

特別支援学校における理科学習の活性化を図る 電気回路の教材開発と授業実践

渡邊重義¹・植田青士²・佐々木竜太²・立山裕美²・上中博美²
上羽奈津美²・多田 肇²・後藤匡敬²・赤崎真琴²

Teaching material development and lesson practice on electric circuits to
activate science learning in special support school

Shigeyoshi WATANABE, Kiyoshi UEDA, Ryuta SASAKI, Hiromi TATEYAMA, Hiromi KAMINAKA,
Natsumi UEBA, Hajime TADA, Masataka GOTO and Makoto AKASAKI

I. はじめに

知的障害者を対象とした特別支援学校の中学部では、教科学習の一つとして理科を学ぶ。特別支援学校学習指導要領解説各教科編（小学部・中学部）（文部科学省 2018）に示されている理科の目標は、小学校理科の目標とほぼ同じであり、必要な資質・能力の説明において「基本的な技能」（小学校理科）が「初歩的な技能」（特別支援学校・中学部）、「問題解決の力」（小学校理科）が「疑問をもつ力と予想や仮説を立てる力」（特別支援学校・中学部）、「主体的に問題解決しようとする態度」（小学校理科）が「学んだことを主体的に日常生活や社会生活などに生かそうとする態度」（特別支援学校・中学部）という表現になっている。理科の内容は「生命」「地球・自然」「物質・エネルギー」の3つの区分に分けられているが、「身の回りの生物」「太陽と地面の様子」「電気の通り道」等の具体的な内容は小学校理科で取り上げられているものに相当する。このように特別支援学校の中学部における理科学習は小学校理科の学習が基礎となっているが、授業構想および実践の段階では、特別支援学校の生徒の実態に合わせた教材研究や学習方法の工夫が必要になる。

柘植ら（2012）は、発達障害の子どもを対象とした教科教育と特別支援教育のコラボレーションのための授業研究会のあり方を提言している。しかし、その提言は通常学級における教科指導の中での特別な教育的配慮に注目したもので、事例として取り上げられていたのは国語と算数・数学であり、理科に関する記述はない。小畑ら（2018）は、授業観察とインタビューによって知的特別支援学校の国語・算数

（数学）・理科・社会・外国語の学習指導に関する現状を調査した結果、実態把握における学習集団の編成や学習形態、教育課程の連続性が担保できる学習内容の選定に課題があることを明らかにした。授業を実施するための教材研究として、教師は書籍や資料等を参考にしながら自作教材を作成していることも報告されているが、理科に関する具体的な教材は紹介されていない。間々田（2012, 2017）は視覚障害児を対象にした天体教材の開発を行い、個別化の中で「作業対象」「作業内容」を明確化することを目指した実践を行った。古田ら（2018）は弱視の児童生徒を対象にした電気回路に関する教材開発について、生田目（2017）は聴覚障害者を対象にしたセミの鳴き声に関する共感覚的な擬音語教材の開発について報告している。また、川村ら（2018）は、特別支援学校の知的障害の児童を対象にした流水の働きと洪水対策の学習のためのモデル実験装置を開発している。以上のように、特別支援学校における教科教育研究の必要性は認識されているものの、理科の教材開発や授業構想に関する研究は視覚障害や聴覚障害あるいは知的障害の小学部について数例が報告されているだけである。知的障害の特別支援学校中学部における理科を取り上げた例はほとんどない。

