白書2022」  
<https://www.jtb.or.jp/researchers/column/column-camping-takechi/>
- ・きよなん楽市 | 都市交流施設・道の駅保田小学校 | 千葉房総半島鋸南町の道の駅  
<https://hotasho.jp/>
- ・総務省国勢調査
- ・宇和島市観光物産協会アンケート結果
- ・RESAS 地域経済分析システム[\*1]  
<https://resas.go.jp/regioncycle/#/map/38/38203/2/2018>

# 宇和島市の活性化のための研究

1年2組	桑山 朝光	1年2組	高田 柊	1年2組	宮田 和弥
1年3組	赤松 沢朗	1年3組	横田 唯人	1年4組	山口明日向
				指導者	谷口 治義

## 1 課題設定の理由

近年、宇和島市の観光客数は年々若干の減少傾向にある。また、人口も著しい減少を続けており、宇和島市のさらなる衰退が予測される。都市の衰退が進行すれば、地域固有の文化が失われる可能性も大きくなるといえるだろう。これらのことから、宇和島市の観光客数、人口を増加させることにより宇和島市を活性化させたいと考え、このテーマを設定した。

## 2 仮説

観光客数、人口が増加している市町村は、その市町村の財政、魅力に共通点があるのではないかと考えた。

## 3 研究の方法

### (1) 方法

ア 宇和島市と人口が同規模かつ1か月あたりの平均観光客数が10000人を超える市区町村に共通する観光の魅力

- ① 「【全国の市区町村】人口ランキング・面積ランキング・人口密度ランキング」をもとに、宇和島市と人口が同規模の市区町村を24市区町村抽出する。
- ② 「地域経済分析システム RESAS」を用いて上記の市区町村の1か月あたりの平均観光客数の算出を行う。
- ③ その中で1か月あたりの平均観光客数が10,000人を超えた市区町村を抽出する。
- ④ 上記の市区町村に共通する観光に関する魅力を、その市区町村の公式ホームページや観光協会のサイト等を用いて調査する。

イ 財政力と人口の関連

- ① 宇和島市と類似する財政力を持つ市区町村を取り上げ、その人口の推移を調べる。

### (2) 調査条件

ア① 西川ら(2016)より、滞在人口－一定住人口＝観光客数と定義する。それらを月別で求め、全て足して12で割ったものを1か月あたりの平均観光客数とする。

② 人口は、2018年10月1日時点のものとする。

③ ここでは、宇和島市の人口の72,915人をもとに、最小を70,129人の山梨県南アルプス市、最大を74,993人の群馬県館林市として、人口が同規模であると定義する。

イ 地方公共団体の財政力を示す指標である、財政力指数を用いて調べる。令和2年における宇和島市の財政力指数は、0.33であるので、これと類似する市区町村を調べる。それらのうち、人口増加を記録した市区町村を選び、その要因や特徴を考察する

## 4 結果と考察

- (1) 観光に関する魅力についての共通点として、その地域の歴史や自然、およびそれらを体験できるイベントが挙げられた。したがって、歴史的な遺跡や伝統的な食文化を持つ宇和島市は、それらをPRおよび体験できるイベントを実施することによって、さらに観光客を増加



させることができるのではないかと考えた。

(2) 財政力が宇和島市と類似し、かつ人口増加した市町村を調べると次が見つかった。

- ① 富山県舟橋村 財政力指数：0.33
- ② 沖縄県南城市 財政力指数：0.34

特徴

- ① 舟橋村 県庁所在地である富山市から電車で15分  
平成12～18年まで人口増加率が日本1位  
面積が約3.87km<sup>2</sup>であり全国で最小の自治体
- ② 南城市 人口44,043人(2022)  
那覇市から自動車約30分  
神の島と呼ばれる久高島を有す

以上の結果より、財政力が低くとも活性化している自治体は、県庁所在地等の大規模都市へのアクセスが良い場合が多いといえる。したがって、交通アクセスと活性化との間に相関性があるのではないかと考えた。

これをふまえ、宇和島市、松山市間の移動距離と類似している他県の県庁所在地と市町村の観光客数を比べ、交通アクセスと活性化に相関性があるのか調べた。グラフはその結果である(図1)。相関性は見られなかった。このことから、交通アクセスに関わらず子育て世代向けの政策が人口増加の大きな要因ではないかと考えた。

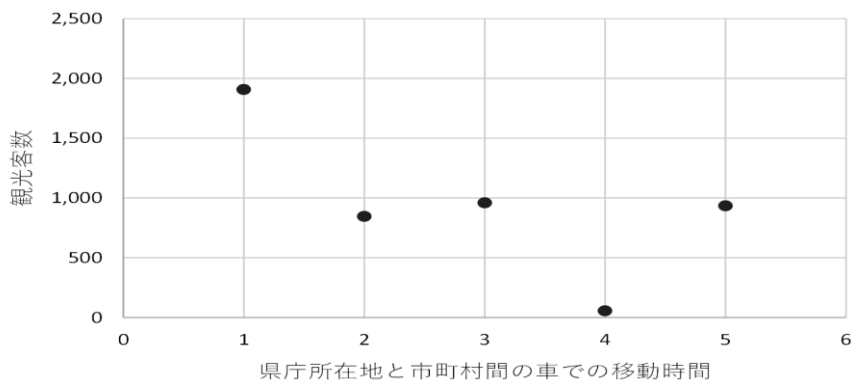


図1 県庁所在地と市町村間の移動時間と観光客数の関係

## 5 今後の課題とまとめ

本研究における観光に関する魅力として、歴史、自然、およびそれらを体験できるイベントであることが分かった。また、今回の研究では交通アクセスと観光客数の相関性は見られなかったが、さらなる条件を追加し明らかにしていきたい。

## 参考文献

- ・「地域経済分析システム RESAS」  
<https://www.pref.toyama.jp/140403/r2zaiseijoukyou.html>
- ・「西川亮(2016) 定住人口－観光客数＝滞在人口の大きさを探る [コラム vol.320]」  
<https://www.jtb.or.jp/researchers/column/column-population-niseko-nishikawa>
- ・「潟上市の世帯数（総数）推移グラフ(2005年～現在)」  
<https://graphtochart.com/japan/katagami-shi-number-of-households-total.php>
- ・「全国・全地域の財政力指数番付」 <http://area-info.jpn.org/KS02002All.html>
- ・「【全国の市区町村】 ランキングデータ」 <https://uub.jp/rnk/>

# 紙飛行機の形状による飛行距離の変化

1年1組 林 勇吹 1年2組 児玉 滯  
1年2組 佐々木美緒 1年3組 濱田 雷士  
指導者 中村 俊貴

## 1 課題設定の理由

飛行機は飛ぶ際に重量の制限やバランス等の条件を満たさなければ離陸できない。特に飛行機の重心を規定範囲内に収めるために、乗客や荷物の位置をどこに配置すればよいか事前に調べたうえで運行計画を立てている。そのため、より安全に多くの人数を運ぶためには、安定した飛行をできる飛行機を開発することが望ましい。本研究では紙飛行機の重心や羽の大きさ、比率を変えることでより安定した飛び方をする紙飛行機の特徴について研究を行った。

## 2 仮説

先行研究により、紙飛行機の縦横比は3：2、重心は前方にある方がよく飛ぶことが分かっている。本研究では重心が図1の②の位置にあるときに一番飛距離が伸び、重心が②の位置から遠のくにつれ飛距離は短くなっていくのではないかと考えた。また、縦横比による飛距離の変化については、比が9:6の紙飛行機が飛距離を伸ばすと予想した。よって、重心が②、縦横比が9：6の紙飛行機(A2)が最も飛ぶという仮説を立てた。

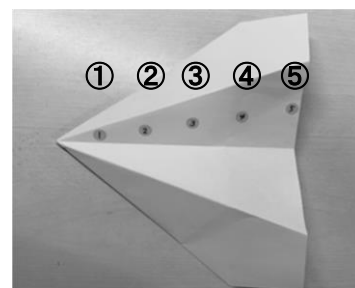


図1 紙飛行機の重心の位置

## 3 研究の方法

### (1) カタパルト（発射装置）の作成

本研究において、人が紙飛行機を飛ばした場合、同じ力や角度で発射することは困難である。そのため、モーターを用いたモーター式カタパルトの作成を行った。その構造は図2のように土台となる木の板に縦長の板を割りばし一本分間をとって二本固定し、二本の板の先端にタイヤ付きモーターを取り付けたものである。発射時には板と板の間を這わすように紙飛行機を軽く押しやることでタイヤに挟まれた紙飛行機が飛び出すという仕組みである。

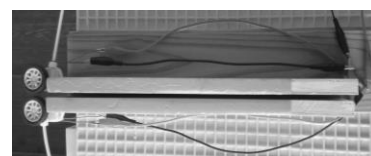


図2 モーター式カタパルト

### (2) 実験方法

床から高さ1mの位置に設置したカタパルトを用いて、紙飛行機をそれぞれ十回ずつ飛ばし、飛行距離、滑空の仕方、着地位置を計測する。条件設定を以下に示す。

ア 紙飛行機の素材はA4のコピー用紙とする。

イ 紙飛行機の縦横比は9:6、10:6、11:6の三種類とし、それぞれA1～A5、B1～B5、C1～C5とする。

ウ 重心の位置は先端側から①～⑤とする。

エ 飛行距離：発射地点から着地点を直線で結んだ長さとする。

オ 滑空の仕方：機体を横から観察し、上下の起伏を計測する。

カ 着地位置：発射方向一直線上にひいた線から左右に何度ずれたか見る。10度ごとに区切りを設け、どの範囲に着地したか計測する。

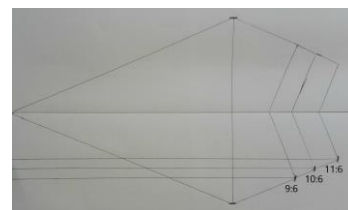


図3 紙飛行機の縦横比

## 4 結果と考察

実験の結果、縦横比が9:6、重心の位置が②のA2の紙飛行機が、この比と重心の組み合わせの中で最も遠くへ飛ぶことが明らかになった。また、三つの縦横比の紙飛行機に共通して、重心が⑤のものが1番飛距離が短い。さらに重心が先端から離れるほど飛行姿勢は不安定になる。このことから、縦横の比率と重心の位置は相互作用がほとんど働かず、重心が後ろに下がるほど姿勢が安定しなくなることがわかる。

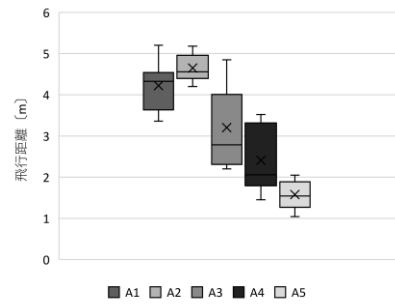


図3 飛行距離 (A1~A5)

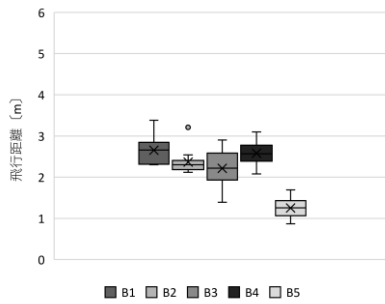


図4 飛行距離 (B1~B5)

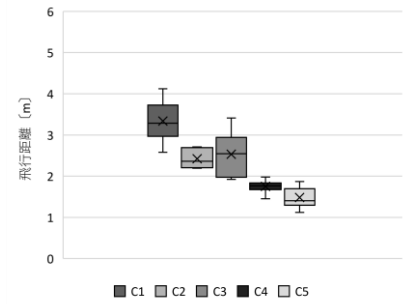


図5 飛行距離 (C1~C5)

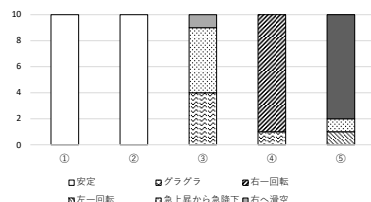


図6 滑空の仕方A

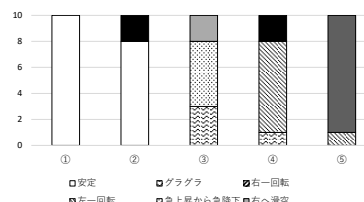


図7 滑空の仕方B

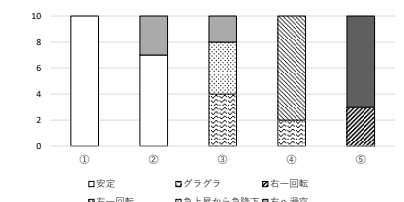


図8 滑空の仕方C

## 5 今後の課題とまとめ

紙飛行機を飛ばしているときに同じ機体の飛距離に差があった。カタパルトで飛ばすときの角度が変わったのかそれとも機体に何らかの変化があったのか詳しく調べたい。また、この研究で得られた結果から新しい機体の構造を生み出し、現代の航空技術の発展につながる研究結果にしたい。

### 謝辞

本研究を進めるにあたって、使用道具を貸して下さったり、ご意見をくださったりしていただいた先生方に感謝の意を表します。

### 参考文献

- ・高橋遼平 花山佳祐 松家汰樹 森本匠 武田和正 (2015)紙の縦横の比率と飛距離の関係性,倉敷天城高校
- ・丸山茂宏 谷田啓明 妹尾信吾 小郷佑太 (2013) 紙飛行機がよく飛ぶ条件,倉敷天城高校
- ・日下孝 大津秀穂 宮崎元晴 (2017) 仙台市科学館における「紙飛行機」の展示と紙飛行機教室について 仙台市科学館 研究報告 第27号 20-23

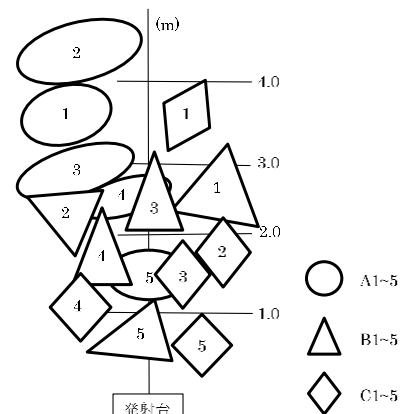


図9 着地位置

# 試験管に付着したゴム状硫黄の除去方法の確立

1年4組 吉見心優 1年1組 田中風吹 1年2組 浅田美晴 1年2組 井上日和  
指導者 浦辻規幸

## 1 背景・目的

硫黄の同素体の生成実験において、試験管を用いるため、ゴム状硫黄が試験管内部に付着する。

兵庫県立教育研修所の研究により、試験管にこびりついた硫黄は水酸化ナトリウムを入れて煮沸し、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>[1]</sup>。しかし、これは熱濃塩基を用いるため、試験管をとかしてしまう可能性がある。また上杉らの研究により、ゴム状硫黄を取り除くには、ゴム状硫黄を液体窒素に浸し、それでも取れなかった場合は、6.0MのNaOH水溶液を入れて擦る方法が最適だということが分かっている<sup>[2]</sup>が、その方法で硫黄を取り除けた試験管の本数は50本中24本であり、全てを除去することは難しい。

そこで本研究では、熱濃塩基を使わず、完全に硫黄を除去することを目指した。

## 2 方法

ゴム状硫黄は室温に数日置いておくと、しだいに黄色の斜方硫黄に変化する<sup>[3]</sup>ことが分かっている。また斜方硫黄と液体窒素はともに無極性分子からなり、液体窒素は常温で気化し爆発的に体積が大きくなる性質がある。そこで本研究では次の4つの仮説を立て検証を行う。

- (1) 試験管内にある硫黄がゴム状硫黄でなければ、除去率が高くなる。
- (2) ゴム状硫黄を取り出した後の試験管の置き方を横置きにし、表面積を大きくすることで、除去率が高くなる。表面積を大きくするため残ったゴム状硫黄が底にたまらないようにする。
- (3) 試験管を静置する時間を長くすることでゴム状硫黄が斜方硫黄に戻り、除去率が高くなる。
- (4) 液体窒素について硫黄が除去できるのは、温度変化により硫黄の体積が小さくなったことと、無極性分子である液体窒素が硫黄の隙間に入り気化したことのいずれかが原因である。

以上4つの検証を行うため、ゴム状硫黄が付着した試験管について実験①～④を行う。ゴム状硫黄が付着した試験管は、硫黄を試験管の中に3分の1入れて加熱し、生成されたものを外部に放出して作成した。また比較検討のため、作成した試験管はいずれも指定の日数静置後、液体窒素が試験管内部に入るようにして試験管全体を30秒浸し、6Mの水酸化ナトリウム水溶液5.0mlを試験管の壁面に沿うように入れて24時間静置し、最後に試験管洗浄機で洗浄することとする。

実験① ゴム状硫黄と単斜硫黄の比較

斜方硫黄と構造が同じ単斜硫黄とゴム状硫黄を生成し、縦置きで100日間静置し、比較。

実験② 縦置きと横置きの比較

縦置きと横置きで100日間静置し、比較。

実験③ 日数による比較

期間は0日、25日、100日で横置きで静置し、比較。

実験④-A 液体窒素の役割

100日間横置きの状態で静置する。その後、液体窒素が試験管内部に入れるものと液体窒素が試験管内部に入り込まないようにして試験管外部のみを30秒冷却する条件に変え比較。

実験④-B 水酸化ナトリウム水溶液の役割

液体窒素と接触させず水酸化ナトリウム水溶液のみ実験。

### 3 結果

結果を表1に示す。表中のa～dは、評価基準（a;すべて除去できた, b;残った硫黄が2mm未満, c;残った硫黄が4mm未満, d;残った硫黄が4mm以上）により除去を評価したものである。

表1 実験の結果

番号	置いた日数	置き方	硫黄	液体窒素の入れ方	本数	液体窒素				水酸化ナトリウム			
						a	b	c	d	a	b	c	d
1	100	縦	ゴム状	中	9	0	0	1	8	1	0	1	7
2	100	縦	単斜	中	9	7	0	0	2	7	0	0	2
3	0	横	ゴム状	中	10	0	0	0	10	5	0	3	2
4	25	横	ゴム状	中	10	0	1	1	8	5	4	0	1
5	100	横	ゴム状	中	10	2	3	2	3	10	0	0	0
6	100	横	ゴム状	外	10	0	0	0	10	3	0	2	5
7	0	横	ゴム状	無	10	-	-	-	-	2	0	0	8

### 4 考察

実験① ゴム状硫黄と単斜硫黄の比較 について

番号1と2の比較より、単斜硫黄は取れやすい状態に戻るが、分子構造の異なるゴム状硫黄は斜方硫黄に戻ってないことが考えられる。

実験② 縦置きと横置きの比較 について

番号1と5を比較より、仮説にある表面積を大きくすることが大きな要因の一つであることが考えられる。また、縦置きの番号1はほとんどの試験管の底に硫黄が溜まっており、除去することができない状態である。この結果より試験管の置き方を横置きにし、底に硫黄が溜まらないようにすると除去しやすくなることが考えられる。

実験③ 日数による比較 について

番号3～5の比較より、長期静置により硫黄を除去することができ、長期静置により除去率が上がることが分かった。

実験④-A 液体窒素の役割 について

番号5と6の比較より、温度による影響ではなく、液体窒素が接触することが除去の要因であると考えられる。

実験④-B 水酸化ナトリウム水溶液の役割 について

番号3と7の比較より、液体窒素との併用が重要であることが示唆される。

### 5 結論と今後の展開

横置きで100日静置した試験管に液体窒素をかけ、6.0Mの水酸化ナトリウムを使用すると10本中10本硫黄を除去することができた。本研究によりゴム状硫黄の除去方法を確立することができた。

### 参考文献

- [1] 「実験科学-3」 兵庫県立教育研究所  
<http://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmaual/jikken/kaga/kaga03.htm>
- [2] 「ゴム状硫黄の最適な除去方法」 上杉 夏蓮, 幸瀧 美嘉, 児玉 亜門  
令和3年度愛媛県宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集 p.6-7
- [3] 「硫黄について:歴史,性質,化学的特徴から生体における役割まで(身近な元素の世界)」  
越野省三 化学と教育 62巻(2014)1号 p.26-29

# カゼインプラスチックの活用方法に関する研究

1年1組 岡崎 煌生 1年2組 西川 蓮人 1年2組 西口 凜太郎  
1年2組 安岡 慶二郎 1年2組 渡辺 蓮二  
指導者 横田 幸治

## 1 課題設定の理由

現在、プラスチックによる環境汚染の問題が話題になる中で、プラスチック削減の動きがある。そこで、削減するだけでなく、環境への優しさに配慮するべきなのではないかと考えた。そして、生分解性のあるカゼインプラスチックを知り、それが地球環境の改善に役立つのではないかと考えた。そこで、簡単に作れるという特徴を踏まえ、長所と短所を理解し活用しようと考え、この課題を設定した。

## 2 原理

山本ら(2021)によると、牛乳に含まれるタンパク質(カゼイン)が負の電荷を持っていて、そこに酸を加えるとカゼインが負の電荷を失い、カゼイン同士が引きつけ合う。それを乾燥させることで、カゼイン同士の間の水分が抜けて結合する。

## 3 研究の方法

まず、カゼインプラスチックを活かすために特徴について調べた。すると、次のことが判明した。土壌分解される、特有のにおいがある、海水や川の水でも分解される、市販で販売されているものは作成に半年ほどかかる、食物だけで作られている。

これらのことから①色を付けること。②臭いを消すことの2つが活用するための最低条件だと考えた。そこで次の実験をした。

### (1) ①を満たすカゼインプラスチックの作成

一般的なカゼインプラスチックの作り方に加え、水分を抜いた後、赤食紅を 0.2 グラム入れ均一に色が広がるように混ぜる。ここでできたプラスチックを物体 A とする。

#### 【実験方法】

- ア 沸騰させた牛乳に酢を加える。
- イ 後継物をガーゼにこし取って、水洗いをする。
- ウ キッチンペーパーで水分を取る。
- エ 好きな形にして電子レンジで温めて固める。

### (2) ②を調べるための調査

上記の作り方で酢の代わりにレモン果汁を使い実験を行った。この際、対照実験として条件をそろえるために直径約3センチメートル、重さ15グラムの球体に形状を揃えた。酢で作成したものを物体 B、レモン汁で作成したものを物体 C とする。

## 4 結果と考察

物体 A は着色に成功した(図1)。そして実験2の物体 B、C(それぞれ図2、図3)ともに酸味のある酸っぱいにおいが発生していた。加熱する過程で水分が抜け、形が変わりすべて楕円状になってしまった。しかし、形が B、C ともに同じだったため、それらを使用して調査を進めた。



図1 物体A



図2 物体B



図3 物体C

臭いがとても強く、強烈だったため、臭いに関して宇和島東高校の20人の生徒に、臭いを嗅いでもらい、アンケート調査をした。1か月間炭と一緒に同封していた物体Bを、袋から出し1週間経過したものを嗅いでもらった。その結果、19人が臭いなし、1人が臭いあり（土の匂いを感じた）と回答が得られた。

また、下の表1は、グループ内で臭いをかぎ、臭いの変化を記録したものである。この時、物体Cを炭と一緒に同封し、それについても臭いの変化を記録した。物体Cを炭に入れたものの1週間では臭いがなくならなかった。物体Bは時間が経過すると、臭いが戻っていることを感じた。臭いを消す別の方法を考える必要があると感じた。

表1 においの変化の記録

	炭から出した物体B	炭に入れた物体C
1日目 1/13(金)	においなし	きついににおい
4日目 1/16(月)	においほぼなし	すっぱいににおい
5日目 1/17(火)	においなし	すっぱいににおい
6日目 1/18(水)	においややあり(最初のほうに牛乳)	すっぱいににおい
7日目 1/19(木)	匂いが戻ってきている	すっぱいににおい

## 5 今後の課題とまとめ

今回の実験を通して、自分たちが作成したカゼインプラスチックの活用のために一時的に炭での消臭が可能であり、着色することが出来、型があればかたどることが出来るということが分かった。しかし、制作コストの面や、根本的なにおいの解決がされていない、角ばった形状を作るのが難しいなど、実際に使うためには様々な課題が残った。食品だけでできていることから幼児のおもちゃ、簡単に制作できる点から学校教育でのエコについての体験学習としていい機会になるのではないかと考えた。形成後に消臭するのではなく、においの元を消す方法も考えていきたい。

## 謝辞

横田先生をはじめ、様々なかたちで僕たちの研究の手助けしてくださった先生方、ありがとうございました。そして、アンケートに協力してくれた生徒の皆さんも本当にありがとうございました。

## 参考文献

- ・創成化学工学実験  
<https://www.ichinoseki.ac.jp/che-site/sosei/hei27/hei27-01.html> (R5.1.19)
- ・山本陸王ほか(2021) 『カゼインプラスチックの性質の検証』 令和3年度 SSH 生徒課題研究論文集 愛媛県立宇和島東高等学校

# 油脂によるマイクロプラスチックの回収

1年4組 中村 亮太      1年1組 加藤 景士      1年1組 八十島 駿  
1年1組 志水 大悟      1年1組 岩村 進二郎  
指導者 窪地 育哉

## 1 課題設定の理由

近年問題となっている海洋マイクロプラスチック（以下 MP）の問題は、魚類養殖生産量日本一を誇る愛媛県南予地方においても、解決すべき重大な問題の一つである。伊藤らは、各種食用油に対する MP 粉末の吸着性に着目し、食用油を用いた MP 粉末除去装置『マイクロプラスチック除去装置油吸着式 [Microplastic Removal Device Oil Adsorption Type]（以下 MrDoat）を考案（図 1）し、その性能について評価を行い、水中の MP 粉末について 99%以上の除去に成功したと報告している。また、油の量を増やすことで、100%除去可能であると考察している（図 2）。我々は、油の量を増やしたり、攪拌の時間を多くしたりすることで、MP 粉末 100%除去が可能になるのではないかと考え、本研究を行った。

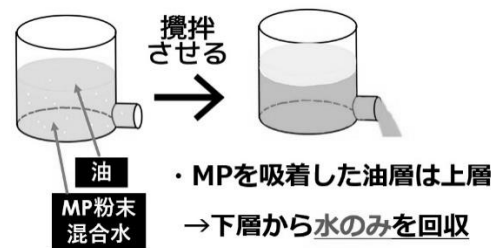


図 1 MrDoat を用いた MP 除去の模式図

## 2 仮説

- (1) 油の量を水：油＝1：2とすることで、全ての MP を除去できる。
- (2) 攪拌時間を延ばすことによってより多くの MP を回収することが出来る。
- (3) 一定の量の油を数回に分けて攪拌することによって、より多くの MP を回収することができる。

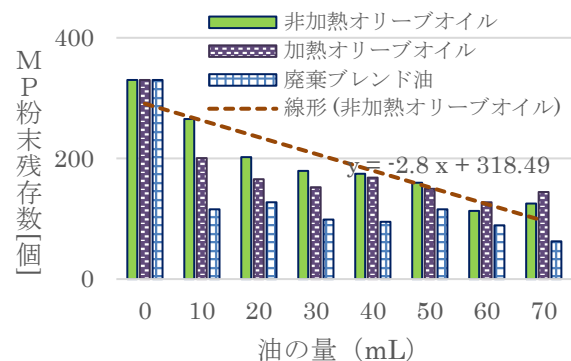


図 2 MrDoat に各油脂を用いた MP 粉末の除去状況

## 3 研究の方法

アクリル樹脂、ポリ塩化ビニル、PET の混合粉末を MP 粉末とした。マイクロプラスチック除去装置油吸着式 [Microplastic Removal Device Oil Adsorption Type（以下 MrDoat）に MP 粉末の混ざった水と油を入れ、攪拌後水を回収し、残存する MP 粉末数を、光学顕微鏡により観察、計測した。

表 1 実験条件

実験 No	水の量	MP 量	油の量と攪拌時間
(1)	250 mL	0.25 g	「120 mL・10 分間」
(2)	250 mL	0.25 g	「60 mL・10 分間」「60 mL・40 分間」
(3)	250 mL	0.25 g	「20mL・5 分間、20mL 追加・5 分間、20 mL 追加・5 分間」 「30mL・5 分間、30mL 追加・5 分間」

## 4 結果と考察

図 3 に実験 No(1)および、先行研究で得た、各油脂を用いた MP 粉末の除去状況の結果を示した。また、図 4 に実験 No(2)の結果を、図 5 に実験 No(3)の結果を示した。



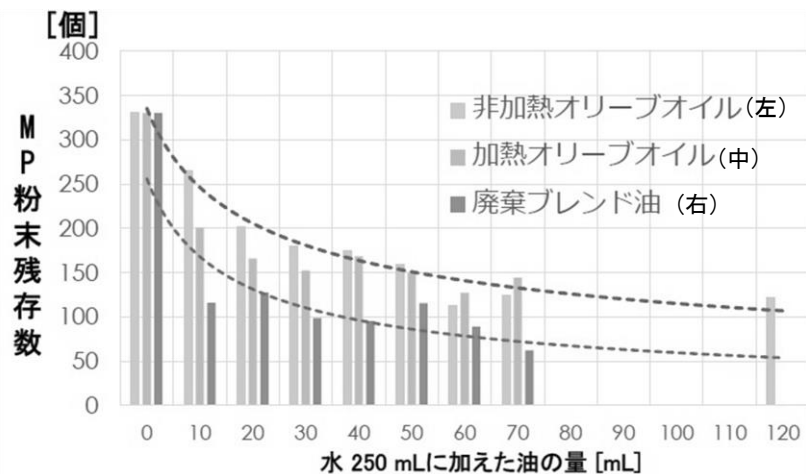


図3 MrDoatに各油脂を用いたMP粉末の除去状況

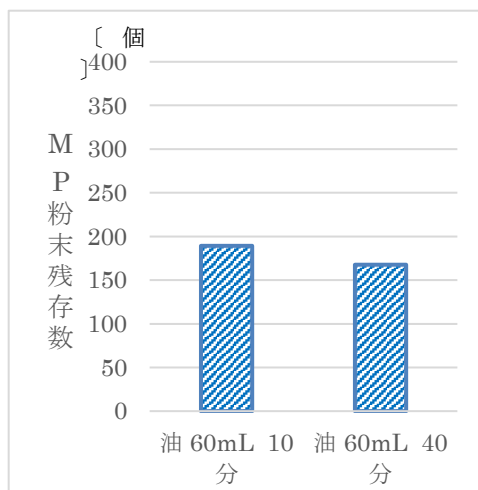


図4 攪拌時間を変えた場合のMP粉末の除去状況

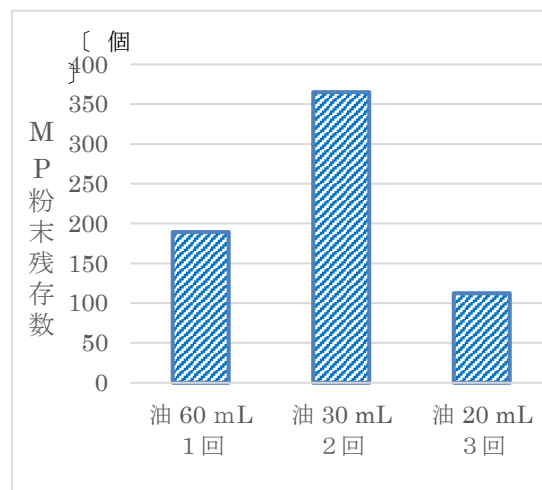


図5 油を少しずつ加えた場合のMP粉末除去状況

先行研究では、油の量を増やすことによりMP粉末残存数が0になると予想されていた(図2)が、実験結果によると、ある量以上油を加えても、除去効果は大きくならないことを示唆する結果となった(図3)。

図4では、攪拌の時間を4倍の時間にした場合、MP粉末残存数は11%の減少となった。

また、図5によると、油60mLを2回に分けて入れ、攪拌した場合のMP粉末残存数はおよそ193%、一方、油を3回に分けて入れた場合のMP粉末残存数はおよそ49%となった。

## 5 まとめと今後の課題

実験(1)~(3)により、加える油の量をある量以上多くしても、除去できるMP粉末には閾値があること、攪拌時間を多くしても除去できるMP粉末には閾値があることが示唆される結果となった。先行研究で行われた、洗剤を加えるなどの工夫により、より効果的なMP除去を目指したい。

## 参考文献

- ・伊藤ら(2021)「油脂を用いた水中のマイクロプラスチック除去～安心安全な養殖を目指して～」, 令和3年度SSH生徒課題研究論文集

# ヒオウギ貝に関する研究

1年1組 岩井 敦 1年1組 吉川 颯太 1年2組 入田 純友  
1年3組 戸田 周利 1年4組 薬師神 直人  
指導者 窪地 育哉

## 1 課題設定の理由

ヒオウギ貝 *Mimachlamys nobilis* は、二枚貝綱イタヤガイ目イタヤガイ科の一種で、食用になる貝であり愛媛県愛南町由良半島が有数の産地となっている。水温が高い静かな内湾で育つヒオウギ貝は、**図1**のように赤、黄、紫、オレンジの色の貝殻を持っている。



図1 貝殻を開いた状態のヒオウギガイ

須田ら(2020)は、ヒオウギガイを冷凍保存したのち、解凍させる過程で体から出てくる体液の色と、貝殻の色が同じであることをに着目し、その成分について、吸光度を測定し、フィトエンあるいはβカロテンではないかと推察している。

我々は、貝殻の着色のメカニズムの解明につなげたいと考え、体液について、ヒオウギガイの体のどの部分からでた液が色と関係が深いのかをつきとめることを目的として本研究を行った。

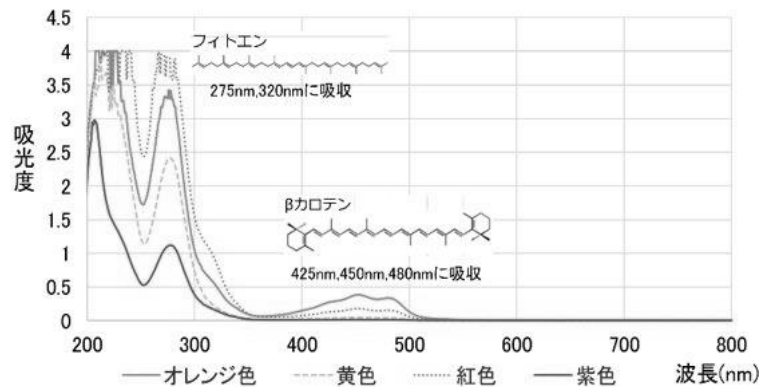


図2 ヒオウ

## 2 方法

- (1) ヒオウギガイを貝殻の色別にし、それぞれの体を解剖し、外套膜、内臓、貝柱、鰓、中腸線 (**図3**) に分けた。
- (2) 分けたものを1週間冷凍した。
- (3) 解凍し、エタノールで色素抽出を行い、遠心分離で残渣を取り除いた。
- (4) 抽出液 (**図4**) の吸収スペクトルを測定した。

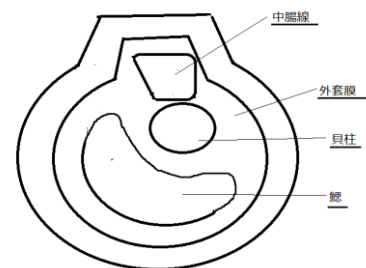


図3 ヒオウギガイの解剖模式図



図4 遠心分離機と可視紫外分光光度計  
左: LEGEND MICRO 17R 右: UV-mini1240

## 4 結果と考察

図5～8に体液の吸収スペクトルの結果を示した。

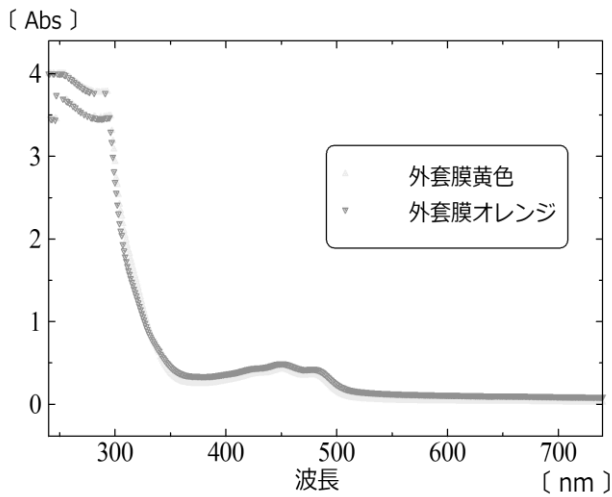


図5 外套膜体液の吸収スペクトル

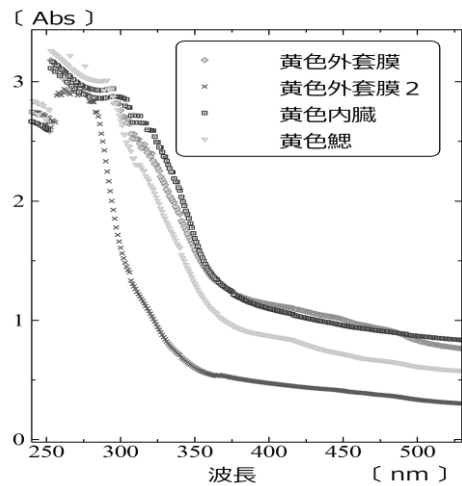


図6 黄色貝の部位別吸収スペクトル

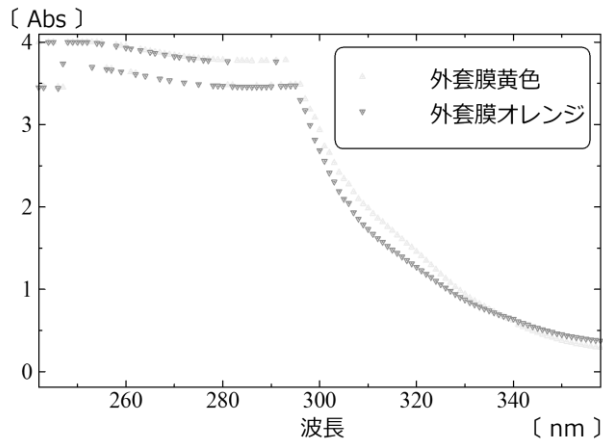


図7 外套膜体液の吸収スペクトル

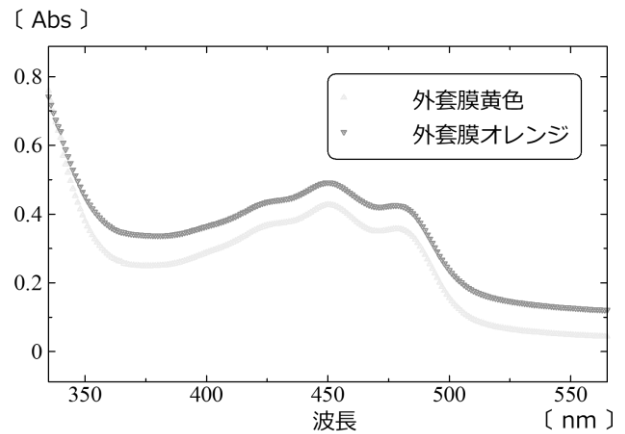


図8 外套膜体液の吸収スペクトル

図5、図7、図8において320nm付近、450nm付近に吸収ピークが表れておりこれはフィトエンおよびβカロテンによるものと考えられる。また、図6において、鰓部分から得た体液に320nm、425nm付近にピークがみられる。

## 5 今後の課題とまとめ

黄色の貝の体液について、先行研究で明らかにされた外套膜から得た体液以外の部位にもわずかに色素があることが確認された。一方で、オレンジ色、紫色の貝からは色素を確認することができなかった。カロテノイドは自然界に最も多く存在する色素であり、様々な合成機構が考えられることから、同定が非常に困難である。今後、液体クロマトグラフィ等、別の手法でも分析を行い、詳細に迫りたい。

## 参考文献

- ・”ヒオウギ貝の色の研究”

愛媛県立宇和島東高校 科学部1年 岡崎綾香 梶田怜 須田凧咲 橋本彩花

# 最適なソーラークッカーの形状と気候の関係

1年2組 橋本 健生    1年3組 西田 泰輝  
1年4組 池田虎太朗    1年4組 善家 悠太  
指導者 松岡 拓哉

## 1 課題設定の理由

災害時にはライフラインが途絶えることがあり、そのような状況下に置かれた際に利用できるような最適なソーラークッカーの形状を調べるため、また、いつ災害が発生するか予測出来ないため、季節による上昇温度の違いについても調べるために、この課題を設定した。

## 2 研究1について

### (1) 研究1の方法

段ボール、アルミホイルを使用して箱型(図1)、パネル型(図2)、パラボラ型(図3)の3種類のソーラークッカーを作成し、午後一時から2時間ほど設置し、アルミ缶の中に入れた水200mLの上昇温度を測定する。また、気温、湿度、雲量なども測定前と測定後に記録する。



図1 箱型



図2 パネル型



図3 パラボラ型

### (2) 研究1の仮説

気温が高い時期は光を一点に集めやすい構造であるパラボラ型が一番上昇温度が高く、気温が低い時期は壁に囲われて熱が逃げにくい箱型が一番上昇温度が高いと予想した。

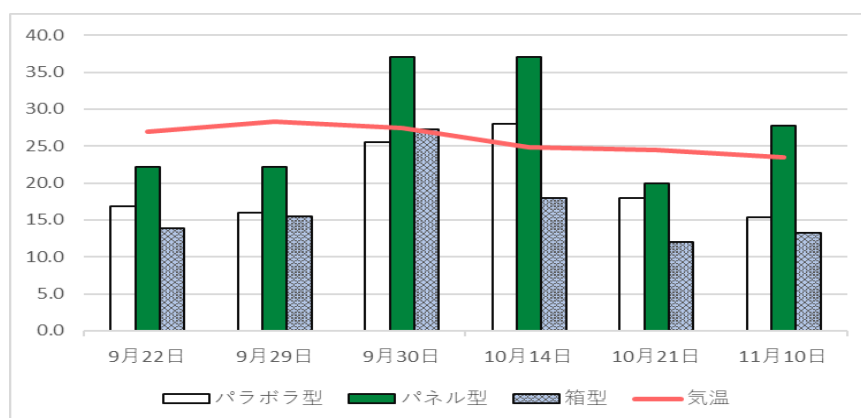


図4 研究1の結果

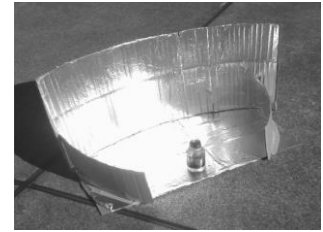
### (3) 研究1の結果と考察

- ・パネル型が最も温度上昇が大きくなった。要因としては、太陽に向かう表面積が大きく光が反射しやすいことが考えられる。また、3方を壁に覆われているため風で熱が奪われるのを防ぐことができるのではないかと。
- ・パラボラ型が次に温度上昇が大きい。これは、光が最も効率よく集まる作りであるから

だと考えられる。しかし、傘では焦点がうまく定まらず大きな温度上昇が起こらなかった。

- ・箱型が最も温度上昇が小さい。これは、日が落ちるのが早くなると、箱の前面の部分によって内部が影になったことが原因だと考えられる。

気温が下がるにつれ、どのソーラークッカーも温度上昇が小さくなったので新たに改良したソーラークッカー（**図5**）を作成し、研究2を行った。



**図5 凹面型**

### 3 研究2について

#### (1) 研究2の方法

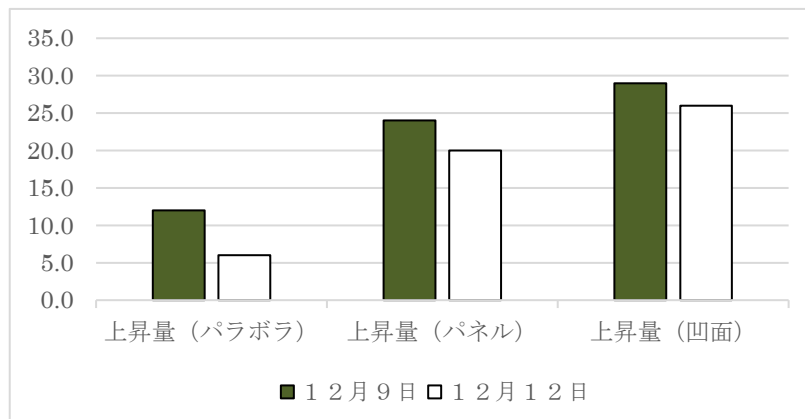
より光を集中させるためにパネル型の面を放物面に改良する。また、両面テープではなく接着剤を使用し、極力アルミホイルがしわになりにくいようにした。

#### (2) 研究2の仮説

放物面にしたことにより、光を集めやすくなり、上昇温度が大きくなると思われる。

#### (3) 研究2の結果と考察

仮説通り上昇温度は研究1よりも大きくなった。しかし、まだ上昇温度が実用できるまで大きくないので、さらなるデータを冬場以外の時期（夏場などの気温が高く日差しの強い時期）での実験を行って、冬以外ではどんな時期に実用ができるのかを研究していきたい



**図6 実験1と実験2の比較**

### 4 今後の課題とまとめ

前述の通り冬場がなどの気温が低く、晴れが少ない時期にしか実験を行うことができていないので、夏場などの気温が高く晴れが多い時期に実験を行っていきたい。また、実験1で使用したソーラークッカーについても、同様に実験を続けて、凹面型との上昇温度についても、データを取っていきたい。

### 謝辞

ソーラークッカー作成にアドバイスをしてくださった方々、ありがとうございました。

### 参考文献

- ・根津美智子;樋口千鶴;鈴木耕太.手作りソーラークッカーへの挑戦 身近な材料で作るソーラークッカー.: 日本調理科学会大会研究発表要旨集 平成 30 年度大会 (一社) 日本調理科学会.日本調理科学会,2018.p.12

# 花の匂いの効果的な抽出方法

1年1組 稲田 美優 1年1組 高平 こころ 1年2組 西川 ほのか  
1年2組 藤本 明香里 1年4組 宮本 莉緒  
指導者 林 広樹

## 1 課題設定の理由

植物はさまざまな匂い物質を作り、環境中に放出する。個々の匂い物質には、誘因効果や忌避効果、植物同士で食害の情報を匂いで伝達し、防御機構を高めるなど匂いを介した植物間コミュニケーションなど、匂い物質放出は植物の生き残り戦略の一つになっている。である。匂い物質の抽出方法は、水蒸気蒸留やアルコールでの抽出など先行文献が見つかったが、その抽出された匂い物質による匂いの強度は定量化されていなかった。一方で、I-PEX 株式会社のニオイセンサ「noseStick」(図1)では、匂い分子を検知し、これまで視認できなかった匂いを識別し、数値化することができる。筆者らは、様々な植物からアルコールにより匂い物質を抽出し、ニオイセンサ「noseStick」を使って比較することを試みた。匂い化合物による匂いの種類や強度を数値化できれば、その忌避効果や誘因効果、コミュニケーションと匂い物質との関係を明らかにできると考え、本研究を行った。



図1 noseStick

## 2 研究の方法

- (1) 実験材料：レモン、ヨモギ、ミカン、スイセン、ビオラ 各5g
- (2) (1)の抽出する植物の皮や花弁を細かくし、すり鉢で潰す。
- (3) (2)をジップロックに入れ、ウオッカを5g注ぎ、匂い物質を抽出する。



図2 レモンを抽出した様子



図3 ヨモギを抽出した様子

- (4) (3)をジッパーに封入し、1時間程度放置する。
- (5) 匂いの強度を1(弱い)から5(強い)の5段階で評価し、5人の平均を表1に示す。  
また、匂いの持続性や特徴についても5人の意見をまとめ表1に記した。
- (6) 匂いの強度をニオイセンサ「nose Stick」を用いて、計測した。

## 3 結果

- (1) 班員(5人)による抽出した匂いの評価

表1 実験材料ごとの匂いの強度等の評価

実験材料	抽出後	1日後	匂いの持続性	抽出後の特徴	1日後の特徴
レモン	4.0	3.9	あり	弱いアルコールの匂い	変化なし
ヨモギ	3.8	4.6	あり	素材の匂い	臭みが増す
ミカン	3.6	2.6	ほぼなし	清涼感がある	弱まる
スイセン	3.8	3.2	ほぼなし	マイルドな匂い	弱まる
ビオラ	2.8	2.4	あり	強いアルコールの匂い	臭みが増す

(2) ニオイセンサ「nose Stick」による匂いの強度の測定結果

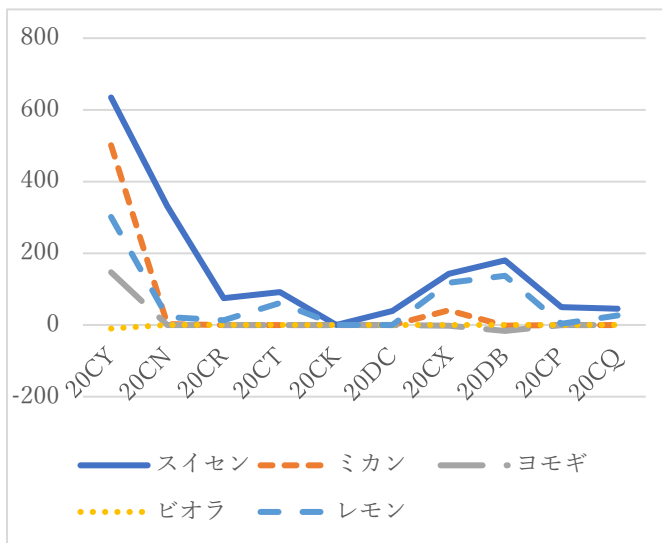


図4 植物の匂いの種類と強度の関係（抽出時）

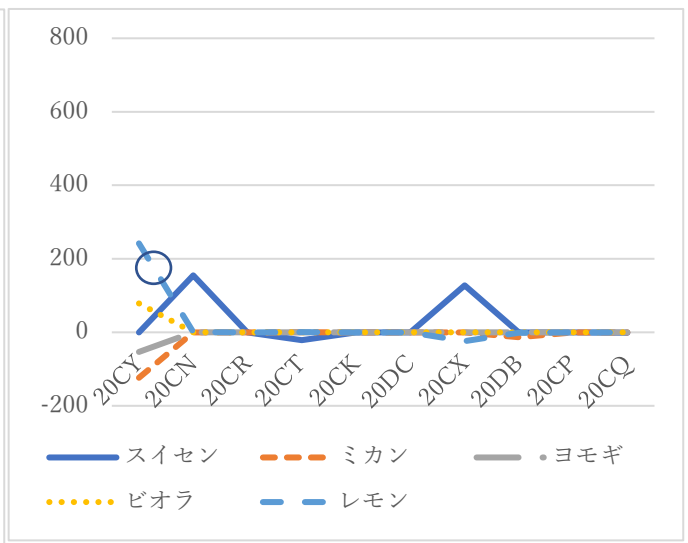


図5 植物の匂いの種類と強度の関係（1日後）

#### 4 考察

(1) 班員（5人）による抽出した匂いの評価

表1より、抽出直後の匂いの強度はレモンが強く、よく匂い化合物を抽出できた。ビオラの匂いは弱かった。レモンとヨモギ以外は1日後に、匂いの強度が弱まった。匂い化合物が気化したことが原因と考えられ、匂いを持続させる方法を検討したい。ヨモギとビオラは抽出1日後、臭みが増した。よって、素材そのものの匂いを持続させる方法を検討したい。

(2) ニオイセンサ「nose Stick」による匂いの強度の測定結果

図4、図5より、ミカンは抽出後匂いが強く出ているが、1日後では匂いが弱くなっているため持続性があまりないと考えられる。またレモンは抽出後も1日後もグラフに変化がなく比較的持続性があることがわかる。このことは、表1の班員（5人）による抽出した匂いの評価の結果と一致する。スイセンは、図4より抽出後は強く匂っているが、図5から持続性がないことがわかる。

#### 5 今後の課題

- (1) 匂い物質を抽出することはできたが、その香りを持続させることができなかった。ウオッカ（エタノール）による抽出だけでなく、水蒸気蒸留など抽出方法を変えて香りを抽出し、香りが長く持続する抽出する方法を考案したい。
- (2) 抽出された匂い物質が、実際に忌避効果や誘因効果、植物間コミュニケーションに影響するのかわかめ、匂いの強度とその影響を明らかにしていきたい。

#### 6 まとめ

- (1) ウオッカ（エタノール）で匂い物質を抽出することができる。
- (2) ニオイセンサ「noseStick」で匂いの強度を計測することができる。
- (3) レモン、ヨモギ、ビオラは持続性があり、ミカンとスイセンはあまりないと考えられる。

#### 参考文献

・「自然から匂いを抽出して、香水をつくる」 <https://gogo.wildmind.jp/feed/howto/153>

# 線虫の生態Ⅱ

1年1組 岡村 壮真 1年2組 水谷 太軌  
1年2組 薬師寺 創太 1年2組 毛利 優進  
指導者 林 広樹

## 1 課題設定の理由

線虫(図1)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。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ことを飯田ら(2022)が明らかにしている。私たちは、その追試実験を行うとともに、オンアイスで寒冷刺激を与えると、その記憶がリセットされるのではないかと考え、本実験を行うことにした。



図1 線虫の顕微鏡写真  
(4×10倍)

## 2 仮説

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温度走性を示す。しかし、オンアイスで寒冷刺激を与えると、その記憶がリセットされ、線虫が好む温度である25℃付近に対して正の温度走性を示す。

## 3 実験方法

### (1) 線虫の採集・培養

校内の日陰にあるコケを採取し、ベールマン装置(図2)で線虫を抽出した。抽出した線虫を顕微鏡で観察しながら捕まえ、NGM(*Nematode Grown Medium*)寒天培地で線虫を培養した。なお、NGM(*Nematode Grown Medium*)寒天培地には栄養源として、大腸菌を塗布した。

### (2) 温度走性の実験方法

- ① 線虫を予め15℃、20℃、25℃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、温度勾配をつけた②のシャーレに移した。(図3)
- ④ 1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区画を切り取り、その平均を求めた。

### (3) オンアイス後の温度走性

- ① 線虫を予め15℃、20℃、25℃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1時間シャーレごと保冷材の上に置き、オンアイスによる寒冷刺激を与えた。(図4) そのあと温度勾配をつけた②シャーレに移すした。
- ④ 1日後、(2)と集合状態を観察し5mm<sup>2</sup>当たりの個体数を数え、2区画の平均を求めた。



図2 簡易ベールマン



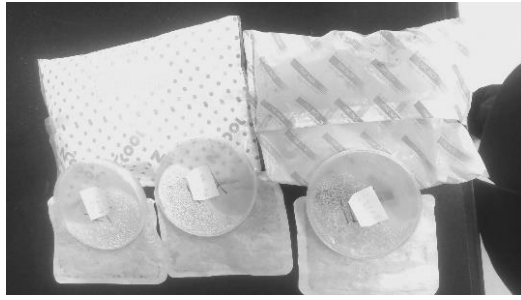


図3 濃度勾配を付けた培地



図4 オンアイスによる寒冷刺激

#### 4 結果と考察

表1 15°C、20°C、25°Cの生育適地で育てた後の線虫の温度走性の結果

生育適地での温度	温かい (約 25°C)	中間の温度 (約 20°C)	冷たい (約 15°C)
15°C	0.0	1.5	5.5
20°C	2.5	11.0	3.5
25°C	9.0	3.5	1.5

表2 15°C、20°C、25°Cの生育適地で育て、オンアイス後の線虫の温度走性の結果

生育適地での温度	温かい (約 25°C)	中間の温度 (約 20°C)	冷たい (約 15°C)
15°C	6.0	3.5	3.0
20°C	9.0	5.0	6.5
25°C	9.0	6.0	7.0

- (1) 表1より 15°C、20°C、25°Cの生育適地（栄養好条件）で育てた線虫は、それぞれの生育適地で育っていた温度へ移動している。この結果は飯田ら(2022)の先行研究と一致している。よって線虫は生育適地（栄養好条件）の温度を記憶するのではないかと考えられる。
- (2) 生育適地（栄養好条件）で、それぞれの温度で培養した後、1時間オンアイスで寒冷刺激を与えると、表2のように線虫が生育適温（20°C～25°C）の方へ移動しているため、線虫はオンアイスによって生育適地で育ってきた温度の記憶を忘れたと考えられる。

#### 5 結論

- (1) 線虫は生育適地（栄養好条件）の温度を記憶する。
- (2) オンアイスの寒冷刺激を与えると線虫が生育適温（20°C～25°C）に向かって移動することからオンアイスによって線虫の生育適地で育った温度の記憶は消去されるのではないかと考えられる。

#### 6 今後の課題

- ・ヒートショック（50°C～60°Cのタンパク質が変性しない程度の温度）などの刺激が、行動様式にどのような影響を与えるか検証する。
- ・観察された線虫の数が少なかったため、実験の精度が高いとはいえない。実験の精度を上げるため、多くの線虫を培養し、再度実験を行う。

#### 参考文献

- ・飯田航平ほか(2022)：「線虫の生態」『令和3年度SSH生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島東高等学校，93-96
- ・水久保隆之・二井一禎(2014)：亜細亜印刷株式会社『線虫学実験』

# 宇和島湾内でのカキの養殖に向けて

1年1組 中山 大耀 1年2組 宇都宮 功  
 1年4組 片岡 澄夏 1年4組 兵頭 凜和  
 指導者 中尾 力広

## 1 課題設定の理由

- (1) 現在、カキの養殖は、宇和島湾外で盛んに行われている。水質や天候等とカキの生息域との関係をより深く知ることで、ブリなどと同様に宇和島湾内でも盛んにカキを養殖できるようになり、地域貢献できると考えた。
- (2) 昨年度の先行研究より学校の近くにある辰野川の市役所側と土管(宇和島東)側でカキの数に大きな差があったため、水の成分にどのような差があるか検証してみたかったから。

