

**OLYMPUS**

オリンパスは、未来を担う子どもたちの“科学する心”を育てるため、「自然科学観察コンクール」に、60年にわたって協賛しています。

**しぜこん**

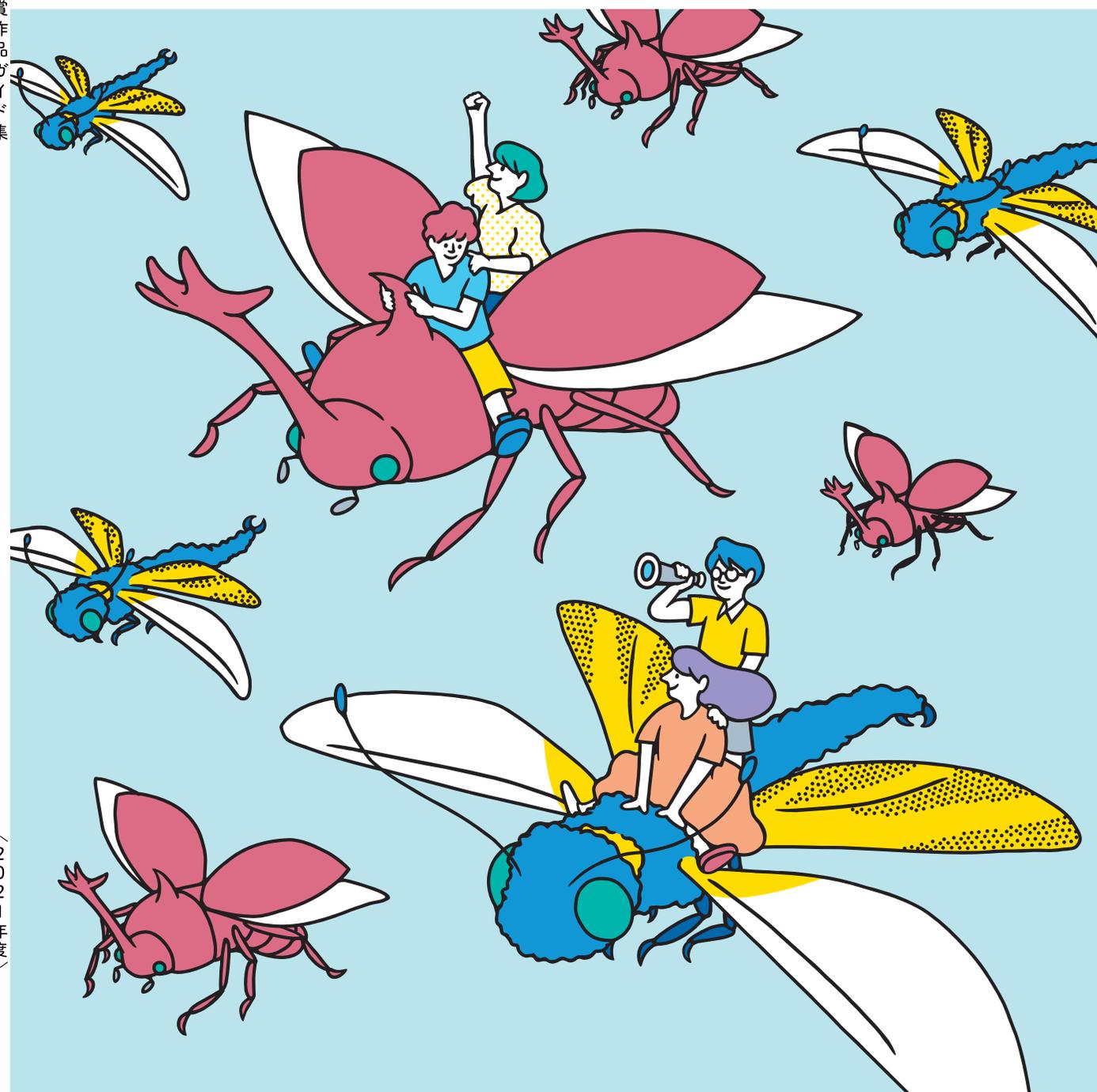


第62回 自然科学観察コンクール

# 入賞作品ガイド集

〈2021年度〉

第62回 自然科学観察コンクール  
入賞作品ガイド集



〈2021年度〉

**しぜこん**

<https://www.shizecon.net/>

## 第62回自然科学観察コンクール入賞作品ガイド集

編集発行：自然科学観察研究会 〒100-8051 東京都千代田区一ツ橋1-1-1 TEL.03-6265-6817 2022年3月発行

主催： 毎日新聞社 自然科学観察研究会 後援： 文部科学省 協賛： OLYMPUS

# 続くコロナ禍でも、 子どもたちの情熱が 集まった 62 回。

昨年から、休校や外出自粛など子どもたちも行動を制限され続けた一年。しかし、プロゴルファー 松山英樹がアジア人として初めてマスターズ・トーナメントで優勝。プロ野球選手 大谷翔平が、アメリカン・リーグ最優秀選手 (MVP) に選出。そして、東京オリンピックでは、史上最多のメダル獲得など 2021 年は、子どもたちがワクワクするようなスポーツニュースの多い年でした。

また、真鍋淑郎 米プリンストン大学上席研究員が、ノーベル物理学賞を受賞したことは科学を愛する子どもたちに、夢と希望を与えたことでしょう。

小・中学生の部を合わせて 9,640 点という多数の作品が集まった、第 62 回「自然科学観察コンクール」。絶滅危惧種に指定されているキバネツトンボの生態を調査した作品。総勢 18 人で挑んだ、液体の波紋が広がる速さについての作品など、シゼコンらしい自由で素晴らしい力作が選出されました。

主な入賞作品をダイジェスト化した本ガイド集は審査員のご指導を受け、できる限り作品の趣旨や魅力を損なわないよう心がけました。また、子どもたちをご指導くださった先生方のお話、審査員の講評など、作品づくりのプロセスや作品への評価を、できるだけわかりやすくしています。

一冊の理科の本として、これからの自然観察や研究活動、そして第 63 回コンクールへの応募に役立てていただければ幸いです。

主催：毎日新聞社 自然科学観察研究会 後援：文部科学省 協賛：オリンパス株式会社

## ●目次

序文	1
第62回(2021年度)自然科学観察コンクール 課題／審査員／賞	3
審査の総評	4～5
第62回自然科学観察コンクール入賞作品(中学校の部)	6～7
第62回自然科学観察コンクール入賞作品(小学校の部)	8～9
文部科学大臣賞(中学校の部)	12～15
1等賞(中学校の部)	16～17
2等賞(中学校の部)	18～19
3等賞(中学校の部)	20～21
秋山仁特別賞(中学校の部)	22～23
オリンパス特別賞(中学校の部)	24～25
継続研究奨励賞(中学校の部)	26～27
佳作(中学校の部)	28～31
文部科学大臣賞(小学校の部)	34～37
1等賞(小学校の部)	38～39
2等賞(小学校の部)	40～41
3等賞(小学校の部)	42～43
秋山仁特別賞(小学校の部)	44～45
オリンパス特別賞(小学校の部)	46～47
継続研究奨励賞(小学校の部)	48～49
佳作(小学校の部)	50～54
学校奨励賞受賞の言葉(中学校の部)	55
学校奨励賞受賞の言葉(小学校の部)	55
指導奨励賞受賞の言葉(中学校の部)	56
指導奨励賞受賞の言葉(小学校の部)	57
健闘賞(中学校の部)	58
健闘賞(小学校の部)	59

## 第62回(2021年度)自然科学観察コンクール

### 課題

動・植物の生態・成長の観察記録、鉱物、地質、天文、気象の観測など、テーマは自由

### 審査員

●東京理科大学栄誉教授	秋山 仁
●東京学芸大学名誉教授 工学博士	小澤紀美子
●東京大学名誉教授 理学博士	邑田 仁
●全国中学校理科教育研究会顧問	田中史人
●全国小学校理科研究協議会会長	田村正弘
●文部科学省初等中等教育局教科書調査官 博士(理学)	木部 剛
●国立科学博物館名誉館員・名誉研究員 学術博士	友国雅章
●毎日新聞社 論説副委員長	元村有希子
●毎日新聞社 教育事業室長	大谷麻由美

### 賞 <中学校の部、小学校の部とも同じです>

<中学校の部、小学校の部とも同じです>

- 文部科学大臣賞……1点<最優秀作品に>  
作品=文部科学大臣賞の賞状、副賞(オリンパス顕微鏡、図書カード)  
学校=賞状、副賞(図書カード)
- 1等賞……1点  
作品=賞状、副賞(図書カード)  
学校=賞状
- 2等賞……1点  
作品=賞状、副賞(図書カード)  
学校=賞状
- 3等賞……1点  
作品=賞状、副賞(図書カード)  
学校=賞状
- 秋山仁特別賞……1点<発想・視点の面白い優秀作品に>  
作品=賞状、副賞(図書カード)  
学校=賞状
- オリンパス特別賞……1点<顕微鏡を使った優秀作品に>  
作品=賞状、副賞(オリンパス顕微鏡)  
学校=賞状
- 継続研究奨励賞……1点<複数年にわたって研究を続けた優秀作品に>  
作品=賞状、副賞(図書カード)  
学校=賞状
- 佳作……10点  
作品=賞状、副賞(図書カード)  
学校=賞状
- 学校奨励賞……1校  
学校=賞状、副賞(図書カード)
- 指導奨励賞……3名程度  
先生=賞状、副賞(図書カード)
- 健闘賞……数点  
作品=賞状、副賞(図書カード)
- 参加賞……応募者全員に記念品

## 審査の総評

### 探究心と挑戦する姿に感動



東京学芸大学名誉教授  
工学博士 小澤 紀美子

コロナ禍の状況の中で、応募学校数が10年前よりも伸びていたことに、審査員一同、応募された小・中学生の真摯に科学を探究する熱意に感動いたしました。応募作品を読む時間は何事にもかえがたく、審査員は科学する意欲に燃えている児童・生徒さんに逆に励まされて、至福の時間を過ごすことができました。例年通り、審査にあたり、まず審査員が各自に応募作品を読み込み一次審査を行いました。そうした上で、最終審査会では審査員が一堂に会して意見を交わして、各賞を選びました。

小さな変化を見逃さずに「なぜ」その事象が起きているのか、その「問い」への実験方法を考え追究している作品、継続してきた研究に別の角度から取り組み、解を深めた作品、災害の事象を実験によって解明しようと挑戦している作品、見えない事象の「見える化」に力点を置いた作品、追究のプロセスに他の方の力を引き付けて思考回路をより一層深化させて取り組んだ作品など、児童・生徒さんの知的好奇心や意欲、粘り強さに感嘆しました。

今後も科学する意欲を持続させ、未来を担い、平和で安全な社会構築にむけて活躍していただけることを期待し、次回も多くの作品が寄せられることを願っております。

## 審査の総評

### ～真実を見極める姿勢、それが科学だ！～



東京理科大学名誉教授  
秋山 仁

この数年のコロナ禍の中、自然観察や実験をやりにくかったと思いますが、予想に反して応募作品が多く寄せられ、審査員一同大喜びでした。

私もコロナ禍の中、国内外での活動が制約され、大学で研究に打ち込む時間が大幅に増えたことは“ケガの功名”といえるかもしれません。中でも指にタコが出来るぐらい、紙で作った大量のメビウスの帯を切り、メビウスの帯に関する新しい結果を発見することができました。

そもそも、“科学することの醍醐味”とは何でしょうか？

私は、この問いに関して次のように考えています。

「ひょっとすると見過ごしてしまうような不思議に気づくこと、観察や実験を繰り返す、曖昧模糊とした現象の中に、それらを背後で支配する規則やメカニズム、法則などを見出すこと。探し出した真実が、何か思いもよらぬ事実と関連していたり、生活で役立たせることが出来ると突きとめることなど」

皆さんの作品を審査して、上位にランクされた作品の応募者は、科学研究の醍醐味を体感している人、すなわち、不思議を感じる心が強い人、熱意を持って実験・観察を繰り返していた人、鋭い洞察力を持った人でした。

本コンクールを通して自然観察の醍醐味を体験する青少年がますます多くなることを期待しています。

# 第62回自然科学観察コンクール入賞作品

## [中学校の部]

文部科学大臣賞 「飼育温度とカブトムシの成長 パート7、休眠を考慮した有効積算温度の推定」  
茨城県土浦日本大学中等教育学校 2年 池田拓実

1等賞 「お米の美味しさ大研究パートV～米麴の秘密にせまる～」  
島根県島根大学教育学部附属義務教育学校 7年 籠橋真紘

2等賞 「液体の波紋が広がる速さ」  
滋賀県近江八幡市立八幡東中学校 科学部  
1年 田中葉音・大田悠生・小西湊士・忠田伊吹・本多悠亮・村地優人  
2年 刀根聖亜輝・久郷友花里・川村遼人・小川陸人・山口千奈・名倉ゆきの・北村優比  
3年 坪田大和・重野利隆・太田琉斗・大林陽生・上西太陽

3等賞 「出雲地方の化石 パート5」  
島根県島根大学教育学部附属義務教育学校 7年 片寄太耀

秋山仁特別賞 「『殿さまの茶わん』を科学する」  
由利本荘市理科教育センター  
秋田県由利本荘市立大内中学校 2年 伊藤舞来  
秋田県由利本荘市立本荘南中学校 2年 新為優和  
秋田県由利本荘市立本荘南中学校 3年 佐藤燈色  
秋田県にかほ市立仁賀保中学校 3年 佐々木紗彩和  
秋田県由利本荘市立由利中学校 3年 佐藤薬月  
秋田県由利本荘市立本荘南中学校 3年 鈴木翔大  
秋田県由利本荘市立本荘北中学校 3年 大野龍雅 他4名

オリンパス特別賞 「常総市の沼や川はきれいかな？Ⅳ」  
茨城県常総市立水海道西中学校 3年 猪瀬広貴・猪瀬春佳

継続研究奨励賞 「ろうそくの炎 パートV～炎の形を変える～」  
茨城県つくば市立吾妻中学校 2年 高橋夏雪

佳作 「宝石のような結晶をつくる！Part2ーミョウバン人工結晶ー」  
石川県金沢市立大徳中学校 1年 坂田佳優

佳作 「マイクロスケール実験で行う生物農薬の研究  
～アレロケミカルのバイオアッセイについて～」  
茨城県茨城県立並木中等教育学校 2年 石原大馳・渋谷悠太

佳作 「エッセンシャルオイルがプラスチックに与える影響とその成分について」  
千葉県千葉市立若松中学校 1年 清水美亜

佳作 「線虫の香りの嗜好性と寿命の関係」  
茨城県土浦日本大学中等教育学校 3年 長尾祐希

佳作 「ツマグロヒョウモン・パートⅥ～食草の状態、育つ環境が異なるとどうなるか～」  
島根県島根大学教育学部附属義務教育学校 7年 植野晶景

佳作 「ウツボカズラの酵素の秘密」  
茨城県笠間市立岩間中学校 1年 仲山愛莉・浅野由羽・吉見友花

佳作 「SDGsに向けた 環境保全に資する伝統的継ぎ手の研究」  
沖縄県北中城村立北中城中学校 1年 後藤こはづき 2年 後藤さわみこ

佳作 「朝顔の研究パート8～新しい朝顔の誕生まで②～」  
熊本県山鹿市立鹿北中学校 2年 中島とあ

佳作 「メダカの研究パート5  
～メンデルの法則の発展研究 同一染色体遺伝子の子孫への影響～」  
千葉県佐倉市立井野中学校 2年 成田百花

佳作 「『トマトのおいしさの指標を探る』  
～トマトの品種と生長段階での成分と味の変化を科学する～」  
福島県福島市立吾妻中学校 生活科学部研究班  
1年 高野佳菜・宍戸思文・内藤咲月・浅倉直生  
2年 森松 愛・阿部涼華 3年 松谷希歩

学校奨励賞 茨城県土浦日本大学中等教育学校

指導奨励賞 茨城県土浦日本大学中等教育学校 宇佐神 潔

指導奨励賞 島根県島根大学教育学部附属義務教育学校後期課程 大山朋江

指導奨励賞 滋賀県近江八幡市立八幡東中学校 浅野 裕

# 第62回自然科学観察コンクール入賞作品

## [小学校の部]

文部科学大臣賞	「キバネツノトンボの研究 2nd season ―成虫の生態についてII―」 茨城県小美玉市立小川南小学校 6年 内山旬人	佳作	「青沼小学校周辺の野鳥とモズが『はやにえ』をつくる理由」 長野県佐久市立青沼小学校 5年 新海十蔵・市川汐音・岩松楓真・岩松麻央・岩松 亮・大塚光織・土谷悠月・ 長嶋 詩・中山なごみ・横山 蒼
1等賞	「人工心臓を作りたい! 三尖弁と遠心ポンプ作り」 富山県富山大学人間発達科学部附属小学校 6年 張 契洙	佳作	「LED時代にカブト虫を多くつかまえるための最強トラップのけんきゅう」 富山県富山大学人間発達科学部附属小学校 1年 宮崎鈴都 3年 宮崎睦都
2等賞	「考えるカエル ―アマガエルの個体差のデータ分析―」 東京都聖徳学園小学校 5年 松山耕大	佳作	「水中ではどうして音が聞きづらいのか? 音を伝える物質～気体・液体・固体～」 茨城県つくば市立吾妻小学校 3年 坂本 海 4年 ホー絵理香
3等賞	「おじぎ草4 ～感覚をまひさせることによるしげきへの反応～」 岐阜県岐阜大学教育学部附属小中学校 5年 岩田康誠	佳作	「安倍川の石の中で音質と音響が良いのはどのような条件を持つ石か?」 静岡県静岡市立長田西小学校 6年 島田勇太
秋山仁特別賞	「よく飛ぶストロー飛行機を作ろう! 調べよう! 6年目」 山形県酒田市立鳥海小学校 6年 池田蒼空・池田滂央	佳作	「夏に負けない最強のお弁当 ～くさりにくいお弁当メニューを考えよう～」 新潟県新潟市立新潟小学校 5年 秋葉萌花
オリンパス特別賞	「花粉の研究 ―花粉の観察と発芽及びスギ花粉の飛散調べ―」 茨城県小美玉市立堅倉小学校 1年 中山佳穂 4年 中山咲季	佳作	「カビの同定・最終章」 東京都板橋区立第四小学校 5年 小森行輝
継続研究奨励賞	「とべ!カブトムシ! カブトムシのとぶ力を明らかに! カブトムシとすごした夏 ～パート3～」 福岡県久留米市立篠山小学校 3年 木下大護	学校奨励賞	富山県富山大学人間発達科学部附属小学校
佳作	「一ちび風くんをつかまえろ!― 『弱い風』でも『安定』してあかりをとませる風力発電きを作ろう!」 富山県富山大学人間発達科学部附属小学校 4年 藤本希望	指導奨励賞	石川県金沢大学 理工研究域 機械工学系 教授、ジュニアドクター育成塾指導教員 木綿隆弘
佳作	「太陽光は最高の眼科医!?」 東京都港区立赤羽小学校 6年 高橋咲来	指導奨励賞	茨城県つくば市立吾妻小学校 内田 卓
佳作	「草むしりを楽にしたい 発見!! 発芽スイッチを OFF にする秘密 ～答えは身近なものにあり?!～」 富山県富山市立新庄北小学校 5年 富山太遥		
佳作	「2019年夏休みの自由研究、2020年カイコの観察日記①② 2021年目指せ! 科学者!! カイコの観察日記①②③ 2021年進め! 好奇心!! 学校とおうちのカイコ比べてみた①②」 神奈川県大和市立緑野小学校 2年 赤羽深鳥		

---

中学校の部

---

# 飼育温度とカブトムシの成長 パート7、 休眠を考慮した有効積算温度の推定

茨城県土浦日本大学中等教育学校 2年 池田拓実

## 研究の動機と目的

近くの公園で偶然、数匹のカブトムシの幼虫を見つけた。家に持ち帰り、個体によって場所を変えて飼育をすると、それぞれ羽化日が異なっていた。このことをきっかけに、飼育温度がカブトムシの成長に及ぼす影響を調べる自由研究を始め、今回は7年目になる。これまでの研究から、高温下で幼虫を育てると、オスよりメスのほうが早く羽化する、羽化ずれが起きることがわかった。この研究の目的は最終的に、温暖化がカブトムシに及ぼす影響を明らかにすることだ。温暖化が進むと、羽化ずれによってオスとメスが出会えなくなる可能性がある。実験で飼育温度と幼虫の発育の関係を明らかにし、温暖化がカブトムシに及ぼす影響を検証したい。

## 過去の研究と今回の研究

### ● パート6までの研究

小学1年の研究では、家の1階、2階、屋外でそれぞれオスの幼虫を育てた。その結果、冬の気温が高いほど羽化する時期は早まり、成虫の体が小さくなることがわかった。しかしメスでも同じことが起きるのか、その時はわからなかった。

翌年は冬にヒーターを使って気温を上げた状態でオスとメスの幼虫を育て、成長を観察した。その結果、高温下ではメスも羽化が早まり、成虫の体が小さくなることが確かめられた。しかも、オスよりメスのほうが2か月も早く羽化することがわかった。

4年生の研究では冬に冷蔵庫で気温を下げ、オスとメスの幼虫を飼育してみたが、成長に違いはなかった。ヒーターで春の期間だけ気温を上げると、室温で育てた幼虫よりは早く羽化した。オスとメスでの羽化ずれは起こらなかった。

その翌年、ヒーターで秋から春まで高温にした飼育箱では、オスよりメスの羽化が早まり、羽化ずれが起きた。このことから、羽化ずれは秋から翌春にかけて、長期的に高温状態が続くことで引き起こされると考えられた。冬の気温が20℃を超えると、メスの羽化がオスより2週間早まる羽化ずれが起こったが、2週間のずれでは後に産卵も孵化も正常に行われた。

●カブトムシの発育ステージ



中学1年の前回の研究では、高温下に羽化ずれが起きる理由として次の3つの仮説を立て、検証した。

- ① 体温仮説（体温の雌雄差）
- ② 孵化時期仮説（孵化時期の雌雄差）
- ③ 有効積算温度仮説（有効積算温度の雌雄差）

その結果、有効積算温度仮説だけが正しいことがわかった。昆虫が発育をとげるためには、発育に有効な一定の温度（有効な温度の時間積分）が必要とされ、それを有効積算温度の法則と呼ぶ。オスよりメスのほうが羽化に必要な有効積算温度が小さいため、高温による羽化ずれが起るのだと考えられた。

昆虫の飼育温度と発育の関係は、有効積算温度を使って研究されることが多い。しかし、カブトムシは3齢幼虫期に越冬し、休眠することが知られている。多くの動植物に見られる休眠は、成長を一時停止して冬期や乾期の過酷な環境に耐える生態で、各個体の発育を揃える働きもある。カブトムシのように休眠する昆虫は、休眠によっても発育する時期が調整されている。仮に高温で休眠による発育の調整が正常に行われないのであれば、それが原因で羽化ずれが起る可能性がある。

そこで今回は、有効積算温度と休眠が発育に及ぼす影響を明らかにするため、次の研究を行った。

- 研究1：有効積算温度の推定法の違いによる影響を検証
- 研究2：発育ステージによる有効積算温度の違いを検証
- 研究3：休眠の誤作動仮説の検証
- 研究4：休眠を考慮した有効積算温度の推定

## 研究1の方法と結果

### ● 研究1の目的と方法

幼虫の有効積算温度はパート5の研究まで、発育データを使っておもに「回帰式」で推定していた。しかし前回パート6の研究では「連立方程式」で推定した。

前回、過去4年間の保温期間全体（3齢幼虫から羽化するまで）の温度データを使い、連立方程式で計算した結果、発育ゼロ点（気温が高すぎると昆虫は発育できなくなる。発育が停止する限界の気温、 $T_0$ ）が2017年を除いて負の値（-11～-103℃）になった。文献（竹谷・具志堅1985）でカブトムシの近縁種タイワンカブトムシの発育ゼロ点を確かめると、どのステージでも正の値（14～15℃）だった。負の値では、何かが間違っている。そこで、連立方程式による推定値が従来の回帰式の推定値と変わらず、信頼できるかを確かめることとした。

有効積算温度は一般に、次の式で表される。  

$$D(t - T_0) = K$$

$$D$$
は温度 $t$ での発育日数（日）、 $t$ は飼育温度（℃）、 $T_0$ は前述の発育ゼロ点（℃）、求められる $K$ が有効積算温度定数（℃・日）だ。

回帰式での有効積算温度の求め方は、まず昆虫を異なる一定温度で飼育し、各温度区で発育日数 $D$ の逆数（発育日数）と、飼育温度 $t$ を調べる。調べた数値から発育ゼロ点 $T_0$ と有効積算温度定数 $K$ を求めるがこの時、回帰式の傾き（変化の割合を表す値）を $a$ 、切片（原点ゼロからの距離を表す値）を $b$ とし、回帰式を $1/D=at+b$ とすると、 $T_0$ と $K$ は次の式で表される。

$$T_0 = -b/a$$

$$K = 1/a$$

対して連立方程式での求め方は、高温と室温とで飼育した昆虫のデータを調べ、それぞれの温度区で有効積算温度の式を考える。ふたつの式を連立させ、発育ゼロ点 $T_0$ と有効積算温度定数 $K$ を求める。

$$T_0 = (D_L \cdot t_L - D_H \cdot t_H) / (D_L - D_H)$$

$$K = D_H \cdot D_L (t_H - t_L) / (D_L - D_H)$$

ここで $D_H$ は高温区での発育日数（日）、 $D_L$ は室温区での発育日数（日）、 $t_H$ は高温区の日平均気温（℃）、 $t_L$ は室温区における日平均気温（℃）だ。

今回の研究では、パート6と同じ2017～2020年の保温期間全体のデータを使い、従来の回帰式で雌雄別に、それぞれの年の発育ゼロ点 $T_0$ と有効積算温度定数 $K$ を求めた。回帰式の傾きはSLOPE関数で、切片はINTERCEPT関数で推定した。得られた推定値を連立方程式の推定値と比較した。

### ● 研究1の結果

回帰式の推定値と連立方程式の推定値は発育ゼロ点 $T_0$ 、有効積算温度定数 $K$ ともによく一致しており、ど

ちらの方法でも同じ値が得られていた。このことから、パート6の研究結果がそうだったように、保温期間全体の温度を積算しても発育ゼロ点 $T_0$ と有効積算温度定数 $K$ が正しく求められない場合、推定方法に問題があるのではなく、他に生物学的な理由があると予想できた。

## 研究2の方法と結果

### ● 研究2の目的と方法

昆虫の有効積算温度を、卵期、幼虫期、蛹期、成虫期などの発育ステージごとに調べる研究は多い。前回パート6では3齢幼虫から羽化するまでの保温期間で有効積算温度を調べたが、発育ステージごとに推定すれば結果が変わるのかもしれない。今回は、2020年の発育データを基に、幼虫期（1～3齢）、保温期間（3齢途中～羽化）、前蛹期、蛹期の有効積算温度を推定することにした。

