

令和7年度

理数科課題研究報告書

岡山県立津山高等学校理数科

目 次

〔 物理分野 〕

- ウィッフルボールの軌道の変化の要因について 1
内田 翔介, 後安 真之介, 笹尾 篤希, 近光 京五, 都守 凌平, 細川 鉄平, 南 智悠
- 水中でプロペラを回したときにできる縦渦についての研究 5
青山 真人, 田中 恭輔, 野村 晏那, 大和 杏歌
- 路面を走行した際の水の跳ね上がり方についての研究 9
井上 優太, 北村 悠真, 近藤 絢菜, 鈴木 彩乃, 橋本 絢音

〔 地学分野 〕

- 津山盆地で発生する霧の要因の検証 13
鎌先 一希, 小林 浩徳, 近藤 悠人, 長谷川 遼, 久常 大輔, 森安 冠仁
- 伊茂岡鉦山における岩石の含有金属の同定と地質学的考察 17
田村 美遥, 岩元 百可, 佐々木 絵乃音, 本山 水晴, 森崎 日菜

〔 生物分野 〕

- シジュウカラの鳴き声がハトの行動に及ぼす影響
～The Effect of Great Tit Calls on Pigeon Behavior～ 21
河井 知奈, 絹田 咲桜, 原田 葵
- 簡易アクアポニックスを用いた効率的な植物栽培の検討 25
水木 晃生, 金丸 裕輝, 山田 昊志
- 津山中高ビオトープにおける生態系構造の理解と教材化の基盤構築 29
藤井 一輝, 安東 大志, 植田 悠涼, 岡本 羽叶, 田川 航也, 陳 津宇

- ・ 謝辞 33

〔 付録 〕

- 研究発表ポスター集 34 ～ 41

ウィッフルボールの軌道の変化の要因について

研究者 内田 翔介, 後安 真之介, 笹尾 篤希, 近光 京五, 都守 凌平, 細川 鉄平, 南 智悠
指導者 田野 智大, 津田 拓郎, 林 璃子

Abstract

For a Wiffle ball (WB), we know that the factors of a breaking ball in a non-rotating state are forces generated by vortices produced by air passing through the inside and forces of airflow. However, the factors of breaking balls with rotating WB have not yet been found. Therefore, to find the factors of breaking balls in the case of a rotating WB, we focused on changes in the air velocity around the WB and conducted wind tunnel experiments using a rotating WB. We recorded a WB rotating at 40 revolutions perat 480 fps with a high-speed camera, and analyzed the images with the image analysis software. In the analysis we defined the rightward direction as the x-axis and the upward direction as the y-axis, we decomposed the velocities around the side with holes (side A) and the side without holes (side B), and compared the velocities on sides A and B, and their x-direction speed. As a result, it became clear that the air surrounding side A flows faster than that surrounding side B. So, the pressure around side A is lower than that around side B, which induces airflow from side B toward side A. As a consequence, the WB is carried by the airflow and moves toward side A, indicating that this mechanism is one of the factors responsible for the rajectory change of the WB.

1. 研究の概要

回転していないウィッフルボール（以下WB）での変化球の要因は、内部を通る空気による渦の力、気流による力ということが知られている。しかし、回転しているWBの場合、その軌道変化の要因は明らかになっていない。回転している場合の変化球の要因を明らかにするために、WB周辺の空気の流れに着目し、回転したWBを使った風洞実験を行った。1秒40回転しているWBを、480fpsの条件で撮影し、画像解析ソフトで解析した。解析方法は穴の空いている側（A側）、穴の空いていない側（B側）周辺の空気の流れの平均速度を、右方向をx成分、上方向をy成分として分解し、A側、B側の速度と、速度のx成分を比較した。その結果、A側の周辺の空気はB側周辺の空気より速いことが明らかになった。そのため、A側周辺の気圧はB側周辺よりも低くなり、B側からA側へ向かって空気の流れが生じる。これによって、WBはA側へ移動すると結論づけた。このことから、WB周辺の空気の流れの速度差とそれによって生じる気圧差が、回転しているWBの変化球の要因の一つであることが明らかになった。

2. 序論

不規則な軌道であるWB（図1）に興味を持った。WBは予測しにくい動きをするという特徴があり、変化球となる要因について調べた。その結果、通常の野球ボールが回転しながら飛ぶのは主にマグナス効果（回転しながら進む物体が、



図1 ウィッフルボール

空気などの流体から進行方向とは垂直な方向に力を受ける現象）と空気抵抗によって起こることが知られている。それに対して、回転していないWBは、ボール内部を通る空気によって生じる渦による力や、ボール周辺を流れる気流による力の影響を受けるという報告があることが分かったが、回転しているWBについての報告はなかった。そこで、回転しているWBの動きについて、実験を行い、その仕組みを調べてみたいと

考え、本研究を行った。本研究では、WBを回転させた状態で実験を行い、回転しているWBが変化球となる要因を明らかにすることを目的とする。

3. 研究内容

回転しながら飛んでいるWBが変化球となる要因は、WBの表面に空いた穴がボール周辺の空気の流れを変化させているのではないかと考えた。そこで、回転するWBを使った風洞実験を行い、WB周辺の空気の流れを解析した。また、射出装置を用いて物体を一定の条件で発射し、風洞実験で立てた仮説が正しいかどうかの検証を試みた。

風洞実験

<目的>

WBのA側、B側周辺の空気の流れの速さを比較するために風洞実験を行った。

<装置の仕様>

風洞実験装置(図2)を製作した。装置の製作では木材と亚克力板を用いて、幅約46cm、高さ約46cm、奥行き約60cmで囲いを制作。撮影しやすく、また、外部からの影響を受けないようにした。さらに、ボールの面に当たる風を一定にするためストローを束ねた簡易的な整流器を作った。



図2 風洞実験装置

<煙の送り方>

スモークマシンの煙(図3)を袋にためた。その煙をストローを使い少量ずつ、一定量でウィッフルボールに向け、整流器

(図2)に送り、煙の流れを一定にしてウィッフルボールに当てた。



図3 整流器(左)と袋(右)

WBは、モーターを使い、1秒間に約40回転させた。これは、私たちが実際に投球して変化球になったときと同じ回転数である。実験の様子をハイスピードカメラで1秒間に480枚撮影し、その動画を画像解析ソフト「PIVlab」を使い、矢印によって煙の動きの方向と速さを可視化した。そして、煙の速度を数値化し、右方向をx成分、上方向をy成分として、空気の流れを分解した。その結果をA、B側周辺の空気の流れの速度、x方向の速さをそれぞれ比較した。



図4 風洞実験の様子

射出装置

ディスクグラインダーの回転したボールを射出する動力として用いる射出装置(図5)を作成した。装置は主に、支持フレーム、駆動部、回転ディスク、および固定用基台から構成される。支持フレームおよび基台には木製材料を用い、装置全体の安定性を確保した。駆動部にはディスクグラインダーを採用し、その回転軸に円盤状のディスクを取り付けた。しかしディスクの厚みが足りず、ボールを高速で射出し、変化球となり、実験に十分な長い距離をとばすこと

ができなかったため、現在は実際に射出実験が可能のように改良をしている。

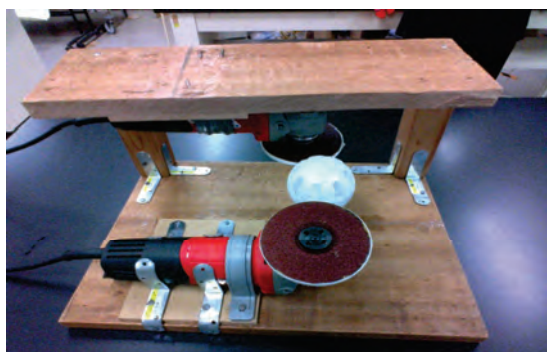


図5 射出装置

<結果>

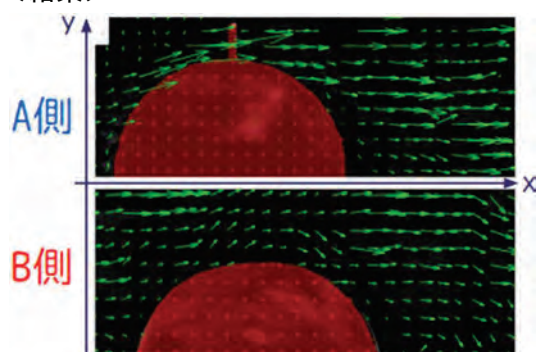


図6 PIVlabによる解析結果

PIVlab によって、画像を解析すると(図6)のようになった。それぞれの画面下部の半円がWB、矢印は煙の速さと向きを表している。

また、煙の速度を数値化した後、x、y方向に分解し、速さ[cm/s]で表すと表1のようになった。

表1 煙の速さと、そのx、y成分

	速度 cm/s	速度のX成分 cm/s	速度のY成分 cm/s
A側	27.39	27.31	2.14
B側	19.71	19.16	4.68

表1から、B側よりもA側のほうが、速度と速度のX成分の両方が約40%大きくなっていることがわかる。

<考察>



図7 ウィッフルボールが曲がる要因

A側周辺の空気の流れは、B側周辺の空気の流れよりも速くなっていることが風洞実験の解析結果からわかる。これはWBに空いた穴が空気抵抗を減少させる働きをするためだと考えられる。また、結果をベルヌーイの定理に基づいて考察すると、流体では、速度が大きい部分ほど圧力が低くなり、反対に速度が小さい部分では圧力が高くなることがわかる。したがって、A側周辺の気圧はB側周辺の気圧よりも低くなっていると判断できる。空気は気圧の高いところから低いところへ移動する性質をもつため、図7に示すように、この圧力の差によってWBは空気の流れに押され、結果としてA側の方向へ移動すると考えられる。この原理は、通常の野球ボールが回転しながら飛行する際に生じる変化球の要因であるマグヌス力と同様の仕組みによるものである。そのため、WBにおいても、ボールの回転と空気の流れが軌道の変化に大きく関係していることが示唆された。

4. 結論

回転しているWBの周辺の空気の速度を比較すると、A側で動きが速く、B側で遅くなっている。ベルヌーイの定理より、A側周辺の圧力はB側周辺の圧力より低くなる。そのため、WB周辺では、B側からA側への空気の流れが生じ、WBがA側方向へ流される。このようにして、WBが変化球になると結論付けた。

5. 今後の展望

今後は、人の手や射出装置を用いて実際にWBを投げる実験を行い、本実験で得られた考察と同じ挙動を示すかどうかを確かめたい。また、WBの回転数を変化させ、その影響を分析することで、本実験の考察と一致するかどうかを検証したい。さらに、WBの穴の大きさを変えた場合の空気の流れや軌道の違いを調べることで、WBの変化球が生じる仕組みをより詳しく明らかにしたい。

謝辞

本研究に手厚くご指導、協力して下さった津山工業高等専門学校の曾利 仁先生、谷口 圭輔先生に深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Global Hospitality Japan. “Wiffle Ball” .
<https://gh-japan.co.jp/wiffle-lp/>
(2026年1月15日 閲覧)
- 2) Utvich, Alexis; Jemott, Colin; Logan, Sheldon; Rossmann, Jen. “Aerodynamics of WiffleBalls” . ads.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2003APS..DFD.MJ005U/abstract>
(2026年1月15日 閲覧)
- 3) “How it works:A Wiffle Ball Pitch” . Popular Science. 2014-04-07
https://www.popsci.com/article/technology/how-it-works-wiffle-ball-pitch/?utm_source
(2026年1月15日 閲覧)
- 4) PIVlab. “PIVlab-open source particle image velocimetry”.
<https://www.pivlab.de/>
(2026年1月15日 閲覧)
- 5) Yufan Wu; Steve Park; Julian Wu. “Mechanical Engineering Design Project” . Washington University in St. Louis. Fall 2022.
<https://openscholarship.wustl.edu/cgi/v>

[iewcontent.cgi?article=1203&context=mems411](http://www.iewcontent.cgi?article=1203&context=mems411)

(2026年1月15日 閲覧)

水中でプロペラを回したときにできる縦渦 についての研究

研究者：青山 真人 田中 恭輔 野村 晏那 大和 杏歌
指導者：林 璃子 田野 智大 津田 拓郎

Abstract

This study conducted experiments by varying the number of propeller blades and the water depth to clarify the factors involved in the generation of a vertically downward vortex when a propeller rotates in water.

1. 研究の概要

本研究では、水中でプロペラを回す際に鉛直下向き渦が発生する要因を明らかにすることを目的とし、プロペラの羽根の枚数や水深を変数として実験を行った。その結果、水深が深いほど渦の発生までの時間が長くなり、羽根の枚数が少ないほど発生までの時間が短くなる傾向にあることが明らかになった。

2. 序論

今現在、渦に関する研究は多々あるが鉛直下向きの渦についての研究は少ない。そこで、鉛直下向き渦の発生に関わる要素を明らかにするための研究を行った。

3. 本研究での用語の定義

①プロペラの水を押し出す面をA面、もう一方をB面と定義する。(図1)



図1 面の定義

- ②プロペラを水中で回転させると、水面で小さな渦が発生する。この、小さな渦を種渦と定義する。
③本実験で研究する「鉛直下向き渦」を、「縦渦」と定義する。

れることにより高圧になり、一方でB面側では水が引き伸ばされ、低圧になる。水は高圧部から低圧部に流れるため②のような水の流れが生じる。このとき、①と②では水の流れる方向が異なり、ねじれが生じ種渦となると考えた。



図2 水の流れ

4. 研究内容

実験A：縦渦の発生の原理

A-1仮説

プロペラによる水の流れを図2に表す。プロペラを回すことにより、①のような水の流れが生じる。このとき、A面側では水が、押し

A-2結果

プロペラを回している様子を上から観察した結果複数の渦を確認することができた。(図3)

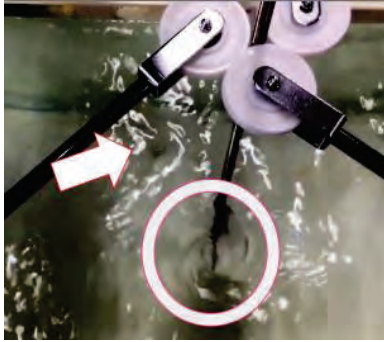


図3上から観察した渦

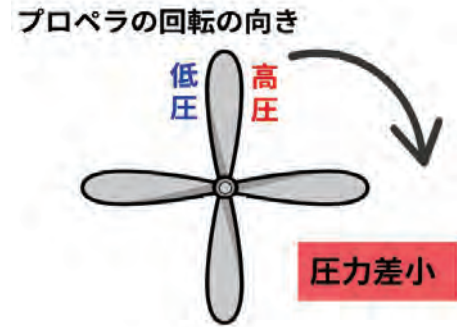


図4四枚羽根の圧力差

A-3考察

このことから、プロペラの翼端では絶えず種渦が発生していて、これらの種渦が統合され縦渦となると考えた。

実験B：縦渦の発生に影響を与える物理量の関係

B-1. プロペラの羽根の枚数と縦渦の発生までの時間

実験方法の通りで進め、変数を羽根の枚数にするためそれぞれ二枚羽根、三枚羽根、五枚羽根に設定して研究を行った。

B-1-1. 仮説

私達は羽根の枚数が増加するほど、縦渦の発生までの時間が増加すると思った。その理由として、まず二枚羽根と四枚羽根とのそれぞれの圧力差について考えると、圧力差は羽の部分に生まれるため、圧力差が生まれる部分の間隔は四枚羽根の場合だと90度、二枚羽根の場合は180度ある。そのため、二枚羽根のほうがより多くの水をかき出し、引き伸ばすことができると思うことができる。よって超高压で超低圧となるため圧力差が大きい二枚羽根のほうが四枚羽根より発生までの時間が減少するため、プロペラの羽根の枚数が増加すると縦渦の発生までの時間が増加するという仮説を立てた。

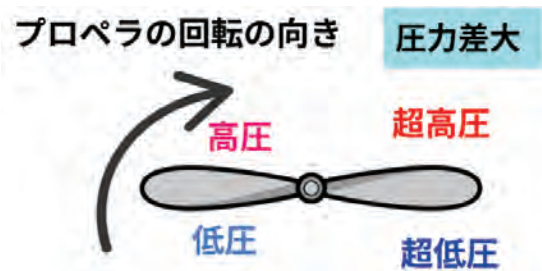


図5二枚羽根の圧力差

B-1-2. 実験方法

- ①. プロペラを接着した寸切りボルトを用意したインパクトドライバーに接続する。(図6)そのドライバーをスタンドで固定し、滑車で3方向から囲んだ。これは、寸切りボルトの軸の横揺れを防ぐため(図7)
- ②. 水槽で二枚羽根、三枚羽根、五枚羽根(図9)をそれぞれ水深5cm、10cm、15cmに設定して、プロペラをインパクトドライバーで回転させた。プロペラは3Dプリンターで作成した。
- ③. それぞれの組み合わせで10回ずつ実験を行い、プロペラの様子を観察し、タイマーで渦の発生までの時間を計った。その際、縦渦の先が水深の半分に到達したときに渦ができた判断した。(図8)
- ④. ③のデータをもとに羽根の枚数や水深との相関関係を調べた。



図6 インパクトドライバー



図7 スタンド



図8 水深の定義



図9 プロペラの種類

B-1-3. 結果

プロペラの羽根の枚数と縦渦の発生までの時間の関係は図10のようになった。水深は5cmに固定し、横軸は羽根の枚数、縦軸は発生までの時間を表している。また、青い点は外れ値を抜いたそれぞれの平均値で、エラーバーが各データの標準偏差を表している。このグラフから、三枚羽根、五枚羽根、二枚羽根の順に発生時間が長い傾向があるとわかった。

