科学教育振興助成
2025年度 成果報告書

Report of Science Education Promotion Program
Nakatani Foundation

公益財団法人 中谷財団

科学教育振興助成　2025年度成果報告書　発刊にあたって

公益財団法人 中谷財団は、神戸の臨床検査機器・試薬メーカーであるシスメックス株式会社の創業者・故中谷太郎氏により 1984 年に設立され、医工計測技術分野の振興発展のため、先進的な研究開発や技術交流に対する助成、顕著な業績を上げた研究者への顕彰等を永く行ってきました。おかげさまで一昨年設立 40 周年を迎え、BME（Bio Medical Engineering）分野 ～生命科学と理工学の融合境界領域～ に対象を拡大いたしました。

30 周年を機に開始した科学教育振興助成も本年 13 年目を迎え、おかげさまで応募数も増え、内容も充実してまいりました。将来を担う小中高校生の論理的思考力や創造性を育むことを通して我が国の科学技術の発展に寄与できればと考えております。

助成校の皆様の活動の様子や研究の成果は、財団ホームページで紹介するほか、成果発表会でも児童生徒に発表していただきましたが、このたび年度末に提出いただいた成果報告書を冊子にまとめて刊行いたしました。

この冊子が、ご指導いただいた先生方や児童生徒の皆様の励みとなりご参考になれば財団にとりまして何よりの喜びです。

2026 年 5 月

公益財団法人 中谷財団

中谷財団

科学教育振興助成
2025年度 成果報告書

目　　次

目次には申請時の題目を記載しており、各報告書のタイトルと異なる場合があります。

個別校助成

実験や工作を通して科学の楽しさを実感できる、新たな実験・工作の考案……北海道　札幌市立宮の森中学校…… 1
砂浜に着目した環境学習　－砂浜海岸の維持を目指して－……北海道　釧路工業高等専門学校…… 5
種の多様性への理解とその保全行動の定着にむけた教育実践……青森県　弘前市立南中学校…… 9
青森市の天然記念物「又八沼に生息するシナイモツゴ」の保護活動……青森県　青森県立青森中央高等学校……13
エコフィードのステージ別給与が黒毛和種の肉質に与える影響……青森県　青森県立三本木農業恵拓高等学校……17
カイコの飼育を通して真綿と生糸の有効活用を考える……宮城県　東北学院中学校・高等学校……21
学内自然林を活用した鳥類調査と調査方法の考案……宮城県　宮城学院中学校高等学校……25
～身近な自然の変化を、より身近に感じるために～

環境 DNA を用いた山形県加茂沿岸域の底生生物相の解明……山形県　山形県立加茂水産高等学校……29
高温の夏に土壌改良をめざす……福島県　福島市立北信中学校……33
つくばの地域資源等を最大限活用・連携し、児童がイキイキと主体的に探究的な学びに取り組める環境や授業づくり……茨城県　つくば市立並木小学校……37
ワインパミスと生分解性プラスチックを用いた大豆栽培に関する研究……茨城県　東洋大学附属牛久中学校・高等学校……41
－地域の未利用資源を持続可能な農業に活かす生徒主体の活動－

センサーやタブレット等の ICT 機器を用いて、聴覚障害がある生徒が視覚等を活用した分かりやすい観察実験等の取組……栃木県　栃木県立聾学校……45
トチノミを利用した低熱源発電装置の開発と評価……栃木県　白鴎大学足利中学校……49
～ SDGs と STEAM 教育の観点から～

桜山公園のフユザクラを守れ！　～保護と再生の両輪で目指す公園の復興～ ……群馬県　群馬県立勢多農林高等学校……53
特別支援学校における多様な野菜栽培管理とフードロスへの挑戦！……埼玉県　埼玉県立特別支援学校　羽生ふじ高等学園……57
タコの持続可能な陸上養殖技術の確立に向けた基礎研究……埼玉県　浦和実業学園中学校・高等学校……61
バイオチャー施用が植物の根に与える影響……埼玉県　東京農業大学第三高等学校……65
理科学習の意義や有用性を実感できる教育課程の編成　～教育資源との連携を通して～……千葉県　袖ケ浦市立中川小学校……69
「児童の心に灯がともる学びの創造」……千葉県　千葉市立緑町小学校……73
～誰もが学びの主人公になれる「一人一実験」の授業づくり～

茂原地域の湿原を題材とした教材開発と環境保全へのアプローチ……千葉県　千葉県立長生高等学校……77
－生物多様性の意義を実感させる取り組み－

生徒が取り組む校舎屋上での微隕石探索とその実物サンプルの分析及び分類……東京都　鷹南学園三鷹市立第五中学校……81
地学班生徒による学校敷地の地下構造の理解と井戸の設置……東京都　聖心女子学院中高等科……85
健康に良いぬか漬けを作りたい！……東京都　順天中学高等学校……89
－伝統的発酵食品の微生物・分子生物学的探究－

野菜を美味しくする乳酸菌を探そう……東京都　学校法人創価学園　創価高等学校……93
特定外来生物　クリハラリスの食性分析……神奈川県　光明学園相模原高等学校……97
絶滅危惧植物の保全生態学を通した ESD ……神奈川県　横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校・附属中学校… 101
花粉化石から探る上総層群飯室層堆積時の環境……神奈川県　神奈川県立多摩高等学校…… 105
合意形成を活用して生徒の価値観を育成する教育プログラムの開発……神奈川県　藤沢翔陵高等学校…… 109
～海岸防災のハード対策におけるトレードオフの市民参画を見据えて～

環境 DNA を用いたホクリクサンショウウオの生息調査と保護活動……富山県　富山県立富山中部高等学校… 113
地元の「天池」を守ろう！雄島っ子環境保全活動隊……福井県　坂井市立雄島小学校…… 117
越前白茎ごぼう育成のための水耕栽培システムの構築と実践……福井県　坂井市立春江小学校…… 121
災害救助と林業支援を目指した多目的ロボットの開発……長野県　長野県諏訪清陵高等学校…… 125
岐阜市長良川堤防におけるジャコウアゲハの生存戦略について……岐阜県　岐阜県立岐阜高等学校…… 129
～食草・外来種・温暖化への対応から～

KeTCindy を用いた幾何教材作成を支援する Web ドキュメントの構築……静岡県　沼津工業高等専門学校…… 133
問題解決をしていく楽しさを味わうことができる児童の育成……愛知県　名古屋市立瑞穂小学校…… 137
健康を科学する（教科等横断的な学び×地域連携）……愛知県　犬山市立楽田小学校…… 141
～みんなでつくろう！一人一人が「心身ともに健康」な城山っ子～

ストップフードロス　フードロスゼロを目指して　～規格外農産物の有効利用～……愛知県　愛知県立佐屋高等学校…… 145
部活動に紐づいたスポーツデータアナリティクスによるデータリテラシー育成の実践……愛知県　名古屋大学教育学部附属中・高等学校… 149
付加価値を追求した環境再生型農業と「地球にやさしい鶏卵」……愛知県　愛知県立猿投農林高等学校… 153
～農業高校からカーボンニュートラルを目指す～

地域コンテンツの科学的・協働的探究を大切にした教科横断型防災カリキュラムの創造と実践……三重県　桑名市立長島中部小学校…… 157
地域の産業廃棄物を有機物肥料に転換　～有機農業の推進を目指して～……三重県　三重県立伊賀白鳳高等学校… 161
奇跡の民間薬～三重県志摩地方の「へいさく」が秘める治癒力～についての研究……三重県　三重県立伊勢高等学校…… 165
地域と繋がる「西考」プロジェクト……三重県　三重県立津西高等学校…… 169
～個の疑問をテーマに、企業や外部団体と連携し、進学先まで繋ぐ探究活動～

地域資源を活用した鶏舎敷材の開発及び堆肥化に関する研究……三重県　三重県立四日市農芸高等学校… 173
～地域産業との連携による環境に優しい野菜栽培の実践～

老上中　三方よし……滋賀県　草津市立老上中学校…… 177
～世間よし　琵琶湖よし　みんなよし～

知的探求心と問いを育てる生活科及び理科の授業デザイン……京都府　京都府立井手やまぶき支援学校… 181
地域の花「アジサイ」の栽培活動を軸とした探究活動……京都府　木津川市立泉川中学校…… 185
～めざせスマート農業！水耕栽培の挑戦～

京都府舞鶴市冠島（無人島）のオオミズナギドリ調査を通した地域協働型探究学習と生徒による主体的な普及啓発活動……京都府　京都府立西舞鶴高等学校…… 189
京都府丹後半島の森林小流域における土壌生成に関する研究……京都府　京都府立嵯峨野高等学校…… 193
生徒の自由な発想による自然科学分野の探究プログラムの開発……京都府　京都府立園部高等学校…… 197
Problem-Based Learning を核とした高校物理における生徒の主体的学習法の開発……京都府　京都明徳高等学校…… 201
児童による間違い探し作成を通じた理科の学びの深化……大阪府　関西大学初等部…… 205
大阪国際空港周辺の温室効果ガス排出に関する研究……大阪府　関西学院千里国際中等部・高等部… 209
ツシマヤマネコ交通事故対策における新対策「におい・音」の効果検証……大阪府　関西大学第一高等学校・中学校… 213
ヨシ抽出液でイシガイを救え！！……大阪府　清風中学・高等学校…… 217
モリアオガエルの生態調査と生息域外保全飼育の向上……兵庫県　西宮市立山口中学校…… 221
人知れず着実に分布域を拡大する侵略的陸上植物からみた市街地の植生管理の課題と方策を探る……兵庫県　兵庫県立尼崎西高等学校…… 225
地域の特定外来生物を題材とした探究活動および環境教育の推進……兵庫県　兵庫県立明石北高等学校…… 229
持続可能な社会の実現を目指した、医薬品アセトアミノフェン合成の教材開発……奈良県　奈良女子大学附属中等教育学校… 233
奈良県生駒市におけるツバメの雌雄別給餌行動の観察と給餌内容の解析……奈良県　奈良女子大学附属中等教育学校… 237
和歌山県中紀地方に生息するナガレホトケドジョウの分布と生息環境要因の分析……和歌山県　和歌山県立日高高等学校…… 241
熱化学教育の指導を支援する熱電対温度計および計測プログラムの開発……島根県　島根県立松江東高等学校…… 245
～松江東高校自然科学部による基礎的研究と教材開発～

宍道湖・Air 電池Ⅱ　～湖水と空気から電圧を得る一工夫～……島根県　島根県立松江南高等学校…… 249
モデルロケットにおける安定係数と飛行性能に関する研究……岡山県　岡山県立倉敷工業高等学校… 253
笠岡湾干拓地の創成緑地における変形菌群集の調査……岡山県　岡山龍谷高等学校…… 257
生徒が主体的に活動し、科学的に探究するために必要な資質・能力を身に付ける理科教育……広島県　広島市立船越中学校…… 261

スイゲンゼニタナゴ（絶滅危惧ⅠA類）の保護・繁殖活動とオニバス（絶滅危惧Ⅱ類）の生息環境調査……広島県　盈進中学高等学校…… 265
環境要因がアカハライモリの生息に及ぼす影響……広島県　広島県立広島高等学校…… 269
養コオロギ廃棄物のフンと紙卵トレーで土壌改良材を開発……広島県　広島県立西条農業高等学校… 273
～フン中のセルロース分解細菌等の有用細菌に着目して～
カイワレダイコンのイソチオシアネート濃度上昇につながる条件の評価……香川県　香川県立丸亀城西高等学校… 277
「ドローンパイロット」の育成と「デジタルものづくりラボ」の活用（地域貢献）……長崎県　長崎総合科学大学附属高等学校… 281
離島地域の水産業振興を目指した海洋教育……長崎県　長崎県立上五島高等学校…… 285
情報学研究および競技プログラミング活動を通じた高度科学技術イノベーション人材の育成……大分県　大分県立大分舞鶴高等学校… 289
－科学部情報班の取り組みの展開－

複数校連携助成［1年目］

「生きる力」を育む理科教育の実践 ……宮城県　宮城県泉館山高等学校…… 293
～ミミズ堆肥作りで小・高の学校間を点と点で取り持ち主体性と協働性を養う～
伝統野菜の調査と品種保全に関する研究……宮城県　宮城県工業高等学校…… 297
両生類を対象に研究している高校生のサポートと全国的な交流を推進する大学連携した教育ネットワークの構築……東京都　山脇学園高等学校…… 301
学校の森および隣接する森林公園の環境評価……神奈川県　神奈川大学附属中・高等学校… 305
能登地区の海洋資源を生かした海洋教育推進プログラム……石川県　能登町立柳田中学校…… 309
ニホンウナギの探究活動……愛知県　愛知県立三谷水産高等学校… 313
～種苗生産と干潟・汽水域での生態解明を目指して～
平和の象徴・生命の木である「オリーブ」を通して児童生徒の自然科学の芽を育み、地域と協働して行う持続可能な社会づくり…大阪府　堺市立新檜尾台小学校…… 317
微小重力装置・重力可変装置を用いた天体表面重力での液体・固体の運動の実験的検証……大阪府　大阪府立今宮工科高等学校　定時制の課程… 321
ひょうごに住む私たちの地域創生……兵庫県　兵庫県立姫路商業高等学校… 325
～阪神・淡路大震災から 30 年災害用備蓄食品の取組～
スポーツテックを題材とするプログラミング教育の実施……鳥取県　米子工業高等専門学校…… 329
～ AI 動作解析を通した新たな試み～
青い鳥ブッポウソウの生態調査と保護活動を通じて環境教育の推進と未来の地域を支える人材育成……岡山県　岡山県立高梁城南高等学校… 333
未利用資源を用いた地域活性化に関する研究……岡山県　岡山県立高松農業高等学校… 337
～白壁の街の新特産品をツムグ～
宇和島水産高等学校と岩松小学校をつなぐ岩松川流域学習……愛媛県　愛媛県立宇和島水産高等学校… 341
－岩松川水系におけるシンボルフィッシュを中心とした保全活動－
高専サイエンス支援ネットによる小・中学生向け講座「知って・見て・触れて・考える」……福岡県　有明工業高等専門学校…… 345
～有明海や阿蘇・雲仙もテーマに入れて～

複数校連携助成［2年目］（2024 年度採択）

学校農場での飼料自給率改善プロジェクト 3 ……北海道　北海道更別農業高等学校…… 349
～北海道十勝の農業高校における飼料用トウモロコシサイレージの栽培調製比較試験～
魚病のコントロールと新たな飼料の開発を目指し、……福島県　福島県立安積高等学校…… 353
全国一の鯉の生産量を誇る郡山市の内水面養殖を高校生が盛り上げる
IoT 教育普及と生徒主体による STEAM 能力育成　～ IoT ロボコンによる学校間連携～…東京都　学校法人山脇学園中学校高等学校… 357
環境 DNA による石川県の河川の魚類相調査　～学校間ネットワークによる広域調査～……石川県　石川県立七尾高等学校…… 361
浜松浜北宮口湿地のつくりと郷土に生きる生き物……静岡県　浜松市立三方原中学校…… 365
拓け豊根学　岩石を手がかりに読み解く過去の姿……愛知県　愛知県北設楽郡豊根村立豊根中学校… 369
次世代ロボットフレームワーク ROS2 の活用による高機能自律ロボット……愛知県　愛知県立刈谷工科高等学校… 373
開発を通した、持続可能な社会の実現に資する人材の育成

ドローン映像を活用して流域治水について探究する学習プログラムの開発と実践……三重県　三重大学教育学部附属小学校… 377
未来の最先端科学者育成に向けてのシステムの開発・実践……三重県　三重県立桑名高等学校…… 381
～世代を超えた連携構築を目指して～
元びわっこ大使達の挑戦！琵琶湖スタディツアーの構築……滋賀県　滋賀県立河瀬中学校・高等学校… 385
～翔んで東京、琵琶湖より学びを込めて～
感性と想像力を触発する場をつくる……京都府　相楽東部広域連合立笠置小学校… 389
～体験や遊びによる感動や気づきから問いを生む理科・環境教育～
益田圏域における理数教育を発展させるための小学校・中学校・高等学校連携プログラム……島根県　島根県立益田高等学校…… 393
女子中高生の理系進路選択を支援する、科学研究発表交流会 ならびに……岡山県　ノートルダム清心学園　清心中学校清心女子高等学校… 397
ジェンダーギャップを越える STEAM 教育研究会の開催
飼育・栽培活動を通して自然に学ぶ総合的な学習の時間～地域連携で深める探求学習　……広島県　広島市立倉掛小学校…… 401
星食現象の国際共同観測による天文学と教育の連携……宮崎県　宮崎県立宮崎北高等学校…… 405

教員支援助成［1年目］

中学校理科の若手教員を対象とした学校における観察実験の拡大を目指した取組み……東京都　日本科学技術振興財団 …… 409
主体的学習を促す授業及び教具・教材開発と地域教育への還元……奈良県　国立大学法人奈良教育大学附属中学校… 413
教科指導リーダーを中核とした生徒の資質・能力を育む中学校理科教育の推進……島根県　島根県教育センター …… 417
～指導と評価の一体化を図る単元計画の検討～
地域のジオ資産を用いた総合知を育む科学教育プログラムの開発と推進……島根県　大田市立長久小学校 …… 421
小学校理科教育の質を維持するための持続可能な研修サイクルの構築……岡山県　国立大学法人岡山大学　教師教育開発センター… 425

教員支援助成［2年目］（2024 年度採択）

観察・実験における「科学的な探究プログラム」の開発と実践による検証……山形県　山形市理科教育研究会…… 429
「みる　つなげる　考える　未来をそうぞうする理科学習」の実現を目指す教師の研修の充実……栃木県　栃木県小学校教育研究会宇都宮支部理科支部部会… 433
だれもがワクワク、推し授業……滋賀県　湖南市立三雲小学校…… 437
パーソナルヘルスレコードと学校教育の DX ……京都府　学校法人立命館 立命館小学校… 441
～医療計測技術と医療システムの学校教育への援用の具体的可能性～
幼児期の学びの芽生えを自覚的な学びへ転換する環境づくり……大阪府　大阪市立味原小学校…… 445
科学教育における特異な才能を持った児童を伸ばすことができる意欲的な教師を育成するプログラム……兵庫県　神戸大学 人間発達環境学研究科… 449
ICT 活用による科学的探究を通した児童の学びの深化　……広島県　広島大学附属小学校…… 453
－生命の構造と機能のカリキュラム開発－
離島域・へき地域における個別最適な理科の学びを促進・支援する学習環境の開発と教員研修 ……鹿児島県　鹿児島大学教育学部…… 457

教員支援助成［3年目］（2023 年度採択）

『飛翔型』理科学習で指導が難しいところを解決する試み……宮城県　宮城教育大学…… 461
～効果的な理科実験研修を踏まえたフロンティアリーダーの育成研修～
小学校理科の教科担任制のための教員養成・研修プログラムの開発及び理科授業研究の支援……山形県　山形大学　学術研究院…… 465
小学校理科における他校との連携授業がもたらす教育効果の検証……東京都　東京学芸大学附属小金井小学校… 469
問題を解決する力を育む理科授業　～自発的な学びのために～……神奈川県　川崎市立小学校理科教育研究会… 473
一人一台の ICT 端末に活用できる地域教材開発プロジェクト……愛知県　愛知県科学教育研究会丹葉支部… 477
科学へジャンプ・イン・東海（仮称）を核とした視覚障害教育向上への取り組み……愛知県　国立大学法人愛知教育大学… 481
子どもが主体的に取り組み思考する理科学習　～サイエンスインフルエンサーをめざして～……兵庫県　西宮市小学校教科等研究会理科部会… 485
感嘆符（！）から感嘆符（！！），そして感嘆符（！！！）へ……広島県　広島市立観音小学校…… 489
～思わずしゃべりたくなっちゃう子の育成～

個別校助成

実験や工作を通して科学の楽しさを実感できる、

新たな実験・工作の考案

実施担当者　札幌市立宮の森中学校
教諭　野田　瑞木

１　はじめに

札幌市立宮の森中学校科学部は、宮の森サイエンスマップ等が主催する、工作や実験を通して子どもが身近な科学を体験できるイベントに参加している。イベント後の保護者から寄せられるアンケートに、「新しい工作や実験はできないものか」という意見があった。また、部員たちからも、リピーターである子どもたちに「それ、知ってる。前にやったから」と言われることが多く、説明を聞いてもらえないとの訴えがあった。昨年度から、新しいブースを考えてみる活動をスタートさせたが、部活動費では考案したものを試してみることができなかった。

２　新しい工作、実験を考え出す

２－１　身近な科学の何に焦点を当てるか。

既存のブースにあるテーマを広げ、シリーズ化することを前提に考え始めた。生徒から出た案は偏光板を使った工作・実験、磁石を使った実験である。偏光板を使った実験として、「見えないテレビ」と題したブースがある。液晶モニターの表面のシートを剥がし、肉眼ではモニターに何が映っているか見えない状態をつくり、来場した子どもに偏光板でつくった眼鏡をかけてもらうとモニター画面が見えるようになる。ここで、偏光板とはどういうものか説明をし、画面の前で偏光板を回転させると見える色味が変わることを体験してもらう。また、光の３原色についての説明をしている（この時使用しているのは、2023 年度の助成金で購入した器具である）。また、磁石を使ったブースは、「磁石で遊ぼ」と「磁石で輪投げ」と題して、鉄が引きつけられる性質や、磁石の同極どうしの反発し合う性質を利用した工作を行っている。偏光板や磁石を使ったブースを新しく考案しようと話合いがまとまった。

２－２　工作や実験はインターネット上にはたくさんあるものの

生徒たちは、ヒントを得ようとインターネットでたくさん調べた。イベントでは一つのブースの滞在時間を長くても 10 分くらいにしている。また、未就学児でもできることが条件である。複雑な工程のものやカッターを使用するものはできない。また、インターネット上で公開されているものには著作権も発生しているかもしれない、ということから、安易にインターネットから子どもたちが興味をもつものを採用することはできないと生徒が判断した。そのため、より偏光板や磁石についてその性質を生徒自身が理解し、「遊ぶ感覚」で楽しめるものを作ろうと、悩み出した。

新ブースを考案中

２－３　偏光板の可能性

２枚の偏光板とプラスチック

偏光板は２枚重ねて一方を回転させることで、偏光板を通ってくる光の波が変わる。理科では岩石プレパラートの観察をするときに用いることがある。生徒が岩石プレパラートをつくることが可能かを調べたが、中学校の設備で量産するのは難しかった。偏光板の間に挟んで観察するものはないか探したところ、インターネットに偏光板の片面にセロハンテープを貼り、セロハンテープを貼っていない偏光板を重ねるとセロハンテープが虹色になって見えると紹介されていたものが多くあり、試してみたところ、子どもたちが興味をもちそうな結果が見られた。そこで、生徒は透明なものを間に挟むと同じように見えるのでは、と考え、色々なものを挟んでみた。偏光板を 90°ずらしてのぞくと光が透過せず、真っ暗に見えるが、間にプラスチックを挟むとプラスチックが見えるようになる。これは、子どもを引きつけることができると考え、新ブース候補とした。また、プラスチックスプーンなど形成されているものの場合、力がかかっている部分が虹色に見えることから、厚手のビニール袋を手で引っ張ったものも間に挟んで見てみた。引っ張る力の強さによって虹色の見え方が変わる様子が子どもの興味を引くのではないかと考え、これも採用することにした。

２－４　磁石の可能性

金属球が金属球にくっついていく不思議

磁石を使うブースは、モールを引きつけて輪投げをしたり、反発し合う性質を利用した工作がある。そこで、協力者である宮の森サイエンスマップ事務局長の菱氏より助言をいただき、磁石の強さの違いを体感できるブースを考えることにした。こちらの方は菱氏全面協力による考案になった。アイスヘラに磁石を貼り付け、その磁石と同じ種類の磁石、それよりも弱い磁石、パチンコ玉を準備し、子どもたちにクイズ形式で数種類の実験をするブースができあがった。実験は A4 サイズの紙芝居状にしたもので子どもたちに提示し、ブース体験後は名刺サイズの実験書と実験に使用したものをお持ち帰りできるセットを作成した。

２－５　自由に考案した文化祭

ガウス加速器
振り子版

本校の文化祭では、科学部も展示で参加している。ここでも新ブースにつながる可能性を模索しながら工作をした。「ヘロンの噴水」「リニアモーターカー」「ガウス加速器　振り子版」「ホログラム」「高弾性の実験（偏光板２枚を使って引っ張ったビニールを見る。ブースとして成立済み）」「水飲み鳥」「電気くらげ（静電気）」等をインターネットの情報を利用して工作し、体験型展示を行った。いずれも、説明する人がつかない状態で展示をしており、見に来た生徒がポスターを読んでその通り実験をしたり、観察をしたりしていった。ただ、これらをブースに持って行けるか、となると難しいという結論になった。まず、イベントのブースでは水を使うものは難しい。また、今回の文化祭で工作したものはどれも微調整が必要で、成功率が低かった。「ガウスの加速器　振り子版」と「ホログラム」、「リニアモーターカー」は精度を上げて、体験型ブースとして実現できるよう目指す。

ホログラムの装置

水飲み鳥

２－６　偏光板を使った工作パート２

菱氏が昨年度のイベントで考案した「錯覚筒」を宮の森中学校科学部のブースに加えていただいた。透明のアクリルパイプに 90° 回転させた偏光板を内側に巻き付けると、アクリルパイプを外側から見たときに真ん中に黒い壁があるように見える。そこにビー玉を入れ、アクリルパイプの上下をシールで封をして砂時計のように返すと、ビー玉が壁を通り抜けてくるように見える工作である。こちらは、偏光板をアクリルパイプのサイズに合わせて正確に切る必要があり、生徒には難しい準備作業だったため、最初のイベントで実施して今年度は終わっている。自分たちで考案したものではなかったが、生徒たちは「見えないテレビ」で使われている偏光板で別の現象が見られることに感動していた。

２－７　地域のお祭りに参加して

サイエンスマップ主催のイベントとは別に、地域のお祭りに参加させてもらった。ここでは、いつものイベントとは異なり、外で開催されること、必ずしも科学に興味がある子どもが来ているわけではないこと、を考慮して決めた。砂場があるので、ペットボトルに砂と水を入れて振り、静置して堆積の順番が粒の大きさで決まる現象と、地震によって起こる液状化現象を体験するブースと、小さな子どもでもできるアルミニウム箔にホワイトボードマーカーで絵を描き、アルミニウム箔を水に沈めると水面に描いた絵が浮かんでくるブースを持って参加した。風が吹いても影響がなく、未就学の子どもでも楽しめるもので、子どもたちに関わった生徒も楽しそうであった。

地域のお祭りの一コマ

２－８　パートナー校の小学校のフェスティバルに参加して

強弱の磁石と２枚の偏光板をいつものブースに加えて持って行った。２枚の偏光板は、子どもたちに作成してもらおうとすると時間がかかってしまうので、生徒が作り、参加した子どもたちに見せることにした。プラスチックのスプーンやプラスチックのケースなどを見てもらった後にビニールを手で引っ張ってもらい、それを間に挟んで見せた。偏光板２枚では何も見えない状態なのに、間にプラスチックを挟むと力が加わっている部分が虹色になって見えるようになる現象を不思議そうに見ている子どもたちの反応が、生徒にはとても嬉しいことだったようだ。

地域のお祭りの一コマ

２－９　実は子どもがなかなか来ない磁石ブース

ブース机上に準備されている物が正直地味で、何ができるのかすぐには分からないことが原因かと推察した。そこで、新ブースの「強い磁石弱い磁石」のブースに大きめの磁石と大きめの金属球を準備して、何をするところなのか遠目からも分かるようにすることにした。来年度の実用化を目指して準備中である。

３　まとめ

本校の科学部は、科学的な探究を目的として入部してくる生徒は少ない。部活動紹介でも入部体験でも「イベントに参加し、子どもたち相手に実験・工作をしていることがメインの活動である」と説明している。イベントのブースもすでにあるものを先輩から引き継いで子どもたちにレクチャーしており、科学的な視点に欠けていることもあった。新しいブースを考案することを通して、イベントの意義を改めて考えることができた。考案中は面白いものに向かっていってしまいそうなときも、部員同士で「科学的な視点」について確認し合い、適するもの適さないものを生徒たちで判断していった。その過程を通して、今年度のイベントでは既存のブースで子どもたちに対応するときの説明の仕方が変わっていった。イベントの主催者は、「子どもたちに全てを説明しなくてもいい。身近な科学を体験し、どうしてそうなるのかは今は分からないままでも構わない」というスタンスで活動している。生徒はその説明のさじ加減を図りかねていた部分があったが、ブースの考案を通して、まずは、「この現象は不思議だ」「なんだかおもしろい」と感じてもらうことがまず大事だと理解し、淡々と説明をしたり、全く説明をしなかったりということが少なくなった。イベントのブースとして実現しなかったものも、小学校のフェスティバルや地域のお祭りで披露できたことが意欲の向上につながった。既存のブースの工作や実験で、案外科学的な理解ができていないと知ることができた。理解していないから説明できないのと、理解して知っているけどあえて説明しない。この大きな差を自覚したようである。きちんと理解していればどこに面白みを感じてもらうか誘導することもできる。今回、実現できた実験・工作は少なかったが生徒の意識が向上したことが何より大きな成果であると顧問は考えている。

謝　辞
本取組は、公益財団法人　中谷財団の科学教育振興助成事業に採択され実施することができました。多大なご支援に感謝申し上げます。また、宮の森サイエンスマップ事務局長　菱直幸氏には多くの助言をいただいたことに感謝いたします。

砂浜に着目した環境学習

－ 砂浜海岸の維持を目指して－

実施担当者　釧路工業高等専門学校
教授　小久保　慶一

1　はじめに

現在、世界各地で砂浜の減少・消滅が問題となっている。砂浜の消滅は、砂浜に住む動植物の生態系の破壊、波浪を軽減する防災機能の低下、漁場の減少、水質汚濁、観光資源の消滅など、我々の生活に深刻な影響をもたらすことが懸念されている。砂浜の果たす役割を、理科の生物・地学分野の学習内容と関連させながら学習することで、砂浜に対する関心と理解を高めるとともに、環境保護に対する課題意識を持ち、砂浜の保全に積極的に関わる姿勢を身につけることを目的とし、北海道白糠町の恋問海岸において、調査活動・授業による探究活動を実施した。

図１　北海道の全景と白糠町の場所

図２　1963 年(右)と 2010 年(左)の海岸線の変化

2　取組内容

2－1　調査活動

2025 年度は、これまでほとんど調査が行われていなかった恋問海岸の現状を明らかにするため、海岸線の水平測量・植生調査・採取砂礫の粒度分析を行った。

＜調査日＞
2025 年 6 月 30 日、9 月 23 日、11 月 14 日
＜調査場所＞
新「道の駅　しらぬか恋問」に隣接する砂浜海岸
＜調査内容＞
・測量（6 月、11 月）
ハンドレベルを用い、基点から 5m 間隔で海岸線の汀線までの距離を測定した。
この結果をもとに、前浜の勾配変化を算出した。
・植生調査
測線に沿って 3m×3m コドラートを設置し、出現種と被度を記録した。
・粒度分析（6 月、9 月、11 月）
汀線より内陸側の砂礫を採取し、ふるいで 0.5 φ ごとの粒度分析を行った。

２－２　調査結果と考察

（1）断面地形調査

汀線距離は、6 月から 11 月にかけて約 2m 程度後退したことが確認された。汀線から約 10m 内陸側までの勾配は、6 月から 11 月にかけて傾斜が約 2°進行したことが確認された。ビーチサイクルの関係から夏季から冬季にかけて傾斜や浸食が進行することが知られているが、秋口での調査でも浸食や傾斜の進行が進んでいることが確認された。

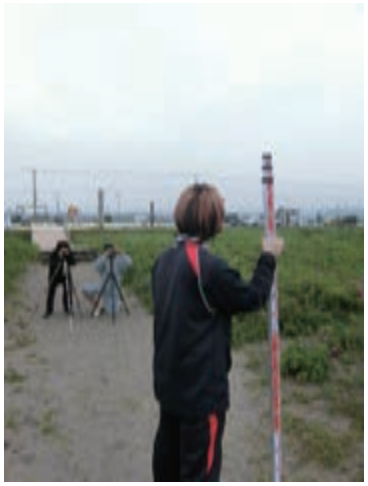


図３　測量の様子

図４　汀線距離測定の様子

表１．汀線と勾配の様子

	汀線	勾配
6/30	53.5m	7.8°
11/14	51.5m	9.8°

（2）植生調査

基準点から 11～29m にハマナス、29～44m にハマニンニクなどの海浜植物が高密度で群生していることが確認された。一方で、ブタナなどの外来種が遊歩道のみならず、海浜植物の群生地内にも点在していることが確認された（図６）。ハマニンニクやハマナスなどの海浜植物の帯状分布は砂浜を侵食から保護する緩衝機能を有することが知られているが、本調査より、当該砂浜では健全な構造が維持されていることが確認された。一方、ブタナなどの外来種の侵入は、踏圧等で生じたわずかな隙間に定着した可能性が高い。成長が早いため、在来種の成長を阻害し、砂浜の安定性を損なう恐れが考えられる。

図５　植生調査の様子

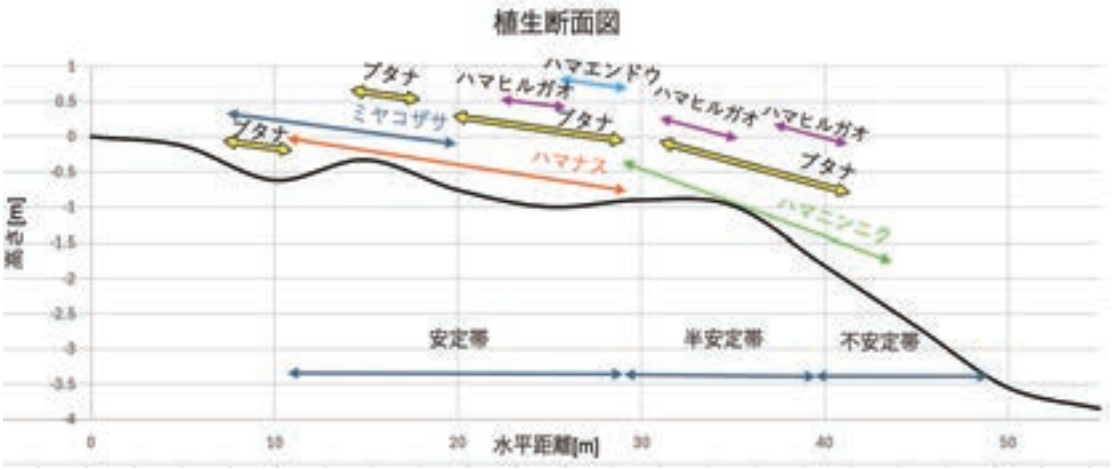


図６　断面地形調査の結果と植生調査の関係

（3）粒度分析

6 月の粒径分布のピークは 0.355mm～0.50mm、9 月の粒径分布のピークは 0.25mm～0.355mm、11 月の粒径分布のピークは 0.355mm～0.50mm であった。ヒストグラム（図 7）の比較から、9 月に細粒側へ遷移していることが確認された。この粒度の変化については、直前（9 月 21 日）に通過した発達した低気圧に伴う波浪による侵食が原因であった可能性が考えられる。6 月と 9 月の比較から、本来、砂浜海岸では波浪に伴い粗粒砂が卓越する傾向が見られるのに対し、恋問海岸では静穏期に粗粒側への堆積傾向があることが確認された。これは、土砂運搬量の多い河川として知られている阿寒川が砂浜海岸から約 7km と至近にあり、通常は粗粒の砂礫が堆積しやすい環境にあることが関係しているためと考えられる。

また、恋問海岸は反射型砂浜であるため、11 月の調査では晩秋から初冬で観察される粗粒砂の堆積を予想していた。しかし、実際には 6 月に比べて細粒砂が卓越していた。これは、晩秋に発生頻度の上がる強風や波浪が表面の砂層を削剥し、下部の細粒砂層を露出させた可能性が考えられる。この現象は、季節的なビーチサイクルを超えた侵食を示唆する可能性もある。

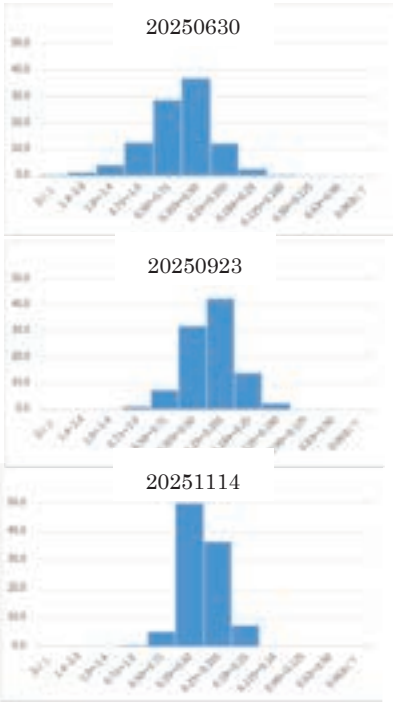


図７　粒度変化の過程

（4）今後の課題

・長期な変化を把握するため、2026 年度以降も定期観測と調査を実施する。
・外来種の侵入および分布拡大の要因を調査する。
・本調査で把握された恋問海岸の実態を、地域住民への周知・啓蒙活動を行う。
・海岸侵食の進行を抑制するための有効な保全方策の検討を進める。

２－３　理科の授業での巡検・探究学習

第 1 学年の理科必修科目「地球と生命」の中で、事前学習、巡検、探究活動の一連の学習を行った。これらの学習を通して砂浜の役割を理解し、砂浜の保護意識の向上と砂浜を守るために主体的な態度の育成を図ることを目的とした。

＜授業内容＞

・事前学習（9 月）

生物分野：内陸に向かって植生遷移が進むこと、環境に適した形態を持つことを説明した。

地学分野：阿寒川を供給源とする砂礫と礫種の特徴を説明した。
・巡検（10 月）
旧「道の駅　しらぬか恋問」周辺の海岸にて、海浜植物、砂礫の観察と採取を実施した。
・探究活動（11 月）
粒度分析：砂礫のふるいがけを行い、ヒストグラムから海砂の特徴を読み取り、供給源との関係を考察した。
鉱物組成：砂礫の風化に伴い、石英などの硬度の高い鉱物が残存しやすいことを見出させた。
植物形態：ひげ根・地下茎による砂の固定、厚い葉や茎による砂浜環境への適応など、海浜植物の形態的特徴が砂浜の形成・維持に寄与していることを見出させた。

事前学習では、生物分野の「植生遷移」、「バイオーム」、「生物多様性」、地学分野では「土地の成り立ちと変化」などの単元で、砂浜の特徴を把握するために必要な内容の学習を行った。

巡検では海浜植物や砂礫を観察に加えて、マダコの卵の抜け殻や、ホッキ貝など、砂浜海岸で見られる動植物についても観察し、海の恵みへの理解を深めさせた。

事後学習では、観察結果を踏まえて、砂浜が形成・維持に必要な条件を考察させた。生物分野では、ハマナス・コウボウムギなどに見られる形態的特徴が砂の流失を防ぎ、砂浜、砂丘の維持・安定化に寄与していることを理解させた。地学分野では、砂礫の供給源となる河川の役割を確認し、砂礫の供給量の均衡が砂浜の形成において重要であることなどを考察させた。その上で、砂浜の減少・消滅問題について説明し、砂浜を守っていくことの重要性を理解させた。また、その対応に向けた行動についても検討させた。

授業の事前と事後で行った調査からは、砂浜海岸の減少問題に対する理解の浸透と、砂浜海岸の保護などといった環境保護意識の向上が確認された。

図８　巡検の様子①

図９　巡検の様子②

３　まとめ

測量・植生・粒度の調査を通して、恋問海岸の侵食傾向や外来種の侵入、砂粒の季節変動など海岸環境の現状を把握することができた。また、理科の事前学習・巡検・探究活動を体系的に実施し、生徒が海浜植物の役割や砂礫供給の仕組みを理解することで、砂浜保全への関心と環境保護意識が高まったことが確認された。今後は、調査活動や学習活動を継続・発展させるとともに、その取組を地域へも広げていければと考えている。

謝　辞

本活動は、公益財団法人中谷財団 2025 年度科学教育振興助成を受けて行ったものである。ここに記し、感謝いたします。

参考文献

・国土交通省（2024）市民による海辺の生物調査マニュアル（試案）
・科教協北海道ブロック（1986）北海道自然の話、新生出版、p130-131

種の多様性への理解とその保全行動の定着にむけた教育実践

実施担当者　　弘前市立南中学校
教頭　　外﨑　法夫

ショウジョウトンボ、真っ赤な顔が特徴

１　はじめに

デジタル化が急激に進展する現在、教育の場でも「ホンモノ」に触れる機会がどんどん減少しているきらいがある。このことは現場に臨み、実物を観察し、そこからデータを集めることを出発点とする自然科学にとってゆゆしき事態である。

そこで、本事業では「ホンモノ」の動植物に触れる機会を創造したい。「ホンモノ」による教科書に記述された学習内容の実践、また、身近な故郷に優れた生態環境が現存することを認識させることこそが理科、および地域教育としての優位性ではないか、と考える。究極的には、トンボなどの生き物をじっと注視、観察する活動が、地球環境全体を俯瞰しうるとともに深い探求心を育て視野を広げることにつながると信じる。

さらに、大きな気がかりは、グローバルな規模で進行している環境劣化である。世界全体では、毎年３３０万ヘクタール、１秒間に換算すると東京ドーム２個分の森林が失われているとの報告が示すように、ものすごい勢いで森林が消失している。ところが、青森県で生活する私たちには深刻な森林破壊の現状をなかなか実感できないという悩みがある。そのため、ひろさき環境パートナーシップ２１（略称：HEP21）が取り組んできた「だんぶり池」づくり（休耕田を多様な生物が生息する環境に作りかえる活動）を紹介し、ホタルやセミなど身近な生き物の減少に気づかせ、豊かな生態系の価値を理解させていく。ふるさとの環境再生のために汗を流してきた市民ボランティアの方々へ注目させることは、私たちが身近なところからチャレンジできる自然再生活動を認知させる契機になると期待する。

以上の取組を通して、理科の学びの終着点に輝く「持続可能な社会（SDGｓ）実現」への主体性を涵養したいと目論むところである。

※　「だんぶり」津軽地方の方言でトンボを指す言葉

２　活動の記録

２－１　「弘前だんぶり池」整備の経緯

だんぶり池の概要図

「ひろさき環境パートナーシップ２１」（HEP21）は、故村田孝嗣氏が中心となって発足させた NPO である。弘前市と各事業者、市民が互いに手を携えながら自然環境の復元に挑戦している。

その活動の目玉として取り組んだ「だんぶり池」づくりは、２００３年の春から始まった。もともとは７年ほど放置された休耕田だったのだが、市が土地を買い取り週末ごとに集まるボランテイアの皆さんが整備作業に汗を流したのである。１０月には半分ほどが整備され「開所式」を行った。ほぼ完成できたのは２００４年の９月である。面積約 5,500 ㎡の遊休地を低水温湿原、暖水池、水路等を組み合わせて整備した。多様な生物が生息する空間を創出するため、水温や水深、水の流れの速さなどが一様にならないような工夫が随所にある。豊かな自然をとり戻すために皆が協力して知恵を絞った成果である。

２－２　今こそ環境再生を！

須藤まゆみ氏による講話

１２月３日（水）、弘前大学自然環境研究センターから須藤まゆみ氏をお招きして、休耕田を「弘前だんぶり池」として再生させてきたいきさつと自然環境を復元させることの意義と必要性についてのお話を伺った。

「皆さんはこの夏にホタルを見ましたか。昔はどこの水辺でも観察されたホタルですが、今は少し苦労しないと見られなくなりました」「環境にどんな変化があったのでしょうか。どうすれば観察できるのでしょうか」「私たちが住む街を循環型社会に近づけて環境への負荷を少しでも減らし自然や生物にとってやさしい街にすることが大切です」「野生の生物は環境変化のセンサーです」

須藤先生のお話を聞き、私たち人間も自然の一部であり、沢山の種類の生き物が影響し合っている環境ほど豊かで安定していることに気づくことができた。

（生徒の感想から）

・私は須藤先生のお話を聞き、思ったことが２つあります。

１つ目は「自然がものすごく好き」ということです。私は、これまで特に好きというものは何もありませんでした。しかし、今回、須藤先生のお話を聞いて「自然が好き」「生き物が好き」「だんぶり池が大好き」ということがものすごく伝わり真剣に聞くことができました。さらに、気がついたら生き物や生態系について「もっと知りたい」「もっと調べたい」と思っていました。また、私は、植物の役割、動物の命などがものすごく大切で人間は感謝してもしきれないと分かりました。私は感謝するための行動の一つとして、ゴミは必ず持ち帰ることを考えました。ゴミを捨てることは容易です。しかし、ゴミを持ち帰ることは捨てることと同じくらい簡単で、自分

の気持ちで世の中は変わる、そして、日本全体の評価につながることが分かりました。大切なことを沢山教えていただきありがとうございました。

２－３　「だんぶり池」を探訪

７月２９日、私たちは「だんぶり池」を訪問し生息する生き物を調査した。
当日は、ひろさき環境パートナーシップ２１（HEP21）のメンバー６名が駆けつけ、私たちの活動をサポートしてくださった。
猛暑の中、アブが大量に襲来して閉口したが、自然環境の豊かさを実感することができた。「だんぶり池」は、これまで大雨による鉄砲水で３度も壊滅的な被害を受けたそうである。しかし、そのたびに HEP21 メンバーとボランテイアの皆さんが力を結集して補修したことを伺い、頭が下がる思いであった。
この日は、ショウジョウトンボやルリボシヤンマ、シオカラトンボ♀、また、カブトムシ、アカハライモリ、カナヘビなどを確認した。
現在、だんぶり池では青森県のレッドデータブックで絶滅危惧種に指定されているハッチョウトンボやハラビロトンボ、キイトトンボなど３５種類を超えるトンボが確認されているそうだ。また、ホタルをはじめ沢山の昆虫、様々な植物、イモリやサンショウウオなどの両生類、メダカの生息も確認され、多様な生物が生息する空間として市民に親しまれている。

調査のようす

キイトトンボ

ルシボシヤンマ

２－４　弘前市の中心市街地での生物調査

市街地を舞うカワセミ

ハグロトンボ

９月に計画していた「だんぶり池」の２回目の探索は周辺にクマの出没が相次いだことから中止を余儀なくされた。そこで私たちは、市の中心部にある土淵川徒橋近くの遊歩道で生物観察を行った。
驚いたのは空飛ぶ宝石とも呼ばれるカワセミが観察されたことである。「チチチチッ」という鳴き声とともに私たちの目の前を２回滑空した。かつては、生活排水で汚れドブチ川とも揶揄された川であるが、下水道の整備に伴って水質が改善し、コイやカモが生息、近年はサケの遡上やアユの遊泳も確認されているそうだ。この日は、ハグロトンボやアキアカネを観察することができた。
弘前市に残された自然の豊かさを皆で噛みしめるとともに、自然環境の再生させる活動を一層充実させなければならないと決意を新たにする１日となった。

3　まとめ

池の水に足を入れたり、両生類や爬虫類に直に触れたりという現代の生徒がほぼ行うことがない経験は、自然を身近なものとして認識する契機となった。そして、多種多様な生物によって構成される生態系の中でこそ自分たち人間もまた生きることができるという事実への気づきを皮膚感覚として与えてくれた。こうした学びは、環境保全や種の多様性、地域との関わり方を持続可能性の見地から積極的に推進していく人間を育成するうえで重要な端緒になったと思われる。

併せて、本事業で招聘した講師の皆さんと一緒に学ぶ経験は、生徒たちの目を大きく開き社会性を向上させるうえで極めて有効であった。これらの活動により環境問題と同時に科学への憧れや有用性を子どもたちへ自覚させることにもつながったと確信している。

加えて、本事業の活動のようすを学校便りなどで積極的に情報発信したことから、生徒たちの声を通して保護者や地域住民の方々へ確かな知識や情報を伝播させることになった。環境劣化の問題や SDG s について地域全体の取組を問い直すきっかけにできたと自負するところである。

土淵川での調査のようす

トノサマガエル

謝　辞

本事業を推進するにあたり、公益財団法人中谷財団関係諸氏の皆様に大変お世話になりました。貴財団の助成により、生徒たちは「弘前だんぶり池」など自然再生に取り組んでいる現場を目の当たりにし、市民ボランテイアの皆さんによる日々の活動の意義を理解することができました。また、須藤氏の講話を伺うことで豊かな森を保全し生物多様性を維持する取組の必要性を実感させる契機になりました。

併せて、東京工科大学で開催された成果発表会では、武部貴則氏による御講演を拝聴するとともに全国各地の小中高校生による実践にふれ、環境問題解決への意欲と科学技術への憧れをより確固なものにできたと思います。衷心より感謝申し上げる次第です。

末筆ではありますが、貴財団と科学教育振興助成事業の益々の御発展を御祈念申し上げ、謝辞といたします。

参考文献

1）子供の徳育に関する懇談会 第５回 配付資料 2009, 1, 13
2）広葉樹林化に科学的根拠はあるのか？～温帯林の種多様性維持メカニズムに照らして～清和研二（東北大学大学院農学研究科）　森林科学 59　2010.6
3）わたしたちの自然環境プロジェクト　岡島成行 監修 学習研究社 2002
4）だんぶり池ってなあに？ ひろさき環境パートナーシップ２１ 2005.3
5）白神山地の伝統文化を踏まえた環境教育プログラムの研究開発　2001.11
イオングループ環境財団助成研究報告書

青森市の天然記念物「又八沼に生息するシナイモツゴ」の保護活動

実施担当者　青森県立青森中央高等学校
教諭　髙　谷　　悟

1　青森の自然とシナイモツゴ

シナイモツゴはコイ科の日本固有種で、全長約８ｃｍ程度の淡水魚である。関東地方ではすで絶滅しており、自然分布では青森県が北限となっている。また、青森市の天然記念物に指定されている希少な魚でもある。

青森市の又八沼には、シナイモツゴをはじめ、モリアオガエル、ゲンゴロウ等多くの生物が生息しているが、近年モツゴやアカミミガメ等、本来生息していない生物が見られるようになってきたため、このシナイモツゴや多くの生物が生息する環境を守るための活動をしてきた。

2　シナイモツゴと保護活動

2－1　シナイモツゴとモツゴ

右の写真の上側が本来生息しているシナイモツゴで、下側が国内外来種であるモツゴです。２０２３年時点で又八沼において、シナイモツゴは２％で、９８％がモツゴかその雑種であることが分かっており、シナイモツゴが急速にその数を減らしていた。２種は別種であるが、近縁種で、形態等が非常に似ている。体の色や尾びれの付け根の尾柄と呼ばれる部分がシナイモツゴでは太く、全体にずんぐりして見える。この希少なシナイモツゴを保護し、増やしていくために、以下の活動に取り組んできた。

2－2　ビオトープ池Ⅱの作成

シナイモツゴの繁殖のため、花壇を改良してビオトープ池Ⅱを作った。このビオトープ池Ⅱでは、卵から発生させた稚魚を育成させる予定である。

２－３　産卵基質の作成・設置

シナイモツゴの繁殖を助けるため、又八沼にプラスチック鉢や畔シートを連結した産卵基質を又八沼にセットした。

２－４　卵、稚魚の観察

５月には、又八沼にセットしたプラスチック鉢にはたくさんのシナイモツゴの卵が付着していた。卵が付着したプラスチック鉢を学校に持ち帰り、孵化の様子や稚魚の様子を観察した。

２－５　地域の環境学習会への参加

６月２８日に、又八沼で行われた地域の環境学集会に参加し、シナイモツゴやゲンゴロウなどの生物採集行った。環境保全のため、又八沼に設置している注意喚起の掲示物の交換も行った。

２－６　浅虫水族館の見学

８月２８日には浅虫水族館の見学に行きました。浅虫水族館では、又八沼のシナイモツゴを展示しており、展示の状態やバックヤードの説明を受けました。

２－７　文化遺産課の池

９月２５日にシナイモツゴを保護している青森市教育委員会文化遺産課の池の状況を調査した。青森中央高校と同様に２０２３年に又八沼の水抜き時に避難したシナイモツゴとその子孫が元気に泳いでいた。

２－８　シナイモツゴの放流

青森中央高校ビオトープ池Ｉでは、２０２３年に又八沼での水抜きの際に避難した個体をビオトープ池Ｉで育てている。１０月９日には、その避難個体の子孫で、生まれて２年目の個体を又八沼に１００匹放流することができた。

２－９　シナイモツゴの分別作業

又八沼では２０２３年に水抜きが行われ、２０２４年にはモツゴが採集されなかったことからモツゴは全て駆除されたと考えられていた。そのため、学校に移送した卵はシナイモツゴのものであるはずであった。しかし、今年８月に又八沼において、右写真のように雑種が採集され、水抜き時に生き残っていた個体と考えられる。このことにより、又八沼から学校に移送した卵はモツゴやモツゴ雑種である可能性が出てきたので、信州大学にＤＮＡ分析を依頼することになった。同時に、学校で側線有孔鱗数や体色によって、分別してみることにした。学校での分別作業では、側線がはっきりしているものはルーペで分別し、他は麻酔をかけ実体顕微鏡で分別を行った。

２－１０　信州大学でのＤＮＡ分析：ひれ切断

信州大学に DNA 分析をしてもらうために、右の写真のように、シナイモツゴ等のヒレを切断してエタノールを入れ、DNA 分析用の資料を作成し、送付した。全部で１１匹の資料を作成した。

２－１１　ＤＮＡ分析結果

右表が信州大学から送られた分析結果で、判定結果はマイクロサテライト遺伝子型と表示されている部分にある。下の３行がビオトープ池Ⅱから採取したもので、モツゴや雑種の可能性があったが、３個体ともにシナイモツゴであることがわかっ。また、その上の３行は又八沼で採集された３個体であるが、モツゴ雑種であり、Ｆ１雑種と判定されている。さらに、ミトコンドリア DNA の分析結果から右表１１個体の母親は全てシナイモツゴであることがわかった。

ID	Population #	採地	マイクロサテライト遺伝子型	mtDNAハプロタイプ
148-01	14	青森市	シナイモツゴ	シナイモツゴ
148-02	14	青森市	シナイモツゴ	シナイモツゴ
148-03	14	青森市	シナイモツゴ	シナイモツゴ
148-04	14	青森市	シナイモツゴ	シナイモツゴ
148-05	14	青森市	シナイモツゴ	シナイモツゴ
148-06	14	青森市	F1雑種	シナイモツゴ
148-07	14	青森市	F1雑種	シナイモツゴ
148-08	14	青森市	F1雑種	シナイモツゴ
148-09	14	青森市	シナイモツゴ	シナイモツゴ
148-10	14	青森市	シナイモツゴ	シナイモツゴ
148-11	14	青森市	シナイモツゴ	シナイモツゴ

※DNA 分析結果は、信州大学　中野繭　氏提供による。

これは、ミトコンドリアが母親から受け継がれるためである。表内ではｍｔDNA ハプロタイプと表示されている部分がミトコンドリア DNA を分析した結果である。

２－１２　外来生物

又八沼では以前に、ブラックバスが移入し、水抜きにより駆除してきましたが、現在はモツゴの脅威にさらされている。

この他、又八沼ではアカミミガメも確認されている。このように、自然豊かな青森にも外来生物が侵入してきている。

２－１３　又八沼と周辺に生息する生物

シナイモツゴ　　ゲンゴロウ　　モリアオガエル　　キタノメダカ

外来種の脅威はあるが、又八沼にはシナイモツゴの他にも多くの在来の生物が生息している。

３　まとめ

地球温暖化等の影響によって、自然環境が大きく変化しつつある現代は、生物相にも大きく影響していると考えれる。青森県は、他の地域に比べて、自然豊かな場所が多いが、それでも自然環境の変化とともに在来種が減少して、それまで生息していなかった生物の移入が確認される等、大きく変化してきている。又八沼においても、２０００年ごろにオオクチバスの移入が見られた。また、近年では、これまで生息していなかった国内外来種モツゴが見られるようになり、在来種であるシナイモツゴが減少している。

近頃は、高校生を含めて、生物に触れる機会が少なく、身近な生物のことを知らない人が多い。そのような中で、シナイモツゴという身近な生物を題材として生徒が探究活動に取り組んできて、知らなかった生物を含めた自然環境の状態や変化、その大切さを実体験を通じて理解できるようになってきた。また、身近な自然環境が変化していることを感じとることにより、自然環境を保全しようとする気持ちが芽生えてきている。青森市の天然記念物「又八沼に生息するシナイモツゴ」にとっては、まだモツゴ等外来種の脅威が無くなった訳ではないので、この活動に取り組んだ生徒たちから地域全体にその輪が広がっていくことを期待している。

謝　辞

中谷財団から多大なご支援をいただいたことで、必要物品の購入や学校外での活動を有意義なものとすることができました。この活動を通じて得たことを次の学年・世代に繋げていきたいと考えております。たいへんありがとうございました。また、弘前大学名誉教授　佐原雄二様、信州大学中野繭様、浅虫水族館様、シナイモツゴを守る会様、青森市教育院会事務局文化遺産課様、その他、関係各位の皆様方にもたいへんお世話になりました。心より御礼申し上げます。

参考文献

論文①「ため池の管理放棄がもたらすシナイモツゴの局所絶滅とリスク評価にもとづく保全計画」
中野繭・古賀和人・田崎伸一

論文②「絶滅危惧種シナイモツゴの生息するため池群への地域住民の価値評価とその影響要因」
中野繭・田崎伸一・高田啓介・井口恵一朗

論文③「シナイモツゴ：希少になった雑魚を守る」
中野繭

論文④「希少種シナイモツゴの減少要因に関する保全遺伝学的・生態学的研究」
古賀和人

エコフィードのステージ別給与が黒毛和種の肉質に与える影響

実施担当者
青森県立三本木農業恵拓高等学校
動物科学科　教諭　松本　理祐

実施生徒
動物科学科産業動物研究班
ＣＯＷ飼う'Ｓ　２，３年生

１　はじめに

青森県の和牛肥育の出荷頭数は令和５年に８０００頭を超え、青森県の和牛生産が盛んになってきていることを実感している。その一方で、世界情勢や円安の影響で家畜のメインの餌となる配合飼料の価格が高騰によって、畜産農家の経営に大きな影響を与えており、喫緊の課題となっている。

本研究班では「美味しい牛肉生産」をメイン目標に設定し、令和４年度より、エコフィードを活用する研究を進め、上北農産加工株式会社から毎月５ｔ廃棄されている「醤油粕」を肥育牛に給与することで、肉質の向上を目指して研究を行った。また、本校の課題としてロース芯面積が狭いことが挙げられる。原因として、育成期から肥育前期にかけての粗タンパク質の不足が挙げられ、筋肉部分の赤身が十分に成長していないことが予想される。そこで、「飲む点滴」と呼ばれる甘酒の原料として使われる「酒粕」を酒造会社からエコフィードとして導入して、給与後の増体及び肉質にどのように影響を及ぼすか研究を行った。

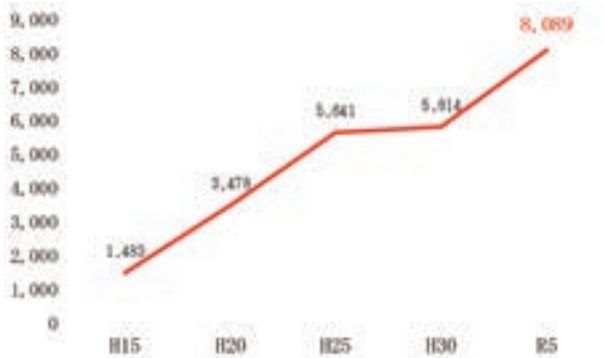


図１　青森県の和牛肥育の出荷頭数の推移　単位：頭
公益社団法人全国和牛登録協会令和６年４月公開ﾃﾞｰﾀより

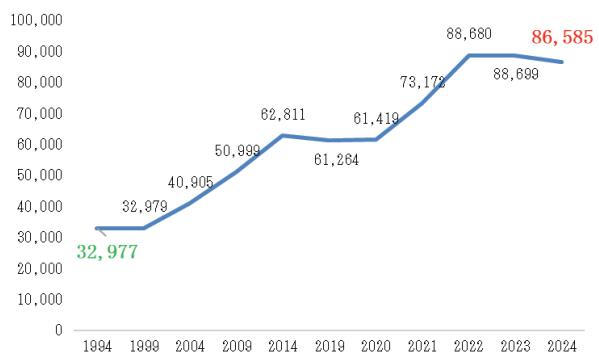


図２　１ｔあたりの配合飼料工場渡価格の推移
（全畜種加重平均価格）　単位：円

２　活動報告

２－１　エコフィードの調整

活動概要
①使用材料
醤油粕：上北農産加工株式会社より提供
酒粕：桃川株式会社、八戸酒造株式会社より提供

写真１　醤油粕と酒粕の調整の様子

②使用器具
食品乾燥機：プチマレンギＤＸ
業務用製粉機：ＣＧＯＬＤＥＮＷＡＬＬ２５００ｇ
③調整方法
食品乾燥機で３５℃条件下に設定して、醤油粕は２４時間、酒粕は４８時間乾燥後に、業務用製粉機で粉状に粉砕

成分分析
①分析項目
飼料成分及びアミノ酸
②分析依頼先
一般財団法人日本食品分析センター
③飼料成分の分析結果

飼料名	水分	粗ﾀﾝﾊﾟｸ質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	NFE
醤油粕	10.7%	20.5%	24.3%	9.7%	12.7%	22.1%
酒粕	13.6%	35.3%	2.7%	2.3%	1.1%	45.0%

※NFE･･･可溶無窒素物　粗繊維と NFE の合計が総炭水化物
④醤油粕に含まれる旨味や甘味のアミノ酸の分析結果

飼料名	旨味のアミノ酸		甘味のアミノ酸					
	ｸﾞﾙﾀﾐﾝ酸	ｱｽﾊﾟﾗｷﾞﾝ酸	ﾘｼﾞﾝ	ｱﾗﾆﾝ	ｸﾞﾘｼﾝ	ﾌﾟﾛﾘﾝ	ｾﾘﾝ	ｽﾚｵﾆﾝ
醤油粕	2.42%	1.63%	0.68%	0.95%	0.86%	0.80%	0.88%	0.73%

⑤酒粕に含まれる体組成割合の高いアミノ酸の分析結果

飼料名	体組成割合の高いアミノ酸			
	ﾘｼﾞﾝ	ｽﾚｵﾆﾝ	ﾒﾁｵﾆﾝ	ｱｽﾊﾟﾗｷﾞﾝ酸
酒粕	1.51%	1.39%	0.96%	3.12%

※アスパラギン酸は酵素反応を経て他３つのアミノ酸を生合成するアミノ酸
飼料成分から、醤油粕は高タンパク・高脂質であることがわかった。また、酒粕は高タンパク・低脂質であることがわかった。アミノ酸の分析結果から、醤油粕には、旨味や甘味のアミノ酸が豊富に含まれている事がわかった。酒粕には、体組成割合が高く、配合飼料だけでは不足がちなアミノ酸３種と酵素反応でアミノ酸３種に生合成されるアスパラギン酸が豊富に含まれていることがわかった。
以上の飼料特性から、醤油粕は肥育後期から仕上げ期の４ヶ月間、最大給与日量を３００ｇと設定して給与試験を行った。また、酒粕は育成期から肥育前期の５ヶ月間の給与試験を行った。

２－２　醤油粕の給与試験

活動概要
①試験対象動物
本校産黒毛和種：１６頭（令和４年度からの総試験頭数）
②給与期間及び給与日量

月齢	給与日量	給与週量	月齢	給与日量	給与週量
26･1	20g	140g	27･1	200g	1,400g
26･2	40g	280g	27･2	260g	1.820g
26･3	80g	560g	出荷まで	300g	21,000g
26･4	160g	1,120g	合計		26,320g

写真２　飼料の準備の様子

③給与試験牛の出荷結果と令和元年から令和３年までの出荷結果の比較

区分	頭数	枝肉重量	ﾛｰｽ芯面積	ﾊﾞﾗの厚さ	皮下脂肪厚	脂肪交雑	A5 率	A4 率	A3 率
単位	頭	kg	㎠	cm	cm	1～12	%	%	%
過去総合	15	494.8	59.4	7.97	2.69	6.27	26.7	46.6	26.7
過去雌	5	477.2	63.2	8.34	3.1	5.8	20	40	40
過去去勢	10	503.6	57.5	7.79	2.48	6.5	33.3	44.4	22.2
試験区総合	16	504	65.88	8.64	2.97	8.38	56.3	43.8	0
試験区雌	4	460.5	74.5	9.05	3.18	7.5	50	50	0
試験区去勢	12	518.5	63	8.5	2.9	8.67	58.3	41.7	0

令和元年から令和３年までの出荷結果と試験区の出荷結果を比較すると、各項目で向上していることがわかる。特に脂肪交雑の向上が見られ、Ａ５率も３０％程度向上した。醤油粕は高カロリーな飼料であることから、発現していなかった脂肪細胞が大きくなり、サシの分布が向上したことが要因と考えられる。しかし、試験区の雌と去勢の平均を見てみると、去勢は枝肉重量が大きい一方で、ロース芯面積では１０㎠以上も小さい。このことから、これまでの飼育方法では、特に去勢の育成期から肥育前期にかけて、粗タンパク質の摂取量が少なかったため、筋肉の発達に影響を与えたと考えられる。

２－３　酒粕の給与試験

活動概要

①試験対象動物

本校産黒毛和種８頭（令和４年度からの総試験頭数）

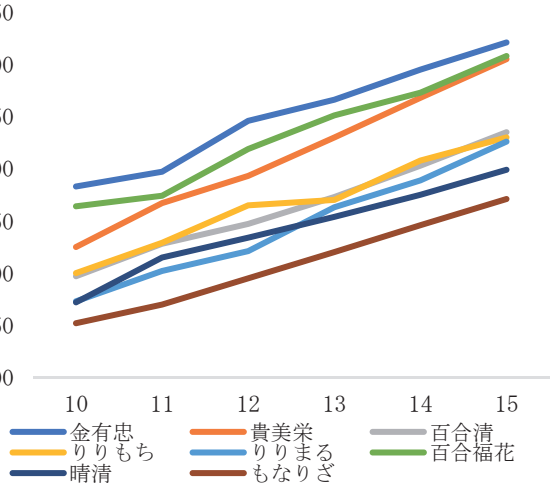
②給与期間及び給与日量

月齢	給与日量	給与週量	月齢	給与日量	給与週量
9･1	20g	140g	11･1	600g	4,200g
9･2	40g	280g	11･2	700g	4,900g
9･3	80g	560g	11･3	800g	5,600g
9･4	160g	1,120g	11･4	900g	6,300g
10･1	200g	1,400g	15 まで	1,000g	84,000g
10･2	300g	2,100g	15･1	500g	3,500g
10･3	400g	2,800g	15･2	200g	1,400g
10･4	500g	3,500g	合計		121,800g

※９ヶ月齢から慣らし給与を実施し、
１５ヶ月齢以降は給与量を減らす。

※漢字表記は去勢牛、ひらがな表記は雌牛

③試験区の体重の推移



④酒粕を給与した期間の増体日量　　単位：kg

牛名	金有忠	貴美栄	百合清	りりもち	りりまる	百合福花	晴清	もなりざ
増体日量	0.92	1.20	0.92	0.87	1.02	0.96	0.85	0.79

⑤金有忠号の出荷結果

牛名	等級	枝肉重量	ﾛｰｽ芯面積	ﾊﾞﾗの厚さ	皮下脂肪厚	脂肪交雑
単位	－	kg	㎠	cm	cm	1～12
金有忠	A5	610	67	8.8	3.8	10

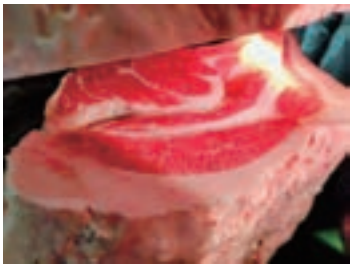


写真３　金有忠号の枝肉断面

金有忠号は初めて酒粕を給与した牛であり、ロース芯面積の向上に期待をしていた。増体日量は約１ｋｇ程度を維持しながら推移しており、しかし、ロース芯に筋間脂肪が食い込んでしまい、面積の値を極端に下げてしまったことが悔やまれる。原因として挙げられるのが、１２月にウイルス性の下痢にかかってしまったことだ。下痢により、食い込み量が大幅に減少した

ことで、給与量を戻した時の反動が現れたと考えられる。今後は、仕上げ期の体調管理や配合飼料の給与量の調整に気をつけていきたい。来年度は、試験区の牛が６頭出荷されることから、最後までしっかり管理を行っていく。また、再来年度出荷予定の牛には、１８ヶ月齢まで酒粕を給与して、枝肉の違いを検証していきたい。

２－４　学会発表

令和７年９月６日に開催された日本動物学会名古屋大会では、出荷結果と増体に関する発表を行った。令和７年１２月５日に開催された日本分子生物学会横浜大会では、飼料中のアミノ酸に着目し、エコー画像による筋肉の成長と脂肪交雑の向上について発表を行った。令和８年３月１２日に開催された日本農芸化学会京都大会では、エコー画像と実際の枝肉断面からみた筋肉の成長やアミノ酸の桶の理論に基づいた飼料の配合について発表を行った。それぞれ視点を変えて発表したことで、多くの学会員から指導助言を頂くことができ、今後の研究の参考になるとともに、専門性の高い研究であるからこそ、畜産のことがわからない人にわかりやすく伝えることの重要性を生徒に学ばせることができた。

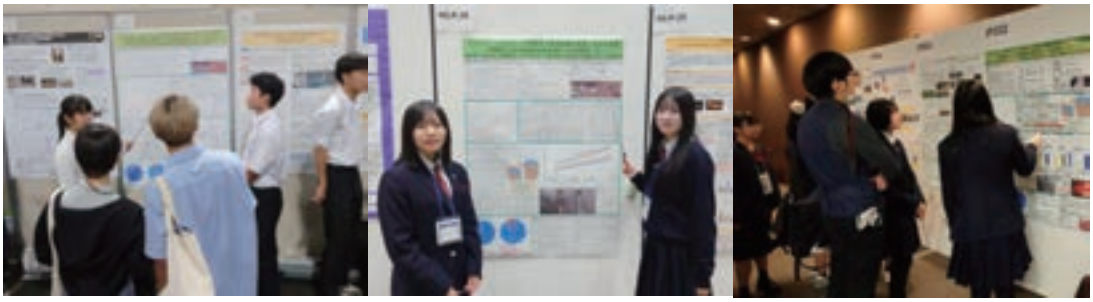


写真 4.5.6　左：日本動物学会の様子　中：日本分子生物学会の様子　右：日本農芸化学会の様子

３　まとめ

醤油粕の給与試験では、脂肪交雑の向上が確認でき、販売会でのアンケート結果では美味しいとの評価が高く、アンケートに協力いただいた方の８０％の方が購入してくれ、メイン目標である美味しい牛肉生産を達成することができた。生の酒粕は、嗜好性が悪く、常温では日持ちもしないことから、乾燥させることで嗜好性と保存の両立を図ることができた。また、給与試験では、慣らし給与を導入したことで、酒粕の香りや味に慣れて、しっかり１ｋｇを食い込ませることができた。

今後の課題として、研究結果が出ている牛が１頭であることから、来年度以降の出荷結果をまとめていきたい。また、本研究データを広く農家に広報していくために、青森県上北農林水産事務所中央家畜保健衛生所と協力して報告会を実施していき、エコフィードの普及に努めていきたい。

今後も、県内で唯一畜産学を学ぶことができる高校として、生徒の力を伸ばし、青森県の畜産業に貢献する人材の育成に努めていきたい。

謝　辞

今回の研究助成をして頂き、日本動物学会、日本分子生物学会、日本農芸化学会に参加したことで、生徒の科学的視点での考えることの重要性、課題解決能力、コミュニケーション能力といった部分を高めることができた。これらの経験から、探究心の向上を図ることができ、３年生の中から国立大学農学部への進学を決めることができた。また、成果発表会では、口頭発表の部で奨励賞を頂き、２年生の今後の研究活動への意欲向上を図ることができた。このような支援をして頂いた公益財団法人中谷財団には心から感謝申し上げる。

参考文献

出荷頭数の推移：公益社団法人全国和牛登録協会
飼料価格の推移：配合飼料供給安定機構データ参照

以上

カイコの飼育を通して真綿と生糸の有効活用を考える

実施担当者　東北学院中学校・高等学校
教諭　小島　紀幸

1　はじめに

本活動目的は、科学部生物班の部員が，カイコの飼育を通して，養蚕について学び，繭から得られる絹糸の有効活用を考えることにある。「宮城県蚕糸会」のご支援とご協力のもと、校内理科室において、5000 匹のカイコの幼虫飼育を実施し、多くの繭を収穫することに成功した。同時に、繭を収穫する際に得られる毛羽を用いて、オリジナル行灯（以下毛羽紙行灯）の制作にも取り組んできた。制作した毛羽紙行灯については、今年度の「ホタル観賞会」時に４０個設置し、来園者に観賞していただける機会を得ることができた。

2　活動内容

2－1　カイコの飼育

飼育に用いた蚕種、「春嶺鐘月」は、初夏の頃に養蚕農家の方が多く飼育に用いる品種である。「宮城県蚕糸会」の事務局長である山内さんのご指導のもと、蚕の３齢幼虫 5000 頭を分譲していただき、7 月下旬から校内理科室で飼育を開始した。飼育を主に担当したのは、高校２年生以下の中学生を含む部員 10 名程度である。蚕に与える桑葉は、近くの農家の方々からのご協力のもと、桑園から採取させていただき、朝、昼、夕の３回、飼育実施計画にそって桑がけを行った。授業で使用しない夏休み期間中での飼育であるため、温度管理、湿度管理が難しいことや、屋内ゆえ風通りが悪く湿度が高すぎてしまうことが課題であった。そこで、サーキュレーターを設置をすること

で換気や湿度上昇を抑える工夫を考え、多くの個体が蛹化するまで飼育することができた。得られた繭については、仙台市内で絹製品の制作を手掛けておられる「工房帛楽」の西嶋さんからお借りした器機を使用し、校内で「糸取り」から「アミノ掛け」までご指導を賜り、絹糸から生糸を取る方法を部員たちは体得することができた。また、本校のオープンキャンパスや学校説明会など、科学部活動の一般公開の機会を通じて、ご来校いただいた中高生やその保護者の方々にも、部員が蚕の一生や養蚕について説明した後、糸取り体験もしてもらい、活動内容を周知することができた。

２－２　行灯制作

２－２－１　毛羽紙制作

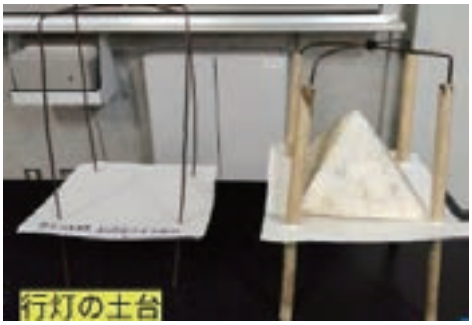
当初は真綿や生糸の利用を考えていたが、今年度のホタル観賞会での設置には間に合わないため、毛羽を用いて行灯を制作することにした。毛羽とは、蚕が繭をつくる際に足場を固定するために吐きだす糸のことである。通常、全自動毛羽取機で繭をとる際に回収し、そのまま廃棄される場合が多い。「工房帛楽」の西嶋さんは、シルクアートに精通しており、さまざまなシルクを用いた製品開発をなされている方である。西嶋さんが毛羽から紙を作る技術もご存知であることから、行灯の制作にまずは毛羽紙を使用することを考え、毛羽紙制作をご教示いただく機会を得た。下の図は、「工房帛楽」での毛羽紙制作ならびにその中に照明を入れた時の様子である。

２－２－２　毛羽の量によるメリット・デメリット

毛羽の量	10g	14g	17g	20g
メリット	・熱によって固まるのが速い	・合計した制作時間が1番短い	・さらしから簡単に外せる	・硬く壊れづらい
	・光の透過率が高い	・ある程度の硬さがあり，折りやすい		
		・10gほどではないが十分透ける		
デメリット	・破れやすい	・少し破れやすい	・さしがねで折り目をつけづらい	・力を込めないと折り目がつかない
	・毛羽が足りず穴が開くことがある	・稀に毛羽が足りず穴が開くことがある	・アイロンをかける時間が少し長い	・アイロンをかける時間がとても長い

２－２－３　毛羽行灯の制作と設置

校内において、行灯の制作に至った理由は、毎年６月下旬に台原森林公園で開催される「ホタル観賞会」時に、来場される方々の安心安全に貢献したいと考えたからである。園内でも「ホタルの里」の区域だけは、ホタルの交配の妨げにならないよう街灯が設置されていない。毎年、「ホタル観賞会」には数千人に及ぶ多くの方々が来園なされるが、ホタルが飛び交う暗い夜道は幅が狭く段差もあるため、特にお年寄りの方々が怪我をなされることが多い。そこで、「ホタルの会」からの要望もあり、歩行者の安心



安全面だけでなく、空を飛び交うホタルに影響をできるだけ及ぼさない下方照明にすることや現地の日本庭園になじむような照明にすること、今後を見据えてできるだけ SDGs に配慮した素材を用いること、最後に収納しやすい構造にすることを部内での制作目標とし、議論を重ねながら行灯の制作に取り組んできた。その結果、課題はあるものの、行灯の土台は廃棄できる素材で構成されたものに仕上げ、現地素材も用いるなど更なる改良をかさねてきた。

２－３　保全活動

２０２２年度から毎月１～２回程度、現地水路において、カワニナとゲンジボタルの保全活動に地域団体の方々とともに取り組んできた。活動内容は、主に周囲の環境調査と水路の水質調査、カワニナの餌となるキャベツの葉の設置、現地水路の整備、ザリガニ駆除活動などである。特に冬場は、落葉が水路に多く降り積もるため、水深が浅くならないように、落葉をかき集める作業に力を入れてきた。現地活動を通して、地域団体の方々と協働することで、カワニナとゲンジボタルを絶やさないようにするための保全活動に協力してきた。

２－４　広報活動

２－４－１　ホタル観賞会

２０２５年６月２０日～３０日ホタル観賞会では、地域団体の方々と協力して、期間中の来場者の案内、巡回に協力した。さらに、６月２１日の１９時以降、「旭ケ丘市民センター」と協力し、参加希望者向けのホタル講話を担当し、本校におけるカワニナとホタルの保全活動内容について紹介することができた。その後、来場者を園内のホタルの里まで案内、誘導した。現地では、あらかじめ用意しておいた本校のブースにて、設置した行灯の説明と、虫よけスプレーの無料貸出もおこなった。その際に、設置した行灯の感想も書いてもらった結果、「来年もより多くの行灯を設置してもらいたい」という要望を多くいただくことができた。

２－４－２　旭ケ丘市民センターとの連携事業

毎年５月と９月の２回、地域の小学生とその保護者 10 組を対象に、「カワニナ放流会」を開催している。放流するカワニナは、現地から採取した個体を、本校生物室にある水槽で継代飼育してきた個体である。計約 300 匹の親貝を放流し、ホタルが捕食するカワニナの飼育にも力を入れてきた。

第１回カワニナ放流会（2025年5月17日）　　第２回カワニナ放流会（2025年9月13日）

２－４－３　小学生向けの環境保全学習

仙台市内の小学校にて、小学３～４年生を対象にホタルとカワニナを中心とした環境保全学習を本校科学部の部員に担当してもらった。ホタルとカワニナはともに水質の良い環境でなければ生存できないことやカワニナの行動や生態などについて、小学生に知ってもらえる良い機会となった。また、実際に現地保全活動で実施している活動をできるだけ実体験してもらったことで、小学生は興味関心をもって活動に取り組むことができたようである。
次年度以降も継続して実施していきたい。

３　まとめ

本校の科学部の部員による保全活動は、今年度で４年目を迎える。本校の部員は、地域活動団体への協力だけでなく、仙台市内の主なホタルの生息場所にまで活動を拡大させ、地域貢献を果たすべく精力的に取り組んできた。また、今年度は、衰退しつつある日本の養蚕業に対する理解を深め、中高生が絹糸をとる技術を身につけながらその有効活用を考えていく機会も得られた。上の写真は現在も増産中の毛羽行灯の本体部分であるが、形状を三角形にすることで、安定化かつ接着部分を少なくできる工夫がある。さらに、毛羽紙には蚕の幼虫が出した糞が混じる場合が多く、ところどころ黒っぽい模様として存在してしまうが、そこにはほかの素材では真似できない独特の漏れ光の美しさがあるといえるのではないだろうか。今後も多くの方々に喜んでもらえる行灯となるよう、引き続き改良を重ねて制作に取り組んでいきたい。ホタルの保全活動と養蚕、いずれも若い世代の人たちが今後の担い手となって活躍してくれることが期待されている。ゆえに、本校の中高生が小学生向けの講座も数回実施し、活動の輪を小学生にまで広げることも実践してきた。上級生が下級生を指導する機会はあまりないが、教員よりもお互いに親近感をもって接することができるためか、小学生が意欲的に学習に取り組んでいたことが印象的であった。

謝　辞

これまでの研究は、公益財団法人中谷財団科学教育振興助成のもと実施することができ、多くの成果を得ることができました。ご支援を賜りました貴財団の矢冨裕理事長をはじめとする関係の皆様に心から感謝申し上げます。　参考記事：youtube.com/watch?reload=9&v=8gvuVCe0BcI

学内自然林を活用した鳥類調査と調査方法の考案

～身近な自然の変化を、より身近に感じるために～

実施担当者　宮城学院高等学校
教諭　鎌田　隆史

1　はじめに

宮城学院中学校高等学校は森に囲まれた場所に位置し、自然環境に恵まれている。そのため、日常的に鳥類や哺乳類を観察することができる。本校は自然環境に近い立地のため、鳥類が校舎の窓に衝突することもあり、日頃から鳥類へ関心をもつことができる環境にある。このような環境の中、私たちは、学内林と隣接する公園で観察できる鳥類の種類から自然環境の変化を確認できるのではないかと考えた。本研究は、学内林および隣接する公園での鳥類観察を実施して過去の観察記録との比較を行い環境の変化を考察すること、および学内の自然林を活用した鳥類調査の可能性について検討することを目的としている。

2　調査地点・調査方法

2－1　調査地点

本校は仙台市街の北西部に立地し（図１）、「丸田沢」、「三共堤」という２つの池沼が隣接し、それぞれアカマツの自然林に囲まれた、非常に自然豊かな場所にある（図２）。本地域は丸田沢緑地環境保全地域であり、準絶滅危惧種に指定されているトウホクサンショウウオが生息する[1)]など多様な動植物が生息している場所である。本校敷地内、および隣接する丸田沢堤では多くの野鳥を観察することができ、毎年冬になるとたくさんの白鳥を観察することができる。また、本校の窓からは白鳥が飛ぶ姿をみることができ、冬の風物詩となっている。

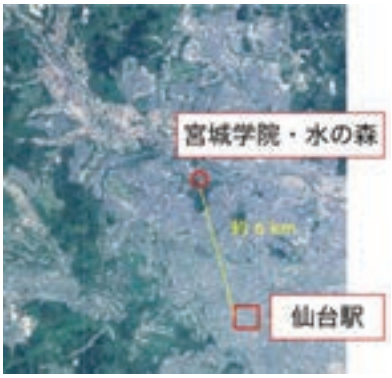


図１　宮城学院・水の森公園位置図
（原図はGoogleマップより引用）

本研究では、宮城学院内の自然林と隣接する水の森キャンプ場（図２）を対象に、文献調査および鳥類調査を実施した。

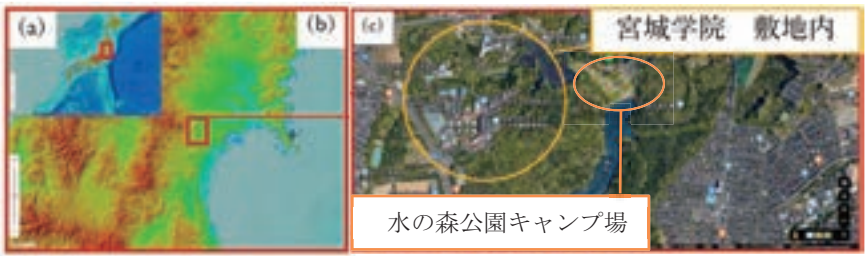


図２　宮城学院中学校高等学校位置図
（原図は国土地理院地図、Google マップより引用）

２－２　調査方法

①文献調査

本校は 1980 年に現地点に移転している。移転する前に調査を行った記録である宮城学院移転建設計画概要（1977 年発行）、および過去に存在していた生物班が実施した調査記録（実施期間：1980～1992 年）そして、宮城県が発行した丸田沢緑地環境保全地域学術調査報告書 [2]（調査期間：1998～1999 年）の鳥類調査結果を改めて整理し、本期間内の鳥類相の変化をまとめた。

②鳥類調査

学術的な鳥類調査で行われる手法（定点調査、ルート調査）を参考に、本研究では、生徒が簡単に実施できる鳥類調査の手法の提案をすることも目標に、様々な手法での観察に取り組んだ。大きく分けて、２種類の調査を実施した。１つ目は定点カメラを用いた定点調査である。最も学内林に隣接している教室に定点カメラを設置し実施した。使用した定点カメラはサンワサプライ社製のトレイルカメラ CMS-SC06BK である。本定点カメラは、設置地点で動くものを感知し、一定時間（本研究では感知後の撮影時間を 1 分間とした）撮影を開始することができる。２つ目は、生徒自身が所有するスマートフォンおよび、双眼鏡（Nikon 社製の MONARCH M7 8×30）やフィールドスコープ（Nikon 社製の MONARCH フィールドスコープ 82ED-S）、Canon 社製の Canon Power Shot Zoom を用いたルート調査である。宮城学院内の野外観察路と水の森公園キャンプ場内の２か所で実施した。2025 年 9 月以降、宮城県内では市街地での熊出没および熊による人的被害が多くなり、学内林奥地を通過する宮城学院内野外観察路が通行不可となった。このため、9 月以降のルート調査は水の森公園キャンプ場で行った。水の森公園キャンプ場におけるルート調査の際は、公益財団法人仙台市公園緑地協会指導員の方のご指導を頂きつつ（図 3）、多様な鳥類の特徴を図鑑 [3] で確認しながら調査を実施した。

図３　鳥類観察指導の様子

３　結果

３－１　文献調査

表１　文献調査の結果

年	文献	種数
1977	宮城学院移転建設計画概要	106種
1980-1992	過去の自然科学班の記録	92種
1998-1999	丸田沢緑地環境保全地域学術調査報告書	74種

文献調査から判明した過去に観察された鳥類の種類を表 1 に示す。1977 年に行われた宮城学院移転建設計画概要および 1998 年～1999 年に行われた調査は学術的な調査であり、種数は年々減少傾向にあることが分かった。

３－２　鳥類調査

表２　鳥類調査の結果

調査方法	場所	日付	結果
ルート調査（動画撮影・分析）	宮城学院内野外観察路	2025/6/7　10:00-11:00 2025/7/6 10:00-11:00	-
定点調査（定点カメラ・分析）	宮城学院内教室	2025/7/30、2025/8/1 2025/8/19、2025/8/23	△
ルート調査（双眼鏡での観察）	水の森公園キャンプ場	2025/9/20　7:30-9:30 2025/9/27　7:30-9:30 2025/10/25 10:30-12:30 2025/11/29 10:30-12:30 2025/12/24 10:30-12:30 2025/11/29 10:30-12:30	15種 8種 20種 15種 20種 22種

表２に本研究で実施した鳥類調査の結果を示す。宮城学院内の野外観察路で行ったルート調査および宮城学院内の教室で行った定点調査では鳥類の種類を確認することができなかった。この理由については、次項の考察で記す。水の森キャンプ場にて行ったルート調査については、現在宮城学院付近で生息する鳥類の種類を確認することができた。文献調査で得られた過去に観察されていなかったガビチョウ（図４）、イソヒヨドリ（図５）、カワウ（図６）の３種が新たに確認された。

図４　ガビチョウ
Garrulax canorus

図５　イソヒヨドリ
Monticola solitarius Linnaeus

図６　カワウ
Phalacrocorax carbo

４　考察

４－１　鳥類調査方法の考案

本研究では生徒が簡易的に鳥類を観察できる手法の考案を目的とし、様々な手法での鳥類調査を実施した（表２）。本研究に取り組んだ生徒は鳥類調査に取り組んだことはなく、すぐに種名を特定することはできない。そのため、まずは、学内林の野外観察路を歩き鳥類の鳴き声をスマートフォンで録音、音声から種を判別することに挑戦した。しかし、鳥類の鳴き声の判別は想像以上に難しく、種名を特定することができなかった。次に実施したトレイルカメラを用いた定点調査では、木の葉の茂りやカメラの画質により動画をみても鳥類を視認できないこと、カメラが風による木々の揺れを感知して撮影を開始してしまい、鳥類が木々にとまった時間を特定できず動画解析に膨大な時間を要してしまい、活用が難しいことが分かった。その後は水の森公園キャンプ場において公益財団法人仙台市公園緑地協会指導員の方のご指導を頂きつつ、出現した鳥類を記録するルート調査を行った。結論として、生徒が簡易的に鳥類を調査する画期的な方法を考案することはできず、鳥類に詳しい方と一緒に観察を行いながら学びを深めて記録する手法が最善の手法だと考えられる。

４－２　鳥類調査による環境変化の考察

右図は 1985 年～1993 年と 1998 年～1999 年の鳥類種の変化をまとめたものである（図７）。比較した２期間の間で、鳥類の種数は大きく変化していることが分かる。また、本研究で実施した調査で、新たにガビチョウ、カワウ、イソヒヨドリが確認された。ガビチョウは 1980 年代に九州地方

で確認されていたが、現在は東北南部まで分布域を広げており、近年増加した可能性が高いと考えた。また、ガビチョウは外来種であり、在来鳥類との餌や営巣場所をめぐる競合、高い捕食圧を持っており、地上の昆虫や果実などを精力的に捕食し、さらに他の鳥の卵を食べる可能性も指摘されている。そのため、在来種の数が減少していることにも関係があるのではないだろうか。カワウとイソヒヨドリは留鳥であり、近年の年平均気温の上昇などの環境変化が要因で増加した可能性があると考えられる。

	夏鳥	冬鳥	漂鳥	留鳥
増加	11	6	5	8
変化なし	6	8	1	32
減少	5	5	0	6

図７　1985 年～1993 年と 1998 年～1999 年の鳥類種の変化

５　今後の研究課題

本研究では、９月～１月にかけてルート調査を行うことができた。今後は月ごとに定期的な調査を行い、季節や天候などの条件も加味して鳥類の種類や数の変化を観察していきたいと思う。学術的にも議論ができるよう、本格的なルート調査も視野に入れて取り組みを続けていきたい。生徒が簡易的に鳥類を観察できる手法の考案については、現在、各鳥類の「さえずり」と「地鳴き」のデータを蓄積し、判別するシステムを開発中である。今後も、より効率的かつ正確な記録を取るための調査方法を考案、そして調査を継続して行い、地域の自然環境の保全や改善にも繋げていきたい。

６　まとめ

本研究は鳥類の観察記録を得て、そこから環境の変化を考察すること、および学内の自然林を活用した鳥類調査の可能性について検討することを目的としている。そのため結果をもとに、定期的な観察を続け、環境の変化や調査方法について追求していきたいと思う。

実際に調査してみると、音声だけでの識別は難しいなど現場ならではの課題があることを実感した。また、同時に普段見過ごしていた自然の多様さや季節ごとの鳥の種類や数の変化にも気づくことができた。これからも研究を続け、環境の変化と学内の自然林を活用した鳥類調査の可能性について検討していきたいと思う。

謝　辞

公益財団法人中谷財団の科学教育振興助成を得て、本研究が進められたことに感謝申し上げます。あわせて，水の森公園キャンプ場での鳥類調査にご助言とご協力いただいた水の森公園キャンプ場管理事務所，公益財団法人仙台市公園緑地協会、鳥類調査時に交流して下さった水の森公園ご利用の皆様など，多くの方が本研究の支えになって下さいました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

1)　宮城県の希少な野生動植物種一宮城県レッドデータブック 2016-pp244-251
2）小山均：丸田沢緑地環境保全地域の動物相，丸田沢緑地環境保全地域学術調査報告書，127-171（2000）
3）ぱっと見わけ観察を楽しむ野鳥図鑑一株式会社ナツメ社 2015-pp25-377

以上

環境 DNA を用いた山形県加茂沿岸域の底生生物相の解明

実施担当者　山形県立加茂水産高等学校
教諭　田代　拓

1　はじめに

近年、魚類の生息状況の調査や日周性の解明、両生類希少種の保全等に環境 DNA の活用が顕著である。水産分野では海洋生物の多様性の評価や資源量推定、漁礁への蝟集効果等様々な分野で活用が進められている。従来の生態学的調査の基本は計数・計量および目視観察であったのに対し、当該技術の登場により分子生物学的なアプローチが可能になった。環境中の DNA 動態にはまだまだ不確定な事象が多く、DNA 量が正しく実際の生物量を示しているかについては研究が進められている途中である。海洋環境や水産資源について学ぶ専門高校（水産・海洋系高等学校）において DNA および DNA を用いた調査方法について知見を深めることには意義がある。教科「水産」で取り扱う「バイオテクノロジー」は一般的に育種のための染色体操作や生殖細胞の保存・移植等の分野が多い。近年では DNA マーカーを用いた耐病性・高温度耐性を有する品種の育種やゲノム編集による肉厚なマダイの作出など遺伝子レベルの学習内容も増加してきている。本実践では生態系の基盤となる底生生物（節足動物・環形動物・軟体動物・十脚甲殻類）の環境 DNA 分析を通して無脊椎動物相を把握させる。また既存の文献や目視調査（生息する生物の目録作成）と照らし合わせ底生生物の分析結果の妥当性について検討する。文献調査や観察記録を整理し、フィールドワークやサンプリングで材料を収集し、分子生物学的で検証をするプロセスを通して科学的な物事の見方を養うとともに、地域の生態系・生物多様性について理解を促すことを目標とする。

2　山形県鶴岡市沿岸における後鰓類（ウミウシ類）目録の作成

山形県は本州東北地方日本海側に位置し、全長約 134.6 ㎞の海岸線延長を有する。庄内浜と呼ばれる沿岸域は海岸線延長が短いにも関わらず、年間を通して 130 種類以上の魚種が獲れる少量多種を特徴とする。「どの時期にどの場所で何がどのように生息しているか」といった情報は環境の変化を記録し、そしてその変遷を取り扱う上で貴重な情報である。近年の環境変化を受け、生態系を構成する種の多様性は刻々と移り変わっているが、貝類（腹足綱）のなかでも水産業的価値を欠く後鰓類の記録は特筆して少ない。本県においては山形県水産研究所が作成した日本海産魚類目録[1)]は存在するが、後鰓類に限った目録は見当たらない。海産無脊椎動物については、山形県海産無脊椎動物[2)]が庄内浜における刺胞動物、貝類、甲殻類などを網羅的に記録しており当時の山形県における生息状況を知ることができる。この中に記録されている後鰓類（本研究では多くの図鑑等の記録に従い心臓の後ろに鰓がある腹足綱の動物を後鰓類とした）は 45 種であった。スキューバダイビングの民間普及が 1970 年～1980 年程度であることを加味すると、当時の沿岸域におけるスキンダイビングや徒手採捕等で確認できる種数としては妥当であると考えられる。

調査方法は山形県鶴岡市のダイビングショップ（アーバンスポーツ）の協力のもと、2020 年から 2024 年までの 5 年間のダイビングログの中に出現する後鰓類とその時期をすべてカウントした。また、2025 年は実際に潜水した際に観察した後鰓類や授業中に採集されたものをもとに、3 月から 12 月の後鰓類の出現記録を表に整理した。種の同定にはダイビングショップが調査・公表している Web 図鑑[3]（山形県・庄内海中図鑑　ver.4）と日本のウミウシ第二版[4]を用いて行った。調査地点は加茂レインボービーチ、加茂水族館東海岸、鶴岡市四島の水深 10m 前後であり、スクーバダイビングにて潜水目視により観察された種を記録している。

山形県鶴岡市沿岸で観察された後鰓類等は 2026 年 3 月 15 日時点で 178 種、同調査地点において過去５年間に記録された種は 113 種であった。2025 年には新たにヤツミノウミウシ・マダラウミウシ・アマクサウミコチョウが観察された。当該 3 種は北限が山形県以南であり、水温上昇に伴い分布域北上の可能性がある。アオウミウシは 3 月から 12 月まで通して出現した一方で、ネコジタウミウシやミノウミウシ亜目の特定の種は 4 月から 6 月と限られた時期にしか見られず、種によって調査地点に出現する時期がある程度決まっていることが明らかになった。また、夏場である 7 月が 49 種と最も観察された種が多いことが明らかになった。山形県沿岸は対馬暖流の影響もあり水温が上がりやすいが、岩礁島である四島は沿岸域と比べ夏場でも水温が上がりにくい。南方に生息する種と北方に生息する種が同時に出現した結果、7 月～9 月に多くの種が記録されたと推測される。

アオウミウシ(*Hypselodoris festiva*)は調査期間を通して出現しており山形県での生活環を推定した。アオウミウシは日本各地で観察可能なウミウシである（図 1）。体地色は青、外套膜周縁部は黄色、正中線上に縦線が入り、両側に黄色の斑紋が入る。二次鰓は白色で側面にオレンジ色の線が入る。北限は北海道積丹半島、南限は鹿児島県屋久島でトカラ列島以南は生息が確認できない。

図 1．日本国内におけるアオウミウシの出現時期と概要

実験室内における水温 22℃での飼育実験[5]では産卵後約 6 日で孵化が観察されるが 20℃では 2 倍の時間を必要とし、18℃では孵化がみられない。孵化後約 80 日で体長 1 ㎝程度に成長し、160 日程度で交接・産卵を行う成体へと成長する。山形県では夏季の産卵、11 月の極小個体の観察の時系列が飼育下事例と一致した。翌年 3 月には成体が観察されることから 9 月以降に親世代の個体は減少し、子世代の浮遊幼生期が 9～10 月、1 ㎝程度の後期幼体期が 11～12 月、その後成長し親世代になるという生活環を推定した（表１）。

表１．予想される山形県におけるアオウミウシの生活環

時期	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
親世代	成長		成体段階				交接・産卵		→産卵後の成体は徐々に減少			
子世代									浮遊幼生期・変態		1㎝程度の後期幼体期	
観察記録	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×

今回、庄内海中図鑑に記録されている総種数（178 種）に対し、過去 5 年間で観察された種は 113 種と 4 割程度の種が観察できていない。年度・時期による潜水回数の違いなどもあるが、山形県沿岸の後鰓類相が変化してきている可能性がある。今後は新たに出現した種・観察できなくなった種を明らかにするとともに、海水温変化の影響等の物理環境についても学習活動として取り入れる。全国的に見ても後鰓類の目録は少なく、出現場所や時期を伴った目録の作成は生態を明らかにする上で有用である。今後も継続して調査を行いながら生態系の保全に資する教育実践を行う。

３　環境 DNA で検出された山形県加茂沿岸域の海産無脊椎動物

魚類では採捕・市場調査・潜水調査等による記録に対する環境 DNA 分析の精度について研究が進んでいる。本校でも山形県加茂地域で検出される魚種と時期・季節性について環境 DNA 分析と潜水目視調査を行った。しかし、東北日本海側（佐渡以北、山形県・秋田県）では水産有用種以外の海産無脊椎動物の生息状況に関する知見が極めて少なく、節足動物・環形動物・軟体動物・十脚甲殻類の環境 DNA 分析事例はない。本実践では沿岸域の表層水・底層水からどの程度の海産無脊椎動物が検出できるかを確認し、その妥当性を近隣の生息情報や過去の潜水調査記録と照らし合わせた。

調査地点は山形県鶴岡市加茂水族館東海岸とした。本海域はダイビングスポットであり 4 月から 10 月後半までの目視調査事例が蓄積されている。平均水深は 8m～10m で四季を通して様々な生物が観察される。底質は 1～3m までは岩礁帯と藻場、4～5m が転石、5m 以深が砂泥質となっている。令和 7 年 8 月 22 日に潜水による海中の 3 地点（st.1/st.2/st.3）の採水を実施した（図２）。各地点では表層水と底層水それぞれをポリビンに 1L 採水し、ローラーポンプと Sterivex-GP 0.22 μm でろ過し、核酸保存液 2ml を添加した。4 時間冷蔵したのち冷凍庫へ移動、翌日(株)生物技研へ発送した。底生動物（節足動物、環形動物、貝(二枚貝・巻貝)、十脚甲殻類）対象とした分析を依頼し、BLASTN による検索結果（相同率 97%以上）を表に整理し、生息状況と照合した。

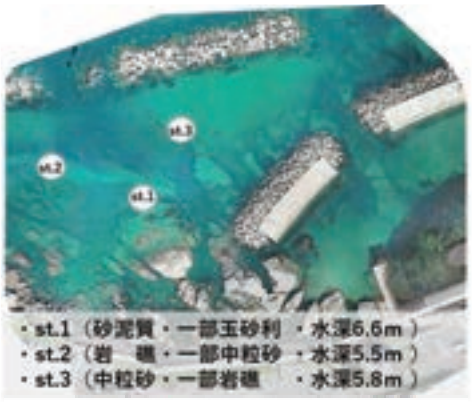


図 2. 調査地点概要

海産無脊椎動物の検出傾向としては節足動物門より 6 種、軟体動物門より 16 種、環形動物門 1 種が検出されたが特定の種はリード数が少なく、信頼性が低い。サンカクフジツボやナンオウフジツボに代表されるフジツボ類の DNA が多く増幅されているため、その他の生物の検出が阻害された可能性がある。今回、表層で多く検出されたナンオウフジツボ（*Perforatus perforates*）は主にイギリス南西部～西アフリカ、地中海原産で、船体付着やバラスト水により国内への移入が推定される外来種である。2012 年秋田県男鹿半島戸賀湾のイワガキ養殖に使われたブイに付着していたのが発見、以降東北地方への分布拡大が懸念されている。環境 DNA は生貝と死貝の区別ができず、DNA を放出している物体であれば検出する。ブイ等に付着している死骸を検出している可能性もあるため、追加で漂着ゴミや浮遊性ゴミの調査を行い、付着性生物のキャリアーとしての機能について検討する。また、ナンオウフジツボは水面のみで検出されたため、岩礁やテトラポッド等に生息しているか調査を実施したい。

二枚貝綱では 6 種が検出され、中でもカワヒバリガイ（*Limnoperna fortunei*）・ヒバリガイモドキ（*Brachidontes mutabilis*）等のヒバリガイの仲間が相同率 100%で検出された。淡水性ヒバリガイは特定外来種に指定され、関東地方、東海地方、近畿地方の 12 都府県で見つかっているが東北地方では事例がない。前日の 8 月 21 日に 3mm の降水、前々日の 20 日に 7mm の降水があり、近隣河川から DNA 断片が流入している可能性もあるが詳細はカワヒバリガイに特異的なプライマーを用いた追調査が必要である。また、同様の課題としてホンビノスガイ（*Mercenaria mercenaria*）が検出された。ホンビノスガイは東京湾奥や千葉港、大阪港では生息が確認されているが、東北地方での生息は確認できない。カガミガイ属の一種やマルスダレガイ科の一種が持つ似た塩基配列を検出しているのか、本当にホンビノスガイを検出しているのか、詳細な調査に期待したい。巻貝に関しては特異的なプライマーを用いて追加調査を行った。令和 8 年 2 月 5 日に船舶を用い図２の表層 3 か所においてポリビンに 1L 採水し、オスバン 1ml を加え(株)生物技研へ発送した。

結果としては 18 個の ASV が該当したが、分布域外や和名不明種が多かった。ニシキウズガイ科の一種、リュウテン属の一種等が該当し、後鰓類としてはアメフラシ属の一種、ナギサノツユ属の一種の極めて少数が該当した。原因としては山形県沿岸が厳冬期ということもあり、環境中に存在する DNA 量が少なかった可能性が高い。1stPCR を 35 サイクル実施しているが、検出できる DNA 濃度がなかった。同様の調査を生物の活性が高い時期に行ったり、表層水ではなく底層の生物に近い場所で採水を行ったりすることで調査方法の改善を目指す。

最後に、水深 1m～5m程度でも表層水と底層水では環境 DNA の鉛直的な分布（DNA のリード数の分布）に差があることが分かった。潮間帯上部に生息する種（イワフジツボ）は表層のみで検出され、潮間帯下部に生息する種（サンカクフジツボ）では底層のリード数が表層の 3～4 倍程度も多く検出された。未定量ではあるが、DNA 増幅における傾向としてフジツボのすみわけを DNA 分布が反映している可能性が示された。ただし、エゾバイ等の底生巻貝の DNA 分布が表層に寄ることやフナクイムシなどの流木を住処にする生物の DNA 分布が水底に寄ることなどの疑問も残るため、定量結果がバイオマスと生息域を正しく反映しているかを確認することを次年度の課題とする。

４　まとめ「環境 DNA 分析を取り入れた生物多様性の教材開発」

図３．ろ過作業の様子

本校では過去３年間、環境 DNA 分析を取り入れた授業実践や課題研究、課外活動を行ってきた。特に授業では理科・生物基礎の生物の多様性と共通性、遺伝子と DNA の単元で原理を取り上げた。また、第４章の生物の多様性と生態系の単元ではより詳細な調査の事例を紹介した。一般的な教科書の多様性に関する事例は陸域生態系のものが多い。本校のような水産科の場合は水域の生態系で置き換える必要性を感じた。教科水産・海洋環境の中でも生態系の保全や生物調査の方法について取り扱う。環境 DNA で得られる情報やその手法は理科と水産科の教科横断的な授業事例として評価を得ることができた。徒手採捕・フィールドワークはもちろん重要だが、地域の生物相を把握するには時間がかかることや種の同定には専門家の目が必要なことなどの課題がある。環境 DNA の教材としての評価としては、圧倒的な短時間で、地域の生物多様性の一部を、高校生段階の生徒でも体験を通しながら理解することを促せる点が優れていることから、さらに教材としての活用を模索してゆく。

成果発表

1) 令和７年度日本水産学会秋季大会　高校生発表会
2) 令和７年度山形県探究学習課題研究発表会
3) 公益財団法人中谷財団 2025 年度科学教育振興助成　成果発表会
4) 令和８年度日本水産学会春季大会　高校生発表会

謝　辞

本研究を実施するにあたり、分析費用のご支援を頂きました公益財団法人中谷財団および科学教育振興助成をご担当頂いている皆様に深甚なる謝意を表します。また、ご助言を頂き、環境 DNA 分析を行って頂きました株式会社生物技研の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

1) 山形県水産研究所日本海産魚類目録（最終閲覧日2026-02-15）
https://www.pref.yamagata.jp/147010/sangyo/nourinsuisangyou/suisan/suisanshikenjou/gyoruimokuroku.html
2) 鈴木庄一郎．山形県海産無脊椎動物．たまきび会，1979.
3) みんなで作る山形県・庄内海中図鑑 Ver. 4.（最終閲覧日 2026-03-01）https://yamagata-divenature.jp/
4) 中野理枝．日本のウミウシ第二版（ネイチャーガイド）．文一総合出版，2019.
5) Makiko Hayashi & Hiroaki Nakano. Staging of post-settlement growth in the nudibranch Hypselodorisfestiva. Scientific Reports, 2024. 14:16157, doi:10.1038/s41598-024-66322-4.

高温の夏に土壌改良をめざす

－ 持続可能な農業に向けた物理的防除技術の探究 －

福島県福島市立北信中学校
教諭　菅野　俊幸

1　はじめに

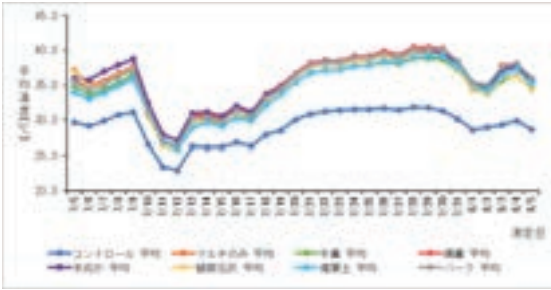
本研究は、夏季の高温を活用した太陽熱養生処理（ソーラリゼーション）と、有機肥料の施用を組み合わせることで、土壌環境の改善と作物生育の向上を図ることを目的として実施した。近年、全国的に猛暑日が増加し、農作業中の熱中症リスクが高まっている。また、同じ畑での連作により、病害虫や雑草が増加し、農薬や除草剤への依存度が高まることが問題となっている。

太陽熱養生処理は、夏の強い日射を利用して土壌温度を上昇させ、病害虫や雑草種子を抑制する環境負荷の少ない技術である。さらに、土壌の団粒構造の改善、通気性・保水性の向上、微生物相のリセットなど、多面的な効果が期待されている。

本研究では、福島市の畑において、**コントロール区**（無施肥）、**マルチのみ区**（太陽熱処理）、 **施肥区**（牛糞・鶏糞・米ぬか・牡蠣殻石灰・腐葉土・バーク）の 3 条件を設定し、土壌の物理性・化学性・生物性と、コマツナの生育を総合的に比較した。

中学生が主体となって計画立案からデータ分析までを行い、科学的探究のプロセスを実践的に学ぶことも大きな目的であった。

2－1　太陽熱養生処理による土壌環境の変化



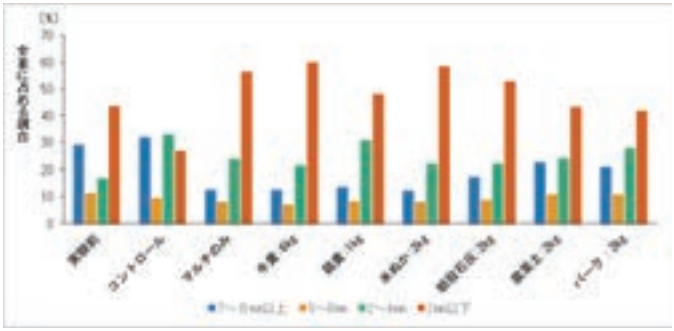
● 土壌温度の上昇と積算温度

太陽熱養生処理を行った区画では、透明マルチによる温室効果により、日中の地温が大きく上昇した。積算温度 1000℃に到達するまでの期間は、コントロール区より 4〜5 日短縮され、病害虫抑制に必要な温度条件を効率的に満たすことができた。

特に、鶏糞・米ぬか・牡蠣殻石灰区では温度上昇が早く、資材の種類によって熱伝導性や水分保持性が異なることが示唆された。

● **土壌の物理性の変化**

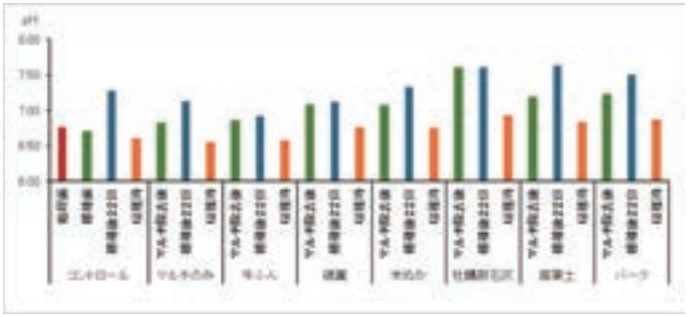
ふるい分けによる粒度分析では、処理区で 2mm 以下の細粒の割合が増加した。これは、太陽熱により有機物が分解され、微生物が作る粘着物質が減少したことで、団粒構造が一時的に弱まったためと考えられる。通気性・排水性の測定では、



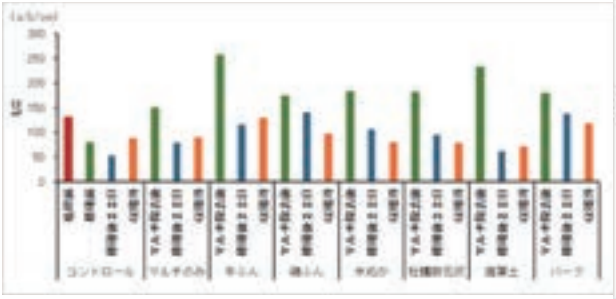
・ 牛糞区・米ぬか区で大きく改善
・ 牡蠣殻石灰区は、通気性は改善したが排水性は低下
・ マルチのみ区は通気性が低下といった違いが見られ、資材の性質が物理性に強く影響することが明らかになった。

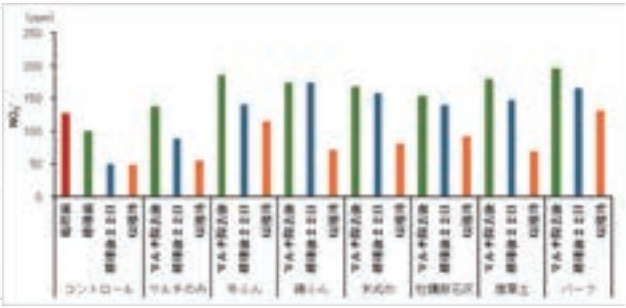
● **土壌の化学性の変化**

pH は処理後に上昇し、収穫時には低下した。



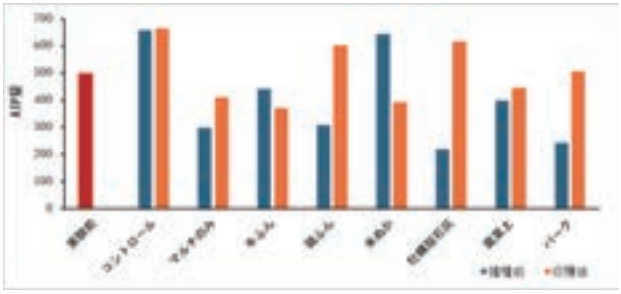
・ 有機物分解による一時的なアルカリ化
・ 作物の養分吸収· 硝化作用による酸性化が複合的に影響したためである。
・ EC・硝酸イオン・カリウムイオンの変化からは、· 牛糞区・腐葉土区は栄養バランスが良く、安定した肥効を示す。
・ 鶏糞区は硝酸イオンが急増し、肥効が強い。
・ 米ぬか区は分解に時間がかかり、初期は窒素不足になりやすいといった特徴が確認された。





● **土壌の生物性（ATP 量）**

ATP 量は、微生物の活動量を示す指標である。米ぬか区では処理直後に ATP 量が急増したが、収穫時には大きく減少した。これは、米ぬかが微生物の急増を促す一方で、窒素不足を招き、後半に活動が低下したためと考えられる。一方、鶏糞・牡蠣殻石灰・バーク区では ATP 量が増加し、微生物活動が活発であることが示された。



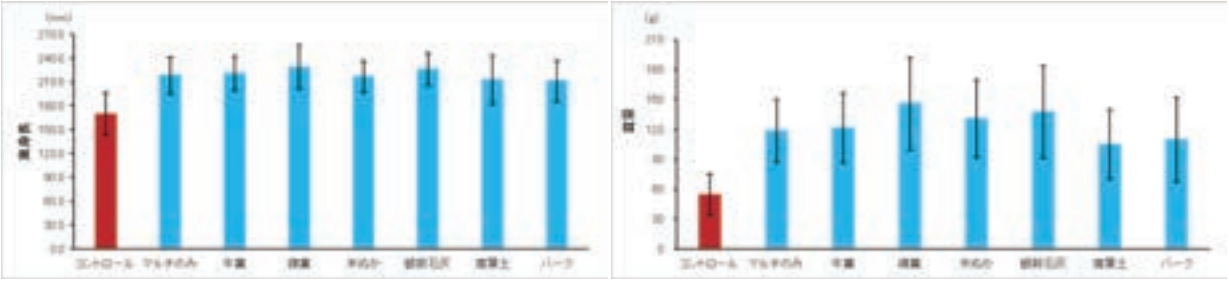
土壌採取	ふるいでの分類	排水性の測定

2－2　コマツナの成長比較と施肥効果

● 生育指標の比較

葉身長・葉身幅・新鮮重・SPAD 値のすべてにおいて、施肥区はコントロール区より高い値を示した。特に、

・ 鶏糞区：窒素が豊富で葉の成長が著しい。
・ 牡蠣殻石灰区：pH 調整とカルシウム供給により健全な生育が確認された。
・ 牛糞区：栄養バランスが良く、安定した成長が確認された。



● SPAD 値（葉緑素量）

SPAD 値は光合成能力の指標であり、鶏糞・牡蠣殻石灰・米ぬか区で高い値を示した。特に鶏糞区では、窒素供給が豊富で葉緑素量が増加し、光合成活性が高まったと考えられる。

● 相関分析から見えた土壌と成長の関係

相関分析の結果、以下の関係が明らかになった。

・ 細粒化した土壌ほど成長が良い（葉身長との相関 0.88）。
・ 播種前の硝酸イオン濃度が成長と強く相関（0.77）。
・ ATP 量は多すぎると成長を阻害（負の相関）。

これらの結果から、物理性・化学性・生物性のバランスが整った土壌が、作物の健全な成長に寄与することが示された。

施肥の違いと土壌性質の効果の違い

分類	測定項目	ｺﾝﾄﾛｰﾙ	マルチのみ	牛糞	鶏糞	米ぬか	牡蠣殻石灰	腐葉土	バーク
物理的性質	土壌温度		◎	○	◎	◎	◎	○	◎
	土壌粒子				○			◎	◎
	通気性		×	◎		◎	○	○	
	保水性	ほぼ同じ							
	排水性		○	◎		◎	×		○
化学的性質	pH			○	○	○		◎	◎
	EC			◎	○	○	○	◎	○
	硝酸ｲｵﾝ			◎	○	○		○	◎
	ｶﾘｳﾑｲｵﾝ			◎	○	○		◎	○
生物的性質	ATP		○		◎	×	◎	○	◎
	コマツナの成長			◎	◎		◎		

※ コントロールと比較した差が大きかったものを◎、やや差があるものを○、下がるものを×としてあらわした

新鮮重測定	ノギスでの測定	葉緑素計での測定

3　まとめ

本研究では、太陽熱養生処理と複数の有機肥料を組み合わせ、土壌環境とコマツナの生育への影響を検証した。処理区は土壌の物理性・化学性・生物性のすべてでコントロール区と異なり、改善効果が確認された。特に、積算温度 1000℃への到達が 4〜5 日早まったことは、太陽熱養生処理が病害虫抑制に必要な温度条件を効率的に確保できる技術であることを示す重要な成果である。

物理性では、太陽熱処理により細粒化が進み、牛糞区や米ぬか区で通気性・排水性が改善した。これは、太陽熱が土壌構造を変化させる改良技術として働くことを示している。

化学性では、肥料ごとの特徴が明確に表れた。牛糞区と腐葉土区は栄養バランスが良く、鶏糞区では硝酸イオンが急増して強い肥効が確認された。米ぬか区は分解が遅く、初期に窒素不足が生じやすい点が課題として示された。これらは、目的に応じた資材選択の重要性を示している。

生物性（ATP 量）では、太陽熱処理直後に微生物活動が低下するものの、回復過程で肥料の違いが大きく影響した。特に鶏糞・牡蠣殻石灰・バーク区では ATP 量が増加し、微生物相が活性化していることが示された。

コマツナの生育では、葉身長・葉身幅・新鮮重・SPAD 値のすべてで施肥区が優れ、特に鶏糞・牡蠣殻石灰・牛糞の効果が大きかった。相関分析からは、細粒化した土壌ほど生育が良いこと、播種前の硝酸イオン濃度が成長と強く関係することなど、土壌環境と生育の因果関係を裏付ける結果が得られた。

以上より、太陽熱養生処理は、病害虫抑制、土壌構造の改善、肥料成分の分解促進、微生物相のリセットといった多面的な効果を持つ、持続可能な農業に資する有効な技術であることが明らかになった。

さらに、本研究は中学生が主体的に実験計画・データ収集・分析を行った点に教育的価値がある。科学的思考力や課題解決力が育成され、地域の農業課題を扱う探究活動として、学校と地域をつなぐ学習モデルとなった。

謝　辞

本研究の遂行にあたり、福島大学 食農学類 農業生産学コース 二瓶直登教授より多大なご指導を賜りました。また、土壌改良に関する実験指導をいただいた鈴木治氏に深く感謝申し上げます。

さらに、本研究に必要な薬品・実験器具等をご支援いただいた公益財団法人 中谷財団に心より御礼申し上げます。

参考文献

1. 三澤明久（2023）.『BLOF 理論で有機菜園』一般社団法人 農山漁村文化協会.
2. サンビオティック「太陽熱消毒処理（養生処理）マニュアル」 (sunbiotic.com in Bing)
3. 浅野陽樹（2019）.「保水性・排水性・通気性の測定法」生物育成学習支援ステーション（SUNS） (nc3.suns-project.com in Bing)
4. 農研機構（中央農業研究センター）（2017 年 12 月 28 日）「陽熱プラス 実践マニュアル」 (naro.go.jp in Bing)
5. 農研機構（2015）「太陽熱土壌消毒は高温における硝化活性を高める」 https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/narc/2015/narc15_s18.html

つくばの地域資源等を最大限活用・連携し、児童がイキイキと主体的に探究的な学びに取り組める環境や授業づくり

実施担当者　つくば市立並木小学校
教頭　稲垣　章一

1　はじめに

本校は、つくば市研究学園都市に位置し、近隣に JAXA、国立環境研究所、筑波大学をはじめとする国立の研究機関が多数存在する。加えて、地域住民や保護者の中にも多様な専門分野の研究者がおり、学校教育に活用し得る人的・物的資源に恵まれている。そこで本校では、これらの地域資源を教育活動に体系的に組み込み、児童が身近な事物・現象から「はて？」と疑問を抱き、「知りたい！」という意欲をもって、イキイキと主体的に学びを進める探究的な学びの実現を主題とした。そのために、地域資源を最大限に活用・連携した環境を整備するとともに、年間を通して探究的な学びが継続するよう授業改善の推進を目指した。

一方、全国学力・学習状況調査や学校評価の結果から、本校児童には、事象を多面的に捉えて深く考え、根拠を基に表現する力や、困難に直面した際に挑戦し粘り強く取り組む力等に課題があると分かった。そこで、身近な課題や地球規模の課題を自分事として捉え、自らの力で解決できる思考力や判断力、解決しようとする意欲、解決に向けて粘り強く取り組む資質・能力（やり抜く力を含む）を育成するために、「はて？」から始まる問いを学習の核に据えた探究的な学びを学校教育活動として計画的・継続的に位置付ける必要があると考えた。

また、小学校段階において探究の代表的な学習機会となり得る自由研究は、家庭での取組に委ねられやすく、保護者の関与の程度等により学習の質に差が生じやすい。そのため、学校として学びの機会と質を一定程度保障し、継続的な教育活動として位置付けるためには、学校内外の支援資源を活用した伴走型の指導体制を整えることが課題であると整理した。

以上を踏まえ、本取組の目的を次の 4 点に設定した。

(1) 地域の研究者・研究機関等と連携し、児童の「問い」を起点とした探究的な学びが継続する環境および支援体制を整備すること。
(2) 生活科・理科・総合的な学習の時間を中心とした年間指導計画に地域資源を計画的に位置付け、単元の学習内容を探究的な学びへと接続すること。
(3) 校内研修を通して、探究的な学びに関わる授業設計・運用の教員の専門性を高め、学校教育活動を活性化すること。
(4) 地域人材および近隣 SSH 校等との協働により自由研究指導を充実させ、持続可能な指導方法と支援体制を確立すること。

これらを通して、児童が身近な事物・現象から「問い」を見いだし、課題設定、情報収集、整理・分析、表現、振り返りの探究の過程を主体的に遂行できる資質・能力の育成を目指した。

２　研究・取組の実践内容

２－１　イキイキと主体的に科学を学べる「ちょこっとサイエンスひろばⅡ」等の環境づくり

図１　サイエンスひろばⅡ

図２　体験型物理教材

全児童が行き来する校内の１階オープンスペースを活用し、児童が科学おもちゃや実験器具等を用いて自由に操作・観察できる（9 月から 1 月の期間限定）環境を整備した。児童が身近な事物・現象に触れながら「はて？」と疑問を抱き、「知りたい！」という意欲につながることをねらいとした。本環境は、昨年度実施した「ちょこっとサイエンスひろば」を発展させ、研究紹介ブース、SSH 校科学研究部の高校生によるトークセッション、ワークショップ等を組み込んだ「ちょこっとサイエンスひろばⅡ」として展開した。昨年度に配置した標本（昆虫・鉱物・化石等）、観察機器（光学顕微鏡、プレパラート等）、デジタル教材（AR 等）に加え、今年度は液晶デジタル顕微鏡および体験型の物理教材（科学おもちゃ）を複数配置し、児童が操作と観察を通して現象の不思議さを実感できるようにした。さらに、「知りたい！」という意欲を次の学びにつなげるため、図鑑や解説パネル等を併設し、調べ方の手掛かりを提示した。

図３　ワークショップ

図４　高校生の研究発表

また、パネル内容の読み取りを促し、現象の理由を科学的に考える機会を与えるため、サイエンスクイズラリーを実施した。クイズラリーの取組を通して、児童が展示物やパネルを観察し、根拠を基に深く考える活動へとつながるよう工夫した。参加意欲の継続を図るため、クイズ正答の児童には紫外線ビーズのストラップ制作やアンモナイト標本づくり等のワークショップ参加券を配付し、遊びと学びが連続する仕組みを設けた。

さらに、高校生や保護者等による展示ブースを設け、研究内容の紹介および対話の機会をロング昼休み等に設定した。児童は、提示されたプレゼンテーション資料や映像を手掛かりに疑問点を質問し、説明を受けながら理解を深める姿が見られた。これにより、児童が研究者や探究に取り組む先行学習者の思考過程に触れ、科学的探究を身近な営みとして捉える契機となった。加えて、校内各所の絵画や植物等、日常的には見過ごされやすい対象に対し、「はて？」を喚起する掲示を配置した。児童の視点を広げる問い掛けや観察の観点を提示することで、日常の中から探究の「問い」を生成することを支援した。

２－２　地域の研究機関等の研究者等による出前授業の活用と探究的学びの接続

生活科、理科、総合的な学習の時間の年間指導計画に、単元内容と関連する地域の研究機関、大学等を外部資源として、体系的に位置づけ、学習内容への興味・関心を高めるとともに、探究的な学びの出発点となる科学的な「問い」を持たせるように支援した。具体的には、実物・展示の観察を通して事物・現象に気付かせる段階→専門家の説明や対話により見方・考え方を広げる段階→学校での探究へつなげる段階という流れで意図的に計画した。

施設訪問では、筑波山周辺の地質標本・自然観察、動植物の多様性、魚類・淡水性生物、恐竜骨格やマンモス展示、宇宙・星座等、各単元の学習内容に即した見学を実施し、展示物や実物の観察に加え、簡易実験や体験活動を組み込んだ。これにより、教科書や写真資料では捉えにくい事物や現象に触れ、児童が「はて？」「知りたい！」と探究的な学びに接続する機会を大切にした。

また、地球温暖化・気象、植物多様性、宇宙（惑星・星座）、農業・植物等に関して、地域の研究機関等の研究者や学芸員を招へいし、専門的知見に基づく説明、児童が扱える範囲の実験、移動式プラネタリウム等を活用した観察、児童との質疑応答を含む出前授業を実施した。専門家との対

話を通して、児童の素朴な疑問を探究的な学びの「問い」へと整理し、児童個々の学習課題として設定することができた。

さらに、小学校理科の学習内容を発展させ、SSH 校の高校生を講師として並木中等教育学校の化学室にて実験教室を実施した。内容は、光合成色素の分離および酸化還元反応による信号反応等であり、本校５・６年生２９名が参加した。小学校段階では扱いにくい実験器具や手法を用いることで、現象をより明瞭に観察でき、学習内容が中学校以降の学びへ連続していることを実感させる機会となった。これら一連の取組により、児童は、身近な現象に疑問をもち課題を見出すこと、予想・仮説を立てること、条件を操作して検証すること、試行錯誤を楽しみながら解決に向かうこと、結果を比較し考察する等の探究の過程を具体的に経験することができた。加えて、引率教員にとっても、SSH 校教員の説明の仕方、興味を引き出す導入方法、児童の思考を深める問い返しに触れることで、授業改善の視点を得る機会となった。

図５　プラネタリウム

図６　近隣 SSH 校実験教室

２－３　児童がイキイキと主体的に探究的な学びに取り組める授業づくり研修

主体的・対話的で深い学びの実現を目指し、全教職員を対象に、主に生活科・理科・総合的な学習の時間を中心として、探究的な学びの充実に資する授業づくり研修を通年で実施した。研究主題は「自ら課題を見つけ、対話を通して深く考え、挑戦し、問題解決力を育む学習活動の工夫と授業づくり」とし、研修の軸を「課題設定のための導入」「思考を深める対話」「挑戦する意欲を高める振り返り」「質の高いアウトプット」の４視点に置いた。児童が身近な事象から問いをもち、対話で考えを更新し、試行錯誤を重ねて解決へ近づく学習過程を、各授業に意図的に組み込むことをねらいとした。

研修の推進に当たっては、研究主任を中心に定例の研究協議会を設定し、授業構想の検討、指導案作成、授業実践、相互参観、研究協議を循環させた。課題設定の質の向上に向け、身近な現象・教材との出会いから「はて？」「知りたい！」を引き出す導入の工夫を全教員で共有し、ICT（ロイロノート等）を活用して記録・交流の即時性を高めた。加えて、茨城大学教授他２名および大学院生５名による要請訪問（７月・８月・２月）を位置付け、授業参観後の研究協議を重ねることで、４視点を一連の学習過程として捉え直し、授業改善の観点を学校全体の共通理解として獲得することを目指した。

また、対話による思考の深化を目指し、あたたかな聴き方・やさしい話し方の共通ルールを教室掲示等により可視化し、教員の声かけを通して全校で徹底した。対話は「教員 対 児童」ではなく「児童 対 児童」を基本とし、心理的安全性のある学級づくりを授業改善の前提に据えた。茨城大学正保春彦名誉教授による研修・ワークショップ（７月）では、心理的安全性を基盤とするグループワークの設計・進め方を学び、支持的風土の醸成が対話の質を高める条件であることを共有した。

図７　相互授業参観研究協議

授業改善を加速するため、相互授業参観は年３回実施し、全教職員が「一人１提案授業」を担う体制を整えた。提案授業では、４視点に基づく簡易的指導案を用い、参観後すぐに付箋でフィードバックし、授業者が振り返りを行った上で、工夫点と改善策を全教職員の前でプレゼンテーションする手順を定着させた。こうした協働的な授業改善プロセスを繰り返すことで、教員間の学び合いが日常化し、探究的な学びを柱とした授業を展開する力の向上が図られた。

２－４　自由研究指導の活性化、指導法の確立（伴走型指導モデル）

自由研究は、児童が課題設定から仮説、方法の計画、実験・観察、データ整理・分析、結論の表現までを一貫して経験できる探究的な学びである。一方で、課題設定の難しさや方法設計の不確実

性、記録・分析技能の差、成果物作成の負荷等により、支援がなければ形骸化しやすい。そこで本校では、高学年希望者を対象に、自由研究の伴走型指導を実施し、学校段階に応じた指導法と支援体制の整備を進めた。実施に当たっては、学校内の理科室開放と理科専門教員の伴走を基盤に、地域人材、近隣 SSH 校（並木中等教育学校）科学研究部生徒および同校教員と連携し、研究テーマ決定から成果物作成までのプロセスを系統立てて支援した。

図 8 自由研究のようす

図 9 高校生による指導

実施は高学年希望者を対象に、６月から９月の期間で工程化した。５～６月は、児童の素朴な疑問を起点として研究テーマを設定し、検証可能性や比較の視点を導入しながら研究課題へ精緻化した。７月は理科室を一定期間開放し、教員が安全管理と方法支援を担いながら実験・観察を集中的に実施した。８月は論文・ポスター作成を中心とし、家庭での作業継続も可能となるよう GIGA 端末の Teams 上でのやりとりを行い、児童がまとめ上げた。９月の科学研究作品展への出展を成果発表の機会として位置付けた。伴走者は教員に加え、地域人材、SSH 校の科学研究部生徒、同校教員等で構成した。特に高校生による助言では、データのまとめ方や論文構成、表現方法について小学生が理解できるような説明が行われ、児童が問い返しを重ねながら研究内容を更新する姿が確認された。

GIGA 端末の活用は、(1)課題設定の情報収集　(2)方法設計の共同編集　(3)データ記録・処理　(4)分析結果の共有と協議　(5)論文・ポスターの協働作成　の全過程に位置付けた。方法設計は実験ノートへの記録と並行して文書化し、クラウド共有により更新可能とした。実験・観察では写真・動画と計測データを対応づけ、Excel で表・グラフ化して傾向を可視化した。まとめではテンプレートを用意し、表現技能の差が研究内容の質の差に直結しないよう配慮した。これらにより、自由研究が一部の児童の活動に留まるのではなく、参加者全員がデータと根拠に基づいて参加できる探究へと転換する条件を整備することができた。

３　まとめ

本取組は、つくば研究学園都市という地域特性を生かし、研究機関・大学・SSH 校等の外部資源を学校教育活動に体系的に位置付けることで、児童の「はて？」を起点とした探究的な学びを単発の体験に終わらせず年間を通して継続させることを目的として推進した。校内の環境整備、地域資源の活用、校内研修による授業改善、自由研究の伴走型指導を接続し、探究的な学びを学校全体の学習文化をつくりだすことを目指した。

具体的には「ちょこっとサイエンスひろばⅡ」等で問いが生まれる環境を整え、見学・出前授業・SSH 校連携を年間指導計画に位置付けた。あわせて、4 視点を共通言語とする校内研修を循環させ、理科室開放・外部人材・ICT を統合した伴走型モデルにより、小学校段階でも自由研究を継続的に実施可能とする体制を整備した。

以上より、本校の取組は、校内外、特に地域資源を最大限活用・連携させた探究的な学びを学校全体教育活動に位置づけ、具体化できたと考えられる。今後は、探究的な学びを取り入れた授業、環境づくり、自由研究指導等の方法を可視化し、それらの成果を共有できる機会を増やしていき、児童が成長を自覚しながら学びを継続できる支援の充実を図りたいと考えている。

謝　辞

本実践は、公益財団法人 中谷財団の助成を受けて実施しました。助成により、探究的な学びを継続的に展開するための環境整備や教材・機器の充実、外部人材との連携体制の構築を進めることができました。この場をお借りして、感謝申し上げます。

参考文献

・文部科学省（2017）『小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説（総則編・各教科等）』

ワインパミスと生分解性プラスチックを用いた大豆栽培に関する研究

－ 地域の未利用資源を持続可能な農業に活かす生徒主体の活動 －

実施担当者　東洋大学附属牛久高等学校
教諭　片岡　佑輔

1　はじめに

日本遺産 牛久シャトーは日本初の本格的ワイン醸造場であり、現在もワインの生産を行っている。しかし、ワイン醸造の過程で副産物として生じるワインパミス（ブドウの皮や種）は、産業廃棄物として有料で 焼却処理されており、有効に活用されていないのが現状である。

図 1　日本遺産牛久シャトーのワイン貯蔵庫

そこで本研究では、この未利用資源であるワインパミスを堆肥として活用することで、廃棄に伴う二酸化炭素排出量の削減を図り、 地球温暖化の抑制に貢献したいと考えた。また、2030 年にはタンパク質の需要が供給を上回る世界的な「タンパク質危機」が予測されている。そこで、環境負荷の小さい方法でタンパク質含有量の高いダイズを栽培することにより、将来の食料問題の解決に貢献できると考えた。さらに近年、マイクロプラスチックによる環境汚染が深刻化しており、その対策として生分解性プラスチックが注目されている。農業分野においても、生分解性プラスチック製マルチの利用が期待されているが、収量面で従来のマルチと同等の効果が得られるかについては、十分な検証が必要である。

そこで本研究では、ワインパミスを発酵させて作製した堆肥を用いてダイズを栽培し、通常のプラスチックマルチと生分解性プラスチックマルチを使用した区画を設定することで、収量や生育への影響を比較・検討することを目的とした。

2　ワインパミスの堆肥化と堆肥の性質

2－1　ワインパミスの堆肥化の方法

図 2　学校でのワインパミスの堆肥化

牛久シャトーより 360 kg のワインパミスの提供を受けた。本研究では、ワインパミスの堆肥化に関する先行研究である長谷川ら（2010）を参考に堆肥化条件を検討した。長谷川らは家畜排せつ物（豚ふん）を用いて堆肥化を行っているが、本研究では牛久市において入手が容易な地域の未利用資源を活用する点に特徴がある。

具体的には、青山きのこ園から菌床 70 kg（有機物分解に関与する微生物源）、地元農家から米糠 90 kg（微生物の栄養源）、籾殻 60 kg（通気性および物理構造の改善）を収集し、ワインパミスと混合した。これらの材料は、有機物分解の促進、C/N 比の調整、および通気性の確保を目的として組み合わせたものである。混合した材料を用いて 2024 年 10 月より堆肥化を開始し、発酵期間中は週 1 回を目安に切り返しを行い、約 8 か月間発酵させた。発酵初期には温度の上昇が確認され、好気性微生物の活動による有機物分解が進行し、発酵が適切に進んでいることが示唆された。

２－２　ワインパミスの性質の評価

発酵させた堆肥の性質を評価するために、農大式簡易土壌診断キット「みどりくん」を用いて、植物の生育に重要な pH、窒素（N）、リン（P）、カリウム（K）の数値を測定した。

ダイズ栽培において、窒素は葉や茎の成長を促進し、光合成能力を向上させる役割をもつ元素である。しかし、ダイズは根粒菌との共生により窒素を自給することが可能であるため、他の作物と比較して窒素施肥は控えめにすることが重要である。次に、リンは開花や結実に関与し、花数や着莢数の増加に寄与する元素である。そのため、リンの不足は収量低下の要因となると考えられる。さらに、カリウムは気孔の開閉を通じた水分調整や、病害虫に対する耐性の向上、ならびに代謝制御を通じたストレス耐性の向上に関与する元素である。

茨城県が発行している「茨城県における標準施肥の考え方」に掲載されているダイズ栽培の理想値と比較をすることで、堆肥の性能の評価を行った。その結果が表 1 である。

表 1　ワイン堆肥の性質

項目	理想範囲	測定値	単位	備考
pH	6.0-6.5	4.5	—	消石灰で 6.0 に調整
硝酸態窒素（NO_3^-—N）	3	60	kg/10a	20 倍
リン酸（P_2O_5）	8	25-50（32 と仮定）	kg/10a	4 倍
カリウム（K_2O）	9	10-25（18 と仮定）	kg/10a	2 倍

測定の結果、pH は 4.5 と理想範囲よりも低い値であったため、消石灰を用いておよそ 6.0 に調整を行った。一方で、硝酸態窒素は理想値の 20 倍、リン酸は 4 倍、カリウムは 2 倍という結果であった。来年度の堆肥については、リン酸とカリウムをこれらの改良を行うことで、よりダイズ栽培に適した堆肥作りを行うことができるように調整を行っていくこと必要である。

２－３　ワインパミス粉砕液を用いた微生物培養の試み

本研究では、ワインパミスを粉砕して得た抽出液を培地として用い、Cupriavidus necator を培養し、生分解性プラスチックである PHA（ポリヒドロキシアルカン酸）を生成する実験も併せて計画した。農業用の生分解性マルチとして一般的に使用されている PLA（ポリ乳酸）は、主に高温・高湿条件下で分解が進むのに対し、PHA はより広い環境条件下で分解が進行しやすい特徴を有する。ワインパミス抽出液にはポリフェノールなどのコロイド状粒子が含まれており、強い着色および懸濁が見られたため、微生物の増殖を視覚的に確認することが困難であった。そこで、まず活性炭処理を行い脱色を試みたところ、着色は大きく低減したが、懸濁は残存した。さらに、ポリフェノール吸着剤であるポリクラール VT を添加した結果、抽出液はほぼ無色透明となり、培地としての使用に適した状態に調整することができた。

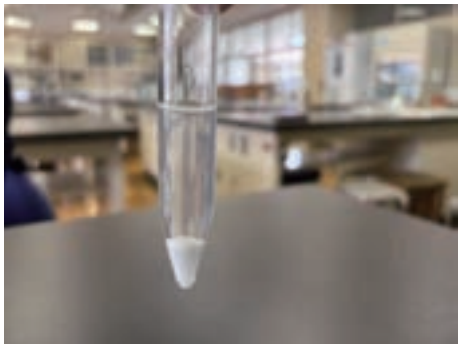


図 3　無色透明のワインパミス破砕液

しかしながら、NITE より購入した Cupriavidus necator 株は、インキュベーターでの培養中にコンタミネーションが発生し、純培養の維持ができなかったため、本実験には使用できなかった。今後は無菌操作の徹底および培養条件の再検討を行い、来年度以降に再度実験を実施する予定である。

3　ワイン堆肥と生分解性マルチを活用したダイズ栽培

3－1　ダイズ栽培の方法

図 4　学校近隣の畑で栽培したダイズの収穫

学校近隣の畑を地域住民の方から借用し、本校 SDGs Lab の生徒 15 名程度でダイズの栽培を行った。使用した畑の面積は約 250 m^2 であった。

ダイズ栽培に効果的な条件を検証するため、肥料の種類、マルチの色、マルチの生分解性の有無の 3 要因に着目し、5 つの条件区を設定して栽培を行った。まず、肥料については、通常の化成肥料である国産普通化成 8-8-8 と、私たちが作成したワイン堆肥を用いた。次に、マルチの色については、黒マルチとシルバーマルチを用いた。黒マルチは光を吸収しやすく地温が上昇しやすい一方、シルバーマルチは光を反射するため地温の過度な上昇を抑える効果が期待される。また、シルバーマルチにはアブラムシなどの害虫飛来を抑制する効果も期待されるため、本研究ではシルバーマルチを採用した区を多く設定した。さらに、近年はマイクロプラスチック汚染が大きな社会問題となっており、農業用マルチもその一因とされている。そこで本研究では、環境負荷低減の観点から生分解性シルバーマルチも使用した。

条件①　化成肥料×シルバーマルチ
条件②　化成肥料×黒マルチ
条件③　ワイン堆肥（P,K 追加）×シルバーマルチ
条件④　ワイン堆肥×シルバーマルチ
条件⑤　化成肥料×生分解性シルバーマルチ

なお、ダイズの品種には茨城県の推奨品種である「里のほほえみ」を用いた。2025 年 6 月 12 日に播種を行った。その後、7 月中旬に開花が確認され、8 月中旬には莢の形成が見られた。収穫は 10 月下旬から開始した。栽培期間中、条件⑤（ワイン堆肥 × 生分解性シルバーマルチ）を中心にハダニの発生が確認されたため、防除の目的で農薬を散布した。

3－2　ダイズ栽培の結果と考察

生育の指標として草丈を測定し、毎週木曜日の同時刻に各区の 28 株全ての測定を行い、その平均値を算出した。さらに、収穫したダイズの総重量を区画ごとに測定した。これらの結果を表 2 に示す。

表 2　ダイズ栽培の結果

条件	肥料	マルチ	7/3 平均草丈(cm)	8/28 平均草丈(cm)	問題のないダイズ(kg)	問題のあるダイズ(g)	割合（%）
①	化成肥料	シルバー	24.9	110.3	3.40	242.6	6.66
②	化成肥料	黒	24.2	96.5	3.95	452.0	10.27
③	ワイン堆肥（P,K 追加）	シルバー	20.1	112.4	3.00	160.4	5.07
④	ワイン堆肥	シルバー	22.9	110.6	1.80	302.1	14.37
⑤	化成肥料	生分解性シルバー	19.1	92.2	3.05	139.3	4.37

収穫したダイズは、「品質に問題がないダイズ」と「品質に問題があるダイズ」に分類し、それぞれの重量を測定した。分類に際しては主観の影響を抑えるため、2〜3 名で判定を行った。ダイズの表面の一部が紫色に変色する紫斑病の個体については、実際に商取引に用いられていることから「品質に問題がないダイズ」として扱った。一方で、既に発芽しているものや、極端に小さく硬い豆については「品質に問題があるダイズ」として分類した。28 株合計の収量を比較した結果、「品質に問題がないダイズ」は条件②＞条件①＞条件⑤＞条件③＞条件④の順で多くなった。一方、「品質に問題があるダイズ」は条件②＞条件④＞条件①＞条件③＞条件⑤の順であった。

条件①と②の比較より、シルバーマルチよりも黒マルチの方が収量は多かった。このことから、黒マルチは地温上昇を通じてダイズの生育を促進した可能性が示唆される。一方で、条件②では「品質に問題があるダイズ」の割合が高かったことから、黒マルチによる高温や乾燥などのストレスが品質に影響を与えた可能性がある。

次に、条件①と④の比較より、ワイン堆肥よりも化成肥料の方が収量は多かった。ワイン堆肥は成長に必要な窒素が多いのに対して着莢数の増加に寄与するリンやストレス耐性に寄与するカリウムの濃度が少ない。そのため、最終的な草丈は化成肥料とほぼ同等であったが、最終的な収穫量に差が生じたと考えられる。一方、条件③のようにリンおよびカリウムを補給することで、化成肥料との差は縮小した。しかしながら、依然として差が見られた理由として、ダイズは開花から着莢期にストレスを受けると花や莢を維持できず収量が低下することが知られている。ワイン堆肥はセルロース繊維を多く含むため、土壌の保水性が高まり、過湿状態となった可能性がある。その結果、根へのストレスが増大し、花や莢の脱落が生じた可能性が考えられる。

さらに、条件①と⑤の比較より、生分解性シルバーマルチよりも通常のシルバーマルチの方が収量は多かった。条件⑤では 9 月頃にハダニが大量発生し、防除が不十分であったことに加え、葉を摘み取ったことが収量低下の要因であると考えられる。また、生分解性マルチの分解により土壌が露出し、光反射による害虫抑制効果が低下したことも、ハダニ発生の一因となった可能性がある。

4　まとめと今後の課題

本研究では、地域の未利用資源を混合して作製したワイン堆肥を用いたダイズ栽培を行い、化成肥料には及ばないものの、リンおよびカリウムを補うことで一定の収量を確保できることを示した。来年度は、有機資材のみで化成肥料を上回る収量の達成を目標とし、牡蠣殻による pH 調整およびリンの補給、草木灰によるカリウムの補給を行う予定である。一方、課題として、条件⑤ではハダニの被害が確認されたため、適切な防除を行った上で収量の再検証が必要である。また、本年度は 1 区あたり 27 株の合計収量で比較を行ったが、来年度は 1 株ごとの収量を測定し、そのデータに基づいて平均値の比較や分散分析などの統計解析を実施する。さらに、本年度は台風および害虫被害への対応が遅れたことが収量に影響した可能性があるため、来年度は事前に添え木の設置や適切な時期での防除を行い、より科学的信頼性の高いデータの取得を目指す。加えて、JICA 農業研修員との交流を通して循環型大豆生産モデルの知見を共有し、国際的視点の育成にも取り組む。

謝　辞

本研究は中谷財団の助成を受けて実施した。ワインパミスをご提供いただいた牛久シャトー様、菌床をご提供いただいた青山きのこ園様、米糠および籾殻をご提供いただいた地元農家の皆様、ならびに畑をお貸しいただいた河村様に、心より感謝申し上げる。

参考文献

長谷川達也・森智和・吾郷健一ほか：ブドウ搾り滓を活用した家畜排せつ物の堆肥化および環境負荷低減化技術の開発（その 3），山梨県総合理工学研究機構研究報告書，第 5 号，pp.1-19，2010.
茨城県：茨城県における標準施肥の考え方 2022 年 3 月　https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kantai/suishitsu/documents/ibarakikennhyoujunnsehi.pdf(2026 年 3 月 31 日閲覧）
茨城県：主要農作物等奨励品種特性表（令和 7 年度）https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/sansin/nosan/documents/r7tokuseihyou.pdf　(2026 年 3 月 31 日閲覧）

センサーやタブレット等の ICT 機器を用いて、聴覚障害がある生徒が視覚等を活用した分かりやすい観察実験等の取組

実施担当者　栃木県立聾学校
教諭　奥田　英人

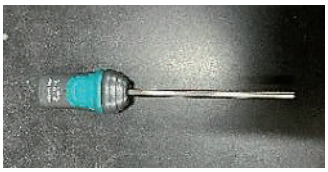
1　はじめに

聴覚障害のあるこどもたちは、話を聞きながら、メモをとったり観察実験を行ったりすることが難しく、発言している人の手話や観察実験対象に、その都度視線を移す必要がある。観察実験中は視線が発言者と自分の手元とで行き来したり、機器や器具の使い方にも留意したりする必要があるため、情報の取得が散漫になりがちである。このようなことから、センサーのグラフデータを、タブレットと組み合わせて全員と共有できるようにすることで、生徒達が共に考えを出し合ったり、再確認したりしながら学びが深められるのではないかと考えた。また、今回の取組を行うことで、生徒が自分たちで理解したり共有したりしやすいデータの取り方を工夫し、意欲的に観察実験ができるようになると考え、中学部と高等部の理科を中心に行った。

2　活動報告

2－1　購入したセンサーについて〔Go Direct シリーズワイヤレスセンサ（ナリカ社）〕

表－1　ワイヤレスセンサー（タブレットとセンサーをワイヤレス接続し、グラフ表示可能）

 温度センサー	 CO_2・O_2 センサー	 電圧センサー
 音センサー	 pH センサー	 電流センサー

２－２　授業での主な活用方法

タブレットにダウンロードしたアプリとセンサー機器を接続することで、計測結果がすぐに、自動でグラフ化される。また、具体的な計測値も見ることができる。

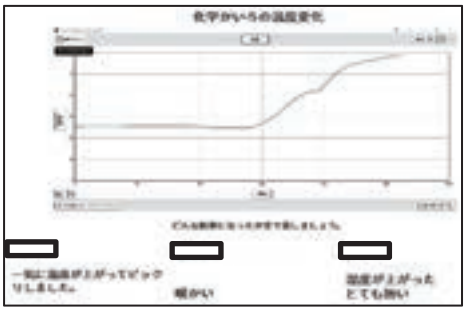
授業では、タブレットの画面を電子黒板に映し出すことで、大画面で複数人が同時に計測結果を見られるようにした。また、グラフ画面をスクリーンショットなどで保存し、生徒同士で文章や画像などを共有できるアプリ「ロイロノート」に載せることで、振り返りもしやすくなった。

図－１　電子黒板にセンサーを表示した様子

２－３　実践例①　中学部２年　理科「温度が変化する化学変化」

中２の理科で、化学カイロと簡易冷却パックを作成し、温度センサーを用いて温度変化を観察した。生徒からは、「複数人で同時に見ることが難しい」「話をしながら温度変化を見ることが難しい」といった聴覚障害ならではの課題点があるが、センサーを使ったことで自動でグラフ化され、一気に温度が上がる様子などの温度変化をすぐに見ることができ、学習がスムーズにすすめられた。

図－２　温度センサーの計測結果を表示した様子



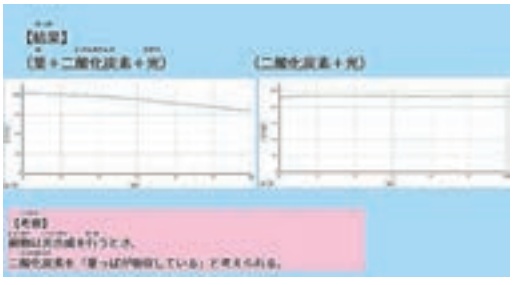
図－３　温度センサーの計測結果

２－４　実践例②　中学部２年　理科「光合成にともなう二酸化炭素の出入り」

中２の理科で、光合成によって本当に植物は二酸化炭素を吸収するのかを確かめる実験を行った。息を十分に吹きこんだボトルに３枚の葉と二酸化炭素センサーを入れて、日のよく当たる窓際に１０分間静置し、その間の二酸化炭素濃度を計測した。その後、対照実験として葉を入れていないものも同じように計測した。

透明のため、目視では変化が分かりにくいものでも、センサーのグラフ変化を見ることで、光合成とその結果について理解することが容易にできた。

【生徒の感想より】
・葉を見ても、本当に二酸化炭素を吸収しているのかどうかは分かりません。でも、グラフを見ると、葉を入れたものは二酸化炭素が減っているため、本当に植物は二酸化炭素を吸収していることが分かりました。



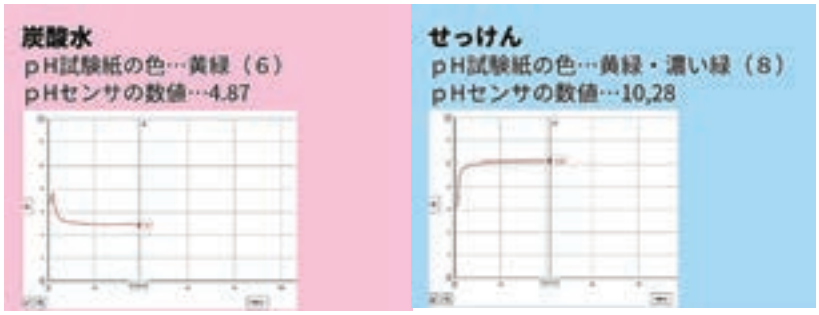
図－４　CO_2センサーでの計測結果

２－５　実践例③　中学部３年　理科「酸とアルカリを混ぜたときの変化」

中３の理科で、pH センサーを用いてアルカリ性の水溶液（水酸化ナトリウム水溶液）に酸性の水溶液（塩酸）を少しずつ混ぜたときの pH の変化を計測した。また、身近な水溶液の pH を pH 試験紙と pH センサーの２つで計測した。pH 試験紙の色の変化と、センサーの数値をリアルタイムで比較できるため、現在の pH の状態を確認しながら実験をすることができた。

【生徒の感想より】
・センサーを用いることで正確な結果が数値で得られる、pH の変化の様子がグラフで視覚的に表れるため分かりやすかったです。

図－５　pH 変化の実験の様子



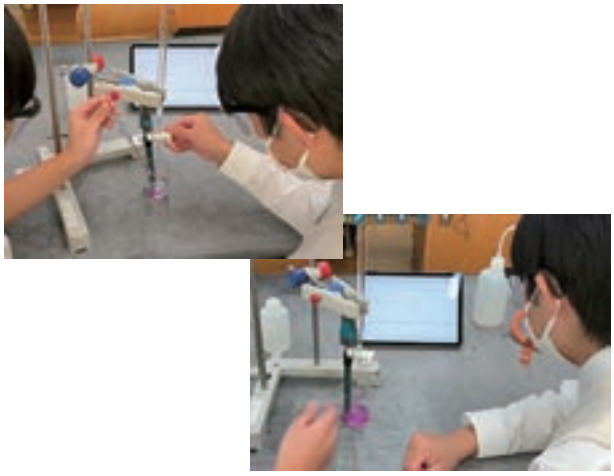
図－６　pH センサーの計測結果

２－６　実践例④　高等部　化学基礎「中和滴定の実験」

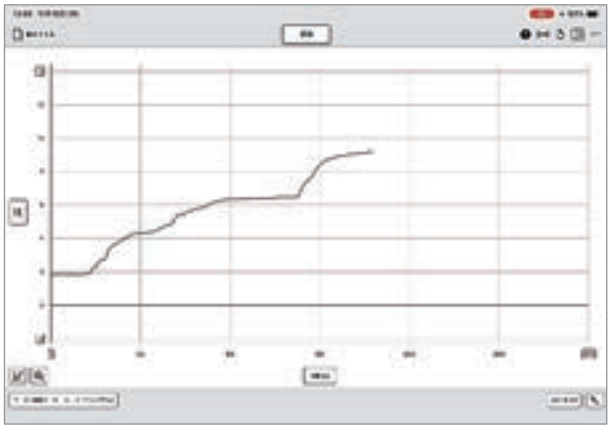
高等部の化学基礎で、中和滴定の実験を行った。酢酸に水酸化ナトリウムを滴下し、試薬（フェノールフタレイン）とセンサーで、pH の変化をモニタリングしながら、中和する様子を確認する実験を行った。

中和滴定の実験では、手話で会話しながら pH センサーのグラフ表示を見ることができた。また、グラフが自動で表示されることで、手話で友達と意見交換をしながら実験に取り組むことができた。

【生徒の感想より】
・おおよその中和点に必要な量を予想して試薬で確認していたけど、センサーがあることで、変化の様子を見ることができて分かりやすかったです。
・試薬だけでなく、センサーがあることで、pH の変化がとても分かりやすかったです。また実験がうまくいかなかったときの問題解決のヒントになりました。



図－７　中和滴定実験の様子



図－８　pH センサーでの中和反応のグラフ表示

２－７　実践例⑤　学校祭での理科センサー紹介

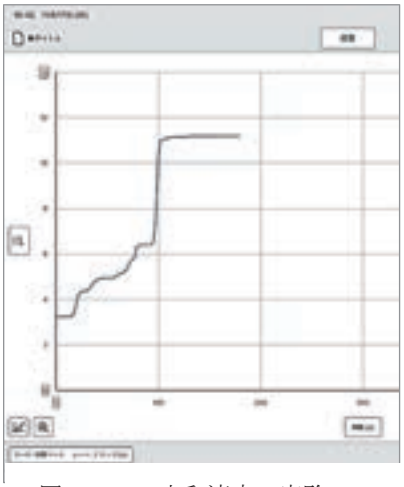
学校祭のイベントで、中学部・高等部の生徒が、ボランティアで参加してくれた交流校の生徒と一緒に、理科センサー体験コーナーを実施した。交流校生徒と一緒に本校生徒が来場者へ解説しながら、温度・二酸化炭素・酸素・音のセンサーを使った体験をしてもらった。温度が変化する様子や、二酸化炭素の濃度変化の様子をグラフで見る体験は初めてという方も多く、イベントは大盛況だった。生徒は、自ら説明することでセンサーの役割について深く理解する機会となった。

図－９　学校祭　理科センサー紹介コーナーの様子

３　まとめ

実験にセンサーを使用し、視覚的な情報が得られるようになったことで、生徒達は以前よりも実験の様子を良く理解できるようになったり、実験に集中したりすることができるようになった。また、実験に積極的に参加したり、意見交換したりする様子が見られるようになった。例えば実践例④中和滴定の実験では、生徒から「たった１滴で pH ジャンプする様子が実際にグラフで確認できた。」という発言があった。これは、センサーのリアルタイムでのグラフ変化表示と、実験の動画記録を併せて振り返りを行うことが可能となったことが、生徒の理解を深めたと考えられる。また、生徒からは、「条件を変えた場合にどのような変化が起こるのか実験で確認してみたい。」などの次への意欲がみられるようになった。

今後は、校内で研修や勉強会等を行い、他教科等でもセンサーを活用できるように研究成果を共有したい。また、センサーを用いて学習理解が深まる事例について、聴覚障害におけるセンター的機能を発揮し、学校公開や研修等の場面等を活用して他校に発信を行っていきたい。



図－１０　中和滴定の実験で、pH ジャンプが確認できたグラフ

謝　辞

本研究は公益財団法人　中谷財団「令和８(2026)年度　科学教育振興助成」の支援を受けて行われています。この場を借りてお礼申し上げます。栃木県立宇都宮商業高等学校家庭クラブの皆様には、学校祭での理科センサー紹介イベントにボランティアでご協力いただきありがとうございました。

参考文献

1) NaRiKa.“理科. COM　Go Direct シリーズワイヤレスセンサとは”.株式会社ナリカ.2025. https://www.rika.com/go-direct ,　(参照 2025-4-10) .

以上

トチノミを利用した低熱源発電装置の開発と評価

～SDGs と STEAM 教育の観点から～

実施担当者　白鷗大学足利中学校
教諭　宮田　英史

1　はじめに

近年、AI 技術の急速な普及に伴い、その基盤となるデータセンターの地方分散化が進むことが見込まれている。データセンターは膨大な電力を必要とするため、地域におけるグリーンエネルギーの安定的な供給体制の整備が、今後いっそう重要になると考えられる。[1]電力需要の増加に比例して電力価格の上昇も懸念されるなか、再生可能エネルギー、とりわけバイオマスの有効活用は地域社会に新たな可能性をもたらすテーマである。

本校が所在する栃木県足利市は、渡良瀬川流域の豊かな自然環境に囲まれ、古くから農林資源に恵まれた地域である。また、足利学校に代表される学問文化の伝統を受け継ぎ、地域とともに学びを育む教育活動が盛んに行われてきた。本校でも、地域資源を活用した理科教育や探究学習に力を入れており、自然環境と産業を結びつけた学びは、持続可能な社会の実現を考える上で大きな意義をもつ。

このような地域的背景のもと、本研究では、食料との競合が課題とされる従来のバイオエタノール[2]に代わるバイオマス資源に着目した。我々の予備的な検討では、食用の種子は一般に高いエネルギー密度を有することが明らかとなった。[3]そこで、食料として現在は利用されていない地域資源を探索した結果、栃木県の県木であるトチノキに着目した。図 1 はトチノキの実であるトチノミ（栃の実）である。トチノミはかつて救荒食として利用されていたが、20 世紀初頭を境に県内での食用利用はほとんど見られなくなっている。[4]こうした歴史的経緯と未利用資源としての特性から、トチノミは新たなバイオマス資源としての可能性を秘めていると考えられる。

図 1　トチノミの果皮（上）、トチノミの種子（下）

本研究では、トチノミのエネルギー密度の測定を行うとともに、低熱源でも発電可能な装置の開発を試みた。

2　科学部の活動を通した SDGs と STEAM 教育の実践

2－1　SDGs を調べ、環境問題と解決方法についてディスカッション

エネルギー問題や地域資源の活用をテーマとした探究学習の一環として、まず生徒たちが SDGs（持続可能な開発目標）について理解を深める活動から取り組んだ。生徒たちは、教室に設置された掲示資料やタブレット端末を用い、気候変動、資源枯渇、再生可能エネルギー、森林保全など、SDGs に関連する幅広いテーマを自分たちで調べた。特に「目標 7：エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」や「目標 13：気候変動に具体的な対策を」に関心を示す生徒が多く、日常生活と地球規模の課題が結びついていることを実感していた。

図 2　SDGs についてのディスカッションの様子

調べ学習の後、生徒たちは少人数のグループに分かれ、調べた内容をもとに環境問題の原因とその解決方法についてディスカッションを行った（図 2）。ディスカッションでは、「AI の普及で電力需要が増えるなら、どんな再生可能エネルギーが役に立つのか」、「地域の森林資源を活かせば CO_2 排出を減らせるのでは」、「自分たちができる取り組みは何だろう」、など、生活の中で実感している問題と世界規模の課題を関連づけた意見が積極的に交わされた。

さらに、生徒たちは議論の中から「環境負荷が少なく、食料と競合しないエネルギー資源が必要である」という視点を見いだし、後のトチノミを活用した研究と結びつけていった。SDGs の学びを単なる知識習得にとどめるのではなく、自分たちの研究テーマに応用し、課題解決の視点を自ら創り出すことができた点が、この活動の大きな成果である。

2－2　CO_2 測定装置制作と装置設計

Arduino Nano を用いた CO_2 測定装置（図 3）の自作に取り組んだ。装置は、バイオマス燃料を燃焼させた際に発生する二酸化炭素量を簡易的に測定することを目的として設計されたもので、1・2 年生 13 名全員がそれぞれ 1 台ずつ組み立てを行った。

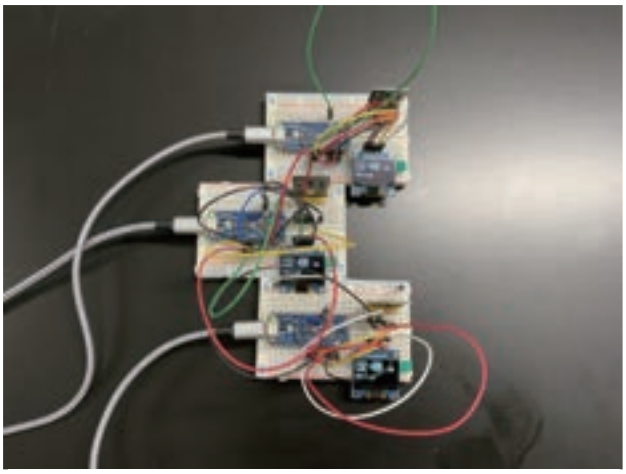


図 3　Arduino Nano を用いた CO_2 測定装置

制作活動では、センサーや配線の接続、プログラムの書き込みなど、普段の授業では扱う機会が少ない工程に挑戦した。完成した装置を作動させる段階では、「ディスプレイに表示されないのは電源の問題ではないか」、「表示が乱れているのはセンサーの信号が届いていないためだと思う」、といった声が生徒たちから自然に生まれ、原因を推測しながら改善を重ねる姿が多く見られた。こうした試行錯誤を通して、生徒たちは電子回路の仕組みやセンサーの特性について理解を深めていった。

さらに、CO_2 は空気より重いという性質を踏まえ、測定容器の下側にセンサーを設置するという工夫も生徒主体で導入された。完成した測定装置は、後のバイオマス燃料の燃焼実験において重要な役割を果たし、燃焼による CO_2 発生量の比較や燃料特性の検証に活用された。

これらの活動を通じて、生徒たちは単に装置を「作る」だけでなく、目的に合わせて装置を設計する思考力や、問題に直面したときに自ら仮説を立てて解決する探究的態度を身につけることができた。

２－３　バイオマス燃料としてのトチノミの評価

トチノミを、食料と競合しないバイオマス燃料として評価することを目的に、生徒たちが多角的な実験と分析を行った。トチノミはかつて救荒食として利用された歴史があるものの、現在ではほとんど食用にされていない。この地域資源に着目し、燃料としての可能性を生徒たち自身の手で探究した。

図 4　トチノミを採集してきたときの様

まず生徒たちは採集してきたトチノミ（図 4）と、複数の植物資源（ピーナッツ、コケ、木片など）とを比較しながら、エネルギー密度の測定に取り組んだ。燃焼皿・試験管・温度計を用い、加熱された水の温度上昇からエネルギー量を計算する方法を採用した。測定の過程では、燃焼距離の調整や試料量の統一など、誤差を減らすための工夫を自ら考え、実験条件の妥当性を確保していった。特にトチノミは粉砕処理を行うことで可燃性が改善されることを見いだし、試料の前処理が燃焼効率に大きく影響することを理解した。

次に、生徒たちはトチノミを燃焼させた際に発生する CO_2の量を測定するため、自作した CO_2測定装置を用いて、他のバイオマス試料との比較を行った。得られたデータから、トチノミはピーナッツに比べて CO_2発生量が少なく、燃焼後のすす（炭素微粒子）の発生量も少ないことを確認した。このことは、トチノミが燃焼時に比較的クリーンなバイオマス燃料として機能する可能性を示している。

２－４　低温熱源発電装置開発の検討

地域資源であるトチノミを燃料とした新しいバイオマス利用の可能性を探るため、低温でも発電が可能な小型発電装置の開発を検討した。生徒たちはまず、市販の温度差発電キットを用いて、高温側と低温側の熱を液体で供給する液液型と、高温側、低温側のどちらかを液体もしくは気体によって熱を供給する気液型の低熱源発電装置（図 5）の評価を行った。発電の基本原理であるペルチェ素子の構造に触れたうえで、どのように熱源と冷却側を配置すれば効率が高まるかを議論した。

図 5　気液型温度差発電装置の検討実験

燃焼熱が高くないバイオマス試料を熱源とするため、限られた温度差でいかに発電を引き出すかが課題となった。生徒たちは、「熱源側を安定させるために燃焼容器の形を変えよう」、「冷却側の温度を下げるには保冷剤の量を調整した方が良いのではないか」、といった意見を出し合い、改良点を見つけていった。

特に、燃焼時間の長いトチノミを燃料として使った際には、高温側の温度が時間とともに大きく変化しないことに気づき、持続的に安定した温度差を確保できる燃料としての利点を自ら見いだした。こうした試行錯誤を重ねながら、生徒たちは低温熱源発電における熱管理の重要性を理解し、装置の改良に向けた基礎的な知見を獲得することができた。

２－５　新しい低温熱源発電装置の開発と評価

これまでの検討結果を踏まえ、トチノミをはじめとしたバイオマス燃料を熱源として活用できる新しい低温熱源発電装置（バイオマス燃焼型低熱源発電装置：図6）の試作に取り組んだ。装置は、燃焼皿・ペルチェ素子・冷却ユニットの三層構造とし、燃料の特性に応じて熱の伝わり方が変化する点を考慮しながら、部材の配置や材質を調整した。

図６　バイオマス燃焼型低熱源発電装置

試作した複数パターンの装置では、熱源側にピーナッツとトチノミを使用し、発生電圧の経時変化を比較した。その結果、ピーナッツは高い電圧が得られるものの短時間で燃え尽きた。一方、トチノミはピーク電圧こそ低いものの長時間にわたり安定した電圧を維持することが確認された。これにより、生徒たちは燃料選択が発電装置の用途や目的に応じて変わることを理解し、装置評価の観点を自ら獲得していった。

また、発電量が安定しなかった試作機に対しては、「熱が上の方に逃げてしまうから、燃焼位置をペルチェ素子に近づけてみよう」、「冷却側が途中で温まってしまうので、放熱フィンを追加できないか」、など、生徒発案の改良案が次々に出され、改善を重ねることで装置の性能が向上した。

最終的に、生徒たちが試作した発電装置は、温度差が小さくても確実に電圧を得ることに成功し、トチノミを用いた持続的な発電の可能性を示す成果となった。この取組は、単なる実験作業にとどまらず、エネルギーの仕組みを理解しながら課題解決に向けて装置を設計・評価する探究活動として、生徒たちの成長につながる学びとなった。

３　まとめ

本校科学部では、地域資源であるトチノミに着目し、「食料と競合しないバイオマス活用」と「持続可能な発電方法の探究」を軸に、研究を発展させてきた。生徒たちは、装置の仕組みを理解し、試作と改良を繰り返しながら、科学的根拠に基づいて結論を導き出す探究的学習を主体的に進めてきた。以下に、これまでの研究成果をまとめる。

①「トチノミを利用した低熱源発電装置の開発と評価～SDGs と STEAM 教育の観点から～」
　公益財団法人中谷財団 2025 年度科学教育振興助成成果発表会　日経サイエンス賞（12/20）
②「液–液型・気–液型 低熱源発電装置の評価」
　足利地区小中学校理科研究発表会 金賞（1/17）、栃木県理科研究発表会 優秀賞（1/17）
③「トチノミを利用した低熱源発電装置の開発と評価 第 2 弾」
　足利地区小中学校理科研究発表会 金賞（1/17）、栃木県理科研究発表会 最優秀賞（2/19）

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団科学教育振興助成（助成番号：25K13）を受けて実施したものです。関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

1)AI 普及とエネルギー需要への影響.ソフトバンク株式会社.2024
2)バイオエタノール研究動向と今後の展望.廃棄物資源循環学会誌(2021).Vol.32.pp.264-271.pp.100-114
3)種子に含まれるエネルギーの大きさ,足利地区理科研究.第 62 号 p.24
4)トチノミ加工食品販売の地域的特徴.Quarterly Journal of Geography(2016)Vol.68.
5)食物がもつエネルギーの大きさを調べよう.理科便覧（浜島書店）.p.244

桜山公園のフユザクラを守れ!

－ 保護と再生の両輪で目指す公園の復興 －

実施担当者　群馬県立勢多農林高等学校
教諭　唐澤　広海

1　はじめに

フユザクラはマメザクラとヤマザクラが自然交配したものと推定されており、群馬県藤岡市鬼石地区の「桜山公園」には、国指定名勝及び天然記念物「三波川（サクラ）」が植栽されて藤岡市にある桜山公園にはこのフユザクラが多く植栽されていおり、公園ができた歴史とフユザクラが冬にも開花するという珍しさから昭和 12 年に「三波川（サクラ）」として公園の山頂付近が「国の名勝」及び「天然記念物」に指定された。

しかし、昭和 48 年に山火事が起こり、山頂の一部を除いたほぼ全てが消失してしまった。地域の人々の手によって補植が行われ、公園は守られてきたが、フユザクラの樹勢は年々衰退している。

そこで平成 27 年、本校植物バイオ研究部の実績に着目し、日本樹木医会の成田さんから相談があり、平成 28 年、市から正式に苗木育成の研究依頼を受けた。専門科目で学んだことを元に、無病苗の生産を改善する活動と平行し、実地調査による現状の把握のために開花調査を行うことにした。また、現段階において我々の無病苗は公園内のどの樹木由来の植物体であるかが明らかでないため、これを植樹できるのは、公園内の文化財指定範囲外のみであることから、文化財範囲内の樹木の遺伝資源保護の必要性があると考えた。実地調査で思いがけなく得られた文化財エリア内の試料から茎頂培養を試みた。

2　実施内容

2－1　無病苗生産

(1) 培養および順化による無病苗生産

本校では平成 25 年に茎頂培養に得られたフユザクラ個体から継代培養によって植え継ぎ、これをもとに苗を生産している。試験管で育てた植物体を 2～3 月に順化し、ポットに植え替えて温室内で栽培した（図 1）。栽培管理として、夜間の保温や晴天時の遮光、十分な灌水などを行った。苗が高さ 30cm 程度になった 6 月頃、三波川コミュニティーセンター下の苗畑に定植した。

図 1　苗の順化（左）および定植（右）

図 2　植樹試験（2026 年 3 月）

令和 8 月 3 月には、この苗のうち 3 年生苗（令和 5 年 6 月定植）を使用して藤岡市主催の植樹試験のための植樹を行った。植樹試験は実際の保護区域内で行われ、土壌の質や日当たりを考慮して臨時委員会で協議して決定した 2 箇所とし、それぞれの場所ごとに施肥区と無処理区の 2 区を設けて植樹した（図 2）。今後、生育の様子を数年間追跡調査し、公園内の環境とフユザクラの生育にどのような相関があるのかが検討される予定である。

（2）　好適培地の検索および効率的培養法の確立

現状、フユザクラの増殖には WP 培地に NAA を含んだ培地での継代培養を用いている。しかし、この培地で培養すると葉数の増加に対してシュートが伸びないため、一つの植物体から切り分けられる数が少なく、増殖効率が悪いことが経験的にわかっている。そのため、既存の培地と植物ホルモンを含まない三種類の基本培地および、GA_3（ジベレリン）と BA（ベンジルアデニン）、IBA（インドール酪酸）を含んだ三種類の基本培地を作成してフユザクラを同条件で培養し、そこから培養できた数によって比較し、培地組成を検討した。この試験で最も発根に適した培地として HP 培地を採用することとした。

２－２　実施調査

（1）開花度の評価

天然記念物指定範囲内（A～E 区）においてナンバリングされているフユザクラと個人宅に植えられているフユザクラの古木を調査対象とし、開花度評価を行った。開花度の評価はフユザクラの木全体の開花率を現地において目視で、開花度 1～5 段階、開花なしを個体によって異なるため、木全体で開花している割合を見て評価するようにした。また、個体ごとに、前回の調査からの変化が見ら

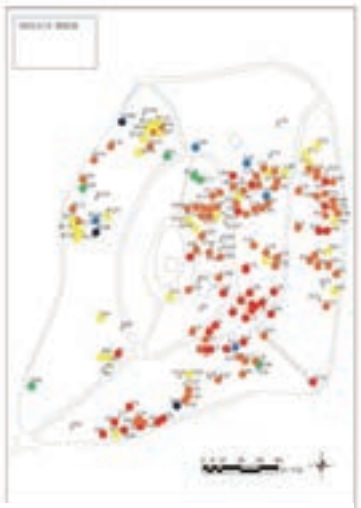


図 3　2025 年 4 月　開花調査結果
（左は「開花度 5」のフユザクラ、右は開花度のプロット）

れれば、記録した。このとき評価にはバラつきが出ないよう、調査する人を固定するようにした。調査終了後には、開花度を樹木ごとに比較するため、樹木分布図に開花度を色別にプロットして示した（図 3）。

また、開花度の評価を行う際、同時に保護指定区域内のフユザクラ全てについて写真で記録した。このとき影でフユザクラが見えなくならないように、立ち位置を考え撮影をしたり、撮り忘れを防ぐため、撮影したら記録係と声を掛け合い、記録するようにした。撮影方法は、はじめにラベルを撮影し、撮影する個体が分かるようにする。次にフユザクラの全体が映るように撮影し、その他の変化が見られたところなどは、記録するようにした。

本調査としては R6 年度に続いて本年度は 2 回目となったので、なるべく同時期となるように調査を実施し、2 カ年の同月を比較した。その結果、今年度は 11 月の開花が昨年よりも少なく、12 月は平年並み、1 月は昨年よりも多いという結果となった（図 4）。

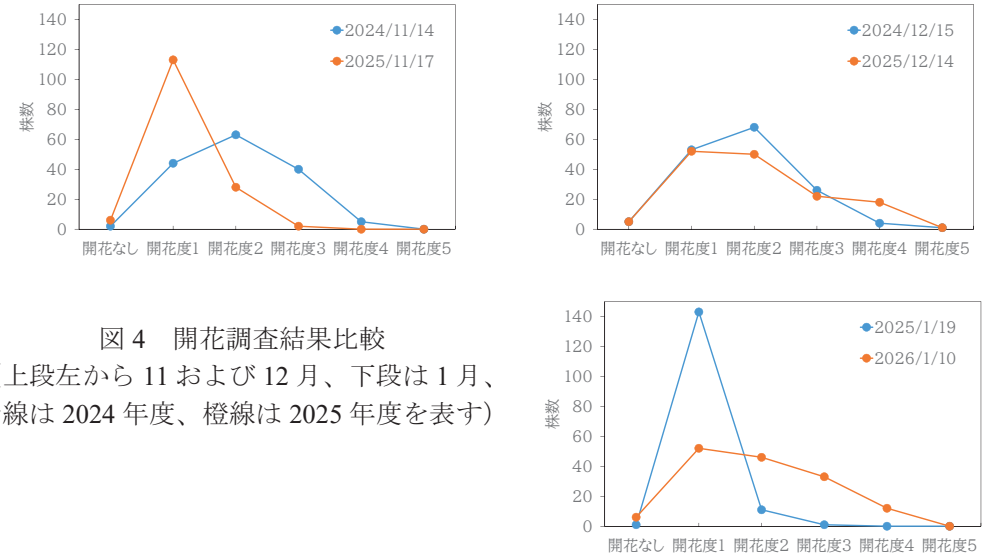


図 4　開花調査結果比較
（上段左から 11 および 12 月、下段は 1 月、
青線は 2024 年度、橙線は 2025 年度を表す）

(2) クビアカツヤカミキリ被害調査

藤岡市、日本花の会、日本大学と共同で公園内のサクラ類の樹木の被害状況を調査した（図 5）。フラスやヤニの目立つものは赤、細かいフラスが見られたものは黄、被害のないものは白のテープで色分けし、位置データとともに記録した。

その結果、幼虫の出すフラスやヤニは比較的太い木に見られた（図 6）。そのため、フユザクラよりも大型に成長するソメイヨシノに被害が集中していた。調査中に成虫の死骸 1 体が見つかった。

図 5　クビアカツヤカミキリ被害調査隊

図 6　クビアカツヤカミキリ被害木
（矢印 A：フラス　B：ヤニ）

２－３　文化財エリア内の個体からの茎頂培養

私たちが継代培養によって保護しているフユザクラは国の名勝及び天然記念物に指定されている保護指定区域外のものとされている。そのため、エリア内の国の名勝及び天然記念物に指定されている個体を茎頂培養によって培養することを計画し、藤岡市の臨時委員会で提案した。試料は文化庁や藤岡市文化財保護課の許可のもと、雪折れ等で剪定の対象となる枝を提供していただいた。

その結果、茎頂培養に成功し、7 種類の株から植物体が再生した。約 2 か月後には HP 培地に継代培養し、さらに葉やシュートが発生して安定して培養することができた。

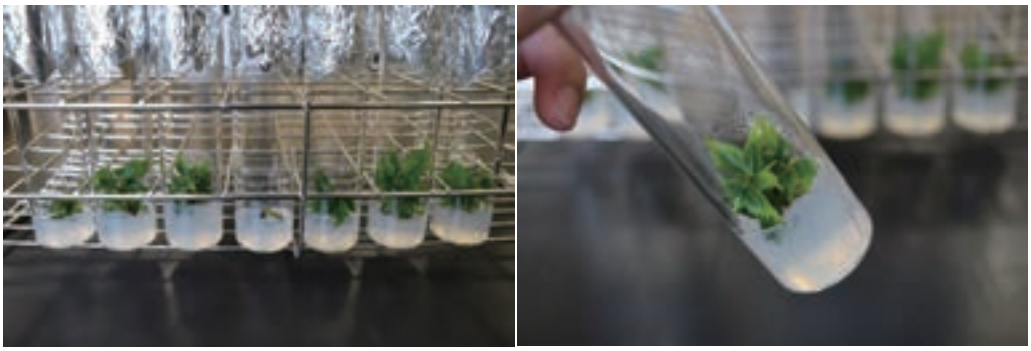


図 7　茎頂培養成功後に継代培養したもの（培養後 2 ヶ月）

３　まとめ

無病苗生産を本年度も行い、330 本を苗畑に定植した。3 月には 3 年生苗を使用して市が主催する植樹試験を行った。培養条件の改良として、HP 培地が発根に優れることが明らかとなった。

実地調査では、2 か年目の開花調査を行い、結果を比較した。フユザクラの開花は年によって異なり、今後気象条件との関連を追及していく必要がある。また、近年脅威となっているクビアカツヤカミキリは今年度から本格的に被害が確認された。今後も継続した調査と対策が必要である。

文化財エリア由来の株から茎頂培養によって 7 個体を得ることができた。

謝　辞

本研究には樹木医の金澤好一様を始めとする、文化庁の田中厚志様、群馬県文化財保護課の茂木誠様、日本花の会の西山正大様、和田博幸様、日本大学の大田祐子教授、群馬大学の岩崎博之教授、信州大学の田中あゆみ先生、県藤岡森林事務所の小野里光様、藤岡市文化財保護課の皆様にはフユザクラ樹勢回復臨時委員会の傍聴においてご配慮いただき、多大なるご助言をいただいた。また、植樹の活動ではおにし緑化協同組合の皆様、試料の採取やイベント参加においては藤岡市鬼石にぎわい観光課の皆様にご配慮いただき、また、茎頂培養については群馬県農業技術センターの櫛川様には研修をしていただいた。我々の研究活動にご理解、ご協力をくださった皆さまに感謝申し上げる。

参考文献

・佐藤孝夫. “組織培養でサクラをふやす” . 北海道立林業試験場季法 vol.87. 1992.5.
・岡田恭一ほか. “組織培養によるサクラ類の増殖の試み” .愛媛県林業技術センター研究報告. 2004.3.
・藤原直哉."サクラ葉片の組織培養とオーキシンの影響 : カルスの形成と不定根の形成". 森林応用研究 vol.8 p. 151-154. 1999.
・佐藤孝夫ほか.“茎頂培養法によるサクラ登録品種「大雪」の増殖” .日本林学会北海道支部論文集 42 巻.1994.

