

# 五條市サイエンス・スクール2018連携事業

松山豊樹・常田 琢

(奈良教育大学 理科教育講座物理学)

藤井智康

(奈良教育大学 理科教育講座地学)

釣井達也

(奈良教育大学 理数教育研究センター)

伊藤直治

(奈良教育大学 数学教育講座)

## On Science School 2018 in Partnerships with Gojo City

Toyoki MATSUYAMA, Taku TSUNETA

(Department of Physics, Nara University of Education)

Tomoyasu FUJII

(Department of Earth Science, Nara University of Education)

Tatsuya TSURII

(Center for Educational Research of Science and Mathematics, Nara University of Education)

Naoharu ITO

(Department of Mathematical Education, Nara University of Education)

**要旨：**奈良県南部の五條市で開催された第3回目となるサイエンス・スクール2018についての報告を行う。五條市との連携協力についての経緯を述べ、五條市の教育委員会や現職教員との協働、サイエンス・スクールの事前準備、そして、当日行われた4講座について記述する。そして、参加してくれた児童・生徒への影響、五條市の現職教員への研修としての意味合い、本学の院生・学部生へのサポート活動を通しての還元についても議論する。五條市、本学の双方にとってのサイエンス・スクールの持つ意義についてまとめを行う。

**キーワード：**連携 Partnerships

サイエンス・スクール Science School

理数教育 Science and Mathematics Education

### 1. はじめに

五條市サイエンス・スクールは、平成28年度から開始され、今年で3年目を迎えることとなった。五條市でサイエンス・スクールが開催されるに至ったのは、五條市教育長および教育委員会からのかなり強い要望によるものであった。

五條市は、奈良県南部の中核地域に位置し、広い面積を持っている。その南端部ではかなりの過疎化が進んでいる。そういった中で、五條市は児童・生徒の学力向上に非常に熱心で、精力的に様々な取り組みを進めている。当初、五條市は理科分野の大学教員を講師としたサイエンス・スクールの開催を切望していた。それを受けて、理数教育研究センター、自然環境教育センター、理科教育講座では、五條市とさまざまな可能性を協議した。そ

して、現在のような形、すなわち理数教育研究センターを中心とした有志教員によるサイエンス・スクールの開催に話がまとまった。内容についても、五條市は当初、理科分野を強く望んでいたが、理科の土台になる数学(算数)についての授業も取り入れることで、若干の枠の拡大を行った。また、五條市の要望によりあくまで大学教員が授業を主導する点は変わらないが、大学院生・学部生、さらに本学理数プロジェクト参加学生が補助につく点についても理解が得られ、本学院生・学部生にとっても有益な実践活動の場となっている。五條市の現職教員もサポートに入り、大学教員、本学院生・学部生との協働を行う。このように、こちらからの一方的な授業提供ではなく、まさしく連携した事業となっている。ちなみに理数教育研究センターのこの種の連携事業については、ごく一部であるが(松山ほか(2010))にまとめられている。理数教育研究センター全体の各種連携については、

同センター報告書に記載されている。

## 2. サイエンス・スクール実施の全体的な流れ

準備は、新年度が明けた頃から始まる。五條市の教育委員会事務局の指導主事、課長、部長が来学し、まずは授業内容についての協議が行われる。初年度は、手探りの部分も多かったが、その後は、サイエンス・スクール終了直後に会場で児童・生徒に実施しているアンケートを基に、さらに指導主事が五條市の現職教員、保護者、児童・生徒から聞き取った要望を加味して、4 講座が設定される。当初は、6～8 講座の設定を行っていたが、受講希望者が多く、3 年目は 4 講座を設定し各講座を 2 回実施する体制を取った。例年、受講希望受付日の受付時間開始後、直ぐに定員一杯になる状況が続いている。保護者からは、受講者受入数をもっと増やせないかとの問い合わせが殺到しているが、実験・演習等の機材の数が限られているため、やむを得ず、2 回開講になったという経緯がある。こういった綿密な打ち合わせによって講座での授業実施者、内容が決定される。実際のサイエンス・スクールの実施は 8 月 3 日、6 日の 2 日間である。それに向けての授業の準備、広報、具体的段取りの打ち合わせ等が続く。会場校や実際に授業を行う場所も、教室、図書室、グラウンド、プール等、双方の要望によって変更される。安全確保や熱中症対策など、多くの事項について、綿密な打ち合わせが必要である。その後、授業実施場所の確認や事前に可能な実験機材の搬送やらで、本学と五條市を行ったり来たりすることになる。参加申し込みは五條市教育委員会事務局が FAX で受け付ける。前述したように、申込開始時間後瞬く間に定員一杯になる。それを受けて教育委員会から大学側に受講人数の増員要請が来るが、機材や指導可能な人数の限界点をめぐって、悩みに悩み、微増程度のことしかできず、多くの児童・生徒に残念な思いをさせてしまう。多くの申し込みは、うれしくもあり一方で期待に沿えなかった児童・生徒への申し訳なきで複雑な心境である。