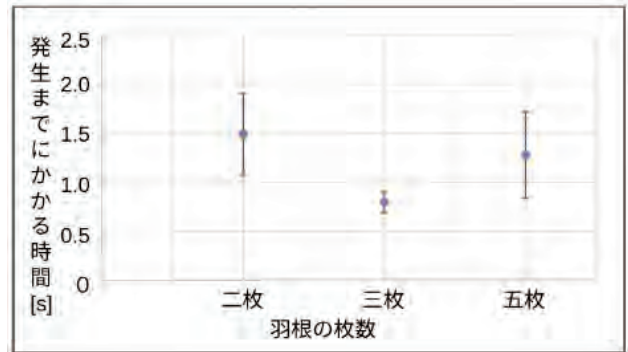


図10 羽根の枚数と種渦の発生にかかる時間の関係

B-1-4. 考察

実験の結果、私達が当初予想していたものとは異なり、三枚羽根、五枚羽根、二枚羽根の順に発生時間が長くなった。私達のプロペラを回すことによって生じる圧力差によって渦ができるという考えをもとにすると、プロペラの枚数と種渦の発生数の間には正の相関があると考えられる。この考えと、私達がたてた羽根の枚数と圧力差の仮説より、二枚羽根では、圧力差は十分にあるが種渦の発生数が十分でなかったため、発生までの時間が長くなった可能性がある。

B-2. 水深と縦渦の発生までの時間の関係

水深と縦渦の発生までの時間の関係を調べるために、プロペラに取り付けているボルトにガムテープでそれぞれ5cm, 10cm, 15cm, 20cmの位置に印をつけ、実験で必要な高さに固定して実験を行った。

B-2-1. 仮説

水深が深くなるほど抵抗が大きくなるため、発生までの時間が長くなる。

B-2-2. 方法

B-1実験と同様である。

B-2-2. 結果

図11において、水深と縦渦の発生までの時間の関係のグラフはこのようになった。横軸は水深、縦軸は発生までの時間を表している。また、○の点が二枚羽根、△の点が三枚羽根、□の点が五枚羽根、値は平均値を表している。このグラフからプロペラの水深が深いほど縦渦の発生にかかる時間は長い傾向があるとわかった。また、二枚羽根と三枚羽根については20cm、五枚羽根については15cm以降は縦渦の発生は確認できなかったため表記していない。

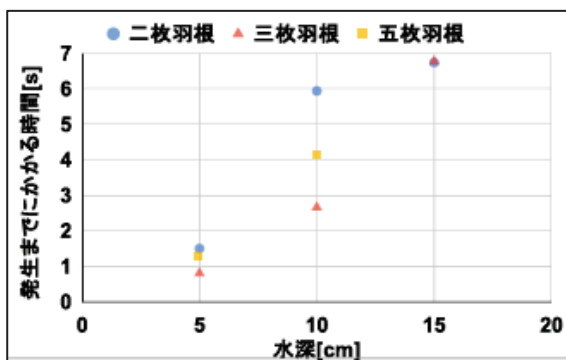


図11 水深と縦渦の発生にかかる時間

B-2-3. 考察

図12は図11を縦渦が水深の半分に到達するまでの速さと、水深の関係を表したものである。図12から、それぞれ傾きが負となるため、水面からプロペラまでの水深が深くなることで、縦渦が水面まで伸びる時間が増加するとわかった。これはプロペラの翼端で生じた種渦が大きくなったことでできた水の流れが水面に到達するまでの距離が長くなったことで空気を巻き込み、可視化されるまでにかかる時間が長くなったためと考えられる。

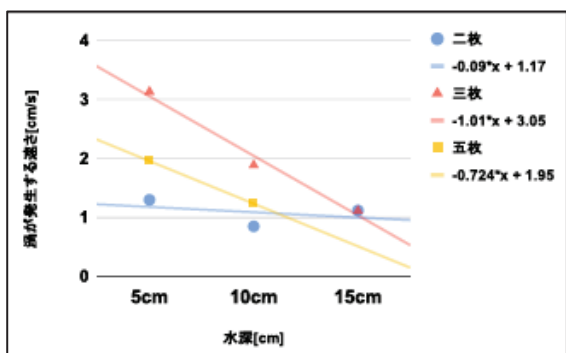


図12 水深と縦渦が発生するまでの速さ

5. 結論・展望

B-1実験において羽根の枚数と縦渦の発生までにかかる時間はプロペラの二枚羽根、五枚羽根、三枚羽根の順に長くなったことから、一つの羽根にかかる圧力差と、種渦の発生回数が深く影響しているということがわかった。B-2実験では、水深が5cm、10cm、15cmの順に縦渦が発生するまでの時間が長くなった。このことから水深が深くなればなるほど渦の発生までの時間が増加するとわかった。今後は、羽の形状による渦の発生時間の変化や、プロペラの回転数による発生時間の変化を変数として研究したい。また、今回は小さな水槽の中での実験だったため、壁面効果を受けることのない広いスペースで実験したい。そしてB-1実験のグラフでプロペラの羽根の枚数における縦渦の発生にかかる時間の標準偏差の幅の違いが生まれたため、その考察を行いたい。

6. 謝辞

本研究において手厚く指導、協力して下さった津山工業高等専門学校の前利仁先生、谷口圭輔先生に深くお礼申し上げます。

7. 参考文献・引用文献

参考文献

① 兵庫・徳島「鳴門の渦潮」世界遺産登録推進協議会. (2020).

「鳴門海峡の渦潮」自然編～潮汐作用と特殊な地形が織りなす類まれな自然現象https://naruto-uzushio.jp/wp-content/uploads/2023/02/torimatome_hyogo.pdf (2025年11月1日閲覧)

引用文献

②北海道大学 飛行機はなぜ飛べる？飛行に関わる4つの力と仕組みを解説！～

<https://www.hus.ac.jp/hokukadai-jiten/detail/a8b32a411adffed6db2c760d9bb083aa18eb4e7e-17167/> (2025年11月5日閲覧)

路面を走行した際の水の跳ね上がり方についての研究

研究者：井上優太 北村悠真 近藤絢菜 鈴木彩乃 橋本絢音
指導者：田野智大 津田拓郎 林璃子

Abstract

The purpose of this study was to find out how uneven road surfaces change the way water splashes. We used a handmade device to recreate water splashing and observed how far the water spread when a tire moved over uneven surfaces. As a result, we found that water splashes tend to travel farther when the road surface is less uneven.

1. 概要

本研究は路面の凹凸によって水のはね方にどのような変化が見られるのかを明らかにすることを目的とした。そのために自作の装置を用いて水しぶきが飛び散る様子の再現を行い、凹凸のある路面を走行するタイヤから水しぶきが飛び散る範囲について、その範囲の傾向の解析を行った。その結果凹凸具合が小さいほど水しぶきが遠くへ飛ぶ傾向があることが判明した。

2. 研究目的

雨の日に自転車から飛び散った水が靴に飛び散り、その斑点模様から飛び散り具合について興味を持った。そのため、路面の凹凸によって、水の飛び散り方がどれだけ変化するかを明らかにすることを目的とした。

作路面が回転中にたるむのを防ぐことに成功した。また支柱の上部に小さな穴を開けそこに適度な金属の棒を取り付け、タイヤを通した。これにより、ベルトコンベア上の自作路面を回すことが可能となった。

3. 実験装置

i) 実験装置の作成

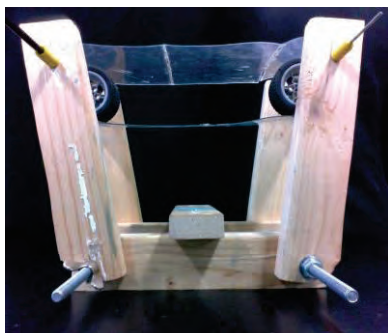


図1 実験装置

本実験に取り組むにあたり、次のような実験装置を作成した。土台となる木材と支柱となる木材の先端に穴を開けた。その穴にボルトを差し込み、支柱の角度を操作可能な状態になるように作成した。この形状にすることでベルトコンベア状の自



図2 過去の実験装置

また、路面を回す動力として、電動ドリルを用いた。当初はモーターを用いて路面を回転させる実験装置の作成に取り組んだが、うまくモーターの動力を、路面を回すためのタイヤに伝えることができなかった。

その代替案として、電動ドリルを用いた。回転速度を変化させることは不可能だが、安定した動力を一定時間維持することに成功した。

ii) 走行方法

路面はベルトコンベア状の自作路面をシリコン製のシートを用いて作成した。これにより当初予定していたタイヤを自作の路面上で実際に走行させる方法のデメリットである、水しぶきの発生源を特定できず飛距離が測定できないこと、タイヤが動いていくため路面が大量に必要なになってしまうという点を回避し、実験の効率化を測ることができた。

図3は実際に実験のときに組み立てた実験装置である。図の①が路面に該当する。また、路面は反時計回りに回転し、タイヤが時計回りに回転するため、写真の右方向にタイヤが走行している想定で実験した。

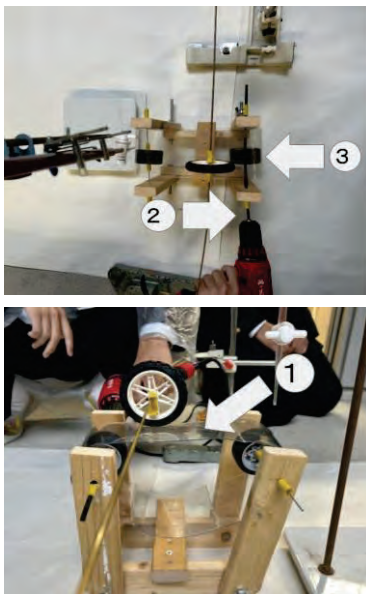


図3 組み立てた実験装置

図3の②の部分でドリルと路面を接続し、回転させた。測定の際に図3の③を原点として測定した。なお、タイヤより右側、つまり走行する際に前方に当たる方向にも紙を敷いているが、これはタイヤが水をかき出す際に前方にも水滴が多少飛び散ってしまう他、床に色水が付着するのを防ぐため、前方にも紙を敷いている。

iii) 凹凸の作成

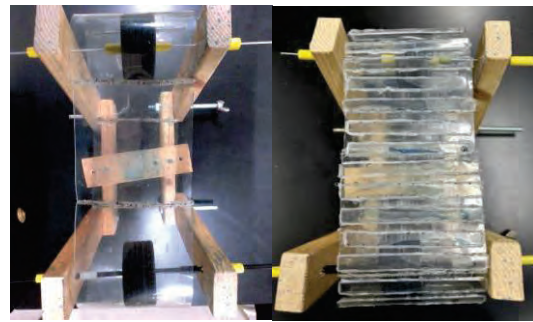


図4 凹凸なし (右) 凹凸1cm (左)

もとの路面と同じ素材のシリコン製のシートを長方形に切り、もとの路面に貼り付ける手法を取った。このようにすることで路面の制作にかかる時間を大幅に省き、凹凸を再現するシートと、もとの路面の間に水が入りこまないようにすることに成功した。なお、接合には取り外しが可能で接着力の強いグルーガンを用いた。シートを取り外し可能にすると、凹凸の間隔を変える際に貼りつけていたシートを剥がし、間隔を変えて再び幅を変えたシートを貼り付ける事が可能になるため、もとの路面を再利用することができる。

4. 実験方法

図1の路面を回転させると同時にビュレットから色水を5mL滴下する。装置の下に紙を敷き、飛び散った水滴の落下地点を記録した。そしてその水滴の原点(図5のx軸とy軸の交点)からの距離を測定した。

なお、本研究ではタイヤから左右に飛び散る水しぶきの範囲の傾向を解析することを目的としているため、角度の測定において $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 、半径20cm以内を除外した。

5. 実験結果

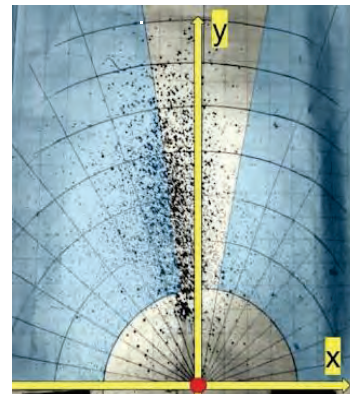


図5 紙に飛び散った水滴の様子

図5は飛び散った水滴を記録した用紙である。

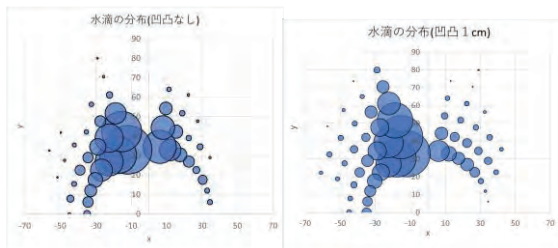


図6 凹凸なし（左）と凹凸あり（右）の水滴の分布

図6は凹凸がある場合、ない場合の水滴の分布を表したグラフである。図の円が大きいほどその座標へ飛び散った水滴の個数が多いことを表している。水滴の個数の最大値は凹凸がない場合で425個、凹凸の間隔が1cmの場合では849個だった。このとき図の水滴の分布の仕方と比較するとそれぞれ凹凸の間隔が1cmのときのほうが水滴が多く分布する傾向にあることがわかる。

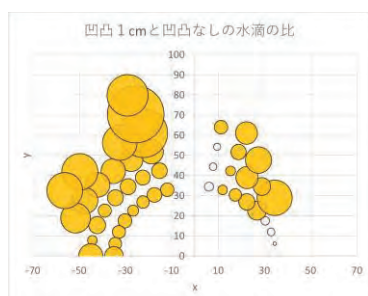


図7 凹凸ありとなしの水滴の個数の比

そして図7が、水滴が路面の凹凸によって生じる違いを見るために凹凸がある場合の水滴の個数が、凹凸がない場合に比べてどれだけ増加したかを表したものである。白い円は凹凸がないとき、グレーの円は凹凸があるときのほうが水滴の個数が多いことを表している。この円が大きくなればなるほど凹凸があるときとないときとの水滴の個数の差が大きいことがわかる。このグラフからわかるように、全体的に凹凸ありの場合のほうが多く水滴が分布している。その中でも特に、角度が大きく、距離が遠いほど水滴の個数の差が大きくなっていることがわかる。一番差が開いていた地点では凹凸がないときに比べて32倍の水滴が分布していた。

6. 考察

i) 飛距離、角度が大きくなる原因



図8 飛距離が大きくなる原因

グラフから、凹凸の間隔が小さいほど水滴はより遠くに、大きな角度に飛ぶことがわかる。飛距離が大きくなる原因については、図8のように、タイヤの溝が凹凸に接触した際にタイヤがひずみ、ゴムによる弾性エネルギーが大きくなることでそれが運動エネルギーとなって水に与えられ、飛距離の大きい座標に分布する水滴の個数が多くなっていると考えられる。

角度が大きくなる原因については凹凸があることでタイヤが回転している際、斜線で示された部分の水にかかる圧力が大きくなり、水が圧力の低い方へ移動した結果横に押し出され、より大きな角度に飛び散る水滴の個数が増えたと考えられる。

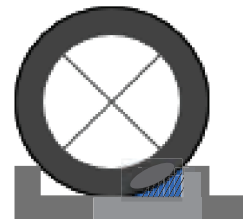


図9 角度が大きくなる原因

ii) 角度と水滴の個数の関係について

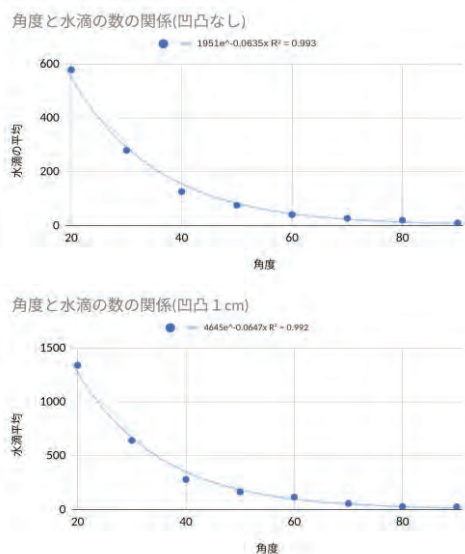


図10 角度と水滴の個数の関係

角度と水滴の個数の関係を表したグラフを図10に示す。横軸は装置の中心を 0° とした角度（図5のx軸に一致）、縦軸はその角度に分布している水滴の個数の平均を取った数を表している。

このグラフから、角度が小さいほど水滴は多く分布し、隣り合う角度との個数の差が大きいことがわかる。特に凹凸の間隔が1cmの場合において、 20° の地点では1400個ほどの水滴が分布しているが、 30° の地点では約600個であり、その差が著しく大きいことがわかる。

また、凹凸がある場合とない場合のどちらも単調減少の指数関数のグラフに近似した。ある角度 θ における水滴の個数 N を表す式は以下ようになった。

$$\text{凹凸なし: } N = 1951 \times e^{-0.0635 \theta}$$

$$\text{凹凸1cm: } N = 4645 \times e^{-0.0647 \theta}$$

この関数の方程式を活用して回帰分析を行うことで、測定を行っていない凹凸の間隔（1.5cmや0.5cmなど）のときに水滴の分布がどのようになるのかを予測することが可能となると考えられる。

7. 今後の展望

今回の実験では凹凸の間隔を独立変数として実験したが、凹凸の大きさを変数とした場合では水の飛び散り方にどのような傾向が見られるのか、凹凸の間隔を変数とした場合と飛び散り方の分布に変化が見られるのかを分析したい。

また、飛距離が大きくなった原因としてタイヤがひずんだことを上げたが、この考察を裏付ける実験を行うことができていないためタイヤの形状を変えて同じように測定することを考えている。

そして、角度と水滴の個数についてグラフ化することで明らかになった指数関数の方程式を用いて回帰分析をおこなうことで特定の角度に分布する水滴の個数の定式化を実現させたい。飛距離についても同様に定式化をすることで最終的には特定の座標に分布する水滴の個数を式で表すことを考えている。

8. 謝辞

本研究において手厚くご指導、ご協力してくださった津山工業高等専門学校の曾利 仁先生、谷口 圭輔先生に深くお礼申し上げます。

9. 参考文献

- [1] 土木学会北海道支部
塗装路面の水跳ね現象の挙動分析
(照2026-01-19) <http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00057/1991/47-0597.pdf>
- [2] JET STUDIO Effect Lab. (2018-03-06)
‘復刻・第23回：車の水跳ね’
<https://cgworld.jp/regular/201803-jstfx-re23.html>

津山盆地で発生する霧の要因の検証

研究者 長谷川 遼, 鎌先 一希, 小林 浩徳, 近藤 悠人, 久常 大輔, 森安 冠仁
指導者 南 洋明

Abstract

The objective of this study is to elucidate the factors responsible for fog formation in the Tsuyama Basin. First, in order to examine how fog is generated within the basin and how it spreads spatially, we constructed a model of the Tsuyama Basin, and we analyzed the spatial spread of fog using this model. Next, we conducted simulations based on Physics-Informed Neural Networks (PINNs) to investigate the fundamental processes involved in fog formation. The simulation results indicate that fog in the basin is a composite phenomenon consisting of fog originating from a cold-air lake—defined as a layer of cold air accumulated within the basin—that spreads horizontally across the basin, together with fog that forms locally in the vicinity of rivers. In addition, the results suggest that topographic characteristics play an important role in fog formation.

