

協働学習を取り入れた理科の授業改善 他者と考えの妥当性を吟味して、科学的な概念を身につける生徒

教職実践応用領域 授業づくり履修モデル
藤井 亮太

I はじめに

1 協働学習の概要

本研究は、協働（協同）学習を取り入れた中学校理科の授業実践を行い、生徒の学びの記録を分析することで、協働学習を実践することの学習効果を検証し、理科の授業改善の方略を示すことを目的とする。特に、青年期の認知能力の観点から、中学校で協働学習を展開するための授業改善の方略を探っていく。生徒の学びについて、コンセプトマップを用いて分析を継続することで、協働学習による学習効果の高い適切な場面を提案する。

協働（協同）学習とは、他者との関係の中で学習を進めていく学習形態である。基本的構成要素に（1. 相互協力関係、2. 対面的・積極的相互作用、3. 個人の責任、4. スモール・グループでの対人的技能、5. グループの改善手続き）があり、これらを用いることで小グループの学習効果が最大となる。特に、情報を把握してその確かさを吟味し、様々な場面に適切に活用できるという学習の転移がより広く生じる（杉江ら 1998, pp. 23-34, pp. 46-51）。

アメリカ合衆国は協同学習を 1980 年代に高等学校の理科教育に取り入れた。Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) は、1985 年に「新しい革新的なプログラムを開発することで、科学教育においてリーダーシップを発揮する」ために、「a new k-12 sequence of innovative programs」（次の 10 年へ向けた課題）を提言し、新たな教育プログラムの開発に着手した。BSCS のプログラムは、協働学習を新たに取り入れ、現在では小学校から大学院まで幅広く協働学習が普及している。BSCS は 2018 年に設立 60 周年を迎え、同時期に設立したプロジェクトや組織の中で唯一存続している（高橋 2009, pp. 7-13）。

2 日本の協働学習

我が国では、平成 29 年改訂中学校学習指導要領で、検証計画の立案や観察・実験の結果の処理、考察などの場面では、個人で考えたり他者と意見交換したりしながら、様々な情報を見極め、自分の考えをより妥当なものにする学習となるよう授業改善を図ることがあげられた（文部科学省 2017, pp. 115）。また、協働学習を用いた小学校の理科授業の事例分析を通して、児童が自分の知識・経験をもとに多様な考えをもち、お互いに自分がなぜそう考えたか説明責任を果たして、

考えの妥当性を吟味し合うことで、より妥当な考えを発展させること等、協働学習を取り入れた研究結果も様々報告されている（和田ら 2019, pp. 213-223, 後藤ら 2019, pp. 27-38）。

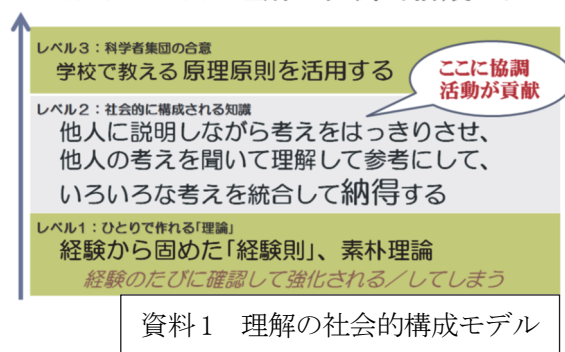
3 生徒の認知能力

平成 29 年改訂中学校学習指導要領では、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成するために、生徒の発達の段階に応じて、3 年間を通じて科学的に探究する力の育成を図ることを求めている（文部科学省 2017, pp. 24）。

青年期の認知能力は、目の前の具体的対象物に基づく表象の操作から、目の前の対象に限定されない抽象的な思考が可能となり、自分の意見を論理的に相手に伝える力や、相手の立場を理解するコミュニケーション能力が発達する。したがって、目の前の世界に単に適応するだけでなく、理想や価値の実現を目指し、問題を解決する能力が高まっていく（楠見 2011, pp. 226-227）。

また、近年は社会のグローバル化や情報化が急速に進展し、一人一人自分の考えをもって、仲間と協働して答えを想像する経験を豊かにするために、思考力を働かせて教科等の基本をつかむ、協調的で対話的な学習が有効と言われている。協調的な学習場面において、生徒は共通に解きたい問いに対して、各々の経験の違いから一人一人の考えが多様であることが見える。その多様な考えもまとめて納得できるような答えを求めて、一人一人が考えを表現し合い、新たな答えを作り直すように、理解の社会的構成モデルから（資料 1）、生徒の学び方を改善することを求めている（国立教育政策研究所 2015, pp. 88-89）。

人と話し合いながら学ぶ理解の社会的構成モデル



資料1 理解の社会的構成モデル

一方、理科の学習は、児童生徒が自然の事象から問

題を見だし、実験等で検証して問題を解決する過程を大切にしている。したがって、児童生徒自身の経験や知識を新たに学ぶ知識と結びつけて、どのような観察や実験によって検証できるかを見極めることで、新しい知見を発見することができる(小林 2016, pp. 229-231)。

II 研究の方法

1 めざす子ども像

本研究でめざす子ども像を、「他者と考えの妥当性を吟味して科学的な概念を身につける生徒」と設定する。以上のような生徒を、本研究では「科学的な概念を身につけた生徒」とする。

2 研究の仮説

めざす子ども像を受け、本研究の仮説を次のように設定する。

協働学習を理科授業に取り入れることで、「他者と考えの妥当性を吟味して、科学的な概念を身につけた生徒」が育つだろう。

3 仮説を達成するための手立て

協働学習を取り入れた理科授業の要素として、次の3つの手立てを示す。

(1) 生徒が協働学習に取り組もうとする単元構成(手立て1)