幼虫期、保温期間、前蛹期、蛹期ごとに雌雄それぞれ発育日数を求め、同じ期間の温度データを使って回帰式で発育ゼロ点 $T_0$ と、有効積算温度定数 $K$ を推定した。

### ● 研究2の結果

和名	発育ステージ	発育ゼロ点 ℃		有効積算温度定数 ℃・日	
		オス	メス	オス	メス
カブトムシ	1～3 齢幼虫期	-24.6	-10.7	12385.5	8388.5
	3 齢幼虫～羽化期	-33.5	-10.9	11771.3	6760.5
	前蛹期	20.0	18.4	43.9	58.4
	蛹期	21.1	18.3	78.2	130.7
タイワンカブトムシ	3 齢幼虫期	14.5		1509	
	蛹期	13.8		282	

発育ステージ別の発育ゼロ点（ $T_0$ ）と有効積算温度定数 $K$

発育ステージごとに得られた発育ゼロ点 $T_0$ と有効積算温度定数 $K$ の値を、近縁種タイワンカブトムシの値と比べてみると、3齢幼虫期を含む発育期に限って大きく異なっていた。3齢幼虫期は休眠して越冬する発育ステージであることから、休眠を無視して単純に温度を積算すると、誤った推定をしてしまうと考えられた。

## 研究3の方法と結果

### ● 研究3の目的と方法

ここでは羽化ずれの原因が休眠にあるという「休眠誤作動仮説」を検証した。昆虫の休眠は日が短くなると始まり、休眠から覚めるには一定期間続く低温が条件になることが多い。パート6では、越冬期に長日で飼育したり、高温区の温度を20℃以上に設定したりした。各個体の発育を揃える休眠が正しく行われず、オスとメスとで発育の時期がずれた可能性がある。そこで、温度や日長を変えた幼虫の飼育実験で、その影響を確かめた。

2020年9月、孵化した幼虫の体重を測り、オスを想定した体重の重い幼虫20匹と、メスを想定した体重の軽い幼虫20匹を選んだ。この時、両親が同じオスとメスが同数になるようにした。飼育マット（腐葉土）を敷いたガラスの飼育ビン（高さ13cm、475ml）40本を用意し、幼虫を1匹ずつ入れた。

想定上の雌雄5匹ずつを1グループにし、「長日・高温区」「長日・室温区」「自然日長・高温区」「自然日長・室温区」と環境の異なる4つの飼育箱に並べて育てた。

長日区の幼虫には、飼育箱を置いた部屋全体を60Wの白熱電球スタンド1個で毎日4時40分～18時40分まで補光した。飼育箱へ光が入るように上面をガラス板でフタをしたが、箱内の照度は44.9Luxだった。自然日長には補光を行わず、長日とは別の部屋（隣）に飼育箱を置いた。自然日長区は飼育箱ケースと同じ発泡スチロール製のフタをしたが、箱内の照度は晴れた日の昼間で3.1Luxだった。

また、高温区はヒーターで保温し、室温区は保温しなかった。マルチパネルヒーター（8W）の温度設定を最高にして使用したが、幼虫が死なないように気温が25℃を超えるとヒーターのスイッチが切れるようにした。

体重変化で休眠の時期を推定するため、2週間に1回幼虫の体重を測定し、4週間に1回飼育マットを交換した。また、定期的に幼虫を観察し、蛹室を形成した日（前蛹化日）、蛹化日、羽化日を記録した。

幼虫の休眠期間は体重変化のグラフから推定した。幼虫は9～10月に体重を増加させたが、11月になると体重はあまり増えなくなり、3月に入ると再び体重が増加するか、減少するかした。休眠期間は活動が停止するので、体重増加も止まるはずだ。そこで、11月以降に体重が一定になり始める体重測定日を休眠開始日とした。休眠が解除されると再び体重が増えるはずなので、体重が再増加する前の体重測定日を休眠解除日とした。体重が減少した場合は、体重測定が2週間ごとであったため体重の増加を見逃したと考え、体重だった最後の体重測定日から1回前の測定日を休眠解除日とした。

● 研究3の結果

4つの飼育条件の雌雄ごとに体重と休眠開始日、休眠解除日の平均値を求め、特徴を考えることにした。

幼虫の平均体重の変化は、性別や飼育条件で大きく異なった。秋から冬にかけての平均体重の変化は、オスがメスより長く増加し続け、体重変化が停止する期間は短かった。この傾向は室温区より高温区で顕著だったが、日長による体重変化の違いは、はっきりしなかった。発育速度としては室温区より高温区が、自然日長より長日、オスよりメスが、前蛹化日がそれぞれ早かった。

休眠については予想外に、日長の違いによる影響ははっきりわからなかった。ただ、次のような違いは確認できた。休眠を開始するのは、オスよりメスが、また高温区より室温区が早い。温度による休眠解除日の違いは



高温・自然日長のオスの記録、左上から時計回りに幼虫（10月4日）、前蛹化（5月10日）、蛹化（5月17日）、羽化（6月4日）

明らかで、高温区の方が室温区より早く解除された。休眠期間はオスよりメスが、室温区より高温区が短い。

長日による休眠開始の遅れはほとんど確認できず、休眠は日長の影響を受けていなかった。高温区での休眠解除日の平均値もオスが2月25日、メスが2月24日と変わらず、高温区で発育のずれが生じるとする「休眠の誤作動仮説」は確かめられなかった。

また、高温区より室温区の休眠期間が長いのも予想とは違った。一般に、昆虫は休眠が解除した後も気温などの環境条件が整うまで、形態形成や活動を「休止」することが知られている。室温区は低温になるので、休眠が解除してしばらく休止しているのかもしれない。室温区の休眠期間が長い理由は、体重変化で休眠と休止を見分けられないため、休止期間が含まれている可能性がある。室温区の休眠と休止を見分けることは、今後の課題だ。

研究4の方法と結果

● 研究4の目的と方法

パート6の研究で有効積算温度を推定する時、気温がある温度を超えた時から積算し始めると、タイワンカブトムシに近い発育ゼロ点T0（11～19℃）が求められた。パート6で支持された有効積算温度仮説に休眠の要素を加えると、「幼虫は休眠期間中には温度を積算しないが、気温が一定温度を超えると休眠が解除されて温度を積算し始める」と言い換えられる。過去の研究では休眠期間を調べなかったため、休眠を考慮した有効積算温度を推定できていない。今回は休眠を考慮してカブトムシの有効積算温度を推定し、推定方法の正しさを検証したい。

検証は研究3の飼育実験で得たデータを使い、回帰式で発育ゼロ点T0と有効積算温度定数Kを推定したのだが、条件をいくつか変えてみた。まず、孵化日、保温開始日、休眠開始日、休眠解除日の4日を温度積算の開始

日に選び、それぞれの推定値を出した。休眠解除日から始める場合、室温区の休止期間をなしとありの2パターンで計算した。休止ありとした場合、休止は室温区だけに起こり、「休止する前の休眠期間は同じ日長の高温区と同日数」と仮定して、休止開始日を決めた。すると室温区の新たな休眠解除日（休止開始日）は、自然日長のオスで1月23日、自然日長のメス1月31日、長日のオスで2月13日、長日のメスで2月11日となった。

次に、得られた発育ゼロ点T0と有効積算温度定数Kを使って2017～2020年までの室温区の温度データから前蛹化日を推定し、現実の前蛹化日と比較することで、その正しさを検証した。

● 研究4の結果

発育期	休眠の考慮	休止の考慮	性別	T0 ℃	K ℃・日
幼虫期 孵化～前蛹化	なし	なし	オス	-16.3	10587.0
			メス	-18.5	10885.0
3 齢幼虫期 保温開始～前蛹化	なし	なし	オス	-16.5	8481.1
			メス	-14.7	7721.5
3 齢幼虫期 休眠開始～前蛹化	あり	なし	オス	5.6	1852.3
			メス	3.0	2405.2
3 齢幼虫期 休眠解除～前蛹化	あり	なし	オス	30.3	-349.3
			メス	-13.8	1857.1
3 齢幼虫期 休眠解除～前蛹化	あり	あり	オス	13.8	636.4
			メス	14.6	484.7
タイワンカブトムシ 3 齢幼虫期 休眠解除～前蛹化	なし	なし	区別なし	14.5	1509.0

幼虫期の発育ゼロ点T0と有効積算温度定数Kは、温度を積算する期間によって大きく異なっていた。T0やKがタイワンカブトムシの値とかけ離れている結果は、正しい推定ができなかったと考えられる。休眠解除日（室温区の休止を考慮しない）から温度を積算した結果も、オスのKが負の値、メスのT0が負の値であり、正しい推定ができなかった。

室温区の幼虫は休止期間にも温度を感じて積算を開始しているだろうと考え、高温区は休眠解除日から、室温区は休止開始日から温度を積算した結果だけ、発育ゼロ点T0はオスもメスもタイワンカブトムシ（雌雄を分けていない）の値にとても近い値を示した。

この時の有効積算温度定数Kはオスよりメスが小さかったので、休眠を考慮しても前蛹化に必要な有効積算温度はメスのほうが小さいことになり、発育のずれを引き起こす要因のひとつだと考えられる。

また、休眠と休止を考慮して得た発育ゼロ点T0と有効積算温度定数Kを使って2017～2020年の前蛹化日を推定した結果、現実の前蛹化日とは5～17日のずれがあった。しかし室温の幼虫は体重変化で休眠と休止を区別できないため、今回の推定はそれほど大きくは間違っていないだろう。以上のように休眠を考慮し、休眠が解除されてから（室温区の場合は休止が開始してから）温

度を積算することで、カブトムシ幼虫の有効積算温度を正しく推定できると考えられる。このことは、休眠する他の昆虫にも当てはまるかもしれない。

結論と感想

「休眠の誤作動仮説」は支持されなかった。また、短日条件で休眠が始まることは知られているので、長日条件で飼育すると休眠開始が遅れて発育も遅くなると予想したが、日長は休眠や発育に影響しなかった。休眠解除日から休止を考慮して温度を積算すると有効積算温度の値は改善され、オスよりメスのほうが小さい値を示した。羽化ずれを起こす要因のひとつは、休眠解除後の有効積算温度がメスのほうが小さいためだという結論を得た。

休眠期間は3齢幼虫の体重で推定したが、メスの体重増加がいち早く停止したのに、オスは遅くまで体重を増加を続け、体を大きくしようとしていたのが面白かった。

指導について

小1の時に感じた疑問を大切に研究を重ね、さらに生じた疑問を先行研究で調べ、仮説立てて研究を進めてきました。小5からは高温と雄・雌の羽化ずれの関係に着目して、温暖化による産卵数の減少に危機意識を持ち研究を進めています。今年の研究は、昨年度支持された有効積算温度仮説の再検証から仮説を立てて実験を行い、休眠解除後の有効積算温度が羽化ずれの一因となっていることを突き止めたものです。

今回の受賞は、本人と父親が二人三脚で長年にわたり家庭で行ってきた研究が評価されたものと感じています。私は今年度に入り相談を受け、実験データをもとに、どのようにまとめれば分かりやすくなるかということと一緒に考え、アドバイスをさせて頂きました。指導を通して、池田君の疑問を掘り下げて課題を明確にし、仮説を設定する研究姿勢に感心させられました。これからもこの姿勢を大切に、研究に取り組んでほしいと思っています。土浦日本大学中等教育学校 宇佐神 潔

審査評

この研究はカブトムシの成長について、特に温度と成長の関係に注目して7年前から続けている観察・実験の7年目の成果をまとめたもので、6年目に引き続き、日長と温度が異なる条件で雄・雌の幼虫を飼育観察することにより、羽化する時期を決定する要因として「有効積算温度」を算定して、その妥当性を考察しています。実験および観察のとりまめはきちりちりと行われており、説得力のある結果が出されています。今年の算定に休眠期間を導入したことは特にオリジナリティーのある優れた成果だと考えられます。また、これに関連する雌雄の成長の違いも捉えられており、さらなる発展が期待されます。現在の考察では休眠期間の後だけに休止期間を考慮していますが、休眠期間の前にもあると考えたら結果が変わるでしょうか。論文の書き方としては、カブトムシをよく知らない人にも理解してもらうために、比較に用いたタイワンカブトムシの幼虫は休眠しないことを説明しておく必要があるでしょう。

審査員 邑田 仁

# おい お米の美味しさ大研究パートV ～米麴の秘密にせまる～

島根県島根大学教育学部附属義務教育学校 7年 籠橋真紘

## 研究の動機

小学3年生からお米の美味しさについて研究している。ある時、家にあったいつもと違う味噌に興味を持ち、インターネットで調べると、味噌には米麴というものが使われていることがわかった。米麴は味噌の他にも、醤油や甘酒などにも使われる身近なものだった。

また、米麴は米に麴かび（以下麴菌という）を生えさせたもので、人間に害をもたらすと思っていたかびを有効に活用した食品だと知って驚いた。麴菌にはさまざまな種類があり、一般的に米麴に使われるのは加熱した穀類に生えやすいアスペルギルス・オリゼーだと知った。

さらに調べると、麴菌は見たこともない不思議な形をしていた。本当にそんな形のかびが米に生えるのかと信じられず、実際に見たいと思った。また、米麴を一から作り、その米麴で美味しい甘酒を作る方法を探ってみることにした。



米麴表面のアスペルギルス・オリゼー

## 予備実験と本実験

### ●予備実験（2021年3～7月）

家庭で米麴がうまくできるかを確かめ、よりよい作り方や観察方法を選ぶために予備実験を行った。その結果、家庭で作っても米に麴菌がしっかり生えることがわかった。この研究では島根県立大学と米子市児童文化センターから2台の走査型電子顕微鏡をお借りしたが、その電子顕微鏡で観察すると麴菌の菌糸や胞子をはっきりと確認できる。ところが、その米麴で甘酒を作ったところ、苦くなった。米麴に雑菌が混ざり、増殖してしまったことが原因だと思われる。

予備実験での反省から、本実験では方法をいくつか改善させた。思った以上に時間がかかった米の水切りのために、水切り用のざるを増やし、特に乾きにくい時はドライヤーを使った。雑菌がつかないように、米麴を扱う時は手袋を使った。甘酒を作る時は比較のため、市販の

米麴AとBでも同じように試作した。予備実験では甘酒を平均温度35℃で20時間保温（以下、35℃/20時間という）して作った。低温で長時間かけて作ると雑菌が増えやすいと考えて、高温かつ短い時間で保温する方法も試すことにした。本実験では35℃/20時間に加え、平均温度55℃で5時間保温（以下、55℃/5時間という）する方法も試した。

### ●本実験（2021年7～8月）で米麴を自作する

実験の前にはアルコールで手を消毒し、米麴をさわる時は手袋と三角巾を着用した。米麴の研究期間中は納豆やヨーグルトなど納豆菌や乳酸菌を含む食品を控え、実験器具は洗浄、殺菌を徹底した。

米麴の材料は無洗米（島根県産うるち米）と、種麴アスペルギルス・オリゼー（麴菌・糶屋三左衛門）を用意した。米麴を作る方法は、次のとおりだ。

- ①米300gを600gの水に5時間浸す。
- ②米の表面が乾く程度に、2つのざるで4時間水を切る（天候によってはドライヤーを使い同程度に乾かした）。
- ③米をふきんに包んで金属製の蒸し器に入れ、芯が残らない硬さになるまで強火で40～45分間蒸す。
- ④蒸し上がった米を手で広げ、36℃くらいまで冷めたら種麴1.2gをまぶし、均一につくように米をかき混ぜる（種きり）。
- ⑤④を発泡スチロールの箱に入れ、最初は30～32℃になるようにする。次第に温度が上がる（麴菌が熱を出す）ため、35～43℃を保つように培養する。温度が上がり過ぎたら保冷剤を入れたり、手で素早く米をならしたりして調節した。
- ⑥種切り直後の米麴（米麴0時間）、45時間培養した後の米麴（米麴45時間）、90時間培養した米麴（米麴90時間）の3種類の米麴で、観察や甘酒作りを行った。

### ●5種の米麴の観察

自作した3種類の米麴と市販のAとBの米麴を、それぞれ肉眼と走査型電子顕微鏡で観察した。電子顕微鏡での観察では米麴をカッターで切り、横断面も比較した。

3人の実食による「見た目（麴菌の量）」「香り」「のどごし」「風味」「後味」「甘さ」「総合評価」の官能評価も行った。5点満点で個人と平均の評価を計算した。

### ●10種類の甘酒を作る

自作3種類と市販ABの米麴で、35℃/20時間と55℃



35℃/20時間の甘酒（左から米麴0時間、45時間、90時間、市販A、市販B）

／5時間の甘酒をそれぞれ作った。方法は次のとおりだ。  
①5種類の米麴を1種類ずつ別のプラスチックバックに入れ、それぞれ50～60℃の湯を加える。  
②35℃/20時間の場合は①を発泡スチロールの箱に入れ、同じ箱に60～70℃の湯を入れたペットボトルを置き、蓋をして保温する。55℃/5時間の場合は①を入れた発泡スチロールの箱に直接50～60℃の湯を注ぎ、蓋をして保温する。

完成した10種類の甘酒の糖度とpH値を測定した。米麴と同じように3人が実食し、「見た目（麴菌の量）」「香り」「のどごし」「風味」「後味」「甘さ」「総合評価」で官能評価を行った。味に差があるため7点満点とし、こども個人と平均の評価を計算した。

### ●本研究の結果

電子顕微鏡で米麴を観察すると、米麴0時間にはアスペルギルス・オリゼーの菌糸や胞子は見られなかったが、米麴45時間の表面には麴菌の菌糸や胞子がびっしり生えていた。米麴90時間では麴菌の特徴的な形がより多く見られ、菌糸や胞子もより増えて表面にびっしり見られた。市販の米麴Aは米麴45時間に、市販の米麴Bは米麴90時間に似た状態だった。横断面を見ると、最も内部まで菌糸が入り込んでいるのは米麴45時間と市販の米麴Aだった。菌糸が入り込んでいたところでは、米のデンプンが分解されている様子が見られた。

米麴の官能評価は市販A、市販B、米麴90時間の点が高く、次に米麴45時間、米麴0時間は点が低かった。

甘酒の糖度は米麴0時間以外、35℃/20時間より55℃/5時間のほうが高くなる傾向が見られた。pH値の調査では、培養時間が長い米麴ほど酸味が出ること、55℃/5時間のほうが酸味が出づらいうことがわかった。

甘酒の官能評価の結果は、下表のとおりだ。

	米麴0時間	米麴45時間	米麴90時間	市販品A	市販品B
見た目	2	4.33	3	4.33	4.33
	4	7	5	7	7
香り	1.33	3.66	2.33	5	4.33
	3	5.33	5	6.33	7
甘さ	1	3.33	4.66	4.66	4.33
	3	5.66	6.33	6	7
のどごし	1.33	2.66	2	4.33	3.66
	3.33	5.66	5.66	5.66	6.66
風味	1.33	3	2	4.66	4
	3	6.33	5.33	5.66	6.66
後味	1.33	3.33	2	4.33	4.33
	3	6	5.66	6	6.33
総合評価	1	3.33	2	5	4
	3	6.33	5.33	6.33	7

表の数値は3人の平均値で、上の白地が35℃/20時間、下の黄地が55℃/5時間の評価だ。

## 結論と感想

しっかりと米に麴菌が生え、米の内部まで入り込んでいる米麴は糖度やpH値が高く、美味しい甘酒を作り出すことがわかった。35℃/20時間より55℃/5時間の米麴のほうが、美味しい甘酒になることもわかった。麴菌がびっしり生えていた米麴90時間の評価がいまひとつだった原因は、米表面に残った水分や、混入した雑菌が考えられる。家庭で米麴を作るには水分や雑菌の管理を厳しく行うことが重要で、今後の課題だ。

また、今回の研究では1種類のうるち米で米麴を作ったが、もち米やインディカ米など、違う種類の米で作るとどうなるのかを調べてみたい。

## 指導について

小学校3年生のある朝に娘が発した、「今日のお米の味はいつもと違うね」という一言から始まった一連の研究のパートVが今回の受賞研究となりました。米の品種によって形や味、食感が違うこと、保存食を作るための条件が違うなど、自由研究を通して普段食べているお米の一粒一粒がそれぞれ個性を持つ無限大の可能性を秘めた食物であることを知り、興味が深まっていきました。研究の原動力は、「知りたい」という思いにあり、知るためには、地道な努力を継続することに尽きます。パートIVまでの研究と違い、麴菌を増やすには、温度や時間など環境のコントロールが不可欠であるため、昼夜を問わず作業をするなど試練の連続でした。しかし、決して諦めず、肉眼や実体顕微鏡で観察出来た米麴の姿を電子顕微鏡で確認し、米麴での動きを発見することが出来ました。ご協力いただいた米子市児童文化センター、公立大学法人島根県立大学に心よりお礼申し上げます。

籠橋有紀子

## 審査評

日常生活の中でお米の美味しさに興味をもち、小学校3年生から続けている5年目の研究です。今年は米麴に注目しました。まず、研究の到達点として美味しい甘酒を作ることを掲げました。予備実験で米麴がうまく作れるかを試してから、生じた問題点を考慮し、本実験の計画を立てて実施しました。種麴を用いて作製した米麴を肉眼だけでなく電子顕微鏡でも観察しました。光学顕微鏡で米麴の表面や断面の特徴をつかむのは難しく、電子顕微鏡を使用できたことは恵まれた研究環境だったと思います。甘酒作りは、自作の米麴と市販の米麴を用い、温度や時間の条件を変えて行いました。その結果から、糖度や酸味のバランスが「美味しさ」につながることを考察できました。そのバランスをもたらす米麴の温度条件や、甘酒を作る際の温度や時間の条件についても見出しました。探究の過程を踏みながら「美味しい甘酒」に近付いた研究です。今後の展開が楽しみです。

審査員 木部 剛

# 液体の波紋が広がる速さ

滋賀県近江八幡市立八幡東中学校 科学部

1年 田中葉音 大田悠生 小西湊士 忠田伊吹 本多悠亮 村地優人

2年 刀根聖亜輝 久郷友花里 川村遼人 小川陸人 山口千奈 名倉ゆきの 北村優比

3年 坪田大和 重野利隆 太田琉斗 大林陽生 上西太陽

## 研究の動機と仮説

2017年度に「液体のはね返りの研究」を行った。研究の結果、液体のはね返り大きさは、水滴1滴の体積や液体の種類に関係なく、ある高さで大きくなり、その後小さくなってから、一定になることがわかった。

そこで今度は横の広がりはどうなっているのか、波紋の広がる速さについて、液体の落ちる高さや体積、液体の種類や濃度、温度との関係を調べてみることにした。

研究の前に、次の4つの仮説を立てた。

①液体を落とす高さが高くなるほど、波紋が広がる速さは速くなる。②液体の体積が大きいくほど、波紋の広がる速さは速くなる。③濃度が高い液体ほど、波紋の広がる速さは遅くなる。④温度が高い液体ほど、波紋の広がる速さは速くなる。

## 研究の準備

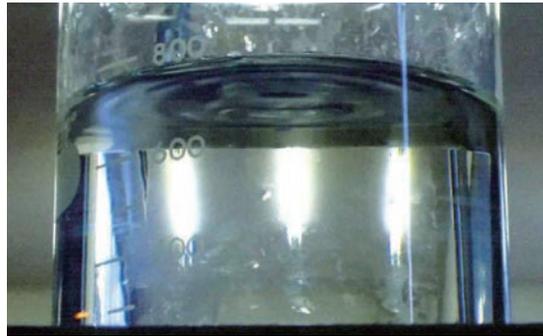
### ●研究1 波紋の広がる速さを測定する方法を決める

波紋が広がる速度は、水を入れたビーカーの水面中央に水滴を落とし、水滴が落ちた瞬間から波紋がビーカーの壁面に到達するまでの時間を測定して計算する。例えば直径10cmのビーカーを使い、着水から波紋到達までの時間が0.153秒だったとしたら、5cm（ビーカーの半径） $\div$  0.153秒 = 秒速32.680cmと速さを求める。

着水から波紋到達の時間をどう測るか、ストップウォッチやハイスピードカメラを試したが、うまくいかなかった。最終的に、デジタルカメラで動画撮影し、動画編集ソフトで時間を測定する方法を考えた。Windows10に「フォト」という動画編集ソフトがあり、これを使った。「フォト」で動画を再生させる時、着水の瞬間で一時停止する。そこから矢印キー（→）を押しながら画像を進め、波紋がビーカー壁面に到達したところで映像を止める。矢印キーを1回押すことで0.017秒進んだり戻ったりし、0.001秒の時間操作もできるため、着水から到達までの時間を1000分の1秒単位で測定できた。

### ●研究2 最適な撮影位置を決める

次に、デジタルカメラでどの角度から撮影すれば、着水と波紋到達を観察しやすいかを研究した。ビーカーの



斜め下から撮影した波紋

上、真横、斜め下からそれぞれ撮影すると、斜め下から撮影した画像が観察しやすいことがわかった。

## 研究の実際

●研究3 水滴の体積や高さで波紋の広がる速さの関係  
直径10cm（1000cm<sup>3</sup>）のビーカーを使い、水面に落とす水滴の体積と、落とす高さを変えながら、波紋の広がる速さを計算した。

こまごめピペットから落とす水滴は体積0.036cm<sup>3</sup>、注射器から落とす水滴は0.008cm<sup>3</sup>だ。スタンドの自在ばさみにこまごめピペットと注射器をそれぞれ取り付け、800cm<sup>3</sup>の水を入れたビーカーの水面中央に水滴が落ちるように調整した。水滴を落とす高さを10～50cmまで10cm単位で変えながら、それぞれ数回ずつデジタルカメラで撮影した。「フォト」で着水から波紋到達の時間を正確に割り出し、数回の平均値で波紋の速さを求めた。

すると、こまごめピペットで10～50cmの高さから落とす波紋の広がる速度は秒速32.716～32.981cm、注射器で10～50cmの高さから落とす速度は秒速32.529～32.809cm、速さに違いは見られなかった。

●研究4～6 水深や移動距離と波紋の広がる速さの関係  
ここからの研究では、こまごめピペットだけを使い、



高さ20cmから水滴を落としてデジタルカメラで動画を撮影した。研究4はビーカーに入れる水の量を調整して水滴を受ける水の深さを変えながら、それぞれ波紋の速さを求めた。0.7～11.7cmまで7つの水深で比較したが、いずれも秒速32.680cmと全く同じ結果となった。

続いて直径30cmの水槽を使い、波紋の速さを求めた。水面に水滴が落ちたときから壁面までの移動距離が広がれば速さは遅くなると仮説を立てたが、平均秒速32.654cmで、研究4とほぼ同じ結果だった。が、もっと距離が延びれば遅くなるのかもしれない。

### ●研究7 水と牛乳やサラダ油の波紋の広がる速さを比べる

今度は、水より粘性の高い牛乳とサラダ油で波紋の速さを求めた。直径10cmのビーカーに牛乳800cm<sup>3</sup>を注ぎ、こまごめピペットで20cmの高さから牛乳を1滴落とし、デジタルカメラで撮影する。サラダ油も全く同じ手順で動画を撮影した。ただし牛乳は下から見ることでできないため、上から撮影した。