1. 研究の概要

本研究の目的は、津山盆地における霧の発生要因を解明することである。研究ではまず、盆地内で霧がどのように発生し、空間的に拡大していくのかを検討するため、津山盆地のモデルを構築した。このモデルを用いて、霧の広がり方を分析した。次に、霧の発生に関わる基礎的な過程を調べるため、PINNsによるシミュレーションを実施した。シミュレーションの結果、盆地内に形成される冷気湖（盆地内に蓄積する冷たい空気層）に由来し、盆地全体へ水平方向に広がる霧と河川付近で発生する複合的な現象であることが示された。また、地形的特徴が霧の要因であることが示唆された。

2. 序論

津山盆地では、例年秋から冬にかけて霧が発生し、交通障害が発生することが問題となっている。先行研究^{1), 2)}では、気象観測データを用いた調査・研究が行われているが、霧の広がり方と地形との関係についての検討が十分ではない。本研究では、先行研究で示された河川の影響を踏まえ、霧の要因や地域特有の気象的特徴を明らかにすることを目的とした。盆地の低地では放射冷却が強く、霧の核である水蒸気を供給できる河川がある盆地の南部で発生しやすいと考えた。

3. 研究内容

実験 I 盆地のモデルを用いた実験

①霧の発生状況調査

Google フォームや調査用紙 (図 1) を用い、生

徒や教職員に、様々な地点における 11 月以降の霧の発生状況調査を依頼し、「調査日時」、「霧の有無」、「霧の濃さ」、「時間帯」を記録したものである霧データを収集した。

霧の発生状況調査のお願い

※2年連続サイエンス探究日の課題研究で、「霧」について研究している班があります。先生方の活動時に霧が発生しているか、引き続き調査に協力をお願いいたします。※土日可能な限り協力をお願いします。

以下に記入をお願いします。3枚目に記入済みの場合は、記入不要です。
※調査地() 例 津山市橋高下

※11月22日(土)~11月28日(金)の期間について教えてください。

日付	霧発生の有無 (○, ×で答えてください)	霧が特に濃いと感じた場合、◎を付けてください。	備考(任意)
			その他 (何か情報があれば)
	×		
	○		高層はなかったが、○○を通過した層はあった。
	○	◎	1層も見えず、通層に交差をきたした。

記入欄

11月22日(土)	×		
11月23日(日)	×		
11月24日(月)	×		
11月25日(火)	×		
11月26日(水)	×		
11月27日(木)	○		
11月28日(金)	×		

お名前: _____

※これ以降も継続的に調査を行いますので、引き続きご協力をお願いします。
(S 探究日担当: 鎌先 一希, 小林 浩徳, 近藤 悠人, 長谷川 遼, 久常 大輔, 森安 冠仁 | 指導 南 洋明)

図 1 霧の発生状況調査用紙

②地形モデルの作成方法

印刷した色別標高図に等高線を引き、トレーシングペーパーを使って発泡スチロールに転写する。そして、切り取った発泡スチロールを組み立ててヤスリ等で角を削った後に着色し完成させた（図2）。なお、このモデルの制作目的は盆地の高低差の可視化のため、幅や奥行きは10倍以上に誇張した。



図2 完成した津山盆地のモデル

③モデルを用いた霧の観察

本研究では、ドライアイスの煙を霧に見立てて霧の広がり方を観察した。この際、ドライアイス 20 g、水 20 mL を用いた。ドライアイスは昇華の過程で周囲の空気を冷却し、その結果、空気中の水蒸気が微小な水滴となって可視化される。この白い煙は、冷却された空気の動きに従って広がるため、霧の拡散や滞留の様子を視覚的に観察することができる。

実験Ⅱ シミュレーションを用いた霧の発生源と拡散過程の検証

PINNs によるシミュレーションでは、数値標高モデルの座標、物理的な特徴量として気象条件、地形情報を用い、AMeDAS の津山観測点の温度を気温減率を用いて面展開した値を基準に、地形による温度変化量(ΔT)を算出した。また、その結果を活用して霧の分布についてのシミュレーションを行った。PINNs とは、AI（ニューラルネットワーク）に物理法則や方程式を学習させ、自然現象や工学的な問題を解かせる技術のことであり、少ないデータからでも精度の高い予測ができるという特徴を持つ。

「IDW による風の補間」

逆距離加重法（IDW）により様々な観測点の情報を用いて、観測点の風速・風向から盆地全体に風を面として広げた。しかし IDW だけで作った風には現実では起こりにくい不自然な渦が発生してしまう。そこでヘルムホルツ分解を用いて、風を直線に進む成分、渦を作る成分にわけ、渦を作る成分を除去した。これにより、現実に近い風を再現した。更に、機械学習を用いてこれらの風のモデルが観測値と可能な限り一致するように作用の効果を最適化した。これは人間がモデルを決め、その中の係数だけ機械学習でデータから調整をしているため、ブラックボックス化は発生していない。作成した風モデルの精度を、2024～2025 年のアメダスのデータ 32500 件で検証した。その結果、風速は約 80% で誤差 1m/s 未満、風向も多くが 40 度未満、風向に関しては 16 方位への量子化のためこの程度の誤差は抑えられなかった。

「放射冷却シミュレーションとの統合」

風のモデルと組み合わせ PINNs を用いて放射冷却の空間分布を推定した。その結果、放射冷却が津山市の北部で強くなる傾向があると観察できた。そのため、津山の霧は冷気湖と河川付近で発生した霧が重なってできたのではないかと考えた。そこで冷気湖と河川直上で霧が発生したと仮定してシミュレーションを行った。

4. 結論・考察

実験 I の結果

①霧データの収集結果

霧データを収集した結果、霧は津山盆地の西部で発生していることが多く、北部では少ない傾向が見られた。

表. 津山高校教員による令和7年11月各地点における霧の発生状況調査（一部抜粋）

市町村		11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日
津山市	山北		○		○			○
	東一宮		○		◎			○
	加茂							
	田町	◎	○		○		○	○
	川崎				○			○
	東一宮		○		○			○
	東一宮	○	◎		◎	○	○	◎
	沼		○		○			○
	小原				○			○
	上河原	○			◎			○
	高倉						○	○
	山北							○
	小原							○
真庭市	中原		◎				○	◎
	蒜山		○		○			
岡山市	建部	○	○		○	○	○	○
高梁		○	○	○				

○・・・霧の発生が観測された

◎・・・濃い霧の発生が観測された

②モデルを用いた霧の観察結果

津山盆地の西側で霧が発生したときは東側に広がりやすく、盆地全体に霧が広がった（図3）。



図3 西側発生時

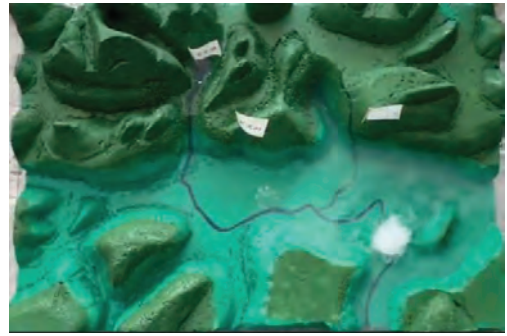


図4 東側発生時

東側で霧が発生したときは西側に広がりにくい傾向が見られた（図4）。先行研究¹⁾で示された南側から霧の流入について実験を行った場合、南側で発生した霧は盆地全体に広がらなかった。

実験IIシミュレーションの結果

パラメータを適切に設定した場合、地形を反映した陰影が表示された。これは一般に言われる放射冷却が盆地中央の特定の部分で強く起きていることを定性的に示すものである。シミュレーションでは（図5）中の色が濃い部分は放射冷却が強い部分を示したものである。また、得られた結果を踏まえ、河川直上および冷気湖に霧が発生したと仮定して追加のシミュレーションを行い、その挙動を観察した。その結果、盆地全体に広がる霧の拡散が確認された（図7）。図6中の色の薄い部分は霧の層が薄いところを示しており、図6、図7中の濃い部分は霧の層が厚いところを示している。

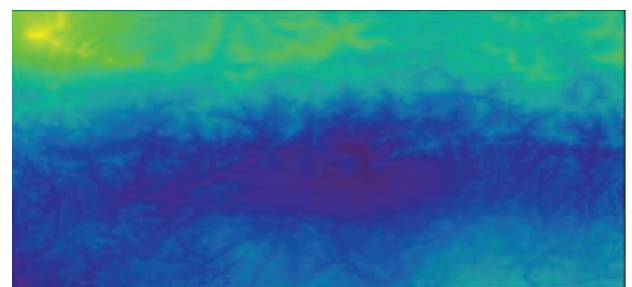


図5 津山盆地の放射冷却の強さ

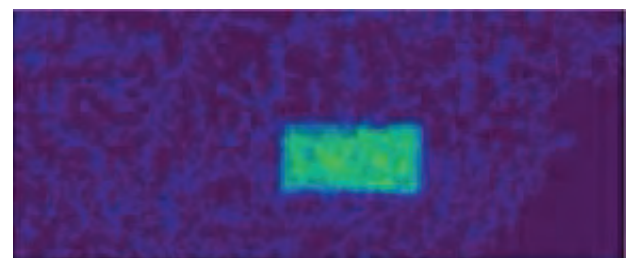


図6 風による霧の拡散前

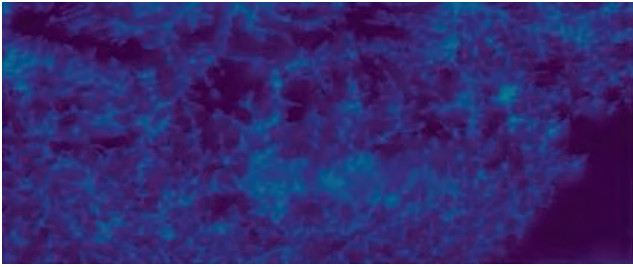


図7 風による霧の拡散後

5. 考察

実験 I

地形モデルでの観察より、ドライアイスの煙が山地を越えて広がることがなかったことから、山間部では霧が発生しにくい、山地があることで盆地内への風が遮断され、霧が盆地内に留まっていると考えられる。また、平地では地形的特徴によって冷たい空気が東側に溜まりやすくなっていると考えられる。これらのことから、津山で発生する霧には、盆地をはじめとするその地形が大きく関係していると言える。

実験 II

津山盆地で発生する霧は、単に河川周辺の湿度が著しく高いことによって起こるというよりも、『風によって拡散される冷気湖由来の霧』と『河川由来の霧』が重なり、細い河川が多いことによって湿度が継続的に供給されることで起こる現象であると考えられる。この考察は、既存の地理学・気象学的な知見と整合している。また、実際のノイズを含んだデータで多要素かつ疎な環境条件下で PINNs を用いた研究は少なく、物理的整合性を保ったシミュレーションを行えたことは、未だ発展途上である PINNs の技術そのものの発展性の検証としても価値がある研究と言える。

6. 展望

実験 I においては、比較的データが少なかった盆地の東側や河川付近のデータを集めて、より信憑性の高い考察を行いたい。実験 II においては、今回用いたモデルは、あくまで霧の発生条件を推測するために作られたものであり、霧の挙動や成

層構造そのものを直接扱うには至っていない。そこで今後は、定点カメラや高精度なシミュレーションを用いることで、霧の動態をより直接的に検証していきたい。

7. 謝辞

霧の発生調査にご協力くださいました生徒の皆様、並びに先生方、津山工業高等専門学校の谷口圭輔先生にこの場をお借りして感謝を申し上げます。

8. 参考文献

- 1) 重田 祥範, 津山盆地における霧の発生日数と地域特性, 日本地理学会発表要旨集, 2019, 323-
- 2) 鶴 莉子ほか, 岡山県津山盆地における放射霧の動態と水蒸気量の関係性, 日本地理学会発表要旨集, 2024, 280-

伊茂岡鉱山における岩石の含有金属の同定と地質学的考察

研究者：田村 美遥, 岩元 百可, 佐々木 絵乃音, 本山 水晴, 森崎 日菜
指導者：井上 直樹, 横山義人, 篠山優也

Abstract

Okutsu, Kagamino Town, Okayama Prefecture, is known for abandoned mine sites where bismuth-bearing minerals can be found. In this study, we collected rock samples near the adit of the Imooka Mine, and conducted chemical analyses and microscopic observations to identify the ore minerals contained in the rocks. As a result, our qualitative analysis revealed that most of the ore samples contained iron. In addition, we found that at the Imooka Mine, bismuth can be recovered by collecting rocks that have a high specific gravity, are greenish granite, and contain large amounts of copper.

1. 研究の概要

岡山県鏡野町奥津は、ビスマス鉱物が採取できる鉱山跡があることで知られている。本研究では、フィールドワークを行うことで伊茂岡鉱山の坑口付近で岩石を採取し、含有される鉱石鉱物の化学分析・顕微鏡観察を行った。その結果、定性分析の結果からほとんどの鉱石に鉄が含まれていることがわかった。また、伊茂岡鉱山では比重が大きく、緑色の花崗岩で銅を多く含んでいる岩石を採取すればビスマスを回収できるとわかった。

キーワード

ビスマス, 定性分析, 熱水鉱床, 絹雲母化, LIBS 分析

2. 本研究で用いる用語の解説

(1) ビスマスについて

ビスマスは元素番号 83 番の重金属で、酸化により青色の金属光沢をもつことがあることが知られている。また、毒性が低いことから、医薬品や化粧品、鉛など有害物質の代替品として多く活用されている。自然界においてはほかの金属の副産物として採取され、日本でもビスマスの採掘は行われている。しかし、近年は国内需要の急増に対して国内生産が追い付いておらず、その多くを輸入に依存している。

(2) 伊茂岡鉱山について

岡山県鏡野町奥津に位置する鉱山で、かつてはたたら製鉄所として使用されていたが現在は運用が停止されている。先行研究では、斑銅鉱、

黄銅鉱のほか、方鉛鉱が産出するという記述が見られた。

(3) LIBS 分析について

レーザー照射によりサンプル表面をプラズマ発光させその発光スペクトルを調べることで、試料に含まれる金属の種類と質量比の決定を行う分析方法。

3. 研究内容

準備

伊茂岡鉱山の坑口付近に落ちている岩石(ズリ)のうち、金属を含んでいそうな比重の大きいものを選別して採取した。

結果

坑口周辺に銀色や金色の金属光沢が見られる岩石が多く落ちているのを確認できた。

採取できた岩石は花崗岩が多く、ピンクを帯びた花崗岩、緑色を持つ花崗岩などが確認できた。

また、坑口から山道にかけて重金属の存在を示唆する指標植物であるヘビノネゴザが群生している様子が見られた。これにより、坑口から重金属が流れていることが示唆された。

実験① 肉眼鑑定および実体顕微鏡を用いての鑑定

図鑑・専門家の意見と実体顕微鏡を用い、鉱石鉱物を詳細に鑑定した。その際、採取した鉱物をサンプリングしてサンプル番号をつけている。サンプル番号は、フィールドワークを行った日付と、1からの数を組み合わせて4桁の番号をふった。

〈結果①〉

表1 肉眼鑑定による鑑定結果

番号	含有鉱物	番号	含有鉱物
2201	孔雀石	2208	斑銅鉱
2202	赤鉄鉱	2209	鏡鉄鉱
2203	ビスマス鉱 鏡鉄鉱	2210	斑銅鉱
2204	黄銅鉱	2211	孔雀石 黄鉄鉱 鏡鉄鉱
2205	褐鉄鉱	2212	孔雀石 斑銅鉱
2206	斑銅鉱	2213	鏡鉄鉱
2207	孔雀石		

