

小学校 理科

小学校4年「電流の働き」において、実感を伴った理解を図る指導法の研究
—ものづくりの視点から単元構成を工夫することを通して—

義務教育課 研究員 氣 仙 透

要 旨

小学校4年「電流の働き」において、児童の実感を伴った理解を図るために、単元を貫くものづくりを単元のはじめとおわりに設定し、十分な試行錯誤と改良の時間を確保した。その結果、ものづくりを通して知識と技能が結び付き、学んだことを発展させ課題に適用できるようになった。このことから、ものづくりの視点から単元構成を工夫することは、実感を伴った理解を図ることに有効であることが明らかになった。

キーワード：小学校理科 電流の働き 実感を伴った理解 ものづくり 単元構成

I 主題設定の理由

主題前段にある「実感を伴った理解」は、小学校学習指導要領解説理科編（平成20年6月）に初めて付加された文言である。今回改訂された小学校学習指導要領解説理科編（平成29年7月）（以下、「解説」という）においても、改訂の要点として、「これまでも重視してきた、自然の事物・現象に働きかけ、そこから問題を見だし、主体的に問題を解決する活動や、新たな問題を発見する活動を更に充実させていくこととした。（中略）また、日常生活や他教科等との関連を図った学習活動や、目的を設定し、計測して制御するといった考え方に基づいた観察、実験やものづくりの活動の充実」を図ることを挙げており、引き続き「実感を伴った理解」の重要性を示している。これまでの筆者の理科授業を省察すると、学習内容を身に付けることに重きが置かれた授業内容であったり、観察、実験自体が目的となったりすることが多く、児童が十分に思考し、実感を伴った理解が図られにくい授業展開であったことが課題として挙げられる。

次に、副題にある「ものづくり」について、平成30年度全国学力・学習状況調査報告書【小学校理科】では既習の内容や生活経験をものづくりに適用することに課題があることが指摘されている。解説では、「学んだことの意義を実感できるような学習活動の充実を図る観点から、児童が明確な目的を設定し、その目的を達成するためにものづくりを行い、設定した目的を達成できているかを振り返り、修正するといったものづくりの活動の充実を図ることが考えられる」とし、さらに「A物質・エネルギー」区分では、小学校の4年間で9種類以上のものでものづくりを取り扱うことが示されている。しかし、小倉（2010）は、市販のキットを用いたものづくりの実践に多くみられる課題として、「与えられたキットを組み立てるだけでアイデアの検討や工夫を伴わない非創造的作業となっていることが少なくない」ことを指摘している。実際、筆者の理科授業を振り返ると、組立自体が目的化した活動や市販のキットを用いた工夫の余地のない画一的な活動で、ものづくりを効果的に取り入れることができていなかった。

これらのことから、ものづくりの視点から指導法を改善することで、実感を伴った理解を図りたいと考え、本研究の主題を設定した。

研究対象の単元は小学校4年「電流の働き」とした。電気分野の学習については、R. オズボーンら（1988）をはじめ、多くの研究者が児童の概念変換に関する研究を行っている。先行研究では、児童の学習前にもっている素朴な概念は、理科を学習しても容易には修正されず、修正されたとしても時間の経過とともに学習前の概念に戻ってしまうことが分かっている。また、国立教育政策研究所（以下、「国研」という）の「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【小学校】」（2013）では、「観察・実験の技能の習得状況に関する調査」として、実際の観察・実験器具を操作する技能の習得状況について調査したが、乾電池2個を使った回路のつなぎ方の通過率は、直列回路は87.2%だったものの、並列回路は55.9%と低い傾向であった。実際、筆者は回路の学習において、紙面上で回路を表現できた児童が、実験の際にうまく回路をつなげなかったり、ものづくりに適用できなかったりする実態を目の当たりにしており、実感を伴った

理解を図ることが難しい単元と言える。そこで、小学校4年「電流の働き」に研究対象を焦点化することとした。

II 研究目標

小学校4年「電流の働き」の学習において、実感を伴った理解を図るために、ものづくりの視点から単元構成を工夫することの有効性を明らかにする。

III 研究仮説

小学校4年「電流の働き」の学習において、単元を貫くものづくりを設定し、ものづくりの視点からの単元構成を工夫することが、児童の実感を伴った理解を図ることに有効であろう。

IV 研究の実際とその考察

1 実感を伴った理解について

森本（2008）は、実感を伴った理解について「想像ではなく、具体的な体験を通し、これにもとづき問題解決を自ら行うことを、子どもに求めるものである。だから、ここで構築された科学概念は、子どもにとって確固とした知識として定着するのである」とし、理科の学習は、直接体験が基本であることを強調している。また、遠西（2011）は、実感とは「目の前の事物・現象が文と一致しているという感覚」であり、理解とは「思考によって構成される文が科学的であり、そこにコミットすることが科学的理解」であるとしている。日置（2001）も、実感を伴った理解を図るものづくりについて、「『頭』でわかる世界と『手』でわかる世界の統合ということができ、『わかる』世界と『できる』世界の結合で、両者をそれぞれ充実させたとき『納得』の世界が出現する」と述べている。これらの先行研究では、理科の学習において、体験と言語を結び付けて科学的な理解をさせることの重要性を述べている。

また、小学校学習指導要領解説理科編（平成20年6月）においても、実感を伴った理解として、「具体的な体験を通して形づくられる理解」、「主体的な問題解決を通して得られる理解」、「実際の自然や生活との関係への認識を含む理解」の三つの側面を挙げた上で、学んだことを生活との関わりの中で見直し、自然の事物・現象についての理解を図ることを重視している。

