

# 中学校理科（電流と回路及び電流と磁界）における 学習教材の開発研究Ⅲ

～主体的学習における一人一実験の役割～

栗田 克弘<sup>\*1</sup>・源田 智子<sup>\*2</sup>・船木 隆司<sup>\*3</sup>・小松 裕典<sup>\*3</sup>・松田 祥奈<sup>\*3</sup>・重松 宏武<sup>\*1</sup>

The Research and Development for Science Teaching Material in Junior High School Science (Electric Circuit and Electromagnetic Manufacturing Kit) III

KURITA Katsuhiko<sup>\*1</sup>, GENDA Tomoko<sup>\*2</sup>, FUNAKI Takashi<sup>\*3</sup>,  
KOMATSU Yusuke<sup>\*3</sup>, MATSUDA Sachina<sup>\*3</sup>, SHIGEMATSU Hirotake<sup>\*1</sup>

(Received August 2, 2018)

キーワード：主体的学習、一人一実験、電気実験キット、電磁気実験キット、体験型理解、思考型理解

## はじめに

本研究は、「中学校理科におけるアクティブラーニングにつながる学習教材の開発研究」（2016年）と「中学校理科（電流と回路）における学習教材の開発研究～アクティブラーニングと関連づけた一人一実験～」（2017年）に続く研究である。2016年には、まず中学校第2学年の単元「電流とその利用」における内容の理解の困難さの解決方法として、「一人一実験」を可能にする学習実験キットの開発を行った。そして2017年にこの学習実験キットの改良を行い単元を通しての学習実験キットの活用法を提案した。

### 【これまでの研究の成果】

- ・一人一実験の意義を生かすことのできる電気実験キットを改良し授業実践を行った。  
学習実験キットを授業で使用し、一人一実験から生徒の主体的な活動と協働的な活動の関連を明確にした。一人一実験とグループ実験の共存を図る学習指導を考案し実施した。
- ・学習内容の十分な理解へつながる体験型実験の役割の重要性を提言し授業で試行した。  
実験の位置づけを生徒の理解と関連づけてとらえ、“体験型理解”と“思考型理解”で解釈した。特に“体験型理解”における一人一実験の有効性を明らかにした。
- ・学習実験キットの授業実践での指導上の問題点を明らかにし改良を重ねた。  
一人ひとりの生徒の学習状況を把握し、生徒の活動に適応した実験キットとして整えた。さらに、学習活動における一人一実験の効果が最大になるように学習実験キットの活用場面を考えた。  
これらの成果を受けて本研究の研究目的を以下のように設定した。

### 【本研究の目的】

- ・「電流と回路」の小単元を通して活用できる電気実験キットのさらなる改良を行う。
- ・「電流と磁界」における電磁気実験キットの開発と評価を行う。
- ・グループ実験と一人一実験の生徒への学習効果について、授業実践を元に検討を行う。
- ・“体験型理解”と“思考型理解”のさらなる関連をめざした学習実験キットの活用と評価を行う。

特に、「電流と磁界」における電磁気実験キットを新たに開発し、中学校理科第2学年での「電流と回路」、「電流と磁界」の単元全てで生徒が一人一実験で活用できる学習実験キットとして位置づけることを考案することを目的とした。また、“体験型理解”における一人一実験を可能にする学習実験キットの役割を、授業実践を通して明らかにすることを目指した。

\*1 山口大学教育学部理科教育 \*2 山口大学教育学部小学校総合 \*3 山口大学教育学部附属山口中学校

## 1. 研究の概要について

### 1-1 研究の流れ

本研究では電気実験キットのさらなる改良と電磁気実験キットの新たな開発を行い、授業実践からその評価を行った。以下のように研究を進めた。

#### 【研究の経緯】

##### I. 電気実験キットの改良及び電磁気実験キットの製作

- ①オームの法則の電源部分の改良を行う。
- ②新しくLEDを有効に使った実験の改良を行う。
- ③電磁気実験キットの構成部品の選定を行う。

##### II. 電気実験キット及び電磁気実験キットを使った授業実践

- |      |  |
|------|--|
| 小単元名 | 中学校2年 「電流と回路」「電流と磁界」   |
| 対象   | 山口大学教育学部附属山口中学校2年生（2クラス）、指導者：小松裕典教諭                                    |
| 授業日  | 2018年3月（学年末のまとめの時期）  |
| 内容   | ・抵抗体の直列つなぎと並列つなぎにおける抵抗値の測定を行う。<br>・直流と交流の導入教材としての個別実験を行う。<br>・事後調査を行う。 |

