

ブレッドボードを活用した教材実験の理科教育への応用 — マイクロスケール実験による個別実験に向けて —

Application of Teaching Materials using Breadboard To Science Education
— For the Individual Experiments based on Microscale Experiments —

佐藤 美子
Yoshiko SATO

学習指導要領の改訂に伴い、学ぶ側の児童・生徒の視点に立つこと、また獲得すべき資質・能力として、「使える知識・技能、そのための思考力・判断力・表現力、さらに学び続けるための姿勢、人間性の向上」などが示され、特に理科教育では、観察・実験から学ぶことの重要性も指摘されている。主体的な実験活動に有効なマイクロスケール実験の学校現場への導入には、安全で安価、操作が容易などの条件を満たした実験器具の開発が重要である。本論文では、小学校及び中学校理科で学ぶ回路の学習に応用できる「ブレッドボード」を活用して、個別実験が可能な教材実験を開発し、さらに教員志望の大学生及び現職教員を対象にした実践により、教材としての有効性を検証した。小学校3年理科「電気のとおりみち」及び中学校3年理科「水溶液の性質」の単元を想定した実践におけるアンケート調査の結果、教材実験に関する作製の容易さ、操作性、活用への発展性などについては評価が高く、同時に工作の作業を苦手とする児童・生徒への対応などの課題もあることがわかった。

キーワード：ブレッドボード マイクロスケール実験 理科教育 個別実験 考える力の育成

はじめに

次期学習指導要領が告示され、小学校では2020年、中学校では2021年に完全実施、さらに高校では2022年から学年進行で実施される。次期学習指導要領では、学ぶ側の児童・生徒の視点に立った改革が特徴であり、獲得すべき資質・能力として、「使える知識・技能、そのための思考力・判断力・表現力、さらに学び続けるための姿勢、人間性の向上」など、踏み込んだ形で示されている。改訂の中では、観察・実験から学ぶことの重要性も指摘され、さらにICTの活用が従来にも増して強調されている。特に、小学校理科の学習指導要領及び解説（文部科学省：2017a）では、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てる」、「自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」ことが目標とされている。観察・実験の授業は、自然との接し方を学び、探究心を養う上で重要な活動である。しかし、教員にとっては限られた授業時間の中でどのような活動を行えば「実感を伴った理解」や「探究する能力」が得られるのか、具体的な解決策の提案が求められる課題である。

一方、マイクロスケール実験は、学習指導要領で謳われている「コミュニケーション能力の

育成」や「実感を伴った活動」、「実験の技能の習得」を促すことができ、新しい「理科教育法」の実践的研究と位置付けられている。マイクロスケール実験の特徴（佐藤、芝原：2009、日本化学会編：2003）はすでに知られているが、グループ実験と比較すると次のような特徴がある。

- ①用いる試薬の少量化とそれに伴う廃液量の大幅な削減
- ②少量の試薬による反応完了までの時間及び、操作の簡略化に伴う実験時間の短縮
- ③児童・生徒のレディネスに応じて2人、あるいは1人で行う個別実験が可能

ここでは③にあげた個別実験の実現に注目して、その実現に至る経緯について述べる。さらに、具体例として教材開発を行った「ブレッドボードを用いた教材実験」の提案とその実践例を紹介する。

1. マイクロスケール実験による個別実験の実現

「マイクロスケール実験による科学リテラシーの涵養」については、すでに報告した（佐藤：2015、佐藤：2018a）。報告では、理科教育の大きな目標である科学リテラシーの涵養について、児童・生徒の能動的な実験活動に注目して述べた。すなわち理科の学習において、この目標を達成するためには、「考える力の育成」につながる「実験活動の充実」は不可欠と考える。ここでは、科学リテラシーを「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力」（文部科学省：2005）として位置づけ、自然事象を科学的にとらえるための「科学的思考力」、自分の意見や考え方を説明する「科学的表現力」、さらにそれらに基づく合理的な判断と行動を伴う「科学的実践力」を身に付けることの重要性についても言及した。児童・生徒がこれらの力を獲得するための基礎となる「考える力の育成」に注目して実験活動を行い、学習指導要領で謳われる「個々の児童が主体的に問題解決活動を進めるとともに、学習の成果と日常生活との関連を図り、自然の事物・現象について実感を伴って理解できるようにすること」（文部科学省：2008, 2017a）を目指している。

以上の背景より、科学リテラシーの涵養を目指す上で、児童・生徒の能動的な実験活動を支援する個別実験とあらたな授業展開の実現を可能にする手段としてマイクロスケール実験を活用し、マイクロスケール実験が理科教育において重要かつ基本的な「考える力の育成」という目標を実現する有効な手段であることを、教材開発の具体例と授業実践を基に検証してきた。

