

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Ⅱ

～小学校における「電圧」の授業実践について～

栗田 克弘^{*1}・津守 成思^{*2}・秋山 広之^{*3}・竹田 崇志^{*3}・田中 聡^{*3}
柴田 勝^{*1}・重松 宏武^{*1}

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

KURITA Katsuhiko^{*1}, TSUMORI Narushi^{*2}, AKIYAMA Hiroyuki^{*3}, TAKEDA Takashi^{*3}, TANAKA Satoshi^{*3}
SHIBATA Masaru^{*1}, SHIGEMATSU Hirotake^{*1}

(Received August 3, 2023)

キーワード：電圧概念、乾電池の直列つなぎ、デジタル電圧計、体験型理解、思考型理解

はじめに

本研究の目的は、小学校及び中学校の児童生徒の自然認識を深める新しい理科の実験を開発し、その学習効果を授業で実践的に検証することである。このことにより、小学校と中学校の理科の学習内容の関連性を明らかにしたいと考えている。「自然認識を深める」ことは、小学校や中学校の学習内容を系統的にとらえることと、児童生徒の発達段階にあった認識の順次性などで総合的にとらえることである。授業実践では児童生徒の発達段階に応じた日常経験や理科での既習事項をもとに、新しいとらえ方を育成することである。これは理科教育では、まさに児童生徒の「自然科学教育における概念形成」である。小学校と中学校における「自然科学教育における概念形成」に基づいた実験の開発を授業実践により明らかにしていきたい。

児童生徒の自然認識を深める実験に関連する“2つの理解”についてはすでに本誌により述べた。一つは「思考型理解」であり、もう一つは「体験型理解」である。「思考型理解」では児童生徒が理科の授業ですでに習得している知識を活用した思考過程であり、児童生徒の思考の論理的なつながりを重視する。言語（主に書き言葉）中心による理解を深める学習がこれにあたる。「体験型理解」とは実際に経験することにより、自然事象の状況や条件を体感し内面に取り入れるものである。児童生徒は言語に頼るだけではなく、実際の自然現象を実験等により体感し、そこでの感じたことや気づいたことを通して理解する。主に話し言葉での理解が中心とも言える。「思考型理解」は小学校から中学校へ学年が進むにつれ学習に多くとり入れられ、「体験型理解」は小学校の段階で特に重視されるのが一般的である。しかし、本研究ではこの二つの教育的価値は同じととらえ、“2つの理解”は小学校や中学校のどの段階の「自然科学教育における概念形成」でも必要なものとして進めることにした。児童生徒が実験のように体験を通し理解できることと思考を通して理解できることを、理解に至る両輪として考えた。児童生徒の実際の自然認識の過程はどちらも両方が混在しているのが実際である。授業実践によりこの点についても言及したいと考えている。

研究対象とする単元は、小学校4年生の「電流の働き」である。現行の学習指導要領では、「乾電池の数やつなぎ方を変えると、電流の大きさや向きが変わり、豆電球の明るさやモーターの回り方が変わること」が学習内容となっている。ここでは「電圧概念」は扱われていない。そこで小学校4年生の理科で新しく「電圧概念」の基礎の概念形成を可能とする導入を考え、新しい指導計画を作成し授業実践によりその評価を行うことを研究の目的とした。

*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. 新しい単元「かん電池と電圧」について

1-1 新しい単元「かん電池と電圧」の指導計画

新しく考案した単元名は「かん電池と電圧」とし、その単元の指導目標を以下のように設定した。

【新しい単元「かん電池と電圧」の目標】
 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（回路を流れる電流の大きさ）が決まることを理解する。

現行の学習指導要領では「乾電池のつなぎ方や数を変える」となっているが、この部分に新しく「電圧概念」の初歩として「起電力としての電圧」を導入する。単元の目標の「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・・・」がそれにあたる。児童が目で確認した乾電池のつなぎ方だけで考えるのではなく、乾電池のつなぎ方を変えると「回路に関係する乾電池の電圧」がどうなるかを実際に測定させて児童に考えさせようということである。

児童が電圧を測定する実験器具として「デジタル電圧計」を新たに利用する。中学校2年生の理科で使用される「アナログ電圧計」は、その使用方法が複雑で小学生には取り扱いが難しい。しかし近年理科で使われ始めた「デジタル電圧計」は、使用方法も簡単で低価格である。プラス極とマイナス極のつなぎ方を児童が間違えても、「-」の表示が出るだけで壊れることはない。小学校の児童でも十分使用可能である。新しく作成した指導計画は以下の通りである。