こうした事前準備を経て、いよいよサイエンス・スクール当日を迎えることになる。当日は、五條市教育委員会が総出で支援に入ってくれる。児童・生徒を送り出す学校の現職教員やそれらの先生方のネットワークから多くの現職教員もサポートに入ってくれて、我々、大学教員は直前の準備に集中できる。早朝から準備を行い、まずは開校式が行われる。五條市教育長や教育委員会からの代表、本学教員の代表の挨拶、本学教員と児童・生徒の顔合わせ、等に引き続き、直ちに授業開始となる。以降、具体的に各講座の説明と、最後にまとめを行う。

## 3. サイエンス・スクールの講座内容

### 3. 1. 講座「水環境調査機器を使ってみよう！」

講師：藤井智康

概要：

川、湖、海の水環境調査がどのような機器を用いて調査を行っているかを知ってもらうために、実際に調査・観測で使用している様々な機器を使ってみることやパックテストを使って、身近な水の水質を分析する。見て・触れて・体験して水環境について学ぶ。

目的・ねらい：

われわれは、日常生活においてさまざまな自然にふれながら、その変化や環境問題がなぜ生じているのか疑問に思う子どもが少なくないように感じる。この根本的な要因は様々あるが、高校において地学（地球科学）を未履修の小・中学校の教員が地学に関する内容を教えていることもその一因であると推察される。しかしながら、われわれは、地球上で生活し、様々な自然環境の中で生きていることから、その環境変化などの科学的なメカニズムや計測技術を知ることは極めて重要である。

一般的にサイエンス・スクールなどでは、物理・化学の実験を通じた講座の要望が多いが、本講座においては、身近な環境を知ることの大切さ及び、どのようにその環境を計測しているかを児童・生徒に理解してもらうために、体験を通じた活動を主眼において実施した。

授業の概略：

本来は、講座はプールですべて行う予定であったが、35℃以上の猛暑となり、一部は教室で実施し、その後はプールにおいて短時間での機器の使用を行った。

まず、本講座でパックテスト（簡易水質検査）を行う pH、COD（化学的酸素要求量）などの簡単な説明及びその数値は何に関係しているかなどを身近な事例を示しながら説明を行った。一部の児童・生徒はすでにパックテストを使用した経験もあった。

水質検査を行う試料として、1 つは、校内の池において、採水方法を示しながら、自ら採水し、もう一つは、講師が、事前に奈良公園内の鷺池で採水したものを利用した。また、プールの水についても最後に検査した。

パックテストによる検査結果を記録紙に記載させ、水質分析に関しての授業が終了となる。

次に、水環境調査で使用する機器についての説明を行う。今回使用する機器は、超音波ドップラー流速プロファイラー、電磁流速計、透明度板（セッキ板）、北原式採水器、水深計などである。

それぞれ、どのような機器なのか、どのような原理を使って測定しているかなど具体例を示しながら説明を行った。とくに超音波ドップラー流速プロファイラーは、名前にドップラーとついているように、「ドップラー効果」

を利用して計測している機器であり、この効果について簡単な説明をおこなった。この効果については高校物理で扱う内容であるが、本講座ではそこまでの説明は行わず、救急車が近づいてくるときと遠ざかっていくときにサイレンの音の聞こえ方（周波数）が違うことを説明した。ここでは、効果の名前は知らなくても日常で体験していることと、実際の観測技術に応用されていることを知ってもらえればということで行った。

