

目 次

水の沸騰に適した木材の種類と組み方の研究	2
Analysis of boiling water by suitable wood	
鈴木 暖 福田 里菜 星野 日向子 山村 萌	
ハウリングの防止・回避に関する研究及び考察	6
Research and consideration of howling prevention and avoidance	
木村 駿人 小西 孝和 斉藤 花奈 生田目 大志	
インクの成分と極性の関係	10
Relationship between ink composition and polarity	
槐 優陽 加藤 涼英 今野 名菜 酒井 悠衣	
チオ硫酸ナトリウム水溶液の酸化還元電位が最も低くなる条件の考察	14
Consideration of conditions under which the oxidation reduction potential of sodium thiosulfate aqueous solution is the lowest	
飯山 志穂 小澤 彩乃 幕田 あかり 吉沢 美結	
フェーリング反応におけるキレート錯体	18
Chelate complex in Fehling reaction	
今野 愛理 篠崎 夏友 清水 優衣 藤枝 葉菜	
プラナリアにおける交替性転向反応の基礎的研究	23
A basic study on the Alternation Conversion Reaction in Planaria	
小山 青空 神 蒼晴 瀧澤 結希乃 千葉 仁華子	
水質調査を目的とした発光バクテリアの培養条件の検討	27
Testing of culture conditions for luminescent bacteria for the purpose of water quality research	
石田 詩乃 海老澤 樹 小菌江 祐来 佐久間 千寛	
腐朽菌による侵食と樹種との関係性	32
Relationship between erosion by decay fungi and tree species	
大山 凜花 鈴木 楽 田山 芹葉 明珍 菜々美	
酸性雨の成分と酸性度による葉緑体と蒸散量の変化	36
Changes in chloroplasts and transpiration as a function of acid rain composition and acidity	
宇留野 智則 小里 和輝 篠田 上総	
至る所で微分不可能な関数に関する考察	41
Considerations on non-differentiable functions everywhere	
宇良 暁星 大崎 颯斗 土田 小太郎 野口 颯史	

水の沸騰に適した木材の種類と組み方の研究

鈴木 暖 福田 里菜 星野 日向子 山村 萌

Analysis of boiling water by suitable wood

Dan SUZUKI, Rina FUKUDA, Hinako HOSHINO, Megumi YAMAMURA

Abstract

One day, we read a fairy tale, “Three little pigs” and we thought how fast it boiled. The pigs put water in a big pot and started fire to boil the water. The water was boiling by the time the wolves climbed into their house. We estimate the time to boil at 35 seconds. That is because, we measure the time corresponding scene. But the time is so fast. Thus, we looked for flammable woods and ways to build wood suitable for combustion. We used four woods, Aspen, Cypress, Pine tree, and Bamboo and Cedar. The method of building used parallel type and composite type. We experimented while changing the amount of water.

1 はじめに

広葉樹と針葉樹の木材では、それぞれ燃焼させるときに異なった特徴をもつ。広葉樹は、幹の密度が高く火がつきにくい、1度火がつくと長時間燃える。針葉樹は、着火性は良いが火持ちが悪い。木材を用いて水を沸騰させるにあたって、木材の種類は沸騰に要する時間や火の燃え方に大きく関係するため、自分たちで実験を行い、水を沸騰させるのに最適な木材を見つけることにした。

ヨーロッパ発祥の童話「三びきのこぶた」を元に行うため、物語と同様にフランスにおける条件下で実験することを考えた。しかし、現地の気温や湿度を再現することは難しいと判断したため、学校の課題研究の時間にできる条件で行うこととした。次に、実験場所について、童話の中で水を沸騰させている場所は室内であったが、場所に関しては童話と同様に室内で行うことは危険であると判断した。そのため極力風の影響を受けにくい屋外で実験した。

2 実験方法

I 木材の準備

木の種類が異なる市販の割りばしを用意した。調達できた割りばしはアスペン、ヒノキ、マツ、タケ、スギの5種類であった。また、木材によって1膳当たりの重さが異なっていたため、それぞれ100gになるように割りばしを切断した。

II 予備実験

着火剤とライターを用いて5種類の割りばしを各々燃焼させ、ビーカー内の水100mLを加熱した。そして、温度計を用いて水温を1分ごとに計測した。

III 木材の組み立て方の比較

「焚き火大全」を参考にしながら、タケの割りばし40本(1本15cm)を用いて並列型と複合型に組み立てた。次に、鉄製のお玉(直径13cm)に移した水200mLを各々の組み立て方で加熱した。そして、沸騰までの時間を使用した木材ごとに計測した。並列型と複合型の組み立て方はFig.1とFig.2に示す。



Fig.1 Composite type

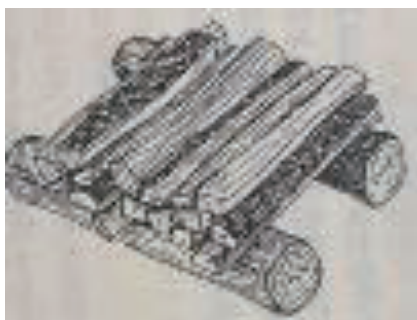


Fig.2 Parallel type

IV 沸騰までの時間の計測

複合型に組み立てた割りばし 20 本(1 本 15 cm)を燃焼させて、水 100mL が入った鉄製のお玉(約 13 cm)を加熱した。そして、実験Ⅲと同様に沸騰までの時間を使用した木材ごとに測定した。

3 結果、考察

I 予備実験による結果

スギは一度燃焼させて水の沸騰を行ったところ、人体に影響を与えるほど火力が強く危険であるため、結果から除外した。

そのため、これからの実験ではアスペン、ヒノキ、タケ、マツの 4 種類のみで実験を続けることにする。温度がこれ以上上がらないと判断した際に実験を終了しているため、燃焼時間にばらつきがある。実験の写真は Fig.3, Fig.4, 実験結果は Table.1, Fig.5 に示す。



Fig.3 Aspen and Cypress



Fig.4 Bamboo and Pine

Table.1 Boiling temperature change by wood type

種類	アスペン	ヒノキ	タケ	マツ
1 分	26℃	22℃	22℃	22℃
2 分	31℃	29℃	29℃	28℃
3 分	38℃	34℃	39℃	33℃
4 分	47℃	38℃	46℃	38℃
5 分	49℃	43℃	52℃	42℃
6 分	54℃	46℃	66℃	44℃
7 分	55℃	49℃	67℃	47℃
8 分	58℃	52℃	68℃	48℃
9 分	61℃	56℃	72℃	51℃
10 分	62℃	59℃	73℃	52℃
11 分	63℃	62℃		55℃
12 分	64℃	64℃		57℃
13 分		67℃		58℃

アスペンは湯気とビーカーの底に気泡、ヒノキは湯気と少しの気泡、タケは湯気を確認した。マツは何も確認されなかった。したがって、どの木材も 100℃に達することができず、沸騰までには至らなかったが、図や画像から見て、燃焼効率が一番良い、本実験に最適な木材はタケであると判断した。

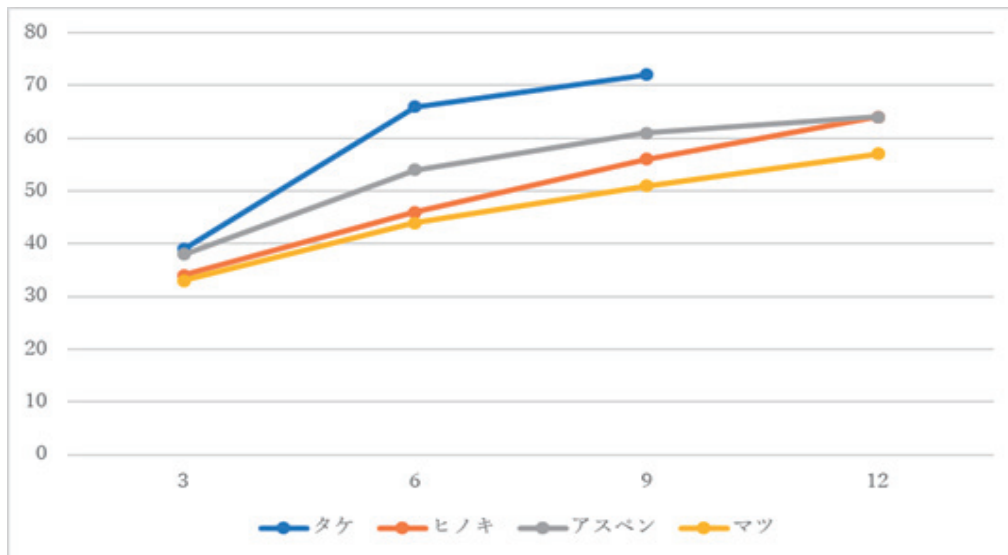


Fig.5 Temperature change

Ⅱ 木材の組み立てによる結果

結果は Table.2 【横軸：経過時間(分)と温度(°C)】，Table.3，実験の写真は Fig.6 に示す。

Table.2 Change of parallel type water temperature

	1	2	3	4	5	6	7
並列	38	59	70	86	94	95	95

Table.3 Change of composite type water temperature

	1 分	1 分 30 秒	2 分	2 分 45 秒
複合	59°C	81°C	97°C	100°C

沸騰の条件である 100°Cを目指して，実験を進めた。

並列型は 7 分で 95°Cまで上がって，その後は下がっていった。

一方で，複合型は 2 分 40 秒で 100°Cに達した。1 分ごとに測っていたが，1 分で上がる温度上昇が大きかったので，そこからは 30 秒ごとに計測した。Table.2，Table.3 より，明らかに複合型のほうが燃焼効率が良いので，複合型で実験を進めた。



Fig.6 Composite type and Parallel type

Ⅲ 本実験による結果

実験結果は Table.4 に示す。

Table.4 Relationship between amount of water and boiling time

	1 分	2 分	2 分 30 秒	3 分
100 g	67°C	97°C	97°C	96°C
100 g	78°C	97°C	98°C	
200 g	73°C	99°C	100°C (128 秒)	
100 g	82°C	100°C (104 秒)		
100 g	56°C	100°C (75 秒)		

1 回目は沸騰の温度に達しなかったが，2 回目，3 回目では沸騰した。材料不足で計 3 回の実験になった。どの回数でも気泡がみられ，2，3 回目では湯気も見られた。

IV 本実験による考察

複合型 200mL と複合型 100mL の実験を比較すると、水の沸騰する温度は水の量に比例することが分かった。したがって、設定した時間である 35 秒で水を沸騰させるためには、水が 50mL の必要があると考えられる。

本実験に使用したお玉をお鍋に見立てた時の縮尺を考えると、物語中での世界は、私たちの世界よりも小さいことが分かる。

「三びきのこぶた」はヨーロッパの童話であるため、物語に登場するオオカミは、昔ヨーロッパに生息していたタイリクオオカミであると推測する。参考にした絵本の描写より、タイリクオオカミの体長(約 160 cm)がすっぽり鍋に入ったと読み取れたため、タイリクオオカミと鍋の大きさが同じと考えて計算した。実験で使用したお鍋は直径 12.81 cm であったため、以下の計算式(Fig.7)より、物語の世界は現実世界の 8.01% であると考えられる。

また、本実験においてお玉を置いた場所から火が逃げているという改善点が見られた。その火をお玉の底に集めることができれば、さらに早く水を沸騰させることができるだろう。

$$12.81 \div 160 \times 100 = 8.01(\%)$$

Fig.7 The ratio of the size of the story world
to the real world

4 参考文献

吉長成恭, 関根秀樹, 中川重年 (2003 年)

焚火大全

株式会社 永岡書店 世界名作アニメ絵本⑤

三びきのこぶた

相賀昌宏 小学館 自然大博物館 (1992 年)

ハウリングの防止・回避に関する研究及び考察

木村 駿人 小西 孝和 齊藤 花奈 生田目 大志

Research and consideration of howling prevention and avoidance

Hayato KIMURA, Yoshikazu KONISHI, Hana SAITO and Taishi NABATAME

Abstract

In the last few years, online classes have increased due to the Covid19. At that time, we are suffered from a harsh noise called “howling”. So, we conducted an experiment to find out what influences the occurrence of howling. At first, the effects of microphone to loudspeaker distance, angle and orientation on howling were investigated. Second, the relationship between loudspeaker volume, sensitivity and howling was determined. The results indicate that all these items were related to howling occurrence. As a result, to prevent howling, it is necessary to keep the microphone as far away from the horizontal place of the speaker as possible and reduce the volume and sensitivity of the speaker.

1 はじめに

ハウリングとは、「スピーカーが発した音をマイクが拾い、スピーカーがより大きな音を発することを繰り返す」という現象である (Fig.1)。

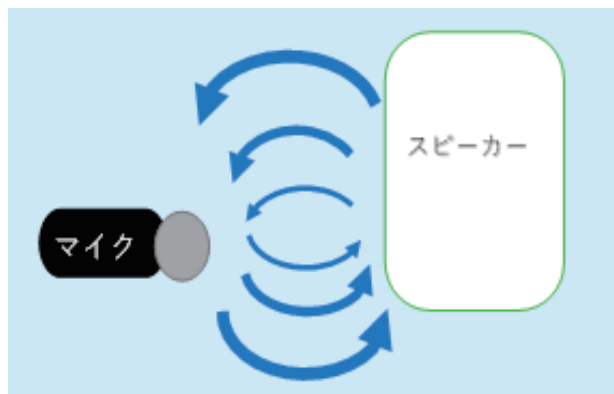


Fig.1 Howling principle

具体的には、「キーン」や「ボーン」などの意図せずに発生する不快音である。集会や演説などのマイクやスピーカーを使用する場面でしばしば耳にする。

2020 年、世界中で新型コロナウイルスが流行し、日本も多大なる影響を受けた。感染を防ぐため、人との対面を避けることのできる手段として「zoom」などの web 会議ツールを使用したやり取りが頻繁に行われるようになった。そして、感染が拡大した際は、学校では一斉休校の

措置がとられ、休校期間の学習を進めるため、オンライン授業が行われた。私たちはその授業の中で度々ハウリングの音を耳にすることとなった。そこで、ハウリングの発生原因が判れば、防止・回避ができるのではないかと考え、研究を始めることにした。

本稿は、後の活動をより快適かつ円滑なものとするためにハウリングの発生を未然に防止・回避することを最終目標とした研究及び考察である。今回は、マイクとスピーカーを使用して実験を行った。

2 実験方法

I 位置関係によるハウリングについて

ハウリングの発生とマイクとスピーカーの位置が関係しているかを確認するため、マイク、マイクスタンド、スピーカー、三角定規、直定規を用意し以下の実験を行った。

また、以下の実験は学校の軽音部室を借りて行っているため、広さの都合上、距離の計測値の最大値は 2.00m とする (Fig.2)。

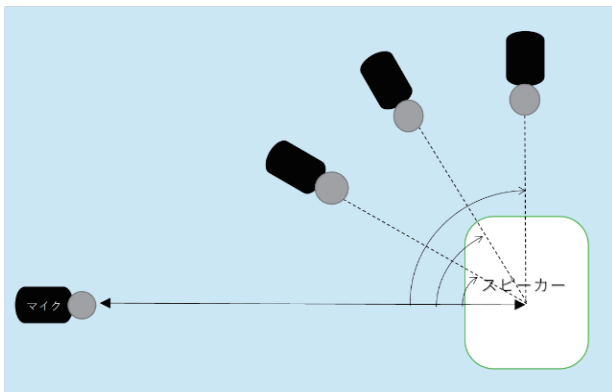


Fig.2 Experimental procedure

①距離

1.5m の地点よりスピーカーからマイクの距離をハウリングが発生した場合遠ざけ、発生しなかった場合近づけた。

②角度

スピーカーから 1.5m の地点から、スピーカーとマイクとの距離が変わらないようマイクの角度が水平面より 0 度, 30 度, 60 度, 90 度になるように変えた。

