
理科実験の授業時間短縮化と

理科指導力の育成

第1章 プロジェクトの概要など

1. プロジェクトの概要

小・中・高校において実験が円滑化できるよう、マイクロスケール教材などを用いて教科書実験を工夫する。また、実験による授業の効率化について考察し、子どもの内容理解を十分に支援することができる方法を考える。

2. プロジェクトの動機

現在、子どもたちの理科離れが深刻化しているという事実はもはや言うまでもなく周知の事実である。その中で、どのようにしたら理科が嫌いな子どもたちが理科を好きになってくれるだろうかを考えると、子どもが主体的に参加できる実験を多く取り入れ、なぜ学習するかをわかってもらうために日常と関係づけることが必要だろう。

しかし、実験にはおおきな問題がある。それは実験によって授業時間が多くかかってしまうことだ。一時限 50 分授業で終了させること難しい実験もあるということと、実験をするよりも座学授業をした方が教科書の内容を先に進める可能性が高いという事態が起こりうるかもしれない。私達は今回の研究で実験の短縮化や実験を取り入れることにより、子どもの実験慣れを促し、上記のデメリットを軽減させようと考えたのがきっかけだ。

学校における理科の授業

①座学

○:短い時間で大量に内容を伝えることができる。

×:印象に残りにくい。

②演示実験

○:印象に残る。実験時間が短い。

×:受け身的な実験。

③生徒実験

○:児童・生徒主体なので、印象絶大。

×:時間がかかる。危険性あり。失敗あり。

2. 代表者および構成員

・代表者

松木竜馬 理科領域専攻 3 回生

・構成員

増田裕介 理科領域専攻 3 回生

山場理弘 理科領域専攻 3 回生

高辻舞華 理科領域専攻 3 回生

3. 助言教員

中野 英之先生 (理学科)

第2章 内容や実施経過など

1. 教科書内容の実験

ここでは、教科書で習った内容のことが実際に見られるか、実験することで現象などを確かめた。

(1) 行った実験

・炎色反応

・中和滴定

・水の電気分解

・ダニエル電池

・ボルタ電池

・時計反応

・振動反応

etc

(2) 行った実験の例

ここでは炎色反応とダニエル電池の実験に

ついて紹介する。炎色反応とは金属の原子が含まれているものに火を近づけると、色が緑色や紫色など、金属の種類によって色が多様に変化する実験である。

この実験は、教科書では白金線に金属を含ませ行っているが、実際には白金は高価であるし、炎の色の変化も分かりにくい。そこで、銅線や別の方法によって金属原子を燃やすことにした。

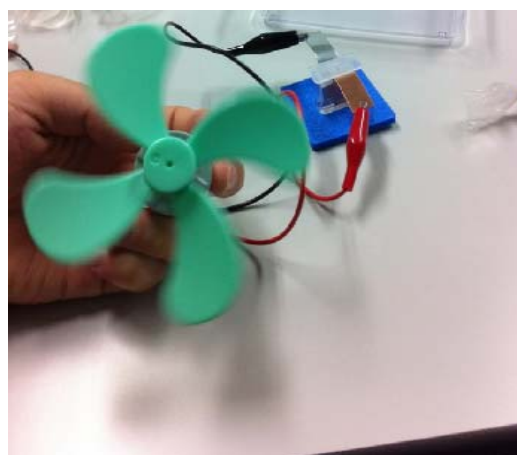


(高校教科書で紹介されている炎色反応)

このように、教科書の写真や説明通りではうまく実験が行えない場合が多々ある。子どもたちに実験を演示・生徒実験する際に、効率的に行える方法を考えた。

ダニエル電池については、マイクロスケール実験を取り入れた。新学習指導要領より、ダニエル電池では中学校で本格的に学ぶようになった内容である。

実験方法としては、亜鉛版と銅板を水溶液に入れてプロペラを回すといった内容であるが、通常スケールの実験ではなく、マイクロスケール実験にすることで、簡単に実験の準備を終わらせることができる。器具を大量に購入すれば、班に1個ではなく、子ども2人に1個当たるようにも手配が可能であるし、50分の授業で十分に終わることのできる実験であるといえる。



