

第 34 回自然科学部系部活動

研究発表・交流会

論文集

物理分野・化学分野・地学分野



ぎふ総文 マスコットキャラクター ミナモ

令和7年度岐阜県高等学校総合文化祭 第34回 自然科学系部活動研究発表・交流会

期日 令和7年11月15日（土）
会場 岐阜大学
主催 岐阜県高等学校文化連盟
岐阜県高等学校文化連盟自然科学部会
共催 岐阜大学

受付 9:30～10:00

1. 開会式 10:00～10:10 会場：講堂
- (1) 開会の言葉
 - (2) 岐阜大学学長挨拶
 - (3) 自然科学部会長挨拶
 - (4) 講師紹介
 - (5) 諸連絡

2. 研究発表 10:20～12:25 会場：講堂
応用生物科学部 101 教室

※会場が2会場に分かれます。事前に確認をしてください。

※時間は5分間です。1 ベル 4 分、2 ベル 4 分 30 秒、3 ベル 5 分。

5分のベルが鳴った時点で発表を終了してもらいます。

※次の発表者は、ステージ横の椅子に座って待機して下さい。

3. ポスターセッション・交流会 会場：体育館
13:20～15:00

※14時20分に顧問票と生徒票を回収します。（アナウンスあり）

※パネル等の片付けにご協力ください。その後、講堂に移動してください。

4. 閉会式 15:30～ 会場：講堂
- (1) 表彰
 - (2) 講師指導講評
 - (3) 諸連絡
 - (4) 閉会の言葉

発表プログラム 物理・化学・地学会場（応用生物科学部 101 教室）

	10:20 ～ 10:31	移動・準備		
1	10:32 ～ 10:37	物理1	多治見北高校 自然科学部 ER流体とMR流体の粘性変化について	ポスターパネル A-1
2	10:38 ～ 10:43	化学1	岐阜高校 自然科学部 化学班 照射する紫外線の波長による高吸水性高分子の分解速度の変化	ポスターパネル B-4
3	10:44 ～ 10:49	物理2	可児高校 科学部 自励振動が最も起こりやすい条件	ポスターパネル A-2
	10:50 ～ 10:55	休憩		
4	10:56 ～ 11:01	化学2	池田高校 科学部 若者にお茶を飲んでもらいたい！！～緑茶のおいしさとテアニン濃度の関係～	ポスターパネル C-1
5	11:02 ～ 11:07	地学1	大垣北高校 自然科学部 岐阜市長良川の水難事故多発地点についての考察～河床構造、流速の解析から分かること～	ポスターパネル H-4
6	11:08 ～ 11:13	物理3	可児高校 科学部 ワイングラスに注ぐ溶液による固有振動数の変化	ポスターパネル A-3
7	11:14 ～ 11:19	化学3	八百津高校 自然科学部 ドローンによる微小マイクロプラスチックの回収と分析	ポスターパネル C-2
8	11:20 ～ 11:25	地学2	岐山高校 自然科学部 地学物理講座 部活動で天体観測を行うためには～過去の観測記録から分かること～	ポスターパネル I-1
	11:26 ～ 11:31	休憩		
9	11:32 ～ 11:37	物理4	岐山高校 自然科学部 地学物理講座 重心の位置を変えて紙飛行機を遠くに飛ばそう	ポスターパネル A-4
10	11:38 ～ 11:43	化学4	岐山高校 自然科学部 化学講座 ルミノール反応と過酸化水素濃度の関係	ポスターパネル C-3
11	11:44 ～ 11:49	地学3	加茂高校 自然科学部 瑞浪層群から産出したサイ類化石の大きさと顎の形状の推定 ～なぜ、二種類のサイ類が生息できたか？～	ポスターパネル I-2
12	11:50 ～ 11:55	物理5	多治見高校 総合文化部科学 落下する物体の入水時に生じる空気の層の発生条件2	ポスターパネル B-1
13	11:56 ～ 12:01	化学5	関高校 自然科学部 コンクリートの硬化と物質の関係	ポスターパネル C-4
14	12:02 ～ 12:07	休憩		
15	12:08 ～ 12:13	地学4	斐太高校 自然科学部 黒点数とオーロラの関係	ポスターパネル I-3
18	12:14 ～ 12:19	物理6	大垣北高校 自然科学部 バードコールから発生する摩擦音についての考察	ポスターパネル B-2
19	12:20 ～ 12:25	地学5	武義高校 科学部 余取川の水害についての研究Ⅱ	ポスターパネル I-4

1. 初めに

私たちは外的要因によって著しく粘度を変化させる流体に興味を持ち、ER 流体と MR 流体について調べることにした。ER(Electro Rheological)流体とは、電気粘性流体とも呼ばれ、外部から電場を印加することで、粘性を大きく変化させることができる流体である。粘性増加のメカニズムは一般的に流体内の粒子が、誘導分極し電極間に鎖状の構造を形成するからであると考えられている。ER 流体には、均一系と、本研究で用いる分極しやすい物質の微粒子を絶縁性の液体の中に分散させる分散系の 2 種類ある。又、昨年度までの研究で、ER 流体は、温度、電圧、濃度、電場の印加時間、回数、電極の厚さ、水の添加によって、粘性が大きくなることが分かっている。ER 流体は、これらの特性を生かして、人工関節やブレーキへの応用が期待されている。

MR(Magneto Rheological)流体とは、磁気粘性流体とも呼ばれ、油や水などの液体に強磁性体という外部から磁力を加えると時期を強く帯びる材料の微粒子を均一に分散させた流体である。外部から磁場を加えることで、液体中の強磁性体が磁化して互いに引きつけ合い流体の粘度を制御することができる。この特性を生かして、自動車部品のショックアブソーバーへ一部実用されている。

2. 研究の目的

ER 流体と MR 流体の粘性変化についてそれぞれ調べ、EMR 流体への応用を目指す。

実験 1 (ER 流体)

ER 流体の分散媒の違いによって、E R 効果（外部から電場をかけると流体の粘性が増加する現象）にどのような影響があるのかを調べる。

実験 2 (MR 流体)

本研究では MR 流体の粘性変化の程度、条件などの特性を調べ、MR 流体の日常生活への応用を目指す。

3. 研究の内容

実験 1 (E R 流体)

流動パラフィンとシリコンオイルの 2 種類の分散媒を用いて、粘性変化の比較を行った。分散させる粒子には澱粉を使用し、濃度は 30% に固定して実験を行った。又、流体の温度をそれぞれ、35℃、50℃、70℃と変化させて計測を行った。

実験 2 (MR 流体)

多治見北高校自然科学部における MR 流体の研究は本年度が初めてである。よって本研究では MR 流体の温度や濃度の変化による粘性変化の実験を行い、MR 流体への理解を深め、その特性をつかむことを目的とする。

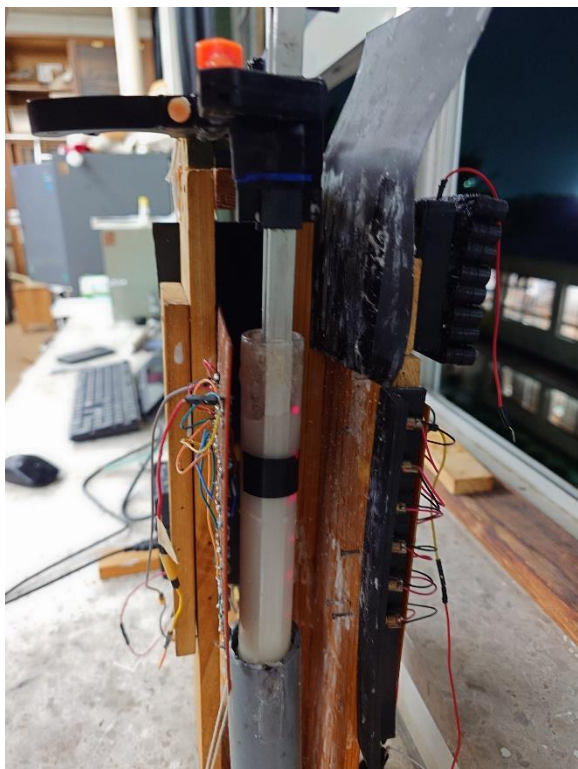
3. 実験の方法

実験 1 (ER 流体)

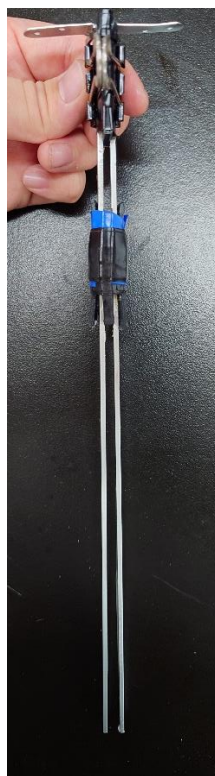
ER 流体に加える電圧を 1150V、電場印加の時間を 3 秒に統一した。ただし、電圧計で 25V と計測した交流電源の電気に対し変圧器を用いて、46 倍にして電圧をかけた。ただし、分散媒がシリコンオイルの場合の ER 流体では、温度を上げるにつれて、印加できる電圧が低くなったことが判明したため、50℃と 70℃では、交流電源の電圧 20V を 46 倍にして 920V の電圧をかけた。電極には、幅 10 mm、厚さ 2 mm、長さ 300 mm のアルミ板 2 枚を用いて、アルミ板の間隔は 3 mm に固定した。装置に取り付けた光源及び光センサーは、6 対で、5 つの計測区間あり、計測区間の間隔は 20 mm である。

<実験の手順>

1. 装置のライトを点灯させ、「test.py」で動作確認をする。
2. 装置に ER 流体の入った容器を装填する。 ※これを 10 回ずつ繰り返し、
3. 「er.py」を実行し、容器を落下させ、粘性を計測する。 10 回計測した平均の値を出す。



装置（装填状態）



電極

実験 2（MR 流体）

濃度が 20%、40%、60% の MR 流体について磁石の有無による粘性の変化を調べる。もっともスパイクがみられる 60% の濃度の溶液の温度を変化させ温度による粘性変化も調べる。溶質は四三酸化鉄（マグネタイト）、溶媒はモーターオイルを使用した。溶液の質量が 50g となるようにした。磁石は 200 ミリテスラ直径 23 mm のネオジム磁石を 4 枚重ねたものを使用した。4 枚重ねる理由として溶液の変化が顕著（スパイクがみられる）かつ、溶質と溶媒が分離しないということがある。

実験装置

我々は一定の回転数における時間経過で、粘性の変化を調べることを試みた。市販のモーターに棒を取り付け、スイッチによって溶液をかき混ぜることができる機構を作成した。単一電池 2 個によってモーターが動く。（写真 1）

回転数を正確に測る必要があるため、回転運動を直線運動に変換し、モーターに接続された棒が 1 回転するごとに棒がカウンターを押す機構を作成した。円盤にアルミの板 8.2mm をつなげ、さらにそのアルミ板に 7.4 mm のアルミ板をつなげた。そこに 150 mm の棒を取り付け、3 つの部分がそれぞれ独立して動けるようにした。（写真 2）

実験の土台は木材で作成した。土台は大きく 3 つの部分に分かれている。1 つ目は溶液とモーターを置く部分。溶液はビーカーの中に入れ、ビーカーの口の高さに木の板を設置しモーターを取り付けた。2 つ目は単一電池とスイッチを置く部分。モーターが回転運動をするためモーターの邪魔にならない土台から約 20cm 上の位置に設置した。3 つ目はカウンターを固定する部分。円盤がカウンターと同じ高さになるように木材で土台を作った。棒とカウンターを固定する土台との摩擦によって回転が滞ってしまっていたので潤滑剤を塗布した。

以上 3 つの要素を木材で一つにつなげ実験機構を完成させた。（写真 3）（写真 4）

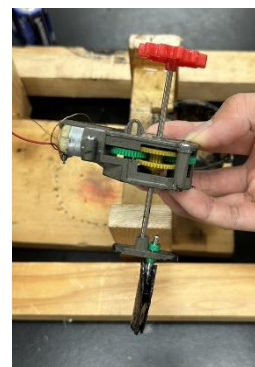


写真 1



写真 2



写真3 横

写真4 上

実験手順

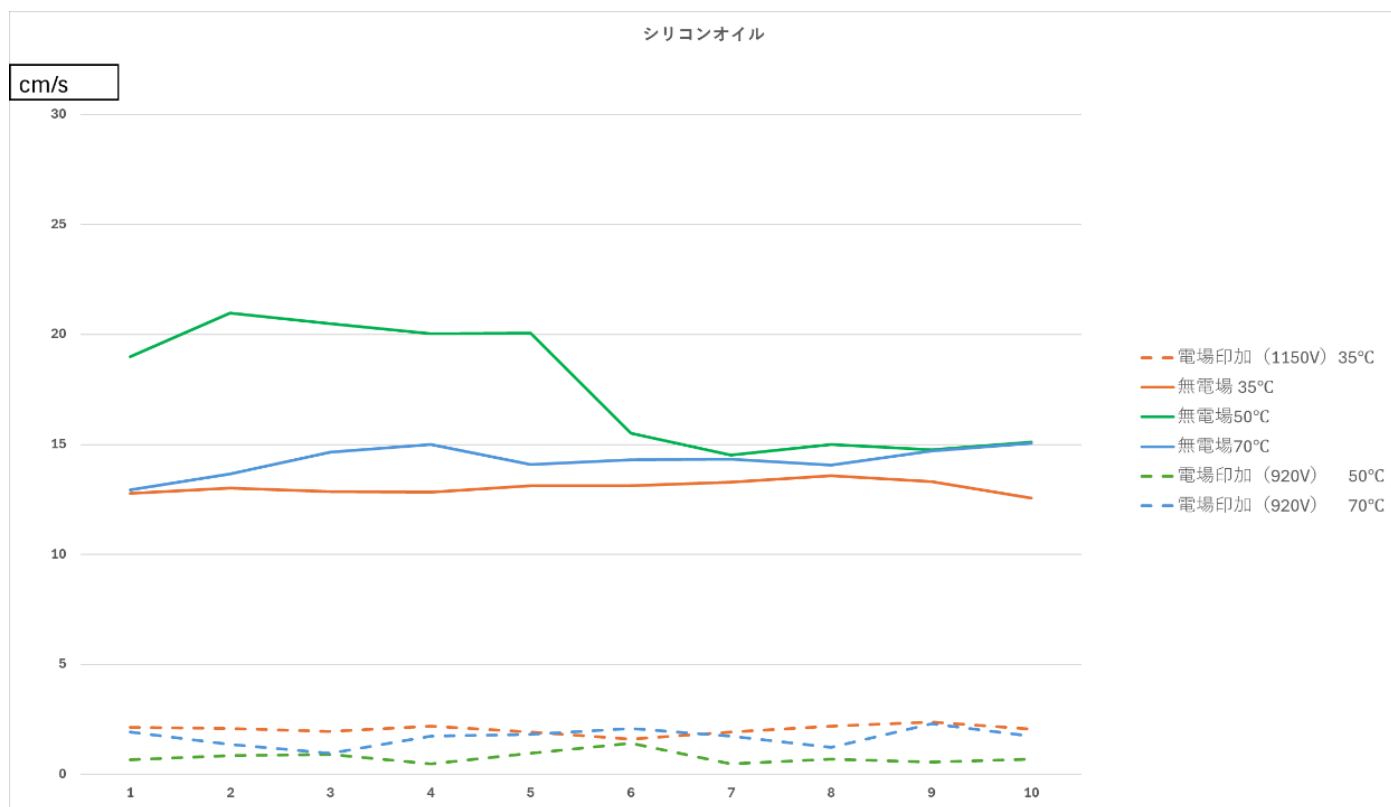
- ① 溶液をビーカーに入れ土台に設置する。
- ② ビーカーの上にモーターを置き、スイッチを押す。
- ③ モーターが 10 回転するまでの時間をスマホのタイマーで測定する。
- ④ 記録する。
- ⑤ 条件を変えて①～④を繰り返す。

なお結果は 10 回計測した平均の値としている。

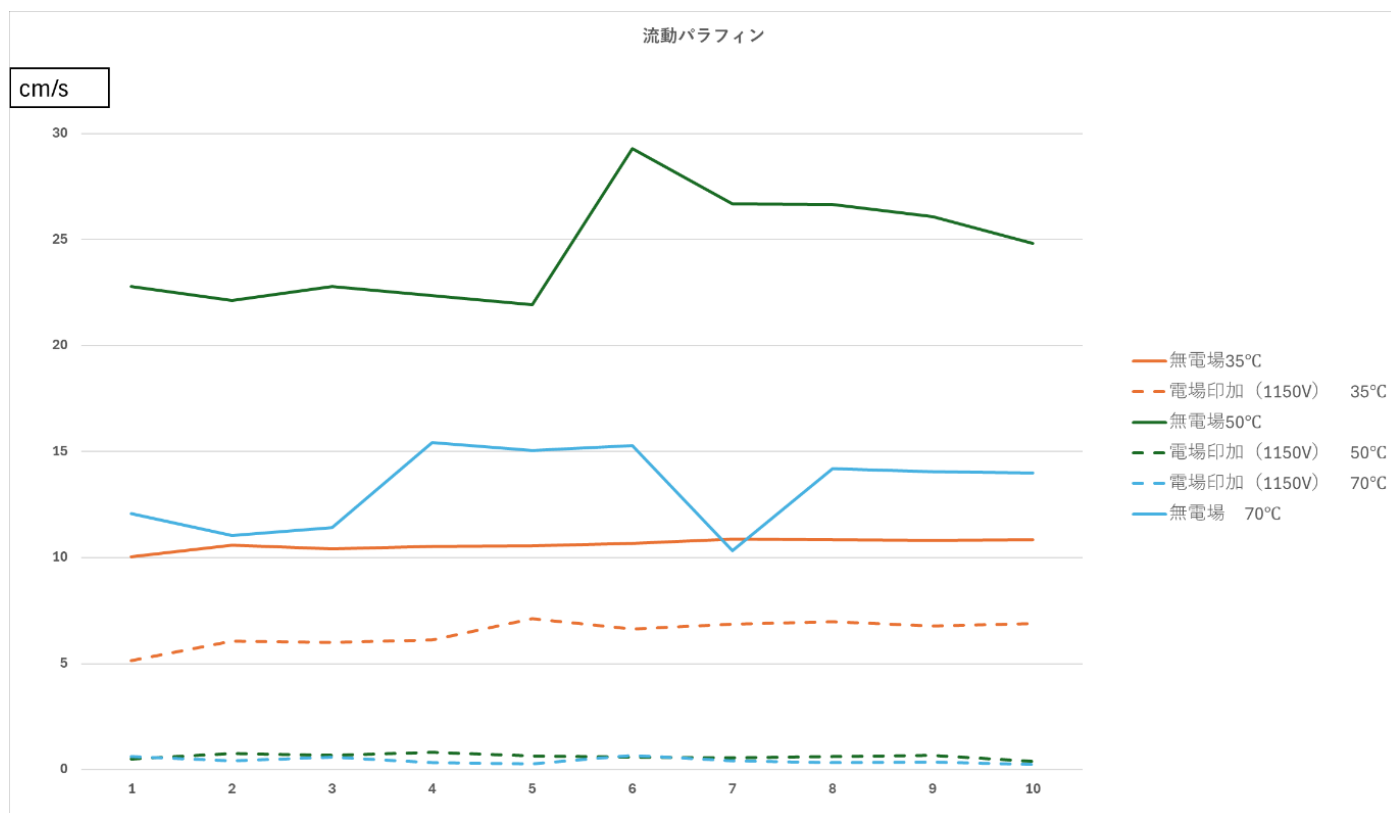
4. 実験の結果

実験 1 (ER 流体)

分散媒が流動パラフィンの場合、ER 効果は流体温度が 50°C の場合が最も大きいことが分かった。この結果は、昨年度の研究で得た結果と一致している。分散媒がシリコンオイルの場合は、流体温度が変化しても、温度によって、粘性変化に大きな違いは見られなかった。しかし、シリコンオイルの場合も、流動パラフィンの場合と同様に、流体の温度が 50°C の場合が最も粘性に変化が見られた。また、流体温度が 35°C のグラフを見ると、流動パラフィンの場合と比較して、シリコンオイルの方が約 2 倍ほど ER 効果が発現しやすいという結果となった。また、シリコンオイルの場合、流体温度が上がるにつれて、 1150V よりも低い電圧で ER 効果が発現した。



↑シリコンオイル



↑流動パラフィン

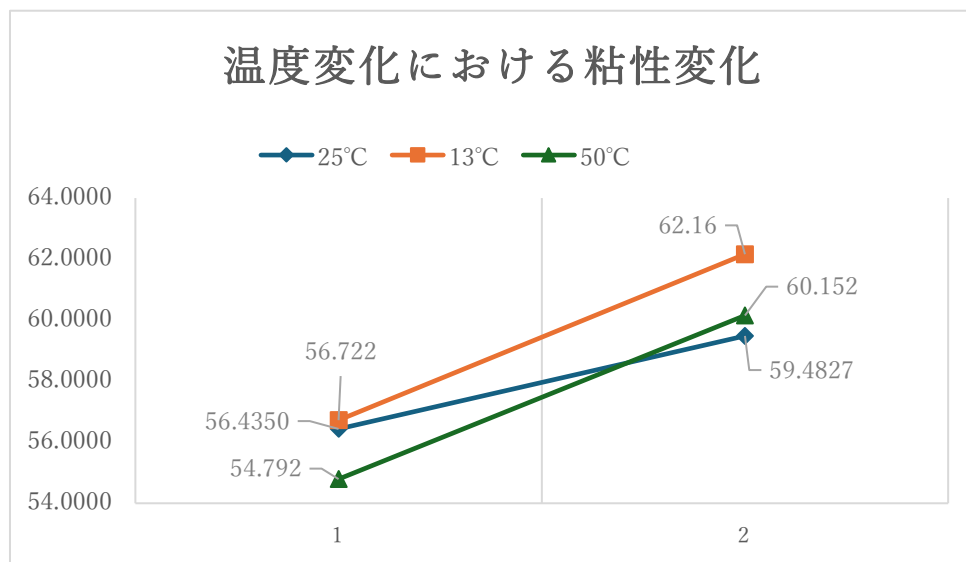
今回、濃度 30% の ER 流体と濃度 60% の MR 流体をそれぞれ 50m l ずつ混ぜ合わせ、EMR 流体の開発にも着手したが、MR 流体の特性は見られたものの、ER 流体の特性がみられず、EMR 流体の

開発、実験には至らなかった。

実験 2 (MR 流体)

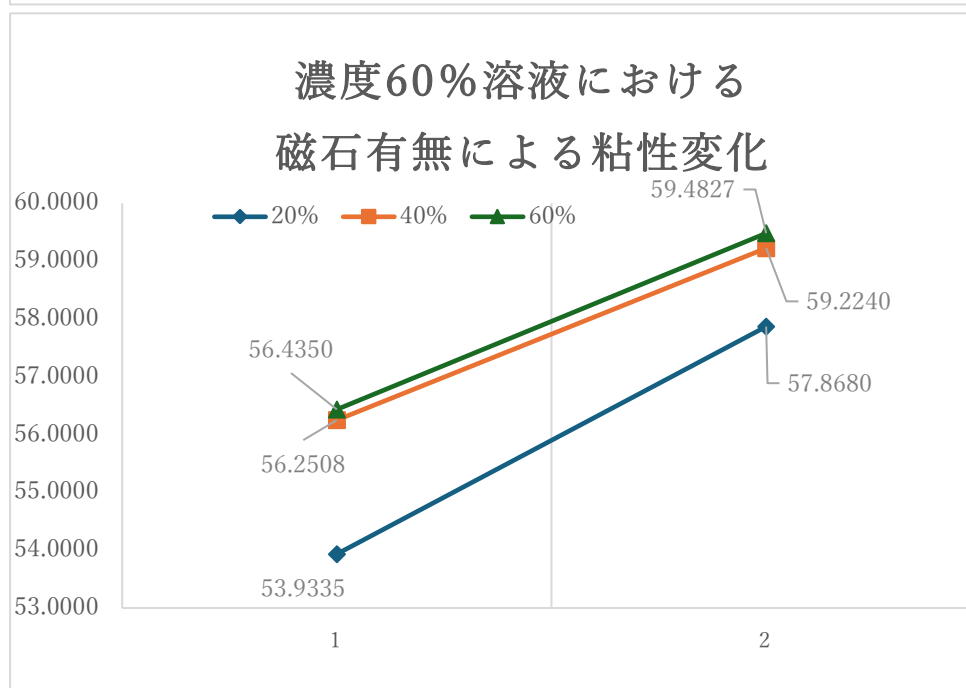
どの濃度でも粘性が向上することが分かった。20%では約 3.93 秒、40%では約 2.97 秒、60%では約 3.05 秒回転が遅くなっていた。

また溶液を温めた場合も冷やした場合も室温の場合より粘性の向上の傾きが大きくなることが分かった。ただ磁石なしの場合、室温の場合と比べ冷やした場合の粘性が高く、温めた場合の粘性が低いことが分かった。冷やした場合は約 5.39 秒、温めた場合は約 5.36 秒回転が遅くなっていた。



※1→磁石無

2→磁石有



5. 考察

実験 1 (ER 流体)

今回の研究によって、分散系 ER 流体は、分散媒を流動パラフィンにした場合は流体温度 50℃での使用が最も適しており、分散媒がシリコンオイルの場合は、温度変化による粘性変化があまり見られないうが、1150V よりも低い電圧の 920V で ER 効果が最も発現しやすい流体温度 50℃での使用が最も適していると考ええる。又、シリコンオイルは安定して ER 効果を発現することができるため、流動パラフィンよりも適していると考えられる。

実験 2 (MR 流体)

スパイクが顕著にみられた 60%の濃度よりも 20%の濃度のほうが粘性の変化が大きかったのは意外な発見だった。原因として溶質一粒子と溶液が効率的に結びついたことによる応力の増大だと考えた。60%では溶液に対する溶質が飽和状態にあり、粒子と溶媒の結びつきが不十分であったと考えた。ただ測定の誤りや実験方法の不安定さも考えられるためさらに実験を重ねる必要があると考える。また温度による粘性変化の実験結果について、温度が高いと一般に分子の動きは活発になるので温度が高いと応力が小さくなり、逆に温度が低いと分子の動きが抑制され応力が大きくなりグラフの結果になったと考えた。

6. 今後の展望

実験 1 (ER 流体)

今回の研究では、実験装置の不調がたびたび発生し実験がスムーズに進まないことがあったため、実験装置の改良を施し、装置に異常が発生しないようにしたい。また、実験の試行回数を増やし、より正確なデータを得られるようにする。今回は、高温状態での温度変化のみの実験だったため、低温状態では、粘性の変化がどのような結果となるのか、また、分散させる粒子を変えたときの粘性変化についても調べていきたい。

実験 2 (MR 流体)

MR 流体の研究は今年度が初だったので多くの課題が見えてきた。まずは実験効率を上げるために装置の改善に着手したい。自動化を図り、python などを利用して正確な値を測定できるようにしたい。さらに細かい粘性変化を調べるために電磁石を使って実験が行えるような環境も整えていきたい。

EMR 流体

EMR 流体の実験のため、流体の開発、装置、計測方法の構築をしていきたい。

7. 参考文献

- ・「MR 流体」とは／Reading keywords | Future CLIP/富士フイルム

https://sp-jp.fujifilm.com/future-clip/reading_keywords/vol39.html

- ・電気粘性流体のシミュレーション

https://www.tytlabs.co.jp/en/japanese/review/rev291pdf/291_039_yamamoto.pdf

- ・株式会社シーエムシー 電気粘性 (ER) 流体の開発 (監修 小山清人)

照射する紫外線の波長による高吸水性高分子の分解速度の変化

岐阜県立岐阜高等学校（自然科学部化学班）

山中真大 田中李空 松崎大弥 河合慶悟 浅野遥 田中義人
木村心音 井上絢介 芳賀主実 林優成 神山舞杷 小野木謙

1. はじめに

高吸水性ポリマー (Super Absorbent Polymer: SAP) は、ポリアクリル酸ナトリウムで構成される高分子である (Fig. 1)。SAP は自重の数百倍から数千倍の水を吸収・保持できるとされている。水の吸収力が非常に強く、多量の水を保持できることから、紙おむつや土壌保水材などに用いられている。SAP によって吸収された水は、スポンジなどと違って圧力を加えても放出されない。

SAP が水を吸収する仕組みについて説明する。SAP の分子鎖に水が入り込むと、ナトリウムイオンが電離して物質の内外で陽イオンの濃度の差を生み出す。この時に生じた浸透圧によって、更に多くの水が SAP 内部に吸収される。また、カルボキシ基の陰イオン同士が反発することで SAP が膨らみ、その空間に水がため込まれる。

次に SAP の分解について説明する。SAP は紫外線によって分解される。紫外線の照射によってポリマー鎖が分断され、分子鎖が短くなり、分断された部分から水が放出される。時間が経つにつれて分断箇所が増え、よりたくさん水が放出される。

以上が SAP の吸収と分解の仕組みについて先行研究¹⁾から分かっていることである (Fig. 2)。

また、紫外線のうち UV-A (波長 352 nm)、UV-C (波長 253.7 nm) を SAP に照射すると SAP の分解が進み、吸収量が減少することや、SAP の分解は、UV-A よりも UV-C の方が速度は速く、UV の波長に応じて分解速度に差が生じることなども先行研究¹⁾により明らかになっている。

本研究の目的は、プラスチックの分解速度についてより細かく調べることと、UV の波長による SAP の分解速度の変化を調べることである。そのため、先行研究の実験条件に合わせて、UV-B による SAP の分解についての実験を行い、得られたデータを既存のデータと比較した。

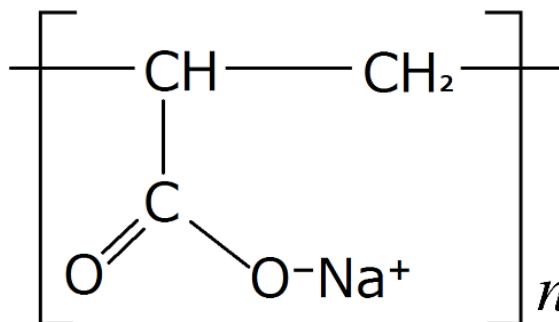


Fig. 1 ポリアクリル酸ナトリウム

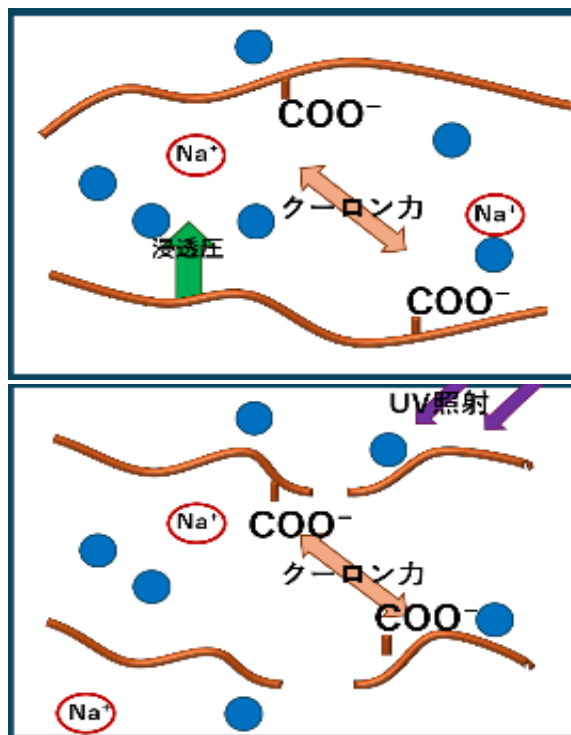


Fig. 2 SAP の吸水の仕組み (上)
SAP の分解の仕組み (下)

2. 方法

実験では Fig. 3 の、ケニス株式会社製「超吸水性樹脂」・粒径 150~750 μm の SAP を用いた。Fig. 3 の紫外線照射装置は、先行研究で用いた装置を模して自作した。先行研究で用いた照射装置に見られる金属光沢を再現するために、実験装置の内部にアルミホイルを貼り、光源と SAP の距離を再現するために、SAP を置く場所の高さを調節した。しかし、UV-A、UV-C の紫外線照射装置が蛍光灯 (15 W) であるのに対して、UV-B の照射装置は電球型蛍光灯 (23 W) であるため、装置の出力を同じにすることはできなかった。



Fig. 3 先行研究で用いた照射装置 (左)
自作した照射装置 (右)

3. 結果と考察

3-1. UV-B 照射による SAP の吸収量の変化

先行研究の実験条件と同様に、0.25 g の SAP をティーバッグに入れ、300 mL の純水で十分に膨潤させて、UV-B の光源との距離を 3 cm にして照射し、分解した。照射した SAP をティーバッグに入れたまま、15 分ごとに質量を測定した。また、SAP の分解による溶液の放出量のみを調べるために、実験中に蒸発する水の量を補正した。結果を Fig. 4 に示す。

Fig. 4 より、照射時間が 30 分より短い範囲において、吸収量の変化が小さいことがわかる。ここから、UV-B を照射し始めてから約 30 分間では、SAP のポリマー鎖の分断が、吸収量の減少に影響をほとんど与えないことが考えられる。

紫外線の照射時間が 30 分から 120 分において、SAP の吸収量が一定の割合で減少していることがわかる。ここから、30 分から 120 分までの吸収量の変化は、SAP が分解されるときの変化の様子を表していると考えられる。

