

# 理科部会

部会長：附属高等学校 朝倉彬  
部会員：附属小学校 草野健・杉野さち子・比樂憲一  
附属中学校 前川哲也・山本江津子・澤田大明  
附属高等学校 朝倉彬・山本夏菜子・菌部幸枝（非常勤講師）  
大学 相川京子・森義仁・近藤るみ・雨宮敏子・佐々木元子  
田中千尋・里浩彰・貞光千春・榎戸三智子・大崎章弘・竹下陽子  
後藤郁子・増田伸江（岩手大学）・末松加奈（東京家政学院大学）

部会紹介：

## 「探究力を育む ”つなぐ” 理科教育～ふしぎ発見・感動!!」

小・中・高の新学習指導要領の目的に探究力に関する記述が多く見られることからわかるように、探究力育成は、理科教育の核心をなす重要事項です。探究力の高い児童・生徒の姿とは、問題意識を持ち続け問題解決に関わっていることや、知りたい・解明したいという欲求を抱くことだと考えています。現象から理由を導く、生活に結び付けて考える、未知なる事象に既知の事項を組み合わせて推測する、など段階に応じて適切に学習機会を設けることで、児童・生徒は高いレベルの問題意識を持ち、積極的に解決に関わろうとします。本部会では、異校種・異教科(科目)間で互いの授業を紹介し、学習活動を通して児童・生徒の探究力を芽生えさせ、伸長させる取り組みの共有や相互理解を図ります。そのために、各校種でどのような能力を重点的に開発するのかを整理し、段階的に探究力を育成するための方法を模索します。さらに、校種に捉われず知識や概念の定着を図ることのできるクロスカリキュラムの作成・実施を検討していきます。また、附属校園に在籍する児童・生徒の追跡調査を行い、探究力・活用力育成における理科教育の影響を検討する予定です。以上のような点を、理論と実践の両面から構築し、その成果をふまえて、比較的経験が浅い指導者や教育実習生、地域の若手教員についても探究力が育成できるような指導法を開発することを目的とします。

## 社会課題解決の礎となる探究力を育成するお茶の水の理科教育実践

理科部会  
附属高等学校 朝倉 彬

### (1) 当該テーマに関する本部会の課題

理科教育の大きな目的である「自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成すること」ということを元に、それぞれの学校および学校間でこの目的を達成する上での課題を本部会では主に取り上げた。そのためには自然科学に親しみながら、徐々に科学的な探究を行うための知識・技能を培い、そして社会課題に対して科学的な視点を取り入れながら思考できることが必要と考えている。今年度も昨年度と引き続き理科部会のテーマ「探究力を育む“つなぐ”理科教育～不思議発見・感動!!」とも関連するテーマと捉え、「つながり」をより意識しながら部会を行った。

部会の各回ではそれぞれの学校種で実践している理科教育の実践において、日頃の授業実践の中で「学びに向かう力」の喚起・維持や探究力育成についての報告と、現在の理科教育の変遷についてなど多方面から意見交換を行なった。

### (2) 課題に関する本部会の取り組み

#### ① 小学校

小学校の理科の授業では、ほぼ毎時間探究的な学びが繰り返されている。その探究課題に取り組む活動において、徹底的に事物・事象と触れ合う機会を保障するようにしている。失敗したときにやり直す機会を可能な限り与え、途中で諦めずに再挑戦する体験を積み重ねていく。子どもにとって「納得」いくまで何度も繰り返せる体験こそ、粘り強さを育むとともに、次の課題へ向かう意欲を高めていくと考える。このように「探究する空間」をつくりあげていくことで、自然科学への親しみを喚起している。

