

# 小中学校の関連を意識した新しい理科学習教材の開発と 授業実践研究

～小学校における「電圧」の導入について～

栗田 克弘<sup>\*1</sup>・津守 成思<sup>\*2</sup>・秋山 広之<sup>\*3</sup>・柴田 勝<sup>\*1</sup>・重松 宏武<sup>\*1</sup>

The Research and Development of Teaching Materials in Elementary and Junior high school Science Lessons:  
Introduction of Digital voltmeter in Elementary school

KURITA Katsuhiko<sup>\*1</sup>, TSUMORI Narushi<sup>\*2</sup>, AKIYAMA Hiroyuki<sup>\*3</sup>,  
SHIBATA Masaru<sup>\*1</sup>, SHIGEMATSU Hirotake<sup>\*1</sup>

(Received May 31, 2022)

キーワード：電圧概念、デジタル電圧計、体験型理解、思考型理解、低次の法則としての事実

## はじめに

小学校の理科では電気の学習は毎学年行われる。その学習内容は、「電気の通り道」(第3学年)、「電流の働き」(第4学年)、「電気がつくる磁力」(第5学年)、「電気の利用」(第6学年)である。具体的な内容は、「回路」「良導体(金属)」「乾電池の直列つなぎと並列つなぎ」「電磁石」「発電と蓄電」である。中学校では2年生で「電流」「電流と磁界」の学習がある。生徒は「電流」では「電流と電圧」「抵抗」「オームの法則」「静電気と電流」を学び、「電流と磁界」では「電流がつくる磁界」「磁界中の電流が受ける力」「電磁誘導と発電」を学ぶ。一見、小学校での電気の学習が中学校に関連づけられているように見える。しかし、児童生徒の認識が小学校での電気の学習と中学校とを関連づけられているかは、授業実践から厳しく検討する必要がある。例えば、小学校では「電流」が児童にどのように理解され、それが中学校でどう発展し拡張されるのか、授業における児童生徒の具体的な活動から十分検討される必要がある。学習内容の系統性に関わる児童生徒の認識の順次性を考えることが重要である。

本研究の目的は、実験や観察などの活動を通して児童生徒の自然認識が小学校から中学校まで系統的に発展的に指導されるようになるために必要とされる新しい学習教材を開発していくことである。小学校や中学校での学習は独立して存在しているのではなく、相互に関連づいて成り立っているということを児童生徒の認識の立場でとらえ直すことである。

本研究では、電気の学習について中学校にだけ登場する「電圧」について小学校の理科の授業における児童の理解の可能性について新しい授業カリキュラムを創り授業実践による検討と考察を行った。現在、「電圧」については小学校では一切取り扱われていない。「電流」のみを学習する。児童にとっては電気に関わる量的な認識はすべて「電流」になってしまっている。小学校4年生の「乾電池の直列つなぎ」と「並列つなぎ」の違いは回路につないだモーター等の動き方の違いで児童は判断するが、それがどうしてなのかは一切追求できない。実験をして確かめたらそうだった、と受け入れないと理解はできないようになっている。日常生活から児童は「ボルト」という言葉や「V」という記号を見たり聞いたりしているはずである。そのような生活的概念から「電圧」概念を導入できないかという新しい提案でもある。具体的な実践研究は小学校4年の理科に「電圧」を導入する新しい授業の指導計画を検討し、それをもとに附属小学校教員が授業を実践した。その後、指導計画や学習教材の評価を大学教員と附属学校教員で行った。

\*1 山口大学教育学部理科教育選修 \*2 山口大学教育学部附属山口小学校 \*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 小学校4年で「電圧」を導入

現行の小学校理科4年の「電流の働き」には小単元として「乾電池の数とつなぎ方」がある。児童の学習内容は、「電流」「直列つなぎ」「並列つなぎ」がキーワードになっている。電流の向きや大きさと関係づけて、「乾電池の直列つなぎ」「乾電池の並列つなぎ」での電流の働きを理解することが目標となっている。

しかし、乾電池のつなぎ方を変えることは、そもそも電源の起電力を大きくすることであり、その結果として回路に電流が大きくなることである。乾電池のつなぎ方を変えることと、回路を流れる電流の大きさだけで児童が「電流の働き」を理解しようとするには、そもそも困難さと難しさがあるのではないだろうか。実験の結果だけでは、「どうしてそうなったのか？」と児童が抱いた疑問には答えることはできないのではないだろうか。

そこで、現行では小学校で一切扱われていない「電圧」、特に「乾電池の起電力」について着目し、日常生活で知っていることをもとに新しく「電圧」を導入したいと考えた。児童は日常生活を通して「ボルト」という文字や「V」という記号を見聞きしているのではないかと、それをもとに「電圧（乾電池の起電力）」として乾電池などに書かれている「ボルト」「V」を乾電池が回路の電流の大きさを決めている目安として導入する新しい授業過程を提案したい。

### 1-2 「電圧」の学習における“REALITY”と“ACTUALITY”について

小学校の電気の学習においては、「どうしてそうなるか？」を考えるよりもまず実験を行い現象を確かめていくことが多い。例えば、回路に流れる電流について配線図（や回路図）で理解するのではなく、実際に回路を作ってモーターや電球を動かしたり点灯させて確かめていく学習活動である。この状況は中学校でもそう違いはない。このような学習活動は“体験的理解”に近いと言える。思考からではなく実験活動から理解していくわかり方である。従来の“体験的理解”は、以下のようにまとめられる。

