OLYMPUS

オリンパスは、未来を担うこどもたちの“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。

シゼコン

https://www.shizecon.net/

第60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　2020年2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

第60回自然科学観察コンクール　入賞作品ガイド集

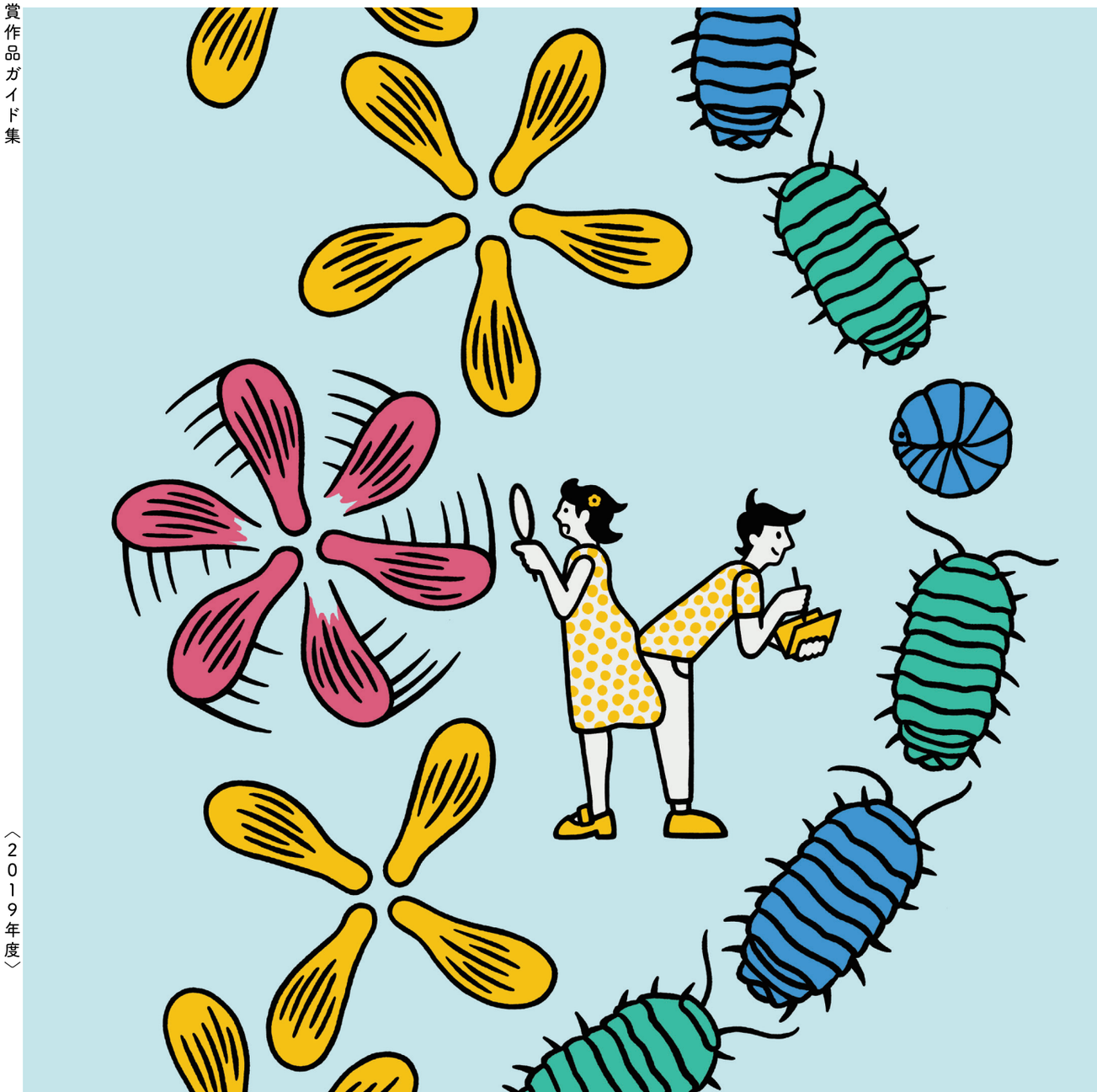
〈2019年度〉

シゼコン

第60回 自然科学観察コンクール

入賞作品ガイド集

〈2019年度〉



第60回、
新しい時代の幕開け。

平成から令和へ、新しい時代の幕開けとなった 2019 年。自然科学観察コンクールも 60 回の喜ばしい節目を迎えました。そして今年も全国の小・中学生から 10,851 点（参加 806 校）という多数の作品が集まり、厳正なる審査を経て、文部科学大臣賞をはじめとする受賞作が決定しました。

この「入賞作品ガイド集」では、紙面の都合もあり、すべての作品をご紹介できませんが、文部科学大臣賞をはじめとする主な入賞作品をダイジェストで収録しています。ダイジェスト化にあたっては審査員の先生方のご指導を受け、またできる限り作品の趣旨や持ち味を損なわないよう心がけました。また、作品完成までご指導くださった担当の先生方のお話や審査員の先生方の講評をそえるなど、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たつもりです。単なるガイド集としてではなく、一冊の理科の本として興味深く読んでいただけるものと思います。

小・中学生のこれからの自然観察や研究活動に、そして第 61 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60回(2019年度)自然科学観察コンクール　課題／審査員／賞 …… 3

ごあいさつ …… 4 ～ 5

第60回自然科学観察コンクール入賞作品(中学校の部) …… 6 ～ 7

第60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 ～ 30

文部科学大臣賞(小学校の部) …… 32 ～ 35

1 等賞(小学校の部) …… 36 ～ 37

2 等賞(小学校の部) …… 38 ～ 39

3 等賞(小学校の部) …… 40 ～ 41

秋山仁特別賞(小学校の部) …… 42 ～ 43

オリンパス特別賞(小学校の部) …… 44 ～ 45

継続研究奨励賞(小学校の部) …… 46 ～ 47

佳作(小学校の部) …… 48 ～ 49

学校奨励賞受賞の言葉(中学校の部) …… 51

学校奨励賞受賞の言葉(小学校の部) …… 51

指導奨励賞受賞の言葉(中学校の部) …… 52

指導奨励賞受賞の言葉(小学校の部) …… 53

健闘賞(中学校の部) …… 54

健闘賞(小学校の部) …… 55

第60回(2019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

●東京学芸大学名誉教授　工学博士	小澤紀美子
●文部科学省初等中等教育局教科書調査官　理学博士	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
●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	森内昌也
●東京理科大学特任副学長　理学博士	秋山　仁
●毎日新聞社執行役員(教育事業担当)	小島明日奈
●毎日新聞社論説委員	元村有希子

賞 ＜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＞
　学校 = 文部科学大臣の賞状、副賞(オリンパス顕微鏡)
　作品 = 賞状、副賞(オリンパス・デジタルカメラ)
●1 等賞…… 1 点
　学校 = 賞状
　作品 = 賞状、副賞(オリンパス・デジタルカメラ)
●2 等賞…… 1 点
　学校 = 賞状
　作品 = 賞状、副賞(オリンパス・デジタルカメラ)
●3 等賞…… 1 点
　学校 = 賞状
　作品 = 賞状、副賞(オリンパス・デジタルカメラ)
●秋山仁特別賞…… 1 点 ＜発想・視点の面白い優秀作品に＞
　学校 = 賞状
　作品 = 賞状、副賞(オリンパス・デジタルカメラ)
●オリンパス特別賞…… 1 点 ＜顕微鏡を使った優秀作品に＞
　学校 = 賞状
　作品 = 賞状、副賞(オリンパス顕微鏡)
●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＞
　学校 = 賞状
　作品 = 賞状、副賞(オリンパス・デジタルカメラ)
●佳作…… 10点
　学校 = 賞状
　作品 = 賞状、副賞(オリンパス双眼鏡)
●学校奨励賞…… 1 校
　学校 = 賞状、副賞(オリンパス顕微鏡)
●指導奨励賞…… 3 名程度
　学校 = 賞状
　先生 = 賞状、副賞(オリンパス IC レコーダー)
●健闘賞……＜最終審査に残った作品に＞
　作品 = 賞状、副賞(図書カード)
●参加賞…… 応募者全員に記念品

時代を超えて「なぜ？」と向き合う 第60回の節目を迎えて

毎日新聞社
代表取締役社長
丸山昌宏

身の回りの「不思議」を見つけ、「なぜ？」「どうして？」と考えを深める。小・中学生のそんな「科学する心」を育てたいと、「自然科学観察コンクール」は1960年に始まりました。日本にノーベル賞受賞者が湯川秀樹さんしかいなかった時代でした。

2000年以降「理科離れ」が取り沙汰された時期もありましたが、第60回を迎えた今回、１万851点もの作品が寄せられました。６年ぶりに前年を上回ったことは心強いことです。入賞された皆さん、おめでとうございます。子供たちの研究を見守られた保護者や先生方にも敬意を表します。

近年毎年のように、自然科学分野のノーベル賞を日本人が受賞します。受賞者が異口同音に触れるのは「あきらめることなく困難な課題に挑戦してほしい」という若い世代へのメッセージです。毎日新聞社もこのコンクールを通して、皆さんの「科学する心」を引き続き応援していきます。

結びに、後援の文部科学省、第１回から変わらずご協賛くださるオリンパス株式会社、また応募作品を１点１点丁寧に見て審査してくださった先生方にあつくお礼を申し上げます。

子供たちの「科学する心」を育むサポートをしたい

オリンパス株式会社
取締役 代表執行役 社長兼 CEO
竹内康雄

第60回「自然科学観察コンクール」に入賞された皆さん、おめでとうございます。

私たちオリンパスは、医療・科学・映像という事業分野で、「世界の人々の健康と安心、心の豊かさの実現」という経営理念のもと、企業活動を行っています。当社が最初に作った製品が顕微鏡であったことをきっかけに、「学生けんび鏡観察コンクール」として発足した当コンクールに協賛をしてまいりました。

子供たちの「科学する心」を育むサポートをしたいという想いで、毎年、皆さんのさまざまな取り組みを拝見しています。応募いただいた作品を通して、身近な不思議をテーマに選び、「なぜだろう、どうしてだろう」と考えながら、あきらめることなく、観察や実験を進め、多くの困難にチャレンジしていく皆さんの姿が目に浮かびました。この経験をきっかけとして、ぜひこれからも、楽しんで、さまざまな挑戦をしていってほしいと願っています。

最後に、子供たちをご指導いただきました先生方や地域の指導者の方々、保護者の皆さま、また作品の選考に当たってくださった関係者の皆さまのご尽力にお礼を申し上げます。

審査の総評 ー粘り強さと知的好奇心に感動ー

東京学芸大学名誉教授
工学博士
小澤紀美子

第60回を迎えた伝統ある自然科学観察コンクールに多くの応募をいただき感謝いたします。応募された作品を読む至福の時間は何事にも代えがたく、希望と感動の時を過ごすことができました。応募数が増え、特に中学校の応募数が伸びてきていることは探究活動への意欲のあらわれとも考えています。

審査に当たっては事前に応募作品を読みこむ予備審査を行い、最終審査会では、一堂に会して意見を交換しながら各賞を選びました。受賞された皆さまには心からお祝いを申し上げます。

応募作品は、普段何気なく見ている現象の「不思議」に気づき、あるいは見逃している事象に自らの「問い」を発し、粘り強く深い探究を継続して、さらに失敗に学び新たな方法で挑戦している粘り強さや知的好奇心全開で挑戦を楽しんでいる作品など、科学的な研究のアプローチで進めていることに感動しました。取り上げているトピックの先見性のみならず探究のプロセスや科学的視点を深めている作品など、審査員の専門性の視点からも評価いたしました。未来を担い、科学する意欲に燃えている取り組みの姿勢を持続させ、今後も多くの作品が寄せられることを願っています。

審査の総評 ー平和で安全な、持続可能な社会のためにー

東京理科大学
特任副学長
理学博士
秋山　仁

自然科学観察コンクールへの挑戦を通して科学する楽しさを味わい、努力の末の発見や発明を体験していただけたことと思います。子供の頃のこのような体験は、机上の学習では培いにくい粘り強く考える力、課題探究能力や問題解決能力を培います。一旦、このような力を身につけさえすれば不可能が可能になり、意義ある何かを創り出せるでしょう。不思議を嗅ぎ分ける力、仮説をたてて検証する力、創意と工夫に満ちた実験や観測、観察、科学的論証、物事を進めていく持続力、また多くの周囲の人たちの力を有機的に結びつけていることが、このコンクールで高い評価を得た作品に共通していました。

2019年はロシアのメンデレーエフが周期表を確立して150年目の節目にあたる記念すべき年です。また日本では、吉野彰さんが「リチウムイオン電池の開発」でノーベル化学賞を受賞しました。吉野さんがノーベル賞に選ばれた理由の一つに「持続可能な社会の構築」への期待があるといわれています。自然科学観察コンクールに参加した若者が、この貴重な経験をもとに、平和で安全な持続可能な社会の構築に向けて、将来さまざまな分野で活躍する人物になってくれることを期待します。

第60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　「ダンゴムシの生態を探る !?」
埼玉県久喜市立久喜中学校　2年　平原愛美

1等賞　「粟井川の干潟に生きるカニの世界」
愛媛県松山市立三津浜中学校　3年　大石歩樹

2等賞　「セミの羽化6　～本当に抜け殻のそばを選んで羽化しているのか～」
静岡県静岡市立南中学校　3年　白鳥紗羅

3等賞　「ハマゴウフシダニの研究 11　～虫えい形成からみた生活史の修正～」
新潟県上越市立直江津中学校　科学部　ハマゴウフシダニグループ
1年　内山拓人・笹川洸成・白鳥太陽・冨田大樹　2年　荻谷　光・山川陽大

秋山仁特別賞　「えっ、何で回るんだ !?　～回る氷の謎に迫る～」
愛知県刈谷市立刈谷東中学校　氷班
1年　石田優輝・岡本有姫・添谷優翔・安岡侑輝
2年　岡﨑香綸・小林　桜・藤﨑美来奈
3年　加藤百夏・向城俊汰

オリンパス特別賞　「レンズの向こうに広がる美しい世界　～懸命に生きるボルボックスにせまれ～ Part Ⅱ」
埼玉県春日部市立武里中学校　2年　森山結衣

継続研究奨励賞　「光の色によりレタスの味は変えられるか」
静岡県静岡雙葉中学校　1年　柳田純佳

佳作　「常総市の沼や川はきれいかな？　パート3」
茨城県常総市立水海道西中学校　1年　猪瀬春佳・猪瀬広貴

佳作　「ヒヨドリが運んできた木の実　～鳥に運ばれる種～」
東京都共立女子中学校　3年　松本真央子

佳作　「イモリの感覚とは？　～視覚と嗅覚～」
東京都東京学芸大学附属竹早中学校　3年　押木燿子

佳作　「なぜ跳ねる？グラウンドにできるしましま模様」
愛知県刈谷市立刈谷東中学校　科学部　ブラシ班
1年　磯村茉那・田畑海音・成田龍一　2年　小林星斗・坂口陽詩・鈴木幸陽
3年　ラフィ アルジャシヤ

佳作　「ろうそくの研究　～ろうが垂れにくくなる秘密を探る～」
愛知県刈谷市立刈谷南中学校　科学部　ろうそく班
1年　坂木信太・杉浦敬太
2年　大橋琉介・西尾悠伸・福本大河・丸橋　響・山田帆純
3年　安間結詩・早稲田清怜

佳作　「ペットキャップ変化球の科学」
愛知県刈谷市立依佐美中学校　科学部　ペットキャップ班
1年　大原己知・日南伊織
2年　江坂拓真・長谷川稜悟
3年　黒川紘一朗・髙尾星弥・田島悠太

佳作　「ミミズの不思議」
京都府立福知山高等学校附属中学校　1年　牛房向日葵

佳作　「アルテミアの生きる術　～大型鰓脚類の走光性～」
広島県広島大学附属中学校　3年　石川こひめ

佳作　「試薬及び溶媒による花の色水の色の変化パターンの分類を試みる」
宮崎県立都城泉ヶ丘高等学校附属中学校　3年　福島ちづる

学校奨励賞　埼玉県久喜市立久喜中学校

指導奨励賞　茨城県常総市立水海道西中学校　土戸伸俊

指導奨励賞　愛知県刈谷市立刈谷東中学校　村松伸太郎

指導奨励賞　京都府立福知山高等学校附属中学校　足立佑太

指導奨励賞　宮崎県立都城泉ヶ丘高等学校附属中学校　黒木　亨

第60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　「カエデの種のすじを活かした扇風機の開発」
石川県金沢市立西小学校　6年　岩上花恋

1等賞　「地震もこれで大丈夫！『究極の家』発見!!」
富山県富山大学人間発達科学部附属小学校　6年　澤井瑛美

2等賞　「カブトムシの大きさの研究Ⅲ　―確率でみる生存競争に有利な大きさ―」
埼玉県久喜市立本町小学校　4年　渡邉良洋

3等賞　「安倍川の鉄丸石はどこから流れてくるのか」
静岡県静岡市立富士見小学校　6年　高津圭梧

秋山仁特別賞　「水くん兄弟だいかつやく!! とびこめ！おしだせ！くるくる回せ!!
～ぼくのミラクルくるくる水車で発電だ!!! ～」
富山県富山大学人間発達科学部附属小学校　2年　関島裕右

オリンパス特別賞　「ドングリは背くらべの夢を見るか？　～小さな果実と大きな樹木の生存戦略～」
埼玉県蓮田市立蓮田中央小学校　5年　高橋真也斗

継続研究奨励賞　「変形きん観察大作せん　～えいようのバランスは大切ですか？～」
茨城県阿見町立阿見第二小学校　4年　宮本紗矢香

佳作　「光と熱の力で雑草を枯らそう　～真夏の太陽と下じきで最強の除草装置を作る～」
福島県須賀川市立西袋第一小学校　6年　大石悠叶

佳作　「関東平野における夏の雲のかんそく研究」
茨城県つくば市立竹園西小学校　1年　荒木　凪

佳作　「ダンゴムシって右利き？左利き？」
茨城県結城市立江川北小学校　3年　黒杭美咲

佳作　「紫外線に負けない No.1 日やけ止めクリームを作ろう」
埼玉県春日部市立粕壁小学校　6年　渡邉結仁

佳作　「ぼくのセミ大ちょうさ物語」
東京都西東京市立柳沢小学校　3年　鞠子智宙

佳作　「たまねぎ 乾か / 皮化 しました」
石川県金沢市立泉野小学校　4年　安藤日向子

佳作　「ウズラのメスは卵になぜ模様をつけるのか」
長野県佐久市立青沼小学校
4年　大野田咲穂・大野田悠音・篠原美音・篠原　優・嶋﨑　佳・
高橋辿空・田口拓音・日向　慶・日向　湊・渡辺　唯

佳作　「タンポポの研究　春～夏　なぜ外来種のタンポポは、多いのかな？」
岐阜県関市立瀬尻小学校　3年　森　稔成

佳作　「心地よい風を送るうちわの研究」
愛知県刈谷市立住吉小学校
6年　磯村聖奈・川﨑涼太・工藤哲平・杉浦真奈・長尾凜一・
新美　鈴・西山直登・森　向日葵・米田浩大・渡邉茉紘

佳作　「ミミズで美味しい野菜作り　ミミズの研究パート4」
鳥取県米子市立福米西小学校　6年　楠　なづな

学校奨励賞　富山県富山大学人間発達科学部附属小学校

指導奨励賞　茨城県結城市立江川北小学校　上倉克公

指導奨励賞　石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類2年　佐藤民恵

指導奨励賞　長野県佐久市立青沼小学校　荻原秀崇

指導奨励賞　静岡県静岡 STEM アカデミー、静岡大学特任教授　青木克顕

中学校の部

ダンゴムシの生態を探る!?

埼玉県久喜市立久喜中学校　2年　平原愛美

研究の動機

今までは虫が好きではなく、自由研究のテーマからも虫を除外してきた。今回、虫を調べたきっかけは、小学校2年生の妹がダンゴムシを大好きだったことからだ。しょっちゅう捕まえてきては、ブロックの迷路へ入れたり、ひもの上に乗せたりして遊んでいた。その様子を見るうちに、小さなダンゴムシにもできることがあってすごいなと驚き、関心を持つようになった。

研究の目的

この研究の目的を、ふたつに分けて設定した。ひとつめは、ダンゴムシの特徴を確かめること。ダンゴムシの生態や、視覚、味覚、嗅覚、聴覚、触覚、運動能力など、体のつくりを調べてみた。

もうひとつは、ダンゴムシの交替性転向反応について確かめること。交替性転向反応というのは「右に曲がった後は左に、左に曲がった後は右に曲がる」という動きのことで、多くの生物がこの習性を持っている。ダンゴムシの交替性転向反応は特に顕著なので、その特徴や、交替性転向反応をさせない方法を調べてみた。

観察や実験は基本的に雄25匹、雌25匹、合わせて50匹のダンゴムシを対象に行う。土やえさを入れた虫かごで飼育し、実験の際は1～50の番号を振ったフィルムケースに1匹ずつ入れて、それぞれ1回ずつ試してみる。もし1～50番のダンゴムシが途中で死んだ場合は、同じような大きさ、性別のものと入れ替えることにした。

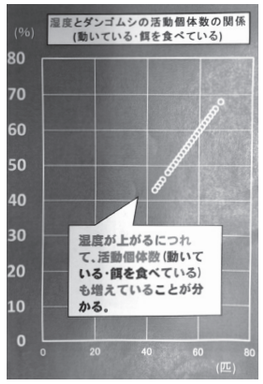
特徴の研究

◉ 中学校内でダンゴムシの生態を調べる

まず久喜中学校内で、どんな場所にダンゴムシが多くいるかを調べることにした。食べ物があるところ、ダンゴムシにとって快適な時刻や温度、湿度の場所に多く生息すると予想できる。「体育館通路脇のコンクリートの部分」「校門前のロータリー」「部室の隣の山」など中学校内で14の場所を決め、それぞれの場所で5分間に何匹のダンゴムシを発見できるかを集計した。6月1日から2週間ごとに8月24日まで、朝8時、昼12時、夜20時の3回ずつ、それぞれの場所にいるダンゴムシを数えた。数えた場所の温度や湿度、見つけたダンゴムシがどんな状態だったかも生態にかかわるため、併せて記録した。

体育館周辺などでダンゴムシを観察

その集計結果から、ダンゴムシは日陰などの、気温が低くて湿度が高い場所を好むことがわかった。草、落ち葉、石の下などに多く生息する。気温が高く湿度が低い時（おもに昼間）には丸まったりじっとしたりして、気温が低く湿度が高い時（おもに夜間）にえさを食べたり動いていたりする個体が多かった。



◉ 室内でダンゴムシの生態を調べる

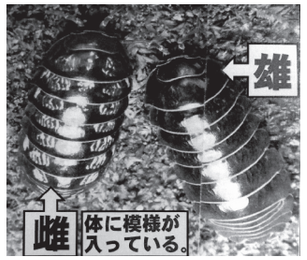
次に、室内の虫かごで雄25匹、雌25匹のダンゴムシを飼育して、温度や湿度とダンゴムシの行動がどう関係しているかを調べてみた。7月27日～8月19日までの24日間、朝8時、昼12時、夜20時に室内の温度と湿度を測り、ダンゴムシがどういう状態だったかを記録した。

その結果、外での観察と同じように、ダンゴムシは夜に活動したり、えさを食べたりしていることがわかった。気温が高く湿度が低い時に丸まったりじっとしていたりするダンゴムシが多いのは、暑さや乾燥から身を守るため。湿度と活動とは特に関係が深く、湿度が上がるほど活動する個体数は増える。

また、湿度があっても気温が高すぎた時や、湿度が40%台まで下がった時に、ダンゴムシは死んでしまうこともわかった。24日間の観察の間、死んだダンゴムシは11匹、そのうち雄が7匹、雌が4匹だった。雌はお腹で赤ちゃんを育てる都合上、雄より暑さや乾燥に強いと考えられる。

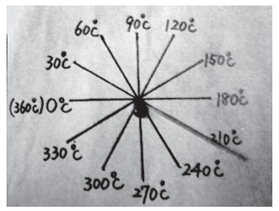
◉ ダンゴムシの視覚を調べる実験

黒、緑、青、黄、赤、白、オレンジ、ピンク、茶、黄緑、肌色、水色、紫、金、銀の15色の折り紙を下に敷き、ダンゴムシがどの色に多く集まるか調べた。また、空き容器に50匹のダンゴムシを入れて、容器の半分は日向、もう半分は日陰になるように置き、ダンゴムシがどちらに集まるかを記録した。さらに右上の写真のように、ダンゴムシの視覚の広さを調べてみた。中心に置いたダンゴムシにさまざまな角度から楊枝を近づけて、どの角度なら逃げるのかを観察した。



◉ 視覚を調べる実験結果

黒に集まったダンゴムシは32匹、青9匹、緑7匹、赤2匹と続いた。雄雌に関係なく、黒を好むものが多かった。日向と日陰の比較では、容器を置いて3分後には50匹すべてのダンゴムシが日陰に集まった。このことからダンゴムシは暗い色を好み、明るさと暗さには敏感に反応することがわかった。視界の広さの実験では、写真の60度から120度の間から楊枝が近づくと逃げることが多く、それほど視野は広くはないことがわかった。



◉ ダンゴムシの味覚を調べる実験

砂糖、塩、しょうゆ、ソース、ケチャップ、はちみつ、梅干し、きゅうり、トマト、肉、段ボール、葉、花、落ち葉、土を用意し、ダンゴムシがどれを好んで食べるのかを調べた。また、7月27日～8月19日の24日間、虫かごのダンゴムシが朝、昼、夜の、いつえさを食べているのかを記録した。

◉ 味覚を調べる実験結果

雄雌とも落ち葉を食べる個体が多かった。次に葉、土、花の順だった。はちみつや肉、トマト、きゅうり、調味料など、いろいろなものに数は少ないけれど集まっていた。段ボールも食べているようで驚いた。梅干しだけには、寄っていくダンゴムシが1匹もいなかった。

1日のいつえさを食べるのかについては、夜に落ち葉を食べている個体が多かった。次いで朝、昼の順だった。ダンゴムシは夜行性で、夜に落ち葉を食べていることが、ここでも確認できた。

◉ ダンゴムシの嗅覚を調べる実験

ダンゴムシは嫌いな臭いに敏感で、すぐ臭いから逃げるだろうと考えた。ダンゴムシが嫌いなアンモニア液を置き、そこから半径何cmまで近づくと逃げるのかを調べた（**実験a**）。また、臭いを感じるために触覚を使っているかどうかを確かめるため、触覚を切ったダンゴムシ50匹と、触覚があるダンゴムシ50匹を対象に、アンモニア液をどれだけ近づけると逃げるのかを観察した（**実験b**）。

◉ 嗅覚を調べる実験結果

実験aでは、アンモニア液から半径0.6cmまで近づくと11匹のダンゴムシが反応して、その多くが触角を左右に動かしていた。アンモニア液に近づくにつれて、液から逃げるダンゴムシが増えたが、アンモニア液に足がついても全く関係なく通り過ぎる個体が4匹いた。半径0.3cmに近づくと、反応を示すダンゴムシが32匹と増えた。どのダンゴムシも触覚を左右に動かしていたので、触角で臭いを感じていると予想できる。ダンゴムシの触角の長さは0.3cmほどなので、実験結果と矛盾しない。

