

## 自然現象から問いを見いだし科学的に追求する子ども

— 中学2年「電気の世界」の実践から —

### 1 単元のねらい

金属線に加わる電圧と電流を測定する実験を行い、電圧と電流の関係を見いだすとともに金属線には電気抵抗があり、金属線の種類や長さ・太さによって抵抗値が決まることを見いだすことができる。

### 2 授業の構想

#### (1) 子どものとらえ

本校理科部では問いを見いだし科学的に追求する子どもの育成をめざしている。中学校理科部では「問い」を自然事象に対して子どもが抱いた疑問のうち、科学的に検証可能な内容とした。昨年度は特に、子どもから出た疑問から学級の全員で共通の「問い」とするために、課題設定の方法を考えた。そして、その「問い」を科学的に検証するために探究活動の中に、子ども一人ひとりの「問い」から仮説を設定し実験計画を自分の考えでたてることを取り入れた。1年生では浮力の大きさが何によって決まるのかを計画し、実験を行った。自分で計画することで、見通しをもって実験を行う事ができ、興味をもって主体的に取り組むことができる生徒がほとんどであった。予想と結果が合わない時も、その理由を考える生徒は増えた。また、できるだけ定量的に行える実験を計画することで、数値の分析を行い、より深く考え考察を記入することができたり、結果からさらに推察したりして、次の「問い」を生み、次の課題を見つける生徒もあった。

小学校3年生の回路（サークル）ができると電流が流れることと電流が流れるものと流れないものがあることについて学習している。4年生で電池の向きについて、5年生では電池のつなぎ方による車の速さが変わることを、6年生では電流による発熱を学習している。これらは、中学校の電気の単元を学習する基礎となっている。中学校での既習事項も含め、子ども一人一人がどのように理解しているのかを把握し、子どもの思いや疑問から問いを生み、単元を通じて問いがつながっていくようにしたい。

#### (2) 本単元において求めたい姿とそのための手立て

生活の中で電気は欠かせないものになっており、子どもたちにもその必要性や便利さはよく分かっている。身近であるが、電子部品が生まれ、容易にしくみを理解しにくく、また電流という目に見えないとらえにくい対象であるとも言える。子どもたちにわかりやすく、興味を引く単元の導入をすることで、子どもたちに関心をもたせ、それぞれがその中に問いを見いだすような「電流」との出会いをさせる必要がある。今回は幼児用の乗用バッテリーカーを見せ、それを手回し発電機で動かし、「電気自動車を速く走らせよう」というテーマを示すことにした。そして、このテーマが単元全体を通しての子どもたちの共通のめあてになるように示すことで、単元内の一つ一つの学習内容が、つながっていくように進めていきたい。

子ども一人一人がもった疑問から、学級全体で追求していく課題を設定し、見通しをもって観察や実験に向かえるようにする。その共通の課題を『探究の課題』と呼び、子どもから出た疑問をもとにして設定していく。教師から提示することもあるが、子どものふりかえりの中にある疑問を取り上げ、科学的な検証可能な「問い」とすることで、子どもの中から出てきた問いを、全員の共通の課題として取り上げるようにしたい。

『探究の課題』は「問い」を科学的な問題解決の過程を経て結論につなげるようなやや大きな課題を設定したい。科学的な問題解決を進めるには数時間の授業を組み立てる必要があるので、1時間の授業の中で考えたい課題は『今日の課題』と呼んで、より具体的に示すことで、その1時間で何をするのかをより明確に示すことができると考えた。子どもの「問い」から生まれた『探究の課題』を解決するために、いくつかの『今日の課題』を解いていく活動を行うことになる。

この電流の単元を構成する中で、『単元のテーマ』、『探究の課題』、『今日の課題』を次のように設定した。

単元のテーマ「電気自動車を速く走らせよう」	
	電気利用の歴史
探究の課題「電流の正体は何だろうか？」	今日の課題「静電気はどのようにして起きるのだろうか？」
	今日の課題「放電現象はどんなものが飛んでいるのだろうか？」
	今日の課題「電流は何が流れているのだろうか？」
探究の課題「電気自動車を速く走らせるにはどうすればよいのだろうか？」	今日の課題「電流がはたらくためには回路に何が必要なのだろうか？」
	今日の課題「回路によって電流の強さはどのように変わるのだろうか？」
	今日の課題「電圧は回路の各部分にどのように加わるのだろうか？」
	今日の課題「電流と電圧にはどのような関係があるのだろうか？」
	今日の課題「電気抵抗が大きくなるのはどのような条件のときだろうか？」
	今日の課題「電流によるはたらきは、どうしたら大きくなるのだろうか？」
	今日の課題「電流によるはたらきは、どうしたら大きくなるのだろうか？」
探究の課題「モーターはどのようなしくみで動くのだろうか？」	今日の課題「電流によってつくられる磁界はどのようにになっているのだろうか？」
	今日の課題「磁石の磁界と電流の磁界の間にはどのような力がはたらくのだろうか？」
	今日の課題「発電機はどのようにして電流をつくりだしているのだろうか？」
	今日の課題「発電による電流と電池の電流はどのようにちがうのだろうか？」
	今日の課題「発電による電流と電池の電流はどのようにちがうのだろうか？」