1.1 個別実験の必要性について

個別実験の必要性について触れる上で、「個別化授業」との関係について述べる必要がある（佐藤、2018a）。先行研究においても「個別実験」の提唱と取り組みは報告されている。その歴史的過程の中で、本論文で取り上げる「個別実験」の位置づけを考える必要がある。

例えば、武田らはその著書（武田ら、1956）において、中学校理科の教育に焦点をあて、「現在の教育に欠けているもの」として「個別化教育」を取り上げている。「一斉授業」と対比させて、その欠点を補う形で「個別化授業」の必要性を強調している。その当時（昭和60年頃）、一般には「一斉授業（指導）」の問題点として、「個人差への対応」が注目された。しかし、「個

人差」が「能力差」と同義語にとらえられ、「能力別グループ編制」が実施されたこともあった。「能力別グループ編制」には、いくつかの問題点（知識偏重主義、集団としての連帯と協力の欠如など）が指摘され、改善策として、その後「習熟度別グループ編成による指導」に移行していく経緯があった。しかし、武田は、一般的に行われていた「個人差への対応」ではない「個別化教育」を提唱した。「個別化」の趣旨を「一人ひとりの児童生徒の学力・能力、適性や興味・関心に応じた指導」と捉え、「学習の個別化」を主テーマとしている。さらに「個に応じた教育」とは「一人ひとりの児童生徒がその興味・関心を生かし学習者としての能力構造を再生産していくことをねらった立場でとらえる」こととして「個別化教育」を位置付けている。武田は「個別化教育」における「学習する子どもと学習を援助する教師」の立場を明確に示す例として、以下の特徴を米国、バーモント州教育局資料から引用している（武田ら、1956）。

- ・大切なことは、子ども自身の発見と探究による直接の経験による学習であり、抽象化された知識ではない。
- ・一人ひとりの思考過程の発達を大切にする。
- ・人は学習の仕方を自分自身の現実の感覚に結びつけて身につける。
- ・一人ひとりが自分自身の能力に従って作業をする。
- ・教師の役目は、子どもの学習過程のパートナーとなり、ガイドとなることである。
- ・子どもの進歩についての期待を個別化するよう努力する。
- ・生徒が相互に学びあうような組織を作り出す。

以上のような「個別化教育」を提唱し、その教育の中で理科の「個別実験」が実施されるならば、実験が重要な役割を果たすことを述べている。

さらに武田は別の著書（武田、1989）において、中学校1年理科における単元「加熱と変化」を対象に、個別実験による実践を行い、さらに知識・技能の定着をプレテスト及びポストテストでの評価、また実験後のアンケート調査では、生徒の興味・関心や意欲等についてグループ実験との比較で分析している。この実践の特徴として、単元中の複数の実験テーマから生徒の意思により一つを選択していること、また個別の実験は通常の器具（実験室に現有の器具）を用いて行っていることである。実践の結果、個別実験により、グループ実験と比較して、生徒の実験に対する意欲、関心、責任感が向上したこと、一方、知識の定着や理解面においては改善が見られず、むしろグループ実験より低い場合もあることが報告されている。生徒の意欲、関心、責任感が向上したことは、複数の実験テーマから生徒の意思により一つを選択して取り組んだことも含め、個別実験が有効に働いたとしている。課題として、実験前に一斉授業による実験のねらい、実験操作の具体的説明の必要性をあげ、知識の定着や理解面における改善を提案している。しかし、個別化教育においては、個別実験の実施が大きな要素であるが、武田は教科書に記載の一般的な観察・実験用の器具（4～6名を1つのグループとしたグループ学習を対象）を用いることに留まり、個別実験に適した実験器具の具体的な改善については言及していない。

以上のように、昭和60年頃に武田により提唱された理科授業における「個別化教育」は先進的な取り組みであるが、実践にあたって重要な要素である観察・実験の個別化について、当時

は入手できる材料の関係で器具の開発が容易ではなかったため、「個別実験」の効果的な実現と検証には至っていなかった。しかし「個別化教育」の実現に向けた姿勢は、2020年から施行される次期学習指導要領（文部科学省：2017a）の趣旨と多くの点で符号し、貴重な提言であったと言える。

1.2 個別化授業と個別実験との関係

これまで述べてきたように、歴史的な流れの中で「個別化教育」の必要性が論じられてきた。ここで取り上げる理科教育における観察・実験に焦点を絞った課題として、新たに「個別実験」の再定義を行うと共に、「個別実験」を取り入れた授業のあり方について述べる。

「個別実験」の実現に向けての第1の課題は、実験に適した器具の開発である。器具に用いる材料がガラスや陶磁器に限定されていた時期には、器具をマイクロスケール化（小型化）することが非常に困難であったが、しかし現在では教材開発に適したプラスチック材料、金属材料などの入手も容易となり、それらを用いたマイクロスケール実験による教材開発を積極的に行うことである。第2の課題は、マイクロスケール実験によって実現する「個別実験」により、実験体験の機会を増やすだけでなく、児童・生徒の考える力を促すような主体的な学習を図る新しい授業デザインを検討することである。

