

理科における素朴概念の修正方法の研究

学習開発分野(15220920) 星川 琢見

本研究は、まず、児童への調査結果の比較から、素朴概念を科学的概念に修正させるための方略について検討した。その後、小学校4年理科「電気の働き」における概念変化を促す教授法とその効果を明らかにしていくことを目的とし、授業実践を行った。その結果、素朴概念の自覚と、説明活動による概念の形成の有効性、そして、素朴概念の把握の困難性が明らかとなった。

[キーワード] 小学校理科, 素朴概念, 科学的概念, 概念変化, 電気の働き

1 問題の所在と方法

(1) 問題の所在

児童が教室で授業にのぞむ場合、すでに自らの生活経験を通じてその領域における素朴な概念¹⁾を持っていること、そして、それらの概念の多くは学校での科学的な概念の教授にかかわらず変化が生じにくいことが知られている(オズボーン・フライバーグ, 1988)。筆者も、溶け残った砂糖が沈んでいたり、実際に飲んでみたら下のほうが甘かったりという児童の経験が、授業で「水溶液の濃さはどこも均一になる」という科学的概念が教えられる際に障害となったり、学習後も素朴概念²⁾が強固に保持されたりする事例を数多く見てきた。

前年度は小学校第5学年理科「電流の働き」の単元で概念変化に関する実践を行った。その結果、単元終了後でも電気と磁石の関係を認めない児童の存在が明らかとなり、素朴概念の強固さがあらためて浮き彫りとなった(星川, 2016)。

しかし、星川(2016)では、素朴概念から科学的概念へ変化したことを実証するための調査期間が授業前から単元終了直後までと極めて短いため、時間を置いて再調査することが今後の課題としてあげられた。

2 研究の目的

本研究では、前年度の実践から1年後に行った児童への調査結果をもとに、まず前年度の実践について再分析と考察を行う。そのうえで、素朴概念を科学的概念に修正させるための方略について検討を行い、小学校4年理科「電気の働き」での授業実践を通して概念変化を促す教授法とその効果

を明らかにしていくことを目的とする。

3 先行研究の検討

(1) 素朴概念とは

堀(1998)によると、素朴概念は「子どもの学習前や学習後に持っている科学的に精緻化されていない概念」とされている。素朴概念は、児童独特の自然観や科学観に基づいて特有の意味を付与していたり、たとえ間違っていたとしても彼らなりの論理的な一貫性を持っていたりするため、科学的な概念に変換・修正することは極めて困難であるとしている。そして、この素朴概念に直接働きかけなければ児童に正しい科学的な概念を獲得させることは困難であり、学習において教師の適切な指導が不可欠であることが指摘されている。

また、中山(1998)は、素朴概念が変容しない理由として、授業等で正しい科学的概念が教授された後、素朴概念と科学的概念が矛盾するにも関わらず、それぞれ独立に知識の中に併存してしまうという状況が起きやすいことを示した。2種類の相反する知識が全く別な無関係な知識として並行して存在してしまうと、試験問題には学校で習った知識を活用して正解を導くことができるのに、日常的な事象は、それまでの素朴概念を利用して考える場合があることを指摘している。

(2) 概念変化のモデル

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">①既存の概念に葛藤が生じている。②分かりやすい新しい概念がある。③新しい概念は、もっともらしい。④新しい概念は、今後の追及にとって有益である。 |
|--|

Posnerら(1982)は、概念変化モデルとして、概

念変化が起きる条件を上記の4つにまとめた。Posnerら以降は、概念変化のためにあえて認知葛藤を引き起こし、メタ認知を働かせて自分の考えを批判的に問い直し、科学的概念に修正できるような方法が様々に工夫されてきている。

例えば、Clement(1993)は、学習者にとって親しみのある経験や知識を出発点として、最終的に獲得されるべき科学的概念との間に存在するジャンプを橋渡しするために、両方のアナロジーとなり得る概念を媒介させる方略を提案している(湯澤(2011)による)。

4 1年後の調査に基づく昨年度実践の再検討

(1) 1年後の調査結果と分析

前年度は、Posnerら(1982)の概念変化モデルに基づき、矛盾事例を提示し認知的葛藤を引き起こすことで概念変化が促されると仮定し、小学5年理科「電流の働き(電磁石)」の単元において授業実践を行った。

