

科学的な見方・考え方を磨く実験・観察の実践

－課題解決力や探究力を育てる理科教育をめざして－

教科研究センター 理科教育課

上中一司 勝木知昭 吉村公彦 橋本貴志 ハウカ佐由里

理科教育課では、サイエンスラボの運営および特別研究員の活用を通して、科学的な見方・考え方を磨く理科教育の研究を行っている。今後求められる探究の過程を重視した理科授業の在り方を探るとともに、教育総合研究所として学校現場とどのように関わっていくのか、本年度の実践における成果と課題をもとに、今後の方向性について模索する。

〈キーワード〉 科学的な見方・考え方、探究力、課題解決力、実験配信、双方向

I はじめに

サイエンスラボでは、遠隔授業・研修システムを利用した実験配信、東大・京大の研究者に学ぶ講座、高度な実験機器を活用した生徒研究支援の3つを柱とした事業を展開している。また、特別研究員による福井県の理科教員のスキルアップを目指した高等学校理科教員研修を行なっている。昨年度の課題を踏まえて開発・改良を行った実験・講座を紹介するとともに、アンケートを基に、設定したねらいに対しての客観的な評価を行い、来年度への課題を探った。

以下、「学校に対する理科の実験支援」「高校生に対する理科の実験・研究支援」「福井県の理科教員のスキルアップ支援」の3つの項目について、実践の成果と課題、改善策について考察する。

II 遠隔授業・研修システムを利用した新たな理科実験の提案

1 概要

教育総合研究所に新設されたサイエンスラボでは、県下の小中学校・高等学校の理科授業に向けて実験配信を実施している。

双方向通信を用いた授業実践例はきわめて少ない。研究所の職員のみならず、あらゆる分野の専門家との連携を模索し、双方向通信の魅力を生かした科学的な見方・考え方を磨ける配信内容を研究している。今後さらに各校に効果的な支援を行っていくためには、配信内容の質の向上が必要不可欠となる。

そこで、本年度開発および改良を行った配信内容について、制作意図とアンケートの比較により評価を試み、今後の配信内容の在り方について考察した。

2 本年度の配信実績

(1) 実験配信一覧

現在、表1のように、小学校9実験、中学校20実験、高等学校23実験が配信できる状態にある。また、配信においては、授業進度への配慮や、遠隔授業・研修システムの双方向性を生かした活用方法、思考の深まりを促す課題の設定などを考慮し、配信時間や内容を当該学校のニーズに合わせるようにしている。

表 1 各学校への配信内容

小学校【新規】		中学校		高等学校	
小 3	光をはね返す、集める 昆虫の観察	中 1	微生物の観察 食塩の融解 【改良】塩素の性質 微化石の観察 火山灰の観察	物理	ばね振り子 x-t グラフ 弦の定常波 コンデンサーの充放電 運動のコンピュータ計測 電子のらせん運動 光電効果
小 4	水のすがたと温度 ものあたたまり方	中 2	ダイヤの燃焼 テルミット反応 鳥心臓の解剖 【新規】ブタ腎臓の解剖 メダカの血流 日本海側の雲のでき方 【新規】心音図・心電図	化学	中和滴定曲線 トリチェリの水銀柱 塩化ナトリウムの融解 酸化還元滴定
小 5	微生物の観察 メダカの誕生 流れる水のはたらき	中 3	アルカリ金属と水の反応 【新規】酸とアルカリの中和 花粉管の観察 運動のコンピュータ計測 熱の伝わり方 音の共鳴でコップ割り H α 線で太陽の観察 新技術	生物	【新規】ミトコンドリアの観察 細胞分画法 細胞小器官の観察 【新規】光合成と光 PCR 法 細菌の培養 植物組織の培養法
小 6	メダカの血管と血液の流れ 流れるマグマ			地学	噴火実験 ブルーム リップルマーク 化学進化とアミノ酸生成 砂箱実験 H α 線で太陽の表面観察

(2) 配信実績

平成 30 年度は、小学校 58 校、中学校 24 校、高等学校 27 校 のべ 109 校の生徒への実験配信を行った。(表 2)

表 2 校種別地区別配信実績 (平成 31 年 1 月 4 日現在)

	坂井地区	福井地区	奥越地区	鯖丹地区	嶺南地区	県立国立	合計
小学校	16	24	0	1	17	0	58
中学校	16	8	0	0	0	0	24
高等学校	3	6	0	18	0	—	27

各地区に実験配信の説明を行った効果もあり、本年度は 109 件のうち 56 件は学校からの積極的な申込みで、9 件は昨年からの継続的な申込みであった。しかし、44 件は研究所が呼びかけた学校への配信であった。課題としては、県内の学校に広く浸透しているとはいえず、実験配信という新しい授業の形式に対する理解と認知がまだまだ不足している。今後も配信校のネットワークを形成するなどして、実験配信の説明をし、より多くの学校や先生方に理解され、活用されるよう努めていきたい。また 53 件の配信において、音声や映像が途切れたり、通信が遮断したりといった課題があった。今

