

実験・観察を通して科学的な見方・考え方を磨く 理科教育の研究

—課題解決力や探求力を育てる理科教育を目指して—

教科研究センター 理科教育課

酒井 哲弥 橋本 貴志 勝木 知昭

本年度、教育総合研究所に新設されたサイエンスラボでは、新しく導入された高度な実験機器や遠隔授業・研修システム（以下、遠隔システム）を活用し、県内の小・中・高校生の探究能力や課題解決能力を引き出すための実験や研修を企画し、実施している。なかでも実験配信、アドバンス実験講座、共同課題研究、東大・京大等の研究者に学ぶ実験講座および教育総合研究所先端教育研究センター事業の一環として実施した高等学校の教職員研修講座では、「考えて理解することの楽しさの発見」や「グループ活動や発表を通じた思考の深まり」など、課題解決力や探究力の育成に向けた成果が得られた。一方、「科学の理解を深めていく実験開発」や「実験配信の全県下への拡大」などが、今後考えていかなければならない課題となった。

〈キーワード〉探究能力、課題解決能力、思考力、双方向、深い学び

I はじめに

平成32年度に小学校、翌年に中学校で導入される新学習指導要領では、知識の理解の質を高め資質・能力を育む「主体的・対話的で深い学び」が改訂のポイントの1つとしてあげられている。その中で、小・中学校の理科においては、探究能力・問題解決能力を段階的に育成していくことを目指している。

サイエンスラボでは、新学習指導要領の理念をふまえ、「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つの観点から、児童・生徒の探究能力・問題解決能力の育成や理科教員の実験力向上に向けて役立つと思われる取組みを行っている。ただ、ほとんどの企画が本年度初めて実施するものであるため、さまざまな試行錯誤を行いながら改善している段階である。ここでは、「学校に対する理科の実験支援」を目的として実施している遠隔システムを用いた実験配信、「高校生に対する理科の実験・研究支援」を目的として実施しているアドバンス実験講座と東大・京大等の研究者に学ぶ実験講座、「福井県の理科教員のスキルアップ支援」を目的として、先端教育研究センター事業の一環として実施した理科教員研修での取組みを具体的に紹介しながら、それぞれの成果と課題、改善策などを考えていく。

II 学校に対する理科の実験支援・・・遠隔授業・研修システムを用いた実験配信

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、県下の中学校・高等学校の理科授業に向けて双方向の実験配信を実施している。本年度は、中学校のべ28学級、高等学校のべ11学級に配信し、小学校にも配信を行った（平成30年1月19日現在）。現在、これまで以上に学校で活用してもらえる実験の開発を進めている。

(1) 背景

教育総合研究所の移転に伴い、サイエンスラボでは、調査研究のデータに基づいた研究の成果を直接生徒に還元する取り組みとして、実験配信を行うに至った。その背景は次のとおりである。

- ・学校への導入が難しい最新の高度な実験機材がサイエンスラボに整備された。
- ・遠隔システムが全県の小・中・高等学校に導入された。
- ・生徒には危険性の高い実験や、装置の製作に手間を要する実験は、動画や資料で示されるにとどまっている。

以上のことから、高度な実験機材を用いた実験や、自然事象を具体化・視覚化した実験を、遠隔システムを用いて県内の学校に配信し、双方向性を活かした新しい ICT 教材として研究開発を行うに至った。

(2) 実験配信

① 実験配信一覧

現在、表 1 のように、中学校 15 実験、高等学校 20 実験が配信できる状態にある。

表 1 各学校への実験配信

中学校	微生物の観察	高校 物理	ばね振り子 x-t グラフ	高校 生物	細胞分画法
	アルカリ金属と水の反応		弦の定常波		細胞小器官の観察
	ダイヤモンドの燃焼		コンデンサーの充放電		PCR 法
	テルミット反応		電子のらせん運動		細菌の培養
	鳥心臓の解剖		光電効果		植物組織の培養法
	塩素の性質	高校 化学	中和滴定曲線	高校 地学	噴火実験
	メダカの血流		トリチェリの水銀柱		プルーム
	運動のコンピュータ計測		塩化ナトリウムの融解		リップルマーク
	食塩の融解		酸化還元滴定		砂箱実験
	音の共鳴でコップ割り		クロマトグラフィー		H α 線で太陽の表面観察
	H α 線で太陽の表面観察				
	日本海側の雲のでき方				
	火山灰の観察				
	熱の伝わり方				
	微化石の観察				

② 実験配信の申込み

実験配信は、教育総合研究所教科研究センター理科教育課に直接電話で連絡するか、サイエンスラボホームページ (<http://www.fukui-educate.jp/science/>) にある実験配信のページから受信日を選択して申し込む。



図 1 サイエンスラボホームページ



図 2 実験配信のページ

③ 実験配信の開発および制作

実験配信は、当初 15～20 分の演示実験を中心に計画していた。しかし、授業進度への配慮や、遠隔システムの双方向性を活かした活用方法、思考の深まりを促す課題の設定などを考慮し、配信時間を当該学校のニーズに合わせるようにした。下記に実験配信申込みから配信校におけるアンケート実施までの流れを示す。

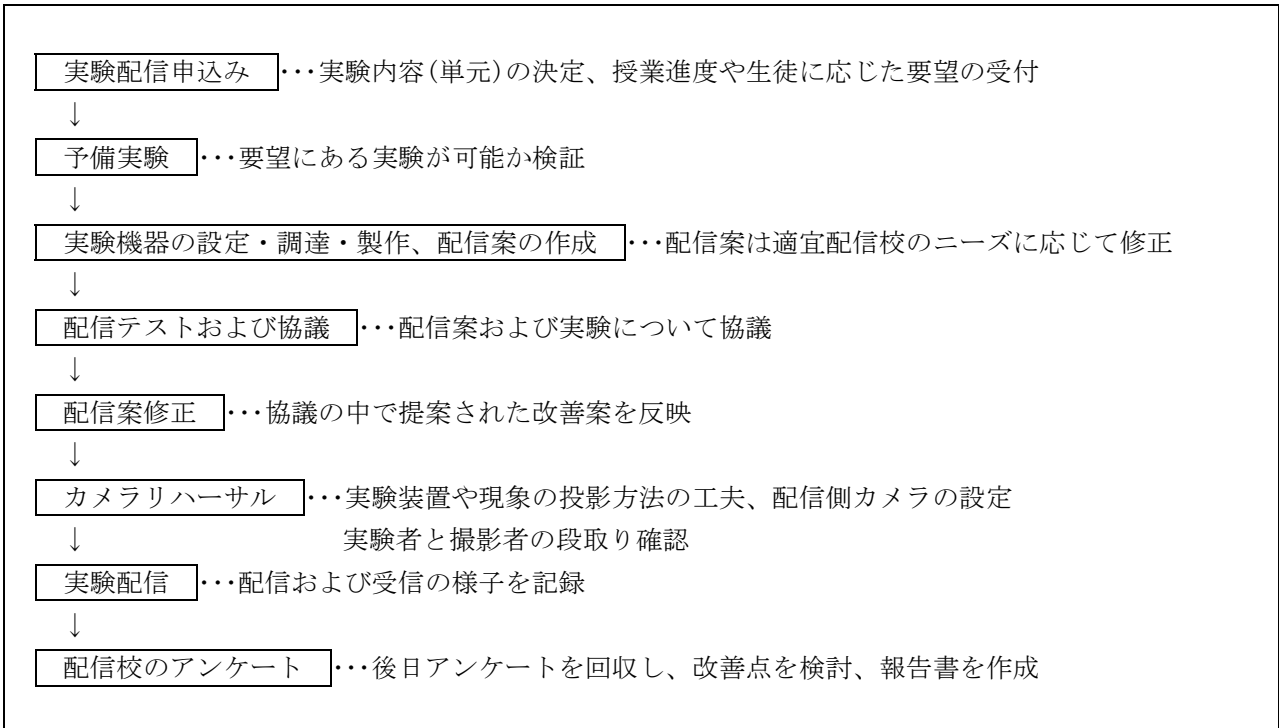


図3 実験配信申込みからアンケート実施までの流れ

また、実験配信は、以下のことに留意しながら、配信案を制作した。

- ・身のまわりの現象や既習事項から疑問を抱き、はっきりとしたねらいが分かるような導入を行う。
- ・使用する測定機器や現象を再現する装置については、その仕組みや操作が分かるようにし、科学的な方法を明確にする。
- ・学びが深まるような発問を行い、協働で考える場を設定する。
- ・受信校の要望や受信教室の環境に合わせて、授業形態（演示実験、ラボと配信校の同時実験）を設定する。



