

## 科学的思考力を高める理科学習指導 ～説明活動を位置付けた学習活動を通して～

### 要約

平成24年度より完全実施されている新学習指導要領においては、「～目的意識をもって観察・実験などを行うことについては従前のものを継承し、その上で、観察・実験の結果を分析して解釈する能力や、導き出した自らの考えを表現する能力の育成に重点を置く」と述べられており、現在の理科教育において「科学的な思考力・表現力」の育成が課題であることは明らかである。

また中央教育審議会の答申においては、理科の「科学的な思考力・表現力」と対応する思考力・判断力・表現力の育成のために「体験から感じ取ったことを表現する」、「事実を正確に理解し伝達する」、「概念・法則・意図などを解釈し、説明したり、活用したりする」、「情報を分析・評価し、論述する」、「課題について、構想を立て実践し、評価・改善する」、「互いの考えを伝え合い、自らの考えや集団の考えを発展させる」の六つの学習活動が必要不可欠であると述べられている。

そこで、普段の理科学習指導において生徒の科学的思考力を高めるためには、3つの学習段階にそれぞれ、自分の考えを説明する活動を仕組むことが有効であると考えた。そこ

- ① つかむ段階に、既習の科学的知識をもとに仮説を設定する活動。
- ② さぐる段階に、課題解決に関係する新たな科学的知識を導き出し、自然の事物・現象のきまりを説明する活動。
- ③ 深める段階に、課題解決を通して変容した点を説明する活動。

で、以下の3点の活動に重点をおいて、研究を進めていくことにした。

その結果、以下のような成果（○）と課題（●）を得た。

- 仮説と考察の場面に他者説明活動を仕組んだことは、自分の考えを科学的なものに高めることに有効であった。
- 仮説と考察がずれる教材を選んだことで、考察場面での説明活動が活発に行われた。
- 振り返りの場面に自己説明活動を仕組んだことは、自分の考えの変容を実感するとともに、既習の科学的知識と新たな科学的知識をつなぐことに有効であった。
- 説明活動を活性化させるために、自分の考えをつくりやすい手立ての工夫をする必要がある。

キーワード：科学的思考力 科学的知識 説明活動 変容

## 1 主題設定の理由

### (1) 社会的要請・現代教育の動向から

2006年に行われたPISA調査では科学的リテラシーの項目において、日本の子どもは自然現象を科学的に考え、論述したり、表現したりするのが苦手であることが指摘された(文部科学省,2007)。また、国立教育政策研究所によって行われた、特定の課題に関する調査(理科)において、「観察・実験の結果や提示されたデータに基づいて考察することが十分ではない」ことが明らかになり、これを改善するためには、観察・実験結果の考察や省察活動が必要であるとともに、協同的な学習場面において「考察するために必要なことを気付かせたり、判断の根拠を明らかにして論理的に考察しているかどうかを確かめさせたりすることが重要である」ことが指摘された(国立教育政策研究所,2005)。

### (2) 生徒の実態から

事前の実態調査の結果、理科を学習することにおいては全体の86%が「好き」といった肯定的な評価をしており、学習に前向きに取り組む生徒が多い。しかし、「自分で考えをまとめるのが好き」や「自分で仮説を立て、目的意識をもって授業に取り組んでいる」と答えた生徒は、それぞれ全体の44%、36%であり、自然現象を科学的に考えて論述したり、表現したりすることに苦手意識をもっている生徒が多いことが分かっている。

また、4月に実施された標準学力分析検査の結果では、「科学的な思考・表現」が平均正答率45%と「観察・実験の技能」や「自然事物・現象についての知識・理解」の観点よりも低く、科学的知識をもとに、自然の事物・現象を論理的に説明する力が十分ではないことは明らかである。

### (3) 教科の本質から

平成24年度より完全実施されている新学習指導要領においては、「～目的意識をもって観察・実験などを行うことについては従前のものを継承し、その上で、観察・実験の結果を分析して解釈する能力や、導き出した自らの考えを表現する能力の育成に重点を置く」と述べられており、現在の理科教育において「科学的な思考力・表現力」の育成が課題であることを明らかにしている(文部科学省,2008)。

また中央教育審議会の答申においては、理科の「科学的な思考力・表現力」と対応する思考力・判断力・表現力の育成のために「体験から感じ取ったことを表現する」、「事実を正確に理解し伝達する」、「概念・法則・意図などを解釈し、説明したり、活用したりする」、「情報を分析・評価し、論述する」、「課題について、構想を立て実践し、評価・改善する」、「互いの考えを伝え合い、自らの考えや集団の考えを発展させる」の六つの学習活動が必要不可欠であると述べている(中央教育審議会,2008)。