触覚と嗅覚の関係を確かめる**実験b**では、触角がないダンゴムシはアンモニア液から半径0.2cmで1匹が反応し、半径0.1cmで4匹が反応した。アンモニア液が足についてから逃げた個体も17匹いたが、ほとんどがアンモニア液が足についても関係なく通り過ぎていた。触角があるダンゴムシは0.3cmで32匹が反応し、0.1cmで41匹が反応している。触角が嗅覚に大きな影響を与えていることが、この実験でわかった。

◉ ダンゴムシの聴覚を調べる実験

ダンゴムシは人の大声程度の音に反応するはずだと予想して、聴覚の実験をした。ダンゴムシの前で音を出し、何dB（デシベル）に反応するかを調べた。

◉ 聴覚を調べる実験結果

低いdBに反応する個体、高いdBに反応する個体があったが、64dBの時にびくっと反応をするダンゴムシが多かった（8匹）。60dB台（人が大声で話す程度の音）に反応を示すダンゴムシが多く、音に対してそれほど敏感でないことがわかった。

◉ ダンゴムシの体のつくり

◉ ダンゴムシと他の節足動物との比較

虫の名前	体のつくり	触覚	胸部の足の数	腹部の足の数
ダンゴムシ	頭・胸・腹	2対	8対	5対
エビ・カニ	頭・胸・腹	1対	8対	5対
昆虫	頭・胸・腹	1対	3対	なし

◉ ダンゴムシはどんな食べ物に集まるのか

食べ物	砂糖	塩	しょうゆ	ソース	ケチャップ
虫の数	2	1	1	1	1
食べ物	はちみつ	梅干し	きゅうり	トマト	肉
虫の数	3	0	1	1	2
食べ物	ダンボール	葉	花	落ち葉	土
虫の数	1	8	4	18	6

◉ **ダンゴムシの触覚を調べる実験**

ダンゴムシは、体のどの部分に触れられると丸くなるのかを調べた。頭、触角、目、胸、腹、足、尾のそれぞれに楊枝で刺激を与え、観察した。0度、20度、40度、60度、80度、100度の水にダンゴムシを入れて、水の温度を感じられるかも調べた。また、濡れたスポンジと乾いたスポンジをトレイの左右に置き、どちらに多く集まるかを集計して、水分を感じとることができるかどうかも確かめた。

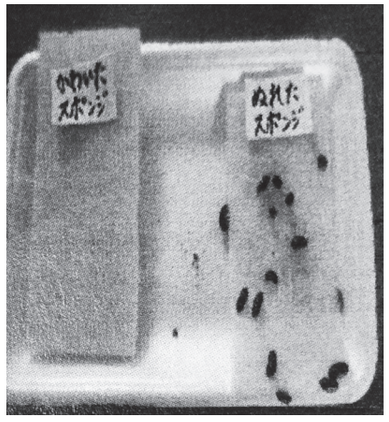
◉ **触覚を調べる実験結果**

触角を刺激されると反応するダンゴムシが最も多く(33匹)、次に尾14匹、目11匹の順だった。丸くなるまでに大きな反応を示したのも、触角が17匹と最も多かった。ダンゴムシにとって臭いを認識するアンテナのような働きをする触角は、大切な部分だとわかった。

温度の実験では、0度、20度、40度の水はダンゴムシにとって平気な様子で、変化はなかった。 60度になると、水に入れると、びくっと反応する個体が増えた。80度になるとびくっと反応し、その後に丸くなる個体が半数近くいた。80度では、そのまま全く動かず死んでしまった個体8匹を確認できた。100度になると50匹の個体がすべて、入った途端に丸くなり、その後は全く動かず死んでしまった。

80度で見られたように、丸まるのは熱さから甲羅で身を守る行動だ。身を守っても8匹は80度に耐えられずに死んでしまった。それより熱い100度以上は、ダンゴムシにとってとても耐えられる温度ではなかった。

さらにスポンジの実験では、濡れたスポンジと乾いたスポンジを置いてから2分後には、39匹のダンゴムシが濡れたスポンジに移動していた。3分後には、50匹全部が濡れたスポンジに移動し、ダンゴムシは3分あれば濡れたスポンジを認識することが確かめられた。



◉ **ダンゴムシの運動能力を調べる実験**

特徴の研究の最後に、ダンゴムシの運動能力について、さまざまな角度から調べてみた。まず、竹ひご、鉄の棒、プラスチックの棒、ものさし、蛍光灯、ストロー、たこ糸、モールを用意し、どんな物に登れるかを調べた。90度に立てた場合に、どこまで登るか、また0度、30度、60度、90度、120度、150度、180度ものさしの角度を変えて立てながら、どこまで登れるかを観察した。また、T字路を4つ入れた迷路にダンゴムシを入れて、どんな動きをするのかを調べた。

◉ **運動能力を調べる実験結果**

竹ひご、ものさし、たこ糸、モールは、50匹すべてが登った。逆に鉄の棒、プラスチックの棒、蛍光灯、ストローは50匹すべてがくっつくこともできずに落ちた。ダンゴムシの足をよく見ると、ギザギザしている。ギザギザが引っかかる素材でないと登れないとわかった。

1mのものさしを90度に立てて、どこまで登れるか試した場合、32cmで落ちる個体もいれば、98cmまで登る個体もいた。66cmと71cmまで登ったダンゴムシが3匹ずついて最も多かった。ものさしに角度をつけた場合、90度までは50匹すべてが登ることができた。ただ、ものさしの角度が120度になると38匹、150度では22匹、180度では8匹しか登ることができなかった。ダンゴムシは逆さになると落ちないように足に力を入れてものさしにくっつき、足どりがゆっくりになっていった。

T字路にダンゴムシを入れる実験で最も多かったのは、右→左→右→左と右左交互に通路を進むダンゴムシだった。28匹いて全体の56%。次いで左→右→左→右と左右交互に進んだ13匹で、全体の26%だった。

右→左→右→左と進む個体は雄より雌が少し多く、左→右→左→右と進むのは雌より雄が多かった。この2パターンで通路を進んだダンゴムシは全体の82%で、圧倒的に多い。例えば、右→右→右→右、左→左→左→左のように通路を進むと元の場所に戻ってしまい、前へ進めない。多く見られる2パターンだと前へ進めるので、敵から逃げたり食べ物を見つけたりするための習性だと考えられる。

1回目の実験で2パターン以外の進み方をしたダンゴムシも実験を繰り返すと左右交互に進むようになり、3回の実験を合わせると96%の個体が2パターンの進み方を見せた。この進み方を、交替性転向反応という。

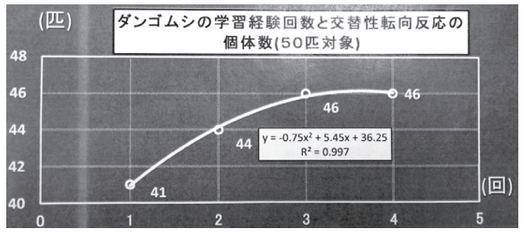
交替性転向反応の研究

◉ **交替性転向反応の特徴を調べる実験**

交替性転向反応について詳しく調べるため、朝8時、昼12時、夜20時に迷路にダンゴムシを入れて、時間帯で動き方が変わるのかを調べた。さらに、ダンゴムシに同じ迷路を1～4回経験させ、経験することで動き方が変わるのかを確かめた。また、ダンゴムシの記憶力についても調べてみた。まず、1回迷路を経験したダンゴムシをすぐに同じ迷路に入れて観察し、次に2分後、4分後、6分後に迷路に入れ、どう動くかを確認した。それぞれの実験で、スタートからゴールまでのタイムも計測し、比較することにした。

◉ T字路にダンゴムシを入れるとどう動く個体が多いのか（50匹対象）

動き方	右→右→右→右	右→右→右→左	右→右→左→右	右→右→左→左	右→左→右→右	右→左→右→左	右→左→左→右	右→左→左→左
虫の数	雄0　雌0	雄0　雌0	雄1　雌0	雄0　雌0	雄1　雌3	雄12　雌16	雄1　雌0	雄0　雌1
動き方	左→右→右→右	左→右→右→左	左→右→左→右	左→右→左→左	左→左→右→右	左→左→右→左	左→左→左→右	左→左→左→左
虫の数	雄0　雌0	雄0　雌1	雄9　雌4	雄1　雌0	雄0　雌0	雄0　雌0	雄0　雌0	雄0　雌0



ダンゴムシの経験と記憶力についての実験結果は人間の学習曲線と似ていた

◉ **特徴を調べる実験結果**

朝は43匹が交替性転向反応を示し、昼は41匹が示した。夜は46匹と交替性転向反応を見せる個体が最も多く、ゴールまでのタイムが最も速かった。

経験の実験では、1回目より2回目、2回目より3回目のほうが交替性転向反応を見せるダンゴムシの割合が増え、タイムも上がっていった。3回目と4回目では交替性転向反応を示すダンゴムシの数は変わらなかったが、4回目のほうがタイムはよかった。この結果を曲線グラフにしてみると、人間の学習曲線とよく似ていることがわかった。

記憶力の実験では、すぐに迷路に戻したダンゴムシの88%が交替性転向反応を見せ、2分後は86%、4分後は82%、6分後は80%と交互に進む個体が減っていった。時間が経つほどタイムも遅くなっていった。

◉ **交替性転向反応をさせない方法の実験**

迷路のなかの、交替性転向反応で進むべき道の反対側に、ダンゴムシが好きな黒い紙や、落ち葉、濡れたスポンジ、さらには別のダンゴムシを置いて、違った方向へ誘導してみた。反対に、交替性転向反応で進むべき道にダンゴムシが嫌いな光を当てたり、坂道にしたり、アンモニア液を置いたりして、どう進むのかを調べた。また、右にしか進めない迷路や、左にしか進めない迷路を1～4回経験させた後、同じ迷路にダンゴムシを入れると、交替性転向反応で進むかどうかも確かめた。

◉ **反応させない実験結果**

ダンゴムシに交替性転向反応をさせないために最も有効だったのは、進むべき方向と反対側に別のダンゴムシを置く方法だった。2位以下に、ひとつの方向にしか進めない迷路を4回経験した後、3回経験した後、2回経験した後と続く。次いで、進むべき方向に光を当てる方法と、進むべき方向を下り坂にする方法が同率で効果を発揮した。

結論と感想

ダンゴムシは予想したとおり、黒のような暗い色を好み、明るさに弱く、視界はそれほど広くないことがわかった。梅干し以外は食べ、食欲は夜に最も高まる。嗅覚はそれほど敏感ではなく、触覚で臭いを感じていることが確認できた。60dBくらいの音によく反応するが、音に対してもそれほど敏感とはいえなかった。触覚を刺激すると丸くなることが多く、60度くらいの湯にびくっと反応した。濡れたスポンジと乾燥したスポンジの認識は、3分あればできることもわかった。経験と記憶力の実験結果をグラフにしてみると、人間と同じような曲線を描いた。

また、「右に曲がった後は左に、左に曲がった後は右に曲がる」というように動く交替性転向反応の特徴を調べる実験もさまざま行った。交替性転向反応が起こる確率については、選挙速報の出口調査などに用いる「t検定」で計算した。今回の研究をきっかけとして、推測統計という分野があることを知り、これからの研究に利用していきたいと思った。

指導について

本研究は、ダンゴムシのいろいろな生態を探ったものです。猛暑の中、多数のダンゴムシを採集し、生育環境を整え、維持しながら多岐にわたる観察実験を行い、詳細かつ膨大なデータを収集・分析しており、その努力と探究心に驚かされました。この貴重なデータをより生かせるように、一部の実験について表計算ソフトによる統計分析の方法をアドバイスさせていただきました。小・中学生にとって統計の数学的理解は難しいかもしれませんが、表計算ソフトを統計処理の道具として使うのは十分可能だと考えました。湿度や温度、時刻や明暗など、いろいろな要素に着目してダンゴムシの活動との相関関係を調べグラフ化していくと、思わぬダンゴムシの生態が浮かび上がってきました。特に、湿度と捕食活動の相関関係が1となり、きれいな直線のグラフとなったことは予想外の驚きでした。研究のお手伝いをさせていただき、大変光栄です。今後も統計分析を生徒の学習活動へ役立てたいです。

久喜市立久喜中学校　梅津英薫・樋口三枝子

審査評

妹さんの虫好きがきっかけでダンゴムシに興味をもち、実験のアイデアが湧き出た結果、ダンゴムシについての総合的な研究になりました。まず、ダンゴムシが身の回りのどのような場所でいつ見つかるのかを調べ、ダンゴムシ個体のもつ諸感覚や運動能力について研究を進めました。ここでは五感(視覚、味覚、嗅覚、聴覚、触覚)に注目してさまざまな実験を行ったことで、ダンゴムシのもつ性質を広く捉えることができました。次のステップでは、ダンゴムシが示す交替性転向反応に目を向け、ダンゴムシの行動における学習の効果や、ダンゴムシのもつ諸感覚が交替性転向反応にどう影響するのかという興味からさまざまな実験を進めました。本研究は、さまざまな視点で実験を次々に発想し、予想や計画から結果の考察までを着実に実施したことが高く評価されました。本研究で得られた興味深い結果からテーマを絞り、より深める方向で研究が進展することを期待します。

審査員　木部　剛

1等賞（中学校の部）

粟井川の干潟に生きるカニの世界

愛媛県松山市立三津浜中学校　３年　大石歩樹

研究の動機

小学5年生の夏、自然観察のイベントで初めて粟井川を訪れた。巣穴を掘るカニが何種も生息していることを知り、それから何度も訪れるようになった。なかでも片方だけ大きなはさみを持ち、ウェービングをするハクセンシオマネキの雄に魅了された。大きなはさみを振り上げてダンスのように踊る姿は圧巻で、未知の世界だった。粟井川にはなぜ多数のカニが生息しているのか、その生態を解明したくて、現在まで調査を続けている。自然の作りだす干潟は、季節で形状を変える。形が変わるとカニの種や生息数、メガロパ（浮遊しているカニの幼生）の着床率まで変わっていく。カニが互いに及ぼす影響と、その原因を探っている。

分布の研究

5年間の研究の軌跡を、まとめてみた。

◉ 地形とカニの分布を調べる

2015年10月～2019年7月まで、粟井川河口の干潟で干潮時の地形とカニの分布を調査した。

2015年10月、干潟の南西側の泥地にアシハラガニ、北東側の粗砂と細礫（直径2～4mmの破砕された小石）のエリアにはハクセンシオマネキが生息。北東側の泥地はアシハラガニが生息していた。2016年8月には、南西側が砂地に変わってハクセンシオマネキが生息、北東側の分布は2015年と変わらなかった。2017年6月、北東側の干潟がひとつづきになって高低差ができ、干潮時に大きな水たまりができるようになった。するとメガロパの着底率が上がり、スナガニ科の稚ガニを初めて確認した。北東側はハクセンシオマネキ、泥地はチゴガニ、アシハラガニが生息。

2018年7月、豪雨の被害で地形が削られ、干潟の面積が減った。残った干潟もアシが倒れ、土壌は軟らかく、足が沈む。シルト（砂より小さく粘土より粗い砕屑物）の量が増え、地盤が弱くなっている。その半面、泥地にも細礫があり、どの土壌にも大きな粒子が確認できる。水質の悪い日も1カ月ほど続いていた。それでも、おもにハクセンシオマネキ、チゴガニ、アシハラガニ、ハマガニが生息。生育していたハマサジの葉が減り、ユビアカベンケイガニが干潟を歩く姿が多く見られた。行き場を求めるカニが、狭い干潟に密集しているように見える。

2019年7月、度重なる豪雨と、土砂崩れの復旧作業のため干潟に工事車両が入ったことが原因で、地形が削られ干潟の面積が減少した。カニの生息数も激減してしまった。土壌の多くは砂でできた砂浜、礫でできた砂利浜に変化し、カニの生息地として適さない環境になってしまっている。ハクセンシオマネキ、チゴガニ、アシハラガニは生息していたが、ユビアカベンケイガニの姿はほとんどなく、ハマガニは姿を消した。

◉ 調査した個体数の比較

カニ	2018 年	2019 年	差
ハクセンシオマネキ（雄）	6855	714	-6141
ハクセンシオマネキ（雌）	3549	413	-3136
稚ハクセンシオマネキ（雄）	3110	0	-3110
稚ハクセンシオマネキ（雌）	2425	0	-2425
チゴガニ	3952	579	-3373
アシハラガニ	1155	522	-633
ヒメアシハラガニ	23	0	-23
ハマガニ	11	0	-11
ユビアカベンケイガニ	58	0	-58
合計	21138	2228	-18910

活動が最も活発な７月、干潟に生息するカニの個体数を数えた。2018 年は 120㎡に生息するカニを調べ、「干潟全体の面積 1348.8㎡÷調べた区画面積 120㎡× 120㎡の個体数」で推定生息数を、2019 年は「干潟全体の面積 206.8㎡÷調べた区画面積 55㎡× 55㎡の個体数」で推定生息数を算出した

◉ 地形とカニの分布の考察

地形が変化すると、カニの生息分布も変化する。ハクセンシオマネキは干潟面積が減少すれば、新たな生息地を探しにいく、最も生命力の溢れた種であるように感じる。しかし、人工的に壊された干潟ではなすすべもなく、個体数は減少した。

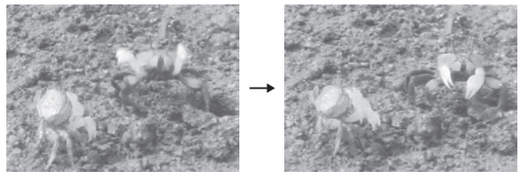
ウェービングの研究

◉ 1分間に何回ウェービングをするか

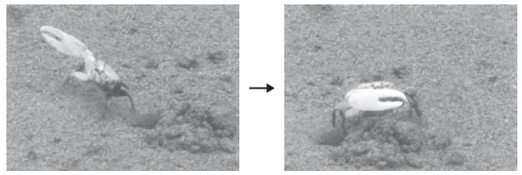
ウェービングというのは、カニがはさみを繰り返し振り上げること。粟井川では、チゴガニとハクセンシオマネキの雄がウェービングをする。チゴガニは、はさみを振り上げて下げる。ハクセンシオマネキは、はさみを横に振り出し、振り出したはさみを引き上げ、顔の前に下げる。どちらのカニのウェービングも繰り返し続けられ、求愛の意味があるといわれる。

干潟のチゴガニとハクセンシオマネキが1分間に何回ウェービングをしているかを数えて記録し、季節による変化を毎年観察してきた。

チゴガニは活動期の4月から秋まで、ずっとウェービングをしている。7～8月のウェービング数が多い。食事をしている朝は回数が減る。休みなく続ける個体も多く、1分間に60回を超える時もあった。平均は30回前後で、稚ガニもウェービングを行う。



はさみを振り上げては下げるチゴガニのウェービング



遠くの人へ手を振るようなハクセンシオマネキのウェービング

ハクセンシオマネキは年によって結果は違うが、5～6月にウェービングをするようになり、夏の終わりまで続ける。くもりの日と食事をする朝は回数が減る。夏に晴れの日が少ない年は、夏が終わる前にウェービングをやめてしまうこともあった。1回に5秒前後かかるため最高記録は21回だが、これは近くに雌がいたからだ。この時は、はさみを大きく振り上げず、小刻みに振っていた。ハクセンシオマネキは汽水域の低い場所や高い場所、海水域など、異なる高低差の干潟に生息しているが、海水域の個体のウェービング数が他より少なかった。

◉ ウェービングの考察

チゴガニのウェービングは繁殖期と関係なく行われている。ハクセンシオマネキのウェービングは、早い時期に始まっても早く終えるということはない。海水域の個体に回数が少ない理由は、雌が近くにいる時だけ、熱心にウェービングをし、雌が離れるとやめる個体が多いからだ。鳥の生息地に近い海水域では、目立つ行動は命取りになる。

結論と課題

生態観察から、ハクセンシオマネキのウェービングは求愛であり、繁殖期に行われていることがわかった。天候との関連性も考えられる。チゴガニのウェービングは自己顕示であり、繁殖期と関係なく行われる。このスナガニ科2種には他種にない知的能力の高さを感じる。今後もその行動を、継続して調査したい。

5年の観察から他にわかったのは、ハクセンシオマネキはウェービングが活発になると警戒心が薄くなり、巣穴から出るのにかかる時間は短く、行動範囲は広がること。チゴガニはウェービングと行動範囲に因果関係がない。

また、ハクセンシオマネキは気温の変化、土壌酸度、威嚇の目的、ストレスなどの要因で体の色を変えること。名前どおりの白い個体が見られるのは夏だけで、暑さのなかでウェービングをし続けるために白くなる。

さらに、えら呼吸をするカニは水に含まれる酸素を体に取り込んでいるが、ハクセンシオマネキが水に浸からず長時間活動していることを、毎年不思議に思ってきた。どうやらその理由が、えら呼吸で取り込んだ水を体外へ出す孔（出水孔）の形にあることがわかってきた。出水孔の形が他種と違うだけでなく、第2歩脚と第3歩脚の間にある毛の束が、土から水を吸収して、えらへ取り込んでいた。この2つが、水に浸からなくても呼吸ができる要因だった。

小さなカニだが生命力に溢れ、生きる賢さをあわせ持つ。豊かな干潟がいつまでも続くよう、共存する人間には守る使命がある。改めてそう思える5年目の夏だった。

今後は課題として、「音との関連性について」調査していきたい。同時にこれまでの研究の継続調査を行い、さらに生態を解明したい。

指導について

この研究は「粟井川河口干潟に生息するカニの生態」について、数年にわたる調査をまとめたものです。ウェービングを数えることから始まり、研究が進むにつれ、どんどん視野が広がりました。1ha の面積もない干潟は、地形の変化により、潮位や植生も変化し、種や個体数、体色や行動などの生態にまで影響があることに気付きました。そして環境条件別にさまざまな調査をすることで、環境の変化に適応し、巧みに生き抜くカニの生態について解明しました。今後は多種多様な生態系を守るために、海と川、干潟の繋がりまでも調査すると考えています。研究は、目で見て感じた疑問に対し、目で見て調査することの繰り返しでした。干潟で観察に費やした時間は1000 時間を超えています。気温 30 度以上の干潟で根気強く観察を続ける姿には、本当に目を見張るものがありました。心の底から楽しんだ彼の研究が評価され、このような賞をいただき大変感謝しています。ありがとうございました。

大石陽子

審査評

自然観察のイベントで、生命力にあふれ生きる賢さを持つカニの魅力に取りつかれて５年間継続してきた研究です。あまり広くない粟井川の河口干潟の 11 種類２万匹のカニを対象として、干潟の環境と変化、コドラート法による個体数の推定、２種類のカニの行動調査、カニの泥団子、カニの体内水分量、体の構造と機能など、14 の研究方法による観察を進めています。マクロな視点からミクロへ研究項目を設定して、観察または計測によって、それぞれの項目が観察・研究論文として成り立っています。特に、興味深いのは、ウェービングの型がカニの種類によって異なることやチゴガニにおける非伸縮型と伸縮型の発生がカニの集中分布によること、さらにカニの重さ、甲幅、掌節をはかって筋肉量を算出してカニのはさみと、てこの原理を「挟む力」として強いカニを推測していることなど、多角的に観察・研究し、サラリとまとめている探究心に高い評価を得ました。

審査員　小澤紀美子

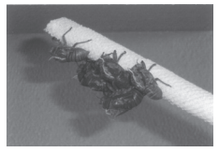
セミの羽化6
～本当に抜け殻のそばを選んで羽化しているのか～

静岡県静岡市立南中学校　3年　白鳥紗羅

はじめに

小学4年生の時にセミの研究を始めて6年目になる。これまでの研究で、「セミの羽化角度について」「羽化時の明るさに対する反応」「羽化場所の条件について」など、さまざまな点からセミを調べてきた。中学最後の研究では過去の実験をまとめ、幼虫が木に登り始めて羽化するまですべての過程を明確に示すことを目標に、調べ足りない部分の研究をすることにした。

毎年の野外調査で、セミの抜け殻が不自然に集まっているのをよく見かけた。羽化場所は他にもあるのに、わざわざ他の抜け殻に並んでいたり、おんぶしてぶら下がっていたりしている。これは、仲間が羽化に成功した安全な場所を選ぶからではないかと感じていた。そして過去2回の実験から、確かにセミには抜け殻の近くを羽化場所に選ぶ傾向があるとわかった。セミが抜け殻の近くを選ぶ理由は、次の3点が考えられる。



1 抜け殻が足場になり、より適した羽化場所になった
2 そこが単に一定の条件を満たす羽化に適した場所で、抜け殻は全く関係がない
3 抜け殻がある場所を好んで選んでいる

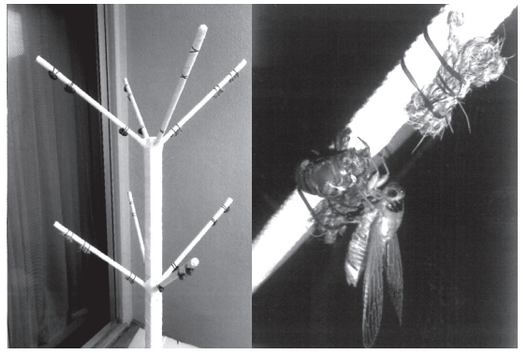
このうち可能性が高いのは2と3だと考えられた。

そこで今回の研究は、セミが抜け殻をどう認識しているかを中心に調べることにした。抜け殻の認識方法としては、におい（フェロモン）や、目視（幼虫が羽化する時、目で見て登る木を選んでいる様子が観察できる）が考えられるため、方法を特定する実験を行った。

実験の方法

家のすぐ外の定位置に、クマゼミ用2台（Ⅰ・Ⅱとする）とアブラゼミ用2台（Ⅲ・Ⅳとする）の羽化台を設置した。羽化台には地面から垂直に幹を立て、約42cmの枝を約45度の角度で合計8本ずつ取り付けた（約90cmの高さの上段に4本、約35cmの高さの下段に4本）。

用意した枝はみな同じではなく、4種類を2本ずつ用意した。まず1種目の枝は、2019年に採集したばかりの同種の抜け殻（観察対象がクマゼミならクマゼミ、アブラゼミならアブラゼミ）を、枝先から4cm、11cm、根元から10cmの場所に無臭の輪ゴムでくくり付けたもの。2種目の枝は2018年に採集した同種の抜け殻を、20分以上煮沸して風で乾かし、においを抜いてから1種目同様にくくり付けたもの。3種目は、抜け殻に似せた縄を1種目同様にくくり付けたもの。縄はヤシ繊維で漂白剤に半日浸けて水洗いし、20分以上煮沸してから1日天日干しする。そうしてにおいを抜いた後、抜け殻の大きさに丸めて付けた。4種目は、抜け殻も縄も付けないもの。1種目と同じ場所に輪ゴムのみを付けた。4種類の枝は幹の上下段それぞれに、対極になるように配置した。



今回の研究で使った羽化台（左）と、縄（模型）の横で羽化するクマゼミ（右）

さらに、照明条件で羽化場所が偏るのを防ぐため、羽化台は毎日時計回りに90度回し、枝2列が家側（北西）になるようにした。家の灯りは遮光カーテンで羽化台に漏れないようにしている。家の外には施設照明が2種類あり、羽化場所を決める時間帯に点灯している日（2種類同時に、または1種類のみ）と、消灯している日があった。点灯する日は各羽化台上段の4本の枝に直接、光が当たった。羽化台を90度ずつ動かして、360度4回転した。実験開始17日目以降は、照明条件と羽化台の方角の組み合わせで、観察回数が少ない組を補充するように調整し、実験に大きな偏りが出ないように注意した。