後、通信環境を改善し、配信内容の充実を図り、魅力ある実験開発を行っていききたい。

配信内容を分野ごとにまとめると、物理 7 件、化学 14 件、生物 56 件、地学 16 件、その他 16 件となった。生物分野では、観察や解剖があり、材料提供を行い、双方向通信によってラボと共同実験するという形式が学校のニーズに合っていたと考えられる。特に学校にはない高度な機材での鮮明な映像（図 1）と専門的な解説の提供が好評であった。



図 1 デジタル生物顕微鏡によるメダカの卵の観察

3 配信内容

以下に、本年度開発・改良を行った各実験配信について、配信のねらいと概要、配信内容の評価等を示す。なお、小学校向け実験配信については、本年度の配信に向けて各学年 2 種類以上の開発を行ったが、地球領域の 2 配信を取り上げた。

(1) 小学校 5 年生「流れる水のはたらき」(図 2)

① 配信のねらい

人工の水の流れをつくったモデル実験を通して、水の速さや量など、条件を制御しながら土地の変化を調べ、流れる水のはたらきと土地の変化との関係について捉えることができる。

② 配信概要

- ・雨どいに流す水の量を変え、流れる水の速さを比較する。
- ・2つの流水実験器を使い、まっすぐな川に流れる水の量を変え、流れる水のはたらきを観察し比較する。
- ・2つの流水実験器を使い、曲がった川に流れる水の量を変え、流れる水のはたらきについて観察し比較する。
- ・福井豪雨の被害の様子を見ながら、防災について考える。

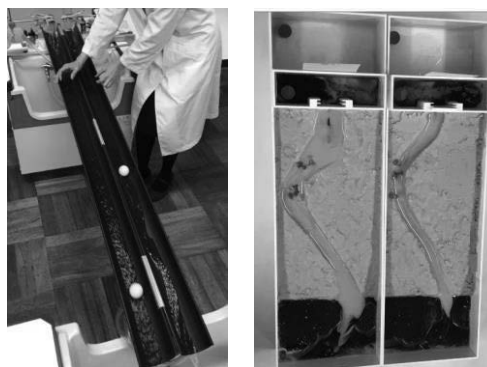


図 2 「流れる水のはたらき」実験の様子

③ 配信結果

通信不具合により、この教材は出張授業を行った。実施後、先生方からは、「準備時間や経費の関係で満足に行うことができない実験を行ってもらえるのはとてもありがたい」「実験の精度も学校現場以上のものがあり、児童の理解度も上がると考えられる」「非常にわかりやすく、見応えのある実験ばかりでした 子どもたちも興味・関心をもって、授業に取り組むことができました」という感想を頂いた。流れる水の速さや量に着目させ、条件制御の考え方を働かせながら実験を構想させたり、児童の発言に応じて実験の見せ方を変えたりするなど、やりとりを重視した授業展開ができた。また、演示実験として行ったため、実験器具の細部を見やすくするために、ICT 機器を用いて拡大するなどの配慮を行った。

(2) 小学校 6 年生「変わり続ける大地（火山活動）」(図 3)

① 配信のねらい

砂を高温で融解させてマグマのような状態をつくり、火口から流れ出る溶岩流の様子を再現する実験を通して、火山の活動について理解を深めることができる。

② 配信概要

- ・七輪を加工した炉で砂を加熱融解し、マグマのような状態をつくった。また、そのときの様子を観察し、温度をサーモカメラで測定した。
- ・旗や水を張った容器を木や湖に見立てた砂山に、融解した砂を流し、融解した砂の流れや旗の変化、容器中の水温の変化を観察した。



図3 「変わり続ける大地（火山活動）」実験の様子

③ 配信結果

この実験は、福井大学教育学部地学教室の三好雅也 准教授からご教示頂いたものである。児童からは、「マグマの色や温度がわかった」「七輪で1000度までの高温をつくりだせるということにおどろいた」「サーモカメラを使うとマグマの温度がはかれることがわかった」「旗が一瞬にして燃えてしまったことにおどろいた」などの感想があった。このモデル実験では、マグマの様子や溶岩の流れる様子について多面的に考えることができ、さらにサーモカメラなどの機器を用いることで、火山活動と温度とを関係付けることができる。地学分野では、実際に野外で観察する機会をもつようにするとともに、映像、模型、標本などの資料を活用し、自然現象を捉えさせることが求められているが、実際には野外観察はおろか模型等の準備も困難な場合がある。モデル実験の提供は、児童生徒の理解を深めるのに効果的である。

(3) 中学校2年生「心音図・心電図」(図4)

① 配信のねらい

自分の心臓のはたらきについて興味をもち、意欲的に心音図や心電図の測定を行い、心音の正体について探究していく中で、心臓の動きについて理解を深めることができる。

② 配信概要

聴診器とスピーカーを用いて、自分の心音を聞き、どこから音が出ているのか考える。

- ・オシロスコープを用いて、心音を波形で表示し、音と比較する。
- ・電極パッドとオシロスコープを用いて、心臓の活動電位を表示する。
- ・心音図と心電図を比較し、心臓の動きを推測する。

