

技術教育におけるシミュレーションソフトウェアを使用した 電気回路の設計・製作学習の一提案

(技術教育講座) 玉井輝之

大西義浩

森慎之助

(愛媛大学教育学部附属中学校) 薬師神吉啓

(教育実践高度化専攻教育実践開発コース) 鈴江海斗

A Proposal for Learning to Design and Manufacture Electric Circuits Using Simulation Software in Technology Education

Teruyuki TAMAI, Yoshihiro OHNISHI, Shinnosuke MORI,
Yoshihiro YAKUSHIJIN and Kaito SUZUE

(2023年9月1日受付、2023年11月28日受理)

キーワード：技術の見方・考え方 (perspectives and method of thinking about technology) , 問題解決学習(problem-solving learning), シミュレーション(simulation), 電気回路(electric circuit)

1. はじめに

現行の平成29年告示の学習指導要領では、「どのように学ぶか・主体的・対話的で深い学び」の視点が含まれている¹⁾。この学びを実現させるための手法として、問題解決学習があげられる。中学校技術分野では、学習内容の一つに「エネルギー変換の技術」がある。現在、日本はSociety5.0の実現に向けて様々な政策がなされている。産業界では、2050年にカーボンニュートラルを実現する動向があり、デジタル化や電化を進めていくことが必要不可欠であるとされ、これらを担う人材育成が求められている²⁾。次世代を担う人材を育成する観点では、初等中

等教育段階から科学技術に関心を高める必要がある。そのため、中学校技術分野で扱われているモータなどの部品や電気回路に関する学習がますます重要になっていくと予測される。

電気回路の指導についてはこれまでも研究がなされている。鶴本は、電解コンデンサを用いたタイマーランプを製作させる授業実践を行い、生活に役立つ製品を設計させることで学習意欲の向上に繋がったことを報告している³⁾。藤川らは、2つのスイッチの配置を変更することで様々な回路を設計できるオリジナルランプ教材を提案し、「使用目的・使用条件」に応じて設計ワークシートを使用して回路設

計をさせることで、「工夫し創造する能力」を身に付けることができることを報告している⁴⁾。横山は、電気回路を「電源」「スイッチ」「負荷」の3種類をそれぞれ選択し組み合わせることで設計を容易に行い、使用目的に応じた電気回路を製作させる実践を報告している⁵⁾。このように、継続的に電気回路に関する学習指導についての研究成果が示されており、この数年間では平成29年告示の学習指導要領に対応した研究がなされている。しかし、資料の数としては不足していると考えられる。

これらを踏まえ、中学校技術分野の「エネルギー変換の技術」の授業において「電気回路」、「技術の見方・考え方」及び「問題解決学習」をキーワードに学習指導計画の提案、教材開発を行う。具体的には、まず、シミュレーションソフトウェアを使用して電気回路を設計し、設計に基づいてブレッドボードを使用した実装を繰り返すことで、電気回路の基本的な知識や技能を習得させる。次に、生活の中から見いだした問題を電気回路の設計・製作によって解決する活動を通して、エネルギー変換の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見出して課題を設定し解決する力を育成する実践を行う。

2. 授業前アンケート調査

教材や学習指導内容を検討するために、愛媛大学教育学部附属中学校(以下、附属中学校)2年生(117名)を対象に電気やエネルギー変換への関心・意欲や知識について調査した。アンケートの質問項目と内容を表1に示す。

表1 授業前の設問項目

項目	設問	目的	記入方式
電気回路の学習に関する調査	(1)	電気の学習に対する難易度の意識を知る	選択方式
	(2)	身近な電気製品の構造等について知っているかを知る	選択方式 記述方式
	(3)		
	(4)	これまでの電気回路の製作経験を知る	選択方式
技術の授業に関する調査	(5)	技術の学習と生活や社会との結びつきを感じるかどうかを知る	選択方式

2. 1. 電気回路の学習に関する調査

設問(1)は、電気の学習に対する難易度の意識について回答させた。回答結果を図1に示す。これまでの電気の学習を「難しかった」「どちらかと言えば難しかった」と回答した生徒は約55%であった。このことから、電気の学習に対する苦手意識を軽減できるように、基礎的・基本的な学習から始める必要があると考えられる。