- ・小学校では特に活動を通して「できる」「わかる」場面が重要となる。
- ・“思考的理解”は、発達段階における言語活動が大きく影響してくる。

ここで注意しないといけないのは、“体験的理解”においても自然を現象だけの受け止めで終わるのではなく、事実としての認識が必要であることである。このことを新たに追加した“体験的理解”を本研究では提起する。

- ・“体験的理解”には同時に事実を低次の法則としてとらえる認識や理解が必要である。それが将来言葉(概念)での自然の法則の理解に発展していく。

このような“体験的理解”を「電圧」について小学校から導入しようというのが本研究の大きなねらいである。「直列つなぎ」「並列つなぎ」をつなぎ方の違いだけでとらえるのではなく、測定可能な「電圧」をもとに「電圧の大きさの違い」を「乾電池の起電力の違い」と関連づけた低次の法則としての事実として理解させたいと考えている。佐藤学は、「思考して理解する」ことを“REALITY”、「身体を通して理解する」ことを“ACTUALITY”と呼んでいる。本研究では、“体験的理解(=ACTUALITY)”は、現象をとらえるだけでなく低次の法則としての事実としてとらえることにする。「乾電池の直列・並列つなぎ」は現象としての理解ではなく、「電圧(=乾電池の起電力)の違い」ととらえる理解を“体験的理解”をとらえる。

### 1-3 新しい単元「かん電池と電圧」について

小学校4年では簡易検流計や電流計を使用し、回路を流れる電流の大きさや向きを測定する。乾電池を「直列つなぎ」「並列つなぎ」にすると電流の大きさが変化する、という現象のみ確かめる。ここではどうしてそうなったかは深く追求しない。そこで、「電圧」は電圧計で測定でき「ボルト」という単位で電流を流そうとする強さを示している、と導入したい。単元名は「かん電池と電圧」とし、現行教科書の「電流」「直列つなぎ」「並列つなぎ」も扱う。例えば、実験で乾電池の「直列つなぎ」や「並列つなぎ」では電流の大きさだけではなく「電圧」も測定し豆電球やモーターの動作に違いが出ることを扱う。乾電池の「電圧」は、「ボルト」「V」と表され回路の電流の大きさを決めている目安として導入したい。「直列つなぎ」「並列つなぎ」で「電圧」を測定することと関連づけて「初歩の電圧概念」の導入を“体験的理解”として行いたい。さらに本研究では、児童が実験で電圧を測定することを可能にするために「デジタル電圧計」を使用する。

## 2. 研究の内容について

### 2-1 「電圧」についての実態調査

小学校4年の新しい単元「かん電池と電圧」を考案する前に、児童の「電圧」についての実態調査を質問紙法によって行った。

〈実施日〉2022年3月16日（水）

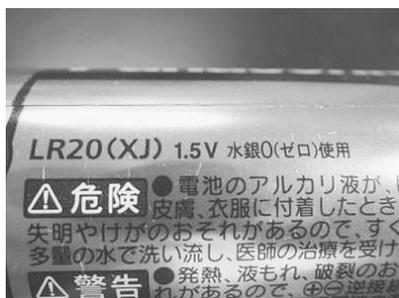
〈対象〉山口大学教育学部附属山口小学校4年（「電気の働き」は学習済み） 64名

質問項目は以下の通りである。

#### 〈理科アンケート〉

下の電気の質問に答えて下さい。

1. かん電池をよく見ると、「ボルト」という文字やそれを表した「V」という記号が書かれています。「1.5V」や「3.0V」と数字も書いてあることもあります。



- (1) 今までのふだんの生活で、電気に関係することで「ボルト」「V」の文字や記号を見たり聞いたりしたことがありますか。（ア、イ、ウの一つに○をつける）  
ア. 聞いたことがある。 イ. はじめて聞いた。 ウ. わからない。

- (2) 「ボルト」「V」という文字や記号を、かん電池以外で見たり聞いたりしたことはありますか。

- (3) かん電池の「ボルト」「V」は、かん電池の何を表しているとあなたは思いますか。（ア、イ、ウ、エ、オの中から一つ選んで○をつける）

ア. かん電池の大きさを表している。大きいかん電池は「ボルト」の数字が大きく、小さいかん電池は小さい。

イ. かん電池の重さをあらわしている。重いかん電池は「ボルト」の数字が大きく、軽いかん電池は小さい。

ウ. かん電池につないだもの（豆電球やモーターなど）に流れる電流の大きさに関係している。「ボルト」の数字の大きいかん電池につないだ豆電球はより明るくなる。

エ. かん電池のデザインで何かを表しているわけではない。かん電池を買う人の目をひくための工夫である。数字もデザインの一つである。

オ. わからない。

2. あなたは今までの電気の学習で知りたいと思ったり疑問に感じたりしたことはありますか。それがある人はどのようなことか書いて教えて下さい。

質問の1. (1) は、児童が日常生活において、「ボルト」「V」という文字や記号を見聞きしたことがあるかどうかについての調査である。図. 1にあるように、約70%の児童が聞いたり見たりしたことがあり、約20%の児童は「はじめて聞いた。」という児童であった。

