

LEDテスターを使った理科の授業

—小学校の第3学年「電気の通り道」において—

岡村 吉永・品川 直子^{*1}・森戸 幹^{*2}・佐伯 英人

A Science Class Using Testers with built-in Light Emitting Diode:
A Case study of "Pathway of electricity" in the 3th grade of elementary school

OKAMURA Yoshihisa, SHINAGAWA Naoko^{*1}, MORITO Miki^{*2}, SAIKI Hideto

(Received December 21, 2017)

キーワード：LEDテスター、理科、第3学年、電気の通り道

はじめに

2014年4月11日に閣議決定された『エネルギー基本計画』では「高効率照明（例：LED照明、有機EL照明）については、2020年までにフローで100%、2030年までにストックで100%の普及を目指す」（p. 34）と示されている（経済産業省，2014）。また、2016年6月2日に閣議決定された『日本再興戦略2016 - 第4次産業革命に向けて - 』では「発光ダイオード（LED）等の高効率照明を2020年までにフローで100%に、さらに2030年にストックで100%にすることを目指し、本年度中に照明のトップランナー基準の対象を白熱灯等へ拡大する。」（p. 133）と示されている（首相官邸，2016）。

2017年3月31日に『総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会照明器具等判断基準ワーキンググループ 取りまとめ』が報告された。この『取りまとめ』では「LED化の予測」として「照明器具のLED化率の現状と見込みとして、日本照明工業会が2015年にまとめた『照明成長戦略2020』では、メーカーからの出荷するLED照明器具の比率について家庭用は2016年度中、全体で2020年度中に100%を目指す内容となっており、政府目標と合致している。直近の日本照明工業会の自主統計では、LED比率が85%を超えており、2020年度を待たずに100%となる可能性が高い。」（p. 57）と示されている。

上記のように、近年、LEDの普及が図られている。そのため、現在、白熱電球を日常生活においてみかけることが少なくなってきた。

1. 研究の目的

小学校の第3学年の「電気の通り道」では「電気を通す物と通さない物があること」を学習する（文部科学省，2008a）。文部科学省（2008b）の『小学校学習指導要領解説理科編』では「回路の一部に、身の回りにあるいろいろな物を入れ、豆電球が点灯するかどうかを調べ、豆電球が点灯するときはその物は電気を通す物であり、点灯しないときは電気を通さない物であることをとらえるようにする。」と示されている。

2015年度版の6社（学校図書，教育出版，啓林館，信州教育出版社，大日本図書，東京書籍）の教科書に示されている教具は豆電球である。これまで豆電球は懐中電灯や自転車のライトなどに使用されてきた。ただし、前述したように、近年、LEDの普及が図られており、豆電球も日常生活においてみかけることが少なくなってきた。

本研究では、現在、普及が図られているLEDを使った教具「LEDテスター」を開発した。本研究の目的は、LEDテスターを使って授業を実践し、授業の有効性、また、実験の有効性について議論することである。

*1 防府市立華城小学校 *2 山口大学教育学部附属山口小学校

2. 教具の開発

2-1 基礎研究

第3学年の「電気の通り道」では1.5Vの乾電池1個を用いて実験する（2015年度版の6社（学校図書、教育出版、啓林館、信州教育出版社、大日本図書、東京書籍）の教科書）。LEDを使用する場合、特性上その点灯にはおよそ1.6V程度の順方向接合電圧を必要とする（小峰，2012）。なお、本研究で使用したLED（OptoSupply製のOSR5CA5111A-WY）は1.8Vを必要とする（OptoSupply，2012）。そのため、乾電池1個では電圧が不足し、LEDを安定して点灯させることは難しい。LEDを用いた懐中電灯が、2個以上の乾電池を直列つなぎにしたり、3.0Vのボタン電池を用いたりしているのはこのためである。

乾電池1個で点灯するLEDテスターにするために、本研究では、LED用ドライバーIC（ChipLink製のCL0117）を用いた。なお、このLED用ドライバーICを本稿では以下、CL0117と称する。CL0117はトランジスタに似た外観を持つ昇圧ICであり、説明書には1個の乾電池（0.8V～1.5V）で1個～5個のLEDを点灯できると示されている（ChipLink，2013）。

ただし、ChipLink（2013）では、昇圧ICの内部構成や昇圧の方法に関する説明は示されていない。そこで、教具としての使用が適切であるか否かを判断する手がかりとして、説明書に示された回路図をもとに回路を組み、確認を行った。図1は、説明書に示された回路図（昇圧IC（CL0117）を用いた基本回路構成）であり、図2は図1の回路図をもとにブレッドボード上に組んだ回路である。図2のように組んだ回路を使い、デジタルオシロスコープ（IWATSU DS-5102B）を用いて出力の観察を行った。

