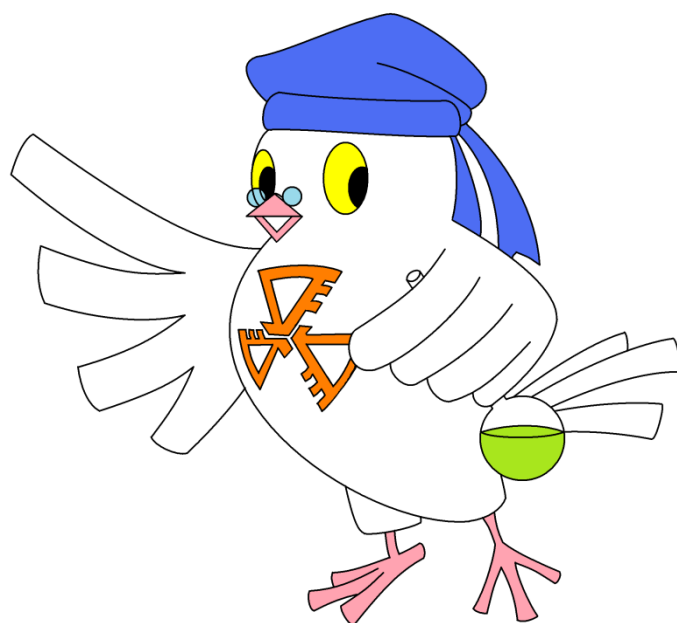


スーパーサイエンスハイスクール研究開発

令和4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
水力発電 ～発電効率の最適条件～	2 ページ
標準変色表のデジタル化	5 ページ
反射光を抑制できるソーラーパネルの形状に関する研究	8 ページ
新規人工甘味料の研究開発	12 ページ
高知県産植物の成分分析	17 ページ
コンポストの研究 ～最も消臭効果がある消臭方法について～	20 ページ
高知県におけるタヌキの遺伝的多様性	23 ページ
植物の老化抑制についての研究	24 ページ
堆積物が波に与える影響	28 ページ
(参考) 課題研究発表に関する活動	30 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、本年度は第Ⅳ期終了後（通算 20 年）の経過措置となっています。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ながらも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。

本校において第Ⅳ期は主題を「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」として取り組んできました。この主題を引継ぎ、経過措置 1 年目である本年度も「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、感染症に関しては落ち着きが見られる部分もありますが、現状においても様々な社会的活動が制限されるなか、AIやIoT、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考えております。

この論文集にまとめられた課題研究は、令和 2 年度の理数科入学生の 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 5 年 3 月

高知県立高知小津高等学校長 濱川 智明

水力発電

～発電効率の最適条件～

中平 莉央, 元吉 朔也, 小松 暉

Abstract

The purpose of this research is to find the conditions that would maximize the efficiency of hydropower generation. This research investigates the relationship between the efficiency of hydropower generation and the number of blades. Our hypothesis was that the number of blades with highest hydropower generation efficiency is between 20 and 30 blades. We compared the efficiency of hydropower generation when the number of blades was 10,20,25,30. We found hydropower generators using neodymium magnets has the highest power generation efficiency when the number of blades is 25. We conclude that the number of blades with the highest power generation efficiency is between 20 and 30 blades.

1 はじめに

我々は自転車などについているハブダイナモを用いた自作の水力発電機で発電し、様々なことに利用したいと考えた。先行研究では発電効率をもっとも良くなる条件が分かっていなかったため発電効率の最適条件を調べたいと考えた。

2 研究の概要

ハブダイナモ水力発電機を自作し、水力発電機の羽の枚数や磁石の種類などを変えて発電効率を計測した。

3 目的

水力発電機の発電効率が最も良くなる最適条件を調べる。

4 ハブダイナモの仕組み

コイルに向かって磁石を動かすと、コイルに誘導起電力が発生して電流が流れる(電磁誘導現象)。また、コイルに回転磁界を加えると、持続的な交流電流が流れる。この現象を利用して発電するのが自転車のダイナモである。

5 仮説

羽の枚数が20枚の時と30枚の時の間で発電効率が最大になる。(先行研究より)

6 方法

(1) 準備物

- ・ストップウォッチ
- ・ソフト(Capstone)
- ・ホース
- ・パソコン
- ・ハブダイナモ水力発電機
- ・メジャー
- ・PAS Port 電圧電流センサー
- ・スタンド

(2) 実験1

- ①ハブダイナモ付きの自転車のホイール(26インチ)に円周に対して羽の間隔が均等になるように穴(50個)をあける。
 - ②水の流量を10秒間あたり約3Lになるように調整する。
 - ③水が羽根に接触する地点から30cm上方にホースを設置する。
 - ④羽根の枚数が10枚,20枚,30枚の時の電力をそれぞれ30秒間、パソコンのCapstoneという計測アプリを用いて電力を計測する。(各10回)
- ※1秒間に位置エネルギーが電力に変わった割合を発電効率とした。



図1 実験の様子

(3) 実験 2

①ハブダイナモ内部の磁石をネオジム磁石に取り換える。

②実験 1 と同様に電力を調べる。



図2 ネオジム磁石に付け替えた様子

(4) 実験 3

①水が羽根に接触する地点から 60 cm 上方にホースを設置する。

②フェライト磁石のハブダイナモとネオジム磁石のハブダイナモの電力を実験 1, 実験 2 と同様に調べる。

(5) 実験 4

①羽の枚数が 20 枚～30 枚の間で発電効率が最大になると考えたので羽を 25 枚にして実験を行う。

7 結果

(1) 実験 1

表 1 実験 1 の結果(各 10 回の平均発電効率)

磁石の種類	羽の枚数	水の高さ	発電効率(%)
フェライト	10枚	30cm	19.8%
	20枚		22.9%
	30枚		23.0%

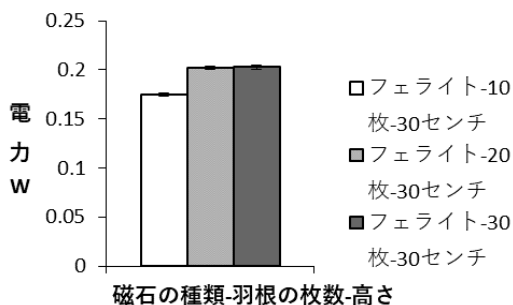


図3 実験 1 での羽の枚数と電力の関係

羽の枚数が 30 枚の時発電効率が最も高かった。羽の枚数が 20 枚の時と 30 枚の時の電力に有意な差はなかった。

(2) 実験 2

表 2 実験 2 の結果(各 10 回の平均発電効率)

磁石の種類	羽の枚数	水の高さ	発電効率(%)
ネオジム	10枚	30cm	10.7%
	20枚		15.0%
	30枚		15.1%

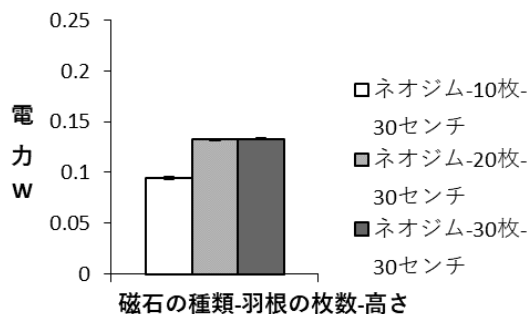


図4 実験 2 での羽の枚数と電力の関係

羽の枚数が 30 枚の時発電効率が最も高かった。羽の枚数が 20 枚の時と 30 枚の時の電力に有意な差はなかった。

(3) 実験 3

表 3 実験 3 の結果(各 10 回の平均発電効率)

磁石の種類	羽の枚数	水の高さ	発電効率(%)
フェライト	10枚	60cm	12.7%
	20枚		12.5%
	30枚		12.3%
ネオジム	10枚	60cm	9.3%
	20枚		12.3%
	30枚		13.0%

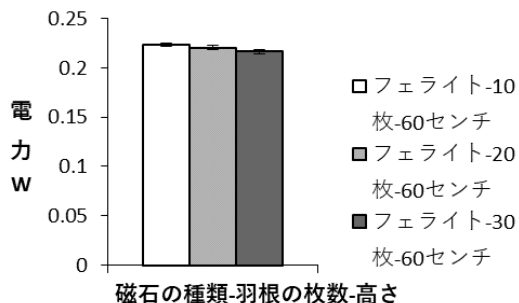


図5 実験 3 での羽の枚数と電力の関係

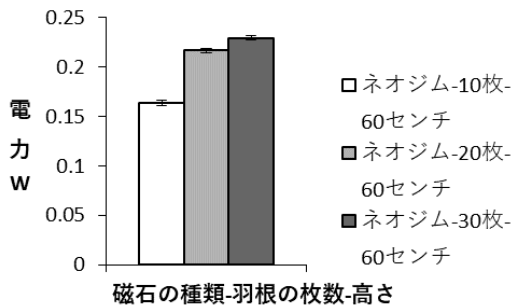


図6 実験3での羽の枚数と電力の関係

フェライト磁石を用いた時は羽の枚数が 10 枚の時発電効率が最も高くなった。羽の枚数が 10 枚、20 枚、30 枚の時の電力に有意な差はなかった。

ネオジム磁石を用いた時は羽の枚数が 30 枚の時発電効率が最も高くなった。羽の枚数が 20 枚の時と 30 枚の時の電力に有意な差はなかった。

(4) 実験 4

表4 実験4の結果(各10回の平均発電効率)

磁石の種類	羽の枚数	水の高さ	発電効率(%)
フェライト	25枚	30cm	23%
ネオジム			23%

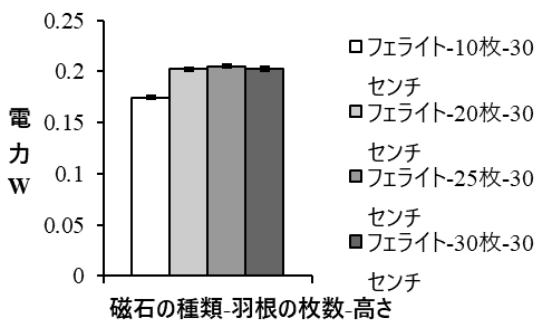


図7 実験4での羽の枚数と電力の関係

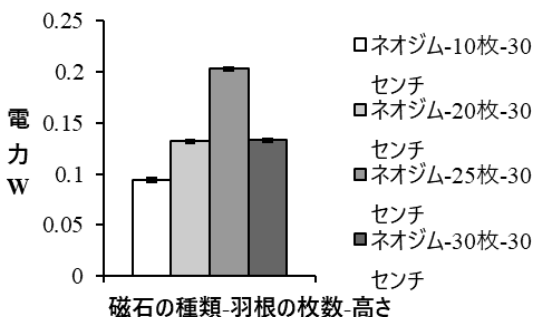


図8 実験4での羽の枚数と電力の関係

フェライト磁石を用いた時は羽の枚数が 20 枚、25 枚、30 枚の時の電力に有意な差はなかった。

ネオジム磁石を用いた時は羽の枚数が 25 枚

の時発電効率が最も高くなった。羽の枚数が 25 枚の時と 20 枚、30 枚の時の電力に有意な差があった。

8 考察

実験2の発電効率が実験1の発電効率より低くなったのはネオジム磁石にはフェライト磁石より回転するときに負荷があり発電機が回転しにくくなったことが原因だと考えた。

実験3で実験1、2より発電効率が低くなったのは、水道から出る水の量にバラつきがあったり、羽に垂直に当たらなかったことが原因と考えられる。

ネオジム磁石では羽の枚数が 25 枚の時、羽の間隔や発電機の重量のバランスが最も良くなり回転しやすくなるので発電効率が最も高くなると考えられる。

ネオジム磁石はフェライト磁石より発電量の上限が高いので羽の枚数別の発電効率に有意な差が表れたが、フェライト磁石は発電量の上限に達したので有意な差が表れなかったと考えられる。

発電効率の最適条件は、ネオジム磁石を用いて羽の枚数を 25 枚にすることで発電効率は最大になると考えた。

9 参考文献

中村昌広 (2012). 『大人の週末工作自分で作るハブダイナモ水力発電』 (株) 総科学出版

TDK (2020). じしゃく忍法帳 第119回 「自転車のハブダイナモと磁石」の <https://www.tdk.com/ja/tech-mag/ninja/119> 2021年5月20日

スーパーサイエンスハイスクール令和2年度理数科課題研究論文集 高知小津高等学校

新電力比較サイト (2020). スマホの充電の電気代はいくら? 消費電力を実測して検証! <https://power-hikaku.info/column/watt/smartphone.php> 2022年3月29日

8 指導者より

水力発電機を自分たちで自作し、電力量の上限を上げるためにハブダイナモの磁石をネオジムに変えるなど、試行錯誤が見られた。検定にかけ、統計的に有意差を検証した点も評価できる。この経験を卒業後の活動に活かしてほしい。

標準変色表のデジタル化

西 皓察, 常川 陽功, 西川 和哉

Abstract

We are puzzled when we use the pH test paper, because the color chart is difficult to tell one color from the other. So we thought we could solve this problem by using a computer. We made a program that judges pH from RGB data and standard color. Standard color means the changed color that the pH test paper shows when dipped into the solution.

As a result, on the pH test paper that we used, we found that they have similarly standard colors while pH 2 and 4, 7 and 10, 12 and 13. It's a surprising fact, because we thought they have a similar color while in the spectrum of pH. It makes it difficult to judge pH and we are trying to solve this problem.

