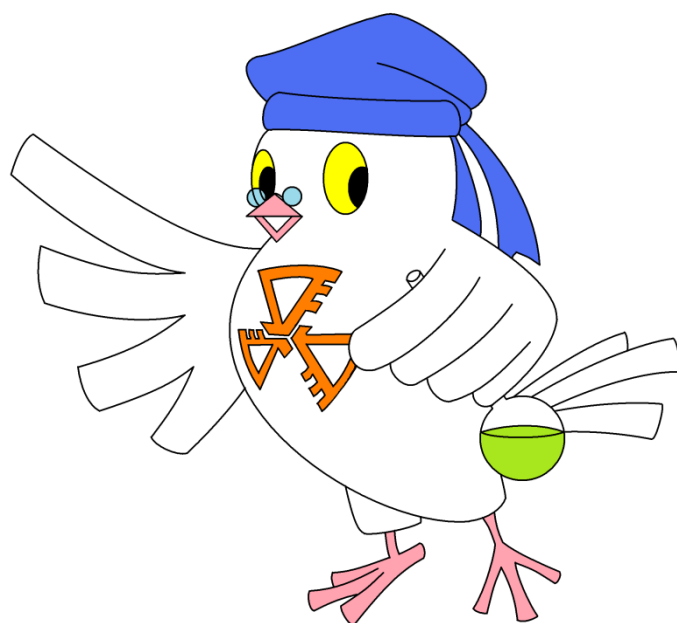


スーパーサイエンスハイスクール研究開発

令和3年度  
理数科課題研究論文集



高知県立高知小津高等学校

## 目 次

はじめに	1 ページ
ダイラタンシー現象	2 ページ
ムペンバ効果について	5 ページ
フリーズドライ牛乳の実用性に向けた溶解特性に関する研究	7 ページ
清涼飲料水と脱灰作用 ～唾液の保護効果～	11 ページ
糖が他の物質の溶解度に与える影響についてⅡ	14 ページ
天然酵母の研究 ～高知の植物から酵母を育て、活用する～	16 ページ
テントウムシ類によるアブラムシの捕食数の比較	19 ページ
光刺激とプラナリアの記憶継承との関係	21 ページ
防波堤の形状と津波減衰について ～浦戸湾三重防護防波堤を考える～	23 ページ
ブルーギルの捕獲トラップの作製	26 ページ
モンティ・ホール問題の研究	28 ページ
(参考) 科学英語の授業で制作した英語ポスター	31 ページ
(参考) 課題研究発表に関する活動	42 ページ

## はじめに

本校は文部科学省のスーパーサイエンスハイスクール事業の研究指定を受けており、本年度が第Ⅳ期の最終年（通算 20 年目）となっています。第Ⅳ期の指定からSSHの取組を理数科のみならず普通科まで広げ、学校全体で探究型学習「課題研究」に取り組み、主体性や思考力、協働する力などを備えた次代を担う生徒の育成を目指しています。本年度も感染症の影響がありましたが、実施時期や活動内容を工夫することで可能な限り取組を進めてきました。

第Ⅳ期の主題は「地域創生に資するグローバルな視点で活躍できる理数系人材の育成プログラムの開発」です。本年度も「ALL高知」の掛け声のもと、大学や研究機関、企業など多くの方々のご協力のもと、地域の課題や先進的な取組を学ぶ「地域フィールドワーク」、科学分野への興味関心と実験技能等の向上を図る「OZUサイエンス」や「短期集中体験ゼミ」、四国の自然環境や関連施設に対する興味を高めるための「サイエンスフィールドワーク」など様々な取組を実施することができ、生徒たちは自然科学を学ぶ面白さや魅力を実感することができました。

理数科課題研究については、1年次に学習する「探究基礎」を通じてデータの分析やプレゼンテーションに必要な知識や技能を早い段階から習得させ、それらを活かして2年次、3年次の課題研究に取り組むことで、科学的な探究力や論理的に思考する力、プレゼンテーション能力などを総合的に育成する取組を行っています。また、同じく理数科では、科学技術の研究や自然科学に関する事柄を英語で学び、英語での資料作成や発表を行う授業である「科学英語入門」や「科学英語」も実施し、国際感覚の醸成と英語によるプレゼンテーション能力を育む取組も進めてきたところです。

さて、本年度も私たちの生活は感染症の大きな影響を受けてきました。様々な社会的活動が制限される中で、AIやIoT技術が急速に普及し、社会生活そのものが大きく変化する一方で、本来私たちの生活を豊かにするはずの技術や情報に私たち自身が翻弄される状況も出てきています。このような世の中を生きる生徒の皆さんには、多くの情報の中から事実を正確につかみ取り、考え、分析し、判断をして、しっかりと根拠を示しながら説明するとともに、仲間と協力しながら将来を切り開いていく力を身につけてもらいたいと思います。理数科の課題研究の取組は、将来の困難を乗り越えるためのそうした力の育成に必ずつながるものであると思います。

この論文集にまとめられた課題研究は、平成31年度（令和元年度）理数科入学生の3年間の探究的な学習活動の集大成です。ぜひ多くの方がこの論文集を手に取り、本校のSSH活動の取組と生徒の活動に理解と共感をしていただけたら幸いです。

最後に、本研究の実施に際しましてご支援をいただきました大学・研究機関、企業の方々に心からお礼申し上げます。

令和4年2月

高知県立高知小津高等学校長 竹崎 実

# ダイラタンシー現象

岡本 周, 勝賀野 遥斗, 西元 優斗, 谷 優樹

## Abstract

We wanted to deepen our research from when we were in elementary school, so we studied the dilatancy phenomenon. We investigated the viscosity of the fluid where the dilatancy phenomenon was observed. As a result, it was found that the viscosity differs depending on the combination of solvent and solute. It is considered that the cause is that the shape and size of the solute particles are different. The experimental results were uneven, so we will reduce manual operations from the next experiment.

## 1 はじめに

私たちは小学生の時に行った、ダイラタンシー現象についての自由研究をより深めたいと思い研究を始めた。ダイラタンシー現象とは溶質の粒子の周りが水で湿った状態になっており、そこに叩いたり握ったりといった急激な衝撃を与えることによって粒子に隙間ができ、その隙間に水が移動する。それにより粒子の表面が乾くので固くなる。続いて先行研究より、ダイラタント流体とは液体と、固体の粉末粒子の混合物である。まず、溶媒の界面張力の大きさが大きいほど、ダイラタント流体の強度というのは弱くなる。逆に言うと、溶媒の界面張力の大きさが小さいほど、ダイラタント流体の強度は強くなるということになる。

- ・小麦粉
- ・葛粉
- ・わらび粉
- ・片栗粉

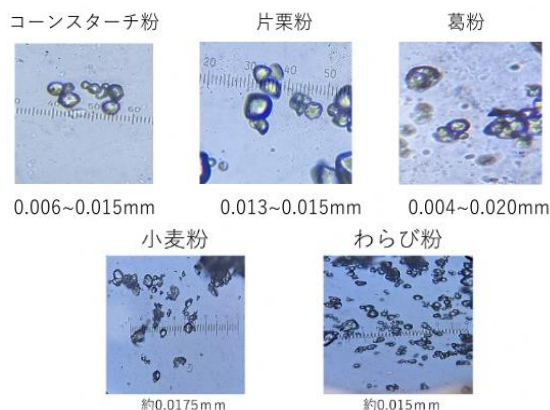


図1 実験に使用する粒子の顕微鏡写真

## 2 研究の概要

でんぷんを多く含む溶質と界面張力の小さい溶媒の組み合わせでより硬いダイラタント流体を作った。

## 3 目的

ダイラタンシー現象が起こる溶質と溶媒の最適な組み合わせを発見する。

## 4 実験 I

### (1) 目的

ダイラタンシー現象が起こる、溶質、溶媒の組み合わせを調べる。

### (2) 準備物

溶媒に用いるもの

- ・水
- ・オリーブオイル

### (3) 方法

用意した溶媒、溶質を混ぜ、ダイラタンシー現象が起こるかを調べる。

### (4) 結果

水×コーンスターチ、水×片栗粉、水×葛粉だけで、それ以外の溶質、溶媒ではできなかった。

溶質 \ 溶媒	水	オリーブオイル	エタノール
コーンスターチ	○	×	×
小麦粉	×	×	×
片栗粉	○	×	×
わらび粉	×	×	×
葛粉	○	×	×

表1 ダイラタンシー現象が発生する溶質と溶媒の組み合わせ

- (5) 考察
- ・オリーブオイルでは、油分が粒子をくっつけてうまくダイラタント流体ができないと考えた。
  - ・エタノールでは、揮発性が高いためダイラタント流体ができないと考えた。

## 5 実験Ⅱ

- (1) 目的
- 実験Ⅰでダイラタンシー現象が起こった溶媒と溶質の組合せの粘度を調べる。

- (2) 準備物
- ・実験Ⅰで作ったダイラタント流体
  - ・ものさし(1m)
  - ・鉄球(68g)
  - ・プラスチックビーカー

- (3) 方法
- ① 実験Ⅰで作ったダイラタント流体をプラスチックビーカーの中に入れる。
  - ② 68gの鉄球を50cmの高さから落とし、沈むまでの時間を10回ずつ記録する。
  - ③ 記録した内容から標準偏差と平均を記録する。

### (4) 結果

水100g×片栗粉150g											標準偏差 (0.78)
回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
秒	3.16	2.5	1.74	2.02	2.57	3.33	3	3.08	3.67	4.6	2.98

水100g×コーンスターチ150g											標準偏差 (1.15)
回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
秒	2.44	2.09	3.77	4.59	4.24	5.46	3.9	2.2	1.92	3.98	3.46

水100g×葛粉150g											標準偏差 (0.74)
回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
秒	3.3	1.97	1.82	1.44	1.44	1.8	2.26	3.7	1.71	2.76	2.22

表2 経過した時間と標準偏差

水とコーンスターチの組み合わせが最も粘度が大きくなった。

- (5) 考察
- データに散らばりが見られたのは、実験を手動で行ったため十分にダイラタント流体が混ざらなかったためではないかと考えた。

## 6 実験Ⅲ

- (1) 目的
- より粘度の大きいダイラタント流体をつくるために、実験Ⅱの溶媒と溶質の比率を変えて粘度を調べる。

- (2) 準備物
- ・実験Ⅱで使ったダイラタント流体
  - ・ものさし(1m)
  - ・鉄球(113g)
  - ・プラスチックビーカー

- (3) 方法
- 実験Ⅱの溶質と溶媒の比率や鉄球の重さを変えて粘度を調べる。

### (4) 結果



表3 ダイラタント流体の比率ごとの粘度

水と葛粉の組み合わせが最も粘度が大きくなった。

- (5) 考察
- ・片栗粉は鉄球の質量を重くしても沈むのにかかった時間にあまり変化がなかったのは、片栗粉の粒子の1粒1粒の大きさに差はないことが関係していると考えられる。
  - ・コーンスターチと葛粉は片栗粉と違い粒子の大きさに振れ幅があるため、鉄球の質量を重くすると沈むのにかかった時間が大きくなったのではないかと考えられる。
  - ・比率はどの溶質でも1:1.5で最適となった。

## 7 実験Ⅳ

- (1) 目的
- 均一な大きさの粒子を用いることによって、ダイラタンシー現象がみられるのではないかと考え、研磨剤を使用する実験を行った。

- (2) 準備物
- ・水
  - ・研磨剤(#400、#600、#800)
  - ・ものさし(1m)
  - ・鉄球(113g)
  - ・プラスチックビーカー

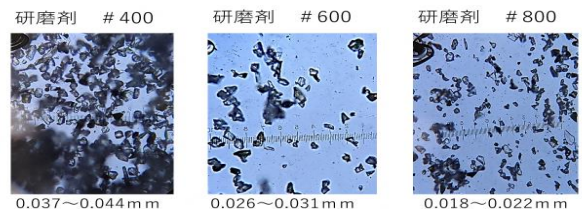


図2 溶質に使用する研磨剤の顕微鏡写真

- (3) 方法
- 溶質に様々な大きさの研磨剤を用いてできた流体の粘度を実験Ⅲの方法で測定する。

(4) 結果

ダイラタント流体は見られなかった

(5) 考察

研磨剤の粒形が角張って丸みがなかったため、ダイラタント流体ができる条件を満たしてなかった。

## 8 研究のまとめ

- ・与える力を大きくすると、粒の大きさの最小値が小さいほど粘度が高くなる。
- ・ダイラタント流体にするには球形でなくてはならない。
- ・ダイラタント流体の比は 1 : 1.5 が最適であった。

## 9 参考文献

UDS 株式会社 (2018). Relax 食堂 SHONANDA ココロとカラダにフィットするリラックス食 <https://relaxshokudo.com/event/%E3%82%B3%E3%82%B5%E3%82%A4%E3%82%A8%E3%83%AA%E3%83%A9%E3%83%83%E3%82%AF%E3%82%B9%E9%A3%9F%E5%A0%82%E3%80%80%E7%AC%AC%E4%B8%89%E5%9B%9E%E3%80%8C%E9%A3%9F%E3%81%AE%E7%A7%91%E5%AD%A6%E6%95%99>. 2020 年 7 月 15 日

札幌南高等学校 <http://sapporo373science.web.fc2.com/chemistry/ex3.html>. 2020 年 7 月 15 日

富山東高校 2013. ダイラタンシー. [www.higashi-h.tym.ed.jp](http://www.higashi-h.tym.ed.jp)2020 年 4 月 23 日

## 10 指導者より

様々な媒質や溶媒についてダイラタンシー現象が発生するかを地道に実験し、発生条件を考察した部分が評価できる。また、粘度計がない中でダイラタント流体の硬度の評価方法をよく工夫できた。実験回数を増やし統計的に比較できればさらによい研究になると思うので、継続研究に期待している。

# ムペンバ効果について

公文 新大, 山崎 航平, 玉城 大和

We studied the Mpemba effect. The Mpemba effect is shorter for me than for cold water. The reason we decided to do this research was because we are interested in phenomena that would overturn common sense. In previous studies, beads also showed the Mpemba effect. It was also found that the temperature unevenness had an effect. If the temperature unevenness is small, the Mpemba effect may not occur easily. In experiment (1), two test tubes containing distilled water are immersed in ice water. As a result, hot water became 0 degrees earlier. In experiment (2), change to a petri dish to reduce temperature unevenness. The future prospect is to experiment using a freezer using a test tube and a petri dish.

## 1 はじめに

私たちは、未解明な点の多いムペンバ効果についての研究を行った。

一般的にムペンバ効果とは、特定の条件がそろると、温かい水の方が冷たい水よりも短時間で凍結するという現象である。

## 2 研究の概要

2020年8月にアビナッシュ・クマール氏と、ジョンベック・ホーファー氏らによって発表された、論文では、凍結定義、水の成分差を取り除くためビーズを使用し、実験をしていました。

この実験結果から温度のムラがムペンバ効果のような現象に影響を与えているのではないかと考えられた。

## 3 目的

私たちはビーズにおいて、ムペンバ効果のような現象が起こるならば水でも温度のムラがムペンバ効果に影響するのではないかと考えた。凍結の定義がムペンバ効果の確認をしにくくして、また目視での確認も難しいため、今回は常温と高温の水が0℃になるまでの時間を見比べた。

今回の実験でシャーレと試験管を使用した。理由は、対流という現象が水の温度のムラに関係していると考えたからである。対流とは、温められた水や空気は上に上がり、冷たくなった水や空気は下にさがり、その移動の流れに乗って熱も動くという現象である。この熱の動きが大きければ、温度のムラもおおきくなるのではないかと考えた。このときに、シャーレは熱の動きが試験管より小さくなるのではないかと考えたからである。

## 4 方法

### (1) 実験 1

約 60℃と常温の蒸留水 2 本の試験管を同時に、氷水に入れ冷却した。この 2 本の試験管の上部と下部には上記の理由から温度計を設置し、冷却中の温度変化を測定する。

#### ① 実験 1 での準備物

試験管 2 本、高温、常温の蒸留水（ともに 600 g ずつ）、食塩 200 g、水 150 g、氷 150 g、デジタル温度計、ペットボトル、ガスバーナー、マッチ

### (2) 実験 2-1

常温と 45℃の蒸留水が入った 2 本の試験管を冷凍庫で冷却した。上部と下部に温度計を設置し、冷却の過程を測定した。

#### ① 実験 2-1 での準備物

試験管 2 本、常温の蒸留水、45℃の蒸留水、デジタル温度計、冷凍庫

### (3) 実験 2-2

常温と 45℃の蒸留水が入った 2 つのシャーレを冷凍庫で冷却した。上部と下部に温度計を設定し、冷却の過程を測定した。

#### ① 実験 2-2 での準備物

シャーレ 2 つ、常温の蒸留水、45℃の蒸留水、デジタル温度計、冷凍庫

## 5 結果

°C

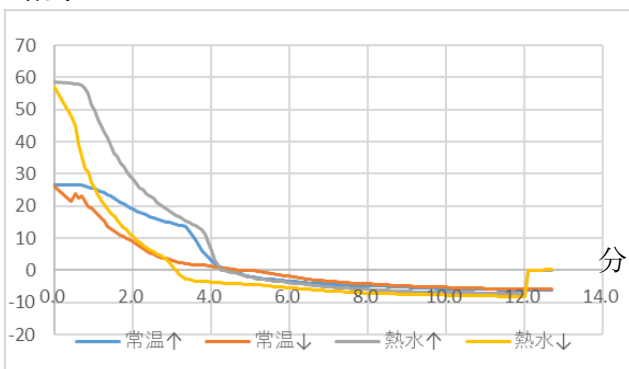


図1 実験1の結果(実験10回を平均したグラフ)

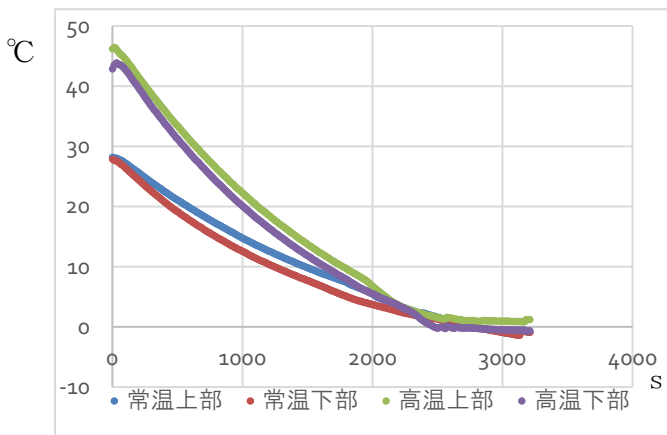


図2 実験2-1 試験管の結果(実験7回を平均したグラフ)

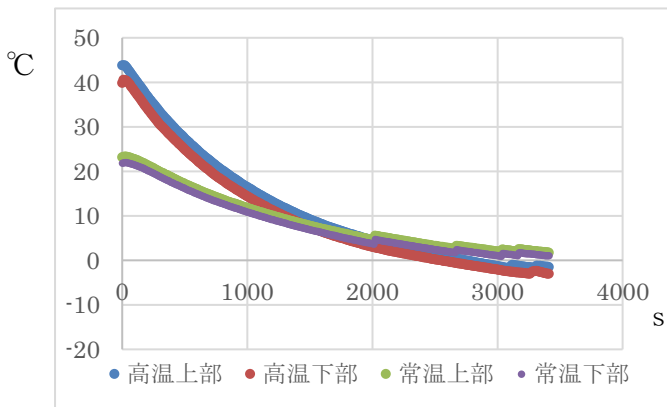


図3 実験2-2 シャーレの結果(実験7回を平均したグラフ)

### (1) 実験1の結果(図1参照)

0°Cになるのにかかった時間は、熱水(60°C)の下部が一番短かった。

### (2) 実験2-1の試験管の結果(図2参照)

ムペンバ効果の確認ができなかった。

0°Cになるのにかかった時間は、温水(45°C)の下部が一番短かった。次に常温の上部、下部、最後に温水(45°C)の上部が一番長くなるようであった。初期の温度差が16.5Kだったのに対し、一方が0°C

になった時の温度差は0.20Kまで縮まっていた。

### (3) 実験2-2のシャーレの結果(図3参照)

グラフから見て取れるように2000秒あたりで高温の蒸留水と常温の蒸留水が交差していることからムペンバ効果を確認することができた。

## 6 考察

(1) 実験1の氷水では、氷がまんべんなく試験管に当たらない点や、塩が沈殿するため、元から上部と下部の温度が違っているのではないかと考えた。

そこで、私たちは、条件を一緒にするため、実験2では、全ての方向から同じ強さで冷却できる冷凍庫を使用した。

(2) 試験管とシャーレを比べたとき、試験管では、温度ムラが大きく、シャーレでは温度のムラが小さいと考え、シャーレは試験管よりもムペンバ効果が起こりにくいと仮説を立てた。

しかし、実験結果はシャーレでムペンバ効果が起こり、試験管でムペンバ効果が起こらなかった。私たちは、先行研究の論文の解釈を間違え、ビーズでの温度のムラと水の温度のムラの見解が違っていたと考える。

また、水のムペンバ効果には、温度のムラのほかに大きな要因を与える原因があると考えられる。

## 7 展望

実験の回数を増やす。いろいろな温度で実験する。ムペンバ効果とアビナッシュクマール氏らの論文についての理解を深める。

## 8 参考文献

Avinash Kumar & John Bechhoefer (2020年8月5日). Exponentially faster cooling in a colloidal system. Nature. Vol1584. 64-68.