観察する幼虫は、午後7時前後に近くの公園と神社で、羽化場所を決める前の個体を採集する。1個体ずつ箱に入れて持ち帰り、すぐに羽化台へ放す。クマゼミは7月19日～8月12日に42個体を採集、アブラゼミは7月24日～8月14日に36個体を採集して観察した。

羽化台南東側（明るい面）の幹の根元に、1台につき一晩に1匹、幼虫を放した。どの日も明るい面の上下段どこかに4種の枝が必ず1本はあるようにして、幼虫が真上に登るだけで、すべての条件の枝の付け根を通過できる状況にした。翌朝、前日羽化した抜け殻の場所を記録し、その抜け殻を除去した。

◉ セミの羽化時の行動特性（2019 年版）

順	内容		
〈羽化前行動〉 採集時の行動。5時間以上羽化しない個体がいることや、午前中に外を歩いていた個体が暗い場所の羽化台に放たれるとすぐ羽化することから、条件が整わない時は羽化を始められずにいると考えられる。			
1	穴から出て近くの木などを目指して一目散に歩く。この時大量のアリにたかられて木へたどり着けないことがある。近くに立っていると方向を変えて登ってくるので、高いものを目視で認識している。視野角は 180 度弱程度と推測できる。		
2	前脚に折り畳みナイフ状にしまっている爪を出して、幹をまっすぐ登り、気に入る場所まで行く。羽化台では何度か歩いて吟味して羽化場所（体勢）を決める。		
〈前兆運動〉 場所を決めてから背中が割れる間にする。この段階の幼虫を採集したら帰宅中の箱内で背中が割れた。この段階から羽化が始まっていて、時間が経過すると何があっても羽化が進んでしまうと考えられる。			
3	中脚を横に広げて、脚を置く位置を決める。		
4	前脚を顔の前で動かす。クマゼミは触覚をしごくように頭のすぐ近くで、アブラゼミは進む道を探すように前方に、繰り返し前脚をバタバタさせる（この過程ははっきり見られない場合もある）。		
5	前脚を前方に揃えて枝につかまり、体をゆっくり前後に揺する。この過程の途中までなら、邪魔をされても移動できる。途中で移動した時に、頭が下になるなど異常角度で羽化することがあると考える。		
6	揺すり続けると殻の中で腹部が離れて腹の先が小さく胸部のほうへ縮み、胸部の厚みが増す。		
〈羽化〉 図鑑などで羽化と紹介される過程。所要時間は小型のセミほど短い。背割れから羽が伸びるまでニイニイゼミ 30 分、アブラゼミ 50 分、クマゼミ 55 分程度。			
7	胸部が背面にふくらみ、背中が割れる。	8	割れ目から背中が出てさらにふくらみ、頭部が割れる。
9	頭部と胸部がふくらみ続けながら前へせり出し、目玉が出る。	10	前方にせり出し続け、脚が抜ける。脚はふにゃふにゃで軟らかい。
11	背側に反り、腹部の先を殻に残して体全体を出し、逆さの体勢になる。	12	脚が硬くなるまで逆さの姿勢で待つ（15～30 分）。
13	腹筋をするように起き上がり、前脚で殻につかまって尻を抜く（この時、殻とつながる紐状のものを切り離しているようだ）。		
14	前脚のみでぶら下がり、小さく縮まっている羽を伸ばす。この時の羽は白色で体から少し離れて開いているように見える。		
15	羽が本来の位置にきて、色が変わる。まだ飛べないが、驚くと 30cm ほどは飛ぶ。小型のセミのほうが飛べるようになるのが早い。		
16	翌朝、明るくなるころに飛び立つ。		

得られた羽化場所の集計を、さまざまな点から分析した。幼虫の雌雄については、過去の実験から行動に違いが見られないと考えられるので、今回の分析では区別しなかった。また、同時に幼虫の様子を観察し、気づいたことを書き留めた。

結論

実験の結果、羽化台Ⅳを除いて、抜け殻や縄の付いていない枝で羽化する個体が最も多かった。羽化台Ⅰでは33%、Ⅱで43%、Ⅲで28%の個体が何もない枝を選び、Ⅳでも他種の枝と同程度の22%がない枝を選んでいた。とはいえ、抜け殻のない枝に集まるというほどの率ではなく、枝の種類による偏りはほとんど見られなかった。羽化場所選びの際、抜け殻の有無は、位置や明るさより優先順位が低いことがわかった。

しかし、抜け殻のある枝を選んだ場合は、抜け殻近くで羽化する個体が多く見られた。本来一番人気の枝先と同程度か、それ以上いる。特に2019年の抜け殻を付けた枝では、どの羽化台も抜け殻につかまって羽化する個体が多かった。2019年の枝では羽化台Ⅰの例を除き、枝先で羽化する個体が見られなかった。幼虫は、意図的に抜け殻の近くを選んでいると判断できる。ただ、縄の模型でも本物の抜け殻と似た反応を示していて、抜け殻の判断はにおいなど精度の高いものではなく、恐らくぼんやりとした目視によるだろうと考えられる。

最後に、6年間の研究を踏まえて、どの本より詳しい「セミの羽化時の行動特性について」を上の表にまとめた。

指導について

幼少期からセミの羽化を見ていたことと、2歳年上の兄のセミの生態観察を手伝っていたことから、自然な流れでこの研究が始まりました。特に幼虫が見せるさまざまな行動に興味を持ち、一個体一個体をつぶさに観察してその行動の意味を考えるようになりました。連日の実験に、学校生活や部活動との両立を困難に感じた時もありました。しかし興味は尽きることなく、毎年テーマとする行動を解明するための羽化台をデザインして計画通りに実験することで、一年一年、一歩ずつ羽化時に見せる行動の謎に迫っていきました。中学校生活の最後に6年間の成果をまとめることで、幼虫が木に登り始めてから羽化が完了するまでの詳細な行動特性を示すことができました。この研究は、羽化台の製作や夜間の幼虫採集など、本人だけではできない部分も多く、家族の協力の下で行われました。今回の受賞は、家族にとりましても喜びです。ありがとうございました。

白鳥公子

審査評

セミの羽化は夏休みの自由研究にはピッタリのテーマで、このコンクールにも毎年多くの作品の応募がある。テーマ自体は平凡だが、白鳥さんはそれを6年間続けてきた。まずその粘り強さに脱帽する。また自然状態での羽化を観察するだけでなく、よく工夫された「羽化台」を自作して、地上に現れた多くの幼虫を自宅の実験室に持ち帰って羽化台に放ち、羽化時の行動特性をセミの種類ごとに綿密に観察した。セミの抜け殻が1カ所に多く集まっているのはよく見かける現象だが、彼女の実験でそれが偶然の結果ではなく、幼虫自身がすでにある抜け殻の近くを意図的に選んで羽化しているという興味深い習性が分かった。さらにこのとき、幼虫が抜け殻の模型にも似たような反応を示すことから、場所選びは仲間の匂いなどによる精度の高いものではなく、おそらく目視によるものだろうと判断した。これもなかなか面白い。研究の結果がしっかりした文章で書かれ、写真やグラフを上手に配置してまとめられており、説得力があって好感の持てる優れた研究である。彼女の今後に期待したい。

審査員　友国雅章

3等賞（中学校の部）

ハマゴウフシダニの研究 11
～虫えい形成からみた生活史の修正～

新潟県上越市立直江津中学校　科学部　ハマゴウフシダニグループ
１年　内山拓人　笹川洸成　白鳥太陽　冨田大樹
２年　荻谷　光　山川陽大

研究の動機

ハマゴウフシダニグループは10年前からハマゴウフシダニの生活史について継続的に観察し、解明に取り組んできた。ハマゴウフシダニは砂浜に自生するハマゴウの葉に、無数の小さなコブ状の突起（虫えい）を作り、その内部で産卵繁殖する虫のこと。体長0.1mmほどのずんぐりした紡錘形で、体色は白～淡黄色をしている。

1年間のハマゴウフシダニの生活史は、2018年度までの研究で、ある程度明らかにできたが、わからない点は残った。そこで今回は、生活史について観察をさらに続け、生態を確認しながら追加修正をする（**課題1**）。さらに、虫えい形成の過程を明らかにする。特にハマゴウフシダニがいつ虫えいに入るのか、出入り口はどこかを確認したい（**課題2**）。また、継続的観察のため、ハマゴウフシダニが寄生したハマゴウの移植を試みた（**課題3**）。

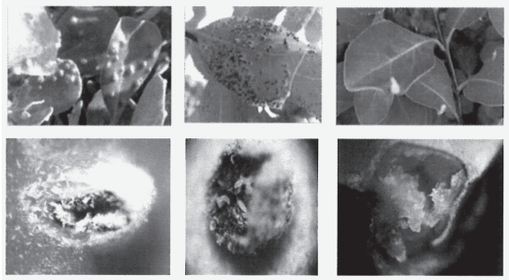
課題1

上越市中央4丁目の船見公園内にあるハマゴウを観察木に決め、年間を通じてできるかぎり毎日観察した。採集した葉の虫えいを医療用メスで切り開き、虫ピンや歯ブラシの毛、ブタのまつ毛を先端に付けた竹串でハマゴウフシダニを取り出す。取り出した虫を倍率可変式実体顕微鏡を使ったり、改良ベルレーズ液でスライド標本を作ったりして観察した。

◉ 越冬雌（第2雌）の存在を確認する

2018年度までにわかったハマゴウフシダニの1年の生活史では、ハマゴウフシダニが虫えい内で繁殖するのは5月から10月上旬にかけてだった。年間を通して虫えい内は圧倒的に雌の個体が多く、個体は増減しながら繁殖を続ける。10月上旬を過ぎると卵や若虫がほとんど見られなくなり、12月の虫えい内は雌ばかりになる。観察した雌の中に、他の雌より体が長く大きな個体が一定の割合で出現することに気がついた。夏にも見られるが、冬に多く出現し、翌春にかけて越冬をする越冬雌ではないかと考えられた。

12月末にハマゴウは落葉するが、落ち葉の虫えいからは虫の収集がむずかしく、冬のデータは不足している。今回も11～2月は虫えいを切り開くことがむずかしく、スライド標本を作れなかった。しかし10月のスライド



ハマゴウフシダニの虫えい（上、左からA・B・Cタイプ）とその内部（下）

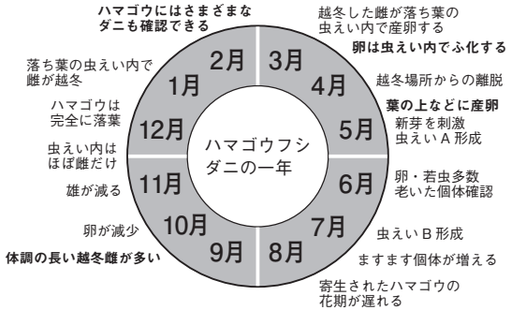
標本100個体と、4月上旬のスライド標本75個体の体高や体長をマイクロメーターで測定、さらにハマゴウフシダニの体にある体環数を数えて、データを補強した。

◉ 越冬雌についての考察

2018年10月の標本から、小型の雌に大型の雌が混じっているのを確認できた。小型の雌は体長0.11～0.13mm、大型の雌は0.16～0.18mm。体高0.04mm以上の太い個体も現れた。体環数は多くの個体が40～50で、体長の違いと体環数に関係はない。ただ、大型の雌のほうが体の内部が充実して、体環が伸びて太く見えているようだ。体高については、大型の雌でも10月より4月のほうが細くやせて見える。もしかすると、越冬のために栄養を消費したのかもしれない。

過去の観察で4月初めの落ち葉にあった虫えいに、卵を確認している。卵は春に越冬雌が産卵したもので、そこから新しい世代が始まるのだろうと予想した。今回の観察でも、4月の虫えい内部に若虫と、体長の短い雌が

◉ 2019年度の研究成果から修正したハマゴウフシダニ生活史
※太字が修正箇所



いるのを見つけた。このことからも、4月上旬に越冬雌が落ち葉に産卵し、そこから夏にかけて新しい世代が増えていくことに間違いないだろう。

また、5月にハマゴウは新しい葉をつけるが、葉が展開しきらない芽に、ハマゴウフシダニの虫えいを見つけた。卵は虫えい内部にだけ産み付けられると考えていたが、新芽の小さな葉の裏に卵を確認できた。ハマゴウフシダニは、ハマゴウのさまざまな場所で産卵していた。

◉ 生活史についてその他の観察

2018年10月、ハマゴウの葉の裏に、ハマゴウフシダニ以外のダニも複数いることが確認できた。もし、有害なダニを駆除する益虫といわれるカブリダニがハマゴウフシダニを捕食しているのなら、詳しく調べてみたい。スライド標本を作って、農業・食品産業技術総合研究機構の豊島真吾先生に同定をお願いしたところ、カブリダニではなくコナダニやササラダニではないかという回答をいただいた。がっかりしたが、冬から春にかけてのハマゴウには、多くのダニが生息しているとわかった。

課題2と課題3

これまでは、ハマゴウの虫えいの形や大きさについて、観察が十分とはいえなかった。改めて5月、春の虫えいをじっくり観察してみた。

すると、次のようなことが確認できた。

下の枝ほど虫えいが多く付いている。虫えいには緑色と、紫色のものがある。これは、虫えいが古くなると紫～黒色に変化するからだ。さらに、虫えいがたくさん付いた下の葉は小さく、変形している。また、虫えいを切り開くと2つ以上の虫えいが合体していることがある。それから、虫えいは葉の裏にできることが多いが、表にもできる。虫えいには穴が空いているものもある。また、ある程度時間がたつと、虫えいの先が尖ってくる。

ここで、複数の葉が生えた枝を根元から採集し、葉の生えた位置で虫えいの数や大きさが違うのかを調べてみた。採集したのは同じような長さの枝2本、1枚1枚の葉の長さと、葉にあるすべての虫えいの長径を測定し、内部のハマゴウフシダニの数を数えた。対象とした虫えいは合計189個だった。

その結果、先端の葉ほど虫えいは少ないがひとつひとつが大きい。下の葉は多くの虫えいがあるがひとつひとつは小さい。先端の葉はまだ小さい時にハマゴウフシダニに刺激され、葉の成長とともに虫えいが大きくなっているのではないか。大きな虫えいほど、多くのハマゴウフシダニが確認できる。

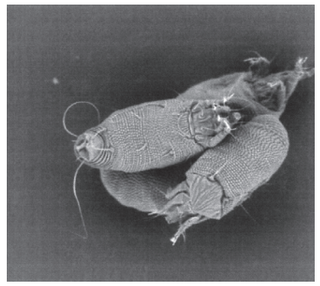
◉ 虫えいのできる過程を調べる

ハマゴウフシダニはハマゴウを刺激し、葉に虫えいを作らせる。その後にハマゴウが虫えいを形成する過程を明らかにしたいと考えて、仮説を立ててみた。

1 葉はハマゴウフシダニの刺激を受け、刺激によってハマゴウは虫えいを作り始める。
2 虫えいは少しずつ成長しながら内部に空洞を作る。
この時、まだ通路はできていない。
3 ある程度成長すると、ハマゴウフシダニが刺激した傷口から通路が形成される。
4 完成した通路からハマゴウフシダニが虫えいに入る。

この仮説を立証する虫えいを探したが、作りかけの虫えいが見つからず、ほとんどにハマゴウフシダニが入居中だった。虫えいはハマゴウが作っていて、虫えいには通路のような空間があるが、ハマゴウフシダニが通路を通過するかどうかもわからなかった。

また、ハマゴウの移植は、茎伏せや挿し木をくり返し行って、ようやく虫えい付きの苗を育てることができた。今後、継続観察にいかしていきたい。



ハマゴウフシダニの電子顕微鏡画像
（高田高校生物科で撮影）

指導について

昨年度に引き続いて、ハマゴウフシダニグループが素晴らしい賞をいただくことができ、学校を挙げて、大変喜んでおります。この研究は10年前から継続して取り組んでおり、今年も新メンバーとして1年生4名を加え、6名で根気強く観察を続けてきました。昨年度の研究をさらに深化させ生活史の見直しを図る一方、ハマゴウフシダニの刺激を受けたハマゴウの葉が虫えいを形成する過程を観察によって確認しようとしました。しかし、予想していた形成過程では説明できないことが多くあり、まだまだ多くの課題が残る状態でのまとめになりました。思うような結果が出ずに行き詰まった悔しさも感じているようですが、粘り強く観察を続け、必ず疑問を解決してくれると考えています。現在も観察の精度を高めるために、室内の鉢植えのハマゴウにフシダニを人工的に寄生させる挑戦も行っています。今後も、本研究を継続、発展させてほしいと思っています。

上越市立直江津中学校　長瀬美香子

審査評

どの生物でも、生活環境にあった独特の生活史をもっており、生物が互いにどのような関わりをもっているかを考えるうえで、それぞれの生活史を知ることはとても重要です。この研究では、主な研究対象であるハマゴウフシダニと、その寄主であるハマゴウという2つの生物の生活史が関わっており、さらに雪国という条件も関与していて、難しいけれどやりがいのあるテーマとなっています。10年間にわたって観察を積み重ねた結果、誰も知らなかった多くのことが明らかになりましたが、最近1年間は少し伸び悩んでいるように感じます。研究の発展のために後戻りすることなく先に進むためには、新しくどのような証拠が見つかって何が明らかになったか、次に調べなければならないことは何かということを毎年きちんと整理して申し送っていくことが大切です。どうやって虫えい内で生活するようになるかという最大のなぞ、うまく明らかにできるといいですね。

審査員　邑田　仁

秋山仁特別賞（中学校の部）

えっ、何で回るんだ!?
～回る氷の謎に迫る～

愛知県刈谷市立刈谷東中学校　氷班
１年　石田優輝　岡本有姫　添谷優翔　安岡侑輝
２年　岡﨑香綸　小林　桜　藤﨑美来奈　３年　加藤百夏　向城俊汰

研究の動機

普段、何気なくやっていることでも、ふとなぜだろうと思うことがある。ある日、リビングで勉強をしていたところ、弟がココアを飲みたいと言ってきた。小さい弟がお湯を扱うのは危ないと思って、代わりにホットココアを作った。弟がさらに「僕、冷たいココアがいい」と言ったので、ホットココアに氷を入れてみた。すると、入れた氷がコップの内側の壁に沿って、くるくると回り始めた。このことを不思議に思い、科学部で氷回転現象と命名し、その原因を研究することにした。

研究の準備

◉ 予備調査と予備実験

まず、氷回転現象を見たことがあるか、見たことがある場合はどんな条件下で起こったか、家族や親戚、友達や先生方に聞き込み調査をした。

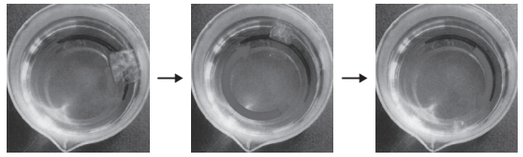
その結果、「空気が入った白っぽい氷で、シューッと音をたてて回った」「茶葉がくるくる回っていた」「黒豆の皮らしきものが中央で回っていた」といった証言があった。その体験談から、氷に含まれる気体が影響している可能性や、液体自体に水流が起きた可能性などが考えられる。現象が起こった時の氷の個数は証言によってばらばらで、氷の数は関係ないのかもしれない。

証言や実験から、緑茶、コーヒー、味噌汁、ココア、水のどれでも、氷回転現象が起きることが確認できた。また、熱い飲み物に氷を入れた時に氷回転現象を見る人が多かったため、0～80度まで10度ずつ温度を変えた水800mLで確かめてみた。周りに定規のような目盛りを入れたビーカーを用意して各温度の水を注ぎ、水面に限りなく近いところから氷を水中に落とす。それぞれ氷がどれだけ回転するかを繰り返し調べた。各温度の水で氷が何cm回転したか、その平均を比較したのが下の表だ。

高い温度のほうが頻繁に氷回転現象が起こり、氷の回転距離が長かったことから、氷から水が溶け出して回転していると考えられる。低い温度の水でも最初は氷が回ったが、途中で回らなくなった。80度が最も長く回るのは、高い水温だと氷の溶ける速度が早く、ビーカー内に水流が起きたからではないか。ここからは80度の水で実験し、確かめることにした。

◉ 水温と氷が回った距離の関係

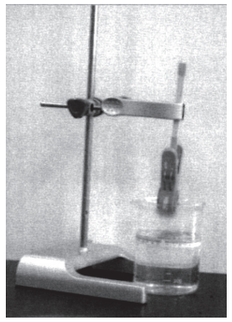
水の温度（度）	0	10	20	30	40	50	60	70	80
回った距離の平均（cm）	0.05	0.05	0.55	1.95	3.7	5.4	8.8	9.4	10.4



ビーカーの水に入れた氷が回転している様子

実験の結果

氷を落とす高さを一定にするために、実験では「氷落とし機安定型」を使った。洗濯ばさみに割り箸を差し込んで、ビーカーの水面に対して垂直になるようスタンドに挟める装置で、洗濯ばさみの先と水面の距離をさまざまに調節できる。



◉ 水を注いだ直後の水流を確認する

まず、水を注いだ直後に氷とは関係なく、水流が生まれているかを実験で確かめた。すると水を注いだ直後から180秒ほどは、注がれた水の力でビーカー内に水流が生まれていることがわかった。そこに氷を入れてみると、水が注がれてから氷を入れるまでの時間が短いほど、氷が回転する距離も長い傾向があった。以後の実験は注がれる水流の影響を排除するため、210秒後に氷を入れて行うことにした。

◉ 氷から水が溶け出すことで氷は回るのか

次に、氷から溶けた水が回転に関係しているのかを調べた。1000mLビーカーに約80度の水を800mL注ぐ。そのビーカーに、氷落とし機安定型を使って溶ける氷と溶けない氷をそれぞれ1個ずつ、ゆっくり入れる。そうして回った距離を測ってみた。

結果、溶ける氷は平均で10.2cm回転したが、溶けない氷は25回中21回がまったく回らなかった。氷から溶け出した水は、氷回転現象の要因のひとつだといえる。しかし、溶けない氷でも回ることもあった。それは、ビーカーへ氷を落とす高さと関係するのではないだろうか。

◉ 氷を落とす高さについて調べる

今度は、氷を落とす水面からの高さを変えて、溶けない氷だけで実験した。1000mLビーカーに約80度の水を注ぎ、溶けない氷の下面が水面に対して－3cm（水深3cm）、0cm（水面にぴったりつけた状態）、水面から3cm上の高さ、6cm上の高さ、9cm上の高さと、落とす位置を変えてみた。結果は下の表のとおり。

◉ 溶けない氷を落とす高さと回った距離の関係

氷を落とした高さ（cm）	－3	0	3	6	9
回った距離の平均（cm）	0.13	0.27	0.50	0.00	0.08

3cmまでは落とす高さが高いほど、回転する距離が長い。氷を高い位置から落とすと加速し、水面に着くと下方向の力が水に邪魔されて左右に分散、水流が起こるのではないかと考えた。高さ6cmと9cmの時にほとんど回っていないのは、高すぎると発生する水流同士がぶつかり合い、氷回転現象につながりにくいからだと考えられる。

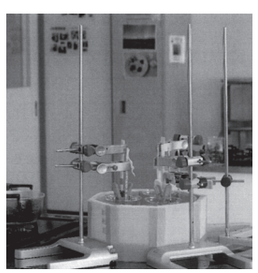
◉ 氷から溶け出した水の行方を調べる

溶け出した水の行方を調べるため、1000mLビーカーに約80度の水を800mL注ぎ、食紅で色を付けた氷を中央に落として観察した。すると、溶け出した水はビーカーの下の方へ沈んでいった。溶けた水は80度の水より冷たく、密度が大きいためだと考えられる。このことから沈んだ水が底に当たってはね返ることで起こる水流が、回転に影響しないのかと疑問に思った。

そこで、1000mLのビーカーに約80度の水を300mL、600mL、900mLと水量を変えて注ぎ、それぞれ氷をゆっくり入れて、回った距離を比較した。はね返る水流が回転に影響するなら、水量が少ないほうが回るはずだが、結果は水量が多いほど回転した距離が長かった。このことから、底からはね返る水流は回転には関係がないとわかった。

◉ 水の量と回転との関係を調べる

前の実験で水量が少なくなるほど回転しなかった原因は、水温にあると考えられた。量が少ない水に氷を入れると、すぐに水温が下がるだろう。実際、1000mLビーカーに80度の水を300、600、900mLずつ注ぎ、それぞれ210秒後に氷を入れて、氷が溶けきった時の水温を比べてみた。すると予想どおり、水量が多いビーカーほど、水温は下がりにくかった。



80度の水を300、600、900mLずつ注いだ3個の1000mLビーカーを90度の水を張った丸型水槽に浸け、温めながら210秒後に氷を入れて回転する距離を調べると、3個に差は出なかった。このことから氷回転現象に水量そのものは関係せず、水温が影響していることがわかる。

◉ 氷に含まれる気体の影響を調べる

最後に、聞き込み調査で出ていた空気を含んだ氷に着目し、気体と氷が回る距離に関係はあるのかを調べた。1000mLビーカーに80度の水を800mLずつ注ぎ、気体が含まれる氷と、含まれない氷を入れて回る距離に差があるのかを確かめる。結果、気体を含む氷の回転距離は9.18cm、気体を含まない氷の距離が9.76cmで、気体を含まない氷の距離がわずかに長かった。

気体による氷回転現象への影響を「t検定」でも調べたが、有意差がないことがわかったため、気体は氷が回る距離に関係していないと考えられる。

研究の結果

氷から水が溶け出す反作用で氷は回る。また、水を注いだ時に水流が発生するため、水を注いですぐに氷を入れると回る距離が長くなる。水温が高いほど氷が回る距離は長くなり、水量や気体は関係しない。実験で得られたデータに一部ばらつきがあったことから、回転には別の条件があるかもしれない。今後の課題としていきたい。

指導について

普段の部活動において、生徒たちが身近なところからさまざまな疑問をもち寄り、研究を計画するようにしています。今回の研究でも、彼女らが日常生活の中で、「飲み物に氷を入れたら回りだした」という現象から疑問を感じ、研究を始めました。仲間同士ディスカッションを行い、氷が回りだす要因をどのようにしたら解明できるのか考え、それをもとに実験を行うようにしました。特に生徒の自主性を大切にし、のびのびと研究できる場と環境を用意しました。研究を進める中で、一見データに関係性が見られない場合でも、視点を変えて他の要因を探すようにアドバイスをしました。また、1人1冊ノートを渡して、実験したすべてを記録すること、写真を必ず撮り記録して残すことを、研究を通して意識させました。生徒たちの追究したいことが出来るようにサポートに徹しました。彼女らが強い信念をもって、追究していった頑張りがとても大きいと思っています。

刈谷市立刈谷東中学校　名倉秀樹

審査評

同じひとつの現象を見て、“なぜだろう？”と感じる人と何も感じない人がいます。刈谷東中の氷班９名は、コップの液体に氷を入れると回転するという現象にふしぎを感じたことが、この研究のはじまりです。氷の回転現象には分からないことが多かったにもかかわらず、仮説を立て、実験を工夫し、実験結果をまとめて検証しながら真実を突き止めています。とても科学的なアプローチが成されていました。試行錯誤の結果、氷から水が溶け出る反作用で氷が回る、水を容器に注いだ時の水流発生で回転する距離が決まる、という結論を導いています。普段見落としがちな現象に注目して科学的に解明した優れた作品です。