③マイクの向き

マイクの向きをスピーカーから 1.5m の地点でマイクの角度を水平状態から変えずに、スピーカーの方向を向いた状態から左向き、右向き、後ろ向きにそれぞれ変えた。

II 機器の設定によるハウリングについて

ハウリングの発生とスピーカーの感度・音量の設定の関係を調べるため、実験器具にデシベル計測器を追加し以下の実験を行った。

ここでの音量の設定とは、マイクに入力された信号を、スピーカーで出力する際に信号の大きさを調整する設定のことを指し、感度の設定とは、マイクに入力された信号の大きさを調整する設定のことを指す。

また、音量・感度の設定の変更は、実験に使用するスピーカーの摘みを回して行う (Fig.3)。

①音量・感度の設定

スピーカーの感度・音量の設定を共に 2 にし、0.10m 毎にハウリングの発生の有無を調べた。また、スピーカーから 0.75m の地点に

デシベル計測器を置き発生した際の音の大きさを計測した。

②感度のみ変更

実験 II - ①の条件からスピーカーの感度の設定を 5 に変え、同様の実験を行った。

③音量のみ変更

実験 II - ①の条件からスピーカーの音量の設定を 5 に変え、同様の実験を行った。

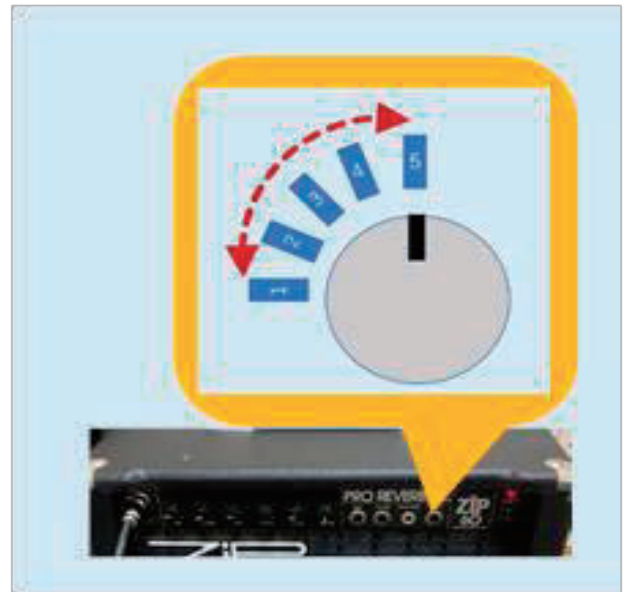


Fig.3 Volume and gain settings

3 結果、考察

○はハウリングが発生したこと、×はハウリングが発生しなかったことを表す。

Table 1 Results of distance

距離 (m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
結果	○	○	○	○	×

実験 I - ①ではマイクとスピーカーの距離が 1.75m より近い場合のみハウリングの発生が確認できた。一方、2.00m より離れている場合、ハウリングは見られなかった。

このことから、マイクとスピーカーの距離が近いほどハウリングが発生しているため、マイクとスピーカーの距離はハウリングの発生に関係し

ていると考えられる (Table 1)。

Table 2 Results of angle

角度	0	30	60	90
結果	○	×	×	×

実験Ⅰ - ②ではスピーカーの水平面にマイクを配置した場合のみハウリングが発生し、30 度以上の地点ではハウリングの発生は確認出来なかった (Table 2)。

このことから、スピーカーに対するマイクの地点が水平面に近いほどハウリングが発生しているため、スピーカーに対するマイクの地点の角度はハウリングの発生に関係していると考えられる。

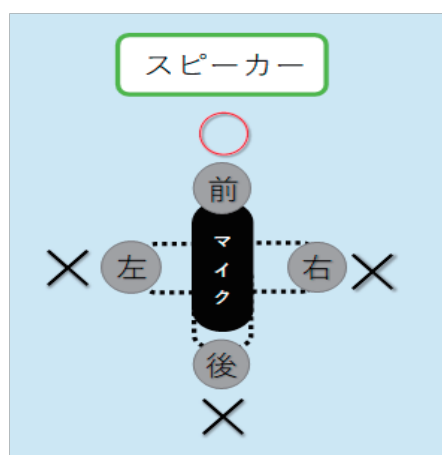


Fig.4 Results of microphone's direction

実験Ⅰ - ③スピーカーにマイクを向けた場合はハウリングの発生が確認できたが、左・右・後に向けた場合ではハウリングの発生は確認できなかった。

このことから、スピーカーにマイクを向けたときのみハウリングが発生しているため、スピーカーに対するマイクの向きはハウリングの発生に関係していると考えられる。(Fig.4)

Table 3 Results of volume and gain

	感度	音量	発生地点 (m)
①	2	2	0.40
②	5	2	2.00
③	2	5	2.00

スピーカーの感度・音量を共に 2 にして行った実験Ⅱ - ①の場合では、0.40m の地点からハウリングの発生が見られたが、感度・音量をそれぞれ 5 に変更して行った実験Ⅱ - ②, ③では 2.00m の地点でハウリングの発生が確認出来なかった (Table 3)。

このことから、スピーカーの感度・音量の設定はハウリングの発生に関係していると考えられる。

距離と音の大きさの関係

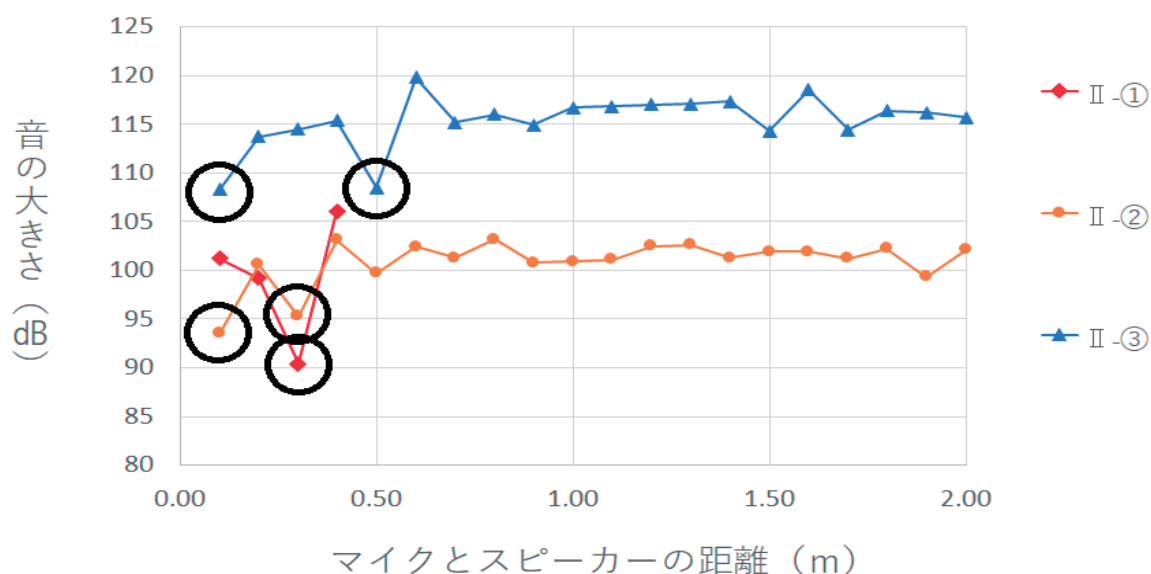


Fig.5 Graph of volume and gain

また、(Fig.5) に示したように、マイクとスピーカーの距離の変化に伴ってハウリングが発生した際の音量は丸で囲んだ地点を除き概ね変化しなかった。

4 まとめ

ハウリングの発生には、実験Ⅰよりマイクとスピーカー間の距離・角度とマイクのスピーカーに対する向きが関係していることが分かった。また、実験Ⅱよりスピーカーの感度と音量が関係していることが分かった。したがって、ハウリングを予防するためには、以下の対策が有効であると結論付けた。

- ・マイクをスピーカーから可能な限り遠ざけること。
- ・マイクをスピーカーの水平面から可能な限り離すこと。
- ・マイクをスピーカーに向けないこと。
- ・スピーカーの感度・音量を適宜下げること。

一方、今回の実験の際に計測した音の大きさは、仮説に沿った結果とならなかった。この理由としては、ハウリングという現象が、「スピーカーが発した音をマイクが拾い、スピーカーがより大きな音を発することを繰り返す」というものなので、ハウリングが発生した時点でスピーカーが発している音の大きさがスピーカーの音量の設定に準じた最大に達しているためだと考えられる。

5 今後の展望

また新型コロナウイルス拡大の影響により実験が多くできなかったので、実験の回数を重ねてより正確な値を出したい。

(Fig.5) において丸で囲んだ地点では、低音のハウリングが発生し、またその他の地点では音量がほとんど変化しなかった。グラフより、この低音のハウリングが発生した際は dB の値が小さくなっていることが分かるが、その原因や低音のハウリングが発生した原因は分からなかった。この低音のハウリングの発生原因や、低

音のハウリングが発生した場合に dB の値が小さくなる原因を究明したい。

ハウリングの発生には、例えば、その場所の広さや形状、マイクの性能など、他にも条件があると思うので、グループで他の要因も出し合い、その場合のハウリングの防止・回避についても話し合っていきたい。

6 参考文献

ハウリング防止システムに関する研究 (2019)

(<https://www.st.nanzan-u.ac.jp/info/gr-thesis/2019/noro/pdf/16se063.pdf>)

インクの成分と極性の関係

槐 優陽 加藤 涼英 今野 名菜 酒井 悠衣

Relationship between ink composition and polarity

Yuhi ENJI, Ryoei KATO, Nana KONNO and Yui SAKAI

Abstract

You may have experienced staining your shirt with Magic ink at least once. Perhaps, you will try to clean off the ink with water and soap, however you will find that you are not able to remove it. We discussed what to do when Magic ink gets on clothing.

First, the shirt fabric was stained with Magic ink, and the ink was attempted to be removed with cleansing oils. As a result, the ink was hardly removed. Next, 7 types of alcohols were examined. As a result, the highly polarized alcohol cleaned off the ink. For that reason, we think that polarity is related to removing Magic ink.

1 はじめに

誰しも1度は、うっかりペンのインクがワイシャツについてしまったことがあるのではないだろうか。その時、インクが付着した部分を水で洗い流すなどして、落とそうと試みるが落ちなかった場合が多かったと思う。

インクは主に水性インクと油性インクがあり、水性インクと油性インクの違いは溶剤に水を使用しているか、有機溶剤を使用しているかである。

油性インクに含まれる多くの有機物質は、水やクレンジングオイル剤などに含まれている有機物質との反応性が低いため落とすににくいと予想した。

私たちはワイシャツにインクが付着してしまった時のことを仮定した。油性インクは多くの人が使っていると考え、ワイシャツの生地についた油性インクを落とすことに挑戦した。なお、ワイシャツを選んだ理由としては、学生である私たちが最も着用している衣服であり、社会人も使用する機会が多いと思ったからだ。

本研究ではインクの成分と極性の関係について着目した。そこで私たちはアルコールを

用い、極性の大きさの違いによってインクの落ちやすさについての研究をした。

2 実験1

(クレンジングオイルでの検証)

<方法>

8×8cmに切った綿80%、ポリエステル20%のワイシャツの生地には油性インク（マジックインキ）を1滴たらし、5分間乾燥させたものを試験材料とした(Fig.1)。それを、先行研究でも使用されていた、水ベースのクレンジングオイルとオイルベースのクレンジングオイルの7種類に10分間浸し、水洗いをした。乾燥させた後、インクの落ち具合を目視で比較した。

水ベースのクレンジングオイルにはミネラルウォーターが含まれており、オイルベースのクレンジングオイルにはミネラルオイルが含まれている。ミネラルオイルとは、石油を精製するときに用いられる炭化水素の化合物である。



Fig.1 Shirt fabric marked with a permanent pen
＜結果＞

インクの落ち具合は、落ちたものから順にミネラルオイルベースのもの、水道水、水ベースのものとなった。

目視で多少比較はできたが、インクはほとんど落ちていなかったため、クレンジングオイルと油性インクの相性が良くないことが分かった。

3 実験2

(アルコールでの検証)

＜方法＞

実験1で使用したのと同じ試験材料を、アルコール類に浸した後、水で洗い流し乾燥させた。アルコールは、疎水基または親油基と呼ばれる鎖式状の炭化水素と、親水基であるヒドロキシ基で構成されている(Fig.2)。ヒドロキシ基の数が同じで炭素数が多いアルコールほど、極性が小さくなり、インクとの親和性が大きくなると予想される。

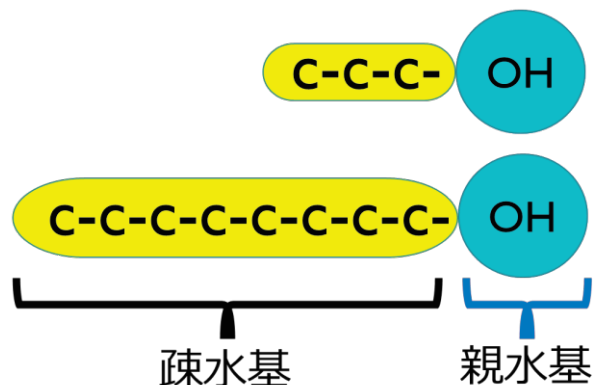


Fig.2 The structure of alcohol.

今回使用したアルコールはメタノール、エタノール、プロパノール、ブタノール、ペンタノール、ヘキサノール、オクタノールであり、ヘプタノールは、化学室になかったため使用しなかった(Table.1)(Fig.3)。



Fig.3 Used alcohol

Table.1 Characteristic formula of alcohol.

炭素数	名称	示性式
1	Methanol	CH_3OH
2	Ethanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
3	Propanol	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
4	Butanol	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
5	Pentanol	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$
6	Hexanol	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$
8	Octanol	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$

また、浸す時間も関係するのではないかと考え、5分、10分、60分と時間を変えて実験を行った。インクの落ち具合は、アルコールに浸した後のワイシャツの生地を自作のダンボールの箱に入れ、光を遮断して写真を撮り、画像分析によりRGB値を用いて比較した。RGB値とは、光の三原色である赤、緑、青を用いて色を指定する値のことで、それぞれの色に対して0～255の値を用いて、黒はすべて0、白はすべて255で表される。

＜結果＞

炭素数の小さいメタノールやエタノールなどは、浸してすぐにインクをにじませることができた。また、炭素数が多いものものにじませることはできたが、炭素数の小さいものほどインクを落とすことはできなかった(Fig.4)。

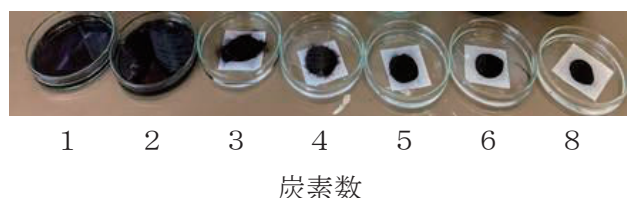


Fig.4 Result of soaking

また、炭素数の小さいもののほど、にじみ出た液が青色に近かったことが目視で確認された。Fig.5 より、炭素数の小さいもの、すなわち極性が大きいものほど油性インクとよく反応した。しかし、エタノールだけは上記の性質に当てはまらなかった。

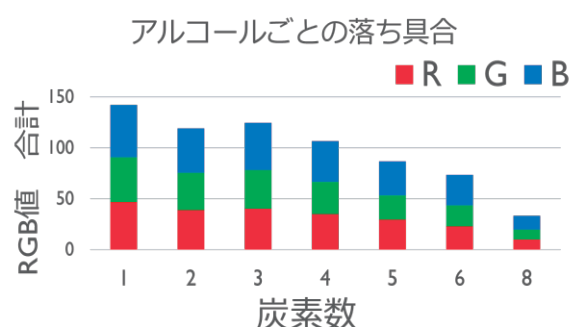


Fig.5 Relationship between type of alcohol and RGB (color data).

