

# 「エネルギー変換の技術」における学習過程の検討と生徒の意識

島本町立第二中学校 沖廣 元  
 広島市五日市南中学校 井上 利也  
 広島大学大学院教育学研究科 谷田 親彦

## 1. はじめに

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説技術・家庭科編において、技術・家庭技術分野（以下技術科）における学習過程のイメージは図 1 のように示された。

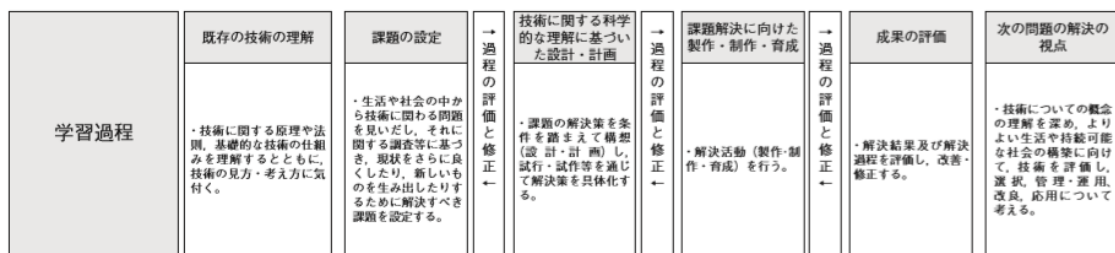


図 技術・家庭科（技術分野）の学習過程

この学習過程の説明は「技術分野で育成することを目指す資質・能力は、単に何かをつくるという活動ではなく、例えば、技術に関する原理や法則、基礎的な技術の仕組みを理解した上で、生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策が最適なものとなるよう設計・計画し、製作・制作・育成を行い、その解決結果や解決過程を評価・改善し、さらにこれらの経験を基に、今後の社会における技術の在り方について考えるといった学習過程を経ることで効果的に育成できる。」と示されている。また、この学習過程は、ものづくりの「設計・製作」を中核として、問題の発見と評価の視点などを含み、問題解決的な学習を重要視したものになっているところに特徴があると思われる。特に、「既存の技術の理解」や「課題の設定」は、その後の「技術に関する科学的な理解に基づいた設計・計画」と「課題解決に向けた製作・制作・育成」を規定する重要な学習過程であると思われる。また、「課題の設定」があるからこそ「成果の評価」をすることができ、「次の問題解決の視点」が持てるとも考えることができる。従って、技術科の学習過程を充実させるためには、「既存の技術の理解」や「課題の設定」の学習過程を重要視することが大切であると考えられる。

しかしながら、全日本中学校技術・家庭科研究会が公表した「中学校技術・家庭科技術分野の現状と課題調査のねらいと調査結果報告」(2014)には、A～D内容における「設計・計画」と「製作・制作・育成」の授業時数が、以下のように述べられている。

#### A「材料と加工に関する技術」

「設計・計画」に関しては、2～5時間が71.0%となっており、全体の約7割を占めている。それに対して、「製作」の時間は12時間以上が39.9%で最も多く、さらに9～11時間の31.2%を加えると、全体の約7割が9時間以上の時間を製作活動に要している。

#### B「エネルギー変換に関する技術」

「設計・計画」に関しては、1時間以下が25.6%、2～5時間が64.8%となっており、全体の約9割が、「設計・計画」の時間を5時間以内で指導している。それに対して、「製作」の時間は6～8時間が41.1%で最も多く、さらに9～11時間、12時間以上を加えると、全体の7割以上が「製作」の時間に6時間以上もの時間を充てている。

#### C「生物育成に関する技術」

「育成計画」に関しては、1時間以下が32.7%、2～5時間が63.1%となっており、ほとんどの学校が「育成計画」の時間を5時間以内で指導している。それに対して、「育成」の時間は2～5時間が61.5%、6～8時間が23.1%となっており、「育成計画」に比べて「育成」の時数のほうが多い結果となっていることがわかる。

#### D「情報に関する技術」(デジタル作品の指導)

「設計・計画」に関しては、1時間以下が38.0%、2～5時間が57.5%となっており、全体の9割以上が、「設計・計画」の時間を5時間以内で指導している。それに対して、「制作や発表など」の時間は2～5時間の59.9%が一番多く、次いで6～8時間が23.3%となっており、「設計・計画」に比べて「制作や発表など」の時数のほうが多い結果となっていることがわかる。

これらのことから、各内容の指導に関する現状として、「設計・計画」の時間が少なく、

「製作・制作・育成」の時間が長い傾向にあることがわかる。このことは、授業時数や題材の問題点などが理由として考えられるが、学習指導要領で意図される、「既存の技術の理解」や「課題の設定」を重要視した技術科の学習過程の実現が不安視される結果となっている。また、「製作・制作・育成」の学習に偏った指導をしていることから、技術科の学習活動や学習内容が十分に保障されていないことが危惧される。

本稿では、試行的な設計やプロトタイプを試作など、「既存の技術の理解」や「課題の設定」を通して「設計」の学習を充実させる教材を用いた授業を開発・実践した結果を報告する。また、従来多く取り扱われている題材の学習過程との違いを明確にし、生徒の反応の差異について分析・検討する。

