

【研究論文】

科学的に探究する能力を育てる教科指導の工夫
—自ら観察、実験の計画を立てさせる学習活動を通して—

《Original Article》

Innovative Ideas for Science Teaching to Nurture the Ability to Explore
Scientifically:

Through Learning Activities to Make a Plan of Observation and Experiment.

八川慎一

Shin-ichi HACHIKAWA

岡田大爾

Daiji OKADA

『広島国際大学 教職教室 教育論叢』

“*Hiroshima International University Journal of Educational Research*”

ISSN:1884-9482

第 11 号 抜刷

Off Print of the 11th Edition

広島国際大学 教職教室

Issued by Hiroshima International University Teacher Education Unit

2019 年 12 月

December, 2019

科学的に探究する能力を育てる教科指導の工夫

—自ら観察、実験の計画を立てさせる学習活動を通して—

廿日市市立 阿品台中学校 八川 慎一
広島国際大学 教職教室 岡田 大爾

要旨：平成 29 年改訂学習指導要領で科学的に探究するために必要な資質・能力の育成が強調され、普段の授業の中でその育成を促すとともに実施しやすい方法が求められている。文献研究から、見通しをもたせ探究する能力を育てるには、科学的に探究する活動の中で主体的に計画的に繰り返し見通しをもって観察、実験を行うことの重要性が認められた。さらに、科学的に探究する活動においては、自ら観察、実験の計画を立てさせ、振り返らせることが、有効であると判明した。そこで、科学的に探究する活動の中で、身近なものを活用して、疑問をもたせ、問題を把握させ、その問題を解決させるために自ら実験計画を立てて、実験を行わせ、実験結果から考察させ、結論を導出させる方法の教育効果を実践的に検証した。本研究は、中学校理科「身近な物理現象」において、特に実験計画を考えさせる場面で、各班の実験計画を提案させ、練り直しをさせることにより見通しをもたせた。この実験計画の提案・練り直しの経験を 3 回行うことにより、課題発見力、実験遂行能力、問題解決力の向上に有効であることが判明した。

1 研究の考え方

1.1 はじめに

中央教育審議会がまとめた「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等の改善及び必要な方策等について（答申）」（平成28年12月21日）には、学校段階ごとの育成を目指す資質・能力について、『知識・技能』、『思考力・判断力・表現力等』、『学びに向かう力・人間性等』の三つの柱に沿った整理を行った。その中で理科においては、『知識・技能』では、自然の事物・現象に対する概念や原理・法則の理解、科学的探究や問題解決に必要な観察・実験等の技能などが求められる。『思考力・判断力・表現力等』では、科学的な探究能力や問題解決能力などが求められる。『学びに向かう力・人間性等』では、主体的に探究しようとしたり、問題解決しようとする態度などが求められる。¹⁾と述べられている。

本答申を受けて作成された中学校学習指導要領解説理科編（平成 29 年 7 月、以下「平成 29 年改訂解説理科編」とする。）では、自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な

資質・能力の育成を目標としている。さらに、「単元など内容や時間のまとまりを見通して、その中で育む資質・能力の育成に向けて、生徒の主体的・対話的で深い学びの実現を図るようにすること。その際、理科の学習過程の特質を踏まえ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどの科学的に探究する学習活動の充実を図ること。」²⁾と述べられている。

一方、平成24年度に実施された全国学力・学習状況調査報告書（理科）では、「仮説を検証するための観察・実験を計画することに課題がある。」と述べ、学習指導に当たってのポイントとして、『科学的に探究する学習活動においては、生徒が自ら課題を見だし、目的意識をもって観察・実験を行う活動を設定することが大切である。（中略）目的意識をもって観察・実験を行い、課題を解決していくには、予想を立てて観察・実験を計画し、観察・実験を行い、振り返り、表現する場面を充実することが大切である。観察・実験の方法を計画する際には、ワークシートへの記述などで言語化させたり、予想を話し合わせたりするなど、生徒が柔軟な発想で計画することができる場面を設定することが考えられる。実験を行う際には、教師が実験の要因や条件を全て与えてしまうのではなく、段階を経て、生徒に計画させる学習活動を取り入れることが大切である。生徒に実験における要因を挙げさせて独立変数（変化させる要因）を意識させ、従属変数（変化させる要因に伴って変わる事象）を予想させる場面を設定させることが考えられる。これにより、実験を計画することを体験的に身につけることができると考えられる。』³⁾と述べられている。

対象中学校の生徒は、「不思議だな」、「なぜだろう?」と思ったことについて、調べる実験方法を考えることができます。」について、「あてはまる」と「どちらかといえば、あてはまる」と回答した生徒の合計は、64%であるが、「あてはまる」のみでは4%で課題が見られた。

そこで本研究では、以上のような背景と対象中学校の課題により、自ら観察、実験する計画を立てさせる学習活動を繰り返し行うことを通して、見通しをもたせ科学的に探究する能力を育てることを目的とする。

2 科学的に探究する能力を育てるとは

ここでは、理科を通して科学的に探究する能力を育てることに焦点をあてて考える。

2.1 科学的に探究する能力とは

平成29年改訂の小学校学習指導要領解説理科編に、「科学が、それ以外の文化と区別される基本的な条件としては、実証性、再現性、客観性などが考えられる。実証性とは、考えられた仮説が観察、実験などによって検討することができるという条件である。再現性とは、仮説を観察、実験などを通して実証するとき、人や時間や場所を変えて複数回行って同一の実験条件下では、同一の結果が得られるという条件である。客観性とは、実証性や再現性という条件を満足することにより、多くの人々によって承認され、公認されるという条件である。『科学的』ということは、これらの条件を検討する手続きを重視するという側面から捉えることができる。」⁴⁾と述べられている。

また、「探究する能力」について、貫井・平野（1998）は、「探究能力は、探究学習が育てようとしている能力であり、自然の事物、現象を探究する過程において使われる能力で、いわば探究の過程に密着した能力である。探究の過程において使われる方法や考え方を、探究の技法またはプロセス・スキルといわれている。したがって、探究の能力とは、探究の技法を身につけ、それらを十分に駆使できる能力と言い換えることができる。」⁵⁾と述べている。さらに、貫井・平野（1998）は、「現在では、探究という用語は探究学習とはかかわりなく広く使われ、『問題解決』に近いニュアンスをもっている。また1989（平成元）年改訂の学習指導要領では『問題解決能力』の育成を述べている。そのことから、探究能力と問題解決能力とはかなり同じような意味でとらえられている。」⁶⁾と述べている。

