

第2学年 理科学習指導案

授業者：桑子 研

展開場所：第1理科教室

I 単元名 電流とその利用

II 単元の目標

- 電流、磁界に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら、電流、電流と磁界について理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けている。【知識及び技能】
- 電流、磁界に関する現象について、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、電流と電圧、電流の働き、静電気、電流と磁界の規則性や関係性を見いだして表現する。また、探究の過程を振り返る。【思考力、判断力、表現力等】
- 電流とその利用に関する事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養うとともに、自然を総合的に見ることができるようになる。【学びに向かう力、人間性等】

III 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
電流、磁界に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら、電流、電流と磁界を理解しているとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けている。	電流、磁界に関する現象について、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、電流と電圧、電流のはたらき、静電気、電流と磁界の規則性や関係性を見いだして表現する。また、探究の過程を適切に振り返っている。	電流、磁界に関する現象について、進んで関わり、科学的に探求しようとする態度を養うとともに、自然を総合的にみることができている。

IV 単元の指導計画

章	内容	時数
1章	電流と回路	14
2章	電流と磁界	9
3章	電流の正体	5
探究	送電ロスを減らせ！	2

第1時 送電電力ロスは何で生じるのか
 第2時 (本時2/2)
 送電ロスを減らすための取り組み

V 本時まで (単元観を含む)

中学2年生の「電流とその利用」では、電流、磁界に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら、電流、電流と磁界を理解しているとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けさせるとともに、思考力・判断力・表現力を身につけさせることや、科学的に探求しようとする態度を育てることが目的である。電気機器に囲まれて、それらを利用しながら暮らす昨今、技術の高度化とともにその仕組みを知らずに、普段から活用しているものも多くなっている。学習を重ねることによって自身の力でそれらの仕組みを解明したり、またそこまで至らなくてもその糸口を掴ませたい。また電気の利用については、エネルギー問題など日常生活や社会生活とも特に関係性が深い、重要な単元であり、中学時代に身につけておかなければいけない内容である。

本単元の特徴として、電流や電圧、電力などの概念は目に見えないことや抽象的なこともあり、生徒にとって理解しにくいことがあげられる。またオームの法則や電力の計算などの数学的な能力も必要であり、既習事項の理解が十分でない場合、学習意欲の低下に結びつきやすい。文字式や数式の扱いを苦手とする生徒にとっては、より難しく感じられるようである。また理論的なことや計算については理解しているように見えても、実際に回路を目の前にすると、機器を用いて適切な方法で物理量を測定することや、実際に得た値を用いた電力の計算ができない生徒もいる。このような背景から、授業では実験を通して、体験を伴って考えさせること、抽象的な概念を掴むために電気回路のモデルを自身で作らせること、文字式の扱い方や電力

計算などの基本的な計算の演習などを重視して、授業を展開してきた。

VI 本時

1. 題材名 送電ロスを減らせ！

2. 題材の考察

電流や電圧を理解した上で、昨今のエネルギーなどの環境問題を考えたりや、電気料金などの日常的に接する物量として、電力や電力量がある。温室効果ガスが排出されない太陽光発電等の自然エネルギーを利用などの話題には、生徒も日常的に接している。しかし発電所から家庭まで電力が届く際の、送電による電力のロスについては、教科書での扱いも少なく、意識していない生徒も多い。実際に世界には送電ロスが50%という地域もあり、発電した電力がうまく使われていない。また現在日本では約5%が送電ロスとされており、一見少ないように思えるが、年間では約458.07億kWhにのぼる（100万kW級の発電所がフルに稼動して5年以上かかる計算）^{*1}。このような送電ロスを減らすために、電圧を適切に変えたり、送電線をより太くしたり、自然エネルギーを利用して近距離で発電したものを利用するなどの取り組みがある。また送電ロスをゼロにするために、超電導を利用した線材が研究・開発されている。