1 はじめに

私たちは、万能pH試験紙(以下試験紙)を溶液に浸し、色見本と見比べたが、試験紙から感じた色に個人差があった。そこで、コンピュータを使えば、この問題を解決できるのではないかと考えた。

2 研究の概要

デジタル画像からRGB値を取得し、pHに対応する基準色を決め、それをもとに別のデジタル画像の色を読み、pH値を返すプログラムを作成して精度を調べた。

3 目的

コンピュータを使い、試験紙で、pHの値誤差±1.0以内での測定を可能にする。人間よりも正確に見分けることを可能にする。

4 プログラムの作成

本実験において作成したプログラムにはメイン言語として JavaScriptを、画像の撮影にはスマートフォンのカメラを用いた。

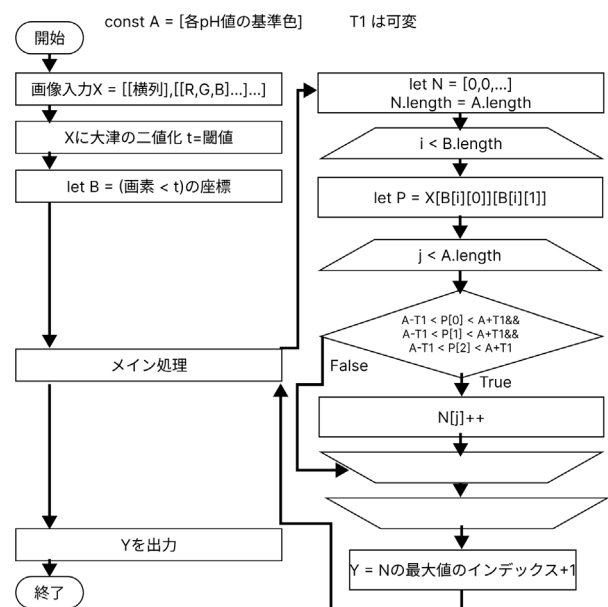


図1 pH値を測定するプログラムのフローチャート

5 実験 I (基準色の決定)

(1) 目的

試験紙を各pHの溶液につけた時の試験紙の変色を調べるために実験 I を行った。

(2) 手法

- ① 特定のpHの溶液 (pH1~13) を、表1の溶液とイオン交換水、pH計を使って作る。
- ② ①で作った溶液に試験紙(Johnson社製)をつける。
- ③ 背景とするコピー用紙の上に試験紙を置き、スマホで撮影する(②、③は25回ずつ行った)

この実験で得られた25枚の写真のうち10枚から試験紙のRGB値を取得し、そのデータの最頻値を各pH値の基準色とした。

表1 実験で使用した溶液

pH	溶液
1	塩酸
2	塩酸
3	塩酸
4	フタル酸
5	フタル酸
6	フタル酸
7	中性リン酸塩
8	ホウ酸塩
9	ホウ酸塩
10	水酸化ナトリウム
11	水酸化ナトリウム
12	水酸化ナトリウム
13	水酸化ナトリウム

6 実験Ⅱ（精度の確認）

(1) 目的

実験Ⅰで求めた基準色と作成したプログラムをpHの測定に用いた際、各pH値における精度を調べるために実験Ⅱを行った。

(2) 手法

- ① 実験Ⅰで得られた25枚の画像から、実験Ⅰで使われなかった画像10枚を選ぶ。
- ② プログラムを使って①で選んだ画像のpHを測定する。(図1参照)
- ③ 正しいpH値を測定できた割合、正答率を計算する。

7 結果

(1) 実験Ⅰ

図2から読み取れるように、pH2とpH4、pH7とpH10、pH12とpH13の基準色は、ほとんど同じであった。

基準色 (RGB)

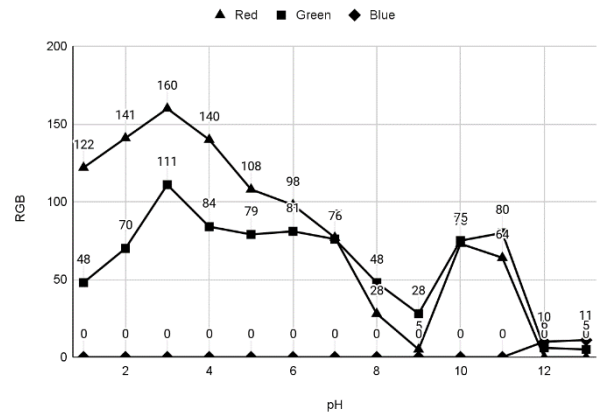


図2 基準色のRGB値

(2) 実験Ⅱ

実験Ⅱの結果は以下の表2のようになった。

表2 実験Ⅱの結果

pH	正答率	pH	正答率
1	90%	8	70%
2	0%	9	80%
3	100%	10	100%
4	70%	11	100%
5	40%	12	100%
6	100%	13	10%
7	100%		

8 考察

今回の実験において、主に正答率が80%未満になったpH値について考察した。

pH2, 4, 13の正答率が低くなってしまった原因は、pH2とpH4、pH12とpH13の基準色が近いためと考えられる。特にpH2においては、被写体に影が重なったことで、pH4に近い基準色になったと考えられる。

pH5の正答率が低くなった原因は、pH5の基準色から一定範囲内にあるRGB値が画像内に存在しないエラーが発生していたことから、pH5の閾値の設定がうまくできていなかったため、判定の正答率が低くなったと考えられる。

pH8の正答率が低くなった原因は不明。

9 まとめ

pHを誤差±1で測ることが目的であったが、研究をすすめるなかで、ある程度離れたpH2つが同じような基準色を持つことがわかった。

10 今後の展望

- (1) コンピュータと人間を比較し、どちらがより正確に見分けることが可能なのかを調べる。
- (2) 違うメーカーの試験紙を使用し、メーカーによる違いはないか調べる。
- (3) 閾値を最適化し、プログラムの判定の精度を高める。
- (4) 影が写りこんだ場合も、判定の精度が低下しないよう対策をする。

11 参考文献

- (1) ndj. “【JavaScript】配列の最大値（最小値）を取得するには reduce を使うのがいいらしい”. Qiita.
<https://qiita.com/ndj/items/82e9c5a4518fe16e539f>
(2020-05-06)
- (2) @ryosuketter. “【図解】1から学ぶ JavaScript の 非同期処理”. Qiita. 2020-12-15
<https://qiita.com/ryosuketter/items/dd467f827c1b93a74d76>
(2022-03-16)
- (3) Individual Mozilla.org contributors. “Array.prototype.push() - JavaScript | MDN”
https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Array/push
(2022-03-16)
- (4) Individual Mozilla.org contributors. “Math - JavaScript”
https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Math
(2022-03-16)

- (5) CodeCamp Co., Ltd. “【JavaScript学習】ImageDataへの画像読み込みと画像処理”
<https://blog.codecamp.jp/programming-javascript-Imagedata>
(2022-03-16)
- (6) s-yoshik “画像をグレースケールに変換する JavaScript + canvas【画像処理】”
2019-04-07
<https://tech-blog.s-yoshiki.com/entry/13>
(2022-03-16)
- (7) KiRAMEX CORPORATION “JavaScriptで配列内の値を加算する方法を現役エンジニアが解説【初心者向け】” 2019-01-26
<https://techacademy.jp/magazine/22328>
(2022-03-16)
- (8) Alexander Mordvintsev & Abid K. “画像を扱う”
http://labs.eecs.tottori-u.ac.jp/sd/Member/oyamada/OpenCV/html/py_tutorials/py_gui/py_image_display/py_image_display.html
(2022-03-16)
- (9) BioTech スマート・ラボ” 画像の色空間の変換【OpenCV】”
<https://biotech-lab.org/articles/10150>
(2022-03-16)

12 謝辞

本研究において協力してくださった先生方、また助言してくださった方々、心よりお礼申し上げます。

13 指導者より

デジタル画像を扱うアイデアがとてもよかった。閾値の設定、必要な画像の切り取りなどのプログラムを考え工夫を凝らしていた。実験は安全に配慮しpH1からpH13まで協力して調べることができ、分かったこともあった。研究内容が新しく、理解されにくいこともあったが、とても高く評価している。進路先でも新たな学びに挑戦して視野を広げて欲しい。

反射光を抑制できるソーラーパネルの形状に関する研究

堀切 美玖, 片岡 裕太, 西岡 宏祐, 吉岡 莉緒

Abstract

The purpose of this research is to find the shape of solar panels that can suppress reflected light. We hypothesized that a wedge shaped arrangement of solar panels would suppress reflected light. First, we conducted an experiment to determine the degree to which light can be suppressed by reflection. Second, we conducted an experiment to investigate the relationship between the installation method and the intensity of the current. Experiments showed that installing wedge shaped solar panels can reduce reflected light and increase power generation efficiency. The optimal angle was 60 degrees.

1 はじめに

近年、再生可能エネルギーとして太陽光発電が注目されている。一方でソーラーパネルが抱える問題もある。例えば、静岡県が行ったアンケートで反射光が課題だと思いと回答した自治体の割合が高いことや、兵庫県姫路市で反射光が原因で訴訟が起こった事例などがある。

これまでもソーラーパネルの表面を加工する対策は行われていたものの、ソーラーパネルの形状を変える対策は行われていなかった。そこでソーラーパネル全体の形状に着目した。

2 仮説

光には、反射を繰り返すと光の強度が弱くなる性質がある。

ソーラーパネルは光が当たると電子が移動し電気が流れる光電効果を利用している。

これらの特徴に着目し、ソーラーパネルをくさび型に配置して光を反射させることで光が当たる回数が増加し、反射光を抑制できると仮説を立てた。

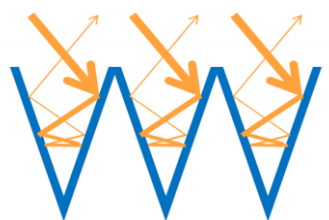


図1 反射のイメージ図

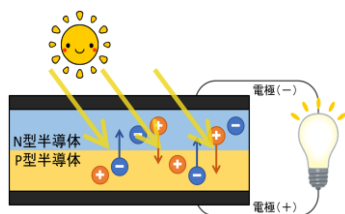


図2 光電効果

3 予備研究

太陽光の反射回数を簡単に求めるために以下の5つの条件を設定し、公式を立てた。

- ・反射面のなす角を X 度、反射回数を n 回、反射 n 回目の入射角を θ_n 度と表す
 - ・反射面は無限に続くものとする
 - ・入射角が $\theta_n < 0 \Rightarrow$ 光は反射後内側に進む
入射角が $\theta_n > 0 \Rightarrow$ 光は反射後外側に進む
 - ・入射角の存在範囲は $-90 < \theta_n < 90$
 - ・反射回数は $\theta_{n+1} \geq 90$ となる最小の n の値
- 以上の5つの条件より $\theta_{n+1} = \theta_n + X$ となった。

これは公差 X の等差数列である。また、入射角と反射角は等しいため、反射面のなす角、反射回数、入射角、反射角の関係を一つの公式によって表すことができたと言える。

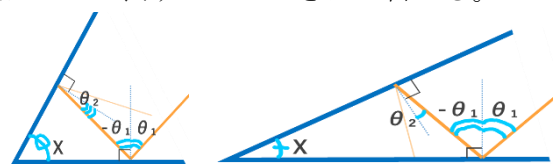


図3 公式のイメージ図

4 目的

私たちは元々、光・ものづくり・エネルギーへの興味を持っており、その中で太陽光発電が抱える課題を知った。そこで本研究では、反射光を抑制できるソーラーパネルの形状を見つけることを目的とした。

私たちは本研究を通して反射光による光害問題の解決、太陽光発電への信頼度向上、それによる脱炭素社会の実現に貢献できると考える。

5 方法

(1) 実験 1

2枚の鏡面のなす角度ごとの反射回数と反射光の強度の関係を調べた。

実験を行うに当たり以下のものを使用した。

- ・ヘリウムネオンレーザ
- ・鏡(14cm×9cm) 2枚
- ・光測定器 (pasco)
- ・三脚
- ・光学定盤
- ・温度計
- ・分度器

ヘリウムネオンレーザから直接出た光と、鏡1枚に反射させた光、鏡2枚のなす角ごと(90°・80°・70°・60°・50°・40°・30°・20°・10°)に反射させた光の反射回数と強度をそれぞれ50回ずつ30秒間、光学定盤の上で測定した。

このとき、レーザから鏡までの距離は78cmで、入射角は45度に設定し、室温20℃で光測定器を三脚に固定して測定した。

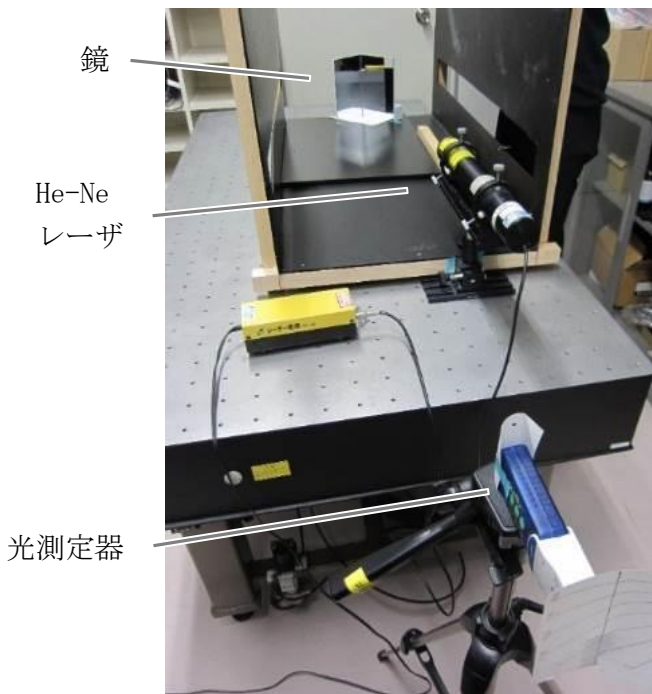


図4 実験の様子

(2) 実験 2

2枚のソーラーパネルのなす角と流れる電流の関係を2つの設置方法を用いて調べた。

実験を行うに当たり以下のものを使用した。

- ・実験用ソーラーパネル 6枚
(48cm×35.5cm×1.7cm)
- ・デジタルマルチメータ
- ・測定、記録ソフト(PC Link7)
- ・アングル、合板
- ・温度計
- ・分度器