これらのことから、科学的に探究する能力とは、実証性、再現性、客観性の条件を重視し、探究の技法を身につけ、それらを十分に駆使して問題を解決する能力であるといえる。

2.2 科学的に探究する能力を育てるとは

平成20年改訂の中学校学習指導要領解説理科編（以下「平成20年改訂解説理科編」とする。）に、「科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるためには、問題の発見、実験の計画と実施、器具などの操作、記録、データの処理、モデルの形成、規則性の発見など、科学的に探究する活動を行うことが必要である。」⁷⁾と述べられている。

ここで、科学的に探究する活動を本研究では、一般に述べられている「問題の把握→情報の収集・整理→仮説の設定→仮説検証のための観察、実験→結論の導出」とする。

「平成29年改訂解説理科編」の教科の目標に、「自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。（1）自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。（2）観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。（3）自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。」⁸⁾と述べられている。また、「自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力については、相互に関連し合うものであり、目標（1）から（3）は育成する順を示したものではないことに留意することが必要である。」⁹⁾と述べられている。

また、「平成29年改訂解説理科編」の改訂に当たっての基本的な考え方に、「理科で育成を目指す資質・能力を育成する観点から、自然の事物・現象に進んで関わり、見通しをもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈するなどの科学的に探究する学習を充実した。また、理科を学ぶことの意義や有用性の実感及び理科への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視した。」¹⁰⁾と述べられている。

さらに、「平成29年改訂解説理科編」には、「科学的に探究する力を育成するに当たっては、自然の事物・現象の中に問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行い、得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である。」¹¹⁾と述べられている。

以上のことから、科学的に探究する能力は、生徒が具体的な自然の事物・現象の中に問題を見だし、その問題を解決するという科学的に探究する活動を通して身に付けていくものであるといえる。その科学的に探究する活動において、見通しをもって観察、実験を行い、その結果を分析して解釈し、問題を解決するといった経験を系統的・計画的にさせることが重要であるといえる。

2.3 科学的に探究する活動における指導について

(1) 科学的に探究する活動

①問題の把握の段階

江田(2000)は、「自然を探究するためには、自然への関心、探究心と観察力、問題解決の意欲と実践的な問題解決能力等が必要である。なかでも自然への関心こそ理科学習の一番の基礎である。それは自然に接することから生まれる。」¹²⁾と述べている。また、江田(2000)は、「単元の始めや観察、実験に先立ち、学習に対する内発的な動機をもたせることがその後の学習を意味のあるものとする。野外の自然に触れさせる、演示実験をする、問題の所在を明らかにするための調査をさせるなどして目的意識を喚起することが大切である。」¹³⁾と述べている。さらに、真野(1995)は、「子どもたちが、自然の事象との出合いの場の中で疑問をもち、問題を発見し、問題をとらえるためには、日常生活の中で起きる自然の事象で、子どもたちがもっている先行経験や知識をあてはめて考えても納得できない矛盾やずれを感じさせる場を作ることである。」¹⁴⁾と述べている。

これらのことより、問題の把握の段階において、まず、内発的な動機をもたせるために、自然の事物・現象に関心をもたせることが大切である。さらに、自然の事物・現象において、生徒の先行経験や知識をあてはめて考えても納得できない矛盾やずれを感じさせる場を仕組むことが必要であるといえる。

②仮説の設定の段階

次に、問題の把握、情報の収集・整理、仮説の設定の段階において、江田(2000)は、「探究的な活動を進めるためには、自ら問題を発見したり、仮説を設定したり、自らの計画に基づいて、観察、実験の方法を工夫したりすることが重要であるが、何の手がかりもないところで生徒に問題を見いださせることは難しく、単なる思いつきに終始してしまったり、実験計画が実施不可能なものであったりする場合も多い。学習の意味や目的を明確にして、学習内容に興味・関心をもたせ、その内容と関連した問題や予想、仮説を出させたり、実験が可能なものとなるよう条件を考えさせたりすることが大切である。」¹⁵⁾と述べている。

つまり、問題を把握し、収集した情報から仮説や実験方法を考えさせる場面では、学習の意味や目的を明確にし、学習内容に興味・関心をもたせることが大切であるといえる。さらに、実験方法を考える場面で、予想や仮説を出させたり、見通しをもった観察、実験が可能になるような計画を立てさせたりする指導が必要であるといえる。

そして、仮説検証のための実験の段階後も、見通しをもたせ続け、観察、実験の結果から結論までを記述させる指導をしなければならない。このことについて、国立教育政策研究所『特定の課題に関する調査(理科)調査結果(小学校・中学校)』(平成19年)によると、「理科の勉強で、観察や

実験の結果をもとにして、考察したり、結論を出そうとしたりしていますか。」に対して肯定的に解答した中学2年生は5割程度であり、「理科の勉強で実験の結果が予想と異なったとき、その原因を調べようとしていますか。」に対して肯定的に解答した生徒は、中学2年で約5割であったと示されている。これは、観察、実験に見通しをもたせ続け、結論までを記述させる指導が不十分であったためと考える。

同調査結果には、生徒自身に考察の見直しや練り直しをさせる指導について、「観察、実験の結果や提示されたデータを観察、実験のねらいと対比させて考察させるとともに、結論が結果から正しく導かれているかどうかを確かめさせるなど、生徒自身に考察の見直しや練り直しをさせる指導の工夫が大切である。そのため、事象に関係すると思われる要素、要因について多くの生徒が多様な考えを出し合う場面を設定して、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。その際、科学的な記述に関する技能の習得を促すなどの指導の工夫が考えられる。」¹⁶⁾と述べられている。

③結論の導出の段階

結論の導出の段階においては、見通しをもたせ続ける中で、生徒自身に判断の根拠を明らかにして科学的に記述して考察の見直しや練り直しをさせる。さらに、その生徒の多様な考えを出し合う場面を設定して、論理的に考察することができているか確かめさせることが重要であることが分かる。

これらのことから、観察、実験を伴った科学的に探究する活動においては、見通しをもった観察、実験が学習の中心となることが分かる。以上のことについて整理すると、図1のように表される。