そこで本研究では、知的障害者を対象とした特別支援学校の中学部の生徒を対象として、理科学習の活性化を図ることを目的とした教材開発と授業実践を行った。

II. 研究方法

1. 対象

熊本大学教育学部附属特別支援学校の中学部の生徒18名（1年：6名、2年：6名、3年：6名）に

*¹ 熊本大学大学院教育学研究科

*² 熊本大学教育学部附属特別支援学校

対して実施される理科「電気の通り道」（中学部 1 段階）を教材開発と授業実践の研究対象とした。

2. 教材開発

熊本大学教育学部附属特別支援学校は、令和 2 年度より「情報活用能力を発揮して未来社会を切り拓く知的障がいのある児童生徒の育成」をテーマに研究を進めている。情報活用能力を育むために各教科での学びに着目しているが、令和 4 年度は中学部における理科学習を研究対象に選択した。研究授業は「電気の通り道」の単元で実施することになり、特別支援学校の授業担当者と熊本大学教育学部の理科教育担当で授業構想についての協議を行った。「電気の通り道」の学習では、乾電池と豆電球を使って「電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方があること」「電気を通すものと通さないものがあること」を理解し、観察実験を行う中で、差異点や共通点に気づき、電気の回路についての疑問をもち、表現することが求められる。この「電気の通り道」の学習では、乾電池、豆電球、導線等の教具を用いた実験が行われるが、知的障害をもつ生徒の実態に応じるための工夫が必要になる。そこで、実験操作が容易であり、実験結果が直観的に理解されやすくなるための教具を開発した。

3. 授業実践と評価

2022年 6 月に実施した単元「実験してみよう・調べてみよう（乾電池）」（4 時間）の研究授業において、開発した教材を用いた実践を行った。教具の具体的な利用方法については、授業担当者が学習展開を構想する中で考案した。教材利用の実態やその効果は、授業観察、授業記録（動画／写真）を用いた振り返り、授業担当者や授業観察者の感想を通して評価した。

Ⅲ. 教材開発

1. 教材開発の視点と方法

「電気の通り道」における電気回路は豆電球、導線付きソケット、乾電池を用いたシンプルなものであり、導線の先端を乾電池のどの部分につなげると豆電球が光るのかを試行錯誤的に確かめる。実験操作は単純であるが、両手を使って 2 本の導線の先端を乾電池の様々な部分に接触させること、その位置で保持しながら豆電球の点灯を確認すること、つなぎ方とそのときの結果を記録することは、特別支援の配慮が必要な生徒にとって容易な操作とは言い難い。さらに電気を通すものを調べる実験では導線を

1 本増やして、調べたいものを導線と導線の間において、2 本の導線の先端を接触させるという操作を行うことになる。複数の生徒が協力し合うことで操作が容易になる可能性もあるが、個別実験として知的障害者の生徒が一人でも操作できることを教材開発の視点とした。

電気回路については、乾電池の+極、導線、豆電球、導線、乾電池の-極が「輪」のようにつながっているときに電気が通るということを理解することが目標となっている。そこで、回路が「輪」になっていることを直観的に理解できるような工夫を行った。

電気の通り道の実験に用いる教具は、豆電球やソケット付き導線など比較的安価なものが用いられているが、理科教材のメーカーが販売しているキットは 1 セットが 10,000 円近くするものもあり、人数分のキットを購入する場合は高額になる。そこで、100 円ショップなどで購入可能な素材を用いて、個別実験に対応できる数を準備できるような教材を開発した。

2. 電気回路の教材開発

1) 材料

理科教材として販売されているもの

豆電球／ソケット付導線／ミノムシクリップ付導線

100 円ショップで購入したもの

ミニホワイトボード（30×20cm）／カラーボード／コードフック（20×10mm）／ネオジム磁石（直径 8 mm／13mm）／マグネットテープ／乾電池（単一）

2) 作成方法

生徒が乾電池と豆電球のつなぎ方を実験することを目的として開発した教材を図 1 に示す。ミニホワイトボードが実験の基盤となっていて、豆電球や乾電池の配置がわかりやすくなるようにした。ホワイトボードであるため、磁石を用いることで豆電球や乾電池の位置を保持することが可能になり、ホワイトボードマーカーで乾電池の極などの情報を書き加えることもできる。豆電球を接続したソケット付導線は、10×4 cm に切ったカラーボードにセロテープで固定し、コードフックを接続端子として利用した（図 2）。また、カラーボードの裏にマグネットテープを貼り、ホワイトボード上の位置を保持できるようにした。図 1 の乾電池の下にはネオジム磁石（直径 13mm）が養生テープで固定されていて、乾電池の位置が保持されるようになっている（図 3）。磁石で保持されているだけなので、乾電池の向きを自由