こういったことから、日々行われる理科の授業の中で上記の六つの学習活動を満たす問題解決的な学習を実践することが、科学的思考力を高めることにつながると考えられる。

### (4) 指導上の反省・問題点から

これまでの授業において、課題解決のための仮説を論理的に設定する時間や実験結果から考察する時間を十分確保できていないことが多く、生徒が目的意識をもって課題解決に取り組むことができていなかったと思われる。また、自分で考えたことを交流することで、自分の意見や集団の考えを発展させて、新たな科学的知識を獲得させるところまで、指導が行き届いてないところがあった。このことから、仮説設定の場面や考察の場面、そして

仮説と考察の振りかえりの場面に科学的知識をもとに自然の事物・現象を論理的に説明する活動を授業の中に仕組み、科学的思考力を高ようとする本研究は意義があると考えられる。

## 2 主題の意味

### (1) 主題について

理科学習における「科学的思考力」とは、科学的知識をもとに、自然の事物・現象を論理的に説明する力のことである。

理科学習における「科学的思考力を高める」とは、課題に対して、既習の科学的知識をもとに、自分なりの考えを表出し、課題解決を通して新しい科学的知識を導き出し、既習の科学的知識の不十分さを見いだすことである。具体的には、①出会った自然の事物・現象に対して、既習の科学的知識を使って仮説を設定する。②課題解決に関する実験やモデルをもとに考察を行い、自然の事物・現象のきまりを説明する。③最後に、考察と仮説を比較し、課題解決を通して変容した点を説明することである。

そこで、本研究で目指す生徒を次の三つの姿と捉える。

- 出会った自然の事物・現象に対して、既習の科学的知識をもとに仮説を立てることができる生徒。
- 課題解決に関する新たな科学的知識を導き出し、自然の事物・現象のきまりを説明することができる生徒。
- 課題解決を通して変容した点を説明することができる生徒

### (2) 副主題について

「説明活動」とは、他者説明と自己内説明の二つの活動である。他者説明とは、文章や図で表現した自分の考えを交流し、交流で得た考えをもとに自分の考えを再考する活動である。自己内説明とは、学習の前後の自分の考えの変容を見いだす活動である。

「説明活動を位置付けた学習活動」とは、問題解決学習の課題設定・仮説設定の場면을「つかむ」段階、結果・考察の場면을「さぐる」段階、学習をまとめる場면을「深める」段階の三つに分け、「つかむ」段階に説明活動Ⅰを、「さぐる」段階に説明活動Ⅱを、「深める」段階に説明活動Ⅲを行う一連の活動である(図1)。

「つかむ」段階における説明活動Ⅰでは、自分の考えをもとに図と文章を使って仮説を立て、他者と交流する。交流後は、自分の立てた仮説に付加・修正を加える。このような活動を行うことで、課題に対して既習の科学的知識を使った仮説を設定できる。

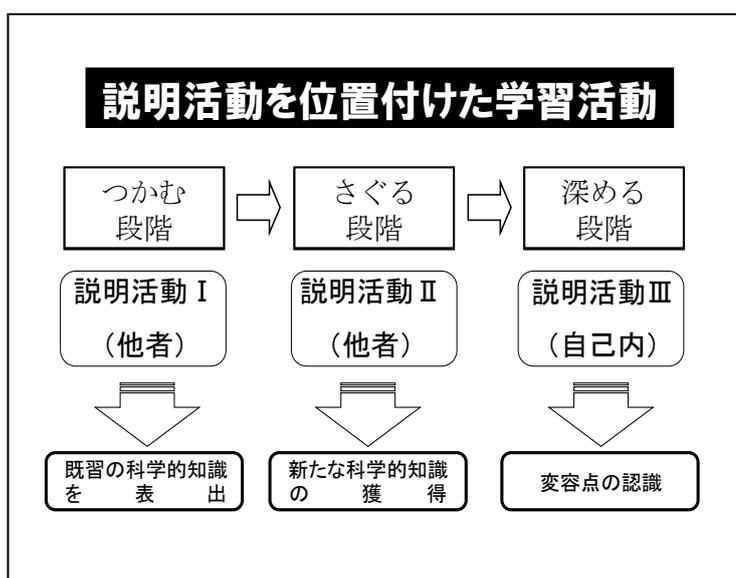


図1 説明活動を位置付けた学習活動

「さぐる」段階における説明活動Ⅱでは、実験結果やモデル操作をもとに、図と文章を使って考察を行い、他者と交流する。交流後は、自分の考察に付加・修正を加える。このような活動を行うことで、課題解決に関係する新たな科学的知識を導き出し、それを根拠に自然の事物・現象のきまりを説明できる。