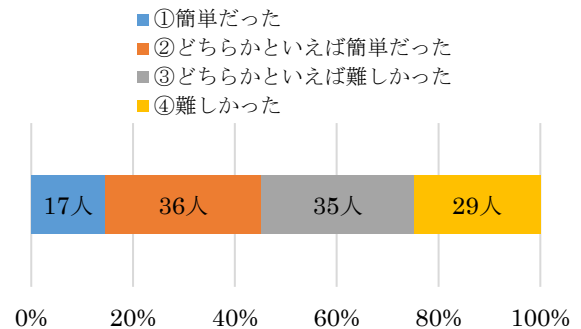


図1 電気の学習の難易度について

設問(2)(3)は、電気製品の構造について回答させた。回答結果を図2に示す。電気製品の構造について考えたことがあると答えた生徒は約56%であった。また、センサ付きLEDが点灯・消灯する仕組みについて記述式で回答させた。「記述なし」または「分からない」と回答した生徒は約20%であった。また、「センサが反応して光る」「センサが反応すると光るようなプログラムが組み込まれている」などの回答であった。これまでの学習や経験から使用されている部品については予測できているが、仕組みについての知識は十分に定着していないことがわかった。このことから、シミュレーションや電子部品を組み合わせる電気回路を製作する体験をさせながら学習を進めていく必要があると考えられる。

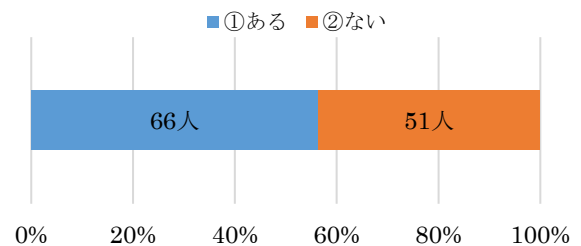


図2 電気製品の構造について

設問(4)は、電気回路の製作経験について回答させた。回答結果を図3に示す。電気回路を製作したことがあると答えた生徒は約43%であった。本研究では、生徒が個人で電気回路を製作することで問題解決をさせる。その際に、製作経験がない生徒は、設計・製作上の課題を見つけることが難しいと予測される。そのため、電気回路を製作する経験をさせる必要があると考えられる。

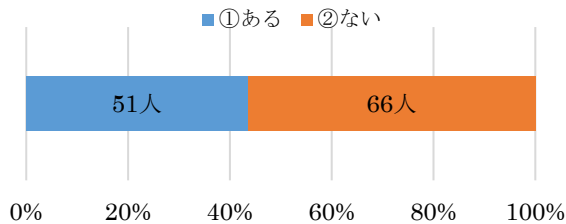


図3 電気回路の製作経験について

2. 2. 技術の授業に関する調査

設問(5)は、技術の学習と生活や社会との結びつきについて回答させた。回答結果を図4に示す。技術の学習が生活に結びついていると感じることが「ある」「どちらかといえばある」と肯定的な回答をした生徒は約75%であった。このことから、生活の中から見いだした問題を技術の見方・考え方を働かせて解決させる授業を実践することは実効性があると考えられる。

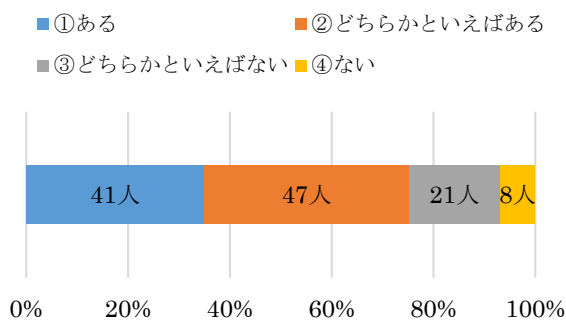


図4 生活や社会との結びつき

授業前アンケートの結果から、以下のことを踏まえた実践を行うこととした。

- (1) 基礎的・基本的な電気回路の学習をさせる。
- (2) シミュレーションや電子部品を組み合わせで電気回路を製作する体験をさせる。
- (3) 問題を電気回路の設計・製作によって解決する活動をさせる。