特別支援学校における多様な野菜栽培管理とフードロスへの挑戦！

－ 規格外野菜を活用した食品ロス×食品科学×社会参画 －

実施担当者
埼玉県立特別支援学校羽生ふじ高等学園
教諭　大塚　俊太

１　はじめに

埼玉県立特別支援学校羽生ふじ高等学園の農業コースでは、日々の野菜栽培学習を通じて多くの農産物を生産している。その過程で、形状の不揃いや傷などにより、食味や安全性に問題がないにもかかわらず、販売できず堆肥化される規格外野菜が一定量発生していた。

これに対し、生徒たちからは「自分たちが育てた野菜が捨てられてしまうのはもったいない」「何か別の形で使えないか」という声が多く聞かれていた。

特別支援学校の農業教育において、食品ロスの理解、持続可能な社会の構築（SDGs）、生産物の価値を見出す学習、そして社会参画や働く力の育成は非常に重要である。そこで本校は、この規格外野菜を題材に、生徒が「育てる」「考える」「加工する」「伝える」「社会に届ける」という一連の学習過程を経験できるような授業計画を立てた。

２　アイス製造までの学習プロセス

本取り組みでは、生徒が食品ロスの理解から商品化・販売までの一連の流れを段階的に学べるように活動を構成した。学習の流れは以下の 6 つのステップで構成されている。

２－１ 食品ロスを学ぶ　（４月）

SDGs の１７の目標について学び、その中から自分たちの活動に特に関係する 12 番目の「つくる責任つかう責任」を中心に、食品ロスの現状と課題について学習した。世界的な状況を知ってもらい、自分の家庭での様子、本校農業の授業の中で起きている食品ロスについて学んだ。また、野菜生産の現場で発生する規格外野菜の原因や量について理解を深め、「捨てられてしまう農産物に価値をどう付けるか」という学習の出発点となった。

２－２ 学校の“もったいない”を知る（４月～５月）

校内で実際に発生している規格外野菜を調査し、形・大きさ・傷の入り方などの特徴を観察した。食味や安全性には問題がないにもかかわらず廃棄されている現状を知り、活用方法を考える必要性を生徒自身が実感した。この気づきから４～５人のグループに分かれＫＪ法を用いた意見交換をした。意見交換では自分の考えを付箋に書き、集まった付箋をもとにグループごとに意見をまとめることができた。その後、話し合いの成果を発表し、他グループとの比較を行うことができた。冷凍食品、お弁当、ジュースなどの新たな食品への加工という意見が多く挙がった。協力業者や衛生管理などの理由からアイスへの加工を行うことが決まった。

図１　ＫＪ法を用いた協議の様子

図２　グループごとの発表の様子

２－３ アイスのもとを育てる（５月～１０月）

アイスの原料となる農作物について、加工業者と協議し本校で生産可能なものでアイス加工に適している物等の理由から、イチゴ、トウモロコシ、アズキの栽培を行うことを決めた。生育管理や収穫のタイミングを学び、アイスの味や色に影響する栽培条件を考えながら作物を育てた。この工程を通して、農産物と加工食品の関係を理解した。

図３　農場での栽培管理の様子

図４　トウモロコシの加工の様子

２－４　みんなで選ぶラベルデザイン(９月)

商品としての魅力を高めるため、全校生徒からラベルデザインを募集した。集まったデザイン案を農業コースの生徒が協議し、商品コンセプトに合うデザインを選定した。校外で販売することも考えて「本校の商品で」、「何味のアイスか」分かるデザインはどれかということを重点に置き話し合うことができた。消費者の視点を考える貴重な経験となった。

２－５　アイス作りで食品科学を学ぶ（７月）

実際のアイス製造は委託先の業者に行ってもらうため、生徒には授業で「なぜアイスが固まるのか」について体験を通して学ばせた。材料の配合量、凍結条件、攪拌の強さなどを変えながら試作

を行った。氷結晶の大きさが食感に与える影響、砂糖・乳成分・野菜ピューレの割合による硬さの変化など、食品科学の基礎を体験的に学ぶことができた。また、液体の状態変化や凝固点についても学ぶことができた。

図５　アイス作りの様子

図６　　アイスの状態確認

２－６ 販売価格を考える

商品化に向けて、原価計算を基に価格設定を行った。材料費・パッケージ代・製造コストを計算し、「買ってもらえる価格」を検討した。一般的なアイスの価格調査と商品の付加価値について学び、自分の考える販売価格と他者の考える販売価格の違いと理由を知り協議を重ね販売価格を決定した。また、販売のロールプレイを実施し、接客の仕方や商品の説明のポイントを学んだ。

図７　完成したアイスの試食

図８　販売価格について考える

３　農産物の加工がもたらす学びと成果

今回の取り組みは、単なる生産活動にとどまらず、三つの主要な学びの柱を生徒にもたらすことができた。

（１）食品ロスと SDGs を結び付けた探究的学習

規格外野菜という身近な課題を出発点に、生徒自身が活用方法を考えることで、食品ロス問題を「自分事」として捉える学習が可能となった。生徒は規格外野菜を「もったいない」から「新しい価値」へと変える大切さを学ぶことができた。

（２）食品科学の体験的理解

アイス製造を題材とし、食品科学の基礎を体験的に学んだ。例えば、凍結による状態変化や、材料の配合比を変えた試作結果を比較することで、「なぜ硬さや口当たりが変わるのか」といった理解を深めることができた。これらの経験は、机上の学習では理解が難しい内容の習得を可能にした。

（３）社会参画と自己有用感の育成
商品の企画・販売を通して、社会性の育成を図った。
・ ラベルデザインは全校生徒から募集し、農業コースの生徒たちの協議によって決定した。
・ 原価計算に基づき価格設定を行い、「誰に、どのように届けるか」を考える学習を行った。
・ 地域販売活動では、接客や商品（アイス）の説明に挑戦し、直接地域の方々と関わる機会ができた。販売活動に不安を持つ生徒も、事前のロールプレイを重ねることで自信をもって参加できるようになった。
これらの学習を通して、生徒は自分の行動が「社会とつながっている」という実感をもち、自己有用感や社会の一員としての意識を高めることができた。

４　まとめ

本取り組みは、規格外野菜という課題を出発点に、「作る・学ぶ・伝える」活動を通じて、学びの知識が社会で生きることを実感させる機会になった。生徒たちは、自分たちの手で作ったアイスを地域の方々に届けることで、学びの成果を形にすることができた。本取り組みを通して以下のような効果があったと考える。

４－１　生徒の変容と学習の深まり

本取り組みを進める中で、生徒たちの学びには明確な変容が見られた。特に顕著であったのは、活動に対する主体性の高まりである。それまで農作業を「指示された仕事」として受け止めていた生徒も、アイスの原料になる作物を育てる段階では「より良い原料を作りたい」「商品にふさわしい品質を目指したい」という意識が芽生え、畑での作業に対する姿勢が大きく変化した。また、加工品を作るうえで重要となる「数量管理」「衛生管理」「記録作業」などにも自発的に取り組むようになり、仕事に向かう態度の育成という点でも高い教育的効果が確認できた。

４－２　特別支援学校における学びのユニバーサルデザイン

本校は特別支援学校であるため、生徒の理解の特性や得意な技能に合わせた指導の工夫が求められる。本取り組みでは、写真や実物を多用した視覚的支援、工程ごとのチェックリスト作成、ロールプレイによる販売練習など、誰もが参加しやすい学習環境を整えた。これにより、説明が苦手な生徒でも役割を持って活動に参加することができ、全員がプロジェクトの一員として活躍する姿が見られた。また、生徒同士が自然に助け合いながら作業を進める場面も多く、協働的な学びの深化にもつながった。

４－３　地域社会からの反響と今後の展望

地域販売の場では、多くの来場者から「学校の取り組みを応援したい」「規格外野菜を使ったアイスという発想が素晴らしい」といった声が寄せられ、生徒にとって大きな励みとなった。販売後のアンケートでは、「次回も購入したい」「別の野菜でも作ってほしい」といった意見もあり、取り組みが地域の食育にも貢献していることがうかがえた。今後は、今回得られた学びを生かし、他の作物への展開や学校内での啓発活動、さらには地域と協働した商品化など、持続的なプロジェクトとして発展させていきたい。

謝　辞
本取り組みは、公益財団法人中谷財団「科学教育振興助成」による助成を受けて実施した。ここに深く感謝申し上げる。生徒たちの学びと成長に大きく寄与する貴重な機会を賜り、誠にありがとうございました。

以上

タコの持続可能な陸上養殖技術の確立に向けた基礎研究

実施担当者　浦和実業学園高等学校
教諭　橋本　悟

１　はじめに

本研究では、今後人口の増加に伴う食料の確保という課題に対し、生徒たちに対応策を考えさせ、行動に移す場と機会を提供したいと考えた。具体的な取り組み内容は、タコの閉鎖型陸上養殖とし、特に環境に配慮をした餌の開発（従来の海産甲殻類ではなく、養殖可能な昆虫や脂身の少ない食肉、またはそれらの配合飼料）とそれを達成するために有効なケージの開発を目標とした。管理するタコは、関連研究機関で養殖研究が進められているマダコやイイダコの他、場合によってはテナガダコなど食用とされる種とし、基本的には、成長期にあたる稚ダコを対象とした。生体の管理が比較的容易であるイイダコの場合は、完全養殖を目指すことを生徒たちに伝えた。

２　実　　験

２－１　タコを養殖する長所と課題

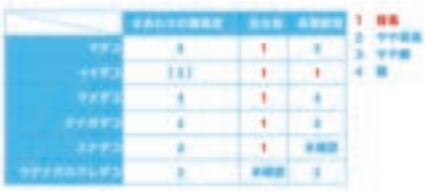
本タコを養殖する際の長所としては、①　成長が速く約 1 年で出荷サイズにまで達する。②　餌料転換効率が高く、餌の大部分が体成長に変換される。③　遊泳行動が限られており、狭いスペースで高密度に飼育できるなどを挙げることができる。しかし課題もあり、①　タコは大食漢であることから、養殖を本格化させることで餌となる近辺の甲殻類の乱獲が懸念されている。それを踏まえて、タコの養殖のための、環境にやさしい餌の選定が不可欠である。本研究においては、甲殻類に近縁の昆虫を用いた。②　タコは、縄張り意識が強く、共食いも多い。そのため、タコの、共食い防止を考慮した装置の開発が必要である。

２－２　実験に用いたタコの種類

実験では、６種類のタコを入手した。表１には、タコ種類と水あわせの難易度、昆虫の捕食行動の有無、長期飼育の難易度を示した。

タコの飼育では、第一に状態の良い個体を入手することが重要である。タコの入手ルートについては、趣味家より調達する場合もあったが、死着として受け取るケースも目立った。株式会社播磨海洋牧場など業者の中には、生きた状態でのタコの販売を行っている場合もある。数回取引をしたが、常に状態の良い個体を入手できた。第二には、水あわせも重要であった。水合わせがうまくいかなかったった場合は、翌日から 3 日程度で死ぬことが多かった。また、1週間から 10 日の期間にも死ぬ個体が目立った。一度体調を崩したタコは、その後回復することはなかった。結果的には、2週間以上生存したものが長期飼育につながりやすかった。

表1タコ各種の水あわせの難易度、昆虫の捕食行動の有無、長期飼育の難易度



2－3　飼育環境

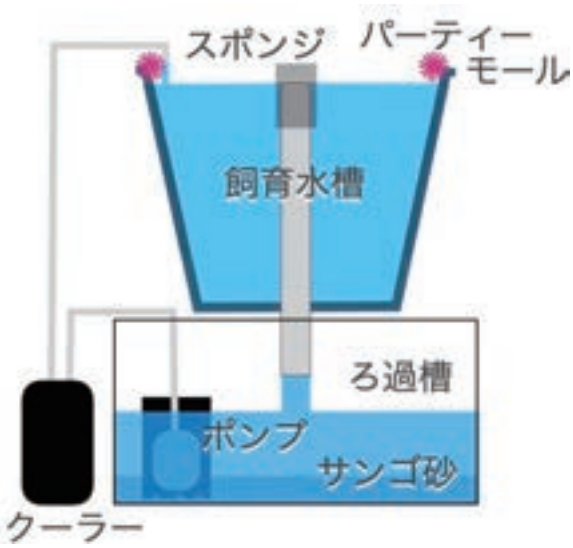


図1タコの飼育装置

・装置
　図1に示した、自作したオーバーフロー水槽を使用した。オーバーフロー管の吸水口には、スポンジを設置し、管内に侵入後の事故防止に努めた。飼育水槽上部に設置したパーティーモールは、タコの脱出を防止するためのものである。
・飼育用海水
　タコの飼育においては、野外で海水を汲み取ってきて飼育することが多いようであった。しかし、本校は埼玉県に位置に野外から海水を常時ストックすることが困難であることから、人工海水を使用した。
・水温の管理
　碧南水族館へ問合せ他ところ、タコは 20℃を超えると食欲を落とすという指摘を受け、水温を 18℃に調節した。
・水質の管理
　東海大学へ問合せ他ところ、タコは、亜硝酸塩の濃度上昇に比較的敏感で、体調を崩しやす、飼育に理想的な亜硝酸塩濃度は、0.8mg/L 以下ということであった。本校での飼育水槽内は、常時 0.01～0.05mg/L に保った。
・ストレスや疾病対策
　東海大学への問合せでは、無脊椎動物の研究が進んでいないということであったことから、体色や行動、食欲などをよく観察した。しかし、上述した通り、一度体調を崩したタ

コの回復は見込まれなかったことから、予防には細心の注意を払った。

２－４　餌となる昆虫の選定

海の環境を維持しながら、タコの養殖を軌道に乗せるためには、図２に示すような甲殻類の代用として比較的近縁の昆虫を選んだ。その中でも短期間で大量に増殖するコオロギは、タコの餌として有効であった。コオロギは、海産動物の斉唱に不可欠な DHA や EPA を体内に蓄積する。しかし、サイズの面からは、大型のタコの餌には向かない。また、給餌の際水面に浮いてしまうのも課題となった。サイズ面の面をカバーしたのは、大型のゴキブリである。マダコは、大型のゴキブリ（バンワエベレキ）を好んで摂食した。原産国では、このゴキブリは、エビに近い風味を持つことから食用とされている。しかし、ゴキブリをタコの餌とする発想は、日本人には抵抗がある。また、コオロギと同様に水面に浮いてしまうことも課題となった。そこで、本校で累代しているカブトムシの幼虫を餌に用いたところ、マダコは摂食をした。カブトムシの幼虫の成長に伴う体重の増加は、マダコの成長に一致する。また、コオロギとは異なり、水中に沈むなどの点が餌として優れている。さらに、タコが白色の物体に反応しやすい点についても優れている。しかし、カブトムシが、DHA・EPA を体内に蓄積できるのか否かについては、不明であった。そのため、マダコへの給餌前には、カブトムシ体内へ DHA と EPA を注射した。

図２タコの餌として使用した昆虫

また、タコの給餌では、餌の種類を定期的に交換する必要がある。タコは、同じ餌を与え続けると食欲不振から拒食を引き起こしてしまうためである。タコは、海中の多くの生物を満遍なく接触することでバランスよく栄養を摂るために適応してきた結果なのかもしれない。そこで、実験では、タコに完全な昆虫食を試すのではなく、エビやカニを複食として与えながら飼育を継続した。

将来は、タコが自由に餌を選択できるような装置の開発も必要となるであろう。現在のところ、図３に示すように、本校で稼働させている潮の満ち引きが可能な水槽を応用し、引き潮時に給仕をして、タコが水面に浮いてしまう昆虫も容易に確保しやすくすることを検討している。タコは、引き潮時に球児があることを直ちに記憶するであろう。また、人が関与せずに自身で餌を確保できる点は、タコへのストレスを軽減できると考えている。

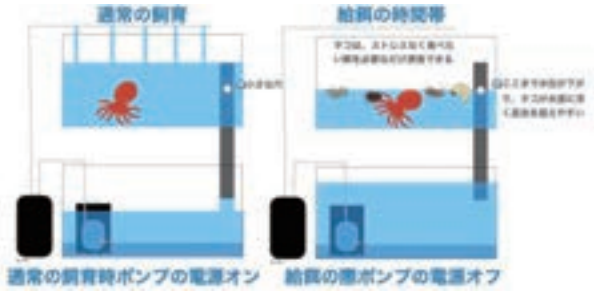


図３給餌用装置と給餌の方法

２－５　大量にタコを生産できるケージ

タコ飼育において、餌の選定と同様に課題となっているのが、共食い防止対策である。本校では、図４に示すような、トリカルネットを筒状にして、両端を塩ビ管用キャップで蓋をしたケージを開発した。特徴は、① 個体数に応じて迅速に準備可能、② 共食い防止、③ 装置の分解が容

易で掃除がしやすいといった点を考慮した点であった。しかし、結果は、夜行性のタコの行動を制限してしまったようであり、多くが食欲を失いながらほとんど成長することなく死滅した。

そこで、東海大学を訪問し、図５に示したタコ飼育用シェルター（通称タコマンション）を見学した。本校でも、シェルターの使用許可を受け、プラ段と塩ビ管を組み合わせて作成した。マダコは、設置後間もなくシャルターに留まり、秋には産卵行動も見られた。その他、イイダコやテナガダコはシェルターに留まる様子を確認した。

図４本校が開発したケージ

図５東海大学が開発したシェルター

２－６　飼育結果

試行錯誤の結果、マダコの食欲や生存率は向上し、飼育開始から２ヶ月後には体重の増加が２倍以上見られた。しかし、飼育開始から約 3 ヶ月を後に産卵行動を確認した。タコのメスは、産卵後摂食行動を止めて、卵の世話に専念する。管理するマダコも摂食を停止したため、卵付近でじっとしていることが多くなった。そこで、卵を取り除いて、マダコの摂食行動が回復するのかを見守った。卵を失ったマダコは、しばらく卵を探していたが、同じ場所で 2 日間ほど止まった。3 日目からは、水槽内の広範囲を移動するようになり、その後摂食行動も回復したが、再度食欲を失い死に至った。

その後、イイダコの入手ができた。昆虫を与えると捕獲の行動を示すが、接触には至っていない。これは、産卵が近づいたためであると考え、無理に給仕をせずにイイダコの様子を見守っている。産卵行動が見られ、本校の飼育環境で孵化した稚ダコを管理することで、累代の土台固めを進めたいところである。

３　まとめ

本研究においては、マダコの飼育環境が整いつつあり、ペットとして楽しむレベルには達している。しかし、マダコの食用を目的とした養殖の観点からは、依然として到達度が低い。今後、陸上養殖の技術として軌道にせるためには、昆虫と甲殻類を与える比率の検討、さらに給餌量そのものを増加させるための工夫や改善が必要である。

謝　　辞

本研究を進めるにあたり、タコ飼育についてご指導をくださった東海大学　秋山信彦教授、近畿大学　　家戸圭太郎教授、東京海洋大学　　團重樹教授に感謝いたします。また、高いレベルにおいての教育環境を提供してくださった中谷財団に御礼申し上げます。

参考文献

ナゾロジー編集部. 地獄が生まれる!?　タコを養殖するのはホントにやめたほうがいいと科学者が警告. https://nazology.net/archives/38275#google_vignette（参照 2024-6-22）

團重樹．マダコの新たな育て方．―マダコ養殖の実現に向けて―. https://www.fra.affrc.go.jp/topics/20180216/01.pdf 参照 2024-6-22）

秋山信彦他 10 名. 2023. マダコ用シェルターの適正間隙及び適正配置方法の検討.　日本水産学会誌，89 巻 4 号：p. 30

バイオチャー施用が植物の根に与える影響

実施担当者　東京農業大学第三高等学校
教諭　棚澤　由実菜

1　はじめに

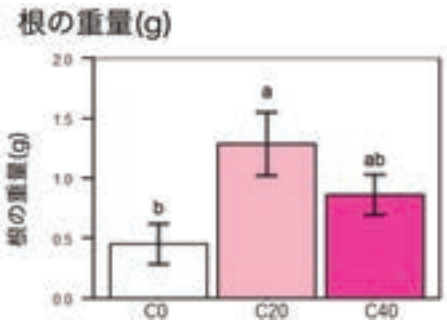
バイオチャーとは、生物由来の有機物を炭化させたものであり、土壌改良効果を有すること（Jeffery, S. et al. 2011）から、植物の生育を促進する効果があると報告されている（Azim, R. et al. 2024）。そのため、農地での施用は農作物の収量増加、森林での施用は地球温暖の緩和が期待されている。しかしそのメカニズムは十分に解明されておらず、特に地下での変化はほとんど明らかになっていない。本校の生徒たちは、植物の根の形態的特徴に関心を持っていることも踏まえて、本研究はバイオチャーが植物の根に与える影響とそのメカニズムの解明を目的とする。研究対象は農作物と木本植物で、以下の 4 つの実験を行った。①農業や森林での実用に焦点をあて、野外の圃場を用いた栽培実験を行い、バイオチャーが植物の生育に与える影響の全体像を把握した。②透明培地での根の伸長観察を室内で行った。特に、根の重量や長さ、太さ、分岐数など、植物の栄養吸収において重要な形態的な特徴を測定した。バイオチャーを通した水を用いて透明培地を作成することで、バイオチャーの化学的な影響を明らかにすることができた。③室内環境でのポット栽培にて土壌へのバイオチャー施用を行い、植物体と土壌環境の変化を経時的に観察した。④①～③の結果から土壌改良効果は有機物分解促進によってもたらされると仮説を立て、土壌動物、土壌微生物の動態に着目したバイオチャーの有機物分解への影響を解明した。

2　実験

2－1　野外圃場での栽培実験

校舎の南側にある圃場にて、ホウレンソウを対象とした栽培実験を行った。2.8 m×1.95 m の区画を３つ準備し、バイオチャーを施用しない区（C0）と 20、40 t ha^{-1} 施用した区（C20、C40）とした。バイオチャーは農地利用を想定して土壌表層 30 cm に混ぜ込んだ。

根の生重量は、C0 と比較し C20 で有意に増加、C40 でも増加傾向が見られた。根の形態においては主根の最大直径、主根の長さ、側根の本数は C20 で増加傾向が見られたことから、C20 では C0 と比較し、根全体が大きくなったことが示唆された。一方で、C40 は主根は長くなったものの、主根の最大直径、側根の本数は C0 と差がなかったことから、根



の広がりよりも長さを伸ばすことが優先された形態に変化したと考えられる。これらの変化はバイオチャーの施用による土壌の電気伝導度（EC）の低下に起因すると考えられる。

以上より、野外におけるバイオチャーの施用により土壌中の EC が低下し、根が栄養塩を探すために増加したと考えられる。

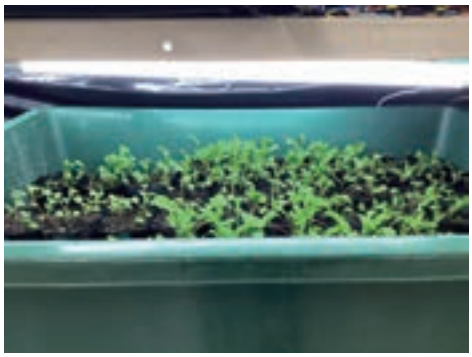
２－２　透明培地での栽培

２－１の野外栽培では、根の生重量の増加はバイオチャー施用による EC の低下によるものだと考察された。先行研究においても多孔質なバイオチャーが土壌中の栄養塩を吸着するため土壌中の栄養塩量が低下したと述べている(Yoshitake, S. et al. 2025）が、一方で本実験で使用している市販のバイオチャーには

から栄養塩が流出し増加すると述べている。このように、バイオチャーの土壌への効能は複数あることから、どの効果が根の伸長、形態に変化をもたらしているのかを明らかにする必要がある。そこで今回は透明培地での栽培により、バイオチャーの栄養塩流出のみに着目した。培地のゲルは Sky Gel（メビオール株式会社）を使用し、ゲル作成時の水を超純水（N 区）、超純水にバイオチャーを入れ攪拌した後のろ液（B 区）、超純水に表示量の液肥を加えた水（F 区）の 3 区画を準備した。対象は成長の早いハツカダイコンを用いた。

ゲル作成に用いた水の EC は超純水が 0 μS cm^{-1}、バイオチャー透過水が 0.13 mS cm^{-1}、液肥入り水が 0.48 mS cm^{-1} と液肥ほどではないが、バイオチャーからもイオン流出が確認された。これらの水を用いて栽培したところ、F 区では主根・側根ともに短く、栄養塩探索には適さない形態となった。これは根の周囲に十分な栄養塩が存在するため、根を遠くまで伸ばす必要がなくなった保守的な形態といえる。一方で B 区では側根が長くなり、栄養を探索する形態となった。これらのことから、バイオチャーから栄養塩は流出するが、液肥のように根の形態を保守的にするほどの流出量はないことが明らかになった。

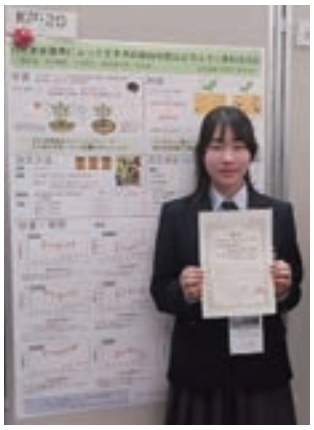
２－３　室内ポットでの栽培



バイオチャーの根への影響は 2-1、2-2 で明らかになってきたが、根は地中にあるため変化の途中経過はわからず、いつ頃から差が出るのかは解明されていない。そこで、ハツカダイコンを圃場の土のみ（N 区）とそこにバイオチャーを混ぜ込んだ土（B 区）でハツカダイコンを栽培し、3 日ごとにポットを解体して根の状態を観察した。また、比較として土壌改良資材の腐葉土(C 区)と肥料分の液肥(F 区)も準備した。

栽培開始から 26 日目に B 区、33 日目に N 区と F 区で地下部の重量増加が始まった。35 日目以降は N、B、F 区で地下部重量に有意な差はなかった。一方で C 区では地下部重量の増加が見られず、測定を開始した 17 日目以降ほぼ重量に変化が見られなかった。これは微生物の過剰活性による窒素飢餓により、土壌栄養塩量のバランスがくずれ、ハツカダイコンの成長を抑制したと考えられる。根の形態的変化では、主根の長さ、太さにおいて N、B、F 区の間に有意差は認められなかったが、側根においては N、B 区と比べて F 区で有意に短く本数も少なくなっていた。この差は成長初期から見られた。このことから液肥による栄養塩添加では側根の伸長が抑制されるが、バイオチャー添加では液肥ほど根へ影響を与えないこと、このような影響は成長初期の段階から生じることが明らかとなった。

植物種が変化すればバイオチャーの影響も変化可能性があるため、森林施用を想定してクヌギを対象として同様の実験を行った。森林でバイオチャーを施用する際は、農地と異なり、すでに植物が生えて土壌の層構造が構成されているため、その層構造の上から散布するようになると想定される。そこで今回の実験でもワグネルポットに森林土壌の層構造を再現し、その上にバイオチャーを散布した。区画はバイオチャーを施用しない N 区と、20 t ha^{-1} 施用した B 区とし、発芽後から 3 ヶ月後まで 1 か月ごとに根の掘り出しを行った。



根の乾燥重量は、発芽後 1 か月では N 区より B 区で少なかったが、その後の B 区の増加が大きく、3 ヶ月後には N 区を上回ったことから、バイオチャー施用により、根の成長が遅くなったことが示唆された。根の表面積、平均根直径、分岐頻度（長さ当たりの分岐数）は区画差がなかったが、総根長さは栽培 1 ヶ月後から B 区で短くなっていた。また重量当たりの長さを示す比根長は 2 ヶ月以降に B 区で小さくなっていた。土壌環境は有意に EC が増加していたことから、土壌の栄養塩量が増加したと考えられる。これらのことからバイオチャーの施用により、土壌栄養塩量が増加し、クヌギの根の成長は遅くなり、短く、比根長が小さいという、根での栄養塩吸収に対して保守的な形態に変化したこと、このような変化はハツカダイコンと同様、成長初期から見られることが明らかになった。

２－４　有機物分解への影響

2-1～3 の結果から、バイオチャー施用が根に与える影響には、土壌中の栄養塩量の変化が密接に関連していることが示唆された。自然界における土壌中の栄養塩は土壌動物による落葉・落枝の破砕によって有機物が分解されやすくなり、その有機物を土壌微生物が無機化することによって供給される。そこで、追加実験としてバイオチャー施用が土壌中の有機物分解に与える影響を解明した。23 L コンテナを 4 つに森林土壌を充填し、何も処理をしないもの（N 区）、土壌の上からバイオチャー施用をしたもの（B 区）、ミミズ、ダンゴムシといった大型土壌動物を添加したもの（A 区）、バイオチャーと大型土壌動物の両方を添加したもの（AB 区）で 100 日間、室内に放置した。

N 区より処理区で土壌動物量は多くなり、特に AB 区、B 区での増加が顕著であった。この 2 区画では土壌 pH の中性化、地温の上昇が見られたことより、バイオチャー施用による土壌 pH の最適化と地温上昇により土壌動物量が増加したと考えられる。一方で土壌微生物の活性を示す微生物呼吸（BR）は AB 区と A 区で上昇傾向が見られたことから、バイオチャー施用より大型土壌動物の存在の方が微生物活性にはより大きな影響を与えると考えられる。この結果、土壌 EC も増加しており、微生物の無機化により栄養塩が増加したことが示された。以上より、バイオチャー施用は土壌中の pH を中性化するとともに保温効果も有し、その結果土壌動物量が増加する、それに伴い土壌微生物活性が上昇し、栄養塩量が増加することが明らかとなった。

3　まとめ

本研究より、バイオチャー施用による土壌改良や、栄養塩吸着によって、根の成長が変化することが明らかになった。しかし、これは植物種や施用する土壌環境によって異なった。バイオチャー自体からイオンの流出が起こるが、肥料と比較すると少量であり、これは根の成長へ影響しない。農地では微生物による有機物分解よりもバイオチャーの栄養塩吸着作用が大きく働き、土壌中の栄養塩量が減少し、ホウレンソウやハツカダイコンの根の成長が早まり、より栄養塩を求めて長く広範囲に広がる、または未処理区と変わらない形態となった。一方で、森林では土壌動物の活性化により落葉落枝の破砕が促進され、土壌微生物による有機物の無機化が促進、土壌中の栄養塩量が増加した結果、根の成長が遅くなり、短く比根長が小さいという、栄養塩吸収を優先しない形態になった。

謝　辞

本研究は公益財団法人中谷財団の科学教育振興助成のもと実施しました。この場をお借りし、深く御礼申し上げます。

参考文献

Jeffery, S.; Verheijen, F.G.A.; van der Velde, M.; Bastos, A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agric. Ecosyst. Environ. 2011, 144, 175–187.

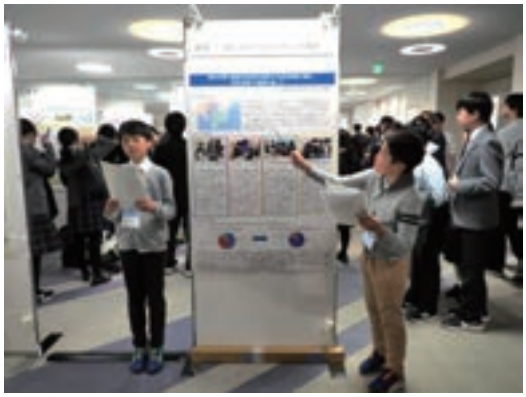
Azim, R.; Wang, Q.; Sadiq, M.; Zhou, X.; Zhang, D.; Zhao, X.; Xu, Y.; Sun, Y.; Qi, W.; Zhu, J.; et al. Exploring the potential of straw and biochar application on soil quality indicators and crop yield in semi-arid regions. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* **2024**, *24*, 1907–1923.

Yoshitake, S.; Enichi, K.; Tsukimori, Y.; Ohotsuka, T.; Koizumi, H.; Tomotsune, T. Long-Term Effects of Biochar Application on Soil Heterotrophic Respiration in a Warm–Temperate Oak Forest. Forests. **2025**, 16, 489.

以上

理科学習の意義や有用性を実感できる教育課程の編成

－ 教育資源との連携を通して －



実施担当者　袖ケ浦市立中川小学校
校長　庄司　光利

１　はじめに

本校のある千葉県袖ケ浦市は，沿岸部に京葉工業地域を構成する多くの工場を抱えています。また，東京湾を横断する道路である東京湾アクアラインの帰着点に位置し，最近は東京都や神奈川県からの移住者も増えています。本校は袖ケ浦市の内陸部に位置し，自然環境に恵まれており，小櫃川流域の緑豊かな平野や丘陵の中に，住宅地と田園地帯が広がっています。学区は広範囲に渡っており，遠方の児童は約１時間かけて登校しています。また，保護者の多くが本校の卒業生であり，転入してきた住民の愛校心も高く，ＰＴＡ活動は非常に活発であり，地区住民会議の「中富ふれあいの会」を中心として，地域で子どもたちを育てていこうとする気風が強いです。

図１　袖ケ浦市の位置

このような地域環境の中，児童はのびのびと学習に取り組む反面，昨年度実施した学習や生活に関するアンケートで「理科の授業は自分たちの生活に役立っている」と答えた児童は４８％でした。この値はＴＩＭＳＳ２０１９の日本平均値６８％及び国際平均値８４％を大きく下回っています。そのため，理科学習と日常生活を結びつける橋渡し役として，地元企業等の教育資源と連携し，理科学習に関する有用感を日本平均値まで高めることを目標として本取組を実践しました。

２　取り組み内容

２－１　三井化学株式会社との連携授業

写真１　酸性，アルカリ性の同定実験

「酸性，アルカリ性で水溶液を分けよう」

「水溶液の性質」の学習として，クエン酸，重曹，尿素の水溶液が酸性かアルカリ性かを調べる実験を行いました。クエン酸はスポーツ飲料，重曹は台所用洗剤，尿素は保湿クリームや冷却剤として日用品に使われている物質であると説明をうけました。クエン酸をなめると酸っぱいことや，重曹の水溶液は少しヌルヌルするなど体感し，酸やアルカリの特徴を理解することができました。尿素は教科書には出てこない物質ですが，急速冷却パックや保湿剤など

色々なものに使われていて，尿素に対する児童のイメージが変わりました。特に急速冷却パックを再現するために，透明な大きなビニール袋の中に尿素を入れた袋とフェノールフタレインを混ぜた水を入れた袋の二つを入れたものを用意しました。その大きなビニール袋をたたいて中の袋を割って尿素と水を混ぜると温度が下がっていくことを体感しました。児童からは，「冷却パックはこのような仕組みでできているのか」などの声が聞かれました。それと同時にフェノールフタレイン液がピンク色に変化し，アルカリ性になったことを理解することができました。使った後に酸性，アルカリ性の性質になる製品もあり，酸性やアルカリ性の性質を知ることの大切さを理解してくれました。

２－２　株式会社キミカとの連携授業

写真２　いくら風ゼリーを作る実験

「アルギン酸でいくら風ゼリーをつくろう」

「水溶液の性質」の学習として，アルギン酸ナトリウムの水溶液を作り，乳酸カリウムの水溶液に滴下することで，いくら風ゼリーを作る実験を行いました。水溶液の性質の発展課題として取り組んだため，水溶液同士を混ぜても溶けずにゲル状になることがとても不思議に感じている児童がおおくいました。そこで，物を溶かしたときには全部溶けるわけではなく，溶け残る場合や泥水のように粒が浮遊している場合などいろいろなパターンがあることを説明しました。今回の方法を使うとゼリーが簡単に作ることができ，児童も様々な大きさのものや糸状のものを作っていました。当然食べることもできましたが，乳酸カリウムをしっかり洗わなかった児童からは「苦い」などという声も聞かれました。しかし，ゼリーの食感は感じることができました。アルギン酸をこの授業で初めて知り，パンや麺類，ドレッシングやアイスクリーム，さらには化粧品や医薬品など色々な食品や日用品に使われていることに児童はとても驚いていました。私たちの生活をより豊かにするために，知らないところで活躍している物質を知ることができ，科学技術を身近に感じることができた時間でした。

２－３　袖ケ浦市郷土博物館との連携授業

写真３　化石の観察の様子

写真４　アンモナイトのレプリカ作り

「化石のレプリカをつくろう」

「大地のつくりと変化」の学習として，アンモナイトの化石のレプリカ作りを行いました。最初に袖ケ浦市郷土博物が所蔵している化石の観察をしました。その化石の中には中川小学校の学区内や袖ケ浦市内で発掘された二枚貝や巻き貝の貝化石などがたくさんありました。発掘された貝化石

から，昔の袖ケ浦市周辺は海の中だったことがわかりました。特にトウキョウホタテの化石の大きさに児童は驚いていました。また，ナウマンゾウの化石（学区内より出土）のレプリカやキョウリュウの化石のレプリカを手に取り，「本物みたい」と感動をしていました。次に教科書でも紹介されている示準化石であるアンモナイトの化石の実物を手に取り，そのレプリカ作りをおこないました。型取り材として使用する歯科印象材には，アルギン酸が使われていることを確認するなど以前の学びを振り返る言葉かけを行ってくれました。型枠を作成後は低粘度の即硬化性樹脂を入れて，レプリカを作成しました。型枠の作成からレプリカ作りまで，４５分の授業内で実施することができました。

２－４　東京ガス株式会社との連携授業

「私たちの生活と電気」の学習として，手回し発電機を用いた実験や風力発電，燃料電池の仕組みを学ぶための実験をしました。実際に手回し発電機でおもちゃを動かしたり，風をおくって風力発電で音をならしたりしましたが，安定して発電できないことを体感しました。しかし，燃料電池に水素を入れるとすぐに発電してＬＥＤが光り，電子オルゴールが鳴り，モータにつけたプロペラが安定して動いていました。二酸化炭素を出さないクリーンなエネルギーとして，燃料電池はすごく良い発電方法だという感想がたくさん見られました。実際に燃料電池自動車や家庭用燃料電池（エネファーム）が製品化され，私たちの生活の中で利用されていることを説明してくれました。

写真５　燃料電池の実験

写真６　二酸化炭素削減シュミレーション

「かけがえのない地球環境」の学習の中で，私たちが生活するうえで欠かせないエネルギーに視点をあて，環境との関わりについてシュミレーションを通して私たちの行動を考えました。地球温暖化の一因である二酸化炭素の削減が環境を守ることにつながることを理解することができました。二酸化炭素の排出量を削減するために，「待機電源を減らすために，コンセントからコードを抜く」や「シャワーの利用時間を１分短くする」など様々な意見を出し合い，実践への意欲化を図りました。実際に自分が決めた取り組みをワークシートに記入し，保護者とともに家庭で実践していくように働きかけを行いました。また，理科室で暖房機の使用による二酸化炭素の増加量を調べ，暖房機の温度設定で，二酸化炭素の排出量の削減につながることなどを実感しました。

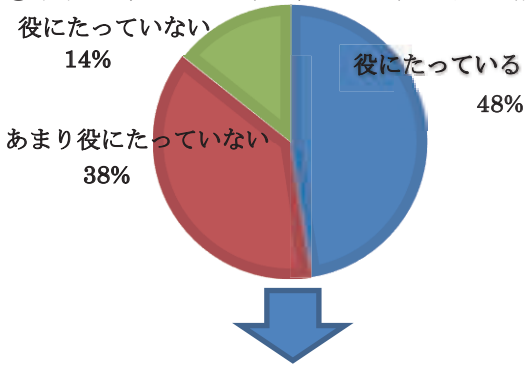
３　まとめ

近隣の企業等と連携した授業を実施することで，児童は教科書で学習している内容が基本になって製品ができていることがわかってくれたと考えます。実際に，スポーツ飲料に含まれる「クエン酸」や台所の洗剤に含まれる「重曹」の性質を調べるのはとても有意義でした。また，教科書では習わない物質「尿素」や「アルギン酸」も，水に溶けると酸性，アルカリ性を示すだけでなく，周りを冷たくしたり，パンをふわふわにしたりして生活に役立っていることを知ることができました。さらに，燃料電池などこれから私たちの生活を豊かにしてくれると考えられる科学技術も理科の学

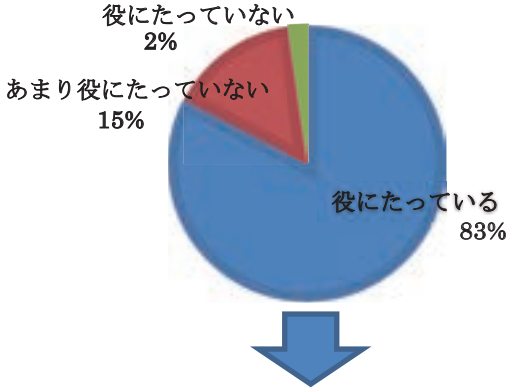
習が基本になっていると感じてもらえました。このことは，理科を担当する教員も参考になりました。このように理科での学習内容を応用していくことで世の中が便利になるなど，理科の学習の大切さを児童に伝えることができたと考えます。以下に示す中川小の６年生へのアンケートでも，５年生の時とは違い，理科の学習が自分たち生活に役立っていると感じる人が非常に増えました。

（質問）理科の学習は自分たちの生活に
役にたっていると思いますか？

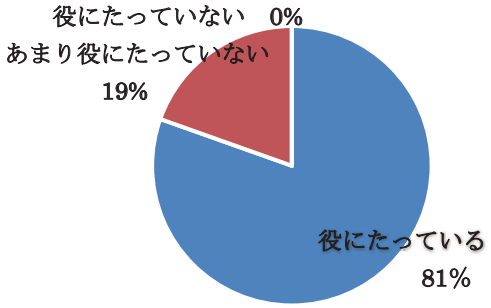
①令和６年１０月（５年生の時）の実施結果



②令和７年１１月（連携授業実施直後）の実施結果



③令和８年２月（連携授業３ヶ月後）の実施結果



５年生の時の令和６年１０月，連携授業後の令和７年１１月，連携授業終了３ヶ月後の令和８年２月にそれぞれアンケート調査を実施した。以下，令和６年１０月実施を①，令和７年１１月実施を②，令和８年２月実施を③として説明いたします。

連携授業を実施した結果，「理科の学習は自分たちの生活に役に立っていると思いますか？」という問いに対して，「役にたっている」と答えた児童の割合が①では４８％だったのに対して②では８３％に上昇した。「役に立っていない」と答えた児童の割合も①では１４％だったのに対して②では２％に減少している。この値は教科書の内容と関連づけて教育資源との連携授業を実施することで，児童の意識が変わったと考えられる。②のアンケートは連携授業終了後で，児童の記憶がまだ鮮明な時期に実施したため，連携授業実施後から３ヶ月という期間をあけて記憶が定着しているのか確認することを目的に③を行った。その結果「役にたっている」と答えた児童の割合が③では８１％，とあまり減少していなかった。また，印象に残っている内容を問う記述アンケートでも，三井化学の尿素の実験やキミカのアルギン酸の実験，郷土博物館のアンモナイトのレプリカ作り，東京ガスの発電や燃料電池の実験などとほぼ全ての児童が答えることができていた。

さらに，「役に立っていない」と答えた児童の割合は０％となった。この値は目標値として掲げたＴＩＭＳＳ２０１９の日本平均値６８％を大きく上回り，国際平均値８４％に近づく値であった。また，「役に立っていない」と答えた児童が０％となったことからも本取り組みの有効性が認められたと考える。

謝　辞

本取り組みは公益財団法人中谷財団の科学教育振興助成を受けて，充実した内容で実施することができました。また，ポスター発表の機会をいただくなど多くのご支援をいただいた公益財団法人中谷財団様には，深く感謝を申し上げます。さらに，三井化学株式会社 VISION HUB® SODEGAURA 様，株式会社キミカ千葉プラント様，袖ケ浦市郷土博物館様，東京ガス株式会社次世代教育センター様には，本取り組みの計画段階からご協力をいただいただけでなく，理科学習と社会とのつながりを意識した内容構成にご尽力いただき，心より御礼申し上げます。

児童の心に灯がともる学びの創造

－誰もが学びの主人公になれる「一人一実験」の授業づくり－

実施担当者　千葉市立緑町小学校
教諭　６年担任　民部田　悟
教諭　５年担任　花澤　利圭
教諭　４年担任　椎名　麻人

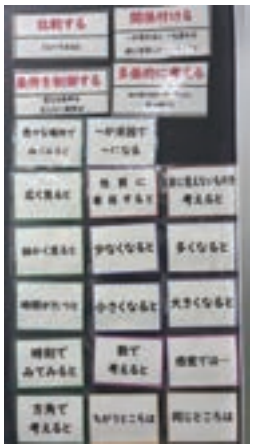
１　はじめに

本校は研究主題を「児童の心に灯がともる学びの創造~誰もが学びの主人公になれる一人一実験の授業づくり～」とし、理科の授業を通して主体的な問題解決の能力を育成したいと考えている。そのため実験・観察の場面では教師による演示実験やタブレット端末などの二次情報で知識を教えるのではなく「一人一実験」(以下、一実験)を行うことで学習の個別化と個性化を推進していく。

また、本取組は効果をより高めるため学校全体の理科教育計画に「一実験」を位置付け、4 年から 6 年までの 3 年間を通じて継続的な積み重ねを実施する。児童の主体的な問題解決能力の育成を図るため、個別最適な学びと協働的な学びを一体的に充実させることができる「一実験」を学校全体で計画的、継続的に実施していく。

本研究では特に「化学領域」の単元で必要となる実験器具(試験管、ビーカー、フラスコなど)を児童の人数分(1 学級最大 35 人分)を整備し、実験に活用していく。取り組み初年度に対象となる児童数は 4 年から 6 年までの約 300 人であるが、次年度以降も進級により約 100 人ずつ増えていくため、初年度に 4 年生だった児童は卒業までの 3 年間にわたって「一実験」の授業を受けられるため教育効果はより大きくなっていくことを期待している。

理科の「化学領域」の単元では、試験管やビーカー、フラスコなどのガラス器具に初めて触れるだけではなく、火器や熱湯、薬品などの危険なものの取り扱い方も注意する必要がある。さらに実験結果の正誤がはっきりと出るため、失敗を不安視したり苦手意識をもったりすることで「理科嫌い」の要因にもなっている。このような児童を生まないためにも「一実験」や「科学検定」を行って実験器具に触れる機会を増やし、全児童に実験を行う機会を平等に与え、理科を学ぶことの楽しさを感じながら同時に自信も醸成していきたい。こうした一実験を複数年度で重ねて繰り返すことで、理科の実験に対する主体的かつ能動的な態度、学びに向かう姿勢、器具の正しい扱い方などの技能の向上や実験計画の立て方、実験手順の段取りなどの問題解決能力の定着と習熟を図ることができる。

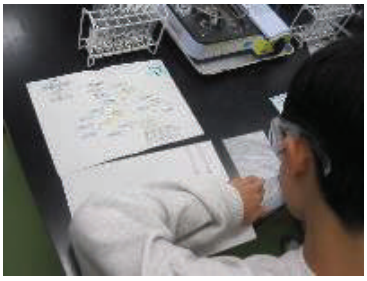


また、本校の理科授業の特色のひとつに「みどりのめがね」(右写真)という科学的な見方・考え方を身につけるための視点を持たせる取組もある。この「みどりのめがね」とは、単元の学習全体を通して、事物・現象にふれ問題を見つける場面や実験・観察を行い、その結果から考察を行う場面などに使用し、児童が科学的な考えをもつ拠り所として日常的に利用して

いる。
令和の日本型学校教育で提唱された「個別最適な学び」を推進するため、本校では理科の授業において「一実験」を誰もが「学びの主人公」となれる主体的な問題解決学習を行う。そこでは一人ひとりが自ら考え自ら実験を行うことで実験結果に責任をもち、その結果を学級全体で発表しあうことで情報交換を行い「協働的な学び」との一体的な充実を図っていく。つまり、一実験を行うことは「学びの孤独化」を進めるのではなく、主体的な学びを通してより友達と関わり合い、話し合い協働的な学び進めるための手立てとなっていく。こうした「一実験」を中心とした理科授業を、学校の教育課程に位置づけ、3 年間を通して計画的・継続的な取組を実施した。

２　「一人一実験」の実践

２－１　６年「水溶液の性質」



「無色透明の謎の水溶液を判別するにはどうすればよいか」という単元全体を貫く大きな問題意識を設定し、単元を通して水溶液の性質について学ぶための意味や動機付けを行った。
教科書にある５つの水溶液のほかに「ミョウバン水」「酢酸」「水酸化ナトリウム水溶液」「純水」の４種類を追加し、酸・アルカリなどのそれぞれの水溶液の性質について、より多角的・多面的に理解できることをめざした。学習した水溶液は、その性質を一覧表にまとめたり、判別の方法をフローチャート化したりすることで「学びの可視化」を意識していった。

単元末には、最初の予告通り、無色透明の５種類の水溶液を用意し、一人一実験で正しく判別できるか「謎解きチャレンジ」を行った。
授業では各自が学習中に身につけた判別方法と結果をフローチャートで可視化し、獲得した知識や実験技能をフル活用して問題解決を図った。
無事に水溶液の正体を見つけられた時には、正解に対する喜びだけではなく、学びの有用感や「理科の学習は生活に役に立つ」という効力感にもつなげることができた。
最後に実験結果を発表共有しあい、全体の傾向を掴ませた後に、もう一度自分のフローチャートの見直す時間を設けたことで、客観的に結論の妥当性や再実験の必要性を考えることができ、メタ認知能力を高めることにもつながった。
単純な〇×クイズのように結果の正解・不正解だけで一喜一憂するのではなく、結果を出すまでの過程や結論の妥当性を考察する過程でも「みどりのめがね」を活用することの価値に気付いた。

２－２　５年「もののとけ方」

食塩を水に溶かしシュリーレン現象を観察するところから単元の導入を図った。
数日後のビーカーの中の食塩水について「食塩の濃さはビーカーの上や真ん中や下では違うのだろうか」という上述した「みどりのめがね」を生かした問題が児童から出てきた。
多くの児童は「塩は下に落ちていったので下のほうが濃くなる」と考え「全体で均一になる」という考えは少数であった。それを

確かめるために３つの実験方法が出てきたので、希望別のグループで検証を行った。
【１グループ】ビーカーの上中下３か所の水溶液をスポイトで採取し蒸発させて同じ量の食塩の結晶が出てくるか調べる。
【２グループ】３か所の水溶液でミニトマトの浮き沈みを調べる。(イスラエルの「死海」では塩の力で物が浮くということから発案した)

【３グループ】真水の中に３か所の水溶液をスポイトで入れシュリーレン現象が同じように起きるかを調べる。

実験結果からは、全グループで上中下の３か所のどの場所にも濃度は不明だが食塩が溶けていることがわかった。

そこからさらに「どの場所の食塩が一番濃いのだろうか」という次の問題が生まれたので、次時は濃さを正確に測定するためにデジタル塩分濃度計を使って３か所の水溶液を調べ、全ての場所で均一になっていることを証明することができた。

２－３　４年「ものの温度と体積」

単元導入時にペットボトル内の空気を温めたり冷やしたりする自由試行の体験活動を行うことで、気づきから学習問題が生まれた。

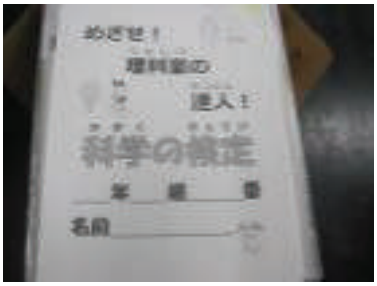
児童は「みどりめがね」の「原因と結果」の見方を働かせて「膨らむ、膨らまない」という表面的な変化だけで留まることなく「石鹸膜はお湯に入れたら１回目は膨らんだのに、なぜ２回目はお湯に入れても膨らまなくなったのだろう？」という１回目と２回目を比較する「温度差」に関する問題を見出すことができた。

次時では体積変化をより大きくしたいという児童の願いから、三角フラスコで実験を行った。

その結果、膨張した空気の力で石鹸膜が大きく膨らんだり、ガラス管の中の栓(ゼリー)も押されて高く上昇したりしたので、温度差による変化が視覚的に捉えやすくなった。

導入での自由試行を通して、湯（氷水）につけても体積が大きく（小さく）ならない場合もあることに疑問をもち探究することで、表面的な温度の違いによる体積変化を知ることだけで終わらせることなく、温度差が大きいほど体積変化も大きくなるというところまで深化させることができた。

２－４　中高学年対象　一人一実験に挑戦！「科学検定」



昼休みの時間を利用し、中高学年の児童を対象に「科学検定」を継続実施し実験技能の向上を図った。この「科学検定」とは、理科の実験・観察器具の正しい取り扱い方をマスターするために個別に実施した検定試験のことである。小学校の理科ではメスシリンダーや駒込ピペットなどの実験・観察器具を使った授業は実施しているが、それらを使って学習する機会は大変少ない。つまり理科の学

習がある４年間を通しても、ひとつの単元でしか出てこなければ、児童はわずかな時間しか触れることがない。そのような事では、児童に正しい使い方が身についたかどうかを確認することは難しく、ましてや習熟するところまで定着したとは言い難い。そのため本校では、「科学検定」という検定試験システムをつくり、意図的・計画的に観察・実験器具に触れる機会を増やすとともに、正しい使い方ができるかどうかの試験を個別に実施して、技能の習得を図った。

３　まとめ

児童の実態調査を実施してどのような変容が見られたのかを調べた結果が下記の通りである。
(１月実施　◎…とてもそう思う　○…そう思う　△…あまりそう思わない　×…思わない)

(１)理科の学習が好きである

	◎	○	△	×
４年	63	32	4	1
５年	59	39	2	0
６年	40	39	17	3

(２)実験は正確に行うことができる

	◎	○	△	×
４年	51	42	6	1
５年	51	42	7	0
６年	27	56	15	2

(３)理科の学習内容を理解している

	◎	○	△	×
４年	57	35	6	1
５年	62	38	1	0
６年	44	42	10	4

(４)自分で実験方法を考えている

	◎	○	△	×
４年	34	51	14	1
５年	46	46	8	0
６年	25	60	12	4

(１)理科が好きかの問いでは、4,5 年では 90%以上の児童が肯定的な回答(◎と○)をしているが６年になると 79%まで低下していることがわかった。これは６年生になると学習内容も実験方法も高度化、複雑化するためやや数値に低下が見られのではないかと考える。
(２)実験は正確にできるかについては、「一人一実験」や「科学検定」の成果が表れ、４、５年では 93%、６年でも 83%の児童が自信をもっていることが分かった。
(３)学習内容の知識・理解についても、全学年でかなり高い数値が示している。個別実験を行ったことで、自分自身が「学びの主人公」になれたため学習意欲や責任感が高まり、学習内容の知識・理解にもプラスに作用したと考えられる。
(４)自分で実験方法を考えているという問いでは、どの学年も 85%以上の児童が肯定的に回答している。やはり一実験通して、友達の実験を見ているだけで済ませていた児童の数が減った結果だと考えている。

謝　辞
本研究は「児童の心に灯がともる学びの創造– 誰もが学びの主人公になれる「一人一実験」の授業づくり–」を目指して学校全体で取り組んできた。実践を通して、児童に科学的な見方・考え方を養い、その資質・能力を高めることができたのも公益財団法人中谷財団の助成を受けることができたことがことに寄るところが大変大きく、この場をお借りして深く感謝申し上げたい。
なお、本研究の成果は令和８年度に本校を会場に実施される全国小学校理科研究協議会千葉大会においても紹介する予定させていただく予定である。

参考文献
「小学校理科と個別最適な学び・協働的な学び」鳴川哲也・塚田昭一編　著

茂原地域の湿原を題材とした教材開発と環境保全へのアプローチ

－ 生物多様性の意義を実感させる取り組み －

実施担当者　千葉県立長生高等学校
教諭　林　功晃

1　はじめに

本校所在の茂原市は戦後の高度成長期に入るまで、「茂原・八積湿原」という名の大規模な湿原が広がっていた。多様性が豊かな湿原植物群落もあり、日本の植物学の父といわれている牧野富太郎博士は、この湿原を「植物の宝庫である」と絶賛した。ところが、高度成長期以降、「茂原・八積湿原」は、耕地整理によって水田になったり、開発によって工場や住宅、商業施設などが集まる市街地に変わったりしてきた。そのため、水をためていた場所がなくなったので水害が発生しやすくなったという歴史的背景がある。また、本校では過去に茂原八積湿原の植物を調査していた。本校の理科室から昭和初期から半ばにかけての植物標本約１５００点が発見され、これらの調査結果は２００５年に、千葉県立中央博物館に移管され、この標本の中には、トキソウ[1)]やサギソウなどの絶滅危惧植物も含まれる（図１）。これらは当時の湿地が多様な植物相を誇ったものであったことを示す貴重な資料である。現在、湿地はその分布や定義等が十分に把握されておらず、保全が不十分なまま他の土地利用に転換されつつあるという課題がある。そこで、本校サイエンス部生物班で、茂原地域における湿地の分布やそこに生息する生物の基礎調査を行い、湿地保全に向けたアプローチを実践することにした。

図１　絶滅危惧種であるトキソウ
出典：眠りからさめた標本たち?長生高校旧蔵の植物標本群?
https://www.chiba-muse.or.jp/NATURAL/ex_old/topics_ex/060107tyosei/sokuhou00.htm

２　湿地調査と保全活動へ向けた取り組み

２－１　茂原地域の湿地への基礎調査

本校サイエンス生物班の生徒達が主体となり、茂原地域の湿地の基礎調査を実施した。茂原地域の湿地の基礎調査を実施するにあたり、事前学習として生物班の２年生が１年生に対して、湿地とは河川や水田、マングローブ林などの水と陸が出会う場所のことであり、その重要な役割について紹介を実施した（図２）。

図２　湿地についての事前学習のようす

湿地の重要な役割として、貴重な淡水の供給源になることや、水の吸収、貯水、河川の氾濫防止機能があることや、多様な生物の繁殖場所になることや、炭素がとどまる場所として働くことや、観光や教育など社会的な利用にもつながることなどを、生徒が主体となって説明できるようにした。

実際のフィールドワークにおいては、双葉電子工業株式会社長生工場内の貴重な湿地を調査地とし、限られた時間内で高精度なデータを収集するため、生徒たちは撮影、記録、植物調査、土壌調査の各専門係を組織して計画的に臨んだ（図３）。現在の生物相の把握に努め、コモウセンゴケやアギスミレ、さらには全国的にも希少なナガバノイシモチソウやミカワシンジュガヤといった湿地特有の植物群落を観察した（図４）。さらに、アメンボやザリガニ、飛来したカルガモなど多様な動物の生息状況も確認することができた。これらの調査の過程を通して、生徒達は生態系や湿性遷移、植生構造に関する専門的知識を実体験として習得することができた。さらに、絶滅危惧種を直接観察するという体験を通して、地域の豊かな自然環境を次世代へ継承しようとする高い環境保全意識を育むことができた。

図３　フィールドワーク実施のようす

図４　観察された湿地特有の植物
（左側から順にコモウセンゴケ、アギスミレ、ナガバノイシモチソウ、ミカワシンジュガヤ）

２－２　環境イベントへの参加による湿地保全の普及（いちはら環境フェスタ）

生物班の生徒達が、「いちはら環境フェスタ」に参加し、湿地保全活動の推進を目的とした展示・発表を行った（図５）。今回の取り組みは、屋内での「知識伝達」と屋外での「体験学習」の二段構えで構成され、多角的な視点から湿地の重要性を発信する貴重な機会となった。

屋内ブースでは、１年生と２年生が共同で作成したポスターを用い、来場者に対して湿地が持つ多機能性について詳細な解説を行った。生徒達は湿地が単なる水辺ではなく、以下の３つの重要な役割を担っていることを重点的に説明した。１つ目は多様な動植物の繁殖・生育場所としての価値があること、２つ目は豪雨時における河川の氾濫を抑制する治水効果があること、３つ目は生活を支える淡水の貯蔵・浄化機能があることである。

また、独自に作成したリーフレットを配布し、専門的な内容を一般の方々にも分かりやすく伝える工夫を凝らした。生徒達が自らの言葉で熱心に語りかける姿は、多くの来場者の関心を集めていた。

一方、屋外展示では、実際に現地の湿地から採取した土壌を用いたワークショップを実施した。来場者に湿地の土に触れてもらうことで、湿地特有の土壌が持つ驚異的な保水力や、泥炭質特有の質感、色、香りを肌で感じてもらった。この体験学習は、パネル解説だけでは伝わりにくい「自然のリアリティ」を伝える大きな力となった。特に、来場した子供たちからは、泥の感触に対する驚きの声が上がり、土壌が水を抱え込む仕組みについて生徒に質問が寄せられるなど、双方向の学びの場が形成された。

今回の活動を通して、生徒達は専門知識を社会へ還元する難しさと喜びを同時に学ぶことができた。生徒達が主体となって地域住民の方々と対話を重ねた経験は、今後の調査研究や保全活動において大きな自信となるはずである。本校の生物班は、これからも地域資源である湿地の価値を守り、その重要性を広く発信し続けることで、持続可能な環境づくりに貢献していく。

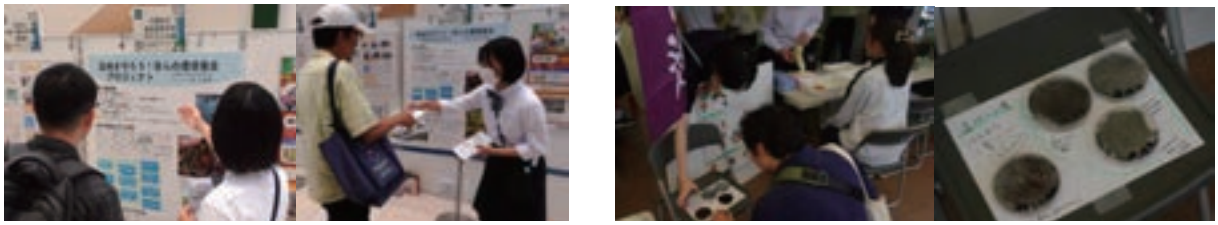


図５　いちはら環境フェスタでの湿地保全推進活動（左２枚はポスターによる説明と作成したリーフレットを配布しているようす、右２枚は湿地の土壌を触ってもらっているようす）

２－３　リーフレットやクリアファイルなどによる湿地保全の啓発活動

湿地帯における観察会を実施し、湿地に生息している生物や絶滅の危機にある生物などの形態の記録・撮影を行った。これらのデータをもとに、湿地の重要性や湿地の生物を紹介するオリジナルリーフレット「そうだ！湿地へ行こう」（図６）やオリジナルクリアファイル「湿地を学ぼう」（図７）を製作した。これらの制作を通して、生徒達自身がリーフレットやクリアファイルのレイアウトを考えたり、必要な枚数などをイベントで配布したりしていくなどの企画・製作・運営に関わる力を育むことができたと考えられる。

図６　オリジナルリーフレット

図７　オリジナルクリアファイル

２－４　生物基礎の授業における湿地の役割ついて

１年生「生物基礎」の単元「生態系と生物多様性」にて、日本湿地学会監修『図説　日本の湿地』等の書籍[2)]を用いた学習活動を行った。この活動では、人間生活が生態系から受ける恩恵についてのより深い理解に繋げることを目的とし、書籍の中から４つの生態系サービス（供給サービス・調整サービス・文化的サービス・基盤サービス）の実例を見いだしてまとめ、クラス内で共有した。活動を通して、生徒は生態系サービスを自身の生活に直結する事柄として捉え直すことができたと考えられる。

３　まとめ

学校内に眠っていた歴史的資料（過去）と、生徒自らによるフィールドワーク（現在）を接続させることで、深みのある探究活動を実現できた。フィールドワークの事前学習、環境イベントでの発表、授業など様々な活動を通して、生徒達が湿地の重要性を主体的に深く学習することができた。特に、「湿地の消失が現代の水害リスクに繋がっている」という歴史的知見は、防災教育の観点からも極めて高い学習効果があるといえる。そして、生徒から家庭や地域の人々に湿地の重要な役割について普及していくことで、湿地保全に向けたムーブメントをつくりだしていくことができたと考えられる。さらに、これらの活動を通して、自然と人類はどのように共生していくべきか考え、地域における課題を発見し、その課題解決に向けて取り組むことができる人材の育成に寄与できたと考えられる。

謝　辞

本調査の実施にあたり、多大なるご理解と湿地調査のフィールド提供を賜りました双葉電子工業株式会社に厚く御礼申し上げます。

本実践の実施にあたり、公益財団法人中谷財団による科学教育振興助成の支援を賜りましたことに、深く感謝申し上げます。

参考文献

1）眠りからさめた標本たち?長生高校旧蔵の植物標本群?
https://www.chiba-muse.or.jp/NATURAL/ex_old/topics_ex/060107tyosei/sokuhou00.htm
2)日本湿地学会(編)(2017).『図説　日本の湿地』朝倉書店.

生徒が取り組む校舎屋上での微隕石探索と その実物サンプルの分析及び分類

–宇宙から飛来する微隕石の探索から始まる天文学習– （実物教材としての探求実践）

（双眼実体顕微鏡による微隕石探索の様子）

実施担当者　鷹南学園三鷹市立第五中学校
教諭　白木　直溥

第３学年全生徒
４クラス 145 名

成果報告発表者　３年生　丸山蒼羽
納野麻衣子

１　はじめに

中学校の天文の学習内容は主に観察やモデルをもとにしたものが中心で、生徒が自ら実践できる実物を、探究する活動は少ない。そこで、近年の研究から地球上に到達すると確認されている微隕石を校舎屋上で授業中に探索する。そして、屋上で確認された微粒子等が、実際に宇宙から飛来する物質である可能性があることを科学的に探究する。そのために、国立天文台で紹介される流星群の時期に、屋上で微粒子を採取し、先行文献にある顕微鏡画像との比較を実施する。

２　取り組みの現状および準備と方法

中学校では平成２９年告示の学習指導要領の改訂により、中学１年生に行っていた天文学習を中学３年生に対し実施することになった。これにより深い学びができる発達段階の生徒に向けた授業が求められている。こうした状況から、探究的な天文学習の一環として微隕石の探索を行うこととした。

本探究学習では、国立天文台が示す日本で観察できる主要な流星群の時期（５月、７月、１０月、１２月）をターゲットとして、生徒実験観察班分の白いバット（トレー）を屋上に設置した。このバットに飛来する微粒子を筆で集めペトリ皿に入れ、土壌分析用ふるいを使用し、微隕石の可能性が高い 0.25 ㎜～0.50 ㎜の微粒子を中心に双眼実態顕微鏡で観察しデジタルカメラに記録する。これは、ヨン・ラーセン著の微隕石探索図鑑に示された手法を参考としている。得られた微粒子の画像と、このヨン・ラーセン著の文献にある、微隕石と認定されたサンプルの特徴と比較する。そして、大気圏通過による微隕石の形状に似た微粒子を見出し、各流星群による何らかの傾向があるかを調べる。また、定性分析を検査機関に依頼し、鉄隕石や石鉄隕石などの分類を試み、流星群の起源とされる彗星のデータと比較し、地球外から飛来した粒子であるか明らかにする。

２－１　調査観察の場所

東京都三鷹市新川１丁目７－２０
鷹南学園三鷹市立第五学校
４階建て南校舎屋上

（本校屋上でのサンプリングバット設置の様子）

２－２　サンプリング白バット（トレー）の個数とその面積

各屋上に設置したサンプリング用に白バット（トレー）は、授業の実験班に１つとし、４クラス２４班体制で、各流星群につき２４個のバットを屋上に設置しサンプリングを実施した。

したがって、各流星群の時期において、屋上で微隕石を集めた総面積は、有効内寸による計算から 2.48 ㎡となる。

ただし、雨水をためてしまったバットが生じたため乾燥に時間を要し、次のサンプリングに影響が出たため、別の２４個のバットを使用している。そのため実際に使用した白バットの総数は４８個となった。

【バット１号白】

・容量（L）：　7.3
・色：　ホワイト
・外形寸法（mm）間口：　446
・外形寸法（mm）奥行：　327
・外形寸法（mm）高さ：　70
・有効内寸（mm）間口：　387
・有効内寸（mm）奥行：　267
・有効内寸（mm）高さ：　65

（本校屋上に設置したバットを回収する様子）

２－３　流星群の時期とその調査期間

国立天文台が示す流星の出現数※が多いとされる流星群の時期をターゲットとして、この各期間に白バット（トレー）を屋上に強力な粘着テープで設置した。ただし、ふたご座流星群に関しては、流星群のピークとされる２日間のみでサンプリングを行った。

※ZHR：天頂出現数（Zenith Hourly Rate）

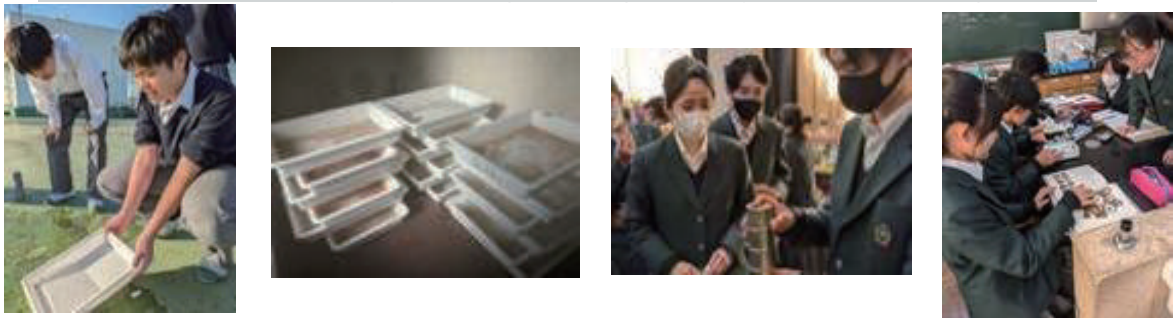
・みずがめ座エータ流星群	４月１９日～５月２８日	（ZHR50）
・ペルセウス座流星群	７月１７日～８月２４日	（ZHR100）
・オリオン座流星群	１０月　２日～１１月７日	（ZHR20）
・ふたご座流星群	１２月　４日～１２月２０日	（ZHR150）

３　結果

中学３年生の理科の授業の中で、探究学習を活用し各流星群の時期に白いバットを設置した。(写真参照) ５月のサンプルは梅雨の時期と重なり温暖な環境下でバットに雨水がたまり緑の藻類が繁茂していた。７月のサンプルは大雨と猛暑を繰り返し雨水がたまり、緑の藻類と紅色の藻類が繁茂した。１０月のサンプルは秋雨の影響を受け雨水がたまり、褐色の藻類や紅色の藻類が繁茂した。これらを自然乾燥させた後に、筆で集め土壌ふるいにかけた。多くのバットには、こびり付いた藻類が残り、想定していた粉末サンプルとはかけ離れた状態の固形物が見られている。

そこで、１２月のサンプルは流星群のピークとされる１２月１５日から１７日の２日間のみでサンプルを採取した。

調べた流星群の種類	流星群の期間	ZHR(天頂出現数)※	生徒班発見報告数
・みずがめ座η（エータ)流星群	4月19日～5月28日	50	8
・ペルセウス座流星群	7月17日～8月24日	100	12
・オリオン座流星群	10月2日～11月7日	20	8
・ふたご座流星群	12月4日～12月20日	150	15
※国立天文台データより			（12月18日現在）



（１０月のオリオン座流星群のサンプルを乾燥させ、ふるい分けし、顕微鏡観察を行う様子）

３－１　発見した微隕石と考えられるサンプル

微隕石探索図鑑に紹介される地球外に由来する小球体として、2013 年 2 月 15 日にロシアのチェラビンスクで多数発見された小球体と比較しながら微隕石と考えられるサンプルを見出した。発見したこのサンプルは、小球体の一部が欠けているもので、表面に斑状の模様を双眼実体顕微鏡でとらえた。大きさは、0.25 ㎜～0.50 ㎜で、斑状微隕石と呼ばれる分類がなされたものに近い。斑状の表面に樹状の模様が確認できれば可能性が高いが、そこまで判別できなかった。

このサンプルはペルセウス座流星群の時期に回収したもので、双眼実体顕微鏡でとらえた画像から、最も微隕石に近いサンプルとして載せた。ただし、定性分析を行っていないため断定はできない。

微隕石探索図鑑には人間の活動に由来する小球体も紹介されている。このサンプルは花火により生じる小球体のものと形状が似ている。この場合、樹状の微細構造があれば微隕石としての可能性が高まるとされるが、この画像データではその構造は見られない。

（４０倍で観察した微隕石と考えた小球体）

３－２　人間活動による小球体（図１～３）

図１．金属光沢を持つ炭素質の灰

図２．白色やガラス質の球体

図３．黒色の球体が重なったもの

４　考察

ヨン・ラーセン著の微隕石探索図鑑によると、飛来する微粒子の中には球体に近い状態で発見されるものがあると示されている。こうした球体に近いサンプルは、どの時期のバットからも発見された。0.25 ㎜～0.50 ㎜の粒子から微小の球体が確認できた。それより大きな粒子からは確認できなかった。また、球体発見報告が最も多かったのは、ふたご座流星群の１２月のサンプルで、次いでペルセウス座流星群の１０月のサンプルであった。これは、国立天文台が示す流星の出現数 ZHR の数値と関係があると考える。ただし、人間活動由来と見られる小球体が多く、単純に断定はできない。定性分析を行い知られている隕石の化学組成と比較する必要がある。

５　今後の課題

今年度は、取り組めていなかった宇宙から飛来するとされる微隕石の探索を校舎屋上で実施することができた。理科の授業で実施する制約の中で、計画的に流星群の出現数の高い時期を調査期間と定め、初めて隕石ではないかと考える小球体を見つけ出すことができた。

教材としての課題は、今回使用した採取用のバット（トレー）は雨水をためてしまい、１か月後には藻類が繁茂し、乾燥の手間と干からびた藻類の除去が必要になった点である。流星群の時期が温暖で１か月以上屋上に設置したサンプルは前処理に時間を要している。これに対し、冬の期間となるふたご座流星群のサンプルでは、降雨も少なく、寒冷な時期であり藻類も見られず観察に適していた。そのため、白バット（トレー）に飛来した微粒子を目視で確認することもでき、顕微鏡観察が容易であった。この流星群は、国立天文台が示す流星の天頂出現数が最も多いとされていることから、本実験観察は、ふたご座流星群の時期１２月４日～１２月２０日の中の数日間で実施することが望ましい。また一人につき１個のバットでサンプリングできると良い。

研究課題としては、生徒が発見した球体サンプルの多くが、微隕石探索図鑑と比較すると人間活動由来の球体の特徴が認められるものであり、結果で示した表にある生徒発見報告数は、この人間活動由来のものも含まれている。この中で、微隕石探索図鑑との形状比較から微隕石の可能性が高いものを確認した。今後、この微隕石の特徴を示すサンプル数を増やしながら、定性分析を検査機関に依頼し、鉄隕石や石鉄隕石などの分類を試みたい。その上で、流星群の起源とされる彗星の成分データと比較し関連性を探ることができると考える。

謝　辞

この探求実践の活動は、公益財団法人中谷財団の助成を受け実施することができたものである。予算を理由に実行できないとしていたものを実現させることができた。この活動に参加した生徒のみならず、指導者である私自信も探求する喜びを実感することができた。ここに謝意を表する。

参考文献

１）ヨン・ラーセン（2018）『微隕石探索図鑑』創元社
２）Jon Larsen (2017) In search of stardust, Minneapolis, MN : Voyageur Press
３）M. J. Genge. The classification of micrometeorites, *Meteoritics & Planetary Science*, Vol. 43, Issue 3, mar. 2008,pp435-634

地学班生徒による学校敷地の地下構造の理解と井戸の設置

実施担当者　聖心女子学院中等科高等科
教諭　平方　あゆみ

1　はじめに

本校は武蔵野台地東端の高台に位置し、地下には火山灰起源の関東ローム層が堆積している。校内で枯れた井戸が見つかったことから、2018 年から井戸復活を目指してスコップによる掘削を行ってきたが、思うように掘削できなかった。しかし、その過程で地下の地層が一様でないことが分かってきた。今年度は助成金により夏休み前にハンドオーガーを導入し、本格的な掘削調査が可能となった。

2　実際の活動

2－1　掘削方法

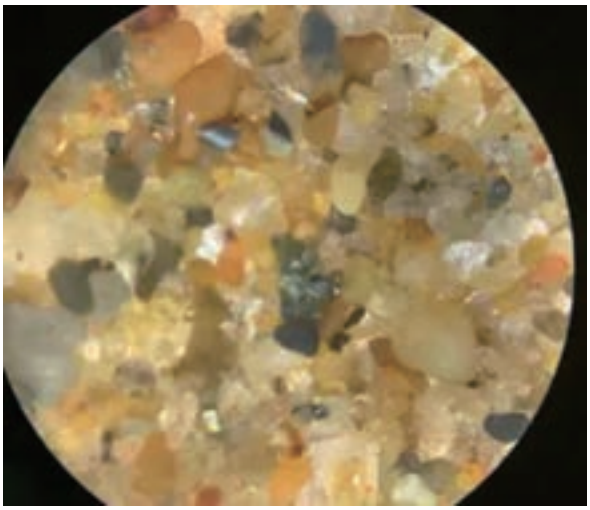
掘削は校内の旧幼稚園跡（標高約 18m）で行った。2018 年度からスコップで掘削している穴を引き続き使用した。これまで、スコップと塩ビパイプを加工した手作りの掘削機を使用してきたが刃先のつまりなどが頻繁に起こり、1m 程度しか掘れていなかった。

今回、ハンドオーガーはφ10 ㎜のポストホール型の S-101 を購入した。使用するにあたり、これまでの掘削機のガイドとなる塩ビパイプ（120 ㎝）をそのまま用い、そのパイプの中にハンドオーガーがちょうど入るので、まっすぐ地面に入れるためのガイドとして用いた。

夏休み中の数日を利用して 200 ㎝を超すまでは順調に掘削できたが、300 ㎝を超えたあたりから、まっすぐ掘り進めることが難しくなり、また、地層の中の水分量も多くなり、掘削することが不可能になってしまった。

２－２　掘った土の分析

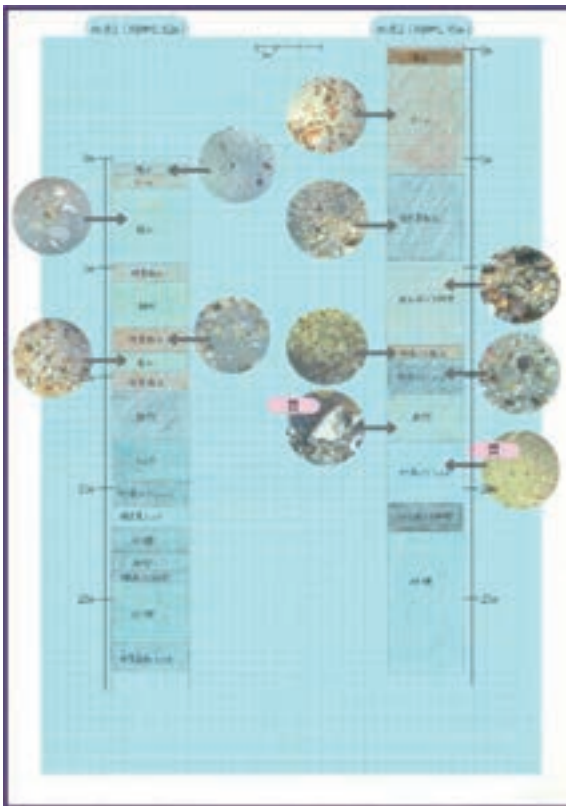
夏休み中に，東京都市大学准教授の萩谷宏先生に来校いただき、ハンドオーガーの使用や土の洗い出し及び鉱物観察のご指導を受けた。表層から 1m程度までは輝石，橄欖石，斜長石，カリ長石などが見られたが、1m以深からは斜長石や輝石が減り，黒雲母が見られた。



２－３　建て替えのためのボーリング調査結果の分析

本校では校舎建て替えのために 2024 年の冬に 2 地点で深さ 20m 程度までのボーリング調査が実施されており、そのサンプルを少し分けて頂いた。色合いや記載事項が特徴的な地層について洗い出しし、観察を行った。

その結果、標高 23m の地点から掘削した場合の 10m ほどの深さの地点からは貝破片が多数見つかったことから、関東平野一帯がかつて海底だった時代があることが推察された。また、校内の土で黒雲母が現れたのとほぼ同じ深さからは、同様に黒雲母が見つかった。また、ボーリング調査結果はかなり古いものも含めて WEB から閲覧できることが多いことも分かり、学校敷地のみならず周辺の地下構造の理解につなげていける可能性があることを知った。



２－４　土器づくり

2m 前後から掘削した土が含水率の高い粘土であったことから，成形・乾燥したところ，割れずに整形が維持された。本校周辺には貝塚が点在しており、縄文時代から人が住んでいたことが推察される。そこで、本校の土から、縄文人が作成したような土器が出来ると考えた。萩谷先生の紹介で鎌倉の陶芸工房 6elements にて湯呑 10 個を制作していただいた.

下図の左端から 4 つ目までは全て本校の土 100%で作成された土器である。これらは赤みが非常に強く出た。これらは，萩谷先生の分析結果では Fe_2O_3 の含有率が 6~20%と高く，関東平野一円に広がるローム層の性質と合致していた。また、港区郷土資料館にて展示されている縄文土器と比較しても赤みが非常に似ていた。このことから、縄文時代の頃にはこれらの土ももっと表層近くにあり、容易に採掘して利用することが出来たのではないかと考えられる。

２－５　文化祭での活動紹介

10 月に実施された文化祭では､ハンドオーガーをつなげたものを床に展示し、その重さや大きさを視覚的にも理解してもらうよう工夫をした。

また､昨年度までは活動内容を模造紙で展示してきたが、今年度はパワーポイントで活動紹介のスライドを作成し、どのようにボーリング活動を進めてきたかを視覚的に伝わるよう工夫して展示を行うことが出来た。

２－６　成果発表会でのポスター発表および理科研究発表会での口頭発表への参加

12 月末には、2025 年度中谷財団成果発表会にポスター発表で参加をした。生徒にとって文化祭以外で自分達の活動内容を紹介する機会は初めてであった。他校の口頭発表を見学したり、ポスターを見ること自体が大きな学びとなっていた。またこの発表会で、質問していただいたりアドバイスをいただいたことが、今後の活動のモチベーションにもつながった。また、2 月末には第 65 回生徒理科研究発表会には口頭発表での参加に挑戦した。中谷財団の成果発表会より短い５分

間という口頭発表ではあったが、こちらも新しい挑戦として、要項をまとめることも含めて、良い学びの機会となった。

3　まとめ

現時点では 3m 程度ではあるが、表層の土と比較すると、柱状図から,標高が異なる 2 地点の掘削では,深度によって地層の色や粒径,含水率などが大きく異なると分かった.貝が含まれていたことから,下末吉面は古東京湾の頃(約 12 万年前)に確実に海底にあった時代があると分かった.また,現在掘削している標高 18m 地点は下末吉面が浸食されてできた谷にあたり,台地面では 10m 超あるローム層は浸食の影響で大部分が流されて 1m 程度しか存在しないことも分かった。

謝　辞

本活動は、公益財団法人中谷財団科学教育振興助成を受けて、充実した内容で実施することができました。ご支援いただいた公益財団法人中谷財団様には、深く御礼申し上げます。

また、ハンドオーガーによるボーリングをより深く生徒達が理解できるように力を貸してくださった東京都市大学の萩谷宏先生には、たくさんのご指導・ご協力をいただきました。心より御礼申し上げます。

参考文献

港区史「自然編」令和 2 年（2020）10 月発行

以上

健康に良いぬか漬けを作りたい！

－ 伝統的発酵食品の微生物・分子生物学的探究–

実施担当者　順天中学高等学校
特任講師　亀田麻記子

１　はじめに

本校では、理数探究において生徒の内発的な興味・関心を出発点とした研究活動を重視している。２年前、アレルギーを持つ２名の生徒が「私たちはどうしても酪酸菌を増やしたい。アレルギー症状軽減につながる研究を行いたい」という非常に強い希望を持って理数探究の授業にやってきたことから本研究は始まった。

腸内細菌叢において酪酸菌を増やすと、酪酸菌が産生する酪酸によって制御性 T 細胞の分化が促進され、その結果炎症が抑制され、アレルギーが軽減するという報告がある[1]。このため、酪酸菌を含む数少ない食品である「ぬか漬け」に着目し、酪酸菌を多く含むぬか漬けの開発を目標にして生徒たちは研究を行なってきた。

その結果、水溶性食物繊維を多く含むゴボウを漬けた場合に酪酸菌が最も増加すること、またオリゴ糖を添加することで酪酸菌が増加する可能性が示唆された。一方で、何も添加しないコントロールのぬか床においても酪酸菌が顕著に増加するという結果が得られた。この結果が実験誤差によるものか、それとも意味のある現象を示唆するものなのかは未解明のままであった。また、オリゴ糖をぬか床に添加した場合に最も酪酸菌の増加が見られたが、オリゴ糖の種類や添加方法によって酪酸菌の増加にどのような影響を及ぼすのかは調べきれていなかった。

本年度は、後輩たちがこの研究を引き継ぎ、この未解決の問いを出発点として、より精緻な実験と解析を行うことで、より多くの酪酸菌を含むぬか漬けの開発を目指した。

２　研究の継承と新たな挑戦

２－１　後輩たちに引き継がれる研究

昨年度研究を立ち上げた２名の生徒は高校３年生となり、理数探究を卒業した。その後、後輩である高校２年生２名と、新たに加わった高校１年生４名、計６名のチームで研究を継続した。

研究のテーマは引き続き、「どのような条件で、ぬか床中の酪酸菌は最も増えるのか」。昨年度の結果を踏まえ、以下の３つの問いを新たに設定した。

- 何も加えないぬか床で酪酸菌が増加したのは実験の失敗だったのか、意味のある結果なのか

- オリゴ糖は本当に酪酸菌増殖に寄与するのか
- オリゴ糖の種類によって酪酸菌の増殖に違いはあるのか

これらの問いを解明するため、生徒たちは再びぬか漬け作りに取り組んだ。

２－２　大量のぬか漬けとの奮闘

今年度の研究では、ぬか床に添加するオリゴ糖が酪酸菌の増加に及ぼす影響を調べることを主な目標とした。オリゴ糖とは、単糖が３～10 個程度結びついた糖類であり、腸内細菌のエネルギー源となる。構成単糖の種類によりさまざまなオリゴ糖が存在するが、昨年度の研究においてはスーパーで手に入る「オリゴ糖」という商品を使用したため、オリゴ糖の種類が何なのか厳密には分からなかった。そこで、今年度はフラクトオリゴ糖（構成単糖は主にフルクトース、乳酸菌が利用しやすい）、ラフィノース（同ガラクトース・グルコース・フルクトース、ビフィズス菌などの腸内細菌は分解可能）、イソマルトオリゴ糖（同グルコース、さまざまな菌が利用可能）をぬか床に添加して、酪酸菌の増殖に及ぼす影響を調べた。

実験では、何もつけていないぬか床、野菜のみを漬けたぬか漬け、野菜と共にオリゴ糖を加えたぬか漬け、オリゴ糖のみを加えたぬか漬けを作成した。昨年度の研究ではゴボウをつけた場合に最も酪酸菌が増加したため、ゴボウと他の野菜をつけた場合に酪酸菌が増加するかどうかも調べた。そのため、合計 12 種類となり、それぞれ同じものを 2 つずつ作成し、さらに追加で調べたいものもできたため、管理するぬか床は 28 個となった。毎日これらをかき混ぜなければすぐにカビが生えたりシンナー臭が発生したりしてしまう。後輩がこの研究に加わって研究グループは６人になったとはいえ、この研究以外に部活動もあり、定期試験もある彼らがこの大量のぬか漬けをかき混ぜ、野菜を入れ替えるのは簡単ではなかった。連休などで学校に来れず、ぬか漬けがほとんどダメになり、やり直したこともあった。納得できる状態のぬか漬けを揃えることができたのは、11 月の終わりだった。どのオリゴ糖が酪酸菌の増殖に効果的なのか、私たちはドキドキしながら細菌叢解析の結果を待った。

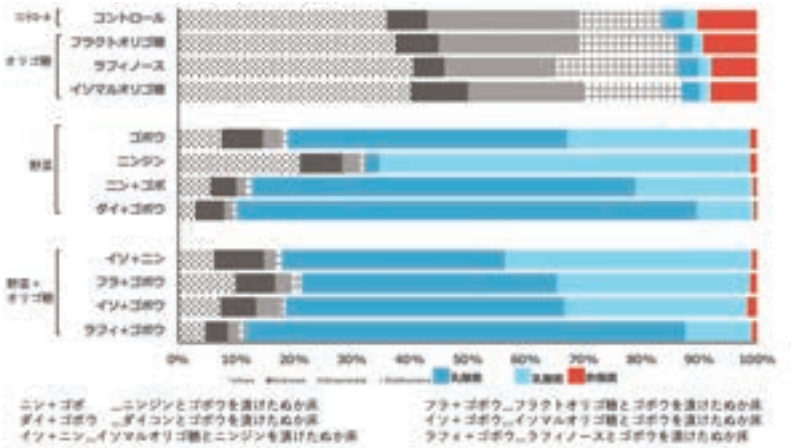
ぬか漬けの管理と細菌叢解析の準備

３　深まる理解、深まる謎

３－１　昨年の研究結果は失敗ではなかった

12 月の中頃、細菌叢解析の結果が送られてきた。「細菌叢解析の結果」は、400 種類以上の細菌の学名とその検出頻度が記されたエクセルデータである。この膨大なデータを初めて見た生徒たちはかなり戸惑っていたが、受験を終えた高３生がエクセルデータの見方や数値の抽出・解析、グラフ作成方法を丁寧に後輩たちに教えてくれた。高２生はデータと格闘しながら結果を整理していった。

その結果分かったのは、昨年度のコントロールのぬか床で酪酸菌が増加したように見えたのは、間違いではなかったということであった。ぬか床に「野菜を漬けない」場合、酪酸菌は増加すること



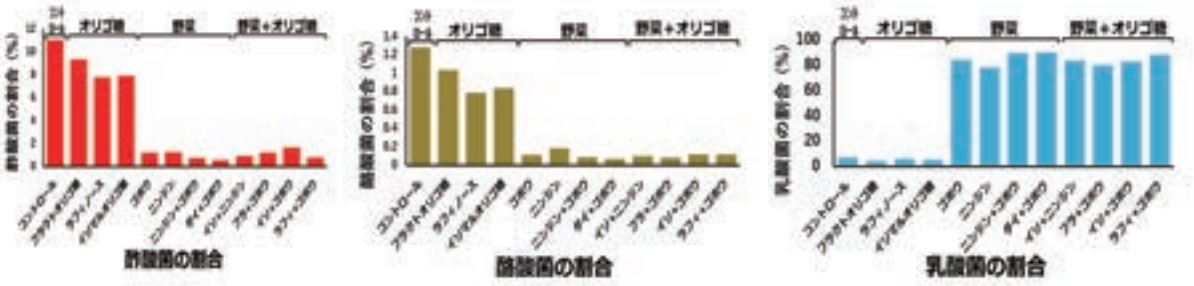
各ぬか床に含まれる細菌の種類と割合

が明らかになった。ぬか床に野菜を漬けた場合には、酪酸菌は少なく、乳酸菌が細菌叢の 80%以上を占めるようになる一方で、野菜をつけないぬか床では酪酸菌が多く、乳酸菌の割合は５％程度となり、大きな差が見られた。誰も「野菜を漬けないぬか床」をかき混ぜ続けて細菌叢を解析したことなどなかった故に今まで分からなかったが、「野菜の有無」が酪酸菌数に大きく影響していることが明らかになった。これは、野菜をつけたぬか床では乳酸菌が産生する乳酸がぬか床の pH を下げ、酪酸菌の増殖が抑制された一方、野菜を漬けないぬか床では pH の低下がさほど起こらず、酪酸菌が増殖できたためだと考えられる。

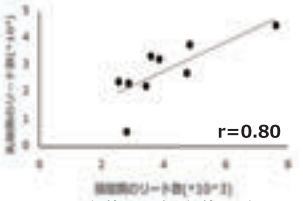
しかし、野菜を漬けなければ、ぬか漬けではない。野菜と共にオリゴ糖を添加した場合、酪酸菌数は増加するのだろうか。残念ながら、野菜を漬けると同時にオリゴ糖を添加しても酪酸菌数に大きな違いは見られず、オリゴ糖添加による酪酸菌の増加は見られなかった。オリゴ糖の種類によっても、酪酸菌の増殖に大きな差は見られなかった。

３－２　酪酸菌と似た挙動をする細菌の発見

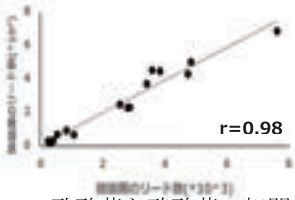
細菌叢解析をする際、生徒たちは一つの細菌に興味を持った。それは、細菌叢解析でわずかに検出された「酢酸菌」であった。酢酸菌は、野菜を漬けないぬか床で多く見られ、野菜をつけたぬか床では少なかった。酪酸菌、乳酸菌の解析と共に酢酸菌についても各ぬか床に含まれる割合をグラフ化したところ、似たような形になった。



そこで、これらの菌の増殖が連動しているのではないかと考え、酪酸菌と酢酸菌、酪酸菌と乳酸菌の相関を調べた。その結果、酪酸菌と乳酸菌では、野菜のある場合には相関係数 0.5 となりはっきりとした相関は見られず、野菜のない場合には相関係数 0.8 となり相関が見られた。一方、酢酸菌と酪酸菌に関しては、相関係数が 0.98 となり、非常に強い正の相関が見られた。このことから、酪酸菌と酢酸菌が同様の環境条件で増殖している可能性、あるいは酢酸菌が産生する酢酸が酪酸菌の増殖に寄与している可能性が浮かび上がってきた。



乳酸菌と酪酸菌の相関
（野菜なし）

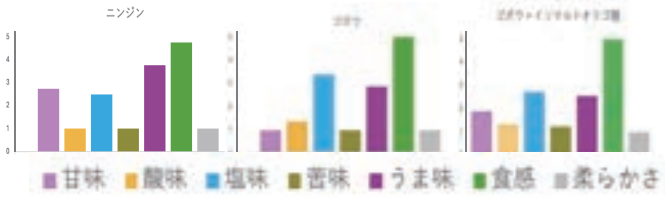


酢酸菌と酪酸菌の相関

これらの結果を踏まえて、生徒たちは今後酪酸菌の増殖に関与する菌をさらに調べ、酪酸菌が豊富なぬか漬けの開発をさらに進めたいと考えている。

３－３　お味の方は？

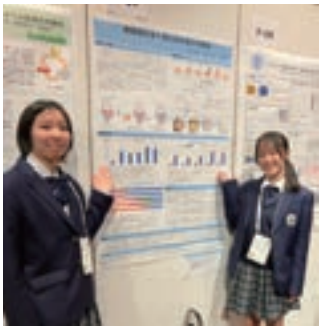
今回はぬか漬けの細菌叢解析だけでなく、味の評価も行った。複数の生徒たちがぬか漬けを実際に食べ、甘味、酸味、塩味、苦味、うま味、食感、柔らかさについて５段階評価を行った。その結果、ニンジンは甘味や旨味があり、評価が高かった。ゴボウは甘味がなく硬かったが、オリゴ糖の添加により甘味が増して優しい味になった。



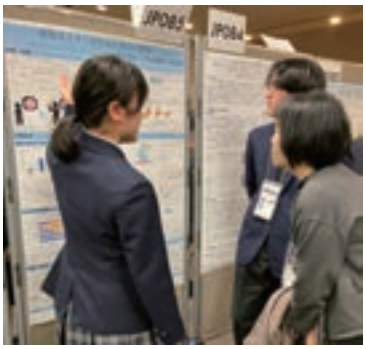
４　学びの深化と進路選択

４－１　生物の授業と探究の往復による分子生物学的解析への理解の深化

生徒たちは高２の生物の授業において DNA の分子生物学的解析方法を学ぶ。教科書では PCR やシーケンス解析、次世代シーケンサーなどといった概念まで扱うが、実際に行ったことがなければ理解はなかなか難しい。本研究を行った生徒たちは自分たちの手で実際に PCR やメタゲノム解析も行った。その結果、PCR の原理やプライマーの選択、メタゲノム解析まで自分で説明できるようになった。本研究で分子生物学的解析を経験したことにより、理解が格段に深まったことがうかがえた



４－２　学会発表により育まれる研究者とのつながり



高１生は高校生サイエンス研究発表会、高２生はエコチル調査全国フォーラム・つくばサイエンスエッジでそれぞれ研究成果を発表し、環境省環境保健部化学物質安全課環境リスク評価室長賞などを受賞した。また、高３生は大学受験後にジュニア農芸化学会で研究発表を行い、農芸化学の研究者とさまざまな意見交換を行うことができた。特に農学部で食品と免疫の関係について研究している方と有意義な話が出来たようで、将来進みたい研究室が見つかったと生徒が目を輝かせていたのが印象的だった。

４－３　探究から研究へ、生徒たちの進路選択

本研究を始めた高３生のうちの１人は、発酵食品の持つ可能性に魅了され、発酵と食品を専門的に学べる大学への進学を決めた。

もう１人は、細菌叢の解析において、自力でのデータ解析に限界を感じた経験からデータサイエンスに強い関心を持つようになり、数理系分野への進学を決めた。同じ研究を行ないながら、それぞれの興味を深め、自らの進むべき道を決めることができたのは、それだけ本気でこの研究に取り組んできた証だろう。

５　まとめ

本研究ではぬか漬けにおける酪酸菌の増殖に関する科学的知見の獲得にとどまらず、生徒同士の学び合いの場となり、科学への関心を深め、進路選択にまでつながった。今後も生徒達と共に健康に良いぬか漬けの開発を目指すとともに、研究の輪を一層広げていきたい。

謝　辞

彼らの本気の研究を支え、高度で高価な細菌叢解析にチャレンジできたのは中谷財団の支援のお陰です。本研究の遂行にあたり多大なるご支援を賜りましたことに、心より感謝申し上げます。

参考文献

１）Furusawa, Y. et al. Commensal microbe-derived butyrate induces the differentiation of colonic regulatory T cells. Nature, 2013, 504,446-450.
２）Nicolas Simonelli, et al. Stimulation of microbial butyrate synthesis through prebiotics. Food bioscience. 2024 Dec 62:105329.

野菜を美味しくする乳酸菌を探そう

実施担当者　学校法人創価学園
創価高等学校
教諭　渡邉　啓子

1　はじめに

近年、乳酸菌が健康の分野で大変に注目されている。乳酸菌は人間の体には良い影響を及ぼすことがわかっているが、植物の成長にどのような影響を与えるのか、興味を持った生徒がいる。そこで、その生徒を中心に有志で 2 年前より自主的な探究活動に取り組んでいる。これまでの研究で、カイワレダイコンやコマツナに、微生物の種類が異なるヨーグルトの上清や、自分たちで作った乳酸菌培養液を与えて実験を行った結果、野菜の調理くずを用いた培養液が植物の成長を促進する可能性があることと、維管束の強度や味への影響を与える可能性があることがわかった。また、コマツナでは乳酸菌培養液を与えたものは全体的に甘さが強く、柔らかくて食べやすいとの評価が得られた（2023 年度サイエンスキャッスル研究費アサヒ飲料賞での研究成果）。

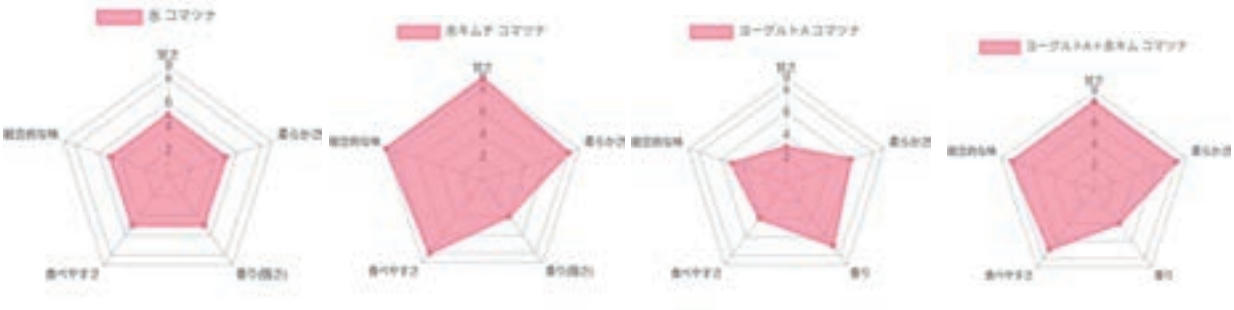


図１：コマツナに対する官能評価（味・食感・香りの違い）の結果

この結果について、乳酸菌または、乳酸菌の生成物が影響を及ぼしたと考えている。また、生徒たちは農業やごみの排出抑制にも興味を持っており、将来的には廃棄物の利活用につなげたいとの思いもある。そこで、野菜の調理くずから乳酸菌培養液を作製し、微生物の種類を明らかにするとともに、他にどのような野菜に影響を与えるのかを調べることを本研究の目的とした。

２　材料と方法

２－１　乳酸菌培養液の作製

乳酸菌培養液は、市販のダイコン、キュウリ、ピーマンの可食部と、これらの調理過程で調理くずとして捨てられてしまう部分（ヘタや皮等の不可食部、これ以降は調理くずとする）を、それぞれ煮沸したコメの研ぎ汁に漬け、1 日間常温で置いたあとに冷蔵庫で保存したものを使用した。冷蔵庫で保存していてもにおいや様子が変化することから、10 日以内で実験に用いることとした。

２－２　微生物の分析

微生物の分析は、①分離培養を経て同定を行う方法と、②実験室での培養が困難な種も含めた分析方法である次世代シーケンスによる環境 DNA の分析（培養を経ずに試料中の微生物の DNA を抽出後に 16S rRNA 遺伝子の一部の短い配列を対象として PCR で増幅し、大量の遺伝子断片を分析する方法）で行った。具体的な方法を以下に記す。

乳酸桿菌の分離用培地（粉末・BD Difco ラクトバシラス MRS 寒天培地）に、酸生成を確認するための塩化カルシウム粉末と、精製水をメジューム瓶に加えた後に、電子レンジで加熱し、沸騰と撹拌を繰り返して粉末を溶解させた。追加で滅菌するために、固化した翌日に、同様にして加熱・溶解し、40℃程度まで温度低下後に滅菌シャーレに注いで固形培地を作製した。室温下で翌日以降に固形培地に雑菌が繁殖していないことを確認し、乳酸菌培養液を塗布して、25℃の恒温槽にて好気培養ならびに脱酸素剤を用いた嫌気培養（三菱ガス化学（株）のアネロパックを使用）を試みた。形成されたコロニーを、新しい培地で培養することを繰り返し、微生物の分離培養を行った。

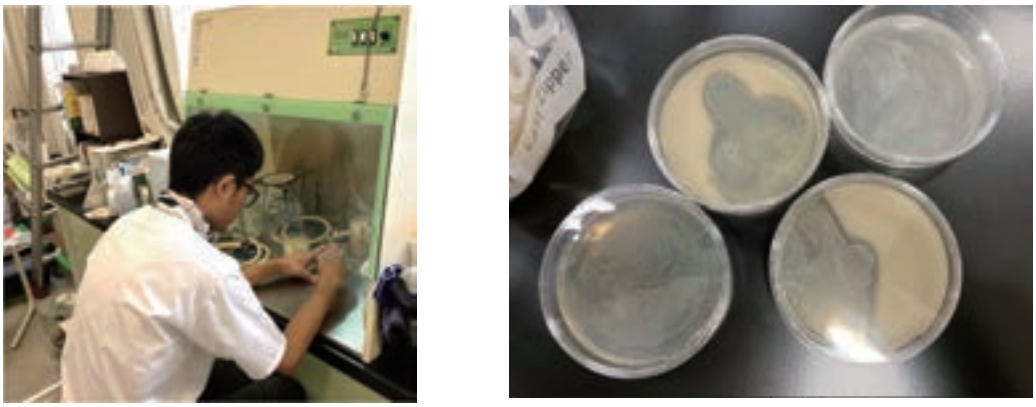


図２：乳酸菌の分離培養
左：固形培地に乳酸菌培養液を塗布する様子、右：培養後に一部が透明になり酸生成を確認

分離した種の同定を行うために、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）による 16S rRNA 遺伝子の増幅を試みた。DNA 抽出を経ずに微生物のコロニーを鋳型にした。酵素は EmeraldAmp® PCR Master Mix（タカラバイオ（株））を、増幅範囲を指定するプライマーはバクテリアで汎用的に用いられている B27F (5’-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG)と U1492RM (5’-GGYTACCTTGTTACGACTT)を使用した。プライマーの合成はユーロフィンジェノミクス（株）に委託した。サーマルサイクラーを用いた PCR 条件は「95℃ 30 秒、 60℃ 30 秒、72℃ 1.5 分」を 25 回繰り返した。PCR 増幅産物の確認は 1%アガロースゲル電気泳動で行った。ゲルや TAE バッファーにエチジウムブロマイド溶液を添加し、紫外線を照射することで DNA の存在や濃度を確認した。PCR 増幅産物を Exo-SAP-IT 酵素で精製処理後に、ユーロフィンジェノミクス（株）に委託して塩基配列解析を行った。

環境 DNA を用いた分析は、試料からの DNA 抽出も含めて（株）生物技研に委託した。

２－３　野菜の味に与える影響

野菜は、収穫までの期間が短いカイワレダイコンとブロッコリースプラウトは室内での水耕栽培を、エダマメとミニトマトは屋外での土壌栽培を行った。種子から栽培を開始し、発芽するまでは水のみを与えた。発芽後は、1 日おきに水または乳酸菌培養液を 100 倍希釈液したものを与えた。栽培後には、本校の生徒や教職員に協力を依頼し、10 代～70 代と年代の異なる男女約 30 名に対して、どれが何を与えて培養したかは明かさずに、食感や味の濃さについてアンケート調査を実施した。

図３：アンケート調査の様子

３　結果と考察

３－１　微生物の分析

乳酸菌の分離培養について、好気培養と嫌気培養を行ったが、好気培養の方の生育が早かった。培地の一部が透明になったことから、酸生成を行うコロニーが形成されたと考えられる（図２）。コロニーの大きさから判別して、異なる乳酸菌が少なくとも 2 種類は存在すると予測された。

独立したコロニーを固形培地に２～３回継代培養後に８サンプルを選び PCR での増幅を試みた。PCR 増幅産物の確認がなかなかうまくいかず苦戦したが、なんとか結果を得ることができ、*Leuconostoc mesenteroides* という乳酸菌の存在が確認できた。インターネットで検索した結果、これは清酒製造の過程で発生する乳酸菌であるとわかった。具体的な役割は継続して調査中である。一方で塩基配列がうまく解析できていないサンプルもあり、相同性が低いものもあった。今後、PCR や精製方法について条件を変えて再度分析したい。環境 DNA を用いた分析についても、現在生徒が解析を進めているところである。

３－２　野菜の味に与える影響

水耕栽培の結果、カイワレダイコンとブロッコリースプラウトの両方で味の違いが見られた。官能評価の結果、味の濃さ（辛さ）、硬さの点で調理くずを用いた培養液が最も評価が高かった。これまでの実験でも同様の結果が得られており、やはり乳酸菌培養液が野菜の味の変化に影響を及ぼしていると考えられた。両方の野菜はアブラナ科に属し、イソチオシアネートという含硫化合物の辛味成分を含んでいる。乳酸菌培養液を与えたものの辛味が増したことから、この含有量が増加したと考えられる。イソチオシアネートは抗がん、抗炎症および抗酸化などの効果から疾患予防や健康増進への寄与が期待されており、ブロッコリースプラウトで有名な成分のスルフォラファンもこれに含まれる。乳酸菌培養液を与えて栽培することでイソチオシアネートの含有量を増やし、野菜の機能性向上にもつなげられる可能性があると考えられる。

土壌栽培の結果、エダマメでは調理くずを用いた培養液の草丈が最も高く、味やマメの硬さについての評価も高かった。猛暑の影響もあり、ミニトマトは水で栽培した草丈が最も高くなった一方で、実の数が少なく味の評価はできなかった。また、ナスでも挑戦したものの枯れてしまったため、今後も継続して実験を行う。

４　まとめ

今後の予定として、微生物の解析を継続し、考察を深めることと、乳酸菌培養液中の成分について、何が野菜の味や成長に影響を与えているのかを特定するため、継続して野菜の水耕栽培と土壌栽培を行うことと、イソチオシアネートの含有量やアミノ酸などの成分分析にも挑戦したい。将来的には、廃棄される調理くずから土壌に優しい液肥の作製を目指す。

研究成果のみならず、活動を通して生徒が以下のように成長することができた。
①お互いの意見を出し合い、学校内の他学年の生徒など知らない人にも積極的に声をかけて、アンケート調査への協力を依頼するなど、コミュニケーション能力の向上が見られた。
②実験が上手く進まなかった際の修正案や、結果の考察について論理的思考力が向上した。
③成果発表会では後輩たちも協力して発表し、他校の発表に対しても積極的に聴講や質問するなど１年生の成長も見られた。
④成果発表の場で頂いたアドバイスを謙虚に受け止め、追加でアンケート調査を実施するなど生徒の積極性が増した。

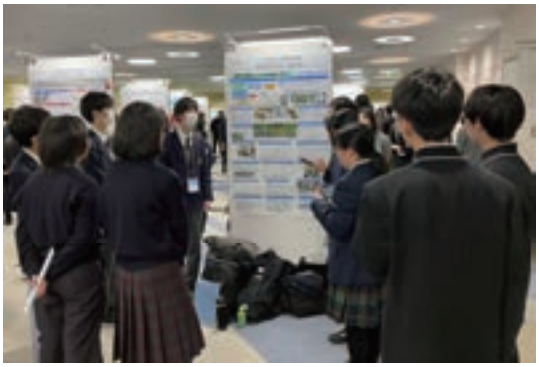


図４：成果発表会でのポスター発表

このような機会を頂いた公益財団法人中谷財団をはじめ、ご協力頂いた皆様へ感謝申し上げる。

成果発表
１）２０２５年度 公益財団法人中谷財団 科学教育振興助成 成果発表会
２）東京生物クラブ連盟主催　第５８回「生物研究の集い」展示発表（ラボラトリー賞）
３）２０２５年度 第３回 本校オープンキャンパスにて研究紹介

謝　辞
本研究は、公益財団法人中谷財団「2025 年度 科学教育振興助成（個別校助成）」を受けて実施しました。特に微生物の分析には費用がかかることから、自校で実施できずにおりましたが、本研究助成に採択して頂き、研究を進めることができました。関係各位に厚く御礼申し上げます。
また、微生物の分析方法についてのアドバイスを頂戴し、PCR 関連に必要な装置を貸して頂いた創価大学理工学部長の黒沢則夫教授へ感謝申し上げます。

参考文献
1)奈良女子大学　「乳酸菌と植物の共生」（https://nwuss.nara-wu.ac.jp/media/sites/11/ssh08_12.pdf）
2)松井三郎ら「乳酸菌 *Lactobacillus fermentum* 403 菌が生成するオーキシン・サイトカイニンの分析方法の開発―プロバイオティク環境農業への応用原理」
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jswtb/48/3/48_117/_pdf)
3)田中尚人「乳酸菌を分離するための基本」
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jslab/30/1/30_3/_pdf/-char/ja)
4)鈴木チセ「食品からの乳酸菌の分離・簡易同定に関する操作」
(https://www.fmric.or.jp/ffd/ffmanual/100755_suzukic.pdf)
5)中村俊之「植物性食品成分イソチオシアネートの反応性とその生理的関連性」
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhej/70/7/70_448/_pdf)

以上

特定外来生物クリハラリスの食性分析

実施担当者　私立光明学園相模原高等学校　教諭　下口　直久

1　はじめに

クリハラリス（*Callosciurus erythraeus*）別名タイワンリスは、台湾南部原産の齧歯類で日本では1930年代に伊豆大島の動物園で飼育されていたものの逃亡が移入の発端となり（宇田川、1954）、神奈川県、静岡県、長崎県を中心に広く生息が確認されている。
神奈川県においては、1951年頃に見られ始めてから、南東部を中心に分布が拡大し（小野, 2001；園田・田村, 2003）、鎌倉市以西では、分布が次第に拡大しており、藤沢市、茅ヶ崎市でも生息が確認されている（岸, 2003；長谷川・佐藤, 2009）。
三浦半島に位置する葉山町ではクリハラリスの生息数増加に伴って農作物への食害などの被害で出ており、捕獲駆除が進められている。
葉山町で昆虫の調査を行っている方からの情報で、クリハラリスが増えてから町内の昆虫が減少している可能性があるとの話を伺い、実際にクリハラリスの生息個体数増加によって昆虫が減少する可能性があるのかについて検討することとした。クリハラリスの食性に関する報告はあるものの昆虫に限定したものは少ない。そこで本研究ではクリハラリスが季節ごとにどのような昆虫を餌資源として捕食しているのかを神奈川県葉山町で有害獣駆除された個体を対象に調査した。

2　目的と方法

2－1　目　的

本研究では、葉山町で有害獣駆除されたクリハラリスの胃の内容物からDNAを抽出し、DNAメタバーコーディング解析によって季節ごとにどのような昆虫が餌資源として捕食されているのかを調べることとした。

２－２　方　法

本研究に供試したクリハラリスは葉山町で有害獣駆除されたものを使用した。提供いただいた個体のうち、葉山町長柄地区で捕獲された個体の中から以下の通り季節ごと（SeasonA～D）に4個体ずつ選んで供試した。
SeasonA 1月捕獲個体SeasonB 3月～5月捕獲個体SeasonC 7月～8月捕獲個体SeasonD 11月捕獲個体
提供いただいた個体は冷凍庫内で−60℃で保管した。
供試したクリハラリスはすべての個体において、TL（全長）、LTv（尾長）、HB（頭胴長）、HF（後肢長）、Em（耳長）、WT（体重）を計測した。
その後、開腹し、胃を摘出した。
摘出した胃を切開し、内容物を採取し5mLチューブ内に入れ冷凍庫内で保管した。
胃内容物からの DNA 抽出は QIAGEN の D Neasy Blood&Tissue Kit を用いて以下の手順で行った。
DNA分析については、昆虫用プライマーMtInsects-16Sとクリハラリス用に設計したブロッキングプライマーを用いることで、クリハラリス由来のDNA増幅を抑制し、昆虫類のDNAを特異的に検出可能な手法を開発した。分析は次世代シーケンサーを用いて行い、神奈川県環境科学センターに依頼して実施した。

３　結果及び考察

３－１　外部計測値

本研究に供試した個体の外部計測値を以下に示す。（n=16）

Season	個体No.	捕獲月日	全長(mm)	尾長(mm)	頭胴長(mm)	後足長(mm)	耳長(mm)	体重(g)	雌雄
SeasonA	個体Ⅰ	1月8日	470	220	250	52.5	18.8	246.9	M
	個体Ⅱ	1月7日	461	241	220	43	17	335.1	F
	個体Ⅲ	1月10日	460	246	214	51.2	19.2	350	F
	個体Ⅳ	1月30日	450	220	230	54.2	18.7	350	M
SeasonB	個体Ⅰ	3月7日	450	240	210	46.2	16.2	380	M
	個体Ⅱ	3月12日	440	215	225	53	20.4	330	M
	個体Ⅲ	4月3日	450	220	230	54.6	16.5	330	F
	個体Ⅳ	5月28日	407	205	202	50	17.5	300	F
SeasonC	個体Ⅰ	8月23日	470	245	225	53.4	19.7	342.6	M
	個体Ⅱ	7月31日	410	200	210	43.1	19.7	321	M
	個体Ⅲ	8月6日	390	198	292	49.6	19.5	300	M
	個体Ⅳ	8月21日	427	230	193	50	21.7	300	M
SeasonD	個体Ⅰ	11月10日	465	225	240	51.9	22	350	M
	個体Ⅱ	11月20日	472	255	247	52.3	11.7	371.5	F
	個体Ⅲ	11月20日	459	227	232	52	10.7	355.3	M
	個体Ⅳ	11月9日	395	200	195	57	18.4	240	M

３－２　DNA分析結果

各Seasonごとに検出された昆虫の科別種数を以下に示す。

〇SeasonA（１月捕獲個体）

カメムシ科１種、コナチャタテ科１種、ミバエ科１種、ゴミムシダマシ科１種、アリ科１種

〇SeasonB（３月～５月捕獲個体）

ツノカメムシ科１種、カメムシ科２種、ナガノミ科１種、コナガ科１種、
カミキリムシ科１種、ミツバチ科１種、アリ科５種

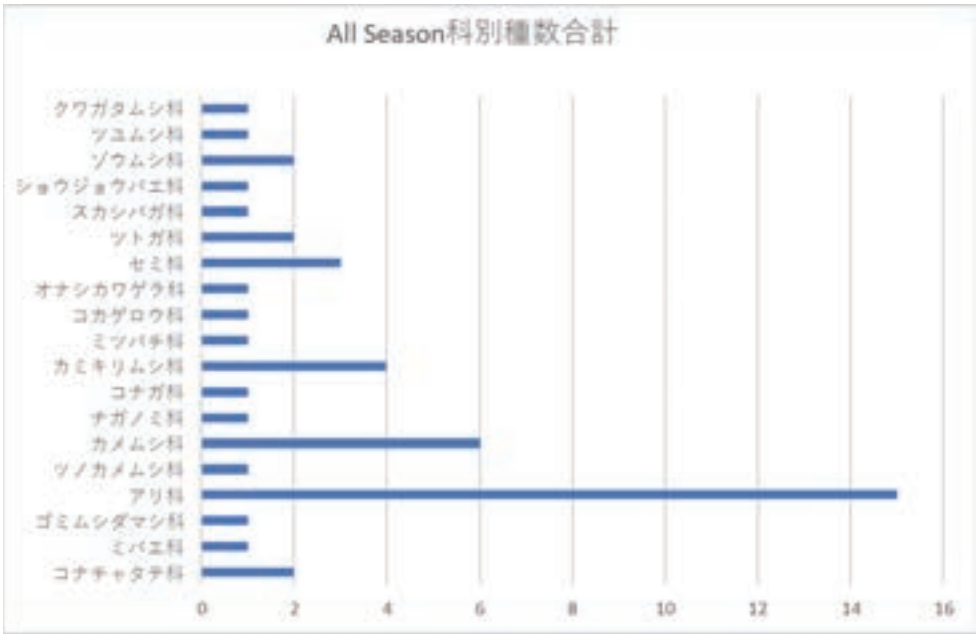
〇SeasonC（７月～８月捕獲個体）

コカゲロウ科１種、オナシカワゲラ科１種、セミ科３種、カメムシ科１種、
コナチャタテ科１種、ツトガ科１種、スカシバ科１種、ショウジョウバエ科１種
カミキリムシ科１種、ゾウムシ科１種、アリ科５種

〇SeasonD（１１月捕獲個体）

オオゴキブリ科１種、ツユムシ科１種、カメムシ科１種、ツトガ科１種、カミキリムシ科２種
ゾウムシ科１種、クワガタムシ科１種、アリ科５種

SeasonAからD全ての区分で検出された昆虫の科別種数の合計を以下に示す



３－３　考察

カメムシは、seasonAで最も多く検出された。カメムシ科の昆虫は主に樹皮の隙間で成虫越冬するため樹皮を剥して捕食した可能性が考えられる。また、カメムシの越冬環境はクリハラリスの生息環境に近いため遭遇する確率が高いことも考えられる。
seasonBでは、ヤマトネズミノミが検出された。梅雨から夏にかけてはノミの活動が活発になる時期であり、クリハラリスの体毛に付着したノミをグルーミングで取り込んだ可能性が考えられる。
seasonCの分析結果では、カメムシ、カミキリムシ、ハチ、セミ、アリ、ガなど様々な昆虫のDNAが検出された。昆虫の出現数が多くなるこの季節には捕食できる昆虫を手あたり次第に食べている可能性が示唆された。また、seasonCではセミが３種検出された。セミを間接的に捕食する可能性は低いため、羽化直後の個体などを直接捕食している可能性が考えられる。この季節の個体からはオウトウショウジョウバエが検出されている。このハエは熟した果実に産卵することから、卵を産み付けられた果実をクリハラリスが捕食した際に混食したものと考えられる。さらに、カワゲラやカゲロウなどの水生昆虫も検出された。
seasonDでは、国内外来種であるサツマゴキブリが検出された。葉山町ではサツマゴキブリの確認記録が多く報告されていることから、クリハラリスと遭遇する機会が増えている可能性が考えられる。また、テツイロヒメカミキリ、ヒメヒゲナガカミキリが検出されたことについては両種ともに朽ち木内で幼虫越冬することから、クリハラリスが朽ち木を削った際に出てきた幼虫を捕食した可能性がある。
さらに、クリシギゾウムシが検出されたことについては、11月には成虫の産卵期が過ぎているため、クリやドングリなどの果実内で越冬する幼虫を混食している可能性がある。
アリは、すべてのseasonで検出された。特にseasonDでは、ヒゲナガケアリが多く検出された。ヒゲナガケアリは樹皮下や地中で冬季を過ごすため、樹皮下にいた個体をクリハラリスが捕食した可能性がある。

謝　辞

本研究を行うにあたり、研究助成をいただきました中谷財団様に心より御礼申し上げます。また、検体をはじめ、クリハラリスに関する情報をいただきました葉山町環境課様、角田運送様に感謝致します。昆虫種の同定や分析結果の考察にご協力、ご助言をいただきました相模原市立博物館学芸員、秋山幸也様、嶋本習介様に感謝致します。
田村典子先生をはじめ、クリハラリス情報ネットの皆様には日頃から様々な情報をご提供いただいている他、本研究に関して多大なるご助言を賜りました。この場をお借りして、深く感謝致します。

参考文献

・朝日稔 ・ 渡辺節子（1967）：友ヶ島のタイワンリス IV 胃の内 容. 哺動学誌　３，152－157.
・尾崎研一（1986）．タイワンリスの食物と採食行動. 哺動学誌 11，165－172.
・園田陽一 ・ 木崎卓平 ・ 倉本宣 ・ 田村典子（2001）：伊豆大島に おけるタイワンリス（Callosciurus erythraeus thaiwanensis）の食性について. 明治大学農学部研究報告　129・130，　31－38.
・田村典子（2002）：タイワンリス 日本生態学会（編） 外来種 ハンドブック 地人書館　pp. 66
・田村典子(2011)：リスの生態学　東京大学出版会
・田村典子（2025）：となりのクリハラリス　たくましい開拓者から学ぶこと　東京大学出版会

絶滅危惧植物の保全生態学を通した ESD

－ 箱根・丹沢の希少植物の保全生態学 －

実施担当者　横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校・附属中学校
教諭　矢部　重樹

1　はじめに

中学・高等学校における課題研究授業において、定期的にフィールド活動を伴う生態学的調査は地理的、時間的制約があるため、テーマとして扱われにくい。しかし、第 6 の大量絶滅時代と言われている[1)] 現在において、兵物多様性の保全、持続可能な環境をつくってゆく人材の育成は急務である。そこで、昨年度より本校の課題研究部（中学・高校生の自主的な研究チーム） で、地元神奈川県特有のフォッサマグナ植物のうち、希少植物・絶滅危惧植物についてフィールドで調査を行ない、保全生態学を学ぶ活動を開始した。早期から保全生態学を学ぶことで ESD（持続可能な開発のための教育）を推進することが目的である。

昨年度のメンバーに加え、附属中学 3 年生 4 名、高校 1 年次生 1 名が加わり、全 16 名となった。対象植物をオトメアオイ、カントウカンアオイとコイワザクラの 2 種に絞り、生徒を 2 グループに分けて調査、分析を行った。グループごとに自生地域情報を収集し、丹沢、箱根を主な調査地として生態学的調査を行った。対象植物の個体数や開花状況、周囲のフェノロジー等の調査を複数回行った。保全生態学の手法として、両グループとも QGIS、MaxEnt を使用して生息適地予測モデルを作成し、その評価、分析を行った。また、週 1 回のミーティングを行い、各グループの進捗状況の報告、今後の予定の確認、立案を行わせ、生徒が主体的に活動するようにした。

また、こうした活動を広めること、専門家の意見を広くいただくために、東京学芸大学主催課題研究発表会、第 73 回日本生態学会大会ジュニアポスター発表に参加し、ポスター発表を行った。

2　調査対象植物と調査結果

2－1　オトメアオイ、カントウカンアオイ

ウマノスズクサ科カンアオイ属の植物で、世界ではアジアに 62 種、そのうち 49 種が日本固有種である[2)]。箱根や丹沢で多く見られるのはカントウカンアオイとも呼ばれている。カンアオイの中でも箱根の乙女峠にしか生息しないオトメアオイ[3)]と、関東地方の山林に広く分布するカントウカン

図１． 黄緑色の花をつけたオトメアオイ

図 2. 大山のカントウカンアオイ

アオイ [4]を対象に調査を行った。昨年度乙女峠で発見したカンアオイ類（判別ができなかった）をオトメアオイの花期である６月に再調査したところ、開花後間もない黄緑色の花をつけている個体を複数確認することができた（**図 1**）。カントウカンアオイの花期は 10 月下旬～11 月であるため、乙女峠で自生しているものはオトメアオイと推定される。また、昨年度の調査経験をもとに種子散布の様式を考慮して周囲を調査したところ、50 個体以上の巨大な自生集団を発見した。

丹沢大山においては、６月と 11 月に調査を行った。６月には花をつけていなかった個体が、11 月には花をつけていたため、カントウカンアオイと推定される（**図 2**）。花筒の中にはトビムシやムギダニと思われるダニ類が観察された（**図 3**）。

また、都市部の自生するカントウカンアオイについて文献を調べ、１月には横浜市金沢区の自然観察の森でカントウカンアオイと思われる個体についても調査した。

撮影したオトメアオイとカンアオイの写真から GPS データを抽出し、QGIS に生息地をプロットした。生物多様性センターから植生データ、国土数値ダウンロードサイトから標高、土地利用、傾斜、気温、降水量などのデータをダウンロードし、11 のデータを重ね合わせ、MaxEnt で神奈川県と静岡県におけるカンアオイ類の生息適地予測モデルを作成した（**図 4**）。赤い色を示しているところにカンアオイ類が生息している可能性が高いと予測される。モデルの性能を評価する AUC の値は 0.89 であった。（AUC は 1 に近いほど高精度と評価できる。）

ジャックナイフ検定では、日照時間、土地利生、植生がカンアオイ類の分布に大きく影響していることがわかった。まだ調査が行えていない相模原市北部、川崎市や横浜市における自生株の調査を進め、より精度の高いモデルにしていく。

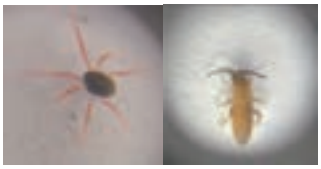


図 3. カンアオイの花筒内にいた虫．ムギダニ（左）、トビムシ（右）

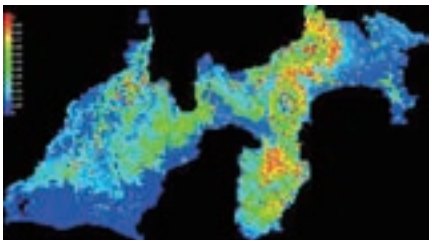


図 4. 神奈川県、静岡県におけるカンアオイ類の生息適地予測モデル

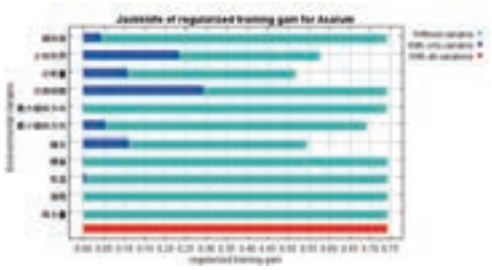


図 5. ジャックナイフ検定による変数の分析

２－２　コイワザクラ

図 6. コイワザクラ

コイワザクラ（**図 6**）はサクラソウ科サクラソウ属の多年草である。異形花柱性の植物で、花柱が雄蕊よりも長い長花柱型と花柱が雄蕊よりも短い短花柱型がある。互いの花を放花昆虫が行き来し、受粉することで結実する。健全な個体群では花型比は１：１であり、種内の多様性を保つといわれている [5]。花期の 4 月に花型比の調査のために金時山と箱根駒ケ岳で調査を行った。

金時山の個体群は、山頂付近、山頂近くの北側斜面、北側斜面上と大きな個体群３つを調査し、小花数、花型（長花柱、短花柱）を記録した。

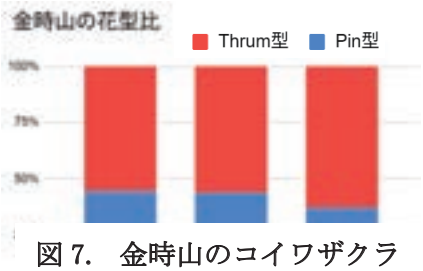


図 7.　金時山のコイワザクラの花型比 2023～2025 年

過去３年間の調査の結果、花型に偏りが生じてきている（**図 7**）ことが示唆された。コイワザクラは全個体が毎年花をつけるわけではないので、今後も花型の調査を重ね、これより大きく偏りが生じないか注視していく。

箱根駒ケ岳は 2015 年の大涌谷噴火以来、一部登山ルートが閉鎖されており、10 年間調査が行われていない。過去の文献[6)]で示されていた自生地は発見することができなかったが、これまで調査されていない新たな自生集団を発見した。この集団についても金時山の調査と同様に小花数、花型を記録した。箱根駒ヶ岳の集団は花型比がほぼ１：１であった。この集団についても記録を重ねていく。

金時山、箱根駒ヶ岳に加え、矢部が 2022 年に檜洞丸において撮影したコイワザクラの写真から GPS データを QGIS にプロットし、カンアオイ類と同様に、植生、標高、土地利用など 11 のデータを重ね合わせ、MaxEnt で神奈川県と静岡県におけるコイワザクラの生息適地予測モデルを作成した。モデルの性能を評価する AUC の値は 0.998 であった。この値は非常に高く、過大評価が疑われる。コイワザクラが特定の狭い範囲に密集して自生していることに起因していると考えられる。ジャックナイフ検定では、日照時間、植生、標高、傾斜方向が分布に強く影響していることが示された。ただ、本来コイワザクラが生息しているはずのない富士山周辺が赤くなっており、生息の可能性を示している。今後はより広範囲にコイワザクラの自生地調査を行ない、データを広範囲に収集するとともに、自生地に特有の共通する環境要因を見つけ出し、より精度の高いモデルを作成する。

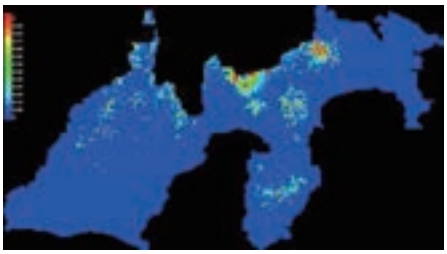


図 8. 神奈川県、静岡県におけるコイワザクラの生息適地予測モデル

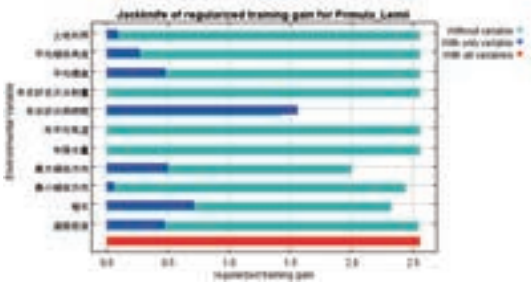


図 9. ジャックナイフ検定による変数の分析

3　生徒の変容

こうした活動を通して、生徒の意識や考えがどのように変わるのかを測るために、年度初めと年度末に毎年アンケートを取っている。

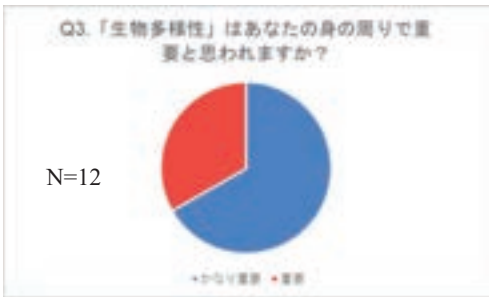


図 10.「生物多様性が重要か」に対する回答（選択式）。左は保全生態学のプログラムに参加した生徒の回答割合。右はプログラムに参加していない高校１年次生の回答割合。

今年度は保全生態学のプログラムに参加した生徒（中３～高２、12 名）と、プログラムに参加していない高校１年次生（62 名）との比較を行った。アンケートは、生物基礎で生態系を学習する前の 12 月に実施した。

「生物多様性」はあなたの身の回りで重要ですか？という質問に対し、プログラムに参加した生徒の回答は、「かなり重要」「重要」合わせて 100%であったが、プログラムに参加していない生徒の回答は 64.5%に留まった（**図 10**）。

上記の質問に、「なぜそのように答えたのか」を自由記述で回答してもらった。**図 11** に、自由記述の回答を分析し、単語の関係性をネットワーク図で可視化した（共起ネットワーク）。プログラムに参加した生徒の記述には生態系そのものだけでなく、生物多様性や自然環境が失われることで自然災害につながるといった具体的な記述や、食料など身近なものとしてとらえている記述が目立った。プログラムに参加していない生徒の回答は、「身の回りで生物多様性を感じない」「実感がない」といった記述や、生物との関わりが希薄と思われる内容の記述があった。

このプログラムを通して自然に触れる機会が増え、生物多様性の保全に関する意識や態度は確実に育まれているといえる。

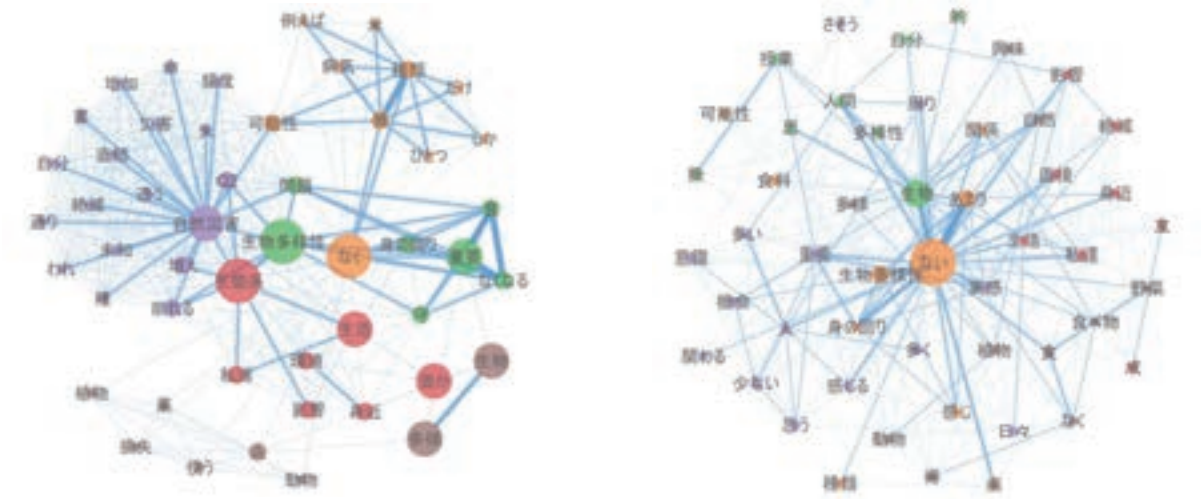


図 11.「なぜそう答えたのか」に対する回答。左は保全生態学のプログラムに参加した生徒、右はプログラムに参加していない高校 1 年次生の自由記述を共起ネットワークで示したもの。

謝　辞

コイワザクラの調査を進めるにあたってご助言をいただいた横浜国立大学大学院環境情報学府倉田薫子教授に感謝申し上げる。

生徒の調査活動に伴う交通費を中谷財団の科学教育振興助成より得ることができ、十分な活動が行えた。感謝申し上げる。

参考文献

1) ダイヤモンド社. “地球上には過去に五回の大量絶滅があった。そして現在、第六の大量絶滅が始まっている”. ダイヤモンドオンライン. https://diamond.jp/articles/-/377128
2) Yudai Okuyama, Nana Goto, Atsushi J Nagano, Masaki Yasugi, Goro Kokubugata, Hiroshi Kudoh, Zhechen Qi, Takuro Ito, Satoshi Kakishima, Takashi Sugawara. Radiation history of Asian *Asarum* (sect. *Heterotropa*, Aristolochiaceae) resolved using a phylogenomic approach based on double-digested RAD-seq data. *Annals of Botany*, Volume 126, Issue 2, 1 August 2020, Pages 245-260, https://doi.org/10.1093/aob/mcaa072
3) Trippers. “オトメアオイ”. 植物図鑑. https://trippers.info/botany/plants/0118
4) Trippers. “カントウカンアオイ”. 植物図鑑. https://trippers.info/botany/plants/0231
5)山本将也. 岩に生える小さなサクラソウの分子生態学. 2021, pp.1-10. https://www.jstage.jst.go.jp/article/chiribunrui/69/2/69_0692-04/_pdf/-char/ja
6)菅原穂波. 絶滅危惧植物コイワザクラの繁殖生態の解明と遺伝的多様性の解析（箱根駒ケ岳）. 2013. 横浜国立大学卒業論文

花粉化石から探る上総層群飯室層堆積時の環境

実施担当者　神奈川県立多摩高等学校
教諭　米山　洋平

1　はじめに

上総層群（かずさそうぐん）は関東平野南部に分布する層群の一種であり、今から約 280 万年～70 万年前の鮮新世後期から更新世中期にかけて堆積したと考えられている。神奈川県立多摩高等学校の付近には上総層群を成す地層の一つである飯室層（いいむろそう）の露頭が確認されており、地学部ではここでの化石調査を通じて飯室層堆積時の古環境について調べてきた。

化石調査の変遷として、令和 4 年以前では大型の貝化石が主な対象であったが、令和 5 年以降は発見時に損傷が少なく同定が容易であるという利点より、微化石（底生有孔虫や花粉の化石）を対象とした調査が中心となっている。底生有孔虫の微化石調査では、これまで 900 を超える検体数を分析し、飯室層堆積時の環境について水深 80m 程度の大陸棚～大陸斜面の境界上に位置していたと推定することができた。一方、花粉化石の調査では発見できたものは 3 つと少なく、思うように進展できていない。この原因としては、花粉化石の採集および同定の作業はここ 1・2 年で取り組み始めたばかりであり、調査を行うにあたっての専門的な知識・技術の不足が挙げられる。

飯室層をはじめ多摩丘陵北部の地層群における花粉化石の調査は、先行例が大変少なく、ここ 10 年以上にわたり研究報告がない状況で続いている[1],[2]。そのため、多摩丘陵の成り立ちを知る上で、花粉化石の調査データ数を増やしていくことは科学的な意義の高い活動と言える。本取組では、多摩高校地学部の生徒が主体となり、上記の地層群における花粉化石の調査を通じて、地学の実践的な知識・技術を身に付け、生徒一人ひとりが当該地層群の古環境や地球の成り立ちについて考える契機とすることを目的とする。

2　上総層群飯室層における花粉化石の調査

2－1　専門家との研究相談

本取組を始めるにあたり、花粉化石の調査における専門家との研究相談会を実施した。研究相談会では、花粉化石の観察・同定方法をどのように行っているか、そのノウハウを講師の先生より直々に学ぶことができた。参加した生徒達は、講師の先生のアドバイスを食い入るように聞き、今後の自分たちの研究活動に活かすべく、熱心に質問を行っていた。

図 1 研究相談会の様子

２－２　飯室層における花粉化石の調査

飯室層における花粉化石の調査は、次の①～③の操作にて行った。

① 試料の採集

多摩高校周辺の河川敷に見られる露頭でハンマー、タガネを用いて掘削し、大型貝化石を目印として岩石試料を採集した。次に岩石試料を細かく砕き、メッシュにかけて粒径 250μm 未満となったものを試料とした。

図 2 試料の採集地点
（左：上総層群の分布，中央：採集地点，右：採集時の様子）

② 試料の化学処理

得られた試料に対して、以下(a)→(c)の化学処理を順に施すことで不純物の除去を行った。

(a) KOH 処理

遠沈管(15mL 容)に試料 7.0g、10% KOH 水溶液を 3.0mL 加えて攪拌した。その後 10 分間遠心分離(2000rpm，492G)し、水洗をした。この処理では、タンパク質など塩基性下で分解されやすい物質を除去した。

(b) 比重選別処理

(a)の KOH 処理後の遠沈管に、塩化亜鉛水溶液(比重 1.8)10mL を加えて攪拌し、10 分間遠心分離(2000rpm，492G)をした。その後遠沈管の上澄み部分を抽出し、水洗をした。この処理では、鉱物質と有機物を分離した。

(c) アセトリシス処理

遠沈管に氷酢酸 5.0mL を加えて攪拌した後、上澄みを捨て、その後アセトリシス液(無水酢酸:濃硫酸 ＝ 9:1[v/v])を 2.0mL、氷酢酸 5.0mL を加えて攪拌した。また、これを 10 分間遠心分離(2000rpm,492G)することで、酸で分解されやすい物質を除去した。

③ 花粉化石の分析

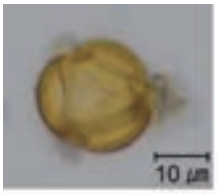
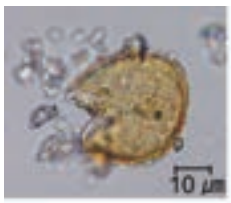
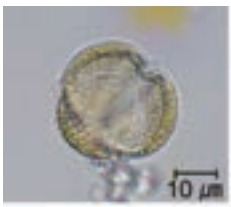
上記の処理後の試料について、プレパラートを作製し、光学顕微鏡(600 倍)で花粉化石の観察・同定を行った。

図 3 花粉化石の観察・同定

２－３　古環境の推定

飯室層において産出した花粉化石を表 1、表 2 にそれぞれ示した。表 2 より、飯室層では 86 個の花粉化石が発見でき、昨年比で約 29 倍の検体数となった。また、花粉化石の構成は、ブナ、スギの割合が多かった。以上の結果から、飯室層の堆積時には、周辺環境としてブナ・スギが多く占めており、落葉広葉樹と針葉樹の混合樹林が形成されたやや冷涼な気候であったと考えられる。また、ブナが優占していることからも、気温差の少ない湿潤な気候であったと考えられる。

表 1 飯室層より産出した花粉化石の一覧

名 称	(a) ブナ	(b) スギ	(c) コナラ
顕微鏡観察の様子			
花粉の種類	落葉広葉樹	針葉樹	落葉広葉樹
分布域	冷温帯	暖温～冷温帯	暖温帯

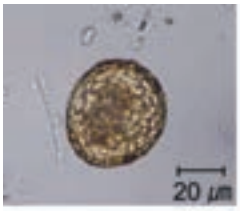
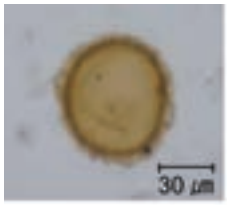
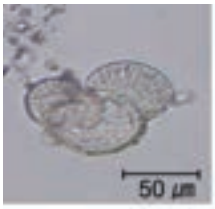
名 称	(d) ケヤキ	(e) ツガ	(d) トウヒ
顕微鏡観察の様子			
花粉の種類	落葉広葉樹	針葉樹	落葉広葉樹
分布域	冷温帯	暖温～冷温帯	暖温帯

表 2　飯室層より産出した花粉化石

花粉の種類	数(R6 年)	数(R7 年)	割合 %
(a) ブナ	1	42	48.8
(b) スギ	0	17	19.8
(c) ケヤキ	2	10	11.6
(d) コナラ	0	9	10.5
(e) ツガ	0	7	8.1
(f) トウヒ	3	1	1.2
合計	**3**	**86**	100.0

２－４　成果発表

花粉化石の調査にて得られた成果は、生徒たちの手でまとめ上げ、校外で開催された高校生向けの研究発表会にて報告を行った。7 月の全国高等学校総合文化祭香川大会では、当時 3 年生の生徒が同大会の自然科学部門にて花粉化石の分析状況を報告し、大学教員や他県の高校生と活発な討議を行った。3 月には当時 2 年生の生徒達が福井県に遠征し、同県で開催された福井県合同課題研究発表会にて研究の進捗状況を報告し、また福井県立恐竜博物館の見学を通じて古代生物およびその生息環境についての見識を広めた。こうした外部での発表活動では、校内での生徒間の話し合いでは得られない、貴重な情報や指摘を多く受けるため、研究活動を続ける良い刺激となった。

図 4 外部での成果発表等の様子
（左：全国高等学校総合文化祭、右：福井県立恐竜博物館）

３　まとめ

上記の取組より、上総層群飯室層における花粉化石の調査・分析を生徒主体にて行うことができた。また、普段の理科の授業等では触れる機会のない、化石の採取・分析といった作業にじっくりと取り組むことは、生徒達にとって地学や古環境に対する理解を実践的に深める機会ともなった。一方で、発見できた花粉化石の検体数はまだ少なく、堆積当時の古環境を推定するには十分とは言えない。そのため、当該地層における花粉化石の調査は今後も継続して進め、将来的には多摩丘陵北部における花粉化石の網羅的な調査・分析を行いたいと計画している。

謝　辞

本取組を進めるに伴い、千葉県立中央博物館の奥田昌明 氏には花粉化石の調査方法について、文教大学の宮下治 教授には花粉化石の同定方法と多摩丘陵北部の花粉化石調査の計画について、それぞれ貴重なご助言を賜りました。ここに深謝の意を表します。

参考文献

［1］　宮下治(1986)，地質学雑誌，92 巻，7 号，p. 72
［2］　石井由子(2015)，東京学芸大学紀要自然科学系，67 巻，p. 55-88
［3］　内山隆(1998)，日本花粉学会会誌，36 巻，2 号，p. 163－170
［4］　馬淵和夫(1995)，川崎市青少年科学館紀要，6 巻，p. 7－39
［5］　高野繁昭(1994)，地質学会誌，100 巻，9 号，p. 675－691

以上

合意形成を活用して生徒の価値観を育成する教育プログラムの開発

海岸防災のハード対策におけるトレードオフの市民参画を見据えて

実施担当者　藤沢翔陵高等学校
教諭　宇都宮　俊星

1　概要

藤沢市は海に面した地域であり、地域住民は幼少期から海の恩恵を受けて生活してきた。海水浴、漁業、観光など、海は地域文化や生活に深く根付いている。一方で、海岸地域は津波や高潮などの自然災害のリスクを抱えており、東日本大震災以降、海岸防災に対する関心は全国的にも高まっている。

本校の生徒もまた、海に親しみながら生活しているが、海岸防災に関する科学的理解や、社会的価値観を踏まえた意思決定・合意形成の経験は十分とは言えない。特に、防災対策には景観、生態系、税負担など複数の価値が絡み合うトレードオフが存在し、単純な「正解」がない。こうした課題に対して、生徒が多面的に考え、他者と協働して合意形成を行う力を育成することは、将来の科学リテラシー及び、市民教育の観点からも重要である。

これまで、地域住民を対象とした津波発生装置を用いた実験や、海岸構造物の模型を使った防災対策の検討など体験型ワークショップを通じて海岸防災に関する理解促進を図ってきた。これらの活動は地域住民から高い評価を得ており、学校教育への応用可能性が示唆されていた。

本研究では、これまで地域で行ってきた活動を学校教育に適用し、生徒が科学的根拠と社会的価値観の双方を踏まえて意思決定・合意形成を行う教育プログラムの開発を目指した。

2　理科と社会科による教科横断の取り組み

2－1　教科横断の取り組みに当たって

本研究では、地域住民向けのワークショップ及び、理科（地学）の授業で活用していた地震発生装置を活用した。この地震発生装置では、地震発生の概念を抽象化するとともにレゴブロックを用いて構造物を設計することで、防災意識の向上を目指す教材である（未発表だが、論文執筆中）。この地震発生装置を用いた学校教育のなかでも理科と社会科を併せた教育プログラムを開発する。また、今回の教育プログラムは試行版として、夏季の特別プログラムとして希望者に対して実施したものである。

２－２　理科によるアプローチ

理科分野では、海岸防災に関する科学的基礎を理解するため、地学的視点から地層構造、プレートテクトニクス、地震発生のメカニズムを扱った。特に、地震を原因とする津波の発生過程について整理した。また、気候変動に伴う海水面上昇や台風の強大化など、近年の環境変化が沿岸地域に与える影響についても取り上げ、防災対策の必要性を科学的に捉える基盤を形成した。

次に、物理分野の波の性質に関する学習を行い、波長、振幅、波峰、波速などの基本概念を確認した。これらの概念が海岸における波の挙動にどのように影響するかを整理した。これらの基礎的な学習を踏まえ、津波発生装置を用いて造波実験を行い、構造物の形状によって波の高さや伝わり方がどのように変化するかを観察した。

津波時発生装置を用いた実験活動では、レゴブロックを用いて海岸構造物の設計を行い、生徒は波のエネルギーを抑制するための構造的工夫を試行錯誤しながら検討した。構造物の高さ、構造の複雑さ、配置などを変化させ、波の峰がどの程度低減されるかを比較することで、「科学的根拠に基づいた意思決定」のプロセスを体験的に学ぶことができた。

これらの、理科の授業では、単に知識を習得するだけでなく、科学的な思考過程そのものを重視した。仮説の設定、実験条件の統制、結果の分析、考察の深化といった科学的探究のプロセスを扱い、生徒が自らの判断の根拠を明確に説明できるよう指導した。これにより、生徒は「科学的に考えるとはどういうことか」を体験的に理解し、科学的リテラシーの向上につながったと考える。

図１：構造物を設計する様子①

図２：構造物を設計する様子②

２－３　社会科によるアプローチ

社会科分野では、導入として「アンパンマンは正義なのか」という問いかけから、立場によって価値観が異なり、トレードオフが伴うことを提示した。

次に、合意形成の背景として、環境問題や科学技術の高度化に伴い、専門家だけでは判断が難しい「トランス・サイエンス」領域の課題が増えていることを確認した。これに関連して、欧州で発展した市民参加型手法（コンセンサス会議やシナリオワークショップなど）や、日本における市民参加の取り組みを紹介し、社会的課題に対して多様な主体が対話を通じて意思決定・合意形成を行う必要性を示した。

その後、防潮堤の現状や地域の防災政策を題材に、グループワークを実施した。生徒は、防災・景観・生態系・税金の四つの観点から複数の選択肢を比較し、どの案が最も望ましいかを議論した。

この時、議論の枠組みとして先述した市民参加型手法（なかでも今回は、シナリオワークショップ）を参考に、やや強引ではあるが次のように設定した。

表１：本研究で設定したシナリオ

	防災・減災	景観	税金	生態系
未来 A	現状維持：被害は未知数	○	10%	○
未来 B	津波レベル１の被害を抑える（減災）	○	11%	×
未来 C	津波レベル１の被害を抑える（防災）	×	15%	×
未来 D	津波レベル２の被害を抑える（減災）	×	20%	○

表中のシナリオ（未来）B~D に記載される津波レベルは、国土交通省が説明する定義を参照し、生徒に対して、以下のような内容で説明した。

津波レベル 1：発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害を及ぼす津波
津波レベル 2：発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす津波

議論の過程では、科学的根拠だけでなく、地域住民の価値観や社会的影響を考慮する必要があることを理解し、合意形成の難しさと重要性を体験的に整理した。
さらに、議論の後には各班で「合意形成のプロセス」を振り返り、どのような価値観が対立し、どのように折り合いをつけたのかを整理した。これにより、生徒は単に結論を導くだけでなく、意思決定・合意形成の過程そのものを学ぶことができたと考える。

図３：班ごとの考えを整理する様子

図４：意思決定・合意形成の整理

３　まとめ

本研究では、海岸防災を題材とした教科横断型プログラムを開発し、生徒が科学的根拠と社会的価値観の双方を踏まえて意思決定・合意形成を行う学習を実現した。理科では、津波の発生メカニズムや波の性質を科学的に理解し、構造物の設計を通じて「科学的根拠に基づく意思決定」を促した。社会科では、防災対策に伴う価値の対立を整理し、合意形成のプロセスを体験することで、多様な視点を踏まえた意思決定・合意形成の重要性を理解した。
価値観の育成という視点で、実施後のアンケートでは例えば「理科の時は波を抑えることだけに集中していて景観や生態系を気にしないで作っていたが、社会の話を聞いてからみんなの考え方がいっきに変わっていて理科も社会も大事なんだなと思いました」という回答があった。このように、理科と社会科という２つの強化による横断的な考え方（価値観）の変化を確認することができた。

これらの学習を通じて、生徒は防災に関する知識だけでなく、複雑な社会課題に対して多面的に考える力を身につけることができた。今後は、価値観の変容をより精緻に評価する手法の検討や、他教科への展開を進め、教科横断的な学びの深化を図っていく。

附　記

本研究は、日本理科教育学会第 75 回全国大会（富山大会）にて、発表した内容を加筆している。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団 科学教育振興助成の支援を受けて実施したものである。ここに記して深く感謝申し上げる。また、授業実践に協力いただいた生徒および教職員の皆様に心より御礼申し上げる。

参考文献

内田隆（2015）未来のエネルギー政策を題材としたシナリオワークショップ―参加型テクノロジーアセスメントの手法を利用した理科教材の開発と実践―．理科教育学研究，55（4），425-436.
宇都宮俊星（2024）コンセンサス会議の要素を取り入れた対話的な学習の実践．理科教育学研究，65（2），473-481.
小林傳司（2007）トランス・サイエンスの時代―科学技術と社会をつなぐ―．NTT 出版.
国土交通省（2011 年頃）交通政策審議会港湾分科会防災部会における検討資料．https://www.mlit.go.jp/common/000146461.pdf
鶴岡義彦（2019）科学的リテラシーを育成する理科教育の創造．大阪大学出版会.
藤垣裕子（2003）専門知と公共性―科学技術社会論の構築に向けて―．東京大学出版会.
文部科学省（2017a）中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説―理科編―．大日本図書.
文部科学省（2017b）中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説―社会編―．東洋館出版社.
文部科学省（2019）高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説―理科編・理数編―．実教出版.
若松征男（2010）科学技術政策に市民の声をどう届けるか．東京電機大学出版局.
Weinberg, A. M. (1972). Science and trans-science. Minerva, 10(2), 209–222.