図4 配信側の様子（サイエンスラボ）

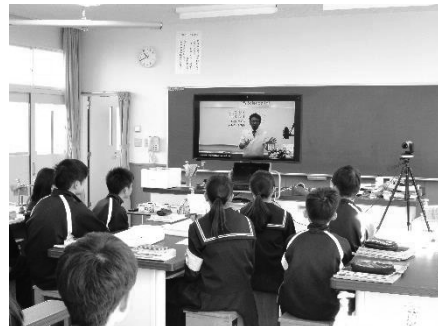


図5 受信側の様子（当該校）

中学校2年生「日本海の雲のでき方」の配信案を示す。

遠隔授業システムを用いたサイエンスラボからの配信	
単元 日本海側筋雲のでき方	
<p>1 本時の目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・暖かい空気と冷たい空気の温度差による気流発生仕組みを理解する。 ・模型による実験から温水と冷水による気流の違いを確認し、日本海側に発生する筋雲の発生条件を理解する。 ・モデル実験による現象と、気象衛星によるマクロ的な気象写真との理解との一致を目指す。 <p>2 教室の準備物 遠隔授業、研修システム</p> <p>3 事前準備など アンケートを授業後に実施し、返送をお願いします。(サポート員がいる場合はサポート員に相談ください) 集計をサイエンスラボで行った後に、報告させていただきます。</p> <p>4 本時の学習活動</p>	
時配	学習の流れと生徒の活動
導入 5分	サイエンスラボとあいさつ サイエンスラボとテレビでつないで筋雲のでき方を見よう
展開 5分	<p>0 人工衛星から見ると冬の天気の特徴はどのようなものだろう</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象衛星写真と今回見せる実験の真上から見た写真を見て、特徴を挙げてもらいます。 ・http://www.jma-net.go.jp/sat/himawari/obsimg/image_wint.html#j20171210で雲の動きを見ます
7分	<p>1 空気の対流【演示実験1】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・冷たい空気と暖かい空気による気流の発生様子をサイエンスラボで実験します。 ・生徒に空気の対流を観察していただき、小学校での既習事項を確認します。 <div style="text-align: center;"> <p>『なぜ空気の対流が起きるのか。』 ・サイエンスラボから質問して生徒に確認します。</p> </div>
5分	<p>2 季節による気団の配置と大気の流れの解説</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シベリア気団と日本海の海水温の様子、季節風についてフリップにて解説します。
15分	<p>3 筋雲のでき方【演示実験2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水槽に満タンにした温水にドライアイスで作った冷たい模擬的な雲を流し込み筋雲のできる様子を観察します。 ・水槽は温水と冷水の2つを用意して対照実験します。 ・上や真横の様々な角度から観察して、温水による上昇気流での筋雲の特徴を見ます。 <div style="text-align: center;"> </div>
Q&A 5分	<p>4 質問コーナー ※時間の都合により、割愛する場合もあり</p> <ul style="list-style-type: none"> ・これで今日の実験は終わりですが、実験についての質問にお答えしたいと思います。何か質問はありますか？ <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>・生徒指名など適時ご支援お願いします。</p> </div>
授業 終わ りに	<p>6 アンケート記入</p> <p>事前に送付させていただいたアンケートを配布していただき生徒に記入させてください。</p>

図6 配信案

2 本年度の実績、成果と課題

(1) 配信実績

平成29年度は、小学校4校、中学校28校、高等学校11校、のべ43校(1,184名)の生徒への実験配信を行った(表2)。小学校への配信については、平成30年度に向けての実験配信開発のため、地元の小学校に依頼し、配信を行った。

表2 校種別・地区別配信実績 (平成30年1月19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	4	0	0	0	0	0	0	4
中学校	9	4	2	7	3	2	1	28
高等学校	0	6	2	2	1	—	—	11

各地区2校以上に実験配信を行ったものの、実験配信の内容は教育課程に必須の実験ではないため、学校からの積極的な申込みがなく、研究所が呼びかけた学校への配信が多かった。現段階ではまだ県内の学校に広く浸透しているとは言えず、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。今後は、各地区の協力校を核としてネットワークを形成するなどして、機会あるごとに説明をし、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。

配信内容を分野ごとにまとめると、物理17件、化学5件、生物18件、地学3件となった。物理では、比電荷測定器やプランク定数測定器など高額な装置を用いた実験、運動センサーと計測ソフトウェアなどの最新教材を用いた実験で要望が多かった。生物では、鳥心臓の解剖実験が多かった。発展的な内容であったことや材料提供を行うこと、ラボと共同で生徒実験を行うという形式が学校のニーズに合っていたと考えられる。今後は化学や地学での配信件数を増加させるため、実験配信の改善を通して番組内容の充実を図り、魅力ある番組開発を行っていきたい。

来年度本格的に実験配信を始める小学校においては、教員の理科指導力向上や実験操作や結果への専門的なアドバイス、小学校には無い機材での実験など、ニーズがあると予想される。

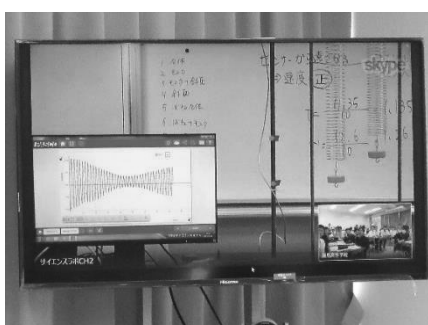


図7 高1物理「ばね振り子のx-tグラフ」



図8 中2生物「鳥心臓の解剖」

(2) 生徒アンケート集計

実験の配信を行ったクラスの生徒に対し、アンケートを行った(図9)。生徒アンケートでは満足度は4段階のうち平均3.54と評価されており、生徒が満足できる実験配信であったといえる。以下は感想の一部である。

- ・学校の(古い)設備ではなく、きちんとした(新しい)設備を使用して実験することで、より正しい結果が得られ、学んだことが納得できた。
- ・映像とグラフを見ることができてわかりやすかった。初めて知ったこともあり、実験配信はいいな

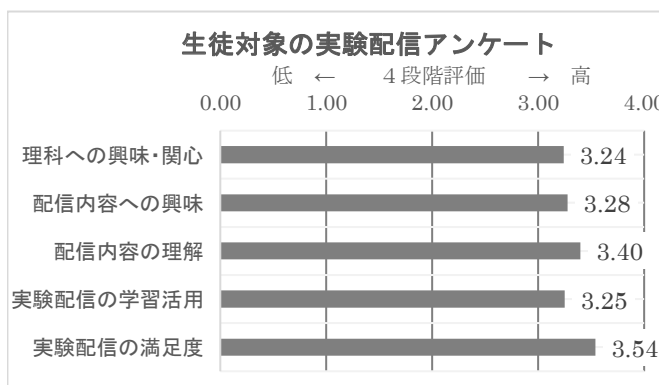


図9 生徒対象のアンケート集計

と思った。

- ・とてもわかりやすく、実験もあったので今日の内容がすごく頭に入った。今後は危険で僕らではできないような実験を見てみたい。
- ・実験を自分の目で見て、結果から学習を積み上げるのは、数式や公式を並べただけの授業とはかなり異なるので、とても参考になった。

