

平成24年度

理数科課題研究報告書

岡山県立津山高等学校理数科

目 次

[物理分野]

広戸風の軽減方法の研究	2
小林 聖大, 小川 草太, 久保 朋哉	
二次元衝突による運動量保存の法則の検証	6
妹尾 康平, 横路 大河, 後藤 聡汰	
ゲルマニウムラジオの研究	10
清水 貴大, 大家 亮祐, 影山 大恩, 前原 健治	
逆上がりのできる条件の解析	16
杉江 秀香, 谷口 佳穂	
磁力による物体の加速の研究	20
高田 智史, 木原 悠太, 西田 幸司	

[化学分野]

炭酸水が噴き出るメカニズムの研究	23
小林 美佳, 松永 紗季	
化学発光についての研究	26
二若 真菜, 池元 成海, 清原 彩	
色素増感型太陽電池の性能向上	31
春名 裕太, 浦上 啓, 梶 祐貴	
舎密開宗に記載される実験の再現	37
市川 直人, 児島巧士, 柴原 葵, 鷹取 勇樹	

[生物分野]

腐敗への乳酸菌の作用の研究	42
久保 聖徳, 小川 大輝, 竹花 源希, 仲矢 成希	
カビの抑制の研究	48
小谷 洋平, 飯塚 尚輝, 児島 涼太	
人工的環境が植物に及ぼす影響の研究	52
神谷 晶子, 石原 妃奈乃, 柴田 萌瑛	
タマネギの加熱処理と味覚の研究	57
東 大将, 牧野 雄也, 加納 玄	

[巻末図]	62
---------	----

広戸風の軽減方法の研究

研究者 小林 聖大, 小川 草太, 久保 朋哉

指導者 坪井 民夫

1. 概要

岡山県北部の奈義地方などの一部の地域において発生する強風を広戸風という。この風により農作物や家屋に風害がもたらされている。そこで模型を制作し、広戸風がどのように吹いているかを調べ、その結果を基に広戸風の強風を軽減する方法を研究した。軽減のためにさまざまな方法を検証し、その結果、実験上では軽減に成功した。

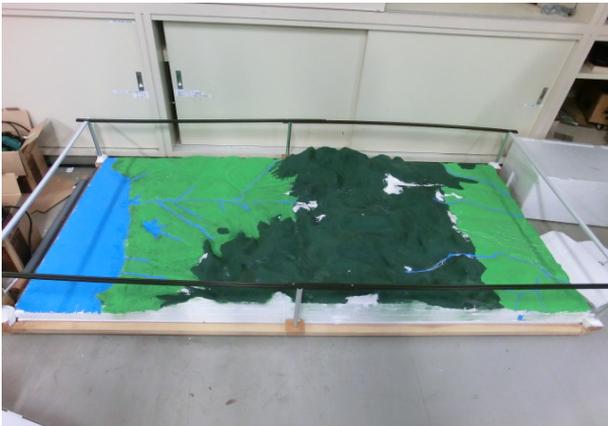
In one area of Nagi in northern Okayama the so-called Hiroto wind occurs. This is a strong wind which causes damage to the crops and buildings. So we made models to study how the Hiroto wind occurs. Based on the results we studied how to reduce the strong wind. We succeeded in a reduction of the wind under experimental conditions.

2. 序論

広戸風とは、台風が高知県室戸岬の周辺を通過した際に岡山県北部の一部、奈義町周辺に吹く局地的強風のことである。広戸風は該当地域の周辺に多大な被害を及ぼし、近隣住民の方々は台風がくるたびに、対策に奔走されている。私たちは、この広戸風を何かに利用、または軽減できないかと思い、広戸風の研究を開始した。

3. 研究内容

実験 1 模型の作成および広戸風の再現



<目的>

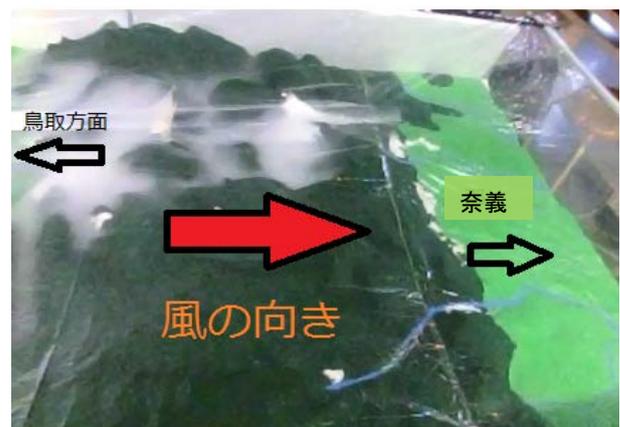
昨年の模型があまりに山が高すぎ空気の流れが不自然な点があったので、新しく模型を作製し、昨年の模型とどのような差があるかを確かめる。

<仮説>

参考にした論文にあるように那岐山周辺で風が収束するのではないかと。

<方法>

作成した模型にスモークマシンを用い、空気の流れを模した煙を流し、大気の流れを観察する。



<結果>

参考にした文献のように那岐山の上だけで収束するものもあるが、ほかの地点に流れる煙もある。那岐山周辺の風が特に強いが、ほかの地点にもそ

れなりの風は吹いていることが分かった。

<考察>

このことからほかの地域にも風が流れることが予測され、ただ那岐山周辺での収束を止めたとしても、ほかの地域への被害が拡大される可能性も予測される。那岐山周辺での空気の流れが特に速いが、ほかの地域にもそれほどではないが風が流れていることが確認でき、各地域に広戸風ほどではないにせよ、それなりの風が吹いていることが分かった。これらの全体への被害をどう止めるかを考えてみないと対策にならないことが確認できた。

実験2 上空の安定層による変化

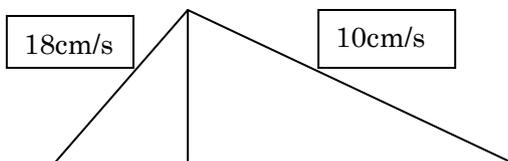
<目的>

「もともと広戸風は、暖められた空気が那岐山を越えて、安定層にぶつかって吹き降ろすことで発生する局地的強風である」という安定層に関する記述が参考にした論文にあった。安定層とは気温の逆転層である。安定層が広戸風に及ぼす影響を調べる。

<仮説>

安定層の位置や有無によって、広戸風の起こり方が変わってくるのではないかと。

<方法>



中国山地の断面の模型を作成し、スモークマシンで、煙を流し、ハイスピードカメラで撮影し風の速度を測定する。

上の図の速度は煙の速度の平均である。この数値を、風を軽減できているかの基準とする。

発泡スチロールで安定層を作り、安定層を無くした場合と安定層が存在する際の収束状況の違いを調べる。また、安定層の位置によって風の収束

状況に違いがあるのかも調べる。

<結果>



安定層の位置・有無に関わらずあまり変化は見られなかった。(写真は安定層のある場合)

<考察>

実験で変化が見られなかったのは、安定層の有無に関わらず、室内の気圧は一定で実際のような鉛直方面での気圧変化がなく、あまり効果はなかったのではないかと。夏に行った実験では煙は上昇し、安定層にぶつかっていたが、冬になると煙は地を這うように進み、安定層の有無に左右されなくなった。このことから、周囲の温度も関係あると考えられる。

実験3 風の収束の妨害

<目的>

日本海方面からの吹く風を操作することにより、広戸風および風害を軽減する。

<仮説>

風の収束の起こる地域に防風のための障害物を設置することで風が分散されるのではないかと。

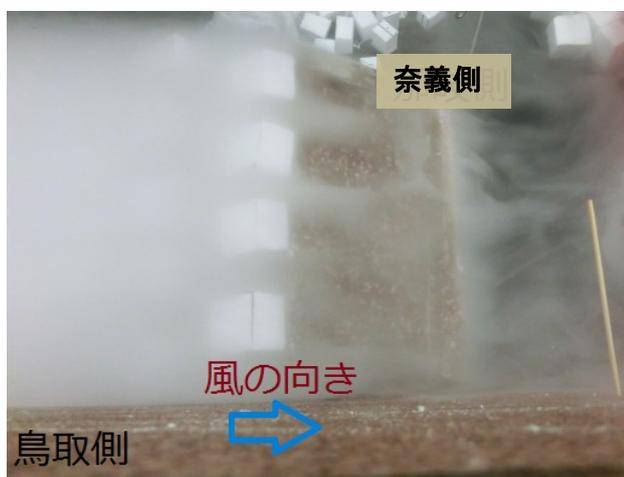
<方法>

実験1より風の収束がおこった地域に障害物をおく。障害物の大きさや配置方法によって空気の塊の動き方はどのようになるのかを調べる。

① 鳥取県側・岡山県側両方に設置した場合



② 鳥取県側にのみ設置した場合



<結果>

障害物を高くして鳥取県側、岡山県側両方に設置した場合は煙の様子に全く変化が見られなかった。障害物を低くし、鳥取県側にのみ設置した場合は風をその場に留め滞留を引き起こした。だが、風は上空にも流れている、また風は絶え間なく流れると仮定すると障害物は大きさ、丈夫さが必要とされることが分かった。また、障害物を置く間隔が広いと、風が隙間に集中している様子が観察された。その隙間を通る風の強さは計測することはできなかった。

<考察>

風が流れている範囲は広範囲かつ吹く風は強力になっているため防ぐことは困難であった。滞留を起こした地域では風により被害が発生すると考えられる。上空に流れる風は、逆流して安定層に

ぶつかり、安定層に沿って進み元の空気に合流していると考えられる。よって、安定層が存在しないと、逆流する際にそのまま空気が上昇していくと考えられるので、少しは広戸風の軽減にはなると考えられる。

実験4 那岐山を削る

<目的>

岡山理科大学の論文に「那岐山を削れば広戸風は吹かなくなるのではないか」という仮説が載っていたのでその仮説を模型で試してみることにした。

<仮説>

那岐山の頂上付近を削れば、広戸風は発生しなくなるのではないか。

<方法>

模型の那岐山を上から一センチ間隔（実際の標高差100mに相当）で削り、風の収束状況を調べる。



<結果>

局地的な強風こそ無くなったものの、すべての地域にある程度の強さの風が吹くようになった。

<考察>

広戸風になる前の空気が、那岐山の高さが低くなったことにより、より多くの空気が那岐山を超えるようになり、全体に風が吹くようになったのではないかと推測される。那岐山が低くなったことにより、鳥取県側に風が蓄積されることなく吹いてくるため、風の勢い自体は多少弱まっているが、局地的には風が強くなったところもある。

<結論>

風の勢いを弱めることはできたので、広戸風の発生こそ防ぐことができたといえるが、那岐山を低くしたことによってより多くの空気が那岐山を越えてくるようになったため、奈義の全域に風が吹くようになったため、広戸風ほど強くないにしても奈義地方に被害が出る可能性があるため、現実的にはこの方法の実現は難しいと思われる。実際には那岐山を数百メートル単位で削ることになるので、実際にこの方法を試すのは不可能だと思われるが、将来、浸食により那岐山が低くなると広戸風が弱まると考えられる。

実験5 トンネル製作

<目的>

那岐山の地下にトンネルを製作し、トンネルを通じて風を逃がすことができるようにする。

<仮説>

トンネルから風が抜けることにより、降ろし風にならないので、風自体の威力は軽減できるのではないかと。

<方法>

断面積 1 cm^2 （実際には高さ 100 m 幅 100 m に相当）の大きさのトンネルを作成した模型に風を流し、風の収束の様子を調べる。

<結果>

多少那岐山の上を超える風もあったが、ほとんどがトンネルから抜けてきた。トンネルから抜け

た風も広戸風に比べると弱い風になっていた。次の表はトンネルのある場合とない場合の煙の濃さを比べたものである。

<考察>

仮説通りにトンネルの中で風は収束し、広戸風を軽減することができた。しかし、トンネルの中でどれくらいの風が吹いているのか計測できなかったため正確なデータは得られなかった。

理由としては風が山の頂上から下りる時に加速する力が減ったためと考えられる。しかし実際は、那岐山に同じスケールのトンネルを作ることは難しいと考えられるので実用は困難である。風速が速くなり過ぎると、トンネルの中で吹く風も必然的に強くなり、トンネルの中に暴風が吹く可能性も考えられる。トンネルの中での風速がどれくらいになるかを試算してみてからでないと、実用化するのには不可能だと考えられる。

4. 反省点

今回の研究ではあまり実験の詳細なデータを取ることができなかった。もしこの研究を続けることができるのなら、どうやって定量的なデータを取るかが課題となる。また、後で「防風林など、局所的な対策はできないのか。」という指摘もいただいた。次回はこれらのことを踏まえ、検証してみたい。

5. 謝辞

本研究のご指導をしてくださった津山高専の藪木先生、鳥家先生、外部講師のマルティーナ先生、村上先生には大変お世話になりました。

6. 参考文献

- 1) 岡山理科大学大野朋美・大亀衛：那岐山頂付近の風（広戸風対策）
- 2) 岡山大学 那岐山山頂における観測からみたおろし風（広戸風）の発生条件
- 3) 津山高等学校 平成23年度課題研究 広戸風の発生の仕組みの検証

二次元衝突による運動量保存の法則の検証

研究者 妹尾 康平, 横路 大河, 後藤 聡汰

指導者 佐藤 文寛

1. 研究の概要

本実験は、抗力のない盤上で衝突させた物体の運動量は、衝突前と衝突後で変化しないという法則を検証するための実験。我々は、縦 $2.0 \times 10^3 \text{mm}$ ・横 $1.0 \times 10^3 \text{mm}$ ・高さ $1.1 \times 10^2 \text{mm}$ のアクリル板の箱に約 2000 個、半径 1mm の穴を 30mm 間隔で開け、内部に空気を送り込むことによって軽い物体を浮かせ、連続写真から衝突の後の速度変化を計測し、運動量保存の法則が成り立っているかを調べた。

This is an experiment that lets objects collide on a board without any effect, drag, etc, and to reach the conclusion that their momentums are invariant. We made an air hockey type box with 1mm diameter holes drilled at 30mm intervals for a total of about 2000 holes in the top surface and made of acrylic boards squared 2m by 1m. Light weight objects were floated by sending air inside, we studied whether the law of conservation of momentum stands in terms of relationship between the speeds measured from sequence photographs after the collisions and the mass.

2. 序論

岡山県の物理実験書に記載されていた運動量の実験の結果を示した写真が古く不鮮明なことから、我々が同様の実験の鮮明な写真を新しく載せたいと思い、今回の実験を試みた。 $P=mv$ で表される物体の運動量は、摩擦といった抵抗による減少が無ければ保存されることを検証した。

3. 実験器具

平面滑走台は縦 $1.0 \times 10^3 \text{mm}$ ・横 $2.0 \times 10^3 \text{mm}$ ・厚み 5.0mm (以下同順) のアクリル板を 2 枚, $1.1 \times 10^2 \text{mm} \cdot 2.0 \times 10^3 \text{mm} \cdot 5.0 \text{mm}$ のアクリル板と, $1.1 \times 10^2 \text{mm} \cdot 1.0 \times 10^3 \text{mm} \cdot 5 \text{mm}$ のアクリル板を 2 枚ずつ, 直方体に組み立て密閉した。上面の板にドリルで、直径 2.0mm の穴を、30mm 間隔で約 2000 個あけた。また、下面の板には直径 $4.0 \times 10^2 \text{mm}$ の穴を 3 個あけ、3 台の送風機を取り付けた。なお、送風するとアクリル板が歪むため、平面滑走台の中に支柱を 15 本入れ、固定した。

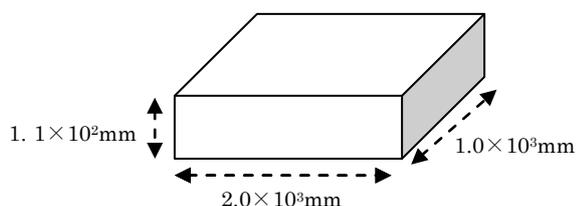


Fig.1 平面滑走台の簡略図

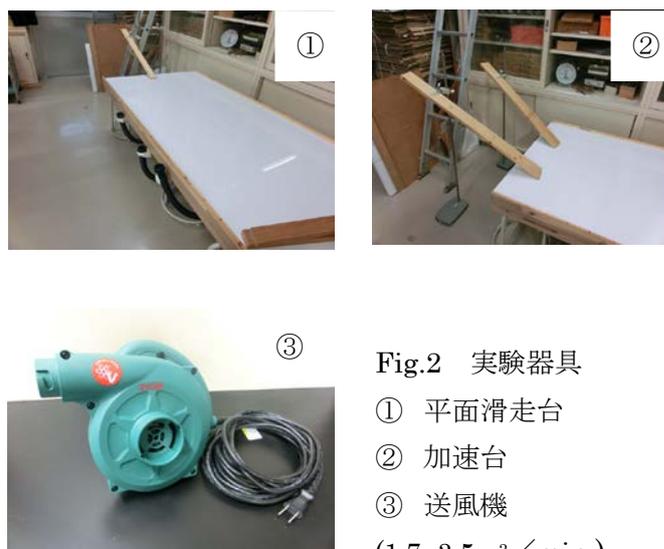


Fig.2 実験器具

① 平面滑走台

② 加速台

③ 送風機

($1.7 \sim 3.5 \text{m}^3 / \text{min.}$)

メーカー：RYOBI ブロワー BL-3500

4. 研究

重さの等しい（または異なる）物体同士を、摩擦の少ない平面滑走台の上で衝突させる。連続写真（1秒間に10枚撮影する）で衝突前から衝突後までを撮影する。連続写真での物体の移動距離を測って、その長さから速度を計算することで、速度の差異および運動量の変化を測定する。

[実験 1]

コンパクトディスク（以下、CD とする）を1枚滑らせる。送風機の風量を3, 4, 5, 6の4段階で測定した。

<目的> 滑走台の上で、CD が等速直線運動をするか確かめる。

<仮説> 摩擦力がほぼ0に近いはずであるが、物体の速度は少し遅くなると考えられる。また、どの風量でも、空気抵抗はほとんど変わらないと考えられるが、風量3のとき、空気抵抗が小さくなるので、他の風量よりも、衝突前後の速度変化が最小であると考えられる。

<方法> CD を静かに滑らせ、台の真上から撮った連続写真から、移動距離と時間を求め、CD の速度の変化を測る。

<結果> Fig.3 のように連続して写真を撮り、移動距離を測定し、速度を求めた。結果を Table.1 にまとめる。

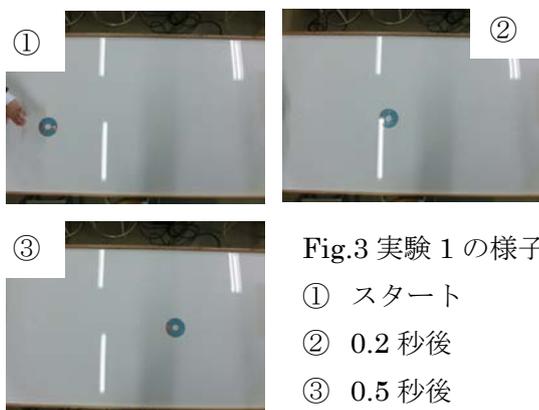


Table.1 より風量3のときに、速度の差が1番小さくなっていることがわかる。

Table.1 結果まとめ

風量	速度1 [m/s]	速度2 [m/s]	速度の差 (%)
3	1.23	1.22	0.113
4	1.12	1.13	1.31
5	1.11	1.09	2.49
6	1.1	1.35	22.2

<考察> 風量が3のとき、速度変化が最小になった。考えられる原因としては、最小の風量で物体が浮かんでおり、1番空気抵抗を受けなかったためだと考える。

以上より風量3で実験を行うことが最適と考えられる。実験1より以下の実験を風量3で行う。

[実験 2]

1枚のCDをFig.4のように上下から台中央に向けて滑らせ、衝突させる。

<目的> 運動量保存の法則の検証をするため。

<仮説> 物体同士が衝突しても、お互いのCDの運動量は変化しないので、衝突する直前の速さと同じ速度で返ってくると考える。

<方法> それぞれの端からCDを滑らせ、衝突させる。それを3回繰り返し、それぞれ撮影した。連続写真から、衝突前後の速度の変化を調べる。速度とCDの質量から運動量を計算する。

<結果> Fig.4のように連続して写真を撮り、移動距離を測定し、速度を求めた。

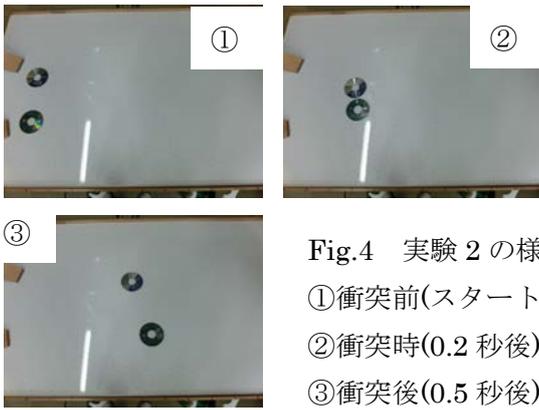


Fig.4 実験 2 の様子
 ①衝突前(スタート)
 ②衝突時(0.2 秒後)
 ③衝突後(0.5 秒後)

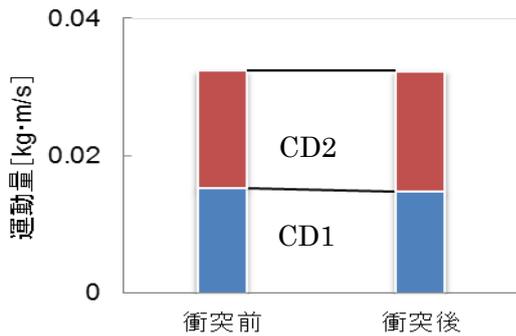


Fig.5 実験 2 における衝突前後の運動量変化

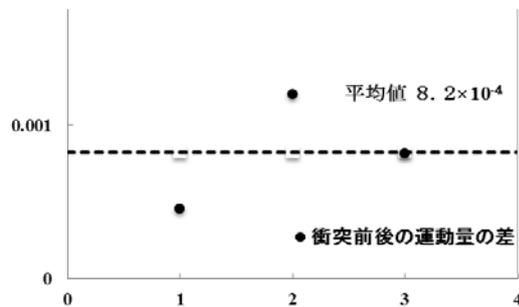


Fig.6 実験 2 における衝突前後の運動量の差

運動量の変化は Fig.5 のグラフのようになった。
 CD1 の速度は減少し、CD2 の速度は上昇した。

Fig.6 に示すのは衝突前後での運動量の差である。3 回の平均値は $8.2 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m/s}]$ であった。

<考察> 衝突前と衝突後における運動量に変化はあまりなく、運動量が保存されているといえる。測定誤差も小さいと考える。

[実験 3]

1 枚と 2 枚に重ねた CD を一方の端の両端から真ん中に向けて滑らせる。

<目的> 質量の異なる 2 つの物体について、運動量保存の法則の検証をするため。

<仮説> 摩擦は生じず、運動量は衝突しても変化しないので、速度は変わらないと考える。

<方法> それぞれの端から 1 枚の CD と 2 枚に重ねた CD を滑らせ、衝突させる。それを 3 度繰り返す、それぞれ撮影する。連続写真から、衝突前後の速度の変化を調べ、速度と CD の質量から運動量を計算する。

<結果> Fig.7 のように連続して写真を撮り、移動距離を測定して速度を求めた。結果を Fig.8,9 にまとめた。

Fig.8 において、上のグラフ(CD2)は 2 枚に重ねた CD の運動量を、下のグラフ(CD1)は 1 枚の CD の運動量を表している。

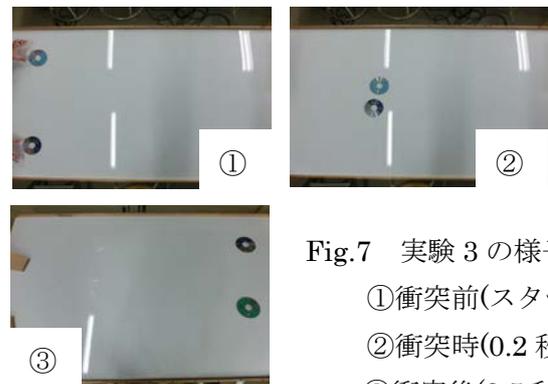


Fig.7 実験 3 の様子
 ①衝突前(スタート)
 ②衝突時(0.2 秒後)
 ③衝突後(0.5 秒後)

Fig.9 に示すのは、衝突前後での運動量の差である。3 回の平均値は 2.3×10^{-3} であった。

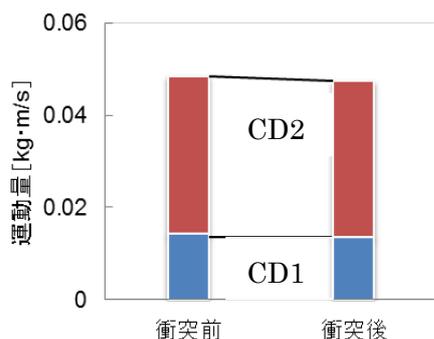


Fig.8 実験 3 における衝突前後の運動量

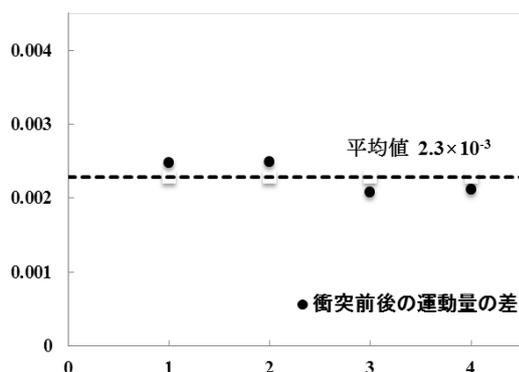


Fig.9 実験 3 における衝突前後の運動量の差

<考察> 衝突前と衝突後における運動量に変化はあまりなく、運動量が保存されていることがわかる。

4. 結論

実験 1 より、摩擦が限りなく 0 に近い状態では、物体は等速直線運動をなすことが確認できた。

また実験 2, 3 より、物体同士を衝突させると、質量に関係なく、衝突の前後で物体の運動量に変化はほとんどないことが確認できた。

よって、摩擦のない平面滑走台で衝突させた物体の運動量は、摩擦といった抵抗による減少が無ければ保存されるという結論を導き出すことができた。

謝辞

今回の研究を進めるにあたって、私たちに的確なご指導をしてくださった、佐藤先生、坪井先生、三阪先生には、大変お世話になりました。ありが

とうございました。また、概要を英文に訳す際、指導してくださったニール先生、マルティーナ先生、山本先生にも、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 物理学習実験書 (平成 23 年度版)

ゲルマニウムラジオの研究

研究者 清水 貴大 大家 亮祐 影山大恩 前原 健治
指導者 坪井 民夫

1. 研究の概要

私たちは、クリスタルラジオの一種であるゲルマニウムラジオを製作した。様々なラジオやアンテナを製作し、オシロスコープで、音量やアンテナの感度を調べた。また、ラジオの昼と夜での受信能力の違い、形状による電波の受信能力の違いについても調べた。その結果から、感度を最も良くするための条件を推測した。さらに、材料も簡単に手に入りやすいものを使用するようにした。

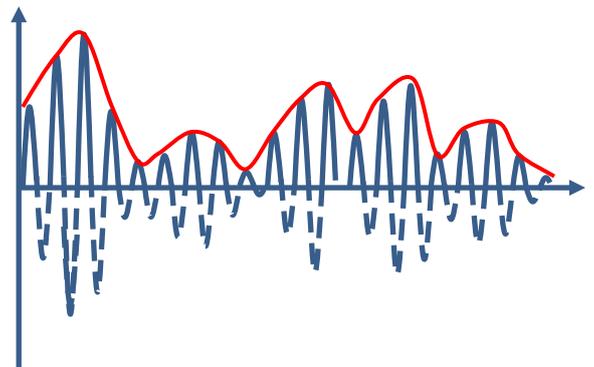
We made a germanium radio, a kind of crystal radio. We made different size radios and antennas and studied with an oscilloscope the volume and reception of the antennas. We also studied whether the shape and size of the radio and the shape of the antenna affected its reception and whether there was any difference between day time and night time. From the results, we determined the best conditions to improve reception. Furthermore, we selected materials which we could get easily.