<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2560-x>

## 9 謝辞

廣瀬先生、野並先生、実験指導及び、添削等ありがとうございました。網師本先生、場所や器具の提供ありがとうございました。

## 10 指導者より

テーマ設定では悩んで開始が遅れ、実験を始めた頃は、過去の研究の理解に苦しみ、仮説の設定に悩みました。苦しみ悩みながらも三人で協力し実験を進めることができました。自主的に分からないところは先生方に質問に行き、必要な実験環境である冷凍庫の使用のため家庭科の網師本に頼みに行きました。英語の論文にも挑み、繰返し実験を行いました。これからも自主的に協力と挑戦を続けられる人であることを願います。



# フリーズドライ牛乳の実用性に向けた溶解特性に関する研究

中嶋 美涼, 門田 心渚, 藤澤 華子

## Abstract

“Rare sugar” is traces of sugar which exists in the natural world. There are various types of rare sugar. Each rare sugar has a different structure. We gave some kinds of rare sugar to white radish sprouts. We’ve examined how each rare sugar had influence on the growth of the plants.

## 1 背景

令和元年版高齢社会白書<sup>1)</sup>によると、2015年の世界の総人口は約70億人であり、2060年には約100億人になると見込まれている。我が国の高齢化率は世界で最も高い値となっており、今後もこの状態が続くと考えられる。

国内に注目すると、生活環境の改善や食生活・栄養状態の改善、医療技術の進歩等により2060年には高齢化率が38%を超えるという、急速な高齢化が予想されている。

特に高知県では2018年時点で高齢化率が34.8%<sup>2)</sup>に達しており、国内で2番目に高い値となっている。そのため2010年2月から「日本一の健康長寿県構想」<sup>3)</sup>に取り組んでおり、現在は「健康長寿の延伸に向けた意識醸成と行動変容の促進」が中心課題となっている。

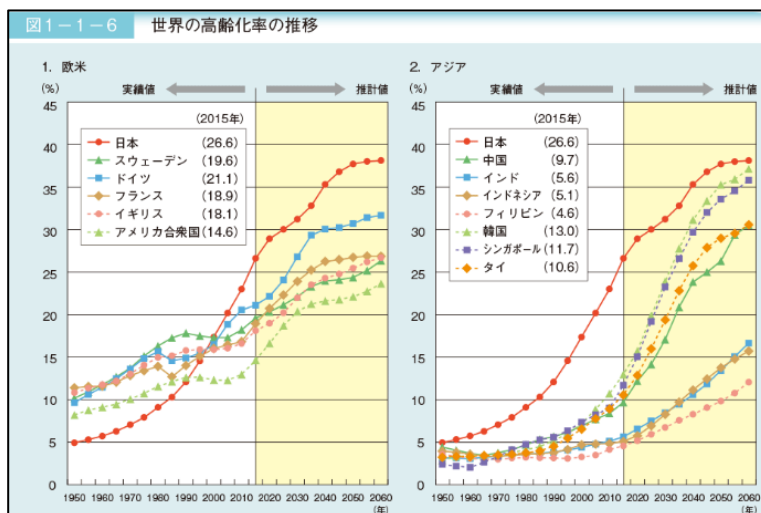


図1. 世界の高齢化率の推移<sup>1)</sup> 令和元年版高齢社会白書(全体版)より

表1. 都道府県別高齢化率の推移

	平成30年(2018)		
	総人口(千人)	65歳以上人口(千人)	高齢化率(%)
秋田県	981	357	36.4
高知県	706	245	34.8
島根県	680	231	34.0

<sup>1)</sup> 令和元年版高齢社会白書(全体版)をもとに作成

## 2 目的

健康長寿を実現するためには寝たきりや認知症といった介護状態を必要としない健康寿命を延ばすことが重要である。このことから骨粗鬆症や循環器系疾患等の生活習慣病の予防として、栄養価や吸収率が高いという点で有効性が見られる牛乳に注目した。しかし、2019年時点で約40%(図2)の人が1日の摂取基準値である200mLを満たしていない。

そこで牛乳をフリーズドライ化することによって持ち運びが便利になることに加え、長期保存を実現し汎用性も高め、摂取率を増加させられるのではないかと考えた。

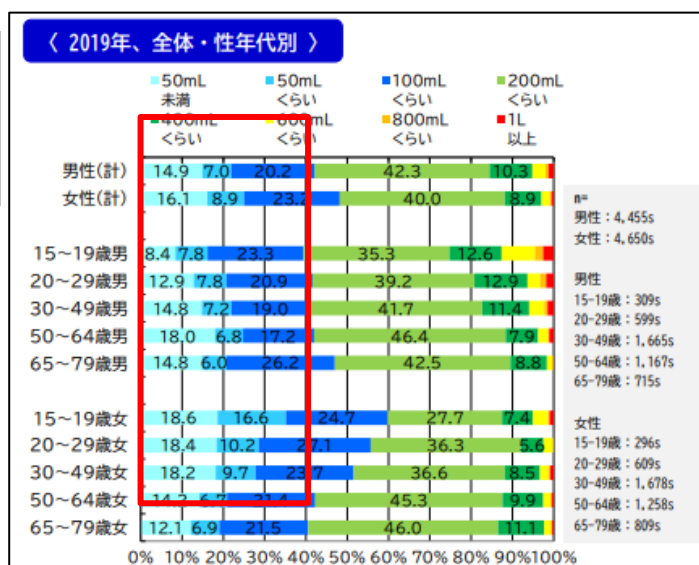


図2. 牛乳類の1日当たりの飲用量

<sup>4)</sup> 一般社団法人Jミルク、牛乳乳製品に関する食生活動向調査(2019)より

### 3 方法

#### (1) フリーズドライ牛乳の製造手順

- ① 金属のプレート3枚に牛乳を1Lずつ、合計3Lを流し入れる。
- ② 室内を $-30\sim 40^{\circ}\text{C}$ に冷やして真空引きを開始し、13Paの低圧下で水分を昇華させる。
- ③ プレートが置かれた棚を約 $30^{\circ}\text{C}$ で加熱し水分を昇華しやすくする。

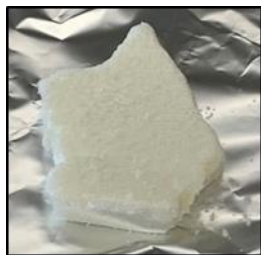


図3. 完成したフリーズドライ牛乳

#### (2) 実験I

- ① フリーズドライ牛乳16gに $4^{\circ}\text{C}$ ・ $20^{\circ}\text{C}$ ・ $55^{\circ}\text{C}$ の水道水107mLを流し入れる。
- ② スkimミルク16gにも同様の温度に調節した水道水140mLを流し入れる。
- ③ それぞれの溶ける様子を観察した後実食し、香りや味、後味を比較する。

#### (3) 実験II

- ① 使用するガーゼの質量を測定する。
- ②  $20^{\circ}\text{C}$ のイオン交換水33.5mLが入ったビーカーを6つ用意し、フリーズドライ牛乳5.0gと塩化ナトリウム(0g, 0.25g, 0.50g, 0.75g, 1.00g, 2.50g)を混ぜたものへ流し入れる。
- ③ 30秒間軽く混ぜた後 CERAMIC HOT STIRRER 上で温度を保ったまま500rpmで4分間搅拌を行う。
- ④ 搅拌した液体をガーゼへ流し入れて24時間乾燥させる。
- ⑤ 乾燥させたガーゼの質量を測定し、残留物の質量を算出する。



図4. CERAMIC HOT STIRRER

#### (4) 実験III ※アミノ酸を含んだ調味料を使用する

- ① 使用するガーゼの質量を測定する。
- ②  $20^{\circ}\text{C}$ のイオン交換水33.5mLが入ったビーカーを6つ用意し、フリーズドライ牛乳5.0gと混合アミノ酸(0g, 0.83g, 1.67g, 2.50g, 3.33g, 8.33g)を混ぜたものへ流し入れる。
- ③ 30秒間軽く混ぜた後 CERAMIC HOT STRRER 上で温度を保ったまま500rpmで4分間搅拌を行う。
- ④ 搅拌した液体をガーゼへ流し入れて24時間乾燥させる。
- ⑤ 乾燥させたガーゼの質量を測定し、残留物の質量を算出する。

#### (5) 実験IV

- ① 使用するガーゼの質量を測定する。
- ②  $20^{\circ}\text{C}$ のイオン交換水33.5mLが入ったビーカーを4つ用意し、フリーズドライ牛乳5.0gとレシチンを(0g・0.116g・0.193g・0.389g)を混ぜ合

わせたものへ流し入れる。

- ③ 30秒間軽く混ぜた後 CERAMIC HOT STIRRER 上で温度を保ったまま500rpmで4分間搅拌を行う。
- ④ 搅拌した液体をガーゼへ流し入れて24時間乾燥させる。
- ⑤ 乾燥させたガーゼの質量を測定し、残留物の質量を算出する。

### 4 結果

#### (1) 実験I

香りや味、後味に差異はなかったが水への溶け方に明確な違いが見られた。Skimミルクは $4^{\circ}\text{C}$ ・ $20^{\circ}\text{C}$ ・ $55^{\circ}\text{C}$ のどの温度でも溶けたが、フリーズドライ牛乳は $55^{\circ}\text{C}$ の場合でしか溶けなかった。

#### (2) 実験II

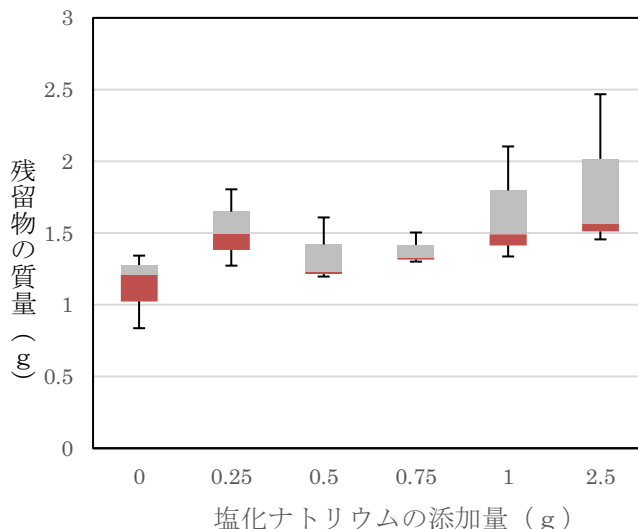
表2. 各温度における水道水への溶け方

	$4^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C}$
フリーズドライ牛乳	×	×	○
Skimミルク	○	○	○

○:溶けた ×:溶け残った

残留物の質量が最も少なかったのは塩化ナトリウムを添加しない場合であった。また、塩化ナトリウムの添加量を増やしていくにつれて残留物の質量が多くなっていることが分かった。

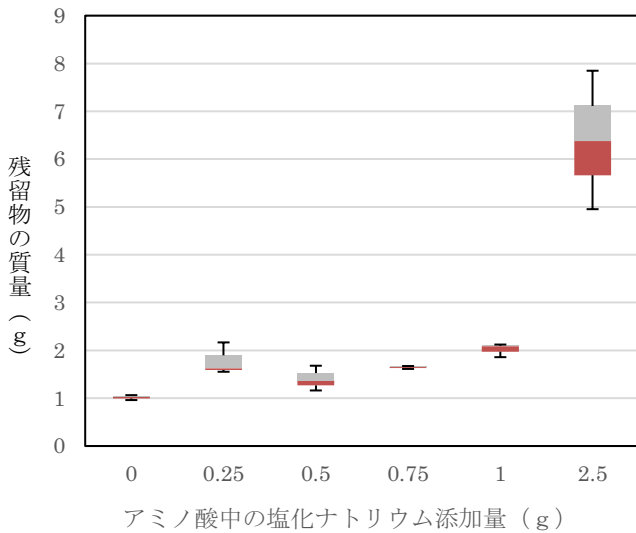
表3. 塩化ナトリウムと残留物の関係



#### (3) 実験III

残留物の質量が最も少なかったのは混合アミノ酸を添加しない場合であった。また、塩化ナトリウムと同様に混合アミノ酸の添加量を増やしていくにつれて残留物の質量も多くなっていることが分かった。

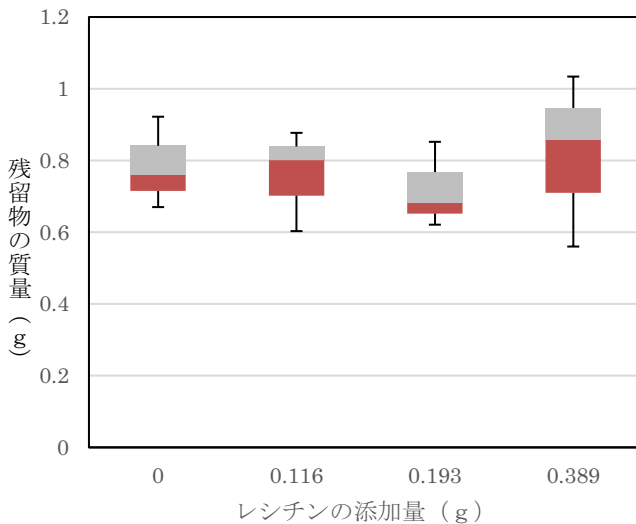
表4. 混合アミノ酸と残留物の関係



(4) 実験IV

残留物の質量が最も少なかったのはレシチンを0.193g 添加した場合であった。

表5. レシチンと残留物の関係



5 考察

(1) 実験 I

- ① 4℃・20℃の水でフリーズドライ牛乳を溶かした時に発生した残留物は乳脂肪であると考えた。
- ② 溶け残りの中に不溶なたんぱく質であるグロブリンが含まれていると考えた。そこで、塩類などの薄い水溶液には溶けるというグロブリンの物性から、少しでも溶け残りの量を減らすため、塩化ナトリウムを添加して溶け方を比較する実験IIを行った。

(2) 実験 II

塩析が起こり牛乳タンパク質が凝固したため、新たな沈殿が生じ、残留物の質量が増えたのではないかと考えた。そこで、塩化ナトリウムと同じ電解質であるアミノ酸を添加して溶け方を比較する実験IIIを行った。

(3) 実験III

- ① アミノ酸を添加することには残留物の質量を増加させる作用がないと考えた。
- ② 実験IIと実験IIIの結果を踏まえ、電解質を添加することで残留物の質量を減らすことはできなかったことから、電解質にはフリーズドライ牛乳を溶けやすくする作用はないと考えた。
- ③ そこで、添加する物質を電解質から界面活性作用のある乳化剤に変更し、溶け方を比較する実験IVを行った。この乳化剤には、固体粒子と液体を均一化する働きである界面活性作用があり、この作用により、残留物の質量を少しでも減らすことができるのではないかと考えた。

(4) 実験IV

- ① レシチンは残留物の質量を減少させる作用があると考えた。
- ② 残留物中には乳脂肪が含まれており、その乳脂肪が乳化剤であるレシチンを添加したことで乳化され、残留物の質量が減少したのではないかと考えた。

6 課題と展望

今後は、添加する乳化剤の質量や種類を変えることで残留物の質量に影響があるのかを調べ、フリーズドライ牛乳を溶かす最適な条件を見つけたい。

フリーズドライ牛乳を溶かす最適な条件を明らかにすることができれば、常温の水道水しか手に入らない災害時や食糧不足などの状況下においても、栄養価の高い牛乳を手軽に摂取できるようになると考えている。

7 参考文献

- 1) 内閣府 (2018) 「令和元年版高齢社会白書 (全体版)」 [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/html/zenbun/s1\\_1\\_4.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/html/zenbun/s1_1_4.html) ・2020年7月10日
- 2) 厚生労働省 (2020) 「令和2年版厚生労働白書」 <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/19/dl/all.pdf> ・2021年1月24日
- 3) 高知県 (2020) 「日本一の健康長寿県構想 (第4期)」 [https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/131601/files/2020070900046/file\\_202081931312\\_1.pdf](https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/131601/files/2020070900046/file_202081931312_1.pdf) ・2021年1月24日
- 4) 一般社団法人Jミルク (2019) 「食生活動向調査」 <https://www.j-milk.jp/report/trends/index.html> ・2021年5月22日
- 5) 一般社団法人Jミルク (2015) 「知っていますか?カルシウムの“吸収率”のこと」 <https://www.j-milk.jp/knowledge/nutrition/berohe000000oedv.html> ・2020年7月10日
- 6) 一般社団法人日本乳業協会 (2010) 「粉乳の種類」 <https://www.nyukyuu.jp/dairy/index.php?rm=4&qid=439> ・2020年7月10日
- 7) 総務省 (2018) 「統計からみた我が国の高齢者―「敬老の日」にちなんで―」 <https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1135.html> ・2020年7月10日
- 8) 一般社団法人オーソモレキュラー栄養医学研究所「カルシウム」 <https://www.orthomolecular.jp/nutrition/calcium/> ・2020年7月10日

- 9) 一般社団法人Jミルク (2021) 「理解が深まるミルクライブラリー」 <https://www.j-milk.jp/findnew/chapter4/0401.html>・2021年1月27日
- 10) 数研出版株式会社 (2018) 「改善版化学」
- 11) 教育図書株式会社 (2019) 「高等学校家庭基礎グローバル&サステイナビリティ」
- 12) 実教出版株式会社 (2020) 「生活学Navi 資料+成分表 2020」
- 13) 野口洋介 (1977) . 「牛乳と調理」 . 調理科学, 10(2), 53-61.
- 14) 厚生労働省「e-ヘルスネット (用語辞典)」 <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/keywords/healthy-longevity>・2021年1月24日

## 8 謝辞

本研究を行うにあたり、研究内容についての助言をくださった高知県工業技術センターと株式会社M MJの方々 に心より御礼申し上げます。

## 9 指導者より

フリーズドライ製品に興味を示した生徒と牛乳を加工したい生徒、さらには牛乳嫌いの生徒、この3名がチームとなり、フリーズドライ牛乳の実用化に向けた研究が始まった。研究当初はコスト面からフリーズドライ牛乳を研究しても利用価値がないのではないかと思われたが、研究を進めていく中で、有識者から意見や助言をいただき、フリーズドライ牛乳の有用性 (生乳の供給を補うことやプロテインクライシスへの備え) を見いだすことができた。残念ながら有用性につながる目覚ましい発見をするには至らなかったが、正確なデータを集めるために実験方法を改良し続けた点や、時間を要する実験に何度も取り組んだ点は特筆すべき点である。課題研究を通じて身につけた探究力を活かして、変化の激しい時代で活躍する人材となってほしい。

# 清涼飲料水と脱灰作用

～唾液の保護効果～

中越 郁也, 山地 匠, 伊部 隼人, 小島 昂太

## Abstract

The purpose of the study was to elucidate how much the protective effect of saliva can reduce tooth decalcification. Hypothesized by using the solubility product obtained by using the Tyndall phenomenon, the relationship between the protective effect of saliva and decalcification of teeth will be elucidated, leading to the prevention of tooth decay.