以上

環境ＤＮＡを用いたホクリクサンショウウオの生息調査と保護活動

実施担当者　富山県立富山中部高等学校
教諭　真野　佳余

１　はじめに

ホクリクサンショウウオ（*Hynobius takedai*）は富山県と石川県の標高 250m までの山の麓に生息しており、環境省のレッドリスト絶滅危惧ＩＢ類に指定されている止水性の両生類である(1)。水中に卵を産み幼生は水中生活をし、変態して幼体になると陸上生活もするが、茶色の卵と幼生は泥や落ち葉に紛れて目視確認しづらく、陸へ上がった幼体は４～５cm で黒っぽく、成体になっても７～８cm と小さいため、目視確認が非常に難しい。そこで、４年前より富山市の動物園の悠久の森実行委員会が中心となって行っている生息調査のうちの数地点を中心に、ホクリクサンショウウオが生息していそうな地点で環境ＤＮＡの検出を試みている。その結果、目視確認の有無に関わらず、数地点から環境ＤＮＡが検出された。今年度は、今までのように、様々な地点で生息調査をしたり、富山市の動物園のイベントや本校の文化祭で、ホクリクサンショウウオについて発表をし、知名度と保護意識の向上を目指したりした。そして、それらに加えて、ホクリクサンショウウオの環境ＤＮＡが検出された地点で、ホクリクサンショウウオ以外の環境ＤＮＡを同定することによって、ホクリクサンショウウオの餌となり得る生物を推定することも試みた。

図１　ホクリクサンショウウオの幼体（上。黄枠内）と成体（下）

～環境ＤＮＡについて～

環境ＤＮＡとは、水や土壌、空気の中に含まれている、そこに生息している生物由来のＤＮＡのことである。剥がれ落ちた皮膚の細胞や糞に含まれる生物体の腸の内壁片などのＤＮＡが例として挙げられる。環境ＤＮＡは数週間で分解されるため、それ以前の個体のＤＮＡは検出されない。また、環境ＤＮＡを採取し分析することで、実際に生物を採集したり目視で確認したりせずに、生物の在、不在がわかり、生物量や個体数などを推定することが可能である。

２－１　環境ＤＮＡの検出方法と結果、考察について

２－１－１　採水地と採水方法など

ホクリクサンショウウオが幼体や成体になると行動範囲が広くなるので、目視確認は非常に困難である。そこで、まだ卵嚢や幼生の３月～６月に、呉羽丘陵と射水丘陵で、富山市内の動物園の悠久の森実行委員会が中心となって毎年調査している地点のうちの５地点と、私たちが生息を予想した２地点の合計７地点で、採水と卵嚢や幼生などの目視確認、水深や水温などの環境調査を行った。採水は、環境ＤＮＡ学会の調査・実験マニュアルを参考に行った[2]。水は、なるべく泥が入らないように気をつけながら約1Ｌを採水瓶に入れ、ＤＮＡが分解されにくいようにすぐにオスバンを約１mL 入れて冷蔵した。

図２　調査地（赤丸内。詳細は保護のため非公開）

表１　ある調査日の調査地点の気温などと目視確認の有無（④と⑦は今年初めて調査した地点）

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
気温（℃）	16	16	20	16	18.5	11	9.1
水温（℃）	11	11	15	12	13	9	10
水深（cm）	4.5	9	7.5	6	6.1	23.5	10
泥下（cm）	13.5	15	14	25	16.5	15.5	8
流速（cm/s）	2.3	1.5	0	11.5	0	0	0
目視確認（昨年）	成体	成体	卵嚢		卵嚢・成体	卵嚢・成体	
目視確認（今年）	卵嚢	卵嚢	卵嚢	幼生	卵嚢・成体	卵嚢・成体	なし

＊泥下とは、水底に溜まっている泥の深さのことである。

２－１－２　ＤＮＡの抽出方法

採水後、速やかにオスバンを入れてもＤＮＡの分解が少しずつ進むため、採水したその日のうちにＤＮＡの抽出を行った。先ず、汲んできた水をガラスフィルターで吸引濾過してから、DNeasy Blood & Tissue kit を使用してＤＮＡの抽出を行った。

実験を始めた頃は、環境ＤＮＡ学会のマニュアル通りに、採水した水をそのまま吸引濾過してガラスフィルターにＤＮＡを吸着させていたが、目視確認していたすべての地点から環境ＤＮＡが検出されなかった。その原因は、濾過した際に泥がガラスフィルターに付着しすぎて、試薬が十分ＤＮＡに届かないからだと考えた。また、授業で行うＤＮＡの抽出実験で、ＤＮＡはコーヒーフィルターを通り抜けることを知っていた。そこで、吸引濾過する前にコーヒーフィルターで、ある程度泥を取り除くことをすると、環境ＤＮＡが検出されたので、それ以降はこの方法でＤＮＡの抽出をすることにした。

図３　コーヒーフィルターを使った濾過の様子

２－１－３　自分たちで行ったＰＣＲ法、電気泳動と染色方法について

＜ＰＣＲ法について＞

今までの研究で、ホクリクサンショウウオのミトコンドリアのシトクロムｂのＤＮＡのうち、ホクリクサンショウウオに特異的と判断し、ＢＬＡＳＴ検索で 99%ホクリクサンショウウオと同定されたものを使用した。

プログラムは、今までの研究で最も検出できた、98℃１分→【98℃10 秒→55℃15 秒→72℃14 秒×

３サイクル】→72℃３分→15℃∞で行った。ＤＮＡポリメラーゼは、PrimeSTAR HS DNA Polymerase を用いた(4) (5)。

＜電気泳動と染色方法＞

増幅したサンプルをアガロースゲルを用いて、サンプル量：ローディングダイ＝6：1 にして、全量 7.0μL を電気泳動した。そして GelGreen で染色後、主波長 500nm のＬＥＤライトを照射し、ホクリクサンショウウオに特異的なＤＮＡが検出できる領域にバンドが検出するかどうかで、ホクリクサンショウウオの生息の有無を判断した。

２－１－４　ホクリクサンショウウオの餌となり得る生物の同定について

私たちがＤＮＡの抽出まで行った試料を（株）生物技研に送り、生物の同定を依頼した。

２－１－５　結果と考察

昨年環境ＤＮＡを検出した３地点のうち、今年目視確認できた地点は２地点、昨年環境ＤＮＡを検出していない４地点のうち今年目視確認できた地点は３地点あり、そのうち今年初めて調査をした地点は１地点だった。また、2022 年までの悠久の森実行委員会と今年私たちが行った目視調査計 33 ヶ所の結果をまとめると図 4 のようになる(3)。安定産地とは、卵嚢が昨年と今年見つかっている地点、不安定産地とは卵嚢がいずれかの年でしか見つかっていない地点、消失地点は、現在繁殖地として利用されていない地点、未評価は、今年初めて調査した地点である。ホクリクサンショウウオは止水性のサンショウウオであるため、流速の速い場所には生息しないと考えていた。しかし、流速が速い場所であっても、一部流れが緩やかになっている場所がある場合は、水深や泥下の深さに関係なくホクリクサンショウウオが生息していることもわかった。

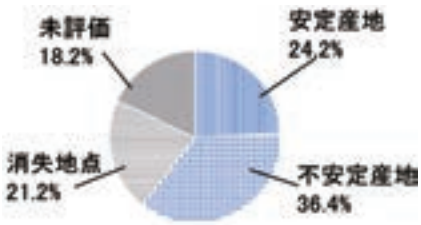


図４　ホクリクサンシウウオの生息地

私たちはホクリクサンショウウオが幼体になって陸に上がる前の３月～６月にかけて、同じ地点で数回調査を行っているが、途中で水が干上がってしまう地点もある。その地点は卵嚢のときに悠久の森実行委委員会が引き上げてふ化させ、動物園や地域の小学校などで飼育し、幼体になってから現地に帰すことをしている。しかし、途中で干上がるすべての地点でそのようなことをできないので、保護するためには干上がらないように水を引き込むなどの工夫をした方がいいと考える。

（株）生物技研に餌となり得る生物の同定を依頼したが、環境ＤＮＡは一切出てこなかった。依頼した地点ではホクリクサンショウウオの幼生を目視確認できていたので、私たちのＤＮＡの抽出方法が適切ではなかったことが原因と考えられる。

２－２　ホクリクサンショウウオの保護活動について

２－２－１　方法

富山市内の動物園のイベントにくる小学生以下の子供や保護者を対象に、ホクリクサンショウウオについてスライドを作成して発表を行い、実験に使用した器具の一部を聴講者に手に取ってもらった。また、校内でホクリクサンショウウオの幼生を育て、中学生を対象としたオープンハイスクールでは、来校した中学生に幼生をみせながら説明を行った。文化祭では、ホクリクサンショウウオについて説明したスライドを展示し、認知度についてアンケート調査を行った。

２－２－２　結果と考察

動物園のイベントでは、小学校低学年でも理解できるように構成や用語を考えたので、ある程度は理解してもらえたと感じた。

本校で行ったアンケート結果は、図５、６の通りである。私たちの展示を見て、理解が深まったといえる。この展示とアンケート調査は毎年文化祭で行っており、年々ホクリクサンショウウオを知る人が増え、生態を理解する人も多くなってきていることがわかる。これは私たちの活動により、ホクリクサンショウウオについて知る機会が増え、発表を通してホクリクサンショウウウオ　について広く伝えることができたからだと考え られる。

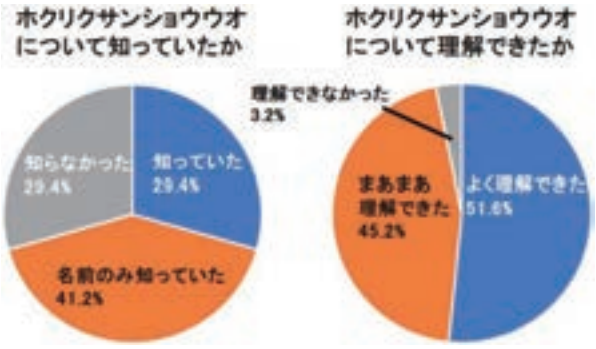


図５　今年度の、展示を見る前とみた後でのアンケート結果

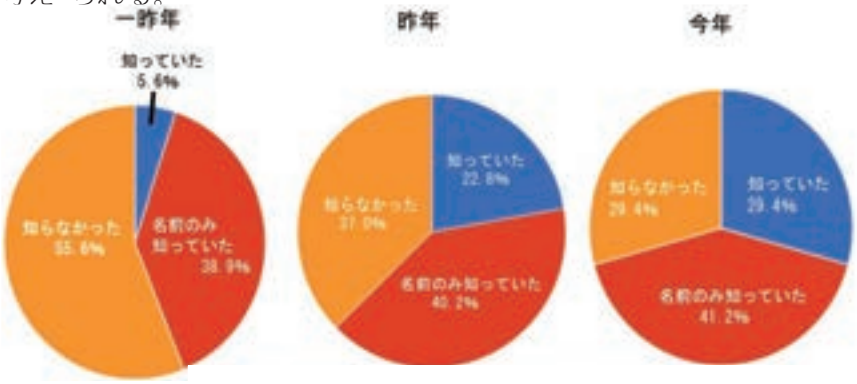


図６　ホクリクサンショウウオの認知度の推移

３　まとめ

今年度の目標は、①ホクリクサンショウウオの餌となり得る生物の同定と、②県民の保護意識を高める、ということだった。①については、目標を達成できなかった。原因として、生徒が実験に慣れてきたため、少し雑に実験をしていたことが考えられる。今後指導者として注意し続けていきたい。②については、徐々に知名度が高くなってきているので、保護意識を高められたと感じる。

謝　辞

本研究を行うに当たり、亀谷三志 様、澤田研太 様、悠久の森実行委員会の皆様、富山大学学術研究部理学系 田中大祐 教授には大変お世話になりました。また、公益財団法人中谷財団より科学教育振興助成金をいただき、研究に必要な薬品を購入し、生物の同定のための経費に充てることができました。深く感謝申し上げます。

参考文献

(1)絶滅危惧種ホクリクサンショウウオの環境 DNA を用いた検出法の確立，日本生態学会第 66 回全国大会（2019 年 3 月、神戸）一般講演（ポスター発表）.ESJ66 posterP1-508
(2)環境 DNA 調査・実験マニュアル Ver.2.2
(3)富山の生物 第 62 号（2023）p110-118
(4)ホクリクサンショウウオの環境 DNA を利用した生息調査と保護活動について.第 35 回自然科学部研究発表会論文集,p20-p21
(5)ホクリクサンショウウオの環境 DNA の検出と生息調査.第 34 回自然科学部研究発表会研究論文集，p32-33

地元の「天池」を守ろう！雄島っ子環境保全活動隊

実施担当者　坂井市立雄島小学校
教頭　ハウカ　佐由里

1　はじめに

校区には、林に囲まれ、湧き水が出る「天池（あまけ）」という池がある。天池には、絶滅危惧種に指定されている日本固有の希少な水生昆虫や両生類など、多様な生き物が生息しており、これまで地元の人たちによって大切に守られてきた。しかし、数年前から特定外来生物であるアメリカザリガニ（以下：ザリガニ）が侵入し数を増やしたことで、天池に生息していた水草が失われ、従来生息していた生き物が減少してしまった（**写真 1、図 1**）。

2012 年 5 月 16 日　　2025 年 5 月 26 日

写真 1　天池の様子　（提供：福井県自然保護センター）

本校では、天池が多様な生き物が生息する豊かな池であった当時から、第 5 学年全員が天池の自然環境について学ぶ観察会を継続して行ってきた。観察会は、県自然保護センターや地元の「天池を守る会」の方々の協力を得て実施しており、ザリガニの数が増加してからは、近年の池の変容やザリガニの生態、捕獲の方法、捕獲数の推移などについて学習している。

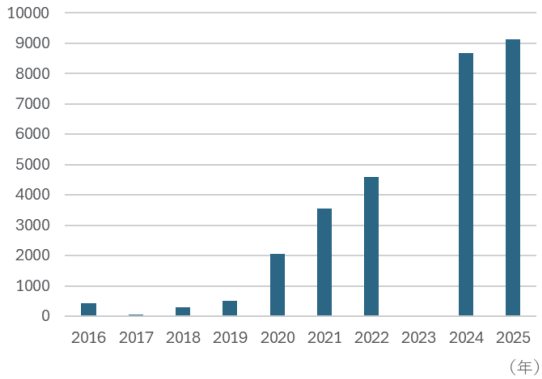


図 1　アメリカザリガニ捕獲数

※2023 年は比較可能なデータなし（提供：福井県自然保護センター）

昨年度の観察会では、地元の方々が天池を元の姿に戻そうと懸命に活動している現状を知り、「私たちも昔の姿に戻したい」と地域の課題を自分事として捉える児童が現れた。これをきっかけに、今年度クラブを立ち上げ、天池の自然環境保全に関心のある 6 年生 8 名が、中谷財団の助成金を活用して調査活動を開始した。

まずは、天池を含む陣ヶ岡丘陵の自然環境や、天池と他の池との比較、ザリガニや水生昆虫の生態について、県の自然保護センターの大宮氏から学び、自分たちに何ができるかを話し合った（**写真 2、3、4**）。また、校区内の越前松島水族館を訪問し、日本固有のゲンゴロウの生態について学ぶとともに、飼育の様子を見学した。これらの学びを通して、自分たちに何ができるかを話し合い、次の 3 つの活動に挑戦した。

写真 2 天池での調査

写真 3 ザリガニ観察

写真 4 海浜公園内の池での調査

2　活動内容

2－1　自作のトラップでのザリガニ捕獲に挑戦

身近なペットボトルを使ってトラップを作成し（**写真 5**）、エサをサキイカにして、7 月に池に仕掛けた（**写真 6**）。しかし、捕獲できたのはモリアオガエルのオタマジャクシのみで、ザリガニは確認できなかった。そこで、入り口の穴が大きかったためザリガニが入っても外へ逃げてしまったのではないかと考え、2 回目は入り口の穴を小さくする工夫を行った。また、エサの違いによる影響を確かめるため、エサを 5 種類に増やし（**写真 7**）、10 月に再度仕掛けたが、捕獲できたのは貝（サカマキガイ）のみであった。

写真 5　ﾍﾟｯﾄﾎﾞﾄﾙﾄﾗｯﾌﾟ作成

写真 6　トラップ仕掛け

写真 7　トラップと 5 種類のエサ

ペットボトルは透明であるため、暗い場所を好むザリガニは入りにくく、仮に入ったとしても穴から逃げてしまう可能性があると考えた。そこで、3 回目の挑戦として、ペットボトルやエサは使わず、棒とネットで作る「しば漬けトラップ」を作成し（**写真 8**）、1 月に仕掛け、2 月に引き上げた（**写真 9**）。その結果、ザリガニの脱皮した抜け殻が 1 つ確認された。これは、ザリガニがしば漬けのネットにつかまり、そこで脱皮していたことを示しており、ザリガニ捕獲の可能性があることが分かった。今回は時期的にザリガニの活動が活発ではなかったため、今後は時期を変えて試す必要があるが、しば漬けトラップはエサを使用しないため、効果が確認できれば、持続可能な捕獲方法の一つになると考えられる。

写真 8　しば漬けトラップ作成

写真 9　トラップ引き上げ

２－２　イベント企画に挑戦

ザリガニを減らすためには、継続的な駆除が必要である。一方、クラブ員だけでは人員、時間の確保が難しいと考え、「ザリガニ釣り・とりイベント」を企画した。児童自身がチラシ（**図 2**）を作成し、全校児童に呼びかけた。

10 月 19 日（日）に実施したイベントには、児童 22 名、保護者 11 名の計 33 名が参加し、約 1 時間の活動でおよそ 300 匹のザリガニを捕獲することができた（**写真 10、11、12**）。短時間でこれほど多くのザリガニが捕獲できたことから、天池には依然として多くのザリガニが生息している現状が明らかになった。

一方で、このイベントを通して、天池が抱えている外来生物の問題や環境への影響について、児童だけでなく保護者にも広く伝えることができた。また、単なる駆除作業ではなく、友達同士や親子で楽しみながら主体的に取り組める活動として工夫、実践することができた点に大きな意義があった。

図 2　チラシ

写真 10　クラブ員による説明

写真 11　ザリガニ捕獲

写真 12　捕獲したザリガニ

２－３　水草移植に挑戦

ザリガニに水草が切られてしまうことから、児童は天池に水草を植えることが環境改善につながるのではないかと考えた。「天池を守る会」が池の一部を囲い、ザリガニが入りにくくした場所を設け、その中に水草を移植していることを知り、移植体験をさせていただいた。今回は、従来天池に生息していたミズユキノシタを用いた。

10 月にプラスチックカップに入れた土に水草を植え（**写真 13**）、カップごと囲いの中に設置した（**写真 14**）。11 月の観察では、根が張り、定着している様子が確認できた。さらに 2 月の観察でも葉が見られたことから、厳しい冬の時期を越えることができたと考えられる。今後、気温が高くなる時期に水草がさらに成長し、天池の環境改善につながることを期待している。

写真 13　ミズユキノシタと移植用カップ

写真 14　移植の様子

3　まとめ

本活動を通して、児童は天池に生息する生き物同士の関係や、特定外来生物であるアメリカザリガニが自然環境に及ぼす影響について、実体験を通して具体的に理解することができた。捕獲トラップの工夫、イベントの企画・運営、水草移植など、試行錯誤を重ねる中で、環境問題は一度の取組で解決できるものではなく、継続的かつ多面的な関わりが必要であることを、実感を伴って学ぶことができた。

また、年に一度の観察会にとどまらず、クラブ活動として継続的に天池に足を運び、調査と実践を行えたことの意義は大きい。季節や時期による変化を継続的に観察することで、地域の方々が長年にわたり取り組んできた環境保全活動の価値や苦労を理解し、自分たちもその担い手の一人であるという意識を高めることにつながった。

さらに、イベントの実施を通して、天池が抱える外来生物の問題を、児童だけでなく保護者や地域にも広く発信することができた。本活動は、地域の自然を教材として課題を見いだし、調べ、考え、行動する探究的な学びの一例であり、中谷財団の助成によって調査・実践の幅を広げることができた。今後も地域と連携しながら、天池の環境保全とともに、地域を大切に思い、自ら行動できる子どもの育成につなげていきたい。

謝　辞

本活動は、公益財団法人 中谷財団による科学教育振興助成のご支援を受けて実施することができました。ここに記して、心より感謝申し上げます。

また、企画段階から調査・実践に至るまで終始にわたり懇切丁寧なご指導を賜りました福井県自然保護センター 大宮正太郎様に、深く御礼申し上げます。合わせて、貴重なご助言と多大なご協力を賜りました「天池を守る会」会長 出南信弘様、理事 北村友美子様、福井県エネルギー環境部自然環境課 小林滉平様に、心より感謝申し上げます。

参考文献

環境省自然環境局野生生物課外来生物対策室：アメリカザリガニ対策の手引き（2023）

越前白茎ごぼう育成のための水耕栽培システムの構築と実践

実施担当者　坂井市立春江小学校
教諭　岩佐　章弘

1　はじめに

福井県坂井市は、2006 年に 4 つの自治体が合併し誕生した。日本海の絶景と柱状節理が広がる東尋坊（旧三国町）、日本最古の天守閣を有するとされていた丸岡城（旧丸岡町）、福井県で開発された「コシヒカリ」や県ブランド米「いちほまれ」の栽培が盛んな坂井平野（旧坂井町）などと、自然や文化が多く残る市である。

その一方、本校の位置している旧春江町は、宅地化や商業地化が進み、この 20 年間で人口・世帯数が増加し続けているのが特色である。それに伴い、児童が生の自然や地域の農業と触れ合う機会は減少していると感じている。こうした環境変化の中で、本校の校区に古くから伝わる伝統野菜「越前白茎ごぼう」が絶滅の危機に瀕している。

越前白茎ごぼうは、平安時代にシベリアから北陸地方へ伝わったとされる歴史深い野菜であり、現在では坂井市春江町でしか種が採られていない極めて希少な品種である。栽培農家はわずか 4 軒にまで減少している。行政の農業振興課や地元農家からは「この伝統を引き継いでほしい」という切実な願いが寄せられていたが、その存在すら知らない児童が多いという実態があった。

昨年度、本校では農家の指導のもと、校地の一角で屋外での土耕栽培に取り組んだ。しかし、「栽培は比較的容易である」という事前の予測に反し、収穫に至るまで健全に育成できた個体は極めて少なかった。児童と農家は、以下の 3 つが原因だと考えた。

①日照条件の制約	校舎の影により、特定箇所で十分な日光が確保できなかったこと。
②管理体制の困難さ	休日や熱中症警戒アラート発令時に、児童が屋外に出てこまめな水やりを行うことが制限されたこと。
③環境制御の限界	屋外では気象の変化や病害虫の影響を直接受けやすく、安定した育成が困難であったこと。

これらのことから、本年度は「屋外から室内へ」と発想を転換し、環境を精密に制御できる「水耕栽培」による新たなアプローチを試みることとした。

2　実践の概要

2－1　活動の概要と 1 年間の流れ

本プロジェクトでは、伝統野菜の栽培という地域課題を、理科的な問題解決プロセスの中で解決することを目指した。具体的には、第 6 学年の理科授業と、児童の興味・関心を追求する「サイエンスクラブ」の活動をリンクさせ、昨年度も含めて以下の 4 つの実践を行った。

	内容	時期
実践 0	総合的な学習の時間での地域学習 5 年生 100 名が農家の指導のもと、校内の畑を用いた屋外での土耕栽培に取り組んだ。	R6
実践 1	理科授業での活用 6 年生児童 33 名が、水耕栽培を通して植物の生命維持の仕組み（吸水、蒸散、光合成）を学習した。	6 月
実践 2	サイエンスクラブでの検証 16 名のメンバーが、LED ライトを用いた屋内栽培と土耕栽培の比較実験、および肥料の有無による成長差の検証を行った。	通年
実践 3	社会実装の模索 一般家庭への普及を目指し、ペットボトルを用いた簡易栽培キットの開発と検証を行った。	12 月～2 月

2－2　実践 1　水耕栽培にふれよう

実践のねらいと実施概要

本実践は、第 6 学年の理科「植物のからだのはたらき」の一環として、令和 7 年 6 月に計 8 時間にわたり実施した。対象は第 6 学年の児童 33 名だった。

前年度、校庭での土耕栽培が日照不足や水やりの困難さから失敗に終わったことを受け、「環境を制御できる室内で、いかに容易に伝統野菜を栽培できるか」という科学的な問いを解決するための第一歩として位置づけた。水耕栽培キットで育てた白茎ごぼうを活用し、植物が生命を維持する仕組み（水の行方や光合成）を直接的に観察・検証することで、屋内栽培の可能性を探ることを目的とした。

学習活動の具体的展開

①水の行方の解明（根からの吸水）

水耕栽培の「根が土に埋もれず露出している」という利点を活かした。児童は、根が直接水を吸い上げる様子を「直感的」に理解することができた。土の中では見えない生命活動を可視化したことで、児童の興味・関心を強く引きつけることができた。

②水の通り道の観察（染色実験）

水の色を変えて栽培し、茎や葉の断面を切って観察する実験を行った。これにより、根から吸収された水が茎を通り、葉へと運ばれ、最終的に空気中へ排出される（蒸散）という、植物体内の「水の通り道」を確認した。

③光合成の検証（光の量と成長の関係）

屋内栽培において不可欠な「光」の影響を調べるため、LED ライトを用いた比較実験を行った。光を十分に当てた個体に対し、光を遮った個体は成長が半分程度に留まったという結果を得た。この対照実験を通して、日光が植物の生命維持と成長に果たす役割を科学的に推論し、理解を深めた。

実践の成果と考察

本実践を通して、児童は「植物の成長には水と日光が必要である」ことを、水耕栽培キットを用いた体験から感じた。特に、土耕栽培では観察が困難だった「根の働き」を水中での観察に切り替えたことで、第 6 学年理科で求められる「多面的な視点」や「要因の推論」といった思考が促進された。児童の考察からは、屋内栽培の有効性を認めつつも、日光に代わる光量の確保など、次のステップへつながる新たな課題意識が芽生えている様子が伺えた。

２－３　実践 2　水耕栽培に挑戦

本実践は、理科授業（実践 1）での学びを基盤とし、サイエンスクラブの児童 16 名を対象に実施した。小学校理科学習指導要領では、高学年において「変化させる要因と変化させない要因を区別する」という条件制御の考え方や、要因や規則性を「推論しながら調べる」能力の育成が求められている。本活動は、伝統野菜の屋内栽培における最適な条件を、児童自らが科学的なプロセスを経て見出すことを目的とした。

学習活動の具体的展開

①養分（肥料）の条件制御

水耕栽培における「養分」の役割を解明するため、ハイポニカ液体肥料を用いた比較実験を行った。肥料を与える個体と与えない個体という条件を制御して成長を観察した結果、肥料を与えた方は葉の色が青々しく、茎が太く成長したのに対し、与えない方は成長が著しく劣ることを確認した。これにより、植物の生命維持における養分の必要性を、実感を伴って確認することができた。

②栽培環境の多面的考察（土耕栽培との比較）

水耕栽培の有効性を検証するため、屋外の土耕栽培と同時並行で成長速度を記録した。観察開始から 10 週間頃までは、水耕栽培が土耕栽培を格段に上回る速さで成長するという結果が得られた。しかし、10 週間を過ぎる頃から成長が停滞し、最終的な大きさは土の 3 分の 2 程度に留まった。この予想外の結果（事象）に対し、児童は「光量の不足」や「容器のサイズ制限」などの要因を推論し、栽培システムの限界と改善点を多面的に考察した。

実践の成果と考察

植物の成長には「日光」だけでなく「肥料（養分）」が不可欠であるという知識を、実験証拠に基づいて獲得した。また、実験結果から「水耕栽培は初期成長に優れるが、大きく育てるにはさらなる光量と肥料管理が必要である」という考えをつくりだすことができた。さらに、伝統野菜の存続という課題に対し、失敗や停滞を次の課題（実践 3 の家庭用ペットボトル栽培）へのヒントとして捉え、粘り強く問題解決に取り組もうとする態度が育まれた。

２－４　実践 3　ペットボトル栽培

水耕栽培を、学校で成功させるだけでなく、「地域で絶やさない」「家庭で手軽に栽培する手法の確立」のために、ペットボトルでの水耕栽培に取り組んだ。実践 2 で得られた「光量の確保」と「肥料管理」の知見を活かして栽培した。土耕栽培や大型キットと同様の順調な成長過程を確認できたが、家庭に普及させるまでには至らなかった。

３　まとめ

本実践は、地域の伝統野菜が途絶えかけているという社会的課題を、理科の「問題解決のプロセス」の中に位置づけ、児童が主体的に解決を図った探究活動だった。

第一の成果は、科学的な探究による「実感を伴った理解」の深化だ。児童は大型の水耕栽培キットを用いた比較実験を通し、初期成長の速さや、光量の確保、こまめな肥料管理といった「条件制御」の重要性を、確かな証拠に基づいて理解した。前年度の土耕栽培の失敗原因（日照不足や水やり頻度）を科学的に分析し、屋内水耕栽培という解決策を導き出した過程は、指導要領が重視する「理科の見方・考え方」を高度に働かせた姿といえる。

第二に、教科授業（実践 1）からクラブ活動（実践 2）、そして家庭普及（実践 3）へと繋がる、系統的かつ「日常生活や社会との関連」を重視した学びの構築だ。前年度の活動や教科のつながりを意識することで、単なる知識の習得に留まらず、科学的知見を社会課題の解決に活用しようとする「学びに向かう力」が育成された。

今後の展望として、理科の学びを自身の人生や社会をより良くすることに結びつける、学習指導要領の理念を具現化したものとして、学校内での知見をさらに検証し、一般家庭に普及させる方法を提案していくことが必要と感じている。

謝　辞

本研究を進めるにあたり、公益財団法人中谷財団様にご支援を賜りました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

・市民向けガイドブック「坂井市伝統野菜 越前白茎ごぼう」坂井市役所農業振興課
・福井県坂井市「越前白茎ごぼうについて」
https://www.city.fukui-sakai.lg.jp/nogyoshinko/jigyosha/norin/nogyo/echizenshirakukigobou.html
・みかんぼーや「お家がどこでも畑になる！頑張らないカンタン水耕栽培」,KADOKAWA,2025
・文部科学省　小学校学習指導要領（平成 29 年公示）解説理科編

災害救助と林業支援を目指した多目的ロボットの開発

実施担当者　長野県諏訪清陵高等学校
教諭　小口 直喜

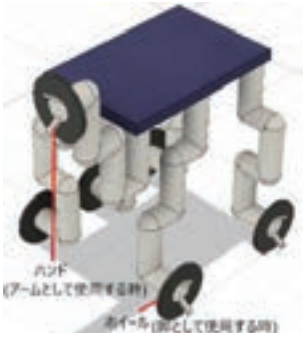


図１ 機体のコンセプト

１　はじめに

近年の自然災害の激甚化に伴い、救助活動に従事できるロボット(以下レスキューロボット)の開発が様々な研究機関で進められている。しかし、その多くは災害時のみの使用を想定しており、平時に活用することが難しいことが問題であると考えた。レスキューロボットの高い移動能力を、高い移動性能が求められる現場に活かすことができれば、レスキューロボットのさらなる普及につながると考えた。今回は、そのような現場として林業を想定し、災害救助と林業支援の両立のため、(1)高い走破性、(2)効率的な移動の能力、(3)高い作業性、の３つを持つロボットの開発を目的に本研究を行った。３つの目標の実現のためには、腕、車輪、脚の３つの機能を統合したロボットアームが必要と考え、その開発を行った。

２　先行研究

移動や作業を実現する機構として、代表的に次の３種がよく用いられている。
(1)脚(2)ホイール(3)ロボットハンド
脚は高い走破性、ホイールは効率的な移動、ロボットハンドは作業能力を特徴とする。１台のロボットでこれらのうち２つの機能を実現することを目指し、脚車輪型ロボットや腕脚統合ロボットなどが研究されてきた。特に脚車輪型は Unitree 社から商品として発表されている(図 2～4)。本研究では、この３つの機能すべてを実現できる機構の実現を目指した。

図２ 腕脚統合型ロボット

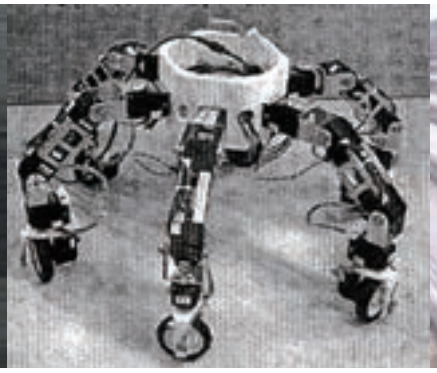


図３ 脚車輪型ロボット

図４ Unitree go 2w

3　機体のコンセプト

製作するロボットのコンセプトを図１に示す。特徴は次の通り。
・高い走破性を持たせるため脚ロボットとする。
・先端のホイールで平地を効率的に走行する。
・脚にロボットアームとしての機能を持たせ、止まった際には多くのアームでの作業を実現する。（以下、脚、アームの部分は「アーム」で統一）

図５ 差動機構

4　研究手法

本研究は、次のステップに沿って研究を行う。
(1) アームの設計開発

(2) アームの試作、評価、改良

(3) ロボット全体の設計、開発

(4) ロボット全体の評価、改良

本論文は、主に(1)と(2)について論じる。

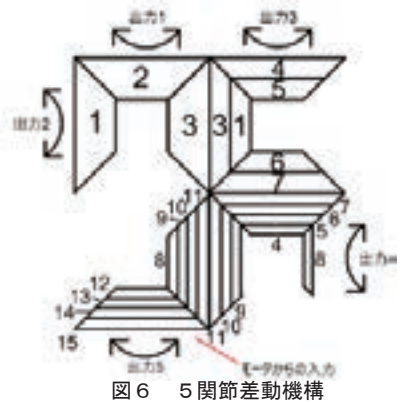


図６　５関節差動機構

5　アームの設計、開発

構想で示したアームでは、手首の関節でホイールを回すため、関節の無限回転が必要であった。そのため、差動機構（図５）を用いることを考えた。出力 1～4 は差動機構により制御し、根元の出力 5 にはモータを直結して独立で制御する 5 関節差動機構（図６）を考えた。一体成型でつながっているギアは同じ番号で表記した。図６の機構に対して、それぞれの関節の回転速度を計算した。それぞれの出力の角速度をω_{oi}、ギアの角速度をω_{gi}と定義する。また、ω_{o5}に対する入力値をω_{g16}とする。

$\omega_{o1}, \omega_{o2}, \omega_{g1}, \omega_{g2}, \omega_{g3}$について、

$\omega_{o1}, \omega_{o2}, \omega_{g1}, \omega_{g2}, \omega_{g3}$について、

$$\omega_{o1} = \omega_{g2} \cdots (1) \quad \omega_{o2} = \frac{\omega_{g1}+\omega_{g3}}{2} \cdots (2)$$

$$\omega_{g2} = \frac{-\omega_{g1}+\omega_{g3}}{2} \cdots (3)$$

$\omega_1, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_{o3}$について

$$\omega_{o3} = \frac{\omega_{g4} + \omega_{g7}}{2} = \frac{\omega_{g5} + \omega_{g6}}{2} (4)$$

$$\omega_{g3} = \frac{-\omega_{g4}+\omega_{g7}}{2} \cdots (5) \quad \omega_{g1} = \frac{-\omega_{g5}+\omega_{g6}}{2} \cdots (6)$$

ω_{g4}～$\omega_{g11}, \omega_{o4}$について

$$\omega_{o4} = \omega_{g8} + \omega_{g4} \cdots (7) \quad \omega_{o4} = \omega_{g9} - \omega_{g5} \cdots (8)$$

$$\omega_{o4} = \omega_{g10} - \omega_{g6} \cdots (9) \quad \omega_{o4} = \omega_{g11} - \omega_{g7} \cdots (10)$$

ω_8～ω_{16}, ω_{o5}について

$$\omega_{o5} = \omega_{16} \cdots (11)$$

$$\omega_{o5} = \omega_{g12} - \omega_{g8} \cdots (12) \quad \omega_{o5} = \omega_{g13} - \omega_{g9} \cdots (13)$$

$$\omega_{o5} = \omega_{g14} - \omega_{g10} \cdots (14)$$

$$\omega_{o5} = \omega_{g15} - \omega_{g11} \cdots (15)$$

以上の式からω_1～ω_{11}を消去して各関節の角速度の式

$$\omega_{o1} = \frac{-\omega_{g14}+\omega_{g15}}{2} \cdots (16) \quad \omega_{o2} = \frac{-\omega_{g13}+\omega_{g15}}{2} \cdots (17)$$

$$\omega_{o3} = \frac{-\omega_{g12} + \omega_{g15}}{2} \cdots (18)$$

$$\omega_{o4} = \frac{\omega_{g12} + \omega_{g13} + \omega_{g14} - \omega_{g15} - 2\omega_{g16}}{2} \cdots (19)$$

を得た。

6　アームの試作

図 3 および図 4 で示した機構を、実際に製作した。試作と改良を繰り返しながら製作を行ってきたため、各バージョンに分けて記載する。

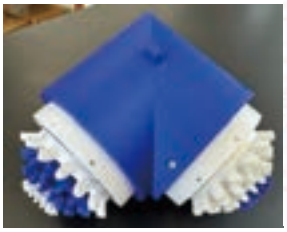


図７　Ver．１

図８　上下に傘歯車がついたパーツ

Ver.1(図７)

3D プリンタと BB 弾を使用したベアリングによって関節の 1 ユニットを試作した。機構の実現のため、上下に傘歯車がついたパーツ(図８)が必要であったが、3D プリンタの造形のしやすさを考慮し、上下で分割し、組み立てる方式とした（図９）。ベアリングによってなめらかな回転を実現したが、分割印刷したギアの接合部分でガタが生じ、機構全体としてガタが大きいものとなった。

図９　分割して印刷

図１０　Ver．２

Ver．２(図１０)

主に Ver.1 における「ガタ」という問題の解消のため図１０のような関節を製作した。ギアパーツを一体造形とすることでガタの減少を目指した。3D プリンタの特性の中で、下向きのギアに求められる精度を実現するために、特殊な材料である、PVA(水溶性サポート材)を使う工夫をした。ガタは改善したものの、回転のなめらかさが失われる結果となった。

Ver．３(図１１)

基本構造は Ver．２を踏襲しつつ、回転をより滑らかにすることを目指して製作した。着目点は以下の 2 点。

図１１　Ver．３

・ベアリングのバックラッシュを調整する。
・Ver.2 の際の設計ミスを修正する。

上記の 2 点により、Ver.2 に比べ、主観的な評価ではあるがなめらかな回転が実現できた。

７　アームの制御回路

アームを電子制御によって制御するため、図１２のような回路を製作した。回路は図１３のような構成になっており、STM32 マイコンによってそれぞれのモータを制御する。

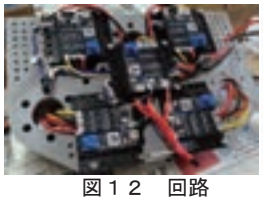


図１２　回路

図１３　回路の構成

８　制御のためのプログラム

モータを制御するため、プログラムを作成した。その一部を図１４に示す。プログラムには SimpleFOC や SimpleCANlib を利用した。

図１４　プログラム

９　動作試験

製作した機構、回路を用いてロボットの動作試験を行った。
(16)～(19)式の通りに制御できることを確認した。一方で、バックラッシュの大きさやトルクの不足が課題として残った。(図 15)

図１５　動作試験の様子

１０　今後の展望

・トルク不足やバックラッシュを改善し、軽量化を行う新たなアームを製作する。
・実際に６つのアームをまとめて６脚ロボットにし、動作試験を行う。

謝　辞

研究費を助成いただいた公益財団法人中谷財団、多くの指導と助言をいただいた信州大学の村松浩幸先生、公立諏訪東京理科大学の藤原大佑先生、本校物理科の小口直喜先生、そしてこの研究にかかわってくださったすべての方に感謝申し上げます。

参考文献

・千葉工業大学未来ロボット技術研究センター『Quince 開発コンセプト』https://www.furo.org/ja/works/quince/index.html (2025/9/26)
・TechShare 『Unitree Go2-W』https://techshare.co.jp/product/unitree/go2-w/ (2025/9/26)
・FabScene 編集部(2025/10/22)『英警察がロボット犬をテスト、武装事件での偵察活用目指す』https://fabscene.com/new/news/uk-police-robot-dog-test/ (2025/10/30)
・Sat のロボット工房(2022/9/1)『3D プリンタと BB 弾でベアリングを作る』https://sat-robotics.com/3d_printed_bearing/ (2025/11/23)
・前泰志　高橋裕也　新井健生 井上健司　小谷内範穂(2024/4)『腕脚統合型ロボットの全方向移動』日本ロボット学会誌 Vol.22 No.3 pp329～pp335 2004
・田窪朋仁　吉岡健伸　新井健生　前泰志大　原賢一(2009/11)『脚車輪ハイブリッド動作を用いた多脚ロボットの不整地移動』日本機械学会論文集(C 編)75 巻 759 号(2009-11)

以上

岐阜市長良川堤防におけるジャコウアゲハの生存戦略について

－ 食草・外来種・温暖化への対応から －

実施担当者　岐阜県立岐阜高等学校
教諭　太田　晶子
教諭　遠藤　久美子

１　はじめに

ジャコウアゲハ[1](在来種,以下ジャコウ,図１)とホソオチョウ[2](外来種,以下ホソオ)はどちらもウマノスズクサを食草としている。ウマノスズクサは希少種であり，両種は競合することが懸念される。他県で行われた先行研究ではホソオは数年で自然絶滅することが報告されており，ホソオの駆除は必要ない可能性がある。しかし，岐阜市長良川堤防ではホソオが少なくとも２０年以上前から確認されており，ジャコウの個体数に影響を与えている可能性がある。そのため，現在の個体数を野外調査を行い調査した。また，他県では同じ食草を利用するジャコウが生き残っている一方で，ホソオが自然絶滅しており，ジャコウには環境変化に耐えうる能力があると考え，外来種の影響や温暖化の影響などを受けてもジャコウは生存できるのかを研究した。

図１：野外のジャコウアゲハ(雌)

２　実験方法・結果

２－１　野外での成体数調査

食草の生えている２地点(図２,図３) の野外調査を，晴れた日は毎日行い，雌雄別に両種の個体数を調査した。その結果が図４と図５である。ジャコウは発生が連続しており先行研究[3]の食草が不足しているときの発生消長と類似していた。一方で，ホソオは短期間に大量に発生しており食草の不足を示さなかった。また，越冬世代の発生はホソオが２週間程度早いため，食草を独占できると考えられた。

図２：黒色の防草シートが張られた地点

図３：草地の地点

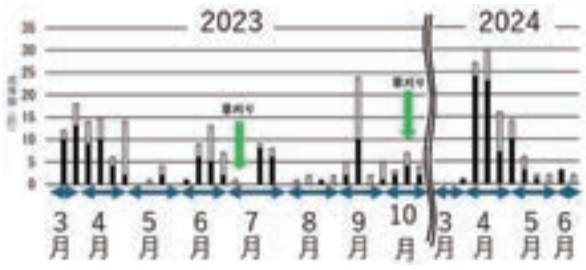


図４：ジャコウの発生消長のグラフ

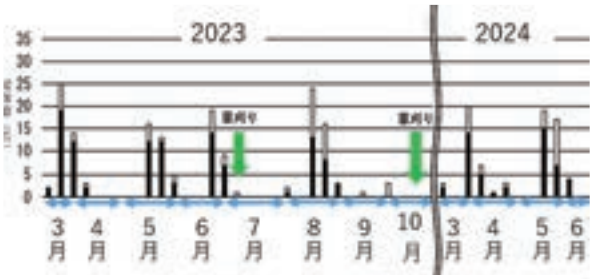


図５：ホソオの発生消長のグラフ

２－２　温度変化におけるジャコウの体色変化

野外調査の中で，幼虫の体色は，通常は黒色をしていたが，７月から８月には赤みを帯びた明るい色の幼虫が確認できた。気温により体色が変化すると仮定して，２０℃と３０℃の温度で飼育実験を行った。飼育した幼虫を ImageJ で解析したところ，３０℃で飼育した個体の方が色の明るい面

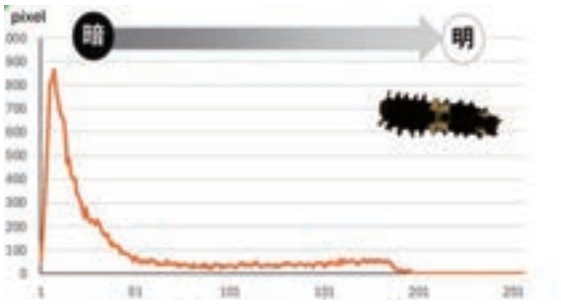


図６：ImageJ で解析したグラフ（２０℃光あり）

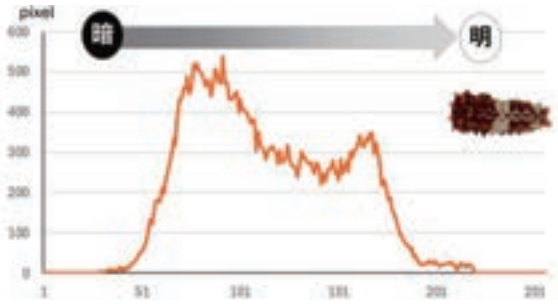


図７：ImageJ で解析したグラフ（３０℃光あり）

積が大きいとわかった（図６，７）。また，温度条件が体色変化に大きな影響があることは分かったが，光の有無が関係するかが分からなかったため更に飼育実験を行った。その結果，３５℃の高温条件で光を照射するとより色が明るくなることも分かった（図８）。そして，この体色変化によって体温の上昇を抑えられているのかを調べるために光を当ててサーモグラフィカメラによる撮影を行った。その結果が図９である。光を当てて１分後，２分後，３分後を示している。写真から高温で飼育した体色が明るい方が体温の上昇を抑えられていた。幼虫は葉の裏と表を移動するため，体温の上昇を緩やかに出来ることは大きなメリットだと考えられた。

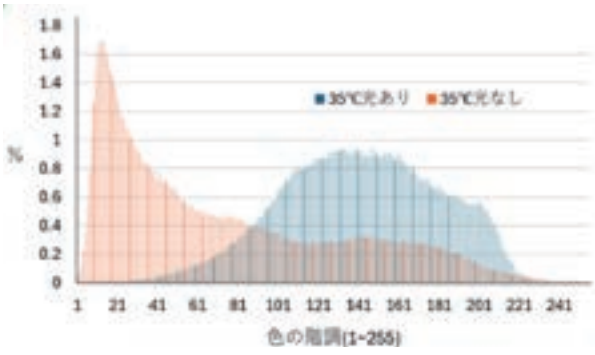


図８：ImageJ で解析したグラフ
（光あり７個体，光なし１０個体の平均）

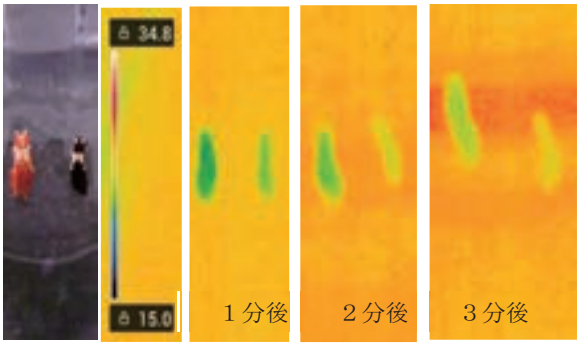


図９：ジャコウの幼虫の体温変化
30℃の幼虫（左），20℃の幼虫（右）

２－３　マーキング調査

ジャコウはホソオより翅が大きく，飛翔能力に差がある可能性がある。私たちの調査地域において，ウマノスズクサの不足により，ジャコウは食草が残っている他の地点に移動してくるのか，また，ホソオの生息地の移動は可能なのかを調べるため，地点ごとに色を分けてマーキング調査を行った。図１０の地点A(草地に覆われた堤防図１１)，地点B(地面は防草シートに覆われている図１２)で種ごとにマークする色を変えた。

図１０：調査地の地図

調査の結果，ジャコウは，地点Bにおいてマークした９８個体の内，1個体が長良川を越えて地点Aまで移動してきたことを確認した。なお，この地点における長良川の川幅は約３００mである。地点Aでマークした１４個体は，川を越えるような移動は確認されなかった。ホソオは地点A，Bでマークした計１００個体について行政による堤防の草刈があり食草が著しく低下した時期も含め，川をまたぐような移動は確認されなかった。

図１１:地点A

図１２：地点B

更に，地点別に集計したジャコウの越冬世代の発生消長のグラフが図１３であり，ここから興味深い結果が得られた。地点Aの発生消長を見ると，地点Bで成虫が盛んに見られる４月上旬から中旬には地点Aの個体は発生していないのに対し，４月下旬になると雌のみが少し発生していることが分かる。地点Aでは2023年にジャコウの越冬蛹が全く見られなかったため，これらの個体は全て他地域から移動してきたものだと考えられる。また，雌のみが移動してきた理由は，交尾後に産卵場所となるウマノスズクサを求めて飛翔してきたと考えられる。継続して行っている私たちの成虫の発生調査からジャコウは雄が先に発生して雌が遅れて発生することが確認されており，雌は羽化後すぐに雄と出会うことで，１～２週間ある成体としての寿命を産卵場所探しに多く使えると考えられる。

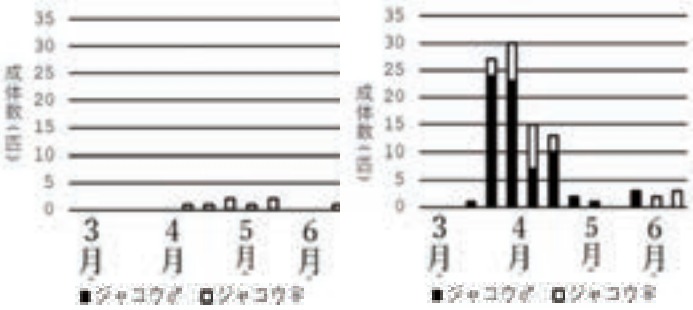


図１３：ジャコウの越冬世代の発生消長
(2024 年)左:地点 A　右:地点 B

以上のことから，ホソオは川を越えて別の生息地を探し出すことは難しく一度何らかの理由で絶滅した場合には，人為的移動がない限りは再発生しないと考えられる。一方，ジャコウは実際に川を越える移動も確認できたことから，食草が不足した場合には別のウマノスズクサ生息地を求めて局在する生息地を移動することも可能であるため，ウマノスズクサがある限り何度も再発生することが考えられる。

３　まとめ

野外での成体数調査から，ジャコウはホソオよりも後で発生することで，越冬後の第一世代の幼虫が食草を得にくい状況にあることが分かった。また，食草であるウマノスズクサは希少種であり，生息場所が限られているが，ほとんど結実しないことが分かっており，本校で栽培した株で受粉が確認できても種子は１個も出来なかった。このように，ウマノスズクサは種子により生息場所を拡大する可能性はほとんどない。また，本校が調査した地点Ｂも，ウマノスズクサの生息地であることが認識されていないために，防草シートが設置された。このように，ジャコウの食草は増加する見込みはないため，これ以上ウマノスズクサの生息地を減らさないことがジャコウの個体数

維持には必要だと考えられる。本校で行った先行研究[4]から，ジャコウ幼虫は食草が減少したときに共食いをすることで，絶滅を回避することが明らかになっている（図１４）。また，今年度のマーキング調査によって，ジャコウは飛翔して別の生息地へ移動する能力が高いことが分かった。また，ジャコウは雄が先に発生して雌はすぐに交尾することで，雌は産卵場所を探して飛翔する期間を長く保てるということも分かり，実際に越冬世代がいなくなった地点で雌成体のみ飛翔が確認されたため，一度個体がいなくなっても，すぐに再発生することが考えられる。更に，ジャコウは地球温暖化などの影響を受けても，体色を変化させるなど優れた生存戦略を備えているためホソオと対抗していけるのではないかと考えられる。

図１４：同じ日に産卵された卵からの幼虫
過密状態で飼育すると共食いで成長速度に差が生じる

謝　辞

中谷財団様には，研究推進にあたりご支援いただき心より感謝申し上げます。サーモグラフィカメラ購入のご支援や，研究成果を発表する大会（かがわ総文 2025，国際シンポジウム）参加へのご支援をいただきました。また，成果発表会の機会をいただけたことは生徒にとってかけがえのないものとなりました。重ねて感謝申し上げます。

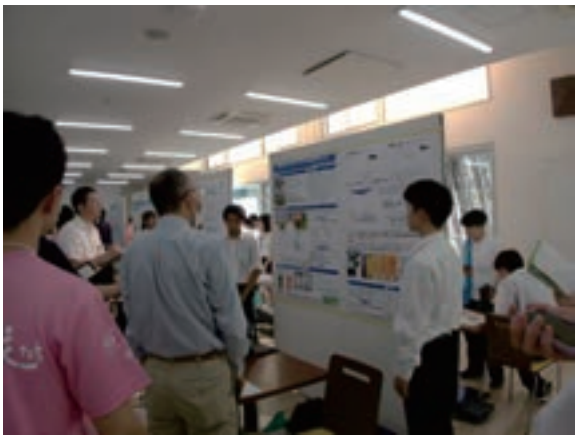


図１５：かがわ総文 2025 に参加した様子

参考文献

1) 深海浩　生物相互認識に関する化学生態学的研究　(1991)
2) 環境省　自然環境局　我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト　(2015)
3) 高橋繁人　吉田俊康　淺野保夫　稲川貢ジャコウアゲハ及び食草ウマノスズクサを保全するため　の堤防除草方法の検討
4) 脇原千颯ら　ジャコウアゲハとホソオチョウの競合について（2023）

KeTCindy を用いた幾何教材作成を支援する Web ドキュメントの構築

実施担当者　沼津工業高等専門学校
教授　鈴木　正樹

1　はじめに

KeTCindy は，動的幾何ソフト Cinderella を基盤とした幾何教材作成支援システムであり，インタラクティブな作図に加え，Cindy スクリプトと呼ばれる独自のスクリプト言語によって図を作成することができる．2024 年度の教育助成では，KeTCindy で作成した図を HTML ファイルとして出力する KeTCindyJS を活用し，様々な動的 HTML 教材の開発に取り組んできた．これらの活動を通じて，KeTCindy による教材作成には，導入に必要な各種ソフトウェアのインストールや環境設定が容易ではないこと，リファレンスが PDF 形式のみで提供されているためコピー&ペーストや検索が行えず利用が不便であること，さらに Cindy スクリプトが独自構文であるため習得が難しいだけでなく，公開されている情報やコード例が限られていることから既存の生成 AI では正確なコードが出力されにくいといった課題が明らかとなった．

今年度は，これらの課題を解決するために，クリック一つで KeTCindy を導入できる「自動インストーラー」，Web 上でリファレンスを参照可能な「Web リファレンス」，対話的に Cindy スクリプトを生成できる「KeTCindy ChatBot」を開発し，これらを統合した Web ドキュメント「KeTCindy WebDocs」を整備した．これにより，KeTCindy を用いた教材作成環境の導入から学習，開発までを一体的に支援する基盤を構築した．本報告書では，Web ドキュメントの他，今年度実施した KeTCindy に関する一連の取り組みについて報告する．

2　Web ドキュメントの構築

Web ドキュメントは，Meta 社が提供する静的サイトジェネレーターDocusaurus を用いて，自動インストーラー，Web リファレンス，および Dify を活用した ChatBot を単一のプラットフォームに統合した構成として構築した（図 1）．当初の目的であった KeTCindy による教材作成環境の整備は，これにより概ね達成された．一方，ChatBot については，発展的な機能拡張や処理フローの柔軟な設計を検討した結果，新たに Hugging Face Spaces 上に Web 上のアプリケーションとして再構築した（図 2）．Hugging Face 版では，LangChain を用いた RAG（Retrieval-Augmented Generation）構成を採用し，FAISS による類似検索と OpenAI API による応答生成を組み合わせている．なお，予算上の制約によりこちらはデモ版として限定運用しており，一般公開は行っていない．

図 1　KeTCindy WebDocs

図 2　KeTCindy ChatBot（Hugging Face 版）

自動インストーラーは，C#言語と.NET Framework を用いて開発した．アプリケーションを起動し Install ボタンを押すだけで，KeTCindy の導入に必要な Cinderella の他，KeTTeX，SumatraPDF，R，Maxima，Visual C++ランタイムを一括してインストールできる．さらに，KeTCindy の設定画面まで自動的に立ち上がるため，従来複雑であった環境構築の負担を大幅に軽減した．

Web リファレンスは，これまで PDF 形式で提供されていた情報を Web 上で検索・参照できるよう再構成し，コード例のプレビューや動的操作を可能とした．その結果，必要な情報へ迅速にアクセスでき，教材作成時の参照性が大きく向上した．

ChatBot は，KeTCindy および Cinderella 固有の文法や関数に特化した専用システムとして開発しており，利用者からの質問に対して KeTCindy の最小コードを提示することを目的としている．現時点で KeTCindy リファレンスは学習済みであり，基本的なコード生成が可能な段階にある．現在は，Hugging Face 版の精度を高め，実用的なレベルへの向上を目指し，これまでに作成した教材の Cindy スクリプトを Markdown 形式で整理したデータを学習させており，教材生成支援機能の拡張を進めている．

3　実践報告と活動成果

3－1　入試問題を活用した学習サイトの整備

今年度は，教材作成のテーマを国立高等専門学校および静岡県内の公立高等学校の過去の数学入試問題とし，動点問題を中心に KeTCindyJS を用いた動的 HTML 教材を作成した．作成した教材は問題文と併せて Web 上に公開し，学習サイトとして整備した（図 3）．中学生向けの受験用オンライン教材として，動点の変化や関数の挙動を視覚的かつ対話的に学習できる環境となっている．

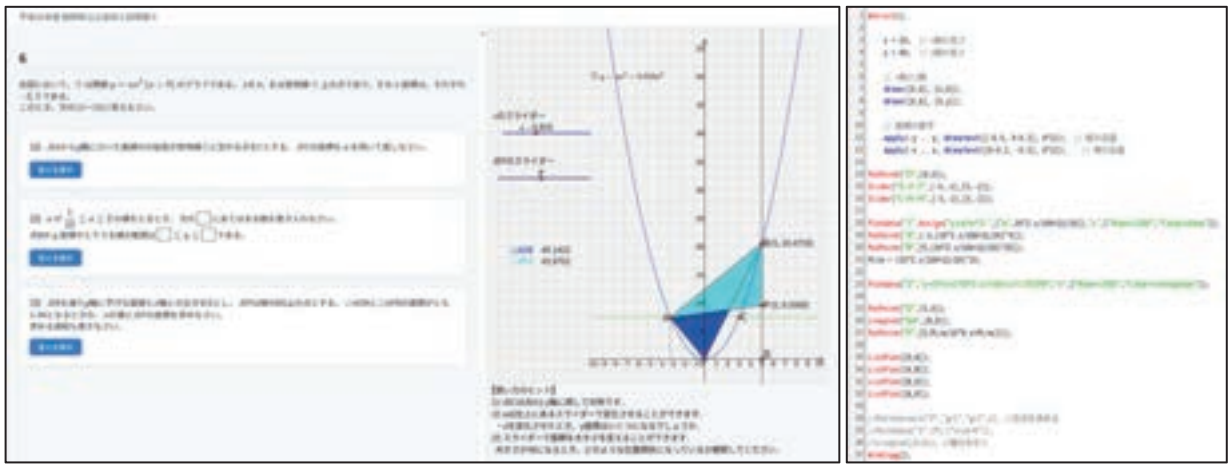


図 3　入試問題の HTML 教材とスクリプト例

３－２　出前授業および教材開発体験による実践検証

学習サイトを用いた高校入試対策向けの出前授業やミニミニ体験授業（出前授業の地域版）に加え，前述の WebDocs や ChatBot を活用した教材開発の体験授業を，学生が講師となって次の通り実施した．なお，教材開発の体験授業では，中学生を対象とした実践を通して，教材作成環境の有効性についての検証も行った．

① ミニミニ体験授業 in 沼津，沼津高専大教室，中学生 97 名，5 月 11 日．
② KeTCindy 体験会，沼津高専図書館棟無音学修スペース，中学生 100 名程度，8 月 2 日．
③ 出前授業，静岡大成中学校，中学生 40 名，8 月 26 日．
④ ミニミニ体験授業 in 静岡，グランシップ静岡，中学生 31 名，8 月 30 日．
⑤ 体験授業 - HTML 教材の開発 - ，沼津高専多目的演習室，中学生 14 名，10 月 13 日．

図 4　ミニミニ体験授業 in 静岡

図 5　体験授業 - HTML 教材の開発 -

教材開発の体験授業後に，WebDocs や ChatBot の定性評価を受けるため，受講者へアンケートを実施した．その結果の一部を表 1 に示す．多くの参加者が KeTCindy による動的 HTML 教材の作成や ChatBot を用いた作図体験に対して肯定的な回答を示した．特に，関数に関する項目では，「はい」と回答した割合が高く，初学者に対しても教材作成支援環境が有効に機能していることが示唆された．また，自由記述欄から，学生講師による支援や対話型ツールの導入が学習意欲の向上に寄与している様子が確認された．

表 1　体験授業のアンケート結果の一部（2 名無回答）

質問	はい	いいえ
Plotdata 関数は理解できましたか.	12	0
Slider 関数は理解できましたか.	12	0
Letter 関数は理解できましたか.	11	1
1 次関数の動的幾何教材を作ることができましたか.	10	2
2 次関数の動的幾何教材を作ることができましたか.	7	5
これまでに生成 AI を利用したことがありますか.	9	3
ChatBot を用いて作図することができましたか.	6	6
この続きの講座を受講したいですか.	11	1
KeTCindy を用いて数学教材を作りたいですか.	9	3
自由記述欄 ・補助学生のおかげで授業を理解することができた. ・プログラムによってグラフ等がどのように作られているかが分かった. ・ChatBot を活用してグラフを作ることができて嬉しかった.		

３－３　学会発表等

今年度も以下の通り，学会等にて発表を行い，本活動に関して一定の評価を得ることができた．また，木更津高専および弓削商船高専とは定期的にセミナーを実施しており，各々の活動について相互に発表するとともに，意見交換や講評を通じて活動の振り返りと評価を行う体制が整ってきた．

① 第 4 回 KeTCindy セミナー，オンライン（Teams），5 月 13 日．
② 第 5 回 KeTCindy セミナー，オンライン（Teams），7 月 15 日．
③ 数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究, 京都大学数理解析研究所, 8 月 27 日．
④ 第 6 回 KeTCindy セミナー，オンライン（Teams），9 月 30 日．
⑤ 富士・箱根・伊豆国際学会，沼津市立図書館，11 月 2 日（奨励賞 受賞）．
⑥ 第 7 回 KeTCindy セミナー，オンライン（Teams），12 月 9 日．
⑦ 中谷財団成果発表会，東京工科大学，12 月 21-22 日．
⑧ 第 31 回高専シンポジウム，尼崎商工会議所，1 月 25 日（協議会会長賞 受賞）．
⑨ 第 8 回 KeTCindy セミナー，オンライン（Teams），2 月 17 日．

図 6　KeTCindy セミナー

図 7　高専シンポジウム

４　まとめ

本活動は，2024 年度教育助成「KeTCindyJS による HTML 教材開発」からスタートし，今年度は KeTCindy を用いた教材作成環境の整備へと深化した. KeTCindy の利便性が格段に向上したことは，数学教育として価値があるだけでなく，WebDocs や ChatBot の開発など情報教育の観点からも意義のある取り組みとなっている．今後は，ChatBot の応答精度の向上やプロンプト最適化，知識ベースの拡充を進め，AI 支援を融合した教材作成環境の整備をさらに推進するとともに，出前授業や体験授業を継続的に実施することで，教育現場における KeTCindy の活用を促進し，より多くの生徒・学生が効果的に学習できる環境の提供を目指す．

謝　辞

本活動は，公益財団法人中谷財団の 2025 年度科学教育振興助成を受けたものである．ここに記して謝意を表する．

参考文献

1) 片山謙信，富田亘惇：KeTCindy 専用の対話型 AI の開発と実践，第 31 回高専シンポジウム in Amagasaki，講演要旨集，pp.36-37，2025.
2) 鈴木正樹，荻野壮，小野涼大，片山謙信，藤田康佑：KeTCindy の利便性向上と効果的な教育利用に向けて，京都大学数理解析研究所講究録，第 2301 巻，pp.82-89，2025.
3) KeTCindy WebDocs：https://ket-cindy-web-docs-with-chat.vercel.app（最終参照日：2026/3/1）

問題解決をしていく楽しさを味わうことができる児童の育成

－ 科学のチカラ×みんなのチカラ －

実施担当者　名古屋市立瑞穂小学校
校長　荻野　隆美

1　はじめに

本校では、全国小学校理科研究協議会研究大会愛知大会（全小理愛知大会）の研究内容である「主体的で子ども中心の学び」「理科を学ぶ幸福感」を踏まえながら、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力の育成を目指した理科の学びを追究してきた。

主体的で子ども中心の学びを、他者との協働によって進めるとともに、そこでの学びや、学びの過程で得られた喜び、楽しさを振り返る過程を重視してきた。研究主題の「問題解決をしていく楽しさ」は、本校が考える「理科を学ぶ幸福感」の中心となるものである。

問題解決をしていく楽しさを味わった子どもは、その経験を通して、現在の学びを深めるとともに、将来、自らの行動の仕方や生き方を主体的に選択していく力を育んでいくと考える。

2　基本的な考え方

2－1　科学のチカラ×みんなのチカラ

本校では、自然の事象から子ども自身が見いだした問題を、仲間との協働によって科学的に解決していく学びを重視している。これは、科学的な問題解決を協働によって実現する「子ども中心の学び」であり、これを「科学のチカラ×みんなのチカラ」とした。

問題解決の過程において、「科学的」の条件（実証性・再現性・客観性）で検討する手続きを重視しながら活動を進めていく力が「科学のチカラ」である。

科学的な問題解決には、主体的で対話的な学びが欠かせない。子どもは、他者（教師や自然も含む）と協働したり他者の考えや結果を承認したりしながら活動を進めていく。このように活動を進めていく力が「みんなのチカラ」である。

問題を見いだす場面では、驚きや疑問、仲間との考えの違いなどの【既有知とのずれ】が子どもの中で表出するような事象の提示を行うことで、解決したい問題が見いだされる。実験や観察の結果を基に考察する場面では、結果の捉え方の違いである【仲間とのずれ】を表出させ、より妥当な考えを導き出す。このような「ずれの表出」と、対話を通した「ずれの克服」を、主体的で子ども中心の学びの原動力と位置づけた。

２－２　サイエンスダイアリー（理科日記ＳＤ）

単元や授業の終末に、子どもたちは自らの学びを振り返り、サイエンスダイアリー（ＳＤ）に表現する。新しい知識を獲得できた喜び、問題を解決できた喜び、友達と活動できた喜びなどを記録・共有することで、「理科を学ぶ幸福感」の醸成を図る。また、ＳＤの記述は、育成を目指す資質・能力の三つの柱に照らして、学習の成果を的確に捉える評価の資料として活用する。

ＳＤは OECD が新しい学びの枠組みとして提唱する「ラーニングコンパス 2030」を背景としている。ラーニングコンパスは、予見→行動→振り返りの学習サイクル（AAR サイクル）を繰り返す中で、学びを他者や未来の幸福につなげる力（エージェンシー）が育つと考えられている。

ＳＤは「学習の記録」ではなく、自分が科学する存在であることへの気付きと、成長の自覚を言語化する場である。授業の中で感じた“小さな幸福”を自覚化することが、次の学びを生み出すエネルギーとなり、その積み重ねがやがて“生き方としての幸福（理科を学ぶ幸福感）”へと育っていくと考える。

３　各学年の実践

３－１　第３学年　単元「ものの重さ」

本学年では、単元「ものの重さ」において、目に見えない「重さ」という性質を、身近な事象との比較を通して科学的に解き明かす喜びを味わう授業を展開した。

導入では、体積が同じで種類が異なる「通常のコーラ」と「ゼロカロリーコーラ」を提示。児童は「見た目が同じなら重さも同じはずだ」という予測と、実際に手で持った際の微妙な違和感との間に「既有知とのずれ」を強く実感し、主体的に探究へと向かった。実験では、電子てんびんを用い、様々な液体の重さを精密に測定。その結果を学習者用タブレット（ロイロノート）で即時に共有し、重さに違いがあることを視覚的に捉えさせた。続く「形と重さ」の学習では、とうもろこしがポップコーンに変化する際のダイナミックな体積変化を扱い、形や体積が変わっても重さは不変であることを検証した。グループ活動では、他者の計測結果と自分の結果を突き合わせる「仲間とのずれ」から、再度重さを量り直すなど、実証性を追究する姿が見られた。 単元末の「サイエンスダイアリー（ＳＤ）」では、「同じ形でも重さが違うなんて不思議だ」「みんなと協力して答えを見つけられて嬉しい」といった、科学的な発見の喜びと協働の価値を実感する記述が数多く見られた。指導助言者からは、低学年での素朴な疑問を大切に拾い上げ、対話と振り返りを融合させたことで、理科を学ぶ幸福感の基礎が築かれていると高い評価を得た。

３－２　第４学年　単元「雨水のゆくえ」

第４学年では、校庭に溜まった雨水のゆくえという身近な問いから、自然界の水の循環へと視野を広げる探究を行った。

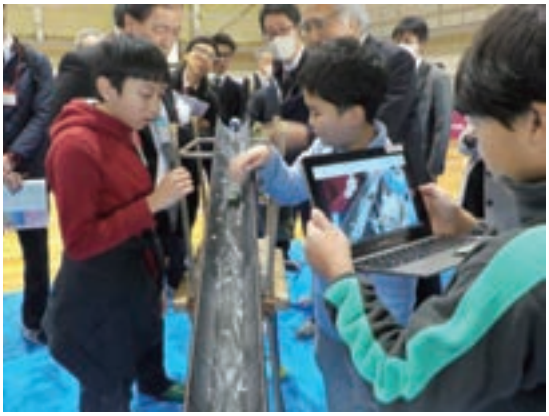
「水のしみ込み方」の実験では、土の粒の大きさと浸透速度の関係を調べる際、水に「とろみ」をつけて着色した「特製色水」を活用。これにより、通常は一瞬で終わる浸透現象をスローモーションのように可視化し、児童が現象を精緻に観察できる工夫を施した。また、目に見えない地面からの蒸発については、プログラミン

グ教材「MESH」の湿度センサーを活用した。タブレット上にリアルタイムで表示されるグラフの変化を根拠に議論することで、目に見えない事象を科学的に捉える「科学のチカラ」を育んだ。

単元の終末には、都市型水害を再現したモデル実験を行い、浸水を防ぐ手立てを考案した。ここには名古屋市上下水道局の専門家を招き、児童が考えた「水を溜める場所を作る」というアイデアが、実際の「雨水桝」や「雨水貯留施設」の役割と同じであることを助言いただいた。この専門家との対話を通じて、自分たちの学びが社会の安全を支えているという「有用感」が醸成された。ＳＤには、「科学の力で街を守れることが分かった」と、学びを社会と結びつけた記述が見られ、理科を学ぶことの価値を自分事として捉える変容が確認された。

３－３　第５学年　単元「もののとけ方」「流れる水のはたらき」

第５学年では、条件制御を伴う科学的な検証と、多様な考えを統合して納得解を導く「みんなのチカラ」の深化に重点を置いた。「もののとけ方」では、濃度の異なる色水が層になり混ざり合わないという、児童の「水は混ざるもの」という既成概念を覆す現象を提示。この「既有知とのずれ」が、密度の概念に繋がる問いを生み出した。実験過程では、他者の仮説や実験手法を尊重しつつ、自分の考えとの差異を検討する「仲間とのずれ」を意識的に表出させ、より妥当な結論を導き出すプロセスを大切にした。



「流れる水のはたらき」の学習では、吸水スポンジや防犯砂利を用いたモデル実験を行った。川の上流と下流における石の形状変化を、タブレットの動画機能で記録・比較することで、浸食・運搬・堆積の作用を多面的に捉えさせた。単元末のＳＤによる評価では、幸福感の指標として「仲間と協力して解決できた喜び」を挙げる児童が飛躍的に増加した。特に、実験が失敗した際に「なぜだろう」と仲間と原因を究明する過程をポジティブに捉える変容が見られた。指導助言者からは、対話によって個々の気づきが学級全体の知識へと高まっていく「集団による問題解決の質の高さ」が称賛された。

３－４　第６学年　単元「月と太陽」「土地のつくりと変化」

第６学年では、時間的・空間的な広がりを持つ自然の事物・現象を、ICT と実感を伴う体験を融合させて探究した。

「月と太陽」の学習では、体育館を宇宙空間に見立て、タブレットに「月モデル」を取り付けた自作の観測装置を活用した。中谷財団の助成により購入した太陽光源装置との位置関係を変えながら月の見え方をシミュレーションすることで、三日月や満月といった形状の変化を多面的に考察した。ＳＤには「今夜の本物の月を見て確かめたい」という記述が溢れ、教室での学びが実生活での継続的な探究心へと繋がった。

「土地のつくりと変化」では、自校の敷地のボーリング試料を教材化した。自分たちが毎日過ごしている地面の下にある、礫・砂・泥の重なりを実際に手に取って観察することで、大地が気の遠くなるような時間をかけて形成されたことを実感させた。

研究全体を通じて取り組んできたＳＤの蓄積は、児童が自らの思考の軌跡を振り返る貴重なエビデンスとなった。６年生の振り返りには「科学のチカラで謎を解くのはかっこいい」「みんなと話すと新しい世界が見える」といった、自律的な学習者としての言葉が並んだ。助言者からは、瑞穂

小学校が掲げる「理科を学ぶ幸福感」が、子どもたちの生き方そのものを主体的に選択していく力へと昇華されているとの総括をいただいた。

４　研究のまとめ

本校は「問題解決をしていく楽しさを味わうことができる子どもの育成」を主題に掲げ、理科を学ぶ幸福感の追究に取り組んできた。研究の核となるのは、実証性・再現性・客観性を重視する「科学のチカラ」と、他者と協働し考えを承認し合う「みんなのチカラ」の相乗効果である。授業においては、事象提示による「既有知とのずれ」で自ら問題を見いだし、考察場面での「仲間とのずれ」を通じて、対話により妥当な考えを導き出す過程を重視した。

実践では、3 年の飲料を用いた重さの比較から始まり、4 年の MESH 活用や専門家との対話による有用感の醸成、5 年の条件制御を意識した緻密な探究、そして 6 年の ICT と実感を伴う天体観測や地層の観察へと系統的に展開した。これらの学びの軌跡は「サイエンスダイアリー（ＳＤ）」に蓄積され、児童が自らの喜びを言語化し、教師が変容を捉える重要な評価指標となった。

ＳＤの記述からは、「友達が前にあったことと比べて説明してくれたのでよく納得できた」といった他者承認や、「料理でもかき混ぜすぎると小さくなるなど分かっておいしくできそうだ」という学びの有用感、さらに「次は自分の目で本物を見て実験したくなった」という探究心の広がりが鮮明に確認できる。評価結果においても、実験結果を基に原因を正しく記述できる児童が約 6 割に達するなど、科学的な思考力の確かな伸長が見られた。

こうした主体的・協働的な問題解決のプロセスを通じて得られる「理科を学ぶ幸福感」こそが、子どもたちが将来、自らの生き方を主体的に選択していく力へと繋がっていくものと確信している。

謝　辞

本研究を遂行するにあたり、多大なるご支援をいただいた皆様に深く感謝申し上げます。

まず、本研究の趣旨にご賛同いただき、多大なる助成を賜りました公益財団法人中谷財団様に心より御礼申し上げます。同財団のご支援により、太陽光源装置の導入や充実した実験教材の開発、資材の確保が可能となり「科学のチカラ×みんなのチカラ」を具現化する教育環境を整えることができました。

また、全小理愛知大会瑞穂小会場の指導講師として熱心にご指導をいただいた学校法人希望が丘学園、学園統括顧問　日置光久様、ご多用の中、本校にお越しいただき、実際の授業に即したご指導、ご助言をいただきました文部科学省初等中等教育局教科調査官　有本淳様には、専門的な知見から本校の研究を深化させていただきました。いただいたご示唆は、子どもたちが「理科を学ぶ幸福感」を味わうための確かな指針となりました 。

さらに、浸水対策の授業で専門的な知見をいただいた上下水道局の皆様、本校研究を共に推進してくださった名古屋市理科教育研究会の多くの方々の支えにより、本研究を完遂することができました。この成果を今後の教育活動に繋げ、子どもたちの主体的で探究的な学びをさらに追究していく所存です。

参考文献

日置光久：シリーズ日本型理科教育①「理科」で何を教えるか、東洋館出版
鳴川哲也：理科の授業を形づくるもの、東洋館出版
鳴川哲也、寺本孝啓、辻健、三井寿哉、有本淳：見方・考え方を働かせる問題解決の理科授業、明治出版
寺本貴啓、有本淳：「問題を見いだす」理科授業、東洋館出版
改訂版 なぜ、理科を教えるのか：角屋重樹、文渓堂
理科でつくるウェルビーイング：塚田昭一、舘英樹、辻健、東洋館出版社

健康を科学する（教科等横断的な学び×地域連携）

－ みんなでつくろう！一人一人が「心身ともに健康」な城山っ子 －

実施担当者　犬山市立楽田小学校
養護教諭　林　恵子

１　はじめに

健康教育はどこの学校でも行われており、取り立てて珍しい実践ではない。だが、その多くは、養護教諭が、個人の力で実施していることが多い。学校保健計画の年間指導計画上は、各教科等と関連させていることになっているが、理科の特質を意識した見方・考え方まで踏み込んで授業を構築していないだろう。そこで、理科で学習するカリキュラムを養護教諭と理科専科の教諭で情報交換を行い、関連性を高まるように、実践学年を調整するなど意図的な関連カリキュラムに再構築した。本実践は、これまで楽田小学校で積み上げてきた実践を、「健康を科学的にアプローチする」という視点でカリキュラム・マネジメントを行うことで、主体的に児童が健康教育に取り組む意識を持たせることを目指している。

重点目標と関連させた取組の内容において２本の柱を計画した。

一つ目の柱が、健康にかかわる学習内容を教科等横断的な視点でバランスよく配置し、さらに地区の強みを活用しながら学習展開を実施していくこととした。具体的には、４年理科の筋肉と骨の学習では日本モンキーセンター（以下 JMC）と連携して授業を行っているが、さらに学活（食育）と保健と関連させた牛乳（カルシウム）の大切さの学習を実施した。６年理科の消化の学習では、サルの消化管を観察することで、消化についての考えを深め、その後の家庭科の３大栄養素に関する授業と、保健として風邪に負けない免疫獲得の授業とを連携させた。

命の授業は、２年生の学活、５年生の理科と似た内容であるが、学年に応じた視点で、繰り返すことにした。６年社会の学習において近隣の博物館明治村に出かけるが、北里柴三郎研究所にも訪れ、ウイルスや感染等の認識に対する戦いの歴史についても考えを深めた。

二つ目の柱が、特別活動で実施している委員会活動において、積極的に健康に関する情報発信を行っている保健委員会を核に、学校全体に情報発信にしていくことで、児童に健康に関するリーダーシップを発揮させ、活動が活性化することを目指した。５・６年生各クラスから２～３名の代表が選出される保健委員会には、毎週木曜日に全校に対して情報発信を行う「すこやかタイム」で健康にかかわる取り組みを発信している。さらに、学校保健委員会の中で、児童の学びを学校医や保護者に向かって説明する機会がある。この場で代表児童が、科学的な見方・考え方をベースした取り組みを紹介し、「健康とは科学である」という認識を全校児童に意識化していくことを目指した。

２　健康教育の視点で行う理科

２－１　食べる

４年理科の筋肉と骨の学習では、日本モンキーセンターへ行き、骨の発達と運動の関連性についてサルの特殊能力と比較して考えをもつ。その後、食育において牛乳（カルシウム）の大切さの話と十分な骨密度による健康な生活、適度な運動の必要性について学んだ。

６年理科の消化の学習とよく噛むことの大切さを結び付けた学習展開を実施した。消化とは食べ物を細かくすることで、よく噛むことは吸収の助けになる。歯を大切にすることは、健康を維持する上で非常に大切な視点である。水溶液の学習で卵の殻を酸の中に入れて、溶かす実験をした。このことも歯を清潔に保つことの動機づけになるように話題を絡めた。

２－２　命の誕生

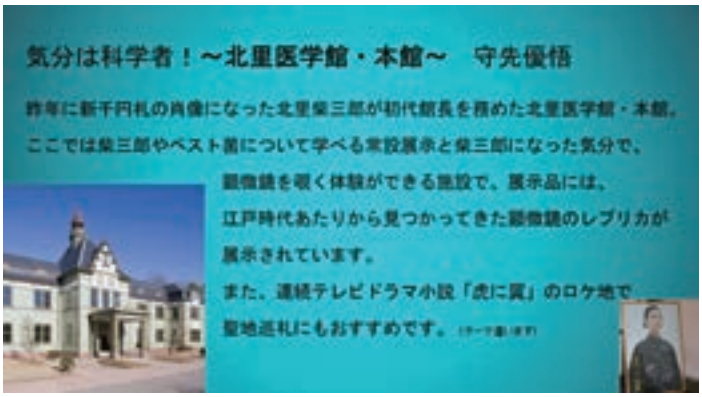
２年生の学活の時間に養護教諭が、妊婦体験、育児体験、産道を通るなどの体験を用意した。これらの体験から実際の赤ちゃんや母親の気持ちを少しでも理解できるようにした。

５年生の理科の学習では、人の誕生とサルの誕生の比較から人は早熟な状態で生まれるため、大人で子どもを守る文化があることや、生物によっては、たくさんの卵を産んで子孫を残す種もいることを学び、生物によってそれぞれの戦略で生きていることを学んだ。

２－３　北里柴三郎

６年生校外学習にて近隣の明治村に出かけた。北里柴三郎研究所にも訪れ、ウイルスや感染等の認識に対する戦いの歴史についても考えを深めた。前期の食べ物の細かくすることが消化であるが、そ

の細かくした栄養をバランスよくとることが免疫に効果があることと話をつなげた。サルの消化管についても、学び、葉を食べるサルは腸が長く、花や木の実などを食べるサルは腸が短いことを知った。保健の学習でも、風邪に負けない免疫獲得の授業を実施した上で、北里柴三郎について学んだ。



３　健康教育の視点で行う特別活動（委員会活動）

３－１　すこやかタイム（朝の活動）

毎週木曜日に全校ですこやかタイムとして、身近な健康情報を発信する場が設定されている。ここでは、主にストレッチや体操、時にうがいや歯の磨き方、おやつのとりかたなどの情報発信を行った。この内容を理科の学習のタイミングと内容を活用した情報をいれこむことで、学習の接点となった。

３－２　学校保健委員会

年に一度、学校保健委員会として、高学年全体で学んできたことや、これまでの健康に関する取り組みを共有し、学校医にコメントをもらっている。その場を活用して、健康に関する「探究」を行った。全員が実施しなければならない通常カリキュラムに比べて、健康に対する意識の高い児童が集まってくるのがこの委員会である。よって、問題意識に対しても高い。「手洗いの重要性」について、パンに細菌をつけて実験をすると、はっきりと結果が出た。実験を行った子どもたちも「こわい」「気持ち悪い」だから「手洗い大事」なんだと口々に話をした。

自分たちで実験をしたことなので、発表をする子どもたちも、生の自分の言葉で説明することができていた。参加者である委員会以外の児童も、「なるほど」「わかりやすい」というコメントを発していた。

学校医からも「面白い視点であった」「ぜひ低学年にもこの話をしてほしい」とコメントをもらった。そこで、早速映像を作成し、朝の会で放映した。また、給食前の昼の放送において、コメントをつけながら手洗いの大切さを話している保健委員会のリーダーたちの姿があった。

４　まとめ

本実践の価値は、「心身の健康の保持増進」に関する現代的な諸課題を、教科等横断的な視点で「理科」と「保健」を核にして、学校教育全体で実施することにあった。これまで取り組んできたカリキュラム・マネジメントの実践で得てきた地域の強みを活用することは、主体的学び・実感のある学習などにつながりえる取り組みとなりえる。また、犬山には日本モンキーセンターや明治村など誇るべきコンテンツがあり、これらの素材を活かしながら実践をすることは、この町で住んでいく上で、シビックプライドのような誇りになり得る。今回の実践は、子ども達にとって自信につながったようである。

①　持続可能な「児童が実感できる生活に密着した『探究』」

探究の場を現行のカリキュラムの中で確保することは難しい。最近「カリキュラムオーバーロード」という言葉で語られ始めているが、総合的な学習の時間で実施している行事等の精選を相当数行っても、調べ学習の域を超えることがなかなかできていないのが本校の実態であった。しかし、特別活動の時間を活用した取り組みならば、地域や保護者の協力を得やすいことが見えてきた。さらに、委員会活動において取り組み、主体的な探究活動を実施した。健康というテーマは、児童にもイメージがしやすく、カリキュラムにも関連しやすかった。また、養護教諭は学校に確実に配置され、継続的に一つの委員会に所属している確率が高いため、この実践は一つの可能性を構築できたのではないかと考えている。

②　主体的なリーダーたちの「全校への発信」と「地域への発信」

週 1 回の「すこやかタイム」と年 2 回の学校保健委員会を活動の主な場として、情報を発信した。これまでの発表は、教師が準備した台本を読み上げることが多くなりがちだが、科学的な探究を実施した発表により、健康に関する探究を行うことで、学校全体・地域全体にその取り組みが伝わった。実験も交えた探求を行うことで、先生たちには理科に対する授業改善にもつながりえる効果があった。参観する保護者にも、劇をすることが発表というイメージや、本や文献をまとめるだけの発表というイメージから脱却することもできたと感じている。

謝　辞

中谷財団の皆様から支援をいただき、たいへん頂いた貴重な体験をすることができました。また、今後も継続していく上で基盤となり得る整備も行うことができました。この想いを次世代に必ずつなげていきます。本当にありがとうございました。

以上

ストップフードロス　フードロスゼロを目指して

–規格外農産物の有効利用–

実施担当者　愛知県立佐屋高等学校
教諭　長谷川　光隆

１　はじめに

本校の水耕トマト温室では、「桃太郎ホープ」という大玉トマトの品種を周年栽培している。年間、約３トンの収穫量を上げているが、そのうち多い時で、約３割が規格外である。これまでは、それらを廃棄していたが、「もったいない。」ということで、ドライトマトに加工し、販売したり、トマトパウダーを製造して、それをクロワッサン生地に練り込んだりして、有効利用を図ることを試みてきた。佐屋高校産規格外水耕トマトパウダーは、１０月の愛西市生涯学習講座や１２月の愛知文教女子短期大学の「みんないっしょのクリスマス」で利用された。

２　令和７年度活動内容成果

実践１「佐屋高校産規格外水耕トマトパウダー利用のトマトまんじゅう製造・試食会」

令和７年４月２４日、野菜の授業で、園芸科学科ベジタブルコース３年生１１名が、貴財団の助成金で購入した食品乾燥機と製粉機で佐屋高校産規格外水耕トマトパウダーを製造し、これをまんじゅう生地に練り込んだトマトまんじゅうの製造・試食会を行った。規格外水耕トマトパウダーは、トマトのうま味と栄養が凝縮し、オレンジ色でリコピンリッチな大変美味しい規格外水耕トマトパウダー利用のトマトまんじゅうが２２個できあがり、生徒みんなで試食した。

実践２「佐屋高校産水耕大玉トマトの糖酸度測定実験」

令和７年５月２日、総合実習の授業で佐屋高校産水耕大玉トマトの糖酸度測定を行った。使用した実験器具は貴財団の助成金で購入した ATAGO の糖酸度計である。園芸科学科ベジタブルコース２年生１２名が、実験に取り組んだ。屈折糖度計で測定すると糖度は７％で、糖酸度計によると糖度は６．５％で、ほぼ同じ数値を示した。糖酸度計によると、酸度は０．５３％で、糖酸比は１２．３でした。一般に「美味しい。」とされる糖酸比は１２～１５である。校内販売で購入された方の多くが、「とても美味しいトマトですね。」と言われ、味が濃くて、糖と酸のバランスも良く、大変美味しい水耕大玉トマトであることが、実験数値からも示された。また、佐屋高校

産規格外水耕ドライトマトは、ゴールデンウイーク中も貴財団の助成金で購入した食品乾燥機をフル稼働させ、１袋２０グラム入りを６０袋製造した。連休明けに校内販売及び名古屋西青果市場に出荷した。

実践３「佐屋高校産規格外水耕ドライトマト販売とパン屋さんと連携し、ドライトマト入り椎茸カレーパンを商品化・販売」

令和７年５月１１日、愛・地球博記念公園（モリコロパーク）で、園芸科学科ベジタブルコース３年生が、佐屋高校産規格外水耕ドライトマト販売を行った。販売したドライトマトは、連休中に製造したもので、１袋２０グラム入り、５０円で５０袋を販売した。５０袋すべてが売れ切れ、完売した。

また、同日、愛西市の「アラタマ」というパン屋さんと連携して製造した「ドライトマト入り椎茸カレーパン」を商品化、販売した。パンの中に佐屋高校産規格外水耕ドライトマトが入っており、購入して食べてみたが、大変美味しかった。今後も連携して、規格外水耕ドライトマトのフードロス削減に取り組んでいきたい。

実践４「ドライトマト・真空ドライトマト・佐屋高トマトクロワッサン販売」

令和７年５月３１日、愛知県津島市の津島市文化会館で行われた海部津島・稲沢地区県立学校合同説明会で園芸科学科ベジタブルコース２年生３名がプロジェクトメンバーを代表して、佐屋高校産規格外ドライトマト・真空ドライトマト・ドライトマト入りトマトクロワッサンの販売を行った。当日は、多くの近隣の中学生、保護者が来場し、参加９校各校のプレゼンテーションなど、催しが盛大に行われた。用意したトマトクロワッサン３０袋（１袋３個入り）、ドライトマト２５袋（１袋２０ｇ入り）、真空ドライトマト６袋（１袋４０ｇ入り）は、前日に中日新聞に掲載されたこともあり、午前中に完売し、大変盛況であった。（図１）

トマトクロワッサンは津島市のパン屋さん「PAN&Only」と連携して製造した。佐屋高校産ドライトマトが１個あたり３．５ｇクロワッサンの中に入っているトマトクロワッサンである。

実践５「佐屋高校産水耕大玉トマト「桃太郎ホープ」のグルタミン酸濃度測定」

令和７年６月１０日、総合実習の授業で、園芸科学科ベジタブルコース２年生の生徒たちが、（株）エンザイム・センサと（株）つくば食品評価センターが共同開発したＬ－グルタミン酸試験紙で、佐屋高校産水耕大玉トマト「桃太郎ホープ」のグルタミン酸濃度の測定実験（合計５個供試）を行った。一般にスーパーなどで販売されているトマトのグルタミン酸濃度は、１００～２５０ｍｇ／１００ｇであるが、佐屋高校産大玉トマト「桃太郎ホープ」のそれは、測定実験から３００～５００ｍｇ／１００ｇであることが分かった。実験結果からもうま味成分であるグルタミン酸を非常に多く含有していることが分かり、購入者から「大変美味しい。」と言われていることの裏付けができた。（図２）

図１　トマトクロワッサン販売の様子

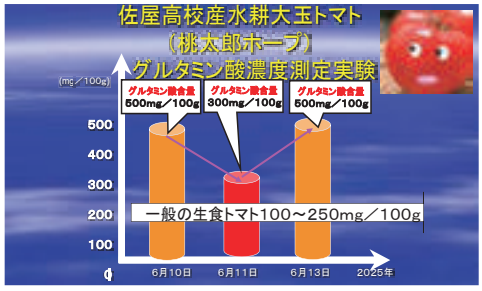


図２　グルタミン酸濃度測定実験

実践６「第７回　食のアイデアコンテストで優秀賞」受賞

令和７年６月２３日、人間総合科学大学が主催した、第７回食のアイデアコンテストで「ストップ　フードロス　規格外トマトの有効利用」が優秀賞に選ばれた。食品ロスを減らすための方法または食品・レシピ開発の「食」の課題解決部門で、応募３４５作品中、上位６位に入る（最優秀賞１作品・優秀賞５作品・特別賞１０作品）という結果であった。（図３）

図３　表彰状

図４　集合写真

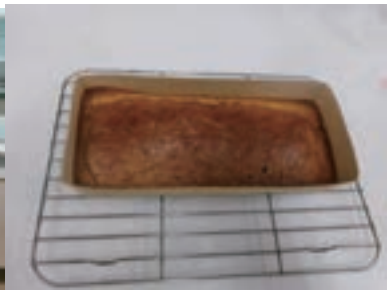


図５　パウンドケーキ

実践７「愛知文教女子短期大学でアレルギー対応トマトパウダー利用のパウンドケーキ製造実習」

令和７年８月５日、本校の園芸科学科２年生ベジタブルコースの生徒４名が、愛知県稲沢市の愛知文教女子短期大学に行き、アレルギー対応でトマトパウダー利用のパウンドケーキの製造実習を有尾ゼミの学生さんご指導の下、行った。トマトパウダーの栄養分とうま味が凝縮した、大変おいしいパウンドケーキが出来上がった。小麦粉の代わりに米粉、牛乳の代わりに豆乳を使用している。本校の生徒は、パウンドケーキのレシピを見せていただき、学生さんが丁寧に、調理法を教えてくれた。トマトパウダーは同大学の「みんないっしょのクリスマス」で利用された。（図５）

実践８　あいさいさん祭り、佐屋高フェスタ（文化祭）で野菜パウダー販売

令和７年１０月２６日、あいにくの雨の中、愛知県愛西市の愛西市役所駐車場であいさいさん祭りが開催された。ベジタブルコースからは、水耕大玉トマト（桃太郎ホープ）、ミニトマト（アイコ）、野菜パウダー等を販売した。野菜パウダーは、各種の規格外農産物で製造した野菜パウダー約２０種類、８０袋を準備した。野菜パウダーは１袋２０グラム入り税込み１００円で、１名の方がいろいろな種類の野菜パウダーを１２袋も購入していただけた。盛況の内に、午前中で完売した。

令和７年１１月８日、佐屋高フェスタ（文化祭）が開催された。園芸科学科ベジタブルコースの２年生、３年生が、水耕大玉トマト（桃太郎ホープ）、ミニトマト（アイコ）、各種露地野菜、野菜パウダー等を販売した。野菜パウダーは、各種の規格外農産物で製造した野菜パウダー約２０種類、１００袋を準備した。野菜パウダーは１袋２０グラム入り税込み１００円で、２名の方がいろいろな種類の野菜パウダーを１０袋も購入していただけた。盛況の内に、午前中で完売した。

実践９「第１１回全国ユース環境活動発表大会　中部地方大会」協賛企業特別賞受賞

令和７年１１月２９日、アーバンネット名古屋ネクスタカンファレンスで、第１１回全国ユース環境活動発表大会　中部地方大会が開催された。佐屋高校は、協賛企業特別賞を受賞した。

実践１０「椙山女学園大学第１３回ビジネスプランコンテスト本大会」出場

令和７年１２月６日、椙山女学園大学星ヶ丘キャンパスで、第１３回ビジネスプランコンテスト本大会が開催された。高校生の部　応募９９チームのうち１次選考を通過した７チームが出場し、佐屋高校園芸科学科２年生ベジタブルコースの生徒３名が、「規格外農産物の有効利用」のプレゼンを行った。残念ながら、賞をいただくことはできなかったが、生徒たちは一生懸命に発表した。

実践１１「第１４回イオンエコワングランプリ最終審査会」出場

令和７年１２月１３日、東京都江東区の有明セントラルタワーホール＆カンファレンスにおいて、第１４回イオンエコワングランプリ最終審査会が開催され、応募総数１２２校のうち１次審査・２次審査を通過した（佐屋高校は普及啓発部門に出場）普及啓発部門６校・研究専門部門６校が出場し、佐屋高校園芸科学科２年生ベジタブルコースの生徒２名が、「規格外農産物の有効利用」のプレゼンを行った。審査員長からは、審査講評として、「年々レベルアップしている。」と話があった。佐屋高校は、残念ながら、賞をいただくことはできなかったが、生徒たちは一生懸命に発表した。１２月１４日（日）の毎日新聞に表彰式の写真が掲載された。最終審査会の様子は、１２月１５日（月）のTHE　TIME　午前５時２０分から放映された。

実践１２　佐屋高校産「規格外水耕トマトパウダー」愛知文教女子短期大学に提供

令和７年１２月１３日、愛知文教女子短期大学で開催されたみんないっしょのクリスマス（食物アレルギーの子供たちの食事会）で佐屋高校生徒が製造した佐屋高校産規格外水耕トマトパウダー２００ｇが提供された。米料理「ライスボールのスープ仕立て」に本来ならトマトピューレを使用するところを前日に佐屋高校のトマトパウダーに変更を決め当日、提供（トマトパウダーとカレー粉で調味した挽肉が入った小さなおにぎり）したところお子さんたちに大好評で「ライスボールが一番おいしかった。」との感想をいただいた。佐屋高校産トマトパウダーで料理に深みも出た。

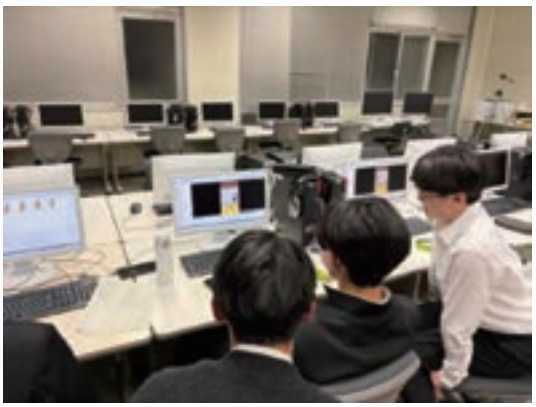
３　まとめ

１　佐屋高校産水耕大玉トマトは、糖酸度測定実験から、糖酸比が１２．３であり、「美味しいトマト」といえることがわかった。また、グルタミン酸濃度測定実験から、うま味成分であるグルタミン酸濃度が３００～５００ｍｇ／１００ｇであり、一般のトマトと比較すると高く、「美味しいトマト」といえることが実験結果から判明した。
２　規格外水耕大玉トマトについては、食品乾燥機や製粉機を用いて、ドライトマトやトマトパウダーを製造することにより、それらを椎茸カレーパンやクロワッサンに入れることにより、有効利用を図ることができた。
３　愛知文教女子短期大学と連携することにより、アレルギー対応スイーツを製造し、アレルギー対応商品についても、商品化の第一歩とすることができた。
４　規格外水耕ドライトマトは、校内販売やイベント販売により多くの量を販売し、フードロス削減におおいに貢献することができた。真空パックでドライトマトを販売した。
５　各種コンテストにおいても優秀賞などを受賞し、プロジェクト活動が充実したものであった。

謝　辞
令和７年度、貴財団の科学教育振興助成金を受け、規格外農産物（水耕トマト）の様々な有効利用法についてプロジェクト研究活動を実施しています。貴財団に対して厚くお礼申し上げます。

参考文献
（１）橘みのり：トマトが野菜になった日　草思社　（１９９９）

部活動に紐づいたスポーツデータアナリティクスによるデータリテラシー育成の実践



実施担当者　名古屋大学教育学部附属中・高等学校
教諭　佐藤 健太
都丸 希和
アフリディ マシャール

1　はじめに

本校では 2024 年度より「データプロジェクト」を開始し、データ分析を通じて社会課題に取り組む探究活動を推進してきた。本取組の目的は、スポーツ部活動に所属する生徒が、自ら収集したデータを活用してパフォーマンスを向上させるプロセスを通じ、実践的なデータリテラシーや論理的思考力を習得することにある。従来の身体的トレーニングに加え、数値的な根拠に基づいた意思決定を行うことは、現代社会で求められる批判的思考力の育成に直結する。特に、生徒自身が所属する身近な部活動の課題を切り取り、分析・検証・提案を日常的に繰り返すことができる環境を構築することが、生徒の実践的なデータ分析スキルを向上させる上で極めて有効であると考え、本プロジェクトを実践した。

2　活動内容と結果

2－1　ハンドボール部の分析

ハンドボールにおいて跳躍力はシュート成功率に直結するため、その向上は部にとって重要である。本プロジェクトでは、跳躍を単なる筋力（パワー）の向上だけでなく「技術」として捉え、その技能構造を明らかにすることを目的とした。その理由として、ハンドボールの競技中、シュート時の跳躍は、「助走があることと踏切後に身体が前に流れても問題がない」という特徴があげられる。例えば、バスケットボールのジャンプシュートでは水平方向の勢いを一気に止め、垂直方向に跳ぶため、助走を生かした跳躍には繋がりにくい。競技特性を踏まえると、ハンドボールは助走で生み出した水平方向にはたらく力を垂直方向に変換する技術によってプレーヤーの持つパワー以上のパフォーマンスを生み出せる可能性がある。

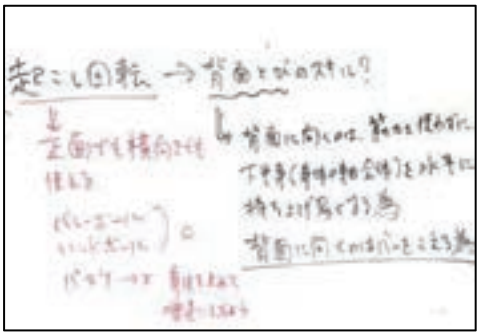


図１：起こし回転に関する理解を深めるために主要メンバーでミーティングした時のメモ

分析にあたり、まず「**助走ありのジャンプでは、起こし回転 [1,2] を生かした跳び方ほど高く跳ぶことができる**」という仮説を立てた。この「起こし回転」とは、助走の水平速度を垂直方向の力へ効率よく変換する身体操作を指す。走り高跳びで用いる技術として知られているために、「背面でない競技に使えるのか」

という疑問点が生じるところではある。しかしながら、走り高跳びで背面を向くのは、バーを越えるために体の軸を 1 本の棒のように使い、水平に持ち上げる動作の中で脊椎の構造を利用しやすくする目的が主である。そのため、起こし回転の技術そのものは背面を向いてなくても生かすことは可能である [1,2]。

【実験方法】

跳躍テストの種類 (A) 垂直跳び、(B) 助走あり両足跳び、(C) 助走あり片足跳びの 3 種類を実施した。

計測指標 跳躍高度のほか、踏み切り時の「膝の角度」および「身体軸の傾き」を調べた。軸の傾きについては、「足首と股関節を結んだ線と水平面がなす角度」と定義した。

実験のステップ 計測は 2 回に分けて行った。1 回目は技術的な説明を何も行わずに跳ばせ、2 回目は被験者に「起こし回転」のコツを説明した後に計測を実施した。

使用ツール 膝の角度の計測には動画解析アプリ「SPLYZA Motion（図２）」を、軸の傾きの計測には「Kinovea（図３）」を使用した。得られた数値データは表計算ソフトに入力し、相関分析や t 検定を用いて統計的に処理した。統計処理の有意水準は 5%とした。

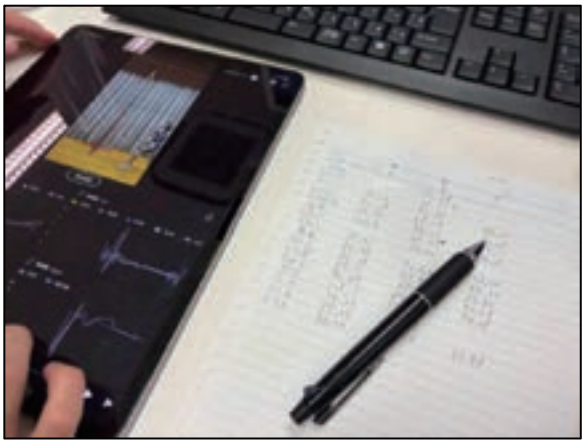


図２：SPLIZA Motion を使った分析

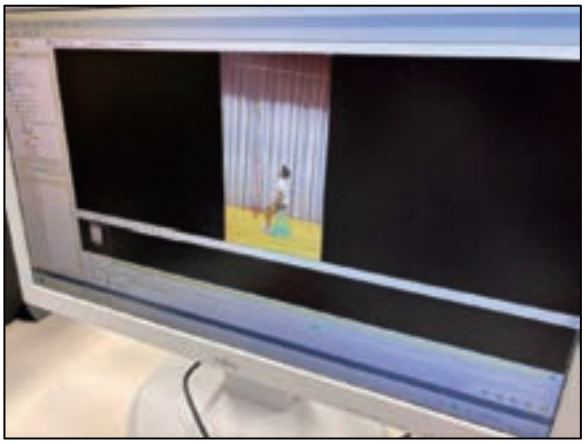
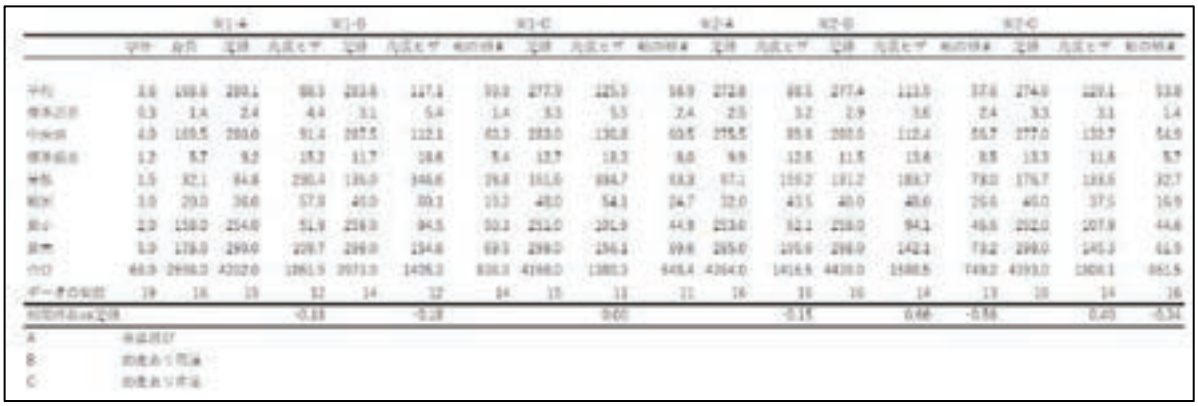


図３：Kinovea を使った分析

表１：実験１・２の記述統計量



※　角度ヒザ＝膝の角度、軸の傾き＝身体軸の傾き（足首と股関節を結んだ線と水平面がなす角度）

２－１－１　分析結果と相関関係の考察

実験 1（指導なし）と実験 2（「起こし回転」の説明後）のデータを比較し、各指標と跳躍記録と相関分析をした。

実験 1 の結果

膝の角度と記録の相関係数は、垂直跳び(A)では－0.18、助走あり両足跳び(B)で－0.18、助走あり片足跳び(C)では 0.00 であった。

実験 2 の結果
膝の角度と記録の相関係数は、起こし回転の説明後の助走あり両足跳び(B)において 0.66 であり、正の相関関係が認められた。また、身体軸の傾きと記録では－0.56 という負の相関関係が認められた。助走あり片足跳び(C)においても、膝の角度と記録の間に 0.40 の正の相関関係が見られた。
【考察】 実験 1 において、技術を意識しない段階では明確な関係は見られなかった。一方、膝の角度が大きくなる（膝の屈曲が少ない）程記録が高く、身体軸の傾きが小さい（たくさん傾いている）程記録が高い。このような傾向は、垂直跳びにおいては見られず、助走を伴う跳躍においては膝の使い方や身体の傾きが記録に影響することを示唆している。

２－１－２　追加トレーニングの実践の検証

これまでの動作分析から、「起こし回転」を活用した跳び方が跳躍高度に寄与することが示唆されたが、実験時はその場での技術的な説明のみで取り組んだため、部員全員がこの技術を十分に習得できていたとは言えない。そこで、1 月初旬から 3 月中旬にかけて（2 月の定期試験期間を除く）、「起こし回転」習得に特化したトレーニングを継続的に実施した。トレーニングメニューは、実験デザインの助言をいただいている北見工業大学の中里浩介准教授からアイデアを頂いた。トレーニング内容は主に、起こし回転での踏切時の脚の負荷への耐性を高めるものや起こし回転の技能に関わるものとした。
トレーニング後に実験 3 を実施し、実験 2（起こし回転の知識はあるがトレーニング前）との対応のある t 検定を行った。
結果
助走あり両足ジャンプでは、事後の方が有意に高値を示した。一方、助走なし垂直跳び・片足ジャンプでは、差は認められなかった。

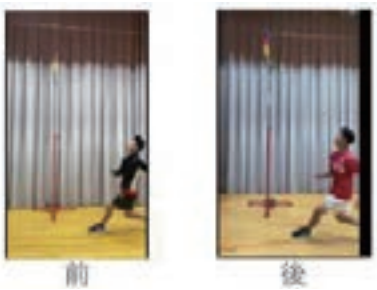


図４：踏切時の膝関節の屈曲が減り、脚の傾きが強くなった

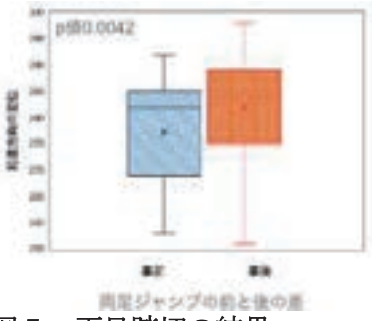


図５：両足踏切の結果

【考察】 垂直跳び（助走なし）では関連が見られなかったが、助走を伴う両足ジャンプで記録が向上したことは、本トレーニングが「跳躍スキル」の向上に繋がったことが考えられる。また、片足跳びで関連が見られなかった要因としては、両足跳びに比べて片足で「起こし回転」を制御する技術的難易度が高かったためと考えられる。
【個別事例の分析】 記録が顕著に向上した選手を詳細に分析すると、「起こし回転」の特徴である「膝の角度の増大」と「身体軸の後傾」が明確に捉えられた。具体的には、膝の角度が 100.7°から 136.6°へ、軸の傾きが 59.1°から 46.3°へと変化しており、数値および動画上の目視においても技能構造の改善が確認できた。

２－２　バスケットボール部の事例：シュート動作と屈曲角の関係

本プロジェクトの一環として、バスケットボール部においてもデータ解析を通じたパフォーマンス向上の実践を行った。特に、先行研究の少ない「ゴール下シュート」に着目し、選手のシュート成功率向上に寄与する指標を見出すことを目的とした。
【実験および分析方法】
分析対象 本校女子バスケットボール部員を対象に、計 302 本（30° および 60° の各地点から 151 本ずつ）のシュートを撮影した。
計測指標 動画解析アプリ「SPLYZA Motion（図４）」を用い、シュート時の「屈曲角（左肩関節ー肘ー垂直線がなす角度）」を数値化した。

統計手法 シュート地点の角度（30°/60°）による違いや、シュートの成否（in/out）と屈曲角の関係について、Excel を用いて t 検定による分析を行った。有意水準は 5%とする。
【結果】 シュート角度（30°/60°）による屈曲角の有意差は認められなかった（p=0.125）。また、シュートの成否（in/out）と屈曲角の間にも、30° 地点（p=0.683）および 60° 地点（p=0.644）ともに有意差は見られなかった。
【考察】平均屈曲角は 30° 地点で 43.3°、60° 地点で 47.3° であった。屈曲角のばらつきについては、ゴールからの距離が長い 30° 地点で大きく、60° 地点ではシュートを外した際（out）に大きくなる傾向が示唆された。
【結論と課題】 本研究では、屈曲角という単一の指標とシュート成功率の間に直接的な有意差を見出すことはできなかった。この要因として、シュートの成功には屈曲角だけでなく他部位との連動が重要である可能性や、測定時のカメラ位置、選手の立ち位置の変化といったデータ収集上の課題が浮き彫りとなった。生徒たちはこの結果を通じ、一つの指標に捉われず多角的に身体動作を分析することの重要性を学ぶ貴重な機会を得た。

図６：SPLYZA Motion での分析

３　まとめ

本プロジェクトを通じて、生徒たちが自らの部活動における課題をデータに基づいて分析・検証し、パフォーマンス向上に繋げるプロセスを実践した。
【技能構造の解明と成果】 ハンドボール部の研究では、跳躍力を単なる筋力の向上（パワー）としてではなく、助走の水平速度を垂直方向の力へ効率よく変換する身体操作「起こし回転」という「技術（スキル）」として捉えることで、具体的な向上策を見出すことができた。動作分析の結果、踏み切り時の膝の角度や身体軸の後傾が跳躍高度に寄与することが示唆され、実際のトレーニングによって助走ありのジャンプにおいて差が確認された。一方で、バスケットボール部の事例では、単一の指標（屈曲角）のみでは成功率との直接的な関係を見出せなかったものの、他部位との連動性やデータ収集環境の重要性といった、より多角的な分析視点の必要性を学ぶことができた。
【教育的効果と今後の展望】 本取組の最大の成果は、生徒が身近な部活動のデータを自ら収集・解析し、その結果を練習現場へフィードバックするというサイクルを経験したことにある。このプロセスを通じて、生徒たちは客観的な数値に基づいた意思決定や論理的思考力、すなわち実践的なデータリテラシーを習得することができた。
今後は、今回明らかになった技能構造をチーム全体で共有し、さらなるパフォーマンス向上を目指すと同時に、この「データプロジェクト」の枠組みを他の部活動や教育活動へも広げていきたい。身近な課題を切り取り、分析・検証・提案を日常的に繰り返す環境こそが、生徒の探究心と分析スキルを向上させるための極めて有効な手段であることを再確認できた。

謝　辞
本研究は、公益財団法人中谷財団による「科学教育振興助成」の支援を受けて実施いたしました。生徒が自らの部活動における課題をデータによって解決しようとする主体的な探究活動に対し、多大なるご支援を賜りましたことに、ここに記して深く感謝申し上げます。

参考文献

1) 臼井城二, et al. バスケットボールの片足ランニングジャンプにおける起こし回転と下肢伸縮が跳躍高に及ぼす影響. *岡山体育学研究*, 2023, 30: 13-24.
2) 佐野明人, et al. 起こし回転型受動走行と平衡点解析 (機械力学, 計測, 自動制御). *日本機械学会論文集 C 編*, 2010, 76.767: 1763-1769.

以上

付加価値を追求した環境再生型農業と「地球にやさしい鶏卵」

－ 農業高校からカーボンニュートラルを目指す －

実施担当者　愛知県立猿投農林高等学校
教諭　山縣　夏紀

1　はじめに

これまでの調査から、夏の気候の長期化と酷暑が本校の養鶏に大きく影響していることが分かりました。大雛室の室温を過去数年に遡って比較すると、特に９月の気温の変化が大きいことが分かりました。２０１５年から２０２２年までの９月の大雛室の室温をグラフにしたところ、近年、明らかに高温になっていることが分かりました（図１）。白線で示した２０１８年以前は９月の前半から２５℃を超えることは少なく、後半には気温が下がっています。しかし、肌色で示した１９年以降、前半は２５℃を超える日が多く、後半になっても気温が下がらないことが分かりました。月別産卵重量は、８月までは順調でしたが、９月に産卵重量が著しく低下しました。過去の９月の産卵重量と比較をすると、令和５年度は最小値を記録しました（図２）。気候変動により鶏卵生産も大きな打撃を受けていることが分かりました。これらのことから、「環境への配慮を実践しながら、持続可能な畜産経営を目指すこと」を研究目標に設定しました。具体的な手立てとして、温室効果ガス（GHG）の削減を目標に、飼料の生産、輸送行程での「環境への配慮」を実践したいと考えています。また、私たちは令和４年度から、鶏に与える飼料の生産を無農薬・無肥料で行ってきましたが、「土を育てる。」（ゲイブ・ブラウン著）において、「環境再生型農業」という方法があることを知りました。私たちの取組みと似通うところも多かったので、本年度は「猿投農林版環境再生型農業」を実践することにしました。本当に、環境を積極的に修復・改善しできるか、農業高校でチャレンジする価値があると判断しました。今回は SOFIX 土壌分析を行い、土壌に変化があるのかを調査したいと考えています。さらに、環境への配慮を実現した「地球にやさしい鶏卵」からの商品開発に取り組みたいと考えていいます。

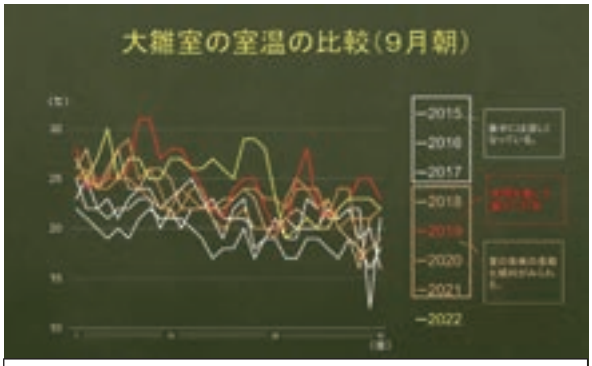


図１　大雛室の室温の変化

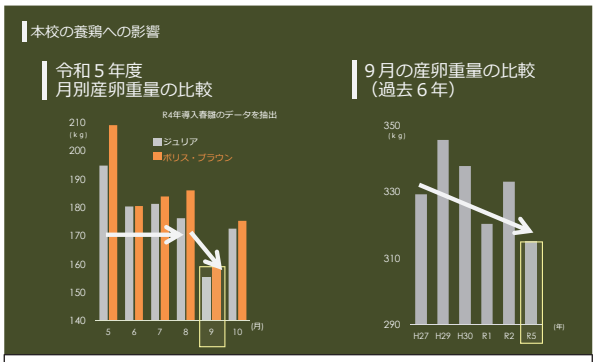


図２　月別産卵重量の比較

２　活動内容

２－１　環境再生型農業

（１）方法

土を育てる（ゲイブ・ブラウン）を参考に実践しました。特に、筆者の考えた原則を、日本で実践しやすいように、「猿投農林版」に修正しました。原則１「土をかき乱さない」は２０２４年秋作より「不耕起栽培」に切り替える。原則２「土を覆う」は裸地の部分に、雑草や作物の残渣を草マルチとして活用し、敷き詰める。（図３）原則３「多様性を高める」は作物の他、牧草、草花を一緒に育てる。原則４「土のなかに「生きた根」を保つ」は、冬型の牧草を導入し、一年を通して土壌を活性化させる。（図４）原則５「動物を組み込む」は鶏２１羽を適宜畑に放牧する。この方法で本校の畑を管理し、SOFIX 土壌分析を行い、土壌の化学性、物理性、生物性の各項目の調査と土壌全体の肥沃度を調査しました。（図５）

図３　刈り取った雑草を敷き詰めている様子

図４　冬型の牧草が育っている様子

図５　土壌のサンプリングの様子

（２）実験区の設定（表１）

区画	条件
A 区	バターナッツカボチャ、牧草（エンバク、イタリアンライグラス、クリムソンクローバー、ライムギ）
B 区	牧草（エンバク、イタリアンライグラス、クリムソンクローバー、ライムギ）、ヒマワリ、ジニア、鶏の放牧
C 区	草刈のみ（栽培作物、鶏の放牧なし）

（３）SOFIX 土壌分析結果（表２）（個々の項目は割愛させていただきます。）

区画	総細菌数	全炭素	全窒素	窒素循環活性値	リン循環活性値	C/N 値
適正値	≧2.0	≧12,000	≧1,000	≧25	≧20	8～27
A 区	適正	適正	適正	低い　23	低い　0	低い　8
B 区	適正	適正	適正	低い　23	低い　17	適正
C 区	適正	適正	適正	低い　21	低い　5	適正

（４）考察（表１）（表２）

「猿投農林版環境再生型農業を」一年間実践したところ、B 区が最も良い結果となりました。リン循環活性値が有意に高いことから、ヒマワリのもつ菌根活性により、リン循環が促進されたと考えます。B 区の数値が良かったことの要因は草花栽培、鶏の放牧にあると考えています。この二つは、作物の生産とは無関係にあるような要素ですが、本に書いてあったように、地上部の多様性が豊かになると、地下部も多様になり、土壌の肥沃度が促進されることが分かりました。しかし、B 区の鶏の放牧で、「窒素循環活性値」や「C/N 値」が他より高くなると予想しましたが、差がみられませんでした。このことから、来年度は放牧回数を週に１回から週に２回またはそれ以上に増やすこと、ヒマワリの栽培を増やすことを条件に加えて同様の実験をしたいと考えています。

（５）バターナッツカボチャの活用

A 区では無肥料・無農薬、かん水なしで、たくさんのカボチャが収穫できました。鶏に与えたところ、食いつきがよく嗜好性が高いことが分かったので、来年度は栽培規模を増やし、飼料として与えていきたいです。（図６、図７）

図６　鶏がカボチャを食べている様子

図７　鶏にカボチャを与えてから２時間後の様子

２－２　環境への配慮をした鶏の飼育管理

（１）供試材料

春雛のボリス・ブラウン（鶏卵の卵殻が赤茶色の品種）２１羽を供試材料としました。

（２）方法

雛から成鶏までの期間に与える配合飼料の４０％を環境再生型農業を実践している畑（無農薬・無肥料、除草剤不使用）の雑草に代替しました。給与量は１日１羽当たり６０ｇの配合飼料と、４０ｇの雑草としました。実験期間は令和７年６月１０日（入雛日）から１１月４日（初産予定）までの１４８日間としました。なお、雨天、土日祝日、修学旅行などの時は、配合飼料１日１羽当たり１００ｇを給与しました。雑草の与え方は雛の間はハサミで刻んで与え、大雛から初産までは雑草を束にして、吊るして与えました。実験期間中は平飼いで飼育しました。施しました。

（３）ライフサイクルアセスメント法による GHG（温室効果ガス）排出量の算出

調査には宇都宮大学の菱沼竜男先生にご協力いただきました。まず、雛が消費した配合飼料の総量を餌の種類別に算出し、主たる原料のトウモロコシ、ダイズ、小麦について、生産工程と輸送工程に関わる GHG をライフサイクルアセスメント法で算出しました。生産工程での GHG は機械の燃料や化学肥料などを計算し、輸送行程では原料別に距離を算出しました。トウモロコシはアメリカのアイオワ州、ダイズはイリノイ州からニューオリンズ港までの陸路と、ニューオリンズ港から名古屋港までの海路、小麦はオーストラリアのパース港から名古屋港までの海路、名古屋港から学校までの距離を調べました。これらを係数に直し、距離を乗算することで、GHG 排出量が算出できます。（詳しい方法は割愛させていただきます。）

私たちの方法で飼育した結果、本校の通常の飼養管理方法よりも 10052.644ｇのＧＨＧの削減に成功しました。

（４）畑 B 区での鶏の放牧

本年度は、初産を迎えるまでのすべての段階で平飼い飼育を実施したため、畑での放牧もすぐに慣れてくれ、自由に鶏が行動する様子が確認できました。

（５）考察

平飼いは雑草を与える場合においても都合がよく、アニマルウェルフェアにも配慮することができるので、来年度以降も続けていきたいです。また、この飼養管理方法は今回で２回目となりますが、昨年と同様に初産が遅れることなく、無事に迎えることができたので、私たちの飼育方法の再現性を確認することができました。なお、昨年は１６羽、本年度は２１羽を同じ床面積の区画で飼育しましたが、「つつき」（ストレス行動）は見られませんでした。

２－３　「地球にやさしい鶏卵から」からの商品開発

本年度は「焼き菓子工房シエル」様にご協力いただき、本校の生徒向けに考査期間中の応援フェアとして、「地球にやさしいクッキー」を二回販売することができました。（図８）生徒からも好評で、来年度も続けていきたいと思います。

図８　校内販売の様子

３　まとめ

ゲイブ・ブラウンの環境再生型農業は、日本においても有効で、農地を積極的に修復・改善できることがわかりました。農地が良い状態に変わっている実績は消費者にアピールする新たな材料になります。環境再生型農業は日本においての取り組み例が少なく、私たちが先駆的に調査研究することで多くの方の役に立つことができると考えています。また、養鶏と環境再生型農業を組み合わせる手法の有効性についても「経営モデル」として実践可能なレベルまで引き上げ、農家が取り組みやすい形を模索していきたいです。本校の養鶏経営は、多くの農家が抱えているような問題を抱えています。鶏卵の差別化や、安易なコストカットが難しい現状、新たな投資などもっての外の出口が見えない状況です。「環境へ配慮する生産活動そのもの」に経済的価値を見出し、この状況を覆すきっかけを作っていきたいです。

謝　辞

本研究は公益財団法人中谷財団の助成により進めることができました。特に国際特許技術である SOFIX 土壌分析によるエビデンスベースでの研究ができたことで、畑（環境）の状態を視覚化することができました。分析費用が高額で、学校の予算で捻出することが困難でありましたが、公益財団法人中谷財団の助成により、研究を加速させることができました。この場をお借りして、厚くお礼申し上げます。

参考文献

１）Dirt to Soil Gabe Brown
２）Sustainable Agriculture Research and Education
３）現代農業２０２３年１０月号「がんばらなくても土が育つ　耕さない農業」
４）現代農業２０２３年５月号「カバークロップ＆生き草マルチ」
５）増補版　自然卵養鶏法
６）朝日新聞 GLOBE＋（ＷＥＢ）「耕さない農業」の衝撃　公開日：2022.09.18

以上

地域コンテンツの科学的・協働的探究を大切にした
教科横断型防災カリキュラムの創造と実践

実施担当者　桑名市立長島中部小学校
教諭　宇佐美　隆汰

図１　本校を上空から俯瞰したドローン映像

（中央に運動場が見える場所が本校）

１　はじめに

本校は、木曽三川下流部の輪中地帯に位置している。木曽川、長良川、揖斐川という大きな河川に囲まれており、海抜はマイナスかゼロメートル地帯がほとんどである。歴史的な水害常襲地域であり、かつて、伊勢湾台風では、本校の児童も１３名の命が失われるなどの被害の歴史を持つ。

近年は豪雨災害の激甚化が指摘されており、地域の自然環境と結び付いた防災教育の重要性が高まっている。

しかし、学校における防災学習は単発的な学習として扱われることも多く、教科学習と結び付けた体系的な学びとして構成されている例は多くない。本校でも、防災学習が単発的な学習となっていることで、児童の防災意識の変容につながっていないという課題があった。そこで本研究では、理科の学習を出発点として地域の自然環境を科学的に探究し、その理解を基に地域の防災について考える教科横断型の防災学習を構想した。

特に５年生理科「流れる水の働き」の学習を起点として、流水の働きと地域の治水を関連付けながら、木曽三川下流部の治水の工夫を探究する学習を展開した。そして、これらの学習を通して児童の防災意識がどのように変容するかを検証した。

２　流水の働きと地域の治水を関連付けた学習

２－１　流水実験による科学的理解

本実践では、大雨の後に長良川の水が濁っていた様子の写真や動画を提示し、

「大雨の後、長良川の水がにごったのはなぜか」

という問いを設定した。児童は、土や砂が流れてきた可能性を予想し、上流・中流・下流を模したモデルを用いた流水実験を行った。

実験では、上流部から水を流した場合に土砂が削られて下流に運ばれ、水が濁る様子が観察された。児童は実験結果を基に、
・水によって土地が削られること
・削られた土砂が水によって運ばれること
を理解し、流水の働きとして「侵食・運搬・堆積」の概念を整理した。
さらに、水は土地の形を変える働きをもつことを実験結果から気づき、子どもたちは、「過去の長島は現在の長島とは形が違うのかもしれない」と考えた。なぜならば、実験において流路に水が流れるたびに地形の変化が見られたからである。ここから子どもたちは、時間による土地の変化の要因を検討するために、長島の古地図の観察に進んでいく。

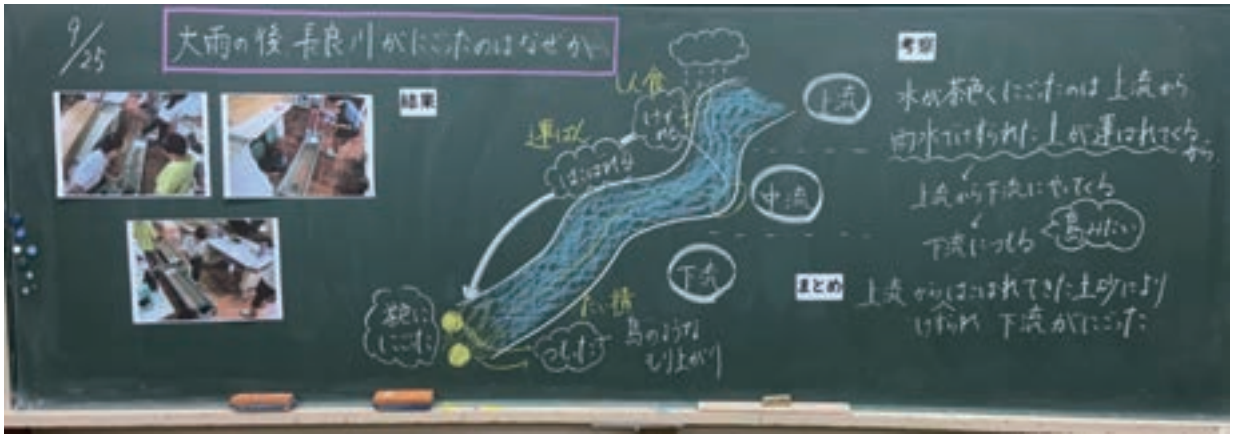


図２　「大雨の後、長良川がにごったのはなぜか」を考察した板書

２－２　長島地域の地形と治水の探究

子どもたちは１６００年、１８００年、１９００年、２０２２年の４枚の長島町の地図を俯瞰しながら、比較する活動を行ったところ、児童は
・時代が進むにつれて、下流部に島ができている。
・昔の長島は複数の島のような地形であった
・川の幅や流れ方が現在と大きく異なる
ことに気づいた。

図３　木曽三川下流部の古地図（左から 1600 年ごろ→1800 年ごろ→1900 年ごろ→2022 年ごろ）

まずは、児童の多くが問いを持った、
「時代が進むにつれて、なぜ下流部に島ができたのか」
についてモデル実験を用いて検証することになった。川に見立てた流路を形成した後、何度も水を上流部から流していくと、下流部に島ができる様子が観察されたことから、
「自分たちの住む長島町は上流から運ばれた土砂によって形成された可能性がある」
と結論づけた。また、この時、川を堤防で固めたり、高くしたりする班が現れたため、水害を防ぐ取り組みを“治水”ということを伝えた。
次に、児童は１９００年ごろの長島と現在の長島を比較し、「なぜ川の形が変わったのか」という問いを設定した。予想を立てたところ多くの児童が「水害を防ぐため」ではないかと考えた。その予想を検証する手段としてモデル実験を選択し、「ぐねぐねと曲がっていた川がまっすぐになっ

ている」「川幅がせまかったのが広くなっている」などと、川のちがいを挙げて、それらの要素を実験で再現し、条件を制御しながら、本当に川幅が広く、まっすぐな川では洪水は起こりにくいのか検証した。

結果として、川幅が広く、流路がまっすぐになっている川は流速を保ち、堆積も起きにくく、洪水も起こりにくいということが見てとれた。このことから児童の気づきとして、治水は堆積を防ぐことが重要であるという知見を得た。

図４：「なぜ川の形が変わったのか」をモデル実験で追究している様子

２－３　地域の治水施設の調査

身近な川の形に治水の秘密が隠れていることに気づいた子どもたちは身近にある木曽川や長良川には、もっと治水に関係するものがあるのではないかと考え、放課後に探索する児童が現れた。しかし、長島町内は、小学生の児童が移動するには、範囲が広くかつ河川は危険な場所が多いため、河川周辺を撮影したドローン映像を用意し、治水に関係していそうなものを探索する時間をとった。川の途中に水制と呼ばれる突起があったり、下流部の海の中に導流提という堤防があったりしたことに気づいた子どもたちは、それらが治水と何らかの関係があるのではないかと考えた。実験でその治水効果を検証したいが、ドローン映像では、実際のスケールが分かりにくいため、実際に見に行くことにした。水制や導流提の観察をした際も、ドローンを用いて、できるだけ児童が見たいと考えたところを撮影した。学校にもどると、観察をもとに検証実験を行った。水制や導流提の治水効果は高いことが分かり、身近なブロックや堤防には大きな意味があるという実感と共に、自分たちは先人の水と共生する知恵によって生かされていることを深く学ぶことができた。この後、地域や地域外の治水に関係するものを自由に探索する児童が現れた。学習した内容を基に、地域の環境を主体的に捉えようとする姿であるといえる。

図５：　フィールドワークにて導流提や水制の調査を行う児童

３　まとめ

３―１　児童の防災意識の変容

授業の前後で防災意識に関するアンケートを実施し、児童の意識の変容を分析した。その結果、地域の災害に関心をもつ児童や、自分の住む地域の河川や地形に注目する児童が増加する傾向が見られた。

また、児童の記述には

「川の流れ方によって洪水が起こる場所が変わることが分かった」

「自分たちの住んでいる場所も水害が起こる可能性があると思った」

といった内容が見られ、理科で学んだ流水の働きと地域の防災が結び付いて理解されている様子が確認された。

また、KH　Coder を用いて共起ネットワーク分析を行った。その結果、「治水」「堤防」という語句が、「命」「守る」「大切」という語句と密接に結びついていることが確認された。これは、地域の治水が自分の命を守ることに結びついていることを理解したことを示唆する。

３―２　研究の成果

本研究では、理科単元「流れる水の働き」を起点として地域の治水を探究する学習を展開した。その結果、児童は

・流水の働きに関する科学的理解
・地域の河川環境への関心
・防災に対する意識

を高めることができた。

特に、流水実験による科学的理解と地域の治水施設の学習を結び付けることで、理科の学びが地域社会の課題と関連していることを実感する児童の姿が見られた。

今後は、本研究で得られた知見を基に、学年間の系統性を整理しながら、地域と連携した防災教育の充実を図っていきたい。

３―３　今後について

今年度の５年生の取り組みについては、１月２６日本校にて中学校区の学校教職員も招いた報告会にて、還流報告をした。今後、中学校区において、連携して防災に関する授業に取り組んでいく。

謝　辞

中谷財団様には、子どもたちの活動資金への援助に加え、素晴らしい発表の機会を頂きました。

亀永　真次　氏（桑名市立長島中部小学校教諭）には、長島町および木曽三川流域の治水についてのご指導および古地図等、授業資料の提供をいただきました。

前田　昌志　氏（松阪市立米ノ庄小学校教諭）には、ドローン映像の撮影、および河川教育におけるシステム思考についてのご指導をいただきました。

杉澤　学　氏（三重大学教育学部准教授/理科教育）には、授業デザイン全般についてご指導をいただきました。

藤井　一隆　氏（桑名市役所防災危機管理課）には、桑名市の防災に関わる情報提供をいただきました。

諸戸　靖　氏（長島町郷土博物館　輪中の郷　元館長）には、長島町の人々と水との共生の文化に関する児童の質問に答えていただくなど、地域に密着した学びの機会をいただきました。

参考文献

磯部　克　1991　「三重　自然の歴史」　コロナ社
古地図コレクション　伊能図　https://service.gsi.go.jp/kochizu/
国土交通省　国土地理院ウェブサイト　https://www.gsi.go.jp/

以上

地域の産業廃棄物を有機物肥料に転換～有機農業の推進を目指して～

実施担当者　三重県立伊賀白鳳高等学校
教諭　大倉隆貴

1　伊賀市の概要

伊賀地域は、三重県の北西部に位置し、山々に囲まれた盆地や丘陵地が広がる自然豊かな地域である。古くから交通の要衝として発展し、京都・奈良・伊勢を結ぶ街道が通じてきた歴史を持つ。こうした立地条件から、戦国時代には伊賀流忍者文化が栄え、「忍者の里」として広く知られている。地域には、伊賀上野城 や 伊賀流忍者博物館 などの歴史文化資源が残されており、伝統文化と観光資源が地域の大きな魅力となっている。

気候は内陸性気候で、冬の寒さと夏の暑さの差が大きい。盆地特有の気候条件のもと、農業は古くから盛んに行われてきた。肥沃な土地と清らかな水に恵まれており、良質な米（伊賀米）の産地として知られるほか、酒造りにも適した環境を備えている。農業は現在も地域の基幹産業の一つである。

2　研究の動機

三重県では、畜産業や菌床キノコ栽培が盛んであり、地域農業を支える基幹産業となっている。一方で、廃菌床や家畜糞尿の処理は大きな課題であり、特に水分の多い廃菌床は保管や運搬、堆肥化に時間とコストを要することから、生産者の負担となっている。環境負荷低減の観点からも、持続可能な処理・活用方法の確立が求められている。

本校では SDGs や循環型農業をテーマに学習と現地研修を行う中で、理論と現場の実態との間に隔たりがあることに気づいた。そこで生徒は、広葉樹のおがくずを主原料とする廃菌床に着目し、腐葉土を餌とするカブトムシ幼虫の生態と結びつけ、「飼育資材として再活用できるのではないか」と考えた。

飼育実験を進めると、幼虫の糞が微細化され土壌に近い性状へ変化することが分かり、有機物の安定化や土壌改良効果の可能性について検証を行った。この過程を通して、生徒は「廃棄物」を「未利用資源」と捉え直す視点を身につけた。

本研究は「産業廃棄物で国土保全・カブトムシの有効活用」を掲げ、昆虫を媒介とした循環型システムの構築を目指すものである。地域課題を自ら発見し、仮説・実践・検証へと発展させた探究的な学びとして、教育的意義と地域的価値の両立を図っている。

3　活動報告

3－1　昆虫飼育マットの生産

今年度は、昆虫飼育マットの改良について、基礎から見直す姿勢で取り組んだ。十分な製造マニュアルや管理データが整っている状態ではなかったため、まずは現在行っている作業工程を整理し、どの段階でどのような課題が生じているのかを確認するところからスタートした。

廃菌床や馬糞の搬入、混合、保管、発酵、使用までの一連の流れを改めて書き出し、それぞれの工程で起きている現象を観察した。その中で、雑虫の発生が特定の時期や環境条件と関係している可能性があることに気づいたものの、温度や含水率などを数値で管理できていない現状も明らかになった。これまで経験的に行っていた作業が多く、科学的根拠に基づく管理体制が十分ではないことが課題として浮き彫りになった。

本年度は完成形に近づいた段階ではなく、むしろ出発点に立ち返り、基礎を固める段階であった。しかし、課題を曖昧にせず整理できたこと、経験に頼っていた部分を見える化できたことは、今後の品質安定化と生産効率向上に向けた重要な第一歩である。生徒が主体的に工程を見直し、改善の必要性を自ら認識した点に、本年度の大きな成果がある。

3―2　排泄物の有機肥料としての活用

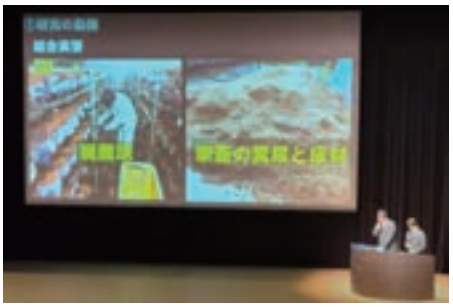
カブトムシ幼虫の飼育過程で発生する排泄物について、そのまま廃棄するのではなく、農業分野で活用できないかという視点から検討を行った。幼虫は廃菌床を摂食しながら成長するため、排泄物は微細化され、有機物がさらに分解された状態となっている。この性状に着目し、土壌改良材あるいは有機肥料として利用できる可能性があるのではないかと考えた。一部については学校農場の圃場やプランター栽培に少量施用し、作物の生育状況や土壌の変化を観察した。生育に明らかな悪影響は確認されず、取り扱い上の問題も生じなかった。これにより、少なくとも農地へ還元する素材としての可能性はあると考えられる段階に至っている。

「飼育の副産物を再び農地へ戻す」という循環の発想を具体化する第一歩となった。今後は、成分分析（N・P・K や pH など）の実施や施用量の検討を通して、より客観的な評価を行う必要がある。現時点では基礎的な観察と試行段階ではあるが、資源循環型農業の構築に向けた重要な可能性を確認する活動となった。

３－３　PR 活動・大会出場

本研究の成果を校内にとどめず広く発信するため、積極的に PR 活動や各種大会への出場を行った。

三重県プロジェクト発表大会および東海大会に出場し、廃棄物を活用した循環型システムについて発表した。準備過程で研究内容を整理・再構築することで論理的説明力が向上し、審査員や他校からの助言を通して課題や改善点も明確になった。また、文化祭では展示発表を行い、保護者や在校生に循環の仕組みを分かりやすく伝えた。対話を通じて研究の社会的意義を再確認するとともに、外部の意見を今後の活動へ活かす姿勢を養った。



4　今後の取組

(1) 研究の継続と発展

今後は、本年度の取り組みで得られた知見を基盤とし、昆虫飼育マットの品質安定化と供給体制の強化を図る。具体的には、これまで経験的に行ってきた製造工程を改めて整理し、原料の状態や発酵の進行状況を継続的に観察・記録することで、再現性の高い生産体制の構築を目指す。

日々の変化を丁寧に把握し、工程ごとの差異を比較することで、安定した品質確保につなげていく方針である。また、生産量についても、作業効率や保管方法を見直すことで、段階的な拡大を図る。基礎的な管理の徹底を積み重ねることにより、持続的に供給可能な体制づくりを進めていく。

(2) 有機肥料の実用化に向けた検討

幼虫排泄物の農業利用については、今後も学校農場を中心に継続的な活用を行い、作物の生育状況や土壌の状態を観察していく。施用区と未施用区を比較するなど、できる範囲での検証を積み重ねることで、効果の有無を丁寧に確認していく方針である。

さらに、地域農家との情報共有を進め、現場での活用可能性について意見交換を行うことで、実用化に向けた課題整理を行う。小規模であっても実証的な取り組みを継続することで、地域内循環の具体化を目指す。

(3) 飼料開発の発展

昆虫を有効活用するために、飼料開発に取り組む。飼料開発については、使用状況や反応を観察しながら改良を重ねていく。獣医師からの助言を受けつつ、安全性や取り扱いやすさの向上を図る。

また、将来的な展開として、養鶏などへの応用可能性についても情報収集を行い、昆虫資源の活用範囲拡大を視野に入れる。すぐに実用化する段階ではないが、飼料資源の多角的活用という観点から、段階的に検討を進めていく。

（4）PR 活動と地域活性化の推進

研究成果を社会へ還元するため、情報発信の強化にも取り組む。SNS や校内外の発表機会を活用し、活動内容を分かりやすく継続的に発信することで、認知度向上と理解促進を図る。また、自治体や関係機関との情報共有を進め、地域課題解決に資するモデルとして発展させることを目標とする。

5　まとめ

本研究は、三重県内で多量に発生する廃菌床や馬糞に着目し、それらを資源として再活用する循環型モデルの構築を目指して取り組んできた。昆虫飼育マットの生産では、製造工程を整理・可視化することで作業の安定化と効率向上を図り、継続的に生産できる基盤を整えた。

また、幼虫の排泄物を農地へ還元する試行を行い、「飼育→排泄物→農地還元」という小さな循環を具体化した。さらに、獣医師と連携して爬虫類用飼料の試作にも取り組み、昆虫資源の活用可能性を広げる成果を得た。

本研究を通して、生徒は課題発見力、論理的思考力、検証する姿勢、発信力を身に付けた。思うように進まない場面でも試行錯誤を重ねる中で、主体性や粘り強さも育まれた。

本取り組みは発展途上ではあるが、産業廃棄物を地域資源として活かす持続可能な循環型農業モデルの可能性を示すものとなった。今後も実践と検証を重ね、地域に貢献できる仕組みの確立を目指す。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団様の助成を受けて実施いたしました。研究計画の遂行にあたり、多大なるご支援を賜りましたことに、心より厚く御礼申し上げます。

本助成により、実験機器の整備や調査活動の充実を図ることができ、研究をより実践的かつ発展的に展開することが可能となりました。また、継続的な探究活動を通して、科学的知見の深化と課題解決能力の向上につなげることができました。

以上

奇跡の民間薬
～三重県志摩地方の「へいさく」が秘める治癒力～についての研究

－ 民間薬「へいさく」の抗酸化能について －

実施担当者　三重県立伊勢高等学校
教諭　木本　直樹
実習助手　西澤　七瀬

1　はじめに

本校では第１学年において、生徒が自らの育った地域に目を向け、地域の課題を把握し、その解決に向けて自分たちに何ができるかを考えることを主な目的として、地域の PBL（Project-based Learning）を実施している。地元の民間薬「へいさく」（以下、へいさく）に関する探究活動は、この地域の PBL から生まれたテーマである。地域の課題を題材として学習を進めることにより、「課題研究」における「テーマ設定」「考察」「発表」等の力を育成するとともに、将来を担う人材として必要な資質・能力の向上を図っている。

また、本研究は先輩の研究を継承・発展させる形で継続しており、地域に関する課題研究の象徴的な取組として位置付けられている。へいさくは、三重県志摩・南勢地域で用いられているトロロアオイと推測される花を度数の高い酒に漬けた民間薬である。古くから地域で使用されてきたが、その具体的な有効性については未解明な点が多い。これまで４年間にわたり、原料植物の特定や効能に関する研究を継続してきた。

本助成を受けて実施したのは、へいさくの「抗酸化能」に関する研究である。機器分析や定量的評価を伴う実験活動を通して、生徒は科学的根拠に基づいて考察する姿勢を身に付けることができた。加えて大学の専門的設備を活用した探究経験は、生徒の科学への関心を一層高め、地域伝承の知恵を科学の視点で再発見する貴重な機会となった。

2　実験方法

2－1　実験１

「へいさくには抗酸化能がある」、「長時間漬け込まれたへいさくの方が抗酸化能が高い」という仮説を検証するため、以下の３つの方法で分析を行った。なお、試料には 2015、2020、2021、2023、2024 年度に作られたへいさくを用いた。

①抗酸化能の有無を簡易的に確認するため、ポビドンヨード液数滴を 5mL の純水で希釈し試験液を作成した。これにへいさくの原液 1mL を加え、対照実験として焼酎を 1mL 加えたものと比較した。10 分間静置後の色の変化を観察した。

② Metallogenics 社の「レドックスアッセイ総抗酸化能（TAC)測定キット」を用いて、へいさく希釈液の抗酸化能を測定した。標準手順ではマイクロプレートリーダーで測定するが、本研究では吸光度測定には分光光度計を用いた。490nm の波長で吸光度を測定した。

③ ②の結果を裏付けるために、同仁化学研究所の「DPPH 抗酸化能測定キット」を用いて、DPPH 法により測定した。マイクロプレートリーダーで 517nm の波長でへいさく希釈液の吸光度を測定した。

２－２　実験２

「へいさくの抗酸化能には特定の成分が関係しているのではないか」という仮説を立て、二つの実験を行った。

④へいさくに含まれる成分の特性を把握するため、「紫外可視分光光度計 SHIMADZU UVmini-1240」を用いて、200～700 nm の範囲で、へいさく抽出液（希釈液）の吸収スペクトルを測定した。それぞれの製造年度のへいさくを純水で 100 倍希釈または 1000 倍希釈して計測した。この測定では、抽出液に含まれる成分の存在を反映する「吸収極大（ピーク波長）」を探索し、その位置を成分の一つの指標として記録した。

⑤試料のへいさくに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を滴下し、呈色反応の有無を観察した。2023 年製のへいさく 1mL と焼酎 1mL をそれぞれ純水で 5 倍希釈し、0.05mol/L の塩化鉄(Ⅲ)水溶液 0.1mL を各溶液に加えて反応を観察した。試料および塩化鉄(Ⅲ)水溶液の濃度は卜部(2022)に基づき決定した。塩化鉄(Ⅲ)水溶液はフェノール性官能基と反応して特有の色を呈するため、この反応を用いてへいさくの中に該当する官能基が含まれているかを確認した。

３　結果

３－１　実験１結果

①より、へいさくを添加したポビドンヨード液の褐色が薄くなる現象が確認された。一方、焼酎を添加した試験管は色の変化が認められなかった。（図 1）

②③より、TAC 法および DPPH 法の測定において、製造年度による抗酸化能の明らかな差異が認められた。最も高い値を示したのは 2023 年製のへいさくであり、TAC 値およびラジカル消去率ともに最大であった。一方 2023 年以前（2015 年、2020 年、2021 年）の試料については、作製されてから年数が経過するにつれて抗酸化能が段階的に低くなる傾向が見られた。また、2024 年製についても 2023 年製と比較して抗酸化能が低くなった。（図 2、図 3）

図 1 左：焼酎を添加、右：へいさくを添加

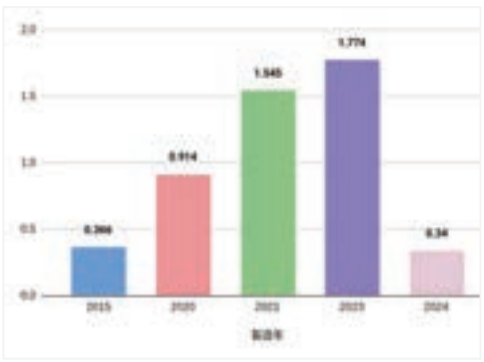


図 2 TAC 測定キットによる抗酸化能測定

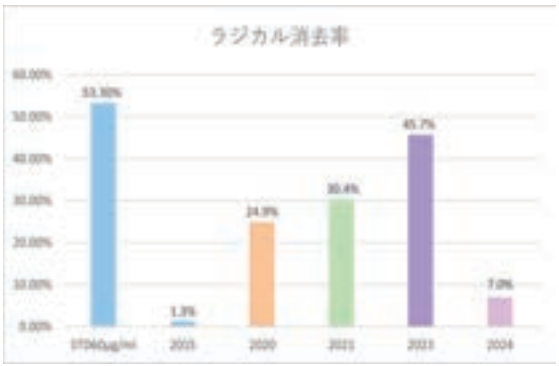


図 3　DPPH 法による抗酸化能測定

３－２　実験２結果

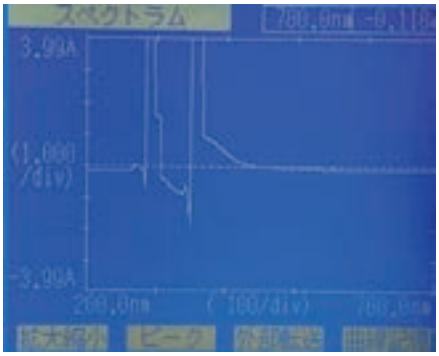


図 4　吸収スペクトル測定

④の吸収スペクトル測定においては、すべての製造年度のへいさくにおいて、波長 460nm 付近に吸収ピークが検出された。（図 4）

一方で波長 341nm 付近のピークについては、2015 年から 2023 年製の試料では確認されたが、2024 年製のへいさくでは、検出されなかった。

⑤については、へいさくに塩化鉄（Ⅲ）水溶液添加したところ、黒色の錯体形成が確認された。対照実験として行った焼酎への添加では、溶液の色に変化は認められなかった。（図 5）

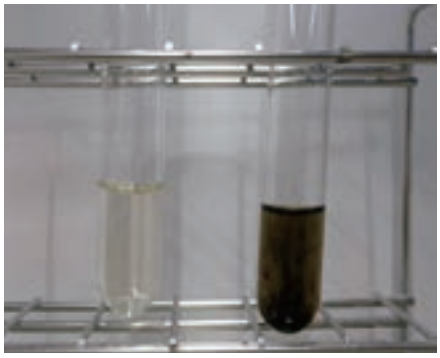


図 5　塩化鉄（Ⅲ）添加後
左：焼酎　右：へいさく抽出液

４　考察

①より、へいさくを添加するとポビドンヨード液の褐色が薄くなったことから、へいさくに含まれる成分がヨウ素を還元したことを示しており、へいさくには抗酸化能があることが明らかになった。

②と③の結果から、へいさくは製造から約 2 年後に抗酸化能が最大となる可能性が示唆された。一方で、漬け込んでから時間が経過したものは、抗酸化能が低下してしまう傾向が見られた。

③より、2024 年製のラジカル消去率が低かった。この原因としては、花の漬け込み期間が短く、抗酸化成分が十分に抽出されていなかった可能性が考えられる。今回用いているへいさくは製造年によって使用された花の量にばらつきがあるため、原料量の違いも抗酸化能に差が生じている可能性がある。

④の吸収スペクトル測定により、へいさくには特有のピークを持つ成分が存在することが示唆された。このピークを示す物質が主成分あるいは有効成分に相当するかどうかは、実際の生理活性との関連性を詳しく調べる必要がある。また、2024 年製では 341nm のピークが検出されなかった点についても、漬け込んでから期間が短いため、成分が十分に抽出されていない可能性がある。今後時間を置いて再度測定しピークが検出されるか確認したい。

⑤において、塩化鉄（Ⅲ）溶液との反応により、黒色の錯体が形成された。この結果から、へいさくの中にはフェノール性官能基を持つ成分が含まれていることが判明した。この成分が①で見られた抗酸化能の正体の 1 つであると考えられる。

５　今後の展望

へいさくの吸収スペクトル測定の実験（④の実験）の結果を検証するため、今後は試料をエタノールで希釈し、今回と同様の反応やグラフの形が現れるかを確認し、より測定値の信頼性を高めたい。へいさくの抗酸化能はポリフェノール類が影響しているのではないかという仮説を立て、ポリフェノール類の含有量の測定等を行い、抗酸化作用に寄与する成分を特定したい。

へいさくはまだ成分が詳しく解明されていないため、ポリフェノール以外にも抗酸化に役立つ成分が含まれている可能性がある。他の物質についても幅広く調べ、へいさくが持つ力の正体を多角的に探っていきたい。

現在、へいさくは家庭ごとに製法が異なり、花や焼酎の量に基準がないため、決まった作り方が

ない。本研究の成果を活かして最も効力の高い製法の明確な基準を提案することを目指し、地域で受け継がれてきたへいさくをより効果的に活用できるようにしたい。

謝　辞

本研究の遂行にあたり、実験機器の貸与およびご指導を賜りました鈴鹿医療科学大学薬学部の中山教授に、心より感謝申し上げます。

また、本研究は公益財団法人中谷財団からの科学教育振興助成を受けて実施いたしました。多大なるご支援に対し、厚く御礼申し上げます。

図 6　鈴鹿医療科学大学での実験

参考文献

1) 大道惺登他 2 名(2023)、「民間薬に関する研究・考察」『伊勢高等学校 SSH 論文集 2023』
2) 高木清帆他 2 名(2023)、「へいさくの謎～本当に効果はあるのか～」『伊勢高等学校 SSH 論文集 2023』
3) 古川逸九他 4 名(2024)「民間薬「へいさく」の真の効果」『伊勢高等学校 SSH 論文集 2024』
4) エネ百科、「抗酸化能を実感する実験」、https://www.ene100.jp/column/9755（参照:2025 年 7 月 19 日）
5) 卜部吉庸(2022)、「芳香族化合物の呈色反応 フェノール類の塩化鉄(Ⅲ)反応・ニンヒドリン反応を題材として」、数研出版、サイエンスネット第 73 号
6) 東洋大学、「『ポリフェノール』とは？医学博士に聞く、体にもたらす効果と正しい摂取方法」、https://fmiric.or.jp/ffd/ffmanual/manual40111.pdf　（参照:2025 年 5 月 8 日）

発表実績

- 日本学生科学賞地方審査　出品
- 2025 年度公益財団法人中谷財団科学教育振興助成　成果発表会
- みえ探究フォーラム 2025　口頭発表部門　最優秀賞（研究テーマ・動機の設定）
- 三重県立伊勢高等学校成果発表会　口頭発表　発表予定

図 7　中谷財団成果発表会

図 8　みえ探究フォーラム 2025

地域と繋がる「西考」プロジェクト

－ 個の疑問をテーマに、

企業や外部団体と連携し、進学先まで繋ぐ探究活動 －

実施担当者　三重県立津西高等学校
教諭　服部　みふみ
教諭　髙岡　弘典

1　はじめに

津西高等学校は、創立 52 年目を迎える歴史と伝統を有する学校であり、これまで地域とともに歩みながら、着実に教育実践を積み重ねてきた。普通科と国際科学科を設置する単位制高等学校として、多様化する生徒の進路希望に応える柔軟なカリキュラムを編成し、生徒一人ひとりの興味・関心に応じた学びの選択を保障している。また、学習面だけでなく、豊かな人間性と社会で求められる力の育成にも重きを置き、「知・徳・体の調和」を教育の柱として掲げている。生徒が主体的に学び、自己実現に向けて成長できる学校づくりを常に追求している点は、本校の大きな特色である。

こうした理念の下、平成 29 年度より本校では、これからの社会に求められる「課題発見・課題解決能力」「協働する力」「表現力」を育成するため、総合的な探究の時間を「西考（にしこう）」と名付けて独自に展開している。「西考」では、生徒の“個の疑問”を出発点として、身の回りの課題から地域・社会の課題まで幅広いテーマにアプローチし、課題設定・調査・分析・考察・発表に至る探究プロセスを段階的に体験することを重視している。生徒自身が問いを立て、試行錯誤を繰り返す過程を通じて、学びの本質に触れ、自らの興味関心を深く掘り下げていくことができる。

さらに本校では、「西高サポートクルー」と呼ばれる外部支援ネットワークを構築し、卒業生、地域企業、大学、行政など多様な人材が生徒の探究活動を支援できる体制を整えている。専門的な知識や社会の最新動向に触れる機会を積極的に取り入れることで、生徒が実社会とのつながりを実感しながら探究を深める環境が確立されつつある。こうした外部との協働は、生徒が自らの学びを社会の中で位置づける視点を養い、将来の進路選択や自己理解にもつながっている。

本プロジェクトは、「地域とつながる探究活動のさらなる進化」と「進学後も継続する学びの定着」をめざし、探究教育の質の向上と学習の持続性を一層高めるために立ち上げたものである。具体的には、以下の 3 点を中心に取り組みを推進する。

1．生徒の個別探究を地域資源と結びつけ、学びのリアリティを高める
2．卒業生・企業・外部団体との協働により、探究の質を高める
3．探究活動を進路選択・進学後の学びへと接続する

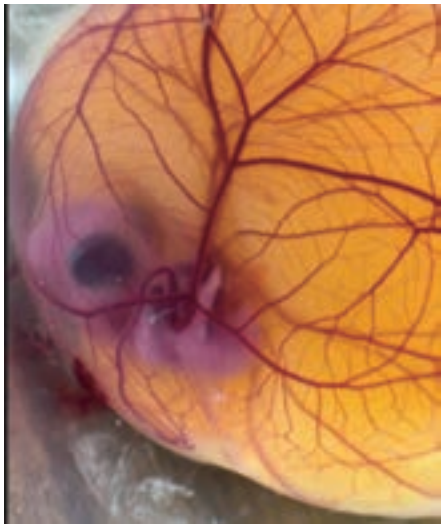
これらの取り組みを通して、生徒が「自分で問いを立て、自分で学び続ける力」を育成し、本校の探究教育をより持続的で発展的なものへと昇華させていくことを目指している。

2　活動事例

2－1　ニワトリの有精卵の発生実験

（1）実験の目的

生物基礎の授業で使用したニワトリの有精卵を用いて、胚の発生過程を観察し、個体発生の進行や発生停止の要因を学ぶことを目的として実験を行った。



温めはじめて１２日目の有精卵

（2）実験方法

授業で用いられた有精卵７個を譲り受け、そのうち発生が進んでいると考えられた２個を対象として開卵し、胚の状態を比較観察した。開卵日は受精後 12 日目であった。

（3）観察結果

１つ目の有精卵では、胚の骨格が全体的に形成されており、頭部・体幹・四肢が明瞭に確認できた。特に眼球の発達が顕著であり、はっきりと視認できる状態まで発達していた。

一方、2 つ目の有精卵では、受精後まもなく発生が停止したと考えられ、器官形成が確認できず、胚体は未成熟であった

なお、ニワトリの抱卵期間は約２０日であるため、１２日目の胚発生は本来中期に相当し、器官形成が進む段階である。

（4）考察

１２日目で正常に発生した胚では骨格形成や眼の発達が明瞭であり、発生の進行が順調に進んだと考えられる。一方、発生停止した卵では、受精後早期に成長が止まったことから、初期段階での異常や胚の生理的問題、温度などの環境要因が考えられる。同条件でも胚の発生には個体差があり、初期発生の成否がその後の成長を大きく左右することが明らかになった。

温めはじめて１６日目の有精卵

本実験を通して、胚発生の進行には大きな個体差があることを実感するとともに、正常に発生した胚と発生が初期で停止した胚を直接比較することで、発生過程の重要性をより深く理解できた。特に、１２日目の胚では眼や骨格といった主要器官が明瞭に確認でき、発生が順調に進んだ場合の特徴を把握することができた。一方で、発生停止した胚については、温度や湿度といった外的環境要因だけでなく、受精段階の問題や初期発生時の生理的異常など、さまざまな要因が発生に影響しうることも示唆された。今後は、環境条件をより厳密に管理したうえで、発生停止が起こるタイミングや要因の詳細について検討を深めることで、個体発生の理解をさらに進めたい。

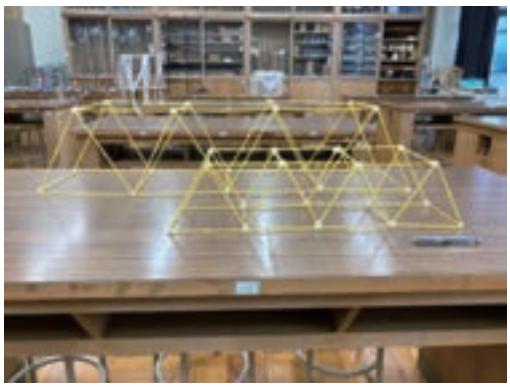
２－２　パスタ橋模型の制作

（１）目的

パスタを用いて橋の模型を制作し、パスタの力学的特性や構造強度について理解を深めることを目的とした。

（２）事前学習

事前学習では、パスタは引っ張り方向や圧縮方向には強い一方で、曲げには弱い特性を持つ。この性質を踏まえ、パスタを用いて高い強度を発揮できる構造として「トラス構造」が有効であると考え、橋の模型を制作することとした。



（３）実験

長さの異なるパスタ（１５cm／２５cm）を用いて相似形の模型を２種類制作し、おもりを吊り下げて強度の比較を行った。その結果、両者には耐久性に大きな差が見られ、壊れ方にも特徴的な違いがあった。

１５cm の模型は、たわみが小さく、橋の中央付近で二つに割れた。

２５cm の模型は、大きくたわんだ後バランスを崩した。

（４）考察

今回の実験は、構造物の破壊形式を観察するうえでも有益であった。短い模型と長い模型の壊れ方の違いは、構造の安定性や荷重の伝わり方の違いを反映している。このことから、構造物を設計する際には単に材料の強度だけでなく、荷重条件、形状、部材長、そして破壊に至るメカニズムを理解したうえで最適な寸法を選ぶ必要があるといえる。

今回のパスタ橋模型の制作と比較実験を通して、部材の長さや構造設計が強度に与える影響を実感として理解することができた。今後は、トラスの角度や部材配置、接合部の補強方法などを変化させることで、さらなる耐久性向上の可能性について検討していきたい。

３　地域人材との連携

３－１　課題研究構想相談会

本校では、７月１４日（月）２年生を対象とし、課題研究構想相談会を開催した。総合的な探究の時間における研究活動の質を高めることを目的に、各班で事前にリサーチクエスチョンと仮説を立て、研究の方向性を整理したうえで相談会に臨んだ。

当日は、卒業生や大学教授、企業職員など地域で活躍する外部の専門人材をお招きし、研究テーマの妥当性や問いの立て方、調査方法の工夫などについて助言をいただいた。また、夏休みに実施する校外の人へのインタビュー調査に向けて、質問項目の作り方や対象設定のポイントなど、実践的なアドバイスを受けることができた。

研究テーマを９系統に分類し、各系統別に助言者をお招きすることで、生徒は、各班の研究テーマに沿った内容について、各班１５分程度、助言とアドバイスをいただき、研究の方向性を確認した。

３－２　夏季セミナー（太城教授講演会）

８月１８日（月）に、国際科学科１年生（８０名）に対して、三重大学医学部・太城康良教授による講演会を実施した。大学で医療を学ぶことや高校における探究学習の基礎について講演をしていただいた。クリッカーという投票端末を使った生徒参加型の講義を通して、生徒も投票結果を見ながら、自らの考えを深めつつ、医療分野の学びや探究の基礎について理解を深めた。

３－３　課題研究発表会

１２月２２日（月）に、２年生の課題研究の集大成として、各班の研究内容について、課題研究発表会を行った。複数の会場に分かれ、８１班が研究成果を発表した。それぞれの班の研究に対して助言・指導をしていただいた地域や企業の方々にも見学していただき、発表に対するご意見やご質問をいただいた。その中で生徒には新たな気づきが生まれ、今後の探究活動に対する指針を得る貴重な機会となった。また、１年生においても、全員が各会場に分かれ発表会を見学し、次年度の探究活動に向けての参考とした。研究の中には、単年で完結するものばかりでなく、複数年で取り組む方が探究の成果がより充実したものになるものもあり、研究の継続性という観点からも、有意義な機会となった。

４　まとめ

探究活動を通して、生徒は「自ら問いを立て、卒業生や地域と繋がり、未来の学びへと進む力」を育んだ。今後は、この学びの姿勢を後輩たちに伝えることで、本校の学びの文化として定着させていくことも重要である。そのため、３月には、「バトンセッション」と銘打ち、２年生の取組成果を１年生に伝える機会を設定した。

地域や企業との連携の充実に加え、他学年との学びの連携も強化し、地域や仲間と共に歩む探究活動「西考」を深化させ、生徒の可能性を広げる教育を推進していきたい。

謝　辞

本プロジェクトの実施にあたり、公益財団法人　中谷財団　様には多大なるご支援を賜り、心より御礼申し上げます。また、探究活動「西考」にご協力いただいた卒業生・地域の企業・団体・関係者の方に深く感謝も申し上げます。

皆様からいただいた助言や学びの機会は、生徒一人ひとりの探究を大きく前進させ、地域と繋がる学びの価値を実感する貴重な経験となりました。ここに、厚く御礼申し上げます。

地域資源を活用した鶏舎敷材の開発及び堆肥化に関する研究

～地域産業との連携による環境に優しい野菜栽培の実践～

実施担当者　三重県立四日市農芸高等学校
教諭　福永　敦史

1　はじめに

農業学科を有する本校において、授業や実習などで学習する分野となる養鶏業は近年、世界情勢や穀物需要の増加の影響で、飼料費が約 1.5 倍となり、県内でも廃業に追い込まれる農家が後を絶たない。この現状を踏まえ、本校ではこれまで、地域で十分に活用されてこなかった未利用資源を農畜産業へ活用し、持続可能な農業の実現を目指した研究を継続してきた。初年度には酒粕や規格外カステラなどの食品廃棄物を飼料として活用し、利用化の可能性を示した。昨年度は放置竹林の間伐材に着目し（図 1）、竹粉を飼料として給与する試験を行った結果、生産性や経済性の面で一定の効果が確認された。こうした取組を進める中で、畜産農家が抱える鶏舎の臭気問題や堆肥の利活用に関する課題が明らかとなり、飼料利用だけではなく、新たな資源活用策の検討が必要だと分かった。

そこで、本年度は竹粉を鶏舎敷材として利用し、堆肥化を進める研究に加え、地域のコーヒーストアから排出されるコーヒー抽出残渣（コーヒー粕）を新たな資源として取り入れ（図 2）、臭気軽減効果や堆肥化の有用性を検証した。本研究では、竹粉とコーヒー抽出残渣を鶏舎敷材として活用した際の臭気軽減効果と堆肥化の進行状況を明らかにするとともに、得られた堆肥を用いた栽培試験を通じて資源循環型肥料としての有効性を検証することを目的とした。また、行政機関や地域企業との連携を深め、地域資源を循環させるモデルの構築を視野に入れた普及活動にも取り組んだ。

図 1.　朝日町で竹林整備に取り組む生徒たち

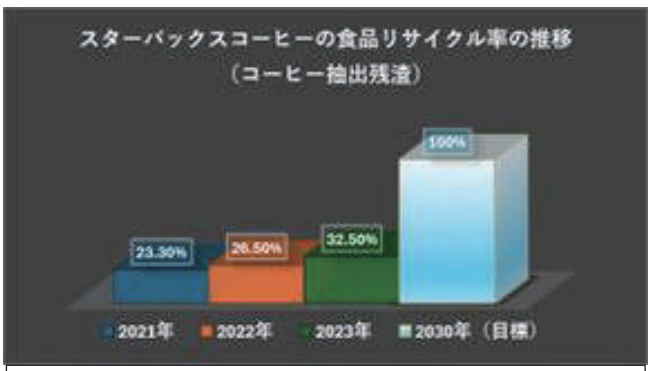


図 2.　コーヒー粕のリサイクル率の推移

2　活動内容

2－1　異なる敷材を用いた臭気軽減試験

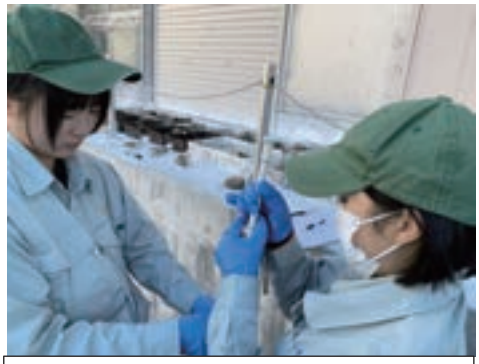


図 3．気体検知管による臭気測定の様子

地域の未利用資源を活用した敷料の臭気軽減効果を検証するため、竹粉区、コーヒー抽出残渣区（以下コーヒー粕区）、籾殻を使用した慣行区の 3 処理区を設け、各区に一定量の鶏糞を混和した後、アンモニアガスの発生量を経時的に測定した。測定は混和直後から開始し、4 週間にわたり定期的にガス濃度を記録した。アンモニアは鶏舎臭気の主な要因であり、敷材の違いが臭気発生に及ぼす影響を把握するうえで重要な指標である。竹粉区では、混和後の初期段階において臭気軽減効果が認められた。これは竹粉が持つ多孔質構造が関連していると見られ、この構造がアンモニアを物理的に吸着したと考えられる。その結果、混和後約 1 週間にわたり、アンモニア濃度の上昇が抑制され、消臭効果が確認された（図 4）。しかし、竹粉はセルロースやリグニンなどの難分解性成分を多く含むため、微生物による分解が進むにつれて吸着能が低下し、消臭効果は徐々に低下した。一方、コーヒー粕区では、混和後 2 週間以降もアンモニア濃度の上昇が緩やかであり、長期的に臭気軽減効果が持続した。コーヒー粕は保水性が高く、タンパク質や糖類など分解しやすい有機物を多く含むため、微生物が活発に活動しやすい環境が維持され、この微生物活動の持続がアンモニアの発生を抑制し、長期的な臭気軽減につながったと考えられる。以上のことから、竹粉は初期の臭気抑制に優れ、コーヒー粕は持続的な臭気軽減に寄与するという、両資材の特性の違いが明確となった。

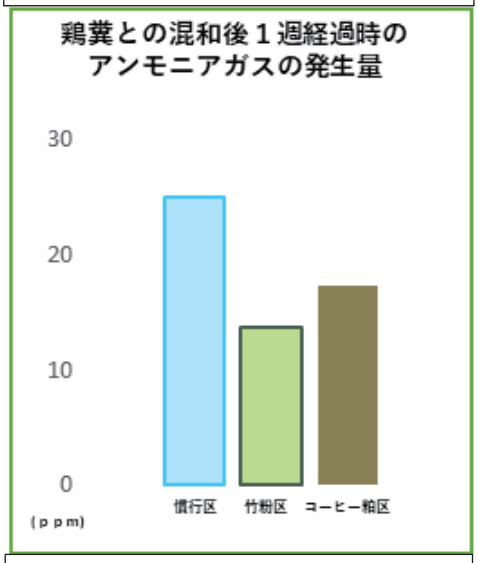


図 4．アンモニアガス発生量の比較

2－2　異なる敷材を用いた堆肥製造試験

図 5．堆肥撹拌作業の様子

前述の臭気軽減試験で使用したサンプルを用い、敷材の違いが堆肥化の進行に及ぼす影響を明らかにするため、堆肥化試験を実施した。各処理区のサンプルは専用容器に収容し、発酵を促進する目的で定期的に攪拌を行った（図 5）。その結果、無処理区では温度上昇がほとんど見られず、堆肥化が十分に進行しなかった。これに対し、竹粉区では試験開始後に一時的な温度上昇が確認され、初期段階では発酵が進んだ。しかし、途中から温度が低下し、最終的には発酵が停滞した。竹粉はセルロースやリグニンなど難分解性成分を多く含むため、微生物が利用できる有機物が減少しやすいことに加え、保水性が低く発酵に必要な水分が保持されにくいことが、発酵停滞の要因と考えられた。一方、コーヒー粕区では発酵温度が安定して上昇し、試験期間を通して発酵が継続した。コーヒー粕は糖類やタンパク質など分解しやすい有機物を多く含み、微生物にとって利用しやすい栄養源が豊富である。また、保水性が高いため発酵に適した環境が維持されやすく、微生物活動が持続したと考えられる。その結果、コーヒー粕区では最後まで発酵が進み、堆肥化が完了した。以上のことから、敷材としての性質が堆肥化の進行に大きく影響し、特にコーヒー抽出残渣は堆肥化を促進する資材として有効であることが示された。

２－３　堆肥化資材の土壌施用による植物栽培試験

堆肥の肥料効果を検証するため、ラディッシュ、コマツナ、リーフレタスを供試作物として室内栽培試験を行った。根の生育を観察しやすいよう透明なプラカップを用い、肥料成分を含まない土壌に、化成肥料のみを施肥した対照区と、化成肥料の 30%を堆肥で代替した 2 つの試験区を設けた。試験区には、コーヒー粕由来の堆肥を用いたコーヒー粕区と、竹粉敷料を鶏糞堆肥と混合した資材を用いた竹粉区を設定し、播種後の発芽率および初期生育を比較した。発芽率はいずれの試験区も対照区と差がなく、土壌施用による発芽抑制の懸念は見られなかった。さらに、播種後 2 週間の生育状況を比較すると、草丈、葉長、展開葉数のいずれにおいても試験区が対照区と同等以上の値を示し、特に竹粉と鶏糞堆肥を混合した区では良好な生育が確認された（図 6）。透明なプラカップを用いたことで根の広がりを目視で確認することができ、測定値においても竹粉区の根長が対照区を上回る結果が得られた（図 7）。

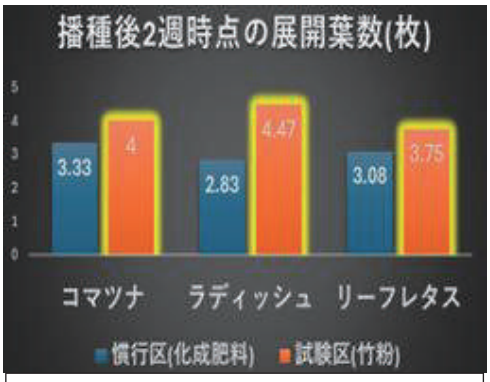


図 6. 竹粉の施用による初期生育の比較

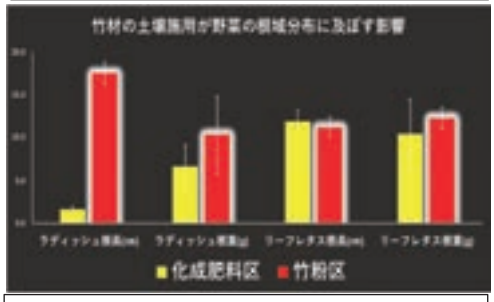


図 7. 竹粉の施用による根域分布の比較

この生育向上の要因として、竹粉と鶏糞堆肥を混合することで C/N 比が適正化され、微生物活動が安定したことが挙げられる。また、土壌内の EC（電気伝導度）が化成肥料区より低く抑えられたことで、根が過度な塩類ストレスを受けず、伸長しやすい環境が維持されたと考えられる。これらの結果から、竹粉を鶏糞堆肥と組み合わせることで、土壌改良材としての機能が高まり、初期生育を促進する効果があることが示唆された。

２－４　情報発信および普及活動

研究成果を地域産業へ普及するため、三重県庁畜産課と協議を重ね、竹粉を活用した飼料化及び敷料利用の試験的導入を地域の養鶏農家で進めてきた。竹粉は放置竹林の間伐材を有効活用できるだけでなく、飼料として給与した際に生産性や経済性の面で一定の効果が確認されており、地域資源を循環させる取組として行政からも高い関心が寄せられている。また、敷料として利用した後の竹粉を鶏糞堆肥と混合し、土壌改良材として再利用する試みについても、作物の初期生育を改善する結果が得られたことから、農家に対してその有効性を説明し、導入に向けた理解促進を図っている。

図 8. イベントで活動内容を普及

さらに、研究成果を広く社会へ発信するため、SDGs AICHI EXPO をはじめとする各種イベントに出展し（図 8）、竹粉の飼料化、敷料利用、堆肥化という一連の循環モデルを来場者に紹介してきた。イベントでは、竹粉を用いた飼料の特徴や、敷料利用後に得られる堆肥の土壌改良効果をパネルや実物展示で示し、地域資源がどのように循環し、農業生産に還元されるのかを伝えた。また、地域のコーヒーストアと連携した店頭イベントでは、コーヒー抽出残渣の循環利用とあわせて、竹粉の飼料化や堆肥化の取組を紹介し、消費者が日常生活の中で資源循環を意識するきっかけづくりにもつながった。このように、行政・農家・企業・消費者を巻き込んだ普及活動を通じて、竹粉の飼料としての可能性や、敷料利用後の堆肥を土壌改良材として活用する循環モデルの有効性を多方面へ発信し、地域全体で支える持続可能な農業の実現に向けた基盤づくりを進めている。

3　まとめ

本研究では、地域に眠る未利用資源である竹粉とコーヒー抽出残渣を活用し、鶏舎の臭気軽減、敷料利用後の堆肥化、さらにその堆肥を用いた作物生育の改善という、一連の資源循環モデルの可能性を明らかにした。竹粉は飼料としての活用に加え、敷料として即効的な臭気抑制効果を示し、コーヒー粕は堆肥化を促進する資材として有効であることが確認された。これらを組み合わせることで、畜産環境の改善と資源循環を同時に実現できる点は、本研究の大きな成果である。

今後は、室内試験で得られた成果を圃場レベルで検証し、収量や品質への影響を明らかにする必要がある。特に、竹粉とコーヒー粕を組み合わせた敷料・堆肥化モデルを農家が実際に利用できる形へと発展させ、地域の畜産現場で持続的に運用できる施肥体系の確立を目指す。また、行政機関や地域企業との連携をさらに深め、教育現場から地域社会へと広がる資源循環モデルを構築し、地域全体で支える持続可能な農業の実現に貢献していきたい。

本研究に関わるすべての人にとって、この取組が未来へつながる「みのりある活動」となるよう、今後も継続して研究と普及を進めていく。

謝　辞

本研究の遂行にあたり、ご協力いただいたすべての皆様に深く感謝申し上げます。朝日町役場の皆様には現場導入に向けた助言を、地域の養鶏農家の皆様には試験実施へのご理解とご協力をいただきました。また、コーヒー抽出残渣の提供や普及活動においてご支援いただいた地域企業の皆様にも心より御礼申し上げます。さらに、本研究は公益財団法人中谷財団の研究助成により実施することができました。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

1．農研機構（2016）『堆肥化技術マニュアル』農業・食品産業技術総合研究機構

2．日本土壌肥料学会（2017）『土壌肥料用語事典』博友社

3．農文協（2004）『堆肥の科学』農山漁村文化協会

4．農文協（2010）『土づくり読本』農山漁村文化協会

以上

老上中　三方よし　～世間よし　琵琶湖よし　みんなよし～

－ 近江商人の精神を軸にした ESD 学習の実践－

実施担当者　草津市立老上中学校
教諭　植田　有海

1　はじめに

琵琶湖は、日本の滋賀県に位置する日本最大の淡水湖で、自然・歴史・文化の宝庫である。約 400 万年の歴史を持つ日本最古の湖であり、近畿地方の生活や産業の発展にも欠かせない自然資源である。約 1700 種の水生動植物が生息し、そのうち 60 種以上が固有種である。ラムサール条約にも登録されている湿地で、国際的にも重要な自然環境である。「Mother Lake」という愛称で親しまれ、近畿地方の水瓶として重要な役割を担っている。滋賀県が推進する独自の地域課題解決指標「MLGｓ（マザーレイクゴールズ）」により環境保全活動も進めており、地域の誇りとして守られている。この豊かな生態系を維持する上で、「ヨシ」が重要な役割を果たしている。ヨシは水質浄化や生物の生息地として機能し、琵琶湖の環境保全に貢献している。しかし、温暖化、外来種の増加、プラスチックごみの問題など、琵琶湖は多くの環境課題に直面している。また、ヨシは大阪・関西万博のヘルスケアパビリオンのトイレの天井、アースマートの茅葺屋根、ＥＸＰＯアリーナ物販棟の床材、運営スタッフ用の帽子、わたＳＨＩＧＡ輝く国スポ・障スポのプラカーダーの帽子に採用されるなど全国的にも注目を集めている。

近江商人とは、江戸時代から明治時代にかけて、現在の滋賀県近江地方を拠点に全国で商業活動を展開した商人のことを指す。彼らは地域に根ざした商売を行いながらも、京都や大阪をはじめとする都市部へ進出し、広範な商業ネットワークを築いた。近江商人の商業活動の根底には、「三方よし」という理念が存在する。「三方よし」とは、「売り手よし」「買い手よし」「世間よし」の三つの「よし」から成り立つ考え方である。この理念は、商売において関係するすべての人々が幸せになることを目指すものである。「三方よし」の精神は、現代の企業活動にも受け継がれている。企業の社会的責任（CSR）やサステナビリティの考え方は、近江商人の理念と共通する部分が多い。利益だけでなく、環境や地域社会への配慮を重視する姿勢は、持続可能な社会の実現に向けた重要な要素である。第２学年は３年計画で『老中生三方よし～世間よし　琵琶湖よし　みんなよし～』プロジェクトに取組んでいる。琵琶湖のヨシを守るために、自分たちは何ができるのか？を問いにし、このプロジェクトを通じて三年間で近江商人の精神を学び、自分たちも地域も琵琶湖もウェルビーイングになるための活動に取り組む。生徒が主体的に環境保全に関わり、地域社会の一員としての役割を果たす力を養うことを目指している。琵琶湖の環境問題やヨシの役割に焦点を当て、「ヨシの保全や利用をめぐる様々な問題の解決に向けて」をテーマに講演会を実施し、専門家の話を聞くことで、ヨシを毎年刈ることが琵琶湖の水質改善や生態系の維持に貢献すること、刈り取ったヨシが余っていること、ヨシの知名度がまだまだないこと、企業と企業をつなぐにはどうすれば良いかなど学習した。

２　ヨシの保全や利用をめぐる様々な問題の解決に向けて

２－１　学年全員でヨシ刈り

近江八幡市の西の湖でヨシ刈りを体験し、実際の環境保全活動を経験した。ヨシとオギの違いや、学年全員で協力して作業する大変さや達成感など体感した。ヨシ刈りを体験することで、琵琶湖の自然と向き合い、環境保全に対する理解を深めることができた。１年生ではただ刈り取ることが目的だったが、２年生では刈り取ったヨシを使用し卒業証書を作成するという目的をもってヨシ刈りを行った。

２－２　学年全員でヨシ簀作成

総合的な学習の時間では、「ヨシの持続可能な活用」に焦点を当て、ヨシの再利用や地域の環境問題について具体的な解決策を考えることを目的とした。

第１学年で体験したヨシ刈りをさらに発展させ、刈り取ったヨシを乾燥させてヨシ簀を作成する活動を実施した。生徒アンケートより「仲間と協力して作成する経験ができてよかった」「タイミングや紐の調整が難しかった」「完成していく過程が楽しかった」などの意見があった。

２－３　ヨシの保全利用の大切さを発信

９月 20，21 日に開催された「イナズマロック 2025 おいで～な滋賀体感ブース」に出展を行った。２日間で総勢約７００名が来場し、代表生徒 15 名がヨシや本校の取組について解説を行った。アンケート結果から、来場者はヨシに関する新たな知識を得るとともに、環境問題への関心を高める機会となった。また、本校の文化祭、草津市の老上学区で開催される地域のまつり、近江八幡観光物産協会が主催するヨシ灯り展、草津市こども環境会議、滋賀県主催の交流会や草津市長との意見交換会などに参加し、本校の取組をやヨシの保全利用について知ってもらうために発表や展示を行った。

２－４　教室の温度測定

完成したヨシ簀を教室の窓に設置し、６月２日から７月１８日までの約１か月間、１日３回、ヨシ簀のある窓際とない窓際の気温測定をおこなった。

（１）結果（２年７組　３F 東向き教室）
観測総数と時刻別内訳：全 86 点（8:30＝31 点、12:45＝32 点、15:30＝23 点）
時刻別の平均温度（ヨシ簀あり／なし）と平均差
全体平均差（全 86 点）：−6.09℃（ヨシ簀越しの方が平均で約 6℃低い）
強い冷却（−10° C）の発生回数：全体 13 回（8:30＝10 回、12:45＝2 回、15:30＝1 回）
最大冷却事例：8:30／晴／日差し「強」で −16.6℃（「６月 19 日（木）」の記録）
最小（正の）差の事例：12:45／雨／日差し「弱」で ＋2.2° C
（ヨシ簀越しの方が少し高かった：「６月 10 日（火）」の記録）
冷却が起きた割合：全体　78/86 回（約 90.1%）、時刻別：8:30　28/31 回、12:45　29/32 回、15:30　21/23 回
日差し強度別の平均差：（日差しが強いほど効果が大）
　　「強」：−9.95℃　「並」：−6.29℃　　「弱」：−3.64℃
天気別の平均差：（日差しが強いほど効果が大）
　　「晴」：−7.77℃　「くもり」：−4.12℃　「雨」：−0.26℃

（２）考察
・東向き窓に対する朝の直射日光に大きな効果があった
　8:30 の平均差（−7.89℃）と強冷却の多数（10 回）は、東向きの窓に朝の直射が強く入る条件でヨシ簀の遮光効果が最大化されたことを示す。日射に伴う窓際・壁面の蓄熱を初期から抑えたことが効いていると思われる。
・日射遮断に効果があった。
　日射遮断「強」＞「並」＞「弱」の順に冷却量が増す（−9.95、−6.29、−3.64℃）ことから、ヨシ簀の主効果は日射遮断であり、曇や雨天等での弱い日差しでは効果が小さくなる（雨では平均 −0.26℃）ことが定量的に確認された。

・午後に効果が弱まる理由
15:30 の平均差は −4.37℃で、午前より小さい。これは、東向き窓では午後に直射が弱まり、遮光優位のヨシ簀効果が相対的に低下した可能性が高いと思われる。

（3）ヨシ簀作成・設置についての生徒徒アンケートより
ヨシ簀作成、設置後、学年の生徒全員にアンケートをとった。多くの生徒が実感したのは、暑さや眩しさの軽減である。ヨシ簀の設置後は「まぶしくなくなった」「電子黒板が見やすくなった」といった意見が多く見られた。また、直射日光の遮断による効果も大きく、自然素材ならではの利点を活かすことができた。

（4）今後の課題
天気・日差し・窓開閉などの条件が日ごとに異なり、比較の精度に課題がある。条件を統一した測定が必要である。また、ヨシ簀と湿度の関係について、WBGT（暑さ指数）なども含め体感温度や快適性への影響を定量化することも必要。

3　まとめ

近江商人の精神を概念的枠組みとして位置付けた ESD 学習を実施した結果、生徒は地域の自然環境および文化資源に対する理解を深め、それらを環境課題と関連付けて捉える認知的変容が見られた。特に、ヨシを題材とした継続的な学習活動を通して、環境問題を抽象的な知識としてではなく、自身の生活や地域と結び付いた具体的課題として認識する傾向が強まった。本実践では、教員主導型の指導形態を採らず、生徒と教員が協働する「チーム老上」という学習体制を構築した。この協働的学習環境により、生徒は課題設定、情報収集、意思決定、提案活動に主体的に参画し、学習過程における自己効力感および主体的学習態度の向上が確認された。これらは、アントレプレナーシップ教育で重視される「課題発見力」「実行力」「協働性」に該当する要素であり、本実践がそれらの育成に一定の効果をもたらしたと考えられる。学習内容は、ヨシ刈り体験を皮切りに、給食メニューの提案、ヨシを活用した商品開発、地域イベントと連携した情報発信活動へと段階的に展開された。さらに、学習の成果物として生成された「ヨシ紙」を卒業証書に活用する取組を行い、学習活動を学校文化の中に定着させた。このプロセスにより、生徒はヨシを単なる素材としてではなく、価値を創出し得る対象として認識するようになった。これらの実践を通して、生徒の地域への愛着や、持続可能な地域社会の構築に主体的に関わろうとする態度の形成が促進された。令和８年２月に草津市教育委員会が実施した「総合的な学習の時間」に関するアンケート調査では、本校生徒は「郷土愛の醸成」「問題解決能力」「未来を予測して計画を立てる力」「他者と協力する態度」の各項目において、いずれも草津市平均を大きく上回る数値を示した。これらの結果から、本実践が生徒の資質・能力の育成に対して一定の教育的効果を有していたことが示唆される。

謝　辞

本事業の実施にあたり、多大なるご支援を賜りました公益財団法人中谷財団様に、心より感謝申し上げます。貴財団のご支援により、生徒たちは環境保全や地域資源の価値について、実践的かつ主体的に学ぶ貴重な機会を得ることができました。また、環境保全や地域資源の循環利用に取り組まれている特定非営利活動法人まるよしの宮尾陽介様には、専門的なご助言と温かいご指導を賜り、ヨシの保全と利活用への理解を深めることができました。ここに深く御礼申し上げます。

以上

知的探求心と問いを育てる生活科及び理科の授業デザイン

実施担当者
京都府立井手やまぶき支援学校
教諭　　上田優介
教諭　竹内美登利

1　はじめに

本校では、小学部の生活科と、中学部の理科において、学習指導要領に基づく科学的な見方・考え方の育成を図っている。本取組をとおして、論理的思考力の出発点となる「なぜ？」という問いと、身の回りの自然の仕組みやものの仕組みに対する知的好奇心、及び自ら問題に取り組む知的探求心を育成したいと考えた。

上述の目的と目標を達成するために、助成期間中、小学部生活科においては、特別支援学校学習指導要領小学部生活科「シ ものの仕組みや働き」の単元で、磁石や動力、光等を使った実験に取り組み、ものが変化することの不思議への興味や気付きを育てるとともに、比較することをとおして、ものの性質への気付きを促すといった、科学的な思考方法の出発点となる、基礎的な視点を育てるための学習を行った。

また、中学部理科においては、小学部生活科で培った力を基に、特別支援学校学習指導要領の中学部理科「C 物質・エネルギー」の単元で、物の性質、風やゴムの力の働き、光や音の性質及び電気の回路について、実験や調べ学習、相互のプレゼン発表等を行い、身の回りにある物の性質、その差異や共通点に気付き、疑問をもつ力や知的探求心を育てたいと考えた。

2　実践報告

2－1　小学部　遊びの指導「わくわく実験室」

遊びの指導「わくわく実験室」という単元を実施した。身近なものの仕組みを、遊びながら体験し気付くという単元の目標を設定した。

1次では、磁石を使い、身近な物から磁石につくもの、つかないものを実際に磁石を使って体験し分類した。その中で、磁石につくのかつかないのか予想し、実際に検証してみるというプロセスを体験することができた。

磁石につくもの＝強磁性体である金属（鉄、ニッケル等）という属性の分類は、児童の実態上困難であったが、身近な生活の中にある物（スプーン、スチール缶等）で、どのような物が磁石につくのかを実体験をとおして理解することができた。また、キットで作成した車にフェライト磁石を付け、手に持ったフェライト磁石を近付けて反発させたり、引き寄せたりして動かして遊ぶ時間を設定した。N 極、S 極同士で反発すること、NS 極では引き寄せ合うことを、遊びをとおして気付くことができた。

科学的な事象に対しても、遊びを通じて行うことで学習に向かう意欲につなげることができた。また、自由にたっぷりと体験する時間を確保することで、「なぜ」そうなるのだろうかという自己への問いかけや、「もっとこうしたらどうなるだろうか」という違う見方、アプローチに踏み出そうとする機会を作り、積み重ねることができたのではないかと考えている。

２次では、１次で使用した車を輪ゴムの張力で動かす車に変えて活動した。

本校の児童の実態から、予想して仮説を立て、結果を検証するところまでは行えなかったが、１次と同じく、夢中になって繰り返し車を動かす様子が見られた。その中で、とにかくゴムを強く引っ張って遠くまで動かすだけでなく、ゴムを弱く引っ張って自分に近い位置に貼られたラインを目掛けて動かし始める児童が現れ始めた。「車を様々な方法で動かして遊ぶ」という自由な遊びの中で、ゴムを引く力によって動く距離が変わることを感覚的に、自ら気付くことができたことが大きな成果だと考える。

本単元「わくわく実験室」をとおして、児童は身近な事象に対する「予想・検証」のプロセスを、遊びの中で自然に経験することができた。　１ 次では磁石の引き合う・反発し合う性質を車の動きに転化させ、２次ではゴムの張力の加減によって移動距離を調整する姿が見られた。

特筆すべきは、指導者側が教え込むのではなく、自由な試行錯誤の時間を確保したことで、児童が自ら目的に合わせて動きをコントロールし始めた点であると考える。また、科学的な事象に対して、最初は「受動的な楽しさ」が中心であったが、活動が進むにつれ、「意図的な操作」を行って遊ぶ児童が増えた点も印象的であった。

科学的な概念の厳密な理解には至らずとも、「こうすれば、こうなる」という実感を伴う気付きは、探究心の原体験として非常に価値が高いと思われる。今後もこうした「遊び＝学び」の連続性を大切にし、児童の「なぜ？」「もっとやりたい」を引き出す環境構成を工夫していきたい。

２－２　中学部　生活単元学習「光と音の不思議―IDE ラボ―」

本単元では、中学部の生徒の実態を踏まえ、身近な現象を手がかりに「光と音の不思議」をテーマとして探究を深めることをねらいとした。生徒が興味を持ちやすい視覚的・聴覚的な現象を中心に据え、実際に見て触れて確かめる活動を多く取り入れることで、理解の定着と学習への意欲向上を図った。また、活動の見通しを持ちやすいように、写真やイラストを用いた説明、手順の提示、個別の支援を行いながら授業を進めた。

1 次では光の性質を中心に扱い、導入として「光は曲がるのか」「鏡に映る像はどう見えるのか」といった問いかけを行い、生徒の興味や予想を引き出した。抽象的な概念をいきなり理解することは難しいため、まずは実際に光を見て確かめる体験を重視した。

光の反射の実験では、鏡に光を当て、光がどのように跳ね返るかを観察した。生徒は光の筋が動く様子に関心を示し、入射角と反射角の関係に気付く生徒も見られた。

続いて、レンズや水槽を用いた屈折の実験では、光が水やレンズを通ると曲がる様子を観察した。光の進路が変わる瞬間を見て「曲がった」「太く見える」などの気付きが生徒から自然に生まれ、光の性質を体験的に理解することができた。

さらに光の三原色の学習では、赤・緑・青の光を組み合わせる実験を行い、色が変化する様子を楽しみながら観察した。生徒は「赤と緑で黄色になる」「全部混ぜると白くなる」など、結果を自分の言葉で表現し、テレビやスマートフォンの画面がこの仕組みを利用していることにも気付くことができた。視覚的な変化が大きいため、生徒の集中が続きやすく、学習への意欲が高まった。

2 次では音の性質を扱い、「音は水の中でも聞こえるのか」「音は何の揺れなのか」といった問いをもとに学習を開始した。音は生徒にとって身近で理解しやすい題材であるため、実際に音を聞き比べる活動を中心に授業を構成した。

水槽にベルを入れて鳴らす実験では、空気中と水中での聞こえ方の違いを比較した。生徒は耳を近づけたり、水槽に手を当てて振動を感じたりしながら、音が空気だけでなく水中でも伝わることを体験的に理解した。「水の中の方が響く感じがする」「音が近くに聞こえる」など、感覚的な気付きを言葉で表現する姿が見られた。

また、音が物質の振動であることを理解するために、音の実験機器や太鼓を使って振動の様子を観察した。目で見える揺れと耳で聞こえる音を結び付けることで、音の正体をより深く捉えることができた。

本単元を通して、生徒は光と音という身近で興味を引きやすい現象を、実験を通して体験的に理解することができた。視覚的・聴覚的な変化が大きい活動を多く取り入れたことで、生徒は学習に主体的に参加し、自分の気付きを言葉や図で表現する姿が見られた。光の反射・屈折・三原色の学習では、現象の変化を楽しみながら理解を深め、日常生活と技術とのつながりにも気付くことができた。音の学習では、空気や水など物質による伝わり方の違いを体験し、音が「物質の振動」であるという本質的な理解に到達した。

特別支援学校の生徒にとって、実際に見て触れて確かめる学習は理解を深めるうえで非常に有効であり、本単元でもその効果が大きく表れた。生徒は、現象を「不思議」で終わらせず、理由を探り、科学的に捉えようとする姿勢を身に付けている。今後の理科学習においても、この探究的な姿勢をさらに発展させ、身の回りの現象を主体的に理解しようとする力を伸ばしていきたい。

3　まとめ

知的障害のある児童生徒は、障害や学習の特性上、様々な生活経験が不足していたり、抽象的な思考に困難さがあったり、実験・観察などの論理的な思考を踏む学習活動の経験が少なかったりする。そのため、実際的な生活上の課題に沿った活動や、「試す」「比較する」といった具体的な操作をとおして指導を展開することが肝要である。

また、興味・関心や得意な面に着目し、達成感や自己肯定感等、成功経験を積み重ねながら意欲的な活動が展開できるようにすることも大切である。本取組では、例えば風の大きさやゴ

ムの長さを変えると、物が動く様子も変わることに気付きを促すために、おもちゃ作りをとおして楽しみながら自然にものの仕組みや働きに気付く経験を積めるよう工夫したり、調べ学習やプレゼン発表等の具体的な活動をとおして、主体的な活動を促したりする活動を設定した。それらをとおして、児童生徒の興味関心や意欲を重視しながら、身の回りのあるものの仕組みに関心をもったり、「なぜだろう？」と考える問題解決的思考を高めたりすることができると考える。「なぜだろう？」と考え、自分なりの答えを見つけようとするプロセスそのものが、「自分は環境を変えられる存在である」という確信を育み、それが結果として、誰かに決められた生活ではなく、自ら選び取る生活＝主体的な生活へとつながっていくと考える。

障害のある児童生徒が、科学的な事象を体験的に学ぶ中に、将来の自立や社会参加、生活の質の向上につながる教育的価値が十分に内包されているということを、本取組をとおして改めて考える機会とすることができた。

謝　辞

今回、本校の「知的探求心と問いを育てる生活科及び理科の授業デザイン」の実施にあたり、公益財団法人中谷財団様より、科学教育振興助成として多大なる御支援を賜りましたことに、心より厚く御礼申し上げます。

いただいた助成金により、従来の設備では困難であった音の実験用スピーカーや音の波形観察実験器をはじめとする教材や図書を導入することが可能となりました。また、児童生徒が自らの手で現象を確かめ、目を輝かせながら探究する姿は、本校の理科教育の推進、さらには障害のある児童生徒が、科学的な事象に対する学びを深めることの意義について再確認できる大きな一歩となりました。

今回の御支援が、子どもたちの科学への好奇心を育む貴重な機会となりましたことを深く感謝し、本報告書をもって御礼に代えさせていただきます。

参考文献

特別支援学校幼稚部教育要領　小学部・中学部学習指導要領
NHK for School　「はね返された光の通り道は」
NHK for School　「光の決まりは」
NHK for School　「屈折を利用すると？」
子ども工作レシピ https://kodomowork.com/toys/magnet-car/

地域の花「アジサイ」の栽培活動を軸とした探究活動

～めざせスマート農業！水耕栽培の挑戦～

実施担当者　木津川市立泉川中学校
教諭　田島　寛之

1　はじめに

本校は京都府南部の木津川市に位置しており、旧加茂町ではアジサイが町花として親しまれてきた。地域には「あじさいホール」や「アジサイ寺」として知られる岩船寺があり、校区内の広場や通学路沿いにも多くのアジサイが植えられている。このような地域の特色を生かし、本校では、ふるさと学習の題材としてアジサイを取り上げてきた。

令和４年度から、岩船寺の協力を得て剪定枝を提供していただき、挿し木による苗づくりや、京都府立木津高等学校システム園芸科との連携授業など、地域学習と理科学習を組み合わせた実践を継続している。昨年度は、水に挿しておいた挿し穂から白い根が伸びている様子をきっかけに、水耕栽培への関心が高まった。

今年度は、その気づきを発展させ、「めざせスマート農業！水耕栽培の挑戦」をテーマとして位置付けた。理科の授業では、ルーペやデジタル顕微鏡を用いてアジサイの花や葉のつくりを観察し、植物を科学的に見る視点を養った。そのうえで、発泡スチロールに挿し穂をさして水に浮かべたものや、循環ポンプを用いて水が循環する水耕栽培装置などを自作し、土壌栽培との違いや課題を検証した。また、文化発表会や地域行事での発表を通して、学んだことを広く発信するとともに、「地域の花を未来につなぐ」という意識の醸成もめざした。

2　取組内容

2－1　アジサイを学ぶ取組

（1）岩船寺見学

本校からバスで約 10 分の場所にある岩船寺は、「花の寺」として親しまれており、６月上旬から７月上旬の見頃には、多数のアジサイが美しく咲き誇る。生徒たちは実際に岩船寺を訪れ、さまざまなアジサイを観察し、写真撮影も行った。また、住職の方から寺の歴史や地域とのつながりについて話を伺った。地域に根付いた花としてのアジサイを実感し、興味・関心を高めることができた。

（2）「アジサイ」に関わる講話

岩船寺見学の後には、アジサイに関する講話を行った。講話では、京都府立木津高等学校システム園芸科の辻和香奈先生を招き、アジサイの特徴や種類、挿し木による増やし方、育てる際の基本的なポイントなどについて学んだ。

地域で実際に見たアジサイについて振り返りながら話を聞くことで、生徒はこれから始まる栽培活動への見通しをもつことができた。

（3）アジサイ観察（顕微鏡による観察）

理科の学習では、実際に咲いたアジサイを教材として活用し、ルーペやデジタル顕微鏡で観察を行った。ガクアジサイとホンアジサイを比べながら、花に見える部分が装飾花であることや、中央部にある小さな両性花のつくりなどを確認した。また、葉の表と裏も観察し、葉脈や表面の違いにも着目した。身近な植物であるアジサイにも細かな構造の違いがあることに気づき、生徒は植物を科学的に見る視点を養うことができた。

（4）アジサイレポートの作成

岩船寺見学、アジサイ観察、アジサイ講話、挿し木活動を経験した後、学習のまとめとしてアジサイに関するレポートを作成した。各自がアジサイについて興味をもったことを整理し、見学や観察、講話、実際の栽培活動で得た知識と結び付けながらまとめる活動とした。内容は多様で、挿し木の方法を工程ごとに整理してまとめる生徒、アジサイの品種に関心をもち特徴を調べる生徒、なぜ花の色が変わるのかという疑問をもとに探究し、自分なりの考察を加える生徒も見られた。学習内容を自分自身の問いに落とし込み、自分の言葉で整理することで、理解の定着を図るとともに、次の探究への意欲につなげることができた。

２－２　アジサイを育てる取組

（1）アジサイの挿し木作業

岩船寺より剪定されたアジサイの枝を挿し穂としていただき、生徒たちが挿し木作業を行った。挿し木では、バーミキュライトとパーライトを混ぜて用土をつくり、芽のある節の位置を意識しながら挿し穂を準備した。葉は水分の蒸散を抑えるために一部を切り、発根促進剤をつけた上で挿し床に丁寧に挿した。１つの班で多数の挿し木を行い、学年全体として多くの苗づくりに取り組むことができた。

また、昨年度に挿し木を経験した２年生もアドバイザーとして参加し、１年生に作業の仕方を教えながら活動した。さらに、木津高等学校の辻先生にも参加していただき、専門的な助言を受けながら作業を進めることができた。活動の様子は、ケーブルテレビ KCN 京都にも取材され、地域に向けて発信された。自分たちの取組が地域に紹介されることで、生徒にとっても意欲を高める機会となった。

（２）アジサイの栽培・観察

挿し木後の苗は、土壌栽培に加えて水耕栽培でも育て、その違いを比較した。水耕栽培では、発泡スチロールに挿し穂をさして水に浮かべる方法と、循環ポンプを用いて水が循環する装置を自作し、身近な材料を使った栽培方法に挑戦した。特に、発泡スチロールを用いた方法では、土を必要とせず経済的であるうえ、生育にもかなり成果が見られ、簡易な方法でも十分に育てられる可能性が示された。また、iPad のタイムラプス機能を活用して、つぼみがふくらみ、花が開いていく過程を長時間にわたって記録し、開花の変化を視覚的に捉えた。

一方、水が循環する水耕栽培装置では、苗が腐ってしまうものが多く見られた。光量の違いや設置場所、気温、水温など、複数の条件が影響した可能性が考えられるが、原因を特定するには至っていない。この結果から、水耕栽培といっても方法によって生育に大きな差が見られることが分かり、装置の構造や管理条件を工夫しながら、より安定した育成方法を探る必要があることが明らかになった。

（３）アジサイの植栽活動

育てた苗の一部は校内へ植え替えを行い、昇降口前など生徒の目に触れやすい場所に植栽した。植え替えにあたっては、土壌の状態や日当たり、水はけなどに配慮しながら作業を進めた。自分たちが育てたあじさいを校内に植えることで、日常の学校生活の中で成長の様子を身近に感じられるようにした。

一方で、夏季の厳しい暑さの中では、植え替えた苗がしおれたり、生育が弱ったりする様子も見られ、高温があじさいにとって大きなストレスとなることを実感した。こうした経験を通して、植物の成長には水や土だけでなく、気温などの環境条件も大きく影響することを学ぶ機会となった。

２－３　アジサイを発信する取組

アジサイの栽培活動を学校内外に広く発信するため、さまざまな発表の機会を設けた。まず、９月の文化発表会では、ふるさと学習の一環として、アジサイの育成活動を展示形式で紹介した。岩船寺見学や挿し木活動、水耕栽培の様子が分かる写真、育成の経過、実際に用いた装置や育っ

た苗などを展示し、来場者に活動の流れが伝わるよう工夫した。

また、地域行事である「かもまつり」では、代表生徒がステージ発表を行い、アジサイの取組について地域の方々に紹介した。岩船寺とのつながり、挿し木や水耕栽培への挑戦、今年の酷暑の中で見えてきた課題などを自分たちの言葉で伝えることができた。発表後には地域の方から質問や感想をいただき、生徒は自分たちの活動が地域と結び付いていることを実感した。

これらの活動を通して、アジサイの魅力を広めるとともに、学習の成果を地域へ発信することができた。また、育てて終わるのではなく、学んだことを他者に伝える経験を通して、「地域の花を未来につなぐ」という意識を高めることにもつながった。

3　まとめ

本研究では、地域の花であるアジサイを題材として、挿し木による苗づくり、顕微鏡による観察、水耕栽培の実践、そして学校内外への発信活動を組み合わせた探究的な学習に取り組んだ。地域の花を自分たちで学び、育て、伝える一連の活動を通して、理科の学習と地域とのつながりを実感しながら学びを深めることができた。

また、水耕栽培に挑戦したことで、土を使わない栽培方法の可能性と課題の両方が明らかになった。特に、発泡スチロールを用いた方法では成果が見られ、身近な材料を活用した経済的な栽培方法としての有効性が示された。一方で、水が循環する装置では苗が腐ってしまうものも多く、方法や条件の違いによって生育に差が生じることも分かった。こうした経験は、より安定した栽培方法を考えるうえで大きな学びとなった。

さらに、今年度の実践を通して、アジサイの生育には水や土だけでなく、気温などの環境条件も大きく関わることが明らかになった。特に、夏季の厳しい暑さの中で苗が弱ったり枯れたりする様子から、高温がアジサイにとって大きなストレスとなることを実感した。

今後は、今年度の実践で明らかになった課題を踏まえ、温度や水温、光量などの環境要因を継続的に記録しながら、より科学的な検証を進めていきたい。あわせて、今年の酷暑で多くの株が弱ったり枯れたりした経験から、「高温という逆境の中でも植物が生き抜く手立てはないか」という問いが生まれた。そこで、理化学研究所の研究で報告されている、低濃度エタノール処理による植物の高温耐性強化に関する成果に着目し、これをアジサイの栽培に応用できないか検討している。来年度以降は、水耕栽培による省力化に加えて、高温耐性の強化という視点も取り入れながら、地域の花を未来へ受け継ぐ探究的な学びをさらに発展させていきたい。

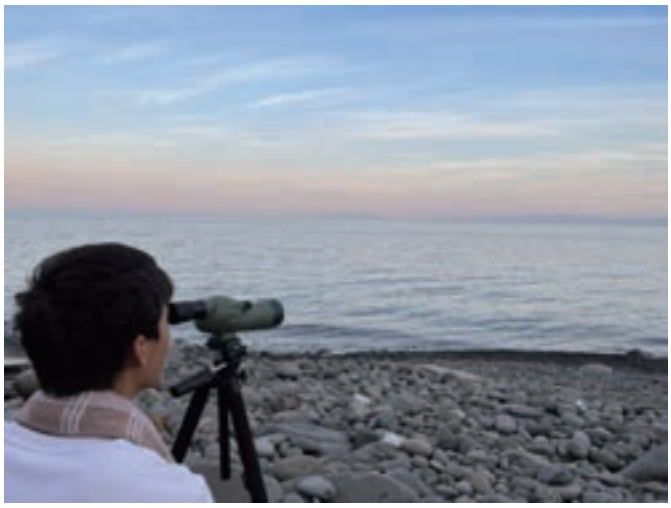
謝　辞

本研究を進めるにあたり、公益財団法人中谷財団より科学教育振興助成を賜りましたことに、心より感謝申し上げます。助成により、観察機器や栽培資材を整備し、生徒がアジサイを題材として探究的に学ぶ環境を充実させることができました。

また、アジサイの剪定枝をご提供いただいた岩船寺の皆様、ご講話や挿し木活動でご指導いただいた京都府立木津高等学校システム園芸科の辻和香奈先生、活動の様子を取材し地域へ発信してくださった KCN 京都の皆様に厚く御礼申し上げます。

今後も、本研究で得られた学びを生かし、地域の花であるアジサイを通して、生徒の探究的な学びをさらに深めていきたいと考えております。

京都府舞鶴市冠島(無人島)のオオミズナギドリ調査を通した地域協働型探究学習と生徒による主体的な普及啓発活動



実施担当者　京都府立西舞鶴高等学校
教諭　本藤　聡仁

1　はじめに

京都府の鳥であるオオミズナギドリは、舞鶴市冠島(天然記念物)に生息し、地域の特色を活かした探究活動において極めて教育効果の高い環境資源である。しかしながら、その知名度や重要性の認知度は低く、また冠島特有の「鳥まわり」行動など、未だ解明されていない現象が多く存在している。[1)、2)]

本校理数探究科では、設置以来 19 年間にわたり冠島調査研究会に同行し、鳥類標識調査の補助活動を継続して行ってきた。本取組では、これまでの蓄積を活かし、地域に根ざした探究活動を実施し、その成果で学術分野と地域社会に貢献することを通して、生徒の科学的に探究する力を養うと同時に、地域に対する愛着と次世代の環境を担う責任感を醸成することを目的とした。

本年度は理数探究科１、２年生の中から活動参加希望者を募り、春と夏に冠島で野営を伴う調査を実施した。生徒たちはオオミズナギドリの日周行動調査、データ分析、発表、小中学生を対象とした普及啓発活動に主体的に取り組み、科学的探究力と地域貢献への意識を大きく高めることができた。

2　活動の概要と成果

2－1　事前学習

４月に、本校を会場としてプロジェクトチーム結成と事前学習を実施した。参加生徒 10 名は、冠島調査研究会会長の須川恒氏、副会長の狩野清貴氏の助言を受けながら、文献や先輩の発表資料を元にこれまでの学術研究や本校での活動を理解し、調査の計画を立てた。

事前学習では、オオミズナギドリの生態、冠島の環境、「鳥まわり」と呼ばれる特有の行動について学習した。また、調査手法の習得として、個体数カウント方法、標識調査の補助手順などを確認した。生徒たちは調査の意義と方法について理解を深め、自らの研究課題を設定することができた。加えて無人島である冠島へ上陸することの意味、またその調査の意義についても深く考えるような時間を設け、野営の際の留意事項や生活面の工夫、冠島の生態系に全般に関する知識と環境面への負担軽減についても学習した。

２－２　調査

図１　ヒナの捕獲と体重測定
巣穴に入っているオオミズナギドリのヒナを
捕獲し、体重測定を行っている。

５月に２泊３日の予定で冠島での春季調査を計画した。無人島である冠島でのキャンプを通した調査は過酷であったが、野営用品や調査用具を駆使して、体力的にも厳しいフィールドでの調査を経験することができた。渡船業者による復路が高波のため接岸することが難しく、調査母体となる冠島調査研究会と同じ３泊４日の日程での調査となった。フィールドでの調査は自然条件により予定通り進まないこともあるということを実感する機会となった。調査前から延泊の可能性を見越して必要な水や食料を準備していたため大きな混乱はなく、予定より１日長く調査活動を実施することができた。

調査は冠島調査研究会副会長の狩野清貴氏(鳥類標識調査員)や環境省職員の指導・立ち会いのもとで行い、繁殖活動への影響を最小限に抑えた方法を採用した。また、舞鶴市と冠島調査研究会と連携しながら、天然記念物である冠島への上陸や、オオミズナギドリの捕獲のための鳥獣捕獲許可について、文化庁と環境省から許可を得て実施した。

調査内容：
・鳥まわり個体数のカウント
・島内の区画内の目撃個体数カウント
・鳥類標識調査の補助
・冠島からの飛び立ち個体の個体数カウント

図２　オオミズナギドリの成鳥
帰島後のオオミズナギドリを捕獲し、
標識調査を実施している。

生徒たちは夕暮れ前後にかけて、帰島するオオミズナギドリの「鳥まわり」行動を観察し、個体数をカウントした。この特異な行動は冠島特有の現象であり、その要因については未解明な部分が多い。５分おきに１分間カウントすることでデータを取得し、その個体数の多さに圧倒され、同時に行動の意味について深く考えることとなった。

８月には３泊４日の日程で夏季調査を実施した。春季調査と同様に、鳥まわり個体数カウント、標識調査補助を行った。夏季は繁殖期の後半にあたり、ヒナの状況も観察することができた。

２回の調査を通じて、生徒たちは季節による行動パターンの違いを比較することができ、より深い考察が可能となった。また、野営を伴う調査活動は、生徒たちの協働性や課題解決能力を大きく高める機会となった。

２－３　データ分析と役割分担(６～７月)

調査後、「理数探究」の授業と連動する形で、データ収集・分析を担当するアナライザーと、普及啓発活動を担当するキュレーターの役割に分かれて活動を展開した。

アナライザーの活動：

アナライザーを担当する生徒は、オオミズナギドリの日周行動調査データの収集・解析を行った。理数探究の授業で学ぶデータサイエンスの手法を活用し、日周行動の分析に挑んだ。これらの活動では、福知山公立大学の指導を受けながら、先端技術の活用方法を主体的に学んだ。

具体的には、鳥まわり個体数と気象条件(照度、風速、気温等)との関係性の分析、AI による個体識別の可能性の検討などを行った。データ分析を通じて、生徒たちは論理的思考力や問題解決能力を培うことができた。

キュレーターの活動：

キュレーターを担当する生徒は、調査で得られた知見を地域社会に還元するため、小中学生向けの体験プログラムを開発した。特に生徒が主体となって教材をデザインして作成し、ゲーミフィケーションを活用した体験型学習プログラムを開発した。

開発した教材には、ペーパークラフトを利用したオオミズナギドリ帽子、冠島や地域の鳥類生態系を学ぶ模擬野鳥観察、オオミズナギドリの生活史を体験できる展示などが含まれる。これらの教材は、小学生でも親しみやすく、楽しみながら環境保全の重要性を学べるよう工夫がなされた。

２－４　普及啓発活動と発表

５月には、地域の小学校（大浦小学校）への出前授業を実施し、高校生が講師となってオオミズナギドリの生態や保護活動の重要性を分かりやすく伝えた。

きょうと☆いきものフェス in うみほし（京都府立丹後海と星の見える丘公園）へ参加し、冠島調査研究会とともにブース展示を行い、地元の方々と交流し、情報交換を行った。

７月には、若狭高校主催「国際研究交流会 第 13 回 Wakasa International Science Forum」へ参加し、英語での発表や交流を行った。

９月には、きょうと☆いきものフェス 2025 in 京都府立植物園（京都府立植物園）に参加し、「京都府舞鶴市冠島のオオミズナギドリの日周行動について」というタイトルでの発表を行った。また、冠島調査研究会によるワークショップの補助員として生徒が活躍した。

10 月には西高サイエンス・デイを主催し、高校生講師による小学生対象の普及啓発活動を行った。参加した小学生と保護者は 20 名で、オオミズナギドリの生態について学び、ペーパークラフト制作やゲーム型学習プログラムを体験した。高校生は、小学生の興味を引き出すために、クイズや実演を交えるなど、工夫した発表を行った。

各イベントに参加した一般の方々や小中学生からは「オオミズナギドリのことを初めて知った」「冠島に行ってみたい」といった感想が寄せられ、身近な自然環境への興味・関心を高めることができた。高校生にとっても、年齢の異なる対象者にわかりやすく伝える経験を通じ、プレゼンテーション能力とコミュニケーション力が大きく向上した。また、得られた学術的なデータや分析結果について、専門家からのフィードバックを受けることで、生徒たちは活動を俯瞰的に捉え、次年度以降の改善につなげる視点を得ることができた。

３　まとめ

本取組を通じて、高校生は科学的な調査手法の習得だけでなく、データサイエンスや AI など先端技術を活用する力を身につけることができた。調査データの分析や考察を通じて、論理的思考力や問題解決能力が培われると同時に、オオミズナギドリの未知の生態の解明の一端を担う学術的価値を生み出すことができた。

普及啓発活動の企画・実践では、高校生が講師となって小中学生に指導する経験を通じ、企画

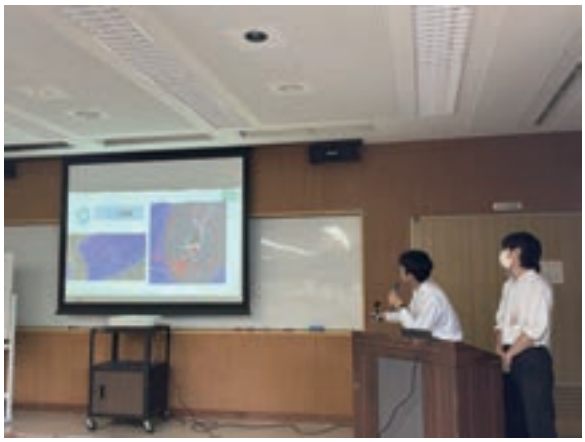


図３　きょうと☆いきものフェスでの発表
９月に開催されたきょうと☆いきものフェスで一般の方々、専門家の方々を前に調査について発表した。

力、プレゼンテーション能力、コミュニケーション力が大きく向上した。さらに、地域の自然環境保護における自分たちの役割を実感することで、環境保全への当事者意識が醸成された。

参加した小中学生にとっては、身近な自然環境への興味・関心が高まり、科学的な探究活動への意欲が喚起された。また、高校生の姿から、主体的に環境保全に関わる次世代のロールモデルを見出すことができた。

京都府の鳥オオミズナギドリは、生態系において重要な鳥である一方で、その繁殖様式により人間との共存が難しく、市民にはその存在が浸透しにくいという課題を抱えている。本活動は、高校生が冠島とオオミズナギドリの重要性を顕在化させ、地域社会における自然保護意識や身近な自然の存在を訴える契機となった。

図４　オオミズナギドリ普及啓発ワークショップ
冠島調査研究会によるワークショップの
補助を行っている。

今後も本活動を継続し、科学的なデータに基づく鳥類生態の解明と、地域における環境教育の充実を目指すとともに、地域全体で持続可能な環境保護活動を担う人材育成の好循環を生み出していきたい。そして、生徒が身近な自然を対象とした調査が地球規模の環境問題とつながっていることを認識し、持続可能な社会の構築を担う科学技術人材としての責任感を育成していけるよう尽力していきたい。

謝　辞

本調査で生徒への御指導をいただいた冠島調査研究会会長の須川恒先生、副会長の狩野清貴先生をはじめ、福知山公立大学の関係者、環境省職員の皆さまに深く感謝する。また、調査の実施にあたり、快く協力してくださった舞鶴市および地元の方々に心から感謝する。最後に、本調査を経済的に支援してくださった公益財団法人中谷財団様に心から謝意を表する。

参考文献

1)　丹信實（1977）オオミズナギドリと冠島．天声社、亀岡市.
2)　吉田直敏(1962)舞鶴市冠島におけるオオミズナギドリの生態．鳥(17):83-108.