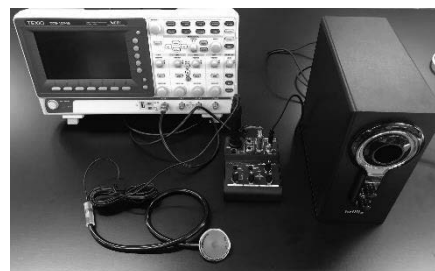


図4 心音図測定装置

③ 配信結果

この実験配信は、「動物のからだのつくりとはたらき」において、解剖せずに自分の身体を調べる実験として、東京学芸大学理科教員高度支援センター吉野正巳教授とともに開発を行った。授業担当者や見学者からは、「おおむね心臓の音の正体や医療への応用につながる発展授業ができた」「自分の心音を聞き、心音や心電図の波形を取ることで生命の素晴らしさ、神秘さを感じる事ができていた」「聴診器やオシロスコープ、心電図など学校内では使えない実験装置を使えたことは、生徒の“やりたい”を喚起することにつながった」と感想を頂いた。また、生徒からは、「理科の実験は自分の考えを新しくすることができるのだと思いました」「普段健康診断で心電図を見ていたが、改めて心電図の凄さが分かった」など、心臓の働き以外にも科学的な手法や医学とのつながりを知るなど、理科を学ぶことの意義や有用性が実感できたことがうかがえる。また、高度な機器を用いての実験提供は、生徒の興味関心を高めると考えられる。

(4) 中学校1年生「塩素の性質」(図5)

① 配信のねらい

身近にあるものから有毒な気体が発生することに気づくとともに、塩素の特徴に気づき、性質を説明することができる。

② 配信概要

- ・家庭用洗剤・漂白剤を液性から分類し、「まぜるな危険」の表示から実験の導入を行う。
- ・酸性洗剤と塩素系漂白剤を混ぜ、塩素を発生させ、変化の様子を観察する。
- ・ピーカーに捕集した塩素に植物の葉や紙テープを入れ、脱色作用を確認する。

③ 配信結果

配信時間は15~20分程度で、授業の一部を支援する形で配信した。アンケートには「身近にある漂白剤や洗剤に書かれている危険という文字を見たことはあったけど、本当に危険なことが分かった」「普段できない実験やその危険さを味わうことができた」という感想があった。毒性のある塩素を発生させるという、学校では実施しにくい実験を配信することで、身近にある化学変化やその危険性について、関心が高まったと考えられる。



図5 塩素による漂白作用の様子

(5) 中学校3年生「酸・アルカリとイオン」(図6)

① 配信のねらい

中和の際の pH 曲線と指示薬の変化を同時に見ることにより、化学変化を微視的レベルと巨視的レベルで捉え、相互の関連付けを行うことができる。

② 配信概要

- ・中和滴定装置と及びセンサーの紹介とグラフ(pH-滴数)の見方を説明
- ・中和($\text{HCl} > \text{NaOH}$)における pH と指示薬の変化から、ピーカー内のイオンのようすを考える。
- ・中和($\text{HCl} \leq \text{NaOH}$)における pH と指示薬の変化から、ピーカー内のイオンのようすを考える。
- ・HCl と NaOH の中和について、粒子のようすをアニメーションで説明

③ 配信結果

実施後、授業担当者からは、「生徒の食いつきが良く、ただの映像と違い、細かい点まで要求して、実験を見せることができることに魅力を感じた」と感想を頂いた。指示薬だけでは、変色域前後の pH 変化しか確認できないが、滴定曲線の変化も合わせて見ることで、酸と塩基を混合し始めた直後からの中和反応が実感できたと考えられる。

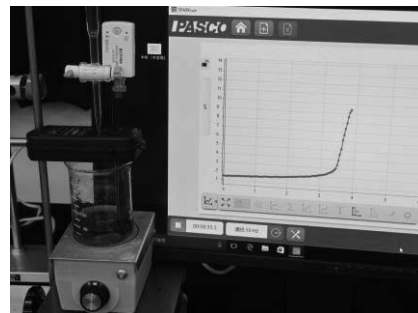


図6 滴定曲線の配信映像

(6) 高校2年生「ミトコンドリアの観察」(図7)

① 配信のねらい

ミトコンドリアの観察において、TTC 試薬によるミトコンドリアの染色と脱水素反応との関係性から水素に注目させ、ミトコンドリアや葉緑体の代謝の特性について理解を深めることができる。



図7 ミトコンドリアの染色映像

② 配信概要

- ・ほおの中の細胞、オオカナダモの細胞のミトコンドリアを観察し、ほかの細胞小器官と大きさを比較する。
- ・ミトコンドリアと TTC 試薬の反応を観察し、ミトコンドリアの働きを確認する。
- ・葉緑体と TTC 試薬の反応を観察し、葉緑体の働きを確認する。

③ 配信結果

この実験は、学校では扱いにくい TTC 試薬を用いてミトコンドリアを観察でき、大きさや数の確認だけでなく、水素の存在に着目することで、細胞小器官の代謝の違いにまで踏み込んだ考察ができる実験であった。アンケートには、「ツンベルグ管にアルミホイルが巻いてあるのは、葉緑体に光が当たると水素が発生することを防ぐためだとわかった」という感想があり、実験を通してミトコンドリアと葉緑体の代謝において水素が関係していることが実感できたと考えられる。

