目 次

巻頭言　「ゆっくりでいいと思う」 …… 会長　太田 道章　1

1 原著論文

『高等学校生物におけるDNAの抽出実験について』
…… 下諏訪向陽高等学校　御子柴 佳子　2

2 わたしの授業・わたしの実践

『画像認識を活用した物理の教材開発』
…… 木曽青峰高等学校　中村 祐介　8

『失敗から学ぶこと ～2017年理科実験事故の検証より～』
…… 上田高等学校　松本 俊一　13

『農業高校における理科教育の指導と実践例』
…… 長野県総合教育センター　小林 孝次　17

『思考力・判断力・表現力を育む考査問題の研究』
…… 小海高等学校　山田 翔輝　22
諏訪清陵高等学校　山本 淳一

3 わたしの研究

『ハサミムシ類の比較発生学的研究（昆虫綱・ハサミムシ目）』
…… 松本秀峰中等教育学校　清水 将太　26

4 編集委員訪問記

『不思議なことはいっぱいあるし、わからないことだらけ』
…… 飯田ＯＩＤＥ長姫高等学校　木下 通彦　30
インタビュアー　岩崎 靖

5 科学系部活動紹介

『蓼科高等学校理数系サークル』
…… 蓼科高等学校　赤羽根 弦　34

6 研究会・研修会報告

『長野県高等学校科学協会「理科実習教員基礎講座」に参加して』
…… 伊那北高等学校　小山 由美子　36

『第59回北信越理科教育研究会「長野大会」報告』
…… 屋代高等学校　宮原 喜美男　38

『トーク＆ディスカッション高校生物教科書を考える
～カエルの形づくりを題材に～に参加して』
…… 伊那北高等学校　大石 英一　40

事務局だより　・令和元年度 会務報告
・令和元年度 役員名簿
…… 41

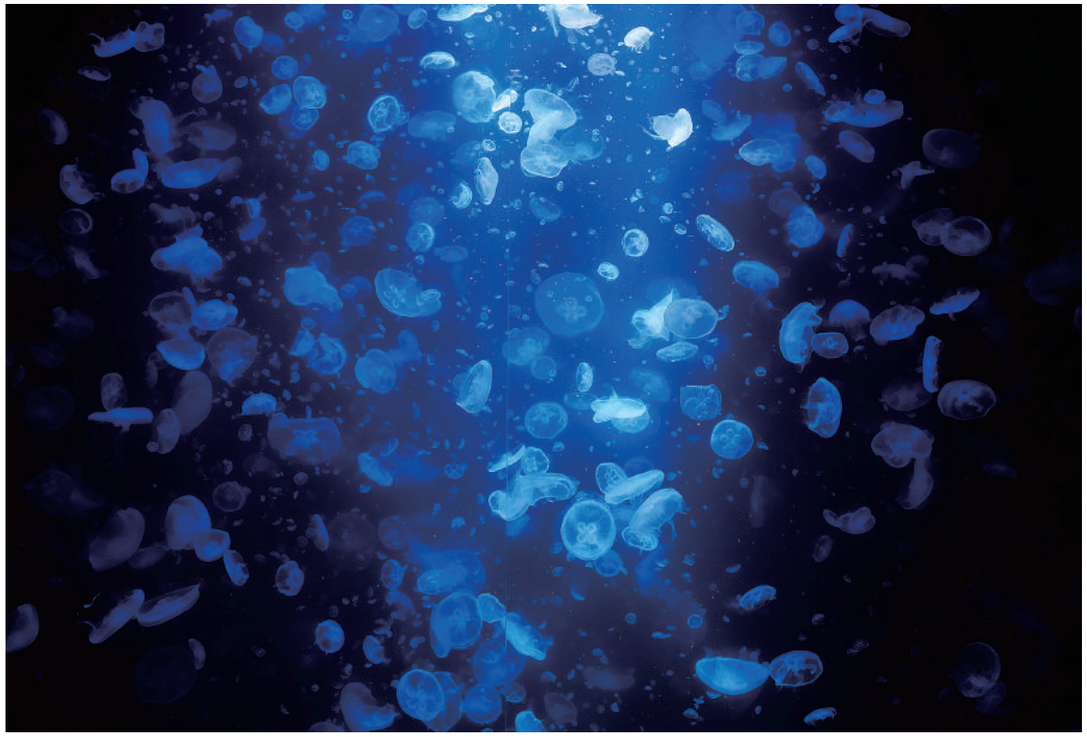
編集後記 …… 46

フォトギャラリー『信州の冬鳥』　飯田高等学校　三石 友規

長野県高等学校科学協会誌

第４号

令和元年（2019年）



JOURNAL OF
THE NAGANO HIGH SCHOOL
SCIENCE ASSOCIATION

フォトギャラリー　信州の冬鳥

三石 友規　飯田高等学校

ホザキヤドリギとレンジャク（茅野市１月）

冬、シベリア方面より飛来し、しばしば200羽ぐらいの大きな群れで行動する。

イスカ（岡谷市１月）

冬鳥として飛来する。クチバシが交差しており、松の実を食べやすくなっている。
古くから「イスカの嘴（はし）の食違い」と、物事が食い違う様を云う。

巻頭言

ゆっくりでいいと思う

会長　太田 道章

今年は5年に1回のめぐりあわせで、第59回北信越理科教育研究大会が、８月１日（木）、２日（金）の２日間にわたり、長野市のホテル信濃路で開催されました。今回は、「次世代を拓く理科教育」～主体的・対話的で深い学びの実現～を大会主題として、研究発表・全体協議・講演会が実施され、無事に終えることができました。今大会には県外県内から例年を超える約150人の先生方にご参加いただいたことに心から感謝申し上げます。

講演会では、信州大学名誉・特任教授の 原山 智 様をお招きして、「北アルプスの第四紀花崗岩と山脈の隆起」と題してご講演をいただきました。長い時間の中で、マグマの上昇とカルデラ火山の形成がおこり、地殻の隆起によって北アルプスが形成されていった様子や、それに伴って梓川の流れも変化したことを詳しくお話しいただきました。私が感じたことは、「時間の流れ」についてです。地球や宇宙を考えるとき、社会や経済を考えるときとは違った「時間軸」が存在すること、それはつまり、「科学的なものの見方」そのものにつながる大切な感覚だと思います。今は何でもすぐに成果を求める傾向が強まっていると思うのですが、科学の研究も生徒の成長も長い目で見ていくことが必要だと感じています。

さて話は変わりますが、安曇野市豊科にある犀川白鳥湖には10月中旬ごろから白鳥やカモが約1000羽飛来します。冬を越し春になると、群れごとに繁殖地のシベリアまで約5000kmの旅に出ます。この長旅を乗り越えるためには、群れ全体の協力が必要です。

白鳥やカモの群れは先頭から左右にV字型に広がった編隊を組んで飛行します。先頭に立つ鳥はリーダーというわけではなく、疲れると後ろに下がり順々に先頭を交代しながら飛んでいきます。しかし単に空気抵抗を減らすためならばチームパシュートのように一直線に飛べばいいわけですが、V字型になるのは翼の羽ばたきと関係があります。左右の翼の先端には流体力学から「翼端渦」という気流が発生し揚力が生じます。この揚力を受けるためには翼のななめ後方の位置が適しているため、全体として左右に連なったV字型になるわけです。こうして群れ全体は先頭を交代しながら、１羽１羽ができるだけ疲れないようにして目的地に向かっていきます。さらに疲れてしまった鳥は休憩が必要となりますが、けっして１羽だけ置いていくことはないそうです。複数の仲間が一緒に休んでからまた集団で飛び立ちます。

私はこの話を終業式始業式の校長講話で使いました。クラスやクラブなど一緒に学ぶ仲間として、苦しいときには助け合いながらゆっくりでいいので生徒たちが成長して羽ばたいていってほしいと思っています。

高等学校生物におけるDNAの抽出実験について

御子柴 佳子　下諏訪向陽高等学校

要　約

生物は DNA を持つという共通性を「生物基礎」の実験において確認するため、異なる生物界に属する 38 種の生物を材料として簡便法による DNA の抽出実験を行った。抽出物中の DNA の有無を確認するためにジフェニルアミン試薬を用い、その発色の度合いと UV 吸収スペクトルの測定結果とを比較して、実験に適する材料を探索した。DNA の判定に従来用いられてきた酢酸オルセイン溶液は判定に不適であることを明らかにした。

キーワード　生物基礎　DNA の抽出実験　簡便法　DNA の確認　ジフェニルアミン試薬　酢酸オルセイン溶液　UV 吸収スペクトル

1　はじめに

平成 30 年 7 月に告示された高等学校学習指導要領では、「生物基礎」において、「生物の共通性と多様性」について、「生物は細胞からできているという共通性」とともに「生物は DNA を持つという共通性」があることに気づかせる学習をすることが求められている [1]。この指摘を実現するためには、従来のように一つの生物種から DNA を抽出するのではなく、異なる分類群、言い換えれば異なる界 Kingdom に属する生物種を材料として DNA の抽出実験を行うことが必要となるので、高校において DNA の抽出が可能な原核生物や原生生物が入手できるか否かについても検討する必要がある。

現行の教科書や県の教育センターの研修資料等で例示されている DNA の抽出方法は、台所用中性洗剤と塩化ナトリウム水溶液を用いた、いわゆる簡便法である [2.3.4]。また、DNA の抽出に用いる材料は、教科書ではブロッコリーの花芽、魚類の精巣（白子）などであるが、ウェブサイトではバナナや イチゴ、サンマの身も例示されている [5.6.7]。例示された生物材料では、いずれもエタノールによって白色の綿状の物質が沈殿することが示されているが、この物質中の DNA の有無を確認する方法が例示されていない場合が多い。たとえば、調べた平成 31 年度用の啓林館、実教出版、東京書籍、第一学習社および数研出版のうち確認方法が例示されているのは第一学習社だけである。

筆者の勤務する高校の所在地である長野県諏訪地区では、筆者が確認した限りでは、DNA の抽出に用いられる材料は異なっているが、DNA の確認を行う場合には酢酸オルセイン溶液が用いられている。しかし、酢酸オルセイン溶液は DNA を特異的に染色する染色液ではないので、DNA の確認には不適であることが明確に示されている [8]。したがって、エタノールによって沈殿した物質中の DNA の有無を高校生が確認するための簡便な方法を確立することも求められている。

2017 年に長野県総合教育センターで開催された高校教諭を対象とした研修会では、「授業に生かす高校生物実験」という表題でブロッコリーを材料として DNA を抽出する実習が行われ、このときに提示された DNA の確認法は酢酸オルセイン溶液による染色であった。また、2018 年の研修会は「基本的な実験を通して体験する主体的・対話的で深い学び」という表題で、日本農芸化学会学術活動強化委員会編の「簡易 DNA の抽出実験」の資料 [9] を参考にし、ブロッコリーを材料とした DNA の抽出実験の指導案を各自作成し、それをもとに実験が行なわれたが、DNA の確認実験は行われなかった。そのとき、魚の精巣から DNA を抽出し、確認をジフェニルアミン試薬で行う方法についてのプリントが配付された。

ジフェニルアミン試薬は、高温下で、含まれる強酸がプリン塩基の結合するデオキシリボースを開裂させて 5-hydroxy-4-oxopentanal を生じ、この 5-hydroxy-4-oxo-pentanal の 2 分子が脱水重合したものにジフェニルアミン 6 分子が結合して 青色を呈色する [10.11]。この反応は DNA に特異的な反応であり、生化学分野では DNA の定量分析に用いられている [12]。しかし、ジフェニルアミンは変異原性や催奇形性があるとされており [13]、また、ジフェニルアミン試薬はジフェニルアミンの粉末を濃硫酸と氷酢酸に溶かしたものであるため、重篤な皮膚の薬傷・眼の損傷をおこすとされている [14] ので、実験に使用する際には直接皮膚に触れないようにすることはもちろんのこと、安全めがねを着用するなどの危険回避策が必要であるが、溶液状態の DNA の確認方法として高等学校でも実施可能な方法といえる。

そこで、本研究においては、異なる界に属する生物種を材料として、簡便法によって DNA が抽出できるか否かの検討をおこなった。また、DNA の有無を確認する方法については、馬場ら [8] の先行研究を参考にして、紫外部の吸収スペクトルの測定とジフェニルアミン試薬による呈色反応で検討した。本稿では、これらの結果について報告する。

2　材料と方法

(1) 材料

DNA の抽出に用いた材料は、スーパーマーケットなどで市販されているものや学校周辺で入手できるものを中心としている。なお、スクロース（純正化学株式会社）、デンプン（純正化学株式会社、原材料の記載なし）、核酸サプリメント（株式会社ディーエイチシー、原料はサケの精巣）、魚由来のコラーゲンサプリメント（株式会社ディーエイチシー）、卵白を対照群として用いた。

＊を付した材料は長野県下諏訪町のスーパーマーケットで購入したものである。

①モネラ界

- イシクラゲ *Nostoc commune*：学校の中庭
- スイゼンジノリ *Aphanothece sacrum*：（資）遠藤金川堂（福岡県朝倉市）より購入
- スピルリナ *Spirulina sp*：株式会社ナチュラルライフ AD（東京都日野市）より購入
- 納豆菌 *Bacillus subtilis var. natto*：＊

②原生生物界

- ミドリムシ *Euglena sp*：（株）シックスセンスラボ（福岡市）より購入
- クロレラ *Chlorella sp*：オリヒロフランデュ株式会社（群馬県高崎市）より購入
- シャジクモ *Chara braunii* : 石田精華園（京都市）より購入
- ワカメ *Undaria pinnatifida* の芽株：美保丸石田正治（島根県隠岐郡隠岐の島町）より購入
- コンブ *Laminariaceae* の葉状体の最下部：藤村昆布海産（有）（長崎県西彼杵郡時津町）より購入
- アカモク *Sargassum horneri*：有限会社山米鮮魚（兵庫県美方郡新温泉町）より購入
- ヒトエグサ *Monostroma nitidum*：長野県岡谷市のスーパーマーケットで購入
- モズク *Cladosiphon okamuranus*：石垣島のスーパーマーケットで購入
- 乳酸菌クレモリス FC 株 *Lactococcus lactis subsp. cremoris* FC：＊
- ABCT 種菌（アシドフィルス菌 GL-1 *Lactobacillus acidophilus* GL-1, ビフィズス菌 BL-730 *Bifidobacterium longum* BL-730, カゼイ菌 CS-107 *Lactobacillus casei* CS-107, サーモフィルス菌 *Streptococcus thermophilus*）：すばる屋（岐阜県多治見市）より購入

③植物界

- ブロッコリー *Brassica oleracea* var. *italica* の花芽：＊
- カリフラワー *Brassica oleracea* var. *botrytis* の花芽：＊
- ネギ *Allium fistulosum* の花芽：筆者が栽培したもの
- タマネギ *Allium cepa* の鱗葉：＊
- バナナ *Musa sp* の果実：＊
- イチゴ *Fragaria×ananassa* の果実：＊
- グレープフルーツ *Citrus ×paradisi* のジュース：＊

④菌界

- ブナシメジ *Hypsizygus marmoreus* の子実体：＊
- シイタケ *Lentinula edodes* の子実体：＊
- ナメコ *Pholiota microspora* の子実体：＊
- 麹菌 *Aspergillus* sp：板こうじとして販売＊

⑤動物界

- ホタテ *Mizuhopecten yessoensis* の精巣：＊
- アサリ *Ruditapes philippinarum* のむき身：＊
- スルメイカ *Todarodes pacificus* の精巣（白子）：（有）山米鮮魚 (兵庫県美方郡新温泉町) より購入
- アカイカ *Ommastrephes bartramii* の精巣（白子）：（有）山米鮮魚 (兵庫県美方郡新温泉町）より購入
- サケ *Oncorhynchus keta* の精巣（白子）：＊
- スケソウダラ *Theragra chalcogramma* の精巣（白子）：＊
- マダラ *Gadus macrocephalus* の精巣（白子）：＊
- コイ *Cyprinus carpio* の精巣（白子）：＊
- アンコウ *Lophiidae* の精巣（白子）：＊

サンマ *Cololabis saira* の身：＊
アンコウ *Lophiidae* の肝臓：＊
ニワトリ *Gallus gallus domesticus* の肝臓：＊
ブタ *Sus scrofa domesticus* の肝臓：＊

(2) 試薬類

8%塩化ナトリウム水溶液、5%ドデシル硫酸ナトリウム（SDS）水溶液、99.5%エタノール、2 mol/L 塩化ナトリウム水溶液、塩化ナトリウム（固体）、ジフェニルアミン試薬（ジフェニルアミン 1 g を濃硫酸 2 mL に溶解し、氷酢酸 98 mL を加えたもの。できるだけ使用直前に調整する。）

(3) DNA の抽出方法

①モネラ界、原生生物界、植物界および菌界の生物（ブロッコリーの花芽を例にして示す。）

ア　8%塩化ナトリウム水溶液 72 mL と SDS 水溶液 3 mL をよく混ぜて抽出液とする。
イ　ブロッコリーの花芽約 30 g をすり鉢に入れ、ペースト状になるまですりこぎでつぶす。
ウ　イに抽出液を加えて静かにかき混ぜ、5 分ほど放置する。
エ　茶こしに茶こし袋を置き、100 mL ビーカーに設置して、ウの液をろ過する。
オ　よく冷えたエタノール約 40 mL をガラス棒を使ってろ液の上にのるように静かに注ぐ。
カ　5 ～ 10 分ほど静置して沈殿物が浮いてくるのを待つ。
キ　直径 2 ～ 3 cm のサンプル瓶に 2 mol/L の塩化ナトリウム水溶液を約 7 mL とり、カの沈殿物をできるだけ溶解させる。
ク　キにエタノール約 8 mL を塩化ナトリウム水溶液の上にのるように静かに注ぐ。
ケ　しばらく静置して沈殿物が浮いてくるのを待つ。
注１）納豆菌については小粒納豆を 1/2 パック (23 g) 使用する。イの操作は「納豆をよくかき混ぜた後、精製水を少量入れ、茶こしを使いろ過する」とする。
注２）ワカメについては生の芽株を 60 g 使用する。イの操作はミキサーを使う。エの操作では茶こし袋は使わない。ろ液の量によってエタノールの量、使用する容器がブロッコリーの場合と異なる。

②動物界の生物（精巣、アサリのむき身、サンマの身の場合。サケの精巣を例にして示す。）

ア　すり鉢にサケの精巣を 2 cm 角ほど入れ、すりこぎですり潰し、精製水 30 mL を加えてかき混ぜる。これを 100 mL ビーカーに移す。
イ　アに塩化ナトリウムを 3 g 加えて撹拌して塩化ナトリウムを溶かす。
ウ　イに SDS 水溶液を 5 mL 加えて静かに撹拌し、5 分ほど静置する。
エ　よく冷えたエタノール 35 mL を、ガラス棒を使ってウの液の上にのるように静かに注ぐ。
オ　5 ～ 10 分ほど静置して沈殿物が浮いてくるのを待つ。
カ　50 mL ビーカーに 2 mol/L の塩化ナトリウム水溶液を少量とり、オの沈殿物をできるだけ溶解させる。
キ　カに塩化ナトリウム水溶液の 2 倍量ほどのエタノールをガラス棒を使い静かに注ぐ。
ク　しばらく静置して沈殿物が浮いてくるのを待つ。
注）アサリについては 4 粒使用する。ウの操作は「イに SDS 水溶液を 5ml 加えて静かに撹拌し、5 分ほど静置する。茶こし、茶こし袋を使いろ過する。」とする。

