

中学校理科における主体的な観察・実験を通じた 科学的な思考力の育成（2年次）

— 「Re-モデル」に基づく観察・実験を中心にした単元の構成 —

三枝 祐行（京都市総合教育センター研究課 研究員）

理科において、観察・実験はとても大切な学習活動である。このような考え方は、今も昔も変わらず理科教員の中に根付いていると考える。しかし、科学技術振興機構が実施した平成20年度と平成24年度の中学校理科教育実態調査を比べると生徒が観察・実験を行う頻度が少なくなっていることが明らかとなった。

そこで、今年度、観察・実験を中心にして単元を見直し、観察・実験にどのような意義があるのかを改めて考え直した。そして、昨年度の研究で開発した対話型授業「Re-モデル」に基づいて単元を構成することで、生徒は観察・実験に対する目的意識をもち、観察・実験の結果を分析し解釈したことを表現することができる考えた。このような観察・実験を含む授業実践を行うことで、生徒の科学的な思考力を高めることができるようにする。

その結果、生徒は、観察・実験の目的意識を高め、観察・実験の結果を分析・解釈したことを表現し、主体的に観察・実験に取り組むことができた。

目 次

はじめに	1
第1章 いま、理科教育に求められる力	
第1節 科学技術、観察・実験、科学的な思考力の関連	
(1) 科学技術のめざすもの	1
(2) 学習指導要領から	2
第2節 各種調査からわかる観察・実験の現状	
(1) 中学校理科教育実態調査	3
(2) 京都市中学校理科教員アンケート	4
(3) 国立教育政策研究所の調査	5
第2章 「Re-モデル」に基づく観察・実験	
第1節 科学的な思考を深める観察・実験を行うために	
(1) 観察・実験における科学的な思考	7
(2) 「Re-モデル」と観察・実験の関連	8
第2節 単元を通して科学的な思考を深めるために	
(1) 科学的な思考をどうつなぐか	9
(2) 科学的な思考をどう評価するか	10
第3章 主体的な観察・実験による科学的な思考力の育成を目指して	
第1節 A中学校第2学年での実践	
(1) 「細胞のつくりとはたらき」	12
(2) 「電流と回路」	14
第2節 B中学校第1学年での実践	
(1) 「いろいろな物質」	18
(2) 「光の性質」	21
第4章 理科のさらなる発展を求めて	
第1節 授業実践による生徒の変容	
(1) 観察・実験への意識の変容	24
(2) 生徒の姿の変容	26
第2節 これから理科教育が目指すもの	27
おわりに	30

<研究担当> 三枝 祐行 (京都市総合教育センター研究課研究員)

<研究協力校> 京都市立朱雀中学校
京都市立加茂川中学校

<研究協力員> 坂口 良人 (京都市立朱雀中学校教諭)
津幡 佳成 (京都市立加茂川中学校教諭)

はじめに

これから就職し社会へと飛び出していく人材に即戦力が求められていると言われて久しい。この即戦力となる「力」も時代とともに実は変化してきている。独立行政法人労働政策研究・研修機構が全国の従業員30人以上の企業20000社に行った調査では、「『これまで』正社員に求めてきた能力・資質」と「正社員に『今後』どのような能力・資質を求めるか」を質問している。これによると、「これまで」に求めていた「専門的な知識・技能、資格」の回答割合は「今後」にかけて大幅な減少を示した。一方、「これまで」から「今後」にかけて回答割合が大きく上昇している項目は、「ストレスコントロール力」「事業や戦略の企画・立案力」「新たな付加価値の想像力」であった(1)。

このことから、企業は人がもつ専門的な知識や技術を求める時代から、人が生み出す企画・立案力や想像力といった力を求める時代へと変化してきていると推測することができる。そして、それは今の教育現場で育成しようとしている力と表現は違うが、よく似ていると考えられる。それは、企画する際に事実や調査からの思考力や判断力、案としてまとめる表現力が伴うからである。このことから、我々教員は、これからの日本を支える人材を育成しているということを、改めて意識していかなければならない。

また、角屋は、「これからの時代は、科学的な知識をたくさん覚えるよりも、基礎的な知識をもとに、新たな知識を構築していく力を身に付けていくことが重要になってくるのである」(2)と述べている。更に、「知識伝達型の教育課程から、科学的に妥当な知を作る能力を育成する教育課程に変換していく必要がある」(3)とも述べている。このように、たくさんの知識を獲得できる生徒を育成するよりも、基本的な知識から新たな知識を構築することができる生徒を育成していく必要がある。そして、角屋が述べるような「科学的に妥当」であるためには、観察・実験による実証性や再現性、客観性が求められる。

これらのことを踏まえて、本年度の研究では、科学的な概念を活用したり説明したりするだけでなく、観察・実験を中心にした単元計画を作成することで、実証性や再現性、客観性をもった思考ができることを目指す。そして、科学的な思考力を「基本的な知識や概念、理論から新しく妥当な知識を創出する力」と定義し、研究を進めていく。

- (1) 独立行政法人労働政策研究・研修機構「『構造変化の中での企業経営と人材のあり方に関する調査』結果」2013.6 p.205
- (2) 角屋重樹『なぜ、理科を教えるのか-理科教育がわかる教科書-』文溪堂 2013.6 p.25
- (3) 前掲(2) p.25

第1章 いま、理科教育に求められる力

第1節 科学技術、観察・実験、科学的な思考力の関連

(1) 科学技術のめざすもの

平成23年8月に第4期科学技術基本計画が閣議決定された。これは、平成7年に制定された科学技術基本法に基づき、科学技術の振興のための計画を5年ごとにまとめたものである。この第4期科学技術基本計画の理念として掲げられている目指すべき国の姿五つを、以下に示す。

- ① 震災から復興、再生を遂げ、将来にわたる持続的な成長と社会の実現する国
- ② 安全かつ豊かで質の高い国民生活を実現する国
- ③ 大規模自然災害など地球規模の問題解決に先導的に取り組む国
- ④ 国家存立の基盤となる科学技術を保持する国
- ⑤ 「知」の資産を創出し続け、科学技術を文化として育む国

(4)

これらの理念は、理科教育においても重要になる理念である。防災教育や環境教育といった分野が理科と非常に関わりが深いことも、これらの理念から読み取ることができる。

これら五つの理念のうち、筆者が特に印象に残ったものは④と⑤である。④からは、科学技術を保持することが国家存立の基盤となることが書かれている。それほど日本の国において、科学技術の果たす役割が大きいということがわかる。⑤からは、国は科学技術を文化としてとらえていることがわかる。この記述から、これまでの日本を科学技術で支えてきたという自負と、これからの日本を科学技術で支えていこうという気概を読み取ることができる。つまり、日本に今も伝えられる多くの素晴らしい文化と同様に、科学技術も過去から継承され、未来へと受け継いでいくものにしていこうという意志が示されている。このように、科学技術が日本の国においていかに重要なものであるかという視点で改めて日本の現状を見る

と、理科教育の充実が真に喫緊の課題であることを実感することができる。この理科教育の現状については、第2節で詳しく述べる。

このことから、科学技術を保持するためには、「知」を創出することができる力が不可欠であるといえる。この、「『知』を創出すること」について、我々は難しいことのように感じてしまいがちである。しかし、アインシュタインは「われわれの知識のすべては、小学生と変わらない。」⁽⁵⁾という言葉を残している。また、「独創はどのようにして生まれるのか」という質問に対して、林原は「単なる組み合わせだと思えますよ。」⁽⁶⁾と答えている。これらのことを総合して考えると、「知」を創出するためには、基本的な知識を組み合わせるだけでよいということになる。これは、本研究において定義した科学的な思考力に通じるとらえである。つまり、これから科学技術を保持するためには、理科において科学的な思考力を育成していくことが重要であり、これからの課題であると考えられる。

また、科学技術振興計画では、次代を担う人材の育成のために「初等中等教育段階から理数科目への関心を高め、理数好きの子どもたちの裾野を拡大するとともに、優れた素質を持つ児童生徒を発掘し、その才能を伸ばすための一貫した取組を推進する。」⁽⁷⁾とある。その推進方策の一部を以下に示す。

- ・国は、教育委員会と大学が連携し、現職教員研修や教員養成課程において、科学技術に触れる機会、観察や実験を行う実習の機会を充実するよう求める。
- ・国及び教育委員会は、学校における観察や実験設備等の整備、充実を図る。
- ・国及び教育委員会は、大学や産業界の研究者や技術者、教審を志望する理工系学部や大学院の学生等の外部人材が、観察や実験を支援するスタッフとしてより一層活躍できる機会を充実する。

(下線は筆者による)⁽⁸⁾

下線に示すように、推進方策には、「観察・実験」の充実を図る取組が多い。このことから、国は科学技術の分野において次代を担う人材を育成するためには、学校現場における「観察・実験の充実」が不可欠であると考えていることがわかる。実際に、理科教育設備の整備や観察実験アシスタント(PASEO)の事業が導入されたり、「科学の甲子園ジュニア」が開催されたりするなど、児童生徒が科学について学ぶ機会が拡充されている。こ

れによって、生徒の理科に対する意欲や関心を高めることや有用性を実感できるようにすることをねらっていると考えられる。つまり、観察・実験は、科学的な思考力を育成するためだけでなく、意欲や関心の向上にもつながる活動なのである。

以上のことから、我々理科教員は、授業で基本的な知識を組み合わせる場面を取り入れたり、観察・実験の充実を図ったりすることで、生徒の科学的な思考力を育成し、更に理科に対する意欲や関心を高めることが求められているのである。

(2) 学習指導要領から

「中学校学習指導要領解説 理科編」には、観察・実験と科学的な思考力について、以下のように記述されている。

3. 理科改訂の要点

(1) 改訂に当たっての基本的な考え方

②科学的な思考力、表現力の育成を図ること

自然の事物・現象に進んでかかわり、その中に問題を見だし、目的意識をもって観察、実験を主体的に行い、課題を解決するなど、科学的に探究する学習活動を一層重視して改善を図る。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。

(下線は筆者による)⁽⁹⁾

下線から、観察・実験と科学的な思考力、表現力とは非常に結び付きが強いことがわかる。単に観察・実験を行うだけでなく、目的意識をもつこと、主体的に行い課題を解決することが求められている。また、観察・実験の結果を分析して解釈する能力や、自らの考えを導くといった科学的な思考力に加えて、それらを表現する能力も求められている。つまり、観察・実験によって、何を明らかにしようとしたのか、何がわかったのか、その根拠となる結果や科学的な概念は何かといったことを整理して表現することが必要である。それと同時に、観察・実験に目的意識をもって主体的に取り組み、課題を解決することも必要である。これらのことを実現するためには、生徒が既習内容から仮説を設定した上で観察・実験を行ったり、観察・実験から見出された理論を他の自然事象に適用したりすることが有効だと筆者は考える。生徒が仮説を設定することで、「何を」調べるのか、「何が」わかり解決されるのかを意識して観察・実験を行うことができる。そして、観察・実験か

ら分析して見出した理論がどのような自然事象に活用できるのかや、活用した際に仮説を修正する必要があるかを考えていくことで、自然事象のつながりや理論のつながりを実感して解釈することができるようになると思う。このような学習を積み重ねていくことにより、理科の有用性を実感することができると思う。

また、「中学校学習指導要領解説 理科編」の「3. 理科改訂の要点（4）指導計画の作成と内容の取扱い」には、学習活動の具体例が三つ示されている。以下は、その三つの活動である。

- ①問題を見だし、観察、実験を計画する学習活動
- ②観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動
- ③科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動

（下線は筆者による）(10)

下線に示すように、三つの学習活動のうち、二つに観察・実験に関する記述があることから、観察・実験が非常に重視されていることがわかる。これら三つの学習活動は、それぞれが切り離されたものではなく、関連するものだと筆者は考える。「問題を見だし観察、実験を計画する学習活動」によって目的意識を高め、「観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動」によって、観察・実験から何を見いだしたのかを自らの考えとして導くことができる。そして、「科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動」で、自らの考えを表現することができる。このような一連の学習活動の流れを大切に授業を展開することで、科学的な思考力を育成することができると思われる。

以上のことから、科学的な思考力をより高めていくためには、観察・実験を単に行うだけでなく、観察・実験に対する目的意識を高めることや、観察・実験を分析し解釈する力を育成すること、そして、分析して解釈したことを表現できるようにすることが求められているといえる。そのためには、授業の中に、上記の三つの学習活動をうまく取り入れるよう工夫していくことが重要である。

第2節 各種調査からわかる観察・実験の現状

（1）中学校理科教育実態調査

独立行政法人科学技術振興機構（以下JST）は、学習指導要領が全面実施される前の平成20年度と、全面実施後の平成24年度に中学校理科教育実態調査を実施した。この調査は、理科教育の改善

や充実を促すとともに、将来の科学技術を牽引する人材の育成を支援する施策の立案に役立てる目的で行われたものである。この調査の中で、生徒が行う観察・実験の頻度を質問している。図1-1は、生徒が行う観察・実験の頻度を平成20年度と平成24年度で比較したものである。

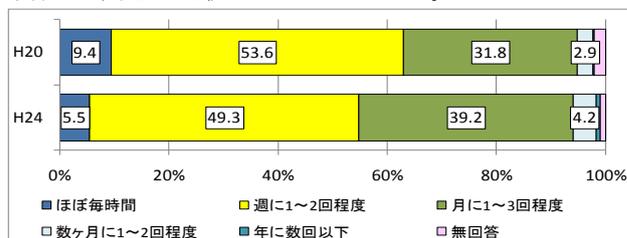


図1-1 生徒が行う観察・実験の頻度の比較(11)

平成20年度は、「ほぼ毎時間」「週に1~2回程度」と回答した割合が63.0%であるのに対し、平成24年度では、54.8%と、8.2ポイント低くなっている。このことから、平成20年度と平成24年度を比較した場合、生徒が行う観察・実験の頻度が少なくなっていることがわかる。つまり、理科教育設備の整備や観察実験アシスタント(PASEO)の事業が導入されたにもかかわらず、生徒が行う観察・実験の頻度が減っていることがわかる。

では、生徒が行う観察・実験の頻度が少なくなった原因は何だろうか。図1-2は、観察・実験の障害となっていることの原因とその回答割合を平成20年度と平成24年度で比較したものである。

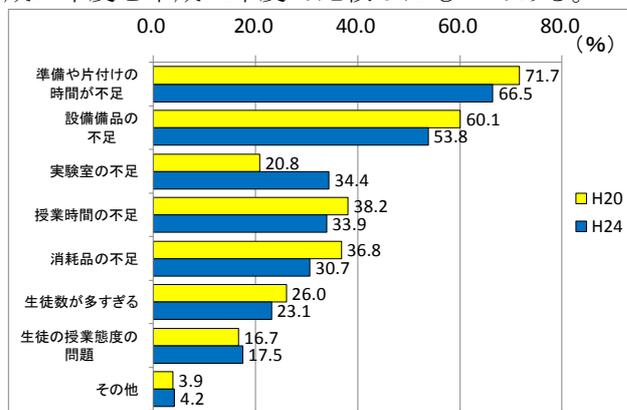


図1-2 観察や実験を行うに当たっての障害となっている原因の比較(12)

観察・実験の障害となるもののうち、高い割合を示している項目は、平成20年度も平成24年度も「準備や片付けの時間が不足」や「設備備品の不足」である。しかし、これらの項目は、平成20年度に比べて、平成24年度の方が低い値を示しており、改善がみられる。これは、理科教育設備の整備や観察実験アシスタント(PASEO)の事業が影響していると考えられる。一方、「実験室の不足」は、平成20年度が20.8%に対し、平成24年度が34.4%

と、13.6ポイント増加している。設備費の充実や観察実験アシスタントの導入により、教師の負担が軽くなっているものの、実験室が不足しているということがわかる。この結果の原因の一つに、授業時数の増加が考えられる。それは、授業時数の増加により、同じ時間に複数の学級で理科の授業が行われることになるからである。例えば、二つしか実験室がない状況に、三つ以上の学級で授業が入るといったことが起こる。そのため、実験室を学習課程の中にうまく割り振ることが困難になる。このようなことが、学校現場において起こっていると推測される。また、第2学年、第3学年では週当たりの授業時数が4時間あり、一学年で週に二種類以上の観察・実験を行う場合がある。そのような場合、同じ日に異なる観察・実験を行うことが必要となり、更に実験室の不足を招くことになる。このように、授業時数が増えたことによって、思わぬ状況が生まれているのではないかと考えられる。

図1-3は、観察・実験の障害として実験室の不足を挙げた割合を、学校の規模別に比較したものである。

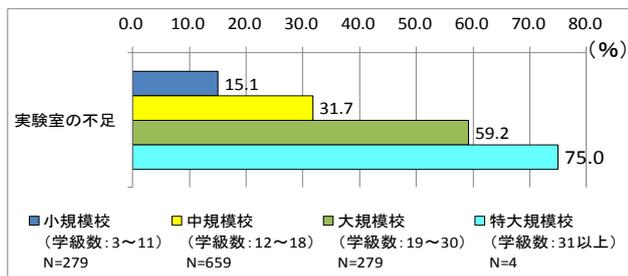


図1-3 観察・実験の障害として実験室の不足を挙げた割合の学校規模別の比較 (13)

これを見ると、大規模校の方が、観察・実験の障害となるものとして、実験室の不足と回答する割合が増加していることがわかる。これは、大規模校の方が、先述のような授業時間の重なりが生じやすくなるために、実験室の不足を招いていると考えられる。

以上のことから、単元を見通して観察・実験を組み込んだり、授業の展開を工夫したりして、効率よく観察・実験を行い、質を高めていくことが今後ますます重要となると考えられる。

(2) 京都市中学校理科教員アンケート

昨年度の研究の中で行った京都市中学校理科教員アンケートの結果を、今年度新たに集計し直した。図1-4は、グループで観察・実験をどの程度取り入れているかを示したものである。