## 2 仮説

昨年度の先行研究(RSI)では、物質が多い方にカキが多く生息していると予想したが、結果は、リン酸値の少ない側にカキが多く存在していた。また、藻の生息域は、リン酸値が高いなどの特定の物質が影響しており、カキの生息域に影響を与えるとの報告がある。リン酸以外のBOD他の物質もカキの生息域に影響している。



図1 辰野川河口付近の地図

## 3 調査方法

- (1) 先行研究確認調査  
 ⇒ 辰野川(図1・2)に行き、市役所側と宇和島東側それぞれでパックテストを実施する。
- (2) 天気・気温・干潮満潮時刻等を記録する。
- (3) 先行研究の水質調査セット(パックテスト)の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>の5つにBODを加えて調査する。



図2 辰野川河口

表1 辰野川のパックテスト調査結果

## 4 結果1(辰野川)

- (1) COD値の変化が、市役所側と土管側との二つの場所で3~8の間で一定の値を取らない(表1)。
- (2) 台風・大雨の翌日のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>値は1.0を越える(表1)。
- (3) 天気や時期(季節)によって物質の数値が増減している。

市役所側	日付	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	COD	BOD	水温	気温	天気
	6月16日	6.5	0.50	0.02	1.00	1.00	8		27	24	*
	7月14日	7.0	0.10	0.01	0.30	0.15	5		27	26	*
	9月8日	5.0	0.60	0.03	0.50	0.05	7	30	29	30	*
	9月15日	6.0	0.40	0.08	1.00	0.20	8	18	28	28	*
	9月22日	5.0	0.10	0.01	1.00	0.05	3	15	21	27	☉
	9月29日	6.0	0.50	0.01	0.20	0.02	8	20	25	27	*
	10月13日	6.0	0.40	0.03	0.30	0.02	3	10	22	26	*
	10月20日	6.0	0.20	0.02	0.20	0.50	4	20	20	22	*
	11月10日	6.0	0.10	0.02	0.20	0.20	4	10	20	22	*
	11月17日	5.0	0.10	0.02	0.20	0.10	3	10	20	17	*
	12月1日	6.0	0.10	0.05	1.00	0.00	0	15	17	12	☉

宇東側	日付	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	COD	BOD	水温	気温	天気
	9月8日	6.0	0.20	0.02	0.40	0.05	7	15	28	30	*
	9月15日	6.0	0.30	0.03	0.50	0.03	8	60	28	28	*
	9月22日	6.0	0.20	0.01	1.50	0.10	6	20	22	27	☉
	9月29日	6.0	0.40	0.01	0.20	0.02	4	20	25	27	*
	10月13日	6.0	0.40	0.03	0.30	0.04	3	20	22	26	*
	10月20日	6.0	0.20	0.05	0.20	0.20	4	20	19	22	*
	11月10日	6.0	0.05	0.02	0.20	0.10	4	10	21	22	*
	11月17日	6.0	0.50	0.05	0.20	0.05	2	20	20	17	*
	12月1日	6.0	0.10	0.05	1.00	0.10	0	15	17	12	☉

## 6 考察1

辰野川河口付近は年間を通じて水質の変動が大きい。変動が大きい市役所側には、カキが少ない(図3)。

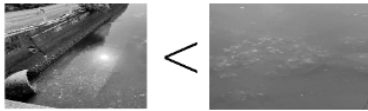
## 7 結果2(神田川)

図4に示すようにBOD、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>ともに、神田川の値が高い。表2の枠で示したところは、辰野川よりも値が高い。

### 二つの川の比較

BODの比較 → 辰野川<神田川

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の比較 → 辰野川<神田川



辰野川の方がカキの数が多い。

カキは、汚れた水質を好まない。

図4 辰野川と神田川の比較

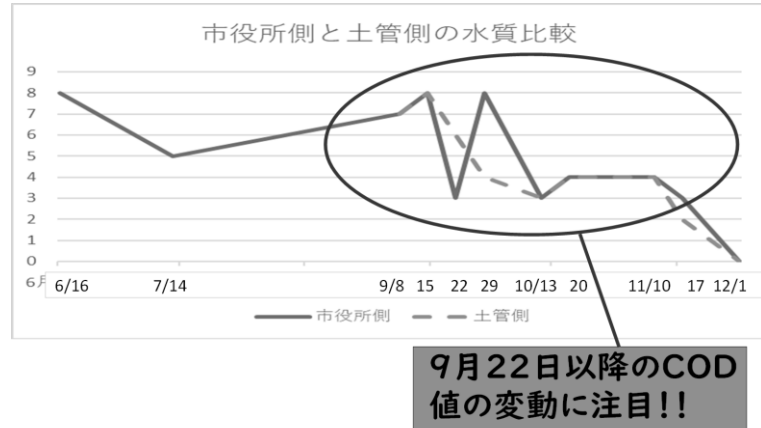


図3 辰野川のパックテストの調査結果のまとめ

表2 神田川のパックテスト調査結果

はるや側	日付	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	COD	BOD	水温	気温	天気
	11月10日	7.0	1.00	0.40	1.00	0.50	2	20	20	22	☀
	11月17日	6.0	0.20	0.10	0.50	0.20	4	10	21	17	☀
	12月1日	6.0	0.30	0.10	2.00	0.10	3	30	14	12	☁

宇南	日付	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	COD	BOD	水温	気温	天気
	11月10日	7.0	0.20	0.02	0.10	0.10	4	20	24	22	☀
	11月17日	6.0	1.00	0.50	1.00	0.70	4	10	19	17	☀
	12月1日	6	0.20	0.05	1.00	0.10	4	30	16	12	☁

## 8 考察2

- (1) 水質は、天気によっても影響を受ける(表1)。
- (2) 水質の良い辰野川は神田川よりカキが多い。カキは良質の水を好む(図4)(表2)。
- (3) カキは水質が安定している場所を好む。物質の大きな変動は、カキの量に負の影響を与えている。人の多い湾の内側は汚れやすく変動が大きい。蔦淵のような外洋に近い場所の水質は安定しており、カキの養殖に適していると思われる。蔦淵での水質調査が必要である。

## 9 今後の課題

- (1) 海水に含まれるどの物質がカキの量に影響を与えるか調査する。
- (2) 季節や天候の影響を調査する。(春夏秋冬+台風の前)
- (3) 辰野川の両サイドで、カキの数が違うのは水流の影響も考えられる。  
⇒流速を測定する。

## 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のセンター長 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

- ・カキの生息条件(令和2年度宇和島東高等学校(R S I))
- ・神田川の水質と生物(令和2年度宇和島東高校 SSH 生徒課題研究) ・グーグルマップ
- ・石塚正秀、寺本健士、紺野雅代、井伊博行、平田健正ら水工学論文集第49巻 2005年「紀ノ川下流の淡水域・汽水域における冬季から夏季の栄養塩・植物プランクトンの現地調査」

# 住宅地の河川に生息する生物

～水生生物たちが好む場所～

1年1組 和賀山翔 1年3組 岡村 悠大 1年3組 末光 弘武  
1年3組 山本 怜 1年4組 小川 健太 1年4組 中西 玲雄  
指導者 中尾 力広

## 1 課題設定の理由

- (1) 住宅地沿いの神田川がきれいなのか、生物と水質の面から調査をして確かめ、水質環境の維持に寄与したいと考えた。
- (2) 水生生物が川のどの場所を好むのか分かれば、同じ河川でも汚れている場所とそうでない場所の区別ができる。汚れた場所が分かれば、そこを清掃することで河川の水質維持が容易となると考え主題を設定した。



図1 神田川付近の地図

## 2 仮説

- (1) 生活排水が流れ込んでいる位置から遠い場所の方が水質は良好である。
- (2) 水生生物のカゲロウ類を指標生物とし、生息地を調べることによって、河川の水質や生物とその周辺の住宅地との関連性が分かる。

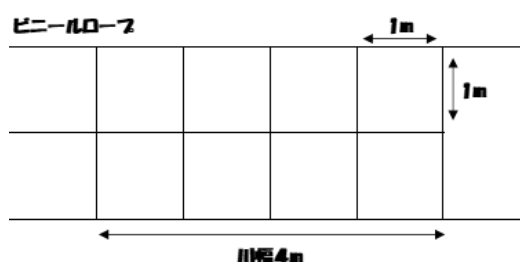


図2 方形枠法

## 3 調査方法

- (1) 調査地点は、神田川（図1）の特に住宅地が立ち並ぶ付近とし、流域のCOD値等のパックテスト(COD、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ の5つを調査する。  
※CODは水の汚れを表す度合いである。
- (2) 通常、植物の調査法に用いる方形枠法（図2）を用いて、環境省が示すきれいな水を好むカゲロウ類（ヒラタカゲロウをターゲットとする）の調査を試みる。  
方形枠は太めのロープをビニールテープでつなぎ合わせて作成した。調査中に他の枠に逃げ込む確率を下げるため、調査は班員全員で一気に行った。（図3）



図3 一斉調査

## 4 結果

- (1) CODが7月下旬から低下し、 $\text{NO}_3^-$ が冬場に上昇していることが分かった。（図4）
- (2) 方形枠法による調査カゲロウ類をターゲットとして調査した結果（図5）から、カゲロウ類は流速の速い排水溝から遠い川の真ん中あたりに多く生息していることが分かった。
- (3) 道路工事などを行っている場所では、値が高いことも調査からわかった。

## 5 考察

- (1) COD値の変動は、排水が出されたりすること含め人為的な要因が考えられる。
- (2) ヒラタカゲロウ等の幼虫が、10月上旬頃に容易に発見されていた理由としては、夏に発

生したカゲロウ類の生殖期間が夏場から10月頃までであるためと考えられる。しかし、ヒラタカゲロウ等の幼虫は、11月中旬頃からは全く見つからなくなった。季節による水温の低下や水質悪化によるNO<sub>3</sub><sup>-</sup>値の上昇などの理由で、私たちの調査地点ではない場所に移動した可能性がある。

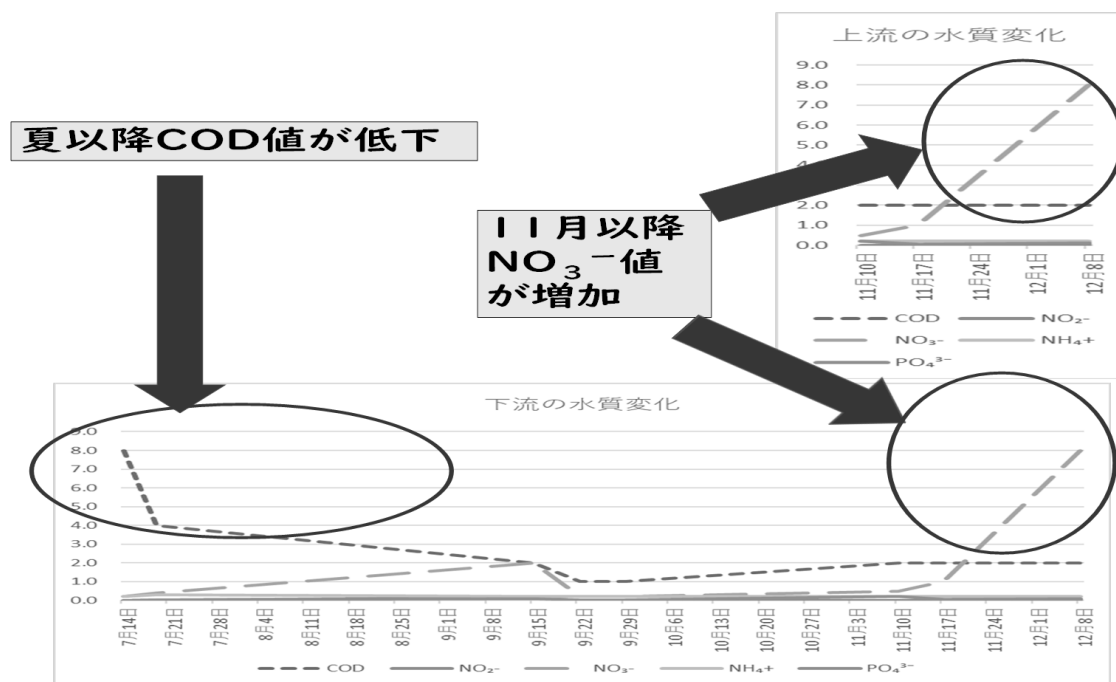


図4 時期による水質変化

(3) 10月までは、CODの値が回数を重ねるごとに低下し、ヒラタカゲロウの幼虫の個体数が増えた。また方形枠法による調査から、ヒラタカゲロウの幼虫は、流速が速く新鮮な水が流れ込む川の真ん中あたりに多い結果となった。

これは、カゲロウ類には自分好みの水質(きれいな水)が存在するという結果であり、仮説は検証された。神田川においては、川の中央付近の流速が速くパックテストにおいても核物質の値が低い場所である。

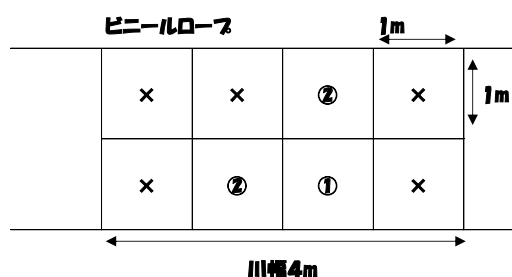


図5 方形枠法

## 6 今後の課題

- (1) 冬場でも生息している生物を継続的に調査する。
- (2) 気温や流速と水質との関係を調査する。
- (3) 下流だけでなく上流のデータ蓄積。

## 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の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示します。

## 参考文献

- ・カキの生息条件(令和2年度宇和島東高等学校(RSI))
- ・神田川の水質と生物(令和2年度宇和島東高校 SSH 生徒課題研究) ・グーグルマップ

# ビオトープをキレイにしたい！～鉄炭団子を使って～

1年2組 大森野々花    1年3組 芝 千夏    1年3組 松浦 乙葉  
1年4組 都川紗也佳    1年4組 和家 椿  
指導者 清川 彩

## 1 課題設定の理由

宇和島東高校のビオトープがヘドロで汚染されている（**図1**）。先輩が行った、鉄炭団子による有害プランクトン増殖抑制<sup>[1]</sup>という内容の実験からヒントを得て、鉄炭団子がビオトープの水質改善に使えないかと考えた。鉄炭団子とは、使用済みカイロの中身（鉄粉と活性炭が密着して固まった状態）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で、ヘドロを分解することが分かっている。鉄炭団子を用いてビオトープの水を、透き通った水にすることを目指しこの課題を設定した。

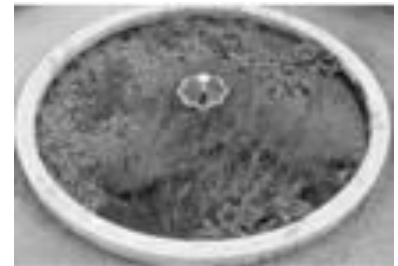


図1 校内のビオトープ

## 2 仮説

鉄炭団子の使用により、水質が改善され、ヘドロが減少して悪臭の緩和にもつながる。

## 3 実験・研究の方法（実験1）

水槽を4つ用意し、それぞれにビオトープ水とヘドロを入れた。鉄炭団子の投入個数を、0個、1個、2個、3個とした。実験前の水と、鉄炭団子を入れて2週間置いたものの水質をパックテストを使って調査して比較した。

## 4 結果と考察（実験1）

パックテストの結果は**図2**の通りである。鉄炭団子を入れた水槽の水質は、CODが一般の川で「きれい」とされる基準よりも低い値であった。鉄炭団子の投入により、リン酸や無機窒素化合物の量が増加している。ビオトープのヘドロは、植物やプランクトンの死骸が主成分であると考えられ、これらに由来する有機物の分解が、鉄炭団子の投入によって促進されているのではないだろうか。また、鉄炭団子を3個に増やすほど、効果が見られたが、水槽の水は6L程度であるので、ビオトープへの投入個数はかなり多く必要になる可能性がある。

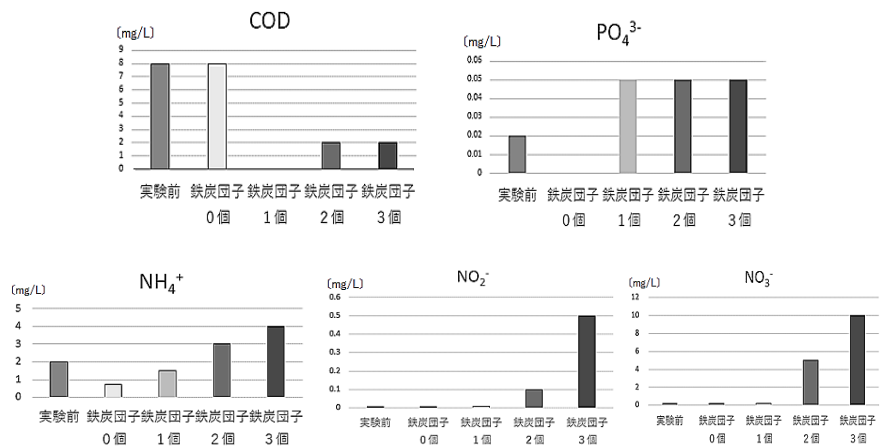


図2 団子投入後の水質

ヘドロの量について、目視で確認できる変化は無かったが、鉄炭団子を入れた水槽の水が、赤茶色に変わった。また、ヘドロの減少が見られなかったことから、臭気の改善は感じられなかった。

## 5 実験・研究の方法（実験2）

実験1において、水が赤くなる原因を調査した。水槽の濁りは鉄炭団子の成分によるものであると考え、ビオトープの水を入れたビーカーに、鉄炭団子の成分を投入して変化を見た。水のみ、水にカイロの中身を加えたもの、水にクエン酸一水和物を加えたもの、カイロの中身とクエン酸一水和物を加えたもの、の4つを用意した。

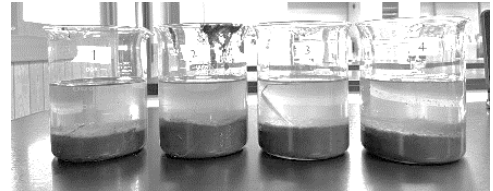


図3 水の赤変の原因調査

## 6 結果（実験2）

どのビーカーも、水は赤くならなかった。このことから、団子に用いたデンプンのりが、赤変の原因かと考えた。しかし、調査する中で、赤変の後、一月ほどでまた透き通った水になる、という話もあった。そのため、さらにビーカーを放置したが、水がすべて蒸発してしまい、変化を観察することができなかった。パックテストによる各ビーカーの水質調査結果は、表1の通りである。

表1 団子成分による水質の変化

	水のみ	水 +カイロ	水 +クエン酸一水和物	水 +カイロ +クエン酸一水和物
COD	8	4	6	6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.2	1	/	/
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2

## 7 まとめと今後の課題

鉄炭団子によるCODの減少効果が見られたが、本校のビオトープの一番の問題は、普段、水の流れがないことである。参考文献では、すべて、水の流れがある環境での鉄炭団子の使用であった。「ヘドロを減らす」ことから、水が流れない環境で「ヘドロの発生を抑える」という考えに変えて対策を練る方が良いと考えた。コーヒー粕など、ヘドロの発生に効果があるとされる物質の使用も試みたい。

## 参考文献

- [1] 「宇和島湾における鉄炭団子使用の検討」石崎杏香，潮田有紀，松井雪花，山口明里，橋本彩花 2021 愛媛県立宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集
- [2] 梅田川水質パトロール隊報告書  
<https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/400195.pdf>

# 貝殻を用いた農業排水による四万十川濁水の改善

1年1組 小松 凌大 1年2組 薬師寺晃久 中井 千聖

1年3組 薬師神杏美 村田 萌桃 1年4組 水野 陽向

指導者 高橋 寛

## 1 研究の背景

宇和島市三間町は「寒暖差が激しい気候と、粘土質の多い土壌に恵まれている」<sup>[1]</sup>ことから、米どころとして有名である。地域のブランド米である「三間米」を作る水田の水は、代掻きなどで粒の細かい泥（粘土鉱物）が巻き上がり、濁った状態となる。その濁水は農業排水として三間川を通じて本流である清流四万十川まで流れ、清流としての景観を損ねることが近年問題視されている（図1）<sup>[2]</sup>。愛媛県や宇和島市など四万十川流域の周辺自治体や四万十環境財団は、その対策として滋賀県の事例<sup>[3]</sup>を参考にしながら、浅水代掻きを実施したりセッコウ資材を水田に散布したりする<sup>[4]</sup>ことで、濁水を低減するための実証試験を進めている。



図1 三間川と広見川の合流地点

引用元：清流通信四万十川物語<sup>[2]</sup>

また宇和島東高校では、水産業で有名な宇和島ならではの廃棄物であるさまざまな種類の貝殻の活用に向けた研究を行ってきた<sup>[5]</sup>。濁水対策として散布されるセッコウ資材の成分は硫酸カルシウム(CaSO<sub>4</sub>)であり、カルシウムイオンを多く含むという点で貝殻と類似点がある。そこで私たちは、この四万十川の濁水問題の解決に貝殻を活用できるのではないかと考え、研究を行うことにした。

県や市・滋賀県の事例では、炭酸カルシウムをはじめとしたさまざまなカルシウム資材を比較検討しており、その中でもセッコウが有効であるとされている。しかし、酢酸カルシウムやクエン酸カルシウムを資材として用いた事例は報告されていなかった。本研究では、貝殻を酢酸やクエン酸と反応させて得られた資材を濁水対策に活用できないかと考えた。

## 2 仮説

貝殻と酢酸、クエン酸を反応して得られた酢酸カルシウム・クエン酸カルシウムが三間町の農業排水による四万十川の濁水対策として、凝析効果を示す。

## 3 研究の方法

### (1) 資材の調整

実験には、真珠養殖の過程で廃棄されるアコヤ貝を用いた。まず、アコヤ貝を粉碎した。貝殻には炭酸カルシウムとタンパク質であるコンキオリンが含まれるため、タンパク質の影響をできるだけ排除することを考え、電気炉を用いて900℃で2時間焼成した。得られた酸化カルシウムに対して、氷酢酸（純正化学）およびクエン酸（太陽製薬）をそれぞれ量論比となる割合で混合し、貝殻由来の酢酸カルシウムとクエン酸カルシウムを得た。

また、比較試料として販売されている薬品の硫酸カルシウム（林純薬工業）、酢酸カルシウム（ナカライテスク）を使用した。

### (2) 濁水の沈降実験

沈降実験には、自治体が濁水低減の実証試験を行っている地域である三間町迫目の土壌を用いた。この土壌22.5gに加えて、以下の表1のように資材を0.3gずつ500mLのペットボトルに投入した。この割合は滋賀県の事例を参考にしたもので、代掻き時の水深を10cmとしたとき、水田10a当たり100kgを散布する量である。

表1 濁水の沈降実験に利用した資材

番号	試料1	試料2	試料3	試料4	試料5	試料6	試料7
略称	水のみ	貝+クエン酸	貝+酢酸	セッコウ	酢酸Ca	焼成貝殻	粉碎貝殻
詳細	資材添加なし	クエン酸Ca (貝殻由来)	酢酸Ca (貝殻由来)	硫酸カルシウム(試薬)	酢酸カルシウム(試薬)	焼成した貝殻	粉碎した貝殻

続いて各ペットボトルに純水を300mL投入し、1分間激しく振とうした後静置した。静置したペットボトルについて、濁水の様子を目視で経過観察した。また、静置してから24時



間経過した後の上澄み液について、吸光度計（島津、UV-mini1240）を用いて吸光度を評価することで濁水の程度を数値化した。ただし、装置の都合上すべての波長における吸光度を評価できなかったため、光の三原色である赤(700nm)、緑(546nm)、青(436nm)における吸光度で比較した。

#### 4 結果と考察

図2は沈降実験における静置から24時間後の写真である。24時間静置後の状態を比較すると、試料1（水のみ）は茶色に濁った状態が続いていた。ブランクと同様に濁った状態だったのは、試料2のクエン酸カルシウム（貝殻由来）と試料7の粉碎した貝殻である。試料3～6については、いずれもペットボトルの反対側が透けて見えるほど濁度が抑えられていた。以上のように、目視でも明らかに濁水を低減する効果の有無を確認できた。参考までに、沈降実験開始後10分ほどで沈降状態に差があることが見てとれた。

続いて、吸光度計による吸光度の比較を行った。図3は、純水の透過した光の量に対する赤色（700nm）における各サンプルの透過率を100%から引くことで求めた吸光度をグラフにしたもので、値が高いほど濁度が高いことを表す。目視で効果のあった試料3～6については、赤だけでなく緑・青の波長についても試料1（水のみ）に対して濁度を抑えることができていた。また、試料3と試料5の酢酸カルシウム（貝殻由来、試薬）はどちらも、既存資材であるセッコウよりもやや吸光度が低く抑えられていることから、凝析効果が大きい可能性がある。

以上のように、仮説の通り貝殻を利用した酢酸カルシウムに既存資材であるセッコウと同等以上の濁水低減効果があることが明らかになった。しかし、同様に効果があると仮説を立てていたクエン酸カルシウムは凝析効果があまり見られなかった。クエン酸はその構造にカルボキシ基を3つ含むことから、水中でカルシウムイオンに対するキレート効果（挟み込むような形）を示す。このキレート効果によりカルシウムイオンがクエン酸に捕捉されてしまい、コロイドを凝析させにくくなっていると考察した。

#### 5 まとめと今後の課題

貝殻と酢酸を用いて合成した酢酸カルシウムが、既存資材であるセッコウと同等以上の粘土鉱物によるコロイドを凝析させる効果を持ち、三間町の水田における地域課題である濁水を低減させることができると明らかになった。しかし、貝殻とクエン酸から合成したクエン酸カルシウムは、凝析効果を示さなかった。これは、凝析を起こすカルシウムイオンがクエン酸イオンのキレート作用により捕捉されてしまい、効果を発揮できなかったためと考えられる。

今後の課題は二つある。一つは、本実験ではタンパク質の影響を排除するため焼成した貝殻を用いていたが、実用性を考えると貝殻を焼成せず利用する必要がある。従って、貝殻と酢酸を直接反応させた資材を用いても同様の効果があることを検証する必要がある。

課題の二つ目は、酢酸カルシウムが稲の成長にどのような影響を与えるかを調べることである。既存資材であるセッコウは稲の収量にさほど影響を与えないことが分かっているため、酢酸カルシウムの効果を評価する必要がある。以上の二点を解消し、既存のセッコウ資材の代替品として提案したい。

#### 参考文献

- [1] ふるさとうわじま newsletter★vol.24、宇和島市、令和2年11月26日
- [2] 清流通信四万十川物語 Vol.285、公益財団法人四万十川財団、2020年7月27日
- [3] 横田仁子、大森誉紀、「土壌診断に基づいた土壌改良材の施用による田面水の清水化と水稻の収量性」、愛媛県農林水産研究所企画環境部・農業研究部研究報告(2011)、3号、p1-6
- [4] 赤江剛夫、セッコウによる代かき濁水浄化、*Inorganic Materials*, Vol.1, No.252 (1994)
- [5] 石山春菜、二宮紗弥、東野乃、「カキ殻粉末を用いた水質浄化—赤潮の未然防止に向けて—」、平成28年度愛媛県立宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集



図2 濁水の沈降実験 24時間静置後

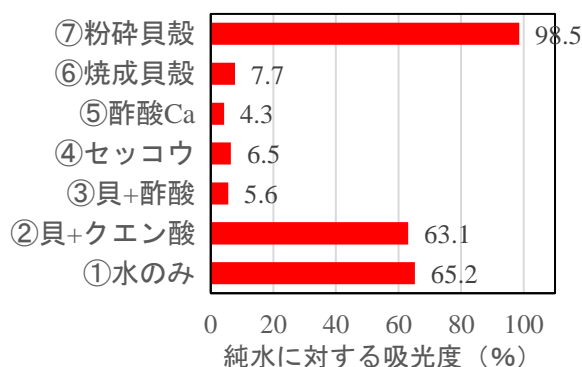


図3 赤色(700nm)における吸光度

# ヒオウギガイの麻酔濃度と作用発現時間の関係

1年4組 清水 遥 1年4組 大石 侑奈  
1年2組 尾崎 翔 1年2組 四宮 向陽  
指導者 浦辻 規幸

## 1 動機及び目的

愛南町のヒオウギガイの身は旨みが「凝縮され」<sup>[1]</sup>ており、「ホタテ貝に比べ、甘みがある」<sup>[1]</sup>。愛南町では「2002年(平成14年)頃から販売」<sup>[2]</sup>を目的とし、養殖を行ってきた。またヒオウギガイの貝殻もその色を生かし活用されている(図1)。本研究では貝殻の色に注目して、愛媛県南予の観光産業を活性化へ繋げたい。



図1 シーボンアート

貝殻を形成する外套膜において、色素であるフィトエンと  $\beta$ カロテンが分泌し<sup>[3]</sup>、アントシアニンが含まれていることが示唆

されている<sup>[4]</sup>。本研究は、外套膜の移植によりヒオウギガイの貝殻の色を変えることを目的とした三段階の計画の一段階目である。一段階目では移植に必要であるヒオウギガイにおける麻酔の最適な濃度や時間を決定する。二段階目では、移植に関する免疫寛容についてヒオウギガイにおける方法を研究する。最終となる三段階目では貝殻を生成する外套膜を移植することで、実際にヒオウギガイの貝殻の色を途中から部分的に変化させることを目的とし研究を行う。これによりヒオウギガイの貝殻に模様をつけることで、愛媛県南予の観光資源としたい。

## 2 仮説

藤岡<sup>[5]</sup>によると、アコヤガイにおいては、「その濃度や水温が高くなるに従って大」であり、「硫酸マグネシウムの10%溶液で麻酔したアコヤガイに真珠挿核施術した場合の死貝数や脱核数は無処理の場合とほとんど同様」とある。このことから、同じ二枚貝であるヒオウギガイにおいても硫酸マグネシウムの10%溶液により麻酔の効果があると仮説を立て、研究を行う。

## 3 方法

ヒオウギガイに対する最適な麻酔濃度について、麻酔の作用発現時間の観点から検討する。

### (1) 試料

- ・ヒオウギガイ(平均9cmの個体を10個)
- ・硫酸マグネシウム七水和物(松葉薬品 硫酸マグネシウム500g(食品添加物))(図2)
- ・海水(赤松遊園地(北緯33.24, 東経132.53)にて採取)(図2)

### (2) 器具

- ・電子天秤(高精度・コンパクトスケール HT-120)
- ・薬包紙 ・薬さじ ・ガラス棒 ・ストップウォッチ ・1000ml ビーカー

### (3) 麻酔液について

海水に硫酸マグネシウムを溶かし麻酔液を作成する。濃度は対照実験を行うため、濃度は5.0%刻みで5.0%~25%とした。



図2 海水と試薬



図3 麻酔液中の個体

### (4) 作用発現時間について

本研究では麻酔の作用発現時間を比較

する。1000mL ビーカーに入れた 600mL の麻酔液に浸けたヒオウギガイ（図 3）に対し、1 分ごとに外套膜を先の丸いガラス棒で外套膜を刺激（図 4）し、反応を確認する。反応がなかった場合までの時間を作用発現時間とする。なお、麻酔液の温度は 25℃とした。



図 4 刺激の方法

#### 4 結果・考察

表 1 に結果を示す。個体 B と個体 G は麻酔液に浸けたあと 10 分間経過しても貝殻が完全に閉じていた。そのため反応なしとした。また麻酔液から引き揚げた後、海水中で静置した際、外套膜が見えるほど貝殻が開いていた。

##### (1) 個体 B について

個体 B について海水から麻酔液のビーカーへ移す際の衝撃による防御反応で、麻酔液を取り込まず、麻酔液が十分に作用しなかったため、反応がなかったと考えられる。

##### (2) 個体 A と個体 I について

個体 A と個体 I を比較すると、麻酔液の濃度が大きいと作用発現時間が短くなるということが考えられる。

##### (3) 個体 F・H・J と個体 G について

同じ濃度の個体と比較すると作用発現時間が長くなっている。また個体 G は反応をしていない。これは麻酔液の濃度が大きいため、麻酔液を異物として認識した防御反応が原因で十分に麻酔液を取り込まれなかったことが原因だと考えられる。

##### (4) 個体 C・D・E について

いずれの個体も作用時間が短く、異物として認識されず、麻酔としても十分な濃度であると考えられ、ばらつきのない 10% が最も適していると考えられる。

表 1 個体と濃度による作用発現時間

個体	濃度 [%]	作用発現時間 [分]
A	5.0	14.0
B	5.0	—
C	10	6.0
D	10	5.0
E	15	5.0
F	15	10.0
G	20	—
H	20	12.0
I	25	1.0
J	25	8.0

#### 5 まとめと今後の展開

硫酸マグネシウムの 10% 溶液がヒオウギガイの麻酔液として最も適しているということが分かった。今後は外套膜の移植に向けて、ヒオウギガイの免疫寛容について研究を行い、安定した移植方法の確立を行いたい。

#### 参考文献

- [1] 愛南町公式ホームページ / 由良のヒオウギ  
<https://www.town.ainan.ehime.jp/kanko/sightseeing/taberu/hiougi.html>
- [2] 愛南町公式ホームページ / 愛南町産緋扇貝（ヒオウギ貝）について公表します  
<https://www.town.ainan.ehime.jp/kurashi/business/suisangyoko/suisanshinko/hiougi.html>
- [3] 池田 捺実, 井上ひかり, 井上 南歩, 中川 亜美, 「ヒオウギ貝の色の研究」, 平成 29 年愛媛県立宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集, , 41-42
- [4] 竹田 ありす, 長瀧 仁美, 中村 優芽, 池田 捺実, 中川 桜, 「ヒオウギ貝の色の研究 2018」, 平成 30 年愛媛県立宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集
- [5] 藤岡 城, 「アコヤガイの麻酔による真珠挿核施術について」, 水産増殖 1964 ; 12(2) : 89-94  
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1390282679697957760>

# ブラッドオレンジ中のアントシアニンの紫外線吸収効果

1年1組 江里 文花 1年1組 金子 月姫 1年1組 西田 奈央  
1年1組 兵頭 倖 1年1組 松本 智香 1年4組 山本 帆湊  
指導者 山本 鷹裕

## 1 課題設定の理由

愛媛県は温暖な風土の恩恵を受け、柑橘類の栽培が盛んであり、最近では様々な品種が開発されている。南光（2021）によると、ナスやサツマイモのアントシアニンを抽出し、日焼け止めに混ぜることで、日焼け止めの効果を向上させられるということが分かっている。そこで、私たちは、愛媛県で豊富に栽培されており、アントシアニンを豊富に含む柑橘類の一つであるブラッドオレンジに目をつけ、ブラッドオレンジに含まれるアントシアニンの紫外線吸収効果について調べることにした。この実験を行い、ブラッドオレンジに含まれるアントシアニンの紫外線吸収効果を証明することができれば、日焼け止めなどへの使用など、ブラッドオレンジの商品価値を高めることにつながり、日本初の生産地となった宇和島のブラッドオレンジを全国にアピールすることができるのではないかと考え本研究課題を設定した。

## 2 仮説

南光（2021）により、サツマイモ、ナスのアントシアニンが紫外線吸収効果を持つことがわかっている。よって、ブラッドオレンジのアントシアニンも同様に紫外線吸収効果を持つと考えられる。

## 3 研究の方法

- (1) すり潰したブラッドオレンジの果肉 1 g と 1 % の塩酸メタノール 8ml (1:33, v/v) を試験管に入れる。
- (2) 攪拌し、30 分間超音波処理をする（15 分経過時に一度攪拌する）。
- (3) 48 時間 18°C で保存する。
- (4) 遠心分離 (3500rpm 45 分) にかけて、上清みを回収した。
- (5) 50ml の水道水と 2.5g のとろみ剤粉末（アサヒグループ食品会社：とろみエール）で調整したとろみ剤に抽出したアントシアニン抽出液（**図 1**）5ml を混ぜた。
- (6) クリアファイルに(5)と同様に調整し、アントシアニンを混ぜていないとろみ剤を半分ずつ塗り、ラップをかぶせる。
- (7) クリアファイルに紙を挟み、ブラックライト（紫外線照射強度  $13\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）を照射した（**図 2**）。
- (8) 24 時間ごとに紙を撮影し、ペイントソフトを用いて RGB 値を数値化した。なお、写真撮影時は、撮影環境が同一になるように、内側を黒く塗った段ボールに入れ、光源は一点とした。

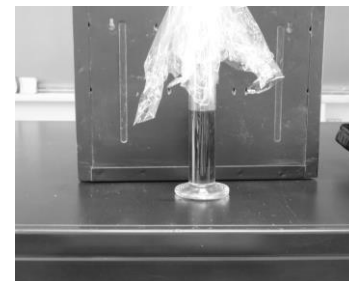


図 1 ブラッドオレンジの

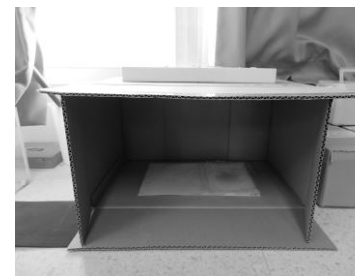


図 2 (7)の様子

## 4 結果と考察

**図 3** より、クリアファイルにとろみ剤のみを塗った部分の紙の RGB 値は時間ごとに上昇しており、紙が褐色味を増していた。このことから、紙が紫外線により一般的に言われる「日焼

け」という現象を起こしているということが分かった。図4より、とろみ剤にアントシアニンを加えた箇所のRGB値は、24時間までは低下した。このことから、とろみ剤に含まれるアントシアニンが、紫外線を吸収していたのではないかと考えられる。しかし、とろみ剤に混ぜていたアントシアニンの色味は、実験前は薄い赤色を示していた(図5)が、24時間経過後には、薄い黄緑色に変化していた(図6)。また、図4より、24時間後から72時間後にかけて、紙のRGB値が上昇していることから、アントシアニンが分解され、紫外線の吸収効果を失ったために紙が日焼けしたのではないかと考えられた。

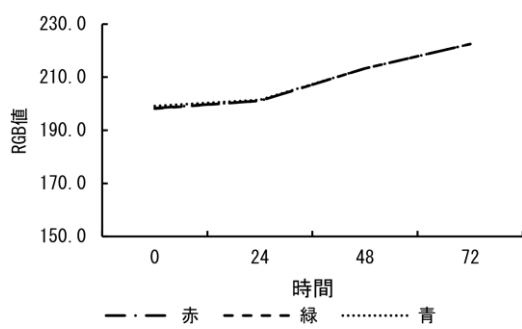


図3 紙のRGB値の変化  
(とろみ剤のみ)

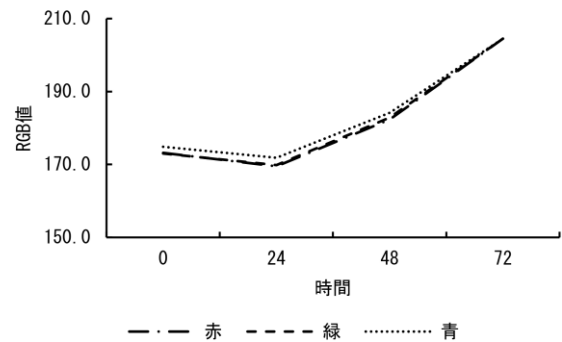


図4 紙のRGB値の変化  
(とろみ剤+アントシアニン抽出液)



図5 実験前の様子



図6 24時間後の様子

## 5 今後の課題とまとめ

今回の実験より、ブラッドオレンジのアントシアニンにも、ナスやサツマイモなどと同様に、紫外線吸収効果があるということが示唆されるデータを得ることができた。今後の課題として、今回の実験では、塩酸メタノール溶液を使用してアントシアニンの抽出を行ったため、人体に悪影響のないアントシアニンの抽出方法を研究することや、また、アントシアニンの紫外線吸収効果をより詳細に明らかにしていくことが課題である。それらの解決方法について今後、検討していきたい。

### 参考文献

- (1) 南光芹香 (2021) 日焼け止めの効果向上～アントシアニンを用いて～ 大阪府立高津高等学校 令和3年度 LCⅢ研究論文集
- (2) 折田綾音ら(2017) 有色豆類中アントシアニンの分析 中村学園大学・中村学園短期大学部 研究紀要,第49号,p301-304

# 真珠調色の最適温度

1年2組 大塚 麗瑚 1年4組 武田 莉奈 田中 凜 近平 まるこ  
指導者 高橋 寛

## 1 研究の背景

宇和島東高校では、地域の特産品である真珠の新たな価値を生み出そうと研究を進めている。真珠を構成する成分は「炭酸カルシウム」と「コンキオリン」というタンパク質である。タンパク質は、熱や紫外線などの影響で変性という現象を起こすことが知られている。これまでの研究で、タンパク質を含む真珠を100℃で8週間または160℃で20～40分加熱すると、真珠の表面が赤色に変色することや<sup>[1]</sup>、200℃で1時間加熱するとひび割れが生じてしまうことが分かっている<sup>[2][3]</sup>。この変色について、温度や加熱時間により変色の度合いを制御できれば、新たな真珠の調色法として真珠の商品価値を高めることができる。本研究では、調色のための温度をどの程度下げることができるのかに注目して研究を行った。

## 2 仮説

加熱時間を1時間に固定したとき、100℃から160℃の間に真珠表面がひび割れせず、赤色に調色可能な温度が存在する。

## 3 研究の方法

### (1) 真珠の色の測定方法

真珠には、真珠そのものの物体の色を表す「実体色」と真珠層でできる「干渉色」がある<sup>[4]</sup>。先行文献では、真珠を撮影した画像における、中心から四分の三を実体色とし、中心から二分の一を干渉色としている。また、実体色の彩度が濃い場合は実体色の色相で、実体色が濃くない場合は干渉色の色相で評価することとした。

また、光沢については、判定のため白帯の印を用い、白色の反射した部位の明度と実体色の明度の差により光沢を評価する。実体色が白い場合は反射した白帯がより白くなるため、次の式を用いて、実体色の明度を除き、個体差による真珠の白さの程度の影響を減らした。

$$(\text{光沢の目安}) = (\text{反射した白帯の明度}) - (\text{実体色の明度})$$

### (2) 真珠の加熱方法

先行文献で真珠を加熱する際は炭酸カルシウムの粉末で真珠の周囲を包む塩釜型の方法を用いることで、全体を均等に加熱できることがわかっているため、本研究でも同じ手法を用いた。

### (3) 比較する条件

本研究では加熱時間を1時間に固定し、先行研究の最低温度である160℃から温度を下げた120℃、130℃、140℃で加熱し、前後の真珠表面の状態を調べることにした。また、真珠ごとのばらつきを考慮し、各実験の検体数を6個に増やした。

### (4) 真珠表面状態の評価

先行文献に従い、内部を黒塗りにした箱の中に真珠を置き、以下の機材を用いて写真撮影した後、**図1**の各箇所についてペイントソフトを用いて彩度及び色相・明度の変化について評価した。

【カメラ】PENTAX K-3mark3 【レンズ】PENTAX100 MACRO WR

【設定】F8.0, ISO800, SS1/10, WB 太陽光

【電球】電球型蛍光灯 TOSHIBA LDA7N-G-K/60、昼白色(5000K)

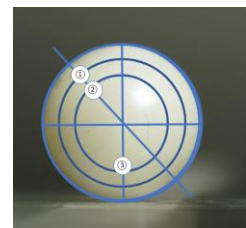


図1 真珠評価箇所

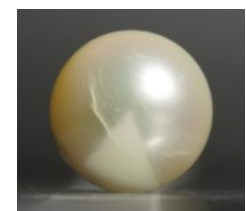


図2 ひび割れた真珠  
(140℃, 1時間加熱)

## 4 結果及び考察

120℃から140℃まで加熱温度を変化させた結果、140℃で加熱した真珠6個のうち、半数の3個の表面に**図2**に示すようなひび割れが生じた。これに対し、120℃、130℃で1時間加熱した場合は、いずれもひび割れが生じなかった。追加実験で140℃30分加熱した場合もひび割れが生じたため、140℃での加熱は真珠の調色には適さないという

ことが言える。ただし、先行文献では 160℃で 40 分の加熱ではひび割れがなかったため、加熱時間及び、使用する真珠の巻き厚などの影響で差が出た可能性がある。以上の結果を踏まえて、本研究では 120℃、130℃の各温度で 1 時間ずつ加熱した場合の彩度・色相・明度について比較した。

図 3 は、加熱前後の彩度の差（加熱後－加熱前）を表している。X 軸の色相の差は、加熱後の値から加熱前の値を引いた値で、正の値であれば彩度が高く、鮮やかに変化したといえる。120℃では、彩度の差が正の値となったが、130℃ではばらつきはあるものの負の値が多くなった。従って、120℃の加熱では鮮やかになるが、130℃ではくすんだ色になる傾向があるといえる。

図 4 に示したのは、色相の差（加熱後－加熱前）のグラフである。色相の値は小さくなるほど赤色であることから、差の値が負になると赤色に変化したといえる。120℃で加熱した真珠は±5 以内で大きな変化がなかったが、130℃ではばらつきはあるものの負の値が多くなっており、赤変傾向にあることが分かる。よって、赤色に調色するには 130℃が最適であるといえる。

光沢の差（加熱後－加熱前）についてのグラフを図 5 に示す。120℃で加熱した真珠は正の値であることから、加熱により光沢が強くなったことがわかる。130℃で加熱した真珠は差が±10 前後で、光沢の変化は少なかったといえる。

従って、130℃の加熱では、光沢は変わらず、赤色に変化し、ややくすむ傾向にあることが分かった。しかし、いずれもやや極端な値を示しているものもあるため、追加検証が必要である。

## 5 まとめと今後の課題

加熱時間を 1 時間に固定し、加熱温度を変化させて真珠表面の変化を調べたところ、130℃での加熱による調色が最適であることが分かった。今後は、130℃で加熱時間を変化させた場合にどのように色が変わるかを調べる必要がある。また、真珠の巻き厚の影響でひび割れや色の変化が異なることが考えられるため、巻き厚を把握したうえで評価を行う必要がある。また、130℃では光沢に差が出ずに色が変わっている。120℃では光沢が強くなる傾向にあり、どちらが真珠として「美しい」といえるのか確認したい。

### 謝辞

本実験を進めるにあたり、宇和島市遊子の田中真珠様より実験用の真珠および、真珠に入れる核を提供いただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- [1] 塩崎夏妃、引野綾子、堀川純麗、水田萌心、「真珠劣化の最大要因」平成 30 年度宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集 p5-6
- [2] 竹田晴佳、谷口凜菜、長橋菜野美、松浦愛、「加熱による真珠の色の変化」、令和 2 年度宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集 p122-125
- [3] 梶原綺良、須田羽未、武田咲都、引野綾子、「環境要因を用いた真珠の調色と真珠の加熱方法」愛媛大学社会共創コンテスト探求部門
- [4] 有限会社 土居真珠 <https://www.doi-pearl.co.jp/pearl>

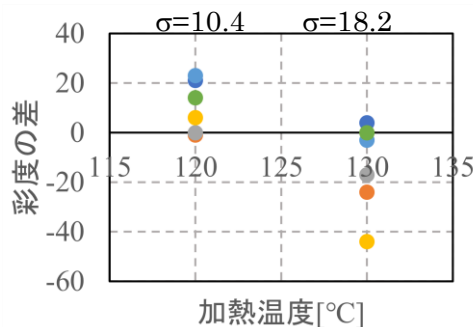


図 3 加熱前後の彩度変化（後－前）

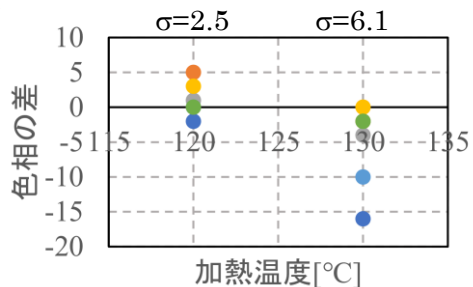


図 4 加熱前後の色相変化（後－前）

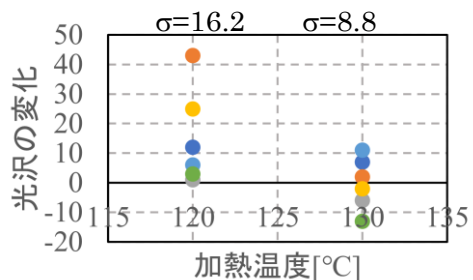


図 5 加熱前後の光沢変化（後－前）

# 蜜蝋ラップの保存性について

～プラスチックゴミ削減のために～

1年1組 岡本 愛菜 1年1組 山口 知華 1年1組 柚村ころろ  
1年3組 伊井 琴音 1年3組 宮崎わかな 1年3組 横山 りる  
指導者 山崎 薫

## 1 課題設定の理由

現在、社会問題としてプラスチックゴミの増加が深刻化している。このことから私たちはプラスチックゴミの現状をどうにかしたいと考えていくうちに、蜜蝋ラップというものがあるということを知った。そこで蜜蝋ラップの保存性や失われる食品の水分量などの性能を調べていく中で、蜜蝋ラップの課題を明らかにしていきたいと考えこの課題を設定した。

## 2 仮説

蜜蝋ラップの主成分である蜜蝋には抗菌作用や保湿効果があることから、プラスチックと同様の機能性をもち、プラスチックラップの削減につながるのではないかと考えられる。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 蜜蝋ラップの作成

ア 綿100%の布の上に蜜蝋(30cm×30cmの布に蜜蝋9g)をのせる(図1)。

イ クッキングシートで挟み、中温のアイロンをかけて溶かし、十分に乾燥させる(図2)。

### (2) 蜜蝋ラップとその他のラップの保存性の比較

蜜蝋ラップ、ポリエチレンラップ、ポリ塩化ラップの3種類のラップを用意し、対象物(食パン、キャベツ、かまぼこ)をそれぞれ包み、冷蔵庫・冷凍庫(食パンのみ)・常温(食パンのみ)で保存し、実験開始日から4日間対象物の重さの計測と状態観察をする(図3)。実験終了後、対象物の水分量の変化と状態の変化を記録する。



図1 作業工程①

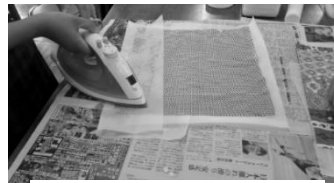


図2 作業工程②



図3 各種ラップで包んだ対象

### (3) コーヒー、お茶の葉を対象とした実験

蜜蝋ラップ、ポリエチレンラップ、ポリ塩化ラップの3種類のラップを用意し、対象物をそれぞれ包み、経過観察を行う。実験開始日から1週間後、2週間後の2回匂いの変化を調べる。

### (4) 手入れの仕方

耐熱皿にしわのついた蜜蝋ラップを広げてのせる。蜜蝋ラップ10cm×10cmで約2分、30cm×30cmで約6分程度加熱する。電子レンジから取り出し蜜蝋が固まるまで冷ます。

### (5) 愛媛大学教育学部竹下浩子准教授によるリモート研修

愛媛大学で蜜蝋ラップについて研究や普及活動をされている竹下教授とお話する機会をいただいた。主に蜜蝋ラップに関する質疑応答を行った(図4)。プラスチックラップに比べ蜜蝋ラッ



図4 リモート研修の様子



プは布でできているため構造上水分が抜けやすく乾燥しやすいことや、蜜蝋ラップには綿100%、バンドナの厚さぐらいの布が望ましいことを教えていただいた。また蜜蝋が布全体に広がるようにアイロンをかけることも重要であると伺えた。

#### 4 結果と考察

すべての結果において、蜜蝋ラップでの乾燥が少し目立つという共通点が見られた。食パン（図5）とキャベツ（図6）は、ポリ塩化ラップ・ポリエチレンラップに重さの変化はそれ程見られなかった。対して、かまぼこ（図7）は、ポリ塩化ラップに変化は見られなかったが、ポリエチレンラップは、質量が減少するという特徴があった。また、匂いに関する実験では、2週間の間、対象物の匂いを損なうことなく保存することができた。よって、蜜蝋特有の匂いは付きにくいということが分かった。

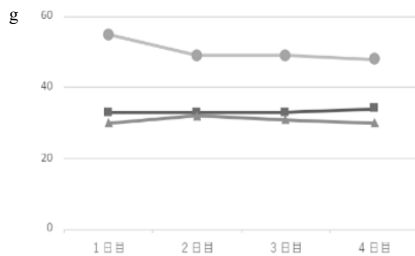


図5 食パン（冷蔵）の重量の変化

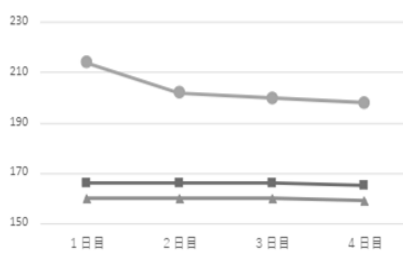


図6 キャベツ（冷蔵）の重量の変化

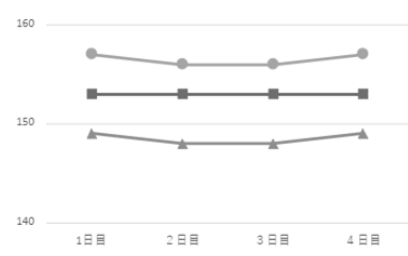


図7 かまぼこ（冷蔵）の重量の変化

#### 5 今後の課題とまとめ

今回の研究において、蜜蝋ラップは包む食品にもよるが長時間の保存には適さないことが分かった。葉菜類や生鮮食品は、1～2日間が限度だと考えられる。そのため、おかずの残りを冷蔵庫に保存するときに使いやすいのではないかと考えた。短期間の保存であれば、使い捨てのプラスチックラップよりは、蜜蝋ラップのほうがゴミを削減でき、エコであると言える。

また、食品に蜜蝋の匂いが付くことが懸念されたが、今回の研究では確認されなかった。しかし、お皿によっては蜜蝋が付着してしまうことがあった。食べても影響はないが、改善方法として蜜蝋を使用する量を減らすと良いことがこの研究で分かった。

今後の課題としては、蜜蝋ラップを生活の中に普及していくことが重要だと考えられる。竹下教授もおっしゃっていたように蜜蝋ラップの知名度はまだ低いため、研究で明らかになった利点などを生かし広めていく必要がある。

#### 謝辞

本研究に取り組むにあたって、愛媛大学教育学部家政教育竹下浩子准教授にお話を伺い、ご協力いただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

#### 参考文献

- ・水溶性プロポリス有効成分の *in vitro* 系における日和見病原菌に対する抗菌作用機序の解析—特にキレート効果—<https://www.shitennoji.ac.jp/ibu/docs/toshokan/kiyou/49/kiyo49-13.pdf>
- ・蜜蝋（セネガル）  
[https://jifpro.or.jp/bfpro/wp-content/uploads/2017/05/business-model\\_Beeswax.pdf](https://jifpro.or.jp/bfpro/wp-content/uploads/2017/05/business-model_Beeswax.pdf)
- ・脱プラ～繰り返し使える「蜜蝋ラップ」の使い心地を試してみた  
<https://happyveggy.net/review/beeswaxwrap/#:~:text=>
- ・「環境に配慮したエコラップの活用」 高倉 佑実
- ・布で作るみつろうラップ 布でつくるみつろうラップ - KAWAGUCHI (kwgc.co.jp)

# だしにおける減塩効果について ～宇和島減塩計画～

1年1組 野本 駆      1年2組 下元 心遥  
1年2組 上甲 実咲    1年4組 上谷 陽夏  
指導者 山崎 薫

## 1 課題設定の理由

全国的に見て、愛媛県、そして宇和島市は人口に対する高血圧者の割合が高い傾向にあると言われている。この課題に対して何か働きかけられないかと考え、先行研究「河内晩柑の酸味で減塩する」からヒントを得て、食生活の面から宇和島の健康をサポートしたいと思い、「だし」における減塩に着目した。

## 2 仮説

瀬戸美江, 澤田崇子, 遠藤金次(2003)によると、みそ汁のだし材料であるかつお節の量を0.5%から2～3%に増量することで、塩分が0.16%も抑えられることから、だしの材料をかつお節以外のものにしても、同じような効果が得られるのではないかと考えた。

## 3 研究の方法・結果と考察

### (1) 予備実験

基準となる塩分濃度とかつお節以外のだしを選定するために、卵豆腐を使った先行研究を参考にして、卵とだしを利用した卵焼きを使っての予備実験を行った(図1・2)。おいしいと感じる順に順位を付け、官能評価を実施した。

#### ア 材料

- ・卵 2個 ・だしの材料 ( こんぶ/ かつお節/ いりこ/ しいたけ/ だしなし)
- ・塩 0g (0%), 0.05g (0.33%), 0.1g (0.66%) ※ ( ) 内: 塩分濃度 ・水 15ml
- ・しょうゆ 0.1g ・砂糖 1.5g ・油 3g

#### イ 結果と考察

表1より比較的どのだしも0.33%の塩分濃度の卵焼きがおいしいと感じられている。その中でも、こんぶだしを使用した塩分濃度0.33%の卵焼きが一番おいしいと感じる人が多かった。また、しいたけだしを使用したものと、だしを使用しなかったものは、あまりおいしいと感じられなかった。この結果より、こんぶだしを用いて本実験を実施することとした。また、中間発表会において卵焼きは、調理する人により焼き加減に差が生じることから比較的差の少ないすまし汁においての実験を提案していただいたことより、本実験ではすまし汁で実験を行うこととした。