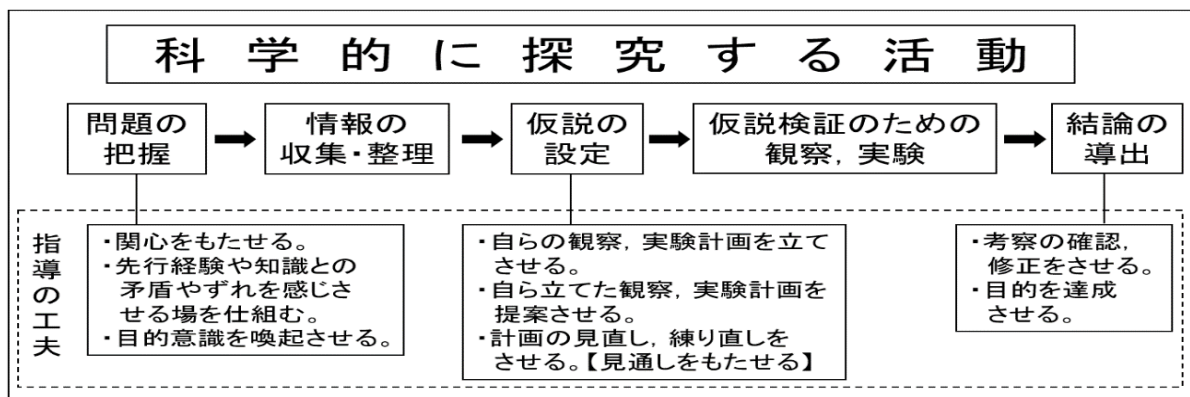


図1 科学的に探究する活動の指導の工夫

(2) 見通しをもった観察、実験について

「平成20年改訂解説理科編」において、理科の目標にある「目的意識をもって観察、実験などを行い」の目的意識をもつことに関しては、『目的意識をもって観察、実験などを行うこと』は、観察、実験を行う際、生徒自身が観察や実験を何のために行うか、観察や実験ではどのような結果が予想されるかを考えさせるなど、観察や実験を探究的に進める上で大切である。さらに、広く理科の学習全般においても、生徒が目的意識をもって学習を進め、学習の結果、何が獲得され、何が分かるようになったかをはっきりさせ、一連の学習を自分のものとするようにすること

が重要である。このようなことから、『目的意識をもって』ということ強調している。」¹⁷⁾と述べられている。

また、「平成29年改訂解説理科編」において、理科の目標にある「見通しをもって観察、実験を行うこと」に関しては、「観察、実験を行う際、生徒に観察、実験を何のために行うか、観察、実験ではどのような結果が予想されるかを考えさせることなどであり、観察、実験を進める上で大切である。さらに、広く理科の学習全般においても、生徒が見通しをもって学習を進め、学習の結果、何が獲得され、何が分かるようになったかをはっきりさせ、一連の学習を自分のものとすることができるようにすることが重要である。このようなことから『見通しをもって』ということ強調している。従前の『目的意識をもって』に比べ、より幅広く様々な場面で活用することを想定した表現となっている。」¹⁸⁾と述べられている。

これらのことから、目的意識はもとより、見通しをもった観察、実験を主体的に行えば、見いだした問題を解決していく一連の科学的に探究する活動が可能になるといえる。

小林(2017)は、「実験における見通しとは、『この条件を変化させると、結果はこのようになるだろう』という考えである。子供がこのように考えることができたときに、見通しをもって実験に取り組めるようになる。」¹⁹⁾と述べている。さらに、この見通しをもたせることについて、小林(2002)は、「見通しをもたせるためには、仮説の設定や予想をはじめ、観察・実験の計画立案に際して、自分の考えを提案できるようにし、自分の観察・実験だという実感をもたせることが必要である。」²⁰⁾と述べている。

これらのことから、仮説の設定の段階で、仮説や予想をはじめ、観察、実験の計画を生徒自身が立て、自ら考えを提案できるようになれば、自分の考えで問題を解決しているという実感を持ち、見通しをもった観察、実験を行うことができるといえる。

(3) 生徒自ら観察、実験の計画立案をするために

井藤芳喜(1986)は、生徒自身が観察、実験の計画を立てるときに、「仮説の設定やこの後の検証方法等はできる限りグループ学習によって討議させ、更にその結果を学級全体で討議させるようにすることが望ましい。」²¹⁾と述べている。

このことから、観察、実験の計画を立てるとき、グループによる討議を行い、全体でも提案、討議していくことにより、問題の解決に向けて、個人一人一人の力の合計よりも大きな力を発揮することができるといえる。

3 研究の仮説と検証の視点

3.1 研究の仮説

中学校第1学年「身近な物理現象」において、科学的に探究する活動の中で、生徒が見通しをもった観察、実験となるように自らの観察、実験計画を立てさせれば、科学的に探究する能力を育てることができるであろう。

3.2 検証の視点とその方法

検証の視点と検証方法を表1に示す。

表1 検証の視点と方法

検証の視点	検証の方法
(1) 自ら問題を発見することができたか。	ワークシート 行動観察 事前調査 事後調査
(2) 自ら計画を立て、計画に基づいて観察、実験を行うことができたか。	ワークシート 行動観察
(3) 問題を解決することができたか。	ワークシート 行動観察 事前調査 事後調査

4 検証授業について

4.1 授業の構想

身近な物理現象の単元における光に関する小単元のねらいは、日常生活と関連した身近な事象に関する実験を行い、光の性質について規則性を見だし、理解させることである。

まず、科学的に探究する活動の中で、身近なものを活用して、疑問をもたせ、問題を把握させる。そして、その問題を解決させるために自ら実験計画を立てさせる。各班で考えた実験方法を提案させ、練り直しをさせ、実験をさせる。実験結果から考察させ、各班に考察の発表をさせる。見直しをさせて、結論の導出をさせる。この科学的に探究する活動を3回行うことにより、光の性質を理解させ、科学的に探究する能力を育てることをねらいとした。

3回行う科学的に探究する活動を示すと、科学的に探究する活動①は、「光の進み方を調べる」、科学的に探究する活動②は、「光の反射の規則性を調べる」、科学的に探究する活動③は、「光の屈折・全反射の規則性を調べる」である。

4.2 指導の工夫

○ 見通しをもった実験

科学的に探究する活動の問題把握の場面で、身近なペンライトや鏡、ガラス、水槽等を用いて、光の現象に関心をもたせ、問題を見いださせる。そして、仮説の設定の場面で、自分で考えた実験方法を班内及び全体で提案させ、練り直しをさせる。(対話的な学び)

4.3 検証授業の実際

(1) 単元 「身近な物理現象」(光)

(2) 対象 対象中学校 第1学年1・2組54名

(3) 指導目標

- 光の性質の中で、光の直進性、反射の法則、屈折・全反射の規則性を理解させる。
- 科学的に探究する活動を3回展開することにより、科学的に探究する能力を育てる。

(4) 指導計画

(◎…指導過程、○…学習活動)