指導計画	具体的指導内容	〔デジタル電圧計〕の活用場面
I. 乾電池の電圧を探してみよう	乾電池には「V（ボルト）」と数字が書いてあり、それは乾電池の回路に電気を流そうとする強さを表している。その電圧は電圧計で測ることができる。	電圧計で乾電池の電圧を測定してみよう。
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。
III. 電圧を測ってみよう②	二つの乾電池を直列つなぎにした時には、二つの乾電池の両端で測った電圧の大きさと豆電球やモーターが働いている。～電圧が足し算される～	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	二つの乾電池を並列つなぎにした時には、乾電池の共通の両端の電圧の大きさと豆電球やモーターが働いている。～電圧は足し算されない～	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	乾電池を複数（3個）つないだ場合には、乾電池の両端の電圧の大きさと回路につないだものの働きが決まる。	乾電池を色々つないで電圧の大きさを測定してみよう。

現行の小学校4年生では、簡易検流計や電流計を使用し回路に流れる電流の大きさや向きを測定している。乾電池の直列つなぎや並列つなぎについては、電流の大きさが変化していることを簡易検流計で確かめる活動を行っている。しかし、それがどうしてそうなったか、という児童の素朴な疑問に答えることができていない。モーターの回る速さがそれぞれそうなった、という認識以上にはなっていない。そこで、本研究では「デジタル電圧計」を児童の自然の法則を認識する新しい道具として活用し、「電圧概念」の基礎を学習させたいと考えている。「電圧概念」の基礎として児童に理解させたいことは以下の通りである。

【「電圧概念」の基礎として児童に理解させたいこと】

- ・「電圧」は「電圧計で数値として大小が測定できる量」として理解させたい。
- ・「電圧の単位」は、「ボルト」で表されることを理解させたい。
- ・「電圧の大きさ」は、乾電池の消耗や電池のつなぎ方で変わること、実際に電圧計で測定することから理解させたい。
- ・「電圧の大きさ」が変わると回路の豆電球の明るさやモーターの回転数が変化することから、「電圧」は電池が回路に電流を流そうとする強さを示している」と理解させたい。

事前調査から、児童の多くは日常経験から乾電池に「V(ボルト)」と書かれていることや人気アニメから「ボルト」という言葉を聞いたことがあることがわかった。そこで、「デジタル電圧計」を利用する時に、「電圧の単位」は「V(ボルト)」であることを伝える。このことにより児童が「電圧」を測定しそれを数値で表すことが可能になる。「電圧」と回路を流れる電流の大きさと関連づけて理解させることができるようになる。また、中学校2年生では「電位差」としての「電圧」も扱うが、小学校4年生では、「起電力としての乾電池の電圧」を扱うのみとした。児童の日常経験から「電圧概念」を導入するには、こちらの方がわかりやすいからである。

2. 新しい単元「かん電池と電圧」について

2-1 新しい単元「かん電池と電圧」の授業実践の授業構成

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行った。

授業日時：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

授業者：津守成思(山口大学附属山口小学校教諭)

新しく作成した指導計画は5時間扱いであるが、授業実践クラスは小学校4年にて現行の学習指導要領の内容については学習済みであるため、「電圧概念」について関連の大きい内容を2時間分の授業構成で授業を実施した。以下に示すのが授業実践の具体的な授業構成である。授業構成の「デジタル電圧計」の導入を含む①と②については、本誌にてすでに報告済みである。本論文ではそれ以降の授業構成(③～⑤)について報告する。授業構成⑥については別論文で報告予定である。

授業構成(学習課題)	学習活動	指導計画との対応
①古い電池と新しい電池はどうやって見分けるか?	バッテリーチェッカーから「デジタル電圧計」の導入へ、「電圧」は「ボルト」で表すことができる。	指導計画Ⅰ
②電池の「電圧」を電圧計で測ってみよう。	新しい電池と古い電池の「電圧」を測り、ふり分けてみよう。単位は「ボルト」を使う。	指導計画Ⅱ
③「電圧」、「ボルト」は何を表していると思う?	電池の新旧の判断と「電圧」の大きさに何か関係はあるのか?	指導計画Ⅱ
④単一電池(サイズが大きい)と単三電池はどちらが強い?	「電圧」の違いから電池の強さを判断しよう。	新しく設定
⑤電池二個の直列つなぎの「電圧」は何ボルトになる?	直列つなぎで「電圧」はたし算できるか。電池の「電圧」が大きいとモーターは速く動く。	指導計画Ⅲ
⑥電池三個の直列つなぎの「電圧」は何ボルトになる?	電池の直列つなぎで電池の向きが逆になると引き算になる。モーターの動く速さは「電圧」の大きさで決まる。	指導計画Ⅴ