(3) 授業担当者のアンケート集計

授業者には、実験配信の授業への活用の可能性や課題点に関するアンケートを行った。再受信を希望するかどうかの問いに対して回答者全員が再受信を希望していた。その他の問いとして、以下に「実験配信の利点について」の回答結果（図 10）、「実験配信の改善点について」の回答結果（図 11）を示す。

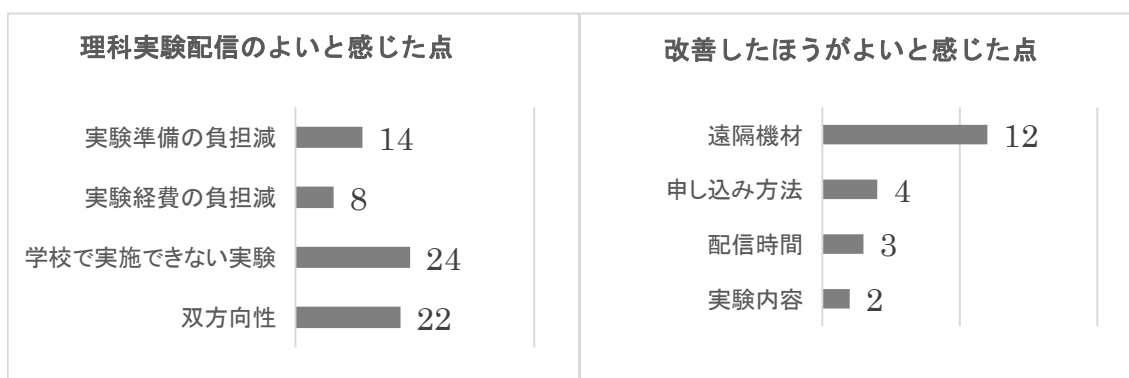


図 10 授業担当者のアンケート集計

図 11 授業担当者のアンケート集計

図 10 より、実験配信の活用には、学校では行いにくい実験の番組開発が必要である事が分かる。また、番組内での生徒からの質問・要望に答えて実験を行うといった、双方向による学びの深まりが、資料集やデジタル教科書の資料動画、インターネット動画などにはない実験配信の価値であるといえる。また、図 11 より、まず遠隔システムの機材の設置について、さらなる改善が必要であることが分かる。普段授業を行っている理科実験室に受信機器が備えられておらず、受信するコンピュータの移動に伴い接続環境が変わることで配信がうまくいかない恐れがあり、授業者が機器の移動設置に負担を感じている。常時、理科実験室に受信機器が備えられる環境の整備が必要である。また、実験配信の際には、配信中に映像が途切れ、接続できなくなるといった状態や、スピーカーフォンでの音質や音量が広い教室に合わないといった通信状況の問題もある。音量、音質に関しては、学校に整備されている機材の設定を調節することで、通信状況を最大限に改善することは可能であり、授業者の機器操作スキルの向上や ICT 機器のサポート体制の充実が必要である。

次に、授業担当者対象のアンケートの自由記述にあったものの一部を下記に示す。

- ・指導主事の先生からは、サイエンスラボの配信で実験を見たことは、後半の課題を考えるための動機付けになっていたとのことのお言葉でした。今後も、配信授業をどういう使い方をすると効果的なのか探っていきましょう。
- ・花粉管の観察がリアルタイムででき、非常に良かったです。実験方法の提示やサクラの花粉管の提示など打ち合わせの要望に添っていただき、とても助かりました。
- ・普段、非常に反応の薄いクラスなのですが、小さいながらもリアクションが多々あったことと、質問が3つも出たことに驚きました。

(4) 実験配信の成果と課題

① 成果

初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。

ア 授業内容の深い学びにつながる理解促進

実験配信により、生徒が自然現象や実験装置を実際に観察することで、その自然現象をイメージしやすくなり、より深い理解が促された。このことは教員、生徒の事後アンケートや感想から感じられた。新学習指導要領で話題となっている深い理解につながる取組みといえる。例えば日本海側の筋雲のでき方で気象衛星の画像を示したときは、社会の資料で同じものを見たことがあると生徒から発言があり、地理的な理解と関連付けて気象現象を解釈していたようである。このように他の単元はもとより、他教科への知識や理解のつながりができている印象があった。

イ 教員研修的側面

実験配信の制作では、サイエンスラボと授業者が協働で授業の開発を行う。配信先の学校の生徒の学習状況に合わせてとともに、研究所で把握している観察・実験の基礎操作、授業づくりといった指導のポイントを組み合わせながら、授業の構成や実験内容を決定する。このことは、理科を専門とする教員はもとより、理科専科ではない小学校教員や、経験年数の少ない若手教員の理科指導力向上につながったことを感じた。

② 課題

前述したように、本年度の実験配信件数は 43 件にとどまった。その要因として、授業担当者アンケートにあった遠隔システムの環境整備や機器スキルの不足があげられる。またその他に、実験配信の周知不足、魅力ある実験の不足が考えられる。

今後の取組みとして県内各地区に実験配信協力校を設け、サイエンスラボを核とした各地区のネットワークを形成することを検討している。協力校で公開授業を行うことで、実験配信の周知と理解、そして遠隔システムの利用促進による機器操作の習熟がなされるよう進めていきたい。

(5) 双方向通信を生かした理科教育の可能性

双方向通信を用いた授業実践例はきわめて少ない。実験配信という明確な目的をもったこのような新しい ICT 活用の取組みは、双方向通信の有効な活用事例として研究の余地が大いにある。学校外の他者と関わりを持ちながら学習活動を進めることができる。今後、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ていくことを検討していき、双方向通信の魅力をいかした実験配信を研究していきたい。

Ⅲ 高校生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、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。高校の希望者を対象に、高校の発展レベルから大学レベルの実験を、7月～12月の土日か祝日、および夏期休業中に、物理、化学、生物の各分野で5回ずつ実施した。以下、各分野での取組み等をまとめる。

(1) 物理分野

① 講座概要

物理分野には3校から8名の参加があった。与えられた実験を手順どおりに実験する従来のような料理レシピの実験ではなく、実験の目的を明確にしながら探究的課題の発見、検証考察、レポートの作成や発表を行う、科学の方法と物理の理解を深めていく実験を開発し、その実験を希望する

高校生に実験してもらうことで実験内容の検証を行った。なお、探究的課題は個人で設定し、検証することを前提とした。実験内容については、前半3回は学校で操作することができない波動分野の理解を目的にオシロスコープを操作する実験を行い、後半2回は自ら探究的な課題を設定し、解決していく過程を重視した熱力学と電気学の実験を行った。各回の内容は次のとおりである。

〈第1回〉7月16日(日)「オシロスコープ」

オシロスコープを2人1組で使用し、オシロスコープの基本操作を身に付ける実習を行った。マイクに入力された音声による電気信号やファンクションジェネレータから発振される電気信号をサンプルにオシロスコープで波形を観測した。

〈第2回〉8月6日(日)「音速の測定」

波動の空間移動と時間変化をイメージするための実験を行った。音波は波長が数mと実験室の卓上では実験するにあたり取り扱いにくく、かつ、隣の実験グループの音が紛れ込んできて、よく分からなくなる。しかし、本実験では波長が数cm～数十cmの超音波を使用することで、卓上で行うことが可能となり、かつ超音波は指向性が高いことから周囲の音の混入を防ぐことができる実験を実現した。この実験で音速がどのような条件でどれくらい変化するのかを検証した。

