

理科授業案：教科で育みたい人間像
「科学のまなざしをもつ人」

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2023-03-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 落合, 哲也 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/00029494

理科授業案

教科で育みたい人間像 「科学のまなざしをもつ人」

授業者 落合 哲也

- 1 日時 令和4年10月14日(金) 第2時 11:30~12:20
 2 学級 2年A組 (第1理科室)
 3 題材名 スイッチを入れると、豆電球の明るさが変わる不思議な回路

4 本題材で願う学び

スイッチを入れると、豆電球の明るさが変わる不思議な回路を主体的に探究し、電気抵抗が電流と電圧に関連していることを見いだすことができる。さらに、回路内の豆電球が関連し合っていることに気づくことができる。

(学習指導要領との関連：(3)電流とその利用 (ア)(イ)(イ))

5 題材観

(1) これまでの子どもたちの学び

子どもたちは、小学生のときから継続して、複数の科学的要素がどのような関連性をもっているのかを学習してきた。

例えば小学4年生では「ものの温度と体積」という題材で、温度と体積の関連性を学んだ。小学5年生では「振り子の動き」で振り子の周期が振り子の長さのみに関連していることを学んだ。このように小学生のときは、一つの要素は他のもう一つの要素と関連し合うこと(1対1の関係)を学習してきた。中学1年生で密度を定義する際には「体積が大きければ、質量もそれに伴って大きくなるから、体積を同じ基準にそろえて質量を論じなければならない」と解釈し「密度＝質量÷体積」という式を導出することができた。この学習により、一つの要素が二つの要素と関連し合うこと(1対2の関係)を知り、全てが1対1で関連し合うわけではなく、1対2で関連し合う場合もあることに気づいた。

そして本題材では、電流と電圧の二つを関連づけるために、電気抵抗というもう一つ別の要素を見いだしていく。電気抵抗は、電流の流れにくさを表すので、子どもたちにとってはイメージしにくく、理解し難いが、本題材では極めて重要な要素となる。電流と電圧という1対1の関係から新たに電気抵抗という要素を加え、1対2の関係性を自分たちで見いだしていく。この探究を通して、小学生から積み重ねてきた科学的要素の関連性について、さらに深く考えるようになるだろう。

(2) 本題材の魅力

①電気の学習で本題材と最初に出会う魅力

子どもたちは図1の回路と本題材の最初に出会う。本来であれば、最後に総合力を問う回路として提示す

ることが多いが、最初に提示する魅力は三つある。

一つめは、スイッチを入れると、豆電球の明るさが変わる不思議な回路を見て、なんとしても仕組みを解き明かしたいという強い探究心が子どもたちに生まれてくるということである。

二つめは、本題材のゴールにたどり着いたときには、子どもたちは自然と学習すべき電気の内容を網羅しているということである。本題材は一つの要素だけに着目していてもゴールにはたどり着けない。そのため、他の要素との関連性を調べたくなり、自然と探究が連鎖していくのである。

三つめは、子どもたちの「学びの体力」が向上することである。「学びの体力」とは、課題解決に向けて、修正しながら粘り強く探究していける体力のことを言う。本題材は、短期間では解決できず、長期間の探究活動が必要になる。途中で壁にぶつかり、途方に暮れることもあるだろう。それでも諦めずに、探究を続け、ゴールを目指す子どもたちの姿を願う。

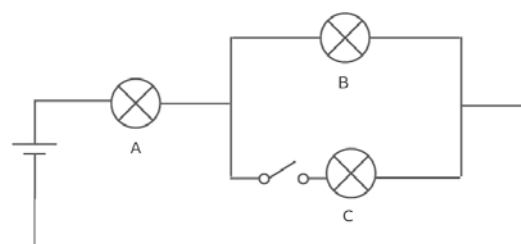


図1 本題材の回路

図2のようにスイッチを入れる前は豆電球Aと豆電球Bは同じ明るさで光っている。スイッチを入れると図3のように豆電球Aは明るくなり、豆電球Bは暗くなり、豆電球BとCは同じ明るさになる。豆電球とスイッチ以外の部分はブラックボックスで見えないように隠されている。