これらを踏まえ、本研究では、学習した知識と技能を結び付けるとともに、ものづくりを通して学んだことと日常生活が関連していることに気付かせ、児童が学習内容を実感を伴って理解できるようにする。

2 ものづくりの視点から単元構成を工夫することについて

(1) ものづくりの視点から単元構成を工夫すること

先行研究では、ものづくりを単元末に位置付ける実践が多い。また、各教科書会社により公開されている年間指導計画案においても、ものづくりを単元末に位置付ける例が多く見られる。しかし、本田（2016）は、単元末にもものづくりを位置付ける単元構成では、「単元末にはすでに習得した知識や技能を忘れてしまっており、学習したことをものづくりに適用する場となっていない」ことを指摘している。また、中村ら（2020）は、ものづくりの課題について、①ものづくりの時間を確保すること、②十分な試行錯誤を保障すること、③一度作ったものを作り直す修正の時間を設定することの3点を挙げている。そこで、これらの先行研究での課題を基に、ものづくりの視点から次の2点について単元構成を工夫することとした。

第一に、単元のはじめとおわりにもものづくりを設定することである。単元のはじめでは、児童に実験器具や材料を与え、自由に試行する時間を設け、自分の構想した回路を自由に表現させる。児童に直接体験の機会を与えることで、学習の素地をつくり、目の前の事物・現象から疑問を見いださせるようにする。その際、図1に示す材料を用い、児童に十分な操作を行わせる。そして、単元のおわりでは、学習したことを基にしながらか単元のはじめと同じ材料を用い、ものづくりに取り組ませる。はじめに作ったものをもう一度修正する時間を確保する

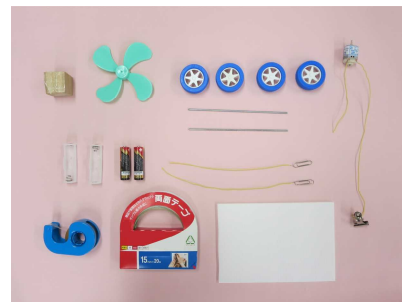


図1 児童に配付した材料

ことで、学習したことをものづくりに適用でき、理科の学習内容と日常生活との関連を図る。また、単元のはじめとおわりで同じ材料を用いたものづくりに取り組ませることで、児童自らが学習を振り返ることができ、自己の変容や成長を自覚することが期待できる。

第二に、ものづくりの時間を十分に確保することである。本研究では、単元全8時間中ものづくりに4時間を配当している。児童の試行錯誤の時間を保障するとともに、一度製作したものを作り直す修正の時間を確保することにより、ものづくりを充実させる。

(2) 単元を貫くものづくりの設定

本研究では、単元を貫く本質的な問いを解決するためのものづくり（以下、「単元を貫くものづくり」という）を設定する。堀（2019）は、単元を貫く本質的な問いについて、「単元を通して教師がもっとも伝えたいものを問いにしたもの」としている。本単元における本質的な問いは、「乾電池の数やつなぎ方を変えると、モーターの回り方がどのように変わるか」である。児童がものづくりを通して、単元を貫く本質的な問いを解決することで実感を持った理解を図りたい。

また、児童が単元を貫くものづくりに主体的に取り組むためには、児童に問題を解決する必要感をもたせ、達成感のあるものづくりの設定が重要と考える。そこで、

本単元では、モーターの動きを二つのスイッチで制御することを可能とした「切り替えスイッチのある車」を取り扱う。さらに、回路の一部を隠した状態（図2）で児童に提示することによって、隠された回路を明らかにしたいという動機づけを高める。

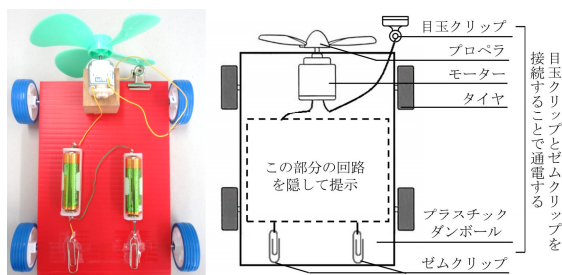


図2 切り替えスイッチのある車（左：実際に授業で使用した車，右：児童には回路の一部を隠して提示した）

(3) ものづくり一枚ポートフォリオ

本研究では、思考過程や単元前後の変容を自覚させるために、一枚ポートフォリオ（OPP：One Page Portfolio）（以下、「OPP」という）に毎時間の授業の振り返りを記録させながら学習を進める。OPPは、一枚の用紙の中に学習前・中・後の学習履歴が記録され、学習者自身が自己評価できるように堀（2004）が開発したシートである。このシートの構成要素は、①単元タイトル、②学習履歴、③単元末の振り返り、④本質的な問いの四つを基本としている。基本的な構成要素を踏まえつつ、ものづくりの視点を基に単元構成を工夫する観点から、④の本質的な問いの欄を一部改編し、単元のはじめとおわりに製作したものづくりを比較できるようにした「ものづくりOPP」を用いる（図3）。