③動物界の生物（肝臓、サンマの身の場合。ニワトリの肝臓を例にして示す。）

ア　凍らせたニワトリの肝臓約 50 g、5% SDS 水溶液 3 mL、精製水 197 mL をミキサーに入れ、1 ～ 2 分間連続運転をする。
イ　アの液をビーカーに 30 mL とり、2 mol/L 塩化ナトリウム水溶液を 30 mL 加えて軽く混ぜる。
ウ　イを 100 ℃で 5 分湯煎する。
エ　茶こしにガーゼを置き、100 mL ビーカーに設置して、ウの液をろ過する。
オ　ろ液をよく冷やす。
カ　よく冷えたろ液の量と同量のエタノールをガラス棒を使ってろ液の上にのるように静かに注ぐ。
キ　5～10 分ほど静置して沈殿物が浮いてくるのを待つ。
ク　50 mL ビーカーに 2 mol/L の塩化ナトリウム水溶液を少量とり、キの沈殿物をできるだけ溶解させる。
ケ　クに塩化ナトリウム水溶液の 2 倍量ほどのエタノールをガラス棒を使い静かに注ぐ。
コ　しばらく静置して沈殿物が浮いてくるのを待つ。

(4) DNA の確認方法

①分光光度計による紫外部の吸収スペクトルの測定
エタノールに再沈殿させた白い物質をマイクロチューブに入れ遠心分離した後、残渣を精製水に溶解し、紫外可視分光光度計（SHIMAZU UV－1600）を用いて紫外部の吸収スペクトル（200 ～ 320 nm）を測定する。

②ジフェニルアミン試薬による呈色反応
エタノールに再沈殿させた白い物質を薬さじ小 1 くらい試験管に取り、1 mL の精製水に溶解し、これにジフェニルアミン試薬 2.5 mL と沸騰石を加える。沸騰水浴中で 5 ～ 15 分温めたあと、氷水につけて冷却する。

3　結果

用いた 38 種のすべての材料から簡便法によってエタノール層に白い沈殿物が得られた。図は、それぞれの沈殿物の吸収スペクトルとジフェニルアミン試薬による呈色反応の結果を示したものである。なお、沈殿物をろ紙上にとって酢酸オルセイン溶液で染色した結果も参考までに示している。

これらの結果から、原生生物界のワカメ（芽株）ではジフェニルアミン試薬でごくわずかに青色に、モネラ界の納豆菌、菌界のブナシメジでは薄い青色に呈色しているのが観察された（裏表紙見返しカラー写真参照）。さらにブナシメジでは、260 nm 付近にわずかに吸収極大が観察された。これらのことからブナシメジのエタノール層の白い沈殿物にわずかではあるが DNA が含まれていることが確認された。しかし、原生生物界、モネラ界の生物についてはジフェニルアミン試薬での青色の呈色がわずかであるため、紫外部の吸収スペクトルの測定結果を踏まえて DNA の有無を確認する必要がある。

植物界のブロッコリー、カリフラワーの花芽では 260 nm 付近に吸収極大が、230 nm 付近に吸収極小が観察され、ジフェニルアミン試薬でも青色に呈色した。タマネギの鱗葉、ネギの花芽ではジフェニルアミン試薬で薄い青色に呈色した。これらのことからブロッコリー、カリフラワー、ネギの花芽、タマネギの鱗葉のエタノール層の白い沈殿物には DNA が含まれていることが確認された。しかし、イチゴの果実、バナナの果実およびグレープフルーツ（ジュース）では 260nm 付近の吸収極大は観察されなかった。また、これらではジフェニルアミン試薬による呈色反応も確認されなかった。

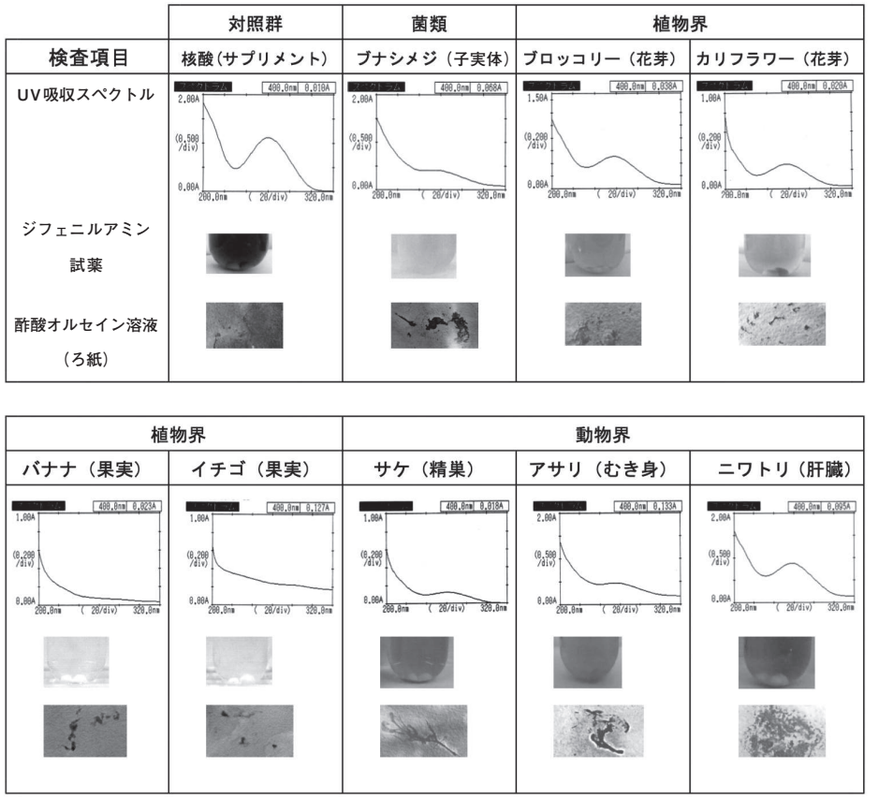


図　対照群（核酸）、菌界、植物界、動物界の生物から得られたエタノール沈殿物のＵＶ吸収スペクトル、ジフェニルアミン試薬および酢酸オルセイン溶液におけるＤＮＡの存在確認

動物界の生物を材料とした場合、精巣（白子）ではいずれも 260 nm 付近に吸収極大、230 nm 付近に吸収極小が観察され、ジフェニルアミン試薬でも青色に呈色したことからエタノール層の白い沈殿物は DNA を含んでいると推測された。同様に、肝臓を材料とした場合でも、魚類のアンコウを除いて沈殿物に DNA が含まれていることが確認された。アンコウの肝臓を材料とした場合に DNA の存在が確認されなかった理由の一つに、肝臓に含まれる多量の脂肪の影響があげられるかもしれない。軟体動物のアサリのむき身からも DNA が抽出されることが示された。サンマの身を材料とした場合は DNA が抽出されなかった。

また、UV 吸収スペクトルやジフェニルアミン試薬で DNA が検出されなかった原核生物、原生生物、バナナの果実、イチゴの果実、グレープフルーツ（ジュース）、サンマの身、アンコウの肝臓のエタノール層の白い沈殿物はいずれも酢酸オルセイン溶液によって染色された（裏表紙見返しカラー写真参照）。このことは、馬場らが [8] 指摘しているように、酢酸オルセイン溶液はエタノール層の白い沈殿物に DNA が含まれているか否かの判定には不適であることを示している。

4　考察

高等学校の新学習指導要領では、様々な生物に共通に存在する DNA を「生物の共通性を示す証拠」として捉えるように示唆している [1]。したがって、高校では可能な限り様々な生物種を用いて DNA の抽出実験を行うことが必要である。

今回、異なる界に属する生物種を用いて DNA の抽出を試みた。その結果、植物界、菌界、動物界の生物から DNA の抽出ができた。しかし、簡便法で行う限りモネラ界、原生生物界の生物からはエタノール層に沈殿物は得られたが、ジフェニルアミン試薬での青色の呈色がわずかであるため DNA の存在確認が困難であった。今後紫外部の吸収スペクトルの測定が必要となる。また、バナナやイチゴの果実、グレープフルーツ（ジュース）、サンマの身からの白い沈殿物からは DNA の存在は確認できなかった。

一つの生物種から簡便法で DNA を抽出する場合適している材料は、植物の場合はブロッコリー、カリフラワー、ネギの花芽であり、動物の場合は貝、魚類やイカの精巣（白子）、ニワトリやブタの肝臓であると考えられる。これらの材料は、いずれも組織の体積に占める核の体積の割合が比較的大きい材料であると考えられるので、その観点で生物を探索することによって、すべての生物界を網羅した「DNA の抽出実験」を行うことができると思われる。

また、エタノール層の沈殿物に DNA が含まれているか否かについては、紫外部の吸収スペクトルを測定する方法がよいと思われるが、紫外部の吸収スペクトルが測定できる分光光度計を設置している高校はないと思われる。したがって、高校ではジフェニルアミン試薬を用いるのが適当と考えられる。この方法は、ジフェニルアミン試薬に濃硫酸や氷酢酸が含まれるので取り扱いには十分な注意が必要であるが、ゴム手袋や安全めがねを着用することや、試薬の調製や反応そのものは教師が行うなどの配慮をすれば、高校でも実施可能であると思われる。今後勤務校において実験授業の中に取り入れていきたいと考えている。

謝辞

DNA 抽出・確認実験について、原理・実験方法等ご指導いただきました鳴門教育大学の米澤義彦名誉教授、紫外可視分光光度計の使用についてご尽力くださいました長野県総合教育センターの松本俊一専門主事に感謝申し上げます。

引用文献

1）文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成 30 年度告示) 理科編理数編 .pp.113-127.
2）吉里勝利ほか 20 名 (2018) 高等学校改訂生物基礎 . 第一学習社 . p.50.
3）岩手県立総合教育センター (2013 年) 高等学校「生物基礎」における観察、実験サポート資料 , DNA の抽出 . http://www1.iwate-ed.jp/tantou/kagaku/h24_seibutsukiso/-seibutsukiso.html
4）長野県総合教育センター (2017) 配付資料 , DNA の抽出実験、授業に生かす高校生物実験 .p.8.
5）芦田嘉之著 (2007) やさしいバイオテクノロジー血液型や遺伝子組み換え食品の真実を知る . サイエンスアイ新書 . pp.34-35.
6）安藤秀俊・土田慧 (2011) 中学校における DNA 抽出に関する教材と生徒の意識 . 北海道教育大学紀要教育科学編 . 62(1):187ー195.
7）加藤良一・長田隼人・平方慶太・鈴木隆 (2006) 生物教育材料としての DNA の抽出 . 山形大学教職・教育実践研究 . 1：39-42.
8）馬場典子・片山隆志・香西武・米澤義彦 (2013) 中学校理科第 2 分野における DNA 抽出実験の再検討 . 生物教育 . 53(4)：168ー173.
9）日本農芸化学会学術活動強化委員会編 . 簡易 DNA 抽出実験ー身近な材料からの DNA 抽出実験ー. http://www.jsbba.or.jp/wp-content/uploads/file/event/protocol/protocol_03_dna.pdf
10）Zhao, Y., Xiang, S, Dai, X. and Yang, K. (2013）A simplified diphenylaminecolorimetric method for growth quantification. Appl. Microbiol. Biotechnol97:5069-5077. DOI 10.1007/s00253-013-4893-y
11）由岐英剛編 (1984) ジフェニルアミンによる比色法、生化学分析法 . 南江堂 . pp.281-283.
12）慶応義塾大学 (2009) 慶応義塾大学日吉キャンパス特色ＧＰ、文系学生への実験を重視した自然科学教育、生物学実験・DNA の抽出と同定 .http://www.sci.keio.ac.-jp/gp/FE14F344/0CF9CD60/A0B899C4.pdf
13）純正化学株式会 (2015) 安全データシート . ジフェニルアミン .https://junsei.co.jp/productsearch/msds/35020-jis.pdf
14）キシダ化学株式会社 (2017) 安全データシート . ジフェニルアミン硫酸溶液 .http://www.kishida.co.jp/product/-catalog/msds/id/4743/code/910-00434j.pdf
15）片山豪 (2017) 簡易抽出 DNA の蛍光染色色素による確認実験 . 生物の科学 , 遺伝 .71(1):002ー009.
16) 谷津潤・山野井貴浩 (2016) 抽出物が DNA であることを確かめる対照実験を伴う検証の必要性 . 理科教育学研究 . 57(1):63ー69.
17) ＧＥヘルスケア・ジャパン (2019) 分光倶楽部基礎講座、第 5 回：核酸の濃度側定 . https://www.gelifesciences.co.jp/technologies/spec-tro/spectclub/theo_05.html
18) ＧＥヘルスケア・ジャパン (2019) 分光倶楽部マスターへの道、第 2 回 .https://www.gelifesciences.co.jp/technol-ogies/spectro/spectclub/master_02.html

画像認識を活用した物理の教材開発

中村 祐介（ythknkmr@nagano-c.ed.jp）木曽青峰高等学校

要　約

物体の運動を撮影した動画から、速度・加速度などの運動の情報を解析する力学教材（コンピュータプログラム）を開発し、授業・課題研究などで活用した。本教材は記録タイマーでは対応不可な対象にも適用できる汎用性とともに、グラフの自動作成・軌跡表示・ストロボ写真風画像などの多様可視化手段を持つことを特徴とする。

キーワード　物理　教材開発　ICT　力学　実験データ解析　動画画像解析

1　はじめに

物体の運動それ自体と、速度・加速度の対応関係を理解することは大切である。生徒の理解を助けるためには、例えば記録タイマーを用いた実験などが効果的であろう。v-t グラフの面積が変位であることなどが非常に良くわかる。このように記録タイマーの良さというのはもちろんあるが、大きな欠点も抱えている。まず何よりも、使える状況が限られるのである。「自由落下から重力加速度の大きさを求める」や「斜面を下る台車の運動」ような、1 方向のみの直線運動では機能するが、「鉛直投げ上げ」「斜面を登って戻ってくる台車」などの往復運動を解析するのは不可能に思われる。空気抵抗によって終端速度に達する運動、放物運動、等速円運動、単振動などの解析も出来ないだろう。

これまで私は、終端速度に達する運動、床への衝突、放物運動などの運動では、速度を測る実験は出来ず、ストロボ写真か動画を見せる位しかしてこなかった。現象ごと違うテクニックで速度や加速度を求め、説明するのではなく、同じ教材で統一的に扱えたら良いなと、ずっと考えていた。

私は欲張りなので、広範囲に適応でき（1 方向の直線運動ではなく往復運動や平面運動にも）、出来ればリアルタイムに近い速度で（整理に 30 分とか掛かるのならそう何度も扱えない）、測定行為が現象に影響を与えず（記録タイマーの摩擦は意外と大きい）、高価な機材を必要とせず（生徒実験をしたいので）、見た目が格好良い（生徒の関心を惹くためには無視できない要因である）方法が欲しかった。しかしそれが見つからなかったので、自作することにした。

2　画像認識を用いた測定プログラム

そこで注目したのが画像認識による物体検出である。スマートフォンやタブレットなどで、ボールの運動の撮影をしたとする。その動画をもとに、運動の様子を OpenCV (画像解析のライブラリ) [1] を用いて解析するプログラムを作成した。OpenCV を用いることで、動画から簡単に各時刻の物体の位置を割り出すことができる。さらに位置の時間変化から速度、そして加速度を求めることができる。求めたデータは自動的にグラフ化され、ストロボ写真風の画像も作成されるように設計した。またデータをファイルに書き出し、Excel 等でさらに分析ができるようにしてある。

動画はデジタルカメラやスマートフォンのカメラで撮ったもので構わない。（なお iPhone のスロー撮影なら 1 秒あたり 240 コマ撮影できるので、かなり高速な運動もとらえることができる。）対象とする物体は、ある程度目立つ色をしていれば対応できる（図 1 ）。

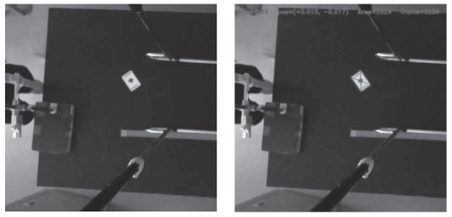


図 1　トランプのカードの検出。動画から切り出した画像 (左) から、検出されたカードには、赤で枠と × が書き込まれる (右)。

スマホアプリなどにストロボ写真風の画像を生成するものは幾つかあるが、グラフ化やデータ出力まで出来るものはなさそうである（きっと物理教員以外には不要な機能だからだろう…）。またこれらのアプリは動体検出（動くものを見つける）をしているので、ゆっくり動く物体が苦手である。つまり摩擦で停止する様子は観察しにくい。また速すぎる運動はぶれて上手く映っていないため、当然検出できない。つまり検出できる速度帯が小さいという欠点がある。一方今回開発したプログラムでは物体検出を行っている。具体的にはあらかじめ登録した色と形を持つものを探すように作られている。そのため予め何を対象とするかを決めておく必要がある。そのような欠点はあるが、その分、検出精度は高く、動作も高速である。特に、グラフ化まで行う場合は、高い検出精度は必須となるため、このような仕様になっている。

以上を踏まえて本プログラムの機能をまとめると以下のとおりである。本プログラムはボール等の対象物を映した動画から次のデータを作ることができる。

(a) 各時刻における物体の位置、速度、加速度をまとめた csv ファイル（excel で扱える形式）
(b) x-t、v-t、a-t グラフの画像
(c) ストロボ写真風の画像
(d) 対象物の軌跡を描いた画像
(e) 対象物を強調した各フレームの画像、およびそれらをつなぎ合わせた動画

なお全体のプログラムは Python3 で書かれている。実行には Python の実行環境のほかに、OpenCV および FFmpeg（動画を扱うライブラリ）[2] が必要となる。操作画面は主に CUI(キーボードで入力) であるが、定規の位置、対象物体の存在範囲の指定、動画のトリミングの際だけ GUI（マウスで操作）がある（図 3 ）。使用するコンピュータの性能にもよるが、1 つの動画を解析するのに要する時間は操作時間を含めて 1 分程度である。残念ながら現時点ではリアルタイムには解析できないので、今後改良していきたい（作業時間さえ確保出来れば、できる見込みはついている）。

図 3　操作画面の一例　唯一の GUI。解析対象とする物体の存在範囲、解析する時間（フレーム）、定規の位置などを指定する。

3　活用例その 1 ：放り投げたボール

暗幕の前でボールを斜方投射した動画を用意した。斜方投射では、水平方向と鉛直方向の運動が独立しており、それぞれ既習の等速直線運動と等加速度直線運動になっていることを理解することが大切である。また、「放物線の頂点では速度の鉛直成分がゼロ」「上昇中でも下降中でも加速度の鉛直下向きに一定」ということの再確認も可能である（図 4 、 5 、 6 ）。