次	時間	探究の過程	指導過程・学習活動	指導上の留意点
第一次	第一時	問題の把握 情報の収集・整理 仮説の設定 仮説検証のための実験	[科学的に探究する活動①:光の進み方を調べる。] ◎演示実験 光源の部分と照らされている部分は明るく見えることを確認する。 ライトから出た光は、どのように進むのだろうか。 ◎光源から出る光の進み方を調べさせる。 ○予想して実験方法を考える。 ○実験方法を提案し、練り直しをする。 実験計画を立てる場面 ○実験を行う。 ○実験結果を記録する。	・教室を暗幕で暗くし、光源から出る光の進み方について関心をもたせる。 ・個人の実験方法を班内で提案し、討議により、各自のよい点を取り入れた実験方法を考えさせる。 ・他班の実験方法の発表に学び、自分たちの実験方法を確認し、練り直しが必要な場合は練り直しをさせる。
			結論の導出 ○実験結果から考察する。 ○班ごとに、実験結果から考察を発表する。 ◎実験(光の進み方)のまとめをする。 ○自己評価をする。	・他班の発表により、自分の考察を確認・修正させる。
第二次	第二時	問題の把握 情報の収集・整理 仮説の設定	[科学的に探究する活動②:光の反射の規則性を調べる。] ◎演示実験 レーザー光源装置を使い、教室の壁に貼った鏡に光を当て、反射させる。 鏡に当たった光は、どのようにはね返るのだろうか。 ◎光が鏡ではね返るときの規則性を調べさせる。 ○予想して実験方法を考える。 ○実験方法を提案し、練り直しをする。 実験計画を立てる場面	・鏡に光を当て、光のはね返り方に関心をもたせる。 ・個人の実験方法を班内で提案し、討議により、各自のよい点を取り入れた実験方法を考えさせる。 ・他班の実験方法の発表に学び、自分たちの実験方法を確認し、練り直しが必要な場合は練り直しをさせる。
			仮説検証のための実験 結論の導出 ○実験を行う。 ○実験結果を記録し、実験結果から考察する。 ○班ごとに、実験結果から考察を発表する。 ◎実験(光の反射)のまとめをする。 ○自己評価をする。	・他班の発表により、自分の考察を確認・修正させる。
第四次	第四時	応用	ものが見えるのはどうしてだろうか、光があるときとないときで比べてみよう。 ◎調べる方法を説明する。 ○ものが見えるわけについて調べる。 ○調べた結果を発表する。 ◎ものが見えるわけをまとめる。	・光がないものを見ることができない。光があることでものが見えることを、この活動で気付かせる。
			鏡にものが映って見えるのはどうしてだろうか、これまで学習したことを活用して調べてみよう。 ◎鏡に映る像の見え方を調べさせる。 ○鏡にものが映って見えるわけについて調べる。 ○調べた結果を発表する。 ◎鏡にものが映って見えるわけをまとめる。 ○自己評価をする。	・鏡にものが映って見えるわけについて、探究②の授業で学んだことを活用して調べさせる。

第三次	第五時	問題の把握 情報の収集・ 整理	[科学的に探究する活動③：光の屈折・全反射の規則性を調べる。] 光が水やガラスの中に入るときや、逆に水やガラスの中から出るとき、光はどのように進むだろうか。	・先行経験や知識との矛盾やずれを感じさせる。
		仮説の設定	◎次の①、②の場合の光の規則性を調べさせる。 ①空気中から水中やガラス中へ進む光 ②水やガラス中から空気中へ進む光 ○予想して実験方法を考える。 ○実験方法を提案し、練り直しをする。	・使用できる実験器具を、あらかじめ提示しておく。 ・個人の実験方法を班内で提案し、討議により、各自のよい点を取り入れた実験方法を考えさせる。 ・他班の実験方法の発表に学び、自分たちの実験方法を確認し、練り直しが必要な場合は練り直しをさせる。
	第六時	仮説検証のための実験 結論の導出	○実験を行う。 ○実験結果を記録し、実験結果から考察する。 ○班ごとに、実験結果から考察を発表する。	・他班の発表により、自分の考察を確認・修正させる。
	第七時	応用	◎実験(光の屈折、全反射)のまとめをする。 ○自己評価をする。	これまでの学習したことを活用して、水槽の中のキンギョと湯飲みの中の10円玉の見え方を調べてみよう。 ◎①水槽の中のキンギョの見え方を調べさせる。 ②湯飲みの底に10円玉を置いて、水を注ぎ、10円玉の見え方の変化を調べさせる。 ◎①と②の実験結果から考察し、発表する。 ◎光の反射・屈折・全反射のまとめをする。 ○自己評価をする。

5 検証授業の分析と考察

科学的に探究する活動①～③の授業において、検証の視点(1)～(3)について、生徒のワークシート記述、事前調査、プレテスト、事後調査、ポストテスト、行動観察等により分析を行った。

5.1 検証の視点について

(1) 自ら問題を発見することができたか。

それぞれの科学的に探究する活動において、見いだした問題についての予想をワークシートに記述させた。その記述について、A(具体的に予想を記述している)、B(予想を記述している)、C(予想を記述していない)の三段階の判断基準を設け、分析した。その分析結果を図2に示す。