2. 序論

災害時には情報伝達は必要不可欠です。しかし、実際の災害時には十分な情報はいきわたっていません。そのことを東日本大震災後の被災地の様子をニュースで見て感じました。私たちは、その原因の一つは電気が使えないという状況にあると考え、電池を使わず、身の回りのものでも簡単に作れるラジオを研究することにしました。また、停電時での使用が可能なども非常に優れた点である。今後、予想されている南海トラフ地震などの大震災に備え、実際の災害での迅速な情報伝達を可能にするクリスタルラジオを作り、備えるべきである。

3 原理

- I 電波がアンテナに入射すると、電磁誘導(ループアンテナの場合)や電場の変動(他のアンテナの場合)によってアンテナから高周波電流が発生する。その電流が回路に流れる。
- II アンテナで発生した様々な周波数の電流の中から LC 共振回路によって目的の周波数を取り出す。
- III 取り出した高周波電流を、ゲルマニウムダイオードで検波し、音声信号に変換して、クリスタルイヤホンに送る。



ダイオードで検波する前、電波は図のようになるが、ダイオードで検波された波形が点線部分になる。

イヤホンは図の山をつないだ線(包絡線)の波形で鳴る。

※ 一般的なシリコンダイオードは作動電圧が高いため、電波のエネルギーだけで作動するラジオでは検波できない。そのため作動電圧の低いゲルマニウムダイオードを使用している。

4 実験

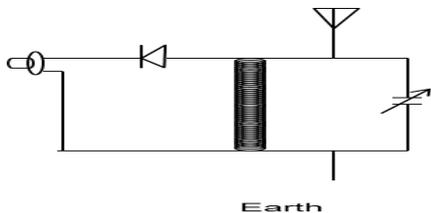
A クリスタルラジオの製作

《目的》

クリスタルラジオというものがよくわからなかった私たちはまず一般的なクリスタルラジオの回路図を調べ製作してみた。

回路を作る際の公式は以下の通りである。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad L = \frac{\mu N^2 S_1}{l} \quad C = \frac{\epsilon S_2}{d}$$



ϵ ・・・誘電率= 8.85×10^{-12} F/m (空気)

μ ・・・透磁率= $4\pi \times 10^{-7}$ N/A² (空気)

f ・・・共振周波数(Hz)

L ・・・コイルの自己インダクタンス(H)

C ・・・コンデンサーの電気容量(F)

N ・・・コイルの巻き数

S_1 ・・・コイルの断面積(m²)

d ・・・コンデンサーの極板間の距離(m)

S_2 ・・・コンデンサーの極板の重なり合う面積(m²)

《製作》

- 1 直径 3 cm の筒に銅線を 1 5 5 回巻いて、コイルを作る。
- 2 縦 1 0 cm、横 1 0 cm (面積 1 0 0 cm²になるように)のアルミニウムを 2 枚用意し、コンデンサーにする。
- 3 作成したコイルとコンデンサーにダイオードとイヤホンを接続し、長さ 1 0 m の直線アンテナに接続する。
- 4 コンデンサーの電気容量を変えて選局する。

※コイルはしっかり整えて巻く。

《結果》

山陽放送(1 4 9 4 kHz)が聞こえたが、選局はできなかった。

《考察》

コイルの製作や公式での計算が複雑だが、コンデンサーをゼロ F から調節できる可変容量コンデンサー(バリコン)にしておき、コイルを十分巻いておけば、AM ラジオの周波数をカバーできることがわかった。他局が聞こえなかったのは共振のピークが弱いことと他局の電波が弱いためと考えられる。また、災害時での製作は困難である。

B アンテナの製作

巻き方や大きさを変えた。色々なループアンテナを作りどのアンテナの感度が一番良いかを調べた。

《目的》

より感度の良いアンテナを作成し、効率良く電波を受信できる方法を導き出すこと。

《実験方法》

ループアンテナを作成し、巻き数や巻き方、大きさを変える。

《仮説》

- 1 コイルの巻き数 N を増やせば、電磁誘導により生じる電圧 V が多くなり感度が良くなる。
- 2 ガラ巻きより平行巻きのほうが銅線間の距離が増え、電気容量 C が減り、特性がよくなる。
- 3 コイルの巻き方を平行からずらすことで銅線間の電気容量が減り、特性が良くなる。

《製作》

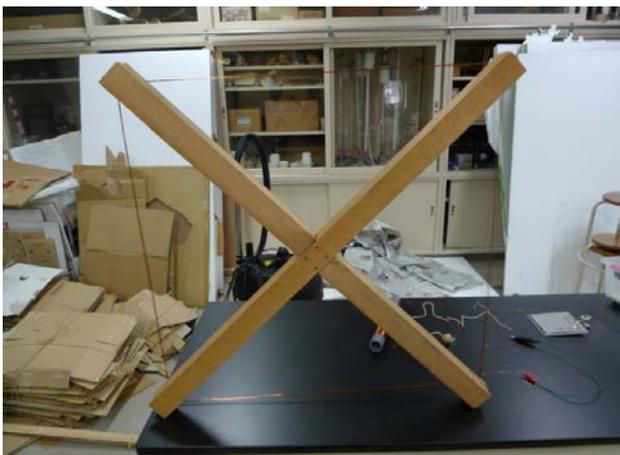


図1 初号機



図2 弐号機



図3 参号機

木材を土台としたもので一辺が63cmになるようにガラ巻きで7回巻いた。(図1)

パイプを土台とした一辺(最外周)62cmで線間10.6mm、12回巻きになるようにしたものです。(図2)

土台はダンボールと発泡スチロールとしたもので、一辺62cm(最外周)で線間10.6mm

～18mm、12回巻きになるようにしたものである。(図3)

《結果》

- 1 図1のアンテナでは巻き数を増やせば感度が上がることがわかった。
- 2 図1、図2のアンテナから平行巻きよりガラ巻きにすることで感度が上がった。

《考察》

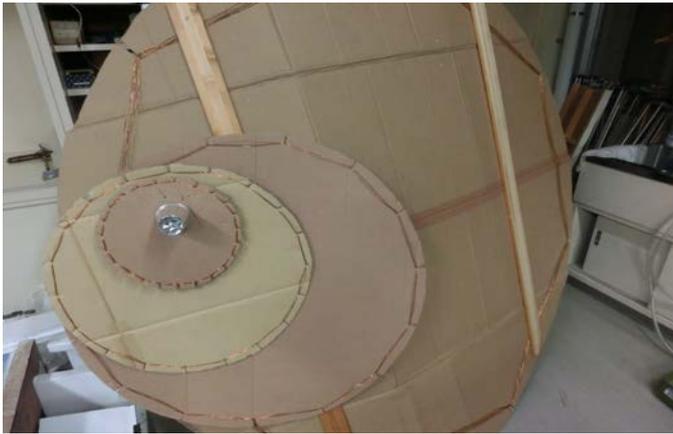
- 1 巻き数が多いほど銅線が長くなり多くの電流が流れる。
- 2 平行巻きにすると、ガラ巻きよりも銅線間の距離が増え、電気容量が減り特性がよくなる。



図4 肆号機

考察からどのように製作すれば感度が良くなるかを考えた結果、図4のようなアンテナを製作することに私たちは成功した。

長さ91cm、幅3cm、厚さ1.2cmの角材を中心に切り込みを入れてX字に組み、銅線を1cm間隔で16回巻いたものである。



C ダンボールラジオの作成

ダンボールを基盤にしたラジオで材料もホームセンターなどでそろえることが可能です。

《目的》

身近にあるものでラジオを製作すること。大きさによる感度の違いを調べる。

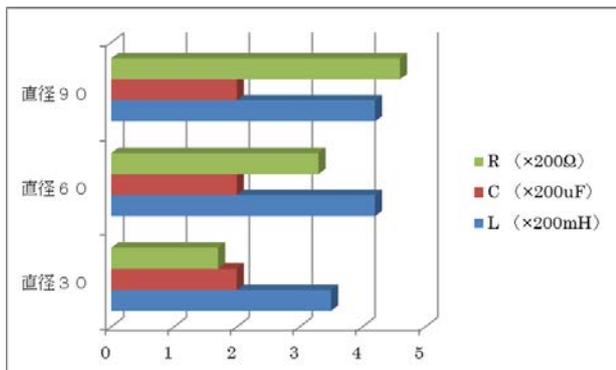
《実験方法》

異なる大きさのダンボールラジオを製作し、LCR メーターを用いて測定する。

《仮説》

ループアンテナの面積が大きくなるほどループアンテナを置く磁束が増えるためアンテナから出力される電流が増え感度もよくなる。ダンボールラジオの抵抗 R 、コンデンサーの電気容量 C 、コイルのインダクタンス L を測定し、製作に適したものを調べました。

《結果》



直径 30 cm は感度があまり良くなく、直径 6

0 cm、90 cm は比較的良かった。さらに、直径 60 cm より直径 90 cm のほうが感度がよかった。

《考察》

直径を大きくすればするほど感度が良くなることがわかった。

直径 60 cm と 90 cm の感度が違うのは、抵抗値が高くなり、電圧が異なるためである。

また、銅線を長くすると抵抗が増え、そのラジオに適した抵抗になるため感度が良くなる。

この銅線を使った場合、直径 90 cm のほうが抵抗値が回路に合うため感度が良くなる。



D 傘ラジオの製作

傘を基盤にしたラジオで、コンデンサーには傘の中の鉄心とアルミニウムを使用しています。

《仮説》

イヤホン一つより二つ繋ぐと、音が小さくなる。

《結果》

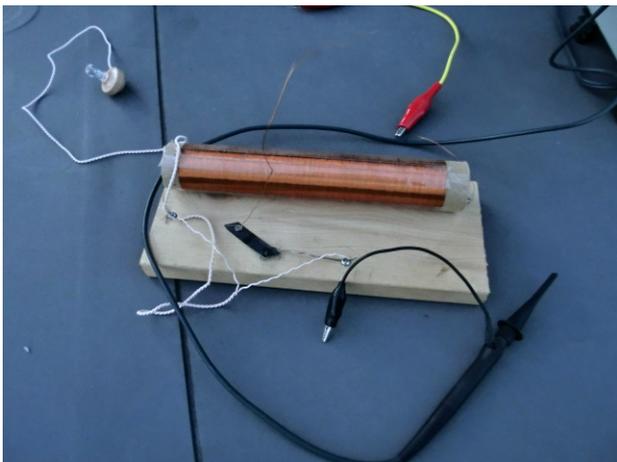
実際には二つ繋ぐほうが良く聞こえました。しかし、三つ繋げると聞こえなかった。

《考察》

原因は両方の耳がふさげて周りの音を遮断できるためです。また、イヤホンのインピーダンスが回路に合うのである。

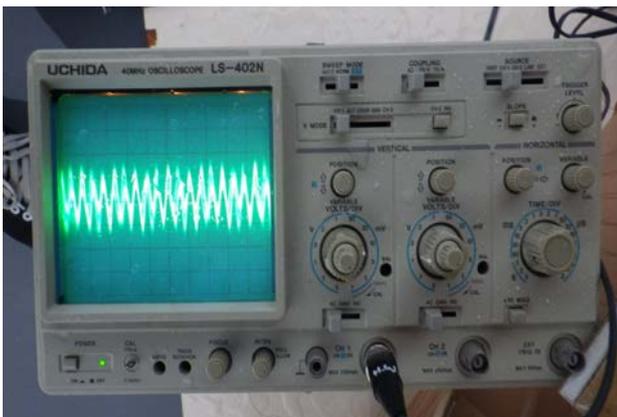
また、雨の日でも音量は下がらず聞きやすかつ

た。



E 廃材ラジオの製作

廃材からつくることができるラジオです。ダイオードにはカッターの刃と鉛筆の芯を使用しています。



F オシロスコープによる信号電圧の測定

オシロスコープを用いて、感度を調べるために電圧の測定を行った。

場所、天候によって感度がどのように変化するかを調べた。また、電離層の変化のため、昼と夜で感度が違うと予想し、次のような実験を行った。

《目的》

それぞれの感度を調べる。

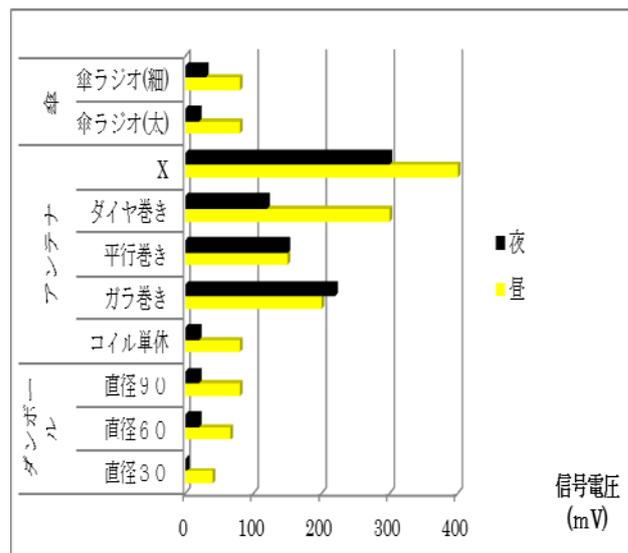
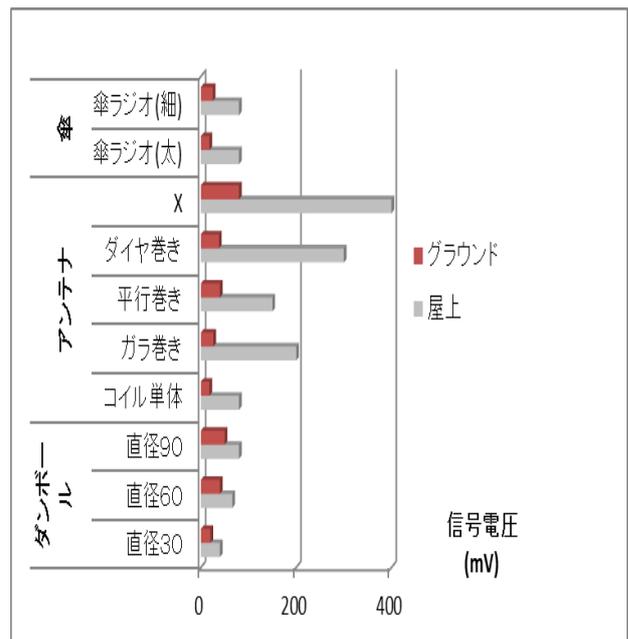
《実験方法》

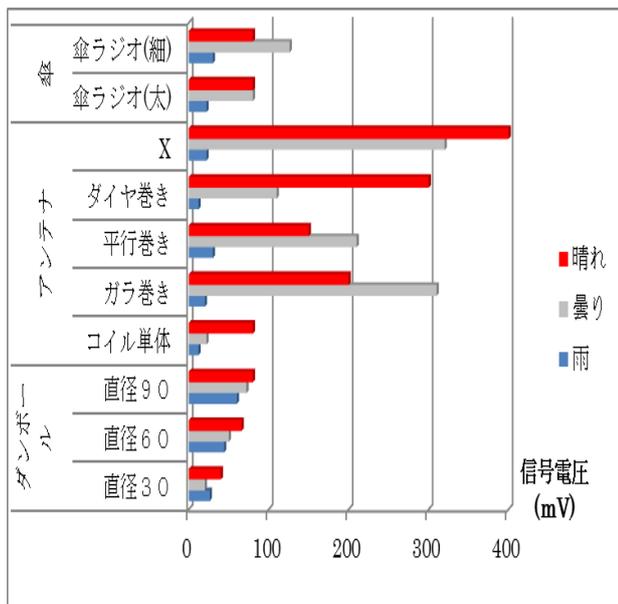
天候、時間帯、場所を変えて電波の出力を測定する。信号電圧はLC共振回路を通過後ダイオードで検波される前の信号を測定した。

《仮説》

- 1 グラウンドのほうが周りに障害物がないので信号の強さは上がる。
- 2 電離層の変化により夜のほうが日中より信号が強くなる。
- 3 天候は晴れが最も良く、雨の日は最も悪い。

《結果》





- 1 グラウンドでの測定は屋上に比べ、流れる電流が少なくなり信号の強さが悪かった。
- 2 基本的に昼の時間帯は信号の強さがよく、とくにダンボールラジオはその違いが著しかった。
- 3 基本的に晴れの日の方が信号の強さは良かった。

《考察》

- 1 信号の強さが悪くなった原因は、おそらくグラウンド自身が大きな導体になり、様々な電波を吸収してしまったためである。
- 2 昼と夜の信号の強さの差の原因はよくわかっていません。
- 3 雨の日に信号の強さが悪くなったのは、1と同じように雨が導体となり様々な電波を吸収するためである。

5. 結論

- ・アンテナはガラ巻きより平行巻きにすることで感度が良くなり、巻き数は多いほど感度が良い。
- ・ラジオ本体では傘ラジオが最も性能が良く、製作のしやすさはダンボールラジオが最も良い。
- ・基本的に信号の強さは晴れの日が一番よく、雨の日が最も悪い。
- ・周りに導体が少ないほど信号の強さは良くなる。
- ・昼には信号の強さが良くなる。

- ・ダンボールラジオは直径が大きくなるほど、受信能力が上がる。

6. 反省・課題

反省

- ・アンテナの土台の素材を統一できなかった。
- ・銅線の太さを統一できなかった。
- ・実験回数が少なく正確な数値が得られていない可能性がある。

課題

- ・ラジオの機能をあげるための増幅器やスピーカを製作する。
- ・周波数をコンデンサーで正確に切り替える。
- ・雪の日と雨の日の信号の強さの違いを調べる。

謝辞

ご指導を頂きました村上先生、英語の翻訳に協力して下さったマルチーナ先生に深く感謝いたします。

また、私たちの課題研究のために時間を割いて下さった津山工業高等専門学校の藪木登先生、鳥家秀昭先生にお礼申し上げます。

参考文献

上級ハムになる本(CQ 出版)

逆上がりのできる条件の解析

研究者 杉江 秀香, 谷口 佳穂
指導者 坪井 民夫, 藪木 登

1. 研究の概要

逆上がりができる条件について解析し、世間で知られている逆上がりのコツが、実際の力学に基づいているかを検証した。

まず、初めに逆上がりができるには重心の位置や初速度が関係あると仮説をたてた。

考えた仮説をもとに実際に逆上がりができる人と出来ない人に逆上がりをしてもらって、それをハイスピードカメラで撮影した。その写真で、重心の位置が鉄棒からどのくらい離れているかを調べ、解析した。また、スタート時の角速度を測りグラフを使って解析するとともに、速度の条件を純粹に調べるために紙粘土の模型を作り、解析した。

その結果、重心の位置が逆上がりができる条件として最も重要だということが分かった。

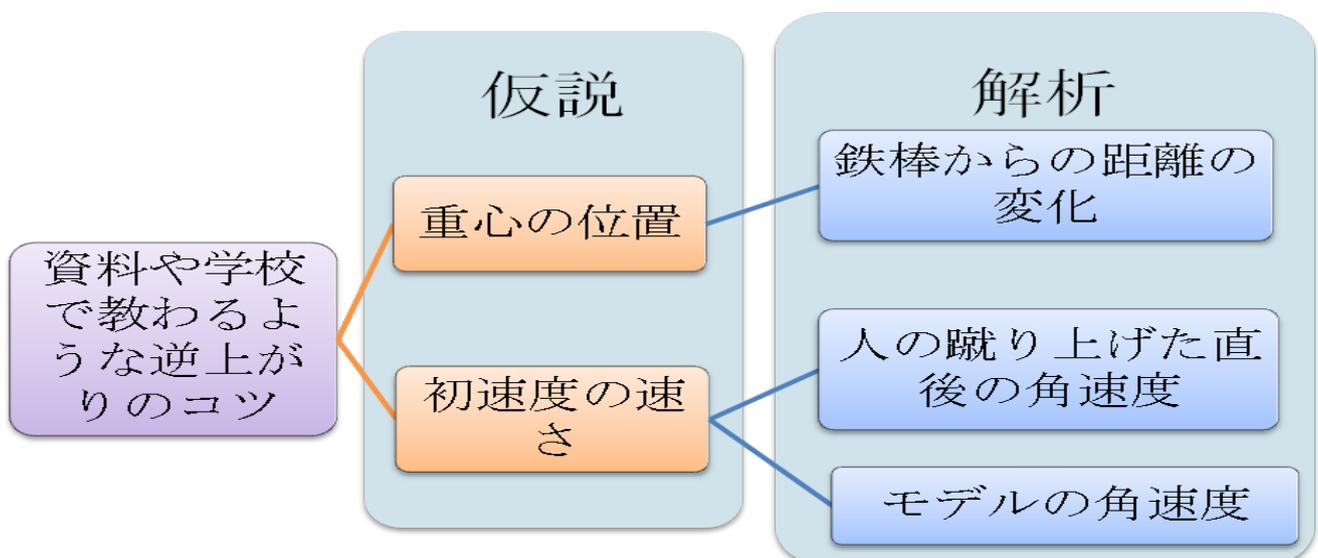
We studied whether the advice commonly given in forward upward circling is correct or incorrect, based on corroborated dynamics.

We made a hypothesis that the point of gravity and the initial velocity were related to the forward upward circling.

Based on this hypothesis we asked a person who can do the forward upward circling and one person who can't to perform one forward upward circling for us and took pictures with a high speed camera. We analyzed and checked the distance between the point of gravity and the horizontal bar in the pictures.

At the same time we measured the angle of the push off to the speed of the flip and analyzed it with a graph. This did not work. Therefore we made a clay model to check only the speed condition.

At last we found that the point of gravity is an important condition for the success in forward upward circling.