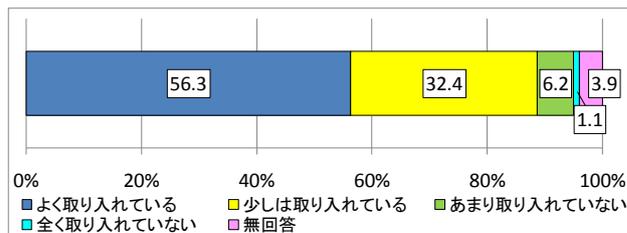


図1-4 グループで観察・実験をどの程度取り入れているか

「よく取り入れている」「少しは取り入れている」と肯定的に回答した割合は88.7%であった。この結果から、京都市においては、積極的に観察・実験を授業に取り入れていることがわかる。

しかし、経験年数別に集計すると、また異なる状況がみえてくる。図1-5は、経験年数と「グループで観察・実験の場面をどの程度取り入れているか」をクロス集計したものを示している。

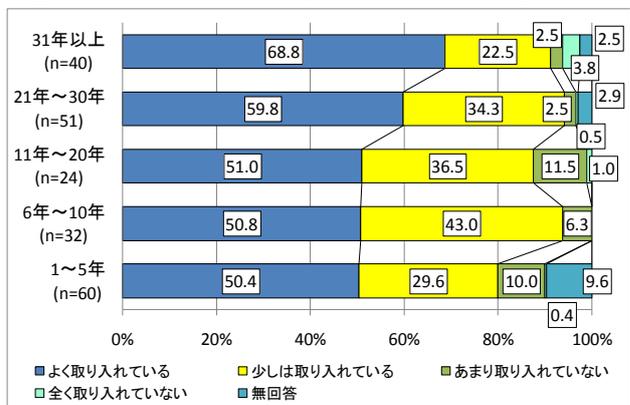


図1-5 経験年数と「グループで観察・実験の場面をどの程度取り入れているか」のクロス集計

「よく取り入れている」と回答した割合に注目すると、1年目~5年目では50.4%、6年目~10年目が50.8%、11年目~20年目では51.0%、21年目~30年目では59.8%、31年目以上では68.8%となっている。このことから、経験年数が増えていくにつれて「よく取り入れている」と回答した割合が増加していることがわかる。

また、「よく取り入れている」「少しは取り入れている」と肯定的に回答した割合は、6年目~10年目がもっとも高い93.8%を示し、1年目~5年目の若手教員では、肯定的に回答した割合が最も低い80.0%であった。このことから、若手教員は観察・実験の場面を取り入れることが少なく、ある程度経験を積んでいくと、観察・実験を取り入れる頻度が増加していくことがわかる。この原因として、若手教員は仕事にまだ十分に慣れていないため、担任業務や部活動、校務分掌などの仕事に時間の多くを使わざるを得ず、観察・実験の準備や片付けなどに十分な時間を割くことが難しいことが考えられる。そして、効率よく時間を使うこ

とができるようになってきた6年目以降、余裕をもって観察・実験の準備や片付けを行うことができるようになる」と推測できる。また、観察・実験に関する知識や技能の未熟さも原因の一つと考えられる。本市では、京都市青少年科学センターにおいて、観察実験講座や夏季研修講座などを行っている。これらの研修で、教員は観察・実験に関わる知識や技能を習得する。それによって、本市理科教員は授業における観察・実験の技能や質を高めていく。それでも、若手教員が、十分な観察・実験に関する知識や技能を身に付けるには、研修の機会が足りないため、観察・実験の頻度が少ないと考えられる。これを改善するためには、観察・実験の前後の授業の中で、仮説を設定したり、条件を整備したりする活動を取り入れていくことなどが考えられる。

以上のことから、教員の観察・実験に関する知識や技能の向上を図ったり、観察・実験の前後の授業を工夫したりすることで、経験年数に関係なく質の高い観察・実験を行うことができるようになる考える。

(3) 国立教育政策研究所の調査

平成24年度に行われた全国学力・学習状況調査において、理科が実施された。その結果、観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明することなどに課題がみられたことから、国立教育政策研究所は「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析」を行った。この調査分析は、今後の理科における指導方法の改善や充実に役立つ目的で行われた。この調査分析では、「平成24年度全国学力・学習状況調査の結果を踏まえた詳細分析」と「観察・実験の技能の習得状況に関する調査分析」を行い、その結果を報告している。

図1-6は、学校質問紙62「第3学年の生徒に対する理科の指導として、前年度までに観察や実験の結果を分析し解釈する指導を行いましたか」の結果である。

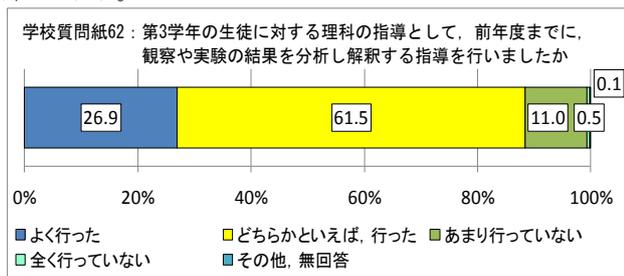


図1-6 学校質問紙62の結果 (14)

学校質問紙62に対して、「よく行った」「どちらかといえば、行った」と肯定的に回答した割合は、88.4%であった。このことから、多くの学校は生徒に対して観察や実験の結果を分析し解釈する指導を行っていることがわかる。

一方、図1-7は、生徒質問紙78「理科の授業で、観察や実験の結果をもとに考察していますか」の結果である。

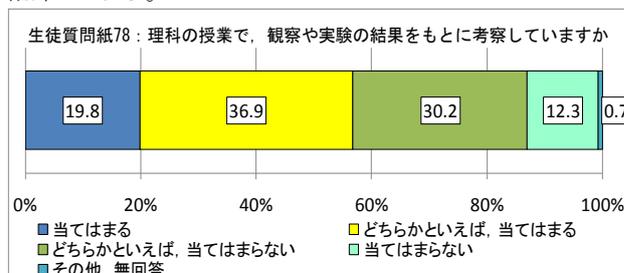


図1-7 生徒質問紙78の結果 (15)

生徒質問紙78に対して、「当てはまる」「どちらかといえば、当てはまる」と肯定的に回答した割合は、56.7%であった。

図1-6、図1-7を比較すると、学校質問紙62で肯定的に回答した割合が88.4%に対して、生徒質問紙78で肯定的に回答した割合が56.7%と、31.7ポイントの差があることがわかる。このことから、学校は観察・実験の結果を分析し解釈する指導を行っている」と認識しているが、生徒が主体的に観察や実験の結果を分析していない場合があると考えられる。

更に、図1-8は、学校質問紙62で、肯定的または否定的な回答をした学校における生徒の意識（生徒質問紙78）である。

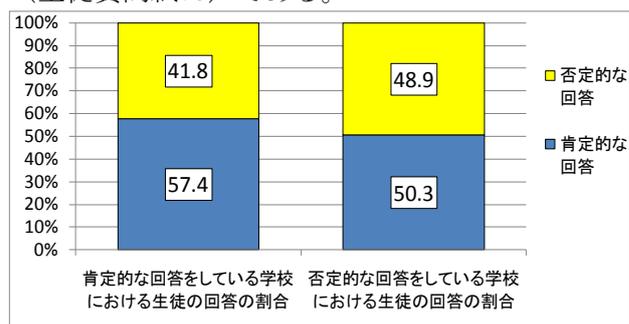


図1-8 学校質問紙62で肯定的または否定的な回答をした学校における生徒の意識 (16)

これを見ると、肯定的な回答をしている学校において、肯定的な回答をしている生徒の割合は、57.4%であった。一方、否定的な回答をしている学校において、肯定的な回答をしている割合は、50.3%と7.1ポイントの差があった。このことから、学校が観察・実験の結果を分析し、解釈する指導を行うと、生徒は観察・実験の結果をもとに

考察する割合は大きくなるといえる。その反面、学校が指導をしても、41.8%の生徒は否定的な回答をしており、生徒が主体的に観察・実験の結果をもとに考察することができるようにするためには、生徒の意識を高めることが必要である。

また、次の表1-1は、学校質問紙62と生徒質問紙78のクロス集計における「活用」(分析・解釈)に関する設問の生徒の平均正答率を示している。

表1-1 「活用」(分析・解釈)に関する設問の生徒の平均正答率の比較 (%) (17)

生徒質問紙78 学校質問紙62	「当てはまる」または、「どちらかといえば、当てはまる」	「どちらかといえば、当てはまらない」または、「当てはまらない」
「よく行った」または、「どちらかといえば、行った」	① 53.5	② 41.9
「あまり行っていない」または、「全く行っていない」	③ 51.6	④ 40.6

これを見ると、学校質問紙側からは、①と③を比較すると1.9ポイントの差があり、②と④を比較すると、1.3ポイントの差がある。これに対し、生徒質問紙側から見ると、①と②を比較すると、11.6ポイントの差があり、③と④を比較すると、11.0ポイントの差がある。このことから、平均正答率には学校の取組よりも生徒の意識の効果の方が大きいと考えられる。そのため、生徒の観察・実験への目的意識をどのように高めていくか、その上でどのように観察・実験の結果を分析し解釈するかを考え、授業の展開を工夫していくことが大切である。

上記の国立教育政策研究所の報告では、分析結果を踏まえ、科学的な思考力・表現力の育成を目指した指導改善のポイントが挙げられている。以下にその指導改善のポイントを示す。

1 科学的な思考力や表現力の育成

理科の指導において、生徒自らが学習の目標を認識して、以下の学習活動に取り組むようにすることが大切である。

- 問題を見だし、観察、実験を計画する学習活動
- 観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動
- 科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動

(18)

これら三つの学習活動は、3ページで示した「(4) 指導計画の作成と内容の取扱い」の三つの活動と同じである。したがって、指導を改善していくためには、この三つの活動を関連付けた上で、単元の中に位置付けた計画を作成することが大切である。

また、昨年度の研究で開発した「Re-モデル」は、

三つの学習活動のうち、「科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動」に当たると述べた(19)。今年度は、「Re-モデル」を活用してこれらの三つの学習活動を関連付けることで、生徒の主体性を高め、生徒の科学的な思考力を育成することを目指す。

次章では、観察・実験を中心にした単元の計画や、観察・実験の前後における「Re-モデル」を活用した授業の展開や評価について詳しく述べる。

- (4) 文部科学省『科学技術基本計画』2011.8 pp.5~6
- (5) ジェリー・メイヤー、ジョン・P・ホームズ『アインシュタイン150の言葉』ディスカバー・トゥエンティワン 1997.4 p.54
- (6) 野村進『千年働いてきましたー老舗企業大国ニッポン』角川書店 2006.11 p.205
- (7) 前掲(4) p.36
- (8) 前掲(4) p.36
- (9) 文部科学省『中学校学習指導要領解説 理科編』2008.9 p.7
- (10) 前掲(9) p.10
- (11) 独立行政法人科学技術振興機構理数学習支援センター『中学校理科教育実態調査集計結果(速報)』2013.9 p.76
- (12) 前掲(11) p.79
- (13) 前掲(11) p.81
- (14) 国立教育政策研究所『理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【中学校】』2013.11 p.26
- (15) 前掲(14) p.26
- (16) 前掲(14) p.26
- (17) 前掲(14) p.27
- (18) 前掲(14) p.4
- (19) 三枝祐行「中学校理科における科学的な思考力の育成を基盤とした学力向上の方策(1年次)ー理解から関心・意欲へつなげる対話型授業の進め方ー」『平成25年度研究紀要』京都市総合教育センター 2014.3 p.94

第2章 「Re-モデル」に基づく観察・実験

昨年度の研究では、対話型授業モデル「Re-モデル」を開発し、科学的な概念を活用するなど科学的な思考力の育成を目指した。この「Re-モデル」のねらいは、次の三つである。

- グループでの話し合い活動を、短時間で進めることができる。
- 課題の解決に向けて、本質を探るような深い対話ができる。
- 科学的な概念を活用し、科学的な思考力を高めることができる。

(20)

「Re-モデル」では、「セオリー」という科学的な概念や考え方を中心にして、四つの対話を設定している。図2-1は、「Re-モデル」の構造である。

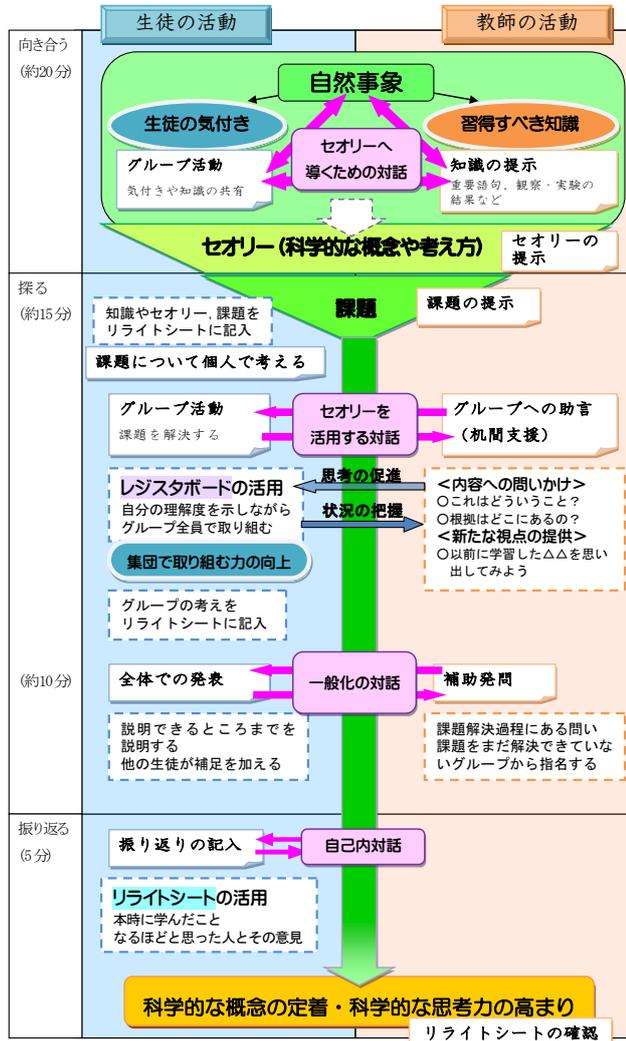


図2-1 「Re-モデル」の構造 (21)

はじめに、学習する自然事象を理解するために必要な知識を学習し、その後、教師はセオリー(科学的な概念や考え方)を提示する。セオリーを学習することで、どの生徒も同じ視点から課題について考えることができるようになる。そして、課題に取り組むことで、生徒は自ずとセオリーを活用しながら他の生徒と対話したり、既習の科学的な知識や概念を想起したりしながら、課題を解決するようになる。次に、課題の解決に向けて考えたことを全体で説明したり、振り返ったりすることで、自己の変容を実感することができるのである。そして、この授業の中で新しく学習した知識や科学的な概念を、既習のものと結び付けて理解することで、学習内容が定着していくのである。

また、セオリーを提示することは、もう一つ重要な意味をもつ。それは、生徒が説明できそうで

説明できないという状況を作り出すことである。この状況によって、生徒は自らの思考力を発揮し、意欲をもって課題の解決に取り組むことができるのである。以上が「Re-モデル」の大まかな流れと仕組みである。

本年度は、この「Re-モデル」を観察・実験の前時または次時の授業に取り入れることで、目的意識を高め、観察・実験の結果を分析し解釈したことを表現する力を育成することができるという仮説のもと、研究を進めていく。

第1節 科学的な思考を深める観察・実験を行うために

(1) 観察・実験における科学的な思考

理科における問題解決過程について、様々な研究がされており、そのプロセスは研究者によって少しずつ異なる点はあるが、おおよその流れは同じである。それは、理科において「問題解決活動は、一般に仮説演繹法と同様」(22)だからである。理科の根本である自然科学では、主に仮説演繹法を用いている。そのため、理科における問題解決過程も仮説演繹法とほぼ同様の手順を踏むことになるのである。

図2-2は、角屋が示した問題解決過程である。これを見ると、波線で囲んだ部分のように、観察・実験が問題解決の中心であることがわかる。

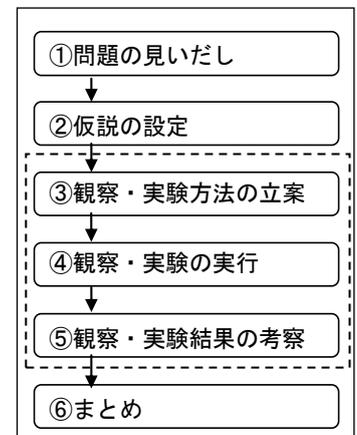


図2-2 角屋の問題解決過程 (23)

実行」に向けて、思考が収斂されていく。また、その後「⑤観察・実験結果の考察」「⑥まとめ」と、観察・実験の結果を分析して解釈していく過程となっている。つまり、理科における問題解決過程では、観察・実験はなくてはならないものであるといえる。また、問題解決の主体は生徒であるので、生徒が観察・実験を行うことが望ましい。

では、問題解決過程の中で、科学的な思考力を育成する場面として有効な場面はどの場面であろうか。筆者は、「②仮説の設定」「③観察・実験方法の立案」「⑤観察・実験結果の考察」と考える。「②仮

説の設定」では、既習の科学的な知識や概念と問題となる自然事象を比較したり、関係付けたりして、仮説を設定することになる。このとき、問題となる自然事象は、まだ科学的に説明することができないため、設定した仮説は「実証されていない新しい考え方」と考えることができる。「③観察・実験方法の設定」では、具体的にどのようなものを使って、どのような手順で観察・実験を行うのがよいかを考える場面である。このとき、科学的な知識や概念から設定された仮説と、問題となる自然事象の性質や特徴を比較しながら、どのように条件制御して観察・実験を行う必要があるかを考えることが必要である。そのため、科学的な知識や概念を根拠とすることが求められる。「⑤観察・実験結果の考察」は、実験の結果と仮説を比較したり、関連付けたりするなどして分析し、解釈する活動である。そのため、結果という事実と仮説を結びつける新しい考え方を生み出すことが必要となり、そこで科学的な思考力が発揮されると考える。そして、「④観察・実験の実行」により、仮説が実証性や再現性、客観性をもつようになる。このような過程を経て、自然事象を科学的に説明することができるようになるのである。

(2) 「Re-モデル」と観察・実験の関連

前項では、理科の問題解決過程における科学的な思考力を育成する場面として「②仮説の設定」「③観察・実験方法の立案」「⑤観察・実験結果の考察」を挙げ、いずれの場面でも科学的な知識や概念を活用することが必要であると述べた。