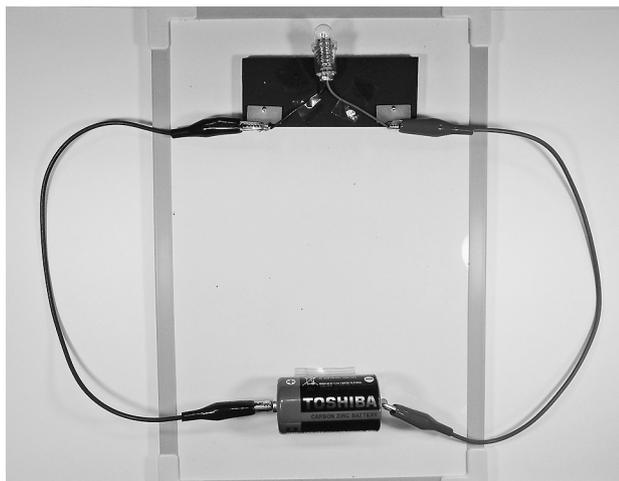


図1 開発した電気の回路の教材

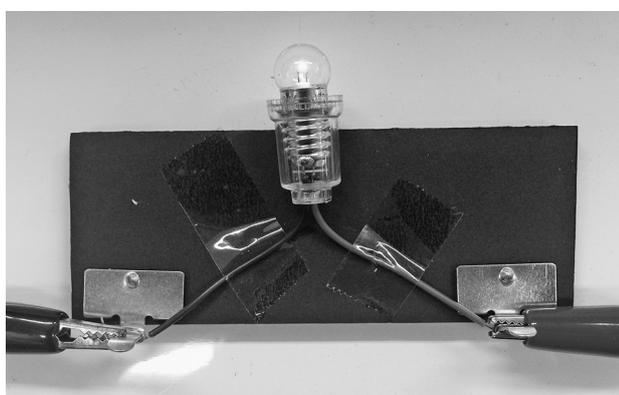


図2 豆電球とソケット付き導線部分

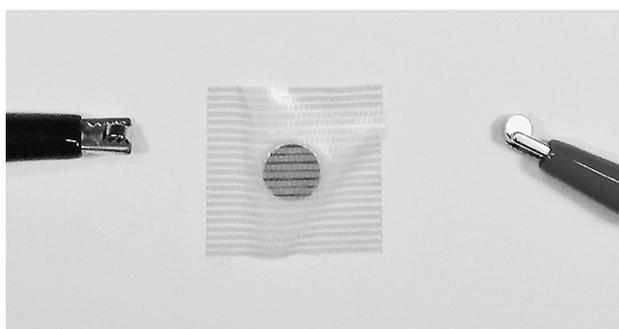


図3 乾電池の下のネオジム磁石

に変えることができる。

豆電球と乾電池の接続にはミノムシクリップ付導線を使用した。導線の一端は、図2のカラーボード上のコードフックにミノムシクリップを挟んで固定し、もう一方の端のミノムシクリップには、ネオジム磁石（直径6mm）を挟んだ（図3）。ネオジム磁石を挟んだミノムシクリップは、図4のように乾電池の極など様々な部分に接着できる。手を放しても接着されたままなので、写真を撮影したり、スケッチしたりすることが容易になる。ミノムシクリップ付導線をもう1本増やすことで、図5のように電気を通すものと通さないものを調べる実験に利用でき