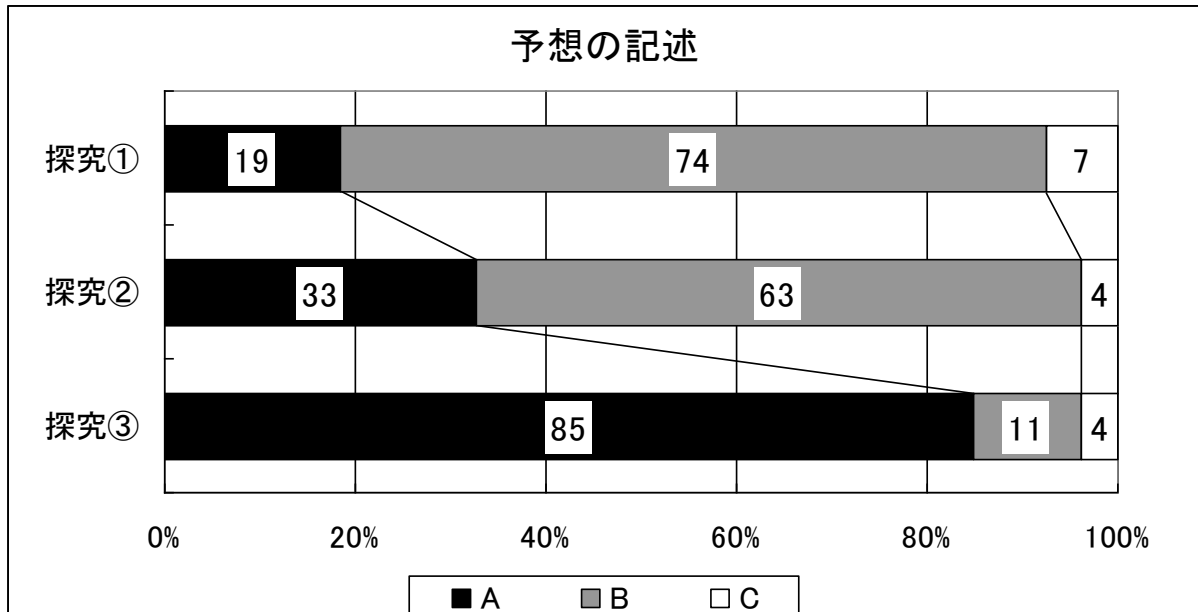


図2 「予想の記述」に関する分析結果

図3より、判断基準がAの生徒は、科学的に探究する活動①から③において、科学的に探究する活動の授業ごとに増加したことが分かる。科学的に探究する活動の授業の後に、新たに疑問をもち、調べたい問題を発見した記述も43%の生徒が書いており、新たな問題を発見する生徒も増えた。

科学的に探究する活動①において判断基準がAの生徒は、簡単な図または、文章で光の進み方を示していたが、科学的に探究する活動③において判断基準がAの生徒は、科学的に探究する活動①のときよりも問題を把握し、図と文章で光の進み方を具体的に予想するなど、質的な高まりがあった。

ここで、科学的に探究する活動①では判断基準がCであった生徒Eについて述べる。生徒Eは、科学的に探究する活動①において予想をほとんど記述できていなかった。自ら実験方法も考えることができていなかった。班で決定した実験方法で検証を行う際、絵の具で少し濁らせた水の中を直進する光の道筋を確認し、生徒Eは、「あっ、光が見える。まっすぐ進んでいる。」と気が付いた。そのとき、問題を解決することのおもしろさを感じ、その後、図3に示したとおり、科学的に探究する活動②の予想は具体的な記述となり、科学的に探究する活動③においては、予想を図で記述したものとなった。さらに、実験で自分の考えたものと逆に曲がっていたことに興味をもち、曲がり方を何度も実験していた。このことから、自分の考えで予想した場合、異なった結果となったとき、自分の考えとのずれを実感し、その理由を確かめようとする意欲につながるということが分かった。

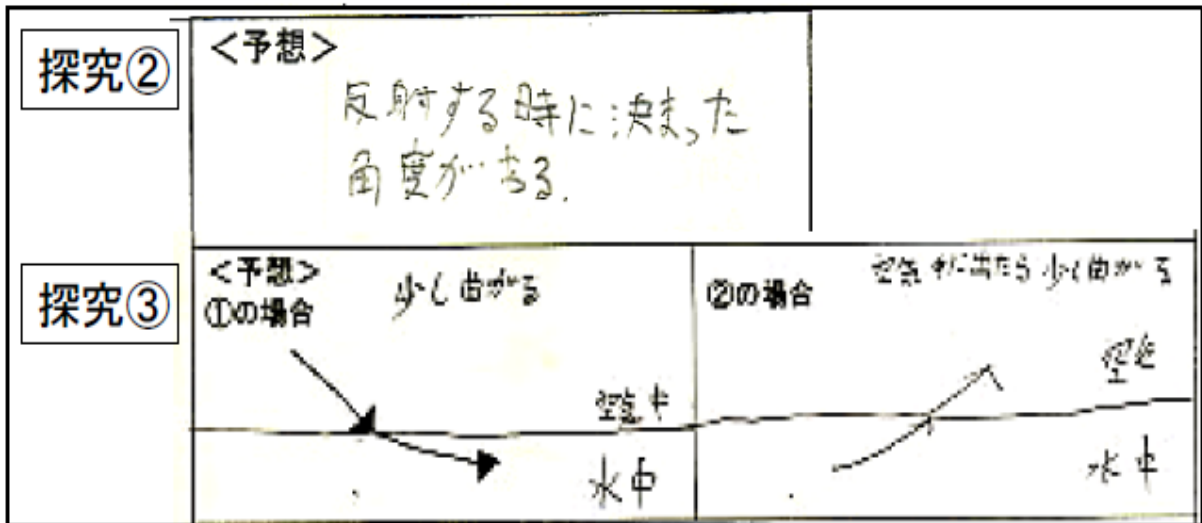


図3 生徒Eの探究②、探究③のワークシートの記述

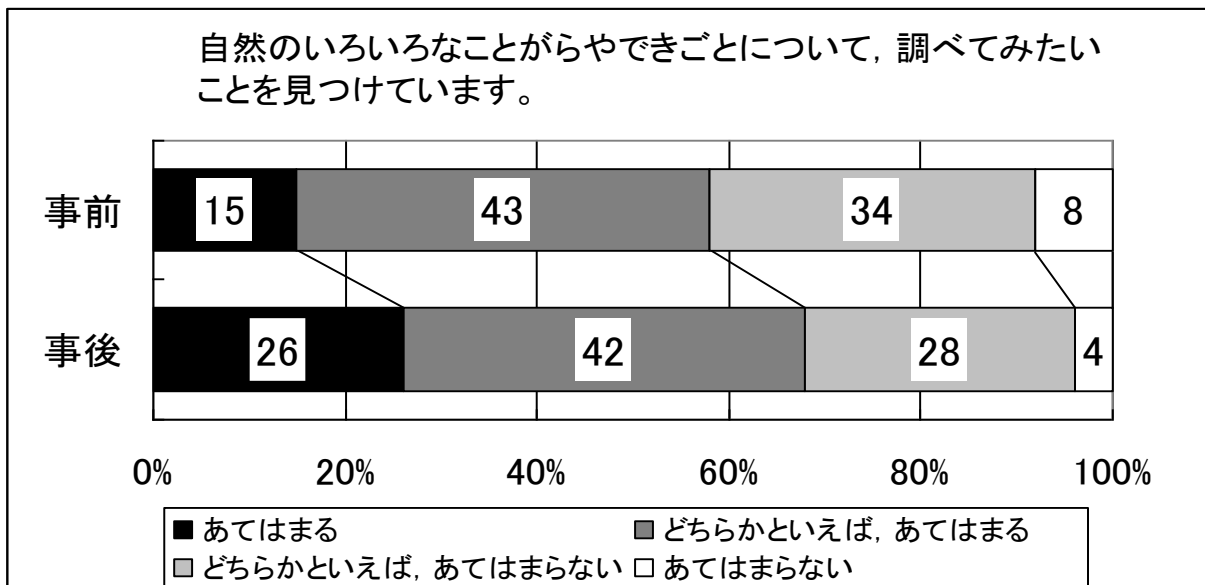


図4 「自ら問題を発見すること」に関する調査結果

次に、自ら問題を発見することに関する調査結果を図4に示す。図4より、肯定的な回答は、事前58%から事後68%に増加し、自然の中から問題を発見することに関して生徒の意識が高まったことも分かる。