小学校4年生の児童は、「電圧」に関する「ボルト」「V」という文字や記号について全然知らないわけではないことが明らかになった。「電圧」概念はまだ学習していないが、それにつながる未熟な概念を持っていることがわかる。

質問の1. (2) の児童の主な記述は以下の通りである(原文のまま)。

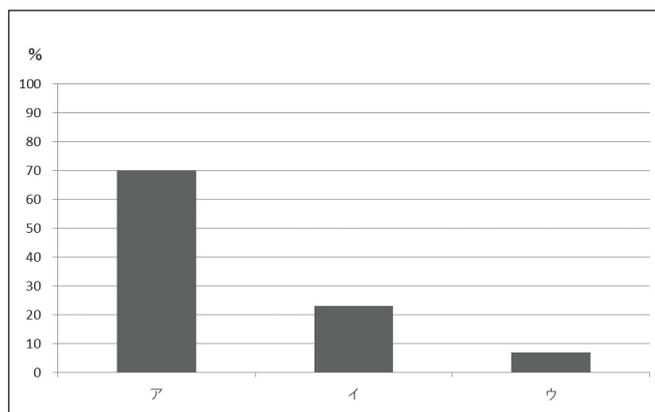


図1 「『電圧』『V』という文字や記号を見たり聞いたりしたことはあるか？」 N=60

デンキウナギ、シビレエビなどで聞いたことがあります/デンキウナギは、的を感電し、たおすことを知っています/ポケモン/ウナギの中では〇〇V(ボルト)、かんでんさせるウナギがいる、と聞いたことがあります/電子レンジ ポケモンのピカチュウ 電圧 電地 電圧電流そうち タブレット オーブントースター/コンセントをさす所にかいてあった。ポケモンにも「10万ボルト」というのもあった/コンセントや発電のときとかにきいたりみたことがある/ポケモンのピカチュウの10万V コンセント/どこかで見たことがあるけどなにかは覚えていない/コンセント、本/アニメやかみなりなど/ポケモンで「1万ボルト」電流を流せるというポケモンがいた/船などでつかわれているレーダでよくきく/ポケモンのわざで聞いたことがあるから/「ボルト」は電気のつよさだと思います/ねじの名前やポケモンの10万ボルトとかで聞いたことがあります/ポケモンのこうげき/ピカチュウの10万ボルトで聞いたことがある/水族館で、デンキウナギを見たときに、水そうの上に数ちよくせんと、目もりと、ボルトがあった/ピカチュウの10万ボルト/ポケモンのピカチュウのわざ/ポケモンで10万ボルトで見たことがある/ポケモンのピカチュウが「10万ボルト」で聞いたことがある/本で10Vで人は気ぜつ(水でぬれた場合)200Vで気ぜつすると書いてあった/あとポケモンの10万Vと聞いたことがある/ポケモンで十萬ボルトや百万ボルトなどがあります/ポケモンというアニメで気たことがあります。10万ボルトという言葉です。/ポケモンの技 10まんボルト

児童の記述の中には、「デンキウナギ」「かんでんさせるウナギ」「電子レンジ」「コンセント」かみなり」など日常生活の中で知っていることをあげている児童が多くいる。さらに一番記述が多いのは、アニメ「ポケモン」に出てくる「十万ボルト」「百万ボルト」などと答える児童である。日常生活で「ボルト」「V」などを見たり聞いたりしている児童はかなり多く、学習集団として全然知らないわけではないことがわかる。

質問の1. (3) の結果は図2である。約80%の児童が、「かん電池の「ボルト」「V」は、かん電池につないだもの(豆電球やモーターなど)に流れる電流の大きさに関係している。「ボルト」の数字の大きいかん電池につないだ豆電球はより明るくなる。」と答えている。

このことは、乾電池の「直列つなぎ」や「並列つなぎ」で豆電球の点灯やモーターの回転に変化があることを既習しているためと考えられる。乾電池のつなぎ方と「回路につないだものの動作」との類推から「ボルト」や「V」は乾電池の大きさや重さではないとらえたためであると考えられる。

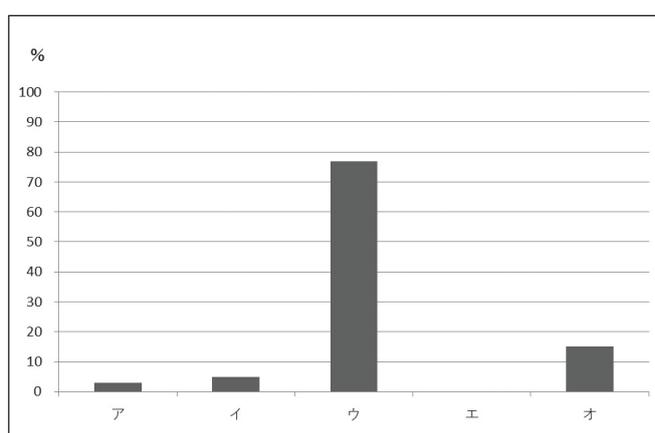


図2 「「ボルト」「V」は、かん電池の何を表しているか？」 N=61

## 2-2 新しい単元「かん電池と電圧」について

### 2-2-1 新しい単元「かん電池と電圧」の指導計画

質問紙調査の結果から、小学校4年生の70%近くの児童は日常生活から「電圧」「V」という言葉や文字を見たり聞いたりしており、乾電池の「ボルト」や「V」が「電流の大きさに関係している」ということが分かっている。また、約80%の児童が、「ボルト」「V」が乾電池をつないだ回路の電流の大きさに関係しているととらえていることが分かった（ただし対象児童は既習事項である）。そこで、現行の教科書でも扱われている内容をもとに「電圧」という新しい物理量を学習する場面を追加した指導計画を新たに考案した。