「深める」段階における説明活動Ⅲでは、自分が立てた仮説と考察を比較し、自己内説明を行う。具体的には、「つかむ」段階で作成した仮説と「さぐる」段階で作成した考察を比較し、学習によって変容した自然の事物・現象に対する考え方を自己内で説明する活動である。このような活動を行うことで、学習によって導き出した新たな科学的知識を再認識できる。

このように、課題に対して既習の科学的知識をもとに仮説を設定した後に、課題解決につながる新たな科学的知識を獲得し、さらに仮説と考察の比較により変容点を認識することで、科学的思考力が高まると考える。

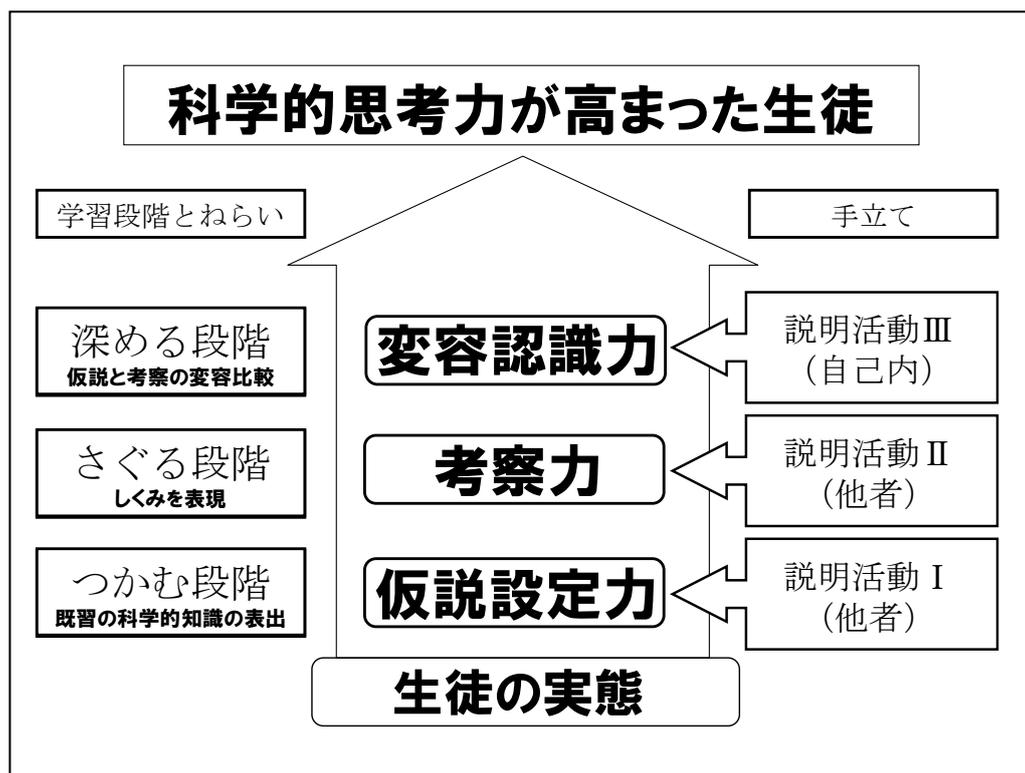
### 3 研究の目標

説明活動を位置づけた学習活動を通して、科学的思考力を高める理科学習指導方法を究明する。

### 4 研究の仮説

理科の学習指導において、説明活動を位置づけた学習活動を行えば、既習の科学的知識をもとに仮説を設定でき、新たな科学的知識を使って自然の事物・現象のきまりを説明することができ、さらに仮説と考察の変容を認識することができるようになるので、科学的思考力が高まった生徒が育つであろう。

### 5 研究構想図



## 6 研究計画の概要

### (1) 研究の対象

大刀洗町立大刀洗中学校 第2学年3組 (38人構成 男子20名 女子18名)

### (2) 単元名

「電流・電圧の関係と抵抗」

### (3) 単元の目標

- 電流・電圧と電気抵抗に関する事物・事象に進んで関わり、電流・電圧と電気抵抗の関係について主体的に調べていこうとする。 (関心・意欲・態度)
- 抵抗の違う豆電球を直列・並列つなぎにしたときの明るさについて仮説を設定し、抵抗の大きさと電流・電圧の大きさを結びつけて、自分の考えをモデル図と文章で表現している。 (科学的な思考・表現)
- 電流・電圧と電気抵抗に関する観察、実験の基本的操作を習得するとともに、仲間と協力して観察、実験を行い、結果の記録や整理などの仕方を身につけている。 (観察・実験の技能)
- 抵抗の違う豆電球を直列につないだときの明るさの違いについて、電流・電圧・抵抗の関係性と関連づけて理解している。 (知識・理解)