以上のことから、自ら問題を発見することができるようになったといえる。

(2) 自ら計画を立て、計画に基づいて観察、実験を行うことができたか。

本検証授業では、この検証の視点に関して、科学的に探究する活動の授業において、見いだした問題を解決するための実験方法を考えさせ、それに基づいて実験を行わせた。ワークシートの実験方法の記述に関して、A（自ら問題を解決できる実験方法を考え、具体的に記述している）、B（自ら問題を解決できる実験方法を考え、記述している）、C（自ら問題を解決できる実験方法を記述していない）の三段階の判断基準を設け、分析した。その分析結果を図6に示す。

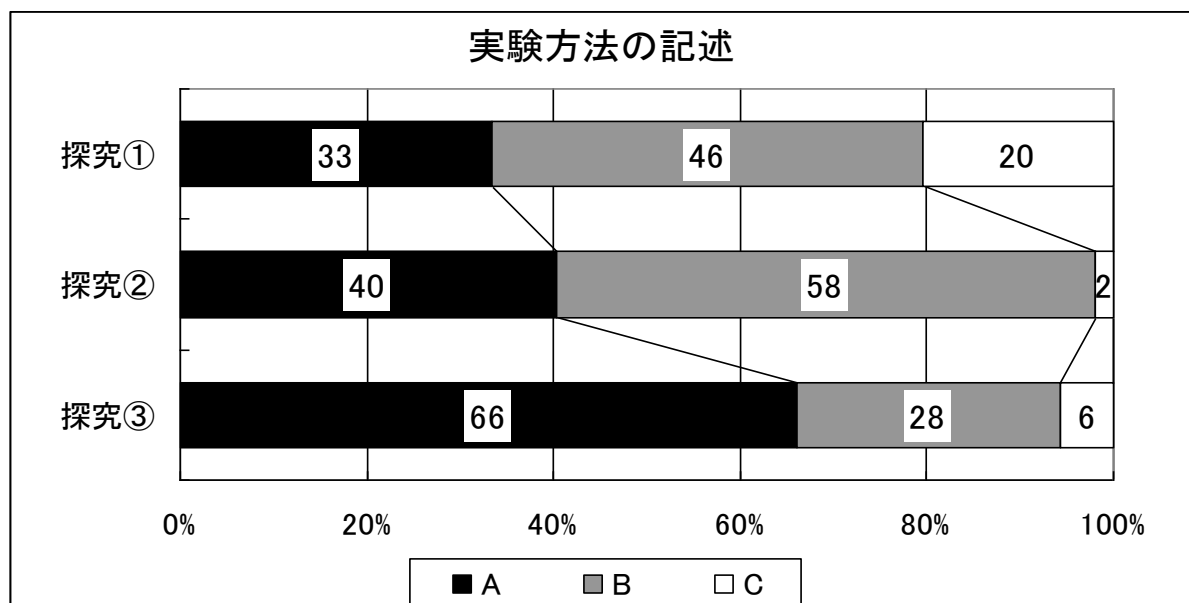


図6 「実験方法の記述」に関する分析結果

図6より、科学的に探究する活動を繰り返す中で、判断基準がAの生徒は増加している。しかし、科学的に探究する活動②から③において、判断基準がCの生徒は6%（3名）に増えた。その1名である生徒Fについて述べる。この生徒Fは、科学的に探究する活動①と②において、実験方法を記述していたが、具体的な説明になっていなかった。しかし、生徒Fの科学的に探究する活動①の感想には、「最初は実験方法を全然考えることができなかつたけど、後で実験方法を考えることができたのでよかった。」とあるように自ら考える意欲はもっていた。その後の科学的に探究する活動②においても、実験方法の記述は十分ではなかった。科学的に探究する活動③においては、ワークシートに、実験手順の書く枠と準備物を記述したところで終わっていた。その後、生徒Fは、班内で考えた実験を協力して行い、実験結果を記述し、班の中では他の生徒の意見を参考にしてまとめるにとどまっていた。この生徒にとっては、実験の難易度が高くなっていたので、スモールステップで段階的に実験方法を考えさせるなどの指導の必要性が考えられる。

また、科学的に探究する活動①では判断基準がCであった生徒が科学的に探究する活動③では判断基準がAになった生徒Gについて述べる。この生徒Gは、科学的に探究する活動①では実験方法を記述できていなく、他の生徒の実験方法を練り直しのときに記述していた。その生徒Gの感想で

は、「実験方法を考えることがはじめはできなかつたけど、練り直しの時に班の人の意見を聞いたり、他の班の実験方法を聞いたりして実験方法を考えるポイントが少しずつ分かってきた。最後は何のためにこの実験をするのかを考えて実験方法を考えることができるようになったのでよかった。」とあるように、班内での練り直しなどの対話を通してできるようになってきたと考えられる。

このことと関連して、自ら問題を発見することに関する調査結果を図4に示す。このことについて、事前調査では、「あてはまる」と「どちらかといえば、あてはまる」と回答した生徒の合計は、64%であるが、「あてはまる」のみでは4%で課題が見られたが、事後には肯定的回答の合計が87%、「あてはまる」と回答した生徒が32%に向上した。