審査員　秋山　仁

レンズの向こうに広がる美しい世界
～懸命に生きるボルボックスにせまれ～ Part Ⅱ

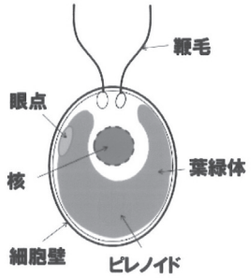
埼玉県春日部市立武里中学校　２年　森山結衣

研究の動機

小学6年生の時、自ら光を求めて動き、光合成を行うボルボックスを知って、その生き方に衝撃を受けた。どんな生物なのか自分の目で確かめたくなり、研究を始めた。今回は、ボルボックスの特性である走光性についてより詳しく調べ、過去の実験から生まれた疑問を追究し、さらに深く研究を進めることにした。

研究の背景

ボルボックスは、くるくると回りながら泳ぐ、美しい緑色の緑藻だ。直径0.5～1mmの球体で、きれいな川や田んぼなどの淡水に生息している。球体の表面には2本の鞭毛（べんもう）とひとつの眼点を持つ丸い細胞が1,000～17,000個並び、球体は群体（最も単純な多細胞生物のこと、1群体が1個体）と呼ばれる。それぞれの細胞は鞭毛を球体の外側へ伸ばしていて、その鞭毛を打つように一斉に動かすことで、回転しながら移動する。光のほうへと動く走光性を持ち、顕微鏡を作ったことで知られるレーウェンフック（オランダの博物学者）に発見され、植物の学名を考案したリンネ（スウェーデンの博物学者）にボルボックス（ラテン語で回転するを意味するVolvoに由来）と命名された。世界では約20種、日本では5種が発見されている。



今年度は、「ボルボックスを入手」（**実験1**）、「ボルボックスの観察と種の同定」（**実験2**）、「ボルボックスの簡易な培養条件の検討」（**実験3**）、「走光性実験」（**実験4**）の、4つの実験でボルボックスにせまることにした。

研究の内容

◉ ボルボックスの特徴

ボルボックスは春から秋にかけて無性生殖で繁殖し、環境が悪くなると有性生殖を行って乾燥に耐える接合子（受精卵）を作り、冬を越す。春になると発芽し、再び無性生殖を行う。無性生殖は、親の群体内部に新しい群体ができることで行われる。群体の内部にはゴニディアと呼ばれる生殖細胞があって、ゴニディアが体細胞分裂して次世代の胚（娘群体）を作る。娘群体は最初、生殖細胞が外側に体細胞が内側に配置されていて、成熟の過程で外と内とのインバージョン（反転）が起こる。娘群体が十分に成熟すると、親群体の体細胞層を破って孵化する。2回、胚を放出した親の個体は細胞死する。

◉ 実験1・ボルボックスの入手

2019年5月～6月にかけて、久喜菖蒲公園昭和沼と春日部市内の田んぼで、ボルボックスの採集を行った。ボルボックスの繁殖期なので、沼も田んぼもボルボックスが増えて採集できると予想していた。結果、6月に沼の1地点で2種類の採集方法により32群体（親18群体、娘14群体）を採集できた。

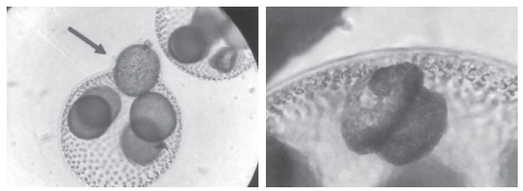
春日部市内の田んぼは農家の方のご協力をいただき、田植え後の5カ所を調べてみた。しかし、5カ所すべての水に、ボルボックスを見つけることができなかった。にごっている水では、ボルボックスは生息できにくい傾向があるのかもしれない。

8月の夕方と午前9時30分ごろ、ボルボックスの生息地として知られる琵琶湖の2カ所でも採集を行った。その結果、午前中に採集した琵琶湖東側の砂浜で多数の群体を見つけることができ、合わせて32群体を採集した。

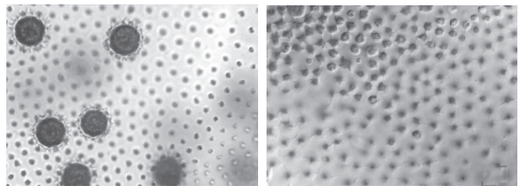
この実験から、ボルボックスは浅く水の流れが少しある場所で採取しやすく、久喜菖蒲公園より琵琶湖に多くが生息していることがわかった。また、2つの研究所から、ボルボックス・カルテリ、ボルボックス・オーレウスという種類のボルボックスを分譲していただいた。

◉ 実験2・ボルボックスの観察と同定

ボルボックスを顕微鏡で観察すると、親群体のなかの娘群体に、変わった形をしたものが複数ある。これはインバージョンの途中と推測できた。ボルボックスの微細構造について、自宅の光学顕微鏡、岩国市ミクロ生物館の微分干渉装置付生物顕微鏡を使って詳しく調べた。



ボルボックス・オーレウスの親群体から娘群体が出る様子（左・自宅顕微鏡）と、久喜菖蒲公園の群体で観察できた娘群体のインバージョン（右・自宅顕微鏡）



左は久喜菖蒲公園の群体で観察できた接合子（自宅顕微鏡）、右は久喜菖蒲公園のボルボックス体細胞（微分干渉装置付生物顕微鏡）

自宅顕微鏡での観察から、親から娘が出る瞬間、インバージョン途中のコニディア、接合子を持った群体、娘のなかにある孫のゴニディア、琵琶湖のボルボックスは久喜のボルボックスよりきれいな卵形をしていること、などが確認できた。形状が異なるため、久喜菖蒲公園のボルボックスはボルボックス・カルテリやボルボックス・オーレウスとは違う種類だと考えられる。

微分干渉装置付生物顕微鏡でさらに詳しく観察すると、久喜産ボルボックスの体細胞は楕円形で、群体は卵形、原形質連絡糸が太かった。原形質連絡糸の真ん中に太いつなぎ目（節状のもの）があって、その形状からボルボックス・フェリシイだと推測できた。琵琶湖産ボルボックスの種の同定は、今後の課題とする。

◉ 実験3・簡易な培養条件の検討

ボルボックスの培養は、赤玉土や鹿沼土を使った二層培地が安定的だといわれる。土を使わない培養液としては、市販のミネラルウォーター（ヨーロッパの軟水）に石灰岩の寒水石と、液体肥料のハイポネックスを入れるものが知られている。土を使う培養は水や土壌の煮沸に手間がかかり、煮沸が不十分だと他の微生物によるコンタミネーションが起こる。今回は、高圧蒸気滅菌器がない環境で簡易的に培養ができないか、試してみた。

鹿沼土20gをクッキングシートで包み、500Wの電子レンジで3分間滅菌し、水とハイポネックス（濃度が0.05％になるように調整）を加えた培養液で、ボルボックスが培養できるかを調べた。しかし、2日目には液の底からもやのようなものが広がり、10日以内に死滅した。他に寒水石を1粒30秒直火であぶり、水とハイポネックス（濃度0.1％）を加えた培養液でも試したが、こちらは21日間生存した。電子レンジの時間を延ばしても培養は成功しなかった。この方法では十分に滅菌できないという結果なので、今後は別の方法を検討したい。

培養液の実験では他に、ハイポネックス濃度が0.01％の液だとボルボックスが短期間で大量に培養でき、0.1％だと長期的に培養できることがわかった。また、市販されている5種類のミネラルウォーターを比べると、国内で採取した天然水が最も培養に向いていた。ナトリウムとカリウムが含まれないことが、関係しているのかもしれない。

◉ 実験4・走光性実験

ボルボックスの走光性を詳しく調べるため、シャーレにボルボックスを入れ、横の一方向からLEDライトの光を照射すると、どう動くのかを調べた。久喜菖蒲公園のボルボックスを使い、LEDライトとシャーレの距離を0、5、10cmと変え、照射時間はそれぞれ10分ずつとした。その結果、ボルボックスは光に向かって集まる正の走光性を確かに持っていた。LEDライトが近く強い時ほど、速く多く光に集まる。シャーレまでの距離が長くなるほど、シャーレのふちに広がるように集まるのは、光の進み方が影響すると考えられる。

次に、ボルボックスは光の色の違いで、異なる走光性を示すのかを実験した。赤、青、黄、緑、透明セロハンシートのどの色に、多く集まるのか調べてみた。その結果、ボルボックスは透明のセロハンを通した光に最も多く集まり、次いで青のセロハンを通した光に反応した。透明セロハンは光のほぼすべてを透過し、照度が最も高い。しかし青セロハンの光は黄セロハンより照度が低く、赤や緑ともあまり変わらない。ボルボックスの光に対する集まりやすさは照度ではなく、波長に左右される可能性がある。青の次には赤いセロハンの光に強く反応したので、光合成に必要な光の波長（青紫色や赤色）を好み、今回の結果になったと推測できる。

指導について

この研究は学習教材の掲載記事がきっかけでした。小学６年生の時にボルボックスの美しさにひかれ、「自分で採取して顕微鏡で見てみたい！」と相談されました。昔は身近な田んぼや池に生息していたボルボックスが、なかなか見つからず、休日は家族であちこちの池を訪れました。ようやく数匹のボルボックスを見つけた時の彼女のキラキラした表情は、忘れられないものとなっています。本年度は、当時の失敗の原因を自分なりに考え、工夫していました。研究内容の見直しを通して、彼女の成長も感じることができました。実験が進むにつれて、部屋の中には怪しげなペットボトルが増えていったり、旅行にボルボックスを持参したりしていたのも、今ではいい思い出です。今回、多くの方々に協力をしていただき、研究に繋がったことを感謝しております。これからも「？」が「‼」になる楽しさや喜びを感じ、いろいろなことに興味を持ってチャレンジしてほしいと願っています。

森山由紀

審査評

生物の研究には、その基礎として、材料の採集、同定（名前を明らかにすること）、安定した飼育などを行うことが、まず必要です。この研究では、自分自身でそれらを行い、培養条件の工夫と走光性に関する実験を含めて、結果を示しており、ボルボックスという生物を取り扱い、理解する力をつけてきていると思います。今の段階では、観察結果の考察に推量の部分が多く、結論が出せていないのですが、今後はこれまでの経験を踏まえ、何を知りたいかという目的を具体的に設定して、それに必要な実験・観察を的確に進めていくことを期待します。顕微鏡写真は確実に撮影されて美しく、観察結果を客観的に表していますが、その説明や記述には注意すべき点があります。たとえば、ボルボックスは単細胞生物の集合（群体）なので、親細胞・娘細胞ではなく、それぞれ親群体、娘群体と呼ぶべきです。

審査員　邑田　仁

光の色によりレタスの味は変えられるか

静岡県静岡雙葉中学校　１年　柳田純佳

研究の背景

小学3年生の時、光の色で植物の成長が変わるのか、小松菜を対象に研究した。葉の枚数や大きさ、茎の高さを比較して総合的に見ると、緑の光、赤の光、青の光、自然の光、白の光の順で成育がよいという結果となった。翌年は小松菜をシソに換えて、赤、青、緑、白に加え、赤緑（オレンジ）、青緑（水色）、赤青（ピンク）と2色合わせた光も使って観察を続けた。結果、シソも光の色の違いで成長に差があった。緑と緑、赤と緑の組み合わせで茎が高くなり、葉も大きくなった。

これまでの研究で、植物の成長に必要な光の色は緑と赤だと思ってきた。しかし6年生の時、インターネットで売られる水耕栽培用のLEDを見てみると、白、赤、青の組み合わせが多いと気づいた。本で調べても、赤や青の光でよく育つと書かれている。緑の光がよいという過去の研究結果は間違っていたのか、改めて考えてみた。

原因として思いついたのは、色による光の明るさの違いだった。同じように光を当てたつもりでも、色で光の明るさが違い、植物の成長に影響を与えていた。そこで光の明るさ（照度）をそろえて同じ研究をしたところ、赤と青の光が植物をよく成長させ、単色より赤と青を合わせた光のほうがよく育った。発芽率は白の光が高く、芽に必要な色は葉や茎とは違っていることもわかった。

6年生の研究では、赤、青、緑、白の光で育てたレタスの味の違いも比べてみた。家族や友人など15人に食べてもらい、色で味に差があるらしいことは確認できた。しかし、15人ではデータの量が少なすぎる。

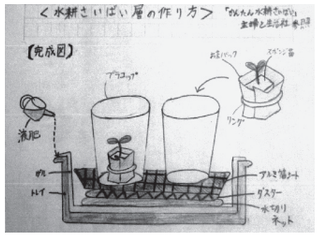
今回はより詳しく、光の色でレタスの味が変わるのかを研究した。試食の人数を50人に増やし、葉のやわらかさや保存状態、細胞の状態なども比べた。さらにトマトのように実を食べる植物も、光の色で成長や味に差があるのか、調べてみたいと考えた。

光の色とレタスの探究

◉ 異なる色を当てたレタスの育て方

まず、6等分したスポンジに切り込みを入れ、レタスの種を2粒ずつ落としてトレイに並べる。スポンジに水を含ませ、トレイにも水を注いで4週間、苗を育てる。

次に図のような水耕栽培層を作る。スポンジ苗の底が液肥（希釈したハイポニカ）に触れるように、アルミ箔シート（遮光板）はプラコップの底に合わせて丸く切り抜いている。プラコップの底もカッターで丸く切り取り、切り取った底の中心をさらに丸く切り取ってプラスチックのリングを作っておく。育てたスポンジ苗は安定させるため、裏返して箱状にしたお茶パックの中へそっと置き、外側から先ほどのリングをはめて固定する。こうして完成したお茶パック苗を、底を抜いたプラコップへひとつずつ入れる。



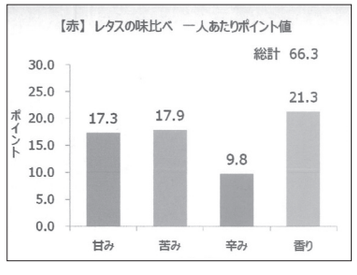
水耕栽培層の上にそれぞれ、赤、青、赤青のLED電球をセットしてレタスを育てた。赤はLED電球3個、青はLED電球2個、赤青は赤のLED電球2個と青1個とし、照度を約900LUXにそろえた。隣の苗へ違う光が届かないように、それぞれを段ボールで仕切った。

◉ 異なる色で育ったレタスの味の違い

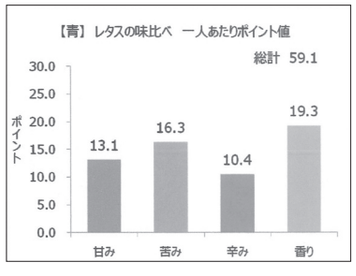
赤、青、赤青の光で育ったレタスを静岡STEMアカデミーに来ていた50人に食べていただいた。甘み、苦み、辛み、香りの4つを「ある・ふつう・なし」で評価してもらい、「ある」を5、「ふつう」を3、「なし」を1、「不明」を0ポイントとして集計したのが下のグラフだ。

この結果から、赤青の光で育てたレタスの味が最も濃いと考えられる。逆に、青の光だけで育てたレタスの味が最も薄い。味が違うということは、葉の成分が違っていると推測できる。今後は、根から吸収される水溶液の成分や、気孔から入る二酸化炭素や窒素などの影響にも目を向ける必要がある。

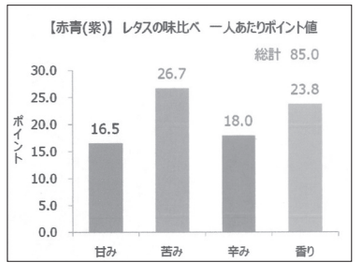
◉ 赤の光で育ったレタスの味



◉ 青の光で育ったレタスの味



◉ 赤青の光で育ったレタスの味



◉ 異なる色で育ったレタスの強さの違い

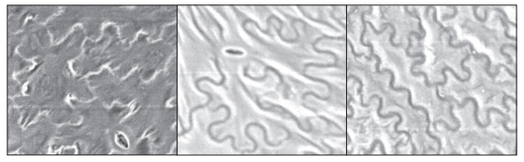
レタスの味比べの時、光の色によって葉のやわらかさが違うことに気がついた。光の色でレタスの葉の強さに差が出ているのか、探究することにした。突っ張り棒に洗濯ばさみで赤、青、赤青の光で育てたレタスの葉をぶら下げ、10円硬貨を小さな袋に入れてクリップで葉の下側に取り付ける。それぞれ、何gの重りで葉が破れるのかを比較した。赤で育ったレタスの葉が最も薄かったので破れやすく、青と赤青は同程度だと予想していた。

すると、赤が56.7g、青が46.8g、赤青が63.0g（いずれも5回の実験の平均）の重さで破れ、最も弱いのは青だった。しかも青と赤青の強さには約15gの差があった。光の色によって育つレタスのやわらかさ、強さには、確かに差があることが明らかになった。

◉ 電子顕微鏡を使った細胞の観察

それぞれの光で育ったレタスの葉には鮮度の差もあるのではないかと、保存状態を変えながら実験したがはっきりしなかった。肉眼ではわからない小さな違いを確かめるため、静岡科学館の電子顕微鏡をお借りして、赤、青、赤青の光で育てたレタスの葉の細胞を比較した。

すると、それぞれの光で育った葉の表面細胞は、その大きさに違いがあった。細胞の量、形も少しずつ違っていた。光の色によって引き起こされる、この表面細胞の違いが、味や葉の強さに影響したと推測できる。



電子顕微鏡で見たレタスの葉の表面（左から赤・青・赤青で育ったレタス）

光の色とトマトの探究

光の色の違いは、トマトなど実を食べる植物の成長にも影響を与えるのだろうか。葉の大きさ、花や実のつき方、味に違いはあるのだろうか。レタスの葉での研究を、今度はトマトに置き換えて調べることにした。

水耕栽培層はレタスと同じように作り、赤、青、緑、白のLED電球を用意した。レタスと同様に、すべての色で照度をそろえる。比較のために、太陽光でも苗を育て、観察してみた。

その結果、太陽光で育てたトマトには花が咲いたが、LED電球のトマトはどの色でも花が咲かず、実がならなかった。最も高く成長したのも太陽光で、LEDのなかでは青の生育がよく、緑はあまり成長しなかった。白い紙の上に、赤、青、緑、白、太陽光で育ったトマトの葉を1枚ずつ並べて比較すると、青、緑、太陽光の葉は大きく、赤の葉は色が濃かった。同じ色で育ったレタスの葉とも比べると、赤で育ったレタスやトマトの葉は濃い緑色になり、表面がぼこぼこになる。青、緑、白で育ったレタスやトマトの葉はやわらかくなる。緑で育ったレタスやトマトの葉は小さい、など複数の共通点があった。花が咲き、実がなっていたらトマトの花や実にも、色による違いが認められたのかもしれない。

その後、千葉大学の植物工場を見学して、レタスは弱い光でも育つがトマトはその3倍の光が必要なことがわかった。トマトを育てるには光を当てない「暗期」という時間も必要で、肥料の窒素成分も注意深く調節していることなどを教わった。

今回、確認できた育つ色による味の違い、表面細胞の違いなどをさらに探究していけば、気候に左右されず１年中安定した野菜の提供や腎臓病などの人たちでも安心して食べられる「機能性野菜」が作れるのではないかと思った。

指導について

私たちは、STEM 科学教育の普及を目指して、子ども達の発想を大切にした科学的探究活動（自由研究）の講座を開いています。柳田さんは、LED 電球を使って野菜を育てるミニ野菜工場を段ボールで作って、次々出てくる疑問を探究し続けてきました。昨年、育てたレタスを食べたところ、LED 電球の色の違いによって育てたレタスの味が違うのではないかということに気づきました。「もし大勢の人に食べてもらって味に違いがあるとしたら、機能性野菜として発展させることができるのではないか」という疑問を抱いて、今回の探究になりました。私たちは子ども達の探究にスイッチが入ったら、継続して探究していくような関わり方を大切にしています。それは科学的な探究能力が身につくように育てたいからです。そうした柳田さんの継続研究姿勢を評価していただいたことに、とても感謝しています。

静岡 STEM アカデミー　アドバイザー　増田俊彦

審査評

本研究は、小学生の時に「小松菜」を使い「光の色によって植物の成長は違うのか？」をテーマにした研究から始まりました。自分で行った結果とインターネットで調べた結果に差があることを不思議に思い、その解明に向け研究を行いました。その後、試料をレタスに変え光の色の違いにより発芽や葉、茎の成長の違いに気付くなど、試行錯誤を繰り返して研究を進めています。身の回りの材料を使い、自作した水耕栽培の装置や葉の強さを調べる装置、LED 電球を使用した実験装置など随所で工夫のあとが見られます。色の違いによる成長や味覚、葉の柔らかさなどを調べる実験では調査に協力した人たちから集められたデータを年代(齢)別に集計し分析・考察しています。味の違いから葉における成分分布をモデルで考察し、根から吸い上げる養分や空気中からの気体の影響についても目を向ける必要がある、と今後の課題も見つけ出しています。また、レタスをトマトに変えて行った実験では、とてもたくさんの実験データを集め分析しています。7年間にわたる研究は高く評価されます。今後も継続して行うことで、「機能性野菜」の開発などに発展させた研究を進めていくことを期待します。

審査員　田中史人

常総市の沼や川はきれいかな？ パート３

茨城県常総市立水海道西中学校
1年　猪瀬春佳・猪瀬広貴

〔研究の動機〕

2017年、茨城県霞ケ浦環境科学センターで霞ケ浦の水質やプランクトンを調べて興味を持ち、私たちの住む常総市内の沼川の水辺のすこやかさと水質を調べたいと思った。これまでの研究で、流れのある川は、水がたまる沼より水質がきれいだった。今回、次の２つのことを調べてみたいと思った。１つ目は、川の上流と下流での水質に違いがあるのか。２つ目は、３年前から鬼怒川の工事が行われているので、その工事が水辺の環境に影響しているのかである。

〔結論と感想〕

予想通り、３年連続、菅生沼の水辺のすこやかさは１位だった。しかし、水質はきれいとはいえない。一方、鬼怒川は堤防の工事により、豊かな自然や生き物は失われているが、水質は改善していた。水の流れが速い鬼怒川の上流はきれいだが、下流に行くにつれ、少しずつ汚れていった。引き続き、沼川の水辺の環境を調査し、なぜ菅生沼の水質が汚れているのかをつきとめたい。また、谷津沼の水をきれいにする方法を調べてみたい。

ヒヨドリが運んできた木の実 ～鳥に運ばれる種～

東京都共立女子中学校
3年　松本真央子

〔研究の動機〕

2017年12月から2018年1月にかけて、我が家のベランダにヒヨドリがやってきた。ヒヨドリはベランダにフンをしていき、そのフンの中に5種類の種が混ざっていた。実際にこの種を植えると発芽するのか気になった。植えた種が成長したら、この植物の親の木はどこにあるのかを調べてみようと思った。

〔結論と感想〕

植えた結果、全部の種が発芽し、どんな植物の実を食べたのかがわかった。親の木探しでは、ヒヨドリがどの木の種を食べたのかわからなかったが、有力候補を見つけることはできた。実際に散策してみると、植物には鳥に見つけてもらうためのさまざまな工夫がされていたことに気づいた。そんな植物に偉大さを感じた。

イモリの感覚とは？ ～視覚と嗅覚～

東京都東京学芸大学附属竹早中学校
3年　押木燿子

〔研究の動機〕

私達人間は、基本的に目で見る「視覚」によって、食べ物かそうでないかを判断している。現在、自宅で４年間イモリを飼っている。私がイモリを見ているとイモリと目が合ったり、寄ってきたりすることがある。餌をあげる時には、目の前の餌には目もくれず、他のイモリにあげるつもりの餌をわざわざ取りに来るイモリもいた。そのためイモリの餌やりに時間がかかっていた。では、イモリは何の感覚で餌を判断しているのか？ 人間と同じように「視覚」によって判断しているのではないか？ それを確認しようと思ったのが研究のきっかけである。

〔結論と感想〕

結論として、私の仮説「イモリは人間と同じように視覚で食べ物を見つけて食べる」は否定され、「イモリの視覚は低く、人間と同じように視覚では食べ物を見つけておらず、嗅覚に頼って食べ物を見つけて食べる」ことがわかった。しかし視覚は補助的に利用されており、静止していれば近くにあるのものは認識でき、大きさが大きくなれば認識できる距離が長くなることがわかった。この結果を得て、イモリの餌のやり方を工夫したところ、約30分の時間の短縮ができ、研究を実際に毎日の生活に役立てることができて面白かった。

なぜ跳ねる？ グラウンドにできるしましま模様

愛知県刈谷市立刈谷東中学校　科学部　ブラシ班
１年　磯村茉那・田畑海音・成田龍一
２年　小林星斗・坂口陽詩・鈴木幸陽
３年　ラフィ アルジャシヤ

〔研究の動機〕

ある日、サッカー部の友達が困った様子で話をしていた。聞くと、「グラウンドのブラシがけをする時にブラシが跳ねてしまって、地面をきれいにならすことができない」という話だった。大会も近いサッカー部がグラウンド整備に時間をとられて、練習の時間が短くなっているのはかわいそうだ。サッカー部の友達のために、なんとかこの問題を解決したいと思い、研究してみることにした。

〔結論と感想〕

ブラシの質量が大きいと弾性力が小さくなり跳ねにくい。ブラシを引く速度を上げると毛がよく曲がることから弾性力が強くなり、跳ねやすくなる。毛の角度を小さくすると、毛が元に戻ろうとする力が弱まるため弾性力が弱くなる。そのため跳ねにくくなる。ブラシの柄の上部にひもをつけると、ブラシの代わりにひもが振動を吸収する効果は大きくなる。弾性力が弱まるため跳ねにくい。今回、友達の一言から始まって、ホッピング現象を解明することができた。これからも不思議に思ったことがあれば研究していきたい。

ろうそくの研究 ～ろうが垂れにくくなる秘密を探る～

愛知県刈谷市立刈谷南中学校　科学部　ろうそく班
１年　坂木信太・杉浦敬太
２年　大橋琉介・西尾悠伸・福本大河・丸橋　響・山田帆純
３年　安間結詩・早稲田清怜

〔研究の動機〕

ケーキにろうそくを立てて燃やした時に、ろうがケーキの上に垂れてしまった。そこで、ろうを垂れにくくする方法を調べると、①芯を太くする②冷凍庫に入れて冷やす③ろうそくを板状にする④数時間、食塩水に漬けて乾かす、という４つの方法があることを知った。なぜ、これらの方法でろうが垂れにくくなるのか疑問に思い、ろうが垂れにくくなるメカニズムを明らかにするため、研究を始めた。

〔結論と感想〕

④の食塩水に漬けて乾かしたもののみ、垂れにくくなる理由がわからなかった。そこで、研究の目的を「なぜろうそくを食塩水に漬けると、ろうが垂れにくくなるのかを明らかにする」として、その追究を始めた。ろうそくを食塩水に漬けることで、ろうそくの表面に食塩の結晶が付着した。すると、ろうそくの温度上昇が大きくなり、ろうが早く蒸発する。そのため、ろうが垂れにくくなるという結論に辿り着いた。このような興味深い現象が身近に起こっていたということに気付くことができた。もっといろいろな興味深い現象を見つけて研究したいと思った。