### (4) 検証の内容・方法

	検証内容	検証方法
仮説設定力	予想や仮説の根拠に既習の科学的知識を用いて、図と文章で記述しているか。	学習プリント
考察力	結果を整理して課題解決に関係する新たな科学的知識を導き出すような考察ができているか。	学習プリント
変容認識力	仮説と考察の比較により変容点を認識できているかどうか。	学習プリント

項目	評価	評価の観点
仮説設定力	A	既習の科学的知識である電流と抵抗の両方のきまりから、2つを使って仮説を設定することができている。
	B	既習の科学的知識である電流と抵抗の両方のきまりから、どちらかを使って仮説を設定することができている。
	C	A、B以外。
考察力	A	電流・電圧・抵抗の関係性を用いて、抵抗が大きい豆電球が明るくなる仕組みを図と文章で説明することができている。
	B	電流・電圧・抵抗の関係性を用いて、抵抗が大きい豆電球が明るくなる仕組みを図または文章で説明することができている。
	C	A、B以外。
変容認識力	A	豆電球の明るさは、電流と電圧が起因していることを説明できている。
	B	豆電球の明るさは、電圧が起因していることを説明できている。
	C	A、B以外。

## (5) 研究計画

	研究内容	9月	教材分析
4月	研究計画の審議	10月	教材構成
5月	研究主題の設定	11月	教材作成
6月	理論研究	12月	検証授業及びデータ収集・分析
7月	理論研究	1月	研究のまとめ
8月	理論研究、仮説の設定	2月	研究報告会

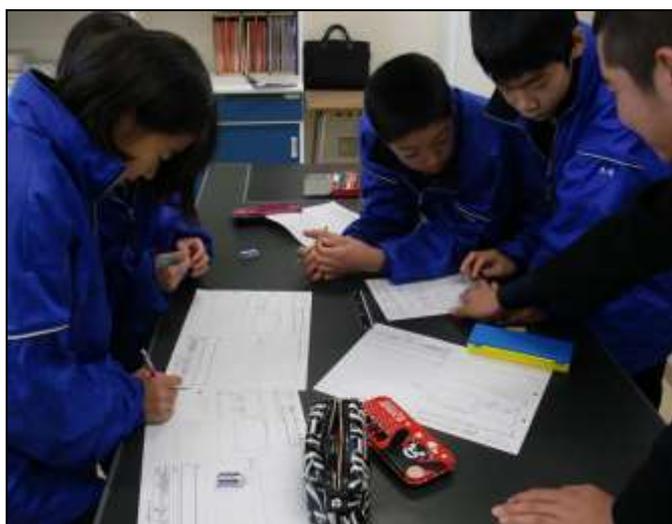
## 7 研究の実際

本単元「電流・電圧の関係と抵抗」は、回路の電流や電圧を測定する実験や金属線に加わる電圧や電流を測定する実験を通して、回路の各点を流れる電流や各部に加わる電圧についての規則性や金属線に加わる電圧と電流の関係から金属線には電気抵抗があることを見いだすことをねらう単元である。まず前時までに抵抗の違う二つの豆電球を並列につないだときの豆電球の明るさを比較し、抵抗の小さい豆電球が明るく光ることから、豆電球の明るさは電流の大きさに起因していることを学習している。本時の指導にあたっては、抵抗の違う二つの豆電球を直列につないだときに、どちらの豆電球が明るく光るかという疑問に対し、既習の科学的知識を根拠に仮説を設定し実験と考察を行う。この仮説設定と考察の場面では、個人の考えを記述した後に他者に説明する活動を行い、自分の考えを付加・修正をすることで、説明活動を有意義なものにする。そして最後に考察と仮説を比較し、自己内説明を行うことで仮説における既習の科学的知識の不十分点を認識する。説明活動を効果的に行うことで、抵抗の大きい豆電球が明るく光るしくみを理解させる。

### (1) 「つかむ」段階

ここでは、「豆電球が明るく光るのは、何に起因しているか」という学習課題について、既習の電流や電圧、抵抗の関係を表出して仮説を設定することをねらいとした。まず、並列回路で使用した同じ2個の豆電球を直列につないで電流を流すと、どちらの豆電球が明るく光るかということ、図と文章を使って表現し仮説を設定した。次に、仮説を図を使って他者と説明し合う活動を行い、他者の説明時には他者の考えを記録した(資料1)。最後に、自分が立てた仮説に付加・修正を加え、既習の科学的知識を使った仮説を設定した。

