

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。



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

第61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 2021年3月発行

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



第61回 自然科学観察コンクール

入賞作品ガイド集

〈2020年度〉

第61回自然科学観察コンクール
入賞作品ガイド集

〈2020年度〉



コロナ禍の厳しい環境でも、 力作がそろった61回。

休校や外出禁止など子供たちも様々に行動を制限され、コンクールの開催自体も危ぶまれた一年。しかし、“科学する心”は健在でした。私たちの心配をよそに第61回の「自然科学観察コンクール」には、小・中学校の部を合わせて全国の635校から計4,468点の作品が集まりました。8年間アサガオの受粉・開花・結実について継続研究した素晴らしい作品、目の前の新型コロナウイルスを研究対象としたチャレンジングな作品など、上位入賞作品には日常生活で感じた身近な疑問を追及した力作がそろい、最終審査会では賞の決定に際して例年よりも大幅に時間が掛かってしまうほどでした。

「入賞作品ガイド集」では、作品のすべて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、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、理科の参考書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62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61回(2020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61回自然科学観察コンクール入賞作品(中学校の部) 6～7

第61回自然科学観察コンクール入賞作品(小学校の部) 8～9

文部科学大臣賞(中学校の部) 12～15

1等賞(中学校の部) 16～17

2等賞(中学校の部) 18～19

3等賞(中学校の部) 20～21

秋山仁特別賞(中学校の部) 22～23

オリンパス特別賞(中学校の部) 24～25

継続研究奨励賞(中学校の部) 26～27

佳作(中学校の部) 28～31

文部科学大臣賞(小学校の部) 34～37

1等賞(小学校の部) 38～39

2等賞(小学校の部) 40～41

3等賞(小学校の部) 42～43

秋山仁特別賞(小学校の部) 44～45

オリンパス特別賞(小学校の部) 46～47

継続研究奨励賞(小学校の部) 48～49

佳作(小学校の部) 50～54

学校奨励賞受賞の言葉(中学校の部) 55

学校奨励賞受賞の言葉(小学校の部) 55

指導奨励賞受賞の言葉(中学校の部) 56

指導奨励賞受賞の言葉(小学校の部) 57

健闘賞(中学校の部) 58

健闘賞(小学校の部) 59

第61回(2020年度)自然科学観察コンクール

課 題

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

審査員

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

賞 < 中学校の部、小学校の部とも同じです >

- 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

審査の総評

探究心と挑戦する姿に感動

東京学芸大学名誉教授
工学博士 小澤 紀美子

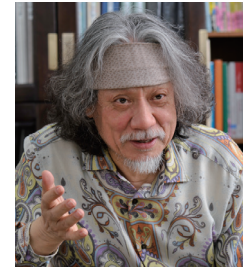


コロナ禍の影響を受けて応募作品の減少を危惧しましたが、グループでの研究が少なかったという印象です。でも「じっくりととりくむことができた」という作品もあり、審査員一同小中学生の「科学する心」、具体的には、探究心や課題に挑戦する姿勢に変わりが無いことに感激しました。応募作品の対象は、自然観察によって普段なにげなくみている現象の「不思議」の追究から持続可能な社会づくりへの貢献をめざして実用性への視点を加味した作品まで広がり多様性に富んでおりました。でも、その根底にあるのは「なぜ」という「問い」に対して多様な角度から挑戦的な実証実験の方法で、粘り強く検証していくプロセスに科学的根拠を探究する力を読みとることができました。観察や探究は閃きや偶然だけでは進められません。博物館や科学館の方々の専門的アドバイスも自分に引き寄せていく力とものごとを有機的に結び付けていく発想力も重要であることが受賞した作品は証明しています。今後とも、専門家や先人たちの粘り強い精神と挑戦力に学び、新たな地平を拓いてくれる作品が寄せられることを期待しています。

審査の総評

～真実を見極める姿勢、それが科学だ！～

東京理科大学 特任副学長
理学博士 秋山 仁



今年は COVID19 が世界的に猛威を振るい続けました。不安や不信が蔓延し、社会が混乱する中で、科学的に判断する事の大切さが再認識された年でもありました。科学的に判断することで多くの人命を救った人物として思い出されるのが看護教育の母ナイチンゲールです。彼女を有名にしたのは、クリミア戦争での2年間に及ぶ従軍でした。彼女は戦場病院で死亡者のデータを取り、大半は負傷そのものよりも不衛生ゆえの感染症で亡くなっていることを明らかにし、衛生状態の改善に努め著しい成果をあげました。帰国後、彼女は戦場病院での死因別データを資料として発表しました。11月の着任後、2月の死亡率は42%、4月は14.5%、5月は5%と目覚ましい改善を遂げました。ナイチンゲールは患者を観察しデータを科学的に分析することで患者の死亡率を劇的に減少させ、医療の世界に科学的態度を導入する意義を知らしめたのです。

科学的態度とは、辛抱強く対象を観察し、たとえ都合の悪いデータであっても、それらを正確に把握し冷静に分析することです。ナイチンゲールの時代に比べると、顕微鏡、カメラ、コンピュータ、分析機器は著しく進歩しています。皆さんには、これらの文明の利器を使いこなして得られたデータに基づいて、シゼコンで培った科学的態度のもとに、人類の幸せにつながる研究を続けていただきたいと思います。

第61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	「あさがおの観察と研究 8」 兵庫県姫路市立大白書中学校 2年 青木柚花
1等賞	「なぜ久能海岸は吉浜海岸のように足跡がくっきりと付かないのか？」 静岡県静岡市立東豊田中学校 2年 佐藤慶宏
2等賞	「クロロフィルの変化を探る ～クロロフィル蛍光を用いた植物の栄養価の可視化への試み～」 茨城県立並木中等教育学校 3年 横井野恵美
3等賞	「ラグビーボールの研究 ～不規則な跳ね方から規則を見つけ出せ～」 愛知県刈谷市立雁が音中学校 科学部ラグビー班 1年 天本伊織・一條陸人・岩田優輝・内田智己・小川慶汰・ オヤノン ラネル ジュニア アンダグ・金子颯綾・北村朔也・近藤飛鳥・酒井悠聖・ 坂本翔唯・坂本晴渚・菅原慶咲・中村和鼓・安井大葵 2年 安部真之介・岡本悠誠・金子昊大朗・北川陽音・下島佑太・小久保海・古藤雅大・ 酒井颯真・坂田望・杉浦正直・谷口天真・遠山泰一・原田紘希・本多隼士・ 松本爽汰・矢田裕成 3年 大中月臣・金子美風・神谷悠理・酒井和波・都築佑次郎
秋山仁特別賞	「カメの甲羅の不思議 ～生物学的解析と数学的解析の違い～」 石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属中学校 1年 部家 司
オリンパス特別賞	「メダカの研究 パート 4 ～性決定遺伝子の判定と産卵条件について～」 千葉県佐倉市立井野中学校 1年 成田百花
継続研究奨励賞	「セミの羽化 Platyleura kaempferi Part11 白い物質調査」 茨城県立並木中等教育学校 2年 清水美里 5年 清水一秀
佳作	「マイクロプラスチック、在来種の土壌条件、NO2 濃度などからつくば市周辺の環境を探るII」 茨城県つくば市立春日学園義務教育学校春日学園科学部 7年 飯嶋大地・植村 丈・大庭有乃・門脇隼雄・山下優希・山口瑞生 8年 伊藤啓慈・大江峻太郎・平野大雅・三浦悠香・山口千晶
佳作	「ふるさとの水辺を守る Part2 ～園部川他の水質調査～」 茨城県小美玉市立小川南中学校 3年 千葉滯未
佳作	「飼育温度とカブトムシの成長 パート 6・その 1. 高温による羽化ずれの謎に迫る」 茨城県土浦日本大学中等教育学校 1年 池田拓実

佳作	「金銀の銅樹はできるか」 東京都立小石川中等教育学校 3年 裕元洸樹
佳作	「日々是フン闘 ～セイタカアワダチソウを巡るカマキリの生態研究～」 神奈川県川崎市立宮前平中学校 3年 安藤 嶺
佳作	「イモリの視力と感情・ストレスと体重変化との関係」 石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属中学校 3年 部家 匠
佳作	「砂漠化した土地の緑化 ～腐葉土のパワーを探る～」 石川県立金沢錦丘中学校 2年 山本健一朗
佳作	「数理モデルによる新型コロナウイルス感染者数と死者数の分析」 愛知県愛知工業大学名電中学校 2年 庄司紘都
佳作	「太陽のかんさつ Part6 ～太陽追尾型ソーラークッカーの開発に向けて～」 福井県立高志中学校 3年 伊東優実
佳作	「色素増感太陽電池の起電力をあげるには？ ～酸化チタンの膜と色素から探る～」 茨城県立並木中等教育学校 2年 長ちひろ
学校奨励賞	茨城県小美玉市立小川南中学校
指導奨励賞	茨城県立並木中等教育学校 吉村大介
指導奨励賞	神奈川県川崎市立宮前平中学校 稲田偉子・神宮 創
指導奨励賞	愛知県刈谷市立雁が音中学校 藤井亮太
指導奨励賞	愛知県愛知工業大学名電中学校 佐藤義晃

第61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	「知れば知るほどおもしろいテントウムシたちの世界 2019 ～ 2020」 大阪府河内長野市立川上小学校 6 年 土居このは
1 等賞	「届け! 届くな? 言うこと聞かない音の妖精 “ひそひそ”を手なずけろ!」 富山県富山大学人間発達科学部附属小学校 6 年 山西利亜夢
2 等賞	「川の石はどこからやってくるの? 6 ～川原の石は、本当に上流に行くほど大きくなっていくといえるのか?～」 静岡県藤枝市立青島小学校 6 年 河原崎朱
3 等賞	「守れ! ふるさととのヒダサンショウウオ」 岐阜県山県市立富岡小学校 4 年 尾関将成 6 年 井戸智南
秋山仁特別賞	「カタツムリのつなわたりサーカス実けん」 福岡県春日市立春日野小学校 3 年 平野結子
オリンパス特別賞	「くもラボ 1 ～ 5」 和歌山県和歌山市立大新小学校 6 年 青木大和
継続研究奨励賞	「カブトムシの大きさの研究 IV ー大きさの発現理由、環境適応から進化への道ー」 埼玉県久喜市立本町小学校 5 年 渡邊良洋
佳作	「プランクトンの研究 2 ～中央公園池のプランクトンの一年～」 茨城県つくば市立吾妻小学校 4 年 先崎理世
佳作	「曲がるし伸びるぞ! 二枚貝の足 ～砂の中を歩く!? チョウセンハマグリの足の謎にせまれ～」 茨城県つくば市立谷田部小学校 5 年 伊藤巧輔
佳作	「キュウリのまきひげのひみつを調べる」 神奈川県川崎市立西生田小学校 4 年 芝村英子
佳作	「おうちで使える『ぼくだけのとくべつな小がた発電き』を作ろう!」 富山県富山大学人間発達科学部附属小学校 3 年 藤本希望
佳作	「トンボの羽の形のふしぎ パート 3 ー四角形と五角形が大切!? ー」 富山県入善町立飯野小学校 3 年 笹島浩聖

佳作	「沢スギの生き物のひみつを見つけよう パート 5 ーついに解明!! なぜニホンアマガエルは沢スギに卵を産まないのかー」 富山県入善町立飯野小学校 5 年 笹島浩裕
佳作	「水中シャボン玉ってどんなもの? ～水中シャボン玉の観察から～」 石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属小学校 5 年 堀添夏希
佳作	「アサガオの花 花の色を作り変えたい ー4 年目ー」 石川県金沢市立夕日寺小学校 4 年 寺山貴大
佳作	「めざせ! びせいぶつマスター ～きみはいったいなにものなのだ!?～」 岐阜県大野町立北小学校 2 年 見屋井陸
佳作	「イモリの再生能力を探る ー2 ー」 静岡県静岡市立西豊田小学校 6 年 瀧 昌宏
学校奨励賞	鹿児島県鹿児島大学教育学部附属小学校
指導奨励賞	富山県富山大学人間発達科学部附属小学校 鼎 裕憲
指導奨励賞	岐阜県山県市立富岡小学校 福田英治
指導奨励賞	大阪大谷大学教育学部教育学科 非常勤講師 大門 聖
指導奨励賞	鹿児島県鹿児島大学教育学部附属小学校 上崎博輝

中学校の部

あさがおの観察と研究 8

兵庫県姫路市立大白書中学校 2年 青木柚花

研究の動機

小学1年生の授業であさがおを育てたのをきっかけに、8年間継続してあさがおについて調べている。「パート1・観察の部」「パート2・研究の部」の2部構成で、あさがおの実態に迫った。

「パート1・観察の部」の背景

過去の観察から、あさがおの種を遅まきすると開花までの期間が短くなることがわかった。これは一般に知られている現象だが、なぜ短くなるのか調べるために観察を続けた。2019年には、「あさがおは株が若くて元気なほど種を残しやすいが、真夏の暑さは苦手。遅まきすると開花を急ぐのは、真夏の暑さで結実に悪影響が出る前に開花・受粉をすませ、晩秋の寒さで株が枯れる前になるべく多くの種を成熟させようとするため」という仮説を立てた。今回は、その仮説を再検証することにした。

また、種のできやすさ（成熟率）が季節によって変わるの、気温と株の元気度が影響していると考えられる。今回は、株の元気度を数値化し、成熟率との関係をさらに調べた。

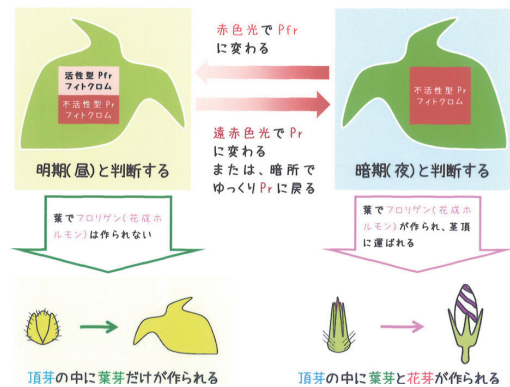
「パート1・観察の部」の実際

●あさがおが季節をどう判断するのか文献調査を行う

文献調査からわかったのは、植物は光を情報源として自らの成長をコントロールしていること。植物の光応答のうち開花に関係するのは光周性と呼ばれる性質で、夜の長さが一定より短くなる時期、または長くなる時期に、栄養成長から生殖成長へと切り替わり、花芽をつけることを光周性花成誘導という。夜が短くなると花芽がつくものを長日植物（短夜植物）、夜が長くなると花芽がつくものを短日植物（長夜植物）といい、あさがおは短日植物の代表例だ。

光周性花成誘導は、葉の中のフィトクロムが光センサーとして働くことで起こる。フィトクロムは赤色光で活性化し、遠赤色光で不活性化する光受容体で、明期（昼）は太陽光中の赤色光と遠赤色光の割合に応じ、活性化し

●フィトクロムによる光周性花成誘導の仕組み



たフィトクロム（活性型Pfr）と、活性化していないフィトクロム（不活性型Pr）の両方が存在する。暗期（夜）になると活性型Pfrがゆっくりと不活性型Prに戻っていき、すべて不活性型Prになると葉でフロリゲン（花成ホルモン）が作られる。フロリゲンは時速約30cmで茎頂へ運ばれ、頂芽中のフロリゲンが十分な量に達すると花芽が作られる。

花芽が作られるために最低限必要な暗期の長さを、限界暗期という。限界暗期は連続している必要があり、仮に夜間に赤色光が当たると花芽は作られない。あさがお（品種ムラサキ）の限界暗期は25℃で約9時間とされ、葉は暗期15分の長さの違いを識別できる。

●昼夜の長さや気温と開花ベストシーズンとの関係

昼夜の長さや気温と、開花ベストシーズンがどう関係するのかを調べるため、データの収集と整理を行った。

種を作るのに最も適した開花ベストシーズンは2016～2019年の観察記録から7月上旬（成熟率約70%、判定◎）で、セカンドベストシーズンは7月中旬から下旬（成熟率約50～60%、判定○）と9月中旬（成熟率約60%、判定○）、次いで8月上旬から9月上旬（成熟率～約20%、判定△）と9月下旬から10月中旬（成熟率～約30%、判定△）。10月下旬以降は花が咲かず、種もできない。

集めたデータから、成熟率は気温と関係があると考えられる。気温が25～27℃の7月上旬の成熟度が約70%と最も高く、気温が上がるにつれて成熟度は低くなる。8月に入り連日28℃を超えるようになると約10%まで一気に低下し、盛夏の8月中旬に約5%となる。8月下旬に28℃を下回ると少し回復し、9月中旬に25℃を下回ると約60%まで大きく回復する。9月下旬以降は気温が23℃

●天文学的な夜の長さとおさがおにとっての夜（暗期）の長さの差（晴れの日の日向と日陰で測定）

	5月下旬	6月上旬	6月中旬	6月下旬	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月下旬
夜の長さ	約9時間45分	約9時間35分	約9時間30分	約9時間30分	約9時間35分	約9時間45分	約9時間55分	約10時間15分
日向の暗期長	－45分	－50分	－55分	－60分	－50分	－45分	－40分	－30分
日陰の暗期長	－30分	－30分	－30分	－30分	－30分	－30分	－30分	－30分

を下回っても、成熟率は低下していった。

●あさがおにとっての昼と夜を測定する

多くの植物は薄明期も昼と感じているため、天文学的な昼と夜の長さにはずれが生じている。そこで、あさがおが実際に、昼と夜の長さをどのように感じているか、薄明期の照度を測定することにした。あさがおは1ルクスの光を感じ取れるので、1ルクス以上を明期、1ルクス未満を暗期と判定した。

その照度測定の結果から、あさがおにとっての昼の長さ（明期長）は天文学的な昼の長さより30～60分長く、逆に夜の長さ（暗期長）は天文学的な夜の長さより30～60分短いことがわかった（上の表を参照）。

●光周性花成誘導が起こるタイミングを観察する

あさがおは種から種まで、種まき→光周性花成誘導→開花・受粉→結実→種成熟という過程をたどる。光周性花成誘導が起こるタイミングを確かめるため、実際にあさがおを栽培して観察した。プランターに市販の園芸用土を入れ、青花（品種ダイワ大輪ぞき）の種を20粒ずつ約1cmの深さでまいた。種まきは早まきを5月11日、遅まきを6月4日とし、発芽日は茎の一部が最も早く地上に出た日付とした。

早まきと遅まきの株それぞれ2本を選び、主茎の頂芽、本葉、花芽、開花、結実の様子を観察した。本葉数と花芽数、結実数のチェックは週2回、花数のチェックは毎日行った。その結果わかったのは、遅まきすることで早まるのは、種まきから光周性花成誘導の過程だけだということ。2019年の仮説のようにあさがおの意思で暑さや寒さを避け、開花調整しているわけではなく、限界暗期がくれば花芽をつけ、開花する。

そこで2020年の仮説を「種まきの時期によらず、光周性花成誘導のタイミングは気温と品種固有の限界暗期の長さで決まる。ダイワ大輪ぞきの場合、暗期の気温約22℃、限界暗期の長さ約9時間が花成誘導を起こすための必要最低条件で、これを満たす時期は6月中旬以降である。以上の理由で、遅まきすると結果的に開花までの日数が短くなる」と改めた。

●最初の光周性花成誘導が起こった日のデータ（2020年）

	種まき日	最初の花成誘導が起こった日				開花日
		日付	夜の長さ	暗期の長さ	最低気温 / 日平均気温	
早まきA	5月11日	6月11日	9時間34分	9時間4分	22℃ / 23℃	6月30日
遅まきA	6月4日	6月22日	9時間31分	9時間1分	22℃ / 25℃	7月18日

*気温は約

●数値化した株の元気度と成熟率との関係

2019年の観察では株の元気度をその株全体の葉の色や茂り具合から、7月＞8月＞9月＞10月としていたが、あいまいで主観的だった。今回は本葉数、花芽数、開花数、結実数を指標に使って数値化してみた。早まきと遅まきの株ひとつずつを選び、それぞれの主茎の状態のポイントをつける。本葉数（生じた時点で1ポイント、枯れ落ちた時点で－1ポイント）、花芽数（生じた時点で1ポイント、枯れ落ちた時点で－1ポイント）、開花数（生じた時点で2ポイント）、結実数（生じた時点で3ポイント）、葉の状態（緑色は◎、黄～茶色は○、枯れ落ちたら×）とし、集計した。

2020年8月13日時点の早まき株、遅まき株の元気度ポイントと葉の様子は下のとおり。

	6月	7月	8月	累計
早まき株	18	22	－3	37ポイント
遅まき株	10	19	3	32ポイント



早まき株の様子（種まきから94日目） 遅まき株の様子（種まきから70日目）

元気度の数値化は、来年はわき芽も観察することで、より精度を上げたい。

「パート1・観察の部」の結論

季節によってあさがおの成熟率に差が生まれる理由は、内的要因や外的要因が影響する複合的な結果だと考えられる。まず、あさがおには品種固有の暗期気温、限界暗期がある。それぞれの品種が、それぞれ固有の気候や暗期の長さによって、栄養成長と生殖成長のバランス調整をしている。それが株の元気度ポイント（内的要因）として反映され、そこに開花時の気温（外的要因）が影響するため、成熟率に差ができる。

もしあさがお以外の植物にも種ができやすいベストシーズンがあるなら、種まきの時期や栽培温度を最適化することで、農作物の収穫量を増やせるかもしれない。

「パート2・研究の部」の背景

あさがおのつぼみ、花、さきがらは、それぞれ色が違うことが知られている。花の色はなぜ変わるのか、興味を持ち調べてみた。

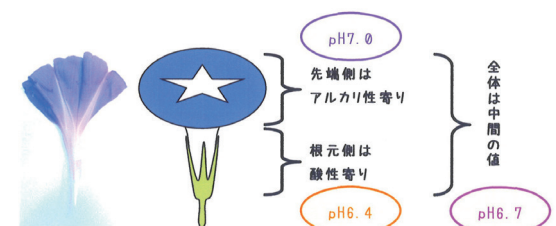
2014～2017年の研究から、①「つぼみ、花、さきがらの色の違いはpH値の違い（酸性寄りかアルカリ性寄りか）が原因で、花びらの色素であるアントシアニンの種類は影響していない」②「赤花と青花の花色の違いはアントシアニンの種類が原因で、pH値は影響していない」という2つの仮説を立てた。pH値の異なる7種類の青花の色水を用意して実際の花の色と比較し、つぼみはpH5.4～6.6（弱酸性～中性）、花はpH6.6～7.6（中性～弱アルカリ性）、さきがらはpH5.4～6.6（弱酸性～中性）だと推測した。つぼみから花になる時にpH値を1程度アルカリ性に寄せる原因物質（物体X）があると考えて、物体Xを見つける実験を続けてきた。



その結果、アルカリ性の物体Xは外から取り込まれるものではなく、つぼみの中にもともと存在し、量自体は変わらないと考えられた。開花に合わせて物体Xが花びらの先端に集まることで、色の違いが生まれると考える。あさがおの目的は短時間にたくさんの水を吸収してつぼみを大きく伸ばし、開花・受粉させることだから、水分

を取り込む手段として花びらの先端に物体Xを集めていると予想した。色の変化は、水を取り込む時に起こる単なるおまけの結果だろう。

この仮説「アルカリ性の物体Xによる水の取り込み開花モデル」を証明するため、2019年は花びらの3つの部位、「全体」「先端の色付き部分」「根元の白色部分」のpH値を測定する実験を行った。部位ごとに色水を作り、それぞれのpH値を比較する。赤花と青花で2回の実験を行い、下の図の結果となった。「根元の白色部分」より「先端の色付き部分」のpH値が高く、根元より先端のほうがアルカリ性に寄っているという結果だった。2回の実験で、「アルカリ性の物体Xによる水の取り込み開花モデル」を裏付ける同じ結果が得られた。



2019年はもうひとつ、pH値の差によるグラデーション花びらを作製する実験も行った。白いあさがおの花びらには、花びらの色素であるアントシアニンが含まれていないはずだ。もし紫色の食用色素（ムラサキイモアントシアニン）を溶かした色水を吸わせて色を付けることができるなら、pH値の差でグラデーション状の花びらになり、「アルカリ性の物体Xによる水の取り込み開花モデル」を証明できると考えた。

ただ実験では、18時間たってでも白い花のつぼみに色は付かなかった。アントシアニンは水よりずっと大きな分子なので、吸うことができなかったようだ。仮説の証明はできなかった。そこで今回は、アルカリ性の物体Xの移動によって生じる花びら内の変化を「間接的に測定する方法」と「目に見えるようにする方法」の2つで確認し、仮説を証明しようと試みた。

「パート2・研究の部」の実際

● pH差を間接的に測定する方法

1つめの方法は、物体Xが水を集めてつぼみを伸ばす作用に着目することにした。仮説が正しければ、物体Xが多い花びらの先端側のほうが、根元側より伸びが大きくなるはずだ。

翌日咲くつぼみを2つ選び、つぼみに油性マーカーで5mmずつ8つの印をつけ、先端側と根元側の伸びの違いを測定した。2回の測定を行ったが、先端側と根元側で伸び方に大きな差は見られなかった。この方法では、「アルカリ性の物体Xによる水の取り込み開花モデル」

の証明はできない。仮説自体が間違っているのか、方法に問題があるのか、どちらかはわからなかった。

● グラデーション花びらで目に見えるようにする方法

2つめの方法は、物体Xがアルカリ性であることに着目した。仮説が正しければ、物体Xが多い先端側が根元側より、アルカリ性が高くなるはずだ。アントシアニンが花びら全体に分布していれば、花の色はアルカリ性寄りの先端側で青っぽく、酸性寄りの根元側で赤っぽくなり、紫～赤紫～ピンクのグラデーションの花びらが、出現することが予想できる。

2019年の実験ではグラデーション花びらを作製できなかったが、今回は最初からグラデーションになっている花びらを探すことにした。

まず自宅のあさがおで探したところ、紫～赤紫～ピンクのグラデーションの花びらが見つかった。先端側が根元側より青っぽい色をしているので、仮説を裏付ける花びらだと考えられる。あさがおは変異を起こしやすいそうなので、この花は変異種であると思われる。書籍やインターネットで変化あさがおも調べたが、先端側が根元側より青っぽいものが他にもあると確認できた。



以上のことから、この方法で「アルカリ性の物体Xによる水の取り込み開花モデル」の正しさが証明できた。

● アントシアニンの種類と発色を決める要因

2019年の文献調査から、「アントシアニンは赤～紫～青色を示す色素で、植物細胞の液胞に存在する」「基本骨格であるアントシアニンに、糖や有機酸が結び付き、水に溶けやすく安定している」「アントシアニンはA環、B環、C環の3つの環からでき、B環に付く水酸基（-OH）の数によって、ペラルゴニン、シアニン、デルフィニンに大別される」「水酸基（-OH）の数が多いほど青みを増す。水酸基（-OH）が1つのペラルゴニンは橙赤色、2つのシアニンは赤紫色、3つのデルフィニンは青紫色を示す」「水酸基（-OH）の代わりにメトキシ基（-OCH₃）が入ると赤みを帯びる。一部がメトキシ基（-OCH₃）のアントシアニンも3種類（ペオニン、マルビジン、ペチュニン）ある」ことなどがわかった。