生徒に提示する教材を工夫すれば、協働学習に取り組もうとするのではないかと考え、次のような手立てを考えた。

① 知識や学習した内容を活用する教材

知識を問う教材では、生徒は調べればすぐに分かってしまうため、グループで協力しようと思わないと考えた。知識や学習した内容を活用する教材を提示することで、生徒はグループで協力し合えば解決できそうだと思います、協働学習に取り組むだろう。

② 学習した内容を振り返る時間の設定

授業の終末に、観察実験で分かったことを振り返る時間を設定することで、生徒は学んだことを振り返り、課題を解決するために改善できることはあるか、グループでの活動を改善するようになるだろう。

(2) 生徒の追究方法の工夫(手立て2)

生徒の観察実験による追究方法を工夫すれば、協働学習に取り組もうとするのではないかと考え、次のような手立てを考えた。

① 生徒一人一人に役割を与える

グループの生徒一人一人に異なる役割を与えれば、課題を解決するために自分の役割を果たそうとして、協働学習に取り組むようになるだろう。

② グループごとに追究方法を考えさせる

課題を解決するための追究方法を考えさせれば、どのように観察実験を進めれば解決できるか工夫し合うことで、自分の役割に責任をもち、協働学習に取り組

むようになるだろう。

(3) 生徒の考えをまとめる場の工夫(手立て3)

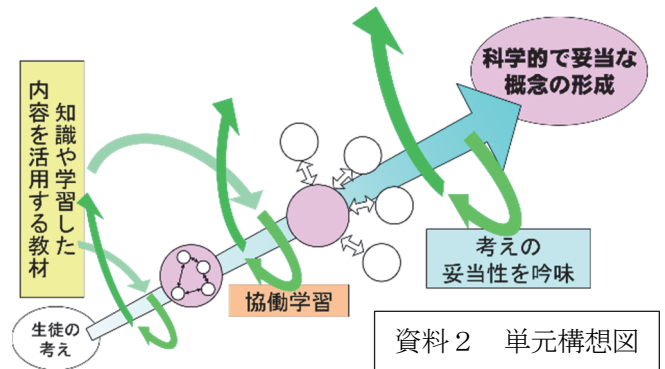
生徒が考えをまとめる過程を工夫することで、生徒が自らの考えは科学的に正しいかどうか吟味するようになると考え、次のような手立てを考えた。

① グループの考えを発表する場の設定

グループの考えを発表し合えば、独自に工夫した追究の結果や考えたことに触れることができるので、生徒は自らの考えと比較しながら、より科学的な考えへ深めることができるだろう。

② 説明方法の工夫

生徒に対し、相手に分かりやすく自分の考えを伝えることを意識させれば、生徒はどのように説明すれば相手に伝わるのか事物現象の原理について見直し、自らの考えをより科学的な考えへ深めることができるだろう。



資料2 単元構想図

4 仮説を検証する方法

(1) 実験群と統制群の選択

等質である2つの学級に、同一単元で協働学習を行う学級(実験群)と行わない学級(統制群)に分けて実践した。上記の学級を選抜するために、昨年度学習した理科の内容でテストを行った。物理・化学・生物・地学の4領域から5問ずつ出題した。テストの結果からF検定を行い、最も等質な2学級を選抜した。

(2) コンセプトマップの活用

実験群と統制群での生徒の考えの変容を分析するために、コンセプトマップを活用した。指定された語句から連想される語句を生徒に書かせることで、生徒の概念を表出させ、文脈のつながりを分析できるようにした。2つの学級でどのような語句が書かれるか、語句の関連性は何か分析を行った。

III 授業実践

1 調査対象

実験群：調査対象校第2学年A学級 35名

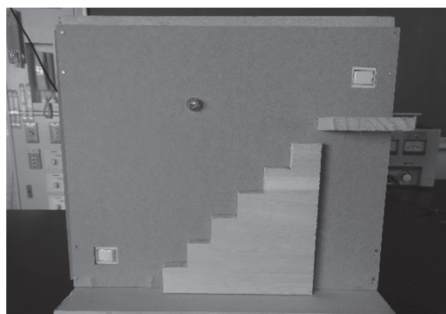
統制群：調査対象校第2学年B学級 33名

2 単元構想及び教材について

生徒の身の回りには様々な電化製品があり、生活を豊かにしている。多くの回路はカバーが掛けられたり、多様な部品からできていたりして、一目見ただけでは分からない。しかし、よく見ればとても単純な仕組み

と工夫によってできている。

そこで、学校にある階段スイッチを取り上げる（資料3）。生徒は、1階と2階にスイッチが付いていることから、一見スイッチが2個付いているだけの単純な回路と予想するが、実際に回路を作ってみるとうまくできないことに気付くだろう。生徒が階段スイッチの回路を追究する場面で協働学習を取り入れることで、生徒が他者と試行錯誤しながら、回路について科学的に妥当な概念を身につけられるように、単元を構成した（手立て1-①）。



資料3 階段スイッチの模型

3 実験群と統制群の実践の進め方

実験群では、手立て1～3を取り入れて実践できるように、授業形態と生徒が実験で使用するワークシートを工夫した。生徒が追究方法を工夫できるように、回路を作るために必要な実験器具を様々用意し、自由に実験させた（手立て2-②）。その際、根拠をもって実験できるように、ワークシートに予想した回路とその理由を書く欄を設け、過去に学習したことを拠り所として追究できるようにした。毎時間授業の終末時に振り返りを生徒に書かせ、生徒が学んだ内容をいつでも振り返られるようにした（手立て1-②）。また、生徒に活動を進めるために必要な役割を決めさせ、生徒自身の責任を強め、追究で自分自身がやるべきことを明確にした（手立て2-①）。役割の1つに自身とは異なる班と意見交流をする係（コミュニケーター）を

設定し、生徒が必要に応じて様々な班と意見交流できるようにした。その際、相手に分かりやすく説明できるようにするために、図にまとめたり実物を用意したりして説明するように、発表方法を工夫することを意識させた（手立て3-①、②）。