仮説1の生徒は、「豆電球の明るさは抵抗の大きさと電流の大きさが関わっている」という既習の科学的知識を結びつけて考えた。抵抗の小さい豆電球には大きい電流が流れ、抵抗が大きい豆電球には小さな電流が流れると考え、「抵抗の小



資料1 仮説を説明する活動

さい豆電球の方が明るく光る」と仮説を立てた。また、他者説明活動を行う前は、仮説の根拠を、既習の科学的知識を用いては立てておらず、仮説としては不十分であったが、説明活動の後には自分の仮説に付加・修正を加え、既習の科学的知識を使って根拠のある仮説を立てることができている（資料2）。

また、仮説2の生徒は、「豆電球の明るさは電流の大きさが関わっていることと、直列回路における電流の規則性」という既習の科学的知識を結びつけて考えた。直列回路では流れる電流の大きさはどこも等しいということから抵抗の違う二つの豆電球に流れる電流は等しいと考え、「抵抗の違う豆電球の明るさはどちらも同じ」という仮説を立てた（資料3）。この時点で、抵抗と電圧の関係に気付く生徒はいなかった。しかし、学習課題について、既習の科学的知識を使って文章と図を用いて仮説を設定することができた生徒は、81%となった。このことから、自分の考えをもとに仮説を立てた後、他者との説明活動を行い、自分の立てた仮説に付加・修正を加える活動を仕組んだことは、既習の科学的知識をもとに仮説を設定することに有効であった。

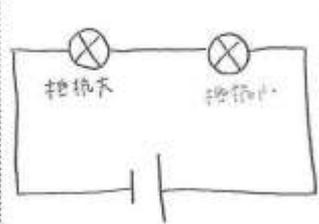
## (2) 「さぐる」段階

ここでは、直列につないだ抵抗の違う2つの豆電球において、抵抗の大きい豆電球の方に大きな電圧がかかり明るく光るしくみを説明できることをねらいとした。多くの生徒が仮説と違う結果になり、とても驚いた様子

＜仮説＞ ※文章と図で表すこと。

● 抵抗が小さい方。

(なぜなら)



＜仮説の修正案＞ ※文章と図で表すこと。

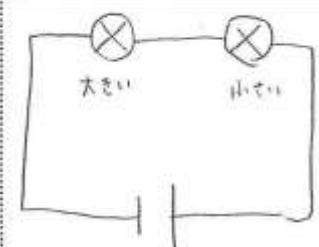
★ 抵抗が小さい方。

(なぜなら)

★ 抵抗の大きい豆電球の大きさが変わっている。

★ 抵抗が小さい → 電流が大きい。

★ 抵抗が大きい → 電流が小さい。



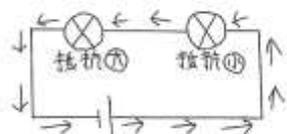
資料2 仮説1を設定した生徒の記述

＜仮説の修正案＞ ※文章と図で表すこと。

流れる電流の大きさは同じで、豆電球の明るさはどちらも同じ。

(なぜなら)

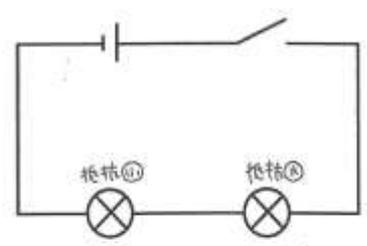
直列回路は、わかれ道がないから、電流の大きさは同じ。



直列回路は、わかれ道がないから、流れる電流の大きさは同じで、豆電球の明るさは同じである。

資料3 仮説2を設定した生徒の記述

電流と電圧の測定結果



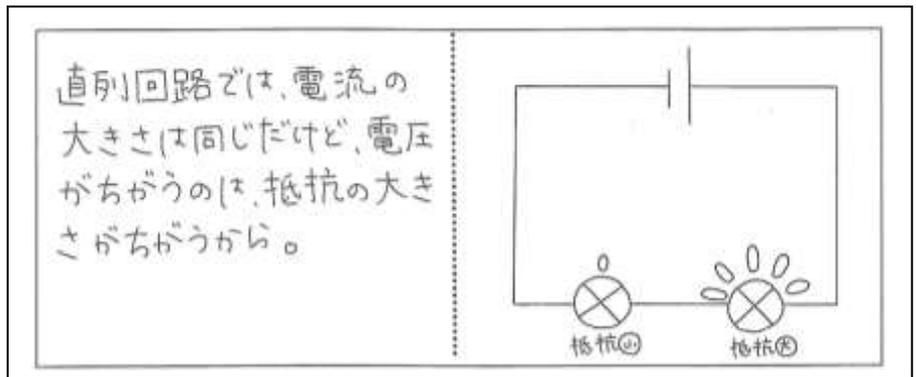
①電圧 ( 0.6V )    ③電圧 ( 1.7V )  
②電流 ( 210mA )    ④電流 ( 210mA )