具体的には「メタ認知スキル・社会情意的スキル」と『『ヒト・モノ・コト』をつなぐ視点の整理』で授業を実践している。科学で重要視している実証性・再現性・客観性を育むため、特に客観性に関しては他者と対話から問題を解決していくことが求められるため、そのためにも社会情意スキルを導入することが重要と考えている。これらが表出する学びを繰り返すことを通じて、自然の不思議を調べて挑戦すること、自然の大きさから学ぼうとすること、他者と協力して科学の手続きを生かして追求することなど理科学習の固有の市民性や創造性が涵養されることを期待する。『ヒト・モノ・コト』をつなぐ視点では、一人ひとりが身とおウイを持ち探究する学び(コト・ヒト)、深い理解を図る教材化(コト・モノ)、相互評価と自己評価を促す教師の関わり(ヒト・ヒト)という3つの視点をもち探究する空間を実現させている。

## ② 中学校

中学校の理科の授業では、生徒が課題を設定して解決する「探究」の時間は小学校と比べるとはるかに少なくなるものの、普段の授業がより「探究的」になるように工夫している。一昨年度からは ICT ツールを導入し、ICT の適切な利用方法にすいて検討することにより、実験のデータ収集、まとめ、意見交換において協働的な取り組みを効率よく実施できるような工夫を多く取り入れている。学習活動において「創造的活動」「創造的思考」「理科の見方・考え方」の観点かをふまえて授業を立案している。

例えば、「創造的活動」においては、科学的現象をどのように検証するかを他のグループの意見も参考しながら再検討する活動を行う。この時は視覚的にわかりやすいようにあまり ICT を使用せず、ホワイトボードやマグネットを使用し試行錯誤をしやすい工夫をしている。「創造的思考」では、科学的現象を正しく理解した上で、社会の課題解決に繋げることができるかを、モデルを用いて表現する。これらをグループ内で共有するために ICT ツールを用いてまとめる。「理科の見方・考え方」では先に生徒たちが考えたモデルに沿って事象を量的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり関係付けを行うことで、より質の高い解決策の提案を行う。このように既習事項を整理し、課題を見出し、日常生活や社会との関連を自ら見出す取り組みが行われている。

## ③ 高等学校

高校では、現在スーパーサイエンスハイスクール (SSH) に指定され、高度な科学技術人材の育成について全校体制で取り組んでいる。1 年の「課題研究基礎」では、数学・理科・情報の教科が関わり、科学的知識・技能を探究的に学べるような特別なプログラムを設定している。このプログラムを通して、2 年次の課題研究の土台となる力を育み、意欲を喚起するのである。2 年の「課題研究 I」では、文系理系にとらわれない 8 領域の中で生徒の関心の高い課題を設定し、科学的探究活動をトライアル&エラーしながら体験できるように設定している。さらに 3 年の選択「課題研究 II」では、生徒たち自らが設定した課題を追究し、新しい発見・価値を創造し、その研究成果を学会などで広く発信するようになっている。実践例として、高等学校の事例を後述する。

## ④ 大学

部会員が多く所属しているサイエンス&エデュケーション研究所 (ISE) では、本学附属や東京都内の公立学校だけでなく被災地を含めて広く小中高の学校へ出前授業や対外イベントを行っている。例えば、「お茶大 海のジュニアティーチャー養成講座」を実施して、海について主体的に学び、海をめぐる環境や未来についてサステイナブルな視点から捉えて考え、自ら発信・行動しようとする人を指している。実験や観察を通して、海についての基本的な知識を学んだり体験したりすることで、今後の様々な活動につながることを期待した取り組みを 1 年間通して対外的に実施している。その他「海洋プラスチックごみ問題について学ぶ授業コンテンツ」としてコンテンツ開発および出張授業、「災害レジリエンスに対

応する理科教育研究」として安価で手に入りやすい物品での実験実習の紹介や実験キットの作成等も実施している。これらは Web 上でも多くのコンテンツが用意され、多くの理科教員の教材開発に活用されている。

理系女性育成啓発研究所では、「女子中高生のためのイノベーションセミナー」「リケジョ - 未来シンポジウム」等子どもたちを対象にイベントを企画し運営している。学校のように、日々の積み重ねの中で子どもたちと教師と信頼を築き上げられるような関係性がない中で、子どもたちの心を学びに向かわせることは至難の業である。だからこそ、「学びに向かう力」に関しては日頃から意識して取り組んでいる。そのような経験を踏まえ、「学びに向かう力」については、「好奇心、自己調整力、自制心」が学びに向かうエネルギー源になっていること、また、「子どもの概念と合致しない現象を見せる」ことが子どもたちの学びのスイッチを入れること、つまり「学びに向かう力」の喚起に繋がっていると考えている。