〈第3回〉8月7日(月)「誘電体中を電場が伝わる速さ」

電気ケーブルが電気信号を伝送するときケーブル内には電場による波動が発生している。オシロスコープを用いてケーブル2m毎に電圧を測定することで、ケーブル内に発生している波動をイメージする事を可能にし、考察を行った。

〈第4回〉11月23日(木)「簡易圧力計をつくってみよう」

気体の圧力と体積変化の法則を利用して小型の圧力計を製作し、それを用いて身近な製品の特性、自然現象を検証した。本来、化学・生物の分析実験に使用される直径1mm、長さ10cm程度のガラス製毛細管に少量気体を封入し、気体の体積変化から圧力を読み取る圧力計を自作した。実験者が測定装置を自作することでブラックボックス化されない測定装置で自然法則の理解を深めることをねらいとした。

〈第5回〉1月7日(日)「静電気による現象を説明しよう」

箔検電器を用いて、静電気の導体内の移動に関する検証と考察を行った。大学入試センター試験を始めとする演習問題でおなじみの実験装置であるが、その実験操作に関する実験検証は不十分なまま物理の学習を進めていくことが多い。この静電気実験は定性的な実験でありながら、自ら立てた仮説を実証することができる実験である。そのため、実験者は現象の本質的な理解をするための考察を深く行うことができる。

② 課題解決力や探究心を育てる実践

5回の実験すべてにおいて、自ら課題を設定し、実験で検証する手法を指導した。第1回から第3回までは、実験当日、実験グループ内で探究的課題の設定について話し合い、設定した課題について仮説を立てて検証し、結果をレポートにまとめるようにした。しかし、参加した生徒は探究的課題の設定が初めてであり、グループ内での設定が難しかったため、各回で次のような探究的課題例を示した。

- ・第1回「超音波スピーカの広がり特性を探究する」
- ・第2回「超音波波長からどの様にして音速を測定するか」
- ・第3回「電場による反射現象を検証する」
- ・第4回「簡易真空装置の特性を探る」
- ・第5回「NHK番組『考えるカラス』に出てくる電気振り子の探究」

また、レポートに関しても、書き慣れていない生徒がほとんどであったため、実験者が各自でレポートにまとめられるように、レポートの見本を配布し、参考にできるよう配慮した。次に具体的な課

題解決の実験例を1つ示す。

実験「簡易圧力計をつくってみよう」

・自ら課題の設定

装置の製作は、技術開発をする大学の工学部や研究所では日常的に行われている課題解決であり、最も実践的なフィールドである。この実験では、簡易圧力計を自ら作成することで、装置の原理や仕組みを理解しながら装置の模擬開発を行うことができる。そうすることで、装置の改良のための課題を、自発的に探究心をもって見出すことができるように工夫されている。事前に示したレポート例では「簡易真空装置の特性を探る」という課題を示した。

・実験方法の工夫

課題を解決するためには、仮説の検証が必要となる。いかに同一の条件下で性能試験を行い、特定の要素のみを変化させるかが実験手法の鍵となる。「簡易真空装置の特性を探る」では、温度条件や時間経過、一回当たりの変化量を制御することに工夫が必要となり、その精度が実験結果に影響を及ぼす。この試行錯誤の過程が実験者にとって科学の方法を身に付ける大切なトレーニングとなる。



図 12 実験の様子



図 13 発表活動の様子

③ 成果と課題

本年度の講座は、課題解決型の講座を実際に体験できたことと、探究活動の楽しさを実感できたことで成果があったと考える。各回の講座では、教科書に記載されていない事項や未習の現象に関して実験を行い、実験の冒頭で簡単に基礎事項の説明をしたあとは、参加者自らが実験しながら基本的な法則を検証していくようにした。また、実験の成果を個人レポートでまとめ、段階的に発表する力が身に付くようにした。このことが、参加者に探究の成果と自然を探究することの楽しさを実感させたようである。参加者のアンケートでも、満足度の平均は5段階中4.9と高かった。また、次のような感想も書かれている。

- ・はじめて物理が楽しいと感じた。
- ・どうしてそのような結果になるかを考えて理解したとき、楽しかった。
- ・物理ではじめて本格的な実験をして実験の楽しさを改めて感じた。

一方、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が課題だと感じた。実験内容の企画段階では、先に述べた探究的な学習を進めるという目的のほか、大学入試に出題されているような実験を体験することと、サイエンスラボの高度な理科機材を使用した実験体験を行うことを目的としていた。例えば、第3回での電磁波による定常波実験や、第2回のオシロスコープを利用した電気実験のように、東京大学の基礎実験として行われている実験を中心に実験講座を企画した。参加者は高校物理の内容を十分理解し、物理実験に興味のある生徒を対象としていた。しかし、実際の参加者は1、2年生が多く、実験に興味はあるが、物理の理解が不十分な生徒が多かった。その結果、講座では、低学年の参加者を中心に、安直な考察に留まる生徒が多く見られた。そこで、夏

休みまでの3回の実験講座を終えた時点で、当初の予定を変更し、第4回、第5回の実験講座においては、高度な物理の知識理解を用いなくても科学的な考え方や物の見方を育てることができる内容に変更した。結果として、参加している生徒に、主体的に活動するようになるという意識の変化が見られた。このことを、来年度に向けて生かしていきたい。

(2) 化学分野

① 講座概要

化学分野には4校から計12名の申込みがあった。参加した高校生は、分析実験を中心とした探究活動を通して、「分析」「考察」「発表」などの活動に能動的に取り組んだ。各回の内容は次のとおりである。

〈第1回〉7月16日(日)「吸収スペクトル入門 ～紫外可視分光光度計のしくみ～」

光について理解を深めるため、LED電球を用いて光の合成や、簡易分光器を製作し、それを用いて太陽光や蛍光灯、ナトリウムランプなど、様々な光のスペクトル観察を行った。また、発色のある液体試料のうち、メチルレッドやクリスタルバイオレットなど、ある波長で1つのピークを示す液体試料を用意し、紫外可視分光光度計を用いて液体試料の吸光度の測定を行った。

〈第2回〉8月6日(日)「飲料水の硬度測定」

4種類のミネラルウォーターを用意し、飲み比べや液体石けんやティーバッグなどの身近なものを用いて違いを調べ、エチレンジアミン四酢酸二ナトリウムとエリオクロムブラックTを用いてキレート滴定を行い、試料の硬度を測定した。また、高速液体クロマトグラフィーを用いて、大野市の御清水の金属イオンの測定を行った。

〈第3回〉8月9日(日)「分子量の測定」

シリンジと精密電子天秤を用いて、二酸化炭素の質量を量り、空気の相対質量から分子量を求める実験を行った。また、理想気体の状態方程式から分子量を求めるため、ピクノメーターと恒温槽を用いて、有機溶剤の分子量をデュマ法によって求めた。

〈第4回〉11月23日(祝木)「醤油中の塩分濃度測定」

電気炉により乾燥させた塩化ナトリウムを用いて標準溶液を調製し、調製した硝酸銀水溶液のファクターを求めた。その後、クロム酸カリウムを指示薬としてモール法による醤油の食塩含有量を測定した。

〈第5回〉12月23日(祝土)「水の環境分析と触媒を利用した水の浄化」

亜硝酸ナトリウムの標準溶液を調製し、ザルツマン法によって亜硝酸イオンを発色させ、紫外可視分光光度計で吸光度を測定し、濃度と吸光度の検量線を作成した。その後、水道水や雨水などの亜硝酸イオン量を測定した。また、パラジウム-活性炭素触媒を用いて水を浄化した後の亜硝酸イオン量を測定した。