## 2. 方法

技術分野の授業時数の実態や学習指導の問題点などを踏まえ、授業を実現するための題材や教材として、山崎教育システム(株)が開発した教材「TEC DESIGNER Circuit tool」と製作題材「Circuit Design Light」を用いる。以下に TEC DESIGNER Circuit tool などの概要等を示す。

### 2.1 TEC DESIGNER Circuit tool

TEC DESIGNER Circuit tool とは、電気回路の設計や電子部品の実習ができる教材であり、ベンチャー企業の AgIC (株)が開発した銀ナノインクのペンで導線を表し、取り付ける電子部品やユニバーサル基板、専用紙を含めたものとなっている。

教材に含まれる電子部品は、基板と金属支柱から成っており、マグネットプレートに貼り付けられる。マグネットプレートはネオジム磁石が組み込まれており、導通性マーカーで描画された専用フィルムが金属支柱とネオジム磁石によって電気を通す仕組みとなっている。カタログなどに説明される使用例を図 2, 3, 4 に示す。

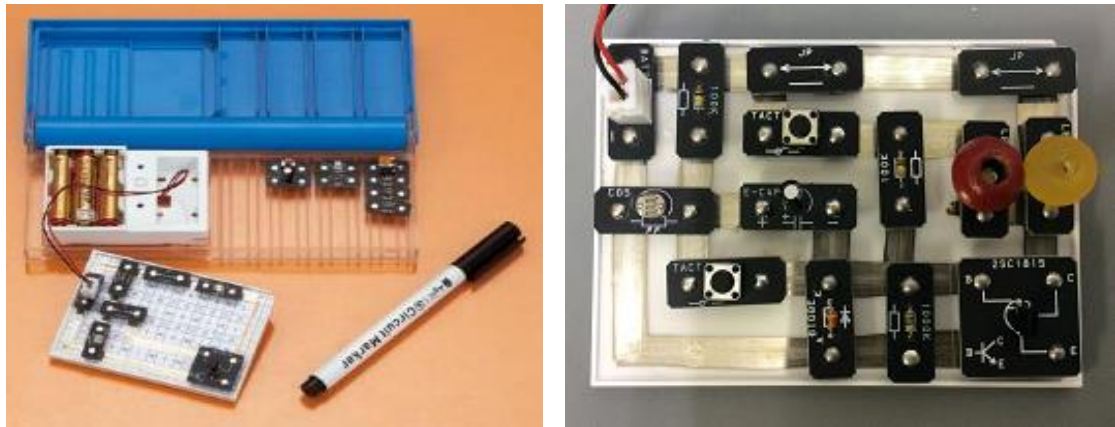


図2 TEC DESIGNER Circuit tool (左) と回路の作成例 (右)



図3 回路の設計手順 (山崎教育システムカタログより)



図4 電気の流れのしくみ (山崎教育システムカタログより)

## 2.2 TEC DESIGNER Circuit tool と Circuit Design Light の関係

TEC DESIGNER Circuit tool により、電子部品などが学習され、それに基づいて設計された回路は Circuit Design Light により実装される。Circuit Design Light は照明機器の製作キットであり、内蔵された回路の構造によって照明の明るさや点灯時間を変化させることができる。この回路は TEC DESIGNER Circuit tool の大きさや電子部品に準拠した回路を製作・実装するしくみになっている。

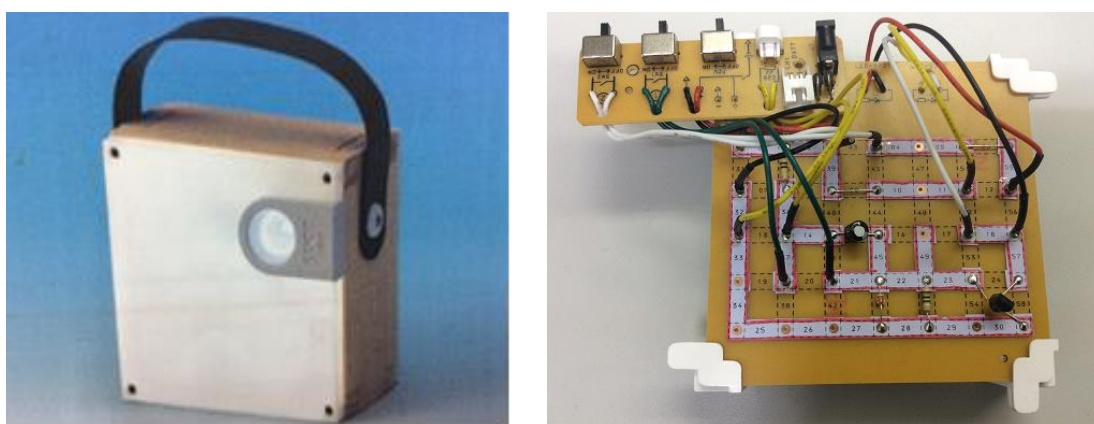


図5 Circuit Design Light (左) と回路の作成例 (右)

## 2.3 TEC DESIGNER Circuit tool と Circuit Design Light を用いた学習

TEC DESIGNER Circuit tool を用いることにより充実できると考えられる学習活動には、例えば以下のようなものが挙げられる。

- ・電気回路や電子部品についての実践的・体験的な学習を充実させることができる。
- ・導通性マーカーによって回路を自由に書き換えることができ、回路の改良・試作を繰り返す学習を構成することができる。