2. 研究の動機

小学校で体育を嫌いになってしまったら、数学や英語と同様に、中学校や高校でも嫌いになってしまうケースが多い。そこで、私たちが、小学校体育で最も苦手とされる《鉄棒の逆上がり》のできる条件を解析することで、小学校で体育に挫折する人が少なくなり、またこの解析結果で、小学生の運動能力向上や運動不足による生活習慣病の改善に役立てていきたいと考えた。

3. 研究内容

逆上がりができる人とできない人の連続写真を撮影し、その写真をプロジェクターで拡大投影し、座標を測り、角速度を解析した。(写真1)



写真1



○が重心の位置

写真2

【実験1】

<目的>

逆上がりができる条件に重心の位置が関係あるのかを調べる。

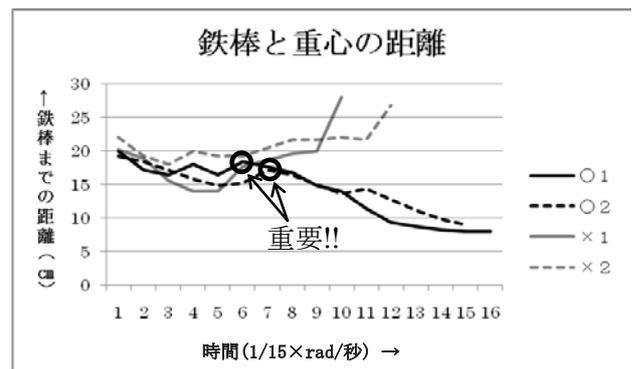
<仮説>

重心の位置が鉄棒に近ければ逆上がりができるが、遠くなれば逆上がりはできないのではないかと。

<方法>

1. 台に水平に乗ってバランスの取れる位置を調べ、人の重心の位置が何処にあるかを計る。(写真2)

2. ハイスピードカメラで、逆上がりの出来る人と出来ない人の連続写真を撮る。
3. その写真で、重心と鉄棒までの距離を測った。(グラフ1)



グラフ1

※5/15 秒・・・写真1の位置

9/15 秒・・・足が頂上にある状態

⇒逆上がりが出来ているものと出来ていないものとの違いは5/15秒～10/15秒にある。

出来た例・・・○1, ○2

鉄棒と重心との距離が離れている状態から腕力で手を曲げ、重心を近づけている動作が 7/15・8/15 秒目にある。

出来なかった例・・・×1, ×2

5/15～10/15 秒の間に鉄棒と重心とも距離が離れている状態から、近づこうとする動きがない。



写真3

<結果>

重心の位置が 5/15～10/15 秒の間に鉄棒に重心を近づける動作をしていれば成功している。

<考察>

重心の位置が遠ければ成功する確率は低くなるが、重心が遠くても速度が速ければ成功することがあるのではないと思われる。

【実験2】

<目的>

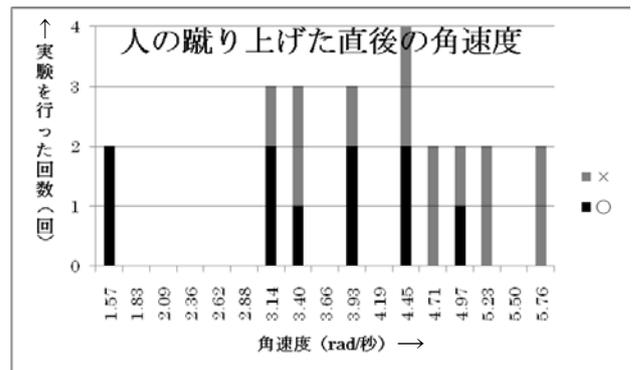
逆上がりができる条件に初速度が関係あるかを調べる。

<仮説>

一定の速さ以上の初速度があれば、逆上がりはできるのではないかと。

<方法>

1. ハイスピードカメラで、逆上がりをしているところの連続写真を撮る。
2. その写真で、人体の一点にポイントを決め、スタート時の角速度を測り、逆上がりができる人と出来ない人の比較をする。(写真3)(グラフ2)



グラフ2

<結果>

逆上がりができる条件と初速度は関係が見られなかった。

<考察>

人の場合は腹筋や腕力で鉄棒と重心との距離を縮める動作を行うと、初速度が遅くても成功すると考えられる。

【実験3】

<目的>

腹筋や腕の屈伸などの影響を除いて、純粋に初速度だけを逆上がりができる条件として求める。

<仮説>

速いほど、慣性を使って逆上がりができるのではないか。

<方法>

1. 重心と各部の寸法比、質量比を人体に合わせた模型の粘土人形を作り、逆上がりをさせる。
2. 1の連続写真を撮る。
3. 2で出来た写真を使って、初速度の角速度をはかる。(写真4)(グラフ3)

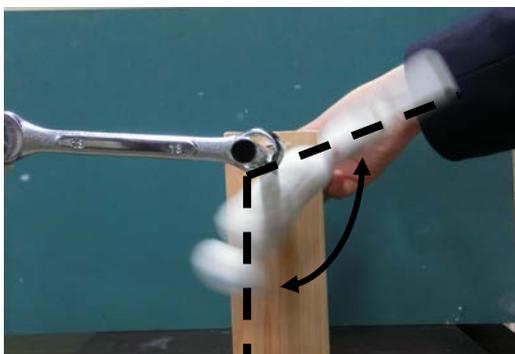
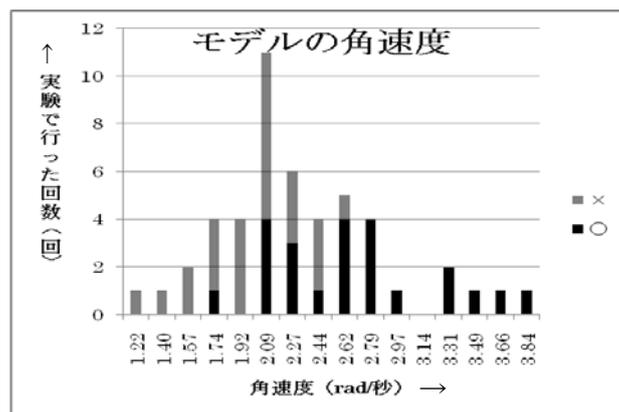


写真4



グラフ3

<結果>

2.62rad/秒以上の初速度があれば、逆上がりができる。

<考察>

腹筋や腕力を用いない場合は、2.62rad/秒以上の角速度が初速度として必要であると考えられる。つまり、初速度による慣性で回ることが出来た。

4. 結論

逆上がりができる条件として、重心の位置が最重要条件であり、重心の位置が鉄棒から近ければ速さが遅くても成功する。重心の位置を鉄棒に近づけるためには、人体が第一象限にある時、手や足の屈伸や腹筋、蹴り上げる方向、手の位置などを活用すればよい。もし重心の位置が遠くなる場合は、速さが必要となる。

5. 謝辞

ご指導を頂きました津山工業高等専門学校教授の藪木登先生に深く感謝いたします。また、逆上がりをしてくれた友人や協力してくれた皆様ありがとうございました。

磁力による物体の加速の研究

研究者 高田 智史, 木原 悠太, 西田 幸司

指導者 佐藤 文寛

1. 研究の概要

私たちは、リニアモーターカーの動力が磁力であることに興味を持ち、磁力でどのように物体が加速されるのかを調べた。実験には、コイルに電流を流す際に発生する電磁力を利用し物体を引き寄せ、加速させる方法を用いた。しかし、コイルに電流を流し続けると物体はコイル中央で停止してしまう。そこで、私たちは電流を瞬間的に流し、一時的な電磁力を発生させ物体を加速させようとした。そのための電子回路を製作し、それを利用し実験を行った。

結果は加速させることはできなかった。原因としては、電子回路の製作時に不慮があったためと考えられる。今後は、正確な回路の製作をした上で磁力と加速の関係について研究をしていきたい。

We got interested that motive power being magnetic force drives a linear motor car and we examined how object accelerate by magnetic force. We used a method that an object is drawn and accelerated by electric magnetic force produced when current runs through the coil. But an object stops in the middle of the coil when current goes on running through it. So we tried to accelerate an object by a passing electric magnetic force produced by momentary current. We made an electronic circuit to do that and conducted an experiment with it.

As a result, the circuit didn't work and an object didn't accelerate. We might have made some mistakes. We are going to research magnetic force and acceleration after we improve the circuit.

2. 序論

本研究では物体を加速するのに磁力を使った。コイルは電流が流れると、磁界を生じる特性をもち、その特性を利用し磁性体を引き寄せ加速することができる。生じる磁界 $H[A/m]$ は、電流 $I[A]$ を導線に流すと、その周りに発生する。その方向は電流の周りには同心円上で右ねじが進む方向である。半径 $r[m]$ の円形コイルに電流 $I[A]$ を流したときの中心の磁界の強さ $H[A/m]$ は、

$$H = \frac{NI}{2r} [A/m] \quad N: \text{巻数}$$

となる。図1は電流の向きと磁界の向きの関係を示したものである。

そこで私たちは、コイルの巻数を変えることによって磁力の大きさを変え、磁力と物体の加速にどのような関係があるのか調べた。

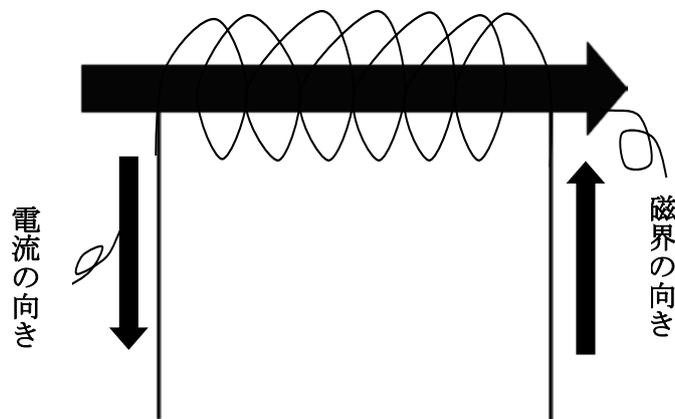


図1 電流の向きと磁界の向きの関係

3. 研究内容

コイルに流れた電流によって発生した電磁力により、物体を加速させ、その加速度と磁力の関係を調べた。

【実験 1】

約 500 回巻きのコイルに電流を流すことで発生した電磁力で鉄心を加速させる。

<結果 1>

鉄心はコイル内に引き寄せられるが中心でとまってしまう、飛び出してこず加速度が測定できなかった。

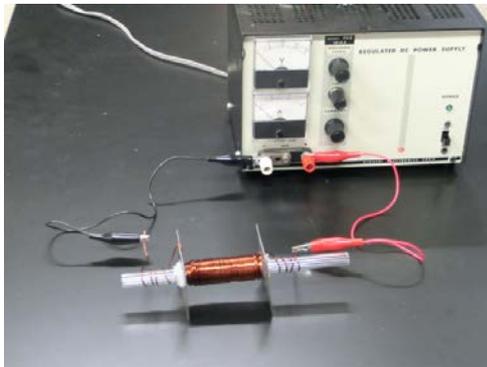


図 2 実験 1 の写真

<考察 1>

両極からの電磁力によって引き寄せられるため鉄心がコイルの中央で停滞してしまう。

【実験 2】

電流を瞬間的に流して鉄心に対して減速する力がはたらく前に磁力をなくす。

<結果 2>

MOSFET から煙が出て、電流が流れなくなった。

<考察 2>

抵抗がなかったため、MOSFET に負荷がかかり、壊れてしまった。

【実験 3】

抵抗を取り付け、また昇圧回路なども必要なことが判明したので、それらを回路に組み込んで、実験 2 と同様に実験をした。

●方法

大きな電流を流し、より加速させるためにコンデンサに電気を貯え、それを一気に流すことで加速をより大きくする方法を用いた。そこで、コンデンサを組み込んだ回路を製作する。

<結果 3>

MOSFET が破損し、電流が流れず、コンデンサに電力が貯まらなかったため、コイルに電流を流す段階にまで至らず加速されなかった。

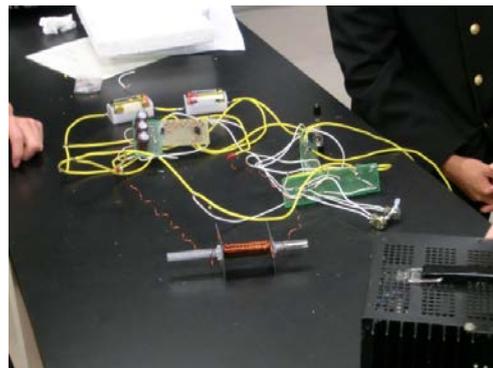


図 3 実験 3 の写真

<考察 3>

使用していた MOSFET が高電圧に耐えられるものでなかった。さらに、昇圧回路内に不備があったため、作動しなかった。

【実験 4】

MOSFET を耐電流・電圧値の大きい物にし、昇圧回路も修正した。その後、実験 3 と同様に実験を行った。

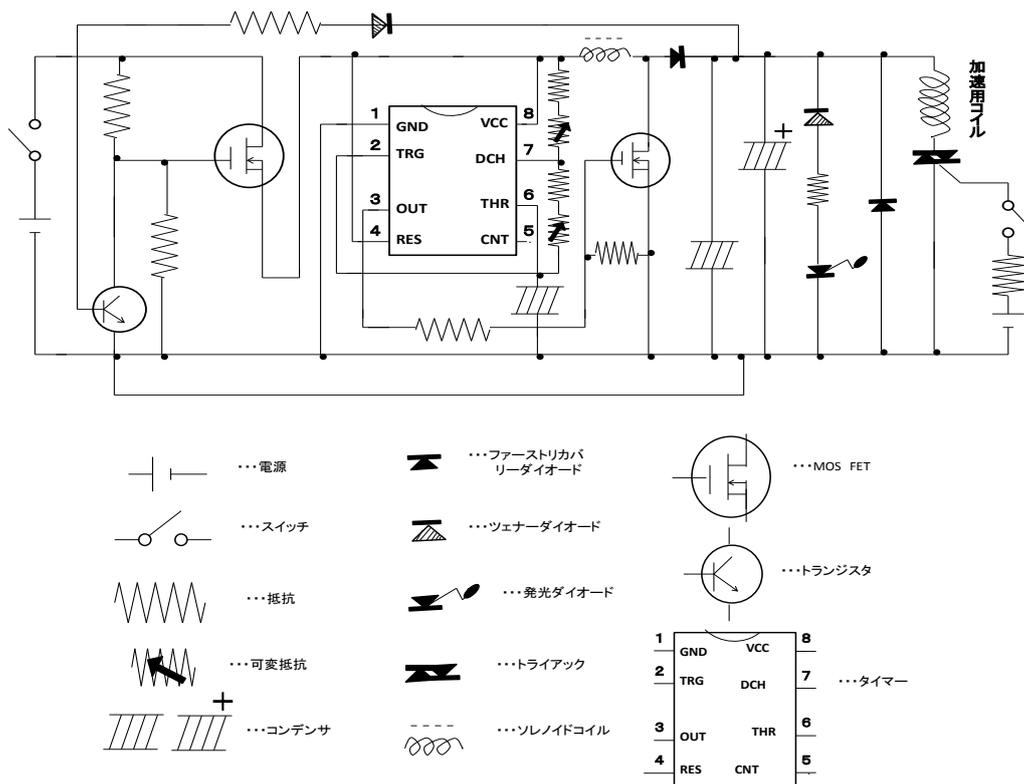


図 4 加速装置の回路図

<結果 4>

昇圧回路内で電流が流れなくなり、コンデンサにまで電流が達しなかった。そのためコイルに電流を流すことができず鉄心を加速させることができなかった。

<考察 4>

実験 3 を行った際に、MOSFET 以外の昇圧回路内の部品が破損していた可能性があった。しかし、実験 3 で使用した部品を全て取り換えていなかったため、実験 4 で上手く作動しなかった可能性がある。破損している部品で、主に考えられるのが MOSFET、タイマーの 2 つである。このタイマーを取り替えてみる必要がある。

4. 結論

電流を流し続けると鉄心は両極から引き寄せられるため、コイルの中心で停滞し加速しない。そのため、鉄心に対して減速する力がはたらく前に電流をとめ磁界をなくす必要がある。その方法

の 1 つとしてコンデンサを利用し、瞬間的に電流を流す。そして、この一連の動作を行うための回路を製作したが、私たちの電子回路に関する知識不足により不具合に対処しきれなかった。今後は電子回路を完成させ、コイルの巻き数を変えていくことで磁力に強弱をつけ、磁力と物体の加速の関係について調べていこうと思う。

謝辞

この磁力による物体の加速の研究に協力してくださった佐藤先生、木曜日におこし下さり、わたし達の研究に携わってくださった藪木登先生、鳥家秀昭先生、本当にありがとうございました。また、私達の概要を見て下さった中西先生、ニール先生、本当にありがとうございました。

参考文献

- 1) 電気主任技術者試験講座 磁界の強さ
<http://denk.pipin.jp/riron/jikai/anperu.html>
- 2) EML 製作記録 (仮)
<http://emllaboratory.blog.fc2.com/blog-entry-4.html>

炭酸水が噴き出るメカニズムの研究

研究者 小林美佳 松永紗季

指導者 盆子原淳史

1. 研究の概要

私たちは炭酸水にメントスを入れると炭酸水が噴き出る現象について研究した。中国ではこの実験を胃袋で行った女子大生が病院に搬送され、検査の結果、胃粘膜に若干の損傷があった。このような事故が起こることを防ぐため、この現象の原因を突き止め、危険性を周知させることを目的とし、本研究を行った。コーラにメントスを加えた際に噴き出る要因として、メントスの表面の形状、入れた際の衝撃によるところが大きいことがわかった。ただし、炭酸水と炭酸飲料水(コカ・コーラ)の噴き出る質量に差があることから、炭酸飲料水に含まれる何らかの物質がこの現象を助長していると考えられる。

A female college student who experimented by drinking mentos cola had to be taken to a hospital in China and, as a result of examination was found to have some damages in a mucous membrane. We wanted to scientifically find out if what happened when mentos was put in cola would happen in other drinks. We researched the phenomenon that carbonated drinks blow out. If you put a candy called mentos into a carbonated drink it blows out. Therefore because of the shape of the mentos' surface and the impact of putting the mentos into the drink, carbonated drinks blow out.

However there is a difference in the amount of blowing out between carbonated water and carbonated drinks. We think that something in the carbonated drinks (coca・cola) to find which contributed to this phenomenon.

2. 序論

この研究の動機は、炭酸飲料水はどのようにして噴き出すのか、と疑問に思ったからだ。また、私たちは興味本意で一度は試したことがあり、一般にこの現象が起こることは多くの人に知られているが、詳しい原因は分かっていないと聞いたことがあるからだ。また、中国ではメントスコーラを胃袋で実験した女子大生が病院に搬送され、検査の結果、胃粘膜に若干の損傷があった。メントスとコーラという身近にあるもので、このような危険な事故が起こることはあまり知られていない。メントスとコーラが噴き出る原因の追究、およびこのような事故が起こることを防ぐために、私達は炭酸水が噴き出るメカニズムについて調べる。

3. 研究内容

実験 1

<目的>

炭酸水では噴き出さないことを確かめる。

<仮説>

コカ・コーラに含まれる物質が反応するので、

炭酸水では噴き出ない。

<材料>

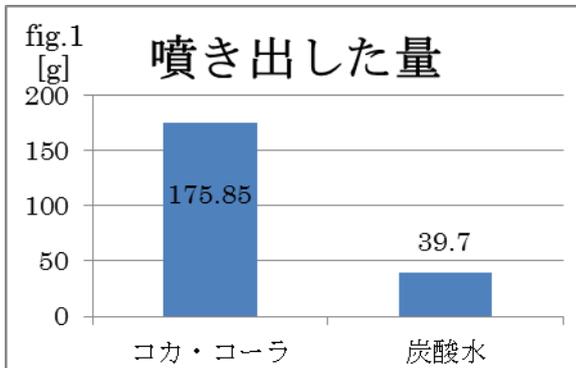
・メントス(砂糖・水飴・植物油脂・ライスフラワー・濃縮グレープ果汁・ライスターチ・酸味料・増粘剤(アラビアガム・ジェランガム)・香料・乳化剤・光沢剤・ブドウ色素)

- ・ コカ・コーラ (糖類 (果糖ぶどう糖液糖・砂糖) ・カラメル色素・酸味料・香料・カフェイン)
- ・ 炭酸水 (水・二酸化炭素)

<方法>

炭酸水とコカ・コーラにメントスを入れた。

<結果>



炭酸水とコカ・コーラはどちらも噴き出したが、噴き出した量はコカ・コーラのほうが多かった。

<考察>

炭酸水でもある程度噴き出した。このことから、コカ・コーラに含まれる物質との化学的な反応ではなく、メントスと炭酸水の間で生じる物理的な反応であると考えられる。ただし、噴き出す量に違いがみられたことから、反応を助長する何らかの物質が含まれていると考えられる。

実験 2

<目的>

炭酸水でも噴き出した原因を調べる。

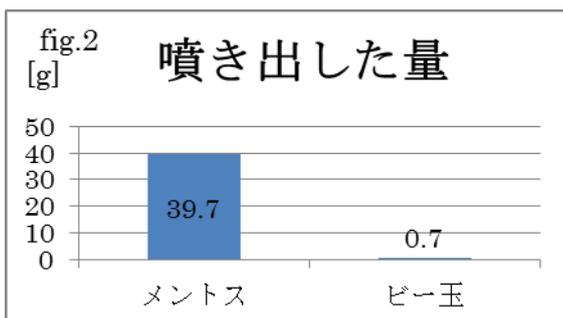
<仮説>

メントスを入れた衝撃によって噴き出している。

<方法>

炭酸水にビー玉を入れた。

<結果>



ビー玉を入れた場合も噴き出すとまではいかないものの、二酸化炭素が追い出された。

<考察>

ビー玉を入れた場合、あまり噴き出さなかったため、入れた際の衝撃だけではなくメントスの表面の形状に問題があるのではないかと考えられる。

実験 3

<目的>

メントスの表面の形状が原因かどうかを調べる。

<仮説>

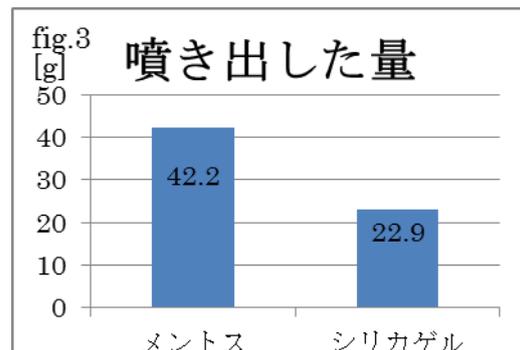
メントスの表面の形状に凹凸があるため、炭酸水は噴き出す。

<方法>

炭酸水にシリカゲルを入れた。

<結果>

シリカゲル (3.0g) を入れた場合も噴き出した。



<考察>

シリカゲルを入れた場合も噴き出した。

メントスの表面の形状が大きな原因であると考えられる。そこで、メントスの表面を顕微鏡で確認したところ、表面の凹凸が確認できた。



fig. 4

(写真中の黒い線はシャーペンの芯 0.5mm)

実験 4

<目的>

コカ・コーラと炭酸水の噴き出す量の違いの原因を調べる。

<仮説>

含まれる二酸化炭素量が多いほど、噴き出す量は多くなる。

<方法>

水上置換法でコカ・コーラと炭酸水に含まれる二酸化炭素量を調べた。

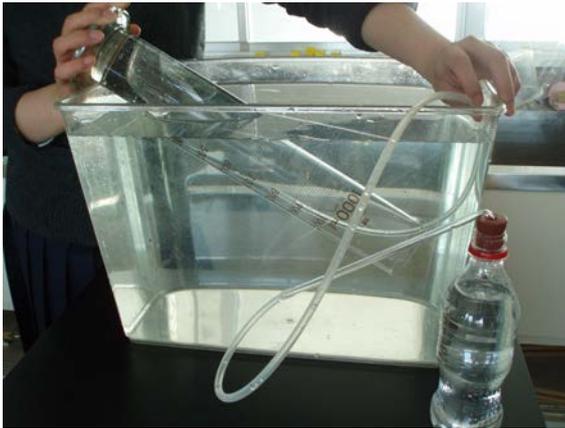


fig.5

<結果>

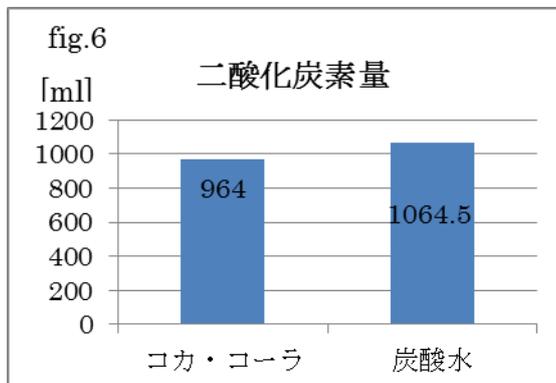


fig.5のように炭酸水のほうがコカ・コーラよりも含まれる二酸化炭素量が多い。

<考察>

二酸化炭素量が少ないコカ・コーラのほうが噴き出した量が多いことから、コカ・コーラの中に反応を促進する物質が含まれていると考えられる。

実験 5

<目的>

代表的な酸味料であるクエン酸が反応を助長していることを確かめる。

<仮説>

コーラに含まれている炭酸を NaHCO_3 という塩の形と仮定し、メントスの酸味料との弱酸遊離反応で二酸化炭素を発生させている。

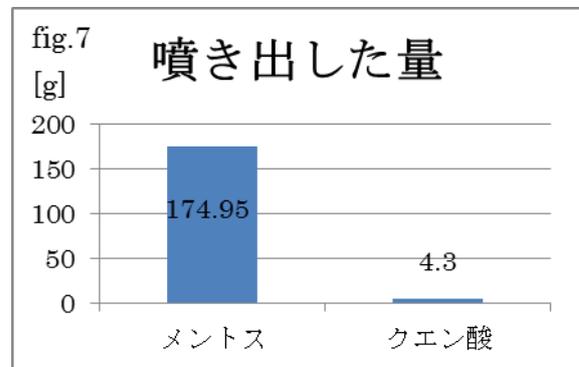


<方法>

コーラにクエン酸を入れた。

<結果>

噴き出さなかった。



<考察>

コカ・コーラに含まれる炭酸が塩の形ではなく、 CO_2 として存在していると考えられる。

<結論>

炭酸飲料水が噴き出す原因は、メントスや炭酸飲料水に含まれる物質が反応しているのではなく、メントスを入れた際の衝撃、表面の形状により噴き出していることがわかった。だが、二酸化炭素量の多い炭酸水の噴き出す量がコカ・コーラより少なかったことから、何らかの物質がこの現象を助長している可能性がある。

化学発光についての研究

研究者 二若 真菜, 池元 成海, 清原 彩

指導者 三阪 良一

1. 研究の概要

私たちは化学発光について興味を持った。化学発光の中には直接発光と間接発光がある。間接発光は色素によって発光の色を変えることができる。そこで可視光についてはすでに調べられているので、私たちは紫外線や赤外線を発する化学発光を作るために間接発光に代表されるシュウ酸エステル系化学発光を調べることにした。シュウ酸エステル的一种であるシュウ酸ジフェニルを使って実験をおこなったところ、溶媒・蛍光色素の種類に関らず発光しなかった。そこでシュウ酸ジフェニルから CPPO (2,4,5-トリクロロフェニル-6-カルボペントオキシフェニル) に変え、実験を行うと発光した。発光強度については、変えても発光強度には大きな変化を与えないが、初期の発光強度に違いがみられた。反応機構からシュウ酸エステルならばどのような物質でも光ると考えていたが、光らないものもあるとわかった。今後蛍光色素の種類を変えることで、赤外光や紫外光を生じる化学発光をおこなっていく。

We were interested in chemiluminescence. Chemiluminescence includes the direct emission of light and the indirect emission of light. The indirect emission of light can change a light emitting color by a fluorescent dye. Visible light has been already studied. To emit infrared rays and ultraviolet rays, we studied oxalate based chemiluminescence represented by the indirect emission of light. We studied it with diphenyl oxalate which is a kind of oxalate. But it did not emit light regardless of the solvent, a kind of fluorescent dye. We changed diphenyl oxalate into CPPO (Bis(2,4,5-trichlorophenyl-6-carboxyphenyl) oxalate) and when we did the experiment again it started to glow. Further changes did not have much impact on the intensity of the brightness, only at the beginning we did see a difference. From the point of the reaction mechanism, if we talk about oxalate, we thought that all matter would glow, but we found that there is also matter that does not glow. Now we plan to change the kind of fluorescent dye and do research on chemiluminescence that produces infrared light and ultraviolet light.