本研究の授業実践は山口大学教育学部附属山口中学校で行った。学校事情等により第2学年の理科の電気の単元の指導担当者が二人であったため、一連の授業の中で継続的に学習実験キットの活用をすることはできなかった。二人の指導担当者の電気の単元の指導が全て終わった三学期に、この学習実験キットを使った授業を行った。本来は電気の大単元を一貫して学習実験キットを活用し、その授業評価を行いたいところである。今後の課題の一つとしたい。

### 1-2 “体験型理解”について

理科の授業における学習活動を通して生徒に期待されているのは、自然科学の概念や法則の理解である。生徒が理解できたかどうかは、実験や観察を通して確かめたことを科学的用語を使って表現できたかどうかで判断するのが通常である。佐藤学は「これからの学びを考える」<sup>1)</sup>で認知において二つの様相を述べている。一つは“REALITY”であり、もう一つは“ACTUALITY”である。“REALITY”とは思考を通して理解することであり、“ACTUALITY”は体験を通じた体感理解のことを指す。本研究では“REALITY”を“思考型理解”と、“ACTUALITY”を“体験型理解”と呼ぶことにする。

“思考型理解”は理科の授業で学習した知識を活用して理解を深めることである。科学的用語を使った論理的な思考過程を重要視している。“体験型理解”は、実験や観察を行うことよって肌を通してわかる自然認識である。思考を通して理解できているが、実際に実験や観察を行ってみて初めて気づくことやわかることがある。科学的用語を使って言葉で定式化はされていないが、自然科学の概念や法則を理解することの一つの様相である。

本研究では生徒が“思考型理解”ができるようになることはもちろんであるが、さらに一人一実験により“体験型理解”ができるようになることも期待している。特に中学校2年生の「電気とその利用」の単元においては、電磁気学的内容について論理的な理解だけを追求するのではなく、電気工学的な操作をしながら現象そのものを理解することも重要な学習場面である。特に、学習の始めには“体験型理解”が重要となる。そして、“体験型理解”が土台になり“思考型理解”が可能となる。このように認知の二つの様相を結びつけるには教師による演示実験や実験班によるグループ実験だけでは不十分であり、生徒が行う一人一実験の持つ役割は大きいと考えられる。

### 1-3 主体的学習との関わり

一人一実験は個人思考を学習集団での集団思考へ発展させるための土台となるものである。自分のまわりの社会（学習集団）との関わりの中で、個人思考が自然科学としての理解に成長するのである。

この自然科学としての理解には、学び合いや教え合いの場が授業に求められる。授業では実施される一人

一実験による「自分の実験事実」が、この学び合いや教え合いに自然とつながるように配慮したい。「自分の実験事実」が学び合いや教え合いを通して、社会的認識としての自然科学の概念や法則に引き上げられていくようにすることが重要である。

一人一実験の「自分で電気回路を作る」「自分で実際に確かめる」という主体的な活動は、まわりの社会（学習集団）での「学び合う」「教え合う」という協働的な活動と結びついて、“体験型理解”から“思考型理解”へ変容していく。ここで考えておかななくてはならないのは、グループごとや学級全体での協働的な活動（意見共有等）の場は、授業では自然発生的には起こらないということである。教師による計画的で継続的な根気強い指導が同時に必要となる。