しかし、池田は、生徒が主体的に問題解決学習を行うことの難しさを二つ指摘している。一つは、教科書を見せると、きまりを見つけるような問題解決学習は成立しないことである⁽²⁴⁾。その理由は、教科書には、観察・実験の方法や結果、その解釈がすでに記載されているからであると考えられる。つまり、生徒は教科書を読めば、観察・実験から何がわかったのかを知ることができるので、観察・実験を行わずに問題解決の目的を達成してしまうことになる。もう一つは、学校の教室で行うレベルの実験では、きまりを見つけることが難しいことである⁽²⁵⁾。池田は、特に「定量的な関係を求める場合に、このことが問題になる」

⁽²⁶⁾と述べている。これは、定量的な実験では、結果に誤差が含まれることが多いからであると考えられる。つまり、きまりを学習していない状態では、実験の結果で現れた数値に誤差が含まれて

いるのかどうかを見極めることが難しいため、結果から規則性を見出すことが困難になるのである。更に、観察・実験の結果や見いだされた規則性が教科書に記載されているため、自分の実験結果を基に分析して解釈する必要性がなくなると考えられる。それによって、主体的に問題解決を行うことが難しくなってしまう、生徒は科学的に思考することなく、規則性や結果の分析、解釈を知識として獲得してしまうことになる。と考える。

では、生徒が主体的に問題解決を行うためにはどのような学習活動を行えばよいだろうか。筆者は、「問題を見だし、観察・実験を計画する学習活動」が有効だと考える。つまり、前ページ図2-2の「①問題の見だし」「②仮説の設定」「③観察・実験方法の立案」である。この活動を生徒が主体となることができれば、生徒の観察・実験の目的意識を高めることができると考える。そこで、観察・実験を行う前の段階である「②仮説の設定」や「③観察・実験方法の立案」の場面に「Re-モデル」を取り入れ、観察・実験への目的意識を高めようと考えた。また、この二つの場面で対話を行うとき、科学的な知識や概念を活用して説明するなど科学的な思考力の育成に有効であると考えられる。ただし、観察・実験方法を全て生徒が考える授業展開にしてしまうと、授業時数が多く必要となることも考えられるため、観察・実験を計画するときの一部に、「Re-モデル」を取り入れるようにする。

更に、観察・実験の結果を得た後の段階である「⑤観察・実験結果の考察」の場面にも「Re-モデル」を取り入れることで、生徒が仮説に基づき、観察・実験の結果を分析し解釈することができる。考察は、観察・実験の結果を分析し解釈することであり、その際に科学的な知識や概念を活用する。したがって、「Re-モデル」を観察・実験の考察の場面に取り入れることも、科学的な思考力の育成に効果があると考えられる。

以上のことから、問題解決過程の「②仮説の設定」や「③観察・実験方法の立案」、「⑤観察・実験結果の考察」に「Re-モデル」を取り入れ、それぞれの場面で対話を行うことで、生徒の観察・実験への目的意識や分析し解釈する力を高め、分析したことや解釈したことを整理して説明することができる。生徒がしっかりとした目的意識をもって観察・実験に臨むことができれば、何を分析しどのように解釈したかが整理され、学習する自然事象を科学的に説明することができる。と推測する。

第2節 単元を通して科学的な思考を深めるために

(1) 科学的な思考をどうつなぐか

6ページで述べたように、科学的な思考力を育成する上での指導改善のポイントとして、「科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動」が挙げられている。このことから、理科では、科学的な知識や概念を用いて、学習する自然事象を説明できることが重要であるといえる。しかし、実際の授業の場面で生徒に根拠を問うと、根拠となる科学的な知識や概念を明確に示すことができないことが少なくない。

では、どのようにすれば、生徒は授業の中で、科学的な知識や概念を活用して、学習する自然事象を説明することができるようになるのだろうか。筆者は、学習する自然事象を説明するための要素に分けてとらえることが必要であると考え。図2-3は、筆者の考える、自然事象を説明するための要素である。

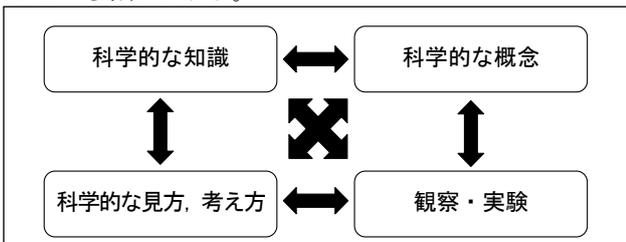


図2-3 自然事象を説明するための要素

自然事象は、四つの要素を関連させて説明することができる。例えば、ふ入りの葉の一部をアルミニウム箔で覆って、光合成が行われているかを調べる実験では、「葉が日光に当たると光合成をすること」や、「デンプンがヨウ素液に反応すること」といった科学的な知識が必要である。そして、「葉緑体で光合成が行われている」という科学的な概念や実験の結果に基づいて考察することで、「ふの部分には葉緑体がない、緑色をしている部分に葉緑体がある」という科学的な見方や考え方を身に付けていく。これらの過程を経て、自然事象を説明することができる。したがって、教師は授業をする際に、自然事象を説明する要素に分け、教師が教えることと生徒が考えることを明確に分けておく必要があると考えられる。「Re-モデル」では、自然事象を説明するという課題の前に、教師が知識を教え、科学的な概念をセオリーとして提示することで、生徒の思考を深める。「Re-モデル」は、学習する自然事象の要素を明確に分けた授業モデルであるといえる。

本研究では、科学的な思考力を「基本的な知識

や概念、理論から新しく妥当な知識を創出する力」と定義した。図2-4は、自然事象を説明するための要素を基に、筆者の考える科学的な思考力が発揮される仕組みを図示したものである。

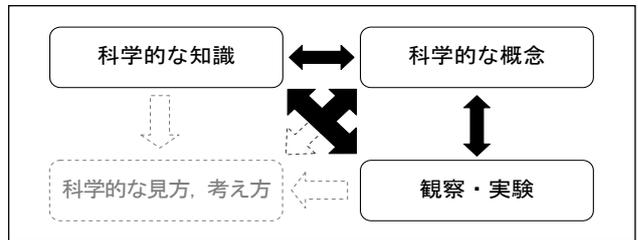


図2-4 科学的な思考力が発揮される仕組み

実線で書かれている三つの要素が、授業の中で具体的に生徒が獲得したり、行ったりするものである。つまり、教師が教えることができるものである。そして、点線で書かれている要素は、生徒が授業を通して自ら身に付けるものである。つまり、教師が教えにくいものである。しかし、科学的な見方、考え方がないと、生徒は学習する自然事象を説明することができなくなる。また、科学的な知識や科学的な概念、観察・実験といった要素は客観性をもっているため、書換えることはできない。書換えることができるのは、科学的な見方、考え方しかないのである。この学習する自然事象を説明するという状況で、生徒は自然事象に対する自分の見方や考え方を、科学的な知識や概念、観察・実験に基づいて、新しく妥当性のある見方や考え方へと進化させることになる。それが科学的な見方や考え方であると筆者は考えた。そして、この科学的な見方や考え方を生み出す力が科学的な思考力ととらえると、本研究で定義した科学的な思考力と一致することとなる。

しかし、これだけでは一つの自然事象を説明することができるようになっただけに過ぎない。科学においては、よりよい理論が求められる。戸田山は科学におけるよりよい理論の基準として、次の三つを示している。

- ①より多くの新奇な予言を出してそれを当てることができる。
 - ②アドホック（その場しのぎ）の仮定や正体不明・原因不明の要素をなるべく含まない。
 - ③すでに分かっている多くのことがらを、できるだけたくさん/できるだけ同じ仕方でも説明してくれる。
- (27)

この三つの基準を追究するためには、「他の自然事象にもどれだけ当てはまるのか」や「当てはめた際に、見方や考え方を修正しなければならないのか」を調べていくことが必要だと筆者は考える。すると、一つの自然事象を説明するために身に付

けた見方や考え方が、他の自然事象を説明するときにも活用することができるようになっていく。これが、筆者の考える「科学的な思考をつなぐ」ということである。

そこで、「他の自然事象にもどれだけ当てはまるのか」を調べていく展開を「理論適用型『Re-モデル』」、「当てはめた際に、見方や考え方を修正しなければならないのか」を調べていく展開を「仮説検証型『Re-モデル』」とする。図2-5は、「仮説検証型『Re-モデル』」と「理論適用型『Re-モデル』」の展開例を示したものである。

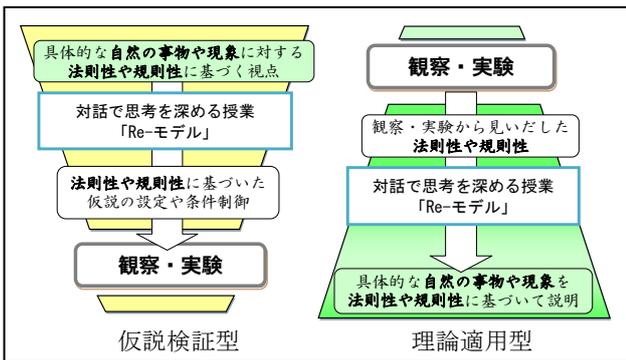


図2-5 「仮説検証型『Re-モデル』」と「理論適用型『Re-モデル』」の展開例

このような展開を考えたとき、セオリーは、「仮説検証型『Re-モデル』」では、その後の観察・実験によって修正されるが、「理論適用型『Re-モデル』」では、修正されないという違いが生まれることになる。そこで、「仮説検証型『Re-モデル』」では、セオリー（仮説）、「理論適用型『Re-モデル』」では、セオリーとして表記することとする。

そして、この二つの型の「Re-モデル」を図2-6に示した単元計画のように、単元に位置付け、単元を通して科学的な思考をつなぐことで、科学的な思考力の確かな育成を図る。

時間	学習内容、科学的な知識 ＜展開のパターン＞ ＜仮説検証＞ ＜理論適用＞	学習課題及び主な指示(○) 生徒の思考(●) ◎基準となる科学的な見方、考え方(◎)	支援(*) 留意点(○)
	想定される仮説(仮)及びセオリー(◎)		
1	1. 被子植物の特徴 双子葉類、単子葉類 【実習2】 被子植物の体のつくりを比べよう 双子葉類 アブラナ、アサガオ 単子葉類 ツユクサ、トウモロコシ ＜仮説検証＞ 仮同じ分類に当てはまる植物は、似たつくりをもつ	●被子植物の中にも、双子葉類と単子葉類がある ◇双子葉類と単子葉類それぞれに共通する特徴をみつけよう。 ●双子葉類は、網状脈・維管束が環状・主根と側根、単子葉類は、平行脈・維管束が放射状・ひげ根の特徴がある。 ◇次の双子葉類を分類しよう アサガオ、ツユクサ、トウモロコシ ◎アブラナ、ツユクサ ◎花卉の特徴から双子葉類も分類することができる。	○双子葉類、単子葉類が被子植物の分類の一つであることを示す。 *実習では取り上げていない植物を提示することで、見いだした規則性を適用できるようにする。 ◎合弁花類、離弁花類に触れる。
2	2. 種子をつくらない植物の特徴 シダ植物、コケ植物のつくり ＜理論適用＞ ◎シダ植物やコケ植物は、種子をつくらず胞子で子孫を残している。	◇シダ植物、コケ植物のつくりについてまとめよう シダ植物は維管束があり、根・茎・葉の区別がある ●コケ植物は、雄株・雌株に分かれており、維管束がなく、仮根がある。	*種子植物との共通点を色ペンで記入することで、コケ植物には共通するつくりがないことに気付くことができるようにする。

図2-6 科学的な思考のつながりを示した単元計画(例)

(2) 科学的な思考をどう評価するか

科学的な思考の評価に関して、角屋は思考の操作と関連付けて評価のポイントを次のように示している。

違いの見いだしや比較する操作の評価のポイント

- ①色、形、においなどの視点をもって観察しているか否か。
- ②比較の視点をもって事象どうし、あるいは現象と既知の知識との間から違いを見いだし、問題としているか否か。

関係付ける操作の評価のポイント

- ①問題としている事象と既知の知識とを関係付けているか否か。
- ②仮説を、既知の知識を類推などの操作を適用することにより発想しているか否か。

(28)

これは、「比較」や「関連付け」といった思考する方法を適切に使用することができるかを基準にしている。つまり、問題を解決するとき、生徒の思考する方法を、教師が想定すれば評価基準を作成できることが明らかとなった。しかし、この評価のポイントには課題があると筆者は考える。それは、生徒が対象となる自然事象を説明するためには、どの方法を使うのがよいかや、自分にとってどの方法で思考することがよいかを、生徒自らが判断することが必要だからである。つまり、同じような表現をしても、生徒によって異なる操作を用いていることがあるということである。その対応として、教師が思考する方法を限定することも考えられるが、生徒が主体的に学習を進めていくという観点では疑問が残る。更に、生徒の文章表現の仕方によって、思考の評価が分かれてしまうことも考えられる。したがって、科学は客観性を求めるにもかかわらず、科学的な思考の評価に客観性が伴わないということが起きてしまうのである。

一方、筆者は昨年度、「Re-モデル」では、「リライアントシート」に生徒が「学んだこと」を記入し、その表現から生徒の思考の過程を読み取り、科学的な思考力を評価できると述べた(29)。しかし、客観的な評価の基準を示すことはできなかった。そこで、今年度は、「Re-モデル」における科学的な思考の評価基準を設定することにした。

＜科学的な思考の評価基準の設定＞

筆者は、9ページ図2-4に示したような科学的な思考力のとらえをすると、科学的な思考力を具体的に評価することが可能であると考えた。前項では、自然事象を説明するための要素である科学的な見方

や考え方は、自らの見方、考え方を他の三つの要素に基づいて進化させることによって身に付くと述べた。このことを言いかえると、科学的な見方、考え方は、他の三つの要素との結び付きによって表現の仕方が限定されているということである。つまり、教師が生徒の表現を具体的に想定することができるのである。そこで、この想定することができる表現を、客観性をもった評価基準とすることはできないかと考えた。そして、他の三つの要素は、どの生徒にも等しく与えられることから、生徒が授業の中で身に付けた科学的な見方や考え方を記述したり、説明したりすれば、想定できる表現と似た表現をすると考えられる。このように考えると、生徒のリライトシートの「学んだこと」の記述を、作成した評価基準と照らし合わせることによって、生徒の科学的な思考に対して、評価することが可能となるのである。

上記のことについて、具体的な事例を用いて説明する。先述の「ふ入りの葉の実験」の事例を、9ページ図2-4に当てはめると、図2-7のようになる。

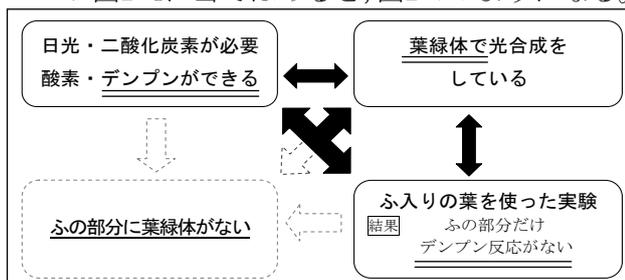


図2-7 「ふ入りの葉」の実験に関わる科学的な思考

図2-7の下線部が、想定される科学的な見方、考え方の記述である。この記述は、他の要素にある二重下線部を根拠にしている。小学校での学習から、生徒は植物が光合成するためには、日光と二酸化炭素が必要であることを知識として獲得している。そして、中学校での学習で「葉緑体で光合成をしている」という概念を、ふの部分がないオオカナダモの葉の実験を通して学習する。今回の、「ふ入りの葉を使った実験」は、それを更に追究し、学習した概念を他の自然事象に当てはめ検証する実験である。その実験は、「ふの部分とアルミ箔で覆った部分にデンプン反応がない」という結果になる。この結果と、知識や概念から考えると、「ふの部分に葉緑体がない」という表現に辿りつく想定される。この表現を、「科学的な思考・表現」の観点におけるB評価(おおむね満足できる)の基準と設定することで、科学的な思考力を評定に活かす評価とすることができる。

そして、評価を行う上で、A評価(十分に満足できる)の基準や、B評価に到達できない生徒への手だても設定することが求められる。A評価の基準を設定する際、9ページに示した戸田山の「よりよい理論の基準」の①を参考にした。この基準の①に『『新奇の予言』を出して当てることができる』とあることから、A評価の基準は、他の自然事象への予測を伴うものと考えた。つまり、リライトシートの記述に、学習した内容を当てはめることができる新たな自然事象を示しているものをA基準にするということである。これは、「科学的な思考をつなぐ」という視点にも合致する。先述の「ふ入りの葉」の事例では、「実験で使用していない『ふ』がある別の植物でも同様の結果が得られる」と予想したり、「赤や黄色など緑色以外の葉でも葉緑体をもつ」と予測したりすることができる。このような予測を含む記述をA基準とする。

では、B基準を満たすことができない生徒に対しては、どのような手だてが考えられるだろうか。「Re-モデル」では、思考を促すために補助発問を行う。この補助発問が、B基準を満たすことができない生徒への手だてとなる。補助発問では、状況に応じて「科学的な知識」「科学的な概念」「観察・実験」の三つの要素から発問をする。例えば、「ふ入りの葉」の実験の事例では、「光合成をすると何ができましたか(科学的な知識)」や「どこで光合成をしていましたか(科学的な概念)」、「デンプン反応がなかったのはどこでしたか(観察・実験)」などである。このような補助発問によって、生徒は知識と概念、観察・実験をどのように関連付けて考えればよいのかを、整理することができ、生徒の思考を促すことになるのである。昨年度は、この補助発問について、具体的に何を発問するのかといったことを示すことができなかったが、9ページ図2-4に示したように、自然事象を四つの要素に分けて考えることで、補助発問を具体的にすることができる。