以上

京都府丹後半島の森林小流域における土壌生成に関する研究

実施担当者　京都府立嵯峨野高等学校
教諭　谷口　悟
教諭　山脇　正資

1　はじめに

森林には、水資源涵養や国土保全機能等の多面的な機能がある。森林の生物相は、土壌から直接的または間接的に恩恵を受けていることから、森林の維持管理には土壌の特徴を知ることが不可欠である。土壌の生成因子は、母材、気候、生物（人為を含む）、地形、時間の 5 つであるが、本研究では、人為的な活動が森林における土壌生成に与える影響について明らかにすることを目的とした。

2　方法

調査は、2025 年 7 月に、日本海気候に属する京都府立丹後海と星の見える丘公園（京都府宮津市字里波見）内の波見川水系の二次支川の小流域で実施した。総面積は 8918 m^2、標高は約 108 - 151 m である。尾根上部から小流域最下部に側線を引き、中間点から垂直に側線を設定後、平面測量を行った。目視調査の後、代表的な地点において、土壌断面調査（改訂新版土壌調査ハンドブック，日本ペドロジー学会編に準拠）を実施し、土壌分類には包括的土壌分類第 1 次試案を採用した。また、土壌断面周辺において、長谷川式土壌貫入計(H-60, ダイトウテクノグリーン株式会社)を用いた。これは深さ 60cm 程度までの土壌硬度を簡易に測定できる器具であり、土壌硬度と植物の生育の関係を求める調査等によく利用される。さらに、パーミアテスト-W（DAIKI AF-173）を用いて、不飽和現場透水性を測定した。加えて、100 mL 円筒により土壌試料を採取し、土壌生物調査（ツルグレン法）と土壌三相分布を評価した。

Fig. 1. 調査地点（京都府立丹後海と星の見える丘公園 HP より）

Fig. 2. 調査地.

3　結果と考察

事前調査（電子国土 WEB，国土地理院）の結果、調査地の谷部は 40 - 50 年前まで水田として利用されていたことがわかった。目視調査においても、平坦面と畔の痕跡が確認された。また、尾根部は高木が少なく、常緑広葉樹林への遷移過程と考えられた。昨年の調査（長濱ら， 2024）では、隣接する針葉樹の樹齢が 50 － 60 年であったことから、同時期に皆伐された可能性が示唆された。棚田跡には木本植物はほとんどなく、一部草本植物が確認されたのみであった。土壌断面調査は、小流域の尾根上部、尾根中腹、棚田跡（上部、下部）の 4 ヶ所（Fig. 3）で行った。

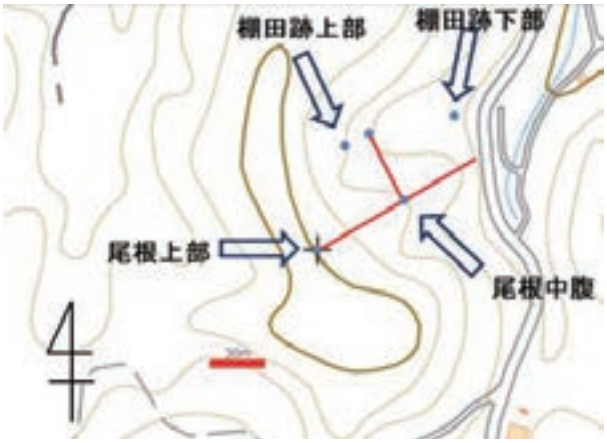


Fig. 3. 調査地（「電子国土基本図」、国土地理院 HP より）.

Fig. 4. 活動の様子.

O 層： -4 - 0 cm

A 層： 0 - 5 cm、7.5YR4/4、半湿、埴壌土、SST、SP、10

B 層： 5 - 20 cm、7.5YR4/6、半湿、埴壌土、SST、SP、8

C 層： 20 - 45+ cm、7.5YR4/6、半湿、埴壌土、SST、SP、13

Fig. 5. 土壌断面（尾根上部）.

O 層： -3 - 0 cm

A 層： 0 - 5 cm、5YR3/3、半湿、埴壌土、SST、SP、14

AC 層： 5 - 10 cm、7.5YR4/6、半湿、軽埴土、SST、P、15

C 層： 10 - 51+ cm、2.5YR4/6、半湿、軽埴土、ST、P、24

Fig. 6. 土壌断面（尾根中腹）.

Ap 層： 0 - 8 cm、2.5YR4/3、半湿、シルト質壌土、SST、SP、22

Birmn 層： 8 - 13 cm、2.5YR3/4、半湿、シルト質壌土、SST、P、24

BCirmn 層： 13 - 57+ cm、2.5YR4/6、湿、軽埴土、SST、SP、22

Fig. 7. 土壌断面（棚田跡上部）.

O 層： -2 - 0 cm

Apg 層： 0 - 13 cm、10YR3/4、湿、埴壌土、SST、SP、15

Birmn 層： 13-36 cm、7.5YR3/4、湿、重埴土、ST、P、9

Go 層： 36 - 72+ cm、2.5YR4/2、湿、重埴土、ST、P、7

Fig. 8. 土壌断面（棚田跡下部）.

土壌断面調査の結果を Fig. 5～8 に示した。

尾根上部の土壌断面調査の結果、土性は埴壌土であり、土壌は乾いていた。包括的土壌分類第 1 次試案によると岩盤質普通褐色森林土に分類された。

尾根中腹の土壌断面調査の結果、次層以深の土性は軽埴土であった。また、C 層からは 3 cm 前後の風化した円礫が確認され、礫質普通褐色森林土に分類された。

棚田跡上部は、8 cm 程度の表層が確認された。これは作土層の深さとしては浅い。近隣の棚田では、ホートン表面流の可能性が報告されていることから、棚田利用時の作土層が失われた可能性が示唆される。これは、今後の検討課題のひとつである。長きにわたり放棄された水田であるが、現在も降雨により、一時的に湛水している様子が伺えた。以上の結果から、細粒質水田化粘土集積赤黄色土に分類された。

棚田跡下部は、明確なグライ層が確認された。次層以深の土性は重埴土であった。同地点では、過去に数 m 離れた小川の水位と同じ深さから地下水グライ層が報告されている。以上の結果から、細粒質水田型停滞水グライ土に分類された。

土壌貫入試験の結果を Fig. 9 に示した。長谷川式土壌貫入試験は、土壌断面から 50 cm 程度離れた 4 ヶ所で行った。判断基準として長谷川式軟らか度（S 値, cm/drop）を用いた。林地である尾根上部と尾根中腹では、20 cm 以深において S 値が 0.7 より小さく、多くの根が侵入困難と考えられた。一方、棚田跡上部では、0 - 40 cm において、S 値が 4.0 より大きく、植物にとって低支持力と考えられた。また、棚田跡下部では、40 cm まで根系の発達に対する阻害因子はなかったものの、40 cm 以深では S 値が 0.7 を下回る層が確認され、土壌層全体が崩れる可能性が示唆された。

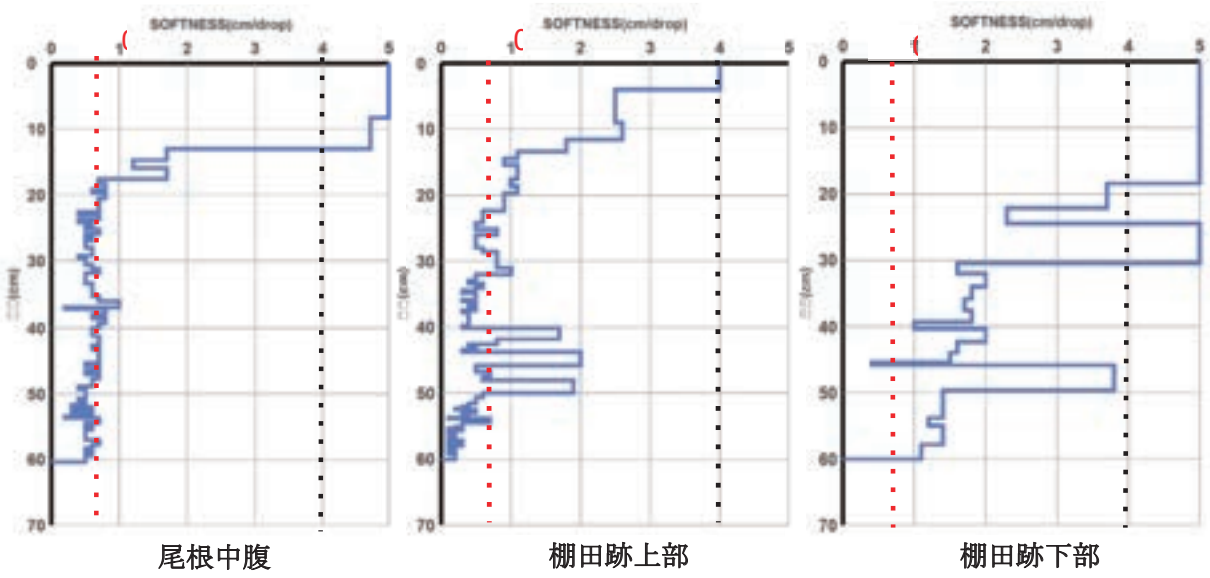


Fig. 9. ペネトロダイヤグラフ.

不飽和現場透水性は、尾根上部、尾根中腹、棚田跡上部、棚田跡下部がそれぞれ 2.7 x 10^{-2} cm/s、5.8 x 10^{-2} cm/s、7.4 x 10^{-3} cm/s、5.6 x 10^{-4} cm/s であり、それぞれ極めて良好、極めて良好、良好、やや悪いと判断された。

土壌生物調査の結果、トビムシやダニ類が一部確認されたものの、総数は少なかった。

土壌三相分布の結果、尾根上部、尾根中腹、棚田跡上部については、土壌生物や植物にとってバランスの取れた状況であることがわかった。一方で、棚田跡下部については、気相率が 5 %より小さく、一年を通して、強い還元状態にあり、土壌生物、植物にとっても生存しにくい状況であると考えられた。

4　総合考察

京都府立丹後海と星の見える丘公園は、過去 9 年間にわたり本校が集中的に調査したエリアである。

調査直近 5 日間の総雨量は 16mm であり、ある程度土壌は湿った状況と考えられ、小流域唯一の小川は水が流れている状況であった。

土壌の生成因子は、母材、気候、生物、地形、時間の 5 つである。本研究では、生物（人為を含む）と地形因子に着目し、土壌調査を進めた。小流域全体は、植林や水田など人為の影響が色濃く、

生成因子が反映された土壌が確認された。棚田下部の土壌断面近傍では、過去にも土壌断面調査を行っているが、当時は地下水が確認されたが、この際のグライ層を貫いた調査が影響し、本研究では地下水位は確認されなかったことは特記するに値する。

直近の航空写真では、林冠は概ね木本植物で覆われていた。放置された棚田は二次遷移過程ではあるものの、表層のシードバンクがあまり機能せず、下層は強い還元状態であるため、二次遷移は進みにくい状況と考えられた。土壌の pH や電気伝導度などの化学分析が必要であろう。

本研究の調査地の近隣には、皆伐期を迎えたスギ・ヒノキ人工林や植生の遷移過程にある針広混交林などがパッチ上に存在する。今後、本研究と同様の調査を複数回実施したいと考える。

外部発表

・第 42 回京都府高等学校総合文化祭自然科学部門，京都府高等学校文化連盟自然科学専門部，京都府京都学・歴彩館，2025 年 10 月 25 日.
・令和 7 年度みやびサイエンスガーデン, 京都府教育委員会, 京都工芸繊維大学, 2025 年 11 月 22 日.
・京都探究エキスポ, 京都府教育委員会・京都市教育委員会, 国立京都国際会館, 2025 年 12 月 20 日.
・京都地学教育研究会生徒研究発表会, 京都地学教育研究会, 京都府立嵯峨野高等学校, 2026 年 3 月 10 日.
・第 137 回日本森林学会大会，日本森林学会，つくば国際会議場・筑波大学，2026 年 3 月 18 日.
・日本地球惑星科学連合 2026 年大会, 日本地球惑星科学連合, 幕張メッセ, 2026 年 5 月.（予定）
・令和８年度みやこサイエンスフェスタ, 京都府教育委員会, 京都大学, 2026 年 6 月.（予定）

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団の支援を受け実施しました。また、京都府立丹後海と星の見える丘公園の方々には、調査許可から聞き取り調査まで多大なる御協力を受けました。御礼申し上げます。

参考文献

1) 長濵快樹，饗庭昂希，東昇吾，田中鉄郎，能山雄登，岩知樹，永田龍太郎，勝山美佳，田邊愛実，飯塚愛実，井尻柚月，上島陸久馬，2023. 京都府北部の主伐期を迎えた森林を利用した循環型システムの構築 京都府丹後海と星の見える丘公園における測量結果による推定. 日本地球惑星科学連合大会 2024 高校生ポスターセッション，幕張メッセ.
2) 岡健生，森下浩彰，2020. 森林の水源涵養機能の評価に向けて～土壌透水性と土壌貫入強度～, 2020 年度京都総合文化祭自然科学部門
3) 日本ペドロジー学会，2021. 改訂新版土壌調査ハンドブック，博友社，pp. 193.
4) 三枝正彦，木村眞人（編），2005. 土壌サイエンス入門，文永堂出版，pp. 318.
5) 小原洋，大倉利明，高田裕介，神山和則，前島勇治，浜崎忠雄，2011. 包括的土壌分類 第 1 次試案、農業環境技術研究所報告，第 29 号，pp. 75.
6) ダイトウテクノグリーン株式会社，長谷川式土壌貫入計 取扱説明書 Ver. 5.5.

生徒の自由な発想による自然科学分野の探究プログラムの開発

実施担当者　京都府立園部高等学校
教　　諭　向山　昌俊
坪内　史弥
友松　央樹
二股　洸介
吉田　直樹
実習助手　吉田　侑樹

1　はじめに

本プログラムは、生徒が主体的に学びに取り組み、「課題を設定し、科学的に探究する能力」や表現力を育成するとともに、科学的なものの見方・考え方を養うことを目的として実施している。生徒の自由で多様な発想による探究活動を実現するため、理科教員全員で指導と評価の一体化を図るルーブリックの整備や、探究活動に必要な事前学習の開発に取り組んできた。

本実践では、探究活動の指導に関する教員マニュアル（指導案）を新たに作成することで、教員間の情報共有を円滑にし、指導方法の一貫性を確保した。また、初めて探究活動を担当する教員でも、指導の目的・方法・留意点を容易に理解できるようにすることで、継続的に運用可能な探究プログラムの構築を目指した。さらに、社会の DX 化を踏まえ、デジタル機器の活用方法を学ぶ事前学習も新たに導入した。

2　探究プログラムの開発

2－1　教員マニュアルの作成

本校における探究プログラムでは、事前学習や活動の指導について、これまでは配付プリントと簡単な留意点を教員打合せで共有するのみであった。そのため、時間配分や学習形態（全体指導・グループワーク・ペアワークなど）、具体的な声かけといった指導の細部は、実際の授業を見ながら学ぶ必要があった。結果として、教員は１年間の全過程を経験しなければ探究活動全体の流れを把握しにくい状況にあった。

そこで本年度は、指導の具体的方法をマニュアル化し、毎時間の指導案として活用できる形に整備した。具体的に今年度実施した取組を表１に示す。Act.10（研究の実施）において、生徒が主体的に探究活動へ取り組むための基盤を整えることを目的として、事前学習（Act.1〜7）に関する指導マニュアルを新たに作成した。その一例を次ページに示す。

表１　今年度の実施内容

Act.	内　容
0	オリエンテーション
1	科学的って何だろう
2	科学的アプローチってどうやるの？
3	よい研究テーマって何だろう？
4	科学論文の構成を知ろう
5	不思議を研究テーマにしよう
6	Reference をつけよう
7	研究方針の作成
8	研究方針のブラッシュアップ
9	研究計画の作成
10	研究の実施
11	アブストラクト(研究要約)を書いてみよう
12	ポスターの作成について
13	科学論文の書き方
14	SPACE BLOCK を使ってみよう
15	課題研究の振り返り・アンケート

※　事前学習として、大学教授による特別講演も実施

本時の目標：科学的思考の特徴を体感する
テーマ：科学的って何だろう
本時の展開（指導と評価の計画）

時間	内容	指導のポイント	生徒の活動
0～5分	導入：今日の問い「科学的ってどういうこと？」	身の回りの「科学的っぽい」「迷信っぽい」例を生徒に口頭で問いかけて興味づけ 発問例：「『科学的』って、どういう意味だと思う？」	
5～10分	個人で振り分ける 6つの事象を科学的／非科学的に分類	判断理由を考えるように促す（再現性・因果関係に自然と気づく生徒が出てくると良い） 発問例： 「これはどうして『科学的』だと思ったの？」 「この考え方、他の人にも同じように説明できるかな？」	ワークシート
10～20分	グループで共有 なぜそう分けたのか？	「何を基準に分けた？」に焦点を当てて、グループの共通点／ズレを可視化 グループの意見を全体で共有する 発問例： 「何を基準に“科学的”って判断したんやろ？」	ワークシート
20～25分	個人で具体例を考える 科学的／非科学的な例を一つずつ	生徒の日常に即した例（例：天気予報は科学的／おまじないは非科学的）を引き出す 発問例： 「最近、身の回りで『それってホンマなん？』って思ったことある？」	ワークシート
25～35分	グループで交流 おもしろい例を紹介	多様な発想を歓迎し、ユニークな例をクラス全体で共有（1～2グループに発表させる） 発問例： 「今の話、どんな実験したら確かめられそう？」	ワークシート
35～45分	科学的な考え方とは？を話し合う → 全体でまとめる	板書やスライドで「再現性」「因果律」「客観性」「仮説と検証」などを整理して提示 発問例： 「科学って、なんで“何度も同じことをする”んやと思う？」	ワークシート
45～50分	まとめ・感想記入	気づきや印象に残ったこと、考え方が変わったことを書かせる	ワークシート

本時の評価規準

観点	評価の視点	評価の具体例
【知識・技能】	科学的な考え方の特徴を理解しているか	・再現性・因果律・仮説検証などを具体例と結びつけて説明できている
【思考・判断・表現】	事例を分類し、理由を述べられるか	・例を根拠に分類し、自分の言葉で論理的に説明できている
【主体的に学習に取り組む態度】	活動に積極的に参加しているか	・積極的に発言・交流し、問いに対して自分なりの考えを持つことができる

教員マニュアルの作成により、本校に初めて着任した教員でも探究活動の全体像を理解し、指導に参加できる体制を整えることができた。これらのマニュアルについては、毎年探究プログラムを実施しながら検証し、修正・改善をしていきたい。また、科学的に探究するプロセスを体験させるフォローアップ実験や、得られた実験データの処理やグラフの表現、考察などの事前学習をさらに充実させる。これにより、生徒の自由な発想は大切にしつつ、研究対象についてのしくみやメカニズムに迫る、より深い探究を支援していきたい。

２－２　プログラミング教材「SPACEBLOCK」の活用

SPACEBLOCK は「自分で学び、自分で理解していく」という STEAM 教育に対応した探究学習・プログラミング教材である。本教材は、プログラムの構成により、光や音の強度測定、センサーとしての作動、LED パネルによる視覚情報の表示など、多角的な活用が可能である。本年度の課題研究では、データの定量化による科学的根拠の補強を目的として、一部のグループで導入を試行した。本年度は以下の 2 つの研究グループが、SPACEBLOCK を用いた実験・測定を行った。

① ペットボトルランタンの照度測定

光源上に液体入りペットボトルを設置し、乱反射を利用する「簡易ランタン」の特性を調査した。封入する液体の種類による照度の変化を SPACEBLOCK の光センサーで測定し、周囲への拡散効果を客観的な指標で評価した。

② 指パッチンの音量増大に関する条件探索

音波を数値データとして捉えることで、従来は主観的になりやすかった音の大きさを正確に可視化し、定量的な比較検証を可能とした。

これらの実践を通じ、SPACEBLOCK 一台で多種多様な物理量の測定が可能であり、生徒の「問い」に対して柔軟に対応できる探究学習に極めて適した教材であることが確認された。

図 1　光センサー

本年度の運用における反省点として、指導のタイミングが挙げられる。対象となった 2 グループには担当教員が先行して個別レクチャーを行ったが、クラス全体への操作講習は課題研究の終了後となった。その結果、多くのグループが本教材の存在や測定機能を知らないまま実験を進め、事後学習として操作法を学ぶ形になってしまった。次年度以降は、課題研究の本格的な始動前に SPACEBLOCK の基礎講習を実施したい。早期にツールの活用方法を習得させることで、生徒自らが適切な測定手法を選択し、より精度の高い探究活動を展開できる体制を整えたい。

２－３　研究発表

令和７年度の総合的な探究の授業「Creation」において取り組んだ課題研究の成果について、表２の通り発表を行った。

研究発表・論文作成の前に、生徒全員に一人ずつアブストラクト（研究要約）を作成させた。文章化することにより、一人一人が研究内容を整理して理解を深められ、グループ全員で共通認識をもつことができた。12 月 11 日に校内でポスター形式による研究発表会を開催した。アドバイザーの大学の先生５名に来校いただき、評価・講評をいただいた。また、本校附属中学３年生も研究発表会に参加し、発表を聞いたり、質問したりすることにより、次年度取り組む課題研究について理解を深めた。

図 2　校内研究発表会のようす

校内研究発表会以外にも表２のとおり、発表する機会を得た。生徒自身も発表や質問への対応スキルが向上したと感じた。発表のたびに専門家や他校の生徒からアドバイスをもらい、それをもとに内容を改善し続けた。この繰り返しによって、発表の論理構成や研究の質が着実に高まっていく様子が見て取れた。

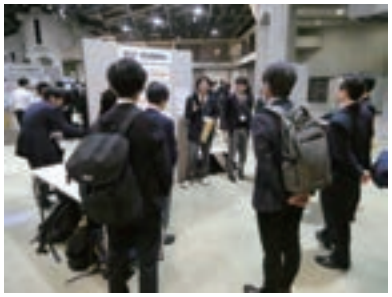


図 3　京都探究エキスポ 2025

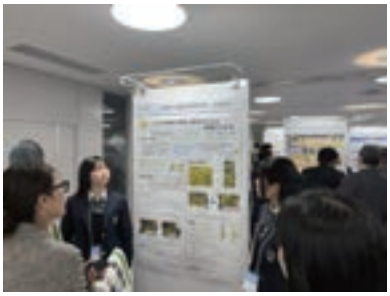


図 4　中谷財団　成果発表会

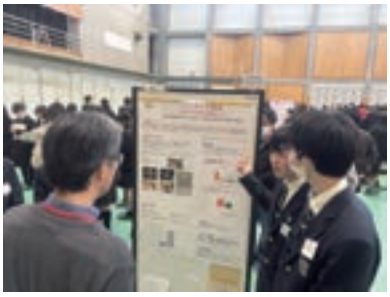


図 5　洛北高校課題研究発表会

表２　研究成果発表一覧

日時	発表会名	主催
令和７年 12 月 11 日	校内研究発表会	京都府立園部高等学校
令和７年 12 月 20 日	京都探究エキスポ 2025	京都府教育委員会 京都市教育委員会
令和７年 12 月 21 日	中谷財団　成果発表会	中谷財団
令和８年２月５日	園部高校・附属中学校生徒実践発表会	京都府立園部高等学校
令和８年３月 11 日	京都府立洛北高等学校課題研究発表会	京都府立洛北高等学校

３　まとめ

本実践では、探究活動の質的向上と持続可能な指導体制の構築を目指し、新たに教員マニュアルを策定した。具体的には、探究活動の事前学習（２－１表 1：Act.1～7）を対象に、毎時の指導案として活用できる形式でマニュアル化した。これにより、指導の目的・手法・留意点が可視化され、探究指導の経験が浅い教員間でも情報共有と指導方針の一貫性を確保することが可能となった。

また、デジタル機器を用いた測定スキルの向上を図るため、プログラミング教材「SPACEBLOCK」を導入した。本年度は、試行的に 2 つの研究グループが SPACEBLOCK を用いて実験データを収集した。しかし、全体への操作講習が課題研究の終了後となったため、次年度はこれを事前学習として組み込み、生徒自らが実験手法を選択できる環境を整えたい。

校外での発表活動についても積極的に参加した。各発表の場で得られた専門家や他校生徒からの質疑応答、助言を真摯に受け止め、内容を再構成するプロセスを繰り返した。このサイクルを通じて、発表の論理性や研究の質が段階的に深化していく様子が顕著に確認された。

謝　辞

本活動は、公益財団法人中谷財団（科学教育振興助成）の支援のもと、実施することができました。実験器具や材料は、生徒の自由な発想によるため年度当初に決定しておらず、実施とともに購入計画を立てられる財団の助成は大変ありがたい支援となりました。また、東京での成果発表会や講演会などの貴重な体験もさせていただき、感謝しております。ありがとうございました。研究アドバイザーとして、京都大学大学院教育学研究科　田中容子先生、京都大学大学院工学研究科准教授　久門尚史先生、京都教育大学教育学部教授　田中里志先生、京都先端科学大学バイオ環境学部教授　清水伸泰先生、京都工芸繊維大学工芸科学部准教授　高木圭子先生にご指導・ご協力を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

Problem-Based Learning を核とした

高校物理における生徒の主体的学習法の開発

実施担当者　京都明徳高等学校
教諭　田上　智之

1　はじめに ―問題意識―

物理概念の正しい理解を妨げる誤概念を修正する授業に関する研究は，米国において Physics Education Research（物理教育研究：以下，PER）として 1980 年代後半より本格化している。日本でも 2006 年の国際会議を機に PER の教材群を用いた実践研究が大学生を対象に進み，高い学習効果が報告されている[1]。担当者は前年度の本助成研究[2]において，Interactive Lecture Demonstrations（相互作用型演示実験授業：以下，ILDs）に学年を超えた班編制を導入し，高校生への誤概念改善アプローチを検討した。短期的には高い授業効果が確認されたが，その継続的な定着には，生徒の動機づけを持続させることが課題として残った。

動機づけの低さは日本の高校物理教育が長年抱える問題であり[3]，TIMSS2019 においても日本の生徒の理科学習への動機づけの低さが改めて示されている[4]。担当者が本校生徒に対して Colorado Learning Attitudes about Science Survey（以下，CLASS）[5]を実施しヒアリングを行ったところ，動機づけ低下の一因として「原理や公式をどのように用いればよいのかがわからない」という声が繰り返し聞かれた。知識は得ても，それをどう使うかがわからないまま終わるという構造的な課題が，AL 型授業の効果を妨げる要因のひとつともなっている[3]。

この課題に対し，本研究では Problem-Based Learning（課題解決型学習：以下，PBL）を高校物理に導入する。PBL は医学教育において臨床場面とのギャップを埋めることを目的として確立された手法であり[6]，「まず問題に出会い，その解決のために知識を学び，活用する」というプロセスを通じて，知識の使い方を体感しながら習得する。大学物理での PBL 実践[7]はいくつか報告されているが，高等学校の物理教育に導入した事例は担当者が調べた限り存在しない。本研究は，ILDs で蓄積した誤概念研究の知見と PBL を組み合わせることで，動機づけの向上と概念理解の定着という二つの目標を同時に達成しうる授業モデルの構築を目指すものである。

2　先行研究について

2－1　誤概念とは

誤概念とは「科学的に正しいとされる概念に反する考え方」であり，学習以前に日常経験から形成される素朴概念も含まれる。力学分野では，“Motion Implies a Force（運動は力と同じ意味を持つ：以下，MIF 誤概念）”と考える生徒がいることが 1982 年に Clement によって報告されている。こうした誤概念は授業を受けただけでは改善されない場合が多く，米国トップレベルの理工系大学

の物理専攻生でさえ同様の誤概念を保持しているという事実がその根深さを示している[8]。誤概念の改善には，学習者自身がその誤りに「気づき」，認知的葛藤を経て概念を再構築する過程が不可欠であり，それを意図的に設計した授業介入が求められる。

2－2　ILDs と PBL を組み合わせる理由

ILDs は「予想→実験・観察→グループ討論→振り返り」のサイクルにより，生徒が誤概念に自ら気づき正しい概念へと再構築する過程を支援する授業法である[1][9]。しかし高校生の文脈では，「なぜその知識が必要なのか」という動機づけの問題が ILDs の効果を制約していた。PBL はこの点を補完し得る。「実際の問題に先に出会う」という構造は，知識を使う必然性を生み出す。さらに PBL 課題として ILDs が扱う誤概念場面を設定することで，生徒は課題解決の過程で自らの誤概念に能動的に直面することになる。また，本研究の PBL 課題は PER の概念調査問題群をベースとするため，実験器具や時間の制約がある学校でも紙面・デジタルベースで展開可能な汎用性を備えている。

3　授業実践について　～物理基礎：力学（人の運動）～

〈授業前の概念調査〉

本実践に先立ち，対象生徒に対して FMCE・ECCE・CLASS の 3 種類を実施した。FMCE は 1 次元の運動における力・速度・加速度の関係を問う 47 問，ECCE は直流回路の概念に関する 26 問，CLASS は物理学習への態度を 42 問で評価する調査紙である。事前調査の結果，FMCE 平均得点は 6.3 点/47 点（正答率 17%），ECCE 平均得点は 9.5 点/26 点（正答率 36%）であった（図 1）。FMCE の低さは「伝統的な授業のみでは力学概念の理解は促せない」という PER の知見[8]と一致する。また散布図上で FMCE・ECCE ともに高得点を示す生徒が数名確認され，班内ファシリテーター候補として位置づけた。

〈着目した誤概念〉

本実践では FMCE 事前調査の正答率が特に低かった問題群と対応する 3 種類の誤概念に着目した。

① 速度と加速度の分離（速度がある≠加速度がある）

速度（今の速さ）とその時間変化率である加速度は独立した物理量であるにもかかわらず両者を混同する誤概念である。「速度がゼロなら加速度もゼロ」と考える生徒が多く，$x-t$・$v-t$グラフの読解誤りとも密接に関連している。

②MIF 誤概念（Motion Implies a Force）

物体が運動している限りその方向に力がはたらいているとする誤解であり，PER で最も広く報告されてきた誤概念のひとつである[8]。①の混同とも深く絡み合っており，両者は一体的に扱う必要がある。

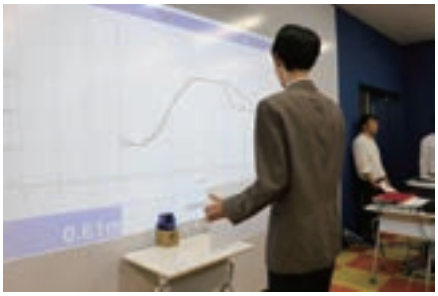
③ 鉛直方向の加速度（重力加速度）に関する誤概念

鉛直投射の最高点で「速度がゼロ＝加速度もゼロ（力がない）」と考える誤概念である。①②と結びついて生じやすく，モーションセンサーによるリアルタイム計測が直接的な働きかけとして有効と考えた。

〈授業プランと PBL サイクルの設計〉

本実践のねらいを「位置・速度・時間の 3 要素の関係をグラフで表現でき，理論から現象が予測できるようになること」とした。授業は「課題提示→個人予想→グループ討論→実験・観察→全体共有→振り返り」の PBL サイクルを軸とし，以下の 3 つの実験課題を中心に展開した。なお前年度同様，既習の 2 年生を 1 年生のファシリテーターとして配置する学年横断型の班編制を採用した。

実験	課題の概要	働きかける誤概念	PBL サイクルの工夫
A	$x-t$・$v-t$グラフをもとにその運動を身体で表現する	①速度・加速度の分離	グラフの抽象性を身体感覚と対応させ，誤読パターンを班内で顕在化させる
B	物体の運動を観察し，対応するグラフを予想・記述する	①速度・加速度の分離 ②MIF 誤概念	班内の予想の不一致を討論の起点し，正しい理解と MIF 誤概念の衝突を設計する
C	人の運動をモーションセンサーでリアルタイム計測し，予想と照合する	②MIF 誤概念 ③鉛直方向の加速度	最高点付近の加速度をグラフで即時可視化し，「止まっていたら力もない」という直感との葛藤を生成する



4　現在までの研究結果

〈量的分析〉

正答率の分布を見ると，多くの問いで事後の正答率が事前を上回っており，前年度の電気回路実践[2]と同様の傾向が得られた。規格化ゲイン（Hake's gain）[11]を用いて分析すると米国同様の結果が得られている。ただしこれは実践直後の事後調査に基づくものであり，概念変化の定着については継続的な調査が必要である。問い別では，等速運動・等加速度運動およびグラフ対応に関する問いで改善幅が大きく，実験 A および B が①の概念理解に一定の効果をもたらした可能性が示唆される。一方，②MIF 誤概念および③鉛直方向の加速度に関する問いでは事後においても誤答率が相対的に高く，先行研究[8][10]が示す誤概念の強固さが本実践においても確認された。

〈質的分析〉

授業中の発話プロトコルを分析したところ，実験 B の段階で生徒間に意見の相違が生じる場面が複数確認された。「等速なんだから合力はゼロ」「でも動いてるんだから力がある」という発言のやり取りは，正しい理解と MIF 誤概念が班内

で直接衝突する典型的な場面であった。実験 C では鉛直投射の最高点においても加速度の値が一定のままであることがグラフ上に示され，振り返りシートに「止まった瞬間も重力は消えないとわかった」「ずっと間違えていたとわかった」といった記述が複数確認された。一方，討論が収束しないグループや上級生が答えを（意図せず）直接与えてしまうケースも観察され，班活動の手引き整備が次年度への課題として残った。

5　まとめと今後の展望

本研究は次の 2 点を目標に 1 年間取り組んだ。

① 日本の高校生が力学・電磁気分野に対して持つ誤概念を，世界標準の概念調査を用いて調査し，明らかにする。
② ①で明らかとなった誤概念に対して，PBL と ILDs を組み合わせた授業を開発・実践し，生徒が自ら誤りに気づき修正できることを目指す。

①については，FMCE 平均正答率 17%・ECCE 平均正答率 36%という結果から，本校生徒が両分野で多くの誤概念を保持していることが確認された。②については，速度・加速度の分離，MIF 誤概念，鉛直方向の加速度という 3 種類の誤概念に段階的に働きかける実験課題と，学年横断型の班編制を組み合わせた授業を実施した。短期的には正答率の改善が見られたが，誤概念の改善は一朝一夕ではなく，継続的な観察が必要である。今後の課題は第一に，FMCE・CLASS の事後データの詳細な分析による概念変化と動機づけ変容の統合的評価が求められる。第二に，電磁気学（オームの法則・キルヒホッフの法則）および波動（気柱の共鳴）の各単元への PBL×ILDs 授業の展開が残課題として存在する。次年度以降，これらの単元でも授業を開発・実践し，単元横断的な授業モデルとして体系化することを目指す。

謝辞

本研究は，公益財団法人中谷財団の助成により実施することができました。感謝申し上げます。

参考文献

[1] 谷口 和成：相互作用型演示実験講義（ILDs）の展開と課題，物理教育，2017，65-3，170-175.
[2] 田上 智之：相互作用型演示実験授業での学年を超えた班編制による学習効果の検証，2024，貴財団 科学教育振興【個別】助成.
[3] 山崎敏昭他：物理教育 61-1(2013) pp.12-17.
[4] 国立教育政策研究所：「国際数学・理科動向調査(TIMSS2019)のポイント」(2019) p.5.
[5] W. Adams et al., Phys. Rev. ST Phys. Edu. Res. 2, 010101 (2006).
[6] L.トープ，S.セージ著 伊藤通子ら訳：PBL 学びの可能性をひらく授業づくり，北大路書房（2017）.
[7] 中野 善明：PBL 型物理学演習の試み，第 24 回物理教育研究大会紀要（2007）.
[8] E. F. Redish：Teaching Physics with the Physics Suite, Wiley（2003）.
[9] D. Sokoloff, R. Thornton：Interactive Lecture Demonstrations, Wiley（2004）.
[10] 梅田 貴士：「橋渡し」を取り入れた ILDs の有効性，物理教育，2021，69-3，129-136.
[11] Hake, R. R., Am. J. Phys. 66 (1998) 64.

児童による間違い探し作成を通じた理科の学びの深化

実施担当者　関西大学初等部
教諭　孕石　泰孝

1　はじめに

本取り組みは，「間違い探し」に注目し，児童の「より深い学び」と，主体的に学習に取り組む「学びに向かう力」の育成をねらったものである。「間違い探し」は，児童にとって魅力的な活動である。しかし，「与えられた間違い探しの問題」を解くだけでは，自分が今もっている知識や考えを確かめるだけになってしまったり，活動に対して受け身の姿勢となってしまったりする。

そこで，問題を発見させたり，これまでの知識を活用させたりすることで「より深い学び」を実現し，主体的に学習に取り組むことをねらいとして，児童自身に「間違い探し」の問題や解説を作成させる活動に取り組ませることにした。

2　取り組み内容

2−1　実践の対象および時期

対象と実践時期については以下の通り。

５年生（２学級，61 名）：７月，夏休みの課題
６年生（２学級，62 名）：夏休みの課題，９〜10 月，１月

５年生は，夏休み前に一度「間違い探し問題作り」を友だちと経験し，夏休みの課題を一人で取り組んだ。

６年生は，夏休みの課題で「間違い探し問題作り」を一人でした後，夏休み明けに，友だちと課題に取り組んだ。

2−2　指導計画

いずれの学年も，およそ図１のような時間配分で行った。本取り組みに限らず，従来指摘されていることだが，「問題発見」は非常に難しい。「問題を作りましょう」と児童に声をかけても，その場ですぐに「問題」が見つかるわけではない。「問題発見」には，ある程度の時間が必要である。そこで，この取り組みを始める前に，児童に 10 分程度の簡単なオリエンテーションを行った。事前に取り組みに関して予告しておくことで，取り組みまでに学習への意識を高め，問題を考えておくことを期待してのことである。

０時間目：事前予告（オリエンテーション）
１時間目：グループ分けと問題設定
２・３時間目：静止画・動画撮影
４時間目：問題作成・提出
５時間目：問題の共有

図１：指導計画

オリエンテーションでは，『見つけて学ぶサイエンス科学まちがい図鑑』（左巻健男編，西東社，2023）の例を利用して説明した。最終的にどのようなものを作成すれば良いか，具体的なイメージをもたせるためである。

グループについては，人数が多くなって活動への参加の偏りが生じないよう，基本は２名とした。また，一人で取り組みたいという児童は１人でもよいとし，どうしても調整ができないグループは３名とした。

問題設定については，既習事項を想定していたので，５年生では３・４年生の理科の教科書を，６年生では，３～５年生の理科の教科書を，それぞれ複数の出版社の分用意し，自由に見られるようにした。

静止画・動画の撮影にあたっては，問題は最終的に静止画とするが，動画から静止画を切り取ることができるので，作成時には動画として撮影できることを伝えた。なお，問題設定の時に，考えている問題が撮影によって作成できない場合（例えば，天体の分野など）は，撮影はなくても良いとした。

問題設定や撮影等にかかる時間は，グループごとによって異なる。そのため，２～４時間目については，撮影が終わればすぐに問題作成に入るようにするなど，流動的に活動させるようにした。

2－3　問題集の作成・共有にあたって

児童には，「問題と解答」の各 1 ページを iOS アプリ「Pages」で作成させ，Padlet に提出させた。そして，提出された「問題と解答」の全員分を指導者が１つのファイルにまとめ，EPUB に書き出した。作成された EPUB のファイルは，各学級の「間違い探し問題集」として，Padlet で共有した。

なお，右の図２では，問題と解答が同一ページとなっているが，実際は，右のページが「間違い探し問題」，次のページの左が「解答」となっている。

図２：指導計画

3　児童の反応

3－1　児童の様子

グループについては，１名，３名のところはあったが，ほとんどが２人組だった。問題の内容は，既習事項を想定していたが，学習している内容とは別の内容を問題として作成しているグループもあった。また，指導者としては，科学的内容の間違いに関する問題を想定していたが，実験方法の間違いについて問題作成しているグループもあった。いずれもそのまま取り組ませるようにした。

児童の様子を見ていて，最も時間がかかったのは，1 時間目の「問題設定」の場面だった。「何を問題にすればよいか」がなかなか決まらず，「問題発見」に多くの時間がかかっていた。

逆に，一度，どのような問題にするのかを決めてしまえば，撮影に多くの時間がかかっていたというグループはほとんどなかった。

3－2　作成された問題の実際

児童の問題の作成の仕方は様々あったが，およそ以下の５つの方法で作成していることが明らかになった。

①　間違っている状況を写真に撮る

図３では，教科書などは落ちてしまうはずだが，写真では落ちていない。児童は，教科書などをテープなどで付けて，間違っている状況を作り出し，その状況を写真に撮って問題を作成している。

この場合，写真そのものに間違いがあるので，写真加工はしない。

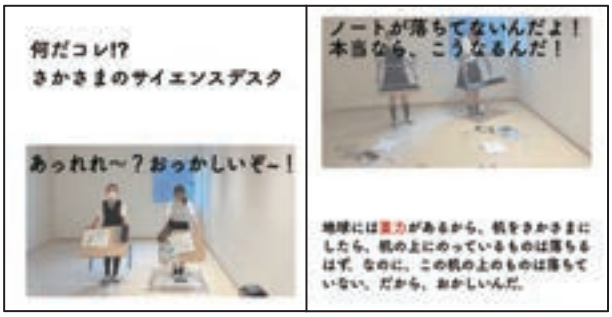


図３：問題例①

② 正しい写真に間違っている状況設定をする

図４では，計量カップに入っているのは水 100ml だけなので，電子天秤が 100g をさしているのは正しい。しかし，「この計量カップに入っているのは，砂糖 10g も加えられた砂糖水である」という別の状況設定をすることで，この場面を間違いとしている。

この場合も，写真そのものは正しいので，写真を加工することはない。

図４：問題例②

③ 写真そのものを加工する

「正しいと想定する場面の写真」と「間違いと想定する場面の写真」を撮影し，それらを組み合わせて問題を作成する。

図５では，「正しく影ができているポーズ」で撮影後，「間違いと想定するポーズ」で撮影し，それらを合成している。

図５：問題例③

④ イラストを組み合わせたり加工したりする

問題によっては，写真を使って作成しにくいものもある。図６は食物連鎖に関する問題だが，実際に写真撮影できないため，イラストを使用している。

この問題では，シマウマが減っているにも関わらず，食物連鎖の上位にいるライオンの数が増えてしまっているという間違いとして，イラストを加工して問題にしている。

なお，この問題については，ライオンが増えることでシマウマが減るが，そうなると草は増えることになる。しかし，草が減っているのが間違っているという解釈も可能である。

図６：問題例④

⑤ 写真とイラストを組み合わせる

写真だけではうまく問題とする画像が作成できないため，撮影した画像とイラストを組み合わせて問題を作成している児童もいた。

４ 実践を通しての課題

① 具体的問題の提示の難しさ

取り組み前のオリエンテーションでは，参考文献に挙げている『見つけて学ぶサイエンス科学まちがい図鑑』を利用した。最終的にどのようなものを作成すれば良いか，具体的なイメージをもたせるためである。

ところが，夏休みの課題では，例示した問題と同じような問題を提出していた児童が予想以上に多かった。オリエンテーションでは，具体例を提示し過ぎないこと，また，児童の思いつきにくいようなものを提示することに留意する必要がある。

② 生成 AI を使わないことの徹底

この課題は，生成 AI を活用すれば，あっという間にできてしまう。しかし，それでは学習の目的にせまることはできない。

ところが，夏休みの課題には，５年生，６年生ともに生成 AI を利用して作成されたものが一定数あった。現在，小学生は生成 AI を利用できないが，保護者の管理の元では可能である。休み中の課題として出す場合，保護者が課題に関わることも考えられるので，このような課題には生成 AI を使わないよう，事前に確認しておく必要がある。

③ 合成技術の問題

問題作りに当たって，児童が静止画の合成技術として活用したのは，主に「インスタントアルファ」という背景削除である。操作自体は小学生にとっても簡単ではあるが，違和感のない合成画像を作成するにはやや粗い感じがするのは否めない。

情報端末，ソフトウェアのさらなるアップデートによって，今後解消されてくると思われるが，取り組みのねらいを踏まえれば，精度の高い合成画像にこだわる必要はないと考えられる。仕上がりに違和感がある場合，児童には事前にイラストと併用して作成することを提示しておくとよい。

5 まとめ

本取り組みでは，５・６年生を対象に「間違い探し」の問題を作成させ，それを共有するという活動を行った。

児童は，主に次の５つの方法で，間違い探しを作成していた。

① 間違っている状況を写真に撮る
② 正しい写真に間違っている状況設定をする
③ 写真そのものを加工する
④ イラストを組み合わせたり加工したりする
⑤ 写真とイラストを組み合わせる

間違い探し問題作りは，現在，理科のカリキュラムに位置づいているものではないが，児童が楽しみながら主体的に取り組める活動の一つとして提案できると考えている。

AI の技術革新によって，昨今，フェイク画像がしばしば問題とされる。本取り組みは，そうした AI 技術を使ったものではないが，いざとなれば誤った画像というのは意図的に作成できるものだという意識を児童にはもっておいてほしいと思っている。

最後に，東京の報告会で発表した２人の児童の取り組み後の感想を紹介する。

> 「間違い探しの問題作り」の取り組みを通して，間違いについて考えると，正しいことが記憶に残りやすいと感じました。実際に，間違い探しではっとする経験をすると，その理由が頭に残りやすかったです。授業やテストで暗記するだけより，ずっと長く覚えていられる気がしました。問題は一人で作った時と友だちと作った時がありますが，友だちと作った時の方が，アイデアがいくつも出ました。それから，うまく写真が撮れないなど失敗しても，友だちと一緒にすると，その時間もとても楽しめました。（６年女子）

> 私は暗記が苦手で，暗記することが好きではありません。けれども「間違い探しの問題」にすることで，楽しく記憶することができました。友だちに問題を見てもらったり，友だちの問題をたくさん見たりすると，これまで学習してきたことを楽しく復習できた気がします。また，友だちと作るとアイデアがたくさん出て，一人で考えた問題よりも良い問題になったと思います。（６年女子）

謝　辞

貴財団には，本研究に関して多大なるご支援をいただきました。伏して感謝申し上げます。また，12 月の東京報告会では，児童が発表する機会をつくっていただきました。このような機会は小学生でなかなかなく，児童にとって大変良い経験となりました。あわせて感謝申し上げます。

参考文献

１）『子どもが問題をつくり合い答え合う授業：理科における作問指導を通した思考力育成と評価に関する実践的研究』（平田豊誠，渓水社，2015）
２）『見つけて学ぶサイエンス科学まちがい図鑑』（左巻健男編，西東社，2023）

大阪国際空港周辺の温室効果ガス排出に関する研究

実施担当者　関西学院千里国際
中等部・高等部
教諭　河野　光彦

1　はじめに

気候変動の主要因とされる温室効果ガスである二酸化炭素（CO_2）について，上空を含む大気全体での濃度の予測は未だ不確実である。とくに大規模な CO_2排出が予想される都市部[1)]ではその上空における観測データは決定的に不足している。また排出管理や気候シミュレーションをするためには，日変化など詳細なデータ所得も重要である。そこでわたしたちは，容易に持ち運びできる小型可搬式観測装置を開発し，それ用いて大阪国際空港（伊丹空港：ITM，兵庫県/大阪府）周辺で日中の CO_2を観測し，上空大気を含む平均濃度として CO_2気柱平均体積混合比（XCO_2）を測定した。

また，関西学院千里国際キャンパス（SOIS，大阪府箕面市）および南半球のオーストラリア国立大学（ANU，キャンベラ）においても日中の XCO_2を測定したので合わせて報告する。SOIS においては，１年以上を通じ平日のほぼ毎日 XCO_2観測を行った。ITM においては，周辺４か所で春夏秋冬に１回以上ずつ（計１６回以上）の観測を行い，SOIS での観測データと合わせて日中の時間変動や季節変動などの結果が得られた。ANU では，現地の冬のみに５日間の観測を行い，XCO_2レベルとその日中時間変動などを ITM および SOIS での結果と比較した。

2　方法

2－1　観測装置

観測装置の原理は，太陽からの光が大気層にある CO_2に吸収される量を測定[2)]するものである。太陽から到達する光の近赤外線スペクトルを観測することで，大気 CO_2の光吸収の量がわかる。その光吸収量から上空を含む気柱の平均 CO_2濃度をを分析することができる。そのため，地上のみならず航空機が通過する高い場所での CO_2測定が可能になる。太陽の高度によって変わる

図 1. 観測装置と観測の様子

大気の厚さを考慮した補正もした。ここでは XCO_2を任意単位で示しているが，国立環境研究所で同時測定したデータをもとに正しい値に換算する予定である。

XCO_2計測は，1.0 秒毎に繰り返し記録した。太陽光を測定するので昼間のみの観測となる。また同時に，観測地点地表の CO_2計測も非分散型赤外線吸収法を用いた製品（MCH-383）で 60 秒ごとに行った。その他，気温・気圧・湿度も同時計測（MHB-382）した。開発した小型可搬式観測装置は，三脚・太陽追尾望遠鏡・計測器・PC・ケーブル類などからなり，総重量が 10 kg 程度なので，近隣の観測地点はもとより海外までも持ち運ぶことができる。

２－２　観測場所・期間

観測地点は図 2 に示されている ITM（北緯 34.8 度，東経 135.4 度，標高 12m）周辺の 4 地点である。ITM の滑走路は南東から北西に伸びている。これら 4 地点は，南西（SW）と北東（NE）の滑走路に沿わない 2 地点（滑走路から約 1 km）と，着陸方向に当たる南東（SE）地点（滑走路端から約 0.5 km）および離陸方向に当たる北西（NW）地点（滑走路端から約 0.5 km）である。３月・６月・９月・１２月でそれぞれ 4 週間以上の週末に観測装置を観測地まで運び，日中の 6 時間以上にわたり測定データを取得した。観測地 4 地点における XCO_2 の季節変動などを気象データとともに記録する一方で，平日には SOIS でも同様の観測をして，データの比較を行った。

図 2. ITM 周辺の観測 4 地点　南東（SE）から着陸し，北西（NW）に離陸する。約 4 ㎞四方。

ANU（南緯 35.3 度，東経 149.1 度，標高約 570 m）での観測期間は，現地の冬季に当たる 2025 年 8 月 5～8 日の 5 日間であった。SOIS（ITM から北東に約 8 km）では，2024 年 9 月より継続して平日の 9~16 時にほぼ毎日のように観測を行った。2026 年 1 月からは，計測器を 20℃に保つ装置を導入し，気温による測定精度の低下を防ぎ，データの信頼性を向上させた。

３　結果と考察

３－１　観測場所による XCO_2のちがい

2025 年夏にあたる 6 月 2 日～7 月 15 日に観測された XCO_2の日毎データを図 3 に示す。太陽高度が 76～77° である時の平均値を示し，エラーバーは変動している値の標準偏差を表す。白抜き青四角（□）が ITM 周辺の観測データで，赤丸（●）が SOIS のそれとなっている。白抜き四角に添えられている SW，SE，NW，NE は観測地点を示している。

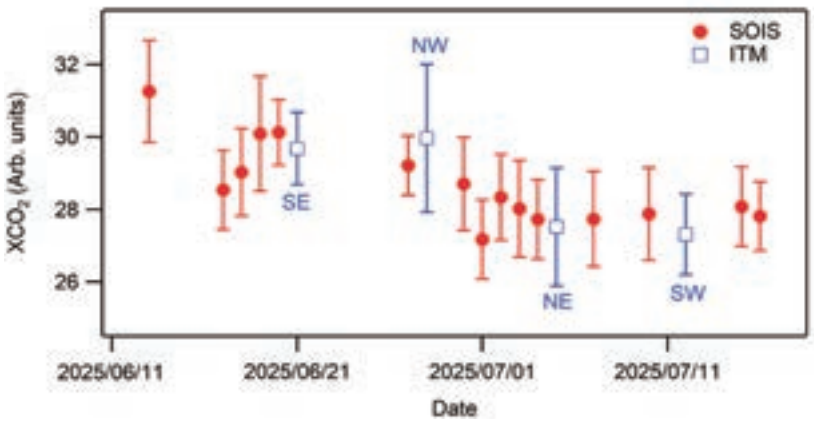


図 3. ITM 周辺および SOIS における XCO_2（任意単位）

季節が夏に進むにつれて，XCO_2が減少していたことがわかる。また，SOIS よりも ITM での XCO_2 観測値のほうが NW の値を除いて低いということが言える。同様の傾向は 2024 年 9 月に観測したときにも得られていた。

飛行機が離陸する方向は NW であるので，そこでの XCO_2 は飛行機からの CO_2 排出が原因で約 3%程度高くなっていると考えられる。

３－２　ANU での XCO_2測定結果との比較

2025 年 4 月 1 日～2025 年 1 月 1 日の観測データを図 4 に示す。太陽高度が 30° 以上である時の平均値を示し，エラーバーは変動している値の標準偏差を表す。白抜き緑ダイア（◇）が ANU での観測データで，赤丸（●）が SOIS のそれとなっている。気圧による補正もしてある。

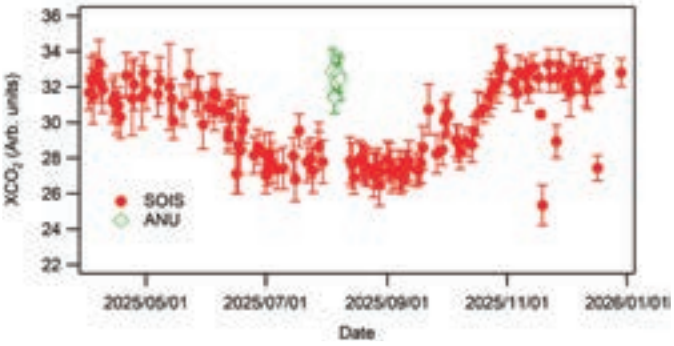


図 4. ANU および SOIS における XCO_2（任意単位）

ANU での 2025 年 8 月 5～8 日は南半球で冬季にあたり，XCO_2 が高いレベルにあることがわかる。そして，それは SOIS の冬季の水準と同等であることがわかった。ITM と SOIS における 2024 年 9 月～2026 年 3 月の期間での観測結果では，XCO_2 は 7 月から 9 月が低い水準にあり，12 月から 4 月が高い水準であった。

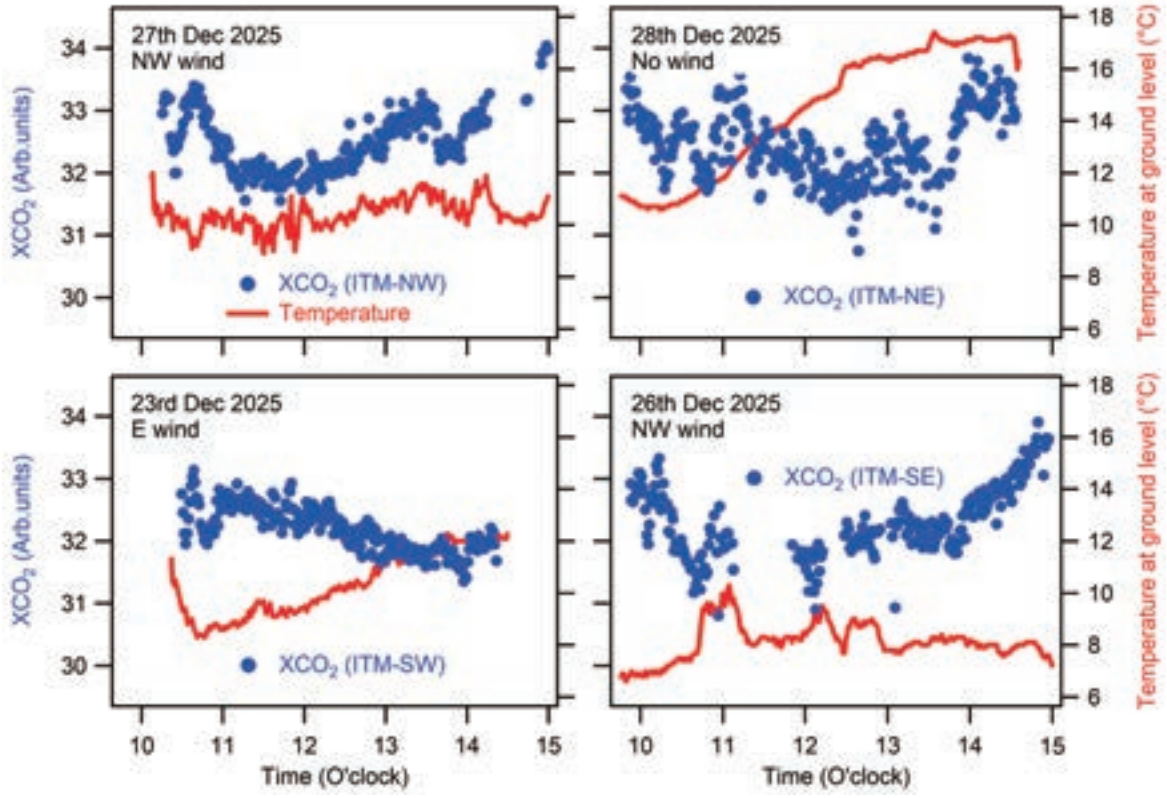


図 5. ITM 周辺の XCO_2時間変化（任意単位）

３－３　XCO_2時間変化の風向による影響

2025 年 12 月に ITM 周辺で観測された XCO_2の日中の時間変化（●）を気温変化（—）とともに図 5 に示す。左上は NW での測定結果で気象庁データ（豊中）によると風向は北西であった。右上は NE での測定結果でほぼ無風であった。左下は SW での測定結果で東風であった。右下は SE での測定結果で北西の風であった。気温の違いに関わらず NW と SE は XCO_2時間変化が類似の特徴を示しており，北西の風であったことが原因であった可能性を示している。東風が吹いていた SW では午後も XCO_2が減少し続けている。離陸方向に当たる北西であることから，北西からの風が飛行機から排出された CO_2を運んできているのかもしれない。一方，東からの風は排出された CO_2含まない空気で置換されていた可能性がある。2025 年 6～7 月の ITM 観測では明確な北西からの風は

なく，9 月 27 日の ITM-NE 観測ではで北北西の風はあったものの離陸方向からは少しずれていたためか，午後の明らかな XCO_2増加はなかった。

2026 年 1 月 22 日と 2 月 13 日に SOIS で観測された XCO_2の日中の時間変化（●）を気温変化（—）とともに図 6 に示す。上は 1 月 22 日で気温が比較的低く風向は西北西であったとき，下は 2 月 13 日で気温が比較的高く風向は南であったときのデータである。XCO_2は 1 月 22 日では午後から増加しているのに対して，2 月 13 日では午後も減少と続けている。原因としては，気温よりむしろ風向が影響していると考えられる。なぜなら，1 月 18 日のデータでは，気温が比較的高いにもかかわらず XCO_2は午後から増加していた。この日の風は東向きであった。SOIS では南からの風が午後の XCO_2減少の原因になっている可能性がある。

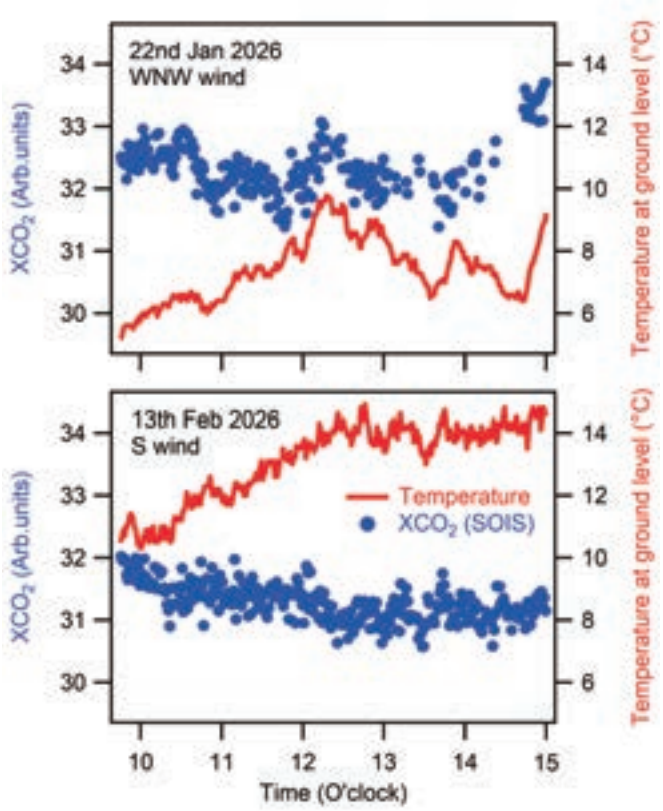


図 6. SOIS の冬季での XCO_2時間変化（任意単位）

ANU で観測データにおいても，XCO_2の時間変化が気温により影響されることがわかった。しかし，2026 年 1 月から計測器を 20℃に保ちながらの測定を始めたところであり，それ以前のデータでは気温変化に対する信頼性がそれ以降より低い。まだ，冬季のみの観測しか信頼性が向上できていないので，今後の観測で再現性を確かめる予定である。

4　まとめ

ITM 周辺および SOIS と ANU において日中の XCO_2を測定した。ITM 周辺の夏の観測結果より，飛行機が離陸する方向の観測地点 NW で XCO_2が約 3%程度高くなっていることがわかかった。また冬の観測結果では，XCO_2時間変化で午後から増加の原因が飛行機の離陸方向から風によって運ばれてくる CO_2であることが示唆された。2024 年 9 月～2026 年 3 月の長期間観測では，ITM および SOIS における XCO_2 は夏季の 7 月から 9 月が低く，冬季の 12 月から 4 月が高いという結果になり，多くの先行研究 [3] とも一致していることがわかった。

謝　辞

本研究は中谷財団科学教育振興助成（助成番号：25K53）により実施されました。名古屋大学宇宙地球環境研究所の水野亮教授ならびに長濱智生准教授には，観測装置の貸与や貴重な技術的ご助言をいただきました。国立環境研究所の森野勇室長には，同研究所での XCO_2測定に多大なるご協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

[1] IPCC（気候変動に関する政府間パネル）評価報告書第 8 章 (2022) 。
[2] 河野光彦，長濱智生，水野亮, "小型可搬式観測装置の用いた二酸化炭素カラム混合比の測定", 大気化学討論会，長崎, 2023 年 11 月。
[3] 気象庁, "展示室 3 「大気中二酸化炭素濃度の変動とその要因」", https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/ghg/tour/tour_a3.html, (参照 2026-03-15) 。

以上

ツシマヤマネコ交通事故対策における
新対策「におい・音」の効果検証　－　「におい」に限って －

実施担当者　関西大学第一高等学校・中学校
教諭　山中　康彰

1　はじめに

大阪府吹田市に位置する関西大学第一高等学校・中学校生物部では、2019 年 1 月よりヤマネコプロジェクトと題して、長崎県対馬市に生息するツシマヤマネコ（以下、ヤマネコ）の保全活動を行っている。具体的な活動は、長崎県対馬で 2 年に 1 度合宿を行い、ヤマネコが住んでいる環境で生き物調査やヤマネコ調査などを行う。調査では毎回ヤマネコを発見している。また、合宿の成果や校内で調べ学習などを行った結果などをまとめ、毎年 10 月に京都市動物園で行われるやまねこ博覧会に出展し、来園者に普及啓発活動を行っている（図 1）。

図 1　やまねこ博覧会の様子

それらの活動を通して、次第に生徒達が実際に対馬でヤマネコに関わり直接保全活動を行うことはできないかと主体的に考えはじめ、ヤマネコの減少要因でもある車との交通事故件数を減らすための調査研究をすることとなった。

2　ヤマネコの交通事故の現状及び事故対策の重要性について

ヤマネコは 1992 年～2024 年度末時点で 152 件発生（図 2）し、そのほとんどが死亡している。事故にあう個体の多くは、亜成獣であり、これから繁殖に関わる個体数維持において重要な世代が犠牲になることが多く、ヤマネコの減少要因の一つとして取り上げ、対馬野生生物保護センター（以下、センター）では、開所後約 28 年間、ハード面やソフト面の両面での事故対策が講じられてきた。しかし、これまでに事故件数の減少には至っていない。

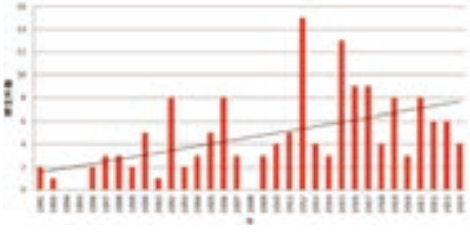


図 2　ツシマヤマネコ年度別交通事故発生件数（環境省 HP より引用（一部改））

また、ツシマヤマネコ生息状況等調査（第 5 次調査）によると、生息頭数は 80～100 頭前後と 2000 年代の調査から大きな変化はなかったが、これまでの減少傾向は止まったと報告されている。しかし、現在の状況を維持するためには生息適地の維持や交通事故対策が必要と認識されており、継続した対策が求められている。

3　調査方法

3－1　ヤマネコが嫌う「におい」の作成

図 3　忌避香作成時の様子

前項２でも述べたように、対馬ではさまざまな事故対策が取られてきたが、「におい」による効果検証は行われてきていない。そこで、本研究ではヤマネコが嫌う匂い（以下、忌避香）を作成し、事故対策に用いることとした。しかし、ヤマネコが苦手としている匂いついての先行研究がなく、本研究では一般的にイエネコが苦手と言われている以下の３系統の匂いを作成した。また、忌避香の作成は、材料をミキサーで攪拌し、容器に入れた。

・唐辛子系・・・鷹の爪、ニンニク、酢
・柑橘系・・・オレンジ、コーヒーの粉
・ハーブ系・・・大葉、ローズマリー
※すべて少量の水を入れ攪拌した。

3－2　校内を利用するイエネコでの効果検証方法

図 4　ネコ BOX 及びトレイルカメラ

前項３－１で作成した忌避香の効果検証を、本校内を利用しているイエネコを対象に効果検証を行った。忌避香におけるイエネコの反応を判断するため、プラスチック段ボールを利用し箱形の罠（以下、ネコ BOX。図 4）を作成し校内に 8 か所設置した。ネコ BOX 内に、作成した忌避香と市販のネコ用のペットフードを少量入れた。うち 2 台は忌避香を置かなかった。また、トレイルカメラをネコ BOX の前に設置し、イエネコの反応を動画で記録した。なお、撮影間隔が 30 分以内かつ体毛で個体識別できないものは同一個体として記録した。

調査は、2025 年 2 月 20 日～4 月 27 日の間はネコがネコ BOX を警戒なく利用できるようにネコ BOX 内にエサのみを設置し、順化させた。次に作成した忌避香の効果検証を以下の 3 日程で行った。

調査①　2025 年 4 月 28 日～5 月 19 日
調査②　2025 年 6 月 2 日～6 月 14 日
→忌避香を化粧用パフに漬け込み（図 5）、ネコ BOX 内に設置した。
調査③　2025 年 6 月 24 日～6 月 30 日
→忌避香をプラスチック容器に入れて、蓋に穴をあけてネコ BOX 内に設置した。

図 5　化粧用パフに付け込んだ時の様子

校内での調査結果、最も忌避効果が高いと思われる忌避香を対馬に持参し、ヤマネコにおいて効果検証のために用いた。

3－3　ヤマネコでの効果検証方法

忌避香におけるヤマネコの反応を確認するため、対馬市上対馬町小鹿の道路わき 3 台、対馬市峰町永留精肉店敷地内に 4 台のトレイルカメラを以下の日程で設置した。ヤマネコの忌避香に対する反応だけではなく、忌避香設置前後での利用頻度を確認するために設置前からカメラを設置した。なお、撮影間隔が 30 分以内かつ同種の個体は同一個体として記録した。

① 小鹿道路わき
・事前調査　　2024 年 8 月 22 日～2025 年 8 月 19 日
・事後調査　　2025 年 8 月 19 日～2025 年 11 月 2 日
（※8 月 19 日に忌避香設置）

図 6　小鹿道路脇設置時の様子

② 永留精肉店敷地内
・事前調査　　2025 年 7 月 19 日～2025 年 8 月 19 日
・事後調査　　2025 年 8 月 19 日～2025 年 11 月 2 日
（※8 月 19 日に忌避香設置）
☆本調査地は、道路わきの設置ではなくセンターの調査で近年ヤマネコの利用が確認されている場所であり、①において道路脇でのヤマネコの撮影頻度が極めて低いことを受け、ヤマネコの撮影頻度を上げるために 2025 年 7 月より永留精肉店様のご厚意により設置させていただいた。

図 7　永留精肉店敷地内設置の様子

☆企業との連携☆

教材開発を行っている次世代商品開発研究所にご支援をいただき、対馬現地でより忌避香が長期間、効果が持続するように忌避香拡散機（以下、拡散機）を共同で開発し調査に用いた（図 8）。拡散機はトレイルカメラと連動させた。拡散機の前を通るとカメラが作動し、上部のファンが作動する仕組みである。拡散機の内部には、作成した忌避香を入れることで稼働したファンによりその匂いが拡散されるという仕組みになっている。

図 8　拡散機及び説明時の様子

4　調査結果

4－1　校内を利用するイエネコでの効果検証結果

前項３－２の調査において、イエネコの利用状況を把握した。結果は、ネコ BOX 内に体を入れエサを食べているまたは食べようとしている行動を見せた個体は「忌避なし」、ネコ BOX 内に入らずに移動した場合は「忌避」として記録した（図 9）。調査①、②では明確な差が認められなかった。調査③では、前述の通りネコ BOX 内の忌避香設置方法を変更した結果、唐辛子系の忌避香の忌避率が 77.8%となり（表）、有意な差が認められた（$\chi^2=12.32$、$p=0.006$）。よって、対馬での現地調査には唐辛子系の忌避香を持参し、設置することにした。

表 調査③結果

観測値	忌避なし	忌避	合計	忌避率
唐辛子系	6	21	27	77.8%
柑橘系	12	5	17	29.4%
ハーブ系	9	10	19	52.6%
コントロール	8	4	12	33.3%

図 9　校内調査結果（左：忌避なし　右：忌避）

４－２　ヤマネコにおける忌避香効果検証結果

拡散機の前を動物が利用した回数は、ヤマネコで 1 回、ツシマテンで 2 回、イノシシで 1 回であった。撮影されたヤマネコは永留精肉店敷地内でのカメラであった。草に隠れ観察はしにくかったが、拡散機の前を忌避的な行動を示さず移動していることから「忌避なし」と記録した。一方でイノシシでは、拡散機が稼働したのちに立ち止まり匂いを嗅ぐ行動を示し、その後拡散機から遠ざかる方向に逃げていることから「忌避あり」とした。ツシマテンは、撮影開始時点ですでに拡散機に足をのせていた。しかし、その後すぐに拡散機から遠ざかるように走って逃げて行った。しかし、この行動はファンが動き出したことが原因なのか、忌避香が原因なのか判断ができなかったため、忌避の有無は記録できなかった。なお、忌避香設置前後はヤマネコの撮影回数が少なく比較できなかった。

図 10　対馬島内での撮影結果（左：イノシシ　中：ツシマテン　右：ツシマヤマネコ）

５　まとめ

ヤマネコでの調査結果は「忌避なし」という結果になったが、撮影回数が 1 回のみと非常に少なく、作成した忌避香に対する評価とすることはできない。また、イノシシでは忌避効果ありという判断ができる動画が撮影された。同様に 1 回のみなので結論を出すことはできない。

また、校内調査で行ったネコ BOX に比べ対馬調査で行った開放空間では忌避香が滞留しにくく、効果が薄れた可能性も考えられる。これらのことを踏まえ、拡散機の設置場所の再検討や拡散方法の改良などを行う必要がある。併せてサンプル数を増やす必要性があり、今後も調査を継続し、条件を変えながら効果検証を行って行く必要がある。

2025 年度も 3 月 26 日時点、11 件発生しており過去 3 番目に多い件数となっている。2 項でも述べたように、現在の状態を維持するためには、継続した事故対策を行わなければならない。「におい」だけにこだわらず、今年度実施できなかった「音」やそれ以外の対策についても検討し、適材適所の事故対策物や対策案を考え、全島で事故対策の効果検証、対策実施を本校生物部として継続して取り組んでいきたい。

謝　辞

本調査は、公益財団法人中谷財団による助成を受けて実施することができた。現地での調査を行うにあたり、環境省保護官補佐（当時）の金子氏、対馬市、長崎県対馬振興局、永留精肉店様、民泊恵の皆様にご支援をいただいた。次世代商品開発研究所の方々には、本校では実現できなかった装置の開発にご尽力いただき調査を行うことができた。この場を借りて感謝いたします。

参考文献

１）川添正寿（2006）　ツシマヤマネコ交通事故と道路建設の関連性についての一考察
２）環境省 HP　　ツシマヤマネコ生息状況等調査（第 5 次調査）の結果概要について
３）園田陽一（2011）　野生動物におけるロードキル，バリアー効果とミティゲーション技術に関する研究の現状と課題，ランドスケープ研究，Vol.4
４）町田市保健所生活衛生課　「猫よけ方法」
５）中西希（2010）ツシマヤマネコの交通事故遭遇個体の齢構成，保全生態学研究 15：39‐46
６）穂波末光（2016）　ツシマヤマネコの交通事故対策の現状と新たな試み

以上

ヨシ抽出液でイシガイを救え！！

実施担当者　清風中学校・高等学校
教諭　池永　明史

1 研究背景

2018 年に日本を襲った台風 21 号の影響により、清風高校生物部が保護をしているニッポンバラタナゴの保護池に山土が流入し、渦鞭毛藻類をはじめとする植物プランクトンが増えすぎた。その影響で 2018 年から 2021 年にかけてニッポンバラタナゴが托卵するイシガイの鰓に詰まり窒息することで個体数が激減する問題が生じた(Fig.1)。そこで、水質浄化(田畑 et al.1996)(1)やアレロパシー効果、そのほかにも魚の隠れ家等様々な効果をもたらすヨシを植栽した。その結果、2022 年頃には徐々にプランクトン層が安定し、イシガイの個体数が回復し始めた (Fig.1)。

しかしながら、過去 6 年間にわたる同保護池内でイシガイの殻長を調べてみると、2023 年度以降、30.0mm から 45.0mm の殻長しか持たない固体が多数を占めるようになり、同保護池でイシガイの成長の停滞が見受けられた(Fig.1) 。シロヒレタビラやアブラボテ、ヤリタナゴ、イタセンパラは，殻長 40.0mm 以下の小さい貝を産卵に利用しないとされている。またイタセンパラの場合、托卵するイシガイの殻長は 45.0mm から 69.0mm を選択するとされている。ニッポンバラタナゴが托卵するのに十分な大きさを備えたイシガイを増やすために、殻長の成長を促す要因を特定する必要がある。イシガイ目は珪藻を餌資源としており(根岸 2008)(2)、実際に同保護池に生息するイシガイも珪藻を餌資源としていることが有力視されている(加納 et al.2002)(3)。また、イシガイの餌資源となる珪藻の増殖にはケイ素が必要である(Lewin 1962)(4)。これらのことから、過去 2 年間の保護池での溶存態ケイ素(以下 DSi と表記)と珪藻の個体数の変化を調査すると、珪藻の個体数が 3 月を境に減少に転じるとともにDSiが1月から6月にかけて0mg/Lから 5mg/L と、非常に低い位置で推移していることが判明した(Fig.2)。一般的に、珪藻は低水温で増殖するため、通常であれば 3 月時点で減少に転じるはずはない。また、イシガイは 4 月から 7 月にかけて成長することが知られている。これらのことから、我々は 1 月から 6 月にかけ同保護池内で DSi が不足したしていたことにより、珪藻の個体数が減少し、さらには珪藻を餌資源とするイシガイの殻長の停滞したのではないかと推測した。

Pic.1　冬場刈り取った枯死ヨシ

そこで、同保護池の周辺には、他の植物に比べてシリカを多く含有するヨシに着目した。しかしながら、冬場枯死したヨシはそのまま放置されており(Pic.1)、翌年の新芽や水質に悪影響を

及ぼしていたため、その再利用が必要であった。そのため我々は、ヨシに含まれているシリカを用いることでイシガイの殻長の成長を促進することができるのではないかと考えるに至った。

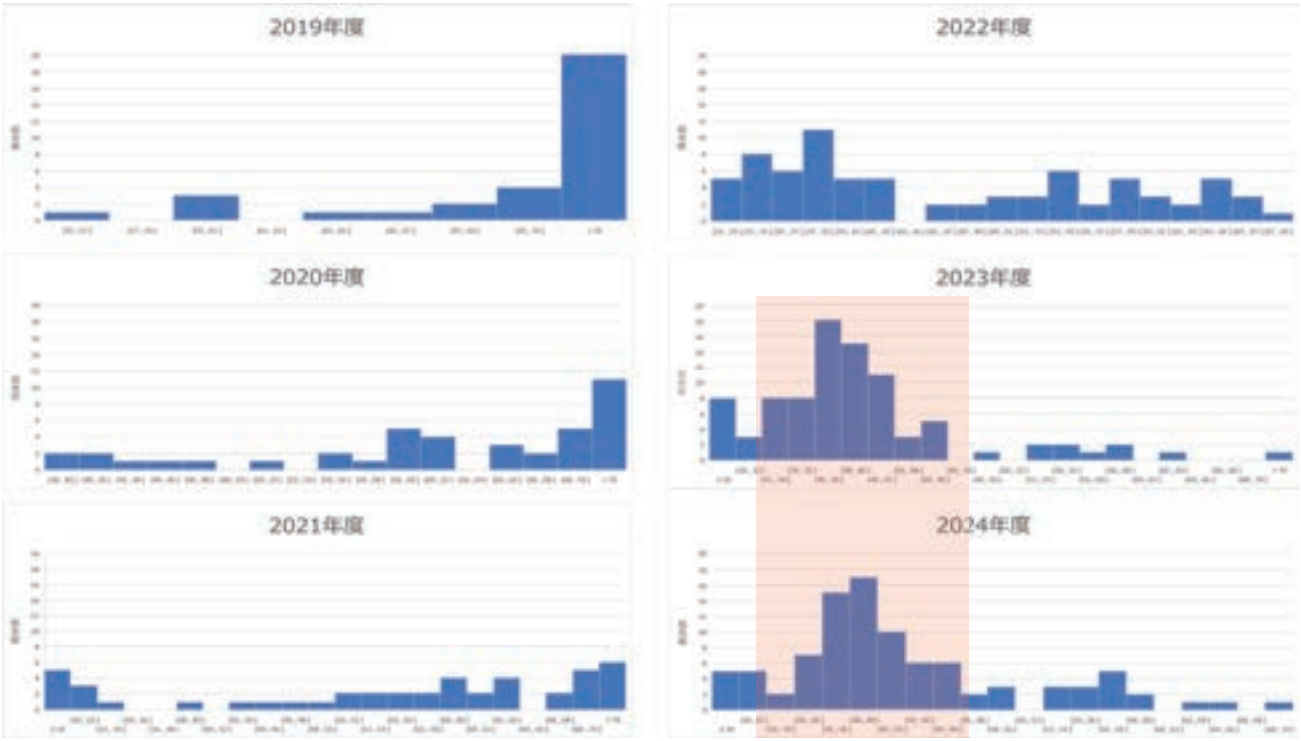


Fig. 1　6 年間の殻長別個体数

※保護池（10×10m²）を 20 分間で採取した二枚貝の個体数

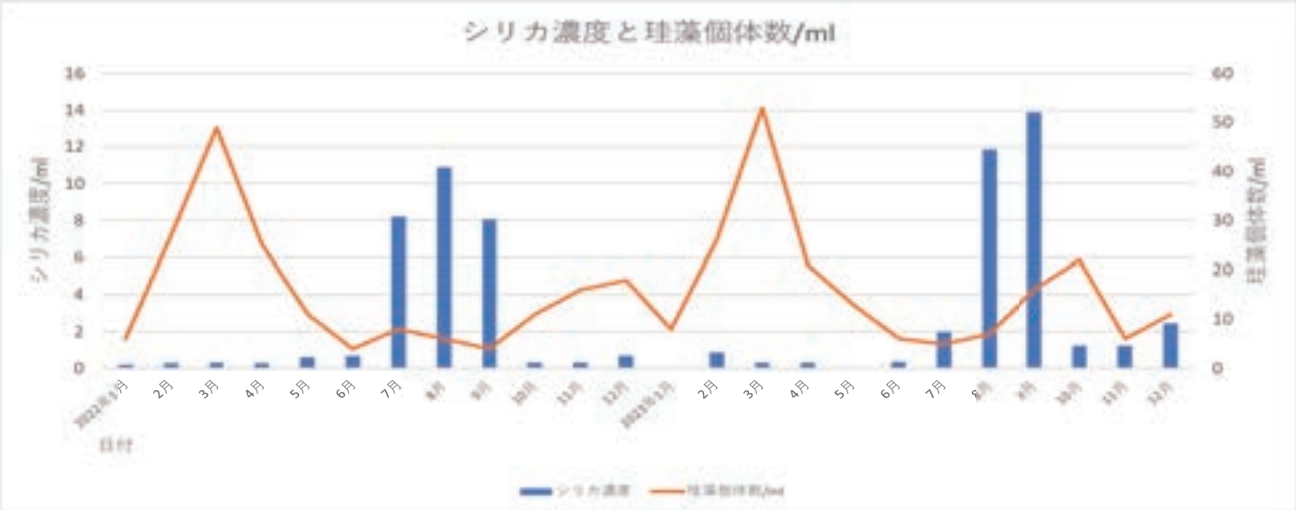
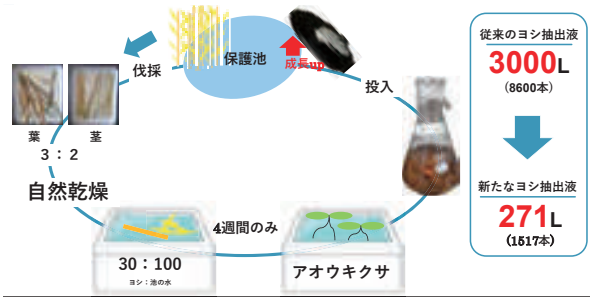


Fig. 2　2023 年度の保護池のデータ

2　研究目的・意義

本研究の目的は、ヨシが含有するシリカを用いて、イシガイの成長を促進できるかどうかを明らかにすることにある。そのため、次のような手順で実験を行った。まず実験では、池の水に投入した枯死ヨシから DSi が溶出することを明らかにする。実験では、ヨシ抽出液で珪藻を培養ができるかどうか検証し、またヨシ抽出液で培養した珪藻を添加し、イシガイが成長するか検証する。

．3　実験



ヨシ抽出液作製時の使用部位を再検討した。2024 年度は茎のみを使用していたが、本研究では茎に加えて葉および穂を用い、オートクレーブ処理後に栄養塩濃度を比較した。実験Ⅱ：実験Ⅰにより葉を加えたため、DSi 以外の栄養塩が増加してしまった。そこで栄養塩吸着材として自然由来の保護池で完結できるヨシ炭とアオウキクサを検討した。ヨシ炭は、回収したヨシを炭化させ、アオウキクサは保護池で自生するのを回収した。まず、吸着能力を比較した後、吸着機能と期間を確認した。保護池においてヨシ抽出液の機能を確認してきたが、その効果を保全活動にとどめず、より広く社会に応用できないかと考えた。そこで本研究では、海水性二枚貝養殖に着目し、環境負荷が比較的低く人工種苗の需要が高まっているアサリを対象とした。アサリ養殖では、種苗の餌となる珪藻培養において技術面およびコスト面の課題があるため、ヨシ抽出液を DSi 供給材として応用できないかを検討した。実験Ⅲ：まずアサリの種苗の餌となる海水性珪藻の培養が可能か実験を行った。また、DSi 供給材に似たゼオライトボールを抽出させたものを利用して比較し 1 週間ほどインキュベータ内で培養を行った。実験Ⅳ：次にヨシ抽出液由来の珪藻を餌としてアサリの成長が確認できるか飼育実験を行った。実験室で行えるようアップウエリング法を用いて自作し、人工海水のもと飼育を行った。また、2 週間ほど飼育し成長の変化を見た。

(結果・考察) ヨシの穂は種の有無によって DSi 濃度に大きな差が見られ、回収時期や個体差の影響が大きかった。また、種は DSi 以外の栄養塩を多く含むため、穂の使用は除外した。葉は穂（種有）より DSi 濃度は低いものの、他栄養塩が少ないため追加することとした。ヨシ一本当たりの葉：茎の重量比はほぼ一定であり、検証の結果、最適な割合は 3：2 であると判断した。実験Ⅱ：ヨシ炭は 5 日以内に DSi を過剰に吸着したため不適と判断した。一方、アオウキクサは約 4 週間で硝酸態窒素およびアンモニウム態窒素をほぼ吸着しきった。DSi も徐々に低下したが、リン酸が残存したため、処理期間は約 4 週間が最適であると判断した。実験Ⅲ：ヨシ抽出液はゼオライトボールとほぼ同等の珪藻増殖効果を示した。初期増殖速度はやや遅かったが、最終的な細胞密度は同程度に達した。実験Ⅳ：適切なコントロール設定が困難であったため、山口県漁業公社の飼育データと比較した。結果、死亡率はやや高かったものの、成長速度は同程度であった。

（結論及び今後の展望） 本研究により、ヨシ抽出液を保護活動において現実的に投入可能な量まで削減できることが示された。実際に 2024 年度より試験的な投入を開始し、2025 年度には殻長の大きいイシガイ個体数の増加が確認されている。また、ニッポンバラタナゴの個体数も本年度夏には約 3 万匹規模に達していると推測される。さらに、アサリ養殖においても既存の DSi 供給材と同等の効果が確認された。現在、山口県栽培漁業公社では 3 日間隔で 70 トン規模の珪藻培養が行われており、低コストかつ簡便な餌生産技術が求められている。ヨシという身近な植物資源を活用した本手法は、水産養殖分野における餌資源の安定供給手段として高い可能性を有する。一方で、海水性珪藻の長期安定培養には課題が残り、今後は培養系の改良が必要である。本研究は、淡水域における絶滅危惧種保護から海水性二枚貝養殖への応用可能性を示した点で意義があり、生態系保全と水産資源の持続的生産の両立に貢献し得ると考えられる。

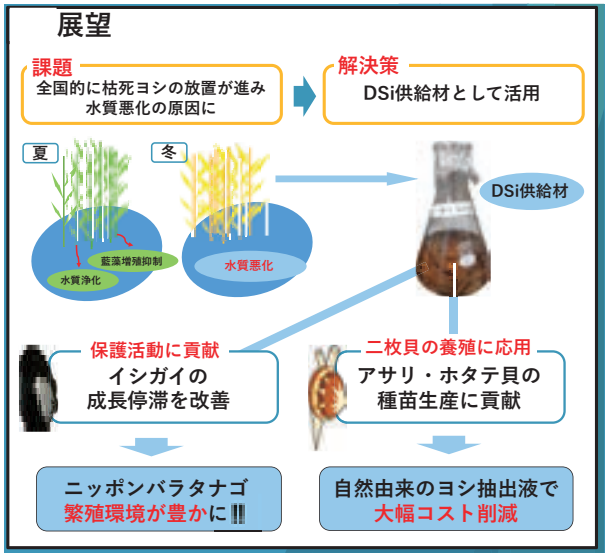
4　まとめ

本研究では、絶滅危惧種ニッポンバラタナゴの繁殖環境を改善することを目的に、DSi を効率的に供給できるヨシ抽出液の最適な作製条件を再検討した。その結果、葉と茎を 3：2 の割合で使用し、ヨシと池水の混合比を 30：100 とする条件が最適であることが明らかになった。この条件では DSi 濃度を高く保ちつつ、NO_3^- や PO_4^{3-} などの栄養塩の過剰供給を抑制できた。また、アオウキクサをヨシ抽出液に浮かべることで、DSi 以外の栄養塩（特に NO_3^- や NH_4^+）をさらに低減できることが確認された。研究で使用した枯死ヨシは、難分解性炭素を多く含むため、抽出後も形状

を保ったまま、表面付近に存在するシリカを効率的に溶出させることが可能であった。また、4 週間という短期間で抽出と回収を行うことにより、使用したヨシを放置せずに適切に管理できる。全国的には枯死ヨシが放置されることが多く、それが窒素やリンの流出による水質悪化につながっていることを考えると、本手法は環境負荷の低減と資源の有効活用の両立に資するものである。

今後は、このヨシ抽出液を小規模に作製し、実際に保護池へ添加して、栄養塩濃度やプランクトン群集の変化を観察することで、実践的な応用を検証していく予定である。特に、DSi 濃度が高いほど珪藻の細胞密度が増加することが報告されており、ヨシ抽出液による DSi 供給が珪藻の増殖に与える影響を、DSi 濃度を段階的に調整した実験によって定量的に評価したいと考えている。

ヨシは夏季においては水質浄化作用や藍藻の増殖抑制に寄与し、冬季には枯死体を用いて DSi 供給源となるという、多機能な植物である。実際に保護池では、ヨシを植栽したことで水質が改善され、プランクトン群集の安定化やイシガイの生息環境の維持にもつながっている。このような自然の循環機能を活かすことは、ニッポンバラタナゴの繁殖環境の維持においても有効であり、本研究の知見は保全活動のさらなる推進に大きく寄与するものと考えられる。さらに、本抽出液を用いて海水性珪藻キートセロスを培養し、その珪藻を餌としてアサリの種苗を飼育したところ、良好な成長が確認された。現在、アサリの天然種苗は親貝の減少や採取量の変動により供給が不安定であり、人工種苗に関しても高コスト・低安定性が課題となっている。実際、山口県栽培漁業公社では 3 日間隔で 70 トン分の珪藻を培養しており、種苗の大量生産には低コストかつ容易な餌生産技術が求められている。その点、ヨシという身近な植物資源を活用し、安価に DSi を供給して珪藻を培養する技術は、将来的に水産養殖分野における餌資源の安定供給手段として高い可能性を有している。



それでも、本研究は、ヨシ抽出液を用いた DSi 供給技術によって、淡水域における絶滅危惧種の保護から、海水性二枚貝の養殖にまで広がる応用可能性を示した点で大きな意義がある。本技術は、生態系保全と水産資源の持続的生産という二つの社会課題の解決に資する手段として、今後のさらなる研究と現場実装が期待される。

5　謝　辞

本研究の指導をしてくださった熊谷道夫先生（立命館大学）、池永明史先生、水谷誠先生（清風高等学校）、飯田慧土さん（清風高校卒業生）方々にお礼申し上げます。また、あさりの種苗飼育において指導してくださった山口県栽培漁業公社の谷村利克先生、県立水産技術センターの宮原一隆先生にお礼申し上げます。また本研究は、公益財団法人中谷財団による科学教育振興の助成を受けて実施いたしました。ここに深く感謝の意を表します。

6　参考文献

（1）田畑真佐子, 加藤聡子, 川村晶, 鈴木潤三, & 鈴木静夫. 1996. ヨシ植栽水路における河川水中の窒素. リンの 除去効果. 水環境学会誌, 19(4), 331–338.
（2）根岸淳二郎, 萱場祐一, 塚原幸治, 三輪芳明. 2008. イシガイ目二枚貝の生態学的研究：現状と今後の課題. 日本生態学会誌. 58：37–50.
（3）加納義彦, 森田倫行, 中西崇之, 竹内剛志, 河野丈斗志, 高野良昭. 2002. ドブガイの繁殖生態についてーニ ッポンバラタナゴの保護と環境保全.
（4） Lewin, J.C.1962.:Physiology and Biochemistry of Algae (R.A.Lewin ed.), Academia Press,445-455, New York.

モリアオガエルの生態調査と生息域外保全飼育の向上

実施担当者　西宮市立山口中学校
主幹教諭　釜渕　章匡

発信機を取り付けたモリアオガエルのオス

1　はじめに

モリアオガエル（森青蛙　学名: *Zhangixalus arboreus* ）は本州を中心に分布する日本固有種のカエルで、主に中部地方から近畿、中国地方にかけて生息しています。山地の森林に多く見られ、清らかな水を湛える池や沼、ため池などを繁殖地とします。体長は雄が 4〜6cm、雌が 5〜8cm ほどで、鮮やかな緑色の体色が特徴ですが、褐色や斑紋を持つ個体も存在します。繁殖期は 5 月から 7 月にかけてで、雌雄が木の枝や葉に登り、池の上にせり出した場所に泡状の卵塊を産みつけます。

この独特の樹上産卵は外敵から卵を守る工夫で、孵化したオタマジャクシは雨によって池に落ちて育ちます。森と水辺をつなぐ生態を持つため、森林伐採や水辺環境の変化に影響を受けやすく、近年では生息地の減少が課題となっています。兵庫県では、六甲山地や丹波地区を中心に棲息していますが、生息地の減少によりレッドデータブックの絶滅危惧II類に指定されています。

2　放池一筋１１万匹

2－1　活動の起こり

西宮市立山口中学校では「モリアオガエル保存会」が中心となって保護増殖活動を続けています。昭和 43 年（1968 年）山口町内の道ばたで，理科部の生徒が 1 匹のカエルの死骸を発見しました。これが「モリアオガエル」と判断され，翌年生息場所を特定，保護活動が始まりました。ちょうどその頃の山口町で，多くの宅地開発が急速に進み、山林が切り開かれ，モリアオガエルが棲む森が失われようとしていたことにもきっかけとなりました。絶滅危惧種であるモリアオガエルの存在が，今現在残されている，この町の緑を守るきっかけとなったのです。現在、理科部は廃部となり、意志を継承した保存会が、モリアオガエルの生態維持や、環境保全についても地域の方と協力して活動しています。

山口町内のため池で卵塊を採集する

２－２　調査・研究の方法

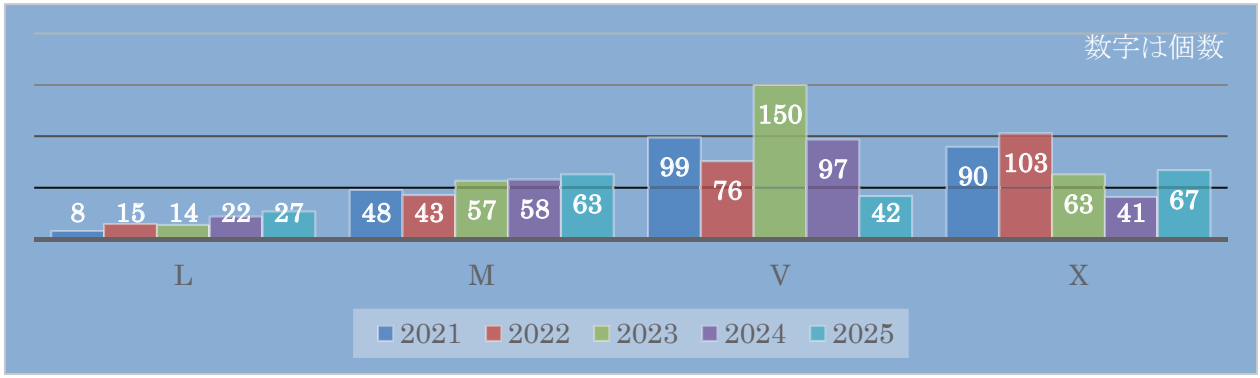
この研究では、夜行性でまだ明らかになっていないモリアオガエルの生態を解明し、近年めまぐるしく変化する気候変動や環境変化に対して、モリアオガエルの繁殖行動を調査・研究し、繁殖成功率を高めることです。また、保護活動がどのように地域に対して有効性を持つかを検証することも目的としています。

今回の研究は、保護活動を行っている、山口中学校区の中野・船坂地区の４カ所を対象としました。かんがい用のため池として活用されており、池の水面に張り出す樹木が豊富で、周辺環境が似ていて、複数調査することでデータの信憑性を高めました。

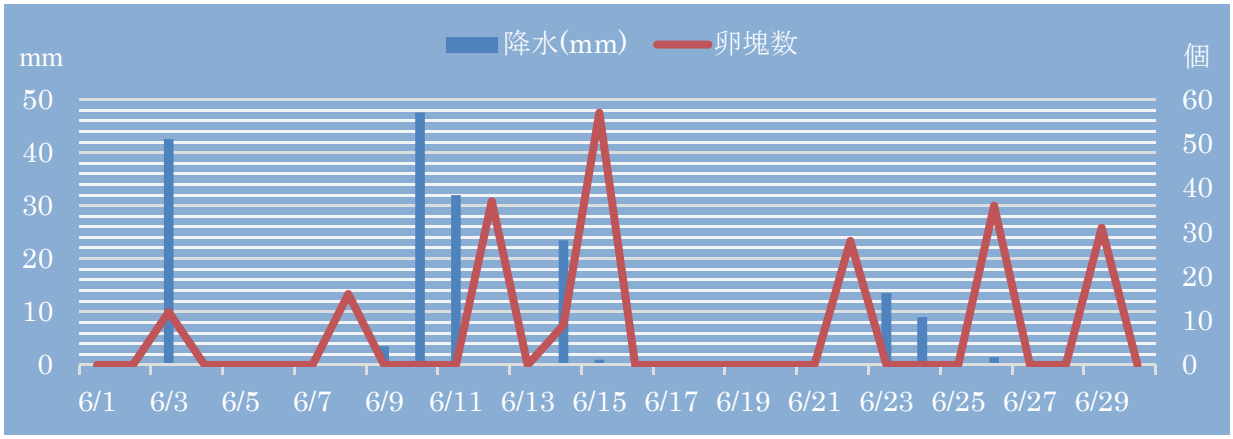
調査・研究方法として４項目をあげ、①卵塊の採集、池ごとの卵塊個数計測、成体の観察、②池環境のデータ収集（データロガーを使用）、③成体の行動調査（小型データロガーを使用）、④保護・飼育施設（モリアオさん家）での飼育活動としました。これらの項目を、過去５年間のデータ（データロガーは２年間）と照らし合わせながら分析を行いました。

２－３　調査・研究の結果

L・M の池では保護増殖活動で毎年放池（人工飼育したオタマジャクシの放流活動）をしているせいか、卵塊の発見数は増加傾向です。しかし、V の池では 2022 年から水位が安定せず、今年は計測を始めてから最も少ない数となりました。X の池では小さな池が階段状に４つ集まっているので、卵塊の数は合算した数字ですが、最上部の池が 2023 年に発生した土砂の流水により崩壊状態で、減少を続けていることが分かりました。

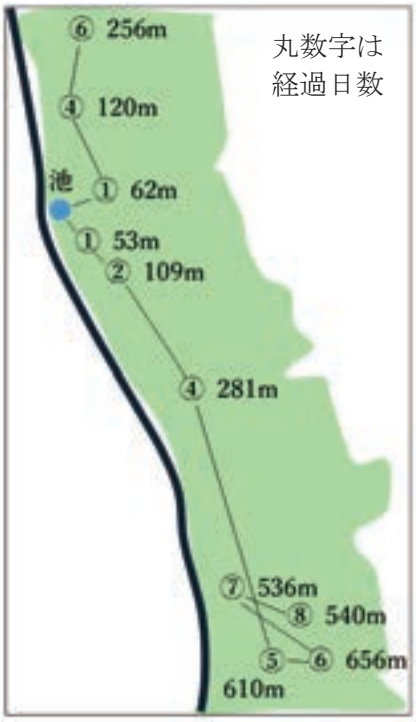


また、降水量との関係を調べたところ、「雨が降る前後で産卵活動が多い」ことが分かりました。しかし、今年は６月中旬の雨が極端に少なく、毎年の記録に比べて、産卵の時期が遅れていました。



オスの鳴き声が４月頃に聞こえる通常時の「コロロ、コロロ」から、低音の「グラァ、グラァ」に変わると、メスが池に現れるようになります。１匹のメスにオスが群がり、今度は互いに「カッカッカ」と相手を威嚇する鳴き声に変わりました。

卵塊を産む樹種は様々ですが、比較的樹皮が平滑なタカノツメやモウソウチクに多く見られます。また、水面からの高さは３～７mが多く 10m を超える場合もありますが、メスが水面を確認できる高さであると考えられます。



過去の論文では、モリアオガエルの成体の行動範囲が、大きく見積もっても半径100m前後だろうとありました。1)そこで、山口町のモリアオガエルの行動範囲を調べるために、１g の発信器を雌雄 10 匹に取り付けて１週間行動範囲を調査しました。

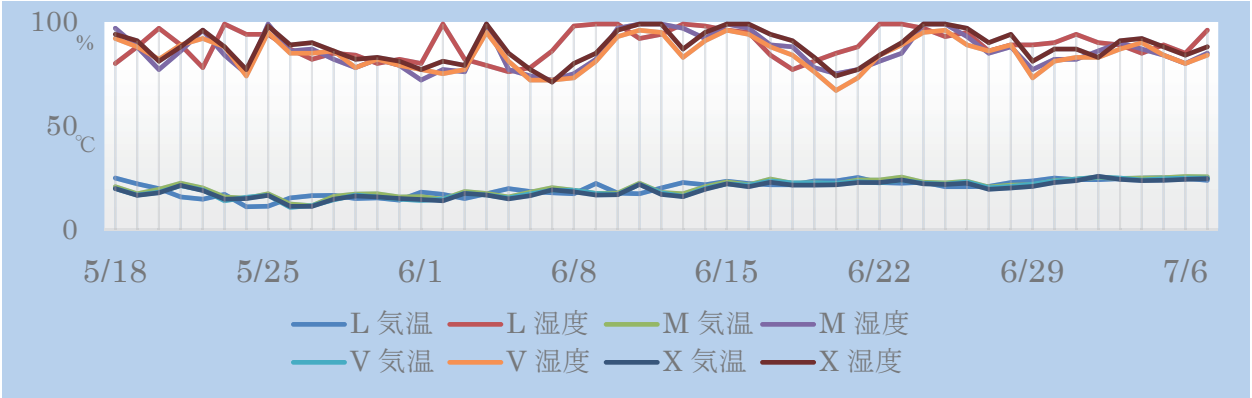
この２年間の調査結果は、池から最大 656m 離れていることが分かり、平均すると約 300m と分かりました。この調査結果から、予想を上回る行動範囲を移動していることが分かりました。大きく移動せず、池周辺で生活をしている個体も確認されましたが、そのほとんどが樹上生活をしているために、目視での確認はほとんど出来ていません。

また、センサーカメラを４カ所設置して、夜間の生き物の調査を行いました。４つの池で共通してみられたのが、特定外来生物のアライグマです。それも頻繁に池を訪れて、モリアオガエルを捕食している姿が確認されました。

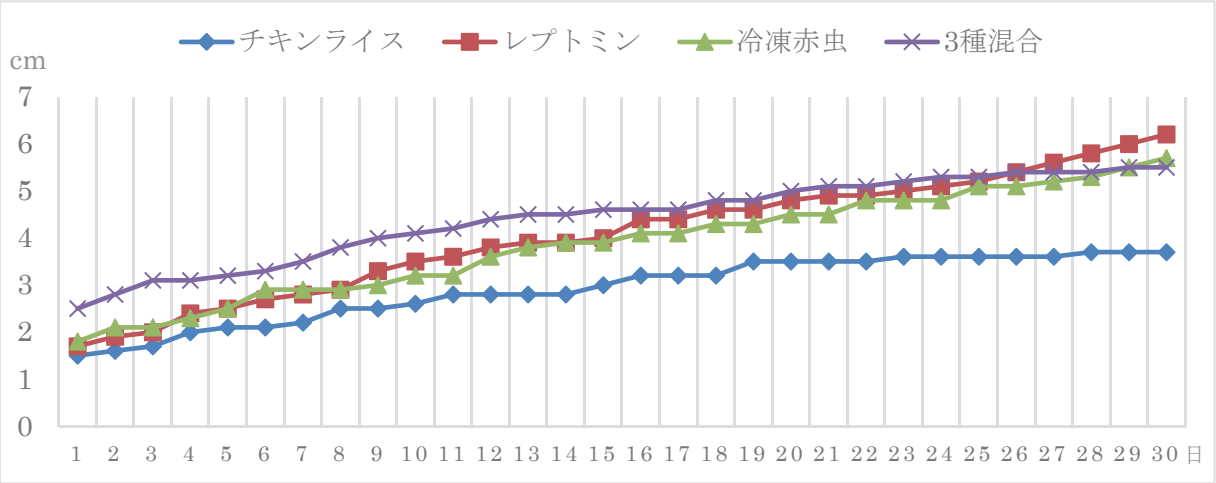
その他確認された野生生物は、イノシシ、テン、ハクビシン、ホンドギツネ、ホンドタヌキ、特定できなかったネズミです。夜間の池では、野生生物がよく活動していることが分かりました。

調査を続けていると「人工飼育よりも自然界のオタマジャクシの方が 6cm 前後と大きい」ことに気がつきました。そこで、より自然界に近い環境での飼育のために、池の気温・湿度を調べた結果が以下のグラフです。

このデータを平均化し、今年から導入されたエアコンを活用して、モリアオさん家（飼育小屋）の温度・湿度設定を室温 24 度、湿度 75%を維持できるように、24 時間空調管理をしました。



また、エサの種類を、これまで給餌してきた人間用のベビーフードである「チキンライス」だけでなく、爬虫類専用のエサである「レプトミン」と熱帯魚用の「冷凍赤虫」を組み合わせて給餌したところ、以下のグラフのような結果となった。



温度、湿度、給餌の方法を変化させたことで、結果的に自然界で生育した 6cm 程度のオタマジャクシと、同じサイズのオタマジャクシの飼育に成功しました。また、湿度が保たれたことで、卵塊が途中で枯死してしまうことなくオタマジャクシが発生し、孵化率が向上しました。１つの卵塊から２～３００匹のオタマジャクシを確認することができました。

エアコンがなかった去年までは、日中の室温が３０度を超えることがほとんどで、水槽の水がすぐに濁り、孵化したオタマジャクシの１割程度が死滅してしまいました。今年は数匹しか死滅しなかったことが確認できました。

３　まとめ

①モリアオガエルの産卵行動に大きく影響するのは雨

オスの成体が池に集まりだす５月下旬から、定期的な雨をきっかけに産卵が促されています。また、池の水位や環境が維持されなければ産卵数が減少します。

②行動範囲は広く、外来生物の脅威が迫っている

夜行性であるため、まだわかっていない生態が多いですが、行動範囲は広く、池周辺の土地の開発などを行うときには、緑の環境を分断してしまわない配慮が必要です。これからの両生類保護活動を考える上で、大切なデータになります。

③人工飼育の工夫で、自然界と同じ結果が得られる

人工飼育をする場所の気温・湿度・給餌方法を、自然界と同じ環境を作り、飼育環境が安定すれば、自然界で生育するオタマジャクシと同じ結果が得られました。

④今のままでは池は消滅し、生息が困難となる

どの池でも土砂の流入、水位が不安定、池の崩壊がみられ、管理されなければモリアオガエルが繁殖活動をする場所がなくなってしまいます。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団の研究助成を受けて実施したものです。 同財団のご支援により、研究の進捗が大幅に進められたことを深く感謝申し上げます。

参考文献

1）白井　勝二・安齋　徳夫　環境配慮のための重要な小動物に対するテレメトリー法による行動圏把握の試み　2004　第 53 回砂防学会研究発表会

人知れず着実に分布域を拡大する侵略的陸上植物からみた市街地の植生管理の課題と方策を探る

実施担当者　兵庫県立尼崎西高等学校
教諭　池谷　仁里

1　はじめに

都市部では、景観形成や環境改善を目的として多様な植物が植栽されている。しかし、管理が行き届かず植栽範囲を逸脱した植物は、外来種問題や生態系サービスの低下を引き起こす要因となる[1、2)]。特に、侵略的外来植物が市街地で雑草化した場合、その影響は生物多様性の保全にとどまらず、美観や衛生、さらには生活環境の質の低下といった社会生活全般にも及ぶ。

本研究の契機は、本校校門前の花壇においてランタナの逸出個体を確認したことである。さらに、通学路周辺においても同種の定着が確認された。ランタナは観賞用として導入された外来植物であるが、一部地域では逸出・拡大による生態系への影響が指摘されている。そこで関連情報を調査した結果、環境省の重点対策外来種に指定されていることが判明した[3)]。近年、瀬戸内海沿岸域においても、同種の逸出（雑草化）が顕在化しているが、その要因については未だ不明な点が多い[4)]。

本研究では、ランタナの防除方策の構築に資することを目的として、生息環境の土壌特性、種子の発芽特性、および果実食性鳥類との生物間相互作用について調査を行った。

2　研究方法

2－1　調査体制

本研究は、理系生物選択の生徒 2 名およびボランティア部員 9 名により実施した。

2－2　ランタナ（*Lantana camara*）について

ランタナ（図 1）は南米原産の常緑低木であり、花色は桃色・黄色・橙色など多様で、園芸植物として広く利用されている。一方で、果実や種子には毒性があり、誤食した場合には嘔吐、腹痛、けいれんなどを引き起こす可能性がある。また、ランタナの茂みは昆虫や菌類、ネズミなどの生息場所となるほか、枝には棘があるため、管理や接触時の安全面・衛生面においても問題が指摘されている。

図 1　雑草化したランタナ

２－３　野外調査

ランタナの分布域調査は，本校周辺の尼崎市大庄地区を対象とし，分布と生息環境調査を行った（図 2）。あわせて、土壌テスターを用いて生息環境（pH、土壌水分、温度、照度）を測定し、土壌サンプルを採取した。さらに、周辺生物の確認、種子散布様式の調査、ならびに生活環境への影響評価を実施した。

図 2　土壌試料の採取の様子

２－４　土壌分析

採取した土壌について、NPK 測定キットを用いた簡易分析を行った。さらに、外部分析機関（イノチオホールディングス株式会社）に依頼し、土壌の化学性診断を実施した。

土壌分析：土壌に含まれる窒素、リン酸、カリウムについて、土壌採取の当日に生物室で NPK 測定キットを使用して簡易検査を行う。その後、外部の分析機関、または研究室において、土壌の化学性診断を実施し、詳細な無機栄養塩類のデータを取得する。

発芽環境要因の特定：野外調査および土壌分析のデータ（窒素、リン酸、カリウム）をもとに、栄養塩類、pH　を調製した寒天培地を作成し、発芽育苗器内で光環境や温度条件を組み合わせて、種子の発芽率を求めた。

２－５　発芽実験

ランタナの発芽特性を明らかにするため、発芽実験を実施した。果房から自然解離した果実を室温で乾燥させた後、一晩吸水処理を行い、種子を取り出した。次に、1%次亜塩素酸水により表面殺菌を行い、水道水で湿らせたろ紙上に播種して発芽処理を行った。培養条件は、温度 30〜35℃、弱光（10 μmol photons m^{-2} s^{-1}）、明暗周期 12 時間（明期）／12 時間（暗期）とし、各条件につき 5〜6 回の反復を設けた。発芽率〔%〕は（発芽した種子数 / 種子数［50 個］）×100 により　算出し，結果は mean ± SE で示した。

３　結果・考察

３－１　尼崎市大庄地区における外来植物ランタナの定着実態

野外調査の結果、ランタナは大庄地区においてアスファルト舗装の歩道や駐車場、公園、植樹帯、河川敷の土手などで定着しており、　306 個体を確認された。生育環境としては土壌環境が多くを占めたが、約 40%はアスファルト・コンクリート・砂利舗装といった非土壌環境で確認された。このことから、ランタナは市街地環境に対して高い耐性と適応性を有し、都市域における雑草化リスクが高いことを示唆している。

野外で定着したランタナ 3 個体を調査したところ、1 個体あたり数百〜900 個近い花をつけていた。1 花あたり約 20〜30 個の種子が形成されることから、900 花をつけた個体では最大約 27,000 個の種子を生産すると推定される。また、砂利舗装環境に定着した個体では、根系は深く伸長するよりも横方向に広がる傾向が見られ、舗装環境に適応した形態である可能性を示唆している。

３－２　土壌環境と定着条件

土壌分析の結果、ランタナが定着していた土壌は弱酸性で、窒素およびリン酸含量が低い貧栄養環境であった。一方、定着が確認されなかった地点の土壌は、粘土含有率が低く、保水性および保肥力に乏しい砂質土壌であった。これらの結果から、ランタナは極端な貧栄養環境では定着しにくいものの、一定の保水性および保肥力を備えた壌土や砂壌土では安定して生育できることを示唆している。

３－３　分布の特徴と集中分布の形成

野外調査の結果、ランタナの分布は市街地では点在していたが、郊外の武庫川河川敷では集中分布が確認された（図 3）。ランタナの果実周辺では、アリ、ダニ、カメムシなどの昆虫が確認されたが、落下した果実や果房を鳥類などの動物が捕食する様子は観察されなかった。

一方、市街地ではランタナ周辺に野鳥はほとんど確認されなかったのに対し、郊外ではスズメ、ハト、メジロなどの野鳥が観察され、特にスズメの出現頻度が高かった。ランタナは野鳥による種子散布が報告さらており[3)]、スズメは外敵（猛禽類、カラス、ヘビなど）を避けて郊外へ生活圏を移している可能性がある。こうした環境下でランタナの果実を採食することにより、種子散布に寄与していると考えられる[6)]。以上のことから、スズメなどの鳥類による種子散布が郊外における集中分布形成の一因となっている可能性が示唆される。

図 3　尼崎市大庄地区のランタナの分布

３－４　発芽特性

野外から採集したランタナの花房を用いて発芽実験を実施した（図 4）。その結果、果房から解離後、室内で 20～50 日間の自然乾燥処理を行った種子の中で、30～40 日間乾燥させた果実由来の種子において最も高い発芽率が確認された。しかし、発芽処理開始後 35 日経過時点においても平均 15%程度にとどまり、全体として発芽率は低い傾向にあった。また、ランタナの発芽率は過去の報告においても最大で約 50%程度にとどまることが知られており[5)]、本研究の結果も既報と一致する傾向が認められた。さらに、遮光条件下では発芽が抑制されることが明らかとなった。

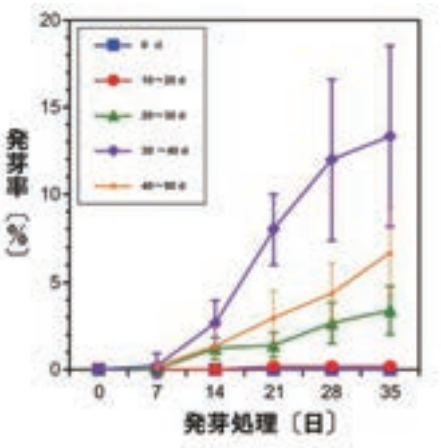


図 4　発芽実験

４　まとめ

1）ランタナは、非土壌環境（アスファルト・砂利舗装）においても顕著な生育が確認され、人工的環境に対して高い耐性と適応性を有することが示唆された。
2）ランタナは市街地では点在する一方、郊外では集中分布の傾向が認められた。
3）尼崎市において、スズメ、ハト、メジロなどの鳥類による種子散布の可能性が示された。
4）果房から果実を解離することで果実の成熟が促進され、さらに乾燥期間が種子の発芽率に影響を及ぼすことが明らかとなった。
5）市街地では発芽率が低いことから、ランタナの分布拡大は急激ではなく緩やかに進行していると推察された。

これらの結果から、ランタナは人工的環境への高い適応性を有しつつも、発芽段階での制約により急激な拡大は起こりにくい一方、鳥類による種子散布によって分布を広げていると考えられる。さらに、このような分布拡大には人為的要因が関与している可能性がある。以上を踏まえ、本研究ではランタナが市街地で定着・拡大する要因として、以下の 2 つの仮説が導かれた。

仮説 1：人為的撹乱に伴う選択的残存（人の無関心による保護）
　除草作業の際に低木であるランタナは刈り残される例が多く、その結果として生育が維持されている可能性がある。
仮説 2：人為的な導入・植栽
　河川敷において生垣として植栽されている事例が確認された。ランタナは特定外来生物には指定されておらず流通が可能であるため、園芸目的での導入が分布拡大に寄与している可能性がある。

5　防除活動と地域啓発

　阪神電車高架下、駐車場、学校花壇など計 6 か所において、ランタナの駆除を実施した。蓬川バラ園周辺では、枝の刈り込みとともに隠れたごみの回収も行い、景観の改善や通行障害の解消、ポイ捨ての抑制に寄与した。また、「エコあまフェスタ 2025」において啓発ブースを出展し、ランタナの識別方法、市街地における外来種管理のあり方、および本研究における調査・駆除活動の成果を紹介した。その結果、地域住民から情報提供を得ることができ、今後の連携強化につながることが期待される。さらに、本研究の成果は、3 月 20 日（金）に神戸女学院大学で開催された「2025 年度 SDGs 探究×研究サイエンスフォーラム」においてポスター発表を行い、優秀賞を受賞した（図 5）。

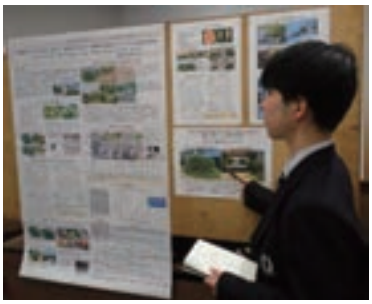


図 5　ボランティア部による発表の様子

謝　辞
　本研究は、公益財団法人中谷財団の助成を受けて実施いたしました。

参考文献

1）藤井義晴，外国産緑化植物の問題点，農業および園芸，85(1)：27-35. 2010,
2）黒田慶子編著，里山に入る前に考えること，独立行政法人森林総合研究所（2010），
3）国立環境研究所，侵略生物データベース，
https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/(2025/9/29)
4）山本和司、佐々木晶子、中坪孝之（2012）瀬戸内海沿岸域における外来植物ランタナ（シチヘンゲ）の野生化、保全生態学研究、17(2)：257-262.
5) Raizada and Raghubanshi （2010) Seed germination behaviour of Lantana camara in response to smoke. Tropical Ecology, 51(2)：347-352.
6）金子尚樹、中田誠、千葉晃、伊藤泰夫（2012）新潟市の海岸林における鳥類による秋季の果実利用、日本鳥学会誌、61(1)：100-111.

地域の特定外来生物を題材とした探究活動および環境教育の推進

実施担当者　兵庫県立明石北高等学校
教諭　植田　好人

1　はじめに

気候変動や生物多様性の損失など地球規模の課題が顕在化する中、「環境教育」という言葉を耳にする機会は増えている。「環境教育」とは、持続可能な社会の構築を目指し、家庭・学校・職場・地域などあらゆる場で、環境と社会・経済・文化とのつながりや環境保全への理解を深めるために行われる教育・学習をいう（環境省 2011 年）。すなわち、知識の習得にとどまらず、身近な環境問題を「自分事」として捉え、価値観や態度を形成し、行動の変容へつなげることが重要である。また、新学習指導要領では、「探究」の過程が重視されている。「探究」とは、自ら課題を見いだし、その解決に向けて主体的に問いを立て、情報を収集・整理・分析し、考察を深めながら、自らの考えをまとめ表現していく一連の学習過程を指す（文部科学省 2018 年）。そこでは、単に知識を受け取るのではなく、既習の知識や経験を活用し、多面的・多角的に思考しながら課題の本質に迫る姿勢が求められる。

そこで、本研究実践では、地域の特定外来生物（生態系や農林水産業に大きな被害を及ぼす外来生物）を題材として探究活動を行い、生徒の探究力を伸長させるだけでなく、生態系の保全への意識や態度を涵養し、行政の特定外来生物の対策活動の一助となることを目指した。

2　探究に関する実践

2－1　クビアカツヤカミキリ

クビアカツヤカミキリ（**図 1**）は、ソメイヨシノ（サクラ）やウメなどのバラ科樹木に甚大な被害を及ぼす外来昆虫で、2018 年特定外来生物に指定され、近年関東地方や関西地方を中心に分布域を拡げ、全国的に大きな問題となっている（環境省 2025）。2022 年に兵庫県内で初めて、本校近くの石ヶ谷公園において確認されて以降、本校科学探究部生物班（以下、生物班）および有志生徒たちは、本種の分布拡大阻止に向けた活動を行政・専門機関・企業等と連携して、現在までの約 4 年間継続的に行ってきた。今年度は、石ヶ谷公園およびその周辺地域において、生物班員 10 名および有志生徒 6 名ほどが調査を行った。ソメイヨシノやウメの樹木 1 本 1 本を丁寧に観察して、本種の成虫やフラス（幼虫が排出したおかくずが混じったフン）の有無を丁寧に調べていった（**図 2**）。今年度だけで、1500 本ほどの樹木を調査し、**本種の成虫 1 匹とフラスが**

図 1：クビアカツヤカミキリ

あった樹木 20 本を同定した。さらに、各樹木を識別しているナンバリングテープの付け替え、各樹木の位置情報を GPS 機器で記録して QGIS（地理情報システムのアプリケーション）を用いた樹木マップの作成も行った（マップは行政や専門機関と共有）。今年度から、フラスの同定を形態観察だけでなく、PCR 法を用いた遺伝子解析行っている。本種の遺伝子解析方法（DNA 抽出から PCR 反応まで）は、ひょうご環境創造協会の藤井俊樹先生らと連携して開発した、特別な機器（高速回転の遠心分離機など）の使用頻度を減らして、比較的短時間（約 2 時間）で実施できる方法である。

以上の取組実践を、行政から依頼を受けて講演会〔クビアカツヤカミキリ被害防止講習会・ひょうご生物多様性シンポジウム（いずれも兵庫県主催）〕で発表し、一般市民の方に対して啓発活動を行った。生徒たちも、自分たちが行ったことが地域の環境保全に貢献していることを実感できているとともに、わかりやすく伝える技術を伸長させることができた。

図 2：クビアカツヤカミキリの調査の様子

２－２　他の特定外来生物に関する探究活動

アルゼンチンアリ

アルゼンチンアリ（**図 3**）は南アメリカ原産の特定外来生物であり、1993 年に日本で初めて確認されて以来、その高い繁殖力と適応力によって急速に分布を拡大している。本種は、屋内や電気機器への侵入によって、物理的・経済的・心理的な被害をもたらすことが知られている(環境省 2012)。本種は神戸市西区で生息が確認されており、本研究では本校周辺地区である明石市への侵入を阻止することを目的とした。本種の駆除方法には現在、薬剤散布やフェロモンを利用する方法が提案されているが、効率的な分布調査の方法が不足しており、早期発見が難しいという課題がある。そこで本研究では、本種に最適な誘引剤および粘着剤を生息地で調査し、魚介を中心としたタンパク質性の誘引剤およびレジンを主原料とした粘着剤が適していることがわかった（**図 4**）。次に、それらの材料を使い、生分解性の紙を使用したトラップの作成を行った。このトラップの利点は、生分解性であるために野外で放置しても環境負荷が小さいことである。また、自作したトラップを用いて分布調査を行うとともに、その調査で得られた結果をもとに QGIS を用いて地理的条件を考慮した本種の分布予測マップを作成した（**図 5**）。本種はコンクリートなどの舗装された場所の植え込みなどの土壌がある部分に多く生息しており、その特徴も予測マップでは反映できていた。この予測マップを含めた研究結果を、行政（明石市・神戸市）と共有した。また、この一連の研究成果は、令和 7 年度 SSH 生徒研究発表会において発表された。

図 3：アルゼンチンアリ

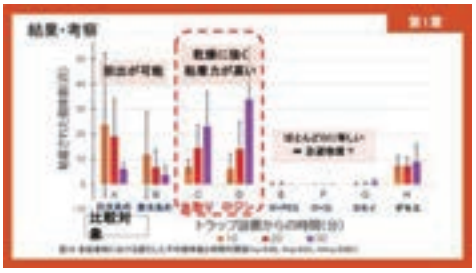


図 4：アルゼンチンアリの誘引剤実験

図 5：アルゼンチンアリの予測マップ

ナガエツルノゲイトウ

ナエツルノゲイトウ（**図 6**）はヒユ科ツルノゲイトウ属に分類される南米原産の植物である。水上や水辺に生育する水草だが、陸上での生育も確認されている。世界的に外来生物として広がっており、日本では特定外来生物に指定されている。生態系や農産物などに様々な影響を与えることが危惧され、早急な対策が必要である。本校での過去の研究から本種の周辺には他の植物が少ないということを知り、アレロパシー（植物が放出する化学物質が他の植物に阻害的あるいは促進的な作用を及ぼす現象）の可能性を考え、この研究を開始した。

実験は、本種の葉および根から放出される物質の影響を比較するために、サンドイッチ法とよばれる乾燥した葉や根のサンプルを寒天培地で挟み込んだものの上に、レタスの種子を静置して発芽率や芽生えの長さを測定する方法を用いた（**図 7**）。比較として、アレロパシー作用で有名なセイタカアワダチソウやクズも用いた。結果は、ナガエツルノゲイトウの葉は、対照実験（蒸留水）・セイタカアワダチソウの葉・クズの葉よりも、有意にレタスの芽生えの伸長を抑制することがわかった（**図 8**）。本種の乾燥葉抽出液だけでなく、しぼり汁（本種の植物体を絞り器で絞り出した液体）を用いて、野生植物（カラスノエンドウ・コセンダングサ）の発芽率および芽生えの長さを測定した。その結果、本種のしぼり汁は、発芽抑制作用のあるアブシシン酸と同程度の発芽抑制効果があること、乾燥用抽出液およびしぼり汁は野生植物の芽生えの伸長に抑制的にはたらくことが示唆された。今後は、本種のアレロパシー作用が野生植物の成長した個体に及ぼす影響について詳しく調べていきたい。

図 6：ナガエツルノゲイトウ

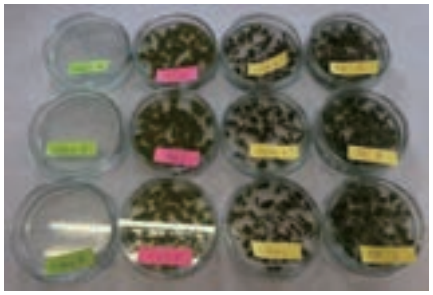


図 7：サンドイッチ法の様子

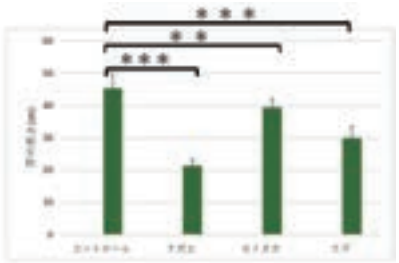


図 8：サンドイッチ法（葉）の結果

3　クビアカツヤカミキリの環境教育に関する実践

3－1　高校生による小学校での環境教育授業

兵庫県においては、2022 年 6 月に初めて本校周辺の石ヶ谷公園で発見されて以来、生物班の生徒は約 4 年間継続的に行ってきた。2023 年度から、小学生の地域の自然に関する諸問題への興味を高め、将来の生態系保全の担い手を育成する目的で、近隣の小学校（明石市立高丘東小学校）に本種の授業（環境教育）を実施している。本授業は、本校生が先生役となり、本種の生態や調査に関する講義および実習を児童たちに対して行う。また、授業内容は小学 3 年の理科「昆虫の育て方」の単元の内容と関連させた授業プログラムとなるよう工夫している。授業は年に 2 回実施し、1 時間目の授業では本種に関する講義、本種の成虫の標本（オス・メス）の観察（**図 9**）、校庭でのソメイヨシノのナンバリングおよびフラス（幼虫が排出するおがくずが混じったフン）調査を行った。児童たちは、実物の本種の標本に興味津々で細部にわたって観察を行い、その気付きを他の児童と共有していた。また、校庭では教室で学習した観察する上で大切なポイントに基づいて、注意深くソメイヨシノを調べていた。次に、第 2 時間目の授業では、本種による

図 9：小学生がクビアカの標本を観察する様子

被害状況に関する講義、本種と他種のカミキリムシのフラスの標本の観察、校庭でのソメイヨシノのフラス調査を行った。ソメイヨシノの被害は、高丘東小学校のすぐ傍らまで迫っており、児童たちは驚いた様子で生徒たちの話を聞いていた。また、本種のフラスと他種のカミキリムシのフラスの観察では、フラスの大きさや形状のわずかな違いを比較して、見出すことができていた。

３－２　生物の授業での実践

特定外来生物クビアカツヤカミキリに関する環境教育（ESD）授業は、地域で実際に発生している外来種問題を題材に、生態系分野とバイオテクノロジー分野を横断的に結び付けた科学的探究型の実践である。まず導入では、「生態系と人間生活」の単元において外来種の定義や侵入経路、人間活動との関係、生物多様性への影響を復習し、外来種問題を社会的課題として捉えさせた。続いて、外来生物の啓発ポスターを作成するパフォーマンス課題に取り組ませ、小学４年生にも理解できる表現を意識させることで、知識の整理と発信力の育成を図った。その後、DNA の構造や半保存的複製の原理、PCR 法および電気泳動法の仕組みを学習し、分子生物学的手法が生物の同定や環境保全に活用されていることを理解させた。授業後半では、成虫標本の観察やフラス（幼虫の排出物）の形態比較を行い、形態的特徴から種を推定する仮説を立てさせた。さらに、実際にフラスから DNA を抽出し、PCR 法で特定領域を増幅、電気泳動で結果を確認することで（**図 10**）、仮説を科学的に検証する過程を体験させた。この一連の学習を通して、生徒は地域課題に対する当事者意識を高め、多面的に考察する力や批判的思考力、科学的探究力を養うとともに、持続可能な社会の担い手として行動する態度を育成する ESD 実践となっている。

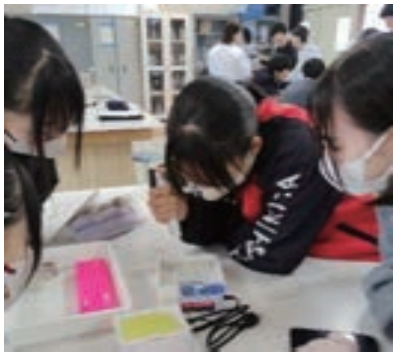


図 10：遺伝子解析実験を行う様子

４　まとめ

本研究では、地域で発生している特定外来生物を題材とした探究活動および環境教育を実践し、生徒の探究力の伸長と生態系保全への意識の向上を図った。クビアカツヤカミキリの分布調査や PCR 法を活用した遺伝子解析を通して、形態観察と分子生物学的手法を組み合わせた科学的検証を経験させることができた。また、小学生への授業実践では、学習内容を他者に伝える活動を通して理解の深化と表現力の向上が見られた。地域課題を教材化することで、生徒が環境問題を「自分事」として捉え、多面的に考える力や主体的に行動する態度を育成することができた。今後も地域と連携しながら、持続可能な社会の担い手育成につながる実践を継続していきたい。

謝　辞

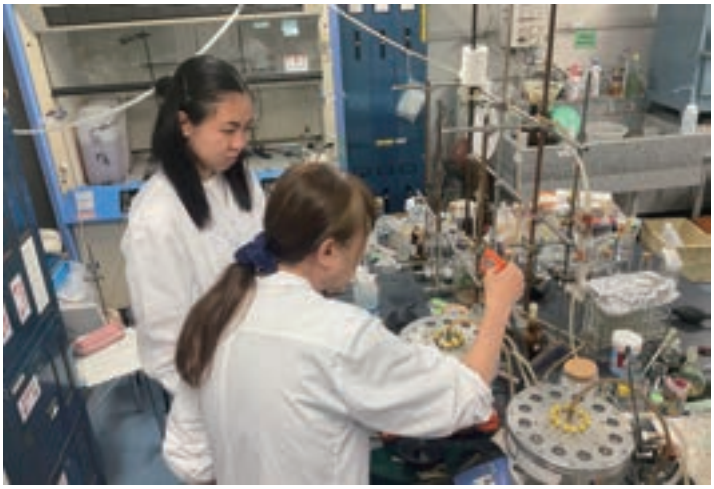
本研究の実施にあたり、クビアカツヤカミキリの遺伝子解析手法の開発および技術的助言をいただいたひょうご環境創造協会の藤井俊樹先生に厚く御礼申し上げます。本研究の一部は、中谷財団の教育助成金の支援を受けて実施しました。ここに記して深く感謝申し上げます。

参考文献

1)　『環境教育等による環境保全の取組の促進に関する法律』，環境省，　2011 年 6 月
2)　『高等学校学習指導要領解説』，文部科学省，2018 年 7 月
3)　『持続可能な開発のための教育(ESD) 推進の手引』，文部科学省，2021 年 3 月
4)　『クビアカツヤカミキリパンフレット』，環境省，2025 年 7 月
5)　『モバイル PCR 装置を用いたクビアカツヤカミキリ DNA の迅速判定に関する研究』，ひょうご環境創造協会，日本生態学会全国大会，2025 年 3 月

持続可能な社会の実現を目指した，医薬品アセトアミノフェン合成の教材開発

－ 高校生が挑む医薬品の新しい合成法の開発 －



奈良女子大学附属中等教育学校
教諭　鵜飼　哲真

1　はじめに

本校では，後期課程（高校生）の総合的な探究の時間として「基盤探究」という授業を設けている。本授業では，自然科学および人文・社会科学に関する諸課題について，生徒一人ひとりが自らの興味・関心に基づいて課題を設定し，探究活動に取り組んでいる。

自然科学系の研究テーマは，物理，化学，生物，情報など多岐にわたるが，課題設定および研究の過程においては，既存の授業内容や教科・分野の枠組みにとらわれない姿勢を重視し，生徒の主体的な学びを促している。化学分野における「医薬品の合成」は，高等学校で学習する内容や実験技能の水準を超える知識・技術が求められる。しかしながら，自発的な問題意識に基づき，高度な知識や技能を獲得しようとする姿勢は，専門的な進路への志向性を高め，科学技術イノベーターの育成につながるものと考える。

そこで本取組では，大学の専門家による協力を得ながら，超音波を用いた有機化合物の合成，薄層クロマトグラフィーによる成分分離，核磁気共鳴スペクトル（NMR）測定による構造決定など，高度な実験技術を活用した探究活動に挑戦した。

2　生徒による医薬品合成への挑戦

2－1　活動をはじめたきっかけ

本校では，自然科学に関する学識を深めるとともに，他者との協働や社会との関わりを通して主体的に課題を探究する姿勢を育成している。科学技術の既存の枠組みにとらわれない自由な発想力を涵養し，責任ある立場で未来社会を構想・創造できる科学技術イノベーターの育成を目指している。科学技術に対する興味・関心を高め，生徒の進路選択の視野を広げる取り組みの一環として，後期課程生の希望者を対象に，大阪大学産業科学研究所と連携した創薬化学の研究体験を実施している。

大阪大学の創薬化学研究体験のようす

体験に参加した生徒の中には，これを契機として有機合成化学および創薬研究に強い関心を抱くようになった者が見られた。

興味・関心を継続的かつ発展的な学びへとつなげるため，有機合成分野の専門家である奈良教育大学の山崎祥子教授（理科教育講座）の協力を得て，総合的な探究の時間において生徒の個別課題を設定し，計画的に活動を実施した。本学と奈良教育大学は，国立大学法人奈良国立大学機構として統合されたことを契機に，協働による教育活動を推進している。また，奈良教育大学は本校正面に位置しており，日常的に訪問しやすい環境にあることも，本取り組みを円滑に進める上で大きな利点となった。

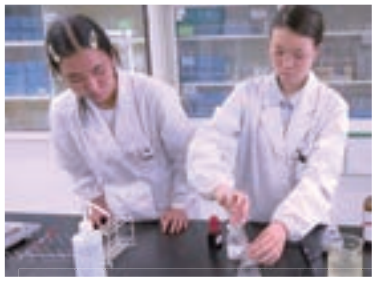
本校周辺の航空写真（GoogleMap）

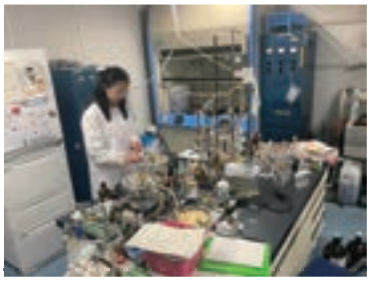
２－２　活動のようす

本校では，毎週水曜日の午後に後期課程生を対象とした総合的な探究の時間を設定している。本活動ではその時間を活用し，生徒が山崎教授の研究室を訪問して研究に取り組んだ。研究の進め方といった基礎的事項から，高等学校では通常扱わない高度な学習内容や実験手法に至るまで，専門的かつ丁寧な指導を受けることができた。さらに，生徒は放課後や夏季休業などの長期休業期間も活用し，授業時間外にも自主的に研究室へ通い，主体的に活動に励んだ。

本校の実験室は研究助成を活用し，有機合成実験に必要な機器の整備・充実を図った。また，本校では実施が困難な NMR 測定や分子構造の計算については大学に依頼し，専門的設備と知見を活用した。さらに，大学研究室での実験においては，教育大学の大学生の支援を受けながら，安全かつ円滑に研究を進めた。

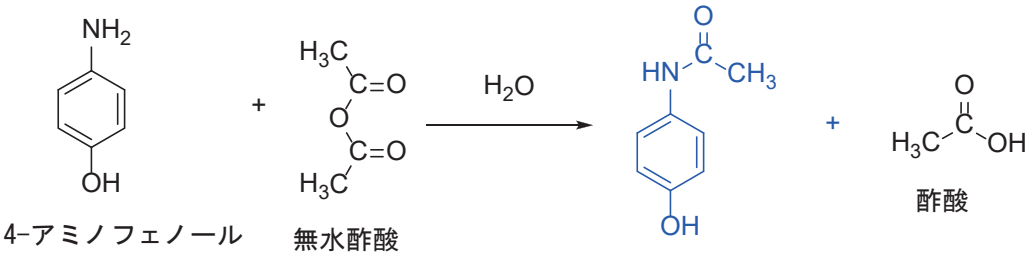
ロータリーエバポレーターなど
有機合成に必要な機器を整備した


本校で実験に取り組む生徒


奈良教育大学の研究室のようす

２－３　活動の成果

本活動は，環境負荷の低減を意識した有機合成を主題とし，まず解熱鎮痛剤として広く用いられているアセトアミノフェンの合成から着手した。環境にやさしい化学（グリーンケミストリー）の基本理念および評価指標について学習するとともに，アセトアミノフェンの分子構造や反応機構を理解し，合成反応に必要な基本的実験操作や薄層クロマトグラフィーによる分離・精製の操作などを修得した。これにより，安全かつ再現性のある有機合成実験の基礎を確立した。



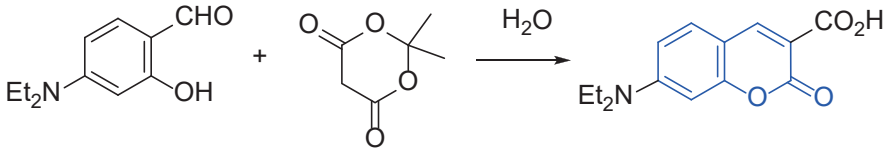
4–アミノフェノール　無水酢酸　アセトアミノフェン　酢酸

基本的な実験操作を学ぶ

薄層クロマトグラフィー

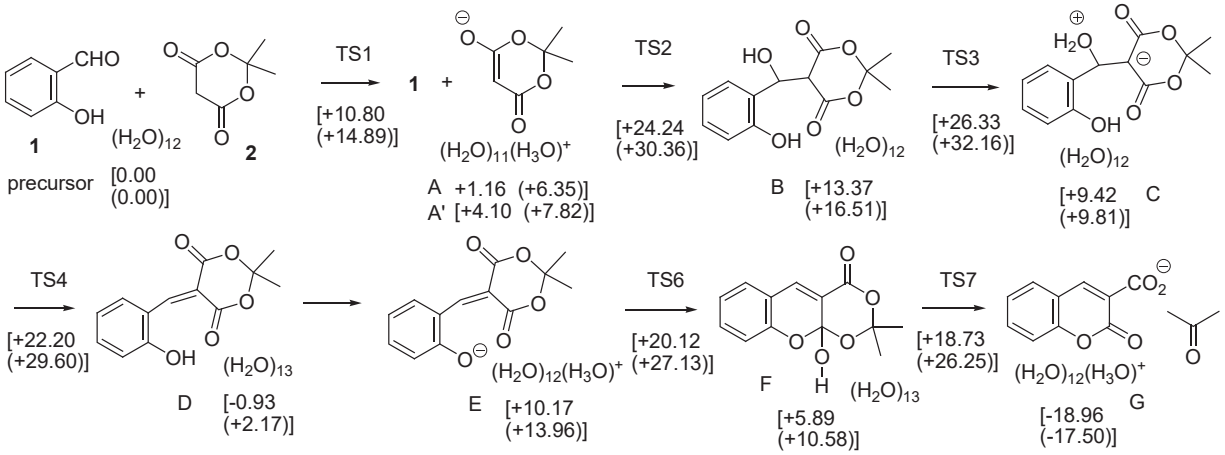
合成したアセトアミノフェン

さらに発展的な課題として，クマリン誘導体を水中で合成する新規手法の開発に挑戦した。サリチルアルデヒド誘導体とメルドラム酸を用いた水中での Knoevenagel 縮合－環化反応を検討した結果，抗がん活性や抗酸化作用など多様な生物学的活性を有することで知られる蛍光性クマリン誘導体の合成に成功し，最大 99%の収率を達成した。Knoevenagel 縮合は，水中加熱条件下で進行する環境調和型反応として報告されており，本研究ではその有効性を実験的に検証した。



サリチル酸アルデヒド誘導体　メルドラム酸　クマリン誘導体（収率99%）

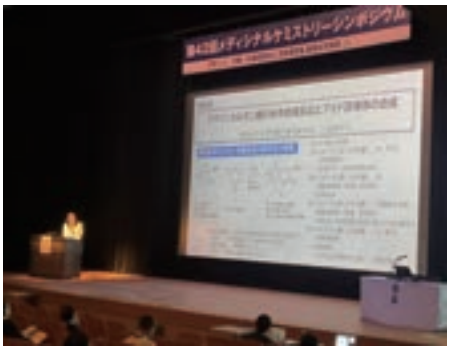
得られたクマリンのカルボン酸誘導体については，アミド化およびエステル化反応によるさらなる誘導体化を行い，構造と機能の拡張を図った。また，DFT 計算を用いて反応機構の解析を行い，水溶媒系における反応の一般性および機能性の可能性について理論的検討を加えた。以上の取り組みを通して，環境調和型有機合成の実践と機構理解の深化を図った。



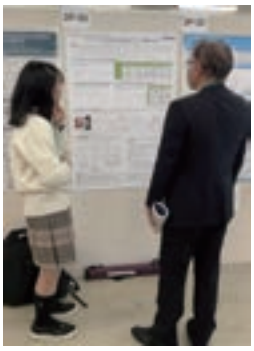
DFT 計算による反応機構の解析

研究の成果は本校で実施した生徒探究成果発表会のほか，11 月に徳島市のあわぎんホールで開催された「第 42 回メディシナルケミストリーシンポジウム」（公益社団法人 日本薬学会 医薬化学部会主催）に参加し，発表を行った。校外のシンポジウムでは，創薬化学の最前線で研究を進める大学および企業の研究者と直接対話する機会を得ることができた。生徒はポスター発表を通して研究内容を説明するとともに，専門的観点からの質問や助言を受け，研究の意義や課題について理解を一層深めた。

校外のシンポジウムに参加



プレゼンテーションのようす



ポスターセッションによる討論

また，生徒がまとめた研究論文を「第 69 回日本学生科学賞奈良県審査」（読売新聞社主催）に応募したところ，最優秀賞に選出された。本受賞は，日頃の探究活動の成果が高く評価されたものであり，生徒の主体的な研究姿勢と継続的な取り組みが結実した結果である。なお，生徒の研究論文については本校のホームページに掲載している。

表彰式

3　まとめ

本活動は，大学と連携した専門的研究環境のもとで探究活動を深化させることにより，生徒の学術的関心を一層高める成果を挙げた。大学教員や研究者から，生徒の課題解決に向けた具体的示唆や進路選択に関する有益な助言を多数得ることができ，学外の専門家との交流は，自らの研究を客観的に見つめ直す契機となった。また，学問的視野を広げるとともに，将来の進路形成や学問的志向の確立に資する貴重な機会となった。

さらに，持続可能な社会の実現と化学との関係について学ぶことを通して，基礎科学が社会と深く結び付いていることを理解し，科学を学ぶ意義を実感することができた。教科書で学習する内容を実際の研究活動と結び付けることで，知識が具体的かつ身近なものとして再構成され，理解の深化につながった。

実験活動においては，攪拌，抽出，クロマトグラフィーによる分離，融点測定など，有機合成に必要な基本操作を自ら実践し，それぞれの操作の目的や意味を理論と関連付けて理解した。また，大学附属学校という特色を生かし，大学の高度な分析機器を活用することで，最先端の分析技術に触れる経験を得た。

以上の取り組みにより，生徒の探究活動は大きく促進され，科学に対する興味・関心は着実に高まった。本活動は，専門的学習環境と大学連携を基盤とした探究教育の有効性を示すものである。

謝　辞

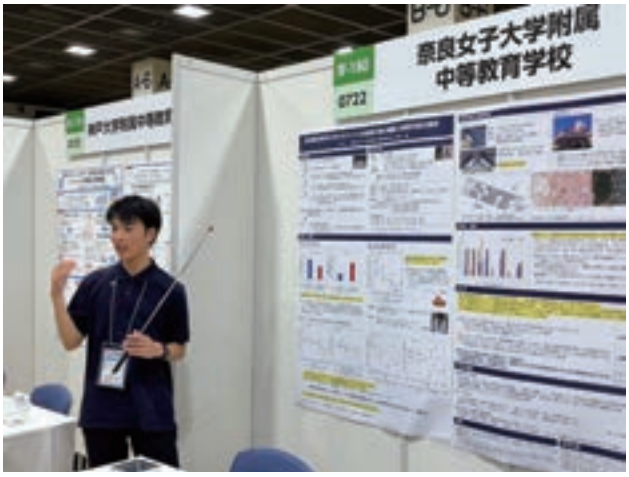
本研究の実施にあたり，奈良教育大学の山崎祥子教授には，研究計画の立案から実験指導，考察に至るまで，終始懇切丁寧なご指導と温かいご助言を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

また，本活動は公益財団法人中谷財団による科学教育振興助成の支援を受けて実施しました。実験環境の整備および活動の充実を図ることができたことに対し，ここに心より謝意を表します。

参考文献

(1) Bigi, F., Carloni, S., Ferrari, L., Maggi, R., Mazzacani, A. and Sartori, G. (2001) Tetrahedron Lett. 42, 5203–5205.
(2) Maggi, R., Bigi, F., Carloni, S., Mazzacani, A. and Sartori, G. (2001) Green Chem. 3, 173–174.
(3) Fiorito, S., Taddeo, V. A., Genovese, S. and Epifano, F. (2016) Tetrahedron Lett. 57, 4795–4798.
(4) Wei, L., Wang, J., Zhang, X., Wang, P., Zhao, Y., Li, J., Hou, T., Qu, L., Shi, L., Liang, X., Fang, Y. (2017) J. Med. Chem. 60, 1, 362–372.
(5) Brahmachari, G. (2015) ACS Sustainable Chem. Eng. 3, 2350−2358.

奈良県生駒市におけるツバメの
雌雄別給餌行動の観察と給餌内容の解析



実施担当者　奈良女子大学附属
中等教育学校
教諭　櫻井　昭

1　はじめに

図 1　ツバメ

ツバメ（*Hirundo rustica*）は全国に広く分布し、人の生活圏に営巣することから、継続的な観察が可能な鳥類である。本校に隣接する奈良県生駒市の商業施設「グリーンヒルいこま」には 20 巣以上が集中する集団営巣地が存在し、本校生徒は 2018 年（小学 5 年次）より当該地点において観察研究を継続してきた。本助成はその 8 年目の取り組みにあたる。

本研究は、ツバメの子育てにおける雌雄の役割分担の違い、繁殖時期に伴う親鳥の行動変化、さらに給餌内容の季節的変動を明らかにすることを目的としている。特に、日本に生息する亜種ツバメ（*H. r. gutturalis*）を対象として、同一営巣地における長期的かつ定量的な行動観察を行った研究は限られている。また、ヒナの糞の DNA 解析により餌となる昆虫相を時期別に比較した研究も国内ではほとんど存在しない。

本年度は、中谷財団の助成を受け、行動観察の精度向上や、研究をより深く考察するための文献の購入、発表会への参加などを積極的に行うことができた。

さらに、ツバメは近年減少傾向が指摘されている。繁殖成功を支える行動要因や餌資源の実態を明らかにすることは、生態学的意義のみならず保全的観点からも重要である。

本報告書では、生徒が 8 年間にわたり継続してきた観察研究の成果と、本年度新たに実施した研究および学会発表等の取り組みについて報告する。

2　研究方法

2－1　雌雄別給餌行動の観察

ツバメの繁殖時期に 1 つの巣を選び、最初のヒナが孵化した日（孵化日と定義）から、最後のヒナが巣立ちをした日（巣内のヒナが飛べる状態まで成長し、襲われた形跡がなくヒナがいない状態

を巣立ちとし、その日を巣立ち日と定義）まで親鳥やヒナの行動の観察を行った。観察はほぼ毎日、放課後の 17 時から 19 時 40 分までのうちの 1 時間、子育てに影響を及ぼさないようにツバメの巣から 3〜10 メートル程度離れた場所に座り、双眼鏡や望遠鏡を用いて実施した。

観察日の天気、観察時刻、ヒナの数をまず記録し、観察中には巣に入った親鳥の雌雄、ヒナへの給餌（餌を与えること）の有無、親鳥が巣に滞在した時間、巣内の様子（羽ばたきの練習など）、などを記録した。

2025 年度は 3 巣の観察を行うことができ、3 回とも子育てが成功（複数羽が巣立ち）した。8 年間の継続観察により、合計 22 巣の繁殖事例を記録することができた。

図 2　観察の様子

2－2　給餌内容の解析

ヒナへの給餌内容を明らかにするために顕微鏡を用いた糞の観察や、ビデオカメラを用いた給餌動画の撮影などを行なったが、給餌内容を明らかにすることはできなかった。そこで、2023 年度から 2025 年度にかけてヒナの糞をより詳細に調べることにした。観察日に落下した糞を採取し、チャック付きの袋に入れた上で、マイナス 20 度で冷凍し、分析を行うまで保管した。解析は株式会社生物技研に委託する形で、ヒナの糞に含まれるリボソーム 16S rRNA の部分配列を決定し BLASTN を用いて種単位まで同定し、種同定ができないものは属単位まで同定を行った。

3　結果

3－1　雌雄別給餌行動の解析

8 年間の観察を通じて、観察したすべての巣において親鳥の雄は雌よりも給餌回数が多く（図 3）、雌は巣内での滞在時間が長いこと（図 4）が判明した。

また、繁殖期後半になると、給餌回数は増加しないが（図 5）、ヒナは早く巣立つようになることが分かった（図 6）。複数の可能性が考えられるが、「親鳥が給餌している昆虫が変化しているのではないか」という仮説を立て、ヒナの食性解析を行うことにした。

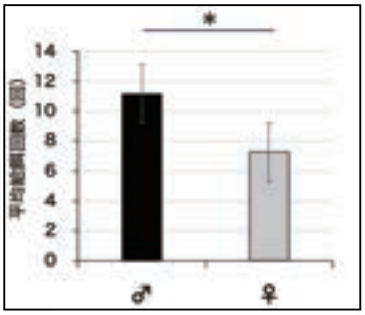


図 3　平均給餌回数
（1 時間あたり）
* Welch's *t*-test, $p < 0.05$

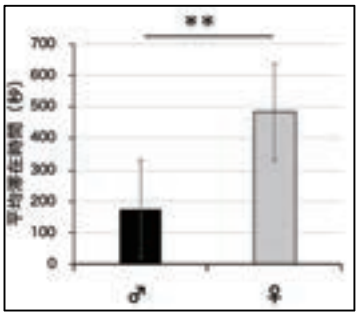


図 4　平均滞在時間
（1 時間あたり）
** Welch's *t*-test, $p < 0.01$

3－2　給餌内容の解析

2023,2024 年とヒナの食性解析を行った結果、時期によって昆虫の検出割合が変化する傾向にあることがわかった(図 7)。特にトンボ目やチョウ目は 5 月よりも 6,7 月の方がよく検出された。一方でゴキブリ目(検出されたものはいずれもシロアリ類で

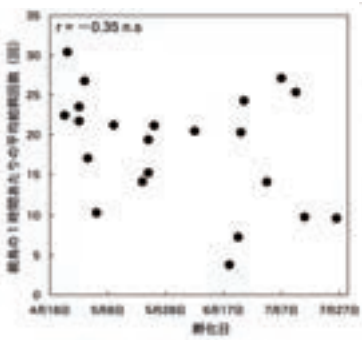


図 5　孵化日と親鳥の給餌回数
n.s. (Pearson's r = -0.35, df=20)

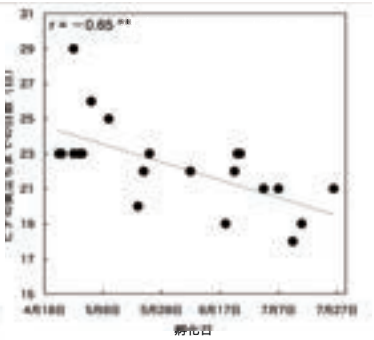


図 6　孵化日と巣立ちまでの日数
**$p < 0.01$ (Pearson's r, df = 20)

ある)については 5,6 月には多く検出されるが 7 月にはほとんど検出されないことがわかった。なお、検出された昆虫はほとんどが飛翔性昆虫であった。

しかしながら、2025 年度に実施した解析では、対象昆虫の DNA の十分な増幅が得られず、過年度と同様の比較解析を行うことはできなかった。

主な要因として対象 DNA 量の不足が考えられるとの指摘を受けた。糞試料は採取後－20℃で保存していたが、保存期間が約 6～8 か月と長期であったことや、外気温が高温な環境下での DNA 分解の影響も考えられた。今後は、採取後速やかな保存体制の確立、エタノール固定の導入、保存期間の短縮または早期 DNA 抽出の実施など、保存および解析手法の改善を行い、再解析を目指したい。

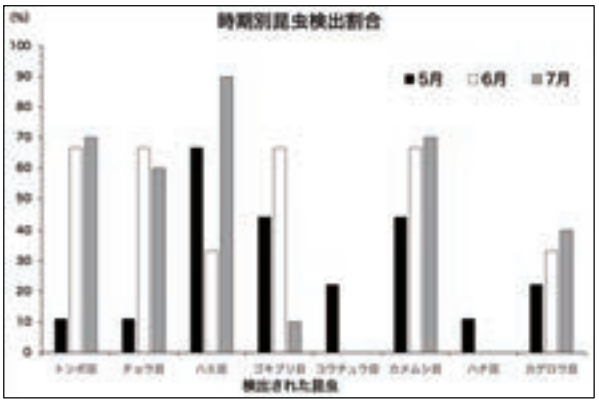


図７　時期別昆虫検出割合

3－3 そのほかの調査

2025 年度(高校３年次)は、そのほかにもいくつかの調査を行った。まず、餌昆虫を実際に捕獲し、大きさや栄養価を測定するため、前年度よりも長い最大 5 メートルまで伸長する捕虫網を用意し、前年度よりも頻度を増やして昆虫の捕獲を行った。また、日没時間の変化によって給餌行動の回数のピークが異なる可能性があるため、終日の観察を実施しようと考え、観察場所のすぐ近くの巣にカメラを設置した。しかし、定点観測カメラを設置した巣において、２回の子育てのうち、１回目は卵を、２回目はヒナをハシブトガラスに全て捕食されてしまった。観察することができなかった悔しさとともに、グリーンヒルいこまがツバメにとって最適な繁殖場所であることを改めて実感する出来事となった。さらに、画像解析技術を用いたツバメの個体識別の可能性についても検討した。生成 AI（Chat-GPT を含む画像認識支援ツール）を活用し、顔画像から個体識別が可能か試みたが、同一構図・同一条件で多数の顔写真を撮影することが困難であった。ツバメは巣周辺で短時間しか静止せず、撮影角度や光条件が安定しないため、解析に適した高品質な画像データを十分に収集することができなかった。その結果、顔周辺の色彩差に基づきオスとメスの識別は一定程度可能であったが、同性間での個体識別を安定的に行うには至らなかった。

本検討により、野外条件下における AI 画像識別には、撮影条件の統一および十分な学習用画像データの確保が不可欠であることが明らかとなった。今後は自動撮影装置の導入など、撮影手法の改良を含めた再検討が必要である。

4　考察

本研究結果より、親鳥の雌雄における役割分担や、繁殖時期による孵化日から巣立ち日までの日数の違いが明らかとなった。繁殖期のツバメの成鳥の雌には腹部の羽毛が抜け、肌が露出することでヒナや卵に直接体温を伝えることのできる「抱卵斑」という器官が存在する。雌の方が雄よりも効率的にヒナをあたためられることから、雌が長く巣に滞在し抱雛を行い、雄は多く給餌を行うという役割分担を行っているのではないかと考えられる。

また、給餌内容を解析した結果、給餌している昆虫が時期によって変化することがわかった。給餌している昆虫の栄養価や種数の変化がヒナの成長に関与している可能性があるが、因果関係の検証には追加の定量的データが必要である。

5　今後の展望

今後は、給餌内容を調べるためにヒナの糞の DNA 解析を継続し、繁殖時期と給餌回数の関係をより詳細に検証する。また、繁殖時期や気温条件がヒナの成長に影響を与えている可能性についても、ヒナの体重測定などの調査を通じて検証していきたい。加えて、本研究は単一地域での長期観察に基づくものであり、地域差の検討やサンプル数の拡張は今後の課題である。他地域とも連携を行いながら。観察を行っていきたい。

6　発表と評価

2025 年 8 月 6 日・7 日に神戸国際展示場で開催されたスーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会において、本校代表をして発表を行った。初日のポスター発表（図８）では多くの聴衆に囲まれ、審査委員会の選考により、全国 238 校の中から 2 日目の全体発表に進む 12 校のひとつに選出された。翌日の口頭発表（図９）では、7 分間という限られた時間の中で研究の背景・方法・結果・考察を簡潔に示した。その成果が高く評価され、最優秀にあたる「文部科学大臣表彰」と、聴衆の投票による「生徒投票賞」の二つの賞を受賞することができた。

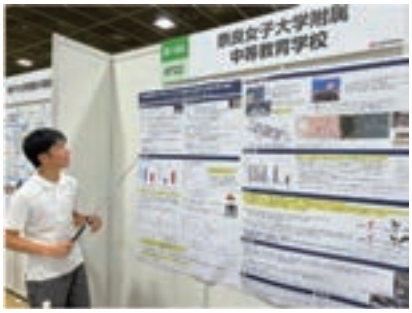


図 8　ポスター発表の様子

図 9　全体発表の様子

また、2025 年 9 月 12 日から 15 日にかけて北海学園大学・北海道大学で開催された日本鳥学会大会の高校生ポスター発表においても発表を行った。給餌昆虫以外の要因がヒナの成長に影響している可能性や他の鳥類種との比較などが必要であるとの有益な指摘を受けたほか、ツバメをはじめとした様々な鳥類種の研究者との交流は研究を継続する中で本人にとって大変刺激になった。

このほかにも中谷財団による 2025 年度 科学教育振興助成成果発表会では審査員による奨励賞と生徒間投票によるグランプリを受賞することができた。

謝　辞

本研究は、令和 7 年度、中谷財団科学教育振興助成（個別校助成）の交付により遂行されたものです。この場を借りて深く御礼申し上げます。

また、研究を行うにあたり、大阪市立自然史博物館　和田岳主任学芸員　、奈良女子大学理学部 遊佐陽一教授 、片野泉教授、本校サイエンス研究会顧問の櫻井昭先生には多大なご指導をいただいました。ここに感謝の意を表します。

最後に、観察を行うにあたり、あたたかく受け入れてくださったグリーンヒルいこまの皆様に感謝申し上げます。

参考文献

1.Turner, A. (2006). *The Barn Swallow (Poyser Monographs)*. T & A D Poyser
2. すいた市民環境会議（2011）「つばめの巣マップ」吹田市制 70 周年事業. https://www3.big.or.jp/~sskk/kanri/110521swallow-map.pdf （2026 年 2 月 28 日閲覧）
3.長谷川 克・森本 元（2020）『ツバメのひみつ』、緑書房,

和歌山県中紀地方に生息するナガレホトケドジョウの分布と生息環境要因の分析

実施担当者　和歌山県立日高高等学校
教諭　山田　大貴

1　はじめに

日高高校は和歌山県中部（中紀地方とよばれる）沿岸部に位置し、創立１１０年以上の歴史のある学校である。本校生物部は５０年以上の活動の歴史をもち、一時期は１００名以上の部員が属していたこともあり、鳥類をはじめ植物、魚類、そのほか脊椎動物の調査など、部員がさまざまなテーマをもって活動を行っていた。そのため、地域にも日高高校生物部出身の方が多く、調査時には声もかけられることがある。現在は少子化に伴い入学する生徒数が減少し、それに伴って生物部の部員数が顕著に減少している。部員が１学年あたり０～１名のときもあり、細々と続いている部活の１つとなっている。そのような状況の中でも、部活創設当初から始まったとされる鳥類の定点調査は現在も継続しており、今後調査を続けるためにも生物部の部員を増やすこと、生物部の魅力を新入生や地域の子どもたちに伝えることが目下の課題である。

昨年度より生物部の中に魚類に高い関心をもち、研究したいとする生徒が入部した。１年間、さまざまな調査、活動を通じて研究欲を高め、今年度、地域に生息しているナガレホトケドジョウ（*Lefua torrentis*）に注目した。

ナガレホトケドジョウはコイ目フクドジョウ科に属し、四国、近畿地方の一部が分布域となっている。体長は５～７㎝ほどで、河川によって斑紋がない無斑型が生息する地域と有斑型が生息する地域がある（図１）。

図１　ナガレホトケドジョウ　　左が無斑型、右が有斑型　どちらも中紀の河川源流域で採取

主に河川の源流域に生息しているため、一般的にはあまり知られていない印象がある。和歌山県においてもドジョウといえば田畑に生息するものがイメージされることが多く、水深５ｃｍほどの

水源に生息していることを知ると驚く人も少なくない。一方、知られていないが故に開発の際にあまり気にかけられないようで、ナガレホトケドジョウが生息しているような地域では風力発電のための風車の建設が進められている。なお、本種は環境省 RDB では絶滅危惧ⅠB 類に、和歌山県 RDB では絶滅危惧Ⅰ類に指定されている。

中紀地方は山が深く、源流域となりうる谷も多くみられるため、本種は幅広く生息しているものと思われるが、実際に詳細に調査された記録はなく、また、和歌山県における本種の分布について記された文献は３０年以上前のものしかない[1)]。今回の調査で本などから過去に生息していた地点において、現在も生息が確認されるかどうか、標本が記録された生息地と同じような環境である地点を実際に調査し、本種が生息しているかどうか、生息の有無から、本種が生息するための環境要因は何かを明らかにすることを目的とした。

また、今回の調査の中心となる生徒の家からごく近い場所に本種が安定的に生息していると考えられる地点がある。この地点において毎月定点調査を行い、本種のおおよその個体数推定を行い、今後行う調査地点の生息状況を考察するための基準としたい。

２　ナガレホトケドジョウの定点調査

２－１　方法

切目川水系の１地点を調査地に定め、月に１回、２日間かけて罠を仕掛けた。罠は５００mL の四角いペットボトルで製作したものを使用し、エサは金山寺みそを用いた。調査区域は流程約２５ｍとし、区間内に１４個の罠を仕掛けた。以上の方法でナガレホトケドジョウを採取し、個体識別を行い、個体数の推定をした。さらに、水温、水深、川幅を測定した。この調査は２０２４年１１月から毎月行っている。

図２　調査道具（左）と仕掛ける様子（右）　ペットボトル内には金山寺味噌を入れている。

＜個体識別方法＞

ホトケドジョウ、ナガレホトケドジョウには腹部に２本の白い線状の形状（腹部白色線形状）がみられる（図３）。これは成長の過程でできたもので個体ごとに異なる様相をしている。この腹部白色線形状によって個体識別が可能であることが示されており[2)]、この形状を比較することによって毎月捕獲された個体の識別を行った。

図３　腹部白色線形状　上が２０２５年９月捕獲、下が２０２５年１０月捕獲されたもの

両写真の腹部白色線形状が一致していることがわかる

＜個体数の推定方法＞

標識再捕法、ピーターセン法チャップマンの修正式を使用した。式は次のものである。

また、推定個体数の９５％信頼区間における推定幅も算出した。

推定個体数(N)＝(M+1)(C＋1)/(R+1)-1

分散(V)＝(M+1)(C+1)(M-R)(C-R)/(R+1)^2(R+2)

推定個体数 ± 95%信頼区間＝N ± 1.69 × $\sqrt{V}$

２－２　結果

調査期間中の水温は６.４～２３.４℃で、川幅、水深はそれぞれ８２～１４２㎝、６.７～１３.７㎝で推移した。捕獲個体数は月によってさまざまで、最小で０、最大で１５個体であった。個体数推定に用いた記録は２０２５年１月２１日と２０２５年９月２４日で、１月２１日は１５個体、９月２４日は８個採取され、８個体中３個体が１月２１日に採取されたものと同一個体と判断できた。この記録から求めた推定個体数は３５±２０個体となった。

２－３　考察

水温の変化に伴う捕獲数の変化が確認できなかったため、水温はナガレホトケドジョウの活動に大きな影響を与えていないと考えられる。川幅が１００ｃｍより狭くなると、捕獲数が増えた。この地点では川幅が１００ｃｍを超えると水深は１０ｃｍを超える。水深が１０ｃｍを超えると捕獲数は０～２、３個体となる傾向がみられた。川幅が狭くなると活動範囲も狭くなり、罠にかかりやすくなったことに起因すると考えられる。調査区域２５㎡に３５匹と推定されたことから、推定個体群密度は１。４匹/㎡となる。この個体数がどの程度のものかを示した研究は見当たらなかったが、採取している限り目を凝らせば普通に発見できる程度には生息している。過去にこの近くで行われた調査では、採取方法は異なるが４９匹捕獲されており、生息環境としては良好な状態を保っていると考えられる。

３　分布調査

３－１　方法

和歌山県立自然博物館を訪ね、博物館に収蔵されている標本記録を収集した（図４）。また、文献記録からおおよその生息地を推定し、現在でも生息が確認できるか現地調査を行った。この時、河川の水温、水深、川幅、底質、他魚種の有無などを記録し、可能であればウキ流し法による流速の測定も行った。

また、過去に採取された記録のある地点と特徴が似ていると思われる地点を絞り、現地調査を行った。

さらに、河川の水温などの記録うち、どの要因が生息の有無を決定づけているかを一般化線形モデルによって解析した。

図４　標本調査の様子
サンプルと記録を漁る

３－２　結果

文献記録から、生息が確認された地点として有田川水系 1 地点、広川水系 1 地点、由良川水系 1 地点、日高川水系 2 地点、切目川水系 1 地点、日置川水系 2 地点の計 8 地点があげられていた。また、調査は行われたが生息が確認できなかった地点として、会津川水系 1 地点、古座川水系 2 地点、田並川水系 1 地点、くじの川水系 1 地点が記録されていた。和歌山県立自然博物館での標本調査の結果、有田川水系 9 地点、日高川水系 8 地点、切目川水系 1 地点、日置川水系 4 地点の計 22 地点が生息確認地点として記録されていた。本調査では紀ノ川水系 2 地点、有田川水系 7 地点、由良川水系 1 地点、日高川水系 10 地点、切目川水系 1 地点、南部川水系 5 地点、新宮川水系 3 地点の計 29 地点で採取を試みた。結果、有田川水系 2 地点、由良川水系 1 地点、日高川水系 2 地点、切目川水系 1 地点で生息が確認できた。紀ノ川水系 2 地点、南部川水系 5 地点、新宮川水系 3 地点では生息が確認できなかった。また、有田川水系 2 地点、日高川水系 5 地点で今回の調査で初めて生息を確認した。一方、一般化線形モデルによる解析の結果、生息の有無を決定づける環境要因は特定できなかった。

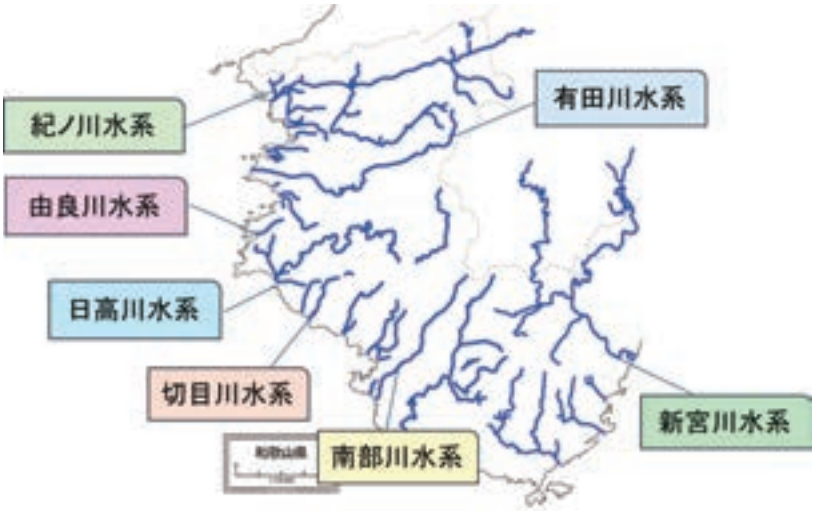


図５　本研究の調査河川

３－３　考察

過去に記録があった地点の多くは本調査でも再度生息が確認された。本種の生息環境は大雨などでも変化しやすく、過酷のように思われたが、以外にも生息し続けていることが分かった。一方、調査地点の中には明らかに人によって破壊されたと考えられる環境変化もあり、そのような地点ではほとんど採取できなかった。本調査に見られた環境変化は、荒れた道の舗装や風力発電設置のための大型車の道路づくり等が影響していると考えられる。これらの負荷は源流域の水の供給を不安定にさせ、ホトケドジョウの移動も妨げていることが推測される。

和歌山県内においては、北は有田川水系から、南は切目川水系まで連続的に分布している。文献によると南部川水系よりさらに南の日置川水系で記録があるが、日置川水系と日高川水系は上流域で非常に近くを流れているため、このことが影響しているのかもしれない。今後、さらに調査地点を増やし、生息の有無の要因を明らかにしていきたい。

謝　辞

本研究は、公益財団法人　中谷財団の助成を受けて実施することができました。調査、分析にあたって、本校で整備されていない機材を導入することができ、来年度以降も引き続き継続調査を行うことが可能となりました。また、和歌山県立自然博物館学芸員の揖　善継　氏には標本調査の協力および文献の提供をしていただいた。この場をお借りして心からの感謝を申し上げます。

参考文献

1) 中谷義信．1994：和歌山県におけるナガレホトケドジョウの分布現況．和歌山県立自然学物館館報．第 12 号，pp.27-30.
2) 青山茂．2000：ナガレホトケドジョウの腹部白色線形状による個体識別法．魚類学雑誌．47 巻，pp.61-65.