## 2. 改良した電気実験キットと新しく開発した電磁気実験キットについて

### 2-1 改良した電気実験キットについて

電気実験キットは、これまでに3回の改良を行った（図1、図2、図3）。図4が現在の電気実験キットの構成部品であり、その内訳を表1に示す。

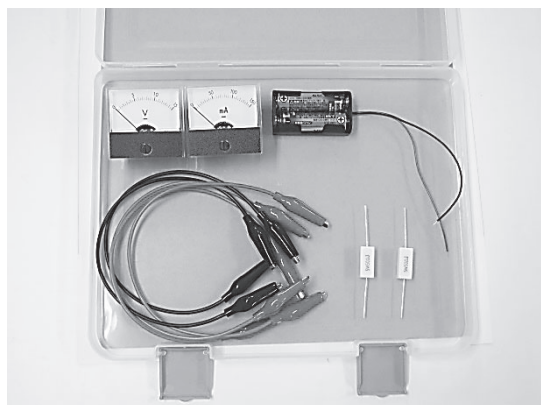


図1 2015年電気実験キット

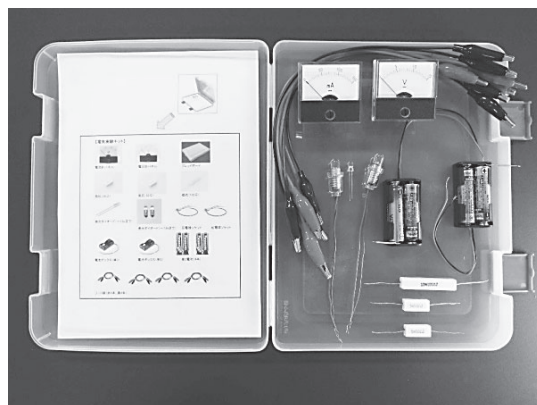


図2 2016年電気実験キット

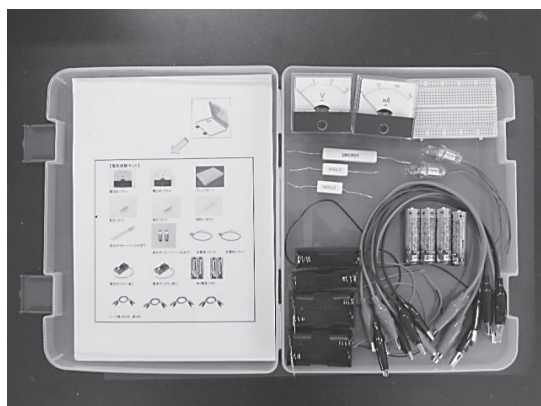


図3 2017年電気実験キット

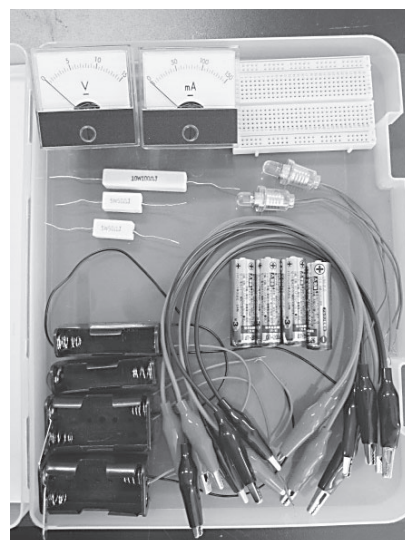


図4 改良した電気実験キットの部品

現在の電気実験キット（2017年）の改良点は以下の通りである。

- ・2016年電気実験キットでは、オームの法則の実験を行うのに電池ボックスを単三電池二個用を2個使用していた。生徒が電圧を変える時に乾電池の接続をスムーズに行えるように、単三電池一個用を2個追加した。
- ・発熱型の豆電球を電球型LEDに変更した。このことにより電流の流れる向きを生徒に強く意識させることが可能になった。電流計や電圧計に接続する時の極性についても強く意識させることができるようになった。また、発電のしくみの学習の時に、直流と交流の違いを2個のLEDを並列につなぐことにより視覚化できるようになった。
- ・ワニロクリップ付リード線を2本増やし総数を8本にした。一つの電気回路でも、実際には色々なリード線の接続のしかたがある。それらの接続に対応できるようにした。
- ・ブレッドボードを追加し、ワニロクリップ付リード線を使わなくてもよい場面を増やした。