Fig.6 より、5 分間つけたものが最もよく落ちた。また、10 分以降はあまり変化が見られなかった。

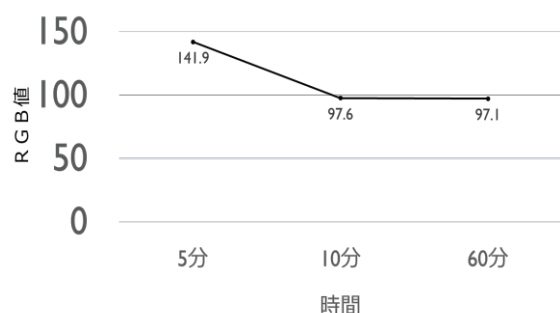


Fig.6 Relationship between type of RGB and time.

4 実験3

(アルコールでの検証)

<方法>

インクの落ち具合と極性の関係について調べるため、実験1、2で使用した試験材料に

2種類のアルコールを順に浸した。アルコールは Table.2 のように組み合わせ、実験を行った。

Table.2 The combination of alcohol.

1回目	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₈
2回目	C ₈	C ₆	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁

<結果>

極性が大きいアルコールと小さいアルコールを組み合わせたときが、1種類のアルコールのときよりもよくインクを落とすことができた。その中でも、プロパノールとペンタノールの組み合わせが最もインクを落とすことができた。

5 考察

実験1より、インクがほとんど水で落ちなかったのは、水と油性インクの親和性が低かったからだと考えた。一方、オイルベースのクレンジングオイルが水ベースのクレンジングオイルに比べより落ちたのは、油性インクとの親和性が水よりも高かったからだと考えられる。これより、インクは無極性に近づくほど落ちやすいと考えられる。

実験2より、溶液の色の違いは溶け出したものの違いではないかと考えられる。そのことから、インクはアルコールの種類によって落ちる成分が異なることが考えられる。

また、5分より10分の方がRGB値は減少していったため、一度溶け出したインクが再び付着したと考えられる。また、10分から60分では、ほとんど変化が見られなかったことより、長時間アルコールをつけることはインクの落ち具合に影響を与えないと考えられる。

アルコールの組み合わせによって落ち具合が変化したことから、様々な極性の物質が含まれた混合物であるインクは、アルコールの種類によって落ちる成分が異なり、アルコー

ルの種類はインクを落とすことに関係していることが分かった。

6 まとめ

油性インクは、様々な種類の極性が異なる物質を含んだアルコールに浸して、水洗いすることによって落とせることが分かった。

また、ただ溶液をかけて浸すのではなく、適切な時間を考慮して行う必要があることも分かった。

今回の研究では、全て直鎖状のアルコール類を用いたため、今後は2-プロパノール、2-ブタノールなどの枝分かれの構造を持つアルコールや、ベンゼジルアルコール、フェノールなどの芳香族化合物でヒドロキシ基を持つ溶媒を用いて、油性インクとの反応を確認したいと考えた(Fig.7)。

また、極性がほとんどないヘキサンやベンゼンなどの有機溶媒での落ち方も調べたい。

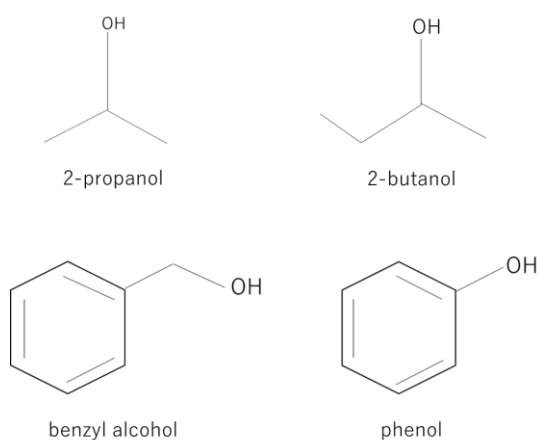


Fig.7 Structural formula

7 謝辞

油性インクには、寺西化学工業株式会社のマジックインキを使用させていただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

8 参考文献

実教出版 化学 310 化学 新訂版

実教出版 サイエンスビュー 化学総合資料 四訂版

画像のRGBを調べる法(2022/10/12)

(<http://office-qa.com/win/win220.htm>)

チオ硫酸ナトリウム水溶液の 酸化還元電位が最も低くなる条件の考察

飯山 志穂 小澤 彩乃 幕田 あかり 吉沢 美結

Consideration of conditions under which the oxidation reduction potential of sodium thiosulfate aqueous solution is the lowest

Shiho IYAMA, Ayano OZAWA, Akari MAKUTA and Miyu YOSHIZAWA

Abstract

Our skin is being oxidized daily by oxygen in the air. Therefore, we began researching whether there was a way to prevent oxidation using something familiar to us, rather than something expensive. Hot springs have a low oxidation-reduction potential, and a reducing power, which makes them effective for improving the skin. Therefore, an experiment was conducted to find the solution with the lowest redox potential and the conditions under which it can be reduced using a substance with strong reducing power. These results suggest that low-temperature sodium thiosulfate dilute aqueous solutions have high reducing power.

1 はじめに

ヒトの生命維持には酸素が必要不可欠である。ヒトは絶えず呼吸を繰り返し、体内に酸素を取り込んでいる。しかし、取り込まれた酸素の一部が通常よりも活性化されると、活性酸素となってしまう。ヒトを含む哺乳類では、取り込んだ酸素の数%が活性酸素に変化すると考えられている。活性酸素は、ほかの物質を酸化させる力が通常の酸素よりも強く、過剰になると、正常な細胞や遺伝子をも酸化してしまうのである。活性酸素は肌にも影響を及ぼし、肌の真皮に存在するコラーゲンとエラスチンを破壊してしまう。エラスチンとは、弾性に優れた繊維の主成分であるタンパク質の一種であり、コラーゲンとは、主に脊椎動物の真皮、靱帯、腱、骨、軟骨などを構成するタンパク質の一種である。これらが破壊されると、肌のハリや弾力が失われ、その結果、肌の老化が引き起こされてしまう。(Fig.1) 私たちは、活性酸素を発生させないために、高価な物ではなく身近にあるものを使って酸化を防ぐ方法はないか研究を進めた。そこで、温泉は酸化還元電位が低く還元力

があるから美肌効果があるということが分かった。酸化還元電位とは、ある酸化還元反応系における電子のやり取りの際に発生する電位であり、酸化・還元のしやすさを示す。値が高いほど酸化力が強く、値が低いほど還元力が強い。還元力が強ければ、活性酸素を還元し、量を減らすことができる。そのため、還元力の強い物質を用いて、最も酸化還元電位の低い溶液と、その条件を探るための実験を行った。

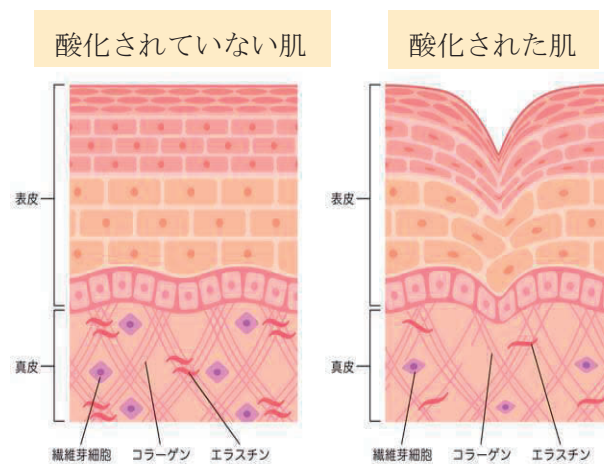


Fig.1 Unoxidized skin and Oxidized skin

2 実験方法

I 溶質と酸化還元電位の関係

チオ硫酸ナトリウム，硫酸鉄(Ⅱ)を 25℃ の水に溶かし，酸化還元電位計で溶液の酸化還元電位を測定した。

チオ硫酸ナトリウム，硫酸鉄(Ⅱ)は実教出版，化学基礎，新訂版（2017）に還元剤として記載されているため使用した。

II 濃度と酸化還元電位の関係

水に溶かすチオ硫酸ナトリウムの量を 0.040，0.080，0.12，0.16，0.20 (mol/L) と変化させ，酸化還元電位を測定した。

III 温度と酸化還元電位の関係

温泉の濃度を模したチオ硫酸ナトリウム水溶液と純水を冷やした状態から常温になるまで温度を上げて酸化還元電位を測定した。なお，測定は 5 分毎に 30 分になるまで測定した。

酸化還元電位計について

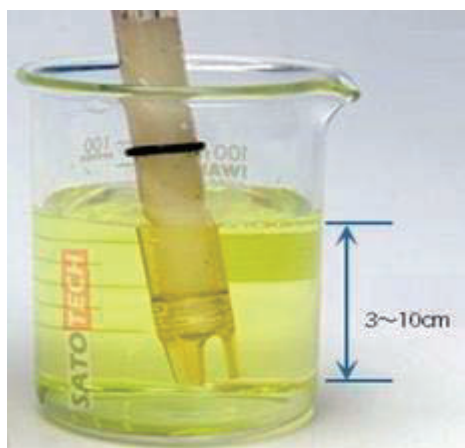


Fig.2 oxidation reduction potentiometer

酸化還元可逆平衡状態にある水溶液に標準水素電極と白金電極を挿入すると，1つの可逆電池が構成され，その溶液の酸化還元平衡状態に応じて一定の電位差を検出することができる装置。(Fig.2)

この電位差のことを酸化還元電位 (Oxidation-Reduction Potential) と呼び，英語の頭文字をとって ORP と表現する。

3 結果

I 異なる溶質の酸化還元電位測定結果

チオ硫酸ナトリウム水溶液，純水，硫酸鉄(Ⅱ)水溶液の順で酸化還元電位は低かった。

実験結果から，調べた溶液の中ではチオ硫酸ナトリウム水溶液が最も還元力が高いことが分かった。

II 異なる濃度の水溶液における酸化還元電位測定結果

Table.1 Results of measurement of different concentrations of redox potential

水溶液の濃度 (mol/L)	酸化還元電位 (V)
0.040	245
0.080	262
0.12	260
0.16	260
0.20	260

濃度が低い溶液のほうが比較的酸化還元電位が低く，0.08 (mol/L) を超えると値がほぼ一定になった。(Table.1)

実験結果から，チオ硫酸ナトリウム希薄水溶液は濃度の濃いチオ硫酸ナトリウム水溶液よりも強い還元力を持つことが分かった。

III 異なる温度の水溶液における酸化還元電位測定結果

水溶液の温度が上昇するにつれて酸化還元電位が上がり，水溶液の温度が 13℃を超えると一定になることから，温度が上昇すると還元力は失われていき，その後一定になることが分かった。(Fig.3)

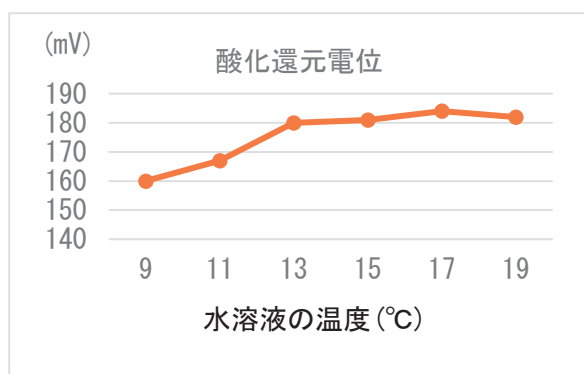


Fig.3 Changes in temperature and oxidation reduction potential

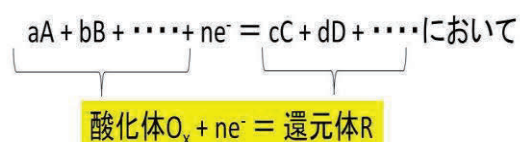
純水でも実験を行ったが、数値が安定せず、チオ硫酸ナトリウム水溶液のように変化が一定にはならなかった。

4 考察

実験 1，実験 2，実験 3 より，この結果は，ネルンストの式が関係していると考えられる。(Fig.4)

ネルンストの式

反応式



ネルンストの式

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{O_x}}{a_R}$$

E: 電極電位[V vs SHE]

E⁰: 標準電極電位[V vs SHE]

R: 気体定数[J/mol/K]

T: 温度[K]

n: 反応の電子数

F: ファラデー定数[C/mol]

a_i: 成分iの活量

Fig.4 Nernst equation

酸化還元電位はこの式によって表される。

ネルンストの式とは，電子授受平衡状態における電極電位Eが，酸化体，還元体の比などのいくつかのパラメータから算出される式のことである。なお，標準電極電位E⁰は物質によって値が決まっている。

I 標準電極電位E⁰が硫酸鉄(II)よりチオ硫酸ナトリウムのほうが低いため，チオ硫酸ナトリウムの酸化還元電位が低くなったと考えられる。

II 成分iの活量は，実在溶液における実効モル濃度であるため，チオ硫酸ナトリウムの濃度が大きくなると還元体の活量が大きくなり，分母が大きくなるので，酸化還元電位が低くなったと考えられる。

III チオ硫酸イオンの半反応式は以下のよう
に示される。(Fig.5)

チオ硫酸ナトリウムの半反応式



Fig.5 Semi-reactive formula for sodium thiosulfate

チオ硫酸ナトリウムは，純水に融解するときに吸熱反応を起こす。ルシャトリエの原理より温度が下がると，平衡が左に移動する。その結果，S₂O₃²⁻を生成する反応が促進され，a_Rが高くなる。さらに，温度が低いと，電極電位Eは小さくなるので，酸化還元電位は低くなったと考えられる。

5 まとめ

以上の結果より，低温のチオ硫酸ナトリウム希薄水溶液は酸化還元電位が低く，還元力が高いということが分かる。

6 参考文献

大波 英幸 (2011)

還元系温泉水入浴が皮膚に与える効果

(http://www.jhss.org/journal/back_number/vol61_pdf/vol61no3_139_143.pdf)

日本温泉協会

(<https://www.spa.or.jp/>)

株式会社 グリーンステージ

安全へのこだわり 酸化還元電位

(<http://greenst.co.jp/safety/oxidation/index.html>)

ネルンストの式を用いて酸化還元平衡定数を求める

(<https://home-01.com>)

電池情報サイト

(<https://kenkou888.com/denkikagaku/%E3%83%8D%E3%83%AB%E3%83%B3%E3%82%B9%E3%83%88%E3%81%AE%E5%BC%8F%E3%81%AE%E5%B0%8E%E5%87%BA.html>)

サトテック 酸化還元電位計

(<https://ureruzo.com/orpYK-23RP.htm>)

実教 化基 315 化学基礎 新訂版 (2017)

フェーリング反応におけるキレート錯体

今野 愛理 篠崎 夏友 清水 優衣 藤枝 葉菜

Chelate complex in Fehling reaction

Airi KONNO, Naya SHINOZAKI, Yui SHIMIZU and Hana FUJIEDA

Abstract

We learned the Fehling Reaction in class and we actually conducted an experiment. We learned that chelate complexes were involved in the reagents used in the Fehling Reaction. Then we developed an understanding of chelating.

In the experiment of the Fehling Reaction, hydrolysis and the mixing time of reagents were changed. The change was very small, but there was a reaction. After that we became interested in reagents about the Fehling Reaction and deepened our knowledge of chelating. In the Fehling reaction, the chelating was considered to keep the solution stable.