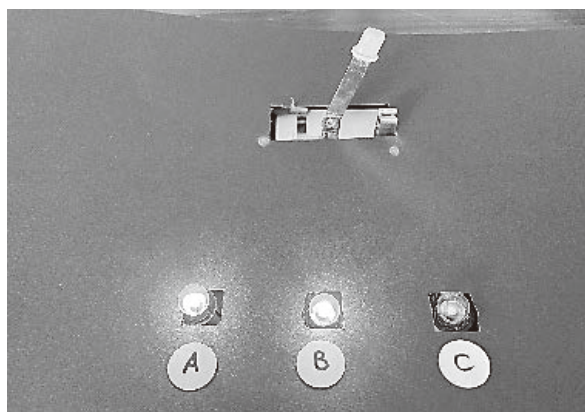


図2 スイッチを入れていないとき

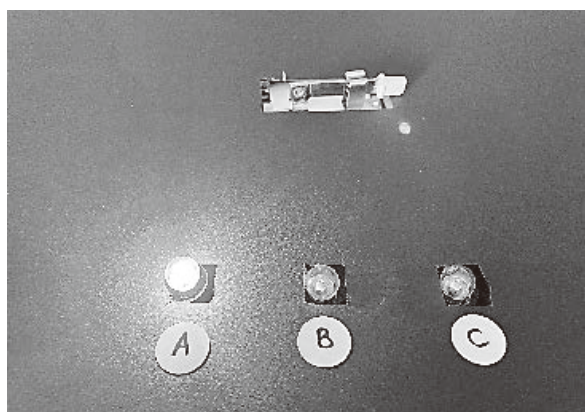


図3 スイッチを入れたとき

子どもたちは「スイッチを入れて点灯する豆電球を増やしたのに、豆電球Aはなぜ明るくなったのだろう」と疑問をもつ。子どもたちの素朴概念として、豆電球が電気を消費しているという概念をもっていることが多いので「点灯した豆電球が2個から3個に増えたのに豆電球Aが明るくなるのはおかしい」と素朴概念が覆される。また、豆電球Bが暗くなったところに疑問をもつ子どももいるだろう。これらの疑問が出発点となって子どもたちはなんとしても仕組みを解き明かしたいという原動力を生み出し、自然と「科学のまなざし」をもつのである。

②豆電球で電気の基礎を学ぶ価値

当たり前だが、乾電池と豆電球を導線でつなげば、豆電球は点灯する。子どもたちは、小学生のときにこの学習をしていて、不思議だという感覚をもつことはないだろう。それでも回路が成立して、豆電球が点灯したときに「おー！」「光ったー！」という喜びの歓声が聞こえてくる。目には見えない電流というものが確かに流れているということを、光というもので可視化して実感できるというのは、価値があることだ。しかし、現代を生きる子どもたちにとって、豆電球は身近なものではない。日本人研究者の努力もあり、青色

LEDの発明に成功したことから、LEDが急速に普及したためである。では、子どもたちにとって身近なLEDを用いて授業を展開していけばよいのではないか。しかしながら、LEDは豆電球や抵抗器とは違い、原理を理解するには半導体の知識が必要となる。さらに、電圧を大きくしても電流はほんの少ししか流れない等、子どもにとっては複雑な要素が多く、本題材には不向きである。そのような観点からLEDではなく、古典的ではあるが豆電球を選択した。

豆電球の歴史について、少しだけ紐解いてみる。1800年代中盤にジョセフ・スワンが電球の点灯実験に成功し、その後トーマス・エジソンが安定性のある電球を開発した。エジソンは、安定したフィラメントの素材を探して日本を訪れ、京都の竹を使って電球を製造した。この頃に作られた電球を「白熱電球」と呼ぶ。それは、フィラメントが電流によって熱をもち、温度が200℃を超えると白い光を放つという原理だからである。LEDが当たり前となった現代を生きる子どもたちにとっては、電球が点灯するときには大部分のエネルギーは熱となって損失しているということを知らないかもしれない。熱を実感してもらうためには、点灯する100Wの白熱電球の近くに手をかざせばすぐにわかるだろう。白熱電球と同様に豆電球も点灯に伴い発熱をする。発熱によって電気抵抗が上昇するため、子どもたちがオームの法則を見いだそうとすると、豆電球では電流と電圧が比例にならない。このような壁にぶつかったときに、子どもたちがどのように乗り越えていくか楽しみである。

(3) 本題材で願う子どもたちの姿

①粘り強く探究する姿

長い道のりを要する本題材のゴールにたどりつくには、探究過程の見通しをもち、現在地を確認しながら粘り強く取り組む姿が大切になる。ゴールに向かう道中では、何度か回り道をしなければならないこともあるだろう。その回り道が例え失敗に終わっても「この方法では失敗するということがわかった」と前向きにとらえ、トライ&エラーを繰り返せる子どもたちになってほしい。どんなに綿密な実験計画を立てていても、思うようなデータが出なかったり、実験計画そのものが的外れなこともあったりするだろう。行き詰まったときには、他のグループと助け合ったり、タブレット端末を用いて調査をしたりして、修正しながら粘り強く探究していく姿を願う。そして、本題材を終えたときには、子どもたちの「学びの体力」が飛躍的に向上していることに期待する。予測不能なこれからの時代、子どもたちは答えのない課題に直面していくだろう。