(7) 高等学校生物基礎「光合成と光」

① 配信のねらい

光の色と見え方に関する物理現象と関連付けながら、葉緑体が吸収しやすい光の波長について理解を深めることができる。

② 配信概要

- ・赤・青・緑の色紙に、固定波長（470nm・530nm・660nm）の光を当てたときの見え方を確認する。
- ・カラムクロマトグラフィーによる色素抽出の方法を見る。
- ・抽出した色素を透過する光を、直視分光計および分光光度計で測定する。

③ 配信結果

この配信では、色紙に光を当てたときの見え方の違いから、葉緑体の色素が何色の波長の光を吸収しやすいか考察した上で、吸収された光の波長を直視分光計や分光光度計で測定する実験を行った。生徒の感想には、「緑の葉が青や赤の光を吸収しているというのは目に見えないけれど、今日の実験では明らかに青や赤の波長の光が吸収されているのが確認できて面白かった」とあった。生物の学習において物理分野ともいえる実験と関連付けるといふ、科目横断型の手法で理解を深めることができた配信となった。

4 本年度の成果と課題

(1) 本年度の成果

本年度の実験配信を振り返り、実験配信の成果を次のように挙げる。

① ティームティーチングによる学習指導の充実について

小学校への配信では、中学校や高等学校の配信に比べ、学年や学習内容に応じた問題解決力の育成に重点を置いた展開の要望が多かったことから、深い理解につながる新しい ICT 教材としての取組みであるといえる。例えば、児童実験をサイエンスラボによる実験によって検証したときは、授業担当者のファシリテーションによって児童との双方向のやりとりが行われた。また、その場で児童が実験の条件を設定し、サイエンスラボで実験を行うなど、臨機応変な対応ができたことも実験配信の魅力であるといえる。授業担当者と連携・協力し、サイエンスラボ所員がゲストティーチャーとして専門的な説明や解説を担い、授業担当者とうまく役割分担がなされることも、実験配信の活用方法であるといえる。

② 授業担当者の意向に沿った教材の開発および情報提供について

学校では扱いにくい実験の提供は、児童・生徒にとって興味関心や理解を深めることに効果的であった。また、サイエンスラボでは、各校種・各分野担当が協力し、実験を開発することが可能である。授業展開において授業担当者が構想した実験や教材について、研究や開発を行い、実験配信として提供することは、理解が深まる取組みといえる。実験配信の事前打合わせにおいて、授業担当者の構想する授業展開に、条件制御やグラフ化など、全国学力学習状況調査やSASA（福井県学力調査）での課題を克服するための内容を盛り込めることも、調査機関に併設されたサイエンスラボの強みであるといえる。

(2) 次年度に向けた課題

① 実験配信における事前打合わせについて

実験配信の提供において、授業展開の流れや授業中におけるサイエンスラボ所員と授業担当者の役割分担、貸与した機器の操作説明など、実験配信に向けて十分な打ち合わせを要する。このことは、授業担当者が構想する授業展開に沿った配信内容を提示するためにも必要であるが、配信内容の細案や機器操作のマニュアルを提示するなどして、打合わせの負担を軽減するなど今後の検討が必要である。

② 実験の提供方法について

本年度、マグマのモデル実験の提供については、実験配信と出張授業の2つの方法での提供を行った。実験方法の説明や解説、色やその変化、サーモカメラ等を用いた温度測定など、実験配信による提示と直接の提示に遜色はなかった。むしろ、実験配信での提示は、カメラによる画像補正や情報の焦点化、安全面で良いといえる。しかし、自然現象などのダイナミックさを感じさせたりするため、臭覚や皮膚感覚などを刺激し理解を深めるような実験については、映像を通して伝えることはできない。実際に直接見た児童の感想からも、「間近で見たかった」といった感想があり、実験の特性を最大限に生かした提供方法として、実験配信だけでなく、サイエンスカーによる出張授業などの形態も検討が必要である。今後も学校現場のニーズに応えるべく、実験の支援について模索が必要である。

本年度制作した実験配信を例に挙げて配信内容のあり方について考察したが、実験配信の活用を広げるには、いかにして学校現場のニーズに合わせた実験の提供を行うかが鍵になってくる。児童・生徒の興味関心を高めるための新しい実験については、今後もあらゆる分野の専門家との連携により、情報収集や教材研究を行っていく必要がある。

Ⅲ 生徒に対する理科の実験・研究支援

1 アドバンス実験講座

本講座は、高校の希望者を対象に、サイエンスラボの高度な実験機器や実験装置を活用して、科学的な思考力を高める支援を行うことを目的とした講座である。高校の発展レベルから大学レベルの実験を、物理、化学、生物の各分野で5回ずつ実施した。各講座ともに、昨年度の課題を踏まえつつ、実験を通して知識・技能や科学的に探究する力を養うための実験の在り方を探ることも講座のねらいとした。以下、各分野での取組み等をまとめる。