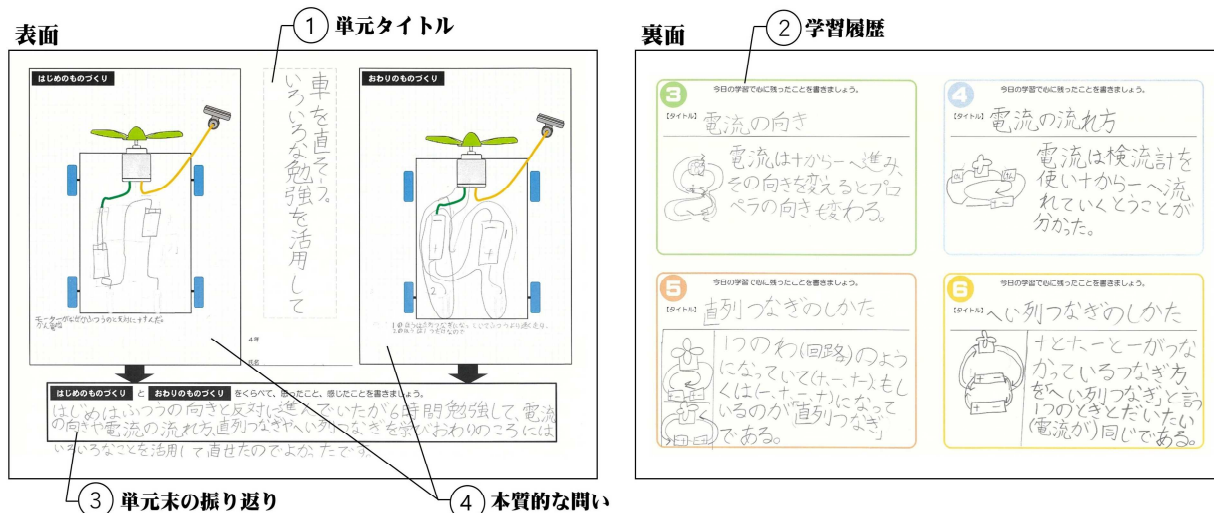


図3 ものづくりOPP（左：表面，右：裏面）

(4) 並列つなぎ用リード線「数珠型導線」

ものづくりでは、実験の技能が不可欠である。しかし、実際行われている電流の働きの学習では、児童が、実験の際に回路をつないだり、試行錯誤したりする活動が少なく、回路に関する理解が不十分になることが多い。なかでも、本単元の第6時で扱う並列つなぎの指導が難しく、児童が技能を習得しにくいことが指摘されている。成田（2017）は、並列つなぎの指導が困難な理由として、

- ① 並列つなぎには、複数の方法が存在するが、全てのつなぎ方を経験していない。
- ② 3本の導線を1箇所につなぐなど、手順が複雑である。
- ③ 導線が長い場合、接続先が分からず、混乱してしまう。
- ④ 回路図と同じようにつなぎたくても、難しい場合がある。

の4点を挙げ、並列つなぎの指導を改善するため、様々な並列回路を組むことができる並列つなぎ用リード線を開発した(表1)。これらのリード線を活用することにより、児童は並列つなぎを簡単につくることができ、実験時間の短縮につながることを示唆されたが、表1のような課題が残った。そこで筆者は、ショート回路を組む危険性を減らし、並列つなぎを多様に表現できるように改良した導線「数珠型導線」(図4-(a))を開発した。

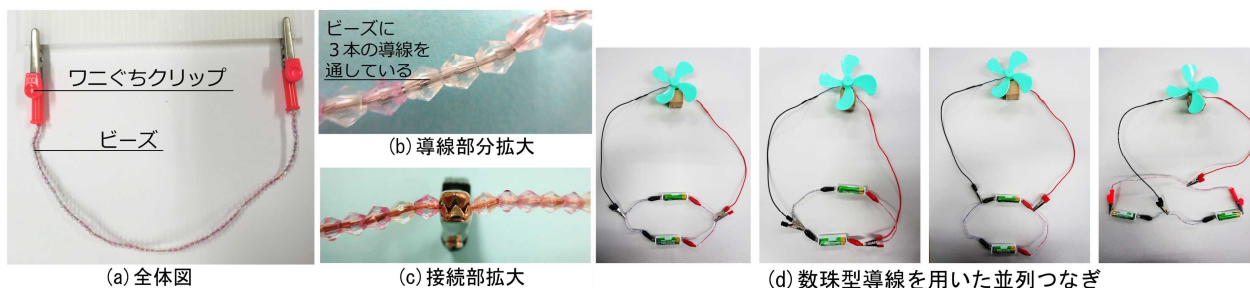


図4 並列つなぎ用リード線「数珠型導線」

数珠型導線は、導線部分にそろばん型のビーズを通すことで、導線同士が触れないようにし、ショート危険性を減らしている(図4-(b))。また、ワニぐちクリップで、ビーズを噛むことによって、回路の途中どこからでも通電する仕組みになっている(図4-(c))。数珠型導線を用いて学習を行うことで、児童は容易に並列つなぎの回路を組むことが期待できる。児童が、図4-(d)のような多様な回路を表現することで、並列回路に対する理解を深めさせたい。

3 検証授業について

検証授業は、研究協力校A校(以下、A校とする)の4学年19名を対象に、令和2年6月29日から7月20日の期間で実施した。「電流の働き」(学校図書株式会社)の単元を表2に示す流れで構成し、検証授業及び調査活動を行った。

(1) 一次(第1・2時)「はじめのものづくり」

はじめのものづくりでは、2時間続きの授業を行った。児童には、回路の一部を隠した車を提示し、二つのスイッチで走り方が変わることを示した。児童からは、「乾電池が二つ、三つ使われている」など隠した部分の回路に使われている材料やつなぎ方についてのつぶやきが見られた。その後、児童にもものづくりOPPを配付し、回路を予想させた上で、一人ずつ材料を与えてものづくりに取り組みさせた。提示した車と同じ回路を組むことができたのは、19名中6名であった。

(2) 二次(第3～6時)