その結果、牛乳の波紋の速さは秒速18.450cm、サラダ油が秒速18.587cmで、水より明らかに遅かった。

### ●研究8 液体の濃度と波紋の広がる速さの関係

砂糖水、台所用洗剤、牛乳の濃度を変えながら、それぞれ波紋の広がる速さを求めた。濃度5～25%の砂糖水での波紋を比べると、濃度が低いほど波紋は速くなり、濃度が高いほど波紋は遅くなり、比例の関係になっていることがわかった（ $y = -0.1172x + 28.071$  [cm/s]）。

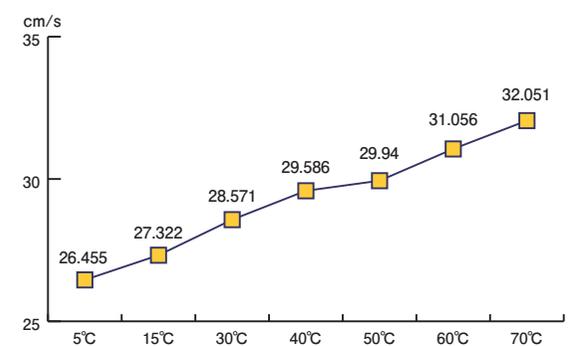
台所用洗剤は濃度10～33.3%を比べたところ、濃度が低いほど波紋は速く、濃度が高いほど波紋は遅く、やはり比例の関係だった（ $y = -0.1644x + 26.037$  [cm/s]）。

牛乳は濃度10～66.7%を比べたところ、濃度が低いほど波紋は速く、濃度が高いほど波紋は遅く、同じように比例の関係になっていた（ $y = -0.0834x + 28.356$  [cm/s]）。

### ●研究9～10 液体の温度と波紋の広がる速さの関係

最後に水、牛乳、濃度10%砂糖水、濃度10%台所用洗剤の温度を変えながら、それぞれ波紋の速さを求めた。温度5～70℃の水で波紋の速さを比べると、温度が高いほど波紋は速くなり、温度が低いほど波紋は遅くなり、比例の関係になっていた（ $y = 0.084x + 26.043$  [cm/s]）。

### ●水の温度と波紋の広がる速さの関係



これは、温度が高くなるにつれて密度が小さくなり水分子同士の間隔が広がり、水分子が動きやすくなるためだと考えた。

他にもそれぞれ同じ結果が得られ、牛乳（ $y = 0.0074x + 23.33$  [cm/s]）、10%砂糖水（ $y = 0.0966x + 26.154$  [cm/s]）、10%台所用洗剤（ $y = 0.1053x + 20.94$  [cm/s]）の式で比例の関係が表せる。

### ●結論

研究の結果、次のことがわかった。

①波紋の広がる速さは水滴の体積や落とす高さや関係がない。②波紋の広がる速さは水深と関係がない。③波紋の広がる速さは一定だ（30cmまで）。④波紋の広がる速さは粘性の高いものほど遅い。⑤波紋の広がる速さは濃度に比例する。⑥波紋の広がる速さは温度に比例する。

①の結果は予想外だった。また、温度や濃度と速さが比例するという法則性が導き出せてよかった。

## 指導について

本研究は、液体の波紋の広がる速さをどのようにして測定するかからスタートしました。動画編集ソフトを使うことにたどり着いたのですが、今度はそのソフトを使いこなすまでに時間がかかりました。生徒たちの粘り強い取組で、スペースキーを押すと、0.001秒の時間操作ができることに気づき、より正確に速さを測定できるようになりました。その結果、液体の体積が大きいくほど、落とす高さが高いほど、速くなるだろうという予想が大きく覆されたのです。生徒たちはこの結果に鼓舞し、意見を交流し合い、深さ、液体の種類、濃度、温度との関係について次々と実験を考えて研究を進めていきました。波紋の広がりをビデオ撮影する実験は、すぐに終了するのですが、データを処理するのに、1週間以上かかったこともあり、正直生徒たちは意気消沈することもありました。しかし、粘り強く取り組んだ結果受賞でき、今後の励みにしてくれと確信しています。

滋賀県近江八幡市立八幡東中学校 浅野 裕

## 審査評

本研究は、前回行った「液体のはね返りの研究」をもとに、水滴の落ちる時の波紋の広がる速さが条件の違いによりどのように変化するかを調べたものです。水滴が水面に落ちる時、落ちる高さや体積、温度、液体の濃度など、とても多くの条件のもとで波紋の広がる速さを調べています。仮説を立てて実験を行い検証・考察を進めています。測定方法では、失敗をもとに試行錯誤を繰り返し、より良い測定方法にたどり着きました。デジタルカメラやPCなどのICT機器を積極的に活用し、1000分の1秒まで測定し分析しています。取り組みを通して、測定値のばらつきをなくすことができたことは高く評価されます。実験により集めたデータの数もとても多く、結果がより信頼性のあるものになっています。粘性や濃度や温度の違いにより波紋の広がる速さやはね返りを調べる実験では、牛乳やサラダ油、砂糖水、洗剤など身近な物質を使っています。今回の研究とその結果が、私たちの生活に活用できるものになるよう今後さらに研究を継続・発展させていくことに期待します。

審査員 田中史人

## 出雲地方の化石 パート5

島根県島根大学教育学部附属義務教育学校 7年 片寄太耀

## 研究の動機

小学2年生の時、博物館で見た化石に目を奪われた。数千万年、数億年前の太古の生物の痕跡が目前にあって、感動したからだ。小学3年生になると、家から近い崖にある1300万年前の地層から貝化石を見つけ、身近な場所でも化石を見つけられることを知った。化石のことをもっと知りたいと思い、化石の自由研究を始めた。

3年生では出雲市内の3か所で採集した化石や岩石を分析し、それぞれ比較した。4年生では寒流と暖流に注目し、5～6年生では現生種との比較を行った。今回は、島根県東部の産地で化石を採集し、化石が生きていた当時の地図を作ろうと研究を始めた。

## 研究の方法

研究の方法はまず、島根県松江市と出雲市の8か所を化石の産地とした。8か所で写真を撮って地層や岩石を調べ、採集できた化石はクリーニングしてラベルを付け、標本箱に保存する。次に、研究対象になり得る状態のよい化石を選んだ。8か所のなかには現在化石が採集できない産地もあるため、以前採集した化石や自分で採集していない化石も対象にした。その化石の現生種や同じ化石の別の産地を調べて、生きていた頃の化石の生息場所の状況を推定した。推定した状況から、当時の出雲地域を含めた日本地図を考えた。

8か所の化石の産地は、次のとおりだ。

- ① 松江市美保関町森山の採石場跡
- ② 松江市鹿島町古浦の古浦海岸
- ③ 松江市玉湯町林の宍道湖ふれあいパーク近くの湖岸



- ④ 出雲市多伎町小田のシーサイド運動公園近くの海岸
- ⑤ 出雲市多伎町小田のしおさいロード近く
- ⑥ 出雲市上塩冶町築山の一畑バス停留所付近の崖
- ⑦ 出雲市平田町小伊津の小伊津海岸近くの崖
- ⑧ 出雲市上塩冶町菅沢の斐伊川放水路工事現場

## 採集の結果

8か所で採集した化石やその産地の情報をまとめた。

- ① 松江市美保関町森山の採石場跡  
かつて採石場だったこの産地の地層は、古浦層と呼ばれるもので年代は2000万年前、おもに凝灰質泥岩（泥に加えて火山灰が混ざった岩石）でできている。この産地で研究対象に選んだ化石は2021年8月に採集した「広葉樹の葉（ハンノキの仲間の可能性）」「カエデ属?の葉」「植物化石断片」「スッポンの甲羅の一部」（転がっていたので採集日は不明）。ここでは他に、メタセコイアの化石などが多く見つかった。
- ② 松江市鹿島町古浦の古浦海岸  
この産地も古浦層で、年代は2000万年前だ。海水浴場の南西600mほど、平らになった場所に化石がある。多くの岩を乗り越えながら進むと、巻き貝が密集している。乗り越える岩は大きく危険なので、ここでの採集はお薦めできない。研究対象にした化石は、2021年7月に採集した「コササヒメタニシ」と「ササノハガイ」だった。
- ③ 松江市玉湯町林の宍道湖ふれあいパーク近くの湖岸  
この産地の地層は布志名層で、年代は1300万年前。布志名層は砂岩が上へ向けて細かく泥岩になった地層で、宍道湖南岸を走る国道9号線に沿って東西に細長く分布している。この層で見つかる動物化石は布志名動物群（浅海生軟体動物化石群）と呼ばれ、全国的に有名だ。この産地は宍道湖ふれあいパークから少し歩いた場所であり、湖岸に落ちているノジュールという岩塊の礫から化石が見つかる。研究対象にした化石は2018年11月から2019年5月までに採集した「珪化木（木の化石）」「哺乳類（アシカの仲間）の骨」「鱈脚類（アシカなど海生哺乳類）の肋骨?」だった。この産地は現在、護岸整備のために一切、採集ができない。
- ④ 出雲市多伎町小田のシーサイド運動公園近くの海岸  
この産地も布志名層で、年代は1300万年前。この産地の海岸にはさまざまな石があり、灰青色をしたノジュールのなかに化石が入っている。研究対象にしたの

は、2018年4月から2020年10月までに採集した「ホタテ?」「ヨコヤマビノスガイ」「シオバラザルガイ」「フジナウバトリガイ」「哺乳類の骨（鱈脚類などの肋骨）」「クリコマウバガイ」など。

- ⑤ 出雲市多伎町小田のしおさいロード近く  
この産地も布志名層で、年代は1300万年前。④と同じ小田海岸だが、④より西側にある。しおさいロードの下に広がる海岸で化石が見つかる。研究対象にしたのは、2018年6月から2021年7月に採集した「珪化木」「クリコマウバガイ」「クジラの化石」「フナクイムシの生痕化石」「哺乳類の化石」「アオザメの歯」だった。
- ⑥ 出雲市上塩冶町築山の一畑バス停留所付近の崖  
この産地も布志名層で、年代は1300万年前。他の産地より岩石中に砂が多く崩れやすい。ノジュールが崖にたくさん見られる。研究対象にしたのは2019年5月に採集した「カキ」「ツノガイの仲間」「ムカシエンコウガニ」「珪化木」「ムカシウラシマガイ」「イズモノアシタ」だ。
- ⑦ 出雲市平田町小伊津の小伊津海岸近くの崖  
この産地の地層は成相寺層で、年代は1600万年前。この産地の近くにある小伊津海岸では、海底に土砂が堆積してできた地層がはっきりと見られる。この産地は日本では珍しいクモヒトデの化石が見つかる。研究対象にしたのは2019年5月に採集した「クモヒトデ」「ベッカムニシキ」「タテイワツキヒ」「二枚貝」「植物の化石」だ。
- ⑧ 出雲市上塩冶町菅沢の斐伊川放水路工事現場  
この産地の地層は布志名層で、年代は1300万年前。この産地は現在は化石の採集ができない。研究の対象にしたのは2000年6月から2001年7月に採集された「モノワホタテ」「ムカシエンコウガニ」「クジラの骨」だった。

## 研究の考察

- 古浦層・2000万年前の日本  
②の貝化石はどちらも湖の水深の浅い場所や湿地帯の砂泥の底に生息する。同じ貝化石が島根県の隠岐島や、兵庫県豊岡市でも見つかった。また島根県美保関エリアと秋田県北秋田市で、やや冷たい気候に生息する植物の化石や湖沼に生息する植物が見つかった。このことから、2000万年前の日本列島は大陸とつながっており、秋田県から島根県まで湖が広がり、湖の周りに広葉樹林が広がっていたとわかる。全体的に涼しかった。
- 成相寺層・1600万年前の日本  
⑦で見つかるクモヒトデやベッカムニシキ、タテイワツキヒは、暖流の深海に生息する。クモヒトデが愛知県南部や和歌山県那智勝浦町の同時代地層からも見つかり、ベッカムニシキは長野県上田市、タテイワツキヒは山形市の1500万年前の地層からも見つかった。このことから日本列島は大陸から離れ、湖が日本海となって深海化し、暖流が流れていたことがわかる。上田市な

ども深海の化石が見つかることから、日本列島は分裂し、現在のフォッサマグナは海だったことがわかる。

- 布志名層・1300万年前の日本  
布志名層ではおもに、寒流系の貝化石が見つかる。このことから、暖流が流れ込んでいた対馬海峡が狭まるか、閉じていたことがわかる。干潟や浅い場所に生息する貝化石が多いことから、深海化した日本海は浅い海に変わり、成相寺層の頃とは違って日本列島は分裂していなかったと推測できる。⑥のイズモノアシタが岡山県でも見つかったことから、この時代にはすでに瀬戸内海はあったこともわかった。



⑥ 出雲市上塩冶町築山の一畑バス停留所近くの崖で採集したイズモノアシタの化石、干潟に生息している貝

## 指導について

片寄さんは、小学生の頃から化石に関心をもち、詳しい方に採集・測定に関する相談をしたり、採集に同行したりしながら研究してきました。大学の先生にも質問をしたり、論文を紹介していただいたりしてきました。このように、片寄さんは積極的に専門の方とも関わりをもち、科学的に研究を進めてきました。本研究でも、採集した化石と現生種との比較などを行い当時の地図を作り、その考えを前述の先生方に伝えるなどし、考察に検討を加えてきました。私からは、なぜそのような地図になると判断したのか、その根拠でそのような地図になるといってよいのかといったことを掘り下げて聞くようにしました。根拠として十分ではないと思われる部分について、片寄さんは自分のデータや各博物館のデータベース、諸論文を見直しながら考察に修正を加え、本研究をまとめました。今後も、本研究について地学分野の方と議論し、考えを深める場を設ける予定にしています。

島根県島根大学教育学部附属義務教育学校後期課程  
大山朋江

## 審査評

博物館で見た化石に興味を持って始めた片寄君の自由研究も5年目になる。今回は島根県東部の松江市と出雲市の8か所で採集した化石を用いて、現生種との比較や、他の産地での産出状況との突き合わせなどにより、それらの化石が生きていた時代の地図を描いて、当時の自然状況を考えようという壮大な研究計画を立てた。現地調査により、植物化石はもとより、哺乳類、魚類、貝類、クモヒトデなど多くの化石が見つかった。それぞれの産地は2000万年前の古浦層、1600万年前の成相寺層、および1300万年前の布志名層の3つの地層に属しており、産出した化石の分析で当時の自然環境が復元できた。それを基にそれぞれの地質年代時の地図も描くことが出来た。これらは大きい成果だといえる。

片寄君は化石の知識が豊富で、島根県以外の化石産地のこともよく知っている。今回の研究では、得られた化石の情報から、それらが生きていた時代の地形や自然環境を復元するという独創性が高く評価できる。 審査員 友国雅章

## 「殿さまの茶わん」を科学する

## 秋田県由利本荘市理科教育センター

秋田県由利本荘市立大内中学校 2年 伊藤舞来・秋田県由利本荘市立本荘南中学校 2年 新為優和  
 秋田県由利本荘市立本荘南中学校 3年 佐藤燈色・秋田県にかほ市立仁賀保中学校 3年 佐々木紗彩和  
 秋田県由利本荘市立由利中学校 3年 佐藤葉月・秋田県由利本荘市立本荘南中学校 3年 鈴木翔大  
 秋田県由利本荘市立本荘北中学校 3年 大野龍雅 他 4名

## 研究の動機

小川未明の著作に『殿さまの茶わん』という童話がある。ある有名な陶器師が、殿様のために軽い、薄手の茶わんを作った。しかし殿様が実際にその茶わんを使ってみると、熱いお茶を注いだ時、手が焼けるような気がした。ある日、殿さまは旅の途中で百姓家に泊まることになった。その時、厚い茶わんでお汁を出されたが、手が焼けるようなことはなかった。殿さまは、親切な心がけとはどういうものかを考えた。そういう内容の物語だ。

薄手の茶わんと厚い茶わんでは、どれほどの違いがあるのだろうか。この研究は、茶わんの厚さと表面温度との関係を明らかにし、熱くなりにくい茶わんのあり方について考察したものである。

## 研究の目的と方法

研究の目的は、①茶わんの厚さと表面温度との関係を明らかにする。②茶わんの表面温度の高低は何によって決まるのか、明らかにする。③窯元に依頼して、実際に手が熱くならない茶わんを作ってみることだ。

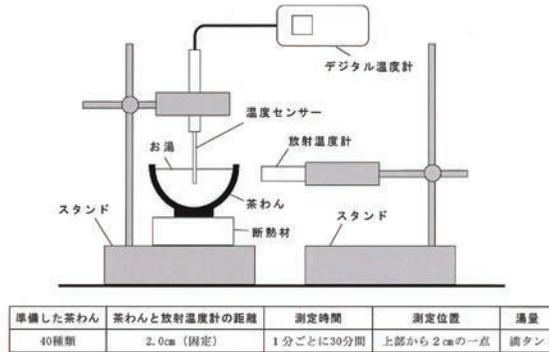
研究の方法は、①さまざまな厚さの茶わんで、熱湯を入れた時の表面温度を比較して、茶わんの厚さと表面温度の関係を考察する。②陶磁器以外の素材を使った器の表面温度を調べる。③「茶わんの素材内部には空気の入った微細な穴が無数にあり、その空孔が手に熱を伝えにくくする」という仮説をもとに、茶わんの構造や密度などを調べ、仮説の正しさを検証する。

## 研究の実際

## ●陶磁器の茶わんの表面温度の比較実験

2020年10月から2021年7月にかけて、右上のような装置で実験を行った。40種類の陶磁器の茶わんそれぞれに温度を調べ記録したところ、次のことがわかった。

どの茶わんも熱湯を注ぐと、最初の1分間で湯の温度が急激に下がる。お湯の熱が茶わんに奪われるためだ。その後も熱は茶わんと水面上部の空気へ逃げ続け、お湯



の温度は少しずつ下がる。逆に茶わんの表面温度は最初の1分間で急激に上がる。その後は熱が空气中に逃げていき、茶わんの表面温度も少しずつ下がる。

お湯の温度と茶わんの表面温度の差（以下、「湯と茶わん表面温度差」という）を見ると、その差は最初の1分間で急激に縮まる。縮まるがすぐに同じ温度にはならず、注いでから30分経ってもお湯のほうが熱く、茶わんの表面温度は低いという、温度差を持ったまま冷えていく茶わんもある。一方、注いで20分ほどで差がなくなり、同じ温度で少しずつ冷えていく茶わんもあった。

この「湯と茶わん表面温度差」が大きいほど、手に伝わる熱は小さくなると思った。茶わんの厚さで「湯と茶わん表面温度差」がどう変わるのか、お湯の温度がほぼ60℃になった時の各茶わんの「湯と茶わん表面温度差」を調べた。お湯の温度を60℃としたのは、部員が何とか我慢できる茶わんの熱さだったからだ。ところが「茶わんの厚さ」と「湯と茶わんの表面温度差」に、特徴的な相関関係を見出すことができなかった。

予想を裏切る実験結果が出たのは、30分間という長い時間で変化を見たからではないか。短い時間での変化に着目すると、違う事実があるかもしれない。そこで、熱湯を注いでから1分後の各茶わんの「湯と茶わん表面温度差」を調べた。すると、茶わんの厚さが大きいほど、「湯と茶わん表面温度差」も大きくなる傾向があった。茶わんが厚いほど、茶わんの表面温度は熱くなりやすいわけだ。茶わんの厚さと表面温度の関係性が顕著に表れるのは、お湯を注いで間もない時間に限られていた。

ここまでの結果を確かめるため、熱湯を注いでから各茶わんの表面温度が60℃になるまでの時間や、最初の1分間で湯の温度がどれほど下がり、茶わんの表面温度

がどれくらい上がるのかを調べた。その結果、湯を注いでから茶わんの表面温度が60℃になるまでの短い時間に限ると、確かに茶わんが厚いほど表面温度が低くなる傾向がある。しかし、30分間ほどの長い時間で見ると厚さが大きい茶わんの表面温度はゆっくり下がり、最終的に薄い茶わんより高くなる傾向があった。この時、表面温度が下がりづらいのは厚さだけではなく、茶わんの容積も関係しているのではないかという印象を持った。

## ●茶わんの容積と表面温度との関係

茶わんの表面温度が下がりにくいのは、茶わんそのもののせいではなく、注がれるお湯の質量が大きいからだと考えた。ある物質1kgを1K（ケルビン、絶対温度の単位）上昇させるのに必要な熱量を比熱という。比熱と、ある物質の質量の積を熱容量といい、同じ温度のお湯なら質量が大きいほど熱容量は大きくなる。容積が大きい茶わんにはお湯がたくさん入り、お湯の熱容量が大きくなる。茶わんはお湯から長時間にわたって熱を得て、表面温度が変わりにくいことがわかった。

## ●陶磁器以外の器の表面温度の比較実験

他の素材の器でも手が焼けるほど熱くなるか、紙コップ、保温性の紙コップ、漆器、ステンレスタンブラー、プラスチック、ガラス、アルミニウム、木製の酒升、カップ麺容器2種類で、陶磁器と同じ実験を行った。その結果、紙コップ、アルミニウム、ガラス、漆器は陶磁器に近いが、他の6種類は陶磁器よりお湯の熱が器表面に伝わりにくい特徴を持っていた。特にステンレスタンブラーは時間が経ってもタンブラー表面温度がほとんど変わらなかった。

## ●茶わんの断面の構造を調べる

ステンレスタンブラーは内部が真空の空洞になっている、表面温度の変化を抑えている。カップ麺容器素材の電子顕微鏡画像を見ると、無数の空孔があった。この空孔こそが熱を防ぐのではないか。秋田大学地方創生センターのマイクロフォーカスX線CTを使わせていただき、陶器と磁器に分けて空孔があるかどうかを調べた。すると、陶磁器の内部に無数の空孔は存在した。ただ、空孔があればあるほど、熱が伝わりにくいわけではなさそうだった。「湯と茶わん表面温度差」が違う3つの茶わん⑩、⑰、⑳（厚さや容積はほぼ同じ、お湯60℃で⑩の温度差が最も小さく、㉑が最も大きい）で、空孔の数や大きさを確かめた（仮説どおりだと⑩の空孔が最も少なく㉑は最も多いはず）が、㉑より⑩や⑰のほうが多く見えた。

## ●陶磁器の密度と熱伝導率を調べる

他に要因を探すうちに「熱伝導率」という用語に出合った。熱伝導率は熱拡散率×比熱×密度で求める、熱の伝わりやすさを表す数値だ。素材によって値は異なるが、

同じ素材の熱伝導率なら密度が高いほど大きくなる。茶わん⑩、⑰、㉑の密度を求め、熱伝導率を比較すると⑩>⑰>㉑だった。熱伝導率が最も高い茶わん⑩はお湯の熱が表面に最も伝わりやすく、熱伝導率が最も低い㉑はお湯の熱が表面に最も伝わりづらいと説明がついた。

茶わん⑩、⑰、㉑に冷水を注いで水が10℃の時の「水と茶わん表面温度差」を調べると、お湯とは逆に⑩の温度差が最も大きく、㉑が最も小さい結果となる。熱は熱いほうから冷たいほうへと伝わる。茶わんの熱伝導率が高いほうが、外側の空気熱を水に伝えやすく、水の温度が上がるためだ。

## 研究の感想

茶わんの表面温度には「厚さ」「容積（水の熱容量）」「空孔」「密度（熱伝導率）」が関わっていた。「厚さ」の影響を確かめた時は感動した。今後は、新型コロナウイルスの影響で今回あきらめた器づくりに取り組みたい。

## 指導について

『殿さまの茶わん』は小川未明の作品で、道徳の授業の資料として使われることもある、とても読み応えのある物語です。この本の中に「厚手の茶わんでは、手が焼けるようなことはない」という記述があり「本当に厚手の茶わんは熱くなりにくいのか」という疑問から、この研究をスタートすることにしました。

私が学校に勤務していた頃、国立教育政策研究所の先生から、客観的な数字だけを使って学校評価を行うという手法を教えていただいたことがあります。アンケート結果や児童・生徒の成績など、あくまでも学校に関する数字だけで、その特徴や課題を見出ししていくのですが、そこから得られる情報の新鮮さに驚きました。

この研究も、生徒たちがコツコツと集めた数字（グラフ）をもとにして課題に迫るという方法で進めてみました。思った以上に面白い結果にたどり着くことができ、満足しています。

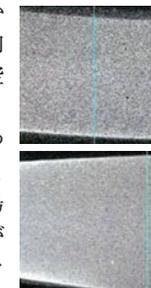
由利本荘市理科教育センター 理科教育指導員 佐藤和広

## 審査評

この作品は小川未明の『殿さまの茶わん』という読み物にヒントを得て研究が開始されたという変わり種です。食事のとき、料理が冷めていると美味しくないと。お茶も熱い方がいい。殿さまには、手が焼けないが熱いお茶を飲んでいただきたい。こんな発想に基づき研究が展開されました。

茶わんの厚さと表面温度の関係を、「容積（水の熱容量）」「空孔の有無」「密度（熱伝導率）」などの観点から観察しています。また、マイクロフォーカスX線CTの画像を用いて、空孔を見つかり、工夫して製作した実験装置を利用して、茶わんの表面温度を何度も繰り返し測定しています。測定結果を各種のグラフに表し、きめ細かい分析を行っています。この結果を踏まえて茶わんを作れば、きっと殿さまはお喜びになるでしょう。

審査員 秋山 仁



上が茶わん⑩、下が茶わん㉑の断面構造

# 常総市の沼や川はきれいかな？ IV

茨城県常総市立水海道西中学校 3年 猪瀬広貴 猪瀬春佳

## 研究の動機と目的

霞ヶ浦環境科学センターで霞ヶ浦の水質やプランクトンについて学んだことがきっかけで、2017年から5年間、常総市にある沼川のすこやかさと水質の変化を調べてきた。今回は引き続き、次の3つの研究を行った。①コロナ禍での外出自粛期間が、水辺の環境や水質に与えた影響を調べる。②常総市水害の後、(2018年からは特に大規模に行われてきた)鬼怒川の工事が2021年完了した。堤防や川底を整備したことが、鬼怒川の水辺や水質に与えた影響を調べる。③毎年調査地点のひとつとしている菅生沼は冬は白鳥が飛来し、過去の研究で「水辺のすこやかさ」1位を獲得し続けている。ところが、水質だけを見ると菅生沼の水は汚れていることがわかってきた。菅生沼の水質汚染の原因を、探りたいと考えた。

## 研究の実際

### ● 基本調査の方法

今回の調査は2020年5月、10月、2021年2月、6月の4回行った。場所は、谷津沼(水の流れる)、菅生沼(緩やかな水の流れる)、鬼怒川(豊水橋付近)、小貝川(福岡ぜき)の4か所だ。

まず「水辺のすこやかさ指標」(霞ヶ浦環境科学センター)を参考に、4か所の水辺の環境を「自然な姿」「豊かな生き物」「水のきれいさ」「快適な水辺」「地域とのつながり」の5つの指標から評価した。2017年から毎年、同じ指標で4か所を順位づけしているが、今回も続けた。