3. 電気回路の教材について

シミュレーションソフトウェアとしては、Tinkercad(Autodesk社製)を使用することとした。図5にソフトウェアのUIを示す。このソフトウェアは、PCへのインストールが不要で、Webブラウザ上で電気回路のシミュレーションができる。アカウントの登録をすることで、無償で使用することができる。

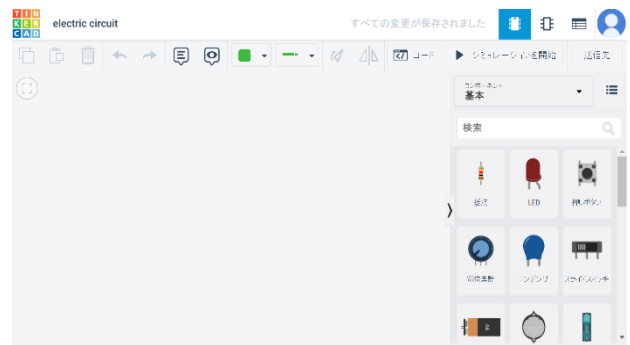


図5 TinkercadのUI

また、選択できる電子部品については、マイコンボードも含まれており、マイコンボードを動作させるプログラムを作成することができる。そして動作のシミュレーションを行うことができる。これらの内容は、「情報の技術」の学習内容にも含まれている⁶⁾⁻⁹⁾。そのため、「情報の技術」との連携を考えても適切なソフトウェアであると考えられる。生徒に製作させる回路図の例を図6に示す。この電気回路は、中学校技術分野で扱われる電源、導線、負荷、電流の流れを制御する部分(スイッチやセンサ)を含んだ基本的な回路となっている。そして、LEDを他の負荷に変更することでも使用することができるように汎用性を考慮した回路である。図6の回路図に対応した電気回路をソフトウェア上で電子部品を組み合わせで製作した例を図7に示す。電気回路が正しく動作するかを確認するために、動作をシミュレーションし、LEDが点灯している様子を図8に示す。図7に対応させて製作した電気回路を図9に示す。約54mm×84mmのブレッドボードを使用し、生徒に電気回路を製作させるようにした。生徒に使用させた主な電子部品としては、ブレッドボード、ジャンパー線、電池ボックス、電池、抵抗器、LED、ブザー、モータ、スライドスイッチ、コンデンサ、トランジスタ、人感センサ、タッチ

センサ、赤外線センサ、光センサ(フォトトランジスタ)である。これらの部品は、「情報の技術」の計測・制御の学習内容では、センサ(人感センサ、タッチセンサ、赤外線センサ、光センサ)やアクチュエータ(LED, ブザー, モータ)として計測・制御システムの構成要素として指導されている。そのため、電子部品を使用して製作させることは、計測・制御の学習内容と繋がりがあるといえる。本研究では、上記に示した電気回路のシミュレーションと製作の工程を体験させる学習指導計画を検討することとした。