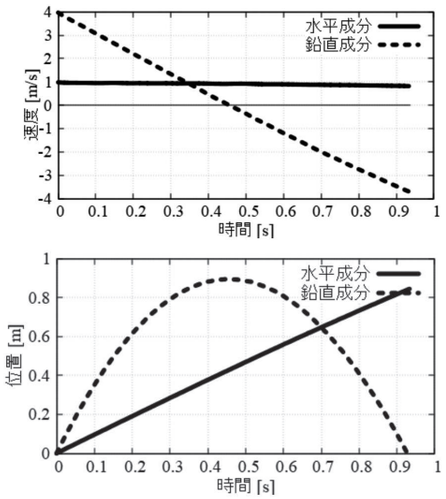


図 4　放り投げたボールの解析結果 1（v-t グラフと x-t グラフ）

図5 放り投げたボールの解析結果2（ストロボ写真風）。左下から投射。放物線の様子がきれいに観察できる。背景は暗幕で、左下に投げた時の手が写っている。

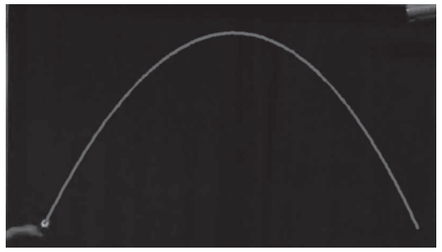


図6 放り投げたボールの解析結果3（運動の軌跡）。対象物の中心の軌跡を表示することもできる。剛体の運動の単元で使えるかもしれない。

4　活用例その2：ボールのバウンド

ボールを机の上でバウンドさせることで、反発係数や衝突時の力積の教材として使うこともできる（図7）。

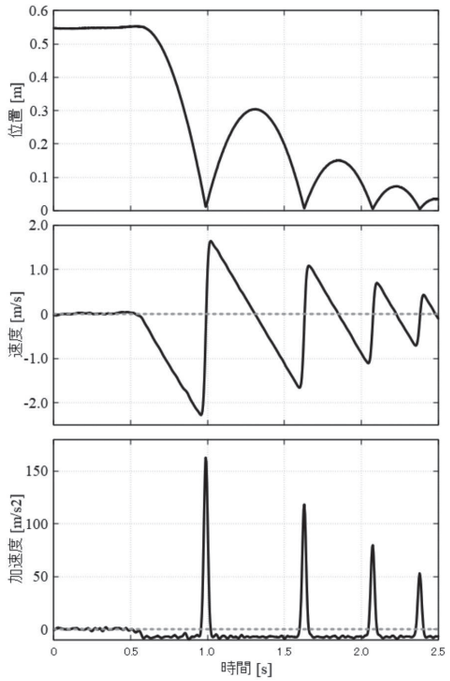


図7 ボールのバウンドの解析結果（x-tグラフ、v-tグラフ、a-tグラフ）

図7は、机から約0.55 mの高さにゴルフボールを保持し、時刻0.6 sごろに手を放した動画の解析結果である。時刻2.5 sまでに机で4回バウンドした。a-tグラフからバウンドの瞬間以外は重力に引かれて等加速度直線運動をしており、バウンドの瞬間に上向きに大きく加速していることが分かる。（なお、今回の解析では、衝突時の力の大きさや衝突時間は正しく求められてはいない。正しく解析するためには、ボールが床に衝突し変形しているシーンが複数フレームにまたがって記録されている必要があるが、使用したカメラの性能的に不可能であった。ただしa-tグラフの面積はきちんと速度変化になっている。そのためこの程度でも、力積と運動量変化の対応関係を確認する教材として使用できるかもしれない。）

v-tグラフやその元となる測定データ(csvファイルに記録されている）から反発係数を求めることもできる。衝突から次の衝突までの時間の減少率や、最高到達点の減少率は、反発係数やその2乗になることも測定データを整理することで確認できる。

5 活用例その3：机の上を滑るカード

理数科課題研究の1つとして、現在理数科2年の生徒5名で、机の上を滑るトランプのカードの運動について調べている。彼らの申し出を受け、本プログラムを提供した。簡単なレクチャーの後、生徒達だけでプログラムを実行し、運動の解析が行えるようになっている。生徒が作成した成果の一部を図8、図9に示す[3)]。

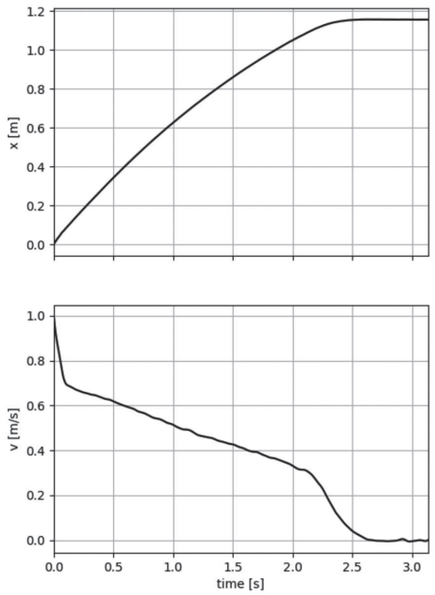


図8 机の上を滑るカードのx-tグラフとv-tグラフ

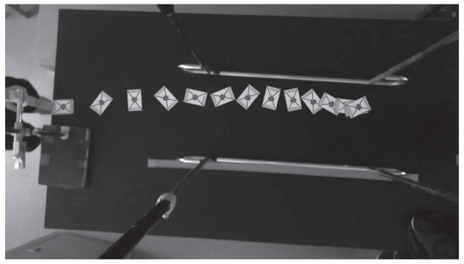


図9 机の上を滑るカードに対するストロボ写真風の画像

肉眼でも十分気づけることであるが、滑るカードは等加速度直線運動しない。動き始め、止まる直前に大きく減速することを彼らのグループは発見した。同様の減速は滑っている最中に短時間起こる場合もある。すでに様々な初速度と回転速度で実験が行われ、そのデータも整理・分析され始めている。急減速がいつ起こるかは不規則に見えるが、例えばその継続時間や加速度の大きさは毎回同じになるとのことである。（この先の研究も生徒の仕事なので、これ以上本稿で分析するという野暮なことは我慢する。）本プログラムのような画像分析に頼らずにこの現象を分析し、同様の所までたどり着くことは、かなり難しいはずである。例えば、飛距離や停止時間だけからこの現象を論じても、気づけることは少ないだろう。また動画のコマ送りを人力で分析することはある程度は可能かもしれないが、おそらく精度的に厳しい上、相当の時間を要する。それでは課題研究の時間の使い方としては勿体ない。本プログラムは課題研究において、実験結果の分析を容易にし、生徒が物理的な思索に使える時間を増やしたという点においても、その意義がある。

6 技術的な工夫

画像認識によって入手した物体の位置情報から現実の物理量を得るためにいくつかの工夫が必要であった。そもそも画像認識で得られる位置は画像のピクセルに過ぎない。そのため、1ピクセルが現実世界の何mに対応するのかを知らなくてはいけない。本プログラムでは、動画に1m定規を映り込ませることで、その長さをもとに1ピクセル当たりの長さを算出している。

このように求めた位置から速度や加速度を求める際にも技巧が必要であった。当初は差分法を用いて、

$$v(t)=\{x(t+\triangle t)-x(t-\triangle t)\}/2\triangle t$$

のように速度を求めていた。ここで$x(t)$、$v(t)$はそれぞれ時刻tにおける位置と速度であり、$\triangle t$は動画1フレーム当たりの時間である。このような差分法で得られる速度は非常にノイズを多く含んでしまう。これは位置情報が離散的なピクセル由来であることに起因する。

また高速Fourier変換を用いて$x(t)$を微分する方法も試したが、同様にピクセル由来のノイズの除去が難しく断念した。前処理として移動平均やGaussianフィルタを掛けることも試みたが、やりすぎるとバウンドのような速い現象が拾えなくなってしまう。

以上の紆余曲折を経てたどり着いたのは、x-tグラフのデータにGauss型の重みをつけた上で、2次の最小二乗法によるフィッティングを施す方法である。時刻全体ではなく、1つの時刻近傍のみを重要視して2次曲線でフィッティングすることで、その時刻の速度や加速度を得ることができるのである。この作業を各時刻に対して行うことで、v-tグラフ、a-tグラフを作成している。具体的には以下のように行う。

N個の時刻$\{t_i\}$に対して、それぞれ位置の測定値$\{x_i\}$が存在しているものとする。これらの測定値群を最も良く近似する二次関数$x=At^2+Bt+C$を最小2乗法で求める。つまり

$$R=\sum_i (At_i^2+Bt_i+C)^2$$

としてRを最小化するA、B、Cの組を求めればよい。これは線形連立方程式$\partial R/\partial R=\partial R/\partial B=\partial R/\partial C=0$を解くだけとなるので、解析的に求まる。その値を用いて加速度と速度はそれぞれ$a=2A, v=B+2At$とあらわすことができる。さて、この方法では一連の測定群に対して1つの加速度、速度しか得られない。解析対象は等加速度直線運動とは限らないので、全体の近似度合いを定義するRの代わりにn番目の測定値に特に注目したR_nという量を以下で定義する。

$$R=\sum_i w(t_i-t_n)\times(A_n t_i^2+B_n t_i+C_n)^2$$

ここで$w(t)$は適当なGauss関数である。$w(t_i-t_n)$はt_iがt_nに近いときに大きな値をとるので、各nに対してR_nを最小化するA_n, B_n, C_nの組を見つけることで、n番目の測定値に対する加速度と速度を得ることができるのである。

7 まとめと今後の展望

物体の運動を解析する教材の開発を行った。動画から物体を検出するという単純な方法であるため、実験への制約が少なく自由度が高い。また記録テープなどを用いないので、測定自体が現象に影響を与える、問うこともない。このため様々な力学実験への活用が可能である。演示や生徒実験にも使うことができるし、生徒の課題研究への活用も行っている。なお本プログラムは開発中ではあるものの、ソースコードを MIT ライセンスの下で GitHub にて公開している。

現時点でも開発者本人にとっては使い勝手が良いが、プログラミングの知識がない人には使いこなせない部分が多いことが課題である。特に実行環境を調えるのにはそれなりの知識を要する。そもそも本プログラムは自分用に出来るだけ手早く作っただけのものであり、「誰もが使える汎用プログラム」を目指して開発したものではないからである。例えば現時点では白い物体しか検出できないが、それは使用したボールが白かったからである。他の色に対応することはプログラムを改変すれば容易である。一方「認識対象とする色を選択できるようにする」という機能を搭載するのは、操作画面から設計する必要があり、手間がかかる。またこの種の汎用性を追求すると、設定画面がごちゃごちゃしてしまい、操作性が悪化してしまう。バランスの取り方が難しい。

とはいうものの、想定していたよりも使用感が良く、適応範囲も広いので、今後、「生徒実験で使える」というところまで開発を進められたらと思っている。例えば「タブレットで動画を取ると、その結果がグラフされる」のような活用ができたら良いなと想像している。そこまで開発した場合は、独り占めするにはもったいないので、是非幅広く使って貰えたらと考えている。

8 プログラムの公開について

本プログラムは MIT ライセンスの下で公開しています。個別に許諾を得ることなく無料で自由に使用、改造、配布ができます。興味がありましたら、使ってください。（MIT ライセンスについてはお調べください。）レポジトリの公開用 URL は
https://github.com/ythknakamura/MotionAnalyzer.git
です。ご意見、改良のアイデア等も大歓迎です。例えば e-mail(ythknkmr@nagano-c.ed.jp) などで頂ければと思います。

9 参考文献と資料

1) OpenCV (https://opencv.org/)
2) FFmpeg (https://ffmpeg.org/)
3) 藤原朋也、神谷五陸、新原宇翔、北島大暉、正澤知樹 (2019) 長野県木曽青峰高等学校理数科課題研究 物理班
4) 小枝正直、上田悦子、中村恭之 (2017)『OpenCV による画像処理入門　改訂第 2 版』講談社 .
5)「カメラで測る画像センシング」、Interface 2019 年 7 月号、CQ 出版社

【この実践研究は、令和元年度北信越理科教育研究会で発表されたものです。】

失敗から学ぶこと
～2017年理科実験事故の検証より～

松本 俊一（ma2shun@nagano-c.ed.jp）上田高等学校

要　約

事故が多発した硫化鉄の合成実験の原因を探るために、一連の操作の中に種々の人為的なミスを加えて SO_2 や H_2S の発生を追跡した。これらの検証により、いくつかの注意すべき点を明らかにした。

キーワード　中学校理科　硫化鉄の合成実験　実験事故　事故の検証

1　はじめに

授業において生徒実験を行う上で、事前に予備実験を行うことの重要性は言うまでもない。しかし、教科書や実験書等で推奨される方法で予備実験を行って成功することを確認できただけで、安全への配慮は充分であるといえるのだろうか。

2017 年 5 月、全国の中学校で、硫化鉄の合成実験中に多くの生徒が不調を訴え、病院に搬送されるという事故が相次いで報告された。そのうち 3 件が長野県内での事例であり、しかも最後の事故は県教委から通知がなされたのち、現場管理者の手で充分な予備実験と換気等の安全管理がなされたうえで起きた。

硫化鉄の合成実験そのものは我々が中学生であった時代から行われており、我々も含めて多くが経験した古典的な実験であるはずだが、なぜ最近になってこれほど事故が立て続けに起こったのであろうか。

当時私が勤務していた長野県総合教育センターには、例年多くの中学校理科教諭が研修にやってくる。参加者の関心は何よりも、「どのようにしたらこのような実験事故を防止できるか、原因は何なのか」であり、研修講座でも電話でも多くの問い合わせをいただいた。余談ではあるが、長野県で最初に事故の報道があった翌日、テレビ局の取材で私が硫化鉄の合成実験を演示しているところを撮影したいという申し出があった。何とか実験そのものは無難にこなせたものの、いざ自分の手でやってみると、教科書に記載されている以上の細かなノウハウが必要なことを感じた。

そこで、いっそのこと研修講座のテーマとして今回の一連の事故の検証をしてみようと考え、中学校教諭対象の研修講座の一つをこの実験のために開放してみたところ、様々な知見が得られたので、報告する。

2　実験

一般的な硫化鉄の合成は、必要量の鉄粉と硫黄粉を乳鉢中で混合し、試験管内にいれてガスバーナーで加熱するというものである（図 1 左）。

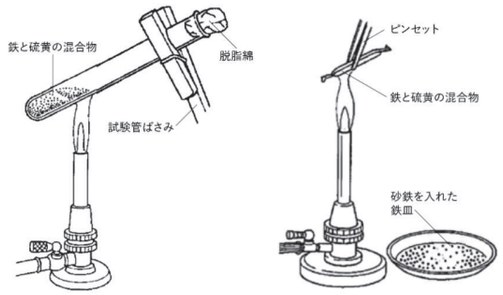
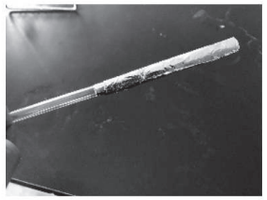
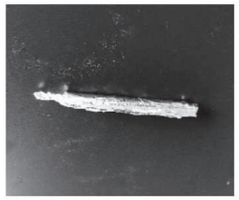


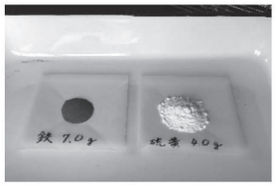
図 1　2 種類の硫化鉄合成法（山口、2004 より引用）

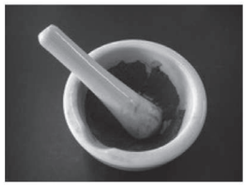
一方、長野県で採用されている教科書（新編　新しい科学　東京書籍）では、以下の方法を用いて試験官を使わずに硫化鉄を作る。以下の文章は、ほぼ教科書の原文のままである。

(1) アルミニウムはくを約 10 ㎝ × 6 ㎝に切り、ガラス管に巻き付ける。一端をねじって閉じてからガラス管を引き抜く。これをくり返し、同じものをもう一本作る。

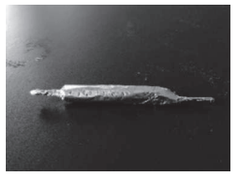



（2）鉄粉 7.0 g と硫黄の粉末 4.0 g を乳鉢でよく混ぜ合わせる。（混ぜ残しがないようにじゅうぶん時間をかけて混ぜる。）これを 2 本のアルミニウムはくの筒（a）、（b）に隙間ができないようにかたくつめる。つめたらもう一方の端をねじって筒を閉じる。（はしを閉じるとき、密封する必要はない。アルミニウムはくのはしは、あまり長くしない。）





3）この筒（a）の一端をガスバーナーで熱し、赤くなったらすばやく砂皿の上に置いて、ようすを観察する。（注意：アルミニウムはくの筒を熱しているときに発生する気体を吸いこまないようにする。反応が終わるまでは、顔を近づけたり、ピンセットでいじったりしない。）



（4）磁石を近づけるか、見たようすや手でさわった感触を比べるなどして、熱する前（b）と熱した後の物質（a）を比べる。（注意：十分に冷えてから実験を行う。手でさわった後は、必ず手を洗う。実験後の物質は、決められた場所に集めておく。）

（5）うすい塩酸を使って調べる方法もある。それぞれの資料を小さい薬品さじに少量とり、試験管に入れる。うすい塩酸を 2 、3 滴加えて、においを比べる。（注意：（a）の一部にうすい塩酸を少量加えたときに発生する気体は、硫化水素という有毒な気体なので、においを確認する程度にし、吸いこまないように十分注意する。気分が悪くなった時は、先生に報告するとともに、窓をあけて新鮮な空気を吸う。使い終わった塩酸は、決められた場所に集めておく。）

(1) ～ (5) までの一連の操作の中に、人為的にミスを加えて、SO_2 や H_2S がどの程度発生するか、また他にもどのような危険があるかを探ることにした。以下が、加えた操作と結果である。

2―1 (2) で、表面が酸化して黒くなった古い鉄粉を用いた。
〔**結果**〕反応がなかなか進行しない。延々と加熱し続けたところ SO_2 が発生し、周囲にいた人がむせかえる。反応し始めた状態で砂の上に置いても、すぐ反応が止まってしまう。

2―2 (2) で、メッシュの粗い（100 メッシュ以下）鉄粉を用いた。
〔**結果**〕ひとつめの実験と同様に、反応が進まず SO_2 が発生。どちらも鉄粉の表面積が小さいことで、反応が進行しないまま硫黄だけが燃焼してしまった。ただし、学校現場では古い鉄粉、目の粗い鉄粉はまず購入していないとのこと。

2―3 鉄粉と硫黄粉をよく撹拌せずに実験を行った。
〔**結果**〕かなり原因である可能性の高いミスであると思われたが、意外にも、ほとんど混ぜなくても反応は順調に進行した。加熱により、硫黄がまず液化し、鉄粉の間に浸透してから反応が始まることによると考えられる。

2―4 鉄粉 7.0 g と硫黄粉 4.0 g をはかり取るときに、重さを逆にした。
〔**結果**〕硫黄が過剰になるため、激しく SO_2 が発生。これも原因である可能性が高いと思われたが、試薬の秤量は時間節約のためあらかじめ教員がやっておく学校も多いと聞く。

2―5 混合物をアルミはくの筒に入れる時に、固くつめずに実験した。
〔**結果**〕これは危険。内部に空間が残っていると、混合物が反応する時の熱でアルミはくが破れ、SO_2 が噴き出す。学校によってはこの実験に 2 時間を当て、混合物を容器に詰めるところまでいったん実験をやめ、教員がつめ方を確認したうえで、次の時間に加熱をしているとのこと。

2―6 アルミはくの容器の端を、両方とも固くねじって密封した。
〔**結果**〕加熱中にはくが破れて SO_2 発生。ガスの逃げ場がなかったことによると思われる。

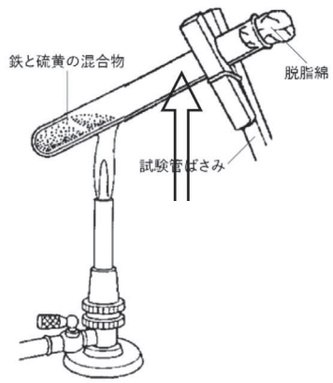
2―7 アルミはくの容器のねじった端を、短く切らずに加熱した。
〔**結果**〕加熱中にねじった部分が融け落ちる。やけどの危険あり。

2―8 反応が始まっても、ガスバーナーの中で加熱し続けた。
〔**結果**〕特に問題なし。

2―9 手に持ったまま、反応を続行した。
〔**結果**〕特に問題なし。

2―10 得られた硫化鉄を、細かく砕く作業を省略して試験管に入れ、塩酸を滴下した。
〔**結果**〕いつまでたっても反応が起こらない。じれて滴下量を増やしたり、濃塩酸を追加したりすると、とたんに反応がはじまって H_2S 発生。最初ににおいを確かめる者は、かなり濃い H_2S を吸うことになると思われる。