① 設置方法 I

2枚のソーラーパネルのうち、片方の面を固定し、ソーラーパネルへの1回目の入射角を統一し、なす角ごと(180°・160°・140°・120°・100°・90°・80°・60°・40°)の発電量を測定した。なす角が鋭角の場合と鈍角の場合で固定面となるソーラーパネルを変えた。固定する面を変えたときの固定面への入射角の差は5.7°であり、この実験では誤差とみなした。



図5, 6 実験の様子

② 設置方法 II

太陽光が2枚のソーラーパネルのなす角の二等分線になるようにパネルを設置し、なす角(①と同じ)ごとの発電量を比較した。この実験の際、パネルを設置する土台の傾きを10°に設定した。これは高知県の大型太陽光発電施設でのソーラーパネルを設置している角度と等しい。

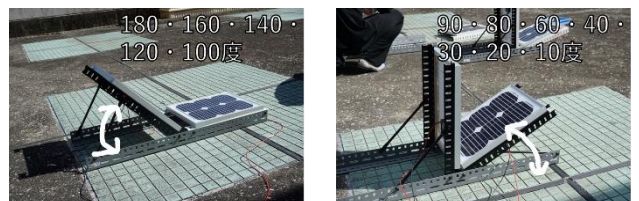


図7, 8 実験の様子

6 結果・考察

(1) 実験 1

それぞれの方法における反射回数と光の強度の関係を以下のグラフに示した(図 9, 10)。

※グラフにおける横軸はそれぞれの方法における反射回数を括弧内表記で示しており、縦軸は光の強度を示している。

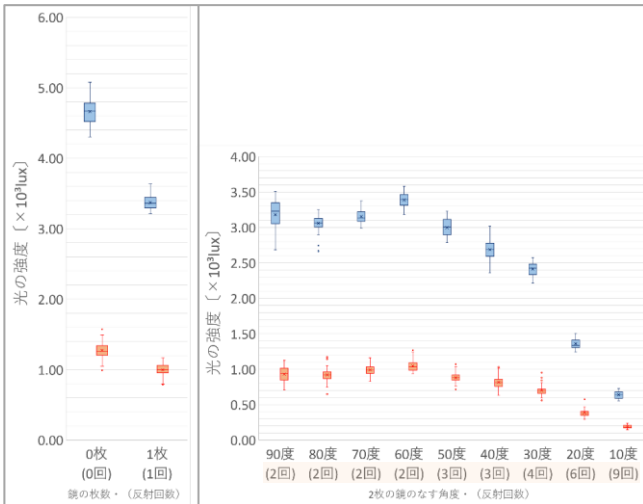


図 9 鏡 0 枚, 鏡 1 枚の反射回数と光の強度

図 10 鏡のなす角ごとの反射回数と光の強度

測定の結果、角度が小さくなるほど、また反射の回数が増加するほど光の強度は低下する傾向にあった。また、反射回数が 4 回・6 回・9 回と急激に増加する 30 度から 10 度では、反射光の強度が急激に低下している。そのため、角度が小さくなるほど、また反射の回数が増加するほど、反射光の強度は低下する傾向にあることが分かった(図 9, 10)。

以上のことより、反射光を抑制するには、角度よりも反射回数が特に重要であると考えられる。

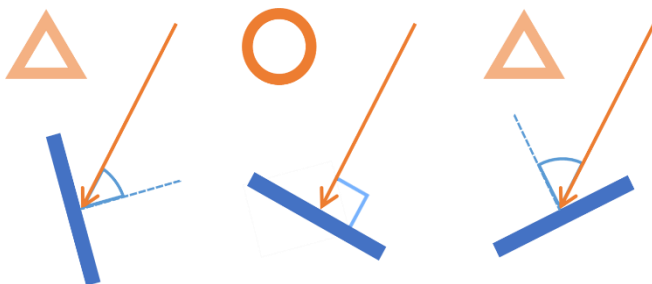


図 13 入射の角度と発電効率の様子イメージ図

(2) 実験 2

それぞれの設置方法におけるなす角と流れた電流を以下のグラフに示した(図 11, 12)。

※グラフにおける横軸はソーラーパネルのなす角を示しており、縦軸は流れた電流を示している。

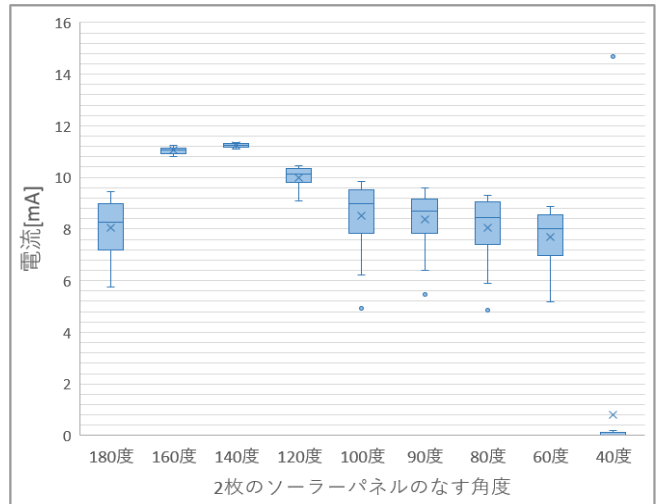


図 11 ソーラーパネル 2 枚のなす角度と電流

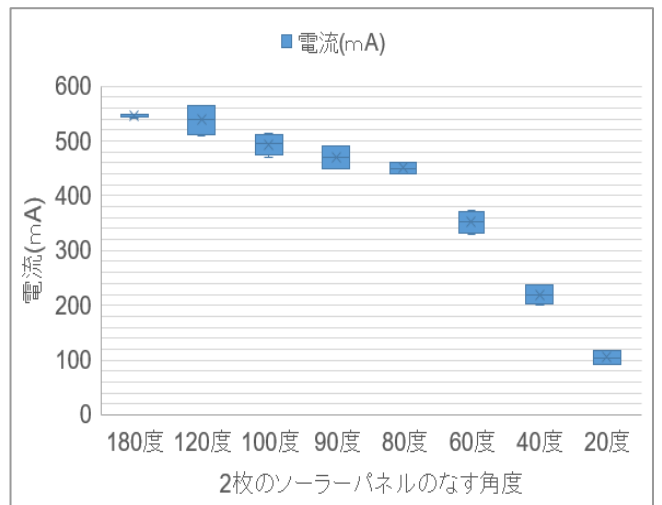


図 12 ソーラーパネル 2 枚のなす角度と電流

入射角を固定する設置方法 I では流れる電流はあまり低下せず(図 11)、太陽光をなす角の二等分線に入射させる設置方法 II では流れる電流が著しく低下していることがわかる(図 12)。

これは太陽光発電の性質が原因と考えられる。太陽光発電は、ソーラーパネルに垂直に太陽光を入射させる(入射角 $\theta = 0$)ほど発電効率がよくなる(図 13)。そのため、太陽光をなす角の二等分線に入射させる設置方法 II では、なす角を縮めていくごとに太陽光とソーラーパネルが平行になっていき、流れる電流が低下したと考えられる。

7 結論・今後の展望

ソーラーパネルをくさび型に配置し、複数回反射させることで反射光を抑制しつつ従来よりも効率よく発電することができることがわかった。しかし、ソーラーパネルの影になると発電効率が悪くなるので影になる部分を最大限に抑えて安全に設置する必要がある。

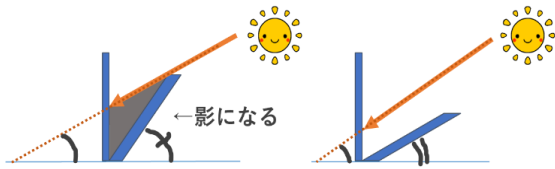


図 14 イメージ図

8 参考文献

- 1) 静岡県広域景観検討協議会 (2018). 平成 29 年度都市と緑・農が共生するまちづくりに関する調査「静岡県における自然景観と調和した太陽光パネルに関する景観誘導施策の検討」.
<https://www.mlit.go.jp/common/001238092.pdf>. 2021 年 5 月 27 日.
- 2) 日経クロステック (xTECH) (2018). 「メガソーラーの反射光で熱中症!？」、姫路訴訟のてん末.
<https://xtech.nikkei.com/dm/atcl/feature/15/302961/051000081/>. 2021 年 5 月 27 日
- 3) 森田桂一 (2021). 「太陽光発電パネルの設置に関する私法上の法的問題：反射光被害、日照権・受光利益」. 『都市在宅学』, No. 114, 57-62.
- 4) 太田健斗 (2020). 「太陽光発電における公害検討の簡易化手法について」. 『近畿地方整備局研究発表会論文集』, Vol. 2020, 17.

9 謝辞

荒川電工株式会社の皆様にはメガソーラー発電所の見学、太陽光発電の情報を提供していただきました。高知工科大学システム工学群の八田章光教授には実験器具の提供、実験方法についての助言を頂きました。高知県立高知小津高校の 3 年 7 H の皆様には実験への協力をして頂きました。本研究に関わってくださった皆様に心から感謝申し上げます。ありがとうございました。

10 指導者より

高知工科大学や荒川電工へ行き、太陽光パネルに関する知識・情報を得ようと自ら行動し、そこで得た学びを研究につなげていた点を評価したい。友人と共に実験道具の製作や測定方法を試行錯誤した結果、くさび型の太陽光パネルと従来型の太陽光パネルの比較ができた。彼らの努力した結果を多くの発表の場で披露でき、様々な能力が身についたと思う。課題研究を通じて得たこと、失敗したことを時に思い出し、卒業後にも繋げて欲しい。

新規人工甘味料の研究開発

河添 結斗, 熊野 ひなみ, 友草 春香, 竹村 光貴, 安岡 樹希

Abstract

Nowadays, research into artificial sweeteners has advanced and they are used in a wide range of foods. Accordingly, some people are concerned about the safety of artificial sweeteners. So, we examined the chemical property of the artificial sweetener called NAA and the toxicity. From the research, because the angle of torsion has changed significantly, we conducted a toxicity test called comet assay. As a result of the test, NAA did not indicate toxicity. Also, from the results of HPLC, the percentage of D-NAA produced was as low as approximately 6%, suggesting that racemization had occurred. In conclusion, these results suggest NAA is safe.

1 はじめに

(1) 研究動機および目的

近年, 幅広い分野の食品に人工甘味料が使用されている^{1), 2)}。一方で, 人工甘味料の有毒性に対する懸念の声も上がっている。例えば, アスパルテームは体内で分解され, メタノールとL-アスパラギン酸, L-フェニルアラニンを生じる³⁾。

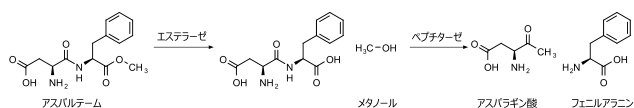


Fig. 1 アスパルテームの代謝

フェニルケトン尿症の患者は, 先天的な酵素の異常によりフェニルアラニンの代謝が阻害され知的障害などを引き起こす可能性がある。また, メタノールは体内でホルムアルデヒドやギ酸となり, 過剰に摂取した場合は失明に至る可能性がある。そのため, アメリカでは健康な成人が1日に摂取できるアスパルテームの量ADI (Acceptable Daily Intake)は, 体重1kgあたり50mgとされている。アメリカの清涼飲料水(330mL)には, 約185mgのアスパルテームが含まれているため, 一般的な成人(体重60kg)であれば, 1日あたり清涼飲料水16杯(5280mL)を摂取してもADIの基準を超えることはない³⁾。しかし, アメリカでは健康被害を訴える事例が報告されている。

2 研究の概要

本校の先行研究において, アスパルテームをアセチル化したN-アセチルアスパルテーム(以下, NAA)の合成・単離に成功している。

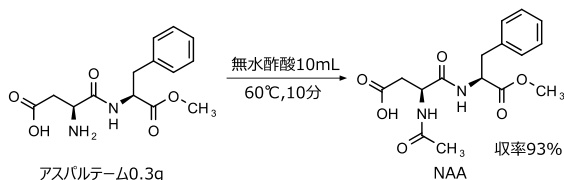


Fig. 2 NAAの合成(先行研究より)

また, MTTアッセイよりNAAの細胞に対する毒性が限りなく低いことも明らかとなっている。しかし, 甘味度の測定については官能検査を行う必要があり, 具体的な測定はできていない^{4), 5)}。