図1 予備実験材料

図2 予備実験試食品

表1 予備実験における官能評価

(A~H: 評価者 1~15: おいしさの順位)

順位	だしの種類	A	B	C	D	E	F	G	H	平均
1	こんぶ0.33	1	3	1	2	1	2	5	1	2.0
2	かつお0.33	4	1	5	1	3	1	8	3	3.3
3	いりこ0.33	5	4	4	3	4	3	7	4	4.3
4	こんぶ0.66	2	9	2	6	6	9	1	2	4.6
5	しいたけ0.33	6	5	11	4	5	4	6	9	6.3
6	だしなし0.33	3	6	6	8	2	5	14	10	6.8
7	いりこ0.66	8	8	3	7	12	11	3	6	7.3
8	かつお0.66	9	7	13	5	9	7	4	5	7.4
9	かつお0.00	12	10	10	11	7	6	12	7	9.4
10	こんぶ0.00	11	11	8	9	11	8	9	12	9.9
11	いりこ0.00	13	2	9	10	13	10	11	11	9.9
12	だしなし0.66	7	13	7	12	10	13	13	8	10.4
13	しいたけ0.66	10	15	15	15	8	15	2	13	11.6
14	しいたけ0.00	14	12	12	13	14	14	10	14	12.9
15	だしなし0.00	15	14	14	14	15	12	15	15	14.3

## (2) 本実験

### ア おいしいと感じるこんぶの量を定めるための実験

おいしいと感じる順に順位を付け、官能評価を実施した（表2）。

#### ① 材料

- ・水 180ml ・塩 0.5g ・しょうゆ 1.5g
- ・こんぶ 3.6g / 5.4g / 7.2g / 9.0g

#### ② 結果と考察

3.6gのこんぶの量が一番おいしいと感じた人が多かった。また、5.4gがおいしいと感じた人も多かったがこんぶの量は増やすとえぐみを感じる人も多くこんぶを増量することは難しいと考えられた。

### イ 減塩のための実験

実験アを元にこんぶの量を固定して塩の量を減らしての実験を試みた。おいしいと感じる順に順位を付け、官能評価を実施した（表3）。

#### ① 材料 ※（ ）内：塩分濃度

- ・水 180ml ・こんぶ 3.6g ・しょうゆ 1.5g
- ・塩 0g (0%), 0.1g (0.06%), 0.2g (0.12%), 0.3g (0.17%), 0.4g (0.23%), 0.5g (0.27%)

#### ② 結果と考察

実験アと同様の塩0.5gを辛いと感じた人は多く、塩0.4gが一番おいしいと感じた人が一番多かった。

また、塩0.3gを2番目においしいとほとんどの人が感じており0.04~0.10%程度の減塩となりかつお節による先行研究には及ばなかったが微量の減塩にはつながった。

### ウ 料理による実践

- 材料 ・水 180ml ・しょうゆ 1.5g ・こんぶ 5.4g ・はんぺん 1枚
- ・塩 0.4g (0.23%) ア、イ同様に官能評価を実施し、全員がおいしいと感じた。

表2 本実験アにおける官能評価

(A~G: 評価者 1~4: おいしさの順位)

	1	2	3	4
A	5.4g	3.6g	7.2g	9.0g
B	3.6g	5.4g	7.2g	9.0g
C	3.6g	5.4g	7.2g	9.0g
D	3.6g	5.4g	7.2g	9.0g
E	5.4g	3.6g	7.2g	9.0g
F	5.4g	9.0g	7.2g	3.6g
G	3.6g	5.4g	9.0g	7.2g

表3 本実験イにおける官能評価

(A~H: 評価者 1~6: おいしさの順位)

	1	2	3	4	5	6
A	0.4g	0.3g	0.2g	0.1g	0.5g	0g
B	0.4g	0.3g	0.5g	0.2g	0.1g	0g
C	0.4g	0.2g	0.1g	0.3g	0.5g	0g
D	0.4g	0.3g	0.2g	0.5g	0.1g	0g
E	0.2g	0.1g	0g	-	-	-
F	0.4g	0.3g	0.5g	-	-	-
G	0.2g	0.3g	0.1g	-	-	-
H	0.4g	0.3g	0.2g	-	-	-

## 4 今後の課題とまとめ

今回の研究を通して、かつお節以外のだしにも、味のバランスを崩さずに、塩分量を抑える働きがあることが分かった。中でも、こんぶだしはその効果が大きかった。異なる世代間でも、おいしさの順位にほとんど差は見られなかったため、今後、実際に家庭でこんぶだしを料理に用いて料理の味を崩さずに減塩することができるかを検証したいと思う。また、こんぶだしは和食に多く用いられるが、洋風化・外部化されつつある日本の食生活において、様々な料理に活用していきけることに期待したい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、試食・試飲していただいた皆様、指導助言をしていただいた先生方、愛媛大学の大学院生の皆様にこの場をお借りして心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- ・愛媛県立宇和島東高等学校, (令和4年3月), 令和3年度 SSH 生徒課題研究論文集
- ・真鍋真理子(2011), だしの風味と減塩, 日本調理科学会誌, Vol 44, No. 2, 191~192
- ・愛媛県高等学校家庭科教育研究会編 調理実習ノート 基礎編
- ・瀬戸美江, 澤田崇子, 遠藤金次(2003), 味噌汁に対する「だし」の減塩効果について, 日本調理学会誌, Vol. 36, No. 3

# 南海トラフ地震による被害の最小化のための工夫

1年1組 水野 樹莉    1年1組 宮崎あおい    1年1組 森本 千尋  
 1年3組 荒井 清音    1年3組 山下さくら    1年3組 脇田 胡春  
 指導者 中村 俊貴

## 1 課題設定の理由

近年、南海トラフ巨大地震による被害により私たちが住む宇和島市は特に大きな被害を受けることが危惧されている。そこで、私たちが事前復興という観点から考えた被害を減らすための工夫を市民の方々に提供し、少しでも宇和島市の南海トラフ巨大地震による被害が減ってほしいという思いでこの課題を設定した。

## 2 仮説

- (1) 一時避難所として2か月程度生活することは可能なのか。
- (2) 防災備蓄品の備蓄情報を確認することで備蓄の管理を円滑にできるのではないのか。



図1 宇和島東高校と中央公民館周辺の浸水深  
 宇和島市 HP 宇和島市総合防災マップより引用

## 3 研究の方法

- (1) 避難場所に向いて現地調査を行う。  
 (現時点では宇和島市立中央公民館のみ調査済み)

### 【調査項目】

- 備蓄品、收容可能人数{パーソナルスペースの広さ(目安)1人2m×1.8m}、インフラ設備など
- (2) 宇和島東高校と中央公民館と比較する

## 4 結果と考察

- (1) 中央公民館の現地調査
  - ア 中央公民館の備蓄品調査  
 中央公民館の備蓄品を表1に示す。

表1 中央公民館の備蓄品

品名	毛布	簡易寝袋	ストーマ器具 洗浄セット	炊き出し 器具	炊事器具	カセット コンロ	カセット ガス	鍋	給水袋
備蓄数	200	200	5	1	2	1	18	1	1000
品名	懐中電灯	ランタン	発電機	間仕切り	マット	簡易ベッド	プライベート ルーム	ポリバケツ	ゴミ袋
備蓄数	1	20	1	70	120	70	1	2	600
品名	避難所解 説セット	工具セット	救助工具 セット	脚立	ブルーシート	拡声器	担架	折りたたみ式 リアカー	医薬品
備蓄数	1	2	3	2	5	2	2	2	1

### イ 被害想定【冬の18時の地震を想定】

- 1日後の避難者 52,588人(避難所34,113人)  
 1週間後の避難者 47,089人(避難所33,430人)  
 1か月後の避難者 63,935人(避難所19,180人)

市内の避難所 全部で193か所  
 → 34,133/193 = 177人/避難所

## ウ 中央公民館の間取り及び設備

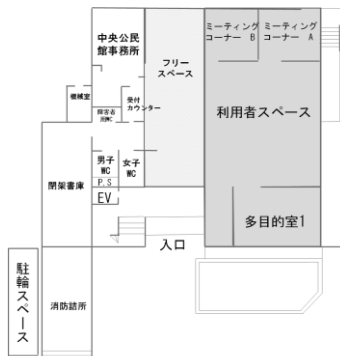


図2 中央公民館1階



図3 中央公民館2階



図4 中央公民館3階

### (2) 宇和島東高校と中央公民館の共通点

- ・車いす専用の駐車場がないため、車いすを使用している人の乗降が困難である。
- ・周辺に国道や交差点が多いため、避難する際に渋滞する恐れがある。
- ・建物が隣接しているため倒壊して避難経路が遮断される可能性がある。
- ・飼っているペットを預けられる場所がない。

表2 宇和島東高校と中央公民館との比較

	宇和島東高校	中央公民館
海抜	2.0m	10.3m
駐車場	26台程度 (バスも駐車可能) グラウンドを解放するとさらに増加	15台程度
エレベーター	無し	有り
Free-Wi-Fi	無し	有り
その他	階段や段差が多い	スロープ・点字ブロック設置 車椅子配備

## 5 今後の課題とまとめ

今回の研究でバリアフリー設計など体が不自由な人が利用しやすい場所作りが必要だということが明確になった。実際に南海トラフ巨大地震が起こった場合は、現時点での想定を超えた被害が出る可能性もある。今回の研究を生かして宇和島市民の方々の被害が少しでも減るように、さらに今後の研究に努めていきたい。

## 謝辞

この研究を遂行するにあたり終始暖かく見守ってくださった先生方、情報提供してくださった中央公民館の関係者の方々に深く感謝いたします。

## 参考文献

- ・宇和島市総合防災マップ 【宇和島】明倫・鶴島小学校区  
<https://www.city.uwajima.ehime.jp/soshiki/5/bousai-map.html>

# 視力と色の関係

1年1組 竹本翔乃介      1年2組 上戸 滯音      1年2組 鼻野 翔  
1年3組 西田 弘道      1年4組 高田 剣志      1年4組 森田 泰聡  
指導者 松岡 拓哉

## 1 課題設定の理由

視力検査を行う際に用いられるランドルト環が白黒であることを受け、色の違いで視力に差が現れるのか疑問に思い、色ごとの視力の差を観点別に調べてみることにした。

## 2 仮説

ランドルト環の色によって視力は変化するのではないだろうか。また、ランドルト環の背景の色とランドルト環そのものの色には何か相互関係が存在しているのではないだろうか。

## 3 研究の方法

赤、青、黒の三色のランドルト環を用意し、3 m離れた場所から左右の視力を測定する。それを3回繰り返した。測定対象は宇和島東高校1年生の男子10名で、ランドルト環の色は黒→赤→青の順に測定した。測定後は二分間目を休めて再度計測をおこなった（実験①）。また、同被験者にランドルト環の色の補色で背景を塗りつぶした視力検査表を用いて計測をおこなった（実験②）。

## 4 実験結果と考察

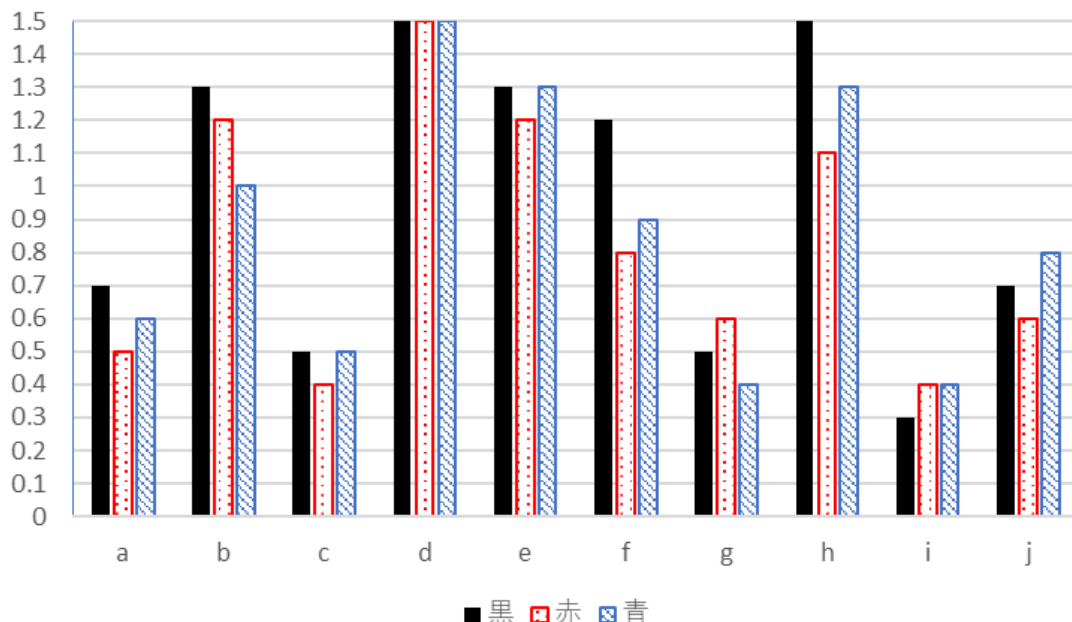


図1 視力検査①

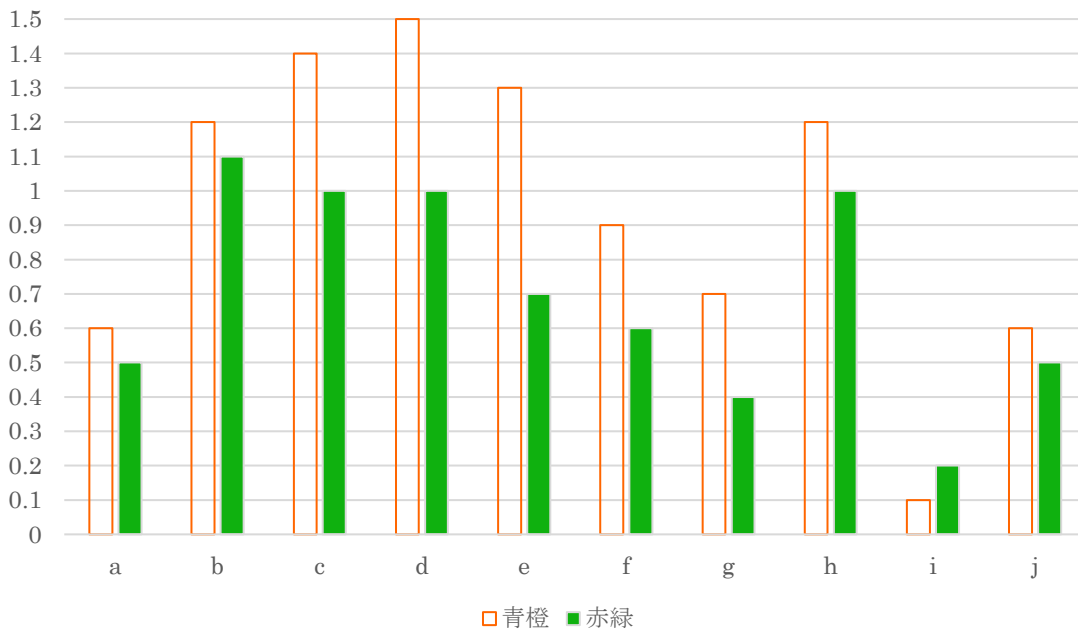


図2 視力検査②

- (i) 10人の被験者で測定したところ、全体的に黒色のランドルト環で測定した値が最も高かった。その次に青色、赤色の順で値が高くなっていることがわかった (図1)。
- (ii) 黒、青、赤のランドルト環の実験同様 10人の被験者 (順番は上のものと同様) で、背景にも色をつけてみて実験を行った。①青橙 (背景が青、ランドルト環が橙)、②緑赤 (背景が赤、ランドルト環が緑) を比較すると、①の方が見えやすい傾向がみられた (図2)。

## 5 今後の課題

実験を行ってみて、実験 (i) (図1) では黒が最も視力の平均値が高く、実験 (ii) (図2) では①の青橙で視力の平均値が高かった。平均値を比較してみると、白黒の被験者全員の平均値が 0.83、青橙の被験者全員の平均値が 0.95 であった。当初、今日まで白黒のランドルト環が視力検査で用いられ続けているのは、最も視力が高く表れやすい組合せだからと思っていたが、結果から、青橙の組合せでより高い視力を測定できる可能性があるのではないかと考えた。しかし、調べていくと青橙の組合せも色覚異常の方にとっては見えづらくなることがあることがわかった。白黒の組合せが使われているのは、視力を検査するすべての人にとって最も望ましい組合せだからなのかもしれない。実験 (ii) では個人の色覚異常が判明するおそれもあり、今では実験方法としては適切ではなかったかもしれないと考えている。今後は違う実験方法で、色が視力に及ぼす影響について詳しく研究していきたい。

## 参考文献

- ・ 個人の視認能力を考慮した三属性の細部識別閾への影響  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jiej/92/5/92\\_5\\_241/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jiej/92/5/92_5_241/_article/-char/ja/)
- ・ 新しい色視力検査システムの開発と色視力の検査例  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/iiej/41/5/41\\_487/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/iiej/41/5/41_487/_article/-char/ja/)

# 音が与える心理的影響

1年3組 田村 優芽 1年3組 松田 式虎  
1年3組 水野 一馬 1年4組 金本 凌汰  
指導者 木戸 雅俊

## 1 課題設定の理由

学校で授業を受け、部活が終わってから帰宅し、学習に取り組んでいると疲れがたまり、集中力が途切れてしまう時がある。そうすると作業効率が低下してしまい、課題の進行状況が思わしくないと感じるが多々あった。このような経験から集中力や作業効率を向上させるための音や音楽がないかと思い、研究テーマを考えた。

また、この研究によって明らかにしたことが社会に良い影響を与えることができるかを調べ、今後の社会に少しでも貢献していきたい。

## 2 仮説

作業中に音楽を聴くことによって、無音の環境下よりも作業効率が上昇するのではないかと考えた。

## 3 研究の方法

### (1) 実験方法

- ① 無音の環境下において、100マス計算を行う。
- ② 自然音(図1)を聞きながら研究方法①と同様に行う。
- ③ 私たちが作曲した短調の音楽(図2)を繰り返すことでミニマルミュージックを作成し、聞きながら研究方法①と同様に行う。
- ④ ホラーミュージック ([https://www.youtube.com/watch?v=W\\_uue2U2hKg](https://www.youtube.com/watch?v=W_uue2U2hKg)) を聞きながら研究方法①と同様に行う。
- ⑤ 実験の結果をまとめ、全体の平均値を算出する。

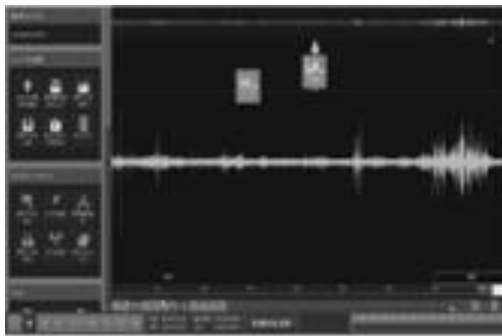


図1 自然音



図2 短調の音楽

### (2) 実験条件

#### ア 日時

12月の芸術の授業時間(最初5分間)にて実施

#### イ 参加者

芸術Iの音楽選択生137名

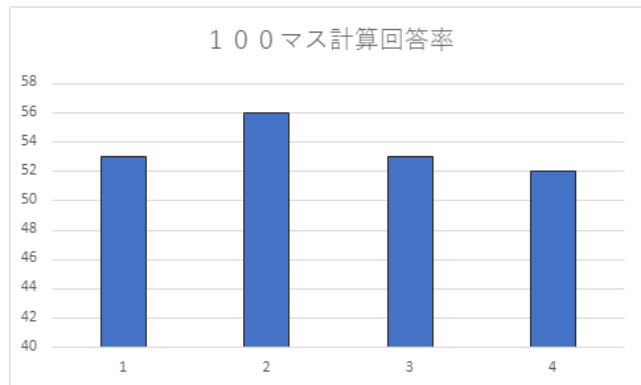


## 4 結果と考察

### (1) 実験結果

1. 無音の環境 : 平均回答率 53%
2. 自然音 : 平均回答率 56%
3. 作曲した音楽 : 平均回答率 53%
4. 暗い音楽 : 平均回答率 52%
  - ・無音の環境と暗い音楽の作業効率はあまり変わらない。
  - ・自然音を聴いた際の作業効率が突出している。

表1 100マス計算の回答率



### (2) 考察

自然音は作業効率を上昇させる傾向があるのではないか。

## 5 今後の課題とまとめ

自然音には作業効率を上昇させる効果があると考えられる。また、これからは自然音以外の作業効率の上昇を見込める音を解明していきたい。

## 謝辞

本論文の作成にあたり、終始適切な助言や指導をしてくださった木戸雅俊先生、その他 RS1 担当教諭のみなさまに感謝申し上げます。おかげで無事論文を完成させることができました。本当にありがとうございました。

## 参考文献

- ・愛媛県立宇和島東高等学校令和3年度SSH研究成果報告会  
R3\_ronbunshyu.pdf (esnet.ed.jp)
- ・人間・環境学会誌「好ましい」BGMが作業効率に与える影響  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/mera/13/2/13\\_KJ00008933883/\\_article/char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/mera/13/2/13_KJ00008933883/_article/char/ja/)
- ・文教大学情報学部経営情報学科 BOP21171 山崎洋祐  
<http://open.shonan.bunkyo.ac.jp/~hatakama/zemi/zakiyama.pdf>

# 先入観による味覚の変化

1年4組 中川 茉珀 1年2組 岡田 茉優 1年3組 三好 可眞  
1年4組 鶴井 咲希 1年4組 徳田 晶  
指導者 長瀧 剛

## 1 課題設定の理由

「かき氷を目を閉じて食べるとすべて同じ味に感じる。」という話を聞いた。かき氷は着色されたシロップをかけて食べる。つまり、通常は色による先入観で味を感じていると考えられている。そこで、味覚と先入観の関係について興味を持ち、本課題を設定した。

## 2 仮説

生物学的に高齢になるほど感覚は鈍化されるため、高齢者ほど味覚も色による先入観に影響を受けるのではないかと考えた。

## 3 研究の方法

- (1) 味を統一したクリアゼリーを作り着色する。(ピンク、黄、緑、水色の4色+無色透明)
- (2) 味の濃さの基準として、無色透明のゼリーを食べてもらう。
- (3) 被験者に着色されたゼリーを食べてもらう。この時に味は伝えないものとする。
- (4) 終わったら口直しのために水を飲んでもらい、アンケートに回答してもらう。
- (5) (3)、(4)を4回繰り返す。(4色用意するため)

これを①何も伝えない→実は全て同じ味だと伝える。

②その後「これは違う味です」と伝え、また同じものを食べてもらう。

上記の2パターン(計8回)を行う。

### [アンケート内容(5段階評価)]

1. どんな味がしたか 2. 味の濃さはどれくらいか(濃さの基準は無色透明のゼリー)

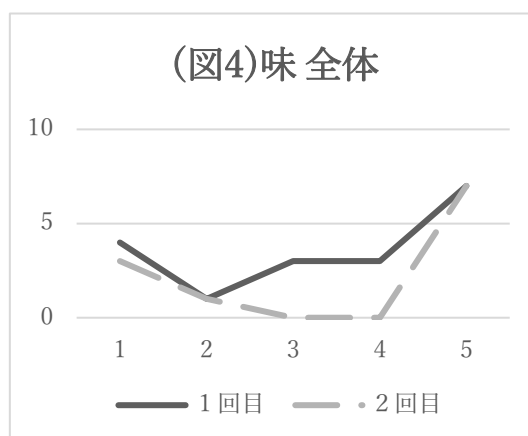
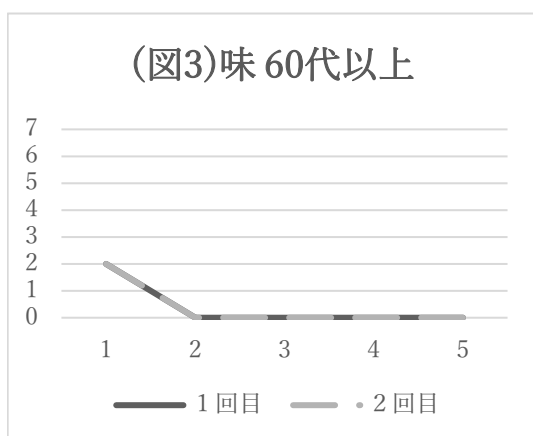
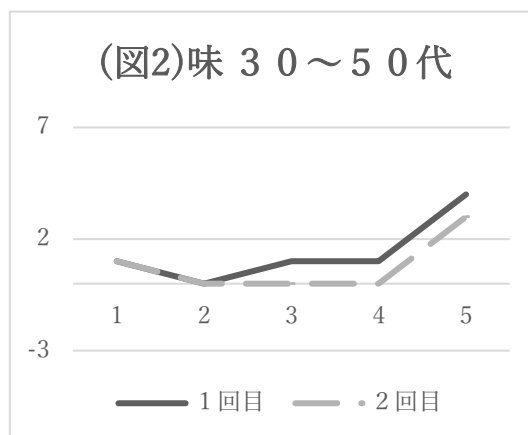
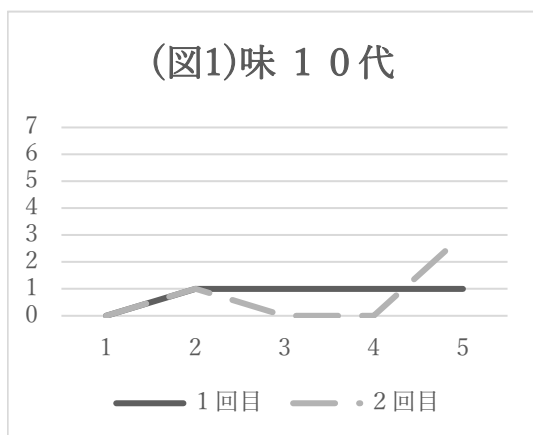
### [調査対象者]

10代→班員の兄弟(4人) 30~50代→班員の保護者(10人) 60代以上→班員の親戚(5人)  
10代→30代~50代→60代以上 の順で調査。

## 4 結果と考察

今回は味に関する結果を用いて「同じ味を答えている数」を基準に比較。以下の図1~4はその結果を基に傾向をまとめたものである。回答が桃でなくとも同じ味を答えているのであれば、色に惑わされていない、つまり先入観に影響されていないと考えた。よって、5種類の味の回答が異なる場合を先入観に影響を受けているとした。

(図1)~(図4)で、どの年代も1回目は散らばり、2回目はV字型になっている。(図3)と(図1)、(図2)より「1」の割合を比べると、60代以上は1回目と2回目で結果に変化がなく、「1」の割合が高いことから、1回目の思い込みや先入観が強いと考えられる。したがって、60代以上になると回数は関係なく、味覚の変化と先入観が重なり正しく味を感じにくく、10代と30代~50代では感じ方に大きな変化がないが、すべて同じ味に感じた数は30~50代の方が多い。そのため、30~50代より10代の方がやや思い込みや先入観に左右されていると予想できる。他に、恐らく50~60代まででの味覚や感じ方の変化が大きく関わっており、必ずしも先入観の影響が大きいとは考えられないとも考察できる。



※「1」→すべて違う味またはすべて「わからない」と回答した数  
「1」以降→その数に応じて同じ味として回答している数  
回答の仕方に問題のあったものは省いている。

## 5 今後の課題とまとめ

今回の実験では班員の身内のみを実験の対象として行ったため、必要な数のデータを収集できなかった。また、アンケート方法や結果の集計方法が適切でない部分もあった。次回行う際は調査対象人数や細かな規定を定めて、もっと正確な考察を行えるようにしたい。以上のような不十分な点から、濃さの結果が活用しきれなかったので次回は綿密に計画を立てすべて活用したい。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、指導教官として終始多大なご指導を賜った長瀧先生に深く感謝申し上げます。また、実験に協力してくださった先生やご家族の皆様にも感謝いたします。

## 参考文献

- ・数野千恵子・渡辺絵里香・藤田綾子・増尾侑子 (2006) p1、6  
ゼリーの色が味覚の判別に与える影響 食生活科学科 調理学第一研究室
- ・下武志 松田憲 綾部かとり編(2010)  
色が味覚イメージに及ぼす影響(画像イメージ) p107-112
- ・Cookpad.com/recipe/3788181  
食材の配色における「美味しさ感」の文化的相違 今井裕子、川端康弘 (北海道大学研究) (2018) p569

# 三間町の米作りを継承するための課題

1年4組 松本 成央 1年3組 岡山きらり 1年3組 桑原 美羽  
1年3組 谷口 芽生 1年1組 松本 直樹 1年1組 吉岡 大我  
指導者 清川 彩

## 1 課題設定の理由

現在の農村を取り巻く環境は、過疎化、高齢化、農業の担い手不足など問題が山積しており、三間町も例外ではない。このような中で、約420年続くと言われる三間町の歴史ある米作り<sup>\*1</sup>を次世代にも継承するためにはどのような対策を行っていくべきか、地域の方たちと協力し、考えていきたいと思い、この課題を設定した。

## 2 仮説

米作りを継承していくためには、農業に従事する移住者を増加させる方策を推進するのが効果的なのではないか。

## 3 研究の方法

- (1) アンケート調査 三間町全域（20集落）の農家43名から回答を得た。
- (2) 聞き取り調査 アンケート結果から出た疑問点について、農業の携わる方に伺った。

## 4 結果と考察

### (1) アンケート調査

#### ア 自分の農地の今後

「あなたが管理している田畑は、後継者がいますか」という問いに対して、後継者がいると答えた人が53%であった（**図1**）。しかし、自由記述欄には、「その土地で米作りをするかはわからない」と答えた人が複数いた（**図2**）。

#### イ 三間町の米作りの今後の予測

「三間町全体の米作りは、あなたの次の世代ではどうなると思いますか」という問いに対して、「衰退する」と答えた人が70%であった（**図3**）。そのように感じる理由として、担い手不足の他に、米の安価が続いていることに加え、燃料費高騰などの影響から、「米作りでは食べていけない」という意見が複数あった。

「発展する」と回答した人の理由として、法人化による集約や大規模経営など、「農業形態の変化への期待」の声が多かった。

#### ウ 三間町の農業や自然環境の維持・発展のために期待する対策

期待する対策として、後継者の育成をすることが課題解決につながると考える人が多かった（**図4**）。しかし、自由記述欄には、若者が就農するためには、米の低価格や農業機械の調達面など、農業で安心して食べていける仕組みが必要だという声が複数あった。

#### エ 自由記述

三間町の農業科環境、将来について感じていることについての自由記述では、米価の下落や燃料費高騰などの理由で米作りだけで食べていくことが困難になっており、経済的な安定を確保することを課題に挙げている人が多かった。また、地域の自然環境への愛情を感じる

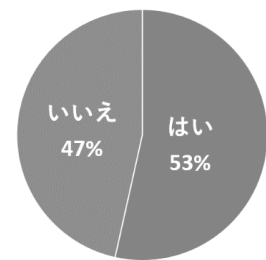


図1 後継者はいますか

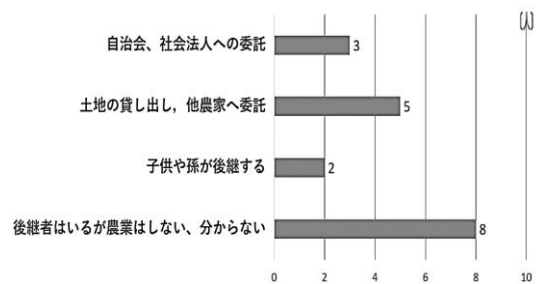


図2 後継者に関する自由記述

回答が多かった。

## (2) 聞き取り調査

アンケート結果から、三間町で長年農業に関わる安岡賢司氏に伺い、以下の回答を得た。

三間町は、個人農家がほとんどで、一部、集落営農により

機械を共同で使用するなどしている。兼業農家は、農業以外の仕事で得た賃金で米づくりをしている、という状態がほとんどで、専業農家に土地を貸す人もおり、専業農家の規模が拡大している。専業農家は、米の他にキュウリ、サトイモなどの野菜を育てている。個人農家には、補助や支援はあまりなく、国としては機械の共同使用に補助金を出すなど、集約する方向で進んでいる。若者には農業に希望を持ってもらいたいが、農業一本で生活できない現状を何とかしなければならない。一番の課題は、米の安価である。田んぼは一時的なダムの役割があり、災害から集落を守ることにつながり、耕作放棄地が増えれば、有害鳥獣の住処にもなる。米作りを残す方法として、退職者に入ってもらえるのも一つの手かと思う。

## (3) 考察

仮説では、農業に従事する移住者の増加を考えたが、経済的安定が見込めない状態では、移住しようと思う人はいないだろう。また、宇和島市は新規移住説明会を開くなどして、移住者募集しているが、現在のところ移住者は少ない\*2。多くの移住は見込めない中、三間町の米作りを継承するために、私たちは、次の方向性を考えた。

ア 退職した人を含め、兼業で米作りをする人を増加させる。「伝統ある米作りを地域で守る」という理念で、専業農家ではない農業従事者を増やし、大規模化が困難な小さな田んぼの管理も行う。

イ 地域単位で所有する農業機械を充実させて、個人の経済的負担を減らす。農業をするにあたって避けられない費用面の心配を軽減する。

## 5 まとめと今後の課題

今回の調査により、米づくりだけで生活を成り立たせることは難しいこと、後継者確保への期待が大きいこと、専業農家の規模は大きくなっていることが分かった。今後の農業は個人で進めるのではなく、国や県、地域の人たちとともに協力して行っていくことが大切だ。三間町の風景は、田んぼを中心とした里山である。米作りを守ることが、三間町の里山環境を守ることにつながると、私たちは考えた。今後は、市役所の方にもお話を伺い、政策面への理解を深めて、さらに適切な対策を考えたい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、安岡賢司様をはじめ、三間町の農家の方々にご協力いただきました。心から感謝申し上げますとともに今後のご発展をお祈りして謝辞とさせていただきます。

## 参考文献

\* 1 三間町特別栽培米生産組合 HP <http://www.mimamai.net/?mode=f6>

\* 2 宇和島市役所 HP <https://www.city.uwajima.ehime.jp/soshiki/21/>

\* 3 「三間の田んぼ環境調査」 安岡慎之助, 玉川諒征, 藤堂大空, 丹下聖士 2021 愛媛県立宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集

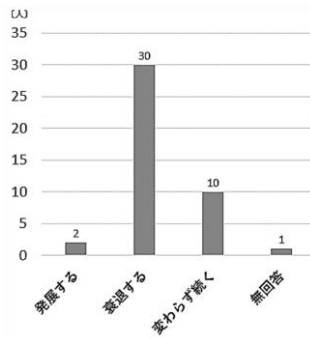


図3 三間町の米作りの次世代

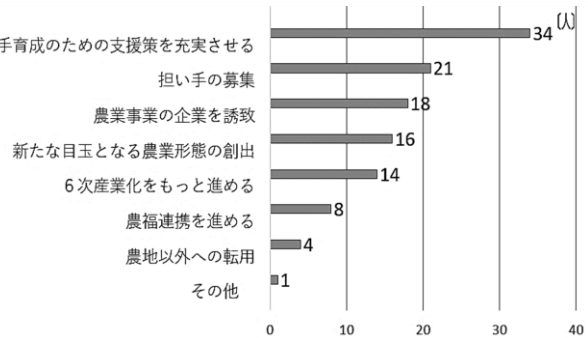


図4 期待する対策(複数回答可)

# 空腹時の糖質摂取による運動パフォーマンスの維持

1年4組 梅村 和永    1年4組 大加田元輝    1年4組 大宿 貴弘  
1年4組 清水 勇佑    1年4組 清家 竣平  
指導者 山本 鷹裕

## 1 課題設定の理由

高校生の昼休みは小テストの追試や委員会活動などにより時間が奪われ、昼食を十分に食べられないまま授業や部活に参加することがある。そこで私たちは、運動を行うために必要な栄養素を短時間で摂取できないかと考え、短時間で栄養素を摂取できる食品を調べた。調べていく過程でオレンジジュースが効果的であるのではないかと考え、オレンジジュースに着目して研究を進めることに決めた。

## 2 仮説

オレンジジュースから糖質を摂取するとグリコーゲンとして肝臓や筋肉に貯蔵され、血糖値の維持や運動時のエネルギー源として働くことが分かっている。そこで、学校の自動販売機で購入することが可能で、かつ糖質が多く含まれている果汁 100 パーセントのオレンジジュースに着目した。そこで、昼食が十分に取れない場合でも、オレンジジュースで糖質を摂取することで運動時のパフォーマンスが維持できるのではないかと考えた。

## 3 研究の方法

- (1) 筋肉中のグリコーゲンができるだけ枯渇した状態にするために昼食を抜き、代わりにオレンジジュース（雪印メグミルク株式会社 Dole オレンジジュース）を 450mL 摂取する。
- (2) 運動のパフォーマンスの変化を調べるために、日ごろの運動量が近い 2 人組を 2 組作り、みかんジュースを摂取する人、摂取しない人に分ける。本研究では、男子バレー部に所属する大宿と梅浦、国際協力部と弓道部に所属する清家と清水がペアとなり、大宿と清家がみかんジュースを摂取した。被験者は朝食以降みかんジュース以外は何も摂取していない。
- (3) みかんジュースを摂取した 2 時間後に 150m 走を計 10 本走り、タイムの変化を調べる。
- (4) 一番速いタイムを 100% の状態とし、タイムの低下率を調べる。150m 走は合計 3 回タイムを測定し、その平均値を扱う。



図 1 使用したオレンジジュース

表 1 オレンジジュース 200ml 当たりの栄養成分

エネルギー	87kcal
炭水化物	19.8g
タンパク質	1.7g
糖質	19.4g
脂質	0.2g
食物繊維	0.4g
食塩相当量	0~0.20g

#### 4 結果と考察

図3から、普段の運動量の多い大宿と梅村を比べると、タイム維持率は摂取していない梅村の方が低い。これは、グリコーゲンが筋肉に貯蔵されるという性質からオレンジジュースを飲まなかった梅村は飲んだ大宿に比べて、筋肉の活動に必要な筋肉中のグリコーゲン量が減少しており、150m走のタイムの維持率が低くなったのではないかと考えた。

図4から、清水と清家を比較するとみかんジュースを摂取していない清水の方が150m走のタイム維持率が高いことがわかった。この結果になった要因として考えられるのが、平常時の運動量が大宿・梅村ペアに比べて小さく、二人とも筋肉量が少ないのではないかと考えた。そのため、グリコーゲンの貯蔵に大きな差が出ず、オレンジジュースを飲まなかった清水のほうが維持率が大きくなったのではないかと考えた。

実験の結果より、平常時の運動量や筋肉量によって筋肉中に貯蔵できるグリコーゲンの量に差が生じ、150m走のタイム維持率に影響が出るのではないかと考えた。



図2 グラウンドを走る様子

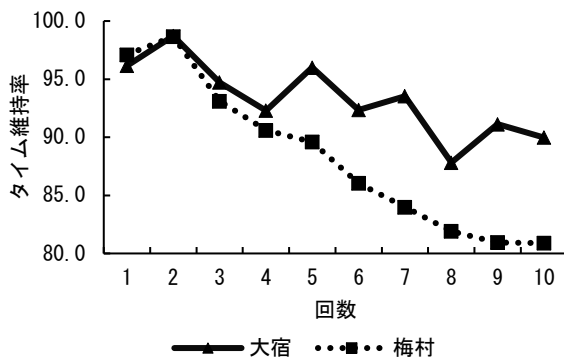


図3 大宿・梅村のタイム維持率平均値

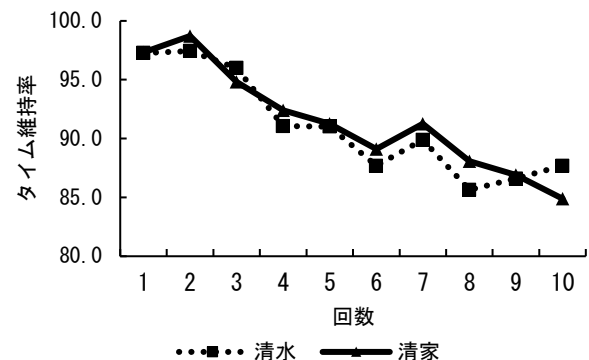


図4 清水・清家のタイム維持率平均値

#### 5 今後の課題とまとめ

150m走のタイムの低下率は平常時の運動量や筋肉量によって変わってくる場合があると考えられたため、研究結果により、空腹時にみかんジュースなどの糖質が十分に含まれたものを摂取することは運動部の生徒にとってエネルギー補給に適しているのではないかと考えられた。

今回は、実験の2時間前に摂取したが摂取する時間帯によっても結果が変わってくると考えられるため、摂取時間を変えて実験を行うことも検討したい。

#### 参考文献

- ・塩瀬圭佑ら (2017) パフォーマンス向上のための糖質摂取 筋グリコーゲン貯蔵量に着目した手法とその応用性 体力科学 66 巻,1号,p10,2017
- ・河野大喜ら (2016) 持久走 (5 km) におけるエネルギー補給の一考察 平成 27 年度愛媛県立宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集,p59-60

# 宇和島さんさの伝承を通しての地域活性化について

1年2組 松浦 梨緒 1年2組 寺岡美紗妃

1年2組 榎本 笑美 1年2組 松井 美穂

指導者 中田 敬子

## 1 課題設定の理由

「RSI」で課題を決めていくなかで、地域の伝統文化と科学を結び付けて地域の役に立てないかという意見が出た。今まで宇和島の伝統文化についてあまり知る機会がなかったということもあり、自分たちが知らなかった宇和島の伝統文化について調べたいと思い、調査をすることにした。また、最近は様々な社会問題によって伝統文化がなくなりつつある。この問題を解決するために私たちにできることは文化の伝承を行うことだと思った。宇和島の伝統文化について調べ、発表することで文化の伝承にもなり、知名度の数値の変化をグラフ化し、データサイエンスとして研究することにした。宇和島さんさ以外にも和霊大祭等の伝統文化があるが、宇和島さんさの知名度があまり高くないことから宇和島さんさについて調べ、わずかではあるが地域活性化の手助けになるのではないかと考えた。

## 2 先行研究

「宇和島さんさ」とは南予に伝わる民謡民舞である。平成 25 年には宇和島さんさ伝統普及会が結成され、宇和島さんさの魅力を発信している。岩手県には「さんさ踊り」と「ナニャドヤラ」という盆踊りがある。現在、盆踊りは「ナニャドヤラ」より「さんさ踊り」が主役になっていて、南部藩主が三本柳地区に「さんさ踊り」の保存を奨励したという言い伝えは残っているが、決定的な歴史文書は残っていない。さらに、さんさ踊りを永久に保存するよう授けた巻物も明治 43(1910)年 9 月の北上川の大洪水で流失している。「さんさ踊り」は勇壮でリズムカル、太鼓は両面打ち(例外あり)である。「ナニャドヤラ」は手踊りが美しく、太鼓は片面打ちと、踊りや太鼓のテンポ、派手さは対照的である。「宇和島さんさ」の歌詞には「シヨンガイナ」という言葉が何回も出てきている。

## 3 研究の方法

### (1) 知名度調査 (アンケート)

宇和島東高校の知名度調査をするために、Microsoft Forms を使って全学年に知名度調査を行う。学年、宇和島市内・市外に住んでいるか、宇和島さんさを知っているか、どこで知ったのかについて質問する。

### (2) 先行研究

宇和島さんさ以外にも、東北にもさんさ踊りがあるのを知り、宇和島さんさとの共通点や違いやどうやって伝わってきたのかなどを調べるため、Google scholar の論文やウェブサイトを活用する。

### (3) インタビュー

夏休みには、宇和島さんさを楽しむ会の方々にも実際にお会いし、事前に調べたことを踏まえ、インタビューする。宇和島さんさについて実際に踊ったりして宇和島さんさの魅力について知る。市内の博物館等にも足を運び、宇和島さんさについての地域調査も行う。

### (4) ポスター作成

宇和島さんさについて知ってもらうために宣伝用ポスターを作成し校内に掲示し、teams にアップする。

### (5) 再知名度調査

作成した宣伝用ポスターを teams にもアップして広め、年度末にもう一度知名度が高まって



いるか知名度調査を行う。宣伝用ポスターを掲示前と後で知名度の違いをグラフに表す。

#### 4 結果と考察

2022年7月に知名度調査を実施。夏休みと冬休みに宇和島さんさを楽しむ会に参加し作成した宣伝用ポスター（図1）をteamsにアップした。その後2023年1月に再び知名度調査を実施。知名度調査の変化より、宇和島さんさの知名度は上がったことが分かった。市内では7月は「知っている」「名前だけ耳にしたことはある」と答え、知名度は30%ほどだったが、1月には50%を超えている。市外では7月には「知っている」と答えた人はいなかったが1月には「知っている」「名前だけ耳にしたことはある」と答えた人が30%ほどまで増えている。7月に行った知名度調査でどこで知ったのかという質問では、テレビや地域学習、祖父母から聞いたと答えた人が多かったが1月に行った知名度調査の結果からは課題研究からと答えた人がいた。このことから課題研究を通してわずかではあるが文化の伝承を行うことができたと考えられる。

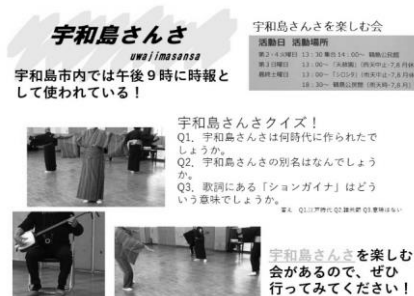


図1 宣伝用ポスター

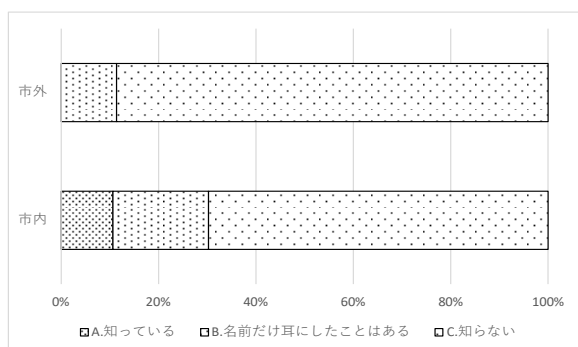


図2 7月に行ったアンケート結果

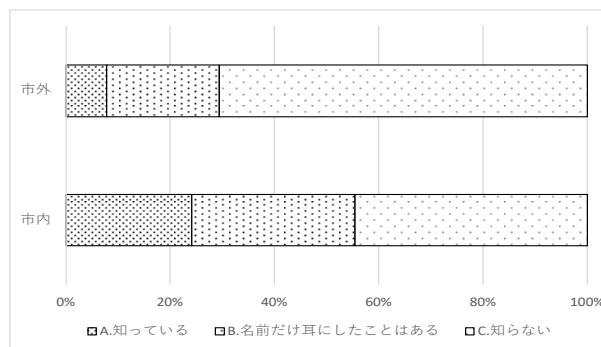


図3 1月に行ったアンケート結果

#### 5 今後の課題とまとめ

知名度調査の結果より、宇和島さんさの知名度が上がったことが分かった。しかし、知名度が上がったとはいえ、特に市外では「知らない」と答えた人が50%を超えている。このことを踏まえて今後はさらに知名度を上げていきたい。市外での知名度を上げるには、宇和島さんさを市内だけで宣伝するのではなく、市外へ広める必要がある。そのためには校内での宣伝だけでなく、自分たちができることをやっていく必要がある。

#### 謝辞

これまで、私たちの研究に携わってくださった先生方をはじめ、宇和島さんさを楽しむ会の方々に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 2019/11/19, 宇和島さんさと伝統芸能体験事業について, 宇和島市ホームページ <https://www.city.uwajima.ehime.jp/soshiki/33/bunkasinnkou1.html> (参照 2022. 6. 22)
- 島崎篤子, 「さんさ踊り」とその指導法に関する-考察, 岩手大学教育学部研究年報第60巻第2号 (2001. 2) 77-96 [https://iwateu.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=11453&item\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=21](https://iwateu.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=11453&item_no=1&page_id=13&block_id=21) (参照 2022. 6. 22)
- 2016, 成世昌平宇和島さんさ歌詞, lyric.jp.com <https://j-lyric.net/artist/a0024f1/101bd12.html> (参照 2022. 6. 22)

# キネシオテーピングと走力に関する研究

1年1組 濱遊玲音 1年2組 高田貞治  
1年3組 濱田愛心 1年4組 松崎陽向  
指導者 堀内秀嗣

## 1 課題設定の理由

私たちは、全員が運動部に所属しており、※キネシオテーピング(以下KT)を使う機会が多くあった。しかし、KTがどのような効果を発揮するのか、本当に効果として現れているのか疑問に思い研究を始めた。そのためKTを貼付することによって筋機能がどれだけ向上するのか、時間経過に伴う疲労増加におけるKTの効果について調べることを目的とした。

※キネシオテーピングとは、伸縮性をもった綿やアクリルのテープを使った療法。スポーツだけでなく、自然療法やリハビリにも使われている。

## 2 先行研究より明らかになっていること

先行研究よりKTの効果について自然治癒力を促進し痛みやむくみを和らげること筋機能の改善、血液、リンパ液の循環改善、疼痛抑制、関節強制、治療効果持続時間の延長、筋肉だけでなく筋膜の動きをサポートし、硬化や炎症等に付随する症状の発生を防ぐことなどがある。

また、KTを貼付・非貼付では時間が経過するごとにジャンプ能力に差が出ること、膝の屈折動作における瞬発的な筋力発揮において筋力低下を抑制し、持続的な筋力発揮を及ぼすことも先行研究より明らかになっている。

## 3 仮説

疲労状態において30mを走る速さは時間を置くごとに遅くなる。KTを両足に貼付し筋肉をサポートすることによって、時間の経過によるタイムの低下を防ぐ事ができる。

## 4 実験・研究の方法

- (1) 被験者 宇和島東高校1年生男子8名、女子10名
- (2) 場所 宇和島東高校グラウンド
- (3) 方法 30m走のタイムを測定し、条件ごとにその増減を比較する。

測定にはDashrを使用する。(写真1)

- (4) 条件 KTを貼付、非貼付で各3回試技を行う。

1回目測定後5分、2回目測定後10分の間隔をあげ測定する。(写真2)

KTを貼付した場合の1週間後に非貼付の場合で対象実験を行う。



写真1



写真2



写真3



写真4

(5) KTの貼付方法 (写真3、4)

- ①うつ伏せで膝を折った状態で行う。アキレス腱を伸ばす。
- ②Y字型にカットしたKTの基部をかかとの裏に固定する。
- ③KTをアキレス腱まで貼ったら膝を伸ばした状態にする。
- ④Y字KTの一端をふくらはぎにそって膝裏まで包み込むように貼る。

## 5 結果と考察

(1) KT非貼付 (図1：単位は秒)

被験者 18名のうち 11名が時間経過と疲労の増加によってタイムが遅くなっていた。そのうち 7名は時間が経つにつれてタイムが落ちていた。

(2) KT貼付 (図2)

1回目と3回目の比較に注目すると 18名中 13名のタイムが速くなっている。KTには疲労を軽減させる効果があると考えられる。

(3) KTの貼付・非貼付 (図3)

KTを貼付することで 18名中 11名のタイムが速くなっていることからKTには疲労を軽減させる効果があると考えられる。

(4) 考察

KT非貼付で時間が経過するごとにタイムが落ちていたことより、時間経過と疲労の影響であると考えられる。しかし、18名中 9名はタイムが速くなっているため個人差が大きく関わっているといえる。KTの貼付・非貼付を比較すると、貼付しているときは平均タイムが速くなっている人が多いため、貼付することでパフォーマンスが向上するといえる。KT貼付の結果からも時間の経過とともにパフォーマンスが低下しているが、KTの貼付・非貼付のタイムの落ち方を比較すると、KT貼付の方が時間経過によるタイムの低下が小さくなっているためKTの貼付が時間経過によるパフォーマンスの低下を防いでいるといえる。

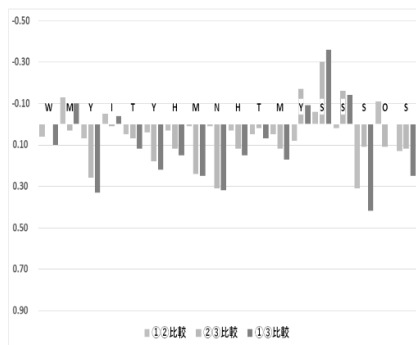


図1 KT非貼付 比較

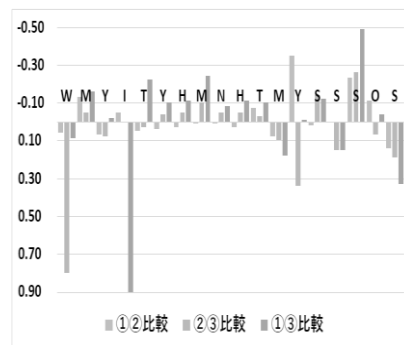


図2 KT貼付 比較



図3 KT非貼付・貼付 比較

## 6 まとめと今後の課題

KTの非貼付・貼付の実験において、気温や湿度の違いによる影響を受けた。今後、貼付・非貼付の対照実験を同日に行うなどして、実験の条件を一致させられるようにしたい。

また、今後は、1回目、2回目、3回目の測定の間隔を変え再度時間を行いたい。

## 参考文献

- ・吉田一也 (2011) 人間総合科学大学 保健医療学部  
リハビリテーション学科「キネシオテーピング理論と基本貼付法」
- ・川口陽亮ほか(2019) 東北理学療法学 31 巻 pp. 59 - 69

# 宇和島市内におけるサイクリングコースの検討

1年3組 宇都宮正悟 大西 敦也 河野 桃子  
清水 公将 田中 小晴 山本 祐希  
指導者 堀内秀嗣

## 1 課題設定の理由

近年、コロナウイルスの影響などにより、テレワークを採用する企業や自宅待機をする機会が増え、人々の運動量が減りつつあるといえる。その結果、運動量の減少による肥満、体調不良、ストレスの増加などの健康悪化が増え続けている。

財団法人日本自転車普及協会による調査では、サイクリングは精神的健康度を良好に保ち、日常的にサイクリングを愛好することによって、全身持久力を高い水準まで高め、維持できることが報告されている。

運動不足の解消にはサイクリングが有効であると考えられ、地元宇和島市を利用した宇和島市ならではのサイクリングコースを作成することで、老若男女誰もが健康的に生活できる地域づくりに貢献したいと考え設定した。

## 2 研究の方法

### (1) サイクリングコースの作成

自分たちで宇和島市内のサイクリングコースを3コース作成し、実際に走行して得られる情報や距離などをまとめ、レーダーチャートを作成したり、各コースの高低差を比較したりする。

### (2) 宇和島市の現状把握

- ・宇和島市民のサイクリングへの関心について調査する。
- ・『自転車の活用に関するアンケート調査』（2022年：宇和島市）を整理する。

## 3 結果と考察

宇和島東高校を発着とし、次の3つのコースを作成した。

チャートの「距離」の最大値“5”は20km、「消費カロリー」の“5”は500kcalを示す。

男子高校生の全国平均体重 59.2kg（令和元年度）、レジャー目的での自転車乗車時の身体活動量（5.8メッツ）を、消費カロリー（Kcal）＝メッツ×体重 kg×運動時間×1.05 に当てはめて計算した。

### (1) 九島1周

- ・高低差が激しい。（**図1**）
- ・周回コースである。
- ・道が整備されていて走りやすい。
- ・九島大橋を渡ることができる。
- ・写真を撮るスポットが多い。

距離が長く、急な坂があるため強度の高い運動をしたい人、長く有酸素運動をしたい人向けのコースである。

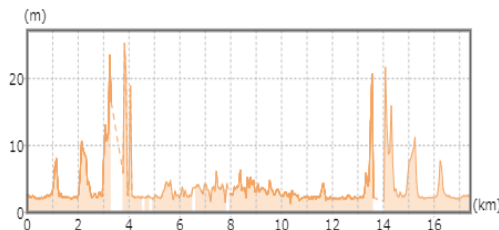


図1 高低差（九島）



(2) 赤松遊園地跡 宇和島市大浦甲 2342

- ・高低差が少ない。(図2)
- ・気分転換したい人や軽い運動をしたい人におすすめ。
- ・折り返しコースである。
- ・海沿いを多く走るため、景色がきれい。
- ・道はあまり整備されていない。
- ・到着点に亀と竜宮城がある。

距離が短く、高低差もあまりないため、強度の低い運動をしたい人、運動をし始めた人向けのコースである。車の通りが少ないため比較的安全である。

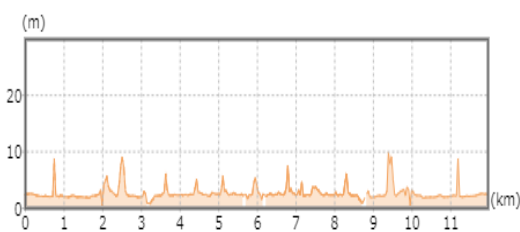


図2 高低差(赤松)



(3) 堂崎海岸 宇和島市石応 1354

- ・高低差が大きい。(図3)
- ・景色の広がりから達成感が得られる。
- ・折り返しコースである
- ・砂浜で遊んだりトレーニングしたりすることができる。
- ・道はあまり整備されていない。
- ・大型車などの通行がある。