二次では、本単元の学習内容である「乾電池の向きが変わるとモーターの回る向きが逆になる」、「乾電池を2個に増やすとモーターが速く回ったり、乾電池1個の時と速さが変わらなかったりするつなぎ方

表1 成田(2017)が開発した並列つなぎ用リード線

導線	どう?線	Hey!Let's回路
写真		
特長	導線の被膜部分がむきだしになっている。	導線の被膜部分の一部だけをむきだしにしている。
効果	回路の途中どこからでも接続できるため、多様な回路を表現できる。	ショート回路の危険性の減少が期待できる。
課題	ショート回路を組む危険性がある。	並列つなぎが多様に表現しにくい。

表2 検証授業及び調査活動の流れ

時間	調査内容・学習内容
事前調査	調査1 電流に関する概念の調査 調査2 自己効力感測定尺度
一次	1・2時 材料を与え、はじめのものづくりに取り組む 3時 乾電池の向きを変えるとプロペラの向きが変わることを理解する 4時 回路の中にどのように電流が流れているか理解する
検証授業	二次 5時 乾電池を2個に増やすと、乾電池1個のときよりも電流が強くなることを理解する(直列つなぎ) 6時 乾電池を2個に増やしても、乾電池1個のときよりも電流が強くないつなぎ方を理解する(並列つなぎ)
三次	7・8時 学習を適用し、おわりのものづくりに取り組む
事後調査	調査1 電流に関する概念の調査 調査2 自己効力感測定尺度 調査3 実験の技能の習得状況に関する調査 調査4 知識の習得状況に関する調査

がある」ことを実験を通して確かめる活動を行った。本研究では自分事の問題解決を促す観点から、児童の発言やつぶやきを基に二次の学習を展開していくこととした。

第3時は、はじめのものづくりで回路を組むことができなかつた児童の記述を基に、乾電池の向きを変えるとプロペラの回る向きも逆になることを実験を通して明らかにした。

第4時は、「電流には向きがある」とつぶやいた児童がいたことから、回路を流れる電流を予想させた。その予想を基に、回路の途中で二つの検流計を組んだ回路（図5）を用い、検流計の針の振れからどの予想が妥当か検討させた。「検流計の針の向きで電流が見えた」と記述している児童が多かつたことから、本時で電流の向きについて捉えられたことが推測される。



図5 第4時に使用した回路

第5時は、「乾電池2個を使うとプロペラが速く回る」という児童のつぶやきから、直列つなぎの学習を行った。

第6時は、第5時の振り返りの「乾電池2個を用いても速くならないつなぎ方があつた」という記述を基に、数珠型導線を用い、並列つなぎの学習を行った。

(3) 三次（第7・8時）「おわりのものづくり」

おわりのものづくりにおいても、はじめのものづくりと同様に、2時間続きの授業を行った。児童には、はじめのものづくりで製作した車の材料をそのまま配付し、一次と同様の指示をし、ものづくりに取り組ませた。提示した車と同じ回路を組むことができたのは、19名中17名であつた。

4 検証結果と考察

(1) ものづくりについて

ものづくりの視点から単元構成を工夫することが、実感を伴った理解を図ることになったかを確かめるために、はじめとおわりのものづくりで児童が製作した車の回路を調べた。表3は、児童がものづくりの時間に製作した車の回路を類型化し、その内訳を示したものである。

表3 児童が製作した車の回路およびその内訳

		正答	誤答						
類 型		A	B	C	D	E	F	G	H
回路図									
ス イ ッ チ	左	乾電池 1本分	乾電池 1本分(後)	乾電池 1本分(前)	乾電池 1本分	乾電池 1本分	ショート 回路	乾電池 1本分	乾電池 1本分の 並列つなぎ
	右	乾電池 2本直列	乾電池 2本直列(後)	乾電池 1本分(後)	乾電池 1本分	ビニル被膜 に接続		×	
人 数	はじめ (N=19)	6	1	1	4	3	1	2	1
	おわり (N=19)	17	0	0	1	0	0	0	1

ア はじめとおわりのものづくり

はじめのものづくりでは、児童は、類型A～Hの8種類の回路を組んでいる。そのうち、正答（類型A）だつたのは、19名中6名（31.6%）であつた。この6名の児童は自分が製作した車の回路について説明できており、自分の組んだ回路がどのような仕組みであるか理解していると考えられる。

一方、誤答だつた13名（68.4%）の児童は、類型B～Hの7種類の回路のいずれかを組んでいる。これらの児童は、乾電池1本分のスイッチで回路は組めるものの、二つ目の回路は組めなかつたり、誤つた回路を組んだりしている点が共通している。これは、3学年の学習である「回路が一つの輪のようになるとき、電気が流れる」ことが身に付いているものの、もう一方のスイッチにどのように接続すればよいか分からなかつたことが推測される。

おわりのものづくりでは、19名中17名（89.5%）の児童が回路を組むことができた。そのうち15名は、自分の製作した車の回路について、二つのスイッチがどのような回路になっているかを筆者に説明している。一方、19名中2名の児童は時間内に回路を組むことができなかった。類型Dを構想した児童については、ものづくりの時間が少なかったと話しており、後日自分の力で回路を組んでいる。類型Hの児童は、並列つなぎの学習の際に、乾電池1個の時と比べてプロペラが速く回ると誤認しており、固定観念にとらわれたことが誤答の原因と考えられる。

はじめ・おわりのものづくりの正答率について、2要因（はじめ・おわり）×2要因（正答者数・誤答者数）の正確確率検定を行った。なお、正答を類型A、誤答を類型A以外にまとめている。その結果、はじめ・おわりのものづくりの正答率に有意な差が認められた（ $p=.001$, $p<.01$ ）。このことから、二つのスイッチで二通りの回路を比較して考えることは、児童にとって適度な負荷のある課題だったといえる。