以上の課題を念頭に、学校現場への受け入れが可能な新しい実験形態として、「個別実験」を実現することが重要である。本論文における「個別実験」は、次の点において導入の意義があると考ええる。

個別実験の導入の利点として

- イ）グループ実験では、児童・生徒全員が実験操作に関わる機会は少ない。一方、個別実験では各自で器具を操作する機会も多く、実験技能の習得という点で優れている。
- ロ）児童・生徒一人ひとりの積極的な活動場面を増やすことで、考える力とコミュニケーション力を引き出し、実験に対する責任感と意欲を養い、また実験に関わることの充実感や達成感などを与える。
- ハ）個別実験をベースにすると、得られた実験データを基に、グループやクラスでの予想や結果などの共有・討論・考察の発表などを行うことで多様な授業展開が可能となる。
- ニ）個別実験による詳細な観察により、様々な現象について考えるきっかけが与えられ、考察の深化につながる。
- ホ）納得するまでの繰り返しの観察・実験、実験操作の習得、考えながらの実験操作等が可能になり、傍観型から参加型の実験への移行による「考えさせる主体的な取り組みの授業」となる。

等があげられる。

以上に述べた「個別実験」の理科教育における観察・実験の役割と特徴を踏まえ、すでにいくつかの教材実験と実践例の報告を行ってきた（芝原、佐藤：2011）。ここでは今回、あらたに開発した具体的な教材開発の例について以下に述べる。

2. ブレッドボードを使ったマイクロスケール実験による教材開発

2.1 実験操作・準備の簡略化と時間短縮のための教材開発と改良

考える力の育成を目指し、主体的な活動を促す個別実験を実現するためには、従来の実験方法とは異なる新しい発想に基づく教材開発が求められる。個別実験の実現に向けて、安全性を考慮した上で実験前後の準備・片付けの簡略化と時間短縮を図るという観点から、開発した教材実験の特徴と経緯について述べる。

マイクロスケール実験の導入により、実験操作・準備の簡略化と実験時間の短縮が可能になるため、授業改善の効果が期待される。実験の実施にあたって、この操作・準備の簡略化と時間短縮という観点は学校現場への普及にとって大きな課題である。これらが実現すれば、実験の安全性だけでなく余剰時間を生み出し、実験前後の予想や討論等のための時間の確保が可能となるため、学習効果を高める上でも重要である。例えば、時間短縮により、実験をやり直したいと要望する児童・生徒への対応も可能となった。要望に答え、再実験の機会を与えることで、児童・生徒一人ひとりが実験操作や現象についての理解を深め、学習効果が高まると報告されている（佐藤美子：2018a）。また、実験前後における準備や後片付けの簡略化は、児童・生徒が授業時間内に処理でき、実験全体に対する達成感をもつだけでなく、指導する教員にとっても大きな負担の軽減となる。教員の負担を減らすことは、授業の中に実験を定着させ、授業の展開に工夫を行う時間のゆとりを生み出す大きな要因となる。以上より、本研究では単なる時間短縮ではなく、考える力の育成につながり児童・生徒の主体的な活動を支援できる新しい授業展開を目指して、教材実験の開発を行った。

操作・準備の簡略化と時間短縮の趣旨に沿って開発された教材実験のうち、特にその効果が顕著な例として、ブレッドボードを活用した教材開発を次に示す。

2.2 ブレッドボードによる「導電テスター」の開発

小学校3年の単元「電気の通りみち」の単元では、身近な材料を使って固体物の電気伝導性を調べる学習を行う。また中学校3年の単元「水溶液とイオン」では、水溶液の電気伝導性を調べ、水溶液中のイオンの存在とほたらきを学習する。いずれも、固体及び液体の試料を対象に、電気伝導性を定性的に実験で確認することが重要となり、そのための簡易な測定器具「導電テスター」の開発が求められる。

すでにボタン電池とLEDを用いた簡易な「導電テスター」については開発を行い、通常の授業や実験教室における実践的検証の結果を報告している（佐藤：2018b）。その際に用いたボタン電池とLEDを活用した「導電テスター」（「ほたるくん」の呼称で活用）を図1に示す。しかし、開発した「導電テスター」には、実践を通していくつかの課題も見つかった。すなわち、作製には半田付けの作業が必要で、小学生にはかなりの事前指導と練習が必要であること、スイッチが無く電池の自然放電が顕著であること、またボタン電池の交換が容易にできないこと、等が課題としてあがった。以上の課題の解決に向けて改良と工夫を行ったのが、本論文で紹介するブレッドボードによる「導電テスター」の開発である。