## 1 はじめに

日本人ひとり当たりの永久歯の平均虫歯数は約14本虫歯が原因で抜かれる永久歯は約4本<sup>1)</sup>となっている。これは、永久歯28本のうち50%が虫歯になり、15%程度が虫歯のために失われていることになる。

また、2002年に実施されたWHOの調査における、12歳児の永久歯う蝕有病状況<sup>2)</sup>においても日本の割合は高く、無視できない問題である。

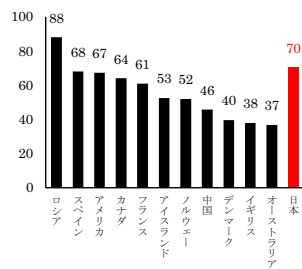


図1. 12歳児の永久歯う蝕有病状況 (2002年WHOデータより)

## 2 研究の目的

本研究の目的は「唾液の働きによって歯の主成分であるリン酸カルシウムの脱灰をどの程度防げるか」を明らかにすることである。虫歯の予防にはフッ素が効果的である<sup>3)</sup>が、先進国においても永久歯のう蝕有病状況が高いことから、人が本来持っている体のはたらきを生かした予防が重要と考えた。

## 3 仮説

唾液の働きによって、リン酸カルシウムの溶出量を減らすことができる。

## 4 研究手法

先行研究では、清涼飲料水と脱灰作用の関係については明らかにされていた<sup>4)</sup>が、唾液との関係は明らかにされていなかった。そのため、溶出したリン酸カルシウムに炭酸ナトリウム水溶液を加えて、炭酸カルシウムを沈殿させる。肉眼では、沈殿の発生を確認する際のズレが大きくなるため、チンダル現象を利用して<sup>5)</sup>沈殿の発生を確認し、炭酸カルシウムの溶解度積を求め、溶解度積を基にリン酸カルシウムの溶出量を測定することにした。

### 【実験Ⅰ】炭酸カルシウムの溶解度積測定

本研究で使用する溶解度積の値は、チンダル現象を基にしたものとなるため、文献値<sup>6)</sup>はどのように調べたものか分からなかったため、事前に予備実験を行い、チンダル現象を基にした溶解度積を求めることにした。

- (1) 温度を一定(25℃)にするため、恒温槽を用いた滴下装置を組み立てて実験を行った。
- (2)  $1.0 \times 10^{-4}$  mol/L の塩化カルシウム水溶液 20mL に  $1.0 \times 10^{-4}$  mol/L の炭酸ナトリウム水溶液を滴下し、チンダル現象が起きるか確認した。
- (3) チンダル現象が起きたときを終点として滴下量を測定し、研究で用いる溶解度積を求めた。
- (4) 同様の操作を、20回の測定を行った。

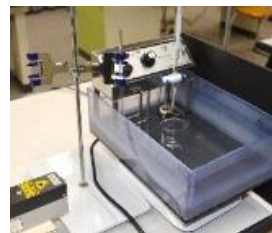


図2. 滴下装置

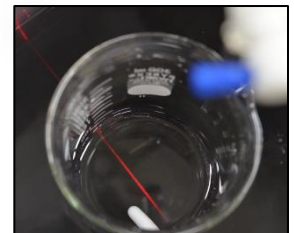


図3. チンダル現象の様子

### 【実験Ⅱ】哺乳類の歯を用いた溶出実験

脊椎動物の歯の主成分はリン酸カルシウム、無脊椎動物の歯の主成分は炭酸カルシウムであることが分かっている<sup>7)</sup>。そこで、高知県佐川町内で捕獲されたイノシシおよびニホンジカの歯を用いて研究を行うことにした。

- (1) 炭酸水(無糖)と炭酸水(有糖)に煮沸消毒したイノシシの歯 5.23g と 5.71g をそれぞれ6時間浸す。
- (2) リン酸カルシウムが溶出した溶液 20mL に、 $1.0 \times 10^{-4}$  mol/L の炭酸ナトリウム水溶液を滴下し、チンダル現象が確認できたときを終点として滴下量を測定した。
- (3) 実験Ⅰで求めた溶解度積を基に、溶出したリン酸カルシウムを算出した。

(4) 同様の操作で、10回の測定を行った。



図4. 実験で使った脊椎動物の歯  
提供：四国自然史科学センター

図5. 溶出実験

### 【実験Ⅲ】唾液(37℃)を用いた溶出実験

唾液の保護効果を確認するため、イノシシとニホンシカの歯を用いて、唾液を使った溶出実験を行った。

- (1) 炭酸水(無糖)と炭酸水(有糖)に煮沸消毒したイノシシの歯 1.73g と 1.51g を 3 時間浸した。
- (2) その後、取り出して、37℃の唾液に 24 時間浸して再石灰化を促した。
- (3) 唾液から歯を取り出し、蒸留水で洗浄した後、再び清涼飲料水に 3 時間浸した。実験Ⅱと唾液に浸した時間が同じになるようにした。
- (4) リン酸カルシウムが溶出した溶液 20mL に  $1.0 \times 10^{-4}$  mol/L の炭酸ナトリウム水溶液を滴下し、チンダル現象が確認できたときを終点として滴下量を測定した。
- (5) 実験Ⅰで求めた溶解度積を基に、溶出したリン酸カルシウムを算出した。
- (6) 同様の操作で、5 回の測定を行った。

### 【実験Ⅳ】唾液(25℃)を用いた溶出実験

唾液の保護効果について、さらに検証するため、使用する唾液の温度を 25℃に変えて、実験Ⅲと同様の実験を行った。

- (1) 炭酸水(無糖)と炭酸水(有糖)に煮沸消毒したイノシシの歯 1.54g と 1.92g を 3 時間浸した。
- (2) その後、取り出して、25℃の唾液に 24 時間浸して再石灰化を促した。
- (3) 唾液から歯を取り出し、蒸留水で洗浄した後、再び清涼飲料水に 3 時間浸した。実験Ⅱと唾液に浸した時間が同じになるようにした。
- (4) リン酸カルシウムが溶出した溶液 20mL に  $1.0 \times 10^{-4}$  mol/L の炭酸ナトリウム水溶液を滴下し、チンダル現象が確認できたときを終点として滴下量を測定した。
- (5) 実験Ⅰで求めた溶解度積を基に、溶出したリン酸カルシウムを算出した。
- (6) 同様の操作で、5 回の測定を行った。

## 5 結果

実験Ⅰ～Ⅲの測定結果を図.6 に示す。また、実験Ⅲと実験Ⅳの測定結果を図.7 に示す。

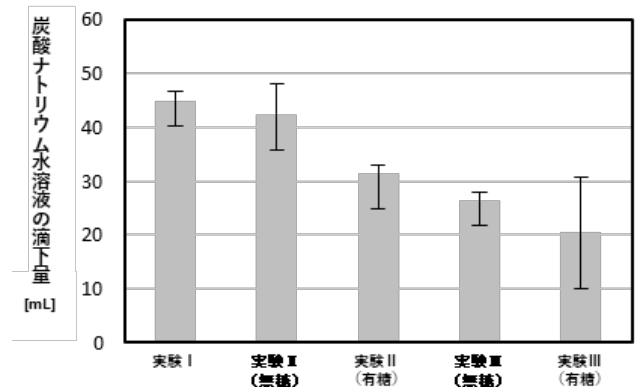


図6. 実験Ⅰ～Ⅲの結果

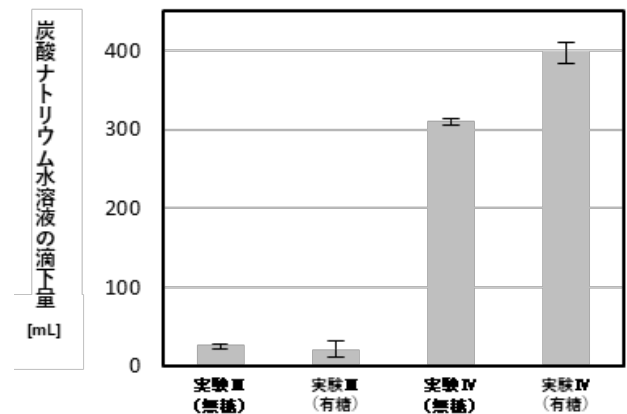


図7. 実験Ⅲと実験Ⅳの結果

実験Ⅰの結果より、本実験で用いる溶解度積  $K_{sp}$  の値(25℃)は、 $2.17 \times 10^{-9}$  (mol/L)<sup>2</sup>と求めることができた。

$$K_{sp} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = 2.17 \times 10^{-9} \text{ (mol/L)}^2 \text{ (25℃)}$$

この溶解度積と実験Ⅱの滴定結果より、清涼飲料水によるリン酸カルシウムの溶出量は、炭酸水(無糖)からは  $1.25 \times 10^{-4}$ g、炭酸水(有糖)からは  $1.14 \times 10^{-4}$ g という結果を得た。また、唾液を用いた実験Ⅲの測定結果より、リン酸カルシウムの溶出量は、炭酸水(無糖)からは  $4.82 \times 10^{-4}$ g、炭酸水(有糖)からは  $6.01 \times 10^{-4}$ g という結果を得た。

しかし、実験で使用した歯の大きさが異なるため、単純な比較はできない。そこで、歯 1g 当たりからの溶出量を比較することで、清涼飲料水と脱灰作用の関係性を明らかにすることにした。その結果を表 1 に示す。

表 1. 歯 1g 当たりからのリン酸カルシウムの溶出量 (g)

実験Ⅱ (唾液なし・25℃)	
炭酸水(無糖)	炭酸水(有糖)
$2.40 \times 10^{-5}$	$2.00 \times 10^{-5}$
実験Ⅲ (唾液あり・37℃)	
炭酸水(無糖)	炭酸水(有糖)
$1.60 \times 10^{-4}$	$7.28 \times 10^{-5}$
実験Ⅳ (唾液あり・25℃)	
炭酸水(無糖)	炭酸水(有糖)
$3.14 \times 10^{-4}$	$3.13 \times 10^{-4}$

歯 1g 当たりで比較した結果、最もリン酸カルシウムの溶出量が多かったのは、炭酸水(無糖)唾液あり・25℃の  $3.14 \times 10^{-4}$  g であった。次に、炭酸水(有糖)唾液あり・25℃の  $3.13 \times 10^{-4}$  g であった。最もリン酸カルシウムの溶出量が少なかったのは、炭酸水(有糖)唾液なし・25℃の  $2.00 \times 10^{-5}$  g であった。

## 6 考察

使用した歯の大きさ(質量)が異なっているため、歯 1g 当たりからの溶出量を比較することで、清涼飲料水と脱灰作用の関係について考察を行った。

唾液を用いることで、リン酸カルシウムの溶出量は減少しなかった。条件によっては、唾液を用いた実験の方が、リン酸カルシウムの溶出量が多くなるという結果であった。唾液の pH を測定したところ、ほぼ中性であったことから、唾液自体が脱灰を促した可能性は低いと考えられる。そのため、唾液から取り出した際の洗浄が不十分だったことにより、唾液が混入した可能性が考えられた。そこで、唾液に含まれるタンパク質等がチンダル現象を発生させるかについて検証を行う必要があった。唾液を用いたチンダル現象の実験を行った結果、薄めた唾液でチンダル現象が見られた。このことから、実験操作のミスにより唾液が混入し、実験結果に影響を及ぼした可能性が考えられた。

次に、実験Ⅲと実験Ⅳにおける唾液の温度に注目すると、25℃よりも 37℃のときのほうが、溶出量が少なかった。このことから、唾液による再石灰化は、温度の変化に伴い変化する可能性があると考えられ、体温に近いほど再石灰化が促される可能性がある。

## 7 今後の課題

- (1) 歯の洗浄を徹底することで清涼飲料水への唾液の混入を無くす。
- (2) 唾液の温度を変えて追実験を行う。
- (3) 実験回数を増やし誤差を小さくする。

## 8 参考文献

- 1) 厚生労働省(2017). 平成 28 年歯科疾患実態調査結果の概要. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf>. 2021 年 1 月 22 日
- 2) Let's 8020. 永久歯のう蝕有病状況. <https://www.8020zaidan.or.jp/databank/doc/g2.html>. 2021 年 1 月 25 日
- 3) 株式会社サンギ オーラルペディア. 再石灰化. [https://www.apagard.com/oralpedia/basic/details/Vcms4\\_00000091.html](https://www.apagard.com/oralpedia/basic/details/Vcms4_00000091.html). 2021 年 1 月 14 日
- 4) 甲原玄秋, 堀江弘(2001). 清涼飲料水が及ぼす歯の脱灰作用. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110004664374/>. 2020 年 6 月 4 日
- 5) 第 41 回全国高等学校総合文化祭みやぎ総文(2017)『チンダル現象を利用した水酸化物の溶解度積測定とその応用』. 兵庫県立柏原高等学校 理科部
- 6) 自然科学研究機構国立天文台編. 『理科年表 2020』. 丸善出版
- 7) 高橋信博ほか(2018). 「第 3 章 骨と歯の進化と形づくりの分子メカニズム」. 早川太郎, 須田立雄/監修「口腔生化学 第 6 版」. 医歯薬出版株式会社

## 9 謝辞

四国自然史科学研究センターの谷地森秀二様には、実験で使用するためのイノシシおよび二ホンジカの歯を提供していただきました。ありがとうございました。

## 10 指導者より

沈殿の確認に、チンダル現象を利用した着眼点は面白かった。濃度の薄い水溶液を使用するため、確認作業が難しく、また、実験精度を高めるために、実験回数も多く行う必要があり、根気のいる研究であったが、グループのメンバーで協力しながら粘り強く研究に取り組んだことは評価できる。この経験を今後にも生かして活躍してもらいたい。

# 糖が他の物質の溶解度に与える影響について II

高橋 昂大, 掛水 一美, 大崎 陸斗, 相良 拓馬

## Abstract

The purpose is to find out if there is a difference in solubility between different types of sugars. To find out if changing the electrolyte would result in a decrease in solubility. We studied that the solubility changes when sugar is added. We hypothesized that the number of hydroxy groups would change the solubility. We added saturated  $\text{CaCl}_2$  solution to the saturated  $\text{CuSO}_4$  solution mixed with sugar, made a precipitate of  $\text{CaSO}_4$ , suction-filtered it, dried it, and measured its mass.

## 1 はじめに

本校では代々、「糖の還元能力」や「甘味と化学構造」といった糖についての研究を行っている。その中でも「糖が他の物質の溶解度に与える影響について」という先輩方の先行研究を引き継ぎたいと思い研究を始めた。

## 2 研究の概要

近畿大学の先行研究より、飽和  $\text{NaCl}$  水溶液にアルコールを添加することで  $\text{NaCl}$  が析出することがわかった。本校の先行研究では糖を添加することで、溶解度が下がることが分かった。この研究内容を改良し、先行研究では一定量析出しなかったという問題点を改善することと、他の種類の糖も実験することを目的とした。そこで、 $\text{CuSO}_4$  を用いて糖が溶解度に与える影響を調べ考察した。私たちは糖を添加しただけで溶解度が変化することに興味を感じ、先行研究で調べられていない糖の溶解度も調べたいということからこの研究を始めたいと思った。

## 3 目的

- (1) 沈殿物が一定量析出するか調べる。
- (2) グルコース、フルクトース、ガラクトース、スクロース、マルトース、キシリトール (希少糖) が溶解度に与える影響を調べる。

## 4 方法

### (1) 実験 I

#### ① 使用物

・  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  3.8g ・  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  1.2g ・ 水

#### ② 手順

飽和  $\text{CuSO}_4$  水溶液に飽和  $\text{CaCl}_2$  水溶液を加え、沈殿物を生成し、吸引ろ過器でろ過をする。

その後、自然冷却して何 g 析出したか記録する。

### (2) 実験 II $\text{CaSO}_4$ の析出量

#### ① 使用物

・ D-グルコース 1.44g ・  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  3.75g  
・ 飽和  $\text{CaCl}_2$  水溶液 2.0mL ・ 水 8.65mL

#### ② 手順

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  と糖を加え、加温し溶解させる。

その後、自然冷却させて結晶が析出していること、すなわち飽和状態であることを確認する、上澄み液を 2.5mL ずつ四等分し、四等分した上澄み液に飽和  $\text{CaCl}_2$  水溶液を添加し、沈殿物を吸引ろ過し、自然乾燥させて析出量を測る。

### (3) 実験 III

#### ① 使用物

・ 飽和  $\text{CuSO}_4$  水溶液 2.5mL  
・ 飽和  $\text{CaCl}_2$  水溶液 2.0mL  
・ 単糖 1.44g (0.008mol)  
・ 二糖 1.44g (0.004mol)、2.74g (0.008mol)  
・ 希少糖 1.44g (0.008mol)

(単糖: グルコース、フルクトース、ガラクトース)

(二糖: スクロース、マルトース)

(希少糖: キシリトール)

#### ② 手順

飽和  $\text{CuSO}_4$  水溶液を  $60^\circ\text{C}$  で 60 分加温して一定の溶解度にし、上澄み液を 2.5mL ずつ取り出して、飽和  $\text{CaCl}_2$  水溶液を添加し、沈殿物を吸引ろ過し、自然乾燥させて析出量を測る。

## 実験の様子



$\text{CaSO}_4$  の沈殿をろ過



乾燥中



## 5 結果

### (1) 実験 I

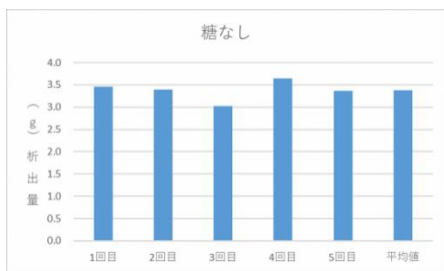


図1: 沈殿物 (CaSO<sub>4</sub>) の析出量

先行研究では析出量が少量で測定結果にばらつきがみられたが出にくかったが、この実験では一定量析出した。

### (2) 実験 II

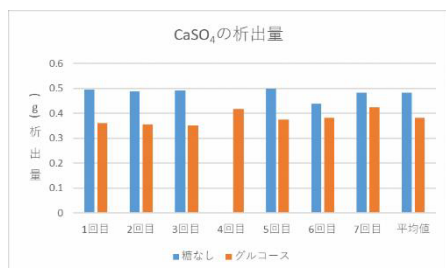


図2: グルコースを添加した場合の析出量の比較

いずれも糖を添加していない時よりも糖を添加した時のほうが、溶解度が下がっていることがわかる。

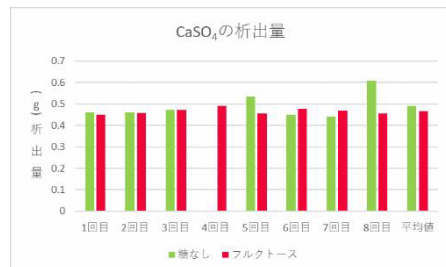


図3: フルクトースを添加した場合の析出量の比較

グルコースとフルクトースの析出量の差を比べると、フルクトースよりもグルコースのほうが溶解度に与える影響が大きいことがわかる。

### (3) 実験 III

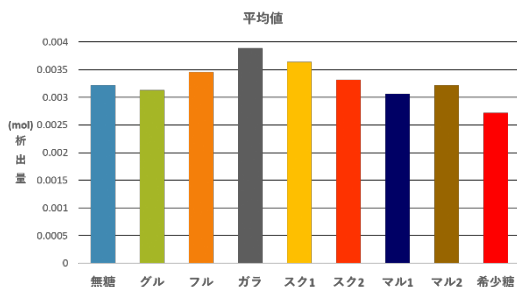


図4: 多種の糖を添加した場合の析出量

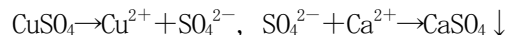
スクロース, マルトース 1→0.004mol,  
スクロース, マルトース 2→0.008mol

析出量が分散しているため、共通性が見受けられない

## 6 考察

### (1) 実験 I

一定量析出したので、安定して CaSO<sub>4</sub>をはかることができる。これより、飽和 CuSO<sub>4</sub>水溶液に加える電解質を CaCl<sub>2</sub>水溶液に変えても良いと判断した。また、溶けた CuSO<sub>4</sub>と析出した CaSO<sub>4</sub>は比例する。



CaSO<sub>4</sub>の析出量が少なければ溶解した CuSO<sub>4</sub>量少ない、つまり溶解度が小さくなったと考えた。

### (2) 実験 II

糖を添加した時と添加しなかった時では、糖を添加したときの溶解度が下がっている。しかし、季節による気温の変化で、日ごとに溶解度値が変わることに気づいた。

### (3) 実験 III

どの糖も析出量が異なっているため、糖が CuSO<sub>4</sub>の溶解度を減少させるという有意な差を見出すことが出来なかった。また、ヒドロキシ基の数が溶解度に与える影響について解明することができなかった。原因として、従来の実験で気候変動に弱い自然乾燥をし、適切な乾燥方法が行えていなかったということである。また、乾燥方法の改善点として、自然乾燥から、シリカゲルを使って十分に乾燥させることを考えている。

## 7 参考文献

・近畿大学理工会学生会化学研究会 (2008) アルコールの添加による溶解度の変動 <http://www.chem.kindai.ac.jp/kaken/study/08stdata/08st12.html> 2018年6月14日.

・実教出版株式会社

『三訂版サイエンスビュー化学総合資料』実教出版 初版2005年

・スーパーサイエンスハイスクール研究開発 平成31年度 理数科課題研究論文集 高知県立高知小津高校

[https://cdn-ak.f.st-](https://cdn-ak.f.st-hatena.com/images/fotolife/0/Okashisan/20170501/20170501095532.png)

[hatena.com/images/fotolife/0/Okashisan/20170501/20170501095532.png](https://cdn-ak.f.st-hatena.com/images/fotolife/0/Okashisan/20170501/20170501095532.png) (2021/07/19)

## 8 指導者より

無機物と有機物の混合物の溶解度という扱いにくいテーマであったが、ポスターセッションなどで数々の方からアドバイスを頂き、根気強く研究を進めることができた。この研究が彼らの将来の糧になればと強く願います。

# 天然酵母の研究

～高知の植物から酵母を育て、活用する～

高田 透空, 中澤 勇星, 西内 研人, 前田 侑音

## Abstract

The purpose of this study is to extract yeast from plants and utilize it. We took samples in our neighborhood and extracted yeast. From the results of microscopic observation, we found the characteristics of yeast from maple and pine. In the gas generation experiment with these plants and dry yeast, gas generation was confirmed from ubame-oak and Red pine. The yeast collected from the Japanese maple tree was used to make bread, but it did not expand very much. This suggests that the yeast collected this time was not suitable for bread making. In the future, we will start our experiments from the beginning.