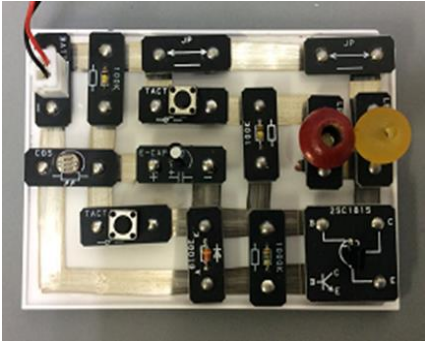
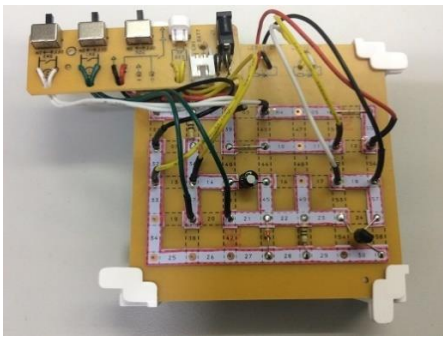
これらの特徴から、例えば照明に関する課題を解決するための回路設計をする際に、どの程度の明るさの照明にすればよいか、LED や抵抗を変化させることで思考することができる。また、照明をどのような間隔やタイミングで点灯させるかについては、コンデンサ、センサ、トランジスタなどの電子部品についての実験などにより学習できる。各種電子部品により構成された回路の機能を理解することで、課題を解決できる回路を選択して設計

することが可能となる。また、機能等を工夫する上で選択した回路を改良していけば、改良の過程で電子部品の性質や機能についての理解を基礎的知識として深めることも可能である。

また、TEC DESIGNER Circuit tool により試作・設計された回路を、Circuit Design Light に実装・製作することについては、例えば以下のような利点が考えられる。

- ・基礎的な学習を活かして試作・設計した回路をそのまま製作につなげることができ、一貫性・系統性を持った指導過程を実現することができる。
- ・「設計」で扱った回路を「製作」するため、設計図から自ら配線を行う力を身につけることができる。

表1 TEC DESIGNER Circuit tool と Circuit Design Light の対応

	TEC DESIGNER Circuit tool	Circuit Design Light
教材 題材		
回路の 対応		
学習過程	設計・計画	製作

TEC DESIGNER Circuit tool と Circuit Design Light の回路は同じ大きさと規格で作られているため、TEC DESIGNER Circuit tool で考え、工夫された回路やその機能は、Circuit Design Light で製作する作品のプロタイプに該当する。そのため、Circuit Design Light で製作する回路について改めて検討する必要がなく、TEC DESIGNER Circuit tool の「設計」から Circuit Design Light の「製作」へ指導を連続的に行うことが可能となっている。また、Circuit Design Light で使われる電子部品の数、他の教材よりも少ない傾向にあり、「製作」(はんだづけ等)にかかる時間の削減が可能となっている。

#### 2.4 TEC DESIGNER Circuit tool と Circuit Design Light を用いた指導計画の例

TEC DESIGNER Circuit tool と Circuit Design Light を用いた「エネルギー変換に関する技術」の指導計画の例を表2に示す。授業は12時間で構成し、①「設計・製作の基礎学習」を5時間、②「設計」を3時間、③「製作」を4時間と予定する。各授業の目標と時数、学習指導要領との対応についても表2に示す。

##### ①設計・製作の基礎学習

「設計・製作の基礎学習」では全5時間をTEC DESIGNER Circuit tool を用いて学習する。

第1時では、電気機器の構成や回路図について学び、TEC DESIGNER Circuit tool の使用方法を踏まえ、簡単な回路の作成を行う。

透明フィルムの下に課題カードをセットし、指定された部分をAgicの導通性マーカーで塗りつぶす。そして、カードに示されたものと同じ電子部品を配置して電気回路を構成していく。この時間では、LEDが点灯する回路を作成し、回路と回路図についての基本的な知識を習得させる。また、抵抗を変えることでLEDの照度が増える実験を行う。

第2.3時では、回路の作成を通して、CdS、可変抵抗、ダイオード、コンデンサ、トランジスタなどの電子部品の性質について学習する。

電子部品を取り換えてLEDの光を観察することで体験的に電子部品の性質を学習できる。また、LEDを直列にした時と並列にした時の違いについても実験を行う。

表2 TEC DESIGNER Circuit tool を用いた授業の全体計画

	時数	授業の目標	○学習指導要領の対応	
① 基礎 学習	5 h	第1時	電気機器の構成について図記号や回路図を用いて説明することができる。	C(1)ア 電気, 運動, 熱の特性等の原理・法則と, エネルギーの変換や伝達等に関わる基礎的な技術の仕組み及び保守点検の必要性について理解すること
		第2時	直列回路と並列回路について理解を深め, 様々な部品の性質を説明することができる。	
		第3時	トランジスタによる電流を調整する方法を理解することができる。	
		第4時	電子部品の性質を活かした様々な機能を持った回路パターンを理解することができる。	
		第5時		
② 設計	3 h	第6時	一般家庭モデルをもとに適した回路パターンから使用場面や使用条件を考えようとしている。	C(2)イ 問題を見いだして課題を設定し, 電気回路又は力学的な機構等を構想して設計を具体化するとともに, 製作の過程や結果の評価, 改善及び修正について考えること
		第7時	使用目的や使用条件に基づいて, 生活の役に立つような機能のデザインライトを設計しようとしている。	
		第8時	使用目的や使用条件に即して, デザインライトの機能をよりよいものに工夫しようとしている。	
③ 製作	4 h	第9時	設計した電気回路に基づいて, 正しく配線を行うことができる。	C(2)ア 安全・適切な製作, 実装, 点検及び調整等ができること。
		第10時	電気回路の配線の方法を説明することができる。	
		第11時	安全に配慮し, 正しい方法ではんだづけを行うことができる。	
		第12時	設計図に基づいて, 安全を踏まえたデザインライトを組立てることができる。	