1 はじめに

フェーリング反応とは、フェーリング液 A 液に含まれる銅(II)イオンがアルデヒドによる還元で酸化銅(I)の赤褐色沈殿を生じる反応である。本研究では、使用するフェーリング液の B 液に含まれる酒石酸ナトリウムカリウム（ロッシェル塩）のキレート錯体のはたらきを明らかにすることを目的とした。

2 実験方法

I フェーリング反応

以下のフェーリング A 液, B 液を用意する。

硫酸銅(II)五水和物 7.0g を水に溶かして 100ml にしたものを A 液とする。

酒石酸ナトリウムカリウム四水和物（ロッシェル塩）34.6g と水酸化ナトリウム 13.0g を水に溶かして 100ml にしたものを B 液とする。

以下の試薬を用意する。

(1) グルコース $C_6H_{12}O_6$ 1.80g を水に溶かして 100ml とする。

(2) トレハロース $C_{12}H_{22}O_{11}$ 3.42g を水に溶かして 100ml とする。

(3) スクロース $C_{12}H_{22}O_{11}$ 3.42g を水に溶かして 100ml とする。

(4) マルトース $C_{12}H_{22}O_{11}$ 3.42g を水に溶かして 100ml とする。

フェーリング A 液, B 液を等量混合し、青蘭色のフェーリング液を作成する。

作成したフェーリング液に用意した四種の試薬をそれぞれ加えて加熱し、静置する。

II 硫酸を加えることによる反応の変化

フェーリング A 液, B 液を用意する。(実験方法 I にて作成した試薬を使用)

以下の試薬を用意する。(実験方法 I にて作成した試薬を使用)

(1) スクロースを水に溶かしたもの。

(2) トレハロースを水に溶かしたもの。

(3) グルコースを水に溶かしたもの。

試薬(1), 試薬(2)に硫酸を加え、数分間静置する。

フェーリング液 A 液, B 液を等量混合し、青蘭色のフェーリング液を作成する。

(1)~(3)の試薬を用いてフェーリング反応を行い、静置する。

Ⅲ フェーリングを混ぜる時間による反応の変化

フェーリング液 A 液, B 液を用意する。

- (1)① 3 時間, ②27 時間, ③123 時間, ④167.5 時間, A 液 B 液を混ぜて放置する。
- (2)その後, グルコースを用いてフェーリング反応を行った。

Ⅳ キレート滴定

0.100mol/L の HCl 水溶液と 0.100mol/L の NH_3 水溶液を用意する。

- (1)pH 計で pH を継続して測定しながら NH_3 水溶液 100mL に HCl 水溶液を滴下していき, pH10 になったところで滴下をやめ, これを緩衝液とする。
- (2)EDTA-2Na $\cdot$ 2H₂O (エチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム塩・二水和物) (式量 372) 0.372g を 100mL の水に溶かして, 0.0100mol/L の溶液とする。
- (3)コニカルビーカーに pH10 の緩衝液 50mL 入れ, 予め, 調整した約 0.0100mol/L の CaCl_2 水溶液 10mL をホールピペットで入れる。
- (4)指示薬の EBT 溶液 (エリオクロムブラック T) を数滴入れる。
- (5)0.0100mol/L の EDTA-2Na 水溶液をビュレットから滴下する。
- (6)0.0100mol/L の EDTA-2Na 水溶液の滴下量を測定する。

3 実験結果・考察

Ⅰ フェーリング反応における結果

フェーリング A 液, B 液にグルコース, マルトース, トレハロース, スクロースをそれぞれ加え, 静置した。グルコースにおいては反応を示し, 液色が青蘭色から赤褐色へと変化を示した。[Fig.1(1)] さらに時間をおいて静置を行ったところ, 赤褐色の沈殿が生じた。マルトースにおいてはグルコースと同様に反応を示し, 液色が青蘭色から赤褐色へと変化を示した。[Fig.1(4)] さらに時間をおいて静置を行ったと

ころ, 赤褐色の沈殿が生じた。トレハロースにおいては反応を示さず, 液色の変化は見られなかった。[Fig.1(2)] さらに時間をおいて静置を行ったが変化は見られなかった。スクロースにおいてはトレハロースと同様に反応を示さず, 液色の変化は見られなかった。[Fig.1(3)] さらに時間をおいて静置を行ったが変化は見られなかった。



(1) (2) (3) (4)

Fig.1 Result of the Fehling Reaction

Ⅰ フェーリング反応における考察

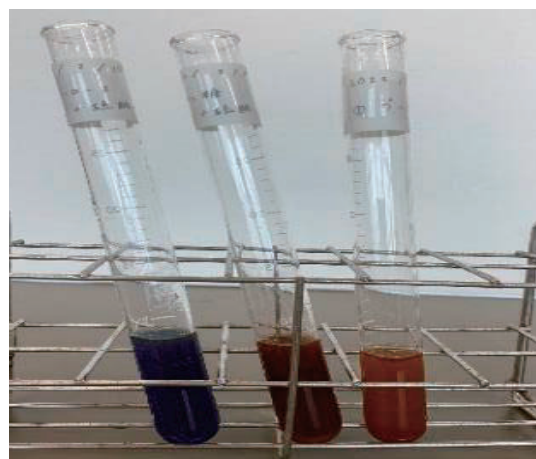
各種の糖においてフェーリング反応の可否については各々の糖の構造に要因がある。

グルコースにおいて反応を示したことはグルコースの構造に要因がある。グルコースは単糖類と呼ばれる糖であり, 水中では鎖状構造と環状構造の平衡状態にある。この鎖状構造には還元性をもつとされるホルミル基の構造を持っている。そのためフェーリング反応を示し, 液色に変化したと考えられる。マルトースにおいて反応を示したことはマルトースの構造に要因がある。マルトースは二糖類と呼ばれる糖の一種であり, 単糖であるグルコース二つが結合したものである。グルコース同士は α -1, 4-グリコシド結合によって結合している。この結合によってグルコース片方の還元性を示す構造の一部が使われてしまっているが, もう片方の還元性を示す構造の部分は結合に使われておらず, 鎖状構造になることができるヘミアセタール構造を持つ。そのため, フェーリング反応を示し, 液色に変化したと考えられる。トレハ

ロースにおいて反応を示さなかったことはトレハロースの構造に要因がある。トレハロースは二糖類と呼ばれる糖の一種であり、単糖であるグルコースが二つ結合したものである。グルコース同士は α -1,1-グリコシド結合によって結合している。この結合によってグルコース両方の還元性を示す構造の部分が使われてしまっている。そのため、鎖状構造になることができず、還元性を示さない。したがってフェーリング反応を示さず、液色の変化が見られなかったと考えられる。スクロースにおいて反応を示さなかったことはスクロースの構造に要因がある。スクロースは二糖類と呼ばれる糖の一種であり、単糖であるグルコースと同じく単糖であるフルクトース結合したものである。グルコースとフルクトースはそれぞれ還元性を示す部分同士で脱水縮合した構造をしている。そのため、鎖状構造になることができず、還元性を示さないためフェーリング反応を示さず、液色の変化が見られなかったと考えられる。このように各々の糖の構造により反応に違いが見られる。

II 硫酸を加えることによる反応の変化の結果

トレハロースは反応をわずかに示した。[Fig.2(1)]スクロースは反応を示し、赤褐色に変化した。[Fig.2(2)]グルコースは実験方法Iの結果と同様に反応を示した。[Fig.2(3)]



(1) (2) (3)

Fig.2 Result of hydrolyzed the Fehling Reaction

II 硫酸を加えることによる反応の変化の考察

硫酸を加えたスクロースにおいて反応を示したことは、硫酸を加えたことにより、スクロース構造が変わったことに要因がある。スクロースはグルコースとフルクトースが結合しており、その結合にフェーリング反応を示す部分を使ってしまっている。だが、硫酸を加えて加水分解を行うことにより、グルコースとフルクトースに分解する。グルコースとフルクトースはどちらも単糖類の一種であり、還元性を示す。そのため、硫酸を加えることによりスクロースはフェーリング反応を示すようになる。硫酸を加えたトレハロースにおいて反応を示したことは硫酸を加えたことにより、トレハロースの構造が変わったことに要因がある。トレハロースはグルコースが二つ結合しており、その結合にフェーリング反応を示す部分を使ってしまっている。だが、硫酸を加えてスクロース同様加水分解を行うことにより、グルコース二分子に分解する。グルコースは単糖類の一種であり、還元性を示す。そのため、硫酸を加えることによりトレハロースはフェーリング反応を示すようになる。

このようにして、スクロースとトレハロースは硫酸を加え、加水分解を行うことにより、フェーリング反応を示すようになる。

Ⅲ フェーリング液を混ぜる時間による反応の変化の結果

試験管を温浴した直後は(4) 167.5 時間, (1) 3 時間, (2) 27 時間, (3) 123 時間の順に反応が強く起こった。

試験管をしばらく放置すると, どの試験管でも赤褐色の沈殿が見られた。



(1) (2) (3) (4)

Fig.3 Result of neglected Fehling solution



グルコース (1) (2) (3) (4)

Fig.4 Result of neglected Fehling solution a week later

Ⅲ フェーリング液を混ぜる時間による反応の変化の考察

A 液, B 液を混ぜる時間をずらしても, 反応はすべての試験管でおこった。直前に混ぜたものは一番赤褐色が鮮明であった。[Fig.3(1)] 直前に混ぜる理由は, 酒石酸銅(Ⅱ)錯塩を長時間放置すると分解され, 水溶液中に Cu^{2+} が生じてしまい, フェーリング液の B 液中の OH^- と反応し, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ を生じるためであると考えられる。

Ⅳ キレート滴定における結果

pH10 のもとで EBT は青色を呈色する。 Ca^{2+} があると EBT は Ca^{2+} と結合し Ca-EBT (赤色) となる。そこに, EDTA-2Na を滴下した結果, EBT が遊離し紫色を経由して青色に変化した。(Fig.4) EDTA-2Na の滴下量は 9.0mL で, $[\text{Ca}^{2+}]$ を $x \text{ mol}$ と置くと,



$$x \times 10/10^3 = 0.010 \times 9.0/10^3$$

$$x = 0.010 \times 9.0/10$$

$$= 9.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad \text{となった。}$$

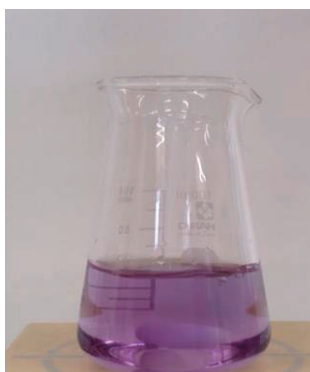


Fig.5 Result of Chelate titration

すくする。

4 参考文献

実教出版株式会社 化学 新訂版 p.225

実教出版株式会社 サイエンスビュー 化学総合資料
四訂版 p.184,185

キレート滴定の原理とエチレンジアミン四酢酸(EDTA)の
性質についてわかりやすく解説

(https://zigzagsci.com/edta_titration/#toc8)

(2022/7/6)

IV キレート滴定における考察

はじめは, Ca^{2+} に EBT が配位して赤色の錯体, Ca-EBT を形成していた。

キレート錯体の安定性は, Ca-EBT より Ca-EDTA の方が高いため, EBT が遊離し, 溶液の色調が赤色から青色へと変わり, 指示薬として EBT が利用できる。EDTA の滴下量から Ca^{2+} 濃度を求めることができる。フェーリング反応において, B 液中のロッシェル塩は, A 液中の Cu^{2+} とキレート錯体を形成し, 安定した状態に保ち, 塩基性条件下で, 糖類による還元反応を生じや

プラナリアにおける交替性転向反応の基礎的研究

小山 青空 神 蒼晴 瀧澤 結希乃 千葉 仁華子

A basic study on the Alternation Conversion Reaction in Planaria

Sora KOYAMA, Aoba JIN, Yukino TAKIZAWA and Mikako CHIBA

Abstract

There is a shift-turning reaction in animal behavior habits. When an animal bends in a certain direction at a continuous branch point, the animal tends to bend in a direction opposite to the previous one at the next branch point. We conducted an experiment using a planaria (*Dugesia japonica*). We initially made a maze. However, it failed. It was decided that it was necessary to investigate whether or not planaria would exhibit alternative transfer reactions in a simple maze. So we decided to observe in the experiment whether planaria force a right turn and then a left turn immediately after. If they turn right first and then turn left at the next corner, there will be a shift system. Alternatively, if they turn right, there will be no shift system. As a result, planaria showed an alternation conversion reaction.

1 はじめに

交替性転向反応とは、連続する分岐点において曲がる方向が前回曲がった方向とは反対の方向に曲がる習性のことであり、無脊椎動物に多く見られる行動パターンである。曲がる向き（転向）を交替させながら進む反応のため、交替性転向反応とよばれる。これまで本校では、ダンゴムシ、ワラジムシ、エビ、ゴキブリを対象として交替性転向反応の研究が行われてきた（平成 30 年度 SS 課題研究論文集, 令和 3 年度 SE 課題研究論文集）。交替性転向反応が生じる理由には、左右の足の負荷を均一にする為に起こるという BALM (Bilaterally Asymmetrical Leg Movement) 仮説や餌をみつけたり、敵から逃げたりするのに効率が良いためなどと説明されている (Hughes, 1985)。では、原始的な集中神経系をもち、足のないプラナリア (ナミウズムシ *Dugesia japonica*) では交替性転向反応を示すのだろうか、先行研究を調べたところ、藤田 (1966) によって日本動物心理学会の大会要旨において言及があるものの、その後、詳細な研究はなされていなかった。そこで本研究では、プラナリアの交替性転向反応について、再

検証する実験を行った。

2 材料

プラナリア (ナミウズムシ *Dugesia japonica*) を業者 (アクアフィールド, 18 東京都販第 004142 号) から 20 匹購入し、実験に用いた (Fig. 1)。体長は 6~8 mm, 高温に弱いため、気温が 25℃を越えなくなった 2021 年 10 月 20 日に購入し、発砲スチロール内に設置した 250mm×100mm の水槽内で飼育した。給餌は 1 週間に 1 度冷凍アカムシを与えた。水槽内の水深は約 20mm, エアレーションは行わず、数日放置した水道水を 1 週間に 1 度全換水することで、2022 年 5 月まで維持した。

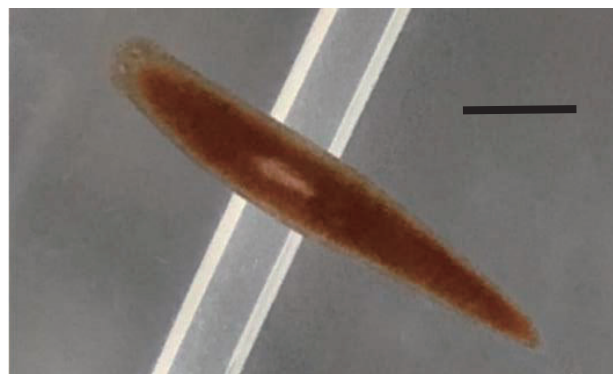


Fig.1 *Dugesia japonica*

The scale bar shown is 2mm in size

3 実験方法の検討

【実験1】アクリル板製迷路による実験

本校におけるこれまでの交替性転向反応の実験を参考に、厚さ1mmアクリル板を用いて、複数の分岐点が連続する高さ40mm、道幅が5mmの迷路を作製した (Fig. 2)。このアクリル板製迷路を水槽に設置し、水深が約3mmになるよう水を入れて実験を行った。

しかし、プラナリアが通路内でUターンしたり、迷路の壁を登ってしまったりするなど、交替性転向反応を検証するための迷路として意味をなさず、実験結果が得られなかった。また、一回の実験に時間がかかりすぎることも問題であった。

これは、実際にプラナリアが届く前に先行研究を参考に迷路を作製したため、実験に用いたプラナリア (体長6~8mm) に対して迷路が大きすぎたり、プラナリアの移動速度を考慮しなかったりと、実際のプラナリアの性質に適さない迷路を作製してしまったことが原因であった。

