

成果報告書

2020 年度助成	所属機関	宇都宮大学共同教育学部附属中学校	
役職 代表者名	校長 池田 聖	役職 報告者名	教諭 菅生 崇夫
テーマ	「中学校理科における電気回路の学習法について」		

※ご異動等で現職の方では成果発表が難しい場合、上記代表者または報告者による代理発表を可といたします

1. 実践の目的（テーマ設定の背景を含む）

文部科学省による全国学力・学習状況調査では、電気抵抗の概念形成について課題があることが繰り返し指摘されている。平成 27 年(2015)の調査では、電気抵抗を算出する基本的な問題の正答率は 59.9%である¹⁾。この結果は、約 4 割もの生徒において電気抵抗の基本的な概念形成に課題があることを示している。さらに、平成 30 年度(2018)の同様の問題における正答率は 52.3%であり、改善の傾向は見られない²⁾。

福山(2000)は、電気回路の理解に困難が生じている原因の 1 つに、電流、電圧、抵抗の概念について適切なイメージを描くことができずにいる点を指摘し、適切なイメージを伴って理解するための新しい実験の開発が必要であると述べている³⁾。

平成 24 年全国学力・学習状況調査によると、「観察・実験」を通じた理科の学習では、中学校においては、「観察・実験器具を繰り返し操作する機会を設けたりするなどの改善」が求められている⁴⁾。

以上を踏まえ、本研究では中学校第 2 学年の単元「電流とその利用」における内容理解の困難さを解決する方法として、一人一人が繰り返し実験を行う「個別実験」を可能にする電気実験キットの開発に関する基礎的研究と、それらを活用した授業による学習効果を検証した。

2. 実践にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

○研究単元、および教材等の検討

本校理科部員が、本研究テーマに即して研究実践を重点的に行う単元を提案し、単元展開、教材・教具の工夫について、協議・検討を行った。宇都宮大学教授、宇都宮大学共同教育学部附属小学校理科部員、本校理科部員で会議（以下、理科プロジェクト）を行い、単元展開及び使用教材の検討を行った。

○教材の購入

研究単元において、必要な教材を調べ、学校備品の保有個数を踏まえた上で選定・購入した。

○購入したもの(助成金より支出) ・ モバイルバッテリー（2600mAh） ・ブレッドボード ・ デジタルマルチメータ

- ・ マルチケース LL
- ・ デジタルマルチメータ
- ・ ガラス管ヒューズ
- ・ USB 充電器 10 ポート
- ・ ラジオペンチセット
- ・ ガラス管ヒューズ
- ・ コネクタ付コード
- ・ ipad
- ・ MAGICKEYBOARD
- ・ apple pencil
- ・ SD カードリーダー
- ・ エクストリームプロ SSD
- ・ イヤホンジャック
- ・ USB-C to Lightning
- ・ 一眼レフカメラ
- ・ USB ケーブル A-A タイプ 等

○他の関係機関との連携

- ・宇都宮大学教授、宇都宮大学共同教育学部附属小学校理科部員（理科プロジェクトとして連携）
- ・栃木県総合教育センター、河内教育事務所、宇都宮市教育委員会（本校公開研究会に関わる助言）

3. 実践の内容

アプローチ① 一人一人が繰り返し実験を行う「個別実験」を可能にする電気実験キットの開発に関する基礎的研究

○電気実験キットの開発について

・本実践で使用した電気実験キット（図1）の内容の詳細を表1に示す。表内の黄色に囲まれた部分は2年目にキットに追加したものになる。この電気実験キットは一人に1セット配付し、生徒はグループごとに分かれた机で個別実験を行った。実験中に分からない部分が出てきたり迷ったりした場合には、グループで相談してもよいとした。