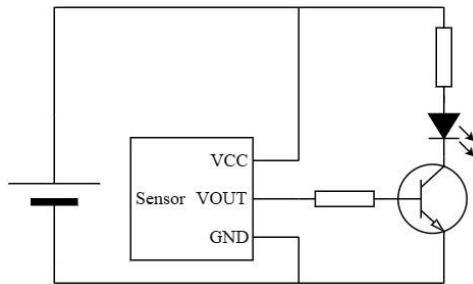


図6 電気回路の例の回路図

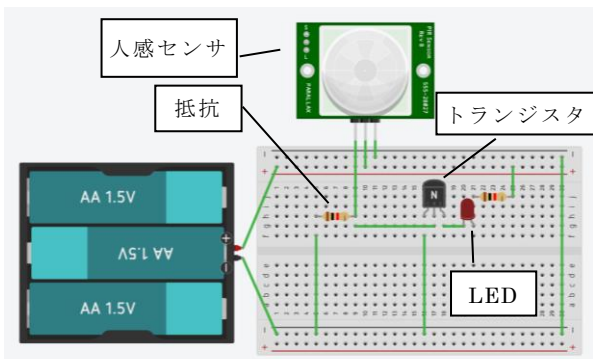


図7 ソフトウェア上で電子部品を組み合わせた電気回路

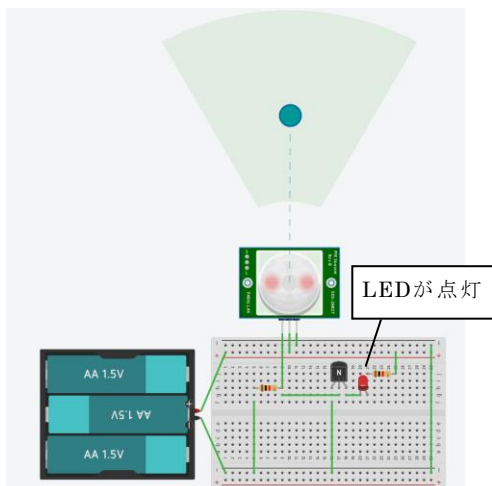


図8 電気回路の動作シミュレーション

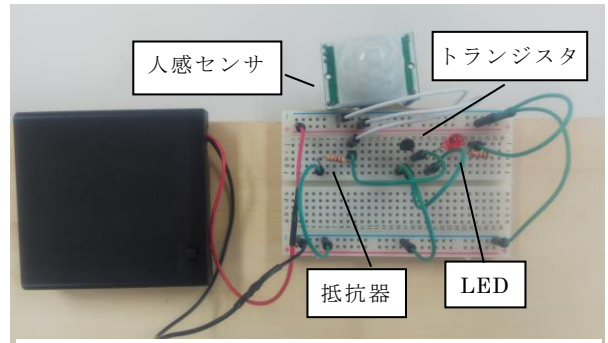


図9 製作させる電気回路の例

4. 授業実践

附属中学校2年生を対象に授業実践を行った。実践期間は2022年12月～2023年2月である。授業時数は13時間である。実践した学習指導計画を表2に示す。

表2 学習指導計画

授業内容	時数
<ul style="list-style-type: none"> 電気製品の仕組みを知る ブレッドボードの使い方を知る LED点灯回路, スwitchングでの切り替え回路, コンデンサを用いたLEDの時間差消灯回路の製作 	2
<ul style="list-style-type: none"> トランジスタを使用した回路の製作 センサを用いた回路の製作 センサを2つ以上組み合わせた回路の製作 	4
<ul style="list-style-type: none"> 問題の発見, 課題設定 パフォーマンス課題「生活の課題を解決しよう」 	4
<ul style="list-style-type: none"> 製作品の発表会 製作品の改善案を考える 製作品の相互評価 	3

まず、電気に関する基礎的な知識、ブレッドボードの使用法、基本的な電気回路について理解をすることを学習目標とし、ブレッドボードを用いた電気回路を製作させた。図10に生徒に各自のタブレット端末を使用させてTinkercadを操作させている様子を示す。次に、センサを用いた電気回路の製作をさせ、ホームセンターで販売されているブザー付きLEDやセンサ付きLEDの仕組みを考察させた。

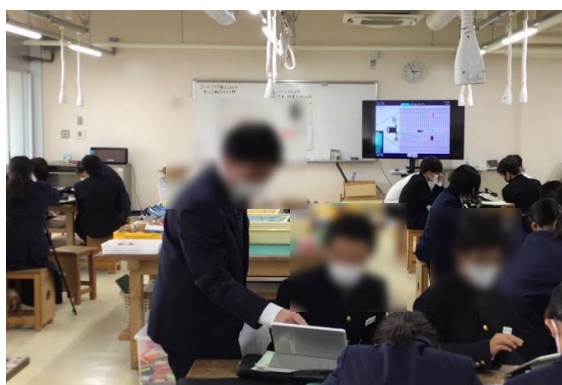


図10 生徒が各自のタブレット端末を操作している様子

次に、自宅の電気回路に関わる問題を調査させた。そして、各自の課題を設定させ、課題を解決する電気回路を製作させた。このように、問題解決学習を実施した。図 11 に生徒が設計した電気回路を製作している様子を示す。