指導計画Ⅳは「並列つなぎの乾電池の電圧」であるが授業実践では行わなかった。授業構成④については、対象児童が小学校4年生時の授業で「単三電池一個と単一電池一個ではどちらが強いかな？」という疑問を持ったが、その時には解決していなかったということから指導者から聞いたため、今回新たに設定した学習課題である。このような児童自然な疑問に答えられるような学習課題が新しい指導計画には重要である。

2-2 「電圧（ボルト）は何を表しているか」についての児童の考え

授業構成③までに児童は、乾電池の「ボルト」は「電圧」を表すこと、それは「デジタル電圧計」で測ることができること、「電圧」が大きいほど乾電池は新しいことを学習済みである。しかし、「電圧」が何を表しているのかやどういう働きを持つものなのかについては学習していない。「体験的型理解」だけであれば、言語で「電圧」を表すことまでは必要ない。しかし、本研究では「体験型理解」と「思考型理解」は自然認識の両輪としてとらえているため、不十分でも児童が「電圧」とは何かを考える場面を設定した。

〈授業記録1〉 授業者からの発問とプリント記入中の教室内の児童の声

T:「で、今日みんなに聞きたいのは、この電圧、ボルトっていうのが何を表してるか？っていうのをちょっと考えてもらいたいと思います。その、紙に書いてよ。電圧が何を表しているか。言葉はわかるけど何なんだろうね。〈(板書) 電圧ボルトは何を表しているか。〉結局何なんだろうね、ていうのをちょっと自分たちで考えてみて下さいね。言葉は漠然と知ってるんだけど、何を表してるか？自分の考えをそのプリントに書いてみて下さい。」(児童は自分の考えをプリントに書く)

(教室内で聞こえた児童の声と授業者の対応)

S:「電流と何が違うの？」 S:「電気の圧。」

S:「電流の強さっていうのは速さか。」

S:「電流はなんか流れるやつ、速さ。圧は強さ。」

T:「周りの人と相談してもいいからね。」

S:「だから、電流は流れの速さ。」

S:「でも流れが速いってことは圧が強いということ。」

S:「血圧が・・・。」

T:「あ、血圧っていう例が出たね。」

S:「圧、圧だから強さかな。」

S:「水圧とか言うよね。」

S:「力じゃない？力。でも最近聞かれる圧ってさ、あれじゃない、雰囲気（きぶん）の圧、圧が強いとか、あんな感じなんじゃない。」

S:「ちょっと違ってさ強さじゃない？力とか。」

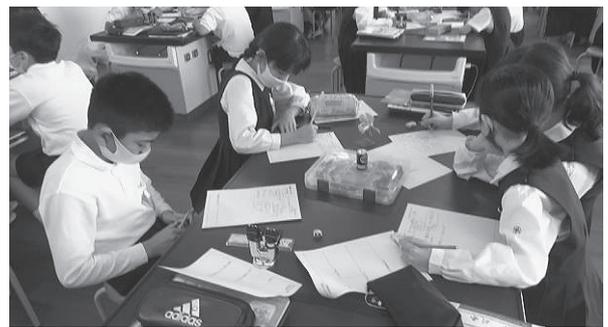


図1 「電圧とは何か？」をプリントに記入

授業者からの指導は、ここまで授業で体験したことから推測して考えてもらいなさい、であり正しい答えを児童に求めているものではない。自分の考えをプリントに書いている時に教室で聞こえた児童の声から、「電流と電圧の違い」を考えている声が聞こえる。はっきりとはわからないが電流から推測して「電流を速さ」で「電圧を強さ」と言う児童、日常経験から「血圧」や「水圧」などから考えようとしている児童が見られた。日常経験から「強さ」ではないかという児童もいた。この後に授業者により児童の考えの共有が行われた。