また、SAP の吸収量は 20 g ほどで、変化が小さくなることがわかった。ここから、照射時間が 120 分以降も、UV-B による SAP の分解が進み、放出量が増えるが、放出された水はティーバッグに残留してしまい、放出量を測定できていないと考えられる。この結果から、私たちは、UV-B の照射時間が 240 分以降は吸収量に有意な変化が見られず、SAP の分解の様子を計測できないと考え、今後は UV-B を照射する時間を 240 分にして実験を行った。

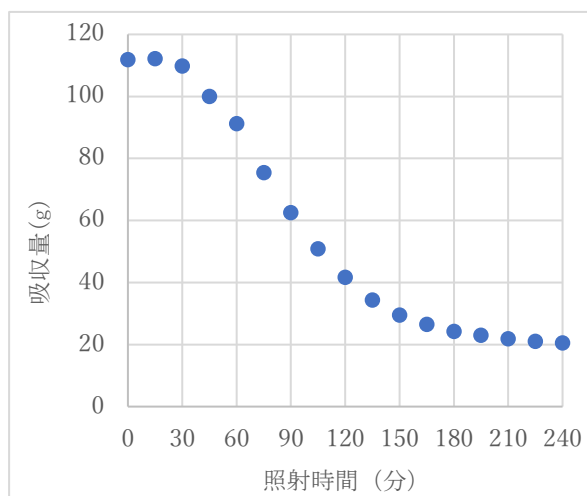


Fig. 4 UV-B 照射による吸収量の変化

3-2. SAP の膨潤率の変化による SAP の吸収量の変化

SAP に吸収させる液体を純水から塩化ナトリウム水溶液に変更し、その濃度を変えることで、SAP の膨潤率を調節することができることが先行研究²⁾によって明らかになっている。ここで、膨潤率を「純水で膨潤させた SAP の質量を 100% としたときの、塩化ナトリウム水溶液で膨潤させた SAP の質量の割合」と定義する。SAP 0.25 g を、膨潤率を変えて膨潤させた。また、実験 1 と同様に、UV-B の光源との距離を 3 cm にして 240 分間照射し、実験中に蒸発する水分を補正し、膨潤させた SAP の質量に対する質量減少割合 (放出率) を記録した。実験で得られた結果を Fig. 5 に示す。

Fig. 5 から、SAP の膨潤率が 40%より小さい範囲においては、膨潤率が高くなるにつれて放出率も高くなっていることがわかる。膨潤率が 40%以上の SAP においては、放出率が 80%ほどで変化しておらず、膨潤率が 40%以上の SAP では放出量が上限に達していることがわかる。これは、本研究では SAP の水の放出量を計測して分解を推定しているため、今回の実験方法では SAP が完全に分解される様子を、放出率としては測定できないからだと考えられる。

また、膨潤率が 40%未満の範囲における膨潤率の変化に対する放出率の変化の割合が一定であると考えた。この傾向が膨潤率 40%以上の SAP にも見られると仮定すると、膨潤率が 60%以上の SAP は、UV-B の照射時間が 240 分で十分に分解された状態であると予測できる。膨潤率 60%未満の SAP に関しては、分解に UV-B の照射時間が 240 分以上かかると考えられる。

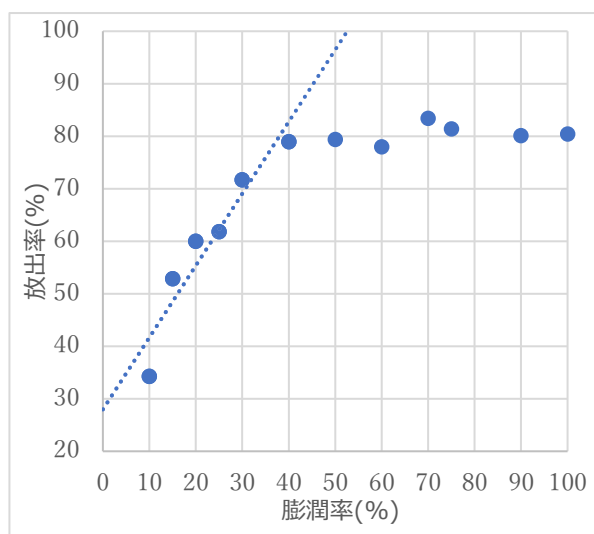


Fig. 5 膨潤率の変化と放出率の関係

3-3. UV の種類による分解速度の比較

本研究と先行研究のデータを合わせて、UV-A、UV-B、UV-C をそれぞれ、膨潤率が 25%、50%、75%、100%の SAP に照射した際の、照射時間と放出率の関係を Fig. 6 にまとめた。

Fig. 6 より、UV の照射開始直後は放出率に変化が見られないことがわかった。また、UV-A、UV-B、UV-C のいずれにおいても放出率が約 80%で、放出率に大きな変化が見られなくなることが分かり、実験 2 の結果と同様に、SAP の分解の影響が放出率として示されないことが確認された。

この結果から、照射開始直後では、実験 1 と同様にポリマー鎖の分断が吸収量の変化に影響しないことと、UV の照射により一定の長さまで分解された SAP は吸収量の変化が観測できず、ポリマー鎖の分断を放出率の変化で示せないことが考えられる。そこで、私たちは、初期と後期を除いたデータにおいて、SAP の放出率の変化が UV によって SAP が分解される際の分解速度を表していると考え、近似直線を引いた。この近似直線の傾きを比較すると、いずれも UV-A、UV-B、UV-C の順で傾きが大きくなっていることから、SAP を分解する速度は UV-C、UV-B、UV-A の順で速いことが考えられる。

また、UV の波長や透過性の観点から、UV-B は UV-A と UV-C の中間的な性質を持つと考えられる。UV-B のデータは、傾きが A と C の間であることから、今回、我々が自作した照射装置には有用性があると評価できる。

SAP の膨潤率が 25%のときには、UV-B と UV-C の近似曲線の傾きが似ているという結果も得られた。この点については、自作した照射装置による出力の差によると考えられるが、ほかの膨潤率のデータから見ても、UV-B と UV-C は近い分解速度を示していると考えている。

今回の実験で用いた UV-B が UV-C よりも光源の出力が高いことを考慮したうえで、UV-B は UV-C と分解する速度が大きく変わらないことや、UV-B は UV-C よりも波長が長く、水の透過性が高いことから、UV-B は UV-C よりも、特に水中のプラスチックを分解することに適していると予想している。

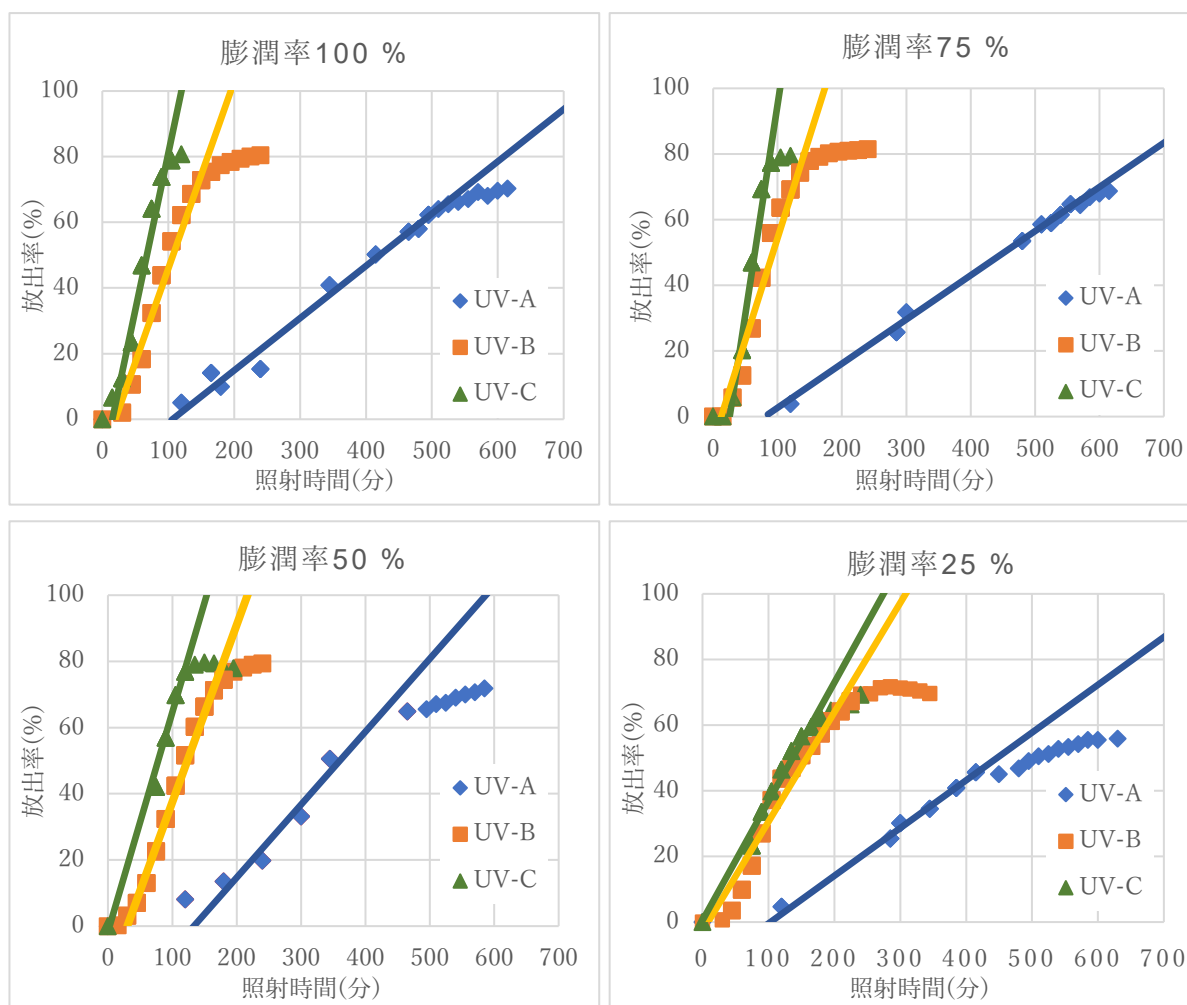


Fig. 6 膨潤率（100% 75% 50% 25%）ごとの UV の波長の違いによる放出率の変化

4. 結論

本研究では、紫外線の波長によって SAP の分解速度に違いがあることがわかった。UV-B は UV-A や UV-C と同様に、プラスチックを分解する能力を持つことが明らかになった。また、その能力は A と C の中間であることがわかった。太陽放射のうち地表に届く UV-A は分解に時間がかかる一方で、地表には届かない UV-C は高い分解能力を持つことが確認された。一部が地表に届く UV-B は、UV-C ほどの強さはないものの、プラスチックに対して十分な分解力を持っていることがわかった。また、UV-B は UV-C よりも水中での透過性が高く、環境中での利用可能性があると考えられる。また、SAP の膨潤率によって放出率が変化し、照射時間によっても分解の進行度が異なることが明らかになった。

今後は、SAP だけでなく、他の種類のプラスチックにも応用できるかを検討していきたいと考えている。また、環境中に存在するプラスチックの分解にどの程度影響があるかについても調べていく予定である。将来的には、さまざまなプラスチックに対応できる方法を明らかにすることで、飲料水中のマイクロプラスチックの UV 照射による分解にもつながることが期待される。

参考文献

- 1) 岐阜高校自然科学部化学班、全国高等学校総合文化祭自然科学部門論文集、2025,化学 A-13

2) 岐阜高校自然科学部化学班、日本化学会東海支部高校化学研究発表交流会、発表要旨

自励振動が最も起こりやすい条件

可 児 高 等 学 校 科 学 部
伊 藤 駿 汰 地 口 諒

1. はじめに

通学の途中、あまり風が吹いていないのにも関わらず、特定の葉っぱだけがやたらと激しく動いている現象を見かけることがある。この現象は自励振動と呼ばれる。自励振動の様々な事例を見ると、細く長い草木が起きやすいように見えた。そこで、自励振動が発生しやすい条件に関心を抱き、この研究を始めた。

2. 自励振動とは

外部からの周期的な力の入力がないにも関わらず、システム内部のエネルギーが振動に変換されることで発生・持続する振動のことを自励振動という。身近な例では、旗が一定の風でパタパタとはたためく現象や、風が吹くと、ブラインドがカタカタと振動する現象などがある。

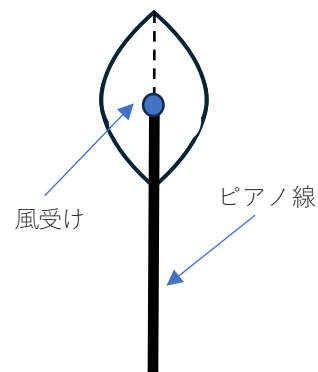


図1 振動子の全体図

3. 研究の目的

本研究では、ピアノ線に葉っぱ型の風受けを取り付けた倒立型の振動子(図1)を用いて、自励振動の研究を進めることとした。そして、最も効率的に自励振動が起こりやすい風受けの形状や大きさを見つけることを目的とした。

4. 実験の準備

・準備したもの

工作用紙、ピアノ線(Φ0.8 mm, 長さ 400 mm)、扇風機、鉄製スタンド、風速計、ものさし

・振動子の作成方法

幅 a 、縦の長さ b とし、工作用紙で葉っぱ型の風受けを作成した(図2)。そして、風受けの中心をピアノ線の先端に合わせて固定し、ピアノ線最下部から風受け中心までが 25 cm になるように振動子をセットした (図3)。

・実験の計測方法

振動子を鉄製スタンドで固定して、振動子の正面から 1.5m の位置に扇風機を設置した。今回の実験では、振動子が受ける風速 1.0 m/s で計測を行った。また、振動子の振幅は静止時の風受けの中心から左右に動いた長さとして、ものさしで計測した(図3)。実験の様子は動画を撮影し、スローモーション機能を用いて、図3の振幅、及び周期を計測した。

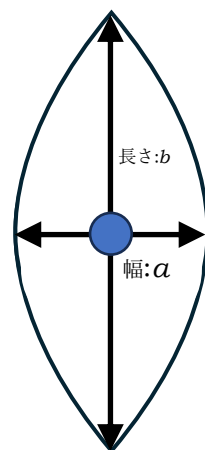
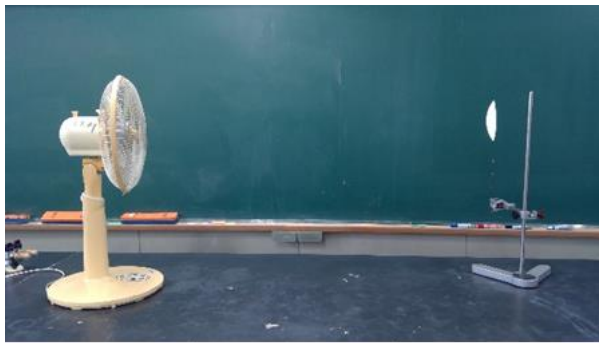


図2 風受けの図



計測前の様子

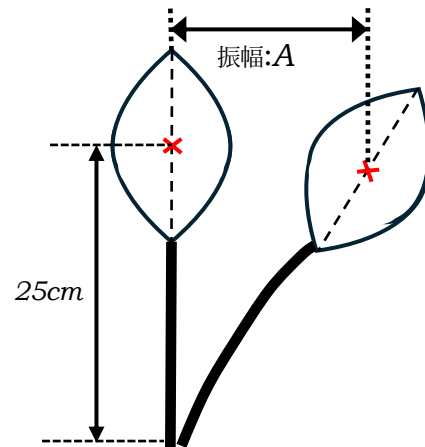


図3 振動子の振幅の計測方法

5. 実験1 (風受けの折れ角と最大振幅の関係)

この実験では、風受けの折れ角と振動子の最大振幅の関係を調べた。「折れ角」とは風受けの中心軸を折り曲げて、上から見たときの角度のことを指している(図4)。葉の形状は $a=6\text{cm}$, $b=15\text{cm}$ と決め、角度は 120° , 135° , 150° と変えて実験を行った。

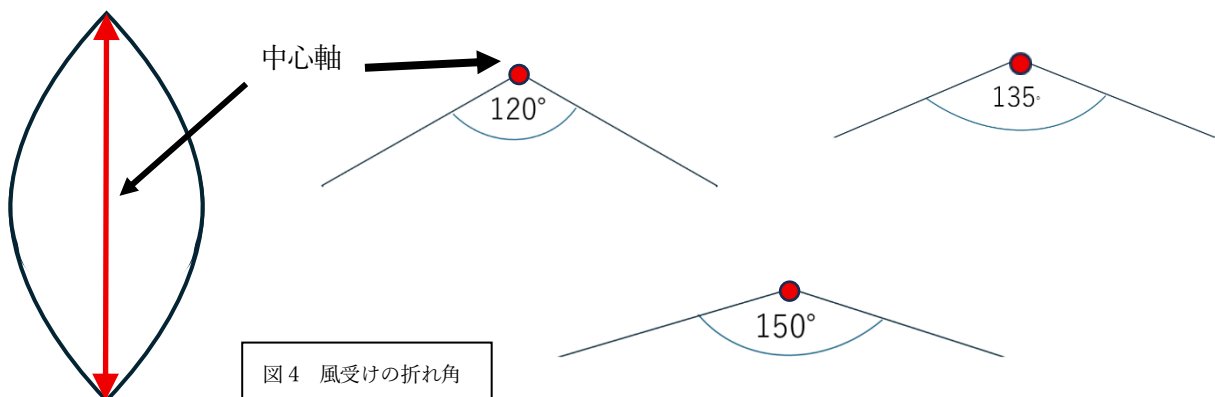


図4 風受けの折れ角

6. 実験1の結果

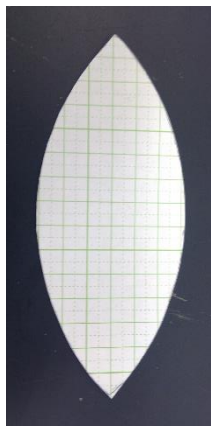
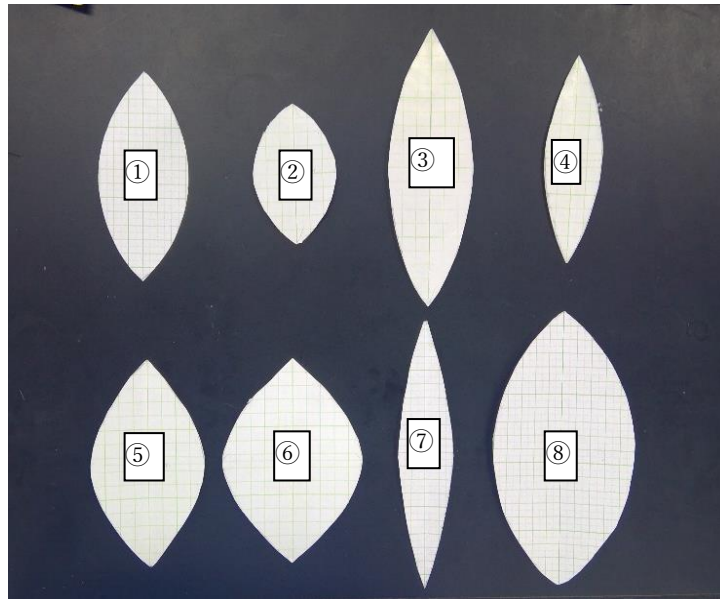
折れ角	120°	135°	150°
最大振幅(cm)	5.9	6.7	4.6

実験結果は上記のようになった。このことから、 135° の時、一番振幅が大きいことがわかる。そこで次の実験2では折れ角を 135° として行うものとした。

7. 実験2 (風受けの形状と振動エネルギーの関係)

風受け①を基準に a と b の値をそれぞれ変えた②～⑧の風受け、合計8種類を用意して計測した(写真1参照)。先述の通り、風受けの折れ角は 135° とする。そして、それぞれの風受けを取り付けた振動子の最大振幅 A と周期 T を計測した。ただし、 T は動画内で $10T$ を計測して求めたものである。また、 T の結果から、振動数 f を求め、風受けの質量 m を量ることで、より効率的に風エネルギー

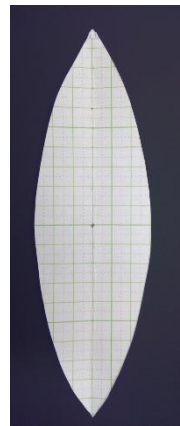
ギーを振動エネルギーEに変換している風受けを調べた。ただしエネルギーEについては、風受けの振動を単振動とみなし、 $E=2\pi^2mA^2f^2$ を用いて、エネルギーを算出している。



① $a=6, b=15$



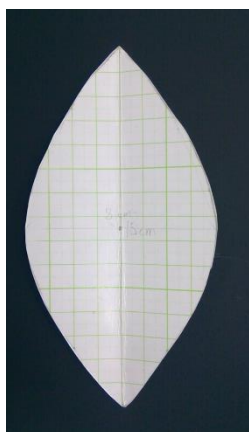
② $a=6, b=10$



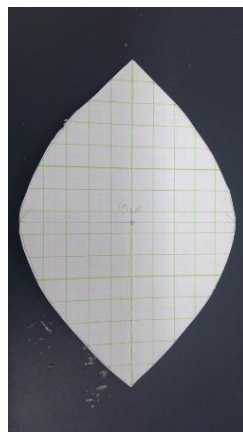
③ $a=6, b=20$



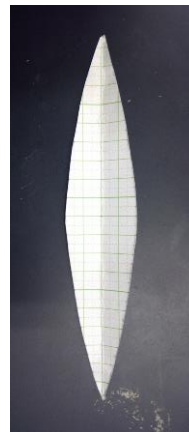
④ $a=4, b=15$



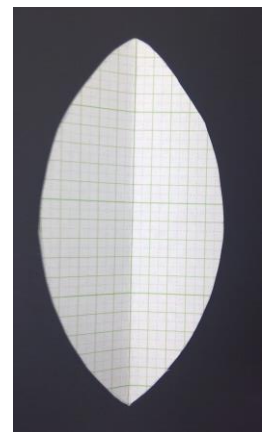
⑤ $a=8, b=15$



⑥ $a=10, b=15$



⑦ $a=4, b=20$



⑧ $a=8, b=20$

写真1 風受けの外観（1段目）と各風受けのサイズ（2,3段目）

8. 実験2の結果

風受け①～⑧の各実験結果を以下の表に示す。

① 質量	2.51	g	最大振幅	3.4	cm
回数	1～10	11～20	21～30	31～40	
10T(s)	2.97	3.00	2.97	3.01	
T(s)	0.297	0.300	0.297	0.301	平均振動数
f(Hz)	3.37	3.33	3.37	3.32	3.35
振動 エネルギー	6411				

② 質量	1.64	g	最大振幅	4.8	cm
回数	1～10	11～20	21～30	31～40	
10T(s)	3.53	3.55	3.66	3.56	
T(s)	0.353	0.355	0.366	0.356	平均振動数
f(Hz)	2.83	2.82	2.73	2.81	2.80
振動 エネルギー	5832				

③ 質量	3.2	g	最大振幅	16.5	cm
回数	1～10	11～20	21～30	31～40	
10T(s)	4.24	4.15	4.26	4.15	
T(s)	0.424	0.415	0.426	0.415	平均振動数
f(Hz)	2.36	2.41	2.35	2.41	2.38
振動 エネルギー	97417				

④ 質量	1.55	g	最大振幅	6.2	cm
回数	1～10	11～20	21～30	31～40	
10T(s)	3.56	3.59	3.49	3.72	
T(s)	0.356	0.359	0.349	0.372	平均振動数
f(Hz)	2.81	2.79	2.87	2.69	2.79
振動 エネルギー	9126				

⑤ 質量	3.07	g	最大振幅	5.5	cm
回数	1～10	11～20	21～30	31～40	
10T(s)	5.51	5.55	5.55	5.58	
T(s)	0.551	0.555	0.555	0.558	平均振動数
f(Hz)	1.81	1.80	1.80	1.79	1.80
振動 エネルギー	5951				

⑥ 質量	3.73	g	最大振幅	7.3	cm
回数	1～10	11～20	21～30	31～40	
10T(s)	6.10	6.18	6.15	6.12	
T(s)	0.610	0.618	0.615	0.612	平均振動数
f(Hz)	1.64	1.62	1.63	1.63	1.63
振動エネルギー	10406				

⑦ 質量	1.83	g	最大振幅	7.5	cm
回数	1～10	11～20	21～30	21～30	
10T(s)	3.76	3.80	3.74	3.89	
T(s)	0.376	0.380	0.374	0.389	平均振動数
f(Hz)	2.66	2.63	2.67	2.57	2.63
振動エネルギー	14082				

⑧ 質量	5.16	g	最大振幅	16	cm
回数	1～10	11～20	21～30	21～30	
10T(s)	6.98	6.92	6.96	6.80	
T(s)	0.698	0.692	0.696	0.680	平均振動数
f(Hz)	1.43	1.45	1.44	1.47	1.45
振動エネルギー	54486				

①～⑧の中で振動エネルギーの大きい順に2つ挙げると③、⑧であった。つまり風エネルギーを一番効率的に振動エネルギーに変換しているものが順に③、⑧であることがわかった。振動エネルギーの小さい順に2つ挙げると②、⑤であった。また、aを変えるより、bを変えた方がエネルギー変化への寄与が大きかった。

9. 考察

振動エネルギーの大きい③、⑧を比較すると、③の方がfが1.6倍大きく、mが0.6倍であった。 $E=2\pi^2mA^2f^2$ より、振動数fは2乗されているため、質量mよりも振動数fの寄与が大きく、振動エネルギーに差が生じたと考えられる。しかし、振幅Aは③の方が1.03倍だけにとどまっていたので、Aを2乗しても、振動エネルギーにあまり寄与していないと考えられる。

振動エネルギーの小さい②、⑤を比較すると、②の方がfが約1.5倍大きく、mが約0.5倍であった。 $E=2\pi^2mA^2f^2$ より、振動数fは2乗されているため、質量mよりも振動数fの寄与が大きいが、②の方がAが約0.9倍であるので、 $0.5 \cdot 0.9^2 \cdot 1.5^2 = 0.91 \dots \approx 0.9$ によって②の方が小さいという結果になった。

①を基準にして、幅 a を長くした⑤、⑥と、短くした④の中で振動エネルギーの大きい順に挙げると、⑥、④、⑤の順となり a が一番長い⑥が最も振動エネルギーが大きかった。

①を基準にして、縦の長さ b を長くした③と短くした②を比較すると、 b が長い③が振動エネルギーが大きかった。

以上より、 a 、 b いずれも長いほうが振動エネルギーが大きいと思われたが、③、⑧を比較すると a が長い⑧の方が振動エネルギーが小さかった。そのため、 a 、 b の組み合わせにはバランスがあると考えられ、極端に長くすると、最大振幅は大きいですが、質量が大きくなることで動きが鈍くなり、振動数が小さくなってしまった。また、極端に短くすると、質量が小さくなって振動数が大きくなるが、最大振幅が小さくなってしまった。そのため、傾向がつかめず、 a 、 b の最適な組み合わせは分からなかった。

10. 結論

- ・自作の風受けの中で、風力を最も効率良く振動エネルギーに変換できたものは③の風受け ($a=6.0\text{cm}$, $b=20\text{cm}$ 折れ角 135°) であった。
- ・風受けの幅 a 、長さ b の組み合わせには適度なバランスが存在することがわかったが、今回の研究では最適なその組み合わせを見つけるには至らなかった

11. 今後の展望

今後は、 a 、 b の比率を変えずに面積を変化させて、相似な風受けを作り、振動エネルギーが大きくなる傾向を見つけたい。また、引き続き、より効率的に振動エネルギーに変換する風受けを発見していきたい。

また、本研究からわかるように、自励振動はわずかな風力を振動エネルギーに変換できるという特徴がある。もしこの現象を実生活に応用できれば、わずかな風力の有効活用につながる。そのため現時点では、自励振動で生じた運動エネルギーを電気エネルギーに変換して発電を試みたいと考えている。そのための改良点として、今回の実験で用いた振動子は正面から風を受けないと動かないため、風見鶏の原理を用いて、どの風向でも振動子が正面から風を受けられるようにし、自然の風を利用して発電できるような更なる改良が必要である。

12. 参考文献

- ・YouTube 動画 風もないのにブンブン揺れる葉っぱ ドンちゃん @shonanboy_donchan
<https://youtube.com/shorts/Tlh-47LjxH4?si=asP69aGRwsaabAKv>
- ・タコマナローズ橋 - Wikipedia
- ・カルマン渦 - Wikipedia

若者にお茶を飲んでもらいたい！！

～緑茶のおいしさとテアニン濃度の関係～

池田高校 自然科学部

1 年次田中 蓮、土屋 鷹平、山邊 一瑳

要旨

池田町では緑茶の生産が行われているが、近年若者を中心に緑茶離れが進み消費量は減少傾向にある。池田町役場からの依頼を受け、若者にもおいしいと思われる緑茶の抽出方法を検討することにした。本実験では緑茶のおいしさをうまみ成分であるテアニンの濃度とし、ニンヒドリン反応による色の強度で評価した。また、実際に抽出した緑茶の試飲による官能検査も実施した。その結果、テアニンの濃度とニンヒドリン反応の色の濃さには正の相関性があることが分かった。また、低温で抽出した緑茶が最もうまみを感じることが分かった。

1 目的

池田町では揖斐茶の生産が行われている。しかし、緑茶の消費量は減少しており、若者を中心に緑茶を飲まなくなっている。今年度、池田町役場より緑茶の消費量を増加させるアイデアを欲しいという依頼を受け、まずは揖斐茶のおいしい淹れ方（抽出方法）を調査するために実験を行った。

緑茶は温度によって抽出される成分の量が異なることが分かっている。緑茶の成分と効果は主に表 1 に示すとおりである。そこで本研究ではテアニン濃度をおいしさの指標とすることが出来るかを官能検査と組み合わせて考えることにした。

表 1 緑茶の成分と効果

成分	効果
テアニン	うまみとリラックス
エピガロカテキン	免疫サポート
カフェイン	興奮
エピガロカテキンガレート	苦みと渋み

2 実験① テアニンの定量化

2-1 目的と理論

テアニン濃度を求めるためにアミノ酸に反応し呈色するニンヒドリン反応を利用した。実際に私たちが飲む緑茶に含まれるテアニン濃度付近でニンヒドリン反応に違いが表れるのかを調べた。また、ニンヒドリン反応による色の強度の測定にはアプリの「Light Meter」を用い、図 1、2 のように水溶液を透過した光の照度を測定した。



図 1 測定方法(横から)



図 2 測定方法(上から)

2-2 方法

- (1) 任意の濃度のテアニン水溶液を調整する。
- (2) それぞれのテアニン水溶液 20mL に、0.5%ニンヒドリン水溶液を 5.0mL 加え、3.5 分間加熱する。
- (3) 加熱直後の水溶液の照度を測定する。

2-3 結果と考察

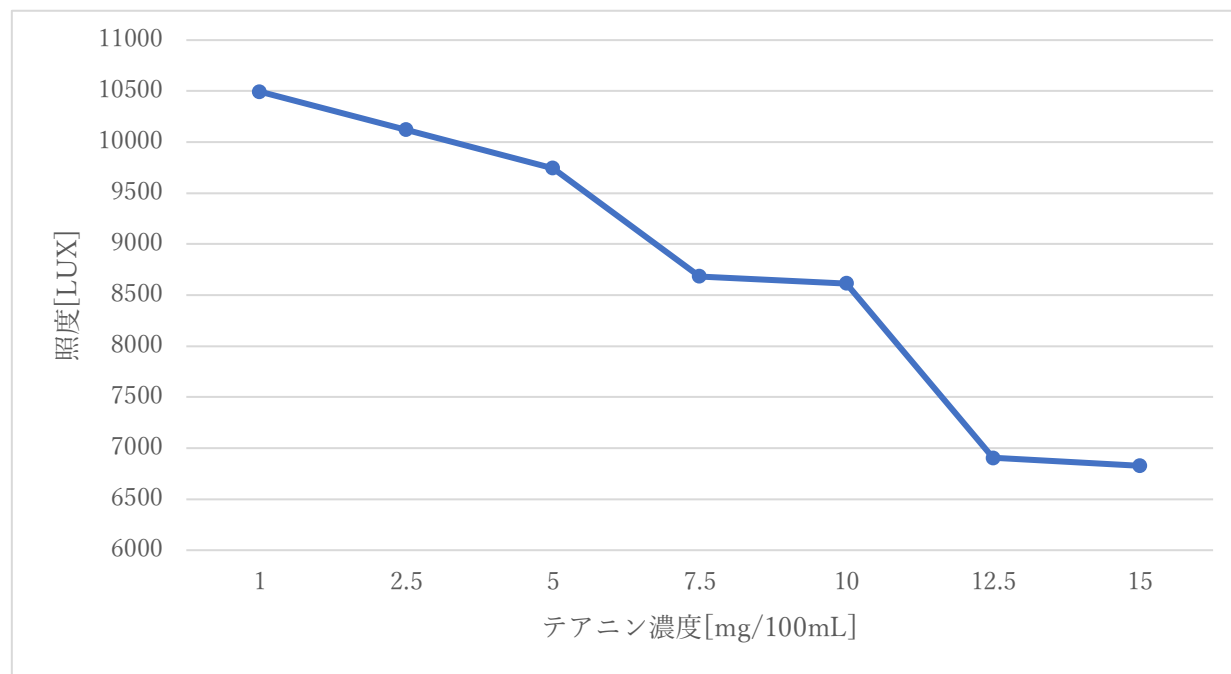


図3 テアニン濃度と照度の関係

それぞれの濃度で3回ずつ測定を行い、平均を求めたものをグラフ化したものが図3である。濃度が1～5mgの範囲では、照度は約10000LUX付近と高い値を示している。濃度が上昇するにつれて照度は緩やかに低下するが、10mgを超えると急激な減少が見られる。特に、濃度が10mgから12.5mgにかけて照度が急激に下がっている。これらのことからテアニンの濃度が増すと光が通りにくくなり、照度が低下することが分かる。また、テアニン濃度と照度には逆相関の関係があり、この方法を用いることでテアニン濃度を簡易的に定量することができると考えた。