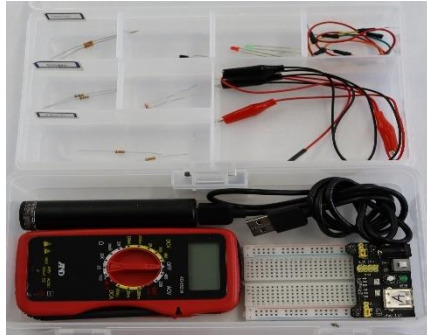


図1 電気実験キット

表1 電気実験キットの内容

部品	個数
デジタルテスター	1個（測定範囲：0～200mA）
LED（赤色）	2個（0.8～1.8V）
LED（緑色）	2個（0.8～1.8V）
モバイルバッテリー	1個
カーボン抵抗（炭素皮膜抵抗）	2個（1/4W 1kΩ）
カーボン抵抗（炭素皮膜抵抗）	2個（1/4W 510kΩ）
カーボン抵抗（炭素皮膜抵抗）	2個（1/4W 330kΩ）
ジャンプワイヤー	5本
ブレッドボード	1個
収納箱	2個
コネクタ付コード	4本
Cdsセル	1個
トランジスタ（SC1815）	1個

アプローチ② 電気実験キットを活用した授業による学習効果

○電気実験キットを使ったカリキュラムづくりの工夫

① ブレッドボードを取り入れた授業の検討

・「電流とその利用」の単元で、電気実験キットを使ったカリキュラムを作成した。（表2）

その理由として、単元の流れを明確化し、必要に応じて生徒らとも共有することで、見通しをもって学習を進められるようにした。

・単元のまとめとして、「電流、電圧、電気抵抗の求め方」の知識を使った授業を設定した。

内容としては、夜になると自動で点灯し、足下を照らすセンサーライト（図2）の仕組みについて考えるものである。



図2 センサーライト



表2 電気実験キットを使ったカリキュラム

②ICT 機器の積極的な活用

・office のクラウドを利用して、生徒が教材資料をダウンロードしたり、作成したデータのアップロードをしたりした。

・ロイロノートというアプリを利用して、班内で実験データを共有したり、全体発表の際に発表資料として提示したりした。

	本時の課題	時間(分)	学習内容
授業1	LED 2 個の直列回路と並列回路では回路の各部分を通る電流の大きさはどうなっているか	10	前時の復習
		25	電流の測定
		15	考察とまとめ
授業2	LED 2 個の直列回路と並列回路では各部分に加わる電圧はどうなっているか	15	前時の復習
		20	電圧の測定
		15	考察とまとめ
授業3	回路に加わる電圧と流れる電流の間には、どのような関係があるだろうか	5	前時の復習
		25	電源装置を使い電圧を変化させたときの電流の大きさを測定する
		20	考察とまとめ
授業4	2つの抵抗を1つに置き換えると何回になるか	15	前時の復習
		20	2種類の抵抗を直列または並列につなぎにしたときの電流と電圧を測定し、抵抗のつなぎ方と回路全体の抵抗との関係調べる
		10	考察とまとめ
授業5	直列回路と並列回路で明るい電球が逆なのはなぜか	15	前時の復習
		25	LEDを直列または並列につないだときの各LEDにかかる電流、電圧を調べることで電力を求め、明るさと電力との関係を確認する
		10	まとめ
授業6	暗くなったときに光るセンサーライトを設計しよう	6	前時の復習
		31	センサーライトの設計のために最も適切な抵抗の大きさを調べる
		13	考察とまとめ

4. 実践の成果と成果の測定方法

○実践の成果の測定方法

①生徒へのアンケートおよびテストの実施

- ・レディネステスト（研究前の R3 年 4 月）※勝本ら（2020）を参考に一部改変して問題を作成した。⁵⁾
- ・興味・関心に関するアンケート（研究前の R3 年 4 月と、R3 年 8 月の比較）
- ・知識や思考力に関する学力テスト（H30 年度全国学力・学習状況調査の平均との比較）

②生徒のプリント（変容を分析）※授業者が授業後に記述内容の分析をした。

○実践の成果とその根拠

・レディネステストの結果を表 3 に示す。生徒らは小学校理科における既有知識をある程度保持していることがわかった。しかし、乾電池の電圧やモーター、手回し発電機の原理や仕組みなどは理解があいまいであることが示された。