1.5Vの乾電池を使用した場合のLED両端にかかる電圧のようすを図3に示す。実験の結果、一定周期（144.5kHz）でONとOFFを繰り返すパルス状（デューティー比：0.3）になっていた。外付け部品にインダクタ（L1）を使用することからも、CL0117がチョーク・コイルを使った昇圧型DC-DCコンバータであることが分かる（トランジスタ技術編集部，2005）。LEDは、パルスがONのときだけ点灯するので、その明るさはデューティー比の影響を受け、かつ、周波数に応じた点滅を繰り返すことになる。このことは、ちらつき（フリッカー）が感じられる可能性があることを示している。電気用品安全法ならびに同施行令に基づく『別表第八』にLED電灯器具の光出力にちらつきを感じないものとみなす基準が示されており、「a 出力に欠落部（光出力のピーク値の5%以下の部分）がなく、繰り返し周波数が100Hz以上であるもの。b 光出力の繰り返し周波数が500Hz以上であるもの。」（p.208）とされている（経済産業省，2017）。1.5Vの乾電池を用いた場合、この基準を超える周波数となっているため、データからは、ちらつきが感じられない状態と判断できる。実際、1.5Vの乾電池を用いて使用したところ、視覚的にLEDは明るく点灯し、また、点滅によるちらつきも意識されなかった。

やや消耗した乾電池（1.0V）の場合を図4に示す。図4をみると、パルス電圧がやや低下し、図3に比べて波形の歪みが目立つ。デューティーに変化はないが、周期がやや長く、周波数は125kHzとなった。このようにデータの上では1.5Vの乾電池を使用した場合との違いがみられた。しかし、視覚的にLEDは明るく点灯し、また、点滅によるちらつきも意識されず、1.5Vの乾電池を使用した場合との違いは感じられなかった。

図5は、CL0117の説明書に示された最低電源電圧（0.8V）を下回る乾電池（0.7V）を使用した場合である。パルス後半部で電圧を維持できなくなり、リングングを生じているのがみえる。実質的なデューティー比は0.1程度であり、パルス電圧も低い。周波数は1.0Vの乾電池の場合とほとんど同じであった。視覚的にLEDは明るく点灯せず、かすかに点灯する程度であった。ただし、点滅によるちらつきは感じられなかった。つまり、CL0117の仕様以下まで消耗した乾電池を用いた場合、LEDの発光が微弱になり、実用には適さない状態になったといえる。この要因は、点灯に必要な電圧を供給できなくなったためである。

2-2 教材化

教材化を図るにあたり、LEDテスターの点灯部の外観を「豆電球を導線付きのソケットに取り付けた状態」に近づけるよう工夫した。図6は、LED点灯部およびその内部構造を実態配線図にしたものである。具体的には、CL0117および外付けインダクタ（L1）をLEDの下部に直接、半田付けし、熱収縮チューブで覆ってブラックボックス化した。この熱収縮チューブで覆った部分をソケットとみなした。そうすることで、豆電球を用いた点灯部と外観上は類似し、教具として用いる上での支障が少なくなると考えた。LEDの点灯部を図7に示す。図6の破線で囲んだところが、図7の熱収縮チューブで覆った部分に該当する。

LED点灯部および乾電池を収納するケースは、3Dプリンターで製作した。組み立てる前のLEDテスターのようすを図8、LED点灯部および乾電池をケースに収納したLEDテスター（上蓋を付ける前）を図9に示す。なお、乾電池と導線の接点にはクリップを付け、接続している。導線の先端部を図10に示す。

LEDテスターを使って実験をしているようすを図11に示す。LEDは、消費電力が小さく、発光時の発熱が極めて少ないため、図11のように回路の大半を蓋付きのケースにコンパクトに収納することができる。ケースの外に出ているのは2本のテスト棒と導線である。なお、LEDに限らず、光源を直視することは避けることが望ましい。そのため、光源をケースで覆い、光を和らげるようにした。ケースの上蓋を半透明にしたのは、内部の回路を児童が意識できるようにするためである。