その後は、プールにおいて実際に、機器に触れ、どのようなデータがとれているのか見てもらった。



写真1 池の水の採取



写真2 測定機器の説明

#### 自己評価：

急遽、暑さ対策のため場所の移動など臨機応変な対応が求められ、20人の子どもたちの移動も伴い、講座の時間が短くなった。授業内容に関しては、原理や専門用語など難しい面はあるため、もう少し小学生でも分かる工夫が必要である。一方で、身近な環境を題材とした講座内容であったことから子どもたちはこの講座を通じて少しでも環境に興味を持ってくれたと期待する。また、児童の中には、プールの表面と底の水のpHやCODの値の違いについて議論したのももあり、子どもたちの気づきに感心した。

### 3. 2. 講座「作って飛ばそう！ペットボトル・ロケット！」

講師：松山豊樹

#### 概要：

ペットボトル・ロケットが飛行する原理について学び、児童・生徒一人一人にそれを自作してもらい、グラウンドで実際に飛ばす。

#### 目的・ねらい：

ペットボトル・ロケットが推進力をどのようにして得ているのかを理解してもらう。ただの遊びで終わらず、作用反作用の法則（運動量保存則）について理解すること、その法則がいかにか巧妙に利用されているかを学ぶ。

#### 授業の概略：

8月3日は予想通り猛暑日となり、熱中症に備え、ペットボトル・ロケットの自作までは、エアコンの効いた室内で実施した。

まず、教室で、なぜペットボトル・ロケットが飛ばか

の原理の説明を行った。一方的な座学は行わず、児童・生徒が演示実験を取り囲んで床に座ったり立ったりする形で行った。使った実験機材は、力学台車二台、ハンマー、水を入れた1.5リッターのペットボトル、メジャー、付箋紙である。理科実験機材として特殊なものは力学台車のみであるが、これも自作可能である。こう言った身近な機材で、重要な原理を実験で理解できることも伝えたかった重要な点である。

原理の説明をした上で、いよいよペットボトル・ロケット自体の説明を行った。宇宙空間では空気が無いのであまり形状にこだわらないが良いが、地上では空気が抵抗になる。児童・生徒が飛ばすのはもちろん空気中であり、この空気抵抗をいかに減らすかが、飛距離を伸ばす鍵になる。簡単なヒントを与え、工作用紙を使った一例を示し、その後は児童・生徒の自由な発想に任せた。机間を回り、児童・生徒一人一人の質問に答えながら、アドバイスをを行った。

休憩を取り、いよいよグラウンドでの発射実験である。グラウンドは、とんでもない暑さである。大量の水をまいてもあつという間に乾燥し、まさに焼け石に水である。事前に五條市教育委員会、現職教員たちがテントを張って日陰を作ってくれた。市内の病院から来て頂いた看護師さんにも待機して頂いた。児童・生徒は班に別れ、ペットボトル・ロケットで衝突事故が起きないように、ルールを守って次々に大空に打ち上げていった。

もっと飛ばしたいという児童・生徒を何とか制し、再び教室に戻り、まとめを行った。実は、児童・生徒が大騒ぎで飛ばしている間に、よく飛んだものやあまり飛ばなかったものに目を付けておくのである。まとめでは、それらを児童・生徒から借りて、そのペットボトル・ロケットの良い点、改良すべき点をその理由とともにアドバイスする。これは、非常に重要なプロセスである。生徒たちは、このプロセスによって、現象には理由があり、それを考えることが重要であることを学ぶのである。



写真3 力学台車を使った



写真4 グラウンドでの活動実験

#### 自己評価：

とにかく猛暑の中でのグラウンドでの活動があったため、児童・生徒の体調が気がかりであった。事前の打ち合わせや当日の五條市の配慮により、しっかりした安全対策が取られ無事終了出来たのは何より良かった点である。想定より時間が伸びてしまうのが、毎回のことでは

あるが、今回も反省点として残る。生徒たち一人一人の疑問になるべく応えたいという思いと、時間通りに粛々と進めなければという縛りがどうしても相反してしまう。

#### その他：

ここでは詳しく述べるスペースがないが、今回も、想定外のペットボトル・ロケットが現れた。まだまだ不完全ではあるが、その発想は非常にユニークである。子どもたちのアイデアにはかなわない。