3 実験② 抽出温度の違いによる緑茶の試飲テスト

3-1 目的

緑茶の抽出に適した温度は60～70℃と言われおり、抽出する温度によって成分の量が異なることも分かっている。文化祭を利用して多くの人に異なる温度で抽出した緑茶を試飲してもらい、おいしさについての官能検査を実施することにした。

3-2 方法

- (1) 茶葉 30 g に水 750mL を注ぐ。
* A：水道からそのまま出した常温の水(約27℃)、B：緑茶に適した温度(60～70℃)、C：温度はポットからそのまま出した熱湯(約90℃)の3種類とした。
- (2) 1分半後ろ過し別の容器に移し替え、常温になるまで放置する。
- (3) 試飲後アンケートに回答してもらう。
* アンケート項目は以下のとおり。

基本情報	調査項目 (A～Cそれぞれのお茶について)	総合評価
年齢 (高校生・20代・30代・40代・ 50代・60代以上)	味の濃さ (0 非常に薄い～4 非常に濃い)	最もうまみを感じたお茶 (A・B・C・分からない)
性別 (男・女・その他・回答しない)	うまみ (0 全く感じない～3 非常に強く感じる)	最も好みだったお茶 (A・B・C・分からない)
普段緑茶を飲む頻度 (ほぼ毎日・週に数回・月に数回・ ほとんど飲まない)	飲みやすさ (0 非常に悪い～4 非常に良い)	味の違いは感じましたか (全く感じない・少し感じる・ はっきり感じる)
	好み度 (0 全く好みでない～3 非常に好み)	感想

3-3 結果と考察

表2 官能検査の結果（アンケートの総回答数 29 人：内高校生 13 人）

	A	B	C
味の濃さ	2.66	3.48	4.59
うまみ	2.34	2.28	1.83
飲みやすさ	3.97	2.52	1.69

官能検査の結果、飲みやすいと評価されたお茶 A は、うまみを感じたと回答した人数が多く、逆に飲みにくいと評価されたお茶 C では、うまみを感じたと回答した人数が少なかった。また、飲みやすさに関する 5 段階評価において、お茶 A とお茶 C の間には約 2.0 の差が見られた。

お茶 A のように飲みやすいと評価されたもののほど、うまみを感じる人が多い傾向が見られたことから、飲みやすさが味の評価にポジティブな影響を与えている可能性があり、飲みやすいと感じる度合いが、うまみの知覚に影響を与えている可能性が示唆される。

4 まとめと今後の展望

緑茶の試飲テストの結果から得られた人が感じるうまみの強さと、テアニン濃度に関係があるのかが検証できていない。実際に試飲テストに用いた緑茶にそれほどのテアニンが含まれているかを測定したい。

5 参考文献

- ・お茶 取扱説明書 2022 年 10 月 13 日放送 あしたが変わるトリセツショー（NHK）

岐阜市長良川の水難事故多発地点についての考察

～河床構造、流速の解析から分かること～

大垣北高校 自然科学部長良川班

森啓恭 坂口日南 大坪つばさ 金森良太郎 藤井悠貴

1 はじめに

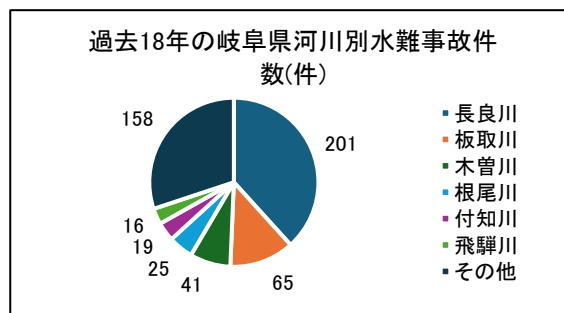
長良川では水難事故が多く起こっており、危険な河川であるという認識が私たちの中にあった。実際に、岐阜県庁河川課水政係がまとめた 2003 年から 2020 年の 18 年間の岐阜県の河川別水難事故件数では、長良川が岐阜県での水難事故の約 4 割を占めていることが分かった。

そこで昨年度から、岐阜市の長良橋周辺で河床構造の解析を行い、水難事故との関係性を調べてきた。長良橋周辺を調査の対象に選んだのは、長良川の中でも水難事故が比較的多い地点であることに加え、交通アクセスが良く、川遊びやバーベキューなどを楽しみにやって来る人が多いためである。

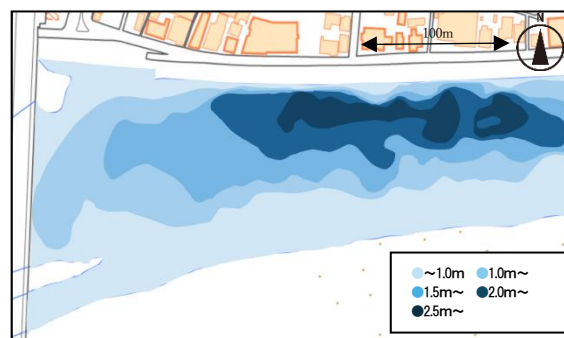
水深を計測し、0.5m ごとに等深線を引いて水深の変化を視覚的に確認できるよう作製した地図が図 2 である。左岸から川幅の 4 割程度までは水深 1.0m 未満と浅いが、その場所以降等深線同士の間隔が狭くなっているため、右岸側に向かって急に深くなっていることが分かった。このことから、安全

だと思い込み川に入ってしまった人が水深 1.0m 程度のところで足を滑らせたり、急に深みにはまったりすることで、パニックになり重大な事故につながるのではないかと考えた。

今年度の研究では、昨年度調査した長良橋周辺の河床構造の再調査に加え、流速も計測し、水難事故との関連性について考察すること、また長良橋周辺と同様に水難事故が多く起こっている岐阜市千鳥橋周辺でも同様の調査を行い、2 地点の共通点や相違点を調べることを目的とした。また、調査の結果を行政機関と共有し、今後の水難事故防止に役立てることができればよいと考えている。



【図 1 水難事故に関するデータ】



【図 2 昨年度作製した地図】

2 長良橋周辺の調査

2-1 長良橋周辺の河床構造の再調査

長良橋周辺の河床構造が時間の経過に伴い、どのように変化するかを確認するため、同じ地点で半年の期間をおき、467 地点で水深の計測を行った。

2-1-1 方法

水深の計測は、ソナーによって川底までの距離を測ることができる魚群探知機をインフレーター SUP(以降 SUP とする)に取り付け、河川上を進んで計測した。また 10 秒のインターバルで撮影できるように設定したカメラを組み合わせ、魚群探知機のモニターを撮影して水深を記録した。水深のマッピングには登山地図アプリの YAMAP を利用した。YAMAP はスマートフォンで利用でき、GPS によって主に登山の軌跡を地理院地図上に記録することができるアプリである。また、時間も記録されるため、スマートフォンとデジタルカ

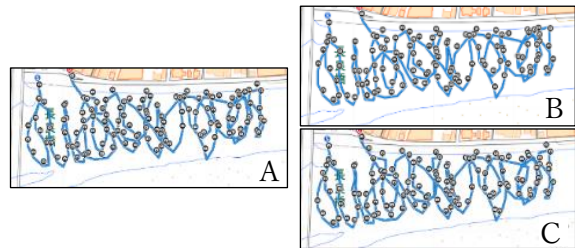


【図 3 SUP の設備】

メラの時刻を秒単位で合わせておくと、デジタルカメラで撮影した画像を地理院地図上にマッピングすることができる。この際 YAMAP の仕様上、距離が近い写真は地図上の同じ地点に統合されてしまうため、画像を 30 秒おきに A、B、C の 3 つのグループに分け、更に YAMAP の GPS のログを複写して 3 つにし、それぞれに別のグループの画像をマッピングした(図 4)。

YAMAP で得られたデータをもとに、地図上に水深を書き込み、すべてのポイントで得られた水深をひとつの地図上に記録した。最終的には昨年度と同様に、0.5m ごとに異なる色で塗り分け、等深線を引いた(図 5)。

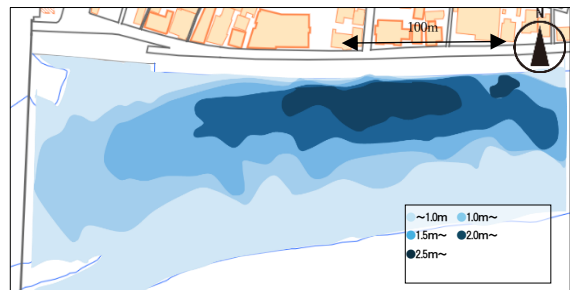
データの収集は 2025 年 4 月 26 日に行った。長良橋よりすぐ上流の右岸側にある水位計から読み取った。この日の長良川の水位は海拔 14.64m であった。昨年度作成した地図と比較するために、2024 年 9 月 8 日の水位である、海拔 14.47m を基準として補正した。



【図 4 計測地点 2025 年 4 月】

2-1-2 結果

上記の作製した地図を昨年度の地図と比較すると、等深線の分布が若干異なるもの、川幅の左岸側から 4 割程度までは水深 1.0m 以下であることや、その後右岸側にかけて急に深くなり、川の右岸側は水深 3.0m を超えることを確認することができた。このことから長良橋周辺の河床構造は、半年経っても全体の傾向に変化がないことが分かった。そのため、急に深くなる地点といった危険な場所はある程度把握することが可能であると考えた。



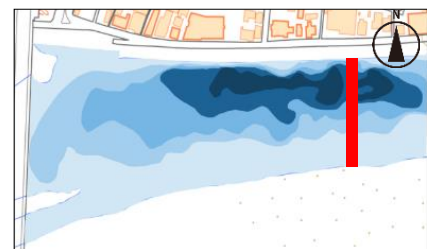
【図 5 作製した地図 2025 年 4 月】

2-2 長良橋周辺の流速の計測 1

水深に加え流速の計測も行うことで、水難事故の発生要因についてさらに理解を深められると考え流速の計測を行った。

2-2-1 方法

河川上の移動には水深を計測した時と同様に SUP を用いた。計測地点へ SUP で移動した後、錨で SUP を固定し、流速計を用いて各地点の流速を計測した。計測地点は左岸側から右岸側に向けて進む際、水深の変化が大きい一直線上とした(図 6 の赤の線)。流速計と 10 秒のインターバルで撮影をするように設定したカメラを組み合わせ、流速計のセンサー部を約 30cm の深さに沈め、計測を行った。このような方法をとった理由は、流速計の値が一定ではないことを考慮したためである。また、各地点の流速は、得られたデータ中の最大値を用いる。これは私たちが用いる流速計は、プロペラの回転数により流速を算出するものであり、プロペラが回転し始めた時点の流速の値が極端に小さくなっていたためである。



【図 6 流速の計測地点】

2-2-2 結果

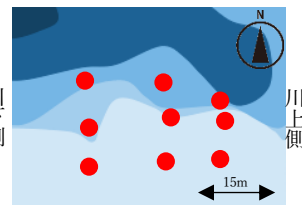
各地点における流速は表 1 のようになった。長良橋周辺の流速は、水深の浅い左岸側では遅く、水深の深い右岸側では速くなっていることが分かった。水深 2.0m 地点では 0.97m/s であり、3 地点のうち最も流れが速いことが分かった。ただし、最も流れの速い地点では錨で SUP を固定することができずに計測不能となった。一般人が泳ぐ速度は 1m/s 程度と言われているため、長良橋周辺の流速が最も早い地点では、川の流れに逆らって泳ぐことは難しいと考えられる。

【表 1 流速の計測結果】

水深(m)	流速(m/s)
2.0	0.97
1.5	0.75
1.0	0.26

2-3 長良橋周辺の流速の計測 2

2-2-1の方法では、SUPが川の流れの影響を受けてしまい、正確な値を得ることができないと考えた。また、実際に人が多く遊びに来る左岸側の水深の浅い地点での流速の計測が重要であると考え、再度計測することにした。



【図7 流速の計測地点】

2-3-1 方法

計測方法は2-2-1と同じであるが、今回はSUPを用いず、ライフジャケットを着るなどの安全対策を施したうえで直接人が指定の計測地点に立ち、流速を計測した。なお、計測地点は各15mほど距離をとった川上側、中央、川下側の各3地点のそれぞれ水深0.5m、1.0m、1.5mで合計9地点である。

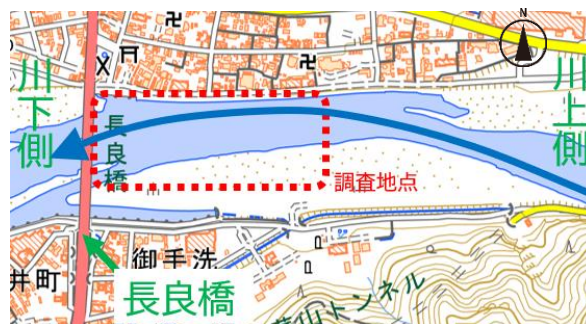
2-3-2 結果

結果は表2となった。長良橋周辺左岸側の流速は、水深の浅い左岸側は遅く、水深の深い右岸側は速くなっていることが分かった。また、各水深の川上側と川下側を比べると、川上側が速くなっていることが分かる。

今回調査している地点は、川が大きくカーブしている地点の一部で、川は外側の流れが強いので、図8の青色の矢印で示した地点が特に流れが強くなっている。そのため、この線から離れたところはより流れが遅くなっていることが分かる。このことが水深の浅い地点の流速が極めて小さかった原因と考えられる。

【表2 流速の計測結果】（流速 m/s）

	川下側	中央	川上側
1.5m	0.11	0.51	0.51
1m	0.10	0.26	0.26
0.5m	0.05	0.15	0.11



【図8 長良橋周辺の全体図】

3 千鳥橋周辺の調査

3-1 千鳥橋周辺の河床構造の解析

長良橋より上流にあり、水難事故が多く発生している千鳥橋周辺での河床構造の解析を行った。長良橋周辺との共通点や相違点を探ることで、水難事故との関係性をより深く理解することができると考えた。

3-1-1 方法

計測方法は長良川の河床構造を解析した方法と同じである。データの収集は2025年7月5日、7月6日に行った。合計756地点で水深の計測を行った。長良橋よりすぐ上流の右岸に設置されている水位計の値を参考に、5日の水位を基準とし、6日の計測値を補正して記録した。千鳥橋周辺は全体的に水深が長良橋周辺の水深よりも深かったため、等深線同士の間隔を1.0mごとにした。また、水深5mを超える地点では、水深の変化が大きく、等深線が過密になっているため、等深線を記載しなかった。



【図9 計測地点】



【図10 マッピングの様子】

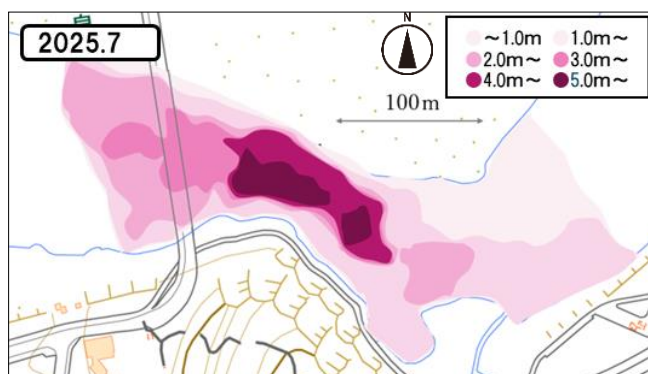


【図11 千鳥橋周辺の様子】

3-1-2 結果

作製した地図が図 12 である。右岸の東側では水深 1.0m 辺りの浅い地点が川全体に続いていることを確認できた。一方、川幅が狭くなっている地点では、等深線同士の間隔が急に狭くなり、水深が一気に 5.0m 以上にまで深くなっていることが分かった。最大水深は 11.7m で、これは長良橋周辺を 2024 年に調査した際の最大水深 2.8m の約 4 倍である。また、右岸側の岸から、川幅の 2 割程度までは川底を視認できた。

これらのことから、岸から川底を確認して浅く安全であると錯覚し、川幅の狭いところに進んで行って一気に深みにはまったことで水難事故が起これしまうと考えた。



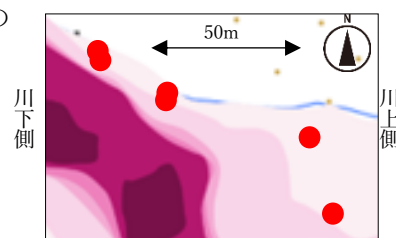
【図 12 作製した地図】

3-2 千鳥橋周辺の流速の計測

長良橋周辺と同様に水深に加え流速の計測も行うことで、水難事故の発生要因についてさらに理解を深められると考え、流速の計測を行った。

3-2-1 方法

流速の計測方法は長良橋での計測 2-3-1 と同様である。計測地点は、人がよく川遊びをしているエリアで各 40m ほど距離をとった川上側、中央、川下側と各 3 地点のそれぞれ水深 0.5m、1.0m で合計 6 地点である。



【図 13 流速の計測地点】

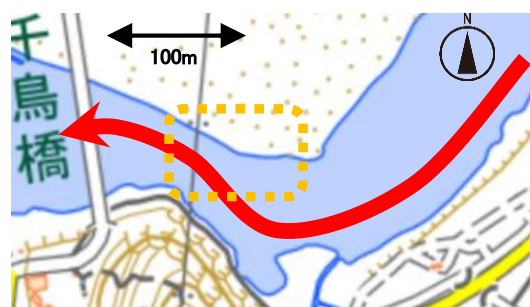
3-2-2 結果

各地点における流速の結果は表 3 のようになった。千鳥橋周辺の長良川の流速は、水深 1.0m では川上側の地点ほど流れは速くなっており、水深 0.5m では川下側の地点ほど速くなっていることが分かった。川上側の水深 1.0m で流速が速かった要因として、ほぼ同じ地点で計測した中央、川下側と比べ水深の変化が緩やかで、川の中央付近で計測したことが理由として考えられる。

これらのことから川の主な流れは図 14 のようになっていると考えられる。図の赤色の矢印が川の主な流れ、黄色の枠内が今回流速を計測した位置である。

【表 3 流速の調査結果】(流速 m/s)

	川下側	中央	川上側
0.5m	0.76	0.22	0.09
1.0m	0.34	0.41	0.51



【図 14 千鳥橋周辺の全体図】

3-3 千鳥橋周辺で発生する渦について

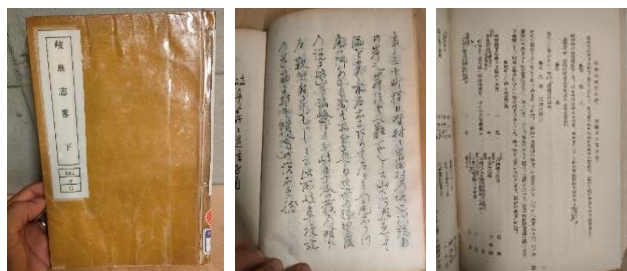
長良橋周辺と、千鳥橋周辺の水の流れを見ると、長良橋周辺では目立った渦が確認できないことに對し、千鳥橋周辺では水深が最も深いあたりの水面に多数の渦が生じていることが分かった。雨が降った後、少し増水した際に左岸の遊歩道から川を眺めると渦の様子がよりはっきりと見て分かる。また、水量が落ち着いた際に、SUP に乗りパドルを漕ぐのをやめると、回転しながら流される様子が確認できた。これはおそらく川が大きくカーブしていること、また、水深が急激に深くなっていることによるものだと考えられる。そこで、千鳥橋周辺で発生する渦について調べることにした。

3-3-1 江戸時代に記録された文献より

岐阜市の歴史に詳しい、長良雄総の護国之寺の住職、廣瀬良倫さんの紹介で、「岐阜志略」という書籍に長良川の記載があるということで、調べることにした。これは松平秀雲が記し 1747 年(延享 4 年)に成立した岐阜町の事跡を詳細に記述した地誌である。

この中に、千鳥橋周辺の川の流れに関する記述を見つけた。ここには「岐阜山鏡岩下より船にて東へ上ること三十町程、日野村_岩田村の境也。川端南の岸也、岸づたへ難所也_云。山下川瀬急にて渦をまく所左右にありて、左うづ尾、右うづ尾は河あさく成り、其所を云へり。

(“_” は旧字体のため記載不可)」と記載がある。この記載内容から考察すると、千鳥橋周辺は古来より複雑な水の渦が発生しており、物資運搬などでその場所を通るうえでの難所であったことが分かった。このことから千鳥橋における水難事故の要因のひとつは昔から地元の人々に知られていた、起伏の激しい河床構造を原因とする複雑な川の流れとにあると考えた。



【図 15 岐阜志略】

3-3-2 新聞などで得られた情報より

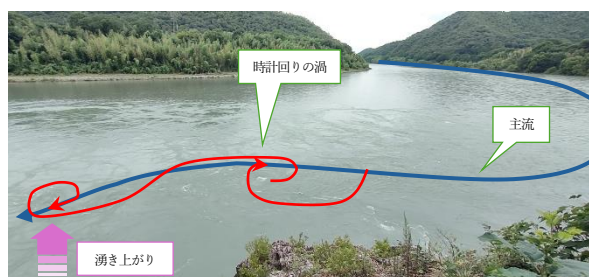
更にメディアコスモスの岐阜新聞のデータベースから、千鳥橋周辺に関する記事を探したところ、2003 年 9 月 24 日の記事の中に、当時岐阜大学流域圏科学センターの藤田裕一郎教授による、千鳥橋周辺で発生する渦の研究が紹介されている記事を見つけた。そこで藤田教授の論文をいくつか拝読したところ、以下のようなことが分かった。

- ・千鳥橋のすぐ上流に、左岸側から小支川が流入しているため、ワンド状になっている。
- ・ワンド状になっている影響で、この付近では左巻きの渦が発生している。
- ・右岸側では水が湧き上がるような動きがあり、水面上の流れは、本来の流れに逆らう流れが発生しており、この付近の複雑な河床形状とよく対応している。
- ・急激に水深が深くなっており、高低差が 10m ほどもあるような岩がこの箇所には点在している影響で、複雑な渦が発生していると考えられる。
- ・両岸から離れた位置にロープで固定して設置した観測ボートが前後に移動し、回転する様子がみられた。この動きは周期的に起こっており、約 23.5 秒周期であった。



【図 16 千鳥橋周辺の全体地図】

この報告は、今回私たちが行った河床構造の調査の結果や、渦の観測結果と実によく対応していることが分かる。改めて、千鳥橋周辺では川が大きくカーブしており、かつ急激な水深の変化があるために、非常に複雑な水の流れや渦が形成されていることが分かった。



【図 17 千鳥橋周辺の渦の様子(増水時)1】



【図 18 千鳥橋周辺の渦の様子(増水時)2】

4 まとめ

長良橋周辺の河床構造は昨年度の計測から半年間経過したところ、特徴は大きく変化していないことが分かった。よって、急な深みなど危険な箇所はある程度決まっており、その把握が可能ということが分かった。流速は、水深が深くなるにつれ速くなる傾向があった。長良橋周辺の長良川は川が大きくカーブしている場所の一部であり、カーブの外側の流れが速くなっているため、右岸側の水深が急に深くなり、流れが速くなっている要因と考えた。

千鳥橋周辺の河床構造は、右岸東側は岸から川幅の半分程度のところまで水深 1.0mの地点が続いていることが分かった。一方川幅が狭くなっている地点は、水深が急に深くなっており、深い地点では水深 11m以上と大きな水深の起伏があることが分かった。流速は、川上側では深い地点が、川下側では浅い地点の流れが速くなっていた。これは、千鳥橋周辺は川が急にカーブしている場所であり、川幅や水深の急な変化によって複雑な流れとなっていることが原因として考えられる。地誌や論文の調査も踏まえ、少なくとも江戸時代より難所であることが知られていたことや、複数の向きが違う渦が発生していることが分かった。

2 地点の共通点は水深が 1.0m未満の浅瀬が川岸から川幅の半分程度まで続いており、一見すると安全そうに見えることである。また近くに駐車場があり、車で川岸までのアクセスが容易で、多くの人が訪れることである。

相違点は、長良橋周辺は岐阜市の中心市街地の近くにあり、公共交通機関で行くことも容易で、放課後遊びにきた学生や散歩ついでに訪れる姿が多いことに対し、千鳥橋周辺は公共交通機関で行くことは難しく、車で大掛かりなボートやバーベキューセットを持ち込む若者が多いことである。大多数はライフジャケットを着用しておらず、適切な安全対策を施さないまま軽い気持ちで水遊びをしている事が多い。また千鳥橋周辺に訪れる人は、バーベキューをし、その際飲酒をしたうえで川に入る人もおり、危険度はさらに増すといえる。現に長良橋周辺では中学生や 10 代の若者が事故にあっていることに対して、千鳥橋周辺では、30 代 40 代の外国人の方が事故にあっている例が多い。

これらのことから、長良橋周辺は訪れる人がとても多く、水深も浅くほとんど流れがないため安全だと思い込みどんどん水深の深い場所に入ってしまうこと、千鳥橋周辺は、水深が深く流れも速いため危険を感じやすいにもかかわらず、気分の高揚で判断力が鈍ることで重大な水難事故に繋がっていると考えた。

長良川の水難事故多発地点における河床構造や流速の調査を通して、共通点や相違点があることを見つけることができ、それによって水難事故の発生要因も変わることが分かった。今後の展望として、研究結果をもとに消防や観光関係、教育委員会の方々と協力して、失われる命を一つでも減らせるよう小中学校、高等学校への注意喚起のリーフレットの配布や水難事故多発地点付近の駐車場に危険を知らせる看板の設置など、啓発活動を進めていきたいと考えている。

5 参考文献

岐阜県警察 “水難事故”. 岐阜県ホームページ. 2024

<https://www.pref.gifu.lg.jp/site/police/4179.html> (20250924 閲覧)

岐阜県庁河川課水政係 “水難事故の状況”. 岐阜県公式ホームページ. 2021

<https://www.pref.gifu.lg.jp/page/27316.html> (20250924 閲覧)

河川財団ホームページ

<https://www.kasen.or.jp/mizube/tabid118.html> (20250924 閲覧)

岐阜志略 松平秀雲 (20250927 閲覧)

藤田裕一郎. 水難危険個所に内在する複雑な河床地形と流れの様相とに関する調査. 2011 (20250924 閲覧)

藤田裕一郎. 河川における大規模渦運動の実態解明に向けた ADCP 計測について. 2011 (20250924 閲覧)

ワイングラスに注ぐ溶液による固有振動数の変化

可児高校科学部 田村 凌雅

1. はじめに

液体を注いだワイングラスの縁を濡れた指でこすることで音を発生させるグラスハープという楽器がある。グラスハープの音の高さは、一般的に水の量やガラスの種類によって変わるといわれている。私は、それ以外にもグラスハープの音の高さを決める要因があるのではないのかと思いこの研究を始めた。

2. この研究の目的

この研究により、グラスハープの音の高さを決める要因を明らかにし、計算によって音程を調整できるようにすることを目的とする。これによりグラスハープを楽器としてより使いやすいものにできるのではないかと考えた。

3. 仕組み

グラスハープの仕組みは、ワイングラスのふちを、指で擦ったときに生じる摩擦によってガラスが振動して音が鳴るという仕組みである。これは、共振という現象と深くかかわっており、摩擦による振動がガラスの固有振動数と一致したときに大きな音を出して振動する。



実験で使ったワイングラス
質量 160,2g
固有振動数 1137Hz

4. 実験

ワイングラスに注ぐ溶液の体積とその種類によってどのように音程が変化するかを調べるために次の実験を行った。

手順 1 次の4種類の溶液を準備した。

① 消毒液(密度 0.8), ②水(密度 1.0), ③砂糖水(密度 1.13), ④クエン酸水溶液(密度 1.13)

手順 2 各溶液①～④ごとにワイングラスにまず 10ml 入れ、指でこすり音の高さを計測する。

手順 3 計測が終わったら、中に入っている溶液を 10ml ずつ増やし、グラスの体積が満杯になるまで同様の測定を繰り返す。

5. 結果

結果は表 1 のようになった。

表 1 各溶液の体積と固有振動数の関係 (①～④)

① 消毒液 (密度 0.8)

消毒液 [ml]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
固有振動数 [Hz]	1128	1126	1121	1122	1122	1117	1108	1086	1068	1060	1042	1016	995	971	942	913	880	840	811	726	672	636	598	564

②水道水 (密度 1.0)

水 ml	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
固有振動数 [Hz]	1125	1131	1114	1126	1126	1114	1100	1080	1070	1060	1042	1010	985	961	928	896	866	830	788	740	658	616	570	528

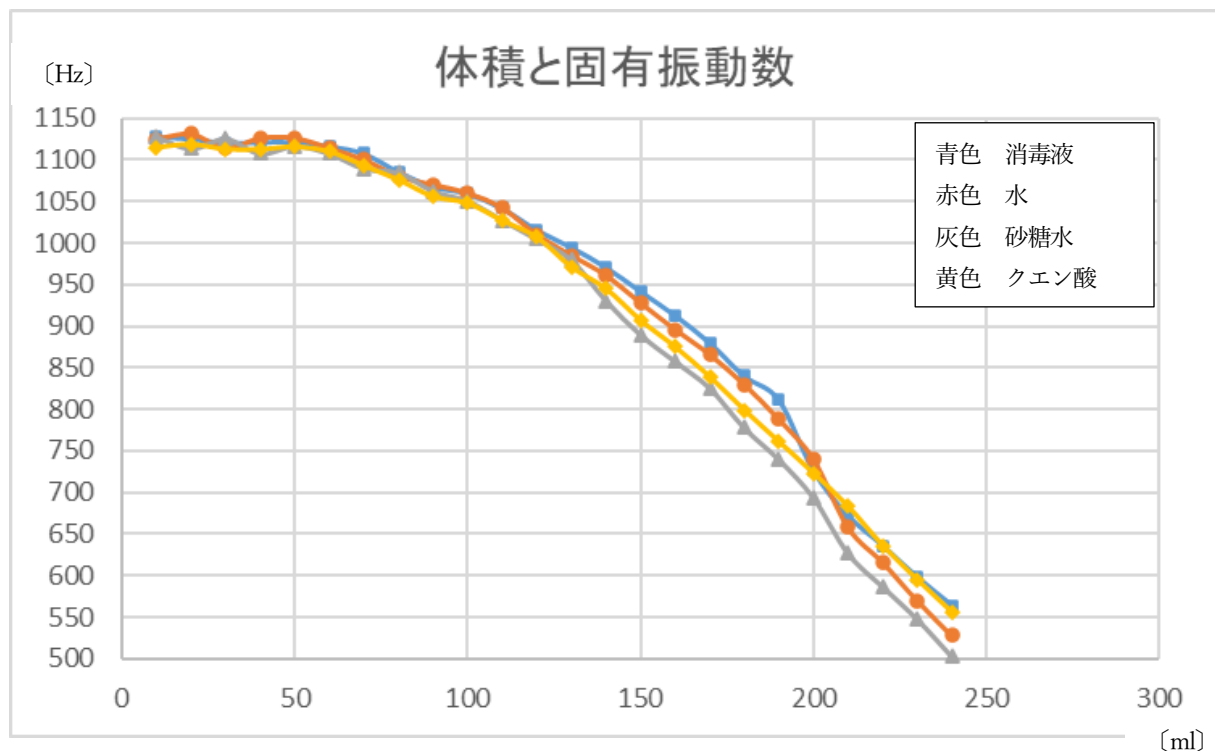
③砂糖水（密度 1.13）

砂糖水 [ml]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
固有振動数 [Hz]	1128	1114	1126	1108	1117	1108	1090	1085	1063	1051	1028	1005	980	931	890	858	826	778	740	694	627	587	548	503

④クエン酸水溶液（密度 1.13）

クエン酸 [ml]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
固有振動数 [Hz]	1115	1119	1113	1113	1116	1110	1093	1076	1056	1048	1027	1007	971	945	907	875	839	799	761	723	683	636	595	556