これら大学でのイベントでは附属学校の児童・生徒も参加することもあり、コンテンツの開発や紹介については附属学校教員の多くが参考となっている。

## 【実践事例紹介】

### 1. はじめに

SSH プログラムの学校設定科目「課題研究基礎」の授業の1つとして、1学期に「高レベル放射性廃棄物の処理」を外部講師による特別講義（2時間）と自校教員で実施するワークショップ（2時間）を行なっている。「高校物理原子分野の指導と放射線教育と社会との繋がり」を意識した授業実践である。

### 2. 授業内容

#### 2.1 外部講師による特別授業

最初の2時間では、原子力発電環境整備機構（NUMO）の広報部の方による特別授業である。内容は以下の通りである。

- 日本のエネルギーと原子力発電の状況、世界との比較
- 高レベル放射性廃棄物の概要
  - 高レベル放射性廃棄物って何?：放射性物質、放射線、半減期について
  - 高レベル放射性廃棄物ってどこにどれだけあるの?：使用済み核燃料、一時保管について
  - 高レベル放射性廃棄物はどうやって処分するの? 処分の方法の種類や制約について
- 地層処分
  - 地層処分場ってどんな施設?：規模や設置費用について
  - 地層処分の安全性は?：ガラス固化体のプチ実験、日本の地学的特性について
  - 地層処分はどのように進めるの?：事業プロセスの紹介、「科学的特性マップ」の紹介、現在進められている事例紹介
- 他の国の状況：諸外国における地層処分事業の進捗
- NUMO の取組み紹介

NUMO の存在や、そもそも高レベル放射性廃棄物というものに関して初めて聞く生徒が多い。高レベル放射性廃棄物を理解する上で放射性物質や、放射線、半減期等の内容は原子分野の内容を理解する必要がある。そのため NUMO 職員による内容は、放射性物質の基本的な内容から、測定方法、多様な放射性物質や放射線の特徴、半減期の多さ、現在扱われている放射線の利用方法について、式は出さないまでもできる限り定量的にグラフ等を用いてかなり丁寧に説明される。高校 1 年の 1 学期段階で、物理も化学もあまり学習が進められていない（ようやく「放射性同位体」を化学基礎で学習した生徒）たちにはハードルが高い内容になるが、どの程度危険であるか（安全であるか）、科学的な視点からどこまで立証されているかを、客観性を担保しながら説明するためにはこのような内容は非常に有効になる。また、直接物理とは関連性はないが、処理問題として地学的な内容にも多く触れる。この特別授業で、物理・化学・地学分野の融合がされており、生徒は今後各科目で学んでいく理科に対して、分野ごとの理解だけではなく、複合的に自然科学を学ぶ重要性を養うことができる。



図 1. 特別講義の様子

## 2.2 自校教員で行うワークショップ

先の特別講義後に、この内容を踏まえたワークショップを行う。内容は以下の通りである。

授業の流れ	
10分	<p><u>アイスブレイク：前回の特別講義の振り返り</u></p> <p><u>WS 概要説明：</u> WS の目的説明とロール設定</p> <p>「今から、みなさんには科学的特性マップでの【好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い】かつ【輸送面でも好ましい】ある町の「住人」とその町の「地元政治家」と「都市部の高校生」になってもらいます」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「地元住人」は最終処分場設置に反対の立場</li> <li>・「地元政治家」は最終処分場設置に賛成の立場</li> <li>・「都市部の高校生（変化せず）」は賛成や反対ではなく客観的に議論を見ている立場で議論をしてもらう。</li> </ul> <p>教室にいる生徒を 1/3 にして役割を分担し、近くの「仲間」と役割の立場で意見を出し合ってもらおう。</p>
35分	<p><u>ワーク 1-1：個人でまとめる</u> 1 人で前回の特別講義で配付されたデータなどを用いながら意見をつくる。</p> <p><u>ワーク 1-2：情報共有</u> 近くの「仲間」と自分が考えた意見について共有する。</p> <p><u>ワーク 1-3：意見主張（「住民」）</u> 根拠となるデータとともに、最終処分場設置に反対の意見を述べる。</p> <p><u>ワーク 1-4：意見主張（「政治家」）</u> 根拠となるデータとともに、最終処分場設置に賛成の意見を述べる。</p> <p><u>ワーク 1-5：質問（「高校生」）</u> 根拠となるデータとともに、「住人」「政治家」それぞれに質問</p>