### 3. 3. 講座「スライムって何？」

講師：常田 琢

#### 概要：

児童の興味を強く引き付けるスライムを題材として、物理的な粘弾性や化学的な構造など、物質として特徴的な性質があることを学んだ。

#### 目的・ねらい：

洗濯のりと（洗濯のりをゲル化する）ホウ砂の水溶液を混ぜるだけで作れるスライムは、化学実験の題材として人気だけでなく、家庭で自作されたり YouTube 配信で紹介されるなど児童の間に広く浸透している。理科の教材としても多くのテーマを内包しており、化学的にはゲルの一種、物理的にはチキソトロピー性を持つ粘弾性体である。これらの概念を初等教育の枠内で理解させることは難しいが、できるだけかみ砕いて伝えることで、物質の性質について体感的に観察・考察するきっかけにしてほしいと考えた。



写真5 液体と固体の判別 写真6 原料の混ぜ方を実演法を説明

#### 授業の概略：

まず、市販の洗濯のりをそのまま使ったものから、水で最大 2.5 倍に希釈したものまで、数種類のスライムを作製した。柔らかいものは粘液状、固いものは塊状に見えるがいずれも粘弾性体であり、変形の時間スケールが異なるだけで、液体と固体の両方の性質を持つ。

ここで「スライムはゴムのような固体か、それとも水のような液体か」と物理的性質について問いかけ、それを判別するための実験を行わせた。固体ならば引き延ばせば切れるが液体は伸び続ける、あるいは固体の上にビー玉を落とせば弾むが液体なら沈むなどである。観察結果は児童に

よってまちまちで、どちらとも結論が出ない。そこで、スライムには変形の速さによって固体のようにも液体のようにも振る舞う性質があることを説明し、氷と水のような区別が単純には成り立たない物質も存在するのだと伝えた。

次に化学的な内容に移り、水溶性の色素がスライムに溶け込んでいく様子や、その後に塩をかけると色水が滲み出てくる様子を観察させた。これにより、スライムはスポンジのように水をそのまま含んでいることを納得させた。その後、スライムの中には「顕微鏡でなければ見えないひも」があり、網目構造を作って水を保持していることをイラストレーションで説明した。

最後に「新種のスライムを作ろう」というテーマで添加剤を加えるとその性質がスライムに与えられることを伝え、空気を含んで軽いシェービングフォームや、流動性に乏しく崩れやすい紙粘土などの添加剤を紹介した。

#### 自己評価：

小学校低学年を中心とする参加者はいずれも学校や家庭でスライムになじんでおり、題材への関心は高かった。液体か固体かという発問への反応も良く、初めから「どちらでもない」と考えることができる児童もいた。発展的な説明がどの程度受け入れられたかを測るのは、今後の課題である。また、児童が新たな観点を持って身の回りの物質を観察するように誘導する手立てを考えたい。

内容はやや高度で、実験操作や観察に困難が伴うおそれもあったが、多くの現職教員のサポートもあり非常に授業がしやすい環境だった。現職教員からも、教材としてよく使うスライムについて新しい知見が得られたという声が多く、その意味でも有意義だったと思われる。

### 3. 4. 講座「万華鏡で遊ぼう！！」

講師：釣井達也、伊藤直治

#### 概要：

万華鏡は鏡の反射を利用して、きれいな模様を描く玩具である。また、鏡の形を変えることにより、いろいろな模様が現れる。本講座では、実際に様々な万華鏡を工作し、その模様を観察することで、そこに潜んでいる算数・数学について考察を行った。

#### 目的・ねらい：

本講座では、筒の中に三角柱や四角柱など、柱の形をした鏡を入れて模様を作り出す万華鏡(所謂、通常の万華鏡)と、鏡を立方体の形に組み上げ、その内側に模様を作り出す立方万華鏡の工作を行った。万華鏡は鏡の反射を利用しているため、できる模様は鏡映変換の繰り返しである。通常の万華鏡では、平面上での鏡映変換が現れ、立方万華鏡では空間上での鏡映変換が現れる。また、現れる模様はそれぞれ平面と空間を隙間なく埋め尽くす。本講座は、万華鏡の観察を通して、鏡映変換や平面充填、空間充填について学ぶことを目的とした。

**授業の概略：**

まず、筒状の万華鏡で鏡の形が正三角柱の万華鏡の工作を行い、そこに現れる模様を観察し、ワークシートに取り組んだ。ワークシートでは、万華鏡によってどのような模様が現れているのかを問いかけた。万華鏡によって描かれている模様が、鏡映変換の繰り返しであり、正三角形が平面を隙間なく埋め尽くしていることを確認した後、鏡の形が正三角柱でない場合はどんな模様が描かれるか？という問題提起を行った。その後、鏡の形が正四角柱、正五角柱、正六角柱、二等辺三角柱の万華鏡の工作を行い、観察とワークシートに取り組んだ。