単元名は「かん電池と電圧」とし、その指導目標を以下のように設定した。

#### 【単元「かん電池と電圧」の指導目標】

乾電池の電圧は電圧計によって測ることができ、その電圧の大きさによって回路につないだもの（豆電球やモーター、LED）の働く強さが決まることを理解する。

単元の指導目標をもとに指導計画を以下のように新しく考案した。

指導計画	具体的指導内容	〔デジタル電圧計〕の活用場面
I. 電圧とは？ 「V（ボルト）」で表され、乾電池の電気を流そうとする強さを表している。電圧は電圧計で測ることができる。	「乾電池に書いてある「V（ボルト）」とは何に関係しているだろうか？」 ～どの乾電池にも「〇〇V（ボルト）」と書いてあることを見つける。～「V（ボルト）」は電圧と呼び、乾電池の電気を流そうとする強さを表している。～デジタル電圧計を使って乾電池のボルト（電圧）を測ってみよう。	電圧計で乾電池の電圧を測定してみよう。（乾電池の電圧、ボルトという単位、電圧計で電圧を数値化できる。）
II. 電圧を測ってみよう①	「色々な乾電池の電圧も電圧計で測ることができる。」 ～色々な乾電池の電圧を実際に測る。～種類の違う乾電池の電圧を電圧計で測りその違いを確かめる。～古い乾電池の電圧は下がっている。	色々な種類の乾電池の電圧を測定してみよう。（古い乾電池と新しいものの電圧の違い。大きさの違う乾電池の電圧。）
III. 電圧を測ってみよう②	「乾電池の直列つなぎの時は、乾電池の両端で測った電圧で豆電球やモーターが働く。電圧が足し算されている。」 ～乾電池の直列つなぎの時には、それぞれの乾電池の電圧をたし合わせたもので、豆電球やモーターが働く。豆電球はより明るく、モーターはより強く回転する。	足し算された直列つなぎの乾電池の両端の電圧の大きさを測定してみよう。
IV. 電圧を測ってみよう③	「乾電池の並列つなぎの時にも、乾電池の共通の両端で測った電圧で豆電球やモーターが働く。電圧は足し算されないがその分長持ちする。」 ～乾電池の並列つなぎの時には、それぞれの乾電池の電圧をたし合わせることはできないので、モーターの回転する早さに変化がない。	並列つなぎの乾電池の共通の両端の電圧の大きさを測定してみよう。
V. 色々な乾電池のつなぎ方	「乾電池を色々つないでも、全体の電圧の大きさを回路につないだもの（豆電球やモーター）の動き方が決まる。」～乾電池を複数つないだ場合には、乾電池の両端の電圧の大きさを回路につないだものの動きが決まる。	乾電池を色々つないで場合の、電圧の大きさを測定してみよう。

## 2-2-2 「デジタル電圧計」について

単元「かん電池と電圧」の指導計画に「〔デジタル電圧計〕の活用場面」を書いた。この単元では「児童が電圧を測定できる」ことが重要である。授業の課題に対して実験で児童が容易に電圧を測定するための機器を準備することが必要である。これまで小学校では電圧計は一切使用されていないが、この新しい単元では〔デジタル電圧計〕（ナリカ 直流電圧計）（図3）を使うことにした。今回使用する〔デジタル電圧計〕は、操作も簡単で使用時の留意点が少ないので児童には大変使いやすい。中学校の電圧の測定の実験では、これまでアナログ電圧計（図4）が多く使用されてきた。しかし、アナログ電圧計は、生徒には電圧計の接続のしかたが難しく、特にマイナス端子の接続するところをどこにしてよいのか迷う、さらにプラス端子とマイナス端子への接続間違いがよく起こる等の使用の難しさがあつた。近年、中学校でもデジタル電圧計がアナログ電圧計と併用されるようになってきている。

今回利用する〔デジタル電圧計〕は、複数の接続端子はなく、+端子と-端子の接続間違いをしても表示が「+」から「-」になるだけで大きな支障はない。接続の間違いによる測定器の破損の心配もない。そのため、児童にも大変使い易い機器と考えられる。この〔デジタル電圧計〕により小学校でも「電圧を測る」ことから学習に入ることが可能になる。