この電気実験キットは一人一セット配布され、生徒はグループごとに分かれた机で一人一実験を行うことになる。実験をどうやってよいか分からない生徒や迷っている生徒には、グループで相談しながら一人一実験を行ってよいことを生徒には伝える。この電気実験キットで、電流の測定、電圧の測定、抵抗値の測定、オームの法則、直流と交流（電磁気実験キットの自作電磁誘導実験器を使う）が実施できる。中学2年生の小単元「電流と回路」のすべての実験を電気実験キットを使った一人一実験で実施することが可能になった。

## 2-2 新しく開発した電磁気実験キットについて

図5、表2に新しく開発した電磁気実験キットを示す。これを使うと磁石の性質、磁石のまわりの磁界、磁化、電流が磁界の中で受ける力（簡易モーター）、電磁誘導の実験（発電機）での使用が可能になる。ただし、電流のまわりの磁界の様子を調べる実験についてはまだ準備できていない。大電流を発生させるための電源やコイル、鉄粉等がさらに必要である。



図5 電磁気実験キット

表2 電磁気実験キットの構成部品

部品	個数	使用場面等
ネオジム磁石	2個	磁界について、簡易モーター
棒磁石	2個	磁界について（磁極、磁界のようす）
U字型磁石	1個	磁界の中で電流の受ける力（直流と交流）
ビニタイ	1組	磁極や磁力、磁界の範囲（※砂鉄の代用）
自作電磁誘導実験器	1個	電磁誘導（発電のしくみ）
収納箱	1個	部品収納のため



電磁誘導実験器（発電機）は自作した。緊急時に使用される携帯電灯の強力磁石とコイルを利用した。さらに、実際使用した携帯電灯は防水用であったため、プラスチックケースで二重構造になっていたため、内側のプラスチックケースを本体として使用した。また、コイルは並列に接続されていたため、直列に接続し直して一つのコイルとして扱えるようにした。そのため電磁誘導で発生する電圧の大きさが大きくなり、LEDを発光させるには十分であった。これを使うことにより生徒は電磁誘導の実験を手元で容易に行うことができるようになった。図6は分解前の携帯電灯、図7と図8は自作した電磁誘導実験器である。



図6 分解前の携帯電灯

- ・携帯電灯を分解しコイルと磁石部分のみを利用する
- ・二重構造の容器の内側だけを取り出す。



図7 自作した電磁誘導実験器（側面）



図8 自作した電磁誘導実験器（前面）

## 2-3 中学校での授業実践について

### 2-3-1 中学2年「電流と回路」「電流と磁界」での活用場面

電気実験キットと電磁気実験キットの実際の授業での活用場面は以下の通りである。

- ・「電流と回路」での活用場面
  - ①回路をつくる（LED電球、抵抗、電池）
  - ②回路を流れる電流について（直列回路と並列回路の電流の測定）
  - ③回路の電圧について（直列回路と並列回路の電圧の測定）
  - ④抵抗体に加わる電圧と電流の関係（オームの法則）
  - ⑤合成抵抗について（合成抵抗値の測定実験）
- ・「電流と磁界」での活用場面
  - ①磁界のようす（磁極や磁界の範囲）

②磁界の中で電流の受ける力（モーターのしくみ）

③電磁誘導（発電機のしくみ）

このように単元のかなりの部分で2つの実験キットを活用することが可能である。「電流と磁界」での電流のまわりの磁界の様子を調べる実験のみ、大電流電源が必要なためこの電磁気実験キットではまだ扱うことができていない。

### 2-3-2 電磁気実験キットと電気実験キットを使った授業実践

山口大学教育学部附属山口中学校にて、小松裕典教諭による改良した電気実験キットと新しく開発した電磁気実験キットを使った授業を行った。当初は中学校2年生の理科の「電気とその利用」の分野の授業で継続的に一人一実験の実験キットを使いその効果を調べる予定であった。しかし、学校事情等により単元の最後で振り返りやまとめの場面として授業を行った。以下に2時間分の授業の様子（授業実践Ⅰ、授業実践Ⅱ）を報告する。