4か所では毎回水質調査も行い、イオン濃度としてCOD(化学的酸素要求量)、NO<sub>2</sub>-N(亜硝酸態窒素)、NO<sub>3</sub>-N(硝酸態窒素)、NH<sub>4</sub>-N(アンモニア態窒素)の量をバックテストを使って調べた。いずれも量が増えるほど水質は悪い評価となる。pH値(水素イオン濃度)はpH試験紙で調べ、透視度も自作の透視度計で測定した。さらに調査地点の水を採取後2～3日置き、顕微鏡でプランクトンの量を観察した。

### ● ①コロナ禍の外出自粛期間による影響の調査方法

2020年5月の調査を「自粛中」、2020年10月、2021年2月と6月の調査を「解除後」、過去2017～2019年の調査を「自粛前」として、基本調査の結果を比べ分析した。

### ● ②鬼怒川の工事による影響の調査方法

鬼怒川での2017年の調査を「工事前」、2018～2021年2月の調査を「工事中」、2021年6月の調査を「工事後」として、基本調査の結果を比べ分析した。

### ● ③菅生沼の水質汚染源の調査方法

飛来する白鳥のふんが菅生沼汚染の原因ではないかと予想したが、白鳥がいない春や夏でも汚れている。菅生沼には緩やかな流れがあるから、これはおかしい。そこで、上流の川を調べることにした。菅生沼の北側に位置する飯沼川(工業団地入口付近、幸田排水機場)と江川(工業団地入口付近)の水質を調べた。

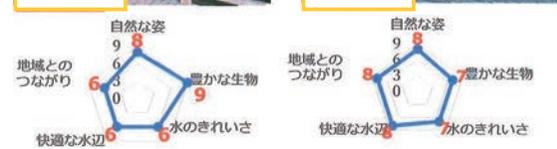
### ● ①コロナ禍での外出自粛による影響の調査結果

水質の変化を知るためまず透視度を見ると、自粛前2018年5月はすべての沼川で透視度が低く、落ち込んでいた。鬼怒川と小貝川の自粛期間中の透視度は低く、解除後に高くなった。谷津沼と菅生沼の自粛期間中の透視度は自粛前より高かった。

pH値を見ると、谷津沼は毎回、他の沼川よりもアルカリ性が強い。顕微鏡で観察すると、谷津沼は他の沼川よりも植物プランクトンが多く、植物プランクトンによる光合成が谷津沼の水を強いアルカリ性にすると考えられる。菅生沼と鬼怒川のpH値は、2019年5月の自粛期間中に高くなり(アルカリ性が高い方へ傾き)、解除後10月に低くなって(酸性が高い方へ傾いて)いた。

CODの値を見ると今回も水の流れない谷津沼が高く、他の沼川に比べて汚れていた。すべての沼川で透視度が低かった2018年5月は、CODの値も高かった。自粛期間以降、谷津沼と小貝川のCODは低くなり、水質は改善した。自粛期間に水質は改善すると予想していたが、谷津沼以外では自粛期間中にCODが高くなり、解除後に低くなっていった。

NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NH<sub>4</sub>-Nの値は、今回も菅生沼で濃



度が高く、谷津沼ではほとんど検出されなかった。見た目が汚れている谷津沼で検出されないのを不思議に思い、インターネットで調べると、谷津沼に多い植物プランクトンがNO<sub>2</sub>-NやNO<sub>3</sub>-Nを利用することがわかった。

以上から、コロナ禍の外出自粛中に菅生沼、鬼怒川、小貝川の水質は悪化し、自粛解除後に改善した。家庭で過ごす時間が長くなったことで、生活排水の汚れが川へ流れ込んだことが原因と考えられる。

### ● ②鬼怒川の工事による影響の調査結果

鬼怒川の水辺のすこやかさの得点は、調査開始の2017年が最も高く、次の年から下がって横ばいになっている。工事によってコンクリートで埋め立てられたため、自然な姿が失われたことがおもな原因だ。逆に水質は工事のおかげで改善し、工事後の2021年6月はCOD、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NH<sub>4</sub>-Nの値がすべて低くなっている。土からの汚染がなくなったからだと考えられる。

### ● ③菅生沼の水質汚染源の調査結果

江川のNO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NH<sub>4</sub>-Nの濃度が、菅生沼や飯沼川よりも2～10倍高かった。このことから菅生沼が汚れているのは、江川から汚染された水が流れ込んでいるからだと明らかになった。江川は周辺に工業団地や田畑、源流付近にゴルフ場があることもわかった。

またこれまでの研究で、菅生沼ではミシシippアカミガメなどの外来生物を多く観察してきた。ミシシippアカミガメは近年各地で増え、在来種であるニホンイシガメを駆逐したり、農業や水産業へ被害をもたらしたりしている。環境省や農林水産省が作成した外来種のリストでは、緊急対策外来種に指定されている。生態系を壊さないために、早めの対策が必要だ。

## 全体のまとめと感想

2021年の調査地点4か所の水辺のすこやかさの点数は、左と上のチャートのとおりだ。順位は過去4年と変わらず、1位が菅生沼で、次いで鬼怒川、小貝川、谷津沼だった。2021年6～8月のCODの測定値から判断した水質汚染度は、右上のようになった。

今回は、外出自粛中の生活排水が水質汚染の原因になるという結果から、人々の生活と自然環境は強く結びついていると改めて感じた。引き続き沼川の水辺の環境を調査し、モニタリングしていきたい。菅生沼の水質改善や外来生物の対策方法についても研究したい。



## 指導について

本研究は、常総市の沼や川(菅生沼・谷津沼・小貝川・鬼怒川)について、自然な姿、豊かな生き物、水のきれいさ、快適な水辺、地域とのつながりを調べたものです。地域の沼や川に興味をもち、定期的に各地を巡り、根気強く水の採取や分析を行いました。5年間継続して研究していることで、季節による環境の変化、自然災害や人が環境に与える影響について、改めて考えさせられるものとなりました。

今回の受賞を受けて、今後さらに地域の自然環境に目を向けて、探究していけるような生徒の育成に励んでいきたいと思えます。最後に、水中にすむプランクトンなどについて教えて頂いた、霞ヶ浦環境科学センターや茨城県自然博物館の職員の方々にもこの場を借りてお礼申し上げます。この5年間の研究で学んだことを活かし、さらなる継続研究の成果が出ることを願っております。

常総市立水海道西中学校 土戸伸俊

## 審査評

本研究は、小学校5年生の時に霞ヶ浦の水質やプランクトン調査を行ったことがきっかけとなり始まりました。常総市にある沼川の水辺のすこやかさ指標と水質の変化を5年間に継続して調査しています。目的から結果を予想し、調査結果をもとに考察しています。

コロナ禍での外出自粛が水質に与える影響では、自粛期間中のほうが以前に比べ水質が悪くなり、自粛解除後にpH値やCOD値など水質が改善され良くなりました。継続して調査を行っていたことで考察につなげることができました。平成27年、関東・東北豪雨による鬼怒川決壊による水害がありました。その後、堤防工事によりコンクリートの部分が増え自然環境が減少した一方で、水がきれいになるなどの考察を導いています。「常総市の水辺の環境マップ」を作成し、それぞれの沼川の水質をまとめるなどその努力は高く評価されました。

引き続きSDGs等も視野に入れ、私たち身の回りの生活環境の変化とそれとともなう水質等の調査を継続し、さらに研究を発展させていくことに期待します。 審査員 田中史人

# ろうそくの炎 パートV ～炎の形を変える～

茨城県つくば市立吾妻中学校 2年 高橋夏雪

## これまでの研究結果

今回で5年目になるこの研究のきっかけは、キャンプ場で蚊とり線香に火をつけようとマッチの火を下に向けたのに、なぜか炎が上を向くことに疑問を持ったからだ。

1年目、観察や実験から、ろうそくの炎が重力に逆らって上に行くのは、炎で暖められた周りの空気が軽くなるからだとわかった。

2年目、白いろうそくの炎がなぜ赤いのかを調べると、ろうそくの炎はポリエステルを燃やした時の色に似ていた。どちらもパラフィンが含まれており、パラフィンの炭素が熱せられて赤くなっていることがわかった。

3年目はろうそくの炎の形を調べた。形が変わるのは風（空気の流れ）が原因と考えたが、風がなくても炎の形は変わる。原因を他に探し、装置を使って炎に磁場をかけると不均一磁場の中で炎の形が大きく変化した。

4年目の前回は、何が磁場に反応しているのか、明らかにしようと試みた。炎の形が変わるのは、ろうそくの炎の何が磁場に反応しているからだ。シャボン玉の中に酸素や窒素、二酸化炭素などを入れ、磁石を近づけて反応をみた。結果的には、酸素と窒素は磁場に反応していることがわかった。

今回は、音波をろうそくの炎に当てることにした。音波で炎の形は変わるのか、音波を調節して人為的に炎の形が変えられるか、明らかにしたいと思った。

## 実験Ⅰ～Ⅵ

### ● 実験Ⅰ：炎の形が変化する音波を見つける

まず音の大きさ、炎とスピーカーとの距離、周波数をさまざまに変え、炎の形が変化する組み合わせを探した。

①音の大きさを66dB、炎とスピーカーとの距離を5cm



実験Ⅰの①で周波数を20000Hzまで上げた時と、停止した時のろうそくの炎

に固定し、1200～20000Hzまで周波数を1000Hz刻みで上げながら組み合わせを探した。②炎とスピーカーの距離を15cmに変えて固定し、残

りは①と同じ条件同じ方法で炎の形の変化を見た。③は距離を25cmに変えて固定し、同じように観察した。④は音の大きさを113.5dBに変え、距離を5cmに戻して固定し、同じように観察した。

### ● 実験Ⅰの結果

①～④の各条件で音波を炎に当てている間、炎が左右に揺れることはあったものの、炎がつぶれたり、変な形になったりすることはなかった。①の実験では音波を停止した後に炎が大きくなった（左下写真）。

### ● 実験Ⅱ：炎が大きくなった原因を探る

実験Ⅰ-①で音波を止めた後に炎が大きくなった時、ろうそくの最下部がロウに触れているように見えたため、ロウの全体量が多いことが原因ではないかと考えた。

### ● 実験Ⅱの結果

ロウの量を変えたろうそくで炎の長さを確かめたが、あまり差はなかった。ロウは関係ないかもしれない。

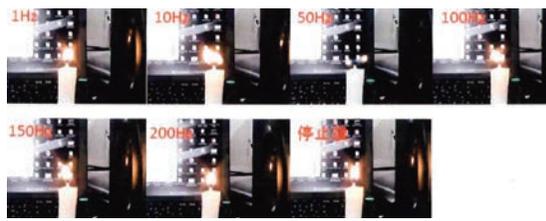
### ● 実験Ⅲ：周波数の低い音で炎の形を確かめる

実験Ⅰで試した周波数より低い音で実験を行った。

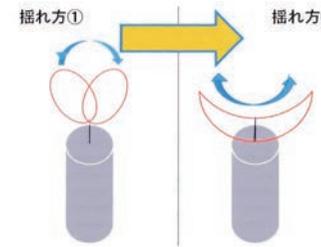
①音の大きさを66dB、炎とスピーカーとの距離を5cmに固定し、周波数を1～200Hzまで上げながら炎の変化を見る。②音の大きさを99dBに変えて固定し、残りは①と同じ条件で炎の変化を見る。③は99dB、5cmのまま、周波数を1～200Hzまでゆっくりと上げていく。1～10Hzまで1Hz刻みで上げ、10Hz以降は10Hz刻みで上げながら炎の形の変化を見る。20Hzで火が消えたので、20Hzからやり直したが、60Hzでも火が消えた。さらに60Hzからやり直したが、再び60Hzで火が消えてしまった。最終的に70Hzから再開し、100Hzまでは10Hz刻みで周波数を上げ、最後に200Hzで炎の形の変化を観察した。

### ● 実験Ⅲの結果

①は大きな左右の揺れも形の変化も見られなかったが、②の10Hzから炎が揺れ始め、50Hzで最も大きく揺れて、その後は揺れが小さくなっていった。②の50Hz



実験Ⅲ-②では10Hzから炎が揺れはじめ、50Hzで最も大きく揺れ、100Hz以上ではほとんど揺れなかった



の揺れ方が、今までの揺れ方と大きく異なっていた。今まで見えていた内炎の明るい部分もほとんど見えなかった。おそらく横に低く揺れていると考えられる。③は6Hzから炎が左右に揺れ、10Hzまでどんどん揺れが大きくなった。40Hzからは炎の下部が横に揺れる「揺れ方②」になった。音の大きさが99dBの時、炎の形の変化や揺れが大きかったのは、40～100Hzだった。

### ● 実験Ⅳ：続・周波数の低い音で炎の形を確かめる

実験Ⅲで炎が特に反応し、かつ消えにくかった周波数を中心に、炎の形の変化を再度確かめた。①は音の大きさを66dB、炎とスピーカーとの距離を5cmに固定し、30～40Hzまで周波数を1Hzずつ上げながら、炎を上から撮影した。②は音の大きさを99dBに変えて固定し、距離5cmのまま、30～40Hzまで周波数を1Hz刻みで上げながら炎を上と横から撮影した。③は99dB、5cmのまま、10～100Hzまで周波数を10Hz刻みで上げながら、炎を上と横から撮影した。

### ● 実験Ⅳの結果

①は炎がスピーカー側に傾いていることが何回もあった。②は炎がスピーカー側に傾いていることが多かった。また、横から撮影した時に炎の周りの輪郭のところどころで何が反時計回りに回っていた。おそらく音波の波ではないかと思う。③の炎はすべてスピーカー側に寄っていた。音波の方向とは逆に炎が傾くのはなぜなのか。

### ● 実験Ⅴ：磁場と音波の影響を同時に与える

炎に磁場と音波の影響を同時に与えられたら、面白い反応が見られるのではないかと考えた。過去の実験で炎に変化が出たのは1.5T（テスラ）以上の磁場だったので、今回は装置を使って磁場を2Tに設定した。音の大きさは75dB、音と炎の距離は5cmに固定し、1～100Hzまで周波数を10Hz刻みで上げながら、炎の形を確認した。

### ● 実験Ⅴの結果

20Hzから炎の揺れが激しくなり、四方八方に突き出すように出た。1～50Hzまで炎の大きさが少しずつ小さくなり、60Hzになった瞬間に大きくなった。また、80Hzから一気に黒い煙が出てきた。

### ● 実験Ⅵ：炎の揺れの速さと周波数の関係を調べる

これまでの実験の動画をコマ送りで再生し、周波数が40、50、70Hzの時にそれぞれ、炎が左から右（または右から左）へ移動する時間を調べた（数回調べた時間の平均値）。40Hzの時は0.01秒、50Hzの時は0.017秒、70Hzの時は0.02秒という結果になった。

## 研究の考察

66dBよりも99dBの時に、炎の形の変化が大きかったのは、音の幅が大きいほうが空気に圧力を与えやすいため。炎がスピーカー側に傾くのは、音波の圧力に対して逆方向へ戻ろうとする炎の力が続いたため。実験Ⅴで黒い煙が発生したのは、酸素不足になったロウが高温で熱分解し、パラフィンが入った炭素が出てきたため。実験Ⅵで周波数が低いほうが移動時間が短かったのは、周波数が高いと起きる波形の数が増え、スムーズに移動しにくいため。60Hzの例など実験の途中でろうそくの火が消えるのは、大きく炎が揺れたことで普通は炎の中にあるろうそくの芯がむき出しになり、音波が直接当たったためだと考察した。

## 指導について

小学校4年生の夏休みに参加したキャンプで、ろうそくを下に向けても炎は上を向くことを不思議に思ったのをきっかけに始めた研究です。毎年の自由研究で、ろうそくに関するいろいろな疑問を、実験を通して理解を深めてきました。小学6年生からは、ろうそくの炎の形が様々なエネルギーで変化することについて研究を進めてきました。磁場や音波がろうそくの炎の形に与える影響は大きいものでした。その解釈のために炎の変化の様子をビデオ撮影してそれを1コマずつ確認し編集するという地道な作業を繰り返し、得られた知見から考えたことをまとめています。中学生になってからは自分で研究を進めています。足掛け5年間の研究で得られた知見をフル活用して得られた考察は興味深いものになっています。新しい技術分野になる可能性もある結果なので、引き続き研究を続けていくことを期待しています。

つくば市立吾妻中学校 田野卓実

## 審査評

キャンプ場で蚊取り線香に火をつけるためにマッチの火を下に向けた時に炎が上を向くことの「疑問」から始まった研究も5年目を迎えています。とても素直な疑問から実験の方法を考え、「ろうそくの炎の形の変化」を追究する努力を継続していることに敬服します。5年目の研究では、周波数の高い値と低い値で炎の形が変化する値を見つける、炎の大きさを変える要因を探る、周波数と音の大きさとスピーカーとの距離の調節による炎の大きさ、磁場と音波を同時にあてての変化、さらに炎の揺れと周波数の関連の観察などの実験によって、炎の形を横から上から観察し、その規則性を明らかにして「人為的に炎の形」を変化させることが可能か、きめ細かな実験をしています。今後も継続して行うことで、「ウサギのような」炎の形づくりが成功していくことを期待しています。

審査員 小澤紀美子

## 宝石のような結晶をつくる！ Part2

～ミョウバン人工結晶～

石川県金沢市立大徳中学校  
1年 坂田佳優

### 【研究の動機】

岩石・鉱物・化石の図鑑を買ってもらったことがきっかけで、鉱物に興味を持った。また、小学校の時に家族と訪れた、「中谷宇吉田郎 雪の科学館」で、雪の結晶に関する実験や標本を見て、人工結晶にも興味を持った。

ちょうどそのころ、学校の理科で「ものの溶け方」の単元を学習し、ミョウバンの水溶液から結晶が取り出せることや大きく成長させることができることを知った。そこで、ミョウバンを自分の手で、大きな宝石のようにきれいな結晶に成長させてみたいと考えた。

### 【結論と感想】

「密度拡散法で欠けのない大きな結晶を作る」では、4種の装置を準備して観察を続け、どの装置の結晶が欠けのない大きな結晶を作るのに適しているか実験して調べた。温度・湿度を徹底管理しても、やはり欠けができてしまった。さらに詳しく観察することで、その欠けは温度・湿度のせいだけでできるのではなく、種結晶を吊り下げるテグスを取り込んで成長するときに行うことができることがわかった。4種の装置のうち3種は、その欠けを修復しながら成長したが、テグスを結ぶ位置が角だった結晶は修復できなかった。大きな結晶を作るためには、温度・湿度の管理と種結晶のつけ方が大切であることを学んだ。「光るミョウバン結晶を作る－ブラックライトで発光する結晶」では、蛍光ペンのインクや食品の色素などで、発行する結晶を作ることができ、併せて蛍光で発光する仕組みについても学ぶことができた。

## マイクロスケール実験で行う生物農薬の研究

～アレロケミカルのバイオアッセイについて～

茨城県茨城県立並木中等教育学校  
2年 石原大馳・渋谷悠太

### 【研究の動機】

私達が普段から口にしてる作物には、防虫剤などの農薬がつかわれていて、調べてみると、残留性農薬を完全に洗い落とすには多量の水が必要で、時間がかかってしまう。そこで、私達は人への害が少ない農薬が作れないかと考えた。それをきっかけに農薬の研究をしている過去の論文を読むと、植物自身が出す物質によって、他の植物の成長を阻害したり、促進したりすることがわかった。そこで私達は、一般的に各家庭で使われることを想定し、身近な植物を栽培して研究室内で容易に抽出

し、対象の植物の成長阻害や成長促進を行うことができないかと考え、本研究を行うことにした。

### 【結論と感想】

ダイカンドラとシロツメクサは、採取してすぐの状態ではブロッコリースプラウトに対して成長抑制作用が見られなかったが、自然乾燥をすることで成長抑制作用がみられた。ダイカンドラよりもシロツメクサのほうが他の植物に対して成長抑制作用が大きいことが分かった。さらに、乾燥させる飼料は茎がもっとも強い成長抑制作用があり、24時間乾燥させることで成長抑制作用が一番高くなることが分かった。

## エッセンシャルオイルがプラスチックに与える影響とその成分について

千葉県千葉市立若松中学校  
1年 清水美亜

### 【研究の動機】

私の家にはアロマディフューザー（アロマ加湿器）があります。使う際、説明書を読んでいると、注意事項の中に「プラスチック製タンクの外側にエッセンシャルオイルを付着させないように。故障の可能性あり」と書かれていました。私は、もし、付着させたままにしたら、どのような影響がでるのか、また、影響がでたとしたら、どんな成分が関係しているのか、知りたくなって研究を始めました。

### 【結論と感想】

この研究でエッセンシャルオイルにはプラスチックをとかすなどといった影響を与えるということがわかり、その中で、エッセンシャルオイルに含まれていた、リモネン・ピネンという成分で実験してみたところ、プラスチックをとかす働きがあることがわかりました。ですが、この2つの成分を含まないエッセンシャルオイルもプラスチックをとかしたことから、リモネンやピネンを含む、テルペン系炭化水素が関係していると考えました。知らない発見もありましたが、わからないことも多いので、もっと調べていきたいです。

## 線虫の香りの嗜好性と寿命の関係

茨城県土浦日本大学中等教育学校  
3年 長尾祐希

### 【研究の動機】

香料は、ヒトの場合リラックス、集中力UP、不安をなくすなど精神面でさまざまなプラスの効果があること

が知られている。そこで、私は、他の動物、脊椎動物だけではなく、神経系の発達している無脊椎動物にもプラスの影響があるのではないかと考えた。線虫は嗅覚が優れ、ガン検査にもつかわれていること、寿命も2週間程度と短く飼育しやすいことから、線虫を使うことにした。線虫の好きな香りの特徴を調べたうえで、嗜好性と健康に関係があるのではないかと考え実験を行った。

### 【結論と感想】

線虫に好まれる香りの上位、ティートリーとベルガモットには、γ-テルピネンが含まれ、特に嗜好性の高いティートリーにはテルピネンが90%以上含まれていた。このことから、テルピネンには線虫を誘引する物質が含まれていると考えた。また、ゼラニウムを避ける傾向が見られ、寿命を比較した実験では、嗜好性の高いティートリーでは寿命が長く、嗜好性の低いゼラニウムでは早期に死亡する割合が高かった。このことから、予想通り好きな香りは健康により作用をすると考えた。

また、長生きの線虫体内にモヤモヤしたものが見られ、若い線虫は透明で透き通っていた。このことから、香りとは無関係に老化とともに老廃物が溜まると考えた。

## ツマグロヒョウモン・パートⅥ

～食草の状態、育つ環境が異なるとどうなるか～

島根県島根大学教育学部附属義務教育学校  
7年 植野晶景

### 【研究の動機】

小学2年生の時からツマグロヒョウモンの観察・研究を始め今年で6年目になる。これまで、毎年ほぼ5月の初旬には何匹か成虫を見かけ、メスが卵を産み、卵から育て始めた。しかし今年はなぜか遅かった。6月にやっと見つけ育てることができた。冬越しした第1世代の次の、第2世代と思われる。今回は例年より遅く出現した第2世代を用いて、いくつかの実験を行った。

これまでの研究では次のようなことがいえた。①パンジーやビオラを食草とした幼虫の方がスマレを食草とした幼虫より大きく育ちサナギや成虫も大きくなる(2017年研究)。②5齢頃から食草を食べる勢いが増し、徐々にサナギになる場所を探すために、食草の場所から移動(ワンダリング)を繰り返し、サナギとなる。③サナギになる高さについては、屋外では見つけたサナギでは、高さ8～62cmと差があった(2019年研究)。テントの中で試したときは、限られた空間のためか、高さが高くなり、146cmの高さでサナギになるものもあった。④サナギの位置については飼育ケース内の狭い環境下では、蛹化時に一定の間隔を保ってサナギをつくる(2017年研究)、プラスチックの開閉部は避けて蛹化することが多い(2017年研究)、斜めの板をケース内に置くと、角度

に沿ってサナギとなる(2018年研究)等を調べ、環境に適応して学習していることが分かり驚いた。

今回は食草はほとんど同じだが、食草の状態に差をつけた。生き物の食痕のない普通のビオラと比較し、研究時期に多かったナメクジの食害があるビオラ、その他、乾燥したビオラにて幼虫への影響や成虫までの過程を調べた。また、比較の1つである屋外での幼虫の経過について研究した。

### 【結論と感想】

ナメクジの影響のあるビオラ(通った後が白く光っており、ギザギザとした食痕あり)では蛹化までは数匹進んだが、羽化率は0%であった。食草が普通のビオラ(約13%)と比べ違いがあったのはナメクジの関係(チャコウラナメクジであり、「広東住血線虫」という寄生虫を中間媒介する性質の影響か)があると考えた。

また、乾燥したビオラを食草としたものでは、そのままの状態では摂取困難なのでミキサーで細かくした。加えて生のビオラをミキサーにかけたものでも試した。1齢以外に3～4齢、6齢でも試したがいずれも成長しなかった。観察から、幼虫は普段食草を食べる時、胸脚で葉を押さえて固定して食べていることが分かった。しかし、ミキサーで細かくしたものでは脚を固定するところができなかったため、食べられないのではないかと考えた。

その他屋外で卵からビオラ・スマレで自然に育てた例では成長が最も早く、羽化率(サナギが羽化した割合:62%)も高かった。サナギは様々な場所で蛹化していたが、いずれも半径1.6m内であった。その理由として屋外で育てた幼虫はケースで育てたものに比べ、自由に移動でき、食べたい量の食草を食べられるためだと考えた。またケースでは固定された中での動きになるため、動きにくいことや湿気や熱気がたまることも考えられた。屋外では天敵(主にアシナガバチ)が一番のリスクだった。

例年よりもツマグロヒョウモンを見る時期が遅くなったのは何か環境の影響があるのではないかと思われる。そのため今回は5月にツマグロヒョウモンを見つけたことにより、研究が遅くなってしまった。しかし、定期的に家にあった「ナメクジの食害のあるビオラ」を食草の1つとして研究を進めることができた。またカイコの人工飼料からヒントを得て、乾燥した食草も試した。今後は、ビオラが多く咲く4月に乾燥させ保管し、ビオラのない時期に食草として利用できるか調べたいと思った。また、乾燥した食草を食べる方法については改良が必要で、今後の課題にしたい。

## ウツボカズラの酵素の秘密

茨城県笠間市立岩間中学校  
1年 仲山愛莉・浅野由羽・吉見友花

### 【研究の動機】

食中植物のウツボカズラが虫をとらえて消化している様子を見て、消化液について興味をもちました。調べてみると酵素を使って消化していることがわかりました。そこで、ウツボカズラの消化液はどのようなものを溶かすのか、ほかの消化酵素と比べて溶け方に変化があるのか調べてみたいと思いました。

### 【結論と感想】

レモンはほぼすべての予想と一致し、豆腐以外の物質を溶かした。特に卵の殻をよく溶かした。炭酸カルシウムとクエン酸が反応したためだと考える。ウツボカズラは予想と結果が一致しているものが多く、海老や鶏肉、ダンゴムシをよく溶かした。タンパク質に反応することが考えられる。ただし、豆腐は反応がなかった。豆腐は水分量や硬さなど何かの原因があるのだろうと考えられる。ただ、植物性のタンパク質や動物性のタンパク質が消化の違いになったとも考えられる。今後の課題になった。

