

## トピックス

## 理科教育における「主体的・共同的な深い学び」の実践

～ マイクロスケール実験化を例にして ～

バイオ環境学部バイオ環境デザイン学科嘱託講師 友松 勝之

## 1 はじめに

平成 29 年 3 月に小学校及び中学校の学習指導要領が告示され、6 月には学習指導要領解説が出された。今回の改訂で、単元や題材など内容や時間のまとまりを見通して、その中で育む資質・能力の育成に向けて、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善を進めることが示された。教科「理科」における「主体的・対話的で深い学び」を充実させるにはどのようなことをすればよいか考えてみた。

小・中・高等学校の内容の構造化と円滑な接続を重視しながら、今回は、「光」「音」「作用・反作用」「位置エネルギーと運動エネルギー」「消化」「前線」「低気圧」を取り上げた。

## 2 理科における「主体的・対話的で深い学び」

次期中学校学習指導要領解説理科編 p.9 には、「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ（高等学校基礎科目の例）」が示され、対話的な学びの例も記載されている。そこに記載されているように、理科における「主体的・対話的で深い学び」は観察・実験が大きな役割を果たすことになる。

ところが、多くの観察・実験はグループで行うことが多い。そのため、積極的に参加す

る生徒もいるが、全く参加せず他の生徒の結果と結論をノートに写すだけの生徒も存在する。主体的に観察・実験をしていない生徒は、それぞれの学習過程で自らの考えをしっかりと持っていないため、意見交換や議論にも参加できない。つまり、「主体的な学び」も「対話的な学び」さえも実現できないのである。それでは「深い学び」どころか、結果を暗記するだけの学習となり、論理的思考力や探求する力も高めることはできない。

また、小規模の学校でも理科教員は複数いる。そのため、実験室（理科室）の使用回数に制限が出て観察・実験も適時できることは少なく、観察・実験できない教材も多くなる。

そこで、生徒が主体的に観察・実験を行い、それぞれの学習過程で自らの考えをしっかりと持って意見交換・議論に臨めるように、生徒一人一人が行える、また普通教室でも容易に行うことができるマイクロスケール実験を考えてみた。

マイクロスケール実験を行うときに課題となることがいくつかある。1つ目は器具や教具の数である。それらが限られているため、グループで観察・実験を行わなければならないのである。2つ目は教具の製作や観察・実験の準備・片付けに時間がかかり、教員の負担になる。3つ目は原材料や器具、教具の予算が少ない。

これらの量・時間・費用の課題を最小限に

抑えながら、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善を進めるため、生徒一人一人が主体的に行うことができるように、観察・実験を1人または2人で行えるようにマイクロスケール化してみた。

### 3 観察・実験の工夫

#### (1) 光

「光の分散」は高等学校物理で学習するが、小学校3年生では「光の性質」、中学校1年生では「光の現象」、高等学校生物では光合成での「光の吸収」を学ぶ。CD-R (Compact disk) は、光を反射させれば分光器として、アルミニウム蒸着を剥がし、エタノールで色素を取り除けば回析格子として用いることができる。

小・中学校では光のスペクトラムは学習しないが、児童生徒は雨上がりや散水によってできる虹は身近な現象であり、興味を持っている。しかし、それが水滴による光の分散であることを知らない。また、次期中学校学習指導要領解説理科編では「身近な事象として虹や水面に映った景色、日常生活や社会で活用されているものとして光ファイバーケーブルなどを示し、問題を見いださせるようにすることも考えられる。」とある。

そこで、単元の導入時に様々な光の分光を行い、光のスペクトラムの違いを調べさせると興味・関心が一層高まり、主体的な学びへとつながっていくと考えた。当然、高等学校物理及び生物でも小・中学校で体験していればより深い学びへとつながっていく。

CD-R をそのまま使って反射させたり (図 1-1)、回析格子 (図 1-2) として用いるのもよいが、鮮明に光のスペクトラムを観察できる CD 分光器を生徒一人一人に製作させた。

(CD-R の代わりに DVD-R でも分光器の作成は可能である。)

分光器の作り方はたくさんの方が Web 上にしているが、今回は京都大学北野研究室 (図 1-3 左) と Donn Tacos のブログ (図 1-3 右) の型紙を使用した。

まず虹ができる条件と理由を考えさせた上で、太陽、蛍光灯、電球、LED の光のスペクトラムを調べさせたこと、また一人一人が CD 分光器を持って調べたことにより、光の単元の学習への興味・関心をより高めることができた。

#### (2) 音

次期学習指導要領では小学校3年生で「音の伝わり方と大小」が追加された。中学校では「音による現象」、高等学校物理基礎及び物理で「音」について学習する。いずれの校種でも音源の振動と音の大小について学習する。そのとき、楽器や図 2-1 のような装置を組み立てて実験しているが、「音は振動であり、振動しないと音は出ない」という現