そこで、プラナリアに適した大きさで、交替性転向反応を検証することのできる、シンプルな実験系を再検討した。

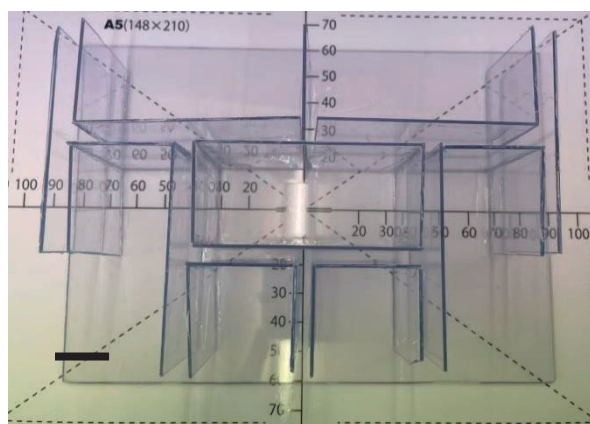


Fig.2 The acrylic plate maze used in experiment 1
The scale bar shown is 20mm in size

【実験2】木製スティック製迷路による実験

まず、プラナリアが交替性を示すかどうか、その点を検証することを目的とした単純な迷路をデザインした (Fig.3)。この迷路は転向点において

強制的に右に曲がった後、次のT字型の選択点で右に曲がるか、左に曲がるかによって、交替反応を確認するシンプルな構造とした。

実際の迷路の作製には、量販店 (ダイソー) に

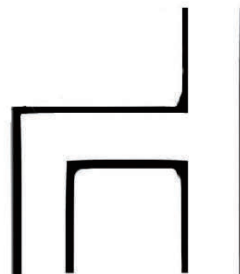


Fig.3 Conceptual diagram of a maze for verifying the alternation conversion reaction

においてマドラーとして販売されている厚さ3mm、幅10mmの木製スティックを用いた。この木製スティックを材料に選んだ理由は、迷路を作る上で加工が容易であり、厚さも適当だったため、材料として選択した。切断した木製スティックの切片を組合せて迷路を形成し、エポキシ樹脂によりアクリル板に接着して、高さ3mm、道幅3mmの迷路を作製した。この迷路の道の間に水を流し込み、薄く水を張った状態で実験を行った。

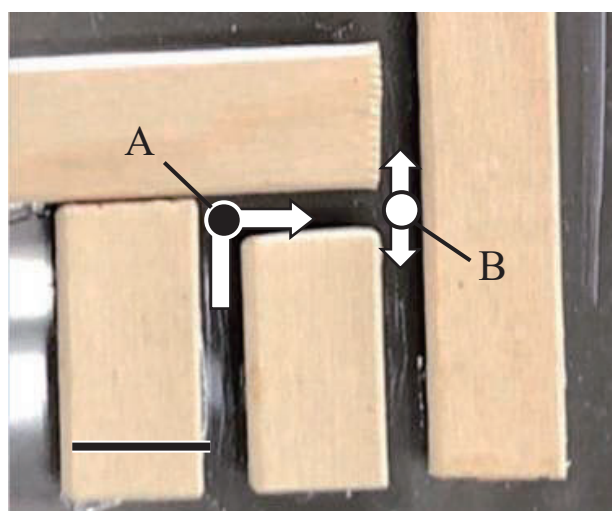


Fig.4 ●A : Forced turning point ○B : point of selection
The scale bar shown is 10mm in size

プラナリアが長さ28mmの通路を進んだ後、強制転向点 (●A) で右に曲がり、強制転向点から10mmの距離にある選択点 (○B) で交替反応を示すか

どうか確認した (Fig.4)。

この木製スティック製迷路による実験では、交替性転向反応の確認という点では可能であった。しかし、実験を繰り返すうちに木製スティックが水を含み、水深が変わったり、道幅が変わるなど迷路が変形したりするため、実験条件が安定しない問題が生じた。

【実験3】プラスチック製迷路による実験

実験2の迷路の形状をもとに、厚さ1mmアクリル板で作製した凸型を自由樹脂 (workplus やわらかプラスチック) により型取りして迷路を作成した。実験2と同様に道幅は3mm, 20mm進んだ後で強制転向点に達する形状とし、道の間に薄く水を張った水路型の迷路とした。このプラスチック製の迷路により、水による変形の問題を解決した (Fig.5)。

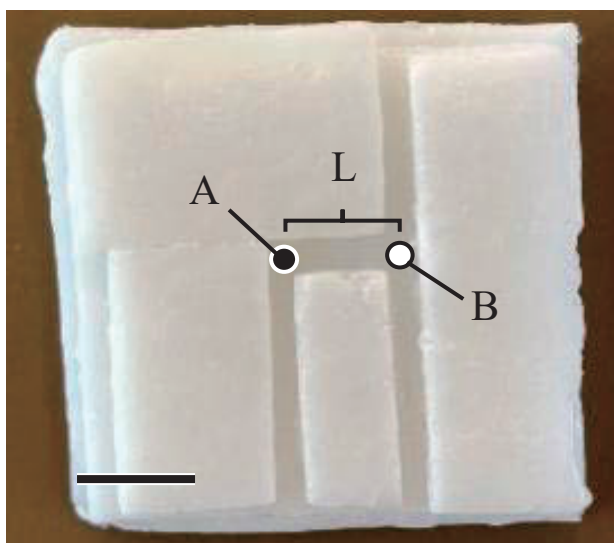


Fig.5 Plastic maze used in experiment3

●A : Forced turning point ○B : point of selection L: Distance from the forced turning point to the selected point

The scale bar shown is 10mm in size

まず初めに強制転向点から選択点までの距離 L を 10 mmとした迷路で 114 回の実験を行った。実験に用いたプラナリアは、飼育している約 30 匹のプラナリアの中から無作為に選んだ個体を用いた。

この迷路で検証可能なデータが得られたことから、強制転向点から選択点までの距離が交替性転向反応に与える影響を確かめるため、さらに距離 L を短くし、5 mmとした迷路において同様に無作為に選んだ個体を用いて 30 回の実験を行った。

4 結果

【実験3】で作製したプラスチック製迷路を用いて、強制転向点から選択点までの距離 L=10mm として 144 回の実験を実施した。その結果、交替した回数は 85 回、交代率は 59%であった (Table. 1)。カイ二乗検定を施した結果、交替性ありとなしの間に有意差がみられた ($\chi^2 = 4.69$, $p < 0.05$)。この結果から、強制転向点から分岐点までの距離が 10 mmの場合、プラナリアは交替性転向反応を示すことが明らかとなった。

さらに強制転向点から分岐点までの距離 L=5mm として 30 回の実験を行ったところ、交替した回数は 22 回、交代率は 73%であった (Table 1)。こちらもカイ二乗検定の結果、有意差がみられた ($\chi^2 = 6.53$, $p < 0.05$)。強制転向点から分岐点までの距離が 5 mmの場合、より強く交替性転向反応を示すことが明らかとなった。

L	交替あり	交替なし	Total
10mm	85	59	144
5mm	22	8	30

Table 1 L: Distance from the forced turning point to the selected turning point

5 考察

プラナリア (ナミウズムシ *Dugesia japonica*) の交替性転向反応を確認するための実験方法を検討し、プラナリアが交替性転向反応を示すことを明らかにした。これは、藤田 (1966) の実験結果を支持するものである。また、強制転向点から選択点までの距離が短いほど交替率が高い結果となった。このことから、強制転向点から選択点までの距離が短いほど、交替を生じるのではないかと推測できる。この推測は、プラナリアの交替

性転向反応が強制転向点から選択点までの距離に依存しているのか、移動時間に依存しているのか、二通りの要因が考えられる。しかし、本研究では実験方法の検討に時間がかかり、検証するところまで実験を続けることができなかった。また、プラナリアは、進化学的に集中神経系を初めて獲得した動物にもっとも近いと考えられており、プラナリアの脳はさまざまな機能ドメインをもつ高等な動物の脳と基本構造は同じである（阿形, 1999）。交替性転向反応が、集中神経系の獲得とどのようなかわりがあるのかについても興味がわく、後進の研究に期待したい。

6 引用文献

- 平成 30 年度 SS 課題研究論文集 「無脊椎動物による交替性転向反応」
- 令和 3 年度 SE 課題研究論文集 「ゴキブリの交替性転向反応」
- Hughes, R. N. (1985). Mechanisms for Turn Alternation in Woodlice (*Porcellio scaber*): The Role of Bilaterally Asymmetrical Leg Movements. *Animal Learning & Behavior*, 13 (3), 253—260.
- 藤田統（1966）プラナリアの自発的交替行動，動物心理学年報，16，47
- 阿形清和（1999）プラナリアの脳は何を語るのか，季刊「生命誌」，24 号，JT 生命誌研究館
https://www.brh.co.jp/publication/journal/024/ex_2

（付録）カイ二乗検定結果

（1）強制転向点から選択点までの距離が 10mm

$$\begin{aligned} X^2 &= (85-72)^2/72 + (59-72)^2/72 \\ &= (13)^2/72 + (-13)^2/72 = 338/72 \\ &= 4.694\cdots \end{aligned}$$

有意推定 $\alpha = 0.05$

自由度 $2-1=1$ とすると，

$$X_{1, 0.05}^2 = 3.848$$

$$X^2 = 4.694 > 3.841 = X_{1, 0.05}^2$$

推定される P 値が 0.05 より小さいので帰無仮説を棄却できる。

（2）強制転向点から選択点までの距離が 5mm

$$\begin{aligned} X^2 &= (22-15)^2/15 + (8-15)^2/15 \\ &= 49/15 + 49/15 \\ &= 98/15 \\ &= 6.533\cdots \end{aligned}$$

$$X^2 = 6.533 > 3.841 = X_{1, 0.05}^2$$

推定される P 値が 0.05 より小さいので帰無仮説を棄却できる。

水質調査を目的とした発光バクテリアの培養条件の検討

石田 詩乃 海老澤 樹 小藺江 祐来 佐久間 千寛

Testing of culture conditions for luminescent bacteria for the purpose of water quality research

Shino ISHIDA, Tatsuki EBISAWA, Yuki OSONOE and Chihiro SAKUMA

Abstract

We began our research when we learned that bioluminescence produced by luminescent bacteria could be useful in water quality studies. We conducted research by changing the conditions of the culture medium for luminescent bacteria. For the water quality survey, we mixed detergent, cooking oil, and toothpaste into the liquid medium and used it as pseudo-polluted seawater. It was possible to measure the amount of pollutants in the seawater based on the intensity of the luminescence from the experimental results, and it was confirmed that this method would be useful in investigations to improve water quality.

1 はじめに

生物発光とは、生物が光を生成して放射する現象のことである。発光の仕組みは、ルシフェリン-ルシフェラーゼ反応と呼ばれる化学反応 (Fig.1) によるもので、この反応における副産物としての光を発光と呼ぶ。発光する生物の多くは、これを自力で合成するが、発光する生物を共生させることで発光する生物も存在する。スルメイカはその一例であり、体表に付着する発光バクテリアによって発光している (Fig.2)。そのため、先行研究では、入手や保存、また発光バクテリアの採取が容易であるスルメイカを実験に用いていた。実験方法としては、スルメイカを人工海水で煮沸し、抽出液を作成。それを基に寒天培地を作成し、スルメイカの体表から採取した発光バクテリアを植菌し、培養した。発光の有無やその強度の観察を行っていた。これらを踏まえ、社会的問題の解決における発光バクテリアの有効利用について調べる中で、発光バクテリアが海洋汚染に対する水質調査に役立てられることを知り、水質調査を目的として、発光と汚染物質との関係について研究をはじめることにした。

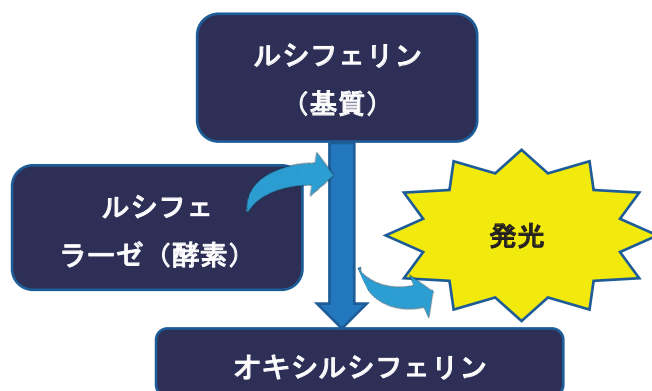


Fig.1 Mechanism of luminescence

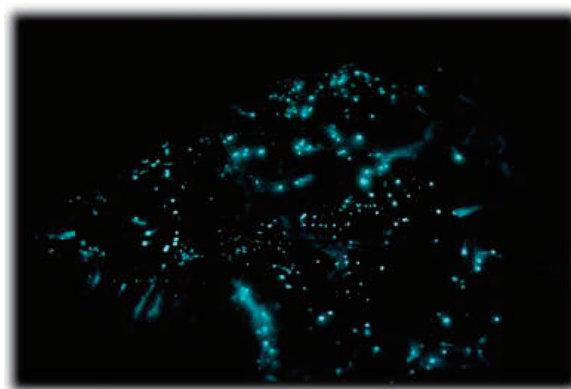


Fig.2 State of luminescence

2 実験方法と結果、考察

I 海水を液体培地とした実験

はじめに発光バクテリアの生育と発光に適した液体培地の調整法について研究を始めた。発光バクテリアはスルメイカの体表から採取されたものであり、海水のみでも発光できるのではないかと考えた。採取した海水に発光バクテリアを入れ、経過を観察した。

I 結果と考察

海水のみでは発光が認められず、生育および発光に必要な栄養素が不足しているのではないかと考えた。

II 栄養に着目した実験

海水とともにスルメイカを煮ることで、栄養素を含む抽出液を作成した。スルメイカは皮ありと皮なしに分けた。抽出液は寒天培地と液体培地とに分け、発光バクテリアの植菌後 20℃インキュベーター内で培養した (Fig.3)。

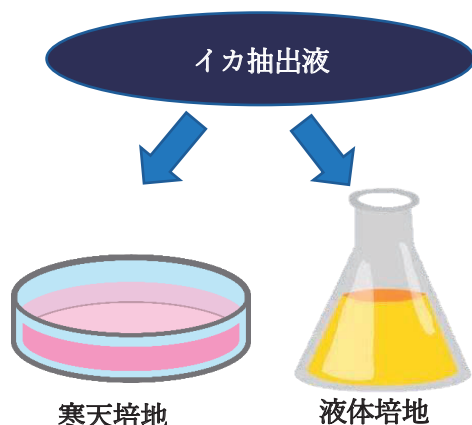


Fig.3 How to make culture medium

II 結果と考察

寒天培地では1日後に発光が観察され、液体培地では4日後から発光が観察された (Table 1) (Fig.4) (Fig.5)。液体培地において発光までに要する時間を短縮するための方法を検討した。

Table 1 Light degree result

皮あり	皮なし
○	○

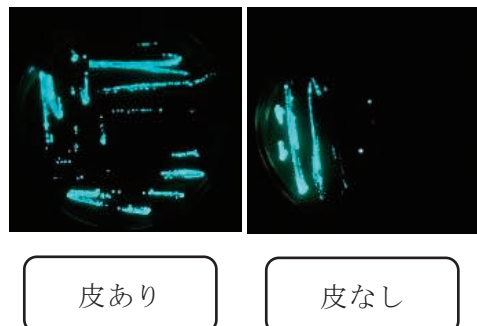


Fig.4 State of luminescence on agar medium

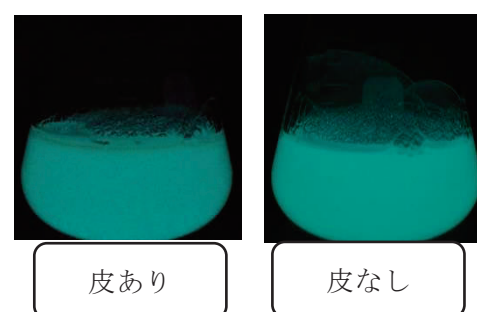


Fig.5 State of luminescence in liquid

III タンパク質に着目した実験

はじめに、体をつくる三大要素の一つであるタンパク質に着目することにした。タンパク質含有量の高い魚、サケ、ブリ、サバを発光バクテリアの栄養として使用した (Table 2)。各々の魚 50g と海水 100g (大洗海岸より採取) から抽出液を作成した。そして、そこに発光バクテリアを入れて、20℃のインキュベーター内で浸とう培養し、経過を観察した。