(1) 物理分野

① 昨年度の課題と本年度の講座概要

昨年度の課題として挙がっていた、理解度が異なる集団が同じ実験を行うことで起こる実験内容の理解の差については、参加者を1年生と想定して実験内容を設定することで対応した。このことで2、3年生の満足度が低くなることも懸念されたが、実際は、2、3年生は自らの復習と、理解が追いつかない1年生へのサポートをすることで、理解度が増したと考えられる。

5回にわたって実施した具体的な実験内容を次に示す。第3～5回は昨年度実施した実験と同じであるため、詳細は省略する。

- ・第1回「ループコースターの当て」（平成30年度新規実施内容）
教育総合研究所の特別研究員であり、NHK高校講座物理基礎講師 川角博氏が考案された、生徒実験を元に開発した実験である。配線レール4、5本を加工してアップダウンのあるコースを製作し、そのコース上から直径10mm程度のプラスチック球を飛び出させ、A4サイズの的に着地させるために法則性を見出し、コースやプラスチック球のスタート地点を調整する。（図8）
- ・第2回「力学的エネルギー保存則」（平成30年度新規実施内容）
直径10mmの鉛製のおもりを長さ300mmの糸でつるして、振り子を製作する。おもりを引き上げて手を離し、おもりが最下点を通過するときの速さを簡易速度測定器で測定し、おもりの速さとスタート地点の高さの関係を考察した。この二つの量は二乗に比例する関係であるため、その関係を見出すためにはグラフの軸を速さの二乗で設定することが必要である。このグラフの軸を目的によって変化させるスキルを身につけることがこの実験の目標の一つである。
- ・第3回「オシロスコープの基本操作」
- ・第4回「超音波波長からどのようにして音速を測定するか」
- ・第5回「自作圧力計を用いた蒸気圧曲線の測定」



図8 ループコースター
的当ての様子

② 生徒の反応と今年度の課題

生徒アンケートによると、満足度の平均は5段階で4.75であった。年間通しての感想でも肯定的な内容のみであったことから、満足度は高いといえる。具体的な感想は次のとおりである。「学校ではなかなか使うことができないような機器を使って実験するのがとても面白かった」「とても面白く、さらに理解を深めることができた」。

実験のありかたについて明らかになった課題は、実験の目的を明確にする導入の工夫である。生徒が分かっていることを確認する中で、実は分かっていないことがあることに気づき、今から行う実験が課題を解決する上で必要であることを生徒自身が見出すことが重要であることを感じた。これがしっかりしていることで、生徒の成長の度合いが大きく異なると感じた。学校現場でも同様のことが考えられる。

(2) 化学分野

① 昨年度の課題と本年度の講座概要

昨年度からの課題は、身近な物質に対する探究活動を通して、科学の方法と化学の理解を深めていく実験の開発であった。そこで、身近なものの分析実験を中心に、課題解決能力の向上を図るため、全5回のうち2回を新規に開発し、それ以外も内容や展開を一部変更した。以下にその内容を示す。なお、昨年度同様の内容については省略してある。

- ・第1回「吸収スペクトル入門」
- ・第2回「水中の硝酸イオン・亜硝酸イオンの分析」（昨年度第5回の内容を一部変更）
紫外可視分光光度計を使用するため、第1回と関連づけるため第2回に実施した。亜硝酸塩が人体に及ぼす影響について触れ、身近な物質として、ウイナーのゆで汁を未知試料とし、食品添加物に含まれる亜硝酸イオン濃度の分析を行った。
- ・第3回「陽イオンの定性分析」（平成30年度新規実施内容）
代表的な金属陽イオンの反応性を確認する実験を行い、その結果を基にして、未知試料の分析方法（加える試薬の種類や順番）を班ごとに自分たちで考え、分析結果や考察を発表する活動を取り入

れた。高校でも実施することが多い実験であるが、実験時間を十分にとることで、探究的に取り組むことをねらいとした。

・第4回「中和滴定」（平成30年度新規実施内容）

pHセンサーと、タブレットのグラフ作成アプリを用いて、中和滴定と同時に滴定曲線を作成する実験を行った。予想した滴定曲線の形状とは異なる滴定曲線が作成されたことについて、酸・塩基の特徴との関連性を考察した。（図9）



図9 中和滴定の様子

・第5回「キレート滴定」（昨年度第2回の内容を一部変更）

ミネラルウォーターの飲み比べなどの実験から、硬水と軟水の違いを確認した。その後、硬度という指標の考え方について、キレート滴定を行いながら理解を深める活動を行った。

また、実験の手法として、見通しをもつことを主眼において行った。

② 生徒の反応と今年度の課題

生徒アンケートによると、年間を通しての満足度の平均は5段階で4.74であった。また、「学校ではなかなかできないような実験ができてよかった」「化学への興味がより強くなった」などの感想が多く、満足度が高いことがわかる。さらに、「自分たちで考えて実際にやってみる活動はとてもよかった」「予測を立てた上で実験をし、結果から原因を探ることが重要だということを知った」「本質から理解しようとする癖がついた」などの感想もあり、科学の方法と化学の理解という点において、一定の効果があつたものと考えられる。