実際に授業で実験中に生徒が組み立てる回路においても、電池での供給電力と、豆電球の消費電力には少なからず差が生じており、測定してみると無視できない大きさである。これらの差は、教科書ではクローズアップして扱われていないが、この差の要因として導線が持つ内部抵抗にあるということに、生徒には気づかせたい。そして送電ロスを小さくするための方策を考える中で、事前に学習した知識を活用し、導線の太さや長さ、材質、温度など、様々な物理量が関係することなど、工夫する余地が多くあることに気づかせる。さらに班になって送電ロスの対策をすることで、どの程度送電ロスを抑えることができるのかを試行錯誤の中から追求させ、各生徒や班の中で探究の過程を何度かまわすことを目指す。この過程を通して、電力計算をするために実際に電流計や電圧計を「使わせられている」から「使う」という経験をさせ、知識と経験を結びつける。また、班で送電ロスの低さを数字によって競わせることで、実験に進んで関わりを持ち、すべての生徒が主体的に学習に取り組めるように工夫した。最後に実社会ではどのような対策を立て送電ロスを減らそうとしているかについて興味関心を持たせ、授業後にレポートの提出を行うことで、社会や世界へと、生徒の視線を向けることを期待した。

3. 研究主題と本時の関連

理科部会の研究主題として「科学的に探究する生徒を育てる理科指導～科学的に探究する生徒を育てる理科指導～」がある。生徒自身が最も顕著に選択・決定をする学習は、自由研究であり、個別最適な学びの集大成であると考えている。自由研究では、テーマ決め・課題の設定・方法の設定に至るまで、探究の過程を生徒自身が最初から最後まで進める。このように学びが多い一方で、普段の授業から探究の過程を回す練習をしておかないと、途中で躓いてしまい、諦めてしまうかもしれない。また研究を始める前に、とにかくまずはやってみることで、その中から見つかる課題もある。

本実践では、送電ロスを減らすという課題をまずは与え、実際に手を動かしながら生徒自身が探究の過程を短時間で数回まわす体験をさせることを目指した。このような中で、生徒が新たな自分自身の課題を見つけたり、自らの学びを調整・工夫し、探究活動を粘り強く進めることができる素地を作ることを目標としている。

4. 目標と展開

展開 第1時

- ・素子について電流計や電圧計を用いて適切に測定できるとともに、送電ロスの割合について計算ができる。（知識・技能）

時配	学習内容・学習活動	指導上の留意点（○）及び評価（◆）
導入 20分	<p>実際に並列回路を組んでみて、並列回路の組み方について復習する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シミュレーション（Phetを使用）で組んだ並列回路から、並列回路の特徴と、電流・電圧の測り方などを復習し、電力についての求め方を確認する。 ・実際の電気回路について、電流と電圧を測定し、電力を求める。送電ロスについて気づく。また送電ロスの割合についての計 	<p>○Phetの直流回路シミュレーションを使用する。実際の回路においても各素子の電力を測ることを伝える。</p> <p>◆素子について電流計や電圧計を用いて適切に測定できるとともに、送電ロスの割合の計算ができる（知識・技能）。</p>