そのような状況でも「学びの体力」が育まれていれば、生き抜いていけると考えている。

②関連し合うことに気づく感動

本題材ではスイッチを入れることで、直列と並列が一つの回路の中で関連し合うことになる。豆電球Aの明るさの変化を説明するためには、必ず他方との関連性を考えなければならない。このような探究活動を継続していくことで、科学現象は様々なものが関連し合っ

て存在していると言える。子どもたちはこれから様々な知識を得たり、経験を積み重ねたりしていくことで、きっと世の中のほとんどのことは、何かが関連し合っているのだというところまで考えられるようになるだろう。そうなれば、物事の一部だけを見るのではなく、その物事が起きることになった背景や、その物事が起きたことによってさらにどんな変化が生まれるのかということが知りたくなる。日常の中でも、こういった探究を繰り返していくことが、科学現象に対する感覚を磨くことにもつながり、「科学のまなざし」をさらに研ぎ澄ませていくことになるのである。

6 題材構想（全14時間）

前半
(1) ブラックボックスで隠された豆電球とスイッチとの出会い（1時間）
(2) スイッチを入れると、なぜ明るさが変わったのだろう（4時間）
(3) 電流と電圧は関連性があるのか調べよう（4時間）
後半
(4) スイッチを入れると、なぜ電流と電圧は変わったのだろう（2時間）
(5) この回路の原理を説明しよう（2時間）
(6) 本題材を振り返ろう（1時間）

7 題材構想にあたって

わずかな電気知識しかもたない子どもたちが、本題材の最初にブラックボックスで隠した直並列の複合回路（図1）で不思議な現象と出会う。子どもたちの実態を考えると、出会いとしてはあまりにも飛躍しすぎる課題かもしれない。しかし、子どもたちには、目の前で起きている不思議な現象を見て、仕組みを解き明かしたいという強い探究心が生まれてくるだろう。探究心をもった子どもたちは「ゴールにたどり着くためにはまず何から探究すべきなのか」「壁にぶつかったときには今とは違う方法で乗り越えられないか」というように自分たちで道筋を立て、修正しながら実験や分析をしていこう。そして、子どもたちがゴールにたどり着いたときには、回路における電流、電圧、電気抵抗の関連性を見だし、中学生で学ぶ電気の内容の大部分を網羅して、総合力が備わっているだろう。それが、本題材との出会いの場面にこの複合回路をもってきた一番のねらいである。

題材の前半部分では、「スイッチを入れたら豆電球Aがなぜ明るくなったのか」という課題を解決するために探究活動を進めていく。子どもたちは、スイッチを入れる前より電流と電圧が大きくなっているため明る

くなったと結論づけるだろう。そして、電流と電圧は比例していることを確認する。電流と電圧という要素は1対1で関連し合っていると思い込んでいた子どもたちは、探究を通して電気抵抗という要素が、電流と電圧に関連しており「 $\text{電流} = \text{電圧} \div \text{電気抵抗}$ 」という1対2の関係性があることを見いだしていくだろう。この電気抵抗を見だし、オームの法則を導出するところが前半の山場となる。

そして後半部分では、課題を共有するところから始まる。前半部分で豆電球Aは、スイッチを入れたら電流と電圧が大きくなったから明るくなったと結論づけていた子どもたちに「なぜスイッチを入れたら豆電球Aの電流と電圧が大きくなったのだろう」と問い直す。この新たな課題を解き明かすには、豆電球Aのことだけを調べていても先に進まない。スイッチを入れると豆電球Bは暗くなり、豆電球Cは新たに点灯することを目の当たりにしている子どもたちは、豆電球BとCが豆電球Aに関連していて、その影響で電流と電圧が変化したのだと仮説を立てるだろう。実際に電流、電圧、電気抵抗を測定し、探究を進めていくと、スイッチを入れることで、電気抵抗が合成抵抗となり変化する

るため、それに関連して電流や電圧が変化するという
 ことを見いだす。このように回路でつながっているも
 のは、互いに関連性をもち、影響を及ぼし合っている
 ことを見いだすための探究が後半の山場になる。そし
 て、最終的に子どもたちが科学現象に対して、部分と
 全体を往還しながら、周囲との関連性を考えられるよ
 うに成長することを期待している。

(1) ブラックボックスで隠された豆電球とスイッチと
 の出会い (1時間)

授業者は、ブラックボックスで隠され、同じ規格の
 豆電球三つとスイッチだけが見えるようになっている
 回路を提示し、スイッチが入っていないときの豆電球
 A、Bの明るさを確認する。

その後、スイッチを入れると豆電球Aは明るくなり、
 豆電球Bは暗くなり、豆電球CはBと同じ明るさにな
 る(図4)。ここで、何か不思議に思ったことや疑問に
 思ったことがあるか問いかける。