上記結果をグラフ 1 に示した。

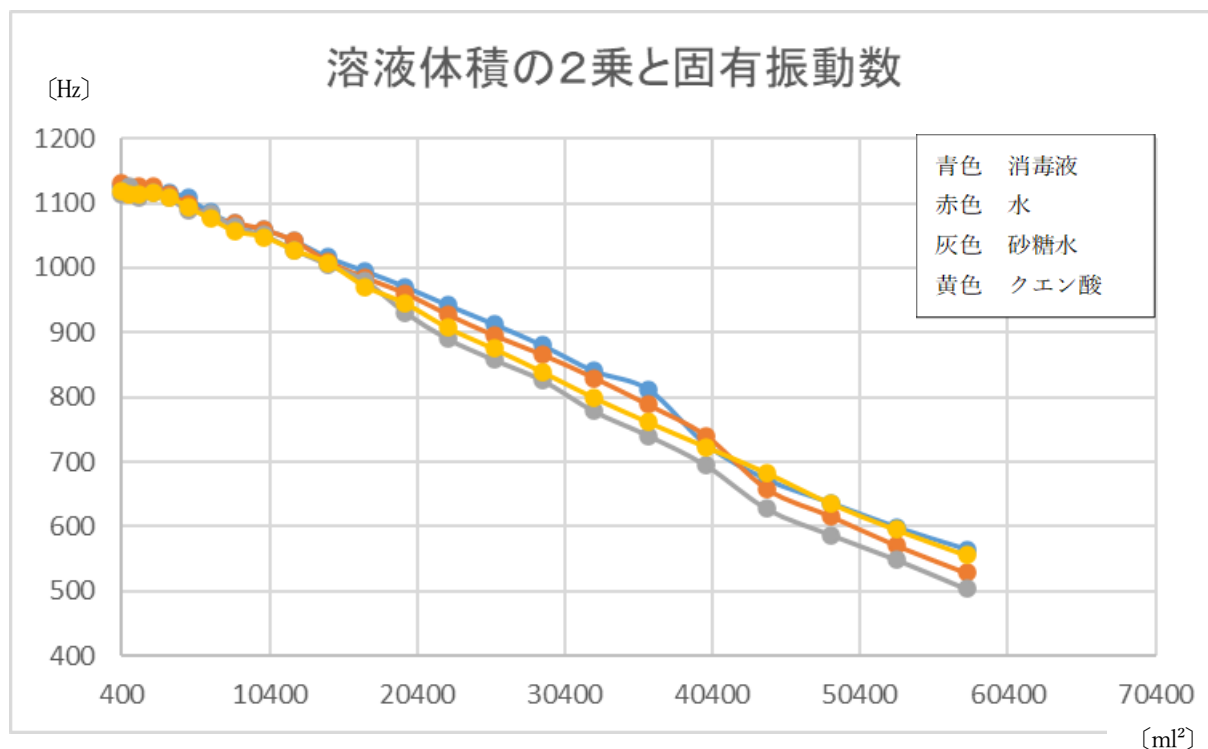


グラフ 1 溶液の体積と固有振動数の関係

すべての溶液で注がれた体積が多ければ多いほど固有振動数は低下しているということが分かった。また、密度の大きい溶液のほうが、固有振動数の変化の割合が大きいという傾向も分かった。

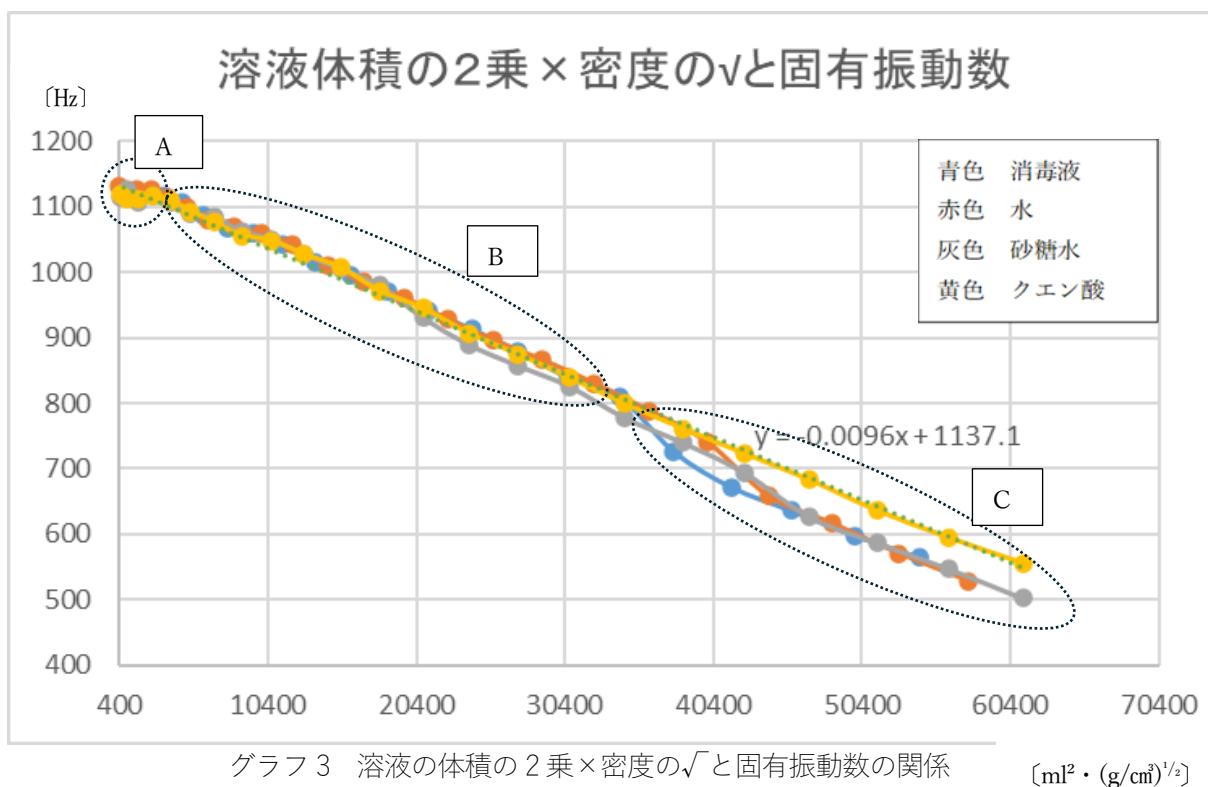
6. 考察

この結果から、注がれた溶液の体積と固有振動数に深い関係があると考えられる。グラフ 1 の各曲線は 2 次関数であるように見える。そのため、体積の 2 乗を横軸にとり固有振動数との関係をあらためて書き直したものがグラフ 2 である。



グラフ 2 溶液の体積の 2 乗と固有振動数の関係

グラフ 2 から、固有振動数と体積の 2 乗との関係が、溶液ごとにほぼ直線となっていることが確認できた。また、密度の大きい溶液の傾きが大きく、密度が小さい溶液の傾きは小さい傾向があると言える。そこで、グラフ 2 の結果に密度との関係を加えグラフ 3 を得た。グラフ 3 の横軸は、〔溶液の体積の 2 乗×密度の平方根〕である。



グラフ 3 溶液の体積の 2 乗×密度の√と固有振動数の関係

〔ml²・(g/cm³)^{1/2}〕

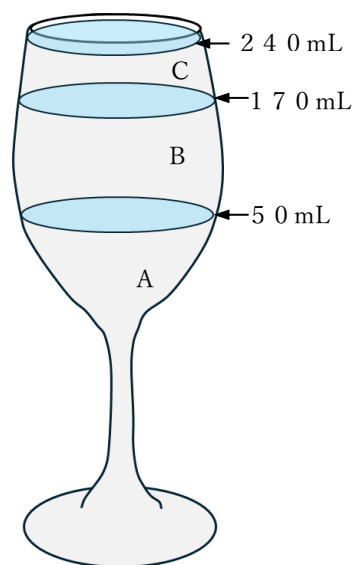
グラフ 3 を丸で囲った A, B, C, 3つの領域に分けて考察を行う。
A の範囲は、注いだ溶液の体積が 0 mL からおよそ 50mL まで、B の範囲は、50 mL からおよそ 170 mL まで、C の範囲は 170 mL から 240 mL までの範囲である。

また、グラフに書かれている数式は、クエン酸水溶液のグラフの近似直線である。

A では、グラフの傾きが B 領域の直線から外れ傾きが水平に近くなっている。実際の測定値（表 1）より、溶液を注いでも 50mL 付近まではあまり振動数の変化が見られなかったことを意味している。つまりワイングラスのボウルの底部分に溶液を注いでもその影響はあまりないと考えられる。

次に B では、4 種類のすべてのグラフが重なり、ほぼ 1 本の直線となった。したがってこの範囲では、溶液の種類に関係なく、固有振動数と溶液との関係が 1 つの数式で表現できる可能性が出てきた。

最後に C では、クエン酸以外のグラフの傾きが C 領域の左上のあたりでガタつき、近似直線からはずれてしまった。しかし、はずれた後のグラフでも近似直線とほぼ同じ傾きで 1 本の直線にまとまっている。これについて 2 つの理由を考えた。一つ目は、グラスの特性により本来このようなガタついたグラフになるということだ。大きく傾きが変わった 190 mL から 200 mL 地点では、グラスの直径が小さくなりすぼんでいる。そのため、この部分では他と大きく傾きが変わる可能性が考えられる。2 つ目は、測定の中でのミスだ。今回の実験では、100 mL のメスシリンダーを使い、10 mL ずつを順に加えて計測をしていたので、測定時に溶液の体積の誤差が積もり、C の部分でのズレにつながった可能性があると考えられる。



10. 結論

A の部分では、注がれた溶液がワイングラスのボウルの底の部分に溶液がたまっているため、ワイングラスの固有振動数に溶液の影響がほぼないと言える。

B の部分では、すべてのグラフが直線となり、クエン酸水溶液の近似直線とほぼ同じになった。したがって 4 種類の溶液について、固有振動数の変化を一つの数式で表すことが可能となった。このグラスにおいて、B では $Y = -0.0096X + 1137.1$ が成り立つ。（ $X = \sqrt{\rho V^2}$ を表す。）（ ρ は溶液の密度、 V は注がれた溶液の体積、 Y は振動数を表す。）

C の部分では、クエン酸水溶液以外のグラフがガタついて、近似直線から外れてしまった。しかし、外れた後のグラフでは 3 つの直線が 1 本となり、しかもクエン酸水溶液の近似直線と傾きがほぼ同じになった。これらのことから、C の部分での規則性は今回の実験では明らかにできなかったが、再実験の結果次第では、B の直線上に一致する可能性があると思われる。

11. 今後の展望

今回の実験では、主に溶液の種類とワイングラスに注ぐ溶液の体積による音の高さの関係性について研究した。そこで、4 種類の溶液を使用したのだが、結果をまとめるには種類が不十分である。そのため、今後はさらに多くの様々な溶液を使って実験をしたい。また、今回は密度が 3 種類の溶液で

実験をしており、それらの溶液の密度も水道水と大きく変わった値ではない。そのため、密度のより大きい溶液や、より小さい溶液でも同じようなことが言えるのかを調べる必要がある。そのほかにも、グラフ3でのCの部分では、左上の部分でクエン酸以外のグラフがガタつき、クエン酸水溶液の近似直線から外れる部分があった。しかし、右下の部分ではすべてのグラフが1本に重なり近似直線と傾きがほぼ同じになった。今のところ、再実験によりCの左上の部分でのガタつきがなくなりすべてのグラフが近似直線に近くなると考えている。そのため、このC部分の結果が正しいのかを確認するためにも再実験をおこなっていききたい。

今回の実験で得られた結果は、実験で使用したワイングラスでのみ当てはまるため、ほかのワイングラスでも同様の結果が得られるかどうかを検証していききたい。

12. 参考資料

- ・YouTube チャンネル グラスハープ ハリーポッター Harry Potter チャンネル名 murayu74

ドローンによる微小マイクロプラスチックの回収と分析

岐阜県立八百津高等学校（自然科学部）
水野玄規・長尾快生・田中温大

1 はじめに

本校は木曾川が長野県から岐阜県に入った 30km ほど下流の峡谷の高位段丘に位置し、グラウンドの南側はスギやヒノキの人工林やアカマツの二次林が広がっている。その二次林には曲がりくねった山道が一本あり、4km ほど歩いていくと学校のグラウンドと同じ大きさの農業用ため池がある。

本校自然科学部は 5 年前から、このため池での環境調査を行っており水質調査や生物相調査を行ってきた。水質調査の結果、様々な種類のマイクロプラスチックを発見することができ、昨年度までに地域の環境フェアや高校生による研究発表会で報告してきた。

今年度は、ため池の微小マイクロプラスチックを解明するため水中ドローンを利用した。また、新たにドローンを用いて、大気中の微小マイクロプラスチックの回収を行い成分分析した。

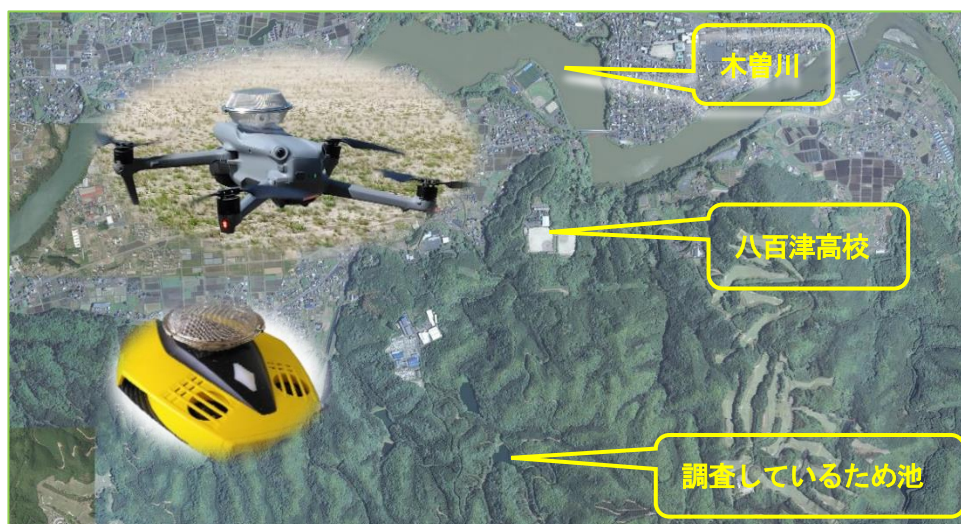


図 1 研究概要図

2 背景と目的

マイクロプラスチック (以下 MPs) には 2 種類あり、マイクロビーズのようにもともと細かい粒子として製品化された一次的 MPs と私たちが生活の中で利用していたプラスチック製品が風化や摩擦、紫外線によって細分化され直径 5mm 以下の大きさになった二次的 MPs である。小さくなくてもプラスチックとしての性質は変わることなく、自然には分解されないまま地上に残るか大気中を漂っている。そして、雨などの影響で川を下り海に流れ着いた MPs は海洋ゴミとなって永久的に海に留まるため、海洋汚染の原因となっている。もし、MPs が海から陸に戻るとすれば、海の生物の体内に蓄積された MPs が食物連鎖を通して、陸で生活している私たち生物の体内への循環が考えられる。昨年度までの研究結果から、MPs の発生起源は多岐にわたるが私たちの生活を豊かにしている製品であったことがわかった。私たちは衣食住に関わる容器包装プラスチックはもちろん、衣類や家具、自動車の部品などのエンジニアリングプラスチックなど、プラスチックなしでは生活できない環境にある。今年度は、2 種類のドローンを活用し、1.0mm 以下の大きさの微小 MPs の回収・分析を行う。図 2 に示す通り、私たちは汎用性の高い容器包装プラスチックを NR 染色し UV 光下で成分分析することができる。



図 2 プラスチック検索表

3 方法

ため池の MPs については、水中ドローンに目開き 1.0mm の茶こしボールを装着し、茶こしボールの中に空孔の大きさの異なる 5 種類の多孔質物質を入れ粒子表面に吸着させることで回収する。5 種類の多孔質物質は空孔の直径が 2nm 以下のゼオライトと活性炭、空孔の直径が 2nm～50nm のシリカゲル、空孔の直径が 50nm 以上の溶岩(軽石)と観賞魚用ろ過材のセラミックリングである。水中ドローンの走行については、約 10 分間行う。また、MPs を吸着させた多孔質物質については、30%過酸化水素水(H_2O_2)に 1 週間浸けることで有機物を除去する。その後、過酸化水素から蒸留水に置換し、超音波洗浄機で 20 分洗浄してから 50℃で乾燥させる。50℃で乾燥させる理由は、図 3 に示す通り、さまざまな容器包装プラスチックのガラス転移温度より低い温度で乾燥させることで、MPs にダメージを与えないためである。

ドローンによる大気中の微小 MPs の回収については、水中ドローンと同様に空孔の直径の大きさが異なる 5 種類の多孔質物質で行う。そして、高度によって回収できる MPs が異なると思われるため、上空 10m、50m、100m から回収する。また、大気中には有機物の漂流は少ないと考え、30%過酸化水素水による有機物除去は省略する。

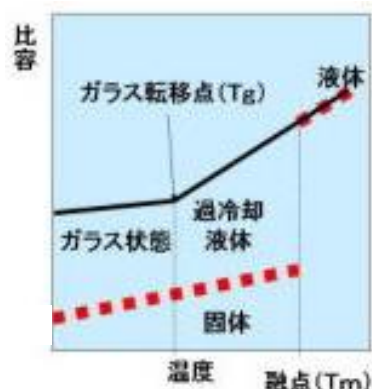


図 3 ガラス転移温度

4 結果と考察

水中ドローンによるため池にある微小 MPs の回収結果を表 1 に、ドローンによる大気中に漂う微小 MPs の回収結果を表 2～表 4 に示す。

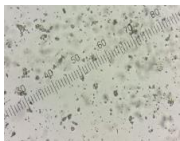
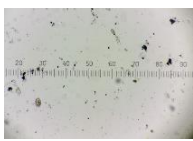
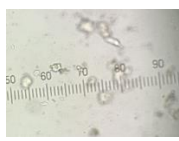
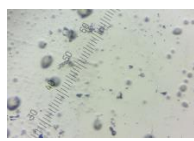
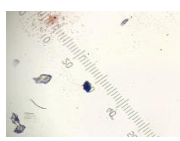
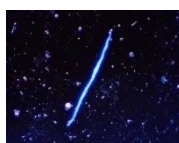
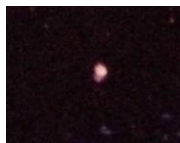
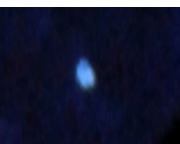
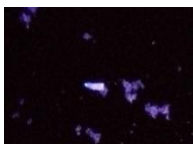
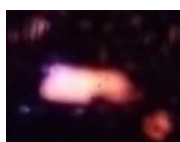
表 1 水中ドローンの結果(光学顕微鏡 150 倍)

多孔質 種類 条件	ゼオライト マイクロポーラス 空孔 2nm 以下	活性炭 マイクロポーラス 空孔 2nm 以下	シリカゲル メソポーラス 空孔 2nm～50nm	溶岩(軽石) マクロポーラス 空孔 50nm 以上	セラミック マクロポーラス 空孔 50nm 以上
対照区					
可視光					
UV 光 + NR 染色					

水中ドローンに 5 種類の多孔質物質を装着し微小 MPs を回収した。その後、超音波洗浄機で剥離させた。対照区との比較から多孔質物質の破片の量と大きさにもばらつきがあった。また、破片は微小 MPs を探すときの目安になるが、UV 光を反射することがあるため微小 MPs と見間違えないようにする。そして、溶岩についてはカンラン石などの有色鉱物が混入していることがあるため注意が必要である。よって、5 種類の多孔質物質の特徴を理解して、大気中の微小 MPs の回収に用いる。

表 1 の UV 光を照射した結果から、回収できた MPs はポリエチレンテレフタレート(PET)とポリスチレン(PS)であり、昨年度までの解析結果と同じであった。

表2 ドローンの結果(光学顕微鏡 150 倍)

多孔質 種類 条件	ゼオライト ミクロポーラス 空孔 2nm 以下	活性炭 ミクロポーラス 空孔 2nm 以下	シリカゲル メソポーラス 空孔 2nm～50nm	溶岩(軽石) マクロポーラス 空孔 50nm 以上	セラミック マクロポーラス 空孔 50nm 以上
可視光 による 破片					
上空 10m UV 光＋ NR 染色	 長径 40 μm	 長さ 320 μm	 長さ 450 μm	 長径 150 μm	 長径 50 μm
上空 50m UV 光＋ NR 染色	 長径 30 μm	 長径 80 μm	 長さ 130 μm	 長径 150 μm	 長さ 200 μm
上空 100m UV 光＋ NR 染色	 長径 40 μm	 長径 40 μm	 長径 300 μm	 長径 250 μm	 長径 50 μm

ゼオライトの結果から、上空 10m では長径 40 μm の PET が回収されていることに対して、上空 50m では長径 30 μm の PET が回収された。また、活性炭やシリカゲルの結果から上空 10m では長さ 300 μm 以上の PET 繊維が回収されていることに対して、シリカゲルやセラミックの結果から 200 μm 以下の PET 繊維が回収された。これは、地上から舞い上がった MPs が風の影響で軽いほど高くまで飛んで行ったからだと思われる。また、ゼオライトと溶岩(軽石)の回収結果を比較すると、ゼオライトから回収された微小 MPs は長径 40 μm 程度であるのに対して、溶岩(軽石)から回収された微小 MPs は 200 μm 程度であった。これは、多孔質物質の空孔が小さいほど小さな MPs が回収されたためである。

微小 MPs の成分分析の結果は、PET が一番多く、次いで PS であった。これは、ため池で発見した MPs と同じ結果であり、大気中を漂っていた MPs がため池にやってきたことを証明できた。PET の形状は球状もしくは繊維状であり、ペットボトルなどの破片もしくは再生繊維である。また、PET と PS の密度は 1.0g/cm³ より大きく、水と同じ程度であるが PET は薄いか繊維状であり、PS については 99% もの空気を含む発泡スチロール(EPS)であることで大気中を漂うことができる。ほかにもポリプロピレン(PP)やポリエチレン(PE)と思われる微小 MPs も見られたため、私たちが日常生活で利用している容器包装プラスチックが細分化されて上空 10m から 50m 付近を漂っていると考えられる。

ただし、上空 100m で見つけた微小 MPs は大きさから私たちの生活で使われていたプラスチック製品が細分化されたもの以外に、風に乗ってやってきたものがあると思われる。特にシリカゲルや溶岩(軽石)から見つかった微小 MPs は長径が 300 μm ほどである。地上付近の季節風の影響もあれば、強い西風である偏西風に乗ってやってきたかもしれない。

よって、光学顕微鏡 150 倍での観察では、数 10 μm から数 100 μm ほどの MPs が観察でき、大気中を漂う 30 μm ～ 40 μm のスギ花粉などと比較することができる。さらに微小な MPs を発見するため、10 μm の黄砂や 2.5 μm の PM2.5 との比較することを目的に、光学顕微鏡 600 倍で観察することにした。

光学顕微鏡 600 倍で観察した試料を可視光線化で観察した。表 3 の結果に示した通り、対照区と比較すると微粒子が増えているように見える。また、マイクロメーターの 1 メモリが $2.5\mu\text{m}$ であることから、 $2.5\mu\text{m}$ 程度の大きさの微粒子であることがわかった。 $2.5\mu\text{m}$ の大きさは大気汚染の一つである PM2.5 の大きさと同じである。

PM2.5 というニュースなどの情報から、中国大陸から偏西風に乗ってやってくる大気汚染物質であると思っていたが、それだけが原因でないようである。自動車や工場の排気ガスや田畑の野焼きからできる一次粒子や、大気中に存在する気体が化学反応することで生成される二次生成粒子があり、そして二次生成粒子には植物が出す揮発性有機化合物 (VOC) といった自然由来のものがあることがわかった。

さらに PM2.5 は、私たちの健康への影響や気候変動にも関わっていることがわかった。粒子の大きさから肺の奥まで入り込み、呼吸器系や循環器系に悪影響がある。そして、大気中の水蒸気の芯となり雲を発生させ、温室効果の原因となっている。今後は、微粒子の成分分析を行い季節による変化や発生原因を考えていきたい。

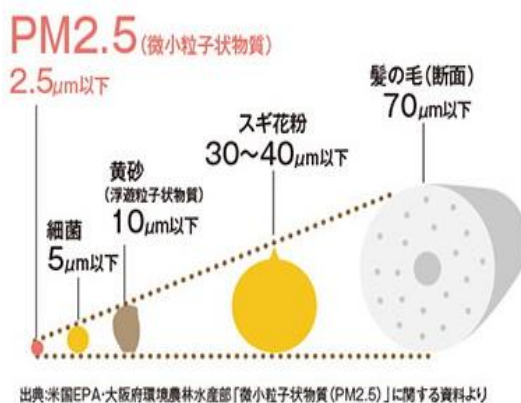
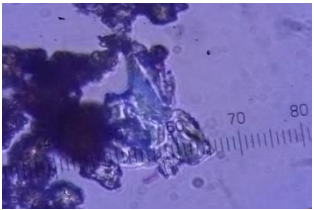
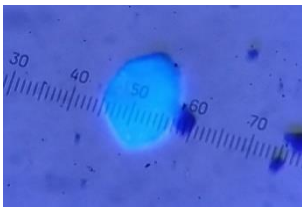
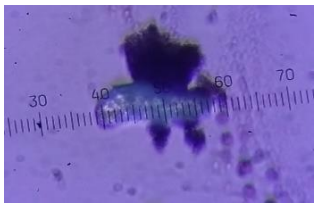
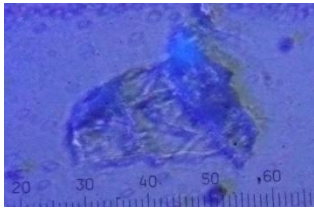
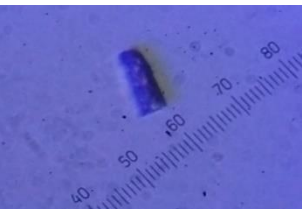
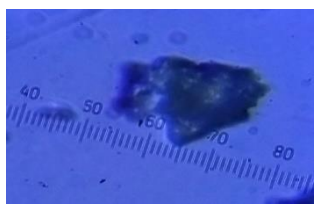
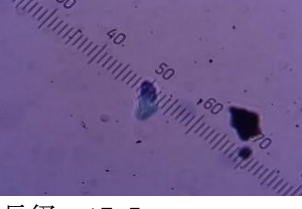
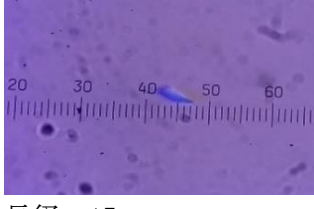


図 4 大気中の粒子

表 3 ドローンの結果 (光学顕微鏡 600 倍)

多孔質 種類 条件	ゼオライト ミクロポーラス 空孔 2nm 以下	活性炭 ミクロポーラス 空孔 2nm 以下	シリカゲル メソポーラス 空孔 2~50nm
対照区			
上空 10m 可視光			
上空 50m 可視光			
上空 100m 可視光			

表4 ドローンの結果(光学顕微鏡 600 倍)

多孔質 種類 条件	ゼオライト ミクロポーラス 空孔 2nm 以下	活性炭 ミクロポーラス 空孔 2nm 以下	シリカゲル メソポーラス 空孔 2~50nm
上空 10m UV 光 + NR 染色	 長径 35 μm	 長径 30 μm	 長径 42.5 μm
上空 50m UV 光 + NR 染色	 長径 75 μm	 長径 30 μm	 長径 62.5 μm
上空 100m UV 光 + NR 染色	 長径 25 μm	 長径 17.5 μm	 長径 15 μm

高倍率では焦点深度が浅いため、試料から MPs を探すのは難しかった。表4に結果を示すが、すべての微粒子が MPs であるとは言えない。はっきりと PET であると言えるのは上空 10m の活性炭、上空 100m の活性炭とシリカゲルから回収できた試料である。大きさは 15 μm から 30 μm で PM2.5 の 10 倍の大きさであり、黄砂との比較が適当である。黄砂は中国北西部の広大な砂漠地帯が発生源であり 3 月から 4 月にかけて偏西風に乗ってやってくるため、その時期に詳しく比較したい。

ただし、表4にある試料は MPs でないにしてもポーラスの破片ではないため、大気中に漂っている何らかの微粒子である。この微粒子の正体を明らかにしていきたい。試料作成時に過酸化水素による処理を行っていないため、自然由来の有機物もしくは我々の生活から出された家庭ごみが細分化された微粒子である可能性が考えられる。また、高度によっても異なる微粒子が存在していると思われる。低倍率による観察では、10m から 50m にかけて存在する MPs の大きさが小さくなっている結果となったが、高倍率による観察結果から高度と微粒子の大きさの関係性については、もっと多くの試料で検討していく必要があることがわかった。マクロポーラスからは PM2.5 の大きさに匹敵するような MPs は回収できないのではないかと考え、今回は行わなかったが空孔 50nm の表面への吸着の可能性は十分あるため、今後の実験からは行い空孔の大きさと吸着できる微粒子の大きさの関係性を明らかにしていきたい。また、低倍率と高倍率での観察結果に違いが出たことについても検証を重ねていく。

高倍率で見つかった MPs は成分分析の結果から PET のみであったが、容器包装プラスチックの細分化によってできる MPs は PS や PP、PE などが考えられる。季節変動も大きいと思われるので、季節ごとの統計を取ってきたい。また、富士山山頂付近で発見された MPs はプラスチックが劣化しやすい東南アジア由来が多いとの研究結果がある。MPs を含んだ空気が地表で温められ自由対流圏まで上昇すると、強い風に乗って広域に運ばれるようだ。富士山山頂付近では山頂部に積もった雪にも MPs が含まれていることが確認できている。私たちもため池から MPs を採取できているが、今年の冬は学校のグラウンドに積もった雪から MPs を採取したい。

5 今後の展望

上空 10m から 50m には地上から舞い上がった微小 MPs が多く、上空に行くほど小さな MPs が増える。また、上空 100m になると、偏西風に乗ってやってくる微小 MPs が見られるようになる。今後は季節による変化や微小 MPs 以外の大気中を漂う微粒子との関係性について調べていく。今回発見した大気中の微小 MPs の大きさは花粉もしくは黄砂くらいの大きさであったが、PM2.5 レベルの微小 MPs についても研究していきたい。図 5 は日本気象協会 HP にある PM2.5 の分布予測である。中国大陸で発生した PM2.5 が日本に入ってくる様子が色で表示しており、オレンジ色になるほど PM2.5 の濃度が高い。黄砂情報についても同様に HP 上で公開されており活用していこうと考えている。

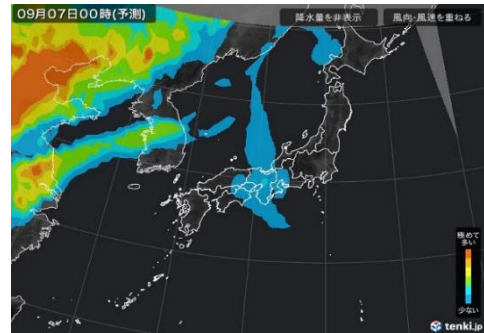


図 5 PM2.5 分布予測（日本気象協会 HP より）

地球の表層をぐるぐる循環している MPs は、さらに劣化し細分化されて地球の表層に永遠に留まる。MPs は呼吸器に入り込み、健康被害を及ぼす恐れがあり、紫外線で劣化すると温室効果ガスを発生させ、地球温暖化を加速させるといった研究結果が報告されている。発生源を突き止めたり、今ある MPs を除去したりすることに加え、プラスチックの使用量を減らし別の素材に置き換える必要がある。そのためにもこの研究を通して、MPs を可視化し広報活動を続けていく。

6 謝辞

研究を進める上で多くの方々からご支援ご指導をいただき、この場を借りて深く感謝申し上げます。ため池の調査では、中組・塩口共同ため池の管理責任者であるため池組合会長から調査許可をいただき、岐阜ドローンスクールの吉野孝彦氏には水中ドローンおよびドローンの操作方法を教えてくださいました。また、研究の一部は公益財団法人伊藤青少年育成奨学会からの活動助成を受けて行いました。

7 参考文献

- 1) 古山蒼亮ほか『山間のため池にあるマイクロプラスチックの研究Ⅲ』
- 2) 中嶋 亮太・山下 麗 海洋マイクロプラスチックの採取・前処理・定量方法 海の研究 (*Oceanography in Japan*), 29(5), 129-151, 2020, doi:10.5928/kaiyou.29.5_12911)
- 3) 吉里 尚子ほか『繊維状マイクロプラスチックの簡易検出法および粒子情報取得ツールの開発』i-NET vol. 61 MAY2022
- 4) Chunmao Zhu et al. Characterization of microplastics on filter substrates based on hyperspectral imaging: Laboratory assessments. *Environmental Pollution Volume 263, Part B*, August2020, 114296
- 5) Won Joon Shim et al. Identification and quantification of microplastics using Nile Red staining. *Marine Pollution Bulletin* 113(2016)469-476
- 6) 中嶋 亮太『海洋プラスチック汚染』岩波科学ライブラリー 岩波書店
- 7) 日本学術会議(2022. 4. 7)健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会『マイクロプラスチックによる水環境汚染の生態・健康影響研究の必要性とプラスチックのガバナンス』
- 8) 大塚 佳臣ほか『マイクロプラスチック汚染研究の現状と課題』水環境学会誌 Journal of Japan Society on Water Environment Vol. 44, No. 2, pp. 35-42(2021)
- 9) 大河内 博ほか『大気中マイクロプラスチックの実態解明と検鏡影響評価』大気環境学会誌 第58巻 第1号 (2023)
- 10) 堤 宏守研究室(バイオ機能高分子)ガラス転移点
https://ds.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~tsutsumi/99_blank017.html

部活動で天体観測をするには

～過去の観測記録から分かること～

岐山高等学校 自然科学部 地学物理講座（天文班）

森田幸雅 長友千幸 山崎彩紗 岩田眞依

1. はじめに

私たちは今年度、高校に入学して部活動を選択する際に、天体観測をしたいと考え、自然科学部（地学物理講座）へ入部した。しかし、入部して部活動として天体観測を行うのは様々なハードルが存在することを知った。

そもそも高校の一般的な部活動時間は、16時～18時ごろであり、この段階で夜空はまだ明るいことが多い。例えば6月10日の日没時刻は19時09分ごろであり、上記時間帯は日没前で、太陽や月、一部の惑星以外の観測は困難である。さらに日没直後は「薄明」と呼ばれ、まだ周囲は明かりなしで作業できる状態である。この状態は「常用薄明」または、「市民薄明」と呼ばれ、天体観測に適した時刻の始まりの目安となる「天文薄明」の終わりは、それぞれ表1のようになる。このように夏季は、活動時間の大幅な延長なしには天体観測は難しい。冬季は通常の活動時間内に日没を迎えるが、やはり天文薄明の終了時刻は通常の活動時間後になる。