一方、統制群は使用する教材を同じにして、授業形態とワークシートを変更した。生徒が行う実験を教師が指示し、決められた実験を通して生徒が追究するようにした。また、意見交流のときは自身の考えを発表する生徒が、挙手をして生徒全員に発表するようにし、自身とは異なる班との意見交流を最小限にとどめた。

時数	学習活動	実験群	統制群
1	○電流が流れる回路を確認し、回路図の描き方を知る。		
2～3	○階段のスイッチはどんな仕組みによって電球が点灯するのか追究する。	協働学習 コンセプト マップ	コンセプト マップ
4～6	○電流計と電圧計の使い方を知り、直列回路や並列回路にかかる電流や電圧の大きさを追究する。		
7～8	○豆電球や電熱線に電流を流し、電圧を変えた時に電流の大きさがどのように変化するか追究する。		
9～10	○ホタルスイッチは、どんな仕組みによって電球が点灯するのか追究する。	協働学習 コンセプト マップ	コンセプト マップ

資料4 単元計画

4 実験群と統制群の授業の実際

時数	実験群の学習活動	統制群の学習活動
1	電流が流れる回路は、導線がどのようにつながっているのか、理科室の照明を例に確認した。また、回路図の描き方をおさえ、生徒が追究に生かせるようにした。	
2	階段スイッチと出会う場面を設定した。階段スイッチの模型を生徒に提示し、教師が実際にスイッチを操作することで、生徒が1階でも2階でも好きな時に、電球を操作できることを気付けるようにした。 階段スイッチを操作すると、はじめは生徒の反応がなかったが、様々な状況を再現するごとに「おお、さっきと違う。」と多くの生徒が驚き、階段スイッチは普通のスイッチと違うところがあることに気が始めていることがうかがえた。繰り返し操作することで、階段スイッチは場所に関係なく操作できることが見えてきた。そこで、1階からでも2階からでも好きな時に電球を操作できる回路はどのような回路か、追究することとした。	
	生徒は追究に必要な実験器具を用意し、自ら追究方法を考えて階段スイッチの回路を再現し始めた。実際に回路を作ってみると、自分が予想したとおりの結果とならないことに疑問を感じ、階段ス	生徒に「1つ目の実験として直列回路を作ること」「2つ目の実験として並列回路を作ること」の2つの追究方法を指示し、生徒が決められた実験を行うようにした。生徒が実験を始めると、「よし、

2

イチの回路は簡単そうに見えて何か工夫が隠されていることを実感したようだった。しかし、手当たり次第に実験をする班が多く、根拠をもって実験できていない様子がかがえた。

15分後、生徒に階段スイッチの回路が分かってきたかどうか問いかけた。分かり始めた生徒は35人中1人だけだった。そこで、「どんな回路になると階段スイッチのように操作ができるのか、きちんと回路図を考えること、回路図を描き実験した結果を残すこと」を伝え、根拠をもって実験するよう促した。資料5はその時の授業記録である。

S40 (自分が考えている回路を作り始める。完成したところで、ホワイトボードに作った回路の回路図を記入する。)

S45 (S40のホワイトボードをのぞき込みながら、ワークシートに回路図を記入する。)

(中略)

T よくできましたね。これを見てください。

S40 (階段スイッチの模型を見て) 電池1個…

T 電池2個でできましたね。この回路もいいと思います。でも、電池2個でできた回路と1個でできた回路は、絶対に違うよね。

S19 無理だ。7割ぐらいいかできていない。これ(導線)とスイッチをつないでみよう。

S17 (階段スイッチと導線をどのようにつなげれば)

S19 良いのか、実験を始める。)

(中略)

S40 (模型のすき間をのぞいて) 見たら分かるんだけど、それ(スイッチと導線)をどうやってやれば

S40 (模型の階段スイッチがどのようにつながっているのか、すき間をのぞきながらホワイトボード

S45 に回路図を記入する。)

資料5 授業記録

S40は、最初は一人で回路を作って試していたが、ホワイトボードに自分の考えをまとめたことで、S45もワークシートに記入しながら一緒に回路を考えることができた。これによって、一度階段スイッチを再現することができた。

しかしS40達は、模型の階段スイッチは電池を1個で回路を作っていることが分かると、S19のように階段スイッチと導線のつなぎ方に着目して実験する人と、S45のように模型のスイッチがどのようにつながっているのか、回路を描いて考える人の2つに分かれ、追究を再開した。生徒自身が注目した点に合わせて分担し、実際に模型で使われているスイッチを解決の糸口に、追究方法を工夫していることが分かる。残りの班もS40達と同様に、役割や実験を分担し、班で議論し合いながら追究が進められた。授業終了後、9班中2班が階段スイッチの回路を完成させ、科学的な概念を身につけ始めている様子がかがえた。

できた」「なんでできないの」という実験群で多く聞くことができた、生徒自身の感情を表す言葉が一切出でこず、淡々と実験をしていた。

15分後、実験した結果を生徒に挙手発表させて、意見交流の時間を設けた。資料6はその時の授業記録である。

T 直列回路で実験した結果どうになりましたか。

(12秒間の沈黙の後、s7が挙手をする。)

s7 電気は点くけど、理科室の電気とは違って、1つの電球を交互に点けることはできませんでした。

T 他に何か付け加えたいことはありますか。

(5秒間待ったが、生徒は挙手をしなかった。)

T 並列回路の実験結果はどうでしたか。

(10秒間の沈黙の後、s14が挙手をする。)

s14 1つの回路と2つの回路でやって、何て言えはいんだらう…。うーん、そのままだった。

T みなさん付け加えることはありますか。

(14秒間待ったが、生徒は挙手をしなかった。)