念のため、試験管を用いる合成法でも、同様のミスを加えて実験してみたが、ほぼすべての場合において SO_2 の発生は穏やかなレベルに抑えられ、安全に実験をやめることができた。



これは、試験管の上部空間（矢印で示した部分）が硫黄蒸気や SO_2 に置き換えられるため、内部に酸素がほとんど導入されないことによると思われる。

（余談だが、実験室の窓を全開にし、換気扇をすべて稼働させておいたにもかかわらず、実験中に呼吸困難を訴える実験者が続出した。個々の実験台での有毒気体発生は少量でも、複数で同時に実験を行うと危険性は増大する。また、窓をむやみに開けると、ガスバーナーの炎が揺らいで不適切である。室内に適切な空気の流れを作ることを意識した換気方法が望ましい。）

3　結果

これらの検証により、今回の事故の原因である可能性がある、いくつかの注意すべき点を明らかにすることができた。逆に、操作が不十分であっても進行に支障のない点もあり、こちらはかなり意外であった。

教科書には注意すべき点について記載はあるものの、その結果がどうなるかについては詳細な説明がないために、実験担当者は予備実験を通じて危険性について十分に知っておく必要があると思われる。

4　考察

長野県では最初の事故が報告されてすぐに、窓を開けて換気をしながら加熱すること、実験が正しく進行しているかを逐次確認しながら実験をすることなどの指導が県教委から各自治体に向けて通知された。現場の教員はそれを踏まえていたにもかかわらず、混合物の加熱中に体調不良を訴える実験班があった。これは、報道のなかで大学教授などによる指摘にあったように、若手教員の経験不足と一概に言い切れない。

今回の検証で判明したように、アルミはくを用いる方法だと、初めて実験を行う中学 2 年生には求められる実験スキルが高すぎる。また、十分な注意を払って理想的な実験を行ったとしても、空気中で加熱している以上多少の SO_2 は生じてしまう。昨今の感受性の高い生徒にとっては、SO_2 の刺激臭を危険なものと感じても無理はない。教員が生徒の安全を重視し、体調に不調を感じたらすぐに報告しなさい、と指導をすればするほど、不安

がった生徒が過剰反応してしまうことは想像に難くない。

実験の安全だけを考えるならば、教員による演示実験にとどめるとか、動画で見せるだけにするなどの方法が一番であろう。しかし、化学反応や SO_2、H_2S の知識を学ぶ機会を失うほうが、もっと彼らを身の危険にさらすと多くの中学校教師は考えている。

図２は、厚生労働省による H_2S 中毒による労働災害の発生件数である（厚生労働省、2017 より引用）。

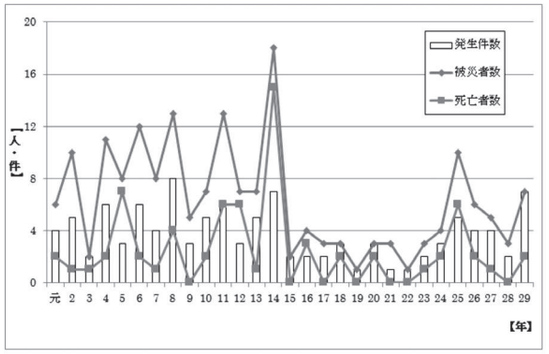


図２　硫化水素中毒の労働災害発生状況の推移（平成元年～平成 28 年）

二酸化硫黄や硫化水素はそもそも実験室だけで発生するものではない。二酸化硫黄は夏の風物詩である花火の燃焼による煙の主成分であるし、下水や火山帯、温泉からは高濃度の硫化水素が常に発生している。毎年のように、これらによる中毒事故が発生している現在、これらについての知識・経験がないと、今後生活するうえではっきり危険といってよい。

今回の検証では、理科教員の自由な発想から、アルミホイルを用いた硫化鉄の合成法の問題点や危険性をある程度明らかにできたと思われる。しかし、本当に注意すべき点とは、生徒の実験技術の拙さや経験不足を教員が十分に認識したうえで、化学物質に対する過度の恐怖感を与えることなく指示を与えて取り扱わせることなのではないだろうか。つまり、「正しく適切に怖がらせる」ことである。

【この実践研究は、令和元年度北信越理科教育研究会で発表されたものです。】

農業高校における理科教育の指導と実践例

小林 孝次（k-coba@nagano-c.ed.jp）長野県総合教育センター
（旧所属：南安曇農業高等学校）

要　約

生物部の活動および実践選択生物の授業として実践した、「ワサビのミスト栽培」「冬の昆虫採集」「野草の果実から抽出した色素の実験」「PCR を含む遺伝子の話」について報告する。

キーワード　部活動　生物　化学　実験　ＰＣＲ　学校の特色　授業実践

農業高校の理科は、農業との関連性を意識する必要があり、農業で用いられている手法や植物・動物の体のつくりやしくみを学ぶためには不可欠な教科である。

本報告では、安曇野の素材や農業との関連をふまえた部活動の課題研究について２例、授業での実践について２例を報告する。

1　部活動の課題研究における取り組み

1.1 ワサビを用いた研究活動について

ワサビ（学名：*Eutrema japonicum*）は、日本固有のアブラナ科の常緑・多年生の植物である（図１）[1)]。

図１　安曇野のワサビ

長野県は平成 28 年度のワサビ生産量は全国一[2)]で、安曇野市は県内一のワサビ生産地である。地元名産のワサビについて、生物部の研究として、栽培の手間・コストの削減、栽培期間の短縮・生産の安定化を目指して、人工霧（以下、ミスト）による室内栽培の可能性を検討した。ワサビは水の少ない畑でも栽培できることから比較的乾燥に強い特性があり、必要最低限度の水供給による栽培を検討した。栽培容器内にミストを発生させ、その中にワサビを宙づりにする形での生育状況の確認を行った。ミストは造園用の超音波式ミスト発生装置を１つ用いて、30cm×20cm×25cm の水槽に深さ 5 cm まで水道水を入れてミストを発生させた。実験は業者から購入した苗[3)]を用いて、インキュベーター内 15℃以下の温度設定下で生育状況の観察を行った（図２）。

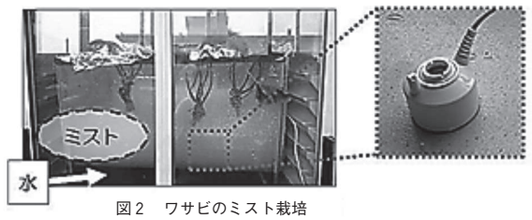


図２　ワサビのミスト栽培

ミスト栽培を開始して約１か月後でも、個体は枯れることなく生存しており、根の部分には新しい出根、子葉も確認でき、また病気も確認されなかった。１か月後の根茎の伸長は最大で約１ cm もあり、ミスト栽培はワサビの新規栽培法として可能性があることを確認することができた。

ミスト栽培では根茎の伸長だけではなく、図３のように、根茎にある腋芽から多くの葉の伸長が確認された。通常の栽培法では、葉に近い地上部の腋芽からは葉が形成され、根茎に見られるほとんどの腋芽は休眠腋芽である[1)]。しかし、ミスト栽培では写真のように多くの葉と根が形成され、しかも根茎の先端付近からも葉が形成されているものが確認できた。

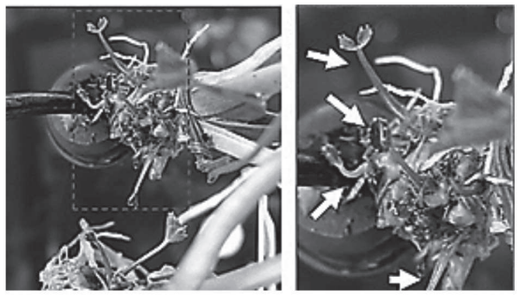


図３　ミスト栽培による根茎からの出芽

このようなミスト栽培の報告例はこれまでに無く、実用までには更なる研究が必要であるものの、高校生が新しい挑戦を行う教材としては非常に面白いものであった。研究活動では、さらに出芽した部分を切り取り、苗化することが可能かどうかの確認を行った。

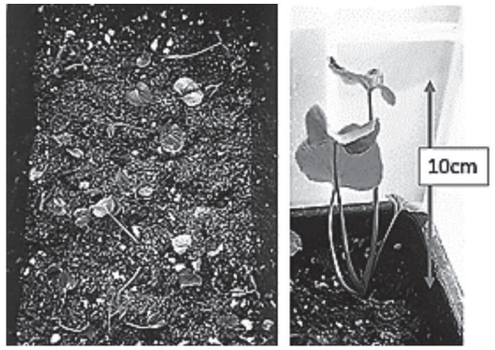


図４　出芽した部分を植え付けた様子

図４は、出芽した部分を切り取り、川砂にピートモスを１：１で混ぜ合わせたものに植え付けたようすである。図４の右写真は、植え付けから約４か月後のようすであるが、草丈は約 10cm にまで成長し、市販の苗と変わらない大きさまで育てることができた。この研究は現在も継続中であるが、この研究のような育苗法が確立されれば特許取得も可能であると思われ、地域の産業が発展する可能性を生徒も感じ、意欲的に取り組めていた。

1.2 野草の実から抽出した色素について

夏から秋にかけ、植物の果実や葉の見た目の色合いは大きく変化する。クロロフィル以外の植物由来の色素はフラボノイド系の色素が多く [3]、特に紅葉の色づきや果実に含まれる色素はアントシアン系のものが多い。今回の取り組みでは、畑や道端で見られる外来植物のヨウシュヤマゴボウ（学名：*Phytolacca americana*）に注目して、その果実に含まれる色素の特性調査と応用利用について検討した。ヨウシュヤマゴボウは９月ごろに果実をつけ、成熟した果実は鮮やかな赤紫色をしている（図５）。

図５　ヨウシュヤマゴボウと果実

この果実の色素はベタレインという色素で、アントシアン類と同じように pH 変化により赤～黄色に変色する。図６はヨウシュヤマゴボウの果実からベタレインを水抽出し、pH を調整したものである。pH12 付近よりアルカリ性になると黄色となり、中性～酸性では赤色を示す。分子にカルボキシル基を３つ持つためか、中性付近での pH 変化が大きく、アントシアン類とは異なる特徴を持っていた。

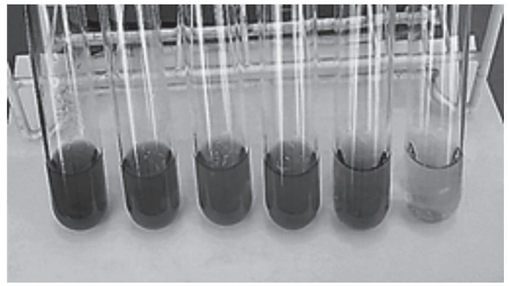


図６　液性の違いによる溶液の色の変化

図７は、ベタレインによる繊維染色の結果である。ベタレインによる繊維の染色は、草木染で行われているようだが、今回の取り組みでは天然繊維、人工繊維の９種類について染色を行った。ミョウバンの媒染で染色を行ったところ、絹や毛などのタンパク質繊維とナイロンがよく染まった。ベタレインはカルボキシ基を多く持つことから、酸性染料の性質を持ち、そのため、分子構造で負の電荷を持つ官能基を多く持つ繊維で良く染まったと考えられる。

この取り組みは、化学に対して苦手意識を持つ生徒たちの化学の学習の一環として、部活動の研究活動として取り入れたものである。本校では、１年次に化学基礎２単位の履修を設けているが、それだけでは十分な理解まで至らず、また学習した内容を応用しての試薬づくりなどは難しい。しかしながら、具体的な題材に対して、化学的な手法による問題解決のための活動を行うことで、試薬づくりをはじめとして、実験結果の考察や次の実験に向けての思考的なアプローチ方法など、授業だけでは学べない内容に取り組みことができた。一方で、畑の隅で繁茂する外来生物を上手く利用していくという点についても、良い感覚を養えることができたと考えられる。

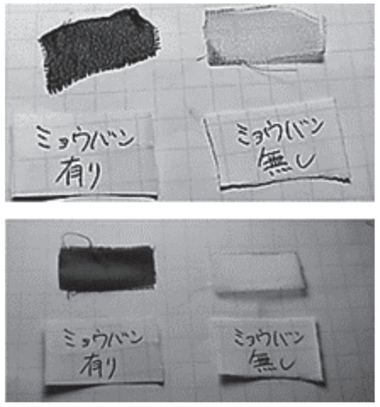


図７　ベタレインで染めた繊維（上：絹、下：ナイロン）

2　授業における取り組み

南安曇農業高校での生物の授業では、生徒の実体験にできるだけ触れることを意識して授業を展開した。また、農業に関連する分野については、農業教育での扱い、実習での体験をふまえながら理科的な原理について取り扱うような展開を心掛けた。

2.1 冬の昆虫採集について

安曇野地域は生物相が豊かで、様々な動植物を目にすることができる。しかし、生徒が意識的にそれらに触れる機会は少なく、特に昆虫については農業高校の生徒でも触れることを嫌がる生徒も少なくない。この状況に対し、学校の窓際などに見られる昆虫の死骸の採集を行い、校舎配置と採集された昆虫の死骸から、身近な昆虫の生態を検討してみた。採集はガラスシャーレとピンセットを生徒に１つずつ渡し、校内で自由に採集させた（図８）。

図８　窓際の昆虫の死骸を探している様子

50 分の授業内で採集された昆虫の種類を比較したところ、採集した場所により昆虫の種類が異なる面白い結果が得られた。図９の左写真は、圃場近くの校舎の窓で集められた死骸で、右写真は体育館付近の外灯近くで集められた死骸である。写真を見ると、圃場近くではハエ類と思われる昆虫の死骸が多く、外灯の近くではガの仲間が多く見られた。また、外灯近くではクモの死骸も見つかり、光に集まる昆虫を捕食しているクモの生態を見ることができた。

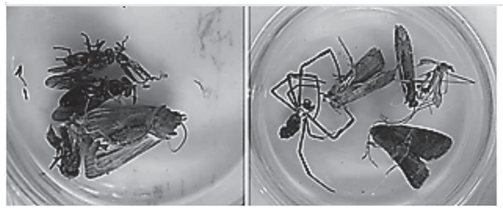


図９ 採集された昆虫の死骸

この取り組みでは、昆虫を苦手とする生徒でも、昆虫は動かず、また素手で触る必要もないため、それほど抵抗を示すことなく生徒全員で取り組むことができた。授業で生態系や生物間相互作用を取り扱う機会は寒い時期が多く、実際の生物を見て学ぶということが難しい。しかし、死骸を採集することによって、生物活動の痕跡を知ることができるという点では、有効な手段であると考えられる。

2.2 PCR 実験と遺伝子組換えについて

PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）や遺伝子組換えの利用については農業分野でもよく話題になる。そのため、バイオテクノロジーの単元では、遺伝子関連の研究史から、技術のしくみ、理論について講義を行った後、実際に生徒自身が自分の DNA を PCR で増やす実験を行い、その体験から農業ではどのように利用されているのかを考え、自分自身が農業について応用利用するならば、どのような利用方法があるのかを考える探究的な活動も行ってみた。

まず PCR の体験として、生徒に口腔細胞を採取させ、RAPD 法による DNA 増幅実験を行った。図 10 写真がそのときの様子である。この実験は通常の PCR と異なり DNA 精製を行わず、細胞に対してダイレクトに PCR を行うことで簡単に DNA の増幅が行える。また PCR に必要となるプライマーも 10 塩基ほどの短い配列で、ゲノム DNA をランダムに増幅して、増幅された DNA の断片サイズのパターンで個体比較をするもので、コメの品種識別に利用されているものである。PCR をサーマルサイクラー (DNA 増幅装置) に仕掛ける時間は、50 分授業で十分であり、図 10 の写真のような電気泳動による増幅された DNA の確認も翌日の 50 分授業の中で行える。時間や手順が予想以上に単純な実験を行い、さらに図 10 の写真のように生徒同士で増幅のパターンが異なることを目の当たりにすることで、「何故 DNA を調べるのか？」という単純な問いに、「早くて、正確で簡単だから！」という答えを、全員が経験的に見出すことができた。

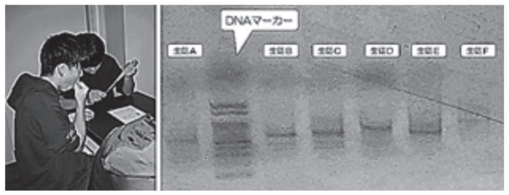


図 10　PCR による自分の DNA の増幅実験

ここから、自分が研究者（もしくは農業での遺伝子技術の利用者）として PCR 技術を利用する場合、どのような活用ができるのかを考える活動を行った。唐突に利用だけを考えても難しいため、講義で農産品の DNA マーカーによる品種識別や環境 DNA による土壌細菌の定量と土壌評価の話などを紹介した。この中で、生徒が特に反応したものが、サントリーから販売されている遺伝子組換えの“青いバラ”の話であった[4)]。

図 11 遺伝子組換えの青いバラ

図 11 の写真は、授業で実際に用いたものである。“青いバラ”はサントリーと契約した販売店のみで扱われており、長野県で購入できる店舗は 2 店舗だけであったため、店舗に問い合わせ直送での購入をお願いした。“青いバラ”は 1 本 3,000 円と高価で、授業で扱うのみと考えると教材としては高コストなものであるが、本物に触れる意義を考え購入した。実際に見せ、触らせたり、香りを嗅がせたところ、予想以上に反響が大きく、授業後、授業講座以外の生徒たちに口コミで話題が広がった。生徒たちは遺伝子組換え作物についてあまり良い印象を持っていなかったが、“青いバラ”を目の当たりにして、観賞用などに限って考えれば、遺伝子組換えによって付加価値を農産品につけるための遺伝子技術の利用については、理解を示すような意見がうかがえた。

このような実例をふまえ、どのように遺伝子検査などを活用するかを考える活動を行った。思考的な活動は、近年グループ学習を中心に行い、最後は発表して意見の共有を行うケースが多い。しかし、本校の生徒の様子では、そのような活動が必ずしも効果的とは言えない場合もあり、日頃の人間関係から意見を交わすということが難しい場合もある。そこで、図12のようなワークシートを使い、SNS のような形で自分の意見をまとめ、このワークシートを回覧することで意見交換と他人の考えの評価する（面白いと思ったり、共感できたら“いいね”をつける）活動を行った。

図 12 SNS を模したワークシート

この活動は生徒の反応が良く、コミュニケーション力が高くない生徒たちでも、スムーズな意見交換を行うことができた。また、このワークシートでは要点を上手くまとめる必要があるため、「ポイントを絞って伝える」という小論文で求められるような力量を養うための練習にもなると考えられた。

農業高校では学力の高い生徒は少ないが、農業を通しての自然科学に興味を持つ生徒は少なくない。加えて、理科そのものに対する学習と理解に苦手意識を持つ生徒もおり、身近な素材やトピックを農業分野と関連させて展開することで、理科の学習意欲も高まり、学習に深みをもたせることができた。

指導要領の改訂に伴い、主体的・対話的な深い学びが可能な授業展開をする上で、教科横断的な教材研究や教科関連性を示すことは、カリキュラム・マネジメントの視点からも、今後更に行わなければならないと考えられる。

【参考文献・資料】
1）足立昭三（1987）『ワサビ栽培』秀潤社
2）農林水産省「平成 28 年特用林産基礎資料」
3）津田孝範 須田郁夫 津志田藤次郎 (2009)『アントシアニンの科学』建帛社
4）SUNTORY blue rose APPLAUSETM 製品ホームページ http:/www.suntorybluerose.com/