〔実施日時〕 授業実践Ⅰ 2018年3月14日（水）4限 2年D組  
授業実践Ⅱ 2018年3月14日（水）6限 2年B組  
〔授業主題〕 授業実践Ⅰ 発電のしくみと直流、交流（電磁気実験キット）  
授業実践Ⅱ 電流と電圧の測定と抵抗値（電気実験キット）

〔授業の様子〕

授業実践Ⅰの様子は図9～図10で、授業実践Ⅱの授業は図11～18である。



図9 電磁気実験キット（その1）



図10 電磁気実験キット（その2）

図9と図10では電磁気実験キットの自作電磁誘導実験器を使い、電磁誘導による発電を調べている場面である。電球型LED2個を並列に電流の向きの極性を逆にしてつないである。2個のLEDが磁石の動きに合わせて交互に発光することが観察できる。発電で発生する電気が交流であることが確かめられる。電磁気実験キットでは一人一つの自作電磁誘導実験器を使用できるが、授業では二人で協働して一つの実験器で行った。



図11 電気実験キット（その1）



図12 電気実験キット（その2）

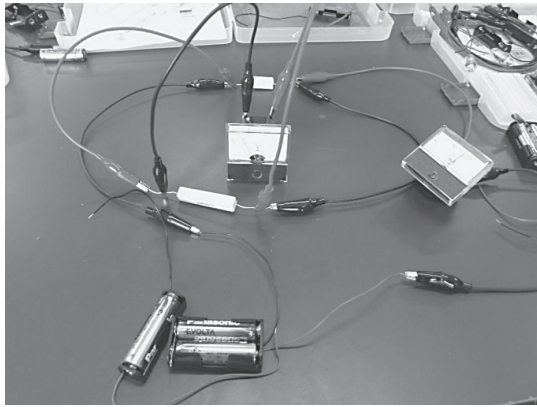


図13 電気実験キット（その3）

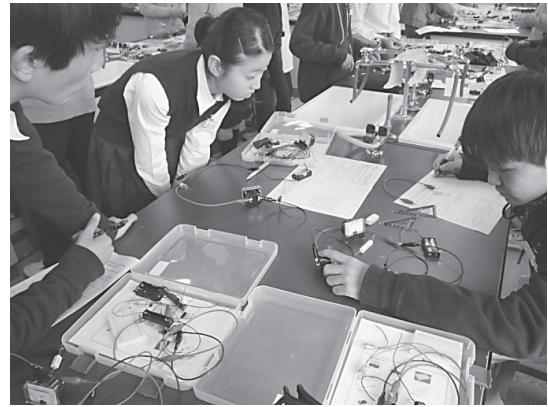


図14 電気実験キット（その4）

図11から図16までは授業実践Ⅱの授業風景である。図11や図12のようにグループごとにまとまって実験を行っているが、電気実験キットを各人が持ち一人一実験を行っている。図13は固定抵抗を直列につないだ時の電圧と電流を測定している実験である。図14に見られるように実験手順や操作がわからないところは、自然に同じグループの中で教え合っている。



図15 電気実験キット（その5）



図16 電気実験キット（その6）

図15と図16は電流計や電圧計の目盛りを読み取っているところである。自分の電気実験キットでの実験結果は、自分一人しか確認しないので慎重に読み取ろうとする生徒が多くなる。