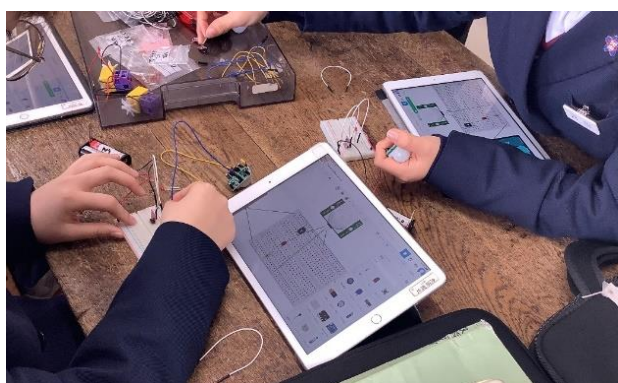


図11 電気回路を製作する様子

最後に、生徒が製作した製品の発表をさせ、相互評価をさせた。図 12, 図 13 に生徒が設計・製作した製品の例を示す。図 12 は、防犯用のライトを製作している。家に人が居ないときに窓付近を照らすことで侵入を抑制することを期待した製品である。図 13 は、ゴミの量を計測できるゴミ箱を製作している。ゴミが一定の量より増えると LED が点灯し、ゴミの入れすぎを防ぐことを期待した製品である。相互評価を基に製品をさらに高機能にするために改善ができないかということを考えさせた。例えば、図 12 の製品では、抵抗器を LED に対して一つずつ使用するのではなく、複数の LED に対して一つの抵抗器にすることで費用を削減できるという意見があげられた。図 13 の製品では、目が不自由な人が使用することを想定すると、

LED に加えてブザーで知らせるようにするという意見があげられた。相互評価の後に、学習評価をしている様子を図 14 に示す。

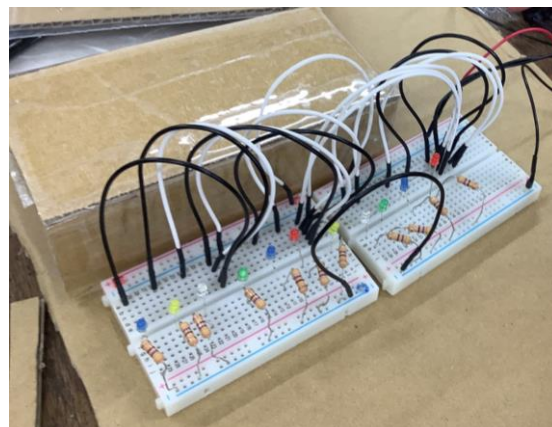


図12 生徒が設計・製作した製作品の例1



図13 生徒が設計・製作した製作品の例2



図14 学習評価をする様子

5. 授業後アンケート調査結果及び考察

提案した電気回路の教材や学習指導の有用性について検討するために、授業後アンケートを行った。アンケートの質問項目を表 3 に示す。授業後のアンケートは 117 名中 115 名の回答が得られた。

表3 授業後の設問項目

項目	設問	目的	記入方式
電気回路の学習に関する調査	(1)	電気回路の理解について知る	選択方式
	(2)	エネルギー変換の技術への興味・関心を知る	選択方式
	(3)	学習内容が生活と結びつくと感じたかを知る	選択方式
	(4)		記述方式
提案した授業に関する調査	(5)	提案した教材を使用した有効性を知る	選択方式
	(6)		記述方式
	(7)	授業の難易度の意識を知る	選択方式
技術の見方・考え方に関する調査	(8)	課題解決の際に意識したエネルギー変換の技術の見方・考え方を知る。	選択方式

5. 1. 電気回路の学習に関する調査

設問(1)は、電気回路の学習の理解について回答させた。回答結果を図 15 に示す。「理解が深まった」「どちらかといえば深まった」と回答した生徒は約 90%であった。このことから、生徒がこれまでに習得している知識や技能に加え新たな知識や技能を習得させられた学習指導内容であったと考えられる。

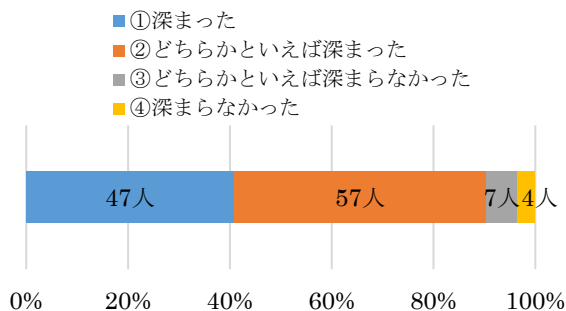


図15 電気回路の理解について

設問(2)は、今後もエネルギー変換の技術について学びを深めたいかを回答させた。回答結果を図 16 に示す。「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と回答した生徒は約 82%であった。このことから、電気回路を含むエネルギー変換の技術への学習意欲を向上させられた学習指導計画であると言える。