本研究では, NAAについての詳細な化学的性質及び発ガン性を主とした毒性を明らかにする研究に取り組み, 将来的な官能検査の実施を目指す。

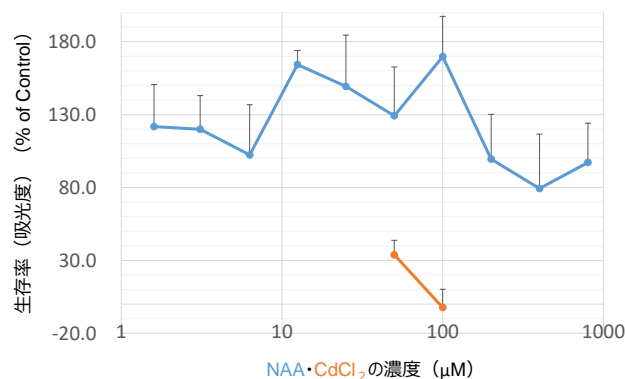


Fig. 3 NAA・CdCl₂のMTTアッセイ(先行研究より)

3 目的

人工甘味料の摂取量には上限が設けられているが, 実際に影響が出るには個人差が見られる。そこで, 甘味度の高い人工甘味料を開発することができれば, 摂取量を減らし人体に及ぼす悪影響を抑制できると考え, 新規人工甘味料の研究開発に取り組んだ。

(1) 実験 I NAAの化学的性質の調査

NAAについては, 標準サンプルの合成方法が報告されているが⁶⁾, 化学的性質については報告が示されていなかったため, NAAの化学的性質について次の①~④の調査を行った。

- ① 外観観察
- ② 融点測定
- ③ pH測定
- ④ 比旋光度測定

- (2) 実験Ⅱ HPLCによるラセミ化の確認
 アスパルテームで甘味を有するのはL体であり、D体には甘味が無く苦みがあるとされている。また、サリドマイドにおいては、D体は睡眠作用をもつが、L体はサリドマイド胎芽症を発症するなどの有毒性がある。
 そのため、NAAについても合成の過程で生じる可能性のあるD体について調査を行った。

- (3) 実験Ⅲ NAAのコメットアッセイ
 NAAの甘味度を測定するための官能検査の実施に向け、発ガン性試験などの実施も必要である。そこで、発ガン性試験の一つであるコメットアッセイに取り組んだ。

4 方法

- (1) 実験Ⅰ NAAの化学的性質の調査

① 外観観察

再結晶法で得られたNAAについて、色や外観などを調べた。

② 融点測定

【実験器具および機器】

- ・パスツールピペット
- ・融点測定用フラスコ
- ・二重管水銀温度計(0~300℃)

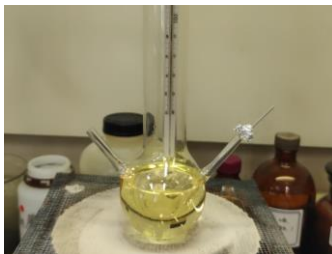
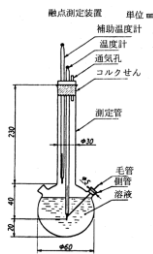


Fig. 4 融点測定⁷⁾

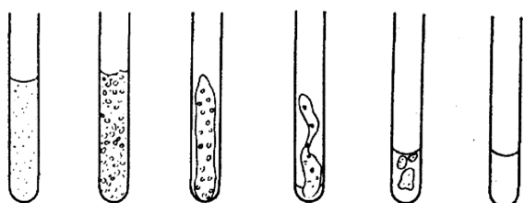


ア 毛細管を作成し、粉末にしたNAAを中に詰めた。

イ 融点測定用フラスコにサラダ油を入れ、毛細管を設置した。

ウ 100℃付近まで温度を上げた後、1分間に1℃上昇する程度に加熱しながら測定を行った。

エ 目視法でFig.6に示す融解終点まで融点測定後、Fig.7に示す補正を行った。



試料 湿潤点 収縮点 崩壊点 液化点 融解終点
 Fig.5 融点段階⁷⁾

$$\Delta T = \frac{(T-T')(T-t)}{6300}$$

- T : 融点測定用温度計の読み
 T' : 加熱浴の液面の位置にある温度計の目盛り(0℃目盛が液面より上にあれば T' は負号となる)
 T : 補正用温度計の読み

Fig.6 温度計の露出部分に対する補正式⁸⁾

③ pH測定

【試薬】

- ・フタル酸塩 pH標準液 pH 4.01(和光純薬)
- ・中性リン酸塩 pH標準液 pH 6.86(和光純薬)

【実験器具および機器】

- ・pH計 pHep5型(HANNA)



Fig.7 使用したpH計

2種類のpH標準液を用いて較正を行い、NAA 8g/L溶液を用いて、pHの測定(27℃)を10回行った。

④ 比旋光度測定

【実験器具および機器】

- ・ポータブル屈折旋光計 RePo-1(ATAGO)
- ・分子モデリングソフトウェア Spartan¹⁶(Wavefunction, Inc)



Fig.8 使用した旋光計

4g/100mLのアスパルテーム溶液と蒸留水で較正を行い、NAA4g/100mL溶液を用いて、比旋光度の測定(27℃)を3回行った。

(2) 実験Ⅱ HPLCによるラセミ化の確認

【試薬】

- ・合成した NAA
- ・NAA 標準サンプル
- ・溶離液 A:0.04% トリフルオロ酢酸水溶液
- ・溶離液 B:0.04% トリフルオロ酢酸水溶液, 90%アセトニトリル水溶液
- ・溶離液 C:0.1 M リン酸緩衝液 pH 7.4
- ・溶離液 D:メタノール

【HPLC 装置】

- ・アジレントテクノロジー製 1260 Infinity クォータナリーポンプおよび多波長 UV 検出器

【分析手順】

逆相 HPLC を用いて、合成した NAA が標準サンプル⁶⁾と同一化合物か確認を行った。その結果、NAA の他に約 9%のアスパルチミドが含まれていることが分かったため、逆相 HPLC による精製を行い、精製した NAA を用いて、ジアステレオマーが分離できる条件で分析を行った。

(3) 実験Ⅲ NAA のコメットアッセイ

【試薬】

- ・Comet Agarose
- ・10M NaOH 【NaOH:20g, 脱イオン水:50mL】
- ・D-PBS (37°C)
- ・1×Lysis Buffer 【NaCl:14.6g, EDTA:20mL, 10×Lysis Buffer:10mL, 脱イオン水:60mL】
- ・アルカリ溶液/泳動 Buffer 【NaOH:12g, EDTA:2.0mL】
- ・70% エタノール 【99.5%エタノール:35mL, 脱イオン水:15mL】
- ・1×Vista Green DNA Dye 【Vista Green DNA Dye10000:1 μL, T.E Buffer:10mL】

【実験器具および機器】

- ・ウォーターバス
- ・3well スライド
- ・マイクロピペット
- ・電気泳動槽
- ・Keyence BZ-X810

【実験手順】

ア Comet Agarose を 37°C のウォーターバスにて 20 分加熱し、3well スライドに 75 μL/well 添加した。その後、4°C で、15 分間静置した。

イ 人急性骨髄球性白血病 HL-60 細胞を含む細胞液 10 μL に Comet Agarose を 100 μL 添加し、75 μL ずつ 3well スライドに重層した。

ウ 重層したスライドを 4°C の暗所にて 15 分静置し、試料 (DMSO, 50 μM-Etoposide, 100 μM-NAA) を 1×Lysis Buffer に浸した後、4°C の暗所で 30 分静置した。その後、

アルカリ溶液に浸し、再び 4°C の暗所で 30 分静置した。

エ 泳動 Buffer を満たした電気泳動槽にセットし、20V (約 200mA) で 20 分電気泳動を行った。スライドを取り出し脱イオン水で洗浄後、70%エタノールに浸し室温で 5 分静置した。

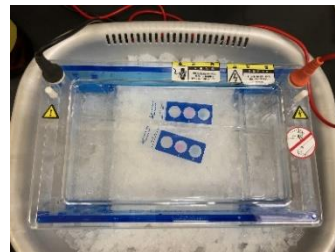


Fig. 9 電気泳動の様子

オ 風乾後、1×Vista Green DNA Dye を 100 μL/well 添加し、アルミホイルで遮光した後、室温で 15 分静置した。これを Keyence BZ-X810 で観察した。

5 結果

(1) Table. 1 にアスパルテームの化学的性質を、Table. 2 に NAA の測定結果を示す。

Table. 1 アスパルテームの化学的性質^{9), 10)}

外観	白色, 結晶性粉末~粉末
融点	246~247 °C
pH(25°C)	4.5~6.0 (8 g/L)
溶解度(25°C)	水: やや溶けやすい
比旋光度 $[\alpha]_D^{20}$	+14.5 ~ +16.5 °

Table. 2 NAA の測定結果

外観	白色, 針状結晶
融点	142~146 °C
pH(27°C)	4.0~4.3 (8 g/L)
溶解度(25°C)	未測定
比旋光度 $[\alpha]_D^{19}$	-4.3 ~ -4.6 °

(2) HPLC カラム: Poroshell 120 EC-C18 (内径 3.0mm×長さ 50mm, アジレント製) 溶離液 C:D =82:18 アイソクラティック, 流速 0.5 mL/min の条件下で分析を行った。

精製後の NAA には、Fig. 10 のように Fig. 11 と比較して少量である 6.1% の D-NAA が含まれていることが明らかとなった。

また、Fig. 12 のように標準サンプルと 1:1 の割合で共注入して溶出位置の確認を行った結果、本校の先行研究で合成した NAA は、標準サンプルと同一化合物であることが確認できた。

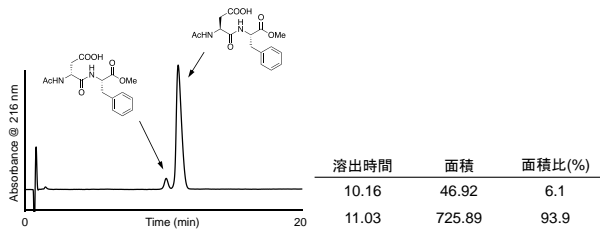


Fig. 10 NAA の HPLC

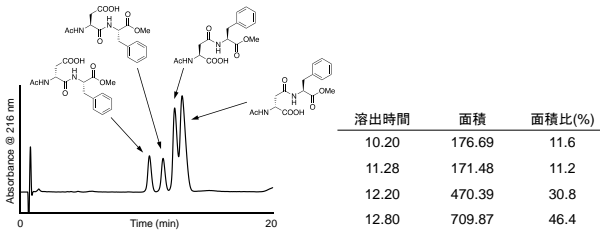


Fig. 11 標準サンプル⁶⁾の HPLC

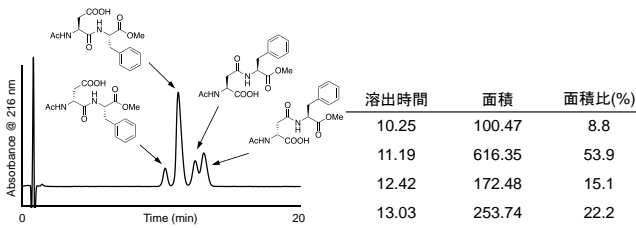


Fig. 12 共注入による HPLC

- (3) 実験結果を Fig. 13~16 に示している。左側が蛍光の様子、右側が実際の細胞の様子である。ネガティブコントロールである DMSO と同じように、NAA においても DNA の破壊が見られなかった。

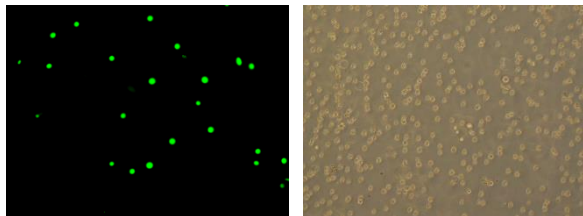


Fig. 13 DMSO 添加

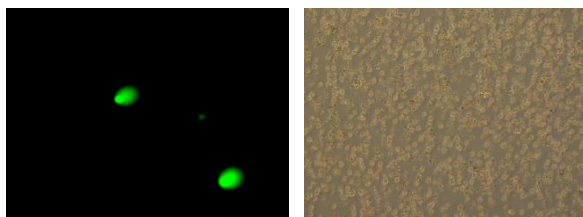


Fig. 14 エトポシド添加

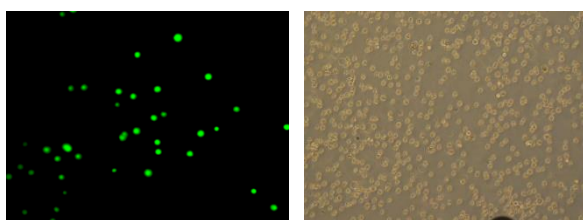


Fig. 15 アスパルテーム添加

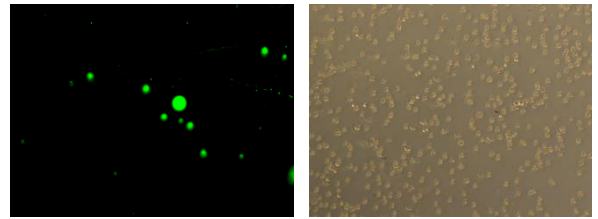


Fig. 16 NAA 添加

6 考察

- (1) NAAの融点は、アスパルテームの融点と比較して100℃ほど低下していた。Fig. 17, 18 (分子モデリングソフトウェアSpartan' 16およびAvogadroによるシミュレーション結果)で示すように、立体構造のねじれ角が変化し球状に近づいたことや、アミノ基がアセチル基に変化したことで-NH基周辺の電荷密度が低下し、分子間の水素結合が形成されにくくなった可能性が考えられる。また、比旋光度が右旋性から左旋性になっていることからラセミ化が起きた可能性についても検討した。