Table 2 Protein content

タンパク質 質量 (/ 100g)	サケ	ブリ
	22.3	21.4
	サバ	イカ
	20.6	18.6

III 結果と考察

ブリとサケで発光が見られたが、サバでは発光が見られなかった (Table 3) (Fig.6)。タンパク質含有量が高い魚の抽出液より

もイカの抽出液の方がよく発光することが分かった。これは、各抽出材料に含まれるタンパク質量は発光条件に大きな影響を与えていない。また、イカと魚とでは抽出液の調製方法を変える必要があったのではないかと考えられた。

Table 3 Light degree result

サバ	ブリ	サケ
×	×	△

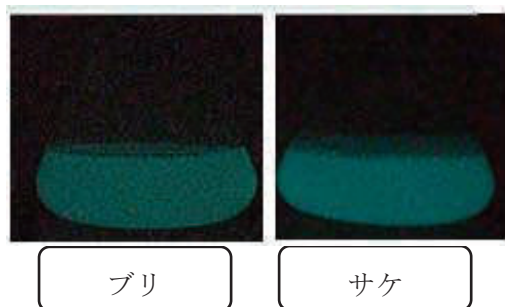


Fig. 6 State of luminescence

IV 培養液量に着目した実験

培養液量を減らすことで、発光バクテリアの動く範囲が狭まるため、発光バクテリアが定住しやすくなり、繁殖しやすくなるのではないかと考え、培養液量を調節することにした。イカ抽出液の液量を 100ml から 75ml, 50ml, 25ml に調節して実験を行った。

IV 結果と考察

50ml の抽出液でより強く発光が見られた (Table 4) (Fig.7)。50ml 抽出液がよく発光したことから、培養液が少なすぎるとバクテリアの増殖に必要な培養液量としては十分ではないのではないかと考えられる。

Table 4 Light degree result

25	50	75
○	◎	△

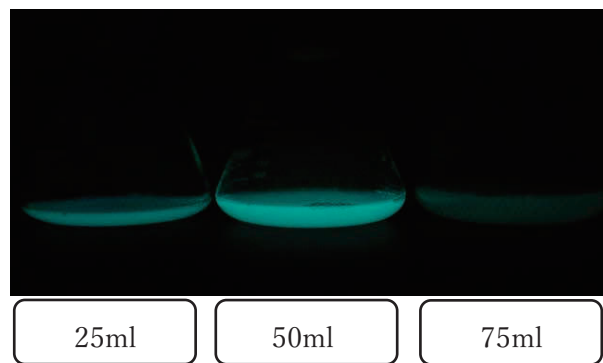


Fig. 7 State of luminescence

V 塩分濃度に着目した実験

発光バクテリアは海水の中で生息するため、海水の中に含まれる成分が培養条件に関与しているのではないかと考えた。そこで、海水に多く含まれている塩化ナトリウムに着目することにした。先行研究から、寒天培地では、塩分濃度 3.0% から 2.6% のあたりで強い発光が見られたので、抽出液の塩分濃度を 3.0%, 2.8%, 2.6% に調節し、実験を行った。

V 結果と考察

2.8% 抽出液が一番よく光った (Table 5) (Fig.8)。海水中の塩分濃度である 3.0% よりも早く発光が見られたことから、塩分濃度は海水よりも低い方がよいと考えられる。次は、海水に塩分の次に多く含まれているマグネシウムに着目したいと思う。

Table 5 Light degree result

2.6%	2.8%	3.0%
○	◎	×

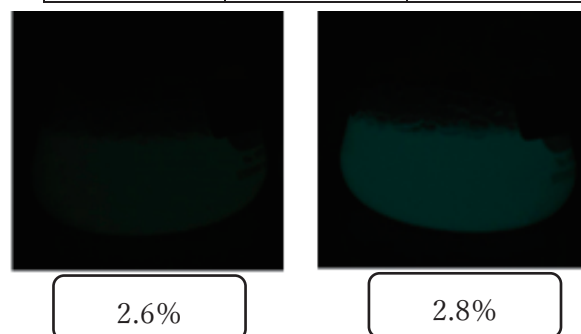


Fig. 8 State of luminescence

VI マグネシウムに着目した実験

抽出液にマグネシウムを補うため、マグネシウムが多く含まれているにがり（天塩の天日にながり）を代用することにした。また、イカよりも早く発光する材料を検討するため、貝類や甲殻類とイカを使用することにした。それぞれの抽出液 50ml に、にがりを 50ml 加えた。

VI 結果と考察

ハマグリとイカでは発光が見られなかった（Table 6）（Fig.9）。エビは過去の実験の中で最も強く光った。イカとハマグリは元々のマグネシウムの含有量が高いため発光が見られなかったと考えられる。

Table 6 Light degree result

エビ	ハマグリ	イカ
◎	×	×

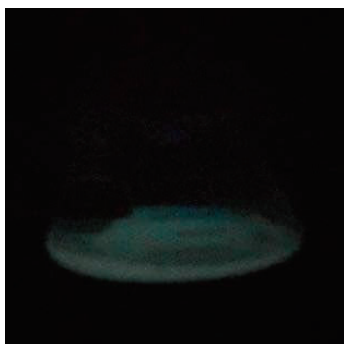


Fig. 9 State of luminescence

VII 疑似汚染海水を用いた実験

海水 500ml に食用油 0.1g, 洗剤 0.1g, 歯磨き粉 0.6g を加え、疑似汚染海水を作成した。疑似汚染海水からイカの抽出液とエビの抽出液を作成した。前回の実験からエビの抽出液にはにがりを加えたほうが良く発光したため、今回もエビの抽出液にはにがりを加えた。

VII 結果と考察

エビの抽出液の方では全く発光が見ら

れずイカの抽出液では少し発光が見られた（Table 7）。このことからイカの抽出液で培養された発光バクテリアの方が汚染海水の中でも育ちやすいということが考えられる。

Table 7 Light degree result

エビ+にがり	イカ
×	△

VIII 疑似汚染海水の成分に着目した実験

分量は実験VIIの時と同じで、以下のような組み合わせで実験を行った（Table 8）。実験VIIでイカの方が光ったので抽出液はイカを用いた。

Table 8 Pseudo-polluted seawater's ingredients

歯+油	歯+洗	洗+油
歯 0.6g	歯 0.6g	洗 0.1g
油 0.1g	洗 0.1g	油 0.1g
海水 500.0ml	海水 500.0g	海水 500.0g

※歯：歯磨き粉 洗：洗剤 油：食用油

VIII 結果と考察

ほとんど光ることはなかったが、かすかに光った汚染海水もあった（Table 9）。洗剤と食用油の汚染海水は汚染物の質量が少なかったため、ほかの汚染海水よりも光り、歯磨き粉には殺菌作用があるため、光らなかったと考えられる。

Table 9 Light degree result

歯+油	歯+洗	洗+油
×	×	△

※歯：歯磨き粉 洗：洗剤 油：食用油

3 まとめ

通常の海水と比較し、汚染海水を用いた培地では強い発光が見られなかったため、汚染された環境では発光が阻害されることが考えられる。このことから、発光の強度から海水中の汚染物質の量を測定することが可能であり、水質改善のための調査に役立つことが確認された。この研究結果を

生かし、今後も目的達成に向けて研究していきたい。

4 謝辞

実験を行うにあたって、多くの先生方に御助言をいただきました。また、課題研究発表会の際に、大学教授の方々にたくさんのご意見をいただきました。この場を借りて厚く御礼を申し上げます。

5 参考文献

岡崎遥香，神長あこ，小林大成，角田亜弥. 2021.

S E 課題研究論文集. 29-33.

文部科学省. 日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）第 2 章

第 3 表 10 魚介類.

汚染海水の成分 (<https://gooddo.jp>) (2022/5/18)

腐朽菌による侵食と樹種との関係性

大山 凜花 鈴木 楽 田山 芹葉 明珍 菜々美

Relationship between erosion by decay fungi and tree species

Rinka OYAMA, Raku SUZUKI, Seriha TAYAMA and Nanami MYOCHIN

Abstract

Wood-decay fungi are fungi that live on trees and have the ability to break down the persistent lignin, cellulose, and hemicellulose in the wood. They are largely divided into white-rot fungus and brown-rot fungus. We investigated differences in decay rot by tree species using the brown-rot fungus, *Canoderma applanatum*, and studied this result in the selection of better future building materials. We used cedar, cypress, and red pine for the experiments. The reasons for using them is that they were easy to obtain and all of them are frequently used for residential construction in Japan. We compared the degree of decay of wood pieces by exposing them to the wood-destroying fungus and examining the increase or decrease in mass before and after contact. In conclusion, it was inferred that cedar tends to rot more easily than cypress, and cypress is more resistant to the decay fungus.

1 はじめに

今日、なんらかの影響を受けて劣化した状態に陥っている木造住宅を目にすることは、珍しくないだろう。これは木材に寄生し、木質中の難分解性のリグニン、セルロース、ヘミセルロースを分解する能力を持つことによって、木を腐朽させる木材腐朽菌が主な原因とされている。この菌は、強風による枝折れや昆虫などの生物による齧り跡により、樹皮が傷付いたところに寄生することが知られている。また、腐朽菌は細菌ではなく菌類で白色腐朽菌と褐色腐朽菌に大きく分けられる。代表的な例でいうと、前者にはシイタケやマイタケ、後者には、オオウズラタケやサルノコシカケが挙げられる。

本研究では、褐色腐朽菌に分類されるサルノコシカケを用いて、木材の種類による侵食の違いに着目し研究を進めた。

蒸留水を使って寒天培地を作る。完成した寒天培地に、校庭にあったサルノコシカケから採取した断片を付着させて、腐朽菌の培養を目指した。その後、腐朽菌の菌糸には、かすがい状の突起を持つという情報を得たため、培養をした菌糸の観察をして菌類の同定を行った。尚、この作業は二度行い、1回目に用いた三種のサルノコシカケをA、B、Cと呼称し、2回目に用いたものをDとする(Fig.1)。



Fig.1 Polyporaceae

2 実験方法

I 麦芽エキス, ソイトーン, 酵母エキス, 寒天,



Fig.2 Dispensing

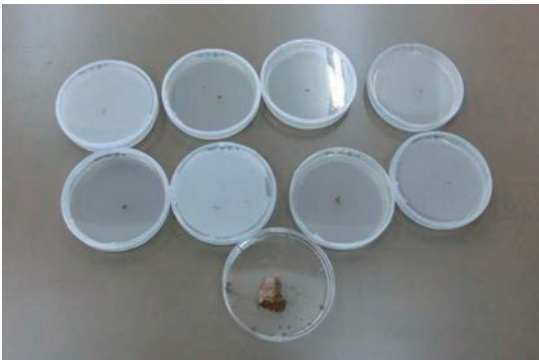


Fig.3 Culuture of sarcochelys coriacea fragments

Ⅱ 培養した菌糸を用いて、木片に対する腐朽菌の影響を調べた。具体的な内容は以下に記す。

①ある程度、形を整えた木片（スギ・ヒノキ・アカマツ）を用意し、質量比較をするために木片の恒量化を目的とした乾熱殺菌（80℃で9時間）を施した。

②雑菌の混入を防ぐため、同時に培養に使う滅菌した瓶への寒天の分注も行い、木片に菌糸を寄生させ観察を続けた(Fig.2, Fig.3, Fig.4)。

③観察終了後できる限り菌糸を取り除いた上で、余計な水分を飛ばし①の直後と同じ条件にするため、再び乾熱処理（80℃で9時間）を施し質量を比較した。

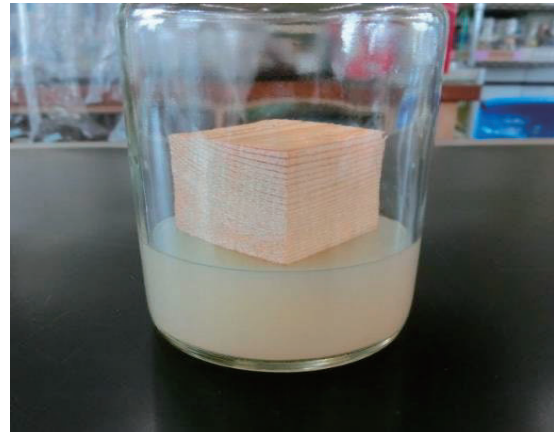


Fig.4 Wood placed on top of rotting fungi

3 実験結果

I 1回目の培養において、サルノコシカケA, B, Cから培養した菌糸は、いずれも赤や緑、黒などの統一性が見られないものだった (Fig.5, Fig.6)。よってこれは、カビなどの雑菌が混入したものであると判断した。



Fig.5 Failure example 1

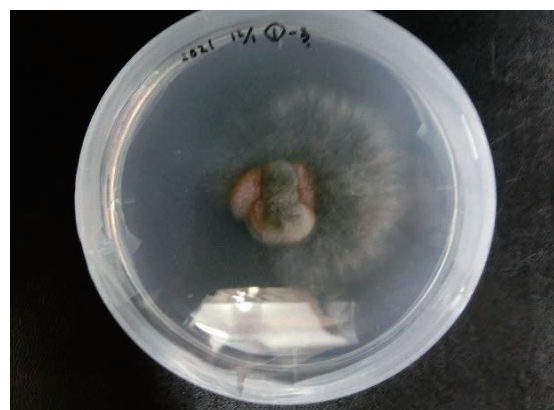


Fig.6 Failure example 2

Table.1 Results of experiment II

木材名	前 (g)	後 (g)	増減 (g)	増減率 (%)
スギ 1	6.64	6.05	-0.59	-8.89
スギ 2	7.55	6.93	-0.62	-8.21
ヒノキ 1	5.82	5.44	-0.38	-6.53
ヒノキ 2	8.17	7.88	-0.29	-3.55
アカマツ 1	6.76	6.29	-0.47	-6.95
アカマツ 2	7.05	8.37	1.32	18.72

この原因として、採取から培養までの期間を置きすぎたことだと考えられる。これを受けて2回目の培養では、新しく採取したサルノコシカケDを期間を置かずに培養した。その結果、白くふわふわとした菌糸が見受けられた(Fig.7)。更に詳しく調べたところ、かすがい状の突起が見られたため腐朽菌だと同定した(Fig.8)。