TYPICAL APPLICATIONS

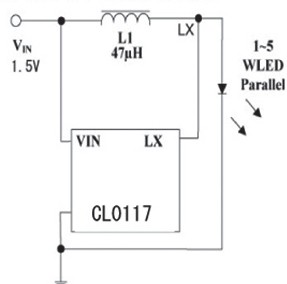


図1 回路図（昇圧IC（CL0117）を用いた基本回路構成）

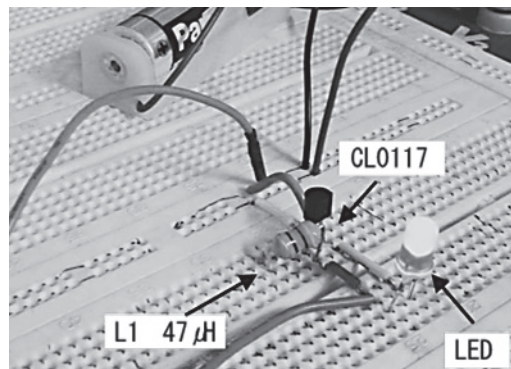


図2 図1の回路図をもとにブレッドボード上に組んだ回路

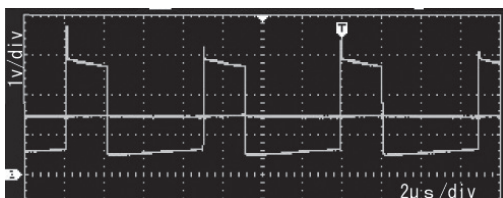


図3 CL0117によるLED両端電圧（乾電池 1.5 V時）

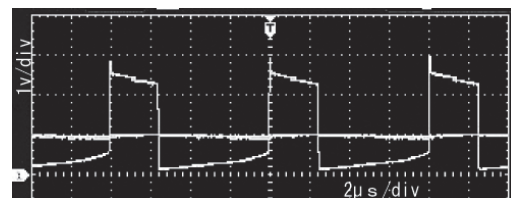


図4 CL0117によるLED両端電圧（乾電池 1.0 V時）

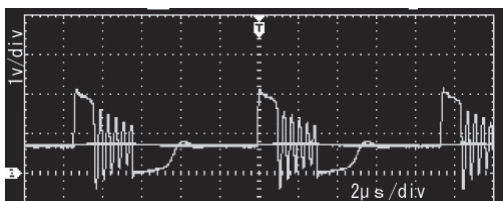


図5 CL0117によるLED両端電圧（乾電池 0.7 V時）

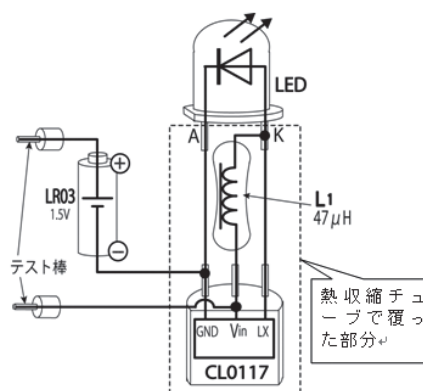


図6 実態配線図（LED点灯部およびその内部構造）



図7 LEDの点灯部

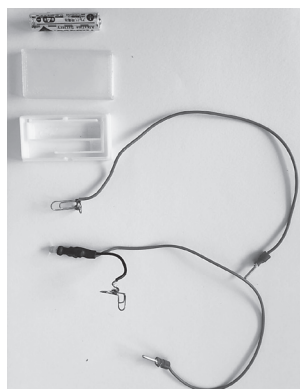


図8 LEDテスター
(組み立てる前のようす)

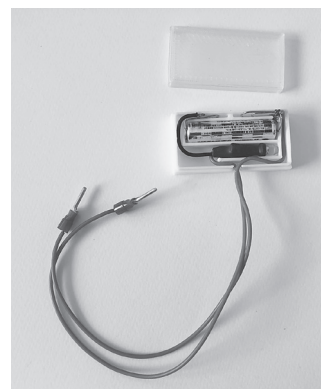


図9 LEDテスター
(上蓋を付ける前のようす)

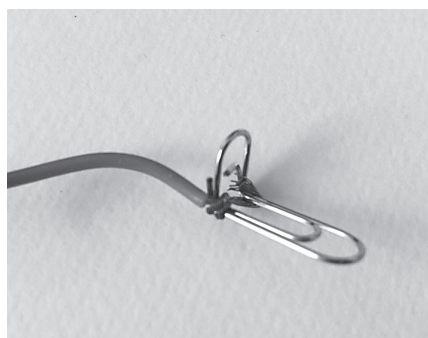


図10 乾電池と導線の接点

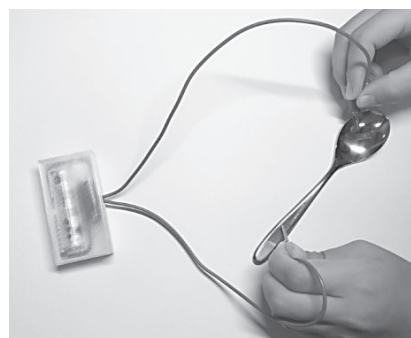


図11 LEDテスターを使って
実験しているようす

3. 授業実践

授業は防府市立華城小学校3年A組で実施した。授業者は筆者の1人の品川である。文部科学省(2008a)の『小学校学習指導要領』で示されている「電気を通す物と通さない物があること」を3時間(45分×3)で実践した。授業を受けた児童の人数は31名であった。1時間目の授業を45分、2時間目と3時間目の授業を90分(45分×2)とした。授業の実施日は2017年9月14日と9月20日である。本稿では1時間目の授業を授業①、2時間目と3時間目を授業②と称する。授業①では、電気を通す物と通さない物を調べる教具「LEDテスター」を作らせた。授業②では、授業①で作ったLEDテスターを使わせ、電気を通す物と通さない物を調べさせた。授業ではLEDテスターを「テスター」と称した。そのため、「3. 授業実践」ではLEDテスターを「テスター」と称する。具体的な内容を以下に示す。