結果を文章で表してみよう。

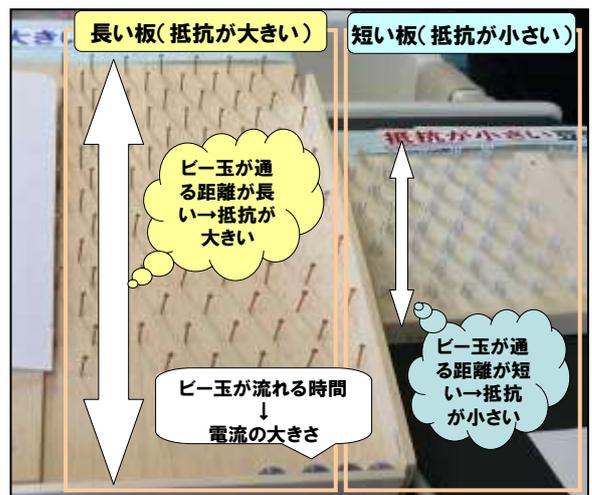
抵抗が大きい豆電球の方が、明るく光った。

資料4 実験結果を記した生徒の記述

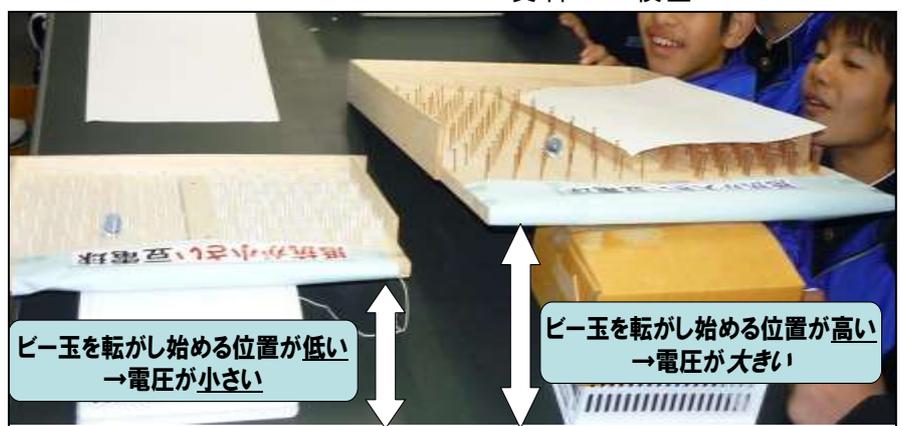
だった。そこで、回路を流れる電流と2つの豆電球それぞれにかかる電圧の大きさを測定した。結果は、電流はどこも同じであったが、電圧は抵抗の大きい豆電球の方が大きいということが分かった(前頁資料4)。生徒はその理由として、「電圧の大きさに差が生じるのは、抵抗の大きさが違うから」と説明した(資料5)。しかし、抵抗の大きい豆電球の方が電圧が大きくなるしくみについては説明できなかった。そこで、抵抗の大きい豆電球の方が電圧が大きくなるしくみを見いだす活動を行った。板に打ちつけた釘とその間を通るビー玉で電流と抵抗を再現した。板の長さを長くした方が抵抗が大きいもので、板の長さを短くした方が抵抗が小さいものと想定した(資料6)。まず、両方同時にビー玉を流したときの流れ方の違いに着目させた。同じ角度の状態からビー玉を流すと、長い板の方がビー玉が流れるのに時間がかかった。直列回路では電流の大きさは同じであるということから、ビー玉の流れ方も同じにならないことに気付いた。そして、「ビー玉の流れを同じにするために必要な