以上のことから、「Re-モデル」における科学的な思考の評価基準を表2-1のようにまとめた。

表2-1 「Re-モデル」における科学的な思考の評価基準

A「十分満足できる」の具体的な評価基準	学習する自然事象に加えて、新たな自然事象への予測を含んで記述をしている。
B「概ね満足できる」の具体的な評価基準	学習する自然事象の要素を根拠にして想定できる、科学的な見方や考え方の表現と同様の記述をしている。
Bを満たすことができない生徒に対する手だて	学習する自然事象の要素である科学的な知識、科学的な概念、観察・実験に関して補助発問をする。

表2-1の評価基準は、学習する自然事象を根拠としている。したがって、授業で学習する自然事象

がどのような四つの要素で構成されているかを考えることで、その授業における科学的な思考の評価基準を設定することができる。

＜科学的な思考の評価方法＞

科学的な思考の評価方法の一つめは、先述した「リライトシート」である。図2-8は、リライトシートの例を示している。

図2-8 リライトシートの例

リライトシートでは、セオリーを中心に置き、知識や課題、振り返りを矢印でつないでいる。この矢印が授業の流れを示しており、何を根拠に思考していくのかを生徒が理解しやすいように工夫している。また、観察・実験を伴う場合、観察・実験の結果や考察を記入する場所が追加される。そして、表2-1に示した評価基準を基に、学習する自然事象に応じて、振り返りの「学んだこと」や「考察」の記述を評価する。

二つめに、定期テストである。定期テストの設問を、9ページ図2-4に示される自然事象を説明するための要素から作成する。例えば、大問のリード文に観察・実験の方法や結果を示し、小問で科学的な知識や概念を問う。そして、考察の根拠となる結果を問う設問や、観察・実験から考察できることを説明する小問を設定することで、科学的な見方や考え方を問うことができる。科学的な見方や考え方を問うことができる。科学的な見方や考え方を問うことができる。

次章では、「仮説検証型『Re-モデル』」と「理論適用型『Re-モデル』」を単元に位置付けた、具体的な授業実践について述べる。

- (20) 前掲(19) p. 74
- (21) 前掲(19) p. 74
- (22) 前掲(2) p. 21
- (23) 前掲(2) p. 87
- (24) 池田幸夫「理論依存型でつくる問題解決学習—その方法と科学的思考の評価—」『日本科学教育学会研究会研究報告 科教研報 Vol. 24 No. 5』日本科学教育学会 2010. 5 p. 35
- (25) 前掲(24) p. 35
- (26) 前掲(24) p. 35
- (27) 戸田山和久「『科学的思考』のレッスン 学校で教えてくれないサイエンス」NHK出版 2011. 11 p. 54
- (28) 前掲(2) p. 74
- (29) 前掲(19) p. 78

第3章 主体的な観察・実験による科学的な思考力の育成を目指して

10ページで述べたように、「仮説検証型『Re-モデル』」では、セオリー（仮説）、「理論適用型『Re-モデル』」では、セオリーとして表記する。

第1節 A中学校第2学年での実践

(1) 「細胞のつくりとはたらき」

＜単元を通じた科学的な思考のつながり＞

この単元では、主に植物細胞と動物細胞のつくりが異なることや、多細胞生物は器官や組織によって特徴のある細胞の形をしていることを学習する。

図3-1は、「細胞のつくりとはたらき」の単元計画の一部である。

時間	学習内容、科学的な知識 ＜展開のパターン＞ ＜仮説検証＞ ＜理論適用＞ 想定される仮説（仮）及びセオリー（セ）	学習課題及び主な指示（◇） 生徒の思考の流れ（・） ①基準となる科学的な見方、考え方（◎）	支援（＊） 留意点（○）
1	1. 細胞のつくり 既習内容の確認 1年生で観察した植物の細胞 植物細胞のつくりと動物細胞のつくり。 ＜理論適用＞ ◎動物と植物では、細胞のつくりが異なる	・葉緑体がある ・細胞の形がそろっている	＊細胞のつくりの違いと、生物の違いを関連付けて考えることで、生物の生命活動と細胞のつくりのつながりに気付くことができるようになる。など
2	【観察1】 植物と動物の細胞を観察しよう 1-A タマネギの表皮、オオカナダモの葉の細胞の観察 1-B ほおの内側の細胞の観察	◇観察した細胞をスケッチしよう ◎植物細胞は、形が整っている ◎動物細胞は、形が不規則である	＊教科書 83 ページの「観察1」を提示することで、観察の方法・手順を確かめることができるようになる。
3	2. 生物の体のつくり 既習内容の確認 動物も植物も呼吸している 単細胞生物、多細胞生物 ＜理論適用＞ ◎細胞は、形を変えていくことで、そのはたらきを変えている	・細胞一つ一つが呼吸している ◇器官としての葉の役割を、細胞のつくりと関連付けて説明しよう ◎同じ細胞が集まって、植物を、動物の細胞が集まって、動物を	＊器官の役割を細胞のつくりと関連付けて考えることで、つくりは同じでも器官や組織によって細胞の形が異なることに気付くことができるようになる。 ＊他の器官について、役割と細胞のつくりとの関連を説明

図3-1 「細胞のつくりとはたらき」の単元計画（一部）

実践で行う単元は、全4時間で構成している。第1時では、「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れ、細胞のつくりを学習した後、「動物と植物では、細胞のつくりが異なる」というセオリーを提示し、それを活用して動物と植物の違いを関連付けて説明する。そして、第2時の観察では、動物細胞と植物細胞の「つくりの違い」がわかるようにスケッチをすることができるようにする。

そして、第3時では、「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れる。前時に学習した、動物細胞と植物細胞の「つくりの違い」を踏まえた上で、単細胞生物と多細胞生物、器官や組織を学習する。ここで、「細胞は、形を変えることで、そのはたらきを変えている」というセオリーを提示し、器官や組織の役割によって「細胞の形」が異なることを説明することができるようにする。そして、第4時の観察では、器官や組織による「細胞の形」の違いをスケッチすることができるようにする。

このように、学習した理論を意識して、その後実際に自然事象を観察し、確認することで、細胞のつくりの違いや細胞の形の違いと、それらのもつ役割を関連付けて理解できるようにする。

＜単元の展開とその実際＞

第1時では、はじめに動物細胞と植物細胞のつくりを学習した。その後、動物と植物の違いについてグループで考えた。ここでは、「動物は動くが、植物は動かない」や「動物はエサを食べて栄養をとるが、植物は光合成をして栄養を作る」といった意見があった。次に、学習した知識から「動物と植物では、細胞のつくりが異なる」というセオリーを提示し、「細胞のつくりの違いを根拠にして、植物と動物の違いを説明する」という課題に取り組んだ。この課題を提示した後、レジスタボードを使って、グループで対話を行った。以下は、その対話の一部である。

- | |
|--|
| <p>S1：植物は、葉緑体があるから光合成ができて、動物には葉緑体がないから光合成ができない。</p> <p>S2：ということは、植物は動かなくても光合成をするから生きていくことができ、動物は動いて他の生き物を食べて生きていくということかな。</p> <p>S3：そういうことか。動物は、食べるために動く。</p> <p>T：表面の硬さについてはどうですか。</p> <p>S1：細胞壁っていうぐらいだから、硬そう。</p> <p>S2：動物は何で（細胞壁が）ないの？別にあってもいい気がする。</p> <p>S3：骨があるから、（細胞壁が）なくてもいい。植物は骨がない。だから、（細胞壁が）なかったら上に伸びないとか。それに動きにくそう。</p> <p style="text-align: center;">（後略）</p> |
|--|

このようにして、「葉緑体で光合成をしている」という第1学年で学習した内容を基にして、生徒は「細胞のつくり」の違いが動物と植物の違いに関連していることに気付くことができ、「細胞のつくり」のもつはたらきについて理解を深めることができた。その中で、生徒は動物細胞と植物細胞のつくりの違いを基にして、動物と植物の違いを表現することができた。

第2時では、はじめに第1時の課題に対して考えたことを確認し、セオリーを板書した。その後、観察の手順や注意事項について教師が説明し、生徒は顕微鏡を使って、タマネギの表皮、オオカナダモの葉の細胞、ほおの内側の細胞を観察しスケッチした。

図3-2は、そのときの様子である。どの生徒も意欲的に観察を行い、スケッチしようとする様子が見られた。また、観察中に、「葉緑体を見つけた」「動物の細胞は、細胞壁がないので形がいびつだ」「植物の細胞は、細胞壁で四角く区切られている」といった発言があった。これらの発言には、第1時で学習した細胞のつくりのうち、植物細胞にしかないものが含まれている。これは、生徒が、動物細胞と植物細胞のつくりの違いに着目して観察をしていたからだと考えられる。つまり、第1時の学習の中で意識したことが、第2時の観察に活かされていたということである。特に、「動物の細胞は形がいびつ」や「植物の細胞は四角い」といった発言は、第3時から器官や組織の学習とつながるものである。このことから、生徒は観察を通して次の学習への問題を見出していると考えられる。



図3-2 スケッチする様子

第3時では、はじめに単細胞生物や多細胞生物について学習した後、ゾウリムシやミドリムシ、ミジンコなどの写真資料を教師が提示した。それらが、単細胞生物か多細胞生物かを見分ける活動を行った。ここで生徒は、見分ける根拠として、前時までに学習した「細胞のつくり」以外に「細胞の形」を挙げた。次に、多細胞生物の器官や組織について学習し、器官や組織によって「細胞の形」が異なることやはたらきが異なることを学習した。

次に、学習した知識から導かれる科学的な概念や考え方として「細胞の形を変えることで、そのはたらきを変えている」というセオリーを提示し、「器官としての茎の役割を、細胞のつくりと関連

付けて説明しよう」という課題に取り組んだ。ここでは、既習の学習内容である茎の役割について、全体で確認した。確認した茎の役割は、「養分や水を運ぶ」「からだを支える」「背を高くする」の三つである。その後、レジスタボードを使って、グループで対話を行った。

S4：養分や水を運ぶためには、（細胞が）細長い形をしていることが必要じゃないか。
 S5：道管や師管は大事だから、（細胞が）その周りに密集して、道管や師管を守っているのかな。
 S6：細胞壁で硬い？
 S4：からだを支えるためには丈夫じゃないといけない。細胞壁で丈夫ともいえる？
 S6：（うなずく）
 S5：ん？（細胞の形が）細長いのと背が高いのって関係してないかな。
 S7：長方形の方が、正方形より高くなる。
 T：もし、細胞が丸ければどうなる？
 S7：背が高くならない。
 S5：積み上がらない。
 （後略）

このようにして、既習の茎の役割を「細胞のつくり」や「細胞の形」から説明することができた。次の第4時では、実際に動物と植物の組織の細胞を観察した。動物は横紋筋と平滑筋の二種類、植物はトウモロコシの茎と根の二種類、合計四種類のプレパラートを観察し、スケッチを行った。観察している場面では、「道管のまわりの細胞が固まりになっている」や「茎の内側は長方形になっている」といった「細胞の形」に着目した発言がみられた。更に、「ほかの組織も見てみたい」と意欲的に取り組む生徒の姿がみられた。この生徒に対しては、ホウセンカの茎のプレパラートや、次の単元で学習する赤血球のプレパラートを渡し、観察するようにした。これをきっかけに、「観察したい」と申し出る生徒が複数いたので、全てのグループに、ホウセンカの茎や赤血球のプレパラートを渡し、観察するようにした。最終的には、計6枚のプレパラートを観察した。

図3-3は、生徒Iのスケッチの比較である。

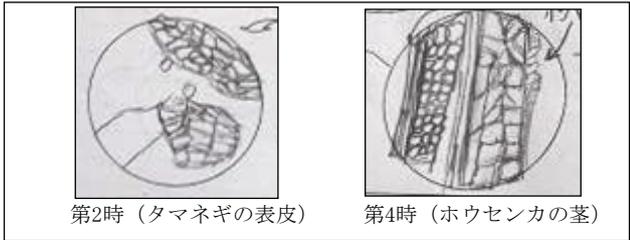


図3-3 生徒Iのスケッチの比較
 これを見ると、第2時のスケッチでは、細胞の形が不揃いであることがわかる。しかし、第4時の

スケッチでは、左側の細胞は小さく描かれており、右側は大きく描かれている。このように、同じ場所では、同じような「細胞の形」にスケッチし、異なる場所では、異なる「細胞の形」にスケッチをすることができた。これは、第4時のとき、「何を」スケッチするのかを生徒Iが明確にしていたため、表現することができたと考えられる。したがって、生徒Iは第4時では、B基準（概ね満足できる）に到達することができたといえる。

以上のことから、生徒は、観察の前に自分の考えを整理しておくことで、観察への目的意識を高めることができ、スケッチの質を向上することにつながることができた。そして、タマネギやホウセンカなどの具体的な自然事象の観察を通して、科学的な知識や概念を活用して導いた自分の考えが妥当であることを確認することができた。

（2）「電流と回路」

＜単元を通じた科学的な思考のつながり＞

この単元では、直列回路と並列回路における電流や電圧の規則性について学習する。まず、直列回路と並列回路の違いを学習した後、実験の前には電流計や電圧計の使い方や目盛りの読み方、回路図の描き方を身に付ける。そして、電流や電圧の規則性を調べるための実験を行う。このようにして、電流や電圧の規則性を理解する。図3-4は、その単元計画の一部である。

時間	学習内容、科学的な知識 ＜展開のパターン＞ ＜仮説検証＞ / ＜理論適用＞	学習課題及び主な指示 (◇) 生徒の思考の流れ (●) B基準となる科学的な見方、考え方 (◎)	支援 (*) 留意点 (○)
1	1. 回路と電流・電圧 A 電流が流れる回路 LED、直列回路、並列回路 小学校の復習 (直列つなぎ、並列つなぎ) ＜仮説検証＞ 仮電池を直列つなぎにすると 明るくなる	◇豆電池2個、電池2個のつなぎ方を変えたときの、豆電池の明るさを調べよう ◎直列回路の方が暗く、並列回路の方が明るい	*小学校で行った回路を組むことで、導線や電池の扱い方を想起できる *小学校で学習した電池のつなぎ方を想起することで、つなぎ方を変えると豆電池の明るさが変化することに気付くことができるようにする。
4	実験2の実験方法を提示する ＜仮説検証＞ 仮回路全体に流れる電流は、並列回路の方が直列回路より大きい	◇測定する地点の電流の大きさの関係を予測しよう ◎直列回路では、枝分かれがないので、どの地点の電流も大きさは変わらない ◎並列回路では、枝分かれているので、豆電池に流れる電流の和が回路全体に流れる電流である ◎直列回路全体に流れる電流よりも並列回路全体に流れる電流の方が大きい	*仮説を用いて実験結果を予測することで、実験への目的意識を高めることができるようにする。
5	【実験2】 直列回路や並列回路に流れる電流を調べよう	◇測定結果には、誤差が含まれる 仮説は、正しかった どうして並列回路の方が、直列回路よりも電流の値が大きくなるのだろうか	*直列回路に流れる電流よりも並列回路に流れる電流の方が大きくなることについては説明できないことを示すことで、次の電圧の学習へ

図3-4 「電流と回路」の単元計画（一部）

この単元は、全7時間で構成している。第1時では、「仮説検証型『Re-モデル』」を取り入れ、中学

校の電気分野の学習全体への目的意識を高めることをねらう。つまり、第1時は単元全体の導入として位置付ける。まず、小学校での学習内容を踏まえ、「電池を直列つなぎにすると、豆電球は明るくなる」というセオリー（仮説）を提示し、電池二つと豆電球二つからなる三種類の回路における豆電球の明るさを調べる実験に取り組む。この結果は、小学校で学習した内容から導かれたセオリーでは、説明できないものがある。それをこの単元を通して説明できるようにする。

第2時では、電流や電圧のはたらきについて学習し、電流計や電圧計の使い方や目盛りの読み方を身に付ける。第3時では、回路図の描き方を学習し、回路図を見て回路を組んだり、回路を見て回路図を描いたりすることができるようにする。

第4時では、「仮説検証型『Re-モデル』」を取り入れ、第5時の回路に流れる電流を測定する実験への目的意識を高めることをねらう。この時間のはじめに、「豆電球の前後で電流は変化しない」という科学的な知識を学習する。そして、第1時の、「並列回路の方が直列回路より豆電球が明るかった」ことを想起し、「並列回路の方が直列回路より豆電球に流れる電流が大きい」というセオリー（仮説）を設定する。これらの科学的な知識や概念を基にして、回路図を見ながら各地点に流れる電流の大きさの関係を予測する。その上で、第5時では、豆電球に流れる電流の大きさが、予測したとおりの関係を示すのかどうかを実験で検証し、考察する。このような展開にすることで、実験の結果を分析し解釈することができるようになると思う。

次に、第6時では、「仮説検証型『Re-モデル』」を取り入れ、各豆電球にかかる電圧を調べる実験を行う。前時の実験の結果から、「豆電球にかかる電圧は、直列回路より並列回路の方が大きい」というセオリー（仮説）を設定する。そして、実験を行い、回路における電圧の関係を調べ、考察する。そして、第7時では、「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れ、実験を通して学習した、回路における電流や電圧の規則性をセオリーとして活用し、並列回路の方が直列回路より豆電球が明るくなることを説明する。このようにして、第1時では説明することができなかった自然事象を、第7時で説明することができるようにする。

<単元の展開と実際>

第1時では、はじめに小学校で学習したことを確認した。小学校では、電池を直列つなぎにすると

たらきが強くなること、並列つなぎにすると電池1個のときとはたらきが変わらないこと、電流には流れる向きがあることを学習している。それを受けて、「電池を直列つなぎにすると、豆電球は明るくなる」というセオリー（仮説）を提示した。次に、直列回路や並列回路について学習し、A～Cの回路を豆電球が明るくなる順に並べ替えるという課題に取り組んだ。このA～Cの回路はそれぞれ、「A→電池が直列つなぎの直列回路」、「B→電池が直列つなぎの並列回路」、「C→電池が並列つなぎの直列回路」である。課題に対して、グループで対話を行い、どのような結果になるかを予測した。以下は、あるグループにおける対話の一部である。

S8 : A→B→Cの順だと思う。
S9 : 私も。
S10 : え、なぜみんなA（が一番）て考えたの？
S8 : むしろ、どうしてBを一番にしたの？
S10 : だって、豆電球が二つに分かれているから、（電気の）強さが分かれるのかなって思って。
S8 : あー、でも（セオリーでは）直列の方が明るいつて習ったよ。
S10 : それは、電池が・・・ってこと。Aは豆電球が直列（つなぎ）。
S9 : 実験して確かめてみよう。
（後略）