距離は短いが高低差が大きいため、強度の高い運動をしたい人、砂浜で遊びたい人向けのコース。この先もサイクリングができるコースがつづいている。

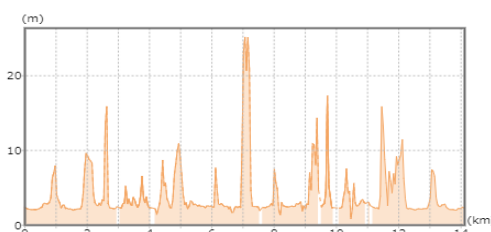


図3 高低差(堂崎)



(4) 宇和島市の現状把握

サイクリングは心肺機能を高め、トレーニング効果を得ながら関節への負担を軽減できるなど、身体面から高い効果が得られる。また、宇和島市には訪れるべき美しい場所が多数あり、サイクリングコースの目的地として適していると考えられ、仲間と一緒に走行することで精神面からも効果が得られるといえる。

環境への配慮や災害時の渋滞緩和などにもつながり、市民の自転車活用の意識を高めることは国としての課題であり宇和島市においても同様である。

## 4 今後の課題

地域の方々に自分たちが考えたサイクリングコースを実際に自転車で走ってもらい、実際に老若男女誰でも利用できるのか検討する。初心者向けのコースや、宇和島市外も含めさらに強度の高いコースを検討し、幅広いニーズに対応していく。

## 謝辞

宇和島市 建設部建設課 清水康弘様 松勢巨人様 ありがとうございます。

## 参考

- ・「自転車による健康増進のための自然科学的研究」財団法人 日本自転車普及協会 (2011)
- ・改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』 国立健康・栄養研究所 (2011)
- ・令和元年度国民健康・栄養調査 第2部 身体状況調査の結果
- ・国土地理院 (断面図機能) <https://maps.gsi.go.jp/help/intro/kinolist/4-danmen.html>

# コミュニティベンチの制作

1年1組 上田 桂加 1年4組 宮脇 風奏  
指導者 井上 淳一

## 1 課題設定の理由

「2022 復興デザインスタジオ成果報告会」に参加をした際、巨大地震・豪雨災害への事前復興についての説明を受けた。様々な班の報告を聞く中で、被災時に重要になるもののひとつには、地域コミュニティが含まれると考えた。そこで、人が集まる場所でシンボルマークの役割も担うベンチの作成を考案した。

## 2 仮説

コミュニティを育むためには、会話を活発にする必要があると考えた。そのためベンチの形状は人が向き合う円形、また収納や組み立てが容易に行えるようスライド式の構造で、材料は入手の簡単な木が良いのではないかと考えた。これらを踏まえ、木製の円形スライド式ベンチの案を考えた。円形ということから、アンモナイトの形に着想を得て、このベンチの名称を「アンモナイス」とした。

## 3 研究方法

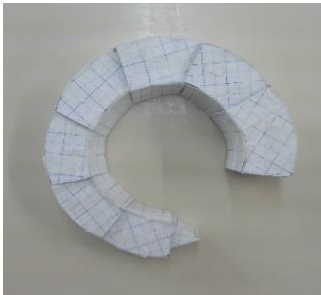


写真1



写真2

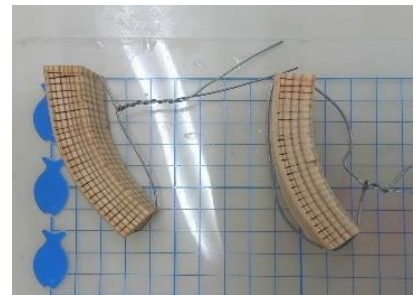


写真3

### (1) アンモナイス1号の試作 (写真1)

方眼用紙で模型を製作した。大きさの違ったパーツを個々で作り、それらを組み合わせた。

### (2) アンモナイス2号の試作 (写真2)

(1)に課題点が見つかったため、もう一度模型を製作した。方眼用紙に勾玉状の図形を描き、パーツごとに分けてそれぞれ高さをつけた。

### (3) 木材加工方法の比較 (写真3)

材料である木は曲げる必要があるため、次の二つの方法で実際に木材を加工し、比較した。  
ア 木材に切り込みを入れ、針金できつく締めた状態でボンドを溶かした水に浸す。時間が経つと木材は軟化するので、その度に針金の締めあげ、乾燥させる。

イ 木材に切り込みを入れ、それを針金で締めた状態で水に浸し、乾燥させる。その後はアと同様に行う。

## 4 結果と考察

模型を製作し出てきた課題は、両端のブロックの差についてである。強度を増すために板を厚くすると、それぞれ最大・最小である両端のブロックの高さの差が大きくなり、座りにくくなっ

てしまう。しかし座面の厚さが 2.5 cm であれば、高さの差の問題は無くなると考えられる。次に、円の正確な大きさとアンモナイスに座る想定人数の割り出しである。それぞれ外側の円の直径を 200 cm、内側の円の直径を 120 cm とする。また、アンモナイスは板の厚さや座りやすい高さを照らし合わせた結果、内向きの 7 人掛けにするとよいと考えた。次に、使用する木材に関して、3(3)の方法だと大きな板の加工は難しく、材料費も高くなるため、加工しやすい小さな板のパーツをつなぎ合わせることにした。また座面は格子状にして空洞や隙間を作ることで、材料費削減やデザインのオリジナリティに繋がると考えた。さらに、スライドさせて全てのパーツを出し切った時、板同士が重なることで面積が減ってしまうため、その分の面積を増やして設計した。3(3)アは乾燥後にボンドが溝に入り込み、曲がったまま固定された。イも曲がったまま乾燥したが、溝に隙間ができて木材が脆くなり一部が欠けてしまった。乾燥後に接着剤を塗ると手間がかかるため、アの方法が適していると分かった。

## 5 まとめと今後の課題

「収納に適している」という観点から、コンパクトにすることができて持ち運びが容易な構造を、「コミュニティを育める」という観点から、人が向かい合って座れる形のベンチを考えた。また、課題設定時は被災時用ベンチを作ることが目的であったが、それらを同時に叶えるデザインの設計に励む結果となった。試作の段階では、設計に失敗してスライドできなかつたり、寸法の割り出しを誤り、座れない椅子を製作になったりしたが、湾曲したパーツをスライドさせるために外側の円周と内側の円周を変え、木の厚みを決定し無理なく座れる座面の高さを割り出した。今後の課題は、実際に決めた円周通りに木材を曲げる方法と木材の耐久性の調査、実物を制作することである。現時点での完成予想図は(図1)である。

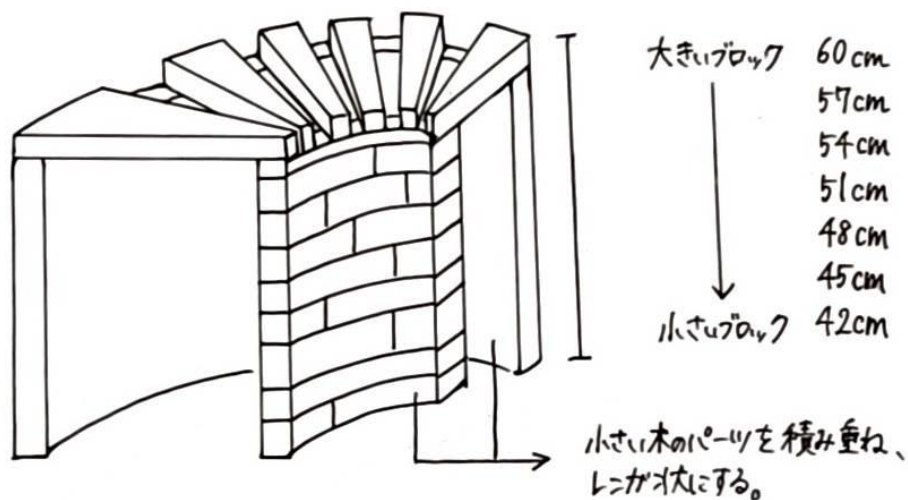


図 1

## 参考資料

- ・(報告) 2022 復興デザインスタジオ現地報告会
- ・木を曲げる方法！アイロンやスチームを使わず曲木してみた！

<https://www.idalto.online/844/>

# 高校生が考える理想的な coworking スペース

1年1組 藤岡 希羽 1年3組 畔地 将志 1年3組 井上弘一朗  
1年3組 宅見 遥 1年3組 野田明日香 1年3組 山本 仁  
指導者 尾崎 真紀

## 1 課題設定の理由

私たちが住む宇和島圏域では、急激な人口流出が起きている。そこで、「帰ってきたい宇和島」を目指すべく、「coworking スペース」と画期的なコラボをし、高校生たちの意見を取り入れて宇和島を発展させようと考えた。

## 2 仮説

coworking スペースを拠点とするまちづくりをすると、関係人口(\*1)の増加と共に町に賑わいが生まれるだろう。

## 3 研究の方法

### (1) アンケート (図1) (図2)

全校生徒を対象に、Forms でアンケートを実施する。

### (2) オンライン調査 (図2)

鬼北町と松野町の2か所の coworking スペース A, B にオンラインインタビューを行う。

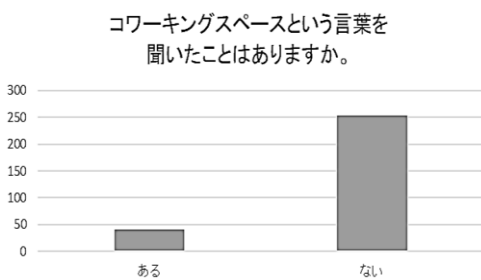
### (3) ホリバタ(\*2)との共同研究

- ・ coworking スペースの「実際」と「現状」を知る。
- ・ ワークショップを通じて、理想的な coworking スペースを考える。

## 4 結果と考察

### (1) アンケート結果、

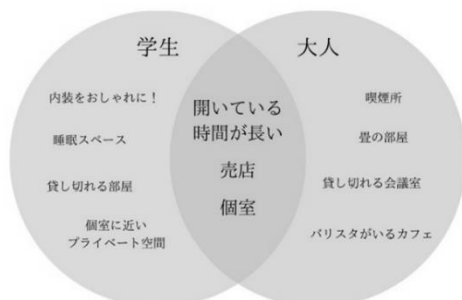
- ・ coworking スペースの認知度(図1) (調査対象：宇和島東高校の生徒約300人)



「coworking スペース」という言葉を聞いたことがある生徒の割合は約20%に留まっており、あまり知られていないことがわかった。しかしアンケート結果から、利用したことがある生徒もいることがわかった。

- ・ 年齢層による coworking スペースに求めるものの違い(図2)

(調査対象：宇和島東高校の生徒約300人、大人はオンライン調査より)



### 結果の詳細

- ・ 内装をおしゃれに (学生) ・ 睡眠スペース (学生)
- ・ 畳の部屋 (大人) ・ 貸し切れる会議室 (大人)
- ・ 開いている時間が長い (共通) ・ 個室 (共通)



## (2) オンライン調査の結果

主に、①現状、②課題 の視点で聞き取りをした。その結果が以下のとおりである。

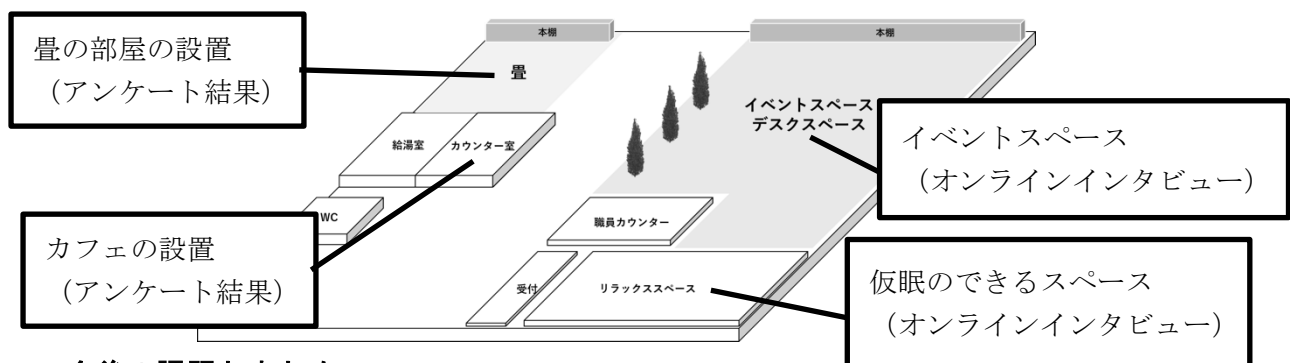
対象	現状	課題
コワーキングスペースA	地元の高校の人たちと製品開発をすることによって、高校生との交流を深めている。	地域の人たちが求めているものがわからない。 所在する町の人だけではなく、南予全体から来てほしい。 リピーターを増やしたい。
コワーキングスペースB	2020年にまちおこしの拠点を作るために始めた。地元の人たちで不定期で読書会などイベントを行っている。	お金は出ていくが、収入がない。 もっと活動を活性化させたい。

## (3) ホリバタとの共同研究

実際にホリバタへ足を運び、コワーキングスペースに求められているものについてワークショップを開き、共同研究をした。

## (4) 理想的なコワーキングスペースの考案

(1)～(3)でわかった課題と研究をもとに、それを解決するための理想的なコワーキングスペースを構想した。ホリバタとの共同研究（ワークショップ）で、過ごしたくなるワークスペースを考えた。そのイメージ図が以下の通り。



## 5 今後の課題とまとめ

コワーキングスペースは多世代にとってライフキャリアデザインを中心に多くの価値を作り出す場所であった。しかし、コワーキングスペースの存在を知らない人がまだ多い。この現状を変えていくためには、コワーキングスペースの意義と広報を学校で行うことを提案する。なぜなら学校でのキャリア教育とこのコワーキングスペースの取り組みは関係性があるからである。これからも新しい時代のコワーキングスペースの変容に注目していきたい。

### 脚注

\*1 関係人口…移住した「定住人口」、観光に来た「交流人口」ではなく、地域と多様に関わる人々を指す。

\*2 ホリバタ…宇和島市にあるコワーキングスペース。

### 参考文献

- ・松村茂. “テレワーク社会が開く地域社会—地域社会におけるテレワークとコワーキングスペースの考察—.” (2020)

## 令和4年度 SSH研究成果報告会（2期目第5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（74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	中村	木製スピーカーの形状ごとの音響効果	67
	2	浦辻	骨組みの本数を減らした高集光ビニールハウスの開発	71
	3	石坂	素数の可能性	75
	4	赤松	折り紙の可能性II	79
	5	窪地	電気分解における陽極金属の形状に関する研究	83
	6	高橋	アコヤ貝を用いた制酸薬の合成	87
B 生命環境講座	7	山本	吉田町の土砂災害の一考察 —斜面上の土砂流出と粘土鉱物からの検討—	91
	8	中尾	新たな指標生物を探せ！～神田川の水質と生物III～	95
	9	高橋	摘果みかんから合成した再生繊維の評価方法	99
	10	窪地	魚粉肥料が野菜の生育に与える影響	103
	11	清川	植物の生育初期におけるウルトラファインバブル使用の検討	107
	12	中尾	カキの生息条件II	111
総合科学講座	13	清川	身近な廃棄物を利用した有機石灰	115
	14	中村	統計情報を用いた南予地域の課題発見	119
	15	松岡	貝灰を利用した漆喰の吸音・消臭効果に関する研究	123
	16	林	地域の廃棄物を利用した浄化装置とその有効性	127
	17	谷田	粘着力測定版の作製とレシピ開発	131
	18	林	バイオエタノールの生成	135

# 木製スピーカーの形状ごとの音響効果

2年3組 上杉 夏蓮    2年3組 清家 蒼太    2年3組 成瀬 望  
2年3組 森 一琉    2年4組 山本 陸王  
指導者 中村 俊貴

## 1 課題設定の理由

私たちの地元である宇和島市はその面積の7割を森林が占めており、その広大な森林を生かした林業も行われている街である。しかし、その林業が注目されることは少ない。私たちはこれを宇和島市の魅力として発信するべきだと考え、そのための活動の一環として宇和島産の木材を用いた独自の木製スピーカーの作成を思い立った。そこで、作成の前準備として木製スピーカーに適した構造を考察し、より効果的な木製スピーカーの形状を調べることを目標に研究を行った。

## 2 仮説

スピーカーの主な使用目的として、特定方向へ対する音量の増大、全方向への音量の増大の二つを考え、今回の研究では前者の、特定方向に対する音量の増大が可能なスピーカーの作成を目標とした。

音響効果の高い構造のひとつとしてホーン構造と呼ばれる円錐状の構造がある。この構造はホーン開口部では平面波に近い状態で音が放射される。そのため、ホーンとして動作している周波数範囲では指向性が強く、球面波のように音が広がらないためその分効率は高くなる。木材で曲面や円形を作成することは困難であるものの、角錐状の模型を作成することで、ホーン構造の特性の1つである、音量(音圧)を高める効果を得られるのではないかと考え以下の実験を行った。

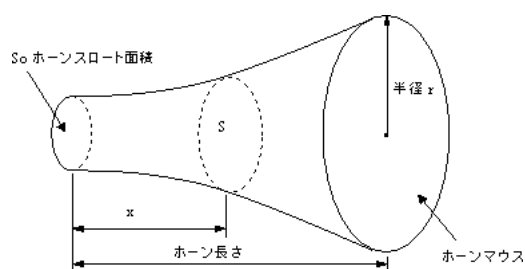


図1 ホーン構造

## 3 研究の方法

### (1) スピーカーの作成

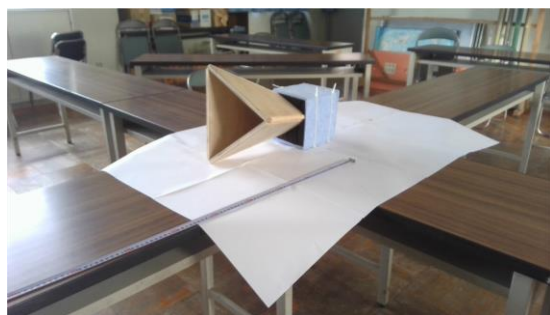


図2 三角錐型スピーカー



図3 四角錐型スピーカー

スピーカーの形状は「三角錐型」(図2)、「四角錐型」(図3)の二種を作成した。両端の大きさは、ホーン構造のスピーカーの底面が外接円となるように模型の大きさを揃えた。(底面の外接円半径5cm, 15cm)

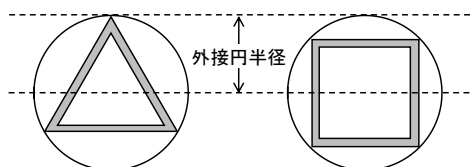


図4 スピーカー底面

(2) 音圧の測定

ア 使用物

- ・有線スピーカー
- ・吸音材
- ・騒音測定器 (Sound Meter) スマートフォンアプリケーション
- ・発音振動数と音階シミュレーション (初音)

イ 実験場所

愛媛県立宇和島東高等学校 理科教棟 3 階 視聴覚教室

ウ 実験条件

- ・発生させる音の前方以外への広がりを抑えるために発音体となる有線スピーカーの側面と裏面を吸音材で二重に囲んだ。また、前面のスピーカー模型との隙間も吸音材で埋めた。

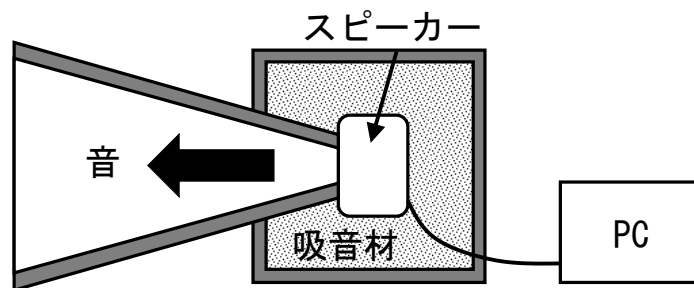


図 5 発音体内部構造

- ・発音体からは一定の音量で 2000Hz の音を流して測定する。(図 6)
- ・測定内容は発音体から 2.0m 離れた地点からの音圧の計測を行う。(図 7)
- ・発音体正面を 0 度として 30 度毎に測定を行ったこのとき、図 7 では右回りを正として表記した。



図 6 初音操作画面

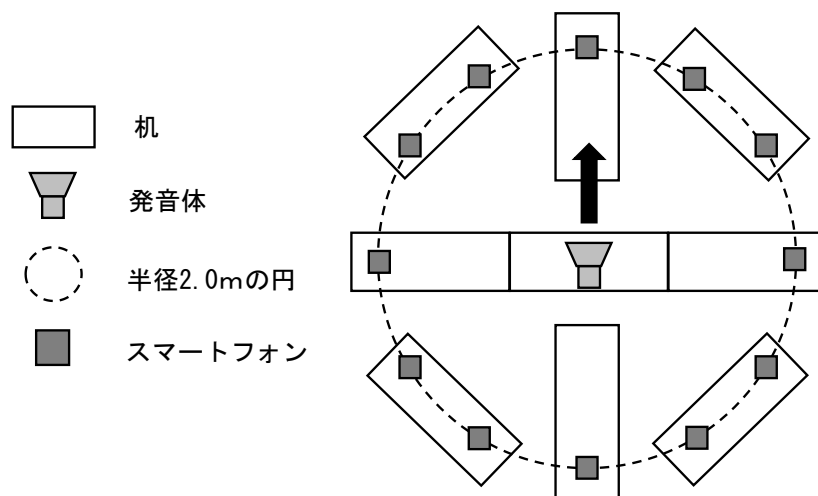


図 7 実験装置配置図

## 4 結果と考察

実験の結果を以下に示す

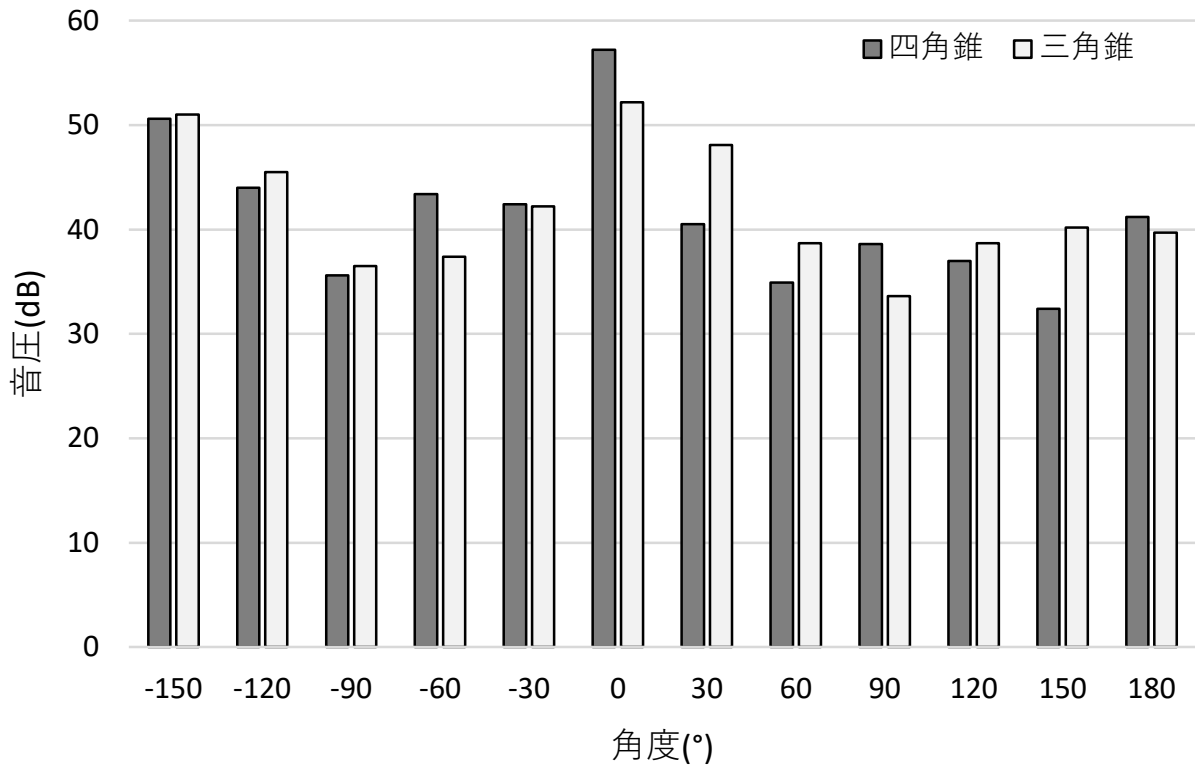


図8 角度と音圧の関係

四角錐と三角錐で音圧に変化はみられなかった。このとき、-90度から正の方向に90度まで角度を経るごとに音圧がだんだんと変化した。また、-90度から負の方向に向けては、上記のような相関的な変化はみられなかった。

底面がなめらかな円形で、側面がアーチ状をしたホーン構造を基にして考えると、多角形の角が増えるほどホーン構造の増加効果によって音圧が増大すると考えていた。しかし、四角錐と三角錐とで音圧に対する大きな差はなかった。そのため近似的なホーン構造の効果を検証するためには図形の頂点を大幅に増やす必要があると考えられる。

また、結果より90度から0度までに音圧が増大しているため、スピーカーによる音圧の増強効果を検証できたと考えられる。

## 5 まとめと今後の課題

### (1) まとめ

今回の実験では三角錐と四角錐の両方とも正面に対する音圧が一番大きく、90度から0度にかけての角度においてのスピーカーが正面方向以外への音圧の減少効果を検証することができた。

一方、スピーカー後方では効果が見られないため、発音体前面に設置するスピーカー構造のほかに良い手段を考察する必要がある。

### (2) 今後の課題

本実験では、模型の作成に期間を要したため、実験の回数が満足に行えなかった。また、今回は各クラスから離れている視聴覚教室で実験を行ったが、学校内での実験は授業や放課後の部活動等などの雑音が入りやすく、正確な計測結果を測定することが出来ていない

可能性が高い。そのため、今後は授業や部活動による雑音の影響が少ない時間帯に実験を実施したい。また、制作した模型の大きさから、発音体から 2.0m という遠い地点での計測を行ったが、防音性のある空間で実験を行う都合上、模型のサイズ、距離などの規模を縮小して実験を行う必要があると感じた。

今後はこれらの解決に加え、2000Hz で固定していた周波数を変更することで生じる影響などの音圧以外の音の要素の変動についての調査や、より多角形の頂点を増やし、スピーカーの側面についてもホーン構造のアーチ状の側面の傾きに近似させ、近似的なホーン構造とした場合の音圧増加効果を調べ、本研究の実験データ及び考察を補強したい。

多角形の頂点を増やした疑似的なホーン構造については、材料費や製作工程の複雑さを考慮しつつ、検証する必要がある。

## 謝辞

研究を指導してくださった中村先生、遮音材を提供してくださった先輩方に感謝申し上げます。

## 参考文献

- ・ 振動数と音階（発音：はつね）シミュレーション | 素材詳細情報 | 理科ねっとわーく (rikonet.com)
- ・ ホーン内の波動方程式および各種ホーンの特性 2 頁 (expydoc.com) 辻野次郎丸
- ・ ホーンスピーカーの原理と構造について (ms-laboratory.jp)

# 骨組みの本数を減らした高集光ビニールハウスの開発

2年4組 佐々木 唯文      2年4組 山口 舞佳      2年4組 米川 結子  
指導者 浦辻 規幸

## 1 背景・目的

愛媛県において令和2年の個人経営体の基幹的農業従事者数は「本県の65歳以上の者の占める割合は74.0%」<sup>[1]</sup>であり、農業事業者の高齢化が問題となっている。そこで、本研究では、ビニールハウスそのものの性能を向上させるとともに、高齢者がより効率的に扱うことが出来るビニールハウスの開発を目指した。

## 2 農業従事者へのインタビュー

ビニールハウスの改良点を明確とすべく、50歳以上の農業従事者4名へインタビューを行った。ビニールハウスに関して困っていることについては、全員から「ビニールハウスの壊れやすさと組み立てるときの大変さ」ということを回答いただいた。いただいた回答を箇条書きでまとめると次のようになる。

### (1) ビニールハウスの壊れやすさについて

- ・複数の台風などの暴風や猿などの動物が原因で、すぐにビニールハウスの骨組みの鉄パイプが歪む
- ・鉄パイプが歪むことによってビニールが破れる
- ・ビニールハウスの上に数匹乗っても猿が乗っても骨組みは壊れにくいですが、横からの強風によっては骨組みが歪み壊れることがある

### (2) ビニールハウスの組み立てにくさについて

- ・ビニールハウスの建材である鉄パイプが重く、運搬が大変である
- ・鉄パイプで骨組みを組むので少人数で短時間では組み立てることが難しい

以上のことより、現場においては、より簡単な構造で組み立てやすく、横からの力にも強いビニールハウスが求められていることが分かった。

## 3 仮説

ビニールハウスは、骨組みとビニールによる構造となっている。強度は骨組みによるため、骨組みの構造にトラス構造を加えた構造に変えることで横からの力にも強いビニールハウスを作成することが出来ると考えた。また、ビニールハウスは植物の育成という観点から温度や照度が重要である。そこで骨組みに被せるビニールの部分に改良することでより効率的に食物を育てられると考えた。

## 4 ビニールハウスの模型の作成

本研究では、現存のビニールハウス<sup>[2]</sup>を100分の1の縮尺でモデル化し実験を行った。設計図を図1に示す。

ビニールハウスをビニールと骨組みに分けて考える。骨組みは、強度比較ができればよいため、加工のしやすいφ2.0mmのアルミ針金を使用した。骨組み同士のジョイント部分は、グルーガンの樹脂によって再現を行った。

これにより強度については、基本構造の模型と本研究で開発した新設計の模型の比較を行う。また温度と照度については、基本構造の模型を基に骨組みを変更せず、ビニールの部分のみ改良し比較する。

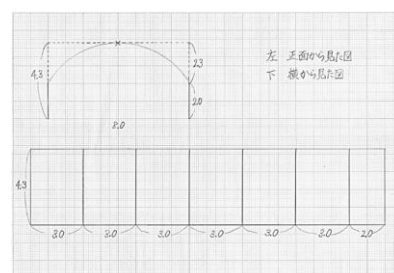


図1 基本構造の設計図  
(単位はcm)

## 5 ビニールハウスの開発とその検証

### (1) 強度面におけるビニールハウスの設計

開発に伴い、ビニールハウス内の空間の体積を減少させないことと、使用するアルミ針金の本数を増加させないことを条件とし、次のA～Cのビニールの開発を行った。

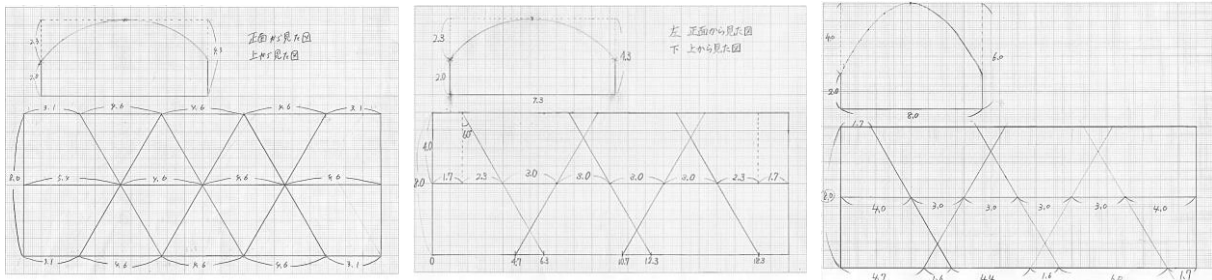


図2 改良したビニールハウスの構造の設計図（単位は cm）

（左； A 6本交差型、中央； B 5本交差型、右； C 5本放物線型）

#### A 6本交差型（以下、A型と略）

A型の設計図を図2左に示す。本数は基本構造と同じ6本で交差型構造を開発した。トラス構造を取り入れ、横向きに対し力が1箇所集中しないよう、分散する設計を行った。

#### B 5本交差型（以下、B型と略）

B型の設計図を図2中央に示す。トラス構造を取り入れ、横向きに対して力が一か所に集中しないよう、分散する設計を行った。またB型に比べ3本が1点で重なる点を無くし、アーチ部分の本数を少なくすることで組みやすさについても考慮した。

#### C 5本放物線型（以下、C型と略）

C型の設計図を図2右に示す。B型同様、トラス構造を取り入れ、横向きに対して力が一か所に集中しないよう、分散する設計を行った。また、トンネルの構造に近い形を利用し、ビニールハウスの天井部分が放物線を描くように改良した。これにより、ビニールハウスの強度を大きくし、雨水に対する強度を考慮した。

### (2) 温度・照度面におけるビニールハウスの設計

植物の育成において、温度と太陽光は重要である。そこで基本構造の模型を基にビニールの部分の改良をすることで、より温度を高くでき、太陽光を採光することが出来るビニールハウスの開発を行った。本研究では、北側半分のビニールに対して、黒ビニールとアルミ箔を同時に使用するビニールハウスを開発した。黒ビニールは光を吸収するが、装着付近に関しては光が届かない。一方でアルミ箔は光をよく反射するが、外部から見たときに光を反射し失明の危険性がある。そこで相補的に黒ビニール外側に張りアルミ箔を内側に張ることで、全体に光を届けることができ、かつ危険な部分を保護することできるビニールハウスの開発を行った。本研究では、基本構造のビニールハウスの模型に対して、ビニールの代わりにラップを張った従来型とラップの上に黒ビニールとアルミホイルを張った相補型で対照実験を行う。

## 6 実験方法

### (1) 温度の測定方法

従来型と相補型について、次の条件でビニールハウスの模型に日光を当て、赤液温度計で温度を測定した。このとき、参考のため外気温も測定した。

場所； 宇和島東高校普通教棟4階241教室ベランダ

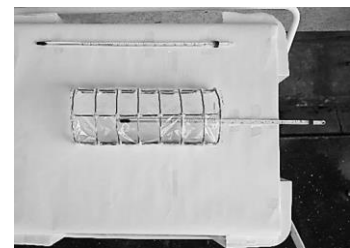


図3 従来型の温度の測定装置（図中下が南）



日時; 2023年1月10日火曜日 8:50より12:50

条件; 南から太陽光が当たるように調整し、白紙の上で測定(図3・図4)

## (2) 照度の測定方法

従来型と相補型について、次の条件でビニールハウスの模型に電球で光を当て、照度を測定した。(図5)

場所; 宇和島東高等学校理科教棟2階122教室

測定機器; デジタル照度計 LX-1108 (Mother Tool)

光源装置; LED電球 LDA7N-G-K/60WST (東芝ライテック株式会社)

条件; ビニールハウスの中心に照度計を設置

ビニールハウスの中心から電球までの長さ 10cm

光源の照度計に対する仰角 45°, 30°, 15°

暗幕で部屋を暗室状態にして測定



図4 相補型の温度の測定装置

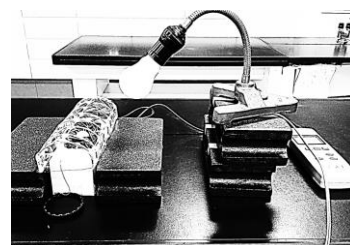


図5 照度の測定装置

## (3) 強度の測定方法

強度の比較は、おもりを吊るした場合におけるビニールハウスの歪みによる検討を行った(図6)。ビニールハウスに対し上からの力と横からの力に対して、針金が0.50cm歪んだ場合のおもりの重さを測定した。0.50cmは縮尺前で考えると50cmに相当する歪みである。おもりはシームレスな値で測定を行うため、水を使用した。また、針金の歪みを正確に測定するため、レーザーポインタを使用し測定を行った。



図6 力の測定装置

## 7 実験結果・考察

### (1) 温度面

表1 改良型ビニールハウスに日光を当てた場合の温度変化の違い(単位は℃)

	従来型	相補型	従来A型	相補A型	従来B型	相補B型	従来C型	相補C型
8時50分	8.0	9.0	8.0	9.0	8.0	7.0	7.5	8.0
9時50分	11.0	12.2	11.0	11.5	11.0	10.0	11.3	11.3
10時50分	13.0	14.0	12.0	12.5	15.0	11.0	12.0	12.0
11時50分	36.0	42.0	36.5	43.0	39.0	39.0	35.0	40.5
12時50分	31.0	36.0	31.5	35.3	31.5	33.0	30.0	34.0

結果を表1に示す。12時50分時点での温度が低くなっているのは、太陽が雲によって一時的に隠れ、太陽光が遮断されたことが原因と考える。4時間後において、いずれも相補型の温度は従来型の温度に比べて高い結果が得られた。よって太陽光のエネルギーをより効果的に熱へと変換できるビニールハウスを開発することが出来た。なお、時間が経つたびに温度差が広がっているがこれは熱の蓄積によるものと考えられる。

### (2) 照度面

表2 ビニールハウスの照度

仰角	従来B型(lx)	相補B型(lx)	従来C型(lx)	相補C型(lx)
45°	3143	3872	3389	4390
30°	2455	2649	2172	3392
15°	1457	1826	1463	2228

結果を表2に示す。ビニールの部分の曲面において、基本構造とA型とB型は同じであ

るためB型と、それと異なる形であるC型の比較を行った。いずれも相補型の方が光を多く集めており、相補型は照度において負の影響がないことが分かる。特に仰角 15 度においては、相補B型が従来B型の約 25%、相補C型が従来C型の約 52%、性能を上げている。これにより太陽が低い時間帯や季節においても、植物に十分な光を注ぐことが出来る構造となっていることが分かる。よって特に太陽の高度が低い冬や朝方においても、太陽の光を効率よく集めることが出来るビニールハウスを開発することが出来た。

### (3) 強度面

表3 ビニールハウスの強度

力の向き	従来型(kg)	A型(kg)	B型(kg)	C型(kg)
横からの力	0.633	0.760	1.059	0.795
上からの力	1.552	1.440	1.009	1.395

結果を表3に示す。この値は大きいほど強度が大きいことを示している。従来型の横からの力に対する強度が 0.633(kg)であることが示す通り、基本構造における横から力の弱さが壊れやすさの原因であった。本研究で開発したいずれの構造においても、その 0.633(kg)を上回る結果が得られた。これはトラス構造を取り入れたためだと考えられる。横からの力に対する強度という点で考えるとB型が最も適している。しかし雨水等への対策も必要である。そこで風による影響が大きい農地ではB型が、雨による影響が大きい農地ではC型が適していると考えられる。

## 8 結論

ビニールハウスにおいて、骨組みの本数を増やすことなく、従来の骨組みの問題点であった横からの力に対応できる構造を開発することが出来た。本研究で開発した構造はいずれも従来型に比べて、横からの力に耐えることができていたため、強度面においてトラス構造は影響を与えていると分かる。また、骨組みに被せるビニールについても、温度と照度の観点で効率の良い相補型を開発することが出来た。C型において、傾斜を急にすることで雨のたまりやすさを軽減する構造を開発することができた。

## 9 展望

組み立てやすさについて、本数は減少したとしてもトラス構造を実際のパイプで組み立てるとなったときに負担となる可能性がある。よって今後は実際に組み立てることも視野に入れつつ、コスト面も踏まえてより実際に商品化に近付けるビニールハウスを作成したい。また骨組みにおける交差型やビニールにおける相補型以外の構造も考え、より便利なビニールハウスを作成していきたい。

## 謝辞

アンケートにご協力いただきました農業従事者の方、ありがとうございました。

## 参考文献

- [1] 「愛媛農業の動向 令和3年度版」, 愛媛県農林水産部  
<https://www.pref.ehime.jp/h35100/documents/doukouhen1.pdf>
- [2] 「間口8メートルの42.7φ単管パイプハウスの図面」, 農業用ビニールハウスのモリシタ  
<https://www.morishitahouse.jp/info/greenhouse/間口8メートルの42-7φ単管パイプハウスの図面/>

# 素数の可能性

2年4組 宇都宮郁人 2年4組 川添央太郎  
2年4組 二井 智 2年4組 三好 和臣  
指導者 石坂 美貴

## 1 課題設定の理由

愛媛大学の出張講義で、素数について学び、そのときに偶数の4乗と奇数の4乗の和が素数になるのではないかと疑問が生まれ、素数に興味をもった。素数とは、1より大きい自然数で、正の約数が1か自分自身しかないという数字である。素数は現れる順番に法則性がなく、今でも解明されていないことが数多く存在する謎の多い数字である。そこで、素数に関する公式や素数の規則性について詳しく知りたいと考え、素数の可能性を研究することにした。

## 2 仮説

求める値の範囲を限定することで、その範囲の中の素数を式で表すことができる。

## 3 研究内容

### (1) 素数表の作成

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230
231	232	233	234	235	236	237	238	239	240

表1 素数表

### ○素数表の作り方

エラトステネスの篩を用いて素数を見つける。エラトステネスの篩とは、「素数の正の約数は1と自分自身の2つのみ」という性質を利用して素数を見つける方法である。

今回は  $n = 2500$  として考える。つまり2500以下の素数をすべてを見つける。

手順1 自然数リスト (2~2500) を作成する

手順2 自然数リストの最小の素数を  $m$  とする

手順3 リストの中で  $m$  以外の  $m$  の倍数をふるい落とす

手順4  $m < \sqrt{n}$  となるまで手順2, 3を繰り返す(今回は  $m = 47$ )

リストの中の残った数字が素数となる。

### (2) フェルマーの二平方和定理の追究

奇素数  $p$  を2つの平方和で表すことができる  $\Leftrightarrow p$  を4で割った余りは1であるというフェ

ルマーの二平方和定理を発展させることを試みた。様々な数について、二平方和が素数になり、かつ4で割った余りについてエクセルを用いて調べた結果、 $x^2 + 8y^2$ が素数となる $x, y$ が存在するならば4で割ったときに1余ることがわかった。

【証明】

4で割ることを考慮して、 $x = 4n + 1, 4n + 2, 4n + 3$ 、 $y = 4m + 1, 4m + 2, 4m + 3$ とする。  
( $n, m$ は自然数)

ただし、 $4n, 4n + 2$ は平方和が偶数となり、素数にはならないので除く。

- ①  $(4n + 1)^2 + 8(4m + 1)^2 = 16n^2 + 8n + 1 + 128m^2 + 64m + 8$   
 $= 8(2n^2 + 16m^2 + 3n + 8m + 2) + 1$
- ②  $(4n + 3)^2 + 8(4m + 1)^2 = 16n^2 + 24n + 9 + 128m^2 + 64m + 8$   
 $= 8(2n^2 + 16m^2 + 3n + 8m + 2) + 1$
- ③  $(4n + 1)^2 + 8(4m + 2)^2 = 16n^2 + 8n + 1 + 128m^2 + 128m + 32$   
 $= 8(2n^2 + n + 16m^2 + 16m + 4) + 1$
- ④  $(4n + 3)^2 + 8(4m + 2)^2 = 16n^2 + 24n + 9 + 128m^2 + 128m + 32$   
 $= 8(2n^2 + 3n + 16m^2 + 16m + 5) + 1$
- ⑤  $(4n + 1)^2 + 8(4m + 3)^2 = 16n^2 + 8n + 1 + 128m^2 + 192m + 72$   
 $= 8(2n^2 + n + 16m^2 + 24m + 9) + 1$
- ⑥  $(4n + 3)^2 + 8(4m + 3)^2 = 16n^2 + 24n + 9 + 128m^2 + 192m + 72$   
 $= 8(2n^2 + 3n + 16m^2 + 24m + 9) + 1$

以上より、示せた。

(3) 範囲を限定して素数を式で表す

x 番目	素数	MOD4	4k + 1型	2~4	5~9	10~16	17~25
1	2	2					
2	3	3		2x - 1			
3	5	1	4(x - 2) + 1				
4	7	3		2x - 1			
5	11	3			3x - 4		
6	13	1	4(x - 3) + 1				
7	17	1	4(x - 3) + 1				
8	19	3			4x - 13		
9	23	3			3x - 4		
10	29	1	4(x - 3) + 1				
11	31	3				4x - 13	
12	37	1	4(x - 3) + 1				
13	41	1	4(x - 3) + 1				
14	43	3				4x - 13	
15	47	3				4x - 13	
16	53	1	4(x - 3) + 1				
17	59	3					4x - 9
18	61	1	4(x - 3) + 1				
19	67	3					4x - 9

20	71	3					$4x - 9$
21	73	1	$4(x - 3) + 1$				
22	79	3					$4x - 9$
23	83	3					$4x - 9$
24	89	1	$4(x - 2) + 1$				
25	97	1	$4(x - 1) + 1$				

表2 範囲を限定した場合の素数

フェルマーの二平方和定理より、 $4k+1$ 型の素数はすでに式化されているので、それ以外を考える。素数2を1番目、素数3を2番目、素数5を3番目…という風に小さい素数から順に番号を振る。次に、表2のように1番目まで、 $(1^2+1) \sim 2^2$ 番目まで、 $(2^2+1) \sim 3^2$ 番目まで…という風に範囲を限定していくと、 $x$ 番目の素数を式で表すことができた。(8番目の素数19を除く)

例えば、2番目の素数は $3 = 2 \times 2 - 1$ 、5番目の素数は $11 = 3 \times 5 - 4$ となる。

#### (4) フェルマーの二平方和定理をグラフで表現

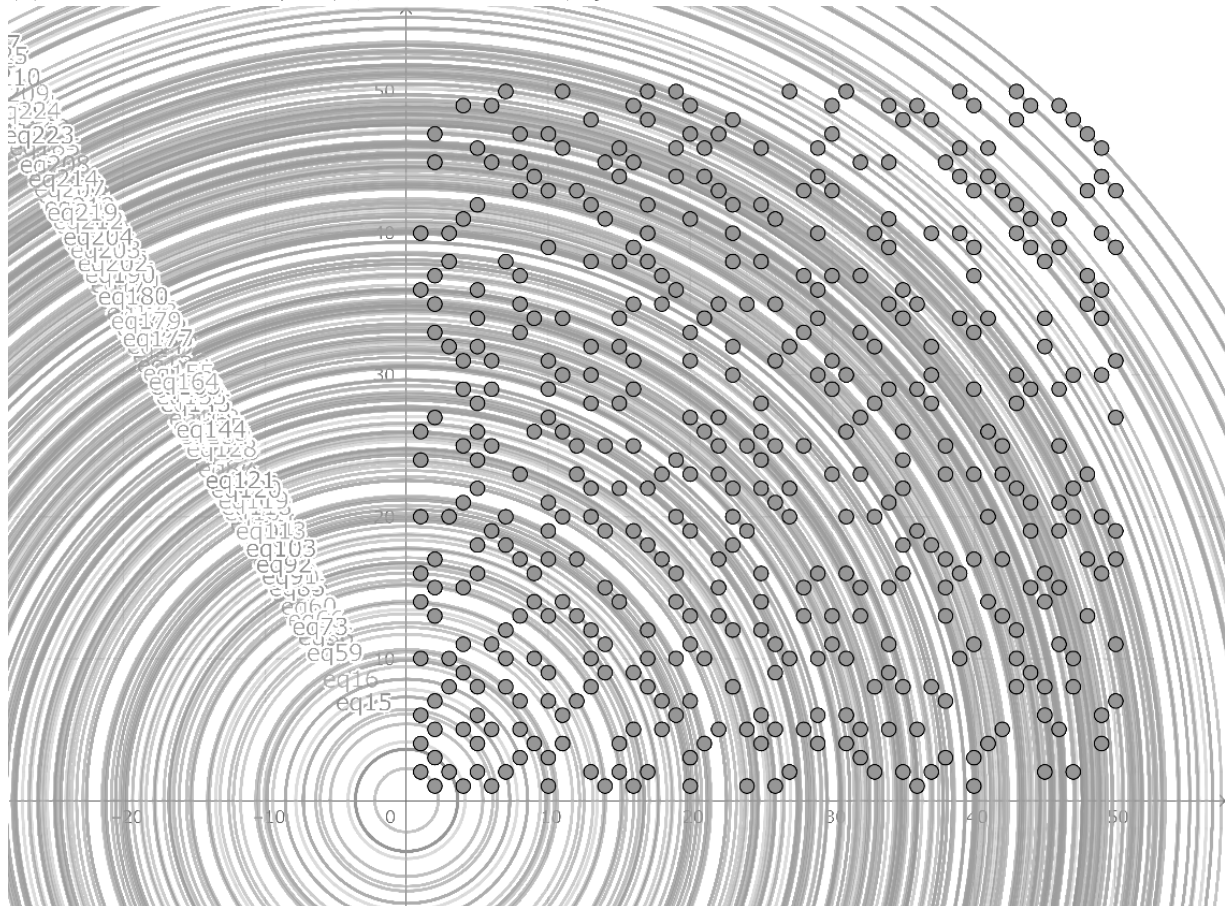


図1 フェルマーの二平方和定理を用いた円

フェルマーの二平方和定理が成り立つとき、 $x^2 + y^2$ は素数である。これを中心が原点で半径が $\sqrt{\text{素数}}$ の円の方程式とみて、GeoGebra というグラフ化ソフトを使いグラフを作った。

<手順>

- ① 表3のように、 $x = \text{奇数}$  (1~49)、 $y = \text{偶数}$  (2~50)を入力し、 $x^2 + y^2$ の値を求め、2個の平方和が素数になる $x, y$ の組み合わせを見つける。表3のL列、値の右側の色が付いて

いるところが素数である。

- ② 表3で得られたxとy、素数の値を円の方程式に適用してグラフを描いた後、円上にある座標  $(x, y)$  に点を打つ。さらに、xとyの座標を入れ替えた点 (x=偶数、y=奇数)、すなわち  $y = x$  に関して対称な座標の点もグラフに打ち、傾向を調べる。

	B	C	D	E	L	M
	x		y		値	
	1		2		5	s
	3		2		13	s
	5		2		29	s
	7		2		53	s
	9		2		85	
	11		2		125	
	13		2		173	s
	15		2		229	s
	17		2		293	s
	19		2		365	
	21		2		445	
	23		2		533	
	25		2		629	
	27		2		733	s
	29		2		845	
	31		2		965	
	33		2		1093	s
	35		2		1229	s
	37		2		1373	s
	39		2		1525	
	41		2		1685	
	43		2		1853	

表3 素数になる平方和の組み合わせ

#### 4 まとめ・考察

- ・フェルマーの二平方和定理の発展から  $x^2 + 8y^2$  が素数であるとき、その素数を4で割ると余りが1になることがわかった。
- ・素数が現れる順番をxとすると、範囲を限定することで素数を式で表すことができた。しかし、8番目の素数は例外となった。
- ・平方和が素数になる2個の数をx,yとし、 $x > 0, y > 0$  の範囲でxy平面上に座標をとって傾向を調べた結果、特に規則性は見られなかった。

#### 5 今後の課題

規則性が見られなかった図1の点の分布から、座標の密度が大きい所と小さい所、空白の面積が広いところと狭いところを2種類の色を用いて塗りつぶすなど、アプローチを変えながら今後も規則性がないか調べていく。

範囲を限定した素数の式では、26番目以降の素数について考察、式化していきたい。

#### 謝辞

本研究に取り組むにあたり、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

- [1] エラトステネスのふるいとその計算量 | 高校数学の美しい物語 (manabitimes.jp)
- [2] フェルマーの二平方和定理 | 高校数学の美しい物語 (manabitimes.jp)
- [3] 関数グラフ - GeoGebra (<https://www.geogebra.org/graphing?lang=ja>)

# 折り紙の可能性Ⅱ

2年4組 大野 寛平 2年4組 河野 琉青 2年4組 山本 遥駒  
指導者 赤松 弘教

## 1 課題設定の理由

子供たちによく親しまれている折り紙は様々な可能性を秘めている。そして折り紙は数学と密接な関係を持っており、先行研究でも折り紙を使って正弦の合成や角の三等分の証明など数学の教科書に載っている解法よりも簡単に証明されていることが多く存在する。そこで私たちは、折り紙の性質をうまく利用して、まだ見つかっていない折り紙を使った解法を見つけ、数学にもっと興味関心を持ちたいと思いこの課題を設定した。

## 2 仮説

先行研究により、折り紙を用いて様々な公式や定理を証明することができることがわかっている。そこで、さらに考察を深めることにより、折り紙の可能性を広げられるのではないかと。

- (1) 加法定理や正弦の合成を証明することができることがわかっている。そこで、余弦の合成も折り紙を用いて証明することができるのではないかと。
- (2) 折り紙を用いて3次方程式の解が折れることや、角の三等分、5次方程式の解が折れることがわかっている。そこで、角の五等分や七等分など角の素数等分もできるのではないかと。

## 3 研究の方法

- (1) 折り紙を用いた余弦の合成
  - ① 先行研究の正弦の合成について分析する。
  - ② 折り紙を用いて、三角形を作り、辺や角の設定を変更して考察する。
  - ③ 成り立つかを証明する。
- (2) 折り紙を用いた角の素数等分の証明
  - ① 角の三等分の方法を分析する。
  - ② ①の設定を変えて線分を増やし、何らかの関係性があるかどうか調べる。
  - ③ 角の三等分と3次方程式の解との関連を分析し、証明する。
  - ④ ③を用いて、角の五等分と5次方程式の解との関連を分析し、証明する。
  - ⑤ ①～④を用いて、角の素数等分について考察し、証明する。

## 4 結果と考察

- (1) 折り紙を用いた余弦の合成
  - ① 先行研究の木尾直子さんのものを分析した。
  - ② 図1のように辺や角を設定する。
  - ③ 余弦の合成方法  
正方形 ABCD の中に  $\angle BFE = 90^\circ$  の任意の直角三角形 BFE を作る。  
ここで、 $BF = a$ 、 $EF = b$  とする。  
三平方の定理より、 $BE = \sqrt{a^2 + b^2}$   
 $\angle EBF = \beta$  ( $0 < \beta < 90^\circ$ )、 $\angle ABF = \theta$  ( $0 < \theta < 90^\circ$ ) とする。

平行線の錯角より、 $\angle BFC = \theta$   
 $\angle CFB + 90^\circ = \angle DEF + 90^\circ$  より  
 $\angle CFB = \angle DEF = \theta$  となり、  
 $\angle ABF = \theta - \beta$  となる。  
 $DF = b \sin \theta$ 、 $CF = a \cos \theta$  となり  
 $AB = \sqrt{a^2 + b^2} \cos(\theta - \beta)$   
 $\sqrt{a^2 + b^2} \cos(\theta - \beta) = a \cos \theta + b \sin \theta$   
 これにより、容易に余弦の証明ができる。

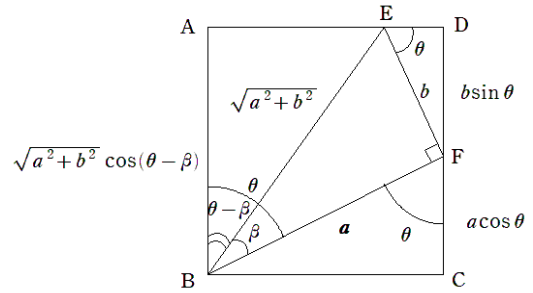


図 1

(2) 折り紙を用いた角の素数等分の証明

① 角の三等分の方法 (図 2)

- (ア) 三等分する角を折り紙の左下を作る。
- (イ) 折り紙の左側の辺に適当な印を一つ作り、左下のカドの点から印までを二等分となる水平な折れ線をつける。
- (ウ) 適当な印を任意の角を作る線分に合わせつつ、左下の角を先ほどつけた水平な折れ線に合わせて折り、カドがくる位置に印をつける。
- (エ) 折り紙を開くと水平な折れ線と新しくできた折れ線が交わる点に向けて左下のカドから直線を引くとそれらの直線が任意の角を三等分することができる。

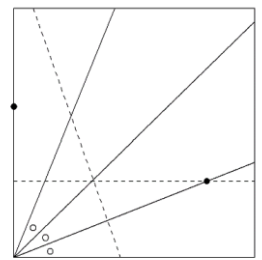


図 2

- ② ①の設定を変えて線分を増やし、何らかの関係性があるかどうか調べる。  
 ①を踏まえて角の三等分の折り方から方法を変えて線分の分割や関係性を見つけ折り紙を使って角の五等分を折るための方法 1～3 を考えた。

方法 1 角の三等分の作図の際に左側の点 P、左下の点 Q としたとき PQ を二等分して考えていくのを変えて三等分する点 S, T をつくって残りの手順をしてみる。(図 3)

方法 2 仮に折り紙に作った任意の角の五等分する線分を作ったとき、三等分のときの折れ線と角を五等分する線分との交点同士にそれぞれの長さに比例関係があるのではないかと。(図 4)

方法 3 五等分した角のうち一角をもつ相似な三角形が 5 個あるか調べる。(図 5)

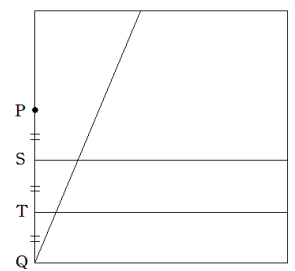


図 3

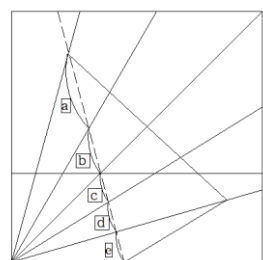


図 4

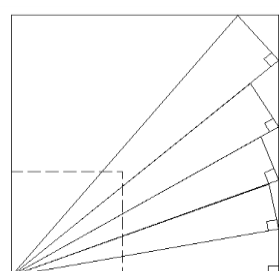


図 5

方法 1～3 の全て結果としては何も角の五等分との関係は見つけれなかった。

③ 角の三等分と 3 次方程式の解との関連を分析し、証明する。(図 6、図 7)