このように, 生徒たちが電子部品を用いて回路を構成することが容易であり, 観察・実験や試行することで電子部品の特徴を体験的に学習できることがこの教材の特徴のひとつである。

第4.5時では, 第2.3時で学んだ電子部品の性質を活用して特徴のある機能をもった回路を作成する学習を行う。ここでは, CdS, 可変抵抗, ダイオード, コンデンサ, トランジスタなどの電子部品を利用して, さまざまなLEDの照明回路をパターンとして作成する。パターンには, 例えば「調光パターン」「点灯指定パターン」「しばらく点灯パターン」などを想定する。図6に示すパターンは光が広範囲に広がるワイドと, 一方向に強く光る



スポットの LED の2つを点灯させる回路になっている。パターン1では、「TACT」と示されている①もしくは②のスイッチをオンにしていればトランジスタのコレクタとエミッタ間へつながる回路が構成されている。ここでは CdS がトランジスタのベースとエミッタ間の電流を制御する役割を持っており、暗くなるとコレクタとエミッタ間に大きな電流が流れるスイッチング作用により LED が点灯する。すなわち、①もしくは②のスイッチをオンにしておけば、暗くなると LED が点灯する機能を持った回路を構成することができる。これらの、機能を持った回路を試作し、その機能を体感することで各電子部品の性質と回路の構成について理解を深めることができる。また、ここで製作されたパターンは、次の「設計」の学習で、問題を発見し課題を設定する際のヒントになることを想定している。



図6 回路パターンの学習

## ②設計

「設計」は全3時間であり、TEC DESIGNER Circuit toolを用いた設計・改良等が主な学習活動となる。第6時は、「設計・製作の基礎学習」で行った回路のパターンを用いて、それらの機能を活かせる生活の場面を見つけ、使用目的や使用条件を検討する学習を行う。ここでは例えば、家の間取り図などを資料として提示し、照明が必要な場所がないかをグループなどで考えさせる。玄関、寝室や庭等の場所や、寝る時、歩くとき等の場面をヒントとして与え、便利さや安全などを求めて照明が必要な目的や条件を考えさせる。

第7時は、生徒一人ひとりの生活における問題を発見し、解決できるような回路を設計する学習を行う。宿題などで行った調査活動を経て、生活の課題を解決するために役立つデザインライトの企画書を作成する。生徒の視点だけでは問題を発見するのは難しいと予

**【課題の発見・解決】**

Sさんの家の危険を見つけよう！

①場所：  
なぜ： \_\_\_\_\_

②場所：  
なぜ： \_\_\_\_\_

③場所：  
なぜ： \_\_\_\_\_

図7 照明の機能を活かせる生活の場面を見つけるワークシート例

**【企画書の作成】**

**企画書 ~生活の役に立つデザインライト~**

いつ	だれが	どこで	パターン
このデザインライトを開発しようとした理由			
このデザインライトをどのように役立てるか			

図8 デザインライトの企画書作成のワークシート例

想されるので、他の人の意見を聞いてくるように生徒たちに課題を出す。授業では、グループでそれらの多くの視点を話し合うことで、多様なものの見方や問題のとらえ方を加え、自分が設定する課題を詳細に特定するためのヒントとしていく。

第8時は改良が主な活動であり、設計した回路の機能等を使用目的や使用条件を踏まえて機能を選択、決定する学習を行う。生徒は、前時に作成したデザインライトの企画書を基に、第4.5時で学習したパターン回路を選択する。このことにより自分の設定した課題を解決することと、デザインライトの使用目的や使用条件を合致させ、どのような機能を持った電気回路を選択すればよいのかを検討する。すなわち、この授業計画では、電気回路をすべて設計させるのは難易度が高いことを考慮して、様々な機能を持つパターン回路を、自分の課題とする使用目的や使用条件と一致させ、合理的に選択することを回路の設