今回の研究でウツボカズラの消化酵素は分解力が強かった。今回の実験と、自然に入った虫の消化状態が違ったので、今後の研究課題になった。

## SDGsに向けた 環境保全に資する伝統的継ぎ手の研究

沖縄県北中城村立北中城中学校  
1年 後藤こはづき 2年 後藤さわみこ

### 【研究の動機】

18歳の姉がこの春から「大工職人になる！」という見習い大工の道を選択した。そこで沖縄県内では珍しい釘や金物を使わない伝統構法による住宅の墨付けや切込みをする作業場を見学に行った。木材を同じ方向でつなぐ「継ぎ手」や角度のあるつなぎ「仕口」（しぐち・しぐち）をノコギリやノミなどを使って加工していた。ヒノキの香りが漂う作業場は日本の伝統・文化と世界に誇る木造建築技術が息づいていた。その一方で釘や金物を使わない仕事の本組みは機械による加工や釘・金物の併用に対して劣らないのか、地球温暖化防止や省エネなど地球環境保全の観点からメリットはあるのか、研究してみることにした。

### 【結論と感想】

木造住宅の柱・梁の継ぎ手実大寸法による強度試験の

結果は、圧縮力（柱）では釘を使う継ぎ手に比べ、釘を使わない伝統的な継ぎ手は同等、曲げ強度（梁）では約1.3倍強い値を示した。このことから、これまでなんとなく「金具を使った方が頑丈」というイメージを持っていた私たちをはじめ、専門職の大工さんでさえ予想外の結果に驚いた。

森林国・日本において循環型素材の木材が見なおされ、木造住宅が約50%を維持している一方、機械化・規格化が進む本組みには釘や金具が多用される傾向にある。木材廃材のリサイクル率は90%を超えたが、釘類を分離するためリサイクルコストは釘類なしの1.5倍～5倍もかかっている。

釘を1本も使わない伝統的な継ぎ手に再転換すれば環境保全、とりわけリサイクルエネルギー・リサイクルコストの削減に貢献し、SDGsにも合致すると考える。

## 朝顔の研究パート8 ～新しい朝顔の誕生まで②～

熊本県山鹿市立鹿北中学校  
2年 中島とあ

### 【研究の動機】

朝顔の研究をはじめて8年目になった。新しい朝顔を誕生させるため、昨年朝顔の交配実験を開始した。交配実験でできた種子を蒔き、親株からどんな朝顔が誕生するのかを調べる。また、朝顔に変異をもたらす遺伝子や遺伝のしくみについて詳しく調べてみようと思った。

### 【結論と感想】

今年は、交配種155株とそれ以外に45株の朝顔を育てた。朝顔の交配実験をして、簡単に新しい朝顔が誕生すると思っていたが、実際はそうではなかった。例えば、桔梗咲と絞り咲の交配では、絞り模様の桔梗咲の花が咲き、青色と紅紫色を交配すると、単に絵の具を混ぜるように花の色も混ざり、紫に近い色が花が咲くと思っていた。しかし、遺伝子の世界はそう簡単なものではないことが分かった。色や形を伝える遺伝子が1つ1つあり、優性に隠される劣性の遺伝子があり、遺伝子同士を組み合わせることで遺伝子のはたらきにより、それぞれの朝顔が誕生する。変化朝顔は変異した双葉を見抜く力が必要だが、野性型の花の色や双葉や並葉は全てが同じではなく、青色にも色の幅があり双葉や並葉にもいろんな形があることが分かった。今年、違いがみられなかった朝顔の中にも、変異を隠し持っているものがあるかもしれない。今年ではできるだけ多くの種子を保存し、来年種子のテスト蒔きをして変異した朝顔を発見したい。交配実験結果より、丸咲（青）と絞り咲を交配すると24株中23株から縞模様の朝顔が咲いた結果から、縞模様はも

しかすると丸咲（紅紫）と交配した場合にも縞模様が出る可能性が高いと考える。花色や模様、葉形の判断が難しいものがあり苦労したが、花卉の青色や並葉の中にもいろんな形があり朝顔1つ1つにも人間と同じように個性があることが分かった。多くの朝顔を育てて分かったことを来年の研究に活かしたい。

## メダカの研究 パート5 ～メンデルの法則の発展研究 同一染色体遺伝子の子孫への影響～

千葉県佐倉市立井野中学校  
2年 成田百花

### 【研究の動機】

小学6年生の時にメダカは他の品種同士で受精するのか、受精したらどんな子や孫がうまれるのかを調べてみたところ、ヒメメダカとクロメダカのかけ合わせでメンデルの法則に従って子や孫がうまれてくることがわかりました。そこで、雑種クロメダカ系、雑種クロメダカ系ヒメメダカ系あり、雑種ヒメメダカ系クロメダカ系あり、雑種ヒメメダカ系のそれぞれのメダカ同士で受精させたらその系統のメダカだけがうまれてくるのか疑問に思い、メンデルの法則の発展として調べてみることにしました。

### 【結論と感想】

純系クロメダカメス×純系ヒメメダカオスの子供メスと純系クロメダカオス×純系ヒメメダカメスの子供オスのかけ合わせでうまれた、クロメダカとヒメメダカの両方の遺伝子をもつメダカ同士でかけ合わせてうまれたメダカはいつもクロメダカとヒメメダカの両方の遺伝子をもっているという法則と、雑種ヒメメダカ系クロメダカ系ありのメダカ同士のかけ合わせでは、うまれる子供は全て雑種クロメダカ系ヒメメダカ系ありのメダカであるという法則を発見しました。雑種クロメダカ系ヒメメダカ系ありのメダカがうまれたのは顕性遺伝子であるクロメダカの遺伝子が強く影響していたためと考えられます。また、雑種ヒメメダカ系クロメダカ系ありの子供のメダカについては、同一染色体遺伝子をもつきょうだいからうまれたため、遺伝子に異常が発生したと思われず。

## 「トマトのおいしさの指標を探る」 ～トマトの品種と生長段階での成分と味の変化を科学する～

福島県福島市立吾妻中学校 生活科学部研究班  
1年 高野佳菜・宍戸思文・内藤咲月・浅倉直生  
2年 森松 愛・阿部涼華 3年 松谷希歩

### 【研究の動機】

新型コロナウイルス感染による食品ロスの問題とあ

わせて、本県は福島第一原発事故による風評被害で農産物は大きな痛手を負っている。風評被害の収束には地元産農産物のおいしさをいかに伝えるか、そして、特色をもった野菜等のブランド化が必要だと考える。

福島市はトマトの栽培も盛んだが、近年、高糖度トマトが注目され糖度の高さだけで消費者も選んでいるところがある。そこで、トマトのおいしさに注目した。

### 【結論と感想】

トマトのおいしさは糖度以外にも、酸味や塩味などの要素を客観的に加えて比較する方が、よりおいしさを実現しやすい。食味センサーで評価した味の違いをより簡単に測定できる方法を考えたことで実際に農家の方にも使いやすい指標を示すことができた。この指標を利用すれば農産物のPRポイントとしてだけでなく、消費者がよりおいしさを判断する1つになれると考える。

---

小学校の部

---

# キバネツノトンボの研究 2nd season

## 一成虫の生態について II

茨城県小美玉市立小川南小学校 6年 内山旬人

### 研究のきっかけと目的

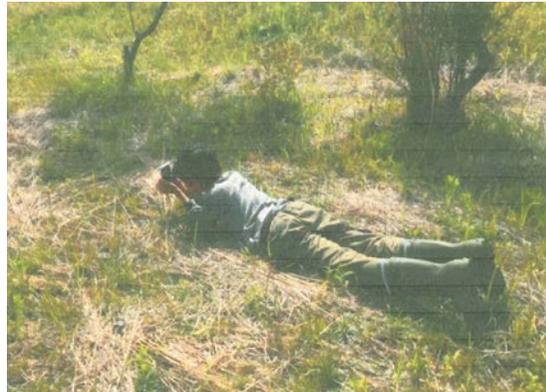
キバネツノトンボは全国的には珍しい昆虫で、16都府県でレッドリスト（絶滅危惧種）に記載されている。小美玉市には場所によって豊かに生息していて、数年前からたびたび観察してきた。2020年春、所属する「小美玉生物の会」の定例調査会で、キバネツノトンボの基礎的な生態や生活史がほとんど明らかになっていないことを知り、とても興味深く思った。昆虫班のメンバーを中心に、この虫の羽化前の姿を見たいという話になり、皆でまゆ探しをした。ずいぶん探しても見つからず、逆にいっそう興味がわき、この虫について自由研究に取り組むことにした。今回が2年目の研究になる。

前回は、キバネツノトンボの出現シーズンと、新型コロナウイルス感染拡大による休校期間とが重なり、大変充実したフィールド活動ができた。前回の連日の観察でわかってきたことを、今回は調査や実験で具体的な数値データを得ながら、再現性を含めて実証したい。生態を明らかにすることで、絶滅を危惧されるキバネツノトンボが、どのような環境を必要としているのかを考える。

### キバネツノトンボという昆虫

ツノトンボ科の昆虫は日本に5種生息し、茨城県を含む本州ではオオツノトンボ、ツノトンボ、キバネツノトンボの3種が見つかった。トンボと呼ぶがトンボの仲間ではなく、ウスバカゲロウ（アリジゴク）などの仲間だ。カゲロウ目とも別の昆虫で、不完全変態のトンボやカゲロウと違い、サナギを経て完全変態で成虫になる。

研究対象にしたキバネツノトンボは、アミメカゲロウ目ウスバカゲロウ科ツノトンボ亜科、体長22～25mmでメスのほうが少し大きめ。成虫が見られるのは4月末から6月初旬頃、分布域は多くの文献で本州、九州とされているが、調べてみたところ九州には記録も標本もないことがわかり、生息していないと考えている。肉食



フィールド活動での観察の様子

で成虫は飛行中に他の飛行中の小昆虫を捕食する。チョウのように先のふくらんだ長い触角、トンボのように大きな複眼、翅はトンボやカゲロウにも似て、翅の閉じ方はガにも似て、飛ぶ姿はハチにも似ている。全身が鮮やかな黄色と黒のツートンカラーで、翅がとても特徴的だ。前翅は基部にほんのり黄色みがさしているのみでほぼ透明なのに、後翅は黄色と黒の独特な図柄の模様で透けていない。翅を閉じた状態では、下の後翅が透けて見えている。胴体はチョウやトンボと比べ太く短く、頭から腹まで真っ黒でモフモフの毛に覆われ、脚は黄色に黒いソックスをはいているような色合いだ。オスは、おしりの先にはさみ状の突起が付いている。

昼行性、草原性の虫とされ、晴れた日中には草原上空を飛び交う姿が見られる。幼虫はアリジゴクに似ていて、アリジゴクと同様にまゆを作ってサナギになる。

絶滅の危機に瀕する虫とされるが、茨城県でも生息地は局所的で、どこにでも見られる虫ではない。水戸市、大子町、笠間市、茨城町、つくば市、牛久市、古河市、結城市などで生息記録があるが、消滅した生息地もある。小美玉市には複数の生息地、生息記録があるが、生息する場所は限られている。

### 研究の方法

前回と同じように、4月初旬から週末を中心にポイントへ行き、フィールドでキバネツノトンボの成虫や卵塊を探し、生息状況、日々の様子や活動を観察、記録した。観察結果をわかりやすく数字やデータで示せるように、

おもに以下の調査や実験を行った。また、自宅で飼育して観察し、実験も行った。

#### ●産卵から孵化までの日数の調査

前回、環境や時期によって、キバネツノトンボの産卵から孵化までの日数が変わること気がついた。今回は産卵シーズン初期から終盤まで、産卵シーンをみるなど産卵日がはっきりわかる卵塊を見つけたら、卵塊が産みつけられた植物に産卵日を書いた札を結びつけ、孵化まで何日かかるかを調べた。

#### ●産卵場所のヤラセ実験

前回、キバネツノトンボの産卵場所の好みがあったので、フィールドに絶好の産卵場所をセッティングして、そこに産ませる（産むかどうかを試す）という実験を行った（これをヤラセと呼んでいる）。

#### ●産卵する植物の調査

短く切った毛糸を用意し、シーズンを通して卵塊を見つけたら、卵塊が産みつけてある植物に毛糸を1本ずつ巻いていった。あらかじめ毛糸の本数を数えているため、残った毛糸から見つけた卵塊の数がわかる。産みつけられている植物がキバネツノトンボが最も好むメリケンカルカヤ以外だった時は、写真を撮って記録を残し、植物それぞれの数と全体の割合を出せるようにした。

#### ●卵塊の長さ（卵の数）の調査

前回、シーズンの終盤に産卵された卵塊は、それまでに見つけた平均的な卵塊より明らかに小さいものばかりだと気がついた。今回はシーズン終盤、6月20日以降に新しく見つけたまだ白っぽい（白っぽいものは産みつけられて数日以内。カラーサンプルで色の基準を決めた）卵塊すべてを撮影し、卵の数を数えた。卵塊の長さ（卵の数）の平均値は、前回の卵塊調査の数値を用いた。

#### ●飼育による観察・実験

オスとメス1体ずつのシーズン標本を採ると、摂食行動を観察する目的で、キバネツノトンボを自宅で飼育した。自然下での繁殖になるべく影響がないように、オスは繁殖期の後半に入る頃、メスは産卵期の後半に入る頃、それぞれ1～2匹を採集して自宅へ持ち帰った。標本にするのは1体ずつなので、標本にする必要がなく

#### ●今回通ったおもなポイント（いずれも小美玉市内）

	過去	2019	2020	2021	特徴
A	●	●	●	●	林を含む広い草原、メイン調査ポイントのひとつ
B	●	●	○	○	ポイントAの近隣地
C	×	○	×	○	時期によっては水没する
F	?	?	○	●	住宅地内の狭い草地、メイン調査ポイントのひとつ
G	●	?	●	○	ポイントAの近隣地
H	?	?	○	○	田圃環境内の草地、メイン調査ポイントのひとつ
S	?	?	?	○	シーズンオフのうちに目をつけていた草地、今回生息を確認できた

●=豊かに生息 ○=まあまあ生息 ○=わずかに生息 ×=生息せず ?=不明

なった個体はフィールドに逃した。また、不全個体など特徴のある個体についても、状態によっては採集し、飼育して標本とした。

前はビニール袋で飼ったが、今回はネット容器のなかにプラスチックの植木鉢を置き、土を入れてメリケンカルカヤの立ち枯れを差した飼育セットを用意した。飼育セットはときどき屋外に出したが、基本的には玄関内に置いた。餌を与える時はセットから出し、自分の机で餌やりをした。

#### ●摂食行動観察（餌やり）実験

前回、翅をつまんで空中に持ち上げ6本の脚で餌を持たせるようにすると、脚でクルクルと回しながら餌の翅や脚などの不要な部分をかじって切り捨て、丸めて食べる様子がくり返し観察された。今回も再現性を確かめるため、同じように餌やりする実験をした。

飼育期間中はなるべく毎日、長くても3日に1度は餌やりをした。昼行性なので昼間に餌やりの時間を作った。スマートフォンを固定して、餌を食べる様子を撮影した。

### 研究の結果

#### ●フィールドでの生息状況

今回、オスの初見は4月11日、メスの初見が4月20日だった。小美玉市のキバネツノトンボの成虫は4月中旬から出現し、6月下旬まで生息することが確認できた。

発生時期、生息期間とも、雌雄差があることもわかる。初めてオスを見かけてから5日ほどはオスしか見ることがないが、交尾の時期が終わる頃にオスは一気に姿を消す。その後、メスしかいない期間が1か月以上もあり、メスだけになるとほとんど目撃できない。見ることはないが、草原の卵塊が増えるので生息は確認できる。なぜ目撃できないか、草原性の虫とされるキバネツノトンボは実は、「森に帰る虫」なのではないだろうか。求愛、産卵、採餌など仕事がある時以外、草原に隣接する雑木林などの「家」でじっとしている可能性を考えている。

キバネツノトンボが草原上空を飛び交う姿が見られるのは求愛行動期間だけ、小美玉市では4月下旬から5月中旬までの3週間ほどだ。この昆虫を普通に見られる期



\*上段のラインは前回の生息状況



間は、その求愛行動期間を中心に1か月ほどしかない。

● 生息場所の観察結果

金色が広がるイネ科のメリケンカルカヤの立ち枯れがそよ草原が、キバネツノトンボの最も好む草原だ。今回も、メリケンカルカヤ立



今回初観察したオス（上・4/11）と最後に観察したメス（下・6/20）

ち枯れがほとんどを占める、金色の草原に数多く生息していることが確認できた。緑の草原や背の高い草に覆われた藪に、この昆虫はいない。

ただ、草地環境があるだけではダメで、森林と水場と草原が揃った3点セットの場所を必要とするらしい。典型的な生息地は雑木林（森林）の一部が切り開かれて草原になり、近くに池や川がある場所。このことから、キバネツノトンボが森林を家とする「森に帰る虫」である可能性が考えられる。

また、この虫の生息環境を「乾いた草地」とする文献もあるが、安定して生息しているフィールドでは地面の一部に苔が生えて生息している。草原の一部が湿地状態になっていたり、時期によって水没したりする生息地もある。

● 活動時間についての調査  
キバネツノトンボの生態で特徴的なのが、日光に非常にはっきりと反応することだ。活動時間は晴れた日の正午を中心に5～6時間ほど、活動中も日が陰ると飛ぶ姿は見られず、夕方が近づくと全く飛ばなくなる。

キバネツノトンボが森に帰る虫だとすると、高い木の一部になったかのように動かず留まることで、捕食者から身を守っている可能性もある。

成虫は、飛ぶか茎や草に垂直に留まるか、そのどちらかだけで生きている。脚は棒状のものにつかまる力に特化していると考えられる。

● 採餌・給餌  
キバネツノトンボは飛行中に他の小さな飛ぶ虫を捕らえて、飛びながら食べる。この虫にしてはどんくさい飛び方をしていて、よく見るとたいい何かを抱えている。前回の飼育では、餌をクルクル回しながら翅や脚をかじって捨て丸めて食べていたが、今回の飼育ではダンゴ状に丸めたあと食べるまでに至らなかった。

● 求愛行動・交尾  
交尾は、飛行中のメスを飛行中のオスが脚で捕まえて空中で組むところから始まる。組むのは必ず空中で、メスを捕まえたオスは地面の草などに着地静止し、尾のはさみでメスのおしりをはさんで連結する。連結したらオスはメスから脚を離して、草につかまっている。静止しからの所要時間は3～5分間のようだ。

求愛シーズンには草原上空を多くの個体が入り乱れて飛び交っていて、縄張り意識があるようには思えない。オスは餌であれメスであれ、空中で動くものをひたすら追いかけるように見える。1匹が飛び立つと周囲も次々と飛び立つ。発生初期から求愛期に入る頃、夜も草原に残っているオスが多いが、これは未交尾のオスがメスを待ちすぎた結果だと考えている。何匹ものオスが集まるように茎に留まっている状況も見られるが、そのなかにメスが1匹入っていることが多い。

● 産卵と卵・卵塊

産卵はオスが姿を消す時期とほぼ同時期、入れ替わるように始まる。オスがいると、メスは飛ばずすぐ飛びかかられ、落ち着いて産卵場所を探せないからだと思う。

卵は1mmほどの俵型で、横長の向きに産みつけられる。メスは産卵場所の植物の茎に垂直に留まると左右のどちらかから茎の裏側へおしりを突き出し、おしりを茎の中央奥から横へ動かしながら産卵していく。1個の卵を産むとおしりを手前に戻し、左右の反対側から産んだ卵の対称の位置に次の1個を産む。これを10分ほどくり返して、きれいに2列に並んだ卵塊を作る。卵塊がある茎の位置は人間のひざの高さが多く、最高で70cm、最低で15cmだった。

平均的な卵塊は長さ4cm、卵の数は55～60個ほど。産みつけられる植物の種類は何といっても、メリケンカルカヤの立ち枯れが好まれる。前回の研究では500以上の卵塊を見たが、少なく見積もってもその95%以上がメリケンカルカヤの立ち枯れに産みつけられていた。

今回はメリケンカルカヤの立ち枯れが刈り取られたポイントもあったが、それでも全412個の卵塊のうち310個、75%の卵塊がメリケンカルカヤに産みつけられていた。続いてニガナ、ブタナなどキク科の植物が計76個で18%だった。また一部文献のススキが産卵場所という記述はあるが、ススキでは6個しか確認できなかった。

今回、孵らなかつた卵は全体の5%ほどだったと思う。傷んだ卵塊にアリが来ていることが多く、孵化後の卵殻をヤブキリが食べているのを観察したので、アリやヤブキリが卵塊を食べたのかもしれない。立ち枯れが選ばれ



左右から茎の裏へ産みつける産卵の様子

● シーズン終盤に産卵された11の卵塊の卵数

日付	6/20	6/20	6/20	6/20	6/20	6/20	6/20	6/20	6/20	6/20	6/21
時間	12:58	13:18	13:18	13:24	15:23	18:21	18:25	18:44	18:44	18:53	18:05
個数	36	36	40	42	39	43	40	36	38	32	35



\*カラーサンプル4の色までは産卵後数日以内の卵塊と判断→

るのは水分が少なく変化しにくいことと、天敵を避けることが理由ではないかと思う。

またキバネツノトンボには、草がびっしり生えているところを避け、地面が見える程度にまばらな生え方をして場所を選び、産卵する傾向がある。この傾向に気がつき、前回と今回で通算4か所、産卵場所のヤラセ実験を行った結果、100%産卵させることに成功した。たとえメリケンカルカヤの立ち枯れがあっても密集して生えている場所は避けられ、開けたところの植物を選んでいくことも確認できた。その原因は、孵化したばかりの幼虫の習性にあると考えている。

孵化して殻から出た幼虫たちは茎の上へと移動し、下を向いて密集する。そこから生活の場である地面に落ちるのだが、皆がなるべくバラバラになるように、少しでも遠くへ散らばるように落ちていく。通常孵化から丸1日ぐらいの頃に（遅くとも翌々日ぐらいまでには）、体の準備が整うと軽い刺激で自ら地面へ落ちていくようだ。

● 卵塊の長さ（卵の数）の調査結果

産卵シーズン終盤の卵塊についての調査では、今回も想定どおりの結果が得られた。終盤に産みつけられた卵塊はどれも小さいサイズばかりになっていた。これは、キバネツノトンボがカマキリと同じように、メスは蓄えた精子で何度か産卵するため、最後のほうは一気に小さくなるのだと考えている。

● 孵化と初齢幼虫

産卵から孵化までの所要日数は前回、フィールドと室内で管理した卵塊とでかなりの差があった。フィールドでは22～27日だったが、室内の卵塊は19日目に孵化した。室内で孵化が早まる原因は、気温が高いせいではないか。その仮説が正しければ、卵塊が産みつけられた時期によって、孵化までの所要日数は変わるのではないかと考えた。

今回行った産卵から孵化までの日数調査の結果から、孵化までの所要日数が時期によって違うことが確認できた。産卵期に入ったばかりの初期の頃は産卵から孵化までの日数は32日ほど、それが末期では最短14日になっていて、所要日数は半分以下になる。100%予想どおりの結果で、気温が高くなるほど卵の孵化は早まっている。

研究の感想

キバネツノトンボはこれまで研究観察されてこなかったようで、その生態は不明なことも多い。この研究は、ほぼすべて新しい知見や考察といえるのではないかと思う。全国のレッドデータ担当部署、各地の博物館、自然環境センター、昆虫同好会、大学などの専門家の先生方に問い合わせながら研究を進めたところ、とても勉強になる話を聞かせていただいた。研究内容に注目していただき、自分の発見や考察に自信を深めることもできた。

九州での生息例を調べるうち、「キバネツノトンボは甲信地方周辺地域が原産である」「外来種メリケンカルカヤとともに分布を拡大している」という仮説を持つようになった。真偽が明らかになる日が楽しみだ。

指導について

この研究のベースは、小学生の、潤沢とはいえ2年間だけの、素朴な日々の「観察」です。でも、「研究」の成果である「新発見」がたくさんあったと思います。「研究」とするならばテーマを絞るべきかとも考えましたが、この昆虫に関する既存情報の現状から、また、子どもの研究ということからも、敢えて広く雑多なトピックを複合的にまとめ、生態の全体像に迫ってみました。子どもならではの、先入観に囚われない真っ直ぐなものの見方、柔らかい感性、使える時間、子どもだからこそできる、子ども時代にこそ大切な研究活動というものもあるかと思っています。自然の中には、まだまだ知られていないことがたくさん眠っています。もしも子どもが生き物に興味を持ったなら、とりあえず不用意な否定の言葉はのみ込んで、好奇心に寄り添ってみてはいかがでしょうか。一緒に野に出て、一緒にワクワク覗き込み、作業を見守り、考えを話し合い、私もとても楽しかったです。

内山えりか

審査評

キバネツノトンボは本州と九州に分布するとされていますが、生息地が限られる珍しい種類です。内山君が住んでいる小美玉市には比較的多く見られ、その有利な立地条件を生かして、彼は2020年にこのツノトンボの研究を始めました。この年は成虫の観察により生存期間、活動時間帯、食性、交尾、産卵など、これまでほとんど知られていなかった事柄を含めて非常に多くの結果を得ました。この経験を基に、2021年は事前に立てた綿密な研究計画に沿って、野外調査を主体に屋内飼育も取り入れて、成虫の生態の観察をより深めました。キバネツノトンボは生息地が限られることもあって、研究した人が非常に少なく、どのような生活をしているのかについても詳しいことはよく判っていません。内山君の研究で明らかになった多くの事実は、これまでの知見を大きく書き換え、現在16都府県で絶滅危惧種に指定されている本種の保護活動にも大いに役立つと思われる。本人も書いているように、今後は幼虫期の生態解明にも取り組まれる事を期待します。

審査員 友国雅章

# 人工心臓を作りたい！

## さんせんべん 三尖弁と遠心ポンプ作り

富山県富山大学人間発達科学部附属小学校 6年 張 契洙

### 研究の動機

小学3年生の時、人体の図鑑を読んでいて、直感的に心臓の三尖弁に興味を持った。まだ完全な人工心臓ができていないことも歴史マンガで知り、多くの子供たちが補助人工心臓を付けている写真を見た。医学の知識がなかったため、知り合いの方から『病気が見える循環器』という本を借り、小学6年生までずっと心臓について調べてきた。妹が手術と入院をくり返して、人工弁作りに取り組み始めた。取り組むうちに、遠心ポンプや右心専用の補助人工心臓も作りたくなっていった。

### 研究の目的

弁は開閉することで血液を逆流させないよう、決まった方向へ流すよう、うながす働きを持つ。心臓には、左心房と左心室の間にある僧帽弁、左心室の出口にある大動脈弁、右心房と右心室の間にある三尖弁、右心室の出口にある肺動脈弁と、4つの弁がある。

三尖弁は名前のとおり、前尖、中隔尖、後尖の3枚の弁で成り立っている。三尖弁の病気を持っている人はごく少なく、現状では三尖弁閉鎖不全症などの病気にも、左心室の僧帽弁などの治療に使われる機械弁や生体弁が取り付けられ、代用されている。