〈授業記録2〉 「電圧とは何か？」についての児童の発言

T:「よし、ちょっと聞いてみよ。できるだけ簡単にみんなが聞いてわかるような言葉でそれが表されるといいね。だからイメージしやすい方がいいからね。ではちょっと何人か聞いてみたいと思います。」

SI:「電気の圧。」

T:「電気の圧。電圧やもんね。書いてみよう。電気の圧。何だ電気の圧って。はいKさん。」

Kさん:「電気の圧って何ですか？」

SI:「そこまで深く考えてなかったです。」

T:「じゃ何で電気の圧って思ったの？」

SI:「電圧だから。」

- T:「字を見たんだな。そりゃそうだ。」
- S:「圧のことを調べたらいい、水圧とか。」
- T:「じゃ圧っていうのは力っぽいか？」
- S:「電気の圧から。」
- T:「あー。電気の力ってちょっとなんかイメージわくな。はい、別の言葉で考えた人。好きに言っていーんよ。予想やしねこれ。はい、TUさん」
- TU:「はい。あの電気の流れる速さっていうか、電気があの、例えば、水だったらものを…。水圧で考えてみると、水圧が大きいと、なんか川が水を流れる速さなのかなと思いました。血圧があの大っきいと血液が流れるのが速いかなと思いました。」
- T:「確かに血圧、水圧なんてことも言うよね。強い方が流れが速いというイメージかな。」
- H:「水圧と血圧とか目に見えた液体じゃないですか。でも、電圧っていうのは正直目に見えない、電池でできてる物体じゃないですか。それってどうやったら流れるってわかるんですか。」
- TU:「え、だってあの流れないとモーターは回らないじゃないですか。」
- H:「何が流れているんですか？」
- T:「いや、いい視点ですよ。目に見えないから判断はしにくいよね。ただ目に見えないからこそモーターを回したんやろね、モーターを使って電気が流れているんだってことを、それをもって見たんだね。なるほど。」
- M:「電気の流れる速さが電圧なら、電流って何ですか？」
- TU:「電流は・・・(答えられない)。じゃあ、電圧は、電気の流れる速さっていうから、電気をそのまま速くて、あの、電気がもし物体だったらあの、電気がものを押す、押すっていう、押す力みたいなのが電流で、流れる速さみたいなのが電圧で。」
- K:「私は力っていうよりかは強さだと思います。なぜかという、これとこれとは別かもしれないんですけど、生活でよく圧が強いか言ったりする時もある、よく聞いたりもするから強さ何じゃないかなと思いました。」

授業記録から、児童が実際には目に見えない回路で懸命に「電圧とは何か」を考えようとしている様子がよくわかる。児童TUの「電圧は電気の流れる速さ」ではないか、という意見が教室では話題になった。それに対して児童Hから「水圧や血圧は目に見えるが電圧は見えない、どうやって流れるとわかるのか。」やMから「電圧が流れる速さなら電流は何ですか。」という質問が出ている。「電流」もきちんと言語化していない小学校4年生には「電圧概念」は難しい面があるかもしれない。しかし、このように「電圧」の大小関係が回路の電流の大きさに関係していることを大まかに理解できている児童もいることがうかがわれる。

この後、授業者から「電圧とは何か？」についての説明を以下（〈授業記録3〉）のように行った。始めから小学生から「電圧とは何か？」について100%の答えが出てこなくても、このように言葉にしてまとめていく指導過程は児童が日常あまり使わない「電圧」では重要である。「デジタル電圧計」で電圧を実際に測定したからといって、「電圧概念」の基礎がすぐに理解できるわけではないからである。

〈授業記録3〉「電圧とは何か？」についての授業者の説明

- T:「みんなが言った通りパワーみたいな意味ですね。電流、電気の流れを起こすための強さです。電流を流そうとする強さね。そういうふうを書いておいてください。（「電流を流そうとする強さ」（板書）」
- S:「じゃ、電流と電圧は関係しているのね。」
- T:「電圧があるから電流が流れる。電圧が0だったら電流は流れないということ。1.5Vの方が1.2Vより電流を流そうとするよね。」
- S1:「先生、何で弱い電池は流れるのが遅いの？」
- T:「なんでかね。」
- S2:「それは電圧が電流を流す力が弱いからじゃない。」
- T:「数値が低くなっていると弱くなっているからね。」