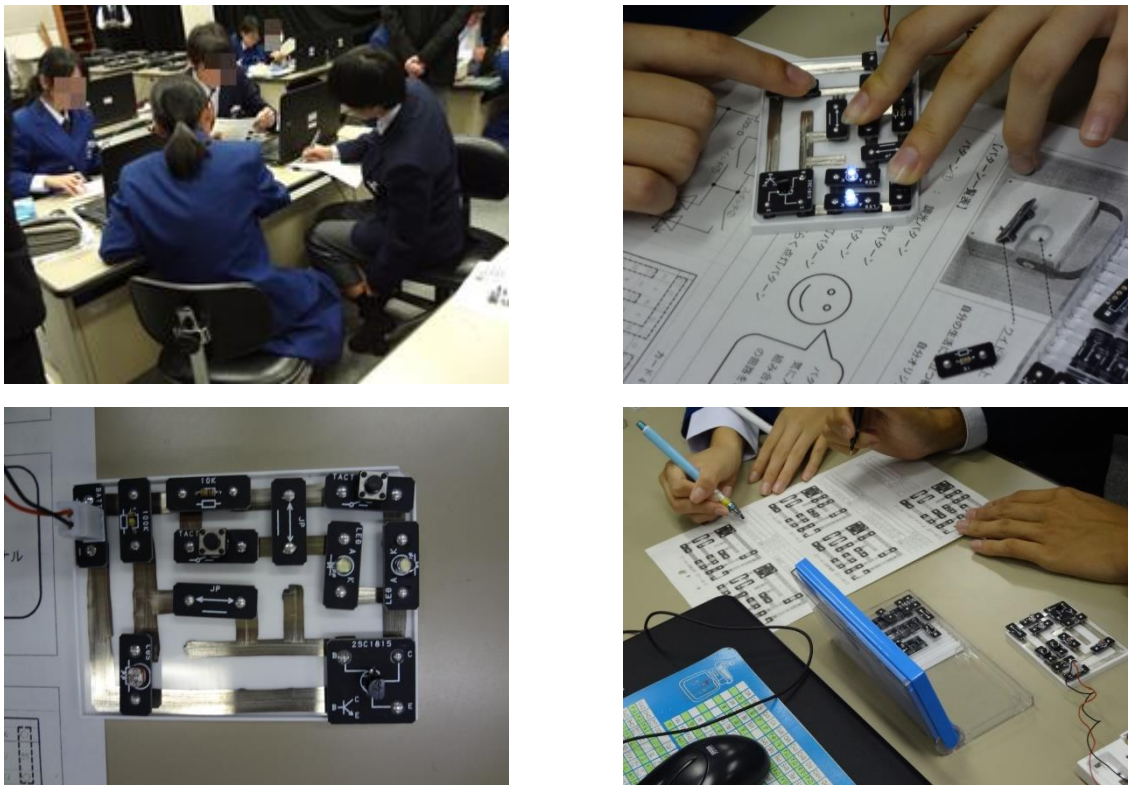


図9 「設計」の授業の様子

計ととらえる。選択されたパターン回路は、より使用目的や使用条件に適合するように、LEDの明るさや時間、CdSの感度、コンデンサによる点灯時間の調節などを考えていく。このことにより、回路パターンを変更・調整する改良の設計を行う。

### ③製作

「製作」は全4時間で、自分が設計した回路に基づいて **Circuit Design Light** を製作する学習を行う。すなわち、第8時までにプロトタイプとして設計・改良した回路を、それに準拠したユニバーサル基板に配線、組み立てを行い、デザインライトを完成させる。

第9時は、導線シールと電子部品を配線する学習を行う。第8時に設計・改良した回路と同じ大きさ、規格のパターンシールを用いて回路の導線部分を作成する。パターンシールは文具はさみで切ることができる。切断したパターンシールは、同じ大きさ、規格の基板に貼ることができ、このことにより **TEC DESIGNER Circuit tool** で学習した回路がそ