2. 研究目的

私たちはホタルの光について興味を持った。ホタルの発光の仕組みは、発光物質のルシフェリンが酵素ルシフェラーゼの働きにより酸素と化合する化学反応によって起こっていることを知った。そこで私たちは化学発光について研究を行うことにした。

(1) 化学発光とは

化合物の化学反応により分子が励起されて励起状態(*1)になり、そこから基底状態(*2)に戻る時に放出される光のことである。(図1) 化学発光には種類が2つある。ルミノール反応に代表される分子単独が励起状態を形成する直接発光。シュウ酸エステル系に代表される触媒や色素を入れて分子を励起状態を形成する間接化学発光がある。

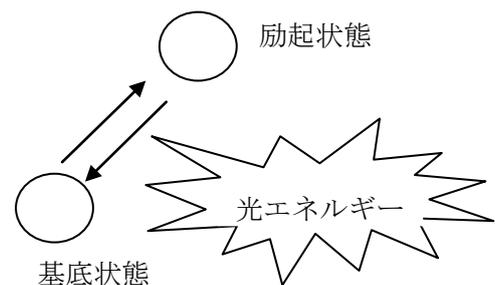


図1 化学発光の仕組み

(2) ルミノール反応

ルミノール自身の反応によって生じた生成物が発光する。(図 2) 上記で述べたように直接発光であり、ルミノールの化学発光は警察などで使われる血痕の鑑別法として知られている。

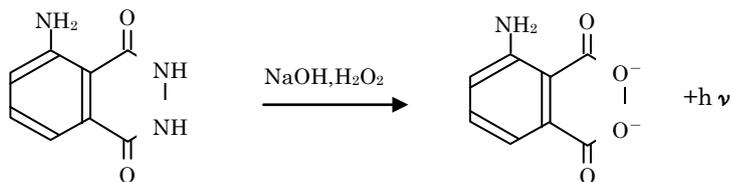


図 2 ルミノールの反応

(3) シュウ酸エステル化学発光

シュウ酸エステルと過酸化水素（酸化剤）との反応に伴って共存する蛍光色素が発光する。(図 3) このときシュウ酸エステルの酸化によって生じた 1,2-ジオキセタンジオンが色素に効率よくエネルギーを渡すために触媒が必要である。シュウ酸エステル化学発光での色は蛍光色素固有の色になる。そのため、共存する蛍光色素を変えることにより発光色を変化させることができる。上記で述べたように間接発光である。

反応式

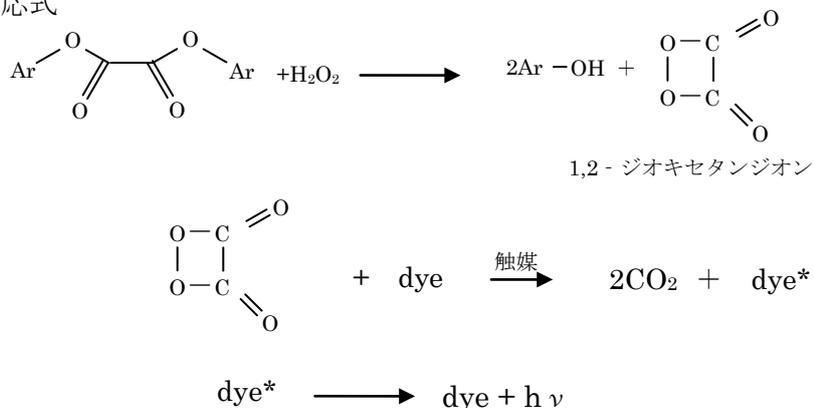


図 3 シュウ酸エステル化学発光

dye …蛍光色素基底状態

dye*…蛍光色素励起状態

間接発光における蛍光色素と発光色の関係

色	蛍光色素
青	9,10-ジフェニルアントラセン
緑	9,10-ビス(フェニルエチニル)アントラセン
黄緑	テトラセン
黄	1-クロロ-9,10-ビス(フェニルエチニル)アントラセン
橙	5,12-ビス(フェニルエチニル)ナフタセン, ルブレン, ローダミン 6G
赤	ローダミン B

* 1 分子のエネルギーの低い定常状態から、エネルギーの高い状態へ遷移させることを励起といい、エネルギーの高い状態

* 2 分子のエネルギーの低い定常状態

そこで私たちはケミライトに見られるように可視光を発する化学発光はよく知られているため赤外や紫外発光を発する化学発光を行うことが出来ないかと考え研究を行うことにした。間接発光であれば蛍光色素を変えることによって実現できると考えた。

3. 研究内容

実験 1-1 シュウ酸ジフェニルによる化学発光

<目的>

シュウ酸エステル系のシュウ酸ジフェニルを使い、シュウ酸エステル系の化学発光ができることを確かめる。

<仮説>

シュウ酸エステルを使っているから光る。

<準備物>

試薬：シュウ酸ジフェニル・9,10-ジフェニルアントラセン・30%過酸化水素水・サリチル酸ナトリウム・アセトン

器具：50 mL ビーカー・こまごめピペット・ガラス棒

<方法>

- (1) シュウ酸ジフェニル(シュウ酸エステル) 0.16 mol/L と 9,10-ジフェニルアントラセン(色素) 7.4×10^{-3} mol/L のアセトン溶液を調整する。(A液)
- (2) 過酸化水素(酸化剤) 1.75 mol/L とサリチル酸ナトリウム(触媒) 8.0×10^{-4} mol/L のアセトン溶液を調整する。(B液)
- (3) A液とB液を10 mL ずつ混合する。
- (4) 暗所で発光の様子を観察する。

<結果>

光らなかった。

<考察>

溶液を調整したが、実際は色素がアセトン溶媒に十分溶けていなかったため発光しなかった可能性が考えられる。そこで溶媒を変えて色素が溶けた状態で実験を行うことにした。

実験 1-2 シュウ酸ジフェニルによる化学発光

<目的>

色素の溶解性を仕上げることでシュウ酸ジフェニルが発光するか確かめる。

<仮説>

色素が溶けるので光る。

<準備物>

試薬：シュウ酸ジフェニル・9,10-ジフェニルアントラセン・30%過酸化水素水・サリチル酸ナトリウム・安息香酸ベンジル

器具：50 mL ビーカー・こまごめピペット・ガラス棒

<方法>

- (1) 実験 1-1 の (1) の溶媒を安息香酸ベンジルに変更する。
- (2)~(4)は実験 1-1 と同様。

<結果>

光らなかった。

<考察>

反応(図 3)よりシュウ酸エステルであれば光ると考えていたが、色素が溶けても光らなかったことから、シュウ酸ジフェニルでは光らないのではないかと考えた。そこでシュウ酸ジフェニルを変えて実験を行うことにした。

実験 2-1 CPPO による化学発光

<目的>

実験 1 よりシュウ酸ジフェニルでは発光できない可能性がでてきたため、別のシュウ酸エステルであるシュウ酸ビス(2,4,5-トリクロロフェニル-6-カルボペントオキシフェニル)(以下 CPPO)を用いて発光するか確かめる。※CPPO 分子式 $\cdots C_{26}H_{24}Cl_6O_8$

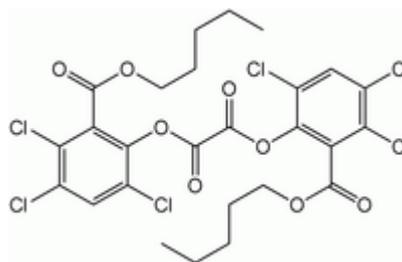


図 4 CPPO

<仮説>

ケミカルライトなどに用いられている物質であるから光る。

<準備物>

試薬：CPPO・9,10-ジフェニルアントラセン・30 %過酸化水素水・サリチル酸ナトリウム・アセトン

器具：50 mL ビーカー・こまごめピペット・ガラス棒・発光強度計(Lab-junior SV2100L(K-MAC))

<方法>

- (1) 実験 1-1 のシュウ酸ジフェニルを CPPO に変え同様に行う。
- (2) 発光強度計で測定を行う。ただし、A 液を B 液に入れた瞬間を 0 分とし発光強度を測る。

<結果>

暗所において肉眼では青白く発光した。しかし、発光は弱く計測下限を下まわり検出できなかった。

(巻末図 1 左)

<考察>

シュウ酸ジフェニルを CPPO に変えると発光したことから、シュウ酸エステルであればどのような物質であっても光るわけではないということが分かった。しかし光ったものの発光は弱く測定できなかったため、溶媒が発光強度に影響を与えるのではないかと考え実験を行うことにした。

実験 2-2 CPPO による化学発光

<目的>

溶媒を変更して発光強度が変化するかを確かめる。

<仮説>

色素が溶けるので強く発光する。

<準備物>

試薬：CPPO・9,10-ジフェニルアントラセン・30 %過酸化水素水・サリチル酸ナトリウム・安息香酸ベンジル

器具：50 mL ビーカー・こまごめピペット・ガラス棒・発光強度計

<方法>

- (1) 実験 1-2 のシュウ酸ジフェニルを CPPO に変更し同様に行う。
- (2) 発光強度計で測定を行う。

<結果>

実験 2-1 と同様。

(巻末図 1 右)

<考察>

私たちの肉眼では実験 2-1 より今回のほうが強く発光しているように見えたが発光強度計で検出できなかったため色素の種類を変えることで強度が大きくなると考えて実験を行うことにした。

実験 3-1 CPPO+ローダミン B による化学発光

<目的>

色素を変えることによって発光強度の変化を確かめる。

<仮説>

色素の種類によって発光強度は異なる。

<準備物>

試薬：CPPO・ローダミン B・30 %過酸化水素水・サリチル酸ナトリウム・アセトン

器具：50 mL ビーカー・こまごめピペット・ガラス棒 発光強度計

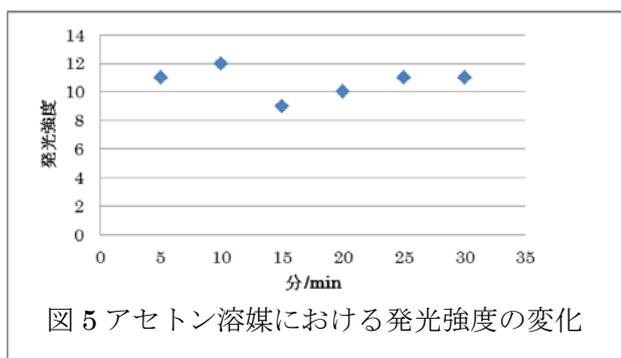
<方法>

- (1) 実験 2-1 の 9,10-ジフェニルアントラセンをローダミン B に変更し同様に行う。
- (2) 発光強度計で測定を行う。

<結果>

蛍光的な赤色に光った。測定を行うと 630 nm 付近にピークが見られた。630 nm のピークにおける時間経過と発光強度をグラフに表した。(図

5) (巻末図 2 左)



<考察>

色素を変えることにより発光強度が異なる。また検出することができたため溶媒による違いを調べるために次の実験を行うことにした。

実験 3-2 CPPO+ローダミン B による化学発光

<目的>

溶媒の違いによる発光強度の変化について調べる。

<仮説>

実験 2 から肉眼ではあるが安息香酸ベンジルの方がアセトンよりも強く光っているように感じた。したがってローダミン B の場合も安息香酸ベンジルのほうが発光強度は強くなると考えた。

<準備物>

試薬: CPPO・ローダミン B・30%過酸化水素水・

サリチル酸ナトリウム・安息香酸ベンジル

器具: 50 mL ビーカー・こまごめピペット・ガラ

ス棒 発光強度計

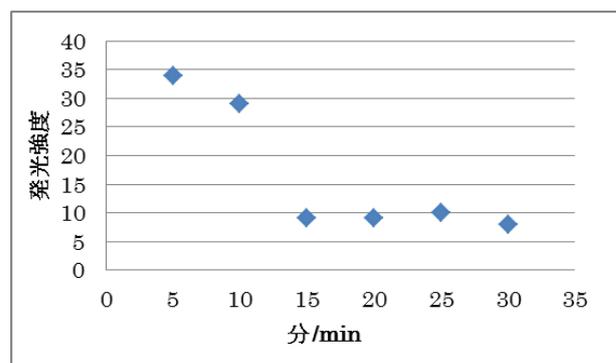
<方法>

(1) 実験 2-2 の 9,10-ジフェニルアントラセンをローダミン B に変更して同様に行った。

(2) 発光強度計で測定を行う。

<結果>

実験 3-1 と同じ。測定を行うと 610 nm 付近にピークが見られた。610 nm のピークにおける時間経過と発光強度をグラフに表した。(図 6) (巻末図 2 右)



<考察>

10 分から 15 分の間の急激な発光強度の減少は測定後溶液は分離しており 10~15 分程度で分離し境界面でしか発光が起こっていないからだと考えられる。

4. 結論

- (i) シュウ酸エステルであれば何でも光るわけではないということがわかった。
- (ii) 色素により化学発光強度は異なる。
- (iii) CPPO を使えば光るが、色素の種類によって溶媒に対する溶解性が不十分であることや、それぞれが溶ける溶媒を使用しても溶媒同士が分離することがあり、安定した結果を得るには試薬の溶解性が十分でかつ使用する溶媒同士が混ざる溶媒の選定が困難。
- (iv) 今後は蛍光色素を変え化学発光で赤外線や紫外線を出し、適度な溶媒を調製し発光強度を上げていく。

5. 参考文献

- 1) Ekouhou.net 化学発光組成物 <http://www.ekouhou.net/%E5%8C%96%E5%A6%E7%99%BA%E5%85%89%E7%B5%84%E6%88%90%E7%89%A9/disp-A,2011-102398.html>
- 2) 化学発光学習用教材ルミキット付属説明書

色素増感型太陽電池の性能の向上

研究者 春名裕太 浦上啓 梶祐貴

指導者 福田良輔 三阪良一

1. 研究の概要

私たちは、色素増感型太陽電池について研究した。私たちは、色素増感型太陽電池の短所(耐久性が低い・発電効率が低いなど)を知り、それらを改善することを目的として取り組んだ。

精製水から硝酸に変えた酸化チタンペーストを使うことで発電量を上げることができた。電解液をヨウ素溶液から塩化パラジウム(II)に変えることで、発電量を上げることができた。また、ヨウ素溶液にゼラチンを加えることで、耐久性を伸ばすことができた。

作成した色素増感太陽電池で発電した電気をを用いて津山の発展に利用できるか調べたが、原子力発電や火力発電などに比べると発電量ははるかに劣っているため、色素増感型太陽電池を実用化するにはまだまだ改善すべき点があることが分かった。

今後、導電性ガラスに塗る酸化チタン(IV)の粒形を揃えたり、電解液を固形化したりしたい。

We studied the dye-sensitized solar cells. We know that they have faults, for example, they are not durable and their generation efficiency is bad. So we intended to improve these faults.

First, we improved the generation efficiency by using titanium oxide in order to change ion exchanged water into nitric acid.

In a second step, we managed to change the electrolyte solution iodine solution into palladium (II) chloride solution and this way could improve the generation efficiency.

Furthermore, we added gelatine to the electrolyte solution and could therefore extend the durability.

But compared with nuclear power stations and the thermal ones, the dye-sensitized solar cells are inferior in generation efficiency.

We studied the possibility of applying dye-sensitized solar cells which we made to the scale of Tsuyama-city. It concluded that dye-sensitized solar cells are by far inferior in power generating capacity compared with thermal power or nuclear power generating capacity.

Based on these results, we found that for practical use there are still many points to be improved.

After this, we want to arrange the pattern of titanium oxide on the conductive glass and solidify the electrolyte solution iodine solution.

2. 序論

太陽電池には、大きく分けるとシリコン系・化合物系・有機系の3つの種類がある。色素増感型太陽電池は、有機系に含まれる。

シリコン系

最も古くからある単結晶シリコン太陽電池や、現在もっとも広く使われている多結晶シリコン太陽電池がこれにあたる。シリコンの原子が規則正しく整列していて、材料としてのシリコンが最大限の能力を発揮できる状態だと言える。この結晶シリコンの中でも、素子全体にわたって”整列”が保たれた状態を「単結晶」、直径数 mm 程度の小さな単結晶が集まっている状態を「多結晶」と呼ぶ。

化合物系

シリコンの代わりに Cu, In, Ga, Se(銅, インジウム, ガリウム, セレン)を混ぜ合わせて製作するのが CIGS 太陽電池である。特徴として、用いる材料や製造法の選択肢が豊富なことが挙げられる。これらを使い分けることによって、ひとつの材料系で価格を安くすることに重点を置いた製品から、性能に重点を置いた製品まで製造することができる。こうした特徴から、一般的な平板状の製品だけでなく、電気自動車や建造物への組み込み用向けとしても期待されている。

有機系

色素増感型太陽電池や有機半導体太陽電池がこれにあたる。また、普通の太陽電池が p 型と n 型の二層に分かれているのに対して、有機半導体太陽電池は、p 型と n 型の両方の半導体を混ぜ合わせて作る。様々な色や形が実現でき、半透明のものや柔軟性に富んだものを作ることが可能である。

*色素増感型太陽電池の仕組み

色素増感型太陽電池は、次の a) b) c) の反応が繰り返されることで半永久的に使用することのできる電池である。

- 電池内の酸化チタン(IV)に光が当たると色素から電子が放出される。
- 電子が酸化チタン(IV)を經由して導電性ガラスに達し、外部へ流れる。
- 電子を放出して陽イオンになった色素は反対側の電極から供給される電子を電解液中のヨウ化物イオン (I^-) を經由して受け取り、元の状態に戻る。a) b) c) の反応が半永久的に続く。

酸化チタン(IV)は波長 400nm 以下の紫外光を吸収するが、これは太陽エネルギーの 3%程度にすぎない。色素は可視光を吸収するので、色素を酸化チタン(IV)膜に吸着させておくと、 TiO_2 膜の感光波長域が拡大し、太陽エネルギーの変換効率を高めることができる。(図1)

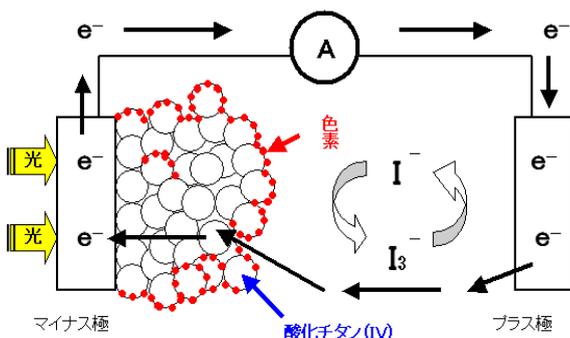


図1 色素増感型太陽電池の仕組み

3. 研究内容

酸化チタン (IV) をベースとするで、どのような物質を使用したら発電の効率が向上するのかを研究した。酸化チタンペーストの作り方、電解液の種類の違い、粘り気によって、発電がどのように変わるのかを調べた。

4. 使用した材料

- ・負極
 - ・導電性ガラス(2.5 cm×2.5 cm)・・・1枚
- ・正極
 - ・導電性ガラス(2.5 cm×2.5 cm)・・・1枚
 - ・ペースト
 - ・酸化チタン(IV) (粉末状)・・・3.00 g
 - ・精製水・・・7.0 g
 - ・硝酸(pH3)・・・7.0 g
 - ・ポリプロピレングリコール (分子量 2000)・・・1.0 g
- ・濃硝酸・・・6滴
- ・電解液
 - ・ヨウ素・・・0.13 g
 - ・ヨウ化カリウム・・・0.83 g
 - ・ジメチルスルホキシド・・・9.1 g
 - ・塩化パラジウム(II) 2滴
- ・色素液
- ・メチレンブルー

2滴



図2 色素増感型太陽電池

5. 作成方法

1. 酸化チタン(IV)粉末とポリプロピレングリコール、精製水{実験に応じて、硝酸(pH3)を使用}、濃硝酸を乳鉢に入れ、20分程度すりつぶすように混ぜ、ペーストを作る。
2. 導電性ガラス(負極側)の導電面に、メンディングテープでマスキングする。(4mm幅)
3. ペーストを導電性ガラス(負極側)のうえに一滴垂らしガラス棒で均一に伸ばし、薄く酸化チタン(IV)の膜を作る。
4. 3の導電性ガラス(負極側)を一日自然乾燥させる。
5. 4の導電性ガラス(負極側)を電気炉の中に入れ、450℃で15分間焼き付けし、そこから約2時間かけて自然冷却する。
6. 5の導電性ガラス(負極側)をメチレンブルーに約30分間つける。
7. ヨウ素溶液(ヨウ素・ヨウ化カリウム・ジメチルスルホキシドを混ぜたもの)を作る。
8. 色素から取り出した6の導電性ガラスに、7で製作した電解液を2滴たらす。{実験に応じて、塩化パラジウム(II)も使用。}
9. 8で作成した導電性ガラス(負極側)と、導電性ガラス(正極側)を合わせ、クリップで両端をとめ、完成。

6. 研究の流れ

1. 水で作った酸化チタンペーストと、硝酸(pH3)で作った酸化チタンペーストでの抵抗を変えたときの電圧の強さの関係を調べる。(ヨウ素溶液を使用)
2. 1と同様に2つの酸化チタンペーストを使用。ヨウ素溶液を塩化パラジウム(II)に変更し、抵抗を変えた時の電圧の大きさを調べる。
3. 精製水5.0gとゼラチン粉末2.0gをガスバーナーで加熱し、[実験1]で使用したヨウ素溶液にとろみがつくまで加える。
1で作成した水で作った酸化チタンペーストに使用し、ゲル状の液を入れていないヨウ素溶液と、ゲル状の液を入れたヨウ素溶液との

電圧の大きさおよび日持ちの関係を調べる。
(光源としてプロジェクターの光を使用。)

7. 前提

[1]測定理論と論理式

- (1) 太陽電池の性能は起電力 E (V) と、電池から取り出せる最大電力 P (W) と、電力量 Q (Wh) と、内部抵抗 r (Ω) で定められる。
- (2) 太陽電池は、太陽の光さえあれば(そして、色素が変化しなければ)永遠に電気量が取り出せる。従って当面は E と r が性能を決める。
- (3) [仮定]
 - 1 真性電圧 E (端子がオープン状態で負荷が流れない状態、従って負荷電力が流れない理想状態での電圧のこと。)
 - 2 電池の内部抵抗: r (電池内の接続やイオンの流れやすさ等で決まる抵抗。)
 - 3 電流: i (電気の流れ)

*上記の1, 2, 3は、測定中は、変化しない定数とみなす。

色素増感型太陽電池

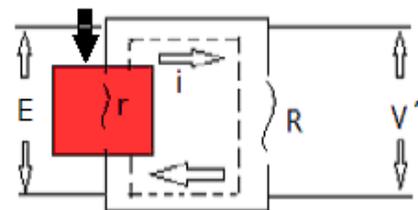


図3 回路図

[2]論理式

- (1) オームの法則より回路に流れる電流 i を求める。

$$i = \frac{E}{r + R} \dots (A)$$

- (2) 同じく(オームの法則)より、負荷抵抗 R の両端の電圧 V' は次式で求まる。

$$V' = iR = \frac{R}{r + R} E = \frac{E}{1 + \frac{r}{R}} \dots (B)$$

[3]物理的意味と予想される測定カーブ

(1) $R=\infty$ の時は回路オープンで $V=E$ となる。これは B 式で、 $R\rightarrow\infty$ と大きくしていくと $r/R\rightarrow 0$ になるから $V=E$ になる。