【この実践研究は、令和元年度北信越理科教育研究会で発表されたものです。】

思考力・判断力・表現力を育む考査問題の研究

山田 翔輝（s-yamada@nagano-c.ed.jp）小海高等学校
山本 淳一（mt-jun1@nagano-c.ed.jp）諏訪清陵高等学校

要　約

地学基礎において、思考力・判断力・表現力を問う考査問題について研究した。その検討過程と作成した問題および出題結果について、また、それに伴う授業の変化について報告する。

キーワード　思考力・判断力・表現力を問う考査問題　授業改善　協働　地学基礎　防災教育

1　はじめに

これからの時代に求められる「学力の３要素」として、知識・技能、それを基にした思考力・判断力・表現力、さらには主体性を持って多様な他者と協働して学ぶ態度が挙げられており（例えば、中央教育審議会答申、平成 26 年 12 月）、平成 30 年３月に告示された高等学校学習指導要領においても、それらの力を育成することが求められている。

これらの力の育成は、主に授業を通して行うことになるが、それを通して、生徒たちがどこまで到達したかを考査によって測る必要があり、知識・技能だけでなく、思考力・判断力・表現力を測る考査問題の作成が必要となる。

本発表では、長野県総合教育センターの研修講座（高等学校作問研究、平成 30 年度）の受講を通じて研究した内容をもとに報告する。

2　最初に作成した問題

2.1 問題と解答例・採点基準

・科目：地学基礎
・単元：移り変わる地球・日本の自然環境
・対象学年：２学年

［問題］
図は、蛇行河川周辺の土地の様子を模式的に示したものである。図中のａ～ｃのうち、人々はどこを居住地として選んだと考えられるか。
ａ～ｃのうちから１つ選ぶとともに、その場所を居住地とすることの利点を、防災の観点から（どのような災害に対して、どう防ぎやすいのか）説明しなさい。

※著作権に配慮し、図は不掲載。実際の試験では、教科書中の模式図を引用・改変し、使用した。図中でａは自然堤防の上、b･cは後背湿地の地点を示した。

［解答例・採点基準］
・配点　４点
・採点の前提：居住地として、ａを選んでいること。
　ｂ・ｃを選んだ場合は不正解とする。

【４点の解答】
「自然堤防は、周囲に比べて地形的に土地が高いので、その上に住むことで河川の氾濫時に、浸水の被害を受けにくいから。」のように、「土地の高い自然堤防の上に住むことで氾濫時の被害が軽減される」という説明がなされているもの。

【３点・２点の解答】
上記４点の解答となる要素を満たしているが、漢字ミスや、接続詞等のミスがあるものを１か所につき１点減じることで発生する。

【１点の解答】
「氾濫による被害を防ぐことができる」だけが書かれており、「どんな災害に対して、どう防ぎやすいのか」まで言及できていないもの。

【不正解の例】
「自然堤防があるので、河川の氾濫を防ぎやすいから」や「河川が氾濫しにくいから」のように、そもそも自然堤防がどのようなものか理解できていないもの。また、今回の問では「居住地をつくることの利点」を述べることを求めているので、これらの文の空白を補うと、「（自然堤防のあるところに居住地をつくることで）、河川の氾濫を防ぎやすい（河川が氾濫しない）」という意味になることからも、不正解とする。

2-2 問題の解説・出題意図

理科が目標とする力の１つとして、「体系化された知識に基づいて、自然の事物・現象を分析的、総合的に考察する能力」がある（高等学校学習指導要領解説　理科編、平成 21 年）。また、地学基礎においては、高等学校学習指導要領（平成 21 年）により「日本の自然環境を理解し、その恩恵や災害など自然環境と人間生活とのかかわりについて考察すること」が求められている。

この問題では、蛇行河川周辺の地形的特徴と起きやすい災害についての知識をもとに、どこで生活すると身を守りやすいのかを考察し（思考力・判断力）、理由をつけて説明すること（表現力）を求めることで、生徒の知識・思考力・判断力・表現力を測ることを目的とした。

2-3 出題結果とその分析・考察

［結果］平均点 1.1 点　（内訳は以下のとおり）

４点	３点	２点	１点	０点
19.9%	6.0%	0.6%	12.6%	60.9%

蛇行河川周辺の地形および災害についての知識がそもそも定着していない解答が散見され、まずは知識をきちんと定着させることの重要性を再認識した。また、問われていることが何かを適切につかみ、それに沿った適切な答を書くことができていない解答もあり、文章を読み書きする力を授業の中で指導していく必要性を強く感じた。

さらに、生徒の答案を読み、採点していく中で、この問は、「自然堤防は居住地、後背湿地は田などの耕作地として利用されている」という知識のみで解けてしまう問であり、思考力・判断力・表現力が十分に測れる問になっていないことに気がついた。

それを踏まえて、次のように問題を改善した。

3　改善した問題

3―1　問題と解答例・採点基準

・配点２点

［問題］
あなたは大学に進学し、アパート探しをしており、２つの候補のうち、どちらを契約するか悩んでいる。

○アパートＡは、駅まで、徒歩５分である。周囲は住宅街となっている。ただし、地形的には後背湿地を埋め立てたと思われるほぼ平坦な土地で、すぐ近所には大きな河川が流れている。
○アパートＢは、駅まで、徒歩で１時間かかる。周囲は住宅街となっている。ただし、地形的にはやや小高い丘となっており、自然堤防の上と考えられる。
○築年数・間取り・家賃はいずれも同じである。通学にはいずれも駅に行き、電車を使う必要がある。

(1) アパートＡ･Ｂそれぞれのメリットとデメリットを表にまとめなさい。その際、Ａ･Ｂそれぞれに最低１か所は防災の観点を踏まえること。

(2) あなたは、アパートＡとＢのどちらを契約しますか。その際に、それを選んだ理由と、それを選ぶ上で受けるデメリットをどのように考え、どのように克服するつもりか、具体的に書きなさい。

[(1) の解答例・採点基準]

【2点の解答】
以下の表のように、全ての欄が埋まっており、かつ防災の観点が入っているもの。
【1点の解答】
空欄があるが、防災についての記述があるもの。または、全ての欄を埋めているが、防災の観点がないもの。
【0点の解答】
上記の条件をいずれも満たさないもの。または、問題を適切に把握できておらず、間違ったことを書いているものなど。

Aのアパート

メリット	デメリット
交通の便が良い 通学や生活において便利 など	洪水の被害を受けやすい 地震の時に液状化が起きやすい など

Bのアパート

メリット	デメリット
水害のときに、浸水しにくい など	通学や生活において、不便 坂なので、上り下りが大変 など

[(2) の解答例・採点基準]

【解答例1】
通学は毎日のことなので、通学に便利なAを選ぶ。Aのアパートは水害に弱いので大雨情報等は常にチェックし、早めの避難を心がける。
【解答例2】
水害は怖いのでBのアパートを選ぶ。しかし、毎日の通学は大変なので駅まではバイクや車を利用する。

【採点基準】
① 自らの価値観を踏まえて選択している。
② デメリットの克服について考え、対策を述べている。

3―2　問題の解説・出題意図

(1) においては、地形や防災についての地学的な知識を測るとともに、与えられた条件を整理し、状況を分析する力を測ることを目的とした。
(2) においては、さらに自らの価値観を合わせて、どちらを選ぶのかを判断するとともに、生じるデメリットをどのように克服するのかを思考し、説明することを求めることで、思考力・判断力・表現力を測ることを目的とした。

3―3　出題結果とその分析・考察

(1) では4か所の解答欄合計で誤答率は13％であった。誤答のうち、無答の生徒は 17％であった。割合では高く見えるが、実際無答だった生徒は受験者 100名中9名であった。

(2) の問題では得点の無かったものの割合は7％、減点されたものを含めても 33％。得点の無かったもののうち無答は4.2％（3人）だった。

地学基礎の選択者は文系の生徒で、数学に苦手意識のある生徒が多く、考査問題によっては無答の割合が高くなり、考えることすらしてもらえないこともある。今回、作成した問題では、無答の答案は、ほとんどなく、多くの答案で授業中に聞いた災害や地形の話を思い出し、書こうとする意志が見られた。(2) の問では、こちらが想定しないようなアイデアや意見を書いてくる生徒もおり、災害を身近なこととしてとらえていることが感じられた。

4　授業改善とのかかわり

考査問題について研究する中で、そもそも大学受験等のために理科を教えるのではなく、生徒が授業の中で学んだ知識・身に着けた力を実生活の中で活用できるようにすることが目的であり、それが、考査問題において生徒に問いたい事柄であることを再認識した。

そのためには基本的な知識はもちろんのこと、本質的な理解（抽象化・言語化やイメージ化の力）や複数の事象の関係性や因果関係をとらえる力（物事を論理的にとらえる力）、そしてそれらをもとに思考・判断し、他人に説明する力（表現力）を授業の中で伸ばし育む必要があること、つまり、講義だけではなく、生徒が主体となる活動や対話を積極的に取り入れた授業を展開する必要を感じ、それらを意識した授業改善に取り組んでいる。

たとえば、このような防災にかかわりのある単元は、「目の前にいる生徒たちが、将来、災害で命を落とすことのないようにする」という重要な使命を担っており、かねてより、意識して授業を行ってきたが、生徒にとって災害は対岸の火事で、教師側が願うような取り組み方をしてくれないこともあった。

しかしながら、この考査問題を考査に出題するにあたり、授業において、このような「正解の無い問い」について話し合う機会を設けた。考査でも同じような問い方をすると予告したせいもあってか、活発な意見交換が班ごと行われ、対話の中で用語は自然と覚えられていた。また、地形に対してどんな災害があるかを考える中で、実際に砂で地形模型を作って実験をして試すなど、探究的な学びが展開された。

このように、考査問題の改善がひとつのカギとなって、授業が変わり、生徒が「主体的」に学びに向かうことで、「知識・技能」はもちろんのこと、「思考力・判断力・表現力」そして「多様な他者と協働的に学ぶ力」が育まれることを感じている。

5　今後の課題・展望

今後の課題としては、授業時間の活用の仕方が挙げられる。探究的な活動を行うことで、効果が得られる一方で、授業進度は遅くなってしまう。限られた時間の中で、多面的な学力を養えるように工夫していきたい。

また、この考査問題は、教員同士で互いの実践を持ち寄り協働して研究を行った結果生み出されたものであり、他者と協働することでより良い新しいものが生み出されることを強く感じている。

校内の多くの先生方と、そしてさらには学校の枠を超えてより多くの先生方と実践を共有し研究していくことが、より良い授業・考査問題につながり、生徒の多面的な学力を育むことにつながっていくと考えている。

【この実践研究は、令和元年度北信越理科教育研究会で発表されたものです】

ハサミムシ類の比較発生学的研究（昆虫綱・ハサミムシ目）

清水 将太　松本秀峰中等教育学校

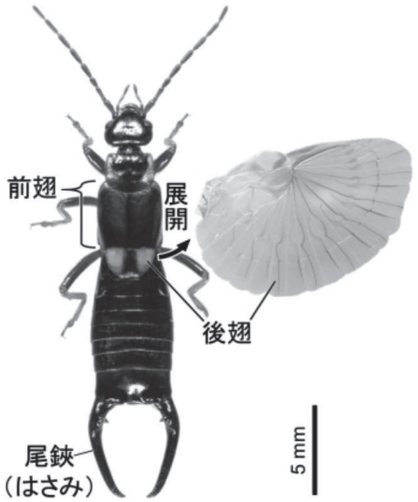


図１　ハサミムシ類の外部形態
コブハサミムシ（クギヌキサミムシ科）

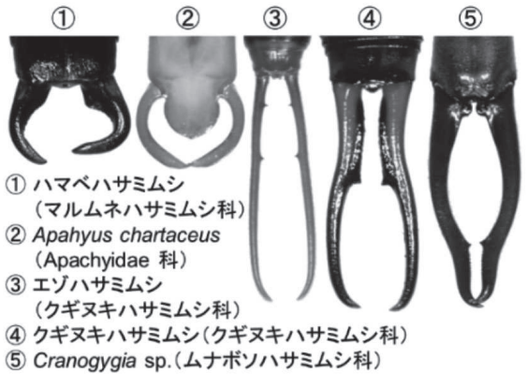


図２　さまざまな尾鋏

〈自己紹介〉

筆者は、学生時代の大半を筑波大学山岳科学センター菅平高原実験所（長野県上田市）で過ごしました。菅平高原は標高が 1,300m 以上あり、本州における歴代最低気温となる－29.2℃（2012 年）を記録した、寒冷な地域です。自然が豊かで、研究所構内にはニホンカモシカが住み着いていました。筆者は、町田龍一郎教授の昆虫比較発生学研究室でハサミムシ類の発生学的研究を行い、2013 年に博士（理学）の学位を取得し、日本学術振興会特別研究員を経て松本秀峰中等教育学校の理科教諭をつとめています。本校は、学校法人松商学園が設立した、長野県では唯一の中等教育学校です。令和２年度は開校 10 周年、そして本校第１期生の多くが大学を卒業し社会人１年目となる、節目の年です。

〈ハサミムシ類について〉

ハサミムシ類は、名称の通り“はさみ”を持つ昆虫です。探せば公園や河川敷でも見かける身近な昆虫ではあるものの、なぜか人気はありません。そこで、ハサミムシ類そのものに関心を持っていただくために、はじめにハサミムシ類の基本的な特徴を紹介します。

分類　節足動物門・昆虫綱・ハサミムシ目（もく）に属します。以降は、ハサミムシ類をハサミムシ目とよびます。蛹を経ずに幼虫から成虫になる、不完全変態を行います。

分布　全 11 科約 2,000 種が知られています。日本に分布するのはおよそ 30 種です。

形態　外部形態は図１を参照してください。“はさみ”は、専門的には尾鋏（びきょう）と称し、さまざまな形状をしています（図２）。昆虫類は１対の尾をそなえており、尾鋏はこれに由来します。通常、昆虫類の尾には複数の節がありますが、ハサミムシ目の尾鋏には節がありません。尾鋏は主に威嚇や攻撃に利用されます。翅（はね）の形状も特徴的です。前翅（ぜんし）は短くて厚みがあります。普段、前翅は体の背面や後翅（こうし）の大部分を覆い、それらを保護するような状態となっています。後翅は扇形をしています。表面には複雑な折り目があり、普段は小さく折りたたまれています。

習性　普段は地中や樹皮の隙間などに潜んでいます。食性は雑食性で、ときに他の昆虫等を捕食することがあります。産卵期になると、母虫が卵や孵化後間もない幼虫に寄り添い、保育を行います（図３）。保育様式は種により多少異なります。例えば、長野県の山林でよく見かけるコブハサミムシは保育が手厚く、最終的に母虫が保育中の幼虫に食べられてしまうことで知られています。このとき、母虫は大きな抵抗を示しません。

図３　卵と幼虫を保育する母虫
（クギヌキハサミムシ科クギヌキハサミムシ）

〈研究の背景〉

昆虫類の起源は古く、最近の研究では約５億年前までさかのぼると考えられています。昆虫類は初期の陸上生態系を作り、爆発的に多様化しました。既知の生物種は約 180 万種ですが、そのうち約 100 万種は昆虫類です。筆者は、研究を始めるにあたり、長きに渡り繁栄する昆虫類の進化に注目しました。しかし、昆虫類は起源が古いのみならず、世代交代がはやく各分類群が独自の進化を遂げています。そのため、特に昆虫類の目や科レベルの進化や類縁を研究するのは容易ではありません。このような議論における有効な手法のひとつに、比較発生学的手法があります。19 世紀の生物学者ヘッケルは、「個体発生は系統発生を繰り返す」で知られる、反復説を唱えています。個体発生とは、個々の動物が受精卵から発生する過程をさし、系統発生とは、個々の動物の進化の道筋をさします。この言葉は、胚（発生中の個体）の形態は、受精卵から発生段階を経るごとに、まるで祖先たちが歩んだ進化の各段階を追うように変化することを表現しています。比較発生学は、各分類群の個体発生を記載し、この反復説の考え方も考慮しながら発生形質を厳密に比較し、進化や類縁関係について議論します。筆者が所属していた昆虫比較発生学研究室は、このような立場から昆虫類の進化についてアプローチしてきました。筆者がハサミムシ目に着目したのは、従来の系統進化の研究では、この目についての起源や他の目との類縁関係のみならず、科間の類縁すら処遇が定まっていないためでした。その理由のひとつとして、材料の確保が難しいことがあげられます。本研究は、ハサミムシ目の各科などから幅広く材料を集めることが重要です。しかし、ハサミムシ目の分布は、生物多様性が高い熱帯雨林に偏っています。そこに生息する大半の種は、分類研究や生態調査すら進まないために、欲しい材料があっても情報が乏しく十分確保することが困難なのです。筆者は、まず、この問題をクリアすることからはじめました。

〈材料と方法〉

最初のハードルをクリアするため、各地でフィールド調査を行い、石垣島や西表島、マレーシアでの調査も何度行いました。その結果、ハサミムシ目全 11 科のうち、８科に属する種を採集することができました。次のハードルは、飼育法の確立です。研究に用いる卵は、個体を飼育しながら集めます。種ごとに習性が異なるので、飼育方法は全種一律ではありません。特に、枯木内部の狭い隙間を好むとても扁平な種の飼育は苦心しました。この種は、生息環境と同様の空間がなければ交尾・産卵なかったため、専用の飼育容器を自作することで採卵にこぎつけました。第３のハードルは、実験操作です。卵は産卵直後に母虫から隔離し、一定時間おきに次々固定します。ハサミムシ目の卵は雑菌に弱く、母の保育がないとまもなく腐敗するため、卵は清浄な筆でこまめに洗浄しました。発生中の胚を鮮明に観察したい場合、不要になる卵殻を除去します。このとき、両手でピンセットを扱います。使用するピンセットは先端を細かく研いで加工し、卵殻をつまみやすくします。この卵殻除去操作は実体顕微鏡下で行うのですが、卵は小さくて柔らかく、さらに透明で薄い卵殻を除去する操作に慣れるには時間がかかりました。各材料のデータが集まると、ハサミムシ目全体における発生学的な特徴や、材料ごとの相違性が見えてきました。

〈結果〉

卵　ハサミムシ目の卵は、回転楕円体や砲弾型（図４・左）をしています。科や種によっては卵表面に粘着物質があります（図４・左）。粘着物質がある卵は、巣の壁面に固着されます。昆虫類のメスは、交尾時にオスから受け取った精子を貯精嚢（ちょせいのう）という器官に蓄えます。産卵時、精子は貯精嚢から排出され、受精が成立します。卵殻には、受精の際に精子が侵入するための卵門（らんもん）という穴があります。ハサミムシ目の卵門は卵の極域に複数あり、サークル状に配列されていることが分かりました（図４・右）。また、科によっては卵門のサークル状配列の中央部に多孔質の大きな穴が１つ存在することも分かりました（図４・右）。