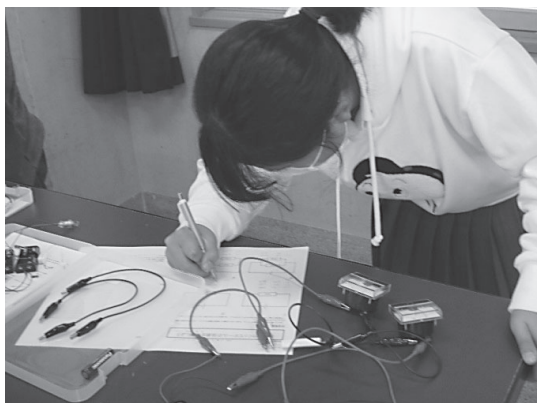


図17 電気実験キット（その7）

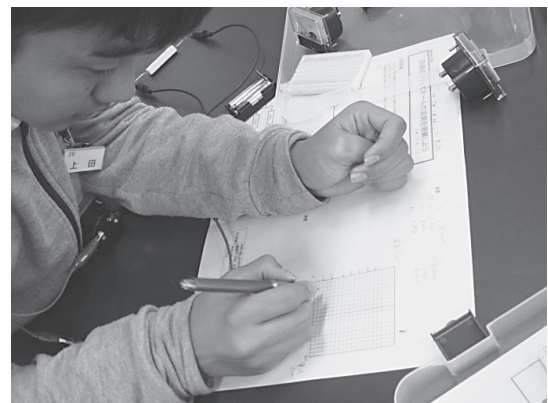


図18 電気実験キット（その8）

一人一実験で得た実験結果は各自が配布されたワークシートに記入していく。図17では電流計や電圧計から読み取った数値を書き込んでいる。図18は書き取った数値を元に電圧と電流の関係をグラフに書いているところである。すでにオームの法則や抵抗については学習済みで、実験結果を元に一人でグラフからこの二つの抵抗体の違いを考察することができるようになっている。



### 2-3-3 授業後の調査より

授業実践Ⅱの「電気実験キット」を使ったクラスに以下のような質問紙調査を行った。授業実践Ⅰでは生徒に書かせる時間と場を授業内に設定することでできなくて実施できなかった。

#### 【事後質問紙調査内容】

今日の授業のような個人実験（一人あるいは二人で行う実験）についてのアンケート調査です。次の質問に答え一番自分に合っているものを（選択枝1～5から）一つ選び○をつけて下さい。

- (1) 今日のような個人実験は、自分の手を動かしながら行うのでわかりやすく感じる。
- (2) 個人実験は、うまくいかないことがあってもすぐにやり直せるのでよいと思う。
- (3) 個人実験だと、やり方がわからないことがあっても、同じ実験を行っている人が隣にもいて、すぐ聞けるのでよいと思う。
- (4) 個人実験だと、すぐ手元で何が起きているのかを確かめられるのでよいと思う。
- (5) 個人実験は、自分のペースで実験ができるのでよいと思う。
- (6) 個人実験だと実験を全て自分で行うため実験結果に責任が持ててよいと思う。

〔選択枝〕

1 全然思わない 2 あまり思わない 3 ふつう 4 少しそう思う 5 とてもそう思う

〈自由記述〉

☆今回の実験を行ってみて感じたことや気づいたことを書いて下さい。また、あなたが考える個人実験の良いところや問題になるところがあればそれも書いて下さい。

表3 事後質問紙調査結果（その1）

No	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06
5の人数	21	17	15	20	20	14
4の人数	5	8	13	8	8	9
3の人数	6	5	3	4	3	9
2の人数	2	4	3	2	3	2
1の人数	0	0	0	0	0	0
合計人数	34	34	34	34	34	34
平均	4.32	4.12	4.18	4.35	4.32	4.03
標準偏差	0.92	1.1	0.85	0.82	0.92	0.91

表3は事後質問紙調査結果である。調査人数は34名である。質問内容を以下のように表す。

- Q01：手を動かす
- Q02：やり直せる
- Q03：すぐ聞ける
- Q04：手元で確かめられる
- Q05：自分のペースでできる
- Q06：実験に責任が持てる