また、中学校での単元は長く、内容も多いため、『探究の課題』も多く、章ごとに全く違う課題設定になってしまうことが多い。今回の『電流の世界』では、単元の導入で玩具の幼児向け乗用バッテリーカーに手回し発電機をつけて走らせた。この活動で、子どもの電気に対しての興味・関心を引き出し、「速く走らせるためにはどうすればよいか」という疑問から、探究する意欲をもたせることができると考えた。そして、「電気自動車を速く走らせよう」を単元全体のテーマとし、単元の学習の間は常に示すことにした。電気自動車を動かすという『電流の世界』との出会いが、おもしろい、すごい、不思議だ、などの興味から、何で動くの、どうすれば速く走るのか、手回し発電機はどうなっているか、といった疑問につながり、単元内の学習につながっていき、知りたい、調べたい、という自ら進んで追求する姿が見られると期待した。

自然事象の探究に実験は欠かせない、子どもの「問い」の追求過程として、子ども自身が実験計画を立てることで、明確な目的をもって主体的に「問い」を追求し、自分の課題に対して適切な考察を行うことにつながると考える。今回は「電気抵抗の大きさは何によって決まるのか」という課題に対しての実験計画を立てさせた。電流・電圧という新しく学習した概念と量は、オームの法則によって結びつき、電気抵抗という概念に出会う。電流は電圧に比例するが、電気抵抗は比例係数ではなく、逆数である。 $V=RI$ という計算をするための式として覚えるのではなく、物体の抵抗の大きさに注目させ、その大きさをはかる実験を行うことで、物体には電気抵抗があり、それは物質の特徴のひとつであることや、電気エネルギーをはたらかせる場所には必ず電気抵抗が生じることを理解できるものと考えた。そして、電流は電子の流れであることを先に学習しているので、子どもは電気抵抗の大きさを決めるのはいろいろな要因があることに気づくだろう。条件の設定が多くできるので、この時の実験グループは普段の実験班ではなく、同じ考えのメンバーで班を構成しなおすことで、自分の問いを追求する活動となると考えた。

### 3 展開計画（全17時間）

次	時	主な学習と具体的な学習・内容	追求する子どもの姿
導入	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人類の電気利用の歴史を振り返りながら電流についての既習事項および発電を中心としたエネルギー問題を確認する。</li> <li>・ 単元のテーマ『電気自動車をはやく走らせよう！』の方法を考える。</li> </ul>	◇小学校の回路の学習などから、モーターを速く回す方法を考え、班で協力して実験している。
	2・3 4・5 6	<p>○電流の正体</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 静電気による現象を観察しながら、静電気の性質を調べる。</li> <li>・ 放電現象の観察から電気の流れを視覚的にとらえる。</li> <li>・ 静電気の性質と放電現象から電流の正体を突き止める。</li> </ul>	◇静電気の現象はどうして起こるのかを、実験で見た現象から推察している。 ◇現象を見て放電とは何がとんでいる現象かを考え、電流と結び付けようとしている。 ◇電流は何が流れているのかについて、見た現象などから電子であることを突き止めようとしている。
2	7	<p>○回路を流れる電流のきまり</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ さまざまな器具を使用した回路に電流を流す実験を行い、電気によるはたらきや器具の特徴を調べる。</li> </ul>	◇電流がはたらくためにはどのような回路が必要なのかを確認しながら回路を組み、電流のとおる道筋を調べている。
	8・9	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 直列回路と並列回路を流れる電流の大きさを測定する実験を行い、各点の電流の関係を調べる。</li> </ul>	◇実験を行い、回路によって電流の強さはどのように変わるのかを考え、回路に流れる電流のきまりを探っている。
	10・11	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 直列回路と並列回路に加わる電圧の大きさを測定する実験を行い、各点に加わる電圧の関係を調べる。</li> </ul>	◇電圧は回路の各部分にどのように加わるかを、回路の各部の電圧を測定しながら、電圧のきまりを突き止めようとしている。
	12・13	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 抵抗器に加わる電圧を変化させ、電流の大きさを測定する実験を行い、電圧と電流の関係を調べる。</li> </ul>	◇電流と電圧にはどのような関係があるかを実験を通して確かめ、電流が電圧に比例していることを突き止める。
	14・15	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電圧と電流の関係から電気抵抗のはたらきを知り、物体の抵抗値の大きさを調べる実験の計画を行う。</li> <li>・ 物体の抵抗値を測る実験を行い、抵抗値に影響を及ぼす条件を突き止める。</li> </ul>	◇電気抵抗の大きさは何によって決まるのかを予想し、それを検証するための実験を計画している。  ◇前回計画した実験から電気抵抗の大きさは何によって決まるのかを突き止めようとしている。
	16	<p>○電気のエネルギーの大きさ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気エネルギーの大きさは行ったはたらきによって決まることを知り、電流や電圧、抵抗の条件を変えながら発熱量を測定する実験を計画する。</li> </ul>	◇電熱線の発熱量は何によって決まるかを考え、それを調べるための実験方法を計画している。
	17	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前時に計画した実験を行い、電気エネルギーは電力の大きさによって決まることを突き止める。</li> </ul>	◇実験の結果から電気エネルギーの大きさは何によって決まるのかを突き止めようとしている。