## 1 はじめに

私たちは発酵食品に興味を持った。そして様々な植物に酵母がいることを知った。酵母について調べていくうちに、どこから酵母が取れるのかが明確にされていないということが分かった。そのことから、植物から発酵能力の高い未知の酵母を見つけ、その能力を生かして発酵食品に活用したいと考えて研究に取り組むこととした。

## 2 研究の概要

酵母とは、細胞の大きさ  $5\sim 10\mu\text{m}$  で、糖をエタノール( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )と二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )に分解する発酵を行う単細胞の菌類。また、真核生物でカビやキノコの仲間。多くの酵母は子囊菌類に属している。

## 3 目的

- (1) 様々な植物から酵母を見つけ、活用できるか。
- (2) 環境によって酵母の性質や形が変化するか。

## 4 方法

### (1) 研究手法及び研究

#### ① サンプル採取

小津高校や高校近くの城西公園で植物の葉や花や落葉を採取。

#### 【採取方法】

ビニール手袋を着用しピンセットで、サンプルをチャック付クリアパックに入れ回収。



#### ② 菌の培養

採取したサンプルを、YPD 培地を用いて 2~3 日かけて  $25^\circ\text{C}$  で培養した。



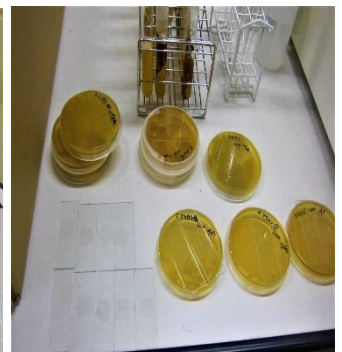
#### ③ 菌の単離

②の培養液菌を白金耳で PDA 培地に塗り広げて、 $25^\circ\text{C}$  で培養した。そして培養液中の菌のシングルコロニーを単離した。



#### ④ 顕微鏡観察

③で出たシングルコロニーを顕微鏡 400 倍で観察した。



・酵母判定の3指標

- I. 細胞の大きさが5~10μmである。
- II. 細胞が丸みを帯びた酵母の外形をしている。
- III. ガス (CO<sub>2</sub>) が発生する。

【観察結果】

- 酵母の特徴が見えたもの
- ×→酵母の特徴が見えなかったもの

植 物	特徴	植 物	特徴
イチヨウ	×	イチヨウ	×
モミジ	○	モミジ	○
フウ	○	ドングリ	○
ウメ	×	アラカシ	×
カイツカイブキ	×	シイノキ	×
クロガネモチ	×	ヤマモモ	×
ナンキンハゼ	×	クスノキ	×
モクレン	×	ウバメガシ	○
キンモクセイ	×	カリン	×
ヒヨクヒバ	○	タンポポ	×
チャノキ	×	ケヤキ	×
サクラ	×	キンモクセイ	×
ウスギンモクセイ	×	アカマツ	○
ソメイヨシノ	×	ツバキ	×
ツバキ	×	ツツジ	×
コウヤマキ	×	ヤマボウシ	×
イロハモミジ	×	サクラ	×
ツツジ	×	ノキシノブ	×
トキワサンザシ	×	クロマツ	○
タンポポ	○	モウソウチク	×
マツ	○		
ソテツ	○		

※ 上のグラフは、左から小津高校、城西公園で採取した植物での結果

※ 下の写真の○印…モミジから採取した酵母



(2) ガス発生実験

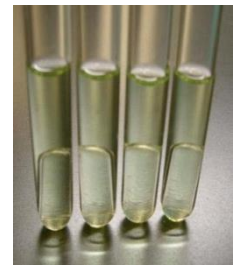
(1) ④顕微鏡観察で酵母の特徴に当てはまった植物から、ガス (CO<sub>2</sub>) が発生するかを調べ、酵母の発酵を確認し、パン作製への活用に適しているかを調べる実験。

【実験方法】

1. 試験管に、逆さにした小試験管と酵母培養液を入れる。
2. オートクレーブ (121℃, 15分) にかける。  
→小試験管の空気が抜ける。
3. サンプルのコロニー懸濁液を試験管に加えて2~3日培養する。
4. ガス発生していると小試験管が浮上する。

【実験結果】

植 物	発生
ドライイースト (基準)	○
タンポポ	○
ウバメガシ	○
カリン	○
アカマツ	○
ヤマボウシ	○
クロマツ	○
マツ	×
モウソウチク	×
サクラ	×
ソテツ	×
カンツバキ	×



↓ 左端の試験管でガス発生



↑ 小試験管が浮き上がる

(3) 胞子形成実験

酵母がサッカロマイセス属であるかを判断するために行う。

(サッカロマイセス属は過酷な環境でも培養することができる、パン作製に適した酵母の一種である。)

【方法】

SPO 寒天培地にウバメガシ酵母とドライイーストの培養液を塗り広げる。

胞子形成が見られたものがサッカロマイセス属である。

(4) パンづくり

【材料】

今回、文学館のウバメガシの酵母の量が予定していた量の1/5ほどしか採れなかったため、使用する材料の量を1/5に減らして作製した。

強力粉 60g, スキムミルク 3g, 無塩バター 3g, 砂糖 4g, 水 40mL, 塩 0.6g

天然酵母 (文学館ウバメガシ酵母) またはドライイースト 0.6g

上記の材料を入れ、ホームベーカリーでパンを作る。(天然酵母モードで7時間)

5 結果

(1) ガス発生実験

ドライイーストを用いた実験では、5分程度でガスが大量に発生した。採取したなかではウバメガシ酵母の発酵速度が一番速く、発生したガスの量も多かった。また、城西公園と文学館のウバメガシから単離した酵母を比較した結果

城西公園のウバメガシ酵母の方がのガス発生量が多かった。

(2) 胞子形成実験  
文学館ウバメガシ酵母は胞子形成されず、ドライイーストは胞子のようものが少量形成された。

(3) パンづくり  
天然酵母 (文学館ウバメガシ酵母) パンは生地の時よりも少しふくらんでいるように見えた。  
発酵自体はしている。…家庭科教員談  
天然酵母 (文学館ウバメガシ酵母) パンは、表面も内部もドライイーストを使ったパンに比べ硬かった。

## 6 考察

文学館ウバメガシはパンに適した酵母ではなかった。

胞子形成実験で用いた培養液中の酵母が少なかつたため、胞子形成が見られなかった可能性も考えられる。

## 7 参考文献

- ・愛媛大学 無菌操作と培地の作り方 マニュアル  
<http://www.ed.ehime-u.ac.jp/~muko-lab/img/file7.pdf> (2020年8月20日)
- ・M-hub  
コンタミネーションを防ぐ！無菌操作の基本と注意点  
<https://m-hub.jp/biology/2941/193>  
2020年9月3日  
細胞培養を始める前に。守るべき注意点と無菌テクニック  
<https://mhub.jp/biology/1234/important-things-and-aseptic-technique-before-starting-cell-culture> (2020年9月3日)  
分子生物学実験の基本 滅菌操作をマスターしよう  
<https://m-hub.jp/biology/2798/183> (2020年9月3日)
- ・LATB Staff 正体はコレ！細胞培養でのコンタミの原因と対策  
<https://www.thermofisher.com/blog/learning-at-the-bench/cell-culture-contamination/#i-4> (2020年9月3日)
- ・Funakoshi FRONTIERS IN LIFE SCIENCE  
長年の経験に基づく信頼性の高い酵母一般増殖用培地  
<https://www.funakoshi.co.jp/contents/2425> (2021年1月8日)
- ・ポテトデキストロース寒天培地使用説明書 JPPM008.pdf (2021年1月9日)
- ・安藤昭一 (2020). 安藤昭一『微生物実験マニュアル (第2版) ~培養から遺伝子操作まで~』. 技報堂出版.

- ・中村聡 中島春紫 伊藤政博 道久則之 八波利恵 (2019)『新版ビギナーのための微生物実験ラボガイド』. 講談社
- ・天然酵母～地元のものを使って酵母を育て、活用する～  
<https://www.naganoc.ed.jp/seiho/intro/risuka/kadaikenq/paper/2016/08%E3%80%80tennennnkoubou.pdf> (2020年7月16日)
- ・酵母の二酸化炭素産生 (発酵性試験)  
000056589.pdf (nite.go.jp) 2021年3月12日
- ・人間の肉眼で見える大きさの限界は？顕微鏡では何が見える？  
<https://inarikue.hatenablog.com/entry/2018/12/27/192112> (2021年3月15日)
- ・3rd-4th.pdf (2021年3月15日)
- ・進研ゼミ 高校講座  
<https://kou.benesse.co.jp/nigate/science/a13r01bb02.html> (2021年3月15日)
- ・酵母の分類と同定(1)  
9\_801.pdf (2021年3月15日)
- ・研究.net  
<http://www.kenq.net/dic/166.html> (2021年3月18日)

## 8 謝辞

パン屋「ペロリ」の皆様には、パン作りについて有益な情報をいただきました。株式会社双葉造園の皆様には、ウバメガシの生育場所の情報を提供していただきました。高知県立牧野植物園の藤本和美様には、ウバメガシの資料を提供していただきました。高知県立文学館の皆様には、ウバメガシを提供していただきました。心より感謝申し上げます。

## 9 指導者より

日本人にとって、発酵という現象は発酵食品づくりで古くから活用されている。発酵の種類は微生物によって異なる。本研究はアルコール発酵を行う酵母を、身近な植物から採取し発酵能力を調べ、パン作りに活用できるか検討したものである。

身の回りに目に見えない微生物が多くいるので、植物から酵母を単離するときには、他の微生物の混入を避ける無菌操作を行う必要がある。微生物を扱う際には、目には見えないが、そこには多くの微生物がいることを意識して実験を行わなくてはならない。今回の研究を通して、生徒は無菌操作の基礎的な技術・知識を身につけた。地球上には、まだ多くの未発見の微生物がおり、その微生物の能力を活用することで、人類に大きく貢献されるだろう。本研究をきっかけに、生徒には進学先で微生物をさらに深く学び、人類に貢献できる研究を行ってほしい。

# テントウムシ類によるアブラムシの捕食数の比較

森 世一, 田邊 侑也, 戸田 太希

## Abstract

The purpose of this study was to identify which species of ladybirds are most suitable for aphid control. It was hypothesized that the most active species of ladybirds would have the highest number of predations. Data was collected from the average number of aphids predated by ladybirds within an hour. The most interesting result from the data was that the average number of predators was higher for Seven-spot ladybird. The results supported our hypothesis. Different species of ladybirds would be likely to have different results, this experiment tested only with Asian ladybird beetle, *Propylea japonica* and Seven-spot ladybird.

## 1 はじめに

害虫として知られるアブラムシの駆除で使用されるテントウムシに注目し、最も駆除に適しているテントウムシはどの種なのか特定すべく、各々の捕食数を調べ、比較しようと考えた。

## 2 研究の概要

ソラマメヒゲナガアブラムシと3種類の肉食性テントウムシを用意し、アブラムシを1時間でどれだけ捕食したか実験を行った結果、ナナホシテントウが最も多くアブラムシを捕食した。結果から、農業活用に最も適している種類はナナホシテントウだということが分かった。

## 3 調査対象

高知県内に棲息するテントウムシ

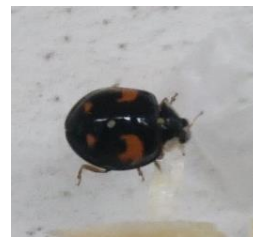
## 4 本実験

### (1) 実験目的

農業活用に最も適した肉食性テントウムシを見つける。

### ① 実験材料

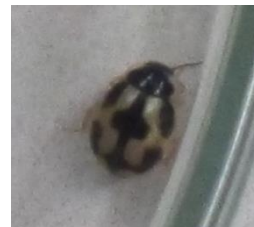
- ・ナミテントウ
- ・ナナホシテントウ
- ・ヒメカメノコテントウ
- ・ソラマメヒゲナガアブラムシ
- ・直径 10 cm、高さ 2 cmのシャーレ
- ・22 cm×50m 食品包装用ラップフィルム【NEW クレラップ 株式会社クレハ】



↑ ナミテントウ



↑ ナナホシテントウ



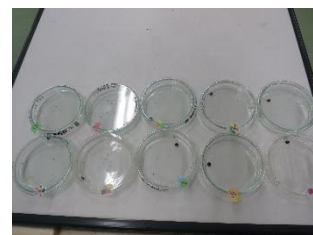
↑ ヒメカメノコテントウ



↑ ソラマメヒゲナガアブラムシ

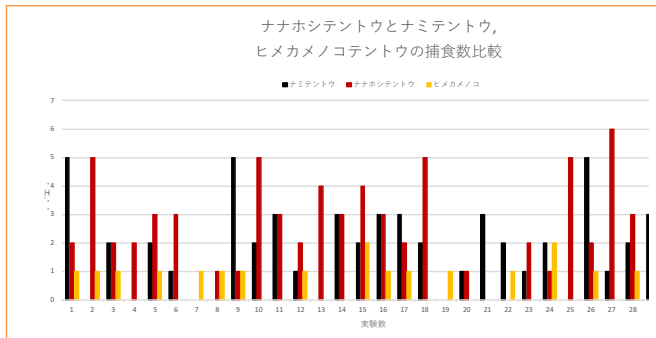
### ② 実験方法

- ア アブラムシを15匹放ったシャーレに1日絶食させたテントウムシ1匹を放つ。
- イ テントウムシがアブラムシを1時間以内に捕食した数を計測し、平均をとる。
- ウ 気温 20~25℃



↑ 実験の様子

## (2) 結果



### 平均値

- ・ナミテントウ : 1.8
- ・ナナホシテントウ : 4.9
- ・ヒメカメノコテントウ : 0.6

## (3) まとめ

ナナホシテントウ > ナミテントウ  
> ヒメカメノコテントウ  
の順に、アブラムシを捕食した。

## 5 考察

結果より、最も捕食した数が多かったナナホシテントウが農業活用に最も適した種類であることが分かった。

ナナホシテントウは比較的活発に動き多くのエネルギーを必要とするため、アブラムシの捕食量が多いのではないかと推察される。

同種間の結果にばらつきが見られたのは、個体の大きさに関係しているのではないかと推察される。

## 6 今後の課題

- (1) 実験の正確性を高くするために実験回数を増やす。
- (2) 個体の大きさによって捕食する能力が変わるのか調べるために、個体の大きさを揃えて実験する。
- (3) より捕食する能力に優れたテントウムシを調査するために、ほかの種類肉食性テントウムシを捕獲し、実験する。
- (4) 考察をより正確なものにするために運動量を測定する。
- (5) アブラムシの種類で捕食量が変わるのかを調べるために、ソラマメヒゲナガアブラムシ以外の種類を捕獲・使用し、実験する。

## 7 参考文献

こうち農業ネット (2012年10月17日) 高知の元気の源高知農業ネット  
<https://www.nogyo.tosa.pref.kochi.lg.jp/info/dt1.php?ID=3434>  
2020年7月2日アクセス

農山漁村文化協会 (1998) テントウムシの上手な飼い方

<http://www.ruralnet.or.jp/news/sogoten/1998/tenji/tenji1-053.htm>  
2020年7月2日アクセス

(2018) 一般社団法人セルズ環境教育デザイン研究所

<https://cells.jp.net/biology/1051>  
2020年7月2日アクセス

岡本秀俊 市川美恵子 (1973) ナミテントウおよびナナホシテントウの諸形質に及ぼす食物としての異種アブラムシの影響 : \*アブラムシ捕食性テントウムシの食生態に関する実験的研究 (※原題まま)

<https://ci.nii.ac.jp/naid/110003375118>  
2020年7月2日アクセス

## 8 謝辞

研究に関わって下さった皆様、ありがとうございました。

## 9 指導者より

高知県で行われている生物農薬に着目して研究を行ったが、当初の想定よりもテントウムシ類やアブラムシの捕獲及び飼育が上手くいかず、試行錯誤しながらの研究となった。しかしながら、その中でどうすればいいのかを話し合い、工夫しながら研究を進めていったことを評価したい。そして、自ら主導して実験を行った今回の経験を今後に生かしてもらいたい。

# 光刺激とプラナリアの記憶継承との関係性

島津 昌幸, 門沢 凱

## Abstract

We investigated the relationship between memory inheritance and light stimulation in planarian. To confirm memory inheritance by habituation, we applied electrical stimulation to planarian. The planarian used were individuals that had been raised separately in five different environments, as a result, many individuals showing memory inheritance were found in around 375 Lux.

## 1 はじめに

プラナリアとは、扁形動物門ウズムシ綱三岐腸目に属する動物の総称であり、特徴として、負の走光性・全身に幹細胞があることによる強い再生能力・電気刺激に対して収縮反応を見せることなどが挙げられる。

また、先行研究では、分裂後脳のない部分から再生した個体が、分裂前の記憶を引き継いでいる事象（以降は記憶継承と呼称する）が多くの実験で確認されている。

しかし、私たちが調べた先行研究の中では、光刺激と記憶継承を関連付けて行われた前例がなく、この二つに関係性が存在するのか疑問に思い、本研究の題材とした。

## 2 研究の概要

切断前の学習段階で様々な光量の光刺激を与えることで、それぞれの光量下で学習したことが、切断後の記憶にどのような影響を与えるのか調べた。

## 3 目的

プラナリアの記憶継承において、切断前の学習段階で光刺激を与えることで、切断後の記憶にどのような影響を与えるのか調べる。

## 4 方法

実験を行うにあたり以下のものを使用した。

- ・プラナリア（1環境につき20匹）
- ・ガラスシャーレ
- ・生理食塩水（濃度0.3%）
- ・電源装置
- ・カッター
- ・調光BOX（内部で光量が調節可能なBOX）

実験を行うにあたり以下のことを定義した。

慣れ：自然長を基準として通電後  
全長7割以上の場合

学習：慣れに至るまでの刺激回数が13回以下  
且つ3日以上継続が見られる場合

記憶継承：切断前後で学習が見られる  
且つ切断後1日目に慣れに至るまでの  
刺激回数が13回以下の場合

プラナリアは実験前にそれぞれ調光BOXを使い  
0Lux・250Lux・375Lux・500Lux・750Luxの光量下に  
7時間放置しておいた個体を使用する。

### (1) 実験I

実験Iでは、プラナリアに電気刺激を与えることで学習をさせる。

① 学習させる際にはプラナリアの頭部と尾部から約1cm離れた位置から電源装置を使い5Vの電流を2秒間流し、刺激回数が15回に達する、又は慣れがみられるまで行う。

※この時5V且つ2秒間で与える刺激が15回までなのは、先行研究でこれ以上の刺激をプラナリアに与えてしまうとプラナリアの生命に関わると記載されていたからです。

② ①を8日間繰り返し、学習がみられた個体を上半部と下半部に切断する。

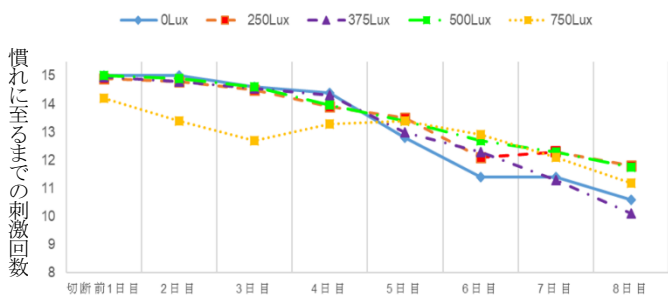
### (2) 実験II

実験IIでは、実験Iを処理した後4日間の再生期間を設けた後の下半部を使用する。再生した下半部に実験Iの①の処理を5日間繰り返し、記憶継承がみられるか判断する。

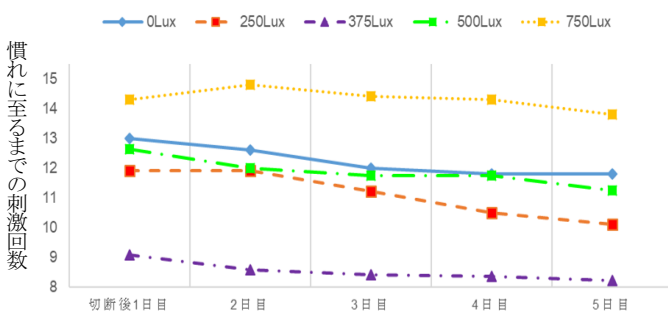
## 5 結果

### (1) 慣れに至るまでの刺激回数の平均

実験 I (切断前)



実験 II (切断後)



- (2) 記憶継承が見られた個体数は 0Lux では 14 匹、250Lux では 9 匹、375Lux では 14 匹、500Lux では 12 匹、750Lux では 3 匹となった。

明るさ	0Lux	250Lux	375Lux	500Lux	750Lux
記憶継承が見られた個体数	14 匹	9 匹	14 匹	12 匹	3 匹

- (3) グラフを見ると、750Lux 下では切断前後で慣れに至るまでの刺激回数が大きく増加しているのに対して、光量が 375Lux に近づくと慣れに至るまでの刺激回数の差が減少傾向にあることがわかる。

## 6 考察

結果より、光量がただ単に増加するにつれ、記憶継承がみられる個体数が減少するのではなく、375Lux 下での記憶継承が確認できる個体数が増加する。

また、記憶継承に至るまでの刺激回数から見た結果から得られるものは、ほかの光量に比べ 375Lux 下が慣れに至るまでの刺激回数が最も減少しており、学習内容を保持する能力が向上していると考えられる。

## 7 参考文献

- 望月裕里 (2017) .9.切断後のプラナリアにおける記憶・学習の差  
 .file:///C:/Users/Student/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/DKS10QPC/153116.pdf 2020年10月16日.
- 小林正直 (2019) .切断後のプラナリアにおける記憶の持続システム  
 .file:///C:/Users/Student/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/K9X78V53/183016.pdf 2020年10月21日
- 黒田有紀 (2016) .プラナリアの記憶はどこにあるのか? -兵庫県立神戸高等学校 総合理学科2年  
 .file:///C:/Users/Student/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/KF7AQ2DI/%E3%83%97%E3%83%A9%E3%83%8A%E3%83%AA%E3%82%A2%E8%AB%96%E6%96%87.pdf 2020年10月24日

## 8 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々にご支援いただきました。プラナリアの提供をしていただいたアクアリウム高知様には、幾度の訪問にもかかわらず快く対応していただきました。ここに感謝いたします。終始適切な助言を賜り、丁寧に指導や配慮また、本研究の趣旨を理解し快く協力して下さった高知県立高知小津高等学校の先生方に心から感謝いたします。本当にありがとうございました。

## 9 指導者より

2名での研究だったが情報共有を徹底しており、連携して研究をスムーズに行うことができた。対象生物についても丁寧に飼育し実験を行っていた。

実験と考察を繰り返し、自分たちで考え改善案を出せる力を身に付けているので、その力を活かして今後とも活躍してほしい。



# 防波堤の形状と津波減衰について

～浦戸湾三重防護防波堤を考える～

丸橋 友子, 北裏 幸生, 佐竹 来樹, 小原 弘平

Our purpose is to reduce the damage caused by large tsunami. We hypothesized that different breakwater surpass could dampen tsunami. Our experimental method was to measure the waves that cross the model of the breakwater in the aquarium, determine the attenuation rate and velocity of the tsunami, and compare them. The results differed depending on the shape of the breakwater. Our consideration is that there are shapes that have no effect on the attenuation of tsunami energy. Our challenge for the future is to make the shape of the breakwater suitable for the landscape of the town.