ペットキャップ変化球の科学

愛知県刈谷市立依佐美中学校
科学部　ペットキャップ班
１年　大原己知・日南伊織
２年　江坂拓真・長谷川稜悟
３年　黒川紘一朗・髙尾星弥・田島悠太

〔研究の動機〕

最近流行しているペットキャップ野球の動画を見て、いろいろな投げ方や変化球があることに驚いた。どのようにして、そのような動きをしているか調べようとしたが、インターネットで調べたり、実際投げたりしてもよくわからなかったため、科学部の仲間と一緒に謎を解明しようと思い、研究することにした。

〔結論と感想〕

野球ボールやフライングディスクの変化球が変化する要因は、「マグヌス効果」「揚力」「空気抵抗による力」であった。その力がペットキャップにも同じように働いているのか、自作機械を用いて調べた。すべての力がペットキャップにも同じように働いているかと思ったが、「揚力」だけは働いているといえなかった。また、実験データと実際の変化球の動きなどが一致し、研究を進めるほど、変化の大きい投げ方が理論に変わっていくのがおもしろかった。

ミミズの不思議

京都府立福知山高等学校附属中学校
1年　牛房向日葵

〔研究の動機〕

小さい頃からミミズは好きで、色や動きがかわいい。祖父が飼っている「デコッポチ」(川魚)はミミズを食べる。家の横の砂利の下にたくさんミミズがいて、それを捕ってデコッポチにあげる。どれだけ捕ってもミミズはいる。天敵も多いはずなのに、なぜミミズは減らないのか不思議になったので調べようと思った。

〔結論と感想〕

ミミズは土の中で生活するため、実験や観察が難しかったが、調べれば調べるほど奥深かった。ミミズは卵をたくさん産み、温度などの環境がよかったら次々と産まれることがわかった。１つの卵から２匹産まれることも初めて知った。ミミズの尿やフンは草木の育ちをよくするので、人間の農業にとってよいこともわかった。本にもインターネットにも、あまりミミズについて詳しく載っていなかったため、自分で新発見できることが楽しかった。この研究を見て、私のようにミミズの大好きな人が増えてくれたらうれしい。

アルテミアの生きる術
～大型鰓脚類の走光性～

広島県広島大学附属中学校
３年　石川こひめ

〔研究の動機〕

小学校５年生の時に水中の生物に興味を持ち始めた。その後ミジンコ類の研究をするうちに大型鰓脚類（おおがたさいきゃくるい）を目にして、関心を持った。去年は、大型鰓脚類を対象とした分布調査も行った。今年は、彼らの生態を調べたいと思った。その際、自然界で大きな影響を与えている、光に対する走性を調べることにした。実験を行うにあたって、簡単に飼育できるアルテミアを主として使うのがよいと考えた。アルテミアの幼生に正の走光性があるのは知られているが、その後どう変わっていくのかは、まだよくわかっていない。これらのことから大型鰓脚類の走光性について調べることにした。

〔結論と感想〕

実験を通して、どの大型鰓脚類（ミジンコ類）の光に対する行動を見ても、自然界で生き残るための工夫が見られた。例として、アルテミアは孵化直後の一番弱い時期は負の走光性があり、これは護身のためだと考えられる。また、孵化 13 日もすれば雌雄差が見られ、雌の方が負の走光性が強い。これは産卵するために水底付近にいることが重要となるためだと考えられる。このように１匹１匹のデータをとっていくと、小さな生き物のさまざまな術を実感することができた。また、人との伝達手段を持たない生物の行動の理由を推定するのは、とても楽しいことだった。

試薬及び溶媒による花の色水の色の変化パターンの分類を試みる

宮崎県立都城泉ヶ丘高等学校附属中学校
３年　福島ちづる

〔研究の動機〕

小学生の頃からアサガオについての自由研究をしており、その時参考にした資料で、花の色水を変化させる実験を知った。アサガオ以外にも我が家にはたくさんの植物があり、「他の花の色水はどんな変化をするのだろう？」という考えから、この研究を始めた。変化の規則性を調べるために大量のデータを集めて、１年間実験を続けた。

〔結論と感想〕

研究の結果から、花の色水の変化は大きく４つに分類でき、そこからさらに４つに分類できた。また、一部のものは食塩水に反応し、分離できた。この他にも、色水に粘り気があるものや、酸性の試薬を加えるとゲル状になるものなどがあった。これらの特殊な反応は、その花の色の違い以外には、まだ同じパターンのないものが多いので、さらに研究を続けていきたい。

小学校の部

カエデの種のすじを活かした扇風機の開発

石川県金沢市立西小学校　６年　岩上花恋

研究の動機

これまで4年間、カエデの種について研究を続けてきた。カエデの種はプロペラのような形をしていて、よく見ると表面にすじ状の突起がついている。また、カエデの種は回転しながら落下し、風に乗って根を下ろすべき場所へと移動する。4年生の時の実験でカエデの種のすじは空気の流れを生み出し、回転を補助していることがわかった。そこで、カエデの種のすじを活かして扇風機の羽根を作れば、広範囲に風を届ける快適な扇風機になるではないかと考えて、開発することにした。

カエデの種のすじに注目して扇風機を開発するので、羽根はカエデの種の形に似せ、すじがない羽根とすじがある羽根を比べる実験を行う。すじの有無で風が届く範囲や風速に違いがあるのか、風速機を使用して確かめる。また、すじの有無によって風の流れに違いがあるかを見るために、可視化実験も行う。今回の研究は、金沢大学の木綿隆弘先生のご協力をいただいた。

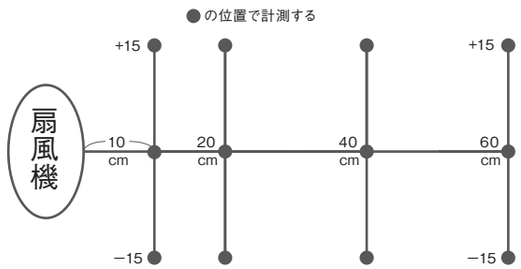
研究の方法

この研究について、いくつかのルールを決めた。

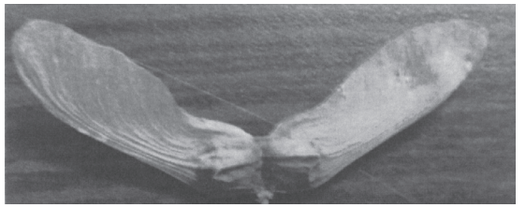
1 開発を目指す扇風機の定義を、広範囲に風が当たり、均一で安定した風速のものとする。

2 エアコンを消した室内に扇風機を置き、下の図のように計測地点を設定する。扇風機の中心から左右それぞれに15cmずつ離れた地点を、右に離れた地点＝＋15cm、左に離れた地点＝－15cmと表すことにした。扇風機の風速設定は「中」にする。

3 予備実験から可視化実験までに使用した風速計は、金沢大学からお借りしたもので、10秒間の平均風速が正確にわかる。今回は1回のみ測定し、10秒間の平均風速を記録して比較する。

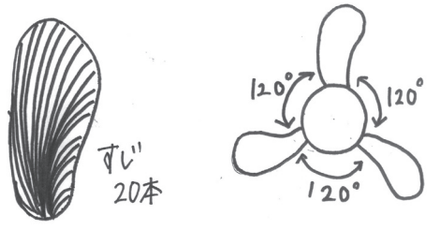


風速の計測地点



カエデの種はプロペラのように２つくっついているが落下する時に分かれる

4 実験のために作成した羽根の材質は厚紙、すじは水引で付ける。羽根の形は過去4年間の研究で最もよく回転したカエデの種の形をコピーして使用した。すじの本数は過去の研究で最適だった20本から始める。表裏に20本ずつすじを付けた。羽根の枚数は3枚、120度の間隔で扇風機の中心軸にガムテープで貼り付ける。羽根の向きは、扇風機が回る方向が丸くなるようにする。



金沢大学での実験

◉ 予備実験

まず、単純にすじの有無だけで風が変わるのかを確かめることにした。すじがない羽根と、すじがある羽根3枚を中心軸に取り付けて、それぞれ左下の各地点での風速を計測する。また、羽根の力だけを調べるために、羽根を付けずに中心軸だけを動かして各地点の風速を記録、羽根付きの風速から中心軸だけの風速を引いて、比較することにした。

◉ 予備実験の結果と考察

すじのない羽根は中心・＋15cm・－15cmともに、各地点での風速が不安定でばらつきがあった。すじがあるほうの羽根は中心と＋15cm・－15cmで風速に差はあるが、＋15cm・－15cmだけに着目すると、どちらも40cmまであまり風速が落ちなかった。つまり 、すじがあるほうが風は広範囲に届いている。

しかしすじがある羽根はない羽根より、中心地点の風速は距離が離れるにつれて落ちてしまう。これは、中心軸に羽根を取り付ける時に、角度をつけなかったためと考えられる。次は、風速が増す羽根の取り付け角度を探っていくことにした。

◉ 最適な羽根の取り付け角度を調べる

取り付ける角度を決めるだけなので、すじの有無では比較せず、すじのない羽根を使って実験した。角度は30度、45度、60度の３つで比較することにする。それぞれの角度で折った紙を２枚組み合わせ、紙の間に羽根をはさんで取り付けた。風速を測定する位置は、予備実験と同じ。

これまでの研究でカエデの種型のプロペラを作成し、プロペラの角度と揚力を調べたところ、45度が最も揚力が大きかった。その経験から45度が、最も風力を増すと予想した。

◉ 角度実験の結果と考察

45度は風速がどこの地点でも、大きな値を示すことが多かった。45度は中心と＋15cm・－15cmの記録にバラつきが少なかった。次に好成績だったのは30度。60度は最も風速が小さかったが、45度や30度と違い安定した風速を保っていた。

予想どおり、45度の羽根が一番風速があり、一番風を広範囲に起こしているとわかった。後で調べてみると家の扇風機の羽根の角度も45度だった。羽根の形状が異なっても、扇風機にとって最適な取り付け角度は同じなのかもしれない。これからは45度の羽根を使っていく。

◉ 羽根の取り付け角度と風速の実験

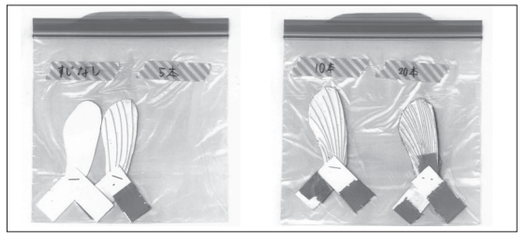
扇風機からの距離	30 度	45 度	60 度
10cm 中心	0.69 m/s	0.88 m/s	0.41 m/s
20cm 中心	0.17 m/s	0.34 m/s	0.20 m/s
40cm 中心	0.08 m/s	0.14 m/s	0.09 m/s
60cm 中心	0.14 m/s	0.06 m/s	0.02 m/s

扇風機からの距離	30 度	45 度	60 度
10cm から－15cm	0.46 m/s	0.93 m/s	0.23 m/s
20cm から－15cm	0.25 m/s	0.32 m/s	0.18 m/s
40cm から－15cm	0.16 m/s	0.15 m/s	0.16 m/s
60cm から－15cm	0.15 m/s	0.12 m/s	0.08 m/s

扇風機からの距離	30 度	45 度	60 度
10cm から＋15cm	0.39 m/s	0.69 m/s	0.23 m/s
20cm から＋15cm	0.30 m/s	0.32 m/s	0.16 m/s
40cm から＋15cm	0.14 m/s	0.15 m/s	0.08 m/s
60cm から＋15cm	0.03 m/s	0.10 m/s	0.03 m/s

◉ 最適なすじの本数を調べる

これまでの研究では、竹トンボでもブーメランでも20本のすじを付けるのが最適だった。しかし、扇風機の羽根の場合、20本よりよい本数があるのではないかと考えた。そこで、羽根に付けるすじの本数を変えながら、扇風機にとって最適なすじの本数を調べる実験をしてみた。



本数実験で使った０～20本のすじを付けた羽根

調べるすじの本数は、0本（すじなし）、5本、10本、20本とした。羽根の枚数は3枚で、取り付ける角度は45度、羽根に付けるすじは表裏それぞれに同数付けて、風速を測定する位置はこれまでと同じにした。

◉ 本数実験の結果と考察

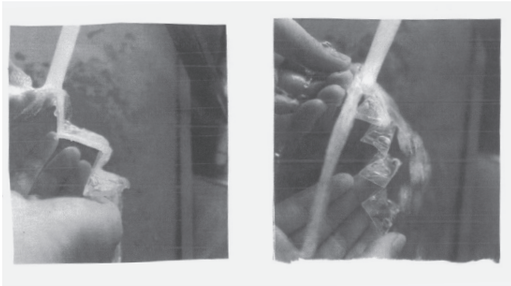
すじが少なく軽い5本の羽根で一番風速が増すのではと予想して、実験を始めた。すると、すじ20本は距離が離れると風速が落ち、＋15cm・－15cmの結果にむらがある。すじ5本は均等に風を起こしているが、＋15cm地点で20cmから40cmへ離れた時、急激に風速が約0.6落ちている。10本と0本（すじなし）は、どちらも風速を保っているが、0本（すじなし）は各地点に均等に風が届いていない。特に10cm地点での＋15cmと－15cmの風速差が大きいという結果になった。10本のほうが全体的に風速の差が小さく、どの距離でも左右の差が少なく安定した風速だったが、10cm地点での中心部と＋15cm・－15cmの風速に差があった。

この結果から、すじの数は5本か10本がよさそうだと思える。どちらがよいのか比較をするために、表計算ソフトを使って風速分析をした。

すると、5本は全体的に風速があるが、20cm地点での＋15cmと－15cmの差が10本より大きかった。また、20cm地点で中心と＋15cm・－15cmとの差が0.31もあることがわかった。10本のほうは、10cm地点での中心の風速が＋15cm・－15cmに比べて遅かった。＋15cmと－15cmとの差はあまりなく安定しているが、風速は5本より遅い。特に20cmを超えると風速が落ちていく。一長一短あって、5本と10本の間に2つのよいところを合わせた本数があるのかもしれない。

すじが少ない5本や10本は広範囲に風を届けることがわかったが、なぜ20本にはよい結果が出なかったのだろう。例えば、段数が少ない階段と、段数が多い階段があるとする。そこに強い勢いで水が流れると、段数が少ない方は階段面に沿って水が流れるが、段数が多いと水は段を飛び越してしまう。扇風機の風は速いので、本数が多いと風はすじを飛び越えてしまい、少ないと面に沿いながら流れていくのではないか。

プラスチックで段の多い階段と少ない階段を作り、水道水を流して実験してみた。すると、段数が少ないと階段に沿って水が流れ、段数が多いと水が飛び出してしまった。この現象が扇風機の羽根でも起こったといえる。



段の少ない階段と多い階段との水流実験

◉ 最適な羽根の枚数を調べる

これまで羽根の枚数を3枚に設定してきた。しかし、市販の扇風機のほとんどが、4～5枚の羽根を付けている。そこで羽根の枚数を変えながら、どの枚数が適切なのかを調べる実験をした。羽根の枚数は3枚・4枚・5枚、風速を測る位置はこれまでと同じ、羽根の取り付け角度は45度、すじの本数は今回は10本にした。

◉ 枚数実験の結果と考察

3～5枚の間、4枚が一番風を起こすのではないか。5枚だと重くなり、風速は落ちてしまうのではないかと予想して実験を行った。

しかし、中心部・＋15cm・－15cmのどの地点でも、圧倒的に羽根3枚が大きな値を出した。羽根が4枚、5枚と増えるにつれ、どんどん重くなるので、回転が遅くなったのではないかと考えた。羽根の枚数は、軽くて一番風速が大きい3枚に決めた。

◉ 風の流れを見る可視化実験

続いて、すじがあることで風が広範囲に起きていることを確かめるため、可視化実験を行った。煙を出す機械とレーザーを使い、すじがない羽根とすじがある羽根では扇風機を回した時に煙の広がり方が違うのかを確かめる。羽根の枚数はすじがあるほうもないほうも3枚、羽根の取り付け角度は45度、あるほうの羽根のすじの本数は10本とした。

◉ 可視化実験の結果と考察

扇風機を通常使う時のように横向きにして回すと、重力の影響を受けて煙が見えにくくなる。使用したレーザーは白に反射するもので、それも煙の流れを見えにくくさせていた。最終的に、扇風機を天井のほうに向けて回し、使用する羽根を黒く塗って実験した。

すると、すじがない羽根で起こる風は左右の風速がバラバラで、中心に少しムラがあることがわかった。また、風もそんなに広がっていない。すじがある羽根はどこにもムラがなく、均一に風を出している。また、すじがない羽根よりも、風を広範囲に起こしていた。

最適なすじの本数を調べる実験で、すじ10本の中心部の風速は弱いという結果になったが、可視化の様子を見ると左右中心ほぼ均一だとわかる。いままでの実験では風速を1回計測し、10秒間の平均値を記録することで結果を見てきたが、やはり複数回測定してその平均値を出したほうが正しい結果を得られたのかもしれない。

ここまでの研究は、金沢大学でやらせていただいた。

自宅での実験

◉ 最適なすじの本数を調べるパート2

ここから先は自宅での研究実験となった。

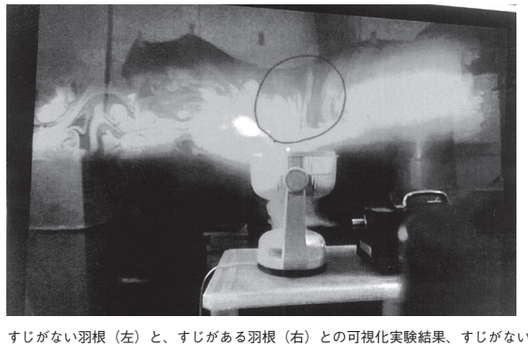
金沢大学で行ったすじの本数を調べる実験から、5～10本の間にもっと最適な本数があると考えて、金沢子ども科学財団から風速計（金沢大学で使用したものとは違うタイプ）を借りて実験することにした。風速を調べるすじの本数は5本、6本、7本、8本、9本、10本の6パターン。風の広がりを確かめるため、左右の測定範囲を右ページの図のように増やしてみた。金沢大学の風速機は0.00m/sの単位まで測定できたが、今回の風速機は0.0m/sまでしか測れない。60cm地点の値はすべて0m/sとなってしまうため、50cm地点で測定を行った。

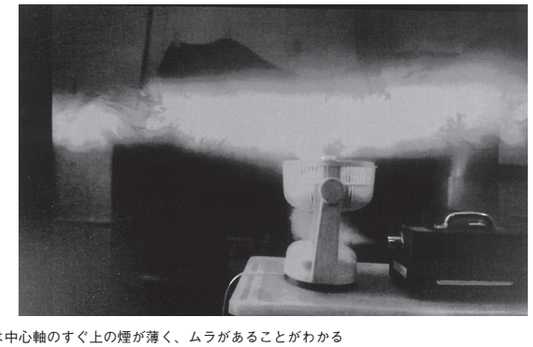
今回は複数回測定する必要性を感じたため、それぞれの地点で5回ずつ測り、平均を出すことにした。

◉ 本数を調べる実験パート2の結果と考察

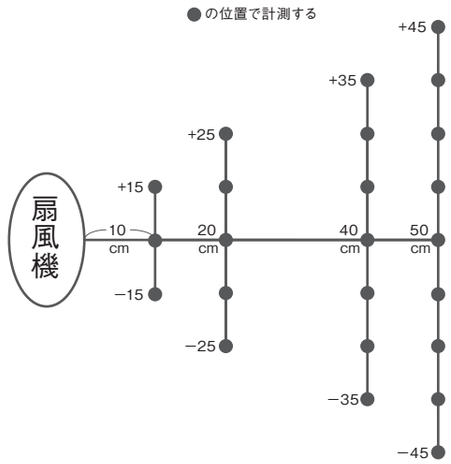
6本か7本が一番の安定値を出すと予想していた。

結果 、5本は風を広範囲に起こし、風速もあり、しかも安定した風速を保っている。6本は50cmまで離れると、風速0.0m/sの地点が多くなっている。また、－15cmよりも＋15cmのほうが風速があった。7本は5本と同じように、風を広範囲に起こし、風速もあって、





すじがない羽根（左）と、すじがある羽根（右）との可視化実験結果、すじがないほうは中心軸のすぐ上の煙が薄く、ムラがあることがわかる



安定した風速を保っている。8本は50cmまで離れると、すべて0.0m/sになってしまい、風速はあまり速くない。9本も40cmまで離れると右側の風速が0.0m/sになり、風速は速くない。10本も40cmまで離れるとほぼ0.0m/sになり、風速は速くない。

実験の結果、5本と7本のすじが入った羽根が優れていたので、パソコンを使って5本と7本の風速分布を作成して比較した。すると7本は40cmまで離れると風速が落ちているが、5本は40cm離れても均一に安定を保っている。5本は距離があっても安定した風速を保つことがわかったので、すじは5本にすることに決めた。

◉ カエデの種型扇風機と普通の扇風機との比較

最後に、ここまでの実験で完成したカエデの種型扇風機の羽根と、扇風機にもともと付いていた羽根を使って、その風力を比較する実験を行った。机の上の各地点にビニールひもを取り付けたわりばしを立てて扇風機を回し、それぞれの羽根の風力を比べた。扇風機にもともと付いていた羽根はプラスチック、作製したカエデの種型の羽根は厚紙なので、風力はもともとの羽根のほうがあると予想できる。ただ、風を起こす範囲は、すじの付いたカエデの種型のほうが広がるのではないかと考えた。

実験は、その予想どおりの結果になった。

完成した扇風機

ここまでの実験から、羽根に付けるすじの本数＝5本、羽根の枚数＝3枚、羽根を中心軸に取り付ける角度＝45度というカエデの種型扇風機が完成した。特徴は、風を広範囲に起こし風速もあり、均一で安定した風を出すことだ。

しかし扇風機が左回転のため、若干左のほうが風速がます傾向にある。左右ともに均一で安定した風速になるように改良したい。また今回、1回のみの測定で10秒間の平均風速値で判断してきたが、複数回測ったほうが結果に信頼性があったと反省した。今後はどんな実験も複数回測定することを忘れないようにしたい。

今後の課題

カエデの種のすじは、落下し回転し始めるまで回転を補助する役割がある。扇風機に応用すると、羽根が回転しやすくなり、消費電力を抑えることができると思うので、省エネの観点からもさらに実験していきたい。

今回作製したカエデの種型の扇風機は左の風速が高く出る傾向にあった。これは扇風機が左回りのためだと考えられる。扇風機を右回転にして確かめてみたい。

普通の扇風機の羽根をモデル化し、カエデの種型の羽根と材質を同じにするなど、条件をそろえたうえでさらに詳しく比較したい。そうすることでカエデの種型の羽根のさらなる風力アップ、改良を進めていきたい。

指導について

素人は、速い風を遠くに送るのがよい扇風機だと思います。しかし、彼女の風を広げる扇風機を作りたいという逆転の発想に驚かされました。竹トンボやブーメランの翼に「すじ」を付けるとよく回転する結果に基づいて、「カエデの種型扇風機を作れば、風が広がる便利な扇風機！」と考えて、実験を始めました。「すじ」の本数や、翼の枚数・材質等の実験パラメータを自分で決めて、熱式風速計を手で移動させて速度分布を計測して、風が広がる・広がらない条件を示しました。レーザーシート光とフォグ（煙）により、扇風機から噴き出す流れのビデオ撮影に成功し、目で見えた方が直感的に流れの様子が理解でき、「カエデの種型扇風機」の風が広がることを証明しました。また、「すじ」を付けた翼を水中で移動させて観察して、羽根表面近くの流れ状態が変化することが原因である考察にも驚かされました。彼女の研究が認められ、素晴らしい賞をいただいたことに感謝します。

金沢大学 理工研究域 機械工学系 教授　木綿隆弘

審査評

カエデのプロペラのような形をした種（正確には果実という）は、地上に落ちるとき空気抵抗によりくるくると回りながら遠くに運ばれます。岩上さんはこの風変わりな種に興味を持ち、4年間いろいろ研究をしてきました。そして、この羽根には「すじ」があって、落ちるときにそのすじが空気の流れを生み出していることに気がつきました。扇風機の羽根にすじをつけたら、より広範囲に安定した風を送れるのではないかというアイデアで始めたのがこの研究です。羽根の角度やすじの本数、羽根の枚数についていろいろ工夫しながら多くの実験を繰り返しました。その結果、すじが5本、羽根が3枚、取り付け角度が45度の扇風機が最も効率的だという結論を得ました。まずこのアイデアと実験に取り組む姿勢をほめたいと思います。丁寧でわかりやすいまとめ方や、今後に向けての反省についても評価できます。生物の構造や機能にヒントを得て、人の役に立つ物を作る研究をバイオミメティックスといいます。今世界中でその研究が行われており、いくつものアイデアが製品化されています。岩上さんの研究もまさにバイオミメティックスです。研究をさらに深めると将来の製品化につながるかもしれません。

審査員　友国雅章

1等賞（小学校の部）

地震もこれで大丈夫！『究極の家』発見!!