表 3 電気に関する既有知識等の調査結果

質問項目	正答率 (%)
1 次のうち、電気を通さないものはどれですか。	95.7
2 次のつなぎ方のうち、明かりがつくものはどれですか。	47.1
3 次のつなぎ方のうち、最も明かりが明るいのはどれですか。	66.7
4 写真はある家の屋根を撮影したものです。これは何を電気に変えるものですか。	94.9
5 電磁石について、正しい説明の組み合わせはどれですか。	92.8
6 電磁石には鉄を引きつけるはたらきがあります。これについて正しい説明はどれですか。	94.9
7 次のなかで、正しい説明はどれですか。	79.0
8 電気について間違っている説明はどれですか。	92.8
9 電熱線について、正しい説明はどれですか。	58.7
10 次のなかで、間違っているものはどれですか。	94.2
11 モーターについて、正しい説明はどれですか。	43.4
12 リニアモーターカーの仕組みについて、正しい説明はどれですか。	60.2
13 コンデンサーについて、正しい説明はどれですか。	79.7
14 ある時、豆電球を使ってランプを作りましたが、予定よりも多くの電気を使ってしまいました。使う電気を少なくするために、豆電球をどの部品と交換すれば良いですか。	84.1
15 手回し発電機について、間違っているものを選んでください。	50.0
16 電圧について、正しい説明はどれですか。	88.4
17 乾電池の電圧について、正しいものはどれですか。	55.8
18 日本のコンセントの電圧について、正しいものはどれですか。	41.2
19 電気器具の事故を防ぐ方法で、間違っているものはどれですか。	92.8

アプローチ①「個別実験」による学習の成果

→ 生徒の主体的な学習につながり、学習意欲が向上したと考えられる

・興味・関心に関するアンケートでは、右の図のように、「中学校での電気の学習が楽しみ（楽しかった）」と答えていた生徒が、60%から87%、「電気や電気を使った技術を学ぶことは、自分の生活に役立つと思う」と答えていた生徒が、67%から91%、「電気や電気を使った技術を学んで、自分の身の回りの問題を解決してみたいと思う」と答えていた生徒が、63%から74%へと肯定的回答をする生徒の割合が増加した。

・知識や思考力に関する学力テストでは、(1)18.9%、(2)15.3%、34.9%、(3)4.9%、全国平均よりもそれぞれ高い結果となった。（表 4）このことから、ブレッドボードを使った実験により、生徒の主体性を高め、理解を深めることができたと考えられる。



表 4 全国学力・学習状況調査と本校との正答率の比較

			全国	本校	差
			正答率 (%)	正答率 (%)	
(1)	自転車のライトの豆電球型のLEDが豆電球に比べて明るく点灯したこと疑問をもって科学的に探究する場面において、電流・電圧と抵抗及び電力と発生する光の明るさとの関係に関する知識・技能を活用することができるかどうかをみる	電流計は回路に直列に接続するという技能及び電流計の電気用図記号の知識を身に付けている	70.6%	90.5%	18.9%
(2) 電流		実験の結果を示した表から電流の値を読み取ることができる	77.7%	93.0%	15.3%
(2) 抵抗		オームの法則を使って、抵抗の値を求めることができる	52.3%	87.2%	34.9%
(3)		豆電球と豆電球型のLEDの点灯の様子と電力との関係を指摘できる	91.5%	96.4%	4.9%

アプローチ② 電気実験キットを活用した授業による学習効果の成果

→ 抵抗値を計算し求めることの意義や価値を見出すことができ、主体的な問題解決の動機づけとなった

- ・センサーライトを使って、直列回路の各負荷（抵抗器とCdSセル）にかかる電圧について学習する授業を設定した。日常生活や社会と関連したテーマを扱うことで、抵抗値を計算し求めることの意義や価値を見いださせ、主体的な問題解決の動機づけとすることや、CdSセルやトランジスタなどの半導体を使用することで技術・家庭科とのつながりを生徒に意識させることができた。
- ・電気実験キットにコネクタ付きコードを加えた結果、デジタルマルチメータを使った測定の接触抵抗を減らす効果があり、生徒がより正確な測定を行うことができた。
- ・ICTを活用したことにより、発表資料の作成が短時間で済むようになることで、課題について考える時間を増やすことができた。
- ・生徒のプリントでの記述に、授業に関して、「LEDは小学校で習ったけれど、実験で多く使うことができてよかった」「学習する順番がわかりやすかった」などの意見があった。