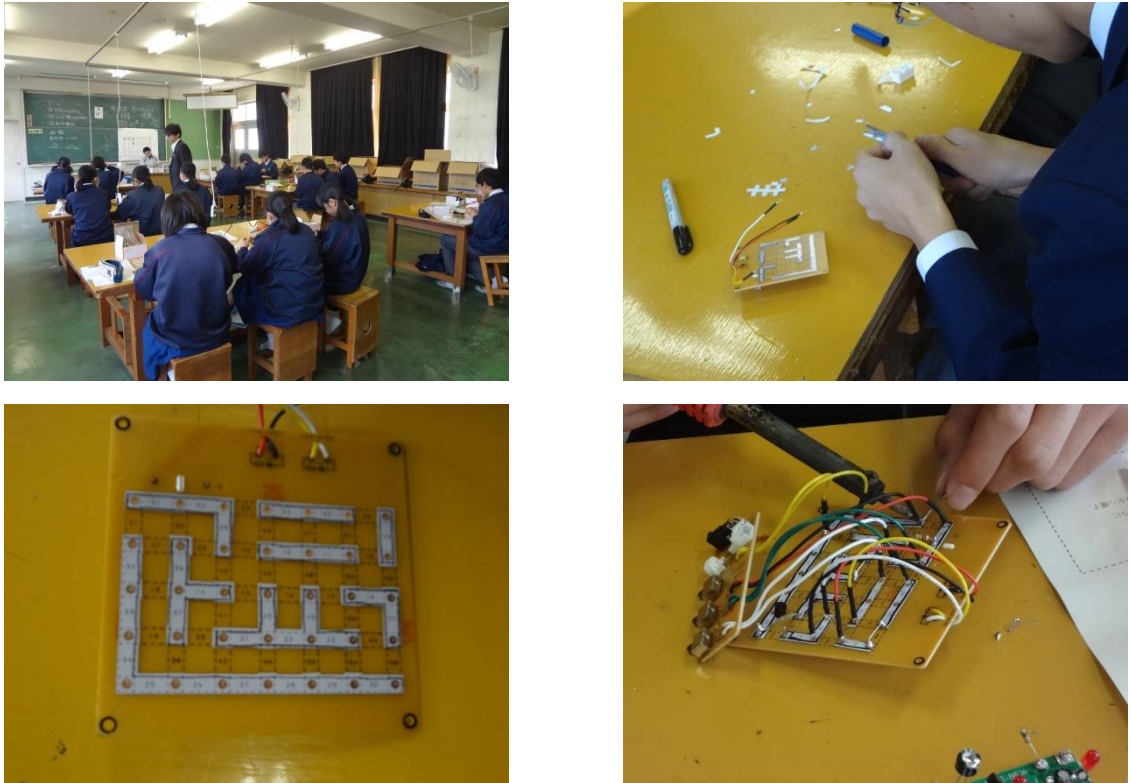


図 10 「製作」の授業の様子

のままデザインライトを製作するための回路となる。

第 10.11 時は、はんだづけに関する学習を行い、電子部品をはんだづけする学習を行う。はんだ付けは一般的な基板とは異なり、電子部品が見える側に配線する方法になっている。このことは、TEC DESIGNER Circuit tool の学習との接続性を持たせるためであり、通常の電気配線とは異なることを生徒に伝える必要がある。

第 12 時は、機能の点検を行ったうえで組立てを行う学習が行われる。

### 3. 授業と調査の結果

TEC DESIGNER Circuit tool を用いた「エネルギー変換に関する技術」の授業の学習効果について検討するために、生徒への調査を行った。TEC DESIGNER Circuit tool を用いた授業との比較対象として、従前から技術科の授業でよく用いられているエコキューブラジオ 3 (山崎教育システム) を題材として使用した授業での、生徒の反応の違いを検

討する。そのため、TEC DESIGNER Circuit tool を用いた学習を終えた A 校の生徒 80 人と、エコキューブラジオ 3 を用いた学習を行った B 校の生徒 155 人を対象に、「学習の振り返り」と記した調査を実施した。これらの授業の概要を比較すると、図 11 のように示すことができる。

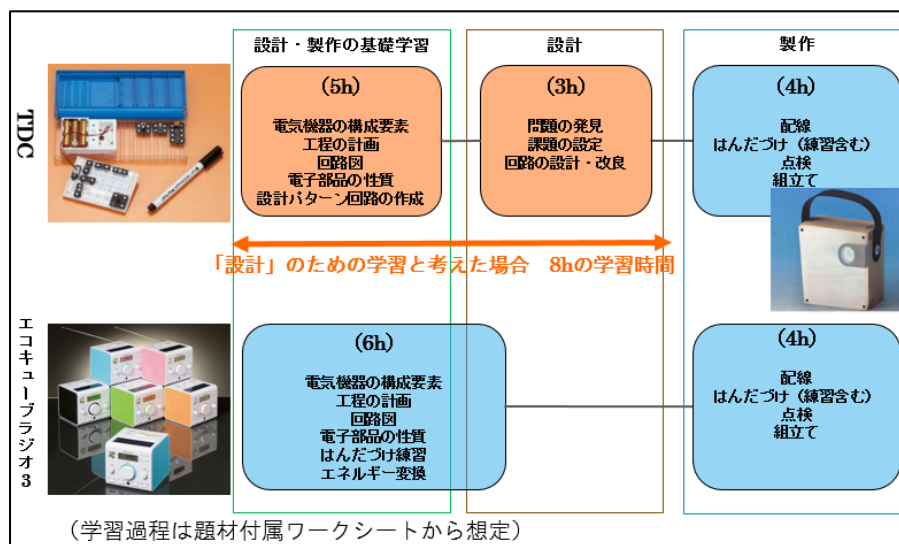


図 11 題材による学習過程の違い

TEC DESIGNER Circuit tool を用いた授業では、「設計」を学習する時間が 3 時間確保されている。「設計・製作の基礎学習」を「設計」のための学習と考えた場合では、「設計」に関する指導時数 8 時間が保障されているととらえることができる。それに対して、エコキューブラジオ 3 の授業は、「設計」を学習する時間がなく、ほとんどの時間を製作品の完成のための「製作」の時間に充てていると考えることができる。

授業は、2016 年 9 月～2017 年 1 月に A 中学校（以下、A 校）第 2 学年の生徒 159 人を対象に実施された。また、比較対象となるエコキューブラジオ 3 を題材として扱っている B 中学校（以下、B 校）第 2 学年の生徒 155 人に調査を行った。調査は、学習の取り組みについて問う質問項目①～④としており、中学校学習指導要領解説 技術・家庭編などを踏まえて設定した。質問項目①では「仕事の楽しさや完成の喜び」、質問項目②は「工夫・創造の喜び」、質問項目③は「緻密さへのこだわり」、質問項目④は「実際の生活の中で生かすことのできる能力と態度」を問うようになっている。これらの質問について、自由記述

によって学習過程を振り返ってもらうようにした。以下には各質問項目から得られた自由記述について、それぞれの観点から分類を行い、A校とB校の出現割合について比較したグラフ図12、13、14、15に示す。

表3 調査で実施した質問項目

質問項目
① 「電気機器の製作」の学習で、うれしかったことや楽しかったことはありましたか。
② 「電気機器の製作」の学習で、自分なりの工夫ができましたか。
③ 「電気機器の製作」の学習で、細かいところまでていねいにできましたか。
④ 「電気機器の製作」で学習したことは、これからの生活や社会で役立つと思いますか。