この対話から、セオリー（仮説）を活用して課題に取り組んだとき、Cの回路がもっとも暗くなることは一致しているが、Aの回路かBの回路のどちらの方が明るいかで悩んでいたことがわかる。これは、セオリー（仮説）を活用して説明することはできない。このような状況であったからこそ、実験で豆電球の明るさを確かめようという目的意識が生まれたと考えられる。また、他のグループでも、予測した段階では、「A→B→C」の順になると考えていたグループが大半であった。その次に多かった意見が「B→A→C」であり、全てのグループが、「Cの回路がもっとも豆電球が暗くなる」と予測していたことがわかる。次に、実際にそれぞれの回路を組み、どのような結果になるかを調べた。そして、第1時の最後に、セオリー（仮説）で説明できる結果と説明できない結果を全体で共有した。このとき、生徒は「Aの回路とBの回路」は説明できないことを的確に指摘することができた。また、どうしても気になり、授業後や放課後に教師に質問をした生徒がいた。このことから、今後の学習に対して、目的意識をもつ生徒が多くいたと考えられる。

次に、第2時では、電流や電圧のはたらきについて、電流計や電圧計の目盛りの読み方を学習した。

ここでは、特に目盛りを読むときに、最小目盛りの10分の1の値を目分量で読むことをおさえた。また、第3時では、回路用図記号や回路図の描き方を学習した。ここでは、回路の模式図を回路図に描きかえる活動を取り入れ、実際の回路と回路図を関連付けることができるようにした。

第4時では、はじめに豆電球に流れ込む電流と豆電球から流れ出る電流を測定した。これによって、豆電球の前後で電流の値は変化しないことを学習した。次に、第1時の実験の結果や第2時の学習から、「直列回路より並列回路の方が、豆電球に流れる電流は大きい」というセオリー（仮説）を設定した。このセオリー（仮説）を基に、回路の各地点に流れる電流の大きさの関係を予測した。図3-5は、回路の各地点に流れる電流である。

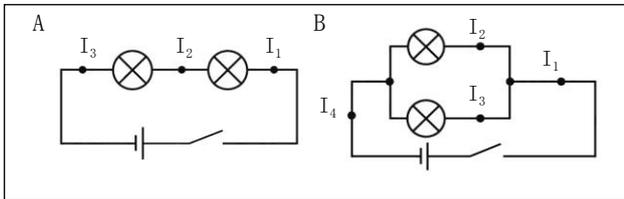


図3-5 回路の各地点に流れる電流

また、図3-5に示した回路図は、レジスタボードにも示しており、回路図を用いてグループでの対話を行うことができるようにした。

また、以下は、電流の大きさの関係を予測したときの対話の一部である。

<直列回路について>

- S11：直列回路は、全部イコールじゃない？
 S12：どうして？
 S11：さっき、豆電球の前後で電流が変わらなかったから。すると、 I_1 と I_2 が一緒になる。そうしたら、 I_2 と I_3 も一緒になるんじゃないかな。

<並列回路について>

- S11：さっきの実験から考えると、 I_1 と I_4 は一緒になると思う。
 S12： I_2 と I_3 は（ I_1 の）半分ずつ？
 S11：とりあえず、 I_1 とか I_4 よりは小さい感じがする。
 S12：なぜ？
 S11：回路が分かれているから。
 S12：そうしたら、（ I_2 と I_3 を）足したら I_4 と一緒にするんじゃないかな。回路が分かれて、戻るから。
 S13：あ、そっか。わかった！ここ（ I_2 ）とここ（ I_3 ）を足したら I_1 と同じで、 I_4 も同じってことだね。
 S12：でも、どうして並列回路の方が（豆電球が）明るいかわからない。

（後略）

このように、これまでに学習した電流の流れ方や回路のつくりから、電流の大きさの関係を予測する

ことができた。また、この時点では、生徒は第1時で行った実験の結果になる理由は、まだ説明できないと考えていることがわかる。そして、 I_2 と I_3 の大きさについても、 I_1 や I_4 の半分ずつになるかどうかについてはわからないという状態であった。

そして、第5時に回路の各地点の電流を測定する実験を行った。はじめに、第4時で予測した回路の各地点に流れる電流の大きさを全体で確認した。また、実験で何Aの電流が流れるかわからないため、電流計の一端子を5Aから使い始めることや電流計をつなぐときは直列つなぎであることなどの留意点を確認した上で、実験をはじめた。図3-6は、電流を測定している様子である。電流計をのぞきこんで真正面から目盛りを読むとしていることがわかる。これは、予測したとおりになるように、正確に測定しようとしていたためであると考えられる。

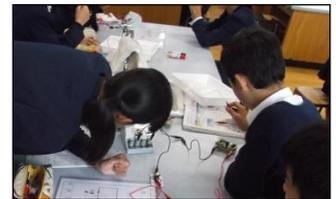


図3-6 電流を測定している様子

このことから、生徒は電流を測定する実験への目的意識が高いことがわかる。

また、以下は、電流を測定しているときのあるグループの対話の一部である。

<直列回路のとき>

- S14：これで・・・ついた！電流計読んで。
 S15：うーん・・・真正面から見ないと。えっと、180mA。
 S14：これ、さっきの値（ I_1 ）とぴったり？よかったー。
 （中略）
 S15：（ I_3 の測定するとき）だめ、（他の電流の値と）違うって。
 S14：えっと、これをこうして・・・（導線のつなぎ方を調節）これでどう？
 S15：180mA！
 S14：本当に？やった！

<並列回路のとき>

- S15：（ I_2 を測定して） I_1 よりかなり減ったけど、どうということ？
 S14：何mA？
 S15：220mA。半分にならなかったのが不満。
 S15：（ I_3 を測定して）なんで？ I_2 より大きい！280mA。
 S14：足したら、500mAになるけど、半分にならない。
 S15：予測した式は成り立つけど、半分にならないのはどうして？もしかして（豆電球の）明るさが違うのとの関係がある？

（後略）

直列回路のとき、予測どおりにならなかった場合に、このグループは導線をつなぎ直して調整し

ていた。これは、自らの予測と実験の結果を十分に分析した上での操作であると考えられる。一般に、実験の結果が予測したものと異なる場合、測定した値が他の測定した値とどれだけずれているか、誤差と考へても問題がない範囲の値か、どうして誤差が生じたのかを検討する。これらの分析を行った上で、導線をつなぎ直すという操作を行ったのである。つまり、実験の結果を分析したところ、誤差とは考へにくい範囲であると判断したことがわかる。だからこそ、つなぎ直した後の結果が、他の電流の値と同じ値を示したとき、生徒の満足した様子がみられたと考えられる。

また、並列回路のとき、豆電球の明るさの違いと、 I_2 と I_3 の電流の大きさの違いを関連付ける考へ方をするようになった。これは、自分たちの予測と並列回路の結果の違いが、誤差でも、つなぎ方による違いでもないかと判断したからであると考えられる。それが、新たな疑問となって表出したと推測することができる。

図3-7は、電流を測定する実験の考察である。この記述から、生徒は、自分の予測と実験の結果を分析した上で、「並列回路の方が直列回路より電流が大きい」と解釈していることがわかる。したがって、この生徒はB基準（概ね満足できる）に到達することができた。

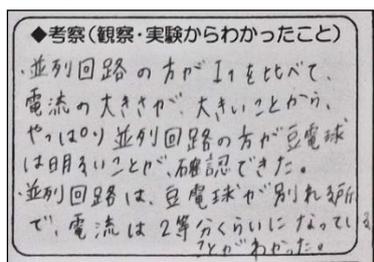


図3-7 電流を測定する実験の考察

このようにして、自らの予測と実験の結果を比較しながら、電流の規則性を理解するとともに、直列回路より並列回路の方が豆電球に流れる電流の大きさが大きいことを調べることができた。

第6時では、電流の実験を受けて、「直列回路より並列回路の方が、豆電球にかかる電圧が大きくなる」というセオリー（仮説）を設定し、電圧の測定を行った。図3-8は、回路の電圧計をつなぐ地点である。

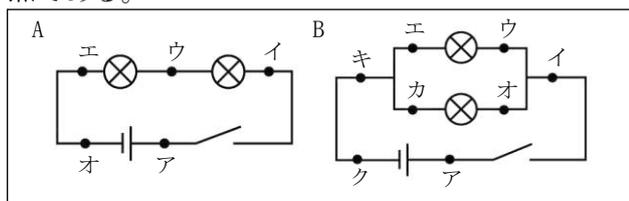


図3-8 回路の電圧計をつなぐ地点

測定した電圧はこれらの地点とともに表記する。例えば、点イと点ウに電圧計をつないだとき

の電圧を $V_{イウ}$ と表す。以下は、あるグループが電圧を測定しているときの対話の一部である。

<直列回路のとき>

S16: ($V_{イウ}$ を測定して) 0.82Vしかない。

S17: ($V_{ウエ}$ を測定して) こっちも1.34V。

S18: 足しても、2.1Vぐらいか。

S17: ($V_{イエ}$ を測定して) えっと、2.11V。

S16: ということは、($V_{イウ}$ と $V_{ウエ}$) 足したら ($V_{イエ}$) 一緒になるってこと?

S19: 本当だ。電流のとき(規則性が) 逆だ。

(中略)

<並列回路のとき>

S17: ($V_{ウエ}$ は) 1.95V。

S16: $V_{オカ}$ は?

S17: 1.63V。あ、ちょっと待って。針が動いている。

(導線を調節して) 1.89V。

S18: $V_{イキ}$ が、1.72V。あれ、ちょっと弱い?

S17: でも、だいたいどれも一緒じゃないかな? 0.1V ぐらいなら、(規則性に) 問題ないと思う。

(後略)

このように、回路における電圧の規則性を実験から見出していることがわかる。また、 $V_{イキ}$ は他の電圧と比べて小さい値を示したが、それは誤差の範囲であると生徒自ら判断することができ、並列回路における電圧の規則性を見出すことができた。それと同時に、並列回路の方が直列回路より豆電球にかかる電圧が大きいことを明らかにすることができた。

一方、この実験では、見出した規則性と合わない結果がどうしても生じる。それは、同じ電池を使用しているにもかかわらず、直列回路の電源の電圧 $V_{アオ}$ の方が並列回路の電源の電圧 $V_{アク}$ より大きくなるということである。このグループでは、 $V_{アオ}$ が2.52V、 $V_{アク}$ が2.13Vになった。このことに疑問をもつ生徒がいたため、教師がその理由が導線にあることを説明した。つまり、導線に電流を流すときにもわずかに電圧が必要になるということである。また、このことは、「直列回路の方が並列回路より電圧が大きい」という誤解を生じてしまう原因にもなるので、全体に説明をした。

第7時では、これまでに学習したこと全てを活用して、第1時で説明できなかった「並列回路の方が直列回路より豆電球が明るい」ことを説明するという課題に取り組む。ここでのセオリーは、これまでの実験から導いた『直列回路 $V_{アオ}=V_{イウ}+V_{ウエ}=V_{イエ}$ 、 $I_1=I_2=I_3$ 』『並列回路 $V_{アク}=V_{イキ}=V_{ウエ}=V_{オカ}$ 、 $I_1=I_2+I_3=I_4$ 』という回路における電流と電圧の規則性である。次ページ左上枠内は、あるグループが課題に取り組んでいるときの対話の一部である。

S20 : 直列回路の $V_{アオ}$ より (並列回路の) $V_{アツ}$ の方が小さかったのに、どうして電流が大きくなるのかな? 流れやすいつてこと?

S21 : あ、これ (並列回路) は道が二つあるから、混まないって考えられない?

S20 : え、どういうこと?

S21 : 例えば、車とかなら、一本道を通るときすぐ混むけど、二車線なら混まない。

S22 : あー。・・・え、でも合流するところで車がつまったりしない?

(後略)

このように、このグループは、直列回路の電源の電圧 $V_{アオ}$ の方が並列回路の電源の電圧 $V_{アツ}$ より大きくなるという結果によって、順序立てて考えることができなくなっていた。そのような状態であるにもかかわらず、生徒はセオリー (仮説) からいったん離れて、車が道路を走るという事象に置き換えて考えた。このように、生徒は「わからない」と自覚したにもかかわらず、思考が途切れなかった。このことから、この生徒が課題に対して目的意識をもっていたことがわかる。また、他の事象に置き換え、自分の見方や考え方を修正しようとしていたことから、この生徒はどのように思考していくかを身に付けていたと考えることができる。しかし、思考するときの一つの誤解がきっかけで、しばらく話し合っても結論に至ることはできなかった。そこで、教師がこのグループに対し、補助発問を行った。以下は、教師が補助発問を行った場面からの対話の一部である。

T : 電圧を比べるとき、どれとどれを比べていましたか。

S20 : $V_{アオ}$ と $V_{アツ}$ です。

T : 課題は、「豆電球の・・・」ですよ。実験では、確かに $V_{アツ}$ の方が ($V_{アオ}$ より) 小さかったけど、もし導線が理想的なものと考えると?

S21 : あー、わかったかもしれない。

S22 : どういうこと?

S21 : 電源の電圧は、実験したら (並列回路の方が) 小さかったけど、豆電球にかかる電圧は大きかったってこと。

S20 : え?

S21 : 例えば、電源の電圧は3V、電池二つだから。で、電圧の規則性に当てはめたら、並列回路は豆電球の電圧も3Vになる。

S20 : うん、それから?

S21 : 直列回路は、電源の電圧が分かれるから、3Vより絶対小さくなる。だから、並列回路の方が豆電球一個にかかる電圧が大きくなって、電流も大きくなる。

(後略)

このように、教師が補助発問を行ったことから、生徒は思考を深め、結論に到達することができた。この補助発問は、前時の実験の結果についてのもの

のである。つまり、9ページ図2-4の自然事象を説明するための要素の一つを発問したのである。これによって、生徒の科学的な思考力が発揮されるようになり、課題を解決することができたと考えられる。また、図3-9は、第7時のリライトシートの記述である。

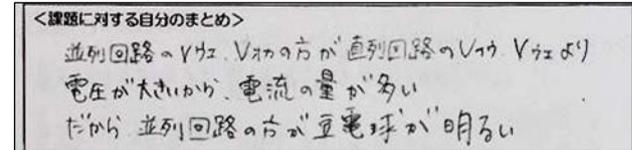


図3-9 第7時のリライトシートの記述

リライトシートの記述を見ると、並列回路の豆電球が明るいことを順序立てて説明していることがわかる。また、豆電球にかかる電圧が直列回路より並列回路の方が大きいという実験の結果を根拠として記述しているため、この生徒はB基準 (概ね満足できる) に到達することができたといえる。

上記のことから、自然事象を説明する上で、観察・実験を行うことは、根拠を明確にすることができるといって重要であると考えられる。そして、根拠を明確にするためには、何のために観察・実験を行うかという目的意識を高めることが大切であるといえる。

以上のように、観察・実験を中心にして「Re-モデル」を取り入れ、単元を通して思考の流れを明確にしたことで、観察・実験の目的意識を高め、分析し解釈したことを表現する力を育成することができた。

第2節 B中学校第1学年での実践

(1) 「いろいろな物質」

＜単元を通じた科学的な思考のつながり＞

この単元では、物質がどのように分類されているかを学習する。単元のはじめに、物質を燃やして、二酸化炭素が発生するかを調べる実験を行う。これによって、二酸化炭素が発生する物質である有機物とそれ以外の物質である無機物に分ける。そして、有機物であるプラスチックを取り上げたり、無機物である金属を取り上げたりして、実験を通して物質の共通する性質や固有の性質を学習する。次に、物質固有の値である密度の求め方を学習し、メスシリンダーや電子てんびんを用いて密度の測定を行う。このような学習を通して、実験器具の操作や、実験結果の記録の仕方といった技能を身に付けるとともに、物質には共通の性質と固有の性質があることを見出すこと

ができるようにする。図3-10は、その単元計画の一部である。

時間	学習内容、科学的な知識 展開のパターン	学習課題及び主な指示(◇) 生徒の思考の流れ(・) B基準となる科学的な見方、考え方(◎)	支援(*) 留意点(○)
	＜仮説検証＞ ＜理論適用＞ 想定される仮説(仮)及びセオリー(セ)		
1	1. 物質とは 【やってみよう】 物質を探してみよう		
2	2. 有機物と無機物 物質の性質		○ガスバーナーでは、炎の色や
3	既習内容の確認、「金属の特性」		
4	＜仮説検証＞ 「仮金属は光沢があり、熱や電気を通しやすく、磁石に引きつけられる。また、たたくと伸びる」	◇「金属」に共通する性質について小学校で学習したことを挙げよう ・電気が流れる ・熱を通しやすい ・磁石に引きつけられる ・びびかしている など ◇仮説を証明するために実験で使用する物質として適切なものを考えよう ◎明らかに金属ではないものを準備しておく必要がある ◇挙げたものを実験で用いた時の結果を予測しよう	*実験で用いる物質を生徒が考えることで、実験への意欲が高まるようにする。 *本時の学習を踏まえ実験の結果を予測することで、本時の学習内容を振り返ることができるようにする。
5	実験で使用する物質や方法の確認【実験2】 身近な物質が金属かどうか調べ、金属に共通な性質を考えよう アルミホイル、くぎ、折り紙、はさみ、鉛筆の芯、割りばしなど	◇実験の結果と仮説から、金属に共通する性質をもう一度整理し直そう ◎磁石に引きつけられることは、共通の性質ではない ◎鉛筆の芯は電気を通すが、金属ではない	*金属のグループと非金属のグループに分けることで、金属に共通する性質を見出すことができるようにする。

図3-10 「いろいろな物質」の単元計画(一部)

