

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03109

研究課題名(和文)小中学校を通じた電気単元指導の改善に関する研究

研究課題名(英文) A Study on the Improvement of Instruction about Electricity through Elementary School to Secondary School

研究代表者

伊東 明彦 (ITO, Akihiko)

宇都宮大学・共同教育学部・特命教授

研究者番号：70134252

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：児童生徒にとって理解が困難と言われている電圧概念に着目し、正しい電圧概念の獲得を促進するための小中学校を通じた電気分野の教育プログラムの開発に関する実践的な研究を行った。現状の標準的な学習プログラムを超えて、小学生に電圧を教え、中学生に電位概念を教える試行的な授業実践を行い、一定の効果があることを明らかにした。

現状の学習プログラムでは正しい電圧の理解には到達することが極めて困難であること、電圧の正しい理解を導くためには、位置エネルギーとの学習順序も含めた総合的な学習プログラムの検討が早急に行われるべきであることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中学校では、「電圧は電流を流す働きの強さを表す」と定義されているのみで具体的な説明が全くなされていない。そのため、電圧に関する理解が極めて低いことは繰り返し指摘されてきた。本研究においても、学習後の中学生の多くは電圧概念を獲得できていないことが改めて明らかとなった。本研究では、電位測定回路を用いた授業実践を行い、電圧とは電気的なエネルギーの高さを表すという電位概念を導入し、電圧理解の促進を図った。授業実践の結果、電圧概念の理解は有意に上昇し、電位概念導入の効果を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：The instruction program about electricity in elementary schools and junior high schools have been studied in order to encourage student's understanding of the electric voltage. We tried to teach the electric voltage for elementary school students and the electric potential for junior high school students. This trial showed certain positive effects. We make clear that most students cannot understand the electric voltage in the present normal course of study in junior high school in Japan. We strongly propose that new approach of instruction of electricity to achieve correct comprehension about the electric voltage must be constructed immediately with taking the instruction order of electricity and potential energy into consideration.

研究分野：科学教育

キーワード：小学校電気単元 中学校電気単元 電圧の理解 電位概念 電位測定回路

1. 研究開始当初の背景

電気についての学習は、小学校から高校に至るまでの理科(物理分野)の中でも主要な学習の一つである。しかしながら、電気学習の中でも重要な概念の一つである「電圧」についての理解が不十分であることは、これまでも繰り返し指摘されてきた。

そもそも、小学校理科では電圧を教えない。しかしながら、乾電池の並列と直列における豆電球の明るさの違いなど、電圧概念なしには理解不可能な教材が扱われている。すなわち、児童はいくら考えても理解不可能な内容をただ暗記することを強いられている。

また、中学校では「電圧とは電流を流す働きを強さを表す」と定義されているものの、具体的な説明がなされていないため、電圧についての理解が極めて不十分であることが示されている。電圧とは電氣的な位置エネルギーの高さを表すものと理解することができるが、そのような説明がなされていないために、回路全体の電圧の変化を説明できる中学生はほとんどいない。

さらに、大学の工学部に入学者の学生についても、電圧を理解している割合は50%程度であることが示されている(小林・伊東, 2013)。高校理科においては、電位という考え方は高校でほぼ必修となっている「物理基礎」では扱われていない。電圧の理解が不十分な学生は、高校において「電位」を学習していないグループで顕著であることが分かっている。このことは、「電位」という概念を踏まえたうえで、電圧とは回路の2点間の電位差であるという理解の仕方が極めて重要であることを示している。

このように、小中高の各段階において理解不可能な内容が教えられている電気単元の状況は、理科は覚えるだけの教科であるという児童生徒の考えを生み出し、ひいては、理科嫌いにつながる恐れが高いと言わざるを得ない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、小中学校理科の電気分野における理解を促進するための指導方法を確立することである。電気単元の理解を困難にしていると考えられる一つの原因は、上述のように、現行の指導内容では、児童生徒は学習内容を論理的に理解できず、単なる暗記になっていることである。そのため、本研究では、児童生徒が、「なるほど分かった!」と納得のできる指導法を開発したい。具体的には、(1)小学生に「電圧」を教える、(2)中学生に「電位」を教える、という、現行の理科では行われていない内容を発展的課題として取り入れる。そして、これらの発展的課題の実践により児童生徒がどれだけ納得できるようになるかを検証し、このような授業実践の効果を明らかにすることを目的としている。

3. 研究の方法

本研究では「電圧」概念の獲得をめざして、以下のような実践的研究を実施した。

(1)小学校理科においては、3年から6年までの各学年で電気に関する学習が繰り返し行われるものの、4年で「電流」を学習するのみで「電圧」についてはどの学年でも扱われない。しかし、4年で学習する乾電池の直列つなぎと並列つなぎによる豆電球の明るさの変化は「電圧」概念なしには理解不可能である。そこで、本研究では、電気の流れを水の流れてモデル化し、電圧とは水流モデルにおける水の高さに相当するものとして「電圧」概念を導入し、児童の反応を観察した。