授業①の導入時、児童には授業①～授業②の学習課題「どんな物が、電気を通すのだろうか。」を提示した。次に、授業①で、電気を通す物と通さない物を調べる教具を作ること、授業②で、作った教具を使って電気を通す物と通さない物を調べることを伝えた。児童一人ひとりにテスターの部品を配付し、教員がテスターの仕組みとつくり方を説明した。児童一人ひとりが自分の手で導線の長さを調整し、各部品を組み立て、テスターを作った。

授業②では、電気を通す物と通さない物を調べさせた。調べさせた対象物を表1に示す。授業では、児童に調べる対象物とワークシートを配付し、対象物の名称と材料(対象物の材質)を確認した。次に、児童の予想をそれぞれワークシートに書かせた。このとき、明かりがつかると電気を通す物と考えてよいこと、また、明かりがつかないと電気を通さない物と考えてよいことを説明した。

実験は児童一人ひとりに行わせ、実験結果をワークシートに記録させた。実験結果の記録のさせ方については「4. 調査の方法、分析の方法」で後述する。実験のようすを図12～図14に示す。

実験終了後、児童の実験結果をもとに学級全体で話し合った。児童に各対象物の実験結果を発表させ、学級全体で確認し、また、対象物のどこにテスターのテスト棒をあてたのかを発表させた。このとき、教員は、テスターのテスト棒をあてた場所の対象物の材料が何であるのかを児童に質問し、学級全体で確認した。

31名の児童の実験結果が一致しなかった対象物が3つあった。対象物⑦のアルミ缶、対象物⑧のスチール缶、対象物⑩のバケツであった。これらの対象物については教員が演示実験をして見せ、学級全体で確認した。いずれも演示実験の結果は「明かりがついた」であった。ただし、演示実験においても対象物⑩のバケツは、テスターのテスト棒をあてる場所によって明かりがついたり、明かりがつかなかったりした。

得られた実験結果をもとに再度、学級全体で話し合わせた。児童が導出した結論は「金ぞくは、電気を通す。プラスチック、紙、竹（木）は電気を通さない。」であった。

授業の終了時、対象物⑦のアルミ缶、対象物⑧のスチール缶、対象物⑩のバケツで実験結果が一致しなかった理由について教員が説明した。具体的には、対象物⑦のアルミ缶については缶胴に電気を通さないものがぬってあることを説明した。対象物⑧のスチール缶については上蓋、缶胴、底蓋に電気を通さないものがぬってあることを説明した。対象物⑩のバケツについては、バケツの表面によごれが付くなど、電気を通しにくい状態になっていた場所があったと考えられることを説明した。

表1 児童に調べさせた対象物

①スプーン（材料：鉄）	②スプーン（材料：プラスチック）	③折り紙（材料：紙）	④アルミホイール（材料：アルミニウム）	⑤ものさし（材料：竹（木））	⑥ものさし（材料：プラスチック）	⑦アルミ缶（材料：塗料でコーティングされたアルミニウム）	⑧スチール缶（材料：塗料でコーティングされた鉄）	⑨ハサミ（材料：鉄，プラスチック）	⑩トタンのバケツ（材料：亜鉛でめっきされた鉄）
-------------	------------------	------------	---------------------	----------------	------------------	------------------------------	--------------------------	-------------------	-------------------------

対象物の名称（材料）

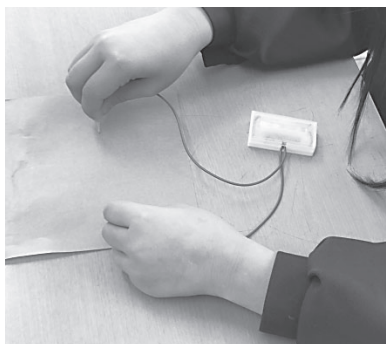


図12 折り紙（対象物③）を調べているようす

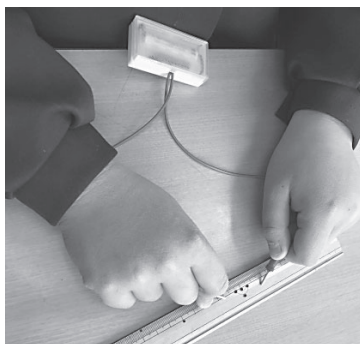


図13 ものさし（対象物⑤）を調べているようす



図14 バケツ（対象物⑩）を調べているようす

4. 調査の方法、分析の方法

4-1 実験結果

表1に示した対象物①～対象物⑩について調べる実験を児童一人ひとりに行わせ、実験結果をワークシートに記入させた。具体的には、ワークシートに対象物①～対象物⑩を図と文字（名称（材料））で示し、「明かりがついた」は○、「明かりがつかなかった」は×、「その他」は△とし、対象物ごとに記号（○，×，△）を（ ）に記入させた。また、ワークシートには記述欄を設定し、「その他」については状況を自由記述で回答するようにさせた。