この単元は、全8時間で構成し、その第2時に「仮説検証型『Re-モデル』」を取り入れ、その授業の中で実験も行った。ここでは、小学校で学習した「燃えると二酸化炭素が発生する」という科学的な概念をセオリー(仮説)に設定し、「物質には燃えて二酸化炭素が発生するものと発生しないものがある」という考え方へ修正することをねらう。そして、第3時では、前時の実験の結果を考察し、物質を有機物と無機物に分けることができることを学習する。また、有機物の具体例としてプラスチックを学習し、様々な用途に合わせていろいろな性質のプラスチックがあることを知る。その後の第4時に「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れ、「有機物は燃やすと二酸化炭素が発生する」というセオリーを、プラスチックという具体物に適用することで、共通の性質と固有の性質に気付くことができるようにする。第5時では、「仮説検証型『Re-モデル』」を取り入れ、小学校で学習した内容や生活で得た知識などを活用して、「金属は光沢があり、熱や電気を通しやすく、磁石に引きつけられる。また、たたくと伸びる」というセオリー(仮説)を設定し、実験で検証する物質として適当なものを各グループで考える。そして、第6時で、実際に実験を行うことで、仮説と実験の結果を比較しながら、金属に共通する性質が「金属光沢がある」「展性・延性をもつ」「電気をよく通す」の三つだけであると修正することをねらう。第7時で

は、密度の意味や求め方を学習するとともに、メスシリンダーや電子てんびんの使い方を身に付ける。第8時では、「仮説検証型『Re-モデル』」を取り入れ、「密度を求めれば、物質が特定できる」というセオリー(仮説)を設定し、種類のわからない金属を特定する実験を行う。これによって、おおよそ金属を特定することはできるが、「実験の結果には誤差が含まれること」や、「結果の平均値を求めれば真の値に近づくこと」といった科学的な見方や考え方を獲得することをねらう。

このようにして、観察・実験への仮説を設定することで、実験の結果を仮説と照らし合わせて分析し、解釈することができるようにする。

＜単元の展開とその実際＞

第1時で、ガスバーナーの使い方を学習した後、第2時では「燃える」という現象について小学校で学習したことをグループで話し合った。その多くの意見が、「物質は燃えると二酸化炭素が発生する」であった。そこで、小学校で学習したことをセオリー(仮説)に設定し、砂糖・エタノール・スチールウール・鉄くぎ・小麦粉をガスバーナーで加熱し、火がつくかどうかを調べた。そして、燃えた場合は、燃えた状態のまま集気びんに入れ、火が消えた後に石灰水を集気びんに入れて振る。これによって、燃えた際に二酸化炭素が発生したかどうかを調べた。この実験の結果、燃えて二酸化炭素が発生した物質は砂糖・エタノール・小麦粉の三つで、スチールウールは火がつくが二酸化炭素が発生せず、鉄くぎは火がつかなかった。

第3時では、第2時で行った実験の結果とセオリー(仮説)を基にグループで考察した。そして、考察したことを全体で共有した。以下は、そのときの対話である。

T : 実験の仮説は何でしたか。
S1 : 酸素を使って燃やすと二酸化炭素が出る。
T : 実験で(二酸化炭素が)出なかったのは?
S2 : スチールウール。
T : 燃えなかったのは?
S3 : 鉄くぎ。
T : ということは?
S4 : 鉄はセオリーが成り立たない。
S5 : 燃えるが二酸化炭素は出ない。
T : そうですね。実験の前はどう考えていましたか?
S6 : 燃えると全部二酸化炭素が出ると考えていた。
T : 実験をやってみたら?
S7 : 二酸化炭素を出すものと出さないものがあることがわかった。

このように、実験を通して、小学校で学習したことを修正し、より科学的な見方や考え方に発展

させることができた。そして、燃やして二酸化炭素が発生する物質を有機物、有機物以外の物質のことを無機物ということを知り、教科書で有機物や無機物の例を確認した。そこで、生徒はプラスチックが有機物の一つであることを知るとともに、プラスチックにもポリエチレンテレフタレート (PET) やポリスチレン (PS) といったいろいろな種類があることを学習した。

第4時では、前時に学習した「有機物は燃やすと二酸化炭素が発生する」というセオリーを提示し、それをプラスチックに当てはめる実験を行った。実験では、生徒がもってきた様々なプラスチックの切片を使って、燃やすと二酸化炭素が発生するという共通の性質や、燃えやすいか、水より密度が小さいかなどの固有の性質を調べた。このとき、「なかなか火がつかない」「加熱すると縮んだ」「黒い煙が出た」といった生徒の発言がみられ、加熱したときの固有の性質に気付くことができた。

第5時では、無機物の一つとして、金属を取り上げる。はじめに、小学校で金属の性質について学習したことをグループで話し合った。ここでは、「さびる」「磁石につく」「電気や熱を通す」「あたたかめると大きくなる」といった性質を挙げていた。その中から、金属に共通すると考える性質を取り上げ、「金属は、光沢があり、熱や電気を通しやすく、磁石に引きつけられる。また、たたくと伸びる」というセオリー (仮説) を設定した。その後、実験の方法を確認し、グループでセオリー (仮説) を証明するために必要な物質を考えるという課題に取り組み、考えた物質を発表した。このようにして、全てのグループが必要な物質を挙げた。それらの物質の中に、金属の物質ばかりを選んだグループと、金属以外の物質を一部選んだグループがあった。その選んだ金属以外の物質とは、ペットボトルとシャープペンの芯であった。そして、それを選んだグループに理由を聞くと、次のように述べた。

- S8: 金属かどうかを調べる実験だから、金属とわかっているものじゃないものを使う方がいいと思った。
 S9: 対照実験のように、金属以外のものを準備しないと比べることができない。

この「対照実験」という言葉は、中学校に入学してから最初に学習する植物の分野で学ぶものである。この対照実験の意味を理解していた回答であった。そして、この意見を踏まえて、もう一度各グループで必要な物質を考え直し、全部で五種類に絞り込んだ。こうして、全てのグループが、

金属と予測される物質と、明らかに金属ではない物質を取り上げるようになった。

第6時は、選んだ物質が金属かどうかを調べる実験を行った。図3-11は、そのときの実験の様子である。図を見ると、豆電球が光っているかをのぞき込んで確認している様子がわかる。他



図3-11 金属かどうかを調べている様子

の物質や操作のときにも、このような様子であったことから、この生徒たちは目的意識が継続していたと考えられる。また、実験の考察の場面では、次のような対話があった。

- S10: 金属だからといって磁石にはつかない。
 S11: 磁石につくのは、固有の性質ということ？
 S12: 仮説 (上述のセオリー) は全ての金属には当てはまらない。鉄だけ。
 (後略)

このように、実験を行う前は「磁石につく」という性質が、全ての金属に当てはまると考えていたが、実験の考察の場面では、「鉄だけ」の性質であることに気付き、セオリー (仮説) を実験の結果を基にして修正することができた。

また、図3-12は、リライトシートの考察の記述である。この記述から、磁石につくことは鉄だけがもつ性質としてとらえており、その他の「光沢がある」「電気を通しやすく」「たたくと伸びる」の三つの性質については、共通の性質として認識していることがわかる。このことから、生徒が実験への目的意識をもったことで、「何を考察するか」や「何から考察するか」を明確に表現することができたと考えられる。したがって、この生徒は、B基準 (概ね満足できる) に到達することができたといえる。

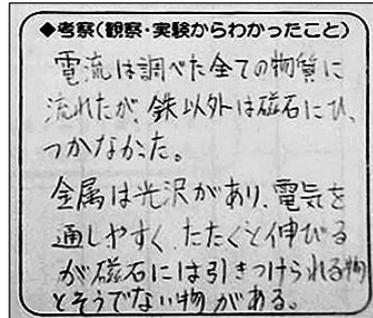


図3-12 リライトシートの考察の記述

第7時では、密度の求め方やメスシリンダー・電子てんびんの使い方を学習した。そして、ボルトの密度を求めながら、学習したことを確認した。

第8時では、見た目だけでは物質が特定できないものを六種類用意した。この不明な物質が何という物質でできているかを調べる実験を行った。そのうち、AとBの二種類は全てのグループで共通し

て密度を求め、Cの一種類は各グループで残りの四種類から選ぶことができるようにした。この実験では、「密度を求めれば物質を特定することができる」とセオリー（仮説）を設定した。

以下は、実験の考察の場面でのグループの対話の一部である。

(前略)

S13: 鉄ってBじゃないの？
 S14: 密度の値が（表の鉄の値と）違う。
 S15: 銀とか。
 S13: 銀なら、もっと重いはず。
 S14: どっちに（密度の値が鉄か銀のどちらに）近い？
 S15: 鉄。
 S13: Cは、ポリプロピレンかパラフィンか。
 S15: ポリエチレンだと思う。
 S14: 密度は、ほとんど（三種類とも）変わらない。
 S15: パラフィンは、前に実験で使っていないから、きつと出てこないと思う。
 S13: じゃあ、どっちか。見た目で（判断）って言うても難しい。プラスチックの色とか決まっていから。
 S15: ポリプロピレン！（触った感じが）硬そう。

上記の対話から、生徒は、金属は密度を基にして物質を特定していたことがわかる。しかし、プラスチックは密度の値にほとんど差がないため、見た目や触った感じを基にして物質を特定していた。これは、自分たちの求めた密度が誤差を含んでいる可能性があることを認識していたためであると考えられる。つまり、自分たちが想定した誤差の範囲内に三種類のプラスチックの密度があったため、密度だけでは物質を特定するには至らないと、見方や考え方を修正したと考えられる。ちなみに、ポリプロピレンの密度は $0.90\sim 0.92\text{g/cm}^3$ 、ポリエチレンの密度は $0.92\sim 0.96\text{g/cm}^3$ 、パラフィンの密度は $0.87\sim 0.94\text{g/cm}^3$ である。

以上のことから、小学校で学習したことや中学校で新しく学習した科学的な知識や概念を基に、仮説を設定したり、実験で使用する物質を考えたりする活動を取り入れることで、目的意識をもって実験に臨むことができた。また、目的意識を高くもつことで、観察・実験の結果に合わせて少しずつ自らの見方や考え方を修正し、新しい見方や考え方を身に付けるなど、科学的な思考力を育成することができた。

(2) 「光の性質」

＜単元を通した科学的な思考のつながり＞

この単元では、光がどのような性質をもっているかを学習する。具体的には、光が直進すること

や反射すること、屈折することを学習する。はじめに、実験を通して光が鏡に反射するときの規則性を学習し、鏡に映る像と光の進み方との関連を学ぶ。次に、屈折についても実験を通して学習し、ガラスを通して見える像と光の進み方との関連を学ぶ。また、これらの学習では、目に見えない光がどのように進んでいるかを考える際、光の進み方を図に表現する活動を取り入れる。そして、凸レンズでは、実験を通して、光が焦点に集まることや、像の見え方・大きさと焦点距離の関係の規則性を見出す。図3-13は、その単元計画の一部である。

時間	学習内容、科学的知識 ＜展開のパターン＞ ＜仮説検証＞ / ＜理論適用＞	学習課題及び主な指示（◇） 生徒の思考の流れ（・） B基準となる科学的な見方、考え方（◎）	支援（*） 留意点（○）
1	<p>1. 光の進み方 光源、光の直進 【やってみよう】（演示実験） 光の道すじを調べてみよう 入浴剤を溶かした水や線香の煙を充填させたところに光源装置からの光を通す</p> <p>2. 光の反射 光の反射、入射光、反射光、入射角、反射角、像 ＜理論適用＞ ◎入射角と反射角が等しい （反射の法則）</p> <p>【実験1】 鏡で反射するときの光の進み方を調べよう</p>	<p>・光源以外のものは、反射した光を見ている ・光は直進する</p> <p>◇光が反射するときの規則性と像の見え方を調べよう ・入射角と反射角が等しい ・像から光がまっすぐ届いているように見える</p>	<p>*レジスタボードに方眼紙を挟むことで、話し合いながら実験を行うことができるようになる。</p>
4	<p>4. 凸レンズのはたらき 【やってみよう】 凸レンズをのぞいてみよう 焦点、光軸、焦点距離 凸レンズのしくみ ＜仮説検証＞ 仮物体がレンズに近いときは同じ向き の大きい像ができ、遠いときは逆 向きの小さい像ができる</p>	<p>・近いものは同じ向きで実際の大きさより大きく見える ・遠いものは、逆向きで実際の大きさより小さく見える</p> <p>◇像の見え方と物体の位置に、どのような関係があるか予測しよう ・焦点距離より遠いところでは、光の道すじが光軸より下になるので実物と逆向きに見える</p>	<p>○凸レンズで太陽や蛍光灯などの光源を直接見ないようにする。 *光源装置に緑色のフィルムと赤色のフィルムを半分ずつ貼り付けることで、焦点より遠いときに逆向きの像ができることに気付くことができるようになる。</p>

図3-13 「光の性質」の単元計画（一部）

この単元は、全6時間で構成し、その第1時に「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れる。「入射角と反射角は等しい」というセオリーを基にして、鏡に反射するときの光の進み方を調べる。それによって、鏡に対して実物の対称な位置に、像があるように見えることを見出すことができるようにする。第2時では、ガラスを通過するときの光の進み方を調べ、光が異なる物質の境界で屈折することや入射角と屈折角の規則性を調べる。第3時では、屈折の身近な事例として、コインを入れたお椀に水を入れ、コインがどのように見えるかを調べ、光がどのように進んだかを作図する。これによって、屈折の規則性を確認する。

第4時では、「仮説検証型『Re-モデル』」を取り入れ、凸レンズを使った像の見え方について学習する。はじめに、凸レンズを使って、おおよその

像の見え方を確認する。そして、凸レンズの仕組みを知る。これらのことを踏まえて、「物体がレンズに近いときは同じ向きの大い像ができ、遠いときは逆向きの小さい像ができる」とセオリー(仮説)を設定し、光源と凸レンズの距離と像の見え方について予測する。このとき、学習した凸レンズのしくみを活用して、焦点距離が像の見え方に関係していることを気付くことができるようにする。そして、第5時に凸レンズによる像の見え方を調べる実験を行い、像の見え方と焦点距離との関係を明確にすることをねらう。そして、第6時には、凸レンズを通過する光を作図することで、実験の結果を検証する。

このようにして、像がどのように見えるかを予測した上で、凸レンズの光の進み方の観察・実験を行うことで、光のもつさまざまな性質を理解できるようにする。

＜単元の展開とその実際＞

第1時に、「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れた。はじめに小学校で学習した光の性質を確認し、生徒は光が一つの点に集まることや反射することを挙げた。それに加えて、光は直進するという性質にもふれた。次に、反射するときの科学的な知識として、入射角や反射角などを学習した。この授業でのセオリーは、「入射角と反射角は等しい」という反射の法則である。これを基にして、鏡に光を反射させた光の道すじに点A～Eを打ち、入射角と反射角を測定する実験を行った。更に、鏡をのぞき込んで点A～Eがどのように見えるかを観察し、鏡に映る像の見え方を調べる実験を行った。以下は、あるグループの実験中の対話の一部である。

S16：入射角が 26° ，反射角が…あれ？ 27° ？
 S17：(角度を測るとき)入射角がずれたかな？
 S18：点を大きく描きすぎたからじゃないかな。もう一回やろう。
 S18：どう？
 S16：ぴったり！すごい？
 T：点をつないだ線がどのように鏡に映っているかを見てみてください。
 S16：点がABCDEの順になっている。真っ直ぐになっている！
 S17：本当だ！すごい！
 S18：ということは、角度が変わっても真っ直ぐに見える？
 (後略)

このグループでは、入射角と反射角にわずかなずれがあったため、角度の測定をやり直していた。

そのとき、測定するときの点の取り方に原因を見出していた。このことから、この生徒は、セオリーと実験の結果を比較したときに、セオリーではなく、方法を修正する方がよいと判断したことがわかる。また、像の見え方について、角度が変わっても像が真っ直ぐに見えるという発言をしている。これは、一回目の実験を基に、セオリーが角度を変えても成り立っていると考えたためであると考えられる。つまり、セオリーと実験の結果を関連付けて、二回目以降の結果を予測したのである。このような実験を経て、生徒は、「鏡に映る像は、点ABCを結んだ直線上にある」という見方や考え方を習得することができた。更に、鏡に映る像の位置を作図したことで、「像の位置が、鏡の面に対して実物と線対称の位置にある」と気付くことができた。

図3-14は、リライトシートの振り返りである。これを見ると、生徒が解釈したことが表現されていることがわかる。これは、光の反射の実験の結果やセオリーを通して、科学的な見方や考え方を身に付けたため、解釈したことを表現することができたと考えられる。したがって、この生徒はB基準(概ね満足できる)に到達することができたといえる。

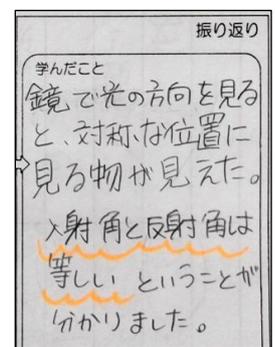


図3-14 リライトシートの振り返り
 この生徒はB基準(概ね満足できる)に到達することができたといえる。

次に、第2時では、実験を通して光の屈折の現象について学習した。光の屈折は、中学校で新しく学習する内容である。物質の境界面で屈折をすること、光が屈折をしても像は真っ直ぐの位置に見えることを確認した。そして、第3時では、身近な屈折の現象を観察した。その現象とは、お椀にコインを入れ、ぎりぎりコインが見えない位置に頭の位置を固定する。そこに水を注ぐとコインが浮き上がって見えるという現象である。この現象を観察した後、第2時の学習を踏まえて光の道すじを作図した。

第4時では、「仮説検証型『Re-モデル』」を取り入れ、はじめに小学校での学習も踏まえながらグループで凸レンズのはたらきを確認した。各グループに凸レンズを渡し、外の景色を紙に写したり、凸レンズを文字に近づけたりして、「光を集める」「近いと同じ向きで大きく見える」「遠いと逆向きで小さく見える」といったはたらきがあることを確認することができた。更に、ある距離で像