(2)中学校理科において、「電圧」とは何かを説明できる教材を導入し、「電圧」とは電氣的なエネルギーの高さを表すものであるという考え方の定着を図る特別授業を実践する。事前事後調査を通して、本研究で導入した指導法の効果を検証するとともに、望ましい指導法について考察する。

4. 研究成果

(1)小学校における電圧を導入した授業実践

小学校6年生を対象として、なぜ乾電池のつなぎ方によって豆電球の明るさが変わるのか考える授業を実践した。図1は授業において用いた「水流モデル」である。電気回路における乾電池を水をくみ上げるポンプで模したものである。「水流モデル」を提示したうえで図2を用いて、乾電池の直列つなぎ並列つなぎにおける電圧の違いが水流モデルでは水の高さの違いに対応することを示した。

この授業実践により、乾電池のつなぎ方による豆電球の明るさの変化を納得できる小学生が一定程度存在することを示すことができた。一方、電流と電圧の混乱も起こりうるので、今後とも児童の実態等を踏まえたより丁寧な検討が必要であると考えられる。

(2)中学校における電圧概念を獲得するための授業実践

一方中学校では、「電圧は電流を流す働きを強さを表す」と定義されているのみで具体的な説明が全くなされていないため、電圧とは何かをイメージできている生徒はほとんどいない。例えば本研究においては、後に述べる授業実践前の事前調査においては、図3に示す極めて単純な直列回路の各部の電圧を問う問題において、電流が流れている回路の正答率は10%以下、電流