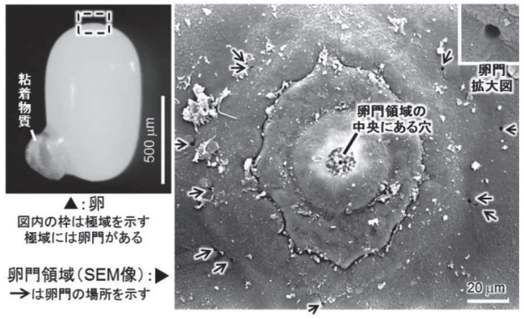


図４　卵門（Apachyidae 科 *Apachyus chartaceus*）

胚発生の概要　ハサミムシ目の胚発生は、図５を参照してください。ハサミムシ目の胚発生の様式は、大筋では昆虫類の一般的な様式と共通していました。高校生物では、ショウジョウバエを例に昆虫類の胚発生を学びます。その様式は次のとおりです。まず、卵割（発生初期の細胞分裂）について。ウニや両生類などでは、卵割をするたびに割球（細胞）数が倍増します。しかし昆虫類の卵割では、割球そのものが増える前に、受精卵の核が先行して何度か分裂します。すると、受精卵は多核状態になります（図５・上段左）。その後細胞膜が発達し、核をその周囲の細胞質ごと囲みます。これにより、受精卵は多細胞化します（図５・上段中央）。この卵割様式を表割といいます。その後、胚が形成されます。ハサミムシ目では、胚は卵表層に形成され（図５・上段右～中段左）、その後徐々に卵内部へ埋没します（図５・中段中～右）。ショウジョウバエの幼虫は、歩脚、触角、尾、目などがほとんど発達しませんが、ハサミムシ目を含む多くの昆虫類では発生中にそれらが形成されます。次に卵内での胚の姿勢です。脊椎動物では、胚は猫背の姿勢をとり、発生期の栄養である卵黄のかたまりは腹側で抱えています。一方で昆虫類胚は、はじめエビ反りの姿勢で、卵黄のかたまりは背負うようについています（図５・中段左～下段左）。胚発生の後期になると、胚は一転して猫背の姿勢になります（図５・下段中央～右）。姿勢が変化した後、卵黄は次第に体内へ取り込まれます（図５・下段右）。その後、孵化に至ります。

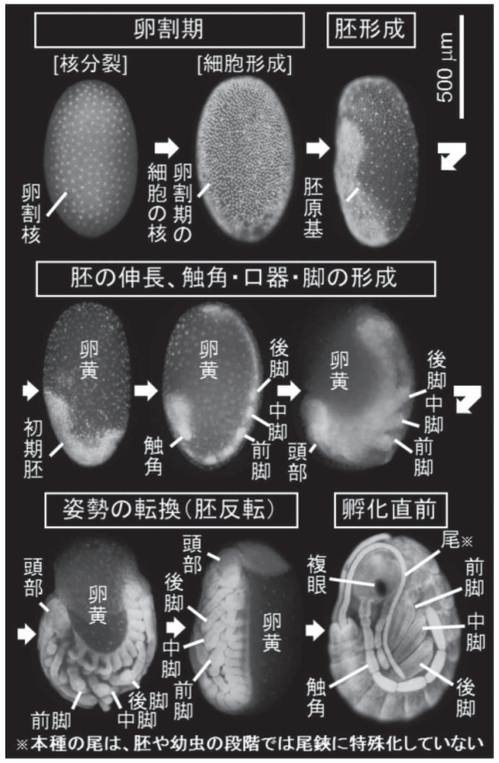


図５　ハサミムシ目の胚発生
（ドウボソハサミムシ科ドウボソハサミムシ）

卵歯（らんし）　昆虫類の胚は、一般的に孵化前に卵歯という突起を発達させます。卵歯は、孵化時に殻を破る補助をすると考えられています。ハサミムシ目も頭部に卵歯を発達させることが分かりました（図６・左）。この卵歯は突起状ですが（図６・右）、科や種によって突起数は様々で、突起表面により微小な突起が無数存在するケースもありました。

そのほかの特徴　発生学は、受精から成熟した個体になるまでの過程を扱う分野です。ここでは、保育や幼虫の成長といった過程も、広義の発生学的特徴とみなします。

保育行動は、種によって入念さが異なることが分かりました。保育が入念な種は、母虫が卵をくわえたり、なめたり、配置がえを行ったりします。一方、あまり入念でない種は、母虫が卵に軽くふれる程度でした。

ハサミムシ目の脱皮数は、４～５回が一般的で、これまでの知見では７回が最多です。筆者は、これまでの記録よりも多い、９回脱皮する種がいることを発見しました。

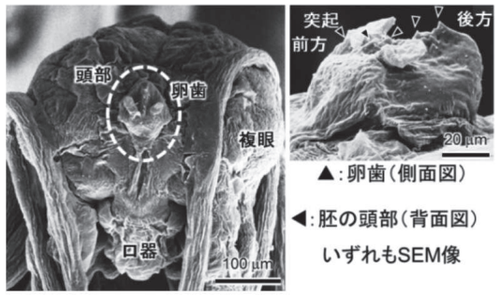


図６　孵化直前の胚の頭部に見られる卵歯
（ドウボソハサミムシ科ドウボソハサミムシ）

〈考察〉

ハサミムシ目の進化的位置づけ　ハサミムシ目は、一般的にバッタ目、カマキリ目、ゴキブリ目など 11 目からなる不完全変態類の多新翅類（たしんしるい）というグループの一員と見なされます。しかし、形態を主とした一部の研究からは、ハサミムシ目がチョウ目や甲虫目などからなる完全変態類と類縁であると示唆されることもあるので、必ずしも多新翅類であると結論できない状況です。筆者は、ハサミムシ目の胚が卵表層にて形成・伸長したのちに卵内部へ埋没すると明らかにしましたが、数多くの多新翅類の目から同様の報告があります。この特徴により、ハサミムシ目はやはり多新翅類の一員らしいことが示唆されます。また、卵門がサークル状に配列するという特徴は、多新翅類の中でも例えばガロアムシ目というグループでも見られます。これは目間の類縁性を議論する上で興味深い特徴です。ハサミムシ目のこのような類縁の議論に関しては、今後、議論に必要なデータを増やす必要があります。

比較発生学的手法の妥当性について　昆虫類の系統進化に関する研究は幾多もあり、これまで様々な見解が示されてきました。統一見解が無いのは、技術的問題や、データの本質を見抜けない場合、ミスリードをしている場合などがあるためだと考えています。本研究の見解も同様ならば、妥当性がなくなります。筆者は、世界 13 か国の大学・研究機関が結集し、昆虫類全体の系統進化の解明を目指す分子系統解析プロジェクト（1KITE）に参加しています。分子系統解析は、解析に用いる遺伝情報の種類・数、手法などが日々進歩しており、このプロジェクトでは、昆虫類全体の分子系統解析をこれまで以上に厳密に行いました（『SCIENCE』2014 年 346 号に掲載）。その結果、ハサミムシ目は多新翅類の一員であると示され、筆者の比較発生学的見解の妥当性が高いことが裏付けられました。比較発生学は、生物進化の分岐パターンを示すのみならず、各分岐でどのような変化が起きたのか、その肉付けをすることができるという点で、有意義な分野であると考えています。

〈今後〉

ハサミムシ目の発生学的検討は、現在も途上です。胚内部での器官形成を調べたい、卵門の断面構造をみたい、未検討の科を確保したい…。検討すべき課題は尽きません。今後も、ライフワークとして研究を継続していく予定です。

木下 通彦さん（飯田OIDE長姫高等学校）
不思議なことはいっぱいあるし、わからないことだらけ

インタビュアー　岩崎 靖

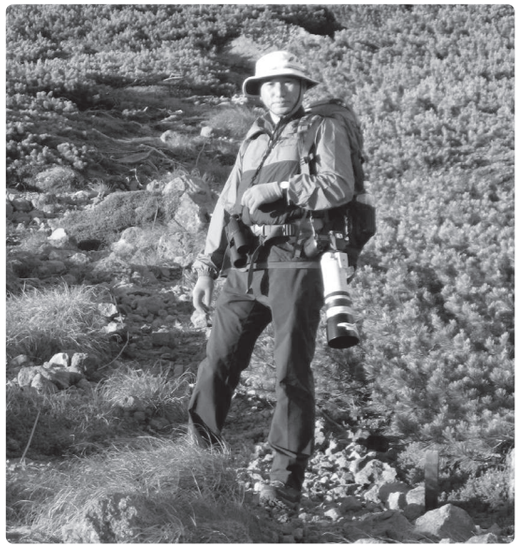
秋晴れの９月２５日（水）、稲刈りが始まった伊那谷を南下して飯田ＯＩＤＥ長姫高校の木下通彦さんをお訪ねしました。木下さんは、令和２年８月に松本市を主会場に開催される日本生物教育会第 75 回長野大会の野外巡検部の責任者の一人。これまで様々な生物に興味を持って取り組んでこられた経歴や、来年の大会に向ける思いなどを伺いました。

〈高校時代は蝶の採集にあけくれていた〉

子どもの頃植物が好きで遊んでいたのが最初。草が好きだった。小学校６年の時に親に双眼鏡を買ってもらって、中学になってから鳥を見始めた。鳥の巣とかを夏休みの１研究でやってたところ、たまたま隣の席に座っていた友達が蝶をやっていて、蝶の採集を始めた。彼に勧められて蝶の採集がブームになって、それに乗っかっちゃった。それで何人もやるようになって、学区外に採集に行って怒られたり。それで脱落していったやつもいたんだけれど、たまたま飯田高校に鱗翅目同好会があるという噂で、蝶仲間数人で飯田高校へ進んでそこへ入った。

高校時代は蝶の採集にあけくれていた。天龍村あたりまで仲間と一緒に電車に乗ってヒサマツミドリシジミやベニモンカラスシジミとかを採りに行ったり、冬は蝶の卵探しで、１年中あっちこっちに行っていた。そうしているうちに、南方系のアオスジアゲアやモンキアゲハなど、静岡県にいてまだ長野県で記録されていない蝶がいるんじゃないかと思っていた。クロコノマ、ルーミスシジミ、ムラサキツバメ、ツマグロヒョウモンがもしかしたら天竜川沿いに入っているんじゃないかと、けっこう天龍村に通った。それで仲間と一緒にクロコノマの夏型を狙って天龍村へ行ったら友達が採って、それが記録されて。きっと秋にもいるだろうと同じ所へ行ったところ、秋型が複数採集できた。

鳥もついでに見ていたし、蝶をやっていたので植物もやっていた。高校３年間はそんなことばかりやっていた。



乗鞍岳でライチョウを探す

〈日本中の高山植物を全部見てやろう〉

大学は農学部の林学科、たまたま大学１年のときに教養部のゼミで高山植物の保護にかかわるゼミに参加した。そしたらそこで高山植物をやることになって、白馬岳に登ったり霧ヶ峰に登ったりすることになった。その保護ゼミで高山植物にとりつかれ、たまたま白馬岳だったので、そこでいろんな高山植物を見ることになった。ゼミ自体は１年生だけだったが、結局 OB としてその後にも付き合って一緒に調査した。

卒論は林学で、カモシカによるヒノキの食害。教養部の高山植物とは別に農学部でやっていた。森林の植生の変化からカモシカの食害に至る経過を推定した。カモシカの食害がどうして起きたのか。伐採によって跡地に茂る草が増えることでカモシカが増え、さらにそういったところにカモシカが集まるために植えたヒノキが食べられてしまうという結論だった。それを一帯の樹齢を追跡することで、伐採の経過と比較してカモシカの食害の増加と植林地の増加とが一致することを示した。

その後教員になった。初任は上田染谷丘高校。教員になってからも保護ゼミに顔を出して白馬の調査に何回か参加したので、上田市から松本市にけっこう通っていた。大学の後半から日本中の高山植物を全部見てやろうと思って、大学３年で大雪山、教員になってから車で至仏山から早池峰山などの東北の山々を巡って登った。高山植物図鑑に載っている植物の９割がたは実際に見て写真に撮ったかな。

〈隙間時間にフィールドに出ている〉

上田染谷丘高校の終わり頃、蝶を一緒にやっていたやつから「長野県内でタカが渡るところを見られる場所があるらしい」と聞いて、次の年にそれを調べようという集まりに一緒に顔を出した。当時は奈川村の白樺峠は知られておらず、たまたま伐採されて見通しが良くなったことから、追跡していったらそういう場所があることがわかった。1991 年に有志が集まって「信州ワシタカ類調査研究グループ」が結成され、信州野鳥の会が中心となって、社会人や学生など 20 から 30 人集まった。メンバーの中で教員は自分一人だけだった。まずは、白樺峠を中心に長野県内のタカの渡りのルートを探ろうというのが、当初の一番の目的。白樺峠は、その後４半世紀が経過して、全国から多い日には 200 から 300 人も集まる有名なスポットになって、海外の文献にも載るようになった。

高遠高校ではフィールドが近くにあったので、ちょこちょこ歩いていた。陸上部とバトミントン部の顧問で、以来ずっと運動部の顧問をやりながら現在に至っている。現在は卓球部。顧問をやりながら時間を作って隙間時間にフィードに出ているが、赤穂高校の定時制の時には時間がとれ、タカの渡りや植物、虫を見てきた。

白樺峠でタカを追う

ハチクマを捕獲して発信器をつけ、渡りのルートを追跡する

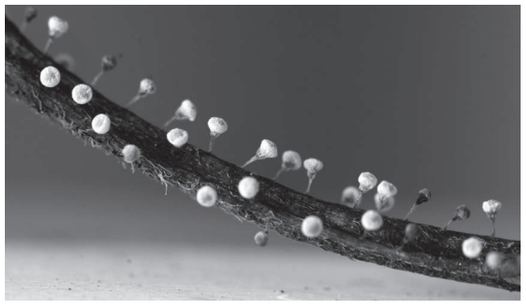
〈気になったもの、好きになったものを興味のむくままに楽しむ〉

30 歳代後半に気になる生物が出てきた。変形菌は生物としてあまりにも変なので気になっていた。餌を求めて動き回っていることも魅力だし、きれいだし、変形体が一つの細胞だっていうのも面白い。『日本変形菌類図鑑』が出版され、うっかり買ってしまった。

それを見ながら気をつけて粘菌を探していたが、最初なかなか見つからなかった。そこで粘菌の自然観察会をやりましょうという話になって、著者の荻原博光先生（元国立科学博物館）と山本幸憲先生を呼んで松本アルプス公園と志賀高原の信大の自然教育園で観察会をやった。親子連れもいっぱい来た。その観察会で粘菌の見方がわかって、変形菌が見つかるようになった。注意していると、いろんなところで見られるようになって、粘菌の観察会を４回開催した。家の畑でも３種類出てきた。収穫したたまねぎにもユガミモジホコリの変形体がくっついていた。

これまで、気になったものや好きになったものを興味のむくままに楽しんできた。いずれにしてもきっかけがないとだめかな。粘菌も観察会があって見られたし、タカや蝶も友達に誘われて。常に興味を持つ仲間がいたということかな。自分だけではなかなか難しいので、仲間からの刺激が大切。

モジホコリ sp. の変形体



シロサカズキホコリの子実体

〈生き物を授業に持ち込む〉

授業ではタカや虫、植物の話をちょくちょくしている。授業の初めによくやるので、遊んでいるように思われてしまう。ここ数年、教材を作ることを真剣にやりだした。夏緑樹林の階層構造など、自分で撮影した写真を使ってパワーポイントで作っている。自分の写真で作っている分野は、生態や動物の行動など。動画を交えて作っている。クルミを落として割るハシボソガラスの映像など、生徒の住んでいる近所で撮影しているので、話しやすい。生徒に自慢しながらその状況を話すと、実際に自分で見たものなので生徒の気を引くことができる。一部だけでも自分で撮ったものを授業で使っている。

フィールドの魅力は実物を見せることだが、なかなか生徒を連れ出せないので、赤穂高校の定時制の授業で毎週１時間の授業にカエルや魚などの生き物を授業に持ち込んだ。冬は川に入って川虫を捕まえたり。持っていけば生徒は本物に触って喜んだ。一度は学校にあったスズメバチの巣を実演で取った。蜂の巣は夜取るのだが、定時制だったので好都合だった。そんな授業を２年間続けてやった。手に入ったものでどのように授業をするかに悩んでやったが、何を目的にするかが大事。そんなわけで、自分でも毎週１回フィールドに出て生き物を捕まえた。どこへ行こうか思案したり、思ったものが手に入らなくて苦労したりしたが、そんな時に道路を横切っているモリアオガエルに出会った。モリアオガエルを追跡したら、木の上に産卵するのではなく、田んぼのあぜに産卵していた。こんなことなど考えてもいなかった。

〈行けば、必ず出会いがある〉

来年の長野大会で巡検の責任者になった。なかなかフィールドワークはできないし、教科書に出ている生物に出会う機会も少ないので、巡検では本物を見て感じてもらいたい。教科書は簡単に書かれているけれど、不思議なことはいっぱいあるし、わからないことだらけ。そういうところが魅力なので、そういうところを授業で伝えてもらいたい。伝わることはあるのではないかと思う。

岡山大会で長野大会のフィールドワークの宣伝をしたけれど、長野県を代表する自然に触れられる、体験できる場所を選んだ。各担当者のところで今準備を進めてくれている。こんな風に自然を見てもらったら楽しいんじゃないかなっと思いながら、思いつく限りを尽くしてガイドブック『信州の夏休み』を書いている。どっちかというと、自然の複雑さ、簡単にはいかないよというところ、そこにいろんなしくみがあるのかもしれないと考えるところを。そういうことかな、そういうところを考えながら書いている。現地に行ってまず何を感じたかを元にして書いているので、現地で感じることがスタート。

今年の夏、ホシガラスの食痕を探しに木曽駒ヶ岳に登った。なんとかわかるかなという写真が撮れた。行けば、必ず出会いがある。やっぱりその場に行けば何かある。そんなイメージでいます。

〈楽しいじゃんが一番〉

好き勝手にやってきたから、「楽しいじゃん」が一番だったかな。次から次に興味が移っていく。行くとそっちもこっちもと欲張っていろいろやってきた感じ。コケとかシダが自分ではぜんぜんわからないので、これをなんとかしないといけないと、今興味を持っている。

長靴と鉈とコンパクトカメラをいつも車に常備している。チャンスがあれば、コンパクトカメラで動画も撮る。今年一番の写真は夜の虹。今まで２回くらい見たことはあったが、こんなに立派なのは初めて。

山すその田んぼがなくなっていくので、モリアオガエルもなんとかしないといけないし、粘菌も目が悪くなって見えなくなってきているし。やりたいことはいっぱいあるけど時間がない。写真の整理もしないと。昔撮った大量の写真を時間を作ってデジタルデータ化している。使える状態にしないと。なかなか進まないけれど、これをやっておかないとどうしようもないんで。白馬岳なんか、もう撮れない写真もいっぱいあるし、もうないという植物もある。

〈取材を終えて〉

かつて、長野県総合教育センターの自然観察会の講師を木下通彦さんと一緒にやっていました。その時、植物から野鳥、昆虫、粘菌と幅広い分野に精通されている事に驚かされましたが、今回お話しを伺ってその理由がわかりました。

来年度開催される日本生物教育会長野大会に向けて、フィールドで実物と対峙する魅力を多くの皆さんにお届けしたと、木下さんを中心にその準備が進められています。その思いを少しでもお伝えできたら幸いです。

蓼科高等学校理数系サークル

赤羽根 弦　蓼科高等学校

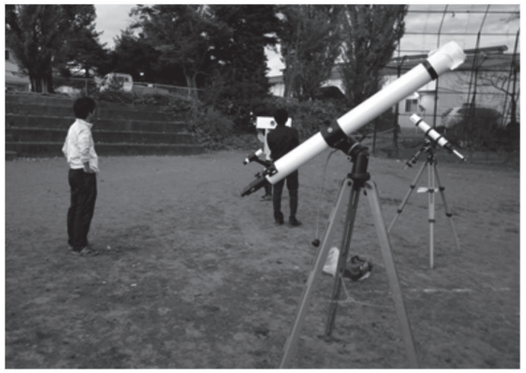
科学協会誌の科学系部活動紹介に蓼科高校の理数系サークルを載せていただけるというお話をいただきました。活動自体はたいしたものではありませんが、努力をしている生徒たちのことも紹介できればと思い、書かせていただきます。