アントシアニンは「①基本骨格であるアントシアニンの種類」「②アントシアニンに結びつく糖や有機酸の組み合わせ」「③環境のpH値」の3つの要因で違った発色をする。この研究では花びら内のアントシアニンは1種類だが、花びらの部位によってpH値が異なるため、

グラデーションが生まれると仮定している（①②は同じで③が異なる）。しかし、③は同じで①か②のいずれか、または①②の両方が異なることも考えられる。

「パート2・研究の部」の結論

物体Xがアルカリ性であることに着目した「目に見えるようにする方法」で、先端から根元に向かって青紫～紫～赤紫～ピンクのグラデーション花びらを持つ品種が見つかり、仮説の正しさを証明できたと考えた。ただ、花びら内のアントシアニンは1種類ではないかもしれない。機会があれば調べてみたい。もしあさがお以外の植物にも、花びら内のpH値の差があるとすれば、アントシアニンの色の変化を利用した新しい色や模様の品種を作ることができるかもしれない。

指導について

昨年に引き続き「種を遅まきすると開花までの期間が短くなる理由」「種のできやすさに季節ごとの差が生じる理由」「アルカリ性の物体Xによる水の取り込み開花モデル」の3項目について調べました。開花時期を決定する要因である光周性花成誘導のタイミング調査と照度測定では、生き物（あさがお）と天候が相手だったため、条件をそろえて観察や測定を行うことが難しく苦労がありました。

指導については、小学生では丁寧な観察をもとに自分で理屈を考えるくせをつけさせることと、長期継続を見据えて必要な知識と技術を段階的に習得させることを重視しました。中学生では先行研究の文献調査を行った上で仮説を立て、定量的で再現性ある結果が得られるように検証を進めさせることを意図しました。

自然相手に翻弄されたり専門書の難解さに頭を抱えたりと、必ずしも順調とはいえない研究でしたが、8年間の取り組みが評価されてすばらしい賞をいただいたことを、親子共々心から喜んでいます。青木清美

審査評

本研究は8年にわたって研究対象として育成してきたアサガオの、特に開花・受粉と結実についての観察と実験をまとめたものです。この間、自身の観察事実に基づいて考察と新たな問いかけを繰り返してきたことは素晴らしいことです。観察結果が的確にまとめられていると感じます。この「研究8」では文献調査を行って、すでに明らかになっている知識と比較しながらこれまでの観察結果を見直しており、より生物学的な考察が行われています。しかしそのことにより、観察事実に対する自分らしい解釈・考察の余地が少なくなってきたことを本人も感じているのではないのでしょうか。研究は追いつけ追い越せです。すでに明らかにされていることを学びながら研究を続けることにより、自分の得た結果がそれに追いついていくことを感じ、誰も気づかなかったことに気づくことを期待します。審査員 邑田 仁

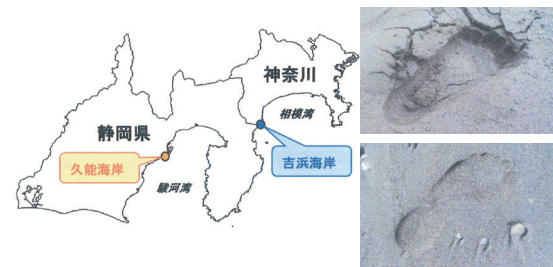
なぜ久能海岸は吉浜海岸のように足跡がくっきりと付かないのか？

静岡県静岡市立東豊田中学校 2年 佐藤慶宏

研究の動機

祖母の家がある神奈川県湯河原町の吉浜海岸によく散歩に行き、貝やきれいなガラスを拾った。砂浜には、たくさんのサーファーの足跡が付いていた。弟がサーファーの足跡をたどって遊んでいたが、足跡は海まで深くくっきりと付いていて驚いた。砂浜には、犬やカラスなど動物の足跡もくっきり付いていた。

しかし、家の近くの静岡県静岡市の久能海岸で足跡を付けようとしたら、ほとんど付かなかった。どちらも砂でできた海岸なのに、なぜ久能海岸は吉浜海岸のように足跡がくっきりと付かないのか、疑問に思ったことが研究を始める動機になった。



右上が吉浜海岸の足跡、右下が久能海岸の足跡

研究の実際

●実験① ふたつの海岸の砂のへこみにくさを比較する

久能海岸が吉浜海岸より足跡が付にくいことを、科学的に証明するため、実験①を行った。ふたつの海岸の砂にビー玉を落とし、へこんだ深さを比較する落下実験だ。正確なデータを得るためには、人の手で重りを落とすのではなく、機械で同一条件に落としたほうがよい。僕はプログラミングを習っているの、レゴマインドストームのプログラミングを使って実験装置を作製した。

その装置に、ふたつの海岸の自然乾燥させた砂をセットし、ビー玉を落とした。それぞれの海岸の砂に10回ずつビー玉を落とし、へこんだ深さの平均値を求めた。実験では毎回、砂を容器の外に出してから山盛りに入れ、棒ですりきって平らにした。落下したビー玉を写真に撮り、紙に印刷する。印刷された砂のへこみを、デジ

タルノギスを使って計測した。写真には定規の目盛りと一緒に写るようにしているので、それを基にビー玉が埋まった深さを求めた。

すると砂がへこんだ深さは、久能海岸が平均12.28mm、吉浜海岸は平均13.32mmだった。久能海岸の砂は、吉浜海岸の砂よりへこみにくいと考えられる。

実験①からへこみにくさの要因について、3つの仮説を立てた。まず肉眼で観察すると、久能海岸の砂は粗粒が多く、吉浜海岸の砂は細粒が多かった。そこで仮説Aとして、「砂のへこみにくさは砂の粒度組成が影響している」可能性を考えた。次に、実体顕微鏡で観察すると、久能海岸のほうが吉浜海岸より角に丸みのある砂が多いと感じた。そこで仮説Bとして、「砂のへこみにくさは砂の平面的形状が影響している」可能性を考えた。最後に実体顕微鏡で観察すると、久能海岸のほうが吉浜海岸より、平たい砂が多いと感じた。そこで仮説Cとして、「砂のへこみにくさは砂の立体的形状が影響している」可能性を考えた。実験②～④で、3つの仮説を検証した。

●実験② ふたつの海岸の砂の粒度組成を比較する

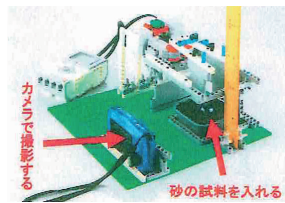
自然乾燥させたふたつの海岸の砂を目開きが2mm、1mm、0.5mm、0.25mmのふるいにかけ、ふるいにかかった砂の重量を測定した。次に、下の図の数式で各粒度（2～1mm、1～0.5mm、0.5～0.25mm、0.25mm以下）の存在割合（重量%）を調べた。この作業を5回行った。

その結果、久能海岸の砂は、2～0.5mmの粒度の砂が約80%で、粗い砂が多かった。吉浜海岸の砂は、0.5～0.25mm以下の粒度の砂が約90%で、細かい砂が多かった。久能海岸と吉浜海岸の砂の粒度組成は大きく異なっていた。

実験②から、仮説A「砂のへこみにくさは砂の粒度組成が影響している」は正しく、久能海岸の砂がより粗いことから、吉浜海岸のように足跡がくっきりと付かない可能性がある。

●実験③ ふたつの海岸の砂の平面的形状を比較する

平面的形状を比較するために、砂の真円度を調べて



自作の落下実験装置



砂の向きを買えている様子

みた。まず、久能海岸と吉浜海岸の砂をそれぞれふるいにかけて、2～1mm、1～0.5mm、0.5～0.25mm、0.25mm以下の砂に分ける。その各粒度の砂から、約30個ずつを四分法で選んだ。選んだ砂をそれぞれ、実体顕微鏡で拡大してデジタルカメラで撮影する。撮影画像の砂の面積と外周を、パソコンの画像計測ソフトを使って計測した。最後に表計算ソフトを使って、砂の面積と外周のデータから真円度（面積÷外周²）を求めた。

すると、久能海岸と吉浜海岸の砂の真円度は、どの粒度（2～1mm、1～0.5mm、0.5～0.25mm、0.25mm以下）でも、ほぼ差がなかった。このことから、仮説B「砂のへこみにくさは砂の平面的形状が影響している」は間違いで、久能海岸が吉浜海岸のように足跡がくっきり付かないのは、砂の角の丸みが原因ではないと考えられる。

●実験④ ふたつの海岸の砂の立体的形状を比較する

立体的形状を比較するために、砂の扁平度を調べてみた。まず、久能海岸と吉浜海岸の2～1mmの砂をそれぞれ50個ずつ、四分法で選んだ。実体顕微鏡で砂を拡大し、砂の最大面積の面（面A）を撮影した後、ピンセットで砂の向きを変え、その側面（面B）の写真を撮る。画像計測ソフトを使って両方の面積を計測し、得られた面Aと面Bの面積から扁平度（面Aの面積÷面Bの面積）を計算した。2～1mmより細粒の砂は、向きを変えるのが難しかったので測定できなかった。計測に使用した砂は、すべて研究ノートに保存した。

扁平度の値が大きい砂ほど平たいことになるが、実験の結果、久能海岸のほうが吉浜海岸より平らな砂が多かった。久能海岸は吉浜海岸より、扁平度1.5以上の砂が1.75倍多く、扁平度2以上の砂は2倍多かった。このことから、仮説C「砂のへこみにくさは砂の立体的形状が影響している」は正しく、久能海岸はより粗粒で扁平な砂が多いことから、吉浜海岸のように足跡がくっきりと付かない可能性がある。

●実験⑤ 仮説AとCを再検証するためのモデル実験

仮説A「砂のへこみにくさは砂の粒度組成が影響している」は、実験②で否定されなかった。仮説C「砂のへこみにくさは砂の立体的形状が影響する」は、実験④で否定されなかった。本当に砂の粒度組成と立体的形状がへこみにくさに影響するのか、サイズや形状がほぼ一定の食材を砂に見立て、さらに調べてみた。砂に見立てた食材は、食塩、グラニュー糖、キヌアだ。

食塩、グラニュー糖、キヌアをそれぞれ、実験④と同じ方法で扁平度を計算した。10個の塩の平均面A面積は0.44mm²、平均面B面積は0.30mm²、平均扁平度は1.49だっ

た。10個のグラニュー糖の平均面A面積は0.86mm²、平均面B面積は0.51mm²、平均扁平度は1.67だった。10個のキヌアの平均面A面積は3.28mm²、平均面B面積は1.87mm²、平均扁平度は1.76だった。次に、塩と塩、塩とグラニュー糖、塩とキヌアを混ぜ（すべて体積比1対1で混ぜた）、実験装置でそれぞれへこむ深さを測った。

すると、塩と混ぜた食材の粒度が粗くなると、へこみにくくなった。また、塩と混ぜた食材の扁平度が高いと、へこみにくくなった。そして、へこみにくさには、食材の粒度より扁平度が大きく影響することがわかった。

研究の結論

久能海岸が吉浜海岸のように足跡がくっきりと付かないのは、粗粒で平たい砂が多いため、と考えられる。

指導について

本研究は、「なぜ自宅近くの久能海岸は、祖母の自宅付近の吉浜海岸のように足跡がくっきりと付かないのか？」という中学生の素朴な疑問を科学的に探ったものです。佐藤さんは自らのこの疑問を解くために、まず実験装置の開発に着手しました。その際、私は「測定データに対する人為的影響が小さく、また再現性の高い装置を作るように」と指示しました。彼は試行錯誤し、数日後レゴを用いてその条件を満たす装置を見事に作り上げました。また彼は両海岸の砂の肉眼観察を行い、足跡の付きにくさの要因として自ら3つの仮説を立て、各説の妥当性を測定データに基づき客観的に評価しました。その結果、足跡の付きにくさは砂の粒度組成と平たさが影響を及ぼしている可能性を見出しました。このことが砂に見立てた食材のモデル実験からも支持された時は私も驚きました。佐藤さんの研究に対する強い情熱が今回の受賞につながり、指導者としてもこの上ない喜びでいっぱいです。

静岡大学技術部教育研究第二部門長 楠 賢司

審査評

佐藤君の自宅に近い静岡市の久能海岸と、おばあちゃんの家がある神奈川県湯河原町の吉浜海岸は、どちらも広い砂浜でできた海岸である。しかし、吉浜海岸には深くくっきりとした足跡が付いているのに、久能海岸の砂には浅い足跡しか残らなかった。なぜこのような違いが起こるのかに疑問を持ったことからこの研究が始まった。

「ぼーっと生きている」と見逃してしまいそうな些細な違いに気付くことが、優れた研究に繋がることはよくある。佐藤君はこの素朴な疑問を追究するために、実験測定装置を自作し、しっかりした実験計画に沿って、いくつかの仮説を一つずつ確かめた。その結果、久能海岸の砂は吉浜海岸の砂より粒が粗くてより平たいために足跡が付にくいということが分かった。研究の過程と結果および結論を非常に分かりやすく簡潔にまとめたことも高く評価したい。

この研究では砂の含水量については何も調べられていないが、足跡の付きやすさ、残りやすさには含水量が関係していると思われるので、今後の研究に期待したい。 審査員 友国雅章

クロロフィルの変化を探る ～クロロフィル蛍光を用いた 植物の栄養価の可視化への試み～

茨城県立並木中等教育学校 3 年 横井野恵美

研究の動機

「蛍光」という物質の発光現象のひとつに興味を持ち、継続研究をしている。蛍光には、広義と狭義がある。広い意味で蛍光は、X線や紫外線、可視光線を照射された物質が、エネルギーを吸収して元の低い安定した状態より高いエネルギー状態になることから始まり、それが元の安定した状態に戻る時、余分なエネルギーを電磁波として放出する発光現象（フォトルミネセンス）のことをいう。狭い意味で蛍光はフォトルミネセンスのうち、発光寿命が短いもののことをいい、長いものは燐光という。この研究では、狭い意味の蛍光を意識している。

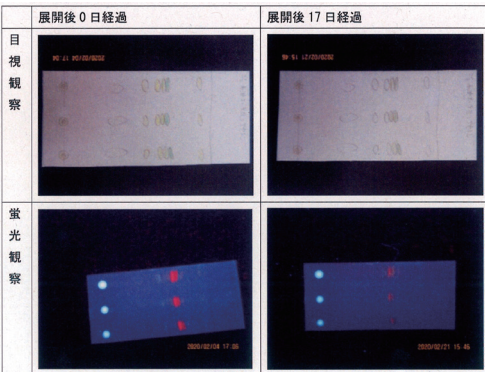
クロロフィルは光合成の明反応で光エネルギーを吸収する役割を持つ化学物質で、葉緑素ともいう。クロロフィルは赤と青紫の光を強く吸収するため、緑色になる。植物などの酸素を発生させる光合成を行う生物は、常にクロロフィルaを持っている。その他のクロロフィルは生物によって持つものが異なり、植物や緑藻などはクロロフィルaとbを、褐藻や珪藻、クリプト藻、渦鞭毛藻などはクロロフィルaとc類を持つという。

2019年の研究で、植物が持つクロロフィルが赤色蛍光を示すことがわかった。2019年の研究では他に、キュウリは収穫後日数が経つにつれ、果実に含まれるクロロフィルが減少し、UV-B（紫外線的一种）による赤色蛍光が弱まることもわかった。植物は葉緑体に含まれるクロロフィルを使って葉緑体で光合成をし、栄養のデンプンを生成する。その事実や2019年の研究結果から、クロロフィル蛍光が植物の栄養価の可視化に利用できるのではないかと考えた。

今回の研究はクロロフィル自体の性質、クロロフィルの変化や減少について調べることにした。

実験 1 ～ 2

クロロフィルの変化の要因を調べるために、実験を行った。複数の実験で、薄層クロマトグラフィー（TLC）で試料を展開する方法を用いた。TLCはガラス板などにシリカゲルなどの吸着剤を薄く均一に塗った長方形のプレートと、展開溶媒を注いだ展開槽を使って、試料の



実験 1 で撮影した画像

色素を分離する方法のこと。展開溶媒と親和性の強い色素は溶媒とともに上昇し、水との親和性が強い色素はあまり動かないことを利用している。

● 実験 1 クロロフィルの変化を確かめる

粉碎したタンポポの葉からエタノール抽出した溶液を、TLCで展開した。展開したプレートにUV-Bライトを当てて蛍光観察し、画像を撮影した。17日後に再び同じことを行い、画像解析ソフトを使って記録した画像の色相、輝度を求めた。

展開した結果、緑色の成分は2種類あり、黄緑色成分がクロロフィルb、緑色成分がクロロフィルaだと考えられる。さらに実験1からは、クロロフィルは変化すること、クロロフィルaのほうがクロロフィルbより変化しやすいことがわかった。

● 実験 2 クロロフィルの変化する要因を調べる

実験1の変化の要因は、クロロフィルが空気と触れやすくなったことではないかと仮説を立てた。

実験2-1は、75.0mlのエタノールに細かく切ったキュウリ葉4.0gを入れ、冷蔵庫内に約24時間保管した後、ろ過して溶液を作った。5.0gずつ7本の試験管に分け、右のように条件を変えて蓋をし、常温以外は冷蔵庫で保管した。一定期間経過後に、可視光下の目視

処理区名	処理内容
1 対象区	何も加えない
2 常温	何も加えず常温で保存
3 中性	蒸留水 1.0g を加える
4 酸性	約 4% の塩酸 1.0g を加える
5 アルカリ性	水酸化ナトリウム 0.21g と 蒸留水 2.23g を加える
6 酸素	ボンベで 10 秒酸素を加えて振る
7 二酸化炭素	ボンベで 10 秒二酸化炭素を加えて振る

と蛍光観察で比較し、分光センサーで吸光度測定をした。

実験2-2では、エタノール150.0mlにキュウリ葉8.0gを入れ、冷蔵庫で保管した試料を2個のビーカーに分け、片方のビーカーにだけUV-B照射した。7月14日の17時50分に照射を始め、7月16日の15時50分に一時停止、7月16日の17時55分に照射を再開し、7月17日15時55分に終了して、合計68時間照射し、実験2-1と同じ方法でもう片方と比較した。

実験2-3はまず試料を作るため、エタノール100.0mlにキュウリ葉10.00gを入れて冷蔵庫で3時間保存し、ろ過して再び冷蔵庫で保存した。その試料約30.0mlをビーカーに移し、スターラーで加熱した。デジタル温度計で温度を測り、30～78℃の間で約10℃ずつ温度が変化するたびに、分光センサーで試料の吸光度を測定した。

実験2全体から得た考察は、クロロフィルは保存温度（約0～25℃）、接触気体、温度（30～70℃）によって変化しない。クロロフィルは蒸留水、塩酸、水酸化ナトリウムそれぞれを加えることで変化する。クロロフィルはUV-B照射によって変化する。

実験 3 ～ 5 と結論

● 実験 3 クロロフィルの薬品による変化を調べる

エタノール10対キュウリ葉1の割合で作った試料の溶液を1.0gずつ試験管に取り、それぞれ違う薬品0.4gを加えて冷蔵庫で保管した。一定期間経過後、可視光下で目視観察、UV-Bを用いた蛍光観察、分光センサーを用いた吸光度、405nmによる蛍光波長の測定、TLCでの展開を行った。加えた薬品は、蒸留水、塩化ナトリウム、塩酸（塩化水素35.00%）、硝酸、硫酸（98.08%）、水酸化ナトリウム水溶液（水酸化ナトリウム0.20gと蒸留水2.13g）、水酸化カリウム水溶液（水酸化カリウム0.25gと蒸留水2.88g）、水酸化カルシウム水溶液0.24gと蒸留水2.80g、アンモニア水（28.0%）だ。

実験3から、クロロフィルはアルカリ性になることで緑色の別の物質に変化するとわかった。この物質の構造はクロロフィルと似るが、親油性ではなく親水性だった。

● 実験 4 試料を変えてクロロフィルが光によって変化することを確かめる

スピリリナ（藍藻類）0.25gを蒸留水100.0ml、ヘキサン（ガソリンに多く含まれる有機溶媒の一種、非常に水に溶けにくい）100.0mlに、分液漏斗（混ぜり合わない液体を分離するため使用する実験道具）で分離する。ヘキサン層の液体を試料とし、試料をビーカーに10.0gずつ分け、暗室内の3種類の条件下に約21時間置く。1つは光を当てない、1つはUV-B照射、1つは蛍光灯照射だ。一定期間経過後、可視光下での目視観察、UV-Bによる蛍光観察、分光センサーを用いた吸光度、405nmによる蛍光波長測定を行う。

実験4から、クロロフィルは光によって変化する事がわかった。スピリリナからヘキサン抽出したクロロフィルは光によって変化し、光の吸収が変わるため、無色な物質に変化する。

● 実験 5 試料を変えてクロロフィルが薬品によって変化することを確かめる

実験4と同じ試料を2.5gずつ試験管5本に取り分け、そのまま何もしない1本を除き、4本に塩酸などのそれぞれ異なる薬品を2.5gずつ加え、冷蔵庫に保管する。一定期間経過後、可視光下で目視観察、UV-Bによる蛍光観察、分光センサーを用いた吸光度測定、405nmによる蛍光波長測定を行った。実験5から、ヘキサンが水よりも密度が小さいことがわかった。

● 結論

クロロフィルは光や薬品で変化するため、抽出したクロロフィルを植物栄養価の可視化に使うことは困難だ。

指導について

横井さんは自分で研究計画を立てて研究を進めることができるので、指導の主な内容は、定期的に研究計画の確認と一緒にすることです。化学の実験は仮説通りの結果にならないことが多くあるので、その時になぜ仮説通りにならなかったのかを、まず横井さんが考えます。その後、横井さんの説をもとに、原因と一緒に考えます。また、一つの実験をすると、必ず新たな疑問が生じます。その時にその疑問を大切にするようにしています。本論からそのような疑問であっても見過ごさず、新たな実験をしてその疑問を解決してから次に進むようにしています。本校は中高一貫校で6年間研究をすることができるので、多少回り道になる疑問でも大切にしています。そして、本論からそれ、回り道になるような疑問に、実は重要なヒントが隠れていることが多くあることに気付くことがあります。本校ではそのような疑問を大切に研究を進めています。

吉村大介

審査評

本研究は、身近にある植物の葉緑体に含まれるクロロフィルの赤色蛍光について興味を持ち始めました。クロロフィル蛍光が日にちの経過とともに変化し減少することについて、身近なキュウリや藍藻類から有機溶媒を使い抽出したクロロフィルを活用して調査研究を進めたものです。

蛍光について、温度や光の照射、接触気体、薬品との関係など、さまざまな方法で条件を変えた試料を、分光センサーによる吸光度測定や薄層クロマトグラフィーなどいろいろな手法を活用し研究を進めています。

さまざまな角度から研究を進めるにあたり目的を明確にし、あらかじめ仮説を立て予備実験を行っています。得られた結果を分析・考察し、さらにつぎの研究へと発展させ課題を解決していることは高く評価されます。

今後は、塩酸処理区でおきたクロロフィルの変化について詳しく調べ、植物の最適な保存状態の検討のためにこの可視化技術を活用する方法などについても、研究を進めていくことに期待します。

審査員 田中史人

ラグビーボールの研究 ～不規則な跳ね方から規則を見つけ出せ～

愛知県刈谷市立雁が音中学校 科学部 ラグビー班

1 年	天本伊織	一條陸人	岩田優輝	内田智己	小川慶汰	オヤノンラネルジュニア	アンダグ	金子颯綾
	北村朔也	近藤飛鳥	酒井悠聖	坂本翔唯	坂本晴渚	菅原慶咲	中村和鼓	安井大葵
2 年	安部真之介	岡本悠誠	金子昊大朗	北川陽音	下島佑太	小久保海	古藤雅大	酒井颯真
	杉浦正直	谷口天真	遠山泰一	原田紘希	本多隼士	松本爽汰	矢田裕成	
3 年	大中月臣	金子美風	神谷悠理	酒井和波	都築佑次郎			

はじめに

毎年、雁が音中学校の近くでは、ラグビーのトップリーグの試合が行われる。2019年のラグビー W杯を観て興味を抱いたので、トップリーグの生の試合を観戦した。すると楕円形のボールがどこに弾むのか、全く予想ができなかった。また、ボールが転がっている時に、突然高く跳ねることがあった。ボールは不規則に転がったり跳ねたりしていると思っていたが、選手は長年の経験でどこでどう弾むのかを予想できると知り、その秘密を知りたくなった。そこで科学部の仲間と、ラグビーボールの跳ね方に何か規則があるのか、調べることにした。

予備実験／追究 1～2

ラグビーボールの跳ね方から規則を見つけ、条件による跳ね方の違いを解明するために、予備実験を行った。

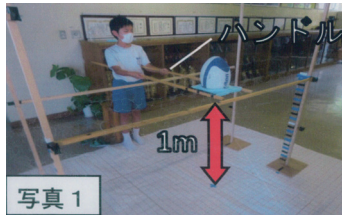
● 予備実験

右の写真のような装置を作り、1mの高さからラグビーボールを縦向きに落下させた。ボールを支えているハンドルを開くことで、ボールをできるだけ中心に落とせるようにした。ボールが床に落下して跳ね上がり、再び床に落下する時、中心からどれだけ離れた地点に落下するのか、100回繰り返して記録した。サッカーボールでも同じ条件で調べて、ラグビーボールと比較した。

その結果、ラグビーボールの落下地点にはばらつきがあり、記録用紙8枚を広げないとすべての地点を記録できなかった。サッカーボールはほぼ中心付近に集中し、記録用紙1枚の範囲で収まった。

● 追究1 ボールの向きを変えて落下地点を調べる

予備実験と同じ方法でラグビーボールを横向きに落とし、落下地点を縦向きに落とした結果と比較した。



その結果、横向きのほうがボールの落下地点が中心付近にまとまり、ばらつきが少なかった。しかし、すべてが中心付近に落下したわけではない。また、1回落下してからボールが跳ね上がる高さは、横向きに落とすほうが高くなる傾向があった。跳ね上がる高さが落下地点に影響している可能性を考え、高さと落下地点との関係を調べてみたが、規則性を見つけることはできなかった。

● 追究2 ボールを落とす高さを変えて調べる

0.5mと1.5mの高さからも、ボールを落として落下地点を調べた。高さ以外は予備実験と同じ方法で、縦向き、横向きの両方を調べた。すると縦向きに落とす場合、ボールを落とす高さが高くなるほど、落下地点のばらつきが大きくなった。横向きに落とす場合、落とす高さが0.5mと1mでは落下地点に大きな差はなかった。1.5mの高さから落とす場合は、ばらつきが大きくなった。