(2) $R=0$ の時は、回路ショート故 $V=0$ となるはずであるが、これは B 式で $R=0$ だと、 $V=0$ は、 $r/R\rightarrow\infty$ で $E/\infty\rightarrow 0$ であるから、式の上から $V=0$ となる。

従って予想測定図は(図 4)になると考えられる。

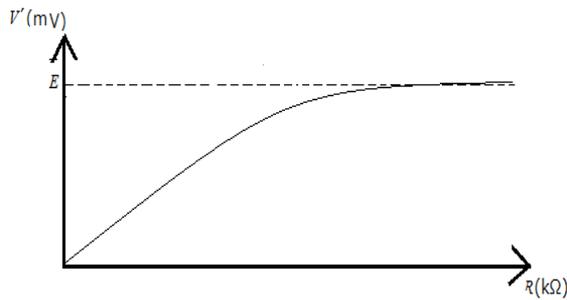


図 4 $R(k\Omega)$ を変えてえて $V(mV)$ を測定するときの予想グラフ

8. 実験

[実験 1]

<内容> : 水で作った酸化チタンペースト…(i)
硝酸(pH3)で作った酸化チタンペースト… (ii)

(i)と(ii)での抵抗を変えた時の電圧の強さの関係を調べる。

ヨウ素溶液(ヨウ素・ヨウ化カリウム・ジメチルスルホキシドを混ぜたもの)を使用。

<仮定> : 酸化チタン(IV)の粒子と色素とが関係して電圧が変わると考えたため、水で作った酸化チタンペーストと、硝酸(pH3)で作った酸化チタンペーストでは、生じる電圧は変わらないと推定される。



図 5(i), (ii)

<結果>

(i)の結果(水+ヨウ素溶液)

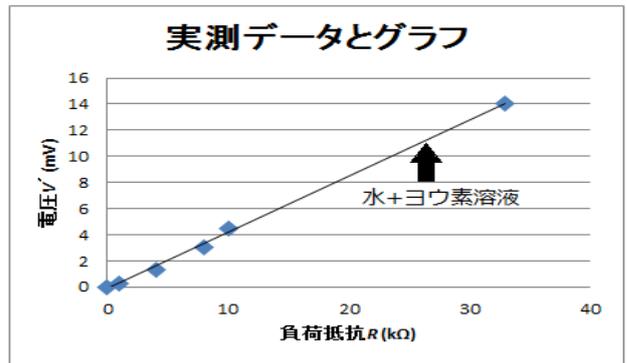


図 6

ii)の結果{硝酸(pH3)+ヨウ素溶液}

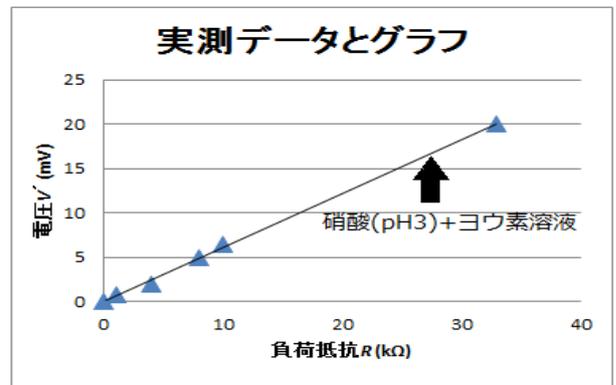


図 7

(i), (ii)のグラフ比較

◇:水+ヨウ素溶液 ▲:{硝酸(pH3)+ヨウ素溶液}

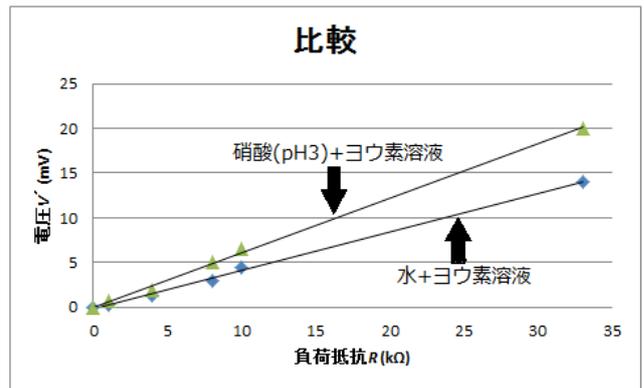


図 8

<考察>

実験結果より、硝酸で作った酸化チタンペーストの方が、水で作った酸化チタンペーストより高い電圧が現れた。

これは、水溶液の導電度が強酸性水溶液の場合の方が精製水より高いためであり、電池の場合に

は、導電性の高い電解液を用いることが重要であることが分かった。

また、なぜ図 6 の上側{硝酸(pH3)+ヨウ素溶液}のカーブのほうが電池性能が高いかという点、上側{硝酸(pH3)+ヨウ素溶液}のカーブでは V' が大きくなっているから、式(B)を変形した $i=V'/R$ より、一定の R に流れる電流 i が大きくなるからである。

[実験 2]

<内容>:[実験 1]と同様に 2 つの酸化チタンペーストを使用。

ヨウ素溶液を塩化パラジウム(II)に変更し、抵抗を変えた時の電圧の強さを調べる。

<仮定>:パラジウム触媒は、導電性物質にすぐれているので、[実験 1]と比べたとき、どちらの酸化チタンペーストも強い電圧が流れる。

<結果>

水で作った酸化チタンペーストの比較

- : 水+塩化パラジウム(II)
- ◇ : 水+ヨウ素溶液

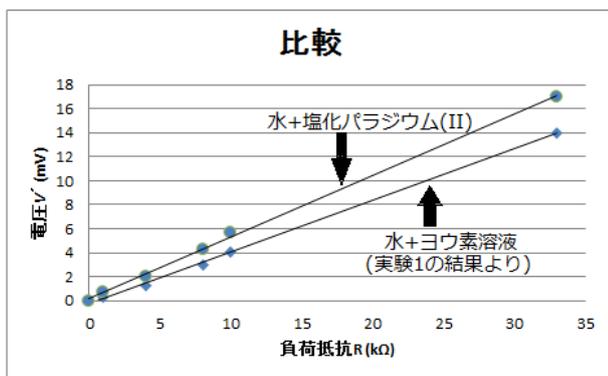


図 9



図 10 ペースト塗布

硝酸で作った酸化チタンペーストの比較

- × : 硝酸(pH3)+塩化パラジウム(II)
- ▲ : 硝酸(pH3)+ヨウ素溶液

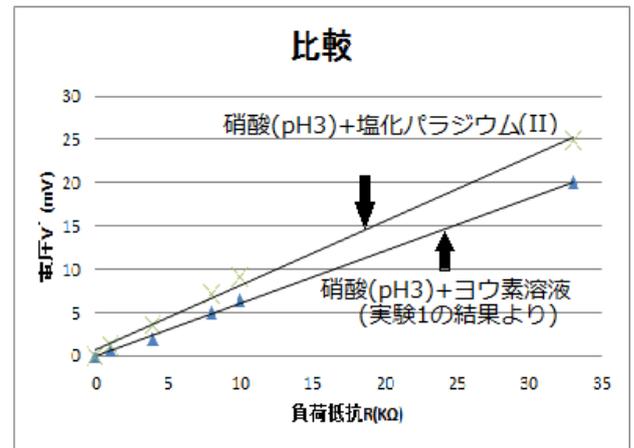


図 11

<考察>

実験結果より、予想したとおり[実験 1]より、[実験 2]の方がどちらのペーストでも高い電圧が現れた。

[実験 1], [実験 2]より、今回の実験で一番高い電圧が現れたのは、硝酸(pH3)を使用した酸化チタンペーストと、電解液に塩化パラジウム(II)を使用したものであることがわかった。

また、[実験 1], [実験 2]で作成した色素増感型太陽電池の r (内部抵抗), E (真性電圧)を調べてみたところ図 9 のようになった。

	水+溶解液	水+塩化パラジウム(II)	硝酸+溶解液	硝酸+塩化パラジウム(II)
真性電圧 E (mV)	27	20	206	95
内部抵抗 r (kΩ)	50	5.6	307	96

図 12

この結果から、色素増感型太陽電池の一定であるべき r (内部抵抗)および E (真性電圧)が一定していないことから、製造条件が確立していない。したがって安定して最適な製造条件を確立するためには、なお試行錯誤をする必要がある。

[実験 3]

<内容>： 精製水 5.0g とゼラチン粉末 2.0g をガスバーナーで加熱し，[実験 1]で使用したヨウ素溶液にとろみがつくまで加える。

[実験 1]で作成した水で作った酸化チタンペーストに使用し，ゲル状の液を入れてない[実験 1]で使用したヨウ素溶液との電圧の大きさ日持ちの関係を調べる。(光源としてプロジェクターの光を使用。)

<仮定>： 電解液にとろみをつけたほうが，水が蒸発しにくいいため日数は持つが，その分流れる電圧が下がる。

<結果>

電解液との電圧の強さおよび日持ちの関係

単位(mV)

日数(日)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ヨウ素溶液(通常)	238	242	202	160	78	×	0	0	0	0
ヨウ素溶液 (ゼラチン投入)	187	185	152	134	98	×	41	24	3	0

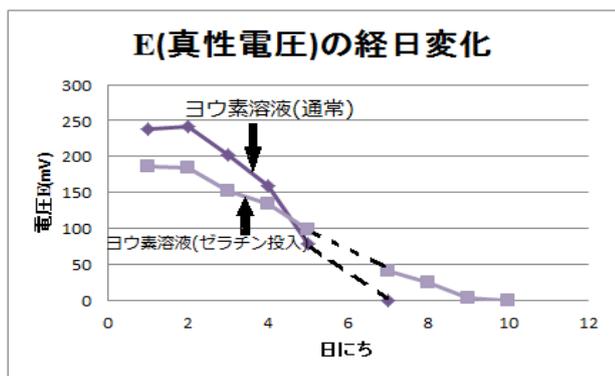


図 13(点線部は予想したもの)

<考察>

私たちが仮定したとおり，とろみをつけた電解液の方が電圧は下がったが，長い日数電圧が流れた。

9. 色素増感型太陽電池の商業的利用 in 津山の考察

今回作成した色素増感型太陽電池を利用して，商業の観点から仮に津山の遊休農地(重機を用いないと通常の土地にならない場所)を全て色素増感太陽電池で埋め尽くした場合いくらのお金を得ることができるのかを計算してみた。

今回は，水を使った酸化チタンペーストとヨウ素溶液の電解液を使用したもので作った色素増感型太陽電池を用いて計算した。

- (1) 色素増感型太陽電池の抵抗および流れる電圧を調べる。
以前求めた結果より，抵抗 $r = 50 \text{ k}\Omega$ ， $V = 27 \text{ mV}$
- (2) 政府買取価格は 1 kWh あたり約 40 円。(消費税を考えると 42 円)
- (3) 津山の遊休農地 = 約 628ha (傾斜地に色素増感型太陽電池を敷設した場合を考える。)
- (4) 今回計算で使う一年間あたりの日照時間は約 1000 時間(次式参照)

$$365 \frac{\text{日}}{\text{年}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{時}} \times 0.12 = 1051 \frac{\text{h}}{\text{年}} \approx 1000 \frac{\text{h}}{\text{年}}$$

☆地球上どこでも 1 m^2 の太陽光が地球上に与えてくれるエネルギーは 1 kW である。

☆電池 1 個分の面積は 2.625 cm^2 である。

以上から得られる収入は次式で求められる。

$$V = iR \text{ より } 27 \times 10^{-3} (\text{V}) = i \times 50 \times 10^3 (\Omega)$$

$$\text{よって, } i = 0.54 \times 10^{-6} (\text{A})$$

これを用いて， 1 m^2 あたりの発電量を求める。

1 m^2 あたりの発生電流を $X(\text{A})$ とすると，

$$2.625 (\text{cm}^2) : 10 \times 10^4 (\text{cm}^2) = 0.54 \times 10^{-6} (\text{A}) : X(\text{A})$$

$$\text{よって, } X(\text{A}) = 0.206 \times 10^{-2} (\text{A})$$

津山の遊休面積 628ha に当てはめると

$$0.206 \times 10^{-2} (\text{A}) \times 628 \times 10^4 (\text{m}^2)$$

$$\approx 1.29 \times 10^4 (\text{A})$$

$$P = iV \text{ より } 1.29 \times 10^4 \times 27 \times 10^3 \approx 349 \text{ Wh}$$

となり，1 年間の発電時間は 1000 時間だから，

$349 \times 10^3 (\text{Wh}) = 349 (\text{kWh})$

政府の買い取り価格は1 kWh 当たり 40 円だから、 $349 \times 40 \doteq 14000$ 円

よって、**14000 円**となる。

今回試作した色素増感型太陽電池では、もし建設しても建設費もまかなうことが出来ないため、まだ実用化は不可能だと考えられる。

原子力発電所 1 基分をまかなうのに必要な大きさ

原子力発電と太陽光発電比較 (図 11)

	原子力発電	色素増感型太陽光発電
必要な敷地面積	*約0.6 km ²	145 km ²
原子力発電所 1 基分を代替する場合	100万 kW	580 kW
設備利用率	70~85%	12%

図 11

*全原子力発電所の敷地面積の合計を稼働数 (54 基: 2010 年時点) で割った場合

☆現時点の世の中で使われている色素増感型太陽電池の電力変換効率は 8%である。また、安全率を 0.5 とする。

<考察>

太陽光発電で原子力発電と同等の発電量を得るには、広大な面積が必要で、原子力発電所 (100 万 kW 級) 1 基分を代替するには、約 145km²の面積が必要となる。なお、現在日本で全電力をまかなうには、1 億 kW の発電設備があればよい。このとき、色素増感太陽電池の場合、約 20000km²(岡山県の面積 789.9km²の約 26 倍)必要である。これは日本の全面積(37.8 万 km²)の約 5%にあたる。これを日本全国に分散建設すれば、日本の全電力をまかなうことができる。

また、現在では色素増感型太陽電池の電気変換効率は 8%であるが、その他の現在使われている太陽電池の電気変換効率が約 20%なので、色素増感型太陽電池も、もっと電気変換効率を上げることが重要である。試作した色素増感型太陽電池の

寿命が約 1 週間ほどであったことを考慮すると寿命の延長が最大の課題であると考えられる。以上から、実用化するにはまだまだ改善すべき点が多々あることが分かった。

(なお太陽電池の欠点である間歇性、変動性を補償するための電力貯蔵技術の必要性および大量の太陽電池を建設するために必要な設備投資については、ここでは割愛する。)

10. 反省・展望

色素増感型太陽電池を作るにあたり、最初は酸化チタンペーストがうまく焼き付けできなかつたり、作った色素増感型太陽電池の数値が思ったような値にならなかつたりと苦戦したり、実験の失敗が多くて苦労したが、色素増感型太陽電池を作ることができてよかった。

電解液を固体にして耐久性を向上することや、プラスチックを使ってフレキシビリティ(柔軟性)を向上させ、身近なところに設置するなどしてみたい。

謝 辞

私たちの研究に携わって下さった福田良輔先生、協力して下さった学校内の先生方大変お世話になりました。

この場を借りてお礼を申し上げます。誠にありがとうございました。

<参考文献>

信州の草花で作る色素増感太陽電池

<http://www.geocities.jp/wakasashinji/taiyou/>

日経エレクトロニクス Tech-On!

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/WORD/20060306/114188/>

産業技術総合研究所太陽光発電研究センター

http://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/about_pv/types/groups.html

色素増感太陽電池

<http://kuroppe.tagen.tohoku.ac.jp/~dsc/>

SHARP 太陽光発電システム

<http://www.sharp.co.jp/sunvista/structure/principle.html>

色素増感太陽電池川村康文

<http://www2.hamajima.co.jp/~elegance/kawamura/jikkenki/sikisozokan/sikisozokan.html>

九州電力

http://www.kyuden.co.jp/effort_renewable-energy_photovoltaic_faq.html

舎密開宗に記載される実験の再現

研究者 市川直人 児島巧士 柴原葵 鷹取勇樹

指導者 盆子原淳史

1. 研究の概要

私たちは「舎密開宗」の検証実験を行った。「舎密開宗」は、津山市の偉人である宇田川榕庵が日本で初めて近代化学を記した実験書である。しかし、現在発行されていないので、舎密開宗を知っている人はほとんどいない。私たちの目的は、舎密開宗を周知し、舎密開宗の内容を安全で明快にすることである。また、子供たちに化学に興味を持ってほしいということである。私たちの作成した実験書を用いることで、誰でも“隠顕インキ”，“鉍物性カメレオン（カメレオン水）”，“賽雷散”の三つの実験を行うことができるようになる。隠顕インキとはある液体で文字を書き、その文字に熱風を当てると文字の色が現れる。鉍物性カメレオン（カメレオン水）とはある薬品に水を徐々に加えると水溶液の色が変化するものである。賽雷散とはある薬品を熱すると爆発するものである。

We tried the experiments in “Seimikaiso”. It is the first book of modern chemistry in Japan written by Yoan Udagawa, a great man from Tsuyama city. But few people know about “Seimikaiso” because it is not easy to get now. Our purpose is to familiarize “Seimikaiso” to the public, to write a safe and clear experiment book. And we want to interest children in chemistry. With our book it will be easier to conduct these three experiments ”Invisible ink,” ”Chameleon water ”and ”Sairaisan”. ”Invisible ink”: If you write words by a liquid and you give hot wind to the word, a color appears. ”Chameleon water”: If you add gradually water to a chemical compound, the color of the solution changes into different colors depending on how much water you add. ”Sairaisan”: If you heat a compound, it bursts.



2. 序論

この研究の目的は、舎密開宗という実験書の内容をはっきりとした値で再現するということである。舎密開宗とは、私たちの地元である津山市出身の化学者である宇田川榕庵が江戸時代に作成した実験書で

ある。舎密開宗はおおよその質量で実験を行っており、薬品が反応しきれず、正確に実験ができているとは言えない。私たちは化学反応式から薬品の質量を割り出し、実験を行った。

また、宇田川榕庵が実験した時代の物質は現代のように純度が高くなく、混合物である可能性があるため、純粋な物質で舎密開宗通り実験できるようにする。この研究を通して、舎密開宗に記載される実験を地元で還元し、理科の普及に役立てたい。

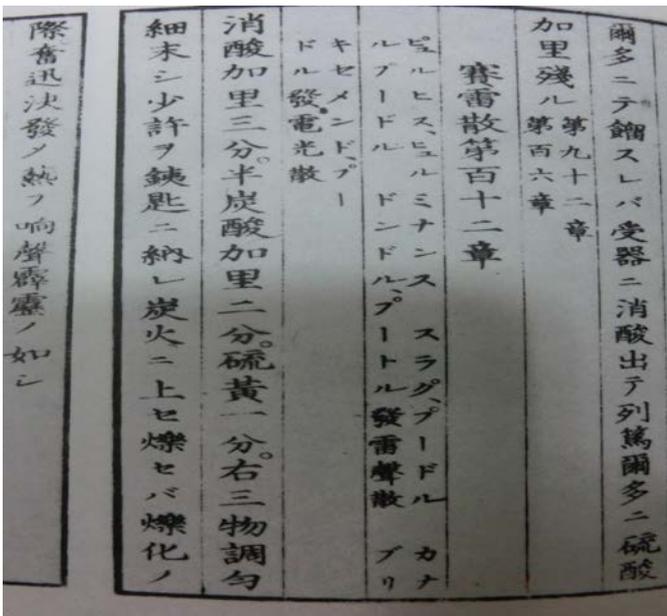
3. 研究内容

無色の液体で文字を書き、そのままと文字に変化はないが書いた文字を熱すると液体の色が変化して文字が現れる「隠顕インキ」という実験。薬品に水を加えていくと緑、青、紫、赤の順に溶液の色が変化する「鉍物性カメレオン」という実験。薬品を熱すると激しい音を立てて爆発する「賽雷散」という実験。以上の舎密開宗に記載されている実験を私たちは再現した。

<方法>

1. コバルト 0.60g に硝酸 2.5g を加えた。
2. これに塩化ナトリウム 0.58g を加えた。
3. これに水 1.44 g 加えた。
4. 筆にこの溶液をつけて文字を書いた。
5. 文字の部分をドライヤーで熱した。

<隠顕インキ>



実験 1

<目的>

隠顕インキとは、「筆を用いて、無色の溶液で紙に文字を書き、乾かして、火であぶると、文字が緑色になって浮かび上がるインクである。」と記載されている。この実験を再現する。

<実験器具と試薬>

(実験器具) 試験管、駒込ピペット、薬さじ、筆
ドライヤー、電子天秤
(試薬) コバルト粉末、塩化ナトリウム、濃硝酸、
純水

<結果と考察>

舎密開宗の記載と異なり文字を熱すると文字は赤色から青色に変化した。溶液の色は無色ではなく赤色であり、乾かしても緑色とはならなかった。この実験の反応式を以下に示す。



上記の反応で生じた Co^{2+} と水との錯イオン $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ が原因で、熱した際に色が変わったと考えられる。 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ は赤色であり、このイオンを加熱し、錯イオン内の H_2O を空気中に放出することにより、青色の Co^{2+} が現れたと考える。

実験 2

<目的>

液体の色を青色から緑色に近づける。また、舎密開宗通り紙に書く文字を無色にする。

<仮説>

実験 1 で塩化ナトリウムを添加した際液体の色が変化したので塩化ナトリウムの質量比を増やすことにより緑色に近づく。

また、紙に書く文字を無色にするため液体に無色に近づくまで水を加える。

<実験器具と試薬>

(実験器具) 試験管, 駒込ピペット, 葉さじ, 筆
ドライヤー, 電子天秤

(試薬) コバルト粉末, 塩化ナトリウム, 濃硝酸,
純水

<方法>

1. コバルト 0.60g に硝酸 2.5g を加える。
2. 塩化ナトリウムを実験 1 より多く加える。
3. 液体の色がほぼ無色になるまで水を加える。

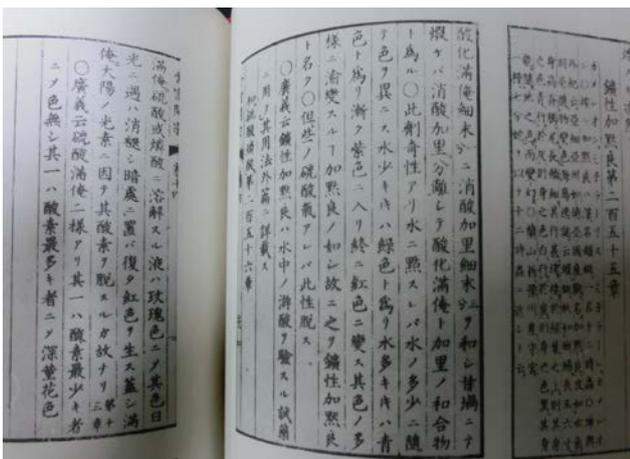
<結果と考察>

塩化ナトリウムの量を増やすと青緑から徐々に緑色に変化した。また舎密開宗には熱する前の液体は無色であると記載されていますが、舎密開宗通りに実験すると赤色の液体になった。

しかし、水をさらに増すと舎密開宗どおり文字を熱した際無色から薄くはなるが緑色に変化した。また、舎密開宗通り変化した液体はしばらく常温で放置すると液体は元の色に戻った。

緑色になった原因として、塩化物イオン Cl^- が増加し、 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ が $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ に変化したことが関係していると考えられる。

<鉍物性カメレオン>



実験 1

<目的>

鉍物性カメレオンとは、「水を加えていくと緑、青、紫、赤の順に溶液の色が変化するもの」と記載されている。¹⁾この実験を再現する。

<仮説>

酸化マンガン (IV) の酸化還元反応が起き、酸化数が増え色も変化する。

<実験器具と試薬>

(実験器具) るつぼ, 三脚, 三角架, ガスバーナー, 電子天秤, 駒込ピペット, 葉包紙,

(試薬) 酸化マンガン (IV), 硝酸カリウム, 純水

<方法>

1. 酸化マンガン (IV) 2.0g と硝酸カリウム 6.0g をるつぼに入れた。
2. るつぼを熱して液状化したのを確認し、少量の水を加えた。
3. 色の変化を確認した。

<結果と考察>

3 の状態からほとんど変化は見られなかった。この実験ではマンガンの酸化還元反応が起こると仮説を立てていたが起こらなかったためスムーズに反応を進めるために液性の条件を変える必要があると考えた。

実験 2

<目的>

水酸化カリウムを実験 1 の薬物に加え、反応をさせやすくする。

<仮説>

塩基性であると酸化還元反応は進む



という化学反応式のように反応し、過マンガン酸イオンができると考えた。物質量の比を使って $\text{KNO}_3:\text{MnO}_2:\text{KOH}=3:2:2$ で実験した。

<実験器具と試薬>

(実験器具) るつぼ, 三脚, 三角架, ガスバーナー, 電子天秤, 駒込ピペット, 葉包紙, 濾紙, 漏斗

(試薬) 酸化マンガン (IV), 硝酸カリウム, 純水

<方法>

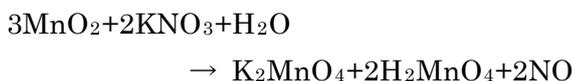
1. 二酸化マンガン 0.31 g 水酸化カリウム 0.20 g 硝酸カリウム 0.54g を混ぜる。
2. るつぼで焼き、水 5.0 g をるつぼで混ぜる。

3. 2 で得た水溶液をろ過する。
4. 試験管にこの水溶液を入れ、試験管に水を徐々に増やす。
5. 試験管を熱して色の変化を調べる。

実験において、水を加えて色が変わりますが時間が多くかかるので、実験過程 5 のように熱して反応しやすいようにした。

<結果と考察>

過マンガン酸カリウムができると仮説を立てたが緑色の溶液が出来たのでマンガン酸イオンが生じたと考えた。酸化マンガン(IV)、硝酸カリウム、水酸化カリウムを加熱し酸化マンガンを生じる反応式は