資料6 授業記録

この時の意見交流の時間は、合計2分50秒あったが、意見を発表した生徒は2人だけだった。下線のようにs7, 14の発表の後、誰も挙手しなかったのは、生徒全員決められた同じ実験をしているので、全員が同じ結果だったため付け加えることがなかったからだと考える。また、沈黙したまま誰も発表しなかった時間が、合計で41秒あった。統制群では、実験群のように活発な意見交流ができなかった。意見交流の後、さらに追究する時間をとったが、生徒は「これは無理だ」「どういうことなんだ」とつぶやきながら追究していた。

実験終了後、階段スイッチの回路ができたかどうか尋ねると、一人の生徒が挙手をした。しかし、挙手をした生徒の記録用紙を見ると、階段スイッチの正しい回路図が描けていなかった。したがって、階段スイッチができた生徒は一人もおらず、階段スイッチの回路について科学的な概念をまだ身につけていない様子がかがえた。

3

前時までの追究に引き続き、追実験する時間を設定した。追究方法を工夫することに付け加えて、追究の最中に必要に応じて意見交流をしてもよいことを伝えた。資料7、8はその時の資料である。

S13	<u>どうやって回路を作っているの。</u>
S7	単純にやってもだめじゃんって思ったんだ。
S1	うん。俺たちは電池を2個でやってできたけど、 <u>電池1個ではうまくいかないんだ。</u>
S7	で、こっち側にもう1個スイッチがあると思ったんだよ。これなら、片方のスイッチを切って電球を消しても、もう1個のスイッチを入れれば電流が流れるでしょ。
S13	ああ、そういうことね。
S7	こういうことがやれる特殊なスイッチがいるんだけど、まだできていないんだ。だから、 <u>原始的な方法だけど、導線を切り替えてやってる。</u>
S1	うん。
S7	スイッチを切る代わりに導線を外して、こうやってもう1個の導線に付けければ…
S9	へえ、やってみる。
(中略)	
S7	俺たちもスイッチを使って回路はできていないんだよな。 <u>こういう時は、別の班がやっていることを見に行こう。</u>
S7	どうやってスイッチで作ったの。
S36	<u>スイッチの反対側にアルミホイルを付けて、スイッチを反対に倒した時にアルミホイルと付くようにすれば電流が流れるよ。</u>
S7	それ使える。 ありがとう。

資料7 授業記録

S13は「どうやって回路を作っているの」とS7の班へ真っ先に意見交流に行った。S7の班は、教師の回路ができたかどうかの問いかけに対し、できたと挙手をした班だった。S1の発言より、S1達は電池1個を使って階段スイッチの回路を作る方法に行き詰まり、解決の糸口を得るために意見交流を求めていることが分かった。そして意見交流の結果、S7「原始的な方法だけど、導線を切り替えてやってる」と助言をもらい、自分たちの追究を再開できた。意見交流によって、S1達が階段スイッチの回路について、より妥当なものがあることに気づき始めた様子が見えられた。



資料8 実験群の意見交流

またS7の発言から、自身も階段スイッチについてまだ分からないことがあり、意見交流から自らの考えをより妥当なものにしようとしている様子が見えられた。S7は、意見交流によってS36「スイッチの反対側にアルミホイルを付けて、スイッチを反対に倒した時にアルミホイルと付くように

前時までの追究に引き続き、追実験をする時間を設定した。追究方法は直列回路と並列回路を作る実験に指定した。生徒に15分実験させたが、生徒は解決の糸口を見いだせず、時間だけが過ぎていった。15分後、発表したい生徒が挙手をする意見交流の時間をとった。資料9、10はその時の資料である。

T	直列回路の実験結果を発表してください。 (28秒間の沈黙の後、s7が挙手をする。)
s7	やっぱり交互に点けることはできませんでした。
T	他に何か付け加えたいことはありますか。 (10秒間待ったが、生徒は挙手をしなかった。)
T	並列回路ではどうでしたか。 (32秒間の沈黙の後、s18が挙手をする。)
s18	1階から2階だけなら操作できるけど、1階で点けてから2階へ上がって消すことはできませんでした。
T	何か付け加えたいことはありますか。(8秒間待ったが、生徒は挙手をしなかった。)
T	s32の班の考えを発表してもらえますか。
s32	<u>えっ…(4秒の沈黙の後) さっきの班と同じで、 並列回路は1階だけか2階だけなら操作できました。</u>

資料9 授業記録

沈黙したまま誰も発表しなかった時間が1分18秒あり、前時の意見交流と同様に活発な意見交流ができていないことが分かる。このまま意見交流が終了しそうだったので、s32の班に発表するように促した。この班は、唯一「階段スイッチは連動し合っている」という階段スイッチの回路に迫りつつある考えをもっている班だった。しかし、s32は「さっきの班と同じで、並列回路は1階だけか2階だけなら操作できました」と発言し、「連動し合う」という考えが交流されることはなかった。



資料10 統制群の意見交流

このような意見交流の後、別の班の考えを生かして再び追究する時間を設定したが、生徒は「結局どうやってもできない」「絶対無理」と不満の言葉を漏らしながら実験していた。階段スイッチの追究に2時間費やしたが、回路を完成させた生徒は一人もいなかった。以上のような生徒の姿から、発表したい生徒が挙手をする意見交流の方法では、自分の考えをもっている全員の前では発表できず、活発な意見が交流にならなかったことがうかがえる。それによって、全体の追究の方向性が「どうやっても階段スイッチの回路はできない」とな