このことから、ボールを落とす高さが高いほうが、ボールの落下地点のばらつきが大きいことがわかった。

追究 3～4

追究1～2では、跳ね方に規則性を見つけられなかったため、ボールを簡単な形に再現できないかと考えた。

● ボールを多面体で考える

ラグビーボールを正八面体に、サッカーボールを正二十面体に置き換えた。それぞれ体積がほぼ等しくなるようにモデルを作り、それぞれを1mの高さから100回ずつ落としてみた。モデルが床に落下して跳ね上がり、再び床に着地する時、最初の落下地点からどれだけ離れたのか、移動距離を調べて記録した。

その結果、正八面体（ラグビーボール）は落下する向きによって地面とモデルの間の角度が変化する。角度が大きいと、落下地点の移動距離が長くなる。

正二十面体（サッカーボール）は球体に近く、落下の向きによる地面とモデルの間の角度はほとんど変わらない。

● 追究3-1 ボールにさまざまな角度をつけて落とす

本物のラグビーボールを手にとって、ボールにさまざまな角度をつけながら床に投げ、ボールが床に落ちた後、どのように跳ね上がるかを調べた。

その結果、ボールの上部が右に傾いている時は、ラグ

ビーボールは必ず右へ跳ねた。上部が左に傾いている時は、必ず左へ跳ねた。上部が傾いている方向に必ず跳ね上がるため、いつでも同じ角度で床にぶつけられれば、いつでも決まった場所にボールは落ちると考察する。

● 追究3-2 ボールと床が接する角度を変えて落とす

追究1～2で使った装置のハンドルに、斜めに発泡スチロールを取り付け、ラグビーボールに角度をつけて落とせるようにした。ボールと床の間の角度を10°ずつ変えて落とし、追究1～2と同じ方法で落下地点を記録した。ボールに角度をつける時は、ボールの上部がハンドルを操作する人のほうへ傾くようにして調べた。

すると、ボールにあまり角度をつけていない時は落下地点のばらつきが大きく、特定の傾向は見られなかった。角度が大きくなるにつれ、落下地点は記録用紙の下側（ハンドルを操作する人が立つ側）に集まってきた。

追究3-1と同じように、ボール上部の傾く方向に、ボールが跳ね上がった結果だと考えられる。角度が40°を超えると、ボールは記録用紙下側の決まった範囲に落ちることが増えた。ボール上部の傾きの向きと、ボールと床の間の角度の大きさによって、ボールが跳ね上がる方向が決まることがわかった。

● 追究4-1 ボールを回転させて落とし、高く跳ね上がった時のボールと床の接する角度を調べる

ラグビーボールが突然高く跳ね上がるのは、転がる間にボールと床の接する角度が変わるため、という仮説を立てた。そこでラグビーボールを回転させながら落とす装置「転がり君」を作り、装置を使って落としたボールの軌道を100回調べた。ボールが床を転がりながら高く跳ね上がった時点でのボールと床の角度を、ハイスピードカメラで記録した。すると、ボールの上部が進行方向へ傾いている時は、必ずそのまま前へ転がり続けていた。ボール上部が進行方向とは逆向きに傾いて着地した時に限って、ボールが高く跳ね上がっていた。

● 追究4-2 ボールが転がる間の回転速度を調べる

追究4-1のハイスピードカメラの映像から、ラグビーボールがそのまま1回転している時の平均回転速度と、高く跳ね上がっている時の平均回転速度を比較した。するとボールが高く跳ね上がる時は、そのまま進んでいる時に比べて、1回転するのに約1.4倍の時間がかかった。ボールの回転速度が遅くなると、ボールと床に接する角度が変化し、ボールが高く跳ね上がると考えられる。

● 追究4-3 ボールの回転速度を変えて高く跳ね上がる場所を調べる

「転がり君」のより高い位置、中間の位置、より低い位置から回転速度を変えながらラグビーボールを床に落とし、転がって高く跳ね上がる場所をそれぞれ調べた。

その結果、より高い位置からボールに回転をかけながら落とすと、ボールが転がる距離が長くなり、落下地点から離れた場所で高く跳ね上がる傾向があった。ボールの回転速度が速く勢いがある場合は、床を転がっても回

転速度は落ちにくいと考えられる。より低い位置から落としたボールは、100回中4回しか前へ転がらなかった。ほとんど無回転で落下し、ボールの上部が進行方向の逆を向くことが多いため、跳ね上がる力が働いて前へ進まなかったと考えられる。

追究の検証

追究したことが正しいかどうか、ラグビー選手にラグビーボールを蹴ってもらい、ボールの軌道を調べてみた。実際のラグビーの試合も、回転速度の変化によって、ボールが高く跳ね上がるのがわかった。



指導について

2019年は日本でラグビーのW杯が開催され、大変盛り上がりました。ラグビーボールは楕円形をしており、一見どこに跳ねるのか予想が付きません。しかし、選手のインタビューを聞くと、長年の経験からボールがどのように転がって跳ねるのか、予想できることを知りました。その事実には驚くと同時に、予想できるということは必ず何か規則があるということに気がきました。

追究を続けるために、さまざまな工夫をしました。どのような装置を作れば、ラグビーボールを毎回同じように落とすことができるか、アイデアを出し合いました。ボールに角度を付けて落とす「ハンドル」、ボールを回転させて落とす「転がり君」は科学部の努力のたまものです。実験回数は約2000回。科学部の努力や工夫が実を結び、ラグビーボールの規則を結論づけることができました。今後も科学部の仲間と意見を交流し合い、さらに研究が深まることを期待しています。 藤井亮太

審査評

ラグビーボールの跳ね方を科学的に捉えようという研究です。トップリーグ選手の経験的なボールの挙動予測の話に興味を持ち、ラグビーボールの跳ね方の規則性を実験的に見いだすことに挑戦しました。この研究の特徴は総勢36名が協力して研究に取り組んでいる点です。装置の作製や各100回の繰り返し実験、画像解析など、さまざまな役割を分担することにより、協力してデータ収集を行ったことがうかがえます。研究内容については、ボールを用いた実験でなかなか明確な規則性を見いだせなかったときに、ラグビーボール、サッカーボールをそれぞれ正多面体に置き換えた発想力が高い評価を受けました。また、追究4でボールを転がして落下させる装置を作製することは大変だったと思いますが、転がりパターンを画像解析し、回転速度と跳ね上がり方との関係性を見いだしたことは大きな成果でした。これからもこの良いチームワークで、研究やラグビーに取り組んで行ってください。

審査員 木部 剛

カメの甲羅の不思議 ～生物学的解析と数学的解析の違い～

石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属中学校 1年 部家司

研究の動機

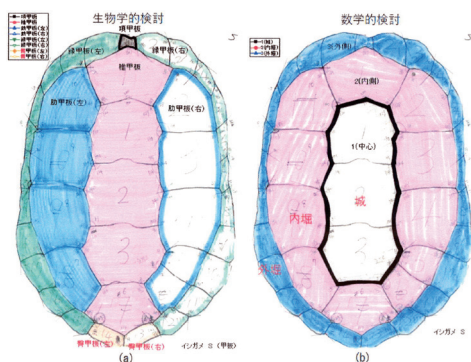
家で飼育しているイシガメとクサガメに赤ちゃんが生まれた。とても小さいが、成体と同じようにきれいな模様の甲羅をしていた。よく観察するとカメの背中の中羅は、さまざまな種類の図形が集まってできている。中羅の外形（輪郭）は楕円形で、厚み方向に湾曲した曲面を甲板（こうばん）がすき間なく埋めている。カメの背中に次のような疑問が生まれ、調べてみたいと思った。

- ① 中羅を構成している甲板は何角形なのか。
- ② 各甲板は正多角形と比べ、どれだけ歪（いびつ）なのか。
- ③ 年齢によって甲板の形はどのように変化するか。
- ④ 年輪以外でカメの甲羅から年齢を推定することが可能か。

また、図形の集まりである甲羅について、生物学的解析だけでなく、数学的解析（楕円近似、3色塗り分け、一筆描き）も行い、その違いを調べたいと思った。

生物学的解析 VS 数学的解析

カメの甲羅は人間でいうと肋骨に当たる部分で、生物学的には、頂甲板、椎甲板、肋甲板（左右1対）、縁甲板（左右1対）、臀甲板（左右1対）に分けられる。しかし、甲羅をサッカーボールのように数学的な図形の集まりと考えると、甲板の種類は関係なく、下の図のように3つの部分で考えることができる。例えば甲板の数を生物学的に見ると、頂甲板1枚、椎甲板5枚、肋甲板左右4枚ずつ、縁甲板左右11枚ずつ、臀甲板左右1枚ずつとなる。



数学的に見ると、城3枚、内堀11枚、外堀25枚となる。カメの甲羅の解析には、生物学的に考えるのと数学的に考えるのと、どちらが適しているのか、興味を持った。

研究の内容

カメの甲羅の不思議を明らかにするため、イシガメとクサガメの甲羅の写真を撮って線で型取りし、甲板の頂点数と角度、面積率を詳しく調べて①～④の疑問について検討することにした。

● 調査の対象としたカメ

家ではイシガメ（10匹）、クサガメ（22匹）を飼育している。そのうち2019年9月に生まれたイシガメ（マキユリー）と2020年5月に生まれたクサガメ（つくし）、それ以前から飼育しているイシガメ（S、T、E）とクサガメ（ひめ、国）の合わせて7匹を実験の対象に選び、生物学的解析と数学的解析の両方で、身体的特徴を調べることにした。

● 解析の準備

カメの甲羅をできるだけ真上から数十枚写真撮影し、甲羅の中心線から左右の長さがほぼ同じ写真を選んだ。選んだ写真をプリンターで印刷し、白紙を重ねて光にかざして甲羅の甲板を線で型取りした。甲板の境が分かりにくい時は、実際のカメを観察して線を描き加えた。これを線図形図と呼ぶことにした。次に、型取りした紙を複数枚コピーし、線と線が交差したところに点を付けた。これを点図形図と呼ぶことにした。点の数と、線の数を書えた。

線図形図の甲板の線が作る角度を分度器で測定した。頂点の数はその甲板が何角形かを表しているが、甲板が歪な場合があるため、合計の角度からも何角形かを調べることにした。正n角形の内角の合計角Aは式で表せる。

$$\angle A = 180 \times (n - 2)$$

正n角形の1つの角の角度Bは、次のように求める。

$$\angle B = \frac{\angle A}{n} = \frac{180 \times (n - 2)}{n} = 180 - \frac{360}{n}$$

例えば正三角形ならば内角の合計は180°、1つの内角は60°になる。正四角形ならば内角の合計360°、1つの内角は90°、正五角形ならば内角の合計540°、1つの内角は108°になる。正多角形の場合、内角の大きさで何角形か判断できるが、カメの甲板は歪で分度器で測っても角度にばらつきがある。1つの内角が75°以下なら三

角形、75°より大きく99°以下なら四角形、99°より大きく114°以下なら五角形というように、ある程度の範囲を持たせて多角形を判定することにした。

カメの甲板の多角形が歪になるのは、カメの種類や性別、年齢などが原因かもしれない。そのため、正多角形からのずれを数値で表すことを考えた。正多角形からのずれはさまざまな基準から数値化できるが、この研究では内角の角度からずれを数値化することにした。そのばらつきを「内角の最大値から最小値を引いた値」と「標準偏差の値」で考えることにした。

標準偏差というのは、まず右上の図のような六角形の場合、次の数式で分散 s^2 を求める。

$$s^2 = \frac{(130 - 120)^2 + (110 - 120)^2 + (150 - 120)^2 + (115 - 120)^2 + (90 - 120)^2 + (125 - 120)^2}{6} \approx 342$$

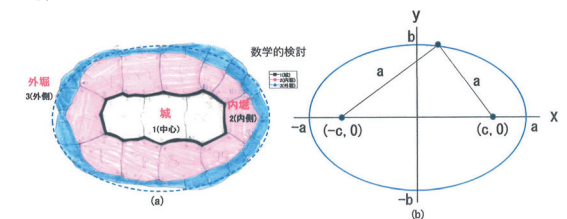
さらに分散 s^2 を使って、標準偏差を次のように求める。

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{342} \approx 18.5$$

この方法で、7匹の甲板すべてのずれを数値化した。

● 数学的解析の方法

数学的解析では、下の図のように甲羅の外周を楕円で近似した。



頂甲板部分は少し凹んでいるため、隣の縁甲板を考慮して甲羅全体の輪郭を決定し、aを求めた。近似楕円と実際のカメの外周の差も考慮する。近似楕円の線に沿って線図形図の紙を切り、実際のカメの外周に合わなかった部分の面積を評価することにした。

また、3色塗り分けにも挑戦した。隣り合った甲板を同じ色で塗らない場合、すべてを3色以内で塗り分けられるかというものだ。塗り分けられない場合、その部分の特徴を考えた。塗り分けられない甲板の合計数と年齢とが、関係していないかを調べてみた。

さらに、一筆描きでカメの線図形を描くことにも挑戦し、描けない部分について、その特徴を考えた。通れた線の個数が、年齢と関係していないかも調べてみた。

まとめ

さまざまな解析の結果、以下のことがわかった。

- ① 中羅を構成している甲板の中央部分は六角形、その

周りは五角形、一番外側は四角形が多かった。

- ② 甲板は正多角形ではなく、標準偏差で20～30°のばらつきがあった。

- ③ 正多角形から角度のばらつきは年齢により増加すると予想したが、イシガメ、クサガメともに、その傾向を確認できなかった。

- ④ 甲板の頂点の角度、面積率、3色塗り分け、一筆描きなどでは年齢と相関が見られなかった。唯一、年齢との相関が見られたのは、数学的解析で甲羅全体を楕円近似した際の長軸と短軸の長さの比だ。しかしそれも、年齢を決定するほど、きれいな傾向は確認できなかった。

- ⑤ 線図形、点図形で解析する場合、対象がカメという生物であっても、生物学的解析より数学的解析のほうが統計的なまとまりがあり、適していることがわかった。

今後は、甲羅を世界地図のように3次元から2次元に変換することに挑戦したい。

指導について

司は家で初めて生まれたカメの赤ちゃん達のきれいな甲羅の模様に興味を持ち、模様がどのような図形で構成され、個体（年齢）でどう違うのか調べることにしました。甲板を構成する図形の角の数やその角度を調べ、角度のばらつき変化が年齢と関係していると予想し、カメの年齢を年輪以外で判断する方法を探しました。小さい時から図形（パズル）が好きなこともあり、生物学的解析だけでなく数学的解析も行いました。ばらつきについてインターネットで調べて、標準偏差などの数学的な解析法を学ぶことができ、三色塗り分けや一筆描きなどで甲羅の変化を検討するなど、子供ならではの自由な発想で研究を進めていきました。角度のばらつき変化から年齢をきちんと判断することはできませんでしたが、局面の甲羅を平面として取り扱ったことに問題があることに気付くこともでき、今後は3次元から2次元への変換について研究する予定です。

部家響子

審査評

カメの甲羅に関して、生物学的解析と数学的解析を行っている。甲羅を構成している甲板について何角形のものか何個あるか、それらが正多角形からどの程度変形しているかを統計的に調べている。また、年齢に応じて甲板の形の変化を調べ、さらに甲羅から年齢を推定する可能性について調べている。ふつう、カメの甲羅という六角形のタイル張りを想起するが、詳しく言うとそうではない。甲羅の中央部分は六角形のタイル張りになっているのだが、そのまわりは五角形、一番外側は四角形が多いことを観察している。甲羅の長軸、短軸の比(a/b)を求め、それと年齢の関係を調べたが、高い相関は確認できなかった。また、甲板の縁から成る図形（線図形）についての一筆描き可能性や甲板からできる領域の3色塗り分け性と年齢の関係性についても調べている。残念ながら、あっと驚くような結果は得られていないが、根気よく膨大な量のデータを収集し、科学的に推論を進めている力作である。

審査員 秋山 仁

メダカの研究パート4 ～性決定遺伝子の判定と産卵条件について～

千葉県佐倉市立井野中学校 1年 成田百花

研究の動機

2019年の研究で、クロメダカとヒメダカをかけ合わせるとどんな子や孫が生まれるかを調べたところ、メンデルの法則どおりの結果だった。メンデルの法則は例えば、クロメダカのクロ（黒）の遺伝要因をR（優性遺伝子）、ヒメダカのヒ（緋）の遺伝要因をr（劣性遺伝子）とし、純系クロメダカがRR、純系ヒメダカがrrの遺伝要因を持つとする。純系クロメダカと純系ヒメダカの両親から生まれる子供の遺伝要因はすべてRrとなり、クロメダカになる（雑種）。雑種のクロメダカRr同士を交配させると、生まれる孫は純系クロメダカ1:雑種クロメダカ2:純系ヒメダカ1に分かれる、というものだ。

2019年の研究では、『メダカと日本人』（岩松鷹司著）という本に、「純系のメスのシロメダカとオスのヒメダカをかけ合わせ緋色を決定する遺伝子が性染色体Y上にあるオスメダカを選んで、シロメダカとかけ合わせると、生まれてくるオスはいつもヒメダカになる」の一文を見つけた。クロメダカとヒメダカのかけ合わせでも同じことがいえるのか、調べてみようと思った。また、祖父母の種を逆にしたり、かけ合わせるメダカの性を変えたりしながら、確かめたい。

第1章

家系図A…雑種のクロメダカのオス（父・純系クロメダカ、母・純系ヒメダカ）に、純系ヒメダカのメスをかけ合わせ、生まれたメダカの雌雄を判別する時、クロメダカの遺伝子を持つのか、ヒメダカの遺伝子を持つのか、両方の遺伝子を持つのかを調べた。

家系図B…雑種のクロメダカのメス（父・純系ヒメダカ、母・純系クロメダカ）に、純系クロメダカのオスをかけ合わせ、生まれたメダカの雌雄を判別する時、クロメダカの遺伝子を持つのか、ヒメダカの遺伝子を持つのか、両方の遺伝子を持つのかを調べた。

家系図C…雑種のクロメダカのメス（父・純系ヒメダカ、母・純系クロメダカ）に、純系ヒメダカのオスをかけ合わせ、生まれたメダカの雌雄を判別する時、クロメダカの遺伝子を持つのか、ヒメダカの遺伝子を持つのか、両方の遺伝子を持つのかを調べた。

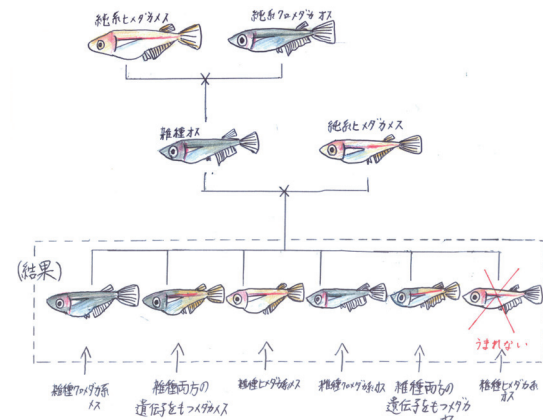
生まれた孫メダカは1容器ずつに分けて育て、屋内で観察した。1日2回、ふんなどをスポイトで吸い取り、カルキ抜きした水を足してえさをやり、容器が汚れば水を入れ替える。メダカが成長したら、ふ化した順に大きい容器へ移す。調査ポイントは、次のとおり。

- ① 卵の時に黒い模様がついているかどうか調べる。
- ② 成魚の時に体の色がクロメダカの体の色か、ヒメダカの体の色、両方のメダカの体の色かを調べる。
- ③ ①②のポイントをおスとメスに分けて分析する。

● 家系図A

『メダカと日本人』では、孫世代のオスはいつも優性遺伝子を持つメダカになるとされる。家系図Aは祖父が優性遺伝子を持つクロメダカであることから、純系の祖父母から生まれた子がオスであることから、生まれてくる孫のオスはいつもクロメダカになると予想した。

現実に生まれた孫は、下の図のとおりだった。



孫のオスはクロメダカの遺伝子を持つもの、クロメダカとヒメダカ両方の遺伝子を持つものが生まれた。孫のメスはクロメダカの遺伝子を持つもの、ヒメダカの遺伝子を持つもの、両方を持つものが生まれた。孫のオスは、劣性遺伝子であるヒメダカが生まれてこなかった。

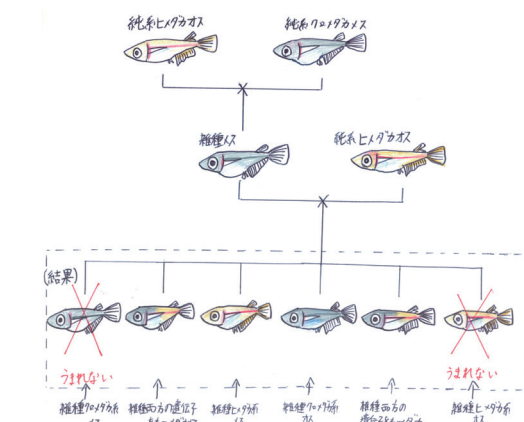
● 家系図B

祖母が優性遺伝子を持つメダカであることから、純系の祖父母から生まれた子供がメスであることから、生まれてくる孫のメスはいつもクロメダカになると予想した。

現実に生まれた孫は、オスもメスもクロメダカだった。オスもメスもヒメダカや両方の遺伝子を持つものは生まれなかったが、家系図Bは最終的に残った孫が2匹と少なく、法則を断定できなかった。

● 家系図C

家系図Bと違うのは、純系祖父母から生まれた子供とかけ合わせるのがヒメダカのオスであるところだ。生まれてくる孫のメスはいつもヒメダカになると予想した。現実に生まれた孫は、下の図のとおりだ。



孫のオスには劣性遺伝子を持つヒメダカが生まれず、孫のメスには優性遺伝子を持つクロメダカが生まれなかった。しかし家系図Cも最終的に残った孫が6匹と少なく、法則を断定できなかった。

第2章

家系図Aで生まれた孫のメダカ（9/11夜⑧と名付ける）が2020年3月4日に1匹で卵を産み始めたため、環境が影響したのではないかと考えて、環境と産卵の関係を調べることにした。

卵を産んだ理由として、2つのことが予想できた。1つは水温が上がったこと（メダカは春から夏にかけて産卵することが多い）、もう1つは住環境が変化したこと（9/11夜⑧は2020年2月22日に大きな容器に移した）。

● 水温を調べる

9/11夜⑧の産卵日の2週間前から、水温がどう変化していたのかを調べると、3月に入ると少しずつ水温が上がり始めていた。同じ時間帯での水温が3日連続18℃と一定すると、9/11夜⑧は卵を産んでいた。卵を産みやすい環境は水温が一定していること、水温が18℃以上になると産卵を開始することがわかった。

● 容器の水の体積を調べる

9/11夜⑧が2019年11月24日～2020年2月21日まで過ごした容器の水の体積と、2020年2月22日以降の容器の水の体積を調べてみた。その結果、以前の容器は168cm³、入れ替えた後の容器は336cm³になっていた。水の体積は2倍の大きさになり、泳ぐスペースも2倍に広がっていたことがわかった。運動し、多くのえさを食べ、体を大きくする住環境が産卵をうながしていた。

第2章では他にも、環境と1日の産卵数との関係性について調べ、メダカの容器を置く場所が特に重要であることがわかった。物音がしやすい場所に置くと産卵数は減り、物音や振動がない場所に置くと産卵数は増えた。水温の変化は、1日の産卵数には関係していなかった。

全体のまとめ

今回の研究で遺伝子の仕組みについて、新たにわかったことがあった。体の特徴から、クロメダカとヒメダカ両方の遺伝子を持つメダカは2種類あることもわかった。メダカの産卵条件についても同時に調べ、光や水質以外の産卵必要条件を見つけることができた。他にも産卵条件があるのか、調べてみたい。第1章で法則を断定できなかった家系図BとCは、次回の課題にしたい。

指導について

娘が小学4年生の時、祖母からメダカをもらい、毎日観察・記録・分析するところから研究が始まりました。本研究では、メンデルの法則を進展させ、クロメダカオスとヒメダカメスの子供オスと純系のヒメダカメスをかけ合わせると、オスはすべて優性遺伝子のクロメダカが生まれてくることがわかりました。また、メダカの産卵条件についても、以前の研究でわかった光と水質以外に、水温・泳ぐスペース・ストレスを生みにくい環境について調べ、考えを深めていきました。愛情をもって育てることが根本にあり、「この先はどうなるのだろう?」という疑問を疑問だけでは終わらせず、「では調べてみよう」と思い、「そのためにはどう調べたらいいのか、そのためには何が必要か」を考え、「研究を継続させること」が大事だと気づきました。まだまだ本人は疑問に思うこと、研究したいことが尽きないようですが、今後も親としてその意思を尊重し協力していきたいと思います。

成田理恵

審査評

本研究は小学校3年生から4年間継続して行っている研究です。メダカについて疑問に思ったことをさまざまな観察や調査を行い解決してきました。今年度は、昨年メンデルの遺伝の法則の検証を行ったことについて、メダカの品種を増やしその法則について遺伝子の研究を通して検証しています。結果を予想し、観察から得られた結果をもとに考察しています。産卵に至るまでのメダカの様子、産卵した数と卵の変化の様子、孵化した後のメダカの様子など、長い期間継続して毎日観察し記録を取り続けました。ていねいに継続して観察したことで、気が付いたことや得られたデータなどとても多く、上手にまとめてあり努力のあとがうかがえます。生物教材を扱う場合には水温の変化や水質、光の量、行動スペースなど育成する環境についても工夫する必要があります。また、生物同士の相性などさまざまな条件も関係してきます。今後はより多くの数のメダカをサンプルとして扱い、研究をさらに継続・発展させていくことに期待します。

審査員 田中史人

セミの羽化 Platypileura kaempferi Part 11

白い物質調査

茨城県立並木中等教育学校 科学研究部 2年 清水美里 5年 清水一秀

研究の動機

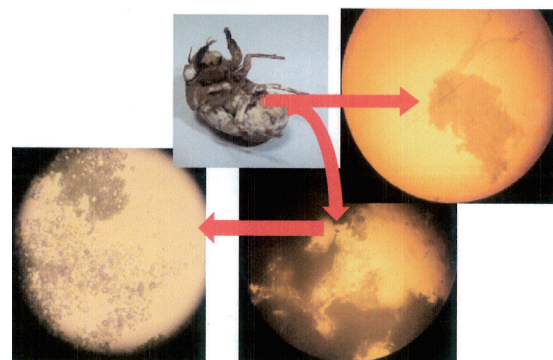
セミが羽化する時期は、幼虫が地中で感じる温度や湿度が影響するのではないかと考えて、これまで11年間研究している。2012年度までの研究で、ニイニゼミがよく羽化をする場所を発見した。ニイニゼミの幼虫は、観察場所のセミのなかで最も早く羽化する。また、ニイニゼミの幼虫は他のセミと比べて最も小さく、全身に泥がついている。泥は他の幼虫にはついていないのに、ニイニゼミの幼虫だけにつく。2013年度はニイニゼミの幼虫が羽化した後に残るぬけがらの形態観察から、泥がつく理由を調べた。その時、ニイニゼミのぬけがらに、泥とともに白い粉のような物質がついているのを発見した。この物質が何なのか不思議に思い、他のセミとは違うニイニゼミの幼虫の特徴について、さらに詳しく知りたいと思った。