機械弁というのは、パイロライトカーボン（黒いプラスチックのような素材）で作られた平面の弁だ。生体弁は牛や豚の心臓で作られている。

補助人工心臓と完全人工心臓はもともと、心臓を完全に置き換えた永久心臓を目指していたが、トラブルが数多く起きた。現在はどちらも、心臓移植のドナーを探すまでのつなぎとして使われている。補助人工心臓は左心室に取り付けて血液を全身に送り、完全人工心臓は心室に置き換えて使われる。

この研究の目標は、①人工心臓に人工三尖弁を取り付ける。その人工三尖弁は人体にとってやさしい材質と形を選び、世界初のものにする。②拍動流遠心ポンプについても調べ、自分の手で遠心ポンプを作る。③将来、血液循環シミュレーター作りにも挑戦する。

### 実験1～4 弁の模型実験

#### ●実験1～4で理想の弁の形を調べる

人工三尖弁を作るため、弁の模型実験を行った。

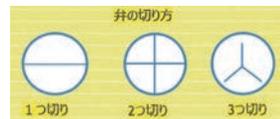
ペットボトル2個とBB弾を使って、写真のような弁の模型を作る（ペットボトルベンベン）。2つのペットボトルの間に図のように切り口を入れた平面形の大動脈弁をそれぞれ張り、弁が逆流を防ぐのかを調べた。実験1ではペットボトルに空気を送り込んだがうまくいかなかったため、実験2～3では水を使った。ペットボトルベンベンの上から水とBB弾を流し込む。水とBB弾が下へ落ちたら「順流」、ペットボトルベンベンを逆にする。弁を通して再び落ちてくるBB弾の数「逆流」を記録する。落ちたBB弾の数が多いものほど、弁としての役割を果たさず逆流していることになる。

この実験を3回ずつ行い平均を求めた結果、1つ切り59.3個、2つ切り605.7個、3つ切り510.3個だった。逆流の起こりにくさは、1つ切りと3つ切りが1位と2位だった。

実験4では平面の弁ではなく、高さをつけた円錐形の弁を作って同じ実験をしてみた。20mm、40mm、60mmと高さだけを変えた弁で3回ずつ実験し、平均を求めた結果、20mm82個、40mm7個、60mm5.7個だった。円錐の高さが高いほど、逆流を防ぐことがわかった。

そこでふたつの結果を組み合わせ、「1つ切り、40mm」「1つ切り、60mm」「3つ切り、40mm」「3つ切り、60mm」の弁を作って同じ実験4を行った。すると、「1つ切り、40mm」以外の3つは1個も逆流させなかった。

円錐形の3つ切り弁は、出口付近で3枚の向きが変わるので、1つ切りよりBB弾を順流させやすい。理想とする弁の形は「3つ切り、円錐形40mm」と「3つ切り、円錐形60mm」だとわかった。



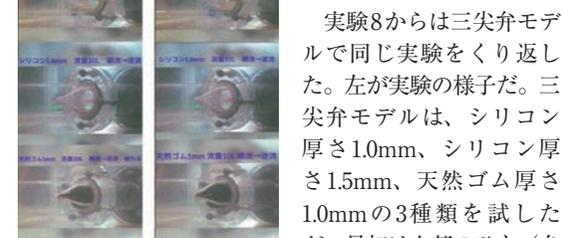
### 実験5～9 弁の素材選び

#### ●実験5～6で理想の弁の素材を調べる

実験5では、さまざまな素材の伸び方を実験器具を使って調べた。9つの素材で3回ずつ実験した結果、よく伸びたのは①シリコン（極厚）、②シリコンゴム、③天然ゴムだった。実験6では、血栓ができにくい素材を調べた。血液の油分濃度に近いグリセリン35%の水溶液の小瓶に各素材を入れ、毎日20回ずつ振る。65日後に白色血栓や黒カビが発生していないか、素材が浮かんでいるか沈んでいるかを確かめた。その結果、白色血栓と黒カビが出なかったのはビニール（浮き沈みでは浮かんでいる）と天然ゴム（沈んでいる）だけだった。つまり安心して使えるのはビニールと天然ゴムで、素材が沈んでいる（密度が高い）天然ゴムが最もよい素材だった。

#### ●実験7～9で弁の流水実験（金沢大学で実験）

ここからは弁を試作して、金沢大学の血管内再現装置で弁に流量10L/m、20L/mの水を流す実験を行った。水は弁に対して「順流」「逆流」でそれぞれ流し、弁の動きや様子を観察した。実験7では、ビニール、厚さの違うシリコン4種、ゴム手袋、シリコンゴム、天然ゴムを使った大動脈弁モデル8種類を試した。順流では8種すべての弁を開き、水を通したが、逆流を防いだのはシリコン（極厚）と天然ゴムだけだった。



実験8からは三尖弁モデルで同じ実験をくり返した。左が実験の様子だ。三尖弁モデルは、シリコン厚さ1.0mm、シリコン厚さ1.5mm、天然ゴム厚さ1.0mmの3種類を試したが、最初は上部のひも（弁の上部を引っ張り弁を閉じやすくしている）が切れたり、弁の腹が破れたりした。最終的に弁の腹を2重にした天然ゴム1.0mmの改良型が最も逆流を防ぎ、壊れることもなかった。上のひもを糸に変えたシリコン1.0mm改良型4も壊れることなく逆流を防いだ。



シリコン1.0mm改良型4も壊れることなく逆流を防いだ。

### 実験10～12 遠心ポンプ作り

続いて、人工三尖弁を取り付ける遠心ポンプ作りに取り組んだ。遠心ポンプの羽根車のことを、インペラという。実験10では羽根の枚数が1～5枚と異なるインペラをモーターにそれぞれ取り付け、水槽に沈めて回転数

を比べた。拍動（収縮、弛緩をくり返す動き）が起こせるかどうか観察したが、インペラの枚数を変えても拍動は起こらなかった。最後に金沢大学で、遠心ポンプを動かす実験12を行った。まず、右心室の最高・最低血圧と血流の条件をもとに、ポンプの回転数を決めた。右心血圧は左心の1/5として計算し、ポンプの回転数を5000rpm（1分間に5000回転）とした。ポンプの流量は、 $Q=5L/m$ で71.4mlを0.05秒RR間隔（心臓のドクンクンの間の一部分）で送ることにした。ポンプの出口角度は30度、排出口径15mm、インペラは6枚とした。6枚にしたのは、金沢大学の木綿隆弘先生の助言からだ。

ステッピングモーターを取り付けて遠心ポンプを動かしたところ、水圧が低くなり、回転数が1300rpm以上に上がらなかった。だから今回の遠心ポンプ作りは目標達成度でいうと、右心用ポンプとインペラの設計は完成し、目標達成した。ただ遠心ポンプは、動かせなかった。

### 指導について

ジュニアドクター育成塾4期生として約5カ月間、月に2～3回大学に来て研究を進めました。自宅で人間の心臓の「三尖弁」のことを専門書やWeb等で調べてノートにまとめ、報告してもらっていました。実際の弁は小さいため、製作と観察のしやすさを考えて拡大した弁を設計し、3Dプリンターで弁の外枠等を製作しました。逆流により弁膜が右心房に反転して入り込まないためのひも状の糸を支えるブリッジ構造を張君が提案し、実際に近い弁構造が実現できました。流動実験において、水道水で順流と逆流の脈動流を作り、三尖弁の機能をビデオカメラで観察し、弁膜の最適な材料を選ぶことができました。さらに、遠心式ポンプの回転数を制御することを提案し、脈動を発生させる人工心臓ポンプの設計製作にも取り組みました。人工心臓の技術を自分なりに調べ、実現させようとする意欲から新しい発見・発明が出てくる今回取り組んだ研究から感じました。石川県金沢大学 理工研究域 機械工学系 教授 ジュニアドクター育成塾指導教員 木綿隆弘

### 審査評

小学3年生の時から人体の図鑑を読んで心臓の「三尖弁」に興味をもち、「三尖弁狭窄症」などの病気を解決したいという意気込みで感動しながら論文を読みました。医学の知識を学ぶのに3年もかかったとありましたが、研究の目標を①人工心臓に人工三尖弁を取り付けること、そのために人体にやさしい材質と形を調べること、②拍動流遠心ポンプ作り、さらに③血液循環シミュレータを試作すること、と明確に定めて進めていることに感嘆しました。ウェブマップを作製して進捗のプロセスを明らかにして進めていること、さらに絶えることなく実験・実証を進め、その過程では大学の専門家への質問を行い、適切なアドバイスを受けて成果を得ていること、こうした「他の方の力を引き寄せること」も研究者としては大事な資質といえます。結論として、天然ゴム2枚張りの膜による人工三尖弁が最も性能が高く、遠心ポンプ作りにおいてケース・インペラの設計まで行うなど、工学的な視点からの今後の研究の進展に期待が高まります。審査員 小澤紀美子

## 考えるカエル

## —アマガエルの個体差のデータ分析—

東京都聖徳学園小学校 5年 松山耕大

## 研究の動機

夏休みの初めに家族と遊びに行った軽井沢で、アマガエルと出会った。両親は反対したが自由研究をしたいと言い張り、自宅へつれ帰ることができた。20匹以上のカエルの世話は大変だったが、観察していると、人工餌にチャレンジするカエルとそうでないカエル、ケースの天井の隅っこに行きたがるカエル、水風呂につかるのが好きなカエルなど、個体差があることに気づいた。

今回の研究ではカエルの個体差、特に慎重派と冒険派の性格の違いに注目した。高いところからジャンプして飛び出す前、カエルにはしばらくじっとしている時間がある。この時間を「カンガエルタイム」と名づけた。気温や気圧、湿度など周囲の環境情報を集めて、飛び出すかどうかを考えている時間だと思う。カエルがジャンプするまでの時間を個体ごとに数値化し、その性格を判定しようと考えた。

## アマガエルの基本情報

## ● わが家のカエルたち

ニホンアマガエルはアマガエル科アマガエル目の両生類で、日本では最も広範囲に分布している。田んぼや湿地、木の上に生息（樹上性）し、繁殖期は4～7月。オス22～39mm、メス26～45mm、子ガエル12mmほどで、鼻先から耳（鼓膜）まで延びる黒い帯状の模様がトレードマークだ。皮膚には毒がある。低気圧が近づくと、オスはノドの下にある鳴嚢をふくらませて「ゲッゲッゲッ」と大きな声で鳴く。

わが家のカエルのうち大人のオスは、体長40mm「大ボス」（大きめコオロギヤピンセットでつかんだミルワームの死がいなど何でも食べるが、人工餌は食べない）、体長29mm「中ボス」（すぐに隠れたがる）、体長29mm「小ボス」（怖がり水風呂につかっていることが多い）の3匹だ。大人のメスは体長30mm「松」（落ち着いている）、体長25mm「竹」（鳴嚢を



鳴嚢をふくらませるわが家の「大ボス」

少しふくらませたのでオスの可能性もある。すぐにケースから出ようとする）、体長33mm「梅」（あまり動かず、じっとしている）の3匹だ。子ガエルは「A」から順にアルファベットの名前をつけ、「K」まで11匹を実験で使った。実験中の小ガエルは個別のケースで飼育した。

## カエルの個体差を調べる実験

## ● カエルの慎重さを調べる実験（屋内編）

実験名を「筒から出てきてジャンプ選手権」とした。真っ白で大きな紙と、不透明なプラスチックの丸い筒を用意し、カエルを白い紙の上に置く。カエルの上からかぶせるように筒を立てる。筒は不透明なので、隠れていたければカエルはそのまま隠れることができる。筒の外へ出たければ筒の上端まで上って顔を出し、勇気を出してジャンプするだろう。筒をかぶせてから上端に顔を出すまでの時間と、上端からジャンプする時間を各カエルごとに計測した。筒から顔を出さない場合や、筒の上からジャンプしない場合はタイムアウトの時間を決めて、その時間が経過したところで失格とした。

最初は子ガエル6匹A～Fで、日時を変えて5回の選手権を行った。すると、必ずジャンプするカエルがいる一方で、毎回失格になるカエルがいることがわかった。結果を分析するため、筒をかぶせてスタートしてからジャンプするまでにかかったトータルの秒数で、子ガエルごとに平均タイムを出した。顔出ししない場合（5分で失格）やジャンプしない場合（6



ジャンプする前の「カンガエルタイム」

## ● 子ガエル G～K の「筒から出てきてジャンプ選手権」(分秒)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
G	0'08"	0'20"	0'28"	0'11"	0'10"	0'30"
	4'18" (4'10")	4'00" (3'40")	失格	失格	2'55" (2'45")	3'43" (3'13")
H	0'05"	0'26"	0'14"	0'13"	0'04"	0'12"
	0'17" (0'12")	失格	失格	1'47" (1'34")	0'26" (0'22")	2'38" (2'26")
I	0'32"	1'30"	0'20"	0'27"	0'18"	5分間失格
	失格	5'24" (3'54")	1'02" (0'42")	失格	0'41" (0'23")	
J	0'14"	0'20"	0'14"	0'07"	0'07"	0'10"
	2'20" (2'06")	3'02" (2'42")	1'56" (1'42")	0'44" (0'37")	1'34" (1'27")	1'16" (1'06")
K	0'12"	0'06"	0'12"	0'20"	0'20"	0'18"
	0'25" (0'13")	0'23" (0'17")	0'34" (0'22")	0'42" (0'22")	0'41" (0'21")	0'30" (0'12")

\*上が筒をかぶせスタートしてから上端へ顔を出すまでの時間、下はスタートからジャンプするまでトータルの時間、( )内は上端でのカンガエルタイムの時間、青字はジャンプせずに筒の外側を伝って下へ降り始めたことを意味する

## ● 大人ガエルと子ガエル8匹の「校庭の中で自由に動き回り選手権」の結果

実験開始日時	8月14日15時			8月21日15時30分			8月22日15時			8月28日15時			
天気 気温 湿度	雨 24℃ 85%			曇ときどき晴 34℃ 60%			晴ときどき曇 40℃ 41%			晴 44℃ 30%			
測定内容	ジャンプ	校庭端	移動距離	ジャンプ	校庭端	移動距離	ジャンプ	校庭端	移動距離	ジャンプ	校庭端	移動距離	
大	竹 冒険派	約5分	約10分	22歩	15分間ジャンプせず失格		2分1秒	5分35秒	29歩	2分55秒	6分31秒	41歩	
	松 慎重派	約5分	約10分	30歩	約4分	約10分	32歩	15分間ジャンプせず失格			3分33秒	13分50秒	45歩
人	小ボス 冒険派	記録忘れ	6分30秒	39歩				1分52秒	7分24秒	26歩	4分42秒	15分失格	33歩
	梅 慎重派	約1分	8分30秒	42歩				5分21秒	10分18秒	28歩	3分45秒	9分30秒	43歩
子	K 冒険派			約7分30秒	約20分	43歩	6分18秒	20分	50歩				
	E 慎重派			15分間ジャンプせず失格			15分間ジャンプせず失格						
	B 冒険派						2分23秒	10分8秒	21歩				
	C 慎重派						4分48秒	20分失格	16歩				

\*「ジャンプ」は実験開始からジャンプまで、「校庭端」も実験開始から校庭端に到達するまでの時間、赤字は移動を始めたのに容器へ戻ったり逆方向へ進んだりした例

分で失格)もそれぞれ800秒、500秒と記録を与えて平均を出した。次に子ガエル5匹G～Kで、今度は同じ日に6回の選手権を行い、同じ方法で測定結果の平均タイムを出した。こうして集めた子ガエル11匹の平均タイムを比べると、すぐにジャンプする冒険派と、なかなか動かない慎重派とははっきり分かれ、子ガエルにも性格の違いがあるとわかった。

最後に大ボス以外の大人ガエル5匹で、日を変えながら3回の選手権を行った。大ボスの不参加は大きすぎて筒へ入らなかったことが原因だ。同種の方法で平均タイムを出したところ、平均時間が241秒の竹と275秒の小ボスは冒険派、ともに700秒だった中ボスと松、800秒だった梅は慎重派と、やはり性格が分かれていた。

## ● カエルの慎重さを調べる実験（屋外編）

実験名を「校庭の中で自由に動き回り選手権」とした。屋内実験で判定した冒険派と慎重派のカエルを1匹ずつ計2匹、水を入れたプラスチック容器（口径11.5cm、高さ15cm）に入れる。プラスチック容器を聖徳小学校の校庭中央に置き、それぞれのカエルが容器からジャンプするまでと、ジャンプしてから校庭端まで移動するまでの時間を計測した。計測はカエルから見えないように注意しながら行い、移動した場合は移動距離も測定した(僕の歩数)。冒険派のカエル4匹、慎重派のカエル4匹、どちらか判別していないカエル2匹で実験したのだが、そのうち8匹の結果が上の表だ。

## 実験結果からの考察

屋外での実験では予想に反し、天気の違いでカエルの移動する距離はあまり変わらなかった。カエルはなぜ炎天下でも動けるだろうか。カエルは飼育ケースの中で水風呂につかる時、いつも水風呂にお尻だけをつけている。その姿勢で水を直接、体内に取り込んでいるのではないかと考えた。調べると、カエルは尿を膀胱にためて水筒代わりにしているという説があるようだ。

また、屋内実験で判定した性格は、屋外実験でもほぼ

そのまま表れた。例外もあったが、特に屋内実験をくり返して性格を判定した子ガエルは、屋外でも冒険派は冒険派、慎重派は慎重派だった。

## 指導について

毎年異なる生き物を題材に自由研究をしてきました。今年のはアマガエルを対象にすると決め、当初は皮膚の色が変化する要因を探りたいと本人は意気込んでいたのですが、観察を続けていると、色の変化の仕方や、好みの居場所、エサの食べ方などに個体差があることに気づき、その中でも本人が興味を持ったのがジャンプする前のじっとしている時間でした。ちょうどオリンピックが開催中だったこともあり、カエルが筒から飛び出すまでの時間をストップウォッチで計測することが楽しかったようで、繰り返し実験に取り組んでました。指導する側としては、データをまとめる際に、計測した記録をどのように点検すればいいかをアドバイスしました。また予想と反する実験結果もありましたが、全てを記録し、自分なりに考察するように指導しました。審査員の先生方に研究内容を評価いただいたことに、心から感謝申し上げます。

松山拓郎

## 審査評

20匹以上のアマガエルを飼育していく中で、チャレンジ精神旺盛なカエルと、新しい場所やえさには興味を示さないカエルがいることで「個体差」について興味をもったのです。その分類例として「慎重派」と「冒険派」としたところが、作者の感性と対象となる生物への愛着を感じます。どのような行動分析により類別するのかを注目したところ、筒の中を通過高いところ上り、そこからジャンプして飛び出すまでの時間を測定しました。躊躇しているかのように見える時間を「カンガエルタイム」とした点が、小学5年生らしいユニークな発想ですね。カエルが飛び出そうかどうかを本当に考えている時間だったのかについては判断が難しい点ですが、不思議と納得できます。結果として、慎重派と冒険派がほぼ同数いたことには驚きました。また、この結果と、屋外で自由に動き回れるかどうかの実験結果が一致している点も興味深かったです。大人顔負けの高度な知識や技能を駆使した研究が多数ある中で、小学生らしい目線でアマガエルの生態に迫ろうとした等身大の研究であることに好感をもちました。 審査員 田村正弘

## おじぎ草 4

## ～感覚をまひさせることによるしげきへの反応～

岐阜県岐阜大学教育学部附属小中学校 5年 岩田康誠

## 研究の動機

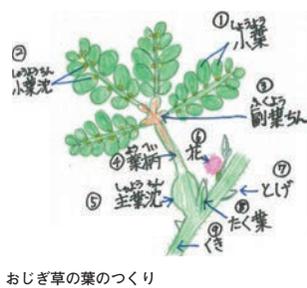
さわるとパタパタと葉を閉じる様子が面白く、小学2年生の時からおじぎ草の研究を始めた。今回は第4弾の研究になる。さまざまな刺激におじぎ草がどう反応するのか、研究第2弾までにたくさんの実験をした。その結果、おじぎ草は刺激を受けると反応するけれど、自然界で当たり前の雨や風、虫による刺激にはあまり反応しないことがわかった。特に興味深かったのは、雨への反応だ。水への反応を確かめる実験の最中に、雨が降ってきた。すると水の刺激では葉が閉じていたのに、水の刺激がなくなり雨粒が当たるだけになると葉は開いた。そこで研究第3弾は、雨がおじぎ草にとって刺激ではないのかを調べてみた。その結果、おじぎ草にとって雨は、葉を閉じるための刺激ではないことがわかった。

刺激について考えるうち、もしおじぎ草に刺激された感覚がなかったら、と思うようになった。研究第4弾の今回は、おじぎ草の感覚をまひさせる実験を行った。

## おじぎ草の基本情報

マメ科ネムノキ亜科のおじぎ草は、南アメリカ原産の植物だ。夜に葉を閉じることから、ねむり草ともいう。沖縄県など亜熱帯、熱帯地方では野外で繁殖し（雑草状態）、夏に薄紅色の花

が咲く。さわると葉が閉じてたれ下がるため、おじぎ草と呼ばれている。1枚の葉は4つに分かれ、4つそれぞれに小さな葉が向かい合っ



おじぎ草の葉のつくり

## 実験①～④

今回の研究テーマは「おじぎ草の感覚をまひさせることによる刺激への反応」だから、どんな方法でおじぎ草をまひさせるかを考えた。その結果、実験①麻酔効果に

より感覚をまひさせる、実験②しびれにより感覚をまひさせる、実験③酸素量を減らして酸欠状態にする、実験④冷たさにより感覚をまひさせる、を行うことにした。

## ●実験①麻酔効果により感覚をまひさせる

薬局で買える「キシロA軟膏」（局所麻酔剤リドカイン配合の殺菌消毒薬）と「ワセリン」（ただの保湿クリーム）を用意した。もし「キシロA軟膏」を塗った葉だけが刺激に反応しなかった場合、麻酔成分の効果が出たと判断する。「キシロA軟膏」と「ワセリン」それぞれをおじぎ草の葉に塗った後、葉に刺激を与えて反応を確かめる実験を5回行った。その結果、「キシロA軟膏」を塗った葉だけが、刺激に反応しなかった。「キシロA軟膏」での実験結果は下表のとおりだ。

	方法	葉を刺激した結果	反省点
1回目	チューブから直接葉にたっぷり塗る	反応なし	軟膏のつけすぎで葉同士がくっついた
2回目	葉の一部にはけて塗る	反応はバラバラ	軟膏を塗った瞬間に葉が閉じるので全体に塗れない
3回目	葉の表だけにはけて塗る	あまり反応しないが、強くさわると動く	裏側にも塗るべきだった
4回目	葉の表裏にはけて塗る	ほとんど反応なし	—
5回目	葉の表裏と副葉ちゃんにはけて塗る	反応なし	—

実験①から、麻酔効果でおじぎ草はまひし、刺激に反応しなくなることがわかった。実験を行った日の夜、「キシロA軟膏」をに塗った葉だけが閉じていなかった。次の日も「キシロA軟膏」を塗った葉は全く反応せず、3日目に枯れてしまった。「キシロA軟膏」を塗ってから時間が経ったほうが麻痺する効果は高まり、その効果は2日間ほど続いていた。

## ●実験②しびれにより感覚をまひさせる

タバスコが出しているソースのなかで最も刺激が強い「スコピオンソース」を用意した。どの程度の辛さかというと、タバスコ「オリジナルソース」の辛さ指標が2500～5000なのに対し、「スコピオンソース」は2万3000～3万3000と、10倍の刺激だ。

1回目の実験ではソースを葉にかけた瞬間、ソースがかかったところだけ葉が急激に閉じ、だらんとたれ下がった。葉はそのまま開くことなく、翌朝には枯れてしまった。

2回目の実験ではソースを直接かけるのではなく、筆で塗ることにした。葉Aの葉へい部分、葉Bの副葉ちゃん、葉Cの葉の表に筆でソースを塗り、10分後にそれぞれの葉を刺激したところ、葉が閉じた。確認のため、葉Dの葉へいと葉Eの副葉ちゃんに今度はたっぷりソースを塗り、それぞれ24分後に葉を刺激したところ、ゆっくり

閉じた。葉の表にソースを塗ったCは枯れてしまった。実験②から、辛さの刺激でおじぎ草の葉はまひしないこと、刺激が強すぎて葉が枯れることがわかった。

## ●実験③酸素量を減らして酸欠状態にする

酸欠状態は次のように作った。おじぎ草の鉢を網状のプラスチックケースふたつで上下から囲むようにし、おじぎ草がつぶれないようにする。プラスチックケースごと布団圧縮袋に入れ、掃除機で空気を抜いた。

最初の実験は空気を抜く作業をしているうちに振動で葉が閉じてしまい、そのまま開かなかった。刺激の与えようがなく失敗してしまった。2回目の実験は通常なら葉が閉じる夕方の時間に行ったため、結果を確定できなかった。最終的におじぎ草の葉がよく開いている午前11時30分から実験を始めることにし、葉が開いているのを確認してから掃除機で空気を抜いた。その状態のまま針金を使って葉の先をさわって、葉



針金を使って葉に刺激を与えている様子

の先をたたき、葉の中央をさわって、副葉ちゃんをたたき、葉へいをたたいたが、反応はなかった。さらに、反応しない状態がどれくらい続くのか、追加実験で確かめた。酸欠状態で反応しなくなったおじぎ草の鉢を圧縮袋から出し、時々刺激を与えて反応するまでの時間を計測した。

実験③から、おじぎ草は酸欠状態になると感覚がまひして刺激に反応しなくなること、そして感覚のまひは3時間ほど続くことがわかった。

## ●実験④冷たさにより感覚をまひさせる

氷を入れた発泡スチロールの箱を用意した。箱の中におじぎ草の鉢を置き、鉢の土の上にも氷を載せ、副葉ちゃんも上と横から氷で冷やすようにする。それから実験対象の葉を決めて、葉を保冷剤に載せるようにし、葉の上には氷を置いて挟んで冷やした。10分後に氷はずすと、氷が載っていたところだけ葉が開いたままだった。開いた葉に指で刺激を与えたが、反応しなかった。

実験④から、葉を保冷剤と氷で挟むと、おじぎ草はまひして刺激に反応しないことがわかった。氷だけで冷やした場合もゆっくりとしか反応せず、ある程度はまひさせることができた。ただ、まひ状態は長くても1時間ほどしか続かなかった。

## 研究のまとめと感想

おじぎ草をまひさせる効果が高かった方法を順番に並べると、1位が麻酔（効果は2日ほど）、2位が酸欠状態（効果は3時間）、3位が冷たさ（効果は長くても1時間ほど）となる。ただ、実験直後の反応の顕著さで順位をつける

と、酸欠状態、冷たさと続き、麻酔は3位になる。今回、最も興味深かったのは酸欠状態の実験だった。あまり効果を期待していなかったのに、結果に驚いた。高山の空気が薄い場所や、宇宙のように酸素がない空間では、おじぎ草はどうなるのか。それを知るには、おじぎ草が葉を動かす仕組みを詳しく調べる必要があると思う。おじぎ草は水分移動で葉を開閉すると本にあったが、水分移動というより、人間の神経のような役割の何かがあると考えたほうが自然で、納得ができた気がした。