〈理数に関することに取り組みたいという生徒向けに〉

本校は全校で 250 名程度の小規模校です。近年は部活に加入する生徒が減り、運動部も文化部も部員不足に悩んでいます。そんな中、今まであった「パソコン部」と「環境同好会」という団体が合体して、昨年から理数に関することに取り組みたいという生徒向けに「理数系サークル」ができました。顧問は理科の教員 2 名です。教員の得意なところや所属生徒の興味のある分野などで、短期的に、または定期的に活動をしています。もともとパソコン関係と生物関係の部活動の合体なので、活動はそれぞれのものを引き継ぐ形で始まりました。

パソコン部での活動は、本校の様子を撮った写真を使って毎月のカレンダーを作り、各教室に配布して貼ってもらっていました。これが基礎になってパソコンを自由に扱えるようになり、文化祭においてはエクセルと動画編集ソフトを使って理数系サークルの部活紹介の映像を作り展示しました。ストーリー仕立てのストップモーションも作成し、来校者に操作してもらうような展示も行いました。

また、昨年は火星と木星と土星が同じ空に見えるという天体ショーのような時期がありました。受け持っている授業の延長的な意味合いもあって、当時の顧問の松井聡教諭が中心になって天体観測ができるように望遠鏡を用意していただき、本校のグラウンドで観測しました。部員だけではなく、下校途中に通りかかる生徒や、教職員も一緒になって土星の環に感動し、ついでに出てきた満月にも歓声が上がっていました。するとスマホで星座のアプリを開いて話し出す生徒の姿も見られ、観測から発展していく様子がありました。



〈興味を持ち始めると理解も早い〉

生物の分野では、ちょうど飼っているアフリカツメガエルが自然繁殖してオタマジャクシが 800 ～ 1000 匹も生まれてしまったので、発生の観察をしつつ、標本を作りつつ、何かできないかということで実験を考えました。内容は「農薬への感受性」と「体色変化」についてです。初めは顧問が中心となって実験を教えていくのですが、アフリカツメガエルだけに先行研究がたくさんあって、オリジナリティーを出すのは中々困難でした。ただ、本校において生徒たちに何を教育するかと言えば、創意工夫、勉強の仕方、考え方、研究方法、文章の書き方など、別に新しいことでなくとも意味はあると思って、一緒に取り組みました。実験の過程で眼球を切り落とす手術をしたのですが、面白がって楽しそうに取り組んでいました。顕微鏡下で実験するコツをつかみ、生物学にとって重要な観察をするということが自然にできるようになっていきました。難しい内容なのですが、興味を持ち始めると理解も早く、オリジナルのアイディアも提案するようになって、結果的に学生科学賞作品展に発表するところまで漕ぎつけることが出来ました。

今年度はピタゴラスイッチを文化祭で発表したいという生徒たちの思いから、顧問の堀内真澄教諭とともに 5 月から 4 ヶ月かけて製作しました。製作の様子を映像で撮り、パソコンで編集して放映したり、実際にお客さんの前で実演したりしました。その他、火起こしやスライムづくり、液体窒素を使用しての実験を行うなど、理科の分野とパソコン分野で興味関心の幅を広げています（文化祭では校内の最優秀展示賞を受賞しました）。

〈地域高校で理科系部活動を継続する意義〉

天体観測やカエルの研究、ピタゴラスイッチに関しても、興味を持てる環境があるということが何よりも大事であると感じます。多くの場合、生徒たちは高度な研究や成果、発見を求めているのではありませんでした。しかし、教員の側が与える科学的な環境には興味を示し、見たり、考えたり、触ったりするのです。そのうち、こうやったらどうかというような工夫やアイディアを考え出し、実際にどうすればよいかを調べ出しました。ある程度まとまってくると、引っ込み思案であった生徒も大勢生徒を集めて、研究発表の練習をしたいと言うようになりました。活気が出てくると生徒が生徒を引っ張り込んでいつの間にか人が増えていきました。活動日も、「週 1 回でいいですか？」から「今日もやっていっていいですか？」に変わっていきました。

カエルの研究では、長野県学生科学賞作品展で優良賞をいただきました。それによって、地元のケーブルテレビから取材を受けたり校内の新聞に載ったりするうちに彼らは自信をつけ、それぞれの進路に向かって卒業していきました。話を聞くと、彼らの中に残っているのは「研究手法とか技術の習得ができた」ではなく、「楽しかった」という思いや「科学の考え方が少しわかった」ということです。

今後の人生でこの経験をどのように活かすかは生徒次第ですが、人生を豊かにするための助けとなれば幸いと思いますし、それが地域高校で理科系部活動を継続する意義なのではないかと勝手に考えています。

長野県高等学校科学協会「理科実習教員基礎講座」に参加して

小山 由美子　伊那北高等学校

令和元年７月 23 日 (火)、高遠高校に於いて「理科実習教員基礎講座」が行われました。講師は高遠高校の登内美枝子先生です。長野県高等学校科学協会の主催になってから４回目となるこの講座は、毎回登内先生が講師をされていましたが、残念なことに今回が最後の講座になります。そこで、この講座の内容を参加者の目線でレポートするとともに、登内先生からのメッセージをお伝えします。

〈はじめに〉

参加者 23 名が３～４人で１班となり、全部で６班に分かれて実験実習を行いました。内容は授業見学から始まり、生物・化学実験と盛りだくさん。「せっかく遠くから来てくれている人がいるから、少しでも多くのことを学んでいってほしい」という登内先生の想いが伝わってきます。

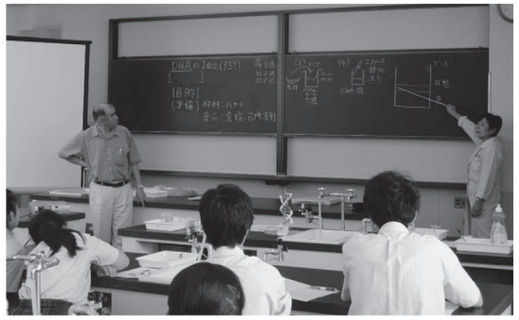
〈内容〉

１ 授業見学「ＤＮＡ抽出」

初めは１年Ｃ組の生物基礎「ＤＮＡ抽出」実験の様子を見学しました。材料を袋に入れて外から手でつぶし、抽出液は水、食塩、台所洗剤を使って作ります。操作の途中の時間を利用して実験考察のヒントを生徒に与える場面や、準備や片付けの指示などはどれも絶妙のタイミングで行われており、生徒への指示の与え方、時間配分などとても勉強になりました。

２　生物実験実習「ＤＮＡ抽出」

次は班ごとに分かれて実験を行いました。ただ実験をするのではなく、登内先生からの提案で、新学習指導要領実施に向けて「基本的な実験を通して体験する主体的・対話的で深い学び」を意識して、自分たちで課題を見つけ工夫していろいろなやり方を試してみることになりました。材料は、バナナ、ブロッコリー、タマネギ、鶏レバーなど。最後は各班で行った材料と工夫と結果を紙に書いて情報共有をしました。これからはこのように自分たちで課題を見つけて探究していく実験に変わっていくのかもしれないと感じた実習でした。



登内先生は実験の時「まず自分でいろいろな材料でやってみて、その上でどの材料がいいかを教諭と相談して決める」「生徒がなるべく実験の時間を多く取れるように、器具や試薬をセットにして準備しておく」「その日にやった実験はその日のうちにまとめる」ことを意識されているそうです。

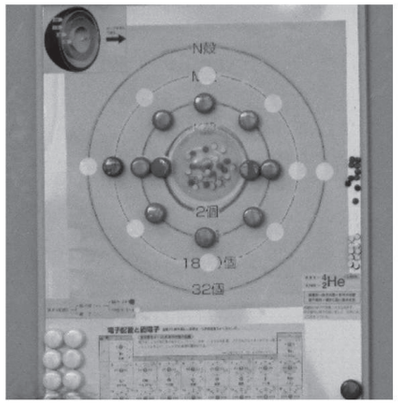
また、ＤＮＡ抽出の実験のポイントとして「タンパク質を除去する方法」「動物より植物が適している理由」「抽出されたものがＤＮＡか確かめる方法」等を教えていただき、私たちのメモを取る手が止まることはありませんでした。

３　講義

午後の講義に入る前のお昼休みは、結局、生物実験全般に関するＱ＆Ａの時間になりました。事前アンケートで質問した内容で、乳酸菌やタマネギの細胞を顕微鏡で観察する時の工夫、カタラーゼの実験時の過酸化水素水の反応について、アルコール発酵のヨードホルム反応、体細胞分裂観察の材料の用意の仕方など、丁寧に回答してくださいました。

講義では「理科実習教員の職務内容をきちんと本人が理解する」「実験実習などの本務を第一に考える」「教諭とのコミュニケーションをとって一緒に実験を考える」「自分の力量を高める」ことが大切だと伺いました。日々進化している理科に関する勉強を怠らないという言葉通り、常に新しい情報にアンテナを高くし、良いと思ったことは積極的に取り入れている先生の姿に尊敬するばかりでした。「常にワクワクできるか」という言葉もとても印象に残りました。

その後は実際に、準備・実験・後片付けの一連の流れを「混合物の分離」実験で行ってみました。実験で使う試薬の性質を調べ危険な試薬は注意を促すことや、試薬の量が実験書の通りで適切かを確認するところから始まり、器具のセッティングの仕方、操作のコツなどを確認しながら行いました。一つの実験でこれだけの注意すべき点やコツ、準備と片付けがあるということを再確認し、生徒実験へつなげていきたいと思いました。



実験が終わると、登内先生の自作の教材の数々を紹介していただきました。例えば、原子の電子配置をマグネットで自由に動かせるボードは、電子核の中の陽子や中性子はさらに小さなマグネットで出来ていましたが、磁気治療器の磁石にシールを貼り付けて作ったそうです。また、電気分解を見せるための装置は、発泡スチロールに熱した試験管の底を押しつけてくぼみを作り、溶液を入れられるようにしてありました。電極はシャープペンシルの芯を使ってできるそうです。「何でもかんでも専用の器具を買うのではなく、自分で工夫して作れる物は作る」そうで、身の回りの物を代用する工夫はとても勉強になりました。

４　化学実験実習「アボガドロ定数を求めてみよう」

アボガドロ定数を求める実験を行いました。５種類もの実験書と、アボガドロ定数に関するトピックスを抜粋した資料も用意してくださいました。その中の １ つを各班で行い、計算した結果を共有して実験は終了しました。この後も、薬品庫見学や登内先生の研究室を見学させていただく時間が予定されていましたが、予定終了時間に近づいてしまい、会を閉めてから希望者見学となりました。

〈最後に〉

今後、新教育課程の導入に伴い、理科の中で実験の扱われ方も大きく変わってきます。また入試制度も変わっていくこれからの時代に向けて、登内先生は「教諭と連携を取り教諭とともに私たち実習教員もお互いが切磋琢磨して勉強を続けていくことが大事、それには教諭とコミュニケーションをしっかりとること、そして私たちも謙虚に学ぶ姿勢を持ち続けるということが大切」だとおっしゃいます。

この科学協会主催「理科実習教員基礎講座」は毎年参加させていただいていますが、毎回新しい発見があります。このように先輩の先生が講師をされる研究会は、私たちの目線で本当に知りたい知識を得ることができる貴重な機会です。このような研究会が出張で受けられるのはとてもありがたく、これからも是非続いてほしいと思います。

最後になりましたが、ここまでの登内先生の経験と知識の蓄積をそう簡単にお聞きしてはいけないと思いつつ、どんな質問にも答えていただけた先生の存在はとても大きく、いつでも私たちの支えです。登内先生、ありがとうございました。

第 59 回北信越理科教育研究会「長野大会」報告

宮原 喜美男　屋代高等学校（大会事務局長）

令和元年 8 月 1 日（木）から 2 日（金）にかけて、第 59 回北信越理科教育研究会「長野大会」が長野市内のホテル信濃路を会場に開催されました。

研究大会初日は、午前に長野県高等学校科学協会の総会を行い、午後より大会運営委員会・北信越理化学協会理事会を行ったあと、翌日行われる研究発表のリハーサルが分科会ごとに行われました。17:30 より同ホテルで教育懇談会を開催し、北信越各県から大会に参加される 53 名の先生方が集まり、理科教育に関しての情報交換を行いました。

研究大会 2 日目は、開会式に長野県教育委員会より塩野英雄高校教育課長と金井繁昭高校教育課主任指導主事、そして宮本信之日本理化学協会会長の 3 名の来賓をお招きして始まりました。

太田道章大会会長の挨拶

教育功労者表彰式では、北信越各県から推薦された 6 名の方が受賞され、長野県からは、伊那北高等学校 北原勉さんが受賞されました。

続いて 9:40 ～ 11:45 まで研究発表があり、物理・化学・理科一般の各分科会に分かれ、それぞれ各県代表 1 名が研究発表を行いました。どの分科会でも、生徒に分かりやすい授業をするだけでなく、深く考えさせることにつなげる工夫がされている発表でした。また観察や実験を多く取り入れ科学的に考えさせるような内容も多くありました。

山田さんと山本さんの発表

昼食後は「主体的・対話的で深い学びを実現する理科教育のあり方」を協議題とした全体協議を行いました。富山県の代表と、長野県からは小海高等学校の山田翔輝さんと諏訪清陵高校の山本淳一さんの発表がありました。これまでの指導経験から授業内容、授業展開に工夫をこらしながら深く考えさせる授業内容にした発表や、一つの答えを出すだけでなく、思考力・判断力・表現力を育む考査問題を研究した発表がありました。

続いて、「北アルプスの第四紀花崗岩と山脈の隆起」と題して、講師に信州大学名誉・特任教授の原山智氏による講演会が行われました。原山先生はＮＨＫの山岳関連の番組取材などでとても忙しい中、講師を引き受けて下さいました。山の成り立ちや、世界に 5 つしかない第四紀花崗岩が 2 つも北アルプスにある理由について、また、山岳形成後も続いた地殻変動、火山活動が河川系の流路を変化させて生態系に大きな影響を与えたことなどをスライドを多く使って分かりやすく説明していただきました。

15:30 に閉会式を行い、北信越理科教育研究会「長野大会」が滞りなく終了しました。大会参加人数は近年の北信越大会では最も多い 158 名でした。

大会運営を振り返ってみますと、今回の大会運営の当初の課題は、運営委員をどう集めるかでした。北信地区が担当になり、屋代高校が大会事務局を担当したのですが、大会事務局長になった私は他地区より屋代高校に異動してきたばかりで、多くの方に聞きながらのスタートでした。この大会は長野県高等学校科学協会が主催者として入っているのですが、任意団体ということもあり、かつてはとても多くの県内理科教員が加入していましたが、現在は当時より減ってしまっているのが現状です。今回大会の準備をするなかで、登録されている北信地区の会員だけでは大会運営委員がとても足りないことがわかり、会員以外にも大会運営の協力をお願いしなければならなくなりました。大会開催日が夏期休業に入ったばかりの補習・学校行事・クラブ指導などでとても忙しい時期と重なっており、なかなか協力していただけないだろうと思っていたのですが、大会運営の協力をお願いしたところ、「北信越の大きな理科の大会なので、もちろん協力します」と快く引き受けて下さいました。大会を通して、理科教育についてみんなで考え発展させていきたいと考えておられる方が多くいることが分かり、とても嬉しく感じました。北信越各県から多くの皆さんの参加をいただき、最終的にはホテルで一番広い部屋の最大収容人数まで参加者が増え、全体会は手狭に感じるくらいに盛大に開催することができました。

講演する原山智氏

北信越理科教育研究会は、理科教育に関わる教員が研究発表や研究協議等を通じてお互いの研修を深め今後の指導に役立つ大会であることを、運営するなかで再認識しました。

また、北信越大会規模の大きな大会を開催することは苦労なことが多いですが、それ以上に、新しい知識や情報を身近で得ることができ、大会を通して理科教員の結束も強めてくれる、とても意義深い機会であったと思いました。

最後になりますが、県内の皆さんには多方面にわたりご協力いただきました。この場をおかりして深く感謝申し上げます、ありがとうございました。

トーク＆ディスカッション高校生物教科書を考える
～カエルの形づくりを題材に～に参加して

大石 英一　伊那北高等学校

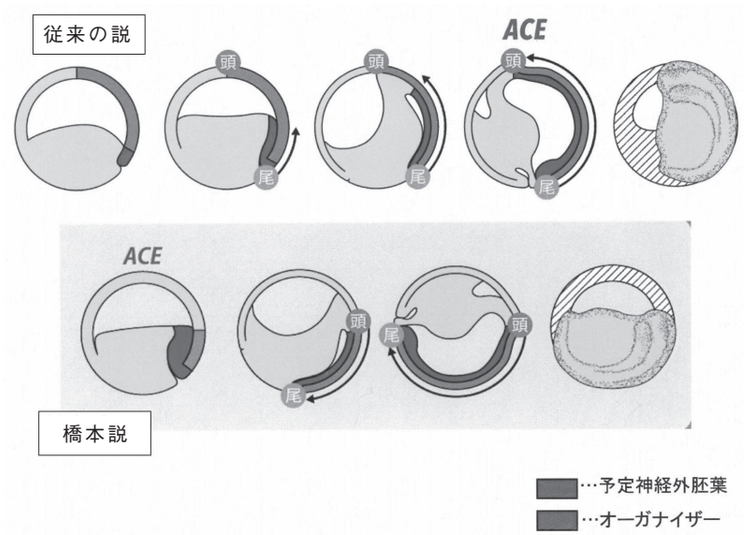
平成 31 年 3 月 16 日（土）、名古屋市の名城大学附属高等学校で「トーク ＆ ディスカッション高校生物教科書を考える～カエルの形づくりを題材に～」という研究会が行われたので、参加してきました。話題提供者は橋本主税氏（JT 生命誌研究館カエルとイモリのかたち作りを探るラボ室長）でした。

今回の研究会は、一方的に講演を聞くというタイプではなく、「教科書で教えられていることとは違う橋本氏のモデルを実証するために橋本氏はどんな実験を行ったのか」ということを考えるという課題が与えられました。3 から 4 名のグループでディスカッションしながら、どんな実験をしたのか考えていくのです。参加者は 40 名ほどで、愛知県内の生物の先生方、生物教育研究所の先生方、名城大学附属高校の生徒が主な参加者でした。

カエルの発生で、フォークトの局所生体染色法から従来考えられてきたのは、原口から形成体の部分が陥入して背方へ伸びていき、その上部の細胞群を神経へと誘導するというものです。しかし、橋本氏のモデルでは、陥入した部分とその上部の部分がともに尾の方向に伸びていって神経を形成するというモデルです（図参照）。

このような講演形式は、橋本氏も初めてということでした。グループで論議しているところを橋本氏がまわってきましたが、橋本氏が思いつかなかったことまで発想する班もあったようで、いろいろな人が集まると様々なアイデアが出るようです。私の班も、「卵は球体なので、回転がしないようにして観察すれば？」ということが話題になり、橋本氏もそのようにしてまず観察してみたとのことでした。とにかく、「脳みそに汗をかこう！」とチラシに書かれていましたが、みんな真剣に考え、休憩時間も休憩よりも議論をしてしまうという様子でした。14 時開始の 17 時終了予定で、16 時 30 分から橋本氏が実際に行った実験が紹介されて聞き入ってしまいました。

今回の研究会では、普段教える側の教員がアクティブラーニング形式の授業の受講生になってみることと、論理的思考を行う重要性を実体験できました。初歩的な知識は必要ですが、それを覚えるだけではそのままで終わってしまいます。しかし、思考することによって話を聞くだけの場合より記憶に残ります。研究会終了後は懇親会になり、そこでも教育実践の交流や橋本先生とカエルについての話で盛り上がり、とても有意義なものになりました。



令和元年度 会務報告

平成 31 年 4 月より、松本筑摩高校の太田道章校長が会長を務められ、事務局は長野吉田高校から上田東高校に引き継がれました。

本年度は北信越理科教育研究大会長野大会を開催するとともに、来年度 8 月に開かれる日本生物教育会 (JABE) 第 75 回全国大会（長野大会）に向けて準備を進めてまいりました。