(ダニエル電池でプロペラを回す様子)

2. 「京都市科学の祭典」への出典

教科書の内容だけでなく、子どもの興味・関心をひくために、子どもでもできる実験を考えた。主な実験は「京都市科学の祭典(2012年11月10日、11日)」で発表した。

(1) 行った実験

- ・ BTB 溶液を使った酸・塩基の実験
- ・ 折らない紙飛行機の作り方
- ・ びゅんびゅんごまによる色の合成
- ・ いろいろな糸の糸電話
- ・ 糸電話による楽器の作成



(科学の祭典における各教材の様子)

(2) 科学の祭典について

科学の祭典とは、子どもたちの科学に関する

る興味や関心をひきつけ、理科を好きになってもらおうと京都市が取り組んでいる行事で、京都市青少年科学センターで行われている。

祭典に参加していた方々は老若男女さまざまであったが、事故もなく安全に終わることができた。私たちが行った実験のほとんどは見に来ていただいた方々自身が行える実験を行った。

第3章 結果や成果など

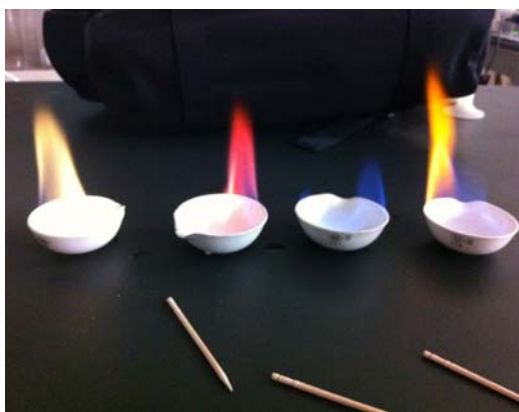
1. 教科書内容の実験

(1) 行った実験

・炎色反応

白金線は高価であるため、安価な銅線で実験すると銅の炎（緑色）が出てしまうため、実験結果が分かりにくい上、小さい炎のため非常に見にくい。

そこで、下絵のように時計皿に金属とメタノールを加えて実験すると結果が分かりやすく、簡単に行える。メタノールは有毒のためエタノールに変えて行うとなおよい。エタノールは安価ではないが、使う量は一つの炎につき 3ml であるため、それほどエタノールの両を消費しないで済む。



(自分たちで考えた炎色反応の様子)

・中和滴定

ホールピペットの操作が危険である（水酸

化ナトリウムを誤って口に含みそうになる。）が、マイクロスケール実験だと、短時間でできる。さらに、酸溶液の代わりにレモンを用いたり、塩基溶液の代わりにせっけん水を用いたりすることで、安全化、円滑化を図ることができた。この実験は炎色反応同様、そのまま科学の祭典で用いたが、既習済みの中学生たちも初めての実験器具のためか、色の変化を楽しみながら実験をしていた。

・振動反応

時計反応よりさらに発展的な内容であるので演示実験でよいかもしれない。色の変化が鮮やかな実験であるため、マイクロスケールによる小さな実験ではなく、通常サイズの実験を、時間をかけて行った。高校までで習う範囲ではないものの、現象自体は小学校で習うヨウ素デンプン反応である。しかし化学平衡の原理等も含んでいる実験であるので、指導の仕方によっては、どの学年の子どもにとっても、興味をひくことのできる実験内容ではないかと思う。



(振動反応の色の变化の様子)

2. 「京都市科学の祭典」への出典

(1) 行った実験

・BTB 溶液を使った酸・塩基の実験

大学の実験室で行った実験をそのまま科学の祭典で用いて行った。

中和滴定を簡略化して行った実験で色の変化がすぐに出やすい。最初にレモン水をはじめとした酸性の水溶液、石鹼水をはじめとしたアルカリ性水溶液で BTB 溶液の色の変化を確認した後、前の実験を参考に「〇色にするには何を入れたらいいですか？」と発問することで、子どもたちはたくさん実験を行い、考えて発表していた。