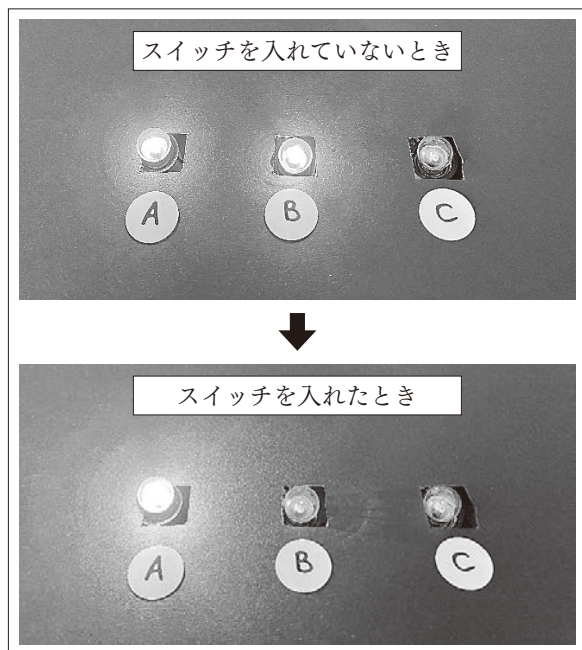


図4 豆電球の光り方

- 光る豆電球の数が増えたのに、前より明るくなっ
 た豆電球Aは不思議だ。
- 豆電球Bが暗くなったので、豆電球Cと足しても
 使われる電気が減ったから豆電球Aは明るくなっ
 たのではないか。
- そもそも、ブラックボックス内の回路はどんなつ
 ながり方をしているのだろう。

子どもたちは、ブラックボックスの中がどうなっ
 ているか見たくなるだろう。そこで、授業者は中を見せ

ずに「回路がどうなっているか自分たちで仮説を立て
 て再現してごらん」と伝える。子どもたちは自由に実
 験道具を使い、試行錯誤し、ブラックボックスで隠さ
 れた回路を再現していく。

- 豆電球が三つだから、考えられるパターンは全て
 直列、全て並列、二つ並列で一つだけ直列。の3
 パターンだな。
- 全て直列はあり得ない。一つ光らなければ、全部
 光らないはずだから。
- スイッチを入れたら、豆電球Cが追加で光ったか
 ら、スイッチとつながっている豆電球は一つだな。

子どもたちは主に図5～図7の3パターンを思い浮
 かべ、試行錯誤しながら、図7の回路であることを突
 き止めるだろう。

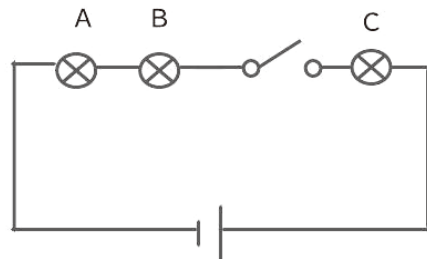


図5 全て直列の回路

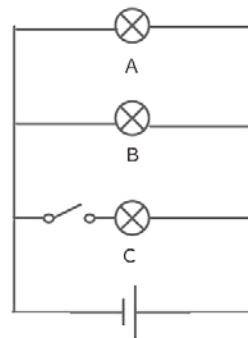


図6 全て並列の回路

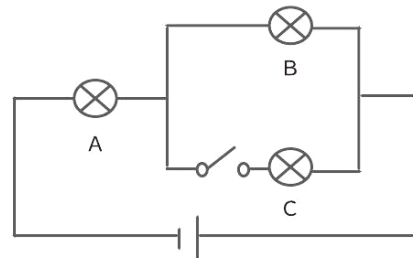


図7 直並列の複合回路

子どもたちが回路を再現できたことを確認したら、
 授業者はブラックボックスを取り除き、答え合わせを
 する。正解にたどり着いていた班は、自分たちが間違っ
 ていなかったという検証ができ、間違えていた班は、

どの部分で失敗していたのか確認して、修正することができる。完成した回路で改めて現象を見た子どもたちは、この回路の仕組みを解き明かしたくなるだろう。

(2) スイッチを入れるとなぜ明るさが変わったのだろう (4時間)

再現できた回路をもとに、授業者は子どもたちに「なぜ豆電球Aは明るく変化したのか」と問いかける。

- 豆電球Aの電流が大きくなったからだ。
- でも、乾電池の数は変えてないのに、もとより電流が大きくなることなんてあるのか。
- いや、電流ではなくて電圧が変わった。
- 電流も電圧も両方変わった。
- 豆電球Bは暗くなったから、それと豆電球Aとの関連性はあるのか。
- 各部分の電流や電圧を実際に測定してみたい。

子どもたちは小学校で学習した電流の知識や、日常生活の中で知っている電圧のことを想起して予想するだろう。そして、電流計や電圧計で実際に各部分の値を測定したいという探究心が自然と生まれてくる。子どもたちは自分たちの仮説が正しいのか確認しようと、主体的に測定を始め、表1、表2のような結果を導くだろう。