3	<p>する」方法を知り、自分の班に戻ってきた。そして、教えてもらったことを生かして、スイッチを使って回路を作る実験を同じ班の生徒に伝え、新たな実験を行った。試行錯誤を繰り返すことで、スイッチを使って階段スイッチを再現することができた。</p> <p>上記以外の班も、様々な班と意見交流を行い、自らの追究活動に生かしていた。1回きりの意見交流ではなく、分からないことがあったり納得できなかったりすれば、何度も意見交流を行い、階段スイッチの回路を完成させていった。まさに、他者と考えの妥当性を吟味して、より科学的な概念を身につける姿だった。生徒が追究方法を工夫し、様々な実験が行われたことが、意見交流を活発にさせたと言える。そして、活発な意見交流によって、階段スイッチの回路についての科学的な概念を身につけていったと考える。</p>	<p>り、誰も回路を完成できなかったと考える。s32は「えっ…」と沈黙し、発表に躊躇していた。全員の前で自分の意見を発表することは、s32のように抵抗があり、発表しにくい雰囲気を感じた瞬間だった。</p>
4~6	電流計と電圧計の使い方を知り、様々な回路を流れる電流や、加わる電圧の大きさを測定した。	
7~8	豆電球や電熱線に電流を流し、電圧の大きさを変えた時に電流の大きさがどのように変化するか追究した。電圧の大きさは、流れる電流の大きさに比例することを確認した。	
9	<p>階段スイッチのようにスイッチを使って実験することを告げて、新たなスイッチ「ホタルスイッチ」を提示した。</p> <p>生徒はホタルスイッチの写真を見ると「このスイッチ知ってる」「自分の家にあるスイッチと同じだ」と口々に発言した。生徒に、家に同じスイッチがあるかどうか尋ねると、約半数が挙手をし、生徒にとって身近なスイッチであることが分かった。ホタルスイッチの紹介の後「今まで学んだことを生かして、ホタルスイッチの回路を考えてみよう」と生徒に投げかけ、追究する時間を設定した。</p> <p>生徒に追究方法を工夫して実験するように伝え、階段スイッチの経験があるからか、進んで様々な班に移動し、意見交流する生徒が多いように感じた。</p> <p>15分の追究の結果、9班中1つの班がホタルスイッチの回路を完成させた。さらに追究を続けさせると、生徒が必要に応じて意見交流を重ね、徐々に回路を完成できた班が増えた。しかし、「回路はできたけど、なぜこの回路でうまくいくのか分からない」と不満そうに首をかしげる生徒が大勢いた。ここで授業の終了が近づいたので、完成させた回路でうまくいく理由を考えられるように、次回実験することを予告した。</p>	<p>生徒に「直列回路を作って実験すること」「並列回路を作って実験すること」を指示して追究させた。すると、15分間の実験で、9班中2つの班が完成させた。</p> <p>実験の後、挙手をして自分の考えを発表する方法で意見交流をした。この時も、階段スイッチの意見交流のように沈黙の時間が多かったが、回路を完成させて班が「並列回路では、豆電球とLEDを並列にして、豆電球の横にスイッチを置いて回路を作ったら、交互に光った」と発表した。意見交流によって、完成できなかった生徒もホタルスイッチの回路を知ることができた。その後、もう一度追究する時間を設定すると、ホタルスイッチの回路を完成させた班が増えていった。しかし、完成できたものの、なぜうまくいくか理由まで分かっていないようだったので、次回再び実験することを予告した。</p>
10	<p>生徒が理由を考えられるように、生徒と対話を行った。すると、豆電球やLEDの光り方と、回路の電流の流れ方に納得がいかないことが分かった。</p> <p>そこで、「豆電球やLEDに電流が流れているかどうか確かめるためには、どうすればよいか」問いかけた。すると、生徒は「そうか、電流計だ」と電流</p>	<p>そこで、「直列回路や並列回路にどのように電流が流れているか」問いかけた。すると、生徒は過去のワークシートを振り返り、電流がどのように流</p>

計で実際に電流の大きさを測定すればよいことに気づき、新たな追究に進むことができた。

他の生徒は、新たな追究をしていることに気づき、様々な生徒が意見交流をしに集まった。意見交流によって、実験の方向性が回路に流れる電流や加わる電圧はどうなっているかに変わった。過去に学習した内容を生かすことと、班の考えを意見交流することが合わさり、追究方法を工夫し続けることができた姿だった。以上のように追究を続けたことで、LEDの抵抗が豆電球に比べて10倍以上大きいことを導き出した。ホタルスイッチについての科学的な概念を身につけた瞬間だった。

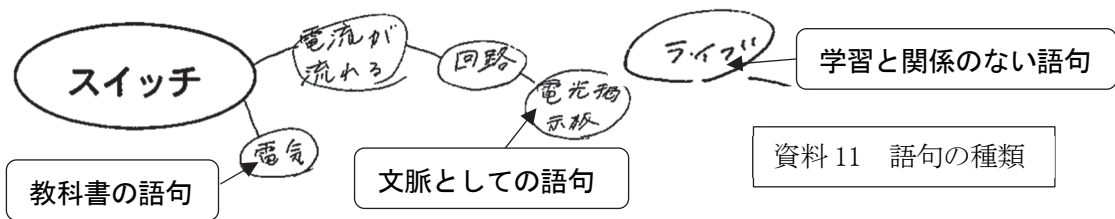
れているか調べた。その結果、電流計で測定すればよいことに気づき、完成させた回路を流れる電流の大きさを測定した。統制群は他の生徒と意見交流をしなかったが、自らの力で追究し続け、ホタルスイッチについての科学的な概念を身につけようとしていた。この姿から、既習事項を想起したことで、自らの力で追究し続けることができたことがうかがえた。

しかし、追究の最中に意見交流をすることはないので、この考えが他の生徒に広がることはなかった。他の生徒も、自らの力で考えることを中心に、ホタルスイッチの回路を追究していった。

IV 実践の考察

1 第5時（階段スイッチ）までの比較

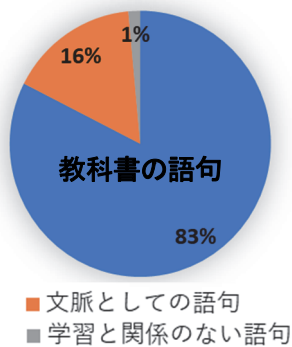
コンセプトマップに書かれた語句を集計し、語句の内容から「教科書に記載がある語句（以下、教科書の語句）」「教科書に記載がない連想された語句（以下、文脈としての語句）」「学習と関係のない語句」の3つに分類した（資料11）。