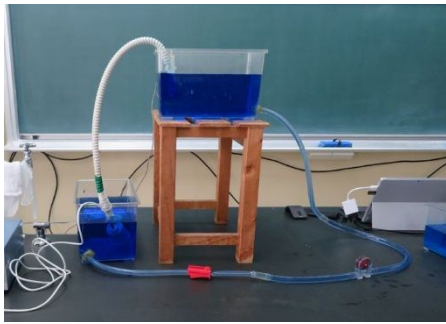


図 1. 授業で用いた「水流モデル」

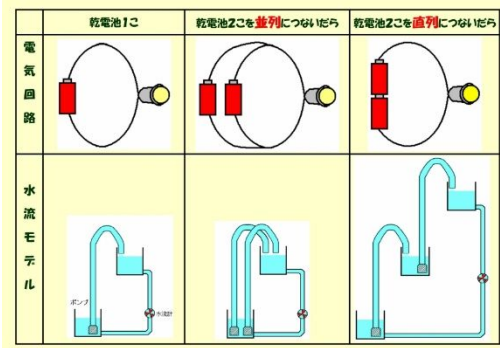


図 2. 乾電池のつなぎ方による電圧の違いを水流モデルにより説明した図

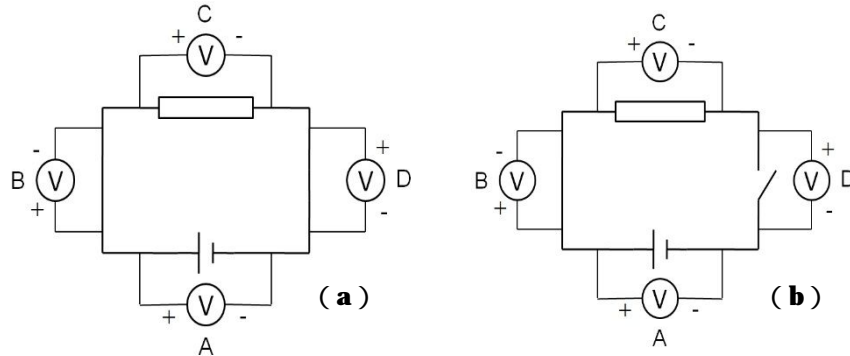


図 3. 電圧課題 (a) 閉回路 (b) 開回路

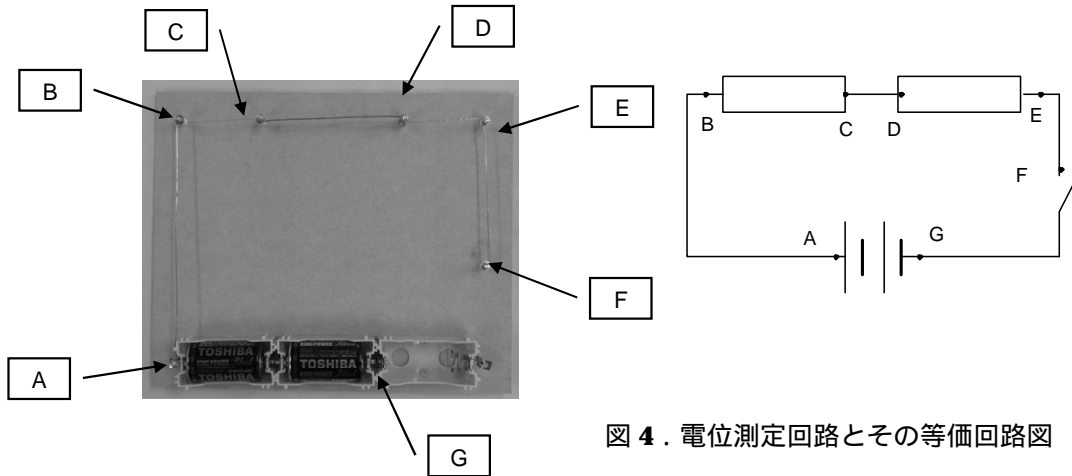


図 4. 電位測定回路とその等価回路図

が流れていない回路における正答率は 0%であった。

本研究では、3つの中学校において3年生を対象として図4に示す電位測定回路（伊東ら，2006）を用いた電圧概念を獲得させるための授業実践を行った。これらを実践A,B,Cと呼ぶことにする。いずれの実践においても授業は以下のような流れで実施した。

- 電位測定回路のA~G各端子間の電圧を予想したのちに実際にテスターで測定する。
- テスターの-極をG点に固定して、各端子の電圧を測定する。
- G点を基準とした各端子の電圧（電位）をグラフ化する。
- 各端子間の電位の差を取って実験1)と比較する。
- 結果について話し合う。

授業実践の効果を測定するために、電気回路における電圧電流に関する種々の調査を事前事後に実施したが、ここではその1例として図3に示した電圧課題についての回答結果を分析する。

図5は、図3に示した電圧課題に対する実践A及び実践Bにおける生徒の回答結果を示している。正解は閉回路についてはA,B,C,Dの電圧がそれぞれ1.5V, 0V, 1.5V, 0Vであり、開回路についてはそれぞれ1.5V, 0V, 0V, 1.5Vである。実践Aの事前調査では、閉回路についての正答率はわずか9%、開回路にいたっては0%であった。このことから、「回路内の各部の

電圧の和は起電力に等しい」という電圧の性質については、通常の授業を受けた後でも全く理解されていないことが明らかである。

実践 A では授業実践後 1 か月及び 3 か月で、実践 B では 3 か月後に同じ課題に対する調査を実施した。その結果も図 5 に示されている。これを見ると、授業実践により正答率は増加したものの、閉回路については、授業実施後 3 か月たっても正答率は 20 ~ 30% を保持しているが、開回路については、1 か月後に正答率 10%、3 か月後には数% に下落していることが分かる。

いずれの実践校においても最も多かった回答は、事前事後に関わらず、閉回路ではすべて 1.5V、開回路ではすべて 0V あるいは乾電池のみ 1.5V という回答であった。

(3) 考察および結論

本研究では、主として中学生に対して授業実践を行い、その前後の生徒の電

圧に対する考え方を調査した。その結果、以下のようなことが考察される。

中学生は $V=RI$ で表される電圧、電流、抵抗の関係についてはおおむね正しく言うことができる。しかし、この関係式は通常「オームの法則」として知られているが、実際にはこの関係式は抵抗の定義式であるという認識がない。さらに、この関係式が回路内のあらゆる場所で常に成り立つものだと中学生は認識していない。「オームの法則」が回路内で常に成り立つわけではないことを考えると、中学校理科の電気分野で最も一般的に扱われている「オームの法則」の指導を抜本的に考え直す必要がある。

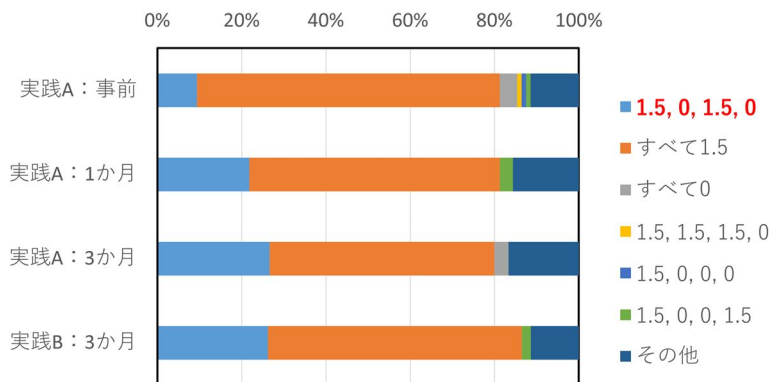
「電圧」という言葉は中学校 2 年で初めて出てくるが、単に「電流を流す働きの強さ」としか説明されておらず、生徒はその意味をほとんど理解していない。高校の選択科目「物理」において初めて「電位」という概念が導入され、電圧とは電位差であるという説明がなされている。そのため、大学生になっても「物理」を履修していない学生は依然として電圧とはなにかをほとんど理解していない。本研究においても、電圧を学習直後の中学生でさえ電圧を正しく理解しているものはほとんどいないことが明らかとなった。