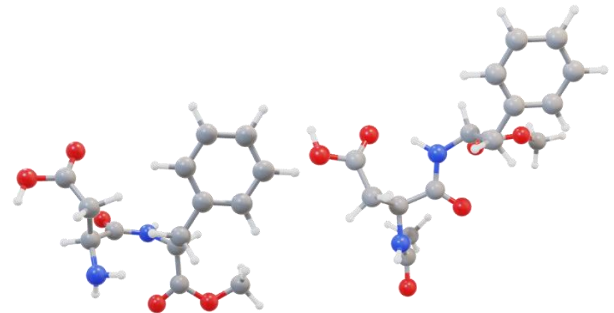


Fig. 17 L-NAA と D-NAA の構造予測

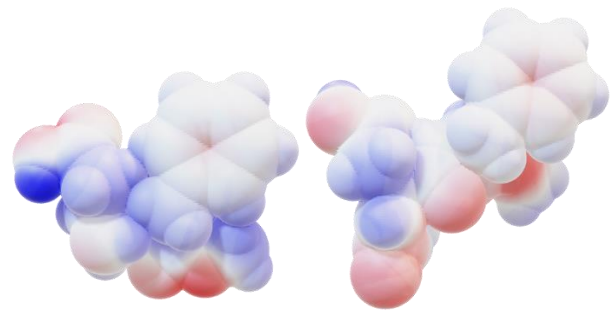


Fig. 18 L-NAA と D-NAA の電荷予測

- (2) 精製後の NAA には、6.1%の D-NAA が含まれていることが明らかとなった。また、標準サンプルと 1:1 の割合で共注入して溶出位置の確認を行った結果、本校の先行研究で合成した NAA は、標準サンプルと同一化合物であることが確認できた。この時確認されたラセミ化は NAA の単離または合成の際の加熱が原因だと考えられる。

- (3) ネガティブコントロールである DMSO と同じように、NAA においても DNA の破壊が見られなかった事から、NAA の発ガン性は低いと考えられる。しかし、D 体は全体の 6%程度と、少量しか含まれていないため単離ができていない。そのため、D 体の安全性については明らかにすることができなかった。今後は、D 体の単離に取り組み、さらなる調査を進める必要がある。

7 参考文献

- 1) 山田貢(1985). 「アスパルテーム」. 日本料理科学会『料理の科学』. 第 18 巻, 第 1 号, 28-33.
- 2) 公益財団法人日本食品化学研究振興財団(2021). 「指定添加物リスト(規則別表第 1)」.
- 3) 日本コカ・コーラ株式会社(2020). 「アスパルテームについて, 医療と栄養の専門家が知っておくべきこと」. https://www.cocacola.co.jp/article/energy-balance_02. 2021年10月21日.
- 4) 前橋健二(2011). 「甘味の基礎知識」. 『日本酒造協会誌』. 第 106 巻, 第 12 号, 818-825.
- 5) 渡辺長男(1974). 「甘味料とその甘味の測定」. 日本分析化学会『分析化学』. 第 23 巻, 第 8 号, 957-961.
- 6) Manoor. V. Anuradha, Bhagavathula. Ravindranath (1997). 「Acylation of Unprotected Amino Acids using Ultrasound」, 『Tetrahedron』, Vol53, No3, 1123-1130.
- 7) 木下良一, 西本右子, 寺本芳彦(1988). 「融点測定における JIS(目視法)と DSC 法の比較」. 『熱測定』第 15 巻, 第 3 号, 143-145.
- 8) 兵庫県立神戸高等学校(2011). 「サイエンス入門 化学 融点測定」.
- 9) 富士フィルム和光純薬株式会社(2022). 「製品規格書」.
- 10) 富士フィルム和光純薬株式会社(2021). 「安全データシート」

8 謝辞

本研究を進めるにあたり, 多くの方々にご指導を賜りました。

高知大学理工学部化学生命理工学科 和泉雅之教授には ¹H-NMR や MS 分析などでの NAA の解析や Zoom での質疑応答, アドバイスなどのご指導を賜りました。また, 徳島文理大学薬学部薬物治療学研究室の皆様には, コメントアッセイでのご助言, 設備面での多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

高知小津高等学校の先生方には多大なご指導, ご助言頂きました。感謝申し上げます。

9 指導者より

アスパルテームという人工甘味料に着目し, 高校生で合成研究に取り組んだ意味は大きかった。自分たちの研究と社会のつながりについても考えながら研究活動を行うことで, 研究者として必要な素養を磨くことにもつながったのではないかと。今後も基礎研究の重要性や化学の楽しさについて学び続けてほしい。

高知県産植物の成分分析

片岡 留空, 中山 華望, 井上 拓海, 西村 竜弥

Abstract

We studied α -Amylase of plants in Kochi in order to support Kochi's health issues by finding new value in them. Our method was First, to collect extracts from Kochi plants. Second, to mix the solutions and react. Third, to color using iodine solution. Fourth, to measure the absorbance with a spectrophotometer. Fifth, to find the inhibition rate. Among these, Itadori showed the value that is considered good for diabetes. Other plants showed the value that promotes the function of α -Amylase or it won't have any effect on diabetes. The results for Itadori show it can be used as a good food to help diabetes, for example, by using it to make tea.

1 背景

世界の糖尿病有病者数の推定値と推移によると、2000年から2021年までの約20年間で3.6倍に増加し、今後も増え続けると予想されている。令和元年国民健康・栄養調査結果の概要からは、年齢別の糖尿病が強く疑われるものの割合は男性、女性ともに年齢を重ねるごとに増加しており、特に70歳以上が最も高くなっている。糖尿病は運動能力や内臓機能の低下した高齢者によく見られるため、高齢化率の高い高知県は、糖尿病患者増加のリスクがより高いと考えられる。

世界の糖尿病人口は増え続けている
世界の糖尿病有病者の推定値と推移(20~79歳)
単位: 億人

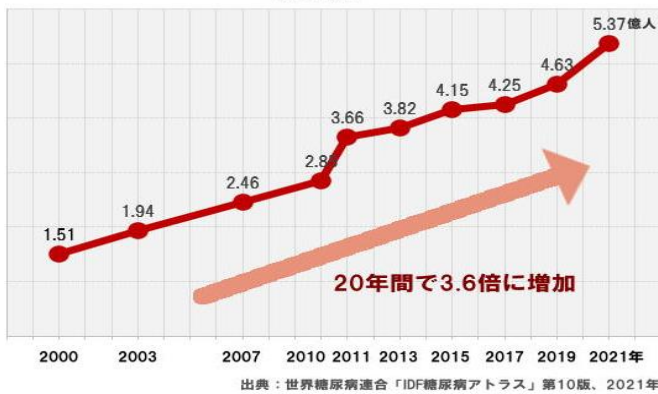


図1. 世界の糖尿病有病者数の推定値と推移(20歳から79歳)
糖尿病ネットワーク(2021年12月9日)より

図24 「糖尿病が強く疑われる者の割合(20歳以上、性・年齢階級別)

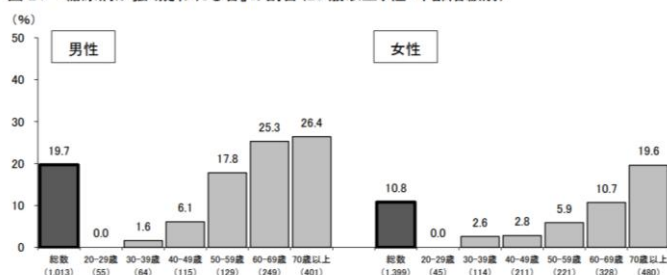


図2. 令和元年国民健康・栄養調査結果の概要より

2 目的

糖尿病の予防・改善は、糖を分解する酵素を阻害することで実現できると考え、唾液や肝臓にある α -アミラーゼに着目した。 α -アミラーゼは体の中に摂取した多糖類を体内に吸収しやすい形に分解するはたらきを持ち、このはたらきを阻害することでデンプンが体内で分解・吸収されず、そのまま体外に排出され、糖尿病の予防・改善に直接的に作用ができると考えた。

また、 α -アミラーゼのはたらきを阻害する成分を全国的には知られていない、または食用とされていない高知県産植物(ミョウガ、リュウキュウ、イタドリ)から見つけることで新たな付加価値をつけ、高知県産植物の消費拡大に貢献できると考え、これを目的とした。



図3. イタドリ



図4. リュウキュウ



図5. ミョウガ

3 方法

(1) 抽出液の採取

ミョウガは赤い部分と白い部分で α -アミラーゼのはたらきを阻害する成分の有無が異なる可能性があるため、赤い部分と白い部分の2つに分けて抽出を行った。

① ミョウガの赤い部分と白い部分、リュウキュウ、生のイタドリ、塩漬けたイタドリを細かく切り 70℃で 12 時間乾燥させた。

② 乾燥させた植物をミキサーで粉末状にし、0.5g に対して 10 倍の水で溶かしたあと、ドライバス・インキュベーターを用いて 90℃で 1 時間抽出した。

③ 遠心分離機に 3000 回転で 10 分かけ、液体部分と固体部分に分離させる。また、分離しきれなかった部分は吸引ろ過を利用して抽出液を採取する。



図 6. 遠心分離の様子

(2) 阻害率の測定

α -アミラーゼ阻害の測定はヨウ素デンプン反応を利用して行った。

ブタ膵臓 α -アミラーゼを水に溶かしたものを酵素溶液として実験を行った。

① 遠沈管に抽出液 150 μ L, 0.2%可溶性デンプン溶液 150 μ L, リン酸緩衝液 (pH6.9) 150 μ L, 酵素溶液 150 μ L を加えて 37℃10 分間反応させた。0.5mol/L 酢酸 1500 μ L で反応停止後、0.15%ヨウ素-1.5%ヨウ化カリウム水溶液 1950 μ L を加え、残存するデンプンをヨウ素ヨウ化カリウム水溶液で呈色する。

② 分光光度計で波長 700nm の吸光度を測定した。



図 7. 呈色後の様子 (ミョウガ)

③ 阻害率は以下の式にて算出した。

$$100 - \frac{\text{Inhibition}(\%) = \frac{\text{Sample} - \text{Blank}}{\text{Control} - \text{Blank}'} \times 100$$

Sample:抽出液を加えた場合の吸光度

Control:抽出液の代わりに水を加えた場合の吸光度

Blank:あらかじめ Sample に反応停止液を加えてから反応させた場合の吸光度

Blank':あらかじめ Control に反応停止液を加えてから反応させた場合の吸光度

4 結果

表 1 : 実験より得た阻害率

抽出液	1 回目	2 回目	3 回目	平均
ミョウガ (赤)	-3.3	-24.8	-18.5	-15.5
ミョウガ (白)	-9.9	-23.2	-27.3	-14.4
リュウキュウ	-40.2	-3.3	0.3	-14.4
イタドリ (生)	98.2	93.5	96.0	95.9
イタドリ (塩漬け)	1.8	2.1	6.6	3.5

(%)

表 1 より、ミョウガ (赤)、ミョウガ (白)、リュウキュウの阻害率は、負の値を取った。また、生のイタドリの阻害率は非常に高い値を、塩漬けたイタドリは低い値を取った。

5 考察

ミョウガ (赤)、ミョウガ (白)、リュウキュウは、負の値を取ったため、 α -アミラーゼのはたらきを促進していると考えられる。

今回の実験方法は、 α -アミラーゼのはたらきをどのくらい阻害するかを調べる手法であるため、ミョウガ (赤)、ミョウガ (白)、リュウキュウがどの程度 α -アミラーゼのはたらきを促進する作用があるかは調べられていない。

また、生のイタドリは α -アミラーゼのはたらきを阻害し、塩漬けたイタドリは α -アミラーゼ

のはたらきにほとんど影響を及ぼさなかった。このことから、イタドリが持つ α -アミラーゼのはたらきを阻害する成分は塩漬けに加工される過程で失われていると考えられる。

6 展望

塩漬けされてない生のイタドリの茎は、糖の吸収を阻害する成分を持っているため、生のイタドリの茎を乾燥させ、お茶の葉として使用すれば、実験結果と同様の効果が得られ、糖の吸収を阻害する成分を摂取することができる。

また、乾燥させることで、長期保存が可能になり、季節を選ばず糖の吸収を阻害する成分を吸収することができる。

7 参考文献

- (1) 株式会社きれいテストラボ(2018). α -グルコシダーゼ阻害活性評価試験. <https://www.kirei-testing-labo.com/efficacy/detail/a-glucosidase.html>. 2022年6月13日.
- (2) 創新社(1996). 糖尿病ネットワーク. <https://dm-net.co.jp/calendar/chousa>. 2021年3月22日.
- (3) 大内和美 青柳康夫(2010). 「 α -アミラーゼおよび α -グルコシダーゼに対するキノコ抽出物の阻害活性」. 『日本食品科学工学誌』, 57(12), 532-538.
- (4) 創新社(2021). 世界の糖尿病有病者数の推定値と推移(20歳~79歳) 糖尿病ネットワーク. <https://dm-net.co.jp/calendar/2021/036325.php>. 2022年7月22日.
- (5) 厚生労働省(2019). 令和元年「国民健康・栄養調査」の結果. 000351576.pdf. 2021年4月6日.
- (6) 国立学校法人大阪教育大学(2008). 第119章 二糖類. <http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~hiroakio/2008/08ko-119.html>. 2021年5月4日.
- (7) ハートページナビ(2022). 【日本の高齢化率】都道府&世界ランキングや推移で見る高齢者の割合. <https://www.heartpage.jp/contents/magazine/08-00145>. 2022年11月30日.