## 1 はじめに

近い将来南海トラフを震源とする巨大地震が高確率で発生し、巨大津波が襲ってくることは確実視されている。実際に、東日本大震災では当時の想定を上回る巨大津波が発生し、多くの家屋を破壊するなど大きな被害を出した。

## 2 研究の概要

現在、建設中の浦戸湾三重防護防波堤の第二防波堤の陸側部に増設すれば、津波被害を減衰できるのではないか。今回の実験では浦戸湾の三重防護防波堤の第二ラインの防波堤を対象に考察した。



図1 三重防護防波堤の位置

## 3 目的

津波の速度と波速を測定し、防波堤の津波の減衰率を調べる。

## 4 実験の方法

### (1) 実験道具

- ・津波発生用水槽 (35cm×30cm×330cm)
- ・ロードセル
- ・セメントブロック 4種類  
(基本型、階段型、逆階段型、凹型)
- ・カメラ



図2 津波発生装置の全体像

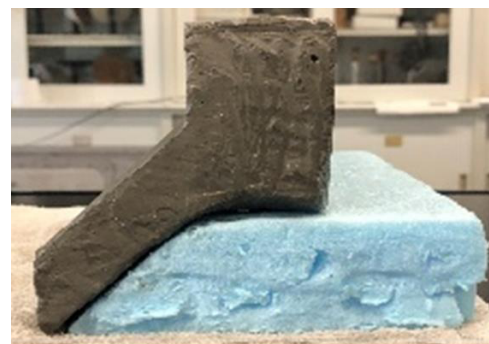


図3 基本型の防波堤模型



図4 階段型の増設物模型



図5 逆階段型の増設物模型



図6 凹型の増設物模型

### (2) ロードセルの概要

力を加えると、それを電気信号に変換できる装置。質量をはかる電子化された信号はコンピューターなどを利用してモニタ表示が可能。



図7 ロードセル

### (3) 実験方法

- ① ロードセルにパラフィルム貼り付け防水処理を施す。
- ② 防水処理を施したロードセルを水槽終点の壁に貼り付ける。
- ③ ロードセルを貼り付けた水槽の終点に前方にセメントブロックを設置する。

- ④ ③で置いたセメントブロックの前方に、水槽の終点から90cmの位置に基本型の防波堤模型を設置し測定する。次に、基本型の後方に増設物模型（3種類）を設置して測定を行った。
- ⑤ 基本型の防波堤模型、増設物模型と水槽の壁との隙間をポリスチレンフォーム断熱材で埋める。
- ⑥ 貯水部に貯めた水40.1Lを放出し、ロードセルで水の圧力を測定する。
- ⑦ ⑥の様子をカメラで撮影し、パソコンでスローモーションにして、一定の距離を何秒かけて通過するのかを測定し、速度を計算する。

## 5 結果

分散分析の結果より、基本型に比べ、どの形状も波圧に優位な差は見られなかった。

基本型と波速を比べて、一番速度を減衰することができたのは凹型、次に逆階段型であり、階段型は大きな変化は見られなかった。

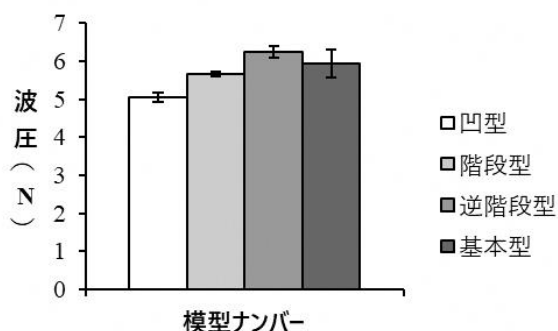
表1 波圧（測定値比較表）

	基本型	階段型	逆階段型	凹型
平均	6.5N	5.7N	6.0N	5.2N
最大値	9.3N	6.2N	8.0N	6.3N
最小値	5.1N	5.0N	5.2N	4.1N

表2 波速（測定値比較表）

	平均速度
基本型	96.8cm/s
階段型	92.9cm/s
逆階段型	82.1cm/s
凹型	73.4cm/s

表3 最大波圧の分散分析のグラフ



## 6 考察

逆階段型と凹型は、基本型との間が貯水部分となるため波速が減速したと考える。

波速の観点から、凹型が最も津波の減衰に効果的である。

## 7 今後の課題

増設物の種類及びサンプル数を増やすことで実験の精度を高くする。

防波堤の形状を景観に配慮したものにする。

## 8 参考文献

東北地域災害科学研究論文集第52巻

八戸工業大学工学部土木建築工学科 (2018)

津波の波力に関する研究

<http://ndstohoku.in.arena.ne.jp/ndsjournal/volume54/54-7.pdf>

2020年7月15日

株式会社エー・アンド・デイ

ロードセルに関する10の質問

[www.aandd.co.jp](http://www.aandd.co.jp) 2020年10月13日

高知港における地震津波防護対策 (三重防護)

<https://www.zenken.com/hypusyou/zenkensyou/h28/P064.pdf>

2021年3月21日

清水裕士 (2016). フリーの統計分析ソフトHAD:

機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における

利用方法の提案, メディア・情報・

コミュニケーション研究, 1, 59-73

## 9 指導者より

本研究は、現在建設中の浦戸湾三重防護防波堤の第2防波堤の効果的な形状について考察している。

検証データのサンプル数にやや不足感はあるが、津波速度の減速、波圧の減衰を目指して防波堤建設後に付加できる部分について高校生らしい工夫を加え、粘り強い実験への取り組みによって数値から検証できた。今回は4種類の形状について考察したが、他の種類の形状も検証の余地は残っており、今後にも期待したい。

# ブルーギルの捕獲トラップの作製

吉永 昂正, 服部 隼也, 森田 然, 永田 大輝

## Abstract

**Motivation・Objective:** To create a light trap that efficiently captures bluegill.

**Method:** Change the color of the lights and the blinking interval of the lights and compare the amount of fish captured.

**Results:** The blue and green lights captured the most killifish.

**Consideration:** More killifish can be captured without flashing lights than with flashing lights.

**Prospects:** We will increase the number of experimental trials with killifish to confirm the results of this study. We will also study whether we can capture more bluegill without flashing the light.

## 1 はじめに

私たちは魚の行動、中でも走光性に興味があり、ブルーギルなどの外来種は日本の固有種や生態系を破壊しているため、走光性を利用したトラップを開発し、外来魚を効率よく捕獲できれば生態系の保全に貢献できると考えた。

先行研究で青、緑色 LED ライトで有意に多くの稚魚を捕獲できることと、水中での適度な光の刺激強度を接近の過程で超えると光から遠ざかっていくことが分かった。そこで、光強度を調節すること以外にも多く稚魚を捕獲できるのではないかと考え、光の点滅に着目し、光強度を変えずに光を点滅させることによって魚が受ける光強度を軽減させることができるのではないかと考えた。

そこで、光強度を変更できるライトトラップを作成し、水槽と野外で研究を行うことにした。

## 2 仮説

光を点滅させることで光強度が下がり光への反応の逆転が起こりにくくなり、より多くの稚魚を捕獲できると考えた。

## 3 予備実験

### (1) 目的

実地実験に向けて研究手法やトラップの改善メダカの走光性を調べる。

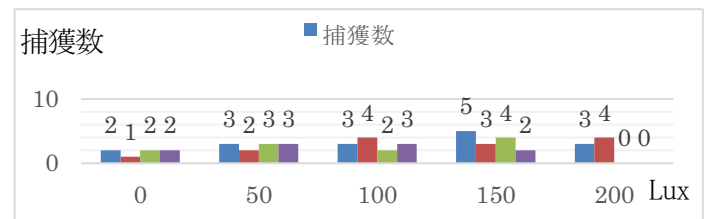
### (2) 予備実験

部屋を暗くし 90 cm水槽に 190 匹のメダカの稚魚を水槽に放ち、白色 LED ライト(点滅なし)を使用したライトトラップを水槽の中に 30 分間入れて、光の強さ(lux)を変更しながら実験を行った。

### (3) 結果

光の強さごとに捕獲数の違いが見受けられずメダカの走光性を確認することができなかった。(表 1)

表 1 光の強さと捕獲数の関係



## (4) 考察

### ① メダカの走光性の確認

メダカが成魚に成長してしまっていたため、走光性が消滅したと考えた。

### ② トラップの改善点・変更点

ア 蓋部分の隙間から水漏れ→隙間にゴム

イ 蓋 ねじ止め式→開閉式

ウ 白色 LED ライト→先行研究と同じ緑色、青色 LED で点滅させるため。に回路を作成する

エ 瓶に回路を詰める→ジップロックに回路を入れてジップロック内の空気分のおもりをつける。

## (5) 作成した、ライト・トラップ

(図 1) (図 2) (図 3) (図 4)

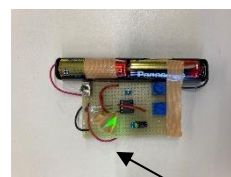


図 1

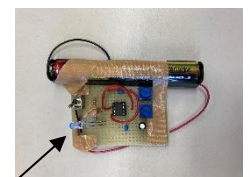


図 2

※ライト

トラップ（前）

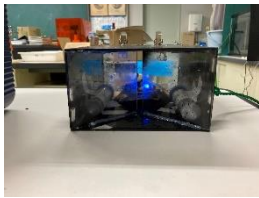


図3

トラップ（後）

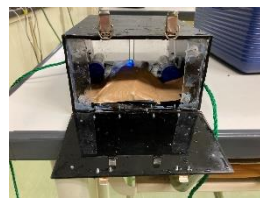


図4

## 4 本実験Ⅰ

### (1) ブルーギルの捕獲

池公園、石土池でライトトラップを沈め実験時間を30分と12時間に分けて光の点滅の有無を変更しながら捕獲結果を確認する。

### (2) 結果

1, 2回目は石土池で実験を行い、捕獲することができなかつたため、2回目以降は池公園に実験場所を移し、実験時間を変更しながら実験を行った。（表2）

表2 野外実験と実験場所、実験時間の関係

実験回数	1	2	3	4	5	6
実験時間	30分	30分	30分	30分	12時間	12時間
実験場所	石土池	石土池	池公園	池公園	池公園	池公園
ライトの色 (点滅の有無)	白(無)	緑(無)	緑(無)	緑(有)	緑(無)	緑(有)
捕獲数	0	0	2	2	水没	4

※水没したため欠測

### (3) 考察・問題点

石土池は浅瀬にしか設置できなかったため、池公園に実験場所を変更した。また、池の広さに対して30分では実験時間が短すぎたため、12時間に変更して実験を行った。

梅雨の時期と産卵時期がかぶり実験を進めることができないと考え、メダカでの実験に変更することにした。そのためメダカでの実験を行うためにメダカの走光性の確認を行うことにした。

## 5 本実験Ⅱ

### (1) メダカの稚魚の走光性の確認

#### ① 実験手法

校内の90cm水槽の中で青色、緑色LEDを点滅させずに点灯させたトラップとライトをつけないトラップの捕獲結果を比較する。

#### ② 結果

緑色と青色LEDライトで多くの稚魚が捕獲することができた。（表3）

表3 メダカの稚魚の走行性の確認

ライトの色(点滅の有無)	緑(無)	青(無)	光なし
捕獲数	24匹	19匹	0匹

この結果から、走光性を確認することができた。

### (2) メダカでの本実験

#### ① 概要

校内の90cm水槽で仕掛ける時間を30分に統一し、ライトの点滅の有無と色を変更しながら捕獲結果を確認する。

#### ② 結果

青色、緑色LEDライトともに、点滅をさせないほうが点滅をさせるよりも多くの稚魚を捕獲することができた。（表4）

実験回数/ライトの色(点滅の有無)	緑(無)	青(無)	緑(有)	青(有)
1回目	24匹	23匹	8匹	6匹
2回目	13匹	10匹	1匹	1匹

表4 点滅の有無とメダカの捕獲数の関係

## 6 考察

光を点滅させるよりも点滅させないほうがメダカはより多く捕獲できる。

## 7 今後について

メダカでの実験試行回数を増やして今回の考察結果を確かなものにしていく。

ブルーギルでも点滅させないほうが多く捕獲できるのか、野外実験やブルーギルを飼育するなどで確認する。

## 8 用語

走光性 … 生得的に光に寄ってくるまたは離れていく反応。一般に光によって来る反応を正の走光性、光から離れていく反応を負の走光性と呼ぶ。

## 9 参考文献

坂野 博之 (2011). 「光集魚トラップを用いた効率的な外来魚稚魚を捕獲する技術の開発」. 水産総合研究センター <https://www.honda.co.jp/fishing/picturebook/blue-gill/>  
水生昆虫捕獲用のLED式水中ライトトラップの開発 | AgriKnowledge (affrc.go.jp) 2021年10月13日

## 10 謝辞

本研究を行うにあたり、ライトトラップの製作についての助言をしていただいた、高知工業高校の今村朋仁先生、メダカの提供をしていただいた、笹岡様に、心より御礼申し上げます。

## 11 指導者より

トラップの製作や野生生物を対象とした実験等、試行錯誤の連続だった。製作や実験ではそれぞれが意欲的に取り組むことができ、チームとしてよい関係の中で研究を進めることができた。ブルーギルの稚魚の増える時期に合わせ野外実験を行うなど、課題も残っているので、今後にも期待したい。



# モンティ・ホール問題の研究

岡林 愛花, 富田 雅人, 中尾 俊介, 壬生 琴賀

## Abstract

Our aim was to generalize the Monty Hall problem. We found it interesting that the results based on intuition and mathematical grounds were different, and we wanted to generalize the probability under various conditions. We have applied specific values, calculated and generalized based on them. After wards, we found that the probability of winning is higher if you change the options under certain conditions. In addition, we want to calculate the condition which cause the sum of the respective probability to becomes 1.

## 1 はじめに

モンティ・ホール問題の確率の規則性について研究した。

## 2 研究の概要

3枚の扉がある。1枚は当たりで、残りの2枚は外れである。挑戦者はこの3枚のうちから1枚を選ぶ。その後、司会者は、挑戦者が選ばなかった扉の中から1枚を外れと教える。ここで、挑戦者は初めに選んだ扉か、残った扉か、選ぶことができる。このとき扉を選びなおす場合と選びなおさない場合では当たる確率は異なるか。異なるとするとどちらが当たりやすいか、また、規則性はあるのか調べた。



なお、上図のように3枚中当たり1枚、司会者が外れと教える枚数が1枚の場合の確率は以下のようになる。

挑戦者が最初に選ぶ扉をAとする。

(i) Aが当たりの場合

Aを最初に選ぶ確率  $\frac{1}{3}$

司会者がBを選ぶ確率  $\frac{1}{2}$

司会者がCを選ぶ確率  $\frac{1}{2}$

よって、(i) が起こる確率は

$$\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$$

(ii) Aが外れの場合

Aを最初に選ぶ確率  $\frac{1}{3}$

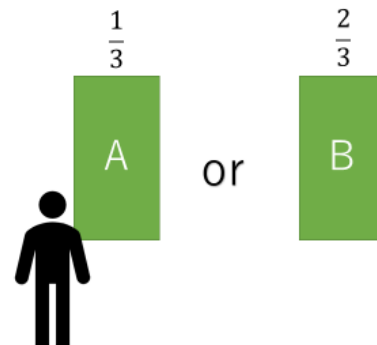
司会者がBを選ぶ確率 1

司会者がCを選ぶ確率 1

よって、(ii) が起こる確率は

$$\frac{1}{3} \times 1 + \frac{1}{3} \times 1 = \frac{2}{3}$$

(i), (ii) より、選択肢を変えたほうが当たりやすい。



## 3 目的

- (1) 選びなおして当たる確率と、選びなおさずに当たる確率の大小を調べる。
- (2) 2つの確率の和が1になるときの条件を調べる。
- (3) (2)のときの確率の比の値を調べる。

#### 4 方法

総枚数が  $n$  枚、あたりの枚数が  $m$  枚、司会者が外れという枚数が  $k$  枚、選びなおして当たる確率を  $p_1$ 、選びなおさずに当たる確率を  $p_2$  とし、一般化していく。そして具体的な値について Excel を用いて計算した。

#### 5 結果

(1)

選び直して、当たる確率について

当たり→当たり

$$\frac{1}{n C_m} \times \frac{1}{n-m C_k} \times n-m C_k \times n-1 C_{m-1} \times \frac{m-1}{n-k-1}$$

$$= \frac{n-1 C_{m-1}}{n C_m} \times \frac{m-1}{n-k-1}$$

ここで、 $\frac{n-1 C_{m-1}}{n C_m} = \frac{n-1 P_{m-1}}{n P_m} = \frac{n-1 P_{m-1}}{(m-1)!} \times \frac{m!}{n P_m}$

$$= \frac{n-1 P_{m-1}}{n P_m} \times m = \frac{(n-1)!}{n!} \times m$$

$$= \frac{(n-m)! \times (n-1)!}{n! \times (n-m)!} \times m = \frac{m}{n} \dots i$$

よって 求める確率は  $\frac{m(m-1)}{n(n-k-1)} \dots ii$

外れ→当たり

$$\frac{1}{n C_m} \times \frac{1}{n-m-1 C_k} \times n-m-1 C_k \times n-1 C_m \times \frac{m}{n-k-1}$$

$$= \frac{n-1 C_m}{n C_m} \times \frac{m}{n-k-1}$$

ここで  $\frac{n-1 C_m}{n C_m} = \frac{n-1 P_m}{n P_m} = \frac{n-1 P_m}{m!} \times \frac{m!}{n P_m}$

$$= \frac{n-1 P_m}{n P_m} = \frac{(n-1)!}{(n-1-m)!} \times \frac{m!}{n!}$$

$$= \frac{(n-1)! \times (n-m)!}{(n-m-1)! \times n!} = \frac{n-m}{n}$$

よって 求める確率は  $\frac{m(n-m)}{n(n-k-1)} \dots iii$

$p_1 = ii + iii$  より

$$p_1 = \frac{m(m-1)}{n(n-k-1)} + \frac{m(n-m)}{n(n-k-1)} = \frac{m(n-1)}{n(n-k-1)}$$

選び直さずに当たる確率について

$$p_2 = \frac{1}{n C_m} \times \frac{1}{n-m C_k} \times n-m C_k \times n-1 C_{m-1} = \frac{n-1 C_{m-1}}{n C_m}$$

i より  $p_2 = \frac{n-1 C_{m-1}}{n C_m} = \frac{m}{n}$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{m(n-1)}{n(n-k-1)}}{\frac{m}{n}} = \frac{n-1}{n-k-1} > 1$$

よって

選びなおして当たる確率の方が大きい

そして、この比の値において全体の枚数の値を限りなく大きくしたとき

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p_1}{p_2} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n-1}{n-k-1} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1 - \frac{1}{n}}{1 - \frac{k}{n} - \frac{1}{n}} = 1$$

これらのことより

選びなおしたときに当たる確率は、選びなおさずに当たる確率より常に大きい。全体の枚数の値を限りなく大きくしたときにおいて、2つの確率の差が0へと収束する。

(2)

$$p_1 + p_2 = \frac{m(n-1)}{n\{n-(k+1)\}} + \frac{m}{n} = \frac{m(2n-k-2)}{n(n-k-1)}$$