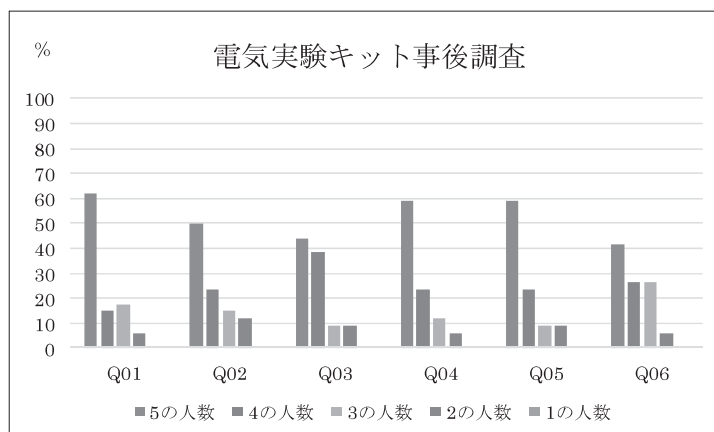


図19から電気実験キットの使用において、「Q01：手を動かす」、「Q04：手元で確かめられる」「Q05：自分のペースでできる」については、「5：とてもそう思う」の生徒がかなり多い。「4：少しそう思う」までいれると、「Q02：やり直せる」「Q03：すぐ聞ける」も同じくらいの生徒がその傾向を示している。「Q06：実験に責任が持てる」は「5：とてもそう思う」が少なくなり、他の項目よりは人数が分散している。

図19 事後質問紙調査結果（その2）



表4と表5は、事後調査の自由記述の内容である。

表4 「個人実験のよいところ」事後調査結果（自由記述）

生徒	記述内容（原文のまま）※太字は加筆
①	個人個人がやることにより、自分が実験方法などを間違えたとき、 <b>他の人から教えてもらうこと</b> により正しいやり方を覚えることができると思った。
②	どこかおかしいところなどをまわりの人に <b>すぐ聞ける</b> ので良いと思う。 <b>何もしない人がでない</b> ので良いと思う。
③	確かに班でやる実験では人に <b>まかせっきりで頭に入らない</b> こともあったから今日のような個人実験は良かったと思います。分からなかったら聞けばいいし、自分の意見を言うのが苦手な人もやりやすいと思います。また一人一人が <b>自分の思うままにやって共有する</b> ので今まで以上にたくさんの考えや意見がでてくると思います。
④	実験の目的や、道具の使いかたを <b>個人でやること</b> で理解しやすい。実験が失敗したとき、何が悪かったのかが <b>すぐにわかる</b> 。
⑤	個人でするとことで、自分のペースで、自分のやり方で実験をすすめられるからいいと思った。そして、 <b>他人に任せることができない</b> ので意欲的に取り組めたと思う。
⑥	個人実験だと <b>自分のペース</b> でできて、他の人と見比べることができ、 <b>色々な結果が見れる</b> のでさらに考えも深まりました。自分一人でというのは少し難しかったけれど考えることがたくさんできました。

表5 「個人実験の問題になるところ」事後調査結果（自由記述）

生徒	記述内容（原文のまま）※太字は加筆
⑦	自分のペースで進めつつ、分からなければ協力できる。間違っ <b>たことをしているとき、気づかないまま危険なことをする</b> かもしれない。
⑧	個人でやるので分かる人はすらすら進めるが難しいと感じる人は <b>少しすすみづらく個人差が出た</b> と思う。
⑨	1人でやっていると、 <b>自分が今何をやっているか、よく分からなくなる</b> 。みんなでやった方が、自分の役割と責任を自覚できて、より実験への理解を深められる。個人実験は、 <b>机の上がとても散らかってしまう</b> 。（みんな同じ机でするので）
⑩	自分だけで実験した方が早く終わって楽しい場合もあるが、苦手な単元などは、 <b>自分1人で実験するのが難しいし、分からない場合もある</b> から、私はグループで実験する方が好きです。個人実験は客観的に見ることができなくなってしまうのが <b>すごく嫌</b> 。
⑪	個人実験では <b>自分の出来ないところがとてもはっきり分かる</b> ということがわかりました。 <b>個人だと1人で考える時間が多くなり、作業ペースが落ちてしまう</b> ということもわかりました。
⑫	個人実験は、結局分担してやってしまったからよくわからないけれど、1人がやっているから逆に <b>そのまちがいを訂正してくれる人もいないから不安</b> でした。