研究の目的と仮説

ニイニゼミのぬけがらの数から羽化した時期と羽化する場所を調べ、これまで立てた仮説が正しいかどうかを検証した。3つある仮説は、次のとおりだ。

仮説① ちょうどよい気温と湿度であるならば、ニイニゼミが羽化する時期になるだろう。また、外敵などが少ない安全な場所ならば、羽化する場所になるだろう。

仮説② ニイニゼミの幼虫に泥がつきやすいのは、体から排出される分泌物に泥が吸着するため。体表は、



ニイニゼミのぬけがらと白い物質の付着場所、その顕微鏡写真

体液が固まった白い粉状の物質と、泥が一体となった有機無機ナノ複合（ハイブリッド）化合物に覆われることになる。有機無機ナノ複合（ハイブリッド）化合物に覆われた形態であれば、生育環境からくる困難（乾燥など）や、外敵などから身を守り、生命を維持できるだろう。

仮説③ ニイニゼミのぬけがらに付着している泥と一体となった白い物質には、有機成分が含まれる。その有機成分はタンパク質分解酵素として働くタンパク質の一種を含み、生命のつながりを守る仕組みを持っている。この予想が正しければ、電子顕微鏡やデジタル顕微鏡で確認できる「オリガミクスのナノ結晶構造状の白い粉物質」（幼虫のぬけがらや成虫の翅の中、裏などにある）は、ナノバイオテクノロジーを担う素材となっているだろう。

研究の方法

● 観察の方法

ニイニゼミのぬけがらが見つかりやすい場所を中心に、およそ縦41m×横65m×高さ4～5mの観察範囲で、ニイニゼミの羽化時期と場所を毎日記録した。比較のため、他の種類のセミのぬけがらも集めて記録した。

ニイニゼミのぬけがらを見つけやすい観察場所は年々増えていき、2018年に観察領域を拡大してからは、生育環境を大きく3つに分類して継続調査できるようになった。2020年はさらに観察範囲を広げたり、新たな場所を追加したりした。

その観察場所で記録する内容は、日時、セミの種類、ぬけがらの全体写真、白い物質がある場所の拡大写真と雌雄の区別、ぬけがらがあつた場所の詳細、ぬけがらがあつた場所の音の大きさ（スマートフォン騒音測定器で計測）、気温と湿度だ。

今回も、研究のためにタブレットを使用し、観察しながら記録データを表計算ソフトで表に直接入力した。

● 仮説①の考察

2020年のニイニゼミの羽化総数は、440個だった。ニイニゼミのぬけがら採集や羽化観察に適した場所



観察した場所の様子

をまとめると、次のようになる。

根元に芝生などがあって湿っているが、幹では風が吹いている。草刈りが定期的に行われ、見晴らしがよく開けている敷地で、地面にはコケ植物がたくさん生えている。木の幹で羽化する場合もコケ植物や地衣類、藻類が見られ、空気がきれいな場所であることがわかる。このような環境の湿った木肌にはカタツムリやダンゴムシがいて、外敵のアリの姿はあまりなく、ハチなども通常は見られない。

また、ニイニゼミが羽化直前にいたと思われる巣穴の底は湿っていて、ナメクジがいることが多かった。このため、羽化直前までニイニゼミが過ごす巣穴は、湿っている可能性が高い。観察場所には池があるところもあり、蚊を食べるトンボやセミと同様に半翅目のアメンボなどの水生昆虫の姿も見られた。甲殻類から分岐した昆虫類が水生から陸上進出を果たし、土壌生活（無翅昆虫類）から翅の獲得で空中のニッチへ進出した様子がよくわかる場所でもある。以上のことなどから、仮説①は正しいと考えられる。

● 仮説②の考察

過去の実験から、ニイニゼミのぬけがらに付着する白い物質は、タンパク質分解酵素の働きを持つタンパク質の一種であることがわかっている（寒天培養実験結果）。タンパク質分解酵素の働きで、ニイニゼミが身につけた泥の成分が変化することがある。体液が固まった白い粉状の物質と泥が一体となって、ニイニゼミ特有の形態となるわけだ。

その特有の形態は、金属イオン結合タンパク質からなる有機無機ナノ複合（ハイブリッド）化合物で、抗菌性を持つ可能性があることが寒天培養実験などからわかった。この性質は、ニイニゼミが身を守ること、生命のつながりを守ることに役立っていると考えられる。以上のことから、仮説②は正しい可能性がある。

● 仮説③の考察

これまでの実験から、ニイニゼミの幼虫と成虫の体液はアミノ酸であることがわかっている。

また2018～2020年の実験で、幼虫や成虫の翅にある「オリガミクスのナノ結晶構造状の白い粉状物質」に熱を加えてみた。すると物質は燃えたので、白い粉状物質はタンパク質だと確認できた。これまでの実験で、熱を加えても燃えきらないのが泥と一体化したぬけがら全体の白い物質だ。ニイニゼミ特有の形態が生命のつながりを守ることに役立っているなら、「オリガミクスのナノ結晶構造状の白い粉状物質」がナノバイオテクノロジーを担う素材となるという仮説③は正しいと思われる。

結論と感想

ニイニゼミのぬけがらに付着している白い物質は、タンパク質や金属イオンを含む有機無機ナノ複合（ハイブリッド）化合物で、ニイニゼミの体液や体液が固まったものはアミノ酸であることがわかった。

「泥と一体となっていない白い粉状物質」は、ぬけがらの翅の裏や、腹などの大切な器官のあたりに見られた。「オリガミクスのナノ結晶構造」が、翅や腹のデジタル顕微鏡や電子顕微鏡観察で確認できた。

白い物質は白い粉状物質と泥とが一体化したものであるだろうという予想は、デジタル顕微鏡や電子顕微鏡観察で確認できてよかった。

2020年は、放課後の学校で落ち着いて観察できてよかった。

指導について

小学校入学時、多くの友人たちと参加した、ゆかりの森昆虫館主催、筑波山の自然史講座でのアドバイスを参考に、兄の一秀さんと妹の美里さん（当時3歳）が共同で、「セミの羽化」研究に取り組みました。Part1～6は小学校での共同研究（Part5・6は「ぬけがらについている白い物質調査」）。Part7～9は中等教育学校と小学校に分かれて、切り口を変えた異なるテーマの個別研究。Part10～11は、後期課程（高校生）となった兄がアドバイザーとなり、兄の成果である、タンパク質検出実験結果により、白い物質が金属結合タンパク質を含む有機無機ナノ複合（ハイブリッド）化合物であることについて、妹は「泥と一体となっていない白い粉状物質は羽化殻の翅の裏や腹、産卵管、耳など大切な器官に付着し、身を守り、生命のつながりを守る」と考えた、継続共同研究になります。

兄妹で11年、研究を進めたことで、このような賞をいただくことができ、非常に感動しています。

池田昌幹

審査評

セミに関する継続調査が多い中でも、地道に兄妹で小学生の時から進めてきた研究です。今年度の応募の動機は、セミの羽化研究の集大成として長年の「問い」を解明しようとしています。なぜ、ニイニゼミにのみ羽化殻に「泥と白い物質」が付いているのか、それは「身を守るため!」と考え、そのことを証明するプロセスは、多くの技術的で学術的な支援をひきながら進めています。3つの仮説を設定し、さらに新しい調査地点を加えて、寒天培養実験ならびにデジタル顕微鏡・電子顕微鏡での観察を繰り返して、泥と一体となっていない白い粉状の物質がオリガミクスのナノ結晶構造のアミノ酸であることをゲノム系統学的アプローチで実証しています。このプロセスは未来の科学者をめざす小・中学生に多くの示唆を与えてくれます。今後も研究成果に磨きをかけて、学際的研究分野に探究の翼を広げていくことを期待しています。

審査員 小澤紀美子

マイクロプラスチック、在来種の土壌条件、NO2濃度などから、つくば市周辺の環境を探るⅡ

茨城県つくば市立春日学園義務教育学校
春日学園科学部

7年 飯嶋大地・植村 丈・大庭有乃・
門脇隼雄・山下優希・山口瑞生

8年 伊藤啓慈・大江峻太郎・平野大雅・
三浦悠香・山口千晶

〔研究の動機〕

現在、海洋プラスチックごみが海洋汚染や生態系に影響を与えることやごみが細分化されたマイクロプラスチックが高次消費者に蓄積し、海洋生物やヒトに悪影響を与えることが問題となっている。そして、海洋マイクロプラスチックの発生源は、陸域や河川と考えられている。しかし、河川や沼のマイクロプラスチックに関する研究はあまり行われていない。

本校科学部は、つくばエキスプレスの開通により、急速に都市化してきた春日学園地区の自然環境を2018年度より、継続的に調査している。特に、蓮沼川の水質調査や動植物の生息調査ならびに大気の汚れ等を測定して実態を明らかにしてきた。春日学園地区における自然環境の継続研究に加え、①春日地区を流れる蓮沼川を中心とした河川や沼におけるマイクロプラスチックの汚染状況を調べることとした。そして蓮沼川の各地点における水質とマイクロプラスチック量、土地活用との関係性を明らかにしたい。②春日地区の大気環境調査を行ってきたい。③春日学園の横にかつらぎ公園があり、在来種と外来種のタンポポが生息している。その群落地の土壌の性質を調査していきたい。

〔結論と感想〕

(1) 河川マイクロプラスチックは、多くの人間が生活している場所を流れる谷田川（蓮沼川の下流）や牛久沼に多く存在した。下流にいくほど、マイクロプラスチック量が多くなるわけではなく、河川の流れ方や水量、まわりの環境により、水が他場所へ移動しにくく、漂うような場所に多く見られた。さらに、河川には洗濯後の生活雑廃水に含まれ、浄化槽では処理できない大きさの化学繊維（マイクロプラスチック）が大変多いと分かった。亜硝酸性窒素の値が高くなると化学繊維の本数が増えたことは、化学繊維に巻き付いて固まっている有機物のごみが深く関係していると考えられる。牛久沼、谷田川には多くの化学繊維が見られたことから、洗濯をする際にでた化学繊維が、下水処理場を通り抜け、洗濯をした生活廃水と一っしょに川に流れ込み、いろいろなごみを巻き込み、海に流れるという可能性がある。今後、生活雑廃水の化学繊維対策が必要であることを提案していきたい。

(2) 大気環境が汚れている場所は、土地活用が進み、

活発に経済活動が行われているところであった。二酸化窒素濃度と浮遊塵量と関係があった。その理由を今後の課題としたい。

(3) 在来種のカントウタンポポの群落地と外来種のセイヨウタンポポの群落地の土壌を比較すると、土壌の水分量が多く、pHの値が小さい土壌に在来種が群落をつくると分かった。元々春日地区は、在来種が多く生育していたが、開発により、コンクリート等が増え、土壌の性質は、水分量が小さく、コンクリート溶解によりpHの値が大きいアルカリ性へと変化した。そのような土壌では、在来種が生育しにくいため、競争がなくなり、外来種が侵入して群落地をつくったと考えられる。

ふるさとの水辺を守る Part2 ～園部川他の水質調査～

茨城県小美玉市立小川南中学校
3年 千葉滯未

〔研究の動機〕

私の中学校の学区には、一級河川の園部川が流れている。園部川は、小川南中学校の近くを通過して霞ヶ浦に流れ込んでいる。昔は水運で栄えた園部川であるが、今では、地域の私たちがさえよイメージを持っていない。霞ヶ浦もかつては泳げるほどきれいだったが、現在はとても汚れている。汚染が気になり、昨年友人と園部川、霞ヶ浦の水質調査を行った。昨年の調査から大きな変化は見られないものの、ふるさとの水辺を守りたいという気持ちから、昨年同様、園部川と霞ヶ浦について調べてみようと思った。

〔結論と感想〕

水質調査の結果、園部川、霞ヶ浦共によい水質とは言えず、各調査地点でゴミの散乱が目立った。油や洗剤などを直接流さないようにしたり、下水設備を利用したりして、河川の環境を守らなければいけないと思った。また、付近の田畑で使用する肥料についても関係している可能性があると思われる。さらに、周辺にゴミの散乱が多いことから、一人ひとりの心がけが必要だと思う。この調査を通して、私たちができることは、水を汚さないように呼びかけたり、清掃活動に参加したりすることだと思う。これからもふるさとの水辺と共に生活できるよう心がけていきたい。

飼育温度とカブトムシの成長 パート 6 その 1. 高温による羽化ずれの謎に迫る

茨城県土浦日本大学中等教育学校
1年 池田拓実

〔研究の動機〕

昆虫は、体のまわりの温度によって体温が変化する外温動物であるため、温度変化に弱い可能性がある。地球温暖化によって大好きな昆虫であるカブトムシの将来がどうなるかを明らかにしたいと思い、飼育温度を変えて幼虫の成長を調べる自由研究を2014年から続けてきた。その結果、幼虫を高温で飼育すると、①メス・オスともに室温より羽化が早まること、②オスよりメスの羽化が早い羽化ずれが起こることが分かった。これらの結果は、温暖化すると羽化ずれによってカブトムシの数が減少する可能性があることを意味している。しかし、高温によって羽化ずれが起こる理由はよく分かっていないので、今年はこの羽化ずれが起こる理由を明らかにしたいと考えた。

〔結論と感想〕

高温によって羽化ずれが起こる理由として、①体温仮説（オスとメスで体温が異なる）、②孵化時期仮説（オスとメスで孵化した時期が異なる）、③有効積算温度仮説（オスとメスで羽化に必要な有効積算温度が異なる）を考え、幼虫の体温変化を測定する実験と2017年から今年までの飼育実験の結果を使って検証した。3仮説はすべて支持されると予想したが、検証の結果は有効積算温度仮説だけが支持され、オスよりメスの方が羽化に必要な有効積算温度が小さいために、高温による羽化ずれが起こると考えられた。

作物の害虫については有効積算温度の研究が盛んに行われているが、身近な昆虫の代表であるカブトムシについて研究されていなかったのはとても意外だった。

金銀の銅樹はできるか

東京都立小石川中等教育学校
3年 松元洸樹

〔研究の動機〕

中学1年生のとき、理科の先生に金樹や銀樹、銅樹をつくる実験をさせてもらい、ろ紙上で自然に光沢のある樹枝状の金属結晶が成長する反応に興味を持った。

しかし、金樹は作製に用いる試薬、テトラクロロ金(Ⅲ)酸が大変高価であるため、おいそれとは作製できない。同時期、銅板を加熱した亜鉛粉と水酸化ナトリウム混合溶液に入れると、銀色になり、さらにそれを加熱すると金色になるという、正に中世の憧れであった錬金術のような実験を知った。

そこで、比較的安価に作製可能な銅樹にこれらのめっきを施すことで、疑似的な金樹や銀樹が作製できないだろうかと考えて本研究を始めた。

〔結論と感想〕

- イ. 光沢のある金属樹とは結晶表面が平面的なものであり、錯体の生成や酸化還元電位の貴な還元剤を用いることにより銅樹の成長を抑制することで作製できる。
- ロ. 黄銅めっきに最適な銅樹の作成法は以下の通りである。溶液：2mol/L塩化銅（Ⅱ）水溶液2mL＋過剰なアスコルビン酸の添加還元剤（金属板）：5mm角鉄板 ろ紙：半径55mmセルローズろ紙 反応時間：24～72時間
- ハ. 均一で色斑のないめっきは無電解めっきを用いることで施しやすいが、現状ではろ紙が侵される可能性が高く、電解めっきの方が適している。
- ニ. 現状最適な亜鉛めっきの方法は以下の通りである。溶液：1mol/L硫酸亜鉛水溶液 陽電極：亜鉛板 陰電極：炭素棒 電圧：2V
- ホ. 亜鉛めっきの合金化は格子欠陥があることにより比較的低温でも起こる。

日々是フン闘

～セイタカアワダチソウを巡るカマキリの生態研究～

神奈川県川崎市立宮前平中学校
3年 安藤 嶺

〔研究の動機〕

私は毎年カマキリを育てています。昨年はカマキリの利き手(利きカマ)や、フンの数の変化などについて研究しました。今年は利きカマとフンの数の変化に加え、外来植物であるセイタカアワダチソウとカマキリ関係を調べました。

セイタカアワダチソウはカマキリの敵なのかもしれない！？

日々の観察や実験でデータを集め、今年もフン闘しました！！

〔結論と感想〕

〔利きカマ〕左カマ37％／右カマ49％／両カマ14％⇒右利きのカマキリが多かった。

〔フンの数〕脱皮前後にフンの数が減る。また同じ卵のうちからふ化したカマキリの脱皮のタイミングは、同じように飼育すれば脱皮とフンのタイミングも似たように育つ。

〔セイタカアワダチソウヒゲナガアブラムシとカマキリの関係〕アブラムシを大好物とするカマキリだが、食べる様子やフンを観察するうちに、嫌っているのだと考えた。このアブラムシはカマキリの成長を妨げ、カマキリ

の食欲をなくす毒を持つと考えられる。

フンが発信するカマキリのメッセージから、驚きあふれる研究結果が得られた。今後も楽しくフン闘していきたい。

イモリの視力と感情・ ストレスと体重変化との関係

石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属中学校
3年 部家 匠

〔研究の動機〕

家で飼育しているイモリが幸せなのかが気になった。生物の感情（幸せ）は外部からの視覚情報によって決まると予想されるため、まず、イモリの視覚情報を調べることにした。また、人間はストレスを感じると体重が増加したりする。最近では新型コロナの影響で自粛生活を余儀なくされ、運動不足やストレスで太った人も多いと聞くので、イモリの体重が生育環境（ストレス）により変化しているかも気になった。イモリは人間と違って顔の表情で感情を判断することができない。イモリに感情があるならば、イモリへの接し方や飼育環境でイモリがストレスを感じ、人間と同じように体重が変化すると予想できる。そこで、色々な環境下でのイモリの体重変化を調べることで、イモリの感情（ストレス）を調べることにした。

〔結論と感想〕

イモリの視覚について、様々な色のスーパーボールを使って調べた結果、赤＞ピンク＞青＞白＞黄＝緑の順で認識しやすいことが示された。赤色は多くの生物にとって警戒色であるが、イモリの警戒色も赤色である可能性がある。

色付けをしたエサを用いて色の色を認識しやすいかを調べた場合、着色なし＞青＞赤＝白＝黄＝緑の順でエサが早くなくなった。スーパーボール実験からイモリは赤色を認識しやすいことが分かったので、赤色のエサが一番早くなくなると予想したが、エサの色はほとんど影響せず、エサを探すときは嗅覚を使っていることが分かった。

イモリの体重は環境により変化し、1匹で生活すると体重は減少し、同居するイモリが多いと安心できるのか、体重は増加した。イモリは周りのイモリの影響を受け、感情を変化させながら生活していることが分かった。また、暗い状態では体重を減少し、同じ環境でもイモリ1とイモリ2で体重の増加・減少の傾向が異なったが、この違いはイモリの筋肉量の違いで説明できた。

イモリの体重は85日間で、－16～＋10%（イモリ1）、－27～＋9%（イモリ2）の範囲で変化した。この体重変化は人間（僕）で考えると、最大10kgの変化に相当する。イモリは環境による体重変化率が大きく、ストレスを感じやすいことが分かった。イモリが快適に（幸せに）生活するためには、複数のイモリと一緒に飼育し、常に環境を整える必要があることが示された。

この研究ではイモリの喜怒哀楽まで判断できなかったの
で、今後は体重変化以外のイモリの感情の判断法につい
て研究を続けていきたい。

砂漠化した土地の緑化 ～腐葉土のパワーを探る～

石川県立金沢錦丘中学校
2年 山本健一郎

〔研究の動機〕

小学6年生の時にテレビ番組で、西アフリカのニジェールで砂漠化した土地に生ごみをまいて、農地化に挑戦している京都大学大学院の大山先生の活動を見て、生ごみをまいた場所から植物が生えてくるということにとても興味を持ったのがきっかけです。その後、「砂漠化」や「緑化」について調べていくうちに、地球の様々な地域で砂漠化が進行していることを知り「興味」から「何とかしたい」という気持ちに変わり自分でも色々な緑化の方法を研究したくなりました。小学6年生から今まで、毎年「砂漠化」や「緑化」をテーマに自由研究を行っています。

〔結論と感想〕

本研究で使用した腐葉土というのは、堆肥としての栄養はほとんど無く、用土に混ぜ、用土の状態を良くすることで、微生物や生き物を増やし、それらが出す有機物が分解・再合成され、腐植が進むことにより1～2年かけて用土に栄養を取り込みます。実験期間の短かった本研究では、堆肥としてではなく土壌改良材としての力に注目して研究を進めました。第1・第2実験ではたくさんの個体データをとったにもかかわらず、腐葉土の効果が分かるような結果が何も出ず困りましたが、第3実験では腐葉土が用土を良い状態に変えることができるという事実を確かめることができました。腐葉土が持つ力を信じて、今後更に実験内容を改善して「効率の良い緑化」について研究を続けたいと思っています。

数理モデルによる新型コロナウイルス 感染者数と死者数の分析

愛知県愛知工業大学名電中学校
2年 庄司紘都

〔研究の動機〕

生物の個体数増加のモデルに「ロジスティックモデル」があり、そのモデルは最終的に生物の個体数が飽和するという特徴がある。時間を横軸、生物の個体数を縦軸に取ったグラフは「S字型」の曲線となる。この生物の個体数増加がロジスティック関数で表される例として、酵母などが知られて

いる。このグラフの形は新型コロナウイルスによる感染者や死者数の総数のグラフに似ており、新型コロナウイルスにもこのロジスティックモデルが適用できるのではないかと考えた。最初に、すでに収束した第1波の感染者数と死者数がロジスティックモデルで表されることを検証した。次に、第2波の感染者数と死者数に対してロジスティックモデルを適用し、第1波と第2波の感染者と死者数の関係、感染者数のピーク時期と死者数のピーク時期の関係、お盆休み以降の感染者数増加について考察した。数学の目で感染者数や死者数の変化を観察すると、より詳しく、感染者数増加と死者数増加の関係などの法則が見つかるのではないかと考えた。

〔結論と感想〕

生物の個体数の増加を表すロジスティックモデルを新型コロナウイルス感染者に適用した。ロジスティックモデルを適用した結果、ステイホームをしていた第1波では、新型コロナウイルスの感染者の総数と1日当たりの平均感染者数の実際の数と計算値とがよく一致することが分かった。ロジスティックモデルでは、1日当たりの平均感染者数がピークを迎えたとき、感染者の総数の2倍が最終感染者の総数となる。この計算手法を使うと、1日当たりの平均感染者数がピークを迎えたとき、その後の感染者の総数と感染拡大期間が推定できる。しかし、第2波では8月20日から実際の感染者数と計算値にかい離が見られた。実際の1日当たりの平均感染者数と計算値との差が新たな感染者の増加と考えると、第2波の感染者数の計算値が収束する10月下旬からは、新たな感染者数の増加の影響が大きくなるため、1日当たりの感染者数は徐々に増加に転ずると考える。

また、1日当たりの平均感染者数が最大となつてから、1日当たりの平均死者数が最大になる日までは約3週間であり、感染者数が新たに増加し始めた8月20日から約3週間後の9月10日に死者数の増加がみられる。現在の死者数の増加は約3週間前の感染者の増加が影響していることが分かる。つまり、感染者数が減少しても医療従事者は懸命な医療を続けている。感染者数が減少しても、油断することなく感染症対策をしっかりと行い、医療従事者に負担をかけないよう努力する必要がある。普段の生活に戻ることができても、第3波によりさらなる追い打ちをかけられることもあるだろう。しかし、人類がいつか免疫を獲得し、たくさんの人の命を奪った新型コロナウイルスに勝つことを望んでいる。

太陽のかんさつ Part6 ～太陽追尾型ソーラークッカーの開発に向けて～

福井県立高志中学校
3年 伊東優実

〔研究の動機〕

Part1～Part4の研究を生かし、Part5では、透明半球

で求めた太陽高度と、プログラムで求めた太陽高度を比較し実験を行った。その結果、プログラムを使うことで自分の手で調べたデータよりも正確な太陽高度を求めることができ、角度調節も今までより簡単になることが分かった。

そこで、自動で太陽を追尾するソーラークッカーを作ろうと思った。昨年に引き続き、小松貴大先生のご指導の下、研究を進めた。

〔結論と感想〕

自動ソーラークッカーを目指して、マイコンを用いた組み込みシステムの作成を行い、パラボラ型ソーラークッカーを取りつけ、焦点温度を測定した。屋外で使用することを想定して、現在位置及び日付・時刻を取得した情報をもとに、その地点に適した太陽高度・太陽方位を計算し、2つのサーボモーターを制御した。試作機1号は太陽を追尾し、焦点温度を40～60℃に保てた。試作機2号は複数のセンサーを同時に動かすプログラムが動かなかった。研究を進める中で、プログラムをかくことは難しかったが、センサーから取得した値やシミュレーションを、目で確認できて面白かった。

色素増感太陽電池の起電力をあげるには？ ～酸化チタンの膜と色素から探る～

茨城県立並木中等教育学校
2年 長 ちひろ

〔研究の動機〕

太陽光発電は化石燃料と違い、発電時に温室効果ガスを出さないクリーンエネルギーとして注目されている。現在、一般家庭でも普及しつつある結晶シリコン型ソーラーパネルはコストが高い。そこで、製作が簡単でコストが低い、色素増感太陽電池に注目した。しかし、耐久性と発電効率が悪く、実用化していなかった。だから実用化に向けて発電効率を上げる研究を行った。

〔結論と感想〕

私は酸化チタンがたくさんあった方が、色素がたくさん吸着して起電力は上がると思った。しかし起電力が1番大きくなったのは酸化チタン膜の厚さが0.02mmのときで、それ以上でもそれ以下の厚さでも大きくならなかった。また、色素はコーヒーの色素のときに起電力が大きくなった。この実験では、酸化チタンを導電性ガラスに塗布する際、ムラがないようにスピンコートを自作した。このスピンコートのおかげで均一性は上がり、実験の正確性が増したのでよかった。

小学校の部

知れば知るほどおもしろい テントウムシたちの世界 2019-2020

大阪府河内長野市立川上小学校 6年 土居このは

研究のきっかけ

2018年の夏休みに、『身のまわりにいる虫たちの観察図鑑』を編集したことがきっかけで、テントウムシに興味を持った。2019年の自由研究では、身のまわりにいるテントウムシの分布を調べ、飼育を始めた。種類によって食べるものが違うことに気づき、どの種類が何を食べるのか、調べ始めた。すると私のなかのテントウムシの世界が、一気に広がった。まだ出会っていない種類のテントウムシを見つけ、生態をのぞいてみたくなった。