となると考えた。

また、酸化マンガンに水を添加すると色が変わる理由は MnO_4^{2-} が電子 1 つ失い、 MnO_4^- となる。

溶液の色が青色の時には、 MnO_4^{2-} と MnO_4^- の混合している溶液で緑色と紫色が混合し、青色となっている。

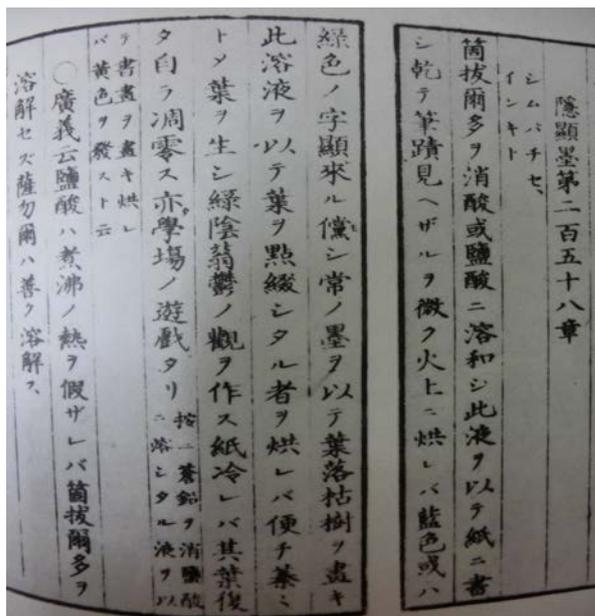
この反応式は



と考えられる。

宇田川榕庵が使ったマンガンは軟マンガン鉱と呼ばれるものだと推測される。軟マンガン鉱には $\text{MnO}(\text{OH})$ が含まれていると考えられ、塩基性条件で反応を進めたのではないのかと考えた。

<賽雷散>



実験 1

<目的>

賽雷散とは、熱すると激しく爆発し、雷のような音を発するものと記載されている。この実験を再現する。

<実験器具と試薬>

(実験器具) 蒸発皿、三脚、金網、アルコールランプ、電子天秤

(試薬) 硝酸カリウム、炭酸水素カリウム、硫黄

<方法>

1. 硝酸カリウム 0.50g 炭酸水素カリウム 1.0g 硫黄 1.5g を蒸発皿に入れて混ぜた。
2. 薬品を入れた蒸発皿をアルコールランプで熱した。
3. 薬品から煙が発生したが、薬品は爆発しなかった。

<結果と考察>

薬品が舎密開宗通り飛沫しなかった理由として、アルコールランプの火力が弱く、薬品が反応しにくいと考えた。

実験 2

<目的>

アルコールランプより火力が強い木炭を用いることで薬品が爆発するようになるか検証する。

<仮説>

実験 1 より火力が強くなるので薬品は飛沫する。

<実験器具と試薬>

(実験器具) 蒸発皿, 木炭, 電子天秤

(試薬) 硝酸カリウム, 炭酸水素カリウム, 硫黄

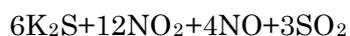
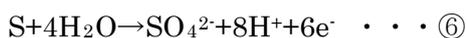
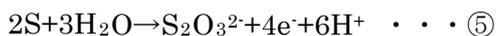
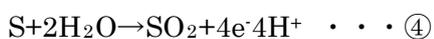
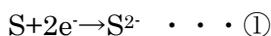
<方法>

1. 炭酸カリウム 0.08g と硫黄 0.47g と硝酸カリウム 0.44g を蒸発皿に入れて混ぜた。
2. 木炭を燃焼させた。
3. その木炭の上に 1 で用意した蒸発皿をのせた。
4. 薬品の変化を調べる。

<結果と考察>

薬品は蒸発皿から爆発して燃え、飛び散った。薬品が飛沫する理由として、この薬品を燃焼することで二酸化窒素、一酸化窒素、二酸化炭素、二酸化硫黄が蒸発皿と薬品の間に溜まり、膨張して薬品が飛び散る。

黒色火薬の反応式をもとに



となる。

4. 結論

舎密開宗通りに実験を行うとどの実験も舎密開宗通りの実験結果が得られない。宇田川榕庵の時代の実験材料の物質は不純物が多く、私たちは純度の高い物質を用いるので舎密開宗通りの結果にならないと考えた。鉦物性カメレオンの実験では、分光光度計を用いて、実際にどのようなイオンとなっているのか確認したり、色が変化した際のマンガンを濃度を求めたりする必要があると考えた。

また、隠頭インキの実験で青色から緑色に変化した時の塩化ナトリウムの質量を調べる必要がある。

5. 参考文献

- 1) 宇田川榕庵：舎密開宗. 講談社. PP131. PP368. PP370～371 (1975)

腐敗への乳酸菌の作用の研究

研究者 久保 聖徳, 小川 大輝, 竹花 源希, 仲矢 成希
指導者 二宮 祥

1. 研究の概要

乳酸菌は牛乳を発酵させ、ヨーグルトを生成する。乳酸菌は、他の菌の増殖を抑えることにより、腐敗を抑制する。乳酸菌は、一度腐敗が進んだ環境においても腐敗の抑制をすることができるのか。実験では腐敗牛乳に乳酸菌を混入し、寒天培地の上で観察した。結果、乳酸菌は腐敗環境においてもしばらく存在し、腐敗を抑制することがわかった。今後乳酸菌の存在下に多種腐敗に関係する菌を混入し、乳酸菌はどのように作用するのか調べたい。

The lactic acid bacterium lets milk ferment, and generates yogurt. In the environment that decay went ahead through, can the lactic acid bacterium control decay? In our experiment, we mixed lactic acid bacterium with a milk which decayed observed it on an agar nutrient medium. As a result, there is lactic acid bacterium even if it is in the environment that decay went ahead through, it keeps its act and controls decay. We want to mix other putrefactive bacteria with the presence of a lactic acid bacterium and examine how the lactic acid bacterium acts.

2. 序論

多種多様な細菌の中でも乳酸菌は、細菌＝病原菌というイメージからかけ離れており、食品製造に活用されたり、健康食品として平素から口にしている身近な細菌である。

乳酸菌は、糖分を利用して同種の菌を増やし、それにより生育環境の酸度が高くなり、他の微生物の繁殖を防ぐ効果がある。腸内でも健康に役立つ善玉菌として注目されている。腐敗する食品に対して、乳酸菌が腐敗を抑制したり、腐敗状況を改善することができれば、食品の保存に効果が期待できると思い、乳酸菌が食品の腐敗を抑制できるかどうかについて研究した。

3. 研究内容

実験1 牛乳の自然腐敗

〈目的〉 室内で常温保存する牛乳の自然変化と乳酸菌の影響を調べる。

〈仮説〉 「乳酸菌は牛乳の腐敗に影響を与える。」

〈方法〉

1. 腐敗条件の検討

市販の牛乳(生乳 100%使用ナチュラルテイスト殺菌済み)を 表1の A~E の条件で、室内に常温で放置し、色・粘度・状態の変化を観察する。

(表1) 牛乳を腐敗させる条件

番号	食品	添加物1	添加物2
A	生乳 (100m l)	×	蒸留水 (10m l)
B	生乳 (100m l)	ヤクルト (10m l)	×
C	煮沸牛乳 (100m l)	ヤクルト (10m l)	×
D	生乳 (100m l)	煮沸ヤクルト (10m l)	×
E	煮沸牛乳 (100m l)	煮沸ヤクルト (10m l)	×

〈結果〉



A~E
生牛乳状 (変化なし)

(図 1-1) 実験開始時 9/21



A,C,E 生牛乳状 (変化なし)
B 粘性が大きくなりヨーグルト状になった。
D 上部に分離がみられた。

(図 1-2) 1週間後 9/27



A,E 生牛乳状
B 粘性が大きくなりヨーグルト化が進む。
C 上層に分離がみられた。
D 中層まで分離が進む。

(図 1-3) 2週間後 10/4



A,E 生牛乳状 (変化なし)
B 固化が進みゲル状。
C 中層と上層に分離がみられた。
D 上層が大きく分離し、中層液体部が赤く変色した。表面には黒色のカビが生えた。

(図 1-2) 3週間後 10/11



A 水溶液と分離して浮く。表面には薄膜状の固形状物ができた。
B 繁殖した黒いカビが固形物にかぶっている。
C さらに上層,中層で分離した。
D 赤い部分は下層に広がり,底に白粉状の粒子が沈殿した。
E 色は牛乳色のまま,上層は分離し,やや粘性がある。表面に薄膜が浮いていた。

(図 1-5) 8週間後 11/15

表 2 牛乳の状態変化と腐敗

日数	A		B		C		D		E	
	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
14	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
21	-	-	++	-	++	-	+++	+	-	-
56	+	-	++	-	+++	-	+++	+++	+	-

-変化なし, +変化あり

- ① 状態変化 (粘性、固化、分離) の程度
 - ② 腐敗 (黒カビ、赤カビなどの増殖) の程度
- ・ 腐敗と乳酸菌について
BとDの結果より、乳酸菌はカビなどの増殖を抑えていると考えられる。
 - ・ 腐敗と糖について
AとDの結果より糖質(ヤクルトに含まれる)はカビの増殖を促進していると考えられる。

実験2 牛乳中の腐敗菌の増殖

〈目的〉腐敗菌の増殖に対する乳酸菌の作用の条件を調べる。

〈仮説〉「ヨーグルトを作る乳酸菌も腐敗の進行を止めることができる。」

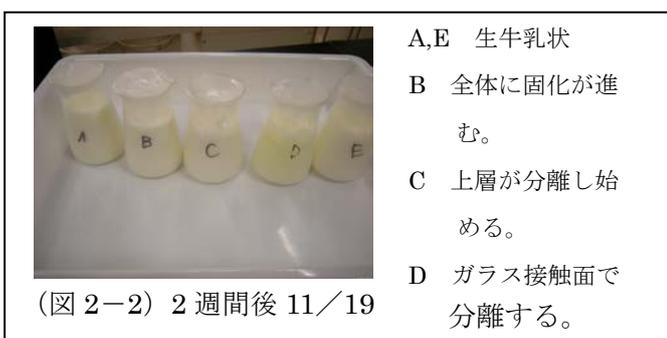
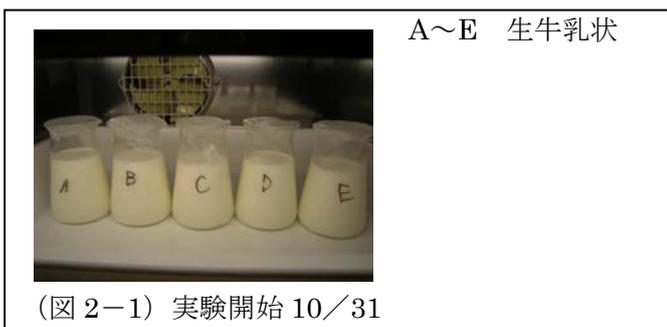
〈方法〉

市販の牛乳(生乳 100%使用)を、クリーンベンチ内で、無菌的に表3のA～Eの条件にし、28℃の恒温器内で保存し観察する。

(表3) 牛乳を保存する条件

番号	食品	添加物1	添加物2
A	生乳 (100ml)	×	蒸留水 (10ml)
B	生乳 (100ml)	ヨーグルト (10ml)	×
C	煮沸牛乳 (100ml)	ヨーグルト (10ml)	×
D	生乳 (100ml)	煮沸ヨーグルト (10ml)	×
E	煮沸牛乳 (100ml)	煮沸ヨーグルト (10ml)	×

〈結果〉



(表4) 牛乳の状態変化

日数(日)	A	B	C	D	E
0	—	—	—	—	—
14	—	++	+	+	—
21	+	+++	++	+++	+

—変化なし +変化あり

- 牛乳は空気中の雑菌やカビの胞子などに触れない状態では、腐敗は起こらない。
- 牛乳は時間とともに成分が変質して凝固した。
- 実験Bは状態変化が大きく、一度固化した後、溶解しドロドロになった。牛乳中に増殖した菌の作用により、変質が促進されたと考えられる。
- 実験B以外は、牛乳成分の変化がほぼ同じように進み、最終的に凝固した。
- 実験1(牛乳の自然腐敗)の実験B、実験Cに顕著に見られた牛乳の変質は、乳酸菌の作用であり、実験Dの変質はカビの作用によるものと考えられる。
- 実験A～E全てに変質が見られた。乳酸菌の存在下では、腐敗の進行は長時間抑えられていた。実験Iでは、ヤクルトを利用したので、添加されていた糖により、腐敗の進行が促進されたものと考えられる。実験Dは、煮沸処理により乳酸菌が死滅したため、腐敗の進行が促進されたと考えられる。

牛乳の腐敗が促進される条件は次のように考えられる。

- ・ 外部（空气中・容器）から菌が侵入する。
- ・ 乳酸菌が作用しない。
- ・ 糖分等（菌の栄養）がある。
- ・ 最初、乳酸菌が存在していても、長時間経過している。

実験3 腐敗した牛乳における乳酸菌の作用

<目的> 腐敗した環境において、乳酸菌は腐敗の進行を抑制することができるか調べる。

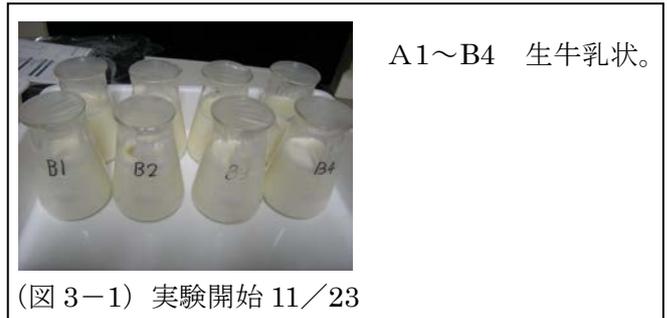
<仮説> 「乳酸菌はカビの増殖を止める」

<方法> クリーンベンチで無菌的に、生牛乳 100m l に、実験2のA（カビが増殖したもの）50m l と、ヨーグルト 50m l を加え、表5のA1~B4の条件にし、状態変化を観察する。なお、A1~B4はシャーレの寒天培地（シヨ糖5%含有）にも滴下して観察する。短期間で結果を出すため、保温の温度を30℃に設定する。

（表5）牛乳の腐敗を促進させる条件

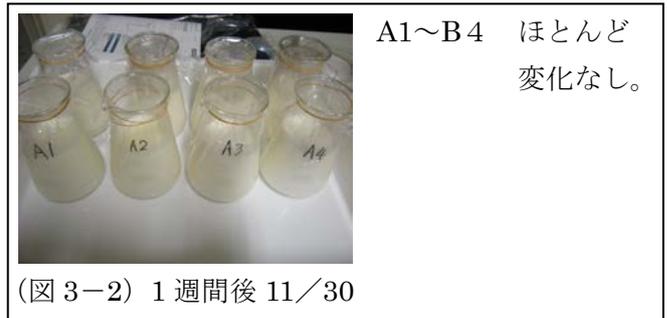
番号	食品	添加物1	添加物2
A1	生乳 (100m l)	蒸留水 (50m l)	腐敗牛乳 (50m l)
A2	生乳 (100ml)	煮沸蒸留水 (50m l)	腐敗牛乳 (50m l)
A3	生乳 (100m l)	蒸留水 (50m l)	煮沸腐敗牛乳 (50m l)
A4	生乳 (100m l)	煮沸蒸留水 (50m l)	煮沸腐敗牛乳 (50m l)
B1	生乳 (100m l)	ヨーグルト (50m l)	腐敗牛乳 (50m l)
B2	生乳 (100m l)	煮沸ヨーグルト (50m l)	腐敗牛乳 (50m l)
B3	生乳 (100m l)	ヨーグルト (50m l)	煮沸腐敗牛乳 (50m l)
B4	生乳 (100m l)	煮沸ヨーグルト (50m l)	煮沸腐敗牛乳 (50m l)

<結果1> ビーカーによる腐敗の進行



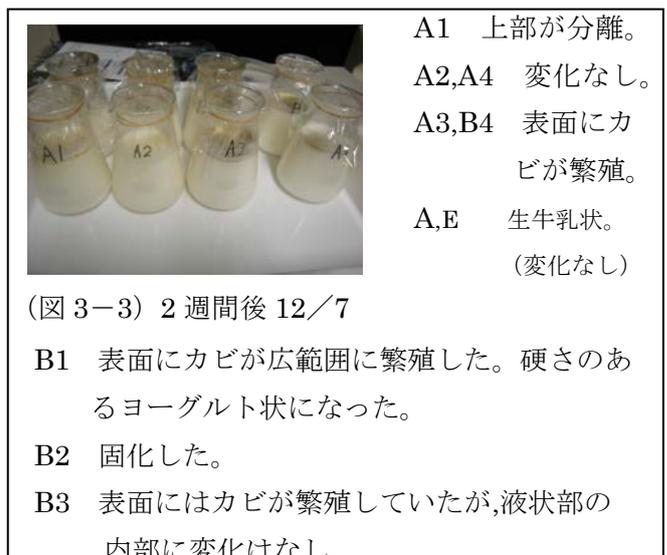
A1~B4 生牛乳状。

（図3-1）実験開始 11/23



A1~B4 ほとんど変化なし。

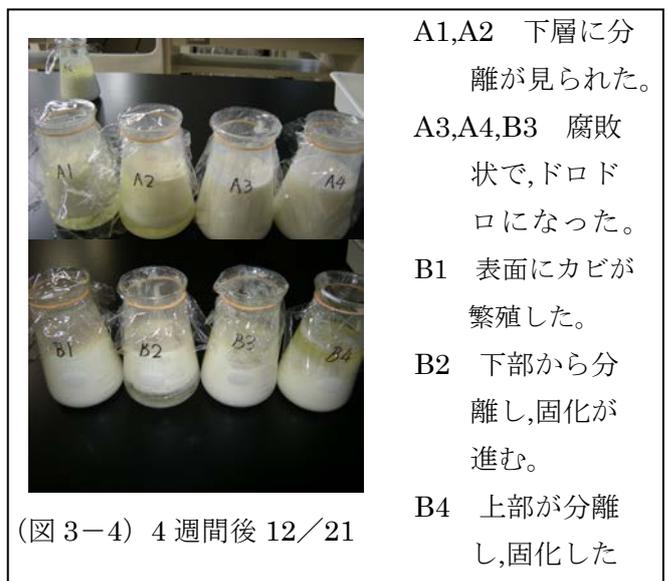
（図3-2）1週間後 11/30



A1 上部が分離。
A2, A4 変化なし。
A3, B4 表面にカビが繁殖。
A, E 生牛乳状。
(変化なし)

（図3-3）2週間後 12/7

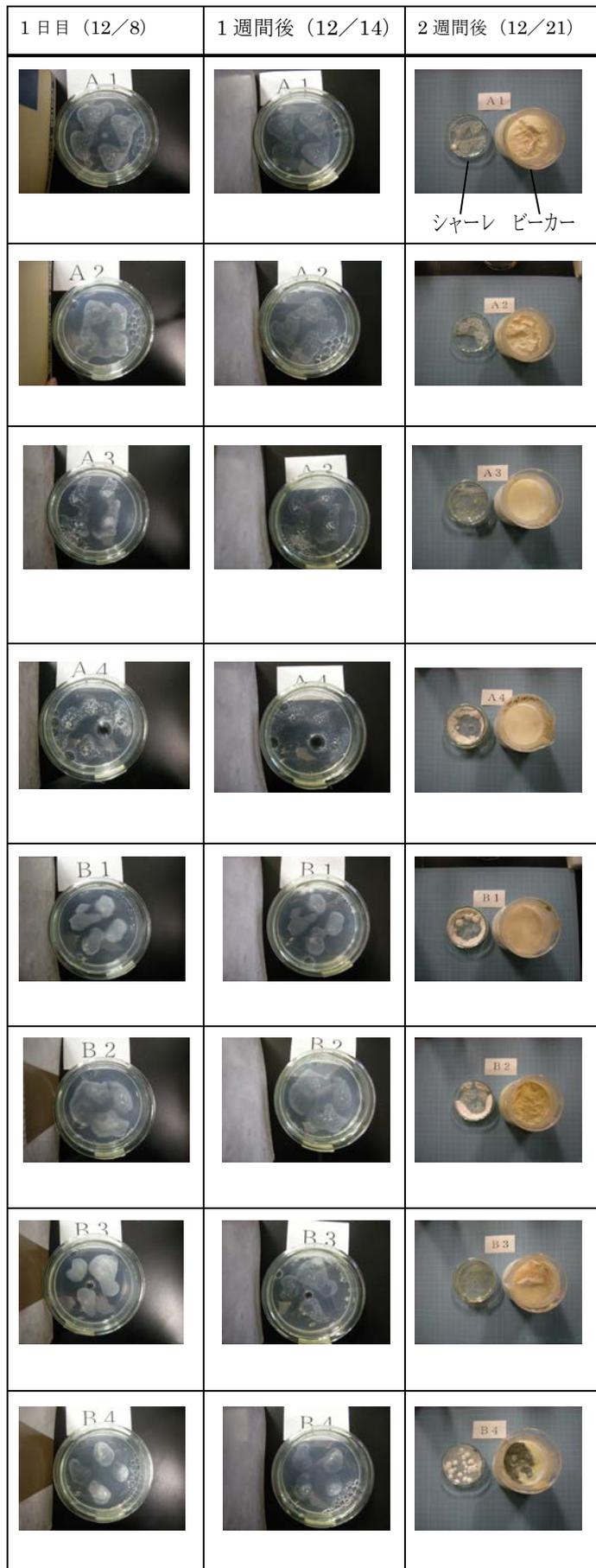
B1 表面にカビが広範囲に繁殖した。硬さのあるヨーグルト状になった。
B2 固化した。
B3 表面にはカビが繁殖していたが、液状部の内部に変化はなし。



A1, A2 下層に分離が見られた。
A3, A4, B3 腐敗状で、ドロドロになった。
B1 表面にカビが繁殖した。
B2 下部から分離し、固化が進む。
B4 上部が分離し、固化した

（図3-4）4週間後 12/21

<結果 2> 寒天培地による腐敗の進行



(図 4) 寒天培地上で形成されたコロニー

寒天培地上に滴下したA1~B4 は,1 週間はほとんど変化がなかったが,8 日後より白色の粒状のコロニーが観察された。滴下した部分にのみ生育しており,数が増えていった。

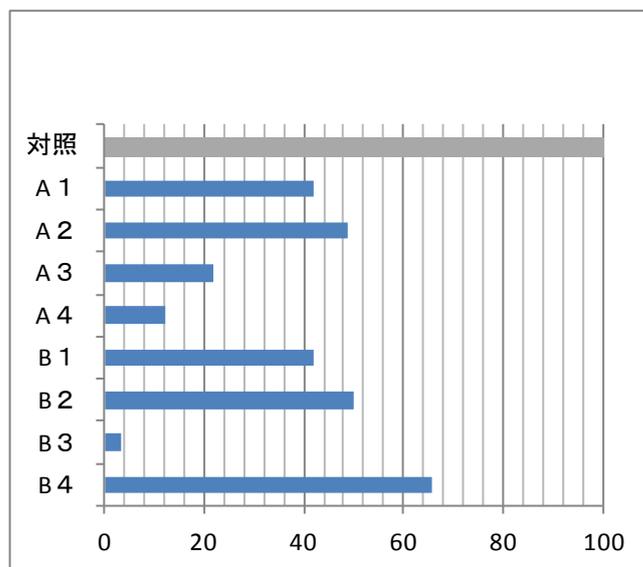
(図 4) いずれも特有の酒臭い匂いを発生しており,顕微鏡による形態観察からコロニーの正体は酵母菌などのカビ繁殖によるものと考えた。

A1~B4 の 1 週間後の酵母菌(カビ)の増殖率を次のようにして求めた。

$$\text{増殖率 (\%)} = \frac{\text{滴下した場所に生育したコロニーの占める面積 (II)}}{\text{寒天表面の滴下面積 (I)}} \times 100$$

(表 6) 寒天培地上の酵母菌(カビ)の増殖率

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
I (mm ²)	500	500	500	500	500	500	500	500
II (mm ²)	210	242	109	61	210	251	16	329
増殖率 (%)	42.0	48.4	21.8	12.2	42.0	50.2	3.2	65.8



(図 5) 寒天培地上のコロニーの増殖率 (%)

- ・ 寒天培地に滴下した A1～B4 は、ごく少量なので、乳酸菌が必要とする栄養も少なく、生育（増殖できる）期間は短いと考えられ、この期間に、他の菌やカビの生育に影響を与えていたと考えられる。
- ・ A1(増殖率 42.0%), A2(増殖率 48.4%)と A3(増殖率 21.8%), A4(増殖率 12.2%)の比較により、腐敗した牛乳を一度煮沸すると、カビなどの生育を抑制し、腐敗のさらなる進行を遅らせると考えられる。
- ・ B1(増殖率 42.0%)と B2(増殖率 50.2%)の比較により、腐敗していた牛乳に対して乳酸菌の存在は、カビの生育を抑制する傾向があると考えられる。
- ・ B3(増殖率 3.2%)と B4(増殖率 65.80%)の比較により、乳酸菌は、腐敗した牛乳を一度煮沸殺菌した場合には、カビの生育を大きく抑制しており、腐敗の進行を遅くする効果があると考えられる。

4. 結論

牛乳中に乳酸菌が存在することにより、ヨーグルト化し、長期間にわたり腐敗菌の侵入と繁殖を抑制する。

殺菌により、乳酸菌が働かなくなると、腐敗が促進される。

一度腐敗した牛乳においても、乳酸菌を混ぜると、カビなどの増殖による腐敗の進行を抑制する。腐敗牛乳を煮沸し、乳酸菌を混ぜると腐敗の進行を抑制する効果が大きくなる。

腐敗牛乳を一度煮沸し、乳酸菌を混ぜると、腐敗の進行を抑制する効果が大きくなる。

本実験では、実験 3 で培地に出現し、腐敗の進行を考察した対象生物は酵母菌(カビ)であった。酵母菌は本来、発酵にかかわる子嚢菌であり、生産物質は異なるが、食品中の有機物を分解することでは腐敗と同じと考えることができる。

本実験では、牛乳に混入した菌類やカビの詳細な同定や状態変化にかかわる牛乳成分の確認ができていない。また、一回限りの実験となり、検証が十分できていないが、乳酸菌の存在と増殖は、腐敗を進行させる多種の微生物の生育と増殖のための環境条件を不利にしていることがわかった。食品中または菌体の多い環境(腸内)で乳酸菌が保存食品や整腸のための健康食品として注目されている理由を確かめることができた。

謝辞

本研究をすすめるにあたり、助言を賜った美作大学の桑守先生、栗脇先生、長時間にわたり協力をいただいた生物の先生方に感謝の意を表します。ありがとうございました。

参考文献

- 1) 細矢剛, 出川洋介, 勝本謙: カビ図鑑, 全国農村教育協会
- 2) 杉山純多, 渡辺信 他 : 新版 微生物学実験法, 講談社サイエンティフィク

カビの抑制の研究

研究者 小谷 洋平 飯塚 尚輝 児島 涼太
指導者 河原 和博

1. 研究の概要

空気中に存在し、家庭では主として水回りの手入れを怠ったときによく見られるのがカビである。このカビの発生を抑制あるいは殺菌を目的とし、カビを様々な状況に投下し、その様子を観察したのが本研究である。実験1では食酢、食塩水、エタノールをそれぞれ加えた培地を空気中に放置し、カビの発生状況を見た。実験2では身近にあるものを使ってカビの繁殖の抑制効果を調べた。実験3では熱処理、冷凍処理の効果を確かめた。その結果、それぞれに発生・繁殖に対する効果があることがわかった。

When we neglect to clean damp places, we often see mold, which exists in the air. In this research, we put mold into several situations for the purpose of restraining or sterilizing mold. Experiment1, we left three nutrient mediums in indoor air open I added vinegar to one, one salt solution to another, ethanol to the other and watched the outbreak situation of the mold. Experiment2, we examined suppressing effects of familiar things on mold. Experiment3, we checked the effects of the heating and freezing. As a result, we understood that each act had an effect of outbreak and propagation.