表1 スイッチを入れていないとき

	電流 (A)	電圧 (V)
豆電球A	0.30	2.57
豆電球B	0.30	2.57
豆電球C	0.00	0.00
電源	0.30	5.31

表2 スイッチ入れたとき

	電流 (A)	電圧 (V)
豆電球A	0.39	3.60
豆電球B	0.19	0.84
豆電球C	0.18	0.83
電源	0.39	4.60

この実験結果から、子どもたちは豆電球の明るさが変化した要因について、次のような考えをもつだろう。

- スイッチを入れたら豆電球Aは電流も電圧も両方大きくなった。だから明るくなった。
- スイッチを入れたら豆電球Bは電流も電圧も両方小さくなった。こちらが小さくなった分、豆電球

Aの方の電流や電圧が大きくなったという考え方でいいのか。

- 電流と電圧は伴って大きくなったり小さくなったりしているが、比例の関係なのか。
- 電流が大きくなると、電圧も大きくなっているが、これだと明るさが電流と電圧どちらに関連しているか判断する決め手にはならない。

さらに、電流や電圧を測定している中で、誤差はあるが回路の違いによる電流と電圧の規則性を見いだすことができるだろう。

- スイッチを入れる前は豆電球Aと豆電球Bの直列回路になるが、AとBの電流はどちらも電源の電流と等しい。AとBにかかる電圧の和が電源の電圧と等しい。
- スイッチを入れた後の豆電球Bと豆電球Cのところに着目すると、並列回路になるが、BとCの電流の和が枝分かれする前後の電流と等しい。BとCにかかる電圧はどちらも等しいが、この電圧にAの電圧を足すと、電源の電圧になる。

実際に各豆電球の電流と電圧を測定してみると、明るくなった豆電球Aでは電流と電圧の両方が増加し、暗くなった豆電球Bでは電流と電圧の両方が減少した。電流と電圧が伴って大きくなったり小さくなったりしているので、明るさが電流と関連しているのか、電圧と関連しているのか、または両方と関連しているのか判断できない状況になっている。そこで「どんな実験をしたら、明るさと関連づいている要素を決めることができるか」と子どもたちになげかける。

- 電流を一定にして、電圧を変える実験と、電圧を一定にして、電流を変える実験をやれば、正体がつかめるはずだ。
- 電流を一定にするのは、直列回路ならできるが、その状態で電圧を変えるにはどうしたらいいのか。
- 電圧を一定にするのは、並列回路ならできるが、その状態で電流を変えるにはどうしたらいいのか。

現段階の子どもたちは、回路を使って電流を一定にした状態で電圧を変化させたり、電圧を一定にした状態で電流を変化させたりする方法を思いつかないだろう。そのため、タブレット端末での調査活動や、子どもたちが仮説を立てた上で、授業者が助言する等のサポートが必要だと考える。実験としては、直列回路で規格の違う2個の豆電球を使えば、電流を一定にして

電圧を変えられる。同じように並列回路で規格の違う2個の豆電球を使えば、電圧を一定にして電流を変えられる。結果から、子どもたちは豆電球Aが明るくなった要素を突き止めることができるだろう。

- 電流が一定のときは、電圧が大きい方が明るくて、電圧が一定のときは、電流が大きいほうが明るいから、明るさは電流と電圧、両方の要素に関連している。

ここで「電力=電圧×電流」を紹介し、電力で明るさが決まっていることを確認する。

【ここまでの流れの中で、気をつけておくところを挙げておく】

本題材の回路では、スイッチを入れる前は豆電球AとBの直列のみの回路になっているので、直列回路の電流や電圧の規則性を見いだすことはできる。ただし、同じ規格の豆電球を使っているのだから、豆電球AとBには電圧が等分されてしまっている。これでは、直列での電圧はそれぞれ等分されると勘違いしてしまう可能性がある。そのため、豆電球AとBの規格を変えて、AとBの電圧の和は電源電圧と等しくなるが、必ず等分されるわけではないということを確認したい。

スイッチを入れた後は、豆電球Aと豆電球B、Cの直並列の複合回路になっているため、並列のみの回路で電流や電圧の規則性を見いだすことができない。きちんとデータを検証していけば、枝分かれする前後の電流は枝分かれした豆電球BとCの電流の和になっていることを見いだせる。さらに、電圧に関しては、豆電球BとCにかかる電圧はどちらも等しいが、それに豆電球Aにかかる電圧を足すと電源電圧と等しくなる。しかしここでは並列のみの回路として取り上げておらず、混乱を生み出してしまうかもしれないので、並列のみの回路で確認する時間を設定したい。

(3) 電流と電圧は関連性があるのか調べよう(4時間)