図14 簡易分光器を用いた光の観察



図15 亜硝酸イオンの発色

② 課題解決力や探究力を育てる実践

実験講座では、授業等で十分に実験が行われていない現状を踏まえ、多くの実験器具を用いて基本操作の時間を十分に取り入れ、紫外可視分光光度計や HPLC のような高度な機器も用いた実験を設定した。1・2年生の受講で化学の理解が不十分な生徒も多いと予想されたため、福井大学の学生を TA とし、各実験における器具の基礎操作へのアドバイスや、グループでのディスカッションのファシリテーターを担当してもらった。各講座では、身近な内容を取り入れ、目的の物質がどのように身近に存在しているのか、その物質をどのような方法で測定することができるのかをできるだけわかりやすく説明した。また、グループで考察する時間を適宜取り入れ、参加者が能動的に課題に取り組めるよう配慮した。各回での課題を1つずつ取り上げると、次のとおりである。

- ・第1回「発色した試薬はどの波長の光を吸収しているのか」
- ・第2回「硬度の順にミネラルウォーターを並べよう」
- ・第3回「分子量測定における誤差の要因を考えよう」
- ・第4回「ブランクテストの必要性を考えよう」
- ・第5回「ザルツマン法による亜硝酸イオン量の精度について考えよう」

参加者は、これらの課題を解決していくために、実験方法を1段階ずつグループで確認しながら、実験を進めた。また、実験操作の目的を考えたり、実験結果を分析したりする際に、難しい部分は TA に質問しながらグループでの作業を進めた。

③ 成果と課題

本年度の講座は、参加者が学校で体験していない実験を行い、探究活動を体験できた点で成果があったと考える。1つのテーマに関して、時間をかけて探究する体験は、参加者にとって満足できる体験であったことが、参加者のアンケートからもわかる。アンケートでは、講座の満足度の平均は5段階中4.6であった。以下、参加者の感想の一部である。

- ・実験に慣れることができた。課題研究に役立ちそう。
- ・学校では時間が無くてできないような実験や、普段見ることがほぼない機械などを使うことができて、すごく良かった。
- ・今までならった内容以外のことを知ることが多くて楽しかった。
- ・色々な実験器具の扱いに慣れて良かった。

一方、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が今後の課題であると考え。参加者のアンケートにも「難しい内容だが、わかりやすかった」「何気なく使っていた試薬類が、なぜそのような反応をするのか納得できた」という感想があり、他の単元でも高校生の理解を深める化学実験を開発していきたいと考える。

(3) 生物分野

① 講座概要

生物分野には7校から計19名の申し込みがあった。参加した高校生は、グループで細胞や遺伝子レベルの高度な実験を体験しながら、「考える」「分析する」「結果を考察する」「発表する」という活動を通して、能動的に課題に取り組んだ。各回の内容は次のとおりである。

(第1回) 8月6日(日)「細胞小器官を分離してみよう(細胞分画法)」

ホウレンソウの葉をミキサーで破碎し、高速冷却遠心器の回転速度を変化させることで、核、葉緑体、ミトコンドリアを分離し、タブレット付き顕微鏡で観察した。

(第2回) 8月7日(月)「プロトプラストの作成と核の蛍光染色、細胞融合」

生徒が持参した植物を酵素処理することで細胞壁を取り除き、裸の原形質(プロトプラスト)を作成した。このプロトプラストを用いて、核の蛍光染色と蛍光顕微鏡観察、細胞融合と融合細胞の観察を行った。

〈第3回〉8月9日（水）「DNA 鑑定に挑戦（PCR 法、電気泳動）」

キットを用いた実習で、元になる DNA 断片を PCR 法で増幅させ、電気泳動により DNA 鑑定を行う犯罪捜査の疑似体験を行った。

〈第4回〉11月23日（木）「細菌の培養と遺伝子組換え」

キットを使用して、大腸菌に緑色蛍光タンパク質（GFP）を合成する遺伝子をもつプラスミドを組み込み、培養する実習を行った。

〈第5回〉12月23日（土）「GFP タンパク質の分離」

11月23日に培養した大腸菌から、合成された GFP をタンパク質クロマトグラフィーにより分離する実習を行った。

② 課題解決力や探究力を育てる実践

5回の講座を通して、グループで考える活動を重視した。具体的には、「実験方法について考える」「実験結果を分析・考察する」「実験の内容の活用法を考える」「社会問題と関連づけて考える」などの活動をできるだけ取り入れた。各回の考える活動で与えた課題の例を示すと次のとおりである。

- ・第1回「細胞分画はなぜ低温下で行うか」
- ・第2回「プロトプラストが丸くなるのはなぜか」
- ・第3回「DNA の断片が、電気泳動で長さの違いに応じて分離できるのはなぜか」
- ・第4回「遺伝子組換え技術の可能性と社会的な課題についてどう考えるか」
- ・第5回「大腸菌を破壊するのに、一度凍らせて解凍するのはなぜか」

参加者は、これらの課題についてグループでまとめ、他のグループに伝わるように発表した。発表は、グループの代表者が口頭で発表する場合とホワイトボードに要点をまとめて記入してから発表する場合を設けた。なお、その際、グループでまとめた考えや結論について、必ず根拠を示すよう指示した。また、課題にはレベルが高いものもあるため、グループでの活動が行き詰まった場合は、適宜考えるためのヒントを与えた。



図 16 実験結果の分析



図 17 分析結果の発表

③ 成果と課題

本年度の成果は、実感を伴った学びの体験や新たな学びが実現したことである。高校の生物では、授業の中で生徒が実際に確かめることが困難な高度な内容やマイクロな内容が多く扱われている。その中の一部とはいえ、参加者が実際に実験を行い、高校の授業で学んだ内容を確認できたことは、参加者にとって大きな刺激となり、今後の学習の意欲づけになったと思われる。このことは、講座ごとに実施したアンケートの結果にも表れており、5回の講座に関して、参加した生徒の満足度は5段階中

平均 4.8 であった。その背景には、いずれの実験も、高校には普通設置されていない実験機器類が必要で、高校では実施されていない実験であったことがあげられるであろう。以下、参加者の感想を紹介する。

- ・どれも興味もてる内容で、学校では体験できないような実験で、楽しかったです。また来年も参加したいと思いました。
- ・学校にないような実験器具を使わせてもらったり、新たに学ぶことや発見することもあってよかった。
- ・授業では聞いているだけで、実感をもつことができなかつたことに対して確信をもつことができた。見たり、使ったりしたことのない機器や薬品を使えてよかった。来年もできたら参加したい。
- ・高校では体験できないような実験をたくさんすることができたので、いい経験になりました。一方、高いレベルの実験内容を、質を下げず、かつ参加者が理解できるように扱う指導法が今後の課題であると考えます。参加者のアンケートを見ても、一部の生徒が「内容が難しい」「説明が難しい」と回答しており、来年度に向けて指導法を改善していく必要がある。

2 東大・京大等の研究者に学ぶ実験講座

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とともに、中学生や高校生の進路選択を支援する目的で、東京大学と京都大学から研究者を招き、次の2つの講座を実施した。

(1) 東大の研究者に学ぶ実習講座

① 講座概要

本講座では、宇宙開発に関する第一人者である東京大学の中須賀真一教授の指導のもと、超小型人工衛星をテーマに中高生対象の実習を3日間開催した。併せて、第1日目には県内の教職員および学生を中心に、一般県民も含めた講演会を、中須賀教授を講師に迎えて実施した。

・宇宙開発に関する講演会

日時 7月22日(土) 午前

対象 県内の教職員および学生を中心とした一般県民(参加者120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

会場 大講義室

・缶サット実習

日時 7月22日(土) 午後、7月23日(日)、7月29日(土)

対象 中学生および高校生(参加者:中学生10名、高校生5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

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3名

理科教育課職員

見学者 福井工業大学 学生5名、教員2名

缶サット実習日程(詳細)