質問項目①における記述内容の分類による出現割合をみると、大きな違いは見られない。しかし、「完成の喜び」に分類された表記の内容に差異があることが考えられた。例えば、A校の生徒の回答のほとんどは「基礎学習」や「設計」でTEC DESIGNER Circuit toolを使用し、LEDの点灯やその変化に対して喜びを感じていた。それに対して、B校の生徒の回答例は、「製作」を終え、製作品を無事完成させて、正しく機能したことに対して喜びを感じる生徒がほとんどであった。

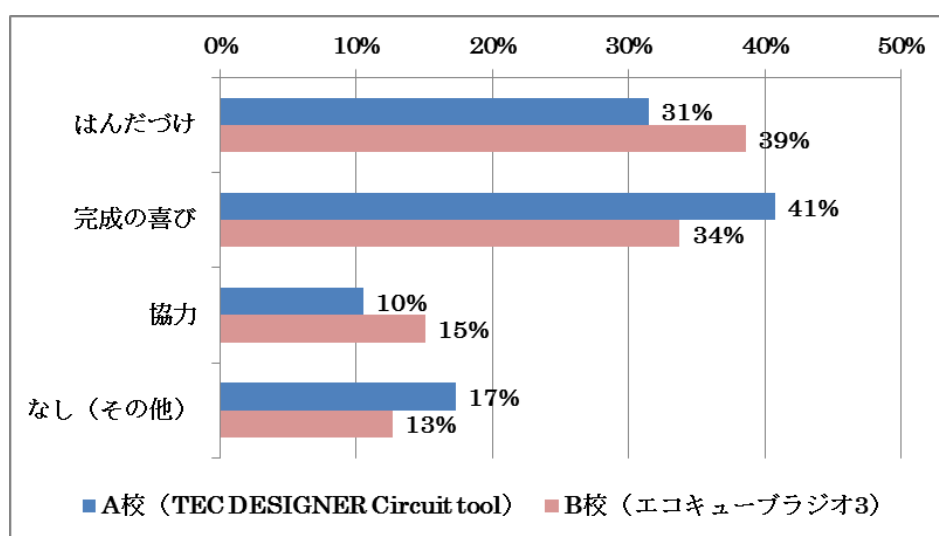


図12 質問項目①：「電気機器の製作」の学習で、うれしかったことや楽しかったことはありましたか。の記述内容の分類と比較

質問項目②における記述内容の分類による割合をみると、記述内容の分類に差異が生じていることが分かる。A校の生徒の回答のほとんどは「設計」に関するもので、TEC DESIGNER Circuit tool を使用し、機能を使用目的や使用条件などを考慮して工夫した記述が多く出ていた。一方で、B校の生徒ははんだづけや組立てなどの「製作」に関する記述や、無回答が多く表れていることがわかる。

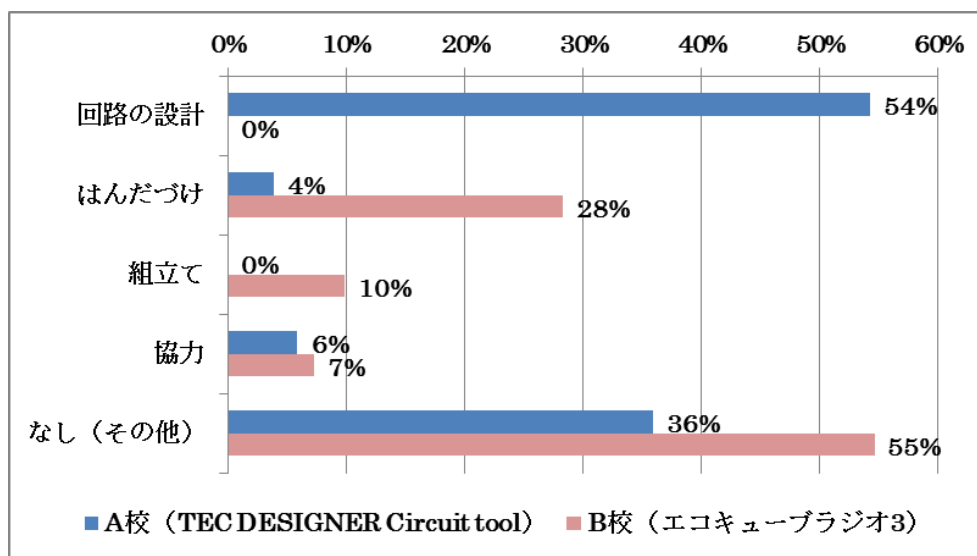


図 13 質問項目②：「電気機器の製作」の学習で、自分なりの工夫ができましたか。の記述内容の分類と比較

質問項目③における記述内容の分類による割合をみると、質問項目②と同様に記述内容の分類に差異が生じていることが分かる。A校の生徒の回答例は導通性マーカーの使用や配線シールの切断、はんだづけなどを丁寧に作業しており、「基礎学習」、「設計」、「製作」のすべての学習過程にわたる記述であることがうかがえる。それに対し、B校の生徒は、はんだづけや組立てなどの「製作」に関する記述が多く表出していた。

質問項目④における記述内容の分類による割合をみると、「修理」、「使用」に関する内容について差異が生じていた。「使用」に関するA校の生徒の回答が多く、完成した製作品を生活で使用して役立てようとした回答があった。一方で「修理」では、B校の生徒の回答が多く、学習内容を電気機器等の修理に役立てようとする記述が現れていた。