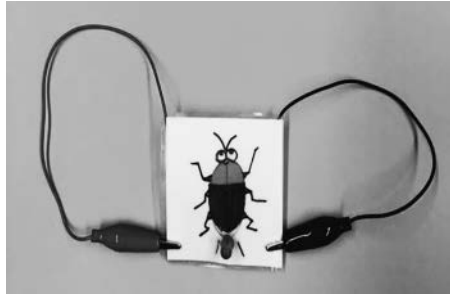


図1 ボタン電池とLEDを用いた導電テスター
「ほたるくん」(佐藤：2018b)

ブレッドボードは、簡単に工作できる電気回路の基板として普及しているが、①半田付けの作業が不要、②回路の素子の配置を考えながら自由に変えることができる、③小型で安価である等の特徴をもっている。これらの特徴と利点により、理科実験に応用した場合、①個別実験の実現、②考えながらの試行錯誤を繰り返して行う電気回路の自作等 が可能となる。本研究の目標でもある「考える力の育成」に有効な個別実験が可能となり、さらに「ものづくり」の体験から得られる達成感を児童・生徒に与えることもできる。

ブレッドボードを使用して「導通テスト」の実験用に作製した「導電テスター」(以後、「導通テストボード」とする)を図2に示す。

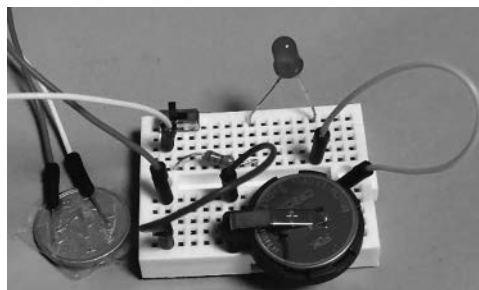


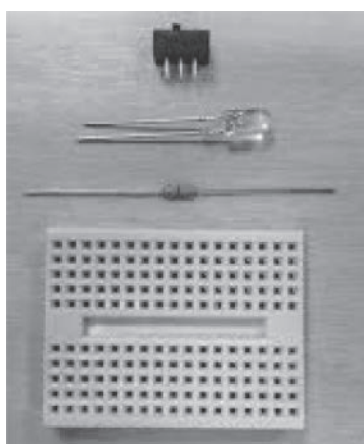
図2 ブレッドボードを使用した導電テスター
「導通テストボード」
(1円硬貨の導通を調べている)

次に、「導通テストボード」の作製手順等について述べる。

a) 準備する部品 (図3 参照)

スイッチ LED 電気抵抗 (220Ω) ブレッドボード ($4.5 \times 3.5 \times 0.8\text{cm}$)

ボタン電池ボックス ボタン電池 (3V) ジャンパーワイヤー (長2本、短2本)



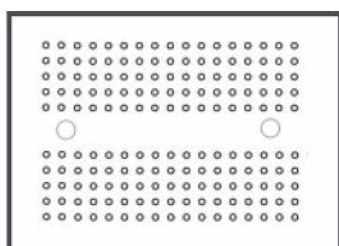
上から スイッチ LED
電気抵抗 (220Ω) ブレッドボード



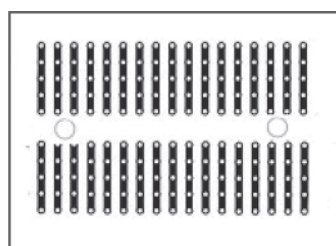
ジャンパーワイヤー (長2本、短2本)

図3 導通テストボードの作製に用いる部品

各部品の使用にあたっては授業の際、安全性の確保のため、次の点の注意と説明が必要である。ブレッドボードの端子の配置を図4a、bに示す。



表から見たところ (a)



ボード中の配線の様子 (b)



裏側のカバーを外し様子 (c)

図4a、b、c ブレッドボード内の配線と裏側の様子

図4bからも分かるように、中では縦方向(黒い部分)には回路としてつながっている。その様子をブレッドボードの裏側のシートをはがして示したのが図4cである。表面の穴に、各部品の端子が突き当たるまで差し込む必要がある。LEDは、図5に示すように足の長い方がプラス、短い方がマイナスになっており、赤色のLEDの場合、最大定格電圧3V、最大定格電流20mAである。この定格値を超えないように、電気抵抗素子を入れて使うことが必須である。LEDは温度が上がると抵抗値が下がるので、点灯が始まると抵抗が下がり、電流が流れやすくなる。そこで電気抵抗をいれて過電流を防ぐ必要がある。抵抗素子を入れないで回路をつなぐと、LEDが破損する恐れがあり危険である。電気抵抗は電流を制御するため、220Ωの抵抗素子を用いる。



図5 LEDの例



図6 ブレッドボード用のスイッチ

スイッチ（図6）は、3本の端子の内、中央は共通（コモン）で必ず接続する。もう1本を右の端子につないだ時、上のレバーを右側にスライドするとONとなり、同様に、左の端子につなぎ、レバーを左側にスライドしてONにすることもできる。ボタン電池（図7）の表側はプラス（+）、裏側はマイナス（-）になる。ボタン電池ボックス（左）にボタン電池の表を上にして差し込む。ボタン電池ボックスの下側の端子2本の+-の位置には注意が必要である。