の向きが切り替わることに気付き、外の景色も同じ向きで見えないかと考え、凸レンズを窓に近付けて像の見え方を確認する



図3-15 像の見え方を確認する様子

生徒もいた。図3-15は、像の見え方を確認する様子である。実際には、同じ向きの景色の像を見ることはできなかったが、かなり遠い位置からの光が教室に届いていることに気付くことができた。次に、凸レンズは光の屈折を利用していること、光が集まる点を焦点といい、凸レンズから焦点までの距離を焦点距離ということなどの凸レンズの仕組みを確認した。以上のことから、この実験のセオリー（仮説）を、「物体がレンズに近いときは同じ向きの大きい像ができ、遠いときは逆向きの小さい像ができる」と設定した。そして、学習した知識や凸レンズを使って確認したことを活用して、凸レンズと光源がどのような位置関係にあると、どのような像ができるかをグループで予測した。以下は、あるグループの対話の一部である。

- S19：えー、難しい。
 T：（凸レンズの仕組みの図を指して）凸レンズを過ぎてからのこの光は、どこから来ているかな。
 S20：一番上からです。
 S19：あ、そうだったの？
 S21：ということは、上の光は焦点を過ぎてから（光軸より）下に進んでいる。反対に、下の光が上に進むから…
 S20：焦点距離より遠い位置にあると逆向きに見える？
 S19：わかった！そうしたら、（焦点距離より）近いときは、同じ向き？！
 S20：そうなると思う。

（後略）

このように、凸レンズの仕組みから、焦点距離を基準にして、像の向きを予測することができた。しかし、像の大きさについては、学習したことから予測することができなかった。

第5時は、実際に凸レンズによる像の見え方の実験を行い、像の向きや大きさと、距離との関係を調べた。図3-16は、その様子である。この生徒は、のぞき込むようにして、像を観察している。このことから、像のピントが合っているか、大きさは実物と比べてどうかを観察して判断しようとしていることがわかる。右上枠内は、実験の考察を全体で共有したときの対話である。



図3-16 凸レンズの実験の様子

図3-16は、その様子である。この生徒は、のぞき込むようにして、像を観察している。このことから、像のピントが合っているか、大きさは実物と比べてどうかを観察して判断しようとしていることがわかる。右上枠内は、実験の考察を全体で共有したときの対話である。

- T：像がスクリーンにできないときは、（実物から凸レンズまでの距離が）どんなときになりましたか。
 S22：3cmのとき。
 S23：4cmのとき。
 T：焦点距離8cmを使って言いかえると？
 S24：8cm以下のとき。
 T：（像が実物と）同じ大きさになったときは？
 S25：16cmのとき。
 S26：凸レンズから実物と、凸レンズからスクリーンの距離が同じとき。
 T：焦点距離8cmを使って言いかえると？
 S27：焦点距離の2倍のとき。
 T：ということは、大きくなったり小さくなったりするのは？
 S28：焦点距離の2倍よりも大きいと（像は）小さくなって、（焦点距離の2倍より）小さいと（像は）大きくなる。

このように、実験を行うまでは像の大きさについて、焦点距離8cmを基準にして考えることはできなかったが、実験後は、像と実物が同じ大きさになる焦点距離が2倍のときを基準にして考えることができた。図3-17は、凸レンズの実験の考察である。この考察は、上記の対話のように、像の大きさの違いを焦点距離の2倍の16cmを基準にして説明している。このように、はじめは像の見え

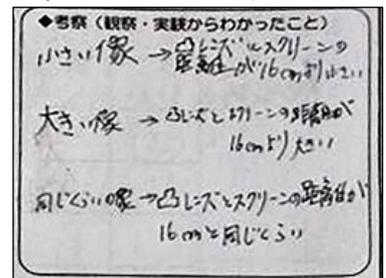


図3-17 凸レンズの実験の考察

方と距離の関係があいまいであったセオリー（仮説）を「焦点距離の2倍を基準にする」という科学的な見方や考え方に修正し、表現することができた。そして、第6時では、凸レンズの像の見え方を作図することで、実験の結果や考察が確かなものであることを確認した。これによって、実験の結果を分析し解釈したことが、他の考え方からも妥当であることを確認することができた。

以上のことから、既習の学習内容から実験の結果を予測し、説明できることと説明できないことを明確にした上で実験に臨むことで、生徒は目的意識を高め、観察・実験の結果をより精密に分析し解釈することができ、表現することができたと考える。

上記のことから、観察・実験を中心にして「Re-モデル」を単元に位置付け、仮説を設定したり、観察・実験を計画したりするなど、「問題を見だし、観察、実験を計画する学習活動」に取り組むことで、観察・実験への目的意識を高めることができた。また、目的意識を高めた上で、セオリー

を基に「観察，実験の結果を分析し解釈する学習活動」に取り組むことで，実験の結果の誤差を見極めたり，実験の結果に応じて自分の見方や考え方を修正し，規則性を見出したりするなど，自らの解釈したことを表現することができた。

次章では，生徒のアンケートや定期テストの結果から，研究の成果と課題について考察する。

第4章 理科のさらなる発展を求めて

第1節 授業実践による生徒の変容

(1) 観察・実験への意識の変容

A中学校，B中学校の生徒を対象に，前期の実践前と後期の実践後に理科に関するアンケートを行った。その調査結果から，生徒の理科や観察・実験に対する意識の変容を分析する。

図4-1は，「観察・実験の結果を予想して，方法を計画している」に対する回答結果である。

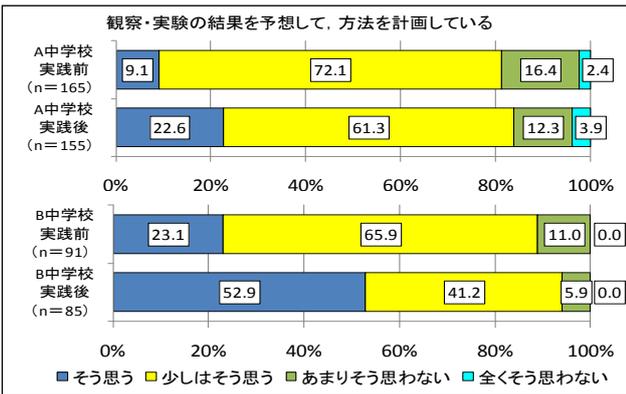


図4-1 「観察・実験の結果を予想して，方法を計画している」に対する回答結果 (%)

A中学校では，「そう思う」と回答した割合は，実践前が9.1%に対し，実践後は22.6%と13.5ポイント上昇した。また，「そう思う」「少しはそう思う」と肯定的に回答した割合は，実践前が81.2%に対し，実践後が83.9%と2.7ポイント増加した。一方，B中学校では，「そう思う」と回答した割合は，実践前が23.1%に対し，実践後は52.9%と29.8ポイント上昇した。また，「そう思う」「少しはそう思う」と肯定的に回答した割合は，実践前が89.0%に対し，実践後が94.1%と5.1ポイント増加した。このことから，A中学校，B中学校の2校において，観察・実験の際に，その結果を予想して，方法を計画することを意識する生徒が増加したことがわかる。

右上図4-2は，「観察・実験を行うとき，見通しや目的意識をもっている」に対する回答結果である。

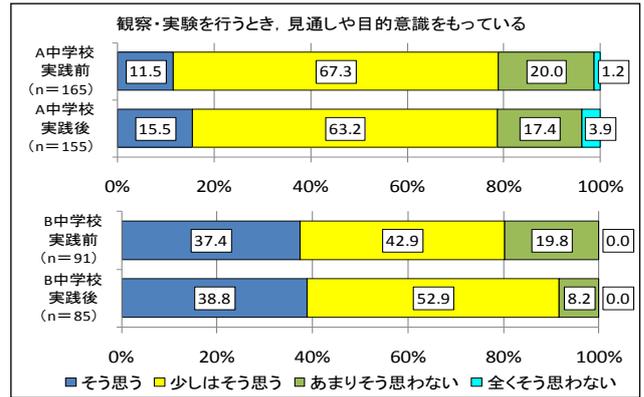


図4-2 「観察・実験を行うとき，見通しや目的意識をもっている」に対する回答結果 (%)

A中学校では，「そう思う」と回答した割合は，実践前が11.5%に対し，実践後は15.5%と4.0ポイント上昇した。また，「そう思う」「少しはそう思う」と肯定的に回答した割合は，実践前が78.8%に対し，実践後が78.7%とほとんど変わらなかった。一方，B中学校では，「そう思う」と回答した割合は，実践前が37.4%に対し，実践後は38.8%と1.4ポイント上昇した。また，「そう思う」「少しはそう思う」と肯定的に回答した割合は，実践前が80.3%に対し，実践後が91.7%と11.4ポイント増加した。このことから，A中学校，B中学校の2校において，見通しや目的意識をもつ生徒が増加したことがわかる。

以上のことから，セオリーを設定してから，実験の結果を予測したり，実験で使用する物質を考えたりする活動を取り入れたことで，多くの生徒が観察・実験の結果を予想し，方法を計画していると感じるようになったと考えられる。そして，結果を予想したり，方法を計画したりしたことにより，観察・実験の見通しや目的意識をもつことにつながったと推測できる。

図4-3は，「考察をする場面で，仮説や実験結果を使ってまとめている」に対する回答結果である。

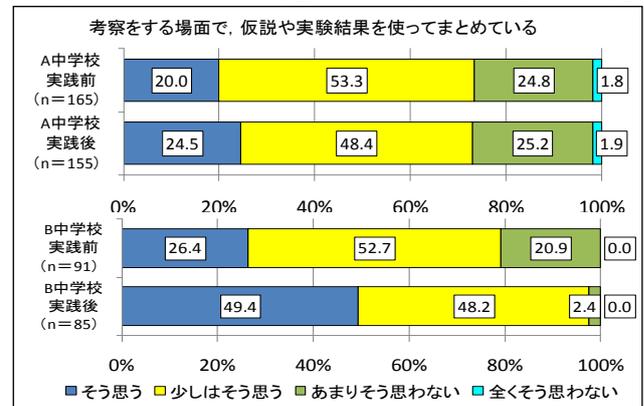


図4-3 「考察をする場面で，仮説や実験結果を使ってまとめている」に対する回答結果 (%)

A中学校では、「そう思う」と回答した割合は、実践前が20.0%に対し、実践後は24.5%と4.5ポイント上昇した。また、「そう思う」「少しはそう思う」と肯定的に回答した割合は、実践前が73.3%に対し、実践後が72.9%とほとんど変わらなかった。一方、B中学校では、「そう思う」と回答した割合は、実践前が26.4%に対し、実践後は49.4%と23.0ポイント上昇した。また、「そう思う」「少しはそう思う」と肯定的に回答した割合は、実践前が79.1%に対し、実践後が97.6%と18.5ポイント増加した。このことから、A中学校では観察・実験の考察をするとき、全体としてはほとんど変化がなかったが、意識的に仮説や観察・実験の結果を使って考察をする生徒が増加したことがわかる。また、B中学校では観察・実験の考察をするとき、ほぼ全ての生徒が意識的に仮説や観察・実験の結果を使って考察をするようになったことがわかる。

以上のことから、セオリーを設定したことで、仮説や観察・実験の結果を基にして、考察をすることができ、それを表現することができるようになったと考えられる。

更に、生徒アンケートの記述欄には、上記のようなアンケート結果となった根拠と考えられる意見が示されていた。以下は、生徒の記述の一部である。

<A中学校>

- セオリーがあるので、実験の目的がわかる
- 仮説があると実験しやすかった
- 仮説を立てて、そこから実験をするので、何がわかったかをまとめることができる
- 実験の結果がどうしてこうなるのかということを考えることができた
- 考えてわからないことが実験でわかるので楽しいし、頭に残る

<B中学校>

- 仮説を自分たちで立てるのでみんなが考えられる
- 実験の予想をするときにセオリーを意識して予想することができる
- 仮説を立てて、見通しをもってから実験を行うと考えやすかった
- セオリー（仮説）が考察や自分の意見を書くときにとっても役立った
- 知識→仮説→実験→考察という流れが無理なく身に付く

(下線、波線は筆者による)

この生徒の記述から、セオリーがあることで、生徒は観察・実験の目的が明確になったことがわかる。そして、観察・実験の目的が明確になったこと

で、観察・実験の結果が予想しやすくなり、考察も考えやすくなったと推測することができる。また、下線部に示したように、考えることに加えて、観察・実験を行ったことで、生徒の理解へとつながったと考えられる。このような授業の展開は、波線部に示すように、生徒にとって考えやすく、思考が進みやすいものであることがわかった。このようにして、アンケートの記述から、生徒は科学的に思考する流れを身に付けることができたことと推測できる。

以上のことから、観察・実験を中心に「仮説検証型『Re-モデル』」や「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れたことで、観察・実験に対する生徒の意識が改善されたことがわかった。

その一方で、課題が残った設問がある。図4-4は、「観察・実験を行うことは好きである」に対する回答結果である。

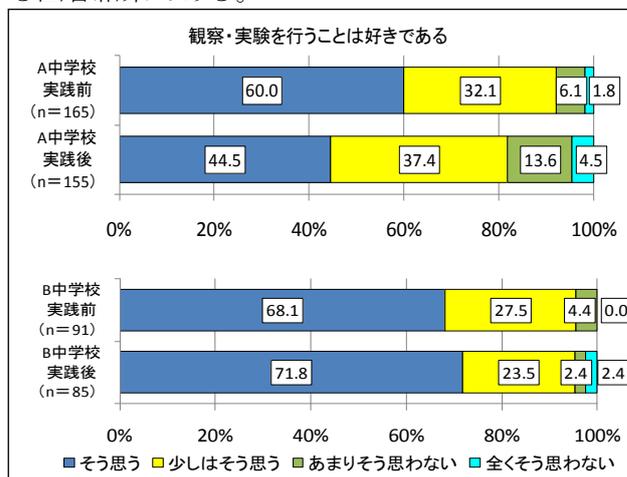


図4-4 「観察・実験を行うことは好きである」に対する回答結果 (%)

A中学校では、「そう思う」と回答した割合は、実践前が60.0%に対し、実践後は44.5%と15.5ポイント低下した。また、「そう思う」「少しはそう思う」と肯定的に回答した割合は、実践前が92.1%に対し、実践後が81.9%と10.2ポイント低下した。このことから、A中学校においては観察・実験を行うが好きだと思っている生徒が少なくなったことがわかる。一方、B中学校では、「そう思う」と回答した割合は、実践前が68.1%に対し、実践後は71.8%と3.7ポイント上昇した。また、「そう思う」「少しはそう思う」と肯定的に回答した割合は、実践前が95.6%に対し、実践後が95.3%とほとんど変化しなかった。このことから、B中学校では、観察・実験を行うことが好きだと思っている生徒は変化しなかったことがわかる。

以上のことから、観察・実験への目的意識の高

まりや、結果を予想して計画することが、「観察・実験は好きである」という思いに、あまりつながらなかったと考えられる。その理由としては、観察・実験の仮説を設定したり、仮説と観察・実験の結果を比較するなどの分析を行った上で解釈したことをまとめたりするなど、考えながら観察・実験を行う必要があったからであると推測される。そのため、観察・実験に対して難しさを感じる生徒が増え、否定的な回答をしたと考えられる。

更に、生徒アンケートの記述欄には、上記のようなアンケート結果となった根拠と考えられる意見が示されていた。以下は、生徒の記述の一部である。

<A中学校>
 ● 語句に関する部分が少なく感じた
 ● 理科は記憶するものだと思う
 ● 考察や学んだことを書く必要性を感じない

<B中学校>
 ● 要点は教科書を見た方がわかりやすかった

この記述を見ると、語句などを覚えることを重視している生徒がいたことがわかる。また、このような生徒は、観察・実験の結果や解釈することも覚えることととらえていると推測される。仮説に基づいて観察・実験の結果を分析したり、解釈したことを表現したりするなど、考えて行う必要がある観察・実験を難しいと否定的に感じていたと考えられる。しかし、今後の理科教育では、1ページの「はじめに」で述べたように、多くの知識を獲得することよりも新しい知識を構築することが求められている。否定的にとらえている生徒に対しても、指導を継続し、少しずつとらえ方が変わっていくようにしていく必要がある。

(2) 生徒の姿の変容

生徒の変容を調べるために定期テストによる分析を行った。この定期テストの問題については、12ページで述べたように、自然事象を説明するための要素に分けて設問を設定した。そして、生徒が実践を経てどのように変容したのかを、作成した問題のうち、記述問題や分析・解釈する問題から分析した。

はじめに、対象となる生徒群を設定するために、A中学校、B中学校における第1回テストの科学的な思考・表現の観点の結果を基に、生徒の偏差値を算出した。偏差値は、平均点と同じ得点であれば、50を示す。したがって、生徒の変容を調べ

るためには、偏差値50前後の生徒が適していると考え、「第1回テストにおいて偏差値が45～55の生徒」を対象となる生徒群と設定した。その結果、分析の対象は、A中学校では39名、B中学校では26名となった。これらの対象群における記述問題や分析・解釈する問題について分析を行った。

表4-1は、実践を行った単元における記述問題の平均正答率の比較である。

表4-1 実践を行った単元における記述問題の平均正答率の比較(%)

		対象群の 平均正答率 (A)	全体の 平均正答率 (B)	差 (A-B)	前期から 後期の伸び
A中学校	実践前期	43.6	43.3	+0.3	+4.5
	実践後期	59.8	55.0	+4.8	
B中学校	実践前期	84.6	76.6	+8.0	+1.9
	実践後期	76.9	67.0	+9.9	

A中学校では、実践前期において対象群の平均正答率は43.6%であったのに対し、全体の平均正答率が43.3%であったことから、対象群の平均正答率の方が全体の平均正答率より0.3ポイント高かったことがわかる。また、実践後期において対象群の平均正答率は59.8%であったのに対し、全体の平均正答率が55.0%であったことから、対象群の平均正答率の方が全体の平均正答率より4.8ポイント高かったことがわかる。このことから、実践前期から実践後期にかけて、対象群の生徒に4.5ポイントの伸びがみられた。

一方、B中学校では、実践前期において対象群の平均正答率は84.6%であったのに対し、全体の平均正答率が76.6%であったことから、対象群の平均正答率の方が全体の平均正答率より8.0ポイント高かったことがわかる。また、実践後期において対象群の平均正答率は76.9%であったのに対し、全体の平均正答率が67.0%であったことから、対象群の平均正答率の方が全体の平均正答率より9.9ポイント高かったことがわかる。このことから、実践前期から実践後期にかけて、対象群の生徒に1.9ポイントの伸びがみられた。