実践に先立ち実施した児童への調査では、電気と磁石に関連性を認めた児童はわずか23%に留まり、77%もの児童が電気と磁石の関連性を認めなかった(表1)。

表1. 事前調査の結果

内容	そう思う	そう思わない
電気と磁石に関連性がある	5人 (23%)	17人 (77%)
磁石を強くしたり弱くしたりすることができる	15人 (68%)	7人 (32%)
磁極を入れ替えることができる	7人 (32%)	15人 (68%)

単元終了直後に行った調査では、電気と磁石の関連性を認める児童が増加(23%→81%)したものの、依然として19%の児童が電気と磁石に関連性を認めなかった(表2)。

表2. 単元終了直後の調査結果

内容	そう思う	そう思わない
電気と磁石に関連性がある	18人 (81%)	4人 (19%)
電池の数やコイルの巻数を変えることで電磁石を強くしたり弱くしたりすることができる	20人 (91%)	2人 (9%)
磁極を入れ替えることができる	21人 (95%)	1人 (5%)

関連性を認めない児童の振り返りには、「電磁石にクリップを付けて遊んだのが楽しかった。」

「クリップをつけて実験したのが楽しかった。」といった、電磁石の実験の楽しさに関する記述が多かった。

実践1年後の調査では、電気と磁石の関連性を認めた児童は64%に低下し、関連性を認めない児童は36%まで増加した(表3)。

これに対し、コイルの巻数による電磁石の強弱や、磁極の入れ替えに関する項目に関しては、実践直後の調査で「そう思わない」と回答した児童は1人のみであり、1年後の調査でも2人にしか増加していない。

表3. 1年経過後の調査結果

内容	そう思う	そう思わない
電気と磁石に関連性がある	14人 (64%)	8人 (36%)
電池の数やコイルの巻数を変えることで電磁石を強くしたり弱くしたりすることができる	20人 (91%)	2人 (9%)
磁極を入れ替えることができる	20人 (91%)	2人 (9%)

(2) 調査結果に基づく前年度実践の再検討

① 大きな概念の転換について

前年度は、電気と磁石の関連性について「そう思わない」と回答した児童が減少(77%→19%)したことから、アルミホイルブランコから導線へ、そしてコイルへ、さらに鉄心を加えるというように、少しずつ電磁石の形に近づけていくことで、児童は電気と磁気を無理なく関係づけられたと結論づけた(星川, 2016)。

しかし、1年後の調査では、36%もの児童が電気と磁石の関連性を認めなかった。ここで関連性を認めなかった8人は、事前調査で関連性を認めなかった児童と同一である。そして、この8人中4人は、単元終了後一度は電気と磁石の関連性を認めていたものの、1年後には授業以前の概念(電気と磁石の関連性を認めない状態)に戻っている。

このことから、電気と磁石の関連性という大きな概念の転換を促すためには、星川(2016)のように、素朴概念から科学的概念へと少しずつ転換を促すことによる効果は認めつつも、それだけでは必ずしも望ましい科学的概念が長期間保持されるわけではないことが示唆された。

② 小さな概念の転換について

磁極の入れ替えに関する項目について「そう思う」と回答した児童は、単元終了直後に大きく増

加した以降は、1 年後の調査においても大きな変化は見られなかった。調査問題にあたる電磁石の極を取り扱った授業は本単元の 9 時間目にあたり、電磁石の片側に青い印を付け、電磁石に極があるかどうかを各自方位磁針で明らかにする流れで行われた(事例 1)。