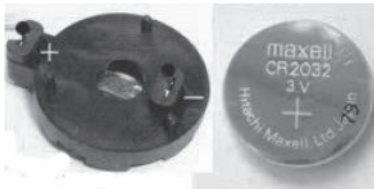


図7 電池ボックス（左）と電池（右）

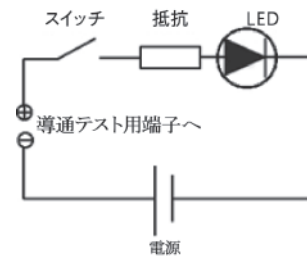


図8 各部品の配線の例

- 1) 準備した部品を用いて、図8の回路を組立てる。
- 2) 組立てる前に、ホワイトボードを使って配線を考える（図9、図10）。拡大したブレッドボードの図に、電源（ボタン電池）、スイッチ、電気抵抗、LED、導通テスト用端子の各部品を示すマグネットを配置して、さらにホワイトボード用ペンで配線を書き込む。部品を示すマグネットは全部で6種類あり図11に示す。ホワイトボードに磁力で貼付け、また取り外しも簡単で、回路について考えながら試行錯誤するのに適している。
- 3) ホワイトボードで配線を確認できれば、組立ての作業にはいる。



図9 ホワイトボードのブレッドボード

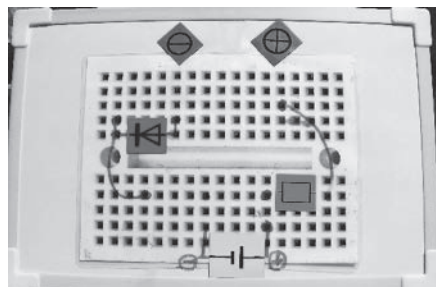


図10 部品のマグネットを貼った様子

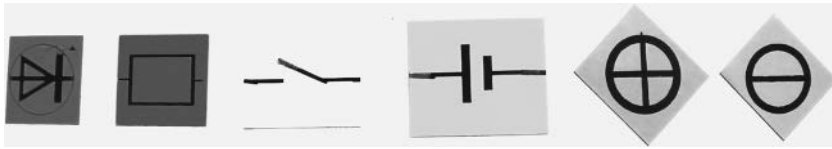


図 11 左から LED、電気抵抗、スイッチ、電源（ボタン電池）、導通テスト用端子（2 個）

作り方

- ①ボタン電池ボックスにボタン電池を入れる。
（プラスを上向き、マイナスを下向きに入れる）
 - ②ホワイトボードで考えた配線図に従って、各部品を差し込む。LED の端子のプラス・マイナスに注意する。
 - ③スイッチの中央の端子は共通、両端の足のどちらかにつながるように配線する。
 - ④導通テスト用端子には、長い二本のジャンパーケーブルを使う。
 - ⑤電気抵抗素子の端子の両端は必要に応じて、直角に曲げる。
- 完成した回路の例を図 12 に示す。

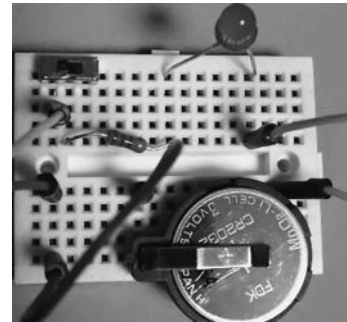


図 12 ブレッドボード上に部品を配置した例

2.3 導通テストキットを用いた教材実験の例

1) 小学校理科「電気の通りみち」の実験

小学校 3 年の単元「電気の通りみち」で学習する、身近な材料を使った固体物の電気伝導性について調べる実験の例を示す。

呈色板に配置した固体物（金属と非金属）の導通の違いを「導通テストボード」で調べる。「導通テストボード」の作製は、学校外の実験教室だけでなく小学校の授業においても安全に実施できるが、その実施については授業時間や講習時間に応じた判断が必要である。

本教材実験の第一の特徴は、クギ、硬貨、色紙、プラスチック、木材など、身近にある材料を調べる対象にしたことである。また実験前に導通の可否について予想をさせた後、実験により確かめることで、児童の興味・関心を喚起するように図った。予想したことはホワイトボードやワークシートに記入し、実験後に確認できるようにした。特に、導通の可否については結果の予想を立て、実験で確かめる展開により、児童・生徒の興味・関心を喚起するだけでなく、結果の予想の根拠についても文章化させるなどの試みも行い、考える力の育成につながるように取り組んだ。学校外の実験教室での活動では、導通テストボードの作製も児童・生徒が行うことで、よりいっそう実験に対する関心が高まるように工夫した。