イ 2台目のものづくり

はじめのものづくりにおいて類型A及びBの回路を組んだ児童7名は、提示した車の回路を組むことができたため、おわりのものづくりの時間に2台目のものづくりに取り組んだ。児童には、はじめのものづくりに使用した材料に、乾電池1本を加えて与えた。2台目のものづくりでは、児童は類型a～eの5種類の回路を組んだ（表4）。

類型a, bでは、スイッチの一つに乾電池3本の直列つなぎの回路を組んでいる。この児童は、直列つなぎにおける乾電池の数と電流の大きさを量的な関係性で捉えており、乾電池3本にすることで、

2本の時よりも大きな電流を流すことを意図している。類型cでは、スイッチを三つに増設している。乾電池の本数によって電流の強さを変えられることを理解し、筆者が想定した学びを超えて、より高度な制御を行っている。さらに、類型dでは、直列つなぎと並列つなぎを組み合わせて、学んだ回路をものづくりに適用しようとしていることがわかる。類型eでは、回路の工夫を試みたものの、製作時間が足りずに、おわりのものづくりと同様の回路となった。

(2) 実験の技能の習得状況に関する調査

児童の実験の技能の習得状況を調べるため、事後に直列・並列つなぎについて技能のテストを行った。

本調査は、国研が行った調査と同様に、筆者が対象児童に一对一形式で、2分の制限時間を設け、操作を行わせた。その後、児童の操作の状況を表5に示す評価規準に沿って項目ごとに評価した。

その結果、直列つなぎの正答率は、評価①、②ともに100.0%であった。並列つなぎの正答率は、評価①では78.9%、評価②では69.1%であった（表6）。

A校と国研の正答率の差について、2要因（A校・国研）×2要因（正答者数・誤答者数）の正確確率検定を行った。その結果、直列つなぎではすべての評価項目において有意な差（ $p=.030$, $p<.05$ ）が認められ、並列つなぎでは評価①の回路に関する項目において有意な差（ $p=.044$, $p<.05$ ）が認められた。

表4 2台目のものづくり

類型	a	b	c	d	e
回路図					
スイッチ	乾電池 ア 1本分	乾電池 イ 2本直列	乾電池 ア 1本分	乾電池 イ 1本分	乾電池 イ 1本分
スイッチ	乾電池 イ 3本直列	乾電池 イ 3本直列	乾電池 イ 2本直列	乾電池 イ 2本並列	乾電池 イ 2本直列
スイッチ			乾電池 ウ 3本直列		
人数 (N=7)	1	2	2	1	1

表5 技能の習得状況調査の評価規準

回路	項目	評価規準
直列つなぎ	評価①	乾電池の異極同士を導線でつなぎ、直列つなぎにすることができる。
	評価②	直列につないだ乾電池とモーターを接続し、モーターを回すことができる。
並列つなぎ	評価①	乾電池の同極同士を導線でつなぎ、並列つなぎにすることができる。
	評価②	並列につないだ乾電池とモーターを接続し、モーターを回すことができる。

表6 技能に関する習得状況

回路	評価規準	A校 (N=19)	国研 (N=145)	有意確率
直列つなぎ	評価①	100.0	87.2	.030*
	評価②	100.0	87.2	.030*
並列つなぎ	評価①	78.9	55.9	.044*
	評価②	69.1	55.9	n.s.

* $p<.05$

(3) 知識の習得状況に関する調査及び技能の習得状況との相関分析

児童の知識の習得状況を調べるため、本単元学習後に調査を行った。調査には、研究協力校で採用している市販のワークテストを用いた。表7は事後に実施したワークテストの結果である。表面得点の平均値は88.9点、裏面は82.1点であり、おおむね良好な習得状況であった。また、ワークテストの得点と

表7 知識に関するワークテストの結果

単元名		N	平均値	標準偏差
電流の働き	表面	19	88.9	12.3
	裏面	19	82.1	19.3
	合計	19	85.5	14.9

技能の習得状況の相関を調べるために、ピアソンの積率相関係数を求めた。その結果、2変数間には、正の相関が認められた ($r = .694, p < .01$)。このことから、本研究では知識が定着している児童ほど技能も正しく定着していることが考えられる。

(4) ものづくりOPPの記述内容の分析

単元構成の工夫の有効性を調べるために、ものづくりOPPの記述を分類し、分析した。ものづくりOPPの「単元末の振り返り」の内容を分類したところ、次の三つの傾向が見られた(表8)。

第一に、知識や技能の増加・向上に関する記述である。乾電池の本数とつなぎ方によって、モーターの回る速さを変えられることを理解しており、本単元の目標である乾電池の数や向きによって電流の強さが変わることに関連付けていることが読み取れる。