ワークシートに記入された児童の実験結果をもとに、対象物ごとに「明かりがついた」、「明かりがつかなかった」、「その他」の人数を集計した。

4-2 実験に要した時間

授業では、実験を同時刻に始めた。ワークシートに「じっけんが終わった時間」を記入する欄を設定し、児童が実験を終了した時点で、その時刻をそれぞれ記入させた。

この記録をもとに実験に要した時間を算出した。次に、実験に要した時間の平均値と標準偏差を算出した。

4-3 児童の意識

質問紙法を用いて児童の意識を調査した。この調査は、授業終了後に実施した。質問紙では問1と問2を設定した。問1は選択肢法による調査、問2は記述法による調査である。問1では「今日のじゅぎょうについて、あなたが感じたことを教えてください。それぞれのしつもんこうもくにおいて、あてはまるものに○をつけてください」という教示を行い、表3に示した5つの質問項目（質問項目①～質問項目⑤）を設定した。質問項目①と質問項目②は、授業に対する児童の意識を調べる目的で設定し、また、質問項目③～質問項目⑤は実験に対する児童の意識を調べる目的で設定した。各質問項目については、5件法（とてもあてはまる、だいたいあてはまる、どちらともいえない、あまりあてはまらない、まったくあてはまらない）で回答を求めた。

問2では「問1でそのように答えた理由を教えてください。理由が書けるものについて書いてください」という教示を行い、表3（表4）の質問項目ごとに記述欄を設定し、自由記述で回答を求めた。

問1を分析するにあたっては、5件法の「とてもあてはまる」～「まったくあてはまらない」を5点～1点とし、この得点を用いて平均値と標準偏差を算出し、天井効果の有無、床効果の有無を確認した。

問2を分析するにあたっては、記述の内容を読み取り、児童がそのように感じた要因（児童の意識の背景）を見取ることができたものを抽出した。次に、要因ごとに分類し、人数を集計した。なお、問1の5件法をもとに児童の意識を3つ（ポジティブ、ポジティブ・ネガティブのどちらともいえない、ネガティブ）に分けた。具体的には、「とてもあてはまる」と「だいたいあてはまる」をポジティブ、「どちらともいえない」をポジティブ・ネガティブのどちらともいえない、「あまりあてはまらない」と「まったくあてはまらない」をネガティブとした。児童の記述から、類似の内容が複数抽出された場合には、1つの意見として集約し（一方の意見を省略し）、人数を集計した。また、1人の記述から複数の要因が抽出された場合には、それぞれ個別の意見として集計した。

5. 結果と考察

5-1 実験結果

実験結果については対象物ごとに「明かりがついた」、「明かりがつかなかった」、「その他」の人数を集計した。集計の結果を表2に示す。なお、「その他」という回答は0名であったため、表2に表記しなかった。

7つの対象物（対象物①、対象物②、対象物③、対象物④、対象物⑤、対象物⑥、対象物⑨）では31名の児童の実験結果が一致した。具体的には、対象物①のスプーン（鉄）、対象物④のアルミホイール（アルミニウム）、対象物⑨のハサミ（鉄、プラスチック）は明かりがついたであり、対象物②のスプーン（プラスチック）、対象物③の折り紙（紙）、対象物⑤のものさし（竹（木））、対象物⑥のものさし（プラスチック）は明かりがつかなかったである。

児童の実験結果が一致した7つの対象物中、対象物⑨以外の6つの対象物（対象物①、対象物②、対象物③、対象物④、対象物⑤、対象物⑥）について考察する。対象物①、対象物④は電気を通す物であり、「明かりがついた」は正しい回答といえる。対象物②、対象物③、対象物⑤、対象物⑥は電気を通さない物であり、「明かりがつかなかった」という実験結果は正しい回答といえる。対象物①～対象物⑥において31名の児童の実験結果が一致し、すべて正しい回答であった。このことは、電気を通す物と電気を通さない物を明瞭に識別できたことを示している。

対象物⑨のハサミには鉄とプラスチックの2つの部分があるため、調べ方によっては「明かりがついた」、「明かりがつかなかった」、「その他」のいずれであっても正しい回答となる。具体的には、LEDテスターのテスト棒を鉄の部分にあてて調べた場合、「明かりがついた」になる。LEDテスターのテスト棒をプラスチックの部分にあてて調べた場合、また、テスト棒を鉄の部分とプラスチックの部分にあてて調べた場合、「明かりがつかなかった」になる。前者と後者の調べ方をともに行った場合、「明かりがついた」と「明かりがつかなかった」の両方がみられるため、「その他」を選択し、「明かりがつく場合とつかない場合がある」というような記述がなされる可能性があった。この授業では、表2のようにすべての児童の実験結果が「明かりがついた」であった。実験中、児童は前者と後者の調べ方をともに行っていた。児童の実験結果が「その他」にならなかったのは、鉄の部分にあてて明かりがついたため、「明かりがついた」という実験結果にしたものと思われる。ハサミの鉄の部分にあてて「明かりがついた」という実験結果になったことも、電気を通す