事例 1

C1:分かった！
 C2:私も分かった。
 C1 と C2 : (同時に) 青側は…S 極
 C3 : えっ、(青印側を指して)私の N 極だけど。
 C1 : 見方違うんじゃない?※1 (方位磁針の針の赤いほうが付いたらそっちが N 極だから、電磁石は S 極なんだよ。
 C3 : (方位磁針の S 極が付くのを)やっぱりみんなと違う。
 C1:なんか間違っただけじゃない。ちょっと貸して。
 C1 : あれっ? (何度もやり直す青印側は N 極になる。)
 C3 : でしょ。
 C1 : ちょっと待ってて。(自分の電磁石で試してみる。)あれ?俺も N 極になった。あれっ?あれっ?
 C2:えっ、なんで変わるの?私のずっと S 極だけど。ちょっと貸して。
 (この後、お互いの電磁石を交換しながら青側が S 極か N 極か確かめ合う。しかし、S 極になったり N 極になったり、極が固定しない。)
 C3 : (隣の C2 の様子をじっと見ている)あっ、私分かったかも。(乾電池の向きを入れ替えて実験してから)たぶん間違いない。
 C2:どうやるの?
 C3:青側は S 極と N 極なんだって。
 C2:は?
 C1:意味分かんないんだけど。
 C3:だから、青側は S 極にも N 極にもなるんだって。
 C2:あっ、私も分かったかも! (C3 に耳打ち)
 C3:そう。そういうこと。
 C2:な〜んだ、そういうことだったのか。(自分の電磁石で検証を始める。)
 C1: (C2 の様子を見て)あっ、俺も分かったかも。(乾電池の向きを変えて)そういうことかあ!

C1 は、C1 と C2 の電磁石の青印側が S 極という結果だったので、N 極になる C3 の実験結果は間違いだと捉えていた(※1)。しかし、実験を行う人を変えても結果が変わらなかったり、自分たちの電磁石で証明できなかつたりすることから、児童は電磁石は磁極を入れ替えることができるという新しい概念の必要性に迫られ、生み出し、目の前の事例に適用していった。

C1~C3 は実験前から既に電磁石には磁石と同じように磁極があると予想しており、この時の概念の転換は、それが「固定したもの」か「入れ替え可能なもの」かという程度の小さな転換であり、

児童はさほど抵抗なく新しい概念を受け入れたと考えられる。

以上のことから、電磁石の極の入れ替えに代表されるような小さな概念の転換については、矛盾事例の例示による大きな驚きで概念の転換が一気に促されること、そして、そこで獲得された概念は長期にわたって保持されることが示唆された。

③素朴概念の自覚について

三宅(1986)は、概念変化が起こるためには、児童自身が既存の知識や考えの状態を意識する機会が十分に必要であることを指摘している。「素朴概念の自覚」という点で前年度の実践の単元導入部分を再度分析してみると、筆者は、不思議な現象として磁石に反応するアルミホイルブランコを提示した後、既存の知識や考えを明確に自覚させたり、どのような結果になるのかを予想したりすることはしていない(事例 2)

事例 2

T: (黙ってアルミホイルブランコを提示し、演示実験を行う。)
 C4:なんで動くの?
 C5:……。
 C6:鉄になったんじゃない?※2
 C4:あつ、そうか。※3
 C5:でも、それどとき、(磁石から離れていく様子を見せて)こうなるの変じゃん。
 C6:確かに…。(しばらく会話がなくなる。)
 C6:(小さい声で)磁石になったんじゃない?
 C5:おー!そうだよ、そうだよ。
 C4:えつ、なんで?※4
 C5:だってさ、(くっついたり離れたりする様子を見せながら)こういうの前に見たことない?
 C4:あつ、磁石!※5
 C5:くっつくだけなら鉄に変わったとも言えるんだけど、くっついたり離れたりするのは磁石になっているとしか考えられないよ。

ここで児童の発言に注目すると、C6 は鉄になったという考え(※2)をはっきりと自覚してから考えを変化させていった。しかし、C4 の発言(※3~5)は C5 や C6 の考えに誘導されてのものであり、根本的な部分では変わっていなかったと考えられる。C4 と C6 は事前調査で電気と磁石に関連性を認めなかったが、C6 は 1 年後の調査でも電気と磁石について関連性を認めているのに対し、C4 は単元終了直後は電気と磁石の関連性を認めたものの、1 年後の調査では関連性を認めていない。C4 にとってアルミホイルブランコはアルミホイルを磁石に変える特別な装置であり、電気と磁石を関連付

ける新しい概念への橋渡しとしては受け入れられていないと考えられる。

以上のことから、先に上げた電気と磁石の関連のような矛盾事例を提示する方略で概念変化を促すためには、児童が既存の知識や考えの状態をしっかりと自覚させることが極めて重要であることがあることが示唆された。