	する。
25分	<p><u>ワーク2-1：質問や反論をまとめる</u>  「住人」「政治家」は「高校生」から出された質問の回答や、相手の意見の反論を考える。  「高校生」はそれぞれの立場の意見を振り返る</p> <p><u>ワーク2-2：回答・反論発表</u> 「住民」側からの質問や反論を行う。「政治家」側からの質問や反論を行う。</p> <p><u>ワーク2-3：まとめ・感想発表</u> 「高校生」側からの感想やまとめを発表してもらう。</p>
10分	<p><u>クロージング：「なぜ意見が異なるのか」の検証</u>  ロールを解いて、改めてこの課題について考えてみる。みんなで意見を出し合う。</p>

特別講義の知識をフルに活かしながら高レベル放射性廃棄物の理解を深めるとともに、多様な価値観を持つ市民がいる中での課題解決の難しさを生徒同士の対話によって実感できるようなワークショップを実施している。この授業での教員の立ち位置は完全に議論のタイムキーパー・裏方に徹して、特に導いたりせずには生徒にはさまざまな立場での理解を促す。このワークショップでも前回の特別講義で紹介されたデータやその他参考となる客観的データを用いることで、データを読み取り、現状との整合性を踏まえて議論を行う。



図2. ワークショップの様子

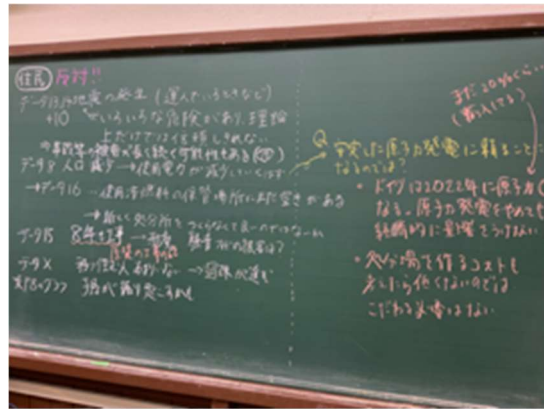
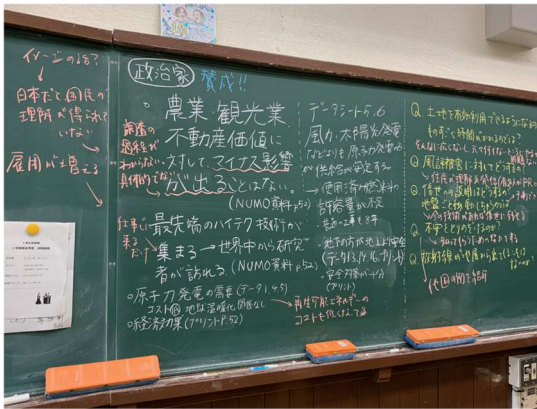


図3. ワークショップでの議論を黒板にまとめたもの

### 3. 生徒の反応や今後の展開



- 放射性廃棄物が 100℃まで下がるのに 100 年，危険性がなくなるまでに 100 万年で，時間のかかり方が長くて驚いた。
- 放射線というあまり身近でないものに漠然と抱いていたイメージが今回の講義を通して明瞭になり，さらに放射線やその処理方法について調べてみたいと思いました。
- 原子力発電には様々リスクがあることは分かっていたが，想像以上に難しい問題であると思った。
- 他の国ではどのように進めているのかをもっと調べたくなった。
- 地層処分は放射線が漏れてしまわないかと不安に思ったが様々なデータから安全ということがわかった。
- 伝え方・伝わり方で一般の人々の考え方が大きく変わると考える。
- 決して自分も部外者とは思わず，常に興味を持つようにしたい。
- 現時点で原子力発電がないと電力供給が追いつかないという事実と向き合い，過去の失敗から危険性を十分把握した上で「安全に運用する」を考えていくプロジェクトはすごい。一方で反対している人も人間だから感情論になってしまうのも当たり前で共感できる。多角的な視点を持ちたい。