図 13 では固体材料の電気伝導性を調べるため、呈色板のくばみに 10 種類の材料（1 円硬貨、空き缶、折り紙、プラスチック、アラザン、ゴム、木、鉄クギ等）を接着剤で固定している。

自分で選んだ材料を調べることも可能で、対象物は適宜変更することもあった（図13では、シャープペンシルの芯を選んで調べている）。例えば、1円硬貨の代りに他の硬貨について調べる。空き缶では、アルミニウム缶とステンレス缶について、さらには表面の塗装をはがす前と後の違い、また鉛筆だけでなく、赤鉛筆の芯を調べるなど、授業時間や児童の関心により、調べたいものを対象に実施した。図14に、開発したブレッドボードを活用した導通テスター「導通テストボード」を用いて実験している様子を示す。調べる対象物はこれまでと同様、呈色板に配置している。

1円硬貨 空き缶 金紙 銀紙 プラスチック



アラザン ゴム 木 くぎ シャープペンの芯

図13 呈色板上の固体試料

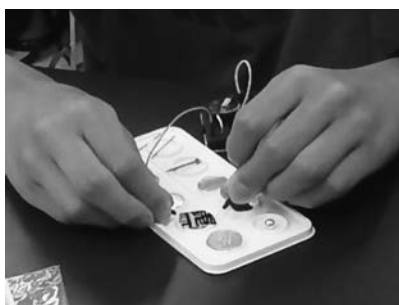


図14 「導通テストボード」で固体試料の導通を調べている様子

2) 中学校理科「水溶液とイオン」の実験

小学校では、固体物を対象に、電気伝導性の違いから、金属と非金属の区別を行ったが、中学校理科では、さらに水溶液における電気伝導性の違いを考察する。中学校3年理科の単元「水溶液とイオン」では、イオンの存在と水溶液中でのイオンののはたらきについて学習する。その際、イオンが電荷をもった粒子であることを、「なるほど!」という実感を持った理解が得られるような実験を行うことが重要である。すなわち、固体から水溶液に変わったときに、電解質

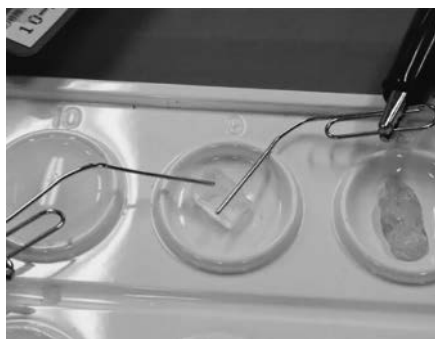


図15 溶液の導通を調べている様子

溶液となるか非電解質溶液となるか、その判断の実験的根拠となる水溶液の電気伝導性の有無を実験で確かめることである。教材開発では、小学校理科の実験として開発した「導通テストボード」（図12）を活用することにより、学習の連続性も考慮している。中学生対象の授業では、固体の導通テストの実験を併用することで、小学校での学習の振り返りも可能となる。

図15は、水溶液の導通を調べる実験で、固体の食塩の導通をチェックしている場面である。

この後、食塩に少量の水を加え、食塩水として導通を調べる。固体と水溶液の違い、及びイオンの存在とはたけに注目するため、そのことを各自が実験を通して確認することをねらいとしている。尚、先端の端子は、測定の際、毎回必ず蒸留水で洗浄する。

3. ブレッドボードを用いたマイクロスケール実験による実践とアンケート調査について

3.1 「ひらめき☆ときめきサイエンス」における実践例

「ひらめき☆ときめきサイエンス」(JSPS 主催、2018 年 7 月、実施場所：四天王寺大学)の参加者を対象に、「金属の性質を調べよう」をテーマに設定して実験教室を行った。参加の中学生(19 名)に終了後、アンケート調査を行った。実験教室では、午前 10 時から午後 17 時までの間に 4 種類の実験テーマを実施した。ここでは、実験テーマ「ブレッドボードによる導通テストの作製」と「電気をとのおすもの、とおさないものを調べよう」について述べる。

ブレッドボードによる導通テストの作製に入る前に、パワーポイントによる作製の手順や注意事項について説明を行った(図 16)。その後、ホワイトボードを使ってブレッドボード上の各部品の配置と結線を、各個人で考える時間を設定した。その様子を図 17 に示す。



図 16 作製手順と注意事項の説明



図 17 ホワイトボードにより配線を
考えている様子

実施にあたっては、各テーブルにアシスタントとして 1～2 名の大学生を配置して、とくに実験上の安全性を確保するための指導とアドバイスを行った。図 18 は、考えた配線図をもとに実際に導通テストキットを組立て、その動作を確認しているところである。また図 19 は、実験と並行しながら、iPad を使って実験結果を記録している様子である。実験終了後に記録したデータ等を確認し、同じグループの他の人の実験結果と照らし合わせて考察を行い、Keynote を使ってまとめるなど思考の整理を行うことに役立てる。また、結果をスクリーンに映して全体で共有するなどの活用も行う。