日本折り紙学会に問い合わせしてみた。「3 次方程式の解が折り紙で折れることを教えてもらい角の三等分と関係がある」との返答をいただいた。

先行研究より、3 次方程式は折り紙が点を直線に折り重ねることができる点を利用し、



折り線から得られる放物線の共通接線ら三次方程式が解けることが分かっている。3次方程式の係数は、座標や方程式を変更していくことで、任意の3次方程式を解くことができる。角の三等分は二つの放物線の共通接線の傾きを求めることで出すことができるので、 $\cos 3\theta = 4\cos^3 \theta - 3\cos \theta$  ここで、 $\cos \theta = x$  とおいて

$4x^3 - 3x - \cos 3\theta = 0$ の解を求められれば、角の三等分をすることができる。

点Aが原点となる焦点、折り紙における折り目となる直線  $\ell_1$ :準線、 $x=0$ との交点を点Gとして、点Aと直線  $\ell_1$ との距離が等しくなるように放物線  $p_1$ をとる。

直線  $\ell_2: y=ax (a=\tan 3\theta)$ が任意の角をつくる直線とすると、 $y=0$ となす角は $3\theta$ となる。そして、折り紙の対称性を用いてとった点を焦点F ( $2AG=AF$ )とし、直線  $\ell_2$ を準線とする放物線  $p_2$ をとる。

$p_2$ は  $p_2$ 上の点P (x, y)と直線  $\ell_2$ の距離がPFに等しいような点Pの軌跡である。

$$p_2: x^2 + 2axy + a^2y^2 - 8(a^2 + 1)y + 16(a^2 + 1) = 0 \cdots ④$$

放物線  $p_1$ 上の点  $(2t, 1-t^2)$ における接線  $\ell$ の方程式は、

$$\ell: y = -t(x - 2t) + 1 - t^2 = -tx + t^2 + 1 \cdots ⑤$$

となり、⑤を④に代入して求められるxの2次方程式の判別式 $D=0$ となるようにとると、接線  $\ell$ は放物線  $p_1, p_2$ それぞれに接する接線となることが分かる。

折り紙の対称性を用いて直線  $\ell$ が折り目となるように点  $F', A'$ をとる。

直線  $\ell$ が  $FF', AA'$ の中点なので、点  $F', A'$ がそれぞれ直線  $\ell_2, \ell_1$ 上であることが証明できる。点  $F', A'$ の中点を  $G'$ とする。

直線  $AA',$  直線  $AG',$  直線  $\ell_2$ の傾きは、それぞれ  $\tan \theta, \tan 2\theta, \tan 3\theta$ となる。

$\ell$ が放物線  $p_2$ の接線、 $\ell_2$ が  $p_2$ の準線であることから、焦点Fの  $\ell$ に関する対称点  $F'$ は準線  $\ell_2$ 上にある。

よって、最初に与えた角を三等分することができることが分かる。

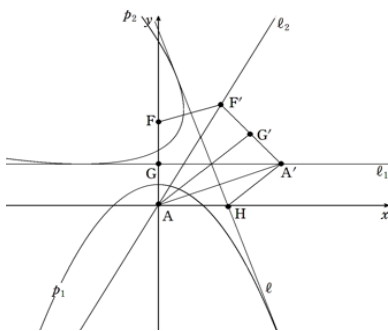


図 6

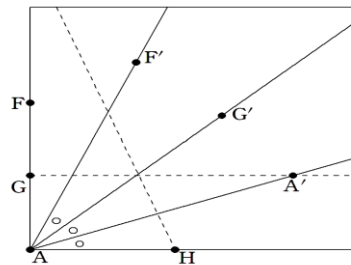


図 7

④ ③を用いて、角の五等分と5次方程式の解との関連を分析し、証明する。

③の3次方程式は、二つの放物線の共通接線の傾きから、 $\cos \theta$ を求められる。

よって原理的には折り紙による角の三等分は可能であることがわかる。

先行研究から折り紙を使って5次方程式が折れることがわかっているの、5次方程式から角の五等分について考えていく。つまり、 $\cos 5\theta$ の解を求めることができれば折り紙による角の五等分が可能となると考える。

$$\cos 5\theta = \cos(2\theta + 3\theta)$$

$$= \cos 2\theta \cos 3\theta - \sin 2\theta \sin 3\theta$$

$$= (2\cos^2 \theta - 1)(4\cos^3 \theta - 3\cos \theta) - 2\sin \theta \cos \theta (3\sin \theta - 4\sin^3 \theta)$$

ここで、 $\cos \theta = x$  とすると

$$= (2x^2 - 1)(4x^3 - 3x) - 2x(3\sin^2 \theta - 4)$$

$$\begin{aligned}
&=8x^5-10x^3+3x-2x\{3(1-x^2)-4(1-x^2)^2\} \\
&=8x^5-10x^3+3x-2x(-4x^4+5x^2-1) \\
&=16x^5-20x^3+5x
\end{aligned}$$

よって、 $16x^5-20x^3+5x-\cos 5\theta=0$

この5次方程式の解は折り紙を用いて求めることができるということは、先行研究により分かっている。したがって、任意の5次方程式を解くことができるということは任意の角の五等分が平面上ではできることになる。

これを実際に折り紙の折り過程によって任意の角の五等分が可能となる折り方を見つけていきたい。

$y=ax$  ( $a=\tan 5\theta$ ) がこれから五等分したい任意の角をつくる直線とする。

すると任意の角の大きさが $5\theta$  となって五等分された角の大きさが  $\theta$  となる。5次方程式を解いてそれを角の五等分につなげるためには  $\tan 5\theta$  を  $\tan \theta$  を用いて表す必要がある。

$\tan 5\theta$  を  $t=\tan \theta$  を用いて表し、 $\tan 5\theta = \tan(3\theta + 2\theta)$  を利用して、計算していけば証明できるのではないか。しかしながら、計算と折り紙を用いて考える部分で計算が難しく、研究が滞っている。

⑤ ①～④を用いて、角の素数等分について考察し、証明する。

五等分までで研究が進んでおり、七等分や  $n$  等分の研究に至っていない。

## 5 今後の課題とまとめ

今回の研究から折り紙を使った余弦の合成や角の五等分について考える事ができた。余弦の合成方法については実際に簡単に証明できることが分かった。角の五等分については角の三等分の方法を参考にして行ったが失敗した。そこで、角の三等分が3次方程式から考えられていることをもとに5次方程式から考える事に挑戦した。結果としては角の五等分の方法を証明することは間に合わなかったが、今回の研究から折り紙と数学の密接な関係があることが分かり、数学に対する探求心を向上させることができた。

今後も5次方程式から折り紙を使った角の五等分を証明について考えたり、ほかの観点からも考えたりして、角の素数素数等分について研究を進めていきたい。また、折り紙でしか証明できない数学の定理についてもっと考えていきたい。

## 謝辞

今回の研究を進めるにあたり、ご助言を賜りました日本折り紙学会様に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- ・SSH 生徒課題研究論文集 平成28年度・日本折紙学会
- ・平成24年度 上越教育大学公開講座 折紙の数学・数研通信

# 電気分解における陽極金属の形状の変化に関する研究

2年4組 児玉 亜門 2年4組 岡崎 耀太郎 2年4組 越智 雅文  
2年4組 高野 諒二 2年3組 田中 文也  
指導者 窪地 育哉

## 1 課題設定の理由

化学の授業で電気分解をする際に使われた銅板は液面が最も溶けていて、全体で見ると銅板がくびれるように溶けていることが分かった。我々は、なぜくびれるように溶けていくのかと疑問に思い、電気分解における陽極金属の溶け方について調べることにした。（この論文において、今後はこの銅板の形状を“くびれ”と、また銅版の溶液との接触部分と非接触部分の境目を“境界”と称して扱う。）

## 2 仮説

くびれ有無には、生徒がそれぞれ異なった条件で実験を行っていたからだと考えられる。私たちは条件の中でも、電圧や電流の大きさが銅板の溶け方に関係していると考えた。また液面に近いところがかくびれていたことから、液面に近いところほど反応が盛んに起こると考え、液面付近の何らかの条件が銅板の溶け方に影響しているのではないかと考えた。

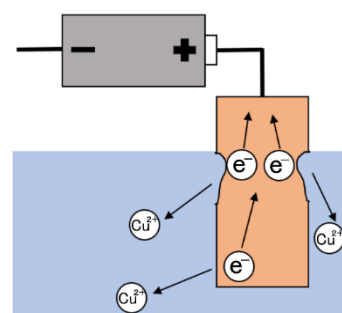


図1 陽極で起きる変化の模式図

## 3 研究の方法I

- (1) 硫酸銅水溶液と直径 0.9mmの銅線を用いて電気分解を行う。電流を流す時間と電圧の大きさの組み合わせを変え、陽極の銅線の溶け方を観察する。その後、双眼実体顕微鏡でさらに詳しく観察した。
- (2) 硫酸銅水溶液と銅板を用いて電気分解を行う。電圧と電流を流す時間の組み合わせを変えて陽極の銅線の溶け方を観察する。その後、双眼実体顕微鏡でさらに詳しく観察した。

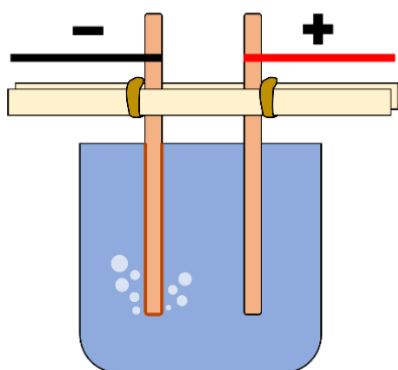


図2 実験 I-(1)の実験装置の模式図

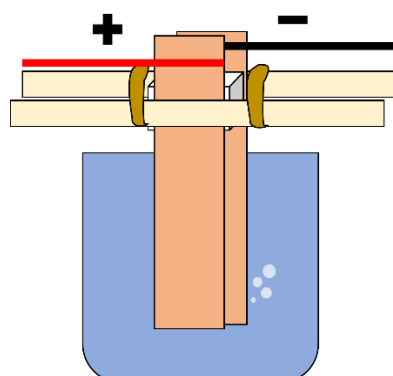


図3 実験 I-(2)の実験装置の模式図

## 4 結果と考察I

### 1. 結果

- (1) 銅線の液面部が最も溶けていた。銅線の先端に近づくほど溶け具合は小さくなった。電気分解を行う時間を長くするほど、銅線のくびれ具合は大きくなった。



図4 液面付近が溶けた銅線

(2) 銅板の液面部が最も溶けていた。銅板の先端に近づくほど溶け具合は少なくなった。図6より、銅板の溶け具合は電流を流した時間に伴って変化し、長時間電気分解を行なったものの溶け具合やくびれかたは大きくなっていった。銅板はまず液面部から溶け始めて、液面部から剥がれ落ちるように溶けていた。



図5 電気分解の回数による銅板の形状の変化

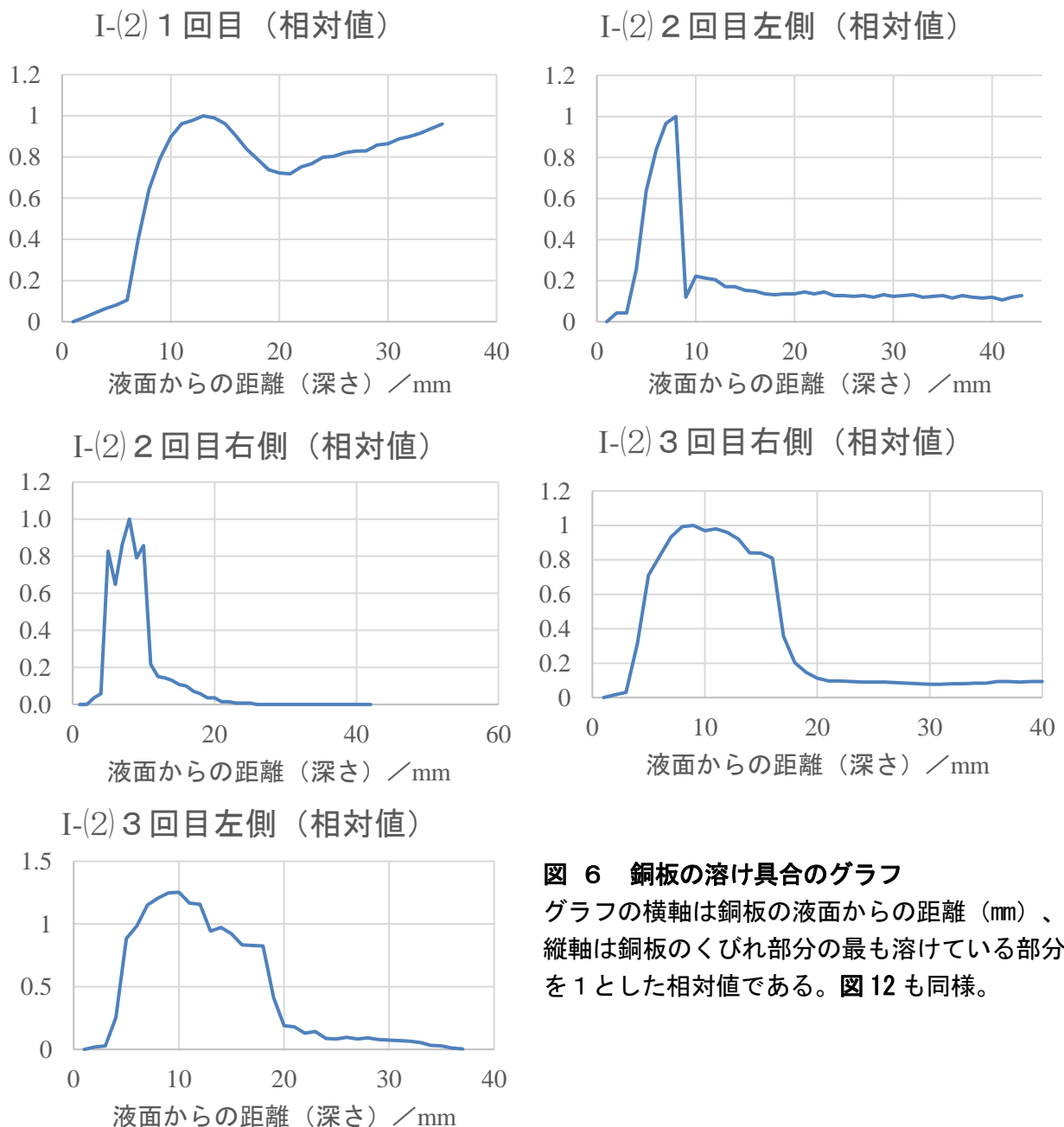


図6 銅板の溶け具合のグラフ

グラフの横軸は銅板の液面からの距離 (mm)、縦軸は銅板のくびれ部分の最も溶けている部分を1とした相対値である。図12も同様。

## 2. 考察

上の実験I-(1)、I-(2)より、液面付近の銅板がよく溶けることが分かった。また、銅板の溶け方から、溶液の濃度が均一な状態でなかったと考えられる。それが銅板の形状の変化に関わっているのではないかと考え、濃度を揃えることを目的に、溶液を攪拌しながら電気分解の実験を行うことにした。また、くびれのできる部分が液面付近であるのかを確認するための実験も行った。

## 5 研究の方法II

- (1) 実験1.2の結果より、溶液の濃度が銅板の溶け方に影響するのか調べる。マグネチックスターラーを使用し、溶液の濃度を均一にしながらI(2)と同じように実験を行う。
- (2) 液面付近の銅板にビニールテープを巻くことで、そこが溶液と触れない状態にする。その後電流を流し、銅板の溶け方を観察する。

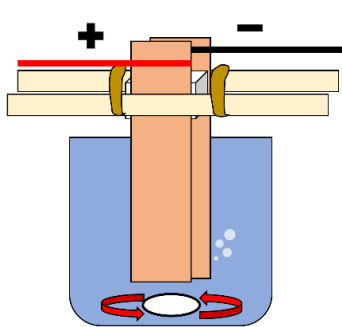


図7 実験II-(1)の実験装置の模式図

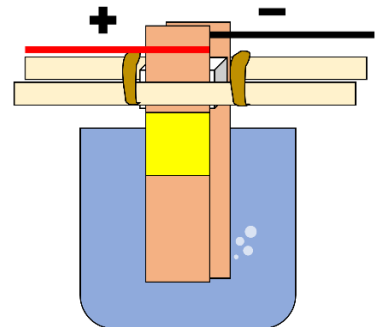


図8 実験II-(2)の実験装置の模式図

## 6 結果と考察II

### 1. 結果

- (1) 実験開始して少し変化が見られたので取り出してみると、液面部に小さなくびれができていた。銅板の先端部が弧を描くようにして溶けた。

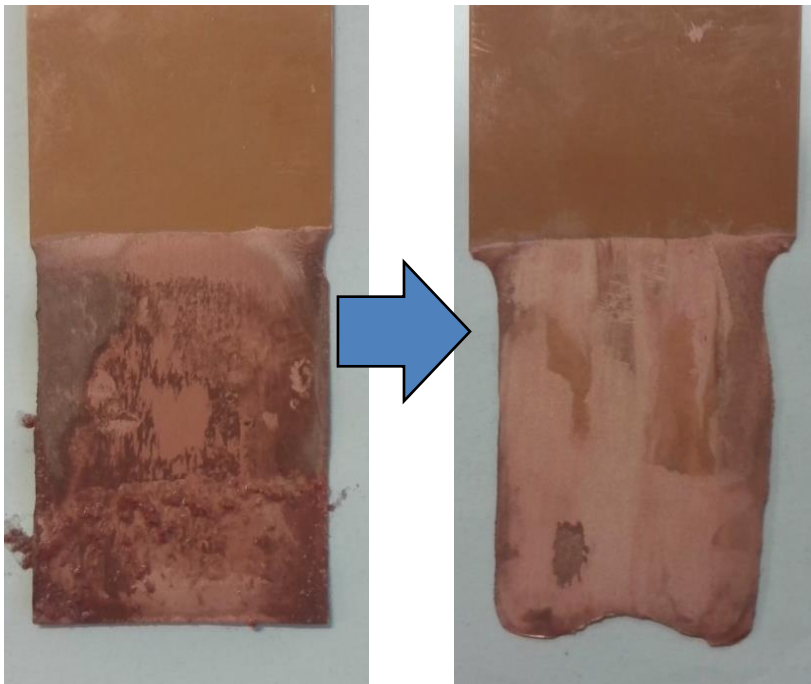


図9 電気分解の回数による銅板の形状の変化



図10, 11 実際の実験の様子

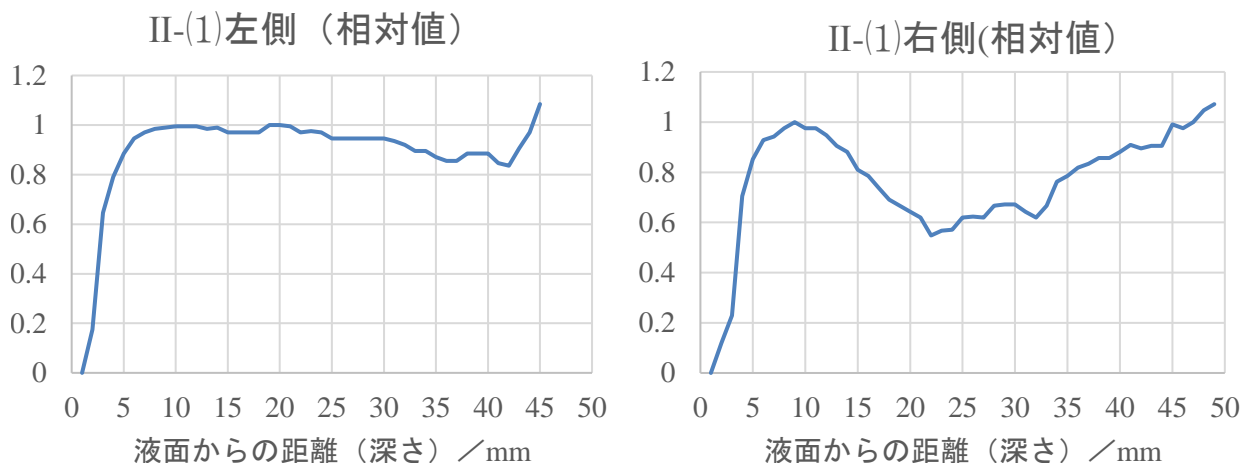


図 12 銅板の溶け具合のグラフ

- (2) ビニールテープを巻いた銅板の電気分解を行ったところ、図 13 のように、ビニールテープを巻いた部分は全く溶けず、それ以外の部分は比較的均一に溶けた。

## 2. 考察

溶液を攪拌していた場合も最初はくびれができていたこと、またその後は実験I-(2)と比べて、くびれの成長度合いが小さく、全体的によく溶けていたことから、電気分解の初期段階でくびれができ、それがその後大きくなっていくのではないかと考えた。また、銅板の先が弧を描いていたのは、スターラーが影響していると考えられる。スターラーを回転させた場合、密度の小さな物質は中心に集まり、密度の大きな物質は外側に集まる。電気分解の起こりやすさが溶液の特定のイオンなどの濃度に関係しているのであれば、スターラーの回転による溶液の攪拌によって、このような形ができたのではないかと考えられる。



図 13 ビニールテープを巻いた銅板の形状の変化

## 7 まとめと今後の課題

今回の実験を通して、銅板の溶け方が溶液の濃度の違いによるものだということが明らかになった。大きくくびれができた部分は他の部分と溶液の濃度が異なるからだと考えられる。また、くびれの出来る原因と電圧の大きさに関係がないと分かったが、授業で使用した硫酸銅水溶液は濃度が均一でなかったのに、銅板にはくびれが出来ないものもあった。原因としては実験時間の差が考えられる。我々は長時間続けて実験を行ったが、授業で実験を行った時間は長くて 10 分程度であった。これより、1 回の実験時間が短く繰り返して行われる場合、銅板にくびれは出来ないのではないかと考えた。

今後の課題としては、銅板は溶液の濃度が高い部分から溶けていくのか、低い部分から溶けていくのかを検証していくこと、また、銅板が溶けて薄くなった後にくびれができる理由と、柱状の金属の電気分解後の最終的な形状を確認していくつもりだ。

## 参考文献

1. 一般社団法人日本機械学会流体工学部門「渦の中の気泡」

([https://jsme-fed.org/experiment/2020\\_4/001.html](https://jsme-fed.org/experiment/2020_4/001.html))

# アコヤ貝を用いた制酸薬の合成

2年3組 大野 衣槻 清水 和奏 細川 惺菜 2年4組 藤江 栞理  
指導者 高橋 寛

## 1 課題設定の理由

令和4年5月31日付の日本経済新聞によると、真珠養殖に使用するアコヤガイの大量死の影響により、愛媛県の真珠生産量が全国一位の座から陥落してしまった<sup>[1]</sup>。しかし、愛媛県庁の発表している「えひめの水産統計」によると、真珠の生産量は令和2年まで12年連続で全国一位（図1）であり、愛媛県の主要な産業である<sup>[2]</sup>。中でも宇和島市は、南予地域の海岸線に見られるリアス海岸の影響で海面が穏やかなため、真珠養殖に適していることから質の良い真珠生産で全国に知られている<sup>[3]</sup>。

真珠養殖では、アコヤガイから真珠を取り出したあと、貝柱を食用にするなどの利用は進んでいるが、重量の大部分を占める貝殻（図2）の利用は進んでおらず、主に廃棄処分にされることが多い。宇和島東高校では、これまでにアコヤガイに限らず地域の廃棄物として排出されるさまざまな貝殻の有効活用法を研究してきた<sup>[4][5][6]</sup>。

本研究では、市販の胃薬にも含まれている物質である Mg-Al 系 LDH（合成ヒドロタルサイト）に着目した。LDH とは層状複水酸化物の略称で、金属水酸化物でできた基本層の間に陰イオンが挟み込まれた構造をした物質である。平原らは、Mg-Al 系 LDH の Al を Fe に置換した Mg-Fe 系 LDH の制酸性について評価している<sup>[7]</sup>。貝殻に含まれるカルシウムは、マグネシウムと同じ2族元素であり、比較的性質が似ている。また、木村らの論文では、薬品から Ca-Al 系 LDH を合成できることが明らかになっている<sup>[8]</sup>。従って、貝殻の主成分である炭酸カルシウムを再資源化することで Ca-Al 系 LDH を合成し、胃薬として活用できないかと考えた。

## 2 仮説

- (1) 貝殻を用いて Ca-Al 系 LDH を合成できる。
- (2) 貝殻を用いて合成した Ca-Al 系 LDH も、胃薬として利用されている Mg-Fe 系 LDH と同等の制酸効果を持つ。

## 3 研究の方法

### (1) Ca-Al 系 LDH の合成

LDH の合成には、共沈法を用いた。まず、貝殻を用いた Ca-Al 系 LDH を合成するために、貝殻を 900°C で 10 時間加熱処理し、酸化カルシウム CaO に変化させた。これは、貝殻に含まれる不純物であるタンパク質コンキオリンを取り除くためである。この酸化カルシウム 2.5g に 0.10mol/L の塩酸 100ml を加え溶解させた。続いて、Al 源として塩化アルミニウム（米山薬品工業株式会社、米山一級）を量論比で Ca: Al = 3: 1 となるように加えた。得られた Ca と Al の混合

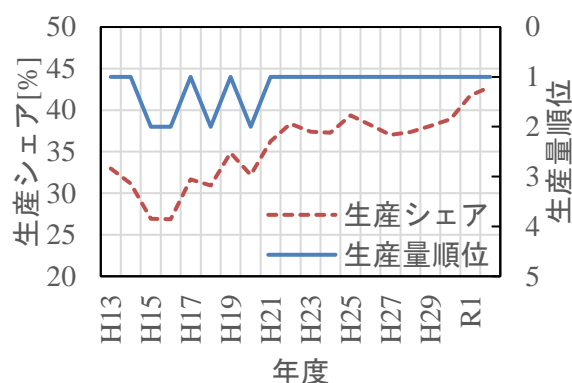


図1 愛媛県の真珠生産シェアと全国順位（えひめの水産統計より作成）

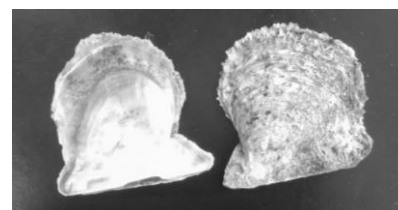


図2 アコヤガイの貝殻

溶液をマグネチックスターラーで攪拌しながら、1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えて pH を 12 に調整した。得られた沈殿を含む水溶液を 24 時間静置した後、沈殿物をろ過、洗浄し、生成物を得た。

Mg-Fe 系 LDH の制酸性を調べた平原らの論文では、水酸化ナトリウム水溶液を加える前に炭酸ナトリウムを加えていて、層間に炭酸イオンを含む LDH (炭酸型 LDH) を合成していた。しかし、カルシウムイオンは炭酸イオンと結合し、炭酸カルシウムの沈殿を生成してしまうため、本研究では炭酸ナトリウムを使用せず合成した。従って、層間には塩化物イオンが含まれていることになる。

続いて、比較試料として試薬から Ca-Al 系 LDH の合成を行った。塩化カルシウム (片山化学工業株式会社、KC 一級) と塩化アルミニウムを量論比で Ca: Al= 3: 1 となるように混合し、純水で溶解させた。続いて、攪拌しながら 1.0mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えて pH を 12 に調整した。得られた沈殿を含む水溶液を 24 時間静置した後、沈殿物をろ過、洗浄し、生成物を得た。

得られた生成物は、岡山大学に協力を得て、粉末 X 線回折法により評価した。粉末 X 線回折法は、規則正しく並んでいる原子の配列によって散乱される X 線の強め合った回折線が異なるという特徴を利用するもので、その物質を同定することができる<sup>9)</sup>。

## (2) 制酸性の評価

平原らの論文によると、制酸剤に対する要求特性は「速効性があり胃内の好適 pH 範囲である 3.5~5.5 を長時間維持することである。また、制酸剤としての基準は、1 回の服用で 0.1mol/dm<sup>3</sup> の HCl 水溶液 50cm<sup>3</sup> を中和できる能力をもち、1 日の最大分量で 0.1mol/dm<sup>3</sup> の HCl 水 150cm<sup>3</sup> を中和できる能力をもつことである。」と記述されている。本研究では、表 1 に示す試料について、先行文献に従い、以下のフックス変法を用いて制酸性を評価した。

表 1 フックス変法で制酸性を評価した試料

	詳細	略称
試料 1	貝殻から合成した CaAl 系 LDH	Ca-Al 系 (貝殻)
試料 2	試薬から合成した Ca-Al 系 LDH	Ca-Al 系 (試薬)
試料 3	市販の Mg-Al 系 LDH (富士フィルム和光純薬)	Mg-Al 系 (薬品)

フックス変法とは、人間の胃に見立てた環境での pH の変化を評価することで制酸性を評価する方法で、図 3 のような装置を用いて、以下の手順で行った。

- ① 温度を 37±2°C に保持した 0.10 mol/L の HCl 水溶液 50 mL をかき混ぜながら、試料を 1.0 g 添加する。
- ② 試料の添加後、10 分間かき混ぜながら放置し、その後、0.1 mol/L の HCl 水溶液を 1 分間に 2 mL の割合で滴下する。(本研究では装置の都合上、1 分ごとに 2 mL ずつ添加した。)
- ③ pH の変化を pH メーター (APER A INSTRUMENTS 製 PH60-Z スマートペン型精密 pH 計) と連携したスマートフォンのアプリによって連続的に経過時間 60 分まで記録する。

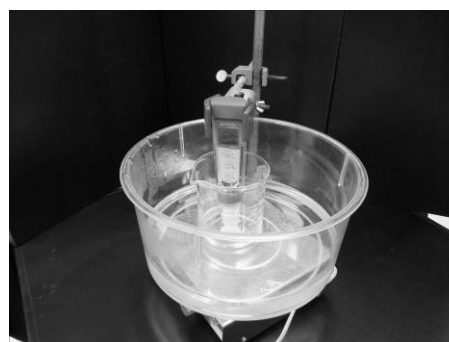


図 3 フックス変法の様子

## 4 結果と考察

### (1) Ca-Al 系 LDH の合成

図 4 に各試料の粉末 X 線回折の結果を示す。どの試料も、12°、23° など多くのピークが Ca-Al 系 LDH と一致したことから、試薬からも貝殻からも Ca-Al 系 LDH の合成に成功したと言える。し



かし、40°付近に小さなピークが多いため、不純物も含まれている（不純物： $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）ことが分かった。

さらに、試薬から合成したものは結晶性が高く、貝殻から合成したものは結晶性が低いことから、この結晶性の違いが制酸性に影響を及ぼす可能性がある。

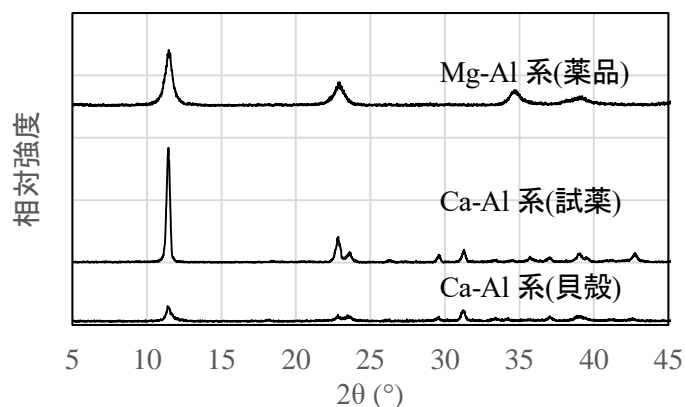


図4 粉末X線回折結果

## (2) 制酸性の評価

図5に、各試料のフックス変法によるpHの変化を示す。既存の制酸剤であるMg-Al系LDHは600秒の時点で一瞬だけpH 5.5を超えたが、その他の時間は安定してpH 3.5~5.5の間を保っているため、実用化されているのも当然であるが、制酸剤としての性能は十分であった。

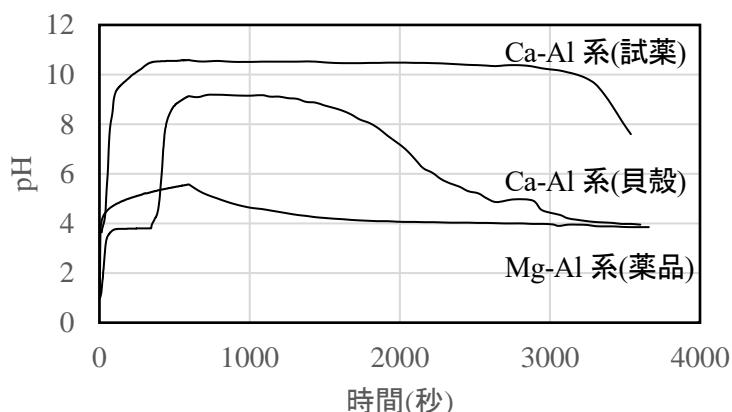


図6 フックス変法によるpHの変化

それに対して貝殻から合成したCa-Al系LDHは、投入初期は溶解しにくく、その後pHが上昇して以降、2500秒までpH 5.5以上となったことから、中和する能力は十分である。しかし、最大pHが9程度と高くなりすぎていることから、このままでは制酸剤としての利用は難しいと言える。例えば、使用量を調節することで、pHの上昇を抑えながらpHを3.5~5.5に保つことができるかどうか検討したい。

また、試薬から合成したCa-Al系LDHは、投入初期からpHが9以上を保ち続けていて、中和する能力は貝殻から合成したCa-Al系LDHよりも高くなることが分かった。この理由は、粉末X線回折の結果で違いのあった結晶性が影響しているのではないだろうか。LDHの結晶性を向上させる方法として、沈殿させた後の溶液を高温・高圧で熟成させる水熱法があることから、貝殻から合成したLDHでも同様の結果を得ることができる可能性がある。また、中和する能力が高いということは、使用量を減らすことができるともいえる。使用量を最適化することで、pHを3.5~5.5の間に保つことができないか検討する必要がある。

また、今回の実験はLDHの層間に塩化物イオンを取り込んだ塩化物イオン型Ca-Al系LDHで

行ったものである。比較試料として用いた Mg-Al 系 LDH (合成ヒドロタルサイト) は層間に炭酸イオンを含む炭酸イオン型であるため、今後の実験では貝殻から炭酸型 Ca-Al 系 LDH を合成し、その制酸特性を調べたい。その手法としては、塩化物イオン型 LDH を炭酸ナトリウム水溶液など、炭酸イオンを含む水溶液と混合し、層間の陰イオンをイオン交換する手法を検討している。

今回、貝殻から Ca-Al 系 LDH を合成できることを見出したが、LDH はイオン交換体や触媒としても研究が進められていることから、得られた LDH の他の用途についても検討を進めたい。

## 5 今後の課題とまとめ

貝殻から共沈法を用いて Ca-Al 系 LDH を合成できることを見出した。フックス変法により制酸性を評価したところ、中和する能力は高いが、pH が上がりすぎており、制酸薬として求められる pH を 3.5~5.5 に保つ性能のためには使用量などをさらに検討する必要がある。

今後は、使用量の調整を行うとともに、市販の合成ヒドロタルサイトと同様、層間の塩化物イオンを炭酸イオンに置き換えた炭酸イオン型 Ca-Al 系 LDH を合成して、制酸性を評価したい。また、平原らの論文では、神経毒を示すことが知られる Al を Fe に置き換えた Mg-Fe 系 LDH を評価している。私たちも、Ca-Al 系 LDH の Al を Fe に置き換えた Ca-Fe 系 LDH を合成し、評価してみたい。

この他にも、LDH はイオン交換体や触媒としての利用も研究されていることから、多用途への展開ができないか検討を進めたい。

## 謝辞

今回の研究を進めるにあたり、ご助言いただきました岡山大学環境理工学部の特命教授三宅通博様、粉末 X 線回折法による生成物の分析にご協力いただいた同大無機機能材料化学研究室の教授亀島欣一様、准教授西本俊介様、研究室の方々にこの場を借りて心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 「愛媛の真珠、21年産で首位陥落 大量死響く」、日本経済新聞、令和4年5月31日
- [2] えひめの水産統計、愛媛県庁、<https://www.pref.ehime.jp/h37100/toukei/index.html>
- [3] ふるさと宇和島 newsletter★vol.14、宇和島市、令和2年3月18日配信
- [4] 石山春菜・二宮紗弥・東野乃、「カキ殻粉末を用いた水質浄化-赤潮の未然防止に向けて-」、平成28年度宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集、p83-86
- [5] 佐竹陸真・前田喬祐・岩本拓哉・細田佑樹、「カキ殻タイルへの耐水性の付与と遮熱性向上」、平成30年度宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集、p103-106
- [6] 竹内愛花、「貝殻焼成カルシウムの消臭効果に関する研究」、令和元年度宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集、p190-191
- [7] 平原英俊・澤井好幸・曾澤純雄・高橋諭・梅津芳生・成田榮一「Mg-Fe 系層状複水酸化物の合成とその制酸特性」、粘土化学、2002年42巻2号、p70-76
- [8] 木村研也・佐々木健・平原英俊・成田榮一、「Ca-Al 系層状複水酸化物を經由する無機板状粒子の合成」、Clay Science Society of Japan、p60-61
- [9] 加藤誠軌著、セラミックス基礎講座3 X線回折分析、内田老鶴圃(1990)

# 吉田町の土砂災害の一考察

## —斜面上の土砂流出と粘土鉱物からの検討—

2年1組 赤松 奏來 2年3組 水谷 光希 2年4組 伊藤 脩  
2年4組 高田 悠朗 2年4組 古川賢太郎 2年4組 山元 颯太  
指導者 山本 鷹裕

### 1 はじめに

平成30年7月豪雨では、宇和島市の7月の平均降水量237.2mmに対し、7月5日から8日に降った4日間の累積雨量は宇和島観測所で374.0mmを記録し、1か月間の過去平均雨量を大幅に上回る雨量が観測された。また、吉田町玉津地区や奥南地区では、1時間に90mmを超える集中的な豪雨が観測され、4日間の累積雨量も玉津地区で469.0mmを観測した（平成30年7月豪雨宇和島市災害記録誌第一章より引用）。

野村町が属する西予市宇和でも7月5日から8日に降った4日間の累積雨量は、539.5mmを記録し、7月平均雨量の267.3mmを大きく上回った。また、日降水量は7月7日に229.0mmを記録している。この豪雨により、浸水被害だけでなく、斜面崩壊も多数発生し、吉田町ではみかん畑での崩壊が顕著であった（図1）。

近年、令和元年8月末豪雨や令和2年7月豪雨などの集中豪雨が発生し、これらの豪雨が河川の氾濫だけでなく土砂災害をも引き起こしている。特に愛媛県は土砂災害に対する脅威は大きく、全国における土砂災害警戒区域の指定状況（表1）によると、愛媛県の土砂災害警戒区域の数は土石流によるもので全国6位、地滑りで全国4位であり、全国でも屈指の土砂災害リスクが高い地域である。前述の土砂災害は、このように土砂災害のリスクが高い地域に多量の雨が降ったことで発生したと考えられる。

そこで、愛媛県宇和島市吉田町の土砂災害に関して、研究を進め、吉田町の土砂災害のメカニズムを解明することによって、減災につなげたいと考え、本課題を設定した。

### 2 本研究の目的

- (1) 土砂災害の中で、表層土が流出する表層崩壊において、降水量と斜面傾斜角にどのような関係性があるのかを明らかにする。
- (2) 池下（2015）によると、土砂災害の素因の一つとして、潜在的なすべり面や断層破碎帯などの弱部となる部分に生成された膨潤性粘土鉱物によるものがあると述べられている。比較的多数の土砂災害が発生した宇和島市吉田町と比較的少なかった西予市野村町の土砂災害の崩壊土堆積物中の粘土鉱物の組成を調べ、宇和島市吉田町の土砂災害において粘土鉱物がどのように関わって

表1 全国における土砂災害警戒区域の指定地点数状況（上位7県）（2022年国土交通省より）

都道府県	土石流	都道府県	地滑り
広島県	16,879	長野県	1,519
鳥取県	13,279	新潟県	1,448
山口県	9,866	長崎県	1,202
岐阜県	7,343	愛媛県	861
鹿児島県	7,224	山形県	757
愛媛県	7,154	秋田県	668
兵庫県	6,993	石川県	660

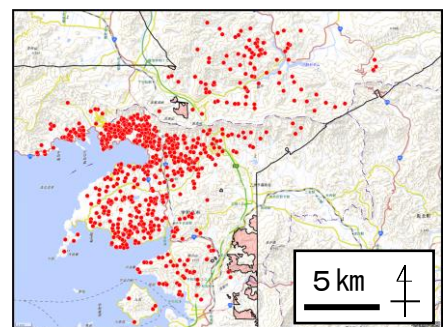


図1 平成30年7月豪雨斜面崩壊位置

いたのかを明らかにする。

### 3 地域の概要

吉田町は愛媛県の南予に位置する宇和島市に属しており、旧宇和島市の北に隣接している。西側は宇和海に面しており、他方は山地である。1793 年に加賀山平次郎が土佐から持ち帰った温州みかんの苗木を庭に植えたことを始まりに、200 年以上のみかん栽培の歴史を誇り、吉田町の至る所の斜面に、みかん畑が整備されている。

寺岡・栗本（1986）によると、吉田町の基盤岩は中生代の付加体である四万十帯によって構成されている。四万十帯を構成する法花津地塊、奥浦地塊、吉田地塊などは主に砂岩や泥岩から構成されている。（図 2）。

野村町は愛媛県西予市に属しており、四国カルストの源氏ヶ駄場をはじめとする急峻な山々に囲まれた地域である。野村町の基盤岩は黒瀬川構造帯で構成されている。黒瀬川構造帯は、古生代初期から中期の火成岩類（三滝火成岩類）と変成岩類（寺野変成岩類）で代表される大陸の基盤岩類、および非～弱変性のシルル～デボン紀の岩石類（岡成層群）からなる。（図 3）。

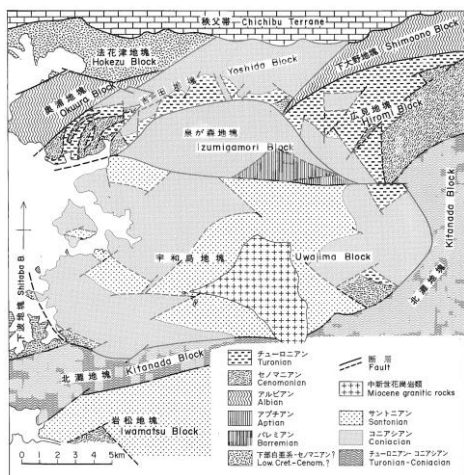


図 2 宇和島地域地質図  
(寺岡・栗本, 1986)

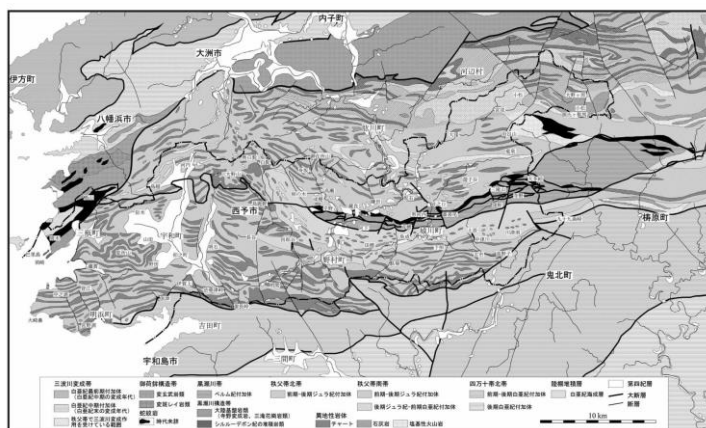


図 3 100 万分の 1 野村町地質図  
(小出 2012 より引用)

### 4 実験・研究の方法

(1) 斜面上の土砂の移動に関する実験（勾配と降雨強度の実験）

ア 8°、16°の傾斜台上にプラスチック製の箱を置き、箱の中に土を乗せ、散水機で、1 分 30 秒間水をかける。

イ 散水量を 20mm/h、40mm/h、60mm/h、80mm/h、100mm/h と変化させながら、あらかじめ傾斜台上に乗せておいた土に散水し、その崩れ方を調べる。その際に用いる土は吉田町から採取してきたものを使用した。（図 4）

ウ 傾斜台の外に流出した土砂量を計測する。計測には、パール金属株式会社製デジタルキッチンスケール 3 kg を用いた。

(2) 粘土鉱物組成と相対量に関する実験

ア 平成 30 年 7 月にあった西日本豪雨災害によって愛媛県宇和島市吉田町の吉田野球場裏の斜面崩壊と愛媛県西予市野村町貝吹の斜面崩壊（図 5）で起こった土砂崩れの堆積土砂を採取する。



図 4 勾配 16° 散水量 60mm/h の様子



図 5 斜面崩壊位置とその様子

イ 採取した土砂を粉末X線回折分析にかける。以下はその手順を記す。なお、処理は、地学団体研究会新潟班（1982）を参考に行った。

(ア) ビーカーに採取した土砂を 100g 入れ、純水を適量加えガラス棒を使って攪拌する。

(イ) 懸濁液だけを別のビーカーに移す。

(ウ) 懸濁液を 14 分間超音波分散する。

(エ) 懸濁液を 1000mL メスシリンダーに移し、ガラス棒を用いて攪拌する。

(オ) ストークスの法則に基づき、9 時間放置後、上部 10cm をピペットを用いて採集する。

(カ) 遠沈管に懸濁液を取り、2000r/min で 30 分間遠心分離器にかける。遠心分離機は、

**SORVALL LEGEND MICRO 17 R**（東京ダイレックス株式会社製）を使用した。

(キ) 上澄みを捨て、沈殿した粘土粒子をシャーレに移しドライヤーを用いて風乾させた。

(ク) 風乾した試料をめもの乳鉢を用いてすりつぶすし、微細粉末状にする。

(ケ) 300°Cの電気炉中で 1 時間加熱し、粘土鉱物が復水しないように処理し、定方位試料とした（**図 6**）。

(コ) 加熱処理した試料を粉末X線回折分析にかけ、どのような粘土鉱物が含まれるかを調べる。



**図 6 定方位試料（吉田町）**

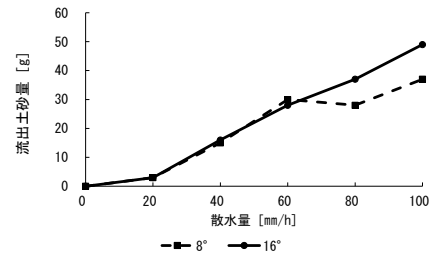
## 5 実験結果と考察

### (1) 勾配と降雨強度の実験と考察

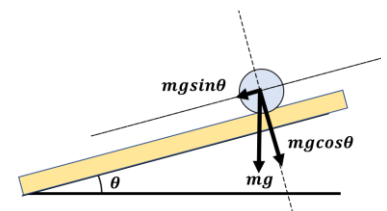
**図 7** から、全体的には水量が多いほど、また勾配が大きいくほど、流出土砂量が多くなった。

勾配 16° の場合は散水量と流出土砂量は比例に近い関係にあるが、勾配 8° の場合は散水量 60 mm/h までは比例に近い関係にあるものの、80 mm/h の散水量では、流出土砂量は増加せず、2g 減少した。この関係性について、「土には保水可能な最大の水量（保水限界点）があり、それを超える水量を含むと土砂が保水することはなくなり、水は土壌粒子間を通り抜けることになる。」という仮説を立てて考察を行った。

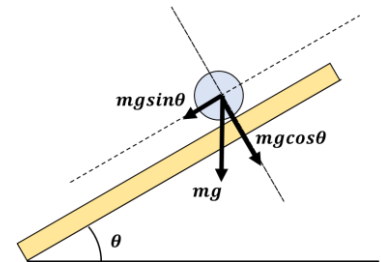
勾配が大きい場合と小さい場合では土砂に降った水に働く重力の斜面方向成分の大きさ ( $mg\sin\theta$ ) と斜面垂直方向成分の大きさ ( $mg\cos\theta$ ) がそれぞれ異なる (**図 8、9**)。具体的には、勾配が大きい場合の方が、勾配が小さい場合より水や粒子に働く重力の斜面平行方向成分の大きさ ( $mg\sin\theta$ ) が大きく、重力の斜面垂直方向成分の大きさ ( $mg\cos\theta$ ) が小さくなる。よって、勾配が大きい場合は水が土に浸透するより早く土の上を流れ、逆に、勾配が小さい場合は水が土砂の上を流れるより早く土砂に浸透すると考えられる。これらのことから、勾配が 16° の場合は、浸透する水の量は少なく、表面を流れる水の量のほうが多くなるために、水は土砂の表面上を侵食し続けた。また、土砂に降る水に働く重力の斜面方向成分の大きさが大きいため、流速が大きくなり、より粒形の大きい土砂も侵食・運搬することができたと考えた。さらに、土砂に浸透する水の量が 8° の場合よりも少ないために、散水時間内に土砂の保水量が保水限界点を超えることはなく、散水量と流出土砂量が比例に近い関係となったと考えた。しかし、8° の場合は、



**図 7 実験 1 の結果**



**図 8 勾配が小さい場合の水や土砂粒子に働く重力**



**図 9 勾配が大きい場合の水や土砂粒子に働く重力**

表面を侵食する水の量と流速が 16°の時よりも小さいと考えられる。そのため、60 mm/h までは小さい流速でも侵食・運搬できる粒形の小さな土砂を侵食・運搬することで、16°の時とほとんど同じ流出土砂量を記録したのではないかと考えた。80 mm/h の時に 16°の時よりも流出土砂量が 9g 小さくなるのは、60 mm/h の実験までに、小さい流速で流すことのできる土砂は、侵食・運搬しきっていたにも関わらず、残っている粒形の大きな土砂を運搬する流速には到達できなかったためではないかと考えた。100 mm/h の散水量で再び流出土砂量が増加するのは、散水量の増加により、残っている粒形の大きな土砂を侵食・運搬することのできる流速に到達したためだと考えた。

## (2) 粘土鉱物の組成と相対量の実験に関する考察

吉田町の土砂と野村町の土砂に含まれる粘土鉱物の組成と相対的な量を粉末 X 線回折分析の相対強度から比較すると (図 10)、吉田町の土壌中には野村町よりも多くのグロコナイトが含まれていることが分かった。下田 (1977) によると、雲母粘土鉱物であるグロコナイトは加水層格子を持たない、つまり膨潤層を持たないと述べられている。また、亀井ら (1996) によると、カオリンは膨潤性が高いと述べられている。一般的に、膨潤層をもつ粘土鉱物が斜面崩壊の素因の一つとして働くと考えられている事から、吉田町の基盤岩では、亀裂や節理にグロコナイトが主に存在したことで、野村町のような亀裂や節理にカオリンなどの膨潤性粘土鉱物を含む地域よりも、相対的に土砂崩れが起こりにくくなっていたと考えた。そのため、10 年に 1 回規模の雨では、崩壊が起こらず、斜面の土砂や基盤岩が不安定なまま残されていたと考えた。しかし、平成 30 年 7 月豪雨の際には、日降水量が宇和島で 186.5 mm と松山地区の 100 年に 1 回の確立降水量に近い豪雨が降っていた (気象庁 HP 異常気象リスクマップより引用)。このような豪雨の場合には、多数の斜面に不安定なまま残っていた土砂に多量の水が浸透して質量が増すことと、クラックやジョイントに浸透した水が摩擦力を低下させたことで、吉田地区のみかん畑が同時多発的に多数崩壊したのではないかと考えた。

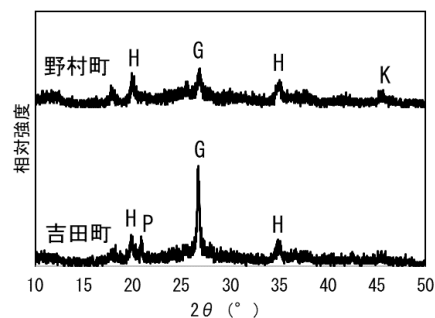


図 10 野村町と吉田町の斜面崩壊土砂に含まれる粘土鉱物の相対強度

野村町のような亀裂や節理にカオリンなどの膨潤性粘土鉱物を含む地域よりも、相対的に土砂崩れが起こりにくくなっていたと考えた。そのため、10 年に 1 回規模の雨では、崩壊が起こらず、斜面の土砂や基盤岩が不安定なまま残されていたと考えた。しかし、平成 30 年 7 月豪雨の際には、日降水量が宇和島で 186.5 mm と松山地区の 100 年に 1 回の確立降水量に近い豪雨が降っていた (気象庁 HP 異常気象リスクマップより引用)。このような豪雨の場合には、多数の斜面に不安定なまま残っていた土砂に多量の水が浸透して質量が増すことと、クラックやジョイントに浸透した水が摩擦力を低下させたことで、吉田地区のみかん畑が同時多発的に多数崩壊したのではないかと考えた。

## 6 まとめ

今回の実験により、斜面上の堆積している土砂に降水が生じた場合、斜面の傾斜により水や堆積している土砂に働く重力の斜面並行方向成分の大きさと斜面垂直方向成分の大きさが変化することで、斜面上の土砂の保水限界点や表面を流れる水の流速が変化し、斜面から流出する土砂の質量も変化する事が示唆された。また、吉田町と野村町の斜面崩壊堆積物に含まれる粘土鉱物の組成や相対的な含有量を調査したことで、西日本豪雨の際に吉田町のみかん畑で同時多発的に多数の斜面崩壊が生じた原因について、一つの言及をすることができた。

## 文献など

- 内閣府 (2019) 平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について (平成 31 年 1 月 9 日現在) p4, 36-43
- 気象庁 HP 「平成 30 年 7 月豪雨 (前線及び台風第 7 号による大雨等)」 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/20180713.html>
- 宇和島市 (2021) 平成 30 年 7 月豪雨宇和島市災害記録誌 第 1 章, p2-3
- 小出良幸 (2012) 愛媛県西予市付近の地質概要と課題 札幌学院大学人文学会紀要第 91 号, p1-25
- 寺岡易司・栗本史雄 (1986) 宇和島地域の四万十帯白亜系層序—大型化石と放散虫化石の層序の分布に関連して— 地質調査月報, 37, 417-453
- 池下まゆみ (2015) 粘土鉱物の生成・運搬メカニズムと土砂災害 第 59 回粘土科学討論会要旨 p24-25
- 下田右 (1977) 雲母粘土鉱物の化学組成と結晶構造 鉱物学雑誌, 第 13 卷, 特別号, p27-37
- 亀井健史、榎本雅夫 (1996) 締め固めたカオリンの水浸に伴う膨潤特性 土木学会論文集 No. 535/III-34, p57-64
- 地学団体研究会新潟班 (1982) 変質鉱物の顕微鏡鑑定 年末技術講習会冊子, p88-91
- 気象庁 HP 「異常気象リスクマップ 確立降水量地点別一覧表 (51 地点)」 [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/qt\\_table.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/qt_table.html)

# 新たな指標生物を探せ！

～神田川の水質と生物～

2年4組 河野 紗良  
2年4組 宮本 陽菜

2年4組 兵頭 綺  
2年4組 渡部ひとみ  
指導者 中尾力広

## 1 課題設定の理由

身近な河川の水質について、小学生以下の子供たちが容易に確認できる“環境省で定めていない”新たな指標生物を見つけ出したい。見つけることができれば、近所の川で衛生的に安心して遊ぶことができるのではないかと考える。



カワムツの環境省への登録認定を目指す。水がきれいなところを好む。捕まえたカワムツは約3cm。R2:上流、下流で、R3・4:全流域で捕獲。

図1 調査地点(辰野川河口)

## 2 仮説

- (1) 水生昆虫ではなく、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(図1)。
- (2) 図2 (R3 参照)に示したカワムツと水質との関係性について他の河川でも、同様の結果を得ることができる。
- (3) COD 以外の物質 (BOD)もカワムツの生息に影響する。
- (4) 他にも指標生物として活用できる生物種がある。
- (5) 前日の天候や当日の天候、季節によって流量が変わるため、水質も変化する。

最低15ppm ↔ 最高8ppm  
×カワムツ ○カワムツ



図2 COD値とカワムツとの関係



宇和島東高等学校



神田川下流



神田川上流



神田川中流

図3 調査地点(辰野川河口)

### 3 実験・研究の方法

#### (1) 生物学的検証

神田川を、上流・中流・下流に分け、それぞれの場所で生息する生物から河川の水質を推測する(図3)。

#### (2) 化学的検証(パックステスト)

- 1年目(R2)・・・COD(化学的酸素要求量)。
- 2年目(R3)・・・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>
- 3年目(R4)・・・2年目+BOD(生物化学的酸素要求量)

※ COD値は、水の汚れの指標となるもので、飲み水では1~3ppm程度の低い値を示す。硝酸態窒素、亜硝酸態窒素他にも指標生物として活用できる生物種がある。絶滅危惧種は、環境への順応性が高くないと考えられ、絶滅危惧種と水質との関連性は高い。