今後は今回の実験で効果を確認したのを使い、もっといいい実験したいと思う。



## 指導について

小学校2年生の時、ホームセンターのレジの横で見つけた動く植物。それが面白くて始めた研究が、今年で4年目となりました。「なぜ動くのか」「どういう時に動くのか」にこだわり、1つ1つの疑問を解決するように、毎年実験を繰り返してきました。昨年の「雨は刺激ではないのか」の研究では、雨の中ストップウォッチを持ち、ずっと観察を続けていました。今年の「おじぎ草の感覚を麻痺させたらどうなるのか」は、地道な観察をしている時に思いついたようで、個人では研究のための満足な道具がそろわない中、今ある環境で出来る、最大限の方法を考えながら取り組む実験となりました。その中で、本に書かれている事に疑問を持ち、自分の考えを導き出したことは、素晴らしい成長で成果だったと思います。子どもと同じ目線で、一緒に悩み考え驚き喜んだ研究が、今回3等賞という名誉な賞をいただくこととなり、私共親子にとって人生の宝となりました。 岩田香織

## 審査評

この研究はオジギソウの葉の運動についての実験・観察で、研究を始めてから4年目の成果をまとめたものです。オジギソウの葉の運動はすでにギリシヤ時代に観察記録が残されているようですが、その仕組みの科学的な解明は最近になって急に進んでいるものの、まだ完全にわかってはいない興味深い問題といえるでしょう。4年目のこの研究では、オジギソウの反応を、麻酔薬、低酸素、低温といった条件により麻痺させることができるかどうか、またその麻痺が回復するかどうか実験して観察しました。それぞれの実験において、疑問に対してよりはっきりと答えが得られるように工夫して進めていることは高く評価されます。オジギソウの反応には、1)刺激を受け取り、2)その信号を運動部分である葉枕まで伝え、3)葉枕で膨圧運動を起こすという少なくとも3つの段階がありますが、麻酔効果はどの段階に働いているのか、より細かく調べることができればさらに発展すると思います。

審査員 邑田 仁

# よく飛ぶストロー飛行機を作ろう！ 調べよう！ 6年目

山形県酒田市立鳥海小学校 6年 池田蒼空 池田滯央

## 研究の動機と前回まで

小学1年生の時、ストローの両側にリング状の羽根を付けただけのストロー飛行機がよく飛んでいることに興味を持ち、この研究を始めた。1年目は基本のストロー飛行機を作って飛ばし、10回の平均で3.16mの飛行に成功した。2年目からは前後の羽根のバランスを変えたり、羽根の素材をさまざま変えて試したりして研究を重ね、4年目には100回平均で9.20m飛ぶようになった。前回の研究では実験の精度を上げるために発射台を製作し、高さ、角度、動力の強さの条件を固定させることに成功した。さらにストロー3本の飛行機が安定して飛ぶことも突き止め、製作した発射台1号機を使った30回平均で16.35m飛ばすことができた。



## 今回の研究内容

前回、青森県立三沢航空科学館で、よく飛ぶストロー飛行機には揚力（浮く力）と推進力（前へ進む力）のバランスが必要だと教えていただいた。今回は、ストロー飛行機の揚力と推進力が、飛び方にどう影響を与えるのか、研究したいと思った。

そのためには、より性能が高い発射台が必要だった。1号機は初速平均40km/h台を安定して出すことができる。しかしそれ以上を出そうとすると、数回でゴムが切れてしまう。そこで、初速平均60km/h台が安定して出せる発射台2号機を作製した。①土台を1号機より長く作ってゴムを引ける距離を延ばしたこと、②三脚2台で土台を支えたことが、1号機との大きな違いだ。



今回作成した発射台2号機

## 実験1～2

### ● 基本の実験1

ストロー飛行機に揚力が本当にあるのかどうかを確認するため、実験を行うことにした。実験に使うのは、重さ5.5gのストロー3本の飛行機だ。ストロー飛行機と比較するため、同じ5.5gのストローロケットも用意した。ストローロケットは1本のストローの端にテープを巻きつけて重さ5.5gにしたもので、羽根はないが発射台から発射することができる。そして今回はすべての実験を動画撮影し、飛行軌道や落下までの秒数を検証した。



実験1ではまず、ストロー飛行機とストローロケットを両手に持ち、発射台と同じ高さ1.4mから同時に落下させた。床に落ちるまでの時間を10回くり返して計測した結果、どちらも10回すべて0.60秒だった。

この結果から、ストロー飛行機本体には揚力がないことがわかる。

ストロー飛行機本体に揚力はないのだから、飛ばすことで揚力が発生するという仮説を立てた。この仮説を検証するため、ストロー飛行機とストローロケットに同条件で推進力を加えて飛ばすことにした。ストロー飛行機の飛距離がストローロケットよりも長ければ、ストロー飛行機に揚力が発生することが証明できる。

発射台1号機を使用して、角度0度、高さ1.4m、初速平均33.87～34.93km/hでストロー飛行機とストローロケットをそれぞれ30回ずつ飛ばしてみた。30回の平均値が、下の表だ。

実験の種類	ストロー飛行機			ストローロケット		
	落下時間	飛距離	初速	落下時間	飛距離	初速
落下実験	0.60秒	—	—	0.60秒	—	—
発射実験	2.07秒	15.63m	33.87km/h	0.60秒	6.70m	34.93km/h

ストローロケットは上昇するような飛び方ではなく、発射後、少しずつ落下していった。発射台で推進力を加えても、落下させた時と同じ0.60秒で落下、発射後から落下するまでの速度はほとんど変わらない。

ストロー飛行機は発射後、少し下降し、その後2mくらいの高さまでゆるやかに上昇してから落下した。推進

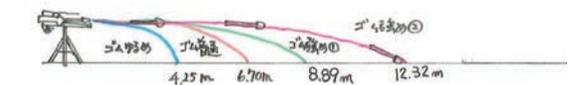
力を加えずに落下させた時の0.60秒より長時間飛行し、発射から落下まで速度が少しずつ遅くなっていた。推進力を加えることでストロー飛行機はよく飛んでいるが、ストローロケットはあまり飛ばなかった。以上の結果、発射台から発射して推進力を加えたことで、ストロー飛行機が揚力を得たことが証明できた。

### ● 推進力を変えて調べる実験2

揚力が推進力によって生まれるのなら、より遠くに飛ばすには推進力がカギになるのではないかと考えた。発射台のゴムの張り方を変えることで推進力が変えられるので、角度0度、高さ1.4mは固定して、初速平均20km/h台の「ゴムゆるめ」と、実験1でも使用した基準となる初速平均30km/h台の「ゴム普通」、さらに発射台2号機でゴムを強く張った初速平均50km/hの「ゴム強め①」、発射台2号機で最も強くゴムを張った初速平均60km/h台「ゴム強め②」の4パターンで、ストロー飛行機とストローロケットを飛ばす実験を行った。全パターンでストロー飛行機、ストローロケットの飛行をそれぞれ30回ずつ試し、出した平均値が下の表だ。

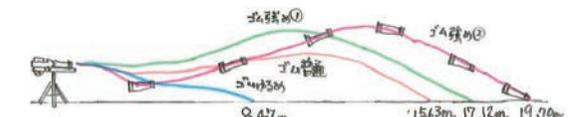
実験の種類	ストロー飛行機			ストローロケット		
	落下時間	飛距離	初速	落下時間	飛距離	初速
ゴムゆるめ	1.14秒	8.47m	23.10km/h	0.60秒	4.25m	23.57km/h
ゴム普通	2.07秒	15.63m	33.87km/h	0.60秒	6.70m	34.93km/h
ゴム強め①	2.47秒	17.12m	52.70km/h	0.70秒	8.89m	50.00km/h
ゴム強め②	2.74秒	19.70m	64.27km/h	0.70秒	12.32m	63.13km/h

実験でのストローロケットの飛び方は、次のようなものだった。



ストローロケットはゴムを張るほど遠くへは飛ばが、上昇するような飛び方ではなく、必ず発射台から少しずつ落下していく。単に落下させた時とほぼ同じ0.60～0.70秒で落ち、揚力は働いていない。発射から落下するまでの速度はほとんど変わらなかった。

続いてストロー飛行機の飛び方は、次のとおり。



ストロー飛行機はゴムゆるめの場合、発射後に少し下降し、その後やや水平に飛んでから落下した。ゴム普通は発射後に少し下降し、その後2mくらいの高さまでゆるやかに上昇して落下した。ゴム強め①は発射後水平に飛行し、その後3mくらいの高さまで急上昇して落下した。ゴム強め②は発射後に急下降したがその後3.5mほどの高さまで急上昇し、落下した。ゴム強め②の急下降は初速に羽根が耐えられず、変形した可能性が考えられる。

## 研究のまとめ

ストロー飛行機は推進力を得ることで揚力を働かせ、上昇する力を得ていた。推進力が大きくなり、揚力が地球の重力を上回るとストロー飛行機は上昇を続ける。ジェット機が離陸する時と同じ状態だ。推進力が一定で揚力と重力がつり合った状態の時、ストロー飛行機は上昇も下降もせずに高度を維持する。ジェット機の水平飛行と同じ状態だ。推進力が小さくなり、揚力が重力を下回った時、ストロー飛行機は下降して落下する。ジェット機が着陸する時と同じ状態だ。ストロー飛行機がより長い距離を飛ぶためには、揚力と重力がつり合った状態を長く保つ必要がある。6年目の研究となった今回、ストロー飛行機の30回平均飛距離は最長の19.70mとなった。

## 指導について

小学校1年生の時に科学館で見たストローの両端にリング状の羽根を付けた機体。なぜこの形状の機体が飛ぶのかと疑問を持ち、親子で研究に取り組んできました。6年継続し研究していますが、謎は深まるばかりで毎年夏休みの研究を終える度に新たな疑問が湧いてきます。

理数系が得意ではない私は、子供たちと一緒に考え、一緒に学び、家族のコミュニケーションの一環として楽しく研究を続けられたことを嬉しく思います。研究を続ける中で父と発射台の製作を行ったり、エクセルで表計算を用い平均値を出したり、動画編集ソフトから飛行軌道の描写や落下までの秒数を求めたりと、新しいことにどんどんチャレンジし大きく成長した2人の姿をととても頼もしく感じました。

この度このような素晴らしい賞を頂いたことは、2人にとってとても貴重な経験となり、今後の糧となることと思います。研究を応援しサポートして下さい先生方始めご指導いただいた皆様に感謝申し上げます。 池田佑子

## 審査評

ストロー飛行機とは、ストローの両側にリング状の羽根をつけたものである。簡単な装置にも拘わらず、これがとてもよく飛ぶことに興味を抱き、何年間にもわたり、このテーマ一本に絞って研究してきた結果についての作品です。羽根の素材、前後のバランス、条件を固定するための発射台の製作などについては前年に研究しています。今回は、揚力、推進力に注目して実験を繰り返し、飛行距離の測定にとどまらず、動画を撮影して飛行軌道なども調べています。

6年間の研究の結果、当初3m位しか飛ばなかったストロー飛行機が今では20m近くも飛ぶようになりました。どんな研究でも熱意をもって継続してこそ良い結果にたどり着くものです。本作品はその典型だと思えます。

審査員 秋山 仁

# 花粉の研究

## —花粉の観察と発芽及びスギ花粉の飛散調べ—

茨城県小美玉市立堅倉小学校 1年 中山佳穂 4年 中山咲季

### 研究のきっかけ

小学1年生の春先に、スギの木の下を通った時、枝から白い煙のようなものが出ていた。何だろうと思って枝を少し持ち帰り、顕微鏡で観察するとたくさんの粒のようなものが見えた。また別の日に、庭に咲いていた花にさわった時、指先に黄色い粉がついた。これも顕微鏡で調べてみると、丸い粒がたくさんあり、なかには芽のようなものが出てくるものもあった。次々と他の花も調べるとだんだん面白くなって、この研究を続けることにした。今回は妹が小学生になったこともあり、姉妹で力を合わせて研究した。

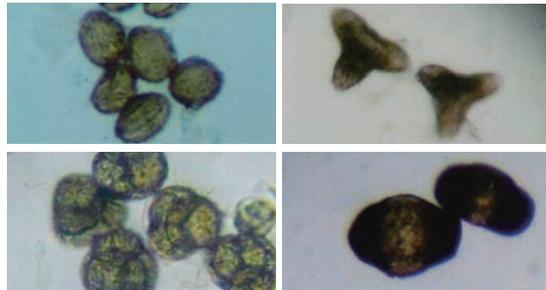
研究の柱は3つで、どれも顕微鏡を使った観察結果をまとめている。研究①は、さまざまな花の花粉の形を観察した。花粉は水や濃度の違う砂糖水に入れると発芽することがあるが、研究②ではその発芽状況を観察した。研究③は、スギ花粉の飛散状況を調べた。顕微鏡観察に使うスライドガラスは厚さ1mmの透明アクリル板を縦7cm、横2cmに切って作り、カバーガラスはスーパーなどで売られる薄いタッパーを1cm角に切って作った。

### 研究①

#### ●研究①「いろいろな花の花粉調べ」の方法

2021年3月1日のウメ（白）に始まり、8月20日のテッポウユリまで、その季節に咲く172種類の花の花粉を観察した。スライドガラスにスポイトで水を1滴たらし、対象の花粉を水につけ、カバーガラスで覆ってプレパラートを作る。作ったプレパラートを顕微鏡で観察する。花粉の形や大きさ、色などを観察用紙にスケッチし、写真も撮影した。観察用紙にはわかったことを記録し、写真を貼った。

記録はきちんと残り、観察したプレパラートはアルコール消毒して日に



左上から時計回りに、まるい形、テトラポット形、風船形、シャボン玉形の花粉

ちごとに整理した。ふたりとも誕生日にももらったカメラを持っているので、機会があるごとに草花の写真を撮った。撮った写真は、スケッチブックに貼った。

#### ●研究①「いろいろな花の花粉調べ」のまとめ

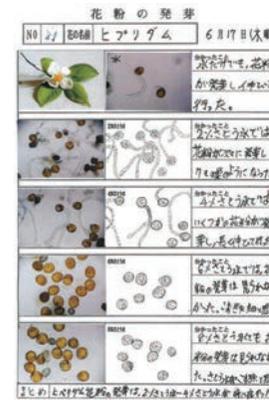
172種類の花粉を調べた結果、花粉にはまるい形（楕円形を含む）、テトラポット形、シャボン玉形、風船形など、さまざまな形があることがわかった。まる形が圧倒的に多く、他の形は少ないこともわかった。

とげが付いたまる形の花粉やテトラポット形、ねばねばしたクラゲ形の花粉は虫のからだにつきやすく、マツのような風船形は空気袋を持っていて、風に乗って遠くへ運ばれる。ツツジやサツキ、ブルーベリーの仲間は花粉同士が細い糸でつながっていて、ひとつの花粉が虫のからだにつくと、芋づる式に持ち上げられて運ばれる。どんな形の花粉にも、虫のからだにくっつきやすい、風に乗やすいなど、運ばれやすさを追究した自然の力が備わっていた。

### 研究②

#### ●研究②「花粉の発芽調べ」の方法

花粉のなかには、芽のようなもの（ニョロニョロ）出ているものがある（花粉の発芽）。初めて見た時は驚いたが、すべての花粉が発芽するのか、調べてみた。調べる方法は、水と、濃度が違う砂糖水（2%、4%、



6%、8%、花粉によっては10%も試した）を用意して、それぞれ別のスライドガラスに1滴ずつたらし、対象の花粉をつける。カバーガラスで覆ってプレパラートを作り、顕微鏡で観察する。花によって発芽するまでの時間が違うので、30分後、8時間後などしばらく時間をおいて観察し、研究①と同じようにスケッチや写真、わかったことの記録を残した。また、プレパラートの周りが25℃程度になるように、電球で保温したり、アイスノンで冷やしたりして調節した。

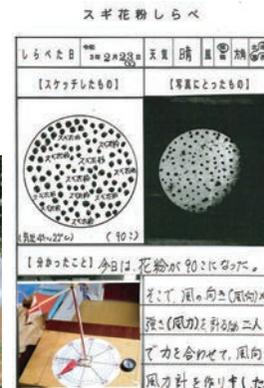
#### ●研究②「花粉の発芽調べ」のまとめ

41種類の花粉で試し、発芽したものは26個、発芽しなかったものは15個だった。この結果は予想外で、発芽はもっと少ないと思っていた。他にもペットボトルに入れて振ることで、水や各砂糖水の酸素濃度を高めたり、ストローで息を吹き込むことで二酸化炭素濃度を高めたりして観察したが、酸素濃度が高いほうがよく発芽し、二酸化炭素は発芽には向いていないようだった。

### 研究③

#### ●研究③「スギ花粉の飛散調べ」の方法

スギ花粉の飛散状況を調べる研究は、小学1年生の時から続けている。今回は2021年1月31日にベニヤ板や丸い棒を使ってダーラム法による花粉集めの器具を作った。下の写真のような直径23cmの丸板の器具を、家の庭の風通しのよい場所に置き、下の円ばんに白色ワセリンを薄く塗ったスライドガラスを1日置く。スライドガラスは夕方に回収して観察するが、回収する時に次の新しいスライドガラスを置く。この作業を5月末まで、1日も休まず続けた。観察したスライドガラスは研究①②と同じように右のような記録を残し、日にちごとに保存した。



#### ●研究③「スギ花粉の飛散調べ」のまとめ

2021年は2月11日に最初のスギ花粉1個を観測し、2月のピークは21～24日（それぞれ20、44、90、16個）だった。3月に入ると初旬にピークがあり（2日36個、3日13個、6日42個、7日23個）、下旬にもピークがあった（22日32個、25日23個、26日22個、31日28個）。4月は初旬に小さなピークはあり（2日18個、4日20個、8日13個、9日14個）、16～24日がやや大きなピークとなった（17日26個、21日と22日それぞれ20個、23日12個）。5月に入ると5個以上飛散する日はなくなり、花粉の飛散は終息を迎えた。

全体的に見ると、2021年のスギ花粉のピークは、2月20日から3月31日ごろだった。

2021年は、スギ花粉の飛散量だけを調べてきた。今後は花粉症対策を考えて、どうしたら花粉症の人を救えるのか、健康面からの研究も進めていきたい。

### 指導について

この研究は、1年生の春先にスギの木の下を通りかかった時、木から白い煙のようなものが降り掛かったのを不思議に思い、顕微鏡で観察することがきっかけです。観察の方法は、スライドガラスにワセリンを塗ったものを、庭先にセットして、毎日調べるだけのものです。毎年調べた結果、スギ花粉は2月中旬頃から飛び始め、3月にピークを迎え、4月には少なくなっていくことがわかりました。

花の花粉調べについては、家の庭や、道端、野原に咲いている多くの花を集め、その花粉を顕微鏡で観察しました。その結果、花粉には丸い形の物や、三角形、長方形の物、周囲にトゲのある物、海のテトラポットのような形の物、シャボン玉や風船のような形の物など様々な形の物があることがわかりました。

花粉の発芽については、色々な花の花粉を水や濃度の違う砂糖水の中に入れて、芽のようなものが出てどんどん成長して行く姿を観察しました。まさに、生命誕生の姿でした。

中山義熙

### 審査評

スギの枝から出る黄色い粉を不思議に思い顕微鏡で観察することがきっかけとなって始めた花粉の研究です。4年目の今年は春から夏にかけて約170種類の植物を対象に観察を行い、花の写真、花粉の顕微鏡写真とスケッチ、花粉の色や形、数などわかったことを記録しました。写真をたくさん撮っただけで終わることなく、スケッチや自分の言葉で花粉の特徴を記録し、花粉の特徴を形で分類し、その形のもつ意味を考え、まとめ上げたことが高く評価されました。この研究では他にもテーマを設定し、花粉の発芽の様子を観察も行い、さまざまな条件下で花粉の発芽と花粉管の様子を写真とスケッチと言葉で記録しました。また、春先にはダーラム法によるスギ花粉の飛散数の観測も行いました。普段見ることの少ないミクロの世界に興味を持ち、粘り強い観察からまとまった研究につながりました。花粉の大きさも計測できるようになれば、さらに研究が深まっていくことと思います。

審査員 木部 剛

# とべ！カブトムシ！カブトムシのとぶ力を明らかに！ カブトムシとすごした夏 ～パート3～

福岡県久留米市立篠山小学校 3年 木下大護

## 研究の目的

前回までの自由研究で、生息地のクヌギ林まで行かなくても、家のカブトムシ小屋の前にトラップ（わな）を置いて、カブトムシたちをつかまえられることを明らかにした。「トラップに使うエサのにおい」と「カブトムシ小屋の腐葉土や仲間たちのにおい」がカブトムシたちを呼び寄せているのだと思う。トラップのエサは「カブトムシが好きなにおい実験」と「カブトムシが好きな味実験」を参考に選んでいて、実験がバッチリだったことも証明された。さらに家の近所のクヌギ林まで歩いて調べた結果、最も近い林でもカブトムシ小屋から半径500m以上離れていることがわかった。

カブトムシたちは、どこから家まで飛んで来るのか。あまり飛ぶ姿を見かけないが、本当に500m以上の長い距離を飛べるのか。今回の研究は、実験をすることでカブトムシの飛ぶ力を明らかにすることにした。

## カブトムシの活動観察

小学1年生の夏休み、父と一緒に大きなカブトムシ小屋を作り、捕まえたカブトムシたちをのびのびと生活させ観察を始めた。今回の研究でも観察や実験のため、メスが産んだ卵から育てた飼育カブトムシ（オス10頭、メス1頭）、クヌギ林で野外採集したカブトムシ（オス4頭、メス7頭）、カブトムシ小屋前のトラップで採集したカブトムシ（オス25頭、メス34頭）を飼育した。

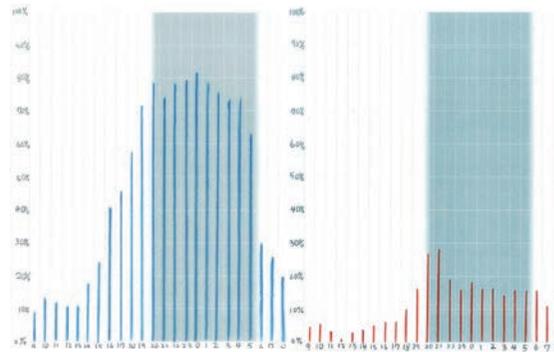
### ●実験1の目的と方法

カブトムシは夜行性といわれるが、どんな1日を過ごしているのか。まず、カブトムシが飛びやすい時間を知る目的で、カブトムシの活動を詳しく調べることにした。



実験1では1日24時間の毎時間、カブトムシ小屋のマット上に出ているカブトムシの数をオス・メスごとに集計した。自然環境を考慮して、「24時間エサがある状態の晴れの日」で2日、「24時間エサがある状態の雨の日」で1日、「24時間エサがない状態の晴

●カブトムシの1日24時間の活動割合



左がオスの活動割合、右がメスの活動割合、下の横並びの数字は時刻

れの日」で2日、「24時間エサがない状態の雨の日」で1日、合計6日間の活動の様子を集計した。

### ●実験1の結果と考察

暗くなり始めると、小屋からは羽ばたき音が聞こえ始める。ブンブンと羽ばたき音が大きいと、小屋の扉を開けるのもドキドキした。しかしなぜか1時を過ぎると、小屋は静かになった。エサがない時のほうが、カブトムシが飛んでいる印象だ。

上の棒グラフに、オス・メスごとに活動割合を表示した。オスのグラフは延べ76頭、メスのグラフは延べ79頭の記録だ。オスのほうがかなり活動的だとわかる。この実験から、オス同士はエサがたくさんあっても、ひとつのエサを取り合ってけんかをする。メスの取り合いでもけんかをする。メスのエサを奪うオスはいないこと。けんかに負けたオスは土の中に逃げていくこと、メス同士はけんかをしないことなどが観察できた。

20～0時までの活動量が多く、カブトムシたちが飛び回ることが多かったため、以後の実験はその時間に行うことにした。

## 昆虫たちの飛翔力を確かめる

### ●実験2の方法と結果

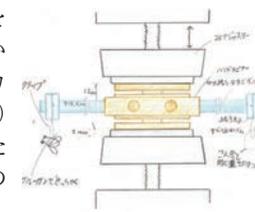
カブトムシの飛ぶ力を知るには、カブトムシがどのように飛ぶかを知ることが必要だ。飛ぶことが上手そうな他の昆虫と比べながら、確かめた。カブトムシは夜になるとブンブン飛ぶので、飛んでいる体の角度や羽の動きをじっくりと観察し、トンボやチョウ、セミと比べた。

すると、カブトムシは硬い前ばねを広げて後ろばねだけを羽ばたかせて飛ぶことがわかった。飛ぶ角度は45度、羽ばたきの角度は大きく、羽ばたきの回数も多い。トンボは比較したなかで最も速く、上手に飛ぶ昆虫だった。2対4枚の羽がそれぞれ別に動き、羽ばたきの角度は小さく、滑空している時は羽ばたかない。チョウは大きな羽でゆっくり飛ぶ。ゆっくりだか休んでは飛ぶ、飛んでは休むをくり返ししながら上手に飛ぶ。セミはあまり飛ぶのが上手な昆虫ではなかった。飛ぶのが上手な昆虫と比べると、やはりカブトムシはあまり飛ばない。

### ●実験3の方法と結果

昆虫の飛ぶ力を比較するため、算数で習った円と長さを使って、飛んだ距離（km）と時間（h）から昆虫が飛ぶ時速（km/h）を計算することにした。インターネットで調べると、フライトミルという昆虫の飛翔能力を測定する装置があった。ただフライトミルはハエやカのような小さな昆虫用だ。そこで父と一緒に、カブトムシの時速も測れるように強度を上げたフライトミルを作った。完成したフライトミルは固定された竹とんぼの羽根のような回転体を持ち、片方の羽根の端にクリップを取り付け、グルーガンで昆虫を接着する（カブトムシは実験2で観察した45度の角度で接着）。羽根の反対側の端に昆虫と同じ重さの重りをつけ、磁石の反発力も使って昆虫が抵抗なく円運動で飛行できるようにした。昆虫がくると1回転すると1m進むように回転体の直径を決め、飛ぶ昆虫の時速を測定した。ところが最初に作った「カブトフライトミル」（1号機）はホタルやトンボ、セミのような軽い昆虫の飛行速度は測定できたが、カブトムシの重さに耐えられず、回転体が折れてしまった。

より抵抗力がなく回るものを考えた結果、ハンドスピナー（ボールベアリングを内蔵した玩具）を思いついた。改良した「スーパーカブトフライトミル」（2号機）の仕組みが右の図だ。ふたつの装置で測定した昆虫の最高記録は下の表のとおり。



昆虫種類	最高回転数	最長時間	距離	時速	備考
ホタル	100回	2分15秒	100m	時速2.66	1号機
トンボ	1116回	17分17秒	1116m	時速3.87	2号機
セミ	151回	1分16秒	151m	時速7.15	1号機
カブトムシ	235回	2分18秒	235m	時速6.12	2号機
僕50m走	50m	8秒	50m	時速22.5	比較参考