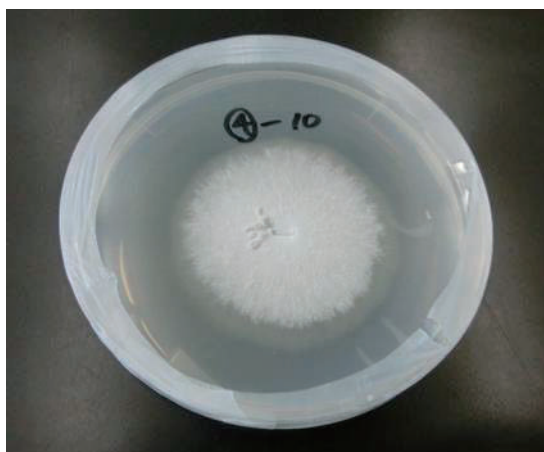


Fig.7 Cultured decay fungi

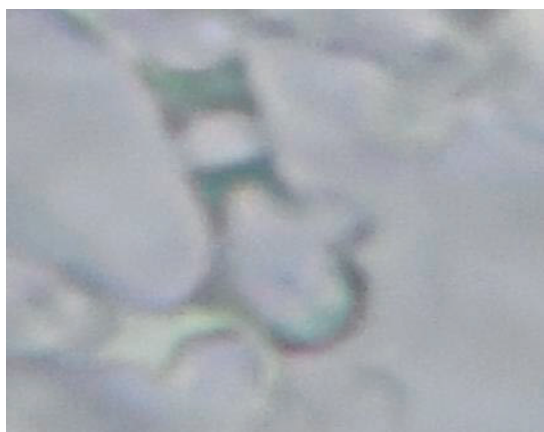


Fig.8 Clamp protuberance of a shape

II 上表から分かる通り、スギ1からアカマツ1までの質量は減少したが、アカマツ2の質量のみ増加した(Table.1)。

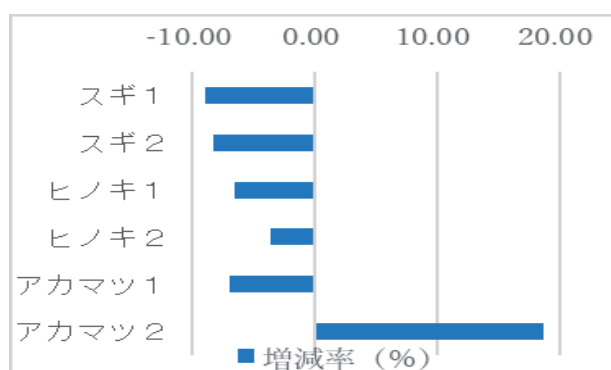


Fig.9 Graph oh experiment II result

目視による観察ではスギに比べ、ヒノキの方が腐朽菌に覆われている面積が大きいことが見受けられた(Fig.10, Fig.11, Fig.13)。



Fig.10 Cypress covered with decay fungi 1

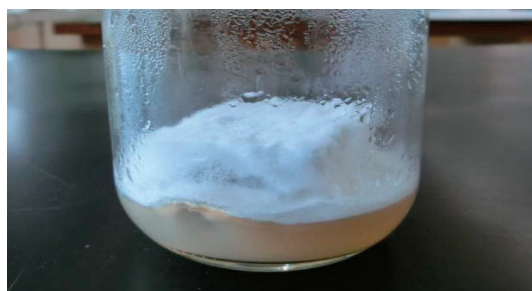


Fig.11 Cypress covered with decay fungi 2

しかし実験で得られた質量減少の数値からはスギの方が腐朽されやすいという結果になった。



Fig.12 Cedar covered with rotting fungi 1



Fig.13 Cedar covered with rotting fungi 2

4 考察

Ⅱにおいて、スギ1からアカマツ1までの質量が減少し、アカマツ2だけが増加した要因は、実験後の乾熱滅菌でアカマツに含まれている水分を飛ばしきることができなかったからだと思われる。これによりアカマツに含まれる油分が関係しているのではないかと考察した。

また、アカマツ1に比べアカマツ2の方が腐朽菌に覆われている面積が小さく、空気中の水分と接する面積が大きくなったことで、アカマツ自体が吸収した水分が多くなってしまった。これがアカマツ1とアカマツ2の間で結果に大きな変化が生じた原因として挙げられる(Fig.14, Fig.15)。



Fig.14 Akamatsu covered with rotting fungi 1



Fig.15 Akamatsu covered with rotting fungi 2

次にスギの方が腐朽されやすく、ヒノキの方が腐朽されにくいという結果になったことについて、どちらもやすりで整えたとはいえ、ヒノキの方が凹凸のある表面をしていたために、腐朽菌により覆われやすい傾向にあったのではないかと考えた。

以上のことから「腐朽されやすさ」という観点で見るとすれば、目視での観察による結果と、質量比較で得られた数値による結果に齟齬が生じたことから、一概にある種が腐朽されにくいと判断することは困難である。しかしこの実験を行う上で比較対象として想定していたのは、質量比較による増減率の数値であったため、これを用いて結論とすると今回調べた3種の中で最も腐朽しづらく、腐朽菌に強いのはヒノキと言える。

5 参考文献

堀越 孝雄, 鈴木 彰: きのこの一生

三浦 宏一郎: 目で見る菌類の採集と観察

今関六也, 本郷次雄: 原色日本新菌類図鑑

富樫 巖, 打矢 いづみ: 人工栽培が可能な食用担子菌類の木材腐朽力評価

https://www.jstage.jst.go.jp/article/asahikawa/51/0/51_KJ00009105343/_pdf/-char/ja

(2022/4/20)

酸性雨の成分と酸性度による葉緑体と蒸散量の変化

宇留野 智則 小里 和輝 篠田 上総

Changes in chloroplasts and transpiration as a function of acid rain composition and acidity

Tomonori URUNO, Kazuki KOSATO and Kazusa SHINODA

Abstract

In recent years, the acidity of the atmosphere has increased due to the burning of fossil fuels and industrial waste. And as a result, they cause acid rain. It is natural that plants die because of acid rain. However, there is no detailed data on the effect of acid rain on plants. We thought that we can find a solution to it by studying this issue in depth. Therefore, we started to study about it and as a result, we found that the effects of acid rain on plants are closely related to the composition and concentration of acid rain.

1 はじめに

近年、化石燃料の燃焼と工場廃棄物の増加により、大気中の酸性度が大きくなった。酸性雨は、主に工場廃棄物である、二酸化硫黄や窒素酸化物などを起源とする酸性物質が雨、雪、霧などに溶け込み、通常より強い酸性を示す雨が降る現象である。酸性雨は、河川や湖沼、土壌を酸性化して生態系に悪影響を与えるほか、コンクリートを溶かししたり、金属に錆を発生させたりして建造物や文化財に悪影響を与える。

酸性雨は一般的にpH5.6以下の降水のことである。火山やアルカリ土壌など周辺の状況によって本来の降水のpHは変わる。

酸性雨の原因は、化石燃料の燃焼や火山活動などにより放出される二酸化硫黄や窒素酸化物であり、これらのガスは、大気中で光化学反応などの化学変化を起こし、硝酸や硫酸となって降水に溶け込み、酸性雨になる。

酸性雨は、植物を枯らしたり、銅像を溶かししたり、植物を死滅させるといった被害をもたらしている。酸性雨の被害が大きい地域では植物が枯れてしまう。(Fig.1)

私たちは、酸性雨が植物にもたらす影響について興味を持ち、また、植物体内でどのような反応

があるのか気になった。酸性雨による植物の影響について調べていたが、先行研究の文献がなかったので研究をしようと思った。まず酸性雨のpH別の影響の違いから調べ、次に溶液の成分別の影響の違いについて調べた。実験で植物に見た目の反応が見られた場合、葉の表面を観察して、影響がでた要因を調べて、原因を解明することを目的とした。



Fig.1 Dead plants

2 実験①

まず、酸性雨が植物体内でどのような影響を与えるか調べるため植物の生産活動の一つである蒸散の量を比較した。土壌は、ホームセンターにて購入したプランター培養土を使用した。



Fig.2 Leaves after three weeks

はじめに、pHに着目をし、植物の枯れる基準であるpH4.5、酸性雨の基準であるpH5.6、植物が生育できなくなる塩基性pH7.5と8.0（株式会社インターファームより）、比較対象としてpH7.0（水）の5種類を用意し、さらにそれぞれ肥料有り（園芸化成888号（アンモニア性窒素8.0%、可溶性リン酸8.0%、内水溶性リン酸6.0%、水溶性加里8.0%）を使用した。溶液は、有名な酸性と塩基性の溶液である塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を使用した。塩酸はpH4.5、pH5.6、水酸化ナトリウム水溶液はpH7.5、pH8.0となるようにpH測定器で調整した。

植物は実験が冬から始まったため冬から夏まで育ち、早く成長するコマツナを使用した。

これらの溶液を約1ヶ月間育てたコマツナの土壌にそれぞれ100mlずつ加えた。そして、ビニール袋を上からかぶせて輪ゴムで留め、24時間後に袋についた水滴と葉についていた水滴を袋に集め、重さを計測し、それを蒸散量とみなしそれぞれ調べた。

さらに、溶液を葉に直接与えた時の色素の変化を見るためにそれぞれの溶液と肥料有り、肥料無しそれぞれ同じような大きさのコマツナを根から取り、シャーレに入れ、5種類の溶液に浸して色の変化を観察した。

3 結果、考察①

Table.1 から、肥料有りの場合は、与える溶液のpHに着目すると、溶液が中性のときに比べて酸

性や塩基性のときの方がコマツナの蒸散量が減少した。肥料無しの場合、溶液が中性のときに比べて塩基性のときの蒸散量が減少した。逆に酸性のときは蒸散量が増えていた。

Table.1 Comparison of transpiration by pH [mL]

pH	4.5	5.6	7.0	7.5	8.0
肥料有り	14.20	11.71	17.42	21.57	4.22
肥料無し	10.41	8.93	5.88	7.93	5.48

Fig.2 は葉に直接溶液を与え、約3週間経った後の写真である。与えた溶液は、この写真の左からpH4.5、pH5.6、pH7.0、pH7.5、pH8.0であり、一番右の水無しも比較対象とした。また、写真の上方が肥料無しで下方が肥料有りである。この写真から、塩酸を与えた場合と水酸化ナトリウム水溶液を与えた場合を、水を与えた場合と比較すると色が変わっていることが分かる。色が変わった部分は、茶色に変色したり、色が落ちて透明になったりしていた。

これらのことから、与える溶液のpHが、植物の体内からも表面からも、植物への影響に関係していると考えた。さらに、葉肉の主成分であるタンパク質や炭水化物は水酸化ナトリウム水溶液のような塩基性溶液に溶けるため透明になったのではないかと考えた。

また、今回の実験で蒸散量を計測する際に葉を数枚ずつ、容器ごとビニール袋を被せたので、土からの蒸発量もデータに含まれてしまった。よって正当性がない結果になってしまったのではな

いかと考え、次の実験では修正しようと考えた。

4 実験②

実験①では酸性雨の pH に着目をしたが、実験②では酸性雨の成分に着目をして実験を行った。

溶液は酸性雨の主成分である硫酸、硝酸を用いた。植物の影響を調べるため実験①同様、蒸散量を比較した。また、視覚的な変化を見るため、硫酸、硝酸の溶液に浸した葉の変化を顕微鏡で観察した。

pH はそれぞれ 4.5 と 5.6 を使用した。比較対象として、pH 7.0 の蒸留水を用いた。植物は実験①と同様、コマツナを使用した。

これらの溶液を約 1 か月育てたコマツナの土壌に与えて、今回は実験①で得た反省をふまえて、同じ大きさの葉を一枚選び、計測前日にビニール袋を茎にまわして、被せた。24 時間後の蒸散量を計測した。



Fig.3 Process of observation of chloroplast

さらにシャーレに大きさのできるだけ等しい葉を入れて、溶液に浸した。そして、色の変化を観察した。葉の色が変化した部分の表皮を切り取って、プレパラートを作成し、顕微鏡で葉緑体を観察した。Fig.3 は特に色が変わっている部分の表皮を切り取っている様子である。

5 結果、考察②

Table.2 から、pH が中性から離れるほど蒸散量が少なくなることが分かった。また、硝酸と硫酸を比べると全体的に硫酸を与えた際の蒸散量よりも硝酸を与えた際の蒸散量の方が多くなっていた。さらに、pH 5.6 の硝酸と水を比べると、

水を与えた際の蒸散量よりも pH 5.6 の硝酸を与えた際の蒸散量の方が多くなっていた。

Table.2 Comparison of transpiration by acid [mL]

溶液 pH	硝酸 4.5	硝酸 5.6	硫酸 4.5	硫酸 5.6	水 7.0
肥料 有り	1.98	3.04	0.56	2.32	2.91
肥料 無し	0.19	0.30	0.22	0.08	0.08

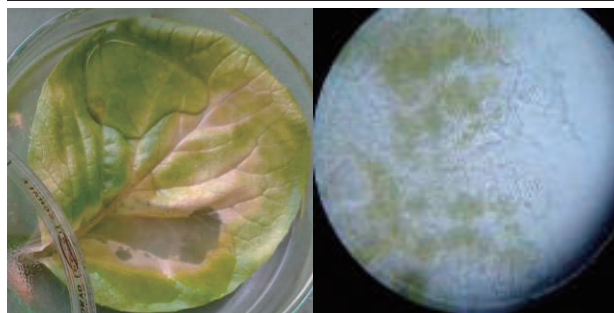


Fig.4 Nitric acid/ pH 4.5/with fertilizer

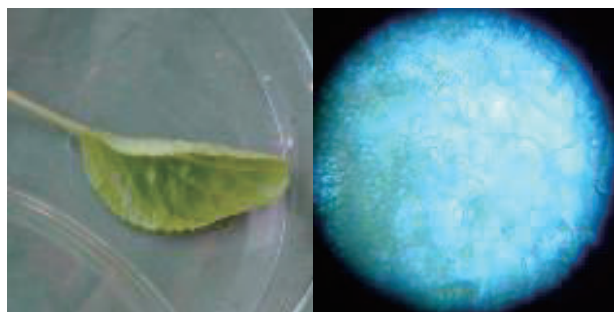


Fig.5 Nitric acid/ pH 4.5/no fertilizer

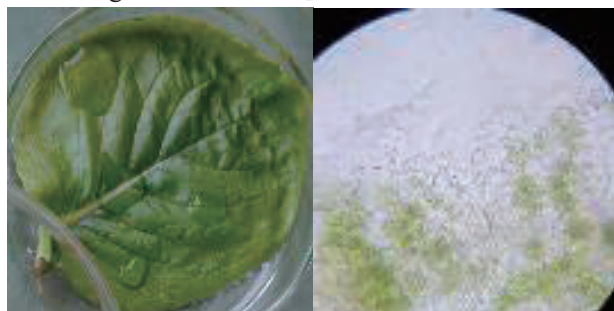


Fig.6 Nitric acid/ pH 5.6/with fertilizer



Fig.7 Nitric acid/ pH 5.6/no fertilizer



Fig.8 Sulfuric acid/ p H5.6/with fertilizer



Fig.9 Sulfid/ p H5.6/no fertilizer

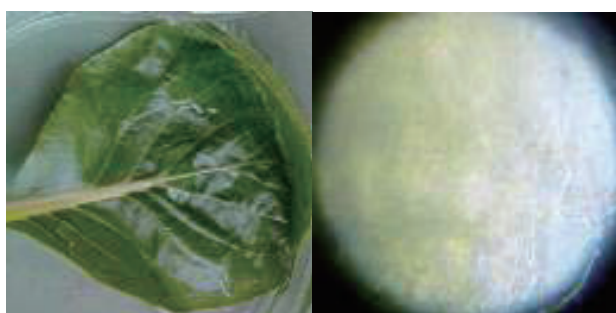


Fig.10 Sulfuric acid/ p H4.5/with fertilizer



Fig.11 Sulfuric acid/ p H4.5/no fertilizer

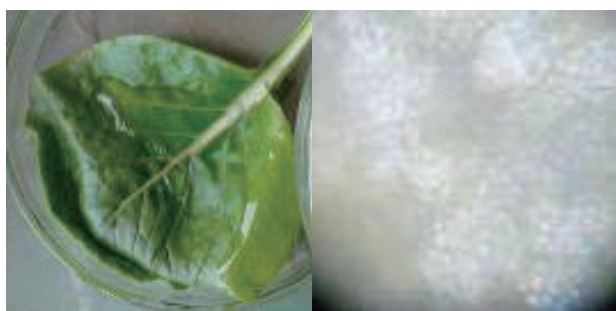


Fig.12 Water/ p H7.0/with fertilizer



Fig.13 Water/ p H7.0/no fertilizer

Fig.4～13 は、葉に直接それぞれの溶液を与え、約3週間観察した後の写真（左）と、特に変色した部分の葉緑体を顕微鏡で観察した際の写真（右）である。

硫酸よりも硝酸の方が、色素が落ちていた。

色素が落ちた部分を切りプレパラートを作り顕微鏡で葉緑体を観察したところ、葉緑体の色素が落ちていた。

硝酸の方が硫酸より蒸散量が多くなったことは、硝酸には肥料の要素の1つである窒素が含まれているからではないかと考えた。また、葉の色素が落ちた理由は、色素成分であるクロロフィルのマグネシウムから成る構造が変化し、光の波長が変わったからであると考えた。