豆電球の明るさが「電力=電圧×電流」で示せることがわかった子どもたちは、本題材のゴールにたどり着いた錯覚に陥るかもしれない。しかし、なぜスイッチを入れると豆電球Aの電圧と電流が大きくなったのか、その仕組みを説明することはできない。ここで一度、子どもたちの探究は止まってしまうかもしれない。

本題材の仕組みを解き明かすには、必ずオームの法

則が必要となる。そこで授業者は、豆電球Aは電流も電圧も両方大きくなっているが、電流と電圧には関連性はあるのか。と課題を投げかける。そして、それを検証するには、どんな実験をすればよいか投げかけると、子どもたちは以下のように発言するだろう。

- 電源として直列つなぎになっている乾電池の本数を変えて実験すれば、電圧を意図的に変えながら測定していくことができる。
- 電流を意図的に変える方法は、思いつかない。

ここで授業者は、電池の本数を変える代わりに、電圧の大きさを連続的に変えられる電源装置を紹介する。これで実験ができると思いきや、二つの壁が立ち上がる。一つめは、本題材の回路は直並列の複合回路で複雑なため、電流と電圧の関係を調べるためには、**図8**のような単純化した回路に変えて実験をしなくてはならないこと。二つめは、豆電球から発生する熱の問題である。豆電球では、電圧を上げて流れる電流が増えると発生する熱が大きくなり、フィラメントが温まる。フィラメントが温まると、金属の格子運動が激しくなり、電気抵抗が上がってしまい**図9**のようなグラフになる。要するに、可変抵抗で実験をしてしまっていることになってしまう。これでは、電流と電圧の規則性を正確に見いだしているとはいえない。

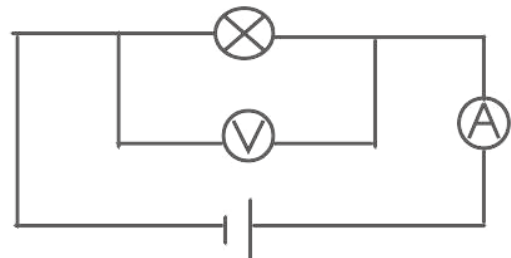


図8 単純化した回路

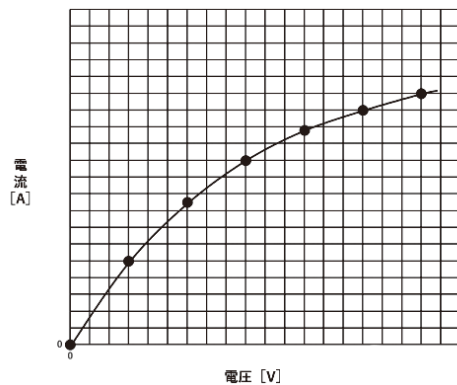


図9 豆電球で測定した電圧と電流の関係グラフ

図8の回路を組み、**図9**のグラフができたところで、子どもたちは以下のように考えるだろう。

- ・確かに電圧が大きくなれば、電流も大きくなるという傾向はあるけど、比例とは言えそうもない。
- ・測定誤差もあるだろうから、直線を引いて、比例でいいのではないか。

子どもたちは、電圧が大きくなれば、電流も大きくなるが、比例のようなきちんとした規則性はないと図9のグラフから考察するだろう。なかには、誤差だと言い、無理に直線を引こうとする子どももいるかもしれない。このままでは、規則性を見いだせず、壁を乗り越えられなくなってしまうため、タブレット端末で調べるように促す。

- ・どうやら電気抵抗という要素が関連しているらしい。
- ・豆電球は温度で電気抵抗という要素が変わるから、一定の条件で実験できないようだ。
- ・豆電球はこの実験には適さないようだ。
- ・温度で電気抵抗という要素が変わりにくい抵抗器か電熱線を使って再実験したい。

授業者は熱で電気抵抗が変化しにくい、規格の違う抵抗器を複数紹介する。さらに、実験結果をグラフ化するように促す(図10)。

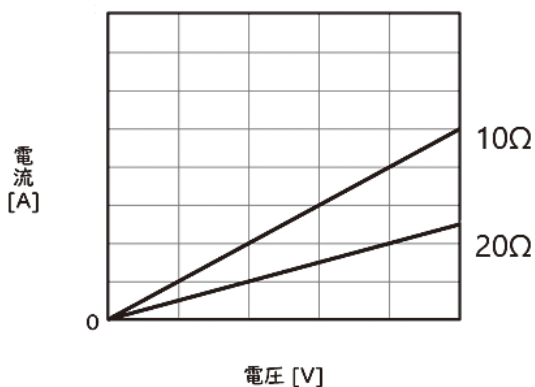


図10 10Ωと20Ωの抵抗器で測定した電圧と電流の関係グラフ

- ・横軸に電圧、縦軸に電流をとってグラフ化してみると、電圧と電流は比例の関係だ。
- ・抵抗器の種類を変えてデータをとって、グラフを比較してみると、Ωが大きい方が電流は流れにくい。