	<p>算方法を知る。</p> <ul style="list-style-type: none"> 送電ロスが問題になっており、世界では50%も失っている地域もあるということを知る。 	$\text{送電ロスの割合} = \frac{\text{送電ロス}}{\text{供給電力}} \times 100$
	課題：送電ロスを減らすための対策を考えて、解決策を提案しよう	
展開 25分	<ul style="list-style-type: none"> 豆電球を家庭に、電池を発電所に見立てて、目の前の回路の送電ロスを減らす取り組みを通じて、実際の社会問題になっている送電ロス対策について、取ることができる対策について考える。 まずは個々人でどのような工夫をすれば送電ロスを減らせるかを考える（3分）。 同じ会社の他の社員（班員）とアイデアを共有。同じようなアイデアには赤ペンで線を、異なったアイデアはメモするように指示する。 ルールを確認する。 制限時間は30分 変えてはいけないもの 発電所の能力（電池の条件（直列2個））、家庭の数（豆電球の条件（並列2個））は変更しない。 送電ロスが一番小さい会社が優勝 実際に色々な工夫をしてみる。次回も工夫をする時間が与えられることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ○アルミホイル（丸めると導線のようになる）、セロテープ、ハサミ、エナメル線（直径0.5・0.3など色々なもの）・ペンチ、やすり、色々な長さのミノムシ導線を用意しており、紹介する。 ○手が止まっている生徒については、「回路のどこでロスが発生しているのだから。」「今までの既習事項で何か参考になるものはないか」などの声かけをする。 予想される対策例 ○ターミナルをとった方がいいのではないかな。回路を短くすると良いのではないかな。太くするとよいのではないかな。導線を冷やしたらいいのではないかな。 ○他者の意見を聞く中で思いついたアイデアは青でメモをする。場がアイデアを作るということを伝える。
振り返り 5分	次回試してみたいことを記入する。	学習を振り返り、記録する。

展開 第2時

・学習を振り返り、モデルから得た知見と、実社会での取り組みとの関係性について考える。[主体的に学習に取り組む態度]

時配	学習内容・学習活動	指導上の留意点（○）及び評価（◆）
導入 5分	ストーリー、前時の課題、ルールの確認を確認する。	
	課題：送電ロスを減らすための対策を考えて、解決策を提案しよう	

展開 40分	<ul style="list-style-type: none"> ・制限時間の中で、目の前の回路に対して対策を施し、送電ロスを減らすための対策を実施する。制限時間は30分。中間発表として開始15分で送電ロスを計算するように指示を出す。 ・各会社（班）に送電ロスの割合を聞き、優勝した会社を表彰する。その際に、送電ロスが小さかった班について、工夫した点などを聞き出す。他の班の送電ロスや工夫について、資料を見て確認する。 	<p>○教師も会社の一社員として振る舞う。例えばエナメル線の扱いに慣れていない場合の補助や、やりたいことを聞き出し、その班の生徒とアイデア出しを一緒に行う。</p> <p>○予想される答え</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電線を束ねるなどして今よりも太くする → 送電線の抵抗を小さくする ・電線の長さを短くする、太陽光や風力などできるだけ消費地の近くで発電を進める → 送電の際に逃げてしまう電力を小さくしたい ・材質を変える → 抵抗率を低くする 抵抗率からすると銅が望ましいが、値段や加工のしやすさからアルミが用いられている ・そもそも電力をあまり使わないようにする → 消費電力自体を減らす
振り返り 5分	<ul style="list-style-type: none"> ・社会に戻して考えて、具体的な対策について検討する。送電ロスについて考えたり、調べたりするように記入する。 	<p>◆学習を振り返り、モデルから得た知見と、実社会での取り組みとの関係性について考える。[主体的に学習に取り組む態度]</p>

5. 評価

知識・技能（第1時）

A 基準	<ul style="list-style-type: none"> ・電流計や電圧計を適切に使って、電流や電圧の値を調べている。 ・供給電力や消費電力の計算方法を理解し、送電ロスの割合を求められている。
B 基準	<ul style="list-style-type: none"> ・電流計や電圧計を適切に使って、電流や電圧の値を調べている。 ・供給電力や消費電力の計算方法を理解しようとしている。
支援	<ul style="list-style-type: none"> ・計算方法や測定方法が慣れていない班には、直接指導する。

主体的に学習に取り組む態度（第2時）

A 基準	<ul style="list-style-type: none"> ・消費電力や供給電力とその差に関心を持ち、送電ロスを小さくするための方法についてモデルの結果から考えて、その科学的意味について調べている。また実社会での取り組みと関連づけられていたり、送電ロスを減らすための技術について調べている。
B 基準	<ul style="list-style-type: none"> 送電ロスを減らすための方法にどんな科学的な意味があったのかをまとめている。
支援	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルで起こっていたことと、実社会での取り組みには似ている部分もありつつも、予算等いろいろな関わりがあるということを話したり、また高圧で送電することなど、別の視点があるということについても、口頭で伝える。