採取した鉱石の肉眼鑑定の結果は表1のようになった。実体顕微鏡での観察では鏡鉄鉱と見られる結晶が多く見受けられ、斑銅鉱や孔雀石、黄銅鉱と見られる結晶も確認された。また、一部のサンプルに青色の金属光沢をもつという、ビスマスの特徴の一つを持つ鉱物が観察できた（図1）。

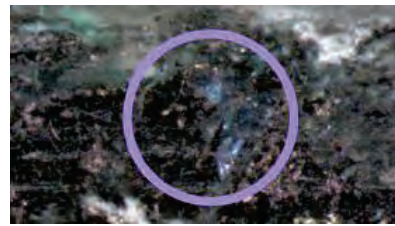


図1 2207（孔雀石）の観察結果

〈考察①〉

肉眼鑑定を行ったところ、銀色の金属光沢を持ち、針状の結晶を持つという鉄の結晶の特徴が採取した岩石の中に多く確認できた。更に、孔雀石の特徴である緑色の結晶構造や、黄銅鉱の特徴である黄色の結晶構造なども確認できた。これらの結果から、伊茂岡鉱山で採取した岩石は鉄、銅などを多く含有しているということが結論付けられた。

実体顕微鏡を用いての観察では、岩石中の所々に小さいながらも青色の金属光沢をもつ結晶が見られた。この青色の金属光沢は、ビスマスの結晶構造の特徴でもあるため、この結晶はビスマスであると仮定した。

実験② 定性分析による実験

下記にある図のように分析を行った（図2）。

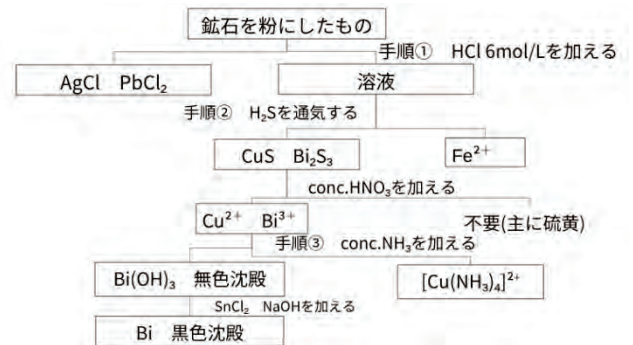


図2 定性分析のフローチャート

〈結果②〉

定性分析の結果、塩酸を溶液に加えたときに全ての溶液の色が黄褐色に変化したことから、鉱石には鉄が含まれている可能性が高いことがわかった（図3）。また、これらの溶液に硫化水素を通気させたところ、黄銅鉱、褐鉄鉱、孔雀石のサンプルに黒色沈殿が生成されたため、銅やビスマスが存在する可能性が示された。

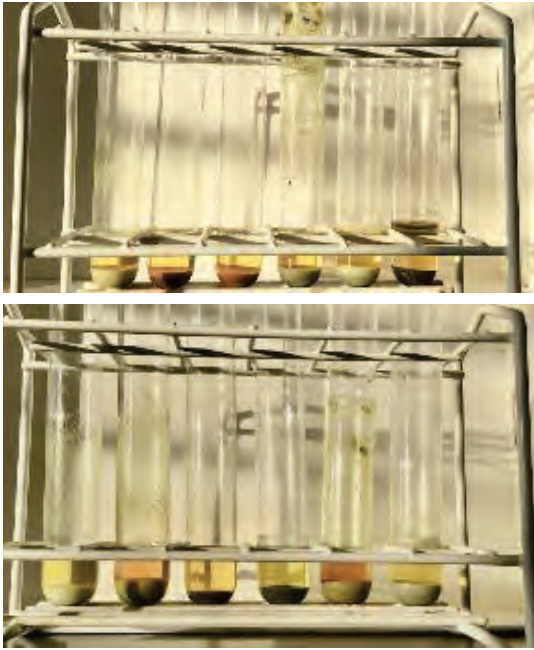


図3 HClの反応結果

〈考察②〉

手順①でサンプルに塩酸を加えたところ、溶液が黄褐色または黄色に変化した。このことから、溶液中に鉄イオンが含まれているということが明らかになった。更に、溶液に硫化水素を通気させたところ、溶液中に黒色沈殿が発生したことから、ビスマスまたは銅が含まれていることがわかった。しかし、黒色沈殿が発生しただけではビスマスか銅かの判断をすることが困難である。フローチャートに従って、水酸化ナトリウムを加えると、ビスマスかどうかの最終判断が可能であるが、今回の実験では岩石中の鉱石鉱物が微量であり、十分な量の鉱石鉱物が存在していなかったために手順③以降の実験では反応が確認できなかった。

実験③ 鉱石鉱物の機器分析

実験①で青色の金属光沢が確認でき、かつ実験②でビスマスを含む可能性があることがわかった鉱石であるサンプル番号 2207 番を蒜山地質年代研究所に依頼し、LIBS 分析を行った。

〈結果③〉

分析の結果、2207 番の孔雀石の結晶構造を持つ鉱石のサンプルからビスマスが検出され実験②の結果を裏付けることができた。

〈考察③〉

ビスマスが検出された孔雀石には緑泥石化した様子が見られ、緑色花崗岩の一部であると考察できる。岩石は熱水変質によって緑泥石化するので、この鉱物は熱水変質したということが示唆される。

また、この緑色花崗岩は銅とともに産出されることが多いので、ビスマスを含む岩石中には銅が含まれている可能性が高い。

実験④ 偏光顕微鏡による観察

偏光顕微鏡で岩石の組織を観察した。

〈結果④〉

斜長石が絹雲母化し、熱水変質した様子が観察できた(図4)。

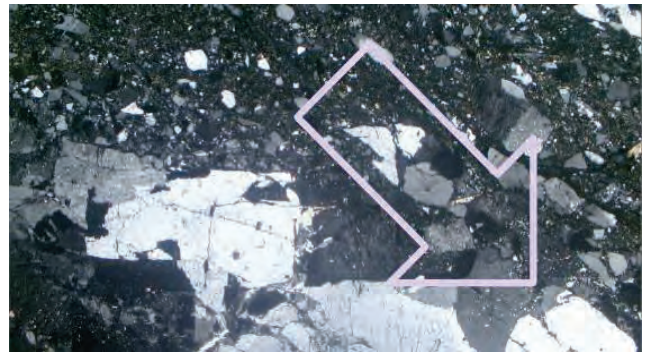


図4 斜長石の熱水変質の様子

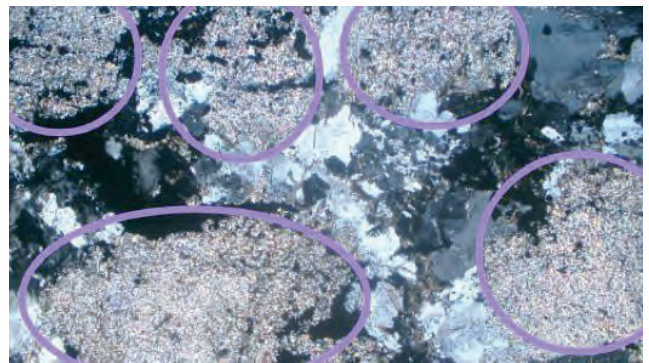


図5 斜長石の絹雲母化の様子

〈考察④〉

図4の矢印の方向に熱水変質し、結晶構造が崩れた様子が確認できた。また、図5の丸で囲まれた部分で絹雲母化が発生したことから、伊茂岡鉱山は熱水鉱床であることが明らかになった。熱水鉱床とは、地下のマグマによって熱せられた熱水が、鉱石鉱物を溶かし込みながら、地殻の割れ目を通して形成される鉱床のことである。

多くの場合、銅や鉄などの鉱石鉱物を含有し、母岩が花崗岩であることが判明している。このことから、伊茂岡鉱山に鉱石鉱物があることの裏付けができた。また、熱水変質は岩石の色にも関係していると考えられる。熱水の影響を受けると、岩石に含まれる角閃石や黒雲母が緑泥石という緑色の鉱物に変化する。本研究では、熱水変質が強い岩石でビスマスが確認できた例があるため、ビスマスが含まれている可能性が高い鉱石は緑色を帯びている可能性が高いと考察される。つまり、考察3の結論が裏付けられた。

4. 結論・展望

実験②の結果より、伊茂岡鉱山の鉱石鉱物には、主に鉄が含まれていることがわかった。ただし実験②では岩石中に含まれている銅やビスマスが少量で検出が不可能であるため、多くのサンプルを収集する必要がある。

実験③ではビスマスを含む鉱物が特定でき、伊茂岡鉱山では孔雀石を含む岩石からビスマスが採取できるという一例を確認した。

実験④で斜長石が絹雲母化し熱水変質した様子が確認できたことから、伊茂岡鉱山は熱水鉱床の特徴を持っていると結論付けられる。このことから、この鉱山は母岩である花崗岩が冷えて固まる過程で熱水が発生し、ビスマスを含む金属成分を運び、地殻の割れ目などに鉱脈を形成したと考えられる。

5. 謝辞

本研究の実施に当たってご協力頂いた鏡野町役場の職員の方々、伊茂岡鉱山の所有者の方、ご指導頂いた先生方に深謝いたします。

6. 参考文献

- 1) 日本の地質「中国地方」委員会編：日本の地質 7 中国地方(1987)p183
- 2) 木下亀城：原色鉱石図鑑 続原色鉱石図鑑(1957)
- 3) 北隆館：原色牧野日本植物図鑑 1(1985)

4) 山口大学工学部：岡山県伊茂岡鉱山産三原鉱について(2011)

5) 山口大学工学部学術資料展示館：元素別鉱石(ビスマス鉱)(2011)

6) 西山孝：元素のふるさと図鑑(2022)

7) 西山孝：資源経済学のすすめ(1993)

8) 奥津町史編集委員会：奥津町史(2005)

The Effect of Great Tit Calls on Pigeon Behavior

China Kawai, Sao Kinuta, Aoi Harada

Supervisor: Takashi Yamamoto, Akio Konishi, Pro. Masanori Kuwamori, Ms. Martina

Abstract

Previous studies by T. Suzuki (2015) have shown that great tits possess a “language” in which they combine words to convey meanings grammatically, and the meanings of several of their calls have been clarified. Furthermore, it has been revealed that other species, such as willow tits, can also understand the meanings of great tit calls. We became interested in whether the meanings of great tit calls are conveyed to bird species that are phylogenetically more distant. Therefore, we conducted a study on the effects of great tit calls on the behavior of pigeons, which are commonly seen on our school grounds. As a result, we found that pigeons respond particularly strongly to great tit calls that convey information related to survival.

1. 研究の概要

鈴木（2015）の先行研究によりシジュウカラは単語を組み合わせて文法的に意味を伝える「言語」を持つことが知られており、幾つかの鳴き声の意味も明らかになっている。さらに、コガラなどもシジュウカラの鳴き声の意味を理解していることが明らかになっている。私達は、系統的にさらに離れた種の鳥にシジュウカラの鳴き声の意味が伝わるのか興味を持ち、シジュウカラの鳴き声が、校内でよく見られるハトの行動に及ぼす影響について研究を行った。その結果、ハトは生存に関わる内容のシジュウカラの鳴き声に対して特に反応することがわかった。

2. Introduction

We became interested in previous research, so we went birdwatching outside school. We noticed that when a brown-eared bulbul started to call, other birds stopped calling. This made us think that communication between different species might be more common. So, we did a study to find out whether pigeons can understand the calls of great tits.

3. Previous research

In past research near Karuizawa in Nagano, the experiments were done on clear days with 15–20

groups. The group consist of two to eight great tits. Speakers were hung from tree branches, and the sounds were played at 60dB (T. Suzuki, 2025).

4. Hypotheses

We made two hypotheses.

- ① When pigeons hear the great tit call “Snake”, they would show vigilance behavior, like looking at the ground or looking around.
 - ② When pigeons hear the “Gather” call, they would come closer to the speaker or stay in the same place.
- If they show these behaviors, we can say that pigeons understand the calls of great tits.

5. Experiments

We did our experiments on the rooftop of the fourth floor at Tsuyama High School.

① We put bird food to collect pigeons and watched them from far away on Google Meet using a chromebook. (fig.1,2)



fig.1 Collect pigeons



fig.2 Experiment site

② When pigeons came, we played recordings of great tit calls through a speaker at 50 dB and recorded and analyzed their behaviors.

We made the gap even longer than previous research and conducted the next experiment one day later.

Great tits have several calls whose meanings are known.

We chose the following three:

- “Snake” (Jaa-jaa)
- “Gather” (Jijijiji)
- “Chick begging”

As a control, we also got data in silent condition and natural sounds(cars, people, etc)

6. Result

We divided the video into 10-second parts and counted how many times the pigeons looked around, which is their vigilance behavior. As a result, we got the following graphs, (fig.3~7).

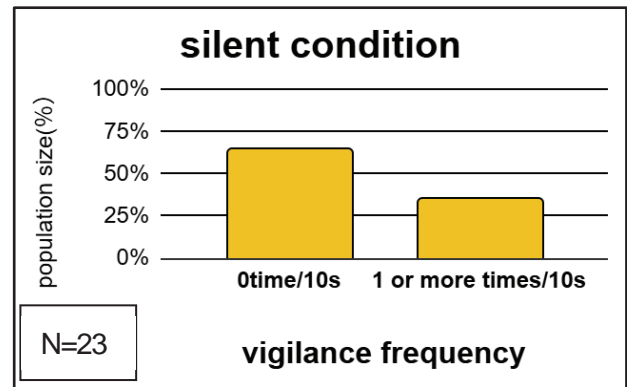


fig.3 Vigilance frequency in the silent condition

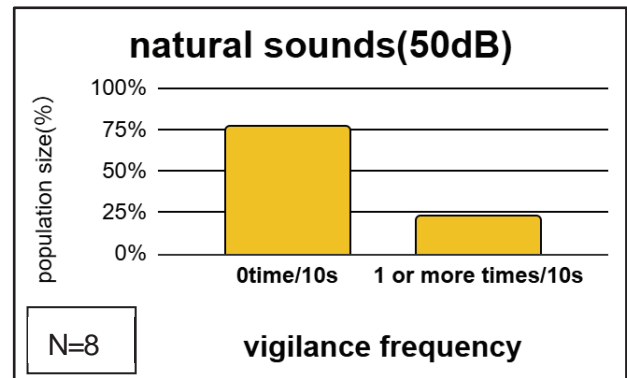


fig.4 Vigilance frequency for the natural sounds

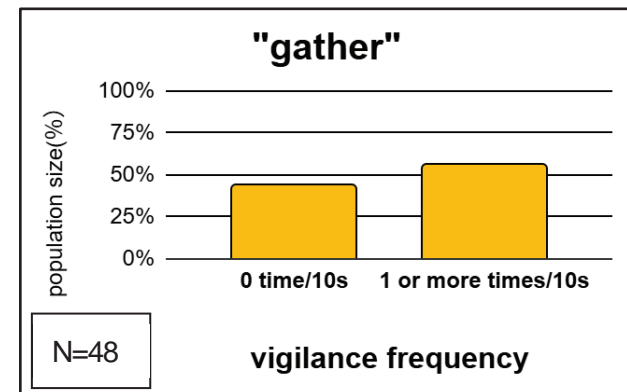


fig.5 Vigilance frequency for the "gather" call

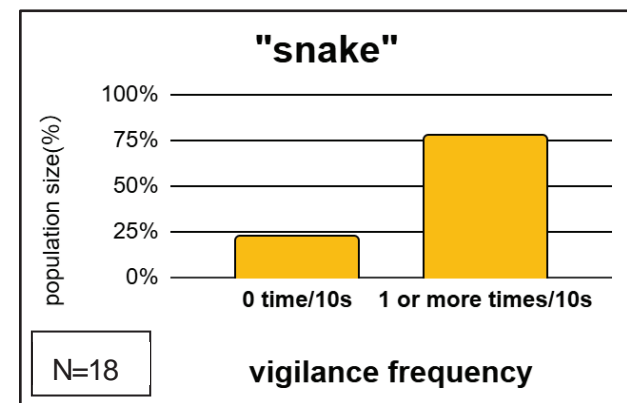


fig.6 Vigilance frequency for the "snake" call

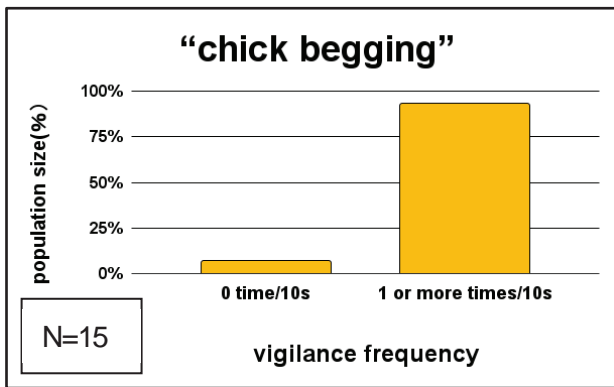


fig.7 Vigilance frequency for the “chick begging” call

When we compared the “gather” call (fig.5) and the “snake” call (fig.6), we found a difference.

The pigeons looked around more often during the “snake” call (fig.6) than during the “gather” call, (fig.5).

In silent condition as a control, most pigeons didn’t show any vigilance behavior, (fig.3).

Even when we played car engine noise at the same 50 dB, pigeons did not show vigilance, (fig.4).

This shows that pigeons reacted to the great tit calls, not to loudness.

We also got data for “chick begging” call, (fig.7).

As the graph shows, pigeons showed a high level of vigilance when they heard the “chick begging” call.