2-3 単一電池と単三電池の違いを「電圧」で考える

児童は乾電池の「直列つなぎ」と「並列つなぎ」の違いを学習する中で、「単一電池と単三電池の違い」についても目がいくようである。「電圧概念」を学習すればこの問題も解決するのではないかという見通しのもと、新しく考案した指導計画にはないがこの学習課題を行った。「単一電池」は「単三電池」より見た目が大きいので電流が多く流れる、長持ちもすると多くの児童は考えているようである。〈授業記録4〉にみられるように、「単一電池の方の電圧が大きい」と考えている児童は24人(75%)もいることがわかる。

〈授業記録4〉 単一電池と単三電池ではどちらが強いかな？

T:「で、4年生の時にみんなが話したことを、一つ解決したいなと思うことがここでも出ました。単一電池と単三電池問題です。これどっちが強いんかね。」

(S:「単三じゃないの」 S:「単一。」 S:「わかんない。）」

T:「モーターを強く回すには単一電池がいいとみんな言っていたよね。本当に単一電池が強いのか調べてみたいと思います。」

T:「電圧をちょっと比べていきたいと思います。でちょっと同じか違うか聞いてみよう。」

S:「えー単一でしょ。」

S:「大きい単一のほうが強いよ。」

S:「まだわからない。まだわからない。」

(電圧は同じ:8人、単三の乾電池の方が大きい:0人、単一の乾電池の方が大きい:24人)

KA:「そういえば、先生。やっぱ単三。」

T:「単三?」

KA:「同じから単三に変える。だって単三が日々使われるってことは絶対強そうじゃん。」

T:「単三?ちょっとまってなんで同じから単三に変えたい気持ちになったの?」

KA:「なんか生活で日々使ってるってさ、なんかよく使われてるものってその分良さそうだから強い。」

T:「あーなるほど。一番使われているからね。」

「単一電池の方が電圧は大きい」と考えている児童の理由はここでは明確に発言されてはいない。しかし、やはり見た目の大きさから「電流がたくさん流れる」「単一電池のほうが強い」という考えを持っていることがかなり多いと考えているようであった。逆にこのクラスでは、「単三(電池)が日々使われる」から単三電池の電圧の方が大きいという意見を持っている児童も見られた。乾電池の見た目で見ると電圧の大きさが変わるという感覚的なとらえ方から、初歩的であっても「電圧概念」をもって乾電池をとらえることが重要であることがよくわかる授業場面である。〈児童実験〉では新品の単一と単三の乾電池の電圧を「デジタル電圧計」を使い児童が自ら確認を行った。そして、乾電池の見た目の大きさや日常生活で目にする場面の頻度ではなく、「電圧の大きさ」が乾電池の能力の大きさに関係していることを見いだした。

〈児童実験〉

児童から予想を聞いてから各グループで実験を行った。単三電池でも単一電池でも、「電圧」は変わらず同じであることを確かめた。(図2、図3)



図2 単三電池のデジタル電圧計で電圧を測定



図3 単一電池の電圧をデジタル電圧計で測定

2-4 乾電池 2 個の直列つなぎの「電圧」は何ボルトになる？

ここまでに乾電池 1 個の電圧の大きさを測定することにより、回路を流れる電流の大きさと乾電池の「電圧の大きさ」が関係していることが理解できている。そこで、乾電池 2 個の直列つなぎでは「電圧の大きさ」がどうなっているかを予想し、デジタル電圧計で実際に確かめる活動の場面を設定した（〈授業記録 5〉、

図 4、図 5）。ここでは乾電池の直列つなぎでは「電圧の大きさは足し算できること。」が学習目標である。対象児童は、2 個の乾電池の直列つなぎでは 1 個の時よりモーターが速く回り回路を流れる電流は大きくなる、ことを 4 年の時に学習済みである。それを「電圧」で考えることは初めてとなる。

〈授業記録 5〉 乾電池の直列つなぎと電圧の関係について

T:「そう、直列です。電池 2 個をっていう話が直列です。覚えてますかね直列回路。力が強いってやつだよ。回るのが速いからね、それは。（直列につないだ電池 2 個とプロペラ 1 個の回路を板書する。）」

S:「（回路をプリントに記入する。）」

S:「持久走より短距離走が得意。」

T:「持久走より短距離走が得意なのが直列か。並列は？」

S:「持久走。」

T:「持久走タイプね。なるほど。ここまで OK？書けた？」

T:「速く回る理由が電圧にあるかないかはさっと測るからね、今から。」

T:「じゃあちょっと前向いてよ。速く回ったという事実が 4 年生の最初に確認できたよね。で、この速く回る理由が電圧に関係しているのかっていうのを今日は調べたいと思います。いいですか。」