熱化学教育の指導を支援する熱電対温度計および計測プログラムの開発

－ 松江東高校自然科学部による基礎的研究と教材開発 －

実施担当者　島根県立松江東高等学校
教諭　原　誠実

1　はじめに

熱化学の学習において，化学反応に伴う熱の出入りを理解し，エンタルピー変化やヘスの法則，結合エネルギーとの関係を学ぶことは極めて重要である。例えば，測定が困難な反応熱をヘスの法則から求める過程は，実験計画の立案，測定，結果の分析・解釈，文献値との比較による妥当性の検討といった一連の探究的学習を体験できる重要な学習機会となる。このような観点から，生徒の興味・関心を高める身近な材料を用いた熱化学教材や，身近な材料で製作できる簡易熱量計など，多くの教材や教育実践が報告されてきた[1),2)]。

しかし，多くの学校現場で行われる熱量測定の実験では，アルコール温度計などを目視で読み取る方法が一般的であり，急激な温度変化を伴う反応では温度変化を連続的かつ正確に追跡することが難しいという課題がある。近年は温度センサ教材が市販されているものの，高価で班数分の整備が困難であること，金属プローブで保護された構造が酸性および塩基性溶液中の反応追跡に適さないこと，さらにセンサとロガーが一体化しているため実験用途に応じたセンサの交換が難しいことなどの制約がある。また，島根県の高等学校では ChromeOS(Chromebook)が生徒用端末として使用されており，従来の Windows 対応ソフトウェアを前提とした計測システムが利用できないという環境上の課題も存在する。加えて，温度センサとして広く用いられている熱電対についても，その原理を十分理解しないまま使用されることが多い。

そこで本研究では，教科「情報」で用いられているワンボードマイコン Arduino をロガーとして活用し，熱電対と温度変換モジュールを組み合わせることで，低コストかつ拡張性の高い熱電対温度計を製作した。さらに，Arduino から取得した温度データを Chromebook 上でリアルタイム表示および CSV 保存できる計測プログラムを作成するとともに，温度曲線を直感的に解析できる解析プログラムを開発した。加えて，2 本の熱電対を同時接続して試料と基準物質の温度差を測定することで，融解，結晶化，熱分解に伴う熱の出入りをピークとして検出できる簡易示差熱測定(DTA)・解析プログラムについても開発を行った。

本報告では，実施担当者と松江東高校自然科学部の生徒が共同で開発した熱電対温度計，熱量測定・解析プログラム，および発展的な DTA 測定・解析システムの構成と特徴を示し，熱化学教育における教材としての有効性について検討した結果を報告する。

2　熱電対温度計および計測プログラムの開発

本研究では，熱量測定実験における温度測定および解析を支援するため，熱電対温度計(Arduino，熱電対アンプモジュール，熱電対)と温度計測プログラム，解析プログラムから構成されるシステムを構築した。図 1 に本システムの概略を示す。熱電対では，接点間の温度差に応じて微小な熱起電力が発生する。この電圧信号は熱電対アンプモジュールによって増幅されるとともに温度デジタルデータへ変換され，SPI 通信を介して Arduino へ送信される。Arduino は受信した SPI 通信データを取得し，テキスト形式の温度データとして USB 経由のシリアル通信により外部端末へ転送する役割を担う。温度計測プログラムは ChromeOS 上で動作し，Arduino とのシリアル通信を確立し，送信された温度データを受信する。受信したデータはリアルタイムで数値表示およびグラフ描画されるとともに自動的に記録され，CSV 形式で保存される。解析プログラムは，計測プログラムによって保存された CSV ファイルを読み込み，温度曲線を可視化するとともに，線形フィッティングおよびその交点から温度変化量を求める機能を備え，熱量測定に必要な解析を支援する。

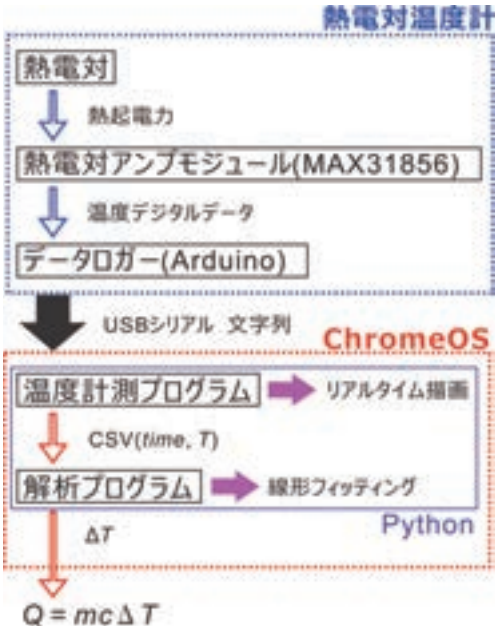


図 1　システムの概略

2－1　熱電対温度計の製作

マイコンボードとして Arduino Uno R3 型を使用した。熱電対アンプモジュールには Adafruit 社製 MAX31856 を用い，温度センサには AS ONE 製の K 型熱電対を使用した。SPI 通信にはモジュールの CS，SDI，SDO，SCK をそれぞれ Arduino Uno R3 のデジタルピン 10，11，12，13 に接続した。モジュールの電源端子は Arduino の 5 V および GND に接続し，K 型熱電対はモジュールの専用端子に接続した。Arduino と Chromebook は USB ケーブルで接続し，USB 経由で電源供給とシリアル通信を同時に行った。接続方法は Adafruit 公式サイトに掲載されている配線例を参考にして行った。制作した装置の外観を図 2(a)に示す。また，配線図を図 2(b)に示す。

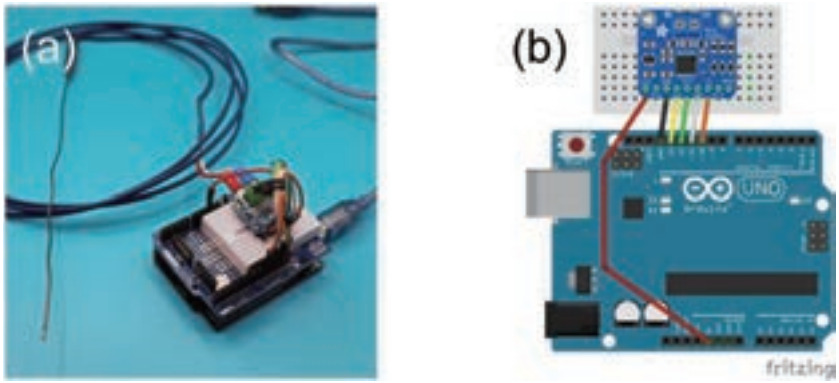


図 2　熱電対温度計：(a) 装置の外観 および (b) 配線図(Fritzing で作成)

Arduino のプログラムは，Arduino の公式開発環境である Arduino IDE を用いて作成した。ソースコードを図 3 に示す。MAX31856 用ライブラリを導入し，SPI 通信を介して MAX31856 から温度データを取得するようにした。setup 関数ではシリアル通信速度を 9600 bps に設定し，K 型熱電対を指定した。loop 関数では取得した温度データを外部端末へシリアル通信で送信する。送信形式は，

先頭に識別用文字列“T:”を付与し，小数第 3 位までの温度値を改行付きで出力する。これにより，シリアル通信における読み取りずれによる異常値の発生を防ぎ，外部端末側の計測プログラムがデータを確実に識別できる。温度データは 1 秒間隔で出力するよう設定した。このプログラムを Arduino にあらかじめ書き込んでおくことで，実験時には外部端末側でシリアル通信を開始するだけで温度データ取得が可能となる。Arduino IDE には，シリアルプロッタと呼ばれるデータをリアルタイム表示する機能がある。しかし，この機能ではデータを保存できず，測定後の解析に利用できない。また，Arduino IDE と Arduino をシリアル接続すると，外部計測プログラムと同時に通信を行うことができない。そこで本研究では，Arduino を温度データ送信専用の出力装置として運用し，計測および保存・解析は外部端末上のプログラムで行う構成とした。

```
//AdafruitのMAX31856用ライブラリを読み込む
#include <Adafruit_MAX31856.h>

//SPI通信のピン指定(CS=10, SDI=11, SDO=12, SCK=13)
Adafruit_MAX31856 max = Adafruit_MAX31856(10, 11, 12, 13);

//起動時に1回だけ実行される関数
void setup()
{
  //シリアル通信速度は9600 bpsを指定
  Serial.begin(9600);
  //センサの初期化
  max.begin();
  // K型熱電対を指定
  max.setThermocoupleType(MAX31856_TCTYPE_K);
}

//繰り返し実行される関数
void loop()
{
  float t = max.readThermocoupleTemperature();
  // 異常値(nan)を除外
  if (!isnan(t)) {
    Serial.print("T:");    // 識別用文字列
    Serial.println(t, 3); // 小数3桁で改行
  }
  //出力間隔(1000 ms)
  delay(1000);
}
```

図 3　ソースコード(Arduino IDE で作成)

2－2　熱量測定・解析ソフトの開発

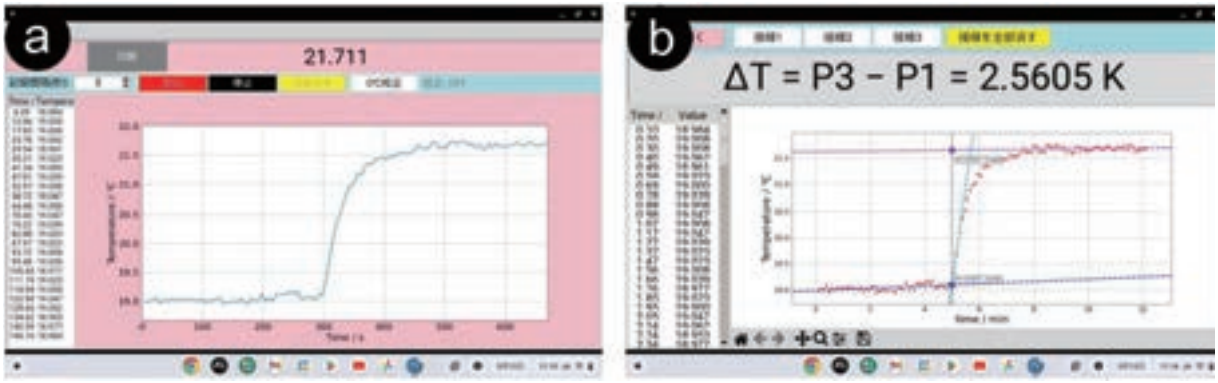


図 4　熱量測定・解析ソフト：(a) 測定ソフト(TLR) および (b) 解析ソフト(TLA)

Arduino からシリアル通信で送信される温度データを受信し，リアルタイム表示および記録を行う温度計測プログラム(ThermoLab Recorder，TLR)を開発した(図 4(a))。TLR は，シリアル通信部，受信データ解析部，および表示更新部の 3 つの処理機能から構成される。シリアル通信部では Arduino から送信される文字列データを連続的に読み取る。受信データ解析部では，識別文字列“T:”で始まる行のみを温度データとして採用し，数値へ変換することで，通信の乱れによる誤データの混入を防止する。表示更新部では，数値表示，記録，およびグラフ描画をリアルタイムで行う。TLR は，接続直後から温度のリアルタイム表示を行い，記録開始ボタンを押すことで指定した記録間隔に従ってデータを保存する機能をもつ。取得したデータは CSV 形式で保存でき，後続の解析プログラムで利用可能である。また，氷水を用いた 0℃校正機能を備え，測定値に対してオフセット補正を適用できる。TLR によって保存された CSV を読み込み，温度曲線の可視化および解析を行う解析プログラム(ThermoLab Analyzer，TLA)を開発した(図 4(b))。TLA は，CSV 読込部，曲線表示部，および解析処理部から構成される。CSV 読込部では，保存された CSV ファイルを読み込み，時間データを分単位に変換する。曲線表示部では，温度データを散布図として表示する。解析処理部は，グラフ上で指定した範囲のデータに対して線形フィッティングを行い，接線を最大 3 本まで設定できる機能をもつ。高校化学の教科書で用いられている熱量測定の解析手法に基づき，接線 1 と接線 2 の交点から時間座標を求め，その位置における接線 1 および接線 3 との交点をそれぞれ P_1，P_3 とし

て，温度差($\Delta T = P_3 - P_1$)を自動的に算出し，画面上に表示する。また，グラフ上でドラッグ操作により接線の適用範囲を指定できる機能および解析結果を反映した図を保存できる機能を備えた。これにより，温度曲線の解析操作を直感的に行える。TLR および TLA は Python で開発しており，Windows 環境では Python をインストールすることで動作する。また，ChromeOS 環境では Google Play から入手できる Pydroid 3 をインストールすることで動作する。プログラムは起動時に動作環境(Windows/ChromeOS)を自動判定し，適切な通信設定およびライブラリを選択する。そのため，動作環境の違いに依存せず，同一のプログラムで温度計測および解析が可能である。本システムの精度を確認するため，中和反応の温度変化を測定し，中和エンタルピーを求めた。その結果，中和エンタルピーは−58.9 kJ mol^{-1} と求められ，文献値(−55.8 kJ mol^{-1})と概ね一致した。これにより，本システムが教育実験において実用的な精度で温度測定および解析を行えることを確認した。

2－3　DTA 測定・解析ソフトの開発

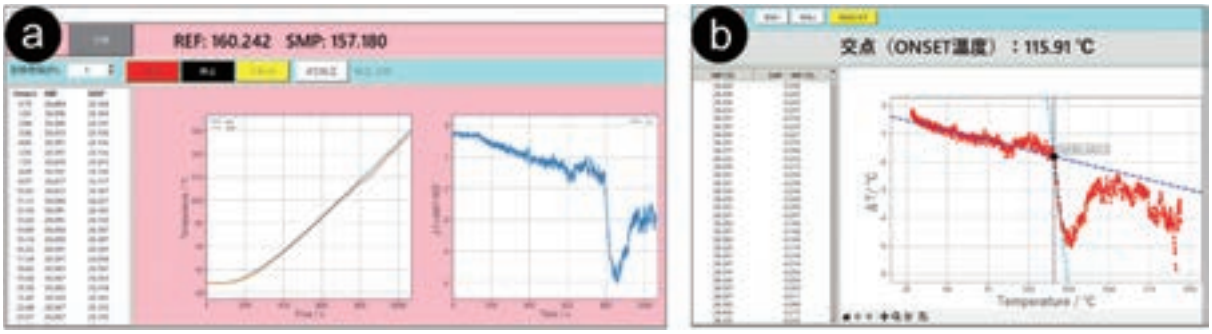


図 5　DTA 測定・解析ソフト：(a) 測定ソフト(TLDR) および (b) 解析ソフト(TLDA)

TLR および TLA を発展させ，2 本の熱電対を同時に接続して試料と基準物質の温度差を測定する示差熱測定(DTA)対応版として，ThermoLab DTA Recorder(TLDR)および ThermoLab DTA Analyzer(TLDA)を開発した(図 5)。これらの DTA 版では，基準温度を横軸，温度差を縦軸としてリアルタイム表示するとともに，接線の交点から ONSET 温度を算出する機能を備える。TLDR および TLDA を用いて，アセトアニリドの融点測定を行った。試料を加熱し，試料側と基準側に接続した 2 本の熱電対で温度を同時に記録した。融解に伴い吸熱ピークが観測され，オンセット温度を求めたところ，融点は 115.9℃が得られ，文献値(113–116℃)と良い一致を示した。

3　まとめ

本研究で開発した Arduino を活用した熱電対温度計，温度計測・解析ソフト(TLR, TLA)を用いることで温度測定から解析までを一貫して実施でき，高校化学における熱量測定教材として有効であることが示された。また，DTA 対応版(TLDR, TLDA)は，より発展的な熱分析教材として活用できる。なお，開発した各プログラムは，要望に応じて提供可能である。

謝　辞

島根大学教育学部 特任教授 縄手雅彦先生には，プログラミングの基礎からご指導を賜り，その成果を基に自然科学部の生徒と協働して開発を進めることができました。また，本研究は公益財団法人中谷財団の科学教育振興助成および島根県「STEAM 教育特化型プロジェクト」のご支援により実施することができました。皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

1) S. Kodani, M. Fukuda, Y. Tsuboi, and N. Koga, *J. Chem. Educ.*, **2020**, 97, 166–171.
2) S. Iwasaki, S. Kodani, N. Koga, et al., *J. Chem. Educ.*, **2023**, 100, 2402–2410.

宍道湖・Air 電池Ⅱ

～湖水と空気から電圧を得る一工夫～

実施担当者　島根県立松江南高等学校
部活動指導員　加賀　理夫（まさお）

写真１

1　はじめに　～これまでの研究の歩み～

地図１

本校では，日々の部活動で，汽水域の宍道湖を中心に水質調査を行っている。（写真1，地図1）採取した水の水質調査をするだけではなく，発展性のあるものに挑戦したい気持ちで部活動を行っている。

昨年度までの研究を紹介したい。昨年度の研究で分かっていることは次のとおりである。

『長いアクリルパイプの上側と下側に炭素棒をセットし，湖水に浸すと0．02V～0．04V の電圧が測定できた。』

（イラスト1）

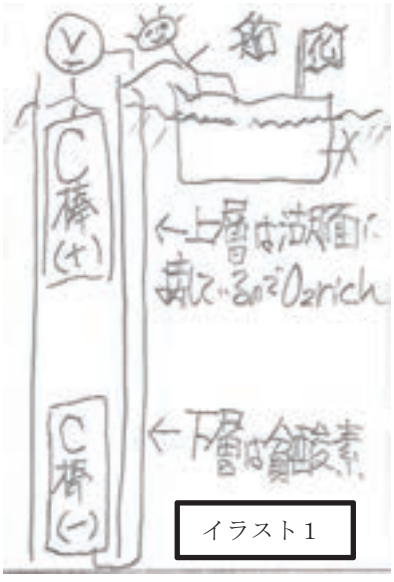


イラスト１

昨年度に続き，宍道湖の湖水と空気とから，電圧を得る『宍道湖・Air 電池』の，作成に挑戦している。

本研究を通し，炭素棒や炭素繊維に吸着している酸素と「宍道湖 Air 電池」の電圧に関連性があるという知見を得たので報告する。

2　今年度の活動

今年度行った活動は主に次の2つである。

2－1　宍道湖を中心とした内水面の塩分濃度やpH 等の調査

2－2　作成した**宍道湖・Air　電池の電圧**の測定及び電圧が生じることの理論追究

2－1　宍道湖を中心とした内水面の塩分濃度やpH 等の調査
上流から下流に向けての塩分データ(地図1)

調査地点	斐伊川下流	宍道湖	大橋川	中海	日本海
塩分濃度(%)	0	0.2～0.9	0.9± α	0.8～2.6	2.9～3.6

pH は 7 前後で，測定地点や測定日によって様々であり，測定を継続している。

2－2　昨年度に作成した**宍道湖・Air 電池の電圧**の確認実験
昨年度の仮説**『正極の溶存酸素濃度が大きいほど高い電圧が得られるだろう。』**をもとに
水面近く(＋)C｜宍道湖水(NaClaq)｜C(－)底面
を作成し，酸素ボンベで O_2を吹き込み，溶存酸素濃度を上げて電圧を測定してみたところ，電圧増加は確認できなかった。
昨年度立てた仮説の変更を考えねばならず，今年度の研究はここからが出発であった。(イラスト2)

イラスト２

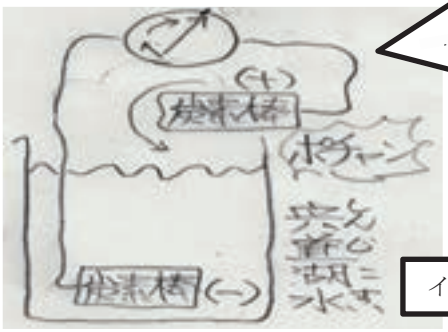


イラスト３

2－2　続き
乾いた炭素棒をそのまま湖水に浸けても，電圧は生じない。つまり，炭素棒を一度湖水に浸け，取り出して再度湖水にポチャンと浸けると電圧が生じることが確認できた。(イラスト3)
結果として 0.02V～0.1V の電圧が生じた。

3　目的

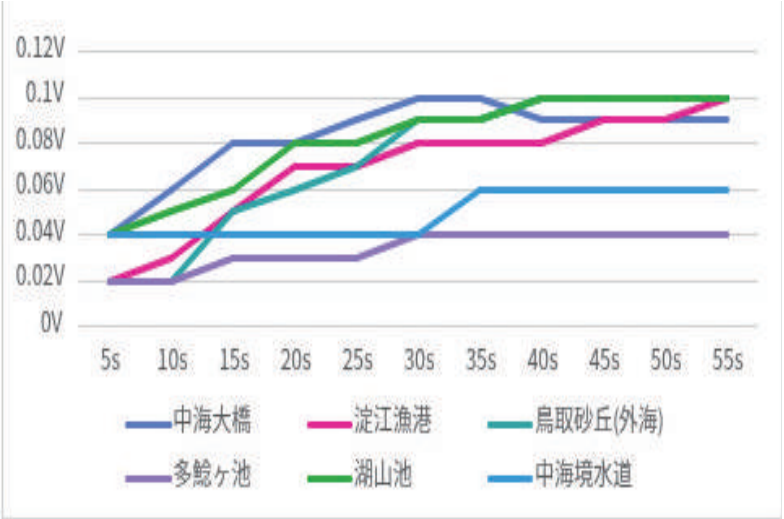
昨年度の研究で宍道湖水に炭素棒を浸けると電圧が生じることが分かった。しかし，発電の理論追究まで至っていない。本年度は上下層の炭素棒電極の関係を解明することで，今後の研究の役立つと考え，研究に取り組むことにした。

4　仮説

前年の溶存酸素量と電圧の関係を炭素棒に吸着している酸素が生じる電圧に関係しているのではないかと考え，次の仮説を立ててみた。
『炭素棒に吸着した酸素が多いほど，高い電圧が得られるだろう。』

5　実験及び結果

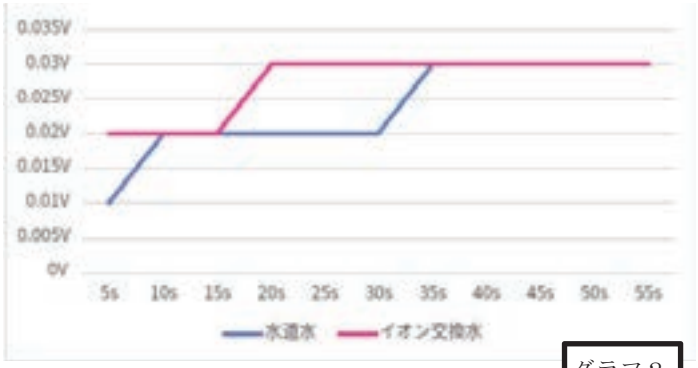
5－1　**湖水で濡らした炭素棒を放置後，再び湖水に炭素棒を挿入する実験**
湖水で濡らした電極を放置した後に，電圧が生じることを確認できたので結果を示す。
松江南高校周辺の宍道湖，中海，及び日本海から採水したものである。
横軸が放置した時間(秒)数，縦軸が生じた電圧(V)である。このグラフから生じた電圧の Max 値が 0.1V だと分かる。(実験装置はイラスト3，グラフ1)



グラフ１

５－２湖水で濡らした炭素棒を放置後，再び湖水に炭素棒を挿入する実験

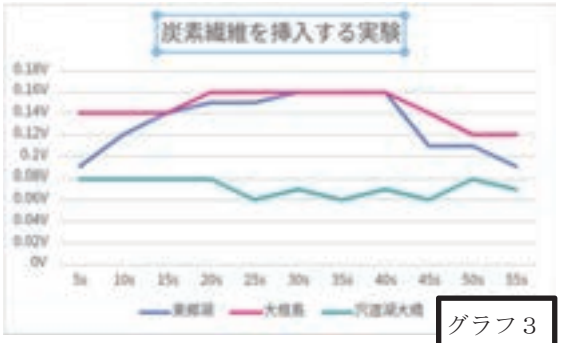
水道水とイオン交換水でも同様の実験をしましたが、ほとんど電圧は生じなかった。生じた電圧の Max 値が 0.1V だと分かる。（実験装置はイラスト3，グラフ2）



グラフ２

５－３炭素棒の代わりに炭素繊維を使う実験

炭素棒の代わりに表面積の多い炭素繊維を使い，吸着する酸素を増やす工夫をした。結果として炭素棒で行った実験と比べて，大きい電圧を生じるということが分かった。（グラフ3，写真2）



グラフ３

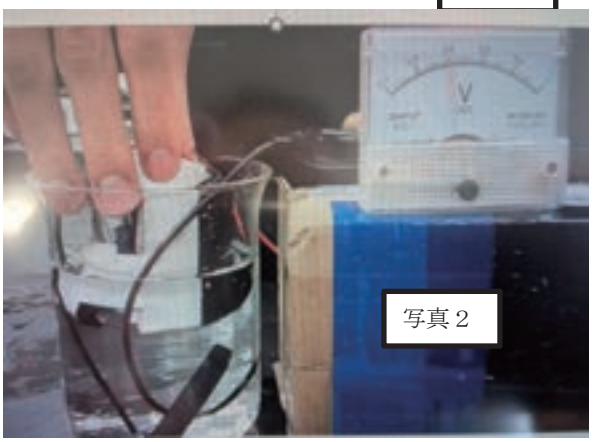
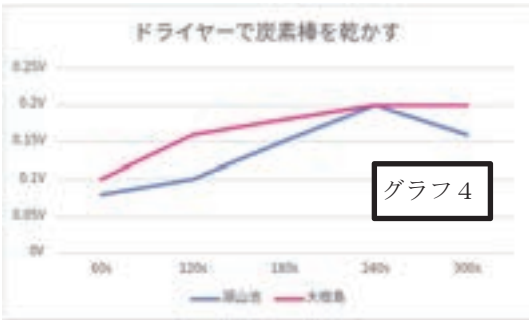


写真２

５－４炭素棒を一度水につけた後，取り出してからドライヤーで乾かしてから水につける実験を試みた。結果は前述の 5-3 の実験と同様に炭素棒を水につけて放置する実験と比べ大きい電圧が生じることが分かった。Max0.2V（グラフ4）



グラフ４

6　考察

これらの実験から

①表面積が大きいと吸着される酸素が多くなり生じる電圧が大きくなる。

②炭素が乾いた状態であるとそこに吸着する酸素が多くなり生じる電圧が大きくなる。

という 2 つの結論に至った。

（１）市販の空気電池の半反応式との一致

考察の確認として omron の空気電池の反応式

正極　$O_2+2H_2O+4e^-\rightarrow 4OH^-$

負極　$2Zn+4OH^-\rightarrow 2ZnO+2H_2O+4e^-$

全体　$2Zn+O_2\rightarrow 2ZnO$

と，作成した「宍道湖 Air 電池」との一致が見られた。

（２）ダニエル電池やボルタ電池の半反応式や標準電極電位(電気化学便覧)を見てみると，

負極　$Zn \rightarrow Zn^{2+}+2e^-$　(-0.76V)

正極　$Cu^{2+}+2e^-\rightarrow Cu$　(+0.34V)

正極　$2H^++2e^-\rightarrow H_2$　(0.00V)

ダニエル電池(1.1V)

ボルタ電池(0.76V)

となっていて，私達の作った「宍道湖 Air 電池」の半反応式も見てみると

正極　$O_2+2H_2O+4e^-\rightarrow 4OH^-$　(0.40V)

となり，酸素の標準電極電位と一致が見られた。（写真２）

7　今後の展望

7-1「宍道湖 Air 電池」の性能を上げて，プロペラモーターを回せるようにしたい。
7-2 地元の小学生に「宍道湖 Air 電池」の作り方を教えて普及させていきたい。

8 希望

2025 年にノーベル賞を受賞した MOF(金属有機構造体)を使い，酸素を含ませて，宍道湖･Air 電池に応用できるか試してみたい。（イラスト４）

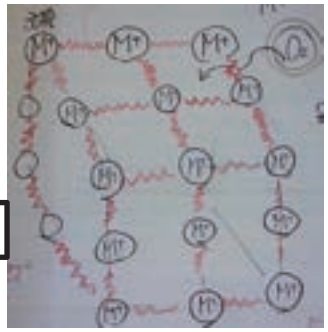


イラスト４

9 実験のイメージ図

炭素棒を水に付けた状態だと元々付着していた酸素分子が水に溶け，代わりに炭素棒に水が付着する。その状態で水から取り出すと付着した水が蒸発して酸素分子が付着する。その後もう一度水に浸けると $O_2+2H_2O+4e^-\rightarrow 4OH^-$ の反応式が起こり，電子を得て電圧が発生すると考えている。（イラスト５）

イラスト５

１０　発表ポスター

10-1　１１月７日（金），８日（土）に島根県高等学校文化連盟自然科学研究発表会に部員２人で出場し，ポスター発表優秀賞，ステージ発表最優秀賞を受賞した。
10-2　１２月２０日（土），２１日（土）に当中谷財団成果発表会口頭発表，ポスター発表を行った。
10-3　令和８年１月１０日（土）に島根大学エスチュアリー研究センター主催の汽水域合同研究発表会に出場し発表賞を受賞した。

発表ポスター

１１　謝辞

本研究は中谷財団から科学教育振興助成を受けています。
ここにお礼申し上げます。「ありがとうございました。」

１２　参考文献

三重大学エネルギ変換化学今西研究室
『水溶液系リチウム空気二次電池の研究』　R6HP
広島大学 大学院工学研究院　准教授　日比野　忠史
『太陽光発電を越えるヘドロ燃料電池の実用化』
OMRON 空気電池取扱説明書

１３　追記

本研究は令和８年７月に行われる全国高等学校総合文化祭に出場します。

モデルロケットにおける安定係数と飛行性能に関する研究

― モデルロケット全国大会での入賞を目標に ―

実施担当者
岡山県立倉敷工業高等学校
教諭　藤田　学

1　はじめに

モデルロケットは、本体に紙や木、プラスチックなどの非金属材料を用いて製作し、黒色火薬でできた固体燃料で打ち上げるロケットである。日本モデルロケット協会が主催する全国大会が年2回、茨城県で開催されており、私たち県立倉敷工業高等学校チームは、その大会での上位入賞を目標とし、高度競技用の機体を中心に、機体質量は小さいけれども、風の影響を受けにくく、安定した飛行性能を示すロケットの開発に取り組んだ。

2　研究方法

私たちが目標の達成に向けて取り組んだ内容は次の通りである。

① フリーのアプリケーションである「OPEN ROCKET」（https://openrocket. info/）を用いてロケットを設計し、風速2m/s の場合と5m/s の場合でシミュレーションを行い、到達高度の変化を確認する　なお、設計する際には、フィンの形状と後退翼の割合、並びに、重力中心と圧力中心との差をロケット胴体の直径で割った「安定係数」（図1）に重点を置いた。

② 安定係数が0.72、0.91、1.1の機体について、特に風速の変化に対して到達高度が大きく変化しなかった機体を安定性の高い機体と判断し、試作とテストフライトを行い、実際の飛行の様子を確認した。

③ 最も安定して飛行した機体の設計に準じて、高度競技とストリーマ滞空競技用、パラシュート滞空競技用の機体を製作し、全国大会に出場した。

④ 得られた成果を多くの学会で発表し、受けたアドバイスを元に、新たな機体の開発を行い、来年度の全国大会での更なる上位入賞を目指す。

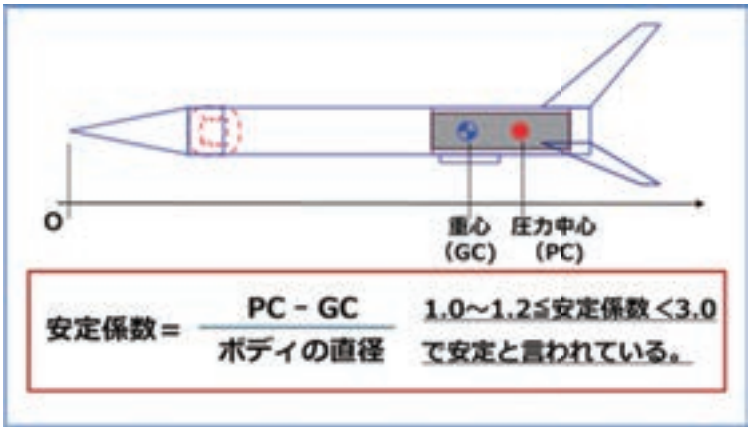


図1　安定係数について

3　結果と考察

3－1　シミュレーションの結果と試験飛行の結果

安定係数が約0.72と0.91、1.1の場合についての計算質量とシミュレーション結果、及び試験飛行の結果を図2に示す。なお、実機はノーズコーンと胴体は紙で、フィンにはバルサ材を用い、表面は耐熱性と耐水性、強度を増加させるために柿渋でコーティングしている。

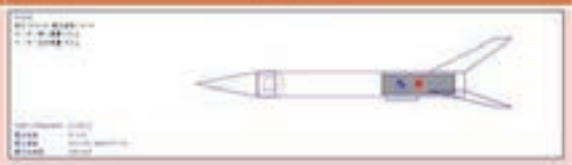
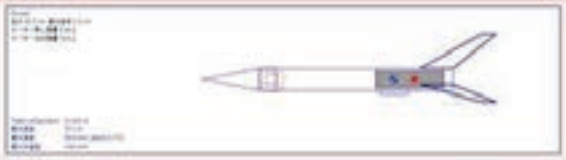
安定係数	計算質量	到達高度（風速2m/s）	到達高度（風速5m/s）	設計画面	試験飛行
0.72	5.0g	87.6m	86.9m		×
0.91	5.0g	87.2m	86.4m		×
1.1	5.0g	87.7m	86.9m		○

図2　シミュレーションと試験飛行の結果

試験飛行の結果は、安定係数1.1の機体のみが安定した飛行を示し、安定係数が0.72と0.91の機体については、途中で上下が逆になる、非常に不安定かつ危険な飛行状態を示した。図1の中にも示したように、一般には安定係数が1.0～1.2以上のロケットが安定して飛行するといわれている。しかし、モデルロケットのトップチームの中には、安定係数は0.75程度が良いという意見もある。今回の結果とロケットの形状を比較すると、トップチームのフィンは面積も小さく、大きく後ろに張り出していないことから、おそらく比較的大きな後退翼を採用している私たちの機体では、安定した飛行を実現するためには、1.1以上の安定係数が必要であると考える。

3－2　大会用機体について

全国大会に向けては、安定係数1.1のロケットをもとに、より到達高度を高めるため、フィンの形状の微調整を行った。また、競技に合わせてロケット内部にサイズの大きなストリーマーやパラシュートを収納できるようにボディーの長さを変化させて次ページに示した図3のような、各競技ごとの特性に合わせたロケットを製作した。

3－3　全国大会結果

本研究の目標としてきた、第47回モデルロケット全国大会は、令和7年10月4日（土）、雨が降ったり止んだりする中、茨城県霞ヶ浦総合公園で開催された。本校からは、これまでともに開発を進めてきた、１年生の遠藤陽向、樅野莉輝、西川倫矢と私が出場した。各競技の結果を次ページの表１に示す。上位入賞を目標とした高度競技の結果は、1名が危険飛行で失格となってしまい、残り3名の平均も64.0m と、シミュレーションの結果からは30m 近くマイナスとなってしまった。実際の飛行の様子を、ほぼ真下の地上から目視で確認していたが、かなり後端が横に振られているように見えた。テストフライトを行ったときは晴天で風速も2m/s 未満であったが、当日は雨が降ったりやんだりと、かなり湿度が高く、風速も3m/s から4m/s という状況であった。

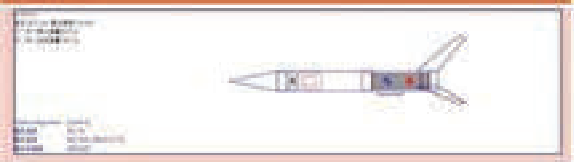
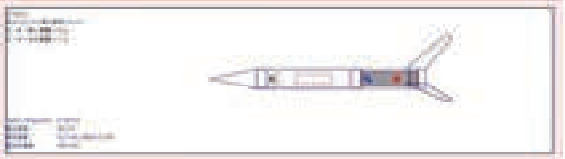
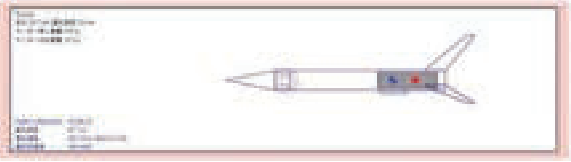
競技内容	安定係数	計算質量	到達高度（風速2m/s）	滞空時間（風速2m/s）	設計画面
高度	1.1	4.7g	93.1m	9.8s	
滞空（ストリーマー）	1.5	7.3g	84.6m	9.15s	
滞空（パラシュート）	2.2	11.6g	60.4m	50.8s	

図3　全国大会で使用した機体のシミュレーション結果

出場者	滞空競技（ストリーマー）	滞空競技（パラシュート）	高度競技
遠藤陽向	19秒40（1位!）	―	失格（危険飛翔）
樅野莉輝	―	16秒90（29位）	68.66m（28位）
西川倫矢	―	23秒60（21位）	56.89m（50位）
藤田学（教員）	失格（ストリーマー分離）	―	66.51m（32位）

表1　モデルロケット全国大会結果

シミュレーションの結果を大きく下回った理由として私たちが考えたことは、シミュレーションやテストフライトでは確認できなかった、紙を巻いて作ったロケットのボディーの湿気による強度低下と、横風の影響とが重なったためではないかということであった。一方、滞空競技では、高度競技と異なり、どの機体も安定した飛行姿勢を示したこと、そして、遠藤がストリーマー滞空競技で優勝し、パラシュート滞空競技ではシミュレーションを下回ったものの、2機ともパラシュートが開き記録を残せたこと、さらに、中学生から大学生までの生徒・学生部門で第3位に入賞し、倉敷工業高校では初めて、ロッキードマーティン・パフォーマンス賞を受賞できたことが私たちにとっての救いとなった。滞空競技で安定した飛行を示した理由としては、いずれの機体内部も、高度競技よりも遙かに大きなストリーマーやパラシュートが詰まっており、安定係数が増加したこと、湿気によるボディーの強度低下を防げたことがその理由であると考えた。また、パラシュート滞空競技でよりシミュレーション結果に近づけるためには軽量化が必要であると考えた。

これらのことから、高度競技用の機体においては、今後、機体質量を増加させたり、シミュレーションでの到達高度を低下させたりすることなく、安定係数の増加と、湿度が高くとも低下しないボディーの強度が必要になると考えた。

３－４　他の大会や研究発表会での成果

2025年11月22日ふくやまふれ愛ランドにおいて開催された第1回全日本ペーパーロケット大会に本校生徒4名と藤田が研究から得られた成果をもって参加し、藤田が総合2位、樅野が7位、遠藤が8位に入賞した。2026年1月31日には、プラズマ・核融合学会が主催する第23回高校生シンポジウムにおいて、生徒がオンラインで研究成果を発表し、審査員特別賞をいただくことができた。また、2026年2月22日に岡山市で開催された日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部が主催する第61回「若手フォーラム」のポスターセッションにおいて、生徒による優秀な研究報告を行ったことを認定された。さらに、2026年3月20日に東京学芸大学附属竹早小学校で開催された Japan Space Ed Port ににおいても本研究の紹介を宇宙教育関係者に向けて行った。これらの発表で大学の先生方からいただいたアドバイスの中で、最も印象に残った点は、前方からの風だけでなく、横風に対する安定係数も考慮するべきであるという点である。ぜひ、今後は、このアドバイスに対する具体的な方法を見出したいと考える。

４　まとめ

これまでの研究から分かったことや得られた成果をまとめると次のようになる。

① 後退翼の大きなフィンを持つ機体では安定した飛行を実現するためには、1.1以上の安定係数が必要である。
② 安定した飛行を実現し、記録を上げるためには、高い湿度でも弱まらないボディーの高い強度が必要である。
③ 滞空競技では、今回使用した機体をもとに軽量化に取り組めば良い。

これらのことを踏まえ、今回の研究と大会参加で最も印象に残った点は、ロケットの開発のいう研究課題は、ゴールはないものの、全国大会という節目を目標に掲げることができ、生徒の研究テーマとして、非常に興味深い題材であるということであった。

図4　表彰台に立つ倉工生

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なるご支援をいただいた公益財団法人・中谷財団の皆様に、厚くお礼を申し上げます。

笠岡湾干拓地の創生緑地における変形菌群集の調査

実施担当者　岡山龍谷高等学校
教諭　髙橋　和成

1　はじめに

開発や急速な都市化によって自然が劣化し，生物多様性が脅かされている。自然復元や保護では動植物については多くの調査があるが，生態系の基盤となる腐植生態系の微生物については調査が少なく、良く分かっていない。そこで、有機物の分解速度を調整する機能がある変形菌に関心を持ち、高校の探究活動で研究した。先行研究では，変形菌の生育基物（腐木や落葉・落枝）が都市環境や創成緑地には十分に存在していないとされ、変形菌の生態はよく分かっていなかった．変形菌は生態系の再生に関係しその機能回復に役立つと考える。創成環境の腐植生態系ではたらく変形菌の生育状況を明らかにすることは重要な研究課題である．本研究では，立木の樹下には落枝が残存していることが多いことから、落枝で生活する変形菌（落枝生変形菌）を調査対象とした。

岡山県笠岡市には 1990 年に完成した干拓地があり、農地や工業地が広がっている（図１）。こうした創成環境と都市環境で落枝生変形菌の分布を比較し、劣化や未熟な自然環境の生態系において微生物の変形菌多様性を明らかにすることを目的とした。こうした研究は生態系への人為の影響や自然復元に対して新規な情報提供となると考える。

図１　調査地　笠岡湾干拓地、1990 年完成

2　調査地と方法

2－1　調査地

調査地は図１に示す。干拓地内の２地点–①笠岡市カブト東町「太陽の広場」②笠岡市鋼管町「JFE 工場隣接緑地」、都市内の 2 地点–③広島県福山市「福山城」④岡山県笠岡市「古城山公園」。

2－2　方法

①落枝の採取（図２）：4 地点で 2025 年 5 月･10 月落枝採取の 2 回、②落枝の湿室培養（図３）：9 樹種–サクラ、アメリカフウ、アベマキ、ポプラ、スダジイ、マテバシイ、ウバメガシ、アラカシ、クスノキ、樹種の試料ごとに 20 枚のペトリ皿で約 8 週間培養（約 24℃）、変形体が発生（図4、図5）、子実体形成誘導（図6）、全 340 枚（樹木当たり 20 枚のシャーレ）③pH の測定。④培養開始後 8 週間経過後に子実体の観察と種名の同定、顕微鏡観察（図７）⑤調査地点と樹種による出現種リスト作成、季節性、優占種の選定、多様性指数と均等度の算出、落枝 pH、土壌 pH との関係の解析 ⑥データの解析 ⑦まとめとスライド作成　⑧発表とまとめの再検討、報告書作成。

図２　落枝の採取　林冠木の樹下

図３　湿室培養　約 24℃で 8 週間

図４　湿室培養　赤い変形体が発生

図５　湿室培養　黄色い変形体

図６　子実体を形成

3　結果

3－1　出現種

調査の全体から、39 種 19 属を確認した。群集構造では、地点で優占種に違いがあり、春の干拓地ではキンルリホコリ・ラパンカルフクロホコリ（図８）、福山城ではスカシミダレホコリ(図９)、JFE ではシロウツボホコリ・トゲヒモホコリ、古城山ではシロウツボホコリ・バークレイホコリが優占していた。

図７　顕微鏡観察

図８　ラカンパルフクロホコリ

図９　スカシミダレホコリ

3－2　調査地の比較

旧来の小都市公園では 20 種（種／属の比、S/G 比=1.5）、福山城 21 種（S/G=1.8）、干拓地で農地辺りの太陽の丘 24 種（S/G=1.6）、工業地の JFE23 種（S/G=1.9）であった（図 10）。新しい創成地で種数が多くなった。工業地では S/G 比が高く種の多様化がみられた（図 10）。

新規な干拓地は変形菌の好適な生育場所となっていた．歴史ある旧来の緑地で樹林化すると変形菌の種数が減少する傾向であったが、均等度は高くなるため群集構造が安定化していた。安定な腐植環境が存在するよりも不安定な開けた人為的環境で落枝生変形菌の多様性が高くなっていた(図 11)。

3－3　出現種の比較

調査地で優占する種が異なった（表１）。シロウツボホコリは全域に分布した。一方、太陽の丘公園はキンルルリホコリ、ヨリソイヒモホコリ、ラカンパルフクロホコリ、JFE はコシアカモジホコリ、トゲヒモホコリ、古城山はシロモジホコリ、福山城はシロモジホコリ、スカシミダレホコリ、ムラサキホコリが優占し、指標種であった。

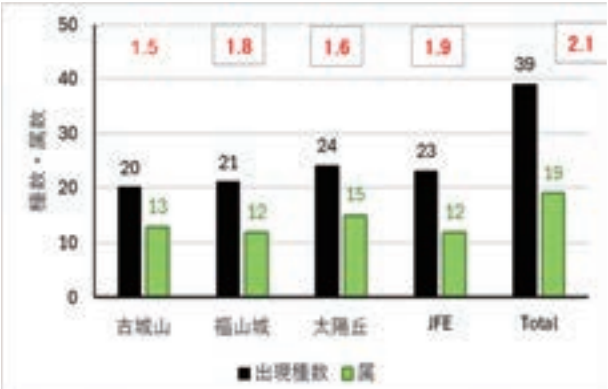


図 10　調査地での変形菌の出現種数

4　考察

変形菌群集は人為環境の違いに応答して分布していた。仮説と異なり、新しく開けた人為環境で多様性が高く、旧来の安定化した環境とは群集構造や優占種が異なることが明らかであった。出現種数や群集構造は樹種や落枝 pH の影響を受けることが示唆された。サクラ落枝は変形菌の生育基物として好適で多様性が最も高くなった。緑地の植栽に広く利用されているサクラの落枝では、変形菌による腐植の微環境を評価するバイオインジケーターとしての可能性を示している。落枝生変形菌の湿室培養法が人為環境や自然復元環境における腐植生態系の生物多様性を簡便に調査する手段として利用されることを期待する。本研究は、高校生の 5 人による探究活動で年間 60 時間超の授業時間を利用して実践した。日本学生科学賞岡山県奨励賞受賞や中谷財団による発表会があり、高校生の探究活動の実践プログラムとして有効で意義があることが分かった。

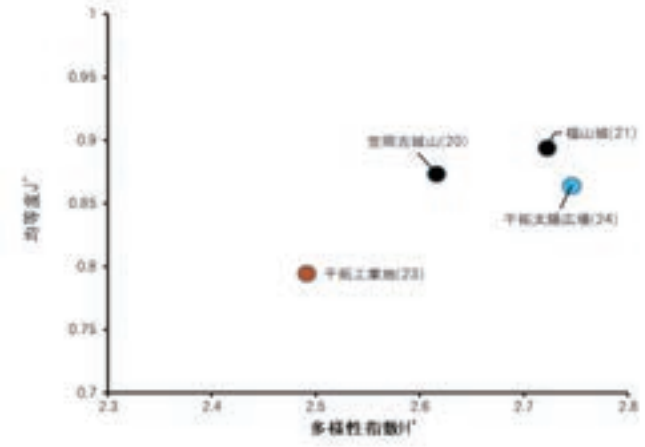


図 11　変形菌群集の多様性指数と均等度

表 1　優占種と指標種の抽出

Table IndVal値による優占種と指標種の抽出（IndVal >=3、or 頻度4の種）

	IndVal	太陽丘	JFE	古城山	福山城	頻度
	Tree species	4	6	5	3	
	Samples	8	10	9	6	33
シロウツボホコリ	*Arcyria cinerea*	7.6	10.5	10.9	10.3	4
キンルリホコリ	*Lamproderma scintillans*	10.3	0.9	0.2	1.3	4
ヨリソイヒモホコリ	*Perichaena depressa*	5.4	3.6		0.2	3
ラカンバルフクロホコリ	*Nannenga lallchanparii*	4.3	0.7	0.2		3
コシアカモジホコリ	*Physarum pusillum*	0.5	10.5	0.2	0.2	4
トゲヒモホコリ	*Ophiotheca chrysosperma*	3.2	5.6	0.5	1.3	4
シロモジホコリ	*Physarum album*	1.4	0.3	4.8	3.8	4
スカシミダレホコリ	*Stemonaria laxa*	0.9	0.1		3.0	3
ムラサキホコリ	*Stemonitis fusca*		3.9	0.5	5.1	3
イリマメムラサキホコリ	*Stemonitis pallida*	1.9	1.2	0.7	2.1	4
バークレイネネホコリ	*Diderma saundersii*	0.9	0.1	0.7	0.2	4

5　まとめ

①群集構造：干拓地と都市公園で異なる ②出現種数の順：干拓緑地 24＞干拓工業地 23、福山城 21＞古城山公園 20　③種多様性指数の順：干拓緑地＞福山城＞古城山＞工業地　④均等度の順：福山城＞古城山＞干拓緑地＞工業地　⑤変形菌の多様性：樹種選好性や基物の化学性(pH)によって影響をうける ⑥変形菌の種多様性と均等度の高い群集構造は、安定した生態系と言える ⑦落枝生変形菌群集は、生態系の基盤になる腐植生態系の特徴を示している。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団の科学教育振興助成を受け実施した。ここに記して感謝します。

参考文献

高橋和成. 2024“都市環境の孤立した緑地における落枝生変形菌群集の種多様性”.Hikobia　19：87-98.

高橋和成ほか．2022 “緑の回廊における生態系評価”．変形菌　38：55-64.

生徒が主体的に活動し，科学的に探究するために必要な資質・能力を身に付ける理科教育

実施担当者　広島市立船越中学校
教諭　池野　康太

図 1：銀樹生成の観察の様子

1　はじめに

1−1　取り組みのきっかけと組織

本研究は、広島市立中学校の理科教員有志によって組織された。広島市では、中学校の正規理科教員が各校に１名しか配置されないケースが多く、若手教員が授業づくりを相談できる相手が身近にいないという「孤立化」や、世代交代による授業実践の継承、一人一台端末（タブレット）の活用頻度の差といった課題を抱えていた。これらの課題を解決し、生徒の資質・能力を引き出す授業を実現するため、中谷財団の助成を受け、１年間で３回の研究授業を実施する本取り組みがスタートした。

１－２　研究メンバー

本プロジェクトは、広島市立船越中学校の池野康太を中心に、広島市内の教諭・主幹教諭・教頭・校長、広島市教育委員会の指導主事ら約１４～１６名のメンバーで構成されている。また、国立教育政策研究所の神孝幸教育課程調査官を招聘し、専門的な指導助言を受ける体制を整えた。

１－３　授業づくりの方針

本研究では、これまで説明で終わらせていた単元を題材に、表１のような３つの観点を柱とした授業づくりを行った。これらの授業をつくるため、年３回の研究授業を実施し、その約１ヶ月前から、Web 会議システム（Cisco Webex や Zoom）を用いたオンラインミーティングを３回程度実施した。議事録の作成には AI 要約ツール（Notta 等）を活用し、チャットや Google Drive で資料を共有する効率的なスタイルを確立した。

表 1

（1）単元を貫く問いの設定	生徒の「素朴な疑問」を起点とし、単元全体を通じて解決したくなるような問いを設定する。
（2）教師が説明しない授業の設計	教師による解説を最小限に抑え、生徒が観察や実験の結果をもとに語り合い、自ら課題を解決する探究の時間を十分に確保する。
（3）ICT の効果的な活用	学習支援システム「ミライシード（オクリンクプラス）」を活用し、目に見えない現象のモデル化や他者の考えのリアルタイム共有を促進する。

2　中学校３年生「イオンへのなりやすさ」

２－１　授業の概要

（1）　実施日・授業者

2025 年 7 月 7 日、広島市立船越中学校、池野康太

（2）　単元・本時の目標

単元「化学変化とイオン」において、硝酸銀水溶液と銅の反応（銀樹の実験）を観察し、イオンや電子のモデルを用いて現象を表現することを目標とした。

２－２　学習活動と ICT 活用

生徒はまず、硝酸銀水溶液に銅線を入れる実験を行い、その変化をタブレットで撮影した。教科書啓林館『未来へひろがるサイエンス３』の指導書別冊観察・実験編で紹介されている方法を用いて、短時間で銀樹生成の様子が観察できた。生徒は，撮影した動画をコマ送りで見返すことで、「なぜ青色になったのか」「なぜ銀色の物質が出てきたのか」という疑問を見出し、学習課題を設定した。次に「オクリンクプラス」上のモデルカードを操作し、銅原子が電子を放出して銅イオンになり、銀イオンがその電子を受け取って銀原子になる過程を試行錯誤しながら目に見えない電子の移動を理解した。

２－３　成果と考察

銀樹の観察では，熱心に観察し自然と疑問をつぶやく姿が見られた。また、生徒が主体的に思考・作業に没頭し、モデルを用いた説明により、抽象的な概念を「電子の受け渡し」という実感的な言葉で言語化できる生徒が増えた。

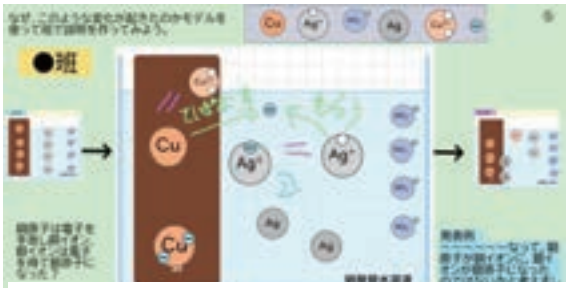


図 2：生徒のモデル説明図

3　中学校２年生「放射線の性質と活用」

３－１　授業の概要

（1）　実施日・授業者

2025 年 11 月 12 日、広島市立庚午中学校、市川明日美

（2）　単元・本時の目標

霧箱を用いた観察をきっかけに、放射線の正体を探り、身近な利用例や安全基準（量的概念）について多面的に理解することを目標とした。

図 3：簡易霧箱観察の様子

３－２　学習活動と ICT 活用

導入では「幽霊の正体を探る」という設定で霧箱の観察を行い（図３）、飛跡が見えた瞬間の驚きを問いに繋げた。次に、オクリンクプラスのキーワード集計機能（ワードクラウド）を活用し、「原爆」「死ぬ」といった否定的なイメージから「医療」「レントゲン」といった肯定的な側面までを可視化した（図５）。生徒はこれをもとに「なぜ怖いのに使われているのか」という問いを立て、班ごとに「性質」「利用」「量と安全」などの視点で調べ学習を行った。中谷財団の支援で購入した戸田式霧箱では、自然放射線も観察することができた（図４）。

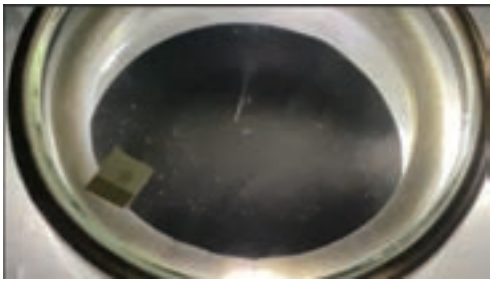


図 4：自然放射線の飛跡

３－３　成果と考察

広島という地域性から、当初は「放射線＝怖い・悪い」という認識が強かった生徒たちが、調べ学習を通じて「使い方次第で役立つもの」と捉え直す変容が見られた。また、授業後の協議会では、AI 要約や図書室での書籍活用など、個別最適な調べ方の模索も行われた。

図 5：ワードクラウドの結果

４　中学校１年生「大地の成り立ちと変化」

４－１　授業の概要

（１）　実施日・授業者

2026 年 2 月 3 日、広島市立祇園中学校、奥本和貴

（２）単元・本時の目標

真砂土に含まれる石英と水晶を比較し、鉱物が「宝石」になる理由を、地球の時間スケールの長さやマグマの冷却速度（成因）と関連付けて説明することを目標とした。

４－２　学習活動と ICT 活用

生徒は、地元・広島の「真砂土」と関東（横浜）の土を比較し、広島の土が白い理由を考え、実際に真砂土を「わんがけ法」を行い、双眼実体顕微鏡で石英、長石、黒雲母などを同定・撮影した。その後、大きく美しい「水晶」を提示し、ミョウバン結晶の成長経験をヒントに、「地下深部でゆっくり時間をかけて成長した」という宝石の成因を科学的に考察した。

図 6：鉱物観察の様子

４－３　成果と考察

「広島だからできる」地域素材の活用により生徒の意欲が高まり、観察と時間軸の推察を繋ぐ深い学びが実現した。タブレットを用いた顕微鏡撮影により、鉱物の特徴をより詳細に捉える工夫も見られた。

５　成果と課題

５－１　研究の成果

（１）　学び合いを深める文化の形成

オンラインと対面を組み合わせた研修により、ベテラン教員の経験と若手教員の ICT アイデアが融合し、世代間交流が活性化した。

（２）　探究型授業のモデル確立

単元を貫く問いの設定と ICT 活用を組み合わせることで、教師が一方的に説明するのではない、生徒が主体的に進める授業展開が具現化した。

（３）　情報の蓄積と共有

チャットやクラウド上に指導案、動画、予備実験のノウハウ（エタノールの適正量など）が蓄積され、打ち合わせ等で欠席した者や他校の教員も同様の熱量で実践できる環境が整った。

５－２　今後の課題

（１）　仕組みの一般化

本研究の運営メンバーだけでなく、授業経験の少ない教員でも同様の探究型授業に取り組めるよう、人材育成の手順を整理する必要がある。

（２）　評価指標の精緻化

生徒が自ら課題を設定する力（問いの質）をいかに評価し、向上させるか、より具体的なルーブリックの活用が求められる。

（３）　多校展開の推進

作成した単元計画や教材をさらに多くの学校で実施し、広島市全体の理科授業改善へ繋げていくことが今後の目標である。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団による「科学教育振興助成」により教具を充実させることができ、生徒が主体的に現象を観察できる質の高い理科教育環境を整えることができた。また、2025 年 8 月に富山県で開催された「第 75 回日本理科教育学会全国大会」への参加が叶い、本研究の成果を広く発信する機会をいただいた。学会では、全国の教育関係者や研究者と交流・意見交換を行うことができ、オンライン会議やストレージを活用した授業づくりの可能性について、非常に有益な示唆を得ることができた。

さらに，国立教育政策研究所の教育課程調査官である神孝幸先生には、研究において専門的な見地から多大なるご指導を賜った。神先生には、多忙なスケジュールの中、全３回の授業研究に向けた計９回以上のオンライン事前協議に毎回のようにご参加いただき、実施日は来広していただき直接授業改善に向けた具体的な助言を頂戴した。特に、生徒の「課題を設定する力」を育成するための「単元を貫く問い」の設定方法や、単元目標に基づいた柔軟な授業設計の在り方についてのご指導は、本研究チームの教員一人ひとりの授業力を高める大きな糧となった。先生の温かい伴走と卓越したご見識に、深く感謝申し上げます。

スイゲンゼニタナゴ（絶滅危惧ＩＡ類）の保護・繁殖活動と オニバス（絶滅危惧Ⅱ類）の生息環境調査

実施担当者　盈進高等学校・中学校
教諭　大和　寛子

１　はじめに

スイゲンゼニタナゴとはコイ目コイ科に属している小型の淡水魚である。３～４月の間に二枚貝に卵を産み付け、貝の中で受精卵をつくる習性がある。河川工事による二枚貝の個体数減少により、スイゲンゼニタナゴの個体数は減少しており、絶滅危惧ＩＡ類に分類されている。現在の生息地は岡山県の一部と広島県福山市のみである。

オニバスとはスイレン科の浮遊性水生植物で、日本で絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。つぼみに太く鋭いトゲがあることから「オニ」という名前が付けられた。日本全国でかつて 300 ヶ所あった生息地は現在、70 ヶ所程度になっていると推定されており、広島県では絶滅危惧Ⅰ類に指定されている。環境科学研究部ではこれら二つの絶滅危惧種の保護・繁殖活動を行っている。

２　スイゲンゼニタナゴの保護・繁殖に関する活動

約３０年間、先輩方が河川工事に取り残されているところを保護した個体を飼育室で人工繁殖し、継代飼育している。

図１：スイゲンゼニタナゴ（メス）

昨年度までの課題は、受精卵が十分に成長する前に水カビなどで死んでしまい仔魚まで成長できない個体が多く、個体数を十分に確保できない状態が続いたことだ。課題を解決するために受精卵を管理するシャーレとそれを保管するインキュベータ内の環境をより清潔に保ち、受精卵の生存率 を高めることを目標として活動を行った。

２-１　方法

シャーレ式人工繁殖により行った[1)]

婚姻色が出ているオスと産卵管が伸びたメスから精子と卵を取り出し、シャーレの中で混ぜ、受精卵をつくる。シャーレをインキュベータ内で保管し、水替えなどの管理をしながら泳ぎだすまで成長させる。シャーレを水槽ごと沈めて稚魚が適したタイミングで泳ぎだせるようにする。

今年度から受精卵の生存率を上げるために新しい取り組み①～③を行った。

① 前年度よりこまめにシャーレの水替えをおこなった。

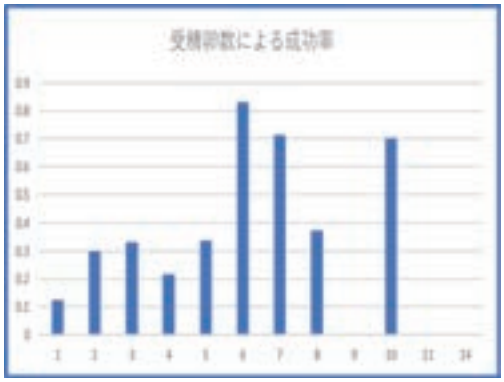
② 前年度まではシャーレの水替えの際、汲み置きの水を使用していたが、水道水を使うことにより塩素による除菌効果があることが分かったため実践した（宮崎・數本、2021）。

③ 保管庫であるインキュベータを新調した。インキュベータ内の温度は 19 度に保ち、内部は人工授精や水替えのタイミングで次亜塩素酸による除菌を行った。

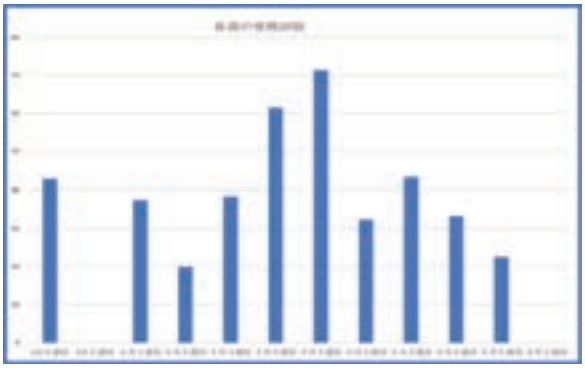
2-2　結果

受精卵の数は 2024 年度で 493 個、2025 年度で 258 個と、241 個減少したが、水槽で泳ぐことができた個体数は 2024 年度で 25 匹、2025 年度は 40 匹と増加した。

また、得られた受精卵数と成功率の関係を示したグラフ（グラフ１）および、人工授精を行った時期と受精卵の数の関係を示したグラフ（グラフ２）を下に示した。グラフ１からは受精卵が５個以下の時、６個以上の時を比べると６個以上のほうが成功率は高かった。グラフ２から、各週の受精卵数は、４月 4・5 週目で多かった。それ以降は受精卵数が減少した。



グラフ１



グラフ２

2-3　まとめ

シャーレの水替え頻度を増やしたことでシャーレの中にカビが発生しにくくなったと考えられる。また、インキュベータを新調したことで一定の温度で保管することができた。孵化に適した温度は 22 度以下である[2)]。

昨年度と比較して孵化率、浮上率、成功率を上昇させることに成功した。シャーレを清潔に保つために行った方法①～③は有効だったと考えられる。

グラフ１から、受精卵数が多いと成功率は高い、つまり卵の数が多いということは卵の状態がよく、親個体が十分に成熟しているからであると考えられる。そのため十分な卵の数を取り出すためには成熟した個体を見極める必要がある。またグラフ２から、週によって受精卵の数が異なった。温度の変化が親個体の成熟、取り出せる卵の数に関係していると考えられる。人工繁殖の成功率と親個体を管理する水槽の温度の関係を考察するために、毎日の気温及び水温の測定を続け、より採卵・採精に適した親個体の飼育方法の確立をしていきたい。

今後の課題は、稚魚を１年で親として成熟させるための飼育方法の確立である。今年度と昨年度の結果から、１回での採卵数が多いものでは成功率が高いため、十分に成熟している個体を育てることが人工授精の成功率向上につながると考えている。卵の状態に着目し雌の個体数や卵を用いて主に分析を行ったが、雄の状態と成功率の関係の分析はできていない。来年度以降は、雄の状態と成功率の関係を調べることも課題である。また、今年度から開始した親個体の水槽別のデータの分析による、より詳しい人工授精に適した環境条件の推測を目指したい。

３オニバスの保護活動について

私たちがオニバスを保護することになったきっかけは地域でオニバスの保護活動をされていた方から調査を依頼されたことである。

図 2：発芽した種子をバスタブへ移しているようす

３－１方法

① 5 月：Zoom を用いて専門家にオニバスの栽培や生態について詳しくお話を聞かせていただいた。
② 5 月：福山市立千田小学校の生簀から種子を採取した。取ってきた種子を大きさによって仕分け、ボトルに入れて栽培した。
③ 5 月：芽が出てきたら芽の数ごとに分けて鉢に植え付け、たらいに入れたら水で浸した。

植え付けるときに使った土は荒木田土と腐葉土で、7 対 3 の割合で混ぜた。鉢の水が減るたびに水を足し、藻やごみを除去する作業を続けた。

④ 12 月：バスタブの pH をパックテストにより測定した。

現在オニバスが自生している岩田下池と千塚池で実地調査を行った水温、水深に加えパックテストを用いたpH、COD,NO2 の測定を行った

図３：オニバスの蕾

３－２結果

種子の栽培　結果

347 個の種子をボトルに入れ、そのうち 29 個の種子が発芽した。そのうち、11 月 14 日現在 1 つの株で蕾が 2 個確認された。（図３）バスタブ内の水の pH は 7.5 だった。

オニバス自生地での環境調査
結果は下の表のとおりである。

千塚①	千塚②	千塚③
9.0	9.5	9.5
9.5	9.5	8.0
9.0	9.0	7.3
9.5	9.5	5.5

pH	岩田①	岩田②
6 月	7.0	7.5
7 月	7.0	7.5
8 月	7.0	8.5
10 月	7.5	8.0

水温	岩田①	岩田②
6 月	27℃	28℃
7 月	26℃	26℃
8 月	28℃	30℃
10 月	21℃	21℃

千塚①	千塚②	千塚③
31℃	31℃	データなし
31℃	30℃	
33℃	33℃	
24℃	25℃	

３－３まとめ

５月の調査で自生が確認できたのは岩田下池のみであった。岩田下池と千塚池で調査し分類した結果場所によって違いがみられたのはpHと水温のみであった。

岩田下池と千塚池の６月～１０月の水温を比べると最大で５度の差がみられた。また千塚池では８月に水生植物の適温から８度も高い水温であることが分かった。岩田下池のオニバスが自生している場所は日中が陰に入ることからそこまで水温が上がらなかったと推測できる。

岩田下池と千塚池のpHを比べると２程度の差があった。また２４年前の千塚池のpHと現在のpHを比較してみると現在のほうが高くなっていることが分かった。２４年前の千塚池周辺の地図を見ると周辺の環境が大きく変わったことがわかる。このような環境の変化がオニバスにどのような影響を与えたのかを明確にすることが今後の目標である。

謝　辞

シャーレ保管ラック、水槽等、受精卵の保管場所を清潔に保つための新しい物品、またオニバスの保護活動において必要な物品の購入について中谷財団から助成金をいただきましたことをここに深謝いたします。

参考文献

スイゲンゼニタナゴ

１）宮崎佳彦・數本芳行. 2021.　メダカの飼育を安定して行うための工夫. 仙台市科学館　研究報告　第３１号

２）北川哲郎・細川和海、2012.　バラタナゴのシャーレ式人工繁殖における水カビ病の抑制技術　水産増殖

３）佐藤二郎・泉川晃一、2011.　スイゲンゼニタナゴの人工授精、岡山県農林水産研究所　研究報告　第２６号

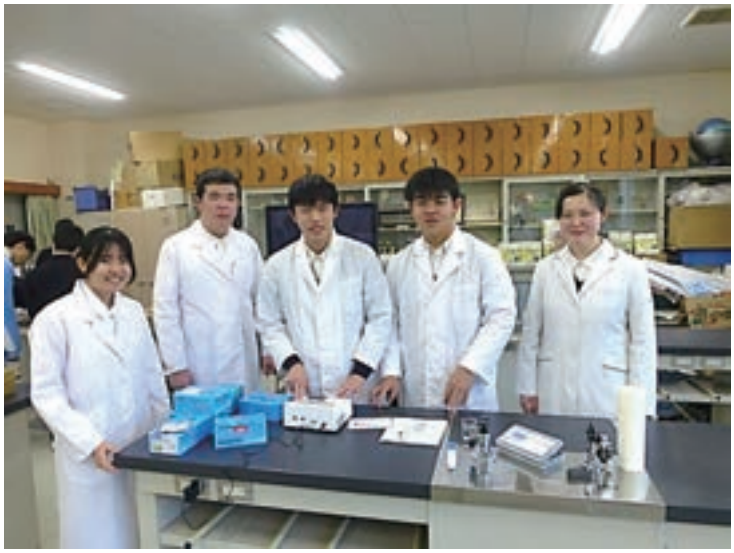
オニバス － 広島大学デジタル博物館

東京アクアガーデンHP＜https://t-aquagarden.com/column/snail_measures＞（閲覧日：2025年 10 月）

貝の卵を見つけたら・水槽に発生するスネールの卵を駆除・掃除する方法｜東京アクアガーデン

以上

環境要因がアカハライモリの生息に及ぼす影響



実施担当者　広島県立広島高等学校
教諭　福本　伊都子

1　はじめに

研究チームに所属する生徒たちは自然豊かな場所で育ち、アカハライモリ（*Cynops pyrrhogaster*）はどこにでも生息しているようなありふれた生物だと考えていた。しかし実際は、広島県内だけでなく全国各地で純絶滅危惧種や絶滅危惧 I 類・II 類に指定されていることを知った。先行研究で調べた範囲では、アカハライモリの生態は未だ明らかにされていない部分があることが分かったため、東広島市内のさまざまな場所を調査することにより、アカハライモリがどのような場所に生息しており、どのような条件で生息が可能なのかを調査したいと考えた。そして、調査結果を広く公表して、アカハライモリが生息可能な環境の保全に貢献したいと考え、研究を始めた。

昨年度は、東広島市を流れる沼田川の 13 地点において、アカハライモリの生息の有無や水質などの生息環境を調査した。その結果、pH や外来種の有無、川の形状がアカハライモリの生息に影響を及ぼす要因として考えられたが、得られたデータが少ないため、さらに調査をする必要があると考えた。また、餌や天敵となる他の生物についての調査はできなかった。そこで本研究では、水質調査に加え、環境 DNA 分析によるアカハライモリが生息している地点の生物の調査を行い、アカハライモリが生息できる環境要因を明らかにすることにした。

2　調査及び検証

2－1　調査地点

＜調査地点＞
地点１：源流付近
地点２・３：生徒の自宅近くの水路
地点３：沼
※地点２～４でアカハライモリの生息を確認している。

図１　調査地点

２－２　水質調査

図２　川での調査

＜検証時期＞
　2025 年 6 月～現在
＜調査方法＞
調査地点：地点２・３
調査器具：パックテスト、デジタルパックテスト、
　マルチ SP、EutechpH700、蒸留水、
　タイマー、定規、ドロップテスト
調査方法：２週間に１回、下記の①～③を行った。
　①周辺にいる生物を目視で確認した。
　②水を採取して水質(BOD, COD, pH, NH_4-N, NO_3-N, NO_2-N, PO_4-P, カルシウム全硬度)
　　をパックテストや pH メーターで分析した。
　③水路の泥の深さと水の深さを定規で測った。

＜結果＞
　水質調査の結果を図３～８に、水路の水深と泥の深さ、確認できた生物を表１に示す。地点２・３はアカハライモリの生息を確認していることから、図に示す値の範囲においてアカハライモリが生息可能であることが分かった。

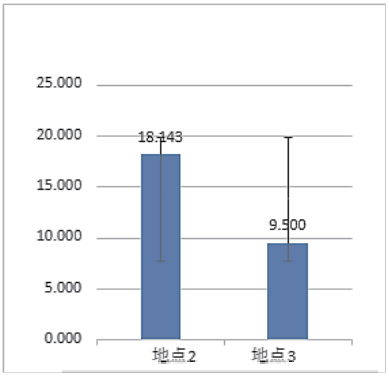


図３　BOD 濃度

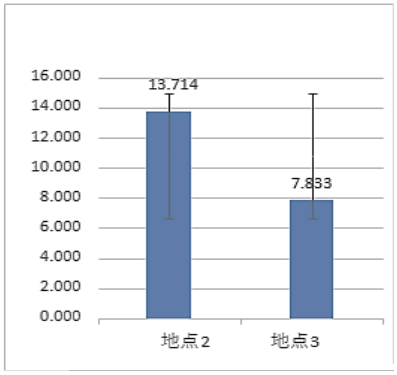


図４　COD 濃度

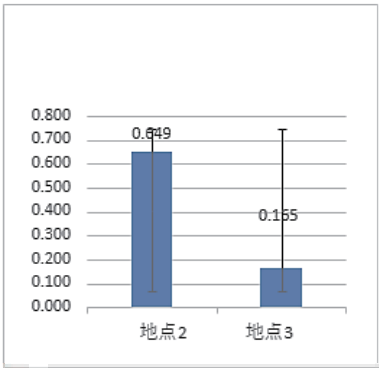


図５　NH_4-N 濃度

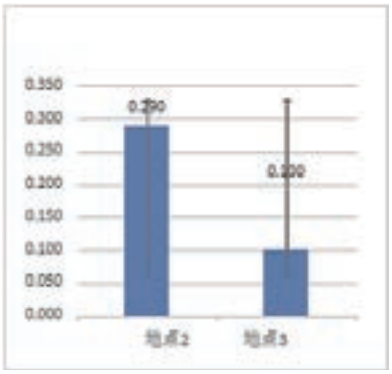


図６　NO_3-N 濃度

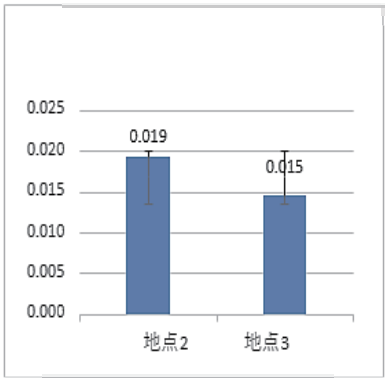


図７　NO_2-N 濃度

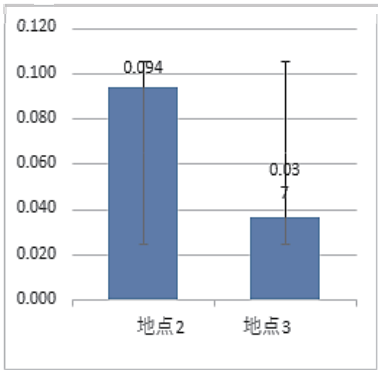


図８　PO_4-P 濃度

	地点２	地点３
水の深さ(cm)	4.0	12.1
泥の深さ(cm)	5.0	10.4
確認できた生物	カエル ボウフラ	ボウフラ ミズグモ

表１　水路の環境

図９　水路での調査

２－３　環境 DNA による調査

＜採水日＞
2025 年５月 18 日
＜調査地点＞地点１・２・４
＜調査方法＞
生物種の調査：調査地点の水を１Ｌ採取し、冷蔵便で株式会社生物技研に発送し、環境 DNA の網羅的解析を行った。
食性調査：地点２で採取した死亡してからあまり時間がたっていないアカハライモリの腸内の DNA を株式会社生物技研に発送し、食性調査を行った。
＜結果＞
地点１では表２の示すように、ユスリカの一種やブユ科の一種、ヒメガガンボの一種のようにボウフラと呼ばれる姿をした幼生を持つ生物が多く検出された。しかし、アカハライモリの生息が確認された地点２（表３）と地点４（表４）ではユスリカの一種が検出されただけで、食性調査（表５）で検出されたガガンボダマシのなかまは検出されなかった。また、アカハライモリの生息が確認されていない地点１の周辺生物の環境 DNA を調査したところ、表６に示すように外来種であるアライグマが生息していることが分かった。

DNA量	一致率	種族名
6377	100	ブユ属の一種
2718	100	ブユ属の一種
1359	99.685	ブユ属の一種
1353	100	コオニヤンマ
1295	99.685	ブユ属の一種
960	100	ニセテンマクエリユスリカ属の1種
722	100	ヒメガガンボ科の一種
705	99.65	ナミトビイロカゲロウ
572	100	ブユ属の一種
541	100	ヒメガガンボ科の一種
498	100	エリユスリカ属の1種
442	100	シロヒトリ
366	98.428	エルモンヒラタカゲロウ
350	99.685	ブユ属の一種

表２　地点１の環境 DNA(底生生物)

DNA量	一致率	種族名
8517	99.359	-
6083	100	ヒラマキガイ科の一種
5356	100	ヒメモノアラガイ
1258	99.687	キンイロヤブカ
1083	99.684	キイロヒラタガムシ
565	100	ヒシモンユスリカ
466	100	チビアシナガバエ属の一
419	100	ニセミズミミズ属の一種
339	97.806	ミギワバエ科の一種
219	100	マユタテアカネ
190	99.359	ヒラマキガイ科の一種
168	100	貝類
150	100	キンイロヤブカ
147	100	イトミミズ科の一種

表３　地点２の環境 DNA

DNA量	一致率	種族名
3499	100	ヘイケボタル
1467	100	エリユスリカ属の1種
962	97.179	ホシチョウバエ
593	98.113	チクビオナシカワゲラ
88	100	フサオナシカワゲラ属の一種
84	100	カワコザラガイ
82	97.799	チクビオナシカワゲラ
75	100	貝類
0	99.359	-
0	100	ヒラマキガイ科の一種
0	100	ヒメモノアラガイ
0	99.687	キンイロヤブカ
0	99.684	キイロヒラタガムシ
0	100	ヒシモンユスリカ

表４　地点４の環境 DNA

DNA量	一致率	種族名
1580	99.057	ガガンボダマシ科の一種
265	99.686	ガガンボダマシ科の一種

表５　アカハライモリの食性調査

図 10　アカハライモリ

DNA三	一致率	種族名
3292	100	シリナガマダラカゲロウ
2146	99.6	アライグマ
1253	99.245	カワムツ
1166	99.615	カワヨシノボリ
884	99.24	タカハヤ
311	99.593	シュレーゲルアオガエル
191	100	ニホンジカ
184	100	コオニヤンマ
173	99.624	ドジョウ

表６　地点１の環境 DNA(周辺生物)

図 11　周辺生物

３　まとめ

水質調査では、今回計測した値の範囲においてアカハライモリが生息が可能であることが分かった。

環境 DNA による調査では、地点１ではユスリカや他のガガンボ属、ブユ属の DNA が多く検出されたが、アカハライモリの生息は確認されていない。地点２ではユスリカが多くみられたが、食性調査で検出されたガガンボダマシとみられる種は検出されなかった。よって、今回の結果からは、アカハライモリの生息と食性に関連は分からなかった。

昨年度の調査では、ダム下流でアメリカザリガニなどの外来生物を確認した。アメリカザリガニはアカハライモリを捕食したり、負傷させたりして、餌となる生物を捕食するため、アカハライモリの生息に影響を与えている。広島大学のビオトープでもアメリカザリガニによるアカハライモリの個体数減少が報告されており、沼田川においてもアカハライモリの生息に影響を与えている可能性がある。今回の調査ではアメリカザリガニの生息は確認されなかったが、他の地点に生息している可能性があるため、他の地域も調査したい。また今回はアライグマがいることが分かったので、アライグマとアカハライモリの関係も調べたい。今後も環境 DNA を用いた調査を進め、沼田川に生息する生物を網羅的に調査し、アカハライモリと他の生物との関係を明らかにする。

調査結果は引き続き広く公表して地域住民とも情報の交換を行い、地域全体でアカハライモリが生息できる環境の保全、ひいては山里全体の保全に繋げていきたい。

謝　辞

本研究は、公益財団法人　中谷財団の科学教育振興助成（令和７年度）を受けて実施しました。心より感謝申し上げます。

参考文献

[1]生き物ログ環境省
https://ikilog.biodic.go.jp/LifeSearch/detail/?life_darwincore_id=11500642
（最終アクセス日 2025.12.18）
[2]「令和４年度 主要水域（河川）における水生生物調査の結果」東広島市役所
https://www.city.higashihiroshima.lg.jp/soshiki/seikatsukankyo/2/12/38496.html
（最終アクセス 2025.12.19）
[3]環境 DNA 学会 環境 DNA 調査・実験マニュアル https://ednasociety.org/manual
（最終アクセス日 2026.2.10）
[4]共立理化学研究所 川の水調査セット https://packtest.jp/pdf/az-rw-3.pdf
（最終アクセス日 2025.12.20）
[5]丸野内淳介・松井久実・清水則雄　アメリカザリガニ移入後の生息地のアカハライモリの状態 file:///C:/Users/kaa92/Downloads/BHSJ_2015-2_96%20(1).pdf
（最終アクセス日 2025.9.18）

養コオロギ廃棄物のフンと紙卵トレーで土壌改良材を開発

－ フン中のセルロース分解細菌等の有用細菌に着目して －

実施担当者　広島県立西条農業高等学校
教諭　大野　佑二郎

1　はじめに

内閣府が設定したムーンショット型研究開発制度では、持続的な食料供給産業を創出するために「昆虫、土壌微生物、人体内微生物等にあたっては、未利用な機能が多数存在しているものと推測され、これらの機能を活用した新たな社会経済活動のシステム化を図ることが必要である。」[1]と示されている。

本校ではコオロギを中心とした循環型バイオエコノミーの実現を目指した研究を行っており、実際に 2022 年からフタホシコオロギ(Gryllus bimaculatus)飼育を開始し、常時 2000 匹以上のコオロギを飼育している。これまでの研究で、未利用資源のみを餌や飼育資材に使用するコオロギ生産システムの構築に成功している。具体的には、お好み焼き屋から排出されるキャベツの芯を炭水化物源にし、ちりめん生産の際に排出されるちりめんモンスターを魚粉（たんぱく源）の代わりに使用して餌を作成し、ケーキ屋から排出されている紙卵トレーを共食い防止の資材として使用してコオロギ生産に成功した。

しかし、コオロギの飼育生産の際に生じるコオロギのフンと使用後の紙卵トレーをゴミとして捨ててしまっている。

そこで、コオロギのフンと紙卵トレーを混ぜたものの土壌改良効果を明らかにし、コオロギのフンに含まれる細菌の生物機能を確認することを本研究の目的とした。

2　土壌改良材の作成とコマツナの栽培

私たちは、捨てられているコオロギのフンと使用後の紙卵トレーも有効活用して完全資源循環型に近づけたいと考えた。そこで、コオロギのフンと紙卵トレーを混ぜて土壌改良材にすることを思いついた。

方法として、土壌改良材はコオロギのフンと紙卵トレーに赤玉土と米ぬかを加え、水を適量加えながら２週間毎日かき混ぜて作成した。

植物を育てるための土として赤玉土を利用し、土壌改良材として「紙卵トレー」と「腐葉土（対照区）」を加えて条件分けを行った。条件ごとに１プランターあたり 30 粒を播種したものを６プランター用意した。全プランターに同量の肥料（化成肥料 8-8-8 を１プランターあたり 30g）

を与えた。種まきから２週間経過後から１週間ごとに間引いた全個体の「葉の長さ」「茎の太さ」を測定した。

結果として、作成した「紙卵トレー」土壌改良材は、対照区の腐葉土と比べて、植物の成長を促進させる土壌改良効果と病害虫の被害を減少させる土壌改良効果（図１）を持っていることが確認できた。

図１．病害虫の被害（左：腐葉土、右：フンと紙卵トレーで作成した土壌改良材）
（対照区の腐葉土に対して作成した土壌改良材のほうが病害虫の被害が少ない。）

３　コオロギのフンに含まれる細菌の研究

３－１　セルロース分解細菌の発見とセルロース分解能力の測定

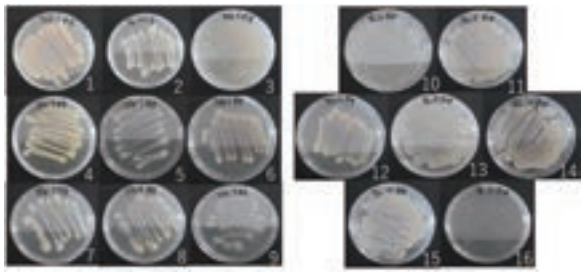


図２．セルロース分解菌のコロニー
（1～9：CMC 培地、10～16：セルロース培地）

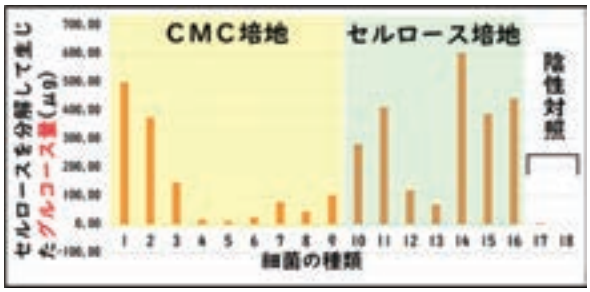


図３．セルロース分解能力

私たちは、コオロギは雑食であり、与えている餌の大部分が植物性であるため、体内にセルロース分解細菌が共生しており、フン中にもセルロース分解細菌が存在していると仮説を立てた。仮説を検証するため、フン中にセルロース分解細菌が存在しているか確認することとした。

方法として、セルロースを炭素源に限定した培地を作成し、セルロースを糖として分解できる細菌のみが生き残れるようにした。生き残ったセルロース分解細菌を一種類ごとに分けて育てた。ジニトロサリチル酸がグルコース濃度によって色が変わることを利用してセルロース分解能力を測定した。

結果として、セルロース分解細菌を 16 種発見できた（図２）。また、それぞれのセルロース分解能力を明らかにした（図３）。

３－２　植物の成長を促進させる土壌改良効果はなぜ生じるのか

植物の成長を促進させる植物ホルモンとしてオーキシンが資料集に掲載されてある。私たちは、フン中の細菌がオーキシンを生成することで植物の成長を促進させたと仮説を立てた。仮説を検証するため、フン中の細菌がオーキシンを生成するのか確認することとした。

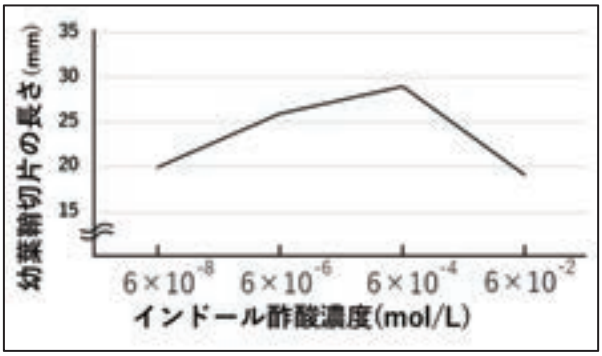


図４．作成した検量線（オーキシン濃度（mol/L）と幼葉鞘切片の長さ）

方法として、マカラスムギの幼葉鞘の伸びる長さ（アベナテスト）でオーキシンの生成を確認した。細菌はセルラーゼ活性が高いセルロース分解細菌２株（菌１、菌 14）を用いた。まず、濃度が分かっているインドール酢酸で幼葉鞘の長さがどうなるか調べ、基準となる検量線（図４）を作成した。次に、セルロース分解細菌によって幼葉鞘の長さがどうなるか調べた。セルロース分解細菌の培養液をシリンジフィルターでろ過したものを原液とし、希釈液を用意した。それぞれの希釈液に幼葉鞘切片を７本入れ、１日経過後の長さをデジタルノギスで計測した。測定結果をもとに検量線を用いてオーキシンがどのくらい生成されているかを確認した。

結果として、フン中の菌１と菌 14 はオーキシンを生成していることが明らかとなった。そのことが関係して植物の成長を促進させる土壌改良効果が生じたと考える。

３－３　病害虫の被害を減少させる土壌改良効果はなぜ生じるのか

私たちは、フン中の細菌が抗真菌作用や抗細菌作用を持っており、植物に被害をもたらす真菌や細菌の増殖を防ぎ、真菌や細菌からの直接的な被害を防ぐだけでなく、被害を受けないことによって植物の免疫力が高まることで昆虫からの食害被害を減少させたと仮説を立てた。仮説を検証するため、フン中の細菌の抗真菌作用や抗細菌作用を確認することとした。

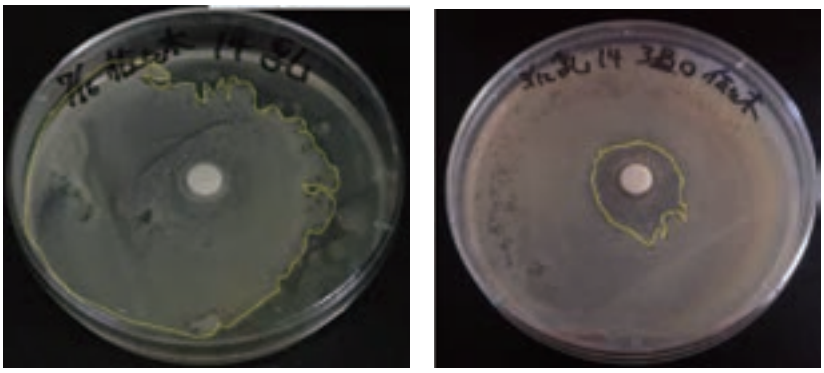


図５．左：菌 14 の乳酸菌に対する菌の広がり
右：菌 14 の乳酸菌に対する阻止円

方法として、ろ紙拡散法を行い、セルロース分解細菌が持つ真菌や細菌への作用を確認した。セルロース分解細菌はセルラーゼ活性が高い４株（菌１、菌２、菌 14、菌 16）を用いた。セルロース分解細菌の培養液をそのまま使用する「ろ過なし」とシリンジフィルターを用いてろ過した「ろ過あり」を用意した。接種菌は身近な商店で手に入る真菌として酵母を、細菌として乳酸菌と納豆菌を用いた。

平板培地全体に接種菌をコンラージ棒で塗抹し、その中心にセルロース分解細菌の培養液をしみ込ませたろ紙を置き、30℃で１日培養した。セルロース分解細菌の培養液をそのまま使用する「ろ過なし」は、接種菌に対するセルロース分解細菌の広がりを確認した。シリンジフィルターを用いてろ過した「ろ過あり」は、セルロース分解細菌が分泌する物質によって、接種菌に対して形成する阻止円を確認した。細菌の広がり、阻止円ともに撮影した画像を ImageJ に取り込んで面積を測定した。

結果として、接種菌に対するセルロース分解細菌の広がりと、セルロース分解細菌が接種菌に対して形成する阻止円が確認できた（図５）。図は ImageJ で加工しており、黄色い線の内側が接種菌に対するセルロース分解細菌の広がりと、セルロース分解細菌が接種菌に対して形成した阻止円である。これらのことから、使用したセルロース分解細菌には抗真菌作用と抗細菌作用があることが明らかとなった。そのことが関係して病害虫の被害を減少させる土壌改良効果が生じたと考える。

３－４　セルロース分解細菌の同定

実験で使用した細菌のオーキシン生成能力や抗真菌、抗細菌作用が確認できたことから、バイオセーフティレベルが１であれば農業資材として活用できる可能性が広がる。そこで、種を同定することにした。セルラーゼ活性が高い２株（菌１と菌 14）を 16SrRNA の V1-V9 領域で同定を行った。同定は株式会社生物技研に依頼した。

結果として、菌１が Bacillus velezensis、菌 14 が Bacillus amyloliquefaciens であり、どちらの細菌もバイオセーフティレベルが１で安全であることが明らかとなった。さらに、菌１と菌 14 は植物成長促進根圏細菌であり、有用性が明らかになった[2][3]。

４　まとめ

土壌改良材の中では、コオロギのフン中のセルロース分解細菌が紙卵トレーのセルロースをグルコースに分解し、そのグルコースを栄養にしてフンや土壌中に含まれる細菌が活性化する。活性化された細菌には Bacillus velezensis や Bacillus amyloliquefaciens のような植物成長促進根圏細菌（PGPR）が含まれており、それらの細菌が「植物の成長を促進させる土壌改良効果」や「病害虫の被害を減少させる土壌改良効果」を生じさせたと考える。

５　展望

循環型バイオエコノミーを目指したコオロギ生産で生じたゴミを土壌改良材として再利用することで完全資源循環に近づいた。また、作成した土壌改良材の効果が生じる原因を明らかにすることができた。今後はコオロギのフンから発見した Bacillus velezensis と Bacillus amyloliquefaciens を用いた実験をして、他の有用な能力や作用について明らかにしていきたい。そして、添加する細菌などの条件を変えた土壌改良材の試作を繰り返し行うことで実用化を目指す。また、発見した Bacillus velezensis と Bacillus amyloliquefaciens が持つセルロースを分解し、オーキシンを生成する能力と、抗真菌・抗細菌作用を活用した農業資材を開発したい。具体的には、シュレッダーダストに培養した Bacillus velezensis と Bacillus amyloliquefaciens を噴霧したものを乾燥させ、植物の根元にふりかける農業資材を考えている。バチルス属は芽胞の状態では高温や乾燥等に強いため、長期保存ができる。また、直接細菌を土壌に噴霧するよりも細菌が定着すると考える。ふりかけた後は細菌が発芽してシュレッダーダストのセルロースを分解し、それを栄養として活性化する。そして「植物の成長を促進させる土壌改良効果」と「病害虫の被害を減少させる土壌改良効果」を発揮する。これが実現すれば、化学肥料と化学農薬の使用量を抑えることができると考える。

謝　辞

本研究は公益財団法人中谷財団様の科学教育振興助成、公益財団法人マツダ財団様の研究費の支援を受けております。この場を借りてお礼申し上げます。本研究の遂行にあたり、国立研究開発法人産業技術総合研究所バイオ変換研究グループの皆様、香川大学農学部准教授松本由樹様には研究のご指導ご助言いただき厚く御礼申し上げます。さらに、株式会社 ACORN 徳の風プロジェクト様にはコオロギの飼育に関するご助言をいただきました。菓子工房 mike 様からは紙卵トレーを、清原水産様からは煮干し残渣を提供していただきました。ご協力いただき深く感謝を申し上げます。

参考文献

1) 内閣府(2022)：ムーンショット型研究開発制度が目指すべき「ムーンショット目標」について
2) Gautam, S., Chauhan, A., Sharma, R., Sehgal, R., and Shirkot, C.K. (2021): Potential of Bacillus amyloliquefaciens for biocontrol of bacterial canker of tomato incited by Clavibacter michiganensis ssp. michiganensis. Biological Control, 157, 104567.
3) Wu, Y., Zhou, J., Li, C. and Ma, Y. (2019): Antifungal and plant growth promotion activity of volatile organic compounds produced by Bacillus amyloliquefaciens. MicrobiologyOpen, 8(11), e927.hoka　他

カイワレダイコンのイソチオシアネート濃度上昇につながる条件の評価

実施担当者　香川立丸亀城西高等学校
教諭　上原　弘幹

1　はじめに

本校の自然科学同好会は、部員数が、2 年生 4 人からなる小規模な部活動である。彼らが中学生の時に本校主催のオープンスクールに参加して感銘を受けたらしく、わざわざ入部するために本校に入学してきた生徒たちである。少人数ながらも先輩の意志を受け継いでこれまで研究に取り組むことが続けられている。活動時間は、毎日、平日放課後 2 時間程度、実験中は土曜・日曜の午前中も活動している。以前は、休日をすべて使って夜遅くまで取り組んできたが実験方法を改善するなどして現在の形になっている。令和 3 年度の時と比べると、以前と同様に節約しながら取り組んでいるが、今回の助成により実験器具の補充ができてさらに効率よく研究を進められ、少しずつではあるが前進することができた。

今年度からは、販売中止となったレアシュガースウィートの代わりにアルロースを主成分とする他の甘味料を用いてカイワレダイコンの辛み成分を増やす研究に取り組んでいる。この研究で、辛み成分が増えるのではなく濃度が高い状態で維持されていることが少しずつはっきりしてきた。

2　研究の成果

2－1　生徒の取り組みや工夫、改善点

①実験時間の分割

図 1　子葉と胚軸の分離

図 2　搾汁の様子

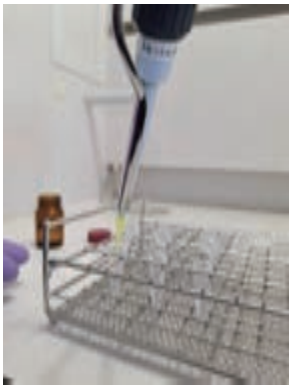


図 3　発色反応の準備

イソチオシアネートの定量を 4～5 時間かけて行っていた。放課後に行うと夜遅くまでかかるため帰宅時の安全上の問題があったが実験を 1 日目（図 1, 2）と 2 日目（図 3）前後半の 2 つに区切り、2 日に分けそれぞれ短時間で行えることがわかり、生徒の帰宅時間を早められるよう工夫できた。

②カイワレダイコンのすりつぶし
カイワレダイコンの潰し方に個人差があるとデータの差が出てしまうことがあったため、一定時間ごとに乳鉢を交換して均等になるように工夫した。フードプロセッサーやミルサーも試したが手作業が最適だった。

作業工程　1 日目　子葉と胚軸の分別
（胚軸の水の影響を除くため子葉のみ使う）
すりつぶし
搾汁とチオウレア誘導知体への固定
2 日目　グロート試薬を追加して発色
吸光度計による計測

図 4　手作業によるすりつぶし

2－2　研究の内容と今回の成果

研究動機

先行研究で希少糖を与えるとイソチオシアネートが増えるらしいということで、先輩方が追試を行った。その研究を受け継ぎ進めていった結果、6 日目から 7 日目までのグラフの値が高かった。そのため 8 日目からの傾きを確認することにした。

器具と試薬

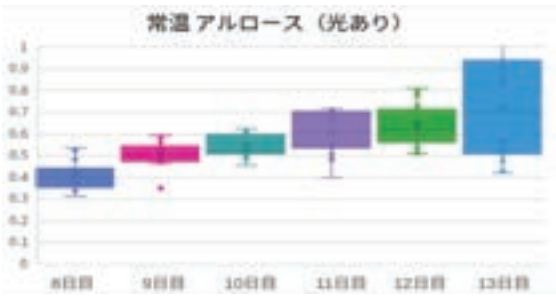
・水耕器
・アルロース水溶液(モル濃度 0.524mol/L)･･･①
・アンモニア・エタノール混合液･･･②
・50%酢酸･･･③
・25 倍希釈グロート試薬･･･④

計測方法

1．カイワレダイコンをつぶし搾汁液を取る
2．搾汁液を 50℃の恒温槽で 30 分間反応させ、試薬②を入れた後、固定する
3．試薬③を加えて遠心分離を 20 分間行う
4．試薬④を加えて 37℃の恒温槽で 45 分間発色させた後、簡易の吸光度計で相対値を測る

研究 I

〈目的〉植え付け後 8 日目から 14 日目のイソチオシアネートの量を確かめる。
〈仮説〉植え付け後 8 日目から 14 日目のイソチオシアネートの量が増加する。
〈研究方法〉
暗所で種子を水に 1 日浸し、翌日水耕器に植え付けて 2 週間育てる。育てる間アルロースと光を毎日与える。また、対照実験として光を与えない条件も行う。植え付け後 8 日目から 13 日目の 6 日間を計測する。
〈結果〉
・光ありの条件
13 日目には平均 0.7 程度の値を示した。
・光なしの条件
13 日目には平均 0.7 程度の値を示した。
・市販のカイワレダイコン
平均 0.2 のの値を示した。



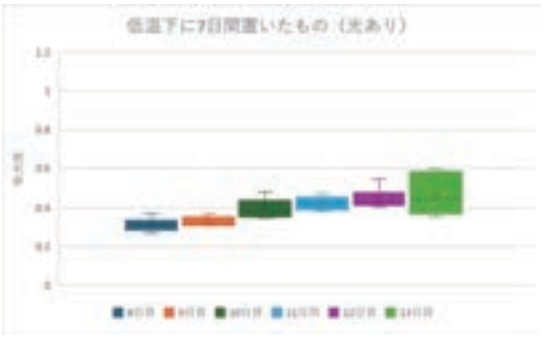
研究 I　アルロース＋光条件の結果

〈考察〉
市販のカイワレダイコンの値 0.2 に対して、光条件の有無に関わらずアルロース処理をした場合には高い値を維持することが分かった。

研究Ⅱ

〈目的〉アルロース処理と低温処理を同時にした条件のイソチオシアネート量を確かめる。
〈仮説〉植え付け後 8 日目から 14 日目のイソチオシアネートの量が 2 つの処理を組み合わせた方が多くなる。
〈研究内容〉
水に浸す際に低温処理と処理なしの 2 区に分け、研究Ⅰと同じ研究方法で育てる。また、低温処理区はアルロースを与えず、光処理を与えて 25℃で育てる。
〈結果〉

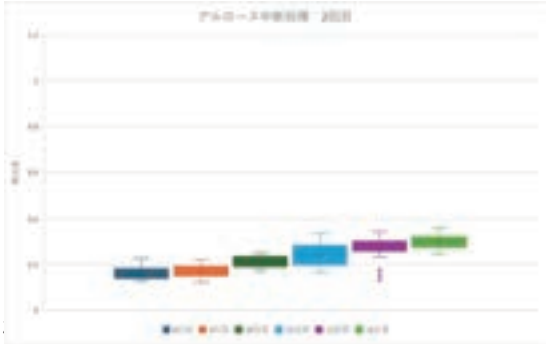
・低温アルロース光あり
植え付け後 13 日目ではおよそ 0.6 程度の値を示した。
・低温光あり
植え付け後 13 日目では 0.3〜0.5 程度の値を示した。しかし標準偏差が大きかった。
〈考察〉
低温処理とアルロース処理を与えるとデータの変動が右肩上がりにはならないことが分かった。



研究Ⅱ　7 日間の低温処理した結果

研究Ⅲ

〈目的〉アルロース処理を植え付け 7 日目で中断し、8 日目から 14 日目のイソチオシアネート量を確かめる。
〈仮説〉植え付け後 8 日目から 14 日目のイソチオシアネートの量が減少する。
〈結果〉
植え付け後 13 日目では 0.3〜0.5 程度の値を示した。
〈考察〉
アルロースには、植物の生長を抑制し、アルロース処理を中断すると成長を始めることが分かっている。このことから生長に伴って本来の濃度に下がったと考えられる。


研究Ⅲ　アルロース処理の中断結果

結論

研究Ⅰ〜Ⅲの結果から、カイワレダイコンの辛味成分が高い濃度を示す条件は、アルロースを与えた条件であった。また、辛み成分は増加するのではなく、アルロースによって高止まっていただけであった。

今後の展望

研究Ⅰ〜Ⅲを行って、得られた結論は、イソチオシアネート濃度が、増加するのではなく高止まっていることが分かった。アルロース処理を 14 日間続けることで市販のカイワレダイコンよりも辛み成分を多く含んだ状態になり、食べると辛みを強く感じると思われる。今後は

実用化に向けて緑おろしのようなオリーブオイルと混ぜたペーストなどにしてうどんの薬味やパスタなどに用いられるようにしていきたい。

3　まとめ

これらの研究のために生徒は、1 年生の時から何度も失敗を重ねながら練習や準備を繰り返し行ってきた。今年度に入り 1 年間で研究は 3 つだけに止まったが正確なデータを揃えたことで研究を進めることができた。これも彼らの成果である。また、効率よく研究が進められたことも令和 3 年度の時のような時間など関係なしにただひたすら実験に朝から夜遅くまで 1 日中取り組み、無駄なことをしたようにも見えるが、これも先輩の取り組んだ成果であり、彼らの教訓が次の代に引き継がれた結果である。

カイワレダイコンを題材として自然科学同好会では、今後新しい問いを立てて実用化に向けてさらなる研究に取り組む予定である。

謝　辞

公益財団法人中谷財団からのご支援ありがとうございました

参考文献

秋光和也、村尾孝児、小川雅廣、新谷知也、何森健（2019）さまざまな分野における希少糖作用の応用/希少糖資源による新規用途開発への挑戦・化学と生物 vol58、No.1:50-56

深田和宏、石井知彦、何森健（2018）希少糖の分子構造と物性/結晶及び溶液中における単糖の多様な構造.化学と生物 vol56、No.12:804-810

飯田哲郎、大隈（2013）希少糖（D-プシコース、D-アロース、D-タガトース）の特性とその利用.オレオサイエンス第 13 巻第 9 号:17-22

瀬尾光範（2018）シロイヌナズナの SWEET タンパク質は植物ホルモンジベレリンを輸送する/糖輸送体が植物ホルモンを輸送する.化学と生物 vol.56、No.6:378-380

高橋征司、古山種俊、中谷享（2011）包括的転写制御による植物インプレノイドの代謝工学、生物工学、第 89 巻第 11 号：649-652

加藤美砂子（2019）植物生理学-生化学反応を中心に-第 1 版（裳華房）：45-54

浅見患男、柿本辰男（2016）新しい植物ホルモンの科学第 3 版（講談社）37-52

本川達雄、谷本英一、生物改訂版（啓林館）、222-227

吉里勝利、阿形清和、倉谷滋、筒井和義、鍔田武志、三村徹郎、村岡裕由（2020）、八訂版スクエア最新図説生物 232-233　42-43

柿崎智博、北柴第泰、Zhongwei Zou、Feng Li、吹野伸子、小原隆由、西尾剛、石田正彦（2017　プレスリリース）ダイコンの辛味成分を作り出す遺伝子を発見-新しい加工品の創出に適した品種育成へ-農研機構・https://www.tohoku.ac.jp

「ドローンパイロット」の育成と「デジタルものづくりラボ」の活用

（地域貢献）

実施担当者　長崎総合科学大学附属高等学校
主幹教諭　松林　修一郎

1　はじめに

本校は、県内唯一の理工系私立大学の附属高校として、理工系人材の育成に努めてきた。高大連携を柱とした「コース制」を導入し、普通科の中に「エンジニア」、「スポーツマネジメント」、「地域ビジネス」、「文理ハイブリッド」の 4 コースを設置している。生徒の興味・関心を引き出し、将来それぞれの得意分野で課題発見・解決できる人材育成を目標に掲げている。

3 年前より「ドローン」教育に注力しており、夏季休業期間中に「ドローン体験合宿」、冬季休業期間中に「ドローン操縦士ライセンス取得合宿」を毎年実施しており、民間資格を 3 ヵ年度で 71 名、さらには国家資格「二等無人航空機操縦士」を 2 名が取得している。令和 6 年度は 5 小中学校に、令和 7 年度は 2 中学校に出向き、「ドローン体験教室」を実施している。ドローンに関する基本的な知識の説明、ドローンシミュレーター体験、ミニドローン操縦体験を提供し普及に努めている。なお、令和 7 年度卒のエンジニアコースの生徒たちは卒業制作として、ドローンを用いて本校校舎を測量し、縮尺模型の製作に取り組んだ。

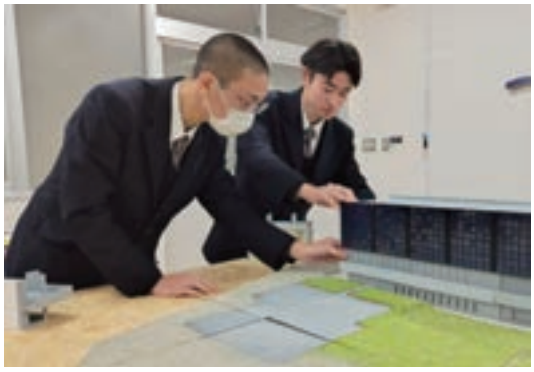


写真 1（縮尺模型製作の様子）

強化指定部活動「科学技術部」には 160 名が所属しており、「e スポーツ」、「ロボコン」などに挑戦してきた。さらに、令和 6〜7 年度は文部科学省の「DX ハイスクール」に採択され、3D プリンター、レーザーカッター、3D スキャナー、CAD ソフト、それらを運用できる高性能 PC を導入し「デジタルものづくりラボ」を設置した。エンジニアコースのコース科目ならびに科学技術部における課外活動で活用しており、令和 6 年度には 200 回以上、令和 7 年度には 400 回以上の利用をしている。

その他、情報処理検定（表計算）においては、2 ヵ年度で 1 級 2 名、準 1 級 4 名、2 級 15 名、準 2 級 36 名の合格者がおり、Benesse 社の「P 検（ICT プロフィシエンシー検定試験）」においては、105 名が合格している。

写真 2（デジタルものづくりラボでの様子）

２　「ドローンパイロット」の育成と地域普及（地域貢献）

２－１　「ドローンパイロット」の育成

「ドローン」は輸送、建築、防災、農業、保守点検、鳥獣害対策、文化財保存、監視など、多くの分野で活用されており、重要な資格の一つとなっている。本校は、壱岐市・壱岐市教育委員会・壱岐市観光協会・壱岐市ドローンスクール「マリンフライト」の協力を得て、令和 5 年度から夏季休業期間中に「ドローン体験合宿」を実施しており、1 学年のエンジニアコース所属または科学技術部所属の生徒たちを中心に、令和 5 年度は 54 名、令和 6 年度は 57 名、令和 7 年度は 54 名が参加した。その参加生徒のうち、令和 5 年度は 7 名、令和 6 年度は 33 名、令和 7 年度は 31 名が冬季休業期間中実施の「ドローン操縦士ライセンス取得合宿」に参加し、民間資格を 71 名が取得した。さらに、令和 7 年度は新たな取組として、3 学年生徒 2 名が「国家資格：二等無人航空機操縦士」へ挑戦し、資格を取得した。

写真 3（ドローン体験合宿の様子）

写真 4（国家資格取得の様子）

２－２　「ドローン体験教室」等における地域普及（地域貢献）

本校において、国家資格・民間資格を取得した「高校生ドローンパイロット」が地域の小中学生に指導する「ドローン体験教室」を実施している。令和 6 年度は 5 小中学校に、令和 7 年度は 2 中学校に出向き、ドローンに関する基本的な知識の説明、ドローンシミュレーター体験、ミニドローン操縦体験を提供した。また、長崎駅付近で全世代向け「ドローン操縦体験」等も実施した。

←写真 5（ドローン体験教室の様子）

↑写真 6（全世代向けドローン操縦体験の様子）

３　「デジタルものづくりラボ」の活用と地域普及（地域貢献）

３－１　「デジタルものづくりラボ」の活用

強化指定部活動「科学技術部」には 160 名が所属しており、「e スポーツ」、「ロボコン」などに取り組んできた。「ロボコン」活動においては、「ET ソフトウェアロボットコンテスト」、「トマトロボット競技会」、「水中ロボコン」に取り組んでいる。CAD で設計したデータをもとに、3D プリンターやレーザーカッターを駆使して、既製品では実現不可能な複雑な構造の部品をブラッシュアップしながら製作している。このトライアンドエラーに挑戦できる環境を活かし、今後も継続的に取り組んでいく。

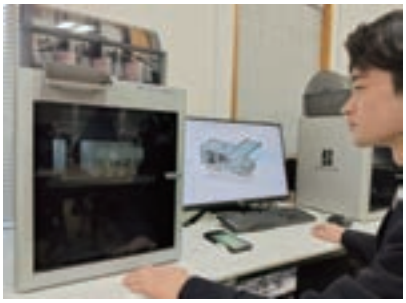


写真 7（デジタルものづくりラボでの様子）

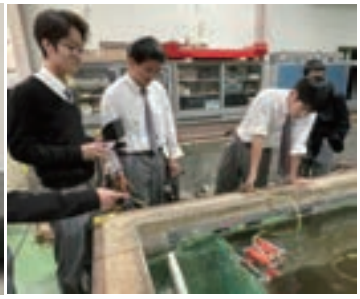


写真 8（水中ロボコンの様子）

写真 9（8/23～24　水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2025　神奈川県横須賀市）

←写真 11（諫早市有喜地区の能面をデジタル製作）

写真 12（道の駅弁当試作の→弁当箱をデジタル製作）

←写真 10（本校文化祭におけるデジタルプロダクトの販売）

３－２　「デジタルものづくりラボ」を活用した地域普及（地域貢献）

ドローンと同様に、3D プリンター等を用いた「デジタルものづくり」においても地域普及に取り組んでいる。7/27(日)本大学の「ものづくり体験教室」、10/19(日)「諫早エコフェスタ」ならびに10/25(土)国民文化祭「ながさきピース文化祭 2025」（壱岐市開催）において、「キーホルダー制作体験」を実施した。

４　まとめ

本事業における「ドローンパイロット」の育成と「デジタルものづくりラボ」の活用を通じた一連の取組は、単なる技術習得の枠を超え、生徒たちの職業観や社会貢献への意識を大きく変容させるものとなった。

ドローン教育においては、3 ヵ年度で 71 名の民間資格取得、さらには現役高校生による国家資格「二等無人航空機操縦士」の取得という極めて高い成果を収めることができた。しかし、真の成果は資格の数だけではない。取得した技術を手に地域の小中学校へ赴き、自らが講師となって「ドローン体験教室」を主導した経験こそが、生徒たちに「技術が社会に役立つ喜び」を実感させた。教えられる立場から教える立場への転換は、生徒たちの主体性と責任感を養い、地域社会における次世代リーダーとしての資質を大きく開花させたと言える。

また、「デジタルものづくりラボ」の活用は、従来の既製品を組み合わせるだけの工作から、CAD を用いた「ゼロからの設計・造形」への飛躍を可能にした。「水中ロボコン」をはじめとする各種競技会への挑戦、あるいは諫早市有喜地区の能面再現や道の駅弁当箱製作など、工学、伝統文化、地域ビジネスが交差する多角的な活動が展開された。これらの活動は、トライアンドエラーを許容するラボの環境があってこそ実現したものであり、年間 400 回を超える利用実績が、生徒たちの探究心の高さを物語っている。

本校が掲げる「将来、それぞれの得意分野で課題発見・解決できる人材」の育成は、これらのデジタル技術と地域交流の融合によって、より具体的かつ実践的な形として結実しつつある。今後も、ドローンとデジタルものづくりの両輪を軸に、技術革新を恐れず、地域と共に歩む理工系人材の輩出に邁進していく所存である。

謝　辞

本事業の実施にあたり、多大なるご支援を賜りました公益財団法人中谷財団に対し、心より深く感謝申し上げます。

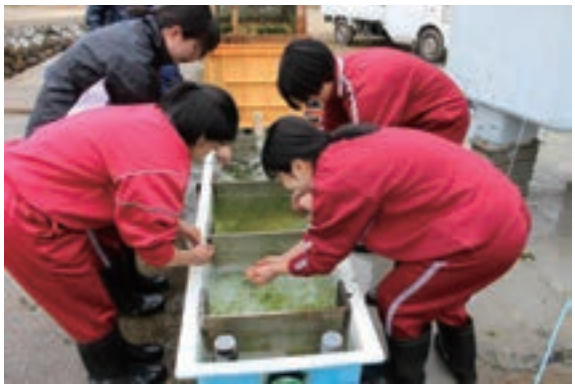
貴財団による科学教育振興助成をいただいたことで、本校の教育環境は飛躍的な充実を遂げることができました。ドローン教育や、デジタルものづくりラボにおける消耗品の確保、さらには地域普及活動に伴う諸経費への支援は、生徒たちが資金的な制約に縛られることなく、自らの知的好奇心と探究心を最大限に発揮し、広範なフィールドで活動を展開するための大きな原動力となりました。

特に、生徒たちが「自分たちの学びを地域に還元したい」という志を持った際、それを具現化するための「体験教室」等を円滑に開催できたのは、貴財団の温かいご理解とご支援があったからに他なりません。本事業を通じて、生徒たちは科学技術の可能性を肌で感じ、自らの将来を切り拓く自信を手にすることができました。

貴財団からいただいたご支援の成果を、単年度の取り組みに終わらせることなく、今後も持続可能な科学教育のモデルとして発展させていくとともに、次世代の科学技術を担う人材の育成に、教職員一同、より一層の情熱を傾けて取り組んでまいる所存です。末筆ながら、貴財団の益々のご発展を祈念いたしまして、成果報告の結びとさせていただきます。

以上

離島地域の水産業振興を目指した海洋教育



実施担当者　長崎県立上五島高等学校
教諭　松本　仁

１．はじめに

本校のある新上五島町は、長崎市より高速船で 1 時間 40 分の所にある国境離島であり、水産業が基幹産業になっている。多種多様な海洋生物が身近で水揚げされ、商店にも売られている。また、国内有数のクロマグロ養殖産地としても有名である。本校生徒は海や魚が身近にあるため、海洋や海洋生物、水産業に関心はあるものの、その知識は乏しい。地域の水産業や漁獲される魚類について話をしても、一部の生徒の理解にとどまっている。また、離島地域では、漁業就業者の高齢化や漁獲量の減少、海藻がなくなる磯焼け現象の発生など、多くの問題が発生している。したがって、本校生徒にも、まずは地域の水産業や漁獲される海洋生物について、理解する場を設定し、将来の水産業の振興にもつなげていきたいと考え、以下の取り組みを行った。

２．活動内容

①養殖ヒトエグサのにおいに関する研究

＜目的＞

長崎県の離島である五島列島では、ヒトエグサの養殖が行われている。ヒトエグサは 3～4 月に収穫され、浮着物を除去し、冷凍保存を行った後に乾燥させて販売されている。商品化されたヒトエグサのにおいには、良いにおいのものと悪いにおいのものがある。そのため、商品の風味に関係するにおい成分を調べ、そのにおい成分の量を調整する方法を考察し、将来的にヒトエグサの品質を向上をすることを目指した。

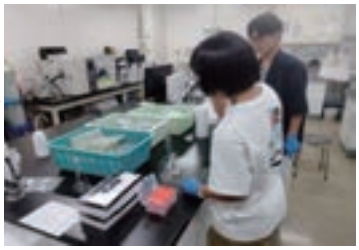
＜方法＞

〔ヒトエグサ〕

長崎県南松浦郡新上五島町鯛ノ浦郷で養殖されているものを 2025 年 4 月に採取し、選別脱水した後、-30℃で 4 ヶ月間冷凍保管したものを分析試料として用いた。

〔におい成分分析〕

東京海洋大学の協力を得て、分析を行った。解凍したヒトエグサを飽和食塩水とともに攪拌した。上澄み液を抽出し、GC-MS にかけた。検出されたにおい成分を定性し、内部標準物質（シクロヘキサノール）から、におい成分の半定量分析を行った。



分析の流れ：試料からにおい抽出液調整→SPME によるにおい成分抽出→GC-MS による成分同定

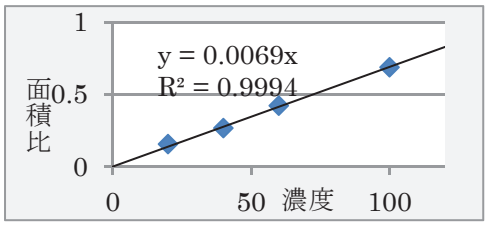
＜結果＞

検出された成分には、アルコール類、ケトン類などのにおい成分が含まれていた。検出された成分のうち閾値を超えている成分を表 1 にまとめた。

表 1.　SPME GC-MS により同定された成分のうち、閾値を 15 倍以上超えたものとその濃度
（内部標準物質のシクロヘキサノールで換算）
OAV・・・特定の香気成分が全体の香りにどの程度寄与しているか推定するための指標
1 以上の成分は理論上、香りに寄与

成分	臭気閾値	濃度	OAV	においの特徴
Dimethyl sulfide	0.003	0.397	132.333	磯臭い香り
Nonanal	0.0003	0.3186	1062	花や果実の香り
1-Hexanol, 2-ethyl	0.013	0.225	17.307	新車の香り

図 1.　ジメチルスルフィドの検量線
（内部標準物質シクロヘキサノール）
内部標準物質は自然界にないものであるため、入れてもヒトエグサの成分でないことははっきり分かる。



＜考察＞

表 1 のなかでも磯臭いという特徴をもち、ヒトエグサ特有のにおいに関与していると思われたジメチルスルフィド（Dimethyl sulfide）に注目した。ジメチルスルフィドは閾値の 132 倍の濃度であったことから、ヒトエグサのにおいに大きく関与していると考えられた。

また、ヤリヌメリは悪臭を放つ生物であることが知られている[1)]。この悪臭の原因（揮発成分）には複数のにおい成分が含まれ、その 1 つにジメチルスルフィドがあり、ジメチルスルフィドはヒトエグサの悪臭の原因の 1 つであると考えられた。

このことから、ジメチルスルフィドの生成を抑えることで、ヒトエグサの悪臭の軽減につながると考えたため、ジメチルスルフィドの生成過程を調べた。

図 2. ジメチルスルフィドの生成過程

ジメチルスルフィドの生成過程については、図 2 のとおりである。ジメチルスルフィドは、ジメチル－β－プロピオテチンが酵素によって開裂して、抗菌活性のあるアクリル酸とともに生成する。また、このジメチル－β－プロピオテチンは無臭である。そのため、ジメチルスルフィドが生成されず、ジメチル - β - プロピオテチンのままであれば、においが抑えられると考えた。生成には酵素が関わっており、酵素の働きは pH と温度で変化することが知られている。よって、その生成をさせないために pH や温度を調整することが効果的であると考えられた。

しかし、これ以上生成されないようにしたとしても、すでに生成されていたジメチルスルフィドが悪臭を放つ場合も考えられる。そこで、すでに生成されていたジメチルスルフィドの量をコントロールするための方法を考えた。ジメチルスルフィドの沸点は 38 ℃であることを利用し、揮発させるとよいのではないかと考えた。

＜今後の展望＞

今回の研究を通して、ヒトエグサのにおいには、大きくジメチルスルフィドが関与していると考えられたが、他の閾値を超えたにおい成分がヒトエグサのにおいに関係しているかまでは調べられていない。そのため、今後は他の物質のにおいの特徴と生成過程を調べ、量をコントロールすることで養殖ヒトエグサの品質向上に努めていきたい。

また、ジメチルスルフィドの沸点は、38℃であるため、熱を加えて、ジメチルスルフィドを揮発させ、ジメチルスルフィドの量を減らすことができると考えられた。しかし、食品であるため、この熱を加える操作により、ジメチルスルフィドの量をコントロールできたとしても、新たに他の（例えば有害な）物質が生成される可能性がある。そのため、それらも踏まえて実験を行っていく必要がある。

量をコントロールするうえでジメチルスルフィドの量が多くなると悪臭に、少ないとヒトエグサの独特の風味を感じられなくなるということに注意して調整していきたい。

＜参考文献＞

1)塩見一雄・長島裕二（1997）海洋生物の毒　成山堂書店

②魚類の解剖実習

1 年生「科学と人間生活」の授業で、地域の定置網漁業で漁獲される魚類を紹介し、鰭条数や側線鱗数などの外部形態から、魚種を同定した。その後、内部器官を観察するために解剖し、鰓、胃、腸、肝臓、心臓、脳、視神経、眼球を取り出した。それぞれの器官について、人間の器官と比較しながら、特徴やはたらきを理解した。

③地域水産業の現状や海洋環境（赤潮プランクトンなど）、水産業普及の仕事に関する聞き取り

2025 年 12 月に長崎県上五島水産業普及指導センターで、上五島地域の漁業種類、漁法、漁獲量、就業者数、赤潮原因プランクトンなどについて講義を受け、地域の水産業の現状を理解した。特に、「赤潮」について、原因プランクトン発見のために実施している月に 2 回の定点サンプリング、出現した際の対策や養殖漁場での防除方法などを理解した。水産業普及指導センターの仕事についても説明を受け、漁業者の経営指導、水産加工、魚病など多岐にわたることを理解し、水産業を振興するためには、地方公務員である水産業普及指導センターの仕事の重要性を学んだ。

④地域水産業の体験

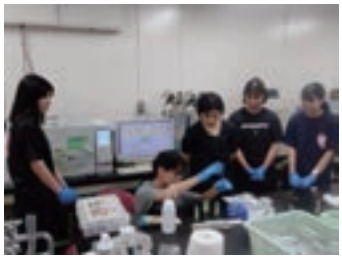
地域で行われているヒトエグサ養殖漁業について、収穫や収穫後の選別を体験した。特に選別の工程は労力が必要であった。流水式の選別装置を利用していたが、どうしても他の海藻が混入するなどの多くの課題があり、現場の問題点を認識することができた。そして、地域で海藻の養殖が行われ、乾燥製品として手元に届くまで、多くの労力が必要であることを学んだ。

⑤水産研究施設（長崎大学環東シナ海環境資源研究センター、長崎県総合水産試験場）見学

水産研究施設を訪問し、施設見学、飼育魚の管理体験（給餌および底面清掃）を行い、水産業の問題解決のために、日々、研究活動が行われていることを知り、水産業振興のためには研究活動が欠かせないものであることを認識した。また、将来研究者を目指している生徒もおり、将来の進路を考えるうえでも良い機会となった。

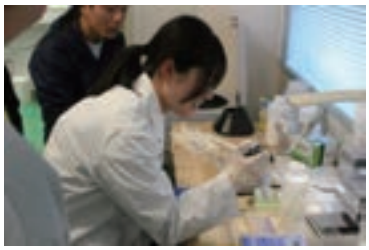
⑥養殖ヒトエグサのにおい成分の分析に関する技術研修

東京海洋大学食品加工学研究室において、養殖されているヒトエグサのにおい成分の物質とそのうち一つの物質については定量も行い、においの分析の方法を学んだ。



⑦遺伝情報を解析する技術、病理に関する研修と施設見学

国立研究開発法人水産研究教育機構水産技術研究所養殖部門研究員より、クロマグロの雌雄判別方法として PCR 法（ポリメラーゼ連鎖反応法）と電気泳動法について学び、胸鰭の一部から DNA を増幅して、分離解析した。また、生殖腺の発達状況と病理組織観察のため、組織切片の作成を行った。観察した組織について解説を受け、生殖腺の成熟判断や病理診断を行った。



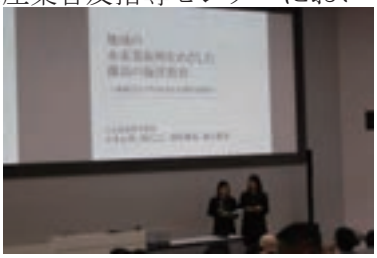
⑧研究者の講演聴講

長崎県総合水産試験場の研究員より、上五島の養殖魚と養殖漁業について講演があり、水産研究の仕事とやりがい、キャリア形成についての講演を聴講した。研究職の魅力や地域水産業振興につながる仕事であることを理解した。

長崎大学海洋イノベーション機構研究センター、グレゴリー西原教授より、上五島地域の藻場造成活動について講演があった。上五島海域では、海藻類がなくなる磯焼け現象が問題となっており、海底ゴミの調査と定期的な除去活動が行われていることを知った。地元での海洋調査活動の手法や内容を知り、地域理解にもつなげることと、本校の海浜清掃活動が藻場造成にもつながる活動であることも学ぶことができた。

⑨活動の成果発表

研究成果は、中谷財団成果発表会において、口頭発表およびポスター発表を行った。また上五島水産業普及指導センターにおいて、活動の成果を発表した



3. まとめ

新上五島町は国境離島であるため、周囲は海に囲まれており、水産物など海からの恵みを受けて生活している。海は身近であったが、本取り組みを行ったことで、地域の水産業や水産業振興のための多くの方法について知ることができ、より地域への理解と水産業への考えが深まった。そして、大学進学を目指す生徒が多いため、進路理解にもつながった。また、ヒトエグサ養殖を体験した際には、生徒からの漁業者への質問も多くあり、地域のことを理解し、地域の課題に対して、積極的に調べて解決したい気持ちがわき、地域に貢献したいという使命感をもっていた。これからは、地域水産業の課題解決のために取り組み、地域に対する愛情や誇りを深めることができるように活動を継続していきたい。

4. 謝辞

本活動を遂行するにあたり、ご指導、ご支援をいただいた東京海洋大学大迫一史教授、長崎県水産業普及指導センター濱崎将臣氏、国立研究開発法人水産研究教育機構水産技術研究所養殖部門研究員林田貴雄氏、長崎県総合水産試験場宮木廉夫氏、長崎大学グレゴリー西原教授、新上五島町内の漁業者の方々、科学教育振興助成をいただいた公益財団法人中谷財団に深く感謝の意を表します。

情報学研究および競技プログラミング活動を通じた高度科学技術イノベーション人材の育成 - 科学部情報班の取り組みの展開 -

実施担当者 大分県立大分舞鶴高等学校
教諭 藤原 道隆
科学部情報班 生徒

1 はじめに

本研究の目的は、Society 5.0 を牽引する科学技術イノベーション人材の育成を目指し、科学部情報班において生徒主導の情報学研究および開発を支援することであった。近年、情報教育の重要性が高まる一方で、都市部と地方における教育資源やコミュニティの格差が顕著となっている。本活動では、この地域格差を克服し、地方からでも世界に通用する高度な情報技術者を育成するためのモデルケースを構築することに注力した。

具体的には、競技プログラミング（情報オリンピック等）を通じたアルゴリズム思考の習得と、社会実装を意識したシステム開発・研究の両輪で活動を展開した。競技プログラミングにおいては「AtCoder」や「日本情報オリンピック（JOI）」を指標とし、研究面では「情報処理学会 中高生情報学研究コンテスト」等への参加を通じて、客観的な評価を得ることを目標とした。1 年間の活動を通じ、生徒たちは単なるプログラミングスキルの習得に留まらず、課題発見解決能力やアカデミックライティングの基礎を定着させることができた。

2 対象期間のスケジュール

2－1 実施計画

対象： 科学部情報班 生徒 29 名（1 年：5 名、2 年：23 名、3 年：1 名）
環境整備：研究・開発の高度化に伴い、PC、各種マイコンおよび技術書を拡充し、
高度なプロトタイピングが可能な環境を構築した。

２－２　スケジュール

本年度は当初の計画を概ね完遂し、以下の通り活動を展開した。

表 1　年間スケジュール

期間	区分	活動予定	具体的な活動内容と成果
4 月 -6 月	導入 ・育成	部員勧誘・オリエンテーション １年：プログラミング（Python）演習 ２年：競技プログラミング １年：Web アプリケーション開発 ２年：課題研究	部員自作の Web サイトおよび紹介動画を用いた新入部員勧誘活動により 5 名の新入部員を確保。Streamlit を用いた Web アプリ開発体験会を現役部員が主催し、早期に「動くものを作る」成功体験を共有した。
6 月 -8 月	基礎 ・応用	パソコン甲子園 2025（モバイル部門　予選　有志参加） U22 プログラミング・コンテスト 2025（有志参加） FESTAT(全国統計探究発表会)	1 年生は個人開発に着手。学校生活における不便さを解決するアプリの開発検討を行った。2・3 年生は課題研究と連動し、センサーを用いた環境計測システムや学習支援アプリの設計、セキュリティを向上させるためのアプリ開発や製品売上に関するデータサイエンスを開始した。また、技術理解を深めるため、専門書籍を用いた輪読会を実施した。
9 月 -12 月	実践 ・挑戦	アプリ甲子園（有志参加） 第 6 回学力向上アプリコンテスト（１年全員参加） パソコン甲子園 2025（プログラミング部門　２年が参加） 日本情報オリンピック　１次予選（全員参加）〃 パソコン甲子園 2025（モバイル部門　本戦　有志参加） パソコン甲子園 2025（プログラミング部門　本戦　有志参加） 日本情報オリンピック　２次予選（１次試験突破者が参加） 第８回　中高生情報学研究コンテスト（ブロック大会　全員参加）	日本情報オリンピック（JOI）一次・二次予選へ挑戦。同時に「情報処理学会 中高生情報学研究コンテスト」などへエントリーし、論文執筆とポスター作成の指導を行った。
1 月 -3 月	集大成 ・普及	中谷財団成果発表会 日本情報オリンピック　本戦（２次試験突破者が参加） 情報教育コンテスト（全員参加） 第８回　中高生情報学研究コンテスト（全国大会　全員参加）	各コンテストの全国大会へ参加。活動の集大成として研究成果を学校 HP などで公開。次年度に向けた引継ぎ資料として、開発 Tips をまとめたドキュメント整備を行った。 対象生徒に対し、各種発表会や小中学生対象のワークショップの講師などへの積極的な参加を促した。
通年	継続		隔週での AtCoder Beginner Contest（ABC）への参加を定例化。また、オンライン会議システムを活用し、外部の研究者との意見交換を 5 回、実施した。

２－３　活動の成果と効果

・競技プログラミングの成果
アルゴリズム的思考および数理最適化の観点が身についたことで、実装上のバグ削減や計算効率の意識が向上した。JOI 二次予選進出者を輩出したほか、AtCoder においてレーティングを大きく伸ばす生徒が複数現れるなど、定量的な能力向上が確認された。

・情報学研究の成果
競技プログラミングで培った論理性を、具体的な社会課題の解決（学力向上アプリ、環境モニタリング等）に適用させた。学会発表を経験することで、自らの研究を論理的に説明するプレゼンスキルおよび質疑応答への対応力が飛躍的に向上した。

・波及効果とモデルケースの構築
活動内容を学校 HP や SNS で発信した結果、近隣校や他県の教員から活動形態に関する問い合わせを受けるなど、情報教育の地域格差是正に向けた一つのモデルケースとしての役割を果たした。ただし、個別対応に終始していたという課題も残る。今後はロールモデルをパッケージ化し、他校への波及活動を積極的に行う必要がある。

・主な参加一覧
○「FESTAT（主催：香川県立観音寺第一高等学校）」2025/8/16
○「第 32 回研究成果発表会（主催：中山隼雄科学技術文化財団）」2025/11/7
○「全国高等学校パソコンコンクール パソコン甲子園 2025 プログラミング部門（主催：会津大学、福島県、全国高等学校パソコンコンクール実行委員会）2025/11/8 (本戦) 予選成績優秀者
○「第 25 回日本情報オリンピック（主催：一般社団法人情報オリンピック日本委員会）」2025/11/16 予選 B ランク
○「第 8 回中高生情報学研究コンテスト（主催：情報処理学会）」2025/12/20 奨励賞
○「令和七年度中谷財団科学教育振興助成成果発表会（主催：公益財団法人中谷財団）」2025/12/20

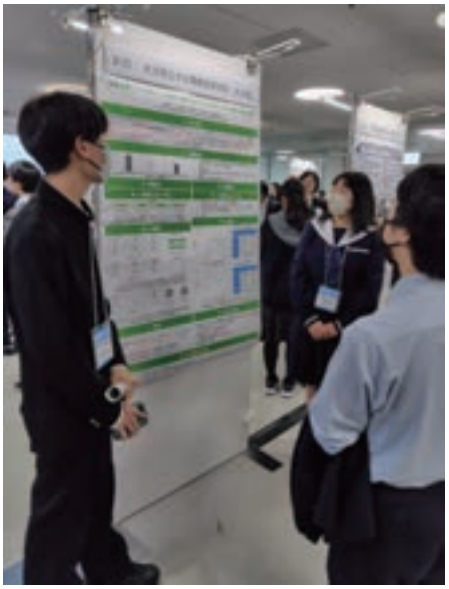


図 1 中谷財団成果発表会

図 3 中山隼雄財団成果発表会

図 2 舞鶴 O-lab

3　まとめ

本年度の取り組みを通じて、生徒たちは情報の科学的な理解を深めると同時に、自らの技術を社会にどう還元するかという「イノベーション人材」としての視座を獲得した。特に、低年次から競技プログラミングと研究活動を並行して行うサイクルは、思考の深化と実践の反復を生み、教育的効果が極めて高いことが実証された。

今後の課題として、個々の生徒の習熟度に応じたパーソナライズされた指導体制の強化が挙げられる。今後は、本活動で得られた知見をさらに整理し、オープンな学習リソースとして学外へ共有することで、日本の情報教育の底上げに寄与していきたい。

謝　辞

本活動の実施にあたり、多大なるご支援をいただいた公益財団法人中谷財団様に深く感謝申し上げます。また、オンライン交流等で貴重な助言をいただいた専門家の皆様に厚く御礼申し上げます。

複数校連携助成　［1年目］

「生きる力」を育む理科教育の実践

－ ミミズ堆肥作りで小・高の学校間を点と点で取り持ち主体性と協働性を養う －

実施担当者　宮城県泉館山高等学校
教諭　塗田　永美

1　はじめに

本校は、立地的に仙台市内の住宅団地内にあり、近隣に商業施設もある。その商業施設の中に、仙台北部エリアを中心とした住宅地のまちづくりを支援する NPO 法人「まちづくりスポット仙台」（まちスポ仙台）がある。「まちスポ仙台」は、コミュニティの再構築活動、交流スペースを活用した交流の促進事業、地域の情報収集・要請事業といった様々な取り組みを行い、安全・安心なまちづくり事業を促進し、地域振興の担い手と連携して活動をしている。また、本校の近隣の小学校である仙台市立長命ケ丘小学校はじめ、いくつかの小学校がこの商業施設に「グリーンカーテン作り」を「まちスポ仙台」のコーディネートをいただきながら展開している。この活動を通して、土づくりを行うことで、さらに「グリーンカーテン作り」の学びが地球の土台となる土から環境問題を考える深い学びへと発展するはずである。

一方、本校の地域協力体制は NPO 法人「まちスポ仙台」の調整により、点と点が結ばれ課題解決の大きな力となっている。本校では、地域の方々と連携を取りながら地域探究活動を推進している。過疎とは反対に、大きな街だからこそ抱えるコミュニケーションや関わり合いの欠如が理系文系問わず生徒の視点から見て課題となっている。

そこで、本校総合科学部と家庭部および連携校である岩ヶ崎高校は、単独でビオトープや土づくり、残渣の再利用を実践してきた経験を共有し、地域の未利用有機物を活用して、より質の高いミミズ堆肥を作成して、グリーンカーテンの土づくりに利用できないかと考えた。さらに、給食の残渣を利用してミミズ堆肥化を確立している大阪公立大学農学部の東條元昭教授の御指導をいただくことで、比較検証実験や化学分析の手法[1・2]を用いて、より実践的に立証できるのではないかと考えた。

本取組では、ミミズ堆肥作りを教育分野で実施する国内のモデルケースとし、その有効性を実証することを目指す。

2　目的　および　教育効果

四季を通じてミミズ堆肥化のプロセスを観察し、有機物の分解現象を実践的かつ論理的に理解する力を育成することを目的とする。

一人では解決できない問題も外部機関との連携により大きな力になること、そして大学の御指導のもとで堆肥作りの実験を行い、地球の土台となる土から環境問題を考えることは、未来を担う子供たちに、科学の力で問題解決できる実体験となり、さらなる学びへの動機付けと協働の大切さを実感する機会となる。

3　実施の流れおよび内容

3−1：５月）ミミズ堆肥化装置+設置・実験開始（設置場所：本校・岩ヶ崎高校・長命ケ丘小学校）

以下の項目を重点項目とし、取り組んだ。

・大阪から外部講師および研究を進めている大学院生派遣（1 泊 2 日）
・小学生と高校生へ講義と指導・次回打ち合わせ
・実験の進め方の打合せ（本校と岩ヶ崎高校）
・小学生による朝顔のグリーンカーテン指導開始

大学から、ミミズ堆肥に使用する自作ミミズコンポスター（図 1）をそれぞれ本校・岩ケ埼高校に配送していただいた。振動や外的変化に弱いことから、ミミズを安定させたあと、観察実験などを開始した。また、小学校の授業にも活用し、児童自ら、野菜などの残渣や水分補充をしながら、観察した。

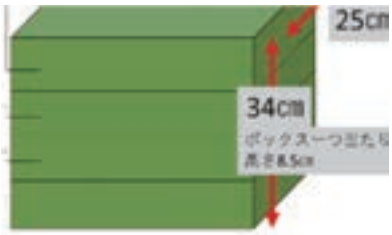


図 1）ミミズコンポスター内部の様子

①小学校での授業

小学５年生の授業「総合的な学習の時間：共生」で、５月９日（金）２時間連続の授業を実施した。講師大阪公立大学東條元昭教授、アシスタント同大学院生にお越しいただき、体育館に 5 年生全員が集合し、ミミズの数を数える作業を行った（図 2）。最初は触るのも大変だった児童達が、みるみる触れるようになった。講義中も、東條先生に多くの質問がでて、活発なディスカッションになり、同時にメモをたくさん記入しながら熱心に取り組んでいた（図 3・図 4）。五感と頭をフル回転させてのあっという間の２時間の授業となった。

図 2）ミミズを数えている様子

前述のように、児童らが昇降口付近にコンポスターを設置しており、自分たちでどの野菜屑が減るのか考えながらミミズに与えており、今後の「共生」の授業に役立つ実体験となった。

図 3）質問攻めになっている講師

図 4）教授と児童の質疑応答の様子

②岩ヶ崎高等学校科学部と泉館山高等学校総合科学部の合同研修会

両校の合同研修会を 5 月 10 日（土）に実施した。講師として大阪公立大学東條元昭教授をお招きし、アシスタント同大学院生にも研究のノウハウを教えていただき、ミミズ研究『ミミズプロジェクト』が動き出し、初顔合わせの高校生同士が、共同研究チームとして最初のスタートを切ることとなった。教授から講義をいただくのは初めての経験で、緊張の中にも、探究心が湧いてくる貴重な経験となった（図 5）。

図 5）ミミズ実験前の講義の様子

3－2：７月）外部活動「サイエンス・デイ」

以下の項目を重点項目として取り組んだ。

・外部発表の場に参加および出展
・低学年の子供たちに理科の楽しさを教え、共に学ぶ

NPO 法人 natural science が主宰する「サイエンス・デイ」が 7 月 20 日（日）東北大学川内キャンパスを会場に開催された。1 万人以上の来場者で大盛況のなか、本校『総合科学部』＆『DX ラボ（家庭部＆有志）』も初出展し、数々の賞をいただいた。幼児から大人まで理科の面白さを伝え、研究で培ったプレゼン力をフル活用して、『数学＆生物＆物理分野』を駆使して、４つの内容とサイエンスショーを展開した（図６）。多面体製作には、3D プリンターやレーザーカッターを使用し、『DX ラボ（家庭部＆有志）』は「文部科学大臣賞」も受賞した（図７）。

図６）ショータイムの発表の様子

図７）DX ラボの 7 冠受賞の様子

さらに、「サイエンス・デイ 長町」という 7 月 27 日（日）に商業施設で開催された科学のイベントにも初出展し、小さな子供たちに『算数＆理科』の面白さを伝えてきた（図８）。本校総合科学部と『DX ラボ（家庭部＆有志＆本校卒業の先輩方 3 名）』のメンバー総勢 15 人で出展し、4 時間の出展時間ながら、200 人以上の方々が来てくださった。チームワークと臨機応変に対応する力、そしてやはりプレゼン力を養う経験となった。

図８）多面体作りに取組む子供ら

3－3：7 月）日本動物学会東北支部参加

日本動物学会東北支部大会が東北大学で、7 月 26 日（土）に開催された。仙台で開催とあって、本校と共同研究をしている岩ヶ崎高校と初めて参加した。別々にポスター発表を行い、他校の高校生、大学生、先生方など、幅広い方々に御助言いただいた。他校の高校生発表を聞くことも勉強になり、会終了後は、お互いに今後の研究の進め方について、ディスカッションを行った。

図９）岩ヶ崎高校
ポスター前にて

図 10）泉館山高校
ポスター発表の様子

3－4：8 月）堆肥作りのデータ分析と今後の進め方

以下の項目を重点項目とし、取り組んだ。

・大阪から外部講師および研究を進めている大学院生派遣（2 泊 3 日）
・連携校現地訪問および連携校との合同研修会

岩ヶ崎高等学校科学部と泉館山高等学校総合科学部の合同研修会を８月５・６・７日の夏休みを利用して実施した。講師とアシスタントの方（大阪公立大学大学院生）にもお越しいただき、現在進めている研究やポスターおよび論文の書き方など生徒たちの実践を交えて御指導していただいた（図 11・図 12）。1 日目は岩ヶ崎高校に出向いての単独指導もあり、生徒たちは、濃厚な時間を過ごし、大学の先生から直接ご指導をいただける貴重な経験となった。

また、ミミズコンポスターを活用しての堆肥作りに関して、共同で進める研究の方向性も生徒たちがアイディアを出し合っていた。指導者側も伴走者として今後の研究について学び多い機会となった。

図 11）ポスター発表についての学びの様子　図 12）講師からの指導の様子

3−5：８月）小学生が育てている商業施設のグリーンカーテン

商業施設に隣接する小学校が『まちスポ仙台』と『メロン』のサポートのもと、グリーンカーテン作りを展開している（図 13）。今後提携小学校の授業で『共生』を学んでいくので、児童達からすると、「ミミズ」、「グリーンカーテン」、「土」、「臨海学校の体験」と点と点が、生き物の『共生』に結びついて学習することができた。

図 13）商業施設内グリーンカーテンと小学生作品ポスター

3−6：11〜3 月）オンラインでの会議と発表練習・次年度に向けての研究継続

他校との連携もあり、打合せや発表練習など、オンライン会議で進めた。発表練習などは、なかなか厳しいものがあったが、何事も挑戦という形で工夫した。11 月には、本県の理科系部活動が集う発表会として、理科研究発表会に参加し、12 月の中谷財団による成果発表会において口頭発表やポスター発表を行い、連携校とともに研鑽を積んだ。研究の継続とともに、また新たな実験にこの 1 年で培った力を活用して、大学の先生のもとでさらなる実験を進めている最中である。

おわりに

今回、小・高・大学を点と点で結び付け、交流の場として「まちスポ仙台」を点で結び、観察・分析・実践を通じて持続可能な学びの場を形成し、児童及び生徒たちの主体性と協働性を理科教育を通して養うことができると考え、取り組んでみた。小・高連携の難点は時間の共有が難しいことである。そこで、役割分担を行うことで、その難点を埋めた。共通に扱うミミズを通して、環境や農業、食といった様々な観点で土の重要性と安全性を子供たちが学ぶことができたと思う。今後は、ミミズで耕した土とそうでない土とどの程度の違いがあるのか実践できればと考えている。小・高・大学を点と点で結び付け、学びの多様性に挑戦していきたい。

謝　辞

本年度の本校総合科学部の研究にあたり、公益財団法人中谷財団から多大な御支援を頂きましたこと、感謝申し上げます。また、大阪公立大学大学院農学研究科の東條元昭教授には、研究の進め方および実験の御指導をいただきましたこと、厚くお礼申し上げます。地域との連携にあたり NPO 法人「まちづくりスポット仙台」に御協力いただき感謝申し上げます。

参考文献

1)Hashimoto Shumpei ら (2021) 日本の学校食品廃棄物から作られるミミズ堆肥の化学的および微生物学的評価(原文英文). JARQ, 55:225-232, https://doi.org/10.6090/jarq.55.225
2)東條元昭ら(2024)ミミズ堆肥による植物病害の軽減と予防　I.ミミズ堆肥とは？. iPlant, 2 https://www.iplant-j.jp/journal/vol-2 no-8/vermicompost

伝統野菜の調査と品種保全に関する研究

実施担当者　宮城県工業高等学校
教諭　平塚　智己

1　はじめに

本研究では、世界農業遺産である「大崎耕土」に含まれる農業地帯の一部である上伊場野地区において、江戸時代から 300 年以上にわたり受け継がれてきた栽培技術によって生産されている宮城県の伝統野菜「上伊場野里芋」について調査・研究を行った。上伊場野里芋は、大崎市三本木の上伊場野地区という限られた土地で栽培されており、この地域以外で栽培すると本来の味や品質が十分に再現できないとされている。特徴として、繊維質が少なく舌触りがなめらかで、煮崩れしにくい性質をもつ。また、粘り気が非常に強く、カマンベールチーズをかんだようなねっとりとした独特の食感を持つことが知られている。現在、上伊場野里芋を生産している農家は 7 戸のみである。さらに、里芋は連作障害が起こるため同じ畑で連続して栽培することができず、2 年ごとに畑を変える必要がある。そのため栽培できる面積が限られ、収穫量も少ない。このような理由から市場に出回る量が非常に少なく、「幻のサトイモ」とも呼ばれている。以上の背景を踏まえ、本研究では、土壌条件や栽培環境の違いに着目し、上伊場野里芋がなぜこの限られた地域でのみ良質なものが生産されるのか、その要因について明らかにすることを目的として探究を行った。

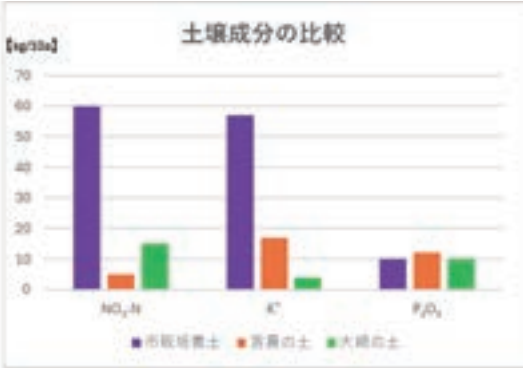
2　実験方法

現地生産農家である「福田ファーム」から種芋および圃場の土壌の提供を受け、土壌条件を変化させた栽培試験を実施した。栽培に用いた土壌は、現地生産農家の圃場の土（大崎の土）、市販培養土、宮城県農業高等学校の圃場の土（宮農の土）の 3 種類とした。これらの土壌をそれぞれ同一規格のプランターに入れ、土壌条件のみが異なる栽培環境を設定した。萌芽させた上伊場野里芋を用い、深さ約 15cm で植え付けを行い、各土壌につき 3 個体ずつ定植した。プランターは本校敷地内の日当たりの良い場所に設置し、生育状況を継続的に観察した。生育調査として、茎の高さ、茎回りの太さ、葉の枚数を一定期間ごとに測定し、それぞれの土壌条件における 3 個体の平均値を算出することで、生育の違いを比較・分析した。さらに、気候条件の違いが生育に与える影響を検証するため、大崎の土のプランターを現地の圃場にも設置させてもらい、本校の栽培環境との比較を行った。また、土壌の化学的性質を把握するため、土壌検査キット「スマートみどりくん」、「カリウムイオンメーター」、「pH メーター」を用いて土壌分析を実施した。測定項目は、pH、NO_3-N、K^+、P_2O_5の 4 項目とし、それぞれの土壌成分の違いを確認した。加えて、収穫期には収穫量の調査を行い、各土壌条件における 1 株当たりの収穫個体数および総重量を測定するとともに、里芋の大きさについても調査を行った。これにより、土壌成分の違いが里芋の生育および収量に与える影響を総合的に検証した。さらに、露地栽培による比較を行うため、連携校である宮城県農業高等

学校の圃場の一部を借用して上伊場野里芋を定植し、現地圃場との生育状況の違いについても同様に調査・比較を行った。

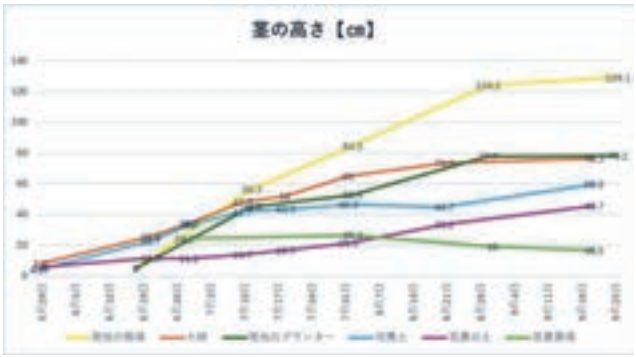
3　結果

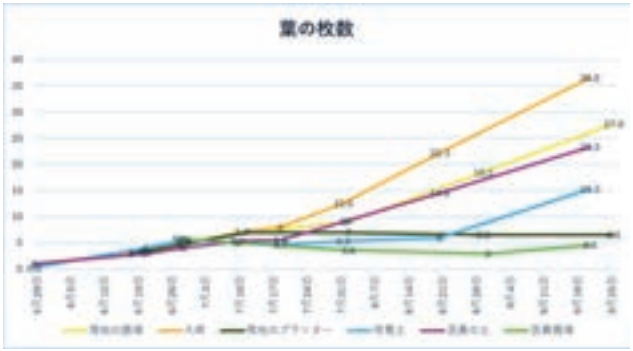
3－1　土壌成分の測定

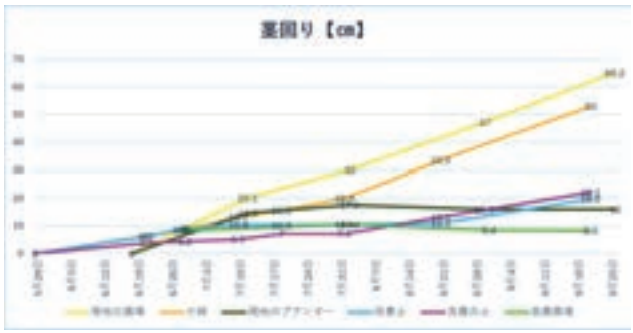


pH については、市販培養土が pH6.3、宮農の土が pH6.3、大崎の土が pH4.9 であり、大崎の土は酸性度が高い土壌であった。NO_3-N、K^+、P_2O_5 の量については、土壌によって差が見られた。現地生産農家（大崎の土）の土壌成分の特徴として、K^+の量が非常に少ない土壌であることが分かった。また、水田として使用されていた場所の土を利用しているため、粘土質が強い性質であった。

3－2　成長の記録







土壌を変えた 3 種類のプランター栽培を比較したところ、茎の高さは大崎の土＞市販培養土＞宮農の土の順となった。大崎の土を用いた場合が最も高く成長し、市販培養土の約 1.3 倍、宮農の土の約 1.7 倍の高さとなった。葉の枚数は 7 月 17 日頃から増加が見られ、大崎の土＞宮農の土＞市販培養土の順となった。また、現地圃場で栽培されている個体と比較した場合でも、大崎の土を用いたプランター栽培の方が葉の枚数が多いという結果になった。茎回りについても、大崎の土＞宮農の土＞市販培養土という順であった。ただし、市販培養土と宮農の土の間には大きな差は見られなかった。さらに、気候と生育の関係を調べるため、大崎の土を用いて現地圃場と本校のプランター栽培の比較を行った。その結果、茎の高さには大きな差は見られなかったものの、葉の枚数は約 5.6 倍、茎回りは約 3.3 倍と、本校のプランターの方が現地圃場に設置したプランターよりも大きく成長する結果となった。また、宮農の圃場に定植した上伊場野里芋については、生育が著しく小さい結果となった。全体的に茎の高さや葉数が小さく、生育が著しく抑えられていることが確認された。現地の生産農家の里芋は収穫期になると高さが 100cm から 120cm 程度に達するが、それ以上高くなると茎や葉が外側へ折れるように倒れてくる。その状態が収穫期の目安とされている。今回の実験では、大崎の土を用いたプランター栽培の平均の茎の高さは約 76cm であり、収穫期の高さにはやや届かなかったものの、茎回りや葉の枚数については十分な成長が確認できた。

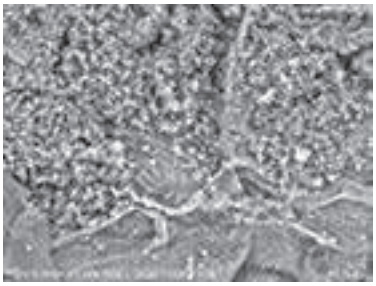
３－３　収穫量

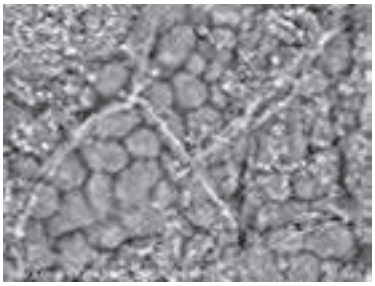
収穫量の違いについて、プランターで栽培した 3 種類について比較をすると「大崎の土」を使った個体の収穫量が一株あたり平均 544.7 g 、里芋の数も平均 33 個と他の実験区より突出した。興味深いデータは、学校で栽培した大崎の土と気候の条件を検証するために現地圃場に置いた同様のプランターとの比較では、現地のほうが個体数や収穫量は少なかったが 1 個あたりの大きさが 17.3cm^2 と他のプランター栽培の個体よりも圧倒的に大きいことが分かった。
現地生産農家から提供してもらった一株は、総重量が 1529 g 、個体数 36 個、大きさが 18.9 cm^2 となり、 1 個体あたりの大きい里芋がたくさん取れていることが分かる。

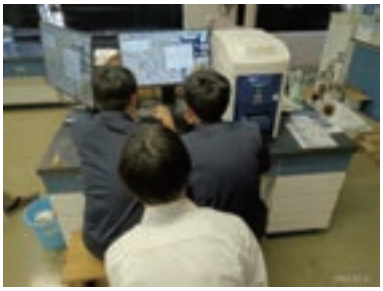
1株あたりの上伊場野里芋の収穫量			
	個体数(個)	総重量（g）	大きさ（cm^2）
培養土	18.3	371.3	12.8
大崎の土	33	544.7	10.6
宮農土	16	144.3	8.5
現地プランター	10	281.5	17.3
現地圃場	36	1529	18.9
宮農圃場	3.7	88.3	11.4

３－４　電子顕微鏡による断面図の調査

収穫した上伊場野里芋を電子顕微鏡で観察し、デンプン粒子がどのように異なるのかを観察した。市販の土垂と上伊場野里芋を比較してみると、土垂よりも上伊場野里芋のデンプン粒子が小さく密度が高く存在することが分かった。


【上伊場野里芋】


【土垂】



4　まとめ

本研究の結果から、上伊場野里芋を栽培する土壌の特徴として、土壌から採取された K^+抽出量が市販培養土や他の圃場の土壌と比較して極めて少ないことがわかった。また、異なる土壌を用いたプランター栽培の比較では、大崎の土を使用したものが、茎の高さや太さ、収穫量のいずれにおいても最も大きく成長する結果となった。さらに、同じ条件で現地圃場と本校に設置したプランター栽培を行い比較した結果、現地に設置したものの方が茎や葉の成長はやや劣るが根で作られた里芋は大きく成長する傾向が確認された。露地栽培においても比較栽培を行ったが、現地以外の圃場では現地と同様の生育には至らなかった。これらの結果から、上伊場野里芋の生育には土壌成分の違いだけはなく栽培地域の気温や日照、降水量などの気候条件も大きく関係している可能性が示唆された。また、電子顕微鏡による断面構造の観察を比較したところ、デンプン粒子の大きさや密度に違いが確認された。このような微細構造の差異が、上伊場野里芋特有の強い粘り気や滑らかな食感といった品質の特徴と関係している可能性があると考えられる。以上のことから、上伊場野里芋の特有の品質は、土壌条件と地域特有の気候条件が複合的に作用することで形成されていると考えられる。本研究は、上伊場野里芋が特定の地域でのみ高品質に生産される要因の一端を明らかにするものであり、地域の伝統農業の価値を科学的に理解する一試みになったと考えられる。

5　品種保全への取り組み

今後の展望として、上伊場野里芋の種芋の保全および成分分析の実施を計画している。

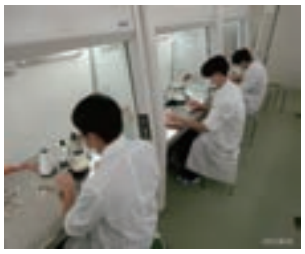
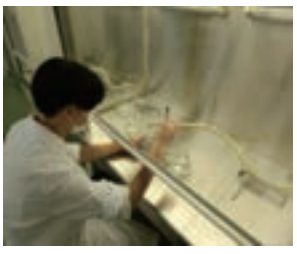
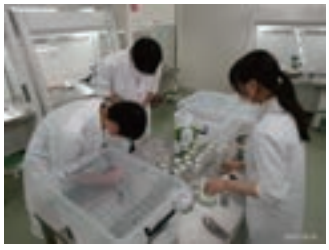
① 上伊場野里芋の成分分析

上伊場野里芋と他の里芋との成分の違いを明らかにするため、アミノ酸組成などの成分分析を行う予定である。これらの分析については、宮城大学と連携して実施することを計画している。また、上伊場野里芋は強い粘り気が特徴であることから、粘り気に関係する成分の特定や粘度の測定を行い、その品質特性との関係についても検証していきたい。

さらに、本研究で得られた成果を活用し、地域の農業や産業の活性化につなげるとともに、宮城県の伝統野菜である上伊場野里芋の魅力を広く発信していくことを目指している。

②　ウィルスフリー個体の実用性の検証

伝統野菜の保全と生産性の向上の点から上伊場野里芋のウィルスフリー個体を作成し、現地圃場で栽培することにより成長のしかたや収穫量などを本来のものと比較しながら、その有用性を検証していきたい。今年度は、連携校の宮城県農業高校自然科学部との合同活動でウィルスフリー個体の作成を行った。今後は継代培養により個体数を増やすことを目標とし、培養に適した培地作成と温度や照度などの条件を考案していきたい。

謝　辞

本プロジェクトは、公益財団法人中谷財団の助成によって実施することができました。連携校や生産農家と関わりを持ち探究活動や発表を行うという機会をいただき、多くの経験を積むことができました。ご支援に深く感謝を申し上げます。上伊場野里芋の提供や栽培方法を教授していただいた福田ファームとバイオテクノロジーの技術指導などをしていただいた宮城県農業高等学校自然科学部の皆様にも多大なるご支援とご協力をいただきました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

以上

両生類を対象に研究している高校生のサポートと全国的な交流を推進する大学連携した教育ネットワークの構築

実施担当者　山脇学園高等学校
山脇有尾類研究所
所長　秋山　繁治

ISEF（リジェネロン国際学生科学技術フェア）で発表

1　はじめに

文部科学省では、「学習によって育成された能力を統合し、課題の発見・解決に取り組む」課題研究の有効性が検証されてきた。その成果を踏まえ、2022 年度施行の新学習指導要領において「理数探究基礎」「理数探究」が新設され、探究活動に軸足を置いた教育プログラムの開発が求められている。

今回の取り組みは、学校の枠を越えて生徒の探究活動を推進する役割を担う、科学研究を支援する教育ネットワークを全国規模に拡大していく試みである。

研究対象を有尾類とした理由は、日本に生息する有尾類の多くが絶滅の危機に瀕し、希少種に指定されている現状があり、保全活動や生態研究の必要性が高い一方で、動物実験は生命倫理的な課題から学校現場での実施が難しい状況にあるためである。こうした課題を克服する突破口として、新たな教育プログラムの開発が求められている。

本研究では、生徒の研究支援および交流を目的として、次の①～⑦の取り組みを推進した。

① 両生類を対象に研究している高校生の研究を支援する。
② 動物実験委員会を運営し、生命倫理の観点から動物実験の可否を審議する体制を整える。
③ 生命科学分野の研究に必要な知識や技術を提供するセミナーを、大学と連携して実施する。
④ 新規モデル生物を導入した教材開発に挑戦する。
⑤ 地域に環境学習の場を提供するとともに、環境保護活動にも貢献する。
⑥ 有尾類を研究する生徒の研究発表の場を創出する。
⑦ 学校の枠を越えて、有尾類研究に関する指導・助言を行う。

２　本年度の取り組み

２－１　背景

生命科学分野の研究は、物理学や化学に比べて、テーマを見つけやすく、将来どのような科学分野の研究に進む場合も入り口になると考え、2023 年 9 月に学内に生命科学分野の研究所を開設した。準備段階で、南九州大学の理科教育研究室で使われていた研究機材を移管し、さらに理振、貴財団の助成を受けて、大学レベルの研究環境の整備に取り組み、さらに、2024 年度から文部科学省 SSH 事業にも採択され、高校生対象の研究発表会や学会で発表する生徒も増えてきた。

２－２　７つのプロジェクト

① 生徒の研究活動

文部科学省では、ライフサイエンスを総合的に推進する観点から、2002 年度より、国が戦略的に整備する必要のある実験動植物や微生物等のバイオリソース（研究開発の材料）を体系的に収集・保存・提供する体制を整備する「ナショナルバイオリソースプロジェクト（NBRP）」を実施している。本プロジェクトは、2023 年度から中等教育機関にも実験材料が供給されるようになり、本校では連携している広島大学・両生類研究センターからイベリアトゲイモリの提供を受け、生徒の研究に活用している。

また、イベリアトゲイモリに加え、オオイタサンショウウオやアカハライモリを対象とした研究にも取り組んでいる。

② 動物実験実施への支援

生命倫理的な課題をクリアした上で動物実験を実施できる環境を整備するため、本校では動物実験規程を定め、2024 年 4 月 1 日から施行した。動物実験を伴う研究については、すべて実験動物委員会の審議を経て実施する体制としている。実験動物委員会は、本校教員 3 名に加え、外部委員として川崎医科大学、麻布大学、鳥取大学の研究者で構成されている。生徒と担当教員が作成した動物実験計画書について審議を行い、専門的な助言を加え、修正内容を確認した段階で実施を許可している。

③ 動物実験セミナー

広島大学・両生類研究センターにおいて、2 月 2 日から 4 日までの 3 日間の日程で、イベリアトゲイモリを対象とした動物実験セミナーを中学 3 年生が受講した。1 日目は研究飼育施設の見学および排卵誘発を目的としたホルモン注射、2 日目は採卵、人工授精、受精卵から初期発生の観察、マイクロピペットを用いたインジェクション操作の体験、3 日目は胚の正常発生の観察をおこなって、基礎的な知識と技術を学んだ。

④ 新規モデル生物イベリアトゲイモリでの教材開発

群馬県立県民健康大学の研究者の指導のもとで、CoMBI 法（ミクロトームによる切断面の連続画像を用いた解析技術）を用いて組織の内部構造の可視化に取り組んだ。その結果、イベリアトゲイモリの貯精嚢の立体的な 3D モデルの作製に成功した。

⑤ 環境学習・環境保護の推進活動

鳥取大学と連携し、高校生両生類サミットに参加している高校を中心に、全国から集まった高校生が交流する環境学習イベントを企画・実施した。本イベントは、鳥取大学教育研究林「蒜山の森」において、8 月 2 日から 4 日までの日程で実施した。内容は、2 グループに分かれて交代で行う大学研究者（鳥取大学・島根大学）による講義、森林調査および水生動物調査の実習で構成した。最終日には鳥取大学医学部において、各高校が現在取り組んでいる両生類研究について発表を行い、質疑応答を通して交流を深めた。

中学生については、学校敷地内にビオトープを造成し、オオイタサンショウウオの生息環境の再現を目指した環境学習に取り組んでいる。

また、環境保全活動として、岡山県で発生した大規模な山火事後のセトウチサンショウオへの影響を調査するため、幼生確認の調査、大分県で大分県立上野丘高等学校と合同でオオイタサンショウウオの成体確認と産卵状況の調査を実施した。

⑥ 高校生両生類サミット

この両生類を対象とした研究発表会は、2020 年に文部科学省 SSH 指定校（清心女子高等学校）が立ち上げて、今年度で第 6 回大会になるが、本校が有尾類研究所を立ち上げたのを契機に、一昨年度から本校が、参加校の募集、当日のオンラインミーティングの実施のホスト校として運営を担当した。研究者による講義❶～❸と高校生の発表①～⑤を実施した。生徒の交流を深め、連携を推進することができた。

講義❶アメリカ合衆国バックネル大学生物学部准教授
高橋瑞樹氏
「アメリカアカガエルとキボシサンショウウオの不思議な関係」
講義❷基礎生物学研究所前所長　阿形清和氏
「両生類の再生現象からどんなことが学べるのか?」
講義❸鳥取大学医学部特任教授　竹内隆氏
“ A Short Tale of a Long, Long Tail”
発表①　岐阜県立大垣北高等学校（岐阜県）
「オオサンショウウオを交雑個体から守る！～捕獲調査の成果・交雑個体の食性・国産個体のサンクチュアリ～」
「画像解析を用いたハコネサンショウウオ属の幼生の種判別」
発表②昭和女子大学附属昭和高等学校（東京）
「サンショウウオ科のオオイタサンショウウオに長期記憶力があるのか 」
発表③山脇学園高等学校（東京都）
「新規モデル生物イベリアトゲイモリの生殖器官の研究」
発表④広尾学園高等学校（東京）
" Reproductive behaviour of *Hynobius dunni* and the effect of tail twitching under captivity"
発表⑤仙台城南高等学校（宮城県）
「八木山に生息するトウホクサンショウウオ個体群の遺伝的多様性について」
発表⑥津田学園中学校・高等学校（三重県）
「ナガレヒキガエル幼生の発生段階別生息分布と定位要因の探索」

⑦ 他校の生徒の研究への指導・助言

広尾学園高等学校、昭和女子大附属昭和高等学校、東京都立小石川高等学校の生徒から有尾類の研究についての相談、麻布中学校、神奈川県立横須賀高等学校の訪問があった。

２－３　学校の枠を越えた連携

研究機関との連携においては、広島大学・両生類研究センターから研究材料であるイベリアトゲイモリの提供を受けているだけでなく、同大学両生類研究センターにおいて高校生を対象とした実験講座を開講していただくなど、技術的な面からも支援を受けている。

また、鳥取大学との連携では、動物実験委員会の運営に関する助言に加え、教育研究林「蒜山の森」の施設提供を含む環境学習合宿の実施に協力していただいている。高等学校との連携につ

いては、高校生両生類サミットに参加した学校を中心に、サミットでの研究発表にとどまらず、研究所への訪問や環境学習合宿への参加など、継続的な交流が進んでおり、教育連携は着実に深化している。

２－４　生徒の科学研究の成果

2025 年 3 月 16 日　第 72 回日本生態学会大会 高校生ポスター発表
「日本のイモリ属の繁殖生態はどのように獲得されたか？」審査員特別賞
2025 年 3 月 18 日　APPW2025（日本解剖学会・日本生理学会・日本薬理学会）高校生発表
「日本のイモリ属（*Cynops*）の繁殖生態はどのように獲得されたか？」最優秀賞
2025 年 3 月 18 日　APPW2025（日本解剖学会・日本生理学会・日本薬理学会）高校生発表
Observation of Breeding Behaviour and Developmental Stages of *Hynobius dunni* in Captivity 優秀賞
2025 年 3 月 18 日　APPW2025（日本解剖学会・日本生理学会・日本薬理学会）高校生発表
「新規モデル生物イベリアトゲイモリの飼育と観察」最優秀賞
2025 年 3 月 28 日　令和 7 年度日本水産学会 春季高校生発表
「新規モデル生物イベリアトゲイモリの飼育と観察」奨励賞
2025 年 5 月 10-16 日　Regeneron ISEF(International Science and Engineering Fair) 2025
Reproductive strategies and adaptive evolution of Japanese newts
（日本産イモリ属の繁殖戦略と適応進化）
2025 年 11 月 3 日　ＴＡＭＡサイエンスフェスティバル
「イベリアトゲイモリの生殖腺の研究」優秀賞
2025 年 12 月 7・8 日　第 23 回高校生科学技術チャレンジ（JSEC2025）
「イベリアトゲイモリの生殖腺の研究」入賞

２－５　これからの取り組み

これまでの取り組みにより、教育ネットワークの構築は着実に進んできた。実施してきた各種イベントについては、来年度以降も継続して実施していきたい。また、現在進行中であるサンショウウオが生息するビオトープの造成には、より多くの生徒が関わり、環境学習や科学研究に活用できる場として整備していきたい。

これまで、国内の大学や高校と連携しながら教育ネットワークの拡大を進めてきたが、次の段階として、アジア地域の大学や高校との連携を視野に入れている。まずは、マレーシアおよびフィリピンの大学と連携し、環境問題をテーマとした海外研修を計画している。来年度は本校生徒を対象に実施する予定であるが、将来的には学校の枠を超えた教育プログラムへと発展させることを見据え、企画を検討していきたい。

３　まとめ

学校の枠を越えて生徒の科学研究を推進するために開設した山脇有尾類研究所を起点として、両生類バイオサミットや環境学習合宿など、他校の生徒との交流を促進する取り組みを行ってきた。その結果、科学研究における教育連携ネットワークは着実に拡大している。

研究のレベルが向上し、世界大会で発表する機会を得る成果も生まれた。今後は、高校生の研究発表会や学会で発表する機会をさらに増やしていきたい。一方で、サンショウウオが生息するビオトープの造成や、生物多様性の重要性を学ぶための海外研修については、まだ十分に実施できていない。これらについても、今後実現できるよう、引き続き取り組んでいきたい。

謝　辞
本教育プログラムは、中谷財団の「科学教育振興助成」により実施・展開することができました。多大なるご支援を心から感謝申し上げます。

学校の森および隣接する森林公園の環境評価

－ 身近な森の健康診断法の確立を目指して －

実施担当者　神奈川大学附属中・高等学校
理科部指導員　溝上　豊

1　背景・目的

地球温暖化による影響が年々身近なものになりつつあり、深刻になってきている。私たちはそれに対し、「都市林の呼吸・光合成が気温調節の役割を果たし、ヒートアイランド現象を緩和しているのではないか」という仮説を立てた。しかし現状、明治神宮の杜再開発のように都市における自然のままの森林は縮小しつつある。そこで私たちは、都市林の内部や上空の CO_2 濃度を測定することで前述の仮説を立証することを目的に、実験観測調査を行った。さらに森の働きを人と同じように健康診断のように調べられないかという考えから、森の土壌生物の調査を同時に行い、都市における森林の現状を評価する方法の検討を行った。土壌生物の調査によって都市における森林の現状を評価することで都市林の保全につなげようと考えた。

2　仮説

森林内部では右図のように地中付近では土壌呼吸により CO_2 濃度が高く、林冠では光合成により CO_2 濃度が低いと考えられる。林冠の O_2 濃度が高い空気が周辺の空気と混ぜられることで、相対的に CO_2 濃度が下がるのではないかと仮説を立てた。すなわち、森の大気浄化作用は森の健全な土壌と木々があって初めて成立するものと仮定した。

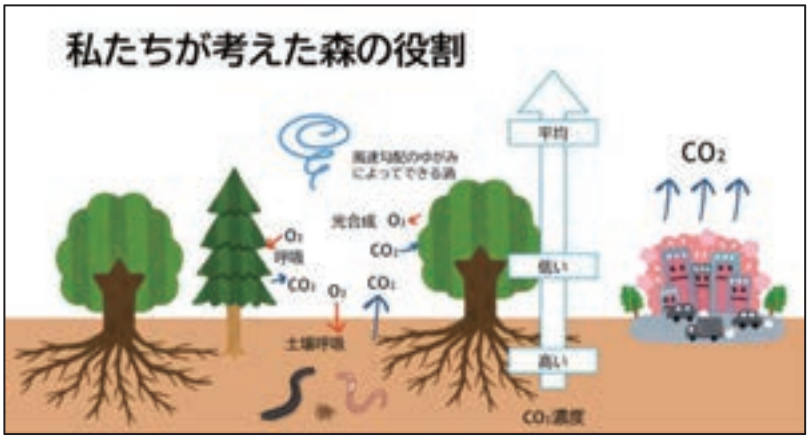


図 1　仮説

3　共同研究校紹介

本研究では横浜、仙台の 2 都市にある中高一貫校で共同研究を行った。両校は共に森林公園に隣接している。

図 2　日本のバイオームと共同研究 2 校の位置

4　土壌生物調査

最初に、都市林の保全度の現状を知るために土壌生物調査を行った。実験や評価の方法は青木淳一の『だれでもできるやさしい土壌動物のしらべかた』を参考にした。

4－1　実験方法

本実験では、ツルグレン装置で土壌生物を採取し、100 点満点で土壌生物の多様性を評価した。得点化の方法としては、土壌生物を環境変化の影響を受けやすい順に A～C グループに分け、その土壌生物が 1 匹でも確認できれば A グループは 5 点、B グループは 3 点、C グループは 1 点加点した。

また、点数での評価とは別にそれぞれの虫の個体数も記録した。

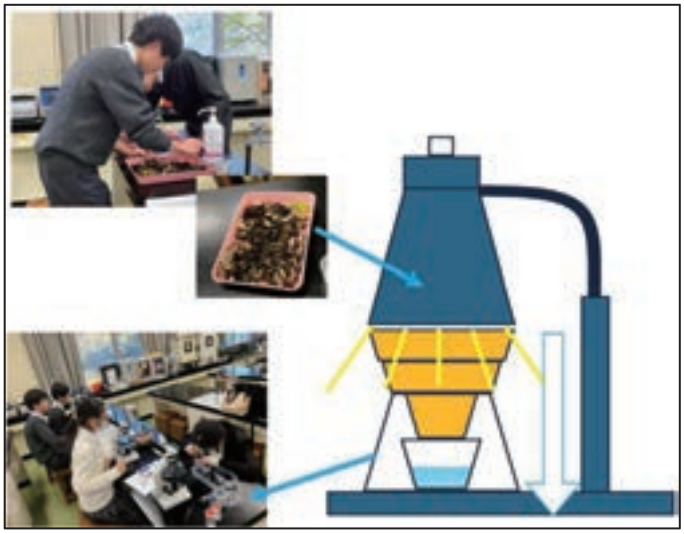


図 3　実験の流れ

参考文献によると緑地の種類による得点の目安は以下ようになる。

60～75 点：自然がよく保たれた自然林や神社林
55～65 点：成熟した雑木林(二次林)
35～45 点：若い雑木林や人工林
25～35 点：公園、人家の庭、校庭
15～20 点：道路の植え込み

4－2　結果

地図内に示したように，点数は 50 点以下で自然度がかなり劣化しているものと推測された。また、同じ神大附属の森林内でも地点によって点数に 20 点以上の差があることから、1 つの地点で

その森全体の保全度を評価するのは困難だと分かった。また、この差が森の持つ本来の性質なのか、森が劣化した結果によるものなのかは今回の調査では判定できず、さらなる調査の必要が生じた。神奈川大学附属に隣接した森も一部ナラ枯れが見受けられるものの、一見緑豊かな森である、しかし、今回土壌生物調査を行ってみるとかなり劣化している可能性があることが分かった。

図 4　神大附属の得点分布

図 5　宮城学院の得点分布

5　CO_2濃度測定

5－1　実験方法

森林上空の CO_2 濃度測定は、秋田県立大学の井上先生、永吉先生のご指導の下、8 月 6、7 日に実施した。宮城学院に隣接する水の森公園でドローンを用い、森林上空の CO_2 濃度測定を行った。本実験では、同一地点での高さごとの CO_2 濃度を測定し、測定の間隔は 50 m とした。

また、CO_2測定機器として LI-COP 社製の LI-840A CO_2/H_2O ガスアナライザー、ドローンは DJI 社製の Matrice 600 を用いた。

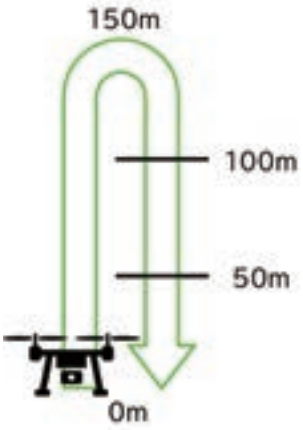


図 6　測定模式図

5－2　結果

測定の結果、樹冠付近の CO_2濃度が低いことが分かった。森の上空において低い位置の CO_2濃度が低いことから、森が CO_2濃度を下げていると考えられる。上空に行くにしたがって、濃度が高くなることから、低い CO_2濃度の大気は拡散されていくものと考えた。仮説に挙げた土壌呼吸による CO_2が森の緑部分を通って、光合成により O_2に変換されたものか、また上空の CO_2が吸収されて O_2に変換されたかを今回の計測で判定することはできない。ただし、真夏の上昇気流を考慮すると仮説の可能性が大きいと私たちは考えている。

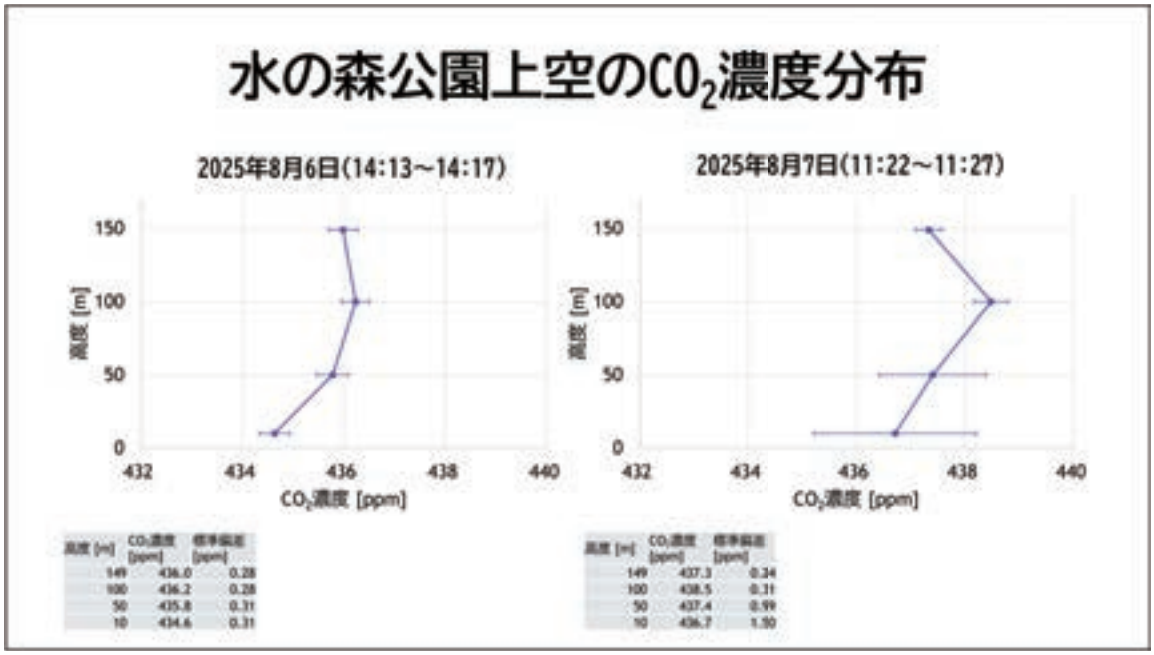


図 7　水の森公園上空で行った CO_2 濃度測定の結果

6　展望

今後の活動予定としては、今春から神大附属に隣接する四季の森公園の土壌生物調査を行う予定である。2026 年夏今年度と同じく CO_2 濃度測定を横浜で行う予定である。ドローンによる上空の測定だけではなく、森林内での CO_2 濃度測定もおこなう計画である。

謝　辞

本研究を進めるにあたって研究費の助成をしてくださった公益財団法人中谷財団に、この場を借りて感謝申し上げます。また、本研究のドローンによる CO_2 濃度測定では秋田県立大学大学生物資源科学部生物環境科学科の井上誠准教授、アグリビジネス学科の永吉武志准教授にご指導を賜りました。心から感謝申し上げます。

参考文献

1)青木淳一.だれでもできるやさしい土壌動物のしらべかた.合同出版,2005.
2)京都新聞.”京都市、日本で史上初めて暑さの「60-60」到達 猛暑日と熱帯夜、両方 60 日の異常事態”.京都新聞 DIGITAL.2025-9-15. https://www.Kyoto-np.co.jp/articles/-/1562138,(参照 2025-10-17)
3）渡辺力. 1． 森林と気候のかかわり.細氷.2007,53,p.44-49.
4）金子信博.“土は生きている ー土壌環境が育む土壌環境”.JT 生命誌研究館.2025-5-13. https://www.brh.co.jp/publication/journal/063/research_1,（参照 2025-11-01）
5）国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. “CO2 吸収源、炭素貯留機能のさらなる発揮” . NEDO グリーンイノベーション基金 . 2025-09-01 . https://green-innovation.nedo.go.jp/article/agriculture/, (参照 2025-05-29) .