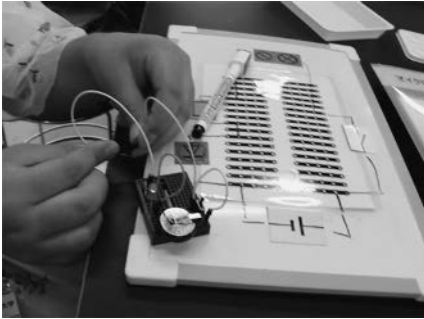


図 18 導通テストキットの動作確認



図 19 iPad による実験結果の記録

「ひらめき☆ときめきサイエンス」における実践のアンケート調査では、「ブレッドボードを使った回路の作製」について、5段階評価（1. 大変簡単だった、2. 簡単だった、3. 普通、4. 難しかった、5. 大変難しかった）で集計した。集計の結果、約 70%が難しかった、約 30%が普通と・大変簡単だった・簡単だったと回答した。また、「ブレッドボードとホワイトボードを使った学習に興味をもったか」という設問でも同様に 5段階評価（1. 大変持った、2. 持った、3. 普通、4. 持たなかった、5. 全く持たなかった）を行ったところ、約 75%が大変持った・持ったと回答した。以上より、ブレッドボードによる作製については、初めての体験で不慣れなため、難しさを感じる受講生も多かったが、同時に興味・関心をもった生徒が大半を占めた。また、ブレッドボードによる作製の前に、ホワイトボードを使ってアイデアを出しあったことは、その後の作製にも役立つことがわかった。

感想文には「ブレッドボードの中身などのしくみを理解すればすぐに作れるものであった。説明もわかりやすかった」、「ブレッドボードは初めてみる物だったので興味を持った」、「ブレッドボードとホワイトボードを使うのは、けっこういい経験になった」、「仕組みを理解するのに時間がかかった」、「回路は知っていたが奥深さがあることを知った」、「シンプルな回路にするため、いろいろ考えることが難しかった」、「分かりやすくまとめられて、あまり失敗せずに回路が組めた」、「すこし複雑だったが、理解した上でなら楽しめると思った」、「自分で回路が作り直せるところがよかった」、「はんだ付けをしなかったのですぐにできた」など肯定的にとらえ、かつ興味・関心を持ったという意見が多かった。しかし一方では「回路が理解できなくて組み立てるのに時間がかかった」、「難しくて苦手だなと思った」、「回路がよくわからなかった」など、苦手意識を克服できなかった場合もあり、説明の仕方や、受講生の学年に応じた対応などが課題としてあがった。

3.2 「免許状更新講習」における実践例

小学校教員を対象にした免許状更新講習においても、参加者 26 名を対象に講習内容のひとつとして、ブレッドボードを用いた導通テストの実験を実施した。終了後のアンケート調査において、「ブレッドボードを用いた導電テスターの回路の作製について、あなたは自身どうでした

か」の質問を設定して、1. 大変簡単、2. 少し難しいが大丈夫、3. どちらとも言えない、4. 少し難しすぎた、5. とても無理 の5段階評価で回答を得た（回答有効数24件）。その結果、5段階評価のうち1. 4%、2. 13%、3. 29%、4. 54%、5. 0%という分布が得られ、受講生の半数以上が「少し難しいが大丈夫」と回答した。講習会の対象が小学校教員に限定されていたが、小学校高学年であれば作製が可能という感想もあった。また一人でできるという点でもブレッドボードを使った作製を評価する意見もあった。一方で作製に必要な部品をそろえることが難しいという指摘もあった。

3.3 高校化学担当教員を対象にした講習会における実践例

兵庫県内の高校化学担当教員を対象に約2時間で4種類の個別実験を行う講習会（2018年12月実施、21名の参加）を実施した。そのうち「ブレッドボードによる導通テストボードの作製」には、約30分の講習時間を割当て、作製後には完成した導通テストキットを用いて続く実験にも用いた。これらの実験終了後に無記名によるアンケート調査を実施した。ブレッドボードによる工作について、「作りやすい」かどうか、また現職教員の意見を求めるため「授業で活用できる」かどうかの2つの設問を設定した。いずれも5段階評価（1. 大変そう思う、2. そう思う、3. 普通、4. そう思わない、5. 全くそう思わない）で集計した。その結果、図20及び図21に示すように、いずれの設問にも約85%以上が「大変そう思う・そう思う」と回答した。高校教員の場合、物理分野の担当も兼ねる場合があり、ブレッドボードによる回路の学習には、興味・関心が高く、日常の授業でも取り入れたいという意欲も感じられた。感想文には、マイクロスケール実験の特徴や個別実験の学習効果を評価する意見が記述されていた。