T:「だから、直列回路にして、直列回路にした時の電圧を測ります。いいね、今みんなが持っているその電池と、もう 1 個電池を取りに来てもらって、2 つを直列回路にして測ります。」



図 4 単一電池 1 個でプロペラを回す



図 5 単一電池 2 個の直列つなぎの電圧を測定

児童は各班（4 人）で「デジタル電圧計」を使って、単一電池 1 個と 2 個の直列つなぎのモーターにつけたプロペラの回転の速さと「電圧」の違いを確かめた（図 4、図 5）。電圧の違いを確かめるのは初めての経験である。

〈授業記録 6〉 直列つなぎの「電圧」の大きさの実験結果について

T:「よーし、これでようやくこの表の結果によって速く回る理由が分かったよね。実はあの時分かってなかった。ただ速く回るっていう感覚で見ただけだった。なぜこれが速く回ったか、そのことがこれ（表）を見て説明できますか。はい、TA さん。」

TA:「2 つの電池の力が合わさったから、強くなって速く回る。」

T:「なるほど、合わさった。合わさったってことは何算？」

S（みんな）:「足し算。」

T:「足し算になってる？」

S:「なってる。」

T:「じゃあ見てみるよ。1.5+1.5 は？」 S:「3。」

T:「1.5+1.6 は？」 S:「3.1。」

T:「お、すごいなってる。1.3+1.7 は？」 S:「3。」

比かとする

はやくまわ

2つの電池の力が合わさったから

たし算通り!

	A	B	直列
1	1.5V	1.5V	= 3V
2	1.5V	1.6V	= 3.1V
3	1.3V	1.7V	= 3V
4	1.5V	1.5V	= 3V
5	1.5V	1.5V	= 3V 4.5V
6	1.5V	1.5V	= 3V
7	1.5V	1.5V	= 3V
8	1.5V	1.5V	= 3V

図 6 単一電池 2 個直列つなぎの電圧測定結果（板書）

S:「え、すごい。」
 T:「なってるね。」
 T:「かなり優れものだね。」
 T:「素晴らしいね。合わせたって足し算通り。」
 S:「先生、引き算もできるんじゃないんですか。」
 S:「あー。」
 T:「どういうこと？」
 S:「えっと、 $3 - 1.5$ は1.5になる。 $3.1 - 1.6$ とか、 $3 - 1.8$ とか。」
 T:「ありがとう。確かに、足し算と引き算は逆にしたらできるよみたいなことをこれまでに習ってきたよね。てことはじゃあ、全部が3ですよ、直列が3ですよ、こっちが1.4ですよってなったらこっちが分かるってことだよな？今の考え方で言うとね。ああそういう考え方もできるんだね。」

表1 単一電池2個直列つなぎの電圧測定結果

	A	B	直列
1	1.5V	1.5V	3V
2	1.5V	1.6V	3.1V
3	1.3V	1.7V	3V
4	1.5V	1.5V	3V
5	1.5V	1.5V	3V
6	1.5V	1.5V	3V
7	1.5V	1.5V	3V
8	1.5V	1.5V	3V

各班で実験を行い、その後に実験結果を各班が板書し全体で実験結果を共有した(図6、表1)。このことにより、乾電池2個の直列つなぎの場合には、両端の電圧の大きさは「足し算」できることを児童はクラスで確認することになる。〈授業記録6〉からわかるように、「足し算できる」という発言は児童から自然な流れで発生している。授業者が実験結果から解説するのではなく、このように児童の言葉として出てくることから児童の「電圧概念」を形成されていることがわかる。さらに授業構成⑥で学習する「引き算」についてまで考えることのできる児童がいるところが着目すべき点である。

2-5 授業を終えて(事後調査から)

授業後(2日後)に質問紙法による事後調査を行った。内容は以下の通りである。

〈附属山口小学校 理科アンケート〉

かん電池の「電圧」を調べる実験についてです。下の質問に答えて下さい。一つに○をつけて下さい。

(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

(4) モーターに同じ「1.5ボルトの電圧」の単1電池(大きい)と単3電池(小さい)を別々につなぎました。モーターの回転の速さはどうなりますか。理由も教えてください。
 ア. 単1電池が速くなる イ. 変わらない ウ. 単3電池が速くなる エ. わからない