### 4 結果1

#### (1) 生物学的検証

令和4年度に捕獲した生物を図4に赤丸で示す。

神田川の水質は、水質階級Ⅰ(きれいな水)~水質階級Ⅱ(ややきれいな水)の範囲にある。

#### (2) カワムツについて(環境省指標生物外)

捕獲したカワムツは約3.0cmであった。群れで泳いでいることが多く、比較的捕獲が容易であるといわれているが、今年度は群れで行動するカワムツを見ることは少なかった。去年に引き続き、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。令和2年度は上流、下流で捕獲できたが、中流では捕獲できなかった。しかし、令和3年度は、上流・中流・下流の全ての流域で捕獲によってその生息が確認できた。令和4年度も、上流・中流・下流の全ての流域で捕獲することができ、生息を確認できた。

きれいな水(Ⅰ)の指標生物	ややきれいな水(Ⅱ)の指標生物
ナミウズムシ <b>サワガニ</b>	<b>カワナ類</b> コオニヤンマ
<b>ヒラタカゲロウ類</b> <b>カワゲラ類</b>	<b>コガタシマトビケラ類</b> <b>オオシマトビケラ</b>
ヘビトンボ ナガレトビケラ類	<b>ヒラタドロムシ類</b> ゲンジボタル
<b>ヤマトビケラ類</b> <b>ブユ類</b>	○ ヤマトシジミ ○ イシマキガイ
アミカ類(ヨコエビ類)	
きたない水(Ⅲ)の指標生物	とてもきたない水(Ⅳ)の指標生物
<b>タニシ類</b> シマイシビル	サカマキガイ エラミミズ
ミズムシ ミズカマキリ	アメリカザリガニ ユスリカ類
○ ニホンドロソコエビ ○ イソコツブムシ類	チョウバエ類
その他	○は海水の少し混ざっている汽水域の生物
ヒゲナガカワトビケラ類 ニンギョウトビケラ類	
タニガワカゲロウ類 チラカゲロウ	

図4 神田川の水生物

#### (3) その他の生物

##### ア サワガニ(環境省指標生物)

甲幅は20~30mmで、脚を含めた幅は50~70mm。食性は雑食性で、藻類や水生昆虫、陸生昆虫類、カタツムリ、ミミズ等何でも食べる。きれいな水に生息する。(図5)



図6 スジエビ(上流~中流)

##### イ スジエビ(環境省指標生物外)

淡水性のエビであり、広い範囲に生息する。上流で捕獲。肉食性である。(図6)

##### ウ ヨシノボリ(環境省指標生物外)(指標生物外)

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。(図7)



図7 ヨシノボリ(上流)



## エ クロベンケイガニ(環境省指標生物外)

下流で発見。河口域に生息する。植食性である。あまり多くは生息していない(図8)。

環境省の資料(図4)と照らし合わせると、神田川は、上流～下流にかけてほぼ全流域で、水質階級Ⅰ～Ⅱの比較的きれいな水質であることから、神田川はカワムツの生息については適した環境であると考えられる。このことについてさらに細かい分析を試みるために、パックテストによる調査結果を積み上げることを継続して行った。



図8 クロベンケイガニ、神田川(下流)

## 5 結果その2

パックテスト(COD及び、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、BOD)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、今年度は調査項目にBODを増やして実施した。

### (1) COD値について

令和2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。その比較のため本年度もCODについては引き続き調査を行った。令和3年度は、COD値が上流・中流で低く、下流では令和2年度よりやや高い8ppmであった(図9)。(R3参照)

### (2) COD値以外の物質について

令和2年度に新しく追加した $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ は、どの流域でも大きな違いはなかった(図9)。注視すべきはカワムツ生息域とCOD値との関係であると言える。

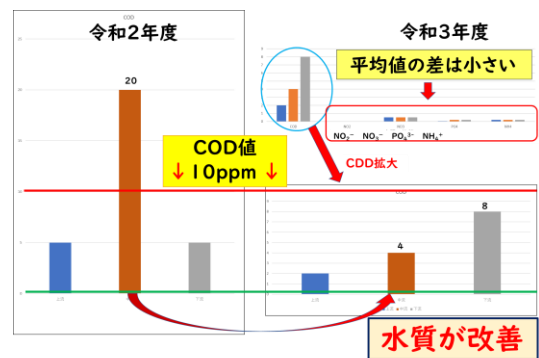


図9 各地点のCOD値

## 6 考察とまとめ

(1) 令和2年度の本県の牧野らによる調査結果では、中流の流れが遅く汚れていた。この中流のCOD値平均は20ppm、最も低い日でも15ppmを越えており、カワムツ(図10)の存在は確認できなかった。一方、上流と下流の平均値はいずれも5ppm以下で、両流域では捕獲によってカワムツの生息が確認できた。令和3年度は、全流域でカワムツの生息が確認できたことから、前の年より河川がきれいになり、生息域が広がった可能性が考えられる。令和3年度の調査では、COD値が、上流で平均2ppm、中流で平均4ppmと前年より低く、特に中流における水質改善がみられた。一方、下流での平均値は8ppmとやや高くなっていったものの、この年、全流域でカワムツの生息が確認できた。令和2年度にCOD値平均20ppmの中流では確認できなかったカワムツが、令和3年度は8ppmの下流で生息していた。この研究結果より、年間を通しての平均値に着目した場合、その生息域の境界値は8～20ppmの間にある可能性が示された。

この2年間の調査により、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という結果を見出すことができた(図4)。また、令和2年度の最低値に着目した場合、カワムツは15ppmの中流では生息していなかったカワムツが、令和3年度には、COD値が8ppmの下流で生息していた。このことから、カワムツの生息域に影響を与える境界値が、COD値が8ppm～15ppmの間である可能性が考えられる。さらにこの値を絞っていき、カワムツとCOD値の関係性について、より詳細な値を特定が可能であると考えられる。

(2) 令和3年度、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、そこに住む人の日々の生活の影響を受けているといった側面があり、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の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が、神田川は、上流～下流にかけて水質階級Ⅰ～Ⅱの比較的きれいな水質であることは、水生昆虫やパックテストの調査より検証できた。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は特定できなかった。

本村川の調査からも、COD 値の低い所（8～10ppm 程度の値以下）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である。

- (3) 令和4年度では、現実的に最も近い指標といわれている BOD 値を天候との関係に着目して調べた。双方の関係性を見出すことはできなかった。図10のように、COD 値と同様の傾向で変化することは分かったが、BOD 値は 0 の日が多かったことから、調査場所としている神田川には微生物が分解できる有機物が少ないといえる。カワムツの生存が確認できたことや BOD 値が低く、この面からも神田川は比較的きれいな川であると言える。

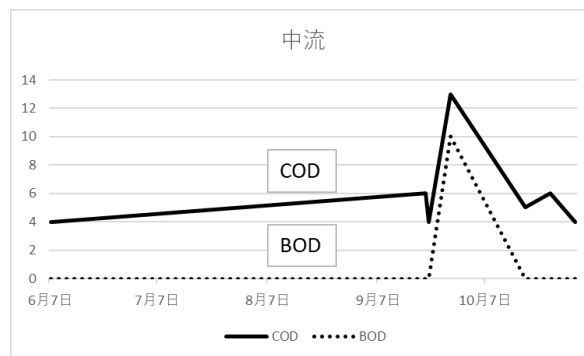


図10 中流における BOD 値と COD 値比較

## 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・調査地点を増やす必要がある。市内のカワムツマップを作成する。
- (2) 生物の生息域と水質との観点から、生物種保全に向けた可能性を探るため、調査する生物対象を拡げる。また、より正確な市内のカワムツマップ及びクロベンケイガニ（準絶滅危惧種(NT)）マップを作製する。
- (3) 神田川に流れ込む排水口付近の水質をピンポイントで調べる。季節や天候、気温等と BOD との関係性について詳細に調査する。
- (4) 田植えや稲刈りシーズンなどと COD が高くなる傾向がある。気温が BOD 値との関係を明確にするために調査を継続する。



図11 カワムツマップ

## 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『九州大学農学部学藝雑誌』 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)

# 摘果みかんから合成した再生繊維の評価方法

2年4組 竹田 りえる 山口 涼  
指導者 高橋 寛

## 1 課題設定の理由

令和4年6月の中国四国農政局統計部「図表で伝える中国四国の農林水産業」によると、令和3年の愛媛県のみかんの出荷量は全国で17%を占める第2位である<sup>[1]</sup>。また、愛媛県庁農林水産部農産園芸課「かんきつ類の統計」によると、令和2年の宇和島市のポンカンの収穫量は61.6%で第1位を占めており、その他の品種を含めて宇和島市は日本有数の柑橘類の産地である<sup>[2]</sup>。

宇和島東高校では、みかん搾汁残渣からセルロースナノファイバーが合成できるという愛媛大学の秀野らの論文(2013)<sup>[3]</sup>や、セルロースを用いた再生繊維について記述されている「サイエンスビュー化学総合資料」<sup>[4]</sup>を参考に、摘果みかん果皮を再資源化し、再生繊維を作ろうと試みてきた<sup>[5][6][7]</sup>。秀野らの論文では、柑橘の搾汁残渣に対して水酸化ナトリウムでの処理や亜塩素酸ナトリウムでの処理などを行うことでセルロースを抽出している。

これまでの研究では、摘果みかん果皮から純度に課題はあるもののセルロース粉末を得ることができ、注射器を用いて銅アンモニアレーヨンとして繊維状に成型することはできていた。しかし、注射器による成型方法では繊維の太さが調整しにくく、たわみのある状態で得られ、乾燥前に絡み合ってしまうことも多く、強度を測定することが難しかった。また、強度が弱いということはわかっていたが、数値化した強度の測定方法を確立できていなかった。

本研究では、実用化に向けて薬品のセルロースから作った繊維と同等の強度をもつ銅アンモニアレーヨンの作成を目指して、注射器による従来の成型とは異なる作り方の検討と、作成した繊維の強度測定法に着目して研究を行った。

## 2 仮説

注射器による押出成形よりも、袋の一端からピンセットを使って引き出す成形を行うことで、安定して銅アンモニアレーヨンを成形することができ、強度評価を行うことができる。

## 3 研究の方法

### (1) みかん果皮からの繊維合成

#### ア みかん果皮からのセルロースの取り出し

本研究では、宇和島市で柑橘類を栽培する農家から摘果した温州みかん(図1)をいただき、冷凍保存したものを用いた。セルロースの取り出しは、従来の手法通り、以下の手順で行った。

- ① 冷凍した摘果みかんを解凍し、果皮だけを選び分けた。
- ② 水溶性物質を除去するため、果皮を80℃の温水に浸し、6時間処理した。
- ③ ペクチンを除去するため2%水酸化ナトリウム溶液に浸し、80℃で6時間処理した。
- ④ 固液分離後、丸底フラスコに入れ、亜塩素酸ナトリウムでホロセルロース処理を行った。
- ⑤ 回収した固体を乾燥させ、乳鉢を用いて粉末化した。

#### イ 銅アンモニアレーヨンの作成

安定した太さで、絡まることのない状態で繊維を得るため、従来の注射器を用いた手法から、袋に詰めた粘動液を袋の一端に開けた小さな穴からピンセットで引っ張る手法(図2)を検討した。また、比較材料として市販の薬品セルロース(ナカライテスク株式会社)を用いて同じ条件で繊維を合成した。

- ① 水酸化銅0.50gにアンモニア水6mLを加え、シュワイツァー試薬を準備した。
- ② シュワイツァー試薬に得られたセルロース粉末0.75gを溶解させ、粘動液を得た。



図1 使用した冷凍保存の摘果みかん

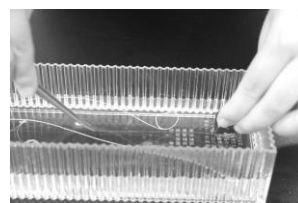


図2 袋からピンセットを用いて引き出す手法

- ③ 粘動液を小さなビニール袋に入れ、はさみで切り落とした袋の一端から 2 mol/L の希硫酸中に押し出しながら、ピンセットで引っ張り繊維の形に成型した。
- ④ 銅とアンモニアを除去した後、得られた繊維を純水で洗浄し、乾燥させた。

## (2) 繊維の強度評価

### ア 繊維の外観などの評価

得られた繊維の外観を写真撮影し、従来法と比較した。

### イ 繊維の強度測定方法

得られた繊維の強度について、繊維の評価方法を規格化した日本工業規格 JIS L 1015 には、機械を用いて引っ張り強度を測定する手法が記述されている<sup>18)</sup>。しかし、学校ではその機械がない。また、従来法で得られた繊維はもろく、触っただけで折れることが多かったため、少しずつ負荷をかける方法を考慮する必要があり、次の 3 種の手法を検討した。

- ① 繊維を 5 cm の幅で固定し、糸を重ねていき、切れた時の糸の重さで評価する。
- ② ばねばかりと繊維をつなぎ、切れるまで引っ張る様子を動画で撮影し、力の最大値を読み取り評価する。
- ③ 繊維をプラスチックのコップとつなぎ、吊るした状態で繊維が切れるまで水を入れ、切れた時の重さで評価する。

ウ 摘果みかん果皮から得られた繊維および、市販セルロースから同条件で作成した繊維について、7 日後、70 日後のものを手法 3 で評価した。ただし、プラスチックのコップに吊るすまでの準備段階や、吊るした時点で断線してしまったものは評価の対象から外した。また、得られたデータについて、t 検定を用いて有意差を評価した。

## 4 結果と考察

### (1) 繊維の作成方法について

図 3 に、従来法と新しい手法により作った繊維の比較を示す。従来の注射器を用いた成型法では、注射器の針とほぼ同じ太さの繊維が得られていた。注射器の針の太さはおおよそ 1 mm で、合成後の処理に時間がかかっていた。また、溶液中に押し出す際の力のコントロールが難しく、溶液中でたわみ、絡み合った状態になってしまい、のちに強度を評価することが難しかった。また、注射器中の目詰まりが起こりやすく、得られる量も 2, 3 本程度と少なかった。

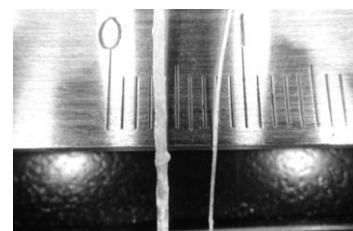


図 3 繊維の比較  
(左：従来法、右：新手法)

今回用いたビニール袋から押し出し、ピンセットで引っ張る方法では、引っ張る速度を比較的調整しやすく、1 mm よりも細い繊維を安定して得ることができた。また、目詰まりが起こってもビニール袋の向きを変えるなどの工夫で対処でき、同じ量の粘動液から 10 本以上の繊維を得ることができた。従って、繊維の作成方法としては袋を用いる手法が適していると判断した。ただし、どちらの手法でも摘果みかん果皮から繊維を作成すると、ところどころ「だま」のような凸凹のある繊維が得られていることが課題である。

### (2) 繊維の強度測定方法の検討

強度評価方法の候補として考えた手法 1 の繊維の上に糸を重ねていく方法 (図 4) では、重ねる糸が軽すぎて繊維がなかなか切れず、強度を評価できなかった。先行文献では摘果みかん果皮から作成した繊維がかなり弱いという記述がありこの手法を検討したが、予想以上に強度があることが分かった。

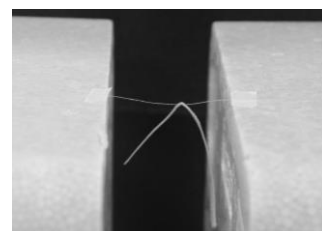


図 4 強度評価方法案 1

手法 2 では、ばねばかりと繊維を接続し、断線するまで引っ張る様子を撮影した動画で、最大値を読み取ることを考えた (図 5)。しかし、断線した際の動きが早く、最大値を読み取ることができなかった。



図 5 強度評価方法案 2

最後に検討した手法 3 では、繊維をプラスチックのコップにつないだ上で水を足し、断線した際のコップの重量から繊維の強度を評価した (図 6)。この場合、元のコップの重量に耐えられな

い繊維はぶら下げた瞬間に切れてしまい、評価することはできない。また、水を入れる際にコップが回転し、繊維にねじれが起きる課題があった。しかし、評価する本数を増やせばこの方法で繊維の強度が評価可能と判断した。



図6 強度評価方法案3

(3) 強度測定の結果

手法3を用いて、摘果みかん果皮および、市販のセルロースから作成した繊維について、繊維作成から7日後、70日後のものをそれぞれ評価した結果を表1および図7に示す。また、それぞれの結果について、t検定により有意差を比較した結果を表2に示す。

7日経過後の繊維と70日経過後の繊維を比較すると、原料に関わらず強度が弱くなっている傾向があった。

7日経過後の繊維を比較すると、摘果みかん果皮から得られた繊維と市販セルロースから得られた繊維の平均値の差には大きな差はなかったが、有意差があるという結果が得られた。従って、平均値等の値から摘果みかん果皮から得られた繊維の方が弱いといえる。70日経過後の繊維も、明らかに摘果みかん果皮から得られた繊維の方が弱い。

日数が経過することで強度が弱くなった理由は、生分解性を持つ再生セルロース繊維の特徴であると考えているが、やや強度が弱くなりすぎているように感じている。特に摘果みかん果皮から作った繊維の強度低下が顕著で、7日後に比べて強度の平均値が32%に低下した。これは、摘果みかん果皮中の不純物によりセルロースの結合が切れやすくなってしまったのではないかと考えている。また、摘果みかん果皮から作成した繊維の強度が弱い理由も、摘果みかん果皮から得られたセルロースの純度が低いことが影響していると考えている。また、図8に示すような、摘果みかん果皮から得られたセルロースと、市販セルロースの粒子の大きさや形の違いも影響していると考えている。摘果みかん果皮から得られたセルロースは、粒子のサイズバラバラであり、比較的丸い形をしているものが多い。それに対して市販セルロースはサイズが揃っていて、ふわふわした形をしているからである。

表1 作成した繊維の強度測定の結果

原料	摘果みかん果皮		市販セルロース	
作成後日数	7日	70日	7日	70日
n数	16	6	35	10
平均値[g]	70.7	22.6	75.5	49.7
標準偏差	30.4	14.9	30.1	27.8

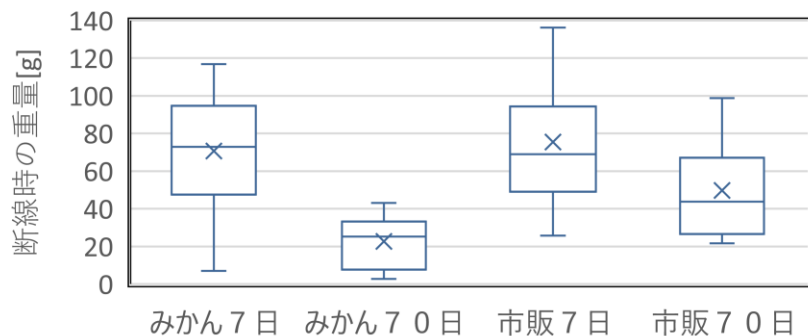


図7 作成した繊維の強度測定結果

表2 強度測定結果の有意差判定結果

比較対象	p値	有意差
摘果みかん果皮7日 摘果みかん果皮70日	1.0E-08	あり
市販セルロース7日 市販セルロース70日	1.2E-04	あり
摘果みかん果皮7日 市販セルロース7日	7.0E-07	あり
摘果みかん果皮70日 市販セルロース70日	1.7E-07	あり

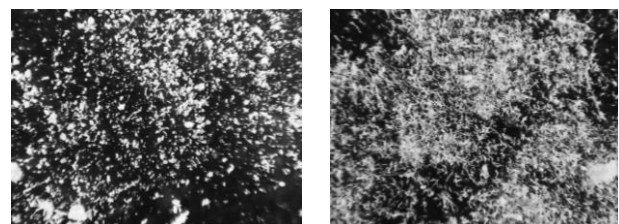


図8 セルロース粉末の比較

(左：摘果みかん果皮から得られたセルロース、  
右：市販セルロース)  
(PENTAX WG-60による写真を同じ倍率に拡大)

また、市販セルロースから繊維を作成する際、注射器や袋から押し出す際に目詰まりが生じないが、摘果みかん果皮から得られたセルロースでは目詰まりが起りやすい。また、得られた繊維の外観も、摘果みかん果皮から得られた繊維は、**図9**に示すように途中で球状のふくらみ（だま）ができることがあり、その部分から断線することが多かった。粒子の大きさのばらつきについては、乳鉢での粉砕が不十分であった可能性も考えられる。



**図9** だまのできた繊維

以上のことから、作成した銅アンモニアレーヨンの強度評価方法を確立することはできたが、摘果みかん果皮を原料にした繊維を実用化するためには、得られたセルロースの不純物を減らすことや、粒子の形状を調整する必要があるといえる。不純物を減らす手法としては、セルロースを得る際の手順のうち、水酸化ナトリウム水溶液や亜塩素酸ナトリウムなどを用いた処理において、時間や温度などの条件を変更することが考えられる。

今回の評価では強度測定の試料に含めなかったが、摘果みかん果皮から得られた繊維の中には、少し指で擦っただけでくずれてしまうもろい繊維もあった。また、太い繊維ほど強いというわけでもなく、ある程度細い繊維の方が曲げても折れにくかった。これは、太い繊維の場合、銅やアンモニアを除去する際の処理や硫酸を除去するための処理が不十分で、繊維の中まで固まっていなかったのではないかと考えている。

また、本研究では作成した繊維の太さのばらつきについて評価できていない。顕微鏡などを用いて繊維の太さを測定したうえで、太さと強度の関係も明らかにしていく必要がある。

## 5 今後の課題とまとめ

摘果みかん果皮から繊維を作る際、注射器による押出成型よりも、袋の一端からピンセットで引っ張る成型法の方が安定して繊維を作ることができるとわかった。

得られた繊維の強度測定法として、JIS 1015 L の手法を参考にし、プラスチックのコップに吊るした繊維に水を入れ、断線した際の重さにより評価する方法を確立できた。しかし、繊維の太さと関連付けた評価は行えていないことが課題である。

また、摘果みかん果皮から得られた繊維は、一部強度の高いものが得られたが、市販のセルロースから得られた繊維よりも強度が弱く、日数が経過すると極端に弱くなることが分かった。

強度を高い繊維を得るためには純粋なセルロースを得る必要がある。そのため、水酸化ナトリウム水溶液や次亜塩素酸での処理の回数や時間、条件を変更して実験してみたい。また、セルロース粉末をより細かく砕き繊維のだまをなくすことも検討したい。

## 参考文献

- [1] 中国四国農政局統計部「図表で伝える中国四国の農林水産業」（令和3年産みかんの結果樹面積、収穫量及び出荷量の調査）、令和4年6月30日、<https://www.maff.go.jp/chushi/info/toukei/attach/pdf/zuhyo-4.pdf>
- [2] 愛媛県庁農林水産部農産園芸課「かんきつ類の統計」（愛媛県における市町別かんきつ類の収穫状況）、<https://www.pref.ehime.jp/h35500/kankitsu/toukei.html>
- [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、p152-153
- [4] 実教出版、「四訂版 サイエンスビュー化学総合資料」、p283
- [5] 石村知規・小川翼・菊池耕史・河野太輔・松浦永和、「摘果みかん果皮を原料とした銅アンモニアレーヨンの合成」、愛媛県立宇和島東高等学校令和元年度SSH生徒課題研究論文集 p15-16
- [6] 石村知規・小川翼・河野太輔・松浦永和、「摘果みかん果皮を原料とする繊維合成」、愛媛県立宇和島東高等学校『令和二年度SSH生徒課題研究論文集』p130-133
- [7] 芝晃司・西田将輝・吉本昂生・松浦悠・和田源太、「みかん果皮の応用による再生繊維の簡易製法」『令和3年度SSH生徒課題研究論文集』p89-92
- [8] 日本繊維製品消費科学会、「新版繊維製品消費科学ハンドブック」、光生館(1988)

# 魚粉肥料が野菜の生育に与える影響

2年3組 武田 真奈 2年3組 川本 美羽 2年3組 豊田 更祐  
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、真鯛の頭をミンチ化、加熱、遠心脱水、乾燥、粉碎処理した粉末を「カルペイン」として製品化している【図1】。

カルペインは、機能性食品として炊き込みご飯や味噌汁、だし巻き玉子などの料理に利用されている。また、窒素 N については一般有機肥料の 1.5 倍、リン P については 2.5 倍、食品の味に影響するアミノ酸が豊富に含まれることが分かっており、肥料としての効果も期待されている。実際に米やイチゴの栽培に用いたとの報告はある【図2】が、その具体的な効果については報告がない。一木ら

(2020) は、芝に、カルペインを水に溶かしたものを一定期間散布し、芝の緑化に対する有効性について研究を行った【図3】。芝の画像データの RGB 解析および、芝のクロロフィル量の定量を行い、カルペイン散布が芝の緑化に有効であると報告している。また、岡崎ら (2021) は、カルペイン散布の芝緑化効果について、冬季に効果が大きいことを明らかにしている。報告の中で、芝の生育についても効果が見られるとの記載があり、野菜の生育に関する効果の検討について提案している。我々は野菜の緑化にも影響があるのかを明らかにしたいと思い、この課題を設定した。



図1 製品化されたカルペイン (右下)



図2 カルペイン利用の米栽培



図3 校内の芝花壇の様子、カルペイン散布部(赤い円で示した部分)のみ緑色が濃い

## 2 仮説

昨年度の研究から芝を緑にすることがわかっているのので、野菜の緑化にも影響しているのではないかと考える。

### 3 研究の方法

#### (1) 野菜の栽培について

土をアルカリ性にするための肥料を散布した後、白菜とキャベツをカルペインを散布する場所と散布しない場所に分けて植え、育てた。収穫は約3か月後に行った。

#### (2) 芝について

校内の芝があるところに約40 cm×約40 cmの区画を設け、カルペインを散布した。

#### (3) 散布について

野菜には50 gのカルペインを1つの畝に1回散布する。芝にはカルペイン100g/1000mL水を約1週間に1回の頻度で散布した。

#### (4) 結果の解析方法について

##### ①クロロフィルの定量

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 [ $\mu\text{g/mL}$ ]

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

クロロフィル b [ $\mu\text{g/mL}$ ]

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

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は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。

##### ②β - カロテンの定量

野菜を細かく切ったものを3 g量りとり、アセトンを24時間浸して色素が無くなるまで繰り返し行い、これを抽出液とする。そして吸光度測定器を用いて吸収スペクトルを測定し、カルペインを散布したものと散布してないものの吸光度を量る。

カロテノイドとは黄、橙、赤色など、を示す天然色素の一群である。緑黄色野菜に多く含まれるが、一部の魚介類にも含有される。

クロロフィルとカロテノイドの吸収スペクトルの違いを利用して、野菜の抽出液の479、645、663nmにおける吸光度からβ - カロテン濃度の値を出す。β - カロテン濃度の推定式は、以下のとおりである。(A<sub>479</sub>、A<sub>645</sub>、A<sub>663</sub> はそれぞれの吸光度)

β - カロテン(mg/L)

$$0.854 \times A_{479} - 0.312 \times A_{645} + 0.039 \times A_{663} - 0.005 \dots \text{式3}$$

β - カロテンとは植物に豊富に存在する赤橙色色素の一つである。抗酸化物質の一つで人の健康に大きな役割を果たしていることが分かっている。

### 4 結果と考察

#### (1) 芝のクロロフィル量の吸光度測定による結果

図4に1月における芝アセトン抽出液の吸収スペクトルを、また表1にクロロフィル a、クロロフィル b の値を示した。



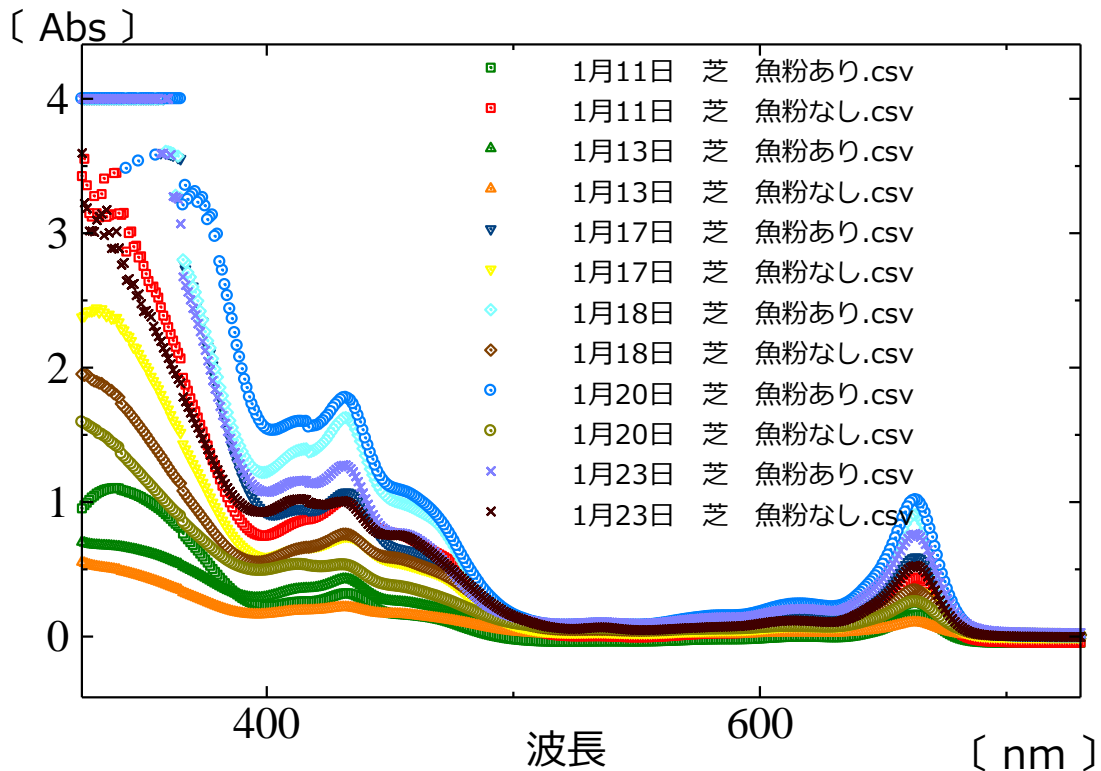


図4 1月における芝アセトン抽出液の吸収スペクトル

表1 クロロフィルaおよびクロロフィルbの量

	クロロフィルa [ $\mu\text{g}/\text{mL}$ ]		クロロフィルb [ $\mu\text{g}/\text{mL}$ ]	
	カルペイン有	カルペイン無	カルペイン有	カルペイン無
1月10日	4.91	1.88	1.19	0.02
1月13日	2.75	1.17	1.08	0.55
1月17日	6.54	3.79	2.45	1.54
1月18日	9.92	3.78	3.96	1.76
1月20日	11.26	2.82	4.20	1.43
1月23日	8.29	5.77	3.85	2.45
平均	7.28	3.20	2.79	1.29

(2) 野菜のクロロフィル量の吸光度測定による結果

図5に野菜アセトン抽出液の吸収スペクトルを、表2にカルペイン添加有無それぞれの野菜のクロロフィルa、クロロフィルbの値を、表3にカルペイン添加有無それぞれの野菜の $\beta$ カロテンの値を示した。を示した。

表2 クロロフィルaおよびクロロフィルbの量

	クロロフィルa [ $\mu\text{g}/\text{mL}$ ]		クロロフィルb [ $\mu\text{g}/\text{mL}$ ]	
	カルペイン有	カルペイン無	カルペイン有	カルペイン無
キャベツ	6.71	3.99	5.62	2.04
白菜	2.66	1.39	0.75	0.78

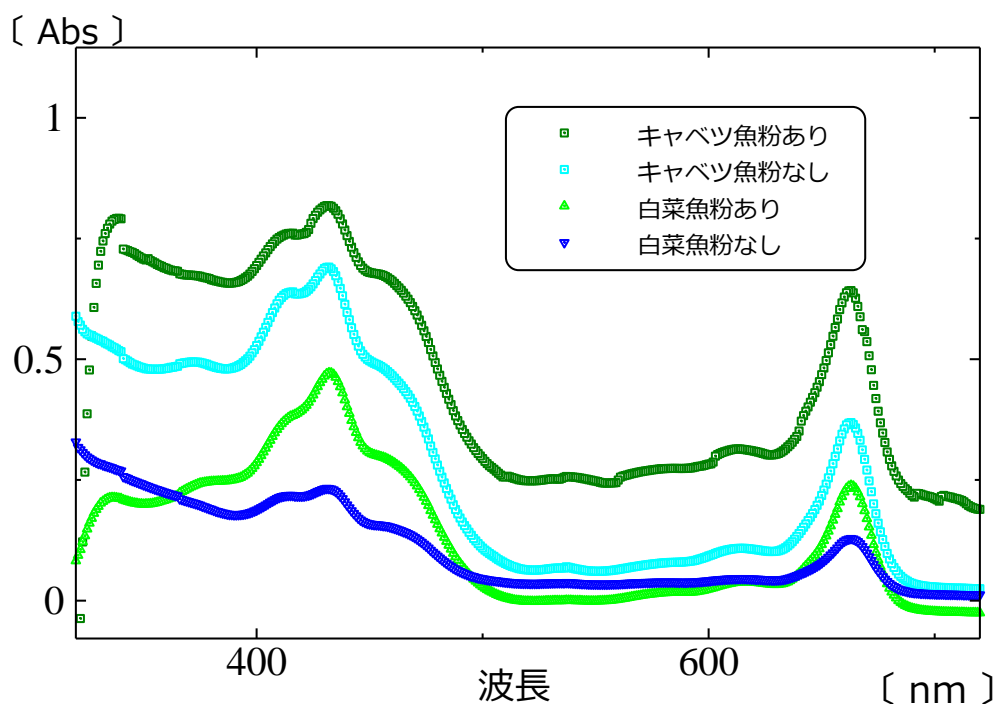


図5 野菜のアセトン抽出液の吸収スペクトル

表3 βカロテンの量

	βカロテン [mg/L]	
	カルペイン有	カルペイン無
キャベツあり	1.33	1.12
千切りキャベツ	---	0.0636
白菜	1.92	1.47

カルペインを添加することにより、芝におけるクロロフィル a 量は、平均で 2.3 倍、クロロフィル b 量は平均で 2.2 倍の量となっている。先行研究で示唆されていたことを証明する結果となった。

また、野菜の生育についても、カルペイン添加によりクロロフィル全量がキャベツで 2.0 倍、白菜で 1.6 倍であった。βカロテンはカルペイン添加によりキャベツで 1.2 倍、白菜で 1.3 倍となった。

## 5 まとめと今後の課題

クロロフィル量の定量により、先行研究での「カルペイン添加が芝の緑化に及ぼす影響は冬季の方が、より効果大きい」という予想を裏付ける結果が得られた。また、それは野菜についても同様で、冬季に収穫される葉物野菜の代表である白菜とキャベツについて、クロロフィル量の増加、βカロテンの増加を確認することができた。

今後、他の野菜でも同様の結果が得られるかどうか、野菜の種類や品種を変えて実験を行い、効果を明らかにしていきたい。

## 参考文献

- ・永田雅靖、「ハウレンソウに含まれる β - カロテンの分光光度計を用いた簡便定量法」、野菜茶業研究所研究報告、13466984、農業技術研究機構野菜茶業研究所、8号、p. 1 - 5、2009年3月
- ・「魚粉を用いた芝の緑化研究」『令和3年度 SSH 生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島東高等学校

# 植物の生育初期におけるウルトラファインバブル使用の検討

2年3組 中須賀 千陽 2年4組 引野 詩子 2年4組 横田 かほ  
指導者 清川 彩

## 1 課題設定の理由

近年、ウルトラファインバブル（以下、UFB と示す）を用いたシャワーヘッドが発売されて注目されている。UFBは、 $0.001\text{mm}(=1\mu\text{m})$ 未満の泡のことで、その泡は、数週間から数か月、水中に留まるといわれている。私たちの地元、宇和島市三間は、自然豊かでイネや野菜の栽培が盛んな農村地域である。泡が水中に長期間留まる UFB の特徴から、UFB によって植物の代謝が促進されて成長が促進されるのではないかと考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

- (1) UFB によって、植物の生育が促進される。
- (2) 土栽培の方が、水耕栽培に比べてより UFB による生育促進の効果がある。

## 3 研究の方法

土栽培と水耕栽培の区画を設け、以下の実験を行った。  
土栽培に比べて、水耕栽培では、個体はつねに UFB に触れている状態となるため、より結果に影響すると考えたためである。また、植物体として、大葉を用いた。大葉は成長速度が速く、かつ、実験を行った時期に、発芽および成長が見込めたためである。

### (1) 発芽率の測定

バーミキュライト（土栽培）（**図1**）とスポンジ（水耕栽培）（**図2**）を使って大葉を約1ヶ月、発芽数を観察する。水やりは一日に一回行った。

バーミキュライトを用いたのは、普通の土には栄養が含まれており、栄養素が不安定で条件が統一しづらいと考えたためである。

### (2) 伸長具合の測定

発芽後、根の長さ（mm）、植物体全体（根の先端から茎の先端）の長さ（mm）、葉の枚数を測定する。



図1 土栽培



図2 水耕栽培

## 4 結果と考察

発芽数は**表1**、**図3**に示した。発芽について、土栽培と水耕栽培では、水耕栽培の方が発芽率が高かったが、水と UFB との比較では、顕著な差は見られなかった。

個体の伸長測定結果は、**表2**の通りである。これについて、t検定を行った結果を**表3**に示してある。

根の伸長について**図4**に示した。t検定の結果、UFBを使用した場合と水を使用した場合、水耕栽培においては  $p$  値 $=0.1112 >$ 有意水準  $0.05$ 、土栽培については  $p$  値 $=0.1813 >$ 有意水準  $0.05$  となり、どちらも有意差は見られなかった。

表1 発芽数

日付	水耕栽培		土栽培	
	UFB	水	UFB	水
9月26日	10	11	0	0
9月27日	11	11	0	0
9月28日	12	12	3	1
9月29日	13	12	3	6
9月30日	14	13	8	7
10月3日	17	14	10	7
10月11日	18	15	10	7
10月12日	18	15	10	7
10月13日	18	15	10	8
10月14日	18	15	10	9
10月17日	18	15	10	9
10月18日	18	15	10	9
10月19日	18	16	10	9
10月20日	18	16	10	9
10月21日	18	16	10	9
10月24日	18	16	9	9
10月25日	18	16	9	9
10月27日	18	16	9	9
10月28日	18	16	9	9
10月31日	20	16	9	9
11月1日	21	16	9	9

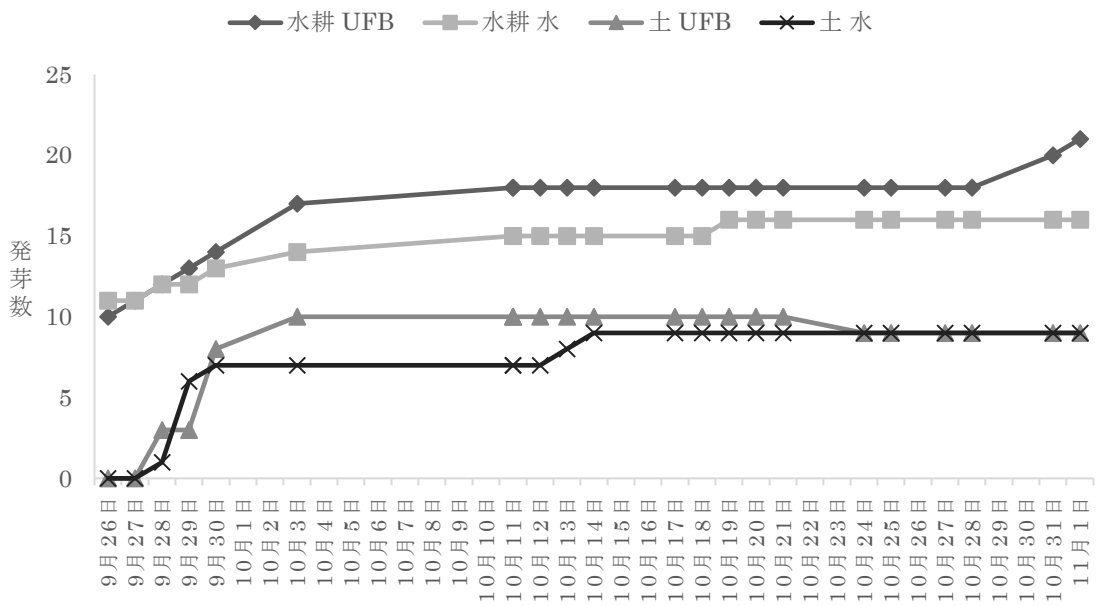


图3 発芽数

**表2 個体の伸長測定結果**

土栽培 水			土栽培 UFB		
根 (mm)	全体 (mm)	葉の枚数	根 (mm)	全体 (mm)	葉の枚数
7.9	20.9	6.0	40.9	52.0	4.0
41.3	55.1	7.0	32.9	63.7	6.0
26.5	28.9	7.0	46.1	69.6	7.0
37.8	58.5	6.0	36.3	64.5	6.0
24.6	39.4	6.0	37.2	62.2	5.0
65.4	93.6	5.0	69.7	92.6	8.0
11.7	15.9	1.0	avg. 43.8	avg. 67.4	avg. 6.0
35.2	20.7	6.0			
avg. 31.3	avg. 41.6	avg. 5.5			

水耕栽培 水			水耕栽培 UFB		
根 (mm)	全体 (mm)	葉の枚数	根 (mm)	全体 (mm)	葉の枚数
9.8	14.7	2.0	22.7	27.8	2.0
20.7	27.3	4.0	17.3	23.9	2.0
18.2	27.7	0.0	10.3	17.2	1.0
40.6	48.4	4.0	27.1	32.8	6.0
43.7	51.2	3.0	27.2	32.5	2.0
24.5	40.6	6.0	30.4	35.9	6.0
12.6	13.1	3.0	8.4	14.0	2.0
10.8	16.2	3.0	5.9	10.0	1.0
23.0	32.7	3.0	15.0	22.2	4.0
20.3	23.1	4.0	15.6	21.0	2.0
34.8	36.3	2.0	20.6	26.5	2.0
17.0	23.9	0.0	9.6	17.5	4.0
avg. 23.0	avg. 29.6	avg. 2.8	10.5	15.9	3.0
※個体数は発芽数によって異なる。			28.6	36.7	1.0
			11.2	18.5	3.0
			8.6	13.1	1.0
			27.8	7.6	2.0
			11.3	15.8	1.0
			20.6	29.0	2.0
			avg.17.3	avg.22.0	avg.2.5

**表3 t検定の結果**

土栽培における水とUFBの比較

	根	全体	葉の枚数
P値	0.1813	0.0505	0.6027

※有意水準を0.05とする

水耕栽培における水とUFBの比較

	根	全体	葉の枚数
P値	0.1112	0.0570	0.5473

※有意水準を0.05とする

植物体全体の伸長について、**図5**に示した。t検定の結果、UFBを使用した場合と水を使用した場合、水耕栽培においてはp値=0.0570>有意水準0.05、土栽培についてはp値=0.0505>有意水準0.05となり、どちらも有意差は見られなかった。

葉の枚数について、**図6**に示した。t検定の結果、UFBを使用した場合と水を使用した場合、水耕栽培においてはp値=0.5473>有意水準0.05、土栽培についてはp値=0.6027>有意水準0.05となり、どちらも有意差は見られなかった。

以上のように、根、植物体全体、葉の枚数のいずれも、UFBによる有意な生育促進は見られなかった。

## 5 まとめと今後の課題

本研究では、植物の生育初期における明らかなUFBの効果を検証することはできなかった。初期の植物が利用する水や栄養が、そもそも微量であることで、差異が見られないのではないかと考えた。今後は、発芽後、苗の植え替えをしながらのようなタイミングで研究をしてみたい。また、UFBの泡が長時間水中に滞在するならば、動物を含めた水生生物への影響があるのではないだろうか。動物を含めてUFBの可能性をさらに探りたい。

## 参考文献

- ・ファインバブル産業会 HP  
<https://fbia.or.jp/fine-bubble/fine-bubble-knowledge/about/>
- ・ウルトラファインバブルシリーズ | ボリーナ | 株田中金属製作所 (tanakakinzoku.com)
- ・日本カンタムデザイン株式会社 / ボリーナ-測定報告書.pdf (tanakakinzoku.com)

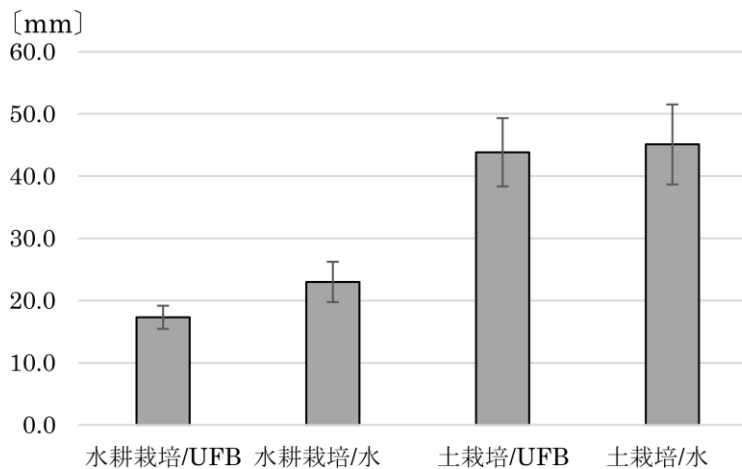


図4 根の伸長比較

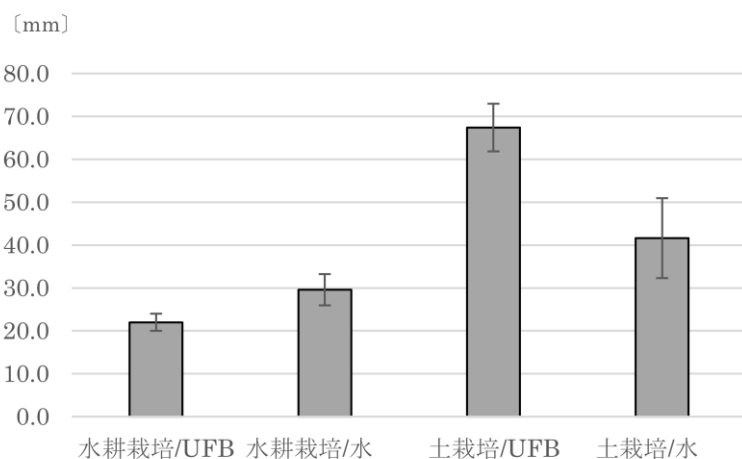


図5 全体の伸長比較

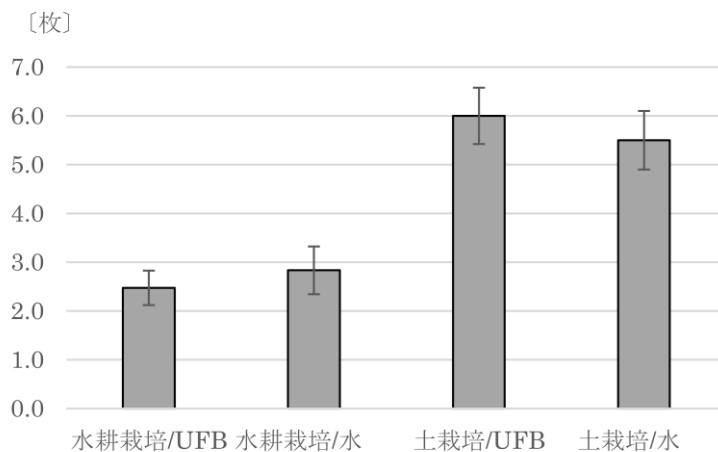


図6 葉の枚数比較

# カキの生息条件Ⅱ

2年4組 安倍 獅音    2年3組 白瀧 高虎    2年4組 芝 悠斗  
2年4組 益田 光    2年4組 劉 丞緯  
指導者 中尾力広

## 1 課題設定の理由

- (1) 辰野川のカキの生息地には偏りがあることが、昨年度の調査結果から分かっている。辰野川におけるより詳細なカキの生息域の調査と、カキの生息しやすい環境条件を調べたいと考え、課題を設定した。
- (2) カキのより生育しやすい環境(水質面)を特定し、地元の養殖業への貢献を目指したいと考えた。
- (3) カキの生息域と COD 値や  $PO_4^{3-}$  は本当に関連があるのか。あるとすればその証明ができるよう、基礎データを蓄積したいと考えた。

## 2 仮説

- (1) カキは、COD 値やその他  $PO_4^{3-}$  値が低いなどの条件による影響を受ける。
- (2) 藻とのすみわけも考えられるので、日光の当たりにくいところに生息する傾向にある。
- (3) 塩分濃度がより高い(海水の濃度に近い)場所の方が多くのカキが生息している。
- (4) 海から遠くなる上流に行くほど海水濃度が低いと下がると考えられるので、上流にはカキが生息できなくなるポイントがある。

## 3 実験・研究の方法

- (1) 辰野川(図1)のカキの生息域を調査する(目視)。なお、川に降りられる箇所は限定されているため、調査地点は、川に降りるときの危険度を考慮して表1及び図1のように設定した。

表1 調査地点(辰野川河口)

A地点:河口から約172m	下流
B地点:河口から約214m	中流
C地点:河口から約320m	上流
D地点:河口から約338m	超上流

- (2) 塩分濃度測定は測定器(図2)を使用
- (3) パックテスト  
COD(科学的酸素要求量)、リン酸態窒素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素



図1 調査地点(辰野川河口)

#### 4 結果1

(1) 数値で示した表では、データが多くてやや見えづらいため、パックテスト記載の基準値(表1)で水質を判定する。判定結果を

表1 調査地点(辰野川河口)

水質がよい(O)と判定される判断基準(その数値以上の場合は×)  
 $\text{NO}_3^-$  1~2mg/L  $\text{COD}$  0~5mg/L  $\text{NH}_4^+$  0.5mg/L以下  
 $\text{PO}_4^{3-}$  0.05mg/L未満  $\text{NO}_2^-$  0.02mg/L以下



図2 塩分濃度測定器

表2 辰野川河口付近のパックテスト結果

	日付	6月21日	7月12日	9月20日	9月27日	10月11日	10月18日	10月25日	11月1日
地点A	$\text{NO}_3^-$	0.2	0.2	0.2	0.2				
	COD	8以上	8以上	8以上	8以上				
	$\text{NH}_4^+$	0.2	0.5	0.2	0.2				
	$\text{PO}_4^{3-}$	0.05	0.06	0.05	0.05				
	$\text{NO}_2^-$	0.02	0.005	0.005	0.005				
地点B	$\text{NO}_3^-$	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	COD	8以上	6	8以上	8以上	8以上	4	8以上	6
	$\text{NH}_4^+$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	$\text{PO}_4^{3-}$	0.05	0.02	0.02	測定不能	0.05	なし	0.05	0.05
	$\text{NO}_2^-$	0.005	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01
地点C	$\text{NO}_3^-$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	COD	8以上	6	8以上	8以上	4	8以上	4	8以上
	$\text{NH}_4^+$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	$\text{PO}_4^{3-}$	0.05	0.02	0.05	0.05	0.02	なし	0.1	0.05
	$\text{NO}_2^-$	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

↓ 見やすくするために読み替える

	日付	6月21日	7月12日	9月20日	9月27日	10月11日	10月18日	10月25日	11月1日
地点A	$\text{NO}_3^-$ -N	×	×	×	×				
	COD	×	×	×	×				
	$\text{NH}_4^+$ -N	○	○	○	○				
	$\text{PO}_4^{3-}$ -N	×	×	×	×				
	$\text{NO}_2^-$ -N	○	○	○	○				
地点B	$\text{NO}_3^-$ -N	×	×	×	×	×	×	×	×
	COD	×	×	×	×	×	○	×	×
	$\text{NH}_4^+$ -N	○	○	○	○	○	○	○	○
	$\text{PO}_4^{3-}$ -N	×	○	○	判別不可	×	なし	×	×
	$\text{NO}_2^-$ -N	○	○	○	○	○	○	○	○
地点C	$\text{NO}_3^-$ -N	×	×	×	×	×	×	×	×
	COD	×	×	×	×	○	×	○	×
	$\text{NH}_4^+$ -N	○	○	○	○	○	○	○	○
	$\text{PO}_4^{3-}$ -N	×	○	×	×	○	なし	×	×
	$\text{NO}_2^-$ -N	○	○	○	○	○	○	○	○

表2に示す。この○と×の判定によって後の考察を行う。

- (1)  $\text{NO}_2^-$ 値と $\text{NH}_4^+$ 値はすべて○、 $\text{NO}_3^-$ 値はすべて×であり、これらは地点や調査日による差異は見られない(表2)
- (2) COD値と $\text{PO}_4^{3-}$ 値は地点や日時による差異が見られる。



## 5 結果2

(1) カキは、河口の A 地点から上流にかけ減少傾向である。(図4写真左)

しかし、C 地点ではカキが見られなかったが、さらに上流の D 地点でカキの密集地を発見した。(図3・図4写真右)



図3 カキの生息状況（上流）



図4 B地点のカキ(左)とD地点のカキ(右)

(2) 特に橋の下の陰になっている箇所に多いことも分かった。(図3)

(3) 新たに加えた D 地点についても同様の読み替えを行い○×で表した表3を作成した。表3の枠で囲った範囲が示すように、パックテストを実施した各物質( $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ )の値には大きな変動はみられなかった。

表3 辰野川河口付近のパックテスト結果2

	日付	10月11日	10月18日	10月25日	11月1日
地点C	$\text{NO}_3^-$ -N	0.2	0.2	0.2	0.2
	COD	4	8以上	4	8以上
	$\text{NH}_4^+$ -N	0.2	0.2	0.2	0.2
	$\text{PO}_4^{3-}$ -N	0.02	なし	0.1	0.05
	$\text{NO}_2^-$ -N	0.005	0.005	0.005	0.005
地点D	$\text{NO}_3^-$ -N	0.2	0.2	0.2	0.5
	COD	8以上	8以上	4	6
	$\text{NH}_4^+$ -N	0.2	0.5	0.2	0.2
	$\text{PO}_4^{3-}$ -N	0.05	なし	0.1	0.05
	$\text{NO}_2^-$ -N	0.005	0.005	0.005	0.005

	日付	10月11日	10月18日	10月25日	11月1日
地点C	$\text{NO}_3^-$ -N	×	×	×	×
	COD	○	×	○	×
	$\text{NH}_4^+$ -N	○	○	○	○
	$\text{PO}_4^{3-}$ -N	○	なし	×	×
	$\text{NO}_2^-$ -N	○	○	○	○
地点D	$\text{NO}_3^-$ -N	×	×	×	×
	COD	×	×	○	×
	$\text{NH}_4^+$ -N	○	○	○	○
	$\text{PO}_4^{3-}$ -N	×	なし	×	×
	$\text{NO}_2^-$ -N	○	○	○	○

また、塩分濃度についても調査結果をまとめて図5と比較できるように図6にまとめた。

塩分濃度は、辰野川河口付近のA地点から上流に向かうほど低くなっているが、A地点以降はかなり低い値を示している。

## 6 考察

(1)  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ の値は○のみ、あるいは×のみとほぼ変動がない。(表3)

➡ カキの生息域はこれらの値との関係性は薄い。一方で、D地点に多くのカキが密集していたのはCOD値・ $\text{PO}_4^{3-}$ 値が高いなど他の要因が影響している。

(2) D地点とC地点は塩分濃度の変動もその値も小さい。(図6)

➡ カキは、塩分濃度がかなり低い場所でも生息する。

(3) D地点のカキは日光が当たらない橋の下に生息している。

➡ 昨年度、下流の日光の当たる側で藻の発生が確認されている。D地点でも同様に、カキと藻のすみわけが起こっているかを、3月以降に再確認する。

カキは、場所によって密度が異なっている。密集を起こしている要因として集合フェロモンのような物質的な面も考えられる。一方で、この地域はプランクトンの量がそれほど多くないという令和2年度の調査報告があるが、生物学的要因も加味して調査する必要がある。

## 7 今後の課題

(1) この地域では、COD値と $\text{PO}_4^{3-}$ 値のみが変動しているため、特にこれらの値が変動する要因を調査する。

➡ 季節や天候などとの関連を調査する。

➡ 日光については、今後は、調査時に照度計を用いて測定する。

(2) 干潮時あるいは満潮時の各地点での塩分濃度及びその他の物質についてパックテスト等で再調査を実施する。

(3) 他の河川との比較ができていない。汽水域となる河川は多く存在しているので、次年度以降は地理的な条件が類似している箇所でも、同様検証ができるのか、範囲を広げて調査する。

(4) 集合フェロモンの可能性を考慮しつつパックテスト等の調査を継続する。



図7 橋の下に密集しているカキの様子

## 参考文献

- ・神田川の水質と生物(R2 宇和島東高校SSH生徒課題研究)
- ・カキの生息条件I(R3 宇和島東高校SSH生徒課題研究)
- ・辰野川 愛媛県 - Bing 辰野川 宇和島 - Bing images
- ・神田川の水質と生物II (R3 宇和島東高校SSH生徒課題研究)