次年度への課題としては、物理分野と同様に、実験の目的を明確にする導入の工夫である。身近な物質と関連づけた上で、実験の必要性を見出させ、見通しを持った探究的な活動に展開していくような課題の設定が必要である。

(3) 生物分野

① 昨年度の課題と本年度の講座概要

昨年度からの課題は、理解を伴った実験操作を行うことである。高度な生物実験は、多様な機器類を用いて、pHや温度、濃度といった諸条件の調節や操作を行うなど、複雑で繊細な実験である。そこで、全講座を通して、実験手順の意味を理解する時間を十分にとり、操作において扱う生物や物質の特性を理解しながら実験が行えるよう講座の設計を行った。また、条件設定や操作方法など、探究的に活動ができるよう、5回のうち2テーマを新たに開発した。以下、実施した内容を示す。ただし、昨年同様の内容については省略する。

・第1回「細胞分画法と細胞小器官の観察」

・第2回「プロトプラストの作成と実験」

・第3回「酵母菌の呼吸を科学する」（平成30年度新規実施内容）

パン酵母、ワイン酵母、ビール酵母のアルコール耐性を調べる実験である。アルコール濃度、実験時間等を自由に設定し、また、濃度計算から試薬の調合まで各自で行うなど、探究的に実験の設計・管理をすることで、実験操作の意味を理解し、実験結果に対して責任を持って考察ができるようにした。（図10）



図10 アルコール発酵の様子

・第4回「大腸菌の培養と遺伝子組換え」

・第5回「フィンガープリンティング」（平成30年度新規実施内容）

犯罪現場のDNAと容疑者5人のDNAを照合するという設定で、DNAを制限酵素で切り、電気泳動によって判別する実験を行った。電気泳動の原理、DNAの性質などを理解し、関連づけて考察することができないと正しい判断ができず、実験操作の意味の理解度が重要な実験となっている。

② 生徒の反応と今年度の課題

成果としては、生徒アンケートでは、満足度の平均が5段階で4.86であった。また、「手順の意味を考えながら取り組めた」という感想もあり、見通しを持った生物実験ができていた。

課題については、昨年度に比べて、実験の結果や考察について発表する時間を十分にとることができなかつた点である。他者の意見を収集することで、妥当性を検討したり再構築したりするような活動に考慮した時間配分を考えていき、「主体的・対話的・深い学び」を生物講座で実現していく必要がある。

2 東大・京大等の研究者に学ぶ研究講座

最前線で活躍する研究者から指導を受け、本物の科学技術や研究に触れる機会を設ける目的で講座を実施した。昨年に引き続き、東京大学と京都大学から研究者を招き、昨年度の課題を踏まえながら、次の2つの講座を実施した。以下、講座ごとの取組み等をまとめる。

(1) 東京大学の研究者に学ぶ講座

① 昨年度の課題と本年度の講座概要

昨年度の実践から、生徒に与えるミッションの適正化、二つ目は缶サット実習を指導する指導者としてのノウハウの取得と伝達が課題としてあげられた。特に、生徒に与えるミッションについては、缶サット全国大会の出場団体の多くが電子制御を利用しており、電子機器操作を必要とするプロジェクトに発展させる必要がある。そこで、本年度は、電子機器を導入するために、生徒に提示するミッションの中にセンサーによる観測結果の分析を加え、以下のように実施した。

<缶サット実習>

- 日時 7月21日(土)、7月22日(日)、7月28日(土) 午前
- 対象 中学生および高校生(参加者:中学生22名、高校生9名)
- 講師 東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学教授 中須賀真一 氏
- 協力 福井工業大学 ふくいPHOENIXプロジェクト
- アシスタント 東京大学大学院工学系研究科 航空宇宙工学研究科 学生2名

<缶サット ミッション>

降下時間	パラシュートの空気抵抗と缶サット本体の重量を調整し、目標値の13秒に近づける。
着陸姿勢	空き缶を使用した缶サット本体を、着陸時に直立させる。
風船割り	着陸と同時に、缶サットに備え付けた風船を割る。
パラシュート展開時間の表示	缶サットに搭載した各センサー(加速度、温度、気圧、照度)のデータから、パラシュートが展開した時間を分析し、グラフで示す。

なお、缶サットに搭載したセンサーは、福井工業大学准教授 中城智之 氏に協力を仰ぎ、マイコンにArduinoを使用し、センサーからのデータをSDカードに記録できるような電子回路を製作した。(図11)

② 次年度に向けて

全国で行われている缶サット大会では、チームが独自にプロジェクトを掲げ、達成のために缶サットを製作する。今後も電子回路を用いたミッションに取り組む予定だが、課題解決能力や探究力を育てるための手立てとして、電子回路をどのように生徒に提示していくかが課題となる。