4 月 4 日	長野県高等学校科学協会への加入及び会費納入のお願い送信 県内各高校 (公立・私立) への加入の呼びかけ	事務局 太田会長
4 月 4 日	北信越各県事務局へ問合せ事項の発送	事務局
4 月 4 日	会計の通帳の代表者の変更	事務局
4 月 23 日	北信越大会打合せ (屋代高校)	太田会長、高澤副会長、 各事務局
4 月 26 日	第 1 回役員会案内送信	事務局
5 月 10 日	日本理化学協会役員名簿送信	事務局
5 月 12 日	日本理化学協会全国理事会出席 (東京理科大学　森戸記念館)	伊藤全国理事、事務局長
5 月 18 日	JABE 長野大会現地研修部会 (伊那北高校)	事務局 (信濃生物部会)
5 月 19 日	北信越理化学協会第 1 回理事会 (上田市)	太田会長、高澤副会長、 各事務局
5 月 22 日	JABE 全国支部長会　長野大会実行委員会	事務局 (信濃生物部会)
6 月 6 日	長野県高等学校科学協会第 1 回役員会 (上田東高校)	理事、役員
6 月 13 日	第 4 回 JABE 長野大会準備委員会（松本深志高校）	信濃生物部会
7 月 2 日	JABE 長野大会シンポジウム打合せ（豊科高校）	信濃生物部会
7 月 11 日	北信越大会打ち合わせ会 (屋代高校)	係担当者
8 月 1 日	長野県高等学校科学協会第 2 回役員会 第 59 回北信越理科教育研究会長野大会 (ホテル信濃路)	理事、役員
8 月 5 日 ～ 9 日	第 74 回日本生物教育会（JABE）全国大会（岡山大会）視察	信濃生物部会（北島匡晃部会長 他 10 名参加）
8 月 7 日 ～ 10 日	令和元度全国理科教育大会 (高知大会)	太田会長、西牧岳哉さん（松本深志）
8 月 21 日	JABE 長野大会会場視察（松本大学）	信濃生物部会 （大会運営部、事務局長）
10 月 1 日	『信濃生物部会だより』第 9 号（通算 78 号）発行　HP 掲載	事務局（信濃生物部会）
10 月 19 日	第 2 回化学専門部会 (信州大学理学部)	化学専門部
10 月 26 日	第 5 回 JABE 長野大会準備委員会（松本大学）	信濃生物部会

今年度の主な活動を振り返ってみます。

◆ 第 4 回日本生物教育会長野大会準備委員会

6 月 13 日（木）に松本深志高校において第 4 回 JABE 長野大会の準備委員会が行われました。今年度の岡山大会で発表する「長野大会案内」の内容や大会組織図や役割分担が検討されました。また、長野大会マスコットを決定。中野立志舘高校の生徒の案を元に制作され、長野県のフィールドを探索する登山スタイルのキャラクター「カモシカ先生」が誕生しました。この準備委員会を受けて、7 月末に坂城高校の大野義直さんによって長野大会 Web サイトが立ち上がりました。「日本生物教育会長野大会」で検索してください。今後この Web サイトから様々な情報を発信していきます。

◆ 第 59 回北信越理科教育研究会長野大会

本年度の長野県科学協会の県大会は、北信越理科教育会長野大会として、令和元年 8 月 1 日（木）・2 日（金）に長野市のホテル信濃路で行われました。

大会の様子は、大会事務局長の宮原喜美男さん（屋代高校）に報告していただきました。本誌38-39ページの研究会・研修会報告をご覧ください。

◆ 日本生物教育会第 74 回全国大会（岡山大会）

8 月 5 日（月）から 9 日（金）に IPU 環太平洋大学において全国大会が開催され、信濃生物部会からは、来年度の長野大会の視察を兼ねて、部会長の北島匡晃さん（箕輪進修高校）、両川尋一さん（豊科高校）、木下通彦さん（飯田 OIDE 長姫高校）、桑澤悟さん（松本県ヶ丘高校）、宮城佳子さん（松本美須々ヶ丘高校）、大谷隆典さん（松本蟻ヶ崎高校）、大石英一さん、倉石典広さん（伊那北高校）、宮澤豊さん（飯田風越高校）、大野義直さん（坂城高校）、青木豪児さん（松本深志高校）の 11 名が参加しました。

岡山大会の総会では、田中崇行さん（大町岳陽高校）と木下通彦さんが制作した長野県の自然環境を紹介する魅力的なプレゼン映像が上映され、長野大会を PR してきました。

◆ 第 5 回日本生物教育会長野大会準備委員会

10 月 26 日（土）に長野大会の主会場となる松本大学をお借りして、第 5 回の準備委員会が開催されました。この準備委員会で検討された事柄や準備の進捗状況等について、長野大会事務局長の両川尋一さんにまとめてもらいました。次の記事をご覧ください。

令和 2 年度 (2020 年度)　日本生物教育会 (JABE) 長野大会に向けて

大会事務局　両川　尋一 (豊科高校)

● 第 5 回準備委員会から

10 月の準備委員会では、青木さん (松本深志高校) と桑澤さん (松本県ヶ丘高校) に岡山大会の視察報告をしていただきました。さすがに長野大会まで 1 年を切り、では長野ではどのように長野らしさを出していくのかということも考えながらの視察報告でした。

準備委員会は、今回で 5 回目を迎えました。2016 年、最初の委員会を松本深志高校で開催して以来回を重ね、5 回目は信濃生物部会総会研究会に併せて松本大学で行いました。

委員会当日、長野大会の昼の弁当の試食会も行い、参加していただいた皆さんで 4 社のお弁当を食べ比べて投票で選びました。こんなちょっとしたことですが、信濃生物部会の先生方で弁当を食べて感想を言い合うなんて、何かほくそ笑んでしまった私でした。結局、2 日間の昼の弁当を 2 社に割り当てることにしました。

● 長野大会の準備は

さて、肝心の大会準備の進捗状況と今後の見通しです。10 月の準備委員会の午後、出席していただいた 40 名ほどの先生方と長野大会に向けての課題を確認し、それらをクリアするためにどのようにしていけばよいのか、また今後の見通しはどうかということについて共有しました。

大会日程を以下に示します。

	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
7 日（金）							全国理事会					
8 日（土）	受付 8:30 ～	開会式 総会	記念講演		昼食	研究発表	休憩	研究発表		移動	意見交換会	
					ポスターセッション・展示							
9 日（日）	受付 8:30 ～	シンポジウム	研修準備		現地研修（半日コース）							
		ポスターセッション・展示			現地研修（宿泊コース）							
10 日（月）	現地研修宿泊コース　1 泊 2 日コース											
11 日（火）	現地研修宿泊コース　2 泊 3 日コース											

11 月現在の一番の課題は、実行委員の増員です。これまで準備委員の 30 名ほどの先生方にご尽力いただいてきましたが、当然この数では大会運営は立ちいきません。特に 8 日と 9 日は 1 日の延べ人数が 100 名ほど必要となります。そのため、11 月中に実行委員を募集して、年度内には第 1 回実行委員会を開催する予定です。全国の生物教育の動向に触れる絶好の機会です。実行委員に加わって新しい流れをつかみ、人と人とのネットワークを作りませんか？

● 実行委員会の組織体制

次のような組織体制になります（括弧内は、実行責任者）。各部の準備の進捗状況と、今後の見通し等をそれぞれ記しておきます。

大会統括　（両川尋一：豊科高校）

目下の課題は、既述のとおり「実行委員集め」です。松本大学でおこなう 8 日の研究発表についても人員は相当数必要になります。現地研修・実験研修については、長野大会では巡検コースを 8 コース、実験実習コースを 1 コース開設する予定です。巡検については、それぞれのコースで 5 ～ 7 名ほどのスタッフが必要になります。全国から大勢の先生方に集まっていただくので、9 日夜の意見交換会 (懇親会) では、県内の地酒とムシ (！) を味わっていただくことを考えています。

総務部　（尾曽清博：松本深志高校）

主として渉外と会計を担当。県外参加者の受け入れ等については、旅行業者にお願いをしてあります。後援団体との調整にも当たっています。会計については、10 月時点で予算総額 330 万円でやり繰りをしていくように計画しています。これまで積み立ててきた特別会計をこの大会で使わせていただきます。

研究発表部　（大谷隆典：松本蟻ヶ崎高校）

特別講演は、信州大学の東城幸治教授。演題は「生物多様性の世界的ホットスポットの中のホットスポット～信州～」です。「東洋のガラパゴス」である日本の中でも、糸魚川静岡構造線で東西に分断される信州は、生物多様性の宝庫です。その「信州」について熱く語っていただくことになっています。

シンポジウムについては、コーディネーターを信州大学の中村寛志名誉教授にお願いし、「信州の生物多様性をいかに守っていくのか」というテーマで進めています。パネリストも揃いました。

口頭発表・ポスター発表については、長野県開催なので、県内の先生方や生徒の皆さんに積極的に応募していただきたいところです。研究発表については、以下の 4 分科会となります。

第 1 分科会：教材・実験観察に関するもの
第 2 分科会：生物教育・指導法に関するもの
第 3 分科会：自然・環境教育に関するもの
第 4 分科会：学術研究に関するもの

野外巡検部（木下通彦 : 飯田 OIDE 長姫高校）

令和元年 8 月に各コースでプレ大会（予行巡検）を開催しました。校務の傍らで何かと大変だったかと思いますが、来年に向けての確認は凡そできたのではないでしょうか。各コース、現在、3 ～ 5 名のスタッフが就いていますが、プラス α が必要です。当日、松本大学から参加者を案内するのに、バス添乗が 2 名、先回りして現地へ行く方が 2 名、コース案内で数名必要です。

以下のコースが設定され、それぞれに 20 ～ 30 名の参加者の受け入れを考えています。

【半日コース】
A　安曇野コース　（湧水群　天蚕センター　わさび農場　など）
B　霧ヶ峰高層湿原コース　（八島湿原　高原植生　など）
C　木曽水木沢天然林コース（原始の森　ヒノキ・サワラの大木　など）
D　実験研修　松本大学コース（ＳＮＰと体質）
【1 泊 2 日コース】
E　白馬・小谷コース　（栂池高原　ブナ極相林　など）
F　戸隠高原コース　（戸隠高原　カワシンジュガイ　など）
G　上高地コース　（大正池　明神池　水生昆虫　ケショウヤナギ　など）
H　乗鞍コース　（乗鞍高原　乗鞍岳　森林限界　ライチョウ　など）
【2 泊 3 日コース】
I　志賀高原・カヤノ平コース（高層湿原　亜高山針葉樹林　ブナ林　など）

記念誌部（岩崎靖 : 顧問・大石英一 : 伊那北高校）

記念誌としてフィールドガイド『信州の夏休み』を発行して参加者に配付し、長野大会の巡検でも利用します。観察コースを巡りながら、観察ポイントで「観察してみよう」「チャレンジ」などの活動を行いながら探究的に自然を観察する構成です。県内で 17 箇所のフィールドを掲載予定。生徒とともにフィールドを歩く際に使える携帯型ガイドブックです。自然観察の「目のつけどころ」にこだわっています。3 月末までに校正を終了する予定で編集作業を進めています。

大会運営部　（桑澤悟：松本県ヶ丘高校）

岡山大会から戻ってきてから、早々に会場となる松本大学を訪問しました。6 名のスタッフで教室やスペースをどうやって利用するのか、岡山大会の様子を想起しつつ、実際の長野大会をイメージしながら考えてきました。パソコン、プロジェクター、提示装置等の設備面では問題はありませんでした。大会要項の編集に苦慮することは予想されますが、担当部署と連絡を取り合い、長野大会公式 Web サイトにあげる情報について、3 月中には確定したいと思います。

● 事務局長のつぶやき

思い起こすと 2013 年、木曽地区で旧信濃生物会総会を開催したとき、長野大会開催を決定しました。あれから 6 年が経ちます。日本生物教育会事務局の方々に長野へ来ていただいたり、長野大会事務局で松本大学へ出向いたりと、大会開催に向けて動いてきました。

長野でやるからには長野らしさを出しつつ、今後の長野県の生物教育発展に寄与するようにと考えています。しかし、ここが肝腎ですが、ある意味気楽に、同好会的に、皆さんでわいわい創造 (つく) っていければよいなと思います。

皆様のご協力を、何卒よろしくお願いいたします。

令和元年度 長野県高等学校科学協会　役員（敬称略）

役員		氏名	所属校	備考
会長		太田　道章	松本筑摩高等学校	全県
副会長		高澤　邦明	屋代高等学校	北信
		清水　久樹	小海高等学校	東信
		守屋　郁男	諏訪二葉高等学校	南信
		青木　修一	穂高商業高等学校	中信
信濃生物部会長		北島　匡晃	箕輪進修高等学校	全県
信濃生物副部会長		平出　保	阿智高等学校	全県
信濃生物副部会長		守屋　郁男	諏訪二葉高等学校	全県
全国理事		伊藤　浩治	坂城高等学校	北信
理事	北信	西澤　秀夫	須坂創成高等学校	高水・須坂
		水津　潤	長野高等学校	長水
		宮原　喜美男	屋代高等学校	更埴
	東信	小池　裕也	上田千曲高等学校	上小
		赤羽根　弦	蓼科高等学校	北佐久
	中信	西牧　岳哉	松本深志高等学校	松塩筑
	南信	大石　英一	伊那北高等学校	上伊那
		酒井　幸雄	飯田高等学校	下伊那
監事	会計監査	西牧　岳哉	松本深志高等学校	前々事務局長
		宮原　喜美男	屋代高等学校	副会長校
幹事	事務局長	堀　知幸	上田東高等学校	事務局校
	副事務局長	清水　政之	上田東高等学校	事務局校
	副事務局長	尾曽　清博	松本深志高等学校	信濃生物部会事務局校
	副事務局長	青木　豪児	松本深志高等学校	信濃生物部会事務局校
	会計	渡邊　絵	上田東高等学校	事務局校
理化学部会専門部	物理専門部長	波多腰　啓	諏訪清陵高等学校	全県
	同　副部長	奥原　靖彦	長野県教育委員会	全県
	化学専門部長	市原　一模	諏訪清陵高等学校	全県
	同　副部長	服部　薫	丸子修学館高等学校	全県
	地学専門部長	小林　和宏	上田高等学校	全県
	同　副部長	酒井　幸雄	飯田高等学校	全県
	ICT 専門部長	北原　勉	伊那北高等学校	全県
	同　副部長	中村　祐介	木曽青峰高等学校	全県
顧問		藤江　明雄	前年度会長	
		小池　良彦		
		岩崎　靖		
		石川　厚	信州大学理学部准教授	
北信越大会事務局		宮原　喜美男	屋代高等学校	
日本生物教育会長野大会事務局		両川　尋一	豊科高等学校	

編集後記

今年度は８月に北信越理科教育研究会「長野大会」が長野市で開催され、来年度８月には日本生物教育会「長野大会」が松本大学を主会場にして、県内各地で巡検を展開します。全国の科学教育の動向を知り、他県の皆さんとの交流を深める絶好の機会が訪れています。会誌第４号でも、北信越理科教育研究大会で発表された実践報告を掲載するとともに、日本生物教育会全国大会に向けて進められている準備の状況をお伝えします。

生物教育大会の参加者へこの会誌を記念品として配付するため、今号はあえて生物分野の記事を多く掲載しました。御子柴佳子さんからは DNA の抽出実験に関する原著論文が寄せられ、清水将太さんにはハサミムシ目昆虫の比較発生学の研究成果をわかりやすく伝えてもらいました。三石友規さんの野鳥写真は、冬鳥が今回のテーマ。また、来年の長野大会で巡検の責任者を務める木下通彦さんのインタビュー記事を載せました。

登内美枝子さんは５年連続して「理科実習教員基礎講座」を高遠高校で開講し、ご自身の豊富な知識と経験と思いを後輩へ伝授してきました。小山由美子さんに、その研修会の様子と登内さんの思いを伝えてもらいました。登内さんのように、ベテランから若手へ科学教育のバトンを手渡すこと、これこそが本誌の果たす重要な役割の一つだと思いながら会誌を編集しています。

（6464 記）

会誌編集委員会

委員長　岩崎 靖
波田腰 啓（諏訪清陵高等学校）　物理
田中 孝志（上伊那農業高校）　化学
金井 悠二（高遠高等学校）　化学
倉石 典広（伊那北高等学校）　生物
田中 崇行（大町岳陽高等学校）　生物
勝家 康太郎（伊那北高等学校）　地学

長野県高等学校科学協会誌　第４号

2020 年（令和２年）２月１日 発行

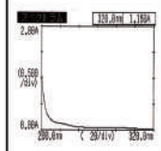
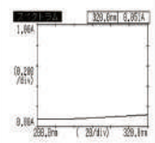
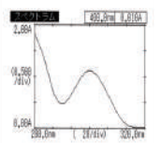
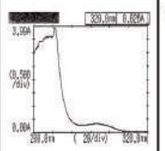
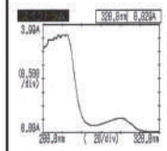
発 行 人　太田 道章
発 行 所　長野県高等学校科学協会　令和元年度事務局
〒386-8683　長野県上田市常田3-5-68 上田東高等学校内
Tel 0268-22-0101（代表）Fax 0289-23-5170

JOURNAL OF THE NAGANO HIGH SCHOOL SCIENCE ASSOCIATION

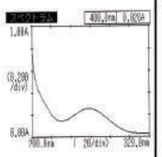
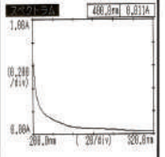
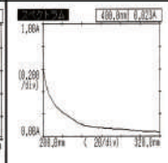
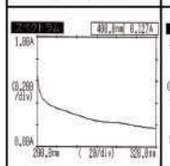
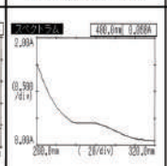
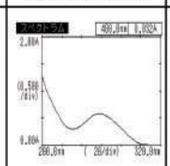
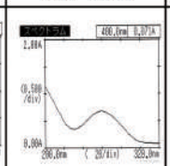
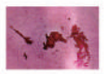
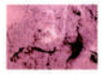
●表紙写真・本文デザイン
土田 智　アトリエリム デザイナー ／ 清泉女学院大学・短期大学 兼任講師
水槽に偶然紛れ込んだというクラゲのポリプから始まった、奇跡の水族館、山形県にある世界一のクラゲ水族館「加茂水族館」での１枚です。

御子柴 佳子（下諏訪向陽高等学校）「高等学校生物におけるDNA の抽出実験について」（本文 2-7 ページ参照）

1 対照群として用いた物質のUV吸収スペクトル、ジフェニルアミン試薬および酢酸オルセイン溶液におけるDNAの存在確認

検査項目	対照群				
	スクロース	デンプン	核酸サプリメント	コラーゲンサプリメント	卵白
UV吸収スペクトル					
ジフェニルアミン試薬	スクロース濃度 低　高 				
酢酸オルセイン溶液（ろ紙）					

2 各界の生物から得られたエタノール沈殿物の UV 吸収スペクトル、ジフェニルアミン試薬および酢酸オルセイン溶液におけるDNAの存在確認（抜粋）

モネラ界	原生生物界	植物界			
納豆菌	ワカメ（芽株）	ネギ（花芽）	カリフラワー（花芽）	グレープフルーツ(ジュース)	バナナ(果実)
測定結果なし	測定結果なし	測定結果なし			
植物界	**菌界**	**動物界**			
イチゴ(果実)	ブナシメジ(子実体)	スケソウダラ（精巣）	ホタテ（精巣）	アンコウ(肝臓)	サンマ(身)
				測定結果なし	測定結果なし