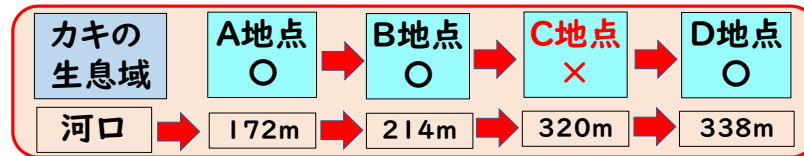


図5 カキの生息状況まとめ

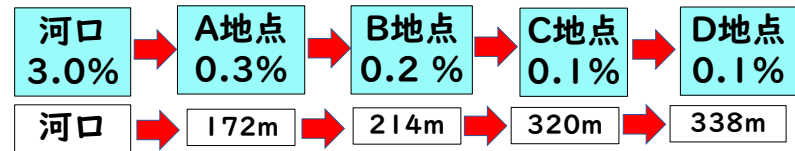


図6 辰野川河口付近の塩分濃度まとめ

# 身近な廃棄物を利用した有機石灰

2年3組 清家 淳生      2年3組 三宅 樹生  
2年3組 吉見 妃奈乃    2年4組 幸渕 美嘉  
指導者 清川 彩

## 1 課題設定の理由

本研究では当初、ミカンの木は暑さ対策のため土壌に苦土石灰を撒くことから、身近な廃棄物を利用し、土壌に最適な有機石灰を作ることに注目した。しかし、ミカンは成熟するのに時間がかかり、石灰がミカン自体に及ぼす効果を調査できないと判断したため、実験③より目的を変更して研究を行っている。今日、土壌の酸性化が問題化している。ほとんどの植物は酸性土壌では育ちにくいいため、酸度を中和できる市販の苦土石灰を撒くことが多い。また、宇和島市の特産品であるアコヤ貝やカキの貝殻はほとんどが廃棄されている。そのため、廃棄物である貝殻を利用して最も有効な有機石灰を作り、土壌の酸性化を抑えることを目的として本研究を行った。

## 2 仮説

先行研究より、卵殻やカキ殻は乾燥させてすり潰すことで有機石灰を作ることができると分かっている。また、カキ殻には土壌を酸性からアルカリ性に傾ける役割と、カルシウムを補給する役割があることが分かっており、市販石灰としても販売されている。そこで、カキ殻と同じように90%以上が炭酸カルシウムでできているアコヤ貝も有機石灰として利用することができると考えた。また、家庭ごみとしてよく排出される卵殻も、比較対象とした。

## 3 研究の方法（実験1）

土壌に、アコヤ貝殻粉末を混ぜて、pH の変化を測定した。市販苦土石灰、市販カキ殻石灰、卵殻を比較対象とした。

### (1) 材料

- ・市販苦土石灰                      ・市販カキ殻石灰
- ・アコヤ貝殻 (図1)                ・卵殻
- ・ミカン山の土壌 (吉田町より採取)
- ・乳鉢                                ・乳棒
- ・ピーカー                        ・土壌テスター (pH 測定器)
- ・ハウレンソウの種 (タキイ種苗)
- ・ネギの種 (アタリヤグループ)

### (2) 手順

アコヤ貝殻と卵殻は、乳鉢、乳棒を使って粉状にする(図2)。市販の苦土石灰、卵殻、アコヤ貝殻、市販のカキ殻、卵殻とアコヤ殻とカキ殻を混ぜ合わせたものを、それぞれ1.5gの土壌と混ぜ合わせ、その後ラップをかけて一週間放置した後、pHを測定する(図3)。

同様の試料について、3.0gを水100gに溶かした水溶液を作って土壌に入れ、ラップをかけて一週間放置しpHを測定する。



図1 アコヤ貝殻



図2 アコヤ貝殻・卵殻をすりつぶす



図3 pHの測定

#### 4 結果と考察（実験1）

土壌に各粉末を混ぜて測定した結果を、表1・図4に示した。粉末添加の結果、市販の苦土石灰以外の石灰では、本来ミカンの土壌で使用される石灰に近い pH 値が確認できなかった。しかし、水溶液として添加した場合、ほとんどの土壌を弱酸性に変化させることが出来た。この結果より、アコヤ殻や卵殻も有機石灰としての効果があると考えられる。

表1 土壌への添加による pH 比較

	粉末添加	水溶液添加
アコヤ貝殻	4.5	6.6
市販苦土石灰	6.0	6.6
市販カキ殻石灰	4.6	6.9
卵殻	4.5	6.1
卵殻+カキ殻	4.8	7.1

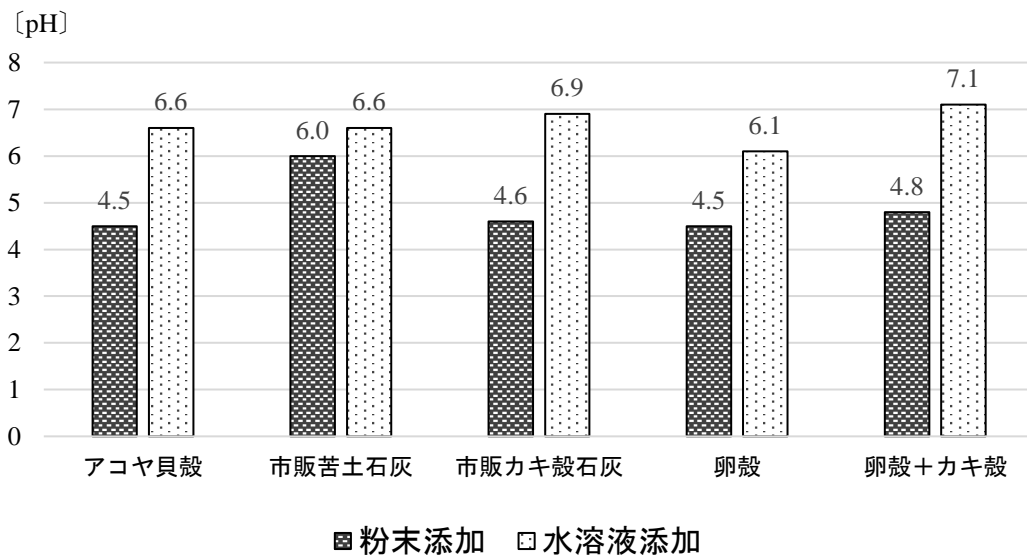


図4 土壌への添加による pH 比較

## 5 研究の方法（実験2）

### (1) 材料

- ・市販苦土石灰
- ・アコヤ貝殻
- ・卵殻
- ・試験管
- ・乳鉢
- ・乳棒
- ・コットン
- ・ノギス
- ・ハウレンソウの種（強力オーライ）
- ・ネギの種（葉ねぎ）

### (2) 手順

アコヤ貝殻と卵殻は、乳鉢、乳棒を使って粉状にする。市販の苦土石灰、アコヤ貝殻粉末、卵殻粉末を、それぞれ0.4gを水400mlと混ぜ合わせ、水溶液とする。水またはそれぞれの水溶液を、種が沈まないためのコットンを入れた試験管に15mLずつ注入して、ネギまたはハウレンソウの種を蒔く。それぞれの区画について20本ずつ行い、恒温器内20℃の環境下（**図5**）に4週間おき、茎の伸長（mm）を測定する。



**図5 恒温器内の試験管**

## 4 結果と考察（実験2）

茎の伸長を測定した結果を、**表2**および**図6**に示した。卵殻粉末を添加した時の生育が順調であったが、水のみ比べて有意な差は見られなかった。発芽した後の生育状況には、いずれの区画にも差は見られなかった。播種した時に、種子がしっかりと水に浸かっていたかなど、条件が統一できていたかどうか、疑わしい結果となってしまった。しかし、いずれの粉末も、水の結果を上回るものではないので、植物の生育には効果はないと考えられる。

**表2 茎の伸長（mm）**

	水	市販苦土石灰	卵殻	アコヤ貝殻
6日後	10.8	6.1	14.6	7.9
7日後	15.4	16.0	23.3	15.4
8日後	24.1	17.3	26.1	17.9
21日後	56.1	41.4	56.0	39.8
28日後	52.0	41.2	50.3	46.3

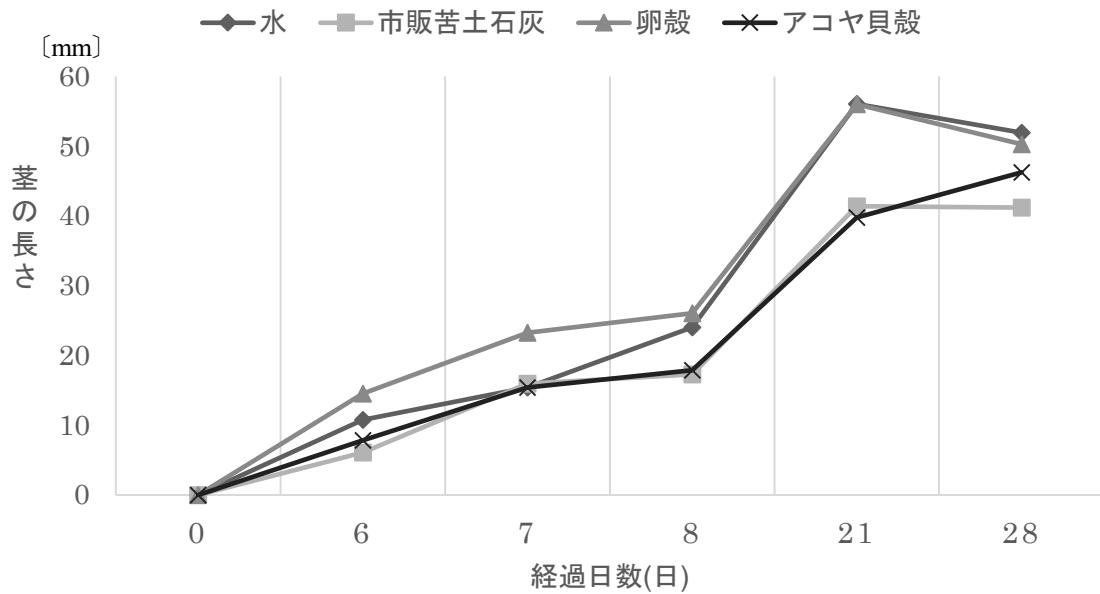


図6 茎の伸長

## 5 今後の課題とまとめ

本研究より、アコヤ貝殻粉末は、植物の生育そのものへの影響は明確ではないが、土壌改良剤として有効である可能性があることが分かった。しかし、アコヤ貝殻を粉砕するにはコストが高く、廃棄物の有効利用とはいえ採算が取れない、という話がある。今後は、アコヤ貝殻が、どのような形ならば土壌改良に効果的であるか、どのくらいの量が適切か、検討していきたい。また、家庭で排出される卵殻も土壌改良剤として有効である可能性がしめされた。アコヤ貝殻と同様に、家庭で簡単に処理して利用できる方法を検討したい。

## 参考文献

- ・AGRIPICK HP <https://agripick.com/2046>
- ・BOTANICA HP [botanica-media.jp](http://botanica-media.jp)
- ・こんぶろ HP ([mapeli.net](http://mapeli.net))

# 統計情報を用いた南予地域の課題発見

2年4組 赤松 丞      2年4組 大久保響義      2年4組 小西 樂  
2年4組 吉田 和誠      2年3組 山本 大斗  
指導者 中村 俊貴

## 1 課題設定の理由

地域の人口流出が深刻化している今、南予地域でも同じように地域の過疎化が進んでいる。そのような過疎化の波をデータサイエンスを用いて多角的に原因を特定し、南予地域の過疎化を解決したいと考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

人口流出や晩婚化が人口減少の原因になっているのではないか。  
また、南予地域の魅力低下で若者世代の人口流出が発生し、少子化につながっているのではないか。  
また、その子供たちの代でも魅力低下で人口流出が発生するという「負のスパイラル」が発生しているのではないか。

## 3 研究の方法

### (1) 現状と経緯・原因

公共機関のHPなどから集めた統計情報をもとに、地域が抱えている問題の現状と経緯・原因を探り、問題の本質を捉える。

### (2) 問題の具体的解決法の模索

発見した問題に対して、実際に同様の状態にある地域や、復興に成功した地域で行われたことを例に挙げ、具体的な解決策を導く。

## 4 現状と経緯・原因

### (1) 現状

電通（グローバル・ビジネス・センター）と電通グループ（電通総研）が行った「サステナブル・ライフスタイル意識調査 2021」によると、日本人が関心を持つ社会課題ランキングでは自然災害に次いで2位が少子高齢化になっている（表1）。

#### ア 調査1

RESAS（地域経済分析システム）を用いて人口推移の統計を調べ比較する。

表1 日本人が関心のある社会課題

1位	自然災害	57.2%
2位	少子化・高齢化	45.6%
3位	大気汚染	41.6%

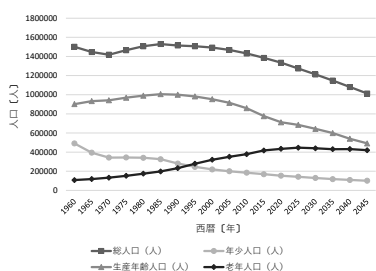


図1 愛媛県の人口推移

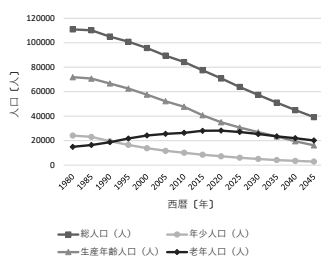


図2 宇和島市の人口推移

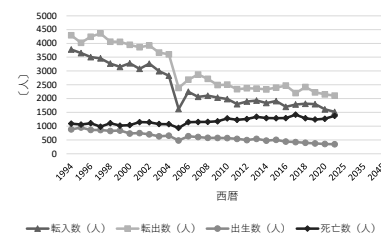


図3 宇和島市の出生数・死亡数 / 転入数・転出数

イ 調査2

晩婚化、結婚願望について調べる

表2 愛媛県の初婚年齢の変化

	昭和 50年	昭和 55年	昭和 60年	平成 2年	平成 7年	平成 12年	平成 17年	平成 19年	平成 20年	平成 21年
夫	26.5	27.3	27.7	27.9	28.0	28.0	29.0	29.0	29.4	29.4
妻	24.3	24.8	25.2	25.6	25.9	26.6	27.4	27.5	27.7	27.9

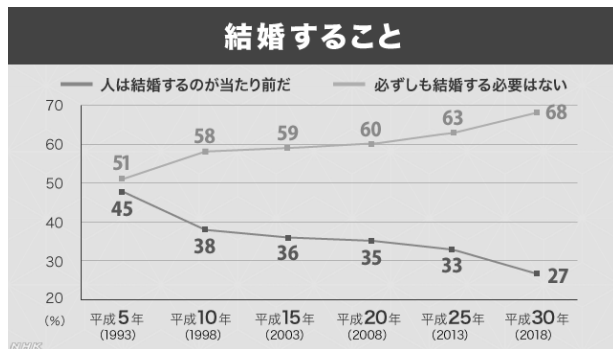


図4 日本人の結婚に対する意識

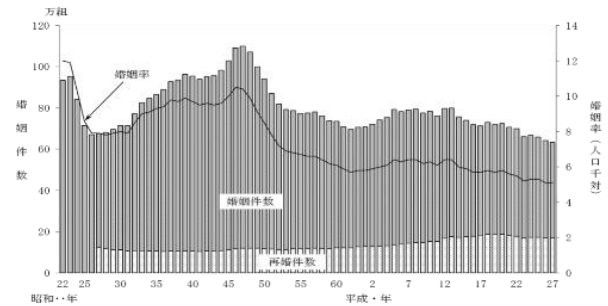


図5 結婚件数と離婚率の年次推移

ウ 調査3

統計から個々の資産の潤沢さを調べる。

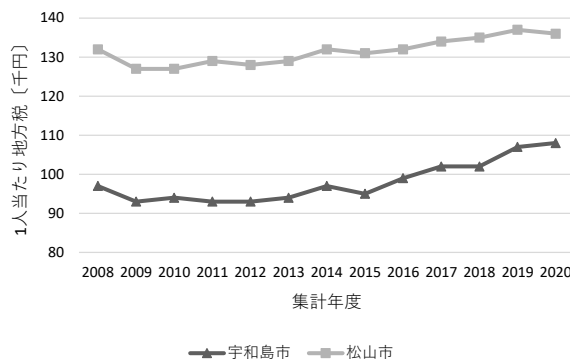


図6 一人当たりの地方税

(2) 考察

調査1の結果、1990年以降愛媛県全体で老年人口が年少人口を上回っていることが分かる(図1)。宇和島市も同様の傾向がある(図2)。また、宇和島市の出生数は年々減少しており、これが少子化に繋がっている。また、出生数が死亡数を大きく下回ることにともな、宇和島市への転入数が転出数より少ないことが人口の急激な減少の原因である(図3)。

調査2の結果、愛媛県民の晩婚化は明らかであり、結婚する必要がないと考えている国民が増加していること(図4)や、結婚件数に対して離婚率がある程度あること(図5)が、少子化の原因になっているといえる。また晩婚化が進む理由としては地方では、都会との収入格差(図6)、全国的には結婚による様々な負担などのデメリットの増加が挙げ



られる。

以上のことから、本研究では就労場所の改善や子育て支援サービスの改善などで外部からの転入数を増やすとともに、地方の課題を解決し地方創生を目指すものとする。

## 5 問題の具体的解決法の模索

実例をもとに地方創生につながる解決策を模索する。

### (1) 廃校跡地の活用

未来へつなごう廃校プロジェクトの活用。

#### ① メリット

- ・補助金が使えて事業開始のハードルが下がることによる新しい産業が進入できる。
- ・ある程度の土地が確保されているため様々な事業に対応できる。
- ・少ない先行投資で使うことのできる施設であるため、建設を最小に抑えることができる。
- ・子育て支援の施設も低価格で作ることができる。

#### ② 活用例

- ・宇和島市津島町にある旧市立浦知小学校跡地を利用した地域の農家を営む女性たちによるカフェ。
- ・他地域 廃校施設活用事例集



写真1 地産地消カフェ「あすも」

### (2) スマート農業の導入

#### ① メリット

- ・補助金が出る場合があり事業開始のハードルが下がるため、新しい農業の進入を果たせる。
- ・ICTを活用することで作業の効率化ができ、収入の向上を図れる。
- ・ICT活用により作業が簡素化し、誰でもできるようになる。
- ・宇和島市特有の第一次産業を維持しつつ第三次産業を取り入れることが出来る。

#### ② 活用例

八幡浜市のJAにしうわスマート農業研究会

- ・気象ロボットによる最適管理
- ・アシストスーツによる労働強度軽減
- ・AI選果機による労働力削減
- ・経営、栽培管理の「見える化」

### (3) 商店街の活性化

#### ① メリット

地域の商業集積エリアであるとともに、地域コミュニティの拠点としての役割も担っているため、商店街を元気にすることは、地域コミュニティの再生、地域の魅力向上にもつながる。

SDGsの観点からもよい

#### ② 活性化例

- ・福井県の敦賀市商店街連合会では、新型コロナの影響により商店街の

表3 商店街におけるSDGsへの貢献(例)

<https://sdgs.kodansha.co.jp/news/knowledge/38331/>より引用

SDGsのゴール	SDGsへの貢献の例
商品・サービスを売ることでの配慮	
2 飢餓をゼロに	・食品ロスを無くす飲食店
3 すべての人に健康と福祉を	・有機野菜の販売、健康教室の開催
10 人や国の不平等などをなくす	・フェアトレード商品の販売
12 つくる責任・つかう責任	・規格外・リユース商品の販売、脱プラスチック
11 住み続けられるまちづくり	・被災地を支援する商品の販売
14 海の豊かさを守ろう	・地元水産物の地産地消
15 陸の豊かさを守ろう	・地元木材を使った商品の販売
人が訪れ、集まる場所としての配慮	
1 貧困をなくす	・子ども食堂、ホームレス支援
3 すべての人に健康と福祉を	・店舗や街路のバリアフリー化
4 質の高い教育	・中高生・大学生向けのまちゼミ、実習の場
7 エネルギー	・太陽光パネルを設置し、再エネ電気を使う商店街
9 産業と技術革新の基盤	・空き店舗を利用したインキュベーション
11 住み続けられるまちづくり	・防災拠点、熱中症対策としてのクールスポット
13 気候変動対策	・再生可能エネルギー利用によるカーボンゼロ
商店街の関係者への配慮	
4 質の高い教育	・従業員やパートナー企業向けの研修など
5 ジェンダー平等など	・女性が働きやすい販売店・飲食店
8 働きがいと経済成長	・働きやすい職場、雇用の創出
17 パートナリシップ	・地域の生産者との連携・協働

集客が伸び悩むなかで、商店街を回遊する「スタンプラリー」を開催。

- ・岡山県岡山市の奉還町商店街は「ぐるり奉還町」と銘打ち、参加店のレシートを別の参加店に提示すると、サービスや特典を受けられるイベントを実施。
- ・デザイン専門学校とコラボして、商店街をランウェイにした卒業ファッションショーを行う。
- ・商店街ブランド商品の作成も商店街活性化につながると考えられる。

## 6 結果と考察

これらの要件を満たせば仕事効率化による収入、子育て支援サービスの改善が可能であると考えられる。よって人口減少を止めて地方創生につながると考える。ただし、これらには行政の協力が必要不可欠である。

## 7 今後の課題とまとめ

より効率的で費用対効果の高い解決方法を考えること、より効率的で費用対効果の高い解決方法を考えること、これらの案をまとめ行政と協力し実現できるよう努力することである。

## 謝辞

本研究の遂行にあたって、当班の指導者として中村俊貴先生には終始多大なご助言を賜りました。ここに深謝の意を表します。

## 参考文献

- ・農林水産省 農業新技術活用事例（令和3年度調査）  
[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/jirei/smajirei\\_2019.html](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/jirei/smajirei_2019.html)
- ・宇和島市 HP 宇和島で農業しませんか？  
<https://www.city.uwajima.ehime.jp/info/uwajimanougyou.html>
- ・宇和島市 HP 学校跡地の利活用について  
<https://www.city.uwajima.ehime.jp/site/gakkouatoti/>
- ・サステナブル・ライフスタイル・レポート 2021  
<https://institute.dentsu.com/articles/2257/>
- ・RESAS 統計マップ  
<https://resas.go.jp/>
- ・NHK 第10回「日本人の意識」調査（2018）  
[https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/20190614\\_1.html](https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/20190614_1.html)
- ・全国商店街支援センター 商店街ニュースより  
<https://www.syoutengai-shien.com/syoutengai/nws-5955/>
- ・中小企業庁 奉還町商店街  
[https://www.chusho.meti.go.jp/shogyo/shogyo/shoutengai77sen/idea/6chuugoku/2\\_chuugoku\\_23.html](https://www.chusho.meti.go.jp/shogyo/shogyo/shoutengai77sen/idea/6chuugoku/2_chuugoku_23.html)
- ・企業組合津島あぐり工房「あすも」  
<https://www.asumo-uwajima.com>
- ・JAにしゅうわスマート農業研究会（愛媛県八幡浜市）  
<https://www.affrc.maff.go.jp/R2forum2020/fruit/project52.htm>

# 貝灰を利用した漆喰の吸音・消臭効果に関する研究

2年3組 西原 万悳 2年3組 二宮 洸太 2年3組 中川 景太  
2年3組 河野 右京 2年3組 山口 青航  
指導者 松岡 拓哉

## 1 課題設定の理由

日本では地震や洪水などの自然災害が多く発生しており、愛媛県でも近い将来南海トラフ巨大地震などの大きな自然災害が起きる可能性が非常に高くなっている。しかし、災害時に人々が利用する避難所では、騒音や悪臭といった問題が発生することがあり、快適に過ごすにはまだまだ課題があることを知った。こういった問題を解決するために、私たちは宇和島市で大量に廃棄されている貝殻から作られる貝灰漆喰に目をつけた。

漆喰が持つ吸音効果や消臭効果は、貝殻から作った貝灰漆喰にも現れるのか。また、その漆喰を避難所のパーティションに塗布した際にどれほどの吸音、消臭効果が期待できるのかを検証するため、本課題を設定した。

## 2 仮説

段ボール箱に貝灰漆喰を塗ることによって、漆喰の多孔質により吸音、消臭効果があるのではないか。避難所のパーティションには段ボールが用いられることが多いので、段ボールに貝灰漆喰を塗ってこれらの効果が期待出来れば、多くの貝灰漆喰段ボールが避難所で利用されるようになり、避難所が少しでも過ごしやすい場所にするのでないか。

## 3 実験に使用する試料の作成

[漆喰の材料]

- ・麻すさ
- ・銀杏草
- ・アコヤガイ

[漆喰の作り方]

- ①アコヤガイを砕き、電気炉で800℃に設定し10時間焼く。
- ②焼いたアコヤガイと水を混ぜ、消石灰を作る。
- ③銀杏草を沸騰させないように一時間程度煮込む。
- ④実験1でできた貝灰石灰と麻すさを③でできた液体に混ぜる。

漆喰をビニールクロスを貼った段ボールに塗り、5日ほど放置し乾燥させる。

## 4 実験・研究の方法

<実験1 吸音効果>

[準備物]

- ・貝灰漆喰段ボール箱
- ・段ボール箱
- ・スピーカー

[実験方法]

- ①音波発生ソフト「発音」で出力した音をスピーカーで流す。
- ②貝灰漆喰段ボール箱・段ボール箱で音量測定器を覆った場合と、何も覆わなかった場合で音量を測定して漆喰の吸音効果を測る。  
(音の周波数は 150, 500, 1000, 2000, 4000Hz とする。)



図 1 実験 1 の様子①



図 2 実験 1 の様子②

<実験 2 消臭効果>

[準備物]

- ・貝灰漆喰段ボール箱
- ・45ℓ ポリ袋
- ・北川式ガス採取器 AP-20
- ・1%酢酸水溶液
- ・0.1%アンモニア水溶液

[実験方法]

- ①1パーセント酢酸水溶液又は0.1%アンモニア水溶液を45ℓポリ袋に5ml入れる。
- ②3cm<sup>3</sup>の漆喰片を加える。
- ③気体検知管(北川式気体検知管 AP-20)で消臭効果を評価する。



図 3 実験 2 の様子

## 5 結果と考察

### (1) 実験1 吸音効果

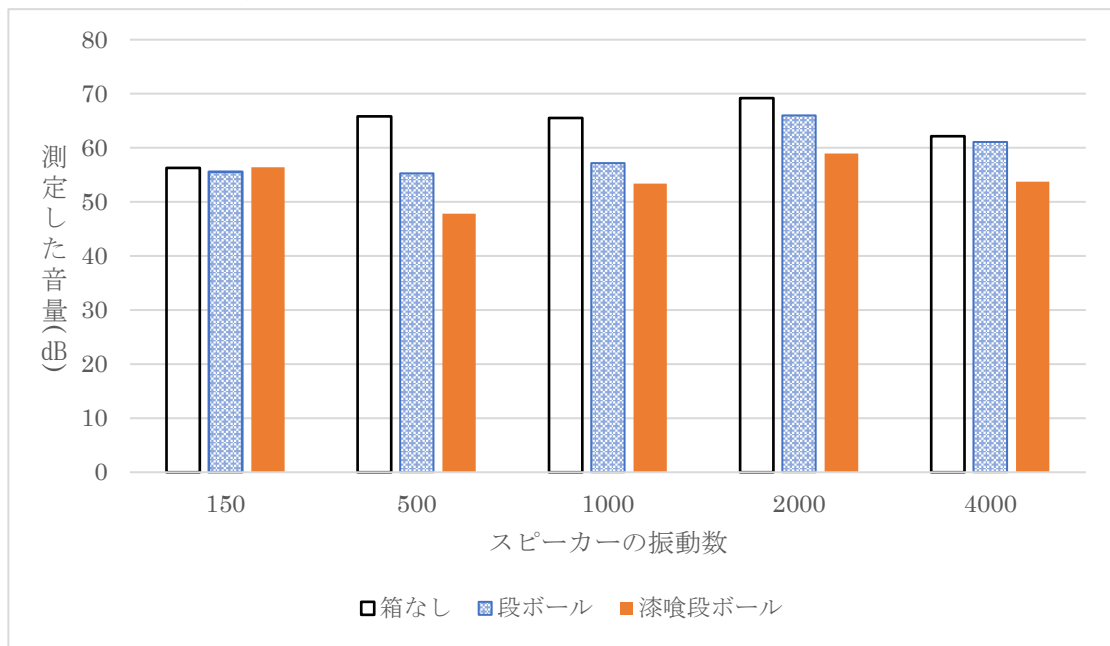


図4 実験1の結果のグラフ

実験1の結果を図4に示す。グラフから、周波数が高い音は漆喰の効果により音量が小さくなることがわかる。一方、150Hz では箱なし、段ボール、漆喰段ボールで違いはほとんど見られなかった。一般的に多孔質材料の吸音周波数特性は中・高音域の音に対して吸音効果が高い特徴があるため、多孔質材料である漆喰にも同じような傾向が現れたのではないかと考えられる。また、低音域側の吸音効果を高めるには空気層を作ることが有効だが、今回の実験において低音域側の吸音効果が段ボールの方が高くなった原因は、段ボールが持つ空気層による影響ではないかと考えた。

### (2) 実験2 消臭効果

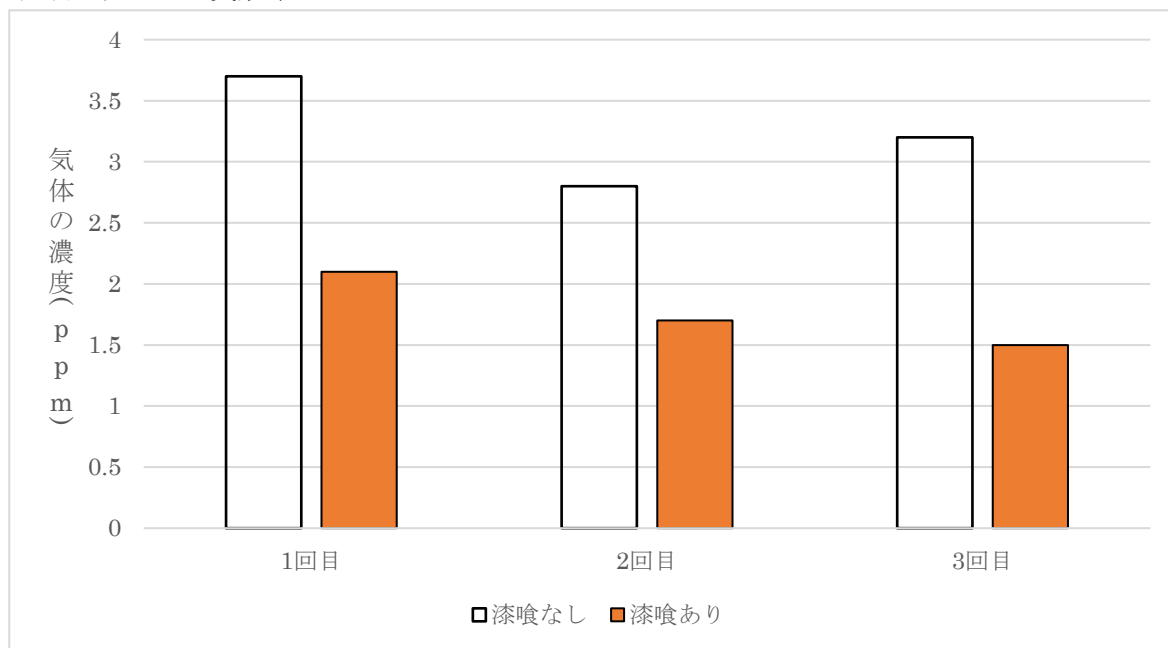


図5 実験2 (酢酸) の結果のグラフ

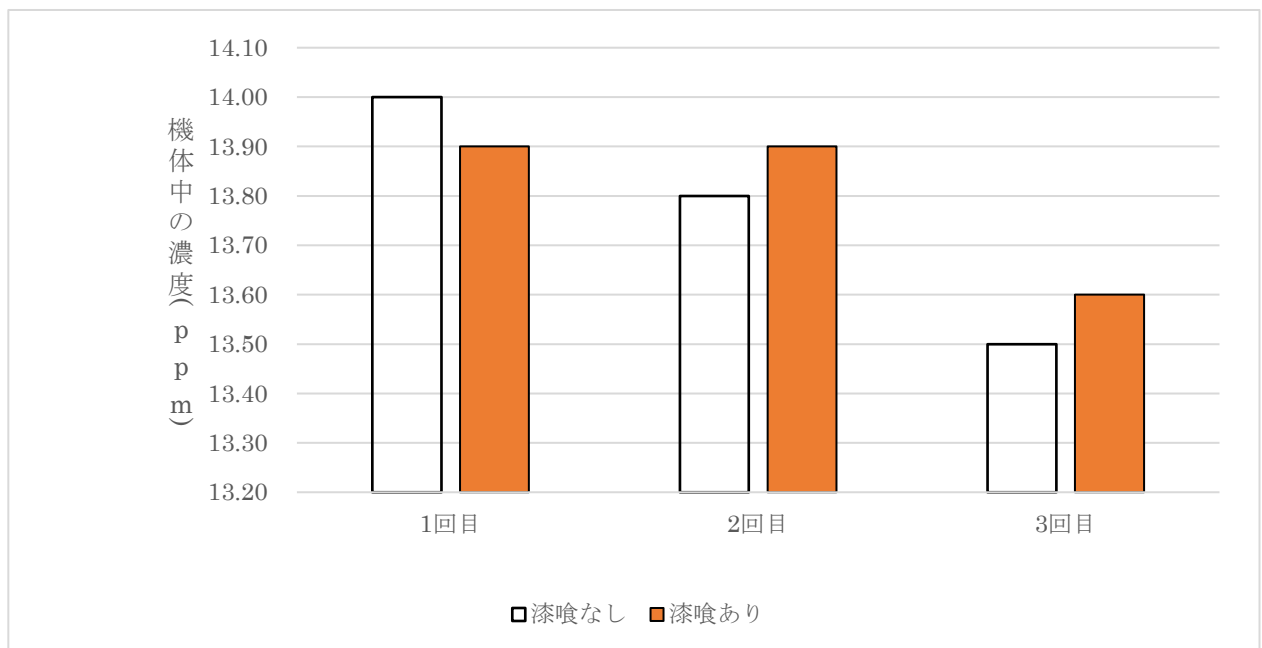


図6 実験2 (アンモニア)の結果のグラフ

実験2の結果を図5, 6に示す。図5から3cm<sup>2</sup>の漆喰片により袋中の酢酸の値は減少していることがわかる。しかし図6のアンモニアのグラフにはあまり差が見られなかった。この結果から、漆喰は酸性の液体に対しての消臭効果が高く、塩基性の液体に対しての消臭効果が低いと考えられ、その理由は、漆喰の塩基性が、酸性の物質と中和反応を起こすからではないかと考えられる。

## 6 まとめと今後の課題

実験結果から漆喰には消臭効果と吸音効果が期待できるとわかった。しかし、吸音材だけでは十分な防音効果を得ることは難しいため、今後の研究では、遮音シートなども組み合わせて、より防音効果を高めていきたい。また、今回の実験では、段ボールに均一な厚みで漆喰を塗ることができなかったため、安定したデータがとれなかったのではないかと考えられる。より精度の高い研究を行うため、段ボールに漆喰を塗る方法を見直していきたい。

## 参考文献

- ・竹内愛花「貝殻焼成カルシウムの消臭効果に関する研究」愛媛大学グローバルサイエンスキャンパス 愛媛県立宇和島東高等学校
- ・漆喰とは？漆喰の基礎知識とメリット・デメリット  
[https://www.atopico.com/lpo/shikkuibijin/index\\_02.html](https://www.atopico.com/lpo/shikkuibijin/index_02.html)

# 地域の廃棄物を利用した浄化装置とその有効性

2年4組 伊藤 樹生 2年4組 濱見 晴丘

2年3組 兵頭 玲勇 2年3組 松田 流

指導者 林 広樹

## 1 課題設定の理由

現在、貧困国や発展途上国の多くの国では安全に管理された水を利用することが難しい状況にある。その現状を打破するために簡易的な浄化装置を作成し、きれいな水が作れることを世界に発信することが重要であると考えた。

しかし、既存の浄化装置に使われている活性炭は、原料の加工が特殊であり多大なコストがかかる。さらに現在、地域の廃棄物の増加が問題視されている。

これらを踏まえて、地域の廃棄物を用いて活性炭に代わる有効的な安価で環境に配慮した浄化装置を作成することを目標とした。

## 2 仮説

活性炭は表面に目に見えないほどの小さな穴が無数に存在する、多孔質の物質である。この穴に臭いや汚れの成分を吸着することで浄化を行うことが出来る。そのため、活性炭に代替する廃棄物には多孔質の物質であるものが適しているのではないかと仮説を立てた。

## 3 先行研究の調査

炭谷恭彦ら（1999）の研究によると、活性炭を用いた簡易的な浄化装置を製作している。ここで用いられた活性炭は、原料を 200～600℃で炭化したものを用いる。また、大きなごみをとる手段として、洗浄・加熱殺菌した砂の層を用いている。この装置を用いて筆者らが浄化実験を行ったが、水 5.0×10<sup>2</sup>ml に赤インク 1.0ml を溶かした液体から脱色が可能になった。また、米のとぎ汁（5.0×10<sup>2</sup>ml）と泥水（5.0×10<sup>2</sup>ml）はほぼ透明にすることができた。

## 4 実験方法

### (1) 浄化装置について

ペットボトルに、小石、砂、地域の廃棄物を利用した浄化剤、砂利の順番で敷き詰める。（愛媛県農林水産研究所水産研究センター桧垣センター長からの御助言により、ろ材の目が大きいものから順番に、空隙ができないように丁寧に敷き詰めた。）小石（直径 4mm～）、砂（直径 0.25mm～1.0mm）、砂利（直径 1mm～4mm）を用いた。

### (2) 用いた濾材について

愛媛県南予地域の廃棄物に着目した。愛南町の海岸線に打ち上げられた死んだサンゴ、真珠の養殖で捨てられた牡蠣殻、軽石を濾材として用いた。また、ろ過の性能の比較のため、先行研究で用いられていた活性炭も濾材として用いた。

### (3) 浄化する溶液

泥水（水 1 L に土 1 g を入れたもの）

(4) 浄化能力の評価

- ① 吸光時計により吸光度を測定する。吸光度とは、調べたい溶液に光を射出し、基準となる水と比較する。吸光度の注目箇所を可視光領域にのみ絞った。
  - ② パックテストにより COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、TH を測定する。
- (5) 各ろ材において、1回目の浄化と2回目の浄化後の吸光度を比較する。

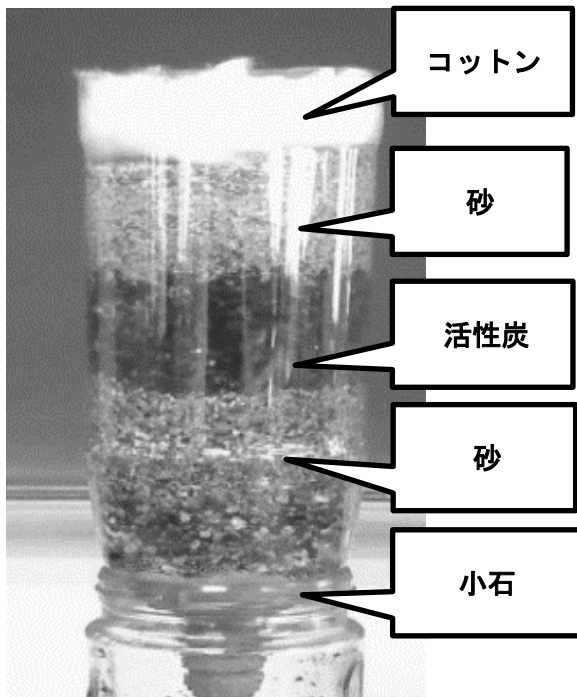


図1 先行研究による炭谷らの浄化装置（濾材：活性炭）

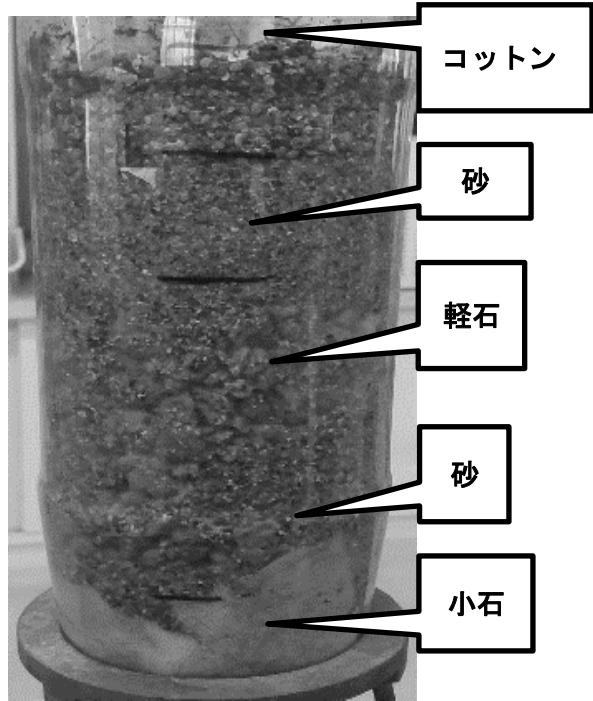
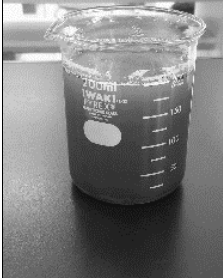






図2 筆者らが考案した浄化装置（濾材：軽石）

5 結果及び考察

(1) 泥水を各ろ材において浄化した見た目の結果

表1 各浄化装置の浄化後の値

濾材	泥水	活性炭	サンゴ礁	牡蠣殻	軽石
泥水と浄化後の泥水の様子					
	浄化前	浄化後	浄化後	浄化後	浄化後
肉眼での透明度の評価	茶色く濁っている	ビーカーの向こう側が見えるほど透明度が高い	黄ばんでいる	黄白色に濁っている	活性炭に劣るが透明度が高い

目視による確認では、活性炭が一番浄化できていることが分かった。また、活性炭には劣るが軽石も透明度が高く浄化能力があるのではないかと考える。



(2) 濾過前後の溶液の吸光度の比較

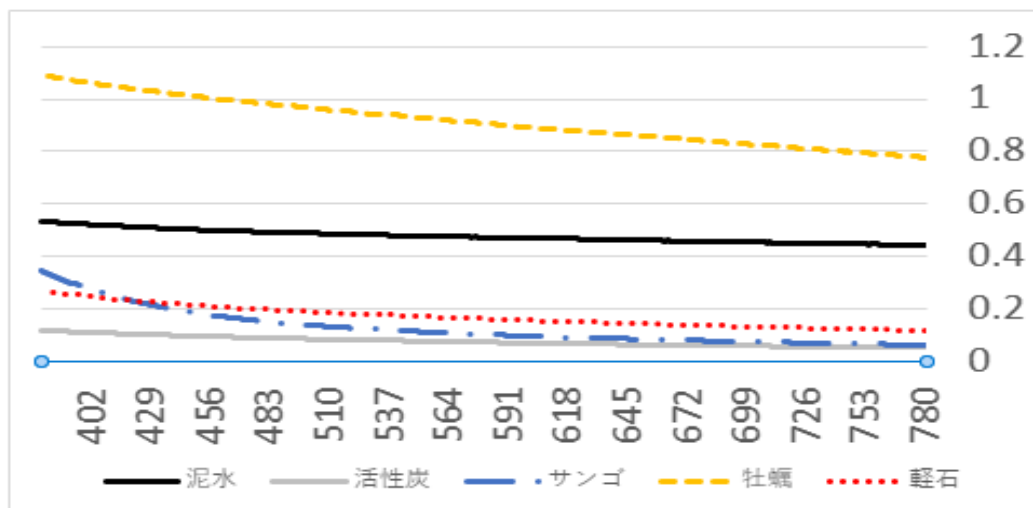


図3 浄化前の泥水と各濾材を用いて浄化した泥水の吸光度の比較

図3に、浄化前の泥水および、活性炭、サンゴ、牡蠣殻、軽石をろ材として浄化した泥水の吸光度の結果を示す。（ここでは、浄化装置を通したものを、浄化した泥水とする。）可視光(400～800nm)において、浄化前の泥水の吸光度に比べ、活性炭、サンゴ、軽石で浄化した場合は、浄化前の泥水よりも吸光度が低い値となった。吸光度が低いということは、泥水に比べて浄化した水の方が、透明でよく光が透過しているということである。よって、活性炭、サンゴ、軽石を用いた浄化装置で泥水を浄化すると透明度を高くすることができた。これは、肉眼で観察しても泥水の濁りが取れ、明らかに透明になっていた。

一方で、牡蠣殻をろ材とした浄化装置で浄化した泥水は吸光度が高くなり、肉眼においても濁っていた。

活性炭とサンゴ、軽石のろ材としての浄化能力を比較した。図3より、活性炭をろ材として用いた浄化装置でろ過した泥水の方が、サンゴ、軽石で浄化したときよりも低い吸光度の値を示した。また、ろ材のサンゴと軽石の比較では、サンゴの方が、吸光度が低くなった。よって、これらのろ材の浄化能力を比較すると、活性炭>サンゴ>軽石>牡蠣殻となり、自分たちが考案した地域の廃棄物の浄化能力は活性炭に比べて劣っていると考えられる。

(3) パックテストの結果

表2 泥水と各濾材で浄化した泥水のパックテストの値

	COD	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	TH
泥水	8	0.05	0.2	0.2	0.05	100
活性炭	6	0.1	0.2	0.5	0.02	50
サンゴ	6	0.05	5	10	1	100
カキ	8以上	0.05	10	1	1.0以上	200
軽石	8	0.05	0.5	0.5	0.05	100

各ろ材を用いて浄化装置で浄化した値を表2に示す。

サンゴの装置を使った浄化において、浄化前のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>は0, 2(mg/L)、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>は0.05(mg/L)となっているのに対し、浄化後のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>は5(mg/L)、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>は1(mg/L)と大きくなっている。牡蠣殻に

についても同様の結果となり、 $\text{NH}_4^+$ や  $\text{NO}_2^-$ の値が上昇しており、有機物が溶けだしていると考えられる。活性炭の装置を使った浄化においては、 $\text{NH}_4^+$ や  $\text{NO}_2^-$ 値は変化していなかったため、サンゴの成分が溶け出たのではないかと考えられる。

浄化前の  $\text{NO}_3^-$ は 0.2 (mg/L)、 $\text{NH}_4^+$ は 0.2 (mg/L) だったのに対し、軽石での浄化後は  $\text{NO}_3^-$ は 0.5 (mg/L)、 $\text{NH}_4^+$ は 0.5 (mg/L) と数値が上昇しているが牡蠣殻と比べるとパックテストは上昇していない。

よって、サンゴや牡蠣殻をろ材として用いるためには、加熱などによる有機物の除去が必要である。今回の結果では、軽石の方がろ材として有効と考えられる。

#### (4) 軽石における1回目の浄化と2回目の浄化の比較

浄化層を繰り返し通すことで、より汚水が浄化されると考えられる。そこで、軽石の浄化1回目と、2回目の吸光度を比較した。1回目の浄化は、浄化前の吸光度とほぼ同じ値であったが、2回目の浄化では吸光度が大きく減少した。他のろ材においても同様の結果となった。よって、繰り返し、浄化装置を通すことは有効であると考えられる。

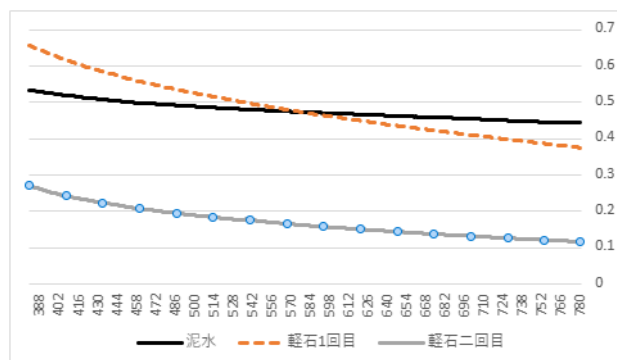


図6 軽石を用いた浄化装置の吸光度の値

## 6 結論

今回の実験を通して、サンゴ礁や軽石は浄化には向かないことが明らかになった。牡蠣殻で浄化した場合、パックテストの上昇などから、牡蠣殻の成分が浄化の際に流れ出たと考えられる。軽石においてパックテストの値があまり変化しなかったため、軽石は活性炭の代わりに浄化材として使用できると考えられる。

## 7 今後の展望

浄化装置の改善案

### (1) 効率的な大きさの浄化装置の考案

今回の実験では、一度に多くの水を浄化することができなかった。そのため、効率良く浄化することのできる適度な大きさの浄化装置を作成する必要がある。

### (2) 水質を改善できる新たな浄化材を探す

今回の実験で見たいは改善することができたが、水質については未だ改善できていない現状にある。そのため、新たな浄化材を探し、水質の改善に焦点を置く必要がある。

## 参考文献

- ・炭谷恭彦 (1999) ペットボトルを用いる簡易浄化器とその性能
- ・袋昭太、島田義彦 (2005) 牡蠣殻を利用した水環境改善技術の開発牡蠣殻覆砂工法および牡蠣殻フィルター工法
- ・竹村美紀 (1998) 四万十川方式による水浄化システムの評価

# 粘着力測定板の作製とレシピ開発

2年3組 岡原 未旺 2年3組 谷口 理名  
2年3組 長谷 はな 2年3組 田原 里南  
指導者 谷田 美穂子

## 1 課題設定の理由

私たちは誤嚥を防ぎ、解決する方法を研究したいと考えた。そこで、まず市立宇和島病院にインタビューに行った。その結果、現在とろみ測定板はあるが、介護食のもう1つの課題である「粘着力」について調べることができるものがあれば誤嚥を防ぐことができるとアドバイスをいただいた。このインタビューをもとに粘着力測定板の作製と、患者さんにおいしい介護食を提供するために嚥下食のレシピ開発を行うことにした。

## 2 仮説

誤嚥を防ぐためには、粘着力について研究し粘着力測定板を作製したら良いと考えた。

## 3 研究の方法

### (1) 粘着力測定板の作製

#### ア 材料の購入

アクリルサンデーEX板、エコロジープラスチック、アクリルサンデー板、銅、アルミ、ステンレス、デコパネを購入。

#### イ 粘着力測定板の作製

##### ① 試作1

- ・段ボールを縦45cm、横22.5cmの長方形に切り分ける。
- ・教師用コンパスを使用して半径22.5cmの扇形に切る。(2個)
- ・扇形の段ボールに分度器を用いて10度から90度の印をつけ線を引く。
- ・縦45cm、横30cmの長方形の段ボールを2個切り取り、土台を作る。
- ・扇形と長方形の段ボールをガムテープで貼り付ける。

##### ② 試作2

- ・試作1は手で板を動かすと正確な角度で計測が出来ないことが分かった。正確な角度で計測するためにストッパーを付けることにした。
- ・試作1と同様に扇形と長方形のダンボールを作製する。
- ・扇形ダンボールのメモリ部分に板を支えられる幅のストッパーを作製し付ける。

##### ③ 試作1・2をもとに粘着力測定板を作製

- ・アクリルサンデーEXを縦45cm、横22.5cmの長方形に切り分ける。
- ・教師用コンパスを使用して半径22.5cmの扇形に切る。(2個)
- ・分度器を用いて扇形のアクリルサンデーEXに10度から90度の印をつけ線を引く。
- ・アクリルサンデーEXを縦45cm、横30cmの長方形を2つ切り取り、土台を作る。
- ・形と長方形のアクリルサンデーEXをアクリル樹脂用接着剤で貼り付ける。

### (2) 実験の方法

宇和島市立病院の栄養科の方からいただいた嚥下食情報誌「まんさいくん」を参考にして、嚥下食を選び、実際に調理して私たちが作製した粘着力測定板を用いて実験を行う。料理を選ぶときに着目するのは、スベラカーゼやソフティアGを用いているか確認する。





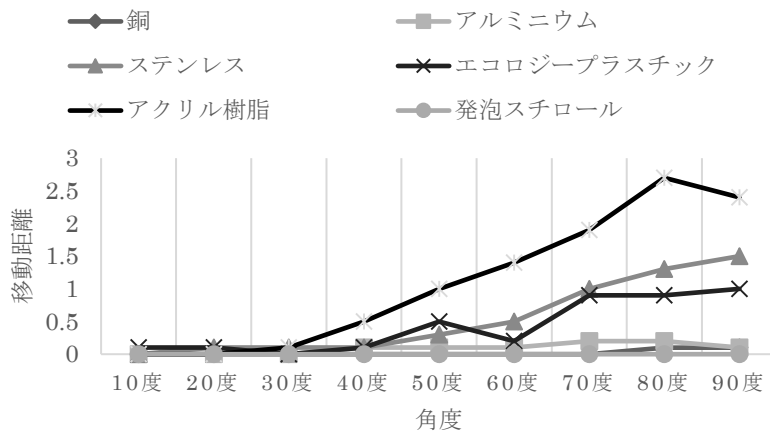


図3では、発砲スチロールでは変化が見られなかった。1番変化が見られたのは、アクリル樹脂だった。また、最初に変化が見られたのはエコロジープラスチックだった。

図3 板の種類と角度の違いによる鶏肉の照り煮の移動距離

これらの実験より、板の種類と移動距離には摩擦が関係していると考えられる。それぞれの板の摩擦係数は表4のとおりである。表4から、ステンレスとエコロジープラスチック、アクリル樹脂の摩擦係数は比較的小さいことが分かる。これらの板では物質の移動距離の変化が大きく、摩擦係数が小さいほど物質の移動距離は大きくなる。一方、図1ではアクリル樹脂とステンレスにだけ変化が見られた。摩擦力の大きさは、板の状態と接触している物質の2つの要素で決まるため、粘着力を正確に測定的ためには物質の種類による摩擦力も考慮しなければならないといえる。

また、3回の実験すべてにおいて、角度と移動距離に誤差が生じた。原因として、物質を置いた板を粘着力測定板に設置する際の振動や物質と板が触れる面積や質量に誤差があったことがあげられる。

表4 板の摩擦係数

銅	0.46
アルミニウム	0.82
ステンレス	0.16
エコロジープラスチック	0.35
アクリル樹脂	0.38
発砲スチロール	0.47

## 5 嚙下食のレシピ開発

嚙下食を必要とする方は食べられるものが限られることを知り、地元の食材を使って宇和島ならではの嚙下食を作りたいと考えた。宇和島市の郷土料理である「鯛めし」や「さつま汁」などを嚙下食として開発したい。食べることへの楽しみや嬉しさを感じることができると仮説を立てた。そして、宇和島嚙下食としてブランド化することで宇和島市の活性化を図りたい。

## 6 今後の課題とまとめ

粘着力測定板の作製では、使用した板のほとんどにデータのばらつきがみられた。その中でもっともよいデータがみられたのはアクリル樹脂であった。この結果をもとに今後はアクリル樹脂を使用していかにデータの誤差を減らすかが大きな課題になると考えた。

## 謝辞

本論分の作成にあたり、宇和島市立病院様にご指導ご鞭撻を賜りました。感謝申し上げます。

## 参考文献

- ・市立宇和島病院 嚙下職情報誌「まんさいくん」
- ・プラスチック材料の【摩擦・摩耗性】
- ・嚙下食ドットコム

# バイオエタノールの生成

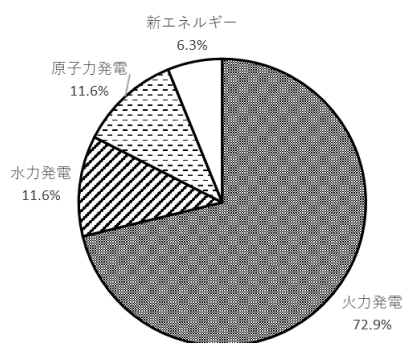
2年3組 岩本 達也    2年3組 後畠 隼輔    2年3組 江里口 爽太  
 2年3組 清家 佳樹    2年3組 三瀬 陽大  
 指導者 林 広樹

## 1 課題設定の理由

現在、日本では電力の約70%が火力発電によって賄われている。2011年以降の原子力発電の大幅減少により2000年には全体の55.5%であった火力発電の割合が2021年には全体の72.9%と大幅に増加している。その火力発電に使われている燃料が、石油、石炭、LGN（液化天然ガス）である。しかし、それらの燃料はそれぞれ、石油は約54年、石炭は約139年、LGNは約49年で枯渇すると考えられている。（2020年末統計）

そこで期待されているのが新エネルギーによる発電であるが、それらの割合も現時点では全体の1割にも満たない数値となっている。私たちはその中でも特にバイオマス発電に着目した。バイオマスとは動植物などから生まれた生物資源の総称のことを指し、その種類は幅広く、木質系や農業・畜産・水産系、建築廃材系、生活系などさまざまである。こうした生物資源を直接燃やしたり、ガス状の成分に変換（ガス化）して燃やしたりしてタービンを回し、発電機を稼働させて電気を作るのが、バイオマス発電の仕組みだ。

そこで私たちはバイオエタノールの生成を目的とし、全世界で年間約1億4000万トン、日本では年間約160万トンも発生しその一部を焼却処理されているもみ殻を利用できないかと考え、課題を設定した。



電源種	メリット	デメリット	経済性	調達の柔軟性	環境性
石油	・貯蔵がしやすい	・価格が高く、変動も大きい ・中東依存が高い	△	◎	○
石炭	・資源量が豊富 ・調達先が石油に比べ分散している ・低価格で安定している	・CO <sub>2</sub> の排出量が多い	◎	○	△
天然ガス	・調達先が石油に比べ分散している ・CO <sub>2</sub> の排出量が少ない ・供給が安定している	・インフラ整備が必要 ・価格が高め ・貯蔵、輸送が難しい	○	△	◎

図1 日本の発電量の割合 (2022年度)