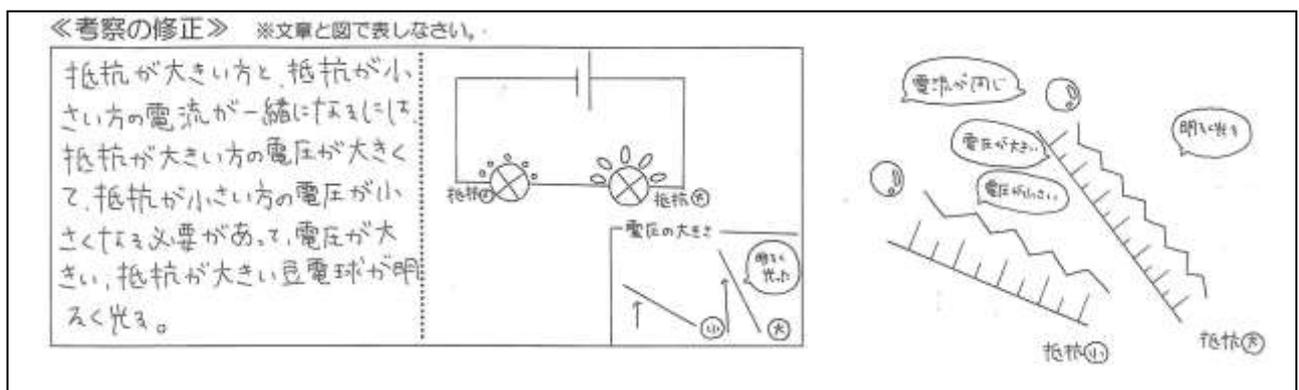
資料5 電圧の差が生じる理由を予想した生徒の記述



資料6 模型



資料7 角度を変えてビー玉の流れを確認している様子

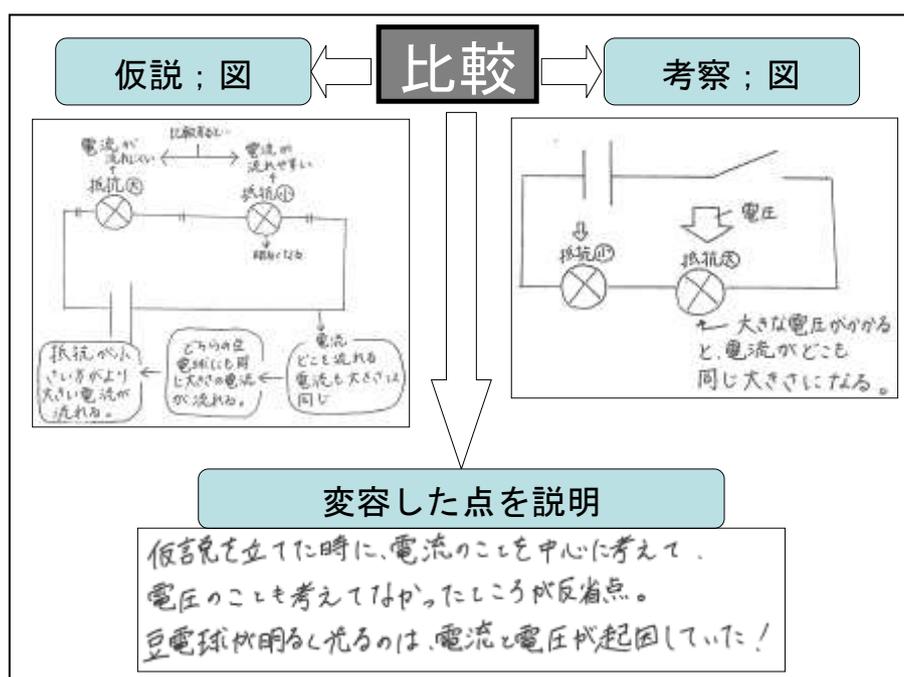


資料8 抵抗が大きいほうに電圧が大きくなり豆電球が明るく光るしくみを説明した生徒の記述

ことは何か」という発問に対し、「長い板の方の角度を大きくすることが必要である」という答えが生徒から返ってきたため、模型を使って確認した（前頁資料7）。この模型を用いた活動によって、抵抗の大きい豆電球の方が電圧が大きくなるしくみを視覚的に確認できた。そして、視覚的に確認したことを自分でまとめた後、説明活動を行った。説明活動によって、自分の考えに付加・修正を加え、抵抗の大きい方が電圧が大きくなり、豆電球の明るさが明るくなることを図と文章で説明できた（前頁資料8）。

### (3)「深める」段階

ここでは、「豆電球の明るさは、電流と電圧の大きさに起因している」という、新たな科学的知識を再確認することをねらいとした。まず、仮説時と考察時に作成したモデル図を比較させ、仮説時において不十分であった科学的知識を自己内で振り返る活動をした。次に、導き出した新たな科学的知識を選び出し、まとめる活動を行った。生徒は、「豆電球の明るさは、電流だけではなく電流と電圧の両方が起因している」という、課題解決を通して変容した点を説明して、まとめることができた（資料9）。



資料9 課題解決を通して変容した点を説明した生徒の記述

## 8 全体考察

説明活動を位置付けた学習活動の有効性について、ワークシートの記述内容の結果より分析した（次頁図2）。

(1) 既習の科学的知識を表出し、図と文章を用いて仮説を立てることができたか。

電流や電圧、抵抗の関係性を表出して図と文章で仮説を立てることができた生徒は81%であった。このことは、自分の考えをもとに仮説を立てた後、他者との説明活動を行い、自分の立てた仮説に付加・修正を加える活動を行ったからである。このような活動を行うことは、既習の科学的知識を表出した仮説を立てることに有効であった。