部活動で夜間観測を行うためにはどうすればよいのだろうか。過去の先輩たちはどのようにこの問題を乗り越えていたのだろうか。

表1 各日付における日没時刻と天文薄明の終了時刻(2025年の場合)

	日没時刻	天文薄明の終了時刻
6月10日	19時09分ごろ	20時55分ごろ
8月10日	18時49分ごろ	20時23分ごろ
10月10日	17時12分ごろ	18時49分ごろ
12月10日	16時41分ごろ	18時11分ごろ

2. 本研究の目的

部活動の観測ファイルに保存されている過去の観測記録から、観測を行う上で必要になる条件を調査する。

3. 調査の方式

地学物理講座の観測ファイルに綴じられている観測記録シートには以下のような情報が記録されている。2017年より2025年まで約9年分の約61件の観測記録が保管されていた。

- ① 観測対象
- ② 観測日時
- ③ 観測場所（校内・校外）
- ④ 観測方法と使用機材
- ⑤ 観測における注意事項その他

これらの条件のうち、本研究では①～④についてまとめ、比較するなどして、観測を行うための条件を整理する。

4. 過去の観測記録シート

4-1 観測対象

以下、過去の観測対象の集計結果である。

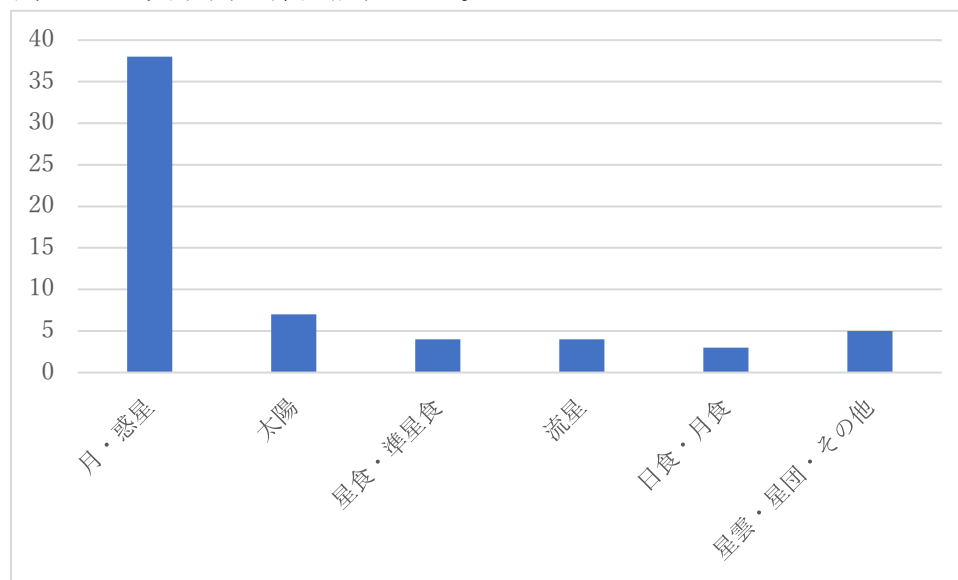


図1 記録より対象天体別の観測回数

記録シートをまとめると、図1のように様々な天体を対象に観測が行われていることが分かる。その中でも、月と惑星が観測対象となっている場合が、全体の半数以上を占めることが分かった。

記録シートを詳細に見ると、月の観測では、満ち欠けなど様々な条件を変えて観測されていた。他の天体と比べて、薄明時でも観測しやすい天体であることも、新入生の初観測や練習観測などで回数が多く記録されていることに繋がっていた。

また、月と同時に観測されている惑星について、その内訳を調べると図2のような結果となった。

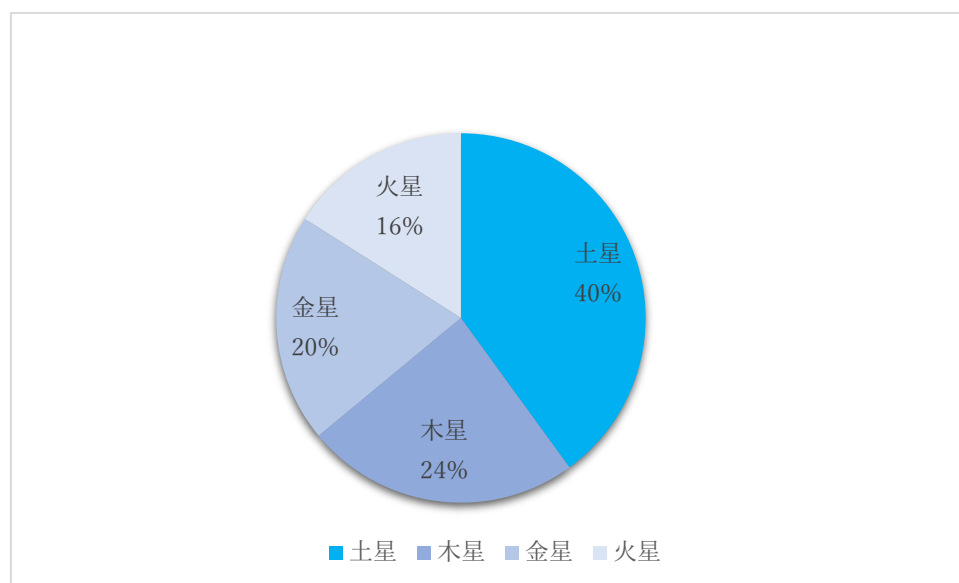


図2 記録より惑星別の観測回数

火星 4回 木星 6回 金星 5回 土星 10回 (月観測のみ 36回)

4-2 観測の開始時間

観測の開始時間（準備開始時刻）をまとめたものが図3である。観測の開始時間は、観測対象によって左右される要素であるが、日没前や薄明が続いている時刻である16時から17時にかけて準備を開始している場合が多いということが分かった。

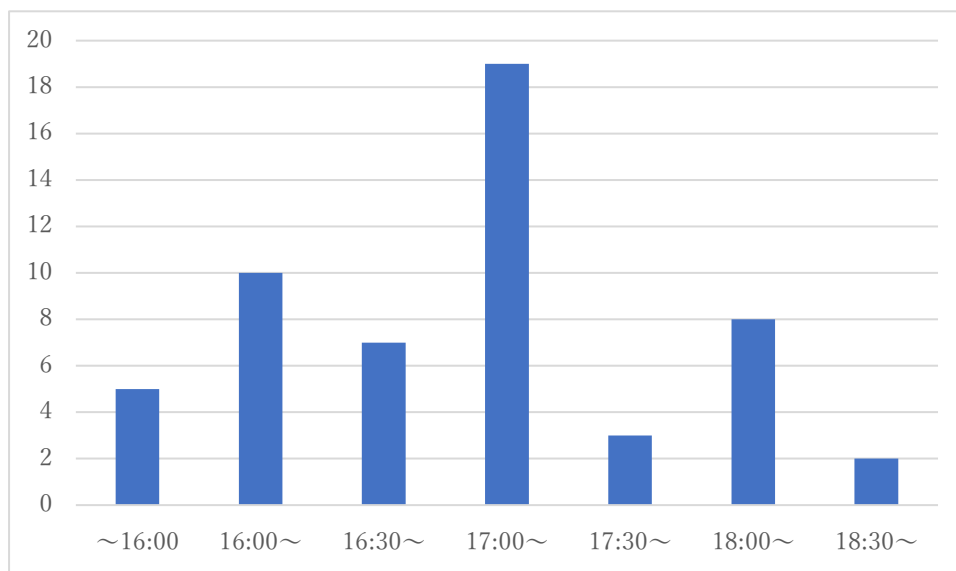


図3 記録より準備開始時刻別の観測回数

4-3 観測場所

観測場所についてまとめたものが図4である。主に渡り廊下が観測場所となって観測が行われていたことが分かった。ただし、この渡り廊下は校舎改築に伴い2023年夏に解体されており、現在の校舎に存在する渡り廊下とは高さや視界の広がり異なる。

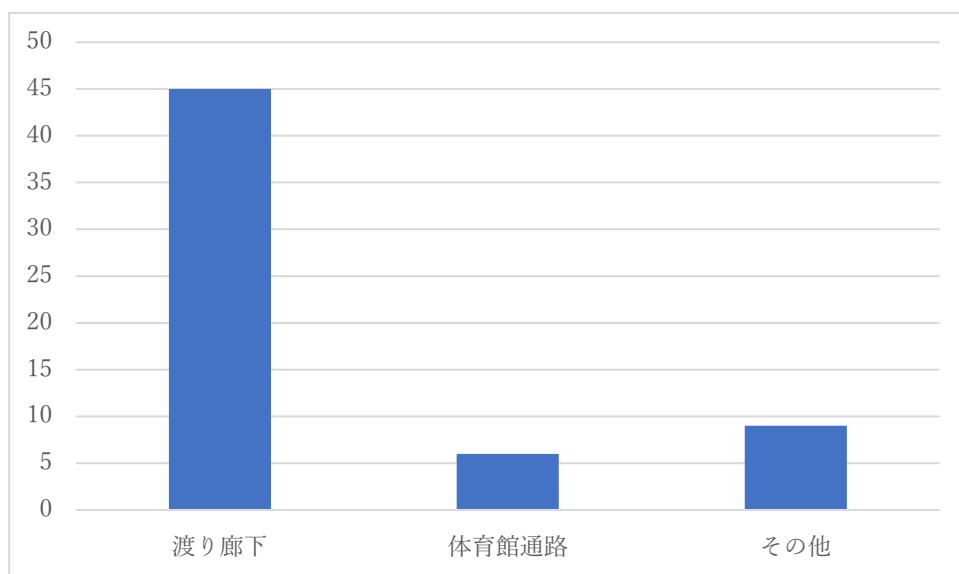


図4 記録より観測場所別の観測回数

4－4 観測機材



図5 部活動で所有している望遠鏡(鏡筒と赤道儀・経緯台)3台

図5に部活動で所有している主な望遠鏡を示す。鏡筒については右から8cm屈折望遠鏡(Vixen製)、20cm反射望遠鏡(Vixen製)、7cm屈折望遠鏡(SharpStar製)である。人数に合わせて複数の観測機材を使用している。なお過去、10cm屈折望遠鏡(Vixen製)を所有していたが、現在は使用していない。

画像の撮影機材に関しては、多くの観測でデジタル一眼カメラ(Canon製)、PCカメラ(ZWO製)の2種類が使用されていたことが分かった。

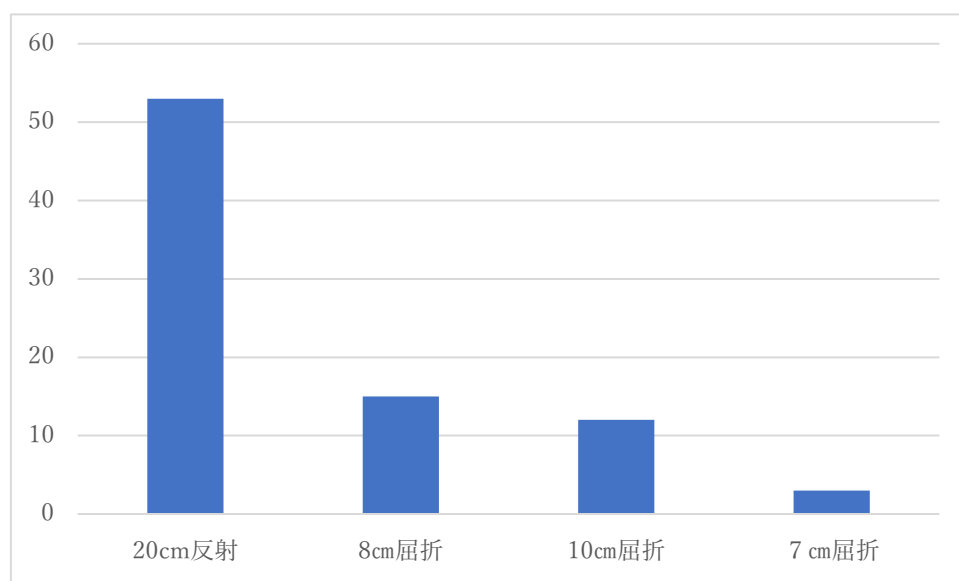


図6 記録より観測機器(鏡筒)別の観測回数

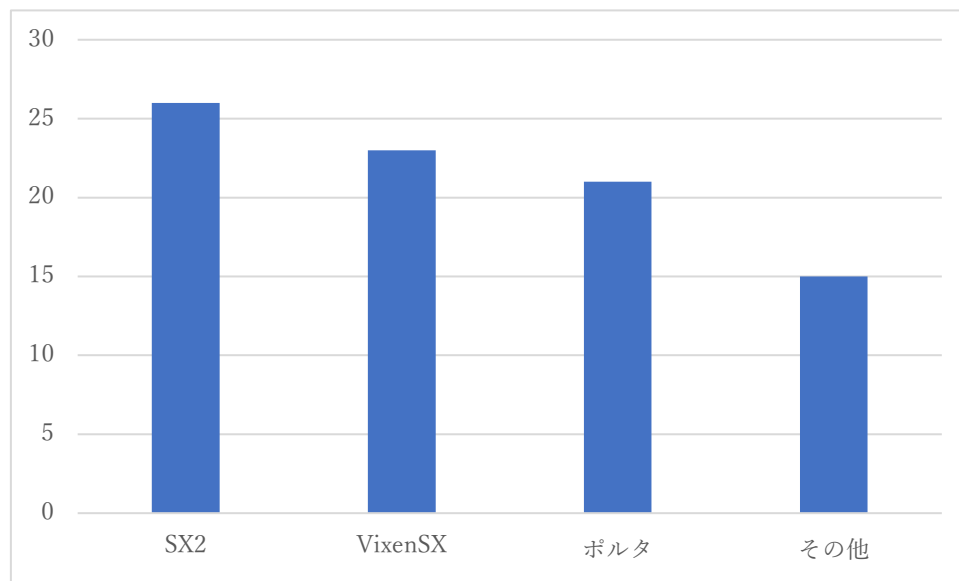


図7 記録より観測機器(赤道儀・経緯台)別の観測回数

5. 観測条件に関する考察

先に述べた過去の観測記録シートの内容をまとめると以下の様になる。

<観測対象>

月と惑星が圧倒的に多く、複数の対象を同時に観測する場合はほとんどである。

<観測時間>

観測対象によって左右される場合もあるが、16時から17時にかけて観測開始している。

<観測場所>

渡り廊下、体育館通路など校内でも空が広く見渡せる場所で行われていた。

<観測方法と使用機材>

方法に関しては、準備から片付けまで基本的な動きがある。その中で観測ごとに対象に合わせた機材が使用されていた。

上記の結果まとめから、観測に必要な条件を整理すると以下の様になる。この条件についてさらに検証するために、現在卒業生へのアンケートを実施している。

1. 部活動の時間で対象の天体を観測できること。
2. 観測を行うための手順が事前に定められていること。
3. 機材の運搬が可能な空が広く見える観測場所があること。
4. 観測に必要な機材があること。その機材の扱いについて準備から片付けまで習得していること。
5. 観測における注意事項が参加者で共有されていること。

6. 今後の展望

観測を行うための条件を導き出すために、過去のデータをまとめ、観測条件を整理した。この条件を踏まえて今後、本格的な観測を行っていきたいと考えている。

具体的な観測天体の候補としては、10月中旬～下旬の部活動時間に観測可能なレモン彗星(C/2025 A6)を予定している。この彗星は肉眼、双眼鏡等でも観測できる可能性が伝えられており、今後の研究につなげるために、撮影機材を使って画像データを取得したいと考えている。

7. 参照文献及びHP

- 天文年鑑編集委員会「天文年鑑 2025」 (誠文堂新光社) 2025 年
- 国立天文台・暦計算室 2025 年 10 月 10 日閲覧
<https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>

重心の位置を変えて紙飛行機を遠くに飛ばそう

岐山高等学校 自然科学部 地学物理講座（紙飛行機班）

西垣心温 五島陽南 山口大輝

1. はじめに

私たちは紙飛行機をより遠くに飛ばすことを目指している。先行研究を見たところ重心の位置を変えて実験していた。調べたところ、重心が先端にあると直進性が上がり、重心が後端にあると、ピッチングや失速が増加することが分かった。そのため、重心の位置を変化させることが必要であると考えている。先行研究では、紙飛行機に全長を8分割した位置に1円玉を貼り付け、飛行距離と飛行軌跡を調べていたが、私たちは、紙飛行機に10円玉と100円玉全長を10分割した位置に貼り付けて飛ばし、飛行距離だけを調べることにした。

2. 本実験の目的

本実験の目的は、紙飛行機の重心の位置を変えることで、飛行距離にどのような影響があるのかを調べ、重心の位置と飛行距離の関係を明らかにし、紙飛行機がより遠く飛ぶ重心の位置を求めることである。

3. 実験に使った道具

- ・ 割り箸 (20.3cm) 2本
- ・ 紙 (A4)
- ・ 輪ゴム 4本
- ・ 10円玉
- ・ 100円玉
- ・ クリップ
- ・ カッターナイフ
- ・ セロハンテープ
- ・ ガムテープ
- ・ メジャー
- ・ 両面テープ
- ・ スタンド

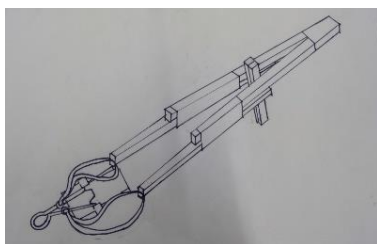


図1 発射装置



図2 使用した紙飛行機



図3 紙飛行機の展開図の表



図4 紙飛行機の展開図の裏

4. 発射装置の製作

次の5つの材料(20.3cmの割り箸2本、輪ゴム2本、クリップ、カッターナイフ、ガムテープ)を用いて、発射装置を製作した。私たちが製作した発射装置は、先行研究である、秋田県立由利高等学校の「重心と紙飛行機」のゴム式カタパルトを参考に製作した。

〈製作手順〉

- ① 1本の割り箸を先端から3cmの位置で切る。
- ② もう1本の割り箸のくっついている方を1cm程ガムテープで巻き、割れないようにする。
- ③ ①で切った割り箸の先端を②のもう片方の割り箸の間に挟む。

- ④ ①で切った割り箸の先端の小さい方の側面に切り込みを入れる。
- ⑤ ④の割り箸をもう片方の割りばしと 3 cm 程重ねてガムテープで固定し、長さを確保する。
- ⑥ ⑤の行程を終えたものをガムテープで巻いていない方の先端の切り込みに輪ゴムを左右に 1 つずつテープでつける。
- ⑦ 割り箸につけた輪ゴムをクリップの針金の部分に左右 1 つずつ括りつける。
- ⑧ 厚紙を縦 5 cm、横 2 cm に切り、クリップに挟む。

5. 実験方法

〈実験 1〉

全長 30cm の紙飛行機に 10 円玉(4.5g) 1 枚を先端から 0 cm の場所にセロハンテープでつけ、発射装置で飛ばし、記録を取る。先端から 0 cm 以降の場所も同様に行う。この時、飛ぶ前の紙飛行機の後端から飛んだ後の後端の長さを飛行距離とする。

実験 1 では、10 円玉の位置を先端から 3 cm ずつ 10 段階(0 cm、3 cm、9 cm、12cm、15cm、18cm、21cm、24cm、27cm)に変化させて計測した。紙飛行機はサイズが A4 の紙で折り、実験を行った。

〈実験 2〉

実験 1 と同様の紙飛行機に 100 円玉(4.8g) 1 枚を先端から 0 cm の場所にセロハンテープでつけ、発射装置で飛ばし、記録を取る。先端から 0 cm 以降の場所も同様に行う。この時も、実験 1 と同様後端から後端までの長さを飛行距離とした。

実験 2 では、100 円玉の位置を先端から 3 cm ずつ 10 段階(0 cm、3 cm、9 cm、12cm、15cm、18cm、21cm、24cm、27cm)に変化させて計測した。

〈紙飛行機の重心の求め方〉

紙飛行機にセロハンテープで 2 つの異なる点に輪ゴムをつけ、輪ゴムをスタンドに挟んで線を引く。輪ゴムが引く力と重力がつりあうため、それぞれの輪ゴムの延長線上が交わる点を重心とした。

6. 結果

折れ線グラフはそれぞれ飛行距離の平均を表している。上段は、実験 1 で 10 回飛ばした時、下段は、実験 2 で 10 回飛ばした時の飛行距離の平均を表している。グラフは縦軸が飛行距離(cm)横軸は硬貨の位置(cm)である。また、棒グラフはそれぞれ紙飛行機が裏返った回数を表している。上段は、実験 1 で 10 回飛ばした時紙飛行機が裏返った回数、下段は、実験 2 で 10 回飛ばした時紙飛行機が裏返った回数を表している。グラフは縦軸が回数(回)横軸は硬貨の位置(cm)である。

表 1 重心の位置

	0cm	3cm	6cm	9cm	12cm	15cm	18cm	21cm	24cm	27cm
10 円玉	11.6cm	12.3cm	13.4cm	14cm	14.8cm	15.7cm	16.7cm	18.7cm	19.3cm	21.1cm
100 円玉	10.7cm	12.3cm	13cm	14cm	14.1cm	15.7cm	17.5cm	19cm	20.3cm	20.8cm

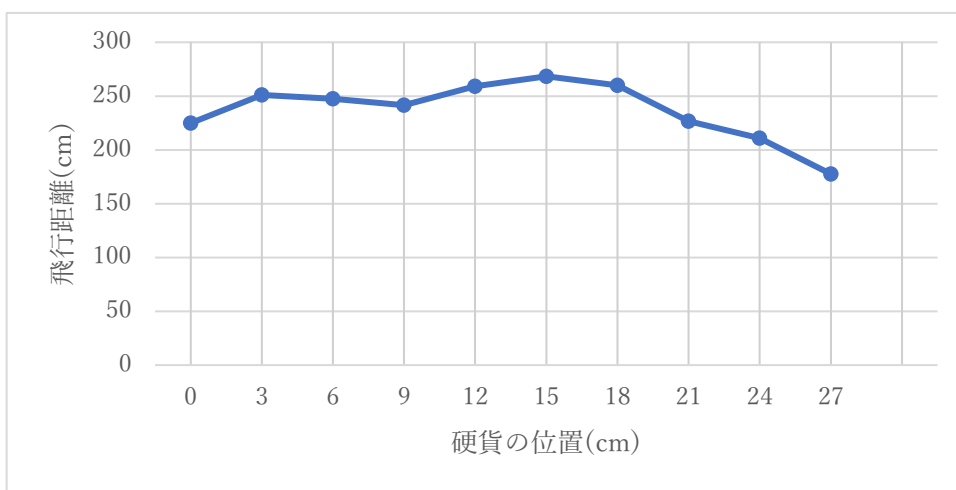


図5 実験1の飛行距離の平均

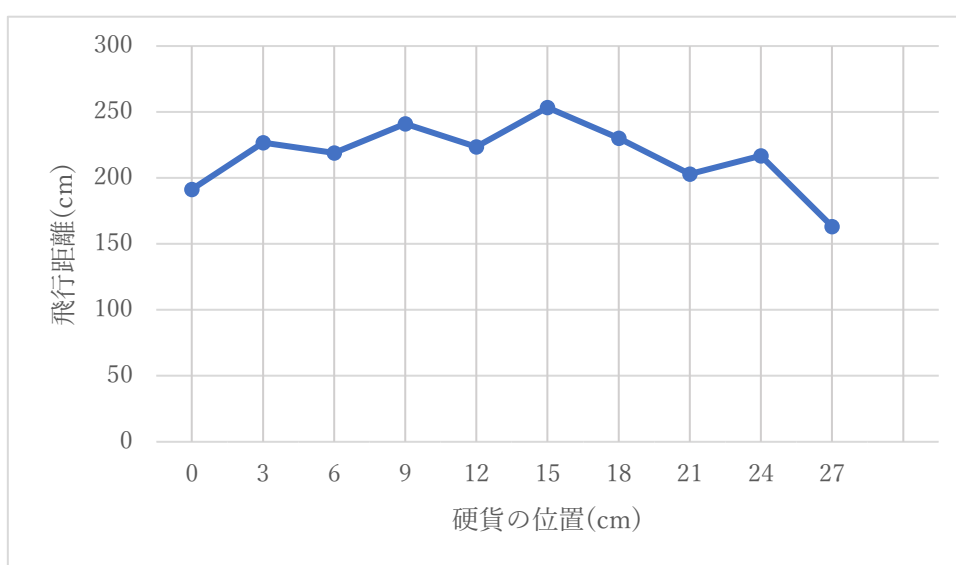


図6 実験2の飛行距離の平均

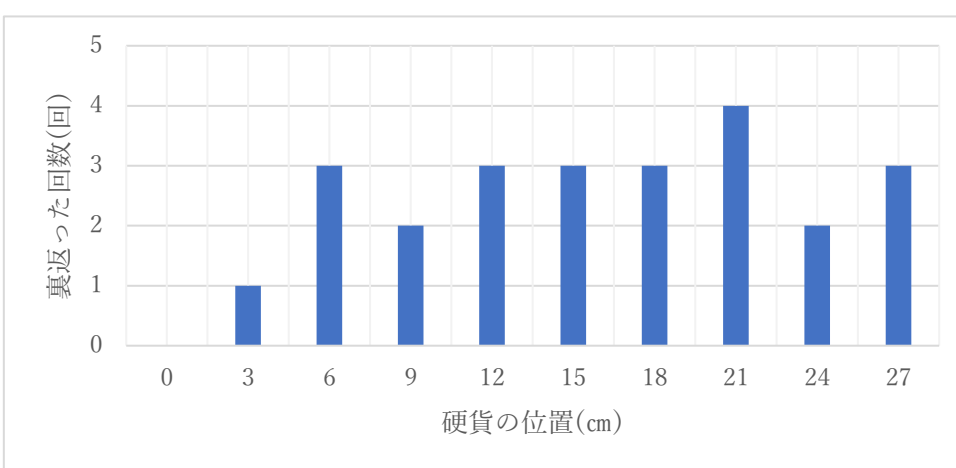


図7 実験1で紙飛行機が裏返った回数

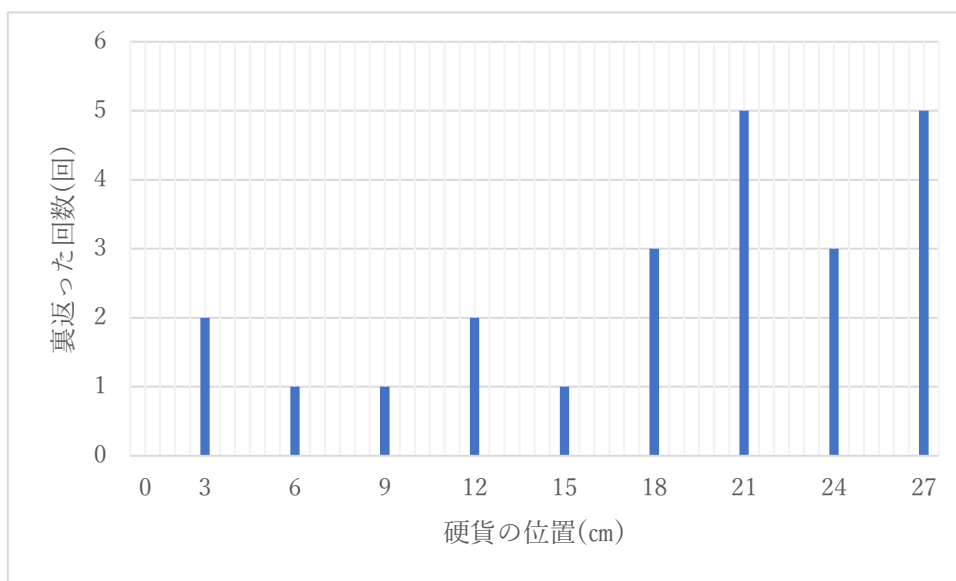


図8 実験2で紙飛行機が裏返った回数

7. 考察

この紙飛行機の全長は30cmである。図5、6から、硬貨の位置が15cmの時に飛行距離が長いことが分かる。硬貨の位置が15cmの時、重心は10円玉の時も100円玉の時も15.7cmである。よって、重心が紙飛行機の中心付近にある時に飛行距離が長いことがわかる。また、図8から硬貨の位置が18cm～27cmの時、平均値(2.3回)を上回っている。硬貨の位置が18cm～27cmの時、紙飛行機が裏返って着地し、飛行距離も短かった。

8. 今後の展望

今回は紙飛行機の重心の位置を変えることで、飛行距離にどのような影響があるのかを調べることができた。また、紙飛行機がより遠く飛ぶ重心の位置を求めることができた。

重心の位置が、紙飛行機の中心に近くなるほど、より遠く飛ぶことが考えられるため、硬貨の位置を3cm以下にした場合も実験する必要がある。また、他の紙飛行機の形でも同じ実験を行う必要がある。また、重心の位置が後方の時、裏返った回数が多かったため、裏返って着地する時の条件を調べたい。

今回の実験を行って3つの疑問が残った。1つ目は硬貨の位置が3cmの時、飛行距離が長かった点である。2つ目は100円玉を使用した時より、10円玉を使用した時の方が長く飛んだ点である。3つ目は真っ直ぐに飛んだ時とカーブしながら飛んだ時と斜めに飛んだ時で飛行距離に違いはあるのかという点である。

9. 引用文献・参考文献

- ・ 重心と紙飛行機-秋田県立由利高等学校 研究論文
yuri-h.akita-pref.ed.jp/yuri-h-cms/assets/uploads/2022/03/2902-kamihikoukipdf

ルミノール反応と過酸化水素濃度の関係

岐阜県立岐山高等学校 自然科学部化学講座

山田 琴未 多田 遥

1. はじめに

私たちは主に鑑識の血痕検出に使われているルミノール反応について研究している。この反応は反応速度が速く化学反応がすぐに終わってしまうことが難点であった。そこで私たちはルミノール反応における酸化剤である過酸化水素の濃度がルミノール反応の発光に影響を与えているのではないかと考えた。

そのためまず私たちはこのルミノール反応で過酸化水素濃度が照度や発光時間にどのような影響を及ぼすかを調べることにした。実験では過酸化水素濃度を 30%、20%、10% と変えていき照度と発光時間を調べ、最大照度と発光時間を記録した。実験の結果、過酸化水素濃度が低くなるほど最大照度は大きくなり、発光時間も長くなっていった。

2. 目的

ルミノール反応における過酸化水素濃度の違いによる影響を調べる。

3. 理論

ルミノール反応とはアルカリ条件下でルミノールがジアニオンになり、過酸化水素によって酸化される。その過程で励起状態の中間体である 3-アミノフタル酸ジアニオンが生成され、基底状態に戻る際に青白い光を発する化学反応である。

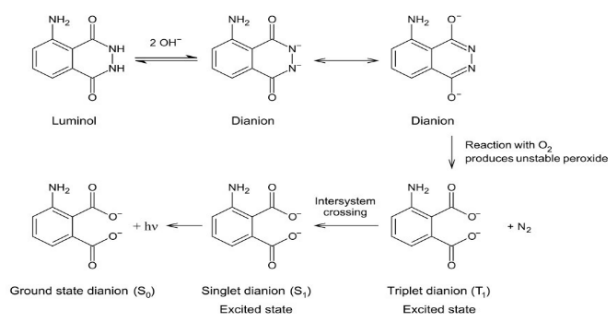


図1 ルミノールの反応機構

4. 仮説

過酸化水素濃度を高くしていくと最大照度は大きくなり発光時間は短くなり、過酸化水素濃度を低くしていくと最大照度は小さくなり発光時間は長くなるのではないかと考えた。

5. 実験手順

《ルミノール溶液の調整》

- ① 水酸化ナトリウム 0.30 g、ルミノール 0.050 g を量り取り、水酸化ナトリウム、ルミノールの順番でイオン交換水 30ml に溶解させる。(これをルミノール溶液とする)

- ② ①で作ったルミノール溶液に過酸化水素濃度 30%の過酸化水素水 15ml を加える。同様の手順で 20%、10%の過酸化水素水も作り、ルミノール溶液に加える。

《触媒溶液の調整》

ヘキサシアニド鉄（Ⅲ）酸カリウム 0.40 g 量り取り、イオン交換水 20ml に溶解させて 2%の触媒溶液とする。

《実験方法》

- ① 各試験管に過酸化水素濃度 30%、20%、10%のルミノール溶液 5.0ml をそれぞれ入れる。
- ② 触媒溶液を 1.0ml 量り取り、ルミノール溶液に加える。
- ③ 暗室の中に試験管を入れ、中に設置されたカメラで発光の様子と発光時間を確認するとともに、照度計で照度を計測する。これを各 5 回ずつ行う。
- ④ 各濃度の照度と発光時間を記録し、最大照度が最も高い溶液の濃度と発光時間が最も長い溶液の濃度を調べ、平均値を取る。

6. 結果

過酸化水素濃度が低くなっていくほど最大照度は高くなっていき、過酸化水素濃度が低くなっていくほど発光時間は長くなっていった。

表 1 各時間における濃度別照度 (lux)

時間 \ %	10%	20%	30%
0s	4.42	1.54	0.75
5s	0.78	0.2	0.11
10s	0.28	0.08	0.05
15s	0.12	0.04	0.04
20s	0.05	0.03	0.01
25s	0.03		