表8 ものづくりOPP「単元末の振り返り」の内容

ものづくりOPP「単元末の振り返り」の内容

ものづくりOPP「単元末の振り返り」の内容	
1 知識や技能の増加・向上に関する記述	<ul style="list-style-type: none"> 乾電池三つと乾電池二つでは、乾電池三つの方がプロペラが速く回り、速さの段階も増えた。 2個の乾電池を使っても、普通の速さや速い速さがある。 乾電池の数がちがう。乾電池2本でも速さを変えられる。
2 自己の成長や変容に関する記述	<ul style="list-style-type: none"> はじめは全然わからなかったけど、おわりになると、いろいろなつなぎ方を習ってわかってきて、車のスイッチを作って楽しかった。 はじめは疑問ばかりだったけど、最後には疑問が少なくなった。 はじめは、乾電池で作ってもうまくいかなくて、それでも、みんなと勉強して、今日ようやく電気で動く車を作れてよかった。
3 学習の活用・学びの意義に関する記述	<ul style="list-style-type: none"> はじめは、普通の向きと反対に進んでいたが、6時間勉強して、電流の向きや電流の流れ方、直列つなぎや並列つなぎを学び、おわりのころにはいろいろなことを活用して直せたので良かった。 はじめは、疑問に思うことが多かったけど、改造して、やっと思えるようになった。 いろいろなことを勉強してそれを生かしておわりのものづくりをできたので良いと思った。

第二に、自己の成長や変容に関する記述である。自己の学習による変容を客観視し、成長を喜ぶ記述が多くみられた。本研究から児童のメタ認知が促されたことが読み取れる。第三に、学習内容の活用に関する記述である。児童の記述には学習したことをものづくりに適用できたことや改造したこと等の言葉がみられる。このことから、学習したことがものづくりに適用できたことで、学ぶ意義を感じ取っていることが読み取れる。

ものづくりOPPの記述を基に分析すると、ものづくりの視点から単元構成を工夫することにより、次の二つの効果が考えられる。

- ・単元のはじめとおわりにもものづくりを設定することにより、自己の学びの比較が促され、自己の成長や変容の自覚につながる。
- ・単元のおわりに再びものづくりを設定することにより、一度つくったものを単元の学びを活用して改良することができ、学びの意義の実感につながる。

(5) 電流に関する概念の調査

本研究が児童がもつ電流の概念にどのような影響を与えたか調べるために、事前・事後で児童がどのような概念をもっているか調査を行った。調査問題は、平野(1999)が電流の概念変換を調査したものを参考にした。児童に、「豆電球に明かりがつかしました。電気の流れをもっともよく表している図はどれか」と問い、7種類(ア～キ)の概念を図の形式(表9)で提示し、選択させた。

事前調査では、類型キの「乾電池の+極と-極両極から豆電球に向かう」を選んだ児童が9名(47.3%)でその他にも含めると誤った概念をもっていた児童は13名(68.4%)であった。回路を流れる電流に関して誤った概念をもっている児童が多くを占めていることが分かった。事後調査では、正しい概念である類型

オの「+極→豆電球→-極（ただし、電気の強さはどこでも同じ）」を選択する児童が16名（84.2%）であった。多数の児童が正しい概念を選択している。そこで、事前・事後の正答率について、2要因（事前・事後）×2要因（正答者数・誤答者数）について正確確率検定を行った。その結果、事前・事後間において、有意な差（ $p = .038$, $p < .05$ ）が認められた。以上のことから、児童は、本研究によって電流に関する概念転換が図られたと考えられる。

表9 調査問題で用いた図と調査結果

類 型	正答							
	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ	
図								
	+極から豆電球へと流れる	-極から豆電球へと流れる	+極→豆電球→-極	-極→豆電球→+極	+極→豆電球→-極	-極→豆電球→+極	乾電池の+極と-極両極から豆電球に向かう	
			(ただし、豆電球から電流の強さが弱くなる)	(ただし、豆電球から電流の強さが弱くなる)	(ただし、電気の強さはどこでも同じ)	(ただし、電気の強さはどこでも同じ)		
人数	事前 (N=19) 事後 (N=19)	1 0	0 0	0 1	0 0	6 16	3 0	9 2

(6) 自己効力感に関する調査

本研究が、児童の自己効力感にどのような影響を与えたのかを捉えるために、鈴木（2012）が開発した自己効力感測定尺度を用い、事前・事後に質問紙調査を行った。表10に、自己効力とそれに関する概念と内容、表11に自己効力感測定尺度の結果を示す。

「統制感」「手段保有感（教師）」「社会関係性（教える役割）」「社会関係性（身近な友人）」の平均値の差が大きい。各概念の事前・事後の平均値について、ウィルコクソンの符号付順位検定を行ったところ、自己効力感測定尺度では、「統制感（ $z = 2.13$, $p = .032$, $p < .05$ ）」「手段保有感（教師）（ $z = 2.06$, $p = .039$, $p < .05$ ）」、社会関係性測定尺度では、「社会関係性（教える役割）（ $z = 2.03$, $p = .042$, $p < .05$ ）」「社会関係性（身近な友人）（ $z = 2.13$, $p = .032$, $p < .05$ ）」の四つの概念で有意な差があった。

また鈴木（2012）は、「測定尺度で得られた情報だけでなく、児童や生徒の学習行動に見られる様々な情報を複合的に補完することも大切」であると述べていることから、自己効力感測定尺度とOPPの振り返りの記述（図6）と併せて、尺度の結果を考察した。授業では、ものづくりに取り組む際に、自然発生的に協働的に活動する姿が見られた。これらの経験を重ねることで、相手に教えたり、教えられたりする関係を築き、社会関係性を高めていったことが考えられる。また、はじめのものづくりでは、多くの児童が失敗やつまずきを経験した。これらを学習によって解決することで達成感を味わい自信につながったと考えられる。