### 4 授業の実際

#### (1) 単元の導入と単元のテーマ

単元の導入で乗用バッテリーカーに手回し発電機を付け、1分でどこまで走らせられるかを班ごとに競わせた。これが子ども『電気の世界』との出会いである。4人班と3人班があり、手回し発電機は3個まで接続できるので、直列と並列があるので各班の考えで作戦を立てた。小学校の学習を思い出し、直列につなぐ班、つなぎやすい並列につなぐ班、1個だけで行う班など様々であったが、体重の重いせいで進まない班もあり、同じおもりで条件をそろえるべきであった。ふりかえり



乗用バッテリーカー  
外部電源に対応する端子

には「どうしたら、もっと速く走るのだろうか」という記述が最も多く、これを単元を通しての課題とし、単元のテーマを「電気自動車を速く走らせよう」とし、電流の学習を自動車の速さ＝電流のはたらきの大きさとして単元の大きなねらいとすることができた。その他、ふりかえりには「電気は何かからできているのか」、「モーター（手回し発電機）のしくみはどうなっているのか」、「電池のボルトとは何か」など単元で扱う内容につながる疑問も記述されており、子どもから出てきた疑問から学習の課題を設定することができた。

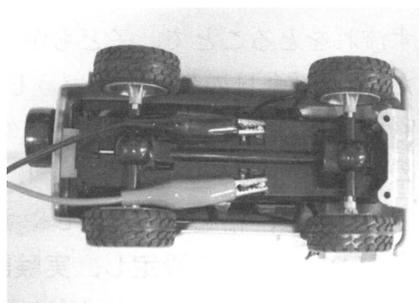


乗用バッテリーカーを手回し発電機で走らせている場面

単元のテーマを「電気自動車を速く走らせよう」として、それぞれの学習内容を自動車の速さに注目して課題を設定するとき、子どもが手元で操作し、速さの違いを実感するために、演示用の乗用バッテリーカー1台に加え、各班に小型のモーターで動く模型を用意した。例えば、さまざまな電池をこの模型につなぎ走らせ、速さの違いを実感したり、ライトを点灯させると、手回し発電機のハンドルがぐっと重たくなることを実感したりすることができ、単元のテーマを常に頭におきながら、今日の学習課題と関連付け、それを実感しながら課題に当たるために有効であった。



模型自動車 豆電球をゆるめるとライト OFF となる



外部電源につなぐための端子(ねじ)を備える

## (2) 問いをつなぐための単元計画と「探究の課題」、「今日の課題」

単元導入で電気自動車の動きと電気に出会った子どもから「どうしたら、もっと速く走るのだろうか」という疑問が出た。子どもから出た疑問を大切にしながら、科学的に検証可能な「問い」、そして教科書の学習内容に沿う形で課題を設定していくために、少し大きな「探究の課題」を設定し、それを解決するためのいくつかの「今日の課題」を設定することで、子どもたち全体の「問い」とし、見通しをもって問題解決に当たれるようにしようと考えた。「探究の課題」、「今日の課題」という呼び方は昨年度より行っている。また、粒子の移動をイメージしながら電流の現象を考えられるように、教科書では最後に扱われている電流が電子の流れであることを、単元の最初に扱った。