5. 今後の展開（成果活用の視点、残された課題への対応、実践への発展性など）

- ・今回の実践を通して、電気実験キットを使って一人1実験を行うことができ、またカリキュラムを作成することができたことは、教員にとっても生徒にとっても良い経験になったと思う。個別実験を行ったことで、一人一人が学習に自信をもち、授業での「主体者」になっていった。今後、自ら学ぶ意欲を大切にしながら、個別実験で身につけた知識・技能を基盤とし、科学的思考能力がさらに高まるような授業をしていきたい。
- ・成果活用の視点として、今回実践した授業や内容をまずは広く知ってもらうことが必要である。本校で毎年11月に行っている教員研修会（全県下の中学校教員が対象）で実践を紹介するとともに、栃木県教育委員会のHPへの掲載や栃木県総合教育センターで行われる初任者研修や5年目研修などでの活用を依頼したいと考えている。
- ・今年度実践した「電流、電圧、電気抵抗の求め方」の知識を使った授業を、さらによくするためにはBlackBoxのような状態であった家電製品の内部が、トランジスタと抵抗からIC回路が作られていたり、IC回路が巨大集積回路を作っていたりすることに触れることが有効ではないかと考えた。

6. 成果の公表や発信に関する取組み

※ メディアなどに掲載、放送された場合は、ご記載ください

- ・R3年6月の宇都宮大学共同教育学部附属中学校公開研究大会で、電気実験キットを使った実験発表
- ・R3年度 宇都宮大学共同教育学部附属中学校研究論集 第70集 掲載
- ・R3年7月宇都宮大学にて中等理科教育法Ⅰ・Ⅱで大学2年生を対象に実践を紹介
- ・R4年6月の宇都宮大学共同教育学部附属中学校公開研究大会で、改良を加えた電気実験キットで学習後、単元のまとめとして設定した授業を発表
- ・R4年度 宇都宮大学共同教育学部附属中学校研究論集 第71集 掲載予定

7. 所感

日産財団による多額の助成をいただき、校内のデジタル機器やICT関連の環境が整って、教員、生徒が積極的に活用できるようになった。この研究を通して、生徒らが楽しく理科の授業に臨むようすを再確認でき、大きな喜びを感じながら授業作りを行うことができた。理科の授業では、生徒があっと驚くような素材の中から教師がその教材の価値を吟味し、生徒に何を考えさせたいのかという意図を持って授業をデザインすることが重要になってくる。生徒が思わず考えたくなるような、またやってみたくなるような教具・教材の開発を続けるとともに、理科という教科として生徒につけさせたい力を常に念頭において授業づくりに臨む必要がある。今後も、「理科が楽しい」だけでなく、「理科について考えたくなる」授業を地域に提案できるように、宇都宮大学共同教育学部附属中学校が一丸となって、研究に励んでいきたい。

結びに、理科に関わる環境の整備と研究を深める貴重な機会を与えてくださった日産財団に敬意を表するとともに、深く感謝を申し上げたい。

8. 参考文献

- 1) 文部科学省・国立教育政策研究所(2015)：H27 年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科。
- 2) 文部科学省・国立教育政策研究所(2018)：H30 年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科。
- 3) 福山豊(2000)：オームの法則の指導について，物理教育，Vol.48，No.6，538-540。
- 4) 文部科学省・国立教育政策研究所(2013)：「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について」
- 5) 勝本敦洋・大高悠馬・中原久志(2020)：「中学校技術科における電気回路学習に対する生徒のレディネスを考慮した学習指導方法の検討」，北海道教育大学紀要，Vol.70，No.2，207-215。