以上のことから、A中学校、B中学校の2校において、実践後期の方が実践前期よりも平均正答率の上昇が大きくなったことがわかる。したがって、「仮説検証型『Re-モデル』」や「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れ、科学的な知識や概念を活用して、仮説を設定したり、分析し解釈したことを表現したりすることにより、対象群の生徒における記述問題の正答率が改善される傾向があると考えられる。

次ページ表4-2は、実践を行った単元における分析・解釈する問題の平均正答率の比較である。

表4-2 実践を行った単元における分析・解釈する問題の平均正答率の比較(%)

		対象群の 平均正答率 (A)	全体の 平均正答率 (B)	差 (A-B)	前期から 後期の伸び
A中学校	実践前期	87.2	81.6	+5.6	+2.3
	実践後期	82.1	74.2	+7.9	
B中学校	実践前期	59.6	64.1	-4.5	+13.6
	実践後期	71.2	62.1	+9.1	

A中学校では、実践前期において対象群の平均正答率は87.2%であったのに対し、全体の平均正答率が81.6%であったことから、対象群の平均正答率の方が全体の平均正答率より5.6ポイント高かったことがわかる。また、実践後期において対象群の平均正答率は82.1%であったのに対し、全体の平均正答率が74.2%であったことから、対象群の平均正答率の方が全体の平均正答率より7.9ポイント高かったことがわかる。このことから、実践前期から実践後期にかけて、対象群の生徒に2.3ポイントの伸びがみられた。

一方、B中学校では、実践前期において対象群の平均正答率は59.6%であったのに対し、全体の平均正答率が64.1%であったことから、対象群の平均正答率の方が全体の平均正答率より4.5ポイント低かったことがわかる。また、実践後期において対象群の平均正答率は71.2%であったのに対し、全体の平均正答率が62.1%であったことから、対象群の平均正答率の方が全体の平均正答率より9.1ポイント高かったことがわかる。このことから、実践前期から実践後期にかけて、対象群の生徒に13.6ポイントの伸びがみられた。

以上のことから、A中学校、B中学校の2校において、実践後期の方が実践前期よりも平均正答率の上昇が大きくなったことがわかる。したがって、「仮説検証型『Re-モデル』」や「理論適用型『Re-モデル』」を取り入れ、仮説を基に、観察・実験の結果を分析し解釈したり、解釈したことを表現したりすることにより、対象群の生徒における分析し解釈する問題の正答率が改善される傾向があると考えられる。

次に、A中学校、B中学校の科学的な思考・表現の観点の変容について分析した。右上図4-5は、A中学校における偏差値の分布の比較である。これを見ると、実践前から実践後にかけて、偏差値が40~45の生徒が減少し、対象群となった偏差値45~55の生徒が増加した。また、偏差値55~60の生徒は減少した。これらのことから、全体として、分布の偏りが改善されていることがわかる。右上図4-6は、B中学校における偏差値の分布の比較であ

る。これを見ると、対象群であった偏差値45~55の生徒が減少し、偏差値55~60の生徒が増加していることがわかる。これは、対象群に含まれていた生徒の科学的な思考・表現の観点における正答率が高まったためであると考えられる。先述したように、特に分析・解釈する問題におい

ては、大きな改善がみられたことも踏まえると、対象群から偏差値55~60の範囲へと移った生徒がいたと考えられる。

上記のことから、「仮説検証型『Re-モデル』」と「理論適用型『Re-モデル』」の二つの「Re-モデル」を単元に位置付け、科学的な知識や概念を基に仮説を設定するなど観察・実験を計画したり、結果を分析し解釈したことを表現したりしたことで、生徒の科学的な思考・表現の観点において、改善がみられた。

第2節 これから理科教育が目指すもの

2年間の研究を通じて、筆者が今後、理科教育をより充実していくために、指導者に必要であると感じたこと五つについて、以下に述べる。

①分野の特性を理解する

今年度の研究において、観察・実験を中心に単元を構成し、生徒の思考の流れと学習内容が一致することを意識して単元計画を作成した。表4-3は、単元計画における「仮説検証型『Re-モデル』」と「理論適用型『Re-モデル』」の分野別の時数である。

表4-3 「仮説検証型『Re-モデル』」と「理論適用型『Re-モデル』」の分野・領域別の時数

分野	領域	仮説検証型の時数	理論適用型の時数
1分野	物理	4	2
	化学	3	1
2分野	生物	1	4
	地学	※実践授業の時期にないため未作成	

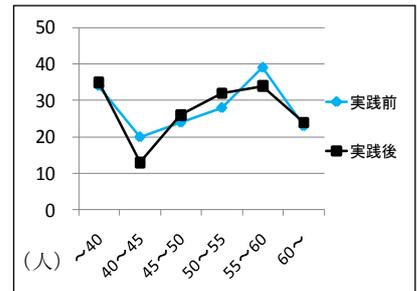


図4-5 A中学校における偏差値の分布の比較

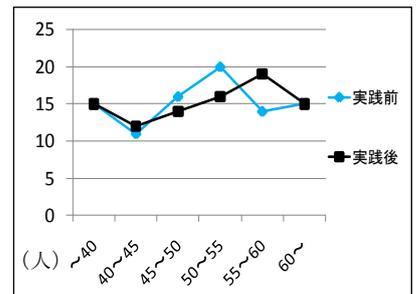


図4-6 B中学校における偏差値の分布の比較

これを見ると、物理領域や化学領域では、「理論適用型『Re-モデル』」より「仮説検証型『Re-モデル』」の方が多いのに対し、生物領域では「仮説検証型『Re-モデル』」より「理論適用型『Re-モデル』」の方が多いことがわかる。このことから、物理・化学領域と生物領域は基本的な思考の進め方が異なると考えられる。地学領域については、実践授業を行っていないため、検証ができていないが、生物領域と地学領域は思考の進め方が似ていることが推測される。これは、第1分野を物理・化学、第2分野を生物・地学と分けられていることから推察される。図4-7は、筆者の考える第1分野と第2分野の思考の進め方のイメージ図である。

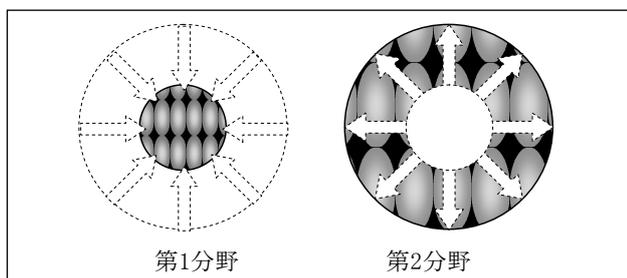


図4-7 第1分野と第2分野の思考の進め方のイメージ図

この思考の進め方の違いについて、ある仮説や科学的な概念からでは自然事象をうまく説明できない場合を想定して説明する。ある仮説からでは自然事象をうまく説明できない場合、第1分野では、仮説そのものを修正して説明できないことをなくしていく。例えば、電圧と電流の関係では、「電圧を大きくすれば電流が大きくなる」という仮説が、実験を経て結果を分析することで、「電圧と電流は比例する」というように修正されるといった進め方である。一方、第2分野では、また別の仮説に当てはまるものとして、その自然事象を分類する。例えば、動物の分類では、「恒温動物のうち、卵生なら鳥類、胎生ならほ乳類」という科学的な概念を学習するが、カモノハシは卵生であるにもかかわらず、ほ乳類に分類される。このようなとき、科学的な概念そのものを修正することはせず、カモノハシは「卵生だが子が母乳で大きくなる」特殊な事例として扱い、ほ乳類の単孔類と新しい分類を定義するといった進め方である。したがって、第1分野の思考の進め方は、あらゆる自然事象を説明することができる仮説を導きだそうと、「考えを絞っていく」進め方であるが、第2分野の思考の進め方は、仮説が当てはまらない自然事象を探そうと、「考えを広げていく」進め方なのである。つまり、第1分野はマクロからミクロへ、第2分野はミクロからマクロへと思考が進められ

ていくのである。実際、B中学校では植物の分類の学習の後、「サボテンは何に分類されますか」と質問をする生徒がいた。これは、学習した分類の仕方が、サボテンには当てはまらなかったため、新たな定義を求めたと考えられる。また、第3章でも述べたように、「電流と回路」や「光の性質」の物理領域、「物質のすがた」の化学領域では、生徒が考え方を修正する場面が多くみられた。筆者は、この思考の進め方の違いが、「仮説検証型『Re-モデル』」と「理論適用型『Re-モデル』」の違いであると考えられる。このことから、更に、物理・化学・生物・地学のそれぞれの領域にも、異なる思考の進め方があることを想定することができる。

以上のことから、中学校においては、「理科」という枠組みではあるものの、四つの領域の特性、少なくとも第1分野と第2分野の特性を理解して単元計画や指導案を作成していくことが大切である。そして、このことは高等学校での学習にもつながっていくと筆者は考える。

②「何が」わからないかを気付かせる

今年度の研究を通して、観察・実験の目的意識を高めていくためには、「何を調べたり観察したりするのか」や「何を明らかにするために、実験をしているのか」を明確にすることがいかに重要であるかを実感した。この「何を調べたり観察したりするのか」や「何を明らかにするために、実験をしているのか」を明確にするということは、言いかえると、生徒に「何がわからないか」を気付かせるということであると筆者は考える。その際、生徒が自ら問いを設定することが大切である。そのための教師の役割は、自然事象を説明するとき、今どのような情報をもっているかを明らかにすることである。

今回の実践授業の中で、そのことの重要性をもっとも実感したのは、A中学校での「電流と回路」の第1時の実践である。15ページで述べたように、この授業の後や、放課後に教師に質問をしにきた生徒がいた。特に、放課後に質問をした生徒については、授業から放課後まで、問題意識が高い状態を維持していたということである。

では、この生徒はどうして問題意識が高い状態を維持することができたのであろうか。筆者は、説明できることと説明できないことを明確に区別することができたことが、その主な要因であると考えられる。この授業では、他の実践授業とは違って、回路AとCは小学校の学習から説明できるが、回路A

とBについては今の知識では説明できないと、記号や回路を使って目に見える形で分けることができた。この、説明できることと、説明できないことを目に見える形で分けたことが、生徒にとってわかりやすかったと考えられる。これによって、第1時に行った実験の、「並列回路の方が直列回路より豆電球が明るくなる」という現象に対して、生徒は自分がわからないことが何かを具体的に考えることができたと推測することができる。そのため、この生徒は高い問題意識を維持することができたと考えられる。

また、B中学校においても、凸レンズの実験の後、「ピントが合う」とはどういうことを質問する生徒がいた。これは、凸レンズを通る光が焦点に集まることから、スクリーンに像を映す実験の結果を説明することができなかつたために、このような質問をしたと考えられる。このことは、教師がどのように授業を改善していくかについて、新たな視点を提供している。つまり、「今」何がわからないのかをわかりやすく伝えることで、生徒が問題意識を自覚できるように授業を改善するという視点である。これまで筆者は、授業を改善していく上で、どのようにわかりやすく学習内容を伝えるかを考えてきた。しかし、それ以上に、「何がわからないか」をわかりやすく生徒に伝えることが大切かを、今回の事例から学んだ。今後、そのような視点をもって授業の改善に取り組んでいくことが、生徒の理科に対する学習意欲の向上へとつながっていくと考える。

③観察・実験は理論どおりの結果でなくても、仮説を確かなものにする

今年度の実践授業で行った観察・実験で得られた結果は、その多くが理論どおりではない結果になった。特に、電流・電圧の測定や凸レンズの像の見え方を調べる実験など、定量的な分析を伴う実験では、そのようなことが多く発生した。8ページで述べたように、このような実験の結果と理論値とのずれは、生徒が実験の結果から規則性を見出すことを妨げるものである。それにもかかわらず、生徒は自分の考えを修正したり、一部の実験の結果を誤差と判断したりして、規則性を見出すことができた。その理由は、観察・実験の仮説を理解していたからであると筆者は考える。もし、観察・実験の仮説を理解していない場合では、観察・実験の結果を分析することなく、全て正しいと考えるしかない。しかし、観察・実験の仮説を

理解している場合では、既習の学習内容や自分の予測と、観察・実験の結果とを分析して解釈することができるため、観察・実験の結果が誤差を含んでいるのかを判断することができる。

このことから、観察・実験の目的は、理論どおりの結果を得ることではなく、今考えられる観察・実験の仮説から、より確からしい仮説を導くことであると考えられる。つまり、定量的な実験でも生徒が規則性を見出すことができるということである。そのためには、観察・実験の仮説を設定する活動を取り入れ、生徒が観察・実験の仮説を理解することができるようにするとともに、観察・実験の結果の予測について吟味することが必要である。

④生徒に研究の機会を与える

今年度の実践授業では、仮説を設定したり、一部の準備物を考えたりしているものの、おおよそ教科書に記載されている観察・実験の計画にしたがって観察・実験を行った。しかし、「問題を見いだし、観察・実験を計画する学習活動」という観点から見れば、観察・実験の一部を計画し直しただけにすぎず、生徒が観察・実験の全てを計画したわけではない。これでは、十分な「問題を見いだし、観察・実験を計画する学習活動」とはいえないと筆者は考える。しかし、中学校における学習内容の多さや安全面から考えて、観察・実験の際に、常にそのような活動を取り入れることは難しいのが現状である。そこで、筆者は、授業外の場面で、生徒が自ら研究を行う機会を与えること推奨する。つまり、生徒が身近な自然事象から問題を見いだし、一から問題解決過程を自分で進めていきレポートにまとめるということである。例えば、このような活動を長期休業中の課題や単元後の課題として設定することで、学校の授業だけでは身に付けることが難しい一連の研究の流れを学習することができる。

その際、筆者は特に、「問題の見いだし」を重視することが大切であると考えられる。これは、中学校の段階では難しいことであると考えがちであるが、それまでに学習したことからも問題を見出すことができる。図4-8は、生徒のリライトシートの記述である。下線に示したように、ここには、生徒の疑問点が記

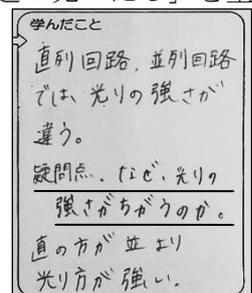


図4-8 生徒のリライトシートの記述

されている。まさに、この生徒は実験から学んだことを通して、新たな問題を見出している。したがって、11ページに示した科学的な思考・表現における評価基準から、A基準（十分満足できる）に到達することができたといえる。このように、リライトシートの記述に対して評価を行うことで、生徒の問題を見出す力が育成され、それが研究の基礎となっていくと考える。そして、授業では、生徒が行う観察・実験の機会をできる限り増やし、生徒が誤差の扱い方やスケッチの仕方など基本的な技能を身に付けることができるようにすることや、仮説を設定するなど自ら観察・実験を計画することができるようにすることも大切であると考えられる。

このように、理科の授業で学習することが、生徒が自ら問題解決を行うことへとつながっているのである。

⑤学習内容のつながりを意識する

9ページで述べたように、科学はよりよい理論が求められる。授業の場面における「よりよい」というのは、「学習をするその時点で」ということである。例えば、実践で行った物質の性質の単元において、スチールウールや鉄くぎをガスバーナーで加熱するという実験を行った。この結果を生徒は、スチールウールは「燃える」、鉄くぎは「燃えない」と分類した。この時点においては、鉄くぎを「燃えない」と分類することは間違いではない。それは、小学校での学習では、「燃えるとき、酸素を使って二酸化炭素を発生する」と学習しているからである。また、生活の中からも「燃える」ということは、炎を上げるということであるという概念をもっていることが少なくないからである。しかし、これが中学2年生になると、酸化について学習するため、鉄くぎを「燃えない」と分類すると、間違いとなる。つまり、1年生の段階では間違いではないことが、よりよい理論を学習する2年生では、間違いになるのである。これは、自然事象を説明する上で、どのような理論を基にしているかによって、説明の仕方が変わるということを示している。そのため、教師は、「今の時点で学習していることは何か」を意識して生徒が表現したものを評価することが大切である。そのためには、小学校から中学校へどのように学習内容がつながっているか、今指導している時点で、生徒はどのような知識や理論を獲得しているかを理解しておく必要がある。また、28ページで述べたように、中学校から高等学校へ学習内容がどの

ようにつながっているかも意識し、指導をすることも大切である。

以上の五つのことを意識して、理科の授業を改善していくことで、科学における基本的な知識や概念、理論から新しく妥当な知識を創出することができる生徒を育成していくことができると考える。そして、それが、これからの理科教育や科学技術の発展へとつながっていくと考える。

現在、地球規模で起こる様々な環境問題や自然災害など、科学の力だけでは立ち向かうことが難しい問題が多く起こっていることも事実である。このような問題に対しても、授業の中で思考力や判断力を育成することで、対策や改善策を導くことができるようになることを考える。科学の素晴らしさとともに、自然の恐ろしさや美しさを伝えていくことを忘れてはならない。

おわりに

理科における問題解決のプロセスは、自然事象だけでなく、他のあらゆる問題においても当てはめることができると筆者は考える。山鳥は「社会で生きてゆく、自然の中で生きてゆく、というのはその時その時、新しい発見、新しい仮説を必要とします。」⁽³⁰⁾と述べている。つまり、どのような問題であっても、解決するためには新しい仮説を設定し、新しい発見をしていく必要があるということである。このプロセスは、理科における問題解決のプロセスとその多くが類似していることがわかる。

そして、実践の中で生徒は、課題を解決していく過程で、自ら仮説を設定し、自らの考えを進化させ、新たな問題を見出していた。まさに、問題解決のプロセスを理科の授業の中で生徒自らが歩んでいたのである。更に、疑問に対して、誰に言われるでもなく、自ら調べ解決していた生徒がいた。このような生徒のもつ大きな可能性にふれることができたことを大変うれしく思う。

最後に、研究に当たって、研究協力員の先生をはじめ、京都市立加茂川中学校や京都市立朱雀中学校を支える素晴らしい教職員と生徒たちに、この場を借りて感謝の意を表したい。研究協力校の生徒たちが、今後出会うであろう数々の困難に立ち向かい、乗り越えていくことを切に願う。

(30) 山鳥重『『わかる』とはどういうことか—認識の脳科学』筑摩書房 2012.4 p.235