図 2 発光の様子

上 : 10% 中 : 20% 下 : 30%

左 : 1 秒後 中 : 5 秒後 右 : 10 秒後

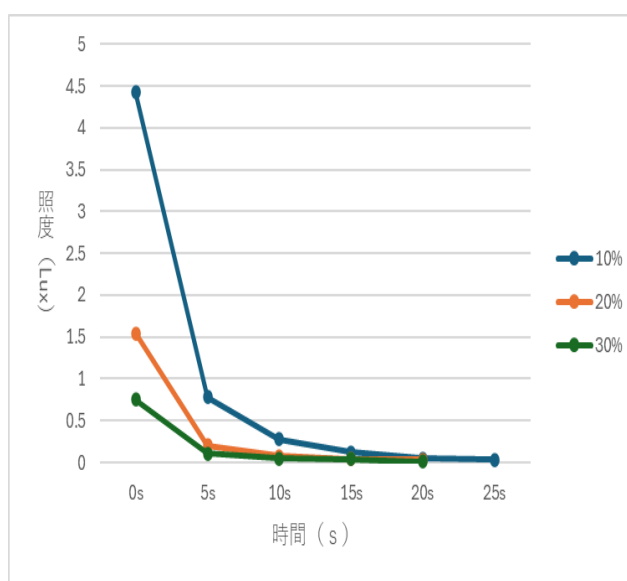


図 3 濃度別照度と発光時間

7. 考察

実験結果より仮説とは違い、過酸化水素濃度が低いものの方が最大照度は大きくなり、発光時間が長くなるということが分かった。さらに過酸化水素濃度を低くすれば、より最大照度は大きくなり、発光時間は長くなると考えられる。

過酸化水素濃度によって発光時間が変化した原因として、反応速度が関係していると考えた。ルミノールが反応し発光するためには過酸化水素から生成される活性酸素が必要である。活性酸素量は過酸化水素濃度に比例するため、過酸化水素濃度が高いものは低いものよりも多く活性酸素が溶液内に存在しているということになる。そのため溶液内でルミノールに接触する活性酸素も増えることになり、一度に反応できる数が増えることになる。したがって反応速度が濃度によって変わり、過酸化水素濃度が高いものは発光時間が短くなり、低いものは発光時間が長くなったと考えられる。

最大照度に関しては過酸化水素によって触媒の働きが弱まったことと、ラジカル対の阻害が起こったことが原因ではないかと考えた。

触媒であるヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウムは過酸化水素により還元され、別の物質に変化してしまう。この反応は過酸化水素濃度が高いほど起こる速度が速くなるため、触媒がルミノールと反応する前に還元されてしまい、結果として触媒としての働きが弱まってしまったのではないかと考えた。

また、その他の原因として、ルミノール反応の際に過酸化水素から発生した酸素によりルミノールが酸化され、中間体であるルミノールラジカルのラジカル対の発生が阻害されたのではないかと考えた。

8. 今後の展望

過酸化水素濃度を 10% よりも低くした場合の最大照度と発光時間について調べ、。

ルミノール溶液や過酸化水素水の温度変化による発光の違いについて調べる。

9. 参考文献

岐阜県立総合学園高等学校 ルミノール反応

<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H28ssh/sc3/31608.pdf>

高知大学学術情報リポジトリ 過酸化水素とルミノール化学発光検出における酸化剤の比較と pH 値の影響

[file:///C:/Users/s0406837/Downloads/N046-07%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/s0406837/Downloads/N046-07%20(5).pdf)

松本正勝 生物の発光と化学発光 共立出版 (2019)

瑞浪層群から産出したサイ類化石の大きさと顎の形状の推定

～なぜ、二種類のサイ類が生息できたのか？～

岐阜県立加茂高等学校自然科学部

1. はじめに

岐阜県東濃地方には、新生代新第三紀中新世の 2200 万年前から 1550 万年前に形成された瑞浪層群の地層が分布しており、美濃加茂市や可児市などからは多くの植物化石と共にサイやゾウ、ウマなどの哺乳類の化石が産出している。瑞浪層群から産出するサイ類は産出した地名にちなみ「カニサイ」と呼ばれている。カニサイには以前から大小二種類が含まれていることが指摘され、*Chilotherium* 属の *C. pugnator* と、*C. ?* sp.とされていたが、歯の形状をもとに大型種の *Brachypoterium? pugnator* と小型種の *Plesiaceratherium* sp.に再同定された (Fukuchi&Kawai (2011))。

2006 年に美濃加茂市の瑞浪層群中村層から、サイ類の下顎と四肢骨が発見された。昨年度、このサイ類化石調べたところ、小型種の *Plesiaceratherium* sp.であることが分かった (図 1)。「カニサイ」の化石はどれも部分化石であり、大型種、小型種と分けることができるが、その大きさや、なぜ同じ地域に二種類のサイ類が生息できたのかは不明である。



図 1 サイ類の右下顎化石 (藤井標本・美濃加茂市川合町産出)

類側 歯は右から P₃ (第 3 前臼歯)、P₄ (第 4 前臼歯)、M₁ (第 1 臼歯)、M₂ (第 2 臼歯)

2. 研究の目的

現生のサイ類のシロサイとクロサイはともにアフリカ中南部に生息しているが、互いに好む生息環境と食性に違いがある。クロサイは藪や山地などに生息し、低木の葉や草を食べる。そのため、シロサイに比べやや体は小さく、顎も小さく口先が尖っている。シロサイは草原を中心に生息し、草を食べやすいように、顎は長く、口先の幅の広がっている。生息環境や食性の違いが頭部の形状に現れているといえる。二種類の「カニサイ」化石は、どれも部分化石であり、体の大きさ、頭部の形などはわからない。そこで、体の大きさや頭部の形状を推定し、違いが認められれば二種類のサイ類が生息できた理由が明らかになると考え研究を行った。

サイ類の体の大きさと歯の大きさには関係があると考え、大きさを比較することで、二種類のサイの大きさを推定できると考えた。また、顎の形状が歯の大きさに影響が現れると考えられたことから、歯の大きさから下顎の形状が推定することを試みた。

3. 研究の方法

サイ類の歯は、切歯 L がない種もあるが、前臼歯が P₂ から P₄、臼歯が M₁ から M₃ までである。

サイ類の下顎の歯は、アルファベットのLが二つ繋がったような見た目をしており、上顎の歯とは違って種の違いによる形の違いはあまり見られない(図2)。 *P. sp.* の上顎の化石が産出していないため、下顎の歯の大きさを測定し、現生のサイ類3種と比較する。

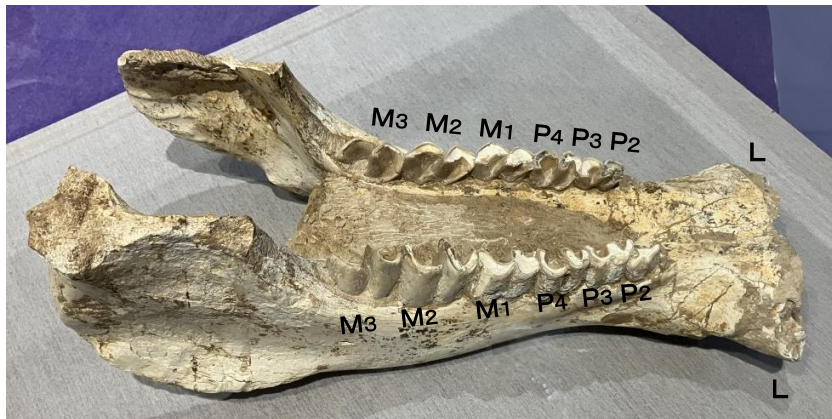


図2 サイ類 (*Chilotherium sp.*) の下顎
右が吻端(口先) 右から切歯L(欠けている)
前臼歯P₂~P₄、臼歯M₁~M₃

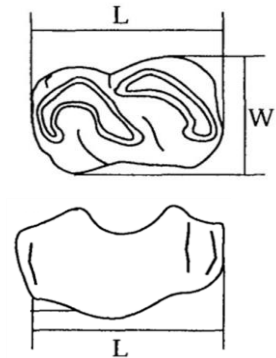


図3 歯の計測位置
上図 咬合面
下図 側面
L: 近遠心長、W: 頬舌幅
(福地(2003)による)

(1) サイ類化石の下顎の歯の大きさの測定

藤井標本の他、博物館などの種類既知の他の標本の大きさを測って比較する。種類既知の標本の内、実測可能なものについては実測した値、個人所有などで実測不可能なものについては、先行研究で公表されている値を用いて比較する。

測定方法はノギスを使って、歯の近遠心長と頬舌幅(図3)を測定する。

(2) 現生種の下顎の形状と歯の大きさの測定

現生のサイの下顎の形状を観察し、歯の大きさを化石標本と同様に測定する。

(3) 歯の形状からサイ類の大きさと顎の形状を推定する。

サイ類化石と現生種の歯の大きさを比較し、古代サイの大きさを推定する。また、P₂からM₃までの歯の近遠心長、頬舌幅の変化を比較し、下顎の形状を推定する。

4. 結果

(1) サイ類化石の下顎の歯の大きさ

小型種の基準とされた瑞浪市化石博物館所蔵の美濃加茂市下米田産出の *P. sp.* (MFM18154) と多治見市姫町産出の *P. sp.* (MFM18153)、可児市歴史郷土館所蔵の可児市菅刈、可児市羽崎産出の *B. ? pugnator* (レプリカ) と可児市菅刈産出の *P. sp.* について近遠心長及び、頬舌幅を測定した。その他の個人所蔵の標本については可児市教育委員会(1977)に示されたデータを使用し、測定した標本を含め *P. sp.* と *B. ? pugnator* とともに6標本の測定値が得られた。化石として残っている部位は標本ごとに違い、欠けているものもあるため、近遠心長、頬舌幅のどちらかしか測定できない標本もある。そのため、各部位の代表値として測定値の平均値を求めた(表1・表2)。

(2) 現生種の下顎の形状と歯の大きさ

現生種のサイとして豊橋自然史博物館所蔵のミナミシロサイ、名古屋市東山動植物園所蔵のクロサイ、インドサイの骨格標本の歯の大きさを測定した。

ミナミシロサイの下顎は前後に長く、幅は前後ではほぼ一定で口先(吻端)は幅広い。そのため左右の歯列の幅は前後であまり変わらず平行的である(図4)。Lはなく、歯の大きさはP₂からM₂まで近遠心長、頬舌幅ともに大きい(表3)。

クロサイのM₃は未萌出で、下顎骨から歯冠の一部が見える状態であった。クロサイの下顎は短く、吻端が狭いためV字型となっており。歯列の幅が後ろに向かって広がっている(図5)。Lは

なく、歯の大きさは前後で差が大きく、M₁などに対してP₂、P₃は小さい（表3）。

インドサイにはLが1本あり、左右のLは外側にやや開いている（図6）。下顎は前後に長く、吻端が狭くなっており、吻端から後部に向かってやや広がった長いV字型となっている。歯の近遠心長はP₃からM₂までは変化が少ないが、P₂がやや小さい。頬舌幅はP₂からM₂に向かって幅が広がっている。上顎のP₂、P₃は標本として残っていなかったため測定できなかった。

表1 *P. sp.* の下顎の歯の測定値（mm） 歯が欠けていて、測定できない標本もある。

歯の部位	L	P ₂	P ₃	P ₄	M ₁	M ₂	M ₃
測定個数		1	3	3	2	4	2
平均値	近遠心長		29.4	35.7	36.0	38.2	36.9
	頬舌幅		14.4	19.2	21.4	23.9	23.1

表2 *B. ? pugnator* の下顎の歯の測定値（mm） 歯が欠けていて、測定できない標本もある。

歯の部位	L	P ₂	P ₃	P ₄	M ₁	M ₂	M ₃
測定個数			2	2	3	2	2
平均値	近遠心長		46.2	49.4	47.9	47.7	48.9
	頬舌幅		29.5	32.4	30.1	29.8	29.0

表3 現生サイ類の下顎の歯の測定値と体の大きさ 左右の歯の平均値（mm）、頭胴長・肩高（cm）
インドサイの体の大きさは小林秀雄他（2000）による

歯の部位	L	P ₂	P ₃	P ₄	M ₁	M ₂	M ₃	頭胴長	肩高
シロサイ	近遠心長	31.5	40.9	42.6	43.6	52.8	68.4	330	160
	頬舌幅	24.5	28.2	37.2	34.4	36.7	36.1		
クロサイ	近遠心長	19.0	30.9	41.6	45.2	51.0	—	289	142
	頬舌幅	11.8	17.0	23.6	53.9	26.6	—		
インドサイ	近遠心長	22.6	28.1	41.8	44.8	50.9	57.3	310～ 420	170～ 200
	頬舌幅	34.5	25.1	30.6	33.5	37.8	36.6		



図4 ミナミシロサイの下顎

吻端（口先）が幅広く、切歯がない。
左右の歯列は平行で、歯の大きさが大きく、前後
であまり変わらない。



図5 クロサイの下顎

スケールは全長 15 cm
下顎は前後に短く、V字型
前後の歯の大きさの差が大きい。
切歯がない。



図6 インドサイの下顎

スケールは全長 15 cm
下顎は長く、左右各1本の切歯がある。
歯の近遠心長は前後であまり変わらない。

5. 考察

(1) 体の大きさの推定

Plesiaceratherium sp. および *B. ? pugnator* については部分化石であるため、すべての歯がそろっているわけではない。そこで、調査した標本の平均値を代表値として扱い、現生種のサイの測定値と比較した(図7、図8)。歯の近遠心長では、*P. sp.* はクロサイより小さく、頬舌幅はクロサイとほぼ同じであった。*B. ? pugnator* の歯の近遠心長は、シロサイやインドサイに近く、頬舌幅はP3、P4はインドサイに近く、M1~M3はクロサイとシロサイの間となった。これらのことから、*P. sp.* はクロサイほどの大きさで、*B. ? pugnator* はインドサイよりもやや小さかったと推定される。

体の大きさと歯の大きさには関係が認められると仮定して体の大きさを推定した。歯の大きさは、M1~M3は成獣になる過程で萌出し、その後の大きさは変わらない。どの種も近遠心長、頬舌幅共にP4からM2までは変化が少なく、ほぼ一定(図7、図8)であることから、中央位置のM1を用いて体の大きさを推定した。インドサイの体の大きさは、記録が残されていなかったため小原(2000)を参考にした。現生の3種の下顎のM1の大きさと頭胴長・肩高の関係を調べると、近遠心長はどの種もほぼ同じであるため相関が認められなかったが、頬舌幅との間に高い相関が認められた(図9)。この現生種のM1の大きさと頭胴長の相関関係を古代サイに適応すると、*P. sp.* は頭胴長が約2.6 m、肩高は約1.4 m、*B. ? pugnator* は頭胴長が約3.0 m、肩高は約1.6 mであったと推定された。藤井標本をはじめとする*P. sp.* はクロサイのよりやや小さく、*B. ? pugnator* はミナミシロサイやインドサイよりやや小さかったと推定される。

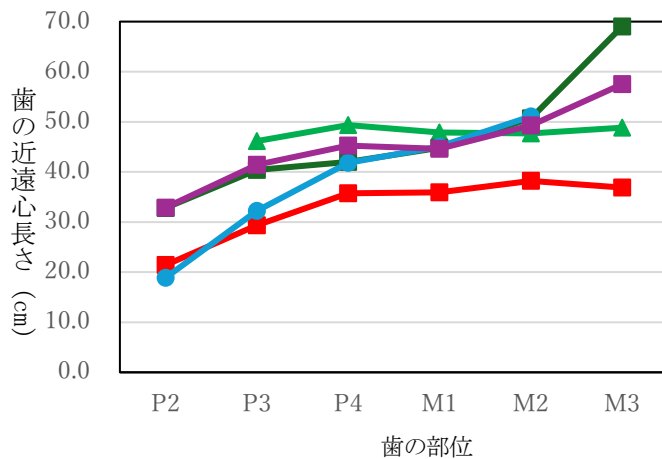


図7 現生3種とサイ類化石の下顎歯の近遠心長

B. ? pugnator のP2の化石は未産出、クロサイのM3は未萌出

クロサイの歯は前臼歯と臼歯の近遠心長の差が大きい。

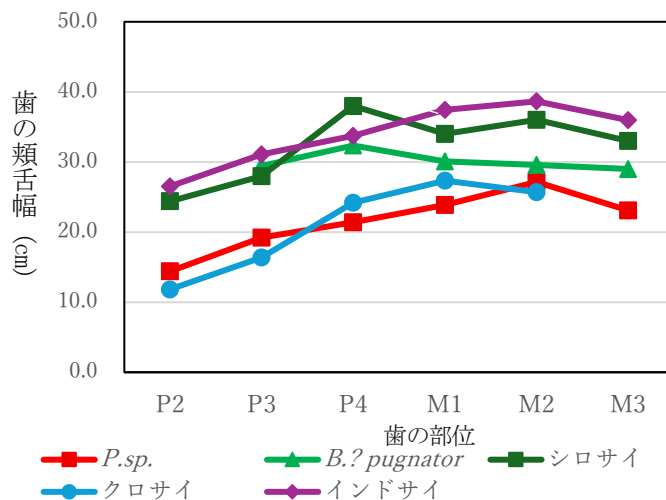


図8 現生3種とサイ類化石の下顎歯の頬舌幅

B. ? pugnator のP2の化石は未産出、クロサイのM3は未萌出

クロサイと*P. sp.* の頬舌幅の大きさは近い値を示す。

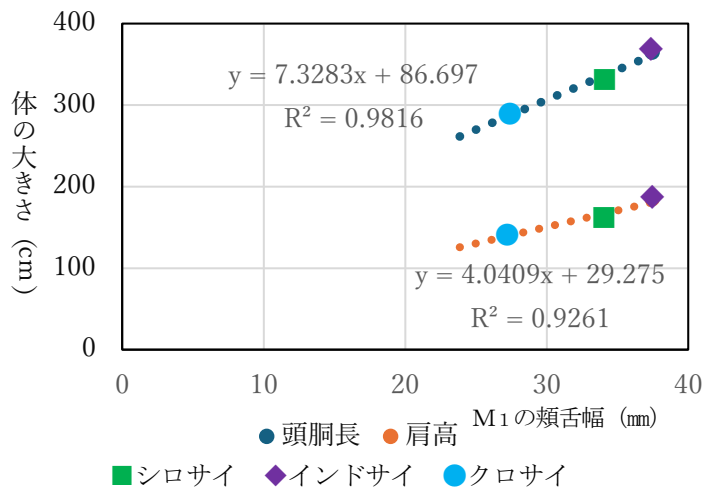


図9 下顎のM₁の頬舌幅と頭胴長、肩高の関係
 ●●●はM₁の頬舌幅と頭胴長、
 ●●●はM₁の頬舌幅と肩高の近似曲線
 グラフ中の数式は近似曲線の数式
 R²は決定係数

(2) 顎の形状の推定

化石では *P. sp.* と *B. ? pugnator* とともにLは産出していない。海外で発見されている同属の化石にはLがあることから、*P. sp.* と *B. ? pugnator* にはインドサイと同様にLがあったと推定される。P₄からM₂までの歯の近遠心長、頬舌幅はクロサイを除いて、前後の歯の大きさの変化は小さい。P₂やM₃は種によって大きさが異なる(図7、図8)。クロサイの近遠心長、頬舌幅は変化が大きい。M₁を基準とした各歯の大きさの比は、近遠心長はクロサイで部位による変化が大きく、シロサイ、インドサイはP₂とM₃を除いてほぼ一定である(図10)。頬舌幅もクロサイ

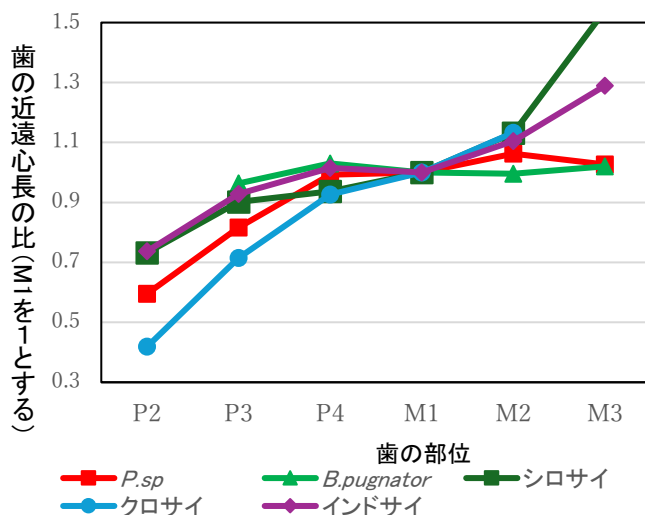


図10 歯の近遠心長の比 M₁を1とする。

クロサイのM₃は未萌出のため未計測

P. sp. はクロサイに近い。 *B. ? pugnator* はP₂が発見されていない。

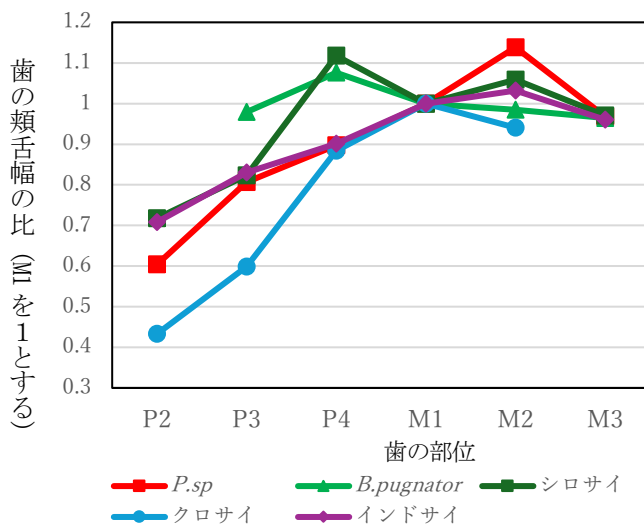


図11 歯の頬舌幅の比 M₁を1とする。

P. sp. はクロサイとインドサイ、シロサイの間を示す。

B. ? pugnator はP₂が発見されていないが、シロサイに近い。

イで変化が大きく、他種は変化が小さい(図 11)。これはクロサイの下顎が短いために、前臼歯の近遠心が短くなり、吻端(口先)が狭いことにより顎骨の厚さも薄いため、頬舌幅が狭くなっていると考えられる。シロサイやインドサイは、下顎が長いことで歯の近遠心長が長く、顎骨も厚さがあるために頬舌幅も幅が広がっていると考えられる。

P. sp. の近遠心長の比はクロサイに近く、頬舌幅の比はインドサイに近いことから、*P. sp.* の下顎は前後方向に短く、顎骨の厚さは吻端(口先)でやや薄かったと推定される。吻端部の下顎骨の厚みがクロサイよりも厚いのは、*P. sp.* にはクロサイにはない L があったためではないか。

B. ? pugnator の P₂ は産出していないが、P₃ ~ M₂ はシロサイに近いことから、下顎は前後方向に長く、顎の骨には厚みがあったと推定される。

(3) 二種類のサイ類が生息できた理由

シロサイとクロサイの顎の形状は食性の違いを反映していると考えられる。背の低い草を食べるシロサイは下顎が長く吻部が広い。一方クロサイは顎が短く、灌木などの葉を主に食べる。

P. sp. は下顎は短く、吻端はやや狭かったと推定され、*B. ? pugnator* は下顎が長く、吻端は広かったと推定される。顎の形状の違いは食性の違いを反映していて、現生のクロサイとシロサイのように生息環境や食性の違いにより、同じ地域に二種類が生息できたと考えられる

6. 結論

下顎歯の大きさの比較より小型種の *Plesiaceratherium sp.* は、現生のクロサイと同程度かやや小さく、頭胴長が約 2.6 m、肩高は約 1.4 m と推定された。*Brachypoterium ? pugnator* は、*P. sp.* よりも大型であり、現生のシロサイやインドサイ程度の大きさで、頭胴長が約 3.0 m、肩高は約 1.6 m であったと推定された。

下顎の歯の前臼歯から臼歯の大きさの比から、*P. sp.* は下顎は短く、吻端はやや狭かったと推定され、*B. ? pugnator* は下顎が長く、吻端は広かったと推定される。下顎の形状の違いから二種類のサイ類には食性の違いがあったと考えられる。顎の形状の違いは食性の違いを反映していて、生息環境や食性の違いにより、同じ地域に二種類が生息できたと考えられる。

7. 課題

現生のサイの標本の計測は 3 種類、各 1 個体のみである。より多くの骨格標本の計測が必要である。また、サイ類化石は部分標本で数も少なく、*P. sp.* は上顎の化石が、*B. ? pugnator* は下顎の P₂ が発見されていない。そのため、個体差等による大きさの違いについては考慮できない。さらなる化石の発見が望まれる。

8. 謝辞

本研究にあたり、日本ライン漁業協同組合の藤井秀男、瑞浪市化石博物館の安藤佑介さん、可児市歴史郷土館の大海崇代さん、豊橋市自然史博物館の安井謙介さん、名古屋市東山動植物園の佐藤康弘さん、永田祐二さんにお世話になりました。

9. 参考文献

- ・可児町教育委員会(1977) 平牧の地層と化石 -可児ニュータウン化石調査報告書-
- ・小原英雄 (2000) 「インドサイ」 『レッド・データ・アニマルズ4 インド、インドシナ』 小原秀雄・浦本昌紀・太田英利・松井正文編著、講談社
- ・福地亮(2003) サイの歯冠上の構造に対する用語について, Okayama University Earth Science Report
- ・Fukuchi & Kawai(2011) Revision of fossil rhinoceroses from the Miocene Mizunami Group, Japan Paleontological Research, Vol. 15, no. 4

落下する物体の入水時に生じる空気層の発生条件 2

岐阜県立多治見高等学校総合文化部科学

2年 林定太朗、後藤驍人

1. はじめに

私たちは小球を空気中から水中に落下させた際、水中に図1のような空気層（以下空気層とする）が発生する時と発生しない時があることを発見した。どのように空気層が発生しているのかについて疑問に思い、空気層の発生条件を解明することにした。



図1 空気層あり



図2 空気層なし

2. 先行研究で分かったこと

空気層が発生する条件は、水よりも密度が小さい材質であれば形状によらず発生する。また、水よりも密度の大きい材質でも面のある形状ならば空気層が発生する。

3. 研究方法

〈仮説〉

球体を水に落下させ、入水点から大円までに抵抗物がある場合は空気層が発生し、大円から空気側に抵抗物がある場合、空気層は発生しない。

〈実験〉

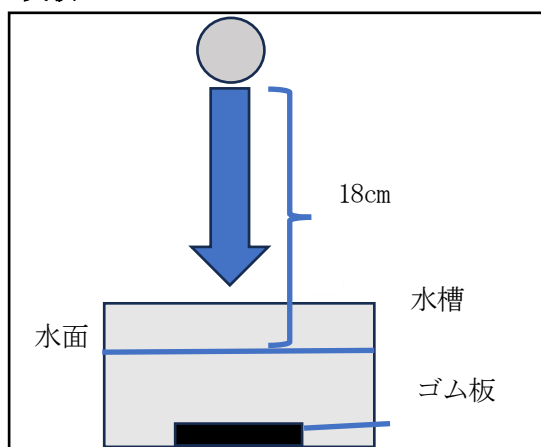


図3 実験装置

〈器具〉

- ・鉄球（直径 2.0cm 重さ 28.1g）
- ・水槽（直径 24 cm）
- ・ハイスピードカメラ
- ・ゴム板

〈方法〉

- (1) 鉄球を高さ 18cm から水面へ自由落下させる。
- (2) 入水時からの水中の様子を、ハイスピードカメラで撮影。
- (3) 抵抗物の位置を変えて、10 回測定を行い、空気層の有無とその形を観察。

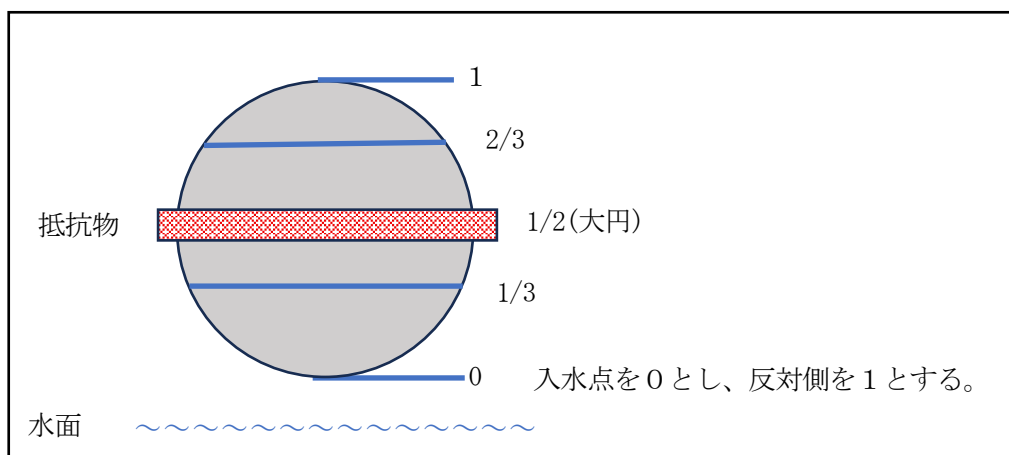


図4 使用鉄球 抵抗物の位置

4. 結果

4-1 抵抗物の位置と空気層

表1 空気層発生回数

抵抗物の位置	測定回数	空気層発生割合(%)
0	10	0
1/3	10	100
1/2(大円)	10	100
2/3	10	100
1	10	0

・抵抗物の位置が、0と1では空気層が発生せず、ほかの位置では必ず発生した。

表2 空気層の形

A	B
	
空気層が途切れずつながっている。 球にある抵抗物から空気層が発生している。	球体の形に添って、かぶさるように発生している。 空気層は泡立っている。

表3 AとBの発生回数

抵抗物の位置	測定回数	A	B
0	10	0	0
1/3	10	10	0
1/2(大円)	10	10	0
2/3	10	0	10
1	10	0	0

・1/3と1/2ではAが発生し、2/3ではBが発生した。

4-2 抵抗物の位置と水中の速さ

表 4 抵抗物の位置と水中速度 (cm/s)

位置 回数	なし	1/3	2/3
		A	B
1	207.41	229.51	218.75
2	202.90	241.38	217.05
3	200.00	241.38	237.29
4	198.58	235.29	224.00
5	208.96	235.29	247.79
6	195.80	229.51	229.51
7	200.00	217.05	224.00
8	186.67	224.00	218.75
9	213.74	229.51	224.00
10	213.74	229.51	235.29
平均	202.78	231.24	227.64

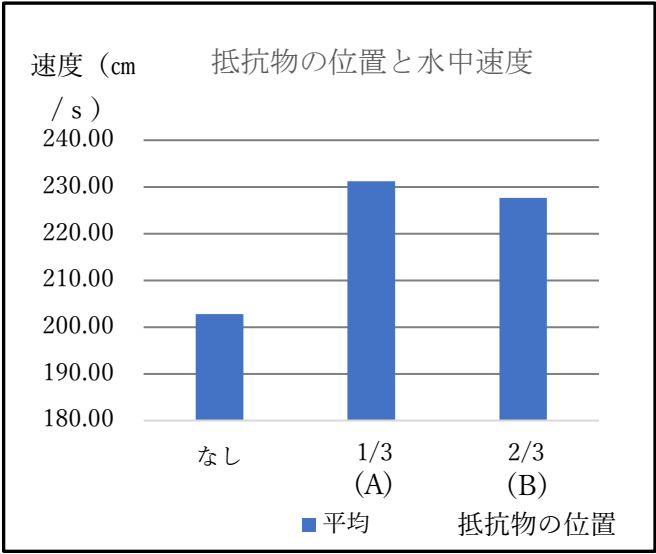


図 5 抵抗物の位と水中速度

- ・ 空気層が発生している場合は、空気層が発生していない場合よりも速度が速い。
- ・ A と B では、A のほうが少し速い。

5. 考察

大円を境に、抵抗物の位置によって空気層の形が変化した。

図 7 のように、大円より水面側に抵抗物がある場合では、球が水中に入るとき、球の下から上に向けた水流が発生する。この水流が発生するとき、球にある抵抗物によって、水流の向きが変化する。そして、水圧よりも大気圧のほうが大きくなり、そこに空気が入り込んで空気層が発生する。

図 8 のように、大円より水面側に抵抗物がある場合でも、抵抗物によって水流が広がるように変化した、空気が入ってくる。だが、水流が大円を通過して球の頂点に向かい流れているので、多くの空気が入ってくる前に閉じてしまうため、空気層が大きくならない。

水中速度については、空気層なしと空気層ありの A, B では、空気層ありの A, B のほうが速かった。水の抵抗は空気の抵抗より大きく、A, B には空気層があり、水と接する表面積が少ないため、水の抵抗が少なく水中での減速が緩やかだったのだと考えられる。

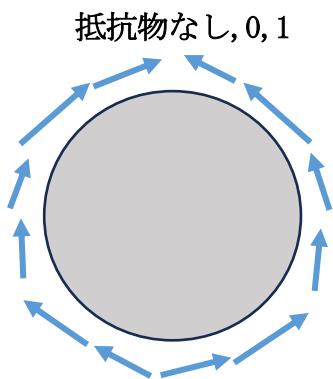


図 6

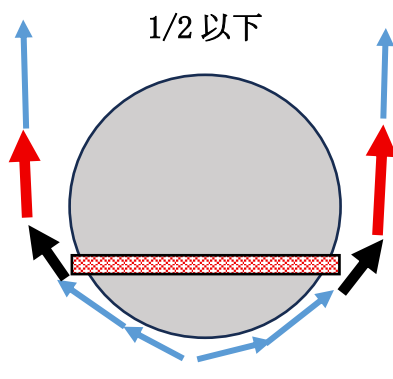


図 7

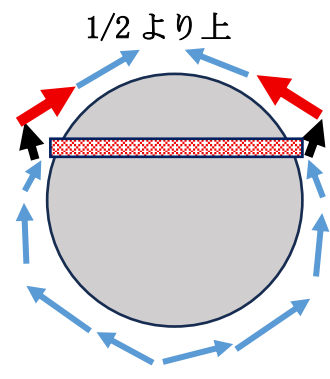


図 8

6. 結論

今回の実験も踏まえた空気層の発生条件は、水よりも密度が小さい材質であれば形状によらず発生する。水よりも密度の大きい材質でも面のある形状ならば空気層が発生する。抵抗物がない、あるいは入水点とそれに対応する頂点に抵抗物がある場合、空気層は発生しない。それ以外の球上に抵抗物がある場合、空気層は発生する。