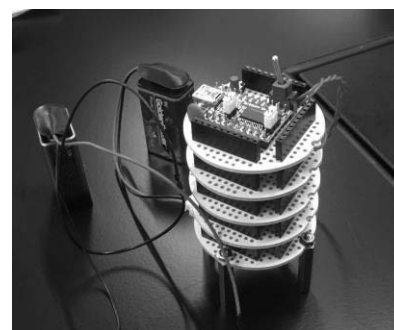


図11 搭載した電子回路の外観

電子回路を最初から製作するには、マイコン、電子回路製作、プログラミングの知識および技能が必要であり、3日間の講座での展開は難しい。今回は用意された電子回路を缶サットに搭載し、電子回路の保護や収集されたデータの分析のみを行ったが、受講生自らがプロジェクトを計画し、決められたセンサー類を用いてその計画を遂行できるような講座企画が必要である。また、電子系ミッションを用いた缶サット実習に向け、電子工作やプログラミングなどの探究に必要な知識や技能を習得する機会を設ける必要がある。

(2) 京都大学の研究者に学ぶ講座

① 昨年度の課題と本年度の講座概要

昨年度の実践から、観察や討論の十分な時間の確保、生徒の視点に立った丁寧な説明が課題としてあげられた。そこで、本年度は、最初に iPS 細胞についての解説を入れ、細胞観察の後に討論の時間を確保するため、以下のように実施した。

< 高校生のための生物講座－サイエンスラボで iPS 細胞を見てみよう－ >

日時 1月13日(日)

対象 県内高校生(参加者59名)

講師 京都大学 iPS 細胞研究所: CiRA 国際広報室 和田濱裕之 氏

京都大学 iPS 細胞研究所: CiRA 増殖分化機構研究部門特命助教 荒岡利和 氏

協力 京都大学 iPS 細胞研究所

アシスタント 県内高校教諭5名

< 講座内容 >

1 時間目: iPS 細胞について知る

2 時間目: iPS 細胞の観察 (図12)

3 時間目: iPS 細胞について考える

② 次年度に向けて

受講者の多くは高校で生物を履修していなかったが、最初に用語解説や iPS 細胞の概要などを丁寧に説明することで、スムーズに講座を進めることができた。細胞の観察では、細胞の特徴を捉えて根拠に基づいた推測をしたり、質疑応答でも核心を突くような発言をしたりするなど、講座を通して深く学んでいる様子が見られた。アンケート結果でも全員が「理解がとても深まった」あるいは「理解が少し深まった」と答えている。

課題としては、iPS 細胞が各細胞に分化するしくみについて理解する時間が必要だと考える。また、最前線の研究に取り組む研究者の発想や考え方などを吸収するために、生徒が研究者と直接話ができるような時間の充実も図り、講座本来の価値を最大限に活かす講座設計をしていく必要がある。



図12 iPS細胞の観察

IV 福井県の理科教員のスキルアップ支援……理科教員研修

高等学校の理科教員研修を特別研究員であるNHK高校講座物理基礎講師 川角博 氏を招聘し、研修講座および実践発表、研究協議を行い情報共有する取組みを行った。高校化学と高校地学は、昨年同様、東京学芸大学理科教員高度支援センターとの連携で実施し、高校化学では研修の時間配分、高校地学では研修の実験難易度を上げる取組みを行った。以下、講座ごとの取組みをまとめる。

1 特別研究員を講師に招聘した高校物理講座

(1) 講座概要

テーマ 「高等学校物理 一生徒実験を授業にどう生かすのか」

目標 ・科学的なものの見方・考え方を育てる授業案をつくること
 ・生徒に科学的解決能力を育てるためには、理科実験をどのように授業に位置づけるかを示すことができる。

日時 1日目 平成30年 6月25日(月) 13:30~16:00 会場:教育総合研究所
 2日目 平成30年 8月28日(火) 9:30~12:00 会場:教育総合研究所
 3日目 平成30年 11月13日(火) 12:30~15:00 会場:若狭高校
 4日目 平成30年 12月12日(水) 9:50~11:40 会場:科学技術高校

講座内容

1日目

科学的なものの見方・考え方を育てる理科の授業のために(講義)
 探究の過程をふませる実験紹介(実習)

2日目

科学的なものの見方考え方を育てる理科の授業とするためにII(講義)
 学習指導案の検討(グループ協議)

3日目

検討した学習指導案による授業および授業参観(実習)
 授業の研究協議(実習)

講師 NHK高校講座物理基礎講師 川角博 氏

参加者 高校教諭10名(大学生の聴講1名)

4日目

探究の過程を実現する物理基礎授業の試行(実習)
 授業の研究協議(実習)

講師 NHK高校講座物理基礎講師 川角博 氏

参加者 高校教諭30名 中学校教諭4名 その他9名

(2) 科学的なものの見方・考え方を育てる理科の授業のために

新学習指導要領では、なぜ探究の過程が重視され、理科では具体的に何を目指していくとよいのかについての講義を聞いた。その後、具体的に授業ではどのような実験を行うべきかを、教員が生徒目線に立って実験を体験した。このことを踏まえて、授業案の作成、検討を行い、参加者の中から1名の代表者を選出し、授業公開を行った。実際の授業実践を題材に、科学的なものの見方・考え方を育てる理科の授業となっているかを評価するための研究協議を行った。最後に、川角博 氏に、探究の過程を意識した物理基礎の公開授業を行っていただいた。その授業実践を題材に探究を踏まえた授業の在り方、評価の在り方についての研究協議を行った。