図4 ネオジム磁石を用いた接続

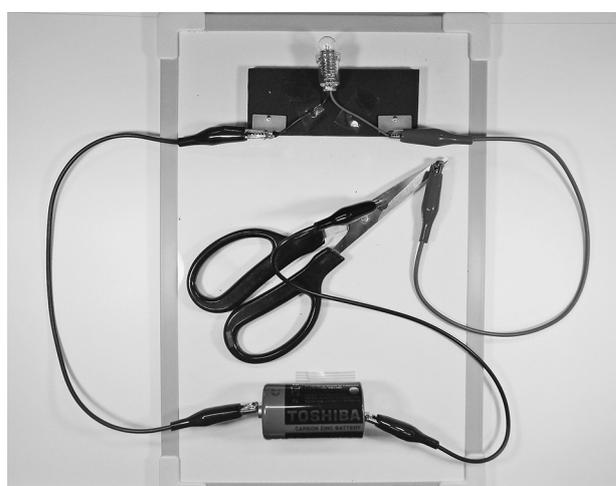


図5 電気を通すもの・通さないものを調べる実験

る。

図1の実験の基本セットにおいて、理科教具として販売されているものの価格は、豆電球1個：43円、ソケット付導線1個：55円、ミノムシクリップ付導線2本：330円である。100円ショップで購入可能なものは、必要な大きさや個数で換算すると、ミニホワイトボード1枚：100円、単一乾電池1個：100円、カラーボード：3円、コードフック2個：3円、ネオジム磁石（直径13mm）1個：25円、ネオジム磁石（直径6mm）2個：25円となる。以上の合計金額は694円であるが、これに図5の実験を行うためのミノムシクリップ付導線1本、ネオジム磁石（直径6mm）2個、カラーボードを固定するためのマグネットテープ（少量）を加えても約900円で準備できる。理科教具として常備している豆電球や導線などが利用できれば、新たに購入する必要があるものは約300円で入手できるため、かなり安価な教材になる。

IV. 授業実践

授業は、理科「C. 物質・エネルギー」「電気の通り道【中学部1段階】」の学習として表1のような単元計画で実施した。開発した教材は1～3時間目で使用した。

表1 単元計画

単元名：実験してみよう・調べてみよう（乾電池）	
1時間目	乾電池の正しいつなぎ方 つなぎ方調べ
2時間目	乾電池の正しいつなぎ方 実験結果の整理・比較・検証・発表
3時間目	電気を通すものと通さないもの
4時間目	学習のまとめ

最初の1時間目は、導入として身の回りにある乾電池を利用している道具に触れて、音が出たり動いたりするためには電池が必要なことを実感した。次に豆電球を光らせるためには乾電池をつなぐ必要があることを説明して、「電池と豆電球をつなごう」という活動目標を提示するなかで、開発した教材（以下、電気回路教材）と使い方を紹介した（図6）。



図6 電気回路教材の説明

生徒たちは、「電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方を発見しよう」という課題を解決するために電気回路教材を使用した。実験は3名のグループで実施した。電気回路教材は各グループに一つが用意され、一人が豆電球と電池のつなぎ方を確かめて（図7）、その結果をタブレットで写真撮影して記録した（図8）。これをグループのメンバーで順番に実施して、いろいろなつなぎ方を記録した。生徒たちは、最初は豆電球が光るようなつなぎ方を探っていたが、実験を何度か繰り返すなかで乾電池の向きや導線の先端をつける位置を変化させることができていた。ネオジム磁石で導線と乾電池が接続されるため、生徒が手を放しても自分の考えたつなぎ方が



図7 つなぎ方を確かめる実験の様子



図8 タブレットを用いた実験結果の写真撮影

保持され、結果がわかりやすい写真を撮影することができていた。グループによっては、生徒が協力しながらつなぎ方を確かめる姿も確認できた。

1時間目の授業で生徒が撮影した実験結果は、クラウド型授業支援アプリのロイロノートを使って教師が集約し、2時間目の授業で結果を分析するときのデータとして使用した。2時間目は、「電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方の同じところや違うところを発見しよう」という課題について、1時間目で自分が記録した結果のデータと他者のデータを比較したり整理したりする活動を学年ごとのグループで実施した。教師は生徒に確認をとりながら、前時の実験結果の写真を印刷したものを豆電球が光ったものと光らなかったものに分けて、ホワイトボードに貼っていった（図9）。各学年のグループにおいて、9～12例の実験結果の写真を提示することが



図9 実験結果の整理・比較の活動

できていた。ミニホワイトボードが画角にはいるように写真が撮影されているため、導線をつないだ位置は比較しやすくなっていたが、撮影した写真の向き等が異なっているものもあり、一部の生徒にとっては比較が困難になった可能性もある。教師は電気回路教材の実物を使って、実験結果で示された方法を再現するような支援も行っていった。

各学年で結果の整理・比較を行ったあと、その結果を全員で共有する段階では、実験結果の写真を用いて何名かの生徒が発表した(図10)。2時間目の最後に、教師は電気回路教材の写真を電子黒板に提示して、電気を通すつなぎ方は、導線が電池の+極と-極に接続されていて、豆電球と電池が導線で輪のようにつながっていることをまとめた(図11)。