さらに、ものづくりが、統制感にどのように影響しているか調べるため、2台目のものづくりに取り組んだ7名を上位

表10 自己効力とそれに関する概念と内容

尺度名	構成概念	下位概念	内 容
自己効力感測定尺度	統制感		「自分は目標を達成できるか否か」といった行為者と望む結果との関係についての自信や信念を示し、行為者が望む結果をどの程度得ることができると期待しているかを問う。
		手段保有感（努力）	「自分が目標の達成に必要な手段をどのくらい持っているか否か」といった行為者と手段を結び関係。行為者と「努力」「能力」「教師」の三つの手段との関係。
		手段保有感（能力）	
社会関係性測定尺度	教える役割 周囲の期待 身近な友人	教室場面	「自分は周囲に何らかの働きかけができる手段を保有している」という認識。行為者と「友人に教える」「教師、家族、友人の期待」「教えてくれる友人」の三つの社会的な存在との関係。

表11 自己効力感測定尺度の結果

尺度名	構成概念	下位概念	平均値			有意確率
			事前	事後	差	
自己効力感測定尺度	統制感		2.08	2.43	0.35	.032*
		手段保有感（努力）	3.37	3.28	-0.09	n.s.
		手段保有感（能力）	2.42	2.32	-0.10	n.s.
		手段保有感（教師）	2.65	2.91	0.26	.039*
社会関係性測定尺度	社会関係性（教える役割） 社会関係性（周囲の期待） 社会関係性（身近な友人）	社会関係性（教える役割）	2.65	2.84	0.19	.042*
		社会関係性（周囲の期待）	2.30	2.44	0.14	n.s.
		社会関係性（身近な友人）	2.58	2.93	0.35	.032*

n.s. : 非有意 * : $p < .05$

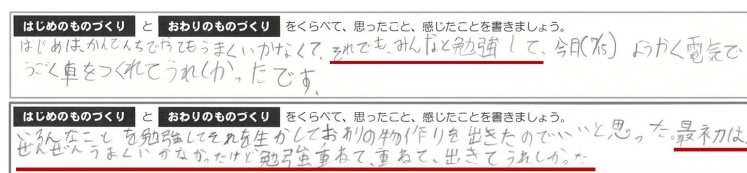


図6 自己効力感測定尺度に関わる振り返りの記述（下線は筆者による）

群、それ以外を下位群とし、それぞれの事前・事後間の平均点を表12に整理した。

そこで、各群の事前・事後の差を調べるために、ウィルコクソンの符号付順位検定を行ったところ、上位群（ $z=1.99$,

$p=.046$, $p<.05$ ）、下位群（ $z=3.18$, $p=.001$, $p<.01$ ）ともに有意な差が認められた。また、平均値を比較すると、はじめのものづくりで回路を組むことができなかつた下位群の児童は、上位群の児童よりも統制感の上昇が大きかった。ものづくりでの失敗経験が、目標達成の自信につながったと考えられる。

(7) 並列つなぎ用リード線「数珠型導線」

第6時では、数珠型導線を使用し、並列つなぎについて学習した。児童が構想した回路を図7に示す。

児童は回路を操作する活動が十分行い、多くの教科書に掲載されている類型Aを含む5種類（類型A～E）の回路を組んだ。数珠型導線を使用することで、並列つなぎを組むことが容易になり、試行錯誤の末、多様な回路を組むことができた。児童は5種類の回路（図7）から乾電池が同極同士でつながれていること、一つの回路に二つの輪が見えることを見いだしていた。児童は、自分たちで共通点を見いだしながら並列つなぎについて、理解していることが読み取れる。

さらに、数珠型導線の効果を検討するために、事後に実施した技能に関する習得状況（表6）において正答だった児童が組んだ並列つなぎの回路を六つの類型に分類した（図8）。

本研究の児童は、類型2で接続する児童が多数（83.3%）であった（表13）。一方、国研の調査では、類型1で接続する児童が多数（84.1%）であり、また多様な回路を組んでいる児童がみられる等、接続方法の傾向が大きく異なる。これは、並列つなぎの学習の際に、試行錯誤が十分なされたため、並列つなぎの回路が最も組みやすい類型2（1本の乾電池とモーターで一つの回路をつくり、その回路にもう1個の乾電池を付け足した回路）に偏ったことが考えられる。

表12 ものづくり活動の上・下位群の統制感の結果

構成概念	下位概念	N	平均値		差	有意確率
			事前	事後		
統制感	上位群	7	2.66	2.75	0.09	.046*
	下位群	12	1.75	2.25	0.50	.001**

*: $p < .05$ **: $p < .01$

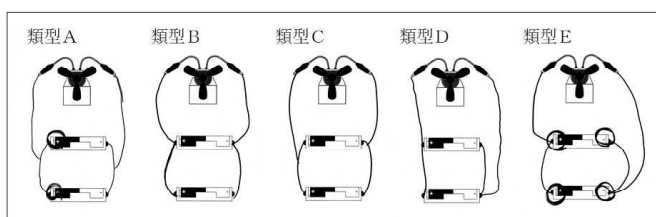


図7 児童が構想した並列つなぎ

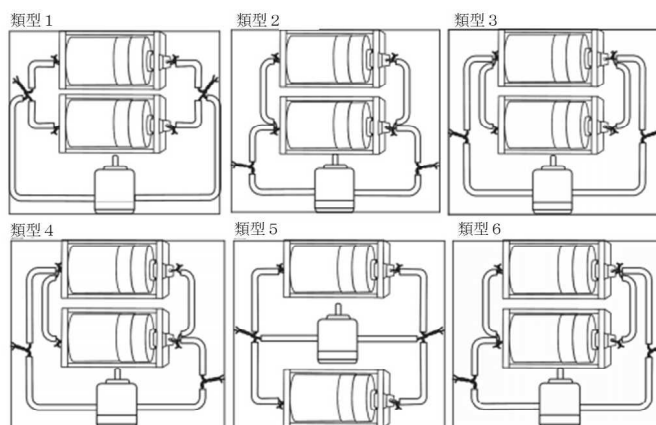


図8 並列つなぎの類型

表13 類型の反応

類 型		1	2	3	4	5	6
反応率 (%)	A校 (N=19)	16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	国研 (N=145)	84.1	6.1	1.2	1.2	3.7	3.7