(3) 成果と課題

今回の研修では今までにない取組みとして、研修参加者による授業実践にまで踏み込んだ。従来の研修では授業づくりのスキルアップを目的とし、その準備についてのみ研修を行ってきたが、事後アンケートから、参加者の授業改善が十分でないと感じていた。これを受けて、参加者に実践を委ねるのではなく、実際の授業実施までの過程を参加者全員が共有することで、具体的なアクションのイメージ作りを行った。

6月から11月にかけての参加者アンケートでは、さほど実験頻度に関して改善は見られないが、コメントでは、プラスの方向へ変化しているように感じられた。しかし、チョーク&トークの授業スタ

イルとして積み上げてきた教材研究を、実験重視のスタイルへ大きく変化させることは、新しい教材研究が必要であり、想像以上の障壁があることが感じられた。教員への継続的なサポートが必要である。

2 東京学芸大学との連携による研修講座（高校化学、高校地学）

(1) 高校化学

① 講座概要

テーマ 「高等学校化学 –フラーレンC₆₀の化学反応と分離精製–」

目標 ・フラーレンC₆₀についての化学的性質や分離方法について理解し、実験スキルを身につける。

・フラーレンC₆₀の探究活動を位置づけた授業を考え、実践することができる。

日時 平成30年12月4日（火）13:30～16:30

会場 教育総合研究所 サイエンスラボ化学

講座内容

炭素同素体や化学反応による分子変換と生成物の分離精製法について（講義）

フラーレンの化学反応と分離精製（実習・講義）

講師 教科研究センター理科教育課 吉村公彦

支援者 東京学芸大学自然科学系分子化学分野准教授 前田優 氏

参加者 高校教諭9名（大学院生の聴講1名）

② 成果と課題

昨年の課題として、講座内容の時間配分が挙げられていた。具体的には、実験の原理等を説明する時間や、実験結果についての考察する時間の確保である。今回は、実験操作自体は基本的な分離・分析の手法だったこともあり、実験結果を考察する時間や、授業への活用方法についてグループで協議する時間などを十分に確保することができた。受講者のアンケートからも、「途中で考える時間もあり見通しをもった実験ができた」「講義、演習などがちょうどよいバランスで充実した時間を過ごせた」など、高い満足度を示す感想が見られた。総合的な満足度は、10名中化学が専門の8名は「満足」と回答している。一方で、生物の研修講座がないために化学講座を受講せざるを得なかった生物専門の受講者にとっては、非常に難解な内容と感じられたようで、1名が「どちらかという満足」、1名が「どちらかという不満」と回答している。次年度以降、専門外の教員にもわかりやすい講座にするための改善策を考え、更に、授業において実験を重視した授業展開の在り方を具体的に模索していく。

(2) 高校地学

① 講座概要

テーマ 「高等学校地学 –天気図で学ぶ天気予報と気象学（台風編）–」

目標 ・天気図を専門的な観点から分析することで、気象現象に関する理解を深め、生徒の興味・関心を高める授業を展開できる。

・課題に対するグループでの協働作業を通して、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業を展開できる。

日時 平成30年12月4日（火）9:30～12:30

会場 教育総合研究所 サイエンスラボ生物

講座内容

天気図を作成・利用する上で必要となる基礎的な理論について（講義）

地上天気図の作成（演習）

天気図を活用した実況把握と将来予測（グループ協議）

講師 教科研究センター理科教育課 上中一司

支援者 東京学芸大学宇宙地球科学分野准教授 佐藤尚毅 氏 ※Skype による支援

参加者 高校教諭6名（大学生の聴講2名）

② 成果と課題

今回は講座当日、東京学芸大学と当研究所を遠隔授業・研修システムで繋ぎ、研修を支援してもらった。今回の研修は地学専門でない受講生が8名中6名と多かったため、台風についての理解や天気図の作成に割く時間が多くなり、天気の詳細について討議する時間を取れなかった。課題としては、討議する時間がとれるように内容を精選し、討議をとおして、より理解が深まる研修を企画していく必要がある。

V おわりに

理科教育課では、児童・生徒の知識・技能の習得、学びに向かう力・人間性を効果的に高めることはもちろんのこと、課題解決や探究に必要な、科学的な見方・考え方をより高めることを目的に実践を行ってきた。実験配信では、授業内容や領域を超えた情報の提供をしたり、実験講座では、十分な時間をかけて実験や課題に取り組んだりするなど、昨年度の課題を踏まえた取組みを、学校では困難な方法や形態で提供してきた。アドバンス講座のような直接的な生徒への働きかけにとどまらず、実験配信や教員研修講座のような、教員を介した間接的な働きかけにより、児童・生徒の科学的な見方・考え方へのアプローチが可能である。この強みを生かして今後の理科教育課としては、各事業で見えた課題を克服し、目的を達成するために、事業を改善し新たな枠組みを構築していく必要がある。