能登地区の海洋資源を生かした海洋教育推進プログラム

実施担当者　能登町立柳田中学校
教頭　焼塩　伸輔

1　はじめに

本プログラムは、能登の海という身近で豊かな自然環境を学びの中心に据え、児童生徒が自らのふるさとに目を向けながら科学への興味・関心を高めるとともに、論理的思考力や創造性を育むことを目的として実施したものである。あわせて、地域の自然や人々の営みを多面的に捉える学習を通して、持続可能な社会の担い手としての態度を養うこともねらいとしている。

本年度は助成を受け、町内８つの小中学校がそれぞれの実情や発達段階に応じた海洋体験活動を展開した。中心校である柳田中学校においては、これまで継続してきた海洋体験活動に加え、能登町の魅力を発信する取り組みや、県内都市部における港湾施設の見学、さらに能登半島地震や豪雨災害による環境の変化とそこに生きる人々の思いに触れる学習を行った。こうした多角的な学びにより、生徒は海をめぐる資源や課題をより広い視点で捉えることができるようになった。

これらの取り組みを通して得られた気づきや課題を、次年度におけるより深い探究活動へとつなげていく。

2　活動内容

2－1　能登町の連携校における体験等の活動

本事業では、能登の海を中心としたふるさと教育を推進し、児童生徒の科学的関心を高めるとともに、論理的思考力や創造性の育成、さらには持続可能な社会の担い手としての態度を養うことを目的として、能登町内小中学校７校で多様な海洋教育活動を展開した。

各校では、地域の自然や人材を生かした体験的な学習を重視し、発達段階に応じた取り組みが行われた。

宇出津小学校では、海洋深層水施設の見学や海岸清掃、釣り体験、いかだ体験など、実際に海と関わる活動を通して、自然の恵みや協働の大切さを学ぶ機会となった。特に、海洋深層水の活用や塩づくりの見学では、身近な生活と海とのつながりを実感する姿が見られた。また、海岸清掃では「自分たちの海を守る」という意識が芽生え、主体的な行動につながっている。

海洋深層水施設見学

海岸清掃

いかだづくり

釣り体験

小木小学校では、「小木の海を守ろう」をテーマに、漁業に携わる人との関わり、海洋ごみや海藻の生育、食との関わりなど多角的な学習が行われた。海洋ごみが陸から流れ込む仕組みを学んだことで、問題を自分事として捉える姿勢が育まれた。また、里海給食の献立づくりでは、栄養などの現実的な視点も取り入れながら、協働して課題解決に取り組む様子が見られた。

海藻の生育

海洋ごみ

献立づくり

松波小学校では、海洋深層水の学習や生き物観察、釣り体験などを通して、能登の海の多様性と豊かさを体感した。実際に生き物に触れる体験は、教室での学習を深める契機となり、海の環境を守る意識の醸成につながった。地震の影響による環境の変化にも目を向け、地域の現状を踏まえて考える姿勢が見られたことも大きな成果である。

海洋深層水施設見学

生き物観察と海岸清掃

柳田小学校では、川から海へとつながる環境に着目した学習が展開された。水生生物の調査や飼育、海岸清掃、海ごみアートの制作などを通して、環境問題を多面的に捉える力が育まれた。特に、調査結果をまとめ発信する活動では、自らの学びを他者に伝える力が高まり、学習への意欲の向上にもつながった。また、希少な生物の発見や外部での発表経験は、地域の魅力を再確認する機会となった。

水生生物調査

海ごみアートの制作

鵜川小学校では、地域の海の魅力発信や環境保全をテーマに、看板作りやヒラメの栽培漁業体験、海からの地域観察などが行われた。自分たちの住む地域を別の視点から捉える活動を通して、新たな気づきが生まれた。また、郷土料理づくりや発表活動では、地域文化と海とのつながりを実感し、学びを地域へ還元する姿勢が見られた。

児童が考えた看板

ヒラメの放流

いかめしづくり

能都中学校では、発達段階に応じてより専門的・探究的な学習が行われた。金沢大学や研究機関と連携した学習では、海洋資源や研究手法に触れることで、学問的な視点から海を捉える機会となった。さらに、海と生活の関わりや持続可能な利用について考える中で、自らの将来や社会との関係を意識するようになった。

金沢大学

のと海洋ふれあいセンター

のと里山里海研究所

松波中学校では、体験を基盤とした学びをもとに、発信活動へとつなげる取り組みが特徴的であった。海洋体験や清掃活動を通して得た気づきを、PR 動画や商品開発として表現することで、学びがより主体的で実践的なものとなった。特に、ふりかけの開発は、地域資源の活用と人とのつながりを実感する貴重な経験となった。

ふりかけの試作

海岸清掃

塩づくり

２－２　大学教授を招聘しての講演会等

小学生を対象とした９月８日の海洋教室では、東海大学の坂井泉教授を招き、小木小学校および柳田小学校を会場に実施した。深海調査船「しんかい６５００」の潜水の様子を映像で観察しながら、普段目にすることのない深海の環境や生物について理解を深めた。また、海底資源に関する話を通して、海が持つ多様な価値について学ぶ機会となった。特に、水圧の変化や水深による光の届き方の違いが魚の体色に影響するという説明では、簡単な実験や視覚的な資料を用いて理解を促し、児童は驚きとともに科学的な現象を実感していた。身近な海と未知の深海とがつながっていることに気づくことで、学びへの意欲が一層高まった様子が見られた。

中学生を対象とした１２月９日の講演では、能都中学校および柳田中学校を会場に、東京大学の原田尚美教授を招き、南極観測に関する話を聞く機会を得た。南極という極限環境における調査の様子や、観測データが地球環境の理解にどのように役立っているかについて具体的に語られ、生徒たちは熱心に耳を傾けていた。特に、海洋と気候変動の関係や、長期的な観測の重要性についての説明は、日常生活と地球規模の問題とを結び付けて考える契機となった。また、研究に取り組む姿勢や現地での経験談は、生徒にとって将来の進路や学び方を考える上でも大きな刺激となった。

東海大学海洋教室

東京大学海洋アライアンス

２－３　柳田中学校の取組

本プログラムの中心校となる柳田中学校では、各学年の発達段階に応じて、体験を重視した海洋学習に取り組んだ。

磯観察（1 年）

１年生は、事前に能登町の海について調べ、自分たちで疑問をもったことをもとに、のと海洋ふれあいセンターでの学習に臨んだ。施設では職員の方に直接質問を行い、地震後の海の変化や生物への影響について理解を深めることができた。実際に九十九湾で行った磯観察では、水中カメラやゴーグルを使って生物を探し、教室では得られない実感を伴った学びとなった。海のにおいや水の冷たさ、生き物の動きなどを体で感じた経験は印象深く、その後の振り返りにも具体的に表れていた。また、地震による海岸の変化を見学し、地域の方の話を聞く中で、これからの海との関わり方について考えるきっかけとなった。

２年生は、シュノーケリングや釣り体験を通して、より主体的に海とかかわる学習を行った。初めて海に入る生徒も多く、最初は戸惑う様子も見られたが、実際に海中で魚の群れや多様な生き物を目にすることで、次第に興味や関心が高まっていった。釣り体験では、餌の扱いに苦労しながらも、自分の手で魚を釣り上げた喜びを味わい、自然の恵みを実感することができた。普段海に接する機会の少ない地域に暮らす生徒にとって、これらの体験は海を身近に感じる貴重な機会となった。

３年生は、体験だけでなく、調査や発信に重点を置いた学習に取り組んだ。能登町の魅力を見つめ直し、それをどのように伝えるかという視点から、外部の人々の意識を調べる活動を行った。修学旅行では東京のアンテナショップで実際にアンケート等の調査を行い、地元では気づきにくい価値に触れることができた。また、専門家の講話を通して、里山と里海が一体となって能登の環境を支えていることを理解し、持続可能な地域づくりについて考えを深めた。

この他にも、地震や豪雨によって大きく変化した地形の変化や、町外にある大きなクルーズターミナルの見学を行ってきた。

シュノーケリング（２年）

海岸の調査（３年）

クルーズターミナル

アンテナショップ

３　まとめ

海洋教育の取り組みを通して、児童生徒は海に「触れる」「知る」だけでなく、「考え」「行動する」姿へと変容してきている。海洋ごみや環境保全といった課題に対して、自分たちにできることを見出そうとする姿勢が各校で見られ、ふるさとへの愛着や誇りも着実に育まれている。

一方で、活動の継続性や学校間の連携、学びの体系化といった課題も見えてきた。今後は、これらの成果を共有しながら、より発展的な学習へとつなげていく必要がある。

本年度の実践により、能登の海を核とした海洋教育が、児童生徒の主体的な学びと地域理解の深化に大きく寄与することが明らかとなった。次年度以降も、地域と連携しながら、持続可能な社会の担い手を育成する教育活動をさらに充実させていきたい。

謝　辞

海洋教育推進プログラムに対しご助成を賜り、心より感謝申し上げます。地震や豪雨災害の影響により交通手段の確保が困難となり、さらに海洋施設等の復旧が続く中、従来の活動が制限される状況にありましたが、ご支援のおかげで各学校において多様な海洋学習の機会を確保することができました。児童生徒の学びを支えていただきましたことに、深く御礼申し上げます。

ニホンウナギの探究活動

－ 種苗生産と干潟・汽水域での生態解明を目指して －

桜丘高校と本校生徒の合同調査(2025 年 11 月 3 日)

実施担当者　愛知県立三谷水産高等学校
教諭　小柳　清彦

１　はじめに

ニホンウナギ（以下ウナギ）は、東アジアに広く分布する重要な水産資源であるが、その資源量は減少傾向にあり、環境省により絶滅危惧 IB 類、国際自然保護連合（IUCN）により Endangered（EN）に指定されている。2025 年のワシントン条約締約国会議では EU が提案したウナギ全種の規制が審議された。提案は日本などの反対多数により否決されたものの、科学的根拠に基づいた資源管理の重要性は益々高まっている 。

そのような中で、本校では「ニホンウナギの保全と持続的な利用」を目指し、生徒主体の探究活動として「完全養殖の技術開発」と「干潟・汽水域における生態調査」の二本柱によるプロジェクトを推進してきた。完全養殖においては、特に初期減耗が激しい仔魚期の飼育に着目し、生徒自らが課題を発見し、飼育システムの設計・製作を行った。また生態調査においては、西田川と汐川干潟に調査用石倉カゴを設置し、天然個体の成長や銀化変態のプロセスをモニタリングすることで、生息密度の高い汽水域でウナギの生態解明に挑んでいる。本取組の特色として、専門高校である本校が主体となり、共同実施校の桜丘高等学校や近隣の中学校の生徒と共に、石倉カゴの引き上げや計測などの共同作業を行った点が挙げられる。ウナギの調査活動を介した交流を通して、地域の水辺環境や水産資源の現状に対する認識を深める機会となった。

２　取り組み内容

２－１　完全養殖への挑戦（種苗生産技術の開発）

雌親の確保：ウナギは人工飼育下ではほとんどが雄になるため、実験に用いた雌は、性が未分化なシラスウナギ期から雌性ホルモンであるエストラジオール-17β を餌に混ぜ投与し、雌化を行った（Tachiki *et al.,* 1997）。

毎週のホルモン投与

親魚の成熟：人工飼育下では成熟しないため、ホルモン投与による催熟を行った。雌雄の親候補個体を海水馴致した後、雌親候補にはサケ脳下垂体抽出物（SPE）（Kagawa *et al.*,1997）を、雄親候補には、ヒト絨毛性ゴナドトロピン（hCG）(Ohta *et al.*,1996)を毎週、木曜日に投与した。雌親候補個体は毎週の SPE 投与時に魚体重を記録し、投与開始時から１１０％に増重した際に、カニュレーションによって、卵の一部を取り出し、卵径を測定した。卵径が８５０μｍであれば、SPE

の追加投与を行い、その後、卵径、卵質、体重増加等を確認しながら、タイミングを計り、17,20β-Dihydroxy-4-pregnen-3-one(DHP)(Kagawa *et al*.,1997)の前駆体である 17α-hydroxyprogesterone(OHP)を投与し、排卵を誘発した。雄については、成熟個体から腹部を軽く圧迫することで精液を採取し、人工精漿(Ohta and Izawa, 1996)で 100 倍に希釈した。その後、精子活性を顕微鏡により評価し、人工授精に用いた。

ふ化仔魚の育成：本年度、人工授精後に発生が進んだのは１回であった。2026 年 1 月 1 日に最低体重からの増加率が 110%に達し、１月３日にホルモンの追加投与を行った、1 月 4 日に OHP を投与し１月５日に採卵し、人工授精を行った、受精後浮上した卵を集め、２４℃で飼育を開始した。１月 7 日に 5 尾の孵化を確認した。その後、１５日目までに全個体が死滅した。

ふ化後 7 日目の仔魚

今年度、生徒は以下の３つのテーマの実験を計画し取り組みを進めた。

実験①雌化方法の検討：性が決定するシラスウナギからクロコの時期に大豆イソフラボン投与すると、雌化が誘導される(Inaba *et al*, 2023)。従来のホルモン剤（エストラジオール）に代わり、安全性が高く安価な「大豆イソフラボン」を練り餌に添加し、性決定前のクロコを雌化させる実験を行った。実験期間は 2026 年 10 月 2 日から 12 月 4 日で、ウナギ用の高濃度イソフラボンとヒト用のサプリメントで、雌化の効果を比較した。ウナギ用高濃度イソフラボンを添加した個体では、1 尾の雌化が確認できたが、サプリメント添加区で雌化は確認できなかった。

表 1. 各実験区の雌雄判別結果

	全体数	雌の数	雄の数	未分化
ウナギ用高濃度イソフラボン	４匹	１匹	２匹	１匹
ヒト用大豆イソフラボンサプリメント添加区	５匹	０匹	４匹	１匹
コントロール（魚粉のみ）	５匹	０匹	５匹	０匹

実験②飼育密度による成長速度の比較：飼育密度の違いが、成長速度に与える影響を調べた。90cm×45cm×45cm 水槽（水量：150L）を２つ準備し一方にはクロコを５尾（平均体重：0.72g)、もう一方には 300 尾(平均体重：0.66g)収容し、同じ条件で飼育した。

高密度飼育個体が、高成長を示した（図１）。個体数密度が極めて低い場合に、生存率や増殖率が低下する現象（アリー効果）(Stephens *et al*., 1999)が知られているが、これに当てはまる可能性がある。さらに、ウナギにおいては、生息密度の違いが性比に影響を与える(Tzeng *et al*., 2002)という報告がある。今回の実験では、生殖腺の分化が十分でなく、雌雄の判別ができなかったが、今後、さまざまな密度で飼育実験を行い、成長速度や性比について詳細に比較していきたい。

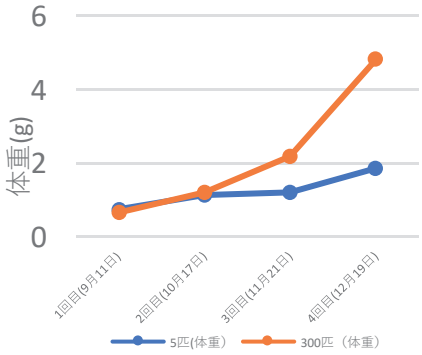


図 1. 飼育密度別の体重変化

実験③仔魚飼育水槽の作成： 換水および掃除を行う際に個体にかかるストレスを低減することや作業の効率化を目的に、飼育水槽の作成を行った。増田ら(2017)を参考に、閉鎖式循環養殖施設を改良し、水槽内に塩ビ板を曲げ接着しアール構造の槽を成型した。さらに隣接する形でもう一つ同様の構造を成型した。この 2 槽を塩ビパイプで連結することで、仔魚が行き来できるようにした。現状、飼育実験に用いるウナギ仔魚を確保できておらず、本格的な稼働と飼育実験は行えていないが、仔魚の確保ができ次第、飼育実験を開始する予定である。

作成した水槽

２－２　石倉カゴを用いた生態調査

三河湾に注ぐ西田川下流域と汐川干潟の２地点（図２）に「石倉カゴ」を設置し、モニタリング調査を実施した。両地点潮汐に応じて、一日で水温と塩分共に大きく変化した。汐川干潟における水温・塩分の変化を図３に示す。干潮時の塩分は５を下回りほぼ淡水に状態になっていた。

石倉カゴで採捕されたウナギ（左）とマハゼ（右）

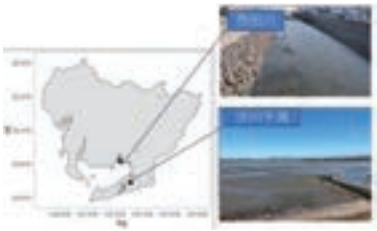


図 2. 調査地点

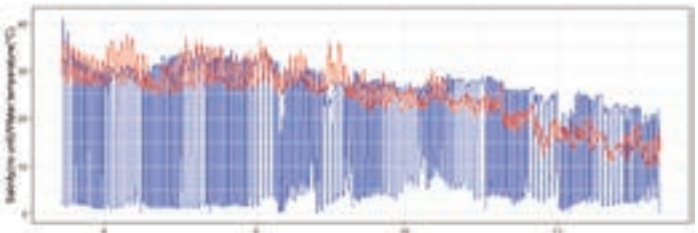


図 3. 汐川干潟における水温（赤）および塩分（青）の推移(2025 年)

調査方法：大潮の干潮時に、カゴ内のウナギを採捕し、全長・体重の測定、銀化段階の判定（Okamura *et al*., 2007）、PIT タグやイラストマー蛍光標識を用いた個体識別、胃内容物の確認等を行った 。

表 2. ニホンウナギ採捕状況

	期間	実施回数	採捕数	1基あたりの平均採捕数	再採捕数（率）	銀化個体数（率）
西田川	2019年～2023年	32回	720個体	9.2個体	119個体（17%）	57個体（8%）
汐川干潟	2024年～2025年	10回	202個体	10.1個体	67個体（33%）	22個体（11%）

結果と考察：西田川では 2019 年から計 32 回、汐川干潟では 2024 年から計 10 回の調査を実施した 。再採捕率および銀化個体の割合は、汐川干潟の方が高かった（表２） 。採捕個体の全長では、西田川においては、さまざまな全長の個体が採捕されたのに対して、汐川干潟では、大型の個体に偏っていた（図４）。また、汐川干潟では西田川よりも銀化個体が遅い時期まで採捕された。汐川干潟はウナギにとって、良好な生育場であり、定住性が高く、大型個体や銀化が進んだ個体が優先して利用していると考えられる。

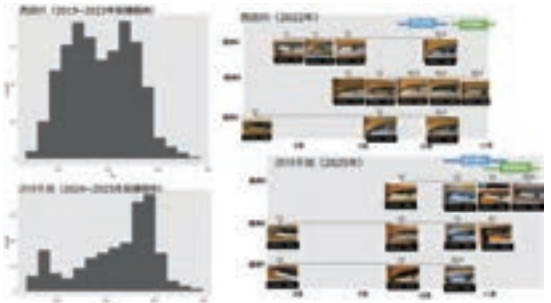
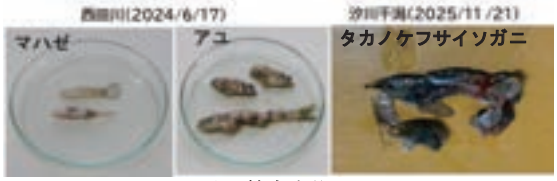


図 4. 採捕個体の全長のヒストグラムと銀化の進行

採捕されたウナギの消化管内容物を確認すると、魚類ではマハゼ、アユ、甲殻類ではタカノケフサイソガニが確認された。ウナギは時期や生息場所に応じて優先する餌生物を選り好みせずに捕食していると考えられる。



消化管内容物

３　まとめ

完全養殖に関しては、量産化へ向けた課題となる雌親の確保やふ化仔魚の育成技術に関して実験を計画し、取り組むことができた。しかし、ふ化仔魚を十分に得られなかったことや実験開始時期が遅れたことなどから、十分な結果を得られなかった。次年度へ向けて、催熟方法を再度検討し、まとまった数のふ化仔魚の確保することで、飼育実験を継続して、結果を出したい。

生態調査では、共同実施校の桜丘高校と協力し、汐川干潟において高頻度でのモニタリングを実施し、多くの個体データを記録することができた。今後は、フィールドデータの蓄積を継続し、サンプル数を増やすことでより精緻な生態解明を目指す 。さらに得られた生態データ（水温・塩分等の環境データを含む）を、完全養殖における催熟技術の開発にフィードバックしていくことが重要である。

石倉カゴ調査の実施にあたっては、身近な水辺で実施可能な環境学習教材という利点を活かし、地域の小中学生や市民に対して、ウナギを通じた水辺環境保全の意識啓発を行うことができた。今後、このような環境教育的な視点も大切にしながら、次世代の水産人材育成に繋げていきたい。

謝　辞

本研究の実施にあたり、多大なるご支援を賜りました公益財団法人中谷財団に深く感謝申し上げます。計画段階から実施に至るまで多大なるご尽力をいただいた共同実施校の桜丘高等学校生物部顧問の鈴木順久先生に厚く御礼申し上げます。また、調査のご助言・ご指導を賜りました九州大学特任教授の望岡典隆先生、人間環境大学助教の中束明佳先生、豊橋市自然史博物館学芸員の坂本博一先生、西浩孝先生、愛知県水産試験場内水面漁業研究所の鯉江秀亮所長、株式会社フタバコーケンの伏見直基様に心より感謝申し上げます。さらに、汐川干潟での調査にあたりご協力いただきました、汐川干潟を保全する会の鈴木隆年会長、豊橋養鰻漁業協同組合の花江章浩組合長、豊橋市環境保全課の佐藤誠様、豊橋市立章南中学校の住田政大郎校長先生、株式会社海みらい研究所の丸﨑敏夫様に深く感謝の意を表します。

参考文献

H. Tachiki, T. Nakagawa, K. Tamura, and K. Hirose. Effects of Oral Administration of Estradiol-17β to Young on Gonadal Sex and Growth of Japanese eel *Anguilla Japonica*. *Aquaculture science*.1997, *251*, 220-222.

H. Ohta, H. Kagawa, H. Tanaka, K. Okuzawa, and K. Hirose: Milt production in the Japanese eel Anguilla japonica induced by repeated injections of human chorionic gonadotropin. *Fisheries Sci*.1996, *62*, 44-49.

H. Kagawa, H. Tanaka, H Ohta, K. Okuzawa, and N. Iinuma: Induced ovulation by injection of 17,20β-dihydroxy-4-pregnen-3-one in the artificially matured Japanese eel, with special reference to ovulation time. *Fisheries Science*, 1997, *63*, 365-367.

H. Ohta and T. Izawa. Diluent for cool storage of the Japanese eel (*Anguilla japonica*) spermatozoa. *Aquaculture*, 1996, *142*, 107–118.

H. Inaba, Y, Iwata, T. Suzuki, M. Horiuchi, R. Surugaya, S. Ijiri, A. Uchiyama, R. Takano, S. Hara, T. Yazawa: Soy Isoflavones Induce Feminization of Japanese Eel (*Anguilla japonica*). *Int. J. Mol. Sci*.2023, *24*, 396.

P. A. Stephens, W. J. Sutherland and R. P. Freckleton: What Is the Allee Effect? *Oikos*,1999,*87*,185-190.

Tzeng, W.N., Han, Y.S., He, J.T.: The sex ratios and growth strategies of wild and captive Japanese eels Anguilla japonica. In:Small, B., MacKinlay, D. (Eds.), Developments in Understanding Fish Growth. International Congress on the Biology of Fish. Univ. of British Columbia, Vancouver, Canada,2002, 25–42.

増田賢嗣, 今泉均, 藤本宏, 鴨志田正晃, 谷田部誉史, 島康洋, 古板博文, 桑田博. 大型で不透明な水槽によるニホンウナギ仔魚飼育手法の開発, 水産技術. 2017, 9（2）, 53-61.

A. Okamura , Y. Yamada, K. Yokouchi, N. Horie, N. Mikawa, T. Utoh, S. Tanaka and K. Tsukamoto. A silvering index for the Japanese eel Anguilla japonica. *Environmental Biology of Fishes*, 2007, *80*: 77–89.

平和の象徴・生命の木である「オリーブ」を通して 児童生徒の自然科学の芽を育み, 地域と協働して行う持続可能な社会づくり

実施担当者　　堺市立新檜尾台小学校
教諭　染手　佳祐

中谷財団成果発表会

個人探究発表会

万博想うベンチレガシー
引継ぎ式

オリーブ植樹式

オリーブ収穫祭

子どもが考えたオリーブの森
ゆるキャラ”オリモチ”

1　はじめに

堺市立新檜尾台小学校は、大阪府堺市の泉北ニュータウン内にあり，ニュータウンの開発が進み，ピーク時は1700人を超す児童数を誇ったが，現在は少子高齢化が進み，290人規模の学校である。自然に囲まれている学校であるが，今まで当たり前のように存在している良好な環境について身近に考える機会がほとんどなかった。更に地域・保護者・学校では、これからの時代は予測や見通しが立ちにくく不確定要素が大きくスピーディーな時代であり，子どもたちとって「自分の力で自分の人生を切り開き、自分や周りの人をしあわせする力＝生きる力」とは、どのようなものなのだろう？と話し合ってきた。そのような話し合いのもと、令和６年度から、「探究と協働の力こそ本校の子どもたちが培うべき力である」と結論付けた。

本校の学校教育目標を「自立貢献～探究と協働をど真ん中におく学校～」を掲げ，全校で「総合的な学習の時間」（以下「総合」という。）を中心に探究活動とカリキュラムマネージメントを実施している。３年次に，泉北地域の学習において，本地域がオリーブ等柑橘類の育成に適した土地であり気候も適していることを学んだ。市内でオリーブを栽培している農家の出前授業で，オリーブの木は「挿し木」で増やし易く,その一方でオリーブ油の搾りかすが9割あり，SDGsの観点で課題であることも知った。そこで「循環型社会の実現をめざしてオリーブを探究しオリーブ商品で地域を盛り上げよう」を目標に掲げ、校内にオリーブの森（第１期工事40本植樹）を作った。

「オリーブ」を通じた探究活動は専門性を取り入れることにより探究が深まると考え,高等学校・大学・企業・地域・行政と連携体制が出来上がった。「児童生徒主体の学びと活動」をキーにした「オリーブを核とした6次産業*プロジェクト」として地域課題や社会課題を解決する産官学民連携探究と位置づけた。その展開により，本校で「子どもたちが、自分の人生を自分の手で豊かにしていく」という願いを貫く教育をめざしている。どの学年の探究活動も地域に根差し、社会との関わりの中で、体験を重視しながら展開することを大切にしている。

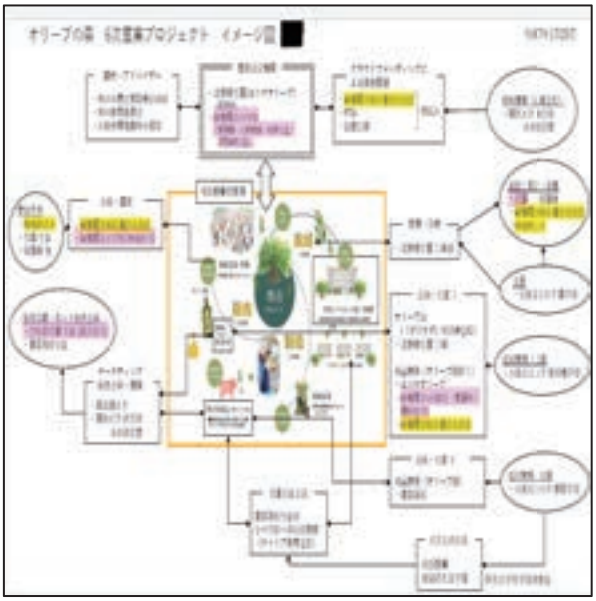
*農業（１次産業）工業（２次産業）商業（３次産業）を掛け合わせたPBLの意

2　活動・研究の目的（ねらい）

「循環型社会の実現を目指してオリーブの学びとオリーブ商品開発で地域を盛り上げよう」を研究のテーマとし、「知る」と「創る」のサイクルを生み出すSTEAM教育とSDGsを意識した児童主体の探究活動を開始した。小学校では、基礎学力を育てる「知識・技能を育む授業」と「探究学習，特に体験や活動を通じた学び」の併用がAIやIoTが蔓延る予測不可能な時代に生きる子ども達には重要と考えている。合わせて本地域が少子高齢化で人口も徐々に減少しており「持続可能な地域づくりに小学生が出来ることは何か？」を考えた際，学校と地域が協働して行う本オリーブの探究活動が魅力ある地域づくりにも繋がる可能性を秘めているという結論に達し，これらを本活動・本研究のねらいとしている。

3　活動体制

4年生44名が総合の授業の具体的展開方法を考えるにあたり，オリーブを通じた探究活動は専門性を取り入れることにより探究が深まり，STEAM教育の充実や発展に結びつくことも意識して，高等学校・大学・企業・行政と連携体制を構築した。最終的には「オリーブを核とした６次産業 プロジェクト*」として地域課題や社会課題を解決する産官学民連携研究と位置付けた。春夏秋冬1年間を通じて四季折々の観察や世話（水やり・堆肥・収穫・剪定）を行い，オリーブと一体となった活動により真の探究活動を行う体制を整えた。特に「持続可能な学び」を意識し，地域との協働活動と地域の方々の生涯教育にも役立つようなスキームで，少し大袈裟であるが地域の活性化・発展につながる体制を組んだ。



オリーブ PBL 概念図

*農業（１次産業）工業（２次産業）商業（３次産業）を掛け合わせたPBLの意

本校では，ESD の視点に立った学習指導で重視する 7 観点の内，物事を鵜呑みにしない「批判的思考」俯瞰的に考える「多面的総合的思考」「協力力」「つながる態度」を大事にしている。研究の充実には，環境を整える必要が大切と既存のオリーブ木に受粉しやすい３種類の苗木を購入し，児童の好きな時にいつでもオリーブに触れられる環境を整えた。オリーブ搾りかすの飼料研究を府立農芸高等学校・大阪公立大学獣医学部・オリーブ農家（農業分野）と行い，オリーブ（枝・葉・実）とオリーブの搾りかすの研究は大阪公立大学食栄養学部・摂南大学理工学部（工業分野）と提携した。将来オリーブ商品が完成した際のマーケティングを関西大学商学部と阪急阪神グループ（商業分野）の協力を得て企画段階から参加してもらい協働化探究を実施中である。学校教育と生涯学習の融合をめざして地域住民と児童が共に学ぶ「3 世代オリーブ教室」を月に 1 回程度開催し，維持管理は，造園会社による研修を連合自治会と児童が一緒になって学び，協働して世話をする体制を築いた。探究活動は，グループ（2 人以上）で自由に行うグループ探究と全体で行う学年探究と決め，グループ探究は，児童の個性あふれる探究を年間を通して行っている。グループ探究のテーマとしては「葉を使ったお茶探究」「幹に寄る虫探究」「挿し木と種から育つ育成比較探究」「成長に適すると思われる肥料の探究」等である。学年探究Ｉは，府立農芸高等学校資源動物科と協働して行う「９割破棄されるオリーブの搾りかすを豚の餌に混ぜて出荷する豚の飼料研究」を行っている。昨年農芸高校と本校が試験的に行ったオリーブ搾りかす飼料は，最初ペースト状のままパワードラムに入れ，

農芸高校生による
出前授業

それを従来の飼料を混ぜる方式を取っていた。しかし，ペースト状そのまま使い飼料にすると渋みが強いということも分かり継続して給餌が難しくなる傾向が判明した。そこで，研究と業務提携の為に日本最大生産地小豆島を訪問した時に指導を受けたオリーブ牛を開発した畜産家の技術を参考にした。渋みを和らげるには渋柿を乾燥させるように、オリーブペーストを乾燥させ与える試みを現在実験中である。

学年探究Ⅱは，摂南大学理工学部と行う「オリーブの葉で発電を行う研究～葉緑体から発電が？～」をテーマに摂南大学学生と協働して探究することである。本校のオリーブの森を育てながら「地球温暖化回避のためにCO2削減を考え持続可能な地球社会の実現を図る」学びと、同学の研究テーマである「光合成建築」を結びつけることで、児童が日々親しむオリーブの葉を使って科学的探究を行い，更に設計や模型製作することを学ぶ，いわゆるSTEAM教育を意識した探究活動である。具体的には，児童が育てているオリーブの葉で光合成燃料電池を作り、オリーブの枝と幹でツリーハウスを制作する。その電池でデジタル時計を動かす。この取組は、本校が大切にしている２つのそうぞう（想像と創造）の学びと、同学が研究し，将来的に世に出そうという考えで研究している光合成建築の計画がつながったものである。今年度は，4年生が各自で模型を作り通電し，葉緑体電池の魅力を感じたが，次年度は「オリーブの森」で光合成大型パネル作り，大規模な発電を大学と行い，よりリアリティある活動を行い，将来的には本物ツリーハウスを「森」に建築する予定である。

光合成燃料電池とツリーハウス模型作り

地球環境に負荷をかけている CO2 の削減に次世代エネルギーとして CO２を排出しない「水素エネルギー」が注目されているが，その水素エネルギーを植物の葉の「光合成」から取り出す研究者と出会い本プロジェクトはスタートした。児童は水素エネルギー生成は身近なものでないと思い込んでおり，植物の葉や毎日食べている野菜から生成も出来ることに驚き，科学は，研究所で科学者が研究されているイメージを覆し，意外に身近な所にもあるという認識を新たにした。しかも児童の育てているオリーブの葉をすり潰して水を入れるだけで光合成燃料電池が出来る体験をして。その後通電させ，科学の不思議さと面白さを実感した。このような取組は，STEAM 教育の根幹を成す第一歩でもあると考え，入念に準備検討した。Science は，葉緑体から化学反応を起こさせ，そこからエネルギーを作りだす，Technology は，ツリーハウスとオリーブの木の建築にあたりその技術そのものであると共に化学反応で生まれたそのエネルギーを電池として存在させ，Engineering はその電池と目的物を通電するために配線計画・電池の交換手法等を考え，Mathematics は，ツリーハウス作成にあたりツリーハウス全体のバランスを考えツリーハウスの「大きさ」・ハウスを支えるオリーブ木の支柱の「長さ」・組み方は「図形」の思考等全体を通して数字・数学算数の概念が必須であり，Art は作品全体の雰囲気を醸し出し，かつスムーズに機能が動くための調和をとる。これこそが STEAM 教育の一つの具体化した学びの例と本校ではこの活動をベースに STEAM 教育を更に推進する。

本年度大阪市内で開催された大阪・関西万博のテーマは「いのち輝く未来社会のデザイン」ということであったが，博覧会会場の「静けさの森」にＨ２Ｏリテイリング株式会社様が提供し，多くの来場者が使用された「想うベンチ」が本校に贈呈される機会に恵まれた。本校の「オリーブの森」を通じた新しい教育が，同社の目に留まり，万博のレガシーを引き継ぐことになり本校はもとより地域にとっても大変名誉なこととなった。大阪の森で 100 年生きてきた樹を使い大阪のデザイナーがデザインし，大阪の製材所で作られ，万博終了後は，本校の子ども達や地域の人々が座って想いに耽る。時にはその「想うベンチ」を手で触り木の温もりを感じながら「樹のいのちと自分のいのちをつなげる」ようなシーンを「オリーブの森」で体験できる機会をいただいたと思っている。

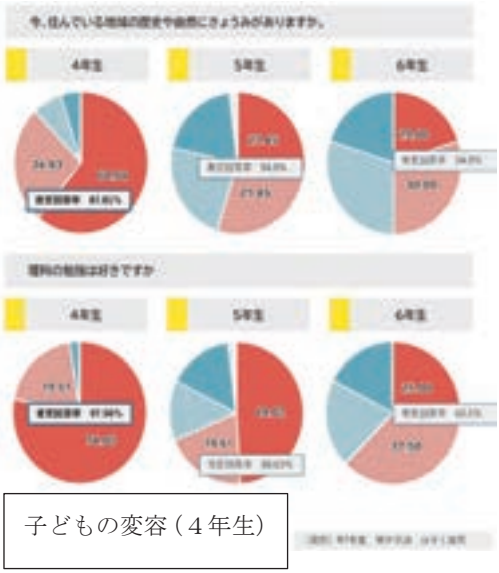
子ども達も，レガシーを引き継いだことに喜びを感じると共に，100 年の樹で作られた想うベンチに寄り添いながら今後は子ども達が 100 年生きるオリーブを育てながら，様々な探究活動や STEAM の学びをしたい旨を担任に伝える等素晴らしい学びの動機付けともなっている。一方地域の方々にとっては，「想うベンチ」が「山と地域をつなぐ」更に「地域と子ども達をつなぐ」

だからこそこの「オリーブの森」を大切にして，様々な探究活動を一緒に行っていく，まさしく「地域と学校の協働活動」という意識を深めてもらっている。

大阪・関西万博ヨルダン館で情報発信

4　活動による子どもたちへの効果（成果）

オリーブ発祥の地はヨルダンとされるが，昨年開催された大阪関西万博のヨルダンパビリオンにおいて本校の取組が内外の人々に示す機会も得られ，国際教育の分野にもつながり，児童が多様性を知る良い機会となった。また地域社会にグループ発表をした機会は，ＳＮＳの情報享受の世界から自ら情報発信する重要さを肌で感じ行動変容を起こす機会となった。本活動による児童の行動変容を探るために「堺市学調」における質問回答について精査した。従来は本校高学年児童による学年傾向差はほぼなかったが，今年度は「理科」と「地域」に関する質問に関し４年生と５・６年生では変化が見られた。これは，総合にオリーブ探究を取入れ，高校大学等の先生・生徒学生と協働化した活動の成果と見られる。身近で本物に接する機会・休憩時間含めてオリーブが学校生活に溶け込み，オリーブをきっかけに科学的興味が湧いている証と考える。更に地域との協働活動（一緒に出前授業受講・世話の協働作業等）により学校外で地域の方への挨拶数の向上等道徳面での改善や地域や中学生にポスターセッションを実施したことは自尊感情が高まり「主体的・対話的で深い学び」に繋がっている。



子どもの変容（４年生）

5　まとめ

本校の継続的な探究テーマを模索していた時に，オリーブの魅力に惹かれ「オリーブ探究」を正面から取り込もうとオリーブの森を作ることから始めている。教職員の意見やオリーブ農家の考え方を聞きながら，子ども達の身近な環境に「オリーブの森」を作り，日常的に触れ合う学びの環境を整えられた。そのために個人探究は子ども達に委ねる形が取れて，教師はファシリテーター的役割で子ども達が主体的に探究活動が出来た。また学年探究Ⅰ・Ⅱは，より専門的分野で「深い学び」につなげる狙いで府立農芸高等学校資源動物科と摂南大学理工学部と共に第一段階の探究が進められ，科学の大事さと面白さを肌で感じられている。

貴財団の成果発表会では，ポスターセッションに加え，口頭発表もさせていただく機会にも恵まれた。中高校生に混じって発表という大舞台にどのようにしていくかを総合専科教員と子ども達が熟議して，先ずは地元の中学生や地域の方に４年生が個人探究をそれぞれ発表し，４年生同士も互いに発表を聞く機会を設けた。その後体表児童を決定し，壮行会を兼ねて全校児童の前で発表した。このプロセスを得たことは，子ども達が様々な個人探究を見て学び，各個人の研究にも反映させるなど「つながる」ことの価値の重要性に子ども達自らが気づいた。

地域との協働化も進み，連合自治会も独自に「オリーブの街づくり」を前面に出した魅力ある街づくりを打ち出す等学校と地域が連携して取組むことが進んでいる。

謝　辞

中谷財団様には助成はもちろん成果発表会で口頭発表する機会も頂戴し本校の子ども達はもとより教師にも良い学びと刺激をいただき，更に科学振興の重要さを再認識させていただきました。学校としては，この認識を教師全体に広げ可能であれば本市の各校の見本となる科学振興を持続的に行っていくよう努力いたすことをお誓い申して謝辞とさせていただきます。

以上

微小重力装置・重力可変装置を用いた
天体表面重力での液体・固体の運動の実験的検証

実施担当者　大阪府立今宮工科高等学校
定時制の課程
首席　佐藤　圭一

1　はじめに

大阪府立今宮工科高校・春日丘高校定時制科学部，槻の木高校理学部，徳島県立富岡西高校自然科学部の 4 校の科学部による共同研究を企画し，高校の形態も場所も異なる 4 校で，惑星・衛星表面での物理現象の実験的な検証を試みた．共同研究の形やアウトリーチについても模索している．

2　共同研究：重力可変装置を用いて砂に染み込む水と重力の関係を探る

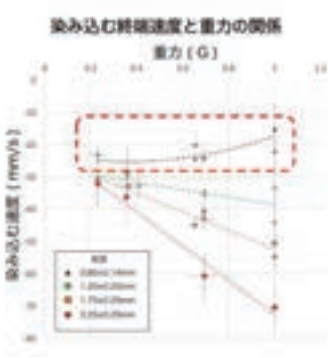
2－1　研究背景

火星にはかつて海が存在したと考えられており、2015 年には火星の斜面に液体水が流れた可能性を示唆する証拠が発見された。火星表層での水の流れを再現・解明することが本研究の目的である。2017 年からの研究を引き継ぎ、今年も複数校が共同して研究を進めた。

2－2　実験

アトウッドの滑車を応用した「重力可変装置」を用い、上昇･落下カプセルの重さを調節することで異なる重力加速度を実現した。落下カプセル内には粒径の揃ったガラスビーズ（砂の代替）を入れた容器を設置し、カプセルが落下して目標重力に達した瞬間に、上部容器の水がガラスビーズへ浸透する仕組みになっている。その様子をハイスピードカメラで撮影・解析した。

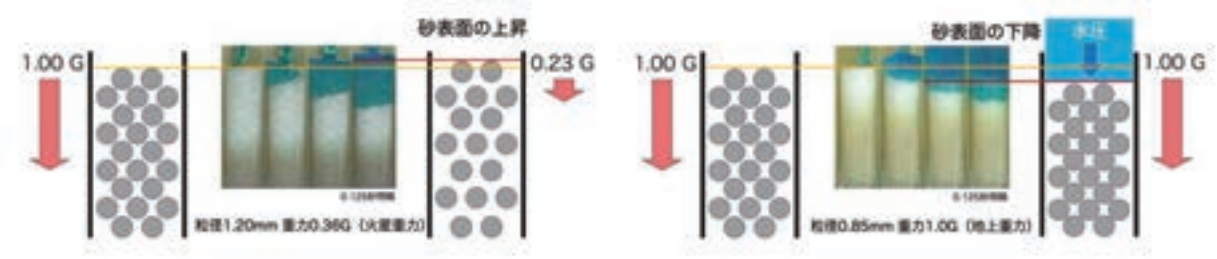
２－３　実験結果



砂への水の浸透速度は時間の経過とともに減少し、最終的に一定値に収束することが確認された。粒径 1.20，1.75，2.25 mm では重力が小さいほど終端速度も小さくなり，重力と浸透速度の比例関係が見られた。一方、粒径 0.85 mm では、重力が小さいほど終端速度が大きくなるという逆転現象が観察された。

２－４　考察

水の浸透運動を記述するため、砂をつめたパイプを等価な毛細管に見立てた式を構築した。終端速度は粒径の 2 乗と重力に比例することが導かれ、粒径 0.85 mm 以外では，浸透速度と粒径の 2 乗の比例関係が確認された。粒径 0.85 mm で見られた逆転現象については、重力によって砂の充填率が変化したことが原因と推測している。終端速度の実験値から、充填率と重力の定量的な関係を明らかにしていく予定である。



３　今年度の活動

３－１　日本地球惑星科学連合大会 JpGU2025 高校生ポスター発表参加

5 月 25 日に幕張メッセで開催された日本地球惑星科学連合 2025 年大会「高校生ポスター発表」に参加した。共同研究校４校での発表で、これまでズームなどで情報共有を行ってきたが、前日、ホテルで顔を合わせての最終練習ではそれぞれの学校での頑張りを目の当たりにし、意気込みを新たにた。学会でのポスター発表は緊張するものの、ダイレクトに反応があることがとにかく楽しく、新たな知見も与えていただき充実した時間となった。

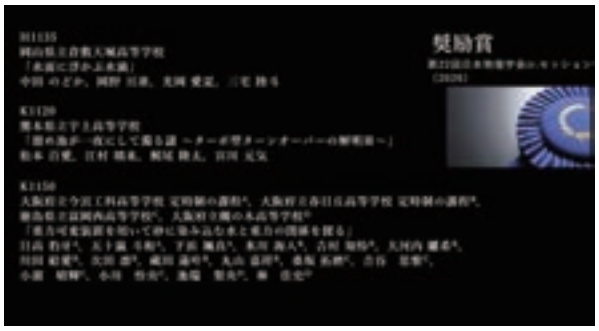
３－２　４校合同交流発表会

夏休みの恒例行事となった「合同交流発表会」を淡路島で開催した。各校の生徒だけでなく、今年も OB・OG、多くのサポーターに参加いただき、多様性に富んだ学びの場となった。活動報告会では各校の研究の進捗状況を報告。上級生に負けずに１年生も頑張って発表している姿が印象的だった。新規に星空案内人による天体観測や、OB などによるパネルディスカッションも行った。

３－３　サイエンスフェスタ（第 34 回 青少年のための科学の祭典 大阪大会）出展

8 月 16、17 日の二日間、大阪サイエンスフェスタに出展した。子どもたちに向けて様々な科学の仕組みや不思議、面白さを伝えるイベントで、我々は今年新たにポータブル重力可変装置を作り、アトウッドの滑車の原理を用いて火星の重力をつくる演示をした。初めての試みで，途中で秤が壊れたり針金が切れたりとハプニングだらけだったが、解決に向けて大慌てでアイデアを出し合い、終わってみれば楽しい２日間となった。

３－４　第２２回日本物理学会 Jr.セッション（2026）参加



3 月 14 日（土），今年度もオンライン開催のぶつり学会 Jr.セッションに４校合同で参加した．大阪と徳島とに分かれての発表となった．発表者の切り替えもスムーズで，ゆっくりと大きな声で丁寧に発表を終えることができた．予期しない実験結果をきちんと考察した発表に，奨励賞をいただいた．さらに，顧問の物理功労賞もいただくことができた．たくさんの質問をいただいたので，それに応えるべく研究を進めたい．

３－５　土曜学習会（サタディ・スタディ）

科学部主催の「宇宙・地球・生命を考える」がテーマの学習会を月に 1 回開催してきた．最先端の科学を丁寧に解説することで，科学部員だけでなく，誰でも参加できる形態をとった．Zoom を使って，オンラインでも参加できるようにしている．そのため，現地（今宮工科高等学校）には毎回 15 名前後の参加者があり，オンラインでも 10 名を越える参加となっている．質問も活発に飛びかい，講師にとっても大きな刺激となっている．

第 1 回　5/10　ガイダンス+月にまつわる話　今宮工科高校定時制講師：久好圭治
第 2 回　6/28　あらためて月　今宮工科高校定時制講師：久好圭治
第 3 回　7/19　アフリカ大地溝帯を歩く　～地球の学び方 2～
　　今宮工科高校定時制教諭：谷口真基
第 4 回　9/6　人間とは？　～脳が身体を動かすメカニズム～
　　大阪大学大学院生命機能研究科：野上素子
第 5 回　10/4　セキュリティの基礎と日本の現状～軽視され続けた新たな戦場～
　　コニカミノルタ：原田一樹
第 6 回　11/8　70 歳の取扱説明書　今宮工科高校定時制講師：久好圭治
第 7 回　11/29　科学とは何か？　～地球温暖化の話～　三島高校教諭：吉新聖二
第 8 回　12/13　ペロブスカイトとダーク酸素　立命館高校教諭：貴治康夫
第 9 回　1/10　電気の共振現象と無線電力伝送　～教室につくる小さな雷～
　　成城高校教諭：川合克樹
第 10 回　2/7　今年のノーベル化学賞詳説　春日丘高校定時制教諭：鮫島一泰

３－６　zoom で行う合同ミーティング

大阪府の３つの高校も距離が離れているうえ，徳島県の高校との共同研究なので，zoom を使ってのミーティングは，生徒が移動することなく自宅からリアルタイムで議論ができた．画面共有や

資料共有も比較的スムーズに行うことができ，共同研究を進めていくうえで大きな手段であった．一方，全日制・定時制の合同チームのため時間調整が難しかった．画面越しでは装置の不具合などを伝えにくい場面もあった．発言が少ない場面では議論が停滞しやすく、会議の運営に工夫が必要である．

４　まとめ

大阪・徳島の４校が連携した共同研究を軸に、今年度は多彩な活動を展開することができた。４校合同ポスター発表やオンラインでの発表で，直接専門家の先生方の質問や提言をいただき研究の質を高めていくヒントをいただいた．合同交流発表会では OB・OG も加わり学校の枠を超えた多様な議論が生まれた。大阪サイエンスフェスタや土曜学習会で科学の楽しさを広く発信することができた．Zoom を活用した定期ミーティングが遠隔地の壁を越えた連携を支え、共同研究を通じて生徒一人ひとりの視野と研究力が着実に広がった一年となった。次年度はさらに連携を深め、いただいた質問や知見を糧により発展的な研究成果を目指したい。

謝　辞

本研究は、公益財団法人　中谷財団の助成により実施することができました。またこのプログラムを実施するにあたり、たくさんの方々に協力していただきました。大阪大学大学院理学研究科寺田健太郎教授，ダジックアースプロジェクト：土井正治さま・國米紀公美子さま，伊与原新さま，心より感謝申し上げます。ありがとうございました。

参考文献

1)https://www.nasa.gov/news-release/nasa-confirms-evidence-that-liquid-water-flows-on-todays-mars/
2)「重力の魔術師をめざして　～重力可変装置を製作し，火星表層の水の流れを解析する ～」日本物理学会 Jr.セッション 2017　大阪府立春日丘高等学校/大手前高等学校定時制科学部
3)「火星表層の水の流れを解析する　～重力可変装置・水の浸透実験装置の製作と改良～」日本物理学会 Jr.セッション 2024　大阪府立今宮工科高等学校定時制科学部
4)「重力可変装置で火星表層の水の流れを解析する 第 3 報 」JpGU2025 日本地球惑星科学連合高校生ポスター発表　大阪府立今宮工科高等学校定時制の課程科学部/大阪府立春日丘高等学校定時制の課程科学部/大阪 府立槻の木高等学校理学部/徳島県立富岡西高等学校自然科学部
5)「クレーターの直径は重力に支配されるか？ ～重力可変装置を用いた衝突クレーター重力スケーリング則の実験的検証」JESC2019　大阪府立大手前高等学校定時制科学部　橋本晃志
6) C. Sunday et al. Cite as: Rev. Sci. Instrum. 87, 084504 (2016)
7) G. Viera-Lopez et al. astro-ph.IM arXiv:1703.10315v1 (2017)
8) J.　Li et al. PNAS, vol.122, No.9 (2025)

以上

ひょうごに住む私たちの地域創生

～阪神・淡路大震災から 30 年 災害用備蓄食品の取組～

実施担当者　兵庫県立姫路商業高等学校
主幹教諭　北川　欽一

1　はじめに

近年、兵庫県では播磨灘の漁業に関連した新聞記事を見ることが多くなっています。そこで、私たちは昨年度まで、防災・減災活動の「地震災害」に特化した活動をしていましたが、今年度から「地球環境の改善」について考え、兵庫県の地域特有の社会的な課題の解決と関連付けて取り組むことにしました。

2　【現状分析】問題の把握と明確化～播磨灘の環境調査～

2－1　播磨灘の現状分析

姫路市の瀬戸内海東部は播磨灘と呼ばれ、1975 年頃まで水質の悪化と、赤潮の発生によって漁業に大きな損失がありました。その後、法律の制定により水質は改善されましたが、新たな問題が発生しました。「海がきれいになりすぎた」のです。

瀬戸内海では水がきれいになった半面、播磨灘における窒素濃度は 1980 年代の 4 割程度にまで減少、兵庫県の伝統料理の「いかなごのくぎ煮」に欠かせない、いかなご [写真 1)] の漁獲量が減少しています。このことから、製品単価は平成 23 年では 114 円でしたが、令和 7 年では 5,032 円と急激に高騰 [図 1)]、スーパーマーケットの中には販売価格が高過ぎて売れないという状況が起こっています。

写真 1 ：いかなごのくぎ煮

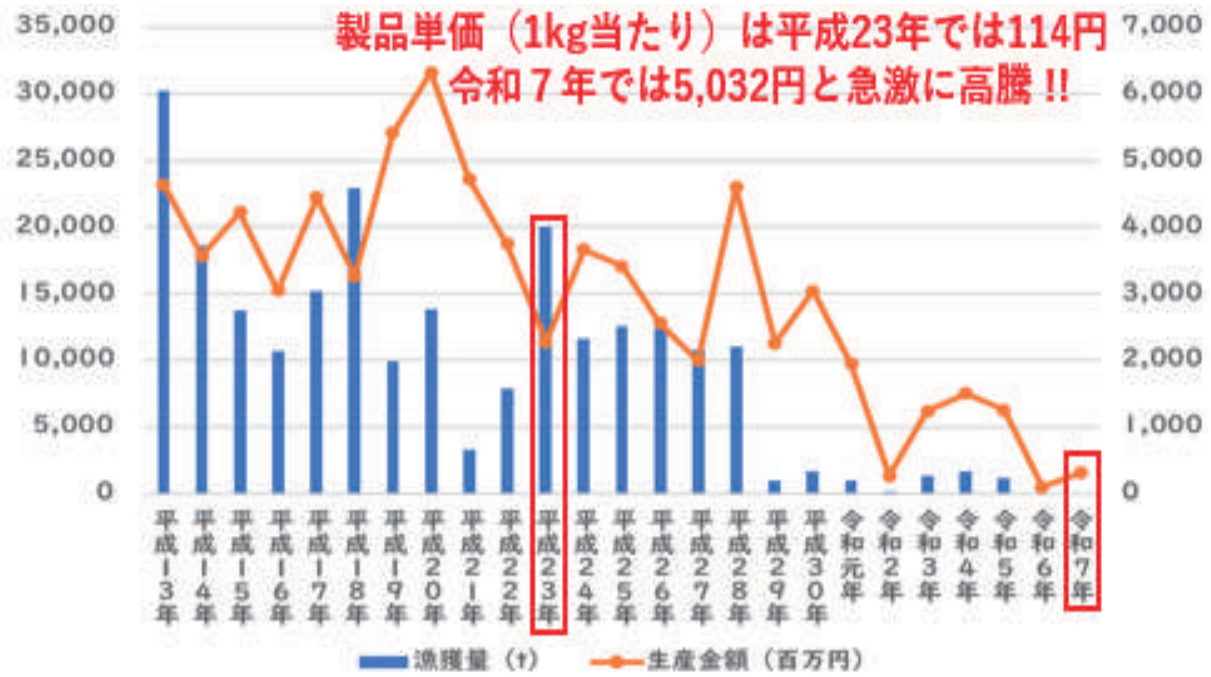


図 1 ：兵庫県におけるいかなごの漁獲量及び生産金額の推移

２－２　播磨灘の海洋調査・フィールドワーク

そこで私たちは、藻場の量の状況把握、藻場の再生に繋げるために水中ドローンと箱メガネによるフィールドワークを行いました。 図２～３）写真２～３）

図２：調査活動のエリア

図３：観測ポイント

写真２：水中ドローンを操作している様子

写真３：箱メガネで水中の調査をしている様子

その結果、海藻調査エリアでは多くの藻場 写真４）が確認できたものの、場所によっては海藻の茎のみで残りは枯れている状況 写真５）が見られました。姫路市漁業協同組合の方に聞くと、原因の一つにCO_2を吸収する役目を果たす藻場が魚に食べられる「磯焼け」があるとのことでした。

これらの調査を踏まえ、私たちは藻場を食べている藍子（アイゴ） 図４）を駆除、それを食材に使用した災害用備蓄食品を開発できないかと考えました。

写真４：海洋調査エリアの藻

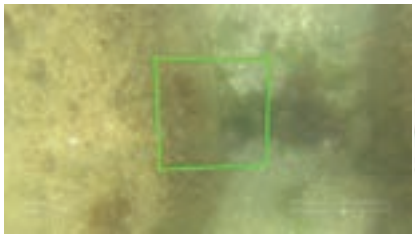


写真５：磯焼けにより枯れている藻

図４：本校生徒がデザインした藍子

３　【企画・実践】～調査分析・マーケティングミックス～

３－１　Product（どのような商品を製造するのか）

そこで、私たちが開発したのは、「藍姫チヂミ」写真６）です。この商品は「いつでも・どこでも・誰でも」食べられる「３つのコンセプト」を取り入れた、災害用備蓄食品です。食材には藍子や規格外オーガニック野菜・米粉を使用し、小麦アレルギーを持っている方々を配慮するために、ノングルテンの食品に仕上げました。

写真６：藍姫チヂミの商品パッケージ

３－２　Price（いくらで販売するのか）

藍姫チヂミの販売単価を決めるために、損益分岐点図表 [図5)]、製造原価報告書 [図6)] を作成、経済産業省の製造業による原価率 80% [資料1)] を参考に、販売単価を 700 円に設定しました。

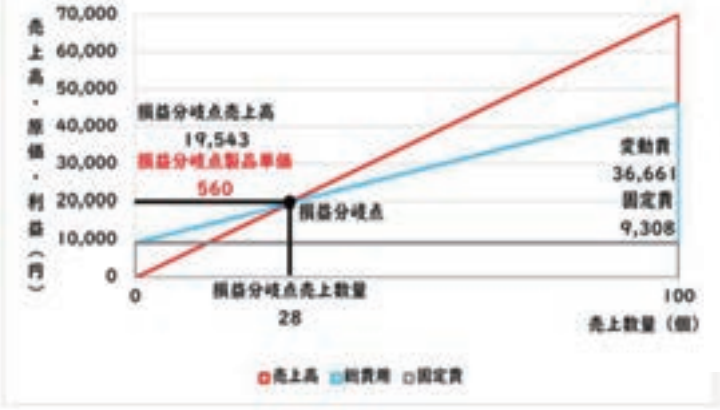


図５：藍姫チヂミの損益分岐点図表

Ⅰ	材料費	32,478
Ⅱ	労務費	16,415
Ⅲ	経費	7,107
	当期製造費用	56,000
	月初仕掛品棚卸高	0
	合計	56,000
	月末仕掛品棚卸高	0
	当期製造原価	56,000

図６：藍姫チヂミの製造原価報告書（円）
（100 個製造した場合）

３－３　Place（どこで販売するのか）

「防災への備えが十分ではない」「防災の備えが分からない」人々に対して、防災・減災意識の向上を図るために、店舗やイベントの際にその都度、商品を仕入れる「対面販売」に拘ることにしました。藍姫チヂミを購入したお客様が、そのコンセプトや私たちの活動を理解し、味に満足してくれれば、顧客満足が高まり、次も藍姫チヂミを購入する「リピーター」や「ファン」になってくれると考えました。

３－４　Promotion（啓発・広報活動）

気候災害を減らす、啓発活動では、災害用備蓄食品を備蓄すること、環境保全の大切さを実感するように、兵庫県立こどもの館で環境教育出前授業 [写真7)] を実施しました。広報活動では、姫路市大手前公園で藍姫チヂミを開発した企業様とコラボ、200 食の温かい藍姫チヂミを提供 [写真8)] するとともに、本校のＨＰでの情報発信に加えて新聞 [写真9)] に掲載、テレビ放送 [写真10)] もされるようにもなりました。

写真７：環境教育出前授業をしている様子

写真８：藍姫チヂミを提供している様子

写真９：毎日小学生新聞 令和７年９月５日（金）付け

写真 10：リブラブひょうご 令和７年 10 月２日（木）放送

4　まとめ

現在の課題は、サービタイゼーションの考え方を取り入れ、防災や減災、瀬戸内の環境改善などのメッセージをコンテンツと捉えて、藍姫チヂミや私たちが以前に開発した災害用備蓄食品のパンの缶詰「ふわ姫パン」に加えて提供する方法を考えることです。このことは、高校生の防災の取組の差別化に繋がると考えています。

また、今回の研究で取り組んだ PPDAC サイクルについて、私たち自身でデータの収集を行い統計的な分析手法を使って活用したいと考えています。

その他、今年度は水中ドローンを活用して、海洋調査の実施をするとともに、礒焼け問題の原因となる藍子を食材とした災害用備蓄食品「藍姫チヂミ」の商品開発を行うことができました。今後は藍姫チヂミを活用して、防災や減災をどのように伝えていくか、播磨灘へ継続的に栄養塩の供給をすることが可能となると考えています。

また、防災や減災については、兵庫県の各地域での販売活動やプロモーション活動、姫路市の小学生などへの出前授業などを通じて、多くの方々に防災や減災を考えるきっかけづくりに取り組んでいきます。さらに、株式会社一生の北条氏との連携を継続して、藍姫チヂミの流通について DX 対応のスマート販売機やキッチンカーによる炊き出し支援などの取組を含めて考えていきます。

これらの取組に加え、播磨灘の富栄養化にも取り組むために環境配慮型肥料の開発、藻場再生に向けて Co2 削減効果を資金として売買することができる「ブルーカーボンクレジット化」を実現できるように、文献調査や先行事例の研究を進めて取り組むことを考えています。

謝　辞

貴財団による科学教育振興助成を賜り、私どもの「ひょうごに住む私たちの地域創生～阪神・淡路大震災から 30 年 災害用備蓄食品の取組～」プロジェクトを無事に実施することができました。これもひとえに、貴財団の温かいご支援の賜物と、関係者一同、心より感謝申し上げます。

本プロジェクトでは、兵庫県播磨灘における「海がきれいになりすぎた」という環境問題（貧栄養化）に着目し、漁獲量が減少しているいかなごの現状や、藻場を食害するアイゴの駆除といった地域課題の解決を目指しました。さらに、水中ドローンを活用した海洋調査やフィールドワークを通じて現状を分析し、駆除したアイゴや規格外野菜、米粉を使用した災害用備蓄食品「藍姫チヂミ」を開発しました 。この活動は、地域メディアにも取り上げられるなど、防災・減災意識の向上と環境保全の重要性を啓発する大きな一歩となりました。

貴財団の助成は、高校生である私たちが自ら課題を発見し、解決策を企画・実践するという一連の PPDAC サイクル（計画・実行・データ収集・分析・結論）を経験する上で、極めて重要な役割だったと考えています。この貴重な経験は、将来、科学技術分野で活躍するための論理的思考力や創造性を育む上で、かけがえのない財産となりました。本当にありがとうございました。

参考文献

図１：漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省）,https://www.maff.go.jp/j/ tokei/ kekka_gaiyou/ gyogyou_seisan/gyogyou_yous
※上記出典「漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省）」を加工して作成.

図２・３：国土地理院ウェブサイト「地理院地図（電子国土 WEB）」,https://maps.gsi.go.jp/#16/ 34.765360/134.726222/&base=ort&ls=ort&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m.
※上記出典「地理院地図（電子国土 WEB）：地図の種類（写真）」を加工して作成.

資料１：経済産業省「2024 年企業活動基本調査確報（2023 年度実績）」2025 年 6 月 27 日, https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?tclass=000001229285&cycle=0(2026.1.5 閲覧).

以上

スポーツテックを題材とするプログラミング教育の実施

－ AI 動作解析を通した新たな試み －

実施担当者　米子工業高等専門学校
教授　田中　博美

1　はじめに

近年、教育現場で盛んに行われている課題研究は、興味や知識が断片的・限定的である中高生が行っており“当事者意識”が高まらない原因となっている。そのため、中高生が自分事として解決側に立てるような仕組み作りが必要である[1)]。

本取り組みでは、スポーツ×AI プログラミングを通して“学生・生徒の興味に沿った実践的な学び”と“AI・プログラミング教育”を掛け合わせたワクワク一杯の新たなプログラミング教育の実現を目的とする。特に今年度はスポーツ(短距離走)×AI 動作解析×プログラミング教育に先駆けたデータ計測や AI 基礎技術の習得に取り組む。そして、スポーツテックを題材として AI 技術を主体的に学ぶ機会を生徒達に提供する。

2　活動内容

2－1　授業内容

本取り組みでは、中高生が自分事として捉えやすい“部活動（スポーツ）”にスポットを当て、スポーツテック駆動型のプログラミング教育を実現する。具体的な取り組みは以下の通りである。

①　高専 1～3 年生に対して、一流の指導者・競技者（陸上スプリント）を外部講師として招き、スポーツ×AI 動作解析×プログラミングの AI 技術習得に先立った導入教育を行う。

図 1 支持期のカット編集

② ①の内容を踏まえ、スポーツ（今回は短距離走）を対象としてスポーツ×AI 動作解析×プログラミング体験する。本制作を通して“AI と情報技術を実践的に使いこなす能力”を身に付けさせる。

また、コーチング AI の解析を行う手順を以下に示す。

(1) 動画撮影

スマートフォンで選手の 50m 走の動画を撮影し、支持期と呼ばれる片足が地面に接地してから離地するまでのシーンをカット編集で抜き出す(図 1)。

(2) AI 姿勢推定

撮影した映像から、Python のライブラリである MMPose を用いて選手の姿勢推定を行う。MMPose とは Pytorch ベースの姿勢推定オープンソースツールキットである[2)]。

データセットは COCO Whole-body[3)]という全身の 133 点を取得することができるものを使用した。以下に今回使用したモデルのキーポイント対応に関する図 2 に示す。また、姿勢推定手法には、HRNet というアーキテクチャを利用した。HRNet とは Microsoft Asia Research が提案した COCO データセットにおけるキーポイント検出タスクにおいて最も精度のよいモデルである[4)]。図 3 にアーキテクチャの概要を示す。

(3) パラメータ計算

解析した姿勢から、選手の疾走能力に相関のあるパラメータを算出する。相関のあるパラメータは、西村らによる“一般男子高校生の短距離疾走能力に応じた技術的課題の検討”[5)]を参考にした(図 4)。

(4) フィードバック

算出したパラメータを指導者に見てもらい、課題点を挙げてもらう。また、課題解決の優先順位の高いものから順に改善していくように最適な練習を提案してもらう。また、ドメイン特化型 LLM を作成し、指導者不在でも助言フィードバックされるアプリを開発する。

２－２　授業実施

本物の指導者・アスリートの現場の声を聞きながら、実用的なプログラミング開発の機会を学生に提供することで、感性豊かな年代に刺激を与え、

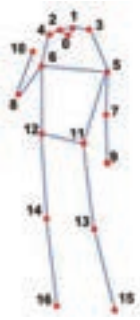


図 2　AI ライブラリーMMPose による骨格検出

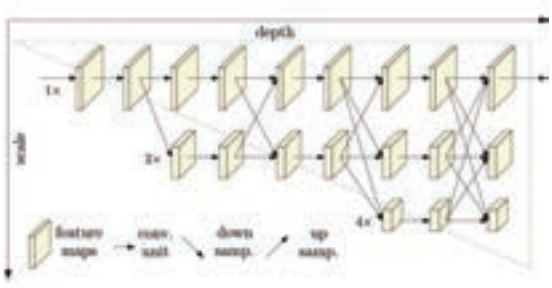


図 3 HRNet アーキテクチャの概要[4)]

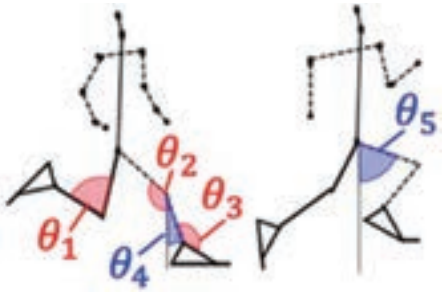


図 4 算出するパラメータ

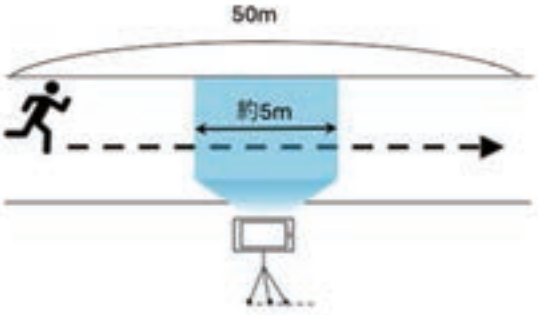


図 5 今回実施したデータ計測の実験概要図

情報教育への興味を高める取り組みを行った。具体的には「著名な陸上指導者（民内利昭先生）」「トップアスリート（三好美羽さん）」と交流する機会を対面およびオンラインで実現した。また、AI 物体検出・制御の専門家による先端 AI 技術の指導も受け、高専生の AI スキルの向上を行った。

三好さんには動きのデータ計測をさせてもらうために、スマートフォンによる疾走動画の撮影(図 5)および計測機器をシューズに取り付けた測定も行った(図 6)。また、トップアスリートの走り方に関する知見や最新の研究結果を民内先生より解説して頂き、短距離走に関する知見を第一線の先生から学ぶ機会を設けた。

図 6 トップアスリートに協力を依頼して、AI 解析の実践教育に用いる測定データを取得

図 7　専門家から学生達が AI の先端技術を学んでいる様子

これらの取り組みにより一流 × 教育現場の環境を提供し、研究者のように創造する“ワクワク一杯のプログラミング”が実現できたと考えている。本導入授業は、まずは米子高専の 3 年生 40 人に対して実施した。トップアスリートの測定データを取得する体験の後、AI 技術者から導入講義および演習を行った（図 7）。そして基礎技術を習得した後、トップアスリートの取得動画に対して実際に AI 解析を行ってもらった。図 8 が実際の解析結果であり、疾走する選手の骨格検出に成功していることが分かる。また、図には示していないが計測機器を用いてアスリートの各部位の動きを計測した結果をまとめた。その結果、時間軸に対して各パラメータが取得できていることが分かった。

取得したパラメータを用いて、米子高専の学生がメンターとなり地域の中学生とも協働で AI 解析プログラミングを制作中である。

また学生達が非常に楽しそうに授業に参加する様子から、本取組の狙いである“ワクワクいっぱいの学び”が実現できていることも実感した。特に、高専の低学年や中学生の内からスポーツと科学の理解につながる創造教育を実施することで、理系科目に対する関心や専門知識・技術の必要性を肌で感じることができる。また、このような身の回りの事柄と先端技術が繋がる経験は教科学習への意欲を高めるシナジー効果も期待できる。

以上のことから、スポーツテックを駆動力とするプログラミングの授業を通して、学生や生徒の“学びに対する高い意欲”を高めることができる興味深い創造教育を提案できたと考えている。

Society5.0 時代においては“IoT や AI などの情報技術をフル活用し、新たな価値を生み出すことで課題解決していく能力”を持った人材が求められている。一方で、情報系を含む理系の人材不足は深刻な社会問題となっている。そこで本取り組みを通して、スポーツテックと“プログラミング教育”を掛け合わせた新たな STEAM 教材を実現する。これにより“学ぶ楽しさ”を再認識してもらうことができると考えている。合わせて、教科学習の意欲向上にも繋がるシナジー効果が期待できる。また、プログラミングの応用先に対する視野が広がったこと、理工系分野への興味・関心を持つ生徒が増えると期待される。

図 8　選手のキーポイント検出の例

3　まとめ

Society5.0 時代においては“IoT や AI などの情報技術をフル活用し、新たな価値を生み出すことで課題解決していく能力”を持った人材が求められている。一方で、情報系を含む理系の人材不足は深刻な社会問題となっている。そこで本取り組みを通して、スポーツテックと“プログラミング教育”を掛け合わせた新たな STEAM 教材および授業の実現を目指した。特に、陸上短距離走×AI プログラミングを通して“学生・生徒の興味に沿った実践的な学び”と“AI・プログラミング教育”を掛け合わせた魂の通った新たなプログラミング教育の実現に取り組んだ。

その結果、本授業を通して「教科学習・協働学習への意欲の高まり（90%以上）」「プログラミングへの関心の高まり（95%以上）」が確認された。従って、スポーツテック駆動の新たなプログラミング教育の導入が、学習意欲や協働作業の意欲を改善させる効果があることが明らかとなった。本取り組みを通して、自分事としての“スポーツテック”と“プログラミング教育”を掛け合わせた新たな STEAM 教育の一例を示すことができたと考えている。

謝　辞

本取り組みは、公益財団法人中谷財団　科学教育振興助成により実施することができました。多大なる御支援に心から感謝申し上げます。

参考文献

1) 水本可菜恵・神野賢治：富山大学教育学部紀要　第一巻　第二号, pp53-70.(2023)
2) OpenMMLab, “MMPose Documentation: Demos,” Available: https://mmpose.readthedocs.io/en/latest/demos.html (accessed Mar. 30, 2026).
3) OpenMMLab, “COCO WholeBody Dataset,” Available: https://mmpose.readthedocs.io/en/latest/dataset_zoo/2d_wholebody_keypoint.html (accessed Mar. 30, 2026).
4) K. Sun, B. Xiao, D. Liu, and J. Wang, “Deep High-Resolution Representation Learning for Human Pose Estimation,” arXiv preprint arXiv:1902.09212, 2019.
5) 西村三郎，宮崎明世，小林育斗，岡出美則，「一般男子高校生の短距離疾走能力に応じた技術的課題の検討：中間疾走の疾走動作の比較から」，スポーツ教育学研究，Vol. 36，No. 2，pp. 1-14，2016.

青い鳥ブッポウソウの生態調査と保護活動を通じて

環境教育の推進と 未来の地域を支える人材育成

実施担当者
岡山県立高梁城南高等学校
指導教諭　光石正和

1　はじめに

ブッポウソウ（野鳥）は，絶滅危惧ＩＢ類（EN）に選定される貴重な夏鳥である。高梁野鳥の会が 1990 年頃から巣箱を用いた地道な保護活動を継続した結果，現在では 100 羽以上が高梁市宇治地区に飛来し、繁殖を行っている。しかしながら，高梁市内におけるブッポウソウの知名度は依然として低く，地域の子どもたちの観察経験者はごく一部に留まっている。本プロジェクトは，生徒が地域の自然環境に目を向け，希少種の生態調査および保護活動を行うことを通して，自然を尊重する意識、興味・関心，そして課題解決型思考力を高めることを目的とする。この実践報告は，地域資源を活用した環境教育が，生徒の探究心と地域貢献意識にいかなる効果をもたらしたかを検証するものである。

2．研究概要と活動主体

2.1. 活動の主体と目的

本活動は，ブッポウソウを核として「自然と人，地域と人をつなぐ」ことを目的に，森林科学の授業と有志の生徒チームによって活動した。ブッポウソウは 4 月末から 5 月はじめに東南アジアのカリマンタン島から高梁市に飛来し繁殖行動を経て，8 月末から 9 月初旬に再びカリマンタン島へ渡去する。生徒チームは，この限られた飛来期間に合わせて調査支援や広報活動を実施した。
今年度の目標は，ブッポウソウの生態を理解すること，そして地域の小・中学校，野鳥の会といった多様な関係者と協力し，地域を巻き込んだ新たな保護活動の仕組みを構築することにある。

3．実践内容と経過報告

3.1. 専門家による知識習得

活動は 5 月から実施した。高梁野鳥の会より黒田聖子氏を講師として招聘し，ブッポウソウの生態と保護活動の重要性に関する講義を実施した。生徒は，講師への依頼文作成や当日の司会進行などを自ら担当した。専門家との協働を通して，生徒は自然保護活動の現場における努力と責任の重さを実感した。

3. 2. 現場での生態調査と観察

6 月には，高梁市野鳥の会と協力して標識調査と行動観察を実施した。この調査には高梁中学校の生徒も参加し，ブッポウソウの飛行経路や生息範囲を把握する調査補助を担当した。さらに，巣箱に設置したカメラのモニター映像を活用し，雌雄の抱卵や給餌行動の違いの比較を行った。現場での活動を通じて，生徒は観察データを客観的かつ科学的に捉えることの重要性を認識した。

写真１ブッポウソウの調査①　写真２ブッポウソウの調査②　写真３モニターでの観察

3.3. 地域連携による観察会と広報

7 月には，巣箱が設置されている高梁市立宇治高校の校舎を会場に，市内の小学生を招いた観察会と情報交流会を実施した。生徒が，企画から運営までを主導しブッポウソウの行動を観察しながら，その生態や特徴を子どもたちに解説した。参加した児童からは前向きな意見が得られ，本活動の地域連携に寄与していることが示された。

写真４　合同観察会　写真５　野鳥の説明　写真６　雛鳥の様子①　写真７　雛鳥の様子②

４.広報活動の展開と評価

ブッポウソウが高梁市に飛来しない時期(8 月末～翌 4 月)における継続的な広報活動の展開は，地域の認知度向上を図る上で重要な課題である。文化祭において，これまでの活動成果を紹介，レポートの展示をし来場した地域住民や校外の参加者を対象に意識調査を行った。（有効回答数 36 件）

調査の結果，来場者のうちブッポウソウを「初めて知った」が 61.1%、「絶滅危惧種だと知っていた」が 16.7%となり認知度の低さが確認された。展示後には、ブッポウソウについての理解が「とても深まった」「少し深まった」が 97.2%に達し，保護活動への興味についても「とても持った」「少し持った」が 97.0%となった。この結果から，生徒による主体的な展示活動がブッポウソウが不在の時期においても，地域の認知度向上と環境保護への関心を喚起する上で極めて有効であることが示された。

５.教育的効果の考察

本プロジェクトの教育的効果を検証するため，参加した生徒を対象に，8 項目からなる意識調査（5 段階評価）を実施した

【5 段階評価】
5：非常にそう思う　4：ややそう思う 3：どちらでもない　2：あまりそう思わない
1：全くそう思わない

表１　ブッポウソウ保護活動による生徒の変容評価（5 段階評価の平均値）

質　問　項　目	評価
地域環境への関心が高まったか	4.5
絶滅危惧種の知識・認識が深まったか	4.5
科学的に物事を捉えることの重要性を感じたか	3.0
課題解決に向けた探究心が養われたか	3.6
チームや地域の方との協力に楽しさや意義を感じたか	4.2
他者との意見交換を通じてコミュニケーション能力が向上したか	4.0
地域の自然保護に貢献していると感じるか	5.0
今後も自然保護活動に関わりたいと思うか	4.6

地域貢献の実感（5.0）が満点であり，活動への継続意向（4.6）も高い数値がでている。これは，絶滅危惧種の保護という地域に根ざした活動が，生徒の社会参加意識と強い達成感を与える点で非常に有効であったと考える。協働の楽しさ（4.2）やコミュニケーション能力（4.0）も一定水準にある。 一方，科学的思考力（3.0）、探究心（3.6）となっている。この結果は、「地域に貢献したい」という高い意識とは裏腹に，その活動を通じて「科学的な知識や思考力が身についた」という実感が得られていないことを示している。これは，観察データの収集や分析といった探究プロセスが，単なる作業に終始し生徒自身による深い考察や議論に繋がらなかった考察する。

上の写真はコンテストに参加した写真である。生徒はブッポウソウの保護を軸とした具体的な活動内容について、自らの言葉で発表を行った。この発表に向けた準備、および当日の登壇という一連のプロセスを通じて、生徒は地域環境の現状を深く理解した。その結果、ブッポウソウという象徴的な存在を介して、受け身ではない、自主的かつ積極的な環境保全活動を自らの意思で実施・継続する能力を身に付けるに至った。

こうした経験は、単なる知識の習得に留まらず、地球規模の課題を自分事として捉え、行動に移す姿勢を養うものである。本活動を通じて、将来の環境を主体的に守り、持続可能な社会を力強く担っていく次世代の人材育成を実現することができた。

6.まとめ

本年度のブッポウソウ保護活動は、生徒が希少野生動物の保護という具体的な課題に直面することで、環境保全に対する当事者意識や地域貢献への意欲を劇的に向上させるなど、多大な教育的成果を収めた。しかしながら、活動を通じて得られたデータの分析や、仮説検証に基づいた論理的な考察といったの面においては、科学的思考力および探究心の育成という中核的な課題を残す結果となった。生徒は活動の意義を感性としては深く理解したものの、エビデンスに基づき結論を導き出す研究サイクルを確立するまでには至っていない。

これらの教育的課題を真摯に受け止め、次年度はフィールドワークでの気づきを科学的な問いへと発展させる指導体制を強化する方針である。具体的には、ICT を活用したデータ集計の導入や専門家との対話を通じ、生徒一人ひとりが「問い・仮説・検証・考察」のプロセスを自覚的に実践できる仕組みを構築し、研究の質をさらなる高みへと引き上げていきたい。

謝　辞

本プロジェクトの遂行にあたり、活動の基盤を支えてくださった公益財団法人中谷財団様、専門的な知見から多大なるご指導を賜りました高梁野鳥の会の皆様、そして地域での連携にご尽力いただきました高梁市立川面小学校、高梁市立高梁中学校、高梁市立宇治高等学校の関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

未利用資源を用いた地域活性化に関する研究

～白壁の街の新特産品をツムグ～

実施担当者　岡山県立高松農業高等校
教諭　髙木　一広
指導教諭　藤井　　徹
岡山県立倉敷商業高等学校
指導教諭　大石智佳子
教諭　西山　幸江

１　はじめに

岡山県にある倉敷市真備町は竹および筍の産地として有名であるが、竹は成長スピードが早く竹林の管理には間伐作業が必要不可欠で、竹の繁茂は耕地の浸食や森林の多様性低下、土砂災害リスクの上昇を伴う。間伐竹材は竹炭や家具、竹細工の原料などとして利用されるが、活用方法の開発は地域全体の課題となっている。そこで、農業で地域課題解決を目指す高松農業高校と商業の力で地元を盛り上げたい倉敷商業高校、真備町で竹に関する事業を運営する株式会社Ｂｏｕｎｃｅ Ｂａｃｋの三者で協働し、竹材を用いた高品質で高付加価値な農畜産物の生産および関連商品を用いた地域活性化に向けて本研究を実施した。

２　竹の活用方法の開発

２－１　竹の農業利用

伐採した竹を粉末化し乳酸発酵させた竹粉末は、作物の枝葉や根域の生育促進効果があると言われている。しかし、肥料成分が僅少な竹粉末を用いた栽培はその効果の不透明性から現在のところ普及していない。そこで、本実験で作物に対する竹粉末施用の効果を明らかにしたいと考え、果菜類のトマトやピーマン、永年性作物であるブドウに対して竹粉末施用を実施した。

図１：竹粉末施用の様子

土壌への竹粉末混和処理は果菜類については定植の１週間前、ブドウについては萌芽期に実施し、試験区と無施用の対照区で生育を比較した。竹粉末は１ａ当たり５ｋｇを基準に施用し（図１）、生育中の植物体の変化および果実品質について調査を行った。ブドウの実験においては、竹粉末施用による着色向上効果を見込んで近年県内で利用が進んでいるＡＢＡ製剤との着色程度の比較を実施し、ＡＢＡ処理と竹粉末施用を組み合わせた場合の生育についても調査を行った。

実験の結果、トマトおよびピーマンにおいては試験区で植物体上部・下部ともに生育が優れ、トマトについては果実重が有意に上昇した。ブドウの実験では、新梢の生育に大きな差はなかったが試験区でやや生育が優勢となり、有意に着色が優れ、糖度の上昇効果も認められた。また、果菜類・果樹どちらの圃場においても試験区で高い雑草抑制効果が見られた。

野菜の実験においては、植物の生育が優れたことから、竹パウダーの持つ生育促進効果を実証することができた。竹パウダーはC／N比が高く炭素やミネラルが多く含まれることから、窒素飢餓に注意する必要はあるものの、土壌中の微生物が活性化する効果があると考えられ、その効果によって土壌が団粒化し、通気性・排水性・保水性など土の物理的な性質が対照区と比較して優れたことから植物体上部および根域の生育が良くなったことが考えられた。

果樹の実験では竹パウダー施用による高い着色および糖度向上効果（図２および図３）が見られ、樹勢も旺盛な傾向にあったことから、竹パウダーにはブドウの生育を促進し、果実品質を向上させる効果があると考えられる。これらの効能の源は、竹に含まれる乳酸菌や多種の植物ホルモンの作用によるものだと考えられた。しかしながら、その効果が何によるものかについては今年度の実験では特定できておらず、着色が対照区と比較して進んでいながらも依然としてブドウは着色が出荷基準に満たない「赤熟れ」の状態であることは否めないため、さらに研究を進めていく必要がある。

野菜の実験においても果樹の実験においても共通して高い雑草抑制効果が見られたが、これは竹の持つアレロパシー作用によるものだと考えられた。生育の促進とともに強い雑草抑制効果を持つ資材は貴重な資源だと考えられるため、今後の試験で竹パウダー混和後の土壌の物理性や生物性を確かめることで資材としての有用性を検証することができると感じている。

これらの研究成果は、９月に福岡県で行われた日本植物学会の高校生ポスター発表（図４）にて発表を行った他、岡山県主催の高校生「夢育」ＰＢＬフォーラム、倉敷地域若い農業者のつどいなどで発表し、今後の研究発展に向けて多くの貴重なご意見をいただくことができた。

図２：ブドウの着色比較（試験区・対照区）

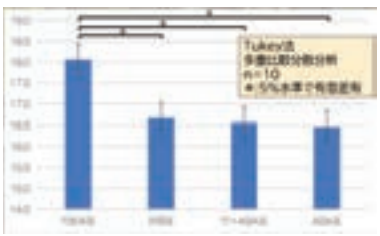


図３：各試験区の糖度

図４：発表の様子

２－２　竹の畜産利用

現在の日本の養鶏は飼料のほとんどを輸入に頼っており、自給率は１３％程度にとどまっている。飼料費は経費の約５０％を占め、飼料負担軽減は喫緊の課題となっている。また、養鶏業界は飼料の負担だけでなく動物愛護の面からも強い風当たりに悩まされている。そこで、竹の持つ性質や機能性を用いてこれらの問題を解決することができないかと考え、竹粉末の発酵処理による飼料化および換羽用飼料としての利用、敷料としての利用に関して実験を実施した。

まず、竹の発酵処理による飼料化の実験については、チッパーシュレッダーで破砕した生竹をハンマークラッシャーでさらに微細に粉砕した。粉砕後の生竹チップを顕微鏡で観察したところ、鋭利な繊維が確認できた。この状態で給与した場合は鶏の食道や消化管を傷つけるおそれがあったため、ふすまや米ぬか、水を加えて嫌気発酵処理を行った。処理後の温度とｐＨの変化を観察したところ、処理開始１週目には温度の上昇が確認でき、２週目以降は温度、ｐＨともに安定した。１か月処理を行い、開封したところ甘い芳香が認められ、乳酸発酵が行われていることが確認できた。そして、再度顕微鏡で観察を行ったところ、鋭利な角が軟化し、ふやけていることが確認できた（図５）ため、２９８日齢のボリスブラウン種を用いて嗜好試験および給与試験を実施した。嗜好試験では通常飼料と比較すると摂取率は劣るものの、発酵処理を行うことで嗜好性は向上することが分かった。給与試験の結果、飼料摂取量や体重に大きな変化はなく、卵重や産卵率、

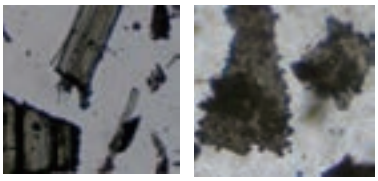


図５：竹繊維の変化

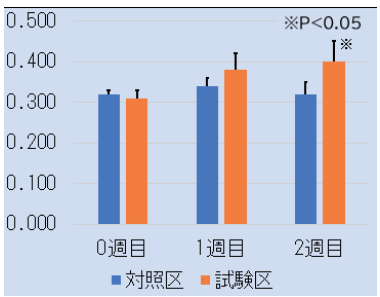


図６：卵黄係数の変化

ハウユニットにも差は認められなかった。しかしながら、卵黄係数は有意に増加し（図６）、竹粉末を給与した採卵鶏からは高品質卵が産み出されることが分かった。

次に、通常は絶食を伴う強制換羽処理を、飼料を発酵竹飼料に置き換えることで同様の効果が得られないかと考え、実験を実施した。強制換羽処理とは、絶食により低下した産卵率を向上させる処理である。実験には５６０日齢のボリスブラウン種を供試し、通常飼料給与と絶食、発酵竹給与による産卵率の違いを検討した。実験の結果、発酵竹には強制換羽と同様の効果があることが明らかとなった（図７）。

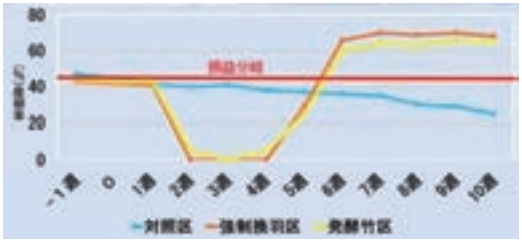


図７：産卵率の変化

敷料としての検討では、粉砕後の竹をペレタイザーでペレット化することで吸水性や保水性が向上するとともに、竹の持つ抗菌効果によって衛生的な敷料となるのではないかと考え、実験を実施した。今回は猫砂として利用し、生菌数を調査した。実験では、最初は竹の匂いを少し気にする様子が見られたものの、問題なくトイレとして利用することが分かった。市販の猫砂と比較すると少し軟らかかったものの、使用後も竹の匂いが感じられ、悪臭はなかった。猫砂を蒸留水に懸濁し、得られた液体を一般生菌用寒天培地に適下後３５℃条件で２４時間培養したところ、市販の猫砂と比較してコロニー数が少なくなり（表１）、竹ペレット猫砂の高い抗菌効果が明らかとなった。これらの研究成果は愛知県で行われた日本動物学会や熊本県で行われたバイオ甲子園２０２５で発表し、バイオ甲子園では特別賞を受賞した。

表１：コロニー数の比較

コロニー	市販猫砂	竹ペレット猫砂
小	1288.5 ± 321.3	1366 ± 114.9
中	68.5 ± 2.1	75.5 ± 45.6
大	11.0 ± 1.7	0.0 ± 0.0

３　竹を用いた商品開発

これまでの研究から、竹を用いることで高品質な農畜産物が生産できることが確認できた。そこで、それらの材料を用いた商品開発に関するワークショップを実施することとした。ワークショップは高松農業高校、共同実施校である倉敷商業高校の生徒に加えて株式会社Ｂｏｕｎｃｅ　Ｂａｃｋにも参加してもらい、使用できる材料やコンセプトの確認を行ったうえで具体的な商品案について検討を行った。

まずは竹材の利用について知るために真備町の竹林および竹加工品を作成する工房の見学および竹に関する講演会を行った。活動を通して竹の持つ利便性や加工性の高さを両校の生徒が知る機会となり、今後の取組に向けて意欲を高めることができた。

その後はワークショップを４回実施し、倉敷商業高校は先行して竹炭入り飲料「かぐやスカッシュ」の開発・販売を行った。竹炭は無味無臭で、天然のミネラル成分を多く含むため、デトックス効果などが期待できることに着目し、飲みやすい竹炭入り飲料の開発に取り組んだ。開発した商品は、倉敷市にある倉敷アイビースクエアのクリスマスマーケットにおいて販売を実施し、地元の方だけでなく観光で訪れている外国人の方にも好評をいただいた。

図８：真備町の竹林見学

図９：ワークショップの様子

図１０：販売の様子

そして、高松農業高校では倉敷美観地区の象徴的な白色と黒色をモチーフとした商品開発を目指し、竹を給与した鶏が産んだ卵を使ったプリンの試作を行った。外観が白い白色レグホーン種と外観が真っ黒である黒鶏、そして竹炭を用いて白と黒の対比ができるものである。その他にも、岡山県の特産であるブドウを使った商品についても、倉敷美観地区のカフェ等との連携も視野に入れながら来年度の商品化および販売イベントの実施に向けて現在も２校で協働して研究を進めている。

４　まとめおよび今後の展望

図１１：口頭発表の様子

放置竹林を身近な地域の課題として捉えて開始した本研究であるが、近年では全国的に放置竹林が問題となっている。そのため、地域の枠を超えた非常にやりがいのある研究としてそれぞれの学校で生徒が主体的に活動に取り組み、異なる専門科の学びを互いが尊重しながら活動することで生徒の成長が大きく感じられた一年であった。

今後は、竹の農業利用においては施用時の根圏の微生物、アレロパシー、植物ホルモンなどの解析を行うことで生育促進効果のメカニズム解析を目指したい。様々な品目に対して複数年かけて施用することで土壌および作物の生育にどのような影響があるかについてもネガティブな面も含めて広く検証を行っていき、竹資材の農業における有用性をさらに広めていきたい。

竹の畜産利用については、換羽用飼料の開発と、敷料としての利用についてさらに研究を進めていきたいと考えている。強制換羽は動物愛護の観点から敬遠される傾向にあるが、その場合には産卵率の低下した産卵鶏の廃棄はやむを得なくなり、さらに別の環境問題が発生することとなる。強制換羽と同様の効果が飼料を代替するのみで可能となるのであれば、これは大きな技術革新になる。

来年度にはさらなる成果を目指して実験を続けるとともに、商品開発に向けた動きを本格化し、これまでの研究で得た知見を地域にフィードバックする活動に意欲的に取り組みたい。さらなる地域の活性化を目指して今後も研究に前向きに取り組む所存である。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団の科学教育振興【複数校連携】助成を受けて実施した。多大なるご支援をいただいた同財団および本研究に携わっていただいた全ての方にこの場を借りて深謝の意を表する。

参考文献

1)高校教科書 農業と環境 [教番:農業 701],実教出版
2)高校教科書　果樹[教番:農業 717],実教出版
3)高校教科書 畜産[教番:農業 718],実教出版
4)内村悦三 編著,現代に生かす竹資源,創森社（2009）
5)奥村純市,藤原昇 編著, 家禽学,朝倉書店（2000）
6)高木伸一 著,たまご大事典[三訂版] ,工学社（2023）
7)農山漁村文化協会 編,畜産環境対策大事典（2004）
8)石橋晃 著,動物飼養学, 養賢堂（2011）
9)小野寺良次 著,家畜栄養学,（1989）
10)石橋晃 監修,新編 動物栄養試験法, 養賢堂（2001）
11)中原浩貴,藤堂麻依,松添直隆,農業生産技術管理学会誌,竹粉施用によるトマトの生育・収穫物への影響とナス科作物の土壌伝染性病害に対する防除効果（2019）
12)農林水産省ホームページ, https://www.maff.go.jp/
13)林野庁ホームページ, https://www.rinya.maff.go.jp/
14)株式会社バウンスバックホームページ, https://www.bounce-b.com/

宇和島水産高等学校と岩松小学校をつなぐ岩松川流域学習

－ 岩松川水系におけるシンボルフィッシュを中心とした保全活動 －

実施担当者　愛媛県立宇和島水産高等学校
実習助手　水野　晃秀

1　はじめに

愛媛県立宇和島水産高等学校（以下、水高生と略記）と宇和島市立岩松小学校の学校間連携プログラム『岩松川流域学習』を実施した。主な目的として、岩松川水系及び同地区における生き物の現状を理解させるとともに郷土愛を育む活動を実践している。また、将来的には岩松川水系に分布する希少な魚類をシンボルフィッシュとして保全につなげていくことを目標とした。

2　授業実践の実際

2－1　「岩松川流域学習」の活動内容

今年度実施した活動内容について紹介する。以下、実施月日、学年、科目、授業（活動）内容の順である。

（1）４月 30 日（水）：第３学年総合的な学習の時間「虫の育ち方−プールの中の生き物−」：水高生５名と一緒にプール開きの前に生き物探しを行った。また、活動初回であったため授業前に助成金で購入した子ども用ライフジャケットを贈呈した。

（2）７月７日（月）：第３・４学年総合的な学習の時間「生物多様性及び絶滅危惧種や外来種について」：愛媛県職員２名が講師となり、水高生５名も学習に参加した。

（3）７月 17 日（木）：第６学年理科「生物の暮らしと環境」：申請者が授業を実施

図１　津島町模型池の整備と採集された生き物（９月17日）

（4）９月 17 日（水）：第３学年総合的な学習の時間「岩松川のカニについて」：水高生５名もチームティーチング（T. T.）として参加し、津島町模型池の整備及び生き物調査を行った（図１）。

（5）９月 24 日（水）：第３・４学年総合的な学習の時間「岩松川の水質調査」：水高生６名も T. T. として参加し、児童たちは贈呈したライフジャケットを着用し水生生物による水質判定を行った。

（６）10 月 23 日（木）：第３学年総合的な学習の時間「校内の生き物探しについて」：水高生２名も T.T. として参加し、校内のカニ探しを行った。

（７）10 月 30 日（木）：第３学年総合的な学習の時間「校外の生き物探しについて」：水高生２名も T.T. として参加し、校外のミナミメダカ探しを行った（図２）。

（８）11 月 12 日（水）：第３学年総合的な学習の時間「岩松川のカニについて」：水高生５名も T.T. として参加し、津島町模型池にミナミメダカや植物を移植した。

図２　校外で生き物さがし（10月30日）

（９）１月 15 日（火）：第３学年総合的な学習の時間「シンボルフィッシュについて」：水高生２名も T.T. として参加し、岩松川水系でみられるシンボルフィッシュについて学習した。

（10）１月 29 日（木）：第３学年総合的な学習の時間「シロウオの飼育準備とクロベンケイガニの標識放流について」：水高生２名も T.T. として参加し、理科室でシロウオの飼育準備とクロベンケイガニの甲羅にポスターカラーで標識（背番号）を付けて「津島町模型池」に放流した。

（11）２月３日（火）：第３学年総合的な学習の時間「シロウオ漁の体験と観察について」：水高生２名も T.T. として参加し、岩松川でシロウオ漁の体験見学と漁獲されたシロウオの飼育を開始した（図３）。

図３　岩松川伝統漁のシロウオ漁を体験しているところ（２月３日）

（12）２月 19 日（木）：令和７年度岩松小学校学習発表会において第３学年生徒により「岩松川の生き物について」：今年度、学習してきた内容の総括を発表していた。

（13）２月 26 日（木）：第３学年総合的な学習の時間「シロウオ水槽の観察と津島町模型池の観察について」：水高生２名も T.T. として参加し、理科室で飼育しているシロウオの観察と１月 29 日に標識放流したクロベンケイガニのモニタリングを行った。

２－２　水高生の実践

７月 28 日から２日間、きたがわ河川調査の北川哲郎先生をお招きして、岩松川水系５カ所にて環境 DNA 調査に関する講義と現地調査を行い（図４-５）、同水系より 21 種の魚類の環境 DNA が検出された（表１）。

７月 29 日（火）と８月 26 日（火）の２回、同水系よりヒナイシドジョウ調査を行い、計 20 個体を採集したが現地で計測や写真撮影した後、現地に再放流した（図６）。なお、本調査は愛媛県知事「特定希少野生動植物捕獲等従事者証」の許可を得て実施した。

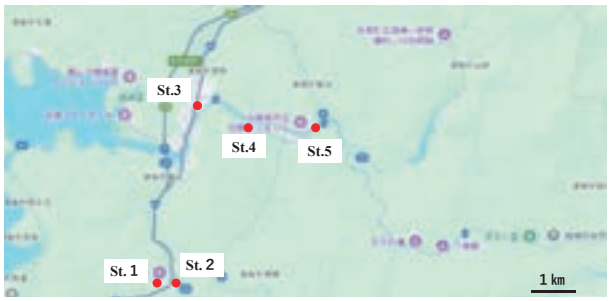


図４　調査地点（Google mapより作成）

表１　岩松川水系における環境DNA種リスト

No	種名	行動型	生活型	芳原川	保場川	遠近川	増穂川	岩松川	備考
				St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	
1	ニホンウナギ	底生	回遊/汽水	●	●	●	●	●	
2	コイ	遊泳	淡水	●		●	●	●	
3	アナ属	遊泳	淡水	○	○	○	○	○	
4	オイカワ	遊泳	淡水	●	●	●	●	●	
5	カワムツ	遊泳	淡水	●	●	●	●	●	
6	タカハヤ	遊泳	淡水		●			●	
7	ウグイ	遊泳	回遊/汽水					●	
8	タモロコ	遊泳	淡水	●	●	●	●	●	
9	ドジョウ	底生	淡水	●		●	●		
-	ドジョウ属	底生	淡水			○	○		ドジョウ/カラドジョウの可能性
10	ナマズ	底生	淡水	●	●	●	●	●	
11	アユ	遊泳	回遊/汽水		●	●		●	
12	ミナミメダカ	遊泳	淡水	●		●	●	●	
13	ドンコ	底生	淡水			●	●	●	
14	カワアナゴ	底生	回遊/汽水			●			
15	イドミミズハゼ	底生	回遊/汽水					●	
16	マハゼ	底生	回遊/汽水			●			
17	ボウズハゼ	底生	回遊/汽水	●	●	●	●	●	
18	チチブ属	底生	回遊/汽水			○		○	チチブ/ヌマチチブ/ナガノゴリの可能性
19	ゴクラクハゼ	底生	回遊/汽水	●	●	●	●	●	
20	ヨシノボリ属	底生	不明	○	○	○	○	○	ゴクラクハゼ、カワヨシノボリを除く
21	クキゴリ属	底生	回遊/汽水	○	○	○	○	○	スミウキゴリ/シマウキゴリの可能性
			確認種数	13	12	18	14	18	
			淡水魚 種数	8	6	9	9	9	
			回遊/汽水 種数	4	5	8	4	8	
			生活型不明 種数	1	1	1	1	1	

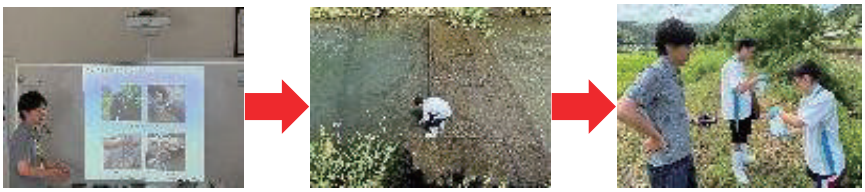


図５　きたがわ河川調査の北川哲郎先生よりレクチャーを受けているところ

図６　ヒナイシドジョウを対象とした現地調査と採集された個体

２－３　成果発表

本実践のうち、一般社団法人日本理科教育学会第 74 回中国支部大会（岡山大会）において、申請者らが「宇和島市立岩松小学校の校内の池に生息する生物-津島町模型池において-」という発表題で口頭発表した。また、12 月 20 日から 21 日までの間、東京工科大学蒲田キャンパスを会場において 2025 年度中谷財団科学教育振興助成成果発表会において実践してきた高校生がポスター発表を行った（図７）。

図７　中谷財団成果発表会にて
ポスター展示しているところ（12月21日）

３　まとめ

３－１　「岩松川流域学習」におけるまとめ

岩松川流域学習は、小学校第３学年の「総合的な学習の時間」を中心に実施した。学習目標として、岩松川水系または岩松地区に生息する生き物を中心に学習を進めていき、同地区におけるシンボル的な生き物を理解させることを目標とした。また、体験活動を多く取り入れるようにした。

今年度の取り組みを通じて、津島町模型池でのモニタリング活動や小学校内外の生き物探しなど学習プログラムとして実践可能と思われる活動や外部の協力により実施するシロウオ漁の体験活動について更なる検討をしていく必要がある。

３－２　「水高生の実践」におけるまとめ

水高生の実践として、岩松川水系における環境 DNA 調査では同水系から確認されている魚類の３分の１の種類を検出することができた（辻，2015）。また、ヒナイシドジョウの現地調査では夏季の２回しか実施できず、抱卵個体を確認することができなかったため（Simizu et al., 1998 ; 清水，2002）、本種の繁殖期が終わったものと推察された。

謝　辞

本活動は、公益財団法人中谷財団の助成を受けて実施することができました。心より厚くお礼申し上げます。また、共同実践校として御協力頂いた宇和島市立岩松小学校の村上嘉生校長、酒井愛奈教諭はじめ職員・児童の皆様、同小学校コミュニティー・スクール協力員の田村裕子様、光岡由希子様に対しお礼申し上げます。なお、本活動の試料には一部脊椎動物が含まれているため、動物に対する生命倫理および動物福祉に関して配慮した学習活動であることを附記する。

参考文献

辻　幸一．2015．愛媛県岩松川水系の魚類相．徳島県立博物館研究報告，（25）：1-24.

Shimizu, T., H. Sakai and N. Mizuno. 1998. Embryonic and larval development of a Japanese spinous loach, *Cobitis takatsuensis*. Ichthyol. Res., 45: 377–384.

清水孝昭．2002．愛媛県の 2 河川におけるイシドジョウの生活史．魚類学雑誌，49: 33–40.

以上

高専サイエンス支援ネットによる小・中学生向け講座

「知って・見て・触れて・考える」

～ 有明海や阿蘇・雲仙もテーマに入れて ～

実施担当者　有明工業高等専門学校
教授　竹内　伯夫

共同実施校　北九州工業高等専門学校
久留米工業高等専門学校
佐世保工業高等専門学校
大分工業高等専門学校
熊本高等専門学校
鹿児島工業高等専門学校
都城工業高等専門学校
沖縄工業高等専門学校

図１　ものづくり体験教室の際の集合写真

１　はじめに

１－１　高専サイエンス支援ネット

高専サイエンス支援ネット[1] は、日本の高等専門学校（高専）が中心となり、地域社会や学校、企業、自治体と連携しながら理数系教育の充実と科学技術人材の育成を目的として展開されている取り組みである。主に小中高校生を対象に、科学や技術への興味・関心を高めることを目的とし、高専の教員や学生が出前授業や実験・工作を伴う体験講座を実施しているほか、一般向けの公開講座やサイエンスイベントの開催、自由研究や各種科学コンテストへの助言・支援など、多岐にわたる活動を行っている [2]。

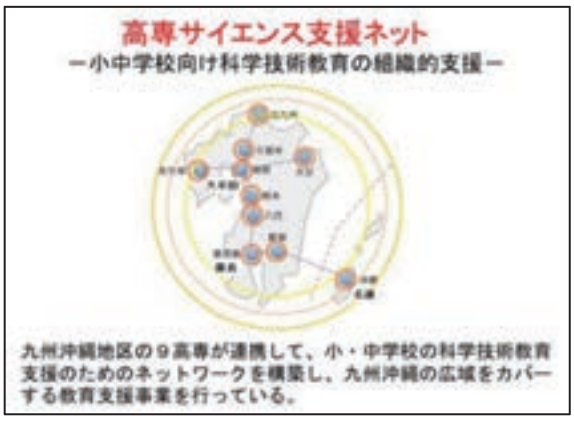


図２　サイエンス支援ネットのイメージ図

これらの活動の大きな特徴は、高専が有する専門的かつ実践的な教育資源を地域に開放している点にある。高専は、機械、電気、情報、化学、建築などの分野において高度な技術教育を行っており、その知見を活かしたプログラムは、単なる知識の伝達にとどまらず、ものづくりや課題解決型学習を通じて参加者の主体的な学びを促す内容となっている。また、高専生自身が講師やサポーターとして参加することで、年齢の近いロールモデルとして学習者に良い刺激を与え、進路選択への意識向上にもつながっている。

１－２　本取り組みの目的と目標

高専サイエンス支援ネットの取り組みとして、科学実験や工作を通して、原理を「知る」、現象を「見る」、装置や道具に「触れる」、どのようになるか「考える」要素を取り入れた公開講座を行う。小・中学生が主体性を持って参加できる場を提供することを目的とする。講座は周辺に大学や高専などの高等教育機関が無い地域でも開催し、実施・運営は高専教職員と高専１～３年生が行う。高専間で教材や運営方法の情報交換を行いながら実施内容を吟味し、SDGs の目標 No.4「質の高い教育をみんなに」の達成に貢献することを目標とする。

２　実施講座

２－１　実施方法

各講座を担当するスタッフは、例えばＡ高専～Ｆ高専の６高専が講座を出展し、各高専から教職員１名、学生スタッフが３名ずつ参加した場合、各講座のスタッフは図３のようにバラバラに振り分けて配置し、異なる所属の学生間で交流ができるように工夫する。各講座に学生リーダーを１名任命し、前日および当日の準備の際に各講座のリーダー学生が他のメンバーに実験方法などを教える時間を設けた。

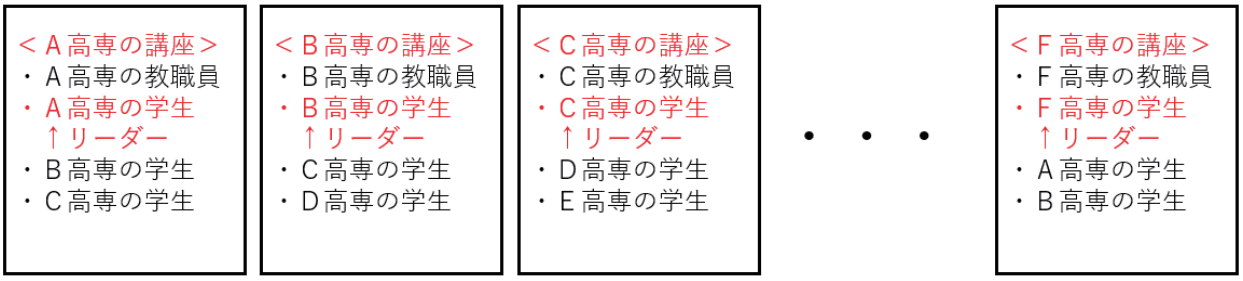


図３　講座を担当する学生スタッフの配置

２－２　有明高専ものづくり体験教室

有明高専ものづくり体験教室は、有明高専が主催する、主に小・中学生を対象とした体験型イベントであり、地域の子どもたちに科学や工学の楽しさを伝えることを目的として毎年実施されている。イベントは小・中学校の夏休み期間中などに開催され、1000 人規模の参加があるなど、地域に根ざした人気行事となっている。また、高専の学生が補助スタッフとして参加し、子どもたちに直接指導する点も特徴である。有明高専ものづくり体験教室は、科学・技術への興味関心の喚起、次世代の技術者育成、地域貢献・教育支援などを目的とした、高専ならではの実践的な教育イベントである。有明高専の各専門コースによる多数の講座が用意されているが、高専サイエンス支援ネットの各講座（ブース）も出展した。本年度は 2025 年 8 月 21 日に開催され、高専サイエンス支援ネットのコーナーには有明高専・佐世保高専・北九州高専・熊本高専八代キャンパス・都城高専、さらに九州大学も参加し、各講座では、異なる高専の学生が補助学生として小・中学生の支援を行った。各講座名は「有明海周辺の水質チェック！」、「水中で回りながら浮き沈みするおもちゃをつくろう！」、「イグサを使ったものづくり」、「TLC で隠れた色を調べよう！」、「クリップモーター作り」、「宇宙のふしぎ大解明！体験しよう、プラズマとミューオンのひみつ」であった。ものづくり体験教室全体の来場者は推定 1000 人とされ、高専サイエンス支援ネットのコーナーではそれぞれの講座に親子 30～50 組程度の来場者があった。

図４　有明高専ものづくり体験教室のチラシ（表・裏）

図５　イグサを使ったものづくりの様子

今年度の講座の実施テーマは「有明海や阿蘇などの各高専の地元資源をなるべく取り入れる」としていた。有明高専からは学校が位置する大牟田市に面している「有明海」、熊本高専八代キャンパスは地元特産品である「イグサ」を講座の内容に取り入れ、参加した小・中学生、またその保護者から大変好評であった。特にイグサを使ったものづくりのコーナーは製作に時間がかかる影響もあったが常に順番待ちの列が見られた。イグサを利用したものづくりは「ミニ畳作り」がワークショップなどで有名であるが [3]、今回は「イグサ人形作り」という独自のアイデアで実施した。工夫しながら教えるスタッフ学生の姿も印象的であった。

２－３　中谷財団 2025 年度 科学教育振興助成 成果発表会

図６　口頭発表の様子

2025 年 12 月 20 日（土）～21 日（日）に科学教育振興助成に採択された全国の小学校・中学校・高校・高専が一堂に会して研究成果を発表する「科学教育振興助成成果発表会」が開催され、高専サイエンス支援ネットから熊本高専八代キャンパスの学生２名が初日の口頭発表と２日目のポスター発表を行った。東京工科大学蒲田キャンパスの会場で発表した２名からは「大変貴重な経験になった」、「サイエンス支援ネットの代表として参加させてもらえてうれしかった」などの感想が聞かれた。

２－４　高専サイエンスフェスタ in 都城

「高専サイエンスフェスタ in 都城」は、高専サイエンス支援ネットが主催で開催する、地域向けの科学体験イベントであり、これまで熊本県内の市町村（益城、天草、芦北など）を中心に実施されてきており、宮崎県では初開催で、2026 年 2 月 23 日に都城市まちなか交流センターにて実施された。このイベントは、小・中学生やその保護者を主な対象として、科学の面白さやものづくりの楽しさを体験的に学んでもらうことを目的とし、地域の産業や企業で活躍する技術者の育成にもつながる教育的意義を持つ。高専の教員や学生がスタッフとして運営に関わり、来場者に直接指導・サポートを行う点も特徴である。このように、「高専サイエンスフェスタ in 都城」は、体験型の科学教育、高専生による実践的な指導、地域と連携した人材育成を目的とした、地域密着型のサイエンスイベントであった。都城高専、熊本高専八代キャンパス、有明高専が参加し、４つの講座を展開した。講座の内容は地域性を意識し、すぐ近くに三池炭鉱跡のある有明高専は「石炭ストラップ作り」とした。参考文献を参照にして、本物の石炭に小さな穴を開け、丸カン及びストラップを通して、レジンで全体を硬化させて完成させる [4]。本物の石炭を見たことがない親子が多く、好評であった。それぞれの講座に親子 20～40 組程度の来場者があった。

図７　石炭ストラップ

３　まとめ

本取り組みにより、来場する小・中学生にとっては各高専から提供された多種多様な実験や工作の講座を受講することができ、科学の楽しさを実感し、興味を深めることができた。参画する高専生にとっては、小・中学生に実験方法などを教えるために自ら学び、他高専の学生とも共同で各講座を運営することを通じて、論理的な思考力、創造力、コミュニケーション力をそれぞれ育成することができた。また、小・中学生に教えたり質問に答えたりという貴重な経験が、科学へのさらなる興味へとつながり、学習意欲の向上にもつながると期待できる。運営教職員にとっては、教職員間で工夫した教材や教え方の情報共有を定期的にすることができた。

謝　辞

本事業は、公益財団法人中谷財団のご支援により、計２回のイベントを実施することができた。ここに深く感謝申し上げる。財団のご助成により、参加小・中学生にとって有意義で充実した機会を提供することができた。今後もより一層の発展と社会への貢献に努めていく所存である。

参考文献

[1] 宮内真人他「九州沖縄地区高専科学技術教育支援ネットワーク」工学教育、pp.62-3(2014) https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsee/62/3/62_3_53/_pdf
[2] 東田洋次 他「持続可能な次世代人材育成プログラムの試みー熊本高専ハカセ塾八代キャンパスの新たな展開ー」第 72 回年次大会・工学教育研究講演会 (2024.9, 福岡) 2E22, pp.242-243.
[3] もっと、もーっと!くまもっと。熊本県観光チャンネル「ミニ畳作り（八代市）」 https://www.youtube.com/watch?v=-uFvx11orcM
[4] 長崎県産業デザインネットワーク「長崎デザインアワード 2015　奨励賞」 https://www.pref.nagasaki.jp/yogyo/nid_net/design_award/detail.php?id=73

以上

複数校連携助成　［２年目］
（2024年度採択）

学校農場での飼料自給率改善プロジェクト３
～北海道十勝の農業高校における
飼料用トウモロコシサイレージの栽培調製比較試験～

実施担当者　北海道更別農業高等学校
教諭　原　　義　幸

１　はじめに

牛の飼料は、粗飼料と濃厚飼料に分けられる。粗飼料とは、牧草や青刈りトウモロコシなど粗繊維含量が高く容積の大きい飼料のことである。一方、濃厚飼料とは栄養価が高い穀類や糟糠類のことであり、トウモロコシや大豆の子実等が原料となる。

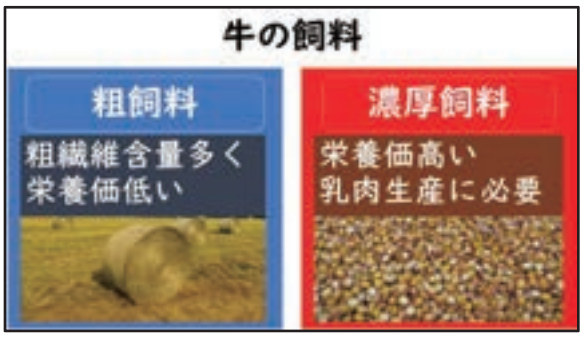
飼料の自給率は、それぞれの飼料の重量を消化可能な養分総量（ＴＤＮ：％）に換算して示される。数値が高いほどエネルギーが高い飼料となる。

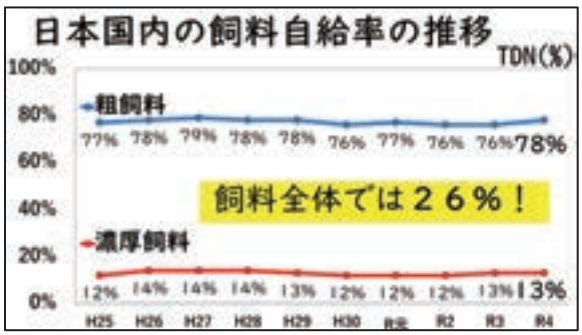
日本において粗飼料の自給率は 78％であるのに対して、濃厚飼料は 13％しかなく、飼料自給率全体では 26％である。粗飼料のみで牛は生きていけるが、たくさんの生乳や肉を生産するために、濃厚飼料を与える必要がある。また、昨今のウクライナ情勢を受け、令和４年 10 月には、配合飼料（濃厚飼料を複数配合した飼料）の価格が１トンあたり 100,000 円を超え、経営を圧迫している。

本校では、令和５年度、牧草と飼料用トウモロコシサイレージを栽培調製し、飼料自給率を 31.9％から 61.2％に高めることができた。しかし、濃厚飼料はすべて購入して牛に給与した。

そこで令和６年度、酪農畜産が基幹産業である北海道十勝の二つの農業高校が連携して、濃厚飼料の主な原料であるトウモロコシを生産することにした。十勝中部の平野部に位置する帯広農業高校と南部の山沿いに位置する本校の５月～９月における積算温度の差は 150℃あり、各地域の気候に反映された栽培データを得ることができると考えた。

令和６年度の活動成果は次の３点である。





① ５品種の子実含水率と子実収量の推移をデータ化することで、各品種の登熟特性と子実収量を把握することができた。
② 極早生の新品種ハヤミノルドを栽培し、フレコンラップ法・乾燥粉砕法・氷点下乾燥法で調製することができた。
③ カビ毒の学習と検査を行い、飼料の安全性について学ぶことができた。

これらの取り組みを踏まえ、令和７年度は、次の項目で取り組んだ
① 十勝の気候に適した品種を選定するため、品種比較試験を継続する。
② 各校で栄養価の高い飼料を大量に生産できる取り組みを実践する。
③ ２年間で調製した飼料の栄養価・安全性について検証する。

２ 実践事項

２－１ 品種比較試験

十勝の気候に適した飼料用トウモロコシの品種を選定するために、熟期が異なる６品種の品種比較試験を行った。品種名の下の数字（RM）は収穫適期を推定するための指標であり、数字が小さいほど、早く熟することを意味している。

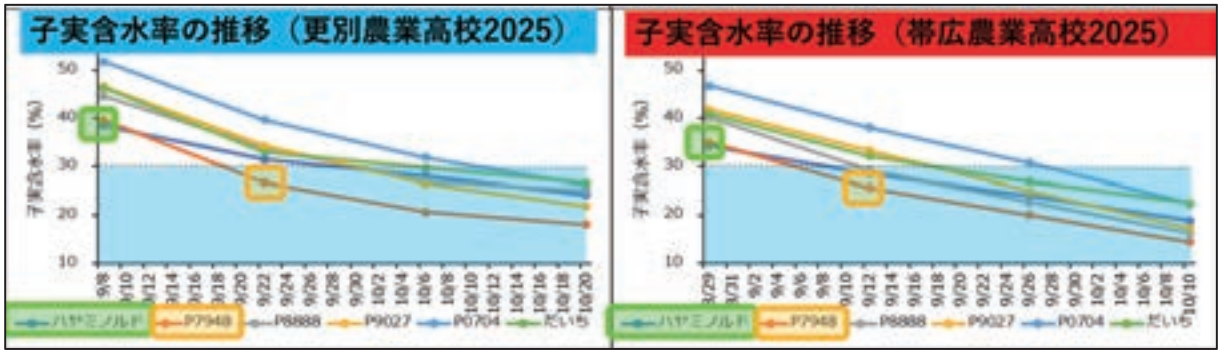
両校で５月に播種行い、８月下旬以降、２週間おきに雌穂・芯・子実の生重量と乾燥重量を測定し、子実含水率と子実収量を算出した。

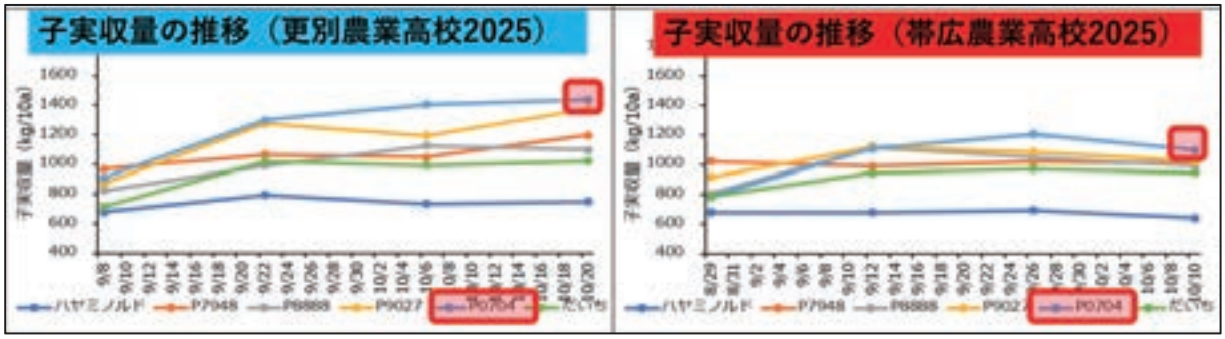
品種比較試験（2校で2年間実施）

品種名	ハヤミノルド	P7948	P8888	だいち	P9027	P0704
積算熱量（RM）	60	82	90	90	93	100
早晩性	早生	→	→	→	→	→ 晩生

・栽培条件：露地栽培、2校で同様の栽植本数
・調査時期：8月下旬以降、2週間おきに4回調査
・調査項目：雌穂・芯・子実の生重量と乾燥重量
・グラフ化：子実含水率と子実収量の推移

子実含水率が 30%以下であることが、機械で収穫する際に収穫ロス低減に繋がる。そのため、子実含水率が 30%になる生育時期に注視した。１回目の調査で最も含水率が低かった品種はハヤミノルドであった。30%以下に最も早く達したのは P7948 であった。また、栽培期間が長くなるが、収量が多いのは、P0704 であった。結果は、両校とも 2 年間、同じ傾向が見られた。このように品種ごとの含水率と収量の推移を数値化することにより、収穫時期を決定する根拠を示すことができた。





２－２　飼料の大量生産をする取り組み

提供元：農研機構 北海道農業研究センター

栄養価が高い飼料を大量に生産する取り組みを各校で行った。

更別農業高校では、〔ハヤミノルド〕を用いたホールクロップサイレージを栽培調製した。ホールクロップサイレージとはトウモロコシの葉・茎・雌穂を全て用いた飼料である。葉・茎を含んでいるため栄養価は低いが、多くの繊維分を含んでいる。１ｈａ栽培し、55 個のロールを収穫することができた。

帯広農業高校では、〔だいち〕を用いたイアコーンサイレージを栽培調製した。イアコーンサイレージとはトウモロコシの雌穂のみを用いた飼料であり、栄養価が高い。２ｈａ栽培し、38 個のロールを収穫することができた。

２－３　飼料の栄養価・安全性を検証する取り組み

各調製方法の分析結果

調製方法	水分(%)	栄養価 TDN(%)	利点	欠点	カビ毒 mg/kg	調製費用
粉砕乾燥法	14.6	87.3	保存は良好	専用機械必要	○ A検出 F A検出	初期投資がかかる
氷点下乾燥法	13.5	88.9	自然のみでエコロジー	手作業(大量生産不可)	○ 0.00mT F 0.14T	なし
フレコンラップ法	32.9	77.8	乾燥作業が不要	密封作業に苦慮	○ A検出 F 5.13mT	初期投資がかかる
ホールクロップサイレージ	65.7	69.6	大量生産の可能	大型専用機械必要	○ 0.00mT F 0.0	多額にコントラに委託費
イアコーンサイレージ	25.8	78.3	大量生産の可能	大型専用機械必要	○ 0.31 F 1T	多額にコントラに委託費

北海道において、飼料用トウモロコシの収穫は年１回である。収穫された飼料は長い期間保存され、家畜に給与される。そのため、栄養価を損なわず長期保存させる調製方法はとても重要である。２年間で５つの調製方法を試験し、栄養価分析とカビ毒分析を行った。

〔乾燥粉砕法〕

水分含有率を 15%以下にすることで飼料の腐敗を防ぐことができる。そこで乾燥機を用いて調製した。収穫時、子実の水分は 26%であったが、乾燥することで 14.6%まで下がり、長期保存が可能となった。その後、家畜が消化吸収しやすいように粉砕処理を行った。分析の結果、栄養価は 87.3%を超えた。

〔氷点下乾燥法〕

十勝の冬はマイナス 20 度以下になるため、寒さによって水分が蒸発すると考えた。そこで、雌穂を 10 月中旬に収穫し、翌年の 3 月までハウス内で乾燥させた後、倉庫で保管した。化石燃料など使わず、自然の力で乾燥させた結果、水分 13.5%、栄養価 88.9%であった。

〔フレコンラップ法〕

子実の水分が 25～30%の時に収穫し、すぐに密封するフレコンラップ法にて調製した。乾燥させず発酵の力を使い、長期保存させる方法である。牧草調製と同様の機械を用いるため、施設の投資が不要で小規模経営向きの調製方法とされているが、ラッピング（密封）作業にとても手間取った。栄養価は 77.8%であった。

〔ホールクロップサイレージ法〕

葉・茎・雌穂を刈り取り、細断して密封する調製方法であるホールクロップサイレージ法を更別農業高校で実施した。大型機械は必要であるが、大量に調製できた。トウモロコシを余すことなく利用して、栄養価は 69.6%であった。

〔イアコーンサイレージ法〕

雌穂のみを刈り取り、細断して密封する調製方法であるイアコーンサイレージ法を帯広農業高校で実施した。葉・茎は利用しないため収量は限られるが、栄養価の高い雌穂のみのサイレージを調製できた。栄養価は 78.3%であった。

〔カビ毒分析〕

調製した飼料についてカビ毒分析を行った。項目は、デオキシニバレノール（ＤＯＮ）とフモニシン（B1、B2、B3）である。結果は表の通りである。

3　まとめ

① 取得したデータをグラフ化することで、各品種の登熟特性を把握することができ、収穫時期を決める科学的根拠を示すことができた。
② 二校で５つの調製方法を実施した。それぞれの利点欠点を検証するとともに、栄養価およびカビ毒の分析を行えた。
③ 研究機関、農業機械メーカーと連携し、専門的な調査研究を行え、栄養価の高い飼料を生産できた。
④ 二校の施設設備を活用した実習を行えた。また、それぞれの学校の取り組みを知り、刺激し合えた。
⑤ 今後、栽培調製した飼料を牛へ給与し、産肉性・産乳性を評価する。

謝　辞

公益財団法人中谷財団の助成によって、令和５年度から３カ年にわたり、自給飼料生産の調査研究に関わるプロジェクトを実施することができました。深く感謝いたします。生徒は、各専門機関と連携し、学びを進めて行く中で、深い専門性を養うことができました。将来、地域社会の課題を解決する人材になると確信しています。

また、本プロジェクトの実施にあたり、（独）家畜改良センター十勝牧場、（独）北海道立総合研究機構農業研究本部畜産試験場畜産研究部飼料生産技術グループ、農研機構北海道農業研究センター・東北農業研究センター、（一）日本草地畜産種子協会、（株）北海道クボタ、（株）ロールクリエイト、（株）セイカン、(株)小杉商店ドローン事業部には多大なるご支援ご協力をいただきました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

参考文献

令和 6 年度　第 3 回中国四国地域産地向けセミナー
自給濃厚飼料としてのイアコーンサイレージ生産利用
農研機構　北海道農業研究センター・寒地酪農研究領域　乳牛飼養グループ　上田靖子

イアコーンサイレージ　生産・利用技術マニュアル第２版　農研機構　北海道農業研究センター

農業用ドローンでの除草剤散布実習

栽培調製データの共有

コントラクターによる収穫

魚病のコントロールと新たな飼料の開発を目指し、全国一の鯉の生産量を誇る郡山市の内水面養殖を高校生が盛り上げる。

―魚粉に替わる植物性飼料の開発に向けて―

実施担当者　福島県立安積高等学校
教諭　平山　陽子

1　はじめに

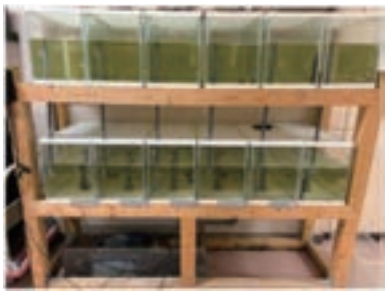
魚類を題材とした課題研究は、生徒自身が身近で関心を持ちやすいテーマであり、生徒に多くの学びをもたらす。また、生き物を扱うことで倫理観の醸成にもつながるだけでなく、食糧との関係から持続可能性を考える視点も養われる。さらに、生物学のみならず、化学や物理の知識も必要となるため、分野を横断した幅広い知識を得ることが可能である。

コイ（*Cyprinus carpio*）は郡山市が生産量日本一を誇り、市内の小中学校の給食メニューにもなっている。生徒は、地本の養鯉業者への聞き取り調査をおこない、最大の課題は飼料価格の高騰であることを知った。飼料（魚粉）の原料はカタクチイワシ等の小魚であるが、世界的需要による乱獲や地球温暖化により、漁獲高が年々減少している。そのため、魚粉は２０年前の４倍以上の価格となっている。水産資源の保護、持続可能な養殖業の観点から、魚粉に替わる代替飼料の研究は急務である。しかし、代替飼料の研究は、タイのような海水魚では盛んであるが、淡水魚であるコイの研究例は少ない。そこで、本校生徒はコイでの魚粉の代替飼料について研究した。

昨年度は魚粉に替わる代替飼料として植物性タンパク質や昆虫粉を検討した。今年度は代替飼料として有力だった大豆粉について更に詳しく検討した。また、低コストである大豆油粕についても検討した。その結果、加熱加水成形大豆粉（大豆粉に水を加えオートクレーブで２時間加熱したもの）で３割程度、魚粉に代替できることがわかった。また、大豆油粕も魚粉より成績は劣るが、価格の面では代替飼料として有力な候補であることがわかった。

我々の研究結果をもとに、安積黎明高校では、昆虫粉での追試実験および酸素供与による給餌実験を行った。その結果、どちらも魚粉給餌のものに比べ、良好な結果は得られなかった。しかし、前者については本校の研究結果を裏付けることができた。また、酸素供与については、本校では出来なかった研究なので、次年度の研究の参考になるものであった。

２　研究内容



２－１　飼料の開発Ⅰ（加工大豆粉）

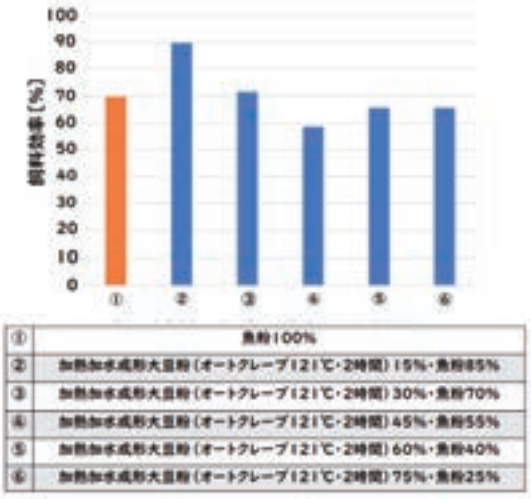
循環水槽でコイを飼育した。各水槽にコイ稚魚を５匹飼育し、水槽ごとに給餌を変えた。５日ごとに群体重を測定し、総体重の３％の餌を与えた。２週間後の体重から飼料効率を算出した。

大豆粉を生、蒸し、加熱大豆（オートクレーブ加熱）、加熱加水（加水オートクレーブ加熱）、と加工を変えて給餌したところ、加熱加水大豆を 15%、魚粉に代替したものは魚粉 100%餌と同程度の飼料効率を得ることができた。

$$\text{飼料効率}\ [\%] = \frac{\text{体重変化量}}{\text{総給餌量}} \times 100$$

２－２　飼料の開発Ⅱ（長期給餌）

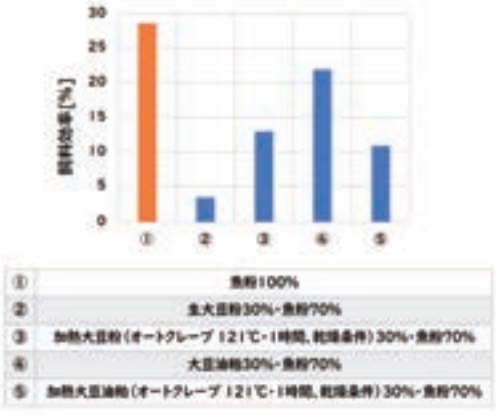
昨年度、予備実験として各群の飼育を１ヶ月実施し、実験群ことの総体重を比較した。その結果、給餌２週間で総体重の差が明らかとなり、１ヶ月後でも総体重の差は縮小・逆転することはなかった。そのため、給餌実験期間を２週間とした。しかし、発表会では飼育期間が短いのでは、という指摘を多数された。そこで２ヶ月間、飼育を継続した。その結果、加熱加水形成大豆 30％で最も飼料効率が高くなった（②）。また、加熱加水形成大豆 15%でも魚粉と同等の結果を得ることができた（③）。加熱加水形成大豆が良好な成績であることは、昨年度も実施しており、実験の信頼性が高まった。



２－３　飼料の開発Ⅲ（大豆油粕給餌）

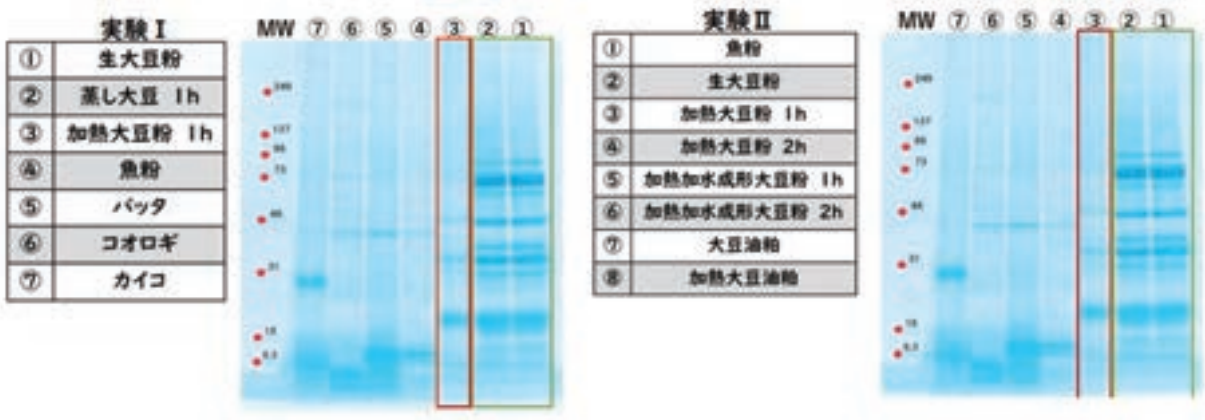
大豆油粕の給餌実験を行った。大豆油粕を 30％程度代替すると魚粉の８割程度の飼料効率を得ることができた（④）。大豆油粕は低コストであり、海水魚の養殖でも飼料として用いられている。淡水魚であり、消化管の短いコイでも代替飼料として有力な候補となった。

今後、餌の加工法や飼料効率の大豆油粕の割合を算出していきたい。



２－４　　飼料の開発Ⅳ（飼料電気泳動実験）

各実験の結果を分子量の差で考察するため、ＳＤＳ電気泳動法を行った。その結果、加熱大豆粉（実験Ⅰの３）や加熱加水形成大豆粉（実験Ⅱの⑤⑥）でバンドの消失がみられた。これは大豆粉を加熱することで変性し、泳動バッファーに溶解しなかったからだと考えられる。変性したタンパク質の中には消化酵素のインヒビターも存在すると推測される。一般的に消化をよくするためには、タンパク質を加水分化する方法があるが、塩酸や酵素を用いたそれらの処理はコストが高くなる。加水加熱という簡便な方法で、大豆の飼料効率を上げることができた。

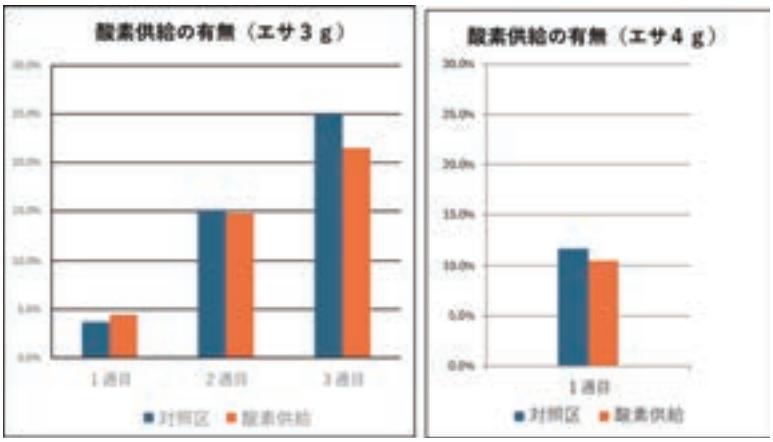


２－５　　安積黎明高等学校との共同研究（昆虫飼料給餌・高濃度酸素供給）

福島県立安積黎明高等学校では、課題研究で魚の研究に取り組んでいる生徒がいる。昨年度は水槽の準備・立ち上げ・コイの飼育技術の習得について本校生が指導、助言した。

実験テーマについても本校の研究結果をもとに決定した。

昆虫飼料を用いた給餌実験では、魚粉に比べ、良好な結果が得られなかった。これは本校の実験結果を裏付けた。また、高濃度酸素供給実験でも良好な成績は得られなかった。その理由について、魚類の代謝と酸素濃度の観点から安積黎明高校の生徒と議論することができた。教員が関わらずとも生徒どうしで活発に議論や交流を行っていた。両校の生徒にとって貴重な経験となった。



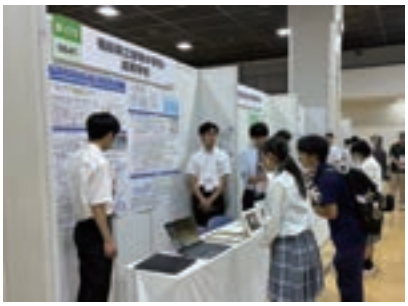
２－６　飼料の開発Ⅴ（魚肉の味覚評価　新たなテーマ）

飼料が変わると魚肉の味も変わることがわかっている。２ヶ月飼育において、うまみ成分であるグルタミン酸含量は、魚粉飼育と 15%加熱加工大豆飼育で違いがないことがわかった。さらに飼育期間を長くし、他の味に関わる成分についても比較する予定である。また、食味が良くなる代替飼料についても検討したい。

２－７　飼料の開発Ⅵ（開発した飼料を市内の養鯉業者に提供　新たなテーマ）

研究成果の実用化を目指し、今後は簡易に飼料を作る方法を模索する。開発した代替飼料は養鯉業者に試用してもらう予定である。

２－８　研究成果発表



校内セレクションを経て、令和７年度ＳＳＨ成果発表会にて研究成果を発表した。また、論文投稿では、令和７年度野口英世賞高等学校共同研究の部で最優秀賞を受賞した。ＪＳＥＣ2026 では入選を果たした。さらに、第 11 回福島産業賞にて学生の部、奨励賞を受賞した。高校生の研究として、高い水準であるだけでなく、地域産業に貢献していることが認めたれた。

自分たちの苦労が結果となって現れ、生徒にとって大きな自信となった。

３　まとめ

魚類は飼育が難しく、今年度の実験は飼育期間も長かった。水槽管理ができないと実験が成立しない。生徒は何度かの失敗を経て自分たちで飼育体制を確立した。また、発表会に参加することで、人に伝えるための技術が向上するだけなく、質疑応答の中から研究の課題を見いだせるようになった。実験については敢えて細かい指導はせず、生徒の自主性・主体性を伸ばせるよう心がけてきた。生徒達は大学の教員や業者にも自ら連絡をとり、指導を仰ぎ研究を進められるようになった。地域のタウン誌にも活動が取り上げられ、「安積高校で地域のために研究しているのなら」と援助をいただけることも多くなった。

今回の研究では、コイの養殖において、飼料を大豆で代替し、魚粉飼料を削減できることを明らかにできた。しかし、持続可能な養殖業のためには、更に魚粉に頼らず低コストの飼料を模索する必要がある。また、養殖業の安定のために、魚類の免疫機構を踏まえて魚病をコントロールすることについても研究も急務である。「１つの結果が明らかになると、新たな疑問が出てきますね。」議論していての生徒の言葉である。研究について、見方、考え方がわかった生徒の成長が実感できた瞬間であった。生徒の言葉のとおり、課題は山積みである。新たな疑問は後輩に引き継ぎ、この研究に携わった生徒の成長を喜びたい。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団の助成により実施しました。大学に比べ、高校は設備も生徒の知識も十分ではありません。そのような環境でも、生徒が失敗してもその原因を共に考え、再びチャレンジさせることができたのは貴財団の支援によるものです。厚く御礼申し上げます。

また、廣瀬養鯉場様、熊田純幸養鯉場様には研究対象のコイを提供していただきました。福島大学食農学類教授松田幹先生、福島大学地域未来デザインセンター特任教授永井義人先生には電気泳動の実験協力、指導をしていただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

１）Kei-ichiroh SUGIMURA et al.(1984)「Nutritional Value of Earthworms and Grasshoppers as Poultry Feed」
２）萩野珍吉(1980)「コイおよびニジマスの必須アミノ酸要求量について」

IoT 教育普及と生徒主体による STEAM 能力育成

― IoT ロボコンによる学校間連携 ―

MakerFaireTokyo2025　全体写真
写真提供：株式会社インプレス／撮影：ただ（ゆかい）

実施担当者　山脇学園中学校・高等学校
教諭　小長谷　洋介

1　はじめに

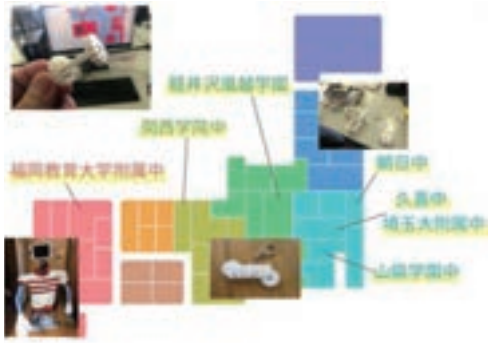
本プロジェクトは、中学校技術科教育における IoT 活用のさらなる展開を目的とし、複数校の連携による「IoT ロボコン」の実践と、その過程における高度な技術習得を目指すものである。中谷財団からの多大なる助成を糧に、IoT マイコンを用いた高度な制御技術の習得に加え、3D プリンタやレーザー加工機、3D-CAD を駆使したロボット設計、さらにはネットワークを介した遠隔操縦技術の実装など、理論と実践を横断する先進的な STEAM 教育を推進してきた。活動 2 年目となる本年度は、これまでの学習成果の集大成として、国内最大級のメイカーの祭典「Maker Faire Tokyo」への出展を最大目標に掲げた。単なる教室内での学びに留まらず、生徒一人ひとりの創造性を広く社会に発信し、外部との接点を持つことで、自らの技術的成果を客観的に捉え直す機会を創出している。本報告書では、未知の課題に主体的に取り組み、技術者としての第一歩を歩み出した生徒たちの活動プロセスとその成果について詳述する。

2 本年度の活動

2－1 背景

本プロジェクトは、IoT 教育の普及と STEAM 教育の推進を軸に始動した。技術科教育の現場において、デジタルファブリケーションやロボット工学といった先端技術を導入し、生徒へ実践的な学びの場を提供することを狙いとしている。特に重視してきたのは、校種の異なる生徒が連携して課題解決にあたる「協働学習」を通じた学校間連携の強化である。

本年度は、成果の学外発信の場として「Maker Faire Tokyo」への出展を最重要活動に位置づけた。デジタルファブリケーションの歴史的背景を理解した上での製作活動に加え、出展準備から運営までを生徒主体で行うことで、技術的スキルと創造力の深化を目指した。また、外部からのフィードバックは、生徒が自己の成果を客観視し、次なる探究への意欲を高める貴重な機会となる。併せて、生徒・教員間の活発なコミュニケーションを通じ、発想力や指導法の向上を図ることも本活動の大きな目的である。



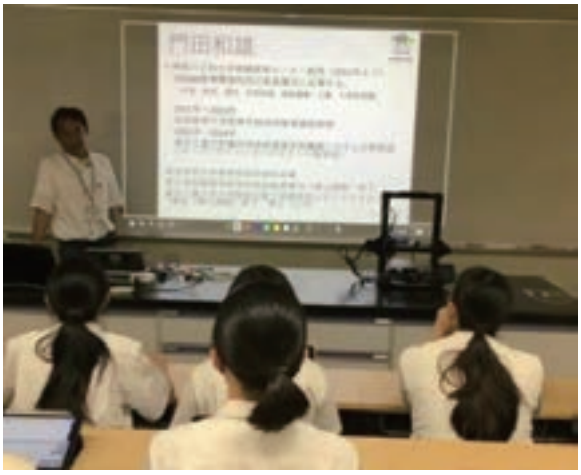
２－２ 本年度のプロジェクト

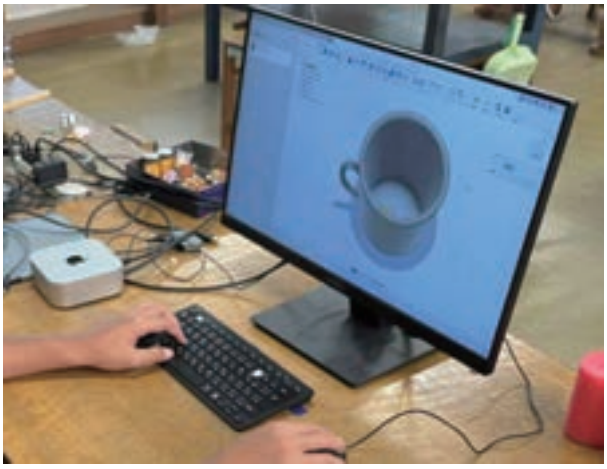
①「MakerFaireTokyo への出展申請」

国内最大級のメイカーの祭典「Maker Faire Tokyo」への出展を目指し、申請内容の徹底的な精査を行った。本イベントは、例年非常に高い出展倍率と厳格な審査基準があることで知られ、単なる参加希望や熱意の提示だけでは採択を勝ち取ることが極めて困難な、国内最高峰の舞台である。
そのため、高校２年生のリーダーシップのもとで自分たちの活動の意義や社会的価値を改めて問い直し、「複数の中学校に所属する生徒が、自らの手で製作した独創的な作品を出展する。そして、会場での多様なメイカーとの交流や専門的なフィードバックを直接受けることで、高度な技術的スキルと、作品を言葉で伝える対話力を同時に育む」という具体的かつ明確な活動指針を策定して申請に臨んだ。
その結果、本プロジェクトが持つ教育的な趣旨と、これまでの地道な活動実績が多角的に評価され、見事に採択が決定。目標としていた国内最高峰のステージでの出展が実現することとなった。

②「３D プリンター講座の実施」

本出展に向けた技術的基盤を強固にすべく、7 月 19 日には神奈川工科大学の門田和雄教授を講師として招聘し、「3D プリンター講座」を開催した。本講座では、積層造形の物理的メカニズムや 3D-CAD による高精度なデータ作成手法といった基礎知識の習得に留まらず、3D プリント技術が医療、建築、宇宙開発といった広範な分野でどのように社会実装されているか、さらには知識を共有し発展させる「オープンソース」の哲学に至るまで、多角的かつ網羅的に学習を進めた。これは単なる操作技術の習得という枠を超え、テクノロジーが社会に与える影響やその意義を深く洞察する、極めて貴重な学びの機会となった。
この講座で得た専門的な知見に大きな刺激を受け、各校の活動は「Autodesk Fusion360」を用いた本格的なデジタル・ファブリケーションへと移行した。生徒たちは自らの頭の中にある抽象的なアイデアをデジタル空間上で三次元化し、3D プリンターやレーザー加工機といったデジタル工作機械を駆使して実際に出力。出力された実物を確認し、構造的な欠陥やデザインを修正しては再び出力するという「プロトタイピング」の反復プロセスを実体験した。画面上のデータが指先に触れられる現実の形となって現れる過程を通じて、デジタルとアナログが高度に融合したものづくりの醍醐味を肌で感じつつ、出展に向けた実践的なエンジニアリング・スキルを飛躍的に磨き上げた。





③「Maker Faire Tokyo2025」

10 月 4 日・5 日の 2 日間、東京ビッグサイトで開催された国内最大級のメイカーイベントに、連携 5 校の生徒たちが参加した。初日はブースの設営から生徒たちが主体的に関わり、12 時の開場後は、途切れることのない圧倒的な数の来場者に対し、実演を交えた作品解説や、専門家からの鋭い技術的質問への対応を能動的に展開した。本ブースの大きな特徴は、複数の大学教授と中学生が対等な「メイカー」として肩を並べて出展した点にある。専門領域や世代の壁を超え、一つの作品を囲んで熱心に交わされる対話は、生徒たちが自らの探究活動の価値を客観的に再発見する、極めて刺激的な経験となった。

2 日目は、前日の経験と反省を即座に活かし、より洗練されたプレゼンテーションや対話が見られた。特筆すべきは、当初は初日のみの参加予定だった生徒の多くが、会場の熱気に強く惹かれ、2 日目も自発的に会場へ駆けつけたことである。これは、与えられた課題をこなす受動的な学びの枠を超え、「自らの成果を広く社会に問い、評価を受けることの楽しさ」を生徒たちが自ら見出した証左と言える。

展示から撤収作業までの全工程を自分たちの手で完走したことで、生徒は単なる「制作者」という立場から、作品に責任を持つ「出展者」へと劇的な視点の転換を遂げた。また、学校の垣根を越えた共同作業を通じて、かつてない連帯感も育まれた。引率教員からも、このわずか 2 日間という短期間で遂げた人間的・社会的な成長を高く評価する声が相次ぎ、本プロジェクトは大きな成功を収めた。

④「ものつくり講座・成果交流会」

2 月 7 日（土）、本プロジェクトの集大成として、一連の活動を総括する最終報告会をオンライン形式で開催した。

第一部では、上越教育大学の山﨑恭平助教を講師として迎え、「未来は『手元』から変えられる」と題した特別講演が行われた。歴史的なものづくりの変遷から現代の「創造の自由」の本質にまで踏み込んだ内容は、自らの手で形を作り出すことがいかに社会へポジティブな影響を及ぼすかという意義を再認識させる、極めて示唆に富む機会となった。

続く第二部の成果報告会では、連携校の各チームが日常の不便を解消するデバイスや、高度なアルゴリズムを用いたプログラム作品を順次発表した。「Maker Faire Tokyo」での実演や対話から得た知見を反映させ、機能や UI をブラッシュアップさせた形跡が随所に見られ、生徒たちの探究が単なるイベントで終わらず、継続的に深められてきた軌跡が浮き彫りとなった。

一方で、運営面における課題も明確になった。特に公立・私立間での時間割や学校行事の相違に起因する日程調整の難しさが露呈し、広域連携における同期的な学びの場をいかに最大化するかは、次年度以降の継続的な検討課題となった。本プロジェクトで得られた知見と課題を糧に、より有機的な学校間連携のモデルケースを構築していきたい。

2―3 今後の取り組み

本プロジェクトは今年度で一つの区切りを迎えることとなるが、この 2 年間で積み上げてきた成果は、当初の予想を遥かに上回る極めて大きなものであった。特に「Maker Faire Tokyo」への出展という挑戦は、生徒たちが自らを単なる学習者ではなく、社会に価値を提示する「創造者（クリエイター）」として再定義する重要な転換点となった。この経験は、自身の適性や情熱の再発見に留まらず、将来の進路選択やキャリア観の形成にも好影響を与える、かけがえのない機会となった。

この 2 年間で得られた確かな手応えを途絶えさせることなく、次年度以降も「Maker Faire Tokyo」への出展を継続的な目標として掲げ続けたい。本プロジェクトを通じて構築された学校間、および専門家とのネットワークを維持・発展させ、今後も各校が有機的に連携しながら、先端技術を駆使して自らのアイデアを具現化する「創造的な学び」の場を継続的に創出していく所存である。

3　まとめ

2 年にわたり推進してきた本プロジェクトでは、IoT とデジタルファブリケーションを軸とした STEAM 教育を展開し、教育現場において確かな成果を得ることができた。その成果は大きく三つの柱に集約される。

第一には「高度な技術習得と実践的な課題解決力の向上」である。3D-CAD を用いた設計から IoT デバイスによる制御の実践、そしてプロトタイピングによる粘り強い試行錯誤の経験は、生徒たちの論理的思考を深化させ、未知の課題に対しても自ら解決策を導き出す「確かな技術力」を育んだ。

第二には「クリエイター・マインド（創造者精神）の醸成」である。国内最大級の Maker Faire Tokyo への主体的な参画を通じ、生徒たちは「既製品を享受する消費側」から「価値を創出する創造側」へと自らの意識を劇的に転換させた。多様な専門家や来場者との対話から得た評価は、彼らにとって揺るぎない自信となり、自身の適性を見極め、将来の進路を選択する上での重要な羅針盤となっている。

第三には「学校間連携プラットフォームの構築」である。公私立の壁や地域的な制約を超えた協働体制により、一校の教育資源では成し得なかった多角的な視点と、高度な相互学習の場が確立された。このネットワークは、生徒のみならず教員にとっても貴重な知見共有の場となった。

一方で、運営面では公立中学校における「働き方改革」に伴う活動時間の制約や、専門的な引率者の継続的な確保といった、学校現場が抱える構造的な課題も浮き彫りとなった。今後は、外部専門員の活用や保護者コミュニティとの連携強化など、特定の教員の負担に過度に依存しない「持続可能な運営体制」を模索していくことが、プロジェクトの継続において不可欠な要素となる。

本年度でプロジェクトは一区切りとなるが、本助成によって各校に蒔かれた「創造の種」は、生徒たちの手元で確実に芽吹き、未来を自らの手で変える力へと育っている。この 2 年間で培われた強固なネットワークと技術的基盤を継承し、次世代を担う独創的な創造者の育成を今後も力強く継続していく所存である。

謝 辞

本教育プログラムは、公益財団法人中谷財団様の助成により実施されました。ご支援に深く感謝申し上げます。また、講師としてご協力いただいた本波洋先生（八戸工業大学）、門田和雄先生（神奈川工科大学）、山﨑恭平先生（上越教育大学）、各参加校の先生方および生徒の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 門田 和雄, メイカーのための ねじのキホン, 2022.
2) 門田 和雄, 門田先生の 3D プリンタ入門 何を作れるのか、どう役立つのか（ブルーバックス 1938), 2015.