物を明瞭に識別できたことを示している。

つまり、上記の7つの対象物（対象物①，対象物②，対象物③，対象物④，対象物⑤，対象物⑥，対象物⑨）では31名の児童の実験結果が一致し、すべて正しい回答であったといえる。このことは、電気を通す物と電気を通さない物を明瞭に識別できたことを示しており、LEDテスターを使った実験の有効性を示しているといえる。

3つの対象物（対象物⑦，対象物⑧，対象物⑩）では31名の児童の実験結果が一致しなかった。

対象物⑦のアルミ缶、対象物⑧のスチール缶について考察する。対象物⑦の材料はアルミニウム、対象物⑧の材料は鉄である。いずれも金属であり、電気を通す物であるが、塗料でコーティングされている。対象物⑦については缶胴がコーティングされているが、上蓋と底蓋はコーティングされていないものを用いた。対象物⑧については上蓋、缶胴、底蓋ともにコーティングされているものを用いた。コーティングの面積の違い（金属が露出した面積の違い）が、対象物⑦と対象物⑧の人数の違いになったものと思われる。なお、対象物⑧で「明かりがついた」という実験結果を得た児童が調べたのは、上蓋の飲み口（開け口）の側面であり、わずかに金属が露出している部分であった。この児童がこのことを発見しなかった場合、児童に紙やすりを配付し、スチール缶の表面をけずらせ、LEDテスターを使って調べさせる予定であった。

対象物⑩の材料は鉄であるが、亜鉛でめっきされている。亜鉛と鉄は金属であるため、ともに電気を通す物であるが、バケツの表面に汚れが付着していたり、バケツの表面の状態が変化していたりするなど電気を通しにくい状態になっていた場所があり、表2のような実験結果になったと思われる。

表2 児童の実験結果

対象物の名称（材料）	明かりがついた	明かりが つかなかった
①スプーン（鉄）	31	0
②スプーン（プラスチック）	0	31
③折り紙（紙）	0	31
④アルミホイル（アルミニウム）	31	0
⑤ものさし（竹（木））	0	31
⑥ものさし（プラスチック）	0	31
⑦アルミ缶（塗料でコーティングされたアルミニウム）	7	24
⑧スチール缶（塗料でコーティングされた鉄）	1	30
⑨ハサミ（鉄，プラスチック）	31	0
⑩トタンのバケツ（亜鉛でめっきされた鉄）	21	10

数値：人数

5-2 実験結果と実験に要した時間

実験に要した時間を分析した結果、平均値は490秒（8分10秒）、標準偏差は190秒（3分10秒）であった。有効回答数は30名であった。

授業②でLEDテスターを使わせ、電気を通す物と通さない物を調べさせた。授業②の授業時間は90分（45分×2）であった。一方、小学校の授業時間は一般的に45分である。上記の結果は、45分の授業中に実施する実験として、時間的な問題が生じないことを示している。

5-3 児童の意識

質問紙の問1を分析した結果（平均値と標準偏差，天井効果の有無，床効果の有無）を表3に示す。すべての質問項目（質問項目①「じゅぎょうがよく分かった」，質問項目②「じゅぎょうが楽しかった」，質問項目③「じっけんをして電気を通す物が分かった」，質問項目④「じっけんがしやすかった」，質問項目⑤「テスターは使いやすかった」）で天井効果がみられた。これらのことは、授業に対する児童の意識（「じゅぎょうがよく分かった」，「じゅぎょうが楽しかった」）、また、実験に対する児童の意識（「じっけんをして電気を通す物が分かった」，「じっけんがしやすかった」，「テスターは使いやすかつ

た)) が良好であったことを示している。

表3 質問紙の間1を分析した結果

番号	質問項目	人数	平均値 (標準偏差)	天井 効果	床 効果
①	じゅぎょうがよく分かった	28	4.86 (0.36)	●	-
②	じゅぎょうが楽しかった	28	4.93 (0.38)	●	-
③	じっけんをして電気を通す物が分かった	28	4.82 (0.39)	●	-
④	じっけんがしやすかった	28	4.39 (0.74)	●	-
⑤	テスターは使いやすかった	28	4.39 (0.69)	●	-

min=1 max=5

● : 効果あり - : 効果なし

質問紙の間2について、前述した方法で記述を抽出・分類し、人数を集計した。抽出・分類し、集計した結果を表4に示す。

質問項目①「じゅぎょうがよく分かった」について以下、考察する。いずれも、ポジティブな意識に分類されたものである。「かんたんにしらべることができたから」、「いろいろなものをしらべたから」といった記述がみられた。これらの記述からは「実験」が要因として読み取れる。このことは「じゅぎょうがよく分かった」という意識の要因の1つとして「実験」があったことを示しており、実験の有効性を示唆しているといえる。この他、「はんのみんなと話し合ったから」、「みんなと話し合ったから」、「みんなが分かりやすくせつめいしてくれたから」といった記述がみられた。これらの記述からは「友達とのかかわり合い」が要因として読み取れる。「先生がせつめいしてくれたから」といった記述がみられた。この記述からは「教員の指導・支援」が要因として読み取れる。