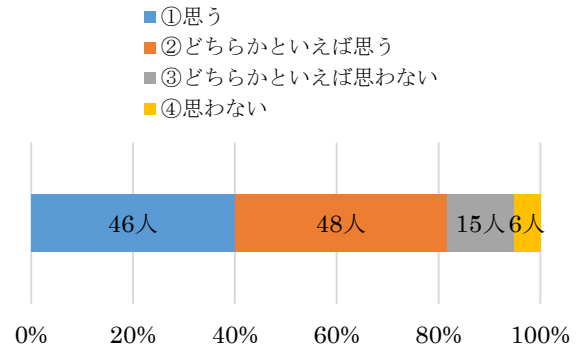


図16 学習意欲について

設問(3)(4)は、学習内容が生活で活用できるかについて回答させた。回答結果を図 17 に示す。「活用できる」「どちらかといえば活用できる」と回答した生徒は約 88%であった。活用場面としては、「製品が壊れた際に簡単な回路であれば直すことができる」、「既製品を安全に使用する」などの記述がみられた。このことから、基本的な電気回路で製作された製品の修理や生活をより良くするために製品の製作を行う際に活用することを考えさせられたといえる。

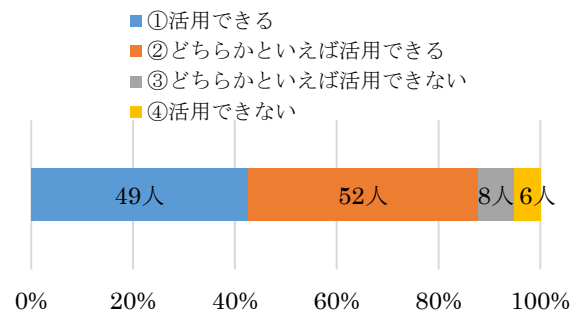


図17 学習内容の活用について

5. 2. 提案した授業に関する調査

設問(5)(6)は、製作を行う前にシミュレーションを行うことは必要だと思ったかを回答させた。回答結果を図 18 に示す。「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と回答した生徒は約 89%であった。回答した理由としては、「電気回路がショートしていないかの確認になる」、「シミュレーションを行うことでその回路が間違えていないかの確認ができる」、「実際に製作を行うとジャンパー線がごちゃごちゃになるので、それを防ぐため」などの記述がみられた。このように、生徒は、電気回路の製作を行うにあたって、正しく動作する電気回路を製作できているか、ショートしていないかの安全面の視点からシミュレーションソフトウェアを使用

することが必要であると考えられていることがわかった。この安全性は、技術の見方・考え方の要素の一つである。

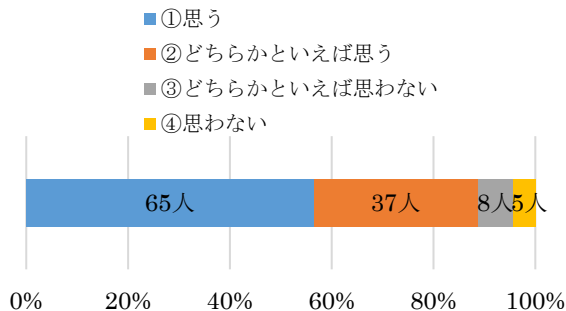


図18 シミュレーションの必要性について

設問(7)は、授業の難易度を回答させた。回答結果を図 19 に示す。「難しかった」「どちらかといえば難しかった」と回答した生徒は約 84%であった。このように、困難であると感じた生徒が多いため、指導計画や教示方法の改善が今後の課題として残された。