(5) モーターに新しい単1電池「1.5ボルトの電圧」と古い単1電池「0.7ボルトの電圧」を別々につなぎました。モーターの回転の速さはどうなりますか。理由も教えてください。
 ア. 新しい電池が速くなる イ. 変わらない ウ. 古い単1電池が速くなる エ. わからない

(6) かん電池1個ではもうまめ電球をつけることができなくなったかん電池が10個あります。これらのかん電池を捨てるのではなく、工夫して利用すればもう一度まめ電球をつけるようにできるでしょうか。あなたの考えを教えてください。

(7) 「ボルト」「V」で表されるかん電池の「電圧」は、かん電池の何を表しているとあなたは思いますか。あなたの考えを教えてください。



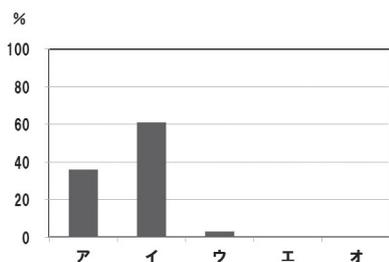


図7 質問 (1) N=31

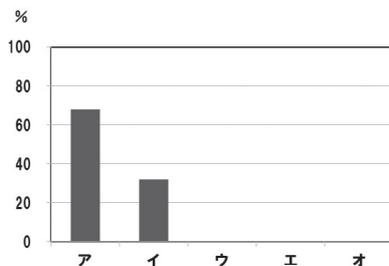


図8 質問 (2) N=31

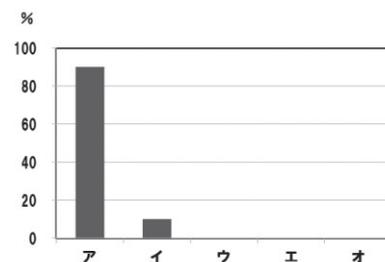


図9 質問 (3) N=30

質問 (1) から、デジタル電圧計を正しく使用して「乾電池の電圧」を測定できた児童は97%いることがわかる (図7)。質問 (2) から、小学校では使用しない「デジタル電圧計」は「大変使いやすい」「使いやすい」と全員 (100%) の児童が答えている (図8)。質問 (3) で、全員 (100%) の児童が「電圧が大きくなるとモーターが速く回ると答えている (図9)。このように、小学校でも「乾電池の電圧」をデジタル電圧計で測定することは可能であり、「乾電池の電圧」の大きさによって回路に入れたモーターの回転数が変わることが十分理解できていると考えられる。

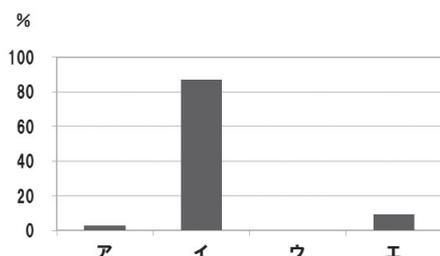


図10 質問 (4) N=31

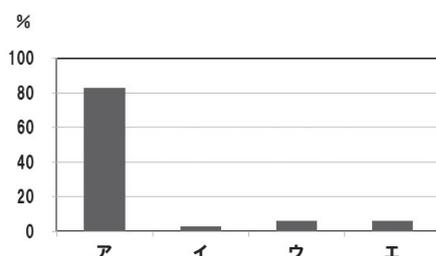


図11 質問 (5) N=31

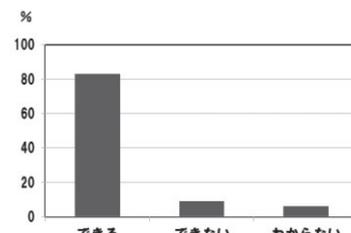


図12 質問 (6) N=31

質問 (4) から、乾電池の大きさ (単一電池と単三電池) が違っても、「電圧」が同じであればモーターの回転の速さが同じであると答えた児童が87%いた (図10)。児童の記述した主な理由は、「どちらも同じボルトだから」「電圧は変わらないから」「1.5 ボルトの電圧の強さは同じだから」である。「電圧」を学習していなければ、多くの児童がこの問いに正しくは答えることはかなり難しい。児童に考える手がかりがなく、やってみないとわからないとなる。「電圧概念」を新しく導入した成果がみられる。