これらのことから、班内で実験方法を練り直し、他の班の実験方法も聞く中で、実験方法を考えることができるようになったと言える。

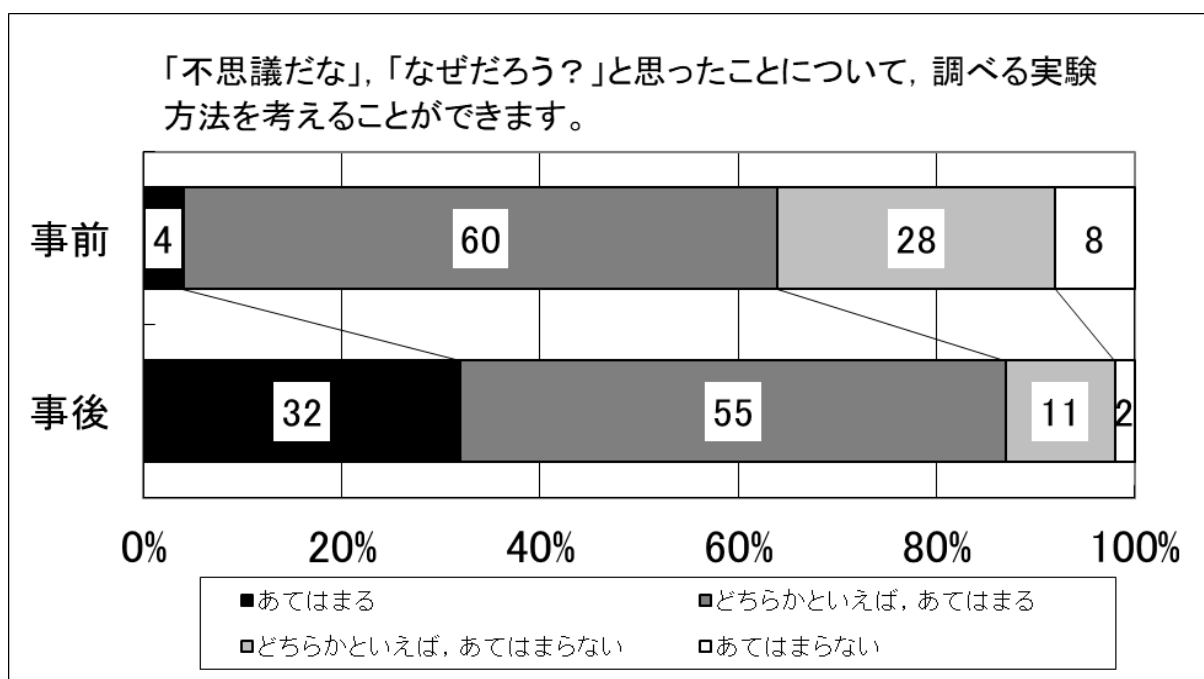


図5 「実験方法を考えること」に関する調査結果

さらに、計画に基づいて実験を行うことができたかについて、ワークシートの実験結果の記述内容を分析し、A（自ら実験計画を立て、計画に基づいて実験を行い、結果を記述している）、B（自ら実験計画を立てていないが、班の計画に基づいて実験を行い、結果を記述している）、C（実験計画を立てていなく、班の計画に基づいた実験を行ったが、結果を記述することができていない）の三段階の判断基準を設け、分析した。その分析結果を図7に示す。

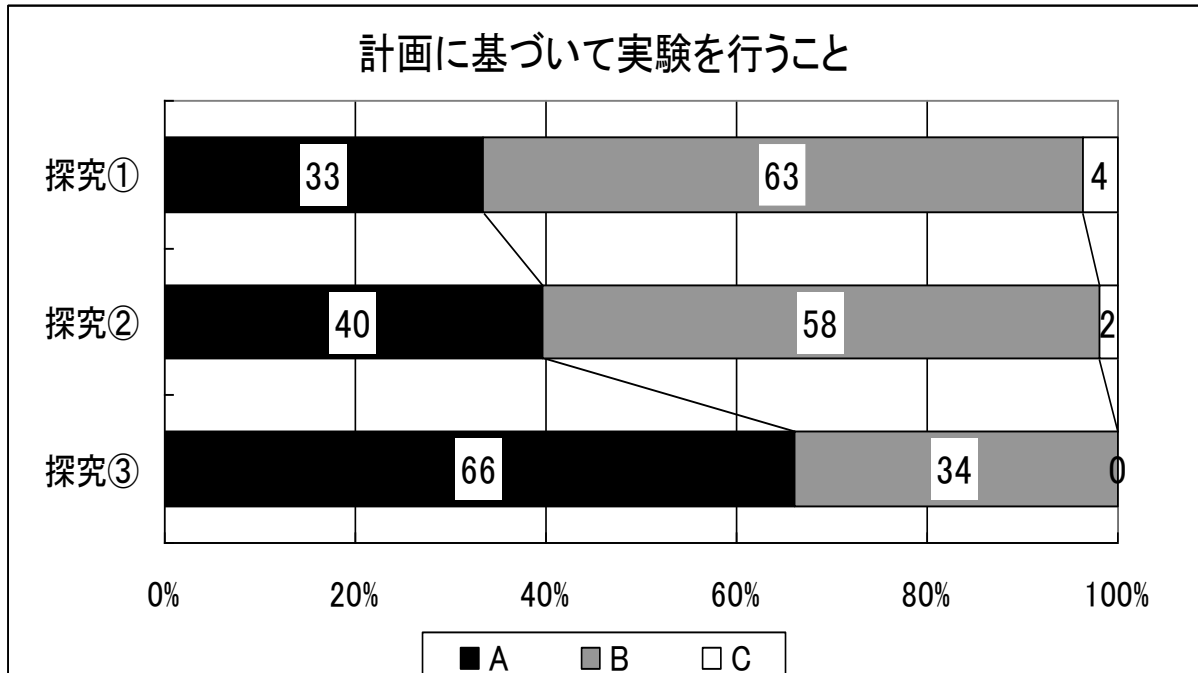


図7 「計画に基づいて実験を行うこと」に関する分析結果

図7より、実験方法を考えることができていなかった生徒も班内で考えた実験を行い、ほとんどの生徒が実験結果を記述していることが分かる。

科学的に探究する活動①から③において、判断基準がBからAに変容した生徒Gについて述べる。生徒Gは、科学的に探究する活動①において班で練り直した実験方法を記述し、実験を行っていた。このときは、実験結果を簡単に記述して、目的意識はもっていなかったといえる。しかし、科学的に探究する活動②の実験方法を記述するときには、図8に示すように、鏡とライトを使い、実験で調べる視点とペンライトの光を細くする工夫を記述していた。さらに、6通りの角度を調べる実験方法まで記述していた。その後、実験の結果を表にまとめ、反射の法則を見付けていた。生徒Gは、「自分たちで考えた実験がうまく行ってよかった。」と感想を記述していた。これは、生徒Gが科学的に探究する活動①の反省を踏まえ、自ら実験方法を考えることで、目的意識をもった実験を行ったからだといえる。