2. 序論

カビはある程度の温度・湿度の整った場所で繁殖する。そのほかにも、デンプンやセルロースなどの多糖やタンパク質を分解して吸収するため、風呂場など湿度、えさ、温度の条件がそろった場所で非常によく発生・繁殖する。これらのカビの発生・繁殖に好条件の中で、カビの発生・繁殖を抑制するためにはどうすればよいかと考え、研究の動機となった。

3. 研究内容

<準備>

① 培地の作成

材料

サッカロース 20 g

ペプトン 10 g

寒天 15 g

蒸留水 1 l

作成

シャーレに分注し培地とした。

② カビの採集

作成した培地（シャーレ）を生物室に1週間放置し空気中のカビを採集する。

③ カビの繁殖

シャーレを恒温器（25℃）で1週間培養する。

実験1

<目的>

身近にあるものを使ってカビの発生の抑制効果を調べる。

<仮説>

食酢・食塩水・エタノールはカビの発生の抑制効果がある。

<方法>

① 準備①で作成した培地（シャーレ）に食酢（ミツカン 酸度4.2%）、食塩水（3%・10%・26.4%）、エタノール（70%）をそれぞれ加える。

② 生物室に1週間放置する。その後観察する。

<結果>



図1 何も加えなかったもの

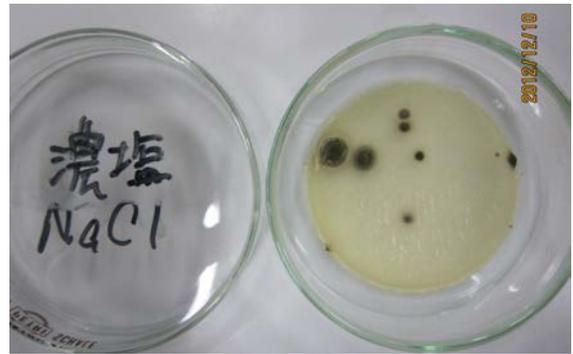


図6 食塩水 26.4%

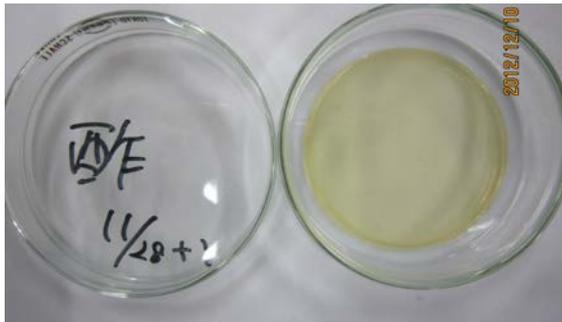


図2 食酢



図3 エタノール



図4 食塩水 3%



図5 食塩水 10%

何も加えなかった培地にはカビの発生が見られた(図1)。食酢・エタノールを加えた培地にはカビの発生が見られなかった(図2・3)。食塩水は濃度が高くなるほどカビの抑制効果が大きくなった(図4・5・6)。

<考察>

食酢・エタノール・食塩水など家庭でも購入できるものでカビの抑制はできる。食塩水では濃度によって抑制効果が異なる。食酢・エタノール・食塩水を使用すればカビの発生の抑制効果はあるが、食堂や風呂場などでの現実的な抑制方法ではない。

実験2

<目的>

身近にあるものを使ってカビの繁殖の抑制効果を調べる。

<仮説>

エタノール・食酢・銅にはカビの繁殖の抑制効果がある。

<方法>

カビを埋め込んだ培地に様々なものを加え、1週間後に観察する。

- ① 準備③で繁殖させたカビを培地0.5cm²切り出す。
- ② 準備①で作成した培地(シャーレ)に埋め込む。
- ③ エタノール(70%)、食酢(ミツカン 酸度4.2%)、銅をそれぞれ加え、恒温器(25℃)で1週間培養する。その後観察する。

<結果>



図7 エタノール



図8 食酢



図9 銅

エタノール・食酢はカビの繁殖は見られなかった(図7・8)。銅はカビの繁殖が見られた(図9)。

<考察>

エタノール・食酢はカビの繁殖を抑制できる。金属の銅は抑制効果がないようである。銅と培地の間にはカビが繁殖していないことがわかる(図10)。



図10 銅(シャーレの裏から)

実験3

<目的>

熱処理、冷凍処理を行ってカビの繁殖の抑制効果を調べる。

<仮説>

熱処理も冷凍処理もカビの繁殖の抑制効果がある。

<方法>

- ① 準備③で繁殖させたカビを培地ごと0.5 cm²切り出す。
- ② アルコールランプで熱処理し、準備①で作成した培地(シャーレ)に埋め込む。
- ③ 恒温器(25℃)で1週間培養し観察する。
- ④ ①と同様にして、準備③で繁殖させたカビを培地ごと0.5 cm²切り出す。
- ⑤ 準備①で作成した培地(シャーレ)に埋め込む。
- ⑥ 1週間冷凍庫(-17℃)で保管する。
- ⑦ 恒温器(25℃)で1週間培養し観察する。

<結果>

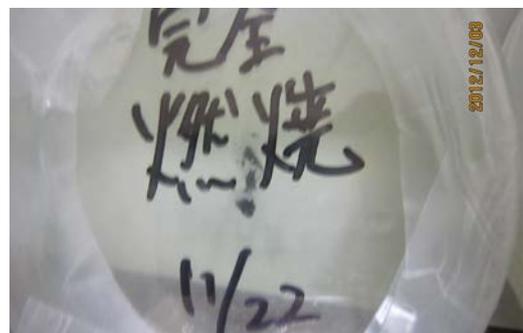


図11 熱処理したカビ



図 1 2 冷凍中のカビ

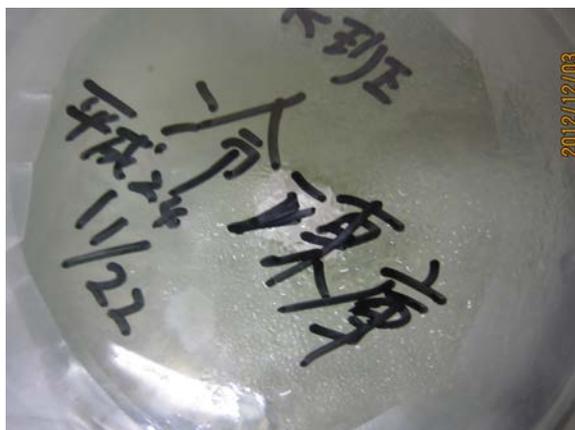


図 1 3 冷凍後

熱処理したものはカビの繁殖は見られない (図 1 1)。冷凍処理したもの (白く見えるのは凍った状態) はカビの繁殖は見られない (図 1 2)。冷凍したカビを恒温器で1週間培養するとカビの繁殖 (中央の白く見える部分) が見られる (図 1 3)。

<考察>

熱処理はカビを抑制できる。熱処理したカビは殺菌されたと考えられる。冷凍処理したカビについては、冷凍中は繁殖しなかったが常温に戻すと繁殖したことから、殺菌はされていないということがわかる。

4. 結論・考察

エタノール(70%)、食酢(ミツカン 酸度4.2%)、についてはカビの発生・繁殖ともに高い抑制効果が見られた。熱処理も高い繁殖の抑制効果がある。70%エタノールは病院等殺菌用に使用されており有効であると実証された。また、昔から酢は酢漬等の食料品の長期保存方法として使用されており有効であることが実証された。

食塩水は濃度が高いほどカビの発生の抑制に効果があることがわかった。今回はカビの発生・繁殖の抑制に最適な食塩水濃度の研究はできなかった。昔から食塩も漬物等塩漬けにして食料品の

長期保存方法として使用されており有効であることが実証された。

金属の銅にはカビの繁殖を抑制することはできなかった。しかし、銅と培地の間にはカビが繁殖しないという結果が得られた。私たちは銅には生物に対する毒性が有りその毒がカビの抑制効果があると考えた。

冷凍処理ではカビは死滅していないことがわかった。冷凍中は抑制効果があるので、食物中の保存には有効である。

今後は、今回の課題研究で解明できなかった銅がカビを抑制する原因や食塩水のカビの抑制に最適な濃度を解明していきたい。また、実生活において使用可能なカビの発生・繁殖の抑制効果の高いものを調べていきたい。この課題研究で得られた知識を活用してカビの発生・繁殖を抑制し、快適な生活を送りたい。

5. 謝辞

この研究に協力してくださった先生方に感謝する。また、研究に利用したカビたちの命にも感謝する。

6. 参考文献

- 1) 椿 啓介：不完全菌類図説-その採集から同定まで-, アイピーシー
- 2) 小笠原 和夫：カビの科学, 地人書館

人工的環境が植物に及ぼす影響の研究

研究者 神谷 晶子, 石原 妃奈乃, 柴田 萌瑛
指導者 荒木 美絵

1. 研究の概要

人工的環境が植物の生育に与える影響を調べるために、二つの実験を行った。一つは、サボテン5品種を3個体ずつ準備し、投げかける言葉を変え、言葉による植物体への影響について調べた。もう一つは、カイワレ大根を、環境条件を変えて生育させ、7日後に発芽率・伸長した長さを計測し、比較を行った。

We researched about the influence the artificial environment has on plants growth. We did two experiments. In one experiment, fifteen cactuses were divided into three groups. We said different words to each group and looked at the influence on the plant by language. The other experiment we changed the environmental conditions, that the radish sprouts were grown in. After one week they were compared by measuring the length of grow, by these experimental results, the agriculture for which it depends on neither compound fertilizer nor agricultural chemicals may become possible. By this research, we will be happy, if it can contribute to agricultural development of Tsuyama.

2. 序論

英語の模試で出題された長文に、「サボテンに毎日話しかけると良く成長する」とあり、本当にそのようなことがあるのか調べたいと思ったことがサボテンの研究の動機である。また、インターネットなどで調べると、植物の成長に音楽が関係するという記述があり、興味を持ったため実験を行った。植物の生育に以上のような状況が影響を及ぼすのであれば、それを農業に活かせるのではないかと思い、成長の早いカイワレ大根を用いて実験を行った。また、身近に使っている洗剤などの植物への影響についても調べた。

3. 研究内容

実験1 サボテンの生育に対する言葉の影響
<目的> サボテンを褒めて育て、伸びがよいたら、観葉植物を効率よく育てることができる。サボテンに対する言葉の影響を検証する。
<仮説> 褒めて育てたサボテンの伸びが一番よくて、次に対照の伸びがよい。そして悪口を言って育てたサボテンの伸びが一番悪い。
つまり、褒め言葉によって成長が促進され、悪口によって成長は阻害される。

<サボテンの使用品種>

銀翁玉(*Neoporteria nidus*)
鬼雲丸(*Notocactus mammulosus*)
黄裳丸(*Pseudolobivia aurea*)

般若(*Astrophytum ornatum*)

※鬼雲丸は2個体用いたため、4品種5個体について実験を行った。

<方法>

サボテン4品種5個体を3セット(全15個体)準備し、生物教室のベランダを3区画に分け、一週間ごとに場所をローテーションさせながら育てた(図1)。準備した3セットについて、1つは対照として何も言葉を与えず、1つは「バカ」という言葉で罵り、1つは「可愛い」という言葉で褒める、という3つのグループに分けた。週に5回、12時頃に話しかけ、週に1回、ノギスを用いて高さ・直径を計測し、記録した。

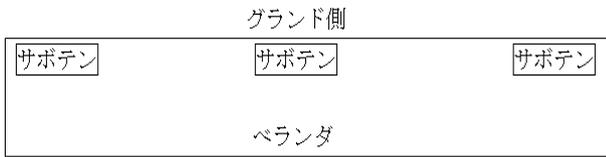


図1 サボテンの配置図

<結果> 3つのグループのサボテン5個体ずつのそれぞれ高さや直径の計測結果について、初めに計測した値を基準(0)として、そこからの数値の変動の平均値をとり、グラフに示した(図2, 図3)。さらに、最も顕著に違いが現れた黄裳丸について、その写真を図4に示す。

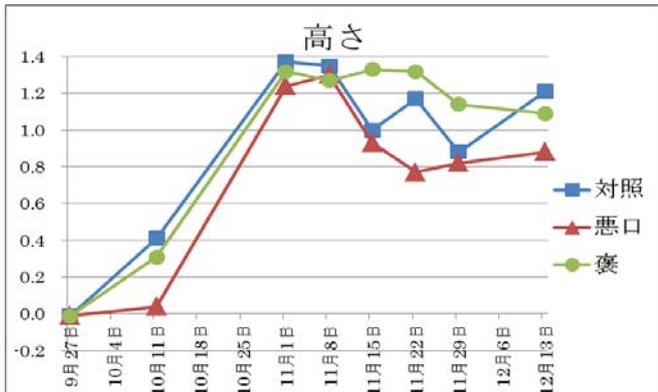


図2 サボテンの高さ(5個体の平均値)の推移

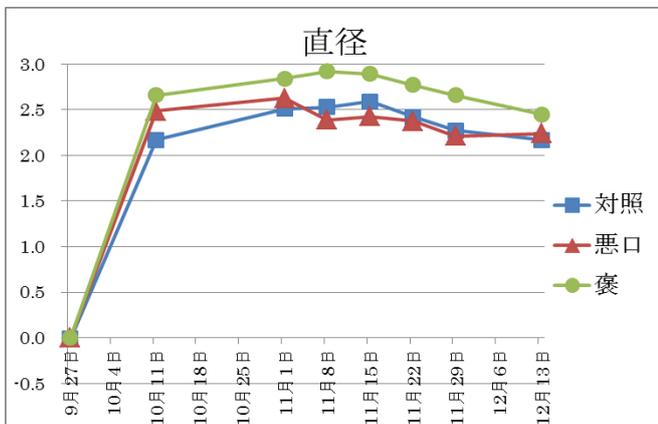


図3 サボテンの直径(5個体の平均値)の推移



図4 11月27日の時点での黄裳丸の外観
(左端: 対照、中央: 褒、右端: 悪口)

<考察>植物体の測定場所を一定にすることが難しく、数値にばらつきがあったので、グラフからはよい結果が得られなかった。しかし、傾向としては対照・褒めたものに対して悪口を言ったものは低い数値が得られた。

また、外観をみると、育て始めたときは同じ状態であったが、褒めて育てたものは対照より育ちが良く、悪口を言って育てたものは育ちが悪く、枯れかけているものもあった(図4)。

実験結果から、植物の生育に対して、わずかではあるが言葉の影響がみられた。

実験2 カイワレ大根の生育に対する環境の影響

<目的> 植物の成長促進または成長抑制にはたらく環境要因を調べる。

<仮説> 人体に悪影響を及ぼすものは植物の成長も阻害する。

<カイワレ大根の使用品種>

商品名: かいわれ大根 (株式会社トーホク)

品種番号: 06407-A

生産地: アメリカ

発芽率: 90%以上

発芽適温: 25℃

<方法>

1. ビニールポット1つあたり、カイワレ大根の種子を3粒ずつ、2.5cmの深さに播種し、5ポット15個体を1つのグループとした。
2. 50mlの水もしくは調整した溶液を播種時に与え、室温20℃の条件下で7日間生育後、種子の発芽率と発芽した個体の全長を定規で測定し、記録した(図5)。

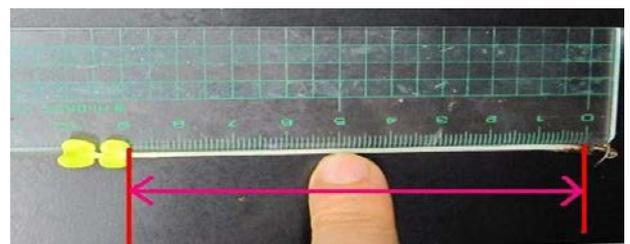


図5 カイワレ大根の測定方法

3. 生育環境の設定について、AとBに分けた。

A. 育てる際に音楽を聴かせ続ける。

CDプレイヤーのリPEAT機能を用いて、一週間同じ曲を聞かせ続け、何も聴かせず育てた対照と、発芽率・発芽にかかる日数・個体の全長を比較した。使用した音源は『ヴィヴァルディ四季「春」』、『さえずり』である。

B. 与える水に色々な液体や粉末を混ぜる。

身の回りにあるさまざまな液状のもの(コーラ、オレンジジュース、酢、乳液、消臭剤(無香空間、ファブリーズ)、粉末唐辛子、カレー粉、ジョイ(洗剤))を水に溶かし、さまざまな濃度で与え、水で育てた対照と、発芽率・発芽にかかる日数・個体の全長を比較した。与えた溶液等の濃度を表1に示す。

表1 使用溶液、粉末の濃度

	濃度 (%)		濃度 (%)
対照(水)	0	コーラ	10
酢	1		20
	5	オレンジ	10
	10		20
無香空間	1	乳液	10
	5		20
	10	一味唐辛子	液
3.8	粉		粉
ファブリーズ		10	カレー粉
	5	粉	
ジョイ(洗剤)	5		
	10		

※ 表中の『液』は、水 49ml に対し、粉末 1g を溶かしたもの、『粉』は、水を 50ml 与えた上に 3g の粉末をまいたものである。

<結果>

A. 発芽率(%)、発芽までの平均日数(日)、発芽個体の平均長(mm)を図6～図8に示す。

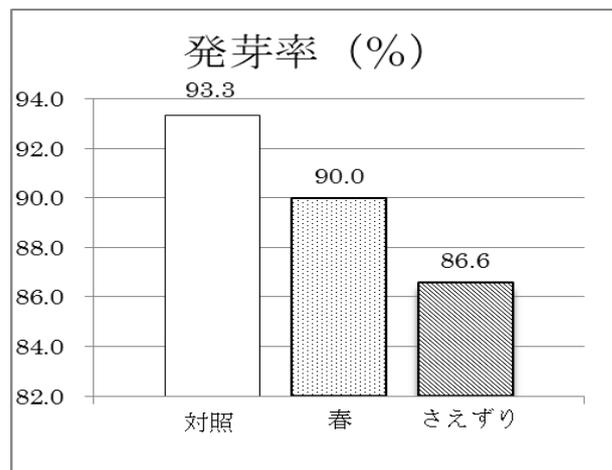


図6 聴かせた音楽別の発芽率(%)

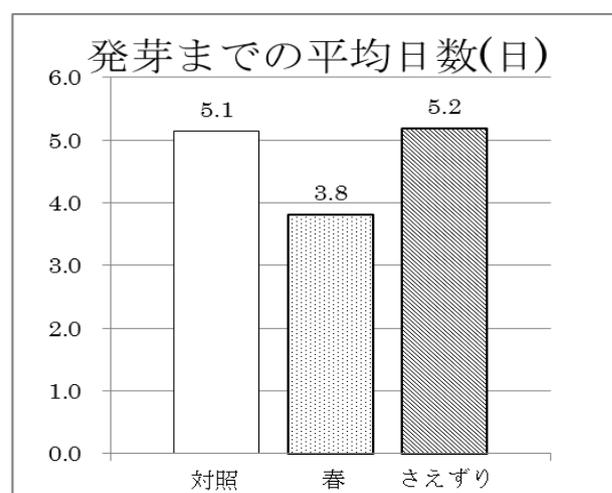


図7 聴かせた音楽別の発芽までの平均日数(日)

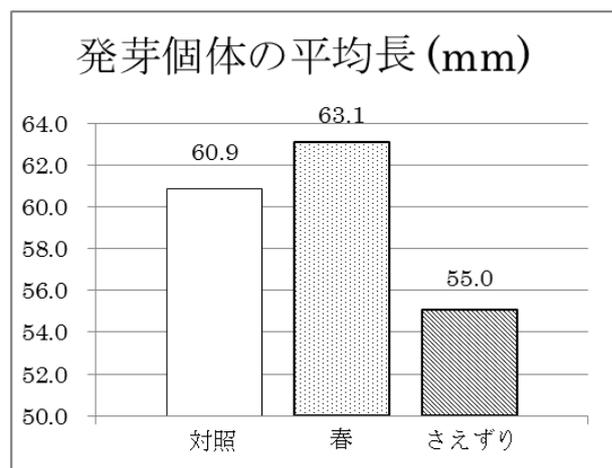


図8 聴かせた音楽別の発芽個体の平均長(mm)

B. 発芽率(%), 発芽までの平均日数(日), 発芽個体の平均の長さ(mm)を図9~11に示す。

対照については3回の実験の平均値を用いた。また、使用溶液名上の数値は、その濃度を表している。

発芽率(%)

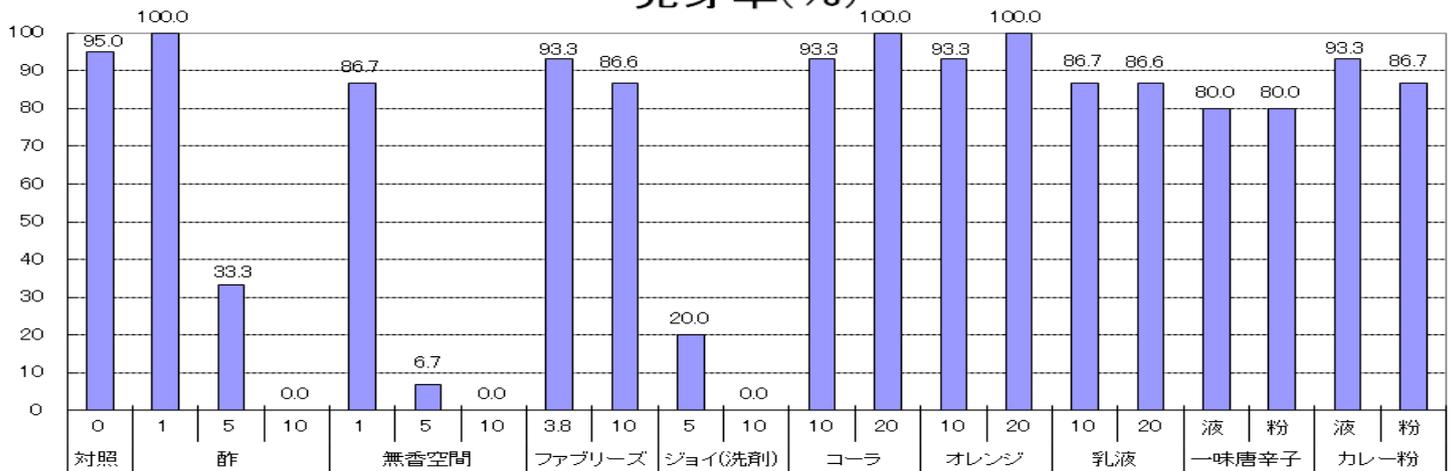


図9 使用溶液別の発芽率(%)

発芽までの平均日数(日)