資料11 語句の種類

実験群は、教科書の語句と文脈としての語句の合計が、99%を占めていた（資料12）。授業内容から学習の広がりが見える。次に、どのような言葉が書かれたか、教科書の語句と文脈としての語句を集計した。以下に、登場回数の多かった語句を挙げる。

実験群 語句の種類



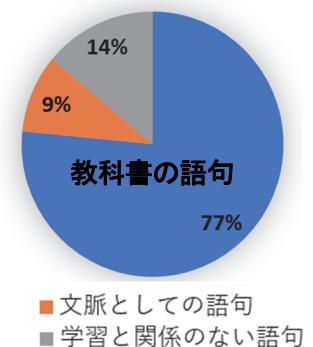
資料12 語句の種類

集計の結果、「回路」の登場回数が多く、階段スイッチの回路はどのような回路なのか試行錯誤した様子が見える。文脈としての語句では、「スイッチを動かすと違う導線につながる」「別の回路」「2本足のスイッチ」のような階段スイッチの回路に迫る言葉や、予想した回路図が合計11回あった（資料13）。

教科書の語句	回数	文脈としての語句	回数
回路	30	電光掲示板	7
電流	16	一方通行	5
並列	16	階段	4
直列	15	スイッチを動かすと違う導線につながる	3
電球	9	別の回路	2
		2本足のスイッチ	2

統制群は、学習と関係のない語句が14%を占め、文脈としての語句の割合を超えた（資料14, 15）。授業の内容と学習すべき内容を結びつけられておらず、科学的な概念を身につけていないと考える。次に、どのような言葉が書かれたか、教科書の語句と文脈としての語句を集計した。以下に、登場回数の多かった語句を挙げる。

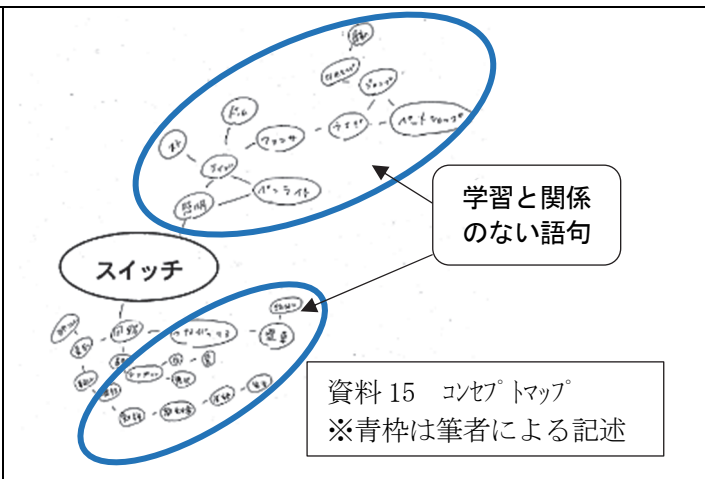
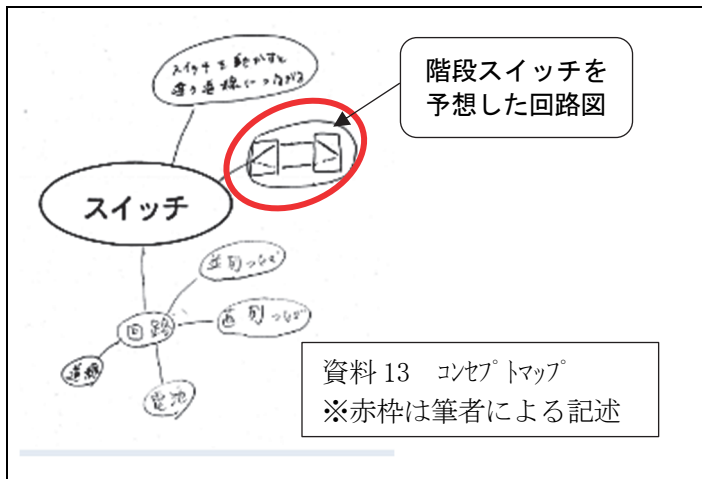
統制群 語句の種類



資料14 語句の種類

集計の結果、「回路」よりも「直列」「並列」の回数が上回った。直列回路と並列回路を作ることを指示されて追究しているためだと考える。文脈としての語句では、階段スイッチの回路に迫る言葉は1つも書かれなかった。

教科書の語句	回数	文脈としての語句	回数
直列	29	電光掲示板	6
並列	29	理科室の電気	4
回路	26	階段スイッチ	2
電球	23	電子レンジ	2
電池	14	連動し合う	2



実験群の階段スイッチの回路に迫る言葉を書いた生徒に対し、どのような経緯で連想したのかインタビュー調査を行った。資料16がその時の資料である。

生徒	書かれた言葉	インタビュー結果
S32	スイッチを動かすと違う導線と結びつく	スイッチを切り替えることが大切だと思いました。階段スイッチは普通のスイッチではできないことが実験で分かりました。
S40	2本足のスイッチ	実験をやって、階段スイッチは導線を2本指す場所がある回路となることが分かりました。
S42	別の回路	階段スイッチは、もう一つ導線を付けて別の回路に切り替えることを、2班から教えてもらいました。

資料16 インタビュー調査

S32, 40のように、実験の結果階段スイッチの回路を解明することができた生徒が9人いることが分かった。また、S42「2班から教えてもらいました」のように別の班の生徒と意見交流したことで、階段スイッチの回路に迫ることができた生徒が2人いることが分かった。以上の結果より、生徒が追究方法を工夫して実験し、その結果を交流し合ったことが、階段スイッチの科学的な概念を身につけるために効果的だったと考える。