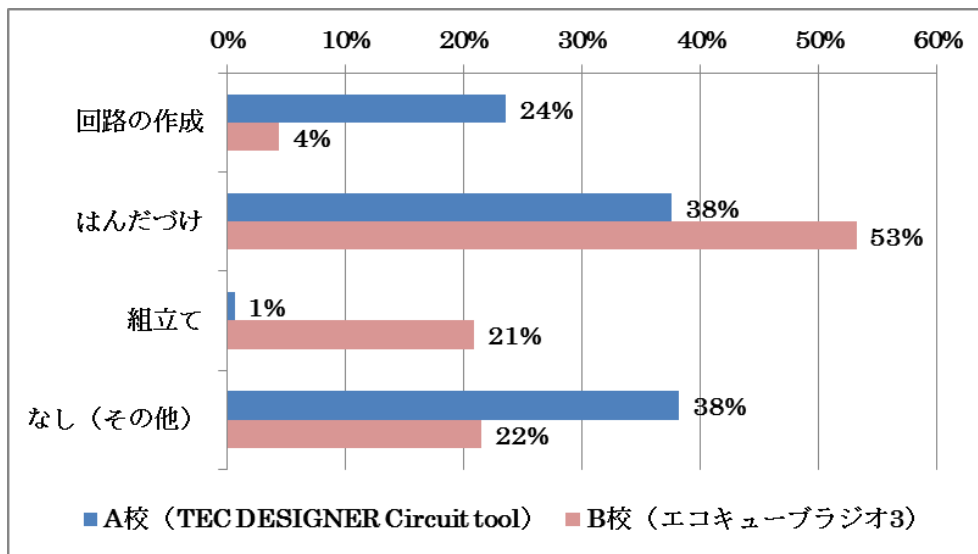


図 14 質問項目③：「電気機器の製作」の学習で、細かいところまでていねいにできましたか。の記述内容の分類と比較

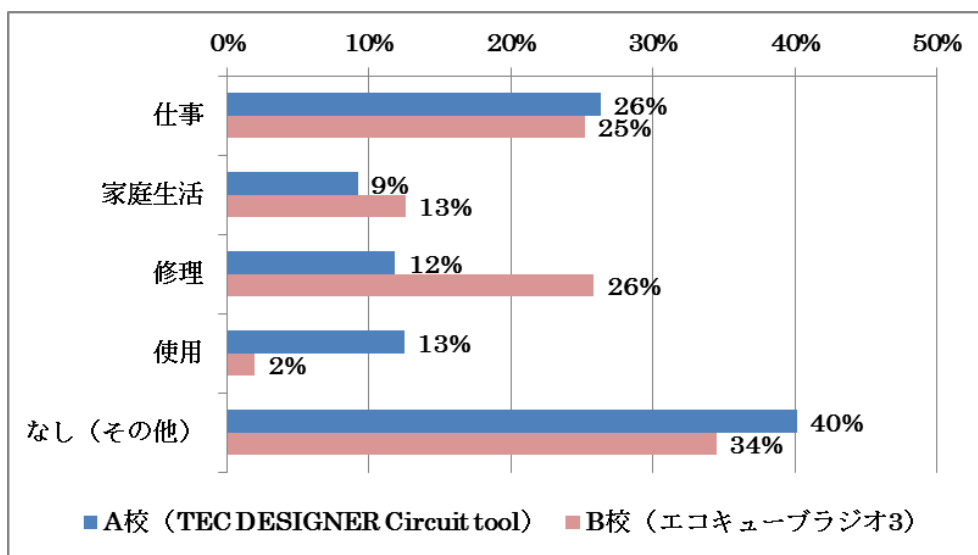


図 15 質問項目④：「電気機器の製作」で学習したことは、これからの生活や社会で役立つと思いますか。の記述内容の分類と比較

#### 4.おわりに

このように、TEC DESIGNER Circuit tool を教材として用いた授業では、「設計・製作の基礎学習」、「設計」、「製作」の学習過程を計画することができ、電気回路や電子部品についての実践的・体験的な学習を充実させることや、回路の改良・試作を行う学習を構成することが可能となっている。また、提示された回路のパターンと設定した目的や条件を



検討することにより、技術分野の学習指導で求められている「課題の設定」とそれに基づく「設計・計画」を実現できる教材であると考えられる。また、授業で学習した生徒の意見からは、TEC DESIGNER Circuit tool を使った「基礎学習」や「設計」の段階で、学習の楽しさ・嬉しさ、自分なりの工夫、細部への丁寧さ、などを意識することができていた。このことから、技術科の学習で学んだことが、はんだ付けや組み立てなどの「製作」の活動だけにとどまるのではなく、「基礎学習」や「設計」の段階で学習した内容や考えた工夫・創造の観点が生徒の中に適切に位置づけられているのではないかと考えることができる。

## 謝辞

本実践は、山崎教育システム山崎社長、広島市教育委員会神尾正修指導主事の支援の下行われた。ご支援に心から感謝申し上げます。

## 文献

- ・ 中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説技術・家庭編（2018）
- ・ 全日本中学校技術・家庭科研究会研究調査部、ほか：平成 26 年度 中学校 技術・家庭科に関する第 3 回全国アンケート調査【技術分野】調査報告書（2014）