グラフ化することで、グラフの傾きから電流と電圧の関係をつなぐ電気抵抗という要素に気づく。電気抵

抗の数値が大きいほど電流の流れを妨げるので、同じ電圧をかけても電流が流れにくくなり、グラフの傾きは小さくなる。このグラフの成り立ちから子どもたちは、電気抵抗の逆数をとれば比例式にあてはまることに気づき、実験と理論がかみ合い、オームの法則の導出に成功する。

$$\text{オームの法則 } I = \frac{1}{R} \times V$$

(4) スイッチを入れると、電流と電圧はなぜ変わったのだろう(2時間)

(3)の実験では、意図的に電圧を変化させてオームの法則を見いだしたが、課題となっている複合回路では、乾電池を用いており、電源電圧が変わることはない。それにもかかわらず、スイッチを入れたら各部分に加わった電圧や電流が変化したのはなぜだろうと問い直す。子どもたちは、以下のようにつぶやくだろう。

- ・スイッチを入れても電源電圧が変わらずに、各部分の電流や電圧が変化しているということは、電気抵抗に秘密があるに違いない。
- ・でも、電気抵抗も豆電球を変えてないから変わらないはずだ。
- ・スイッチを入れたら電気抵抗が変化するのを実際に測定してみたい。

スイッチを入れたら、電気抵抗が変化するのかデジタルテスターを使って、各部分の電気抵抗を測定するが、問題点がある。一つめは、テスターで電気抵抗を測定するときは、電源を切った状態で行わなければならないということ。二つめは、豆電球は電源を切った状態では電気抵抗が0に近いということ。この二つの問題を解決するには、豆電球の代わりに抵抗器を使うしかない。(3)の実験で抵抗器は既に使ったことがあるので、今回は、抵抗器を使って回路を再現して実験を行うようにする。

- ・スイッチを入れる前の直列の合成抵抗はそれぞれの和になった。
- ・スイッチを入れた後の並列部分の合成抵抗は、豆電球B、C単独の電気抵抗より小さくなった。(今回の場合は同じ規格の豆電球を使っているので、並列の合成抵抗は豆電球B、Cの半分になる)
- ・なぜ、直列の合成抵抗は和で、並列の合成抵抗は減少(半分)になったのだろう。

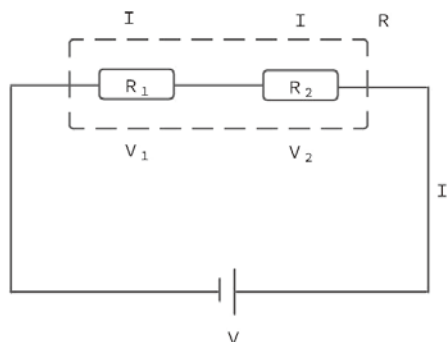
理科授業案

テスターで求めた電気抵抗は、実験からわかる事実である。子どもたちは普段の授業から、実験と理論の両面を大切に「実証性・再現性・客観性」にこだわってきた。そこで授業者は「合成抵抗の規則性を実験ではなく、理論的に証明できるか」となげかける。

(5) この回路の原理を説明しよう（2時間）

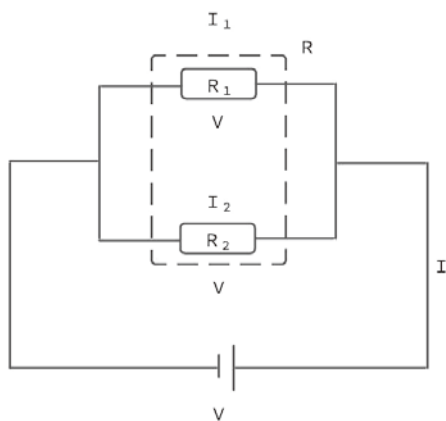
まずは、理論的に直列と並列の合成抵抗を求める。

【直列回路の合成抵抗を求める】



直列回路なので、 $V = V_1 + V_2$
 オームの法則から、 $RI = R_1I + R_2I$
 両辺をIで割ると、 $R = R_1 + R_2$

【並列回路の合成抵抗を求める】

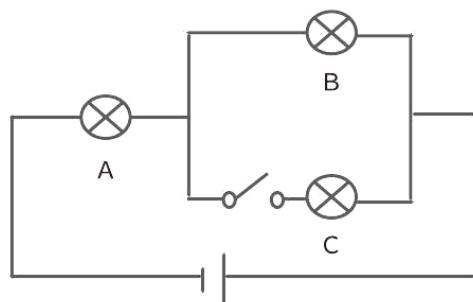


並列回路なので、 $I = I_1 + I_2$
 オームの法則から、 $\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$
 両辺をVで割ると、 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