導入で浮かんだ子どもの疑問から、最初の課題設定は次のようになった。

「電気自動車を速く走らせるには？」→「電気をいっぱい流すと速くなるのでは？」→「電気の量＝電流のこと」→「電流の正体は何だろうか？」（探究の課題）

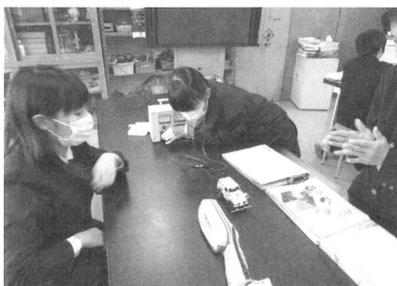
そして目に見える電流の現象として、静電気の放電現象や雷の現象をもとに、静電気からしらべてみることにし、「静電気はどのようにして起きるのだろうか？」→「放電現象はどんなものが飛んでいるのだろうか？」→「電流は何が流れているのだろうか？」という3つの「今日の課題」を実験を行いながら、電子の流れであるという「探究の課題」の結論にたどりついた。授業者が単元の流れに沿って課題を設定しているが、子どもの興味や考えの流れ、疑問が生じることを中心に課題を考え、言葉を練っていく。

2次では「回路を流れる電流のきまり」と「電気エネルギーの大きさ」を学習するものとするが、ここでは子どもの最初の疑問から「電気自動車を速く走らせるにはどうすればよいのだろうか?」という「探究の課題」を設定した。

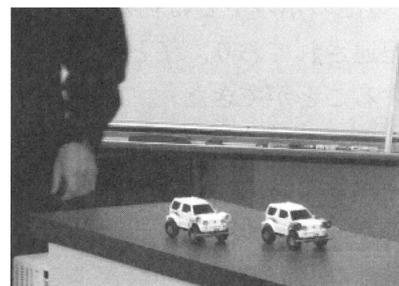
この「探究の課題」を黒板の上方に示しながら、授業を進めた。「回路に必要なもの」「回路による電流の流れ方」「回路に加わる電圧」「電圧と電流の関係」を電気自動車を速く走らせるために必要な課題として子どもの疑問や予想から設定していった。



電圧の違う電池で速さを比べている  
「9Vの電池はパワフル」



電源装置につなぎ電圧を変えている  
「電圧を上げると速くなる」



モーターを変えると、同じ電池でも速さが違う  
「電流の流れ方がちがう」

最初に抱いた疑問から、「探究の課題」→「今日の課題」と子どもの考えをもとに設定し、結論を導き出す流れをとることで、子どもが「問いをもち」、「問いをつなぐ」ことにつながったと考えている。ただし、「今日の課題」がどうして「探究の課題」を考えることに必要なのかを理解しにくい子どももあった。特に2次の「探究の課題」はもう展開計画のように「回路を流れる電流にはどのようなきまりがあるのだろうか?」、「電気エネルギーの大きさは何によって決まるのだろうか?」などのような、結論を導き出しやすい方が良いように思われた。

### (3) 自らの問いから仮説を設定し、実験計画を立てる活動

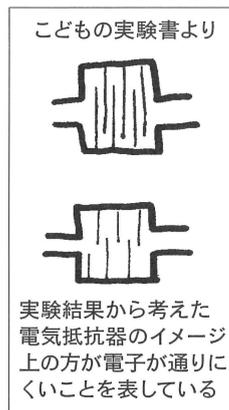
自分で計画する実験は、実験の目的を認識し、見通しをもって主体的に進めることができる。今回は14・15時間目に電気抵抗の大きさを調べる実験を行った。電流と電圧の関係がオームの法則によって比例関係にあることを学習した後、抵抗の大きさが何によって決まるのかを考えた。

4QSの手法を用い、まず、電気抵抗の大きさに影響を与えそうな要因をできるだけたくさん探す。電子の流れを学習しており、「抵抗の違いは電子の流れにくさの違い」ととらえているため、粒子の移動を根拠に考えた。次は、実際に子どもが挙げた要因である。

- |                     |                      |        |        |
|---------------------|----------------------|--------|--------|
| ・物体の長さ              | ・物体の太さ               | ・物体の幅  | ・物体の種類 |
| ・物体の形状（太さなどが途中で変わる） | ・物体の形状（急激な折れ曲がり方をする） |        |        |
| ・接続の仕方              | ・電流や電圧               | ・物体の温度 | その他    |