図2 燃料ごとの主なメリットとデメリット

## 2 仮説

私たちは、三間町の特産物である三間米のもみ殻を用いて、バイオエタノールが作れるのではあるのではないかと考えた。もみ殻中の成分比率（図3）は、80%弱がセルロースなどの有機物であり、残りの20%強は無機物で構成されている。そのため、セルロースやセルロースの細胞間を埋めているペクチン質をセルラーゼやペクチナーゼを利用し糖化させ、その糖を用いて発酵を行えばエタノールの生成ができるのではないかと考える。

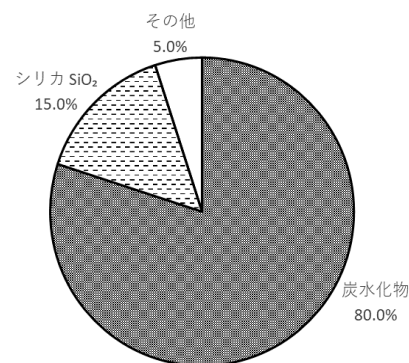


図3 もみ殻の成分割合

また、そのエタノールの生成に成功したとき、少量のバイオエタノールではあるが、地球にやさ

しいエネルギー資源になるのではないかと考えた。ここで専用の機械を用いて、そのバイオエタノールによって機械が動くことを目標とする。

### 3 研究の方法

#### (1) バイオエタノールの生成・蒸留

玄米、もみ殻を用いて生成を行う。

① 玄米 100g を炊き、それを潰した後、酵母菌 3.0g、水 200mL を加える。(図4、5)



図4 玄米を炊いている様子



図5 潰した玄米に酵母と水を添加した様子

② もみ殻 10g を茹で、酵母菌 3.0g、セルラーゼ 0.10g、水 200mL を加える。(図6、7)

③ もみ殻 10g を茹で、酵母菌 3.0g、セルラーゼ 0.10g、ペクチナーゼ 0.10g、水 200mL を加える。(図8)

これらの溶液を以降、溶液①、溶液②、溶液③と記載する。



図6 もみ殻を茹でている様子

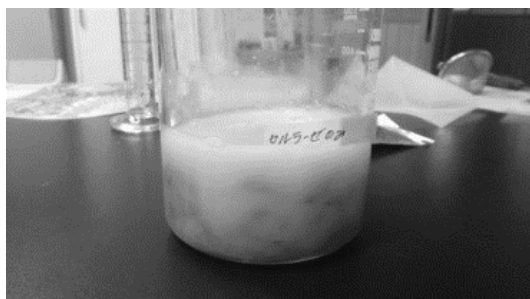


図7 セルラーゼを入れた溶液

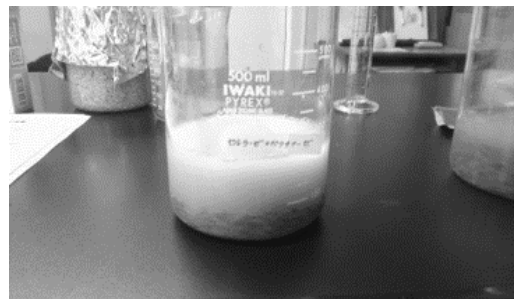


図8 セルラーゼとペクチナーゼを入れた溶液

④ ①～③の溶液を恒温機で 40°C に保ち、一週間程度アルコール発酵させる。

⑤ 生成されたバイオエタノールを、①～③の溶液から蒸留を行って取り出す。(図9)



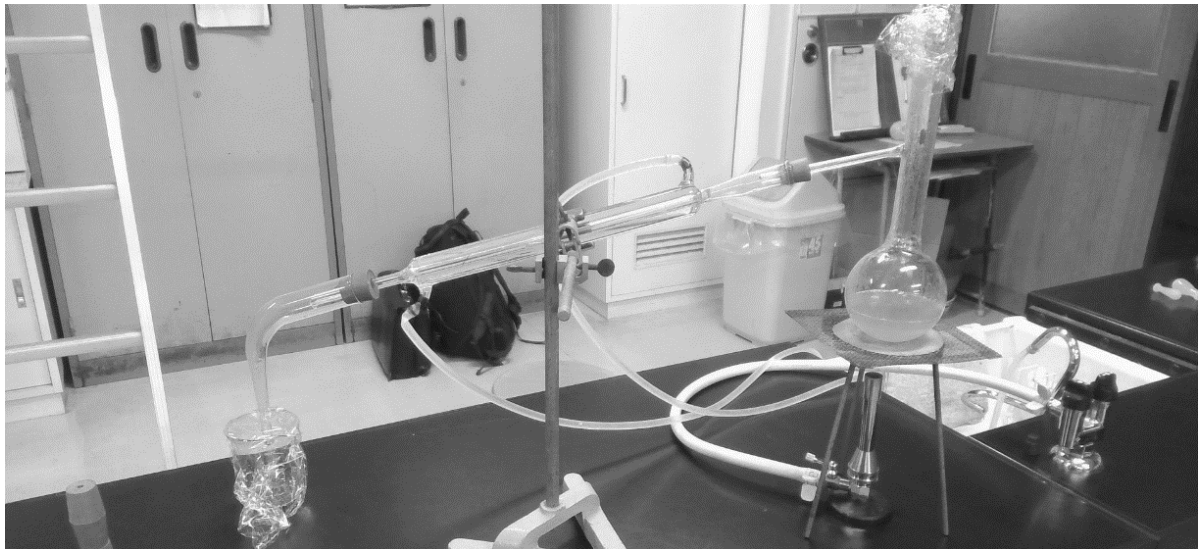


図9 蒸留の様子

(2) エタノールの確認

ア ヨードホルム反応による確認

濃度を高めた溶液とヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を1:1で混ぜ合わせる。(図10)そこにNaOHをLの褐色が消えるまで加え(図11)、60~70°Cのお湯で湯銭する。そして、特有の臭気をもつヨードホルム $\text{CHI}_3$ の黄色結晶が生じるかを調べる(図12)。

イ 燃焼による確認

生成したエタノールを少量、時計皿に取り、マッチを用いて火が付くかを調べる。

#### 4 結果

(1) バイオエタノールの生成・蒸留の結果

溶液①、②、③(3研究の方法で記載)それぞれからとても強い腐敗した臭いが確認された。また、溶液③のものからはカビが発生していた。溶液①~③いずれもリービッヒ冷却器を用いて蒸留すると、それぞれから液体を分離することができた。

(2) (1)の液体がエタノールであることの確認

ア ヨードホルム反応

(1)の液体①、②、③はヨードホルム反応を示し、ヨードホルムの結晶を微量であるが確認することができた。

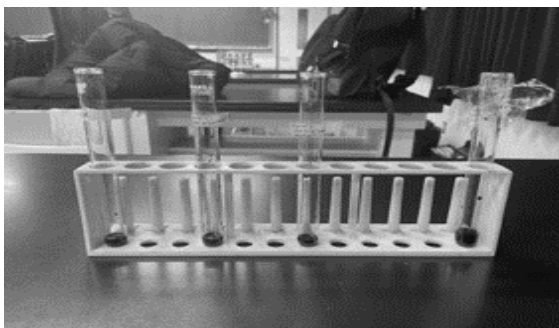


図10 ヨウ素とエタノールの混合液

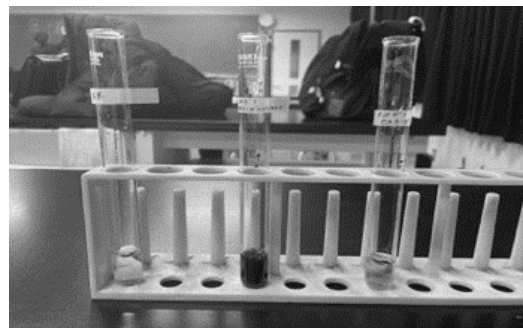


図11 NaOHを加えた様子

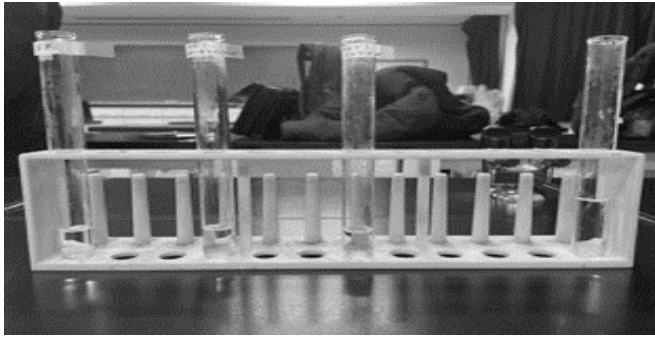


図 12 湯銭後の結晶を確認している様子

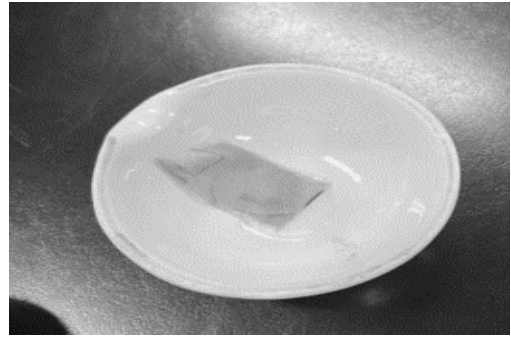


図 13 燃焼実験の様子

#### イ 燃焼による確認 (図 13)

(1)で得られた液体がエタノールであることを確認するために、マッチで液体が燃焼するか確認した。しかし、①～③の溶液でいずれも燃焼を確認することができなかった。理由としては、収量が少なかったためだと考える。

### 5 考察

溶液①について、玄米からバイオエタノールが収集することができる。溶液②、③の結果から、もみ殻からは、ペクチナーゼを用いても、用いなくてもバイオエタノールを収集することができる。ただし、収量は少量であり、燃焼を起こすほどの溶液は得られなかった。バイオエタノールを生成するための材料にかかるコストを考えても、収量を増やすことが重要である。

### 6 結論

玄米ともみ殻からバイオエタノールを生成することができる。しかし、十分な収量を得ることができなかった。

### 7 今後の課題とまとめ

今後の課題としては、生成するエタノールの収量を増やすこと。そのために、蒸留の時間を長くし、回数を増やすなどの工夫を行う。

### 参考文献

- ・近藤ほか(2017):「バイオエタノールを用いた燃料電池の研究」『平成 28 年度 SSH 生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島東高等学校, 9,10
- ・豊田ほか(2018):「竹からバイオエタノールをつくる」『平成 29 年度 SSH 生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島東高等学校, 129-132

## 令和4年度 SSH研究成果報告会（2期目第5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（83名）

班番号	担当教員	研究テーマ	ページ
1	徳永	農業の後継者不足を解消する	140
2	松岡	宇和島の事故を防げ！	142
3	山本	宇和島に娯楽施設を作る	144
4	長尾	ふくめんの歴史について	146
5	谷田	みかんを使った商品開発	148
6	赤松	空き家を活用して地域活性化	150
7	大熊	宇和島のおしゃれポスターを作ろう！	152
8	川端	JANZURI UWAJIMA	154
9	赤松	避難経路の再検討	156
10	山本	野良猫保護活動への一助	158

# 農業の後継者不足を解消する

2年2組 川上 陽菜

2年2組 高山 夏歩

指導者 徳永 彩子

## 1 課題設定の理由

宇和島市には農業・水産業など自然が近くにある土地を生かした様々な産業が発展している。しかし、現在人口減少や少子高齢化に伴い、農業就業人口の減少や担い手不足が深刻化している。こうした現状を改善したいと思い、本題を設定した。

## 2 仮説

図1より、愛媛県の総農家数は、平成22年は50,234戸と、5年前と比べると5,634戸減少している。農業就業人口の平均年齢は66.9歳となっており、担い手不足・高齢化が進んでいる。

## 3 実験と研究の方法

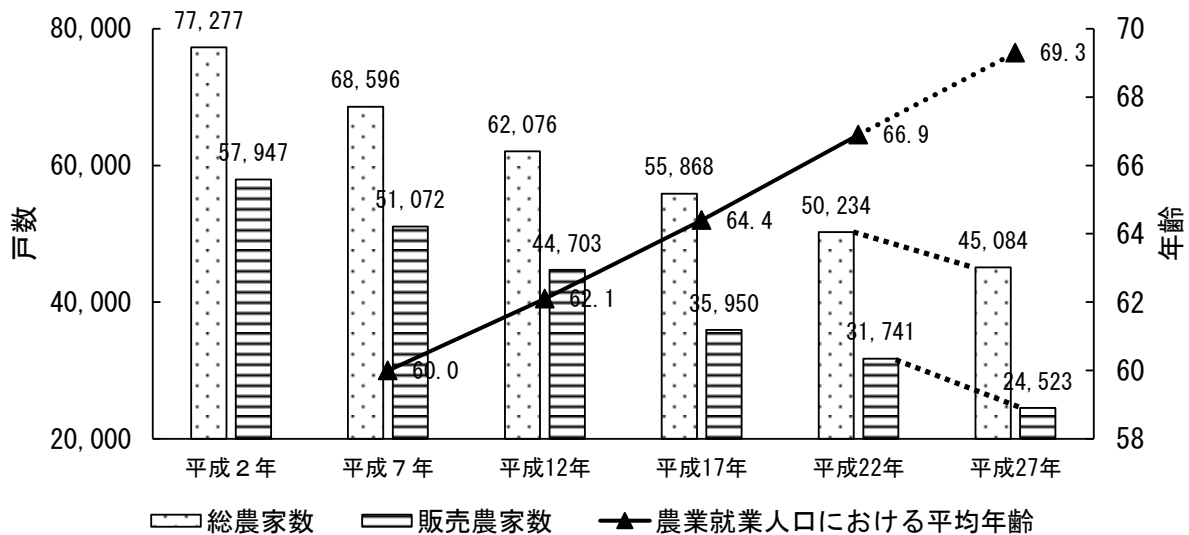


図1 愛媛県の農業の現状（愛媛県庁「人・農地プランおよび関連施策について」より作成）

宇和島東高校の生徒243人に農業体験についてのアンケートを実施した。項目は「農業体験をしたことがある人」、「いつ行ったか」、「どのような経緯で農業体験をしたか」、「どのようなことを経験したか」、「体験を通して農業への関心は深まったか」とする。

## 4 結果

結果を次のア～オに示す。

ア 農業体験をしたことがある人

201人（全体の82.7%）

イ いつ行ったか（複数回答可）

幼稚園・保育園生 106人

小学生 141人

中学生 60人

高校生 19人

ウ どのような経緯で農業体験をしたか

学校行事、家庭の手伝い、地域の手伝い、職場体験、農業イベント、自然科学教室、部活、観光大使など

エ どのようなことを経験したか

(1) 農作物の栽培

田植え、シイタケ栽培、その他野菜の栽培

(2) 農作物の収穫

稲刈り、サツマイモ・ジャガイモの収穫、みかん狩り、ぶどう狩り、茶摘み、タケノコ掘り

(3) 栽培環境づくり

もみまき、ハウス張り・組み立て、農機の操縦

オ 体験を通して農業への関心は深まったか

深まった 38.3%

どちらかといえば深まった 51.7%

どちらかといえば深まらなかった 3.0%

深まらなかった 7.0%

## 5 考察

今後、地方の農業を発展させるには次のようなことを進めるべきだと考える。

### ア 法人化

法人化とは、法人を設立し組織の中で今までの事業を引き継いでいくこと。次のメリットとデメリットが考えられる。

〈メリット〉

- ・ 設立後2年間消費税を払わなくてよいため節税できる
- ・ 法人しか相手にしない業者と取引の幅が広がる
- ・ 福利厚生が充実し人材が集まる
- ・ 継続性が高まる

〈デメリット〉

- ・ 法人設立費用がかかる 25万～30万円
- ・ 会計簿を付ける必要があり、会計処理が煩雑になる

### イ 通勤農業

平日は勤務先の農村に出勤し、休日は市街地の自宅で過ごすスタイルの農業。

農業と私生活を完全に分けることで、継続性が高まる。

## 6 まとめ

農業体験をはじめとして、小さなころから農業を身近な存在にし、地域との接点を増やす。また、現状の農業のスタイルを工夫し、変化させることで田舎の農業を発展させることが後継者不足を解消することにつながると考える。

## 参考文献

- ・ 「愛媛県庁／人・農地プラン及び関連施策について」

[https://www.pref.ehime.jp/h36180/ninaitetaisaku/hito\\_nouti\\_plan.html](https://www.pref.ehime.jp/h36180/ninaitetaisaku/hito_nouti_plan.html)

# 宇和島の事故を防げ！

2年1組 都築ゆらら      2年1組 井上 風咲  
指導者 松岡 拓哉

## 1 課題設定の理由

私たち二人は自転車通学生で、以前から登下校時によく身の危険を感じていた。見渡しの悪い十字路、カーブミラーや信号のない道路では、自分たちだけでなく車側からも見えにくい状況となっている。そのため、衝突しそうになったり急ブレーキをかけたたりする場合も少なくない。事実、自転車と車の接触事故は毎年、数件発生している。これからの事故率を少しでも下げるため、宇和島市内の危険な箇所を偵察し、改善策の提示をする。

## 2 研究方法

各通学路およびその通学路の危険な場所を本校生徒 100 名程度に以下の内容でアンケート調査、集計し、その場所の見学を行い、解決方法を提示する。

- ① どの方面から通学しているか
- ② 通学手段
- ③ 平日の帰宅時間
- ④ 住んでいる地域
- ⑤ 登下校中に危険を感じた場所

アンケートで得られた結果をもとに、危険が潜む箇所の写真を撮り、どこがなぜ危ないのか考える。

## 3 結果

アンケート調査の結果を表 1 に示す。

表 1 生徒の通学状況

通学方向	城東中学校	城北中学校	城南中学校	宇和島駅	その他	
	17	11	5	17	10	
通学手段	自動車	自転車	徒歩	バス	汽車	その他
	24	30	7	19	7	1
平日の帰宅時刻	16:00~17:59		18:00~18:59		19:00	
	5		9		45	

危険を感じた場所

- ①学校周辺
  - ・当校の正門前付近    ・ガソリンスタンドの横    ・天赦園入口
- ②宇和島駅周辺
  - ・宇和島駅前横断歩道    ・宇和島ターミナルホテル前    ・自転車置き場前
- ③国道 56 線沿い
  - ・マクドナルドからきさいや広場

### (1) グラウンド野球側の前 (図1、2)

「曲がり角の見渡しが悪く、曲がってきたものとぶつかりそうになる」

原因として、カーブミラーがないこと、曲がり角でスピードを出したまま止まれないということ、見渡しが悪いということ考えた。改善策としては、カーブミラーの設置を行うことで、死角によっておこる事故を防ぐことができるのではないかと考えた。



図1 グラウンド野球側の前  
(学校側から見た図)



図2 グラウンド野球側の前  
(鶴島小側から見た図)

### (2) 天赦園付近 (図3、4)

「車がカーブしてくるのに対応できない」

「信号機の変わるタイミングがわかりにくい」

歩行者が横断歩道を渡る前に車を確認し、カーブする車がいれば十分気を付けながら横断する。また、通常の十字路の信号の変わり方との規則性が異なり、歩行者側の誤解を招きやすい信号機であった。改善策としては、歩行者側がちゃんと信号機を確認して注意する。



図3 天赦園付近の交差点①



図4 天赦園付近の交差点②

## 4 今後の課題

宇和島での登下校において、身の危険を感じている人は自分たちだけではなく、宇和島市ではより注意深く確認しながら登下校をしなければならないと感じた。この先宇和島市で登下校する時は、車の確認や歩行者の確認などを怠らず、危険を感じた際に、その場所はなぜ危険なのかを考え、原因を究明していきたい。

## 参考文献

- ・写真情報 ; 「Google ストリートビュー」 <https://www.google.com/maps>

# 宇和島に娯楽施設を作る

2年1組 松本 大輝      2年2組 北川 奏駕  
指導者 山本 鷹裕

## 1 課題設定の理由

南予地域には、東予地域、中予地域と比較して娯楽施設が少ない(表1)。そのため休日に遊びに行くためには、松山などの遠方に出かける必要がある。そこで私たちは、宇和島東高校の生徒がどのような娯楽施設地域に臨んでいるかアンケートを取った。128人が回答し以下の結果になった(図1)。この結果から多くの生徒が映画館を求めていることが分かった。よって私たちは、宇和島で映画を見ることが出来る場所を提供するために本提案を行った。

表1 愛媛県各地域娯楽施設数

	映画館	カラオケ	ボウリング
東予	3	12	4
中予	4	19	8
南予	0	7	2

愛媛県カラオケ協会加盟店、映画.com、Mapfanより作成

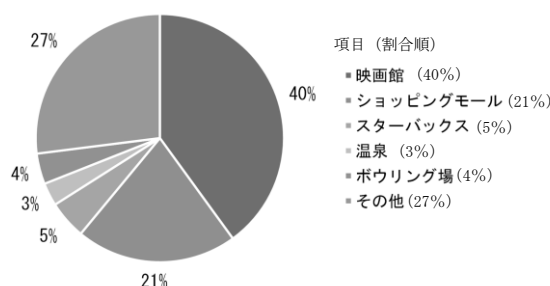


図1 宇和島東高校の生徒が望む商業施設

## 2 考察

### (1) 使用施設

当初、空きテナントなどを利用して宇和島市に新しく映画館を建設しようとした。しかし、映画館の建設には、初期費用が大きく現実的ではなかった。そこで私たちは、南予文化会館に目を付け、南予文化会館で映画を見られるようにしようと考えた。また、南予文化会館の大、中ホール直近6か月の使用状況を調べると、月によって大きく変動はあるが、平均5回程度しか使われていないことが分かった。よって南予文化会館を現在より有効活用できると考えた。

### (2) 映画使用料

表2 南予文化会館ホール使用料

	平日 全日	休日 全日	冷暖房料
大ホール 1234席	56,460円	64,150円	5,000円 毎時
中ホール 698席	29,930円	35,640円	4,000円 毎時

他映画に必要な設備料(全日)・37,851円 ※全日・午前9時～午後10時 (12時間)

表3 入場料をとる場合 南予文化会館 費用量

入場料500円以下の場合	入場料の30%
入場料500円を超え1000円以下の場合	入場料の50%

映画を上映するためには、配給会社と呼ばれる制作会社と劇場の間を管理運営する会社や個人と契約する必要がある。そこで私たちは、実際に映画館を運営している「ほとり座」代表の田辺さんに話を聞くことにした。田辺さんによると、配給会社と劇場の売上は折半することが分かった。中には、制作会社と直接契約をしているところもあるが、私たちは様々なジャンルの映画を上映したいと思っていため、この契約方法は考えないものとした。



### (3) 映画上映時間・費用・料金

ア 上映スケジュールは表4の通りとする。

表4 上映スケジュール

時	9～11	11～12	12～13	13～15	15～17	17～18	18～20	20～22
内容	映画①	準備	映画②	準備	映画③	準備	映画④	片付け

※平日は仕事などに従事している人が多く、集客率が低くなると考え、上映する日は土曜日・日曜日・祝日とする。

※集客率が高くなるように観客動員数が多い映画を主に上映する。

イ 1日にかかる費用(表2、3より計算)

中ホール+休日+全日+映画に必要な設備+冷暖房料(上映中のみ)

35,640円+37,851円+4,000円×8時間=105,491円

ウ 入場料 見込み

エミフル シネマサンシャインなどに比べ、周辺の環境やサービス等が劣っていることから、集客数を上げるためには、入場料を下げる必要があると考え、表5の通り設定した

表5 入場料

	エミフル シネマサンシャイン	宇和島 南予文化会館
一般・大学生	1,900円	1,000円
高校生以下	1,000円	800円

一般・大学生が入場した場合、入場料の50%が南予文化会館の収益となることから、売上は500円となる。観客一人当たりの粗利は、配給会社との折半で、250円となる。105,491円以上の利益を出さないと黒字経営できないため、 $105,491円 \div 250円 \approx 421$ より、最低421人以上の入場がないと純利益が生じないことが分かる。映画1回につき105人の入場が必要である。また、高校生以下の場合には利益が200円であることから、 $105,491円 \div 200円 \approx 527$ より、527人の観客数を超えないと純利益が生じない。これは、映画1回につき131人に相当する。

### (4) まとめ

今回は、宇和島に映画館を作ることについて考察した。その結果、南予文化会館を使用することにより、愛媛の他の映画館より料金を抑えることができた。また、1日に500人前後の入場者を得ると純利益が生じることから、十分成り立つ可能性のある商売だと考えた。

## 5 今後の課題

実際には、人件費などによりさらに支出が増えると予想できることから、さらに売上を出すために出店などを考える必要があると考える。また、映画館の入場数を増やすためにもどのように地域の人に知ってもらうかが重要だと思う。また、南予地域のさらなる発展のためにもコスト以外の面で魅力を生む必要があると考える。

## 謝辞

本研究を進めるにあたりひとり座代表の田辺様に情報の提供を頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- ・「愛媛県カラオケボックス協会」 <https://www.jkba.or.jp/kamei/list/ehime>
- ・「映画.com」 <https://eiga.com>
- ・「Mapfan」 <https://mapfan.com/>

# ふくめんの歴史について

2年1組 赤松 奏来

2年2組 松本 拓実

指導者 長尾 起条

## 1 課題設定の理由

愛媛県には数多くの郷土料理が存在しており、宇和島市においても「鯛めし」や「ふくめん」、「卵寒天」など様々な郷土料理が存在する。そこで、どのようにしてこれらのような郷土料理が誕生したのか調べることで、愛媛県の食文化について学びたいと思いこの主題を設定した。また、今回は中でも「ふくめん」に焦点を当て調べることにした。

「ふくめん(図1)」とは、宇和島市の郷土料理の一つである。現在は祭りや正月など人の集まる宴会料理として、結婚披露宴や長寿祝いなどのハレの料理として食べられている。千切りにして味付けしたこんにやく(または味付けした糸こんにやく)の上に、白身魚のそぼろや、細かく刻んだみかんの皮、葱などを区画に分けて盛り付けている。下のめんは食べやすいように短く切っている。この郷土料理「ふくめん」について、その名前の由来や、食べられ始めた背景などを文献・聞き取りによって調査を行った。



図1 ふくめん

上の層

写真左上

ピンク(魚のそぼろなどを使用)

写真右上

緑(葱を小口切りにしたものなどを使用)

写真左下

白(魚のそぼろなどを使用)

写真右下

オレンジ(みかんの皮などを使用)

下の層

千切りにした味付けこんにやくや味付け糸こんにやくを使用

## 2 由来についての仮説

- (1) 外国から日本に訪れた人に日本人がその外国の食文化について聞き、日本に取り入れたのではないか。
- (2) 昔に外国から伝わり、日本で食べられていたが、時代が変わっていくごとに食べられる地域が減っていき、宇和島市だけになったのではないか。
- (3) 日本全国で食べられており、その中でも宇和島市で一番食べられており、それが後世に残ったのではないか。

## 3 調査とその結果

### (1) 文献調査

ア 宇和島では、こんにやくのことを「山ふく」という。その糸切りの料理なので、「ふく麺」という名前になったと考えられる。また一説には、こんにやくが見えなくなるほど、そぼろ

がすっかり上を覆う（覆面する）のでこの名があるともいわれている。

イ こんにゃくは我が国へは、中国から仏教伝来とともに精進料理として伝わったという説、また遣唐使が持ち帰ったという説があり、平安時代の『拾遺和歌集』の中に詠まれている。室町時代には点心として利用された記録があるが、庶民に食品として親しまれて広く普及したのは江戸時代からのようである。

ウ 宇和島ではお祭りが終わったあとの料理の片付けをマナイタアライと言うが、その時に女性たちは残り物の料理を囲んで食事をしていた。こんにゃくの煮物や、イモの煮物などさまざまな残り物の見栄えを整えるため、こんにゃくなどは細く切って別皿に盛り、煮魚の身をほぐしてその上にかけて、下のものが見えないようにして新たな一品にした。これが「ふくめん」の始まりではないか。

## (2) 聞き取り調査

宇和島市の郷土料理店和日輔（わびすけ）の店主の岡田慶三さんにお話をうかがった。

ア 「ふくめん」は宇和島藩の行事食として伝わっている。

イ 江戸時代の飢饉の際にも食糧確保のためにこんにゃく芋はよく栽培された。

ウ こんにゃくの上に載せるピンクのそぼろは春、緑のねぎは夏、ミカンのオレンジを秋、白のそぼろを冬とし、四季を表すことでハレの日の料理をしてふるまわれるようになった。

## 4 考察

岡田さんの話から「ふくめん」は宇和島藩の行事食として広まったことが分かったが、これがいつ成立したのか気になった。データベース『愛媛の記憶』によると、享保17年（1732）に冷雨が続き、さらに大規模な虫害が発生したことから大飢饉が発生した。こんにゃく芋は江戸時代の飢饉の際に食糧確保のために栽培されたことが多かったことから、ふくめんが成立したのはこの飢饉の頃からではないかと考えた。

## 5 今後の課題

今後の課題として、1店舗にしか「ふくめん」について聞くことができなかったため、他店舗にも聞いて回り、より多くの情報を集める必要がある。また、宇和島市内ではどの程度「ふくめん」が食べられているのかについても気になったため調査を続ける必要がある。宇和島の郷土料理の中では「鯛めし」などよりも知名度が低いが、さらなる調査を進めていき、郷土料理としてアピールしていきたい。

## 謝辞

本調査にあたり、ご助力していただいた和日輔店長岡田慶三様、ならびに、この調査に携わっていただいた方々にこの場を借りて感謝の意を表します。

## 参考文献

- ・データベース『愛媛の記憶』生涯学習情報提供システム(i-manabi.jp)
- ・平成15年度えひめ地域学調査報告書『えひめ、その食とくらし：平成から昭和へ、記憶でたどる原風景』愛媛県生涯学習センター
- ・農林水産省 うちの郷土料理  
([https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/k\\_ryouri/index.html](https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/k_ryouri/index.html))
- ・全国友の会（1987）『伝えてゆきたい 家庭の郷土料理』婦人之友社

# みかんを使った商品開発

2年1組 高田 莉瑚

2年1組 竹内 美乃

指導者 谷田美穂子

## 1 課題設定の理由

近年、宇和島市では過疎化が進んでおり、宇和島市の人口は2000年が95,641人、2020年が70,809人とこの20年間で24,832人減少しており深刻な問題となっている。このことから、宇和島市に人を呼び込む商品を開発して宇和島市を活性化しようと思った。そこで、宇和島市の特産品であるみかんを使うことを考えた。みかんは皮が比較的柔らかく、手で裂くことができ高校生の私たちにも扱いやすい。また、香りはジャスミンにも似ていると称されるほど、さわやかな香りであり、リフレッシュ効果もある。したがって、みかんは研究に適していると考え、この課題を設定した。

## 2 仮説

みかんの糖度によって香りが異なることを利用して、よりよい香りの練香水が開発できる。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 準備物

エタノール、ワセリン、エタノール対応ボトル4本、練香水の容器3個、ろ紙、みかんの皮グリーンハウス(糖度10)・さわみっこみかん(糖度11)・小夏(糖度12)・山北みかん(糖度13)

(図1)

### (2) 作り方

- ① みかんの皮をミキサーにかけて砕く(図2・3)。
- ② ボトルに砕いたみかんの皮を入れてエタノールに浸す(図4)。
- ③ ろ紙を使って香水を取り出す(図5)。
- ④ 練香水の容器にワセリンをいれて香水をかける(図6)。



図1 用意したみかんの皮など



図2 砕いたみかんの皮



図3 砕いたみかんの皮



図4 浸した様子



図5 ろ過する様子



図6 完成製品

#### 4 結果と考察

作成した練香水を2年生40名に試してもらい、匂い、見た目、肌触り、使いやすさを5段階で評価してもらった。

図7はアンケートの結果をまとめたものである。みかんの種類や糖度によって匂いや見た目が変化したが、糖度によって匂いの良さが比例するような結果は得られなかった。しかし、全体的に見ると、糖度10・11と12・13の間の結果には差があり、糖度が高くなると、評価も高くなっていると考えられる。

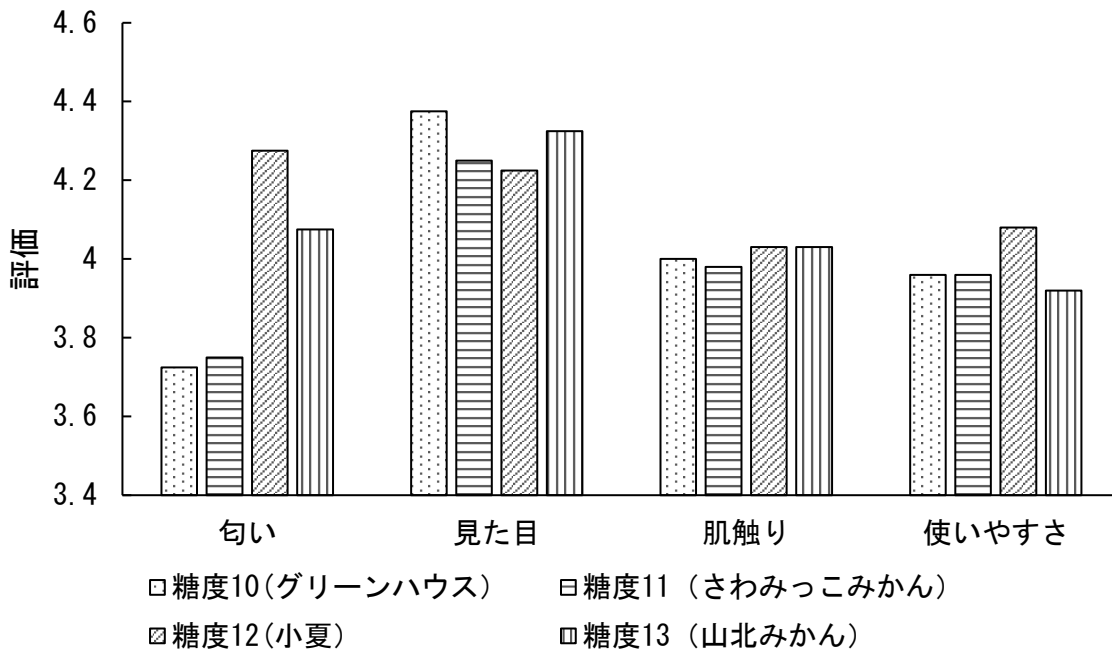


図7 線香水の評価

#### 5 まとめと今後の課題

糖度を変えた練香水を作り、実際に使ってもらい評価をしていただくことができた。糖度を変えたことでどのような変化があるのか調べたが、匂いの良さが比例するような実験結果を得ることができなかった。更なる改良を加え、新たな香水を作る予定だったが実験に至らなかったため、もう少し計画的に進めていくべきであった。実験や研究を通して感じたことは、みかん練香水は評判がよいことである。

#### 6 今後の課題

実用化にはまだまだ実験や改良が必要であるが、商品化が実現すれば宇和島市の活性化にもつながり、みかんの皮を再利用することでSDGsの実践にもつながる。今後も継続して研究をしていきたい。

#### 参考文献

- ・「宇和島市教育振興基本計画」

<https://www.city.uwajima.ehime.jp/uploaded/attachment/40824.pdf>

# 空き家を活用した地域活性化

2年1組 山口 莉乃      2年2組 薬師寺柑奈  
指導者 赤松 弘教

## 1 課題設定の理由

愛媛県の空き家総数は約12800戸、空き家率は18.1%となっており、愛媛県は、全国の中でも7番目に空き家率が高い地域である。その中でも宇和島市は空き家率が高く、空き家数は約8450戸、空き家率は6.9%となっており、現在空き家は深刻な問題となっている。そこで、空き家問題を解決することで、人口増加だけでなく経済活動の増進など、地域活性化にもつなげられるのではないかと考えた。

## 2 仮説

宇和島市の空き家の半数である約4000戸に、二人家族（月に32万円の生活費と仮定する）が住み始めるとする。そうすると、一か月で約12億8000万もの生活費が宇和島市の経済活動に流れることになる。よって、空き家を解決すると経済面も含めて、地域活性化につながるのではないかと考えた。

## 3 実験・研究の方法

県外の地域が実践している空き家問題解決法や地域活性化にどれだけの影響があったのかを調べ、宇和島市での地域活性化への貢献度を考察する。

## 4 空き家を活用して地域活性化につながった事例

### (1) 尾道市の空き家再生プロジェクト

NPO 団体が昭和初期に建てられた古い空き家民家の建築的な価値を再評価し、空き家をアートや店舗、ギャラリーの場として活用し、地域活性化に成功した（表1）。

表1 尾道市の人口の推移

尾道空き家再生プロジェクト	
尾道市総人口（2010）	147755 人
尾道市総人口（2020）	134506 人

### (2) MAD City プロジェクト

地方都市である松戸市駅前の半径500メートルのエリアを中心として、賃貸なのに改装可能な物件や、原状回復不要といった物件などちょっと変わった賃貸物件を取り扱い、地域活性化に取り組んだ。実際にプロジェクトを開始して、10年間で総人口が10250人増加した（表2）。

表2 松戸市の人口の推移

MAD City プロジェクト	
松戸市総人口（2010）	469881 人
松戸市総人口（2020）	480131 人

## 5 提案していきたい解決法の具体例

- (1) 一軒家として提供する（人口減少の対策）
- (2) 古民家カフェ（さらに、地産地消を目指して地元の食材を使う）
- (3) アートや店舗、ギャラリーの場のような公共施設として活用（観光客の増加）

## 6 結果と考察

他の地域の空き家解決による地域活性化を調べてみると、人口が増加しているなどの結果が出ていた。そこで、人口増加だけでなく、そこで得られる経済収入など、空き家を解決することによる地域経済を宇和島市の場合にあてはめて考察すると次のようになる。ただし、計算は概算である。

### (1) 一軒家として提供する（人口減少の対策）

家賃が50000円の6000棟を一軒家として提供した場合一か月で2億円の利益を得ることができる。

### (2) 古民家カフェ（さらに、地産地消を目指して地元の食材を使う）

古民家カフェとして活用した場合、経営者には一か月の収入が150万円、支出が120万円とすると、約30万円の利益が入る。また、地元の食材を使うとしたら材料費として約45万円が地元の農家に入ることになる。仮に、100棟を古民家カフェとした場合、収入が3000万、地元農家に4500万円の収入源となる。

### (3) アートや店舗、ギャラリーの場のような公共施設として活用（観光客の増加）

週3回の展覧会の入場料を500円とし、1日100人来場したとすると一か月で60万円利益を得ることが出来る。仮に10棟とすると、600万円の収入となる。

以上のことから、約8450戸ある空き家のうち約72%（借家6000棟、カフェ100棟、公共施設10棟）を稼働させることができれば、目算であるが、1か月で2億8100万円、1年間で33億7200万円の収入増となる。その人たちの経済活動における効果を考えると、1年間で約200億円ものお金が宇和島市に入ることとなる。したがって、経済状況も良くなり、新しい雇用も生まれ、人口も増え、地域活性化につながる。

## 7 まとめと今後の課題

空き家を解決することで、概算でも年間に、約200億円ものお金が宇和島市に発生することがわかった。したがって、空き家を解決することが宇和島市の経済の回りをよりよくするという結果が得られた。経済面、人口面など、少しでも空き家を解決した方が地域活性化につながることは明らかだ。これからは空き家を解決しようとする姿勢が大切だと思う。しかしながら、宇和島市に魅力がなければ、移住者は増加しない。そこには行政の力はもちろん必要になる。しかしながら、住民である我々が宇和島市の魅力を再認識し、それを伝え、よりよくする活動を起こす必要がある。市や町、住民、関係機関が協力して、宇和島市の人口変動も交えながら空き家と地域活性化について考えていきたい。

## 参考文献

- ・全国空き家管理ナビ  
<https://akiya-kanri.biz/>
- ・愛媛県庁 HP 愛媛県の空家対策等について  
<https://www.pref.ehime.jp/h41000/akiya.html>
- ・新居浜市 HP 空き家対策について  
<https://www.city.niihama.lg.jp/soshiki/kensido/akiyataisaku.html>

# 宇和島のおしゃれポスターを作ろう！

2年1組 松下 真優      2年2組 千崎 佳穂  
指導者 大熊 宏

## 1 主題設定の理由

宇和島市の人口は現在 70440 人。私たちが生まれた 2005 年と比較すると 2 万人弱減少しており、特に 0～19 歳の若い世代が 42%減っている状況である。そこで、若者に宇和島市の魅力を伝えるポスターを作ろうと考えた。宇和島市出身の人には、宇和島の良いところを再発見してもらい、宇和島市出身ではない人には、この街を PR し移住を考えてもらえるようなポスター作りを目指した。中でも私たちが注目したのは、宇和島のオシャレさである。きれいな海などの情報を入れ、若者を惹きつけるポスターに仕上げた。このポスターをきっかけに、一人でも多くの人に宇和島市を知ってもらいたい。

## 2 調査方法

- (1) 宇和島東高校の教職員・生徒を対象にアンケートを実施する。
  - ・ポスターの題材にふさわしい宇和島の名所や特産品について
- (2) アンケートの結果を踏まえてポスターを作成する。

## 3 調査と結果

- (1) アンケートの結果 (38 人回答)
  - ・ポスターの題材  
1位 海 (49%)    2位 真珠 (38%)    3位 宇和島城、木屋旅館 (5%)
- (2) ポスター作り
  - ア 休日を利用し、赤松海岸にポスター用の写真を撮りに行く。  
(協力：弓道部 2 年生女子)
  - イ 撮影した写真を加工して、ポスターの原案を 3 作品作る。

## 4 作成したポスター案



図 1 作成したポスター案①





図2 作成したポスター案②



図3 作成したポスター案③

## 5 まとめと今後の課題

宇和島市を象徴する海に実際に行き、写真を撮ることができた。その際、改めて宇和島の豊かな自然に触れることができた。このように、私たちが作成したポスターをきっかけに、より多くの人に宇和島の美しさに触れてもらいたいと思う。特に若い人たちに宇和島の魅力を伝えられるものになれば幸いである。今後、ポスターをより多くの人に見てもらえる方法を考えていきたい。

## 引用資料

- ・宇和島市ホームページ年齢別人口

# JANNZURI UWAJIMA

2年1組 松浦 士竜

2年1組 吉村 直城

指導者 川端 恵美

## 1 課題設定

近年日本で問題になっている少子高齢化問題だが、宇和島市内でも問題視されている。それによって、宇和島市内の人口は年々減少している。市内の人口が減少することによって、過疎化が進み、生活機能を維持することが現状として難しくなっている。

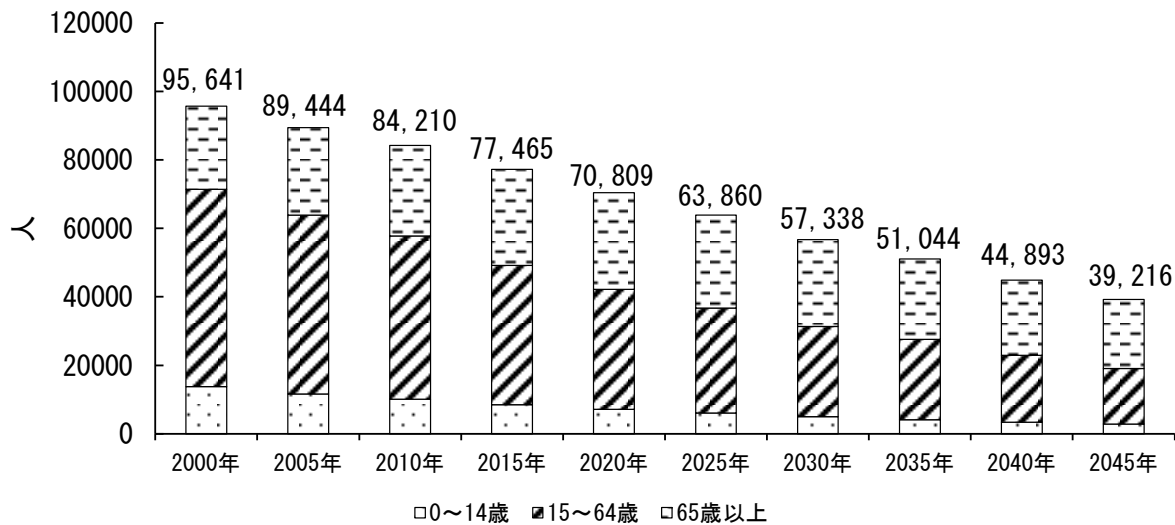


図1 宇和島市の人口推移予想 (Go Freak! 宇和島市の人口推移より作成)

図1から見てとれるように、宇和島市の人口は年々減少している。その中でも依然として年代別に見た高齢者人口は多く、内閣府の情報によると、近年自動車免許を返納する高齢者の割合が多くなっている。

そうなれば、病院や市役所、商業施設に行くための手段が無くなってしまい不便な暮らしになってしまう。

そこで鬼北町内の病院や商業施設を巡回する循環バスと以前宇和島市内を走っていたモーニバスを参考に、基礎疾患を抱えがちな高齢者の通院手段や地域住民の便利な足となる宇和島市専用の循環バスを運行することを想定して順路を作成した。

## 2 考察

循環バスの運行によって、高齢者が暮らしやすくなるのはもちろん、商業施設への客足も増えるため地域の活性化にもつながると思う。そうなれば、宇和島が人々にとって住みやすい、いつまでも住みたいと思える街になってくると考えた。循環バスは、高齢者の人々にとっては、生活といった面も配慮されており、より一層福祉の充実したまちづくりも目指せるのではないかな。

## 3 準備

まず、私たちはその宇和島市内を走る循環バスの走行ルートを考えてみた。

- ① 市立病院→天赦園→交流センター→きさいや広場→総合体育館→市役所→恵比寿フジ→バスセンター→パフィオ→宇和島駅→市立病院

② 市立病院→宇和島城→商店街→バスセンター→宇和島駅→パフィオ→市役所→北フジ→レディ薬局→しゃぶしゃぶ温野菜→ケーズ電気→エースワン→ダイキ→市立病院  
次に、参考材料として、鬼北町役場に運営の金銭面の問題、人口減少に対する対処法、運行ルートについて聞いた。

#### 4 結果

金銭面に関しては、循環バスは支出が収入を大きく上回るため、運営を長期間維持することが難しいということが分かった。

人口減少に対する対処法は、東京などの首都圏に愛媛への移住を提案するPR活動をし、移住してきた人々には空き家バンクという、住んでいる人のいなくなった空き家を再利用して住んでもらうサービスをしている。就職先も商店街などと連携して、雇用先を提供していることが分かった。

鬼北町を走る循環バスの運行ルートは、町内の病院はすべて網羅しているため病院はもちろん、銀行などの金融機関、フジなどの商業施設といった、高齢者にとって必要不可欠な施設を巡るルートとなっている。

#### 5 まとめと今後の課題

鬼北町の循環バスでは高齢者に寄り添った運行ルートが考えられており、年々増加している高齢化社会への配慮がよくされていると思った。

この循環バスによって鬼北町は高齢者にとって住みやすい町になっているのではないかと思う。

#### 出典

・「Go Freak! 宇和島市の人口推移」

<https://jp.gdfreak.com/public/detail/jp010050000001038203/1>

# 避難経路の再検討

2年2組 今井 美海      2年2組 上杉 舞  
指導者 赤松 弘教

## 1 課題設定の理由

近年、南海トラフが30年以内に起こる確率70%以上となっている。「愛媛県地震被害想定調査(平成25年12月)」において、津波避難の迅速化により、津波による死者数が約9分の2に軽減できると試算されている。そのため、よりよい避難経路を見つけ、迅速に避難が行えるようにすることで、被害人数を減らし、より多くの命を救うことができるのではないかと考え、この課題を設定した。また新しい避難場所を見つけ、校内の避難訓練で活用し、宇和島市と協力した最適案の提案もしていきたい。

## 2 仮説

現在の宇和島東高校の生徒の避難場所である愛宕山への避難経路は、細い路地があったり、地震の際に倒壊しそうな建物があったりするため、避難する際に宇和島東高校の生徒と近隣住民の方々が乱雑にぶつかりあい、スムーズに避難できない可能性があると考えた。

## 3 研究の方法

- (1) 宇和島東高校周辺の地区の住民の人数とそれぞれの避難場所を確認する。
- (2) 避難経路のなかで道の広さの確認、建物の倒壊などの危険な場所を調査する。
- (3) 最適な避難経路を再検討する。

表1 宇和島市の避難場所一覧

避難場所	対象地域	人数
中央公民館	御徒町、丸之内、堀端	671人
護国神社	丸之内	391人
愛宕山	愛宕町	421人
社会保健管センター駐車場	京町、賀古町	811人
サンシャイン駐車場	佐伯町、桜町、御殿町	705人
立正保育園裏山	神田川原	246人
浅田精肉店前社保駐車場	堀端、広小路	403人
城山公園	丸之内	159人

## 4 結果と考察

### (1) 避難場所と避難人数

表1より、愛宕山に避難する人数は周辺地域3558人に対し、421人が避難することになっている。実際、避難訓練で愛宕山に訪れた時に421人と東高生が避難できる広さは十分にあることが分かっている。

### (2) 避難経路の危険な場所



図1 愛宕公園までの避難経路上の危険地点



図2 ①瓦屋根の建物 図3 ②不安定な看板 図4 ③高さ約2mの塀 図5 ④瓦屋根の建物



図6 ⑤瓦屋根の建物 図7 ⑥瓦屋根の建物 図8 ⑦瓦屋根の建物 図9 宇和津彦神社の狭い道路

### (3) 最適な避難経路の再検討

宇和島東高校から避難場所の1つである愛宕公園までの避難経路は、道が全体的に狭く、古い建物(特に瓦屋根の建物)も多かったため、避難経路としては危険であるのではないかと考えた。瓦屋根の建物や2m近くある塀の場所、落下する可能性のあるものなどを地図に記入した。1番狭い道幅で約5mであった。仮に、そこに愛宕町の約1200人と、宇和島東高校の約800人が同時に避難する場合、1㎡の空間に占めることの出来る人数を2人とすると、約130mの行列ができてしまう。また、地震の揺れによって、建物が倒壊したり、屋根が崩壊したりして、道をふさぐ可能性が高いため、愛宕公園に避難するのであれば、印をつけた場所は避けるべきだと考える。しかし、愛宕町ほどの道も幅が狭いため、安全な避難経路を確保するのは難しいかもしれない。また、宇和津彦神社から、愛宕公園までの道のりも道幅が狭く、木が多いため、土砂崩れが発生すると、危険であるのではないかと考えた。学年、クラスごとに別の場所へ避難するなど、より安全な避難経路を確保することも必要になってくる。

## 5 まとめと今後の課題

今後は、他の安全な避難経路がないか確認するとともに南海トラフ地震の震度や津波の高さ、到達スピードの予測なども詳しく調べ、震度によって避難場所を変更できるようパターン化していきたい。また、宇和島東高校の屋上の収容人数や建物の強度を調査し、宇和島東高校が避難場所として最適なのかを検討していく。

### 資料

- ・指定区别人口調 - 宇和島市  
<https://www.city.uwajima.ehime.jp/uploaded/attachment/42087.pdf>
- ・宇和島市津波緊急避難場所一覧【HP用原稿】v3  
[https://www.city.uwajima.ehime.jp/uploaded/life/51567\\_98065\\_misc.pdf](https://www.city.uwajima.ehime.jp/uploaded/life/51567_98065_misc.pdf)
- ・宇和島市. 総合防災マップ. 全市版.  
<https://www.city.uwajima.ehime.jp/uploaded/attachment/30596.pdf>

# 野良猫保護活動への一助

2年1組 福島 隼人 2年1組 藤岡 杏里  
指導者 山本 鷹裕

## 1 課題設定の理由

環境省の令和2年度犬・猫の取引および負傷動物の収容並びに処分の状況（表1）によると、愛媛県で所有者不明として引き取られた猫の数（野良猫の数）は成熟固体・幼年個体合わせて759匹で、殺処分された猫の数は飼い主から引き取られた猫の数と合わせて834匹であり、返還数、譲渡数の合計の約8.7倍である。また、この数は、全国で殺処分されている猫の数の約4%を占めている。そこで、私たちは、地域の人々が野良猫に対してどのような印象を持っているか、どのような対策を望んでいるかを調査し、地域の野良猫問題の解決に少しでも貢献しようと、本研究課題を設定した。

表1 令和2年度愛媛県の猫の取引および負傷動物の収容並びに処分の状況

引取り数						処分数（下段は幼年固体の内数）		
飼い主から		所有者不明		合計		返還数	譲渡数	殺処分数
成熟固体	幼年固体	成熟固体	幼年固体	成熟固体	幼年固体			
79	89	74	685	153	774	3	93	834
						1	72	687

## 2 研究の方法

### (1) 方法

- ア 宇和島東高校の生徒・保護者391人を対象とした野良猫についてのアンケート調査。
- イ 宇和島東高校1・2年生に「保護猫シェルターNEKOSUKI」様への寄付を呼び掛けた。

## 3 結果

### (1) アンケート調査

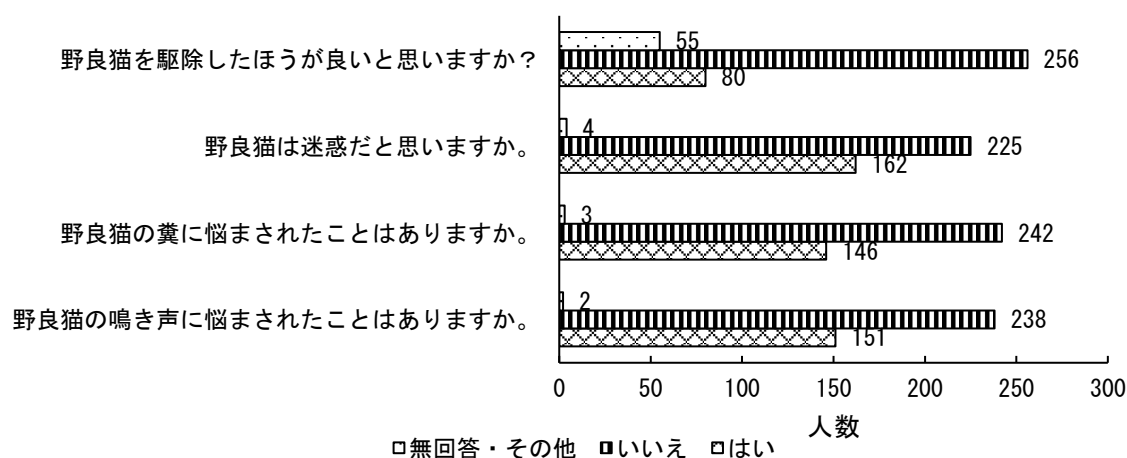


図1 アンケート調査項目と結果

図1のアンケート調査の結果によると、約40%の人が野良猫の鳴き声や糞尿に困っていると

ということが明らかになった反面、野良猫を駆除した方がよいと思っている人の割合は約 20% となった。意見の中には、「駆除ではなく保護をしてほしい」や、「これ以上増えないように去勢手術を施してほしい」などの意見があった。特に、去勢手術を施してほしいという意見については、記述回答の約 16% を占めた。

「野良猫がいることにメリットはあるか」という質問に対しては多くの人が「かわいい」「癒される」「ネズミ対策になる」などの意見があった。

## (2) 「保護猫シェルターNEKOSUKI」様への募金

1月11日、12日の2日間に分けて、宇和島東高校の1年生7クラス、2年生7クラスの計14クラスに募金を呼び掛けた。昼休憩時に各教室を回り、募金箱に寄付をしていただいた。寄付額は表2の通りである。

「保護猫シェルター」代表の佐々木様に寄付を渡させていただき、保護猫活動の現状を伺った。佐々木様からのお言葉で印象に残っているのは「野良猫は、野良でたくましく生きているわけではない。死ぬまで生きているのだ。死を迎えるのは明日かもしれないし、一カ月後に来るかもしれない。そんな死を隣に感じながら生きている。そのような猫達を目の前にして、放っておくわけにはいかない。まだまだ日本は野良犬・野良猫問題については後進国であるが、私達ができることをやっていくしかない。このような寄付も本当に助かる。」という言葉であった。

表2 募金額

1年生	13,365円
2年生	22,832円
端数合わせ(担当教員寄付)	533円
合計	37,000円



図3 募金を手渡す様子

## 4 まとめと今後の課題

本研究ではアンケートの結果から野良猫の駆除への賛成意見は少ないものの、野良猫はマイナスなイメージを持たれがちだということが分かった。佐々木様への取材でも、マイナスのイメージからか、遠く離れた四国中央市から、野良猫を捕獲してくれと電話がかかってくるというお話を伺った。また、年間の譲渡数は40~50匹であるが、そのほとんどが子猫で、成猫の譲渡数が伸びないとのことだった。

今後は、野良猫の保護活動に対する募金を呼び掛けるだけでなく、譲渡会の際の手伝いや、保護猫シェルターの管理や運営に積極的に関わりたい。地域で野良猫の保護や譲渡を行うことで、野良猫の鳴き声や糞尿に悩む人を減らすだけでなく、野良猫が生涯に渡って安心して暮らすことのできる環境を作って下さる飼い主様との橋渡しを行いたい。

## 謝辞

「保護猫シェルターNEKOSUKI」様への募金に御協力くださった愛媛県立宇和島東高校の皆様・並びにその保護者の皆様にこの場をお借りして感謝申し上げます。また、保護猫シェルターNEKOSUKI代表の佐々木様、貴重なお話をありがとうございました。

## 引用資料

- ・環境省統計資料(2020) 令和2年度犬・猫の取引および負傷動物の収容並びに処分の状況(都道府県・指定都市・中核市)