肯定的な意見では生徒①の「他の人から教えてもらうことにより正しいやり方が覚えることができる。」や生徒②の「どこかおかしいところなどをすぐにまわりの人に聞ける。」、生徒③の「一人一人が自分の思うままにやって共有するので今まで以上にたくさんの考えや意見がでてくる。」は、学習実験キットによる「学び合い」や「教え合い」に係る記述である。生徒③の「班でやる実験では人にまかせっきりで頭に入らない。」や生徒④の「個人でやることで理解しやすい。」「失敗したとき何が悪かったのかがすぐわかる。」、生徒⑩の「個人実験では自分のできないところがとてもはっきり分かる。」などは、自分で行った実験という意識のもとで実験を行い、実験結果に責任が持てるようになっていくことがわかる。さらに、生徒⑤の「自分のペースで、自分のやり方で実験をすすめられる。」や、生徒⑥の「自分のペースでできて、他の人と見比べることができ、色々な結果が見れるのでさらに考えも深まりました。」からは、自分の意志に従って実験が行えていることが読みとれる。

一方否定的な意見では、生徒⑦「間違っただけをしながら、気づかないまま危険なことをしている。」や生徒⑨の「1人でやっていると自分が今何をやっているのかわからなくなる。」、生徒⑩「自分一人で実験するのが難しいし、わからない時もある。」、生徒⑫「そのまちがいを訂正してくれる人もいないので不安でした。」のように、自分一人で電気実験キットの実験を行っているとその実験が正しく行われているかどうか不安になるということを感じている生徒がいた。電気実験キットを使った一人一実験ではわからなくなった時に指導者がすべて対応するのではなく、同じグループの生徒どうしが教え合うことができるように指導していくことが非常に重要であることがわかる。

## おわりに

知識や思考ですでに理解できているはずの回路でも、回路図をもとに実際に回路を自分で作り電流や電圧を測定する実験は実際には容易ではない。そこで学習実験キットを活用した一人一実験を実施することで、生徒の理解を深めることの可能性を探ったのが本研究である。そこには“体験型理解”と“思考型理解”の関わりの問題や、主体的な学習と協働的な学習のつながりの問題がある。

授業実践から多くのことが明らかになってきた。改良した電気実験キットと新しく開発した電磁気実験キットで中学校2年生の「電流と回路」と「電流と磁界」の単元を通して活用できることがより明らかになった。さらにこれらの学習実験キットを活用した授業では、“体験型理解”と“思考型理解”の両方を学習者に経験させることが可能となる。電気現象が目に見えずその理解の困難さから苦手意識が持たれる傾向にある中学2年生の「電気とその利用」の分野で、一人一実験を可能にする電気実験キット及び電磁気実験キットは新しい授業の可能性を持っていると考えることができる。

## 注釈（※実験キットで使用した主な部品について）

- ・電流計：アナログ電流パネルメーター（150mADC）[DE-550 DC150MA][M-00140], 秋月電子通商
- ・電圧計：アナログ電圧パネルメーター（15VDC）[DE-550 DC15V][M-00142], 秋月電子通商
- ・固定抵抗：セメント抵抗、50Ω 5W[R-03995]、100Ω 10W[R-03726], 秋月電子通商
- ・電球型LED：超高輝度電球型LED（赤色8mm 1.5V用）[LK-8RD-1.5V], 超高輝度電球型LED（青色8mm 1.5V用）[LK-8BL-1.5V], エレキット
- ・携帯電灯：SFL-01エコロジーライト, 新津興器

## 引用文献

- 1) 佐藤学：「これからの学びを考える」, ジュンク堂トークセッション 佐藤学×秋田喜代美, 2012年9月8日池袋ジュンク堂書店にて, <https://www.youtube.com/watch?v=-VfeUNgW-0>

## 参考文献

- ・栗田克弘他：中学校理科におけるアクティブラーニングにつながる学習教材の開発研究, 山口大学教育学部学部附属実践研究紀要第15号, pp. 91-100, 2016年
- ・栗田克弘他：中学校理科（電流と回路）における学習教材の開発研究～アクティブラーニングと関連づけた一人一実験～, 山口大学教育学部学部附属実践研究紀要第16号, pp. 97-106, 2017年
- ・文部科学省：中学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, pp. 33-38, 2008年
- ・文科省検定教科書：中学校科学2, 学校図書, pp. 60-113, 2012年