図 1-1

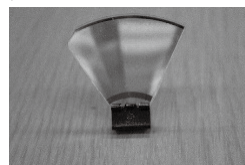


図 1-2

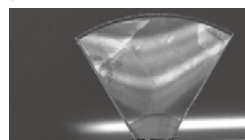


図 1-3

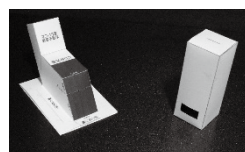


図 1-4

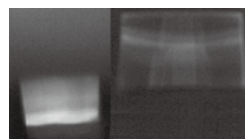


図 2-1



図 2-2



象を見出せるかという、後者は難しい。そこで異なる大きさの紙コップ（小さいコップは底を切り抜いておく。）で図2-2のような装置を組み立て、紙コップの上にビーズとモールで作ったヘビを載せ、横に出たコップから、息だけを吹き込んだ場合と声を吹き込んだ場合のビーズとヘビの様子を観察させた。息だけの場合は変化がなかったが、声の場合はビーズが振動し、ヘビは回り始めた。

生徒は、この結果から、息だけの場合は音ではなく振動もしないことを容易に理解し、マイクロスケール実験後のグループ討議では積極的に意見が出、活発な意見交流ができ、次の学習へとつながった。

### (3) 作用・反作用

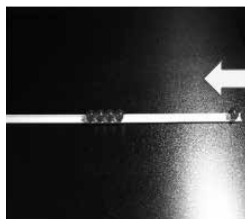
小学校5年生で「ふりこのきまり」、6年生で「てこのはたらき」を学習して、中学校3年生で「作用・反作用」を学習する。また高等学校では物理基礎で「作用・反作用」、物理で「分裂と合体」を学習する。

作用・反作用を身近に体験できるものとして、台車やスケートボード、振り子の衝突（図3-1）などがよく用いられるが、複数用意することが難しく、代表だけが行う演示実験のようなものか説明だけに終わってしまうことが多い。（振り子の

図 3-1



図 3-2



衝突実験装置は学校にない場合も多い。）ボートに乗りオールで栈橋を押す図もよく用いられるが、実感を伴わない。中学校教員から「手軽に生徒全員が体験し、実感できるようなものはないか？」と相

談を受けた。

そこで、振り子の衝突実験を参考に容易にできる実験を考えてみた。図3-2のように配線カバー用のモールにビー玉を載せ、衝突をさせた。衝突させるビー玉の個数を変えることにより作用する力と反作用する力の関係が実感を伴って理解できる。実験装置は製作する必要はなく、容易に準備できる。

図 4-1



図 4-2



図 4-3



また、透明コップ、フェライト磁石、厚紙、糸を使って、図4-1のような装置を組み立て、全体の質量（図4-2）と磁石が浮いている場合の質量（図4-3）を調べさせた。糸と磁石の固定にテープを使うだけで簡単に組み立てられる。磁石が浮く様子から「軽くなる」「同じ」の2つの考えを議論させやすい教材となる。

他にも、風船を飛ばさせ、空気が出る方向と風船が飛んでいく方向（図5-1）や、風船を使って風のしくみ（図5-2）を考えさせても作用と反作用は実感できる。

図 5-1



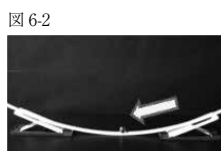
図 5-2



これらをマイクロスケール実験として行い、実感を伴った理解をすることにより、運動やエネルギーの理解がたやすくなる。

#### (4) 力学的エネルギー保存の法則

小学校5年生で「ふりこのきまり」、中学校3年生・高等学校物理基礎で「力学的エネルギー保存の法則」、物理で「運動量の保存」「エネルギーの変換と有効活用」を学習する。



まず、位置エネルギーと高さおよび質量との関係を調べる実験でも一人一人が主体的に行うマイクロスケール実験は可能である。図6-1のように配線カバー用のモール、タブレットスタンド、ビー玉、木片を使って実験をした。ビー玉は2.6 gと6.0 gを使用した。高さはタブレットスタンドで数段階変えることができる。

これを参考にして、振り子の代用として、モールを両端から引っ張り弧を作って、ビー玉をモール上で落下させ、高さとの運動の速さとの関係を考えさせることもできる（図6-2）。

#### (5) 消化

唾液によるデンプンの消化は小学校6年生の「食べ物の消化と吸収」でもヨウ素デンプン反応による青紫色が無色に変化することからデンプンがなくなることを調べる実験が行われている。中学校2年生では、それに加えて、ベネジクト液による糖の検出の実験が行われる。高校生物基礎でも、「酵素」でアミラーゼのはたらきの説明がある。

特に中学校の場合はベネジクト液を加えて煮沸するため、グループで行うことになる。この場合、グループの中で1人だけが唾液を出すことに抵抗感があり、それを決めるだけで長い時間が経過してしまうことが多い。そ

のため、一人一人が主体的に実験を行えるように工夫してみた。

2%かたくり粉水溶液を作り、紙コップ（90mL）に2.5mL注ぎ、ヨウ素液を1滴落とす（図7-1）。次に、消化の時間を短縮するため、5本の綿棒に唾液を十分にしみ込ませ、2%かたくり粉水溶液の中に入れる。もう1つの紙コップ（90mL）に湯を注ぎ、その上に2%かたくり粉水溶液のコップを斜めにして置き、しばらく放置する（図7-2）。15