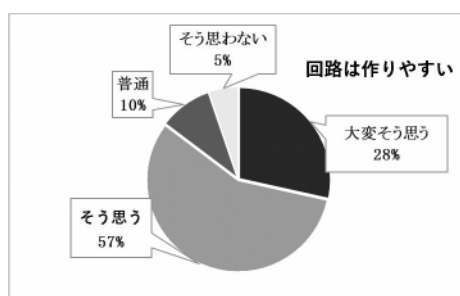


図20 アンケート結果 設問「ブレッドボードによる回路は作りやすいか？」

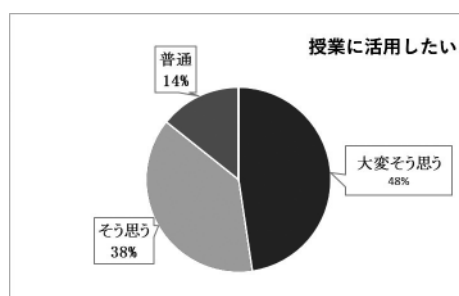


図21 アンケート結果 設問「ブレッドボードを授業で活用したいか？」

まとめ

ブレッドボードは小型でかつ安価であるため、児童・生徒の主体的な学習をうながす個別実験の教材開発には最適といえる。本稿では、小学校理科と中学校理科を対象にした、固体及び溶液の電気伝導性を確かめる「導通テストボード」の作製とその応用とをとりあげた。開発した教材については、児童・生徒を対象にした授業や実験教室、教員対象の講習会などにおける実

実践活動により、その有効性の確認を行った、いずれも、教材実験としての安全性、学習効果について確認することができ、また今後の改良に向けての課題も明らかになった。

次期学習指導要領では、小学校のカリキュラムに「プログラミング学習」が位置づけられている。プログラミング学習では論理的な思考の育成が基本となる。本稿で紹介した「ブレッドボードを活用した理科実験への応用」は、ブレッドボードのもつ構造により簡単な工夫で様々な機能を付加させることができる。また個別実験により自分の思考過程の振り返りと深化を体験できる点などにおいて、「プログラミング学習」と共通する学習効果が期待できる。さらに「ものづくり」の楽しさも体験できる点においても、学校現場での活用の可能性がある。以上のことから、ブレッドボードを活用した教材実験の意義は大きく、今後もさらに開発を拡大させていくことが重要である。

本研究は JSPS 科研費（基盤研究 C 代表者 佐藤美子 課題番号 15K0099）の助成を受け実施した。また、実践活動の一部は「ひらめき☆ときめきサイエンス」（JSPS 主催 2018 年度採択）により援助を受けた。謝意を表する。

引用文献

- 佐藤美子、芝原寛泰（2009）：「環境にやさしい理科教育実験—中学校理科におけるマイクロスケール実験の実践例—」京都教育大学環境教育実践年報、第 17 号、pp.15-27
- 佐藤美子、芝原寛泰（2014）：「マイクロスケール実験による実感を高める「気体の発生と性質」の教材実験—個別実験と時間短縮を目指して—」科学教育学研究、Vol.38、No.3、pp.168-175
- 佐藤美子（2018a） 学位論文（兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科）「マイクロスケール実験による主体的な個別実験の教材開発とその有効性」185pp
- 佐藤美子（2018b）：「呈色板によるマイクロスケール実験の教材を用いた概念調査—小学校 3 年理科「電気を通す物」の実践を例に—」研究紀要（日本初等理科教育研究会発行）、93 号、pp.28-35
- 佐藤美子（2015）：「理科教育法の改善を図るマイクロスケール実験の導入—新たな授業展開と「考える力」の育成」を目指して—」四天王寺大学紀要、第 59 号、pp.263-274
- 芝原寛泰、佐藤美子（2011）：「マイクロスケール実験—環境にやさしい理科実験」オーム社
- 同英訳版 H. Shibahara and Y. Sato（2016）『Microscale Experiment-Environment Conscious Science Experiment』オーム社
- 武田一美、木谷要治編著（1956）：『中学校理科 個別化教育とその実践』、東京書籍
- 武田一美 編集（1989）：『中学校理科における個別化教育の実践』、理科セミナー
- 日本化学会編（2003）：マイクロスケール実験の広場
- 文部科学省（2005）：「PISA 調査（科学的リテラシー）及び TIMSS 調査（理科）の結果分析と改善の方向」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryo/05020801/027.htm
- 文部科学省（2008）：「小学校学習指導要領解説—理科編—」
- 文部科学省（2017a）：「小学校学習指導要領—理科編—」及び「同 解説」
- 文部科学省（2017b）：「中学校学習指導要領—理科編—」及び「同 解説」
- 文部科学省（2018）：「高等学校学習指導要領—理数編—」及び「同 解説」