図10 実験結果の整理・比較に関する生徒の発表

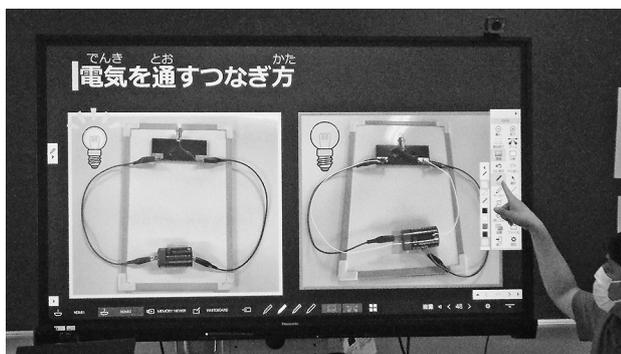


図11 電気を通すつなぎ方に関するまとめ

3時間目の授業では、日常生活で見かける様々なものを使って、「電気を通すもの、通さないものを予想して調べよう」という課題に取り組む活動を行った。生徒たちは、ロイノートを使って、教師が準備した様々なものが電気を通すか、通さないかを予想した。そして、1時間目と同じように3名のグループで予想を確かめる実験を行った。この実験では、図5のように電気回路教材に使用する導線が1本増える。図5でははさみを用いて調べているため、ミニホワイトボードの枠内で実験を行えているが、授業実践ではミニホワイトボードからはみ出すサイ

ズのものも準備されていた。そこで、図12に示したような写真(矢印)を準備して、その写真と重なるように電気回路教材を置いて導線のつながり方がわかりやすくなるような配慮をした。調べたいものはミニホワイトボードの外に置けるようになったため操作が容易になり、回路が輪のようにつながることが認識されやすくなった。生徒は回路が輪のようにつながっていることを意識しながら、電気を通るかどうかを調べることができていた(図13)。実験の操作は一人でもできていたが、生徒によっては教師や他者の支援を受けながら実験を行っていた。



図12 電気を通すもの・通さないものを調べる実験1
赤矢印は電気回路教材の置き方を指示する写真。



図13 電気を通すもの・通さないものを調べる実験2

V. 授業担当者による教材の評価

本研究の授業計画および授業実践に携わった8名の教員が、開発した電気回路教材の評価を行った。以下に評価の対象となったポイントを整理して提示する。

- 電気の回路の教材は、教材の構成や操作性がシンプルであったため、教師が意図する活動に取り組むことができた。
- 実験用の回路の教材がとてもシンプルなつくりになっていたため、生徒が扱いやすかった。
- シンプルなつくりなので、クリップを乾電池と正しく

つなぐと豆電球が光ること、正しくつなげなければ光らないことが判断しやすかった。

- (前略) 今回の教材は生徒が扱いやすく、シンプルで理解しやすいもので大変有効だったと思います。生徒が教材の扱いに苦勞することなく、純粹に実験を楽しんでいた姿が印象的でした。
- シンプルな教材でみんなに分かりやすく、はじめは豆電球のつけ方が分からなかった生徒も友達の様子を見て、模倣してつけることができ意欲的に取り組むことができました。
- 「調べて分ける」活動が楽しかったという生徒がいた。実験方法と結果の整理の仕方がシンプルだったため、主体的に実験を行えた感覚があったのだろうと思う。

電気回路教材について最も評価の対象となったポイントは「シンプル」さであり、教師にとっての扱いやすさ、生徒にとっての扱いやすさや理解のしやすさにつながったことがよい点として評価されていた。生徒が実験を楽しんでいた、意欲的に取り組んでいた、主体的に実験を行っていたという教師の実感が得られた点は、教材が効果的に機能していたことを示唆する。他者の実験する様子を模倣して取り組んでいた生徒がいたという意見は、特別支援学校における学び合いにつながる指摘として重要である。本研究の教材開発の観点として意識されていなかったが、今後の研究では学び合いという学習方法の視点から教材の吟味を行い、教材を練り上げる必要がある。