一方、実験群統制群ともに「電光掲示板」が上位になっている。この特徴をさらに分析するために、「電光掲示板」とつながっている言葉を集計した。

実験群	回数
電光掲示板-回路	4
電光掲示板-1つのスイッチで複数の電球を付ける	1
電光掲示板-ON OFF	1
電光掲示板-LED	1

実験群は「回路」とつながっている回数が最も多かった。そこで、どのような経緯で連想したかインタビュー調査を行った。

生徒	書かれた言葉	インタビュー結果
S12	回路	電光掲示板が光るためには、スイッチを押すことで電気が通る回路があると思いました。
S17	1つのスイッチで複数の電球を点ける	体育大会の電光掲示板は、1つのスイッチにたくさん電球が付いているから、画面を切り替えられると思いました。
S20	ON OFF	体育大会の電光掲示板は画面が切り替わります。スイッチのON、OFFを切り替えているからだと思います。
S9	LED	回路がつながってLEDが光るからです。

統制群	回数
電光掲示板-光	4
電光掲示板-電気	2
電光掲示板-電源	1
電光掲示板-LED	1

統制群は「光」に関する言葉が多い傾向にあった。そこで、どのような経緯で連想したか、インタビュー調査を行った。

生徒	書かれた言葉	インタビュー結果
s1	光	光ることで使えるからです。
s42	電気	電気を使っているからです。
s20	電源	電球が光ることで、電光掲示板が使えると思いました。
s7	LED	高校野球の電光掲示板は、LEDで点いているからです。

統制群の該当生徒8人全員が「光るから」「電気を使っているから」と答え、インタビュー中に電光掲示板の回路がどのようなになっているかを答える生徒はいなかった。電光掲示板の回路まで気が至っておらず、回路の概念を身につけていないと言える。

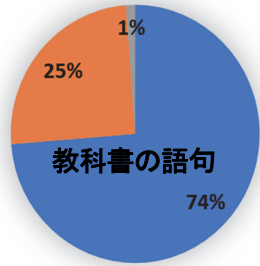
実験群の該当生徒7人中6人が、画面を光らせるために必要な回路があることを想起したことが分かった。特に S17, 20 はスイッチによって切り替えることで、画面を変えることができることに気付き、授業で扱っていないものの回路まで、科学的な概念が広がっている様子がうかがえる。

2 第10時（ホタルスイッチ）までの比較

第10時の実践を終えて、コンセプトマップに書かれた語句を集計し、教科書の語句、文脈としての語句、学習と関係のない語句の3つに分類した。

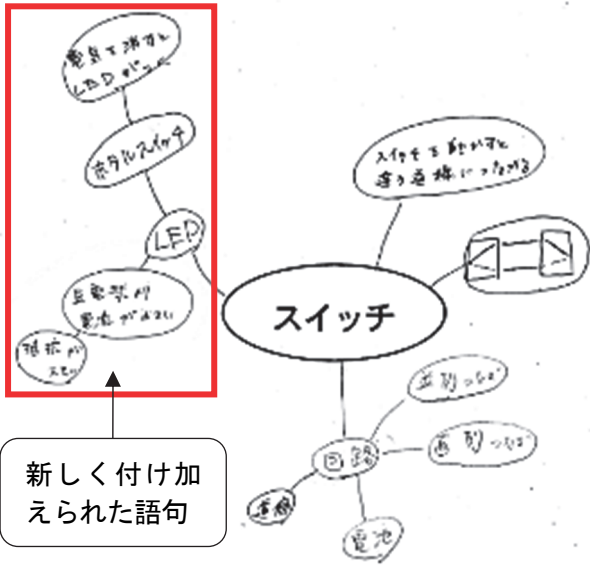
実験群は、文脈としての語句の割合が、第5時までと比較して9%増加した(資料17)。コンセプトマップには、「階段スイッチ」とは別の内容の語句が、教科書の語句や文脈としての語句とつながっていることが分かった(資料18)。生徒の科学的な概念が「階段スイッチ」からさらに別のものへ広がっていると考えられる。

実験群 語句の種類



■ 文脈としての語句
■ 学習と関係のない語句

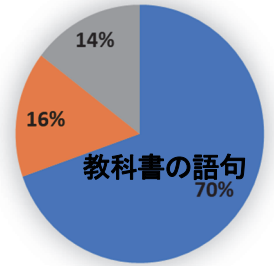
資料17 語句の種類



資料18 実験群のコンセプトマップの変容
※赤枠は筆者による記述

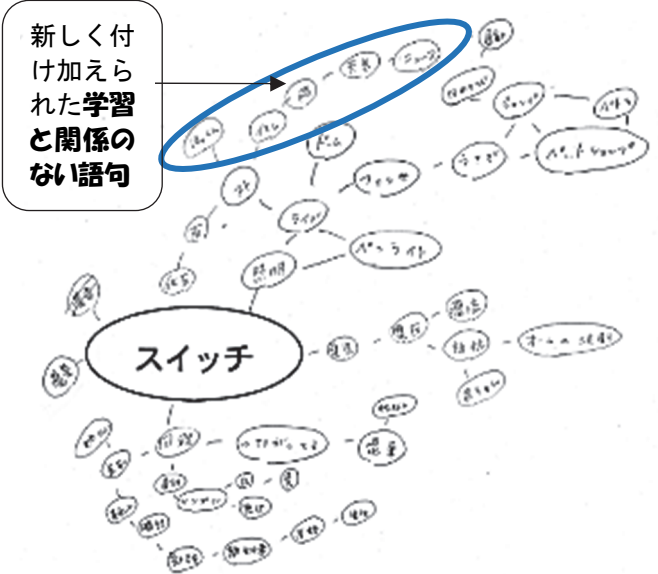
統制群は、文脈としての語句の割合が、第5時までと比較して7%増加し、学習が進むことで科学的な概念を身につけつつあることがうかがえた(資料19)。これは、回路に関する基本的な学習内容を、統制群も実験群と同様に進めているので、生徒の既習事項が増えているためだと考える。しかし、学習と関係のない語句の割合は、14%のまま変化がなかった。コンセプトマップ見ると、第5時までの実践で学習と関係のない語句を書いている生徒は、第10時まで学習が進んでも、新たな学習と関係のない語句を書いていることが読み取れた(資料20)。つまり、学習が進んだことで、科学的な概念を身につけた生徒がいる一方で、科学的な概念を身につけておらず、学習と関係のない言葉しか連想できなかった生徒が一定数いると言える。