8 謝辞

本研究を行うにあたり、研究内容について助言をくださった高知大学土佐 FBC 特任教授の富裕孝先生に心より御礼申し上げます。

9 指導者より

高知大学の富先生よりご助言をいただき始まった研究で、専門の機器を使用するためその使用方法を理解することや、その機器から得られるデータの持つ意味などの理解に時間を要した。実際に実験に取り組んでも、助言通りに実験を進めることができず、常に実験方法が正しいのか、得られたデータから何が分かるのかを考える時間の方が多かったように思う。それでも、最後まで粘り強く取り組み、一つの結論を出すことができたことは大きな成果だと言える。大学で行う研究の一端を経験することができ、大学に行って何をすることが明確にイメージできるようになった。進む道は違って、時間を費やして一つのことを考え抜いた経験は必ず生かされるため、高校卒業後もこの経験を大切にしてもらいたい。

コンポストの研究

～最も消臭効果がある消臭方法について～

大西 昂樹, 松丸 碧, 竹内 智哉, 下元 太央

Abstract

Compost is one of the important things handed down from generation to generation in Japan. It's a useful thing but it has a big problem, which is smell. The purpose of this experiment is to find the best way to deodorize the odor that occurs from the compost. We hypothesized that chemical deodorization is the best way to deodorize compost. In this experiment, we examined chemical, physical and biological deodorizing methods to confirm which one will be the most effective. The result showed that both chemical and physical deodorizing methods had a significant effect on the odor.

1 はじめに

廃棄食材で肥料をつくれることを知り興味を持った。そこでコンポストについて調べていくと、様々な利点と問題点があることが分かった。その問題点の中でも、悪臭を抑制することに焦点を当てて研究に取り組むことにした。

2 研究の概要

コンポストから発生する悪臭に対して化学的・物理的・生物的の三つの観点から実験を行い、最も効果がある消臭方法について調べた。

3 コンポストとは

コンポストは日本で昔から伝承されてきた大切な知恵の一つとされている。コンポストのはたらきは、生ごみや落ち葉などの有機物を、微生物のはたらきを活用し堆肥化することである。

コンポストには利点がある一方、問題点として虫が湧くことや堆肥ができるまでに時間がかかること、悪臭がきついことなどが挙げられている。

4 消臭方法の説明

消臭方法には、化学的消臭・物理的消臭・生物的消臭などがある。化学的消臭は、悪臭成分を消臭成分と反応させて無臭の成分にする方法である。物理的消臭は、悪臭成分を吸着する物質を用いる方法である。生物的消臭は、生ゴミなどの雑菌の繁殖による悪臭を、微生物を用いて消臭する方法である。

5 方法 I

(1) 準備物

- ・ピートモス
- ・燻炭
- ・牛乳パック
- ・臭気測定器
- ・竹串
- ・スプーン
- ・生ゴミ
- ・お茶殻
- ・コーヒー殻
- ・炭
- ・脱窒素菌

(2) コンポストの作製

- ① 段ボール製の容器を二つ組み合わせる。底の補強のために段ボールを入れる。
- ② 基材（ピートモスと燻炭を3：2の比率で混ぜたもの）を入れる。
- ③ 水を加えながら基材を混ぜる。このとき基材の粉末が立たなくなる程度まで水を加える。
- ④ 基材の中心に穴を掘り生ごみを一日一回500g前後投入する。
- ⑤ 基材と生ゴミを混ぜる。
- ⑥ 虫の侵入を防ぐために防虫ネットを被せる。
- ⑦ ③～⑥を繰り返す。

(3) 実験 I

(1)で説明した方法を段ボールではなく牛乳パックで行う。そこにガーゼを乗せ、その上に基材③を置く。脱窒素菌は加える水に含ませて実験を行う。先行研究により混ぜる回数を増やし空気をより多く取り込ませた方が悪臭を抑えることができると分かったので、混ぜる回数を

二回に増やしたものも行う。この際投入する生ごみの量と種類は統一し、約一カ月間行った。

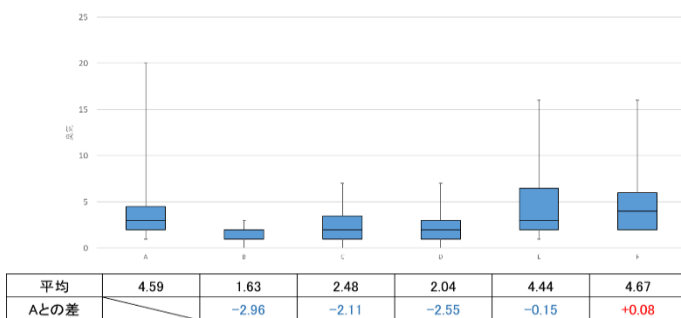
表 1

	コンポストA	コンポストB	コンポストC	コンポストD	コンポストE	コンポストF
基材①	ピートモス					
基材②	燻炭					
基材③		コーヒー殻 (10g)	お茶殻 (10g)	備長炭	脱窒素菌 (5%)(10mℓ)	
混ぜる回数	1回					2回
消臭方法	比較対象	化学的 + 物理的	化学的	物理的	生物的	化学的

(4) 結果 I

縦軸は臭気の高さ、横軸はコンポストの種類を表す。実験 I の結果は平均で比較するとコンポスト B と D が消臭効果が高いことが分かる。コンポスト F が最も消臭効果が低かった。

グラフ 1



6 方法 2

(1) 準備物

- ・ピートモス
- ・燻炭
- ・牛乳パック
- ・臭気測定器
- ・竹串
- ・スプーン
- ・生ゴミ
- ・お茶殻
- ・コーヒー殻
- ・炭
- ・脱窒素菌

(2) 実験 II

方法 1 と同じ方法でコンポストを作り、今回は上に載せずに、基材③をコンポストの中に入れる。実験 II も期間は一カ月間で、加える基材や生ごみも変えずに行う。

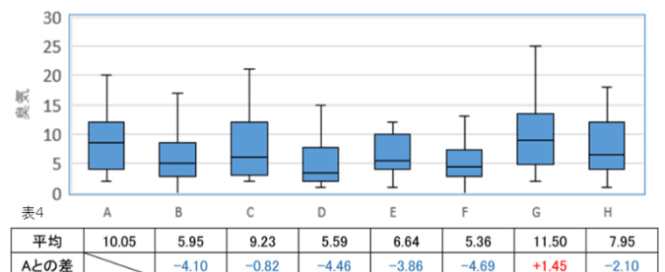
表 2

	コンポストA	コンポストB	コンポストC	コンポストD	コンポストE	コンポストF	コンポストG	コンポストH
基材①	ピートモス							
基材②	燻炭							
基材③		コーヒー殻 (10g)	お茶殻 (10g)	炭	コーヒー殻 お茶殻 (10g)	コーヒー殻 お茶殻 炭	脱窒素菌 (10%)(10mℓ)	脱窒素菌 (5%)(10mℓ)
消臭方法	比較対象	化学的 + 物理的	化学的	物理的	化学的 + 物理的	化学的 + 物理的	生物的	生物的

(3) 結果 II

平均値で比較すると最も消臭効果があったのはコンポスト F、2 番目がコンポスト D、3 番目がコンポスト B であった。コンポスト G が最も消臭効果が見られなかった。

グラフ 2



7 考察

(1) 実験 I

コーヒー殻と炭は消臭に有効であることが分かった。お茶殻は上記の二つに比べると消臭効果が小さいことがわかる。また、脱窒素菌も消臭効果は低いと考えられる。コンポストを混ぜる回数を増やしたものは、基準よりも臭気が高いことが分かる。しかし先行研究によると、混ぜる回数を増やし空気を多く取り込ませた方が臭気の発生を抑えられることが分かっていた。臭気が高くなった原因として、一回目と二回目に混ぜる間隔が三時間程度と短かったことが考えられる。お茶殻は、お茶殻自体のおおいが強いので消臭効果はあるが、お茶殻自体のおおいを測定器が感知したと考えられる。脱窒素菌に消臭効果が見られなかった原因として濃度が低かったことが考えられる。実験 I では、化学的消臭と物理的消臭がコンポストの消臭に有効であることがいえる。

(2) 実験Ⅱ

基材③に三種類を合わせたもの(F)と炭(D)に同等の消臭効果が見られた。また、コーヒー殻単体のもの(B)は、お茶殻と組み合わせたもの(E)より消臭効果が高かった。その原因としてお茶殻自体のにおいが強いことが考えられる。お茶殻とコーヒー殻と炭を混ぜたもの(F)は、三つの消臭効果が合わさったことによって最も消臭効果が高かったと考えられる。脱窒素菌を加えたもの(G, H)は、脱窒素菌の濃度を高くしたほうが消臭効果も高くなると考えていたが、実際はその逆の結果が得られた。しかし、その理由として考えられることがないのでこれから実験を行いそこも突き詰めたい。

(3) まとめ

実験Ⅰと実験Ⅱより化学的消臭と物理的消臭に高い消臭効果が見られたが、実際に家庭でコンポストを作成する際には化学的消臭のほうが簡単に行えるので、化学的消臭が最も効果がある消臭方法と考える。

8 今後の展望

- (1) 消臭効果があったものがコンポストとしてはたらくかを確認する。
- (2) お茶殻の実験では量が不十分だったので、もう一度行う。

9 参考文献

- ・放置するだけ♪ 自作「コンポスト」の作り方と使い方
<https://lovegreen.net/plantcare/p29600>
2021年6月6日
- ・日本の「フードロス」は世界で何位？
<https://tabi-labo.com/294370/foodwaste-matome>
2021年6月6日
- ・コンポストとは？ やり方、方法、作り方、メリット、デメリット、種類、堆肥、特徴、など
<https://agripick.com/2304> 2021年6月6日
- ・コンポスト(堆肥)の中の微生物たち tcd20_p10.pdf
2021年6月6日
- ・【コンポスト徹底解説】タイプによるメリット&デメリットと使い方・作り方 | おすすめ製品10選

<https://agripick.com/403> 2021年6月6日

- ・第4章-北九州国際技術協力協会
takakura_4.pdf 2021年6月6日
- ・ダンボールコンポストで生ごみの堆肥化を！
<https://www.city.mutsu.lg.jp/sp/index.cfm/38,26748,23,168,htm> 2021年6月6日
- ・エステー株式会社 暮らしにプラス
<https://products.st-c.co.jp/plus/question/>
2021年11月4日
- ・ダンボールコンポストで生ごみの堆肥化を！ - むつ市
<https://www.city.mutsu.lg.jp/index.cfm/38,26748,23,168,html> 2021年6月6日
- ・消臭効果とそのメカニズム
mechanism.pdf (wakosangyo.co.jp)
2021年11月11日
- ・第4章 コンポスト化技術の基本理論 重要項目
http://www.kita.or.jp/upload/_special/takakura_4.pdf 2021年6月7日
- ・微生物と植物が生命を支えている | オーガニック村
<https://organicmura.com/%E6%A4%8D%E7%89%A9%E3%81%A8%E5%BE%AE%E7%94%9F%E7%89%A9%E3%81%8C%E7%94%9F%E5%91%BD%E3%82%92%E6%94%AF%E3%81%88%E3%81%A6%E3%81%84%E3%82%8B/> 2021年11月24日

10 謝辞

本研究に関わってくださった皆様、ありがとうございました。

11 指導者より

日本の家庭から出る一般廃棄物の中で「生ごみ」とよばれる食品廃棄物の占める割合は極めて高く、大きな問題となっている。本研究は、その生ごみを資源として堆肥化するコンポストに着目した。コンポストや生ごみ処理機が一般家庭に普及するための課題として悪臭の発生は上位にくる。この研究が少しでも普及につながることを期待する。

研究が予定通り進まないこともあったが、休み時間や放課後など計画を立てて協力しながら進めたことを、今後に生かしてほしい。

高知県におけるタヌキの遺伝的多様性

藤田 琉生,濱田 汐音,弘田 雅人,坂本 怜太

The purpose of this study is to research genetic diversity of raccoon dogs in Kochi and create a haplotype distribution map. It was hypothesized that genetic diversity in raccoon dogs can be seen due to geographical disruptions caused by rivers and the like. There are steps in this experiment. First, we extracted all DNA from muscle samples and amplification DNA by PCR method. Second, we decided the arrangement so we should continue this experiment. The result of our experiment are so far inconclusive.