本研究においては、小学校と中学校で特別授業を実施した。小学校において「電圧」という言葉を教えることにより、学習内容を納得して理解できた小学生が一定程度存在することが分かった。また中学校においては、電位測定回路を用いた特別授業の実施により、電圧とは電気的な位置エネルギーの高さに該当することを理解する中学生が半数程度に上昇することが示された。しかし、その理解の定着は強固ではなく 3 か月後にはほとんど学習以前の状況に戻っていた。

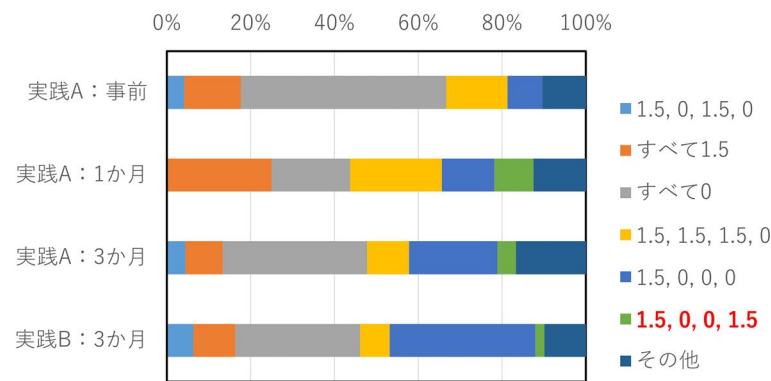
これらの結果から、「電圧」に関する学習について以下のようなことが考察される。

まず、「電圧」という概念を小学生から導入すべきである。電圧が常に 1.5V であることは単 1 ~ 5 乾電池の性質として非常に重要であり、このことを踏まえないと納得した理解には到達しえない。かつ、乾電池にはすべて 1.5V と電圧が表示されているので、小学生にとってもなじみの深い事象であるので、電圧を導入することはそれほど困難なこととは考えにくい。本研究による授業実践においても一定の理解は得られた。

次に、中学生においては、電圧を単に「電流を流す働きの強さ」と説明するのではなく、電気的なエネルギーの高さとして定義し、回路内において電圧がどのように変化するかを実感できるような指導を行うべきである。多くの中学生が電圧と電流を区別できず、図 5 に示されているように電圧も電流のように回路内を流れていくものだと考えている。電圧についての理解



(a) 閉回路



(b) 開回路

図 5. 図 3 の電圧課題に対する回答

がこのようにあいまいなままでは、電気単元の学習を進めてもその内容を正しく理解することは到底望めない。また、本研究の授業実践の効果が長期にわたって保持されていないことから、電圧を電位差として理解するのは簡単ではなく、1度だけの特別授業での効果は薄く、単元を通して繰り返し指導していく必要があるとも考えられる。また、電位という言葉を使わなくても、電氣的エネルギーとして扱うためには、中学校理科におけるエネルギーの扱いが3年時であることとの調整も必要である。電氣的な位置エネルギーの差として電圧を定義するためには位置エネルギーについての概念があらかじめ必要と思われるからである。

<引用文献>

伊東明彦・高橋紘子・石井俊行，水流モデルと電位測定回路を用いた中学校電気単元の指導法，日本理科教育学会全国大会発表論文集，**4**，**1D-06**，**2006**。

小林翔兵・伊東明彦，大学生の電圧概念に関する調査，宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要，**36**，**209-216**，**2013**。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 石井俊行, 荒川友希, 伊東明彦	4. 巻 3
2. 論文標題 中学生の意識や理解を考慮した電気学習における水流モデルの検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 学校教育実践ジャーナル	6. 最初と最後の頁 3-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤田冬弥・出口明子	4. 巻 37巻4号
2. 論文標題 小中学校電気分野における教授・学習研究動向に関する基礎的検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 217-220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 伊東明彦, 菅生崇夫, 出口明子
2. 発表標題 中学生の電圧概念形成のための授業実践
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺山桂史, 山本浩大, 伊東明彦, 石井俊行
2. 発表標題 コイルが作る磁界の理解を促進させる教具の開発
3. 学会等名 2022年度日本理科教育学会近畿支部大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	出口 明子 (DEGUCHI Aki ko) (70515981)	宇都宮大学・共同教育学部・准教授 (12201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------