分もせずに青紫色が無色透明になる（図7-3）。そこで市販の尿糖検査紙を透明になった水溶液に浸す。しばらくすると尿糖検査紙の色が黄色から薄い黄緑色に変化する（図7-4）。図7-5の左は浸す前、右が浸した後の尿糖検査紙である。

尿糖検査紙はブドウ糖（グルコース）を検出するもので、ブドウ糖が多いと濃い黄緑色に変わる。しかし唾液に含まれるアミラーゼはほとんどマルトースまでしか分解できないため、濃い目の2%かたくり粉水溶液を用いた。また、尿糖検査紙はベネジクト液を用いるときのような操作は必要がなく、突沸などの危険性もないため、手軽に行える。

図 7-1



図 7-2



図 7-3



図 7-4



図 7-5



## (6) 前線

中学校2年生及び高等学校地学基礎で「前線」を学習する。小学校では5年生で「雲と天気の変化」を学ぶが、「前線」による温度変化は4年生の「もののあたたまり方」との関連が深い。「もののあたたまり方」や「前線」の暖気と寒気の様子はサーモインクを25倍の水で薄めたものがよく使われる。しかし大量の水溶液が出、廃棄する手間がかかったり、皮膚の弱い生徒はかぶれる可能性もある。そこでサーモシートを利用することを考えた。

まず、サーモインクをペーパータオルにしみ込ませ、乾燥させたのち、ラミネート加工をして、サーモシートを作成した(図8-1)。この状態で、左から温風、右から冷風をドライヤーで送ってみたが、冷風が下に潜り込み、温風が上に這い上がる様子はうまく観察できなかった(図8-2)。

そこで、サーモシートとスチレンボード、透明PPシートを両面テープで貼り付け、図8-3のような装置を作成した。右に水道水、左に湯を注いだ(図8-4)。水と湯を分離している中央のスチレンの棒を抜き取ると、図8-5のように湯は上部を右に移動し、水は下部を左へ移動する。上部の状況が温暖前線、下部の状況が寒冷前線の前線面を示していることが視覚的に理解できる。最終的には

図8-1



図8-2



図8-3



図8-4



図8-6のように暖かい湯は上、冷たい水は下の二層に分離する。教科書には線香の煙と保冷剤を用いた実験が掲載されているが、サーモシートを用いた実験の方が色の違いがはっきり出てよく解る。

暖気が上昇気流を起こす様子を観察できる装置も容易に作成できる。消しゴムに待ち針を立てる(図9-1)。その上に十字に切り、折り目を入れた紙(プロペラ)を載せる(図9-2)。底を切り取った透明コップを逆さにして被せる(図9-3)。コップの下から空気が入るように少しコップを持ち上げ、コップの下を手や保温材で温めるとプロペラが回り出す。低気圧の上昇気流と風の方向がこの装置で観察できる。

図8-5

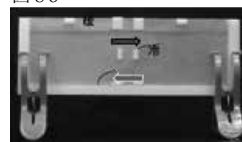


図8-6



図9-1

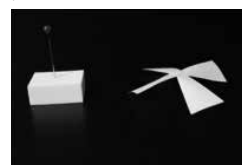


図9-2



図9-3



## 4 おわりに

グループで実験を行う場合、操作も結果分析もせずにいる児童生徒が少なからずいる。しかし、観察・実験をマイクロスケール化することにより、他の生徒に依存することなく、一人一人が課題を把握し、仮説を立てて観察・実験を行うことができる。そのため、思考する場面も増え、自分の考えもしっかりと

持てるようになり、意見交換や議論にも積極的に発言できるようになる。また、知識は暗記していても、これまでの観察・実験を行ってこなかったため、見通しや仮説設定、検証計画を立てることができない児童生徒が多くいる。児童生徒が自ら積極的に理科の学習に参加し、学び合い、学力の充実を図るためにも、今後も、一人一人が行うことのできるマイクロスケール実験を多く開発し、提供していくことが大切である。

20150418/1083

## 参考

文部科学省 小・中学校学習指導要領解説理科編（平成 29 年 6 月）

文部科学省 高等学校学習指導要領解説理科編理数編（平成 21 年 2 月）

新興出版社啓林館 わくわく理科 3～6、未来へひろがるサイエンス 1～3

実教出版 物理基礎、物理、生物基礎、生物、地学基礎

<http://www-lab15.kuee.kyoto-ac.jp/index.php?id=20>

<http://donna-tacos.cocolog-nifty.com/blog/2011/08/post-b88c.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=xg3V40BqBMM>

<http://challow.net/2016-10-15-1.html>

<http://contest.japias.jp/tqj2005/80453/2-3.Html>

[http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp/?action=multidatabase\\_action\\_main\\_filedownload&download\\_flag=1&upload\\_id=5364&metadata\\_id=32](http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp/?action=multidatabase_action_main_filedownload&download_flag=1&upload_id=5364&metadata_id=32)

[https://kids.gakken.co.jp/kagaku/100yen/exp20\\_index.html](https://kids.gakken.co.jp/kagaku/100yen/exp20_index.html)

<http://www.discoverypark.jp/news/>