V 研究のまとめ

本研究では、小学校4年「電流の働き」において、実感を伴った理解を図るために、単元のはじめとおわりにもものづくりを設定し、ものづくりの時間を十分確保する等、ものづくりの視点から単元構成を工夫した学習活動を行った。

単元のはじめにもものづくりを行わせることによって、児童が対象と深く関わり、十分な試行錯誤が行われ、自分事の問題解決をする姿が見られた。また、単元のおわりに再びものづくりを設定することで、一度製作したものを改良する時間が確保され、単元の学びを生かして、多くの児童が回路を組むことができた。事後の調査を分析すると、知識が定着している児童ほど技能も正しく定着していることが相関分析から明らかになった。以上のことから、ものづくりの視点から単元構成を工夫することは、実感を伴った理解を図ることに有効であることが明らかになった。

副次的ではあるが、本研究において測定した自己効力感測定尺度において、統計的に有意な差が認められた。これは、ものづくりに取り組む中で社会関係性が高まり、児童にとって負荷のある課題が解決されるこ

とで自信につながったものと推測される。この点においても新たな知見を提示できたものと考えられる。

VI 本研究における課題

本研究では、4年「電流の働き」を研究対象としたが、3年「磁石の性質」「電気の通り道」等の単元においても、本研究のような単元の展開が有効と考えられる。今後、これらの単元においても、ものづくりの視点から単元構成を工夫することが、実感を伴った理解を図ることに有効であるか検討していきたい。

また、本研究のように、一つの単元のために、ものづくりの材料を一から揃えることは大変効率が悪く、材料を複数の単元で使用するなどの改善が必要である。例えば、本研究で使用した台車部分は、3年「風やゴムの働き」で、回路の部分は、6年「電流がつくる磁力」での活用が考えられる。このように、ものづくりに系統性をもたせるなど、ものづくりの視点から指導計画を改善していきたい。

本研究をまとめるにあたり、御協力いただきました研究協力校の校長先生並びに関係いただきました先生方に厚く御礼申し上げます。

<引用文献・URL >

- 1 文部科学省 2008 『小学校学習指導要領解説 理科編（平成20年8月）』
- 2 文部科学省 2017 『小学校学習指導要領解説 理科編（平成29年7月）』
- 3 小倉康 2010 「科学的リテラシーを向上させる優れた理科授業に関する教師用ビデオ教材の開発」, p. 50, 国立教育政策研究所研究成果報告書
<https://www.nier.go.jp/ogura/H21REP.pdf> (2021.2.26)
- 4 国立教育政策研究所 2013 『理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【小学校】』, <https://www.nier.go.jp/science-rpt/pdf/primary.pdf> (2021.2.26)
- 5 森本信也 2008 「子どもに「実感的な理解」をもたらす理科学習指導の視点」『初等理科教育12月号（通算535号）』, pp.10-13, 農山漁村文化協会
- 6 遠西昭壽 2011 「実感を伴った理解とはどういうことか」『理科の教育（60巻2号）』, pp.81-84, 東洋館出版社
- 7 日置光久 2001 「実感を伴う理解を図るものづくり」『楽しい理科授業（33巻11号）』p.66, 明治図書出版
- 8 本田親朋 2016 「科学的知識・技能を活用した理科学習指導—ものづくりを課題としたアイデアシート—の作成を通して—」『福岡教育大学大学院教職実践専攻年報（第6巻）』, pp.71-78
https://fukuoka-edu.repo.nii.ac.jp/?action=repository_action_common_download&item_id=2031&item_no=1&attribute_id=14&file_no=1 (2021.2.26)
- 9 中村有稀・小倉康 2020 「理科を学ぶ意義や有用性を実感する授業計画に関する研究」『日本科学教育学会研究会研究報告（34巻6号）』, pp.51-56, 日本科学教育学会
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsser/34/6/34_No_6_190612/_pdf/-char/ja (2021.1.29)
- 10 堀哲夫 2019 『一枚ポートフォリオ評価OPPA 一枚の可能性』, p.40, 東洋館出版社
- 11 成田一之慎 2017 「並列用リード線Hey! Let's回路の開発」『北海道立理科教育センター研究紀要（29号）』, pp.20-23, 北海道立理科教育センター
http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp/?action=cabinet_action_main_download&block_id=3585&room_id=1464&cabinet_id=103&file_id=2864&upload_id=5620 (2021.2.26)
- 12 平野俊英 1999 「学習者の初等電磁気概念の形成に関する研究—カリキュラムの構造が及ぼす影響—」
https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/files/public/3/31134/20141016180632850232/diss_ko1923.pdf (2021.2.26)
- 13 鈴木誠 2012 『「ボクにもできる」がやる気を引き出す』, p.209, 東洋館出版社

<参考文献>

- 1 文部科学省 国立教育政策研究所 2018 『平成30年度全国学力・学習状況調査報告書【小学校】理

科』

<https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/data/18psci.pdf> (2021. 2. 26)

- 2 R. オズボーン・P. フライバーグ 1988 『子ども達はいかに科学理論を構成するかー科学の理論ー』, 東洋館出版社
- 3 堀哲夫 2004 『一枚ポートフォリオ評価理科ー子どもと先生がつくる「学びのあしあと」ー』, 日本標準