以上

環境 DNA による石川県の河川の魚類相調査

－ 学校間ネットワークによる広域調査 －

実施担当者　石川県立七尾高等学校
教諭　中村　晃規

1　はじめに

石川県の河川における淡水魚類相の調査は，「石川県の淡水魚類 1996」が唯一であり，石川県全域の水系で，捕獲・観察等により種類相が記録されている。淡水魚類の多様性は，河川改修や外来種の導入，気候条件の変化などの影響により変化することが考えられる。魚類相に対するこれらの影響について検討するためには，現在の魚類相や分布状況を広く調査する必要がある。しかしながら，魚類の調査は技術を持つ専門家でないと難しく，この報告書以降，県内で大規模な一斉調査は行われていない。近年環境 DNA を用いた魚類相の調査が一般的になりつつある。環境 DNA 調査では，魚類捕獲の技術や知識は必要なく，高校生でも簡単な実験方法を身につければ実施可能である。七尾高校には，DNA 解析のための機器が揃っており，2023 年度から石川県の魚類相調査をスタートさせた。

2024 年度は，能登地域全域へ調査範囲を広げるにあたり，七尾高校だけでは困難であると判断し，県立輪島高校，能登高校，金沢錦丘高校と連携して調査を実施し，希少種の分布や外来種の能登地域での分布などを明らかにすることができた。また，「能登半島地震」と「能登半島豪雨」後の生態系の変化について，貴重なデータをとることができた。今後も引き続き調査を行い，モニタリングを続け，生態系の回復について，見守っていく必要がある。2025 年度は，これまで連携してきた 3 校に加え，県立飯田高校，羽咋高校，鹿西高校，金沢二水高校，私立星稜高校，小松大谷高校とも連携し，石川県全域に調査範囲を広げた。この高校ネットワークを「いしかわ高校環境 DNA ラボネット」として立ち上げ，さらに他校の参加を募っている。調査目的は引き続き，① 種特異的解析により，商業的価値のあるアユと，放鳥が計画されているトキの餌であるドジョウの分布を明らかにすること，② 網羅的解析により，現在の魚類相を明らかにすることとした。特にドジョウの分布については，令和 8 年 5 月 31 日に羽咋市でトキの放鳥が決まっており，そのエサの分布データとして重要であると考えている。

2　本年度の実施計画

本年度の調査は，上記「いしかわ高校環境 DNA ラボネット」の 10 校のネットワークで実施した。石川県全域の 26 河川 161 地点で調査を行った（図 1）。次年度は，残る 30 河川 194 地点で調査を行い，これにより 1996 年の全地点 355 地点の調査を終える予定である。

外部指導者の協力の下，以下のようなスケジュールで実習や調査を行った。

＜環境 DNA の調査方法についての事前実習＞　2025 年 6 月 20 日

本校 SSC の新入部員を対象に，環境 DNA 調査の方法（採水とろ過，DNA 抽出，PCR 法，電気泳動）について実習を行った。

＜能登地区の魚類相調査に関する調べ学習＞　2025 年 6 月

「石川県の自然環境シリーズ石川県の淡水魚類 1996 石川県」をもとに，過去の奥能登地区の魚類相について学習した。

＜魚類捕獲実習と環境 DNA の調査方法についての事前学習＞
2025 年 7 月 20 日

専門家の指導の下，七尾市の御祓川で，魚類の捕獲法と同定法についての実習を行った。七尾高校の他，共同で調査を行う輪島高校，能登高校，鹿西高校，金沢錦丘高校の生徒が参加した。同時に，採水とろ過の方法を七尾高校の生徒が指導した。

＜河川での採水と DNA 採取および DNA 抽出・DNA 分析＞ 2025 年 8 月～11 月

選定した調査地点で 8 月～11 月に調査を行った。採取した河川水から，各学校においてろ過を行い，DNA 抽出，DNA 解析を七尾高校，石川県立大学で行った。

＜本年度の調査結果についての成果発表会＞ 2026 年 2 月 28 日

成果発表会を開き，県内の淡水魚類に詳しい有識者 3 名を迎え，調査結果の妥当性について検討するとともに，今後の活動に対するアドバイスをいただいた。参加した先生からは，非常に貴重なデータがとれており，今後さらに活動を広げるとともに深めてほしいと評価された。

＜環境 DNA 高校生研究交流会＞ 2026 年 2 月 28 日

全国の環境 DNA に関する研究を行っている高校と研究交流会を行った。県内から，県立飯田高校，輪島高校，能登高校，羽咋高校，金沢二水高校，私立星稜高校が，県外からは，静岡県立焼津中央高校が参加した。また，富山県立富山中部高校，山形県立米沢興譲館高校，山形県立加茂水産高校，京都府立海洋高校がオンラインで参加した。各校の取り組みについて発表会を行い，生徒間で情報交換と，交流ができた。

＜学会等での発表＞ 2024 年 8 月～2025 年 3 月

以下の学会，発表会等でこれまでの取組と成果について報告した。

・日本進化学会高校生ポスター発表会（2025 年 8 月 22 日）/ 優秀賞
・第 1 回北陸のいきいき流域川づくりワークショップ in 小松・梯川（2025 年 11 月 8 日）
・日本動物学会中部支部会（2025 年 12 月 6 日）/ 優秀発表賞
・石川県物理研究発表会（生物部門）（2025 年 12 月 13 日）
・日本生物教育学会高校生ポスター発表（2026 年 1 月 11 日）
・福井県合同課題研究発表会（2026 年 3 月 14 日）
・令和 7 年度 究める課題研究発表会 in KOMATSU（2026 年 3 月 15 日）
・日本生態学会ジュニアポスター発表（2026 年 3 月 1 5 日）
・第 9 回 京都大学・イオン環境財団 森里海シンポジウム /「里」賞（2026 年 3 月 25 日）
・日本水産学会高校生発表会（2026 年 3 月 28 日）

３　河川の魚類相調査

３－１　方法

2025 年は，石川県全域の 26 河川 161 地点で調査を行った（図 1）。採水は 8 月から 11 月にかけて，各高校の実施できる日を選定し行った。ネットワークの 10 校が各校の近隣地域を担当し，分担して採水を行った。また，高校生では採水が難しいと判断した地点については，環境公害研究センターが採水を行った。各地点で河川の流心からひも付きバケツ，または柄杓を用いて，1L を採水

した。水には塩化ベンザルコニウム溶液 1mL を添加し，クーラーボックスで冷却し持ち帰った。持ち帰ったサンプル水は，その日のうちに水循環式アスピレーターまたは使い捨てシリンジを用いて，0.25 μm ガラスフィルターでろ過し，−20℃で凍結保存した。

その後フィルターから，DNA 抽出キット（NucleoSpin Tissue，タカラバイオ社）を用いて DNA を抽出し，アユとドジョウの種特異的解析と次世代シーケンサーによる網羅的解析を行った。なお網羅的解析は，共同研究を行っている㈱環境公害研究センターが担当した。

図 1 石川県北部（左）と中南部（右）の調査地点。赤が 2025 年，青が 2026 年。

３－２　結果：種特異的解析

＜アユ (*Plecoglossus altivelis*)＞

1996 年の記録では，38 地点でアユが確認されていたが，今回の調査では 120 地点で確認された（図 2）。

図 2 アユが確認された地点。1996 年（左 2 つ）に比べ，今回の調査（右 2 つ）で確認地点数が増えた。

＜ドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*)＞

1996 年の記録では，46 地点でドジョウが確認されていたが，今回の調査では 114 地点で確認された（図 3）。

図 3 ドジョウが確認された地点。1996 年（左 2 つ）に比べ，今回の調査（右 2 つ）で確認地点数が増えた。

３－３　考察：種特異的解析

県全域での調査でも，アユとドジョウが新たな地点で生息を確認できた。これまでの調査により，能登地域の広い範囲にドジョウが生息していることがわかった。特に今回の調査では，令和 8 年にトキが放される，羽咋市周辺でもドジョウが広く分布し，エサ資源が十分であることが示された。次年度は，実際にトキが採餌する田んぼや水路を中心に調査を行い，トキの自然放鳥に，さらに有用な情報を提供できるようにしたい。

３－４　結果：網羅的解析

網羅的解析については，報告書作成時点で，解析が終了していないため，解析の終わった 140 地点の結果を示す。今回の調査で，合計 62 種を確認した。1996 年の記録は 68 種であり，確認できた種数は減少した。このうち，12 種は今回の環境 DNA でのみ確認された。また，50 種は今回と 1996 年の両方で確認され，残り 18 種は 1996 年のみ確認された。
確認された魚種のうち，次の 10 種が RDB 記載種であった。

ニホンバラタナゴ，アカザ，ミナミメダカ，キタノメダカ，ニホンウナギ，ヤリタナゴ，アカヒレタビラ，カマキリ，ドジョウ

また，外来種は，オオクチバス，コクチバス，ブルーギル，タイリクバラタナゴ，カムルチー，ソウギョが確認された。

３－５　考察：網羅的解析

現在までの解析では，検出された種のリストアップにとどまっている。それぞれの種の生息については，新たに確認した種や 1996 年に採集され，今回確認できなかった種について，種ごとに生態的側面から，その理由について，詳細な検討を行う必要がある。また，能登半島の特に北部の河川については，震災と豪雨の影響の有無といった視点から，種類相の変化を検討する必要がある。これにより，今後進められる河川の改修工事に対して，有用な資料を提供できる可能性が高いと考えている。
前年までの調査でも，今年度の調査でも，絶滅危惧種を含む希少種の分布と，オオクチバスなどの外来種の分布拡大を捉えることができた。どちらも実際にその地点に生息しているかどうか，捕獲や目視での確認が必要であるが，この情報を元にして，石川県の魚類相の保全につなげていきたい。

４　まとめ

本年度から，県下 10 校によるネットワークでの調査をスタートした。来年度はこのネットワークを維持しつつ，さらに協力校を募っていきたい。また，今年度実施した「高校生環境 DNA サミット」も継続して行いたい。これまでの調査から，能登地域の河川生態系は，「令和 6 年能登半島地震」と「令和 6 年奥能登豪雨」により大きな影響を受け生物多様性が低下していることがわかってきた。引き続き調査を行いモニタリングするとともに，生物多様性の保全に向けた提言をしていきたい。

謝　辞
㈱環境公害研究センターには，調査地点の確認，採水補助，技術指導，網羅的解析を，石川県立大学中谷内修講師には，技術的指導，分析機器の利用等大変お世話になりました。また，本研究は，中谷財団の助成により実施しました。厚く御礼を申し上げます。

浜松浜北宮口湿地のつくりと郷土に生きる生き物

実施担当者　浜松市立三方原中学校
教諭　瀧口　大生

＜8 月の富士砂防事務所・静岡県富士山世界遺産センターの様子＞

1　はじめに

私たちは、昨年地元の自然環境を保全している遠州自然研究会の人たちから地元静岡県浜松市浜名区宮口に湿地の存在を知ることになった。その湿地には、湿地にしか生育しない植物や動物がいる。観察会に参加すると、トウカイコモウセンゴケ、モウセンゴケ、ミミカキグサ、シンジュガヤ、サギソウ、サクラバハンノキなどの絶滅危惧種の植物が生育していたり、夏になると日本一小さいハッチョウトンボも観察できたりした。

今回も湿地を科学的な調査の対象として調べることは意義のあることだと考え、浜松浜北宮口湿地と浜北宮口電車前湿地の調査活動と保全活動を継続して行うことにした。

2　私たちが調べた浜松浜北宮口湿地・浜北宮口電車前湿地

私たちが調べた浜松浜北宮口湿地・浜北宮口電車前湿地は、静岡県浜松市浜名区にある。両方ともに、天竜川の堆積物でできた三方原台地の斜面の少し平らになった部分にある。その斜面から常に水が湧き出して湿地を形成している。(下図の赤丸の部分)浜北宮口電車前湿地は、遠州自然研究会の会員のみなさんが維持、管理していたが、会員減で保全ができなくなってしまった湿地である。私たちは、その湿地の草刈りをして湿地の栄養化を防ぐことで、湿地の保全を行った。

＜浜松浜北宮口湿地＞

＜浜北宮口電車前湿地＞

3　研究内容

今回の研究では 3 つのテーマに絞り調査・実験を行うこととした。1 つ目は「水槽でミニサイズ湿地の再現　part2」、2 つ目は「ハッチョウトンボの生息調査」、3 つ目は「モウセンゴケの生息調査」である。今回は湿地特有の動植物に着目して、保全活動に役立てるための調査を行った。「湿地を再現した場所で生育できるのか」、「昨年から継続して行っていることに成果が出ているのか」などのことを詳しく調査するべくチームごとに分かれて調査を行うことにした。それぞれのテーマごとに研究方法を決め、浜北宮口湿地、浜北宮口電車前湿地の調査をした。

3－1　水槽でミニサイズ湿地の再現　part2

前回の調査結果から、2 つの湿地では p H は 6.5～7.5 の中性ということ、水温に関しては電車南湿地の方がわずかに高いということが確認できた。それを基に作成した水槽内で湿地の環境が再現できるかを確かめるため、モウセンゴケなどの湿地特有の植物が生育できるかどうかを調査した。

調査方法は図 1 のような装置を用意し、そこにモウセンゴケを植えて生育できるかを調査した。

また、湿地の環境とどこまで近づくことができたのか確認するために室温、気温、水温、pH の 4 つの項目も調べてその一部を図 2 にまとめた。

図 1

図 2

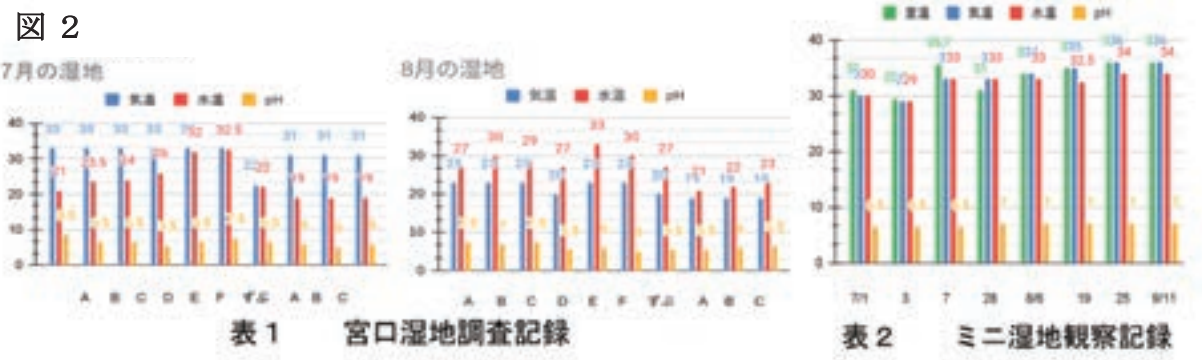


表 1　宮口湿地調査記録　　表 2　ミニ湿地観察記録

図 2 の結果から、表 1 の宮口湿地の記録と水槽に再現した湿地の記録を比較すると、数値上では湿地の再現ができた。数値上で再現できた場所でモウセンゴケを植えて、2 か月間生育した。

3－2　ハッチョウトンボの生息調査

ハッチョウトンボとは 1 円玉くらいの大きさで、世界一小さな希少なトンボである。6 月から 8 月の湿地調査で観察することができ、縄張りをつくる赤色のオスと縄張りをつくらない黄色のメスが確認できる。今年度も継続して調査し、調査した内容は「今年のハッチョウトンボの分布にはどんな変化があるのか」、「ハッチョウトンボとクモの巣の関係性」の 2 つである。昨年の調査の際にクモがハッチョウトンボを捕食している様子が見られ、絶滅危惧種であるハッチョウトンボを守るためにクモの巣との関係を調査することにした。今年度も宮口湿地で調査し、昨年は図 3 のような分布、今年は図 4 のような分布していたことがわかった。また、図 5 ではクモの巣の高さをまとめたものである。

調査した結果、ハッチョウトンボの分布に大きな変化はなく、ハッチョウトンボの分布していた付近に多くのクモの巣があることがわかった。また、クモの巣の高さを調べたところ 7 月の蜘蛛の巣は、平均 35cm ほどの低い位置にでき、8 月と 9 月の蜘蛛の巣は平均 50cm 以上で高い位置にできている事がわかった。

図３

図４

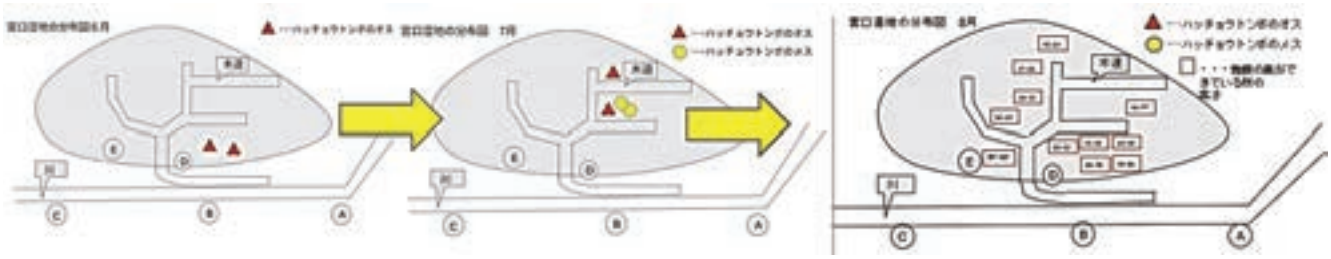


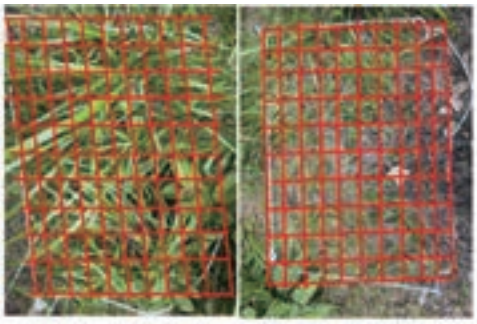
図５　クモの巣の高さについて月ごとにまとめたもの

７月		8月		9月	
蜘蛛の巣の高さ（下限）	蜘蛛の巣の高さ（上限）	蜘蛛の巣の高さ（下限）	蜘蛛の巣の高さ（上限）	蜘蛛の巣の高さ（下限）	蜘蛛の巣の高さ（上限）
8	20	25	53	6	70
27	38	33	50	15	60
28	33	37	50	20	45
32	37	50	70	20	47
50	50	57	107	20	50

３－３　モウセンゴケの生息調査

モウセンゴケはモウセンゴケ科モウセンゴケ属の食虫植物で日本では栄養分の少ない湿地に自生している。この他にもトウカイコモウセンゴケも２つの湿地に自生していることが確認できた。今回注目したのは毎年行っている草刈りとの関係性である。草刈りを行う目的は、植物が枯れて養分となり、さらに植物が増えることによって湿地の乾燥化を防ぐこと。そして、背丈の低い湿地特有の植物に日光を当てることである。実際に効果があるのかを確認するために月に１回草刈りした場所と草刈りをしない場所でモウセンゴケの数に違いができるのかを調査した。調査の方法として昨年と同様に図６のように草刈りをする前と草刈り後の写真を１００マスに分割した時のモウセンゴケがあるマスの数に差ができるかを調べた。
目安として１m^2の範囲を縄で囲んでいる。調査の結果は草刈り前のモウセンゴケは１００マス内に８マス、草刈り後のモウセンゴケは１００マス内に２２マス確認することができた。この結果から草刈りを行うことによって植物の数に変化があることがわかった。

図６



草刈り前　草刈り後

４　成果とまとめ

３つの研究から分かったことは、次のことである。

１つ目は、「水槽でミニサイズ湿地の再現 part2」から分かったことは、気温やｐH などの条件を整えれば湿地特有の植物の生育ができることがわかった。実際に生育した時の様子はモウセンゴケの数が増え、枯れる様子も見られなかった。しかし、本来咲くはずの花が咲かなかったため、まだまだ改善の余地があると考えられた。今回はモウセンゴケ１種類のみで調査したが他の植物ではどうなるのかも調査していきたい。

２つ目は、「ハッチョウトンボの生息調査」から分かったことは、昨年よりもハッチョウトンボが少ないこととハッチョウトンボの分布していた付近に多くのクモの巣があることが分かった。このことから、クモの巣に捕らえられて食べられてしまうハッチョウトンボがいることによって数が昨年よりも少なくなった、もしくは昨年のハッチョウトンボの数の激増が偶然起きたと考えられた。それを確かめるためには、クモなどの天敵がいる環境といない環境で比較するべきだと考えた。そのため、今回よりもクモの巣の除去の機会を増やすことでハッチョウトンボの数が変わるのかを調べていきたい。

３つ目は、「モウセンゴケの生息調査」から分かったことは、草刈りは湿地の乾燥化、湿地特有の植物の保全には欠かせない効果的なものだとわかった。定期的な草刈りは今後も行っていき、継続によって起こる変化についてもまとめていきたい。また、１つ目の実験でモウセンゴケの生育ができたことから水槽内でも生育可能だということが分かった。

この３つの研究内容を校内では、三翔発表会（学芸発表会）で、３年生がプレゼンテーションで発表をした。その後、その内容を発展させ、A0 サイズのポスターにまとめた。そのポスターを使って、３年生が中心になって、浜松市プレゼンテーションコンテストでポスター発表をした。

結果はプレゼンテーションコンテストでは、株式会社谷島屋奨励賞とトップガン奨励賞に入賞することができた。今後も調査を続けて、湿地の保全への取り組みに力を入れていきたい。

＜浜松市プレゼンテーションコンテストの様子＞

謝　辞

今回、中谷財団からの研究助成をいただき、充実した調査、研究活動ができた。本校、理科部の活動だけでなく、地域の自然の保護活動をしている団体（遠州自然研究会）の活動をも活性化し、保護活動を次の世代に伝えるような機会をつくることができた。中谷財団に深く感謝申し上げる。

また、遠州自然研究会の宮崎一夫様、会員の皆様のご尽力に御礼申し上げる。

以上

拓け豊根学

－ 岩石を手がかりに読み解く過去の姿 －

実施担当者　豊根村立豊根中学校
教諭　髙森　彦輝

1　はじめに

本校が位置する豊根村は、かつて海底であったり、激しい火山活動があったりした時代があった。身近な岩石を手がかりに、火山噴火や海底であったことの証拠となる岩石を見出し、それらの岩石を詳しく調べることで、豊根村の大地の成り立ちを明らかにしようと考えた。昨年度の実践では、地学の見方である「時間的な広がり」に焦点化し、地層の順番を手がかりに、先に海底の時代があり、火山活動はその後起こったことを明らかにすることができた。今年度は、地学のもう一つの見方である「空間的な広がり」に視点から探究する活動を構想し、同じ北設楽郡にある設楽中学校と東栄中学校の協力を得ながら、3 校合同で地学の単元を進める計画を立てた。単元の途中には、オンラインでの交流授業を合計で 6 回計画し、お互いの学習の成果を共有し、協働して地域の成り立ちを明らかにする姿を目指した。

オンラインでの交流学習をより効果的にすすめるためには、大型の画面を有する電子黒板と、高精度な画像を撮影できる実物投影機が必要である。豊根中学校では、昨年度の助成金をもとに、90 インチの電子黒板と高精度の書画カメラを導入したところ、非常によい成果を得た。そこで、今年度の助成金では、電子黒板が未設置であった東栄中学校の理科室に 70 インチの電子黒板と、高解像度の書画カメラを設置し、実践に備えた。

2　学習の実際

2－1　身近な岩石にはどのようなものがあるか

北設楽郡内の 3 中学校で同時に地学の単元を進めるために、単元の第 1 時に、オンライン授業で、オリエンテーションを行った。その中で、互いの学習成果を持ち寄り、協働して北設楽郡の大地の成り立ちを明らかにするという学習の目的を共有し、学習に入った。

それぞれの学校付近の河原で岩石を調べた成果について、オンライン授業で交流した。まず、それぞれの学校で見つかった岩石について報告した。その後、お互いの発表を聞いて疑問に感じたこ

とや、岩石の種類から大地の成り立ちについて考察したことをスプレッドシートに記入し、共有した。豊根中からは、河原で採取した岩石は、火成岩の仲間と、堆積岩の仲間、変成岩の仲間に分類できること、火成岩は、火山活動の証拠であり、堆積岩はかつて海であったことの証拠であるという報告をした。また、チャートと考えられる岩石が見つかったことを報告した。チャートは教科書の記述から、生物の死骸がもとになっていることにも触れた。他の中学校の生徒から、チャートのもとになったのはどんな生物か、などの質問があり、モニター越しに答弁を行った。その日の振り返りには「豊根、設楽、東栄でオンライン授業をやりました。他の学校も火成岩や堆積岩があったので昔は近くに火山や湖があったことがわかりました。その火山がどのくらい大きい噴火をしたのか気になりました。また火山はいつ頃噴火したのかも気になりました。」との記述があり、地域的な広がりを想像しながら、学習課題に迫ろうとしている姿が見られた。

図１　電子黒板越し質疑応答する様子

２－２　北設楽郡の化石は、どのようなものがあるか

オンライン授業で、化石についての交流学習を行った。どの中学校からも、化石が見つかったという報告があった。豊根中からは、昨年度実際に採取した化石について、画像等を用いて報告した。豊根村の植物化石や貝化石の様子から、浅い海であったことや、サンゴの化石があったことから温暖な海であったのではないか、という予想を発表した。それぞれの学校から報告したのち、瑞浪市化石博物館の学芸員の方から、指導と助言をいただいた。かつてこのあたりにあった海は東海地方だけではなく、近畿地方付近まで広がっていたことや、北設楽郡は、寒冷で浅い海が広がっていたことなどを、見つかる化石の種類や特徴を手がかりに教えていただいた。この日の振り返りでは「サンゴがあったことからこの辺りは温かい海があったんだと思っていたけど、サンゴは、冷たいところにもいるということが話を聞いてわかりました。新野峠でとれた葉っぱは、ギザギザしていたので昔この辺りは寒かったんではないかということがわかりました。」と記し、かつての気候を実感できた様子が読み取れた。

図２　専門家の講義を聞く様子

２－３　設楽地方の地層はどうなっているか

オンライン授業で、地層についての交流学習を行った。北設楽郡は、火山由来のカルデラのため、南に向かって地層が傾いていることに気づかせるねらいがあった。学校周辺の地層について、分かったことを発表しあった。豊根中学校では、愛知県最高峰の茶臼山の山頂付近に火山由来の凝灰岩があり、スキー場の中腹付近では貝の化石が見つかること、豊根村で化石が採集できる地区は、いずれも標高が高いことなどを紹介した。これらのことから、標高の最も高

図３　学習成果について発表する様子

い場所にある火山噴火由来の岩石がもっとも新しく、その次に新しいのは、貝などの化石を含む堆積岩であり、海の時代の後に火山が噴火したと考察した。豊根中周辺は、茶臼山の山頂から標高で 500m ほど低いため、かなり古い時代の岩石が見つかると予想したが、実際に調べてみると砂岩や泥岩の仲間や安山岩などの火山岩が多く見られ、疑問が残った。他地区では、豊根では見ることがない礫岩や、石灰岩なども見つかっており、それぞれの地区で異なる地層の特徴があることが発表された。その後、専門家の方から設楽地方の地層の成り立ちと代表的な岩石について、教えていただいた。その日の振り返りには「今日は昨日とってきた岩石から、豊根村の土地の成り立ちについて調べました。豊根中の近くには火山岩がたくさん採れました。そこから新しい時代の岩石だとわかりました。けれども豊根中は標高が 500 メートルぐらいで古い岩石があるはずだけれども古い岩石がなかったのでなぜ火山岩や砂岩があるか疑問に思いました。」と新たな疑問を抱いた様子が見られた。

２－４　鍾乳洞はどうやってできたか

全校理科を設定し、中学校から南へ数キロのところにある鍾乳洞「古戸の風穴」の見学を行った。この鍾乳洞は、もともとの石灰石が熱により結晶化し、大理石となっているのが特徴である。この鍾乳洞の成り立ちを考察することで、豊根村の成り立ちに迫ることができると考えた。鍾乳洞の見学を専門に行っているガイドに案内を依頼し、約２時間鍾乳洞内部に滞在し、鍾乳洞の見学を行った。途中ガイドから鍾乳洞の成り立ちについて説明があり、全体が大理石でできている鍾乳洞は、日本でもあまり例がなく、非常に珍しいことを教えていただいた。また、今でもハワイは年間４cm のペースで日本に近づいていることや、鍾乳洞が成長する速さは 100 年で１cm 程度と非常に遅いことなどを知り、鍾乳洞ができるまでの時間の長さを実感することができた。

図４　鍾乳洞見学の様子

鍾乳洞の成り立ちについて、考察した。教科書の記述から、日本にある石灰石は、南の海でできた石灰岩がプレートの運動で運ばれたものであること、プレートの運動によって、南の方向から岩石や堆積物が日本に運ばれることなどを資料を元に見出した。プレートの動きによって日本の姿が変化していく様子について関心を持った生徒たちは、豊根村の近くにある断層に興味をもった。そこで、国土地理院のサイトから地形図を呼び出し、電子黒板で大きく表示して日本にある断層を観察した。すると、長野県から豊根村の側を通って、南へと伸びる大きな谷間が遠く四国や九州まで伸びていることに気がついた。この日の振り返りに「今日は石灰岩がどこから来たのかと地震の起こりかたについて学びました。プレートは、一年間に数十センチずつ動いておりその力でひずみが生まれ地震が起きるんだと知りました。地震により太平洋プレートのあたりから石灰岩が来たんだと知りました。日本中は、断層がたくさんあることも知りまし

図５　日本の断層を観察する様子

た。」と記し、プレートの運動によって南の島から豊根村の近くまで石灰石が運ばれたことを見出した。

２－５　北設楽郡の成り立ちはどうなっているか

身近な岩石をもとに、それぞれに学校で大地の成り立ちについて考察した成果をオンライン授業で交流した。設楽中学校では、かつてこの地方にあった設楽火山についての発表がなされた。東栄中学校も設楽火山について取り上げ、火山活動の後、マグマ溜まりが陥没し、大きなカルデラを形成したことや、その際に、地層が火口に向かって傾いたことなどについての発表があった。豊根中学校では、茶臼山の頂上付近で見つかった凝灰岩や、学校周辺でみられた安山岩が設楽火山の噴火によるものなのかという質問がなされた。また、地層の学習の際に取り上げた疑問について、再度専門家に質問する姿が見られた。

専門家からは、それぞれの学校の発表について、評価やアドバイスがなされた。豊根中学校の質問に対しては、茶臼山は設楽火山ではない別の火山の一部であると考えられていることや、学校周辺の岩石が地層の順序と一致しない理由については、地層が傾いている可能性が考えられるが、詳細は実際に調べてみないとわからない、ということであった。

まとめの講話の中で、専門家からは、北設楽郡の岩石は、日本の成り立ちを探る手がかりとなっており、いまだに未知の事柄が多いため、研究されている途中であるとの説明があった。この日の振り返りには「茶臼山が火山の一部だとはっきりして嬉しい。豊根村の成り立ちをはっきりさせることができた。」と、学習が充実した様子が読み取れた一方で「学校周辺の岩石の種類が予想と異なることの原因は、はっきりしなかった。」と疑問が残った様子も読み取れた。

３　まとめ

３校合同で地学の単元の学習を進め、北設楽郡の大地の成り立ちに迫る実践では、オンライン授業での交流が効果的であった。大型の電子黒板でお互いの様子を写したり、手元の岩石の様子を高精度実物投影機で映したりすることで、離れていてもお互いの学習の成果を伝え合うことができた。また、徐々に質疑応答も活発となり、充実した授業交流をすることができた。

大地の広がりについて考察する場面では、お互いの地層に共通する部分を見出すことができず、北設楽郡全体の地層の様子を思い描くことはできなかった。これは今後の課題である。鍾乳洞の見学をしたことで、珊瑚礁で作られた石灰岩が、どのようにして豊根村の隣まで運ばれ、その後どんな過程を経て現在に至るかを実感をともなって理解することができた。結晶化したことと火山の活動に繋がりを見出すことができた。

謝　辞

この実践は、中谷財団の助成を受けて行いました。電子黒板と高精度書画カメラの導入によって、離れた３つの学校の理科室を接続して、合同授業を成立させることができました。少人数であるために、生徒一人ひとりの考えを大事にした探究的な学習が成立する小規模校の良さを活かし、小規模故に多面的な意見が出にくいというデメリットを小さくすることで、充実した学習を展開することができました。

また、風穴の見学では、助成金のおかげで有料でガイドをお願いすることができ、安全に貴重な経験をすることができました。おかげで生徒は日本でも貴重な鍾乳洞が身近にあることを知り、地域の良さを実感することができました。重ねてお礼申し上げます。今後もいただいた機材を活用しながら、さらに良い授業を目指していきたいと思います。

次世代ロボットフレームワーク **ROS2** の活用による 高機能自律ロボット開発を通した、 持続可能な社会の実現に資する人材の育成

実施担当者　愛知県立刈谷工科高等学校
教諭　加藤　寛康

1　はじめに

近年、先進国の多くが少子高齢化の進行による労働力の減少、交通事故の増加、さらには環境負荷に対する問題など、さまざまな社会課題に直面している。これらの課題の解決に向け、自動運転技術やロボットの自律制御技術の発展が期待されており、企業や大学においても関連する研究が積極的に進められている。

本取組では、次世代ロボットフレームワークである ROS2 を活用し、高機能な自律ロボットの開発を通じて、社会課題の解決に貢献できる人材の育成を目指す。本取組の特徴は、企業や大学と連携しながら、ロボット開発のプロセスを通じて、生徒の主体性や課題解決能力を育むことに加え、地域社会との連携を強化し、本取組の成果を広く発信する機会を提供する。特に、地方自治体のイベントなどでの発表を通じ、活動の意義を広く周知するとともに、次世代の技術者や研究者の育成につなげることを目的とする。

2　活動成果

2－1　**ROS1** から **ROS** 2 へ移行、自律走行ロボットの構成

自律走行ロボット（図.1）の制御パソコンの OS には「Ubuntu 22.04」を採用し、ロボットの制御には「ROS 2」を使用している。さらに、ロボットの自己位置推定および自律走行制御には、株式会社ティアフォーが開発する自動運転ソフトウェア「Autoware.universe」を採用した。センサーには、自己位置推定のための 3D LiDAR（HESAI XT16）と、障害物検知のための 2D LiDAR（HOKUYO UST-30LX）を搭載している。駆動系には、ブラシレス DC モータを内蔵したハブモータを使用し、モータドライバには Odrive V3.6 を用いている。これを選定した理由は、Odrive に対応した制御パッケージやインタフェースの活用により、ROS 2 環境からの制御系構築が可能であるためである。また、制御パソコンと Odrive との間には、制御パソコンと同様に Ubuntu 環境上で ROS 2 を導入した Raspberry Pi 4 を用いている。これは、ROS 2 のトピッ

図.1 自律移動ロボット外観

ク通信を利用して駆動系を分散制御するとともに、非常停止スイッチなどの物理的接点による入力を扱うために、Raspberry Pi 4 の GPIO を活用する構成が合理的であると考えたためである。電源には、家庭用ポータブル電源と、電動自転車に使用されているリチウムイオン電池を流用した。

これらの OS やソフトウェアは、いずれもオープンソースであり、適切な環境を整えることで誰でも無償で利用できる。本取組では、ロボット開発環境を ROS1 から ROS 2 へ移行することで、現在のロボット開発に即したソフトウェア基盤を構築した。ROS 2 は、通信の信頼性、リアルタイム性、拡張性の面で従来の ROS より優れており、自律移動ロボットのように複数のセンサ・計算機・制御系を統合するシステムに適している。また、今後の継続的な発展や最新技術との接続を見据えても、ROS 2 への移行は教育的・技術的に意義の大きいものである。

２－２　ベクターマップの製作

Autoware.universe を用いた自律走行システムの構築にあたっては、従来の ROS1 環境で使用していた点群地図（PCD マップ）に加え、走行経路や車線情報、交差点形状、停止線等の道路構造を記述したベクターマップが必要となる。Autoware.universe では、自己位置推定や経路計画、走行制御などの各機能が地図情報を前提として構成されているため、点群地図のみでは十分ではなく、点群情報と意味情報を統合した地図基盤を整備する必要がある。

地図情報の作成には、2024 年に作成した PCD マップを基礎データとして活用し、これを ROS2 環境へ移行するための地図整備を行った。まず、既存の PCD マップに対して、点群処理ソフトウェアである CloudCompare を用い、地図品質の向上を目的としたノイズ除去を行った。

その後、ノイズ除去後の点群地図をもとに、株式会社ティアフォーが提供する Vector Map Builder を用いてベクターマップの作成を行った。Vector Map Builder では、点群地図を背景として参照しながら、走行に必要な道路構造情報を付与することができる。本取組では、実際の走行空間に対応するレーン形状、車両の通行経路、停止位置、分岐部などを点群地図上で確認しながら編集し、自律走行に必要な意味付けを行った。これにより、単なる三次元形状データである PCD マップに対して、走行判断に必要な道路ネットワーク情報を重ね合わせることが可能となった。

２－３　自律走行ロボット　チャレンジ会での評価

つくばチャレンジ及び中之島ロボットチャレンジとは、人々が行き交う実環境において、自律走行ロボットが安全かつ安定して行動できる技術の開発を目的とした公開実験の場である。大学や企業をはじめとする多様な研究開発機関が参加し、実証実験と技術交流を通してロボット技術の向上を図ることを目的としている。

図.2 植生を誤検知して停止中

2024 年は中之島ロボットチャレンジで 50m の自律走行を達成したが、植生の誤検知や段差通過時の揺れにより走行継続が困難（図.2）となった。これを踏まえて機体改良を行ったものの、つくばチャレンジでは駆動系変更に伴う BLDC モータのトルク制御調整が間に合わず、走行開始に至らなかった。これらの結果から、実環境での安定した自律走行には、認識アルゴリズムと駆動系の双方を含むシステム全体の最適化が重要であることが明らかとなった。そこで 2025 年仕様では、2024 年大会で得られた知見をもとに、システム全体の抜本的な見直しを実施した。ソフトウェア面では、従来の ROS1 ベースの構成から ROS 2 へ移行し、Autoware.universe を活用した最新の自律走行システムへ再構築を行った。これに伴い、自己位置推定、障害物検知、経路計画、走行制御の各ノード構成やパラメータを再調整し、実環境における安定した通信・制御を実現できるよう改良した。特に、2024 年に課題となった障害物検知アルゴリズムについては、歩道脇の植生や路肩付近の不要反応を低減するよう見直しを行い、不要な停止が発生しにくいシステムへ改善した。

また、ハードウェア面では、BLDC モータのトルク調整を中心に駆動系の整備を進めた。タイヤ径の変更後に生じていた駆動特性の変化を再評価し、発進時および段差通過時における適切なトルク制御が行えるよう、モータ制御パラメータや駆動系全体のセッティングを見直した。加えて、実走行を繰り返しながら機体挙動を確認し、振動や揺れが自己位置推定へ与える影響を低減するための調整を進めた。これにより、実環境においても安定して走行を継続できる機体へと完成度を高めた。

図.3 ロボット調整作業中

その結果、2025 年のチャレンジでは、自律走行ロボットによる 450m の自律走行に成功した。これは、2024 年に顕在化した認識・制御・駆動系の各課題に対して、生徒たちが継続的に改善を重ねた成果（図.3）である。特に、アルゴリズムの見直し、BLDC モータのトルク調整を含むハードウェア整備、さらに ROS 2 への移行に伴うソフトウェア全体の最適化を総合的に進めたことが、長距離の安定走行実現につながった。この 450m という記録は、高校生が達成した自律走行記録として日本一の成果であり、本校の探究的なものづくり教育の到達点を示すものとなった。

２－４　農業支援のためのスマート農業ロボット製作

中之島ロボットチャレンジ及びつくばチャレンジに参加したロボットは、3D LiDAR を用いたレーザー計測結果を基に自己位置推定を行う方式を採用している。しかし、この方式には、建物などの「ランドマーク」となる目印が少ない環境では自己位置推定が困難になるという課題がある。特に、広大な農地のように周囲に特徴的な構造物が乏しい環境では、ロボットの位置を安定して正確に把握することが難しい。

図.4 スマート農業ロボット外観

本取組では、農業分野における労働力不足の解決も重要な課題である。そのため、3D LiDAR に依存しない自律走行ロボットの開発にも、生徒とともに継続的に取り組んでいる。ロボットの外観を図.4 に示す。

スマート農業ロボットの自己位置推定には、GNSS による位置座標を活用する方式を採用した。これにより、広大な農地においてもロボットの位置を把握できる可能性がある。一方で、一般的な GNSS 測位では数メートル程度の誤差が生じるため、そのままでは農地内を正確に走行する用途には十分ではない。そこで本ロボットでは、GNSS 測位に RTK（Real Time Kinematic）技術を組み合わせることで、より高精度な位置情報を取得できるシステムの構築を進めた。

2025 年には、RTK を用いた高精度な位置情報の取得に成功し、農地のようなランドマークの乏しい環境においても、ロボットの位置を高精度に把握できる見通しを得た。これにより、3D LiDAR に依存しない新たな自己位置推定方式の有効性を確認することができた。また、機体の制御系の整備を進めた結果、ロボットのマニュアル操縦も可能となり、自律化へ向けた基礎段階として、機体の安全な操作性と基本動作の検証を行える状態にまで到達した。

図.5 農業祭りに出展

さらに、こうした開発成果を社会へ発信する取組として、農協主催の農業祭りに本ロボットを出展した（図.5）。実際の農業に関わる来場者に対して、開発中のスマート農業ロボットの構成や目的、RTK を活用した高精度測位の仕組みについて紹介することができた。このような発表の場を通して、農業分野におけるロボット技術活用の可能性を地域へ示すとともに、生徒にとっても自らの研究成果を社会へ伝える貴重な機会となった。

２－５　画像解析 AI モデルの応用

助成金により購入した GPU を制御用パソコンに搭載し、画像解析 AI モデルの学習環境を高度化した。これにより、従来よりも大規模なデータを効率的に学習させることが可能となり、より高度な画像解析 AI モデルの開発に取り組むことができるようになった。

本取組では、2024 年に作成した画像解析 AI モデルの構築経験を活用し、その際に培ったデータ収集、アノテーション、学習、評価、改善といった一連のノウハウを応用することで、新たに人の骨格を検出し、手話の動作をテキスト化することを目指した画像解析 AI モデルの作成に挑戦した。

図.6 生徒が開発中
画像解析 AI モデル

モデルの開発にあたっては、カメラ画像から人物の姿勢や手の動きを抽出し、それらの特徴をもとに手話動作を認識して文章へ変換することを目標とした。特に、手話は手指の形状だけでなく、腕の動きや身体全体の姿勢も重要な意味を持つため、人の骨格情報を高精度に捉えることが重要である。そのため、骨格検出を基盤とした画像解析手法を導入し、手話特有の動きをどのように特徴量として扱うかを検討しながらモデル開発を進めた。（図.6）

現在の段階では、認識できる手話表現や変換精度にはまだ限界があるものの、今後も継続的に学習データの充実やモデル構成の改善を進めることで、より高精度な手話のテキスト化を実現していく予定である。この取組は、画像解析 AI 技術の高度化を図るとともに、コミュニケーション支援への応用可能性を探る実践的な学習テーマとして位置付けられる。

3　まとめ

本取組では、ROS2 および Autoware.universe を活用した自律走行ロボットの開発を中心に、ベクターマップの整備、実環境での走行評価、スマート農業ロボットの開発、さらには画像解析 AI モデルの応用にまで取り組み、ロボット技術と AI 技術を横断した実践的な学習を推進した。特に、自律走行ロボットでは 2024 年の課題を踏まえた継続的な改善により、2025 年には 450m の自律走行を達成し、高校生として日本一の記録を打ち立てる成果を得た。また、RTK を活用したスマート農業ロボットの開発や、手話のテキスト化を目指す画像解析 AI モデルの作成を通して、地域社会や福祉分野への技術応用の可能性も示すことができた。これらの取組を通して、生徒たちは先端技術を単に学ぶだけでなく、実社会の課題解決に結び付けて探究する力を養うことができた。今後も、企業・大学・地域社会との連携を深めながら、持続可能な社会の実現に貢献できる次世代の技術者・研究者の育成を進めていきたい。

謝　辞

本取組は、公益財団法人中谷財団様のご支援により実施することができました。また、ロボット製作の技術支援をしてくださった名城大学・名古屋大学の皆様、そして地図情報作成においてご協力いただいた株式会社マップフォーの皆様に、心より感謝を申し上げます。皆様のご支援とご協力がなければ、この取り組みは実現できませんでした。改めて御礼申し上げます。

参考文献

1) 晳, 倉爪 亮, 鄭 黎蝪. ROS ロボットプログラミングバイブル. オーム社
2) 卓也、福富 大輔、徳永 翔太、橘川 雄樹、清谷 竣也. Autoware 自動運転ソフトウェア入門. リックテレコム

以上

ドローン映像を活用して流域治水について探究する学習プログラムの開発と実践

実施担当者　三重大学教育学部
附属小学校
教諭　橋本　有弥

1　はじめに

本研究では，気候変動の影響を受ける水災害への適応策として流域治水の重要性を示すとともに，主にドローン等の映像を活用した教育プログラムの開発と実践を通じて，このアプローチの有効性を検証することを目的としている。近年，気候変動による極端な気象条件が増加しており，それに伴う洪水や土砂災害などの水災害のリスクが高まっている。これに対処するため，国土交通省をはじめとする関連機関は，従来の河川管理方法だけではなく，流域全体を対象とした包括的な対策の必要性を指摘している。

流域治水は，単に水の流れや水量を制御するだけでなく，地域コミュニテイが一体となって取り組むことが求められるため，教育の場でもその理念を理解しやすく伝えることが重要である。この背景を踏まえ，本研究ではドローンやアクションカメラ，360 度カメラを利用した映像技術を活用し，流域・河床の実際の様子を児童に視覚的に示すことで，流れる水の三作用や流域治水の概念を直感的に理解してもらうことを試みた。

さらに，この研究は，児童が実際の流域・河床を観察し，そのデータを基に自ら考え,議論を深めることができるよう設計した。これにより，児童は単に知識を得るだけでなく，問題解決能力や批判的思考能力を養うことが期待される。

2　ドローン・アクションカメラ・３６０度カメラについて

2－1　ドローン・アクションカメラ・３６０度カメラによる映像データベース

前年度実施担当者の前田昌志は, 2019 年からドローン撮影を行っている。撮影した映像は, YouTube チャンネルにアップロードし，一般公開している(図 1)。動画は 19 水系で計 210 本以上，一部はドローンに 360 度カメラを搭載し,VR 映像化している。上流から下流まで位置情報とともに映像が整理されており，一人一台端末を活用して簡単にアクセスできる環境を整えている。

図 1　ドローン映像データベース

今年度実施担当者である筆者は，新たにアクションカメラ・360 度カメラによる河川・河床の様子の撮影を行った。ドローン映像と同様に撮影した映像は YouTube チャンネルにアップロードし，公開している(図 2)。現在は本校を流れる二級河川安濃川流域の映像が中心であるが，今後も三重県内の主な河川・河床の映像を中心に追加していく予定である。

図 2　河川・河床映像データベース

これらの VR 映像を対象校間で共有し，対象校の子どもの実態や河川・流域の特性等に合わせて実践を行った。本報告書では，今年度実施担当者の勤務校である三重大学教育学部附属小学校の実践について報告する。

2－2　使用した機器について

撮影に使用した機器は，DJI Mavic 3 Pro と Insta360 AcePro2，Insta360 X5，及び Bi Rod 6C-7500(7.5m 自撮り棒)である(図 3～6)。Mavic3 Pro は複数の異なる焦点距離(24mm/70mm/166mm)を持つ 3 眼カメラシステムを搭載している。高画質な映像撮影により，河川の詳細な観察が可能である。なお，飛行・撮影にあたっては，ドローンの国家資格「二等無人航空機操縦士」を取得するとともに，国土交通省に飛行計画を提出し，法令を遵守して運用している。

図 3　DJI Mavic 3 Pro

Insta360 AcePro2 はライカと共同開発したレンズと AI チップ・大型センサーを搭載した防水性と耐久性に優れるアクションカメラである。高画質かつ暗所でも明るく鮮明な映像を撮影できることにより，水中の様子や河床の様子を詳細に観察することが可能である。

図 4　Insta360 AcePro 2

Insta360 X5 は全天球 8K 撮影に対応した防水性に優れた 360 度カメラである。大型センサーと AI チップにより高画質かつ暗所でも明るく鮮明な映像を撮影できる。また，360 度自由に画角を変えながら撮影した映像を視聴することができるため，水中の様子や河床の様子を任意の画角で観察することが可能である。

図 5　Insta360 X5

Bi Rod 6C-7500(7.5m 自撮り棒)はカーボンファイバー製の軽量かつ丈夫な自撮り棒である。しなりが少なく，水流の影響を受ける河川での水中撮影でも安定した撮影が可能である。また，専用のケーブルと組み合わせることによって，無線通信で陸上からリアルタイムで水中の様子を確認しながら撮影できる。

図 6　Bi Rod 6C-7500

3　実践について

3－1　実践の概要

対　　象　三重大学教育学部附属小学校　第 5 学年　33 名
　　桑名市立長島中部小学校　第 5 学年　30 名
　　松阪市立米ノ庄小学校　第 5 学年　34 名
授業時数　全 24 時間(2025 年 9 月～2026 年 12 月)

教　　科　理科「台風と気象情報(6 時間)」「流れる水のはたらき(8 時間) 」
　　社会「自然災害から国土を守る(8 時間)」
　　総合的な学習の時間「安濃川の治水・防災を科学する(8 時間)」
協　　力　荻原 彰 氏(京都橘大学発達教育学部) ， 金沢 緑 氏(河川教育学会会長)

3－2　実践

本単元では，第 5 学年理科「台風と気象情報」「流れる水のはたらき」を起点としつつ，第 5 学年社会科「自然災害から国土を守る」，総合的な学習の時間「安濃川の治水・防災を科学する」を関連させた教科横断的な探究テーマの中で，現代社会が直面する気候変動に伴う水災害の激甚化という状況に対し，身近な地域の河川と流域を題材に自然の営みと人間の防災の関係について探究する。子どもたちは，自らの問いを起点にして探究を深め，協働的な学びを通じて地域の河川・流域の特徴や防災対策の課題に迫った。

3－3　探究の起点：身近な自然の脅威から切実感をもって問いを見いだし続ける

9 月上旬，三重県を通過した台風 15 号や四日市市での記録的豪雨による地下駐車場の水没事故は，子どもたちに風水害に対する強い「切実感」を生み出した。この意識の高まりを捉え，10 月導入予定だった本単元を前倒しして導入した。水害への恐れを起点とするため，理科ではなく 5 年生社会科「自然災害から人々を守る」の視点で学習を開始した。過去の水害資料を読み解く中で，子どもたちは「川のカーブや蛇行部で決壊が起きやすいのではないか」という仮説を自ら導き出した。

議論の中で，「カーブの外側は流れが速く，水がぶつかる」という理科「流れる水のはたらき」の視点と，「外側の堤防はより高く分厚く作られているのではないか」という社会科的な防災の視点が自然と統合されていった。さらに「実際の川やモデル実験で確かめたい」という思いが膨らみ，身近な安濃川でのフィールドワークや砂場でのモデル実験という必然性を伴った探究活動が立ち上がった。身近な自然の脅威への切実感が，教科横断的な深い問いを生み出す起点となった。

その後，安濃川の蛇行部と直線部(川原)の 2 か所でフィールドワークを実施した。蛇行部の観察では，外側と内側で堤防の斜面の角度が違うことや，消波ブロックなどの人工物を発見した(図 7)。さらに子どもの気付きから，カーブの内側は住宅地，外側は田んぼが多いという「川の周辺の土地利用」という新たな社会科的視点も共有された(図 8)。

図 7　堤防の角度の差に注目する子ども

図 8　蛇行部の土地利用の違いへの気付き

直線部周辺では，実際に川の中へ入って調査を行った(図 9)。子どもたちは自らの体感を通して「カーブの外側ほど流れが速く，川底が深い」などの事実を，実感として深く理解した(図 10)。

図 9 流速や川底を確かめる子どもたち

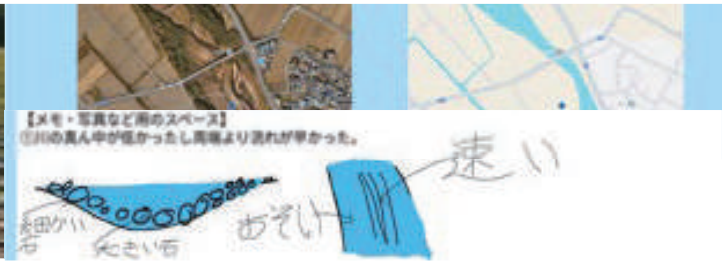


図 10　流速・川底の石の大きさのなどの違いへの気付き

後日，これらの「分かったこと」と「疑問」を学級全体で交流・整理した(図 11)。その結果，「上流・下流で追加調査を行うこと」「モデル実験で実際の河川と同様の様子や現象が再現可能かどうか確かめること」「人工物に関して専門家へ質問すること」「観察不可能な場所・視点に対して映像資料を活用すること」という 4 つの次なる活動が設定され，実体験に基づく子どもたちの探究は，より一層の必然性を伴って発展していくこととなった。

図 11 学級全体での交流の板書

3－4　アナログ（実体験）とデジタル（VR 映像・デジタルマップ等）の融合

フィールドワークやモデル実験というアナログ(実体験)の学びとともに，鳥瞰的なドローン空撮映像，虫瞰的な水中映像，高低差や洪水のリスクを数値化・3D 化する「地理院地図」などのデジタルツールでの学びによって，子どもたちは「安濃川流域ではどのような水害が起こる可能性があるのか」という問題を見いだし，流域全体の水害リスクを予想して白地図に書き込み，それぞれが予想した水害リスクの妥当性を検討し合う姿が表出した(図 12・13・14)。その後，子どもたちが自ら三重河川国道事務所の職員に電話とメールで校外学習を依頼し，自分たちの予想と水害対策の実際とを比較しながら現実社会に即した学びを深めていった(図 15・16)。

図 12・13 水中映像（左）と空撮映像（右）を確認する子ども

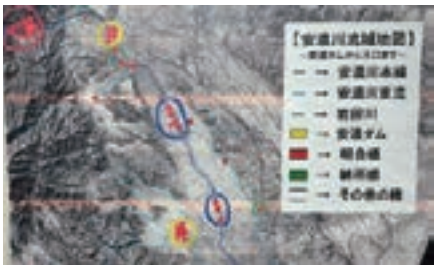


図 14 水害リスクについての予想

図 15 校外学習の依頼メールを作成する子ども

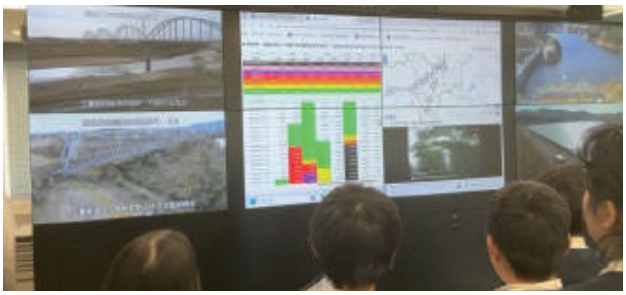


図 16 河川カメラによる監視システムの見学

4　まとめ

本研究において，現代社会が直面する気候変動に伴う水災害の激甚化という状況に対し，子どもにとって身近で切実な問題を出発点としながら，アナログとデジタルの学びを往還し，他者との批判的検討や合意形成を行っていくことで，子どもたちが流域治水の概念を獲得することができた。

謝　辞

本研究を進めるにあたって，助成のご支援いただきました（公財）中谷財団，ならびに多大なご指導をいただきました京都橘様大学教授　荻原　彰様，その他多方面で協力いただいた関係の皆様に，この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

未来の最先端科学者育成に向けてのシステムの開発・実践
～世代を超えた連携構築を目指して～

実施担当者　三重県立桑名高等学校
教諭　川森　憂人

1　はじめに

本校は創立 110 年を超える地域に密着した進学校であり、普通科・理数科・衛生看護科の３学科を有している。昭和 44 年に設置された理数科では、これまでも「桑高型課題研究システム」の開発・実践を通じて科学技術分野のリーダー育成に努めてきた。本年度は、この「課題研究」を核としたシステムをさらに発展させ、学年や学科の枠を超えた連携、および地域・大学・企業との強固なネットワークの構築を目指した。特に、本校で培われた研究成果を小中学生へ還元する「世代を超えた連携」の橋渡し役を担うことで、地域全体の科学への興味関心を高めると同時に、新たな時代の最先端科学技術を担う人材を継続的に育成するシステムの確立を目指した。

2　本年度の取組

2－1　MIRAI 研究所（旧自然科学部）や理数科の生徒による、小中学生を対象とした科学講座・天体観測会の実施

地域社会への科学教育の普及と、生徒のコミュニケーション能力・理解深化を目的として、生徒が主体となって運営する講座を多数実施した。

① 天文分野での地域連携活動

地元桑名の宇宙・天文関係の普及活動に取り組んでいる団体である「こうのとり桑名」と連携し、中谷財団様の助成により導入した自動導入式望遠鏡等を活用して、以下の活動を行った。

・三重県菰野町「夏のほしぞら観望会」　８月１日（金）

約 100 名の参加者に対し、月面の「L」「O」「V」「E」や「X」の文字を導入・解説した。参加者には、小学生や小さい子どもを連れたファミリー層が多く、一生懸命アルファベットを探しつつ熱心に観測をする姿が見られた。また、担当した生徒にとって、このような観測会のスタッフは初めての経験であったが、積極的に挨拶をしながら、天体の説明や質問への回答を行った。地域の方々に科学に興味関心を持っていただくとともに、生徒も多くの学びを得るとても貴重な経験となった。

・桑名市立藤が丘小学校での観測会　10 月 28 日（火）

桑名市立藤が丘小学校にて実施された天体観測会に、本校生徒１年生がスタッフとして参加した。生徒の中には、望遠鏡の扱いに不慣れな者もいたが、自身の技能向上も兼ねて機材の組み立てから積極的に取り組むことができた。観測会では、まず月を導入しクレーターの様子などを観測していただいた。また今年は土星の輪が真横から見える年であったため、この日は輪が棒状で串団子のように見える土星を観測していただいた。他にも開始時に天頂に見えていた夏の大三角について説明するなど、参加者の方々に楽しんでいただくことができた。

・四日市市立下野小学校での観測会　11 月 7 日（金）

四日市市立下野小学校にて実施された、地域（四日市市下野地区）主催の天体観測会に本校生徒がスタッフとして参加した。小学生の児童とその家族を中心に１００名弱の参加者が集まり、雲一つない絶好の天体観測日和の中、運動場にて観測を行った。観測では、月や土星（串団子状の輪）、アルビレオの観測を行った。特にはくちょう座のアルビレオは、倍率を高くすると赤っぽい星と青っぽい星が見える二重星であり、色の違いを表面温度と結びつけて説明するなど、分かりやすく伝える工夫が見られた。多くの子どもたちと接して科学に興味関心を持ってもらうことの楽しさを体験することができ、とても貴重な機会となった。

②天文分野におけるこれまでの成果の発表

・三重県立みえこどもの城　第４回高校生プラネタリウムコンテストへの参加　３月 15 日（日）

三重県立みえこどもの城プラネタリウムにて開催された「第４回高校生プラネタリウムコンテスト」に、本校生徒２チーム９名が参加し、発表を行った。「高校生プラネタリウムコンテスト」は、地球科学、SDGs、地球環境などをテーマとする地球科学・環境部門と、３月１５日の星空案内をテーマとする宇宙・星空（天文）部門の２部門があり、本校からは２チームがそれぞれの部門に分かれて参加した。地球科学・環境部門では、「ＭＩＲＡＩ☆クイズショー」と題し、時折クイズを交えながら、誕生したばかりの地球から歴史をたどり、生命の出現や進化・陸上進出などを学んでもらい、今の地球の「尊さ」を知ってもらえる作品を制作・発表した。宇宙・星空（天文）部門では、「見つけよう、隠された星々！」と題し、３月１５日午前４時の星空紹介を夜中では見られない素晴らしい星座たちに着目し、オリジナルの対話形式で解説を行った。当日は、一般の方々約 60 名が観覧に訪れる中、生徒たちは緊張しながらも堂々と発表し、宇宙・星空（天文）部門の「見つけよう、隠された星々！」が特別賞を受賞し、昨年度・一昨年度に続いての賞の受賞となった。自分たちで制作した番組を発表する貴重な経験から様々な学びを得るとともに、１年生の生徒は来年の出場にも意欲を見せており、今後の活動の励みとなった。

③ 科学実験体験講座の開催

・桑高 MIRAI LABO　8 月 19 日(火)

本校化学実験室にて桑高 MIRAI LABO を実施した。桑高 MIRAI LABO は地域の中学生を対象とした科学実験講座で、科学に関する知識・関心の裾野を広げるとともに、本校で行っている探究活動を知ってもらう機会の１つとして開催している。今年度は、「モーターの原理を学び、簡易もモーターを作ろう！」「電気分解を利用したペンで絵を描こう！」「化学発光で光の三原色を学ぼう！」の３つのテーマについて、本校の MIRAI 研究所の部員がサポートを行いながら中学生自身が実験を行った。その後、日常生活の中にも科学的現象が多くあることをそれぞれのテーマについて解説した。また、最後には MIRAI 研究所の部員が課題研究として取り組んだ『空はなぜ青いのか？』の演示実験を行い、中学生とともに観察した。事後のアンケートでは、『モーターの実験は、中学校でも学習してきた内容でしたので、実験を通して理解を深める事が出来ました。』、『今回の桑高 MIRAI LABO を受けて理科への関心が高まり、興味を持つ事ができました。』などの声をいただき、中学生・本校生徒両者にとって実りある活動となった。

・サイエンスワークショップ　10 月 11 日（土）

学校説明会となる「もっと桑高体感講座」の中で、中学３年生を対象にサイエンスワークショップを実施した。銀鏡反応の実験を題材とし、本校理数科１年生が、中学生に実験の説明や補助、アドバイスを送った。本校生徒の中には昨年度中学生として参加した生徒もおり、かつての自分と同じ立場の中学生に対し、科学実験の内容にとどまらず勉強と部活動の両立など学

校生活全般の相談に乗る姿も見られ、活動が世代間のバトンとして機能していることが確認された。

④ 外部機関と連携した小学生向け体験講座

・みえ探究フォーラム 2025　2 月 7 日（土）

県内の高校生が集まって開催されるみえ探究フォーラム 2025 内の取組として開催された、小学生向け科学体験講座に、本校１年生理数科の生徒１１名がスタッフとして参加した。「リサイクルで『ケプラー望遠鏡』を作ろう！」をテーマに、科学への興味・関心とリサイクル意識を高めることを目的として、牛乳パック、虫眼鏡、ミニルーペを材料とした、ケプラー式望遠鏡の制作に取り組んだ。講座の冒頭では、本校生徒が望遠鏡の仕組みや作り方について丁寧に説明を行い、その後小学生一人ひとりの制作を生徒が補助しながら進め、材料の扱い方やレンズの配置などを一緒に確認した。小学生の参加者は、終始楽しそうに取り組み、完成した望遠鏡で焦点を合わせる際には、難しさに苦戦しながらも熱心に調整している様子が見られた。今回の体験講座を通して、小学生に科学の面白さを実感してもらうことができ、身近な材料で光学機器を作る喜びを共有することができた。また、本校生徒にとっても、教える立場として活動する貴重な経験となった。

２－２　高校生の科学的探究心や興味関心を養うための活動の実施

生徒自身の探究能力向上とキャリア形成のため、大学や専門機関での高度な学びの場を設けた。

① 大学での研修・基礎実験演習・講義を行う校外研修の実施

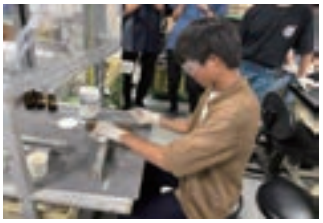
・理数科合宿　7 月 15 日（火）～17 日（木）

本校理数科１、２年生が大学や宿泊施設を利用して、理数科合宿を行った。研修では、大学を訪問しての科学実験演習や大学教授による特別講義、学年を混ぜてのグループ実験を実施した。大学を訪問しての科学実験演習では、２年生が長浜バイオ大学を訪問し、『PCR による食肉の種類の鑑定』の講義と実験を行った。また、１年生は豊田工業大学にて、「SDGs 達成に向けて：資源･環境･エネルギーの現状と取組み」についての講義やグループに分かれての、実験演習（「複合により軽くて強い材料を作ろう」「リニアの原動力！超伝導の世界」「モノの色が‘見える・変わる’ってどういうこと？」「火・炎・燃焼…燃焼の科学、地球温暖化の原因は？」）に取り組んだ。いずれの取組も、高校では体験できないものばかりで、生徒にとって貴重な経験となった。さらに、宿泊施設にて鳥取大学の吾郷教授にご講演いただき、教授の研究内容やこれまでの人生についてお話しいただくことで、生徒の科学に対する興味関心の向上や今後のキャリア形成につながる機会となった。

・１年生校外研修　10 月 21 日（火）

名古屋工業大学にて理数科１年生を対象に校外研修を実施した。研修では、生命・応用化学科と社会工学科の先生方による模擬講義、研究室見学、大学施設見学を行った。参加した生徒からは「今の学びが未来につながるのだと感じられて楽しかった。」「先生の言葉を聞いて、大学への意識がより本格的なものに変わりました。」「建築は建物を建てるというイメージが強かったが、小さなものから大きなものまでデザインすることを知り、視野が広がった。」などの感想が寄せられ、生徒の視野の拡大につながる取組となった。

・２年生校外研修　11 月６日（木）
　サイエンスワールドにて理数科２年生を対象とした校外研修を実施した。研修では、物理法則に関する講義や、アボガドロ定数・液晶に関する実験を行った。講義では、揚力や慣性力、力のモーメントなどについて、簡易実験を交えながら実際に確認し、考えることで理解を深めることができた。実験では、岩塩の体積や質量を測定し、1 mol あたりの粒子の個数を計算することでアボガドロ定数を求めることや温度や電圧によって性質が変化する液晶について学んだ。どちらの取組も、学校では得がたい貴重な経験となり、日々の学びと生活とのつながりを実感できる機会となった。



② 科学オリンピック三重県大会への参加
　鈴鹿医療科学大学を会場に開催された「三重県高等学校科学オリンピック大会」に、理数科２年生の代表８名が出場した。出場に向けて、生徒は放課後の時間を活用し、各教科の学習や実験の練習に取り組み、大会当日は、物理・化学・生物・地学・数学・情報の６分野に関する問題に対し、互いの知識と技術を持ち寄り、協力しながら課題に挑戦した。全国大会への出場には届かなかったが、最後まで粘り強く取り組む姿勢や、互いに支え合いながら課題に向き合う姿から、生徒たちの成長が感じられる大会となった。また、県内の他校と競い合う中で新たな刺激を受け、自らの課題や可能性に気づく良い機会にもなった。

③ 桑名高校・松阪高校理数科交流会の開催
　柿安シティホールにて「桑名高校・松阪高校　理数科交流会」を実施した。当日は両校の理数科１、２年生が参加し、講演会の聴講や科学実験競技に取り組んだ。午前の部では、名古屋大学の山口茂弘教授をお招きし、最先端の研究内容や将来のキャリア形成についてご講演いただいた。午後の部では、学校や学年の枠を越えた混成グループを編成し、「回転落下体」をテーマとした科学実験競技を行った。初めは緊張した面持ちの生徒たちだったが、時間が経過するにつれて活発に意見を交わし、協力して課題に取り組む姿が印象的であった。この取組を通じ、科学への興味・関心を深めるとともに、日頃の学習と実社会のつながりを学ぶ貴重な機会となった。

３　まとめ

本年度の活動を通じて、以下の成果が得られた。 第一に、「教えることによる学びの深化」である。小中学生への指導を通じて、生徒は自身の知識を再構築し、より深い理解と科学的なコミュニケーション能力を獲得した。第二に、「地域連携の定着」である。天文団体や大学、小学校との連携が恒常的なものとなり、本校が地域の科学教育のハブとしての役割を担うシステムが具現化しつつある。第三に、「探究心の高まり」である。高度な大学研修やコンテストでの評価等を通じて、生徒の科学に対する興味・関心は飛躍的に高まった。今後もこれらの成果を継承し、次世代の科学技術を担う人材を輩出し続けるシステムのさらなる高度化を目指していきたい。

謝　辞
本活動は、公益財団法人中谷財団様からの多大なるご支援を賜り実施することができました。生徒たちが貴重な機材を使用し、学校の枠を超えた広範な体験を得られましたことに、心より感謝申し上げます。

以上

元びわっこ大使達の挑戦！琵琶湖スタディツアーの構築

－ 翔んで東京、琵琶湖より学びを込めて －

実施担当者　滋賀県立河瀬中学校・高等学校
教諭　久保川　剛宏

図 1 大阪万博での啓発活動と行動変容研究調査

1　はじめに

本研究は、琵琶湖を中心とした地域の自然環境を題材に、生徒が実際の生物や地域課題に触れながら、観察・調査・飼育・発信・企画・協働を往還する学びを構築することを目的として進めてきたものである。活動は単なる自然観察や環境学習にとどまらず、地域資源の保全、未利用魚の活用、校外機関との連携、他校との協働、デジタル技術や生成 AI の活用などを含み、理科教育・探究学習・地域連携・情報活用能力育成が交差する実践となった。

特に、本研究の特徴は、生徒が知識を学ぶ側にとどまらず、地域の課題や資源に対して、自ら問いを立て、他者と協働し、試行錯誤しながら価値を生み出す側へと移行していった点にある。琵琶湖の魚をできるだけ多く飼育する活動、未利用魚や外来魚の活用をめぐる学び、啓発活動や展示、対外的な発信、スタディツアーの企画などの活動を通して、生徒は生物学的理解だけでなく、社会との接続を前提にした複合的な学びを経験した。

2　生徒の活動とその教育的効果

2－1　琵琶湖の魚を飼育する活動を通した学び

琵琶湖の魚をできるだけ全部飼うプロジェクトは、生徒にとって地域の生物多様性を身体的・継続的に学ぶ契機となった。魚類を図鑑や映像で知るのではなく、実際に採集し、同定し、飼育し、変化を見取り続ける中で、生徒は生物を静的な知識としてではなく、環境と相互作用する存在として理解し始めた。飼育下では、水質、餌、混泳、個体差、ストレス、季節変化など、教科書上では一行で済まされる条件が、現実には複雑に絡み合っていることを実感した。

図２　YouTuber マーシー氏との調査

さらに、商業施設などでの展示やワークショップを通して、活動は校内外の他者へと開かれた。展示を見た地域住民や来訪者とのやり取りは、生徒にとって自分たちの活動が自分たちだけの学びではなく、地域に対して意味をもつものであることを実感させた。

2−2　生息調査・採集活動と未利用魚活用

河川や琵琶湖における採集・調査活動では、生徒は自然環境の中で生物と出会う経験を積み重ねた。採集を通じて魚類や水生生物を分類し、記録し、整理し、分析する過程は、理科における観察・分類・比較・考察という基本的な科学的態度を、現場で鍛えるものとなった。同時に、現地調査は教科書どおりにはいかない経験の連続でもあった。天候、場所、季節、採集手法によって得られるデータは変わり、こうした不確実性に向き合う中で、生徒は、理科とは答えを当てる営みではなく、観察と仮説と修正を重ねる営みであることを学んでいった。

図３　オリジナル水槽を作ろうワークショップ

未利用魚や外来魚の活用に関する活動では、生徒は環境問題を善悪の単純な図式ではなく、資源循環や食のあり方、地域経済との関係の中で捉えるようになった。外来魚（ブラックバス）や未利用魚（ニゴイ）を用いたハンバーガーの開発・販売を通じて、食体験が琵琶湖に対する意識変容に与える影響を検証するアンケート調査も実施した。調査結果からは、食前にネガティブな印象を持っていた参加者の大多数が、食後にはポジティブな印象へと変化し、パンフレットの持ち帰り率は約 80%に達するなど、行動指標においても琵琶湖への関心の高まりが確認された。

図４　ブラックバスおよびニゴイバーガーの製作と販売

2−3　発信・啓発活動と琵琶湖スタディツアーの構築

SNS や動画、展示、対外発表、インフルエンサーとの連携などの啓発活動は、生徒にとって自分たちの学びを外部へ翻訳する訓練となった。科学的内容をそのまま並べるだけでは伝わらず、誰に向けて、どのように言葉や画像を選び、何を前面に出すのかを考える必要がある。この過程で、生徒は情報を整理し、相手を想定し、表現を調整する力を伸ばした。

また、東京の新渡戸文化中学校との連携では、「異なる地で同じ想いを持って活動することで、相乗効果を生み出す」ことを目指し、琵琶湖スタディツアーを企画・実施した（昨年度には東京ス

タディツアーに招待されている）。沖島でのマルシェ出店、醒ヶ井養鱒場や芹川でのガサガサ体験、湖魚の実食など、滋賀県の自然や文化、そして琵琶湖が抱える課題を現場で体験しながら学ぶプログラムを構築した。さらに、大阪万博や科学の祭典、無印良品での出展、子ども食堂での提供など、多様な場での啓発活動を展開した。

図５　琵琶湖スタディツアーの様子

３　生徒の変容と教員側の知見

本研究を通じて見られた生徒の変容は多岐にわたる。第一に、生徒が「教わる対象」としての自然から、「関わる対象」としての自然へ視点を移していった。第二に、失敗や予想外の事象に対する向き合い方が変化し、うまくいかなかったことを次の改善の材料として扱うようになった。第三に、他者との協働が単なる分担ではなく相互補完的なものへと変化した。第四に、琵琶湖や周辺の河川、生き物、地域資源を、「調べ、つながり、活かし、守るもの」として再認識した。

教員側にも多くの知見が得られた。理科教育は知識理解だけでなく社会との接続によって深まること、探究の深まりは問いの質だけでなく関係性に支えられていること、評価は成果物だけでは不十分であり過程の見取りが不可欠であること、教員は「知識の供給者」よりも「接続と伴走の設計者」となる必要があること、生成 AI は「答えを出す道具」ではなく「学びを深める伴走者」として有効であることが明らかになった。

図６　教員とではなく地域の人々と協働する生徒の姿

４　まとめ

本研究を通して、生徒は琵琶湖の魚類や地域環境を、教科書上の知識としてではなく、自ら関わり、調べ、育て、伝える対象として捉えるようになった。飼育・調査・未利用魚活用・啓発活動・地域連携などを往還する中で、生徒の生物多様性理解、科学的思考、協働性、表現力、社会参画意識は多面的に育成された。

同時に、教員側にも、理科教育を社会と接続することの意義、探究における過程評価の重要性、教師の役割を「教える人」から「つなぐ人・伴走する人」へと捉え直す必要性、生成 AI を学びの

意味づけを支える道具として活用する可能性など、多くの知見が得られた。一方で、活動の持続可能性、評価方法、校内理解、ICT 環境整備などの課題も明らかになった。

これらの成果と課題は、地域資源を基盤とした理科教育・探究学習の今後を考える上で重要な示唆を含んでいる。本研究は、生徒が地域と科学のあいだを往還しながら、知識を現実に結びつけ、他者とともに価値を創出していく学びの可能性を示した。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団の科学教育振興助成による支援を受けて実施されたものである。助成により、生物の飼育・展示設備の整備、校外でのフィールドワークの実施、他校との協働活動、スタディツアーの企画・運営が可能となった。また、新渡戸文化中学校の先生方・生徒の皆さん、琵琶湖周辺の漁業関係者、協力店舗、地域の皆様にも多大なるご協力をいただいた。ここに深く感謝申し上げる。

参考文献

1)西村武司「外来種の防除と在来種の保護に関する意識に影響を及ぼす要因」滋賀大学研究紀要
2)Stacey Colino, ″How Taste Creates Powerful Memories″, National Geographic, 2025
3)Hoogeveen H.R. et al., ″Flavor-related memory processing″, Neuroscience, 2016

以上

感性と想像力を触発する場をつくる
～体験や遊びによる感動や気づきから問いを生む理科・環境教育～

実施担当者　相楽東部広域連合立
笠置小学校

教諭　江草　正基

1　はじめに

近年、AI 技術の発展や社会環境の変化が進む中で、学校教育には知識の習得だけでなく、自然や社会と関わりながら主体的に問いを見いだし、探究し続ける力を育てることが求められている。特に理科教育においては、自然現象を実感を伴って理解し、観察や体験から問いを生み出し、科学的に考察する学びが重要である。

本校は、豊かな自然環境に囲まれた地域に立地しており、川や山、農地など身近な自然を学習の場として活用できる環境にある。本研究では、この地域環境を生かしながら、児童が五感を通して自然と関わり、そこから生まれる気づきや疑問を科学的な探究へとつなげていく「学びの場」の構築を目指した。

具体的には、学校園を活用した「食べられる森」の取組と、理科授業における探究的な学習を中心に実践を行った。児童が土づくりから野菜や稲を育てる活動を通して、生態系や自然環境との関係を体感的に理解するとともに、理科の学習で得た知識や視点を実生活の中で活用する機会をつくることを目的とした。

また、和束小学校との交流学習を通して、地域環境の違いによる生態系や栽培環境の差異を比較し、多面的な視点で自然や環境を捉える学びを展開した。本研究では、このような体験的な活動と理科の学習を往還させることで、児童が自ら課題を見つけ、自然と人との関係を主体的に考える姿勢を育むことを目指した。

2　活動内容「五感の時間」「理科から広がる課題解決学習」

2－1　「五感の時間　～感性を触発し、自然を面白がり、科学への扉を開く～」

土づくりから始まる自然と人との関係を学ぶ体験学習

本校では、学校園を活用した「食べられる森」の取組を行い、野菜や稲を育てる体験を通して自然環境や生態系と人との関係を実感的に学ぶ活動を実践した。

食べられる森とは

本校の学校園を活用した取組であり、児童が作物を育てる体験を通して自然環境や生き物との関係を学ぶ「学びの場」である。作物は人だけでなく周囲の生き物にも食べられる存在であるという視点から、人と自然との共生について考えることを目的としている。また、児童自身が「どのような森にしたいか」を話し合いながら形づくっていく参加型の活動として実践している。

（1）土づくりから始める栽培活動

活動は畑や田んぼの土づくりから始めた。本校では化学肥料は使用せず、堆肥や米糠、石灰など自然由来の資材を用いて土壌を整えた。児童は種まきや苗の定植、その後の水やりや観察などを縦割り班で行い、野菜の成長を見守りながら管理を続けた。

（2）栽培過程での課題発見

栽培の過程では、害獣被害や害虫の発生、生育不良など様々な課題が生じた。児童は畑の様子を観察しながら原因を考え、話し合いを通して対策を検討した。防虫ネットの設置や土壌の改善などを試みることで、野菜の育ち方が環境条件や人の関わりによって変化することを体感することができた。

（3）収穫と食体験

収穫した野菜は給食の食材として調理し、全校児童で味わう機会を設けた。春野菜、夏野菜、冬野菜と季節ごとに栽培と収穫を繰り返し、児童は自分たちが育てた食材を食べる経験を通して、自然と食とのつながりを実感した。

（4）交流学習による環境の比較

連携校である和束小学校では、柵で囲まれた整備された畑で化学肥料を用いた栽培を行っており、大きく育つ野菜が多く見られた。一方、本校の「食べられる森」では自然に近い環境で栽培を行ったため、野生動物に食べられることや生育が十分でないこともあった。交流学習では、両校の栽培環境や結果を比較し、環境条件や人の関わり方によって作物の育ち方が変わることを児童が体感的に理解することができた。

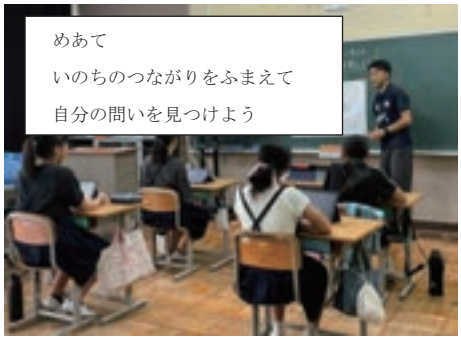
（5）生態系への気づき

この取組を通して、児童は野菜の栽培が土壌や生き物、人の関わりなど多くの要素が関係する営みであることに気づき始めた。実際に育てる体験を重ねる中で、自然の仕組みや生き物同士の関係について考える姿が見られるようになった。

２－２　理科から広がる課題解決学習

食べられる森と往還する理科学習

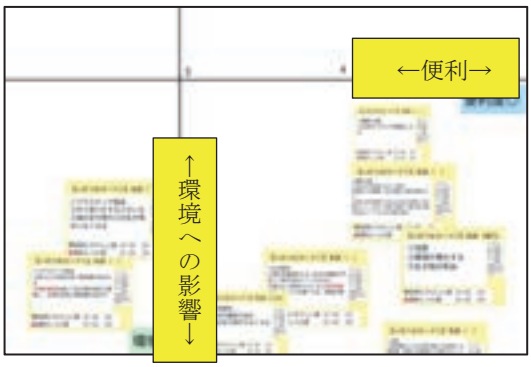
本校では、６年生理科単元「自然とともに生きる」の学習を、「食べられる森」や地域の川での体験と関連付けながら、自然と人の営みの関係について考える課題解決型の学習を行った。体験活動と理科の学びを往還させることで、児童が自然と人の関係を多面的に捉え、自ら問いを見つけることを目指した。



（１）自然と人のつながりを捉える

はじめに、「食べられる森」や川での体験を振り返り、自然環境と人の生活のつながりについて考えた。児童は、人の生活は自然と密接につながっている一方で、互いに影響を与え合う関係にあることに気づいた。例えば、堤防は洪水を防ぐ一方で、生き物の生息環境に影響を与える可能性があるなど、人の便利さと自然環境との関係について考える姿が見られた。

（２）二つの視点から考える活動



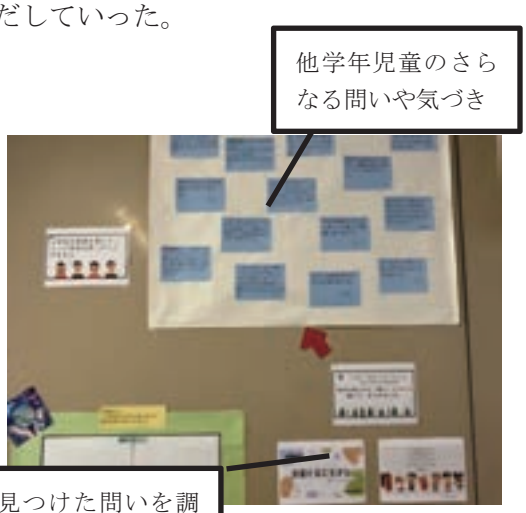
次に、「いのつなカード」を用いて、人の生活と自然環境の関係を整理する活動を行った。児童は、洗剤や農業、護岸工事など人の生活に関わる事例を、「便利さ」と「環境への影響」という二つの視点から考え、二軸のマップ上に配置した。

カードを配置する際には、その理由を互いに説明し合った。同じ事例でも見方によって捉え方が異なることに気づき、自然と人の営みの関係を多面的に考える姿が見られた。

（３）問いを見つける

マップ全体を見ながら、「なぜこのような影響が生まれるのか」「どうすれば人と自然が共に守られるのか」といった視点から、自分自身の問いを考えた。児童は交流を通して考えを深めながら、自然と人の関係に関する問いを見いだしていった。

（４）問いの探究と交流



児童は見つけた問いをもとに調べ学習を行い、その内容を全校や連携校である和束小学校との交流の中で共有した。交流の中では、新たな疑問が生まれるなど、問いが広がり連鎖する学びとなった。

このように、「食べられる森」での体験と理科の学習を結び付けることで、児童は自然と人の営みの関係を自分事として捉え、主体的に考える学びを深めることができた。

3　まとめ

2024 年 5 月と 2026 年 3 月の質問紙結果より
対象：3〜6 年全児童
人数：14 名
評価尺度：1〜5 段階
（5 が最高評価）

項目	2024 年 5 月	2026 年 3 月	変化
課題を自分で見つけることができるか	3.46	3.71	+0.25
身近な自然や生き物を五感で観察できるか	4.62	4.00	-0.62
自然は好きか	4.15	4.71	+0.56
課題解決をすることができるか	3.92	3.79	-0.13

成果

2 年間を通して、最も大きな成果は**自然への親しみや好意的な意識の向上**である。
「自然は好きか」は **4.15→4.71** と大きく上昇しており、「食べられる森」での栽培、川での体験、理科での学習を重ねる中で、自然を自分事として捉える意識が育ったと考えられる。
また、「課題を自分で見つけることができるか」も **3.46→3.71** と上昇しており、体験から疑問を持ち、問いへつなげる力の土台も育ってきた。特に 2 年目は、理科単元「自然とともに生きる」において、**便利さと環境への影響の 2 軸**で考えながら問いを見つける授業を行い、体験と理科の学びを往還させることができた点が成果である。

課題

一方で、課題として明確なのは、**五感を働かせた観察の自覚や言語化の弱まりである。**
「五感で観察できるか」は **4.62→4.00** と低下しており、自然体験は豊かでも、それを触覚・嗅覚・音なども含めて観察として自覚し、言葉にするところまでは十分でなかった可能性がある。
また、「課題解決をすることができるか」も **3.92→3.79** とやや低下している。これは児童集団の入れ替わりの影響もあるが、体験から生まれた問いを、根拠をもって説明し、自分の考えとしてまとめる力まで高めるには、さらに支援が必要であることを示している。

今後の展望

今後は、2 年間で育ってきた**自然への好意的な意識**と**問いを見つける土台**を生かしながら、
五感を伴う直接体験 → 問いの設定 → 調べる → 交流する → 自分の言葉でまとめる
という流れを、より意図的につなぐことが必要である。
特に、「食べられる森」や川での活動では、見るだけでなく、におい、手ざわり、音、湿り気などにも着目させることで、五感を使った観察を探究の出発点として位置付けたい。さらに、理科授業では 2 軸で考える活動や交流学習を継続し、問いを深めながら、課題解決へつなげる学びを充実させていきたい。

謝　辞

本研究は、中谷財団の助成を受けて実施したものであり、そのご支援に深く感謝申し上げます。本助成により、「食べられる森」での体験活動と理科の学習を往還させた探究的な学びを推進することができ、児童が自然と人との関係を主体的に考える機会を充実させることができました。また、本研究の実施にあたり、ご協力いただいた教職員の皆様、地域の皆様にも心より御礼申し上げます。

参考文献

・荒木健太郎（著）『すごすぎる天気の図鑑』KADOKAWA，2021 年
・教職員支援機構（編）『研修を、面白く：「研修観の転換」に向けた教職員支援機構の挑戦』独立行政法人教職員支援機構（NITS），2022 年

益田圏域における理数教育を発展させるための小学校・中学校・高等学校連携プログラム

実施担当者　島根県立益田高等学校
教諭　福井　美帆

１　はじめに

人口減少と少子高齢化が加速度的に進む人口約４万３千人の島根県益田市は、近隣に大学や研究所がないという理数系分野での刺激に乏しい環境ではあるが、理数科を有する本校は平成１６年度から２２年間に渡り文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール（ＳＳＨ）に指定され、本校生徒の理数教育の活性化だけでなく、「益田さいえんすたうん」（令和４・５年度は「益田未来協働フェスタ」の名称で開催）という科学イベントを平成２２年度から開催するなど、市内小中学校における理数教育の推進にも取り組んできた。令和２年度から益田市教育委員会主催で校種の枠を超えて地域の子どもたちの学びを支え、将来的に育成すべき人材についての共通認識をもつ場が設定され、地域全体で子どもたちを育てていくという意識が高まる中、本校が地域の理数教育推進の中核的存在としての役割を果たす必要性がより増している。

そこで、本校が中心となり小学校、中学校、高等学校の各発達段階に応じた理数教育プログラムを実施することで、益田圏域の子どもたちの科学への興味関心を喚起し、発達段階に応じた学びを深める力を育成できると考え、本プログラムを実施した。

２　活動内容

２－１　小学生対象のプログラム

小学生対象のプログラムでは、科学の面白さに触れることで科学への興味関心を喚起し、学びに向かう姿勢を育成することを目的とした。

①益田さいえんすたうん

益田市内 15 校の小学生を対象として、島根県内の水族館・企業・益田市内の県立高校が科学工作や実験、標本の展示や説明などを 12～13 のブースに分かれて行う「サイエンス工房」と、島根県内で科学教育に携わっていらっしゃる講師の方々とともに高校生が演示実験を展開する「サイエンスショー」を実施した。令和６年７月５日（金）には 11 校の小学５・６年生 406 人が、令和７年７月１１日（金）には 11 校の小学５・６年生 308 人が参加した。「サイエンスショー」の講師には、令和６年度は株式会社 SUN in SCIENCE 代表取締役の井上太陽先生と島根県立津和野高等学校魅力化

コーディネーターの中山純平先生、令和７年度は出雲市立中部小学校教諭の木色泰樹先生と出雲科学館講師の日野武志先生をお招きし、児童が実験を観るだけなく舞台で体験できる場面を設定したり、クイズの出題により児童の体験を思考へとつなげる工夫をするなど、高校生にショーの運営面についてもご指導いただいた。

また、令和６年７月６日（土）と令和７年７月１２日（土）には、主に島根県内高校生を対象に実施した、研究者による「講演会」と小中高生や大学・企業が研究発表を通して交流を行う「科学ポスター発表」を実施したところ、令和６年度は約 20 名、令和７年度は約 10 名の小学生の参加があった。「科学ポスター発表」では、市内の小中学生を含む島根大学の「しまだいジュニアドクター育成塾」受講生による研究発表の場も設定し、高校生と研究発表で交流ができた。「講演会」では、令和６年度には宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所教授の臼井寛裕先生に「火星とその月の謎に挑む：『はやぶさ』を継ぐ新たなサンプルリターン計画」のテーマで、令和７年度には宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所准教授の生田ちさと先生に「はるかな宇宙をのぞいてみよう」のテーマでお話しいただき、いずれも難しい理論を小学生にも理解しやすい身近な例を用いてわかりやすく説明されたため、講演後の質疑応答では小学生も次々と手を挙げて質問するなど、興味・関心の高さが表れた。

事後のアンケート結果では、「参加して満足」と回答した児童が令和６年度は 98%、令和７年度は 100%であり、「また参加したい」と回答した児童が令和６年度は 91%、令和７年度は 94%と高く、感想にも「家でも作ってみたい」、「科学について調べたりしたくなった」などの記述があり、小学生の科学への興味関心を喚起することができたといえる。さらに、高校生にとっては実験・工作の準備を通して科学の原理・現象についての理解を深め、わかりやすく伝えることの難しさを知るなど、異世代とのコミュニケーション方法を学ぶ良い機会になったといえる。

②出前実験・理科読を楽しむ会

益田市内 15 校の小学生を対象として、本校普通科１年生が益田市内の小学校と本校体育館の計６会場に分かれて、主に小学６年生を対象に「出前実験」と「理科読を楽しむ会」を行った。「出前実験」は、規模の大きい小学校３校を高校生が訪問し、最初に体育館で液体窒素を用いた実験や水素の爆発などの全体実験を行った後、児童がグループに分かれて７つの実験ブースを順にまわって実験を体験する形で実施した。「理科読を楽しむ会」は、中規模の小学校２校へ高校生が出向き、また小規模の小学校は本校体育館に児童が集合して、「くうき」を題材にした実験や絵本の読み聞かせを体験する形で実施した。令和６年１２月３日（火）には、「出前実験」に３校 242 名の児童が、「理科読を楽しむ会」に 11 校 179 名の児童が参加した。令和７年１２月２日（火）には、「出前実験」に３校 214 名の児童が、「理科読を楽しむ会」に５校 74 名の児童が参加した。「出前実験」実施後の児童へのアンケート調査結果では、「理科や科学が好き」との回答が、令和６年度は 55%、令和７年度は 48%であるのに対し、「出前実験」が「楽しかった」との回答は、令和６年度が 93%、令和７年度が 89%と高かった。「理科読を楽しむ会」では、「理科や科学が好き」との回答が、令和６年度は 42%、令和７年度は 60%であるのに対し、「理科読を楽しむ会」が「楽しかった」との回答は、令和６年度が 81%、令和７年度が 84%と高かった。いずれも科学の面白さに触れるプログラムであったといえる。

２－２　中学生対象のプログラム

中学生対象のプログラムでは、科学の不思議や疑問を体感することで科学的思考力や学びを深める態度を育成することを目的とした。

①益田さいえんすたうん

益田市内９校の中学生を対象として、事前に公開するテーマに沿って工作を行い、科学的思考をはたらかせて、仲間と協働しながら対戦する学校対抗形式の競技「科学チャレンジ」ならびに小学生と同様に「サイエンス工房」を実施した。

「科学チャレンジ」では、令和６年７月５日（金）には益田市内３校の中学生 91 人が参加し、

「しっかり狙って、ぴったり止めよう」をテーマに、事前に示したルールに沿って各中学校でダンボールやテープ等を用いて製作した作品を用い、氷上のカーリングに近い対戦形式の競技を実施した。当日急遽来場できなかった中学校もあったが、事前に製作された作品の試技を本校生徒が代わりに行う様子を中学校の先生に動画配信していただき、中学生の振り返りにつながる工夫をした。令和７年７月１１日（金）には益田市内３校の中学生 114 人が参加し、「積み上げろ、紙の摩天楼」をテーマに、事前に示したルールに沿って制限時間内に工作用紙とはさみ、定規だけを用いて作った作品を積み上げ、高さを競った。令和７年度の事後アンケート結果では「科学チャレンジ」に「満足」と回答した中学生は 98%と極めて高かった（令和６年度は「科学チャレンジ」についてのアンケート無し）。競技の司会進行はすべて高校生が行い、普段経験することのない大規模なイベントを運営する経験ができたことは、高校生にとっても貴重な学びとなった。

また、小学生と同様に、令和６年７月６日（土）と令和７年７月１２日（土）に主に島根県内高校生を対象に実施した「講演会」と「科学ポスター発表」には、令和６年度は約 10 名、令和７年度は約５名の中学生が参加し、高校生や大学・企業の方々との交流を通して科学的思考力や学びを深める機会となった。

事後のアンケート結果では、「参加して満足」と回答した中学生が、令和６年度は 96%、令和７年度は 100%、「また参加したい」と回答した中学生が、令和６年度は 83%、令和７年度は 90%と高く、中学生が科学の不思議や疑問を体感し、学びを深めるプログラムとなったといえる。

②サイエンスキャンプ

益田市内の中学生を対象に、島根県内の大学から招いた講師の指導の下、本校生徒や本校理科教員がサポートしながら理科実験を主体的に行い、生じる疑問点に着目して自ら挑もうとする姿勢を育むことを目的に実験教室を開講した。令和６年７月３１日（水）には、島根大学材料エネルギー学部教授の菅原優先生をお招きして、「チタンに絵を描いてみよう！」のテーマで講義・実験を行い、益田市内の中学生 11 名と高校生４名が参加した。令和７年７月３１日（木）には島根大学大学教育センター講師の吉崎聡一先生をお招きし、第１部「科学者体験～未知の薬品の正体を明らかにせよ～」と第２部「サイエンス大喜利～最新技術でピンチを切り抜けろ！～」の２テーマで講義・実験を行い、益田市内の中学生９名と県外の中学生１名が参加した。実験を楽しむだけではなく、探究的な学びのサイクルを取り入れた内容とし、グループワークを通して他者の考えに触れたり、実験結果から次の操作を考えたりして学びを深めていく様子が見られた。理数系分野の刺激に乏しく、大学を身近に感じることのない益田市内の中学生が、大学教員による実験教室に参加したことで、科学的思考力や学びを深めることができ、理工系分野の進路選択についても考えてもらう機会となった。

２－３　高校生対象のプログラム

高校生対象のプログラムでは、課題研究を中心に自ら科学の疑問を見いだし、仮説を立てて検証・考察する中でクリティカルシンキングとロジカルシンキングを身に付け、学びを活用し実践できる生徒の育成を目的とした。１年次には隣県の大学と連携した実習により基礎的な研究手法や研究に向かう姿勢を身に付け、２年次には関東研修により地元で体感できない最先端の科学技術に触れる機会をつくることで課題研究をより深める力の育成を目指した。

①関東研修（理数科２年生）

令和６年度は１０月８日（火）～１０日（木）の３日間に、令和７年度は１０月８日（水）～１０日（金）の３日間に、本校理数科２年生が関東圏の研究所や大学を訪問して研修を行った。

海洋研究開発機構横浜研究所では、本校理数科ＯＢで主任研究員である古恵亮先生による先端

研究に関する特別講義を聴講し、「遺伝子技術」、「ディープフェイク」、「海洋都市建設技術」、「脳とインターネットの接続」をテーマに取り入れた答えのない課題を事前にいただいて生徒がグループで取り組んだ成果をスライドで発表した後、ディスカッションを行った。データの収集・分析によってものごとを体系的に捉える力が身につき、科学的思考を深めることができた。ナノ医療イノベーションセンターでは、「体内病院」や「看民工学」に関する講義の後、電気泳動や蛍光顕微鏡での観察やグローブバッグを用いた実験操作を体験し、外国籍研究者と直接交流する機会も得て、研究手法の習得だけでなく、研究者という進路選択についても考える機会となった。かずさＤＮＡ研究所では、ＤＮＡ研究とバイオテクノロジーに関する講義やＰＣＲ法、電気泳動を用いたＤＮＡ鑑定の実験を行い、高校の授業での学びと先端科学技術とのつながりに気付くとともに、研究の奥深さを体験できた機会となった。ＯＢ・ＯＧによる講演では、関東地区の大学に在籍する本校理数科ＯＢ・ＯＧに大学での研究や大学生活について講演いただき、今後の学びのヒントを得ることができた。

さらに、令和６年度はＪＡＸＡ筑波宇宙センター、令和７年度は東京理科大学葛飾キャンパスを訪問し、研究施設や設備を見学した。事後のアンケート結果より、「今後の課題研究に活かしていきたいか」についての生徒の肯定的回答が、令和６年度は 94%、令和７年度は 83%と高く、研究への意欲は高まったといえる。実際に、関東研修後は課題研究の実験で得た結果をより深く考察しようと、放課後遅くまでグループで議論し合う姿が見られるようになった。最先端の科学技術や研究者の姿に直接触れたことで得た学びが、今後の課題研究の深化につながると考える。

②山口大学連携実習（理数科１年生）

山口大学理学部教授の新沼浩太郎先生による課題研究のテーマ設定や研究意義に関するオンライン講義をスタートとし、山口大学理学部の先生方に指導助言をいただきながら、本校理数科１年生がプレ課題研究に取り組んだ。オンライン講義は、令和６年度は９月１８日（水）、令和７年度は７月２日（水）に実施した。令和６年度は１２月１７日（火）と３月１８日（火）の計２回、令和７年度は１２月２日（火）と３月１７日（火）の計２回、山口大学を訪問して研究計画や研究成果を大学教員の前で発表し、研究の方向性や具体的な方法について指導助言をいただいた。研究の専門性の高さや発表準備に少し戸惑う生徒もいたが、大学教員や本校理数担当教員に相談しながらグループで試行錯誤して実験に取り組み、実習前後の比較では主体性、課題発見・解決力、協働性、表現力が身に付いたとの回答が増加した。また、生徒からは、オンラインだけでなく大学を実際に訪問して大学の先生に直接ご指導いただいたことで研究意欲が高まったとの声もあり、２年生から本格的に始まる課題研究に向けて教育効果の大きいプログラムであったといえる。

３　まとめ

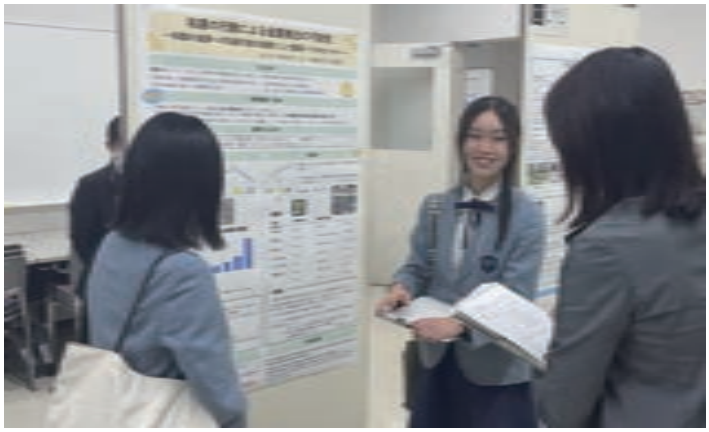
各プログラムを通して、小学校や中学校との連携が一層深まり、益田圏域外の方々の協力も得ながら益田の子どもたちの科学への興味関心を喚起し、発達段階に応じた学びを深める力を育成できたと考える。このような連携を今後も継続していくことで、益田圏域の教育力向上を目指したい。

高校生は課題研究を中心に多くの学びがあり、益田圏域外の大学や研究機関など多様な大人との関わりを通して様々な課題を乗り越えていく高校生の姿を見て、「本物」の科学研究に触れる機会は大切であると改めて感じた。今後も益田圏域内外との連携を図りながら山口大学連携実習や関東研修を継続して実施し、学びを活用し実践できる人材を育成していきたい。

謝　辞

本取組は、公益財団法人中谷財団からの多大なる助成を受けて実施することができました。益田圏域の子どもたちに貴重な学びの機会を与えていただきましたことに深く感謝の意を表しますとともに、共同実施校である島根県益田市の小中学校にもこの場をお借りしてお礼申し上げます。

女子中高生の理系進路選択を支援する、科学研究発表交流会 ならびにジェンダーギャップを越える STEAM 教育研究会の開催



実施担当者
学校法人ノートルダム清心学園
清心中学校清心女子高等学校
教頭　田中　福人

1　はじめに

日本では、理系に進む女子の割合が諸外国と比べて圧倒的に少ないことが問題となっている。そして理系に進む生徒の絶対数が少ない状況では、例え、理系に進みたいと願う生徒がいても、学部・学科レベルで同じ進路意識を持つ生徒が、身近に少ないことが予想される。それゆえ、孤独感や不安から理系への進学を諦める生徒も出てくるなど、負のスパイラルが発生していると考えられる。さらに「女子は理系に進むことが得策ではない」という社会的なジェンダーバイアスは、時代の流れと共に薄れている事は感じられるが、いまだ健在な事も教育現場で実感している。そのような現状を打開するためには、全国規模で理系に進みたいと願う女子生徒のネットワークを広げ、女子生徒同士、お互いの仲間意識を高めることが有効であると考えている。また、その発表交流会に現役の女性研究者も招へいし、将来、理系に進んだ場合のロールモデルを提供する事も有効である。ゆえに、この女子生徒を対象とした科学研究発表交流会は、自然科学系クラブや、日々の授業において、自らが興味を抱いている分野に関して行われている「課題研究」の成果を発表する場として設定し、全国的に広く女子生徒を募集し、互いに研究を通して交流する。さらには大学で研究している女性の大学院生も交えて交流を促し、進路意識を高揚させることをねらいとする。

さらに、女子中高生は理科の中でも特に物理・化学分野を苦手とすることが定説となっている。これは物理・化学分野が女子生徒にとって身近でない、内容が冷たい印象であり暖かみや感動を感じにくいといったことが影響しているのではないかと仮説を立てている。ゆえに、ジェンダーを意識した STEAM 教育について研究する教育研究会を定期的に開催し、より女子の特性（感性が豊かである、学ぶ内容において全体のストーリーを求めるなど）を意識した教材や教授法の開発・普及がなされれば、理系に進む女子生徒の絶対数が増えるのではないかと考えられる。

以上のような取組みは、日本が抱える大きな社会課題の解決に向けた一つの糸口になると考えている。令和 7 年度には、オンサイト（対面形式）の研究発表交流会を 2 回、オンライン形式（oVice：バーチャル会場を設け、Web 上で研究資料を共有しながら発表）の研究発表交流会を 1 回実施した。また、「ジェンダーギャップを越える STEAM 教育研究会」は対面形式で 1 回実施し、オンラインでの聴講も可能とした。これらの実施にあたっては、各大学や他の高等学校と連携し、交流会および教育研究会の広がりを図った（実際に連携した機関については、２および３に記載）。

2　集まれ！理系女子　女子生徒による科学研究発表交流会

2－1　オンサイト東海大会

実施日：2025 年 11 月 16 日（日）
場　所：静岡県コンベンションアーツセンター（グランシップ）
協　力：学校法人静岡理工科大学 静岡北中学校・高等学校
参加者：生徒 84 名　教育関係者・その他 12 名
参加学校数：8 校（高校・大学含む）
発表件数：34 件

発表会場の様子

オンサイト東海大会は学校法人静岡理工科大学静岡北中学校・高等学校と連携して運営し、生徒の課題研究発表だけでなく、研究者の方と各グループに分かれて交流も行った。

2－2　オンサイト全国大会

実施日：2025 年 11 月 23 日（日）
場　所：東京都立大学 南大沢キャンパス
共　催：東京都立大学
協　力：文京学院大学女子高等学校
　　山脇学園高等学校
　　大阪公立大学女性研究者支援室女性研究者支援センター
参加者：生徒 150 名　　教育関係者・その他 51 名
参加学校数：16 校（中学・高校・大学含む）
発表件数：96 件

東京都立大学
宮本礼子氏による講演

オンサイト全国大会は東京都立大学と共催とし、運営補助を文京学院大学女子高等学校、山脇学園高等学校にも担って頂いた。また、大阪公立大学および東京都立大学の大学院生が生徒とともに研究発表を行ったほか、東京都立大学健康福祉学部作業療法学科・人間健康科学研究科／作業療法科学域准教授の宮本礼子氏による講演会を実施するなど、女性研究者のロールモデルを多数提示することができた。さらに、参加者同士の交流会を設け、女性大学院生にも参加していただくことで、進路選択に関する話題について女子生徒と意見交換を行う機会を創出した。

2－3　オンライン全国大会

実施日：2026 年 2 月 7 日（土）
システム：バーチャル会場（oVice）
共　催：奈良女子大学 STEAM・融合教育開発機構（RISE）
　　愛媛大学ダイバーシティ推進本部ジェンダー協働推進センター
参加者：生徒 57 名　　教育関係者・保護者 17 名
参加学校数：13 校（中学・高校・大学含む）
発表件数：29 件

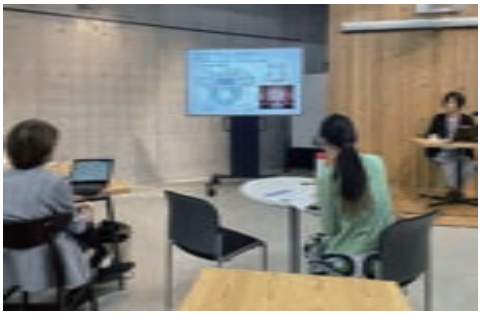
生徒の発表の様子

オンライン全国大会は奈良女子大学および愛媛大学との共催として実施した。Web 上にバーチャル会場（oVice）を設け、研究発表スライドを共有しながら発表を行った。大阪公立大学の大学院生が生徒とともに研究発表を行ったほか、研究アドバイザーとして 4 名の大学教員を招聘した。さらに、ロールモデルの提示を目的として、奈良女子大学生活環境学部化学生物環境学科化学コース助教の河合里紗氏による講演会を実施した。

3　ジェンダーギャップを越える STEAM 教育研究会

実施日：2025 年 9 月 27 日（土）　参加者：32 名（対面参加とオンライン参加の合計）
主　催：奈良女子大学 STEAM ・融合教育開発機構
共　催：ノートルダム清心学園清心中学校・清心女子高等学校、
　　愛媛大学教育学部技術教育 STEAM 講座
場　所：国立大学法人奈良国立大学機構 奈良女子大学

当日は、日建設計 設計監理部門 設計グループ代表執行役員の本田孝子氏、大阪大学大学院人間科学研究科准教授の坂口真康氏による講演の後、教員・大学生・高校生が登壇するパネルディスカッションを実施した。参加者との意見交換を通じて、立場を超えた対話が生まれた。参加者アンケートでは、「盲点が浮き彫りになり、心の中にモヤモヤが生まれた。きちんと考えたいと思える課題を与えていただけてよかった」といった声が寄せられるなど、さまざまな立場から肯定的な評価が多く見られた。

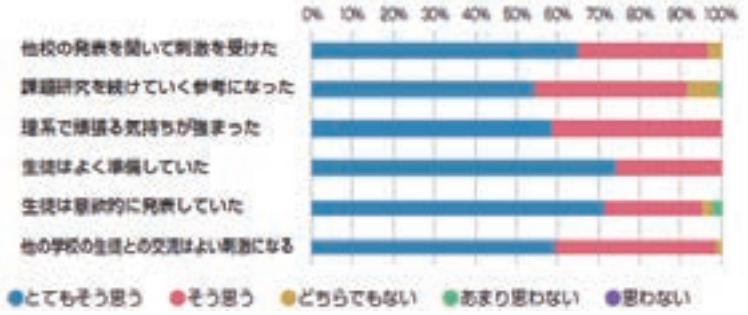


日建設計 本田孝子氏による講演

4　まとめ

オンサイト全国大会は、全国から 16 校、生徒約 150 名が参加し、96 件の研究発表が行われるなど、大規模かつ高水準の発表交流の場となった。

本大会の最大の成果は、他校生徒との直接的な対面交流による学びの深化である。ポスター発表形式により、発表者と聴講者が双方向で議論を行うことができ、アンケートにおいても「他校の発表から刺激を受けた」「研究を続ける意欲が高まった」といった回答が多数を占めた。このことから、対面での議論が生徒の探究活動に対する内発的動機づけを高める効果を有していることが確認された。



集まれ！理系女子　オンサイト全国大会
参加者によるアンケート結果（回答者 107 名）

また、大学院生や研究者が交流グループに参加したことで、研究内容の深化に加え、進路意識の形成にも寄与した点は特筆すべきである。実際に「理系進学への不安が軽減された」「将来像が明確になった」といった記述が見られ、ロールモデル提示の観点からも有効な取組となった。

さらに、発表時間に加えて自由にポスターを閲覧できる時間を設定したことにより、分野横断的な学びが促進され、多様な視点からの助言が得られたことも評価できる。

以上より、オンサイト全国大会は、研究の質的向上と理系進路意識の醸成を同時に実現する場として非常に高い教育的効果を有していたと評価できる。

オンサイト東海大会は、地域開催の特性を活かしつつ、他地域との接続を意識した交流の場として実施された。本大会の特徴として、参加層の多様性が挙げられる。発表会場では、中学生を含む幅広い学年が研究発表を行っており、発表内容やレベルに幅が生まれたが、その一方で、上級生に

とっては研究の高度化を意識する契機となり、下級生にとっては将来的な探究活動のモデルを具体的にイメージする機会となった。

また、地域開催であることから、参加のハードルが比較的低く、理系分野への興味関心の裾野を広げる役割を果たした点も評価できる。特に、初めて研究発表に参加する生徒にとっては、発表経験そのものが大きな学習機会となり、探究活動への導入として有効であった。地域の学校と連携して運営したことで、協力関係を構築されていることも成果の一つである。

以上より、本大会は、理系女子の裾野拡大と探究活動への導入機会の提供という点において意義の大きい取組であったと評価できる。

オンライン全国大会は、バーチャル会場（oVice）を活用し、全国から約 30 件の発表が集まる形で実施された。本大会の成果としてまず挙げられるのは、地理的制約を超えた広域的な交流の実現である。遠隔地の学校であっても参加が可能となり、多様なテーマ・背景を持つ研究発表が集まったことで、生徒の視野を広げる機会となった。

また、バーチャル空間上で複数の発表を同時並行で実施する形式により、対面型ポスター発表に近い自由度の高い交流が可能となり、限られた時間の中でも効率的に多くの発表に触れることができた点は大きな利点である。さらに、事前に発表練習の機会を設けたことにより、ICT を活用した発表スキルの向上にもつながり、プレゼンテーション能力の新たな側面（オンライン対応力）の育成が図られた。一方で、対面に比べて偶発的な出会いや深い対話の機会がやや限定される側面も見られたが、全体としては、オンラインならではの利点を活かした有効な実施形態であった。

以上より、本大会は、参加機会の拡大と ICT を活用した新しい探究交流の形の確立という点で、高い教育的価値を有していたと評価できる。

ジェンダーギャップを越える STEAM 教育研究会は、奈良女子大学 STEAM・融合教育開発機構を中心とした大学との連携のもと実施され、教育関係者を対象に、理系分野におけるジェンダーギャップの解消と STEAM 教育の在り方について議論を深める場として機能した。

本取組の成果として第一に挙げられるのは、高等学校と大学が連携した実践的な教育研究の場が構築された点である。大学の研究者と高校教員が同じテーマについて議論することで、理論と実践の往還が促進され、学校現場における STEAM 教育の質的向上に資する知見が共有された。

第二に、ジェンダーギャップという社会課題に対する教育的アプローチの具体化が進んだ点である。理系進路選択における無意識のバイアスやロールモデルの不足といった課題に対し、どのように教育の中で働きかけていくかについて、多角的な視点から検討がなされた。これにより、単なる意識啓発にとどまらず、授業や探究活動に落とし込むための方向性が明確化された。

第三に、本校の SSH 事業との有機的な連動が図られた点も重要である。「集まれ！理系女子」と連動して実施することで、生徒の探究活動の成果と、教員の教育研究の取組とを接続する構造が形成され、実践と研究の循環が生まれている。これは、本校の SSH の特色である「広域連携による理系女子支援」の中核を担う取組として位置付けられる。また、本研究会を通して形成された大学・高校間のネットワークは、その後の共同研究や教育活動の基盤となり、継続的な連携体制の構築にも寄与している。

謝　辞

本交流会及び教育研究会を開催するにあたり、連携して下さった東京都立大学、愛媛大学、奈良女子大学、大阪公立大学等、様々な大学の関係者の皆様、運営に協力して下さった静岡北中学校・高等学校、文京学院大学女子中学校高等学校、山脇学園高等学校の皆様、講演を引き受けて下さった先生方、発表して下さった生徒及び指導の先生方、支援をして下さった中谷財団の方々に心より御礼申し上げます。

参考文献

集まれ！理系女子　第 17 回女子生徒による科学研究発表交流会　報告冊子（2026.3 本校作成）
https://www.nd-seishin-ssh.com/_files/ugd/39e908_9f6385bab2534c07a90491d073a95bf0.pdf

飼育・栽培活動を通して自然に学ぶ総合的な学習の時間

－ 地域連携で深める探究学習 －

実施担当者　広島市立倉掛小学校
教諭　甲斐切　友希

１　はじめに

広島市立倉掛小学校は、１９７０年代後半に広島市のベッドタウンとして市の中心から１０ｋｍほど北に離れた丘陵地帯を造成して造られた大規模団地の中にある。しかし、団地のほとりを流れる川には、今でもホタルの生息地があり、団地の周りには、緑も多く残されている。団地と周りの諸木地区とで学区は構成され、諸木には、畑や水田も残り、市の重要文化財に指定されている諸木十二神儀神楽やかつて盛んだった下駄づくり歴史もある。一方、団地には、高等学校、特別支援学校、公民館、消防学校、ｲﾝﾀｰﾅｼｮﾅﾙｽｸｰﾙなどがあり、地域と連携して探究学習を進めるための環境にも恵まれている。しかし、団地の造成が始まってから５０年がたち、かつて８００名を超える児童が在籍していた学校も、現在は１８０名ほどになり、全学年単学級となった。

倉掛の自然と歴史をテーマに総合的な学習の時間のカリキュラム作りを進めており、低学年の芋づくり、中学年のカブトムシ、ホタル飼育、高学年の野菜作りが飼育・栽培の主なテーマになっている。学校には観察池を中心にしたビオトープと約９ｍ四方の畑が４面あり、学習に取り組むためのフィールドにも恵まれているといえる。

しかし、団地の造成が始まってから５０年がたち、かつて８００名を超える児童が在籍していた学校も、現在は１８０名ほどになり、全学年単学級となった。そのため教員数も減少し、総合的な学習の時間で探究学習を充実したものとするためには、学級担任１名では課題も少なくない。

子どもが見出した問題に十分こたえられなかったり、教員の異動により次年度にカリキュラムがつながらなかったりすることがあげられる。地域と連携するにあたってもつなぎ役となるコーディネーターがいないことも挙げられる。他校と連携する機会と複数年の助成を生かして、こうした課題を少しでも解決できるように取り組んだ。本稿では、今年度２年目の野菜作りに挑戦した６年生の実践「倉掛マルシェ」の取り組みを紹介する。

２　本年度の取り組み

２－１　特別支援学校との交流

広島県立広島特別支援学校は、小学校から歩いて５分ほどのところにあり、３年前から野菜作りで交流している。特別支援学校も農場を持っており、農福連携に取り組んでいる。高等部の生徒が職業訓練として農業に取り組んでいる。高等部の生徒にとっては、身に着けた技術や知識を

教えたり伝えたりする場がなく、小学生に教えることがその実践の場となっている。人に説明することで、身に着けて技術や知識に自信が持てるようである。また、３年生の生徒が説明しているところを１年生や２年生の生徒が見ており、その様子を見ることで下の学年の生徒にとっても、農業実習に取り組むモチベーションを上げる場となっている。

畝立ての様子

小学生は、力や背の高さが必要となる畝立てや支柱立て、ネット張りなど苦手な作業を手伝ってもらうことができ、とても助かっている。５年生で初めて野菜作りに取り組んだときは、誘引作業、芽欠き、追肥、マルチシートや防虫ネットのこともよくわからず、2・3 人に１人生徒がついて教えてもらえるのでとても助かった。担任一人ではとても作業に時間がかかるうえ、教えるのも一斉にしか教えられない。また、農業に堪能な教員ばかりではないが、特別支援学校には、職業訓練のために農業の指導ができる先生方がいらっしゃるので、小学校の教員が技術指導をしてもらっている。

直接指導を受けることも、手伝ってもらえることも大きな支援になるのだが、特別支援学校の農業が子供たちの野菜作りのモデルとなっている点が一番大きな効果がある。野菜作りに取り組んで 3 年目にしてやっとそれらしい野菜が小学生にも収穫できるようになってきたが、それでも、特別支援学校の野菜と小学校の野菜とは明らかに大きさが違い、できる野菜の量も違うため、農場の見学に行くとあまりの違いに子どもたちは唖然とする。その違いが探究の課題に結び付く。

２－２　「倉掛マルシェ」玉ねぎ販売

5 年生の時に植え、5 月末に収穫した玉ねぎを 6 月の土曜参観日に販売します。野菜の種や苗、マルチシートや防虫シートの資金源になります。夏野菜も保護者に販売しますが、こちらは一斉に半ばできないので注文販売です。玉ねぎは、一斉に収穫できるので対面販売です。たくさん買ってもらうためのマーケティングを行って販売しました。玉ねぎを使った料理のレシピを掲示して、スマホで写真にとってもらう企画をした。昨年度は、春にべと病が出てとても収量が少なかったのですが、今年は 300 セット以上販売できました。全校生徒で 180 人だが、近所の方や卒業生にも販売し、教職員への販売や値引き販売も行って、結局すべて売り切った。

販売時に掲示したレシピ

お釣りが必要ないように基本 3 個セットを 100 円で販売した。

販売作戦の掲示

対面販売の様子。

２－３　「倉掛マルシェ」夏野菜

６年生は２度目の夏野菜づくりになる。作る野菜の種類は同様であるが，昨年度の失敗から明確に課題を持ったグループが多い。一種類３～６人ぐらいのグループでトマト，ミニトマト，オクラ　枝豆，ナス，ピーマン，甘長唐辛子の栽培を行った。紙面の都合でオクラとミニトマトグループの振り返りを紹介する。

昨年度は，親指ほどの茎で子どもの胸の高さほどにしかならず，特別支援学校のオクラに比べると茎の太さも背丈も半分くらいであった。このグループは，毎日観察日記をつけ，病気や害虫の発生にいち早く気づき対策をとった。その結果，昨年度の２倍以上の収穫を得た。また，美味しく食べることのできる実の大きさを実食し，品質の整った出荷を行った。

ミニトマトは，昨年ど梅雨の長雨の影響と台風の風の影響を受け，雨のために身が割れたり，枝が風で折れるなどの被害を受けた。強い茎を作るための芽欠き誘引作業や雨除けのビニール張りに早くから取り組み，散水の制限を行うなど甘みの強いトマトづくりに成功した。ハート形のトマトにも挑戦したが，販売には至らなかった。

２－４　「倉掛マルシェ」秋冬野菜

かぶも白菜も昨年度はほとんど収穫できていない。９月の高温で，発芽後にしんっくい虫の被害を受け植え替えを行ったが収穫はほとんどできなかった。今年度は発芽前から害虫対策を行い，害虫を見つけると防虫ネットの目の大きさ細かいものに張り替えたり，日照を確保するために成長後はネットを外したりして，予定通りの収穫ができた。

３　まとめ

同じ野菜を繰り返し２年間作ったことで，探究学習に結び付いたのではないかと思われる。初年度の失敗経験が，明確な課題を持つことにつながり，販売をすることで品質へのこだわりや収穫量を増やす視点を子どもたちに与えた。いくら調べても気象条件で生育状況が変わり油断することができない。調べた動画の世にならないところが，探究学習として得るところが大きかった。

謝　辞

本研究は，中谷財団の科学教育振興【複数校連携】（２年目）助成番号：24P14 を受けて実施しました。2 年間わたりご支援をいただきましたこと心より感謝いたします。

星食現象の国際共同観測による天文学と教育の連携

－ タイ・カセサート大学附属高校との高校生主体の観測ネットワーク構築 －

実施担当者　宮崎県立宮崎北高等学校
教諭　河野　健太

1　はじめに

星食現象とは、小惑星や月が恒星を隠す現象である。星食観測は、複数地点から正確な時刻情報を伴う観測記録を取得し、小惑星の形状や大きさを推定する観測手法で、高校生の観測でも科学的意義のあるデータが取得できる（図１）。1 年目は国内 4 校による共同観測体制を構築し、2 年目はその発展として、宮崎北高校の姉妹校であるタイ・カセサート大学附属高校（以下 KUS）を加えた国際共同観測を構築した。

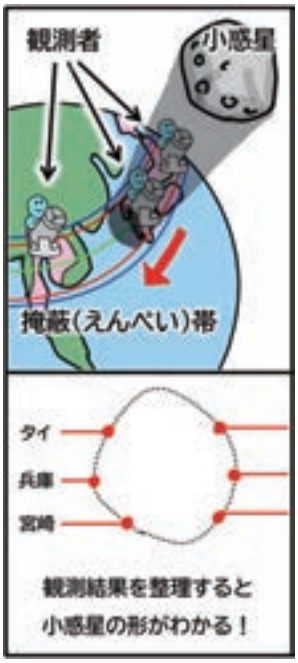


図１　星食観測の概要

2　２年間の活動の展開

２－１　国内４校による共同観測体制の構築（１年目）

1 年目には、宮崎県立宮崎北高校、愛知県立一宮高校、兵庫県立三田祥雲館高校、兵庫県立小野高校の 4 校が参加し、兵庫県赤穂市上空で発生する小惑星(3200)Phaethon による恒星食を観測した。対象となる恒星は 12 等級、掩蔽継続時間は 0.24 秒程度、さらに満月が近いという厳しい条件であった。生徒たちは国際掩蔽観測者協会東アジア支部（IOTA/EA：International Occultation Timing Association / East Asia）の支援のもと、4 回のオンライン講義と各校の観測練習によって、観測機材の扱い、対象星の導入、時刻補正、測光解析などの実践的内容を学んだ。本番観測は曇天のため成立しなかったものの、高校生だけで対象星を導入できる水準に達し、観測技術向上に大きな成果があった。

２－２　タイとの国際共同観測への発展（２年目）

２年目では、タイ・カセサート大学附属高校に観測機材一式を貸し出し、日本とタイの高校生がオンラインで学習・交流しながら共同観測を行うこと、さらにその成果を IOTA/EA を通して報告することを目指した。宮崎北高校の姉妹校である KUS に星食共同観測を提案したことを契機に、

宇宙教育を軸とした新たな国際連携の可能性が具体化した。その後、タイ天文協会（TAS）、タイ国立天文台（NARIT）、IOTA/EA、日本側の連携校との協力関係が形成され、宮崎北高校を起点とする国際共同観測プロジェクトとして大きく前進した（図２）。

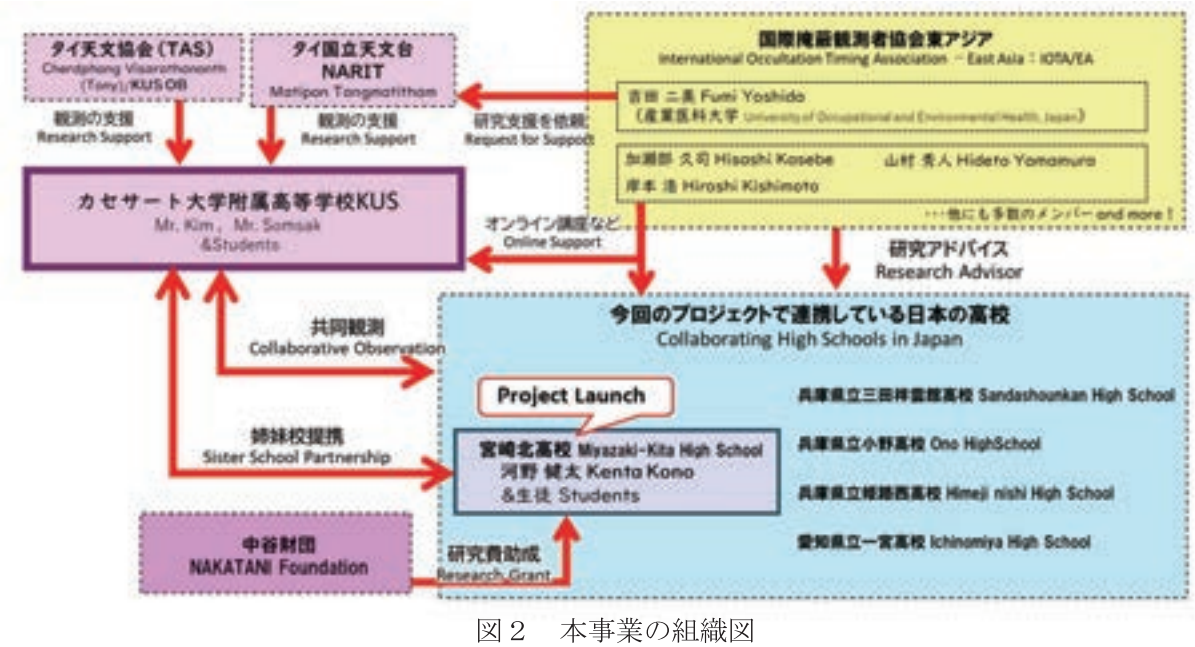


図２　本事業の組織図

2025 年 8 月 5 日には第 1 回日本・タイ勉強会を開催した（図３）。このとき、タイ側のキーパーソンである TAS 会長の Tony 氏が観測に精通していることが分かり、現地指導の中心となっていただいた。Tony 氏は KUS の OB であり、現役保護者でもある。こうして、単なる学校間交流ではなく、地域の専門家を巻き込んだ実践的な国際科学教育ネットワークが成立した。

図３　オンライン勉強会の集合写真

さらに 2025 年 8 月 20 日には、宮崎北高校からタイ側へ観測機材を貸与した（図４）。望遠鏡は SkyWatcher 社の DOB GOTO8 WiFi（口径 203mm，焦点距離 1200mm）、CMOS カメラは ZWO ASI290MM、ならびに GPS 受信機を整備した。さらに宮崎北高校でも 1 年目の予算で同様の機材を揃えており、遠隔で操作方法の指導が可能である。これらの機材の組み合わせは海外製の望遠鏡とカメラであるため、日本製の天文ソフトを使用しない。また、日本国内の３校には CMOS カメラ ZWO ASI462MM を提供し、今後も観測が継続できるようにした。

図４　KUS での観測機材貸与式

２－３　高校生主体の観測練習と現地指導

プロジェクトチームの会議によって、国際共同観測を 2025 年 11 月 18 日の(369166) 2008 ST110 による恒星食、12 月 27 日の(242642) 2005 NE6 による恒星食、1 月 9 日の(752180) 2015 MX133 による恒星食の 3 回に定め、各校が観測練習に励んだ。宮崎北高校でも 2025 年 9 月から新たなチームが練習を開始した。初心者の 1 年生を中心としながらも、10 月には生徒だけで機材準備と対象星導入ができる段階に到達した。1 年目で蓄積した観測技術が学校内で継承され、学年を越えて生徒主体の活動として定着したと考えられる。

タイ側でも 2025 年 10 月から観測練習が始まり、TAS メンバーの強力な支援のもとで練習が進められた（図５）。KUS ではもともと天文教育は行われておらず、TAS による天体観測教室を経て、生徒も教員も星食観測のノウハウを身に付けていった。

図５ KUS による観測練習の集合写真

２－４　高校生による観測

2025 年 11 月 18 日の小惑星(369166) 2008 ST110 による恒星食では宮崎北高校と KUS が共同で観測を行った。タイ側では 100 名を超える生徒が観測に参加し、星食だけでなく天文に親しむための大きなイベントとして企画されていた（図６）。宮崎北高校では、保護者の協力を得て生徒のみで観測を行った（図７）。会場では、オンラインで日本とタイを結び交流しながら観測を行った（巻頭写真）。

図６ KUS で観測する生徒

図７ 日本で観測する生徒

しかし、この日の結果は、宮崎北高校が悪天候のために対象星を導入できず「不成立」、タイ側が恒星をとらえたものの減光せず「通過」という結果であった。

なお、11 月 18 日は日本国内のアマチュア観測者の協力もあり、日タイあわせて 13 地点で観測を行った（図８）。そのうち 7 地点で観測自体には成功したが、いずれも減光を確認できない「通過」となった。星食観測では、減光が見られない「通過」の場合も小惑星形状推定に資する有効なデータであり、国際的に分散した高校生チームが観測に参加できたことに大きな意義があった。

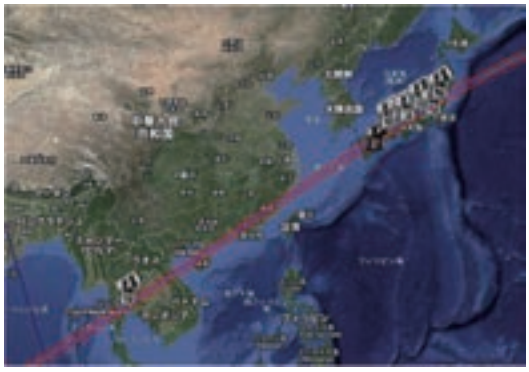


図８ 11 月 18 日の観測ポイントと掩蔽帯
（Occult Watcher Cloud で作成）

その後も日本とタイは個別に観測を続け、合わせて 4 回の観測を行った。12 月 27 日の(242642) 2005 NE6 では宮崎北高校は通過、一宮高校は雨天、タイ側は観測に参加できなかった。さらに 12 月 28 日の(471) Papagena は日本でしか見られない現象であったが、宮崎北高校が減光を捉えた。1 月 9 日の(752180) 2015 MX133 では宮崎北高校が通過を記録した。加えて、3 月 9 日の(54) Alexandra ではタイのみで観測できる現象であったが、タイ側で観測が試み、結果は不成立となった（表１）。

表１　共同観測事業の高校生の観測結果

日付	小惑星名	参加高校と観測結果
11 月 18 日	(369166) 2008 ST110	・宮崎北高校（不成立） ・ＫＵＳ　（通過）
12 月 27 日	(242642) 2005 NE6	・宮崎北高校（通過）
12 月 28 日	(471) Papagena ※タイでは観測不可	・宮崎北高校（減光） ・一宮高校　（不成立）
1 月 9 日	(752180) 2015 MX133	・宮崎北高校（通過）
3 月 9 日	(54) Alexandra ※日本では観測不可	・ＫＵＳ　（不成立）

これらの一連の活動から、令和 7 年度の本事業は 11 月の共同観測だけにとどまらず、その後も両国で継続的に観測経験を積み重ねる体制へ発展したことが分かる。

特に重要なのは、共同観測の成否にかかわらず、日本側では観測訓練を重ねた生徒たちが実際の星食現象に継続して挑戦し、12 月 28 日の Papagena では減光を確認する成果に到達した点である。

一方、タイ側も KUS 単独あるいは TAS の支援のもとで観測を継続しており、当初の「日本が教えるだけ」の関係ではなく、タイ国内でも独自に観測へ取り組む実践的な活動へと展開した。

3　宮崎北高校の観測成果

2025 年 12 月 28 日の(471)Papagena による恒星食では、宮崎北高校が減光を確認し、潜入時刻 15h44m05.776 ± 0.079s、出現時刻 15h44m21.889 ± 0.044s（UTC）を観測した（図９＆１０）。(471) Papagena は掩蔽対象の恒星よりも明るく、現象直前まで両天体が同時に観測され、二重星状の像として捉えられた。両者は接近して重なり合い、その瞬間には光度が合成され単一像となる。本観測では、この合成等級への移行の瞬間を捉えることに成功した。

図９　12 月 28 日の観測を行う宮崎北高校

IOTA/EA の広瀬氏提供の製約図によると、観測点の弦が小惑星形状の推定に寄与している（図１１）。これは、本事業を通じて高校生が最終的に「科学的に報告可能な星食データ」を取得できる段階まで到達したことを示す、きわめて重要な成果である。

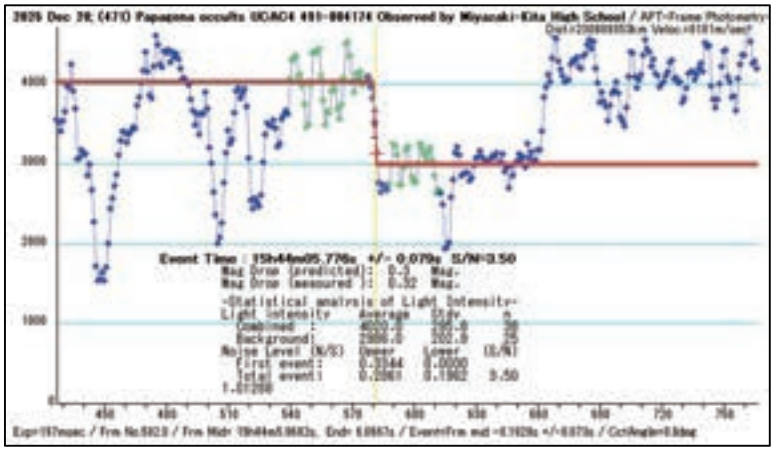


図１０　ライトカーブにフィットする赤い減光モデル線
（星食専用測光ソフト Limovie で作成）

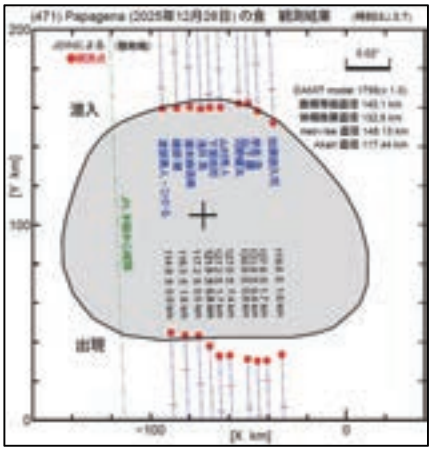


図１１　(471)Papagena の製約図
（IOTA/EA の広瀬氏提供）

4　まとめ

本事業は、1 年目に国内 4 校による共同観測体制を築き、2 年目にそれをタイとの国際共同観測へ発展させることで、高校生主体の天文学実践と国際科学教育の両立を実現した。

1 年目は(3200)Phaethon の観測こそ曇天で達成できなかったが、観測技術の習得、他校連携、研究への発展という面で確かな教育効果を得た。2 年目は、KUS、TAS、IOTA/EA、日本側連携校がつながる国際ネットワークを形成し、機材提供、オンライン学習、現地指導、共同観測を実施した。

その結果、日本のアマチュア観測者にも協力いただき 13 地点のうち 7 地点で観測成功という国際観測体制を実現し、さらに宮崎北高校は(471)Papagena の星食で減光を記録して、科学的報告に値する観測成果を得た。今回の事業で整備された高校生による星食観測ネットワークは、次年度以降も継続し、再び 2026 年度以降の(3200)Phaethon の観測などに挑んでいく。

謝　辞

本研究活動は、公益財団法人中谷財団の科学教育振興複数校連携助成によって実施された。ここに深く感謝申し上げる。また、観測技術指導と学習機会の提供にご尽力いただいた IOTA/EA の皆様、タイ側で現地支援を担っていただいた TAS ならびに KUS 関係者の皆様に厚く御礼申し上げる。

教員支援助成　［1年目］

中学校理科の若手教員を対象とした学校における観察実験の拡大を目指した取組み

実施担当者　公益社団法人
日本科学技術振興財団
総務室付
エネルギー・環境プロジェクト
プロジェクトリーダー
掛布　智久

1　はじめに

資源の乏しい日本が経済の活性化と持続的な成長を実現するためには、科学技術の推進が不可欠である。しかし現状では、理系に進む高校生の割合は減少傾向にあることから、文部科学省は、理系志望の高校生の割合を現在の 3 割から 2040 年までに 4 割へ引き上げる方針を示している。

高校生が理系に進まない理由のひとつに、「中学校の理科の内容が抽象的で難しくなり、理解できなくなった」という声が挙げられている。

このような現状を踏まえ、若手の理科教員を対象として、教科書等で定番となっている基本的な観察実験の実習研修を行い、教師の指導の経験値を高め教師が自信をもって自校で実験や観察の機会を増やすことで生徒の理科への興味・関心を高め、科学的思考力を育む教育を推進していくことを目的として本取り組みを行った。

なお、本取り組みは、夏季休業中に公募による「若手教員を対象とした理科実験（実習）研修会」と、年末に実習研修参加者を対象とした「フォローアップ研修」の 2 段階で行った。

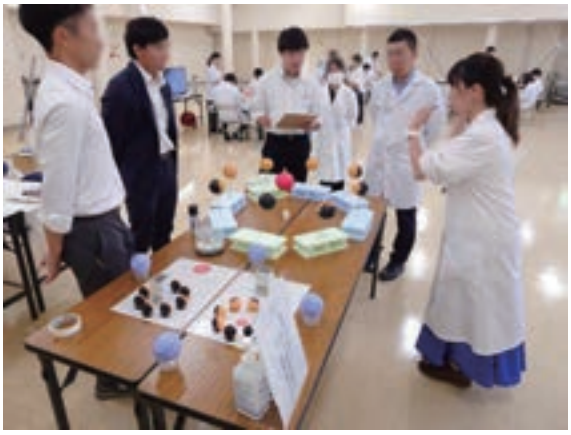
2　理科教員に授業で観察実験を

2－1　「若手教員を対象とした理科実験（実習）研修会」

◆研修の内容

在職 10 年以内を対象とした若手理科教員研修会を、8 月 19 日から各学年別に 3 日間にわたり科学技術館（東京都千代田区北の丸公園）で開催し、東京都の若手理科教員が 3 日間で延べ 68 名参加した。

本研修会は、「教科書通りに実験しても、なぜかうまくいかない」、「安心して実験を行えるよう、経験値を上げたい」といった声が若手教員から寄せられていたことから受講対象を若手教員に限定して設定した。



◆地球の公転と見える星座、月・金星の満ち欠け

中学1年生	物理	・力のつり合いとばねの伸びの関係(グラフの作成を含む)
		・凸レンズによる像のでき方・光学台
	化学	・酸素と二酸化炭素の発生とその性質
		・ロウの状態変化と体積・質量の変化
	生物・地学	・セキツイ動物(煮干しの解剖)の観察
		・火成岩堆積岩（梱がけ）
中学2年生	物理	・電流と電圧の関係(直列、並列回路)
		・静電気と電流（真空放電と放射線利用）
	化学	・水に電圧をかけたときの変化
		・温度が変化する化学反応
	生物・地学	・だ液のはたらき
		・空気の体積変化と雲のでき方(露点測定を含む)
中学3年生	物理	・記録タイマーと力学台車
		・科学技術と人間（エネルギー変換、放射線）
	化学	・金属のイオンへのなりやすさ(ダニエル電池を含む)
		・電気泳動による酸・アルカリの実験（ピペットの使い方）
	生物・地学	・細胞が分裂するときの細胞の変化(顕微鏡の取扱を含める)
		・地球の公転と見える星座の関係、月・金星の満ち欠け

◆3 日間の研修内容

受講者は 1 グループ 4 名編成で、1 講座 40 分、全 6 講座（物理分野 2 講座、化学分野 2 講座、生物分野 1 講座、地学分野 1 講座）を、休憩や昼食をはさみながら一日を通して順に受講した。

講師は、受講生 4 名に対して 1 名が対応する少人数体制とすることで、きめ細かな指導のもと研修を行った。

また、実験に使用する器材は参加者一人に一点ずつを用意し、実際に手を動かしながら個別に学ぶ実習形式とした。これにより、実験の手順や注意点を実践的に理解することができ、充実した研修を進めることができた。

◆凸レンズによる像のでき方

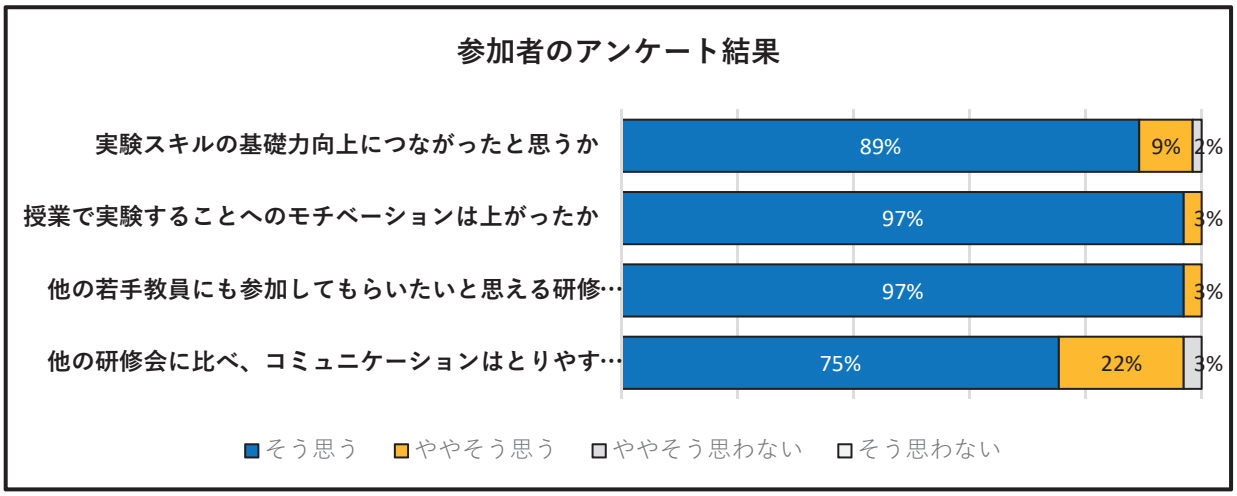
◆セキツイ動物（煮干しの解剖）の観察

◆静電気と電流（真空宝殿と放射線利用）

◆水に電圧をかけた時の変化

◆毎回研修会の最後に各グループで一日のまとめを行い、全体会

◆受講者の感想



受講者からは、「定番実験の意義の再認識や苦手意識の克服ができたこと」、「参加者相互の情報交換などによる不安感の払拭ができたこと」などの声が挙げられた。

以下に、具体的な受講者の感想の一部を挙げる。

・実践的な内容を深く学ぶことができた。教科書の定番実験とうたわれていたが、深く学ぶことでその意義や意味を再確認することができた。
・「目で見えない概念」、「どのように生徒に教えたか」、「実験準備で困ったこと」などについて様々な教員の経験談を拝聴できてとても参考になりました。
・いろいろなアイデアをいただけ、教材研究をもっと頑張ろうとやる気になりました。特に生物と地学に対して苦手意識がありましたが、今回の実習で学んだことを実際に授業で取り入れてみたいと思いました。
・特に自分の理解が浅い生物や地学の分野の実験について理解が深まりました。きっかけをたくさんいただいたので、それをもとに自分でも教材開発の糸口を見つけていきたいです。
・基本的な事をいかに生徒に分かるように指導していくかを改めて考えることができた研修であった。
・自分が実験についてより深く知っておくことで、生徒へ活かすときに楽しいと思いながら知識も同時に身につけさせることが可能になると考えた。この研修を活かして、自分の今後の実験の授業の向上を目指そうと思った。
・物理、化学、生物、地学あらゆる分野の実験が体験できて勉強になりました。
・時間があっという間で、今回扱わなかった単元についても先生方の教材やコツを聞いてみたいと思いました。
・基礎実験の注意点や教え方、評価の仕方まで教えていただき今後の授業に大変参考になりました。ありがとうございました。
・実験がうまくいかない理由や代替実験などを教えていただき大変勉強になりました。また同じような経験年数の班構成であり、悩みや困ったことなどを相談できてよかったです。
・クルックス管の実験は私が学生時代も行ったことが無く指導に不安があったのですが、1 人 1 講師の体制で見ていただいたので、その都度、危険なところはどこか、どういうことが起こっているかを知ることができ不安が払拭できたと思います。

２－２　「フォローアップ研修会」

8 月に実施した「若手教員を対象とした理科実験（実習）研修会」の受講者を対象に、12 月 27 日に次のような「フォローアップ研修会」を行った。

研修会では、初めに全体会で「学習指導要領に期待することは？」をテーマに中央教育審議会理科ワーキンググループの動向を踏まえた講義を行い、その後、少人数に分かれて 4 つのブースを回る実技研修会形式で分科会を実施した。

分科会では、夏の研修会を基に探究的な要素を取り入れた発展的な実験についての実習を行った。

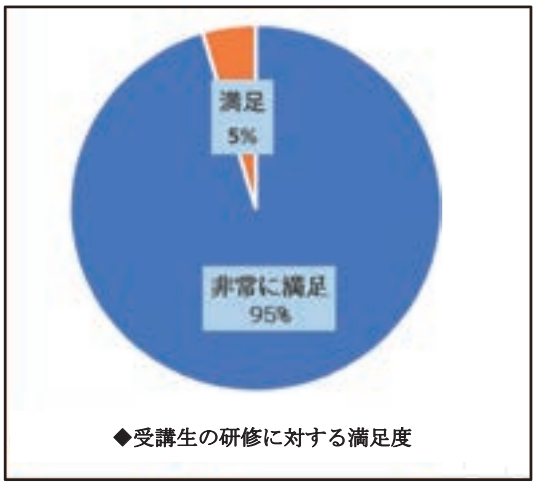
◆研修の内容

研修会※ 全体での講義を受講後、4つの講座を25分ごとに受講してください	(全体) 次期、学習指導要領に期待することは？ ～中教審の理科WGから読み解くこれからの理科授業～
	A 探究的な単元計画の作り方 ～簡易テレプロンプターと簡易プロジェクターによる課題設定～
	B 授業で使える簡易解剖講座 ～手羽先と鳥の頭の水煮を使った解剖実習～
	C モノづくりを通して理科の学ぶ意義を考える ～スピーカーづくり ローレンツ力の応用～
	D 霧箱実験(グループ型霧箱) ～直径20㎝大の霧箱を用いた自然放射線等の飛跡の観察～

◆全体会の様子

受講者からは、「どれも真似をしたい内容のものばかりで授業で実践するのが楽しみになった」、「真似できるものはどんどん実施したい」など、授業に対する多くの前向きな声が挙げられた。

以下に、具体的な受講者の感想の一部を挙げる。



◆受講生の研修に対する満足度

◆参加者の感想

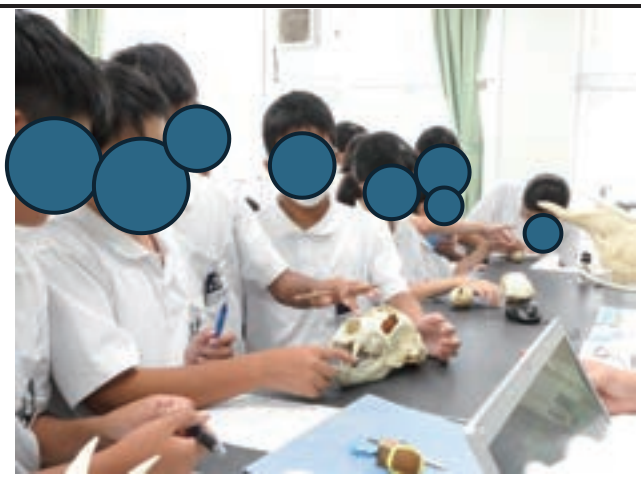
・実験の方法だけでなく、授業準備をする上で必要な視点を得られました。
・観察・実験をしながら、すぐに質問ができる環境で、とても楽しく充実した時間でした。
・講師の先生方に授業を担当してもらえる生徒はとても幸せだと思いましたし、自分もそう思ってもらえるような教員になれるよう自己研鑽をしていきたいと思いました。
・教わる側の視点で実験の重点事項や考えるべき視点を考えることができた。
・とても楽しみながら、学びの多い 1 日となりました。自身の理科の授業の質を高まるためのアイデアや教材研究を深めることができました！
・生徒の立場に立ち、色々な工夫をして試行錯誤し授業を良くしていくことの大切さを改めて教えていただきました。先生方のように、工夫を凝らした授業をしたいです。
・大変勉強になりました。本日教えていただいたコツを押さえて 2 学期以降実践してまいります。
・今後の授業に生かせる内容でとても勉強になりました。また、生徒の興味をひけそうな、小道具の作り方を知ることができて良かったです。

謝　辞

本研修事業は、公益社団法人中谷財団の令和 7 年度科学教育振興助成を受けて実施したものであり、多大なご支援をいただいたことに心より感謝しこの場をお借りしてお礼申し上げます。

また、長期休業期間中や年末にもかかわらず、観察実験の具体的内容の検討から器材の準備まで、本研修会を実施するためにご尽力くださった講師の皆様方、研修会を受講してくださった多くの先生方に心より感謝申し上げます。

主体的学習を促す授業及び教具・教材開発と地域教育への還元



実施担当者　奈良教育大学附属中学校
教諭　山本　浩大
協力校　伊丹市立西中学校
教諭　鹿島　一輝
千葉教育大学附属中学校
教諭　佐久間　淳一
教諭　桑子　研
実践校　奈良女子大学附属中等教育学校
教諭　鵜飼 哲真
伊丹市立荒巻中学校
教諭　八田　俊輔
ワークショップ協力
伊丹市立総合教育センター
奈良教育大学附属中学校

1　はじめに

本取り組みでは、生徒の学習参加だけでなく、教員の主体的な授業研究も重視し、参加教員が地域教育へ貢献できる基礎を培う。共同実施校では、それぞれが研究授業を検討し、他校でも実施可能となるよう改善する。授業の様子やワークシートの記述を基に授業改善を行い、公立校での導入可能性も検討する。さらに、学会での発表を通じて授業研究の姿勢を養う。1 年目は奈良教育大学附属中学校、伊丹市立西中学校、千葉大学教育学部附属中学校が授業を実施し、学校独自の活動も行いながら、互いの学校で実践を共有する。地域の教員には理科教育研究会などで周知し、2・3 年目には共同実施校の拡大を図る。2025 年度には奈良県で全国中学校理科教育研究会が開催され、主担当者が教材や取り組み内容を発表し、意見を得て授業改善につなげる。また、理科教育学会などでの発表機会を設け、教員の探究的姿勢を高める。

主として、口頭や資料における説明が中心となっている授業において、身近なものを用いた観察や実験を行える授業及び教具や教材の開発を行う。そして、生徒が主体的に学習に参加し、科学的な素地を養う授業を通して、どのような疑問や発見に至るかを明らかにすることを目的とする。また、教師自身も主体的に授業を創造し、学会での報告を通して理論部分の再構成と授業改善を行うことで、その成果を地域の教育などに還元することを目的とした。

2　研究内容及び授業実践について

2－1　1・2 年生「地域の自然環境の学習（春日山原始林の学習）」

3 年「身近な自然環境の調査」

奈良教育大学附属中学校の 1・2 年生を対象に、総合的な学習の時間を活用して「春日山原始林」を題材とした地域の自然環境学習及びカーボンニュートラルを考える授業を実施している。春日山原始林の樹木は，どれくらい二酸化炭素を固定し，地球温暖化の抑制に貢献しているのだろうか。生徒たちは自然環境の大切さを感じ、森林は二酸化炭素を吸収するという理解は持っていた。一方で、表面的な理解にとどまっており、科学的なデータをもとに、自然環境を捉えたうえで、大切さ

を考えさせる取り組みを行いたいと考えた。そこで，「測る」「計算する」「数値で説明する」活動を通して理解を深めることをねらいとした。

学校林における毎木調査を行い、そのデータをもとに年間の二酸化炭素固定量を算出した。この算出過程では指数法則を含む高校程度の数学的内容が必要となり，また計算は非常に煩雑になる。この計算にはべき乗数を用いるため、数学科と連携した授業も展開し生徒が理解できるようにした。共同実施校では、理科の授業で導入し、樹木の年間二酸化炭素固定量を知る機会、そして森林環境を科学的なデータをもとに捉える活動を行った。また、部活動の探求でも取り入れられ、生徒たちが発表を行った。

２－２　３年生「土の中の小動物」

―実験観察時の検索表活用が生物同定に与える影響―

本研究では、写真による地域検索表と既成のイラスト検索表を比較し、土壌動物の同定活動における効果の違いを明らかにすることを目的とした。具体的には、同定時間および正答率の客観指標、迷い度および確信度の主観指標、さらに検索表の利用傾向という行動指標の 3 側面から検討を行った。

対象は中学校第３学年５クラスであり、生徒は顕微鏡を用いて同一の土壌動物を観察し、写真検索表またはイラスト検索表を自由に選択して同定を行った。同定は各２分間で８種について実施し、同定に要した時間、正答率、迷い度、確信度、および使用した検索表を記録した。

その結果、同定時間および正答率については、写真検索表が平均 28.82 秒、正答率 68.37%、イラスト検索表が平均 30.27 秒、正答率 68.25%であり、大きな差は認められなかった。また、迷い度（1＝迷わなかった、3＝とても迷った）はイラスト 1.93、写真 1.86、確信度（1＝自信がない、5＝非常に自信がある）はイラスト 3.34、写真 3.48 であり、主観的評価においても顕著な差は見られなかった。一方で、検索表の使用回数はイラスト 189 回に対し写真 1056 回と、写真検索表が約 5.6 倍多く使用されていた。

これらの結果から、写真検索表は利用頻度が高いにもかかわらず、同定の正確性や判断の確信度においてイラスト検索表と同程度の成果を示すことが明らかとなった。このことは、初学者が形態的特徴の詳細な記述よりも視覚的な類似性を優先して判断している可能性を示唆している。実際に、生徒の約７割が「からだの形」を主な判断基準としており、全体的な見た目に依存する傾向が確認された。したがって、写真検索表は導入段階において有効に機能する教材であると考えられる。一方で、イラスト検索表は形態的特徴が整理されて示されるため、構造的理解を深めるうえで有効であるといえる。

以上より、同定活動においては、写真検索表によって視覚的な気付きや興味関心を喚起した後、イラスト検索表へと段階的に移行する指導法の有効性が示唆された。

今後は、本活動が未知の土壌動物の同定に与える影響について、生徒の記述および意識調査に基づき検討する必要がある。さらに、同定活動を通して身近な環境を構成する生物への気付きや関係性の理解がどのように形成・深化するのかについて、主観指標および記述分析の両面から明らかにしていくことが課題である。

２－３　１年生「動物の体の共通点と相違点」

１年生の動物の体の共通点と相違点の学習では、教材が手に入りづらい問題があり、主として動画や資料による授業が行われている。本取り組みでは、地域の教員が抱える教材不足問題を解決し、授業で頭骨標本を使用できるようにすることを目的に頭骨標本作成ワークショップを実施した。また、頭骨の使用が生徒の獲得する資質・能力にどのように影響するかを捉えた。

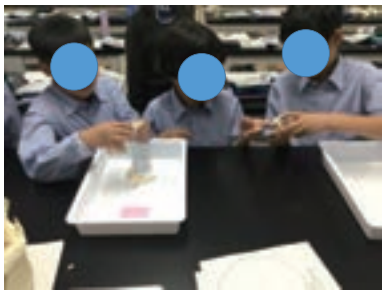
図は、伊丹市の教員研修で頭骨作成ワークショップを実施している様子である。教員や教育大学生向けの頭骨作成ワークショップを計３回（教員研修２回、自主研修１回）行った。多数の頭骨標本を作製することができ、それらを授業で使用してもらえるようになっている。来年度以降は、本研究の実践校を増加させることを検討しているため、継続した頭骨標本の提供、ワークショップの継続を行う予定である。

また、未知の頭骨の分類判断の正誤に影響を及ぼす要因、頭骨標本を使用するとどのような視点を獲得し頭骨を観察するのかを分析した。未知の頭骨の判断では、テンについては資料を用いたグループ（資料グループ）が、ツキノワグマについては標本を用いたグループ（標本グループ）が正答率が高く、有意な差が見られた。テンを資料グループが雑食動物と分類する傾向、ツキノワグマを標本グループが雑食動物と分類する傾向があった。ツキノワグマの頭骨の正誤に及ぼす要では、標本を使用した授業を受け、頭骨の判断時に歯や口（顎のくぼみや動き）に関する記述をしている生徒がツキノワグマを雑食動物と判断する傾向があった。

表　グループ別の未知頭骨分類結果

頭骨	国立24A_資料 【資料グループ】 草食動物	肉食動物	雑食動物	国立25A_標本 【頭骨標本グループ】 草食動物	肉食動物	雑食動物	有意性
テン（肉食動物）	2	88	30	0	96	5	***
ニホンザル（雑食動物）	3	6	111	0	5	96	n.s.
ツキノワグマ（雑食動物）	4	97	19	4	45	52	***
ニホンカモシカ（草食動物）	117	3	0	99	0	2	n.s.

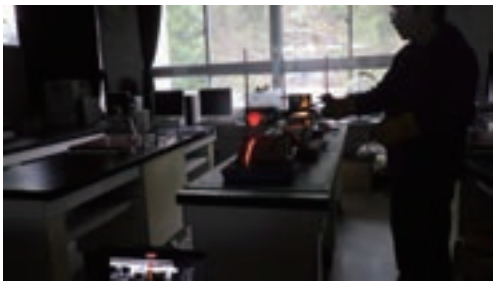
* : p<.05　** : p<.01　*** : p<.001　n.s. : not significance



２－４　１年「火山・マグマの学習」

１年生地球の内容では、火山やマグマについての学習を行う。岩石類は、標本を用いることで観察が可能となるが、マグマの生成及び粘り気についてはスライムなどを用いたモデル実験が行われている。私たち教員も岩石が溶けた状態のマグマを観察したことがない。そこで、実験室内でマグマを生成し、その性質を理解させる実践を行った。まず、火山灰の鉱物や岩石（花崗岩と斑レイ岩）の観察から無色・有色鉱物の違いがあることを通して、マグマにも違いがあることを理解させた。その後、生徒自身にハンマーで花崗岩と斑レイ岩を砕かせ、実験室内で加熱し、マグマを作成した。

今年度は、1 校のみで実践を行い、授業に導入できるかを検討した。実験室内でマグマを作成し、授業に導入することができた。一方で、加熱時のバーナーの音や実験室内の熱を対流させるなどの問題が明らかとなった。予備実験で学校の火災報知機が鳴ったこともあり、授業への導入は慎重にしていく必要があることが分かった。ただし、資料や映像のみでしか見たことのないマグマを授業内で見られたとき、生徒は歓声を上げ感動していた。興味関心を掻き立てる実験であり、今後授業への導入が生徒にどのような効果を与えるかを検証していきたい。



２－５　3 年生「黒点・太陽の観察」

黒点や太陽の観察は天体の学習で行うが、学校に天体望遠鏡などの機器がなければ、観察が実施されない。そのため、黒点や太陽の大きさ、様子に関しては、紙面上や映像などの学習になる。本実践では、生徒が黒点や太陽を観察できる機器をそろえ、さらに自作教材を用いて太陽直径を導き出す授業を行った。

本実践は中学校で導入実績もあるが、一般的な使用が行われていなかった。図のような教材は、ホームセンターで購入可能、または光学台を使用して実施できる。公立中学校でも実施し生徒たちが興味を持ち授業に取り組むことができたことが報告された。また、自分で測定し計算することで、太陽の大きさを実感した生徒が 8 割程度いたことから、数値のみの学習よりも実感ができる教材であったと考えられる。今回の取り組みを行う中で、数学科の教員も興味を持ったことから、教科横断的な学習を構築したいと考えている。特に、太陽直径の算出の際に、相似を学習することから、数学の有用性も感じた授業を実施できるようにしたい。

３　まとめ

カーボンニュートラル、土壌動物、頭骨標本は授業実践を行い、研究成果を学会などで報告した。また、太陽直径を算出する授業は、協力校で実施した。今年度は、研究授業 1 回、学会発表 3 回、ワークショップ 3 回を行い、研究の成果や実践内容を周知した。これらの授業実践を来年度以降も協力校及び他中学校で実施し、得られたデータから生徒の変容を明らかにし、授業導入を検討したいと考えている。

また、本取り組みは生徒の変容だけでなく、教師自身も主体的に授業を創造し、地域の教育に還元できる素地を養うも目的としていた。本取り組みについて、協力校のつながりで意欲が増し学会発表を行うようになった教員や教科連携でつながった教員が理科以外の学会で発表するなど、教師教育の立場からも教員を支援できたと考えている。教員間で連携することで、データのまとめ方や分析など、それぞれの強みを活かして支援することができた。

一方で、協力校の距離が遠く、オンラインや学会などで打ち合わせを行うことが多く、教材の詳細を十分に伝えることができなかったことが課題としてあげられる。来年度以降は、教材のマニュアルなどを作り、多くの教員が使用できるような汎用性の高い教材となるように心がけたい。

謝　辞

本研究は、中谷財団「科学教育振興助成」の助成を受けて実施したものです。中学校理科教育の充実に向けた本助成を通じて、研究活動及び授業実践を進めることができました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

・鹿島一輝・笠原恵（2024）中学校理科第３学年における土壌動物の観察に関する実験教材の開発. 兵庫教育大学学校教育学研究. 37, 45-55.
・鬼木哲人・山田貴之（2024）室内でのマグマの生成実験の開発と効果―自ら粉砕した岩石の室内での溶融実験やそのマグマを用いた粘性の観察の一連の効果―. 理科教育学研究. 65(2), 323-334.
・山本浩大・松井淳・杉山拓次・坂本交司・若森達也（2024）春日山原始林で行う中学生向け ESD ワークショップ－総合的な学習の時間で行う地域における環境学習の取り組みについて－. ESD・SDGs センター研究紀要. 2, 11-17.
・山本浩大・鹿島一輝（2025）中学校第 1 学年「動物の特徴と分類」における頭骨標本活用の実態把握と標本を活用した授業の効果. 日本生物教育学会全国大会研究発表要旨集 35.

教科指導リーダーを中核とした生徒の資質・能力を育む中学校理科教育の推進

－ 指導と評価の一体化を図る単元計画の検討 －

実施担当者　島根県教育センター
指導主事　園山　裕之

1　はじめに

平成 29 年告示の中学校学習指導要領解説理科編の目標の改善の要点には、「生徒が自然の事物・現象に進んで関わり、問題を見いだし見通しをもって観察、実験を行うなど、自ら学ぶ意欲を重視した」と明記されている。さらに、令和７年に実施された全国学力・学習状況調査の理科の調査問題では、**図１**のように身の回りの事象から生じた疑問や見いだした問題から課題を設定する学習の場面が取り上げられている。これは、生徒の主体的な探究の実現には、その出発点である課題を設定する学習が重要であることを示唆している。そこで、課題を設定する学習場面の在り方を検討する必要があると考えたことが、本研究に取り組んだ第１の問題意識である。

加えて、この問題意識を島根県内で活躍する理科の教科指導リーダーと共有することで、島根県内の各中学校における生徒が主体的に探究する授業の実践につながることが期待できる。教科指導リーダーを中心とした理科の授業づくりチーム（以下、チームしまねという）において協議を重ね、各中学校において実践可能な指導と評価の計画を検討する必要があると考えたことが、第２の問題意識である。

なお、本研究における授業では、単元を貫く課題を中心に据える。このことによって、単元のはじめに単元を貫く課題を設定し、生徒が探究の過程を通した学習の後に、再び単元を貫く課題について振り返る学習が展開できると考える。

図１（出典：令和７年度全国学力・学習状況調査解説資料　中学校理科）

2　研究の目的

本研究は、単元を貫く課題を設定する学習場面の在り方を検討し、島根県の５地域における各教科指導リーダーが中核となって各地域の指導と評価を一体化した理科教育の推進を図り、生徒の資質・能力を育むことを第１の目的とする。

また、精選された指導と評価の計画を島根県内の各中学校に提案することを第２の目的とする。

３　単元を貫く課題を設定する授業の実践

令和７年度にチームしまねのメンバーが中学校第１学年及び第３学年において授業実践を行った。授業実践の実施時期、実践校及び実施単元は**表１**のとおりである。５月から７月に、中学校第３学年「遺伝の規則性と遺伝子」単元で３校のチームしまねのメンバーが授業実践を行った。12 月から３月に、中学校第１学年「火山」単元で３校のチームしまねのメンバーが授業実践を行った。

なお、中学校第２学年「化学変化」単元の指導と評価の計画についても検討したが、授業実施の時期が合わなかったため、次年度に授業実践することにした。

表１　授業実践の実施時期、実践校及び実施単元

実施時期	実践校	学年	実施単元
５月～７月	松江市立Ａ中学校 松江市立Ｂ中学校 益田市立Ｃ中学校	第３学年	遺伝の規則性と遺伝子
12 月～３月	出雲市立Ｄ中学校 邑南町立Ｅ中学校 隠岐の島町立Ｆ中学校	第１学年	火山

３－１　松江市立Ｂ中学校の「遺伝の規則性と遺伝子」単元における実践

第１時は、生徒がメダカの形質の遺伝及びトウモロコシの形質の遺伝に出合い、課題を設定できるようにした。授業の目標は「遺伝に関する身近な事物・現象に進んで関わり、疑問や気付きから課題を設定するとともに、根拠をもとに仮説を立て、単元を貫く課題を設定する」と設定し、思考力、判断力、表現力等の資質・能力の育成をねらった。

まず、体色が黄色のヒメダカと黒色のクロメダカを観察し、メダカの体色の違いについて問題を見いだせるようにした。また、親世代のヒメダカとクロメダカの交配によって生まれる子がすべてクロメダカであることを確認した。さらに、子世代のクロメダカとクロメダカの交配によって生まれる孫世代のメダカは、体色が黒色のメダカと黄色のメダカの両方が生まれること、生まれる割合は体色が黒色のメダカの方が黄色のメダカよりも多いことを確認した。

次に、**図２**のように種皮が黄色のゴールデンコーンと白色のシルバーコーンを観察し、種皮の色の違いについて問題を見いだせるようにした。また、親世代のゴールデンコーンとシルバーコーンの交配によってできる子がすべてゴールデンコーンになることを確認した。さらに、子世代のゴールデンコーンとゴールデンコーンの交配によってできる孫世代のトウモロコシは、種皮が黄色と白色の両方が混じり合っていること、できる種皮の色の割合は黄色の方が白色よりも多いことを確認した。

そして、**図３**のように「子世代では出ない形質が、孫世代で出てくるのはどうしてだろうか」という問いについて、仮説を設定する時間を設けた。この時間では、生徒がこれまで学習してきた染色体の受けつがれ方を基にして、モデル図を用いながら染色体と現れる形質

図２　授業の様子

図３　授業の様子

を関連付けながら思考した。動物である「メダカ」と、植物である「トウモロコシ」の形質の遺伝について思考することで、互いの遺伝に関する規則性の共通点と相違点を見いだした。最終的には、「親から子、孫へと染色体がどのように受けつがれていくのだろうか」という単元を貫く課題が設定された。

３－２　隠岐の島町立Ｆ中学校の「火山」単元における実践

第１時は、**図４**のように生徒が二つの火山の３Ｄモデルと岩石に出合い、課題を設定できるようにした。授業の目標は「隠岐島前と隠岐島後の岩石と地形を比較し、気付きや疑問を見いだし、生徒との対話を通して、探究の課題を設定するとともに、探究の課題に対する仮説を立てようとする」と設定し、学びに向かう力の資質・能力の育成をねらった。

まず、**図５**のように隠岐島前と隠岐島後の地形を３Ｄプリンタで作成したモデルを使って比較し、気付いたことを挙げた。生徒から「島後は標高が高いが、島前は標高が低い」「島後は凹凸が多いが、島前は凹凸が少ない」などの気付きが挙げられた。次に、隠岐島前と隠岐島後の岩石を比較し、気付いたことを挙げた。生徒から「島前は岩石が全体的に黒っぽい、島後は全体的に白っぽい」「島前の岩石は重い、島後の岩石は軽い」「島前の岩石には小さい穴がたくさんある、島後の岩石はなめらか」などの気付きが挙げられた。

そして、気付きを基に疑問を挙げる時間を設けた。生徒から「なぜ島後は島前よりも標高が高いのか」「なぜ島前と島後で岩石の色や形が違うのか」「なぜ島前の岩石には小さな穴があるのか」など、地形に関係する疑問や岩石に関係する疑問が挙げられた。

さらに、気付きや疑問を踏まえ、課題を設定する時間を設けた。「火山には標高や岩石の色にどのような決まりがあるのだろうか」「標高の高い山と低い山で、岩石の色はどのような特徴によって決まっているのだろうか」「同じ火山でも標高の違いで岩石の色が変わるしくみは何だろうか」「標高と岩石の色は、どのような条件で決まるのだろうか」などの課題が挙げられた。その中から最終的には、「隠岐島前と隠岐島後の標高と岩石の色にはどのような関係があるだろうか」という単元を貫く課題を設定した。

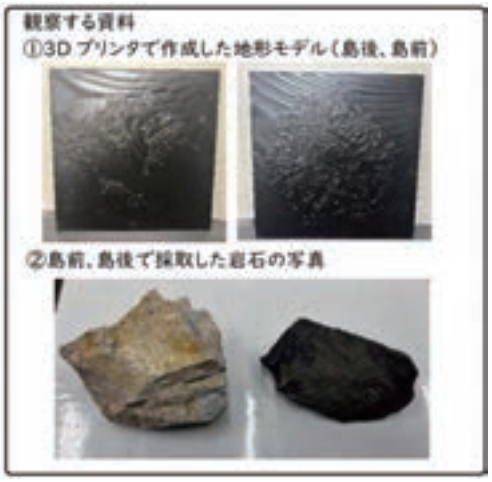


図４　授業で使用した資料

図５　授業の様子

４　まとめ

４－１　成果

１年次の研究を通して、次の二つの成果があった。

一つ目は、単元を貫く課題を設定するための題材を見いだせたことである。「遺伝の規則性と遺伝子」単元では、「メダカとトウモロコシの形質」に着目して観察できるようにすることで「親から子、孫へと染色体がどのように受けつがれていくのだろうか」という単元を貫く課題を設定する授業が展開できた。また、「火山」単元では、二つの火山の３Ｄモデルと岩石を観察できるようにすることで「隠岐島前と隠岐島後の標高と岩石の色にはどのような関係があるだろうか」という単元を貫く課題を設定する授業が展開できた。

二つ目は、生徒の変容が見取れたことである。「遺伝の規則性と遺伝子」単元の授業実践後に行った生徒を対象とした質問紙調査において、「単元を貫く課題を設定したことが、その後の意欲につながったか」と質問したところ、113 名中 95 名の生徒が肯定的に回答した。また、「遺伝の規則性と遺伝子」単元及び「火山」単元のどちらにおいても学習を通して主体的に探究している生徒の姿を見取ることができた。

４－２　課題

本研究では、中学校第１学年の「火山」単元、中学校第３学年の「遺伝の規則性と遺伝子」単元における一部の実践についての検討しかできていない。今後は、さらに中学校理科における他の単元についても、単元を貫く課題を設定する学習場面の在り方を検討する必要がある。また、１年次において中学校第２学年「化学変化」単元については構想段階に留まった。２年次は、授業実践を通して学習場面の在り方をさらに検討する必要がある。

さらに、生徒のどのような資質・能力がどれだけ育成できたかについての検証ができていない。今後は、単元を貫く課題を設定した授業によって育まれる生徒の資質・能力を検討するとともに、評価の妥当性を検討する必要がある。

４－３　指導と評価の一体化を図る単元計画の効果

１年次の活動後に、チームしまねのメンバーの 18 名に対して実施した質問紙調査において「単元を貫く課題を設定する単元構想は、生徒の資質・能力を育むことに有効だと思うか」と質問した。18 名中 18 名が「とても有効である」又は「有効である」と回答している。その理由として「生徒の主体的に取り組む姿勢が大きく変わるから」「生徒が単元全体の見通しが持てたり、課題を解決したいという思いを持つことができたりしたから」「単元全体と１時間毎の授業それぞれで解決すべき課題が明確になり、授業者自身が意図して生徒に身に付けさせる資質・能力がはっきりするため」などが挙げられた。単元を貫く課題を設定することを中心に据えた指導と評価の計画を構想し、計画に基づいた授業実践を行うことは、生徒の資質・能力を育成することにつながっていると考えられる。

また、「単元を貫く課題を設定する単元構想は、指導と評価の一体化を図ることに有効だと思うか」と質問した。18 名中 18 名が「とても有効である」又は「有効である」と回答している。その理由として「教師が単元を通しての道筋を持てば、自ずと子どもへの支援や手立てが見えてきやすい」「目指すゴールが明確になり、その課題に向かって探究することで、各時間のつながりを意識できる。また、単元の指導と評価の計画を立てておくことで、指導の意図が明確になり、生徒がどこまで理解していて、どこでつまずいているかなどをチェックし、次の指導にもいかすことができる」などが挙げられた。単元を貫く課題を設定することを中心に据えた指導と評価の計画は、教師の指導と評価の一体化につながっていることが見えてきた。

謝　辞

本研究は、公益財団法人中谷財団による令和７年度科学教育振興助成の資金援助（研究代表者:園山裕之）を受けたものです。この場を借りて深く御礼申しあげます。

参考文献

１）文部科学省（学校図書）：『中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説　理科編』,2018.
２）国立教育政策研究所（東洋館出版社）：『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料（中学校理科）』,2020.
３）国立教育政策研究所：『令和７年度全国学力・学習状況調査解説資料　中学校理科』,2025.
４）小野瀬倫也ほか（学校図書）：『子どもの考えから始める理科授業のデザイン』,2025.
５）鹿児島大学教育学部附属中学校（斯文堂）：『資質・能力を育む授業デザインハンドブック』,pp.102-126,2022.

地域のジオ資産を用いた総合知を育む科学教育プログラムの開発と推進

－「理科読」の手法を用いた読書と観察・実験－

実施担当者　大田市立長久小学校
校長　舟木　志郎

「立神岩」での地層観察

1　はじめに

大田市教育委員会では、2022 年度から「学力向上・教育力向上」プロジェクトに取り組み、その一環として外部講師による「理科読」に取り組んできた。

大田市は、大山隠岐国立公園に立地し、火山「三瓶山」や世界遺産「石見銀山」、日本遺産「立神岩」をはじめとする多様なジオ資産を有している。また、それらを生かした県立三瓶自然館「サヒメル」、さんべ縄文の森ミュージアム（三瓶小豆原埋没林公園）などの博物館施設がある。

これまでの「理科読」の取り組みを基盤に、これらのジオ資産や施設を教育資源として活用することを目的として、プログラム開発と推進に取り組むこととした。

今年度は、「理科読」の手法を活用した科学教育プログラムを開発し、今後は外部講師によらないプログラム実施も視野に入れ、取り組みを始めた。また、近隣の大田小学校を共同実施校として実施した。このことでプログラムの複数実施による検証性と両校児童の交流の推進を図ることも企図した。

2　プログラムの開発と実践　～外部講師による開発と実践～

2－1　4 年生「水のふるまい」

【プログラムの展開】(項末下線数字は活動時間〔分〕)

①読み聞かせ『みずたまのたび』[1)] *7*

②水の変化を見つける実験・観察 *28*

○蒸発…手のひらに置いたセロハンが動く *5*

○空気中の水を集める…氷を入れて冷やしたアルミ缶の表面に水滴がつく *5*

○空気中の水を見る…ペットボトルを使って圧力を加え離し、中に「雲」をつくる *5*

○水が氷に…塩を加えた氷の上に置いたアルミ容器の中の水が凍る *13*

③読み聞かせ『みずとはなんじゃ』[2)] *7*

アルミ缶に付いた水滴の観察

④氷が水に…③でできた氷に息を吹きかけると融けて水に *5*
⑤水の働きを見つける実験 *30*
○溶ける…油と水で塩を溶かす比較実験
…炭酸水を振って溶けていた気体（炭酸）が容器を膨らませる } *15*
○運ぶ…クロマトグラフィ技法で、インクが運ばれることに気づく *15*
⑥本の紹介とクロマトグラフィの作品の発表 *10*

講師の実験紹介とビデオ撮影

①の読み聞かせでは、児童が知っているつもりや当たり前と思っていた水のふるまいに、理科の目で光を当て言葉に転換されていることを味わう時間となった。実験を経た後の③の読み聞かせで、実験の視点を深めるとともに、「学校図書館でも借りられる」ことを紹介し、児童が自分のペースで探究していくことを本で保証する理科読のコンセプトを活かした。

児童は本の世界に入り、講師の指導で疑問や課題を持ちながら実験を重ねた。約 90 分（通常の授業の 2 コマ分）の展開であったが、興味を持ちながら集中して取り組んでいた。

このプログラムは、次年度は自校の教員による実践を計画している。そのため多くの教員が参観しビデオで撮影もし、振り返ることができた。

２－２　６年生「大地をつくるもの」

【プログラムの展開】(項末下線数字は活動時間〔分〕)
①読み聞かせ『石はなにからできている』[3] *7*
②講師による石のでき方（火成岩・変成岩・堆積岩）の説明を聞く *3*
③標本の石について説明を聞きながら、比較して観察する *12*
④花崗岩（風化状態）を砕き、粒（雲母・長石・石英）を見つけ「マイ・標本」をつくる *33*
⑤水の力で角が丸くなる…ペットボトルにレンガと水を入れて振って確認する *20*
⑥読み聞かせ『やまをつくったもの やまをこわしたもの』[4]、本の紹介と次の日の予告 *20*
⑦「立神岩」の地層観察…地層は重なって広がっていることを理解する *10*
⑧小豆原埋没林の地層標本や埋没林の観察…水の力で運ばれた石や粒で地層ができていることを見つける *60*
⑨２校合同でのグループで、学んだこと・分かったことの振り返り *40*
〔⑦・⑧は現地見学、移動時間を除く〕

岩石標本の説明を聞き、観察

マイ・標本作り　ルーペを使って粒を見つける

プログラム①～⑥は長久小と大田小で別々に実施し、⑦～⑨は合同で実施した。それぞれ 90 分のプログラム、150 分超の校外活動となった。　読み聞かせ（①、⑥）では、これから始まる学習に関連する本を読み、「石は硬く同じように見えるけど……」「やまはじっとして動かないけど……」といった児童の疑問や関心を高めた。また、読み聞かせで用いた本以外にも関連の本を会場に用意して関心を向けさせた。

児童は、一連の活動に集中して取り組んでいた。特に、石が粒からできていることを実感する、「マイ・標本」つくりは、試行錯誤しながらも熱心に取り組み粒を観察していた。振り返りでは、「初めて見た」「初めて知った」「聞いたり習ったりしていたけど実際に見ることができてよかった」というたくさんの感想も聞かれ、日常生活の中で流れてしまいがちな地域のジオ資産（教育資源）に意識が高まった。

この「大地をつくるもの」のプログラム内容は、次年度ブラッシュアップし、一部（⑤の内容）を５年生で実施するプログラムに組み入れることを予定している。

図書館司書による読み聞かせ

２－３　プログラム（「理科読」のコンセプト）の広がり

プログラムの実践について、大田市内各小・中学校等に参観を呼びかけた。他校から関心を寄せる教諭をはじめ、図書館司書や読み語りボランティアの参観があった。

【参観した教員の感想】　「『理科読』授業を参観して」　大田市立仁摩小学校教諭

私は「理科読」についてあまり知識がなかったため、どのような授業なのかを知りたいと思い参観しました。また、仁摩には日本遺産の硅化木があります。グリーンタフなど大地の恵みに視点を当てながら銀山学習や理科「大地のつくり」の学習を進めています。その中で、理科読の取組から学べることがあるのではないかと考えました。

授業は読み聞かせから始まり、観察や実験を取り入れながら子どもたちの興味関心を高めておられました。最後に再度読み聞かせを行い翌日の現地見学へとつなげる計画がとても工夫されていると思いました。サヒメルの先生が参加されていたことや、関連する本が多数準備されていたことも印象的で、多くの子どもが学習後に本を手に取る姿が想像されました。

児童が集中して読み聞かせを聞く姿や、ルーペで宝物を探すように観察を楽しむ姿が印象的でした。貴重な学びをありがとうございました。

活動の間合いを見て参観者にも説明

この教員の所感にもあるように、大田市をはじめ県内には、理科の視点を当てることで学びと身の回りの環境が結びつく特徴的な資産が多数ある[5]。長久小・大田小での取り組みは、校区に関わりがあるなど、身近なジオ資産に視点を当てているが、手法や考え方は他のジオ資産を活用した学習にも生きてくるものだと考える。

３　まとめ

「理科読（りかどく）とは『科学の本を読もう』ということで，科学の本を読むことをすすめる活動を理科読運動といいます。」[6] と紹介されている。読み物（本）を通して日常の身の回りにある物事に科学の視点を当て、子どもの不思議に思う気持ちをきっかけに、実験や観察を通して確認し、さらに探究していく学びを保障していく取り組みである。これを活かし、大田市教育委員会でも「学力向上・授業力向上」の一つの視座として取り組んできた。しかし、今回実践し

たプログラムも外部講師に負うところが多く、「理科読」が学校職員の身近な取組み手段として普及定着していない課題もある。また、継続的な実施の視点では、ひとまとまりが 90 分という時間的な課題、消耗品等の諸準備などの課題、経費的な課題もある。一方、教員が自分自身の取り組みに生かす視点をもって外部講師によるプログラム進行を参観することで、活動の流れを理解し児童の様子を見ることができ、職員の理解が深まってきた面も見られた。

今回、中谷財団の支援を受けることができ、外部講師によるプログラムや教材開発の視点を活かし、持続可能な取組みになるように、３か年計画を立て取り組んだ。

１年次（今年度）：「２つのプログラム開発」…教員は観て学ぶ

学校や外部講師や専門家、関係施設とのネットワークづくり。市内各小・中学校への啓発の契機づくり。

これまでも「出前講座」や施設の訪問を通して関わりのあった、県立三瓶自然館サヒメルの学芸課の職員の方と協働してプログラム開発を行った。また、プログラムの中でも専門的な立場からの説明をいただいたことや活動の支援をいただけたことは、より深くつながる一つの達成点であり、今後の取り組みの中に生かしていきたいと思う。また、県立大学とも関わりを持つことができた。

２年次：「５年生のプログラム開発とブラッシュアップ」…学びの連続性と総合知に向けて

自校職員での４年生プログラム実施。プログラムと地域のジオ資産活用、関係施設との協働体制等のブラッシュアップ。

１年次のプログラムの内容や推進体制の検証をもとに、外部講師による５年生対象のプログラム（2 つのプログラム「石とはなんだ」「命をささえる水」）開発と実施を柱の一つとし、今年度実施したプログラム内容の修正や教育課程上の位置づけや関連の整理、関係機関とのより持続的な協働体制づくり、自校教員による実践をもう一つの柱として取り組む。このことを通して、広く活動を広げる視点から今年度確認された課題を整理するとともにその改善に向けた検討をする。

３年次：「プログラムの検証と啓発にむけて」…持続可能性を目指す、広げる

取り組みの普及と持続可能の視点でプログラムをブラッシュアップするとともに、協働した関係機関との役割や取組の分担や、関わり方を整理し、方向性を持ちながら実践する。これらの成果を周辺校への啓発を行う。

謝　辞

公益財団法人 中谷財団より助成を受けることで、学校経費で取り組むことが困難な取組みを実施し、成果をあげることができ、これからの展望を持つことができた。

また、このプログラム開発・推進に当たっては以下の方々のご指導とご支援をいただいた。

土井 美香子 氏（NPO 法人ガリレオ工房副理事長）プログラム開発、プログラム実践講師
久田 健一郎 氏（日本地質学会関東支部長、日本地学教育学会前会長）プログラム開発協力
島根県立三瓶自然館サヒメル、高橋泰道・理科ゼミ生（島根県立大学）、大田市中央図書館

公益財団法人中谷財団様をはじめ、ご支援ご協力いただきました皆様に厚くお礼申しあげます。

参考文献

1)『みずたまのたび』（アンヌ クロザ〔Anne Crausaz〕作　こだましおり訳、西村書店　2015）
2)『みずとはなんじゃ』（かこさとし著、鈴木まもる画、小峰書店　2018）
3)『ちしきのぽけっと(23)石はなにからできている？』（西村寿雄作、岩崎書店　2018）
4)『やまをつくったものやまをこわしたもの （かこさとしの自然のしくみ地球のちからえほん 第 1 巻)』（加古里子著、農山村文化協会　2025）
5)『令和版　島根の自然は生きている』（島根県小中学校理科教育研究会編、山陰中央新報社　2024）
6)『理科読をはじめよう−子どものふしぎ心を育てる 12 のカギ』（滝川洋二編、岩波書店 2010）

以上

小学校理科教育の質を維持するための持続可能な研修サイクルの構築

－「教師を目指す高校生の発掘＆教員養成」と連動する現職教員研修 －

実施担当者　岡山大学教育推進機構
教師教育開発センター
教授（特任）高木 盛雄

1　はじめに

本事業は、未来を創る原動力となる子どもたちの「理科の力」を育むことを目的としてスタートした。その実現には、小学校において論理的思考力と創造性を引き出す、質の高い理科授業が展開されなければならない。しかし、深刻な教員不足により高い専門性を有する理科専科の配置が困難な状況にある。そこで本事業では、学級担任が理科授業の魅力に触れ、指導スキルを高めるための施策を最優先に推進する。初等理科教育に携わる小学校、教員養成を担う大学、科学教育の振興に寄与する科学館の三者連携により教員研修システムを強化し、持続可能な研修サイクルへと進化させることで参加者を拡大し、探究的な理科授業がより多くの教室で展開されることを目指した。

2　具体的な実践

2－1　グランドステージ　“理科に強い”小学校教員を目指す学生や高校生と連携した教員支援の実施

本取組は、学生が考案した「小学生が主体的に取り組む実験プログラム」を小学校において共同実践し、学生・教員双方が達成感を共有することを目指す共同実施校との連携事業である。活動初年度は、まず大学教員による実践を学生が参観することで、児童の実態に即した実験プログラム開発への意欲喚起を図った。

運用面においては、小学校の教育課程との兼ね合いから日程調整が難航する課題も浮き彫りとなった。そこで、学生の実践機会を確実に確保するとともに、より幅広い層の子どもたちの科学的関心を高めるため、実施場所を小学校以外にも拡大した。幼稚園や公民館等での試行を通じ、実験教室のさらなる実績構築と地域社会への貢献に努めた。

・倉敷市立万寿東小学校での実践
　令和７年７月 14 日(月)･16 日(水) ４年生(４学級)「サイエンスマジックの種明かしをしよう」
　令和７年 12 月 19 日(金)　５年生 (３学級)「空気のはたらき」
・倉敷市立茶屋町小学校での実践
　令和７年９月 29 日(月)･30 日(火) ４年生 (３学級)「空気のはたらき」
・倉敷市立茶屋町幼稚園での実践
　令和７年６月９日(月)　年少・年中・年長「サイエンスマジック」
・倉敷市立第四福田幼稚園での実践
　令和７年７月２日(水)　年少・年長「サイエンスマジック」
・倉敷市本荘公民館での実践
　令和７年７月 26 日(土)「空気のはたらき･ストローロケット」
・倉敷市連島公民館での実践
　令和７年７月 27 日(日)「解き明かせ花火の秘密･スライム作り」

「青少年のための科学の祭典倉敷大会」に学生主体で実験ブースを出展し、出展内容や運営の仕方を検討する過程で企画力・実践力を育むとともに、児童に科学の楽しさを伝える方法を身に着けることを目指して取り組んだ。
　令和７年 11 月８日(土)・９日(日)　出展内容：「にじいろぶんぶんゴマ」

２－２　樹幹ステージ　“理科に強い”現職小学校教員の支援や研修の実施と理科授業実践者の拡大【倉敷科学センターとの連携】

本取組は、観察・実験をより効果的・効率的に行うための教材開発や、探究的な学習を保障するための単元構想等を含めた「授業開発」に取り組む小学校教員への積極的な支援を行うものである。具体的には、CST（コア・サイエンス・ティーチャー）を中心とした研究協力者と連携し、先進的な教材・授業開発に着手する。

これらの活動を通じて得られた成果は、倉敷科学センターで実施される「小学校の先生のためのわくわく理科教室」において、開発に携わった教員自らが講師を務めることで広く公開することを目指す。現在、同講座の講師陣に高齢化という課題がある。本事業を通じて後継となる中堅 CST を育成し、知見を次世代へ継承することで「持続可能な研修サイクル」を構築したい。

今年度は、研究協力者２名が講師として講座を担当した。これは、開発された教材や授業展開案の実践的な普及を図るとともに、次世代を担う講師としての足がかりを築く機会となった。

「小学校の先生のためのわくわく理科教室」　☆：助成金を活用　★：研究協力者が担当

	日　付	時間	講　座　内　容	参加
①	４月５日(土)	10：00～	教科書活用ガイド、春の植物栽培ガイド	12 人
②	４月 27 日(日)	10：00～	４年：天気と気温、５年：植物の発芽と成長	12 人
③	５月 11 日(日)	10：00～	おススメの科学遊び	14 人
④	６月４日(水)	14：30～	６年：植物のからだのはたらき	６人
⑤	７月９日(水)	14：00～	４年：夏の星、プラネタリウム「学習投影」鑑賞	10 人
⑥	８月１日(金)	14：00～	６年：電気と私たちのくらし☆	25 人
⑦	８月 19 日(火)	14：00～	６年：大地のつくり、冷たい科学遊びの紹介☆★	47 人
⑧	９月 14 日(日)	14：00～	３年：太陽とかげ、５年：流れる水のはたらき	21 人
⑨	９月 28 日(日)	10：00～	６年：てこのはたらきとしくみ	７人
⑩	10 月 18 日(土)	10：00～	４年：とじこめた空気と水	６人
⑪	11 月３日(月)	10：00～	４年：物の温まり方、単元導入なんでも相談	６人
⑫	11 月 23 日(日)	10：00～	３年：物の重さ☆、６年：プログラミング	15 人
⑬	12 月 14 日(日)	10：00～	６年：水溶液の性質とはたらき☆★	16 人
⑭	１月 11 日(日)	10：00～	４年：水のすがたと温度	13 人
⑮	２月 14 日(土)	10：00～	３年：つくってあそぼう☆、６年：地球に生きる	19 人

全 15 回の講座を通じ、多くの回で二桁の参加者を数え、リピーター受講者も着実に増加した。こうした成果の要因として、各学校の進度に合わせ、開催直後に授業実践が可能な単元を重点的に取り上げたことが挙げられる。

また、教員支援助成の予算活用により、研修で活用した教材をそのまま持ち帰り、自校の授業で即座に活用できる体制を整えたことも、多忙な学級担任から高い評価を得る要因となった。こうした実効性の高い支援が、教員の参加意欲を継続的に引き出す結果に繋がった。

【参加者アンケートより】
・1つの教材でも、様々な導入方法があることを知り、今後の授業のつくり方の参考になった。
・なかなかふだん授業づくりをする中で、手にすることのない材料を一度に経験することができた。
・6年担任で理科って大変だなーっと思っていたが、実際に自分が参加すると楽しく学ぶことができた。
・目的意識、自己決定の場を意識して、教科書に縛られ過ぎず、子どもに寄り添って展開したい。
・理科に対して苦手意識があったが、初めて参加して、ちょっと頑張ろうかと前向きな気持ちになれた。
・今回の流れは、教科書の流れとちがって、さらにわくわくする理科になっていると感じた。
・今回もいろいろ便利な道具やコツ・工夫を教わり、とても面白かったし、勉強になった。
・実験が難しいと聞いていたので、とても参考になった。お土産までもらえて来てよかった。

理科を研究教科とする小学校に対し、組織的な授業改善に向けた積極的な支援を展開した。具体的には、教材研究や学習指導案の作成段階から関わるとともに、模擬授業の実施とそれに基づく事後検討会において、教員と協働して授業改善を図った。単発の研修に留まらず、教員と「共に創る」姿勢で取り組むことで、校内研究の質的向上に寄与した。

○倉敷市立緑丘小学校での実践

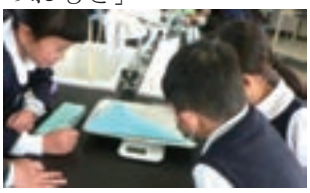
研究主題「やってみよう わかった できた」が実感できる授業づくり～「わくわく」を大切にした理科学習～

令和７年４月 14 日(月)　校内理科研修会
令和７年６月 26 日(木)　第１回校内授業研究会
　第２学年・生活科「めざせ！野菜作り名人」
令和７年９月 16 日(火)　第２回校内授業研究会
　第４学年・理科「物のあたたまり方」
令和７年 10 月 22 日(水)　第３回校内授業研究会
　第５学年・理科「電流がうみ出す力」

○総社市立清音小学校での実践

研究主題：主体的に取り組み、とも学ぶ清音っ子の育成～児童に学びを委ねる場面を設定した授業づくりを通して～

令和７年６月 11 日(水)　第１回校内理科研修会
令和７年６月 20 日(金)　教材研究　第６学年「てこのはたらき」
令和７年７月 18 日(金)　教材研究　第３学年「物のおもさ」
令和７年７月 28 日(月)　第２回校内理科研修会
令和７年９月 30 日(火)　第１回校内授業研究会
　第６学年・理科「てこのはたらきとしくみ」
令和７年 11 月 28 日(金)　第２回校内授業研究会
　第３学年・理科「物の重さ」



本取組の一環として、研修で得た知見に基づいて展開される共同実施校での授業実践を参観し、児童の反応や発言、学習状況を分析した。そこから得られた開発教材の成果や授業構成上の課題を抽出し、研究協力者にフィードバックを行った。現場の実践知を研究開発へ還元するプロセスを確立することで、より児童の実態に即した、質の高い教材・授業案へと洗練させていきたい。

○倉敷市立玉島小学校での実践

令和７年 10 月 23 日(木)　第６学年・理科「大地のつくり」
令和７年 11 月６日(木)　第６学年・理科「てこのはたらきとしくみ」
令和７年 11 月 13 日(木)　第６学年・理科「てこのはたらきとしくみ」

２－３　樹葉ステージ　“理科好き”の小学生を育てるための授業実践を土台にした教員支援の実施

本取組は、子どもたちの「問い（？）」や「感動（！）」から始まる理科授業を展開することで、科学に対する興味・関心を高め、論理的思考力や創造性を育むことを目指すものである。その実現には、各小学校において質の高い理科授業が日常的に実践されなければならない。

こうした授業を志向する小学校教員のニーズに応えるため、各地区で開催される教員研修会や授業研究会で積極的に講師を務め、観察・実験をより効果的・効率的に行うための教材開発や、探究的な学習を保障するための単元構成等の具体的な手法を紹介した。

これらの活動を通じ、個々の教員の授業改善に向けた直接的な支援を行うとともに、本事業で培った知見の広域的な普及と定着に努めた。

○教員研修会の実施

令和７年８月 20 日(水)　岡山市理科研修会（岡山市教委･教育研究研修センターとの共催）
①理科で「育成すべき問題解決の力」と理科の授業のあり方
②児童が目的意識をもつための導入の工夫「６年生単元、物のもえ方と空気を例に」
③単元展開の工夫「てこのつりあう決まりが見えてくる～実験で探る８時間の授業展開～」

令和７年８月 21 日(木)　総社市小学校教育研究会理科班夏季研修会
①単元展開の工夫「ふりこ運動の規則性が見えてくる～実験で探る６時間の授業展開～」
②期待した結果が得られにくい実験を成功に導く～植物の光合成によるでんぷんの検出実験～
③具体物を扱いにくい単元での導入の工夫　第６学年「月の形と太陽」・第５学年「人のたんじょう」

令和７年８月 22 日(金)　備前市･和気町小教研理科部会夏季研修会
①子どもたちを理科好きに誘う科学工作「分光万華鏡」
②単元展開の工夫「ふりこ運動の規則性が見えてくる～実験で探る６時間の授業展開～」

○理科ステップアップ研修会（岡山県教育委員会との共催）

令和７年 10 月 17 日(金)　瀬戸内市立牛窓北小学校
①授業公開　第６学年「大地のつくり」
②実験演習「簡単にできる地層モデルの作成」
「実際に化石を発掘してみよう」

令和７年 11 月 18 日(火)　早島町立早島小学校
①授業公開　第６学年「動物のからだのはたらき」
②実験演習「学習課題を見出す導入の工夫」
「唾液による消化の検証実験の成功のポイント」

３　まとめ

本事業の中核をなす倉敷科学センターでの「小学校の先生のためのわくわく理科教室」は、地域において一定の認知を得て、安定的な参加者の確保と受講者からの高い評価を実現している。特に、教材の提供や科学センターからの貸出システムは、研修内容を即座に自校の授業で実践することに直結しており、実効性の高い支援として機能している。今後は、講師としての活躍が期待される中堅 CST との連携をさらに深化させ、次世代を担う講師陣の拡充を図っていく。

今後も、本事業を通じて構築した「教員が学び合い、高め合うネットワーク」をさらに強固なものとし、地域全体の理科教育の質の底上げを推進する。子どもたちが「未来を創る力」としての理科的素養を最大限に発揮できるよう、小学校・大学・科学館の三者連携による教員研修システムをさらに充実させ、探究的な学びの場を広域に展開していく決意である。

謝　辞

本活動は、公益財団法人中谷財団科学教育振興助成の教員支援助成を受けて、充実した実践を行うことができました。ご支援をいただいた公益財団法人中谷財団様には、心よりお礼申し上げます。また、倉敷科学センター主幹、西村 誠 様をはじめとする研究協力者の皆様方、共同実施校である倉敷市立玉島小学校、倉敷市立緑丘小学校、倉敷市立万寿東小学校、総社市立清音小学校の校長先生をはじめ、お力添えくださった多くの諸先生方に、深く感謝いたします。

教員支援助成　［２年目］
（2024年度採択）

観察・実験における「科学的な探究プログラム」の開発と実践による検証

－ 子どもの“わくわく”を引き出す！大人も“わくわく”する活動 －

実施担当者　山形市理科教育研究会
事務局長　白田健太郎

1　はじめに

写真は科学教室「音であそぼう」の一場面である。この回では糸と紙コップで作った「糸電話」と、ばねと紙コップで作った「ばね電話」をそれぞれ作成した。「糸電話」と「ばね電話」、それぞれでたっぷり時間をとり、音の伝わり方について楽しんだ。糸はピーンと張らないと音が伝わらなくなること、ばねは糸のように張らなくても音が伝わること、糸とばねでは同じ人の声でも違った感じで伝わることなどを、子どもには感じ取ってもらいたいと思い、活動を仕組んだ。二つを作成し楽しんだ後に出てきたのが、写真の場面である。「二つを合体したら、どんな音になるのかな？」「糸をピーンと張れば、きれいに音が聞こえるはずだよ。」「でも、ばねのもやもやしたような音はどんな風に聞こえるの？」大人の想定を超えて子ども達が楽しむ姿に、運営スタッフも、とてもわくわくした瞬間であった。

子どもたちはもちろんだが、保護者や現職の教員にとっても、このような「本物に触れた喜びや驚き」の価値は何事にも代えがたい。本研究会では、子どもたちにそういった科学的事象を体験する機会を提供することや、大学生や現職の教員が理科授業や理科実験でのより深い学びをどのように仕組んでいくかを検討していくことを目標として、テーマを設定した。

現在、山形市内ではベテラン教員の大量退職に伴い、若手教員の数が急激に増えてきている。また、全国的にも、小学校の教科担任制の筆頭に理科が挙がっているように、理科授業を受け持つ教職員の専門性の低下が懸念されている。実際、大学で理科実験を履修していなかったため、授業で扱うような理科実験は中学校以来という若手教員が増えていて、子どもたちの思考に沿った理科実験を提供できていない現状がある。そのため、より多くの教員や児童生徒に「科学的な探究」の喜びを感じてもらうために、「観察・実験」に焦点をしぼり、安全かつより深い学びにできる「科学的な探究プログラム」の開発、実践に注力した。探究的な学習を行うためには、子どもが事物・現象に“わくわく”する気持ちをもつことが、学習の原動力となると考える。それに関わる教職員をはじめとした大人も“わくわく”する気持ちを大切にすることが重要ではないかと捉え、実践し、検証した。

2　今年度の計画より

2－1　教職員向けの研修会について

小学校教員向けの理科実践講座を計画し、実施した。計画と内容は、以下の通りである。
小学校理科実践講座中学年部会　（参加者８名　市内小学校教員）
講師：本研究会会員
内容：第４学年「もののあたたまり方」
【空気があたためられた時に、体積が全方向へ大きくなることを調べる実験】
空気があたためられた時の体積変化について、実験後に子どもたちがモデル図に示した考えと、実際の現象のずれを検証するための方法をいくつか試し、その有用性について検証した。
第３学年「じしゃくを使ったおもちゃ作り」
【単元「おもちゃショーを開こう」の学習】
１年間学んできた理科の事象や現象を用いたおもちゃをつくり、みんなで楽しむという内容の中で、磁石のおもちゃを実際に複数作り、内容について検証した。

小学校理科実践講座高学年部会　（参加者１０名　市内小学校教員）
講師：本研究会会員
内容：第６学年「水溶液の性質」
水溶液の性質の学習を行うための予備実験としての位置づけ、教科書に記載されている水溶液や、身近にある水溶液の性質について調べる実験を行った。リトマス紙の他にも、様々な指示薬などを使い実験を行いながら、授業づくりについて意見交流した。

第６学年「電気と私たちのくらし」
プログラミングアプリ「ＭＥＳＨ」を実際に操作しながら、その使用方法と授業での活用方法について、意見交流を行った。

第５学年「流れる水のはたらき」
流水実験器を自作し、その有用性について検証した。また、ホームセンターで購入することができる川砂と教材として販売されている砂を用意し、比較実験を行った。児童が、流れる水の速さや量に着目して、それらと土地の変化とを関連付けて、流れる水のはたらきを調べるのに適しているのはどちらか、また、どういった違いがあるのかを観察した。

中学年部会、高学年部会ともに、教材の作成や、グループ実験などの活動を通して、どのような指導過程で実験を行えば、科学的な探究が深まるかを考え、共有していく場面を設定した。

写真１　空気の体積変化を調べる実験

写真２　流れる水のはたらきの実験

また、「理科を語り合う茶話会」と題し、理科授業づくりでの悩みを語り合う会を実施した。

普段の授業で困ったところ、進めにくいと感じるところなどを中心に、実験道具を揃え、試してみながら、解決に半歩でも前進することを目的として行った。

小学５年「てこのはたらき」の単元について、様々な大きさの釘抜きを準備し、実際に試してみることで、子どもたちの思考に沿った提示の仕方などについて検討した。また、中学２年「天気のその変化」の単元について、教科書で扱っている実験について、道具を揃え、実際に試してみることを通して、生徒により身近に感じることができるような提示の仕方について、検討した。

写真３　てこのはたらきについて検討

写真４　天気とその変化の実験を検討

２－２　児童生徒向けの科学教室「小さな世界をのぞいてみよう」

計画の柱としていた本研究会会員と山形大学地域教育文化学部の学生とで行う事前研修会について、計４回実施した。そのうちの１回について、以下に記す。

「小さな世界をのぞいてみよう」というテーマで行う実験教室を企画した。実施の２週間前に事前研修会を実施した。本会会員（現職教員）２名と、当日科学教室を運営する山形大学の学生６名が参加した。

事前研修会では、双眼実体顕微鏡と顕微鏡について実際に操作しながら、観察を行った。観察のために用意したものは、新聞の折り込みチラシ、ミジンコやゾウリムシなどの微生物、山形県内各地から採取した砂、研修会場の周辺で採取できる植物であった。子どもが自分でも見つけ、採取できるものを中心に扱った。大学生には、実際に様々なものを観察し、当日子どもに提示するのに適したものは何かを考えながら活動した。

その後、講師からのアドバイスを受け、実験の手順や内容について確認し、実験の注意点や課題への見通しの持たせ方などを考えながら、科学教室の計画を立てた。

当日は、２４名の児童の参加し、観察を通して、小さな世界の不思議について存分に体験した。

写真５　事前研修会での予備実験①

写真６　実験教室当日の様子

２－３　児童生徒向けの科学教室「サイエンスキッズクラブ」

小学校でのプログラミング教育導入に合わせて開始したプログラミングキッズクラブに、サイエンスの要素を加え、探究的に学ぶ楽しさを子どもたちに感じてもらいたいと考え、実施した。