VII 実践を終えて

実践後に全体にとったアンケート結果と、個別の3名にインタビューをした結果について紹介する。自由度の高い授業内容のため、さまざまな工夫を各班で行っていたこともあり、仮説を立てて、相談をしながら各自のできる範囲で班に貢献しようとする記述がみられた。またインタビューからは、電流が外部に漏れるという、誤概念もみられた。

<全体へのアンケート結果より>

Q あなたが意識したことや、行動について、具体的に書いてください。

- ・もっとやってみようよ、という言葉がけを多く使った。もしかしたら結果が変わるかもしれないから。
- ・なんでも一度やってみることが大切だと思います。
- ・班の人で指示を出してくれる人がいたため、自分はその物をなるべく早く用意できるように努めたり、実験はやっぱり成功して終わりたいから少しでもこの行動が合っているかなと思ったら相談するようにした。
- ・自分は理科が苦手なので足を引っ張らないようにわからないことはきいてみたり、何をやったら良いかわからないときはこれでいい？と確認を取ってからやるようにしました。
- ・自然に「こうすれば良くなるのではないか」という意見が出ました。

- ・提案する時に根拠になるものをしっかり説明しました。
- ・自分たちが実験をする選択肢を、できるだけ増やすために自分が思いついたアイデアは現実味がなくても、班のメンバーにすぐに伝えました。導線は短く、太くするべきという考えを班のメンバーに伝えました。
- ・作業を分担して回路を作った。
- ・自分で進めようとせず、周りの人の意見を聞きながら行動した。

Q 全体を通して、自分が変化したことや感想を書いてください。

- ・自分で考えて実行してその実験が成功する喜びや楽しみがしれた良かったです。
- ・とても面白く、学びやすい授業で競い合うのも面白いなと思いました。また機会があったらやりたいです。
- ・いつもの実験よりも積極的に行うことができました。
- ・実験をしているうちにどんどん違う案が浮かんできました。
- ・今回の実験では初めてこういう自由な実験だったからはじめは困ったりもしたけれど、班の人と協力して実験が成功に終われるようにできることはなるべく行って、より値がいい方向に行くように実験中にも色々案を出したりして行ったりしたので楽しかった。
- ・最後1位になったところと導線を短く太くするということは一緒だったけど、やり方が違うだけでこんなに結果が違くなるんだと思った。
- ・「自分で工夫する」ということで、やりがいを感じて取り組むことができました。また、チーム対抗にすることによって競争心が生まれました。
- ・電力会社という例えが面白かったです。苦手なはずの理科もこの授業だと、そこまで苦手意識なく取り組めた。
- ・自分たちのアイデアを実際に試すことができてすごく面白かったです。
- ・前からこの話題は興味があったので、今回実際にその問題を解決するようなことが実験できてよかった。もっと大掛かりな回路や規模、時間でやれば更に新しいアイデアができると思った。
- ・回路の抵抗を減らすという考えは元からあったけど、違う物質に変えるという考えはなかった。

授業後のインタビューを3人の生徒からとった。この班は話し合いが活発に行われながら、色々としく錯誤をしている班であった。アルミ箔を太くして導線の代わりとするというアイデアで送電ロスを減らそうという取り組みをしていた。

Kさんへのインタビュー

Q 実社会に戻した時に、設置場所が高い場所がいいと書かれているけど、どういうことですか？

えっとなんか導線の冷却に繋がるんですけど、具体的にその実際に導線をずっと冷却させることって、結構不可能ではあるので、高い場所に設置すれば冷気で発熱した温度を少しでも下げることができるので。高いところの方が冷えるかなと思って。