また、ワークシートを用意して、書く作業を取り入れることで、勉強の一環として実験を行っているということを子どもに伝えた。

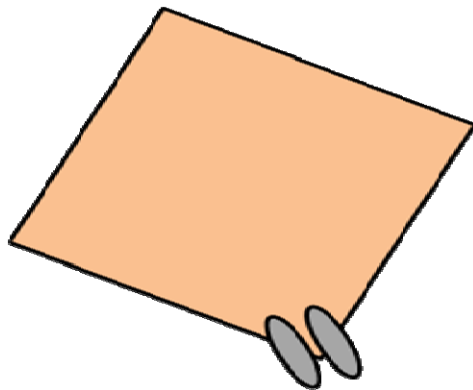
・折らない紙飛行機の作り方

文字通り、折り紙を折らずに飛ばす方法を考えてもらう内容である。

クリップを2つ折り紙のどこかに挟むと飛ぶようになるのだが、みなさんは頭にひらめきましたか？

答えは折り紙の頂点にクリップを2個とも挟んで、クリップがある方を進行方向とし、ゆっくりと飛ばすと折り紙は宙を舞う。

子どもたちは必死に試行錯誤しながら、飛行機がとぶように挑戦していたが、ヒントなしで正解にたどり着いたのは 30 人に 1 人程度の難解な探究実験となった。しかし、分からないながらも長時間考えている子どもたちの様子を見ると、楽しい実験であったように思える。実際にとばせるようになったときも、子どもたちは楽しそうに何度も折らない紙飛行機をとばしていた。

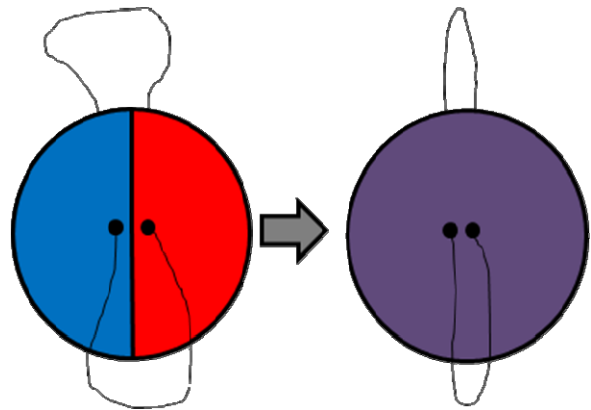


(正解のクリップの位置)

・びゅんびゅんごまによる色の合成

コマに色を描いてもらって回すと、色同士が混ざり合うかのように変化する実験である。色の変化を楽しむというよりは、コマを回す喜びを感じていたようだが、用意していたびゅんびゅんごま 200 個は 2 日間で全て消費するほどの人気であった。

幼児がよくこの作業をしていたが、すんなりとびゅんびゅんごまを回せる子はなかなかいなかった。しかし、回し方のコツを教えていくうちに回せるようになった子は何人もいた。



(色が混ざって見える様子)

・いろいろな糸の糸電話

糸電話は普通、紙コップを糸で繋ぐが、金属線やばねで繋ぐことによって起こる変化を子どもたちは楽しんでいました。保護者の方々も糸電話の不思議について、かなり聞き入っていた。いろいろの糸電話では音で楽しんでもらうのはもちろんのことであったが、それ以外にも狙いを設けていた。それは糸電話を用いた音の伝わり方の探究である。

音の伝わる仕組みとしては空気の振動が理由なのだが、そのことを糸電話に実際に触れて調べてみた。集まっている年齢層を考えると探究学習は容易ではないと判断したために

糸を触った時の感触から糸の振動が原因であることを確かめ、コップの底を触った時の感触から底が振動していることを確かめてもらい空気の振動が原因というところまで探求してもらった。また身近な振動ということで自分たちのものに触れてのどの声帯も振動していることを確認してもらった。