また、ナミテントウやヒメカメノコテントウは同じ種類でも背中模様が違うことがわかった。違う模様の親同士が交尾をしたら、どんな個体が生まれるのか、観察を始めた。観察を続けていると新しい発見がたくさんあったので、今回も引き続きテントウムシの生態について調べ、研究を深めていきたいと思った。

テントウムシの越冬調査

● 調査方法

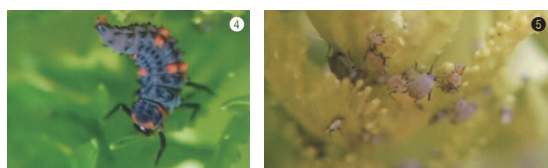
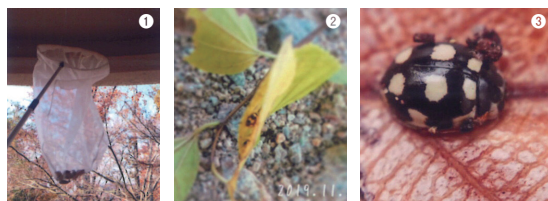
テントウムシはほとんどの種類が成虫の状態で越冬すると、図鑑には書かれている。どの種類がどこでどのように越冬しているのかを調べるため、冬の間、河内長野市のさまざまな場所でテントウムシを探してみた。

また、テントウムシを自宅で飼育して越冬させ、その様子を観察した。

● 野外調査で見つけたテントウムシ

自宅付近を中心に市内各所で、リーフシェルター、樹皮の裏、木の葉の裏、建物の壁や隅っこ、ススキなどの株元、花壇の敷石や看板の裏、自動販売機の下や回りなど、何かしらのすき間を探しながら採集した。越冬調査の結果、発見したテントウムシは7種類だった。

ナミテントウ（12月14日、丸山公園・展望台の壁）、ムーアシロホシテントウ（12月14日、丸山公園・展望台の壁）、キイロテントウ（12月14日、長野公園・ドングリの葉の裏、リーフシェルター）、アミダテントウ（11月7日、烏帽子形公園・エノキの葉のくると巻いたところ）、ウスキホシテントウ（12月14日、長野公園・ススキの株元）、ヒメアカホシテントウ（11月7日、河内長野市楠町・ミカンの木）、ナナホシテントウの幼虫



①丸山公園・展望台の壁で見つけたナミテントウ、②烏帽子形公園・エノキの葉のアミダテントウ、③長野公園・ススキの株元のウスキホシテントウ、④北青葉台・サニーレタスの中のナナホシテントウ幼虫と⑤アブラムシ

（11月27日、河内長野市北青葉台・畑のサニーレタスの中、アブラムシがたくさんいた）。

● 自宅で越冬させたテントウムシ

1つの飼育ケースに落ち葉や樹皮などを入れ、ナナホシテントウ、ナミテントウ、ムネアカオオクロテントウ、アミダテントウ、キイロテントウと一緒に飼育観察した。

ナナホシテントウは7匹飼育したが、動き回ることが多く体力を消耗したのか、春を待たずに死んでしまった。

ナミテントウは、落ち葉の裏で数匹集まり、じっとしていることが多かった。ムネアカオオクロテントウもナミテントウに混じって、じっとしていることが多かった。

アミダテントウは採集した時にいた葉っぱがお気に入りのようで、日中動き回っても元の場所に戻った。同じところで過ごす習性があるのかもしれない。キイロテントウは、ふたの空気穴近くにいることが多かった。

越冬に成功したのは、ナミテントウ、ムネアカオオクロテントウ、アミダテントウ、キイロテントウだった。ナミテントウは、アブラムシを与えると3月19日に交尾した。交尾には栄養が必要なのだろう。

● 越冬調査からの考察

「成虫越冬」とするといわれているすべての種が、完全に越冬状態に入るわけではないのではないと思った。今回の飼育実験で越冬できなかったナナホシテントウは、冬の間も暖かさや、えさを求めて動き回ることが多く、えさがなければ死んでしまうのかもしれない。

春先に野外で一番早く見つけたのがナナホシテントウで、アブラムシが姿を現すと同時に活動を始めたようだ。ナナホシテントウは冬に幼虫の姿も見られたので、えさ

があれば寒い時期でも繁殖できるのか、地球温暖化の影響で生態系が変化しているのか、実は幼虫やさなぎでも越冬できるのかなど、新たな疑問が生まれた。集団越冬するナミテントウは飼育下であまり動きが見られなかったため、冬期は完全な越冬状態に入るのかもしれない。

市内のテントウムシ分布

● 河内長野市内のテントウムシ分布調査

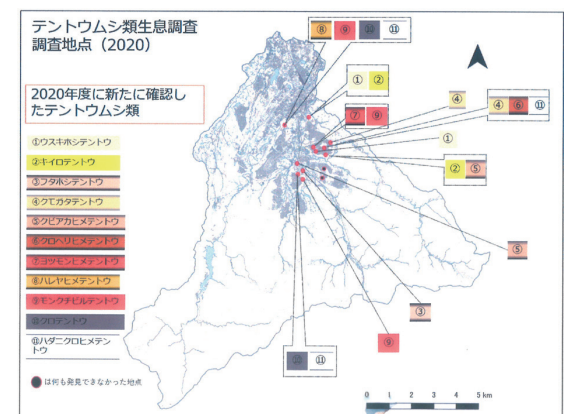
2019年に引き続き、私の住む地域には、どんなテントウムシがいるのかを調査した。

2019年には、ナナホシテントウ、ナミテントウ、ダングラテントウ、カメノコテントウ、ヒメカメノコテントウ、シロジュウシホシテントウ、ムーアシロホシテントウ、シロホシテントウ、アカホシテントウ、ヒメアカホシテントウ、クロツヤテントウ、トホシテントウ、ニジュウヤホシテントウ、オオニジュウヤホシテントウ、コクロヒメテントウ、クロスジヒメテントウ、フタモンクロテントウ、ヨツボシテントウ、ベダリアテントウ、アミダテントウ、ムネアカオオクロホシテントウの21種を見つけた。

今回は新たに、ウスキホシテントウ、キイロテントウ、フタホシテントウ、クモガタテントウ、クビアカヒメテントウ、クロヘリヒメテントウ、ヨツモンヒメテントウ、ハレヤヒメテントウ、モンクチビルテントウ、クロテントウ、ハダニクロヒメテントウの11種類のテントウムシに出会えた。

見つけたテントウムシはそれぞれ飼育観察を行い、ウスキホシテントウとキイロテントウは、繁殖にも成功した。

● 2020 年に見つけたテントウムシ類の分布図



テントウムシ飼育観察記録

2020年は、飼育したテントウムシの観察経過などから、16項目の新しい生態記録を報告することができた。ここではそのうちいくつかを、紹介する。

● シロジュウシホシテントウとナミテントウの斑紋遺伝パターンの実験観察

2019年の研究で、シャリンバイの木に、ふだんはあまり見かけないシロジュウシホシテントウが多く発生していることに気がついた。さまざまな場所のシャリンバイを調査したが、どこのシャリンバイにもいるというわけではなく、決まった木で繁殖しているようだ。

シロジュウシホシテントウは翅の色の違いから、基本型、紅型、暗色型の3種類が存在するが、型が違うオスとメスのペアからどの型の子が生まれるか、観察した。

観察したのは30組のオス×メスのペアで、基本型×基本型10組、基本型×紅型5組、基本型×暗色型1組、紅型×紅型2組、紅型×基本型6組、紅型×暗色型3組、暗色型×基本型1組、暗色型×紅型2組という内訳だ。

産卵しないペアや、ふ化しても成虫まで育たないものもいて30組すべての記録はとれなかったが、基本型×紅型のペアからは基本型が3組と紅型1組、基本型×基本型のペアからは基本型5組、紅型×基本型のペアからは基本型が1組生まれた。

ナミテントウでも同じ条件の観察をしたが、同じペアが違う時期に産んだ卵からそれぞれ別の型の子がふ化したり、一緒に産みつけられた卵から2種類の型の子がふ化したりするケースが珍しくなかった。2021年も引き続き観察を続けたい。

● ムーアシロホシテントウ

2019年春に、祖父母宅の庭のマキの木で大量発生していたムーアシロホシテントウ。2020年は1匹も見られず、マキの木にはナミテントウが多く見られた。

シャリンバイの木で発生したシロジュウシホシテントウは、2年連続で3か所の同じ木で見つかり、繁殖が定着しているようだったが、祖父母宅のマキの木に発生したムーアシロホシテントウは2019年にたまたまそこにたくさん産卵されて、一時的に繁殖していただけかもしれない。2021年もまた、確認してみたい。

祖父母の話では、毎年マキの新芽が出始めるとアブラムシが発生し、その度に消毒していたそうだが、テン

トウムシがアブラムシを食べてくれるお陰で消毒する必要がなくなり、本当に助かったと喜んでた。ムーアシロホシテントウはウドンコ病菌類を食べると図鑑に書かれているが、私の観察ではアブラムシを食べていることが多かった。

●ウスキホシテントウ

2019年12月に長野公園で行った越冬調査で、ウスキホシテントウを初めて見つけた。

春になり、自宅近くの公園にたくさんあるシャリンバイの木の下でウスキホシテントウが繁殖しているのを見つけ、数匹持ち帰り飼育観察を始めた。越冬調査で出会ったウスキホシテントウは白黒模様だったが、春以降に出会った個体はすべて、黄色と黒の模様だった。

とても動きが速いテントウムシで、隠れる場所がないと忙しそうに歩き回っているが、えさとなるアブラムシと、隠れ場所となるケヤキの樹皮を入れておくと、樹皮裏でじっとしていることが多い。

4月27日に1組、5月20日に1組が交尾し、カップルになったので、それぞれのペアごとにプラバックに入れて観察を続けた。4月27日に交尾したメスAは5月4日から7月2日までに合計9回、5月2日に交尾したメスBは6月4日から8月3日まで合計14回産卵した。Bは6月にオスが逃げていなくなってしまったが、その後も何度も卵を産み続けた。一度に産む卵の数は4～10数個といろいろだが、小出しに産卵して8月末まで生きた。他の個体も長生きで、他のテントウムシと比べて長生きな種なのかもしれない。また、同じ親からかえった子どもが成虫になって交尾・産卵をし、3代目まで続いた。



交尾し産卵・ふ化して繁殖するウスキホシテントウの様子

4月に採集した時は、シャリンバイの葉裏にたくさん発生しているナシミドリオオアブラムシを捕食しているようだったが、夏にかけてアブラムシがいなくなると同時に姿が見られなくなり、さらにシャリンバイの木が剪定されると、ますますウスキホシテントウたちのすみ環境はなくなった。すぐ近くのアベリアにはアブラムシが発生し、ダンダラテントウを見かけるようになったが、ウスキホシテントウの姿は見られなかった。

夏の間はアブラムシが姿を消し、テントウムシは夏眠するといわれているが、えさとすみかを奪われたウスキホシテントウたちも、どこかで休んでいるのだろうか。飼育しているウスキホシテントウは、えさを与えれば食べ、産卵もし、繁殖をするので、暑さをしのげれば夏眠

せずに過ごせるのだろう。図鑑などで、ケヤキの樹皮裏で越冬する写真をよく見かける。ウスキホシテントウがいた公園近くにケヤキ並木があるので、夏の間には樹皮の裏を探してみたが見つけられなかった。冬にもまた、探してみたい。

●キイロテントウ

キイロテントウも、2019年12月の長野公園での越冬調査で初めて出会った。

自宅付近では、2020年5月ごろからサクラの葉裏でよく見かけるようになり、複数匹を採集して飼育した。交尾はしてもなかなか産卵までいかない状態が続いたが、ようやく2組が産卵し、成虫まで飼育観察することができた。

菌類をえさにするというので、白い粉（ウドンコ病菌）がついたサクラ、ハナミズキ、エノキ、アベリア、カキなどの葉や茎を入れると、幼虫も成虫もよく食べた。肉食のテントウムシは、えさのアブラムシを十分入れても共食いをしてしまい、無事成虫まで育つことができる個体はほんの数匹なのだが、菌を食べるキイロテントウは、多くが成虫まで育つことができた。

5月25日に産卵された卵は5月28日にふ化し、ふ化後は白～灰色だった幼虫が黄色になるまで10日ほどかかった。しかし、7月19日の産卵で7月21日にふ化した幼虫は4日で黄色になったので、成長過程にも差があることがわかった。

そんななか、不思議なことが起こった。6月3日に見つけた卵が1個だけ、6月6日にふ化し、同じように育てていた。ウドンコ病菌のついたエノキの葉を与えるとよく食べ、一見して色も模様もキイロテントウの幼虫だったが、さなぎになった時に違いが出てきた。キイロテントウのさなぎは模様があったのに、鮮やかな黄色一色で何日たっても模様が出ない。不思議に思っていたら、羽化して出てきたのはシロホシテントウだった。どこですり替わったのか……。調達した葉に偶然にも、シロホシテントウの卵が産みつけられていたのだろう。

こんなふうに時々おもしろいことが起きて、それがまた新たな知識となって楽しい。

●クモガタテントウ

クモガタテントウに出会って見たかったが、なかなか見つけられずにいた。初めての出会いは2020年5月。自宅近くのクスノキでアオスジアゲハの幼虫を探していると、葉の裏で前蛹の形になっている幼虫を見つけて持ち帰り、羽化を待った。クモガタテントウはとにかく小さくて、前蛹よりさなぎのほうがさらに小さく、成虫も2mmほど。マクロレンズで見ると、模様がとてもおしゃれでかわいく、いろいろな葉についたウドンコ病菌を与えるとよく食べた。



クモガタテントウのさなぎ

夏の間は見かけなかったが、秋になってからはウドンコ病菌が付いたエノキの葉でよく見かけるようになり、庭のエノキの葉でも何度か見つけ、こんなに身近にもいたんだと本当にうれしかった。

10月後半になると、卵を見つけることができた。クモガタテントウの卵は、キイロテントウやシロホシテントウと同じく白に近いクリーム色で、菌食のテントウムシの卵の色はみんな似ている。特徴といえるのかもしれない。幼虫もキイロテントウやシロホシテントウの弱齢幼虫と同じ薄い灰色、ただとても見つけにくい。一度見つけると、どんなものかわかって見つけやすくなった。自分の目で見ると、写真と違ってリアルで、「やっぱり本物はいいな」と感動した。

ある時、クモガタテントウの幼虫がナミテントウの幼虫に食べられている場面に遭遇した。エノキの葉にはえさであるウドンコ病菌が付いているが、エノキワタアブラムシがいることも多く、アブラムシ類を捕食する肉食のテントウムシもやってくる。菌食のテントウムシにとっては、同じテントウムシとはいえ、肉食のテントウムシが天敵になってしまうことがあると知った。

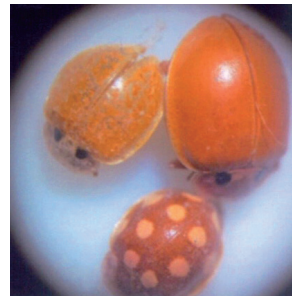
●キイロテントウとシロホシテントウの異種間交配

キイロテントウとシロホシテントウはえさが同じなので、同じプラバックで飼育することがある。すると7月22日、オスのシロホシテントウが、複数いたメスのキイロテントウの1匹に交尾をし、異種間交配を始めた。テントウムシの交尾にいつも見られるような形で、からだを左右に振りながら30分以上交尾をした。とても驚いたが、ペアが変わらないうちにそっと別のプラバックに移し、観察を始めた。

7月24日から始まった産卵は8月12日までに計35回、257個の卵を産んだ。その間、交尾は7月22、24、25、28日、8月1日に見られ、多い日は1日3回産卵した。他のキイロテントウ同士のペアも毎日のように何組も交尾をしているが、産卵したのは1組が1回だけ。異種間交配の産卵回数と卵の数に驚いた。

257個の卵のふ化率は100%だったが、成虫まで育ったのは57匹だけだった。57匹はキイロテントウとよく似ていたが、ノーマルなキイロテントウと比べて「からだの大きさがひとまわり小さい」「翅の部分の背中から下半分がうっすら黒い（翅が透けて黒く見える印象）」「顔の部分をマクロレンズで見ると透明感がある」。

異種間交配で57匹も成虫になったこと、親のペアも元気で長生きしたことなど、インターネットなどから得た知識と異なることが多かった。



右上の個体から時計回りに、お母さん、お父さん、ふ化して成虫になった子ども

貴重な記録になりそうだ。

研究の感想

私の住んでいる大阪府河内長野市は住宅のまわりに自然が多く、希少な生き物も生息するという。テントウムシだけでも、きっともっと多くの種類がいるのだと思う。

飼育観察のおもしろいところは、交尾・産卵・ふ化から成虫になるまで、時間の経過とともに変化していく生き物たちの姿を、じっくり細かく調べられるところだ。今回の研究でも、図鑑には載っていない卵や幼虫、さなぎの姿を実際に自分の目で見ることができたし、予想もしなかった異種間交配の観察もできた。

これから、もっとたくさんのテントウムシと出会って、誰にも知られていないことを発見したい。

指導について

私は外部指導者という立場なので、普段は生き物に関する質問などは受けても、これといって指導というものは行っていません。今回の研究では、彼女が続けてきた「身近なテントウムシを調べてみたい」という夏休みの自由研究の発展版ということで、様々なテントウムシの生息場所や越冬場所についてアドバイスをしました。といっても、たくさんの種類を持つテントウムシの好み環境や越冬環境について、実際に一緒に足を運び観察と助言を行っただけです。大部分の生態などは図鑑などに収められていますが、実際に生き物を観察していると、ときに思わぬ生態の一面垣間見ることがあります。今回彼女が続けてきたテントウムシの飼育ではその一部が結果としてできていたかと思います。それ以外は文章の添削などをサポートさせていただいただけで、あとは彼女自身とご家族の努力の賜物だと思っています。 大阪大谷大学非常勤講師 大門 聖

審査評

土居さんは小学3年生の頃から昆虫、とくにテントウムシに興味を持ち、住んでいる大阪府河内長野市でみられるテントウムシを調査してこの研究をまとめました。研究の内容は、分布調査、越冬調査および飼育観察です。分布調査では市内のあちこちで32種のテントウムシを見つけました。その中にはアマダテントウのような珍しい種が含まれています。冬の調査ではナミテントウやキイロテントウなど7種の越冬状態を観察できました。分布調査で見つけたテントウムシのうち16種を飼育して生活史を詳しく観察しており、その記録が本研究の中心になっています。ナミテントウとシロジュウシホシテントウの斑紋多型を調べた実験が含まれているほか、メスのキイロテントウとオスのシロホシテントウの異種間交配という興味深い現象も観察できました。交尾の後キイロテントウが産んだ257個の卵からは57匹が成虫になりましたが、果たしてこれらが本当に両種の交雑個体かどうかはもっと厳密な実験で確かめる必要がありそうです。

この作品はいわゆる論文のスタイルにはなっていませんが、全編に土居さんのテントウムシに対する強い思いが溢れていて、とても楽しく読めました。 審査員 友国雅章

届け！届くな？ 言うこと聞かない 音の妖精“ひそひそ”を手なずけろ！

富山県富山大学人間発達科学部附属小学校 6年 山西利亚夢

研究の動機

兄は大学入試を控えた受験生で、私が歌を歌ったり、ピアノを弾いたりすると、「うるさい」とイライラをぶつけてくる。希望の大学に受かってほしいので、音を立てないようにがまんしている。

小学校の運動会では団の優勝のために、1～6年生の団結が最も大切になる。団結をわかりやすく表すのが、応援の声の大きさだ。でも大声を出すのが得意な人ばかりではないから、最強のメガホンがあったらいい。もしあれば、私の黄団にとって秘密兵器になる。

このふたつの課題は「音が届かないようにする」「音を大きく届ける」と違いはあるけれど、どちらも「音って何だろう？」を探ることで解決できそうだ。私は小学1年生から実験をしてきて、不思議なことを妖精に例えてきた。「音って何だろう？」の不思議を「音の妖精の“ひそひそ”」と名付け、仲よくなっちゃおうと思う。

ひそひその特徴を知る実験1～3

ひそひその特徴を知るため、実験1～3を行った。

実験1のテーマは、「私の声はどのくらい聞こえるのかな？」。まず屋外で私のふだんの声がどのくらいまで聞こえるのか、祖父と母、兄に10mずつ下がってもらいながら記録した。口に手を当てながら声を出すと、どこまで聞こえるか（片手、両手まっすぐ、両手まるめるなど、当てる手の条件を変えながら）、マスクをした状態で声を出すとどこまで聞こえるか（枚数を変えたり、口から少し離したり）、聞く人（祖父）が耳に手を当てながら聞くと聞こえやすいのか（片手、両手、指を広げたり丸めたり、当てる手の条件を変えながら）、なども調べた。

実験2のテーマは、「音はどのくらい伝わるのかな？」。体育館にアラームを置き、55m離れた地点から私と母、祖父が近づいていき、音が聞こえた地点を記録した。また、アラーム音の聞こえ方を1～10までの数値に置き換えて記録してみた。その他、朝の涼しい時と昼の暑い時で音の聞こえ方が変わるのか、電気をつけた明るい時と切った暗い時で聞こえ方が変わるのか、キーボードの高い音と低い音で聞こえ方が変わるのか、音源に対して半円状に聞く地点を変え、向きが異なると聞こえ方が変

わるのか、風向きや水の中、空気の種類で聞こえ方が変わるのかも調べた。実験2では「糸電話ではどのくらい音が聞こえるのか」も確かめた。硬いプラスチック、紙、プラスチック、布などコップの素材を変え、細ロープ、タコ糸など糸の素材も変えながら調べた結果、どんな糸電話でもひそひそが糸の中を揺れながら進み、音が伝わった。糸を枝分かかれさせても、90mの糸電話でも音が伝わるのがわかった。

実験3のテーマは、「見えない妖精“ひそひそ”をもっと細かく見てみよう！」。ヘリウムガスを吸ってリコーダーを吹いたり、通り過ぎると救急車のサイレン音が変わる仕組みを調べたりした。サイレン音を調べる実験では、キーボードを積んだ車を時速10～60kmで走らせ、聞こえ方の変化を確かめた。その他、回転した扇風機の羽根で声が変わる理由を調べる実験、三角や四角、穴あき、半球など耳の後ろに当てる“手”の形と聞こえやすさの関係を確かめる実験も行った。



ヘリウムガスを吸ってリコーダーを吹く

実験1～3でわかったこと

●実験1～3でわかったひそひその特徴はこれだ!!

実験1～3で、ひそひそはエネルギーであることがわかった。そのエネルギーを使って進み、エネルギーを使い果たすと聞こえなくなる。その特徴は次のとおりだ。

- ① ひそひそは閉じ込められると小さく聞こえ、通り道を作ると大きく聞こえる。逃げ場がないと音が聞こえづらくなる。耳に入りやすい（すべり台のような）形だと、よく聞こえる。
- ② ひそひそは遠くにいくと弱まる。エネルギーが少なくなると音が小さくなり、エネルギーがなくなると聞こえなくなる。温かい場所だと、空気と共に上に上がって聞こえる

音が小さくなる。聞こえる音の大きさは明暗で変わらない。

③ ひそひそは基本的に前に進むが、横や後ろに進むこともある。

④ ひそひそは風に流される。風に乗り移動する。水の中を進むことができ、水を使って移動することもできる。

⑤ ひそひそは空気や火など、まわりに乗るものがないと死んでしまう（聞こえない）。糸電話の場合、ひそひそは糸の中を振動させながら進むことで音を伝える。ひそひそはふだん乗っている空気と異なる気体（ヘリウムガス）に乗ると、いつもどおり動けず変な音になる。声だけでなく、ヘリウムを吸い込みリコーダーを吹いても音が高くなる。車が早く動くときひそひその揺れが変形して、音に変化したように聞こえる。

⑥ ひそひそを多くキャッチして耳まで送り、たくさん入っていかせる形のものを耳につけると、よく聞こえる。

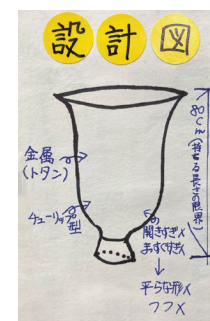
実験4と実験5

●メガホンの長さで聞こえ方（実験4・db）

	アラーム音			声		
	正面	真横	後ろ	正面	真横	後ろ
4cm	37.7	37.6	37.2	50.0	49.2	48.9
8cm	37.8	37.6	37.1	50.8	50.3	50.0
20cm	39.1	37.7	37.2	54.1	50.9	50.3
40cm	40.8	39.6	38.2	54.4	53.7	53.5
60cm	42.6	40.4	39.4	56.2	54.7	54.1
80cm	44.8	44.1	43.4	57.4	56.5	56.2

●メガホンの形と聞こえ方（実験4・db）

	アラーム音			声		
	正面	真横	後ろ	正面	真横	後ろ
丸	36.5	36.3	36.2	52.6	50.9	50.8
三角	36.4	36.0	36.0	51.7	50.6	50.5
四角	36.4	36.2	36.0	51.7	50.8	50.6
星	36.0	35.9	35.7	51.5	50.5	50.3
チューリップ	37.6	37.3	37.3	54.1	53.6	53.3
逆チューリップ	35.2	34.9	34.6	47.6	47.0	46.3



最強メガホンの設計図

●実験4の最強メガホン作り

運動会の優勝をゲットするための調査を行った。まず、メガホンがあったほうが本当に音が遠くまで伝わるのかを調べ、明らかに音が大きくなることを確認した。次にメガホンの長さ、形、角度、材質の違いで音の届き方がどう変わるかを調べた。

実験4の結果をもとにした最強メガホンの条件は、次のとおりだ。

- ① メガホンの長さは、長ければ長いほどよい。
- ② チューリップ形が一番よい。
- ③ メガホンの角度は急なほうがよい。
- ④ 材質は金属（トタン）が最もよい。

最強メガホン作りは最終的に、自分たちでがんばって作った。大変だった。

●実験5で兄の集中を守るための工夫

アラームをハンカチやTシャツ、ガーゼなど異なる素材のもので覆ったり、大きさや厚さ、材質が異なる箱に入れたりして、音の伝わり方の変化を調べた。

その結果、覆いも箱も厚くなるほど音が小さくなった。同じ布でも柔らかく小さな穴が空いている素材は、ひそひそが穴に絡めとられて音もれしにくい。箱は、できるだけ細かい凸凹のあるほうが音もれしにくかった。