## 秘めた飛行能力を確かめる

### ●実験4の方法と結果

実験3のカブトムシは500mは飛ばなかったが、カブ

トムシは1日に何度も何度も飛ぶ。1度に飛ばなくても、何度も飛んで長距離を進めばよいわけだ。そこで、本当の実力を調べることにした。実験3の経験から、オスは角を左右に振ると飛びやすいことがわかっている。オスの角をつまんで軽く振って羽ばたき始めたらタイマーで時間を計り、止まったらタイマーを止める。これをくり返して25分間で羽ばたいた時間を合計した。メスも胸部分に角の代わりに切った割りばしを取り付け、同じ実験を20分間行った。取り付けるのに使うグルーガンは、実験後に簡単にはがすことができる。

その結果、小さなオスが25分に合計706秒、小さなメスが20分間に合計618秒羽ばたいた。実験3で確かめたカブトムシの時速は秒速に直すと1.7mだ。秒速と羽ばたいた秒数を積算するとオスが1200.2m、メスが1050.6mとなり、オスもメスも500mをはるかに超える飛行能力を持つことが明らかになった。

## 指導について

大好きなカブトムシを捕まえて、よく観察することが目的で始まった自由研究。野外採集に出かけるときの息子のキラキラとした表情が印象的です。クヌギ林へ行かずに、わが家でカブトムシを捕まえらる大発見をしたことで、生態や能力に興味を広がりました。自分で計画を立て、自転車で野外採集へ行ったり、夜遅くまで観察や実験に取り組む姿には感心させられました。今年にはカブトムシの飛行能力を証明するために、試行錯誤し、根気よく実験を続けました。「結果を出すまで頑張る!」という息子は「やってみることの大切さ」「あきらめない気持ち」を、なかなか飛んでくれないカブトムシたちから学んだと思います。これからもたくさんさんの体験の中で、不思議や疑問に出合い、思いがけない発見や、解明していくことの面白さを感じてほしいです。

今回このような素晴らしい評価をいただきましたこと、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。 木下大輔

## 審査評

小学校1年生から2年間の研究成果として、自宅のトラップで採集できる術を得ました。しかし、カブトムシがすむクヌギ林までは直線で500mもあることから、どのようにして飛んでくるのか解明したくなり今年度の研究テーマが決まりました。はじめに「カブトムシは夜間に活発に活動すること」を確かめ、「カブトムシの飛び方と他の昆虫の飛び方の比較」をすることによって最大のテーマである「カブトムシは500m以上の飛翔能力があるのか」を探究することになりました。飛行距離の測定方法は高学年算数の内容を駆使するので小学校3年生には難しかったと思います。努力と試行錯誤の結果、自作で「フライトミル」を設計・作製し検証しました。比較として扱ったトンボなどの結果も興味深かったです。1回の飛行距離では500mには満たなかったのですが「必ず飛べるはず」という信念のもと、何回かに分けて飛べるといふ仮説を立て、30分以内で1000mも飛べることを証明しました。実験1から4までの展開に無理がなく理解しやすい作品になりました。

審査員 田村正弘

## 一ちび風くんをつかまえろ！

「弱い風」でも「安定」してあかりをとませる風力発電きを作ろう！

富山県富山大学人間発達科学部附属小学校  
4年 藤本希望

### 〔研究の動機〕

さいきん、自ぜんさいがいがふえ、ひなん所が活用されていることが多い。しかし、ひなん所にひなんしても、電気や水がすぐに使えないことも多い、と聞く。特に、夜にやっとひなんできたひなん所に明かりもなく、トイレや手洗いにいくことも大変だった、というひさい者の話は心にのこった。

感せんしょうの心配もある中、最てい限のえいせいな生活を送るために、自然の風だけで手元や足元を照らすことができたとしても役に立つはずだ。

昨年の研究で残された二つのか題一弱い風でも発電させる・風の力をちく電して使う仕組み作り一に取り組みもうと思う。具体的には、昨年度作成した小がた風力発電きを改良し1.「ちび風」（弱い風）でも発電させる工作物を作ること、および、かんたんな仕組みで2.風力発電をちく電して使えるようにする工作物づくり、を目的としてパートⅡの研究を行おうと思う。

### 〔結論と感想〕

結論：昨年度の研究から、ほくの工作技術ではタテヤ入りサボニウムが一番発電するという結果を前提にして、小型タテヤ・サボニウムのいい位置・いい高さを求め改良がたタテヤ入りサボニウムを作った。さらに弱く変化する風に対応し発電りょうを増やすために、他のすい直がたのはねーパドル、タリウス、ジャイロミルと組み合わせたらよいと予想した。結果は予想に反し、ほかのはねとの組み合わせでも発電りょうは増やせず、一番発電したのは小サイズのタテヤ入りの今までのサボニウムだった。ちび風をとらえるため、サボニウムを他のはねと組み合わせても発電させるためには、工作の精度、モーターの性能を考える必要があると思う。

小学5年生の授業で使う「コンデンサー」を配線してみたなら、うまく風力をちく電することができ、さらに電力ぎやく流をふせぐ「シリコンダイオード」を使い日中5～9時間ちく電しておけば時間におうじ夜間に60～90分間程度はあかりとして使えることがわかった。

ひなん所のグッズとして道具箱に「モーター（風力発電用）、LED電球、コンデンサー」を入れておけば、びちく品にあるであろう紙コップ（ふつうサイズ）さえ使えばかんたんにLED1個でもともるかい中電とうくらのあかりに使うことができることを、ひなん所にてい案する。

感想：ほくの工作風力発電きでは、他のはねと組み合わせてもちび風（3.0m/s）で発電させるのは予想外にとてもむずかしかった。しかしちく電は想像よりずっと簡単に小学校にある道具でできたのでやった、と思った。次

は、街中のビル風ポイントを探し、昼間ちく電させておくためのマッピングを行い、富山市のひなん所で使えるための風力発電地図づくりをしたいと思っている。

## 太陽光は最高の眼科医！?

東京都港区立赤羽小学校  
6年 高橋咲来

### 〔研究の動機〕

自分自身が最近近視（右目0.1 左目0.4）になり、眼鏡をかけず視力を取り戻すことはできないかと考えました。最初は、そのようなことが可能なものかと思っていたのですが、調べていくうちに、野外で1日2時間過ごし、太陽光を目に取り込むことで近視を抑制できると知り、大きな衝撃を受けました。それがきっかけで、このことを自由研究のテーマにすることに決めました。

太陽光の近視を抑制する効果については、10年以上前に世界で認められ、世界中で多くの研究が行われてきました。このメカニズムとしては、慶應義塾大学病院眼科医の鳥居秀成先生が、太陽光に存在する波長360～400nmのバイオレットライトが近視抑制に効果があることを発見しました。

鳥居先生の研究についての記事を読んだのをきっかけに、バイオレットライトが自分自身の近視の進行を抑制する効果があるのか確かめたくて、自分で実験を行うことにしました。

また、詳しい話を聞くため、慶應義塾大学病院を通して鳥居先生へのインタビューを行いました。

### 〔結論と感想〕

バイオレットライトが自分自身の近視を抑制する効果の実験では、太陽光を浴びるため、晴れの日にはベランダで、雨の日には窓際で1日2時間、毎日過ごしました。その後、眼科で視力検査を受けると、53日間で、右目が0.1から0.2に、左目が0.4から0.8になり、短時間で視力が回復しました。予想以上に視力が改善したので、このことに本当に驚きました。

結論として、太陽光に存在するバイオレットライトは、近視の進行を抑制するだけでなく、改善する効果もあると思いました。これからも、外で毎日2時間以上過ごして視力を改善させていきたいです。

また、鳥居先生に取材したときにブルーライトをカットすると眠くなるということを知りました。このことを生かして、妹を夜早く寝させる方法を思いつき、実験を行いました。予想以上に良い結果だったので、このことを子どもの寝つきの悪さに悩むお父さんやお母さんに教えてあげたいと思いました。

JINSと坪田ラボが共同開発したバイオレットライトを透過する眼鏡からヒントを得て、バイオレットライト

を透過する窓・屋根・壁のアイデアを思いつきました。そして、このアイデアをポリカーボネートのメーカーである三菱ガス化学に提案しました。今回の研究をGIGAスクール構想を進めている各教育機関（文部科学省、港区教育委員会、赤羽小学校）に提出しました。

この研究が何らかのきっかけになって、学校が近視対策に取り組むことになり、近視に悩む子供が一人でも減るとうれしいです。

## 草むしりを楽にしたい 発見!! 発芽スイッチを OFF にする秘密 ～答えは身近なものにあり?!～

富山県富山市立新庄北小学校  
5年 富山太遥

### 〔研究の動機〕

僕は家で庭はいつもきれいに草むしりをしている。だけど、草むしりはとても大変だ。そこで、雑草が生えてこない庭を作りたいと思った。さらに、雑草は生えてほしくないが、必要な植物はしっかりと生えてほしい。そんな庭になるように研究をしようと思う。

### 〔結論と感想〕

発芽スイッチをOFFにする方法は、①土に塩水をまく②土の空気をなくす③熱湯をかける、であった。現実的な方法として②を利用して、「天国と地獄スペシャル」を考案した。検証実験を行ったところ、発芽してほしい植物のみ選択的に発芽させることができた。

2019年 夏休みの自由研究、2020年 カイコの観察日記①②  
2021年 目指せ! 科学者!! カイコの観察日記①②③  
2021年 進め! 好奇心!! 学校とおうちのカイコ比べてみた①②

神奈川県大和市立緑野小学校  
2年 赤羽深鳥

### 〔研究の動機〕

3才の時にカイコに出会い、その可愛さに大興奮してさわりたがりました。

6才の夏に初めて飼育するチャンスを得て、昆虫の変態を観察しました。

体のしくみを知り、その成長を観て、ふれる楽しみを覚えました。

クヌギ林に通い、旅行先（伊東）でも昆虫採集をして、シルク博物館でカイコの学習をしました。

字を書く練習を兼ねて、夏休みの経験を自由研究としてまとめました。

### 〔結論と感想〕

とにかくたくさん昆虫を見て、似ている所や違いを感じました。

昆虫が完全変態と不完全変態に分けられることを理解しながら、体の基本的な仕組みが同じであることを学びました。同種のカイコでも模様やマユの色の違いがあることを知り、セミ・クワガタも大きさ、鳴き声、形の違いで分類され、オス・メスの見分けが出来るようになりました。年中までは丸・三角・四角の書き分けも不十分で、文字もほとんど書けなかったのですが、自由研究を通して急成長しました。

## 青沼小学校周辺の野鳥とモズが 「はやにえ」をつくる理由

長野県佐久市立青沼小学校  
5年 新海十蔵・市川汐音・岩松楓真・  
岩松麻央・岩松 亮・大塚光織・土谷悠月・  
長嶋 詩・中山なごみ・横山 蒼

### 〔研究の動機〕

昨年、4年生になった私たちは、学校近くの谷川で大きいサギを見たり、校庭を走っている鳥や敷地内の池で魚をとっている白いサギを見たりした。何という野鳥か知りたくなったのがきっかけで学校周辺の野鳥観察を始めた。令和2年1月から毎日登下校中に見た鳥を記録している。さらに月1回2時間かけて学校周辺を歩き、双眼鏡で野鳥を判別し、記録している。本研究の目的の1つ目は、1年間でどの時期にどんな野鳥が見られたか明らかにすることである。

さらに、令和2年11月に校庭の桜の木の枝にカエルが串刺しにされて干からびているのを見つけた。不思議に思って調べてみると、これは「モズのはやにえ」であることがわかった。「はやにえ」とは、モズが秋の間にカエルや昆虫などの小動物をつかまえ、生きたまま木の枝やとがった物にさしておく行動である。

モズがはやにえをつくる理由について調べてみると、専門家が考えた仮説が4つあった。1つ目は、「貯食説」。モズは肉食。ところが、カエルや昆虫等の小動物は冬場に姿が見られなくなる。そこで、冬のえさ不足に備えて、秋のうちに食料をたくわえておくという説である。2つ目は、「なわばり説」。モズは1羽1羽なわばりを持っている。はやにえを自分のなわばり内にたくさんつくっておき、そこから中に他のモズが入ってこないように警告するための目印にしているという説。3つ目は「メスへのアピール説」。春にオスのなわばりにおとずれたメスに、たくさんのはやにえを見せて、狩りの上手さをアピールするという説。4つ目は、「食べ残し説」。モズがえさを途中まで食べたが何らかの理由で残して飛び去ったという説である。しかし、いくつかの仮説があるものの、



キンナゲットやソーセージ、コショウ味のポテトとプチトマト、しそ味の厚焼き卵にデザートはキウイになった。この実験を生かせば衛生面にも注意して安全で美味しいお弁当になると思う。

## カビの同定・最終章

東京都板橋区立第四小学校  
5年 小森行輝

### 〔研究の動機〕

去年の夏、家の中で木製カラーボックスやスーツにカビが生えました。どんなカビか調べるために帝京大学医真菌横村研究室にお願いして観察しました。夏休み全てを使ってカビを生やし、顕微鏡で観察とスケッチと撮影をして、専門書で名前を調べました。

見つけたカビはアレルギーの原因になることもあるので、もう生えない方法を考えて、そうじしました。

今年は、同じ所に同じ様にカビが生えてくるのか観察を続けた結果をまとめました。

また横村研究室で遺伝子からカビの名前を調べてくれた結果と、僕が同定した名前とどれくらい合っているかを比べた結果もまとめました。健康に影響が出るカビについては少し詳しく調べてみました。

### 〔結論と感想〕

分かったことは、一度たくさん生えてしまうとそうじをしても無くならない事、健康に影響が出るカビが生えた時は正しく対処しないと死んでしまうことがあること、専門書があれば小学生の僕でも危険なカビが生えたことが分かる、などでした。

ほとんどのカビは僕たちに影響はありませんが、たくさん生やして一緒に暮らすのは良くなさそうです。そしてキレイに見えているところにも、実はいろいろな種類のカビがいることも分かりました。1か所から1個のカビが生えてくると思っていたのに、いくつもカビが生えてきてどんどん増えていくので、スケッチがものすごく大変でした。その後のまとめも大変で、母といっぱいケンカしながら作りました。実体顕微鏡で見るカビが一番楽しくて、見ているだけならいつでもやりたいと思いました。

## 学校奨励賞・指導奨励賞

### 学校奨励賞（中学校の部）

茨城県  
土浦日本大学中等教育学校  
校長 堀切浩一



この度は、学校奨励賞という栄えある賞をいただきましたこと、心より感謝申し上げます。

本校は「公正な精神で卓越性を達成する」という教育方針のもとで、生徒の探求学習や研究活動が非常に盛んな学校です。特に理系インタークラスでは、課外ゼミや実験授業などを通して自然科学に対する知的好奇心は生徒の学習意欲の基になっています。学校立地は日本第2の湖、霞ヶ浦に隣接して水資源の貴重さを実感でき、生活風景の一部になっている筑波山を望む自然豊かな場所です。また、その麓のつくば研究学園都市では筑波大学をはじめJAXAや高エネ研、農研などの研究機関が林立して、そうした知的資源に容易にアクセスできるアカデミックな環境となっています。

コロナ禍で行動制限の続く中、この受賞が生徒や教員の励みになり、興味関心を持ったものを探求していく楽しさや面白さが本校の特色として、生徒の夢や目標に影響を与えられるよう学校として精進していく所存です。

### 学校奨励賞（小学校の部）

富山県  
富山大学人間発達科学部附属小学校  
校長 片岡 弘



栄えある学校奨励賞を第60回に続き受賞させていただきました、大変感謝しております。日々の教育活動が素晴らしい賞として実を結んだことへの嬉しさとともに、ますます身の引き締まる思いです。

校内では、日々の授業を大切にして、児童が理科や科学に興味をもつよう努めています。自由研究に熱心に取り組む児童の自発的な思いや願いを、保護者と教職員が協力して適切に支援する良い循環があることも大切であると考えています。

児童が生活し成長する環境に目を向けますと、本校の所在地富山は、標高3,000 m級の立山連峰から、天然の生け簀ともいわれる水深1,000 mの富山湾まで、バラエティに富む自然に恵まれています。児童は日ごろから豊かな自然に触れ、観察を通じて発見した不思議や疑問を調べてみたくなるのではないかと考えています。

今回の受賞を更なる糧として、探求を続ける児童の成長を今後も支援していく所存です。このたびは、誠にありがとうございました。

## 指導奨励賞（中学校の部）

茨城県  
土浦日本大学中等教育学校  
宇佐神 潔



このたびは、指導奨励賞という栄えある賞をいただき、心より感謝申し上げます。

文部科学大臣賞を受賞した池田君は、カブトムシの羽化ずれに注目して研究を続けて7年目になります。小1の時に抱いた疑問を追求し続け、様々な文献を調べて仮説検証を繰り返して研究を深化させてきました。

また、佳作をいただいた長尾さんは、授業の一環として行っているゼミ学習で、香りと健康の関係に興味を持ち、多くの文献に目を通して、線虫の鋭敏な嗅覚に着目。綿密な実験計画を立てて研究を行い、線虫が避ける香りには寿命を短くする働きがあることなどを見出しました。

今回の受賞を通して、「なぜ？」という疑問を大切に、文献や試行錯誤を通して仮説を立て、検証を行う姿勢の大切さを感じさせられました。この受賞を励みに、さらに生徒の興味や疑問に寄り添い、科学を楽しみながら研究に取り組む生徒の育成に努めたいと思います。

## 指導奨励賞（中学校の部）

島根県  
島根大学教育学部  
附属義務教育学校 後期課程  
大山朋江



このたびは、栄えある指導奨励賞をいただき、心より感謝申し上げます。

1等賞をいただいた籠橋さんは、美味しい甘酒をつくるためにはどのような米麴をつくる必要があるのかを知るため、米麴の培養時間を変え数種類の米麴をつくり、米麴や米麴を使った甘酒について調べました。

3等賞をいただいた片寄さんは、地域で採集した化石を現生種と比較したり、同じ化石が別の場所で見つからないかを調べたりして生息域を考え、見つかった化石が生きていた時代の地図を作成しました。佳作をいただいた植野さんは、ツマグロヒョウモンは食草の状態や育つ環境が異なるとどうなるかを調べました。

いずれも継続研究であり、過去の研究を基に自分で課題を設定し、試行錯誤しながら探究を進めました。受賞した3名のように、自然事象に関心を持ち自ら探究していける生徒が増えるよう、生徒が科学的に探究することを目指した理科授業づくりに努めていきたいと思います。

## 指導奨励賞（小学校の部）

石川県  
金沢大学理工研究域機械工学系 教授  
ジュニアドクター育成塾指導教員  
木綿隆弘



このたびは、栄えある指導奨励賞をいただき、心より感謝申し上げます。

1等賞を受賞した張契洙君は、人間の心臓に興味を持ち、循環器系の専門書やインターネットを調べることで心臓には違う種類の弁があり、その中でも右心房と右心室の間にある「三尖弁」には人工弁が無いことを見つけました。3Dプリンターによる三尖弁の拡大模型の作り方をアドバイスし、その構造と機能を観察しながら、弁の材質には何が良いかを実験で明らかにしました。さらに、人工心臓ポンプの設計製作にも取り組みました。自分なりに問題を見出して調べ、試行錯誤しながら実現しようとする粘り強い探求心は、誰にも負けない素晴らしいものです。この受賞は、彼の頑張りはもちろんのこと、ご家族や様々な関係機関の皆様の温かい支援の賜物と思っています。

今回の受賞を励みに、引き続き科学技術に興味を持つ子どもたちのサポートに努めていく所存です。ありがとうございました。

## 指導奨励賞（小学校の部）

茨城県  
つくば市立吾妻小学校  
内田 卓



この度は、栄えある指導奨励賞をいただき、誠にありがとうございます。また、毎年多くの作品を応募させていただき、科学研究の目標や励みとなっていることに、心より感謝申し上げます。

本校では、子どもたちが本物の事象にふれ、自然のすばらしさや不思議さを感じるように理科教育の充実を図っています。「水中ではどうして音が聞きづらいのか？」では、授業で行った実験からの疑問や、学校生活の中での経験を基に、段階的に仮説を立てて検証しました。目に見えない分子について知ると、それをドミノ倒しでモデル化したり、ボイスレコーダーを使って波形を分析したりと、様々な能力を働かせて考えを表現していました。何より、研究結果を教えてくれる子どもたちの笑顔がととも輝いておりました。

今後も、自分たちで見つけた疑問を解き明かしていく喜びや楽しさを、一緒に体験したり感動したりできる教員として、子どもたちに寄り添って参ります。

## 指導奨励賞（中学校の部）

滋賀県  
近江八幡市立八幡東中学校  
浅野 裕



このたびは、指導奨励賞という栄えある賞をいただき、心より感謝申し上げます。

本校の科学部は、毎年生徒が話し合っ、研究テーマを決めています。過去に液体のはね返りの研究をして、縦の液体の動きの関係について調べたので、今年度は、液体の横の動きである波紋の速さについて調べてみることにしました。

まず、どのようにして波紋の速さを測定するかを試行錯誤し、最終的に動画を撮り、動画編集ソフトを使って速さの測定を行うことにしました。しかし、そのソフトを使いこなすまでに時間がかかりました。生徒たちが粘り強く取り組んだ結果、導き出したのが波紋の広がる速さは、水滴の体積や落とす高さには関係ないことでした。これは、予想を大きく覆す結果となりました。そこから、深さ、液体の種類、濃度、温度との関係について工夫し追究していきました。今後も、生徒の発想を大切に、取り組みたいと思います。

## [中学校の部]

「ニュートンのゆりかごを様々な条件の下で動かす」

茨城県つくば市立谷田部東中学校 2年 金子拓生

「『堤防の強度』ってどれくらい？」

茨城県小美玉市立小川南中学校 2年 菊地心愛・会田奈央

「柿ピーのピーナッツだけ食べたい！」

茨城県つくば市立みどりの学園義務教育学校 7年 岸根士郎

「塩害対策を目指したファイトレメディエーションの研究 part10」

茨城県牛久市立牛久第一中学校 科学部

1年 鷗戸敬橙・中島宏一郎

2年 大久保由稀・島 優佳・外山 誠・豊島理央・東 旺翼

3年 倉田旭登・稲岡朋史・小川慶人・齋田隼人・瀬尾 歩・溝口 慎・横瀬美奈・渡邊和香

「水辺の水質と生態系の調査 ～ビオトープを作る～」

茨城県牛久市立牛久第一中学校 科学部

1年 鷗戸敬橙・中島宏一郎

2年 大久保由稀・島 優佳・外山 誠・豊島理央・東 旺翼

3年 稲岡朋史・小川慶人・倉田旭登・齋田隼人・瀬尾 歩・溝口 慎・横瀬美奈・渡邊和香

「リュックサックのひもの長さとお肩にかかる負荷の関係について」

茨城県つくば市立春日学園義務教育学校 9年 平野大雅

「蒸散量 No.1 の植物は何だ?! ～レプリカ法・スキャナを使った研究～」

千葉県千葉市立若松中学校 3年 安田恵利花

「～タンポポ総集編～」

千葉県流山市立おおたかの森中学校 3年 相葉悠海

「バナナを踏んだら本当にすべるの？」

千葉県千葉市立若松中学校 3年 丸岡七々花

「びわの葉の力Ⅱ –パックを交えてびわの治癒力を追求する–」

新潟県上越教育大学附属中学校 2年 山本敦子

「サーキュレーター風の扇風機よりも遠くまで届くのはなぜか」

富山県砺波市立出町中学校 情報科学部 サーキュレーター班

1年 加藤悠大・近藤有真・齋藤椋太・江刺瑚虎・山本優青・河合優斗・小島悠生・佐藤祐真・吉田伊織

2年 石田真斗・吉田侑矢

3年 毛利遥斗・小林史弥・水谷颯仁・四谷真尽・湊屋孝介

「パン用小麦ゆめちから栽培効率化」

大阪府清風中学校 小麦班 3年 金子優太・片山雄翔・岡 遼祐・久保樹生・山森大暉

「周囲の環境におけるダンゴムシの交替制転向反応」

大阪府大阪教育大学附属天王寺中学校 3年 吉田真衣

## [小学校の部]

「増やせ!ミジンコ!～安定したミジンコの培養方法はなんだろうか? ～プランクトン part3」

茨城県牛久市立ひたち野うしく小学校 5年 横川史佳

「数値でわかるカブトムシの生態 ～カブトムシが集まる不思議・フェロモンについて～」

茨城県つくば市立みどりの学園義務教育学校 6年 岩本和真

「数値でわかるカブトムシの生態 ～カブトムシの角の発達について～」

茨城県つくば市立みどりの学園義務教育学校 3年 岩本紗和 6年 岩本和真

「ネジバナはなぜねじれている花とまっすぐな花の両方あるのか 2019 – 2021  
～受粉を手伝う昆虫たちとの関係を考えた～」

東京都千代田区立九段小学校 2年 熊谷緋沙子

「『奇跡のとうもろこし』の研究 おいしい野菜を育む自然条件」

東京都帝京大学小学校 5年 山本詩絵

「食べる事はつながる事～カナヘビの食物れんさと生物多様性～」

新潟県新潟市立新津第一小学校 3年 原 ゆりあ

「野菜の育ち方調べパート5～めざせ飢餓ゼロ!～野菜の成長に『水に溶けた二酸化炭素』は役立つか?」

石川県七尾市立朝日小学校 6年 北川健成

「浮き草の成長に必要な光について」

静岡県焼津市立焼津南小学校 6年 横田悠真

「カブちゃんとぼくのせいちょうきろく①②」

京都府京都市立西院小学校 1年 矢野翔大

「魚で調べる水中の酸素濃度」

島根県雲南市立木次小学校 6年 小村湊太

「身近な食品を用いた発光バクテリアの培養」

長崎県諫早市立御館山小学校 6年 松永弥子

「My Round Pully ～父をもち上げるために～」

鹿児島県鹿児島大学教育学部附属小学校 6年 西川結貴



過去の入賞作品がみられます。  
研究対象で作品を検索することも  
できます。



「秋山先生の特別授業」や  
研究の進め方について、  
動画でみるができます。



「研究のきっかけ」や  
「自由研究攻略マニュアル」といった  
研究のヒントを紹介しています。



半世紀を超えて続くシゼコンの  
過去受賞者のインタビューが  
掲載されています。

シゼコンのWEBサイトには  
面白いコンテンツが盛りだくさん！



ぜひご利用ください！

<https://www.shizecon.net> 詳しくは

#### 《お断り》

作品のダイジェスト化にあたっては、できるだけ作品の  
持ち味をお伝えするとともに、読者にとってわかりやすい  
作品集となるように再編集しました。

## 編集を終えて

今回の「自然科学観察コンクール入賞作品ガイド集」  
の作成にあたり、審査にあたった先生方および作品  
の指導をされた先生方、保護者の皆様の多大なるご  
協力に深く感謝し、厚く御礼申し上げます。

編集発行 自然科学観察研究会