知的障害者である生徒の学びという観点からは、次のような意見もあった。

- 導線のつなぎ方を考える実験だけでなく、電気を通す物通さない物を調べる実験でも使用でき、同じような手順や方法で実験することができたのは、本校の生徒の実態に即した教材であった。
- 教材については、知的障害のある生徒に向けた授業の場合、言語による表出が難しい生徒もいる。そのため、具体物を操作して思考したり表現したりと、パフォーマンスによる表出を可能とする教材は非常に有用である。
- 知的障害のある生徒の中には、手指の巧緻性が未発達な場合もあり、小さな物体の操作が難しく、本来の理科的な思考場面まで辿り着けない場合も多い。今回の、特のネオジム磁石による操作性の向上を図られた教材については、生徒が電池等を操作した先の思考場面まで辿り着ける様子が見られたため、非常に有用であったように感じた。

同じ教具を繰り返し使用することは、操作に慣れるだけでなく、一つの事例についての経験を他の事例に転用しながら考える活動につながる。本研究で開発した電気回路教材は、単元を通して繰り返し利用できたため、特別支援学校の生徒の実態に応じることができたのではないかと考えられる。また、つなぎ方や、電気を通すという結果(豆電球の点灯)がわかりやすく、具体的な操作を通して思考したり、表現したりするツールとして活用できたこともよい点として評価された。教材の操作性や適切性については、上記のような意見ほかに次のような意見もあった。

- ネオジム磁石の養生テープは、固定の意味合いと試行錯誤の操作性の向上に加え、磁石の誤飲防止の意味合いもある。
- いろいろな教科で教材を使用するとき、教師が思わぬ使い方をし、破損することも多々ありますが、今回は繰り返し使用しても大きく破損することはなく、耐久性があり、何度も実験を行うことができました。

その一方で、生徒の実態に応じるために、教材の改善の必要性を指摘する意見もあった。

- 生徒によっては、点灯した豆電球の光が弱く判断に迷う様子があった。そこで点灯したことがより分かりやすいよう、背景の黒い範囲がもう少し広くても良かったかと思った。
- 豆電球の黒い部分がもっと大きいと、豆電球光ったことがもっと分かりやすかったと思いました。特に、今回は写真を使って比較したりしたので、その際にも背景が黒い方がもっとはっきり見えただろうと思いました。
- 実験道具のミノムシクリップが生徒によっては小さくて硬かった。手先の巧緻性に課題がある生徒や、見え方に特徴があり見本を再現することが難しい生徒などにとっては、実験道具や方法の工夫が必要であるため、以前から「どのような道具、方法ならば知的障がいの子もたちが主体的に実験に取り組み、目標を達成できるのか」に苦心してきた。この点を今後検討できればと思う。

開発した電気回路教材は、豆電球を固定するカラーボードが黒色であり、豆電球が点灯したときのコントラストは意識されていたが、のように豆電球の部分がミニホワイトボードの部分にはみ出していた。したがって、背景は白色となり、豆電球の点灯が確認しにくくなってしまった。カラーボードのサ

イズを大きくして、豆電球の点灯がより確認しやすくなるような改良が必要になる。また、単一の乾電池を一つ使用している回路であるため、乾電池が古くて起電力が弱くなっている場合は、豆電球の光は弱くなる。豆電球の点灯を明瞭にするためには、新品の乾電池を準備するような配慮も必要になる。

導線については、乾電池に接続する端はネオジム磁石を挟んだままで利用するためミノムシクリップでも問題なかったと思われるが、端子に接続する端はワニ口クリップの方が生徒にとって操作しやすかったと考えられる。また、挟んでいたネオジム磁石がとれてしまったときに、改めて挟み直す場合もミノムシクリップよりワニ口クリップの方が操作しやすいであろう。ミノムシクリップのビニルの部分をずらせばワニ口クリップのような形状になるので、端子側の端だけビニルをずらすという工夫も可能であった。しかし、ワニ口クリップを用いた場合、生徒がはさみの柄の部分でつまんで操作しようとするとき口の部分が開いて磁石がとれてしまう可能性もある。したがって、乾電池と接触させる端はミノムシクリップとネオジム磁石の組み合わせの方が適しているのではないかと考えられる。