富山県富山大学人間発達科学部附属小学校　６年　澤井瑛美

研究の動機

2019年6月に新潟県で震度6強の地震があった。テレビや新聞で屋根瓦や壁がはがれた様子や、液状化によって道路が陥没・隆起している映像を見た。

学校で防災について勉強したこともあり、詳しく知りたくなって富山市役所で防災マップを見せてもらった。もし、呉羽山断層帯が動いて地震が発生したら、マグニチュード7の大規模な揺れとなるそうだ。私の家は断層のすぐ近くにある。液状化マップを見ると、危険度が高い。

大変だ!!　家が壊れて沈んでしまったら……。

地震による被害を減らすため「液状化」について解明して、壊れない安全な『究極の家』を建てるには、どうしたらいいのかを研究したいと思った。

地盤の研究

今回の研究で難しかったのは、リアルな実験ができないことだ。ミニチュアの家と地盤を使って揺らす実験を重ねることで、現実の防災に役立てることにした。そのためミニチュア世界での震度基準を決め、実験を始めた。

木造建築のミニチュアには木を用意した。ほかに、セロハンテープでくっつけた10円玉20枚を鉄筋建築、10円玉30枚をビルに見立て、ミニチュア建物の代わりにした。

◉ 地震の時、土の種類で被害に差はあるのか

液状化しにくい地盤を調べるため、土の種類で被害の差が出るのかを確かめた。土の数だけプラスチックのコップを用意し、川砂、山砂、小石、赤土を同量入れる。それぞれの土の上に建物を乗せ、コップを縦に揺らして建物への影響を比べた。結果は上の表のとおり。

◉ 横揺れ地震の震度の基準

震度	0	1	2	3	4	5	6	7
角度（度）	0	5	10	15	25	35	45	45 以上
速さ（bpm）	0	80	90	100	110	120	130	140

それぞれの震度で揺れる角度（天井から吊った電球や箱が揺れる角度）、揺れる速さ（テンポ）を決めた

◉ 縦揺れ地震の震度の基準

震度	0	1	2	3	4	5	6	7
角度（度）	0	5	10	15	25	35	45	45 以上
距離（cm）	0	1	3	6	7	8	9	10

速さは一定にし、縦揺れで上下する距離と横揺れで決めた角度を一致させた

◉ 縦揺れでの揺れ始め震度

	木造	鉄筋	ビル
川砂	震度１	震度２	震度２
	震度２	震度２	震度１
山砂	震度２	震度１	震度１
	震度２	震度２	震度２
小石	震度２	震度１	震度１
	震度１	震度１	震度１
赤土	震度２	震度１	震度１
	震度１	震度１	震度１

◉ 縦揺れでの沈み始め震度

	木造	鉄筋	ビル
川砂	-	震度７	震度３
	-	震度３	震度３
山砂	-	震度１	震度３
	震度３	震度２	震度２
小石	-	-	-
	-	-	-
赤土	-	震度２	震度２
	-	震度１	震度１

上段のデータは晴れの日、下段は雨の日を想定した実験結果、「-」は沈まなかった

山砂は川砂より建物が沈みやすかった。山砂と川砂の粒の形を比べると、山砂は角張り川砂は丸い。山砂を揺すると粒の角がかみ合って容積が減っていくが、川砂はあまり変わらない。川砂に水を入れると丸い粒の間に水が浸透して、表面に出る量は少ない。山砂に水を入れて揺すると水は中へ浸透できず、表面に出てきた（**実験3**）。

◉ さらに液状化しにくい地盤を確かめる

ひとつのプラスチックコップに川砂、山砂、小石、赤土、学校の土を同量ずつ重ねる。重ねる順番を変えて24個のコップを用意し、上から70mLの水を注ぐ。それぞれを縦揺れ（上下6cm、100bpm）と横揺れ（15cm、100bpm）で20回揺らし、表面に水が出にくい重ね方を調べた。最も液状化しにくかったのは上から「学校の土→小石→赤土→山砂→川砂」というものだった。学校の土は水はけがよく、小石は水をためない。最も下の川砂には、落ちてきた水をためる力がある。粘土質の赤土と山砂間には揺らしたことで山砂から出た気泡があった。赤土がフタの役割をして、川砂まで落ちた水を逆流させなかったのではないかと考えた（**実験5**）。

◉ 水はけがよく硬い土を探す

地盤改良のために、水はけがよく硬い土ができないか、実験をした。塩化ビニルパイプ（長さ10cm、内径2cm）の片端をネットで覆い、輪ゴムで留める。**実験5**で使った土を2種類ずつ混ぜ、圧搾しながらパイプに詰める。パイプのもう片端から水30mLを注いで、パイプから落ちた水の量と、落ちるのにかかった時間を調べた。

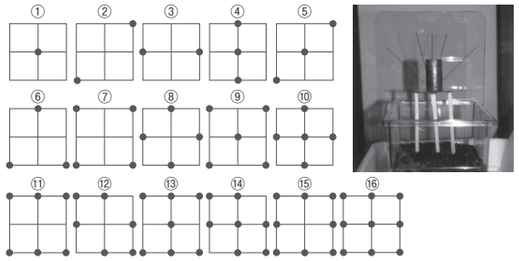
すると、水が落ちる時間は「川砂と山砂」「川砂と小石」「山砂と小石」が早かった。落ちた水の量は「小石と赤土」が多かった。踏んでも割れないほど硬かったのは「学校の土と赤土」「川砂と山砂」「川砂と赤土」「山砂と小石」「山砂と赤土」「小石と赤土」。この結果、最も水はけがよく硬いのは「山砂と小石」とわかった（**実験6**）。

建物の研究

◉ 揺れに強い「くい」はどれなのか

容器に**実験5**で発見した最良の地盤を作る。透明プレートを建物の底面として、建物を支えるくいをどのように建てれば揺れに強いのかを調べた。くいは、わりばし、細いパイプ、太いパイプ、金属棒と素材を変え、縦揺れの時と横揺れの時の状態をそれぞれ確認した。

結果、下の図の①～⑦は縦揺れでくいが傾いた。①～⑥は横揺れでもくいが傾いた。建物の四隅にくいがあると揺れに強い。くいの本数は多ければよいというわけではなく、床面積に対して一定の本数（実験では34㎠に４本）あれば問題ないことがわかった。素材を見ると、細いパイプは横揺れに弱かった。細いパイプと太いパイプ、金属棒は3種類とも縦揺れに強かった（**実験7**）。



建てたくいの位置（左）と実験の様子（右）

◉ 地震エネルギー吸収装置を作る

青ラインに緩衝材を置き、隣にコインケースをくっつける。緩衝材にしたのは、つみ木、防音マット、スポンジ、シリコーンシーラント。それぞれの緩衝材に同条件でテニスボールを当て、隣のコインケースが動く距離を測った。

その結果、コインケースが最も動かなかったのは、ゴム状の弾性を持つシリコーンシーラントだった。ゴム状のものが衝撃を吸収したり、はね返したりする緩衝材に向いている。また、緩衝材の厚さが厚いほど、衝撃を吸収することもわかった（**実験8**）。

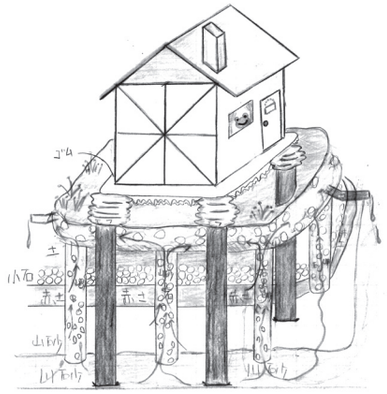
◉ 揺れを和らげる「すじかい」はどれか

建物を補強するすじかいは、どう入れれば最適なのかを調べてみた。楊枝で17種類のすじかいを再現し、角を押して強さを比べた。その結果、最も強いのは下の図の入れ方（太い線がすじかい）で、1枚の壁に2本以上あるとゆがみに強く、少し柔軟性があったほうがよいとわかった（**実験９**）。

◉ 家の周りの水はけをよくすることができるのか

プラスチックのコップに**実験5**の理想の地盤を作り、**実験6**の「山砂と小石」を使って排水機能をつける。コップを縦揺れ、横揺れで揺すってみると、液状化はしないことが確かめられた（**実験10**）。

実験5～**10**までの結果を反映した『究極の家』を造り、四季防災館で体験できる地震で液状化せずに耐えられるのかを調べてみた。すると、震度7には耐えられなかったが、6強まではびくともせず、強い家であることが証明された。



指導について

澤井さんは、最近地震で大きな被害が出たことをテレビや新聞で知りました。屋根瓦や壁が剝がれた様子や液状化によって道路が陥没・隆起している映像を見て、「日本ではいつ、どこで大地震が発生しても不思議ではない、自分が住んでいる市でも大地震が起こるかもしれない」と感じました。そこで、地震による被害を少しでも減らすにはどうしたらいいかについて研究したいと考えました。

本研究では、液状化現象の仕組みの解明とそれに対する対応として液状化が起きにくい地盤について、実験条件を整えて、丁寧に実験を行うことができました。同じ実験を何度も行い実証性や再現性を高めたり、複数の実験結果を関連させて考察したりすることができました。さらに、考察で疑問に思ったことを、再び実験を通して証明することができました。最後には、自分の研究を社会に役立てたいと考え、液状化に強い我が家のモデルを造ることができました。

富山大学人間発達科学部附属小学校　鼎　裕憲

審査評

研究の成果としての地盤と家の模型の大きさにビックリしましたが、緻密な実験計画と実証の蓄積の上に作製されていました。富山県近くの地域で発生した地震から「地震」の調査を始めて「液状化」への対策を考えた研究です。実験1～4で、建物の被害、液状化が起きにくい土の種類、雨の量による土の様子の変化を調べ、しっかりと仮説を立てて次の実験に向かっています。実験5～10で、液状化になりにくい地盤の実験、水はけがよく硬い土の探究を実際の川砂、小石、赤土、山砂をコップに入れての実証実験、続いて、揺れに強い「くい」の実証、さらにエネルギーを吸収する材質実験、揺れを和らげる「すじかい」の実験、家の周りの地盤の水はけを良くする簡便模型による実証実験を積み重ねて地盤改良としての排水機能の重要性を確証し、地震に耐えることのできる地盤と家の造り方を考案しています。粘り強い実証実験で研究に継続して取り組むことを期待しています。　　審査員　小澤紀美子

カブトムシの大きさの研究Ⅲ
―― 確率でみる生存競争に有利な大きさ ――

埼玉県久喜市立本町小学校　４年　渡邉良洋

研究の背景

2016年から3年間、11月に同じ場所でカブトムシの幼虫を採取し、体重を測定してきた。2016年は300匹、2017年は600匹、2018年は1200匹の幼虫を測定した。すると体重が重くも軽くもなく、ちょうど中間の値の幼虫が多いとわかった。中間サイズの幼虫は、雄雌ともに中型の成虫になることがわかっている。野外で採取した成虫の体重を測定しても、雄雌ともに中型が多い。中型のカブトムシは、樹液が出るエサ場を獲得しやすく、カラスなどの天敵から身を守りやすいから数が多くなるのではないかと予想した。その予想を裏付けるため、生存競争に強いカブトムシの大きさを研究することにした。また、研究で得られたデータに客観性があり、信じるに足るものなのかを、確率でも評価したいと思った。

研究の方法は大きく２つ。どの大きさのカブトムシがエサ場を獲得しやすいのか、個人戦（カブトムシ同士を1対1で対戦させる）と、団体戦（模擬生態系を設計して雄雌各サイズの個体で生存競争をさせる）で観察する。天敵に捕食されやすい大きさはどれか、野外で捕食されたカブトムシの死骸を集めて復元し、サイズを調べる。

研究の土台

◉ 模擬生態系を設計する準備

まず、樹液場にいる自然界のカブトムシの成虫を採取することにした。再現性を確かめるため、2年にわたって10回の調査を行い、無作為に100匹の個体を集めた。

採集したカブトムシのうち、雄は体重9gを超える個体を大（L）、4g以下を小（S）とし、5～8gを中（M）とする。雌は7g以上を大（L）、3g以下を小（S）、4～6gを中（M）とした。100匹のうち雄は61匹、雌は39匹だったが、それぞれの体重分布は下の表のとおり。その比率から、エサ場を争う模擬生態系で飼育する各タイプの個体数を、表の最下行の合計20匹とする。また、樹液の出る場所1カ所を、約5匹の昆虫（カブトムシ以外も含む）が争っていることも、この調査でわかった。

◉ 無作為に 100 匹を採集したカブトムシの体重分布

	雄			雌			合計（匹）
サイズ	小（S）	中（M）	大（L）	小（S）	中（M）	大（L）	
体重の基準	4g以下	5～8g	9g以上	3g以下	4～6g	7g以上	
自然界での採集数	9	44	8	3	32	4	100
模擬生態系での数	2	8	2	1	6	1	20

◉ 死骸復元のためのデータづくり

148匹の雄の体長と角の長さを測定した。すると、最も小さい個体で体長23mm、大きい個体で体長54mm程度だった。体が大きくなるにつれて、角が長くなる。しかし角は15mmを超えると（この時、体長40～45mm弱の個体が多い）あまり伸びなくなる。

雌は138匹の体長と胸部の幅を測定した。最も小さい個体で体長32mm、大きい個体で体長50mm程度だった。体が大きくなるにつれて、胸部も発達する。雌の場合、体長と胸部の幅は一定の割合で大きくなっていく。

◉ 個人戦での対戦回数を決める

対戦するカブトムシの強弱の判定をどうするか。まずどちらのカブトムシも「強くない」という仮説を立て、仮説を捨てられる結果を残せば「強い」と証明されたことにする。仮説を捨てるには、そのカブトムシが5%以下の確率でしか負けないという結果が必要だ。パスカルの三角形を使って、対戦回数と勝数の確率を調べた。すると5回の対戦では、全勝しなければ負ける確率が5%以下にならない。そのため、5回戦してどちらかが5勝すればそのカブトムシが強く、対戦は終了する。4勝までの場合は10回戦まで対戦を増やす。10回戦してどちらかが9勝すればそのカブトムシが強く、対戦は終了する。8勝までの場合は15回戦まで対戦を増やす。15回戦してどちらかが12勝すればそのカブトムシが強く、11勝までだった場合「判定不能」とする。

◉ 実験結果を客観視するための食い違い数値

模擬生態系で飼育する雄雌各大きさのカブトムシは、左下の表のように自然界100匹の比率にのっとった。だから100匹から無作為に20匹を選ぶと、模擬生態系に入れる数になることが理想的だ。実際はどうなのか、各大きさを20面サイコロの目に置き換えて確かめてみた。「1」「2」を雄のSサイズ、「3」～「10」を雄のMサイズ、「11」「12」を雄のLサイズとする。「13」を雌のSサイズ、「14」～「19」を雌のMサイズ、「20」を雌のLサイズとした。

サイコロを20回振って実験すると、2回出てほしい雄のSサイズの目は一度も出ず、8回出てほしい雄のMサイズの目が9回出るなど、必ずしも理想どおりにいかない。理想数とサイコロで出た数の差を「食い違い」として、数値化してみた。数値化には、（各大きさの理想数－各大きさのサイコロ出現数）^{2}÷各大きさの理想数で求め、それを各大きさの値とする。各大きさの値を雄雌すべての大きさで合計（小数点以下は四捨五入）したものが、全体の食い違い数値となる。

20面サイコロを100回振って、100回の食い違い数値を集計した。すると100回のうち、最も多かった食い違い数値は3（100回中36回）、次いで4（19回）、5（10回）、2（9回）と続く。13のような大きな食い違いは100回中3回しかなく、食い違いの数値が13を超えるような例は、無作為では3%以下しか起こらないまれなことだとわかる。つまり食い違い数値が13を超える実験結果には、無作為ではない何かの理由が客観的に認められる。

研究の内容

◉ 1対1での個人戦

対戦には、1日エサを与えない状態の雄だけを使う。中央に1個のエサを置いて、勝敗がつくまで対戦させた。投げ飛ばされたり、逃走したりした個体を負けとする。

決めた対戦回数と勝数で強いカブトムシを決めた。まず、S・M・L各大きさのカブトムシをそれぞれ6匹ずつ選び、総当たりで各大きさ最強の個体を決めた。次に決勝戦として、各大きさ最強の個体同士を総当たりで対戦させた。総当たりは3回行ったが、3回ともLサイズが2勝、Mサイズが1勝1敗、Sサイズが2敗という結果だった。個人戦では、体が大きく筋力のあるLサイズが強い。

◉ 模擬生態系での団体戦

団体戦の模擬生態系は3個を用意し、3個同時に観察した。1個の模擬生態系に38ページの表のとおり、各大きさのカブトムシを計20匹飼育する。毎日1回樹液に見立てた昆虫ゼリーを与えるが、5匹に1個の割合になるようにした。合わせて60匹いるカブトムシが20匹に減った約1カ月後まで、生存競争の様子を観察した。

1カ月後、60匹のうち生存していたのは、Mサイズの雌が14匹、Lサイズの雌が2匹、Sサイズの雄が4匹だけだった。この実験結果の食い違い数値を計算すると25となる。もちろん無作為ではありえない数値で、生存競争には性別や大きさの優位性が認められた。雌は滅多に争わず、体力を消耗しない。産卵のためにも長生きできると考えられる。M、Lサイズの雄は争いにあけくれ、消耗して早死にしてしまった。小さな雄が生き残ったのは、争いに参加しなかったからだと推測できる。

◉ 天敵に捕食されたカブトムシの大きさ分布

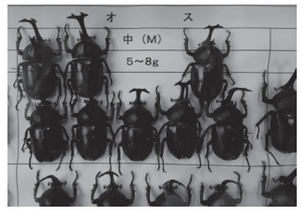
天敵に捕食されたカブトムシの死骸は、樹液の出る木の周辺で20匹ずつ、3回採集した。復元のために構築したデータを参照しながら、その大きさを推定する。採集した個体の大きさは、右上の表のとおり。3回とも体が大きい雄が多いという結果だった。3回の結果で食い違い数値を算出すると、それぞれ21、16、16だった。どれも無作為ではあり得ない数字で、天敵から狙われやすいのは体の大きい雄であることが認められる。

◉ 採取した 20 匹の死骸の大きさ分布

	雄			雌		
サイズ	小（S）	中（M）	大（L）	小（S）	中（M）	大（L）
1回目の20匹	1	6	8	0	5	0
2回目の20匹	2	5	7	0	6	0
3回目の20匹	1	8	7	0	3	1
合計	4	19	22	0	14	1

結論

生存競争に有利な雄の大きさは、そのバランスのよさから中型とする。団体戦では小型より早く死亡しているが、子孫を残す行動を終えている。自然界に中型のカブトムシが多い理由は、総合的に有利になるため、そう進化していると考える。



指導について

小学1年生の夏休みに近くの雑木林で多数のカブトムシを捕まえたことがはじまりでした。観察すると大きさがバラバラだったので不思議に思ったようです。同じ種類の生き物なのに何故これほど大きさが変わるのだろう。カブトムシの大きさはどうやって決まっているのだろう。大昔はどんな大きさで、これから先の遠い未来はどんな大きさに向かっていくのだろう。新たな疑問が次々と生まれてくるようで、本人は現在も研究を続けております。今年はチャレンジとして全国規模のコンクールに応募させていただきました。その結果、幸運に恵まれ入賞の栄誉にあずかり本人も大変喜んでおります。まだまだ中途で未熟な作品でありましたが、寛大に評価してくださった審査員の先生方に深く感謝申し上げます。また、本人を毎日あたたかくご指導いただき、この度も応募の機会をくださった埼玉県久喜市立本町小学校の先生方にもこの場をお借りして深く感謝申し上げます。　　渡邉良彦

審査評

４年間の継続研究の成果が作品のいたる所から見て取れます。カブトムシに対する興味・関心はもちろんのこと、毎年の研究成果から生じた新たな問題を解決していくひたむきな研究への姿勢が伝わってきます。この研究のすばらしさは、問題を解決するプロセスが明確に示されていることと、プロセスの予想・仮説がしっかりと立てられていることにあります。カブトムシの大きさはエサ場の獲得と天敵に捕食されないことの二つに関係があると予想・仮説を立て、検証するための観察・実験を行いました。科学における予想・仮説の大切さを受け止めた研究になっています。観察・実験も的確であり、客観性を導くための工夫を試み、ねばり強く検証しました。研究の結論として、発現においては生存競争に有利である「中型」の大きさが最も多いとの結論を導き出しました。カブトムシの標本整理も見事でした。壮大な研究を成し遂げた渡邉さんの熱意と努力は称賛に値します。　　審査員　森内昌也

3等賞（小学校の部）

安倍川の鉄丸石はどこから流れてくるのか

静岡県静岡市立富士見小学校　６年　高津圭梧

研究の動機

小学校5年生の自由研究で、静岡県の河原にはどんな種類の石があるのか、天竜川、大井川、安倍川、富士川の下流河原を調べた。地質や地形が岩石の分布にどう影響するのか、静岡県地質図などを参考に研究した。

その後、安倍川の南安倍川橋近くの河原で、初めて見る赤褐色の丸みがある石をみつけた。ハンマーで割ると、赤褐色の部分は外側へ層をなしていて、内部は黒かった。黒い部分には肉眼で見える砂粒のような物が入っていて、日光を反射して白く輝いている。「静岡科学館る・く・る」の先生に見ていただいたところ、石は鉄丸石といって、内部で光っているのは黄鉄鉱という鉱物の可能性が高いと教えられた。鉄丸石について本やインターネットで調べたが、情報はあまりなかった。

2019年3月、静岡県地学会の巡検会に参加して、静岡県道207号線につながる富厚里橋手前で多数の鉄丸石を採取した。富厚里橋は安倍川支川の藁科川に架かる橋だ。採取した鉄丸石は安倍川で拾った石より丸く２～３倍の大きさで、とても重く色は黄土色に近かった。安倍川本川の鉄丸石と違う点が多く、不思議に思った。

鉄丸石への興味がいっそう湧いて、安倍川水系（本川だけでなく支川を含めた安倍川の流れ）を鉄丸石が流れるルートや分布、内部の鉱物について調べることにした。人々が鉄丸石のことをよく知ることができるように、情報を増やしたいと考えた。

研究の目的

◉ 研究に対する予備知識

鉄丸石は一種のノジュール（化石や砂粒を核に周囲とは異なる成分が団塊状に凝集したもの）で、硫化鉄が濃集して固まったと考えられている。へそと呼ばれる凹みを持つものがあり、切断すると凹みがチューブ状になっていて、黄鉄鉱などで満たされていることがある。

一級河川の安倍川は、大谷嶺から静岡県を流れる急流土砂河川だ。中河内川、足久保川、藁科川など大きな支川は西側から本川へ流れ込み、本川は流域の東側に偏って流れている。下流域でも川床勾配が急で、河口部にも礫や小石が多い。

◉ 研究の目的と仮説

1 安倍川水系の鉄丸石が流れるルートを調べる。安倍川下流から上流へと調査を続け、鉄丸石が見当たらなくなる地点を探す。鉄丸石がない場所を特定できれば、直前に採取できた地点近くの地層か、周囲の支川から流れていると推測できる。

2 鉄丸石の内部を調べ、河原ごとに鉱物が入っている鉄丸石の特徴を調べる。その河原の鉱物入りの鉄丸石を、他の河原で採取した鉄丸石や他の鉱石と比較し特徴を把握できれば、それぞれの河原で鉱物入り鉄丸石を見た目でみつけやすくなると思う。

3 安倍川水系の鉄丸石が流れるルートからその分布を予測し、鉄丸石が「ある」「ない」の境目に、どんな理由があるのかを調べる。

研究の方法

◉ 目的1の研究方法

① 採取地点の河原で、周りの風景や河原の様子、川の流れなど、証拠写真を撮る。
② 鉄丸石を１つみつけたら、その場所にメジャーで2m四方の正方形を作り、正方形の中にある鉄丸石を採取する。
③ 採取地点を地図に書き込み、その場所の情報をメモ帳に記す。
④ 川を上り、①～③を繰り返す。
⑤ 鉄丸石が見当たらなくなったら、その地点と、直前に採取できた地点との間に流れ込む支川を確認する。支川があれば、その支川を採取地点にする。
⑥ 最後に鉄丸石が採取できる河原が確定したら、その場所から下流へと鉄丸石が流れているとわかり、鉄丸石が流れていくルートが判明する。

◉ 目的2の研究方法

① 鉄丸石をハンマーで割ったり、機器で切ったりし、内部を観察できるようにする。可能ならば研磨する。
② 鉱物入り鉄丸石の特徴を、他の河原の鉱物入り鉄丸石や、同じ河原の鉱物が入っていない鉄丸石と比較して、特徴を見つける。
③ 鉱物入り鉄丸石に共通する特徴をまとめる。

◉ 目的3の研究方法

① 目的1で調べたルートから、鉄丸石の分布を調べる。
② 鉄丸石の分布から地層の境目を予測する。
③ 静岡県地質図と比較し、地層の実際の境目を調べる。
④ 何が影響して境目ができているのか、本やインターネットの情報から調べる。

研究の結果

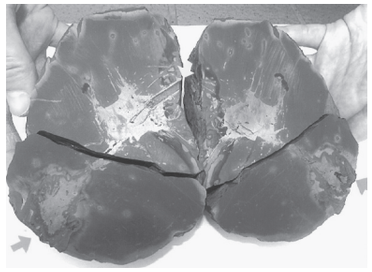
◉ 目的1の研究結果

安倍川本川は俵沢より上流では鉄丸石が採取できず、竜西橋付近より下流で採取することができた。支川の藁科川では鍵穴付近より上流では鉄丸石を採取できず、八幡付近より下流では採取することができた。支川の足久保川では、足久保川起点まで鉄丸石を採取することができた。

安倍川水系の鉄丸石は、藁科川は八幡付近から流れ始め、途中水見色川の鉄丸石と混ざって、下流まで流れる。足久保川は起点から流れ始め、安倍川本川と合流して下流まで流れる。安倍川本川や中河内川で鉄丸石を見つけられなかった地点も、地質に大きな変化はなく、鉄丸石が流れているかもしれない。

◉ 目的2の研究結果

鉱物が入っている鉄丸石の特徴は個体によって異なるが、へそ石と呼ばれる鉄丸石には、チューブ状の鉱物が入っている可能性が極めて高い。鉱物入り鉄丸石は、古い石であるといえる。層が分厚くいくつか重なっていること、たくさんの傷がついていることも、鉱物入り鉄丸石の外見的特徴といえる。



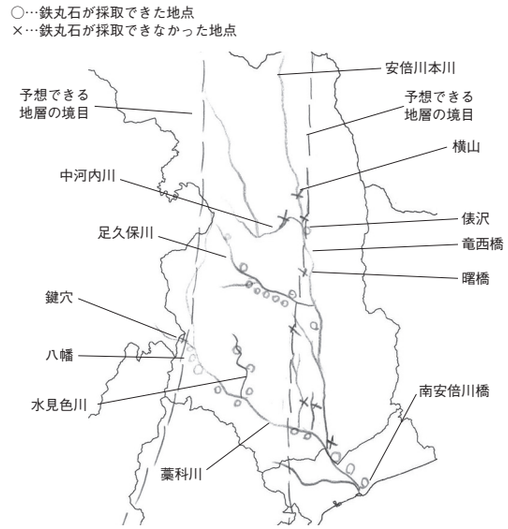
藁科川で採取した鉄丸石（中心部が黄鉄鉱）

◉ 目的3の研究結果

安倍川下流でかなりの鉄丸石が採取できたのは、静岡県地質図内の「砂岩頁岩互層及び頁岩」の地層が影響している可能性が高い。この地層の堆積岩類が川へ落下して、含まれていた鉄丸石が流されたと予想される。

今回、安倍川本川の曙橋付近から横山にかけて、鉄丸石がみつからない地点が多かった。現在の地質が静岡県地質図とは変わってしまっている可能性もあるが、ここに鉄丸石がないとは断言しにくい。

足久保川は流域に地質の変わり目がなく、起点でも鉄丸石が採取できた。藁科川では地質図の変わり目で鉄丸石が採取できなくなり、地質分布図の地質の境目と似た分布となった。



安倍川水系での鉄丸石分布図

指導について

入選した高津圭梧さんは、小学５年生から静岡 STEM アカデミーの教室で、自由研究に取り組んできました。今回受賞対象となった安倍川の鉄丸石についての研究は、瀬戸川層群の中より産出するノジュールについて関心をもち、その分布を丁寧に調べたものです。その手法は、慶長小判の金を産出した梅ヶ島金山の鉱脈を探す手法を用いたものです。ただ、やみくもに探すのではなく、地質図などを見ながら調査をした結果、短期間でおおよその分布範囲を調べることができました。また、鉄丸石を切断して中を調べたところ、化石のようなものが見られたり、黄鉄鉱が入っているものもあったりして、ますます興味が広がっているようです。高津さんは、静岡県地学会の巡検会などにも参加し、高校や大学の先生方と交流を持って、さまざまな助言をいただけたことが、今回の受賞につながったと思います。今後、さらに研究が深まることを期待しています。