(3) 概念変化を促す方略

ここで、前年度実践の再検討から示唆された概念変化を促す方略を整理する。

- ・素朴概念の自覚なしには、概念変化は起こらない。
- ・大きな概念の変化は、児童にとって親しみのある経験や知識を出発点として、最終的に獲得されるべき科学的概念へと進むことに、一定の効果がある。
- ・小さな概念の変化は、驚きの大きい矛盾事例の提示により一気に促される可能性が高い。

5 概念変化を促す方略

昨年度の実践を再検討した結果を踏まえ、本年度は、下記の方略で概念変化を促していく。

①素朴概念の自覚

…事前調査等で素朴概念を図や言葉で表出させ、他者に説明することを通して素朴概念の自覚を促す。

②認知葛藤場面

…素朴概念と矛盾するような事象を提示する。

③新しい概念と説明活動

…既存の知識に取って代わることのできる科学的な知識を示し、新しい概念がもっともらしく思えるような説明活動を行わせる。

④適用

…他の場面への適用を促す。

本年度は、最初に、事前調査で素朴概念を図や言葉で表出させるだけでなく、他者に説明する活動を通して素朴概念の自覚を強く促す。その後、児童同士で科学的な説明を求める場を設定し、相互教授の中で概念変化を促す方略を柱に実践を行っていく。

6 事前調査

(1) 電気領域における児童の素朴概念について

実践に先立ち、村山市立T小学校4学年児童29

人を対象に、質問紙による事前調査を実施した。

表6. 事前調査1

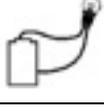
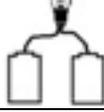
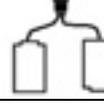
1. 次の図のようにつないだら豆電球はつくでしょうか。	つく	つかない
	0人 (0%)	29人 (100%)
	2人 (7%)	27人 (93%)
	0人 (0%)	29人 (100%)
	29人 (100%)	0人 (0%)

表6からは、3年生で学習した豆電球1個と乾電池1個でつくかどうかの判断は、ほとんどの児童が正しく行えていることが分かる。判断の理由には、「導線が+極と-極についているから」というものが多く、つくかどうかの判断は導線の先端がどこについているかを基準にしていることが伺える。

表7. 事前調査2

2. 次の図のようにつないだら豆電球はつくでしょうか。	つく	つかない
A 	3人 (10%)	26人 (90%)
B 	24人 (83%)	5人 (17%)

事前調査2では、Aの豆電球がつくと回答する児童が10%だったのに対し、Bの豆電球がつくと回答した児童は83%にも昇る。判断の理由には、「同じ極どうしがつながっていたらつかないが、+極と-極が繋がってれば明かりはつく。」というものが多い。

また、別アンケートの「電気は、乾電池の両方の極から流れ出る。」という問いに対しては、76%の児童が「そう思う」と回答しており、Bの豆電球がつくと回答した児童と、電気が両方の極から

流れ出ると回答した児童はほぼ一致する。このことから、B の豆電球がつくと回答した児童は+極と-極からそれぞれ違う性質の電気が流れだし、豆電球のところでぶつかるとい説(以下、「衝突説」)を強く支持していることが伺える。

次に、「電気は豆電球をつけるのに使われるから、行きよりも帰りの導線に流れる電気は少なくなる。」という問いに対しては、「そう思う」と回答した児童は 52%であった。しかし、「電気は片方の導線にしか流れていない」という問いに対し、83%の児童が「いいえ」と回答していることから、児童の中には流れ出た電気が豆電球やモーターである程度消費されるという説(以下、「消費説」)も混在していることが伺える。

7 授業実践の実際

事前調査に基づき、本実践では「衝突説」と「消費説」を児童の持つ素朴概念と捉え、これらを正しい電流概念に修正するため、単元の初めは豆電球ではなくモーターを使用し、以下のように単元を構成し実践を行った。

単元名「電気の働き」(全9時間)

授業時間	学習内容
1～3時間目	乾電池1個でプロペラを飛ばそう
4・5時間目	乾電池2個でプロペラを高く飛ばすには、どのようにつなぐとよいのだろうか。
6・7時間目	乾電池の数やつなぎ方を変えると、電気の働きはどのように変わるのだろうか。(直列回路、並列回路)
8・9時間目	光電池に当てる光の強さを変えると、電気の働きは変わるのだろうか。