糸と金属線では伝わる音が大きく異なるが、バネ状の金属線を用いたときは、誰も予想つかないような音になるので、インパクトがとてもあった。バネ状の金属線を用いた電話はエコーがかかって聞こえるために子どもの興味・関心はもちろん、一緒に来ていた保護者も楽しめていた。糸電話は初めから作成されているのではなく、一から子どもたちだけで作らせるなど、子ども主体で行った実験である。



(作製したばね状の金属線を用いた電話)

・糸電話による楽器の作成

糸電話の張りの強さ、糸の長さを調節することで音階をつくった楽器だったので厳密には音階は適切ではないし、子どもたちに実際に演奏してもらったために糸が演奏中に切れることもあったが、見学者からのインパクトは絶大で京都新聞の記事にも載るほどになった。

(2) 科学の祭典について

科学の祭典とは、子どもたちの科学に関する興味や関心をひきつけ、理科を好きになってもらおうと京都市が取り組んでいる行事で、京都市青少年科学センターで行われている祭典である。

祭典に参加していた方々は老若男女さまざまであったが、事故もなく安全に終わることができた。私たちが行った実験のほとんどは見に来ていただいた方々自身が行える実験を行った。

第4章 まとめや反省、今後の展望など

1. 教科書実験について

浅く広く行うことを目的としていたが、一つ一つの実験をじっくり行わないと、見えてこない問題点などが多数存在するので、これからは今までの実験をもう一度行ったり、メンバーと話し合ったりして、内容を深めることを主としてやっていきたい。

2. 教科書外の実験について

科学の祭典では、安全かつ大盛況で終わることができた。しかし、まだまだ改良の余地がある実験ばかりなので、今回の祭典での経験を生かし、来年もこのような場で実践経験を積んでいきたいと思う。また、京都や大阪での、青少年科学センターの実験ブースの様子はよく観察できたが、近畿外の科学センターなどの様子は見学できていないので、時間があれば行ってみたいと思う。

3. その他

度々述べてきた「マイクロスケール実験」とは、本来の実験器具（ピーカーやピペット等）を使わず、小さな器具のみを用いて行い、試薬の量も10分の1以下で行う実験である。

マイクロスケール実験には以下のメリットがある。

- ・実験操作の容易化
- ・変化の比較がしやすい。
- ・廃液が少なく、環境に優しい。
- ・実験時間の短縮化

特に今回の研究では、メリットである実験時間が短縮できる点を大いに活用した。科学の祭典の際には、子どもたちに実験を見せただけでなく、実際に実験を体験させることができ、かつ実験時間が短いために、より多くの子どもたちが、私たちのブースに足を運んでもらえた。



マイクロスケール実験の器具（左上のピペットと右上のビーカー比較として置いている。）

マイクロスケール実験は上記のようなメリットがたくさんあるが、目立ったデメリットは存在しない。しいて挙げるとしたら実験器具の使用方法がテストに出た際に、マイクロスケール実験中心に行っていたがために解答できない生徒が出てくることもあるかもしれないことである。

しかし私たちはテストで高得点をとってもらうために理科を教えるのではなく、科学的な力を養うためである。私たちが考える科学的な力とは、近年ニュースなどで取り上げられる原子力の問題や放射線の問題に対して、しっかりと自分なりの意見をもって、判

断できる能力のことである。そこで、マイクロスケール実験を子どもたち主体で行うことによって、この科学的な力をより育てていくことができればよいと思う。

マイクロスケール実験は理科実験の革命的教材である。これからもマイクロスケール実験を用いた教材開発を行い、学校現場などで子どもたちに理科の楽しさを伝えることができるよう、継続的に研究を行っていきたい。

本プロジェクトの活動について、実験室で研究し、その中でより優れたものを子どもたちに見せることができたのは、大きな収穫であった。しかし、実践を試したのは青少年科学センターに赴いて行ったもので、実際に大学に子どもたちを呼んで、みんなで実験を行うという企画を立てなかったが、私たち自身で発表機会を設けるような活動も取り入れてもよかったのではないかと感じる。

<参考・引用文献>

数研出版の教科書（化学ⅠⅡ、物理ⅠⅡ）