1 はじめに

四国と本州が離れて約1万年で四国に住む動物の遺伝的多様性はどのように変化したのか興味を持った。そして日本で1番ロードキルされているタヌキはサンプル数の確保に容易なことから選んだ。今回は四国の中でも高知県に絞り込んで研究に取り組むこととした。

2 目的

- (1)高知県内に生息するタヌキの集団(または生息場所)間で遺伝的な差異があるか確認する
- (2)差異が確認されなければ四国で比較する

3 仮説

高知県内において、川などによる地理的な分断によりタヌキの遺伝的な差異がみられ、遺伝的多様性は大きい

4 調査対象

高知県34市町村、1市町村につき1匹、計24匹のサンプル

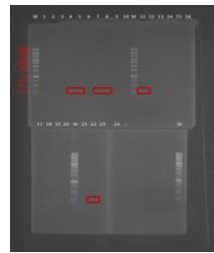
5 実験

- (1)筋肉サンプル 5~10mg を1.5 チューブ (Genomic DNA Lysis Solution 300µl 入り)に入れ、すり潰す
- (2)65°Cで15~60分間保温
- (3)混和しながら55°Cで3時間~一晩保温
- (4)PCR反応を行う
 - ①94~96°Cで15~30秒間で保温し、DNAを変性する
 - ②55~60°Cで保温し、プライマーを結合する
 - ③72°Cで保温し、プライマーを伸長する
- (5)DNAシーケンシングを行う
 - ①複製したDNA断片を容器に入れる
 - ②電気泳動を行う
 - ③塩基を順に読み取る
- (6)ハプロタイプ分析を行い、分布図を作成する

6 結果

24サンプルのうち6サンプルしか目的のDNA

(267bp)を得られていなかった(4,5,7,8,11,22) 18サンプルは目的のサンプルを増幅できなかった。



7 考察

24サンプルのうち6サンプルのみが増幅された理由がなかったのではないかと考えた。本研究で使用したプライマーは長野県で実験された際に使われたプライマーで、当時から現在に至るまでの間に長野県と高知県のタヌキで遺伝的分化があったとすれば、今回使用したプライマーは適切ではないと考えられる。もしくはPCR反応において、温度や時間などの条件が適切ではなかったのかもしれない。

8 今後の課題

- (1)プライマーを新たに作成し、PCR反応を行う
- (2)DNAシーケンサーで塩基配列を読み取り、ハプロタイプを分析する
- (3)分布図を作成する

9 参考文献

「休息場」利用状況および分子生物学的技術による野生ホンダヌキの家族関係の推定
谷地森秀二 山本祐治 高田豊行 吉本欣亮 今井清

10 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導、ご協力いただいた越知町立横倉山自然の森博物館 谷地森秀二先生、高知大学教育研究部総合学科系生命環境医学部部門准教授 加藤伸一郎先生に心より感謝申し上げます。

11 指導者より

遺伝子の分析方法や考察の仕方について様々な文献を調べ、実験計画を立てるまでの過程で苦労しながらもよく取り組めた。

植物の老化抑制についての研究

齋藤 愛奈, 藤本 小雪, 吉中 昊平

Abstract

The purpose of this research is to keep vegetables fresh for a long time. We investigated whether kinetin effects increase when we add to ATP. Kinetin promotes cell division and ATP stores energy. Our hypothesis was that ATP enhances the anti-aging effects of kinetin. We compared colors changing when we added nothing, and only added ATP or kinetin, and added both ATP and kinetin. We used Japanese mustard spinach. The result showed that anti-aging effects when adding ATP and kinetin are lower than when adding only kinetin. So we conclude that anti-aging effects are invalidated when adding kinetin with ATP.

1 はじめに

鮮度の低下や腐敗により、年間約 522 万トン廃棄される食品のうちの野菜類を減らしたいと考えた。そこで人体に害の少ないであろう植物ホルモンのカイネチンに ATP を加えると、老化抑制効果を活性化させ、野菜をより長持ちさせることが可能ではないかと考えた。

〈カイネチン〉

カイネチンは植物ホルモンのサイトカイニンの一種であり、植物の細胞分裂の促進や葉の老化抑制に働き、葉菜類に散布、浸漬することで貯蔵寿命が延長し、水分の損失を抑えることができる。

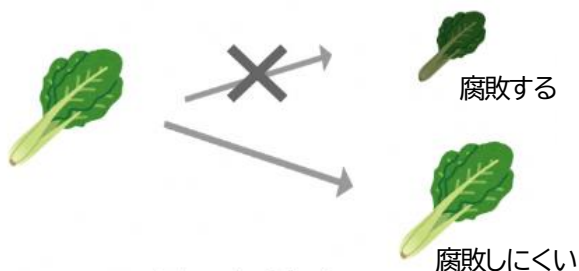


図1 カイネチンの効果についての説明

〈ATP〉

ATP は生物のあらゆる活動に必要なエネルギーの供給に利用されるため、エネルギーの通貨と呼ばれており、ADP になる際にリン酸基(P)が外れてエネルギーを放出する。

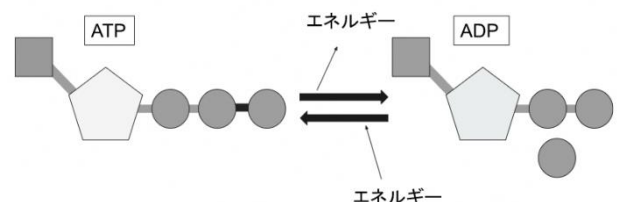


図2 ATPのメカニズム

2 研究の概要

実験試料には小松菜を用いて、カイネチンの老化抑制効果は ATP により促進されるのか調べた。

3 目的

ATP の投与は、カイネチンの老化抑制効果を促進するのかわかるか。仮説「カイネチンの老化抑制効果は ATP を投与することで強化されるか。」を明らかにする。

4 ATP 濃度実験

今回の実験に用いる ATP 濃度を決定するために、以下の実験を行った。

(1) 準備物

小松菜の種, プラスチックカップ, スポンジ, 竹串, 輪ゴム, 肥料, ATP, NaOH

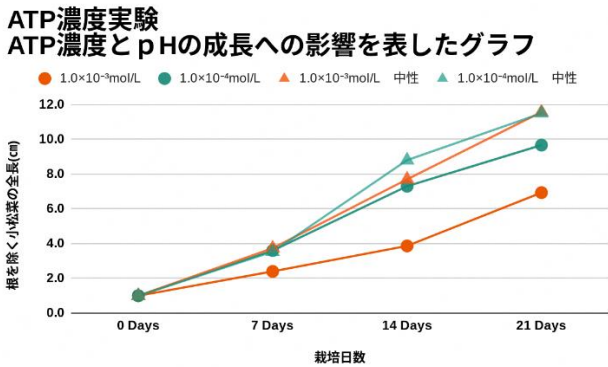
(2) 方法

小松菜を 10 cm 程度まで育てた後、プラスチックカップを使い水耕栽培する。その際、以下の濃度の ATP 水溶液を使用する。

- ① 10^{-3} mol/L (pH: 3.8)
- ② 10^{-4} mol/L (pH: 4.2)
- ③ 10^{-3} mol/L + NaOH (pH: 6.8)
- ④ 10^{-4} mol/L + NaOH (pH: 7.5)

すべての水溶液に肥料を、また③には 0.15mol の NaOH を、④には 0.05mol の NaOH をそれぞれ加え中性に近づけ、ATP 水溶液の濃度と pH による小松菜の成長への影響を調べる。

(3) 結果



グラフ1 ATP濃度実験 結果

グラフ1より、最も濃度が高く酸性の強い 1.0 × 10⁻³mol/L の ATP 水溶液を使用したものがほかの濃度のものに比べ、成長が大きく阻害されているが、同じ濃度で中性に近づけたものでは成長に影響が見られなかったことが分かる。

(4) 考察

これらのことから、高濃度の ATP 水溶液は酸性が強いため成長に影響を与えていたと考えられる。この実験の結果を踏まえ、本実験では小松菜の成長に影響が少ないと考えられる 1.0 × 10⁻⁶mol/L の ATP 水溶液を使用した。

5 本実験

(1) 準備物

小松菜, カイネチン (1.0 × 10⁻³ g/L), ATP (1.0 × 10⁻⁶ mol/L), 恒温器

(2) RGB* (クロロフィルの変化を RGB 値で測定) 小松菜の老化に伴うクロロフィル (光合成色素) の変化を調べるため、葉の緑色の退色を RGB 値によって数値的に測定することにより評価する。

	①	②	③	④
ATP [10 ⁻⁶ mol/L] を加え栽培	— なし	— なし	+	+
↓	20cmまで栽培後、根から切り離しRGB値を測定			
カイネチン [10 ⁻³ g/L] に10分浸漬	— なし	+	— なし	+
↓	恒温器(20℃)で保管 ⇒5日目にRGB値を測定⇒RGB値の変化を比較			

表1 小松菜の育て方 (RGB*)

- ① ATP を加えずに栽培し、収穫後そのまま保管する。
- ② ATP を加えずに栽培し、カイネチンで処理してから保管する。
- ③ ATP を加えずに栽培し、収穫後そのまま保管する。

④ ATP を加えずに栽培し、カイネチンで処理してから保管する。

小松菜を4つに分類し栽培する。(表1)

①と②には1週間に1度肥料のみを与え③と④には肥料とともに ATP (1.0 × 10⁻⁶ mol/L) を与え小松菜を育てる。根を除いた小松菜の全長がおおよそ 20 cm まで成長したら、根から切り離し、写真を撮って RGB 値を測定する。その後、②と④はカイネチン (1.0 × 10⁻³ g/L) に 10 分間浸漬したのち 20℃ に設定した暗所の恒温器で乾燥しないよう新聞紙に包んで保管し 5 日目にまた写真を撮って RGB 値を測定する。

RGB*…光の三原色である「赤」「緑」「青」を意味し、この三色から様々な色を作ることができる。それぞれの色の強さを数値化した RGB 値を測定することで、どのような色ができるか判断できると考えた。赤と緑の数値が増えると黄色、すべての数値が増えると白色に近づく。

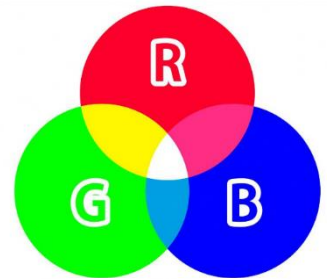
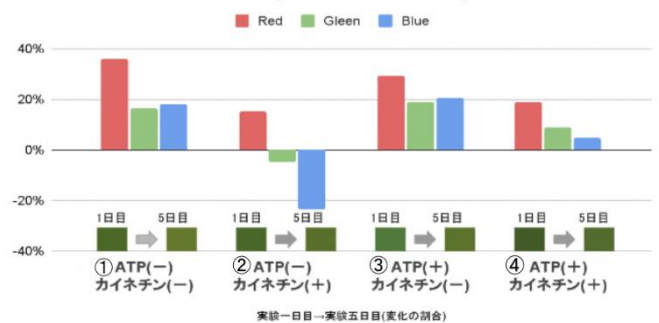


図3 RGB説明

RGB値の変化の割合(1日目→5日目)



グラフ2 RGB 値の変化の割合を表したグラフ

実験を重ねていく上で、RGB 値を計測比較する手法の問題点が明らかになった。

- 撮影する人によって RGB 値にズレが生じるため数値が安定しない。
- RGB 値の割合の増減を表示しているため、どのような色に変化したのか判断しづらいため、比較が難しい。

以上のような問題点から、小松菜の老化に伴うクロロフィルの変化の測定を、分光光度計による、吸光度測定法に変更することとした。

(3) 吸光度**

小松菜の老化に伴うクロロフィルの変化量を、吸光度を測定することにより評価する。

	①	②	③	④
ATP [10 ⁻⁴ mol/L] を加え栽培	なし	なし	+	+
↓	20cmまで栽培後、根から切り離し吸光度を測定			
カイネチン [10 ⁻⁴ g/L] に10分浸漬	なし	+	なし	+
↓	恒温器(20°C)で保管 ⇒5日目に吸光度を測定⇒吸光度の変化を比較			

表2 小松菜の育て方(吸光度)

RGB を用いた実験と同様に、小松菜 4 つに分類して水耕栽培する。(グラフ 3)収穫後根から切り離し吸光度を測定する。その後、RGB を用いた実験と同様の方法で保管し、5 日後に再び吸光度を測定する。

吸光度**…特定の光の波長を試料に当てた際に通過した光の量を測定し、試料が吸収している光の割合を数値で表したものである。(図 4)

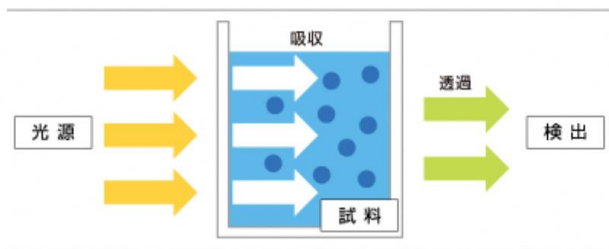
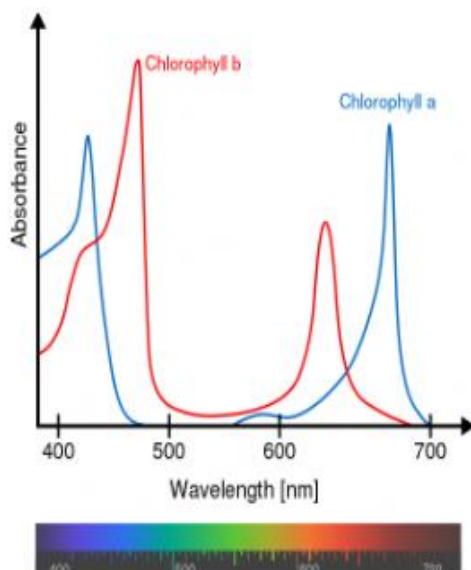


図 4 吸光度計の測定原理

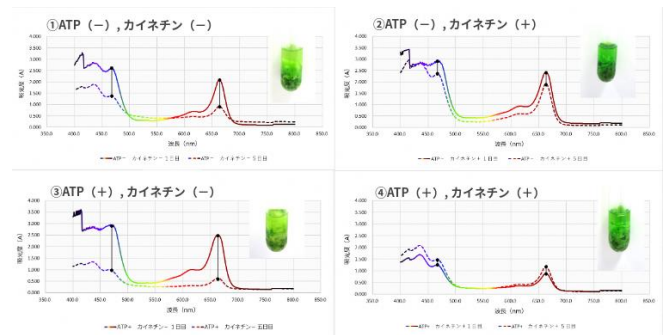
植物の葉では老化により光合成色素のクロロフィルが分解されることから、本実験ではクロロフィルが吸収していた赤色光(680nm 付近)と青色光(450nm 付近)の吸光度の低下を老化と定義する。