7. Analysis

A comparison of vigilance frequency in response to the calls “gather” and “snake” showed that vigilance was higher for “snake” than for “gather.” Analysis of the relationship between the duration of exposure to the “snake” call and vigilance frequency revealed that continued playback within the same day led to habituation in pigeons, whereas when the interval between experimental sessions exceeded one day,

vigilance frequency returned to its original level,(Fig.8).

Pigeons showed a higher level of vigilance when they heard the “chick Begging” call than when they heard the “snake” call. Also, unlike with the “snake” call, they did not get used to the sound within the same day, (fig.9).

These findings suggest the possibility that cross-species understanding of vocalizations occurs for calls conveying survival-relevant information.

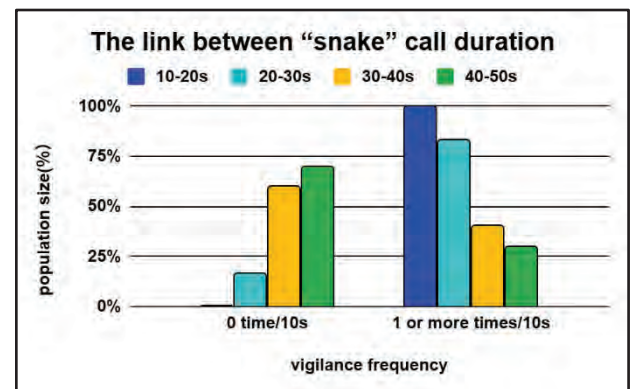


Fig.8 The link between 'snake' call duration

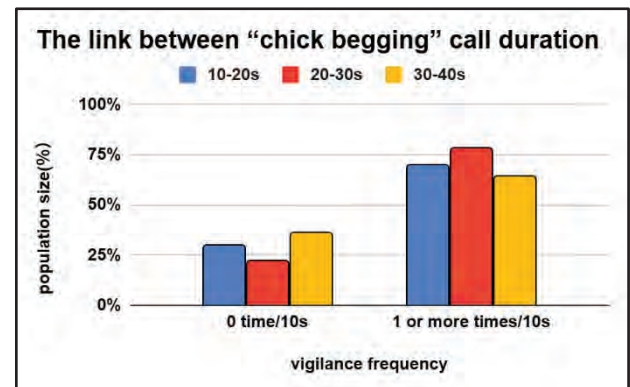


Fig.9 The link between “chick begging” call duration

8. Outlook

We aim to investigate additional great tit calls that pigeons may be able to understand. Furthermore, we plan to conduct further experiments to clarify why pigeons exhibited a high level of vigilance in response to the “chick begging” call and why they did not habituate to it. In addition, the total number

of experiments conducted was limited, and the number of trials differed among call types. Therefore, we intend to carry out additional experiments and collect more robust and reliable data.

9. Special Thanks

We were able to carry out our research smoothly because of the support of our teachers.

In addition, we used AI to create images and translate some text.

Thank you very much to Mr. Yamamoto, Mr. Konishi, Prof. Kuwamori, Ms. Martina.

10. References

- Suzuki Toshitaka., Wheatcroft, D. & Griesser, M. (2016). Experimental evidence for compositional syntax in bird calls. *nature communications*, 7
- Suzuki Toshitaka. (2022). *The Language Abilities of Japanese Tits and the Challenges of Animal Linguistics*.
- Suzuki Toshitaka, Yui K. Matsumoto. (2022). Experimental evidence for core-Merge in the vocal communication system of a wild passerine. *nature communications* 13

簡易アクアポニックスを用いた 効率的な植物栽培の検討

研究者 水木 晃生, 金丸 裕輝, 山田 昊志

指導者 小西 明雄, 大澤 七海, 澤村 弘美, 桑守 正範

Abstract

Aquaponics is a circular farming system that integrates aquaculture with hydroponics. In this system, fish waste serves as nutrients for plants, while the plants filter and purify the water for the fish. This creates a sustainable environment for both flora and fauna, which is believed to promote plant growth. In this study, to revive "Gongo-beans"—a local specialty of Tsuyama City—we developed a simple aquaponics system to identify the environmental conditions required for its stable cultivation. We hypothesized that incorporating oyster shells, a technique utilized in "Satoumi-mai" produced in Maniwa City, would establish a low-cost and stable system for Gongo-beans cultivation. Furthermore, we anticipated that introducing multiple species into the tank to enhance biodiversity would stabilize the internal environment, leading to more consistent cultivation. The experimental results confirmed that the introduction of biodiversity stabilized the system; however, it could not be determined whether the oyster shells promoted growth as initially hypothesized.

1. 研究の概要

本研究では、津山市の特産物であるごんご豆復興のため、ごんご豆が安定して栽培できる環境条件解明のため、水産養殖と水耕栽培を一体化させた循環型栽培システムで持続的な動植物の育成ができる簡易アクアポニックスシステムを作成した。本研究では、真庭市で作られている「里海米」¹*の技術を活用し、牡蠣殻をシステムに組み込むことで、ごんご豆の安定栽培に向けた低コストで安定したシステムを確立できると考えた。また、水槽内に複数の生物を入れ、生物多様性を高めることで水槽内の環境が安定化し、栽培を安定的に行えると考えた。実験の結果、生物多様性の導入によるシステムの安定化が確認されたが、実験前に想定した牡蠣殻による成長促進があるとは判断できなかった。

2. 序論

「ごんご豆」とは津山市の在来種で特産物の1つであり、栽培難易度が高い。また、近年高温障害により不作が続いている。

アクアポニックスとは、魚の排泄物を植物の栄養源とし、植物が水質を浄化することで、持続的な動物の育成と植物成長の促進が可能となる水耕栽培と水産養殖を組み合わせたシステムだ。

本研究の目的は、アクアポニックスシステムを簡易化し、条件検討に利用可能な安価なアクアポニックスを作成することにより、「ごんご豆」を安定的かつ効率的に栽培するためのシステムを確立することである。簡易化にあ

たり、一般的なアクアポニックスは植物の栽培スペースと水生生物の飼育スペースを分けているが、私達の簡易アクアポニックス(図1)では、低コスト化のため2つのスペースを一体化させ、小型化している。エアポンプによる水流で水底の栄養が巻き上げられ、栄養が循環すると考えた。高温障害対策として、室温が管理できる室内で行う。また、栽培の効率化に当たって、破棄予定の牡蠣殻を田んぼに撒いて土壌改良を行うことで品質を高めた真庭市の里海米の技術をシステムに組み込む事による植物への影響を検証した。

3. 研究内容

固定する実験条件

すべての実験を通して、栽培は室内で行い、室温は約25℃、光度 1200Lux に保たれ、光源は半日ごとに消灯と点灯を繰り返すようになっている。メダカの餌は 12 時 20 分と 16 時 10 分に与えた。

実験 1 簡易アクアポニックスの動作確認

実験 1 では、システムが作動するかを検証するため、メダカを入れた水槽(図 1、以降簡易アクアポニックスと呼ぶ)とメダカを入れてない水槽(以降水耕栽培と呼ぶ)で対照実験を行った。

図 1 簡易アクアポニックス



<実験 1 の仮説>

作成した簡易アクアポニックスでも植物に対して成長促進効果がある。

<実験 1 の実験方法>

ごんご豆は栽培難易度が高く、貴重なため、栽培難易度が低く、安価で入手しやすい豆苗、ブロッコリースプラウト、ルビーかいわれ大根、クレソンを 10 日間栽培し、培地から葉の先端までの長さ(以降上部の長さと呼ぶ)を毎日 16 時 10 分に最長の植物のみ計測した。

<実験 1 の結果>

クレソンとルビーかいわれ大根は問題なく育ったが、ブロッコリースプラウト、豆苗は急激な成長によって倒れる徒長のような症状が確認された。また、多くのメダカが死亡した。

<実験 1 の考察>

メダカの死因は、メダカ以外の生物を水槽に入れなかったため、メダカが摂取できなかった食べ残しの餌を微生物が分解し、栽培する植物が吸収できる以上のアンモニウムイオンを生じさせたことによる水質悪化と考えた。また、栽培期間が 10 日間と短かったことで成長が水槽内の栄養ではなく種子内の栄養のみでの成長となり、ルビーかいわれ大根には成長の差があまり見られなかつ

たのではないかと考えた。また、簡易アクアポニックスの方が水耕栽培で育てるより持続的な植物の成長が行えると考えた。以降の実験では簡易アクアポニックスを基本として実験を行った。

実験 2 水草と牡蠣殻の栽培促進の検証

実験 2 では、生物の多様化による水槽内の環境の安定化と植物への影響、牡蠣殻の植物に対する効果について検証した。

<実験 2-1 の仮説>

実験 1 の結果をうけ、栽培植物が成長していない間は、アンモニウムイオンを吸収しないと考えた。そこで、実験初期のアンモニウムイオンの吸収のため、栽培植物とは別に水草を入れることで水草がアンモニウムイオンを吸収し、簡易アクアポニックスの環境が安定すると思った。また、生物基礎の教科書*に「種多様性が高いと生態系のバランスが崩れにくくなる」という記載があった。そこで、水槽内に校内で飼育しているミナミヌマエビなどを入れ種多様性を高め、食べ残しを摂食させて餌の腐敗を防ぐことで、水質悪化によるメダカの死亡を防ぐことができると考えた。また、牡蠣殻を加えることで、水中の pH の中性化とミネラル供給による栽培効率の改善ができると考えた。

<実験 2-1 の実験方法>

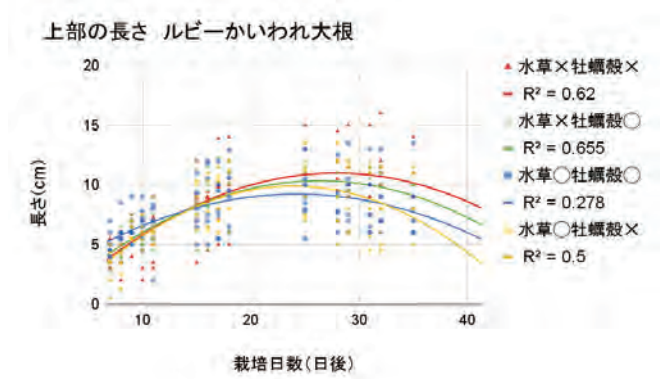
実験 1 では、豆苗とブロッコリースプラウトに徒長の疑いがあったため、栽培する植物をルビーかいわれ大根とクレソンに絞った。水槽の数と設置できる場所に限りがあるため、水草の有無と牡蠣殻の有無についてだけ対照実験を行った。(以降全ての水槽にミナミヌマエビ、タニシ、レッドラムズホーン、サカマキガイを加えている)。また、栽培する植物の成長を上部の長さが最大のものを測定するのではなく、すべての植物の上部の長さを計測した。簡易アクアポニックスの持続性の検証には 10 日間は短すぎると考えたため、栽培期間を 40 日間へと延長した。グラフは、縦軸を上部の長さ、横軸を栽培日数とし、成長の様子をまとめた。上部の長さのみで成長度を評価することは不相当と考え、新たに「根の長さ(全長と上部の長さの差)」と、収穫前後のカゴの重量差を株数で割った「1 株あたりの重さ」を計測項目に加え、どの条件が最も効率の良い栽培方法か検証した。以下水草や牡蠣殻の有無は○×で表記する。グラフは、縦

軸を上部の長さ、横軸を栽培日数とし成長の様子をまとめた。

<実験 2-1 の結果>

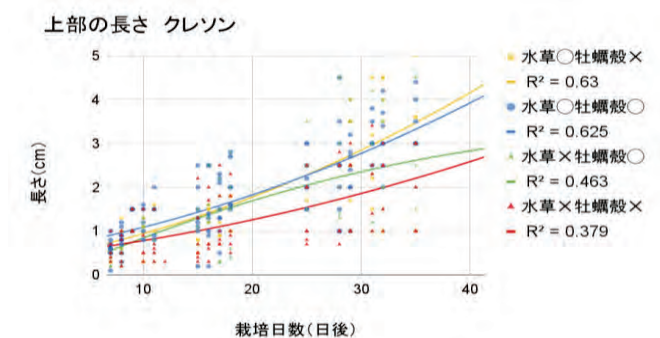
ルビーかいわれ大根とクレソンの上部の長さをグラフにまとめたものを図 2, 3 に示す。

図 2 ルビーかいわれ大根の上部の長さのグラフ



ルビーかいわれ大根は 30 日以降枯れた個体が出始め、計測ができなかった。その結果、成長したが枯れた個体の数値が計測数値に反映されなかったため、数値が減少傾向にある。よって実験環境に適さないと考えた。

図 3 クレソンの上部の長さのグラフ



クレソンは枯れる個体が出ず、持続的に成長していた。また、水草○牡蠣殻×と、水草○牡蠣殻○の成長が長い。クレソンの上部の長さ、根の長さ、1 株あたりの重さをまとめ、表 1 に示す。

表 1 クレソンの計測結果をまとめた表

クレソン	上部の長さ	根の長さ(cm)	重さ(g/株)
水草○牡蠣殻×	1 位	1 位 3.569	1 位 0.043
水草○牡蠣殻○	2 位	2 位 2.475	3 位 0.038
水草×牡蠣殻○	3 位	4 位 1.0583	2 位 0.025
水草×牡蠣殻×	4 位	3 位 1.583	4 位 0.014

上部の長さとの根の長さの順位に対し、重さの順位が対応していない。これは重さの計測時に水分も一緒に計測した可能性がある。また、クレソンの成長は牡蠣殻より水草の影響が強いと考えられる。

<実験 2-2 の実験方法>

実験 2-1 終了時の水槽の状態を引き継いで栽培を行い、再現性を検証した。

<実験 2-2 の仮説>

実験 2-1 の結果から上部の長さにおいて順位の変動はなく、根の長さ、重さの順位がそれぞれ上部の長さの順位と対応する。

<実験 2-2 の結果>

クレソンの計測結果をまとめ表 2 に示す。

表 2 クレソンの結果をまとめた表

クレソン	上部の長さ	根の長さ(cm)	重さ(g/株)
水草×牡蠣殻○	1 位	1 位 5.625	2 位 0.085
水草○牡蠣殻×	2 位	2 位 2.767	1 位 0.097
水草×牡蠣殻×	3 位	3 位 2.62	3 位 0.048
水草○牡蠣殻○	4 位	4 位 2.0	4 位 0.02

上部の長さが前回とは異なる順位だった。実験 2-1 と比べ、上部の長さとの根の長さの順位が対応したが、重さの順位は対応していない。そもそも前回の水槽の状態をそのまま引き継いでいたため再現性の検証になっていなかった。

<実験 2-3 の仮説>

実験 2-1 と同じ条件で行うため、上部の長さでの順位の変動はなく、根の長さ、重さの順位がそれぞれ上部の長さの順位と対応する。

<実験 2-3 の実験方法>

実験 2-1 の再現性を調べるため、実験 2-1 と同じ条件で再現性の検証を行った。これまで栽培前後のカゴの重量差で計測していたが、水分の混入による誤差を防ぐため、収穫した植物を十分に水を拭き取った別の容器に移して計量し、1 株あたりの重さを算出する方法に改善した。

<実験 2-3 の結果>

クレソンの計測結果をまとめ表3に示す。

表 3 クレソンの計測結果をまとめた表

クレソン	上部の長さ	根の長さ(cm)	重さ(g/株)
水草○ 牡蠣殻○	1位	1位 2.357	1位 0.18
水草× 牡蠣殻○	2位	3位 1.25	2位 0.09
水草× 牡蠣殻×	3位	2位 1.475	3位 0.06
水草○ 牡蠣殻×	なし	なし	なし

水草○牡蠣殻○が持続的な成長を続けていたが、その他は徐々に成長が止まった。上部の長さや重さの順位は対応している一方で根の長さは対応していない。そもそも、水草○牡蠣殻×のデータがないため、再現性がない。

4. 考察

枯れる個体が出たルビーかいわれ大根は、今回の実験に不適であると考えられる。また、重さの計測に関して、完全に水が切れていない可能性がある。水草を入れた条件下では、アンモニウムイオンなどの栄養をクレソンと水草が取り合うことでクレソンの成長が阻害されると予想したが、実際には水草を入れることでクレソンの成長は促進された。これは水草が栄養を吸収した結果クレソンにとって成長しやすい量の栄養になった可能性が考えられる。牡蠣殻の有無による植物の成長促進の効果は見られなかった。牡蠣殻を加えた水槽と牡蠣殻を加えていない水槽のpHを測定した結果、牡蠣殻を加えた水槽のpHは7で、水は濁っていなかった。一方で牡蠣殻を加えていない水槽のpHは6で、水も濁った。よって牡蠣殻にはpH中性化の効果があると考えられる。

5. 展望

研究を通して、一般的なアクアポニクスでは1セット数万円であるのに対し、簡易アクアポニクスは1セットわずか3901円という低コストで作成することができ、実際の実験に適用できることを明らかにした。一方、実験回数が少なかったことや計測ミスにより実験結果の信憑性や再現性が低い点が大きな課題である。この点につい

ては、前回実験からの改善を怠るなどの実験時の準備不足、再現性のない実験を行ったこと、実験回数が少なかったことが原因であると考えられるため、今後の実験ではこれらを改善する必要がある。また、マメ科植物ではなくアブラナ科の植物での実験だったため今後はごんご豆栽培に向けたマメ科植物の栽培を行う予定である。

6. 謝辞

本研究において手厚く指導、協力して下さった美作大学の澤村弘美先生、桑守正範先生に深くお礼申し上げます。

7. 参考文献

- ¹* 瀬戸内の海とつながるおかやまの農畜産物瀬戸内牡蠣殻アグリ (2025年12月10日閲覧)
https://www.city.okayama.jp/kyoudou/cmsfiles/contents/0000042/42151/07_sonota_siryou.pdf
- ²* 数研出版 高等学校 生物基礎 p198
- ³* アクアポニクス岡山県立東岡山工業高校 (2025年5月7日閲覧)
<https://www.toko.okayama-c.ed.jp/wp/アクアポニクス>
- ⁴* 魚の排泄物だけじゃ足りない？アクアポニクスで不足する栄養素 (2025年5月8日閲覧)
<https://www.aquaponics-design-lab.com/supplement-nutrients/>
- ⁵* 自作アクアポニクスキットの作り方[DIY マニュアル] (2025年4月27日閲覧)
<https://aquaponics.co.jp/blog/diy-manual/>
- ⁶* 徳島文理大学が取り組む大豆の水耕栽培研究が成果を上げています (2026年1月19日閲覧)
<https://www.bunri-u.ac.jp/faculty/pharmacy/info/2025071600025/>
- ⁷* マメ科植物の水耕栽培方法 (2026年1月19日閲覧)
<https://patents.google.com/patent/JP2018174806A/ja>

津山中高ビオトープにおける 生態系構造の理解と教材化の基盤構築

研究者 藤井 一輝，安東 大志，植田 悠涼，岡本 羽叶，田川 航也，陳 津宇
指導者 小西 明雄，大澤 七海，澤村 弘美，桑守 正範

Abstract

This study targeted the biotope at Tsuyama Junior and Senior High School, aiming to understand the actual state of the ecosystem and establish a foundation for educational materials usable in school classes. Based on an assessment of the current situation, hypotheses were formulated and environmental improvement measures were implemented. While the effectiveness of these improvements is still being confirmed, a continuous survey method utilizing iNaturalist was introduced, and a system for passing the project on to the next academic year was established.