質問項目②「じゅぎょうが楽しかった」について以下、考察する。いずれも、ポジティブな意識に分類されたものである。「テスターをつかってしらべたから」、「電気を通すと明りがつくから」、「いろいろなものをたしかめたから」、「じっけんしたから」といった記述がみられた。これらの記述からは「実験」が要因として読み取れる。このことは「じゅぎょうが楽しかった」という意識の要因の1つとして「実験」があったことを示しており、実験の有効性を示唆しているといえる。この他、「みんなとつくもの、つかないものがちがったから」といった記述がみられた。この記述からは「実験結果の違い」が要因として読み取れる。「はんのみんなと考えたから」といった記述がみられた。この記述からは「友達とのかかわり合い」が要因として読み取れる。「電気を通す物と通さない物があることが分かったから」といった記述がみられた。この記述からは「理解できたこと」が要因として読み取れる。

上記の質問項目①「じゅぎょうがよく分かった」と質問項目②「じゅぎょうが楽しかった」を分析した結果、授業に対する意識の要因の1つに「実験」があり、実験の有効性が示された。換言すると、授業に対する意識に実験が影響を及ぼしているといえる。

一方、下記の質問項目③「じっけんをして電気を通す物が分かった」、質問項目④「じっけんがしやすかった」、質問項目⑤「テスターは使いやすかった」は、実験に関することである。そのため、記述から見取った要因は、すべて実験に関することになる。

質問項目③「じっけんをして電気を通す物が分かった」について以下、考察する。いずれも、ポジティブな意識に分類されたものである。「金ぞくが電気を通すことが分かったから」といった記述がみられた。この記述からは「理解できたこと」が要因として読み取れる。「いろいろなものをしらべたから」といった記述がみられた。この記述からは「複数の対象物を調べたこと」が要因として読み取れる。なお、「いろいろなもの」とは、表1に示した対象物①～対象物⑩のことである。「かんたんにしらべられたから」といった記述がみられた。この記述からは「容易に調べられたこと」が要因として読み取れる。「テスターで通すか通さないかをかくにんしたから」といった記述がみられた。この記述からは「テスターを使って調べたこと」が要因として読み取れる。

質問項目④「じっけんがしやすかった」について以下、考察する。この質問項目④では、ポジティブな意識に分類されたもの、また、ポジティブ・ネガティブのどちらともいえない意識に分類されたものがあった。まず、ポジティブな意識に分類されたものについて述べる。「テスターが使いやすかったから」といった記述がみられた。この記述からは、文言どおり「テスターが使いやすかったこと」が要因として読み取れる。

「つくもの、つかないものがすぐに分かるから」といった記述がみられた。この記述からは「容易に調べられたこと」が要因として読み取れる。「先生がじっけんのしかたをおしえてくれたから」といった記述がみられた。この記述からは「教員の指導・支援」が要因として読み取れる。次に、ポジティブ・ネガティブのどちらともいえない意識に分類されたものについて述べる。「バケツが分かりにくかったから」といった記述がみられた。この記述からは「容易に調べられなかったこと」が要因として読み取れる。

質問項目⑤「テスターは使いやすかった」について以下、考察する。いずれも、ポジティブな意識に分類されたものである。「すぐにつくから」、「あてるだけで光るから」、「とても分かりやすいから」といった記述がみられた。これらの記述からは「容易に調べられたこと」が要因として読み取れる。「もちやすかったから」、「小さいから」、「とてもいい大きさだった」、「かるかったから」といった記述がみられた。これらの記述からは「テスターの形、大きさ、重さ」が要因として読み取れる。