6 まとめ、考察

p Hが中性から離れると蒸散量が少なくなり色が変化していて、植物への影響が大きくなることが分かった。

また、酸性雨の主成分である硫酸と硝酸を比べると、硝酸の場合、葉の色素が硫酸よりも落ちていたことから葉緑体に硫酸より強く作用した。硫酸の場合、蒸散量が硝酸よりも少なくなっていたことから蒸散に関わる器官に硝酸より強く作用した。

7 今後の展望

今後は、今まで発表会などで指摘して頂いたところを実験していく。例えば、実験回数を増やし結果に信憑性を持たせること、ペーパークロマト

グラフィーを用いてクロロフィルについて実験をし、本当にクロロフィルの構造が変化しているのか調べることなどをしていきたい。

今後の実験では、変化していく大気中の酸性度も考慮に入れて、実際の大気中の酸性度をもとにして、実験を進めていきたい。

8 参考文献

気象庁ホームページ 酸性雨の基礎知識 (2021/2/15)

(https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/acid/info_acid.html)

酸性雨の仕組みと原因 (2021/10/20)

(<http://contest.japias.jp/tqj2002/50299/acid1.html>)

コマツナの栽培方法と育て方 (2021/11/24)

(<https://ymmfarm.com/cultivation/veg/j-mustard-spinach>)

株式会社インターファーム (2021/11/10)

(<https://www.interfirm.jp>)

至る所で微分不可能な関数に関する考察

宇良 暁星 大崎 颯斗 土田 小太郎 野口 颯史

Considerations on non-differentiable functions everywhere

Tousei URA, Hayato OSAKI, Kotaro TSUCHIDA, Soushi NOGUCHI

Abstract

We were interested in fractals and calculus with self-similarity based on previous work done by our seniors, and studied the Takagi function and Weierstrass function, which are non-differentiable functions throughout the periodic functions, by comparing their approximate forms. They found that the two functions have similar graphs when the variables are the same. We also performed similar operations on saw waves and square waves, which we created ourselves, and found that they may also be non-differentiable everywhere. We performed similar operations on the non-periodic functions, but could not determine whether they were non-differentiable everywhere or not.

1 はじめに

ワイエルシュトラス関数とはドイツの数学者ワイエルシュトラスによって定義されたいたるところで微分不可能な関数である。この関数はフラクタル性質を示す。

研究当初我々はフラクタル幾何学について調べていたが、途中で前述したワイエルシュトラス関数を見つけ、面白いと思われたので研究を進めた。

次に事前学習で調べたことを述べる。

・事前学習

ワイエルシュトラス関数とは、

Weierstrass function

$$W(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a^n \cos(b^n \pi x)$$

ここで $0 < a < 1$, b は奇整数。

この関数は前述したようないたるところで微分不可能な連続関数である。

次に高木関数とは、

Takagi function

$$T(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a^n s(b^n x), s(x) = \left| \left\lfloor x + \frac{1}{2} \right\rfloor - x \right|$$

で定義される。

この関数も至る所で微分不可能な連続関数である。

これらの関数についての微分不可能性について、及び、連続関数であることの証明は今回省略する。

また、これらの関数について我々が行った先行研究にて、この関数における変数 a, b はそれぞれ値域、周期を表し、ここで、ワイエルシュトラス関数と高木関数の a, b を同期させたとき、この二つの関数は近似的性質を示すことがわかった。またこの二つの関数の差をとると、周期の始めで y の値が 0 に近づいていることがわかり、この二つの関数は周期の始めで同じようなグラフの形が現れると考えられる。

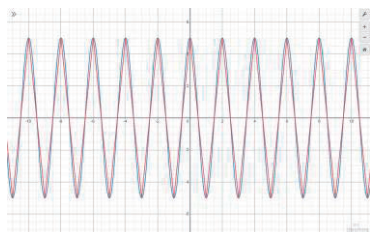


Fig.1 Assign $W(x), T(x)$ $a = 1, b = 1, n = 4$

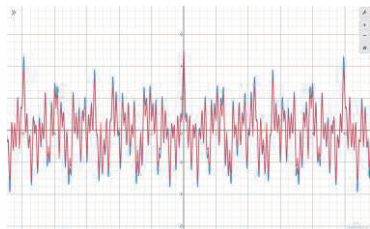


Fig.2 Assign $W(x), T(x)$ $a = 2, b = 1, n = 4$

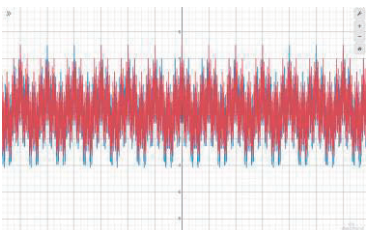


Fig.3 Assign $W(x), T(x)$ $a = 4, b = 1, n = 4$
(中間発表会研究論文からの引用)
という結果が得られた。

次に、周期性、非周期性について我々は前回研究を踏まえて、これらの関数の周期性について注目した。

まず、数学における周期関数は、一定の間隔あるいは周期ごとに取り値が繰り返す関数を言う。

最も重要な例として、 2π ラジアンの間隔で値の繰り返す三角関数を挙げることができる。

我々の前回研究における二つの関数はどちらも周期関数であった。

その要因として、それぞれの関数に前述した三角関数を含み、どちらの関数にもその周期性を乱す項が存在しないことにあると言える。

我々はその周期性を乱し、非周期関数にするための方法として、合成関数の利用を考えた。

関数の合成の定義は、

「二つの関数を合成して得られる関数。二つの関数 $y = f(z), z = g(x)$ からつくられた関数 $y = f(g(x))$ を前二者に対していう。」(コトバンクか

らの引用)

とされている。

この定義に従って我々は今回研究を進めた。

2 研究内容 1

事前研究で、ワイエルシュトラス関数は余弦波を操作したものであり、高木関数は三角波を操作したものであることが分かった。

なので、鋸波、矩形波について同様の操作を行った場合どのような結果となるか、研究を行った。

3 結果 1

まず、鋸波関数にワイエルシュトラス関数や、高木関数と同様の操作を行ったものを $s(x) =$

$$\sum_{n=0}^k \frac{2}{3} \sum_{c=1}^d b^n \frac{\sin(a^n c x \pi)}{c} \text{ とし、4 つの変数 } a, b, d, k$$

を動かしてみた。

下の図は、 $a = 2.5, b = 0.5, d = 200, k = 5$ としたときの $s(x)$ である。

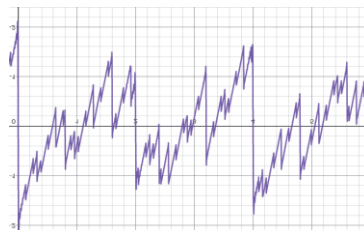


Fig.4 Assign $s(x), a = 2.5, b = 0.5, d = 200, k = 5$

次に、矩形波関数にワイエルシュトラス関数や、高木関数と同様の操作を行ったものを $r(x) =$

$$\sum_{n=0}^k \frac{5}{4} \sum_{c=1}^d \frac{b^n}{2c-1} \sin(a^n (2c-1)x\pi) \text{ とし、4 つの変}$$

数 a, b, d, k を動かした。

下の図は、 $a = 2.5, b = 0.5, d = 200, k = 5$ としたときの $r(x)$ である。

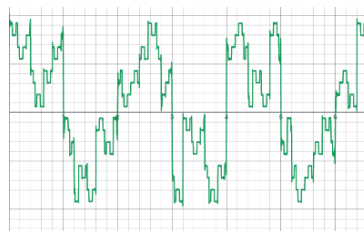


Fig.5 Assign $r(x), a = 2.5, b = 0.5, d = 200, k = 5$

この二つの関数は、変数 k の値を大きくすると、グラフの概形が複雑になり、フラクタル図形のような性質を持つと思われる。

これらの図形も、連続であるが至る所で微分不可能な関数であると思われる。

4 研究内容 2

中間発表や、研究 2 では周期関数について研究を行った。

なので非周期関数についてある操作を行って、連続であるが至る所で微分不可能な関数を作ることができるのか、研究を行った。

5 結果 2

まず、非周期関数を周期関数のように、変換させることを考えた。その方法は、次のような方法である。

- ・ 1 関数 $f(x)$ を非周期関数とする。
- ・ 2 関数 $g(x) = |x - 1|$ と $f(x)$ を無限回合成する。

例えば、 $f(x) = x$ のとき、上記の操作を行うと、次の図のようになる。

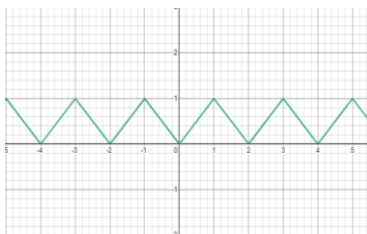


Fig.6 Compose a function $f(x) = |x - 1|$

また、 $f(x) = x^2$ のとき、上記の操作を行うと、次の図のようになる。

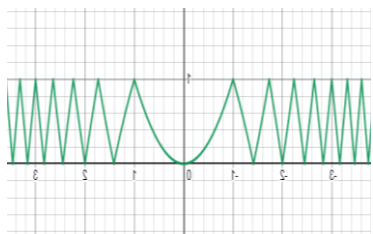


Fig.7 Compose a function $f(x) = x^2$

このようにしてできた、合成関数を $g^\infty \cdot f(x)$ とする。

この関数にワイエルシュトラス関数や、高木関数と同様な操作を行ったものは、 a, b を変数とす

ると $\sum_{n=0}^k a^n g^\infty \cdot f(b^n x)$ となり、これを $h(x)$ とする。

$$f(x) = x^2, a = 0.5, b = 2^{1/2}, k = 4$$

としたとき、 $h(x)$ は次のようになる。

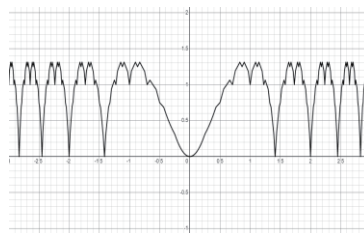


Fig.8 $f(x) = x^2, a = 0.5, b = \sqrt{2}, k = 4$

また、 $b = 3^{1/2}, k = 2$ とし、そのほかの変数は変えないで計算すると、次のようになる。

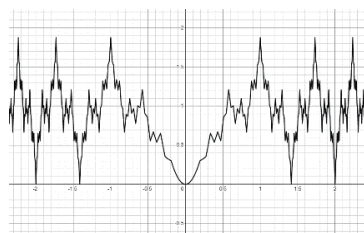


Fig.9 $f(x) = x^2, a = 0.5, b = \sqrt{3}, k = 4$

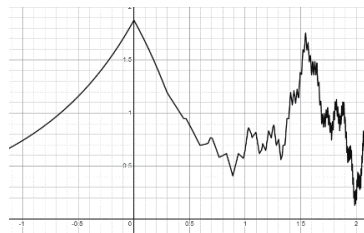


Fig.10 $f(x) = \log_2(x), a = 0.75, b = 1.5, k = 8$

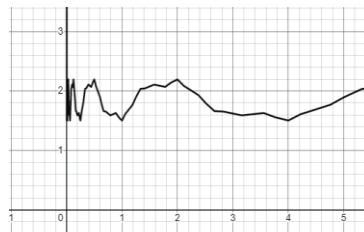


Fig.11 $f(x) = x^2 - 2x, a = 0.5, b = 1.5, k = 3$

6 考察 1

研究 1 についての考察を行う。

研究 1 では、鋸波や、矩形波について研究を行った。どちらも複雑なグラフの概形をしていて、無限級数にすれば至る所で微分不可能な関数になると予想される。

また、ワイエルシュトラス関数と高木関数は変数の値を等しくしたら、似たようなグラフになったが、鋸波や矩形波では、似たようなグラフには

ならなかった。このことから、ワイエルシュトラス関数と高木関数が似たようなグラフとなったのは、元の余弦波と三角波が似たようなグラフであることが、原因と考えられる。

7 考察 2

研究 2 についての考察を行う。

研究 2 では、ワイエルシュトラス関数や高木関数に似たグラフの関数を作ることができた。

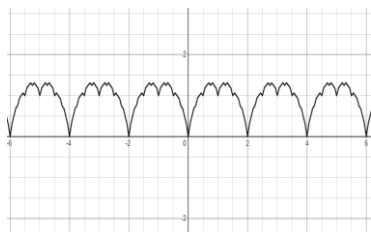


Fig.12 Takagi function

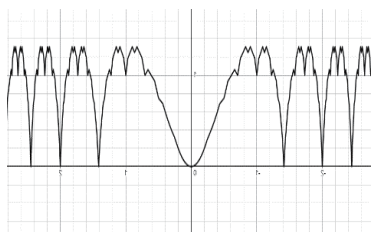


Fig.13 Aperiodicized Takagi function

上の図が関数 $h(x)$ で $f(x) = x$, $a = 0.5$, $b = 2$, $k = 4$ であるときのグラフであり、高木関数である。また、下の図は $h(x)$ で $f(x) = x^2$, $a = 0.5$, $b = 2^{1/2}$, $k = 4$ であるときのグラフである。見てわかるように、下の図の関数は、周期関数である高木関数を非周期化したものであると考えられる。ほかにも、同様な関数を作ることができた。

どのようなときに、 $h(x)$ がこのような関数となるのか、私たちは次のように予想した。

- ・ 予想 r を実数としたとき $f(x) = x^r$ とし、 $a = 0.5$, $b = 2^{\frac{1}{r}}$ とすれば、 $h(x)$ は、高木関数を非周期化した関数となる。

例えば、 $r = 0.5$ の時は、次のようになり、

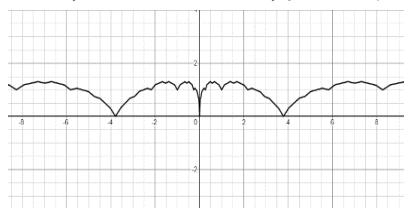


Fig.14 Assign $h(x)$, $r = 0.5$

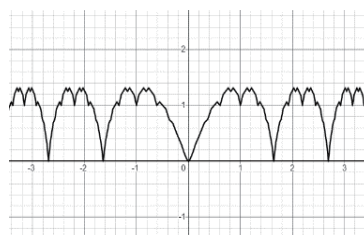


Fig.15 Assign $h(x)$, $r = \sqrt{2}$

また、上記の予想で、条件は変えず、変数 b だけ、 $b = 3^{1/r}$ とした場合、ワイエルシュトラス関数について、同様な現象がおこるのではないかと私たちは考えた。

しかし、このような関数 $h(x)$ は $x = 0$ で微分できるのではないと思う。だから、 $h(x)$ は、連続であるが至る所で微分不可能な関数とは言えないのではないだろうか。

8 展望

今回、私たちは非周期でかつ連続であるが至る所で微分不可能な関数の作成を目標として、研究を行った。

しかし、それに似たようなものを作ることに成功したが、完全に至る所で微分不可能であると言いはし難いと私たちは考えた。

展望として、今後完全に至る所で微分不可能である関数を作成すること、また、微分不可能であることの証明を自分たちですることを目標に研究を続けていきたいと思う。

9 出展

計算ソフト desmos

<https://www.desmos.com/calculator?lang=ja>

至る所微分不可能な連続関数「高木関数」

https://note.com/sorai_mikan/n/nd7e6918f9fed

フラクタル(岩波科学ライブラリー)

著 ケネス・ファルコナー 訳 服部久美子