(1) 素朴概念の自覚場面

1～3時間目の実践で、児童からプロペラをもっと高く飛ばすためには乾電池がもう一つ必要だという考えが出た。そのため、4時間目の導入では調査問題の2個の乾電池のつなぎ方について考えることにした。授業に先立ち、素朴概念の自覚のための事前調査は行っていたが、調査から日数が経っていたため、現時点での考えをノートに記入させた。児童はその際、口々に「答えは分かるんだけど、説明できない。」とつぶやきながら考えを書いていった。

授業では、事前調査の結果を児童に示しながら、

児童同士の説明場面を設定した(事例3)。

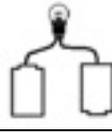
事例3(全体交流)

A		つく	3人
		つかない	26人

T: (Aの図のみを提示して)以前、このような場合に豆電球がつくかどうかのアンケートを実施しましたね。結果はこのようになりました。(人数を表に書き込むと、どっと笑いが起きる。)

C1: 3人の人おかしいよ。あれじゃ、つかないじゃん。
 C2: プラスとプラスでつくはずない!
 C3: 同じ極同士はつかないでしょ。
 C4: 下つながってないよ。(この児童は上記3人と根拠が違うが、大きく取り上げなかった。)
 C5: あっ、俺間違えた。絵、よく見てなかった。(C1～C4のどの発言を受けてそう考えたのかは不明。)(あちこちで、黒板に示された図を指差しながら説明が始まる。)

T: そして、もう1つのつなぎ方の結果はこうになりました。

B		つく	24人
		つかない	5人

(児童がざわつく。)

T: なんかに意外だという表情してるね。ちょっと聞いてみようか。

C3: ぼくは、つくと考えました。普通だと+極と-極はつきます。同じ極じゃない+極と-極は合うので、つくと考えました。
 C6: 電池1個でも、+極と-極さえあれば光るからつくと思います。
 C7: 電気は+極から入って、-極に逃げていくから、導線が+極と-極につながっていればつきます。
 C6: あっ! 磁石と一緒にだ。(隣の児童にN極とS極の説明を始める。)
 C8: ぼくは、みんなと違って、回路がないので、+極と-極だけどつかないと思います。なぜかという、電気は回路を通して明かりがつくという勉強をしたからです。
 C9: ぼくも、C8君と一緒に、Bは回路になっていないからつかないと思います。
 C10: ああ、私考え変えた。
 T: C10さん。どうぞ。
 C10: 私は最初、Bはつくと考えたんだけど、回路ができていないから…、えーっと、3年生で回路ができていないと電気が通らないって習ったから…。(言いよんで座ってしまう)
 C11: わっかになっていないから。(つくと考えている児童から、「でもさ」という声が湧き起こる)
 C12: 確かに下はつながっていないんだけど、+極と-極は違う性質だと思います。だから、2つの力が合わさらないと電気はつかないと思う。だから、私はBはつくと思う。
 (「ああ」と言いながらC6が前に出てくる。)

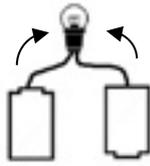
C6: C12 さんが言ったのは、こう
いうことですよ。

(黒板に矢印を書き始める。*)

C12: そうそう。(手で、+極と
一極から電気が向かっていく
ような仕草をする。C12の仕草
を見て、「なるほど」と言うように
隣の人に同じ仕草で説明を始める児童がいる。)

C10: でも…。それは分かるんだけど、下がついていない
から…。えーっと、もし下の+と-がくっついていれ
ばつくと思うのね。でも、離れちゃってるから…。(助
けを求める目で回りを見る。)

C11: Bは回路ができていないからつかないよ。回路がで
きていないと電気が通らないでしょ。



Bをつくと答えた児童の多くは、理由をノート
に記入する時に「説明できない」ということを口
にしていたが、その不明瞭な部分がC6の矢印(※
6)とC12の仕草(※7)で一気に解消された顔を
していた。これは、+極と一極からそれぞれ電気
が流れだし、豆電球のところではぶつかるとい
う「衝突説」が、矢印や仕草によってはっきりと自覚さ
れたためと考えられる。