$n=m+k+a$  ( $a$  は自然数) とすると

$$p_1 + p_2 = \frac{m(2n-k-2)}{n(n-k-1)} = \frac{m(2n-n+m+a-2)}{n(n-n+m+a-1)}$$

$$= \frac{m(n+ma-2)}{n(m+a-1)}$$

条件より

$$p_1 + p_2 = 1$$

$$\frac{m(n+ma-2)}{n(m+a-1)} = 1$$

$$m(n+m+a-2) = n(m+a-1)$$

$$m(m+a-2) = n(a-1)$$

①  $a \geq 2$  のとき

$$n = \frac{m(m+a-2)}{a-1} = m + \frac{m(m-1)}{a-1}$$

$n=m+k+a$  より

$$m + \frac{m(m-1)}{a-1} = m + k + a$$

$$\frac{m(m-1)}{a-1} = k + a \dots iv$$

$k, m$  互いに自然数より

$$\frac{m(m-1)}{a-1} \text{ は自然数である}$$

ア  $m < a$  のとき

$$m(m-1) = (k+a)(a-1) \dots v$$



$m < a$  より

$$m-1 < a-1 \cdots \text{vi}$$

$$m > k+a \cdots \text{vii}$$

また、 $k \geq 1$  より  $m < a < k+a$

すなわち  $m < k+a$

vi, viiの両辺は正の数であるから、辺々掛け合わせると

$$m(m-1) < (k+a)(a-1)$$

となり、vは成り立たない

イ  $m=a$  のとき

$$a \geq 2 \text{ と iv より } m(m-1) = (k+a)(a-1)$$

$$m=a \text{ より } m(m-1) = (k+m)(m-1)$$

$$k(m-1) = 0 \text{ は成り立たない}$$

ウ  $m > a$  のとき

$$a \geq 2 \text{ と iv より } m(m-1) = (k+a)(a-1)$$

$$m > a \text{ より } m-1 > a-1$$

$$(k+a)(a-1) = m(m-1) > m(a-1) \text{ より}$$

$$(k+a)(a-1) > m(a-1)$$

$$a-1 > 0 \text{ より } k+a > m$$

ア, イ, ウより

$$p_1 + p_2 = 1 \text{ のとき } a \geq 2 \text{ かつ } \frac{m(m-1)}{a-1} = k+a$$

②  $a=1$  のとき

$$\frac{m(n+ma-2)}{n(m+a-1)} = 1$$

$$\frac{m(n+m-1)}{nm} = 1$$

$$m(n+m-1) = nm$$

$$m(m-1) = 0$$

$$m \geq 1 \text{ より } m=1$$

①, ②より

$$p_1 + p_2 = 1 \Leftrightarrow$$

$$\text{「} m = a = 1 \text{」または「} a \geq 2 \text{ かつ } \frac{m(m-1)}{a-1} = k+a \text{」}$$

という条件が得られた

(3) (2)の条件下において

$$a = 1 \text{ のとき } m = 1 \text{ より}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = n - 1$$

$a \geq 2$  のとき

$$n = m + k + a = m + \frac{m(m-1)}{a-1} \text{ より}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m \left( 1 + \frac{m-1}{a-1} \right) - 1}{m + a - 1} = \frac{m-1}{a-1}$$

$$a = 1 \text{ のとき } \frac{p_1}{p_2} = n - 1$$

$$a \geq 2 \text{ のとき } \frac{p_1}{p_2} = \frac{m-1}{a-1}$$

## 6 考察

$$p_1 + p_2 = 1 \Leftrightarrow$$

$$\text{「} m = a = 1 \text{」または「} m > a \geq 2 \text{ かつ } \frac{m(m-1)}{a-1} = k+a \text{」}$$

$$p_1 + p_2 = 1 \text{ のとき}$$

$$a = 1 \text{ のとき } \frac{p_1}{p_2} = n - 1$$

$$a \geq 2 \text{ のとき } \frac{p_1}{p_2} = \frac{m-1}{a-1}$$

## 7 参考文献

- ・難波博之(2020). 「モンティ・ホール問題とその解説 / 高校数学の美しい物語」. <https://mathtrain.jp/monty>. 2020年6月24日
- ・浜田宏(2016). 「モンティ・ホール問題に関するノート1」 <http://www2.sal.tohoku.ac.jp/~hamada/montyhall3.pdf>. 2020年7月2日

## 8 謝辞

最後まで温かく見守り、適切な指導をしてくださった大崎雅重先生に感謝いたします。

## 9 指導者より

終始主体的に、意欲的に活動することができた。問題の一般化について粘り強く考え、独自の観点から一般化の法則を見いだせたことは大変素晴らしい。この課題研究を通して、答えの決まっていない課題に対して、試行錯誤を繰り返しながら解法を探っていくという数学的思考力は十分に高められたことと思われる。

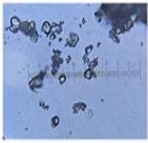
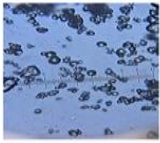
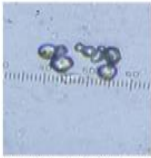
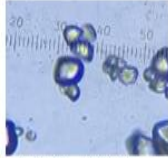
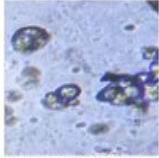
発表ポスター（英語）

# Abnormal viscosity phenomenon (Dilatancy)

Kochi Ozu High School (Science and Mathematics Course) Grade 12  
Shu Okamoto Haruto Shogano Yuto Nishimoto Yuki Tani

<b>Motivation</b> I want to deepen the independent research I did when I was in elementary school	<b>Equipment</b> · tap water · olive oil · ethyl alcohol · cornstarch · wheat flour · potato starch · bracken starch · kudzu powder	<b>Research Question</b> Can we find the optimal combination of solute and solvent that causes the dilatancy phenomenon?
--	--	---

**Particle size of powder used in the experiment**

<b>flour</b>  About 0.0175 mm	<b>Warabi powder</b>  About 0.015 mm	
<b>Corn starch powder</b>  0.006~0.015 mm	<b>potato starch</b>  0.013~0.015 mm	<b>Kudzu powder</b>  0.004~0.020 mm

**Hypothesis**  
It may be possible to find a combination with a lower interfacial tension of the solvent and make a dilatant fluid that is harder than the general one.

**Purpose**  
Create a product that exceeds the repulsive force of the 1:1.5 dilatant fluid, which is the optimum ratio of water and potato starch.

**Experiment I**

[Purpose] Investigate the combination of dilatant fluids.  
[Method] Mix various types of solutes and solvents in a ratio of 1:1.5.

**Results I**  
[Dilatancy phenomenon was seen in these three combinations]  
Tap water x cornstarch  
Tap water x potato starch  
Tap water x kudzu powder

**Discussion**  
Olive oil: Oil sticks particles together.  
Ethanol: Volatile  
A dilatant fluid was made from cornstarch, potato starch and kudzu powder. Because the solute grain size was appropriate The experimental results were scattered.  
Due to the manual experiment, the dilatant fluid was not sufficiently mixed. The average number of cornstarch was the highest.  
Kudzu powder has large grains.  
Cornstarch has small grains and tends to harden.  
The cause could not be identified at this time.  
The ratio with the hardest water differs depending on the solute that makes the fluid.

**Future Research**  
The repulsive force is examined by changing the ratio of the solute / solvent combination used in experiment II.

**Experiment II**

[Purpose] Examine the viscosity of each dilatant fluid produced in Experiment I.  
[Method]  
(1) Put the dilatant fluid made in Experiment I into a plastic beaker.  
(2) Drop a 68g iron ball from the same height in Experiment I and record the time until it sinks 10 times each.  
(3) Record the standard deviation and average from the recorded contents.

**Result II**

Water 100g x Potato Starch 150g standard deviation (0.78)

number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	average
seconds	3.16	2.5	1.74	2.02	2.57	3.33	3	3.08	3.67	4.6	2.98

Water 100g x Cornstarch 150g standard deviation (1.15)

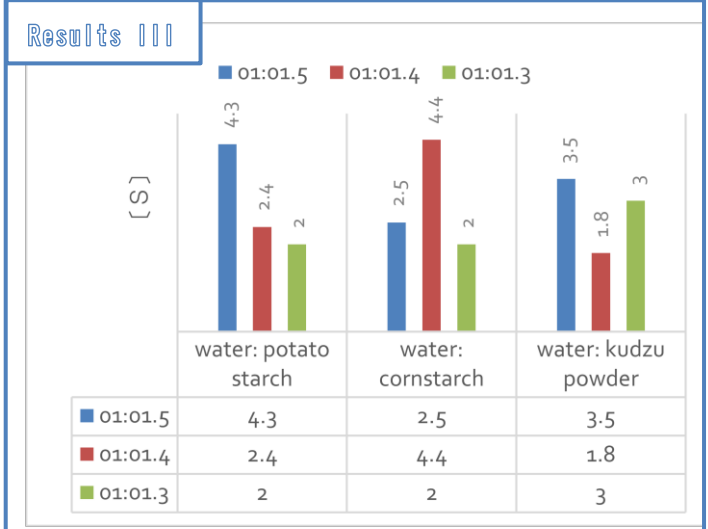
number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	average
seconds	2.44	2.09	3.77	4.59	4.24	5.46	3.9	2.2	1.92	3.98	3.46

Water 100g x Kudzu Powder 150g standard deviation (0.74)

number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	average
seconds	3.3	1.97	1.82	1.44	1.44	1.8	2.26	3.7	1.71	2.76	2.22

**Experiment III**

[Purpose] Find the optimum ratio for each combination in Experiment II  
[Method] · (1) Check the hardness of each combination of Experiment II  
· (2) Judge whether it is a dilatant fluid



The highest value was seen at 1:1.5 for water and potato starch, and for water and cornstarch.  
The highest value was seen at 1:1.4, and that of water and kudzu powder was seen at 1:1.5.

**Conclusion**  
At present, water with: potato starch and kudzu powder have the most suitable hardness at 1:1.5, and water with: cornstarch has the most suitable hardness at 1:1.3.

# About the Mpemba effect

Kochi Ozu High School (Science and Mathematics Course) Grade12

Arata Kumon Kohei Yamaseki Yamato Tamaki

## 【Mpemba Effect】

Hot water freezes faster than cold water under certain conditions.

## 【Research Motive】

Because we were interested in the phenomenon that would overturn common sense would suggest that cold water would freeze faster. We were interested in the phenomena that would disprove that.

## 【Previous Research】

Avinash Kumar, John Bechhoefer (2020)

Two factors that make it difficult to study the Mpemba effect

- 1 Definition of freezing
- 2 Remove the difference in water composition

Under certain conditions, beads filled with water with a hot initial temperature cooled faster than beads with a cold initial temperature.

It was found that the Mpemba effect also appeared with beads.

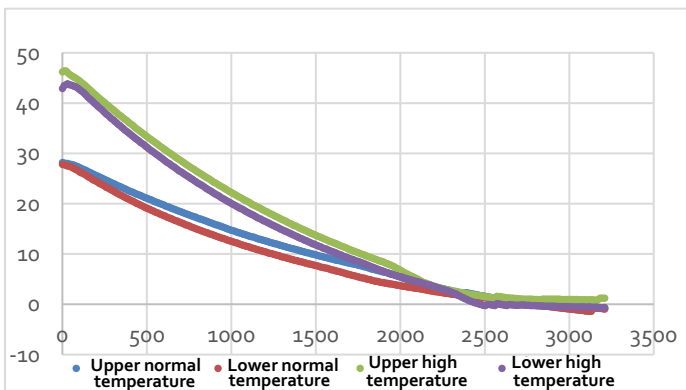
**Temperature unevenness has an effect**

## 【Hypothesis】

Isn't the Mpemba effect less likely to occur when the temperature unevenness is small?

## 【Experiment I】

We cooled the two test tubes containing distilled water at natural temperature and 45 degrees in the freezer. Install thermometers at the top and bottom to record the cooling process.



## 【References】

Avinash Kumar & John Bechhoefer (2020年8月5日). Exponentially faster cooling in a colloidal system. Nature. Vol584. 64-68. <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2560-x>

## 【Experiment I / Results】

The Mpemba effect could not be confirmed

## 【Experiment II】

Use a petri dish to minimize temperature unevenness

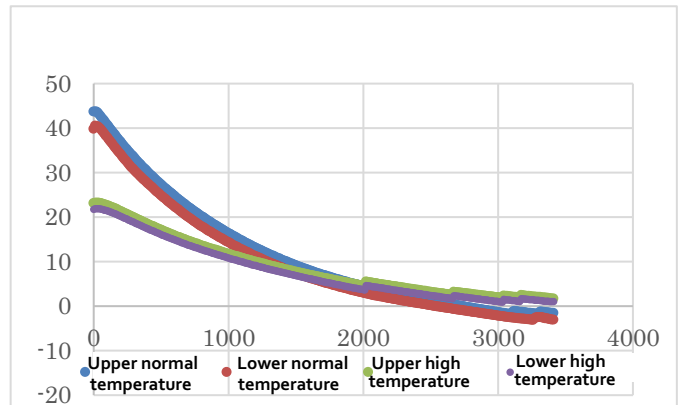
## 【Experimental Method】

Change the test tube of Experiment I to a petri dish and experiment.

## 【Discussion】

The concept of temperature unevenness was different because the paper was misinterpreted.

The Mpemba effect has other major causes than temperature unevenness



## 【Experiment II / Results】

We were able to confirm the Mpemba effect

## 【Discussion】

Different views on temperature unevenness

There is a phenomenon that affects the Mpemba effect rather than temperature unevenness.

## 【Future Research】

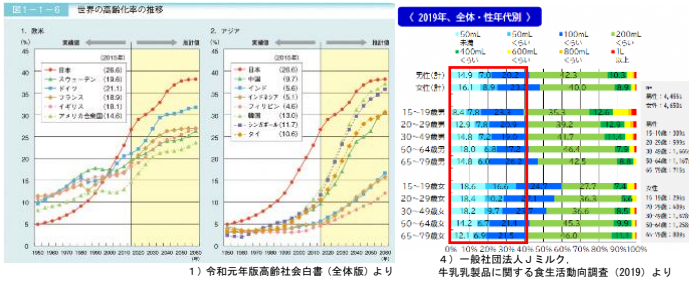
- Increase the number of experiments
- Increase the temperature range
- Deepen understanding of previous research



# Dissolution Characteristics of Freeze-Dried Milk for Practical Use

Kochi Ozu High School Science and Mathematics Course Grade12 Misuzu Nakajima, Kokona Kadota, Kako Fujisawa

## 【Background】



## 【Research Aim】

Milk is freeze-dried to increase its versatility and its intake rate by reducing its weight and achieving long-term storage.

## 【Hypothesis】

Freeze-dried milk is superior to commercially available milk and milk powder dissolvability, smell, and taste. Also, it can be used as a new means of intaking highly nutritious milk even in the event of a disaster.

## 【Experiment I】

### (1) Method

We prepared 16g of freeze-dried milk which we added to 107ml of tap water at 4°C, 20°C, and 55°C, and 16g of skim milk which we added to 140ml of tap water adjusted to the same temperature. After that, we observed how it dissolved and ingested it to compare the smell, taste, and aftertaste.

### (2) Result・Discussion

Table 1:How to dissolve in tap water at each temperature

	4°C	20°C	55°C
Freeze-dried milk	×	×	○
Skim milk	○	○	○

○:melted ×:Left undissolved

From the components contained in milk and their physical characteristics, it was considered that the residue at the time when freeze-dried milk was dissolved was a protein insoluble in milk fat and water. Therefore, we will conduct an experiment to add sodium chloride NaCl by utilizing the physical characteristics of globulin, which is a protein that is insoluble in water, "soluble in a dilute aqueous solution such as salts".

## 【Experiment II】

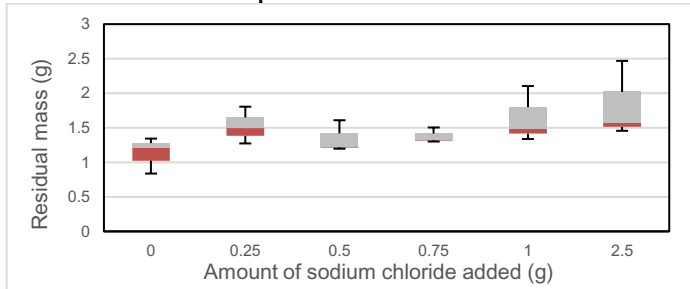
### (1) Method

We prepared six beakers containing 33.5 ml of ion-exchanged water at 20°C, and poured them into a mixture of 5.0 g of freeze-dried milk and NaCl (0g, 0.25g, 0.50g, 0.75g, 1.00g, 2.50g). We stirred lightly with a glass rod for 30 seconds, then stirred on the CERAMIC HOT STIRRER at 500 rpm for 4 minutes while maintaining the temperature. The stirred liquid was poured into gauze and dried for 24 hours, the mass was measured, and the mass of the residue was calculated. We did this process 3 times in total and collected numerical data.

### (2) Result・Discussion

※In the subsequent experiments, the mass was changed to a quarter without changing the ratio of substances.

Table 2:Relationship between sodium chloride and residues



From the results of the experiment, the mass of the residue increased as the amount of sodium chloride added increased. It is considered that the cause is that casein which is a milk protein, coagulated due to salting out and the mass of the residue increased.

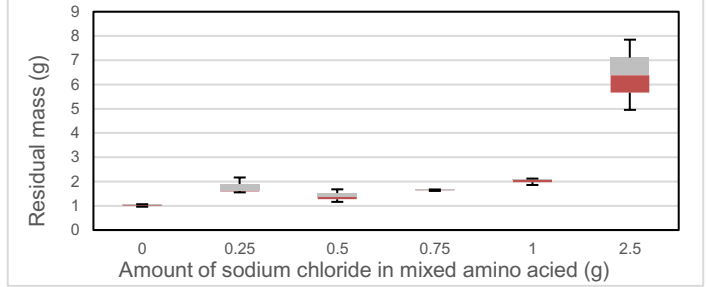
## 【Experiment III】

### (1) Method

We prepared six beakers containing 33.5 ml of ion-exchanged water at 20°C, and poured them into a mixture of 5.0 g of freeze-dried milk and mixed amino acids (0g, 0.83g, 1.67g, 2.50g, 3.33g, 8.33g). The following operations are the same as in Experiment II.

### (2) Result・Discussion

Table 3:Relationship between mixed amino acids and residues



The results of the experiment showed that the mass of the residue increased as the amount of mixed amino acids added increased.

Besides, comparing the results of Experiment II and Experiment III, it was found that the mass of the residue increased in Experiment III. Therefore, it was considered that the addition of amino acids had the effect of increasing the mass of the residue.

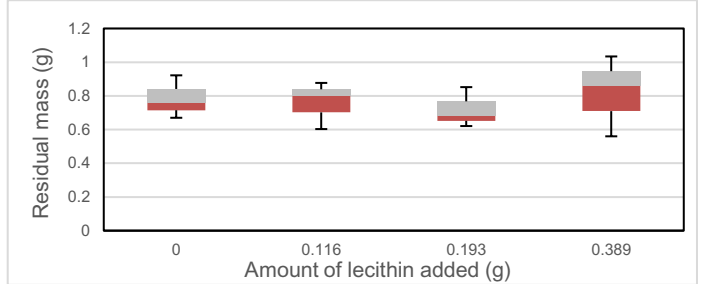
## 【Experiment IV】

### (1) Method

We prepared six beakers containing 33.5 ml of ion-exchanged water at 20°C, and poured them into a mixture of 5.0g of freeze-dried milk and lecithin (0g, 0.116g, 0.193g, 0.389g). The following operations are the same as in Experiment II.

### (2) Result・Discussion

Table 4: Relationship between lecithin and residues



The lowest mass of residue was when 0.193 g of lecithin was added.

The milk fat in the residue works between what is called a surface active action, which is not originally mixed, and is emulsified by the action of lecithin, which is the action of creating a uniform state, and the mass of the residue is reduced.

## 【Future Research】

It was considered that the electrolyte did not have the effect of making freeze-dried milk easier to dissolve because the mass of the residue could not be reduced by adding the electrolyte.

We will find the best conditions to dissolve freeze-dried milk by adding an emulsifier to see if it affects the mass of the residue.

We think that it will be possible to ingest nutritious milk easily even during a disaster or food shortage when only tap water at room temperature is available.

## 【References】

- 1) 内閣府 (2018) 「令和元年版高齢社会白書(全体版)」 [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/html/zenbun/s1\\_1\\_4.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/html/zenbun/s1_1_4.html)・2020年7月10日
- 2) 厚生労働省 (2020) 「令和2年版厚生労働白書」 <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/19/dl/all.pdf>・2021年1月24日
- 3) 高知県 (2020) 「日本の健康長寿県構想(第4期)」 [https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/131601/files/2020070900046/file\\_202081931312\\_1.pdf](https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/131601/files/2020070900046/file_202081931312_1.pdf)・2021年1月24日
- 4) 一般社団法人Jミルク (2019) 「食生活動向調査」 <https://www.j-milk.jp/report/trends/index.html>・2021年5月22日
- 4) 厚生労働省「e-ヘルスネット(用語辞典)」 <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/keywords/healthy-longevity>・2021年1月24日
- 5) 一般社団法人Jミルク (2015) 「知っていますか?カルシウムの“吸収率”のこと」 <https://www.j-milk.jp/knowledge/nutrition/beroho000000edv.html>・2020年7月10日
- 6) 一般社団法人日本乳業協会 (2010) 「粉乳の種類」 <https://www.nyukyuu.jp/dairy/index.php?rm=4&qd=439>・2020年7月10日
- 7) 総務省 (2018) 「統計から見た我が国の高齢者ー「敬老の日」にちなんでー」 <https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1135.html>・2020年7月10日
- 8) 一般社団法人オースンモレキュラー栄養医学研究所「カルシウム」 <https://www.orthomolecular.jp/nutrition/calcium/>・2020年7月10日
- 9) 一般社団法人Jミルク (2021) 「理解が深まるミルクライブラリー」 <https://www.j-milk.jp/findnew/chapter4/0401.html>・2021年1月27日
- 10) 数研出版株式会社 (2018) 「改善化学」
- 11) 教育図書株式会社 (2019) 「高等学校家庭基礎グローバル&サステナビリティ」
- 12) 実教出版株式会社 (2020) 「生活学Navi資料+成分表2020」
- 13) 野口洋介 (1977) . 「牛乳と調理」 . 調理科学, 10(2), 53-61.