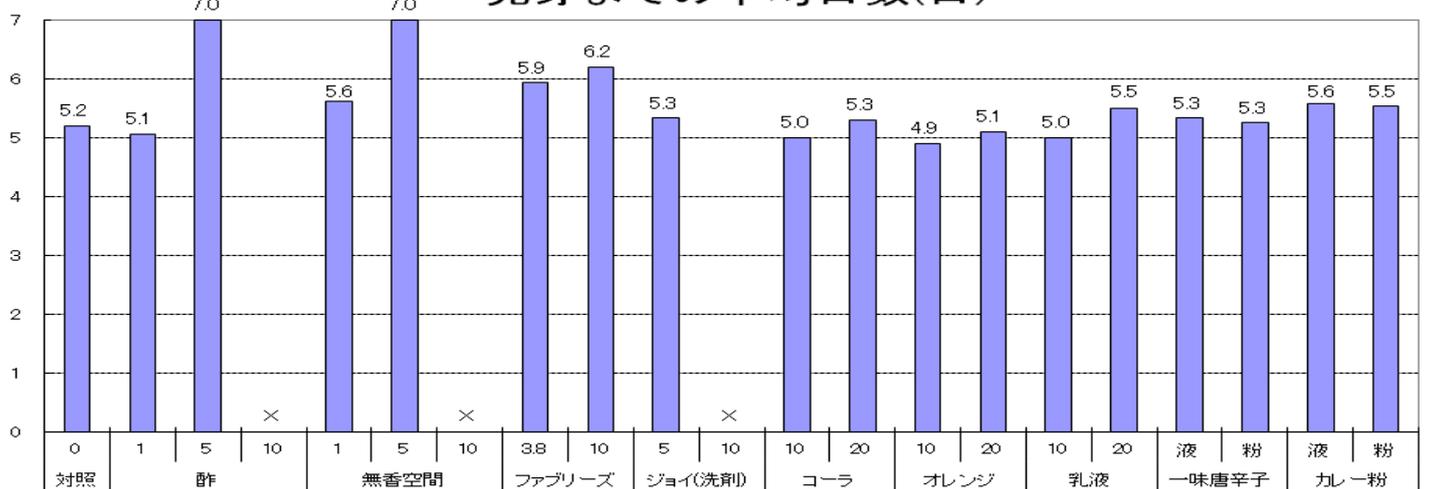


図10 使用溶液別の発芽までの平均日数(日)

発芽個体の平均の長さ(mm)

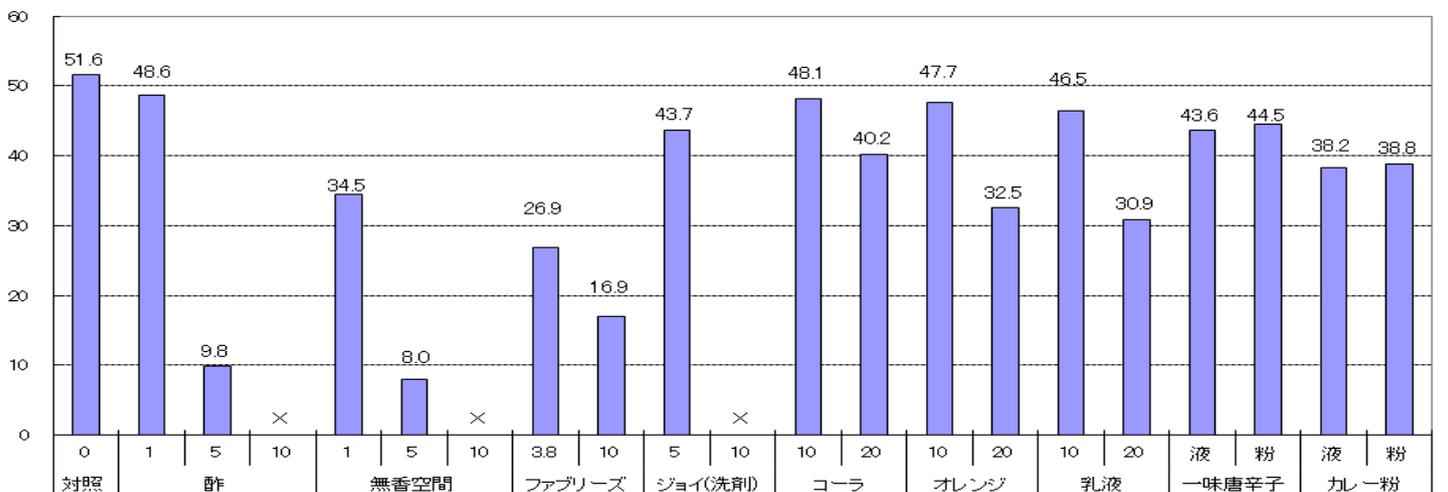


図11 使用溶液別の発芽個体の平均の長さ(mm)

<考察>

- A. グラフより、春は成長促進、さえずりは成長抑制させると考えられる。しかし、数値的にみるととても小さな違いとなるため、それほど大きな影響を与えるものではないと考えられる。
- B. グラフより、発芽率は種子の袋に記載されている発芽率どおりのものがほとんどであったが、酢と無香空間とジョイは濃度をあげると発芽率が下がった。まず、無香空間とファブリーズは同じ消臭剤であるのにファブリーズの発芽率は濃度を変えても80%以上を維持した。両者の成分の違いを見ると、無香空間のほうには両性界面活性剤が含まれており、ファブリーズには含まれていなかった。この界面活性剤は同じく発芽率が低かったジョイにも含まれていたため、発芽を阻害する成分は界面活性剤なのではないかと考えられる(図12~14)。発芽までの平均日数は発芽したものはほぼ同じであり、溶液による差はないと考えられる。発芽個体の平均の長さはすべてに共通して濃度を上げると成長が抑制されていると考えられる。

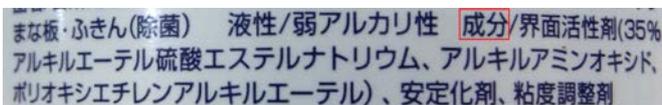


図12 ジョイの成分表記

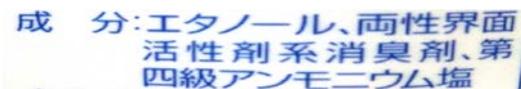


図13 無香空間の成分表記

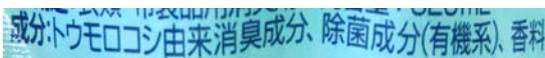


図14 ファブリーズの成分表記

4. 結論

サボテンの実験では褒めると高さ、直径ともに増加傾向にあったが、悪口を言ったものは逆に両測定項目ともに減少した。

カイワレ大根に音楽を聴かせる実験では、対照と比較すると、「春」を聴かせたものの発芽率は下がったが、発芽までの日数は減少し、発芽個体の平均の長さも伸びた。一方、「さえずり」を聴かせ

たものは発芽までの日数は変わらなかったものの、発芽率と個体の平均長は減少した。このように、聞かせる曲により得られる数値は異なったが、大きな影響は見られなかったため、利用は難しいと考えられる。

カイワレ大根に身の回りがあるさまざまな液状のものを水とともに与えた実験ではその液体の種類によって、もっとも効果をあげたとおもわれる要因は界面活性剤であることが特定できた。

これらの実験から、植物を褒めると植物体が肥大すること、および、植物体の発芽抑制にもっとも効果的だったのは界面活性剤であることが明らかになった。合成肥料や農薬に頼らない農業が可能になる可能性が示された。この研究を継続して、津山市の農業発展に貢献できれば大変うれしく思う。

謝辞 最後に、本研究を進めるにあたり、さまざまなご指導をいただきましたすべての先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

齋藤勝裕：『物理化学のしくみ』。株式会社ナツメ社。p134~p137.

参考URL

- 1) 無香空間 ホームページ
http://www.kobayashi.co.jp/seihin/mk_sp/index.html
- 2) ファブリーズ ホームページ
<http://www.febreze.jp/seibun-anzen/index.php>
- 3) P&G ホームページ
http://www.joypg.com/jp_JP/joypg/

タマネギの加熱処理と味覚の研究

研究者 東 大将 牧野 雄也・加納 玄

指導者 二宮 祥

1. 研究の概要

料理番組で「タマネギを飴色になるまで炒めると甘くなる」と聞く。そこで私たちは、なぜタマネギは飴色になるまで炒めると甘くなるのか調べようと思った。

タマネギに加熱処理（煎る・茹でる）を行い、加熱の仕方や水分の含有量の違いによって糖度がどのように変わるか調べた。さらに、火の強さによりタマネギの色の変化と発生した香りを調べた。併せて官能調査も行った。結果、“甘い”という感覚は糖度に関係しており、加熱処理により水の含有量が減り糖度が高くなることと、辛味成分が消えることによるものであることがわかった。また、飴色タマネギは色の変化とともに発生した香りによって色のついていないタマネギよりあまく感じることがわかった。

I saw a TV cooking program on which “I fry an onion until it becomes colored candy.” Then we thought there is some relation between color and taste of onions. This is why we wanted to examine whether it became sweet.

We examined how sugar content of the onion changes depending on we heat it up and how much liquid is contained in it, after heating it we conducted sensory tests too. As a result, we found out that how good we feel onions taste is related to the sugar content and that the sugar content increased by heating up onions. Also we discovered the sharp taste disappeared with the fragrance that occurred with the change of the color by heating it. It was sweeter than the onion which the color did not change.

2. 序論

生（なま）ではとても辛みの強いタマネギを美味しくする方法についての調理番組で「飴色（あめいろ）になるまで炒めます。」と聞くことがある。加熱することによりタマネギの組織内でどのような変化が起き、飴色になったときの美味しさの秘密を探るために含有する成分の変化を調べようと思った。研究はタマネギを炒める、茹でる、煎るなどいろいろな方法で加熱し、色や香りの観察し重量や糖度の計測を行った。また試食アンケートにより官能調査を行い、成分の変化と美味しさの原因を考察する。

り重量と糖度の変化を調べる。

3. 研究内容

＜実験 I＞

加熱処理による重量と糖度の変化を調べる。

＜仮説＞

加熱処理により、①辛味成分が甘味成分に変わり糖度が高くなる。②加熱処理による水分含有量が糖度に影響する。

＜目的＞

タマネギを「煎る」方法と「茹でる」方法によ

<方法>

- ① 切り分けた生タマネギ 10g の糖度を糖度計で測定する。
- ② 「煎る」方法および「茹でる」方法で加熱する。
- ③ 加熱処理後の糖度と重量を測定する。

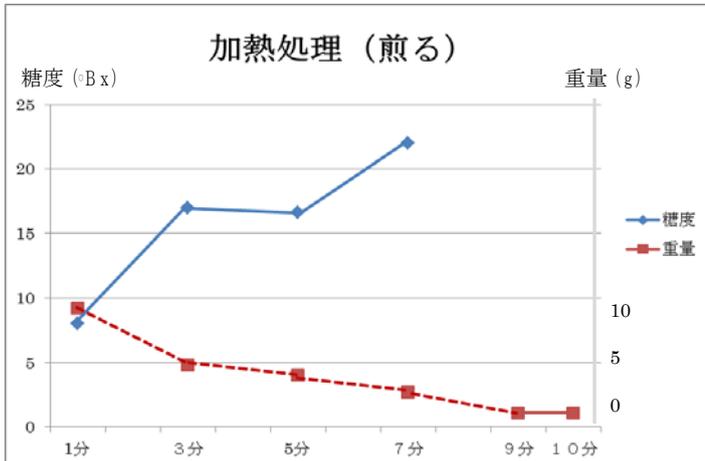


図 1 煎る加熱処理による糖度・重量変化

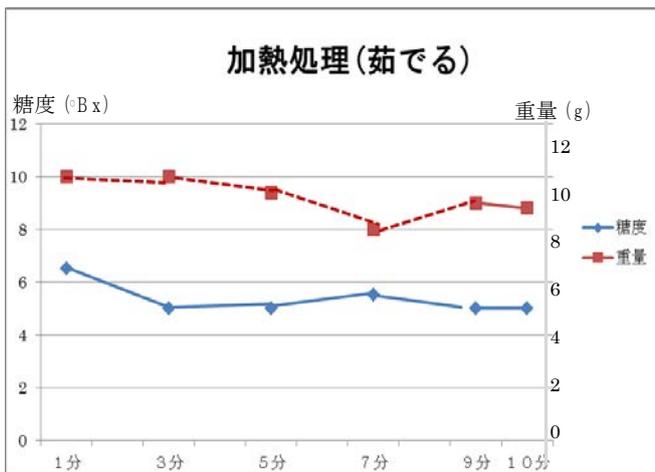


図 2 茹でる加熱処理による糖度・重量変化

<結果>

「煎る」処理では時間とともに糖度は高くなり、重量も大きく減った。(図 1) 「茹でる」処理では時間とともに糖度はわずかに低くなり、重量もわずかに減った。(図 2)

<考察>

「煎る」処理により、糖度が高くなったのは、含有水分が蒸発し、糖度が高くなったからであると考えられる。「茹でる」処理により、糖度がわずかに低くなったのは、茹でた水中に糖が溶け出し、

糖の濃度が低くなったからであると考えられる。

《実験Ⅱ》

天日干し乾燥による重量と糖度の変化を調べる。

<目的>

タマネギをゆっくり自然乾燥する方法により重量と糖度の変化を調べる。

<仮説>

天日により乾燥させることにより、水分量が減少し、糖度が高くなり、甘味も大きくなる。辛味は、甘味が大きくなることで隠される。

<方法>

- ① 切り分けた生タマネギ 10g の糖度を測定し、風通しの良い日陰で乾燥させる。
- ② 7 日後糖度と重量を測定する。さらに甘味や辛味を官能調査で調べる。(図 3)
甘味、辛味、旨味、香りについて、1 (弱い) ~ 5 (強い) で 40 人にアンケート調査し、それぞれの味の強さを数値化する。

タマネギアンケート 2

A. 甘味 B. 辛味 C. 旨味 D. 香り

・ 煮たもの

試	強	感想				
A	1 2 3 4 5					
B	1 2 3 4 5					
C	1 2 3 4 5					
D	1 2 3 4 5					

・ 揚げたもの

試	強
A	1 2 3 4 5
B	1 2 3 4 5
C	1 2 3 4 5
D	1 2 3 4 5

・ 煎ったもの

試	強
A	1 2 3 4 5
B	1 2 3 4 5
C	1 2 3 4 5
D	1 2 3 4 5

・ アメ色

試	強
A	1 2 3 4 5
B	1 2 3 4 5
C	1 2 3 4 5
D	1 2 3 4 5

甘味 辛味
旨味 香り
について
1 (弱い) ~ 5 (強い)
でアンケート調査

図 3 官能調査 (試食アンケート用紙)

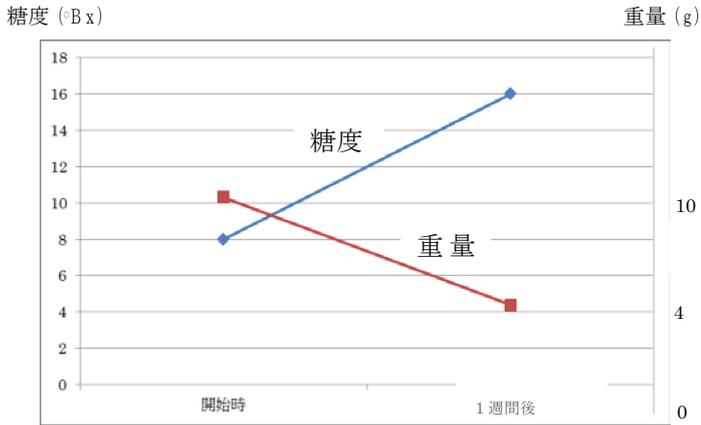


図4 天日干しによる糖度・重量変化

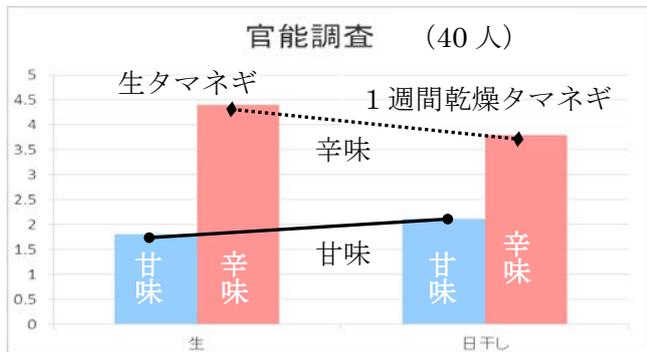


図5 天日干しによる味覚変化

<結果>

自然乾燥させた場合でも、糖度は高くなった。(図4)しかし、官能調査では生の場合と同じく、甘味よりも辛味のほうが強い結果となった。(図5)

<考察>

加熱処理でも自然乾燥でも含有水分量が減少すれば糖度が高くなった。この実験で辛味成分が消えなかったことから、実験1で行った加熱処理「煎る」「茹でる」の加熱処理により、辛味成分(硫化アリル)が減少したか、性質が変化したためと考えられる。

《実験Ⅲ》

飴色タマネギの成分と味覚を調べる。

<目的>

飴色タマネギの美味しさの原因を調べる。

<仮説>

飴色タマネギは生タマネギよりも甘い香りが強く、その香りにより、甘味をより強く感じる。

<方法>

- ① 切り分けた生タマネギに、水を少しずつ加えながら飴色になるまで加熱する。
- ② 切り分けた生タマネギをレンジで5分間加熱する。
(この時①よりも②の方が糖度が高くなるようにする)
- ③ ①、②の処理したタマネギについてそれぞれ官能調査をする。

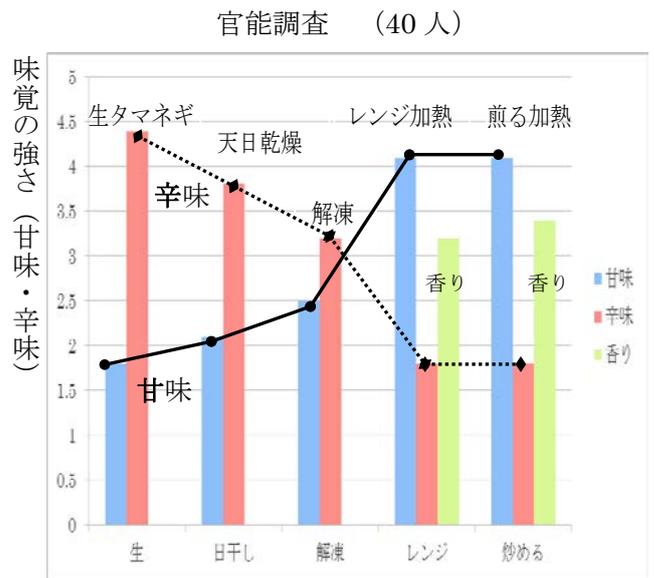


図6 タマネギへの処理と味覚

<結果>

タマネギに外的な処理をすると糖度は増し、辛味は減少する。特に加熱処理をした場合は処理効果は大きい。「煎る」加熱処理した結果(糖度18度、甘い香りあり、飴色)と「レンジ」加熱処理した結果(糖度20度、少し香りあり、生の色)との官能調査比較では、レンジ加熱処理の方が糖度が大きいにもかかわらず、「煎る」

処理と同じ甘さと感じる結果を得た。

<考察>

火力により加熱する(煎る)と飴色の色素(カラメル、メラノイジン)が作られ、良い香りが発生すると考えられる。糖度に差があるにもかかわらず、糖度の低いレンジ処理と糖度の高い煎る処理の官能調査で甘味の数値が同じになったのは、飴色タマネギから発せられる甘い香りによって嗅覚が刺激され糖度の差以上に甘く感じたからと考えられる。甘い香りは甘味感覚を強くすると考えられる。

《実験Ⅳ》

加熱処理時間と飴色への変化と香りを調べる。

<目的>

煎った時間(加熱時間)とともにタマネギの色の変化と甘い香りの発生はどのように変化するか調べる。

<仮説>

加熱温度が高いほど早く飴色への変化が起こり、甘い香りも強く発生する。

<方法>

- ① 切り分けた生のタマネギに水を加えながら加熱する。
- ② 5分、10分、10分後に色の変化と発生する香りを調べる。
- ③ ①、②を弱火、中火、強火(ガスコンロの燃焼熱を変える)で実験する。

表1 タマネギを煎る処理と発生した香り

火\時間(分)	5	10	15
弱	鼻に来る匂い	鼻に来る匂い	鼻に来る匂い
中	甘い匂い	甘い匂い	甘い匂い
強	甘い匂い	焦げ臭い匂い	焦げ臭い匂い



図7 タマネギを煎る処理と色

<結果>

弱火加熱の場合、タマネギ特有の刺激臭が強く発生し、色は薄肌色になった。(図7)

中火加熱の場合、甘い匂いが発生し、色はこげ茶色になった。(図7)

強火加熱の場合、焦げ臭い匂いが発生し、色は黒になった。また、強火加熱では変化の過程で茶色やこげ茶色になることはなかった。(図7)

<考察>

弱火加熱の場合、甘味への変化に時間を要し、特有の刺激臭が長時間発生する。強火加熱では甘い香り成分が発生することなく、いきなり焦げ臭い匂いが発生してしまう。中火による加熱が甘味と香りを引き出すのに最も適した加熱処理と考えられる。

4. 結論

タマネギを加熱することによって貯蔵成分が甘味を感じさせるショ糖に変化することによって、糖度が高くなるのではなく、糖は組織に含まれており、加熱処理や組織の破壊により、含まれていた水分と辛味成分が急速に蒸発(揮発)し、糖濃度が高くなることと、辛味成分が少なくなることによって甘味が大きくなり、これに伴って美味しさも増すことがわかった。

タマネギの美味しさには糖度以外にも加熱処理による飴色成分への変化とともに発生する甘い香りも味覚に関係していた。また、発生する香り物質は加熱時の調理方法と加熱の仕方により生成量が異なり、美味しさをコントロールできることがわかった。

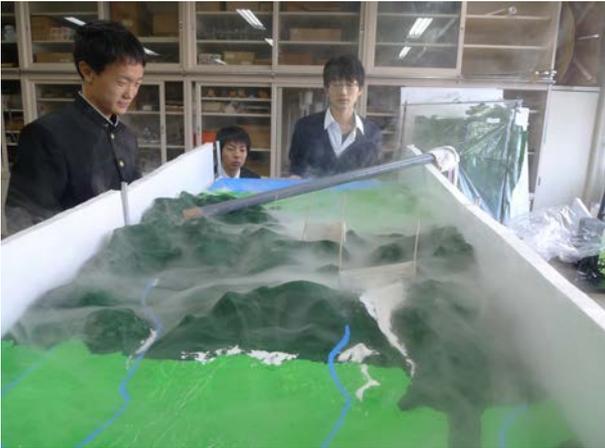
謝辞

この実験でいろいろな処理を行うことにより、タマネギの糖度や香り、美味しさの原因を調べることができた。短期間での研究なので、感覚的な研究に偏ったきらいがあるが、今後詳しい成分分析なども必要である。この研究のために多くのアドバイスを下さった美作大学の桑守先生、栗脇先生、また、協力して下さった生物の先生方に感謝します。

参考文献

- 1) 玉ねぎのカロリー 簡単!栄養 and カロリー計算 <http://www.eiyoukeisan.com/calorie/grahomoto/yasai/tamanegi.html>
- 2) 玉ねぎの効果 <http://www.geocities.co.jp/Technopolis/7048/kelsetin1.html>

巻末図



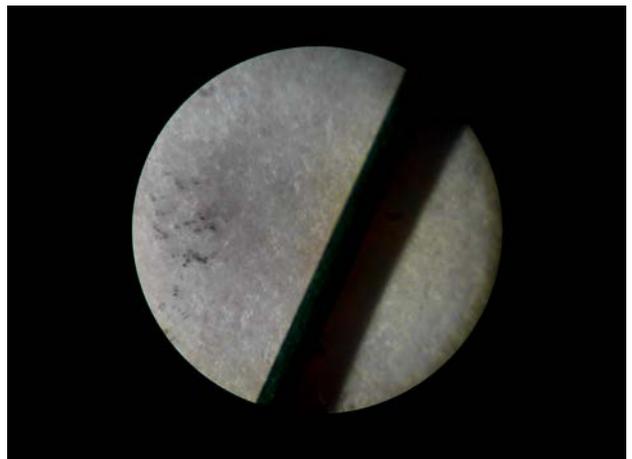
広戸風の軽減の方法の研究



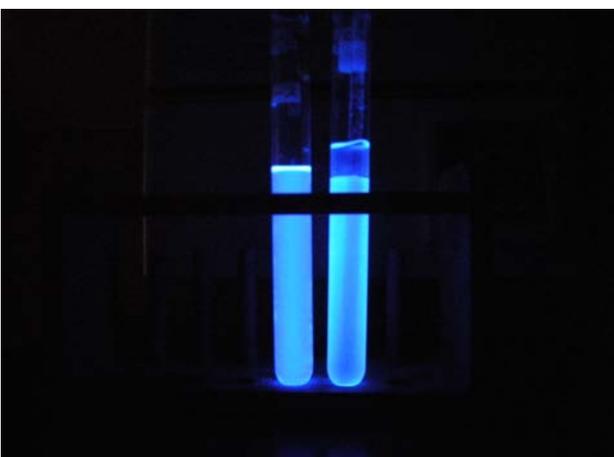
ゲルマニウムラジオの研究



舎密開宗に記載される実験の再現



炭酸水が噴き出るメカニズムの研究 (メントス)



化学発光についての研究 図 1



化学発光についての研究 図 2