このやり取りの後、挙手により考えを確認する
と、Bの豆電球が「つく」と答えた児童は20名に
減り、「つかない」と答えた児童は9名へ微増した。
ただし、この中で「つかない」から「つく」へと
変わった児童は1人もいない。

(2) 認知葛藤場面

全体交流の後、全てのグループに「明かりがつ
く」「つかない」が混在するように座席を移動し、
グループごとに実験を行った。

事例4 (Aグループ)

C12: え～! つかない! なんで。(周りの様子を見ながら、
何度もやり直す。)

C6: ちょっと電池貸して。(何人かと電池
を交換しながら)やっぱだめか…。

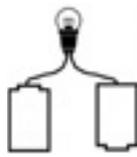
C3: 全然つかない。

T: 一瞬もつきませんか。

C3: うん。つかない。

C10: ほらね。つかないじゃん。

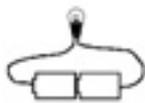
C12: やっぱ、「つかない」が正解かあ。(事例3の矢印の
ように指を動かしながら)こうじゃないんだあ…※8
(自分のノートを見ながら)じゃあ、電池ってどうなっ
てるの…。



C10: (暫くして、右図のようにつなげて)
ついた! うわっ、まぶしい!

C3: ええっ! どうやったの?
ああ、下くっつけたのね。

C10: こうすると回路になるから、つくんだよね。(独り
言のようにつぶやきながら、指を回路をなぞるように



ぐるぐる回す。*)

T: 前回のモーター使っても一緒?

C10: 一緒でしょ。

C3: 豆電球でつかないんだもん。

C6: (はっとした表情で慌ててモーターを取り出す)やっ
ぱりモーターでもだめか…。

事例4の※8と※9から、AグループのC10と
C12においては、+極と一極からそれぞれ電気が
流れ出て豆電球付近で衝突する「衝突説」は否定
されつつあると考えられる。そして、C12は乾電
池の役割と構造に興味が移行している。

(3) 新しい概念と説明活動

事例3と事例4の後、児童は電気の流れが分か
ることで矛盾事例を解決できると予想をたてた。
そこで、電流の向きと強さが分かる簡易検流計の
使い方を説明したうえで、回路の2箇所簡易検
流計をつなぎそれぞれの電流の向きと強さを調べ
る実験を行った(図1)。

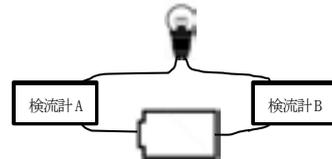


図1 簡易検流計を繋いだ回路

事例5 (Aグループ)

T: 現在の考えだどのように説明できるか、グループの
中でお話してみましょう。

C6: +極と一極から電気が出れば、検流計Aはこっち
(右)、検流計Bはこっち(左)になるんだよね?(人差し
指を針に見立てて内側に倒す仕草をする。)

C10: でも、それだとさっきつかなかったでしょ。

C12: (自信がなさそうに)回路になってないって…。

C6: でも、これだと回路になってんじゃん。こうなるん
じゃないの?(最初と同じように指を倒す仕草をする。
この時点でC6は回路になってさえすれば、「衝突説」
が適用できると考えている。)

C3: そうじゃなくって、さっきC10さんがやってみた
いに、こうなってんじゃないかなって…。(回路をなぞ
るように指をぐるぐると回す。)

C10: そう、そう。(C3と一緒に指を回す。)

C3: だってさ、もう針がC6君が言っているみたいに、こ
うなってつくなら、さっきの実験でついているはずじゃ
ん。

C6: だめかあ。

C12: ああ、こう川みたいに、輪っかになってないといけ
ないんだ※10。(回路にそって指を回す。)

C10: あっ、それ分かりやすい。(ノートの回路図に、色
鉛筆で川を書き始める。)

C3: (C12のノートを見て)それ、いいね。(自分のノート
に書き始める。)