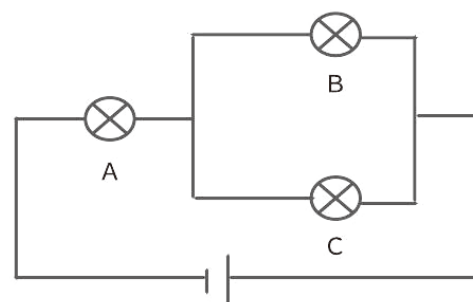
合成抵抗の考え方を活用することで、スイッチを入れたらなぜ豆電球Aの電流と電圧が大きくなり、豆電球Bの電流と電圧が小さくなったのかを説明することができる。しかし、順序立てて説明するには、言葉だけではうまく伝わらない。ホワイトボードやタブレット端末を使って、相手に伝わる説明になるように工夫

することを促す。子どもたちが説明する際に使いそうな回路図や、発表での発言を次に示しておく。

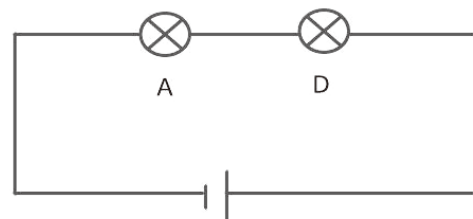
【スイッチを入れていないとき】



【スイッチを入れたとき】



【BとCを合成して仮にDとすると】



- スwitchを入れ、並列となった豆電球BとCを合成し、一つの豆電球とみなしたものを豆電球Dとすると、豆電球Dの電気抵抗の大きさは豆電球BとCの半分になる。
- 豆電球AとDの合成抵抗は直列なので和となるから、スイッチが入っていないときの豆電球AとBの合成抵抗より小さくなっている。よって、オームの法則から、スイッチを入れた後の方が豆電球Aを流れる電流が大きくなることが言える。
- 豆電球AとDは直列なので、AとDの電圧の和が電源電圧と等しくなる。Dはスイッチを入れる前のBに比べると、電気抵抗が少ないので、オームの法則や、直列の電流は一定という規則性から、かかる電圧が小さくなることがわかる。それに伴っ

て、豆電球Aにかかる電圧は大きくなると言える。だから豆電球Aは電流も電圧も大きくなり、明るくなったと言える。

- スイッチを入れた後の豆電球Bの電流は豆電球Aに流れた電流が枝分かれして半分の大きさになってしまっているから、電流はもとより小さくなる。電圧は、スイッチを入れた後では、豆電球Aにもとより大きくかかるので、その分電球Bの電圧は小さくなる。だから豆電球Bは電流も電圧も小さくなり、暗くなったと言える。

違う結果になるのか、やってみたい。

- 豆電球を一つだけLEDに変えたら違う結果になるのか、または全部LEDに変えたらどうなるのか、実験してみたい。
- スイッチを切り替えスイッチにすれば、階段のスイッチみたいにもっと色々なシステムが作れるのではないか。

一つの題材に対して、これだけ長い壮大な過程を経てゴールにたどり着くというのは、非常に大変なことである。途中で迷走したり、壁にぶつかってモチベーションが下がってしまったりするだろう。しかし、それでも粘り強く、自己を調整しながら探究を継続する力を育むことが、学習指導要領でも述べられている「学びに向かう力、人間性等を育成する教育の充実」に通ずるところとなり、本校の「学びの自覚」につながると確信している。

子どもたちがこれから長い人生の中で、解決していかなければならない課題は、エネルギー問題、気候変動問題、感染症との戦い等、過去に類を見ないものがたくさんあるだろう。このような課題は、簡単に解決できるものではない。それでも、一歩ずつ、諦めずに粘り強く歩を進めていく。そういった「学びの体力」が備わった人間を育てていきたい。子どもたちは、飽くなき向上心を持ち、これだけ大変な探究をした後でも「もっと〇〇してみたい」と言うだろう。そんなつぶやきから、また新たな授業が展開されていくことが楽しみである。

(6) 本題材を振り返ろう (1時間)

電流、電圧、電気抵抗を駆使して本題材の回路の仕組みを説明することができた子どもたちに、題材を通してわかったことや、疑問に感じたことを表現するように促す。

- 一つの回路に電気の学習内容が全て詰まっているように思えた。
- 一つの現象を説明するために、たくさんの規則性や法則が絡み合わないと、説明することができない。きっと世の中で起きている現象の多くは、様々な要素がお互いに関連し合っていることが多いのだろう。一部分だけ見てわかった気になってはいけないと感じた。
- 技術科の電気製品の開発に生かせるかもしれない。
- 豆電球の規格を全て同じにせずに変えてやったら

参考文献：大日本図書 (2021) 『理科の世界2』。

啓林館 (2021) 『未来へひろがるサイエンス2』。