図3 小学校で新しく使用するデジタル電圧計

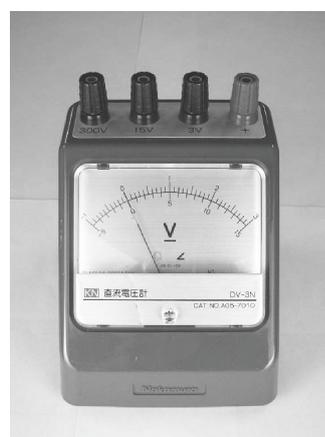


図4 従来から使用のアナログ電圧計

## 2-2-3 指導計画における学習課題について

### 2-2-3-1 「電圧」の導入について（授業Ⅰの内容）

授業Ⅰの目標と授業展開は以下の通りである。

#### 〔授業Ⅰの目標〕

乾電池の電圧は「V（ボルト）」で表され、回路につないだもの（豆電球やモーター等）の働く強さを表していることを理解する。電圧は電圧計で測ることができるようになる。

#### 〔授業の展開〕

まず乾電池を見せて、乾電池に「1.5V（ボルト）」と書いてあるところを注目させる。そして、質問をする。  
〈質問〉「ボルトという言葉聞いたことはあるか？」

（児童：「聞いたことがある。」「初めて・・・。」等）

「乾電池では「ボルト」は「V」で表されている」と説明し再度確認させる。



図5 乾電池の電圧表示1



図6 乾電池の電圧表示2

〔演示実験1〕乾電池が使えなくなったかどうかは、乾電池チェッカー（図7、図8）で調べることができる。



図7 バッテリーチェッカー1



図8 バッテリーチェッカー2

〈説明〉「デジタル電圧計」を使っても乾電池がどれくらい使えるかがわかる。

【作業課題】〈児童実験〉「それでは乾電池の電圧を測ってみよう。」

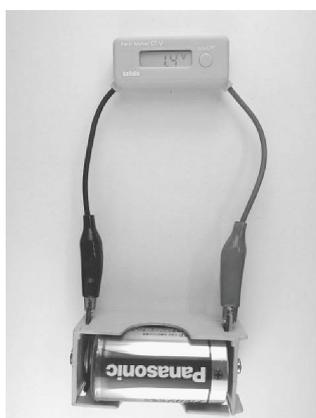


図9 乾電池の電圧を〔デジタル電圧計〕で測定

「1.5V乾電池」だと、新しい乾電池ほど「1.5」に近い数字になる。古くなると「1.5V」より小さくなる。「電圧は回路に乾電池から電気を流そうとする強さを表していて、数字が大きいほどたくさんの電気を流すことができる。」

「乾電池に直接つないでよい。赤い導線は乾電池の+極、黒い導線は-極へつなぐとよい。」  
「この実験器具は、25Vまでの乾電池の電圧の大きさを測ることができる。」

日常生活で使用している乾電池が古くなると使えなくなることを児童は経験的に知っている。豆電球が明るく点灯しなくなったり、つかなくなることで乾電池が古くなっていることを知っている。最近では、バッテリーチェッカーが安価で市販されていて、それを使用したことのある児童もいる。そこで、見た目だけでは判別つかない乾電池の古さを、バッテリーチェッカーを使用することから視覚化することができ、さらに理科の実験では〔デジタル電圧計〕という機器で数値（ボルト）で表すことができると導入する。1.5V用の乾電池であれば、〔デジタル電圧計〕で測定すればそれより数値が少なくなっていれば乾電池が消費されていることを実際に〔デジタル電圧計〕を使用して実験により確かめる。授業では、グループ実験により児童が乾電池の電圧（電池の起電力）を測定することを体験する。

この第一時間目が、「電圧」の導入場面である。ここで「電圧の測定」を行い、同時に「電圧」の意味をまず知るところで単元の中で重要な学習場面である。「ボルト」「V」という日常生活で見たり聞いたりしていることと、乾電池の「電圧」を測定しその大きさによっておこる豆電球の点灯やモーターの動きから「電圧」という物理量について初めて理解をすることになる。バッテリーチェッカーから〔デジタル電圧計〕の使用という児童の自然な思考を期待している。

## 2-2-3-2 〔デジタル電圧計〕による「電圧」の測定（授業Ⅱ～授業Ⅳ）

授業Ⅱの目標と授業の流れは以下のとおりである。

〔授業Ⅱの目標〕

種類の違いや新旧の乾電池の電圧は電圧計で測ることができ、「ボルト」の数値で古い乾電池の電圧が新しい乾電池より小さくなっていることを理解できる。

【作業課題】〈児童実験〉「新しい電池と古い乾電池や種類の違う乾電池の電圧の大きさを実施に測定して比較してみよう。」



同じ種類の乾電池（単一電池）の使えないものと新品のものの電圧を測り、比較する。「新しい乾電池の方は○V（ボルト）、古いものは□V（ボルト）で新しいものの方が電圧が大きい。」ことを実験で確かめる。



「電池の種類（単一電池と単三電池）が違っても、新品の1.5V乾電池の電圧（ボルト）は同じである。」ことを実験で確かめる。

図10 同じ種類で新旧の乾電池の電圧を〔デジタル電圧計〕で測定

図11 種類の違う乾電池の電圧を〔デジタル電圧計〕で測定

授業Ⅱでは授業Ⅰで導入した〔デジタル電圧計〕を使い、色々な乾電池を測定し新しい電池ほど電圧の数値（「ボルト」「V」）が大きいことを児童が実験で確かめ理解を深めていく。