1. 概要

本研究は、津山中高内に作られているビオトープを対象とし、生態系の実態を把握し、学校教育で活用できる教材の基盤を構築することを目的としている。現状認識に基づき仮説を立て、環境改善策を講じた。改善効果はまだ確認中であるが、iNaturalist を活用した継続的な調査手法を導入し、次学年への引き継ぎ体制を整えた。

2. 序論

現在、生物多様性の損失を食い止め、回復軌道に乗せる「ネイチャーポジティブ」が世界的な課題となっている。本校においても、正門横のため池を多様な生物が息づくビオトープとして再生し、身近な環境から生物多様性の回復に取り組むこととした。

津山高校正門横にある池（以降ビオトープと呼ぶものとする）は、もともと庭園の一部として整備されていたが、長年放置され外来植物（フトイなど）が繁茂していた。しかし近年、ヤゴやトンボなどの在来種が自然流入し、豊かな生態系が形成されていることを発見した。このビオトープの生態系に魅力を感じ、より深く理解したいと思った。

本研究の目的は、次の二点とする。

- (1) 津山中高ビオトープの生態系の理解を深める。
- (2) 学校教育で活用できる教材の基盤を作る。



図1 ビオトープ（開放水面の拡大前）

3. 研究内容

(1) 実験1（水質調査）

<目的>

池内の水質を調査し、池内の現状を知る。

<仮説>

メダカが息づいているため、生物が息づく可能な水質条件が整っていると考えられる。

<方法>

共立理化学研究所のパックテスト（標準タイプ）を用い、COD（化学的酸素要求量）、硝酸、亜硝酸、アンモニア、pHを測定した。また、CODが還元性物質によるものかを確認するため、24時間曝気後に再測定を行った。

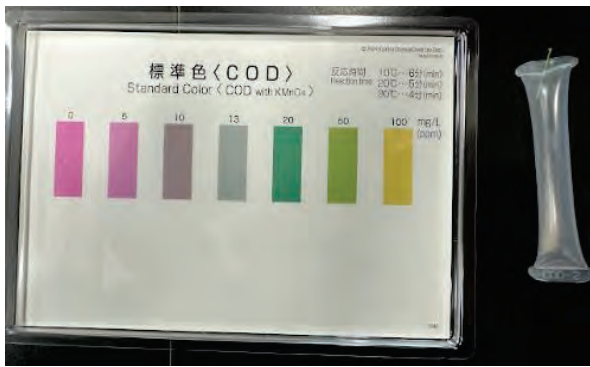


図2 CODを測定したときに用いた発色判定用紙と測定容器

<結果>

CODの値だけが、パケットテストに記載された基準値と大きく異なる結果となった。また、曝気の前後で数値に変化は見られなかった。

	計測値	基準値
COD(mg/L)	18	2
アンモニア(mg/L)	0.2	0.2
亜硝酸(mg/L)	UNDER	0.02
硝酸(mg/L)	UNDER	1~2
pH	7	7

表1 実際に測った値と基準値

<考察>

採集したビオトープの水を24時間曝気したがCOD値に変化が見られなかったことから、鉄イオン等の無機還元性物質による影響は小さいと考えた。一方で、ビオトープの周囲には樹木が多く、底泥として大量の落ち葉が堆積しているという観察事実がある。このことから、COD値が高い原因はこれら大量の落ち葉に由来する有機物の分解負荷が、ビオトープの自然浄化能力を上回っていることに起因すると考察した。

そのため、メダカが生息しているが、水質全体が良好であるとは断定できないことが示された。

(2)実験2 (生態調査)

<目的>

実験1で検出された高いCOD値を受け、実際の生物種や生態系の構造がどのようになっているかを明らかにする。具体的には、生息する生物の種数や個体数、および食物網の構成を調査す

ることで、ビオトープ内の物質循環の状態を確認する。

<仮説>

ビオトープ内に大量の落ち葉が堆積し、水質が悪化している現状から、有機物を分解・消費する一次消費者の現存量が流入する有機物量に対して不足しており、分解が滞ることで生態ピラミッドのバランスが崩れていると考えられる。

<方法>

魚網およびトラップを用い、複数回にわたり生物採集を実施した。

<結果>

生態調査では25種の在来種を含む多様な生物が確認された。その中にはサカマキガイなど落ち葉を食べることで分解する生物も確認された。しかし、COD値は高く落ち葉の堆積も解消されていない事実から、系内に流入し続ける膨大な有機物量に対し、それを分解・消費するサカマキガイやヌマエビといった消費者の現存量が、物質循環を完結させるには相対的に不足している可能性が高い。つまり、生物多様性は確保されているものの、有機物の処理速度が流入速度に追いつかず、生態ピラミッドのバランスが崩れている可能性がある。

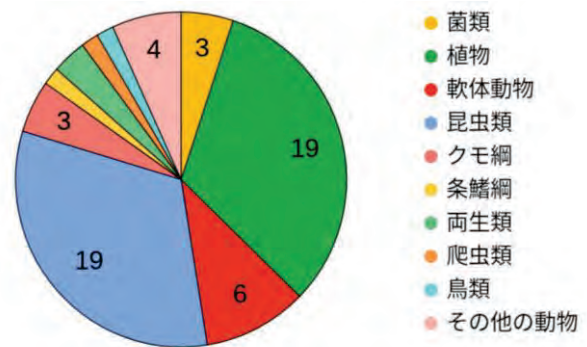


図3 ビオトープの生き物(単位:種)



図4 ビオトープ内での食物網



図5 ビオトープ内での現状

<考察>

今回の生物調査で見つかった生物を基に考えると、ヤゴがビオトープ内の最上位消費者であると考えられる。

そのため、ヤゴがサカマキガイなどを食べ成長しビオトープの外に飛び立つことで、蓄積した有機物がビオトープの外に運び出されるとともに、津山中高周辺のネイチャーポジティブへの貢献にもなるのではないかと考えた。

4. 仮説

そこで私達は、落ち葉などの分解を促進し、生物が利用できる資源に変換することで、落ち葉を基盤とした生態ピラミッドを拡張し、高次消費者である水生昆虫の個体数を増やすことができるのではないかと仮説を立てた。この仮説に基づき、私たちは生態ピラミッドの土台となる分解と光合成を促すため、4つの改善処置を実施した。

5. 改善処置

- (1) 好気性微生物による落ち葉の分解を促進するため、ソーラーポンプを設置して水を循環させるとともに水中溶存酸素を増やした。
- (2) 水面を過剰に覆っていたフイやウキクサの一部を除去した。これにより、水中に届く光量を増やしてマツモや植物プランクトンの光合成を助けるとともに、酸素が水面に溶け込みやすい環境を作った。(図6)



図6 ビオトープ(開放水面の拡大後)

- (3) 低次消費者の隠れ処と溶存酸素量の増加という二つの目的のため、水中を漂っていたマツモに、おもりを付けることで底に沈めた。
- (4) 上記の改善処置の効果が確認されるまで、長期的な観察を要すると考えられる。そのため、研究継続のツールであり、かつ教材のデータベースともなる iNaturalist(図7)というツールを導入した。

iNaturalist とは、市民科学のプラットフォームであり、スマートフォン等で撮影した生物写真を投稿すると、AI や世界中の専門家や愛好家によって種の同定が行われ、データとして蓄積、確認がいつでも可能である。

このサイトを導入する利点は、次の三点がある。

- ・複数の有識者からの同定により生物の種類を判断できるため、自分たちで同定するよりも信頼性の高いデータを得られる。
- ・サイトの機能を使うことで、データを一箇所に保存し蓄積することができるため、研究の引き継ぎが容易になる。
- ・蓄積されたデータを日付別や分類別といった条件で検索できるので、ビオトープの変化を研究するのに役立つ。

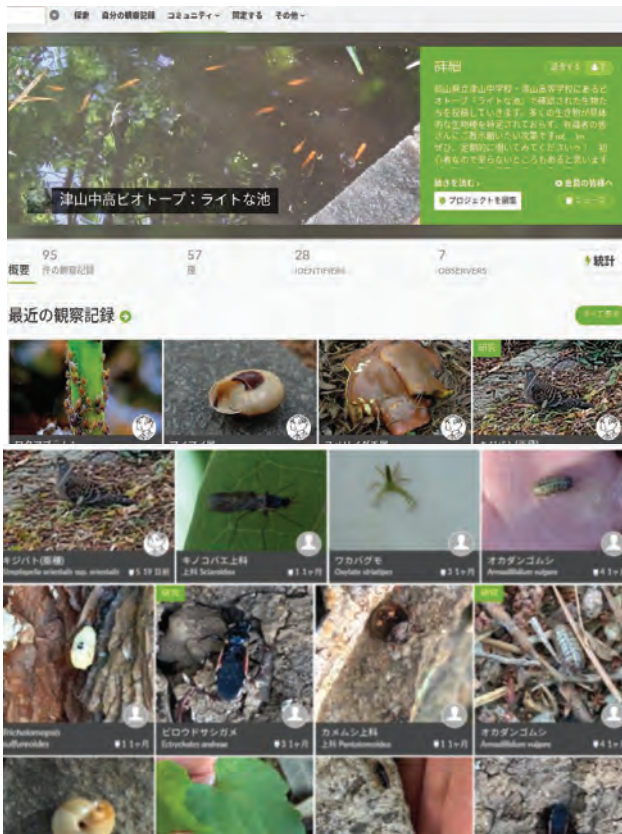


図7 iNaturalistプロジェクトページ「津山中高ビオトープ」

6. 結論

本研究により、津山中高ビオトープの環境改善において、蓄積していた有機物が生物活動によってビオトープの外に排出される効果は現時点では確認されておらず、立地条件に起因する大量の有機物の流入対策が課題であると考えた。

したがって、本ビオトープにおいては、生物的な浄化作用のみに期待するのではなく、落ち葉よけネットの設置や堆積物の物理的な除去といった人為的な管理を継続することも、生態系維持の条件である。

その際、本研究で導入した「iNaturalist」が有効なツールとなる。アプリを通じて生物相の変化をデータとして記録し続けることで、将来的にこの場所が、環境変化を長期的に追跡できる場所として機能し、継続的なデータの蓄積が行われることを望む。

7. 謝辞

私たちの研究を支えてくださった指導員の
小西先生、大澤先生、澤村先生、桑守先生、
Ms. Martina に深く感謝申し上げます。

8. 参考文献

- 1) Watanabe, R., et al. Effects of early summer plowing on aquatic insects in fallow field biotopes. *Hydrobiologia*. 2025, vol. 853, p. 315–336.
- 2) 日本生態系協会 編著. 『改訂版 ビオトープ管理士資格試験公式テキスト』. 日本能率協会マネジメントセンター, 2016, 360p.
- 3) iNaturalist. “津山中高ビオトープ：ライトな池”. iNaturalist プロジェクト. <https://www.inaturalist.org/projects/99a2cecd-239b-4407-a7ab-2b4e27b97a44>, (参照 2026-01-21).
- 4) 国際自然保護連合日本委員会 (IUCN-J). “ネイチャーポジティブとは”. <https://www.iucn.jp/>(参照 2026-01-21).
- 5) 環境省. “ネイチャーポジティブ (自然再興)”. エコジーン. 2024-02-14. <https://www.env.go.jp/>(参照 2026-01-21).

本年度も課題研究を進めるにあたり、多くの外部指導者の方々にご指導・ご助言をいただきました。ご多忙のところ、快くご指導をいただき、充実した研究を行うことができました。
教員・生徒一同より厚く感謝を申し上げます。

研究指導	津山工業高等専門学校	曾利 仁 様
	津山工業高等専門学校	谷口 圭輔 様
	美作大学短期大学部	桑守 正範 様
	美作大学	澤村 弘美 様

外国語指導	本校 GSO	江原 Martina 様
-------	--------	--------------

指導助言	大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻	赤松 史光 様
	高知県立大学	大村 誠 様
	ヒロシマ平松病院リンパ浮腫治療センター	光嶋 勲 様
	美作市立大原中学校	甲本 智之 様
	京都大学国際高等教育院	杉山 雅人 様
	岡山大学異分野基礎科学研究所	鈴木 孝義 様
	岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域	福田 伸子 様
	福山大学	秦野 琢之 様
	岡山大学学術研究院教育学域	藤井 浩樹 様
	広島大学大学院人間社会科学研究科	松浦 拓也 様

ウィッフルボールの軌道の変化の要因について

岡山県立津山高等学校理数科

内田翔介 後安真之介 笹尾篤希 近光京五 都守凌平 細川鉄平 南智悠

1. 研究動機・目的

- ・簡単に変化球を投げられるウィッフルボールに興味を持った
- ・回転している場合のウィッフルボールの変化球の原理を明らかにする

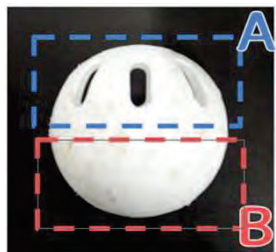
2. 研究概要

物体の周辺の空気の動きを観察することができる**風洞実験**を行い、空気の流れを解析した。

3. 研究仮説

ウィッフルボールに非対称に空いた穴がボール周辺の空気の速度を変化させ、軌道を変化させている。

4. 実験方法



(図1)

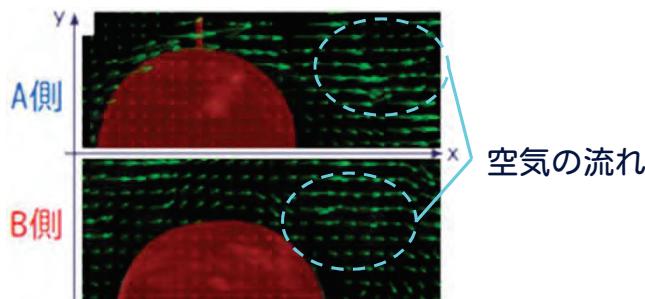


(図2) 風洞実験装置

- ①風洞実験装置(図2)をつくり、ウィッフルボールを1秒間に約40回転させる。
- ②スモークマシンの煙を袋にため、その袋から、少しずつ出す。煙を整流器を通して、流れを一定にしながらウィッフルボールに当てる。
- ③ウィッフルボール周辺の煙の様子をハイスピードカメラを使い、1秒間に480枚撮影する。
- ④撮影した写真を、画像解析ソフト「PIVlab」を用いて、ウィッフルボールの穴がある側(A側)と穴のない側(B側)の周辺の空気の速度を矢印であるベクトルで数値化し、右方向をx、上方向をyとして、速度を分解。

5. 結果

(図3)は、「PIVlab」で空気の動きを可視化した画像。赤い部分がウィッフルボール、緑の矢印が煙の速さと流れの向きを表す。



(図3) 可視化した空気

(表1) 煙の速さ(cm/s)とそのx, y成分

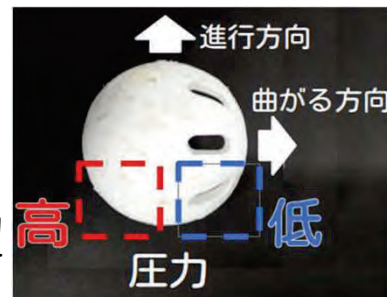
	速度	速度のx成分	速度のy成分
A側	27.39	27.31	2.14
B側	19.71	19.16	4.68

それぞれの側の周辺の空気の速度は(表1)のようになった。

速度と、速度のx成分ともに**A側の方がB側よりも大きくなっている。**

6. 考察

- ・ベルヌーイの定理より、**A側周辺の圧力はB側周辺の圧力より低くなる**
- ・圧力の差によりウィッフルボールは**圧力が低い、穴がある方向へ流される**



(図4)