そこで、ゴムマットとタオルケット、卵のパックを3層に重ねた防音シート「簡単利亜夢スペシャルシート」を作って、兄にプレゼントした。

最後に、「音は何かを振動させるエネルギーの塊である」というのが、この研究の結論だ。音を伝えるためには、音のまわりに空気や水、ものが必要で、音のエネルギーはそれを振動させて大きく遠くまで音を運ぶ。今回は1万1000回の実験を重ね、その結論にたどり着いた。

指導について

本児は、受験生の兄の邪魔にならないように「音を届かないようにしたい」という願いと、運動会で応援優勝をするために「音をできるだけ大きく届けたい」という2つの強い願いをもち、音について研究を行いました。実験では、温度や明るさ、音の高さによっての伝わり方の違いについて条件を制御して何度も実験しており、再現性や実証性を担保することができました。さらに実験から明らかになったことをもとに、応援合戦で使える巨大メガホンや、音を遮断するオリジナル防音壁を作りました。また、いつも研究に協力してくれている祖父の耳が遠くなってきたことを知り、体温計の完了音を聞こえやすくする補聴器も開発することができました。日常生活にある願いを科学的に研究し、その成果を再び日常生活や人のために役立てようとした研究となりました。

富山大学人間発達科学部附属小学校 鼎 裕憲

審査評

小学校理科において音に関する学習が始まりました。本研究は、音の学習に取り組む全国の小学生にとって、学習の指針となるにふさわしい研究内容になっています。日常生活から生じた疑問を研究の動機として明確に位置付け、問題の設定から総論としての結論の導出まで、ぶれることなく問題解決のプロセスが進んでいきます。追究の対象である音の正体を自ら「ひそひそ」と命名し、24の実験を通してその実態に迫りました。研究内容はパネルにまとめられていますが、実験の記録を野帳(実験ノート)に細かく記録してあるので、実験計画の立案と結果の整理にしっかりと取り組んでいる姿が伝わってきました。物体と振動との関係をモデル図に示して考えていく点もすばらしいです。また、「もの作り」も行いました。祖父に体温計の測定終了音を聞かせたいという願いから、これをかなえる器具を開発しました。壮大な研究の結論として、「音は何かを振動させるエネルギーの塊である」と導きました。「ひそひそ」の解明を成し遂げた山西さんの学びに向かう力に、心から称賛の言葉を贈ります。 審査員 森内昌也

川の石はどこからやってくるの？ 6 ～川原の石は、本当に上流に行くほど 大きくなっていくといえるのか？～

静岡県藤枝市立青島小学校 6 年 河原崎 朱

研究の動機

川原の石の研究を始めたきっかけは、小学校 1 年生の時に家族で川へ遊びに行ったことだった。川原で石を投げて遊んだのだが、とてもたくさんの石があるのを見て、「この石たちは、どこからやってきたのだろう？」と不思議に思った。「きっと、海から波で運ばれたに違いない。調べてみよう！」と思いついたのが、始まりだった。

5 年生までの調査データを分析すると、安倍川の河口から 20km 地点で、上流よりも下流の石のほうが大きくなるという「逆転現象」が見られた。理科の授業で、上流の石が流水の働きで下流に運ばれるうちに削られて小さくなると学んだが、異なる調査データとなった。

6 年生の今回は、この「逆転現象」の原因について追究し、さらに天竜川でも逆転現象が起きていないかを調査した。これまでの調査データと、新たに行った調査をもとに分析、考察した。

研究の仮説

● 仮説 1・安倍川の「逆転現象」は中河内川が原因

これまで安倍川で調査してきた地点は、A ～ G まで 7 か所ある。各地点の河口からの距離は、A 地点が 4km、B 地点 6km、C 地点 11km、D 地点 20km、E 地点 27km、F 地点 36km、G 地点 49km だ。そのうち、D 地点だけが唯一、上流の地点よりも石が大きくなっていた。河川事務所の調査でも 20km 地点の石が上流より大きいことが確認されているから、この「逆転現象」は測定ミスではなく、実際に起きている現象だといえる。

D 地点から 2km 上流（河口から 22km）に、安倍川の支流である中河内川と、本流の安倍川との合流点がある。もし中河内川から安倍川へ、安倍川より大きな石が流れ込んでいるとしたらどうだろう。2 km 下流の D 地点で、安倍川上流より大きな石が見つかる「逆転現象」が起きても不思議ではない。中河内川から安倍川へ大きな石が流れ込む可能性について、国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所を訪問し、調査課の谷口淳先生に意見を聞いてみた。

すると谷口先生は「残念ながら手元に中河内川の石の

データや資料はないが、中河内川からかなり大きな石が安倍川に供給されている可能性は高い」と答えてくれた。そこで、「逆転現象」は中河内川から流れ込む大きな石が原因で起きているという仮説を立て、中河内川の石の大きさを調査することにした。

● 仮説 2・天竜川では「逆転現象」は起こらない

安倍川だけでなく、大井川と瀬戸川でもこれまで石の調査を行ってきたが、2 つの河川で「逆転現象」は起こっていなかった。それでは、天竜川ではどうなのか。

天竜川は静岡県で最も川の長さが長く（213km）、暴れ川として有名な 1 級河川である。川の斜面の傾き（河床勾配）は、大井川や安倍川と比べゆるやかだ。大きな支流も流れ込んでいないので、「逆転現象」は起こっていないという仮説を立て、確認のために調査した。

研究の方法

● 石の大きさの調査方法

2 つの仮説を立証するため、中河内川と天竜川の石の大きさを調査する必要がある。

調査地点は、中河内川は安倍川との合流地点を起点とし、天竜川は河口を起点として決める。起点から数 km ～数十 km の間隔で、A 地点、B 地点、C 地点と順に調査地点を決めていく。川原へ安全に降りることができない場合は、調査地点の間隔が何十 km と離れてしまうこともある。

各調査地点では任意の場所に 30cm 四方の枠を置き、枠の中に入った石の中から大きい順に 10 個の石を選ん



だ。石の一部が入れば、枠に入った石とする。そして、選んだ石の一番長い部分の長さ（長径）を測定した。

この 10 個の石の測定を 1 セットとして、各地点で 2 セットの調査をした。2 セット目の調査は、1 セット目の調査地点から 5 ～ 10m ほど離れた場所で行った。

静岡河川事務所でも同じような調査をしているが、1m 四方の 100 個の大きな石の測定を 2 セット行うそうだ。100 個の石を測定したほうが、確かに正確なデータが得られるだろう。しかし、1 年生の時から 30cm 四方の 10 個の石を測定してきたので、同条件の調査のほうが過去のデータや資料と比較しやすいと考えた。

研究の結果

● 中河内川の研究結果

中河内川では、A ～ C 地点の 3 地点で石の大きさを調査した。安倍川との合流地点が A 地点、合流地点から 4km 上流の B 地点、合流地点から 7km 上流の C 地点だ。

各地点で 2 セット測定した石の平均長径は、A 地点が 14.35cm、B 地点が 15.7cm、C 地点が 15.9cm だった。

この結果から、中河内川では「逆転現象」は起こっていないことがわかった。

● 中河内川 3 地点での調査結果と石の大きさの平均（cm）

A 地点	石①	石②	石③	石④	石⑤	石⑥	石⑦	石⑧	石⑨	石⑩	合計	平均
1 回目	21	19	18	14	14	13	12	11	11	10	143	14.35
2 回目	22	20	19	15	14	13	12	10	10	9	144	
B 地点	石①	石②	石③	石④	石⑤	石⑥	石⑦	石⑧	石⑨	石⑩	合計	平均
1 回目	28	23	22	20	18	17	17	12	11	11	179	15.7
2 回目	20	17	16	16	15	14	11	11	8	7	135	
C 地点	石①	石②	石③	石④	石⑤	石⑥	石⑦	石⑧	石⑨	石⑩	合計	平均
1 回目	30	24	17	15	15	13	12	12	12	9	159	15.9
2 回目	27	22	20	19	17	15	10	10	10	9	159	

● 天竜川の研究結果

天竜川では、A ～ H 地点の 8 か所でそれぞれ、石の大きさを調査した。河口からの距離は、A 地点が 3.5km、B 地点が 12km、C 地点が 18km、D 地点が 23km、E 地点が 30km、F 地点が 39km、G 地点が 48km、H 地点が 73km だ。

各地点で 2 セット測定した石の平均長径は、A 地点が 8.25cm、B 地点が 11.2cm、C 地点平が 11.75cm、D 地点が 12.45cm、E 地点が 23.7cm。F 地点が 14.75cm、G 地点が 19.5cm、H 地点が 15.1cm だった。

天竜川では上流よりも石が大きい「逆転現象」が、E 地点と G 地点の 2 か所で起こっていた。

● 仮説 1 について

安倍川で「逆転現象」が起こっていたのは、河口から 20km の D 地点だ。D 地点の石の平均長径は 14.35cm

で、より上流にある E 地点の平均長径 12.55cm より大きい。しかし中河内川の B 地点と C 地点の平均長径はもっと大きく、15cm を超えている。「逆転現象」が起こった安倍川の D 地点では、上流の E 地点から流れてきた平均 12 ～ 13cm の石と、中河内川から流れてきた 15cm を超える石が混じって、平均が 14.35cm になったと考えられる。このことから、仮説 1 は正しい。

● 仮説 2 について

今回の調査で天竜川でも「逆転現象」が起きていることがわかったので、仮説 2 の予想は裏切られた。ただ、天竜川の E 地点や G 地点には支流の影響はない。地図をよく見てみると、E 地点の上流には船明ダム、G 地点の上流には秋葉ダムがあることがわかった。ダムの放水時の大きな力（掃流力）で本来は動かないような大きな石が下流へ転がり、放水の力が及ばなくなった地点で取り残された結果が、天竜川の「逆転現象」だと考えた。

指導について

6 年間の研究の集大成として、今回初めて全国規模のコンクールに応募し、2 等賞を頂き、娘共々大変に喜んでます。娘が小 1 のとき、川原で「川の石はどこからやってくるの？」と言った疑問から始めた研究が、こんなに続くとは私自身思いませんでした。同じ条件で比較するために、6 年間同じ調査方法にこだわりました。調査するために行く川原は、夏には強い日差しでとても暑く、冬には川原風でとても寒いので、大人の私でも辛い場所でした。それでも我慢強く調査を続ける忍耐力や探究心は、まさしく「継続は力なり」であると感心させられました。川原の石が上流から下流へ小さくなるのは、流されて削られることよりも掃流力の影響だと突き止められたことが大きな成果でした。また、静岡科学館・く・るの理数大好き教室や静岡河川事務所、静岡 STEM アカデミーの先生方からアドバイスをいただいたお陰で、より深い研究につながったと感謝しています。河原崎智成

審査評

小学校 1 年生のときに感じた疑問がきっかけとなり、5 年生までに静岡県中部を流れる 3 河川の石の大きさに関する研究を進めてきました。6 年目はまずこれまでの研究を振り返ることで、安倍川における石の大きさの逆転現象という新たな課題を見出すことができました。仮説を立て調査を行った結果、支流の中河内川の石が運ばれることで合流後の安倍川の石の大きさが大きくなっているという結論を得ました。さらに県西部の天竜川でも同じ現象が起きていることを突き止め、これらの現象が「掃流力」で説明できるという考察に至りました。フィールド調査では、研究対象によってどのような方法を用いるかがとても重要です。専門家と同じ方法は採れないまでも自分で調査方法を考え、一貫してその方法で調査を進めたことにより、同じ河川内の場所による比較や河川間の比較が可能になり、逆転現象を見出すことに繋がりました。継続研究の素晴らしさを実感する作品です。

審査員 木部 剛

守れ！ ふるさとのヒダサンショウウオ

岐阜県山県市立富岡小学校生物部

4 年 尾関将成 6 年 井戸智南

研究の動機

富岡小学校生物部は、学校の横を流れる鳥羽川の上流にすむヒダサンショウウオについて調べている。毎週土曜日の朝8時から、約380mの渓流（標高約200mにあるわき水の滝から標高約130mの完全に地下にもぐる地点まで）を野外調査する。ここ数年、幼生数が減り、標高130～150mの地点では見られなくなってしまった。ヒダサンショウウオは氷河期の贈り物といわれ、温暖化に弱いと考えられているが、なぜ減ったのか確かな理由はわからない。このままだと絶滅する恐れもあるため、「飼育繁殖」と「野外産卵の環境調査」に取り組んだ。「飼育繁殖」では成体が卵を産み、卵がふ化し、幼生が育ち、放流するまでの約6か月間、水槽で飼育できるようにすること、多くの幼生が元気に育つことを目指す。「野外産卵の環境調査」では、「ヒダサンショウウオは、わき水のある場所に産卵する」という仮説を立て、産卵場所の環境について調べた。

ヒダサンショウウオは岐阜県で発見され、飛騨地方からその名が付いた。実際は中部地方から中国地方の広範囲に生息する。環境省などから準絶滅危惧種に指定されている。両生類で、メスは水中に卵の入った袋（卵のう）を2本産む。ふ化した幼生にはえらがあり、水中で水生昆虫やミミズを食べながら育つ。やがてえらがなくなり肺呼吸の幼体になると陸へ上がり、陸の昆虫やミミズを食べて成体へと成長する。日本には大型のオオサンショウウオの他に、ヒダサンショウウオのような小型のサンショウウオが44種類（2020年10月現在）いる。

ヒダサンショウウオは一般に標高200～1000mに生息するが、私たちが調べているヒダサンショウウオは標高130～200mと、日本で最も低い場所にすむ。また、一般のヒダサンショウウオとは体表の模様が異なるので、この地域だけにすむ貴重な生物だと考えて、調査や研究に取り組んでいる。



山県市のヒダサンショウウオはヒョウ柄（上）、一般的な個体は星柄（下）

「飼育繁殖」の取り組み

● 産卵ケースの開発

ヒダサンショウウオは、1～2月の寒い時期に水中で産卵する。メスは卵のうが流されないように、砂利地と石のわずかなすき間にあおむけに入り込み、石の裏側に卵のうを接着させる。岐阜県立高富中学校生物部が世界で初めてヒダサンショウウオの産卵行動の撮影に成功し、メスが石の裏に卵のうを接着させることや、産卵適温が水温10℃であることを紹介している。自然と同じ条件で産卵できるように、ケースを開発することにした。

90cmの水槽に、網目のケース（100円ショップで購入）を並べる。それぞれのケースの底に、砂利に見立てた素焼きのくだったもの（ベストサンド）を敷いた。その上にレンガ（スタンダード赤レンガ半片）を斜めに入れる。レンガは、メスが卵のうを接着しやすい平らなものを使用し、成体がケースから逃げ出さないように削ってケースの大きさに合わせた。溪流のような水流も必要なので、ケースの底にエアーストーン（円筒形エアーストーン25mm）を取り付けた。水温は産卵適温の10℃となるように、クーラー（ゼンズイクーラー）で設定した。

● 卵の受精率を高める産卵を考える

水槽には16個のケースを並べることができるが、産卵するメスは毎年、数匹しか見つからない。そこで、メス1匹に対してオスが何匹いたら卵の受精率が高まるのかを調べるため、5例の産卵行動を記録したビデオを高富中学校から借りて観察した。すると、オスが1匹では2本の卵のうに受精するまで時間がかかり、オが多すぎても争いが起こってやはり時間がかかってしまう。効率が良いのは「メス1匹とオス2匹の産卵」だと考えた。

● 飼育繁殖の結果

2019～2020年の冬、見つけたメスは3匹で、使用したのは3つの産卵ケースだけだった。オスは26匹が見つかり、体が大きい6匹を残して生息地へ戻した。

飼育繁殖の結果、3匹のメスすべてがケースで産卵した。卵の個数は3匹合計72個だったが、受精卵は71個、受精率は98.6%だ。自然環境で見つけた卵のうを調べたところ、受精卵は113個中89個、受精率は78.6%だった。

受精卵は約2か月半は卵のうで成長し、4月中旬にふ化する。71個の受精卵は100%ふ化した。ふ化から約2週間後に卵のうが自然に破れて、幼生が外に出る。破



90cmの水槽と開発した8個の産卵ケース

れないと死んでしまうので、2週間たって出てこない場合は、はさみで卵のうを切って出すようにした。幼生は卵のうから出るとすぐ、イトミミズを食べた。イトミミズは家の近くを流れる側溝の土から捕獲して与えた。2020年6月22日、えさを食べて順調に成長した71匹の幼生を、すべて生息地に放流することができた。

開発した産卵ケースはその後、希少種のアマクササンショウウオの繁殖にも使われることになった。この研究が種の保全や繁殖に役立つと思うと、うれしくなった。

「野外産卵」の環境調査

● 産卵場所の環境を明らかにする

NHKの番組で、オオサンショウウオがウロと呼ばれる穴で産卵し、ウロにはわき水があることを知った。ヒダサンショウウオの産卵場所はどうなのか、顧問の先生によると「産卵場所は、常に水の流れがある石の下や砂利の中」で、「今まで生物部が確認した産卵場所は15か所ほど」とのこと。ただ、大きな石の下は確認できないし、大量の砂利を掘って探そうとできないので、私たちに見つけれられる産卵場所は全体の1%ほどだろう。

そこで「ヒダサンショウウオはわき水のある場所で産卵する」と仮説を立て、それを確かめる研究をした。

● 仮説を検証する方法

産卵場所にわき水があると考えたのは、卵が干上がる心配がない、水温が一定、ばい菌が少ないなどの理由だ。自然環境のヒダサンショウウオは、光があまり届かない直径30cm以上の石の裏に産卵するため、30cm×30cmの瓦を10枚用意した。確認済みの15か所の産卵場所から、わき水があると思われる場所や、毎年産卵が確認できる場所を10か所選んで、産卵用の瓦を沈めた。

オスは11月頃から水中に入り、メスを待つ。メスは12月下旬から水に入り、産卵時期は1月中旬から2月中旬までだ。産卵活動が見られる11月から2月中旬まで、毎週土曜日に気温と溪流の水温、瓦を沈めた10か所の水温を計測した。2020年2月15日には、瓦を上げて産卵の有無を確認した。その結果、10か所のうち1か所でオスの成体2匹、もう1か所で卵を持ったメスの成体

1匹を確認したが、瓦に産卵されることはなかった。

● 環境調査からの考察

今回、瓦に産卵はなかったが、3か所の石の下で1～3対の卵のうを確認できた。3か所はいずれも水の流れの真ん中であり、渇水してもふ化するまで確実に水がある場所を選んでることがわかる。仮説「ヒダサンショウウオはわき水のある場所で産卵する」は、必ずしも間違いでないことがわかった。発見できなかった多くの産卵場所にわき水があることを信じて、次回も調べたい。産卵場所を調べて保全することで、ヒダサンショウウオの減少を食い止めたい。



発見した卵のう(上)と発見場所(下)

指導について

職員室前の廊下には、学校の横を流れる鳥羽川の魚たちや県の天然記念物のハリヨ、イモリ、スッポン等の水槽が8つ並んでいます。毎朝、2人が世話をしてくれるので、全校児童が毎日水槽を覗いています。また、ヒダサンショウウオ研究用の90cm水槽が2つあります。今回は、ヒダサンショウウオの幼生の減少から、「飼育繁殖」の取り組みと野外産卵の環境調査を行いました。2人で研究方法を話し合い、京都大学准教授の西川先生や岐阜高校の先生、アクア・トトの学芸員さんからアドバイスを受けて進めています。有り難いことに、日本爬虫両棲類学会からも、「みなさんの飼育繁殖が、他の絶滅危惧種のサンショウウオに応用できる。また、産卵場所とわき水の関係は誰も調べたことがない。」と評価をいただいています。現在は、「わき水と集団産卵」について、野外調査と水槽実験を行っています。毎週土曜日の野外調査はとても楽しいです。今後の研究にもご期待ください。

山県市立富岡小学校生物部顧問 福田英治

審査評

関東から中国地方の山の溪流にすむ準絶滅危惧種のヒダサンショウウオの産卵場所の調査と繁殖の実証実験に取り組んでいる研究です。テレビ番組や地域の中学生の取り組みに刺激を受けていますが、卵の受精率を高める産卵を考え、水槽の中に自作の産卵ケースを設置して3匹のメスから100%近く受精させて、産卵ケースの実用性も証明しています。そうして生まれた幼生にイトミミズを与えて育て、生息地の溪流に放流したのにも、放流された幼生の越冬幼生に与える生態系の影響を観察しています。一方、野外産卵の環境調査を行い、ヒダサンショウウオは「湧き水のあるところに産卵する」という仮説のもと、過去に卵のうや成体が確認された溪流のポイント10か所に産卵用の瓦を設置してきめこまやかに温度を測定して産卵の確認を行っている粘り強さに敬意を表します。今後も研究を継続してヒダサンショウウオの保全活動が広がることを期待しております。

審査員 小澤紀美子

カタツムリのつなわたりサーカス実けん

福岡県春日市立春日野小学校 3年 平野結子

研究のきっかけ

2019年5月に、図書館からカタツムリの卵をもらい、ふ化させて育てた。毎週、体重と大きさを測っている。

2020年4月、からの入口が外にそり返った。図鑑で調べると、そり返るのは大人になった印と書いてあった。図鑑には他に、カタツムリがつなわたりをしている写真があった。「足の幅より細い糸を、足全体で包んでしっかりつかまります。重いからを下向きにしてバランスをとりながら前に進みます」と書いてあったので、私の7匹のカタツムリにつなわたりをやらせてみた。



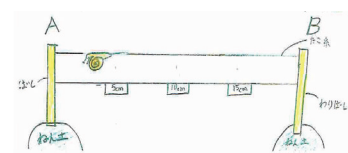
研究の方法と内容

カタツムリにつなわたりをさせるために、粘土とわりばし、たこ糸で実験装置を作った。7匹のカタツムリには、1ちゃん、2ちゃん、3ちゃん、4ちゃん、5ちゃん、6ちゃん、7ちゃん、と名前が付けてある。

実験1～6

●実験1の内容と結果

わりばしの間のたこ糸は1本だけにして、カタツムリがつなわたりをできるかどうか、実験1を始めた。わりばしAにおしりをつけて、Bに向けて6ちゃんを出発させた。6ちゃんはしがみついていたけれど、おしりから離れていって、からも離れて、頭だけでたこ糸にぶら下がった。がんばってぶらぶらしていたけど、落ちた。



粘土とわりばし、たこ糸の実験装置

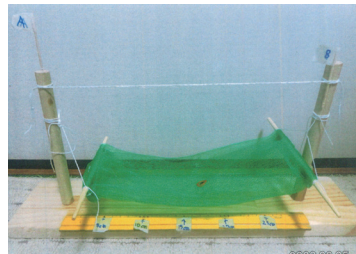
5ちゃんも、わりばしAにおしりをつけて、Bに向けて出発させた。

しがみついていたけれど、向きを変えてAにもどった。

●実験2と実験3の内容と結果

実験2ではたこ糸を2本に増やした。1ちゃん、2ちゃん、3ちゃんともに糸から落ちた。実験3は、たこ糸を3本に増やした。1ちゃんは落ちた。5ちゃんは10cm地点まで進み、頭とおしりを入れ替えてAに戻った。

ここまでの実験でカタツムリは、図鑑のように上手につなわたりができない。粘土とわりばしが支柱だと、糸がゆるむので、しっかりした台を作り直した。右が父と作ったつなわたり台、落ちてでもからが割れないようにハンモックを置いた。



●実験4と実験5の内容と結果

たこ糸を5本にし、つなわたりしやすいように7匹みんなのスタートを、棒から15cm離れた糸の真ん中にする。実験4は頭をAのほうへ向けて出発、実験5は頭をBに向けて出発させた。

ここまでの実験で、カタツムリのおもしろい行動を見つけた。頭をB向きにして出発したカタツムリがそのまま少し進んで止まり、人が後ろをふりかえる時のように頭だけAのほうに向けた。それから頭とおしりを入れ替え始め、逆向きになるとAのほうへ動き始めた。



少し進んで止まり、頭だけAのほうに向けた

カタツムリは、ただ直進してつなわたりをするのではなく、頭とおしりを入れ替えることがある。これを「ふり回り行動」と名付けた。「ふり回り行動」や、進んでいる途中に、おしりやからが糸から離れ、頭だけでがんばって糸にしがみつくとあるが、これを「てつぼうブラブラ」と名付けた。

実験4で「ふり回り行動」をしてBへゴールしたのは、2ちゃんと5ちゃんだった。「ふり回り行動」の途中で落ちたのは1ちゃんと4ちゃん。そのままAへゴールしたのは3ちゃん、6ちゃん、7ちゃんだった。

実験5では、「ふり回り行動」をしてAへゴールしたのは、1ちゃん、5ちゃん、6ちゃんだった。「ふり回り

行動」途中で落ちたのが、4ちゃんと7ちゃん。そのままBへゴールしたのは2ちゃんと3ちゃんだ。

●実験6の内容と結果

カタツムリが「ふり回り行動」をするのは、不安だからかな？ もっと細い糸でつなわたりをさせたら、「ふり回り行動」をするカタツムリは増えるかもしれない。

実験6ではたこ糸を3本にした。スタート地点は真ん中の15cm地点、頭はA向きに出発させた。

7匹の結果をまとめると、「ふり回り行動」をしてBへゴールしたのは、2ちゃんと6ちゃん。「ふり回り行動」途中で落ちたのは、1ちゃん、3ちゃん、5ちゃん、7ちゃん。そのまま落ちてしまったのが4ちゃん、直進してAにゴールしたカタツムリはいなかった。

実験4～6で、すべてのカタツムリが「ふり回り行動」をした。それから、3回の実験すべてでカタツムリのからは下向きになっていた。カタツムリの普段の生活では、からが体の上にある。上に乗れる幅のひもだと落ちなかったり、「ふり回り行動」をするカタツムリが減るのかな？

実験7～8

●実験7と実験8の内容と結果

カタツムリの足の幅を測ると、8mmくらいだった。そこで、たこ糸ではなく幅8mmのひもを張り、スタート地点を15cmの真ん中にして実験をすることにした。

実験7は頭をA向きにして、からがひもの上になるように出発させ、実験8も頭をA向きにするけれども、からがひもの下になるようにして出発させた。

その結果、実験7で「ふり回り行動」をし、Bへゴールしたのは1ちゃん、4ちゃんだった。「ふり回り行動」途中で落ちたカタツムリはいなかった。そのままAへゴールしたのは、2ちゃん、3ちゃん、5ちゃん、6ちゃん、7ちゃんだ。実験8では、「ふり回り行動」してBへゴールしたのは、2ちゃんと3ちゃんだ。「ふり回り行動」途中で落ちたカタツムリはやはりなかった。そのままAへゴールしたのは1ちゃん、4ちゃん、5ちゃん、6ちゃん、7ちゃんだった。

研究の結果

●すべての実験からわかったこと

- ・たこ糸の本数が少ないほど、「ふり回り行動」をする。
- ・足の幅と同じくらいのひもだと、すべてのカタツムリがつなわたりをできた。
- ・実験4以降の実験すべてで、2ちゃんと6ちゃんは落ちずにつなわたりができた。