質問 (5) から、新しい単一電池と古いものとは、新しい方がモーターの回転数が速くなると答えた児童は83%であった (図11)。その主な理由は、「新しい電池の方が電圧が高いから」「電圧が大きい方が速くなるから」「1.5 ボルトの方が0.7 ボルトより大きいから」「新しい電池のほうボルトが多いから」である。「電圧概念」を学習していなければ、児童は「同じ乾電池なら新しいほうがモーターを速く回す」という理由しか考えられない。しかし、「電圧概念」を新しく導入することにより、「デジタル電圧計」を使用すれば乾電池が新しいか古いかも含めて判断することが可能になる。

質問 (6) では、豆電球をつけることができなくなった乾電池も、工夫すればもう一度豆電球をつけることが可能であると83%の児童が答えている (図12)。さらに全体の58%が「直列つなぎにすればよい」「直列つなぎにする」「ちりもつもれば山となるので10個あわせたらできる」と答えている。さらに、「電圧概念」と関連づけて「直列つなぎにして電圧を強くする」「つけることができるVを知り、電池をいくつかふやしてそのVの大きさになるようにする」「直列つなぎにしたら10個電圧が集まってつく」という児童が全体の22%いた。これにより乾電池を直列つなぎにすれば、それぞれの乾電池の電圧が「足し算される」ということが理解できている児童がいることが確認できた。

事後調査から、新しい単元「かん電池と電圧」を学習することにより、小学校4年生でも「電圧概念」の基礎を指導することに大きな困難はなく、学習成果も大きいことがわかる。特に、「電圧」を測定し、回路に流れる電流と関連づけてその意味を学ぶことにより、「やってみればわかる」という経験的な教育観ではなく、「児童に手の届く科学的概念」を大いに導入し活用することにより新しい電気回路の学習が可能になることに大きな成果があると考えられる。

おわりに

現行学習指導要領では小学校の理科では「電圧」は扱わない。しかし、2個の乾電池の直列つなぎをすれば回路にあるモーターが速く回ることや並列つなぎにしてもモーターの回転に変化がないことは扱っている。本研究はこの現行の学習内容に「デジタル電圧計」を児童実験として導入することにより、小学校の理科において「電圧概念」の初歩的な内容を取り扱うことの可能性について検証を行ったものである。

授業実践の分析から、「電圧」の導入については日常生活からの自然な流れで行うことができたと考えられる。児童は日常生活で乾電池の「V、ボルト」の表記を目にしていたり、人気アニメの「〇〇ボルト」というような言葉をすでに知っている。「電圧」「V (ボルト)」などの言葉や文字については抵抗感なく受け入れることができている。「デジタル電圧計」の使用については、乾電池との接続の方法や数値の読み取りなどに大きな問題点はなく良好であった。「電圧」とはどういう概念であるかを、乾電池の起電力の測定や乾電池の直列つなぎ・並列つなぎにおける「電圧」の測定の学習場面で、「体験型理解」と「思考型理解」の両面からの思考を可能とする学習指導を提案することができた。

本研究の今後の課題として2つあげておく。ひとつは乾電池の「電圧」測定の実験については、グループ実験ではなく一人ひとりの児童が自分の手を動かして活動できるような学習場面の設定の必要性である。小学校での「体験型理解」として、特に回路を自分で作ったりモーターで確かめたりする電気の学習では、学習集団との相互関係を持つ一人一実験が重要となる。より安価なデジタル電圧計の開発や学習時間の設定など具体的な学習環境の開発や整備が課題となる。もうひとつは、「思考型理解」として基礎的な「電圧概念」を児童に形成させるために、子ども達の認識の順次性にあった指導計画のより一層の検討が求められる。新しく考案した指導計画では「V. 色々な乾電池のつなぎ方」、授業実践では授業構成⑥のところで「電圧の引き算」の必然性を児童から引き出せるように学習課題を設定してある。このような「思考型理解」を深めることが可能になる課題設定について、より一層の検討が求められる。

本研究は2022年度の山口大学教育学部の学部・附属共同プロジェクトの一環である。日本における授業実践研究の有効な研究事例として今後も新しい理科の授業を提案していきたいと考えている。

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2023年5月31日）
- 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.
- 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～，山口大学教育学部附属実践研究紀要第16号，pp. 97 - 106, 2017.
- 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.
- 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.
- 栗田克弘・津守成思・秋山広之・柴田勝・重松宏武：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～，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要第54号，pp. 1-12, 2022.