7. 展望

- ・射出装置の改良
 - ・ウィッフルボールの射出
 - ・挙動の解析
- 以上の3項目を目標とする



(図5) 射出装置

8. 参考文献

- 1) Global Hospitality Japan. "Wiffle Ball". <https://gh-japan.co.jp/wiffle-lp/> (2026年1月15日 閲覧)
- 2) Utvich, Alexis; Jemott, Colin; Logan, Sheldon; Rossmann, Jen. "Aerodynamics of WiffleBalls". ads. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2003APS..DFD.MJ005U/abstract> (2026年1月15日 閲覧)
- 3) "How it works:A Wiffle Ball Pitch". Popular Science. 2014-04-07 https://www.popsci.com/article/technology/how-it-works-wiffle-ball-pitch/?utm_source=chatgpt.com (2026年1月15日 閲覧)
- 4) PIVlab. "PIVlab-open source particle image velocimetry". <https://www.pivlab.de/> (2026年1月15日 閲覧)

水中でプロペラを回したときにできる 縦渦についての研究

岡山県立津山高等学校 青山真人 田中恭輔 野村晏那 大和杏歌

1. 研究目的

水中でプロペラを回転させたときに発生する鉛直下向き渦(=縦渦)の発生(図1)に関わる要素を明らかにする。

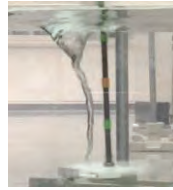


図1 縦渦の様子

2. 実験A-縦渦の発生の原理

【仮説】①と②(図2)は水の流れが逆でねじれにより小さい渦(=種渦)(図3)が翼端で絶えず発生し、統合して縦渦になる

【結果】複数の種渦が統合され大きな渦となる



図2 水の流れ



図3 種渦の様子

3. 実験B-縦渦の発生時間について

【仮説】

・プロペラの羽根の枚数が増加すると縦渦の発生までにかかる時間が増加する(図4)

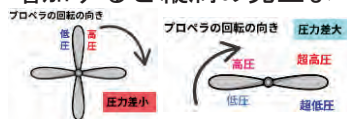


図4 プロペラのまわりに生じる水圧

【実験方法】

- ①プロペラをつけた寸きりボルトをインパクトドライバーに接続したものをスタンドに固定(図5)
- ②水槽で二枚羽根、三枚羽根、五枚羽根のプロペラ(図6)をそれぞれ水深5cm、10cm、15cmで回転
- ③プロペラを回転させてから縦渦の発生までにかかる時間を計測

縦渦の先が水深の半分に到達したときに縦渦が発生したと定義(図7)

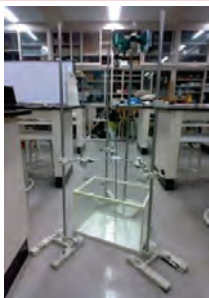


図5 実験装置

変数

- ・プロペラの羽根の枚数
- ・水深

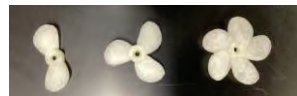


図6 実験で使用したプロペラ



図7 縦渦発生の定義

【実験結果】

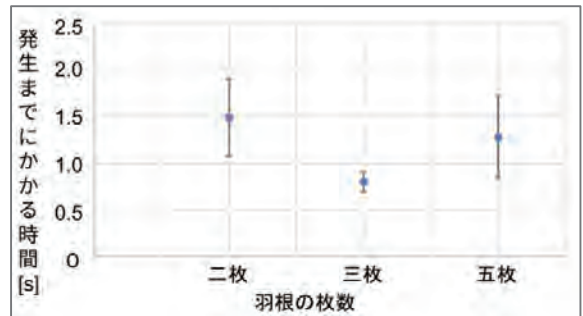


図8 羽根の枚数と縦渦の発生までにかかる時間の関係

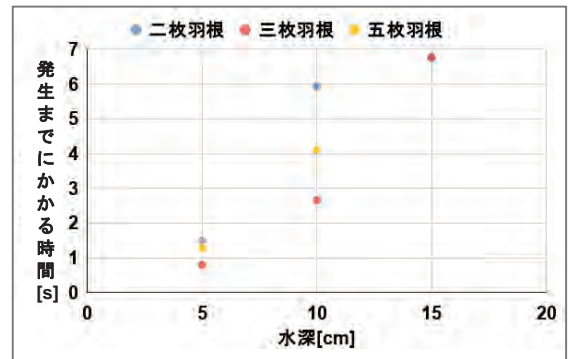


図9 水深と縦渦の発生までにかかる時間の関係

- ・二枚羽根、五枚羽根、三枚羽根の順で縦渦の発生までにかかる時間は長くなった
- ・水深が深くなるほど縦渦の発生までにかかる時間は長くなった

【まとめ・考察】

考察①羽根が二枚のとき発生時間が長くなった原因

- ・圧力差は十分であるが種渦の発生回数が減少した(図9)

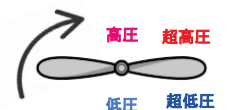


図10 二枚羽根のプロペラまわりに生じる水圧

考察②水深が深くなると渦の発生時間が増加する原因

- ・水の流れが水面まで伸びるまでの時間が増加する
- ・巻き込んだ空気が水深の半分に到達するまでの時間が増加

4. 展望

- ・変数にプロペラの羽根の形状やプロペラの回転速度を追加
- ・壁面効果を受けない広い水槽での実験
- ・プロペラの羽根の枚数を変えた時の標準偏差の変化の観察

参考文献 引用文献

兵庫・徳島「鳴門の渦潮」世界遺産登録推進協議会.(2020).「鳴門海峡の渦潮」自然編～潮汐作用と特殊な地形が織りなす類まれな自然現象https://naruto-uzushio.jp/wp-content/uploads/2023/02/torimatome_hyogo.pdf
北海道科学大学.(2023).飛行機はなぜ飛べる？飛行機に関わる4つの力と仕組みを解説<https://www.hus.ac.jp/hokukadai-jiten/detail/a8b32a411adffed6db2c760d9bb083aa18eb4e7e-17167/>

路面を走行した際の水の跳ね上がり方についての研究

岡山県立津山高等学校 井上優太 北村悠真 近藤絢菜 鈴木彩乃 橋本絢音

研究目的

雨の日に自転車から飛び散った水が靴に飛び散り、その斑点模様から飛び散り具合について興味を持った。路面の凹凸によって、水の飛び散り方がどれだけ変化するのかを明らかにすることを目的とした。

研究仮説

路面の凹凸の間隔が小さいほどより遠く、大きい角度に水滴が飛ぶ。

実験装置

- シリコン製のシートをベルトコンベア状にし、路面（以下路面と呼称）に見立てる。
- 電動ドリルを用いて一定の回転数で路面を回転。
- 路面は14km/hで回転（自転車の速さに一致）

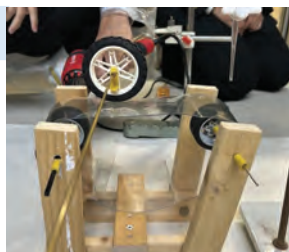


図1 実験装置

実験方法

- 路面を回転させると同時にビュレットから色水を5ml滴下。
 - 装置の下に紙を敷き、飛び散った水滴の落下地点を記録。
 - 水滴の距離と角度を測定。
- ①～③を凹凸ありとなしの場合で行う。

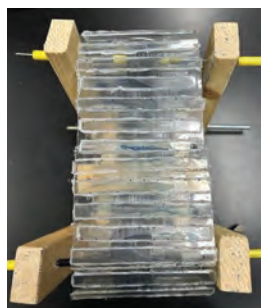
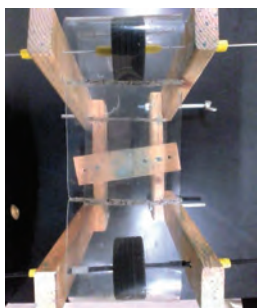


図2 凹凸ありとなしの路面

実験結果

- 図3のように赤丸を原点として軸をとってグラフ化
- 円が大きいほどその座標へ飛び散った水滴の個数が多いことを表している(図4)。

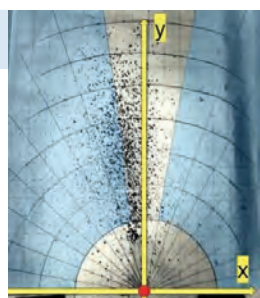


図3 飛び散った水 (青色が測定範囲)

凹凸の間隔	なし	1cm
個数の最大値	425個	849個

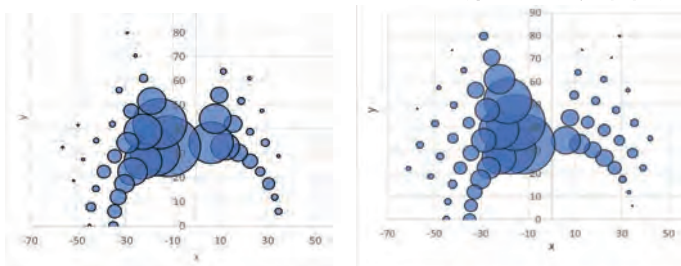


図4 水滴の分布 (左: 凹凸なし 右: 凹凸1cm)

実験結果

水滴の分布の傾向を明らかにするために凹凸があるときとない時の数の比を示した(図5)。

- $r = \text{凹凸あり} / \text{凹凸なし}$
- オレンジの円... $r > 1$ 。
- 白色の円... $r < 1$ 。

特徴

- 特に角度が大きく距離が大きいほど凹凸ありとなしとで水滴の個数の差が大きくなる傾向にある。(最大で32倍)

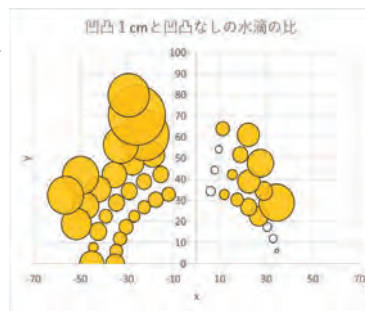


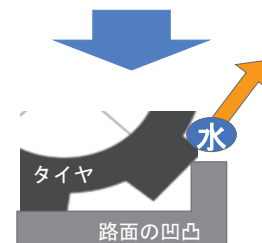
図5 凹凸の間隔1cmとなしの水滴の比

考察

水滴の飛距離が大きくなる原因



凹凸に引っかかることによってタイヤがひずみ、ひずんだ分だけタイヤに弾性エネルギーが蓄えられる。



タイヤに蓄えられた弾性エネルギーが、タイヤと水が離れる際に運動エネルギーに変換されて水に与えられ、飛び散る。

タイヤが凹凸に接触する回数が多いほど遠くたくさんの水しぶきが飛ぶ。

水滴の角度が大きくなる原因



水色の箇所の圧力が大きくなり、水が圧力が低い方に移動しようとして横に押し出される。

角度が大きい方にたくさんの水滴が分布する。

今後の展望

- 今回の実験では凹凸の間隔を独立変数として実験した
⇒ 凹凸の大きさを変数とした場合...
水の飛び散り方にどのような傾向が見られるのか
凹凸の間隔を変数とした場合と飛び散り方の分布に変化が見られるのか
- 飛距離が大きくなった原因としてタイヤがひずんだことを挙げた
⇒ この考察を裏付けるためにタイヤの形状を変えて同様に測定する

参考文献

- 塗装路面の水跳ね現象の挙動分析 <http://library.isce.or.jp/isce/open/00057/1991/47-0597.pdf>
車の水はね <https://cgworld.jp/regular/201803-istfx-re23.html>

津山盆地で発生する霧の要因の検証

岡山県立津山高等学校 理数科

長谷川 遼 鎌先 一希 小林 浩徳 近藤 悠人 久常 大輔 森安 冠仁

1. 研究動機・目的

津山盆地では例年秋から冬にかけて、大規模な霧が発生する。しかし、津山盆地の霧に関する研究が少なく、未解明な点が多い。そこで、津山盆地の霧の要因や気象的特徴は何かを明らかにすることを目的とした。

2. 研究仮説

盆地の低地では放射冷却の影響が強く、霧の核である水蒸気を供給できる河川がある盆地の南部で発生しやすいと考えた。

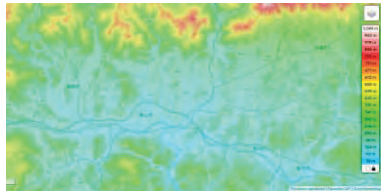


図1 津山盆地の色別標高図
(津山市地形図 topographic.comより)



図2 津山盆地を流れる河川
(津山市河川 - 川の名前を調べる地図)

3. 研究方法

I・Googleフォーム等で津山盆地の霧の発生のアンケート調査を行う。作成したモデル(図3)でドライアイスを用いて観察した時、アンケート結果と同じ傾向が見られるか調査する。

II・PINNsを用いて津山盆地の風、放射冷却を再現し霧を発生させ、その挙動を観察する。また、冷気湖を河川の直上で霧が発生したと仮定して、その挙動もシミュレーションして観察を行う。(PINNs:物理学に基づくニューラルネットワークのこと)

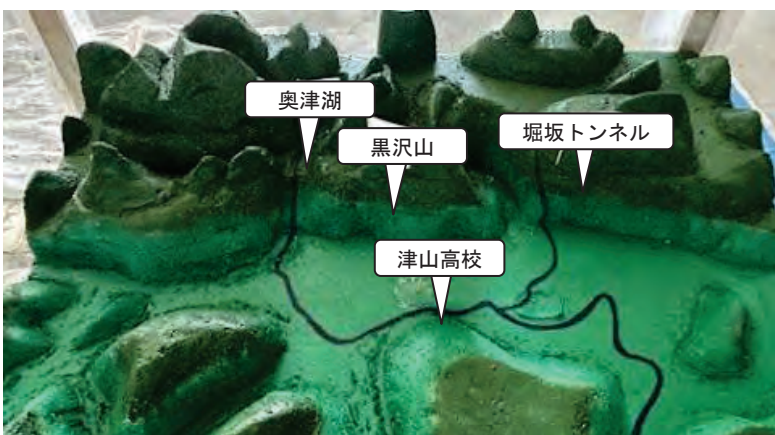


図3 作成した津山盆地のモデル
(幅・奥行きは50000分の1,高さは4000分の1に縮小)

4. 結果・考察

- I・霧は西側で多く、北側で少ない(調査より)
・霧は、西側⇒東側へ広がりやすい(観察より)



- ・山間部では霧が発生しにくい
・西側で発生した霧が広がり、東側に溜まりやすくなっている

- II・盆地全体に霧の粒子が拡散する様子が見られ、河川から遠く離れた場所でも霧を観測できた(図4,5参照)



- ・津山で発生する霧は、冷気湖由来の霧と河川由来の霧が重なり、湿度が継続的に供給されることによって起こる現象である

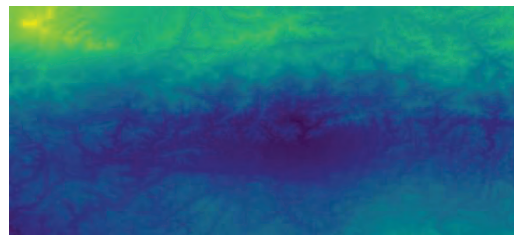


図4 シミュレーション
(放射冷却の強度)

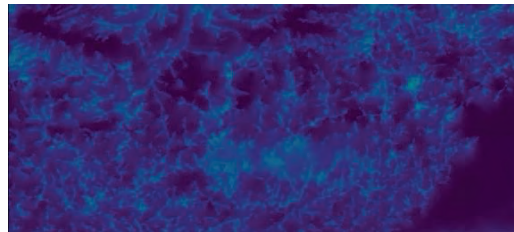


図5 シミュレーション
(風による霧の拡散)

5. 今後の展望

- I・比較的データが少なかった盆地の東側や河川付近のデータを集めて、考察を行いたい。
II・定点カメラやより高度なシミュレーションを用いて、霧の動態を直接的に検証していきたい。

6. 参考文献

- ・重田 祥範,津山盆地における霧の発生日数と地域特性,日本地理学会発表要旨集,2019,323-
・鶴 莉子ほか,岡山県津山盆地における放射霧の動態と水蒸気量の関係性,日本地理学会発表要旨集,2024,280-

伊茂岡鉱山における含有金属の同定と地質学的考察

岡山県立津山高等学校 理数科2年 岩元百可 佐々木絵乃音 田村美遥 本山水晴 森崎日菜

動機・目的

ビスマス結晶への興味

↓
ビスマス鉱床が鏡野町にあることを知る

↓
ビスマスを含む鉱石の特徴を調べる

↓
採取できる他の金属について調べる

準備

伊茂岡鉱山で現地調査を行い、ズリを回収する

↓
緑色や淡いピンク色などの花崗岩が多く確認された

山道入り口から鉱山坑口にかけてヘビノゴザが群生している様子が見られた



実験① 肉眼鑑定・実体顕微鏡での観察

・図鑑や専門家の意見を元に肉眼鑑定を行う

・実体顕微鏡により詳しい鑑定を行う

結果① 肉眼鑑定の結果

番号	含有鉱物	番号	含有鉱物
2201	孔雀石	2207	孔雀石
2202	赤鉄鉱	2208	斑銅鉱
2203	ビスマス鉱 鏡鉄鉱	2209	鏡鉄鉱
2204	黄銅鉱	2210	斑銅鉱
2205	褐鉄鉱	2211	孔雀石 黄鉄鉱 鏡鉄鉱
2206	斑銅鉱	2212	孔雀石 斑銅鉱
		2213	鏡鉄鉱