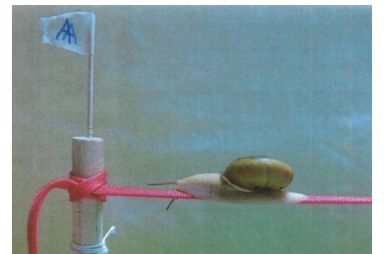
●実験を観察して気づいたこと

糸をわたる時、小さな触角で糸をさぐりながら歩いて、目でも糸を確認していた。細い糸をわたる時は、足全体で糸を包んで進んでいた。図鑑のとおりだった。

「ふり回り行動」をするのは、進む方向を変えたいからだと思う。カタツムリの足の筋肉はおしりから頭に向かってしか動かないから、後ろ歩きはできない。

カタツムリは、足の幅と同じくらいのひもだと不安にならずにつなわたりできるようだ。実験6でわたるのに25分かかるカタツムリもいて、私は眠くなった。

最後はすべてつなわたりができてよかった。つなわたりをさせてみて、1匹1匹、性格が少しずつ違うと思った。



指導について

小学2年生の時に市の図書館でカタツムリの卵を貰ってきて飼いはじめました。小さな赤ちゃんカタツムリがどんどん大きくなるので、殻の大きさと体重を毎週観測して観察ノートに記録しています。小学3年生になった春に図鑑を見ると、糸の上を上手に渡るカタツムリの写真があり、自分のカタツムリ達も出来るかな？と思い、やってみたことが今回の実験の始まりです。やってみるとカタツムリ達がすなりと糸を渡りません。娘は図鑑に載っていることが全部正しいわけじゃないと思い、条件を変えて実験を繰り返し「頑張っ！」と応援したり、時にはカタツムリに文句を言いつつ根気よく観察を続け、カタツムリがある行動をすることに気づきました。

親がした事は、考えている事をうまく言葉に出来ない時に一緒に悩んで言語化する事を手伝ったくらいです。結子と一緒に手を動かして実験した楽しい日々の最後に、このような賞をいただき感謝しております。

平野光祐

審査評

自分で飼っているカタツムリ7匹に綱渡りをさせる実験です。30センチぐらい離れた2点A、Bの間をタコ糸で結び、結ばれた糸の真ん中ぐらいにカタツムリを置き、ゴールAやBにたどり着けるか否かを、条件をいろいろと変えて観察しました。たとえば、タコ糸の本数をいろいろ変えてゴールインできたり、落下したりする回数を観察していました。

観察中、カタツムリが「ふり回り行動」することがあり、それはカタツムリが後退(あとずさり)できないことに起因していることや、カタツムリの足幅と同じ太さのひもだと成功率が高いことを突き止めていました。ユーモアがあり、キュートな研究でした。

審査員 秋山 仁

くもラボ1～5

和歌山県和歌山市立大新小学校 6年 青木大和

研究の動機

小学1年生の時、和歌山県立自然博物館で行われた「クモに学ぶ自然環境」という行事に参加したことがきっかけで、クモに興味を持った。それから毎年、テーマを決めてクモの観察や研究を続けている。小学1年生の時の「くもラボ 岩手県でのクモ観察、採集」（2015年）が最初で、「くもラボ2 『谷内田』と『畑』でのクモの多様性の比較」（2016年）、「くもラボ3 『根来山げんきの森』のクモの多様性を探る」（2017年）、「くもラボ4 『根来山げんきの森』の1年間を探る」（2018年）と続けた。

研究を進める中で一冊の本に出会った。『和歌山のクモ』という本で、著者は東條清先生。東條先生は生涯にわたってクモの研究を続けた和歌山県内のクモ研究の第一人者だ。『和歌山のクモ』には、県内のクモに関する民話や伝説、和歌山のクモ類目録などが集録されている。

クモの研究を進めるにあたり、僕は常にこの本を意識し、参考にしてきた。この本にはクモを確認した場所が記載されているため、東條先生の足跡を追いつながりながら特定の種を探した。また、それまで観察したことがない種類のクモを見つけた時、そのクモが県内で観察採集された記録があるかどうか、東條先生作成の和歌山クモ類目録で確認してきた。東條先生を追って県内各地で進めてきた僕の調査研究を、「くもラボ5」として整理し、まとめることにした。



研究の方法

① クモを観察、採集する

捕虫網、傘、ふるい、吸吸管、マヨネーズ容器などを使い、クモを観察したり採集したりした。

落ち葉や土の中に紛れているクモを採集する時は、網目の細かいふるいを使い、クモだけをふるいの下に落とす（シフティング）。草などに隠れているクモを採集する時は、捕虫網を使って草木の葉をかすめる（スウィーピング）。木などに隠れているクモを採集する時は、木

の枝葉を棒で叩き、落ちてきたクモを捕虫網や逆さにした傘で受ける（ビーティング）。

クモを発見したり採集したりした時は、場所や名前などを記録するようにした。採集するクモは幼体（子供のクモ）ではなく、成体（大人のクモ）を選んだ。幼体だと生殖器が未発達で、顕微鏡で観察しても同定（生物の分類上の所属や種類を決定すること）できないからだ。このことは、「くもラボ2」の研究から学んだ。

② クモの写真を撮り、同定する

自然な色の写真を残すため、アルコールに漬ける前、採集したクモを撮影した。

クモを同定する時は、デジタルマイクロスコープを使用した。同定するのに必要な眼の配置と生殖器の形を撮影して、図鑑で調べた。デジタルマイクロスコープのLEDは環状に並んでいるため、分光がいくつも写ってしまう。それを改善するためにLEDを弱めにして光源を変え、ペンライトなどの電球の光を当てる。眼の部分は特に光を反射するので光源を変え、電球の光を眼の上からだけではなく、正面から当てるようにする。



光源を変えてクリアな画像にする

③ クモの標本を作る

アルコールに漬けたクモをプラスチック板に貼った脱脂綿の上に乘せて、ピンセットで脚を広げて形を整え、1本1本の脚が脱脂綿にひっかかるようにする。プラスチック板ごとガラス瓶に入れ、プラスチック板の裏には標本ラベルを差し込む。プラスチック板と標本ラベルの間に脱脂綿を詰め、アルコールを加えて瓶の空気を抜き、ふたをすれば標本が完成する。

研究の場所

東條先生の著書『和歌山のクモ』の「第Ⅳ章2. 和歌山県のクモ類目録」（2000年12月現在）には、クモの確認場所と確認者が記載されている。例えばカネコタテグモの確認場所と発見者は「1、岩湧山（橋本市）／浜村徹三 2、三石山（橋本市）／八木沼健夫 3、奥の院山道（高野町）／東條 清」など。特定の種を観察する場合は、その記録を参考にした。

また、和歌山県内各地のさまざまな環境を選び、クモの多様性を観察した。

● クモの多様性を調査した和歌山県内各地



研究の結果

① 和歌山県クモ類目録

クモの研究を始めてから4年間の観察、採集記録をもとに、「和歌山県クモ類目録」を作成した。そのほんの一部を、ここに掲載する。

科	属	種名
トタテグモ	トタテグモ	キシノウエトタテグモ キノボリトタテグモの巣
ジグモ	ジグモ	ジグモの巣
ユウレイグモ	ユウレイグモ	イエユウレイグモ ユウレイグモ
ハグモ	ハグモ	ネコハグモ
ガケジグモ	クロガケジグモ	クロガケジグモ
ウズグモ	ウズグモの一種	
	ウズグモ	ウズグモ
ナミハグモ	ナミハグモの一種	
	ナミハグモの一種	
ヤチグモ	ヤチグモの一種、ホラズミヤチグモ	
タナグモ	タナグモ	クサグモ コクサグモ
コモリグモ	ミズコモリグモ	カガリビコモリグモ
	オオアシコモリグモ	ウツキコモリグモ
	ミズベコモリグモ	クラークコモリグモ
	キタコモリグモ	アライトコモリグモ
コモリグモ科の一種		

② 『和歌山のクモ』の記録を追う

『和歌山のクモ』の「第Ⅳ章2. 和歌山県のクモ類目録」にあるクモの確認場所に、引き続きそのクモが生息しているのかを調査した。調査したクモは、8種類だ。

その結果、生息を確認できるクモと、確認できないクモがいた。例えば、カネコタテグモは『和歌山のクモ』では16か所で確認されている。そのうち4か所を調べたが、生息は確認できなかった。キシノウエトタテグモは記録がある4か所のうち2か所を調査し、どちらでも多数の巣を確認した。さらに、標高800m以上の高地にすむというアカオニグモは『和歌山のクモ』によると、県内では1933年に採集されたのが最後だ。そのアカオニグモがいるかどうか、護摩壇山を調べた。アカオニグモが見つかることはなかったが、この調査で護摩壇山の

深刻なシカ害による生態系の崩れを知った。

研究の考察

2015年から2020年までに、僕が和歌山県で確認したクモは、24科113種だ。東條先生の『和歌山のクモ』に確認記録があるクモは42科333種にも及ぶ。僕の調査では、コガネグモ科などの比較的に見つけやすく、採集しやすいクモはほとんど採集できている。しかし、徘徊性の動きがすばやいクモは、まだ種類が少ない。

東條先生の目録に載っていて、僕の目録に載っていないのは、カネコタテグモ科、チリグモ科など22科だ。確認していないクモの生息場所は、屋内、洞窟内、すき間、暗所、〇〇の下、崖地、溪流、落ち葉中である。今回、研究を整理したことで、観察不足だった場所がわかった。

指導について

幼少期から住まいの和歌山県や、母実家の岩手県の自然と触れ合い、動植物に興味をもちながら成長してきた中でクモと出会いました。本研究で最も時間を費やし、苦勞したのがクモの同定です。デジタルマイクロスコープを使用して眼と生殖器の形状を調べ、図鑑と照合させる作業には高い技術と、何より根気が必要で、はじめは明確に画像をとらえることができませんでした。1匹のクモを同定するのに数時間、数日かかることもありましたが、諦めずに時間をかけて工夫を重ね、試行錯誤することで、徐々に技術が向上していきました。そうした努力した点を評価いただき、受賞できたことを本当に嬉しく思います。野山、海、川など様々な環境で観察をし、発見した時の喜びや感動が、自然を守りたいという思いを育んできたようです。クモの研究を継続してきた中で培ったものを今後にも生かし、自然への興味・関心や探究心を持ち続けてほしいと願っています。

青木史子

審査評

本研究は、小学1年生からの継続研究をまとめた集大成にふさわしい研究、「ラボ」になっています。ファイリングされた研究のページをめくっていくごとに、継続研究の成果というべき研究の深化が十分に伝わってきました。先行研究として東條清著『和歌山のクモ』を位置付け、自ら実地調査を行い、検証を通して研究を進めました。共通・多様性の視点をもとに観察し、観察の結果より考察するという解決へのプロセスも明確です。また、採集や分類整理の方法にも工夫が見られ、技能の高さも窺えます。クモの雌雄を分類する際には、デジタルマイクロスコープを活用して生殖器の形状を写真に記録しました。光源の工夫が写真に生かされ、はっきりと識別できる記録になっています。観察の技能の高さに感心しました。研究は集大成にふさわしい内容を示していますが、青木さんは次の問題も見いだしています。クモの多様性をはじめ、生態系や環境との関係についても新たな問いが生まれました。本賞受賞を糧にして、さらなる『くもラボ』の深化を期待しています。

審査員 森内昌也

カブトムシの大きさの研究Ⅳ

—— 大きさの発現理由、環境適応から進化への道 ——

埼玉県久喜市立本町小学校 5年 渡邊良洋

研究の動機

カブトムシの大きさは中型が多く、小型や大型が少ない。中型が多いのは自然界では珍しくないようだが、なぜ同じ種類の生物はすべて同じ大きさにならないのか。生物の進化とどう関係しているのか。本やインターネットで調べる限り先行研究がなかったため、自分で研究することにした。小学校で習ったことを駆使し、習っていないことは本などを読んで積極的に勉強し、カブトムシの能力を調べる測定器具などは、工夫して作ってみた。

2019年の研究で、えさ場をめぐる争いや天敵に捕食されにくい点で、総合的に中型のカブトムシが有利という結論が出た。2020年の研究では、「生命活動でも大きさの違いによる有利不利があるのか」を確かめたい。

カブトムシの能力予想

● 身体測定結果から能力を予想

電子ノギスや電子天秤を使い、オスとメス成虫の身体測定を行った。小型、中型、大型それぞれ、ほぼ同じ体重の個体3匹の平均で測定結果を求め、記録した。その測定結果から、いくつかの予想が生まれた。

- おもな予想は、次のとおりだ。
- ・翼面荷重は小さいほうが飛翔に有利。
- ・断面積が大きいほど空気抵抗も大きく、飛行が苦手。

● 予想と関連するカブトムシの身体測定結果

	測定部位 または計算式	単位	オス			メス		
			小	中	大	小	中	大
翼面荷重	体重÷（後翅の表面積×2）	g/cm ²	0.23	0.34	0.55	0.24	0.31	0.37
断面積	(体幅÷2)×(体高÷2)×円周率	cm ²	1.7	3.1	4.6	1.7	2.5	3.1
脚の長さ	右前脚の腿節	cm	1.2	1.6	1.9	1.0	1.2	1.3
反り率	体高÷体幅×100	%	76	74	75	76	80	82
体積	全身	cm ³	4.5	8.0	15.5	4.5	7.0	10.0
表面積	全身	cm ²	27.3	44.3	61.3	27.3	40.0	49.6
	後翅（両翅の表裏）		26.2	35.8	40.0	25.2	32.6	37.9
含水率	水分量÷体重×100	%	67	58	56	57	50	54
頭角の長さ	口から頭角の裂け目まで	cm	1.1	2.1	2.7	-	-	-
交接器	交接器の端から端まで	cm	1.2	1.2	1.3	-	-	-

体重は生体時のもの

- ・脚が長いほど（しがみつく）力が強い。
- ・裏返しの状態から元に戻りやすいかどうか、反り率が影響する。
- ・体積のわりに表面積が大きいと、体から熱が奪われやすくなる。また、含水量が多いほうが外気の温度変化の影響を受けにくい。体温を上げるためにエネルギーになるえさを、時間をかけて多く食べなければならない。
- ・頭角が長いほうが、成虫時代の生存競争が有利。
- ・体の大きさは交接器の長さに影響しない。小さい個体が子孫を残すため、頭角でなく交接器に投資する。この予想を裏付けるための実験を行った。

予想の検証実験

予想を裏付けるための実験のいくつかを、ここに紹介してみる。

● 体の大きさと飛ぶ能力の関係を調べる実験

空気抵抗や揚力を調べるために、風の向き、速さ、量を一定にできる風洞の装置を作った。

風洞の観測胴にレールを敷き、レールに軽い台車を置く。台車に大きさの違うオスとメスの成虫標本（翅を広げた状態のもの）を載せ、条件をそろえて秒速5mの風を当てると台車がどれだけ動くのかで、空気抵抗を比較した。すると、体が大きくなるにつれ、空気抵抗は大きくなった。メスよりオスのほうが空気抵抗が大きくなった。成虫標本のお尻のほうを風に向けると、空気抵抗が大きくなった。

揚力の実験は、次のように行った。風洞の観測胴に小型の電子天秤を置き、天秤の上に木の板を張った。板に細い針を使って後翅を広げた成虫標本を固定する。この状態で電子天秤の目盛りを0にし、条件をそろえて風を送った時に、天秤の目盛りがどれだけマイナスになるかを比較した。すると、大型のオスは小型のオスの約4倍の体重があるが、揚力は小型の1.4倍にしかならなかった。風速が上がると揚力も上がるが、秒速5mの風だと大型のオスは、体重が重すぎて後翅を広げただけでは飛べない。羽ばたきで補っていると考えられる。小型は同じ条件で、翅を広げただけで飛べることがわかった。

● 体の大きさとしがみつく力を測定する実験

力を測定する天秤の装置を作った。天秤の片方に成虫を固定するワイヤーを付け、もう片方に重りを載せる皿を付ける。ワイヤーで天秤に固定した成虫を、天秤脇に

置いたコナラの木材にしがみつかせ、天秤の重りを重くしていく。コナラの木材を垂直に置いた場合、水平に置いた場合の両方で記録を取ってみた。

条件をそろえて何gまでしがみついていられるかを比較したところ、体長と比率に見合う結果は出ず、体長より体積、さらに脚の長さのほうが目安になった。脚が短いメスのほうが力が弱く、水平より垂直方向にしがみつ

く力がやや強かった。

さまざまな実験結果をまとめた表が、次のとおりだ。

		有利さの比較（成虫のみ）		有利な大きさの順位		
		項目	有利なのは	1位	2位	3位
生命活動	飛翔力	飛べる距離	長い	小	中	大
		飛ぶ速度	速い	小	中	大
		空気抵抗	少ない	小	中	大
		揚力	大きい	大	中	小
	身体機能	出せる力（垂直方向）	大きい	大	中	小
		転がりやすさ	転がりやすい	大	中	小
		温度変化に対して	変化しにくい	小	中	大
		強度	高い	大	中	小
	生命維持	食べる量	少ない	大	中	小
		適応力（羽化成功率）	高い	中	小	大
		活動寿命	長い	大	中	小
生存競争（2019年）	生存競争	二酸化炭素排出量	多い	小	中	大
		個人戦	強い	大	中	小
		団体戦	強い	中	小	大
		天敵に対して	食べられない	小	中	大

結果から、中型がバランスよく有利なので、自然界では圧倒的に中型が多くなると考察できる。環境が変化しても絶滅することがないように、中型の親から大型や小型の子供も生まれるのではないかと考えた。

発展研究など

今回は2016年から5年をかけて、親から子へ伝わる「大きさを決定する情報はあるのか」の検証も行った。小型、中型、大型のどの親からも中型の子供が最も多く誕生していることから、親から受け継ぐ大きさに関する情報は複数あると考えた。1種類だけなら、小型の親からは小型の子しか生まれないはずだ。さらに、大きさを決める情報が3種類あると仮定すれば、検証結果がうまく説明できる。オスから3種類、メスから3種類、合計6種類の情報から子供の大きさは決まり、生命活動に有利な中型が多くなるという仮説を立てた。今後は遺伝子解析なども行って遺伝子を特定し、仮説を立証したい。

さらに今回は発展研究として、日本に生息するヤマトカブトムシと、ヤマトカブトムシの亜種9種類の生態を

比較したり、ヤマトカブトムシの進化を検証したりした。

ヤマトカブトムシの強みは幼虫として冬期を耐え、1年で世代交代できること、腐葉土でも成長できることなどだ。争うと角が折れることがある、頭角が目立ち狙われやすい、大型のオスは空気抵抗が大きい、転がった時に起き上がりにくい、クリベウス（突起）で樹皮が割れず採食に時間がかかる、などの弱みもある。1000万年後、温暖化が進んで異常気象となり、人類が他の惑星へ移住するなどの変化が地球に起こったとしたら、ヤマトカブトムシはどう進化しているのか。1000万年後の進化形を想像・創造した。



折れにくく太さを増して木の枝に擬態した角、全体的にも樹皮に対して保護色となり、胴体はより流線型に、脚は長く中胸部はねじりやすく、クリベウスが大きく彫刻刀のように進化した1000万年後のヤマトカブトムシ

指導について

「同じ種類の生き物が同じ大きさにならない理由」を探る動機ではじめた「カブトムシの大きさの研究」も、気がつけば5年の月日が流れておりました。今年は進化を考察するための実験も行い、さまざまな亜種を飼育した結果も発表に盛り込むことができました。本人はこの研究と共に成長し、毎年新たにやりたい実験を思いつき根気よくやり続けております。また研究成果は全国大会のコンクールに応募することも本人が目標にしておりまして、結果として幸運に恵まれ昨年に引き続き入賞の荣誉にあずかることができました。本人も大変喜んでおります。寛大に評価していただいた審査員の先生方に深く感謝申し上げます。また今年は新型コロナの影響により、コンクールを開催することは様々な苦労があったのではと推察いたしますが、万難を排し子供たちのために発表の機会を与えてくださった皆様のご尽力にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。 渡邊良彦

審査評

本研究はカブトムシの大きさの変異に注目した継続研究です。4年目の昨年は、生存競争に有利な大きさを実験的に検証し、餌をめぐる争いや天敵から身を守ることにについてはS、M、Lのサイズのうち中位(M)の個体が最も有利であると結論づけました。5年目の今年は、総合的な身体機能や成長力、からだの各部分別の動きをシミュレーションを用いるなどしてサイズ間で比較し、有利さ(適応)の程度を調べて、中位の個体がバランスがよく、全体として有利だと結論づけています。さらに、大きさが親から子へと受け継がれるかどうかをサイズ別の交配実験により調べ、どの組み合わせでも、雌雄にかかわらず、中位の子供がもっとも多く育つという興味深い事実を示しました。カブトムシの場合、卵から親になって再び卵を産むまで1年かかるため、このような実験は継続研究ならではと言えるでしょう。本研究ではさらに、大きさを伝える情報(遺伝子)の構成を考察していますが、大きさにかわる遺伝子を最初から3つと仮定するなど、観察結果の考察に飛躍があると思います。また、本研究で求めているような進化にかかわる情報を調べるためには、多数の個体を使って何世代にもわたる継続実験・観察を行うことが必要であると思います。 審査員 邑田 仁

プランクトンの研究 2 ～中央公園池のプランクトンの一年～

茨城県つくば市立吾妻小学校
4年 先崎理世

【研究の動機】

科学雑誌で不思議な形をしたプランクトンの写真を見て、自分でも観察してみたいと思い、3年生の夏休みに中央公園池のプランクトンの研究をしました。この研究はその続きです。一滴の水の中にたくさんのいろいろな種類のプランクトンがいました。顕微鏡を使ってはじめて見ることで、いろいろな形の生き物たちが大好きです。まだ見つけていないプランクトンをもっと見つけたい。もっとプランクトンを見たいです。

3年生でまとめた研究では夏のプランクトンしか見なかったので、一年を通して中央公園池のプランクトンを観察し、種数と個体数の変化を調べることになりました。季節によって違うプランクトンを見ることができるのでしょうか。プランクトンは冬も元気かな？

【結論と感想】

この研究で、中央公園池の植物プランクトンは種数も個体数も月ごとに変化はするが、一年を通して大きく変わらないことがわかった。動物プランクトンは種数も個体数も徐々に増加していた。両方とも季節や気温とは関係がないように見えたが、種別に見るとアファノカプサなどは冬に近づくと数を減らし、暖かくなるにつれて数を増やしていた。一方、クロレラなどは1月に最大数になっていた。植物プランクトン全体を見たときは季節や気温との関係が見えなかったが、種別に見ると季節や気温と関係する植物プランクトンがいることがわかった。また、動物プランクトンは月ごとに優占種や最大数になるプランクトンが入れ替わっていることがわかった。この研究で新しく32種のプランクトンを同定し、3年生での研究と併せて180種のプランクトンを中央公園池から見つけた。季節ごとに違うプランクトンがいて予想していたが、全体としては季節ごとに見られるプランクトンの数に大きな違いはなかった。

現在、地球温暖化によって生物環境が変化し、生物多様性が脅かされている。私たちの身近なところで、プランクトンのような目に見えない生き物たちの中でも、生物環境の変化が進行しているのかもしれない。これからもプランクトンの調査をすることで、生物環境や生物多様性の変化について注目していきたいと考えている。

曲がるし伸びるぞ！二枚貝の足 ～砂の中を歩く！？チョウセンハマグリ足の謎にせまれ～

茨城県つくば市立谷田部小学校
5年 伊藤巧輔

【研究の動機】

今年、チョウセンハマグリとシオフキという、砂に潜って生活する二枚貝を飼い始めた。すると、チョウセンハマグリが砂の中を横移動して水槽の中で場所を変えていた。チョウセンハマグリが足を使って移動したと考えたが、僕はそのような移動方法を知らなかった。そこで、本当にチョウセンハマグリが足で移動できるのかを知るために、足の動きの観察や足の解剖をしようと考えた。また、シオフキも同じように観察して、同じような生態の二枚貝の足に同じ所と違う所があるのか知ろうと考えた。

【結論と感想】

どちらの二枚貝も、足の動きを観察すると前後左右に自由に動かせることが分かった。解剖して足の内部を見ると、足には筋肉がほとんどなく、足に体液を送り込んで自由自在に大きさや長さを変えられることができると分かった。足の厚みや長さは貝の種類ごとに異なっていて、もともとすんでいる砂の粒度、貝殻の大きさや重さ、形と関係があることが分かった。また、餌の量によっても足の使い方が違うのではないかと考えた。この研究で、貝は僕にはない優れた感覚を持っていて、すごいなと思った。

キュウリのまきひげのひみつを調べる

神奈川県川崎市立西生田小学校
4年 芝村英子

【研究の動機】

お父さんが庭の畑で毎年キュウリを育てている。一緒にトマトやナスなども育てているが、他の野菜は自分の体で立って実を付けているのに対して、キュウリは柱やネットにまきひげを巻きつけて、上に伸びていくことに気が付いた。キュウリにとって、まきひげがどのような役割をしているのかが気になった。

【結論と感想】

研究の目的は、キュウリのまきひげがどうしてまっすぐではなく、まいているのか、その理由を実験によって明らかにすることである。2018年の研究では、まきひげとまっすぐなひげが、どれだけの重さを持ち上げられるのか比較する実験をおこなった。その結果、まきひげはその長さに関係なく「力もち」だが、まっすぐなひげは長さとは比例して持ち上げる力が弱くなることが分かった。

2019年の研究では、まきひげとまっすぐなひげの表面や断面を顕微鏡で観察したが、特に違いはなかったため、まきひげが「力もち」である理由は、まきひげの形にあると考えた。そこで、まきひげと形が似ているバネの特性（引っ張り強さと弾性）2点について、まきひげとまっすぐなひげを比べる実験をおこなった。具体的には、まきひげとまっすぐなひげをバネにした2つのトランポリンを作って、おもりをどれだけ跳ね上げられるのか実験をした。その結果、まっすぐなひげはほぼ伸び縮みしないが、まきひげはよく伸び縮みするのでより高くおもりを跳ね上げられることが分かった。キュウリが重い実をたくさんつけることができるのは、「力もち」でよく伸び縮みするまきひげのおかげである。

まきひげは引っ張り強さと弾性の両方でまっすぐなひげを上回るという実験結果は予想した通りだったが、引っ張り強さについては、まっすぐなひげでも長さが短ければまきひげとほとんど変わらない点は意外だった。また、実験に使った道具は全て手作りしたが、同じ条件で正確に比較できることを特に大切にしたので、実験道具を作る時にはとても苦労した。

おうちで使える 「ぼくだけのとくべつな小がた発電き」を作ろう！

富山県富山大学人間発達科学部附属小学校
3年 藤本希望

【研究の動機】

僕の好きな遊びに、たこあげ、風車作り、紙飛行機作りなどがある。どれも自然の風でよく上がったり回ったり飛んだりすることが楽しい。外国には風の力で電気を作り出す風車がたくさんあると聞か、日本ではあまり見かけない。風はどこにでも吹いているので、風を利用する風力発電機を日本でも増やせば災害時のように電気が途絶えたような場面でも役に立つのではないかと考えた。