静岡 STEM アカデミー　静岡大学特任教授　青木克顕

審査評

大理石の中に入っている化石を調べる研究を４年生で行い岩石に興味をもち、その後の調査を通して本研究に発展させることができました。河原で見つけた鉄丸石をハンマーで割り、内部の様子や構成している鉱物の種類の違いなどから研究を展開しています。鉄丸石の採取は、実際に４㎡の正方形の中で条件をそろえ、工夫して行っています。雨が多く降った令和元年の夏休みでしたが、採取場所は安倍川とその支流である藁科川や足久保川をはじめとした 37 カ所の河原で行われました。その調査の数の多さからも努力の成果を窺うことができます。広範囲にわたり多くの鉄丸石を採取し、継続して調査・研究を進めた取り組みを高く評価します。また、実際に採取したそれぞれの鉄丸石に含まれている鉱物の種類の違いをもとに、地形や地質分布図との関連とその違いについても考察し、その中から課題も見つけています。今後は河原の岩石をもとに自然災害への対策を立てるなど、さらに継続して研究を進めていくことを期待します。

審査員　田中史人

水くん兄弟だいかつやく!!
とびこめ！ おしだせ！ くるくる回せ!!
～ぼくのミラクルくるくる水車で発電だ!!!～

富山県富山大学人間発達科学部附属小学校　２年　関島裕右

研究の理由

お風呂で水車のおもちゃを使ってよく遊んでいた。流れる水でくるくる回る水車は、ずっと見ていても全然あきない。妹とどちらが速く回せるか、勝負もする。

ある時、水車って何のためにあるのだろうと、ふと疑問に思い、水車のあるところに行ってみた。

「となみ水車苑」へ行くと、大きな五連揚水水車が水を汲み上げたり、機械を動かしたりしていた。たくさんの歯車を使って、粉ひき機を動かしていたのにびっくりした。「北陸電力エネルギー科学館ワンダー・ラボ」へも行き、水力発電の仕組みを教えてもらった。発電の仕組みは難しくてよくわからなかったけれど、水車が回るとランプが点灯したのには驚いた。

水車ってすごい!!水車を作って発電したい!!何かを動かしたい!!そう思って、実験をすることにした。

研究の準備

まず、牛乳パックの水車、コルクの水車、木の水車を作った。水車は水を受ける羽根の部分、羽根をつける胴体、水車の中心を通る軸の部分からできている。牛乳パックの水車は「牛乳パックを切り出した羽根、ストローの胴体、竹串の軸」で作ってみた。コルクの水車は「ペットボトルを切り出した羽根、ワインのコルクの胴体、竹串の軸」、木の水車は「ペットボトルを切り出した羽根、木の胴体、竹串の軸」で作った。水車の軸の竹串を支える台を用意して、それぞれの羽根に水が当たるように水タンクを上に設置する。タンクの栓を開けて水を流すと、どの水車もよく回った。

このなかで、一番よい水車ってどれだろう。「ワンダー・ラボ」では、発電したいなら軸を速く回さなければならないと教えてもらった。だから、速く回る水車を作りたい！

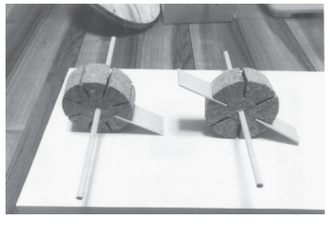
そこで、水車の回る速さを目で見て確かめられる特製装置を作った。たこ糸を50cmの長さに切り、糸の先をキツネのキーホルダーのてっぺんの穴に結び付ける。たこ糸の反対側の先をミシンの糸巻にゆるまないように結ぶ。キツネ付きの糸巻を水車の軸の片方の穴に差し込み、軸の反対側にも何も付いていない糸巻を取り付ける。水車が回ると、たこ糸が糸巻に巻き付き、キツネが引っ張られる。水車が回り始めてからキツネがつり上がるまでの時間を測定し、時間が短いほうを速い回転とする。

この装置を使って3つの手作り水車の回り方を比べてみると、1番速いのはコルクの水車、次いで木の水車、1番遅かったのは牛乳パックの水車だった。羽根の数や幅、長さ、形、水車の重さと、回る速さに関係があるのかもしれない。水車の羽根をおしてくるくる回す大仕事をしている“水”に「水くん兄弟」と名付けて、実験で確かめてみる。

実験

◉ 羽根の数が多いほうが水車は速く回るだろうか

木の板の羽根、コルクの胴体、木の棒の軸を使った水車に、高さ45cmからウォータージャグの水7.5Lを落として実験した。羽根を1～4、6、8、12枚と変えながら、枚数の違いで速さが違うのかを確かめた。羽根の枚数が多いほうが速く回ると予想していたが、1番速かったのは6枚だった。8、12、3、4、2枚と続き、羽根が1枚の時には水車は回らなかった。ウォータージャグから落ちる水くんを、ちょっと弱気な鉄棒選手のように感じた。



◉ 羽根の幅が広いほうが水車は速く回るだろうか

ペットボトルの6枚の羽根、コルクの胴体、竹串の軸を使った水車に、高さ19cmからウォータージャグの水7.5Lを落として実験した。胴体のコルクの幅を半分に切ったもの、1個、2個つなげたものと変え、それぞれの羽根も胴体と同じ幅にした。幅が広い2個分が速いと予想していたが、1番速かったのはコルク1個の水車。2個つなげたものが最も遅かった。1個が速かったのは、水くんの体の幅とちょうど同じくらいだったからかな。

◉ 羽根の長さが長いほうが水車は速く回るだろうか

木の板の羽根、コルクの胴体、木の棒の軸を使った水車に、高さ45cmの位置からウォータージャグの水7.5Lを落として実験した。羽根の長さを5、10、15cm（胴体から出ている長さ）と変えながら、速さがどう違うのか、確かめた。真ん中の長さ（10cm）が速く回ると予想していたが、短ければ短いほど速かった。重さの影響があるのかもしれないので、重さをそろえて調べてみても、短いほうが速かった。羽根が長くても短くても、水くんの当たる部分の広さは変わらないのだろう。

◉ 大きいほうが水車は速く回るだろうか

羽根と胴体の長さの比率を同じにした時、水車が大きいほうが速く回るのだろうか。木の板の羽根、木の胴体、木の棒の軸を使った水車に、高さ45cmの位置からウォータージャグの水7.5Lを落として実験した。「胴体の直径10cm＋羽根の長さ5cm」「胴体20cm＋羽根10cm」「胴体30cm＋羽根15cm」と大きさを変えながら、速さがどう違うのかを確かめた。中位が速いと予想していたが、小さければ小さいほど速かった。

◉ 軽いほうが水車は速く回るだろうか

水車の大きさを同じにした時、水車が軽いほうが速く回るのだろうか。木の棒の軸を使った水車に、高さ45cmの位置からウォータージャグの水7.5Lを落として実験した。軽いほうから「スタイロフォームの胴体とペットボトルの羽根」「コルクの胴体とペットボトルの羽根」「木の胴体と銅板の羽根」で確かめた。軽いほうが速いと予想していたが、そのとおりだった。軽ければ軽いほど、速く回った。

◉ 羽根の形がスプーン型だと水車は速く回るだろうか

平ら、スプーン型（凹）、スプーン型（凸）、箱型の羽根で、回る速さを比べてみた。すると、スプーン型（凹）、箱型、平ら、スプーン型（凸）の順で速く回った。箱型のほうが水くんが長くとどまりそうなのに、遅いのはなぜだろう。スプーンにためられる水の容量を1、5、10、15mLと変えて実験すると、あまり差はなかったが、10mLが1番速かった。箱型や15mLのスプーンだと、水くんが長くとどまりすぎてお荷物になるのかもしれない。

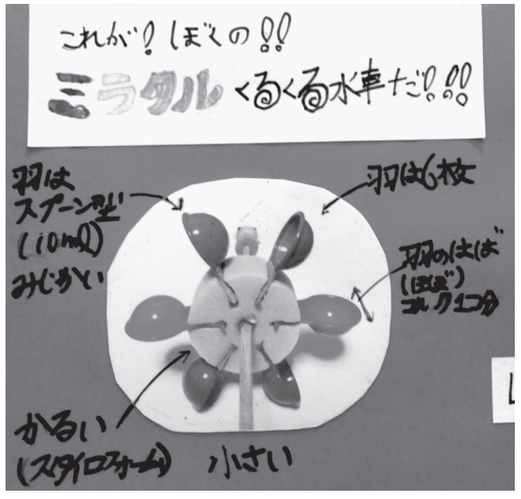
◉ これが！ぼくの!!ミラクルくるくる水車だ!!

ここまでの実験で得た結果から、理想のミラクルくるくる水車を作った。モーターとLEDのランプを付けて発電装置を作り、発電してみた。すると、LEDランプはつかなかった……。ぼくのミラクルくるくるランプは最強、最速のはず。水くんをパワーアップさせるため、水流の実験をやってみた。

◉ 高いところから水を落とすと水車は速く回るだろうか

ウォータージャグの水7.5Lの落とす高さを変えて、回る速さを比べてみた。床から36cm、51cm、67.5cm、72cm、83cm、108cmで比べると、72cmが1番速かった。72cmまでは高くなるほど速かったが、72cmを超えると高くなるほど遅くなった。これは水くん兄弟が落下するうちにバラバラになって、羽根に当たらないものが出てくるからではないのかな。

水を落とす高さは72cmがよい。そこから水を落とし、ミラクルくるくるランプで発電に再チャレンジすると、今度こそLEDがついた!!



指導について

本研究は、関島さんが水車のおもちゃで遊んでいて、ふと「水車ってなんのためにあるのだろうか」と疑問に思ったことが始まりでした。そこで、まずは身近な水車を探すために、北陸電力ワンダー・ラボ、となみ水車苑へ調査に行きました。そこでは、水車を使うことで発電したり、機械を動かしたりできることが分かりました。そして自分でも水車を作って発電したいと思い、この研究をすることにしました。研究では、水車と流水の関係を調べるために、細かく条件制御して、丁寧に一つ一つの要素について実験を通して確かめることができました。さらに、複数の実験結果を関連付けて考察したり、本人の思考の流れがよく分かるようにまとめたりすることができました。最後には、自分の研究を社会に役立てたいと考え、大雨の時に雨水が一定量を超えると反応してパトランプを光らせる仕組みを考えることができました。

富山大学人間発達科学部附属小学校　鼎　裕憲

審査評

水車って何のためにあるのかという疑問に端を発した作品です。発電したり機械を動かしたりするために使われていることを知り、たくさんの水車を作って、発電実験を繰り返しました。速く回るミラクル水車の制作を目指し、水車の羽根の材料や数、幅、長さ、形、そして水車自体の大きさや重さを変えて一番速く回る水車の条件をつきとめました。さらには水の流れの条件を細かく変えながら何度も実験と考察を繰り返して、水車の回る速さをはかる装置を考案し、水車を速く回す方法をみつけだしました。その結果、自作のミラクル水車の発電でLED ランプを点灯させることができました。実験してその結果を分析することを粘り強く繰り返し、ついには点灯に成功したことに感心しました。

審査員　秋山　仁

ドングリは背くらべの夢を見るか？
～小さな果実と大きな樹木の生存戦略～

埼玉県蓮田市立蓮田中央小学校　５年　高橋真也斗

研究の背景

4年生の時、長野県で開かれた合宿（軽井沢町と東大先端研が描く未来の教育　未来の科学者、集まれ！―軽井沢の森の神秘を科学する―）で、ドングリを料理した。ドングリのクッキーを食べたり、ドングリティーを飲んだりして、縄文人の気分を味わった。ドングリは動物にとって、いまも大事な食糧だ。ドングリは木から落ちるだけだと発芽しにくく、動物に土に埋めてもらうことで生存確率を高めているそうだ。リスなどの動物が土中に隠したものが発芽する。合宿では会田進先生（明治大学黒曜石研究センター研究推進員）に、「リスがかじって苦かったものがポイッと捨てられて、それが発芽することもある」と教えていただいた。苦いドングリがあるのはあえてのことなのか、と不思議に思った。

ドングリの歴史は人間より古く、6500万年前の白亜紀から生き延びてきたそうだ。動物に食べられたり、虫に卵を産み付けられるドングリが、なぜそんなに生き延びられたのか。ドングリの実は多様な個性を持つのではないか。含まれる成分の割合、形状の仕組みやバラツキ、発根・発芽を観察して、ドングリの個性を見つけて、どんな生存戦略をとっているのか、探ることにした。

研究の準備

◉ ドングリの採集と選別・保管方法

研究はドングリの成分を調べる「実験」と、形状や発根・発芽を確かめる「観察」とで進める。「実験」と「観察」に必要なドングリを、11月に地元の公園でひたすら拾った。傷みのなさそうな色つやのよいものを持ち帰り、コナラ277個とクヌギ310個に分けて種類別に土嚢袋に入れる。直射日光の当たらない屋外に数週間置いたが、表面が乾かないように土嚢袋の中へ毎日水やりを続けた。2～3週間すると袋の中で発根するコナラが出てきた。1カ月後、状態の良さそうなものを優先的にバーミキュライト（土壌改良剤として使われる土）へ植えた。あとはコナラとクヌギそれぞれ60～70個ずつ残して、成分を調べる「実験」に使うことにした。

◉ 成分の測定方法を決める

ドングリにはポリフェノールの一種、タンニンが含まれていて、これが苦みのもとだ。ドングリによって苦みに差があるのは、タンニンの含有量が違うから。タンニンは鉄と反応してタンニン鉄になる。この性質を使って、ドングリに含まれるタンニンの量を調べる。

ドングリの実を殻から出してすり鉢ですり、重さを記録する。布に包んで300mL程度の水の中で成分を搾り出す。デンプンが沈殿するまで数時間待ち、上澄み液を試験管と保存瓶に取っておく（原液）。残った液に鉄釘（13×45mm）を4本入れ、ラップをして10時間ほど放置する。10時間たったら、軽くかくはんして液体を試験管と保存瓶に取り出す（反応液）。原液と反応液をそれぞれ色解析し、HSL（色相・彩度・輝度）の輝度の変化を記録（輝度は黒さを測る基準になる）する。

デンプンの含有量も集計する。ドングリの実をすり鉢ですり、重さを記録する。布に包んで300mL程度の水の中で成分を搾り出し、数時間待つ。ここから、上澄み液を除いてもう1度300mLの水を加え数時間待つ、という作業を繰り返す。上澄み液のにごりがなくなったら、最終的に水分を蒸発させ、残ったデンプンの重さを測る。

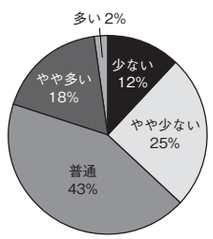
実験の結果

コナラとクヌギの実50個ずつで、実の成分を調べた。タンニンの含有量を調べるため、原液の輝度から反応液の輝度を引き、その差を出す。差が大きいほどタンニンが多く含まれていることになる。釘の鉄分が影響するかもしれないので、釘から水に溶け出す鉄分の輝度も調べ、その値を引いて補正した。その結果が、下のグラフだ。

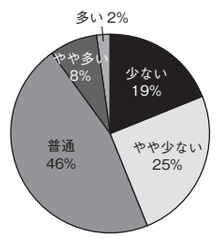
デンプンの含有量を調べると、極端にデンプンが多かったり少なかったりする個体は少数派で、だいたい同量のデンプンを含むことがわかった。特にクヌギのデンプン量は、ばらつきが少なかった。

平均値と最頻値、中央値が一致する正規分布という確率分布がある。グラフにすると中央の値が高く、両脇は左右対象に減っていく形。名前のとおり「ありふれた通常の」確率分布で、自然界や人間の行動などさまざまな現象によく当てはまる。50個のドングリに含まれるタンニンやデンプンの量も、正規分布に似た分布となった。

◉ コナラのタンニン量の割合



◉ クヌギのタンニン量の割合

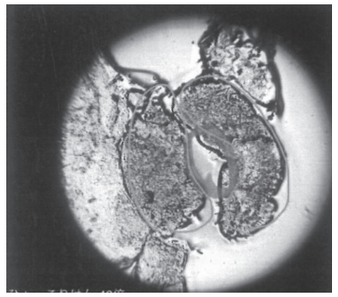


観察の結果

◉ レアタイプのドングリ発見

実験を進める途中、不思議なドングリを見つけた。コナラの個体で、他のドングリと明らかに違う。普通、ドングリはとがった先端から発根する。このドングリは真ん中あたりから、芽なのか根なのかわからないものが出ていた。このドングリを「ひょっこりはん」と名付けた。

光学顕微鏡で観察してみると（スンプ法で観察）、ひょっこり部分は根らしいことがわかった。ドングリはまれに、先端以外からも発根するらしい。


「ひょっこりはん」顕微鏡画像

個性的な発根・発芽を見せるドングリは他にもあった。コナラもクヌギも実の先端から最初に根が出て、その根をポケットのようにして芽が出るところは同じだ。実は根元に残ったまま芽が伸びていって、最初の葉（本葉）が出る。コナラの最初の葉は3～5枚、クヌギは最初に向かい合った葉が2枚出て、少しずつずれながら葉がどんどん生えてくることが多い。

が、クヌギのなかに発芽した後、茎が2本かそれ以上生えてきたものもあった（「クヌギ・ミク」と命名）。ひとつのクヌギの実から2本の茎と2本の根を伸ばしたものもある（「ひょっこりはんもどき」）。ひょっこりはんもどきはレアタイプながら確実に存在し、いまのところ約1.6%の出現率だ。

◉ 空気を読む「エリートくん」の成長

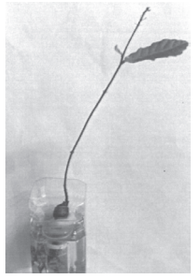
冬の間に、意地悪な植え方をしたコナラのグループがあった。1月にすでに発根していた6つのコナラのドングリがあって、生命力が強くかなり成長が早そうだった。「エリートくん」と命名し、植木鉢の土にあえて上下逆さまにして深く埋め、発芽するまでを見守った。

根が出るのは早かったエリートくんたちだが、発芽してきたのは4月になってからだった。しかも、1本が発芽して葉を広げ、ある程度成長すると次が生える、ということを繰り返しながら成長していったのだ。科学的ではないが、エリートくんたちは土の中で相談し、発芽の時期をずらして高さを変えているように思えてしまう。

似たような例はコナラとクヌギが混在したプランターでもみられた。成長の遅いコナラが地面近くで葉を広げ、クヌギはニョキニョキ上へと伸びていく。クヌギのなかに、低い場所で全く葉を広げず、先に茎だけ他より高く伸ばした猛者がいた。葉を広げなければ光合成ができないから、実のデンプンだけで茎を伸ばしたわけで、「武士は食わねど高楊枝」から「武士」と命名した。

考察

「ドングリの背くらべ」というようにどれも似たり寄ったりと思われがちなドングリだが、成分を調べるとなかにはとても苦いものがある。うまかったり苦かったりの当たり外れがあると、貯められたり捨てられたりして、発芽につながる。まれに他と発根・発芽の方法が違う実があったり、環境で発芽の時期や茎の伸ばし方を変えたりするのも、何より生き残るのが大事というドングリの気合だ。「ドングリの背くらべ」は悪い意味ばかりではない、個性を大事にするのは、種全体が生き残るのに基本のことだからだ。


茎を先に伸ばした「武士」

指導について

本研究のきっかけとなったのはドングリの調理を体験させてもらった合宿でした。直後「おれ低学年の時からドングリ食べてたんだよね」と打ち明けられ、非常に驚いた（少々呆れた）のが今では懐かしい思い出です。成分を測ってから結果をまとめるまで試行錯誤でしたが、ドングリの成長や思わぬ発見に喜んだり、時には枯れてしまってショックを受けたりと、まさにドングリとともに成長した1年を見守りました。合宿でお世話になった先生方にはその後も励ましのお言葉をたくさんいただき、本当にありがとうございました。市役所の環境課の方も突然質問に訪れた本人の話を聞いて一緒に考えてくださったそうで、サポートしていただいた皆様の温かい眼差しのおかげもあり、1年間モチベーション高く取り組めたのだと思います。「生きているとは何なのか」に強い興味を持っている本人なので、これからも不思議に思うことをどんどん自分の手を動かしながら考えていってほしいです。　高橋靖子

審査評

高橋さんの研究のすばらしさは、研究の動機から結びとしての「全体考察」まで、自分の言葉で語りながら書いているところにあります。研究が自分のものになっていることが、文章だけでなく、観察・実験の写真やグラフ等からしっかりと伝わってきます。宮沢賢治の「どんぐりと山猫」やことわざを例えとして使うなど、表題のユニークさにも研究の特徴が表れています。表現手法のユニークさが特徴ですが、独り善がりの研究になることなく、ドングリに関するさまざまな事象を客観的にとらえる観察や実験が、的確に示されています。特に顕微鏡を使って、ドングリとしてのコナラとクヌギにおけるヨウ素デンプン反応の違いを調べる実験では、顕微鏡を通して見える二つの写真から、その違いが鮮明に示されています。科学的な手法を絶えず意識して研究を進めているので、自然科学として通用する作品になっており、「オリンパス特別賞」に十分値する作品といえます。　審査員　森内昌也

変形きん観察大作せん
～えいようのバランスは大切ですか？～

茨城県阿見町立阿見第二小学校　４年　宮本紗矢香

研究の背景

3年間、変形菌（南方熊楠が研究したことで知られる小さな生物。別名・粘菌。アメーバ状の体を変身させてキノコのように胞子を作る。倒木、落ち葉などにすみ、微生物を食べて生活している）という生き物について研究してきた。これまでの研究で、変形菌は穀物をよく食べること、チーズなどの乳製品、しいたけなどのキノコまで食べることがわかった。

なぜこれほどいろいろなものを食べるのか、考えてみた。どの食べ物にも含まれているのはたんぱく質だから、たんぱく質が必要だったのかもしれない。

今回は、変形菌がたんぱく質の多いものを好きなのかどうかを、調べることにした（**研究1**）。また、同じものを食べ続けた変形菌が、他のえさをほしがるのかほしがらないのかも確かめたい（**研究2**）。

予想としては、変形菌はたんぱく質の多い食べ物を好きだと思う。変形菌は倒木などにすんでいるので、植物由来のたんぱく質が好きなのではないか。

また、同じえさを食べ続けた変形菌は、ほかのえさは食べないのではないかと思う。

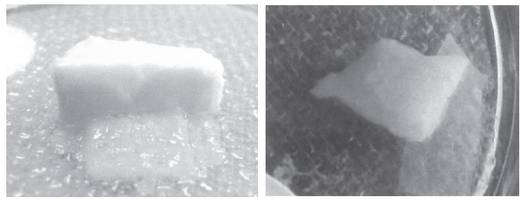
研究１

◉ たんぱく質が多いものを好きかどうかの実験方法

直径4cmのシャーレに、丸く切ったキッチンペーパーを敷いて湿らせる。変形菌と、たんぱく質が多いえさを入れてふたをし、2時間ごとに変形菌の様子を観察する。シャーレは１つのえさに、複数を用意した。

シャーレに入れるえさは、植物由来の落花生と豆腐、動物由来の鶏肉、豚肉、いわし、卵の白身を用意した。

変形菌がえさを食べたかどうかの判定は、下の写真のようにえさの上に乗った時、すき間なくかさぶたのようになったり、扇のように広がったりした時は食べていると判定した。えさに乗っても、かさぶたのようにならず血管のような形の時は、食べていないと判定した。

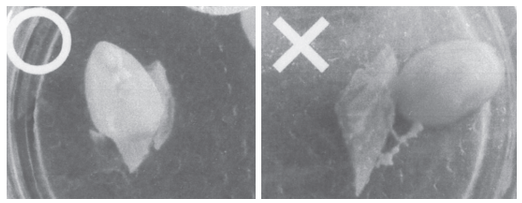


左がえさに乗って食べた時、右がえさに乗っても食べていない時

◉ 落花生は好きか

生の落花生を与えた時、5つのシャーレすべてで変形菌は落花生に乗り、食べていた。

加熱した落花生を与えた時、5つのうち2つのシャーレで変形菌は落花生に乗り、食べていた。



左が加熱した落花生を食べている変形菌、右が食べなかった変形菌

◉ 豆腐は好きか

生の豆腐を与えた時、5つのシャーレすべてで変形菌は豆腐に乗り、食べていた。

乾燥した豆腐を与えた時、5つのうち４つのシャーレで変形菌は豆腐に乗り食べていた。

◉ 鶏肉は好きか

生の鶏肉を与えた時、5つのうち４つのシャーレで鶏肉は無視され、変形菌はえさを探してはい回っていた。１つのシャーレでは変形菌が鶏肉に乗ったが、集まってじっとすることはなく、そのまま通り過ぎてしまった。

加熱した鶏肉を与えた時、5つのうち4つのシャーレで鶏肉は無視された。変形菌はえさを探してはい回り、最後は色が白くなって死んでしまった。１つのシャーレでは鶏肉に乗ったが、そのまま黄色ではなくなって死んでしまった。

◉ 豚肉は好きか

生の豚肉を与えた時、2つのシャーレどちらでも豚肉は無視された。変形菌はえさを探してはい回っていた。

加熱した豚肉を与えた時、5つのシャーレのうち2つのシャーレで変形菌が豚肉に乗ったが、そのまま通り過ぎてしまった。3つのシャーレでは、豚肉は無視されて変形菌が乗ることはなかった。

◉ いわしは好きか

生のいわしを与えた時、5つのシャーレのうち1つのシャーレで変形菌がいわしに乗り、食べていた。4つのシャーレでは、変形菌はいわしに乗ることもなく、はい回っているだけだった。

加熱したいわしを与えた時、5つのシャーレすべてで変形菌はいわしの上に乗ったが、そのまま食べずにはい回っているだけだった。

◉ 卵の白身は好きか

生の白身を与えた時、5つのシャーレすべてで変形菌は白身を食べていなかった。1つのシャーレで変形菌が白身にさわったが、食べてはいなかった。

加熱した白身を与えた時、5つのシャーレのうち2つで変形菌が白身に乗った。そのうちの1つは白身を食べているような形になった。

◉ さまざまなえさを与えた実験結果からの考察

実験の結果、よく食べたのは落花生と豆腐、食べなかったのは鶏肉や豚肉、いわし、卵の白身だった。植物由来の豆腐や落花生はとてもよく食べた。動物由来のものは食べなかったし、鶏肉を入れた時は変形菌が黄色ではなくなって死んでしまった。

このことから、変形菌は、植物からできたものが好きで、動物由来のものはきらいであると考えられる。また、落花生は生の時にはすべての変形菌がよく食べていたが、加熱したものはそれほど好きでもなさそうだった。

研究２

◉ 同じえさを食べ続けた変形菌の実験方法

直径4cmのシャーレに丸く切ったキッチンペーパーを敷いて湿らせる。シャーレに1週間ほど同じえさで育てた変形菌と、しばらく食べていたえさ、そうでないえさを一緒に入れる。それぞれのえさに対して変形菌がどう動くか、2時間おきに観察する。変形菌は植物由来のえさをよく食べることがわかったので、米、オートミール、落花生の3種類で実験した。

◉ 米ばかりを食べた変形菌が何を食べるか

米ばかりを食べていた変形菌に米とオートミールを与えると、5つのシャーレ3つで米もオートミールも食べた。残り2つのうち1つはオートミールだけ食べ、もう1つは米だけを食べた。今度は、米と落花生を与えると、5つのシャーレのうち4つは米も落花生も食べた。残りの1つは米だけを食べた。

◉ オートミールばかりを食べた変形菌が何を食べるか

オートミールばかりを食べていた変形菌にオートミールと米を与えると、5つのシャーレのうち4つで両方を食べた。もう1つのシャーレは米を食べたが、オートミールを食べたかどうか、よくわからなかった。今度は、オートミールと落花生を与えると、5つのシャーレでオートミールだけを食べ、落花生は食べなかった。