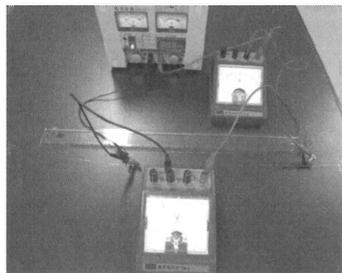
この要因をどのように変えるか（実験可能か）を考えた後、自分で調べたいものを一つ選び、調べる内容が同じ人で新たな班を作り、実験計画を立てることとした。仮説も実験の班で設定し、「金属線の長さが長いほど、抵抗が大きい」のように、検証したい内容で記述した。

実験は電流計と電圧計を用いて電気抵抗の値を計算によって求め、条件を3回以上変えて測定することとした。ステンレス線や真鍮線、ニクロム線などの金属線や記録タイマー用の記録テープ（磁気用）などの準備、および、計算上1Aに設定すると計算がしやすくなるなどの実験の工夫については、指示をし、実験がスムーズに進むように配慮した。



実験計画を立て用具を選んでいる場面

子どもが計画・実施した実験の例



金属線の長さによる抵抗値の測定

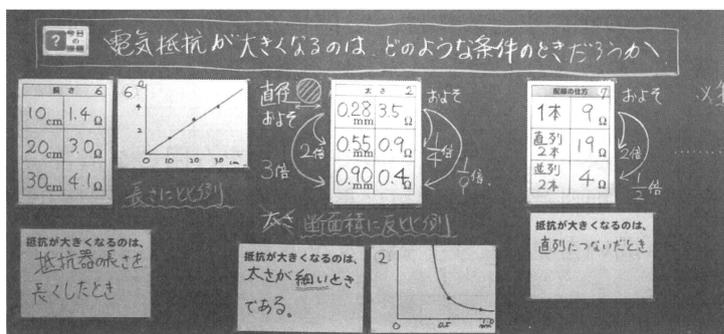


太さを変えるために用意したステンレス線 (その他 ニクロム, 真鍮, 鉄を用意)



温度(氷, 水, 熱湯)による抵抗値の測定  
ピーカー小に2mのステンレスが巻いてある  
発熱を避けるためデジタルテスター使用

実験はどの班もかなり正確に結果を得ることができた。次は結果の一部である



金属線の長さによる影響

金属線の直径による影響

つなぎ方(直列と並列)による影響

形	抵抗
⌚	7 Ω
—	7 Ω
☆	7 Ω

金属線の形  
(抵抗値は金属線の形に影響されない)

複数の班の結果を基に、生徒が分析し、まとめた結論である。

- ・物体の長さ按比例して電気抵抗の大きさが大きくなる
- ・物体の断面積に電気抵抗の大きさは反比例する(均一な高さの物体ならば、幅に反比例する)
- ・物体の形に電気抵抗の大きさは影響されない
- ・物体を直列につなぐと、電気抵抗は大きくなり、並列につなぐと小さくなる
- ・物体の温度が低い方が電気抵抗の大きさが小さくなる

温度についての実験は、超電導を意識した子どもの発想だと思われるが、実施した班が1班のみであることと、常温と熱湯の抵抗値の差が小さいことから数値分析にまで至らなかった。それぞれの班が見通しをもって結果の分析まで行うことができた。

## 5 おわりに

単元の導入で示した、電気自動車との出会いは生徒の関心を引き付け、その後単元を進めていくうえでも、大きなテーマとして扱う事が出来た。テーマから「探究の課題」、「今日の課題」を設定することはと問いをもち、次の問いにつなげるためにも有効であるが、課題の設定は子どもが意識している視点とのズレが生じないように、さらに吟味していく必要を感じた。

自分の問を解決するために、自分で課題を設定し、実験計画を立てることで、目的意識をもち、主体的な探究をする実験活動が行う事ができ、結果の分析・解釈においても深く掘り下げて考えることが可能であった。今回も、数値を分析することで、抵抗値が直径ではなく断面積に反比例していることがわかった。一方で他の班が行った実験については、自分たちの結果と同じように詳しく分析することが難しく、どのように共有していくかが課題である。

抵抗値の測定を行ったことは、合成抵抗・電力および電力量・電気エネルギー・コイルの磁界の学習にも活用することができ、抵抗の概念を習得しておくことで子どもはより深く理解できるもの  
と考える。  
(文責 野崎 朝之)