7月22日(土) 午後

14:30~16:00 缶サット実習 会場:サイエンスラボ物理・地学

- ・標準的な空き缶の加工作業、缶サットの設計に関するグループ内の話し合い
- ・パラシュートの製作、缶サット製作

7月23日(日)

- 8:00~12:00 缶サット実習 会場：サイエンスラボ物理・地学
 ・パラシュートの製作、缶サット製作
 ・低空落下テスト・気球を使用しての高度落下テスト
 会場：第4研修室およびグラウンド
- 13:00~13:30 東京大学学生によるデモンストレーション 会場：サイエンスラボ物理・地学
- 13:30~15:30 パラシュートの改良、缶サット改良および気球を使用しての高度落下テスト
 会場：サイエンスラボ物理・地学、グラウンド

7月29日(土)

- 8:00~9:30 缶サット実習 会場：サイエンスラボ物理・地学、グラウンド
 ・パラシュートの改良、缶サット改良および気球を使用しての高度落下テスト
- 9:30~12:00 缶サット競技 試技は2回 会場：グラウンド
- 12:00~13:00 昼食時に研究者と参加者の交流会
- 13:00~14:00 成果発表プレゼン準備 会場：サイエンスラボ物理・地学
- 14:00~15:00 成果発表プレゼン 会場：サイエンスラボ物理・地学
- 15:00 閉講式

② 課題解決力や探究力を引き出すための缶サット実習における取組み

ア 協働作業で決められた期間に成果を達成

缶サットの製作期間として1日半は大変短い期間である。しかし、3~4人のグループで協力し、設計、製作、記録などを役割分担し、各々の意見をグループで建設的にまとめていくことで製作を成し遂げることをねらい、適度な課題を設定した。講師から宇宙開発の現場では、必ず開発期限があることを説明することで、より参加者が実感を持った実習となった。

イ 答えのない課題に取り組む

上空50mからパラシュート降下してくる缶サットに今回与えられた課題は4つである。一つ目は降下時間、二つ目は着陸時の姿勢、三つ目は着陸時に風船を割ること、四つ目は缶サットに搭載されたカメラで地面を撮影することである。課題の詳細は以下の表にまとめた。この課題についての明確な正解は存在しない。機体の形状や重量の個性によって条件は変化していくためである。

〈缶サット課題〉

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することで目標値の10秒に近づけることが目標。
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ことが目標。着陸アームを製作したグループもあった。
風船割り	缶サット構造を工夫することで、着陸と同時に缶サットに備え付けた風船が割れるようにすることが目標。
カメラ撮影	缶サットに搭載した動画撮影用カメラで上空から地上を撮影することが目標。

③ 成果と課題

ア 課題解決力や探究力の育成に成果

協働作業について、ほとんどの参加者は初めて出会ったグループメンバーと3日間協働して作業にあたり、満足する成果を挙げることができたようである。アンケートの中でも「グループの人と話し

合うことが楽しかった。」「みんなで工夫しながらいろんな缶サットを作ったので楽しかった。」という意見があったことから分かる。

また、答えのない課題に取り組むことについても、参加者は実習でねらい通りの取組みを行っていた。この缶サット実習では缶サットのモデル例は提示していない。空き缶を使用することとパラシュートの形状を揃えること以外は、全てがゼロからスタートで、生徒自らが設計から製作を任される。事後、生徒アンケートの中には「基本の作り方を教えて欲しかった」という意見が1名あった。マニュアルに頼るのではなく、自らが創造していく苦労が体験できたことがよくわかるコメントである。生徒は失敗の中から創造、工夫することを肯定的に捉え、やりがいを見い出していた。実習のねらいである課題解決力や探究力の育成を行うことができたと思われる。

〈生徒アンケート感想の一部〉

- ・何回も失敗し、成功にたどり着くことが難しかったところが面白かった。チャレンジすることが大事だと思った。
- ・自分たちで工夫を考えてそれを作るということを久しぶりにできて楽しかった。

イ 最前線で活躍する研究者との出会いの場を提供

世界的に著名な中須賀教授による指導と教授の親しみやすい人柄もあり、生徒たちは研究職というものに惹かれている様子が見て取れた。生徒は、大学院の研究室で活躍している学生の様子やその人物像を聞くことで自分たちの将来を重ねているように感じられた。また、アシスタントの大学院生は参加者と年齢が近いこともあり、3日目の昼食交流会や実習中に参加者とコミュニケーションをとり、進路に関する相談や研究のやりがいを話してくれた。

福井の子どもにとって、テレビの映像や新聞記事で目にするしかない最先端で活躍する研究者とコミュニケーションをとる機会をもつことができた意義は大変大きいと考える。等身大の研究者と自分の目標を重ねて高みを目指していくきっかけを得られたところは成果であろう。



図 18 中須賀教授による缶サットの好評



図 19 気球による缶サット打ち上げ準備

ウ 今後の課題

今後も継続的に今回の取組みを行う予定だが、課題は2点挙げられる。一つ目は生徒に与える課題の適正化、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である。

一つ目の生徒に与える課題については、缶サットの全国大会に出場している機体の主流が電子制御であることを考えると、今後は電子機器操作に関する課題に発展させていく必要がある。そのために研究所として、情報収集と予備実験が必要である。

二つ目の指導者の育成については、今後、研究所の職員が実習の講師を務め、更には学校へ実習の紹介や実習を行うためのサポートをしていくことが出来て初めて、学校現場への還元がされたといえるであろう。現在研究所では、一部の中学校の科学部の生徒に対して、大型のコーヒーフィルターを

傘に利用したパラシュートを作成する研修を行っている。これを発展して、缶サット実習につなげていくことができるのではないかと考えている。

(2) 京大 iPS 細胞研究所による iPS 細胞を用いた実験教室

① 講座概要

本年度の iPS 細胞を用いた実験教室は、京都大学 iPS 細胞研究所と奈良先端科学技術大学院大学から計 6 名の講師およびスタッフを招き、9 月 30 日（土）と 10 月 1 日（日）の 2 日間にわたって実施した。初日は高校の理科教諭、2 日目は高校生を対象に実施し、iPS 細胞に関するグループによる課題解決的な学びを体験した。

・ 9 月 30 日（土）

対象 高校理科教職員（参加者 16 名）

講師 京都大学 iPS 細胞研究所 基盤技術研究部門 特定研究員 佐藤美子

進行 奈良先端科学技術大学院大学 准教授 川上雅弘

スタッフ 京都大学 iPS 細胞研究所 国際広報室職員

和田濱裕之、大内田美沙紀、中内彩香、佐々木あやか

日程 13:10 集合・受付

13:20 開講式

13:30～14:30 ゲームボードを用いて「発生」「分化」「細胞」について学ぶ

14:30～15:30 ヒトの iPS 細胞などの細胞を観察する

15:30～16:30 答えの出ていない最先端の研究課題に挑戦する

16:30 終了・後始末

・ 10 月 1 日（日）

高校生対象で、40 名が参加した。進行・スタッフ等は、進行が前日の奈良先端科学技術大学院大学 川上雅弘 准教授から京都大学 iPS 細胞研究所 和田濱裕之 国際広報室職員に交替し、前日参加した高校教諭から 5 名と理科教育課職員もスタッフとして参加した。前日と同じ内容で、午前中に実施した。

② 課題解決力や探究力を引き出す取組み

ア 協働作業で与えられた課題に挑戦

実験教室の講義で学んだ内容や、これまでに学んだ知識を出し合い、さまざまな推論をもとに総合的に考察することで答えを推測していく活動に取り組んだ。具体的には、ヒトの iPS 細胞およびヒトの iPS 細胞由来の肝臓の細胞、神経の細胞、心臓の細胞の 4 枚のプレパラート標本を観察して、その標本がどの細胞に相当するかをグループで推測し、理由とともに発表した。また、各グループに対して図 21 のような課題が与えられた。