次に続く授業ⅡとⅢの目標と授業の流れは以下の通りである。

〔授業Ⅱの目標〕

- ・「乾電池の直列つなぎ」の時は、それぞれの乾電池の電圧が足し算され乾電池の両端で測った電圧で豆電球やモーターが働くことを理解する。～乾電池の直列つなぎの時には、それぞれの乾電池の電圧はたし算され、豆電球はより明るく点灯しモーターはより強く回転する。

〔授業Ⅲの目標〕

- ・「乾電池の並列つなぎ」の時には、乾電池の共通の両端で測った電圧で豆電球やモーターが働くことを理解する。2個の乾電池の電圧は足し算されないことを理解する。～乾電池の並列つなぎの時には、それぞれの乾電池の電圧をたし合わせるができないのでモーターの回転に変化がない。

【学習課題】（乾電池の直列つなぎ）・・・授業Ⅱ

「かん電池2個を直列つなぎにした時、「かん電池全体の電圧の大きさ」は1個の時にくらべてどうなるでしょうか。」

〈児童実験〉



図12 乾電池1個の電圧の測定



図13 乾電池2個の直列つなぎの電圧の測定

児童は経験的に乾電池を2個直列つなぎにした場合は、豆電球が明るく点灯したりモーターが早く回転することを知っている。現状でこの学習課題は、日常経験からある程度知っていることを実験で確かめる、というようになってしまっている。しかし新しい授業計画では、授業Ⅰで「電圧」を〔デジタル電圧計〕で測定することを既に学んでいるため、それを活用することが可能になる。また、「電圧」の大きさが回路につないだものを動かせる強さを示していることも「半わかり」状態であるかもしれないがすでに理解できている。それをこの場面に適応し認識を深める。乾電池の直列つなぎの両端の電圧は、一つひとつの乾電池の電圧の和になっていることをここで新しく学ぶ。

【学習課題】(乾電池の並列つなぎ)・・・授業Ⅲ

「かん電池2個を並列つなぎにしたとき、「かん電池全体の電圧の大きさ」は1個の時に比べてどうなるでしょうか。」

〈児童実験〉



図14 乾電池1個の電圧の測定



図15 乾電池2個の並列つなぎの電圧の測定

この学習課題では、授業Ⅱと関連づけて乾電池2個の並列つなぎを児童は考えようとする。そして、直列つなぎとの違いがあるのかどうか、あるのならどこにあるのかを考える。そして、実験により乾電池2個の並列つなぎの両端の電圧は、1個の電圧と同じであることを確かめる。直列つなぎでは電圧の大きさは、それぞれの乾電池の電圧の和で足し算ができたが、並列つなぎでは足し算ができないことを新しく学ぶことになる。

授業Ⅴの目標と授業展開は以下の通りである。

〔授業Ⅴの目標〕

「乾電池を色々つないでも、全体の電圧の大きさに回路につないだもの(豆電球やモーター)の動き方が決まっていることを理解する。」

【学習課題】(乾電池のつなぎ方と電圧)・・・授業Ⅴ

「2個のかん電池のつなぎ方をプラス極とマイナス極を逆にしました。この時モーターは回転するでしょうか。回転するならその強さは、かん電池1個の時に比べてどうなるでしょうか。」

〈児童実験〉

2個の乾電池の向きを逆にしてつなぎ、両端の電圧の大きさを〔デジタル電圧計〕で測定をする。同時に、モーターの回転の速さが、乾電池が1個の場合にくらべてどうなったかを確かめる。

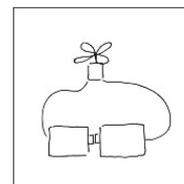


図16 乾電池2個を逆につないだ時の電圧の測定

この授業で、学習した乾電池の電圧は〔デジタル電圧計〕で測定ができること、乾電池の両端の電圧の大きさに回路につないだものの働く強さが決まることを児童は大いに活用することになる。

2個の乾電池のプラス極とマイナス極を逆につないで回路をつくることは、これまで「実験で行ってはいけないこと」として指導してきている。そのため、児童の多くはこれはやってはいけない実験であり、考えることはできない、というのが正直な反応である。

しかし、乾電池2個の直列つなぎの場合には、一つひとつの乾電池の電圧の大きさを足し算することができる、ということに応用して考える児童がいればどうなるかを予想することは可能である。算数では負の数の足し算は未習であるが、乾電池の向きが反対なら電圧の大きさも足し算ではなく、引き算ができるのではないかと児童が想像することはそう難しいことではない。

乾電池の数が1個の場合と比較することにより、この実験結果の思考を深く推し進めることが可能になるであろう。なかには1個分だけの乾電池の電圧がモーターを回転させるのに使われるのではないかと想像する児童もいるかもしれない。色々な予想が児童から自発的に出てくることで、児童の“体験的理解”は深くより確かなものになるのである。このような児童の思考活動を期待している学習課題である。

## 2-3 新しい単元「かん電池と電圧」の授業実践

新しく考案した単元「かん電池と電圧」の授業実践を以下のように実施した。

日時 2022年4月19日(火) 1～2限

対象 山口大学教育学部附属山口小学校5年1組(4年次に事前アンケートを行った学年)