VI. おわりに

知的障害者を対象とした特別支援学校の中学部の理科学習の活性化を図ることを目的として、電気回路の教材を開発し、それを用いた授業実践を行った。知的障害を抱える生徒にとって操作がしやすく、実験方法と結果の認識が容易であることを意識して教材開発を行った結果、①生徒は教材を用いて複数の乾電池の豆電球のつなぎ方を表現することができていた、②自分が提示したつなぎ方をタブレットの写真で記録することができていた、③つなぎ方の写真記録を用いて豆電球が点灯したときの共通性を考える学習が行えた、等の成果を得ることができた。また、開発した電気回路教材は、電気をつなぎ方の実験教材としてだけではなく、電気を通すものと通さないものの実験、実験結果についての話し合いや発表、および教師による振り返りなど、単元全体を通して利用することができた。授業計画および実践を担当していた教員からは、生徒の実態に応じた利用ができた、生徒の主体的な学びを導いていたという指摘があった。その一方で、授業実践における生徒の実態を振り返ったときに、使いやすさやわかりやすさに関する課題があることも指摘された。

理科学習における観察実験は身体的な操作を含むことが多い。したがって、特別支援が必要な学習者

にとっては、その操作スキルの獲得や安全性の確保が課題となる。そこで、特別支援学校における観察実験では通常の小中学校で用いられる教材教具や方法を精査し、学習者の実態に合うように改善する必要がある。ところが、特別支援学校における理科教育研究の事例は少なく、理科教材の開発に関する報告もほとんどない。本研究は、特別支援学校における理科教材開発と実践の事例を提示するものであるが、適切な教材の工夫を行うことで、特別支援学校の学習者が教材と積極的に関わり合い、その関わり合いの結果を通して思考するような学びを引き出す可能性があることを提示することができた。理科における観察実験では、学習者による教材への働きかけが具象的な反応として返ってくることが多い。具象的な反応は、学びの手応えとして感得される。また、実験結果は五感を通して感知され、その感知したことを表現し、表現活動を通じた認識が学びとなる。このように考えると、理科の観察実験は、知的障害者の実態に即した学習プロセスを提供できることがわかる。

本研究の実践の省察から得られた成果と課題は、他の理科教材の開発と実践研究にも転用可能な視点をもっている。また、教材教具のユニバーサルデザインという視点で捉えると、本研究で開発した電気回路教材は、特別支援学校の理科学習だけでなく、小学校3年理科「電気の通り道」の学習の改善につなげることも可能である。本研究の成果と課題を生かして、小学校3年理科の教材開発や授業実践を行うことができれば、特別支援学校での学びと通常の小中学校での学びが相補的に影響を及ぼし合い、よりよい学びの構築に結び付くのではないだろうか。

文 献

- 古田弘子, 竹盛瑠子, 今村唯, 渡邊重義 (2018) 弱視の児童生徒に対する理科実験—特別支援学級及び交流学級における教材の開発—, 熊本大学教育実践研究, 第35号, 85-91.
- 川村教一, 鈴木創, 山下清次, 山谷美樹 (2018) 特別支援学校児童に対する理科の授業実践の成果: モデル実験装置を用いた流水の働きと洪水対策の学習, 秋田大学教育文化学部研究紀要教育科学部門, 73, 11-18.
- 小畑伸五, 井上典子, 北岡大輔, 久保田真由子, 辻岡麻起子, 中筋千晶, 西本一史, 古井克憲 (2018) 知的障害特別支援学校の教科指導に関する現状と課題—インタビュー調査より—, 和歌山大学教育学部紀要教育科学, 第69集, 7-11.
- 間々田和彦 (2012) 特別支援教育の理科授業展開からの提案—

- 天体の大きさを実感する教材を通して－，日本科学教育学会年会論文集，36巻，424-425.
- 間々田和彦（2017）特別支援教育の理科授業展開からの提案－
体積の増え方を実感する天体教材をとおして－，日本科学教育学会年会論文集，41巻，473-474.
- 文部科学省（2018）特別支援学校学習指導要領解説各教科編（小学部・中学部），331-363.
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/02/04/1399950_4.pdf
- 文部科学省（2018）小学校学習指導要領解説理科編，大日本図書. 12.
- 生田目美紀（2017）音体験を拡張する共感覚的な擬音語教材に関する基礎的研究－セミの鳴き声を教える理科教材の試み，情報処理学会研究報告，No.8, 1-5.
- 柘植雅義，堀江祐爾，清水静海編著（2012）教科教育と特別支援教育のコラボレーション－授業研究会の新たな挑戦，金子書房. 13-23.