Q 自分自身で出したアイデアは何ですか？

私が考えたのは、太くしようというアイデアで自分で提案をしました。同じようなアイデアを皆が持っていました。

Q 実際にやってみて気がついたことは何ですか？

- ・隙間ができるのがよくないなっていうのが分かった。アルミ箔で導線を作る時にアルミ箔の隙間から電流が逃げるのかなって。隙間をどれだけ減らすかという面でテープを貼ったりした。またテープを貼ったけど、それが電流の妨げにもなってい流すことにも気がついた。
- ・（他の生徒が言っていた）その道具の正確性を確認するということは気がつかなかった。そもそもこの道具は正確な値を出すことができるのかっていうのをちゃんと調べてから、あの、使った方が確かにより良い数値が出るのかなって思ったんで。
- ・アルミ箔だと隙間があるので、（電流が）そこから出ていってしまうのかなと。なので隙間をなくすことが大切だということに気がつきました。

Q なぜアルミ箔で作った導線を太くしようと思ったの？

授業で抵抗は太いと小さくなるということを思い出して。あとは導線の距離が長くない方がいいかなって。とにかく短くしようという意図でターミナルをとったりしてみました。

Q 班活動を円滑に行うために、何か意識していることはあった？

シンプルに優勝をしたいねって声かけを行っていました。盛り上がっていた。自分たちで自由に条件替えをしていいっていうのが楽しかった。

Tさんへのインタビュー

Q 自分で思いついたアイデアについて教えてください。

長さを短くするということでした。長さを短くしたらなんかその分、ロスが減るのかなと思って。

Q ターミナルについて気になっているみたいだったけど、これは何で？

導線がこうあって、それをつないでるじゃないですか。その繋いでる部分がうまくつなげられていないと、そこでロスが起きるのかなと。

Q 素材を銅にしたいと書かれているけど、実際に選んだのがアルミのアルミ箔だったのはなぜ？

調べたら銅の方が抵抗は低いってことだったんですけど、アルミの方が作りやすくて、それであの太くすれば抵抗は低くなるんじゃないかなって。

Q なるほど、じゃあ素材として加工のしやすさとしてアルミの方が良かったという方がいいけどアルミの方が今回だと作りやすかったってことか。班活動でやってみて気がついたことってある？

セロテープで固定をしていたんだけど、セロテープが電気を流さなかったということもあり、うまくいかずセロテープを結局は取ることにしました。接触よくするために、何かペンチで先を曲げて、固定すればいいのではないか。アルミの先をこう曲げて。

Q 太くしようというのは、どうしてそうしようと思った？

理科1の授業の中で抵抗について太くすると小さくなるってやっていたじゃないですか。そこから太くって。初めから太くしようという意見はあったのだけど、やる中でそれを実現していったみたいだな。

Q 授業として、指示が少なく自由度が高かったけどどう？

なんか、結構面白かったと思います。試行錯誤して～みたいなの。自分がやろうかな～と思ったことができたかな。自分で考えてできるというのは、やりがいがあるなって思った。競い合えて面白かった。

Kさんへのインタビュー

Q 自分で考えたアイデアってなんだったの？

抵抗がなるべく小さい方がいいのではないかなと思って。太く導線を短くするのがいいのかなって思って。

Q 実際にやってみる中での気づきってあった？

実際にアルミを使ってやってみたらイメージしたような感じにはできなくて。なんかもっと短くやれるかなって思ったんですけど。やっぱり距離的にも難しいなっていうのがあって、限界があるなって思った。

Q 班活動を活発にするための声掛けとか何か工夫した？

自分が何したらいいかわからない時は、こういうことをやった方がいいかなとか声をかけたりしていました。

Q 自由度が高い授業だったけど、何か感想を教えてください。

なんか自由度が高い分何ができるかっていうのが結構難しかった。色々な班をキョロキョロみたりしながらやっていました。最終的には、自分がやりたいと思ったことができました。

VIII 参考文献

1 国立研究開発法人 科学技術振興機構. “送電ロスをゼロにする超電導線材.” 環境エネルギー, 2016年, pro. Accessed 11 June 2024.