次に立方万華鏡の工作を行い、観察を行った。立方万華鏡では、筒状の万華鏡とは異なり、万華鏡によって描かれる模様は自分で作る必要がある。児童・生徒は、思い思いの模様を鏡に描き、オリジナルの立方万華鏡を作成した。立方万華鏡は空間での鏡映変換を作り出すため、筒状の万華鏡とは描かれる模様が根本的に異なる。この性質を実際に観察してもらった後で、平面充填や空間充填についての説明を行った。



写真7 万華鏡の説明



写真8 万華鏡の工作

**自己評価：**

ワークシートの問題を多くの児童・生徒が解けていたので、単なる工作で終わってしまわずに、鏡映変換や平面充填の問題を考えるきっかけを作れたのは評価できる点だと思われる。一方で、工作が苦手な児童・生徒は万華鏡を作るのに必死で、なかなか考察の時間がとれず、ゆっくりとワークシートに取り組む時間を取れなかったのは反省すべき点だと考えている。工作を用いて授業を行う場合は、工作の過程も問題を考える重要なヒントになるため、どこまで準備をしてあげれば良いかという問題は非常に難しい。

**その他：**

今回は、角柱の鏡を用いた万華鏡と立方万華鏡で考察を行ったが、角錐の鏡を用いた万華鏡や他の多面体を用いた万華鏡などではどのような模様が描かれるかを考察するのは非常に有意義だと思われる。

**4. 全体のまとめ**

五條市サイエンス・スクールは、3年の実績を踏まえ、今や五條市の恒例行事として定着しつつある。サイエンス・スクールが構想された理由の一つとして、ある学力

検査で当時の五條市の理科の成績があまり良くなかったことがある。それが、サイエンス・スクール開始後、成績が格段に向上したとのことである。おそらく今後もサイエンス・スクールは長期的に継続されていくであろう。

最後に、五條市の現職教員との関係について触れ、まとめとしたい。五條市教育委員会は「教師塾」を組織し、定期的に現職教員の勉強会を開催している。そこに参加するメンバーは、驚くほど若い。どういう経緯があるのかかわからないが、五條市自体の現職教員は、若手が多い。そのメンバーが、我々のサイエンス・スクールでも活躍してくれる。事前準備から当日の運営、後始末等々、生徒たちはもちろん、我々講師陣を支えてくれる。

また、現職教員の皆さんの向上心が非常に高い。サイエンス・スクール前には、普段の理科実験で苦勞している点や質問事項を提起し、それらを教育委員会がまとめ、事前にこちらに提出してくる。そして当日、生徒たち相手の講座が終了した後、一種の研修が行われる。現職教員たちは、当日の実験・演習内容だけではなく、普段の授業での実験について、非常に積極的に専門的見地からのアドバイスを求めてくる。単なる座学の一方通行ではなく、双方向の討議が行われる。これこそが、真に身になる教員研修の新しい姿かもしれない。この積極性は、普段でも変わらない印象を受ける。別の機会に、プログラミング教育に関することである小学校を訪問したとき、若手の現職教員が職員室で教科の指導法を一生懸命議論していた光景が印象的であった。

こういった姿は、本学の院生・学部生にも強い影響を与えるであろう。年齢が近いだけに、自分たちの近未来の光景として、本気で様々な課題に対峙できるであろう。現在は大学教員による授業であるが、学部生・院生を主とした授業も五條市サイエンス・スクールに一部でも導入出来たらと思う。今後の検討事項である。

年度が開けたら早速、次のサイエンス・スクールの準備が開始される。待っている子供たちの期待に応えられるよう頑張ろうと思う。

**謝辞**

五條市教育長の堀内伸起先生、五條市教育部長の松井和永先生、同課長の尾崎和弘先生、同指導主事の杉崎明子先生に深く感謝致します。

事前、事後、そして当日にサポートして頂いた多くの現職教員の皆様に心より感謝致します。

**参考文献**

松山豊樹、松村佳子、和田穰隆、石田正樹、藤井智康、常田 琢、伊藤直治 (2010), 「「サマースクール 2009 イン曾爾」での理数科実験講座」, 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, 第 19 号, pp. 177-181.