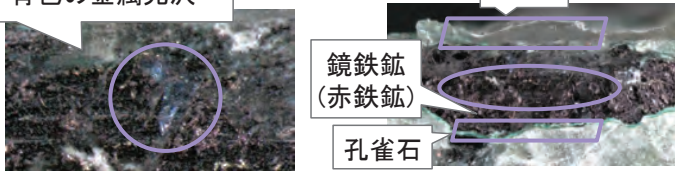
・実体顕微鏡の結果

青色の金属光沢

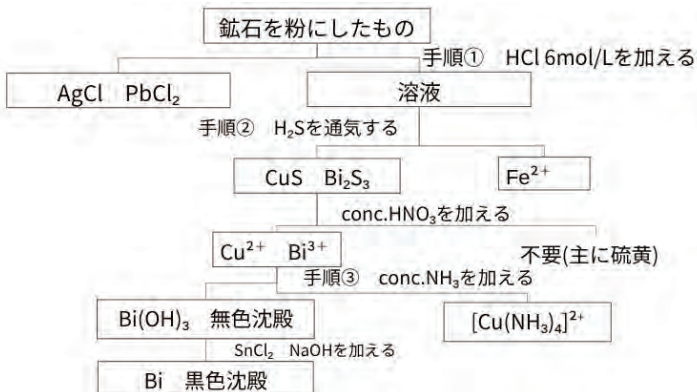
石英

鏡鉄鉱
(赤鉄鉱)

孔雀石



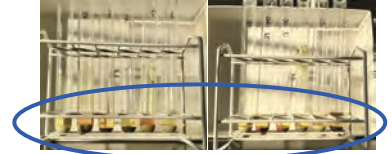
実験② 定性分析



結果②

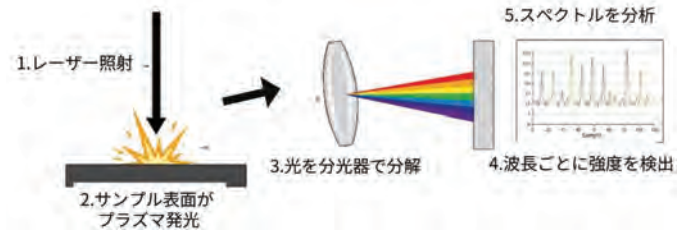
・溶液が黄褐色に変化した
⇒Fe³⁺が含まれている

・(酸性条件下で)硫化水素を通気すると黒色沈殿が生成
⇒銅やビスマスなどが存在している可能性
(黄銅鉱、褐鉄鉱、孔雀石のサンプル)



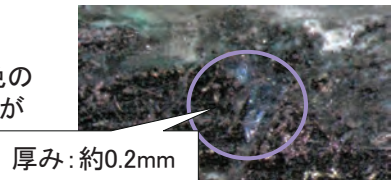
実験③ 鉱石鉱物の機器分析

LIBS分析(レーザー誘起ブレイクダウン分光法)を行う



結果③

表面に孔雀石が見える緑色の等粒状の岩石からビスマスが確認された



厚み: 約0.2mm

実験④ 偏光顕微鏡

岩石の組織を観察する

結果④

斜長石が絹雲母化

熱水変質して崩れている



考察・結論

角閃石・黒雲母

通常の花崗岩

↓ 熱水変質

緑泥石
(緑色花崗岩)

緑泥石化した花崗岩
(2207)

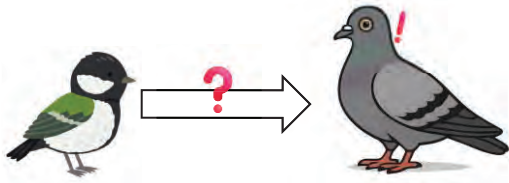
・伊茂岡鉱山の鉱石鉱物には主に鉄が含まれ、また銅・ビスマスが含まれている

・ビスマスを含む鉱石の特徴は、比重が大きく、緑色の花崗岩であり、銅と共存する可能性が高い

・斜長石が絹雲母化し、熱水変質した様子が確認できたことから、伊茂岡鉱山の鉱床は熱水鉱床の特徴が見られる

The Effect of Great Tit Calls on Pigeon Behavior

Okayama Prefectural Tsuyama High School China Kawai, Sao Kinuta, Aoi Harada



Not only great tits, but also other birds can understand their call.



Find out if pigeons in Tsuyama can understand the calls of great tits.

Previous Research

Sounds: at 60dB
experiment intervals: at least 1.5 hours

Hypothesis

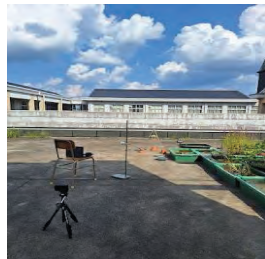
- ① “Snake” ⇒ pigeons **would show** vigilance behavior
- ② “Gather” ⇒ pigeons **wouldn't show** vigilance behavior

Method of Experiment

Place: Rooftop at Tsuyama High School.

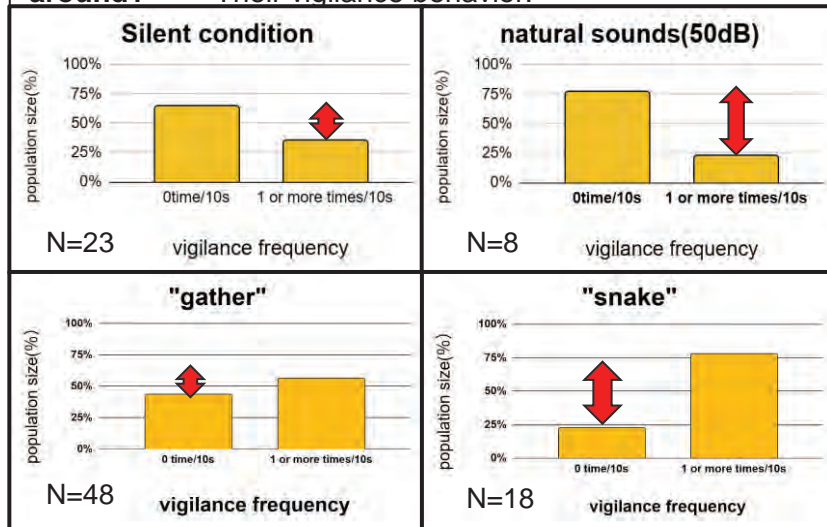
- ① Put bird food and watched them on Google Meet using a Chromebook.
- ② When pigeons came
→ we played recordings of great tit calls through a speaker at **50dB** and recorded and analyzed their behaviors.
→ The next experiment ... **one day later.**

- Calls ↓
- “snake!” (Jaa-jaa)
 - “gather” (Jijijiji)
 - nature noise (cars, people, etc)



Result

We counted “How many times the pigeons looked around?” → Their vigilance behavior.

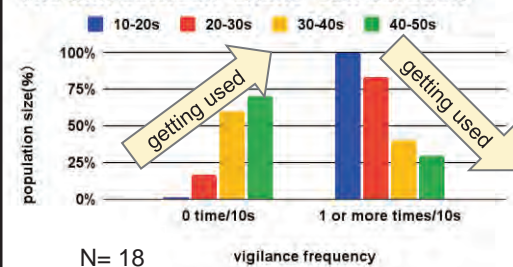


→ Pigeons reacted to the great tit calls, not to loudness.

Analysis

- As time passed, the number of pigeons **not** looking around became bigger, **still** looking around became smaller.
- pigeons **got used** to the sound on the same day when they kept hearing it.
 - birds may understand calls that are **important for survival**, even if they are from a different species.

The link between 'snake' call duration



Future Direction

- Study other great tit calls that pigeons might be able to understand.
- Do more experiments and collect more reliable data.
- provide humans with clues for detecting changes in the natural environment at an early stage through the signals perceived by birds

References

[Suzuki, T., Wheatcroft, D., & Griesser, M .2016. 「Experimental evidence for compositional syntax in bird calls.」 nature communications,7] [Suzuki Toshitaka.2022.“The Language Abilities of Japanese Tits and the Challenges of Animal Linguistics”.2022] [Toshitaka Suzuki & Yui K. Matsumoto.2022 「Experimental evidence for core-Merge in the vocal communication system of a wild passerine」 nature communications 13]

簡易アクアポニックスを用いた 効率的な植物栽培の検討

岡山県立津山高等学校 水木晃生, 金丸裕輝, 山田昊志

研究目的

条件検討に利用可能な安価で簡易的なアクアポニックスを作成し、「ごんご豆」を安定的かつ効率的に栽培するシステムを確立することが目的だ。研究では、牡蠣殻を用いた真庭市の里海米の技術を取り入れて検討した。

仮説

- ・簡易アクアポニックスの水槽内は種多様性が高いほうが生態系のシステムが安定する
- ・「里海米」で用いられたように、牡蠣殻の散布を行うことで植物の栽培効率が上昇する

実験方法・結果

アクアポニックスとは水産養殖と水耕栽培を一体化させた循環型栽培システム
〈実験環境〉

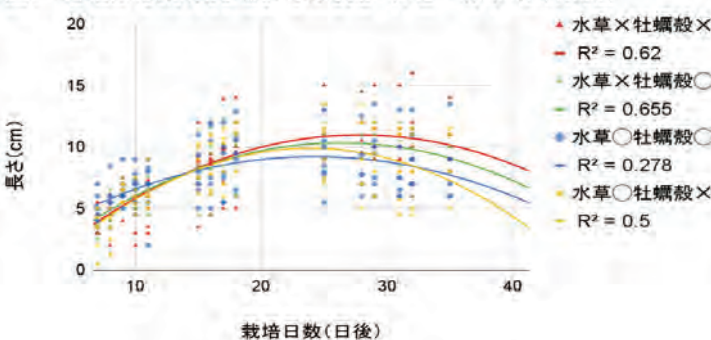
- ・栽培場所:室内
- ・室温:約25度・光度:1200Lux・実験期間:10日間
- ・半日毎に消灯と点灯・12時20分と16時10分に餌やり

〈実験〉

アクアポニックスの動作確認を行った予備実験でメダカの大量死が起きた。私達は、大量死の原因を、与えすぎた餌が腐敗したことで、水中のアンモニウムイオン濃度が高くなりすぎたためではないかという仮説を立てた。よって実験では、解決方法としてすべての水槽にミナミヌマエビなどを加え種多様性を高め、餌の食べ残しを摂食させることで生態系として安定させることを試みた。また、アンモニウムイオンを吸収するための水草の有無と、成長促進とpH中性化のための牡蠣殻の有無による植物の成長度合いを検証した。栽培する植物をルビーかいわれ大根とクレソンに絞り、システムの継続性を検証するため実験期間を40日間へと延長した。

〈結果〉

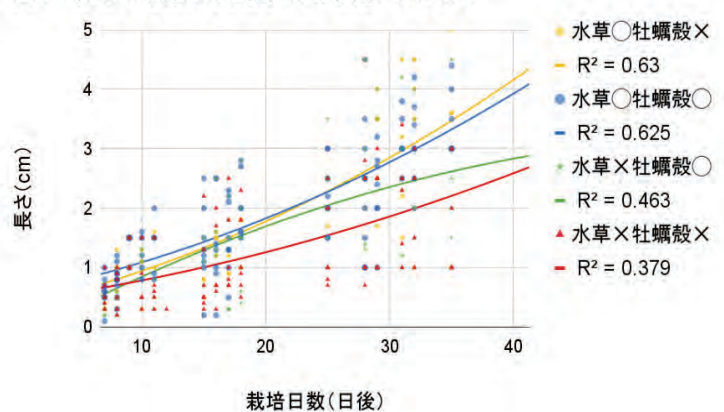
図1 培地から葉の先端までの長さ ルビーかいわれ大根



ルビーかいわれ大根は30日以降枯れる個体が出た。



図2 培地から葉の先端までの長さ クレソン



クレソンは持続的に成長していた。

考察

ルビーかいわれ大根は30日以降枯れた個体が出始めたため、今回の実験条件に適していないと考えられる。他の測定方法(根の長さ、一株あたりの重さ)も試したが、安定した計測はできていない。計測結果から、水草が栄養を吸収したことで、クレソンにとって成長しやすい適切な栄養量になった可能性がある。しかし、追加実験での再現性が悪く条件検討を重ねる必要がある。また、牡蠣殻はpH中性化や水質安定化の効果が見られたが牡蠣殻に成長促進効果があるとは判断できなかった。

結論

本実験では、一般的に数万円かかるアクアポニックスを1セットわずか3901円という低コストで作成することができた。一方、実験回数が少なく、重さの測定方法にも課題があるなどの実験の準備ができていないため、結果の再現性の検証が必要である。今後、牡蠣殻の添加量を変えた実験を行うとともに、ごんご豆栽培に向けてマメ科植物の栽培も行う予定である。

参考文献

- アクアポニックス岡山県立東岡山工業高校 2025年5月7日閲覧 <https://www.toko.okayama-c.ed.jp/wp/アクアポニックス>
魚の排泄物だけじゃ足りない？アクアポニックスで不足する栄養素 2025年5月8日閲覧 <https://www.aquaponics-design-lab.com/supplement-nutrients/>
自作アクアポニックスキットの作り方 [DIYマニュアル] 2025年4月27日閲覧 <https://aquaponics.co.jp/blog/diy-manual/>
カキ殻肥料の特長 2025年4月27日閲覧 <https://www.urabe.net/products/feature/>
瀬戸内の海とつながる おかやまの農畜産物 瀬戸内牡蠣殻アグリ 2025年12月10日閲覧 https://www.city.okayama.jp/kyoudou/cmsfiles/contents/0000042/42151/07_sonota_siryuu.pdf
徳島文理大学が取り組む大豆の水耕栽培研究 2026年1月19日閲覧 <https://www.bunri-u.ac.jp/faculty/pharm>

津山中高ビオトープにおける生態系構造の理解と教材化の基盤構築



津山高校 2年6組 藤井一輝、安東大志、植田悠涼、岡本羽叶、田川航也、陳津宇

- ## 目的
- ・津山中高ビオトープの生態系の理解を深める
 - ・学校教育で活用できる教材の基盤を作る

背景

2024年度から、津山中高正門横に位置する池をビオトープ化しており、このビオトープをどのように改善すればいいのかわ、方向性を定めるために**現状の水質や生態系**を調べた。



予備知識

COD

水質汚濁の指標の一つで、水中の有機物などの汚染物質が酸化剤で酸化される際に消費される酸素の量

iNaturalist

- ・生き物の写真を投稿すると、名前の候補をAIや世界中の人が教えてくれる観察・共有アプリ
- ・集まったデータは研究や自然保護にも使われる

実験方法

水質調査

- ・共立理化学研究所パックテストを用い、「COD、硝酸、亜硝酸、アンモニア、pH」を測定する
- ・COD値が池の中の鉄イオンや硫化物などの還元性物質によるものではないかを確認するために、一日酸素通気をした後に、CODを測定する

生態調査

- ・網やトラップを用いて複数回にわたり生態調査を行う
- ・食物網、生態ピラミッドの図を作成して、生態調査結果をまとめる

結果・考察

水質調査の結果

- ・CODの値が「きれいな場合の基準値」の2に対し、18と**異常に高い**
- ・通気をした後に測定しても**値に大きな変化が見られなかった**

水質調査の考察

- ・ビオトープ周辺に植林された木々から降り注ぐ**落ち葉**による**有機物**によって、**COD値が高くなっている**

生態調査の結果



生態調査の考察

落ち葉を食べる消費者としてサカマキガイなどが池に存在するが、たまり続ける落ち葉に対して**消費者が足りてない**

仮説

落ち葉などを生物が利用できる資源に変換することで、落ち葉を基盤とした**生態ピラミッド**を拡張し、**高次消費者の個体数を増やす**ことができるのではないかと考える。

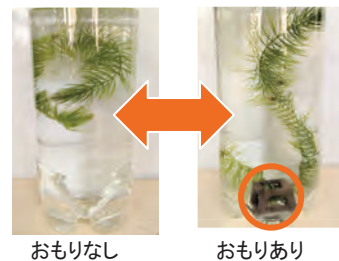


図3 津山中高ビオトープ内の現状

改善実験

ソーラーポンプの設置

池内の溶存酸素量を増やすため、ソーラーポンプによる通気を行うことで、池内の好気性微生物の働きが活性化され、**落ち葉の分解が進む**と考える。



沈水植物の導入

おもりを付けたマツモを投入。水中での光合成により、**水底へ酸素を直接供給**する。

開放水面の拡大

ビオトープの水面を覆う水草を除去し開放水面を拡大することで、水中に光が届いて沈水植物による光合成が活性化する。**水生昆虫の誘致**の効果も期待できる。



『教材化の基盤』について

生物多様性、食物網、自然浄化・富栄養化を学べる!! 津山中高ビオトープ内の生物の観察を通して、生態系のつながりや環境の変化を理解することができ、**探究的なフィールドラボとして、高校生物の学習に高い価値**をもつ。

展望

長期的な生態系の変化について

定期的にCOD値を測定しているが、現時点で改善は見られていない。そのため、ビオトープが今後も**「実地で生態系の改善を体験できる探究の場」**として機能し、**継続的なデータの蓄積**が行われることを期待する。

参考文献

- 1)Watanabe, R., et al. "Effects of early summer plowing on aquatic insects in fallow field biotopes" Hydrobiologia, Volume 853, pages 315–336,(14 August 2025)
- 2)日本生態系協会『改訂版ビオトープ管理士資格試験公式テキスト』.日本能率協会マネジメントセンター.2016
- 3)iNaturalist.津山中高ビオトープ:ライトな池プロジェクトページ
<https://www.inaturalist.org/projects/99a2cecd-239b-4407-a7ab-2b4e27b97a44>