授業者 津守成思

指導計画では5時間扱いであるが、小学校4年の学習内容は既習済みなので2時間で試行した。授業Ⅰの〔デジタル電圧計〕への導入は以下のような授業の流れで行った。

〈授業記録1〉

T:「ここに大量の電池があります。で、みんなの机にも一個ずつ置いときました。で実際、どっちが新しくどっちが古いか先生わからなくなりました。みんなやったらどのように調べますか?じゃあ誰か意見聞かせてください。Zさん」

Zさん:「えなんか、多分忘れたけどこのくらいのちっちゃいやつで(手で大きさを表す)これをパカって開けて、プラス極とマイナス極のどっちかを挟んで、そしたら目盛りがフツって(動く)。」(他の児童「そうそう。」「家にある。」等)

Nさん:「だいたいなんですけど、ここに**なんぼか目盛り**があって、例えばこっちがこうなって、こっちが例えば使えなくて、こっちが使えるって時に、えっとどっかに**メーター**があって、えーとようわからん**挟むやつ**があって、ここに**めめ電池**を挟んだら**こっち側にメーターが左右にゆれて**、使えるか使えないかわかるっていう。」(他の児童「えーそんなのあるの。」)

Mさん:「あの使う要点は同じだと思うんですけど、あのわたしの家にあるのも結構似てたんですけど。あの**挟んでボタンを押したら、3つ光の点滅の信号機**みたいな**3つ光**たらあの**全部がもうない**っていうことで、**切れてます**ってことで、**ちょっと光**たら**まだあります**ってことで見れるようにできる。」

Zさん「僕のやつは**四角い**の**あ**って、**パカ**って**なんか開**けてこの**辺**に挟んで、開けた部分を**ここらへん**にやって、それに**台**みたいなんに**こ**うやったら・・・。」

T「あ、そうか。そういうふうなものが今までみんな知ってるわけね。でちょっと先生も今持ってきました。みんなの前にね。こういうものです。(写真を貼る)」(児童たち「あ、それぞれそれ。」)

T「これ、電池チェッカー、バッテリーチェッカーと言います。」

「新しい乾電池と古いものをどうやって確かめるか。」という問いかけ(太字下線)が重要な発問になる。数名の児童はバッテリーチェッカーを使ったことがあり、それについて大変スムーズに全体の認識となったことが児童の発言(太字)からわかる。児童実験分だけ準備できなかったため、使ったことのある児童が代表して演示実験を行い説明した。演示実験は授業者がカメラを使いテレビ画面に投影し全員の児童が見えるようにした。図17と図18は、児童による演示実験の様子である。

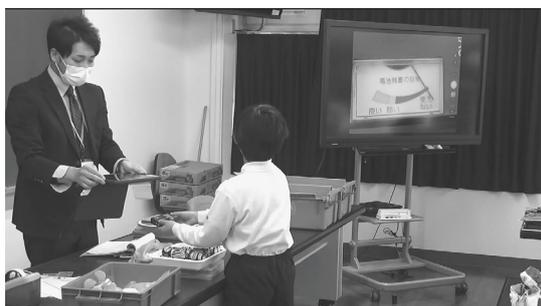


図17 児童による演示実験と説明1



図18 児童による演示実験と説明2

そしてさらに以下のような問いかけを児童に行い、〔デジタル電圧計〕へつなげていった。

〈授業記録2〉

T:「**バッテリーチェッカー**がなかったら**残量**チェックできん？」

S:「できる。」 S「**モーター**使えばいい。」

T:「**モーター**使う? どういうこと?」

Gさん:「え、だって**モーター**と**か**かって**電気**の力で動くから**電気**がないと**回**らないけど、**電気**がたくさんあったら**そ**りや**速**く**回**るけど、**な**かったら**速**く**回**らないんじゃない。」 S「あー。」

Sさん:「えっと、モーターは電気で回るから、えっと、電気があるよって時はモーターは速く回るし、なかったら回らないし、あと少し回るってみたいなのもあるからでわかる。」

T「弱いてことだよ。いいねえ、モーターの強弱で判断できるってことですよ。でもさ、微妙なところって判断できんでしょ。ちょっと違うとかは判断できないでしょ。モーターを使っても、あるかないかはわかるけど、ちょっとの差がわからない。こっちは微妙な差がわかりにくいてことね。」

T「ここで、今日はみんなにね（新しい）道具を使ってもらいたいと思います。これをね、デジタル電圧計といいます。デジタル電圧計。」

上記のように授業の初めのところで〔デジタル電圧計〕を児童の自然な認識の流れをつくり導入した（太字）。そして実際に〔デジタル電圧計〕を使用し、新しい乾電池と古いものを測定した。次に既習済みの2個の乾電池の直列つなぎと並列つなぎにおける両端の電圧を測定した。（図19～図22）



図19 〔デジタル電圧計〕1



図20 〔デジタル電圧計〕2



図21 〔デジタル電圧計〕3



図22 〔デジタル電圧計〕4

児童の日常経験から〔デジタル電圧計〕に自然な流れで導入するのがこの授業の場面で強く意識したところである。天下り的に〔デジタル電圧計〕を教える方法もあるが、何を調べるためにどのような装置が必要なのかがわからないまま使い慣れていくことでの習得を目指す方法はとらなかった。児童の自然な認識の過程を重要視しているからである。