# Soft drinks and decalcification ~Saliva protection effect~



Kochi Ozu High School (Science and Mathematics Course) Grade 12

Fumiya Nakagoshi, Takumi Yamaji, Akito Ojima, Hayato Ibe

The prevalence of dental cavities at the age of 12 in developed countries is high, and Japan is also high at around 70%. The purpose of this study is to clarify whether saliva helps prevent tooth decay. It was hypothesized that saliva has the effect of protecting teeth from tooth decay. As an experimental method, the amount of calcium phosphate dissolved out from the original solubility product obtained by using the Tyndall phenomenon was determined. The result is that the protective effect changes depending on the temperature of saliva.

## 1. Research Background

Of the 28 permanent teeth, 14 of the 28 permanent teeth have cavities per Japanese people. Compared with developed countries, Japan has a high rate of dental cavities.

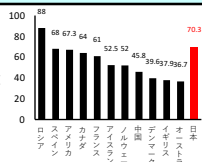


Figure 1. Prevalence of caries in 12-year-old children (From 2002 WHO data)

## 2. Purpose and hypothesis

The purpose of this study is to find out how much saliva can prevent the amount of calcium phosphate that dissolves.

**Hypothesis: Saliva reduces the amount of calcium phosphate eluted**

## 3. Research Method

Calcium phosphate dissolved from the teeth was precipitated, a unique solubility product was obtained using the Tyndall phenomenon, and the amount of calcium phosphate was measured from the unique solubility product.

Literature value of solubility product<sup>6)</sup> (25°C)

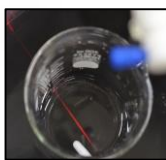
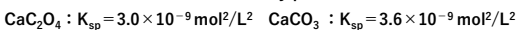


Figure 2. Tyndall phenomenon

## [Experiment I] Measurement of solubility of carbonate

- A dropping experiment was conducted using a constant temperature bath while keeping the temperature at 25°C
- A  $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  sodium carbonate aqueous solution was added dropwise to 20 mL of a  $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  calcium chloride aqueous solution, and the amount of the droplet was measured starting from the time when the Tyndall phenomenon was observed.

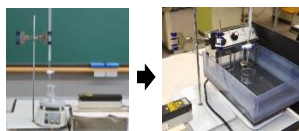


Figure 3. Dripping experimental equipment

## [Experiment II] Dissolution experiment using mammalian teeth

Calcium phosphate elution experiments were conducted using the teeth of sika deer and wild boar captured in Sakawa Town, Kochi Prefecture.

- Invertebrate teeth: Calcium carbonate is the main component<sup>7)</sup>
  - Vertebrate teeth: Calcium phosphate is the main component
- Soft drink used**



Figure 4. Mammalian teeth used in the experiment  
Offer: Shikoku Natural History Science Research Center

**A: Carbonated water (unsweetened) B: Carbonated water (sugar)**

- Soak teeth (5.23g and 5.71g) that have been sterilized by boiling in soft drinks A and B for 6 hours in each soft drink.
- $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  in 20 mL of the solution in which calcium phosphate is eluted.

The Tyndall phenomenon was confirmed by dropping an aqueous solution of sodium carbonate. The amount of dripping was measured with the time at the end point.



Figure 5. Dissolution experiment

## [Experiment III] Experiment using saliva

- Soak teeth (1.54g and 1.92g) that have been sterilized by boiling in soft drinks A and B for 3 hours, then take them out and soak them in saliva for 24 hours to promote remineralization. After removing the teeth and cleaning them, soak them in the solution again for 3 hours.
- A  $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  sodium carbonate aqueous solution was added dropwise to 20 mL of the obtained solution, and the amount dropped was measured with the end point when the Tyndall phenomenon was confirmed.



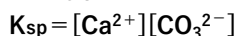
Soak in soft drink  
Soak in saliva and remineralize

## 4. Result and discussion [Result of the experiment]

実験 I	実験 II (唾液なし)				実験 III (唾液あり)			
	回数	平均	最大	最小	回数	平均	回数	平均
20	43.0	46.7	40.2		10	41.7	10	29.3
							5	309.8
							5	396.4

Table 1. Average number of experiments and dropping amount in each experiment [mL]

## [Solubility product of calcium carbonate]



$$K_{sp} = 2.17 \times 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \text{ (25°C)}$$

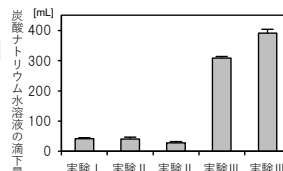


Figure 6. Experimental titration results

## [Elution amount of calcium phosphate]

実験 II (唾液なし)		実験 III (唾液あり)	
無糖 (5.23g)	有糖 (5.71g)	無糖 (1.54g)	有糖 (1.92g)
$1.25 \times 10^{-4}$	$1.14 \times 10^{-4}$	$4.82 \times 10^{-4}$	$6.01 \times 10^{-4}$

Table 2. Mass of eluted calcium phosphate [g]

## [Consideration]

Since the size (mass) of the teeth used was different, the relationship between soft drinks and decalcification was examined by comparing the amount of elution from 1 g of teeth.

実験 II (唾液なし)		実験 III (唾液あり)	
無糖 (1.00g)	有糖 (1.00g)	無糖 (1.00g)	有糖 (1.00g)
$2.40 \times 10^{-5}$	$2.00 \times 10^{-5}$	$3.14 \times 10^{-4}$	$3.13 \times 10^{-4}$

Table 3. Elution amount of calcium phosphate from 1 g of tooth [g]

**Carbonated(Sugar-free) with saliva ≧ Carbonated(with sugar) with saliva > Carbonated(Sugar-free) > Carbonated(with sugar)**

The use of saliva resulted in an increase in the amount of calcium phosphate eluted.

Saliva contains many minerals in addition to digestive enzymes, and has the function of promoting remineralization. However, since it also contains many bacteria (such as dental cavities), decalcification may proceed rather than remineralization depending on the condition of saliva. In this experiment, when the teeth were immersed in saliva, the temperature of saliva was lower than that of the oral environment and the pH of saliva was 7.49, which was almost neutral. Therefore, the carbonic acid attached to the teeth was sufficiently neutralized. We think it is possible that remineralization did not proceed because it could not be done. It is also possible that saliva was mixed into the soft drink due to insufficient cleaning, and the protein contained in the saliva made it easier for the Tyndall phenomenon to occur. Since the pH of saliva was almost neutral, it is unlikely that saliva itself promoted decalcification.

## 5. Conclusion and future prospects

### [Conclusion]

- Using the Tyndall phenomenon, the solubility product of calcium carbonate could be defined as  $2.17 \times 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ .
- Since the detailed conditions for saliva to cause remineralization could not be investigated, there were insufficient points as experimental conditions. We will improve it in the future.
- Since the pH of saliva was almost neutral, it is said that saliva itself promotes the decalcification of teeth.

### [Future prospects]

- Thorough cleaning of teeth eliminates saliva contamination in soft drinks.
- Investigate the conditions of remineralization and conduct additional experiments under conditions close to the oral environment.
- Increase the number of experiments and reduce the error.

## 6. References

- 厚生労働省(2017).平成 28 年歯科疾患実態調査結果の概要.https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/ 62-28-02.pdf. 2021 年 1 月 22 日
- Let's8020. 永久歯のう蝕有病状況. https://www.8020zaidan.or.jp/databank/doc/g2.html. 2021 年 1 月 25 日
- 株式会社サンギ オーラルベディア,再石灰化.https://www.apagard.com/oralpedia/basic/details/Vcms4\_00000091.html. 2021 年 1 月 14 日
- 甲原玄秋,堀江弘(2001).清涼飲料水が及ぼす歯の脱灰作用. https://ci.nii.ac.jp/naid/1100046643 74/. 2020 年 6 月 4 日
- 第 41 回全国高等学校総合文化祭みやぎ総文(2017).『チンダル現象を利用した水酸化物の溶解度積測定とその応用』. 兵庫県立柏原高等学校 理科部
- 自然科学研究機構国立天文台編.『理科年表 2020』. 丸善出版
- 高橋信博ほか(2018).『第 3 章 骨と歯の進化と形づくりの分子メカニズム』.早川太郎, 須田立雄/監修「口腔生化学 第 6 版」. 医歯薬出版株式会社

# The effect of sugar on the retention of other substances

Kochi Ozu High School Drade12 Kota Takahashi, Kazumi Kakemizu, Sagara Takuma, Rikuto Osaki

## Background

We found that NaCl precipitates when alcohol is added to a saturated NaCl solution.

In a previous study, we found that the addition of sugar reduced the solubility of  $\text{CuSO}_4$  and that disaccharides had a greater effect than monosaccharides.

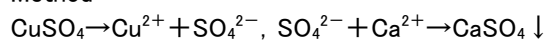
## Objective

① If we change the electrolyte solution to be added for precipitation generation to another one and change the precipitate, can we still obtain the same results as in the previous study?

② Is it possible to obtain the same results as in the previous study when sugar is added to ①? In addition, when comparing monosaccharides and disaccharides Can we obtain the same results as in the previous study?

③ From the results of ① and ②, the effect of sugar on solubility will be discussed and clarified.

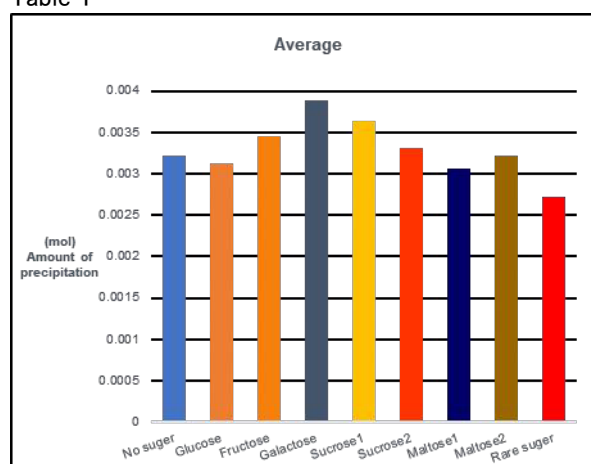
## Method



Dissolve the mixture of  $\text{CuSO}_4$  and sugar while heating and cool to room temperature. Take out 2.5 ml of the supernatant liquid and add a sufficient amount of  $\text{CaCl}_2$  aqueous solution to produce  $\text{CaSO}_4$ . Suction-filter the precipitate produced, dry it, and measure its mass. Compare with the previous result.

## Results and Discussion

Table 1



The effect of the number of hydroxy groups on solubility could not be looked out.

Results and discussion.

(Our results differ previous experiment.)

Our previous results showed that monosaccharides had less solubility than disaccharides, but we were unable to see a significant difference based on the type of sugar. So, we could not find the effect of the number of hydroxy groups on solubility.

## Future outlook

We couldn't clarify our hypothesis based on these results. Because we didn't use silica gel and the number of trials was few. Therefore, it was not possible to obtain the absolute value of the experimental results. Since silica gel can be completely tried, we would like to increase the number of trials for a clear value.

## Hypothesis

Disaccharides reduce solubility more readily than monosaccharides.

The way of the solubility changes is determined by the number of hydroxy groups

## Equipment

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Completely dissolved in water) 3.8g

$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  1.2g

$\text{H}_2\text{O}$  10mL

Sugar (monosaccharide:0.008mol, disaccharide:0.004mol) 1.44g

## Experiment



Figure 1



Figure 2

## References

近畿大学理工会学生会化学研究会 (2008) アルコールの添加による溶解度の変動 <http://www.chem.kindai.ac.jp/kaken/study/08stdata/08st12.html> 2018年6月14日.

・実教出版株式会社

『三訂版サイエンスビュー化学総合資料』実教出版 初版 2005年

・スーパーサイエンスハイスクール研究開発 平成31年度 理数科課題研究論文集 高知県立高知小津高校

・<https://cdn-ak.f.st-hatena.com/images/fotolife/O/Okashisan/20170501/20170501095532.png> (2021/07/19)

# Natural Yeast

## ~Growing and Utilizing Yeast from Plants in Kochi~

Kochi Ozu High School (Science and Mathematics Course) Grade12 Toa Takata, Yusei Nakazawa, Kento Nisiuchi, Yuto Maeda

### Motive

We became interested in fermented foods and found out that yeast was found in various plants. We found this interesting and decided to focus on yeast. As we researched yeast, we found out that it is not clear where yeast is obtained from. This led us to think that there is a lot of undiscovered yeast that could be used for something.

### What is yeast?

- Cell size 5 to 10  $\mu$ m
- A unicellular fungus that ferments sugar into ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).
- A eukaryotic organism, a member of the mold and mushroom family. Most yeast belongs to the class of mycobacteria.

- (1) Is the size of the cell 5-10  $\mu$ m?
- (2) Is the cell round and does it resemble the shape of yeast?
- (3) Is gas (CO<sub>2</sub>) is generated or not?

The fermentation capacity of the yeast is checked by the production of gas. Some yeast does not have a fermentation capacity, but the yeast we are looking for has a high fermentation capacity that can be used for bread.

### Research Question

- Can we find and utilize yeast from various plants?
- Does the nature and shape of yeast change depending on the environment?

### Events to be clarified

From what plants can yeast be obtained and can it be used for baking?

### Sample collection · culture and of isolation of bacteria

【Take】 We collected flowers and leaves of plants at Kochi Ozu High School and Josei Park.

【Culture】 \*<sub>1</sub>YPD medium was used to culture the collected samples in test tubes. The cultures were incubated at about 25°C for 2-3 days.

【Isolation】 Isolation is the process of extracting a single colony. The culture was rubbed onto \*<sub>2</sub>PDA medium using a platinum ear and left at 25°C for 2-3 days to isolate.

- \*<sub>1</sub>. Medium (liquid) made from yeast extract, peptone, and dextrose
- \*<sub>2</sub>.Medium (solid) made from agar, potato extract, glucose

### Microscopic observation

Plants (Ozu High School)			
Ginkgo	×	Fragrant olive	×
Japanese apricot	×	Yoshino cherry	×
Juniperus chinensis	×	Camellia	×
Fragrant olive	×	Sciadopity	×
Round leaf holly	×	Japanese maple	×
Tea plant	×	Azalea	×
Chinese tallow tree	×	Firethorn	×
Threadleaf false cypress	○	Pine tree	○
Formosan sweetgum	○	Cycad	○
Lily magnolia	×	Cherry blossom	×
Japanese maple	○		

The isolated single colonies were observed under 400x microscope. The results were as shown in the table.

Plants (Josei Park)			
Ginkgo	×	Zelkova	×
Japanese maple	○	Fragrant olive	×
Ring-cupped oak	×	Red pine	○
Castanopsis	×	Camellia	×
Bayberry	×	Weeping fern	×
Camphor tree	×	Black pine	○
Ubame oak	○	Kousa dogwood	×
Chinese quince	×	Moso bamboo	×
Dandelion	×		

### Baking

【Materials】 Bread flour, unsalted butter, skim milk, sugar, salt, natural yeast or dry yeast, water,

【Procedure】 Make bread in a bread cooker with the above ingredients.

【Practice】 In order to compare natural yeast and dry yeast, we made bread using the same amount of ingredients and yeast for both types.

【Result】



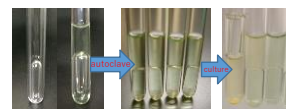
① the whole

② a cross section

### References and cited materials

### Gas generation experiment

An experiment to see if it is suitable for use in bread.



【Procedure】

- 1 In a test tube, place an inverted small test tube and yeast culture medium.
- 2 Autoclave (121°C, 15 minutes). →Remove the air from the small test tube.
- 3 Add the colony suspension of the sample to a test tube and incubate for 2 to 3 days.
- 4 When the gas is generated, a small test tube will rise to the surface.

Plants	gas generation
Dry yeast	○
Dandelion	○
Ubame oak	○
Chinese quince	○
Red pine	○
Kousa dogwood	○
Black pine	○
Pine	×
Moso bamboo	×
Yoshino cherry	×
Cycad	×
Cold camellia	×

【Results】

The fermentation rate of Ubame oak was the fastest and the amount of gas produced was also high.

### Discussion

In bread making, it was found that there was little fermentation of natural yeast compared to dry yeast. The reason for this was thought to be that the fermentation capacity of the natural yeast was insufficient. The low growth speed also suggests that the fermentation capacity was also lower than that of dry yeast.

### Future Research

We will accumulate further experimental data by increasing the number of collection sites and the number of samples that can be collected.  
We will make bread with yeast from other plants that were found to produce gas in the gas generation experiment, and carefully select yeast that can be used for bread.  
We will cultivate tens of grams of yeast and make bread.



# 「Comparison of the number of aphids predated by ladybirds」

Kochi Ozu High School (Science and Mathematics Course) Grade 12

Seiichi Mori, Yuya Tanabe, Taiki Toda

## 《Remarks》



Asian ladybird beetle



Seven-spot ladybird



Propylea japonica



Megoura crassicauda

## 《Background》

We focused on ladybirds used for aphid control, which are a known pest. We wanted to determine which species of ladybird was the most suitable for control. We examined the number of predators and compared them.

## 《Research Aim》

Find out which familiar ladybird species are the most suitable for agricultural use.

## 《Hypothesis》

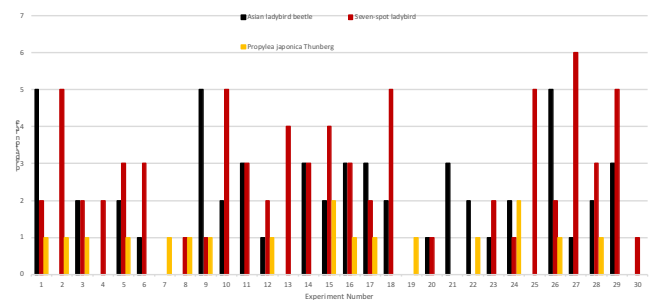
The most active species of ladybirds may have a higher encounter rate with aphids and a higher number of predators than others.

## 《Experiment》

In a petri dish at a temperature of 20-25°C, release 15 Megoura crassicauda and one ladybird that has fasted for one day, and leave for one hour. Next, measure the number of aphids of the same species that have been fed on, and perform each of these processes 30 times and take an average.



## 《Results》



Mean: ●Asian ladybird beetle 1.8  
 ●Seven-spot ladybird 4.9  
 ●Propylea japonica 0.6



Seven-spot ladybird > Asian ladybird beetle  
 > Propylea japonica

## 《Discussion》

The seven-spotted ladybird is relatively active and require a lot of energy, so they prey on a large number of aphids.

## 《Future Research》

- Capture different species of ladybirds
- Match the size of the ladybirds to be used
- Increase the number of experiments
- Measure the physical activity

## 《References》

こうち農業ネット (2012年10月17日) 高知の元気の源高知農業ネット <https://www.nogyo.tosa.pref.kochi.lg.jp/info/dtl.php?ID=3434> 2020年7月2日

農山漁村文化協会 (1998) テントウムシの上手な飼い方 <http://www.ruralnet.or.jp/news/sogoten/1998/tenji/tenji1-053.htm> 2020年7月2日

(2018) 一般社団法人セルズ環境教育デザイン研究所 <https://cells.jp.net/biology/1051> 2020年7月2日

岡本秀俊 市川美恵子 (1973) ナミテントウおよびナナホシテントウの諸形態に及ぼす食物としての異種アブラムシの影響：アブラムシ捕食性テントウムシの食生態に関する実験的研究

<https://ci.nii.ac.jp/naid/110003375118> 2020年7月2日 ※sic

# The Relationship between Memory Inheritance and Light Intensity in Planaria

Kochi Ozu High School (Science and Mathematics Course) Grade 12 Masayuki Shimazu • Gai Kadosawa

## 【Research Aim】

Expose planaria to light for a certain period of time during the learning stage of memory inheritance and investigate how light affects memory inheritance after cutting in half.

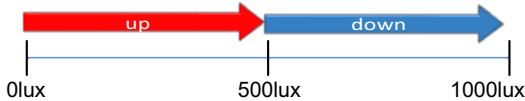
## 【Hypothesis】

Table1		
《Previous research》		
	0~500Lux	501~1000Lux
Effect on life	No effect	Lifespan shortens as it approaches 1000Lux

from the above...