グラフ 3 クロロフィル a と b の吸収スペクトル

(4) 結果

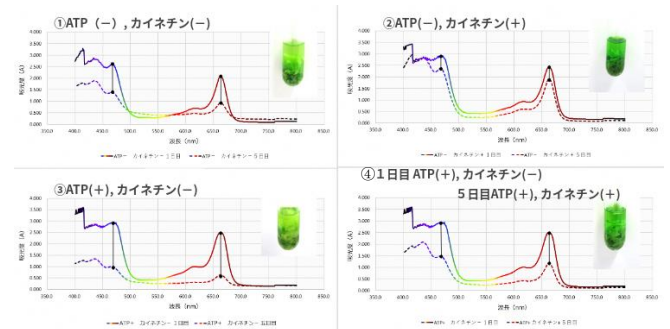
それぞれの条件で育てた小松菜の収穫後の吸光度の変化を、1 日目を実線、5 日目を点線のグラフで表し、比較した。



グラフ 4 吸光度 結果

グラフ 4 より④は、③と比べ一日目の吸光度が全体的に低かった。④の、一日目の抽出の際に加えたメタノールの量を間違えた、もしくは抽出操作が不十分だったことが原因でこのような結果になってしまったのではないかと考えた。

そのため、④の一日目の吸光度の結果の代わりに、③の吸光度の結果を用いてグラフを作り直し、比較した。



グラフ 5 吸光度 結果

グラフ 5 より①を基準とすると、②は吸光度の低下が抑えられている事がわかる。一方②は、吸光度の低下が大きくなっているため、老化が促進されている事がわかる。④の一日目のグラフに、③のグラフを使用したものは、吸光度の低下は抑えられているが、②と比べると、老化抑制効果が弱まっている事がわかる。

(5) 考察

ATP を加え栽培しカイネチン溶液に浸漬したものは、カイネチン溶液に浸漬しただけのものに比べて、クロロフィルが多く分解されていた。

一般的に、植物は光合成時の過剰なエネルギーにより有害な活性酸素(ROS)が発生しており、通常なら植物は ROS を取り除く酵素により ROS は除去される。しかし、水不足やミネラル過多などの環

境ストレスにさらされると、ROS の発生に除去機能が追いつかなくなり植物の老化を早めてしまう。(図5)このことから、人為的に与えたATPに含まれるリン酸が過剰なミネラルとなり、植物にストレスを引き起こし結果的に老化が早まったのではないかと考えられる。

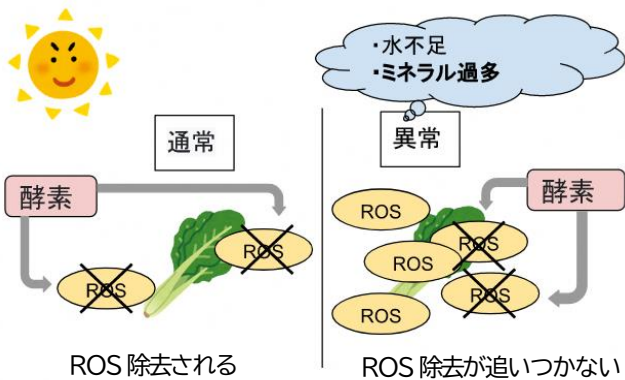


図5 植物のROSに対する反応

6 今後の展望

(1) 本実験

- データの再現性を得るために実験を繰り返す行う。
- 人体に害の少ないであろう植物ホルモンのカイネチンとは言え、安全性は不確かなもののため毒性検査を行う。
- カイネチンの濃度を変えて実験を行い、老化抑制効果に変化があるのかや、濃度を変えたときのATPとの関係性について調べる。
- 光の影響により、収穫後光合成をさせると老化はどのように変わるかを調べるために明所で光合成をさせる条件下のもと実験を行う。

(2) ATP濃度実験

- ATPの最適濃度と水耕栽培の最適なpHの検討をする。

7 参考文献

・Rachel Moss, HuffPost UK. (2016). 「一緒に保存してはダメ」... 野菜とフルーツ、長持ちする組み合わせは? (一覧) もし、野菜の傷みが早いと感じるなら、保存の仕方に問題があるかもしれない。

https://www.huffingtonpost.jp/2016/05/04/vegetables_n_9835768.html. 2021. 4. 19.

・NISSHA. 植物ホルモンとは? 種類とそれぞれの特徴、用途。

<https://01.connect.nissha.com/blog-gassensor-phytohormones/>. 2021. 5. 3.

・木羽 隆敏, 榊原 均. (2016). サイトカイニンの生合成と輸送。

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscrp/51/1/51_24/_pdf. 2022. 1. 17.

・佐藤 公行. (2012). 植物のATP利用。

https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=2667. 2022. 1. 19.

・KOKOCARA. (2019). わが家はいくら捨てている? ファイナンシャルプランナーに聞いた「食品ロス」を減らすヒント。

<https://kokocara.pal-system.co.jp/2019/02/04/cost-of-food-loss/>. 2022. 2. 1.

・農林水産省. (2020). 食品ロスとは。

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/161227_4.html. 2022. 5. 28.

・POT - PLANTS AND LANDSCAPE . (2018). 植物の感じる光(光合成)。

<https://powerofftackle.com/blog/archives/43>. 2022. 7. 17.

・神戸大学. (2016). 植物が枯れるメカニズムを解明。

https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2016_04_06_01.html. 2022. 7. 19.

・福崎英一郎・小林昭雄. (1998). 植物における活性酸素障害とその防御機構。

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscrp/33/2/33_KJ00001587318/_pdf. 2022. 7. 20.

8 謝辞

本研究のRGB値の測定にご協力頂いた西皓辞さん, 吸光度測定にご協力頂いた竹村光貴さん先生方ありがとうございました。

9 指導者より

研究は試行錯誤の繰り返し。予想外の結果になるとは多々ある。実験方法に問題があるのか、測定ミスなのか、そもそもそういう結果なのか。さまざまなことを考え、研究を進めていくことが研究の醍醐味でもある。今回の研究を通して3名は考える力が養えたであろう。

今回の研究は小松菜の老化抑制という個人的にも面白いテーマの研究であった。野菜や果物の老化を抑制できれば、店頭から廃棄される食品の削減につながる。世界的に人口は増加しており、日本でも食料が不足する状況は近いうちに起こるかもしれない。その時に備えるという意味もあり、面白い研究だった。ATPを加えて栽培すると、老化促進されるという面白い結果が出た。まだまだ未知なる部分は多い。今後の理数科生徒にテーマを引き継いで研究してもらいたい。

堆積物が波に与える影響

吉本 颯、明神 東吾、竹崎 千紘

Abstract

The purpose of our experiment is to investigate how waves change when sediments are mixed into waves. We used three types of waves, they were mixed with white gravel, mixed with marble, and mixed with nothing. We released these waves and measured the power with a load cell. This experiment showed the waves mixed with marble are the largest and that mixed with white gravel are the least. This is because marble hit the load cell with water but white gravel did not. On the contrary, energy is used to bring white gravel. So, the pattern showed white gravel's power decreased.

1 はじめに

高知県では、近い将来、南海トラフを震源とする巨大地震が高い確率で発生するとされており、その際には巨大津波が襲ってくるのが確実視されている。



図1 実験用水槽の全体図



図2 ロードセル

2 研究の概要

東日本大震災で発生した津波は「黒い津波」と呼ばれ、以前とは様相が異なっていた。更に、威力も従来のものよりもかなり強力であった。黒い津波は細かい粒子を多く含んでおり、威力の違いはこれが原因ではないかと考えられる。そのため、今回の実験では津波が巻き込む「堆積物」を対象に考察した。

3 目的

何も含んでいない波と堆積物を含んだ波の威力の違いを調べる。

4 方法

(1) 実験道具

- ・ 実験用水槽 (縦×横×高さ 350×3392×355mm)
- ・ 水 50L
- ・ ロードセル
- ・ 白砂利 (5~10mm)
- ・ ビー玉 (直径10mm)
- ・ アクリル板

(2) 実験方法

- ・ 水槽の一区画に 50L の水をためる
- ・ 反対方向に堆積物を 1.5Kg 配置する
- ・ 水を止めていた仕切りを手動で引き抜き疑似津波を発生させ、堆積物を巻き込んだ波をロードセルで圧力を 20 回ほど測定する
- ・ 堆積物を変えて再度測定する

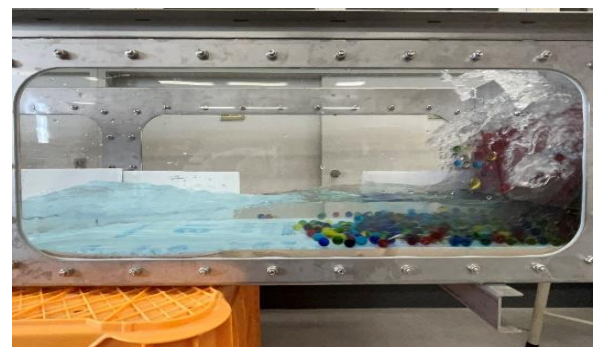


図3 実験の様子

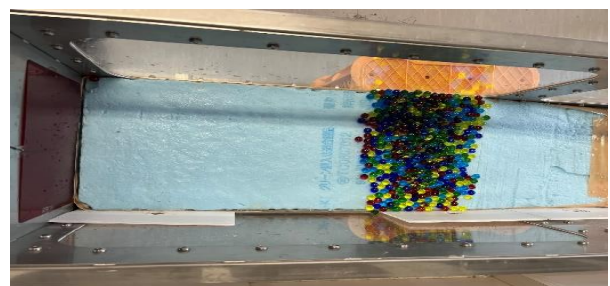
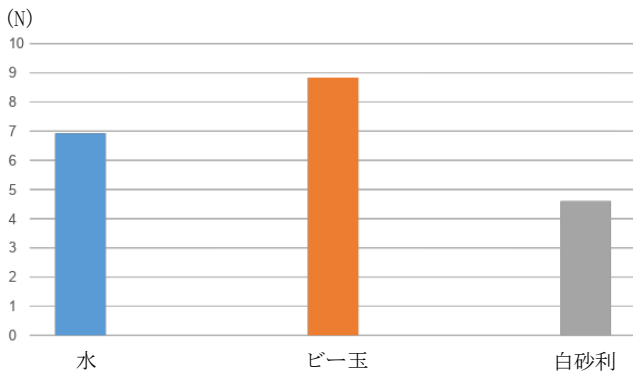


図4 設置された堆積物

5 結果

白砂利を混ぜた時の波の平均の威力が 4.60N、ビー玉を混ぜた時の威力が 8.84N、何も混ぜていない波の威力が 6.93N となった



グラフ 1 結果の平均値

6 考察

結果から白砂利を混ぜた波の実験では威力が下がった。これは発生させた波のエネルギーが白砂利を運ぶのに使われてしまい、波の持つエネルギーが減少したからだと考えられる。ビー玉を混ぜた波の実験で威力が上がったのは、運ばれたビー玉が波と一緒にロードセルに衝突したからだと考えられる。

7 参考文献

(1) 日本付近で発生した主な被害地震 (平成 8 年度以降) <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/higai/higai1996-new.html> 2022 年 3 月 23 日

(2) ”黒い津波” ～知られざる実像～
<https://www3.nhk.or.jp/news/special/shinsai-portal/8/kuroinami/#:~:text=その正体は“へドロ”&text=震災前の調査、正体だったので。>
2021 年 5 月 1 日

(3) 農林水産省(2011). 東日本大震災 地震と津波の被害状 https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/1105/spe1_01.html 2021 年 4 月 26 日

国土交通省水管理・国土保安局(). 津波は恐ろしいの?
https://www.mlit.go.jp/river/kaigan/main/kai-gandukuri/tsunamibousai/02/index2_1.htm#wrapper 2021 年 4 月 16 日

(4) YAHOO JAPAN ニュース(2020). 海水の約 1.5 倍の破壊力…「黒い津波」の脅威を専門家が解説

<https://news.yahoo.co.jp/articles/f8b1523392dfb05e8ceffac86ddd6f7c5f5e4205> 2021 年 4 月

8 指導者より

津波が構造物に及ぼす影響は、水とともに含まれる堆積物の物質の違いが要因として考えられることを模擬実験より考察できた部分が評価できる。今後、津波対策として、構造物としての必要な強度や津波を減衰させる構造物の設計等につなげる研究を期待している。

課題研究発表に関する活動

分野	研究テーマ	発表会	
物理	水力発電 ～発電効率の最適条件～	高知小津高等学校 SSH課題研究発表会 7月23日 (高知小津高校)	中国・四国・九州地区 理数科課題研究発表大会 (ポスター掲載)
	標準変色票のデジタル化		
	反射光を抑制できるソーラー パネルの形状に関する研究		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 8/3・4)
化学	新規人工甘味料の研究開発		中国・四国・九州地区 理数科課題研究発表大会 (ステージ発表 8/18)
	高知県産植物の成分分析		中国・四国・九州地区 理数科課題研究発表大会 (ポスター掲載)
生物	コンポストの研究 ～最も消臭効果がある 消臭方法について～		四国地区 スーパーサイエンス ハイスクール 生徒研究発表会 (オンライン発表 4/10)
	高知県におけるタヌキの 遺伝的多様性		
	植物の老化抑制 についての研究		中国・四国・九州地区 理数科課題研究発表大会 (ポスター掲載)
地学	堆積物が波に与える影響		

令和4年度四国地区スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会 R4/4/10

令和4年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会 R4/8/3・4

令和4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(ステージ発表とポスター掲載)

スーパーサイエンスハイスクール研究開発
令和4年度 理数科課題研究論文集

令和5年3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