「電圧」を児童が〔デジタル電圧計〕で実際に測定しどのようにとらえていったか、ということが本来この授業実践で評価しなくてはいけないところである。その詳細はまた別の機会ですく報告する予定である。

#### 2-4 授業を終えて（事後調査から）

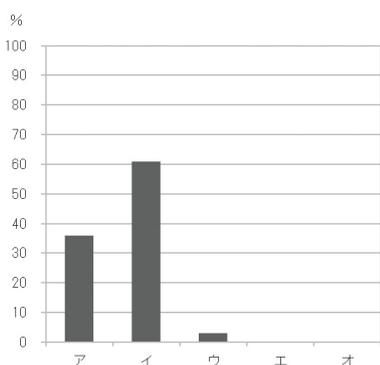


図23 事後調査 (1)

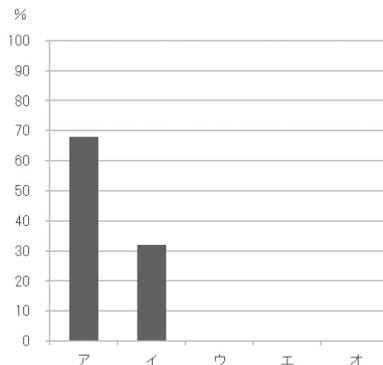


図24 事後調査 (2)

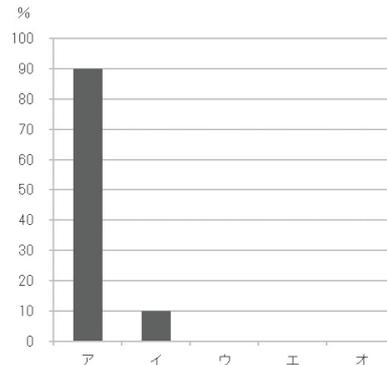


図25 事後調査 (3)

授業後（2日後）に質問紙法による事後調査を行った。質問は以下の（1）～（3）である。

（1）かん電池の「電圧」を正しく調べることはできましたか。

ア. 大変よくできた イ. よくできた ウ. ふつう エ. あまりできなかった オ. 全然できなかった

（2）「デジタル電圧計」は使いやすかったですか。

ア. 大変使いやすい イ. 使いやすい ウ. ふつう エ. 少し使いにくかった オ. 大変使いにくかった

（3）つないだかん電池の「電圧」が大きいとモーターの回る速さはどうなりますか。

ア. 速くなる イ. 変わらない ウ. 遅くなる エ. わからない

質問（1）から、約97%の児童が乾電池の電圧を正しく調べることができていることがわかる（図23）。質問（2）から、全員（100%）の児童が授業で使用した〔デジタル電圧計〕は使いやすかったと答えている（図24）。さらに質問（3）で、全員（100%）の児童が既習事項の直列つなぎにした時のモーターの動きを電圧の大小でとらえることができるようになってきていることがわかる。

授業実践から新しい単元「かん電池と電圧」における〔デジタル電圧計〕を利用することにより、小学校4年生でも〔デジタル電圧計〕を活用することで、低次の法則としての事実として「電圧」を理解できることの大きな可能性が示唆されたとと言える。

## おわりに

本研究の成果と課題は以下の通りである。

小学校理科では電流は指導するが、電圧は扱わないのが現状である。それは電圧概念の理解が小学生には難しいからであろう。しかし、電流の理解を深めるためにも電圧の学習は必要であり、「乾電池の起電力」としての電圧を扱うことに限定すれば、小学生でも十分理解できるのではないかと考えた。さらに、最近安価で児童でも使用が容易な〔デジタル電圧計〕を実験器具として利用することが可能になってきている。本研究で使用した〔デジタル電圧計〕も、児童が簡単に使用して乾電池の電圧を測定することが可能であることが授業実践により明らかになった。また、低次の法則の理解として“体験的理解”をとらえ、“思考的理解”の理解の第一ステップとすることは児童の新しい認識への提言である。中学2年「電流」との関連を考えながら小学校理科の児童の自然認識の新しい可能性をさらに探ることが今後の課題である。

本研究は、山口大学教育学部2021年度学部附属共同プロジェクトの一環として行った。附属学校教員と大学教員の児童や授業の実態に基づいた協議により新しい単元の可能性を見出し、具体的な指導計画を作成し授業を試行することができた。このような共同研究体制が、これからの新しい時代に対応した新しい理科教育のカリキュラムに大きく貢献できると考えられる。

## 参考文献

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=-VfeUNgLw-0>（最終閲覧日 2022年5月31日）

栗田克弘 船木隆司 小松裕典 松田祥奈 源田智子 重松宏武：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．

栗田克弘 源田智子 船木隆司 小松裕典 松田祥奈 重松宏武：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～，山口大学教育学部附属教育実践センター研究紀要第46号，pp. 117-126, 2018年．

栗田克弘 森戸幹 源田智子 小松裕典 柴田勝 重松宏武：小中学校を見通した系統性のある新しい理科学習教材の開発と授業実践研究，山口大学教育学部附属教育実践センター研究紀要第48号，pp. 89-100, 2019年．

文部科学省：小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編，2017年．