統制群 語句の種類



■ 文脈としての語句
■ 学習と関係のない語句

資料19 語句の種類



資料20 統制群のコンセプトマップの変容
※青枠は筆者による記述

以上の結果より、実験群は単元の後半においても新たに学習した内容と既習事項がつながり、科学的な概念が身についたと考える。協働学習が効果的に働いたと考える。

V 研究の成果

本研究の目的は、生徒が科学的な概念を身につけられるように、理科の授業に協働学習を取り入れ、授業改善の方略を示すものだった。実験群と統制群の生徒で、科学的な概念の違いが顕著に表れたのは、単元の前半に行った実践だった。単元の前半では、生徒が学んでいる内容が限られている。したがって、限られた知識をどのように生かすことができるのか、生徒が試行錯誤して追究することで、追究によって身についた科学的な概念が様々な事物現象に広がっていくことが明らかになった。また、各々の班で追究した内容を、生徒が必要に応じて意見交流することで、班の考えが学級全体に広がり、考えの妥当性を検討することができた。それによって、より多くの生徒が科学的な概念を身につけることができたことが明らかになった。本研究は、青年期の認知能力の観点から、追究方法を生徒自ら工夫することに、他者と協働することを取り入れた実践である。中学校で協働学習を取り入れた授業改善を行う方略を示したことが成果と考える。

VI 今後の課題

今後の課題は次の2点である。第1に、協働学習を取り入れた実践は、単元のどこでもできるものではなく、高い効果が得られる場面があることである。研究の成果で挙げたように、単元の前半で協働学習を行った方が、協働学習の有効性が顕著に表れた。一方、単元の後半における実践は、実験群が文脈としての語句の割合が増加し、科学的な概念を身につけることができたことが分かった。統制群の生徒も同様に、文脈としての語句の割合が増加し、科学的な概念を身につける生徒がいることがうかがえた。単元が進むにつれ、生徒の既習事項が増え、意見交流をしなくても自らの力で実験したり考えたりすることができるためだと考える。協働学習の基本的構成要素に、相互協力関係がある(杉江ら 1998, pp.23-34)。生徒が班で協力して取り組まなければいけない、と考えるような適切な場面に、協働学習を取り入れる必要がある。単元の前半以外にも、協働学習が効果的に働く場面を模索しなければならない。

第2に、理科の領域に合わせて協働学習を行えるような教材を工夫することである。本研究では、理科の第1分野である「物理」において、追究方法を工夫することを柱の1つとして、協働学習の実践を行った。第1分野の学習内容は、日常的に実験を行うことができる。しかし、第2分野の「生物」「地学」では、学習内容によっては、実験を行うことが難しいものもある。第2分野で実践するために、どのような場面で、どのような教材で協働学習を行うのか、別の方略を示さなければならない。協働学習による学習の最大効果は、

情報を把握してその確かさを吟味し、様々な場面に適切に活用できるという学習の転移がより広く生じることである(杉江ら 1998, pp.46-51)。これを考慮すると、学習した内容を生かすことができるような教材や課題を作ることが考えられる。既習事項を振り返ったり、資料を調べたりする活動を通して、班で課題を追究していけるようなものを考える必要がある。

引用文献

Johnson, D. W, Johnson, R. T, & Holubec, E. J. "Circles of Learning: Cooperation in the Classroom", Interaction Book. 杉江修治・石田裕久・石田康児・伊藤篤訳, (1998) 学習の輪—アメリカの協同学習入門—, 二瓶社, pp. 23-34, pp. 46-51
高橋一将 (2009) 「アメリカの中学校理科教科書『BSCS Science & Technology』に関する研究—教科書の特色と進化概念形成を中心として—」, 北海道教育大学大学院修士論文, pp. 7-13

主な参考文献

文部科学省(2017)「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編」, 学校図書株式会社, pp. 24, 115
和田一郎, 後藤大二郎, 猪口達也 (2019) 「理科における協働学習の意味とその実践的展開に関する研究」, 横浜国立大学教育学部紀要, pp. 213-223
後藤大二郎, 和田一郎 (2019) 「協働学習における対話を通じた理科授業デザイン—小学校第3学年『光の性質』の実践を事例として—」, 理科教育学研究 Vol. 60 No. 1, pp. 27-38
楠見 孝, 子安増生, 道田泰司 (2011) 「批判的思考力を育む—学力と社会人基礎力の基板形成—」, 有斐閣, pp. 226-227
国立教育政策研究所 (2015) 「資質・能力を育成する教育課程のあり方に関する研究報告書 1～使って育てて21世紀を生き抜くための資質・能力～」, 平成26年度プロジェクト研究調査研究報告書, pp. 88, 89
小林辰至, 後藤頭一 「『理科』における『21世紀に求められる資質・能力』の『思考力』の捉え方」, 上越教育大学研究紀要第35巻, pp. 229-231

「付記」

教職大学院でこのような学びの機会を与えてくださった愛知県教育委員会、刈谷市教育委員会にお礼を申し上げますとともに、勤務校の校長先生をはじめ教職員の皆様には、研究へのご理解とご協力をいただき、感謝をしております。また、研究内容を丁寧にご指導いただきました高橋美由紀先生、大鹿聖公先生をはじめ、教職大学院の諸先生方に厚くお礼申し上げます。この教職大学院で学んだことを、少しでも現場に還元できるように努めて参ります。