＜活動の概要＞

第１回　６月２１日　サイエンス①　実験器具をつかいこなそう
第２回　６月２８日　サイエンス②　きまりを使ってものをつくろう
第３回　７月１２日　プログラミング①　プログラミングの基礎を学ぼう
第４回　８月２３日　プログラミング②　ＬＥＤを制御しよう
第５回　８月３０日　プログラミング③　ロボットを制御しよう

写真７　ブラックボックスの中身を探る

写真８　ロボットを制御している様子

以前は、プログラミングに特化した講座を実施していた。「仮説を立て、実験し、新たな課題につなげる」というサイクルをプログラミングは回しやすいと捉えている。ところが、仮説を立てることの有用性や意義を理解しないまま活動すると、わからないことが苦痛になってしまう子どもが見られた。そこで、事前にサイエンスの要素を取り入れ、仮説を立てることの意味や楽しさを感じてもらった後に、プログラミングを行うことで、相乗効果が得られると考えた。写真７に示したように第１回は、教材「ブラックボックス」を用いて、木製の箱の中身を探る活動を取り入れた。会場は科学研修室という場所で、一般的な理科室と同じような実験器具を使用することができる。部屋の中にあるものであれば何を使って調べてもよいことを伝えた。すると、一人で黙々と事象に向き合う子どももいれば、写真７のように、近くの仲間と自然と協力しながら活動する様子もあった。写真８に示したように、ロボットを制御する活動の中でも、自分のロボットの動きと、仲間のロボットの動きを比較しながら、より自分のイメージに近い動きにするために、プログラミングを改良しようとする姿を見ることができた。

３　まとめ

今年度も引き続き「仮説を立てる楽しさ」に重点を置いた講座・研修会を行いたいと考え、実践してきた。より“わくわく”する活動につなげていくためにも、今後も、より多くの教職員や児童生徒が、実験における「科学的探究」に取り組み、理科の楽しさを実感できるようにしていきたい。

謝　辞

本プログラムの実施にあたり、共同実施者、科学教室の講師等、各方面から多大なご協力をいただきました。また、公益財団法人中谷財団の教員支援助成により、中身の濃い実践を行うことができました。心より感謝申し上げます。最後に、科学教室に参加いただいた多くの皆様もふくめ、関わってくださった多くの皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

「みる　つなげる　考える　未来をそうぞうする理科学習」の実現を目指す教師の研修の充実

実施担当者
栃木県小学校教育研究会宇都宮支部理科支部部会
宇都宮市立陽光小学校
副校長　鈴木　葉子

１　はじめに

栃木県小学校教育研究会宇都宮支部理科支部部会は，「宇小理」と普段は呼ばれている団体で，研究部，企画部，教材調査部，理科情報部の大きく四つの部に分かれて活動をしている。

「理科部会は，組織がしっかりしていて活動も活発だね。」と言われることが多かった。また，指導案検討だけでなく，興味・関心が同じもの同士が集まって，釣りや探鳥会，星を観る会などを行い，理科や科学を楽しみながら教師としてのノウハウを伝えてもらうことも少なくなかった。昨今の教育現場を取り巻く様々な状況の変化の中にあっても，本部会のよさを生かしていきたいと考え，本取組を行っていくことにした。本年度は，２年目の実践となる。

２　取組の実際

２－１　教材調査部の活動及び夏季休業中の全体研修会の様子

図１　教材紹介の様子

〈調査内容〉

宇小理教材調査部では，昨年度に実施した，宇都宮市と上三川町の理科部員に向けたアンケート調査の結果をもとに，理科の授業で使う教材について調査・研究を行ってきた。

８月５日の夏季休業中の全体研修会では，学年ごとのグループに分かれ，教材調査部による教材紹介を行った。（図１）

教材の扱い方や作り方，教材を使った授業展開などを，参観者に実物を提示し直接教材に触れてもらいながら伝えるようにした。参観者は説明を受けて実際に教材を扱ってみたり作ってみたりし，体験をとおした研修を行うことができた。教材調査部員は，参観者の質問にその場で答えるなど，紹介した教材を実際の理科の授業に活用することができるように留意した。

研修会の最後には，参観者に，教材調査部による本研修の教材紹介についてアンケート調査を実施した。

① 担当学年
② 楽しかった・役に立った・授業で取り入れてみたい等，興味をもった学年
③ ①を選んだ理由（印象に残った教材等）
④ 宇小理の研究部や教材調査部，理科情報部に今後期待する活動等

ここでは，「③ ①を選んだ理由（印象に残った教材等）」と「④ 宇小理の研究部や教材調査部，理科情報部に今後期待する活動等」についての結果を紹介する。

まず，「③ ①を選んだ理由（印象に残った教材等）」について整理してみると，次のとおりであった。学年ごとの一番印象に残った教材は，３年生は「影と太陽の記録装置」（46%），４

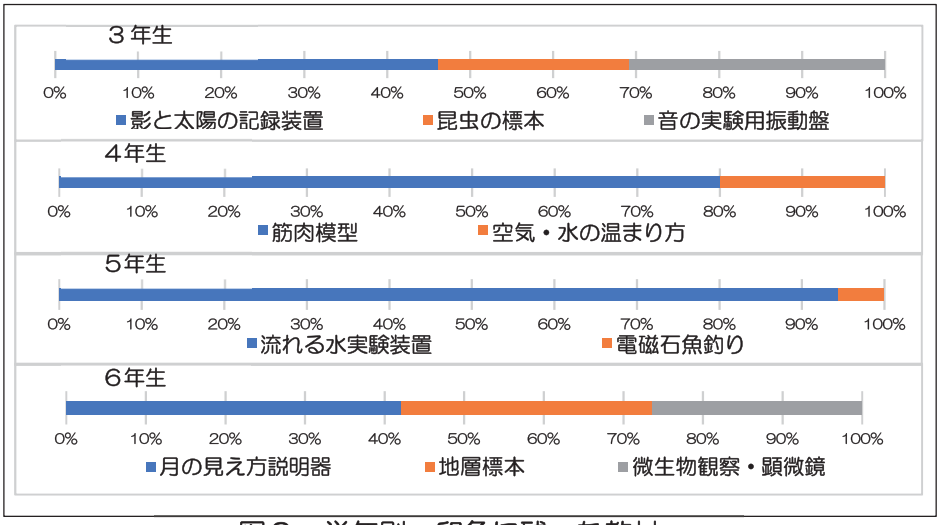


図２ 学年別・印象に残った教材

年生は「筋肉模型」（80%），５年生は「流れる水のはたらき実験装置」（94%），６年生は「月の見え方説明器」（42%）だった（図５）。これらは昨年度のアンケート調査で，教員が器具や標本等の教材を確保するのが難しいと感じている割合が高かった内容でもある。調査結果をもとにして，宇都宮市や上三川町の理科部員の要望を取り入れながら教材調査部の活動を実施することができたと思われる。

次に，研究部や教材調査部，理科情報部に今後期待する活動等についての意見を整理してみると，

≪期待すること≫
教材の紹介・研修…６５%
授業の工夫……２３%
情報提供……２２%

であった。

この結果から見ると，やはり理科は実際に「触れる」ことが大切であるということが分かる。「この教材や教具はいいですよ。」と紹介されても，どのように使うのか，自分にも扱えるものなのか，実際に授業で使うとしたらどのぐらい時間が必要なのかなど，教材・教具を見たときに生まれる疑問や不安だけでなく，触れたからこそ授業の中で上手く活用していくための気付きが生まれることがある。だからこそ，６５%もの教員が教材の紹介だけでなくそれに関する研修を期待しているとの回答があったのではないかと考える。今後も今回の研修会のような実際の授業に生かせる教材やその授業での活用の仕方についての研修を行っていけるようにすることが本助成を受けるにあたっての目的の中にある「教員への還元」に大きく寄与することにつながると考える。

また，授業の工夫や準備についての情報提供や，相談できる窓口を希望する意見も多かった。今後の取組を充実させていくための方向性が見えてきたので，それらの実践の具体策を考えていきたい。

２－２　理科指導法研修会での発表校への協力

宇小理では，２年に１回理科指導法研修会を開催し，宇都宮市と上三川町の宇小理に所属している教員が集まって授業研究会を行っている。今年度は，その準備の年であった。来年度の発表校は宇都宮市立清原北小学校となる。８月には，研究や授業の立案に研究部も参加し，意見を交換しながら研究を進めてきた。また，11 月には，清原北小学校の授業研究会にも参加し，研究部としての意見を伝えるなど，協力してよりよい授業を目指し，研究を行っている。児童の実態をよく分かっている研究発表校の先生方と，理科の単元展開や授業，教材・教具について研修を積み重ねてきている部員たちとが交流することで，子供たちにとってよりよい授業が展開できるようにと充実した話合いになっている。

今年度の研究を踏まえ，来年度の発表に向けて今後も協力を続けていく。

２－３　研究部員たちの取組

研究部員は，集まって研修するだけでなく個々人で，研究部長から示される栃木県小学校教育研究会理科部会の研究主題を宇都宮支部部会として考えた具体的な取組の内容に沿って研究・実践を進めてきている。それらの取組を，本部会で毎年発行している「理科研究のまとめ」という冊子に投稿することで多くの先生方と共有してきたところである。今年度からはこの研究・実践をデータで共有できるように理科情報部で立ち上げた Google Classroom にアップすることにした。自分が必要なデータを好きなときに好きなところから見ることができるようにしてたくさん活用していってほしいと考えたものだ。

例えば，「川を流される石と流れる水のはたらきの関係を考えよう」で研究・実践したある教員は，なかなか実感を伴った理解につなげることが難しいこの単元の中で何か工夫できないかと考えた。そして，「実際に観察することが難しい川の流れと石の形の変化の関係を調べるために，モデル実験を取り入れて考えられるようにする。」活動の場を授業の中に取り入れてみることにした。そのことが，「実感を伴って理解し，自分の考えを表現するために有効であったか。」を実際の実践から考えている。その結果，成果と課題として次のようなものが見えたこと記録している。

成果としては，「実際の川に行って観察することが難しいため，モデル実験という方法を用いて授業を行った。石に見立てた切り花用のオアシスの形が変化していく様子を実際に見ることができ，実感を伴った理解につなげることができた。児童も興味をもって実験を行い，他の班とオアシスの形を見比べて質問したり，同じ班の友達と他の班との違いや振り方の違いを共有したりすることができていた。」こと，また，「実験に用いる容器やアレンジメント用のオアシスの大きさや個数を選べるようにしておいたので，川の様子を想起しながら班で話合いながら，決めていた。その際にも川幅や川の深さなど，さまざまな点に目を向けて班で活発に話し合うことができていた。」ことを挙げている。

課題としては，「考察を書く際に，浸食・運搬・堆積の言葉を使いながらまとめるように助言したが３つの言葉を用いてまとめることが難しかった。日頃からの積み重ねを続ける必要があると感じた。」こと，また，「オアシスの形には目を向けられたが，削れて容器の底に沈んでいる破片(小石や砂となるもの)に目を向けられる児童が少なかったので，これからの授業の中では観察する視点を与えたり物事を様々な角度から捉えたりする機会を設けていきたい。」ことを挙げている。

以上のことを指導案と合わせて示しているので，授業のイメージがつかみやすくなっている。また，さらに興味をもった教員は，Google Classroom のコメント機能を利用することで情報をより深く共有できるようになることも期待しているところである。

２－４　理科情報部の取組

理科情報部では，Google Classroom の Meet を使って理科の情報交換会を開いてきた。２～３か月先を見据えてやっておくとよいことや授業のアイディア，授業の中での「失敗」を避けるためのこつ，「失敗」したときの対処法など，様々なことをざっくばらんに共有している。その共有した

内容をまとめたものをアップすることで，情報交換会に出席できなかった人たちとも情報の共有ができるようにしてきた。図３は，年度末号の一部である。

図３　理科情報部通信の年度末号の一部

理科部員でない教員でもこの理科情報部通信を楽しみにしている人は少なくない。通信をプリントアウトしすぐ見られる場所において授業の準備に生かす姿も見られている。

３　まとめ

本取組２年目となる今年度は，宇小理４部会のうち３部会を中心に助成金の活用を進めてきた。

研究部では，次年度の発表校と連絡を取り合いながら，授業の充実に向けて活動を行ってきた。教材調査部では，理科部員の要望を取り入れながら教材の調査・研究及び研修会での結果の発信を行ってきた。そして，理科情報部では，理科部員に向けてオンラインでの情報発信に努めてきた。また，研究部員は各種研究会への参加を通して，さらに研究への意欲を高めている。今後も，理科部員の声を聞きながら，各部の活動を充実させ，「みる　つなげる　考える　未来をそうぞうする理科学習」の実現を目指していきたい。

謝　辞

本取組には，公益財団法人中谷財団様からの多大なるご支援を賜り，充実した内容で実施することができました。この場をお借りして，心より感謝申し上げます。

本取組を進めることで，関わる教職員が，最新の教育理論や ICT 活用，探究的な学びなど，多岐に渡るテーマを設け研修を進めることができました。参画した教員からは，「情報を見ることで，教材研究で悩んでいたことが解決できた。」「単元の展開の仕方や教材・教具の使い方についてのアイディアをもらうことで，より目の前の児童にあった授業を実施することができた。」などの意見を受け取っています。

研修で得られた知識やスキルは，各教員の授業実践に確実につながっていることに加え，研修の成果を受け取った部員以外の教員の授業改善のきっかけにを作ることができており，本取組の目的に向けて確実に邁進いたしております。

今後も，中谷財団様からのご支援を糧に，本取組のさらなる充実と目的達成に努めてまいります。

だれもがワクワク、推し授業

実施担当者　湖南市立三雲小学校
臨時講師　宮本　まり

1　はじめに

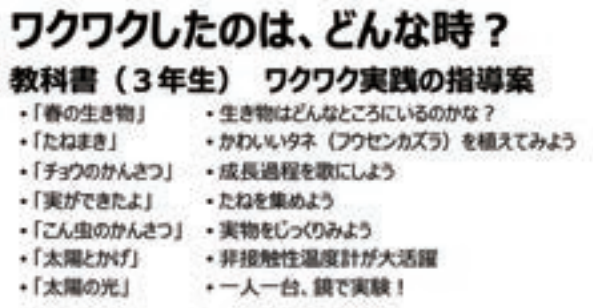
理科の授業は、粘り強く自然の事物・事象に向き合う姿や主体的に学習に取り組む態度を育むことを目標に、このような姿が見られる場面をいかに生み出すかを全国的に研究実践している。一方で、小学校の教員は、文系出身が多いため理科の知識に不安があったり、入り授業ではなくなり、自分で理科を教えるための資料が必要になったりすることも多い。しかし、理科担当の教師と共に子どもたちが楽しそうに学習をしているのを見ると、自分もやってみたいと思う教師も多い。

そこで、私たちは、理科に不慣れな教師も子どもたちと一緒にワクワクできる授業にするための手立てや支援を検討し、誰でも気軽に授業に臨める指導案作成を目指し、４校で実践を始めた。実践２年目の今年度は、教師も子どもたちと一緒に楽しめる理科の授業づくりについて研究を行い、昨年度から作成した推し授業の指導案を QR コード化し、ホームページなどに掲載することで、誰でも閲覧・実践を可能にしていく。

2　材料と方法

理科学習指導案は、小学校学習指導要領理科と教科書（啓林館、東京書籍）をもとに作成した。その上で、三雲小学校の児童が書いた振り返りや授業中のつぶやきを照らし合わせて、どの実験を楽しんでいたのか、日々の授業で使える手立てが何であったのか、どのような支援が有効であったかなどを分析した。

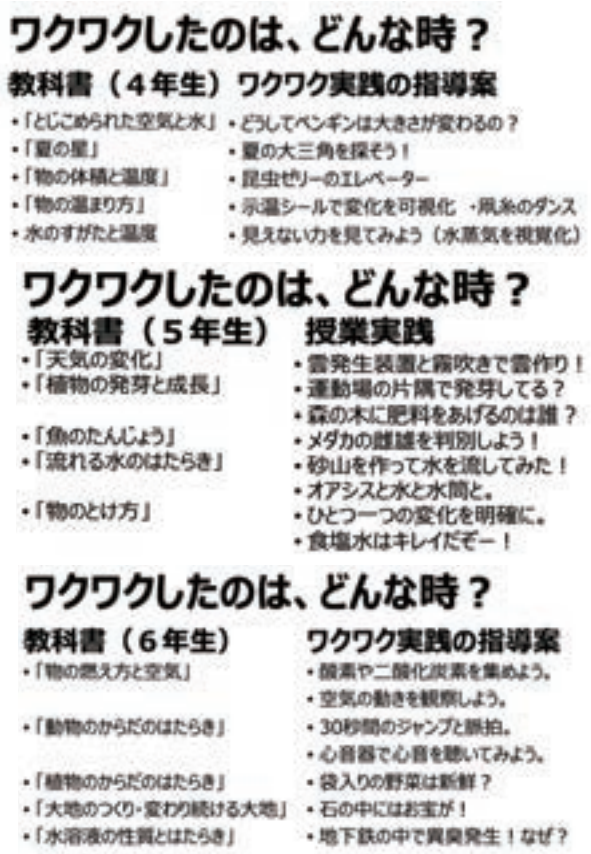
これをもとに今年度は、共同研究校で実践した内容を踏まえて学習指導案をさらに検討した。使用した器具のメリットとデメリット、学習指導案の内容が各校でも参考になったか、やってみたい実験内容があったか等について検討を重ね、実践に繋げた。



学習内容を押さえることはもちろんだが、それと共に、理科実験を通して、班やクラスで話し合える場面を想定し、子どもたち同士がつながりやすい活動や、安心して発言したり実験したりできる居場所がある環境づくりを目指した。そして、発表指導も含め、人の意見を聞いて考えたり判断したり、意見をすり合わせたりして、反対意見からも思考をつなげて子どもたち自らが意見をもち、意思決定できる共感的人間関係を育む活動にするための支援を検討した。

3　結果

3－1　ワクワクしたのは、どんな時？



3年生から6年生までの理科指導案を見直したとき、3年生は科学的な思考を楽しむよりも、まず器具を使いたい、自分でやってみたい気持ちが強いことがわかった。3年生の「太陽とかげ」で使用する非接触赤外線温度計は、操作が簡単であったため子どもたちが主体的に測る姿が多くみられた。その反面、アルコール棒温度計の目盛りの読み方を指導する時間を別にとることが必要になった。

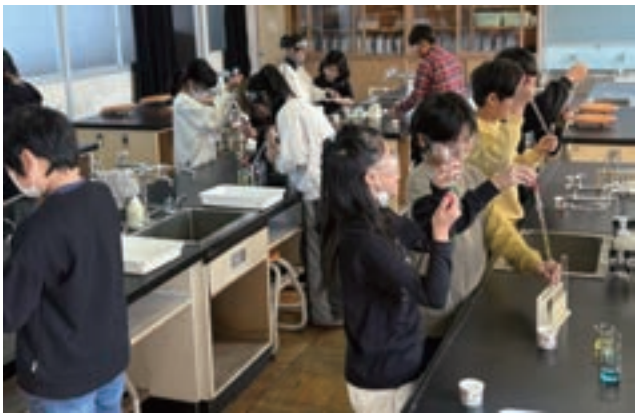
4年生や5年生は、見えないものを想像する学習において、自分の経験をもとにして予想したり、確かめるための実験方法を考えたりする場面でワクワクした気持ちになり、「たくさんの人の考えが聞けて面白かった」「自分が思いつかないことを考えていて、すごいと思った」などと振り返ることができた。

6年生になると、実験内容が高度になるため、実験を成功させるための活動自体にワクワクする姿が見られた。

また、自分の身の回りにある事物や事象について、学習内容がどのように影響しているのかを考察すると、身近なことに学習内容が生かされることに気付き、深い学びに繋がっていた。具体的には、6年生の「水溶液の性質とはたらき」において、金属を溶かす性質を持つ水溶液の実験を終えた後、東京メトロで実際に起こった異臭事件についてのニュース（東京消防庁 HP『身近にある洗剤の事故に注意』2011 年 11 月 2 日）を紹介した。汚れがよく落ちる洗剤であったため、アルバイト生が洗剤をスチール缶に入れて持ち帰る途中、地下鉄の中で液体が溶け出し、異臭騒ぎとなったニュースである。子どもたちは既習内容から、事件の原因となったことが金属を溶かす水溶液（洗剤）であることの認識不足や、そのような水溶液を保管する容器の性質を考える必要があることに気付いた。このことについて「もし、自分がその洗剤を入れるなら、どんな容器に入れたらよかったのか」を問うことで、水溶液が反応する物としないもの、反応しないものが身の回りにあり、昔から身近に使われていることを実感することができ、学習内容の重要性を認識できた。

3－2　今年度の推し授業「物のとけ方」

物のとけ方の単元構成は、物が水に溶けるということ、物が溶けた後どうなるのか（見えないけれど、そこにある）、物がとける前後で物の重さは変わるだろうか、物が水に溶ける量には限界があるだろうか、溶け残りを溶かすための方法（その1：水の量を増やす、その2：水の温度を上げる：①食塩②ミョウバン）、溶けたものを取り出す方法①熱する・②冷やす、となっている。



この単元では教科書には載っていないが、学習時に作られた飽和食塩水を集めて、ワクワクする実験に使用した。

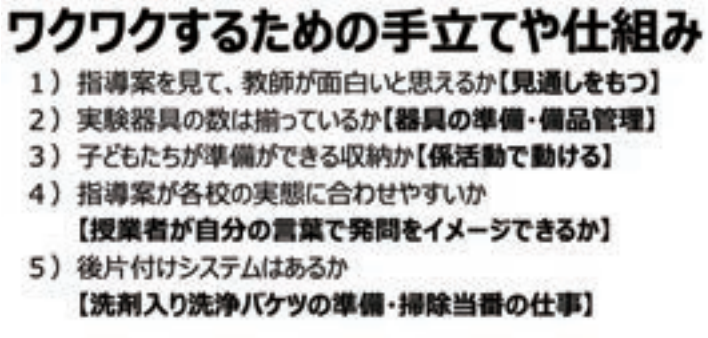
本校では、飽和食塩水は、水 50ml に対して小さじ４杯溶けたので、水 100ml の時には小さじ８杯溶けることを実験でも確認した。この食塩水を回収し、これを 100%と考えたとき、その食塩水と同量の水を入れて希釈して 50%の食塩水を作製した。同様に段階希釈していき 25%、12.5%の食塩水を作り、食紅で色付けをした。それを一人一本の駒込ピペットを使って、試験管中に４色の食塩水の層を作った。

食塩水を希釈するときに、算数の知識を活用して計算させた。段階希釈して作製した食塩水を層構造にできることで、「濃度が高い＝中に溶けている食塩の量が多い＝重い＝沈みやすい」という概念が、子どもたちには実感を伴った理解として伝わった。

また、試験管内に食塩水の層を作る時、駒込ピペットの操作を丁寧に教える。すると、物が水に溶ける量には限界があるかを調べる学習後に、メスシリンダーを用いた水量測定の手技や目盛りを読む活動にも生かすことができた。

３－３　ワクワクするための手立てや仕組み

理科に慣れていない教師も子どもたちと一緒にワクワクできる授業を行うための手立てや仕組みについて、５つにまとめた（右図）。



その中で、特に中学年に近いほど自分でやってみたい気持ちが強い傾向にあるため、実験器具の数が揃っていることが小さいトラブルを減らし、授業に集中できる手立てとなることを再認識した。そして、その器具を教師だけではなく子どもたちも協力して準備から携われるようにするために、収納場所を明確に提示することで、係活動として子どもたちが自ら進んで準備を行う手立てとなった。

また、実験後の器具は水洗いだけでは汚れが落ちにくい。しかし、教師や子どもたちが後片付けをする時間をすぐにもてない場合が多いので、一旦、洗剤入りの洗浄バケツに入れておくことを推奨した。これにより、つけ置き洗いをしていることになり、掃除時間に当番の子どもたちが手伝ってくれたり、後で教師が後片付けをしたりするシステムにすることで、焦らずに授業を終えることができ、器具をきれいに保てる有効な手立てとなった。

特に５）のシステムは他校でも好評で、このような手立てやシステムは教師の負担を軽減することにつながった。

４　考察

理科に慣れていない教師も子どもたちと一緒にワクワクできる授業をするための手立てとして、今年度、特に有効だったと思われるものは、３年生の「太陽とかげ」「太陽の光」で使用した非接触赤外線温度計や鏡の活用だった。特に非接触赤外線温度計は、どの学校でも子どもたちが自分でやってみたい気持ちが高まっていたことや、活動の中での子ども同士のやり取りから、子どもたちの主体的な活動と共感的人間関係の育成に有効な支援物になったと推測される。

また、５年生「物のとけ方」では、実験中に飽和食塩水が大量に出る。三雲小学校ではお楽しみ実験として飽和食塩水を使用した。このように、単元計画の最後に活用するのか、「物（食塩・ミョウバン）が水に溶ける量」の実験が終わった次にあるメスシリンダーの目盛りの読み方を指導するときに、下田小学校のように、駒込ピペットの操作練習として活用するか、各学校の実態に合わせて計画すると、子どもたちの実験に対する主体性が高まる傾向がみられる。

またこれは、教師の負担軽減や SDGs の観点から、廃棄するような飽和食塩水を活用できた。そして、一人一本の駒込ピペットで実験することが子どもたちの主体性を高める手立てとなり、複数校の子どもたちでも有効であったことが確認できたため、本年度の推し授業とした。

片平や塚田[1)]は、『子供が心の底から「究明したい」「成し遂げたい」と思えるような「自分の問題」として自覚すること自体が「主体的な学び」の出発点となり、その後の学習活動において「対話的な学び」の必要性も生じる。』と述べている。また、『教師は導入時にどのような自然現象とどのような形で出会わせるかを子供や学校環境などの実態に即して考えなければならない。その視点として、子供がいくつかの条件を容易に変化させることができ、条件を変えながら自由に試行する中で、条件と結果についての因果関係がありそうだと予想できる体験活動』を導入にすることを薦めている。３年生の実践がこれに当たると推測する。

最後に、本指導案で紹介している実験は、教科書に載っている実験を基本としている。その中に、授業に向き合うことが難しい子どもたちや参加しにくい子どもたちも、「やってみようかな」「やってみたいな」と思い、「やってみて楽しかったな」という記憶が増える手立てを加えている。

授業をした時には、見通しをもたせることから始め、実験を安全に行うためのルールや時間についても指導を入れる。しかし、学習を強要しすぎないことや、干渉しないけれども個々に声をかけるなど個別に対応しながら、実験を通して人とのやりとりを生み出し、子ども同士や教師とつながる手立てを入れることで共感的人間関係を育んでいくと、学習参加率は上がると推察する。

来年度は、外国籍の子どもたちにもわかりやすい授業にするための手立てとして、今年度に検討した指導案の板書部分に、簡単な母国語（英語・ポルトガル語）を加えられるか検討予定である。

謝　辞

公益財団法人中谷財団様には、本実践を実現し、多くの子どもたちや先生方と授業交流する機会をいただきましたこと、厚くお礼申しあげます。本当にありがとうございました。

参考文献

１）小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説　理科編 (2020)、文部科学省
２）片平克弘・塚田昭一（2017）『小学校新学習指導要領ポイント総整理』、東洋館出版社
３）鳴川哲也・塚田昭一（2024）『小学校理科と個別最適な学び・協働的な学び』、明治図書
４）鳴川哲也・寺本貴啓ほか（2021）『小学校見方・考え方を働かせる問題解決の理科授業』、明治図書

以上

パーソナルヘルスレコードと学校教育の DX～医療計測技術と医療システムの学校教育への援用の具体的可能性

－ ハートビートボックスが変える理科授業 －

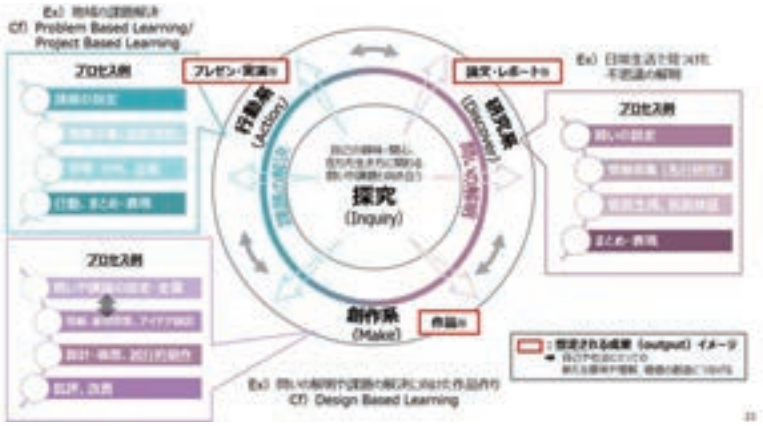
実施担当者　立命館小学校
教諭　中島　信
同志社小学校
教諭　川﨑　公美子

【2025 年度ハートビートボックスで創る私らしい学び】児童と教師が共に心地よい新しい理科教育を提案

【2024 年度ハートビートボックスで開く私たちの未来】同志社小学校 6 年生による「ハートビートボックスの新しい使い方」に歓声をあげる立命館小学校 4 年生

1　はじめに

＜図 1＞探究のアウトプット
令和 7 年 12 月 26 日教育課程部会総合的な学習・探究の時間ワーキンググループ資料 1 より



これからの学校の中核は探究的な学習となる。現行の学習指導要領の総合的な学習の時間の解説編には「総合的な学習の時間が各学校のカリキュラム・マネジメントの中核になることが今まで以上に明らかとなった」[1]と明記され、「学校の教育目標を教育課程に反映し具現化していくに当たっては，これまで 以上に総合的な学習の時間を教育課程の中核に位置付けるとともに，各教科等と の関わりを意識しながら，学校の教育活動全体で資質・能力を育成するカリキュラム・マネジメントを行うことが求められる。」[2]とした。

これを受けて、令和 8 年 1 月 27 日、中央教育審議会教育課程部会の「生活、総合的な学習・探究の時間ワーキンググループ」では資料 1 として上図 1 が示され、探究の結果となる出口が 3 つに整理され、出席した委員から高く評価する声が出た[3]。この資料は次の指導要領にパブリックコメント等を経て反映されていくが、少なくとも学問や行政の水準では、すでに探究の実質的な内容や成果を具体的に示すまでに整理が進んでいることがわかる。今回、私たちが助成を受けて取り組む理科授業の改変は、こういった探究的な学びを中核とした理科教育の視点で意義を示すことができる。

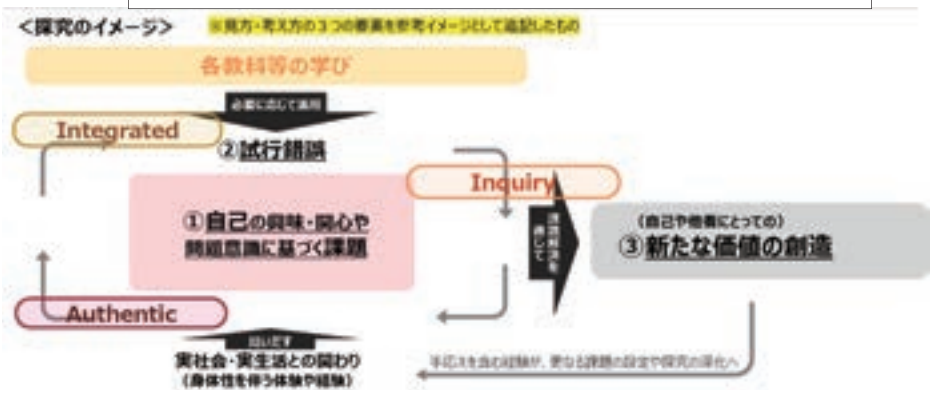
---

1 小学校学習指導要領（H.29 年告示）解説「総合的な学習の時間編」平成 29 年 7 月 p.29
2 小学校学習指導要領（H.29 年告示）解説「総合的な学習の時間編」平成 29 年 7 月 p.38
3 教育課程部会　生活、総合的な学習・探究の時間ワーキンググループ（第 3 回）議事録　西岡委員
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/115/gijiroku/1381878_00003.htm　(2026 年 3 月 16 閲覧)

2　パーソナルヘルスレコードと学校教育

2－1　学校が求める探究の姿

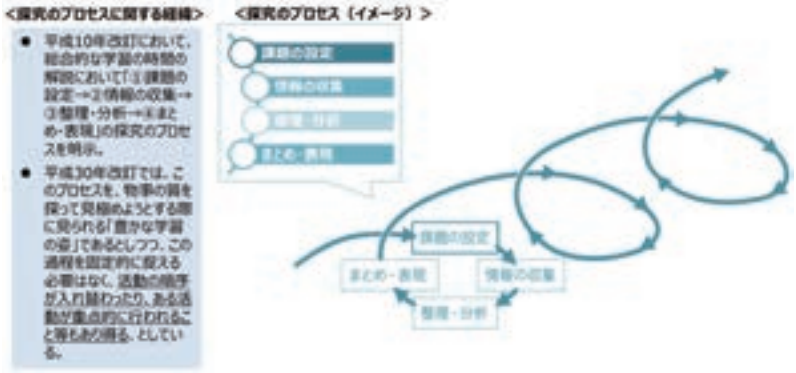
＜図２＞新しい探究のイメージ
令和 8 年 1 月 27 日教育課程部会生活、総合的な学習・探究の時間ワーキンググループ資料２より



令和 8 年 1 月 27 日に行われた中央教育審議会教育課程部会の「生活、総合的な学習・探究の時間ワーキンググループ」では、右図２の資料も提示された。

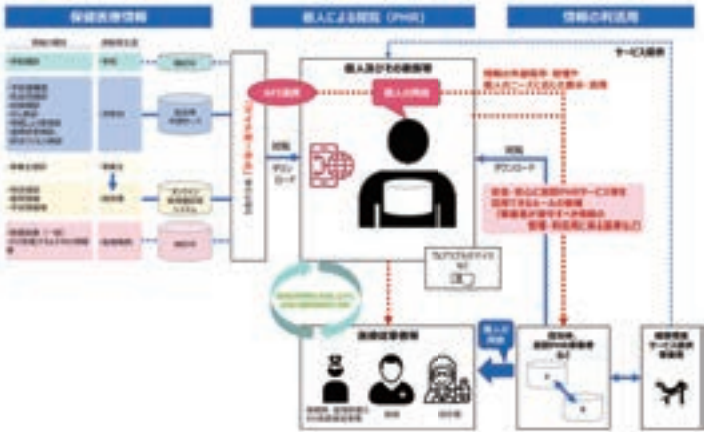
この図２の斬新さは学校で取り組む探究をこれまでの「らせん状」ではなく、各教科等の学びを含む思考のサイクルとして示している点にある。旧来の探究は図３のように 4 段階のらせん状で示されてきた。しかし、学校現場ではこのらせん状のプロセスが固定化されて理解されたり、直線的で単純な発達観に回収されたりして探究のダイナミズムや豊かさが共有されづらくなっていた。このため、次期指導要領から図２のように発達的な向上を図示するのではなく、思考のサイクルとして探究をイメージするような図へと改善が図られた。

＜図３＞旧来の探究のイメージ
令和 8 年 1 月 27 日教育課程部会生活、総合的な学習・探究の時間ワーキンググループ資料２より



2－2　パーソナルヘルスレコード(PHR)

＜図４＞PHR の全体像
令和 4 年 2 月 2 日　第 44 回厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会　資料６　より



パーソナルヘルスレコード(以下、PHR)とは、「個人健康情報管理」とも呼ばれ、個人の同意を前提にマイナポータルや民間の健康増進サービス、医療機関のデータを統合し、国民自身が自らの保健医療情報を把握するとともに医療機関や介護事業所でも閲覧を可能にするシステムをいう。この総合的なデータヘルス改革は、国民が生涯にわたって自身の保健医療情報を把握でき、医療機関や介護事業所も、患者・利用者ニーズを踏まえた最適な医療・介護サービスの提供が可能になることを目指している。

この PHR の計測技術とデータ管理システムは、これからの学校教育をデジタルトランスフォーメーション（以下、DX）する際に参照されうる。いま、学校に求められている探究は、その課題をより切実で解像度高く洗練するために、身体性を伴うリアルな体験や経験をもとに実社会、実生活とのかかわりの中で見いだすことが求められている。この一人ひとりの子どもたちの身体性を出発

点とする興味関心や体験活動として、自分の身体指標を用いた学習活動の創造こそ有効な授業モデルと考えられるのだ。

２－３　ハートビートボックス

他の生き物とのちがいを比較

2024 年度の本助成研究成果として、安藤英由樹教授（大阪芸術大学）、渡辺淳司（NTT コミュニケーション科学基礎研究所）らによって開発されたサイエンスアート作品「心臓ピクニック」を教材化し、「ハートビートボックス」という製品名で（株）ナリカから販売されることになった。「ハートビートボックス」は、聴診器を通して拾った心音を増幅してモーターを回転させることによって、心臓の拍動を再現させた白い箱を手のひらに乗せると、まるで体内の心臓を直に触っているような体験ができる。

これまでの実践研究によって明らかになったハートビートボックスを通して表出する「子ども達の思考の脈」をさらに挑戦的で開放的な探究活動へと展開させた。その具体的な実践について以下に述べる。

●６年生「人の体のしくみとはたらき」学習後の自分探究

友達と自分の心臓の動きを比べたり、さまざまな条件によって変化する拍動を手の触覚によって調べたりする活動を行うと、自分自身や友達の生命に直接触れたような不思議な感覚を得ることができる。このような知性と感性の両方を連動させながら心臓のはたらきを学ぶ授業によって、子ども達は、自分自身の体の中にあって常に動き続ける「生きた心臓」を意識するようになり、教科書に記載されるような生命維持装置としての役割だけではない心臓の“個性をもったはたらき”に思いを馳せ、「私の心臓は私の性格や体質と関係がありそうだ」という仮説が生まれた。

自分や友達の心の動きを拍動数で比較

そこで、様々な条件下で測定した拍動数の結果をもとに、「自分はどのような生き物か？」というテーマでミニ自由研究の時間を設けた。2 時間以内に仮説・実験・結果・考察・プレゼンテーション資料作成まで行う課題を 30 人・29 人・28 人（3 クラス合計 87 人）で実施したところ、どのクラスでも全員が活発に研究活動に取り組み、拍動数を根拠に「私は暑さが苦手な生き物だ」「私は悲しいときよりも楽しいときに拍動数が増える生き物だ」などの結論を導き出していた。気温などの環境や、心理的な条件によって拍動数が変化することだけでなく、誰とどんな場所で実験するかによっても変わることを確かめる子どもも現れた。つまり、心臓の動きについての探究は、理科的な知識を超えて、他者や空間など自分自身を取り巻く環境について考えるきっかけとなり、様々なものと共生する意味をも実感する学びとなった。

●聖徳学園小学校での実践研究

全日本私立小学校夏季教員研修会理科部会で、ハートビートボックスを利用した授業実践について発表した際、東京都の私立聖徳学園小学校の理科教諭より、探究クラスでの実践希望依頼を受けた。

そこで、中島（立命館小学校）、川﨑（同志社小学校）、三輪（聖徳学園小学校）の 3 名で指導内容を練り、授業研究会を実施した。ハートビートボックスを利用した授業によって、生き生きと活動する子ども達とそれを共に楽しむ教師の姿を同時に観察・考察する貴重な機会となった。授業後の事後検討会では、ハートビートボックスの具体的な活用方法だけでなく、探究学習の意義についても意見交流した。

他校におけるハートビートボックスを用いた授業研究は、学校種や児童の特性によらず、どのような学校においても、身体への興味関心を引き出し、個々の深い学びを生み出す効果があることを確認できている。

●ハートビートボックス研究発表および研究開発会議

1 学期末に実施した「ミニ自分研究」を発展させて取り組んだハートビートボックスに関する自由研究を発表し、ハートビートボックスの新たな使い方や拡張的機能の追加を目指した開発会議を開催した。この会議には、同志社小学校から 12 名の 6 年生、理科教員、研究者・企業家・制作者・保護者・卒業生ら合せて 15 人が集まり、2 時間にわたって活発に意見交換を行った。教師から与えられた理科教材を説明書通りに使用するだけの学びを超えて、子ども自身が探究したいことを叶えるために、様々な分野の人と対話しながら機器をカスタマイズする試みは、これまでにない深い学びの機会となった。この会議を経て、中谷財団研究成果発表会に出場するプレゼンチームと、ハートビートボックスの新しい使い方を提案する説明書作成チームが結成し、それぞれの活動を継続することとなった。

●well-beeing な学びの提案

1 学期に行ったハートビートボックスを用いた「自分とはどんな生き物か？」探究を発展させ、6 年生児童 3 名が、心地よい学びについて仮説を立て、同じ学年の 6 年生 88 名に協力のもと、新しい理科教育についての提言をまとめた。ハードビートボックスを用いて授業中のワクワク度を計測してグラフ化したり、学校生活におけるストレス調査を行ったりした結果から「児童も教師もハッピーになる授業の実現」のために何が必要であるかを考察した。これは、ハートビートボックスのもととなったサイエンスアート作品「心臓ピクニック」が目指す well-being 研究にも繋がる成果となった。

令和の学校では、子どもが学ぶべき事項を教師が与えるのではなく、子ども自身が学びたいことを見つけて、自ら学び進める力を養う教育が求められている。しかし、子ども達は狭い枠組みに切り分けられた教科ごとに、教師が用意した問いに対して教師が求める正解を返答することを期待される日々を送っている。小学校 6 年間で培われた型通りの正解を求め続ける教育から、学び手である子ども達自身が、学び方をデザインし、教材をカスタマイズしながら学ぶスタイルは、一般的な理科の学習で見落とされてきた。ICT や生成 AI と連動した学習形態が急増する現代において、実際の身体的感覚を伴う真正な学びを核とする授業づくりこそが、小学校理科教育に求められる現代的な課題なのだ。

3　まとめ

以上述べてきたように、理想的には、学校での子どもの探究活動は強制されるべきものではなく、内発的な動機にもとづく活動となるべきだ。このことは、近年の教育学や学習科学の進展により、プロセス（試行錯誤）や結果（課題解決）の設定に先立ち、探究したい課題(テーマ)を、身体性を伴う実生活のなかに子ども自身の興味関心や問題意識によって見いだすことが重要だと整理された。願わくは、学校での子どもの探究活動は無理なく豊かに持続、発展してほしい。やらされて結果が見通せる範囲に小さくまとまる「探究」に終始してほしくない。このために、教師や保護者が子どものダイナミックな探究の成果を信じて活動を子どもに任せられるデバイスや学習環境の開発が求められている。だから、ハートビートボックスのような、身体性を伴うリアルな体験から探究課題が自然なかたちで引き出されるデバイスや授業モデルの開発および整理が引き続き必要となる。

本研究は次年度で 3 年目を迎える。引き続き、ハートビートボックスの授業パッケージだけでなく、他のデバイスの可能性を探り、学校教育の中核となる探究的な学びの具体的な授業モデルを示していく。

謝　辞

本研究は中谷財団科学教育振興助成によるご支援により実現した。この場をかりて深く感謝申し上げる。

幼児期の学びの芽生えを自覚的な学びへ転換する環境づくり

実施担当者　大阪市立味原小学校
首席　岩本　哲也

1　はじめに

2021 年に中央教育審議会が示した「『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～（答申）」では、新しい時代の学びを支える学校教育の環境整備が必要と記された。また、幼保小接続の充実に向け、2022 年度から「架け橋プログラム」の開発研究が始まっている。このような状況下で、自然事象を対象とした幼児期・児童期の学びの連続性を支援する環境づくりに関しては、実践的な取り組みが見られるものの、その成果を踏まえた指導のモデル化や体系化が図られるまでに至っていないのが現状である。今後「令和の日本型学校教育」の具体的支援のあり方が求められる過程において、学習者を取り巻く環境（物的環境・人的環境）がますます重要視されていく。特に、**場に応じた「言葉かけ」を含め、教育的働きかけの効果分析は、日々の保育・教育活動に直結する点で、喫緊の課題**と受け止められる。これまでにもいくつかの試み（図 1）がなされてきている成果と課題を整理し、今後の展開を模索することが重要である。さらに、指導モデル作成の取組は、必要不可欠であり、本研究の意義・役割も大きいと捉えている。

上記を踏まえ、本研究の目的は、**架け橋期カリキュラムの作成と実施、幼児期・児童期前期において、自然事象を対象とした学びの様相を丁寧に見取ることをベースとしながら、その理解深化を促す指導者の対話的働きかけを検討し、その類型化に関するアイデアを公表・普及する**こととした。

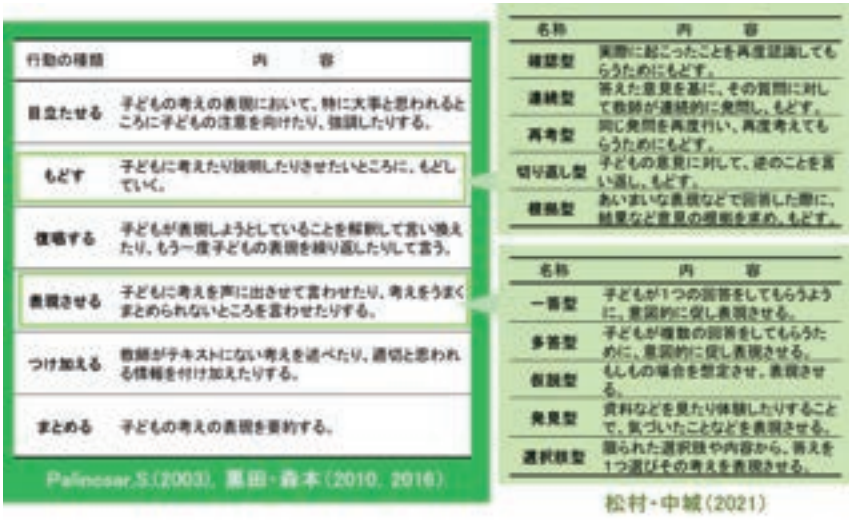


図 1　教授行動にかかる研究報告

2　成果報告（１年次）

大阪市内の私立幼稚園において、3 歳児 20 名、4 歳児 35 名および保育者 2 名を対象に、2023 年 12 月に調査を実施した。砂場遊び場面における保育者の働きかけを約 20 分間撮影し、本研究員 6 名で「目立たせる」「もどす」「復唱する」「つけ加える」「まとめる」の 6 観点で分類・分析した。その結果、6 観点（図 1 左）すべてが確認され、「目立たせる」は 3 歳児で 71.4%、4 歳児で 63.9%と最も多かった。これを受けて、流田ら（2024）[1] は**「目立たせる」を 4 観点に細分化し（表 1）、非言語的な関わりの重要性や、「声かけ」との組み合わせによる有効性を示した**。

さらに、岩本ら（2024）[2] は、**「目立たせる」および「声かけ」が年齢・個人・集団に関わらず活動を促進する**ことを報告している。また、溝邊ら（2024）[3] は、保育、小学校生活科、理科の 3 場面を対象に言葉かけを分析し、**無言の見守りを含む態度・姿勢の重要性や、言葉かけの組み合わせが学びの焦点化に寄与する**ことを指摘した。以上を踏まえ、**理科学習においては、学習場面に応じた効果的な言葉かけの検討が重要である（図 2）**。

表１「目立たせる」を細分化した観点とその例

観点	内容（上段）と例（下段）
声かけ	声の大きさを変える。声の高低をつける。すぐに声をかけたり、間を置いて声をかけたりする。
	園児の姿を見て、すぐに「(大きな声で)すごーい！」
身振り	大事と思われるところを身振りで強調する。
	頷く。真似をする。聞く仕草をする。指し示す。
立ち位置	園児との距離や向きを変える。
	近づいたり離れたりする。対面になる。
物への働きかけ	物に手を加える。物との距離を変える。
	作品を展示する。作品の不備を取り除く。発言を記録し、線を引いたり、色付けたりする。作品の近くに人を集めたり、作品を囲んだりする。

図２　理科学習における学習場面別の効果的な言葉か

3　成果報告（２年次）

３－１　幼児期～児童期における学びが自覚化する教師の働きかけ ～ミラー型ライン図を用いた対話分析を基に～ [4) 5) 6) 7)]

秋の自然物を用いた遊びや砂場での水遊び、生活科「水あそび」など複数の事例を収集し、**ミラー型ライン図（図 3）を作成**した。作成したライン図をを基に対話分析を行った結果、教師と子どもの行為・発言の連続性と、学びが自覚化していく過程が明らかとなり、主に二点が確認された。

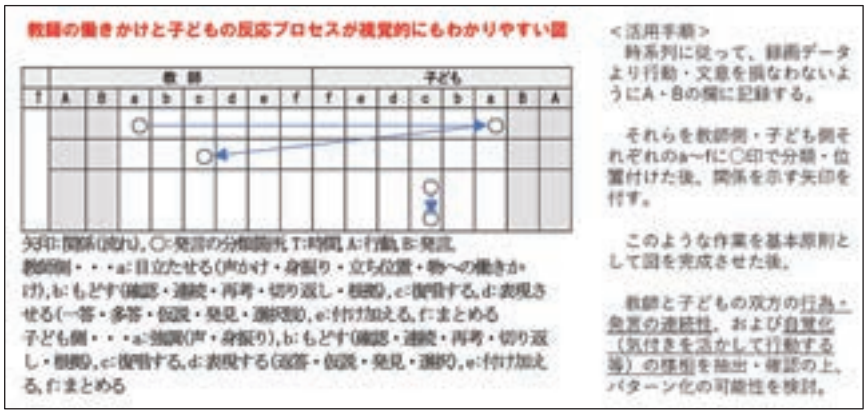


図３　ミラー型ライン図の開発

第一に、**教師の「表現させる」を起点に、「目立たせる」「もどす」へとつながる一連の働きかけが、学びの芽生えから自覚へと至るプロセスとして機能している**ことである。この過程には、**教師が提案を契機（教師が子どもに「～してみよう」「～するのはどう？」と発言したり、提案したいことを行動で示したりすることをきっかけ）とする「提案型」**と、**子どもの表現を受け止める（子どもに「どうしたい？」「それいいね」と発言したり、子どもの行動を真似したりする）「受け入れ型」**の二つの関わり方が見られた。特に、「目立たせる」から「もどす」あるいは「表現させる」へと連続する働きかけが、学びの自覚化において重要であった。

第二に、子どもの活動や思考が一時的に停滞する場面に着目すると、教師の働きかけとの関係の中で、学びの自覚化に向かう一致点が見出された。本研究では、**子どもが納得を伴って理解した時点を「学びの了解点」（図 4）**と位置付け、その把握が学びの自覚化を支える上で重要であると考えられる。

図４　ミラー型ライン図で見出された「学びの了解点」

３－２　幼児期の学びの芽生えを基盤とした小学校理科の系統的・発展的な指導の在り方 [8) 9)]

理科に苦手意識をもつ教員や経験の浅い教員が多い学校現場では、実態に応じた評価規準・基準の作成と個に応じた指導の実現が課題である。その結果、学びが学年間で断片化し、幼児期の自然体験に基づく学びの芽生えが十分に生かされにくい。そこで本研究は、評価の観点「思考・判断・表現」に着目し、評価基準を「記述内容」「子どもの実態」「足場かけの度合い」の三観点から捉えることの重要性を示した（図 5）。

味原小学校第 3〜6 学年における記述 1815 件を収集し、分析した結果、**問題解決の各段階に応じた特徴的な表現を整理した（図 6）。それらは、幼児期の学びに通じる表現から、根拠や論理性を伴う表現へと発展する過程を示しており、段階に応じた指導や足場かけの在り方を示唆するもの**である。さらに、これらを基に子どもと教師で評価規準を作成し、子ども自らが評価基準を設定するといった授業実践を行った。その結果、子どもが自らの思考や表現を振り返り、次の学びへつなげる姿が見られた。

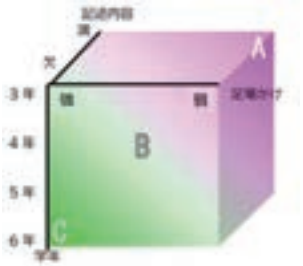


図５　評価基準の構造案

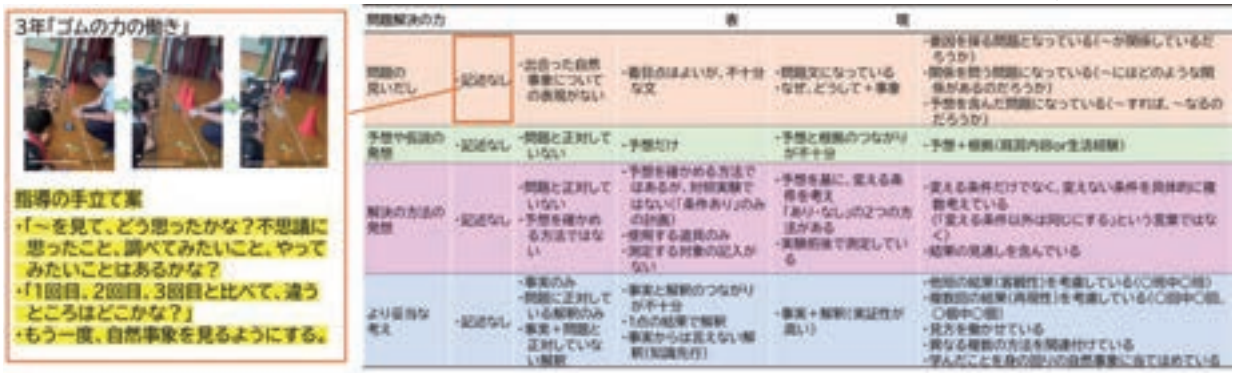


図６　問題解決の力に関する子どもの表現事例（右）と各表現段階に応じた指導の手立て案（左）

３－３　味原小学校スタートカリキュラム（1 学期）学習デザイン [10)]

幼児期と児童期の学びは、「幼児期の終わりまでに育ってほしい姿」を手がかりに、教科等の学習へと連続的に発展させることが重要である。しかし、校種の異なる教員が協働して実働的なカリキュラムを作成することには困難が伴う。そこで、5 歳児後半から小学校 1 年生初期を対象とする幼小接続期に焦点を当て、**協働によるモデルカリキュラム作成のポイント（試案）を示した（図 7）**。

本年度 1 学期には、味原小学校において「ハチララタイム」を設定し、当該カリキュラムを実施した。実施後には、保育者と小学校教員が参加する意見交流を行い、環境構成や教材の工夫を含む実践上の点検方法について確認・共有を図った。これにより、カリキュラム・マネジメント力の育成につなげた。さらに次年度に向けては、本年度の実践を踏まえ、子どものポートフォリオを基に、発言や行為・行動を学びの時系列として捉え、カリキュラム表記に活用することを構想している。

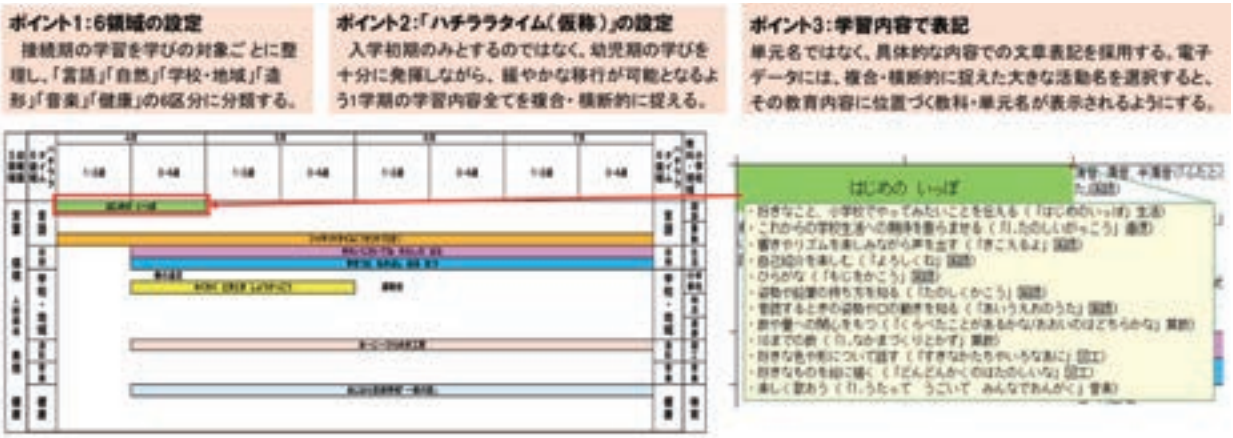


図 7　令和 7 年度実施　スタートカリキュラム（1 学期）

4　まとめ

本研究は、幼児期から児童期への学びの連続性に着目し、**対話的働きかけ、評価、カリキュラムの三側面から、学びの自覚化を促す環境づくりの具体像を提示**した。特に、**子どもが納得を伴って理解に至る「学びの了解点」**という概念を提起し、その把握の重要性を明らかにした点に意義がある。今後は、学びの過程を可視化するドキュメンテーションの開発・活用を通して、実践の汎用化と理論化を図ることが求められる。

謝　辞

本研究を進めるにあたり、公益財団法人 中谷財団から多大なご支援を賜りました。記してお礼を申し上げます。中谷財団からの研究助成は、本研究の推進において不可欠なものであり、その結果、本研究は多くの成果を挙げることができました。心より感謝申し上げます。

参考文献

1）流田絵美・岩本哲也（2024）幼児期における自然事象の理解を深める保育者の働きかけの事例分析, 日本保育学会全国大会第 77 回大会発表論文集
2）岩本哲也・流田絵美（2024）自然事象の理解を深める園児・児童の異年齢集団活動の在り方～５歳児と小学校１年生の合同活動「秋さがし」を通して～, 日本保育学会全国大会第 77 回大会発表論文集
3）溝邊和成・岩本哲也・三宅理恵・坂田紘子・平川晃基・流田絵美・大久保舞（2024）子どもから「科学」をつなぐ働きかけとは～保育者・教師の「言葉かけ」に着目して～, 日本理科教育学会第 74 回全国大会発表論文集第 22 号, pp. 104-107
4）溝邊和成・岩本哲也・三宅理恵（2025）自主シンポジウム　幼児～児童期における学びが自覚化する教師の働きかけーミラー型ライン図を用いた教師と子どもの対話分析をもとにー, 日本保育学会全国大会第 78 回大会発表論文集
5）三宅理恵・溝邊和成・岩本哲也・坂田紘子・大久保舞（2025）砂や水を使った遊びの中の学びの自覚化につながる幼稚園・小学校の教師の働きかけ～ミラー型ライン図を用いた対話分析より～, 日本理科教育学会近畿支部大会（和歌山大会）発表論文集 p. 12
6）大久保舞・溝邊和成・岩本哲也・三宅理恵・坂田紘子（2025）対話型ドキュメンテーションツールの開発に向かう基礎調査～生活科（自然領域）における事例分析, 日本理科教育学会近畿支部大会（和歌山大会）発表論文集 p. 46
7）坂田紘子・溝邊和成・岩本哲也・三宅理恵・大久保舞（2025）児童期における個人探究への働きかけとその効果～ミラー型ライン図を用いた対話分析をもとに～, 日本理科教育学会近畿支部大会（和歌山大会）発表論文集 p. 11
8）岩本哲也・溝邊和成・三宅理恵・坂田紘子・大久保舞（2025）児童と教師の協働による評価規準作成と自己調整学習の実践的研究～単元実施前の評価規準提示による学習計画意向調査, 日本理科教育学会近畿支部大会（和歌山大会）発表論文集 p. 15
9）岩本哲也・溝邊和成・三宅理恵・坂田紘子・大久保舞・流田絵美　(2025）問題解決の力に焦点を当てた小学校理科における評価基準構築の試みー児童の記述分析を手がかりとしてー, 日本理科教育学会第 75 回全国大会発表論文集第 25 号, p. 478
10）坂田紘子・溝邊和成・岩本哲也・三宅理恵・大久保舞（2025）ポスター発表　幼小接続期カリキュラム作成とその実際, 日本保育学会全国大会第 78 回大会発表論文集

科学教育における特異な才能を持った児童を伸ばすことができる意欲的な教師を育成するプログラム

実施担当者　エルッキ・ラッシラ
神戸大学　人間発達環境学研究科
准教授

1　はじめに

本成果報告書では、「科学教育における特異な才能を持った児童を伸ばすことができる意欲的な教師を育成するプログラム」の 2 年目の活動や収穫できたことを紹介します。このプログラムでは、教師育成・才能教育・科学教育の三つの領域の交差点として、文部科学省（2021）が求める「特定分野での特異な才能のある児童生徒の指導・支援のあり方」の具体例でもあり、STEAM 教育の枠組みで才能児のニーズを配慮し、彼らの能力を育成する科学教育プログラムを実施できる資質能力を小中学校の教員が身につけることを目指しています。そのため、才能教育の在り方（国内外での理論・実践）について学習を深める必要があります。国内での先行研究はありますが（例えば、Matsumura 2016; Sumida, 2017)、日本教育に最適の才能教育の手法は明らかになっていないものの、有識者会議も踏まえ、Dai & Chen (2014) が指摘した才能教育の 3 つのパラダイムの中の「才能伸長」（talent development）と「個別最適」（differentiation）パラダイムが有効であると判断できます。これに沿って、本プログラムは才能の有無に囚われずに、すべての学習者の参加を可能にするインクルーシブな考えの元に行います。このアプローチは、令和型日本教育の理念と目的と、非常に調和性が高いものと考えられます。

一年目の目的は、教員養成課程・研修活動ではほとんど出会うことのない、才能教育の基礎について学ぶことで、二年目には具体的な教育プログラムを実施することを目的として設定しました。しかし、プログラムの一年目で活動に参加した教員や教育関係者たちが二年目に続投しなかったため、計画を変更し、すべての講演会やワークショップをその会のみの募集の形にし、内容も単独的な方向に変更しました。「教員に、才能児の教育についてせめて知識だけでも持ってほしい」という思いで活動を改めて工夫しました。

2　2 年目の主な活動

2－1　隅田先生の講演（幼児期における才能教育）

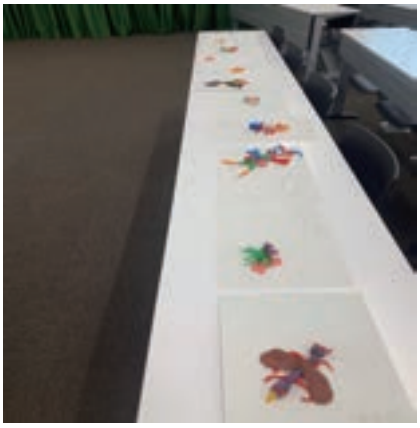
2025 年 4 月 29 日の午後、神戸大学鶴甲第２キャンパスのＦ２６３にて、才能伸長教育研究会により、教員向け研修プログラムの一部としてイベントを開催した。このイベントでは、愛媛大学か

ら隅田学教授を招聘し、幼児期における才能教育についての講演(タイトル：講演：「子どもたちの可能性を解き放つ！〜KIDS ACADEMIA〜」)や教育関係者向けのワークショップを依頼した。

講演会は質疑応答を含む 75 分の間に、隅田教授自ら携わる活動を中心に 2000 年代の日本での才能教育が紹介され、才能児の関心を引き出しニーズに応えるプログラムの成功条件が詳らかにされた。

講演会に登録した参加者は合計で２５名、そのうち高等教育の教職員が 4 名、大学生が５名、小学校の教員が 1 名、その他の教育関係者５名（大学、塾など）、保護者・一般 10 名となった。また、才能伸長教育研究会のメンバーから 4 名、TA として学生４名が出席した。ワークショップでは、参加者は教職員か教育系の学生に限定した。

子どもの学習機会を豊かにするために、時間的な余裕と安心安全に失敗できる空間を作っていくことは極めて重要である。通常学校現場では行われることの少ない工夫ではあるが、通常の授業内でも実現可能なものとして紹介された。ここで隅田教授は文部科学省の要請により作成した教員向けの研修パッケージを紹介し、学校教育で実施可能な特別措置について情報を公開した。才能児にとって自身の強みにあたる学校教育のレベルが十分ではない場合、学びの挑戦・失敗どちらも思うようにできなくなる恐れがあるため、この措置の施策は有用かつ効果が期待される。講演とワークショップの間には、参加者同志の交流時間が設けられた。二つのグループに分け、各自の自身の才能教育との関わり、問題意識などをシェアしたのち、闊達なディスカッションへと続いた。



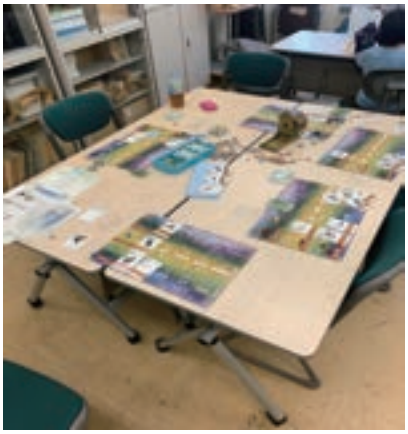
ワークショップでは KIDS ACADEMIA での活動が詳しく紹介され、具体的なタスクの数々が参加者の関心を惹いた。たとえば、印刷用紙、ハサミ、鉛筆や粘土を利用し科学的な思考やスキルを伸ばす活動が挙げられた。自然界にリンクする活動では、観察眼の重要性（記憶だけを頼りにアリを描けるか？　等）について学んだり、科学的な想像力（架空の昆虫を粘土で作り、想像を創造へ繋げる）を養うことができる。参加者からのイベントに対するフィードバックは極めてポジティブで、今後の更なる機会に期待の声が寄せられている。

２－２　愛媛大学教育学部附属才能教育センターのキックオフイベントでの講演

2025 年 7 月 5 日、お茶の水女子大学で開催されたイベントで、本報告書の筆者、エルッキ・ラッシラが「才能児の指導に関する個人的かつ文化社会的『壁』―国内外の教員養成 課程学生の思考の分析を通じて―」というタイトルで講演しました。この講演の内容は助成されているプログラムのテーマに密着し、活動を行う際に配慮すべき日本の教師の仕事に関する文化社会特徴に当てはまります。執筆者以外にこのイベントでは、米国の才能教育学の巨人、Joseph Renzulli 氏と Sally Ries 氏両名のレジェンドトーク（録画）や関西大学の名誉教授松村暢隆氏を初め、国内外の才能教育事情についての発表が行われました。機会を設けて、本プログラムの PR・参加者募集活動も行われました。

２－３　才能児を相手にするボードゲーム活動

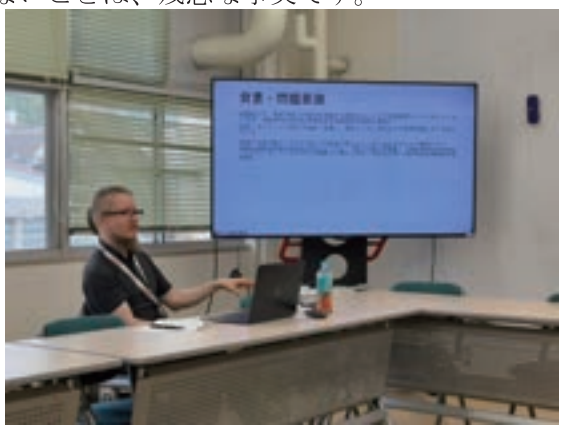
2025 年の夏、ギフテッド応援隊と共同し、才能児向けのボードゲーム活動を 2 回開催しました。第 1 回は、６月７日西宮でのアクタ西宮東館のレンタルスペースで行い、「Photosynthesis」という太陽の光の当て方をはかり、森に種から木を育てるゲームを教えました。参加者は、保護者と一緒にやってきた 4 人の児童（2 年生から 6 年生）でした。活動を手伝い、才能児とも交流するため、3 人の教員養成課程の学生らも同席しました。予想通り、参加者はルールやゲームの目的をすぐさま理解し、人によってはゲームで取るアクションの裏にある意図までも汲み取る児童もいました。活動のためには科学的思考の育成で役に立つゲームを選びましたが、活動の内容のみならず、似たような興味関心のある子供と親同士の交流場、安心して心を開ける空間を作ることも、同様に重要な目的でした。



２回目は、６月２８日に神戸大学鶴甲第２キャンパスでほぼ同じメンバーで開催しました。今回の中心には、ボードゲームの世界で有名である「Wingspan」というゲームでした。米国での鳥について豊富に学べるこのゲームでは、各プレイヤーが三つの生息地を担当し、様々な種類の鳥を獲得したり、卵を産ませたりすることでポイントを集めることが目的です。思考的なチャレンジはありましたが、プレイヤーの間の相互作用が少ないために、集中し続けられずにテーブルから離れて遊び始めた児童がいました。この経験からは教育活動のためにゲームを選ぶ時には、内容のみならず、ゲームでのプレイスタイルも自信が担当する学習者グループのニーズ・特徴などにあうかを検討しなければならないということが再認識されました。

２－４　教員養成課程の学生・現役教員向けのワークショップ

2025 年 8 月 30 日神戸大学の鶴甲第２キャンパスで才能教育について教員養成課程の学生向けの研修会を行いました。このワークショップでは、才能児の特徴について基礎的なことを学んだり、通常学級で教員がどのように高い能力の学習者も配慮し、個別最適・共同的な教育を行えるかについて有意義なディスカッションをしました。才能児や彼らの教育についての知識に触れると、全ての児童の指導に関する考え方も総じて変わるという参加者の声がありました。学習者の幅について知るのは、教師にとって貴重な知識になるにも関わらず、教員養成課程のうちに学ぶ機会がほとんどないことは、残念な事実です。



2025 年 10 月 25 日に開催された愛媛大学附属小学校で開催された愛媛大学教育学部才能教育センターの記念イベント「Gifted×Japan：才能が育つ社会へ、学校からの挑戦」で「才能のある児童生徒への支援について学校の先生に知ってほしいこと」というタイトルでワークショップを行いました。このセッションの参加者は非常に多様なグループで、中には高校生・教員養成課程の学生・研究者、小中高の教員もいました。事前知識も参加の目的においても幅があまりにも広かったため、学習者中心方的なアプローチを生かしました。優秀な生徒がなぜ突然算数のテストで「爪を隠す」・「成績不良」という行動をとるかについてシナリオを提供し、全員で分析しました。参加者の多様な背景によって、シナリオにおいて教

師の「教育的な想像力」の重要性が浮かび上がりました。当セッションの他の主な学びとして、才能教育の意義や教師（教育者）の役割の重要性がフィードバックで指摘されました。

3　まとめ

2 年目は、多様な活動を実施できたとはいえ、現役の教員や教員養成課程の学生の参加者確保不全は、残念ながら今年度も続きました。教員が業務に忙殺されていること、また才能児教育の優先順位の低さが大きな要因と思われます。教育者が才能児や彼らのニーズに関して知り、専門性を高めるのは喫緊の課題であるにもかかわらず、どのように現役の教員や他の教育関係者に才能教育的な視点の必要性を伝い、理解してもらえるかを周知させることの方が、まず課題として立ちはだかる現状では、研修活動のあり方を工夫し磨いていくような研修が実行不可能であることが明らかになりました。よって、計画通りにプログラム続行の見込みが立たず、三年目を辞退させていただき、先述のような前提段階に今後はフォーカスする意向です。

謝　辞

計画通りにプログラムを実施できないことがあっても、丁寧にサポートしてくださった貴財団に、お詫びとともに心より感謝を申し上げます。ならびに、愛媛大学教育学部附属才能教育センターの隅田学先生をはじめ、2025 年度に活動へ参加していただいた方々に深謝申し上げます。

参考文献

Dai, Y.D. & Chen, F. (2014). *Paradigms of gifted education.* Prufrock Press.

Matsumura, N. (2016). Virtual gifted education in Japan. In D. Y. Dai & C. C. Kuo (Eds.), *Gifted education in Asia: Problems and Prospects* (pp. 121-146). Charlotte: Information Age Publishing.

Sumida, M. (2017). Science education in the context of Japanese standardization. In: M. Sumida & K. Taber (eds). Policy and Practice in Science Education for the gifted: Approches from Diverse National Contexts (1st). London: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315814155

文部科学省（2021）特定分野に特異な才能のある児童生徒に対する学校における指導・支援の在り方等に関する有識者会議審議のまとめ. https://www.mext.go.jp/content/20220928-mxt_kyoiku02_000016594_03.pdf

以上

ICT 活用による科学的探究を通した児童の学びの深化

－ 生命の構造と機能のカリキュラム開発 －

実施担当者　広島大学附属小学校
岩﨑　泰博
野村　優成

1　実践の概要及び成果と課題

本研究は今年度で２年目となる。今年度は，研究協力校である広島市立八幡東小学校と連携し，ICT 活用を含む科学的探究活動（自分の体や運動について理解・解釈していくプロセスと定義）を通した人体の構造と機能の学びにおける成果と課題を導出した。４年生の「人の体のつくりと運動」について６月から７月にかけて本校で実践し，10 月から 12 月にかけて研究協力校にて実践を行った。そして，４月，８月，２月に実践に関する協議を行い，実践計画，実践の成果と課題に関する意見交流をした。本報告書では，まず，今年度の実践の概要及び成果と課題，次に，総合的考察として，ICT 活用を含む科学的探究活動及び教科横断の視点での実践の考察を示す。

１－１　４年生「人の体のつくりと運動」（附属小と公立小での協働実践）

第４学年の学習では，児童の「もっと速く走りたい」という願いを基に，人や動物の体のつくりについての科学的探究学習を行った。単元の始めに，教師は運動会のリレーや休み時間のおにごっこなどの経験を想起させ，児童の「速く走りたい」という願いを引き出して，考える必然性を生じさせた。その後，単元序盤において，児童は自分の体を触ったり筋肉のモデルを使ったりしながら，骨や筋肉のつくりについて学んだ。単元の中盤では，人より速く走る動物と人の体のつくりを比較する活動を行った。具体的には，広島市安佐動物公園にてフィールドワークを行い，馬や鹿などの足の様子を観察した。その際，ICT 機器（iPad）を用いて記録を行い，学校に帰った後に児童は，撮影した動画を ICT 機器で静止画に編集したり，静止画に関節の位置や筋肉を記入したりしながら，早く走るためのヒントを得た。単元終盤では，体育科と連携しながら実際に走ったり，トレーニングしたりして理科で得た学びを基に「速く走る」ということについて学習した。

附属小における実践では，成果として ICT 活用を含む科学的探究活動を通して，学習対象である人間や動物の「走る」という運動に繰り返し関わる中で，筋肉と骨の連動を理解することができた。特に，ICT 機器を用いることで多様な思考と表現が可能になった。一方で課題として，走る際のどこの部分を観察するのかという明示的な指導が不足していたことと，学習が個人に収束していたことが挙げられる。

まず，成果に関して，写真や動画の撮影し，それらを図にして書き込んだり，比較したりしながら分析する活動により，児童は自身の「走る」運動の動き（太ももを上げた瞬間，けり出す瞬間，着地の瞬間，など）の中における筋肉と骨の連動を明らかにすることができた。とりわけ，太ももを上げた瞬間，けり出す瞬間といった運動場面において，ふくらはぎの筋肉の「ゆるむ・縮む」の関係が腕の曲げ伸ばしと同様なこと，また，これらが激しく繰り返されることで速く走れていることに児童自身が気づいていた。このような気づきは，体育科で学んだ「足をすばやく入れ替える」という速く走るコツを科学的に理解することにつながっていると考えられる。

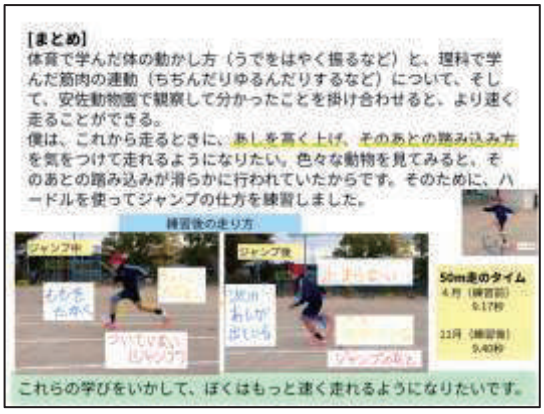


図１　児童が用いたシートの一例

昨年度は ICT 機器のノートアプリとして Good notes 6 を用いていたが，機能がビジネス向けで児童にとっては操作が難しかったため，本年度はロイロノートを導入した。児童自身が，ロイロノートを用いて，「走る」運動をコマ送り風にまとめたり，色分けしてまとめたりすることができ（図１），関節を介して骨と骨に付いた筋肉が緩む・縮むことで腕が曲がることに理解に留まらず，自身の「走る」運動行為を体育の視点と理科の視点を往還しながら捉え直し，「より速く走るためにはどうしたらよいか」と考えることができたと言える。

次に，課題に関して，ICT 機器で何を撮影するのか，運動のどの瞬間を見れば良いのか，などが分からないまま学習に取り組んでいる児童が一部見られた。ICT 機器を用いないこれまでの学習と同様に，観察・実験などに取り組む際には，児童になぜ当該の観察・実験などを実施するのか，何を見るために機器を用いるのか，といった明示的な指導が必要であることが明らかとなった。とりわけ，ICT 機器を用いて写真や動画撮影をする前に，どの部分を分析するのか明確にするための教師の働きかけがなければ，ただ漠然と学習対象（今回で言えば，児童が 50m 走っている全貌など）を捉えてしまうことになる。また，児童が自身のまとめに熱中するあまり，協働的な学びには至っていなかった場面もあった。個人での学習と協働的な学びを往還できるような手立てが必要である。

公立小における実践では，成果として ICT 活用を含む科学的探究活動により，筋肉と骨の連動についての理解を深めることができた。また，ICT 機器の感覚的な操作によって，普段ノートまとめや発表資料の作成が苦手な児童にとって，筆記や表現を補助する役割も果たしており，学習機会の保障にもつながっていた。一方，課題もいくつか見られた。例えば，筋肉の「ゆるむ・縮む」の学習において，腕の場合は肘を曲げると腕の内側の筋肉が縮み，外側が緩むが，足の場合，とりわけ，立ったまま太ももを上げる場合においては，曲がっている膝の内側（太もも後側）が緩み，外側（太もも前側）が縮んでいる。したがって，腕を事例とした筋肉の「ゆるむ・縮む」の関係を足に転用する際には注意が必要であることが明らかとなった。また，児童が「速く走ること」を考える際に，体育科での走る学習との関係づけや動物園見学の意味付けに困難があった。児童の意識の流れに沿った単元計画や願いの引き出し方について検討する必要がある。

協議においては，ロイロノートを用いることで，普段ノートまとめが苦手な児童でも表現できる理由として，タイピングの予測変換や自動補正といった機能の影響が指摘された。学校教育ではこれまで，各教科の学習を通して，他教科の基礎的な知識や技能も暗黙のうちに育まれてきた。しかし，従来の学習ツールの代替として ICT 機器を用いることにより，筆記などの学習スキルや語彙力が十分に育成されなくなる可能性も指摘された。

今年度の附属小と公立小で実践を行い，両校の教員が意見交流を行う中で，カリキュラムに対する共通した課題や各学校の状況に応じた異なる課題が明らかにできた。

１－２　６年生「人の体のつくりと働き」（附属小での実施）

第６学年の学習では，児童の「もっと楽に走りたい」という願いを基に，人の体のつくりと働きについて探究した。運動に必要な酸素を人間がどのように体に取り込み，全身に運んでいるのか多面的に調べた。児童は，血中酸素飽和度を一定に保つために呼吸器と循環器の働きが変化していることや，体の各器官が相互に働き合うことで，生命活動が維持されていることを捉えていった。

単元の始めに，教師はシャトルランや長距離走などの経験を想起させ，児童の「もっと楽に走りたい」「苦しさを軽減したい」という願いを引き出した。その後，単元序盤において，児童は人体模型や酸素二酸化炭素モニター，パルスオキシメーター（血中酸素飽和度測定器）などを用いて，観察・実験などをしながら，臓器の働きについて学んだ。単元の中盤では，実際に走った後の心拍数や呼吸数を測定し，体は酸素を高い状態に保つために呼吸器や循環器の働きを変化させていることと，それら器官の働き合いを捉えていった。単元終盤において，エネルギーを取り込む消化器も運動に必要であることを学んだ。教師は食育と関係づけることを意識し，運動のみならず，すべての生命活動において重要となる食事や消化器の働きについて児童が捉えられるようにした。

今年度，６年生の学習は附属小のみの実践である。成果として，児童に循環器・呼吸器・運動器・消化器が相互に働き合うことを捉えさせることができた。また，ICT 機器使用のスキルが向上する６年生においては，ICT 機器をより自分に合った形で自身の思考を整理し表現する道具として活用する様子が確認できた。その一例を図２に示す。図２は学習で用いたシートを児童自身がまとめたもののである。この児童は左上から右下へと考えの変化を表現したと述べていた。その他にも関係のある実験ごとにまとめたものや，時系列で整理したものなど，思考の整理や表現の仕方に多様な工夫が見られた。

一方で課題としては，設定した学習文脈と実際の児童の思考のずれや単元時数の増加が挙げられる。本単元は「楽に走る」という願いを出発点としているものの，探究が進むにつれて児童は「体の中で何が起こっているか」に強く感心を抱くことが分かった。教師が引き出した「楽に走りたい」という学習文脈の妥当性について再考する余地がある。また，様々な観察・実験などを取り入れたことで，人体の構造と働きについて詳しく学ぶことができた一方，単元の時数が増加する結果となった。来年は公立小で実践を行うことを踏まえれば，学習のねらいに即して活動を精選し，限られた時数の中でも探究的な学習が成立するよう単元構成を検討する必要がある。

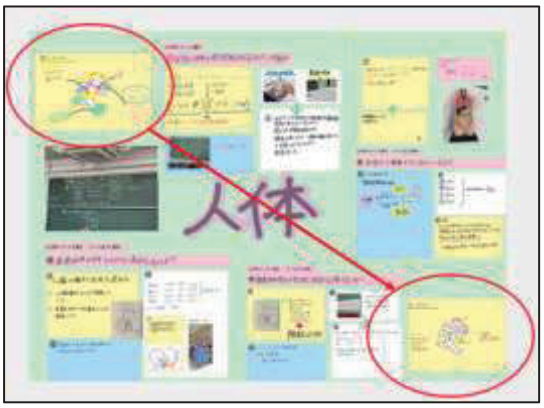


図２　児童がまとめに使用したスライド

２　研究協力校での実践を踏まえた総合的考察

２－１　ICT 活用を含む科学的探究活動

本研究では，ICT 機器を児童の思考の表現・共有のための道具として位置づけ，児童がその場で動画をスロー再生や写真に編集して整理・分析をすることで人体の構造と機能について学ぶことを目指した。今年度の実践では，ICT 機器の機能を活用することで，児童が自分の「走る」運動を客観的に捉え，繰り返し学習対象に関わる機会を確保することができた。自分の体や運動を理解していく過程において，ICT 機器を用いることで，写真に書き込んだり並べ替えたりしながら考えを整理したり，成果物の瞬時の共有や共同編集といった機能で他者と共に考えたりする学習過程は，思考の内化と外化を要求するものであり，こうした過程によって，自身の運動の改善について納得できる解を見いだすことができたと考えられる。

一方で，今回の実践では思考の内化は十分に見られたものの，外化については課題が残った。友達同士の交流やクラス全体での議論を通して考えを共有し，再び個人の学びへと還元することで，人体に関する理解が主観的なものにとどまらず，科学的な理解としてより深まることが期待される。授業方法の課題として，意識し改善していく。

また，ICT 活用は，これまでの学習ツール（ノートなど）を完全に代替できるものではないことも明らかとなった。科学的探究活動において， ICT 機器の活用は，写真やビデオ（スロー再生）を用いた分析や思考を整理することに有用であったが，それにより，教育課程全体での読み・書きといった基礎的な知識やスキル習得の機会が減少した。今後は，ICT 機器を授業における教授・学習過程の中でどのように位置づけるのかを検討していくことが必要である。

２－２　教科横断の視点

今回は，理科と体育科で連携した学習を試みた。理科では，骨と筋肉や肺のモデルを用いた観察・実験などから人体の構造と機能を理解することをねらい，体育科では，理科の学びや健康機器の示す数値などを活用して，運動の改善に取り組むことを目指した。これについて，連携する公立小学校の教員から，体育科での走法の学習と理科の学習との接続が難しいとの意見が示された。何を学習させるのかという具体的な視点がないと、それぞれの実践を結びつけることは難しいと分かった。学習内容に関して，足の動きは腕の動きよりも複雑であるため，理科で学習した筋肉の「ゆるむ・縮む」の検討に時間がかかる上に，筋肉の細かい部分の検討に意識が留まりやすく，「走る」という全身運動へ結びつけることが難しかったとのことであった。この背景には，本実践の学習文脈を附属小の実践に合わせて設定したことも一因として考えられる。

３　今後の展望

次年度は研究期間の最終年度にあたる。また，当初４年生であった児童が６年生へと成長することから，３年間にわたる本カリキュラムの継続的な成果を測定することが可能となり，研究協力校との連携なども踏まえながら，実効性と汎用性の高いカリキュラムの開発を進める計画である。また，公立校からの依頼を受け，ポートフォリオ作成についても検討を進める。これからの社会を生きる児童が，数値化された自身の身体情報を正しく理解・改善し，自らの学びの成果を実感できるような実践を行いたい。附属と公立校での，人体の構造と機能の理解と児童の自己変容の両立を図り，本研究の集大成としたい。

謝　辞

本実践は公益財団法人中谷財団の科学教育振興助成を受けました。取り組みを行うにあたり，広島大学人間社会科学研究科の磯﨑哲夫教授，広島市立八幡東小学校の久保田祐徳校長先生，ご助言を賜りました。また，本校体育科の河野吉信先生には，カリキュラム開発に参画していただきました。広島市立八幡東の壹岐敦子先生，大下浩一先生，西村順一先生には，授業実践を快くお引き受け頂きました。ここに記して，謝意を表します。

以上

離島域・へき地域における個別最適な理科の学びを促進・支援する学習環境の開発と教員研修

実施担当者　鹿児島大学教育学部
准教授　内ノ倉　真吾

1　はじめに

鹿児島大学が位置する鹿児島県は，地域資源ポテンシャルが高いという地域特性を有している一方で，全県的に高齢化が進み，人口減少傾向に歯止めがかからない状況にある。県内に 28 ある有人離島のうち，高等学校があるのは 7 島である。。また，多学年を同一学級内で指導する複式学級や学級編成標準 40 人の半数以下の少人数学級が増加している。特に，鹿児島県では，離島地域を抱えることや都市部に人口が集中していることもあって，全国でも最上位の複式学級・少人数学級数となっており，約 4 割の小学校に複式学級が設置されている。加えて，鹿児島県では，必ず一度は離島域の小学校の赴任することが義務づけられており，本土域であっても，へき地地域への赴任も当然視されている。このような複式学級の設置数や人事異動を含める職域慣行を考慮すると，一定割合以上の小学校教師が複式学級での理科指導を経験することになる。そこで本取組では，離島域・へき地域における小学校少人数学級・複式学級などの理科学習環境の改善と支援，特別支援学級の児童に対する個に応じた理科指導法の開発，それらの知見を活用した教師教育プログラムの開発を目的とする。本取組を通じて，少人数学級・複式学級における理科授業モデルや特別支援学級の児童に対する個に応じた理科指導法モデルの開発，大学と学校との人的なネットワークを活用した理科学習支援活動の定着化，試行的な教師教育プログラムを開発・実践することをねらいとした。令和 6 年度は，具体的に，（1）小中高校での個別最適な学びを促進・支援する理科授業の開発と実践，（2）学校外での理科学習プログラムの開発と実践，（3）大学の教育リソースを活用した科学学習プログラムの開発と実践に取り組んだ。

2　現職理科教師及び教職課程学生の理科指導力の向上に向けた取り組み

2－1　小中高校での個別最適な学びを促進・支援する理科授業の開発と実践

理科の授業研究・教員研修の取り組みとして，第一に，教員免許状更新講習の発展的解消に伴って，鹿児島県教育委員会の委託を受けて始まった履修証明プログラム『学校キャッチアップ講座』において，中学校理科の授業改善及び教師の指導力向上の研修を実施した。令和 7 年度は，1 名の受講生であった（11 月 1 日実施）。また，鹿児島県総合教育センターとの提携事業として，小学校・中学校理科教師を対象とする短期講座において，「理科に関する資質・能力を育成する理科学習指導の在り方」という題目で講演を行った（10 月 16 日実施）。平成 29 年改訂小学校学習指導要

領の要点を踏まえた上で，「疑問を見いだす力」「分析・解釈する力」を指導する上での留意点について，小学校・中学校の具体的な教育内容を事例として演習を交えた講演を実施した。

第二に，鹿児島市立田上小学校及び鹿児島大学教育学部附属中学校での授業研究会の一環として理科授業を参観し，当該学校の教諭の授業改善の支援・助言を行った。田上小学校では，「子供一人一人が自らの可能性を発揮する学びの実現」をテーマとして実践研究が進められていた。研究授業の内容は，6 年「ものが燃えた後の空気」（4 月 28 日実施）（図 1），3 年「物の重さ」（11 月 17 日実施），5 年「ふりこのきまり」（2 月 2 日実施）であった。一方，附属中学校では，「確かな願いをもって未来に働きかける生徒の育成」をテーマとして実践研究が進められていた。研究授業の内容は，3 年「1 日の昼の長さに違いが生じる要因」（5 月 1 日実施）（図 2），1 年「音の伝わり方」（12 月 10 日実施）であった。

図 1.「ものが燃え得た後の空気」（小学校）

図２.「1 日の昼の長さ」（中学校）

第三に，鹿児島大学の授業や実習として，大学間学術交流協定校のカール・フォン・オシエツキー大学オルデンブルク（ドイツ）及びメパン教師教育センターからの訪問者を迎えて，比較教育視点から理科授業に関する検収を行った。ドイツでの実地研修を行う科目である「科学技術教育環境開発論」では，日本とドイツの学校教育や理科授業の共通点・相違点について，鹿児島大学の学生とドイツ教育関係者とディスカッションした（図 3）。一方，理科の授業研究の方法について学ぶ科目である「中等理科授業研究」では，大学生はドイツ教育関係者と一緒に，鹿児島県立鹿児島中央高等学校（SSH 指定校）を訪問して，高校生の探究活動の取り組みを視察した（図 4）。

図３．ドイツ教育関係者とのディスカッション

図４．ＳＳＨ校の探究活動参観

続いて，中学校・高等学校の理科授業で扱う教材について学ぶ科目である「中等理科教材論」では，エネルギー・粒子・生命・地球の各領域の中から，経験年数の浅い教師が困難を感じる観察・実験や野外でのフィールドワークを中心として授業を実施した。前期の授業では，植物栽培を専門とする教員の指導を受けて，植物の栽培に関する基本的な知識・技能を学習することができた。後期の授業では，小学校と中学校の校種間のつながりが理解できるように配慮した上で，教材研究に関する授業の充実を図って実施した。生物教材の学習の一環として，イカの解剖などを行った（図

5）。一方，中学校の授業づくりについて学ぶ科目である「中等理科指導論」では，受講生全員が模擬授業を行い，教育実習前に必要な授業づくりの基礎的な知識を学んだ。

図５．探究的な授業づくり演習

図６．模擬授業

２－２　学校外での理科学習プログラムの開発と実践

日本科学技術振興機構の受託を受けて，鹿児島大学で実施している次世代人材育成事業「かごしま未来創造ラボ」に，教育学部の大学生 6 名が指導補助者として参加し，学校外での野外観察活動指導の方法を学習した。この研修は，令和 7 年 11 月 22 日（土）～23 日（日）に，奄美自然観察の森（龍郷町），役勝エコロード（奄美市）で実施され，鹿児島本土の小学校 5・6 年生 22 名，中学校 1 ～2 年生 18 名，奄美大島の小学校 5・6 年生 4 名，中学校 1 ～3 年生 9 名が参加し，植物分野，動物分野の専門家が観察会の講師を担当した。参加した小中学生とのコミュニケーションを図りながら，奄美大島の生物を実際に観察することができていた（図 7，図 8）。

図７．動物観察の指導研修

図８．生物観察の指導研修

２－３　大学の教育リソースを活用した科学学習プログラムの開発と実践

鹿児島大学の教育リソースを活用した教員研修として，三島村教育委員会及び水産学部の協力を受けて，水産学部附属練習船かごしま丸にて，令和 7 年 6 月 26 日（木）～28 日（土）に，三島村・鬼界カルデラジオパーク及び海洋に関する研修を行った。令和 6 年度より鹿児島県内のジオパーク等について学習する専門科目「地域自然環境学習論」を新規に開設し，教育学部の大学生 4 名が受講した。水産学部附属練習船かごしま丸にて，谷山港から三島村竹島へ向けて出航した。鹿児島～硫黄島までの航海中には，かごしま丸船長・二等航海士等の指導の下に，航海当直，ロープワープ，海洋観測（CVT 観測・プランクトン採集・海底土収集）などの体験活動を実施した（図 9，図 10）。竹島港内で船内宿泊し，6 月 27 日（金）には，三島村立三島竹島学園を訪問した。三島竹島学園では，児童・生徒のジャンベ演奏を聞いた後，児童・生徒からの演奏・演舞指導を受けて，学生も交

じってのジャンベ演奏に挑戦した（図 11）。小学校 5 年生の理科授業に参加して，児童と一緒に授業に参加し，1 名の児童に対する理科授業の工夫に関して学んだ。児童生徒と一緒に昼食を食べた後，三島竹島学園で行われている海での水泳の授業に参加した。これらを通じて，竹島の歴史や文化，自然の一端を学んだ（表 1）。

図９．かごしま丸下船時

図 10．海洋測定演習

図 11．ジャンベ体験

図 12．理科授業参観

表 1．受講生の感想

・海にはたくさんのプランクトンがあることを実際に見て、様々な生物がいることを実感すると同時にマイクロプラスチックの存在も実感できました。私たち自身もポイ捨てなど私生活から見直す必要があるのだなと感じました。 ・小学生から中学生まで一学年多くても二人といった環境の中での教育環境は、きめ細やかな指導や豊かな自然環境、地域との密接なつながりなど、どこをとっても理想の教育環境であったと感じました。実際に訪問するまでは、離島教育に対して不便さや限られた学びなどのあまりプラスのイメージを抱いていませんでした。しかし、ALT の先生が常駐しているなど本土よりも多様な学びの機会が設けられていました。また、水泳の授業がプールではなく、海で行われるなど豊かな自然環境を生かした教育が行われていたことに驚きとともに、憧れを抱きました。

３　まとめ

離島域・へき地域における少人数学級・複式学級などの理科学習環境の改善と支援，教師教育プログラムの開発を目的として実践してきた。令和 6 年度から開始した諸プログラムは，令和 7 年度では順調に実施できた。次年度はこれらの改善を図り，限られた機会を最大限に活用して，教員研修・教材研究等を充実させていきたい。

謝　辞

本活動は，公益財団法人中谷財団の科学教育振興【教員支援】（2 年目）の助成を受けて行われたものである。ここに記して感謝の意を表する。

教員支援助成　［３年目］
（2023年度採択）

『飛翔型』理科学習で指導が難しいところを解決する試み
~効果的な理科実験研修を踏まえたフロンティアリーダーの育成研修~

実施担当者　宮城教育大学
教授　渡辺　尚

雲のでき方を知る授業実験
（第１回大崎市小学校理科教育研修より）

１　はじめに

最終年度である本年は、義務教育学校に象徴的な小中連携の教員間の学びのプログラムを２件、そしてまとめとして県外の熟達講師をお招きした１件の研修を実施した。

本プログラムの目的を鑑み、大崎市管内の小学校の先生方の中から、理科に卓越したフロンティアリーダーを育成できたのか、また 2019-2021 年にかけて中谷財団様から採択いただいた『【大崎市】意欲的な小学校の先生方を支援するプログラム』[1)] を踏まえて有意義な成果に辿り着いたのかを振り返る契機となった。同時に社会的に大きな変革（コロナ下の学び）や新教育課程が６年目となったことで理科教育に関わる教員研修がどのような課題を新たに抱えているのかを分析し、小学校教員理科研修への提言を行うこととした。

２　教員理科研修の実施

２－１　第１回理科教育研修会（講師：古川北中学校　鈴木 教諭）

AR コンテンツを利用した「上昇・下降気流を見てみよう」ICT 教材の紹介
（第１回大崎市小学校理科教育研修より）

第１回大崎市小学校教員理科研修会は、８月４日に大崎市立古川北中学校の鈴木美沙子先生を講師にお招きして行われた。鈴木先生は 2022-2023 年度にかけて宮城教育大学の教職大学院で通常の学級に在籍する発達障害の可能性がある生徒への支援の在り方を研究したエキスパーターであります[2)]。本理科教員研修では「理科を使わない社会活動はないのでは！」との問いかけを研究参加者に投げかけ、また「どの子も活躍できる理科授業～インクルーシブ教育システムの視点を取り入れた授業構築～」と題して、理科の授業と関連させ、ADHD や ASD 等の子供たち各々が見ている世界を理解し、授業を展開していくことの大切さを強調しておられた。後半では実

験演習を行い、教室でもできる工夫された演示実験や AR を用いた ICT 教材を体験し、指導力向上を目指す研修となっていた。今後義務教育学校といった、小中連携の学校が増えることが予想されて久しいが、小学校の先生方に理科の楽しい授業・どの児童も取り残さない新しい授業の方法を参加者で研究に取り組んだ。

２－２　第２回理科教育研修会（講師：古川第五小学校　結城 教諭）

第 2 回大崎市小学校教員理科研修会は 10 月 6 日に大崎市立古川第五小学校の結城瑞穂先生を講師にお招きして行われた。結城先生は、教員生活が 22 年目の中堅～ベテランの先生で、中学校でも理科を８年間担当した経験があるとのことで、小中連携を熟知した様子であられた。前任の小学校では個別最適な学びについて指定を受けて実践されていたとの報告もあった。今回の研修では結城先生が力を入れて行っている「単元内自由進度学習」の考え方や単元構成のポイントなどについて、実際の活動の様子を見ながら研修を行った。実際にロイロノートを用いた実験や学年ごとに自由進度学習を考える実習を通して理科の授業での自由進度学習についての理解を深めた。結城先生の自由進度学習について述べた言葉を列記すると「一人学びにならないように協働的な学びに導く」「結果と考察・結論をこどもたちは一緒にしがち」「子供が自立した学び手になっていくための『あくまで手立ての一つ』」「自分で決めると主体性が増す」などが拾え、この研修の内容や特徴を現わしていると考える。後半には仮説実験授業について実践を通して紹介していただいた。

ロイロノートでワークシートを確認しながらグループで実験する様子
（第２回大崎市小学校理科教育研修より）

２－３　第３回理科教育研修会（講師：古川第五小学校　前田 教諭）

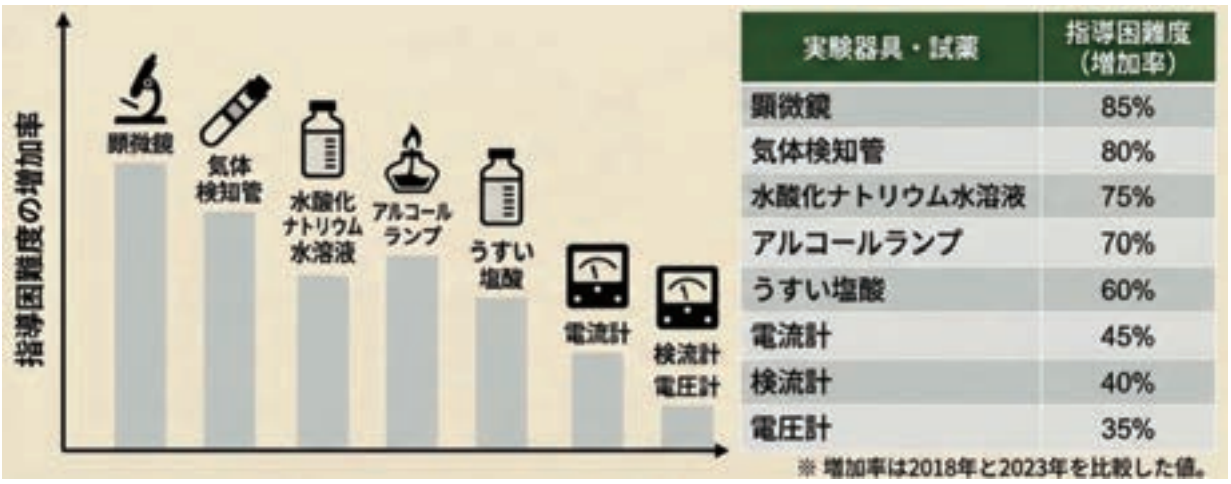
第 3 回大崎市小学校理科教育研修会は 10 月 31 日に松阪市立米ノ庄小学校から前田昌志先生を講師にお招きしてパレットおおさきで行われた。前田先生は、日本天文教育普及研究会 次期学習指導要領改訂 WG 代表として活躍されております。研修会のイントロでは研修地の景勝地（江合川の上流）である鳴子ダムでのドローンによる空撮の様子を紹介し、研修会場の地元の川の上流について解説し、アイスブレーキングを行った。また「星座の名前を作ってみよう！」という先生独自の授業展開で児童と考えながら楽しい授業展開を紹介していただいた。研修の本題では「子どもが主語になる理科教育の仕組み」[3)] と題して、小４で扱う「月と星」を例に、教師自身が単元の面白さを感じることが子ども主体の授業へつながることについて紹介を行った。また、小３「太陽と地面の様子」や小６「燃焼の仕組み」では、「結果」と「考察」の違いや、各学年の「見方・考え方」の重要性について力説いただいた。

大崎市の江合川の上流の空撮による説明
（第３回大崎市小学校理科教育研修より）

３　まとめ・小学校理科教育における「指導の困難化」の実態と改善提案

本プログラムでは、小学校理科教員研修において必ず事前および事後アンケートを実施した。尚、2018 年度には大掛かりなアンケートを実施した上で本財団への申請を行った経緯があった。そして本研修の前哨戦となった 2019-2021 年度に採択されたプログラム中にも同様のアンケートを実施しており、継続した教員研修の成果を比較分析することができた。

明らかになったのは、小学校理科教育における「指導の困難化」の実態であり、その改善報告を最後に提言する。またこの背景には３つの環境変化、すなわち「コロナ禍の影響（リアルな実験・観察機会の喪失」「デジタル教科書の普及（概念の可視化と指導法の変化）」「教員の年齢構成の変化（経験 10 年未満の若手が 38%）」が挙げられる。小学校教員の本音として「理科は好きだが、教えにくい」という結果も示された。2018 年と 2023 年のわずか５年間で小学校理科の 11 個の単元で、また８種類の実験器具において指導に困難を感じる教員が急増した。喫緊の課題としては、かつての課題（野外観察・天体）から一転し、「教室内・理科室内で完結するはずの基本実験」が最大のボトルネックになってきて理科室内の基礎スキルの低下が認められた（下図）。



実験器具・試薬	指導困難度（増加率）
顕微鏡	85%
気体検知管	80%
水酸化ナトリウム水溶液	75%
アルコールランプ	70%
うすい塩酸	60%
電流計	45%
検流計	40%
電圧計	35%

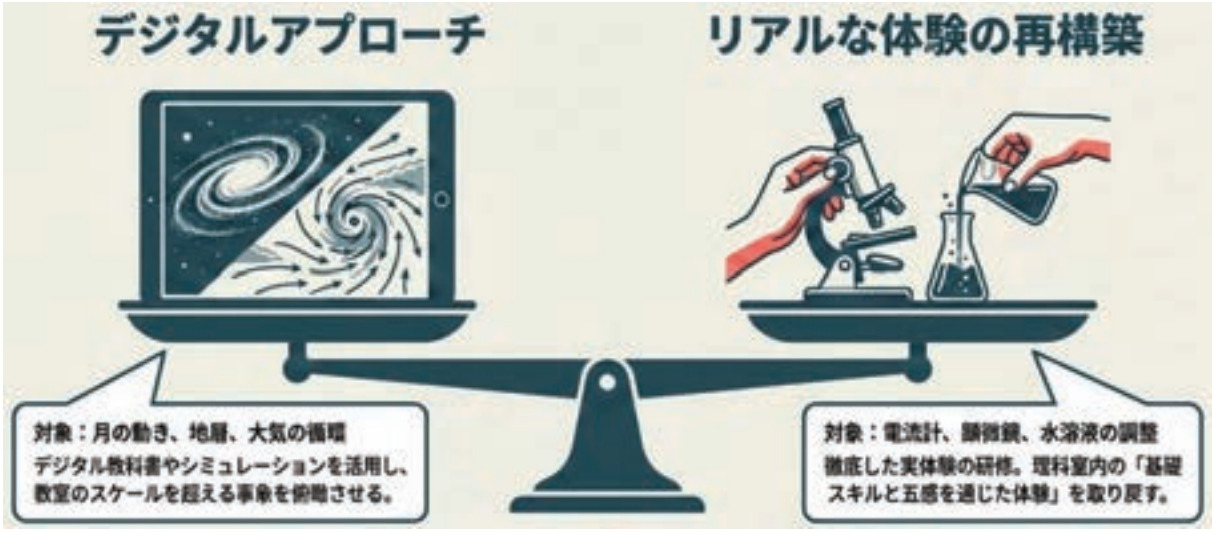
※ 増加率は2018年と2023年を比較した値。

実験器具・試薬への抵抗感（2023 のアンケート結果より）

また経験年数に最適化した研修が求められる実態も明らかになった。アンケートを実施した大崎市地区の場合は、教員の若手層が圧倒的多数を占めるが、基礎的な実験経験の不足により困難に感じている教員が多い。一方、ベテラン層は新しいカリキュラムや抽象概念への戸惑いを感じる教員が特徴的に認められた。従って、従来の一律研修ではなく、経験年数に最適化した教員研修の再構築が必要であろう。具体的には「教職経験年数１～10 年」の若手層には基礎体力作りともいえる実験器具の正しい操作や基礎的な物理や化学現象の安全な指導法に特化した、対面型の理科室ワークショップが必要である。また「教職経験年数 11 年以降」の中堅・ベテラン層には、概念のアップデートを必要とし「粒子の保存性」「エネルギー変換」など抽象概念の新しいアプローチや ICT のハイブリット活用の授業構成が必要となり、ピア・アセスメントを取り入れた授業デザイン研修などが相応しいと思われる。

さらにデジタルとリアルの再最適化（次ページ図）が課題として浮き彫りになった。デジタルアプロ―チとして威力を発揮する「月の動き」「地層」「大気の循環」の単元ではデジタル教科書やシミュレーションを活用し、教室のスケールを超える事象を俯瞰させることができるようになった。一方で、「電流計」「顕微鏡」「水溶液の調整」では徹底した実体験の研修を必要とし、理科室内の「基礎スキルと五感を通じた体験」を取り戻す必要性が認められた。

2018-2023 年の経年比較と教職経験年数から見える、教員研修の抜本的アップデートとしては、デジタル（デジタル教科書やシミュレーションを活用し、教室のスケールを超える事象を俯瞰させる）・リアル（徹底した実体験の研修で、理科室内で行う基礎スキルと五感を通じた体験を取り戻す）・経験年数（若手層および中堅・ベテラン層）への最適化が必要であることを提言したい。



デジタルとリアルの再最適化（2018～2023 の本プログラム関係のアンケート結果より）

謝　辞

本プログラム研修を行うにあたり公益財団法人 中谷財団の助成（科学教育振興【教員支援】助成）による支援を頂戴し、本成果を得ることができました。ここに感謝いたします。

参考文献

1) 馬場俊介・渡辺尚(2019) 小学校教員の理科学習指導における実態調査　～宮城教育大学教育学部生徒との比較～,宮城教育大学情報処理センター研究紀要～　COMMUE～,26, pp131-13
2) 鈴木美沙子(2024)宮城県通常の学級に在籍する発達障害の可能性がある生徒への支援の在り方～アセスメントを起点とした中学校における特別支援教育コーディネーターの役割を通して～ https://mue.repo.nii.ac.jp/records/2000019（2026 年 3 月 25 日閲覧）
3) 前田昌志(2025)，子どもが主語になる理科授業のしくみ明治図書出版，ISBN:4184162223

以上

小学校理科の教科担任制のための教員養成・研修プログラムの開発及び理科授業研究の支援

－ 理科マイスター制度の確立にむけて －

実施担当者　山形大学　学術研究院
准教授　鈴木　宏昭

1　はじめに

近年，文部科学省中央教育審議会では，小学校高学年での教科担任制の拡大を含めた「新しい時代の初等中等教育の在り方」について議論されている。平成 30 年度に文部科学省が実施した「公立小・中学校等における教育課程の編成・実施状況調査」の結果によると，小学校理科の場合，第 3 学年で 21.6%，第 4 学年で 32.3%，第 5 学年で 45.1%，第 6 学年で 47.8%の学校が教科担任制を実施していたことが明らかになっている。しかし，その一方で，その教科担任制教員の専門的資質・能力を評価・保証する資格制度は存在せず，それらの教員を対象とした研修制度も十分ではない。これからは，新たな視点に立って，小学校理科に必要な専門的資質・能力の同定，それらを備えた教員の養成・研修をするための一体的なシステム，専門的資質・能力を育成するための教育プログラムを検討することが必要であると考えた。

そこで，山形大学と山形県・山形市教育委員会が協働して教員養成・研修コンソーシアムを組織し，山形大学附属小学校を中心に，山形県の小学校教員を対象とした，小学校理科に関する専門的資質・能力を評価・保証する資格認証制度を確立することとした。この資格制度の確立により，小学校で理科の授業を行うために必要とされる教員の専門的資質・能力を同定し，それらを育成するための教員養成・研修システムを構築できると考えた。このシステムの中核となる教育プログラムの具体的な内容や分野は，山形大学の教員養成課程の学部学生および本申請共同実施小学校の現職教員の状況に応じて，「教員養成分野プログラム」と「教員研修分野プログラム」を２つとした。

さらに本申請共同実施校等にて，教育プログラムで習得した資質・能力を発揮して，理科授業を実践することを支援することも想定していた。そこで，それらの活動を支援するため，共同実施校に，「授業の補助」，「授業の準備・後片付け」，「教材の開発補助」，「設備・消耗品の管理・整理補助」等を担当する理科授業支援員（2025 年度は 2 名）を配置することとした。こうした理科授業の実践を支援する試みを実施した上で，共同実施校等において小学校理科の教科担任を見通した授業研究会（2025 年度は年 2 回）を実施した。

その他，教育プログラム受講生とともに共同実施校において STEM／STEAM 教育のための科学実験教室を実施することとした。この科学実験教室（2025 年度は 4 回）では，「理科の観察や実験のリーダーを目指そう！」をテーマに共同実施小学校の学童保育を対象に実施した。

2　小学校理科の教科担任制のため教育プログラムの実施体制

2－1　教育プログラムの実施体制

共同実施校を中核として，小学校理科の教科担任に必要となる専門的資質・能力を同定するため，小学校理科の教科担任制導入に関する実態調査（担任による理科授業担当割合調査など）を実施するとともに，小学校理科の教科担任制に対応するための教育プログラム（資格認証制度を含む）を開発することを試みるというものであった。そのため，具体的には育成すべき教員の資質・能力を規定した上で，山形大学，山形県教育委員会（山形県教育センター），山形市教育委員会（山形市総合学習センター）と協力しながら，理科教育に関する教育プログラムを開発することとした。また，こうした取り組みに対して，適宜，外部有識者（筑波大学名誉教授　片平克弘氏）からの評価および指導助言を受けた。

実施体制（山形県教育委員会及び山形市教育委員会との連携）

本事業を実施するにあたり，次のような実施体制を組織して行うこととした。

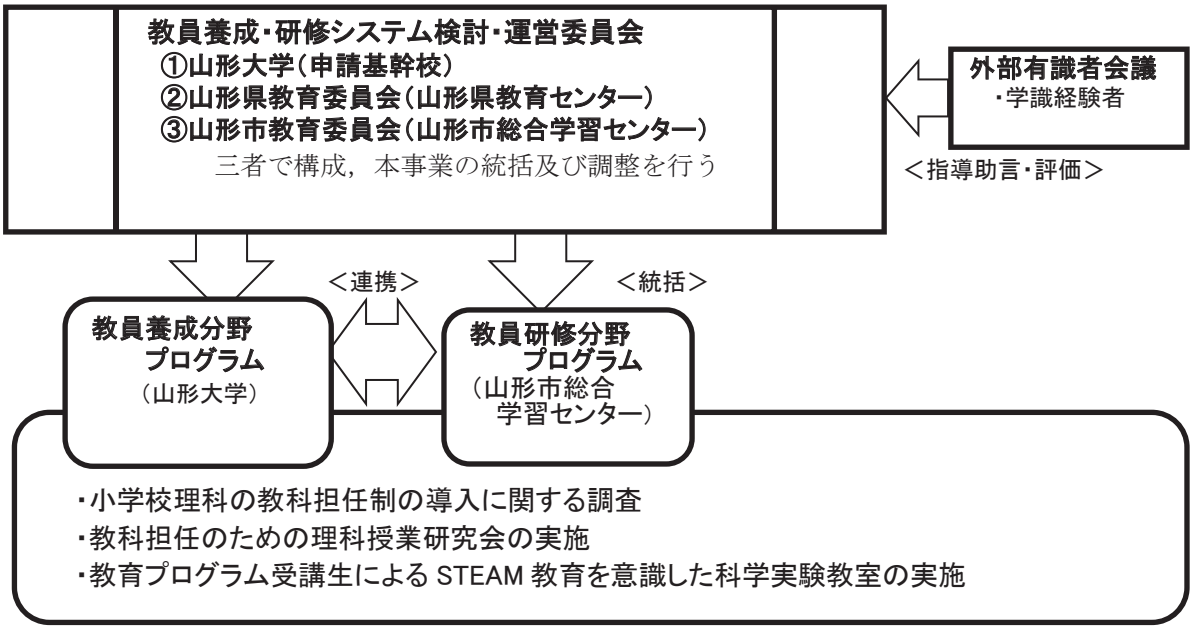


図 1．連携・実施の組織図

2－2　小学校理科教科担任制の実施状況（調査結果）

本取り組みを効果的に実施するため、山形県 Y 市を対象に，小学校理科教科担任制実施状況を調査した。

表 1．小学校理科の教科担任制実施状況（Y 県を中心に）

学年	全国平均（R6）	Y 市・クラス別（R7）	Y 市・中学校理科教員免許保持（R7）	教頭・教務・副教務担当状況（R7）
第 3 学年	41．8%	34．0%	4．5%	4．5%
第 4 学年	46．0%	61．7%	8．5%	21．3%
第 5 学年	68．3%	76．6%	10．6%	38．3%
第 6 学年	70．8%	91．5%	14．9%	61．7%

山形県 Y 市における小学校理科の教科担任制の実施状況（令和 7 年度）を見ると、学年が上がるにつれて実施率が高まる傾向が明確である。第 3 学年は 34.0%で全国平均 41.8%を下回るが、第 4 学年は 61.7%、第 5 学年は 76.6%、第 6 学年は 91.5%となり、上学年では全国平均を上回っている。また、中学校理科教員免許保持者の担当割合は第 3 学年 4.5%から第 6 学年 14.9%にとどまり、教頭・教務・副教務の関与が高学年ほど大きいことが特徴である。

３　小学校理科の教科担任制のため教育プログラムの内容構成と実施報告

３－１　教育プログラム（スキルアップ講座）の内容構成

山形大学，山形県教育委員会，山形市教育委員会，山形大学附属小学校と協働して，理科教育に関する教育プログラム（山形県教育委員会の名義後援）を開発・実施した。教育プログラムの具体的な内容や分野は，山形大学の教員養成課程の学部学生および本申請共同実施小学校の現職教員の状況に応じて，「教員養成分野プログラム」と「教員研修分野プログラム」の２つとした。

三者協働で開発・実施した教員養成・研修講座（小学校理科の教育プログラムースキルアップ講座ー）を８月から 12 月にかけて実施した。実施した講座の構成は，表１のとおりである。

表 2. 教員養成・研修講座（小学校スキルアップ講座）の構成

講座名	日程	定員（名）
小学校理科実践講座 （中学年の部） （高学年の部）	8 月 5 日（火）	各 10 名
理科授業づくり講座	9 月 10 日（水）	5
理科室の管理・運営	10 月 19 日（日）	20
理科の教材研究	12 月 14 日（日）	20

小学校理科実践講座（中学年の部）および（高学年の部）：学習指導要領で示された内容や教材を中心に，教員や児童の苦手に着目して具体的な授業場面をイメージすることができるようにしながら観察・実験などの実習を行った。

理科授業づくり講座：小学校段階での理科の授業の在り方や，科学教育の中で体験はどうあるべきなのかについて学び，科学的な探究の実現に向けた授業づくりについて考えた。

理科室の管理・運営：染色の実験を通して，化学薬品の基本的な取り扱い方を理解する。化学薬品の保管や廃液処理の観点から理科室の安全管理を学んだ。

理科の教材研究：児童の思考に基づく教材研究について学ぶ。例えば，学習内容に応じた適切な教材とは何か，様々な教材の比較などを通じて，教材の選択と使用上の留意点を確認した。

３－２　教育プログラム（スキルアップ講座）の実施報告

（１）教員研修分野「理科授業づくり講座」（担当：後藤みな　准教授）

写真１．講座受講の様子

９月 10 日（水）に、理科授業を充実させる視点について理解を深めるとともに、文脈に基づいたアプローチの具体的な教材を実際に検討することを目標とした教育プログラムを実施しました。この教育プログラムでは、現職教員に対して、まず、子どもが理科を学ぶ意義を実感できるような授業の重要性を確認しました。そのうえで、授業づくりの一例として、文脈に基づいたアプローチの考え方を解説しました。なお，この教育プログラムでは，山形市教職員研修として，例年小学校理科実践講座と共通開設したものである。

（２）教員養成分野「理科室の教材研究」（担当：柏倉大樹　指導主事・鈴木宏昭　准教授）

「理科室の教材研究」を 12 月 14 日（日）に実施した。本講座では，理科の教材研究に関する理解を深めるとともに，児童の思考に基づいた教材の選択と活用の在り方について学ぶことを目的として，まず，小学校第 3 学年「電気の通り道」及び第 6 学年「電気の利用」を題材として，学習内容に応じた適切な教材の在り方や，教材使用上の留意点について確認した。次に，複数の教材を比較・分析する演習を通して，児童の思考を支える教材研究の視点について検討した。さらに，これからの理科授業の在り方について協議し，教材研究の重要性について理解を深めた。

写真2. これからの理科授業について協議の様子

＊なお，この「理科室の教材研究」は，山形大学の「初等理科実験」と共通開設したものである。

３－３　理科授業支援活動（共同実施校との連携活動）

本事業では，小学校理科スキルアップ講座実施のほかに，理科授業支援活動を展開した。共同実施校への授業支援員（2 名）の配置を実施することとした。具体的には，共同実施校に公立学校教員採用予定の大学生（学部学生）2 名を配置し，理科授業の準備・授業補助・後片付けを担当することで，理科に関する資質・能力の習得を試みた。

山形大学附属小学校にて理科授業研究会を開催いたしました。「自ら問題解決を進める子ども」を研究主題授業実践した。小学校 5 年生「もののとけ方」の授業実践を事例に、これからの理科授業のあり方を協議しました。

写真３．授業実践後の研究会の様子

４　まとめ

本取り組みを通して，小学校理科の教科担任制を支える教員の専門的資質・能力の育成に向け，「小学校理科スキルアップ講座」の実施に加え，理科授業支援活動や授業研究会を展開することができた。山形県内を中心に多くの教員等の参加を得て，理科授業づくりや教材研究に関する学びを深めるとともに，教員相互の連携強化を図ることができた。来年度以降も継続して活動を進めることを通して，小学校理科を担う教員の学び続ける意欲を高め，その資質・能力のさらなる向上を図りたい。

謝　辞

本報告書は，公益財団法人中谷財団からの助成を受けて実施した小学校理科の教科担任制のための教員養成・研修プログラムを開発するための活動成果をついてまとめたものである。この取り組みにおいて山形県内を中心に多くの学校関係者，関係機関にご協力・ご支援を賜った。この場をお借りして謝意を表したい。

小学校理科における他校との連携授業がもたらす教育効果の検証

実施担当者
東京学芸大学附属小金井小学校
教諭　蒲生　友作

１　はじめに

東京学芸大学附属小金井小学校を中心として昨年度、「小学校理科における他校との連携授業がもたらす教育効果の検証」として、他校と連携をして観察・実験の結果について共有したり、地域ごとに違う自然の様子などを交流したりした。そのことによって、客観性を向上させるだけではなく、地域ごとの違いについて深く学んでいくことができた。

今年度は、昨年度に引き続き、研究テーマ「小学校理科における他校との連携授業がもたらす教育効果の検証」として、より地域差が見られたり、理科の学習について連携がしにくかったりする小規模校や島しょ地区の学校と授業を行い、どのような教育効果がもたらせるかについて検証していくこととした。

２　実践

２－１　第６学年「土地のつくりと変化」地面の下の地層について

第６学年「土地のつくりと変化」の学習では、「地層はどのようなもので構成されているのか。」「地層がどのようにできるのか。」などについて実際の地層を観察したり、モデル実験を行ったりして学んでいく。そのときに、自分の学校や住んでいる地域についてボーリング試料などを通して調べたり、流れる水の働きや火山の働きでできる土地の地層について学んだりしていくことが多い。

しかし、都市部の学校は地層を見ることが難しかったり、自分の地域以外の地層について観察することは難しかったりして、画像や動画に頼ることが多い。そのため、自分が住んでいる地域以外の学校と連携することによって、地層の構成物やでき方について交流を通して「土地のつくりと変化」の学びが深まっていくのではないかと考えた。

また、一学年が１０人以下の小規模校や島しょ地区の小学校の児童は、交流を通した学びが少なかったり、理科を専門としている教員も少なかったりするのではないかと考える。そこで、本事業を行っている理科専門の教員が授業を行ったり、互いの児童が交流したりすることによって学びの質が高まり、より深い学びとなっていくのではないかと考えた。

そこで、東京都大島にある大島町立さくら小学校の児童と一緒に学ぶこと機会をもつようにした。第６学年「土地のつくりと変化」の学習で、互いの土地はどのような構成物でできているのか、また地面の下の地層はどのようになっているのかについて、いっしょに学習をしていくようにした。

はじめに、小金井の土地がどのようになっているのか一緒に考える学習を行った。東京学芸大学附属小金井小学校は東京学芸大学の敷地内にあり、研究所やグラウンドなどが複数ある。そのため施設を建築する際に、土地の内部についてボーリングを調べるので、柱状図がデータとして整理されている。東京都の柱状図は、東京都建設局の東京都土木技術支援センターが公開している東京の地盤（GIS 版）*https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp › jimusho › tech › geo-web* のデータを参考にした。

東京学芸大学構内の国際棟と冒険広場が小学校から近く柱状図が公開されている。その２点の土地はどのようなもので構成されているかについて学んだ。

国際棟の柱状図（図１）冒険広場の柱状図（図２）を比較するとどちらも関東ローム層と礫、礫交じりの砂で構成されている。つまりこの地区の土地は流れる水の働きでできた地層の上に火山が噴火してつもった関東ロームでできていることが児童も理解ができた。

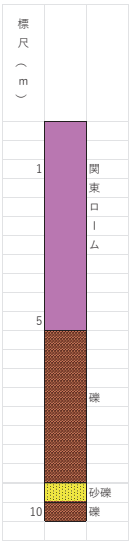


図１
国際棟柱状図

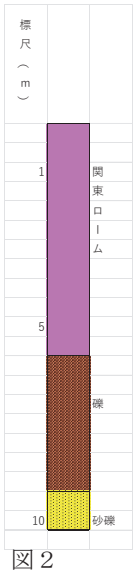


図２
冒険広場柱状図

次にこの２地点の間の土地はどのような層がつながって土地ができているのかについて考えさせた。この２地点は１００ｍほど離れており、層と層のつながりがどのようになっているか図で表した。

すると、東京学芸大学小金井小学校、さくら小学校の児童、どちらも同じように２地点の層の境界をつなぐことで、地層がどのようにつながっているのか考えることができた。（図３）

図３　国際棟と冒険広場をつなぐ地層

この２地点はどちらも同じような構成物、同じような深さに関東ローム層や礫の層があり、地面の中でも、ほぼ平行につながっているのだろうと考えることができる。

次に大島の大島空港の中１００ｍでほど離れた２地点の柱状図を児童に示して構成物を比較した。（図４　図５）

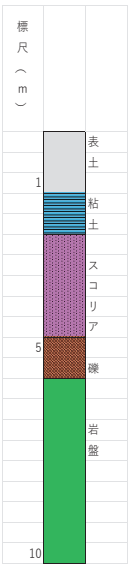


図４
大島空港内
柱状図

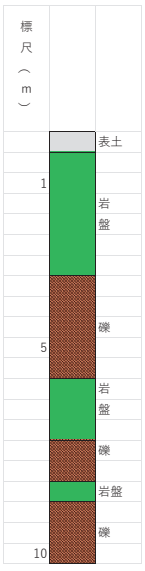


図５

東京学芸大学構内の地層の構成物は違っており、岩盤や礫などでできていることが分かった。児童からは礫と書いてあるが、大島は火山そのものでできているため、溶岩が細かくなった礫ではないかという意見がでた。岩盤も細かくなる前の溶岩が冷えたものだろうと考えていた。スコリアについては、火山の噴火によって出た溶岩に空気が入り込み、冷えたときに穴だらけとなった軽石であると調べることで分かった。このように東京学芸大学（小金井市）とは全く違ったもので地層が形成されていることに気付くことができた。

次に、この２地点の間の地層のつながりについて考えていくことにした。しかし、この２地点の地層は単純に層の境界線をつなぐことは難しく、どのようにつないだらよいか、生成ＡＩを活用して考えてみることとした。

生成ＡＩの ChatGPT を使うことにしたが１３歳以下では使用できないため、教師の方でデータを入力して地層をつないでもらった。（図６）

児童にこの図を見せると、急に岩盤の層が入り込んでいるからおかしい、層と層のつながりはもっと滑らかになっているだろうという意見がでた。参考となる点はあるという意見も出た。

互いの学級内で３，４人のグループを作成して、どのように地層がつながっているのか考えさせて図を描いてみた。

すると、東京学芸大学附属小金井小学校の児童は横に層がつながっているのではなく斜めに層がつながっているのだろうと考えが多かった。（図７）他にも層が途中で細くなったり、太くなったりしてつながっているのではないかという考えもあった。（図８）

それに対して、大島町立さくら小学校の児童は、太平洋側に進むと日本海溝がありそこで土地が沈み込んでいるという知識から、地層が下の方へ沈み込んでいるのではないかという考えが見られた。（図９）これは、火山とともに生きている島の児童ならではの発想ではないかと考える。地域によって土地のつくりについての知識や考え方が少しずつ違うのではないかと考えさせられるものであった。

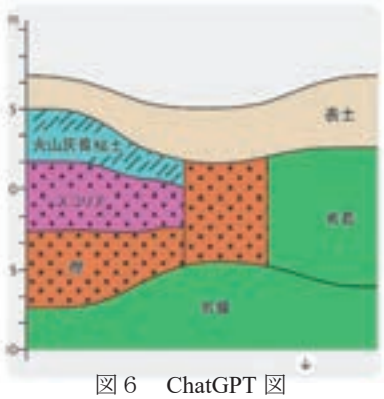


図６　ChatGPT 図

図７

図８

図９

大島の小学校との連携授業を通じて、互いの地域で地層の構成物が違うことや地層がどのようにつながっているのか考えることができた。構成物の違いについては、地域によって地面の下の構造が違うことに気付くことができた。他の地域でも構成物が違うだろうと考えることができた。

地面の下のつながりについてはそれぞれの地域で考えに差が出ることになった。もしかしたら、流れる水の働きでできた土地に暮らしている児童は、また違う考えをするかもしれないと思った。様々な地域の児童で交流することで、さらに学びが深まるのではないかと考えた。

また、さくら小学校の児童の振り返りでは、「大島では他の小学校の子といっしょに勉強する機会は少ないので、いろいろな意見が聞けてよかった。」とあり、交流によって多様な考えに触れることで深い学びにつながるだろうと考えた。

２－２　互いの地域でどのような場所に霜柱ができるのか考えよう

東京学芸大学附属世田谷小学校と東京学芸大学附属竹早小学校の１年生と２年生が、霜柱はどのような場所にできるのか考えて交流しあう連携授業を行った。

世田谷小学校は都内にあるが周りに自然が多く、学校の中に霜柱ができるところがある。対して、竹早小学校は文京区内にあり、自然豊かな公園もあるが通学路の途中で霜柱を見つけることは街路樹などに目を向けないと難しい。それぞれの地域の児童が交流することによって、様々な視点から霜柱を見ること通して、氷ができる現象や気温などに気付いていけるのではないかと考えた。

世田谷小学校では、はじめに生活科の学習で冬について学ぶことから、冬と言えばなんだろうと考えて意見を出し合うことにした。お正月やクリスマスの行事に関すること、こたつや暖房など生活に関することの他に氷、

図１０

つららなど自然に関する意見の中で霜柱の意見がでた。どのようなものか尋ねてみると「土の中にできる氷」「土から生える雪」など水が凍ったものと地面を関連付けたものであると考えていた。（図１０）

竹早小学校では霜柱という言葉を知っている子供は半分以上いたが、見たことがあるこどもは 1／3 程度。話題にしてから、本などで調べる子供が増えてきた。学校にあると思うか？という問いには、「ないと思う」と答えた子供もおり、竹早小学校の一部の子供にとっては「霜柱はスキー場とか田舎にあるもの」というイメージがあったようだ。

実際に霜柱のあるところについて探してみると、世田谷小学校では校舎の北側の常に日陰となっている土の場所にできているのを確認できた。竹早小学校では畑のところを見に行った。草が生えている所に 1 箇所だけ小さな霜柱があったが、子供達全員がみる事はできなかった。（図１１）

図１１

そこで、実際に見られないのであれば作ろう、という方向に子供達の興味が向いたためドライアイスを用いて霜柱作りを試みた。霜が降りる事と、霜柱が生えることの認識が混同しそうな子もいたけれど、イメージを持ちながら実験する事ができた。（図１２）

図１２

その後、互いの活動内容を伝え合い、同じ都内でも霜柱のできるところについて、交流することができた

３　まとめ

成果として次の点が挙げられる。特徴的な地域の学校と連携することで、子どもたちは自分の経験や身近な環境を基に、他地域の自然や事象と比較しながら学ぶことができた。霜柱を題材に他校の情報に触れることで関心が高まり、実際に探したり確かめたりしようとする主体的な姿が見られた。地層の授業では柱状図の比較を通して、地域によって地層の構成や成り立ちが異なることに気付き、多様な視点から土地のつくりを考えることができた。

課題として、学校や地域による自然環境や学習条件の差が大きく、同じ題材でも直接体験の機会に偏りが生じるという課題が明らかになった。また、オンラインや資料共有など情報交換の方法については、汎用的なオンライン授業のさらなるシステムの構築に工夫が必要である。

交流を一過性の活動に終わらせず、気づきや疑問を次の観察・調査・考察につなげるための学習構成や評価の在り方についても検討の余地がある。

謝　辞

本研究を進めるにあたり、中谷財団からご支援を受けたことを深く感謝する。財団からの研究助成は、本研究の推進において不可欠なものであり、その結果、本研究は多くの成果を挙げることができた。全面的な支援がなければ、本研究をこのような形で完成させることは難しかっただろう。この場を借りて、中谷財団のご支援に対し、心からの感謝の意を表するとともに、今後もこの支援が研究の発展に寄与し続けることを願ってやまない。

参考文献

文部科学省（2018）：小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編、東洋館出版社

以上

問題を解決する力を育む理科授業

－ 自発的な学びのために －

実施担当者
川崎市立小学校理科教育研究会
教諭　末田　まり子

1　はじめに

社会情勢が急激に変化している今、予測困難な時代を生きていく子どもたちにとって、理科学習を通して培う「問題を解決する力」は必要不可欠な資質・能力である。

私たち川崎市立小学校理科教育研究会（川小理）では、資質・能力の育成のために研究を行ってきた。今年度は、特に問題解決の過程において主体性を伸ばすための手立てを明確化すること、概念的な理解の実現に向けた「理科の見方」を働かせる単元構想について研究の重点を置いて授業実践を行った。一人一人の子どもが探究心をもって学びに向き合い、自分にとって最適な方法で学ぶことで、自然事象への理解をより深めることを目指した。

①問題を解決する力とは

理科学習において問題を解決するには「資質・能力の育成」「見方・考え方を豊かで確かなものにすること」「主体的・対話的で深い学びの実現」など、多くの重点が挙げられる。

学習指導要領では「理科の見方」について、意識的に働かせることで豊かで確かなものになると明記されている。さらに「理科の見方」とは、理科を構成する領域ごとの特徴を見いだすことを可能にする視点であることから「理科の見方」を働かせて、自然の事物・現象を捉えたり考えたりすることは、理科学習において問題を解決する力を育むこと、概念的な理解の実現に欠かせないものであると考えた。

②概念的理解とは

理科学習における概念的理解とは、知識の暗記ではなく、その単元の学習で得た知識を、既習事項や他領域の視点、生活と結び付けて考え、未知の事象に対して適用したり説明したりできる状態を概念的な理解を実現した姿であると考えた。

③自発的な学びとは

児童が自然の事物・現象と向き合う理科学習においては、児童が働かせるであろう「理科の見方」を指導者が把握した上で、意図的に自然の事物・現象と向き合う場面を設定したり、発問し

たりすること重要である。それらを踏まえた上で事物・現象とであい、児童の「自分で設定した学習問題や仮説を実験で確かめたい」という思いを実現することで、探究的に学ぶ主体性を育てていけるのではないかと考えた。問題の解決に向けて、理科の見方・考え方を働かせながら、自分たちで自己調整して単元のゴールに迫っていく姿が自発的な学びを実現している姿と捉え、研究を行った。

また、一人一台端末を効果的に活用することによって、自発的な学び、協働的な学びにつながると考え、端末の活用のしかたについても研究を行った。

2　川小理　研究実践

2－1　　5年「電流の働き」

本単元では、量的・関係的な見方を働かせ、電流の大きさや向き、コイルの巻数などの条件を制御しながら調べる活動を通して、電流がつくる磁力について学ぶ。

単元の導入では、例示用の強力な電磁石と出合うこと、実験用の電磁石で活動することを通して、学習問題を設定した。一人一人に実験に必要な材がきちんとあることで、自分の思いや考えをもとに十分な活動をすることができた。また、単元の後半では、電磁石の強さについての学習を行った。電磁石の強さについて、自分の仮説を証明するための実験ができるように、材を準備した。電流の大きさ、コイルの巻数以外の要因についても実験することができるように、鉄心の太さや導線の太さが異なる材を準備した。実験に必要な材をできる限り準備することで、自発的な学びにつなげることができた。

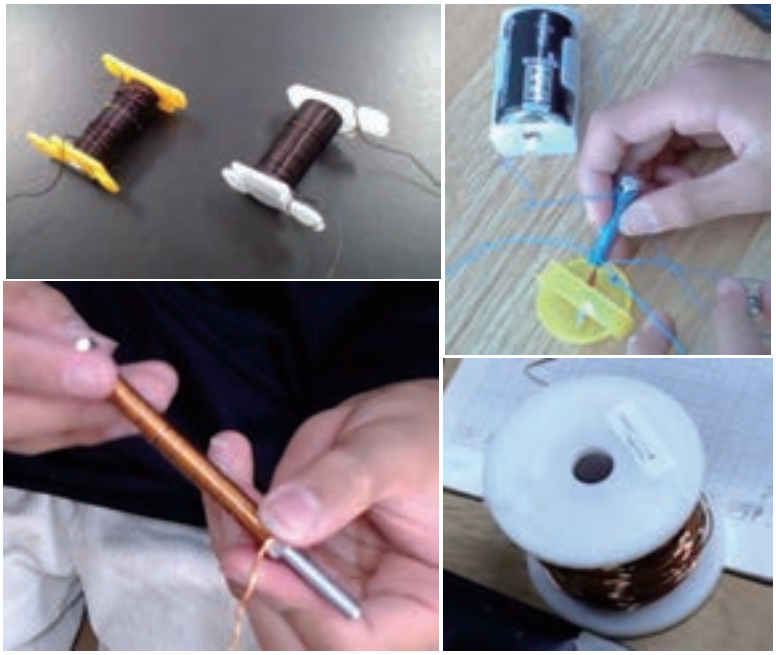


写真１　一人一人の学びに必要な材

2－2　　3年「磁石の性質」

本単元では、量的・関係的な見方を働かせ、磁石を身の回りの物に近付けたときの様子に着目して調べる活動を通して、磁石の性質について学ぶ。

一般的に広く活用されている棒磁石や丸形の磁石ではなく、フック型の磁石を用いた。フック型の磁石は、磁石同士で引き合うことがないものを選んで用いることで、磁石の極ではなく磁石の力について目が向くようにした。子どもたちの視点が焦点化され、磁石に引き付けられる物と引き付けられない物を調べるための学習問題を設定すること、実験を通して性質を理解することがしやすくなった。また、磁石の極についての性質を学習した後にフック型の磁石同士を近付けると退け合うという現象に出合わせることで、フック型磁石にも極があるのではないかという学習問題を設定することができた。既習を生かして実験方法を考えて実験し、磁石の極についての理解を深めることができた。

写真２　フック型磁石

２－３　授業づくり研修会

昨年度に引き続き、夏季に教員向けの実技研修会を実施した。研究会 OB の方による研修、各学年の学習に合わせた内容の研修を企画し、多くの方々に参加していただいた。

具体的には、

３年部会　「物と重さ」「電気の通り道」「磁石の性質」など
４年部会　「金属、水、空気と温度」「人の体のつくりと運動」など
５年部会　「流れる水の働き」「電流の働き」など
６年部会　「水溶液の性質」などの単元で行った。

それぞれの研修に必要な教材を準備できたことで、体験を通して、より充実した研修内容にすることができた。研修会のアンケートには「水溶液の単元に関して、安全指導が重要であることがわかった」や「導入の工夫や考察の仕方など、子どもたちが主体的に学ぶことができるアイデアをいただけた」等と記載されていた。

写真３,４　研修会の様子（４年部会，６年部会）

3　まとめ

川小理では、各学年の理科学習において子どもたちの自発的な学びを実現すること、概念的理解を実現することを目指して実践研究を行ってきた。一人一人に材や教具が十分に準備されていることで、子どもたちの「自分の問題を解決したい」という思いをもたせて学習を深めていくことや、理科の見方を働かせて資質・能力を育くむことができた。また、授業を公開したり、研修会を行ったり、提案発表をしたりすることで実践の成果を発信することができた。

謝　辞

川崎市立小学校理科教育研究会では、児童に資質・能力を育むための授業実践、また川崎市内の教員の理科の指導力の向上のための授業公開、研修会、提案発表を実施してきました。これらを実施するにあたり、公益財団法人中谷財団様の助成金の支援をいただきました。心より感謝申し上げます。

以上

一人一台の ICT 端末に活用できる地域教材開発プロジェクト

－ 社会に開かれた教育課程の実現に向けた基盤の構築 －

実施担当者　愛知県科学教育研究会丹葉支部
教諭　森藤　達士

1　はじめに

本研究は、本地区にある犬山市や江南市などで開発してきた「全児童・生徒一人一台に配備された ICT 端末の利用をベースにした地域教材」を拡張し、普及システムを構築することで、先行実践よりさらに広域の学校による持続可能で教科横断的に活用できる地域教材の開発を目的とした。この目的に向けた教材開発を行っていくことができれば、大いに地域に貢献でき、今後継続的に教材やプログラムを生み出せる。そのためのプロセスとして、次の２つの方策を考えた。

① 開発した ICT 教材をクラウド上に上げ、理科学習で活用する。
② ドローンやタイムラプスカメラ、博学連携などの研修会を継続的に実施し、教員の力量アップを目指す。

実践の核となり得る方向性の一つは「３Ｄ骨格」、もう一つは「ドローンによる空撮映像」であった。３Ｄ骨格は研究実践に取り入れて事例発表を行うなど、実践事例を増やす道筋をつけることができた。しかし、ドローンによる撮影は、様々な制限から、まずは開発した教材の有効利用を最優先として、興味ある実践者を増やすことをターゲットにした。

３Ｄ骨格の実践事例を増やすことで、実際に使ってみたいという声が日増しに増えてきた。だが、精密ではあるものの高価な３Ｄ骨格では、これ以上数を増やし続けることは難しい状況で、持続可能ではないと考え始めている。今後は、３Ｄスキャナーを活用した３Dデータ開発にも手法を広げる必要性があると考えている。

ドローンによる撮影は、コアとなる国交省の免許取得者を増やすことができた１年となった。地域の素材を生かした教材開発は着実に前進している。この流れは、地域の豊かな学びにつながる基盤となったと言える。

２　活用研修

２－１　実践レポート

開発した教材を実際に活用した授業を、研究協力校１５校で行った。本物を活用した授業と同じような取り組みになった、体験や観察を無理なく実施できたとの回答を得られることができた。また、実際に現地へ行って見学したい、博物館・動物園・水族館へ機会があれば行きたいとの声が児童・生徒から聞かれた。実践をもっともっと広げることが次のステージと考える。

実践協力校①

「動物の分類カード IN 東山動物園」を活用した授業実践

本実践の目標は、動物の体のつくりなどの特徴を基に、動物を分類することを通して、動物を分類するための観点や基準を見いだし、表現する力を養うことである。

始めに動物の分類カードを配付し、課題を「自分たちで考えた観点、基準で動物を分類しよう」とした。生徒は、各グループで動物カードを見ながら話し合う中で、動物の共通点や相違点に気付き、観点や基準を見いだして分類することができた。生徒が見いだした観点や基準は、1 草食・肉食・雑食、2 模様の有無、3 毛が長いか、短いか、4 しっぽの有無、5 生活場所は水中か陸上か、6 指の数が 3 本か 4 本以上か、7 名前にンが入っているかいないか、8 体重が重いか軽いかなどであった。中には、可愛いか可愛くないかという主観的な分類をするグループもあったが、他グループの発表を聞く際に、分類の結果が大きく異なっていたことで、観点や基準があいまいな分類は適切ではないと気付いていた。あるグループは、人気か人気ではないかという、観点を設定していたが、そこに「東山動物園の人気ランキングでトップ 10 に入るか」という基準を設定したことによって、だれもが判断することができる分類に代わっていた。そのことから、8 の分類をしていたチームが、体重という観点でも、〇kg より重い、軽いなどの基準を設定すれば正しく分類できると気付く姿があった。

実践協力校②

4 年生 理科「ヒトの体のつくりと運動」

「ヒトの体のつくりと運動」の単元の第 6 時において、「動物の体のつくりとしくみ」の学習を行った。

本時では、「他の動物も人と同じ仕組みで体を動かしているのか調べよう」を学習の「めあて」として、動きや骨に違いがあるかを予想し、動画 YouTube「動物の動き」と 3D モデル Sketchfab「ゴリラ」「カンガルー」を用いて観察を行い、動きや骨の違いを調べた。本学級の児童は、動きについて、ゴリラは 28 人中の 17 人、カンガルーは 0 人、骨については、ゴリラは 28 人中 11 人、カンガルーは 4 人がヒトと似ていると予想した。主に既習の内容であるヒトの特徴や生活経験を根拠に、児童は自分の考え(予想)を説明することができた。予想を共有した後、3D モデル Sketchfab「ゴリラ」「カンガルー」を見ながら、違いを見付けた。人と比較して違いを見付けようと、主体的に問題解決する姿を見ることができた。

骨や筋肉のつくり、動きや骨の特徴、体の働きに着目して、それらを関係付けて、人や他の動物の体のつくりと運動との関わりを調べる活動を通して,「ヒト以外の動物にも骨、筋肉、関節があり、人と同じようにそれらのはたらきにより体を支えたり動かしたりしていること」「動物によって体のつくり(骨の大きさや筋肉の付き方)が違うこと」についての理解を図ることができた。理解を深めることで、動物は自分たちの生活に合った体のつくりをしていることに気付くことができた。

２－２　現地研修会①【鳥羽水族館・MieMu】　日時：８月２７日　参加人数：４０名

本地区にある魅力ある地域素材を再確認･教材開発の視点を会員内で共有することを目的として現地研修会を行った。ゾウと比較のできる３D 骨格標本は、アフリカゾウやナウマンゾウを開発してきた。鳥羽水族館のジュゴンの骨格は本当に同じグループの種なのかと疑問を持たざる負えないほど、形態が違う。その本物の骨格やミエゾウの骨格を現地で見ることや､我々の実践のベースにある取り組みを知ることは、理科教員の力を数段上に伸ばす試みであり、多くの賛同者を集めることができた。現地までのバスの中で、本実践のコンセプト、これまでの現状の報告、さらなる展開に向けたアイデア等の話も行った。

２－３　現地研修会②【多治見市地球村】日時：１１月２１～２２日　参加人数：５名

本活動では、タイムラプスカメラを教材開発に活用しているが、その活用会議の中で、「星も見たいよね」という思い付きの発言から「面白そうだよね！」という展開で、休みの日の夜に合宿形

式で星を見る会を企画することとなった。急だったため、参加した人数は少なかったが、星好きなコアメンバーが集まり、撮影方法についてなどお互いに議論することとなった。講師である星の案内人の方に、写真の撮り方やアプリの活用法など、多くの示唆をいただくことができた。

２－４　自主研修会　時：１１月２８日　参加人数：８名

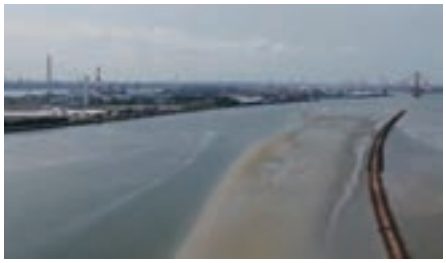
若い教員が増えている中、理科授業の運営の仕方について、当然知っているだろうということを若者は知らないことが多くある。少しでもこの状況を打破するために、情報共有をしながら改善したい。自主研修会は若手教員の主体的な学びを引き出せるよう、どんな実験をしてみたいか話し合う場を設定し、研修当日は実際にその実験を行った。

２－５　ドローン研修　日時：６月２６日　参加人数：２名

ドローンパイロットの育成がこのプロジェクトの大きな柱であったが、継続の負担感等からなかなか実施したいという参加者が増えなかった。しかし、興味を示している会員もいるため、引き続き、ドローン研修会を実施し、活用したいと考える会員を増やしていけるといい。今後も継続して、育成をしていきたいと考えている。

３　教材開発

３－１　ドローン空撮プロジェクト



ドローンで撮影した映像を少しずつ貯めており、その映像を増やすことと、その映像をアーカイブ化することで、継続的に活用できる教材とすることを目指した。

本年度は、伊豆大島で撮影した地層断層面と、庄内川・土岐川の映像を YouTube にアップロードをすることができた。また、犬山市にある雨水調整池の撮影も行い、授業で活用もした。

ドローンパイロットが少ないため、教材がなかなか増えていかないが、これらの教材をため続けることが、今後の理科教育の発展において必要であろうと考えている。ドローン映像がどんどんあふれている現代だからこそ、教育利用という観点においても、活用を進めなければ、教育の現代化は遅れる一方であろう。今後も、教育利用のできる近隣の川の映像や地層の映像を貯めていきたい。

３－２　タイムラプスカメラプロジェクト

雲の動きをタイムラプスカメラで撮影し、映像を授業で使えるようにアーカイブにすることを目指した取り組みであるが、一年間、毎日変化する雲画像をアーカイブ化することができた。このアーカイブにより雲は西から東に動くのではなく、風によって動くことがよくわかるようになった。児童へのアプローチも少し変えられるだろう。

３－３　３D 標本プロジェクト

作成メンバーで検討し、本年度に作成する３D骨格標本を「ライオン」とした。これまでの実績から、サルの標本が多かったが、基本的な動物であるライオンや牛などがなかった。馬や足のないヘビなど、まだまだ作成してみたい動物は多いが、この三年間で積み上げた動物により、アーカイブを図鑑のように活用できるようになったのではないかと感じている。これらを活用してもらうために、生物教育学会等のワークショップにて紹介を進めた。もっと、多くの方に知っていただきたいと感じている。

３－４　その他

【武蔵野大学飯田和也氏の助言】

デジタルデータを活用するためのアドバイスを武蔵野大学の飯田和也氏にいただいた。伊豆大島取材と同時期に行ったので、取材に対する視点等も変化があった。これらのデータの活用法についても、発展型へのアドバイスをいただいた。

【ドローン講習会への参加】　日時：７月　参加人数：１名

本会の推薦する教員をドローン操縦資格の取得できる研修に参加した。国土交通省のドローン免許を１名排出することができた。

【学会参加】　日時：１０月・３月　参加人数：１名

３D 骨格標本の実績を、本会会員が AABE（アジア生物教育協議会）で発表した。この取り組みを世界に発信する機会となった。海外の大学より本標本の使用について問い合わせが来ていると聞いている。さらに、生物教育学会にてワークショップを開いた。これらの教材を多くの方に広めるには周知することが必要である。

４　まとめ

この３年間で教材開発へのノウハウは確立した。また、活用の方向性も確立できた。アーカイブを立ち上げ、無理のない活用についても、多くの学校で評価していただいた。中心となるプロジェクトメンバーも少しずつではあるが増えた。学習会だけではなく、実際に教材開発までこぎつけることができた。今年度で終わりとなるこのプロジェクトを惜しみつつ、せっかく作ってきたこれらの教材を今後も活用していこうと話し合われた。

ただ、もっともっとできることはあるという話し合いもあった。３D 標本はやり残した動物がまだまだあって、「あれも作りたい・これも作りたい」と反省会で話し合われた。木曽川の支流である飛騨川の上流にも行ってみたい！との声もあった。最近では星の撮影に目覚めた若手教員が自前で１眼レフを購入した。教員のやる気に火をつけることができたと考えている。開発したこれらの素材を日本の理科教育のために活用することが、次なるステージと考えている。

謝　辞

３年間の実践を通して、愛科研丹葉支部の活力と団結をいただきました。たくさんの地域素材が、世の中に発信され、様々な形で注目をされています。教科書会社や海外の教育団体からの問い合わせも複数あり、この実践に間違いがなかったと自信を深めるばかりです。支援していただいた中谷財団の皆様から頂いた貴重な想いを次世代に必ずつなげていきます。本当にありがとうございました。

以上

科学へジャンプ・イン・東海（仮称）を核とした
視覚障害教育向上への取り組み

実施担当者　愛知教育大学
特別教授　児玉　康一

1　はじめに

「科学へジャンプ」は、視覚に障害のある児童生徒が科学にチャレンジする機会をつくるための全国ネットワークの構築を目指し、鈴木昌和氏（九州大学名誉教授）と鳥山由子氏（元筑波大学教授）の呼びかけで、科学技術振興機構(JST)の「地域の科学舎推進事業」(2009～2011) を契機に始まった活動である。この事業で構築した人的ネットワークにより、事業終了後も、全国の有志がボランティアで活動を継続している。東海地区では、盲学校教員（含 OB）や大学教員などの有志で実行委員会を構成し、地域版「科学へジャンプ」として、東海地区在住の視覚に障害のある児童生徒を対象に、2010 年からこれまで、年１回の日帰りイベント（内容は理科・数学・社会等の学習内容に関連する複数のワークショップである）を中心に活動を継続している。その活動の詳細については「科学へジャンプ」のホームページ[1] を参照いただきたい。

2023 年度からの３年間は、中谷財団からの助成を得て、東海地区での「科学へジャンプ」日帰りイベントの活動を核とし、そこで実施するワークショップ内容のより一層の充実と、それに関わる盲学校・視覚特別支援学校教員の資質向上に取り組みつつ、「科学へジャンプ」を活用した研修会を企画するなどして、一般の学校で学ぶ視覚に障害のある児童生徒の学びの質と、それに関わる一般校の教員の資質向上にも取り組んでいる。本成果報告書は、その３年目の活動報告である。

2　科学へジャンプ・イン・浜松の実施

助成３年目の今年（2025）は「科学へジャンプ・イン・浜松」を、浜松視覚特別支援学校を会場として 11/15(土) に実施した。参加児童生徒は小２～高２の 17 名であり、保護者・付添 20 名、外部講師 5 名、見学者 16 名、当日スタッフ 60 名であった。児童生徒は午前と午後の 2 回ワークショップに参加した。実施したワークショップの概略を以下に紹介する。これらワークショップ内容の事前検討会は、浜松視覚特別支援学校で 10/11 (土) に実施した。

実施したワークショップ

風のうらわざ大実験！ —飛行機が飛ぶひみつ—
講師：浜松科学館

人や物を載せた巨大な金属の塊である飛行機が、なぜ空を飛ぶことができるのかを、触ることを通して実感する。ブロワーで下から吹き上げる風でスチロール球が浮く様子を、手で触ることから始め（右の写真）、その後に、つばさの模型に横から風をあてると、つばさの模型が上に動こうとすること（つまり揚力が発生すること）を触って実感する。

電池ってどんなもの？ —自分で電池を作ってみよう—～
講師：筑波大学附属視覚特別支援学校教諭

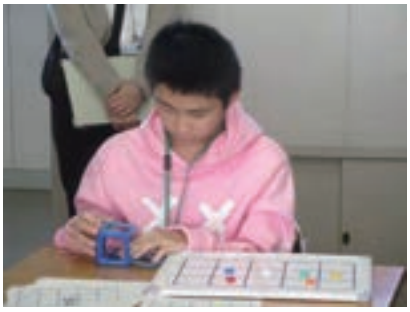
マンガン乾電池を分解して部品を順番に取り除きながら、どこまでブザーを鳴らすことができるか（電池として働くのか）を調べる。次に、ボルタ電池とダニエル電池を作り、これらを通して電池のしくみを考える。

天秤の秘密
講師：愛知教育大学生

自作教材の円天秤を使い、天秤のつり合いについて学ぶ。つり合いの条件は「支点からの距離×重さ」で表現されることが多いが、（1）「支点からの距離」とは何なのか、（2）市販されている天秤は、つり合う場合は水平になり、斜めでつり合う事がない様に工夫されているが、その工夫とは何なのか、について実験で解き明かしていく。

立方体を切り開こう
講師：岐阜盲学校教諭

立方体を展開すると６枚の正方形が並んだ展開図ができるが、展開のしかたは一通りではない。立方体の模型（ジョボブロックという展開できる模型）を利用しながら、いろいろな展開図を見つけ、分類して、何種類の展開図があるかを発見する。



実施したワークショップ（続）

お香にふれよう
講師：愛知教育大学生

視覚障害児にとって「香り」は重要な感覚の一つである。香りを楽しむ方法の一つであるお香をテーマにして、様々な種類のお香について学んだ後、自分たちで作る・焚くという体験ができる練香づくりを行う。

ロボットでプログラミング
講師：沼津・静岡・浜松の視覚特別支援学校教諭

シンプルなボタン操作でその動作をプログラムできるロボットを使い、試行錯誤を繰り返しながら、与えられた目的の達成を目指す活動を通じて、プログラミング的思考の良さに気づく機会を提供する。

3　数年のスパンでの新規ワークショップ開発への取り組み

複数年のスパンで、じっくりと時間をかけて、新規ワークショップを開発する取り組みも継続している。そのための検討会を、8/25(月)に愛知教育大学で開催し、取り組むべきワークショップ案の検討を行った。今年度の「科学へジャンプ・イン・浜松」で実施した「天秤の秘密」と「お香にふれよう」の２つのワークショップは、この会で、要改善点などを検討した上で、10/11(土)に浜松視覚特別支援学校で実施したワークショップ内容の事前検討会で最終確認を行ったものである。特に、「天秤の秘密」のワークショップでは、使用する円天秤と呼ぶ教材の作成も含めて、愛知教育大学の学部生が主力になり、昨年度から開発してきた成果である。現職の教員ではないが、近い将来の教員が開発したワークショップであり、今後のモデルケースになると考え、12/21(日)の成果発表会でのポスター発表の主題とした。また、沼津視覚特別支援学校の教員からは、天気図（等圧線）を触る模型を使ったワークショップが提案され、試作品を触りながら参加者の間で活発な議論があった。これも今後、新規ワークショップとして検討していくべきテーマであると考える。なお、昨年度実施した「ロボットでプログラミング」のワークショップで使った教材であるが、直進性に難があったため、これを改善する改造法についての情報共有も行った。ちなみに、このワークショップは今年の「科学へジャンプ・イン・浜松」でも実施した。

4　オンデマンド教員研修の試行

昨年度に続き「科学へジャンプ・イン・浜松」で実施したワークショップを撮影し、インターネット環境で視聴できるようエッセンスをまとめた動画の作成を行ったが、一般校の弱視学級の先生などを対象にした、オンデマンド教員研修の実施はできていない。今回は、「電池ってどんなもの？」のワークショップを取り上げ、そのエッセンスを 10 分程度の動画 7 編に編集した。これは、昼休

みなどの短い空き時間での参加（視聴）を容易にするためである。視覚に頼らず、聴覚・触覚・味覚・嗅覚を活用したワークショップの工夫と、参加する生徒の楽しそうな様子を知ってもらうには良い手法であると考えるが、募集する対象者や時期を見直して今後も継続したいと考えている。

５　まとめ

今年度は、中谷財団の助成期間３年間の最終年にあたる。まずは「科学へジャンプ・イン・浜松」と、そこでのワークショップ内容の事前検討会を、従来通りではあるが、きちんと実施できた。事後に行った参加者へのアンケートを見る限り、個々のワークショップを通して参加児童生徒に良い刺激を与える事ができたと考える。また、スタッフや見学者として参加した教員にとっても、得るものの多い内容であったと自負する。数年のスパンでの新規ワークショップ開発に関しては、「科学へジャンプ・イン・浜松」で実施した「天秤の秘密」のワークショップは、主教材である円天秤の開発を始めてから、今年度のワークショップとしてまとまるまでに２年程を要しており、この取り組みの一番の成果であると考える。また、8/25（月）の検討会で提案された天気図（等圧線）を触る模型を使ったワークショップも「数年のスパンが必要なワークショップ開発」となり得るものであり、今後大切にして行きたい。オンデマンド教員研修の試行に関しては、内容自体はとても良いものであると自負してはいるが、参加者の拡大が大きな課題であり、今後、募集対象を東海地区に限らず全国に広げるなどの試みを継続して行きたい。なお、12/21（日）に東京工科大学で行われた中谷財団の成果発表会では、「科学へジャンプ・イン・浜松」の参加生徒２名とその保護者も参加して、ポスター発表を行った。

謝辞

中谷財団の令和７年度科学教育振興助成により、ここで述べた活動を資金面で支えていただきました。会場校をお引き受けいただいた、浜松視覚特別支援学校の皆様にはいろいろな面倒事をお引受けいただきました。また、奥田優名古屋盲学校長には、中部地区盲学校校長会との橋渡しにご尽力いただきました。愛知教育大学の青柳まゆみ先生を始め東海地区実行委員の皆様には、この地区での科学へジャンプの活動を長年支えていただいております。皆様のご尽力に感謝いたします。

なお、12/21（日）の中谷財団の成果発表会では、ポスター発表で円天秤の実機を持ち込ませていただくなど、運営スタッフの皆様には面倒事にご対応いただきました。感謝いたします。

参考文献

1) 科学へジャンプホームページ http://www.jump2science.org/
全国８地区での地域版活動、全国版サマーキャンプ、地域版フォーラムなどの最新情報が掲載されています。

子どもが主体的に取り組み思考する理科学習

～サイエンスインフルエンサーをめざして～

実施担当者
西宮市小学校教科等研究会理科部会
西宮市立上甲子園小学校
校長　　仁木 雄次郎

１　はじめに

本研究会は、兵庫県西宮市の公立小学校教員で構成され、市内４１校を巻き込んで継続的に研究を行っている。これまで本研究会では、児童が主体的に問題解決に向かうためには、「もっと知りたい」「なぜだろう」といった知的好奇心が不可欠であると考え、児童の内発的動機づけに着目して研究を進めてきた。令和３年度に西宮市で全国小学校理科研究協議会研究大会が開催された際には、「科学的に問題解決できる子供の育成 ―“ずれ”を足場として考えずにはいられない授業展開をめざして―」を研究主題とし、児童の学習意欲を高めるために“ずれ”を生かした授業展開を検討し、その実践を公開した。その後も毎年授業研究会を開き、よりよい授業方法の検討や、これまでの実践の振り返りを行ってきた。また、“ずれ”に着目したこれまでの研究を整理するとともに、様々な立場の方を招いて講話や指導助言をいただいた。これらの研究から、“ずれ”のある授業は教員の授業づくりを助け、児童の学びに向かう意欲を高めることが示唆された。

しかし一方で、課題も見いだされた。それは、学んだ知識を活用したり生活に生かしたりする場面で、これまでの学びを十分に結び付けられていないことである。そこで一昨年度からは、授業で学んだことを活用したり発信したりしたくなる授業を目指して研究を進め、本年度も二年間の実践を踏まえて引き続き研究に取り組んだ。また、Microsoft Teams を活用した学校間での授業実践の共有や、教材研究の蓄積・共有にも前年度に引き続き取り組んだ。

２　研究内容

本研究では、児童が「知りたい！」と意欲的に知識を習得するだけでなく、その後さらに「誰かに伝えたい！」と学んだ内容を発信したり、生活に生かしたりしたくなる授業づくりを目指し、研究テーマを「子どもが主体的に取り組み思考する理科学習 ～サイエンスインフルエンサーをめざして～」と設定した。これは、これまで取り組んできた研究の成果を引き継ぎつつ、さらに発展させるものである。また、副題として掲げた“サイエンスインフルエンサー”とは、授業で学んだことの良さを授業内や単元内で誰かに発信したり伝えたりする児童を指すとともに、教師自身にも当

てはまる概念である。教師が Microsoft Teams などを活用して理科の授業づくりや教材研究を積極的に共有・発信していく姿も含めている。

本年度は以下の計画のもと、定期的に授業研究会を実施した。また、兵庫大学准教授の安部先生をはじめ、各分野の講師を招き、ご講演や児童の姿に基づく示唆をいただきながら研究を進めた。

３　理科授業作り講座

研究会	実施計画
第１回 ４月	総会
第２回 ５月	理科授業作り講座 「モリモンスターをゲットしよう」 【講師：JUNBOw 氏】
第３回 ６月	授業研究会①・講演会 【講師：兵庫大学　安部先生】
第４回 ９月	授業研究会②・講演会 【講師：兵庫大学　安部先生】
第５回 １０月	理科授業作り講座 【講師：西宮香風高校　伊庭先生】
第６回 １月	授業研究会③・講演会 【講師：兵庫大学　安部先生】

５月の理科授業作り講座では、自然素材を使ってオリジナルの“森のモンスター（モリモン）”を創作し、カード化まで楽しめるクリエイティブなワークショップ活動を行った。本講座は教師を対象として実施したものであり、参加者自身が活動を体験することで、自然素材の観察や創作を通した学びの広がりを実感できる内容となっていた。

この活動では、葉や木の実の形・色・質感を観察し、その特徴を生かしてモンスターをデザインする過程を通して、自然への関心と科学的な視点を育むことをねらいとしている。また、完成した作品に名前や技を考え、カードとして他者に紹介する場面を設けることで、自分の学びや発見を伝えたいという意欲を引き出すことができる。こうした発信活動は、子どもたちが自らの学びの価値を社会に開き、科学の楽しさを周囲に広めようとする姿につながるため、サイエンスインフルエンサーの育成という観点からも教育的意義が大きいと考えている。今回の講座で得た視点や体験を、今後の理科授業づくりに生かし、子どもたちが主体的に学び、発信したくなる授業の実現につなげていきたい。

１０月の授業作り講座では、「身近なものでできる理科実験」と題して、ムラサキキャベツを使った試薬実験や、色の反応を楽しむ知育菓子を用いた実験などを体験した。いずれの活動も子どもたちの興味関心を強く引き、楽しんで取り組める教材であると感じた。今回の体験を通して得た視点やアイデアを、今後の授業づくりに生かしていきたいと考えている。

４　授業研究

４－１　５年生「雑草にオリジナルの名前をつけよう（植物の発芽、成長、結実）」

本授業は、身近に生えている雑草を題材に、児童が主体的に自然へ関わり、自らの視点で思考し表現する力を育てることをねらいとして実施した。指導案では「雑草を観察し、その特徴をつかみながら自由な発想でオリジナルの名前を付け、自然に生えてくる植物の多様性に気付くことができる」と示されており、観察を通して自然を見る目を養うことを中心に据えていた。

児童は校庭に出て自ら雑草を選び、特徴を観察し、名前を考え、ワークシートやタブレットで表現した。指導案に示された「自ら選んだ雑草を題材に、観察を通して名前を付け、表現している姿」をめざす姿として位置づけ、自己選択・自己決定を重視した学習構造を取った。また、互いに名付けの理由を伝え合う活動を通して、学びを発信する姿が見られ、研究主題であるサイエンスインフルエンサーの育成にもつながった。

雑草という身近で見過ごされがちな存在に目を向けることで、自然への興味を喚起し、日常生活へ学びを広げる契機となった授業であった。

４－２　６年生「生物と環境」

本授業は、ツクシに付着した「緑色の粉」の正体を探る活動を通して、児童が身近な生物の不思議に気づき、理科の面白さを再認識することをねらいとして実施した。指導案には「身近な生物の不思議な特性を知り、あらためて理科の面白さに気づくこと」「仮説を立てて検証する活動の楽しさを体験すること」が示されており、科学的な見方・考え方の基盤を育てることが中心に据えられていた。授業ではまず、ツクシに付いた緑色の粉について「カビ」「種子」「胞子」「ゴミ」など自由に予想を出し合い、児童の素朴な疑問を出発点として学習を開始した。その後、顕微鏡を用いて粉の正体を観察し、「丸い粒から毛が生えている」「毛は４本ずつある」などの気づきをもとに、粉が胞子であり、毛が弾糸と呼ばれる構造であることを理解した。顕微鏡観察では、児童がピント合わせに苦戦しないよう、教師が素早くサポートし、観察の楽しさを十分に味わえるよう工夫していた。さらに、胞子に息を吹きかけると弾糸が動く現象を観察し、児童は「動いた！」「すごい！」と強い驚きを示した。観察を重ねるうちに、単なる感想から「なぜ動くのか」という思考へと自然に移行し、「二酸化炭素に反応した」「熱に反応した」「水分があることで動く」など、目的と仕組みの両面から仮説を立てる姿が見られた。これは、指導案に示された「仮説を立てて検証する活動の面白さを体験する」というねらいが達成された場面であった。スケッチの場面では、動く前後を分けて描くことや、一部を拡大して描くことが求められ、児童は集中して取り組んだ。時間が経つにつれ、周囲の児童の頑張りに刺激され、全体が一体となって観察・記録に没頭する姿が見られた。授業のまとめでは、胞子が動く目的や、ツクシが生きるための工夫について理解を深め、「生物の体には必ず目的があり、その目的にそったつくりになっている」という生物学の基本的な視点を獲得した。

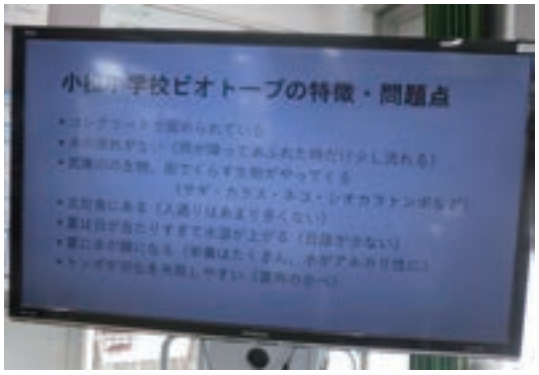
本授業は、身近な素材を用いたシンプルな活動でありながら、観察・仮説・検証・記録という科学的プロセスを自然に体験できる構成となっていた。児童が驚きや発見をもとに主体的に学びを進める姿が随所に見られ、研究主題である「子どもが主体的に取り組み思考する理科学習」の具現化につながる実践であった。

４－３　６年生「自然とともに生きる」

本授業は、校内のビオトープを題材に、生物と環境との関わりを多面的に捉えながら、児童が主体的に課題を見いだし、協働して解決策を構想し、さらにその成果を他者へ発信する姿を育むことをねらいとして実施した。これは研究主題である「子どもが主体的に取り組み思考する理科学習～サイエンスインフルエンサーをめざして～」を具現化する実践であり、学習の過程そのものが“科学の価値を社会に伝える存在”としての児童の成長につながるよう設計されていた。

単元ではまず、クイズ形式で「生物多様性」の現状や課題を学び、環境問題が自分たちの生活と密接に関わることを実感させた。続いて、理科室前のビオトープを「より多様な生物が集まる環境にするにはどうすればよいか」という課題のもとで調査・計画を行った。児童は在来種・外来種の分類、生物どうしのつながり、適した水質や酸素量など、これまでの学習内容を総動員しながら、個人および班でビオトープのデザインを検討した。指導案に示されているように、児童は「予想や仮説をもとに解決の方法を発想し、表現する」姿を見せ、主体的な問題解決のプロセスが明確に表れていた。さらに、計画段階では市の「花と緑の課」の専門家から助言を受ける機会を設けたことで、児童は自分たちの考えを外部に向けて説明し、評価を受ける経験を得た。これは、学びを社会に開き、他者とつながりながらよりよい考えをつくり出すという、サイエンスインフルエンサーとしての重要な姿勢を育てる契機となった。作業段階では、ビオトープの整備と並行して、他学年に向けて活動を発信する掲示物づくりにも取り組んだ。自分たちの学びや環境改善の意義を言語化し、学校全体に伝えようとする姿は、まさに研究主題がめざす「学んだことを誰かに伝えたい」という発信意欲の高まりを示すものであった。

本授業は、身近な環境を題材に、調査・計画・協働・発信を一体的に行うことで、児童が主体的に環境問題に向き合い、科学的に思考し、学びを社会に生かそうとする姿を育む実践となった。研究主題に示されたサイエンスインフルエンサーとしての資質が、学習の随所に表れた授業であった。



５　まとめ

本年度は「サイエンスインフルエンサー」の育成を掲げ、児童が驚きや発見を「誰かに伝えたい」と発信する授業づくりに注力した。雑草の名付けやビオトープ改修等の実践を通じ、児童が知識を活用して主体的に社会へ働きかける姿が見られた。また、教員間でも Teams 等で教材研究を共有し、発信者としての意識が高まった。今後は、これらの活動が児童の資質・能力の定着にどう寄与したか、客観的な評価・分析手法の確立を課題として取り組んでいきたい。

謝　辞

本研究は、公益財団法人　中谷財団の助成を受けたものです。助成のおかげで、教具・教材の充実、さまざまな先生のお話を聞く機会を設けるなど、多くの先生方と学びを共有できました。感謝申し上げます。

以上

感嘆符（！）から感嘆符（！！）、そして感嘆符（！！！）へ

－ 思わずしゃべりたくなっちゃう子の育成 －

実施担当者　広島市立観音小学校
教諭　加納　真知子

1　はじめに

本校は、令和４年度から、理科・生活科を中心とした実践的研究に取り組んでいる。令和５年度からは、公益財団法人中谷財団様から、科学教育振興助成を受け、３年間、講師を招聘しての継続的な理論研修や授業研究、先進校の研究視察、設備機器や教材・教具等の環境整備等に計画的に取り組んできた。

令和６年度に開催された全国小学校理科研究協議会研究大会では、感嘆符を発しながら学習に取り組む子どもたちの姿、児童と教職員が一体となって授業を創りあげる様子を全国に発信し、たくさんの肯定的な評価をいただいた。

理科・生活科の教科研究を進める中で見えてきたのは、土台である学級づくりの重要性である。そのため、令和７年度は、研究主題（「感嘆符（！）から感嘆符（！！）、そして感嘆符へ（！！！）～思わずしゃべりたくなっちゃう子の育成」～）は継続し、理科・生活科の研究を進めながら、「教科指導で学級づくりを行う」をテーマに研究を深めていくこととした。

教職員による授業改善や意欲の高まりは着実に進んでいるが、教職員の入れ替わりもあり、授業づくりの方法をどのように共有するか、一体となっての研究推進に向けて教職員の意識をどのようにそろえていくか等も課題であると考えている。

本稿では、本校が取り組んできた実践的研究の概要やアンケート調査等で明らかになった成果と課題等について、「授業づくりの取組」や「学級づくりの取組」、「教職員の一体感を高める取組」の観点から紹介する。

2　授業づくりの取組

授業づくりにおいては、学校全体としては、「感嘆符を生み出す手立てが有効であるか？」を視点として、授業研究に取り組んだ。その他、各学年、授業者が、児童の実態や教材の特質等を踏まえ、主体的な学びにしていくための手立てを、工夫しながら授業を構想し、実践に取り組んだ。

２－１　「個別ちょい適」の実践

＜実践事例１：単元名『ものの重さ』（第３学年）＞

「形を変えると、ものの重さはかわるのだろうか。」　（第４時／全７時間）

「形を変えても粘土の重さは変わらない」という学習をした後、「他のものだったら、重くなったり軽くなったりするのだろうか？」と発問した。児童から調べたいものとして、折り紙、アルミホイル、新聞紙、ペットボトル、モール、レゴの意見が出た。そこで、この中から自分が確かめたいものを選んで問題解決に取り組む「個別ちょい適」で実験を行うこととした。「個別ちょい適」を適切に取り入れることで、児童が主体的に取り組むことができると考えている。それぞれの結果を集約し、１つの結論にまとめる単複線型の問題解決により、形を変えてもものの重さは変わらないということを一般化することができた。

観音小学校では、「問題の見いだし」を中心に、実証性があり検証可能なものは、できる限り子供の思いや願いが反映できる学習活動、「学習の個性化」を目指して取り組んでいる。取り組む中で、学習指導要領に示されている学習内容の保障、教員の数や教材・時間に限りがあること、評価の公平性等の課題も見えてきた。現時点では、可能な範囲で、「学習の個性化」を取り入れている。ちょっとだけでも学習の中で個別に課題に取り組むことを、本校では、「個別ちょい適」と呼んでいる。

２－２　「自信度マップ」の実践

＜実践事例２：単元名：『ものの温まり方～ナゾを解いてホッとしよう～』（第４学年）＞

「水は、どんな順であたたまるのだろうか。」　（第８時／全１１時間）

第１次で金属の温まり方、第２次で空気の温まり方を学習した後、水の温まり方の学習に取り組んだ。自分達の予想について交流する場面では、「自信度マップ」を用いた。「自信度マップ」を使う理由は２つある。１つ目は、自信がある児童を中心に根拠となる考えをクラス全体に広げるためである。これにより、生活経験を思い出したり、既習事項を振り返って共通点に気付いたりすることが期待できる。２つ目は、児童どうしの意見交流が活性化すると考えるからである。根拠が明確でない意見も、クラス全体に巻き込んで考えることで、納得いく根拠が発見でき、分からないという意見を大切にしながら授業を創りあげていくことができる。また、自信度が変わったり意見が変わったりしても、それには明確な理由があり、友達の意見のおかげで変わったと価値付けることができる。このように、「自信度マップ」を活用することで、主体的な学びになるとともに、お互いを認め合い、クラス全体で学習することの楽しさを感じさせることもできると考えている。

２－３　「子どもたちが練り上げる実験計画」の実践

＜実践事例３：単元名『ふりこ～ふりこの謎を解き明かせ～』（第５学年）

「ふりこが１往復する時間は、何が関係しているのだろうか。」（第４時／全８時間）

実験計画や操作方法に慣れるために、まず、振れ幅の実験は、一斉指導で行った。その後に行う振り子の長さ、おもりの重さの実験は、それぞれ自分が確かめたい方を選択させた。振れ幅の実験と、長さ・重さの実験を段階的に行うことにより、実験計画を立てる力の高まりが期待できると考えている。実験計画を立てる際には、個々の計画の質を高めることをねらいとしいくつかのワークシートから自分の書きやすい形式のものを選ぶことができるようにした。個人で立てた計画をグループで説明し、アドバイスし合う時間を設けたり、実験計画を立てるときや実験中、他の班を見に行くことができる、といった自由度をもたせたりし、他者の考えに触れることで、ヒントを得たり、納得したりできるようにした。

３　学級づくりの取組、教職員の一体感を高める取組

昨年度までの研究の成果と課題を踏まえ、本年度は、教科研究を進める上で土台となる学級づくりにも重点を置き、学校全体として、研修や情報交換の場を設けたり、積極的に実践したりしてきた。学校全体として取り組むことは、教職員の一体感を高めることにもなっている。

（１）「信頼関係を深めるコミュニケーションの取り方」研修

より良い関係を構築していくため、コミュニケーションスキルを学ぶため、教師学上級インストラクターの三上かおり先生を講師としてお招きし、４月、９月、１月の３回、教職員を対象に、校内研修会を実施した。「聴く」、「叱る」、「ほめる」をテーマに講話や演習に取り組んだ。児童とのコミュニケーションや学級づくりは勿論のこと、保護者対応や教職員間のコミュニケーションにも繋がる価値ある研修となった。

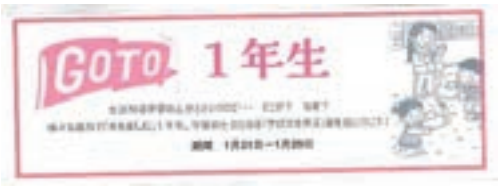
（２）「プロジェクト」や「マルトーク」

昨年度まで行ってきた「プロジェクト」～校内研修会とは異なる会場や雰囲気で進行する主体的な集まり～に加え、今年度から様々な情報交換の場の「マルトーク」の活動が始まった。

子どもが見通しをもてる指示の出し方、子どもをのせるリズム・テンポの裏ワザ、子どもたちを引き付ける読み聞かせ、学級開きに役立つレクリエーション、作文指導の紹介等テーマは多岐にわたり、明日からの授業、指導に役立つ内容となっている。このように、自由に情報交換する場があることで、教職員の一体感が高まっていることも大きな成果と考えている。

（３）GO TO クラスルーム

研究部企画で、普段の他学級の教室、授業に足を運ぶ「GO TO クラスルーム」を実施している。ねらいは、①他者の実践から学ぶ機会を作る、②教職員が助け合える風土を作る、③研究授業が行われる学年の様子や児童の実態を全体で共有し授業研究に生かすことである。参観して感想を交流することは、参観した教員、された教員、双方にとって大変良い機会となっている。



４　まとめ（成果と課題）

取組を分析するため、令和８年２月に、児童並びに教員を対象にアンケート調査を実施した。

（１）児童アンケートから（令和８年２月実施）

質　問　項　目	Ｒ６	Ｒ７	
	肯定的回答（%）	肯定的回答（%）	そう思う	少し思う
① 理科の勉強は好きですか。	85.6	**84.8**	53.6	31.2
② 理科の時間に調べる「問題」を自分でつくることができる。	86.3	**89.3**	52.4	36.9
③ 自分の考え（予想や実験計画、考察）を友達に伝えることは楽しい。	72.2	**74.7**	35.3	39.4

「①理科の勉強は好きですか。」の項目に対して、肯定的回答をした児童の割合は 84.8%であった。昨年度と同程度の割合で、概ね良好な数値であった。「②調べる『問題』を自分でつくることができる。」の項目に対する肯定的回答の児童の割合は 89.3%で、昨年度と比較すると 3%上昇した。本年度の課題としてあげていた「③自分の考えを友達に伝えることは楽しい」の項目に対する肯定的回答の児童の割合は 74.7%で、2.5%上昇した。

（２）教員アンケートから（令和８年２月実施）

質　問　項　目	肯定的回答	そう思う	少し思う
① 児童の理科の授業への学習意欲が高まった	**100%**	83.3%	16.7%
② 児童の理科の学習内容の理解を深めた	**100%**	91.7%	8.3%
③ 児童の観察・実験などに関する技能を高めた	**100%**	66.7%	33.3%
④ 児童は、自分の考えの交流を楽しんでいるように感じた	**100%**	58.3%	41.7%

学習意欲、理解、技能、交流のいずれの項目においても、肯定的回答が 100%であった。ただし、「④児童は、自分の考えの交流を楽しんでいるように感じた」の項目は、他の項目と比較して、「そう思う」の割合が低い数値となった。また、教員アンケートにおいて、「分かった！」「なんで？」などの感嘆符を生み出す授業を目指して、教材研究や授業づくりに取り組むことができた」と回答した教員の割合は 96%であった。

（３）全国学力・学習状況調査の結果から（令和７年４月実施）

	令和７年度		令和４年度	
	本校	全国	本校	全国
【理科】平均正答率	**59**	57.1	61	63.3
知識・技能	**55.2**	55.3	60.1	62.5
思考力・判断力・表現力等	**61.9**	58.8	61.5	63.5

令和７年度の本校の結果は、全国と比較して、「理科全体」及び「思考力・判断力・表現力等」については２～３%程度上回り、「知識・技能」についてはほぼ同程度であった。令和４年度は、いずれも２%程度下回っていたことを考えると、取組を通して、「知識・技能」や「思考力・判断力・表現力等」は、着実に伸びていると考えることができる。

上述のデータから、児童は意欲的に学習に取り組み、着実に理科の資質・能力を身に付けていると考えることができる。ただし、年度当初に掲げた達成目標はクリアできなかったので、次年度以降も継続的に取り組む必要性を感じている。

教員の意識や取り組む姿勢も、全国大会後も継続していると考えることができる。本年度新たに取り入れた学級づくりやコミュニケーションの視点も効果的だったと考えられる。

今年度の成果と課題を整理し、次年度も、研究を深化、発展していきたいと思っている。

謝　辞

今回、公益財団法人中谷財団様から多大な助成をいただき、研究を推進し、全国に向けて発信することができました。心から感謝するとともに、厚くお礼申し上げます。

公益財団法人 中谷財団

科学教育振興助成
2025年度 成果報告書

発　行　2026年5月
発行所　公益財団法人 中谷財団
〒651-0073　兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通1丁目5番1号　IHDビル　5階
本　部　〒141-0032　東京都品川区大崎1丁目2番2号
アートヴィレッジ大崎セントラルタワー8階
ＵＲＬ　https://www.nakatani-foundation.jp