C12: そう言えば、電流って電気が流れるだもんね。(ぼ

そつと言う。)
 C10: あっ! ほんとだ! C12 さん頭いい!
 C6: じゃあさ, こうやって回るなら, 検流計 A と検流計 B の針の向きは同じってこと……だよな。
 C10: そう! こっち? こっち? (両方の指を同じ方向に倒して周りに尋ねる。)
 C12: うん。……たぶん, こっち?
 T: 電流の強さはどうなるかな? (検流計 A と検流計 B を指し示す。)
 C6: え〜と, それはね〜。
 C10: たぶん, 減るんじゃない。だってさ, ここで一回光るんですよ。だったら減るでしょ※11。
 C3: 電池って減るもんな※12。
 C6: あっ! 俺ラジコンとか作ったことあるから分かる。早く走らせるとすぐ電池なくなるもん。
 C10: それじゃ, どちらかは減るで。(みんなに確認する。)

事例 5 からは, C12 の発言(※11)によって, 電流を川に例えるという新しい説明が行われている。これはすぐに C10 に受け入れられ, C12 は電流という言葉に着目して, 電流を流れるものとして川に例えることに賛同している。しかし, C6 は受け入れておらず, 「衝突説」を持ち続けている。また, 電流の強さに関しては, C10 の発言(※11)と C12 の発言(※12)により, 「消費説」が根強く残っていることが伺える。

授業ではこの後, 各グループの予想を確かめるべく実験を行った。児童は, 簡易検流計の針の向きが検流計 AB 共に同じ向きあることを確かめた後, 電流の強さに目を向け始めた(事例 6)。

事例 6 (A グループ)
 C10: あれっ? (電流の強さは) どちらも変わらない?
 C3: これって, 変わってないよね。
 C6: ちょっと貸してみ。(最初からつなぎ直す。)
 C12: (何度も見比べて) やっぱ, 変わって……ないよね?
 C10: だよな。ちょっと他の班の見てこよう。(それぞれ, 他の班の結果を見に行く。)
 C6: なんか他の班も変わってないっぽいよ。(喋りながら, 豆電球をモーターに付け替える) これだと……, あ〜変わらないか。
 C10: 全然変わんないんだあ。意外…。
 C12: じゃあ乾電池って何やってんの? (事例 4 のときのようにノートを見直す。)

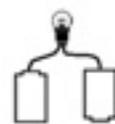
A グループの児童にとって, 簡易検流計が両方とも同じ数値を指し示したことは, かなり驚きを持って受け入れられた。しかし, この後, グループ内で「消費説」を否定するような新しい概念は児童同士の説明からは生まれなかった。

(4) 適用

筆者は, 児童は先の実験により電流の向きと強さに関する理解をしたと判断し, その概念を調査

問題に適用させた(事例 7)。

事例 7
 T: これならどう? (右図を提示する。)
 C6: あっ! 俺やるやる!
 T: 検流計はどうなるかな?
 C6: 動…く?
 C10: 動くわけじゃないじゃん。さっきつかなかったんだよ。
 C12: C6 君なんにもわかってない。
 C6: ああ。(と言いながらも, まだ半信半疑のような表情のまま, 実験装置を作り始める。)
 C3: (その様子をじっと眺めている。)
 C6: ああ。やっぱり動かない…。
 C3: 乾電池さ, 回路になってないと意味なんだよ。(指をぐるぐると回す。)
 C6: でもさ, 俺こういう乾電池見たことあるよ※13。なんか, こう, 出っぱり 2 つついてるやつ。(言いながら, 絵を書き始める)
 C10: なにそれ?
 C12: あ! 家で見ただことある。お兄ちゃん使ってた。
 T: これのこと? (9V の乾電池を差し出す)
 C6: あっ, それ! 貸してください!
 C6: (9V 乾電池の底の方に導線をつけながら) あ〜こっち関係ないんだ。何にもなんないもん。分かった! この乾電池, ほらっ, これがこう曲がったやつなんだ! (単 1 乾電池を折りたたむような仕草をする。)
 C10: なるほどねえ。だから C6 君分かんなかったんだ。(その後, C6 は C3 や C12 にも 9V 乾電池と先程の実験の違いを説明する。)
 ※授業では, この後, 9V の乾電池を全てのグループに配り C6 の気づきをみんなでも共有する時間を設けている。