表4 質問紙の問2の記述内容を抽出・分類し、集計した結果

番号	質問項目	分類	記述内容	人数
①	じゅぎょうがよく分かった	◎	かんたんにしらべることができたから	4
			いろいろなものをしらべたから	2
			はんのみんなと話し合ったから	1
			みんなと話し合ったから	1
			みんなが分かりやすくせつめいしてくれたから	1
			先生がせつめいしてくれたから	2
②	じゅぎょうが楽しかった	◎	テスターをつかってしらべたから	5
			電気を通すと明りがつくから	3
			いろいろなものをたしかめたから	3
			じっけんしたから	2
			みんなとつくもの、つかないものがちがったから	1
			はんのみんなと考えたから	1
			電気を通す物と通さない物があることが分かったから	4
③	じっけんをして電気を通す物が分かった	◎	金ぞくが電気を通すことが分かったから	9
			いろいろなものをしらべたから	3
			かんたんにしらべられたから	1
			テスターで通すか通さないかをかくにんしたから	1
④	じっけんがしやすかった	◎	テスターが使いやすかったから	5
			つくもの、つかないものがすぐに分かるから	4
		先生がじっけんのしかたをおしえてくれたから	3	
⑤	テスターは使いやすかった	◎	バケツが分かりにくかったから	1
			すぐにつくから	2
			あてるだけで光るから	2
			とても分かりやすいから	2
			もちやすかったから	2
			小さいから	2
			とてもいい大きさだった	1
			かるかったから	1

◎：ポジティブ △：ネガティブ

○：ポジティブ・ネガティブのどちらともいえない

6. まとめ

本研究では、LEDテスターを使って授業を実践し、児童の実験結果、実験に要した時間、児童の意識を調・分析し、授業の有効性、また、実験の有効性について議論した。その結果、明らかになったことは以下の3つ(①～③)である。

① 実験結果を分析した結果、7つの対象物(対象物①～対象物⑥, 対象物⑨)において31名の児童の実験結果が一致し、すべて正しい回答であった。このことは、電気を通す物と電気を通さない物を明瞭に識別できたことを示しており、LEDテスターを使った実験の有効性を示している。

- ② 実験に要した時間を分析した結果、平均値は8分10秒であった。このことは、授業中に実施する実験として、時間的な問題が生じないことを示している。
- ③ 質問紙の選択技法による調査を行い、分析した。その結果、すべての質問項目で天井効果がみられた。これらのことは、授業に対する児童の意識（「じゅぎょうがよく分かった」、「じゅぎょうが楽しかった」）、また、実験に対する児童の意識（「じっけんをして電気を通す物が分かった」、「じっけんがしやすかった」、「テスターは使いやすかった」）が良好であったことを示している。さらに、質問紙の記述法による調査を行い、分析した。その結果、児童の意識の要因のいくつかが明らかになった。

おわりに

今後、LEDテスターについては、本研究で得られた知見をもとにさらに改良していく予定である。本研究において、児童の意識の要因として「実験」以外に「友達とのかかわり合い」や「教員の指導・支援」などもみられた。今後、授業の工夫改善を「友達とのかかわり合い」や「教員の指導・支援」といった視点からも行っていきたい。

付記

本研究は、科学研究費・基盤研究(C)（課題番号：16K01067）の助成を受けて実施した。本研究の一部は、第66回日本理科教育学会中国支部大会鳥取大会（2017年11月18日）で発表した。

文献

- 有馬朗人ほか（2017）：『新版たのしい理科3年』，大日本図書。
- 石浦章一・鎌田正裕二ほか（2017）：『わくわく理科3』，啓林館。
- OptoSupply（2010）：『OSR5CA5111A-WY 説明書』，<http://akizukidenshi.com/download/OSR5CA5111A-WY.pdf>
- 経済産業省（2014）：『エネルギー基本計画』，
http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf
- 経済産業省（2017）：『別表第八 電気用品安全法施行令（昭和三十七年政令第三百二十四号）別表 第一第六号から第九号まで及び別表第二第七号から第十一号までに掲げる交流用電気機械器具並びに携帯発電機』，
<http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/kaishaku/gijutsukijunkaishaku/beppyoudai8.pdf>
- 癸生川武次ほか（2017）：『楽しい理科3年』，信州教育出版社。
- 小峰龍男（2012）：『はじめる！楽しい電子工作』，SBクリエイティブ，pp.22-23。
- 霜田光一・森本信也ほか（2017）：『みんなと学ぶ小学校理科3年』，学校図書。
- 首相官邸（2016）：『日本再興戦略2016 - 第4次産業革命に向けて - 』，
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/zentaihombun_160602.pdf
- 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 照明器具等判断基準ワーキンググループ（2017）：『総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 照明器具等判断基準ワーキンググループ 取りまとめ』，
<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170310004.pdf>
- ChipLink（2013）：『CL0117説明書』，http://akizukidenshi.com/download/ds/chiplink/CL0117_EN_a.pdf
- トランジスタ技術編集部（2005）：『電池応用ハンドブック』，CQ出版，pp.235-244。
- 毛利衛・黒田玲子ほか（2017）：『新編新しい理科3年』，東京書籍。
- 文部科学省（2008a）：『小学校学習指導要領』，文部科学省。
- 文部科学省（2008b）：『小学校学習指導要領解説理科編』，大日本図書。
- 養老孟司・角屋重樹ほか（2017）：『未来をひらく小学理科3』，教育出版。