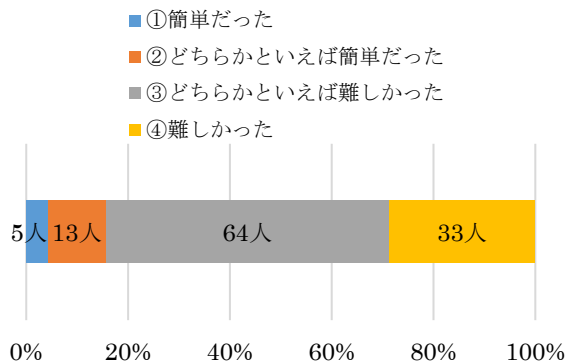


図19 提案した授業の難易度について

5. 3. 技術の見方・考え方に関する調査

設問(8)は、課題解決の際に、技術の見方・考え方(利便性、環境への負荷、安全性、経済性)で最も意識したことを回答させた。回答結果を図 20 に示す。利便性が約 78%、環境への負荷が約 10%、安全性が約 8%、経済性が約 2%、該当なしが約 2%と回答した。このように、既存の電気製品や身近な不便さを改善する生活の課題を解決する課題を通して、エネルギー変換の技術に関する見方・考え方や持続可能な社会との関わりについて概ね考えさせられたといえる。しかし、多くの生徒は利便性に関する課題解決に取り組んでおり、省エネルギー技術などの環境への負荷について十分に考えを深め

させられる学習内容となっていなかったことが課題として残された。

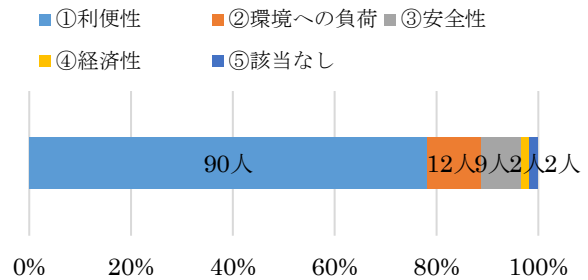


図20 技術の見方・考え方について

6. まとめ

中学校技術分野の「エネルギー変換の技術」の授業において「電気回路」及び「問題解決学習」を取り入れた教材開発、授業指導計画の提案および授業実践を行った。以下に成果を示す。

- (1) シミュレーションソフトウェアを使用することで、電気回路を正しく動作するように設計・製作する、実践的・体験的な学習を行うことができた。
- (2) 「情報の技術」の計測・制御に繋がるエネルギー変換の技術の授業を提案できた。
- (3) 電気回路と生活や持続可能な社会との関わりについて考えさせることができた。一方で、環境への負荷について十分に考えを深めさせられる学習内容となっていなかったことが課題として残された。
- (4) 授業に難しさを感じた生徒の割合が高ことから、指導計画や教示方法の改善が課題として残された。

謝辞

本研究を推進するにあたり、令和 4 年度学部長裁量経費（教育学部 GP）をいただいたことに謝意を表す。

参考文献

- 1) 文部科学省: 中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 総則編, 東山書房(2018)
- 2) 経済産業省: 令和 4 年度ものづくり基盤技術の振興施策 (2023)
<https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2023/pdf/all.pdf> (最終アクセス

日:2023年8月30日)

- 3) 鶴本正道:「電気領域」での自ら目的を持って設計し,工夫しながら製作する授業の実践,日本産業技術教育学会誌第42巻第2号 pp.47-50 (2000)
- 4) 藤川聡,安藤茂樹:エネルギー変換における工夫し創造する能力をはぐくむ製作題材の開発と検証,日本産業技術教育学会誌第54巻第3号 pp.135-141 (2012)
- 5) 横山駿也:中学校技術・家庭科における問題解決能力を育成するための電気回路題材の開発,日本産業技術教育学会誌第61巻第3号 pp.231-236 (2019)
- 6) 文部科学省:中学校技術・家庭科(技術分野)におけるプログラミング教育実践事例集(2020)
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00617.html (最終アクセス日:2023年8月30日)
- 7) 門田和雄,鈴木真生:統合的な問題解決型プラットフォームとしての全方位移動RCカーの開発,日本産業技術教育学会誌第63巻第4号 pp.389-397 (2021)
- 8) 竹野英敏・ほか118名:技術・家庭[技術分野],開隆堂, pp.202-205(2022)
- 9) 田口浩継・ほか80名:新しい技術・家庭 技術分野 未来を創る Technology,東京書籍, pp.236-249 (2022)