調査問題 B へは, C3, C10, C12 は無理なく適用できたと考えられる。そして, C6 の発言(※13)から, C6 がかたくなに持っていた「つく」という素朴概念は, 9V 乾電池の使用経験に起因していることが分かる。C6 は, この時点まで 9V 乾電池の中は+極と-極がそれぞれ独立したものであると考えていたため, 調査問題 B をつくと回答していた。しかし, 乾電池内でひと繋がりになっていると考え直し, 納得していった。

6 事後調査の結果と分析

表 8. 単元終了直後の調査

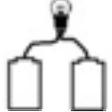
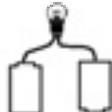
2. 次の図のようにつないだら豆電球はつくでしょうか。	つく	つかない
A 	0人 (0%)	29人 (100%)
B 	0人 (0%)	28人 (100%)

表9. 半年後の調査

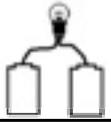
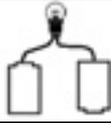
2. 次の図のようにつないだら豆電球はつくでしょうか。	つく	つかない
A 	0人 (0%)	29人 (100%)
B 	1人 (7%)	27人 (93%)

表8と表9を比較すると、授業半年後も新しい概念を保持していることが分かる。同時に調査した、図2の2つの簡易検流計の値に関する問題でも93%の児童が正答した。

7 到達点と今後の課題

(1) 研究に関する到達

事後調査の結果から、今回の概念変化を促すための一連の方略(素朴概念の自覚と実験結果に基づく説明活動)は、科学的概念の構築に一定の効果があることが認められた。

また、素朴概念を自覚するためには、事前調査や予想などにより素朴概念を明確化することが有効であり、それらに加えて他者への説明活動を行うことで、無自覚だった素朴概念が表出するきっかけとなりうることも示唆された。

今回は、「衝突説」と「消費説」を科学的概念に変えることを概念変化の主目的としたが、それらの否定のためには、3年生で学習する回路概念の確立、乾電池の構造や役割の扱いが問題となることも浮き彫りとなった。

(2) 今後の課題

授業以前に多くの児童が持っていた「衝突説」という素朴概念は、電気は川のように流れるという説明によって、一応の決着を迎えたようにみえる。しかし、電気は豆電球でいくらからは消費されるという「消費説」に対しては実験による否定後に児童同士の説明活動は行われておらず、筆者も分かりやすい新たな説明を与えてない。今後、児童の「消費説」を科学的概念に変化させる方略の開発が求められる。

また、児童の素朴概念を教師自身がすべて知ることの困難さも浮き彫りとなった。C6がこだわり続けた「回路になっていなくともつく」という理

論が9V乾電池に裏打ちされたものであることは、事例7でC6が発言するまで筆者は思いもよらなかった。今回は、ボタン電池等も含めて様々な乾電池を用意していたことで対応できたが、今後はこのような素朴概念を事前にいかにして把握するかが求められる。

注

- 1) 本稿で扱う「概念」はある事例に対する知識を意味するだけでなく、広義に世界に対する見方をも意味する。
- 2) 教授前に学習者が持っている知識の代表的なものには、素朴概念(naive conception)、誤概念(misconception)、前概念(preconception)、生前発生的理論(spontaneous conception)、代替的枠組み(alternative conception)などがある。本稿では表記を素朴概念に統一する。

引用文献

- 堀哲夫(1998).『問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー—素朴概念をふまえて—』明治図書, pp. 12-15.
- 三宅なほみ(1985).「理解におけるインターアクションとは何か」佐伯胖編『認知科学選書4 理解とは何か』, 東京大学出版会, pp. 69-98.
- 中山迅(1998)「学校知と日常知の隔たり—素朴概念の問題—」湯澤正通(編著),『認知心理学から理科学習への提言 開かれた学びを目指して』北大路書房, pp. 23-40.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227
- R. オズボーン・P. フライバーグ(森本信也・堀哲夫(訳))(1988).『子ども達はいかに科学理論を構成するか—理科の学習論—』, 東洋館出版社.
- 湯澤正通(2011).「科学概念への変化—概念変化の要因と研究の課題—」, 心理学評論, 54(3), 206-217.

A Study on Modified Methods of the Naive Concept in Elementary School Science
Takumi HOSHIKAWA