Figure1

《individual that memory inheritance is seen》



## 【Equipment】

- planaria
- petri dish
- saline
- box cutter
- apparatus of power supply
- dimmer box

## 【Experiment】

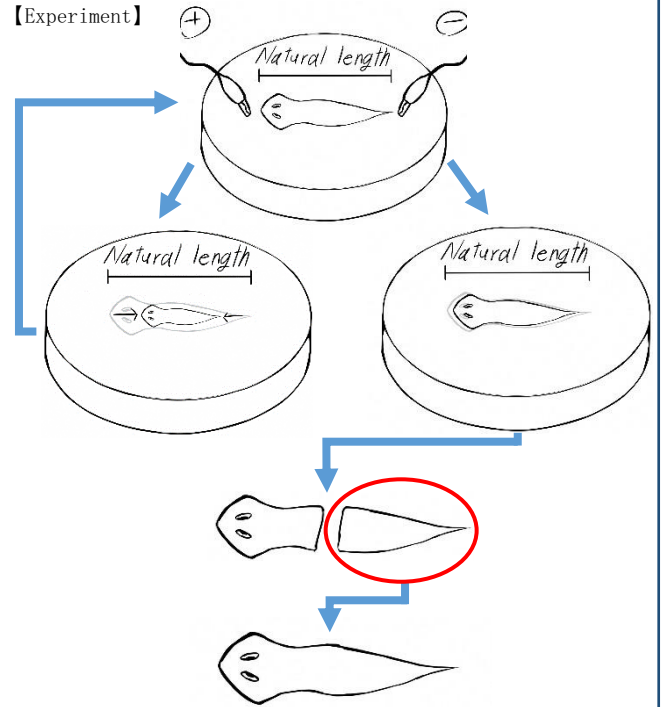


Figure2

## 【Result】

Table2 《Number of individuals with inherited memories》

Brightness animals	0Lux	250Lux	375Lux	500Lux	750Lux
	14	9	14	12	3

《Average number of stimuli before and after amputation to reach habituation》

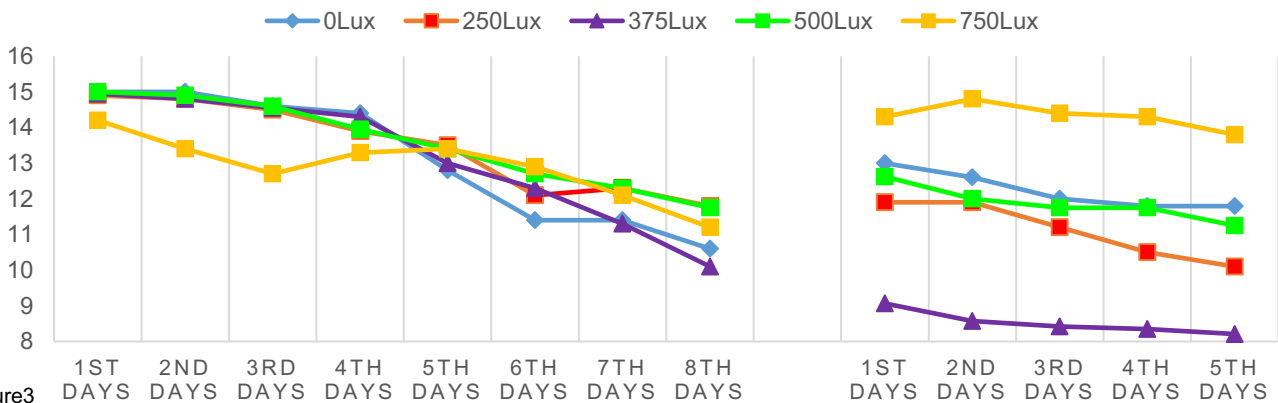


Figure3

## 【Discussion】

- This indicates that the number of individuals showing memory inheritance increases around 375 Lux.
- The graph also shows that the number of stimuli required for adaptation decreases and the ability to retain learning increases at around 375 Lux.

Based on previous studies, we thought that light levels above 500 Lux would interfere with life support and reduce the number of individuals showing memory inheritance.

## 【References】

- 1) 望月裕里 (2017) . 9. 切断後のプランナリアにおける記憶・学習の差. file:///C:/Users/Student/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/DKS100PC/153116. pdf 2020年10月16日
- 2) 小林正直 (2019) . 切断後のプランナリアにおける記憶の持続システム. file:///C:/Users/Student/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/K9X78V53/183016. pdf 2020年10月21日
- 3) 黒田有紀 (2016) . プランナリアの記憶はどこにあるのか? -兵庫県立神戸高等学校 総合理学科2年. file:///C:/Users/Student/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/KF7AQ2D1/%E3%83%97%E3%83%A9%E3%83%8A%E3%83%AA%E3%82%A2%E8%AB%96%E6%96%87. pdf 2020年10月24日
- 4) 井関淳史 (2017) . 光に対し負の走行をもつプランナリア. file:///C:/Users/Student/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/KF7AQ2D1/SG150077-A-16050. pdf 2020年10月30日

Research motive

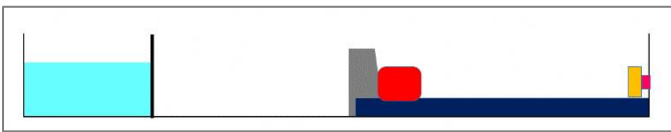
We wanted to reduce the damage caused by the L2 tsunami that occurred in the Nankai Trough earthquake.

Hypothesis

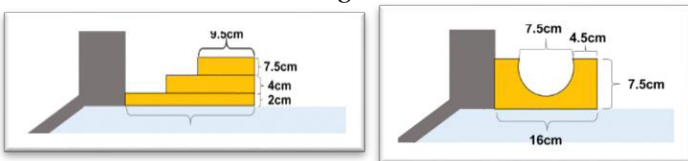
The damage caused by the tsunami could be dampened by adding on extension to the back side of the second breakwater

Experiment

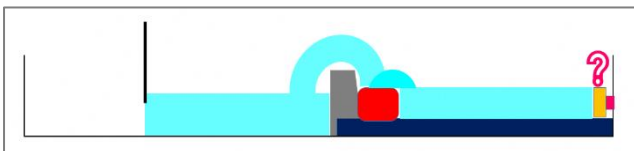
① We installed breakwater model in the experimental water tank and released the stored water (Fig.1)



② Place a staircase shaped breakwater, an inverted staircase shaped breakwater, and a U shaped breakwater behind it (Fig2&3)



③ Release the stored water (Fig.4)



Result

- As a result of applying the wave pressure data to the T-test, a significant difference was observed between the staircase shape and the U shape compared to the basic shape, but no significant difference was observed in the inverted staircase shape. Therefore, compared to the basic shape, the U shape and the staircase shape were able to attenuate the wave pressure.
- Comparing the basic shape with other types of wave velocity, the flow velocity decreased in the order of U shape, inverted staircase shape, and staircase shape.
- The wave pressure of the staircase type did not change from that of the basic type even if the number of steps of the staircase was changed.
- By adding an extension to the back of the breakwater, it was possible to prevent the breakwater from collapsing.

Experimental result table / graph

□ 1 basic shape ■ 2 staircase-shape ■ 3 inverted staircase shape ■ 4 U shape

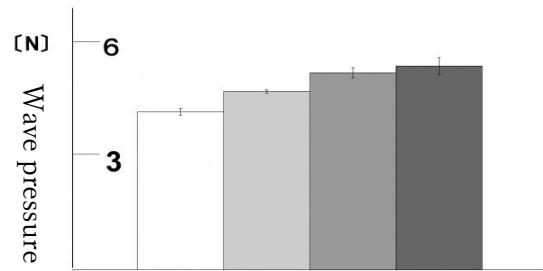


Fig. 5 Graph ① Wave pressure comparison graph

Table 1 Comparison of average wave velocity

	Average velocity
□ 1 basic shape	96.805cm/s
■ 2 staircase-shape	92.850cm/s
■ 3 reverse staircase shape	115.87cm/s
■ 4 U shape	73.421cm/s

Consideration

The wave speed slowed down because the inverted staircase shape and the U shape have a water storage part. The inverted staircase shape is taller than the U shape, so the speed is faster. From the viewpoint of wave pressure and wave speed, the U shape is the most effective for tsunami attenuation

Future task

Consider a shape that can attenuate two factors: decompression of wave pressure and decompression of wave velocity. Since the pressure of the wave, which is a fluid, is measured, the accuracy of the measurement should be improved by increasing the number of experiments. And the shape of the breakwater will be made in consideration of the landscape of the town.

References

Yuji Shimizu (2016). Free statistical analysis software HAD: Introduction of functions and statistical learning / education, proposal of usage in research practice, media / information / Communication Studies, 1,59-73  
March 21, 2021

# Creating traps to catch bluegill fry

Kochi Ozu High School (Science and Mathematics Course) Grade 12

Kosei Yoshinaga, Shunya Hattori, Zen Morita, Daiki Nagata

## 【Purpose】

The purpose of this research is to develop a trap that utilizes phototaxis to efficiently capture exotic fish.

## 【Bluegill】

- Figure from 10cm to 20cm
- Characteristics: tall and flat, black spots behind,
- Feeding habit omnivores



## 【Hypothesis】

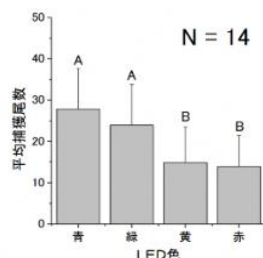
Since the reversal of phototaxis is caused by the intensity of light, we figured we could reduce the stimulation by blinking the light without changing the intensity of the light.

→There are intervals of light at which fish tend to gather.

## 【Previous study】

Capturing exotic fish fry using light traps and conducting preliminary experiments using tanks.

As a result, we found that significantly more fry could be captured with the blue and green LEDs, as shown in the graph below.



[https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan\\_kansi/sikko/u/tokutei\\_keihi/seika\\_h23/suisan\\_ippan/pdf/60100341\\_04.pdf](https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikko/u/tokutei_keihi/seika_h23/suisan_ippan/pdf/60100341_04.pdf)

## 【Full-scale experiments 1】

Preparations : Light traps

Location : 1~2 Ishizuchi Pond 3~6 Pond in Ike Park

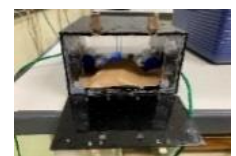
Experiment time : 1~4 30 minutes 5~6 12 hours

Experiment method : Compare the results while changing the lights and experimental methods

Light

Improved and created traps

open-closed style



1	2	3	4	5	6
White LED	Green LED	Green LED	Green LED	Green LED	Green LED
	No flashing	No flashing	With flashing	No flashing	With flashing
0 fish	0 fish	2 fish	2 fish	Light damage on the way	4 fish

## 【Preliminary Experiments】

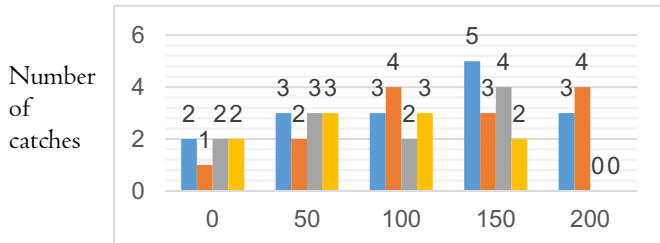
Preparation: 190 killifish, light traps, 90 cm water tanks, shade board.

Experiment time: 30 minutes.

Experimental method: A light trap we made is set in the tank darkening the area around the tank.



Traps used



Results: The experiment was canceled because phototaxis could not be confirmed. We also found some issues with the traps.

## 【Full-scale experiments 2】

Preparations: 120 killifish, light trap, 90cm tank, shade board

Experiment time: 30 minutes

Experimental method: shade the tank with a shade board and submerge the trap with different lights in the tank.

Compare the results with and without flashing lights. Experiment with green and blue light colors.

Green LED

No flashing

1st time 24 fish

2nd time 13 fish

## 【Confirmation of killifish's phototaxis】

Compare the results of traps with blue and green LED lights without blinking and without lights.

LED light blue without blinking 19 fish

LED light green without blinking 24 fish

without LED light 0 fish Phototaxis was confirmed.

## 【Future Research】

We will increase the number of experimental trials using killifish to confirm the results of this study.

We will confirm whether we can capture more bluegill without flashing lights by conducting field experiments and breeding

## Citations and references

1) Hiroyuki Sakano (2011). "Development of Efficient Techniques for Capturing Juvenile Invasive Alien Fish Using Light-Harvesting Traps". Fisheries Research Center

2) Hiroyuki Sakano (2010). "Development of Efficient Techniques for Capturing Juvenile Invasive Alien Fish Using Light-Harvesting Traps". Fisheries Research Center

3) HondaFishing Club. <https://www.honda.co.jp/fishing/picture-book/blue-gill/>. 2020/7/10

4) Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (2007) AgriKnowledge. <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/3010006433>. 2020/10/10

5) Musashino Electric Wave (2008). Musashino Radio's Breadborders. <https://pc.watch.impress.co.jp/docs/2008/1023/musashino015.htm>. 2021/5/23

6) [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kankyo/gairai/pdf/jirei07.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/gairai/pdf/jirei07.pdf). 2021/5/23

# The Generalization of the Monty Hall Problem

Kochi Ozu High School Grade 12 Kotoka Mibu · Aika Okabayashi · Masato Tomita · Syunsuke Nakao

## Research Background

The Monty Hall problem is the probability problem as follows: there are three doors, one of which is the winner and the other two are misses. A challenger chooses one of these three doors. After that, the moderator (who knows which one is the winner) tells the challenger that one of the doors that the challenger did not choose is a miss. At this point, the challenger can choose either the first door or the remaining one. In this case, is the probability of winning different between the case where the challenger chooses another door and the case where the challenger does not choose another door? If so, which one is more likely to win? Also, is there any regularity?

## Purpose and Significance of the Research

Our intuition told us that the probability of winning would be one in two or one in three whether we re-selected or not, but based on mathematical calculations, the probability of winning would be one-third if we did not re-select, and two-thirds if we re-selected. We noticed the difference and found it interesting.

## Research Method

The total number of doors was  $n$ , the number of doors that win was  $m$ , and the number of doors that the moderator told the challenger are misses was  $k$ . The specific values were then calculated using Excel.

## Results and Discussion

Condition  $n \geq k+m+1, n \geq 3, m \geq 1, k \geq 1, n, m, k \in \mathbb{N}$

Probability of winning with different choices

$$P_1 = \left( \frac{1}{n C_m} \times \frac{1}{n-m C_k} \times {}_{n-m} C_k \times {}_{n-1} C_{m-1} \times \frac{m-1}{n-k-1} \right) + \left( \frac{1}{n C_m} \times \frac{1}{n-m-1 C_k} \times {}_{n-m-1} C_k \times {}_{n-1} C_m \times \frac{m}{n-k-1} \right) = \frac{m(m-1)}{n\{n-(k+1)\}} + \frac{m(n-m)}{n\{n-(k+1)\}} = \frac{m(n-1)}{n\{n-(k+1)\}}$$

Probability of winning without changing the choice

$$P_2 = \frac{1}{n C_m} \times \frac{1}{n-m C_k} \times {}_{n-m} C_k \times {}_{n-1} C_{m-1} = \frac{m}{n}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{m(n-1)}{n\{n-(k+1)\}}}{\frac{m}{n}} = \frac{n-1}{n-k-1} > 1$$

Therefore, probability of winning is higher if you change your choice

$$P_1 + P_2 = \frac{m(n-1)}{n\{n-(k+1)\}} + \frac{m}{n} = \frac{m(2n-k-2)}{n(n-k-1)}$$

Now, consider the condition  $p_1 + p_2 = 1$

$n = m + k + a$  ( $a \in \mathbb{N}$ )

$$\text{from } k = n - m - a \quad \frac{m(2n-k-2)}{n(n-k-1)} = \frac{m(n+m+a-2)}{n(m+a-1)} \dots \textcircled{1}$$

$$\text{from } \textcircled{1} \quad m(n+m+a-2) = n(m+a-1) \dots \textcircled{2}$$

$$\text{【 I 】 } a \geq 2 \quad n = m + \frac{m(m-1)}{a-1} \quad \text{From } n = m + k + a \quad k + a = \frac{m(m-1)}{a-1}$$

$$\text{【 II 】 } m < a \quad \text{from } \textcircled{2} \quad m-1 < a-1$$

also  $m < k + a$

$$(m-1) < (k+a)(a-1) \quad \text{therefore unsuitable}$$

$$\text{【 III 】 } m = a \quad \text{from } \textcircled{2} \quad m(m-1) = (k+a)(a-1)$$

$$\text{from } m = a \quad m(m-1) = (k+m)(m-1)$$

$$k(m-1) = 0 \quad \text{therefore unsuitable}$$

$$\text{【 IV 】 } m > a \quad \textcircled{2} \text{ to } m(m-1) = (k+a)(a-1)$$

$$m > a \text{ to } m-1 > a-1$$

$$(k+a)(a-1) = m(m-1) > m(a-1) \text{ to}$$

$$(k+a)(a-1) > m(a-1)$$

$$a-1 > 0 \text{ to } k+a > m$$

$$\text{Therefore } p_1 + p_2 = 1 \leftrightarrow \text{「} m = a = 1 \text{」 and 「} a \geq 2 \text{ and } \frac{m(m-1)}{a-1} = k + a \text{」}$$

$$a=1 \text{ in the case that } \textcircled{1} \text{ to } p_1 + p_2 = \frac{m(n+m+a-2)}{n(m+a-1)} = 1$$

$$a=1 \quad \text{to} \quad \frac{m(n+m+a-2)}{n(m+a-1)} = \frac{n+m-1}{n} = 1$$

$$n+m-1=n \quad \text{therefore } m=1$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{m}{n} \times \frac{n-1}{n-k-1}}{\frac{m}{n}} = \frac{n-1}{n-k-1}$$

$$n = m + k + a \text{ to}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{n-1}{m+a-1}$$

$$a=1 \text{ in the case that } m=1 \text{ to}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = n-1$$

$$a=2 \text{ in the case that } n = m + k + a = m + \frac{m(m-1)}{a-1} \text{ to}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m \left( 1 + \frac{m-1}{a-1} \right) - 1}{m+a-1} = \frac{m-1}{a-1}$$

(Table 1: Substituted a the numbers into Excel and extracted the values that match the condition  $p_1+p_2=1$ .)

n	m	k	a	$p_1$	$p_2$	$p_1 + p_2$	$\frac{p_1}{p_2}$
3	1	1	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	2
4	1	2	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	1	3
9	3	4	2	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	2
16	4	10	2	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	1	3

## Conclusion and Future Prospects

$$p_1 + p_2 = 1 \leftrightarrow \text{「} m = a = 1 \text{」 or 「} m > a \geq 2 \text{ and } \frac{m(m-1)}{a-1} = k + a \text{」}$$

Furthermore  $p_1 + p_2 = 1$  in the case that

$$a = 1, \text{ then } \frac{p_1}{p_2} = n - 1 \quad \text{If } m > a \geq 2, \text{ then } \frac{p_1}{p_2} = \frac{m-1}{a-1}$$

## References

- 1) 難波博之 (2020). 『モンティ・ホール問題とその解説 | 高校数学の美しい物語』 <https://mathtrain.jp/monty>. 2020年6月24日
- 2) 浜田宏 (2016). 『モンティ・ホール問題にかんするノート 1』 . <http://www2.sal.tohoku.ac.jp/~hamada/montyhall3.pdf>. 2020年7月2日





## 課題研究発表に関する活動

分野	研究テーマ	発表会	
物理	ダイラタンシー現象		
	ムペンバ効果について		
化学	フリーズドライ牛乳の実用性に向けた溶解特性に関する研究	第6回高校生国際シンポジウム (オンライン 3/24・25)	中国・四国・九州地区理数科課題研究発表大会 (オンライン 8/8)
	清涼飲料水と脱灰作用 ～唾液の保護効果～	第6回高校生国際シンポジウム (オンライン 3/24・25)	中国・四国・九州地区理数科課題研究発表大会 (論文掲載)
	糖が他の物質の溶解度に与える影響についてⅡ	第6回高校生国際シンポジウム (オンライン 3/24・25)	
生物	天然酵母の研究 ～高知の植物から酵母を育て、活用する～		
	テントウムシ類によるアブラムシの捕食数の比較		
	光刺激とプラナリアの記憶継承との関係	スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会 (神戸市 8/5)	第7回かはく科学研究プレゼンテーション大会 (愛媛 8/8)
地学	防波堤の形状と津波減衰について ～浦戸湾三重防護防波堤を考える～	中国・四国・九州地区理数科課題研究発表大会 (論文掲載)	
環境	ブルーギルの捕獲トラップの作製		
数学	モンティ・ホール問題の研究	中国・四国・九州地区理数科課題研究発表大会 (論文掲載)	

高知小津高等学校 SSH課題研究発表会 7月24日 (高知小津高校)

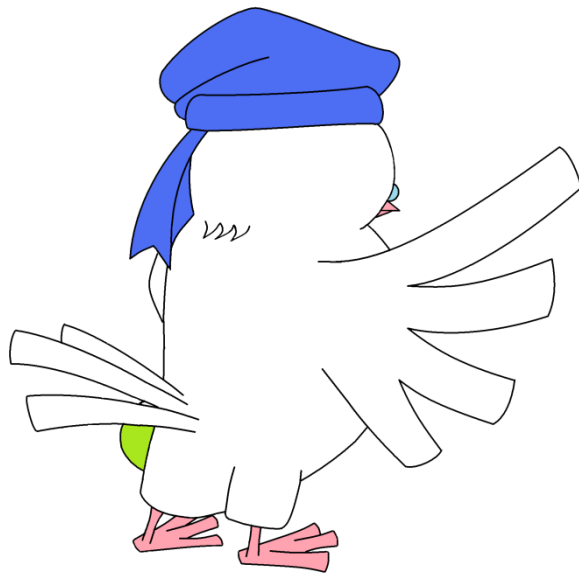
第6回高校生国際シンポジウム(鹿児島県鹿児島市 宝山ホール(鹿児島県文化センター)) R3/3/24・25

第7回中高生のための かはく科学研究プレゼンテーション大会(愛媛県総合科学博物館) R3/8/8

令和3年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会 R3/8/5

令和3年度中国・四国・九州地区理数科高等学校課題研究発表大会(コロナ禍により WEB 発表と論文掲載のみ)





スーパーサイエンスハイスクール研究開発  
令和3年度 理数科課題研究論文集

令和4年2月発行

発行者 高知県立高知小津高等学校  
〒780-0916 高知県高知市城北町1-14  
TEL 088-822-5270 FAX 088-823-6387