図 20 観察の様子（左：高校教員、右：高校生）

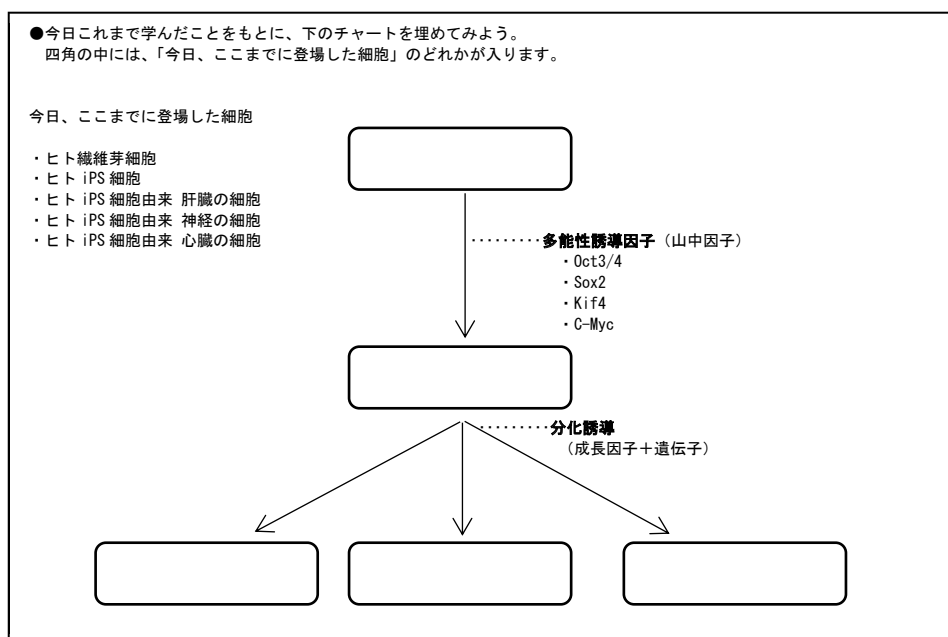


図 21 各グループに出された課題

イ 答えの出ていない最先端の研究課題に挑戦

実験教室の最後に、答えの出ていない最先端の研究課題にグループで挑戦した。課題は次のとおりである。

「iPS 細胞は、よく“何にでもなれる”細胞といわれます。それでは、どのようにしたら『本当に“何にでもなれる” (=体のあらゆる種類の細胞に分化できる)』ということができるのでしょうか？」
参加した高校生は、グループごとに活発に討論し、意見をまとめて発表した。



図 22 討論の様子



図 23 発表の様子

③ 成果と課題

この講座は、参加者が最先端の研究内容に触れることができた点と、グループ活動を通して深い学びを体験できたという点で成果があったと考える。一方、観察や討論の十分な時間の確保や生徒の視点に立った丁寧な説明を行うことなどは今後の課題と考える。

ア 参加者の最先端の研究体験と深い学びの体験、および教員の授業改善に成果

この講座は、3つの点で成果があったといえる。一つ目は参加者が最先端の研究内容に触れることができた点である。再生医療の世界で近年最も注目されている iPS 細胞に関して、直接研究に携わっ

ている研究者を招き、実物の iPS 細胞を見ながら講義を聴いたり、実験体験ができたことは、参加した高校生が研究に対して興味・関心を高める上で有効であったと考える。生徒のアンケートにも、次のような感想が書かれている。

- ・ iPS 細胞についてよくわかりました。もっと知りたいという興味もわきました。
- ・ iPS 細胞がどんな風に作られ、どんなしくみで活用されるかを、ボードゲームなどを使ってわかりやすく、楽しく学ぶことができた。
- ・ 新しいことをたくさん知ることができ、実際の研究の一部に触れることができよかった。

二つ目はグループ活動を通して深い学びを体験できたという点である。2日目は定員(36名)を超える高校生が参加し、意欲的で活発な学び合いの場が展開された。参加者にとって、初めて会う仲間と観察、討論、発表という協働作業を通して深い学びを体験できたという点が最高の収穫ではなかったかと考える。また、答えのない課題に対して、各自の知識を背景に考えを出し合い、グループでの考えをまとめることができた点は、今後の社会を生き抜いていくためにも貴重な体験となったのではないかと考える。生徒のアンケートでも、参加した高校生40名のうち35名が「実験教室が満足であった」と回答し、次のような感想が書かれている。

- ・ 班の人とは面識はなかったが、全員と話すことができた。iPS 細胞を見ることができ、ディスカッションも少し好きになれた。
- ・ 単に説明を聞くだけでなく、自分たちでどうするのがよいか考え、他の人の考えを聞いてさらに深い学びができました。

三つ目は、参加した教員にとって、この講座でのグループ活動は、授業改善のヒントを得る上で有効であったという点である。アンケートでも、参加した高校教諭16名全員が、今後、授業でアクティブラーニングを行う上で「とても参考になった」「参考になった」と回答しており、当初の目的は十分果たせたと感じる。

イ 今後の課題

今後も継続的に今回の取組みを行う予定だが、課題として次の2点があげられる。一つ目は、観察や討論の十分な時間の確保、二つ目は生徒の視点に立った丁寧な説明である。

一つ目の時間の確保については、生徒のアンケートの中に「もう少し細胞の観察がしたかった」という感想が見られた。3時間の講座の中に、ゲーム、講義、観察、討論、発表と多くの内容を盛り込むため、このように感じた生徒がいたと考えられる。講座を通して時間が窮屈であったため、何に重点をおくかを考慮した時間配分を考えていきたい。

二つ目の生徒の視点に立った説明については、ゲームボードを用いて遺伝子の働き、細胞の分化、器官の形成などのしくみが学べるようになっていたが、講義の内容がこれらに関する基礎知識がないと、具体的なイメージがわからず、少し難しかったかもしれない。生徒のアンケートでも「iPS 細胞についてまだ十分理解できていない」という感想が見られたため、来年度は、ゲームボードを用いて、もう少し具体的なイメージができるような工夫ができればと考える。

IV 福井県の理科教員のスキルアップ支援・・・理科教員研修

理科教育課では、先端教育研究センター事業の一環として、高等学校の理科教員研修を実施した。高校物理は、先端教育研究センターの特別研究員である川角博 NHK 高校物理講座講師を招聘した。高校化学と高校生物は、東京学芸大学理科教員高度支援センターと連携で実施した。

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 一生徒実験をどのように授業に位置づけるのか」

目標 生徒実験をどのように授業に位置づけるのかを、グループ協議を通して研修者が授業計画を立案できるようにしていく。

日時 1日目 平成29年6月26日(月) 13:30~16:00

2日目 平成29年9月26日(月) 9:30~12:00

対象 中学校および高校教諭

講座内容

科学の方法を身につける授業の具体策と評価(講義)

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(講義)

音の三要素、位相差による音速の測定、ドップラー効果(実習)

定常波、気柱、誘電体内を伝わる電場の速さ(実習)

講師 NHK物理基礎講座 講師 川角博

参加者 高校教諭12名

(2) 学びを深めるための取組み

講義で実験を授業に取り入れる意義について話を聞いたあと、目的意識を持って具体的なデータを取り、そのデータに基づいて考える実験について、参加者が実習を行った。実習では、実験を日常的に組み入れることが、自然科学を学ぶ方法として理にかなっており、深い学びにつながる体験ができた。最も注意すべき点は、従来のような料理レシピ的実験では生徒の思考は働かず、問題を探究的に解決していく過程を経ることが大切であるということである。以下、研修で取り上げられた具体的な生徒の活動についての考え方をまとめる。