7. 今後の展望

空気層が含む空気の体積の違いによる水中での球への影響の違いを調べるため、空気層の含む空気の体積と水深ごとの速度の関係を調べたいです。

8. 参考文献

多治見高等学校総合文化部科学部門「自然科学部会の歩み vol.32 落下する物体の入水時に生じる空気層の発生条件」(2024)

コンクリートの硬化と物質の関係

岐阜県立関高等学校

自然科学部化学班 堀江 航星

1. 初めに

コンクリートに砂糖を入れると固まらなくなるという話を聞き、コンクリートに様々な物質を入れることで、硬化時に、どのような違いが生まれるか興味を持ったため、実験を通して調べることとした。

2. 実験器具

使用器具：7 cm×7 cm×3 cmの牛乳パック、紙コップ、計量スプーン、電子ばかり、竹串

コンクリートを二つに割る装置

使用薬品：水道水、インスタントコンクリート、塩、砂糖、酢



図1：実験器具

コンクリートの割り方

- ① コンクリートを専用の台に乗せ、端で支える。
- ② コンクリートの中心に荷重がかかるように作ったレバー（荷重1 kg）をコンクリートの上に
乗せ割れるか調べる。
- ③ 割れなかった場合、レバーにバケツを取り付けそこに、コンクリートが割れるまで水を入れ、

割れた時の重さをはかる。



図2：台上にのせたコンクリート

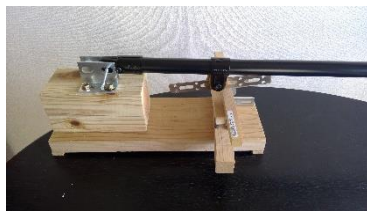


図3：割る装置にのせたコンクリート



図4：コンクリートに力を加えている様子

3. 実験方法

コンクリートに入れる物質の種類や量を変え、以下の手順を行い、完成後の硬さを調べる。

(1)：牛乳パックに水道水 15ml を測り取り、物質を調べたい量、入れる。

(2)：25ml でのしをつけた紙コップでインスタントコンクリートを 25ml 測り取り、(1)の牛乳パックに入れる。

(3)：竹串で水とインスタントコンクリートをよく混ぜる。

(4)：一日放置し、どれほど硬化したか見る。

(5)：作成した装置を用い、曲げる力に対する強さを調べる。



図5：手順（1）の様子



図6：手順（2）の様子



図7：手順（4）の様子

4. 実験結果

(1) 一日経過後の硬化状況

先行研究の結果から、コンクリートに入れる量は、物質ごとに変えてある。

表 1：一日経過後の硬化状況

	砂糖	塩	酢
5g	 上に白い結晶ができ、固まったが、湿っていた。	 固まったが、湿っていた。	
2g	 上に白い結晶ができ、固まったが、湿っていた。	 完全に固まった。	
1g	 固まったが、湿っていた。	 固まったが、湿っていた。	 下に堆積した。
0.5g			 下に堆積した。
0.25g			 下に堆積した。
水道水、インスタントコンクリートの場合		 完全に固まった。	

(2) 硬化後の強度

(レバーの加重 1 kg + おもりの加重) = (加重) とする。

酢を入れたすべてのコンクリートが固まらなかったため、この実験は行っていない。

この実験は三点曲げ試験と似ているため、強度を曲げ応力の大きさとする。



図 8 : コンクリートを二つに割る装置

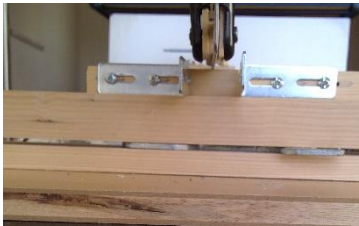


図 9 : 装置を正面からみた図

表 2 : 硬化後の強度

		砂糖		塩	
1g	加重(kg)	取り出すときに壊れたため、実験不可。		6. 6	
	強度(N/cm ²)			179	
2g	加重(kg)	1. 0 未満		取り出すときに壊れたため、実験不可。	
	強度(N/cm ²)	19			
5g	加重(kg)	1. 4		取り出すときに壊れたため、実験不可。	
	強度(N/cm ²)	31			
い 何 場 も 合 入 な れ な	加重(kg)	3.8			
	強度(N/cm ²)	138			

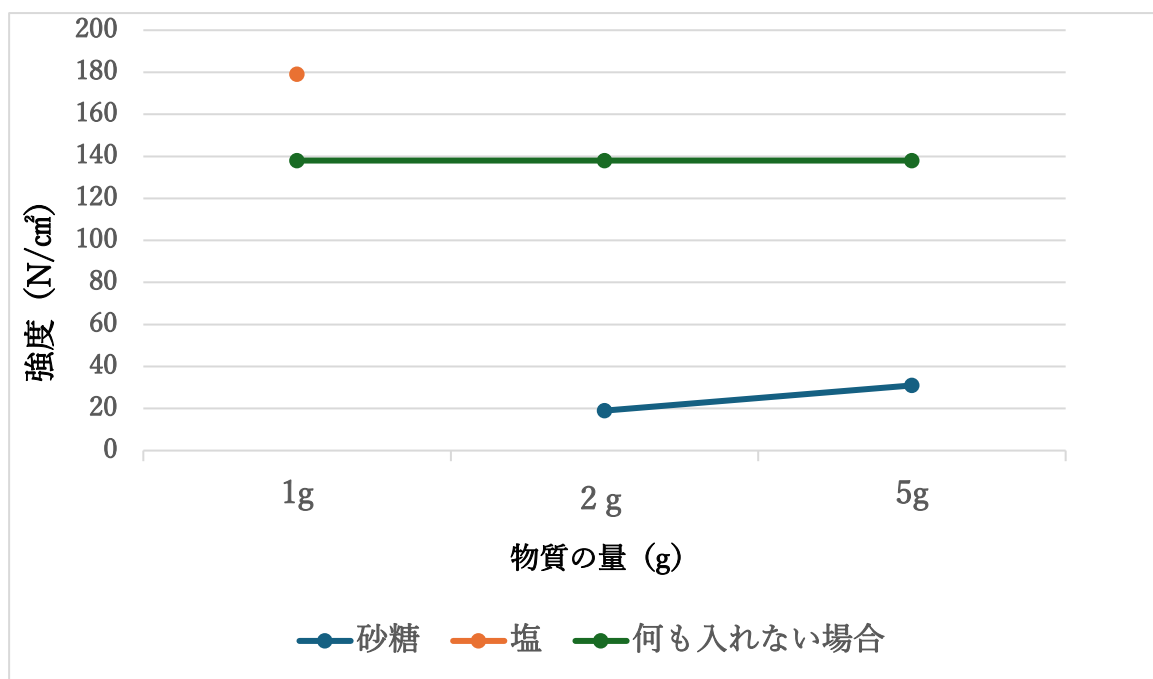


図 10：混合させた物量の質量とコンクリート強度の関係

5. 考察

(1) の結果から、酢は、先行研究を受けて、コンクリートに入れる量を他の物質より減らしたのに固まらなかったため、少しでも入れるとコンクリートにならないと考えられる。また、固まった砂糖や塩を入れたコンクリートも湿っていたので、コンクリートが完成するまでの時間を遅らせる効果があると予想される。

(2) の結果から、塩は、少量ならば何も入れないより、硬くなると考えられる。また、砂糖は、コンクリートに入れるほど、硬くなると考えられる。しかし、砂糖を入れたコンクリートには、小さなヒビが入っていたため、今回の実験結果よりも、実際はもっと硬いと考えられる。

6. まとめ

(1) の結果から物質をコンクリートに入れると、固まる場合が多いが、完全に乾いた状

態になるまでの時間が、何も入れないものより長くなる。酢を入れると全く固まらなくなる。

(2) の結果から塩を少量入れると強度が増し、砂糖を入れると強度が下がるが、入れる量に比例して強度が上がる。

7. 課題と展望

今回の実験では、コンクリートを作る型や、二つに割る装置などは自力で作成したもので、完全な対照実験ではなかった。また、完成後のコンクリートにヒビが入っていたり、固まりきっていなかったりしていた状態で強度の実験を行ったため、完全にコンクリートになったときに、別の結果が得られる可能性がある。酢を入れると全く固まらないのは、pH に関係があるのか、酢自体の特性なのか調べることや、塩を少量入れると何も入れないより硬くなったことから、他にも似た特性の物質があるのかを調べたい。また、コンクリートは、本来、折り曲げる力ではなく、押しつぶす力に強いいため、押しつぶす力に対しては、どのような違いがあるのかを調べたい。

8. 参考文献

太平洋セメント | セメント基礎知識「セメントの固まる原理について (PDF)」

<https://www.taiheiyo-cement.co.jp/rd/archives/knowledge/index.html>

株式会社キャットテックラボ | 三点曲げ試験による応力の計算

<https://cattech-lab.com/science-tools/3point-bending/>

黒点数とオーロラの関係

岐阜県立斐太高等学校 自然科学部 8名

1. 研究の動機

2024年5月に普段オーロラの見えない関西や能登半島でオーロラが観測された。私たちの自然科学部は天文班と科学班の2つで構成されており、天文班は年に数回、天体観測を行っている。そこで、私たちの天体観測で使う望遠鏡を使って、オーロラの発生を予測できないかと考えた。

名古屋大学宇宙地球環境研究所のホームページによると、オーロラの原因は、おもに太陽のフレアとコロナホールである。フレアは、主に太陽の黒点付近でみられる爆発のことを指し、コロナホールは、X線で太陽を観察すると見られる穴が開いたような暗い領域のことを指す。コロナホールは目では見えないX線でしか観測できない。その一方で、フレアの発生数と太陽の黒点数には正の相関関係があることが知られている(花岡, 2019)。そのため、望遠鏡を用いて太陽の黒点数を測定することで、オーロラの予測につながるのではないかと考え、研究を行うことにした。本研究は、「斐太高校で行う黒点観測はどれほど正確に測定できているのか」「黒点数とオーロラの活動はどのような関係にあるのか」という2つの視点から取り組むことにした。

2. 斐太高校での黒点観測

2-1. 観測方法

屈折望遠鏡に太陽投影板を取り付け、学校の屋外渡り廊下で太陽投影板に太陽を投影し黒点をスケッチした(図1)。また、太陽の移動方向、天候、気温などの状況も記録した。期間は2025年4月14日から9月16日までである。その後、記録結果(図2)をもとにチューリッヒ分類(図3)を用いて黒点相対数を求めた。黒点相対数Rは黒点群数g×10+黒点数fという式で求めた。黒点群に比べ、黒点は小さいので、斐太高校の屈折望遠鏡では見ることができない可能性が高い。そのため、スケッチできたものはすべて黒点群とみなした。なお、黒点数を求める際は、数人で話し合いながら行った。



図1 観測しているときの様子

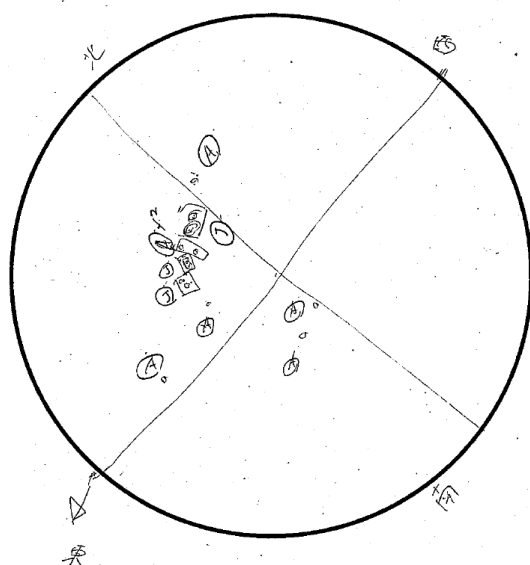


図2 太陽スケッチ

チューリッヒの黒点の分類

A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
J		

図3 チューリッヒ分類
(数研出版、2022より引用)

2-2. 観測結果

観測した結果がどのくらい正確かを知るために、観測した日と同じ日に測定された国立天文台の黒点相対数と比較をすることにした。黒点観測は39回行い、最も早い日から順に1から39までの番号を振って、まとめたものが表1である。また、表1の内容を棒グラフでまとめた(図4)。縦軸は黒点数を示し、青色が斐太高校での観測結果であり、オレンジ色が国立天文台の観測結果である。

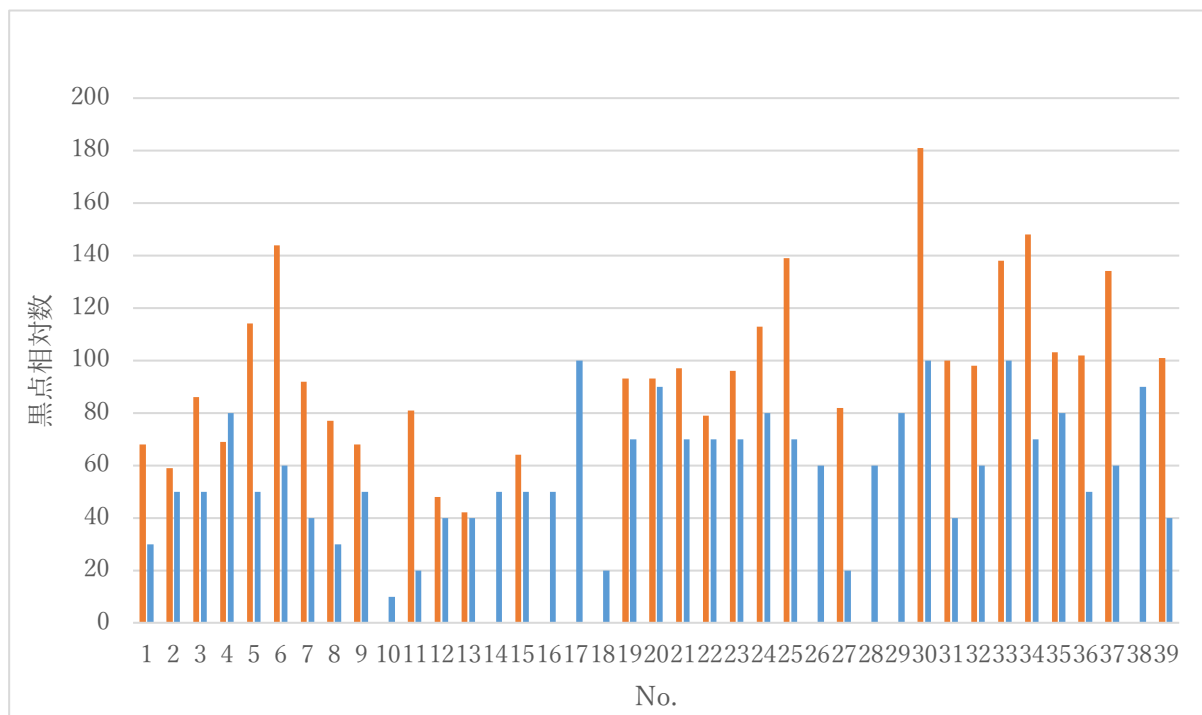


図4 観測した黒点相対数と国立天文台の黒点相対数との比較

図4より、黒点相対数を比べたとき、増減の傾向が似ていることが見てとれた。特に、No. 1～9、No. 19～24 のあたりで、強い増減傾向が見られた。斐太高校の観測結果と国立天文台の黒点相対数の平均値には、およそ40の差があった。

2-3. 考察

斐太高校と国立天文台の観測結果を比較した結果、黒点相対数自体は大きく異なった。これは、使用器具の倍率の差、観測者の未熟さなどから生じるものであると考えられる。

しかし、黒点相対数の増減傾向は似ていることから、黒点相対数が増加している時期や、減少している時期を見極めることは、斐太高校においてでも可能であるのではないかと考えられる。

表1 日付と黒点数。左が測定結果、右が国立天文台。

日付	No.	g	f	R
4月14日	No. 1	3	0	30
4月16日	No. 2	5	0	50
4月17日	No. 3	5	0	50
4月18日	No. 4	8	0	80
4月21日	No. 5	5	0	50
4月24日	No. 6	6	0	60
4月30日	No. 7	4	0	40
5月1日	No. 8	3	0	30
5月7日	No. 9	5	0	50
5月12日	No. 10	1	0	10
5月13日	No. 11	2	0	20
5月14日	No. 12	4	0	40
5月15日	No. 13	4	0	40
5月19日	No. 14	5	0	50
5月20日	No. 15	5	0	50
5月22日	No. 16	5	0	50
6月12日	No. 17	10	0	100
6月13日	No. 18	2	0	20
6月16日	No. 19	7	0	70
6月17日	No. 20	9	0	90
6月18日	No. 21	7	0	70
6月19日	No. 22	7	0	70
6月20日	No. 23	7	0	70
6月26日	No. 24	8	0	80
6月30日	No. 25	7	0	70
7月7日	No. 26	6	0	60
7月9日	No. 27	2	0	20
7月11日	No. 28	6	0	60
7月15日	No. 29	8	0	80
7月18日	No. 30	10	0	100
7月22日	No. 31	4	0	40
7月23日	No. 32	6	0	60
7月25日	No. 33	10	0	100
7月28日	No. 34	7	0	70
7月29日	No. 35	8	0	80
8月4日	No. 36	5	0	50
8月8日	No. 37	6	0	60
8月28日	No. 38	9	0	90
9月16日	No. 39	4	0	40

日付	No.	g	f	R
4月14日	No. 1	4	28	68
4月16日	No. 2	4	19	59
4月17日	No. 3	7	16	86
4月18日	No. 4	5	19	69
4月21日	No. 5	8	34	114
4月24日	No. 6	11	34	144
4月30日	No. 7	7	22	92
5月1日	No. 8	5	27	77
5月7日	No. 9	3	38	68
5月12日	No. 10	/	/	/
5月13日	No. 11	7	11	81
5月14日	No. 12	4	8	48
5月15日	No. 13	3	12	42
5月19日	No. 14	/	/	/
5月20日	No. 15	5	14	64
5月22日	No. 16	/	/	/
6月12日	No. 17	/	/	/
6月13日	No. 18	/	/	/
6月16日	No. 19	6	33	93
6月17日	No. 20	5	43	93
6月18日	No. 21	5	47	97
6月19日	No. 22	5	29	79
6月20日	No. 23	7	26	96
6月26日	No. 24	8	33	113
6月30日	No. 25	11	29	139
7月7日	No. 26	/	/	/
7月9日	No. 27	7	12	82
7月11日	No. 28	/	/	/
7月15日	No. 29	/	/	/
7月18日	No. 30	12	61	181
7月22日	No. 31	8	20	100
7月23日	No. 32	8	18	98
7月25日	No. 33	10	38	138
7月28日	No. 34	12	28	148
7月29日	No. 35	8	23	103
8月4日	No. 36	6	42	102
8月8日	No. 37	10	34	134
8月28日	No. 38	/	/	/
9月16日	No. 39	8	21	101

3. 黒点数とオーロラ活動度（AE 指数）の関係

3-1. 方法

オーロラ活動の度合いを表す指標として AE 指数が挙げられる。AE 指数とは、オーロラの電流による地磁気の変化を示したものであり（赤祖父、2002）、AE 指数が大きいほどオーロラが活発的である。本研究では、オーロラの活動度を表すものとして AE 指数を用いることにした。

AE 指数のデータは、京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センターのホームページにある「AE 指数速報値（リアルタイム値）」のデータリポジトリから、それぞれの日の3時間ごと（0時、3時、6時、9時、12時、15時、18時、21時）の値を基に図5にまとめた。ただし、2024年5月10日から14日までの間は速報値がなく、暫定値が示されていたため、暫定値を用いた。

一方で、黒点数については国立天文台のデータベースを基に、黒点相対数の推移を同じくグラフにまとめた（図6）。その後、図5と図6を比較した。最近の傾向を探るため、範囲は2024年1月1日から、2025年7月31日までにした。

3-2. 結果

国立天文台の黒点数（図5）AE 指数（図6）を比較したところ、AE 指数の値が高いほど黒点数がほかの日よりも少なく、AE 指数の値が低いほど黒点数が多くなっているという傾向が若干見られた。しかし、この結果は AE 指数が高い、つまりオーロラの活発度が高いとき黒点数が増え、フレアが発生しオーロラが現れやすくなるという予想と異なる結果になった。

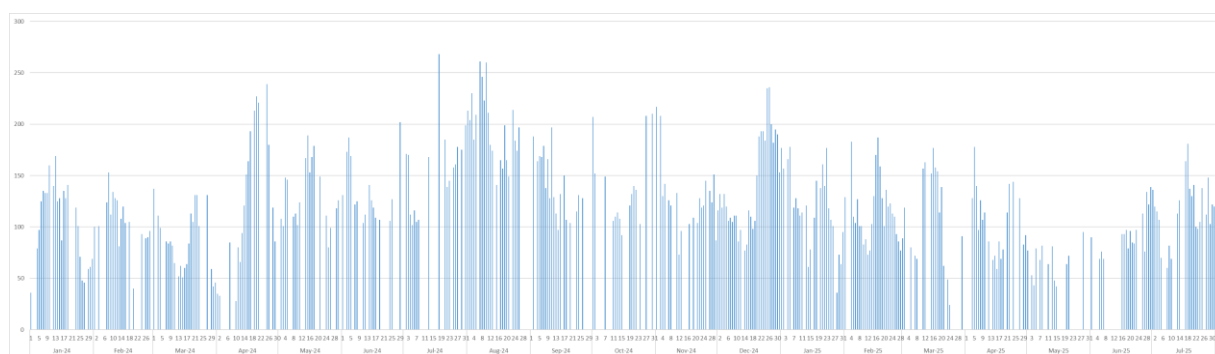


図5 国立天文台の黒点数。横軸が日にち。縦軸が黒点数を示す。

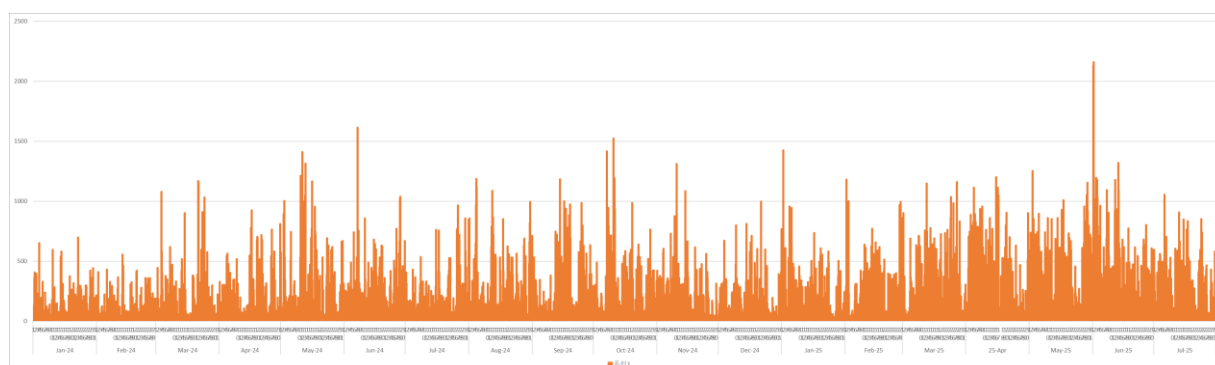


図6 AE 指数。横軸が日にち。縦軸が AE 指数を示す。

3—3. 考察

一般的にオーロラはフレアとコロナホールがオーロラの発生に関係が深いと考えられている。上出(2013)によると、コロナホールの活動と黒点の周期は位相がずれており、それぞれに対応したオーロラがある。今回、私たちはフレアに注目し黒点と AE 指数の関係について調べたが、コロナホールが影響した関係で予想とは異なる結果になった可能性がある。

4. まとめ・展望

本研究は、「斐太高校で行う黒点観測はどれほど正確に測定できているのか」「黒点数とオーロラの活動はどのような関係にあるのか」という2つの視点から取り組んだ。

斐太高校と国立天文台の観測結果を比較した結果、黒点相対数自体が大きく異なったものの、黒点数の増減傾向が似ていることがわかり、黒点相対数が増加している時期や、減少している時期を見極めることができる可能性が示唆された。

黒点数と AE 指数との関係を調査した結果、AE 指数の値が高いほど黒点数がほかの日よりも少なく、AE 指数の値が低いほど黒点数が多くなっているという傾向が見られた。この結果は、コロナホールの影響によるものだと考えられる。

斐太高校での観測結果と国立天文台のデータにはある程度の類似性があることから今後も観測を続けていき、より多くの経験とデータを得て、今回調べた事をもとに自分たちでオーロラの発生の予測ができるように役立てていきたい。

5. 参考文献

1. 天文年間編集委員会. 天文年鑑 2025 年度版 : 誠文堂新光社, 2024.
2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所. 「オーロラ 50 のなぜ」の「27. オーロラの2つの太陽活動の原因とは？」. :
<https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/50naze/aurora/27.html> 2025 年 10 月 16 日確認.
3. 花岡庸一郎. 太陽は地球と人類にどう影響を与えているか : 光文社, 2019.
4. 数研出版. 地学図録, 2022.
5. 国立天文台. 国立天文台 太陽観測化学プロジェクト 三鷹太陽地上観測. :
<https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/database.html> 2025 年 10 月 16 日確認.
6. 赤祖父俊一. オーロラ その謎と魅力 : 岩波新書, 2002.
7. 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター. AE 指数速報値 (リアルタイム) . :
https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_realtime/index-j.html 2025 年 10 月 16 日確認.
8. 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター. AE 指数暫定値. :
https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_provisional/index-j.html 2025 年 10 月 16 日確認.
9. 上出洋介. オーロラ宇宙の渚をさぐる. 角川選書, 2013.

バードコールから発生する摩擦音についての考察

大垣北高校 自然科学部 物理班 2年：高木翔太 谷川隼士
1年：宇野春希

1 はじめに

昨年度高文連自然科学部会の行事である、高校生サイエンスフェスにおいて、大垣北高校自然科学部のハクセキレイ班がバードコール（図1）を参加者に作成させる企画をおこなった。バードコールとは、小鳥の鳴き声に似た音を発し、小鳥を呼ぶ道具である。そのしくみは、適当な長さの木の枝の断面に穴をあけ、そこにネジなどをねじ込むことで、摩擦音を発生させるといったものである。

摩擦音とは、摩擦による振動により発生する音とその倍音からなる。加えて、振動する物体の長さがより長いほど音は高くなる。物体同士があまり接触していない場合は机をこするような低い音が聞こえ、物体同士がより接触し、密着しているような状態になると車の急ブレーキ音のような高い音が聞こえる。

私たちはバードコールから鳴る音が木の枝の種類によって違うことに気がついた。そして、条件を変えることによってバードコールの音にどのような違いが発生するかに興味を持ち、本研究を行うことにした。本研究では、木の種類による密度の違いやアイボルトのねじ込む深さ、ネジを回すトルクの違いによるバードコールの音の違い、および鳥の音声とバードコールの音の比較についての考察をすることを目的とする。



【図1 バードコール】

2 バードコールの作成

コブシ、ケヤキ、ヒマラヤスギ、ソメイヨシノの4種類の木のそれぞれ直径約3.0cmの枝を、長さ約5.0cmになるようにのこぎりで切断した。（図2）次に切断面を紙ヤスリ（図3）で研磨して平らにし、（図4）切断面の中心に深さ約2.0cm、直径5.5mmの穴をあけ、直径6mmのM6アイボルトをねじ込みバードコールを作成した。アイボルトは空けた穴よりも大きいため、アイボルトをねじ込むことによって、穴の表面にネジの溝が形成される。このとき、ネジの溝とネジの間で摩擦が生じ、摩擦音が発生する。



【図2 切断の様子】



【図3 紙ヤスリ】



【図4 研磨の様子】

3 木の密度の違いによる音の違い

木の密度が大きいほど摩擦が大きくなることから、私たちは木の密度が大きいほど音が高くなると考え、上記の4種類の木の密度と音の高さを比べその関係性があるか調べた。

3-1 方法

4種類の木の木片の質量を電子天秤で計測した。そして、それぞれの木片を水の入ったメスシリンダーに沈め木の体積を測定し、質量と体積から密度を求めた。そして、それぞれの木にアイボルトを6山ねじ込んで、緩める方向に半回転させて音を発生させ、レコーダー(Handy Video Recorder Q3)で

録音した。このとき、録音の設定はサンプリング周波数 96kHz、24bit で標本化した。録音したものを、PC の音声編集ソフト「Sound Engine Free」で読み込み、音の周波数を視覚的に表示することができるヴィジュアル機能で比較した。

3-2 結果

下の表は木の質量、体積の測定結果および求めた密度である。(表 1) 密度はコブシ、ソメイヨシノ、ヒマラヤスギ、ケヤキの順で大きくなった。

【表 1 各樹木の密度】

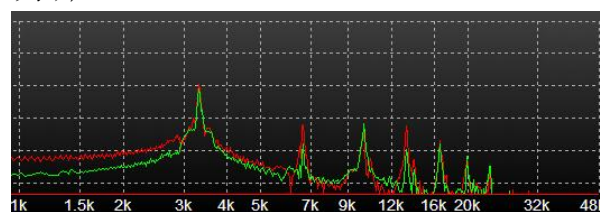
	ケヤキ	コブシ	ヒマラヤスギ	ソメイヨシノ
質量(g)	26.85	15.03	28.46	22.04
体積(cm ³)	28.4	26.6	35.8	32.8
密度(g/cm ³)	0.945	0.565	0.795	0.672

下図がそれぞれの周波数を解析した図である。低周波部分はバードコールを鳴らさなくても常に表示されており、雑音と考えられるため観測しない。

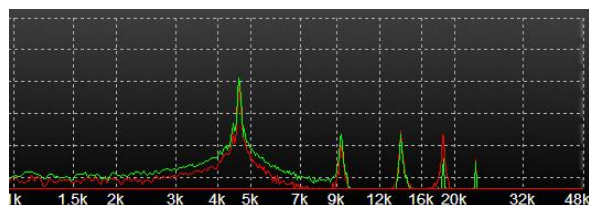
(縦軸の数値はソメイヨシノ以外一番下の点線が-90db、一番上が 0db の 18db 刻み。ソメイヨシノは一番下の点線が-72db、一番上の点線が 0db の 24db 刻み)



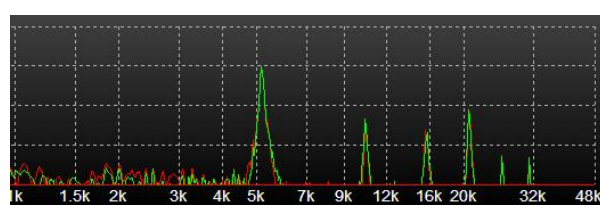
【図 5 ケヤキ】



【図 6 コブシ】



【図 7 ヒマラヤスギ】

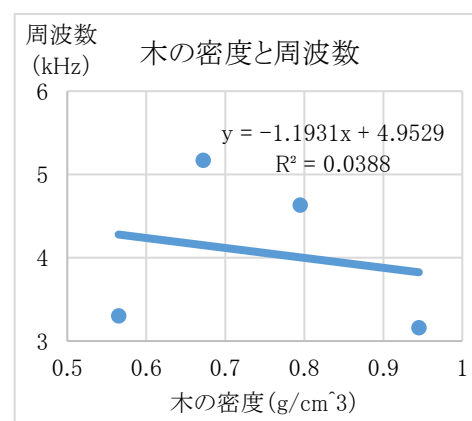


【図 8 ソメイヨシノ】

ケヤキ、コブシ、ヒマラヤスギ、ソメイヨシノの順で音が高くなったことが分かる。また、周波数の解析から、どの木も最も目立つ音はおよそ 3~5kHz となっており、そこから複数の倍音が生じていることがわかった。

3-3 考察

ケヤキを除く 3 種では、密度が大きいほど音程が高くなる傾向があった。ただし、ケヤキは密度の大きいわりに音程が低いため、4 種の密度と音程の相関は負の相関となった。ただし、決定係数 (R^2) が 0.0388 となっており、バードコールの音は木の密度と音程の間には一定の相関があるとはいえない。