(2) 抵抗が大きい豆電球が明るく光るしくみを電流・電圧・抵抗の関係性を用いて図と文章で考察することができたか。

抵抗が大きい豆電球と抵抗が小さい豆電球を直列につなぐと、同じ大きさの電流を流すために、電流が流れにくい抵抗が大きいほうに、大きい電圧が必要になるしくみを図と文章で説明できた生徒は、85%であった。このことは、模型を使って自然の事物・現象を再

現した後、自分の考えを他者に説明する活動を行ったためである。このような活動を行うことは、新たな科学的知識を導き出し、それを根拠に自然の事物・現象のしくみを考察することに有効であった。

(3) 課題解決を通して変容した点を説明することができたか。

仮説を立てるときには気付くことができなかつた豆電球の明るさには電圧の大きさも関係することを説明することができなかつた生徒は、75%であった。このことは、段階ごとに仕組んだ説明活動を行ったからである。このような活動を行うことは、学習によって導き出した豆電球が明るくなるしくみを再度振り返って説明することに有効

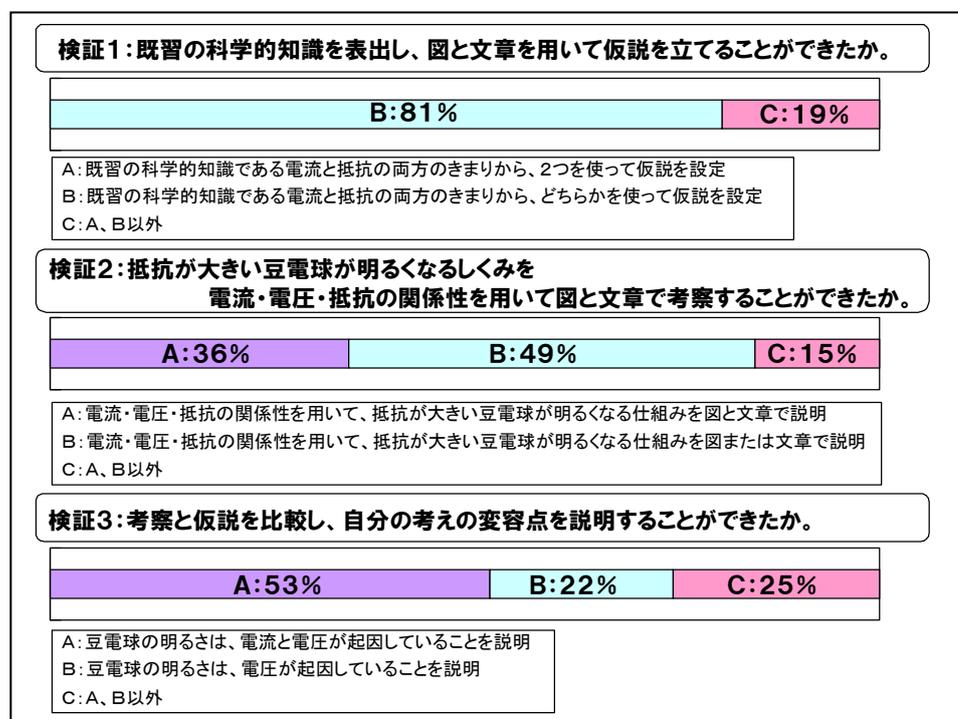


図2 目指す生徒の姿について

であったと考える。さらに、学習全体の振り返りにもつながることが分かった。

## 9 研究の成果と今後の課題

### (1) 研究の成果

- 仮説と考察の場面に他者説明活動を仕組んだことは、自分の考えを科学的なものに高めることに有効であった。
- 仮説と考察がずれる教材を選んだことで、考察場面での説明活動が活発に行われた。
- 振り返りの場面に自己説明活動を仕組んだことは、自分の考えの変容を実感するとともに、既習の科学的知識と新たな科学的知識をつなぐことに有効であった。

### (2) 今後の課題

- 説明活動を活性化させるために、自分の考えをつくりやすい手立ての工夫をする必要がある。

## 《参考文献》

- 「中学校学習指導要領解説 理科編」 大日本図書 (2008年)
- 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善について(答申)」 中央教育審議会 (2008年)
- 「OECD生徒の学習到達度調査(PISA2006)について」 文部科学省 (2007年)
- 「特定の課題に関する調査(理科) 国立教育政策研究所 (2005年)