- ・知識の取得については、問題解決に不足した知識を教科書等で獲得させる。
- ・議論を通じて思考を柔軟、拡張、棄却して熟成させることを重視する。
- ・報告と発表を通じて、思考と表現の客観性を確保した整理から、自らが判断した合理的な正解へ他者を納得させることができれば、自然現象の理解の正解に近い。



図24 実験実習の様子



図25 研修会講師 川角博先生

(3) 成果と課題

この研修は、参加者が実際に実験を行い、授業案を考えることで、各自の授業への取組み方に変化があった点で成果があったと考えられる。6月と9月の研修後に、参加者に対して行ったアンケートでは、月1回以上授業で演示実験を行う教員の割合は、6月の6割強から9月には10割(全員)となった。また、月1回以上授業で生徒実験を行う教員の割合は、6月の3割から9月には5割に上昇した。サンプル数が少ないため有意差として確認することは難しいが、日々の授業の立案・実践に変化があったのではないかと考える。

一方で、受講者が若手、中堅の教員中心で、各学校全体にこの研修で取り組んでいる内容が普及していかない点は課題であると考えられる。現在、県内の物理を専門科目とする理科教諭は48名である。

今年度の受講者が12名であることから、今後も同様の講座を開設しても3～4年間継続的に研修を行う必要があることが分かる。理科教育課としては、科学の方法を生徒に身に付けさせる授業実践が県内の高校に浸透し、生徒に還元されるとともに、新学習指導要領に即し、「大学入試共通テスト」にも対応できる高校物理の授業を全国に先駆けて実践し、発信していくことを目指していきたい。

2 東京学芸大学との連携による研修講座（高校化学、高校生物）

高校化学と高校生物の理科教員研修は、東京学芸大学と連携で実施した。講座の企画にあたり、まず研修講座の講師を務める本研究所の理科教育課員が、東京学芸大学理科教員高度支援センターが実施している「理数系教員指導力向上研修」を受講した。その後、学んだ内容を、東京学芸大学教員のアドバイスを受けながら、本研究所で実施する理科教員研修の目標に合わせてアレンジした。なお、講座当日は東京学芸大学理科教員高度支援センターの教員が支援者を務めた。

(1) 高校化学

① 講座概要

テーマ 「高等学校化学 ー水環境の分析と触媒を利用した浄化技術ー」

目標 ザルツマン法による発色を利用した水の簡単な分析方法、触媒を利用した水の浄化の一連の作業を体験し、分光光度計の操作や環境についての理解を深め、生徒研究活動で活用することができる。

日時 平成29年12月5日（火）13:30～16:30

対象 中学校および高校教諭

講座内容

水質汚染と触媒を利用した浄化技術について（講義）

分光光度計を用いた身のまわりにある水の分析（実習）

講師 教科研究センター理科教育課研究員 勝木知昭

支援者 東京学芸大学自然科学系分子化学分野准教授 吉永祐介

参加者 高校教諭7名

② 学びを深めるための取組み

研修では、実験の説明等はできるだけ手際よく行い、2人1組で行うグループでの協働作業に時間をかけた。取り組んだ課題は、「ザルツマン法による発色を利用した水の分析」と「触媒を利用した水の浄化」の2つで、2人で手順を確認しながら、1つずつ作業を進め、結果を分析して考察を導く「課題解決型学習」の形態で行った。



図26 実験の様子



図27 結果分析の様子

③ 成果と課題

この研修は、参加者が協働作業による課題解決型学習を体験できたという点で、成果があったと考える。2人1組で、実験および結果の分析を行う協働作業であったが、与えられた実験課題を2人で話し合いながら処理し、結果を考察することができた。作業過程で自信がもてない部分は、支援者である東京学芸大学の准教授からアドバイスを受けていたが、どのグループもしっかりした結論を導くことができた。参加者の満足度も、7名中5名が「満足」、2名が「どちらかという満足」と回答しており、講座の目的を達成できたと思われる。

一方で、講座内容の時間配分という点では課題があったと考える。講座後のアンケートでは、「実験の原理等の説明がもっとあるとよかった」や「実験結果についてもっと考える時間がほしかった」という感想があり、来年度の研修講座では改善したい。

(2) 高校生物

① 講座概要

テーマ 「高等学校生物 ー接触グロー放電：原始地球上でのアミノ酸生成のモデル反応ー」

目標 原始地球上における有機化合物生成のモデル反応の一つである接触グロー放電によるアミノ酸生成と検出の一連の作業を体験し、化学進化についての理解を深め、課題解決型学習の授業で活用することができる。

日時 平成29年12月5日（火）9:30～12:30

対象 中学校および高校教諭

講座内容

化学進化と生命の起源Ⅰ（接触グロー放電）（講義）

化学進化と生命の起源Ⅱ（接触グロー放電のための材料と方法）（講義）

接触グロー放電（実習）

薄層クロマトグラフィー（TLC）による生成物の解析（実習）

講師 教科研究センター理科教育課長 酒井哲弥

支援者 東京学芸大学自然科学系生命科学分野教授 原田和雄

参加者 中学校教諭1名、高校教諭7名

② 学びを深めるための取組み

研修では、受講者が能動的に学べるよう、参加者に質問を投げかけながら、一緒に考えていく場面を設けた。また、「生命の特徴は何か」「生命現象を特徴づけるものは何か」「生体分子が生成する際に必要な原動力は何か」などの課題に対してグループで考えをまとめ、発表する活動も取り入れた。

さらに、実験はグループによる協働作業とし、実験操作や結果分析はグループ全員で行った。このようにして、新学習指導要領で重視されている「課題解決型学習」や「主体的・対話的で深い学び」を体験できるようにした。



図28 課題に対するグループ討論



図29 グループでの実験結果分析

③ 成果と課題

この研修を振り返ると、参加者が授業改善に向けた深い学びの体験をできたという点で、成果があったと考える。グループ討論では、与えられた課題について、参加者が各自の知識を背景に、さまざまな観点から考えを出し合い、グループの意見が高いレベルでまとまっていく過程を見ることができた。また、実験結果の分析に関しては、支援者である東京学芸大学の教授からアドバイスを受けながらグループで協議し、考察が深まっていくのを感じることができた。このような学びこそ、これからますます重視されるようになる課題解決型学習であり、主体的・対話的で深い学びの姿ではないかと考える。アンケートでは、参加者の満足度も、8名中6名が「満足」、残りの2名が「どちらかという満足」と回答しており、講座の目的を達成できたと思われる。

一方で、参加者のレベルを考慮した講座内容の編成という点では課題があったと考える。今回行った実験の難易度に関して、8名中6名が「ちょうどよい」、2名が「やや易しい」と回答している。実験の難易度については、参加者のスキルアップをねらいとした教科研修という観点で考えると「やや難しい」が望まれるレベルである。このことから、来年度の研修講座に向けて実験の難易度について検討していきたい。

V おわりに

サイエンスラボの創設1年目ということで、当初の計画通りに進められなかったところがたくさんあった。特に、実験配信においては、遠隔システムを用いた双方向の学びの魅力を学校現場に浸透させることができず、配信実績数を伸ばすことができなかった。しかし、配信を受信した学校の教員や児童・生徒からは、双方向の学びや配信内容を高く評価する回答が得られており、今後も本年度と同様の進め方を基本にしながら、さらに質の高い実験配信をめざして、学校の先生方と連携しながら運営していきたい。実験配信を今後多くの学校に広げていくためには、実験配信の実績がある学校から、配信の魅力を周辺の学校に浸透させていけるような積極的な働きかけも必要だと感じる。

一方、その他の企画に関しては、大部分の参加者から企画に対して「満足」という回答が得られている。今後、本年度の進め方を基本に、参加した生徒や教員の声を取り込みながら、本年度以上に「課題解決力や探究力を育てる理科教育」をめざして企画を改良していきたい。