【図 9 木の密度と周波数の相関図】

4 アイボルトをねじ込む深さによる音の違い

私たちはアイボルトを木にねじ込む深さが深くなるほど、摩擦が大きくなり、発生する音が高くなると考え、ねじ込んだアイボルトの山の数と音程に関係性があるか調べた。

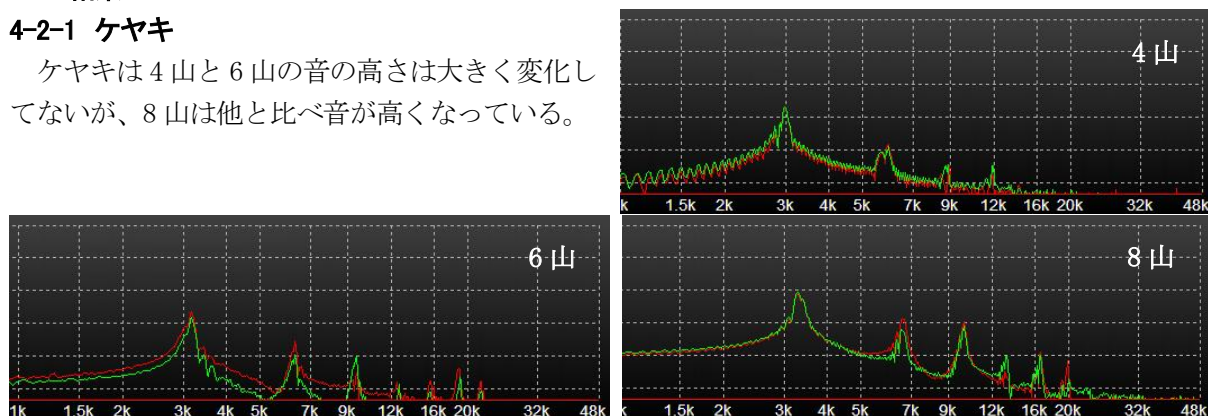
4-1 方法

それぞれの木にアイボルトをねじ込み、山の数をそれぞれ4山、6山、8山に設定し、緩める方向にアイボルトを半回転させ、発生した音を録音した。録音したものを、PCの音声編集ソフト「Sound Engine Free」で読み込み、音の周波数を視覚的に表示することができるヴィジュアル機能で比較した。

4-2 結果

4-2-1 ケヤキ

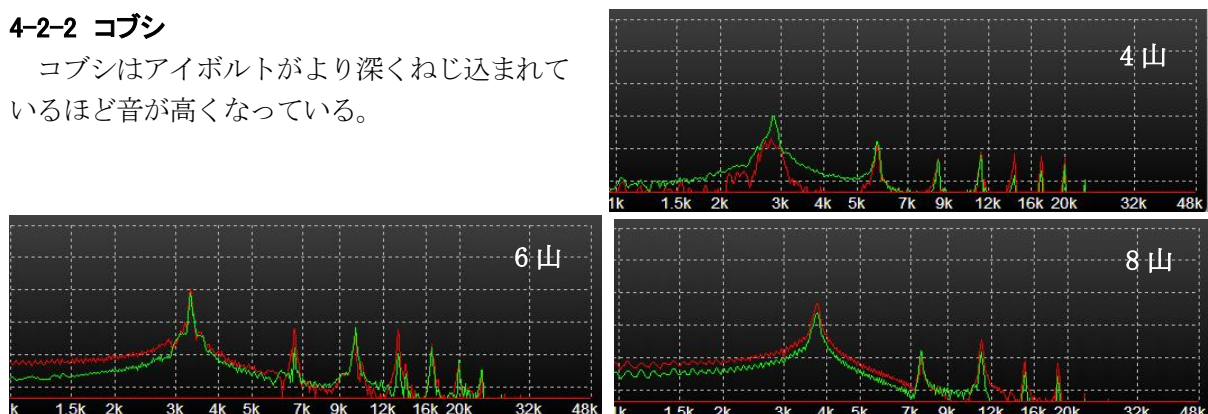
ケヤキは4山と6山の音の高さは大きく変化していないが、8山は他と比べ音が高くなっている。



【図10 ケヤキ】

4-2-2 コブシ

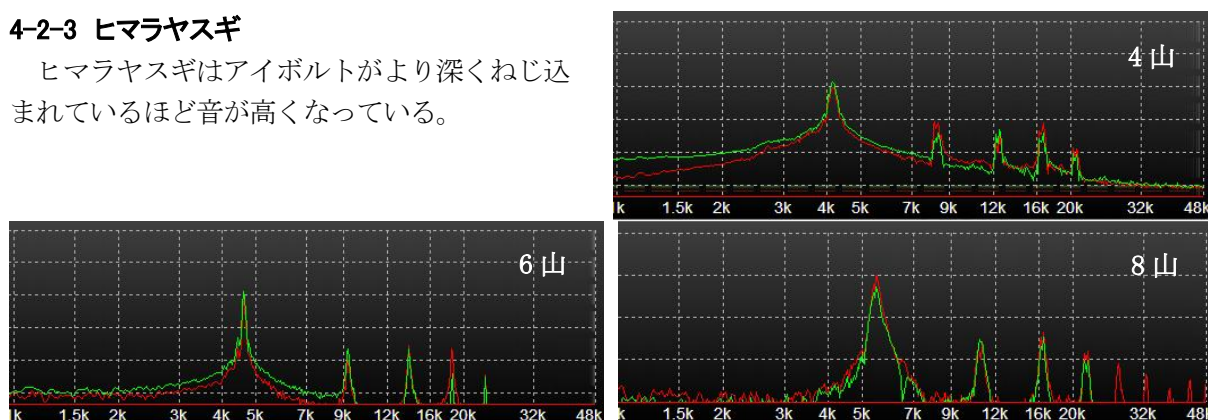
コブシはアイボルトがより深くねじ込まれているほど音が高くなっている。



【図11 コブシ】

4-2-3 ヒマラヤスギ

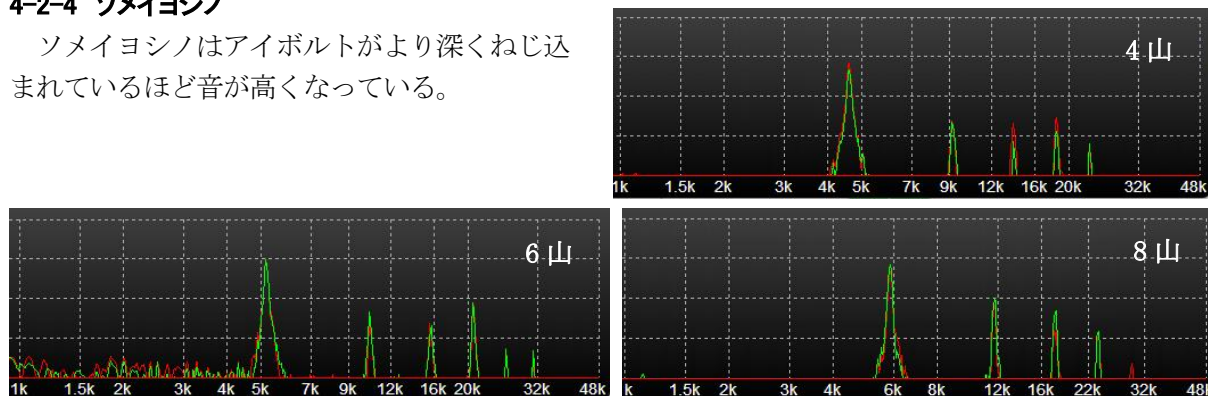
ヒマラヤスギはアイボルトがより深くねじ込まれているほど音が高くなっている。



【図12 ヒマラヤスギ】

4-2-4 ソメイヨシノ

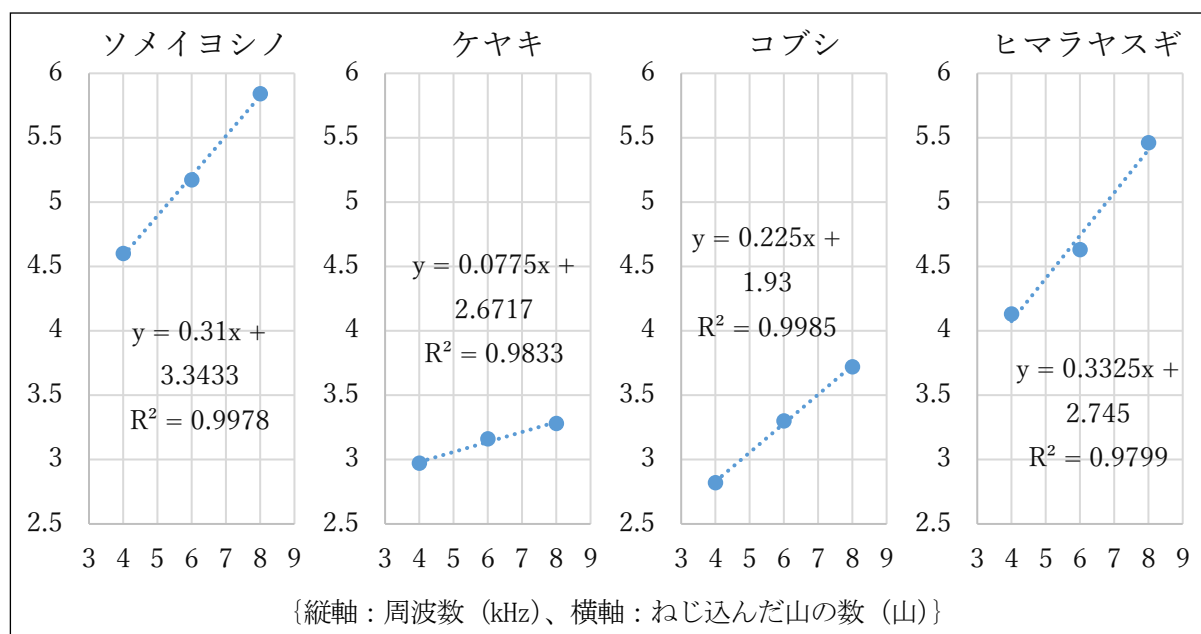
ソメイヨシノはアイボルトがより深くねじ込まれているほど音が高くなっている。



【図 13 ソメイヨシノ】

4-3 考察

4種類の木をそれぞれの深さで測定した結果より、アイボルトをより深くねじ込むほど音が高くなる傾向があることが分かった。3での結果と合わせて考えると、バードコールの音の高さは、木の密度の大きさの影響より、アイボルトと木の密着する表面積の大きさによる摩擦の違いの影響の方が大きいことがわかる。



【図 14 4種類の木にアイボルトをねじ込む深さと発生した音の周波数の相関図】

5 ネジを回すトルクによる音の違い

木とネジの間の摩擦が大きいほど、回転させるのに大きな力が必要になる。実験を通して、ねじ込む山の数が増えるにつれて、より大きな力が必要になることを感覚として認識している。つまり、木とネジの間の摩擦力が大きくなるほど、音程が高くなるといえる。そこで具体的にその力がどの程度変化するのかを数値化するために、ネジを回す際のトルクを測定することにした。トルクとはねじりモーメントとも呼び、作用点に働く力と、支点から作用点との距離の積で表される力で、単位はNm(ニュートンメートル)である。

5-1 方法

0.3～20Nmで測定できるトルクレンチ（MINI DIGITAL TORQUE WRENCH）（図15）を用いて、回転する際のトルクを測定した。トルクレンチの先端はアタッチメントを交換することでその形状を変えることができるが、今回は10mmの六角形のもの（図16右）を使用した。また、アイボルトをこのトルクレンチで回すことはできないため、先の実験で使用したアイボルトとネジのピッチが同じM6の六角ボルト（図16左）を4種類の木の木片にねじ込むことにした。（図17）



【図15 トルクレンチ】



【図16 六角ボルトとアタッチメント】



【図17 計測の様子】

それぞれの木に六角ボルトをねじ込み、山の数をそれぞれ4山、6山、8山に設定し、緩める方向にネジを半回転させ、発生した音を録音した。

5-2 結果

どの木でも8山までのねじ込みでは、トルクレンチで測定できる最小値よりも弱い力で回すことができ音を発した。さらにねじ込むと、トルクレンチでトルクを計測できることになるが、音はなかった。

5-3 考察

バードコールから生じる音は、ネジのトルクが0.3Nm以下の弱い力で発生することがわかった。トルクレンチで測定可能な0.3Nm以上の摩擦力がかかるときは、音は発生しなかったが、人の耳の可聴域を超える、高周波の音波が発生している可能性がある。

6 鳥の音声との比較

私たちはバードコールが実際に鳥の鳴き声と似ているのかを調べようと思い、音を比較することにした。鳥の鳴き声には地鳴きとさえずりがあり、地鳴きは単音で、さえずりは歌のように複雑な音である。今回は単純な音である地鳴きで比較することにした。

6-1 方法

鳥の音声は「鳴き声から調べる野鳥図鑑」のCDからベニマシコの地鳴きの音声入手し、PCの音声編集ソフト「Sound Engine Free」で読み込み、音の周波数を視覚的に表示することができるヴィジュアル機能で比較した。

6-2 結果

ヴィジュアルで観測した結果、ベニマシコ（スズメ目アトリ科）（図19）の最も目立った音は5.06kHzであり、そこから複数の倍音が生じていることが分かった。



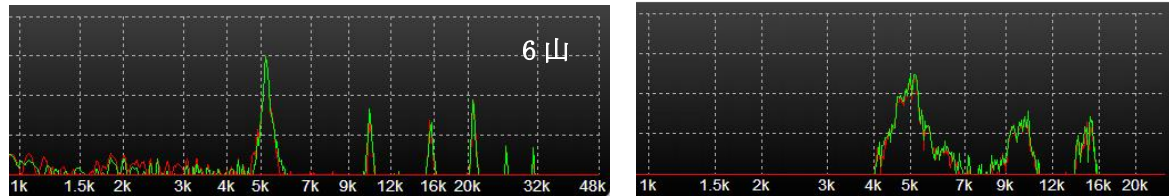
【図18 ベニマシコの地鳴き】



【図19 ベニマシコ♀】

6-3 考察

ベニマシコの地鳴きはバードコールと同じく倍音が発生していることが分かった。また、ベニマシコと4種類のバードコールのヴィジュアルを比べると、ソメイヨシノにアイボルトを6山ねじ込み、緩める方向に半回転させた音が最も似ていたため、この音でベニマシコを呼べるのではないかと考えた。



【図20 ソメイヨシノ（左）とベニマシコ（右）】

7 まとめ

本研究では、木の種類による密度の違いやアイボルトのねじ込む深さ、ネジを回すトルクの違いによるバードコールの音の違い、および鳥の音声とバードコールの音の比較についての考察を行った。

木の種類を変え、密度の違いと音の高さを比較した実験では、音程の高さに対する木の密度の影響はあまり大きくないことが分かった。しかし、アイボルトをより深くねじ込むと、どの木も音程が高くなる傾向があることが分かった。このことから、摩擦音の音程の高さは物体の密度より摩擦面の面積の影響の方が大きいことが分かった。

また、トルクレンチで木を回すトルクの大きさと音程の高さの関係を調べたが、バードコールの音が発生するトルクの大きさは、トルクレンチの計測範囲である0.3~20Nmよりも小さかった。このことから、バードコールはトルクの大きさが0.3Nm以下で音が発生することが分かった。

さらに、鳥のベニマシコの音声と4種類のバードコールの音のヴィジュアルの比較を行った結果、ソメイヨシノにアイボルトを6山ねじ込み、緩める方向に半回転させた音が最も似ていたため、この音でベニマシコを呼べるのではないかと考えた。

今後は今回計測できなかったトルクの大きさと音の高さの違いについて、より詳細なデータを取れるようにより小さい力を測れるトルクレンチを探し、それを用いて計測を行い、考察したい。また、他の鳥の音声とバードコールの音を比較し、実際にバードコールの音を用いて鳥を呼んでみたいと考えている。

8 参考文献

- 1) 横井雅之 摩擦音の発生機構について
<https://www.osaka-sandai.ac.jp/research/pdf/result/05/05-07.pdf>
大阪産業大学
- 2) トルクとは？
https://www.forcegauge.net/solution/what_is_torque
株式会社イマダ
- 3) 松田道生 鳴き声から調べる野鳥図鑑
文一総合出版

余取川の水害についての研究Ⅱ

武義高等学校 科学部

恩田龍之介 長屋蒼空 西部哲司 三輪祐翔

1. はじめに

武義高校科学部は、2023年8月16日に美濃市余取川（よとりがわ）で発生した水害について、2024年に被害状況を調査し、気象的要因と地理的要因の2つを検討した。気象的要因としては、災害当日の午後6時までの1時間に40mmを超える激しい雨が降り、川に大量の雨水が流入した。それにより、川を流れることができる水量が超過したと考えた。また地理的要因としては、上流域は谷間に存在し降雨を集めやすい地形であること。中流域は川が狭窄蛇行しており降雨による増水に耐えられなかったことが水害発生につながったと考察した。

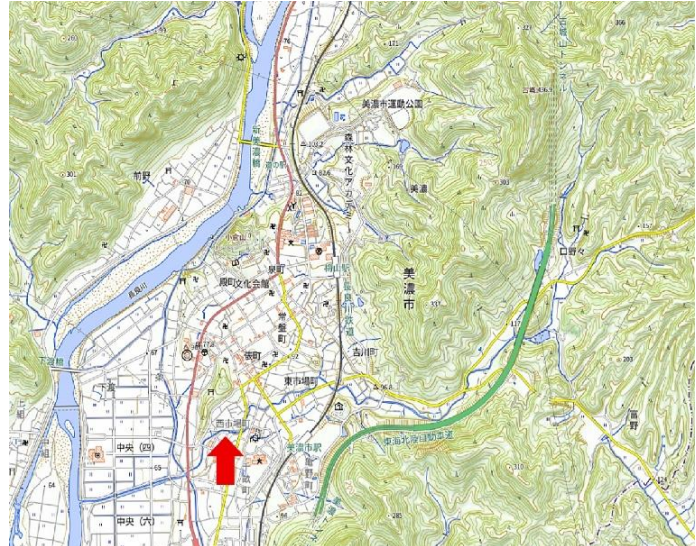


図1 美濃市における余取川の位置（赤矢印）

地理院地図 Vector（標準＋陰影図）に武義高校科学部で加筆

昨年度の研究過程で、余取川は水勢が激しくたびたび氾濫をしていたことを知っ

た。しかし、美濃市内に存在する他の河川の水害の記載はなかった。私たちは余取川でなぜ水害が繰り返されるのか疑問をもち、本研究に取り組んだ。

2. 目的と意義

美濃市には、余取川以外にも小規模な河川は存在している。市の周辺の降雨に大きな差がないはずだが、余取川で水害の発生頻度が高い。なぜ余取川で水害が発生しやすいのかを考察し、明らかにすることを本研究の目的とした。余取川の水害が発生しやすい要因を明らかにすることは今後の水害対策への基礎資料となり、社会的意義が大きいと考える。

3. 仮説

- ・余取川の地形が他の河川と比較して急峻である。
- ・1時間当たりの降雨量が多い時に余取川で水害が発生する。

4. 方法

本研究では以下について調査した。

- 3-（1）余取川と赤谷川の河床勾配図の比較
- 3-（2）余取川と赤谷川の河川断面図の比較
- 3-（3）余取川と赤谷川の集水域比較
- 3-（4）余取川と赤谷川地質比較
- 3-（5）経時的降雨量および累積降雨量の検討

3-（1）余取川と赤谷川の河川勾配図の比較

方法

余取川の比較対象として、余取川の南に位置し、長良川に接続している赤谷川を選んだ。

地理院地図 Vecor の計測機能を用いて、距離を測りその地点の標高を調べた。それを用いて河床勾配図を作成した。

結果

美濃市内にある余取川と赤谷川の河床勾配図を作成した（図2）。赤矢印で示した地点は2023年8月16日に発生した水害で、護岸や橋の崩落などの被害が発生した地点を示した。余取川において長良川合流点から3700～4100m間の勾配が赤谷川より急であった。

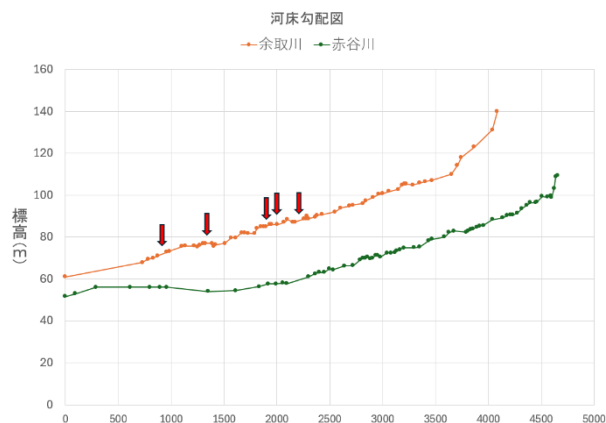


図2 余取川と赤谷川の河床勾配図

3-（2）余取川と赤谷川の河川断面図の比較

方法

地理院 Vecor を用いて、余取川と赤谷川の河川断面図を作成した。

結果

図3のように赤線部で余取川、青線部で赤谷川の河川断面図を作成した。余取川の断面図をみると（図4）。一方で、赤谷川は左の斜面がなだらかな地形になっていることが分かった（図5）。



図3 余取川、赤谷川の位置
赤線・青線は河川横断面図作成位置

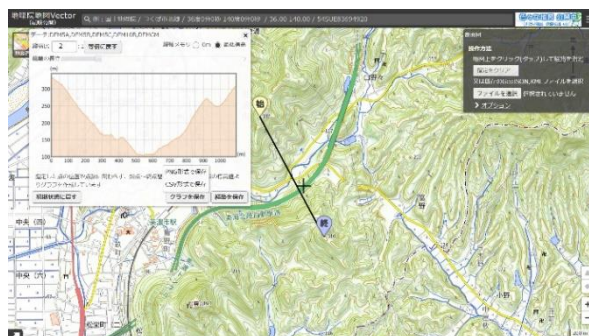


図4 余取川の河川断面図

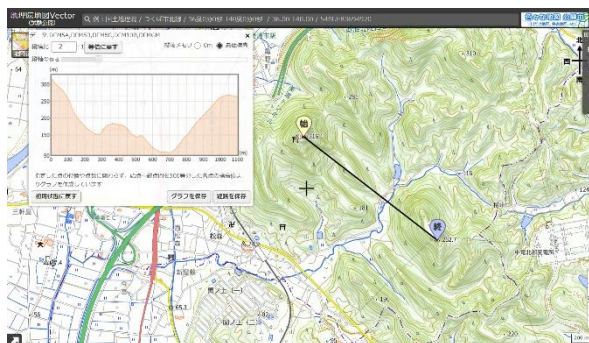


図5 赤谷川の河川断面図

3-（3）余取川と赤谷川の集水域比較

方法

余取川と赤谷川について、集水域の面積をそれぞれ求めた。地理院地図 Vecor を用いて、尾根に沿って地図上に多角形を描き、その面積を集水域とした。

結果

余取川の集水域面積は $3,252 \text{ km}^2$ （図6）、赤谷川は $2,741 \text{ km}^2$ （図7）だった。余取川の集水域は赤谷川の集水域に対して約 1.2 倍だった。

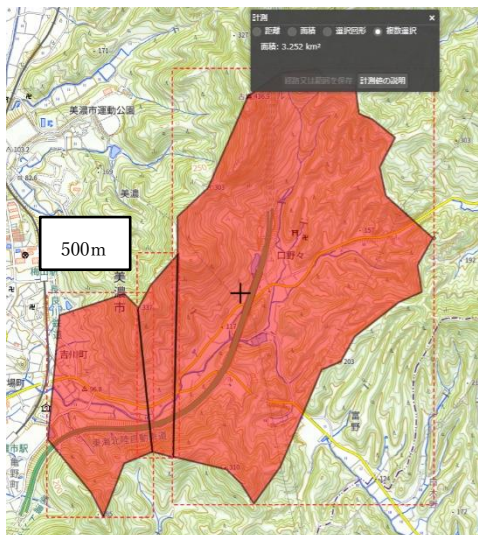


図6 余取川の集水域

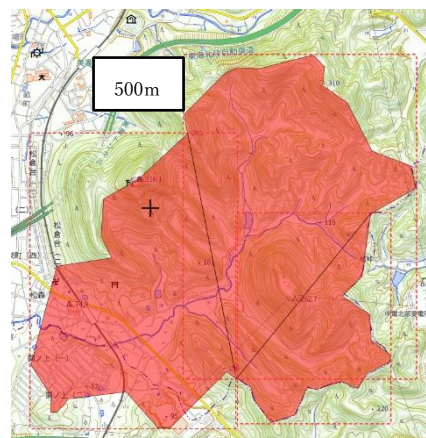


図7 赤谷川の集水域

3-（4）余取川と赤谷川の地質比較

方法

余取川の地質構造が水害発生の要因になっていると考え、地質図 Navi のシームレス地質図を用いてその構造を調べた。

結果

余取川の水源付近（黄丸）、赤谷川の水源付近（白丸）の地質図（図8）では、余取川水源はチャートなどの透水性が低く硬い地層からなっている。一方で、南の赤谷川の水源付近は海成層砂岩泥岩互層という透水性が高く比較的やわらかい地層からなることが分かった。

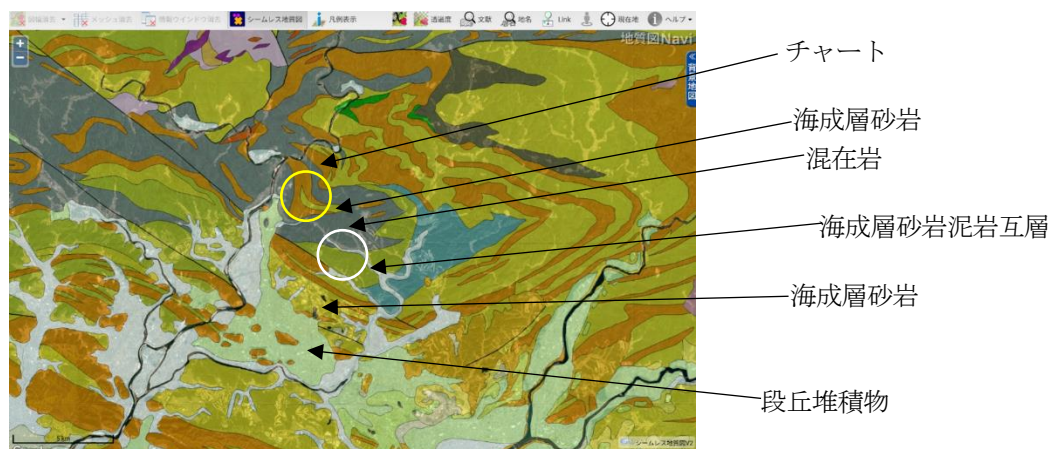


図8 余取川と赤谷川の地質構造

3-（5）経時的降雨量および累積降雨量の検討

方法

2025年7月24日から過去10年間に記録した美濃市のアメダスについて、降水量データについて調べた。洪水警報発令の目安として1時間あたりの降水量が30mm以上と気象庁が定めているのでこれを基準に、1時間あたりの降水量30mm以上の日付を抽出し、中日新聞縮刷版、中日新聞地方縮刷版を用いて被害状況記録を調べた。さらに、1時間あたりの降水量が40mmの日を抽出しグラフを作成した。この根拠は、水害が発生した2023年8月16日に1時間あたりの降水量が48.5mmだったことから降水量40mm以上で抽出を行った。

結果

過去10年間で1時間あたりの降水量30mm以上が42日、40mm以上が21日であった。そこから1時間あたりの降水量が40mm以上あったものについて、降水量の経時変化と累積降水量をグラフにした。40mm以上の降水が確認できた日から前後5日間の経時変化を追った。

棒グラフが1時間あたりの降水量を、折れ線グラフが累積降雨量である。
水害が発生しなかったものについて、以下に示す。

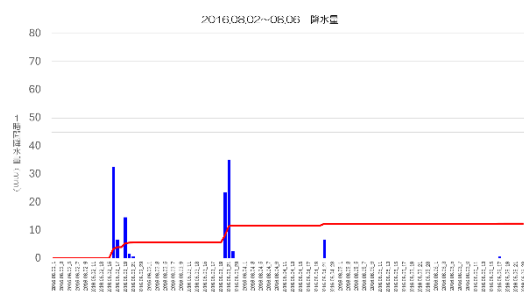


図9 2016.08.02～08.06の降水量

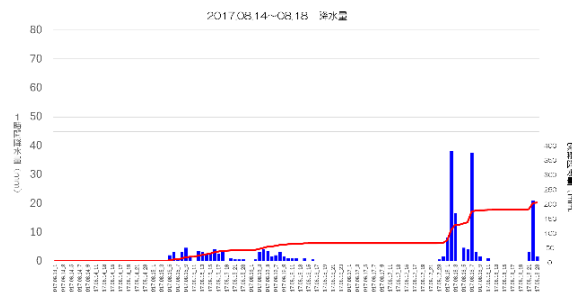


図10 2017.08.14～08.18の降水量

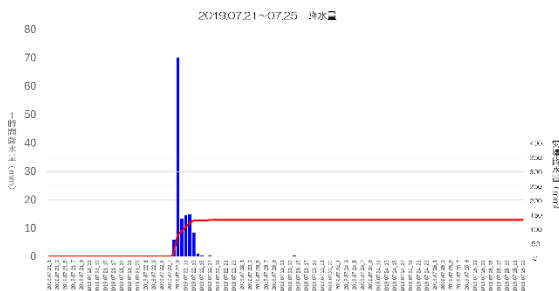


図11 2019.07.21～07.25の降水量

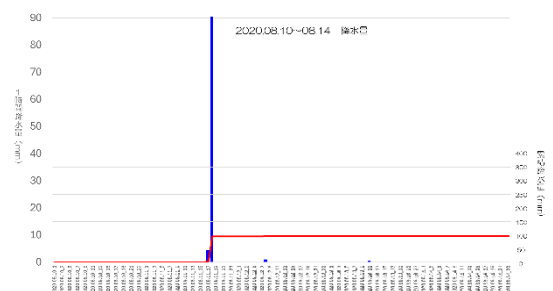


図12 2019.08.10～08.14の降水量

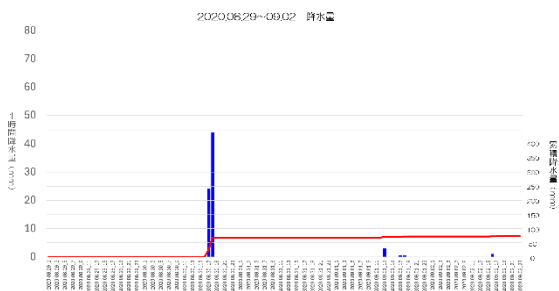


図13 2020.08.29～09.02の降水量

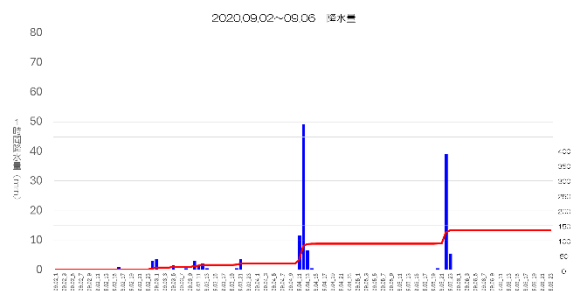


図14 2020.09.02～09.06の降水量

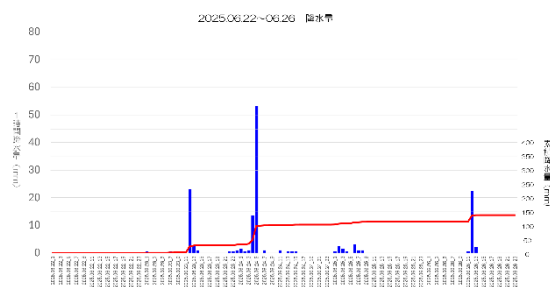


図 15 2025.06.22~06.26 の降水量

次に水害が発生した日についてのグラフを以下に示す。

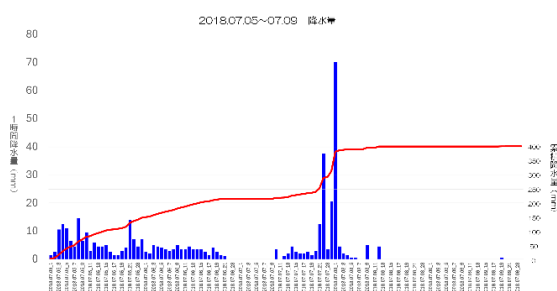


図 16 2018.07.05~07.09 の降水量

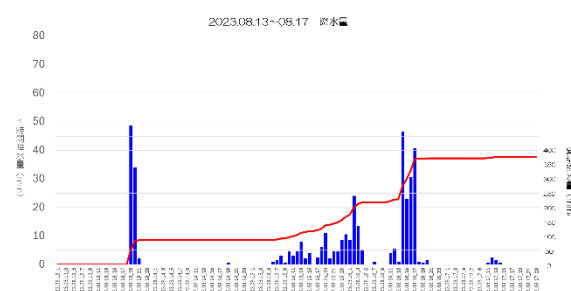


図 17 2023.08.13~08.17 の降水量

結果

図 9 から図 15 について、短期間で 1 時間当たりの降水量が 40 mm を超えても、その後雨が降らないまたは降っても少量の場合、水害は発生しない傾向にあることが分かった。

水害が発生した図 16 と図 17 について、雨の降り方は異なるが累積降雨量が 200 mm を超え、それから 1 時間あたりの降水量 40 mm 以上の激しい雨が降った時、水害が発生する傾向にあることが明らかになった。

5. 考察

余取川は長良川合流点から 3700~4100m 間の勾配が大きく、上流域の両岸が左右の斜面は急峻で集水域面積も 3,252 km² と大きい。加えて上流部の地質構造はチャートなど透水性が低く硬い地層からなるため、累積降雨量が 200 mm 以上の降雨があり、1 時間当たり降水量が 40 mm 以上の激しい降雨があったとき、大量の雨が地面にしみこまずに川に流れ、上流域は勾配が急であるため水勢が強くなり、狭窄蛇行している中流域へ流れることで水害が発生すると思われる。

6. 結論

余取川は美濃市内の他の河川に比べて、上流部が急勾配で、両岸が急峻である。地質構造はチャートを主成分とし、透水性は低く硬い。累積降雨量が 200 mm 以上の降雨があり、加えて 1 時間当たり降水量が 40 mm 以上の激しい降雨があったとき、水害が発生する。

7. 今後の展望

- (1) 今回明らかになった結果をもとに、行政機関と連携し美濃市の防災施策に役立てていく。
- (2) ハザードマップの変遷の調査