なお、2020年の7月の台風による豪雨では、140万人に避難指示が出た。しかしせっかく避難した避難所でも停電がありトイレに行くのも大変だった、という話をニュースで見た。身近な材料を使っておうちで作れる小型風力発電機があれば、災害時に手元・足元を照らすようなちょっとした灯りに利用できるのではないかと考えた。おうちで使える小型発電機を作り、災害時に役立つように風力で発電させたい、と思ったのがこの研究を始めるにいたった動機である。

【結論と感想】

家の中の実験では一番発電量が多かったサボニウス型が、外の風で実験した時には家の中とは異なる結果となったことから、どのようにしたら手軽に工作できるサボニウス型風力発電機を効率よく発電できるのか、とい

うことを追究する研究となった。家の中と外の風の流れが違うことに着目し、どのようにしたら風の流れを一番サボニウスの羽根に集め、回転させられるかの工夫を重ねるうち、タテヤでサボニウスを覆い、風を制御する方法に行き着いた。その後、タテヤをバージョンアップさせ、さらにサボニウスを入れたタテヤを円滑に回転させるためにタテヤの大きさに見合う尾翼をつけ、かつ回転をよくするためのベアリングを装着させる、というアイデアを得た。結果的に突風により電力計測には至らなかったが、LEDを発電させることができた。

最後に、防災センターに持参したところ、更なる工夫の余地はあるが、簡単な材料による小型の風力発電機は「災害時において実用化できる」という意見をいただいた。

トンボの羽の形のふしぎ パート3 －四角形と五角形が大切！－

富山県入善町立飯野小学校
3年 笹島浩聖

【研究の動機】

トンボを捕まえたとき、トンボの羽の中には四角形や三角形など、いろいろな形があることを不思議に思った。たくさんトンボを捕まえてみると、羽の中にある形が違うので、それが体の大きさに関係しているのかもしれないと思い、1、2年生ではそれぞれの形の数と体の大きさの関係について調べた。

これまでの研究から、体が大きくなると羽も大きくなるから形の数も多くなると思ったが、シオカラトンボとアキアカネは、そうではなかったのもっと多くの種類のトンボを調べてみたいと思った。

【結論と感想】

体が大きくなると、羽の中にある形の数は、どの形でも増えていく。ただし、三角形はアキアカネが特に多く、六角形や七角形以上ではシオカラトンボが特に多いことが分かった。大きな体で飛ぶには、羽にある形の数を多くする必要があることが分かる。しかし、アキアカネやシオカラトンボの羽の形の特徴が他のトンボとちがう理由については分からなかった。

形の割合は、キイトンボは四角形が約80%ととても多いが、それ以外のトンボは四角形が約50%、五角形が約40%であった。不均翅亜目のトンボはほとんどが羽を開いて止まり、均翅亜目であるアオイトンボも羽を八の字に開いて止まるのに対し、キイトンボは羽を閉じて止まることが関係しているのかもしれない。

後ろ羽の長さが長くなると、三角形、四角形の割合が減っていき、五角形以上の割合が増えていく。ただし、トンボによって、六角形以上の割合は、多かったり、少なかったりする。羽が大きくなると、四角形の割合では

佳作（小学校の部）

なく五角形以上の割合が増えることから、四角形は鳥の骨のように羽を支える役目をしていて、五角形以上の形で羽を大きくしているのかもしれない。

今後、アキアカネとシオカラトンボは他のトンボと違う特徴があるので、ナツアカネやオオシオカラトンボなど近い種類のトンボを調べてみたい。また、それぞれの形がどのような役割をしているのか調べたい。

沢スギの生き物のひみつを見つけよう パート5 ーついに解明!! なぜニホンアマガエルは沢スギに卵を産まないのかー

富山県入善町立飯野小学校
5年 笹島浩裕

【研究の動機】

僕の住んでいる入善町の海岸近くにスギの多い林がある。これが国の天然記念物に指定され、全国でも珍しい平地の湧水地に生育する自然林として保護されている「杉沢の沢スギ」である。その沢スギにすんでいる生き物についての研究を1年生から毎年続けている。これまでの調査で、沢スギの水温は年間を通して15℃程度と低く一定であり、このことにより、多くの水生生物が一年間を通して確認でき、水生生物に限らず現在ではあまり見られない生き物を含めて75種、115種類の生物がいることが分かった。これまでの調査の中で不思議に思ったことがある。それは、沢スギで多くの数のニホンアマガエルを確認できているが、オタマジャクシはこれまでに一匹も確認できていないことである。そこで3年生からは、沢スギの生き物について調査を続けながら、このなぞについて調べている。4年生の時には、沢スギのいろいろな場所（11地点）と田んぼの違いを探るため、天敵の数・水温・水の流れの速さ・水の深さ・水質（pH/硬度/残留塩素/透視度/COD）・オス・メスの割合を調べた。その結果、沢スギの内にオタマジャクシが確認できない理由として、次の3つが考えられた。①水の流れが速い所が多く産卵に適さないこと。②水の流れがゆるやかな所でも水温が低いこと。③オタマジャクシのエサとなる水中の有機物や藻が少ないこと。そこで今年は、水温や有機物の影響を調べることで、沢スギ内にニホンアマガエルは多く確認できるがオタマジャクシが確認できない理由を解明することにした。

【結論と感想】

田んぼと沢スギの状況を再現するために、自作の田んぼを作製した。地下水を流し続けることで、沢スギの湧水と同じ状況を再現し、この田んぼを用いて研究を行った。「研究1 ニホンアマガエルの産卵に水温は影響するか」では、ニホンアマガエルは田んぼと同じ水温で卵を産んだが沢スギの湧水のような低い水温では卵を産まなかった。「研究2 卵のふ化に水温は影響するか」で

は、田んぼの水温では79%以上の卵がふ化したが、沢スギの湧水のような低い水温でふ化した卵は25%未満で、ほとんどふ化できなかった。「研究3 オタマジャクシの成長に水温は影響するか」では、沢スギの湧水のように水温が低いと、田んぼと比べてオタマジャクシの成長は約2.6倍遅くなった。「研究4 COD値と藻はオタマジャクシの成長に影響があるか」では有機物と藻のある・なしはオタマジャクシの成長にほとんど影響を与えなかった。

実験装置の水温の記録から、自作田んぼと沢スギ田んぼは、それぞれ田んぼと沢スギの水温を再現できていた。研究4の結果からCOD値や藻の状況は自作田んぼと沢スギ田んぼに差はなく、2種類の田んぼの違いは「水温」と「水流」だけであると言える。研究1では水流のない状態で実験を行うことができたため、産卵には水温が関係しているといえる。研究2では、水流の影響を除くことができなかった。水槽を用いての実験も考えたが、以前、水槽でたくさんの卵をふ化させると、先に生まれたオタマジャクシが他の卵をたべてしまう場合があったために行うことができなかった。そのため、ふ化率については水温と水流の両方の影響が考えられる。研究3では、ペットボトルの水槽を用いて、水流はほぼない状態にすることができたので、オタマジャクシの成長には水温が関係しているといえる。これらのことから、沢スギ内にニホンアマガエルは多く確認できるがオタマジャクシが確認できない理由は、沢スギの湧水の水温が低く、ニホンアマガエルが沢スギ内の水のあるところに産卵することをさけていると考えられる。この研究で水温が影響していることはわかったが、ニホンアマガエルは水温をわかっているのだろうか。まだ謎が多いので研究を続けたい。

水中シャボン玉ってどんなもの？ ～水中シャボン玉の観察から～

石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類
附属小学校
5年 堀添夏希

【研究の動機】

水中シャボン玉とは、普通のシャボン玉と違い、水の中にできるシャボン玉である。インターネットの実験動画に水中シャボン玉があり、とてもきれいだったので自分でためしてみた。しかし、すでに公開されている研究から条件を調べ、自分でいろいろと試してみたが結果にバラツキがあったり、個人差がおおきかったりして確実にうまく作ることはできなかった。

この時、先に研究した人たちが見つけた条件の他にも、水中シャボン玉を確実に作るための秘密があるのではないと思った。そこで、実験や観察を通して、自分なりに水中シャボン玉の秘密に迫ろうと考え、研究することにした。

【結論と感想】

確実に水中シャボン玉を作る条件は見つけられなかったが、成功させるためには、落とす水滴の力と水面の力のバランスが大切だとわかった。水滴の力は、水滴を落とす高さや速さ、量や角度で変わり、水面の力は洗剤に含まれる界面活性剤の濃度で変わるため、確実な条件を見つけることが難しいとわかった。

一つひとつの現象から生まれた疑問やそれに対する仮説を観察し、検証していくことで、自分なりに水中シャボン玉の出来る仕組みを理解できたのは、とても良かったと思っている。検証方法がわからず、未解決のことも残ったが、次年度に取り組みたい。

アサガオの花 花の色を作り変えたい ー4年目ー

石川県金沢市立夕日寺小学校
4年 寺山貴大

【研究の動機】

1年生の時、学校で育てた赤色のアサガオの花の色を紫色に変えることが出来ないかと考え、赤い花と青い花を受粉させてみた。1年目は種ができず、2年目に種を作ることにやっと成功した。

3年目の昨年、その種（子どもの代）から青色の花と、目当ての紫色の花をついに咲かせることができた。

今年は、その次の代（孫の代）について、花の色の出現の仕方について、さらに観察や実験を進めて花の色の変わり方の規則性を見つけたいと思った。

【結論と感想】

今年はアサガオの発芽後の育ちが悪く、そのため個体数が少なくなり、十分に信頼できるデータが取れなかったのが残念だった。

アジサイのように、花の色が土壌のpHの影響を受けるかと思ったが、そうではないことが分かった。ただし、そもそもサンプルの土に大きなpHの違いがなかったので確実ではない。しかし、赤と青の花では花びらのpHに違いがみられた。また、メンデルの遺伝の法則を自分のアサガオに当てはめてみたが、違っていた。個体数が少なかったためかもしれない。

今年は、はっきり結論を出せないことが多かったが、いろいろ新しく分かったことも多かった。

今度は、孫世代の種類を絞り、個体数を多くして調べたい。

めざせ！びせいぶつマスター ～きみはいつたになにものなのだ!？～

岐阜県大野町立北小学校
2年 見屋井 陸

【研究の動機】

4月はコロナウイルスのえいきょうで、学校が休みになり、ぼくはとてもおびえて生活をしていました。ウイルスは目に見えないので、どこにひそんでいるかわからないからです。

ウイルスのほかにも、目に見えないびせいぶつが、ぼくのまわりにはひそんでいることを知りました。ぼくは、どこにどんなびせいぶつがすんでいるか、しょうたいをつきとめたいと思いました。もし、びせいぶつを目で見ることができれば、しょく中どくやびょうきをよほうすることができるはずです。

びせいぶつマスターをめざして、自由けんきゅうをすることにしました。

【結論と感想】

手のひらのびせいぶつをしらべてみると、たくさんのびせいぶつがついているのが分かりショックでした。みのまわりのものにも、たくさんのびせいぶつがついていました。とくに水が多い所にはたくさんのびせいぶつがひそんでいることが分かりました。手のひらのびせいぶつをもっとくわしくしらべたら、悪いきんだけではなくて、乳さんきんという良いきんもいたので安心しました。

びせいぶつの好きなもの、きらいなものをしらべることで、びせいぶつをたおすことができることも分かりました。びせいぶつがきらいなしがいせんをつかって「どこでもさっきんき」をつくることができたのはうれしかったです。びせいぶつをしらべればしらべるほど、ふしぎに思うことが出てくるので、これからもびせいぶつマスターをめざしてけんきゅうをつづけたいです。

イモリの再生能力を探る ー2ー

静岡県静岡市立西豊田小学校
6年 瀧 昌宏

【研究の動機】

トカゲが切り離した尻尾をまた生やすように、イモリにも再生能力があると図鑑に書いてあったので、去年の実験で尻尾を切り、本当に再生するのか調べたところ再生した。

今年は尻尾の切り方を変えたら再生のしかたにちがいはあるのか、調べてみたい。

再生能力の仕組みがわかれば、人間の傷の治療に応用できるかもしれない。

【結論と感想】

切り方を変えても、イモリの尻尾は再生することがわかった。

二股に切った尻尾がくつつくのか、それぞれが尻尾になるのかを疑問に思い、僕はくつつくと予想してその通りになった。

しかし、二股の1本がちぎれてしまい、残りの1本を再生していく個体もいて、個体によって再生のしかたに違いがあることもわかってきた。イモリの再生能力の高さにいつも驚き、いつか、人間の怪我に使えないだろうか、と思う。

今年は大学の先生にご協力いただき、麻酔を使えたことで慌てず切ることができたが、まだ切り方が上手ではなく、もっと練習したり実験方法を工夫したりしてイモリに負担をかけないようにしたい。

学校奨励賞・指導奨励賞

学校奨励賞（中学校の部）

茨城県小美玉市立小川南中学校
校長 稲田雅志



このたびは、学校奨励賞という大変栄えある賞をいただき、心より感謝申し上げます。本校は創立56年目を迎え、学校教育目標である「これからの時代を切り拓くたくましい生徒の育成」の実現のために、学校・家庭・地域が一体となって教育活動を推進しております。

本校は霞ヶ浦の北に位置し、豊かな自然に恵まれた地域に立地しております。水辺が身近な環境にあることから湖や河川の水質には高い関心をもつ生徒が多く、これまでも園部川の水質については、先輩が継続研究したデータが蓄積してありました。本研究では、水質検査を実施するとともに過去のデータと比較することができました。水質が経年変化していることにふれ、これからの水質浄化や環境問題にも思いを馳せることができました。

この受賞を機に、より多くの生徒が自然科学に興味・関心をもって意欲的に学習に取り組むことを期待するとともに、さらなる生徒の飛躍を目指して教育活動を推進してまいります。

学校奨励賞（小学校の部）

鹿児島県
鹿児島大学教育学部附属小学校
校長 假屋園昭彦



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、心より感謝申し上げます。

本校は、今年度で創立143年目を迎える伝統校であり、学校教育目標「夢や目標をもち、共にみがき高め合う子どもの育成」の実現を目指して教育活動に励んでおります。

また、桜島や霧島連山を始めとして、火山や海、島々からなる豊かな自然に恵まれた環境のなかで、多くの子どもたちが、のびのびと自然に親しみ、問いを見いだしたり、新しい発見をしたりしています。そのような子どもたちに寄り添いながら、共に自然に親しみ、自然認識を深めていく本校の先生方の姿を見ていると、大変嬉しく思います。子どもと教師が一緒になって自然と向き合いながら自然認識を深めていく姿は、とても価値ある営みではないかと考えます。

今後も鹿児島県の雄大な自然とじっくり関わり、その中で問いを見いだしたり、新しい発見をしたりしながら、追究することを楽しんでほしいと思います。

指導奨励賞（中学校の部）

茨城県
茨城県立並木中等教育学校
吉村大介



このたびは、指導奨励賞という素晴らしい賞をいただき、誠にありがとうございます。2等をいただいた横井さんは自分で研究計画を立てて研究を進める力があるので、指導の主な内容は、定期的に研究計画の確認と一緒にすることです。化学の実験は仮説通りの結果にならないことが多くあるので、その時になぜ仮説通りにならなかったのかを、横井さんの説をもとに一緒に考えます。また、一つの実験をすると、必ず新たな疑問が生じるので、その疑問を大切にしています。本校は中高一貫校で6年間研究をすることができるので、本論からそれ、多少回り道になる疑問でも大切にするようにしています。そして、その回り道に実は重要なヒントが隠れていることに何度も気付かされました。本校でそのような疑問を大切に研究を進めてきた結果が、横井さんの受賞に結びついたとうれしく思います。

指導奨励賞（中学校の部）

愛知県刈谷市立雁が音中学校
藤井亮太



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。
本校の科学部は、追究するために必要な物事を生徒自ら考え、工夫して追究することを大切にしています。「ラグビーボールの研究」では、ラグビーボールを常に同じように落下させるためにはどうしたらよいか、生徒が話し合いを重ね、実験計画を立てました。その計画を基に必要な実験装置を製作しました。もちろん、製作した装置での実験が必ずうまくいくとは限りません。私は、生徒の思いに寄り添い、どうすれば生徒の考えが実現できるか、支援する側に徹しました。思い通りに追究が進まない時がたくさんありましたが、科学部の生徒は度重なる困難にも粘り強く取り組みました。実験を何千回と繰り返す中で、ある条件下では、ボールが決まった軌道を描くことを発見することができたと思いました。今後も、生徒の思いに寄り添い、科学的に探究できるように精進してまいります。

指導奨励賞（中学校の部）

神奈川県川崎市立宮前平中学校
稲田偉子
神宮 創

この度は、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。
今回の研究は、幼いころから“昆虫が好き”という純粹な気持ちが作り上げたものです。カマキリなど多種の生物を育てる中で、生物の不思議や素晴らしさに感動を覚え、集めたデータは膨大なものとなっていました。中学ではカマキリの利き手、および、糞についての研究を行い、カマキリと他の生物との関係性にも迫りました。多くのカマキリを飼育しながら、毎日、糞を採取・観察する、地道な努力が見られました。
学校では、好きなことを追究し極める姿が他の生徒からも一目置かれる存在となっています。私たち指導者は、“理科が好き”、“不思議だ”、“知りたい”という生徒の純粹な気持ちを大切に、研究の素晴らしさを伝えていきたいと改めて思いました。この賞を糧とし、これからも生徒とともに理科学習に取り組んでいきたいと思ひます。本当にありがとうございます。

指導奨励賞（中学校の部）

愛知県
愛知工業大学名電中学校
佐藤義晃



このたびは指導奨励賞という大変栄えある賞をいただき、心より感謝申し上げます。本研究は、微生物や菌類の増殖予想に用いられる「ロジスティックモデル」を新型コロナウイルスの増殖・減衰に応用できないかというものです。はじめのうちは、感染者数の分布がロジスティック分布と良く一致しており、幸先よく研究が始まりましたが、途中から乖離しはじめ、その要因は何かと問う毎日でした。そこで、感染者数に加え死亡者数の2つの視点から考察することにより、ウイルスの特性や医療従事者の懸命な取り組みに気づくことができました。
特筆すべき点は、本生徒もいつ感染するかかわらないという不安の中、本来であればなるべく考えたくない感染症について日々向き合い、研究する姿です。主観的な感情に左右されず、得られた事実から客観的に物事を判断するということは、まさしく研究の基本姿勢であると改めて感じました。

指導奨励賞（小学校の部）

富山県
富山大学人間発達科学部附属小学校
鼎 裕憲



このたびは、栄えある指導者奨励賞をいただき、心より感謝申し上げます。
1等賞をいただいた山西さんは、見ることでできない音に着目し、様々な実験を通して「音は何かを振動させるエネルギーの塊である」と捉えました。そして、祖父が体温計の小さな音を聞き取れる道具や運動会の応援合戦で拡声するメガホンなど、研究成果を活かして社会に役立つ物を創り上げました。
佳作をいただいた藤本さんは、自然災害でも使える風力発電を作ろうと考えました。いくつもの羽根の形や素材を調べる中でサボニウス型プロペラが有効であることを見出しました。さらに、風の流れを制御し、自然風で最も効率よく発電する風力発電を創り上げました。
本校では、全国規模の科学コンクールに出場するため、何人もの児童が校内審査にエントリーします。科学を楽しみ、社会のために役に立つ研究をしたいという子どもたちの意欲や興味を今後も応援していきたいと思ひます。

指導奨励賞（小学校の部）

大阪府
大阪大谷大学教育学部教育学科
非常勤講師 大門 聖



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。
私は、このはさんの学校の先生という立場ではありませんが、以前、自然観察会で講師をしている時に出会って以来、生き物、特に昆虫に関する質問を受けるようになりました。夏休みの自由研究でこのはさんが、自身の好きな昆虫であるテントウムシについて自分なりに調べてきたことを見せていただき、熱心に取り組む彼女の姿勢に心を打たれました。単なる自由研究の作品で終わりにするのではなく、同じ内容で一步踏み込んだ自由研究にしたいという意欲のもと、可能な限りお手伝いするようになりました。今回受賞されたテントウムシの研究については、自宅周辺でどのくらいの種類がいるんだろうという小さな興味に端を発しています。このように身近な自然に興味をもつということが、自然科学教育に関わるうえで大切なことだと改めて思いました。今後も地元を中心に、このはさんのように自然科学に興味をもつ子どもたちのサポートに努めていきたいと思ひます。

指導奨励賞（小学校の部）

岐阜県
山県市立富岡小学校
福田英治



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。
「守れ！ふるさとのヒダサンショウウオ」の研究は8年目となります。今までに、幼生を14か月追跡調査して越冬幼生が現れる条件を突き止めたり、世界初となる産卵の様子をビデオに収め産卵行動を明らかにしたりしました。その間、文部科学大臣賞を2回受賞し、日本爬虫両棲類学会報（第2019巻1号）に論文も発表させていただきました。卒業生も、高校の生物部や大学の研究室で活躍しております。研究内容や方法は、子どもたちが考えて進めています。その際、サンショウウオに関する過去の論文や研究を紹介したり、京都大学准教授の西川完途先生や学会員の先生方に助言をいただいたり、試行錯誤しながら決められるように支援をしています。
今回の受賞を励みに、いきもの大好きな子どもたちを立派な研究者に育てていけるよう、努力してまいります。

指導奨励賞（小学校の部）

鹿児島県
鹿児島大学教育学部附属小学校
上崎博輝



このたびは、栄えある健闘賞3名、指導奨励賞をいただき、心より感謝申し上げます。
受賞した森永君は、植物から精油を取り出すために、試行錯誤を重ねて自作の装置を作り、自分が好きな香りのする精油探しに没頭していました。西川さんは、2年生の頃から4年間コスモスの研究を続けてきました。今年は、条件を制御しながら大好きなコスモスの種の発芽率を上げる方法を追究し、発芽率を上げることに成功していました。川内さんは、植物の成長に風や湿度が関係あるのかという問いをもち、二十日大根で複数のデータを取りながら粘り強く調べることができました。身近な自然に親しみ、自分なりの問題を見だし、試行錯誤しながら粘り強く追究する3人の姿は、いずれも素晴らしいものでした。
この受賞は、子どもたちの頑張りはもちろんのこと、御家族やさまざまな関係機関の皆様の温かい御支援があつてのものだと考えます。ありがとうございました。

[中学校の部]

「セミの抜け殻の研究6」

福井県福井市立高志中学校 3年 吉澤陽華

「褐変反応について ～果物編～」

千葉県流山市立おおたかの森中学校 2年 麻木優斗

「ギフチョウ幼虫は集団効果により成長が異なる」

東京都広尾学園中学校 2年 青木航太

「ダニエル型電池の研究」

東京都立小石川中等教育学校 ダニエル電池研究班 2年 相原志帆・小野友椰

「環境に配慮した牛乳パック洗浄方法の検討」

東京都品川区立豊葉の杜学園 9年 吉田航輝

「アゲハに来てもらうための工夫(富士吉田と御坂) パート7」

山梨県山梨学院中学校 3年 古屋朋秀

「染色の原理を考える」

静岡県浜松市立三方原中学校 2年 瀬戸藍花

「紙で指が切れるのはなぜか」

愛知県刈谷市立雁が音中学校 指切り班

1年 天本伊織・一條陸人・岩田優輝・内田智己・小川慶汰・オヤノン ラネル ジュニア アンダグ・金子颯綾・北村朔也・近藤飛鳥・酒井悠聖・坂本翔唯・坂本晴渚・菅原慶咲・中村和鼓・安井大葵

2年 安部真之介・岡本悠誠・金子昊大朗・北川陽音・小久保海・下島佑太・古藤雅大・酒井颯真・坂田望・杉浦正直・谷口天真・遠山泰一・原田紘希・本多隼士・松本爽汰・矢田裕成

「水はどうして『ぼちゃん』となるのか」

兵庫県神戸市立井吹台中学校 2年 岸 円佳

[小学校の部]

「よつばのクローバーはブランコのそばのなぞ」

秋田県横手市立横手南小学校 2年 大坂佳凜

「創業100年ウナギのタレって大丈夫? ～つぎ足し調査隊～」

茨城県稲敷市立浮島小学校 つぎ足し調査隊 6年 石塚菜々美・坂本釉葉・高島笑莉・濱田莉帆

「野鳥の研究1 ～中央公園池の野鳥(1年半の調査)～」

茨城県つくば市立吾妻小学校 4年 先崎理世

「飼育温度とカブトムシの成長パート6. その2. 危険な夏の高温」

茨城県つくば市立竹園東小学校 5年 池田亘佑

「米麴で化粧品を作る ～麴菌はメラニンを分解できるのか～」

茨城県つくば市立みどりの学園義務教育学校 6年 星野早紀子

「ぼくが見つけた鳥の記ろく」

千葉県柏市立大津ヶ丘第一小学校 3年 岩立昊大

「安定するパラシュートの条件 PART2 ～形状の違いによる落下時間と着地場所から考える最良のパラシュートとは?～」

千葉県千葉市立小中台小学校 4年 戸田大翔

「ネジバナはどうしてねじれる花とまっすぐな花の両方あるのか」

東京都千代田区立九段小学校 1年 熊谷緋沙子

「シャーペンの芯で作ったエジソン電球を明るく長く光らせる実験」

新潟県新潟市立青山小学校 5年 池田誌帆

「地震の後に何かが起こる!! ～液化化対策のために液化化する砂の動きを解明する～」

石川県金沢市立杜の里小学校 5年 上田遥夏

「野菜の育ち方調べ パート4 ～水質のちがいで育ち方は変わるのか～」

石川県七尾市立朝日小学校 5年 北川健成

「感染症とその予防について」

静岡県静岡市立清水岡小学校 6年 石田愛里彩

「貝がらさいしゅうとフィールド調査」

岡山県玉野市立荘内小学校 3年 杉山緒百葉

「とりだせ!植物パワー蒸し蒸し大作戦」

鹿児島大学教育学部附属小学校 4年 森永草太

「コスモスの発芽条件を見つけよう mission!コスモスの種を300つぶ発芽させよ!」

鹿児島大学教育学部附属小学校 5年 西川結貴

「いろいろな条件で調べよう!二十日大根の育ち方」

鹿児島大学教育学部附属小学校 5年 川内蘭菜

「カイコの研究やってみた!!～作ろう!!私だけのカイコ図鑑～」

鹿児島県鹿児島市立玉江小学校 6年 中村璃海



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。

シゼコンのWEBサイトには
面白いコンテンツが盛りだくさん！



ぜひご利用ください！

<https://www.shizecon.net/> 詳しくは

《お断り》

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

編集を終えて

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

編集発行 自然科学観察研究会