特別講義とワークショップ後の生徒のコメントは以下のようなものが多く見受けられた。

特別講義の内容は放射性物質や原子の基本だが，1 年の 1 学期にそれらを網羅した内容を理解した上で特別講義の内容を理解することは生徒からすると非常にハードルが高いと感じられる。しかし，今後社会全体で考える必要があること，その一端を自分たちが担っているという点もありこれらの科学的知見を理解することの意義が非常にわかりやすく生徒も意欲的に学んでいる。さらに，ワークショップを利用することで，科学的知見をフル活用しながら議論を進めていく大切さも理解できるようになっている。一方で，「地元住人」でのロールを与えられた生徒からは「データで指し示されても，理屈はわかるが不安は不安」という意見もあり，科学的な議論の限界も肌で感じていることもみてとれる。

関心度と難易度について，図 4 のようにマトリックス表でどこの位置付けかで回答してもらった。ほぼ全ての生徒の関心が高まったこと，難易度についてはちょうど良い状況である

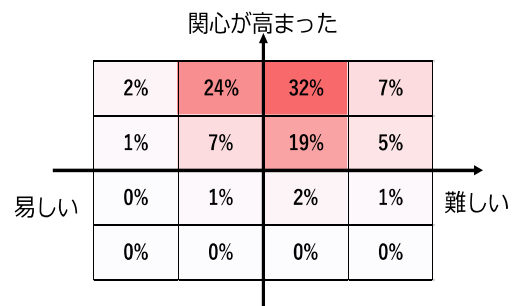


図 4. 関心度と難易度

ことがわかる。社会の課題についての認識と，理科（とりわけ物理・化学）の内容に関しての理解の深まりが本授業に対して効果的であることが窺える。

### (3) まとめ

お茶の水の理科教育は、幼稚園での「自分の興味をもったことに夢中になって遊ぶ体験」から始まり，小学校での「豊かな探究活動」，中学校での「探究的な学び」，高校での「SSHを中心とした高度な探究」へと発展していく形をとっている。各校種それぞれが独立しているものの，小学校では幼稚園の，中学校では幼稚園や小学校の，高校では幼稚園から中学



校までの学びの上にそれぞれの理科教育が成り立っていることを意識して授業を展開している。それゆえ、高校での実践例を示したように高校1年生の時点から、定性的にも定量的にも難易度が高い内容についての即時的学習、科学的根拠に基づいた情報と、社会の課題の意識についての対話的に深い学びの場において、非常に高いパフォーマンスと理解度の双方を獲得できる授業が実践できている。高校段階では約半数が附属中学校以外からの入学生だが、附属学校園で実践的かつ探究的で対話の多い学びを多く経験してきた生徒と学ぶ意欲の高い生徒との相乗効果をもたらす効果だと考える。

引き続き、連携研究理科部会の情報交換会が重要な位置づけであることを認識し、それぞれの学校園がそれぞれの目指す目標に向けて日々工夫をこらしながら学びを展開し、連携研究理科部会で情報共有・意見交換し、検討と改善を加え、再び現場に戻して実践するというスパイラルな実践研究を行っていきたい。

#### (4) 参考資料

- ・お茶の水女子大学附属小学校，第86回教育実際指導研究会発表要項（2024）
- ・お茶の水女子大学附属高等学校，2023年度SSH研究開発実施報告書（2024）
- ・朝倉 彬，「高レベル放射性廃棄物の処理」から科学と社会の接点を学ぶ-放射線教育の導入として-，2023年物理教育研究会 APEJ 夏期大会，2023.8