◉ 落花生ばかりを食べた変形菌が何を食べるか

落花生ばかりを食べていた変形菌に落花生とオートミールを与えると、5つのシャーレすべてで両方を食べた。今度は、落花生と米を与えると、5つのシャーレすべてで両方を食べた。

◉ 同じえさと他のえさを与えた実験結果からの考察

変形菌は落花生のことを好きでもきらいでもないけれど、時々食べたくなるような必要な栄養が含まれているのかもしれない。変形菌と栄養バランスとは無縁と思っていたが、同じえさを食べたり食べなかったりすることから、栄養を考えて食べているのかもしれない。

まとめと今後の課題

変形菌はたんぱく質の多いものをえさにすることがある。しかし、動物由来のものは食べず、植物由来のものを食べる。同じえさを食べ続けた変形菌に違うえさを与えると、食べ続けたえさもそうでないものも食べる。栄養のバランスを考えてえさを食べるのかもしれない。

落花生をよく食べる時とそうでない時があったので、今後はその理由を確かめたい。阿見町にいる変形菌には、どんな種類があるのかも調べてみたい。また、変形菌が糖分を好きなのかきらいなのか、詳しく調べてみたい。

指導について

小学校に入学して初めての夏休みを控え、自由研究をやりたいと言い出した娘に、「何の研究がしたいの？」と聞いたときの答えが、「お父さんと同じがいい！」。当時、私が関わっていた生き物は「変形菌」。小学生どころか大人さえほとんど知らない生き物についてどこまで研究ができるか心配でしたが、彼女が興味をもったのは、自由自在に形を変える変形体の動きだったので、その研究から始めるように助言しました。種ごとの動きの比較やえさの好みについての研究を進め、４年目の今年は栄養のバランスについて探究しました。こちらの予想と違った動きを見せる変形体。そのたびに「なぜ？」と頭をひねりながら実験を繰り返しました。しかし、その試行錯誤の中で、小学生でもできる、よりよい実験方法を考えたり手順に工夫をしたりしながら進めた研究は、見ている親としても大変興味深いものでした。これからも引き続き、変形菌のふしぎに迫っていきたいと思います。　宮本卓也

審査評

ふだんの生活では目にする機会の少ない変形菌に着目し、その食性について探る４年目の研究です。これまでの研究で、変形菌の好む食品にはたんぱく質が共通して含まれていることに気付き、今回はたんぱく質に注目して実験を行いました。その結果、たんぱく質を多く含む食品のなかでも植物由来のものは摂食し、動物由来のものは回避するという変形菌の食性がわかりました。また、同じ食品を与え続けたあと別の食品に切り替えた場合、その順序により摂食傾向にちがいがみられるかについても調べ、同じ植物由来でも、ちがいがあることがわかりました。変形体の動きはきわめてゆっくりであり実験には長い時間を要しますが、根気よく観察し、興味深い結果を導くことができました。変形菌が自然に生息する環境で何を摂食しているのかについては未解明な部分が多く残されており、このような継続研究が変形菌の食性の解明に繋がる研究に進展していくことを期待しています。　審査員　木部　剛

佳　作（小学校の部）

光と熱の力で雑草を枯らそう ～真夏の太陽と下じきで最強の除草装置を作る～

福島県須賀川市立西袋第一小学校
６年　大石悠叶

〔研究の動機〕

「面倒な草むしりをせずに、庭の雑草を枯らす方法はないのか？」と思ったことをきっかけに、４年前から雑草の研究をしている。昨年の研究では、さまざまな雑草に赤・青・緑の光を１色だけ当てた時、光合成を行うための十分な光の強さがあるにもかかわらず、雑草が枯れる組み合わせのあることがわかった。今年は、まず昨年残った疑問を解明しようと試みた。そこで得られた「熱」という手がかりを基に、雑草をより効率よく枯らす方法をさまざまな角度から調べ、それを確かめる試験を行った。

〔結論と感想〕

気温30℃以上の晴れた日に、４種類の雑草に赤・青・緑・透明・完全遮光の下敷きを地面に密着させるようにかぶせた結果、完全遮光以外の下敷きでは、どの雑草も長くて３日という早さでほぼ完全に枯らすことができた。最初の試験の「下敷きを地面から離したら、まったく雑草が枯れない」という失敗が、「光合成させない」ことよりも、真夏の高温と「過剰な光合成」で生じる「熱」により、はるかに早く雑草を枯らす方法を導き出すきっかけとなった。このことは、失敗にも目を向けることの大切さを教えてくれた。

関東平野における夏の雲のかんそく研究

茨城県つくば市立竹園西小学校
１年　荒木　凪

〔研究の動機〕

雲や空の写真を撮るのが好きで、いろいろな雲があることに気がついた。夏の雲はモクモクした雲のイメージがあるが、それ以外の雲はないのか？ 朝や夕がたでも雲は同じなのか？ どの日も同じような雲がでるのか？と不思議に思った。また、夏には天気が急に悪くなることがあり、その時の雲の種類に法則性があれば、雲や空を見て天気が悪くなるまえに気づくことができてべんりだと思い、研究をはじめた。

〔結論と感想〕

予想どおり、９・12・15時では積雲が多く晴れていたが、18時は巻雲（けんうん）や高積雲、積乱雲が見られ、曇りが多くなった。この結果にはびっくりしたが、山でうまれた積乱雲のかなとこ雲がひろがって巻雲などが増えていたことがわかり、納得した。気圧配置で天気や雲がちがうのもおもしろかった。天気の急変のめやすになる雲もいくつかわかり、生活の役にたちそうだと思った。

ダンゴムシって右利き？ 左利き？

茨城県結城市立江川北小学校
３年　黒杭美咲

〔研究の動機〕

昨年の研究から、ダンゴムシの交替性転向反応には、反応のおこりやすい距離や、来た道を忘れてしまう距離があることがわかった。その時、触角を回転させたり、進む道を探る様子が見られ、ダンゴムシにも人間と同じように右利き・左利きがあるのではないかと考えた。

〔結論と感想〕

触角の有無によって反応の成功率が変化することがわかった。左触角なしの個体が左へ進みやすく、左右の道幅を変えた場合や右回転の方が行いやすい。左へ行くから左利きとは考えづらく、ダンゴムシは右利き＝右触角が利き手のようになっていると考えた。もしかすると、ダンゴムシは自分で考えて進んでいるのかもしれない。

紫外線に負けない No. １日やけ止めクリームを作ろう

埼玉県春日部市立粕壁小学校
６年　渡邉結仁

〔研究の動機〕

マラソンの大好きな母は一年中日焼けを気にして、日焼け止めクリームをぬったり、帽子をかぶったりしている。そして「紫外線が強いからしみが増える」と言っている。紫外線とはどのようなものか、しみや日焼けがどういうふうに起こるのかを調べ、身近なもので効果のあるものをみつけ、母のために日焼け止めクリームを作りたいと思い、研究した。

〔結論と感想〕

今回の研究で、１番に日焼け止め効果があったクリームは、エタノールで抽出したブルーベリーのクリームだった。２年間をかけての研究で、いつも走っている母のなやみを少し軽くすることができた。今後も研究を続けて、もっと日焼け止め効果の高いクリームを作っていきたい。

ぼくのセミ大ちょうさ物語

東京都西東京市立柳沢小学校
３年　鞠子智宙

〔研究の動機〕

セミが大好きで、小さい時から兄といっしょにセミとりをしていた。２年生の時にふとセミの声を聞いてから、セミのことが気になりだして、いろいろ調べ始めた。セミがどの公園にどれくらいいるのか、セミがどこで羽化するかなどを、この研究にまとめてみた。

〔結論と感想〕

①木の本数が多ければセミの発生数も多い。その関係から、木の本数がわかればその公園のセミの発生数がわかる。②セミは木のまわり１ｍより中に多い。それは木の根が集中しているところだった。③大きい幼虫のグループと小さい幼虫のグループがあり、羽化の時の穴の大きさによって決まることがわかった。④セミが羽化のために地上に出てくる時、いろんな危険が待っていることがわかった。セミの幼虫はそれをさける工夫をしているようだ。

たまねぎ 乾か／皮化 しました

石川県金沢市立泉野小学校
４年　安藤日向子

〔研究の動機〕

理科のプリントで、たまねぎのいつも食べているところは、りん葉だと知った。どうしてりん葉が皮になるのか？と疑問が出てきた。りん葉を乾かしたら皮になるのかと思い、りん葉をむいて乾かしても皮にはならなかった。たまねぎを球のままで乾かしたら皮になったため、「乾く」と「皮になる」のが別だとわかった。皮は、紫外線と水分の蒸発からたまねぎの球を守っているのではないかと考えて、実験と観察を進めた。

〔結論と感想〕

観察・実験で、皮は、紫外線や水分の蒸発からたまねぎの球を守っているとはいえないが、くさりにくいことがわかった。そして、たまねぎの皮は、栄養回収によるもので、次の芽生えのために使われているとわかった。木の葉とたまねぎのりん葉は、色も形もちがうけれど、同じ働きをしていることがわかった。まだまだいろいろな疑問があるため、今後も植物やたまねぎの研究を続けていきたい。

ウズラのメスは卵になぜ模様をつけるのか

長野県佐久市立青沼小学校
４年　大野田咲穂・大野田悠音・篠原美音・篠原　優・嶋﨑　佳・高橋辿空・田口拓音・日向　慶・日向　湊・渡辺　唯

〔研究の動機〕

３年生の時の観察から、ウズラのオスとメスでは体重の変化に差があること、個々のメスがそれぞれ決まった模様の卵を床に産むことがわかった。ある日、１羽が白い卵を産んだことがきっかけで、「ウズラは卵になぜ模様をつけるのか」という疑問をもった。そこで、みんなで考え合い、次の２つの仮説を立てた。仮説１：卵を目立たなくして天敵から守るためである。だとすれば、より目立たない場所に産卵するはずである。仮説２：自分の卵を見分けるためである。だとすれば、自分の卵の模様と同じ場所を選んで産卵するはずである。

〔結論と感想〕

実験１：メス３羽をそれぞれ１羽ずつ別のケージで飼育した。ケージの床を、半分は卵の模様、半分は無地にし、どちらの床に産むか調べた（３羽・各30個産卵）。３羽ともほとんどの卵を自分の卵の模様の床に産んだ（29/30、25/30、23/30、85%）。

実験２：自分の卵と他の２羽の卵の模様の床を同一ケージ内に設置し、３羽をその中で飼育し、どのメスがどこに産卵するかを調べた。３羽ともほとんどの卵を卵の模様の床に産んだが、自分の卵の模様の床に産んだ割合は、どのメスも30%程度だった。以上から、ウズラのメスは、卵の模様に似た地面を選んで産卵している。卵に模様をつける理由は、天敵に見つかりにくくするためだと考えられる。しかし、他のメスの卵の模様の床にも産卵することから、自分の卵の模様を完全に理解しているとまでは、いうことができない。

タンポポの研究　春～夏 なぜ外来種のタンポポは、多いのかな？

岐阜県関市立瀬尻小学校
３年　森　稔成

〔研究の動機〕

登校中に、タンポポがたくさん咲いていることに気づいた。特に、春はよく咲いている。広見グラウンドや小瀬グラウンドで、スポーツ少年団の野球練習中の時も、自転車で遊びに行く時も、気にかけてみると、どこにでもタンポポは咲いている。なぜタンポポは、こんなにもどこにでもいろいろな種類が咲いているのか？
その点について調べたくなった。

〔結論と感想〕

４～６月の分布調査から、外来種のタンポポは、どの時期でも咲いていたが、在来種のタンポポは、４～５月しか咲いていなかった。実験１の発芽実験では、外来種の方が早く発芽すると予想した。その訳は、タンポポの分布調査から外来種は在来種にくらべてたくさん咲いていたからだ。実験の結果から、予想通り外来種は６～７日で発芽したが、在来種は１個しか発芽しなかった。実験２の扇風機で綿毛を飛ばす実験では、外来種の綿毛の方が、たくさんの距離を飛ぶと予想した。外来種の種の方が小さいし細いし軽いからだ。予想通り、外来種の方がたくさんの距離を飛んだ。以上のことから、在来種のタンポポが減ってしまうのでないか？と心配になった。引き続き、秋～冬のタンポポについても研究を続けていきたい。

心地よい風を送るうちわの研究

愛知県刈谷市立住吉小学校

６年　磯村聖奈・川﨑涼太・工藤哲平・杉浦真奈・長尾凜一・新美　鈴・西山直登・森　向日葵・米田浩大・渡邉茉紘

〔研究の動機〕

学校の休み時間に外で遊んだ後、暑くて下敷きをうちわ代わりにしてあおぐことがよくあった。でも、下敷きでは思うような風が来ない。こんな時、うちわがあればもっといい風が起こせるだろうなと思った。みんなで話していると、うちわといっても、いろいろなものがあることがわかった。そこで「心地よい風を送ってくれるうちわを見つけたい」と思ったことが、この研究を始めるきっかけになった。

〔結論と感想〕

「心地よい風」とは「風速が大きく、安定した風速の風」だと考え、風速を測定した。しかし、人が心地よいと感じるうちわの風は、それではなかった。その後、香川県うちわ協同組合連合会に質問して、送っていただいたうちわを使って実験を重ねた結果、うちわのしなりと空気の流れが「心地よい風」に関係していることがわかった。うちわであおぐ時、うちわが折り返すところでしなることによって、自然に安定した空気の流れができ、心地よい風を送ってくれるのだ。

ミミズで美味しい野菜作り ミミズの研究パート４

鳥取県米子市立福米西小学校

６年　楠なづな

〔研究の動機〕

姉と庭で野菜を作っている。もっと美味しい野菜をたくさん作るために、ミミズの力を借りられないかと思って、研究をはじめた。

〔結論と感想〕

ミミズの力は思っていた以上だった。４年間の研究から、ミミズが土を団粒構造にすること、ミミズのフンやネバネバが植物の成長を促進させること、さらには野菜の収穫量や味にも影響を与えていることがわかった。ただ、ミミズの飼育は思った以上に難しく、ミミズを上手に利用するためには、もっとミミズの生態についても知る必要がある。

学校奨励賞・指導奨励賞

学校奨励賞（中学校の部）

埼玉県久喜市立久喜中学校
校長　堀内俊吾

このたびは、学校奨励賞という素晴らしい賞をいただき、全生徒、保護者、教職員で喜んでおります。心から感謝を申し上げます。

本校は開校 73 年目を迎えており、学校教育目標「志に生きる　－立志・真心・強健－」の実現を目指して学校・家庭・地域が一体となって教育活動を推進しています。本研究はダンゴムシが好きでなかった生徒が、妹がダンゴムシと遊ぶ姿を目にしたところから研究が始まりました。そして、大変な努力で収集された貴重なデータをより生かす方法として、教員が表計算ソフトによる統計学的手法をアドバイスしたのです。この二人三脚での取り組みにより、生徒はデータを多面的・多角的にとらえ、研究を深めることにつながりました。今回の受賞を機に、より多くの生徒が自然科学に興味・関心を持ち、意欲的に学習を進めることを願うとともに、私たち教員もさらに充実した教育活動が展開できるよう研さんしてまいる所存です。本当にありがとうございました。

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

このたびは、学校奨励賞という素晴らしい賞をいただきまして、心より感謝とお礼を申し上げます。

本校は、今年度で創立 142 年を迎える伝統ある学校です。「自ら考え判断し行動できる子供」を、目指す子供像に掲げ、毎日、教育に励んでいます。

また、東に神通川、西に呉羽山がある自然に恵まれた場所に立地しており、理科担当教諭の熱心な指導もあって、理科好きな子供がたくさんいます。夏休みの自由研究も昔から活発に行っております。受賞しました作品についても、子供たちが家庭の協力を受けながら自主的に研究したものです。いずれの作品も、子供たちなりの柔軟な発想と粘り強く研究した成果が感じられるものに仕上がっていました。

今回、学校奨励賞として認めていただけたことが、受賞した子供だけでなく、他の子供たちの励みにもなりました。今後ますます、理科好きな子供たちが増えますよう、楽しい教育活動に努めて参ります。

指導奨励賞（中学校の部）

茨城県常総市立水海道西中学校
土戸伸俊

このたびは、指導奨励賞という素晴らしい賞をいただき、心より感謝申し上げます。本研究は、自然環境への取り組みとして、常総市の沼や川のすこやかさと水質の変化についての3年間の継続研究です。常総市は、4年前の東日本豪雨災害で鬼怒川の堤防が決壊し、大きな災害となりました。その1年後に一部の堤防が完成しましたが、未だに堤防の工事が行われているということから、工事による影響へも目を向け、水辺のすこやかさと水質の比較について何度も繰り返し実験し、考察するという根気強い研究で、私自身も美しくきれいな自然への興味・関心を強く抱きました。これからの継続研究がとても楽しみに感じております。

今回の受賞を糧にして、自然科学に関心をもち、自然環境への探究心を高め、研究する楽しさを今まで以上に多くの生徒に伝えられるように、より一層の研さんを重ねていきたいと思います。

指導奨励賞（中学校の部）

愛知県刈谷市立刈谷東中学校
村松伸太郎

このたびは栄えある指導奨励賞をいただき、感謝申し上げます。

本校の科学部の子供たちは、身近な生活のところからさまざまな疑問を抱き、とことん追究する探究心をもっています。今回の「なぜ跳ねる？グラウンドにできるしましま模様」の研究においても、子供たちが粘り強く実験を重ね、科学的にまとめ上げることができました。また、「えっ、何で回るんだ!?」の研究においては、仲間とともに関わり合いながら、根拠をもとに解明していく姿がありました。どちらの研究においても、多様な要因があり、条件制御が難しい実験を、一つ一つ丁寧に取り組む子供たちの素晴らしい姿がありました。

今後とも、子供たちが抱く身近なところへの疑問を大切にし、科学的に探究していけるよう精進してまいります。ありがとうございました。

指導奨励賞（小学校の部）

茨城県結城市立江川北小学校
上倉克公

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。

今回の研究は、昨年度に行ったダンゴムシの交替性転向反応の研究において、触角を回転させたり、左右に動かしたりして道を探って進むことに気付いたことがきっかけとなりました。ダンゴムシにも、「人間と同じように右利き、左利きがあるのではないか」という仮説のもと、予想・実験・考察を繰り返しました。また、自ら実験道具を作製して、実験に取り組む姿やダンゴムシの生命を大切にする姿は、立派な研究者の一人でした。

このような素晴らしい研究に指導者として関わることができたことに喜びを感じます。今回の受賞を励みに、子どもたちとともに学び、一人でも多く理科が好きになるよう、努力して参ります。

指導奨励賞（小学校の部）

石川県金沢大学
人間社会学域学校教育学類２年
佐藤民恵

このたびは、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。

たまねぎの研究をするという話とともに、びっしり書かれた研究ノートを見せてもらい、日向子さんの熱心さに驚きました。日向子さんは植物が大好きで、特に薬草においては、大学の薬草園にも通っていて、大学の先生をも驚かせる話をしてくれるほどで、小さな博士さながらでした。指導の際には、とにかくできるだけ実験を行いたいという彼女の希望から、時間の許す限り実験を行い、データのまとめや考察などの作業は、ご家庭で頑張ってもらいました。その結果が今回の賞につながったことを大変うれしく思います。

このたびの受賞は、日向子さんの頑張りはもちろん、ご家族の皆さんや金沢子ども科学財団の方々の支えなしには得られなかったと思います。日向子さんには、さまざまな方への感謝を胸に、これからも研究を続けてほしいです。私もこの経験を今後の指導に活かしたいと思います。

指導奨励賞（中学校の部）

京都府立福知山
高等学校附属中学校
足立佑太

このたびは、指導奨励賞をいただき心より感謝申し上げます。

本校では、探究活動を大切にしており、理科や社会、総合的な学習の時間等でさまざまな探究活動に取り組んでいます。自由研究については、夏休みにテーマを設定し、研究内容や結果・予想等について交流して研究案を深めた後、具体的に研究に取り組みました。その結果をポスターにまとめて文化祭で展示し、全校生徒に発表しました。

佳作をいただいた牛房さんは、探究心旺盛で研究ノートを作り熱心に研究に励みました。研究ノートにコメントするなどのやり取りで、予想・実験・考察を何度も繰り返した「ミミズの不思議」が本当に深い研究であり、またミミズが卵からかえる瞬間などをご家族で見守り取り組まれた素晴らしい研究であるとも感じています。

今後もこの受賞を糧に、子供たちが科学に興味を持ち、より深く探究できるように、子供たちと探求し続けたいと思います。

指導奨励賞（中学校の部）

宮崎県立都城泉ヶ丘
高等学校附属中学校
黒木　亨

このたびは、栄えある賞をいただき、ありがとうございます。

本校は、自然科学的な事象に対する理解を深め、自ら課題を設定しその解決を図る能力や態度を育てることを目標にして、授業を展開しています。生徒は、理科の授業や大学の先生の講義から学んだことをもとに、自ら研究課題を設定し、それを解明するために、仮説を立て、個人で観察・実験を行います。自分なりの結論を得た後は、論文を作成します。論文の書き方については、理科の時間等を使って、科学的なものとなるように指導しています。このような研究過程をもとにして、生徒は意欲的に研究を行っています。このことは、応募させていただいた生徒の論文中にも表現されていると思います。今回、賞をいただけたことは、これまでの本校の取り組みの成果だと思います。これを励みにさらに生徒の研究のサポートができるよう精進していきたいと思います。

指導奨励賞（小学校の部）

長野県佐久市立青沼小学校
荻原秀崇

このたびは、「指導奨励賞」という素晴らしい賞をいただき、心より感謝申し上げます。

ウズラの飼育は、3年生の頃から2年間にわたり、学級の中核的活動として取り組んできました。いつも模様のある卵を産んでいたメスが、真っ白な卵を産んだことがきっかけで、子供たちは、「なぜ、ウズラのメスは卵に模様をつけるのだろう」という疑問をもちました。さらに、「卵を目立たなくして、敵から守ろうとしているのかもしれない。もしそうなら、無地より卵と同じ模様をつけた床に産卵するはずだ」と仮説を立て、実験の準備をし、夢中で追究してきました。私も、子供たちと一緒にワクワクしながら学ぶことができました。本研究を通して、子供たちは、科学的に追究する楽しさを学んだと思います。

今回の受賞を励みに、今後も、子供とともに自然と関わり、科学の好きな子供を育てていけるよう努力していきたいと思います。

指導奨励賞（小学校の部）

静岡県
静岡 STEM アカデミー
静岡大学特任教授
青木克顕

このたびは指導奨励賞をいただき、心より感謝申し上げます。静岡 STEM アカデミーは、JST のジュニアドクター・プログラムを受け、静岡大学の熊野善介教授のご指導の下、県下6会場で STEM 教育と自由研究指導を展開しています。本年度の受講生は、およそ 100 名です。また、クラスが STAGE1.0、STAGE1.5、STAGE2.0 と分かれています。STAGE1.0 では科学への興味をもつためのワークショップや、自由研究のやり方についての基礎的指導を受けます。STAGE1.5 では、大学の先生方によるより高度な内容のワークショップや研究倫理などについての学習を行っています。そして、STAGE2.0 では、自由研究について大学の先生から直接指導が受けられるようになっています。また、Moodle を利用して、受講生の質問や疑問に専門家が答えたり、受講生同士が相談したりすることができるようになっています。今後も、STEM アカデミーの活動を通して、イノベーションを起こせる人材の育成に尽力して参りたいと思っています。

健闘賞 （最終審査に残った作品）※入賞作品を除く

［中学校の部］

「稲敷市南東部が液状化した日
～稲敷市南東部で液状化現象が起こる謎と地層・揺れ方・地盤沈下との関係を探る～」

茨城県稲敷市立東中学校　理科研究生　液状化班
1年　須合敬之・菅生光哉・髙橋駿斗・新里脩真・森　大晴

「ハカラメの発芽のメカニズムを探る2」

茨城県並木中等教育学校　2年　服部開都

「水耕栽培で水をきれいに　パート7　～ボウフラの発生を抑制する～」

石川県金沢市立兼六中学校　1年　浦﨑哲徳

「サナギの不思議　～7年間のアゲハ蝶の飼育研究のまとめ～」

石川県かほく市立河北台中学校　1年　黒川優希

「シロアリが日本を救う !?　～実際に間伐材を用いた実験～」

大阪府清風中学校　3年　髙橋英眞・奈須一颯・宮崎稜也・横川智之

「鳴き声調査によるセミ類の生態学的研究　パートⅢ　総集編　2014～2019」

大阪府関西大学中等部　3年　木村舞樹

「ヤッコソウと土壌とアリの関係性」

徳島県海陽町立宍喰中学校　3年　大黒彩粋・新居愛実・永禮遼太・西口夏花・松本陽瑛

「アリが生きぬくメカニズム」

宮崎県立都城泉ヶ丘高等学校附属中学校　3年　蔵満栄樹

「タマネギやジャガイモには葉緑体はあるのか　～葉緑体の有無から植物の根・茎・葉の違いにせまる～」

宮崎県都城市立笛水小中学校　2年　中村こころ・村橋文汰・山本常聖

「セミの騒音に悩まされない住宅環境をつくる」

東京都立富士高等学校附属中学校　2年　菊池郁香・關根歩未・前田乃愛

「落ちた硬貨の行方　～自動販売機の下に入りやすい条件は？～」

千葉県千葉大学教育学部附属中学校　3年　石原真結

「太陽のかんさつ Part5
～ Power up！ パラボラ型ソーラークッカー ANALOG 透明半球 VS DIGITAL プログラム～」

福井県立高志中学校　2年　伊東優実

［小学校の部］

「鳥と恐竜　―比内地鶏の成長と卵から考える―」

秋田県秋田市立広面小学校　4年　大沼麟音

「四年次鯉淵町の自然シリーズ古矢川のおどろくひみつ　きれいはきたない？きたないはきれい？」

茨城県水戸市立鯉淵小学校　4年　木下アユム

「つくば市都市公園池の水質の季節変動とランキング」

茨城県つくば市立二の宮小学校　6年　池田隼都

「パラシュートの重り、ひも、形、穴のちがいによる落ちる時間と着地場所のちがいについて」

千葉県千葉市立小中台小学校　3年　戸田大翔

「松ぼっくりのひみつパートⅢ　松笠のすじの動きかた」

千葉県千葉市立園生小学校　4年　高橋柚菜

「ゴミグモの巣の研究」

東京都江東区立平久小学校　1年　土屋颯良

「ヨーグルトの蓋はなぜヨーグルトをはじくのか」

東京都慶應義塾幼稚舎　6年　今泉佳彩

「カイコノカンサツ！」

神奈川県伊勢原市立緑台小学校　6年　石毛寛大

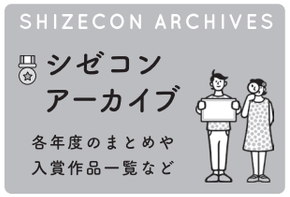
「鳴鹿地区（福井県坂井市）観察した烏と鳥の記録　～カラス（烏）が主役～」

福井県坂井市立鳴鹿小学校　5年　清水彩帆

「京都の夏を涼しく過ごす方法と家のデザイン」

京都府京都市立西陣中央小学校　5年　片岡七紬

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！



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、
動画でみることができます。

「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。

ぜひご活用ください！

https://www.shizecon.net/ 詳しくは シゼコン 検索

《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