科学的に探究する活動③においても、水槽を使い、光の屈折の規則性を見だし、調べる目的やまとを得た実験結果のまとめを行っていた。

これらのことから、実験の目的を理解したり、見通しをもったりしたことで、自分たちの考えた実験を行うことができたといえる。図7の科学的に探究する活動③において、判断基準がAであった66%の多くの生徒は、目的意識をもち見通しをもって計画に基づいて実験を行うことができたといえる。

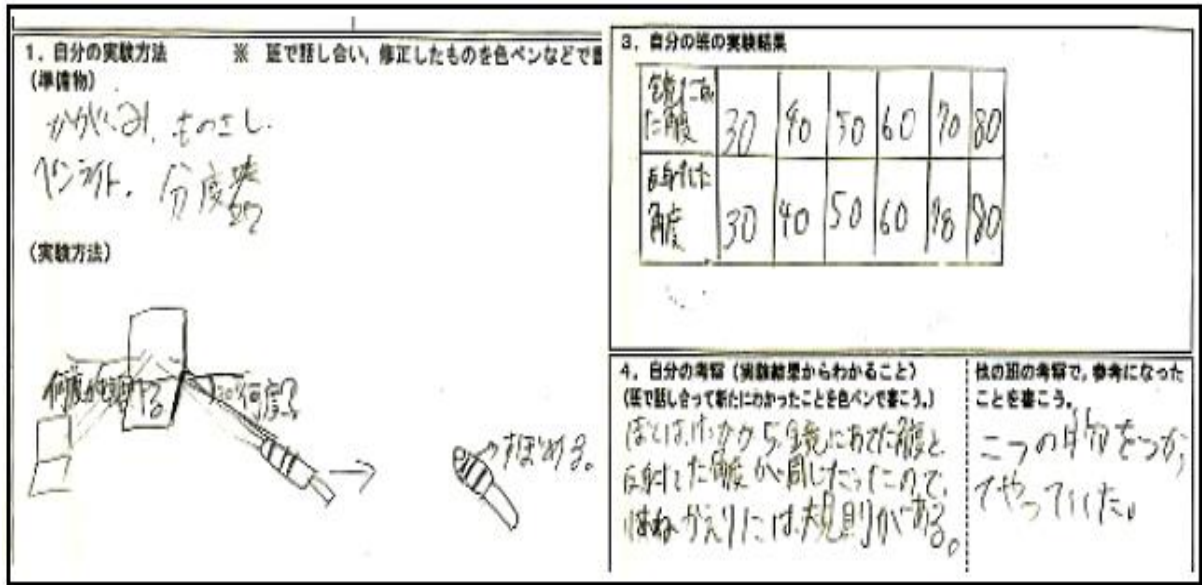


図8 生徒Gの探究②のワークシートの記述

以上のことから、計画に基づいて観察、実験を行うことはできるようになったといえる。

(3) 問題を解決することができたか。

一連の科学的に探究する活動におけるワークシートの記述を分析し、A（一連の科学的に探究する活動を詳しく書き、結論を導いている）、B（一連の科学的に探究する活動を書き、結論を導いている）、C（科学的に探究する活動が不十分であり、結論を導いていない）の三段階の判断基準を設け、分析した。その分析結果を図9に示す。

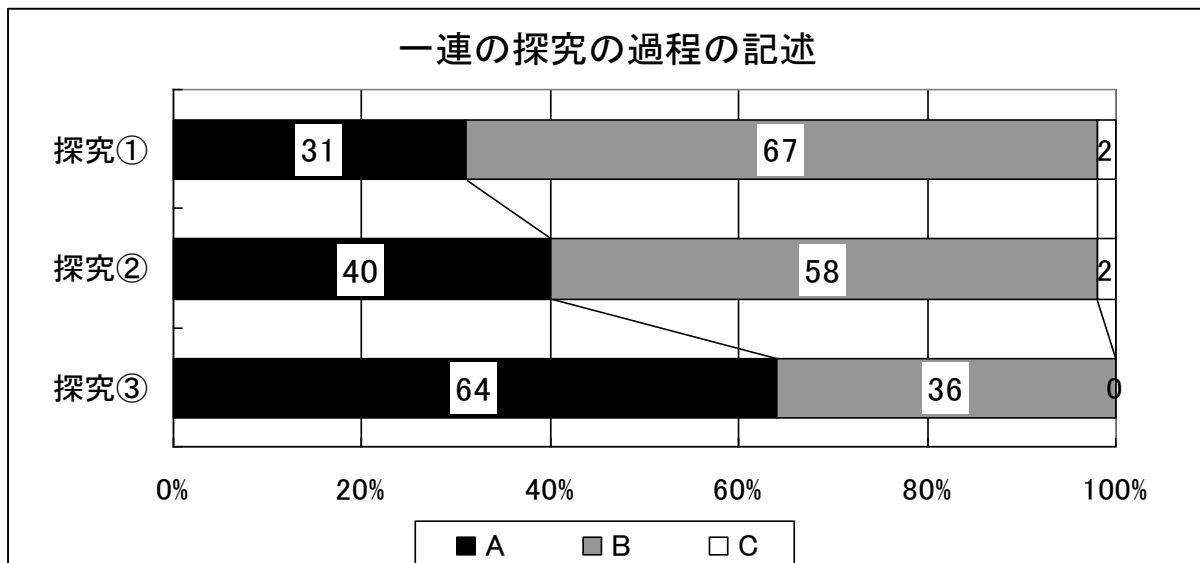


図9 「一連の探究の過程の記述」に関する分析結果

図9から、一連の科学的に探究する活動を記述し、結論を導いている生徒の割合は、科学的に探究する活動①、②において98%、科学的に探究する活動③においては100%という高い値を示した。

次に、科学的に探究する活動①から③において、判断基準がCからAに変容した生徒Hについて述べる。生徒Hは、科学的に探究する活動①において自分だけでは実験方法を記述できていなかったが、班で考えた実験を協力して行い、問題を解決した。生徒Hは、このときの感想に他の班の実験方法が参考になったことを記述していたことから、他の班の提案を聞く中で、いろいろな実験方法があることにとても関心をもっていったと考えられる。科学的に探究する活動②において生徒Hは、図10に示すとおり、図を用い、文章で詳しく記述した実験方法に基づいて班で実験を行った。そのとき、生徒Hは班の中心となって、問題を解決し、判断基準がAの記述に変容した。科学的に探究する活動③においても同様に、自分で考えた実験方法を基に主体的に見通しをもって実験を行い、問題を解決することができた。

このように、生徒は自ら実験方法を繰り返し考えて実験計画を立て、班で考えた実験を行う中で意欲が高まり、いろいろな実験方法に関心を持ち、見通しをもってそれを自ら考えることができるようになったといえる。

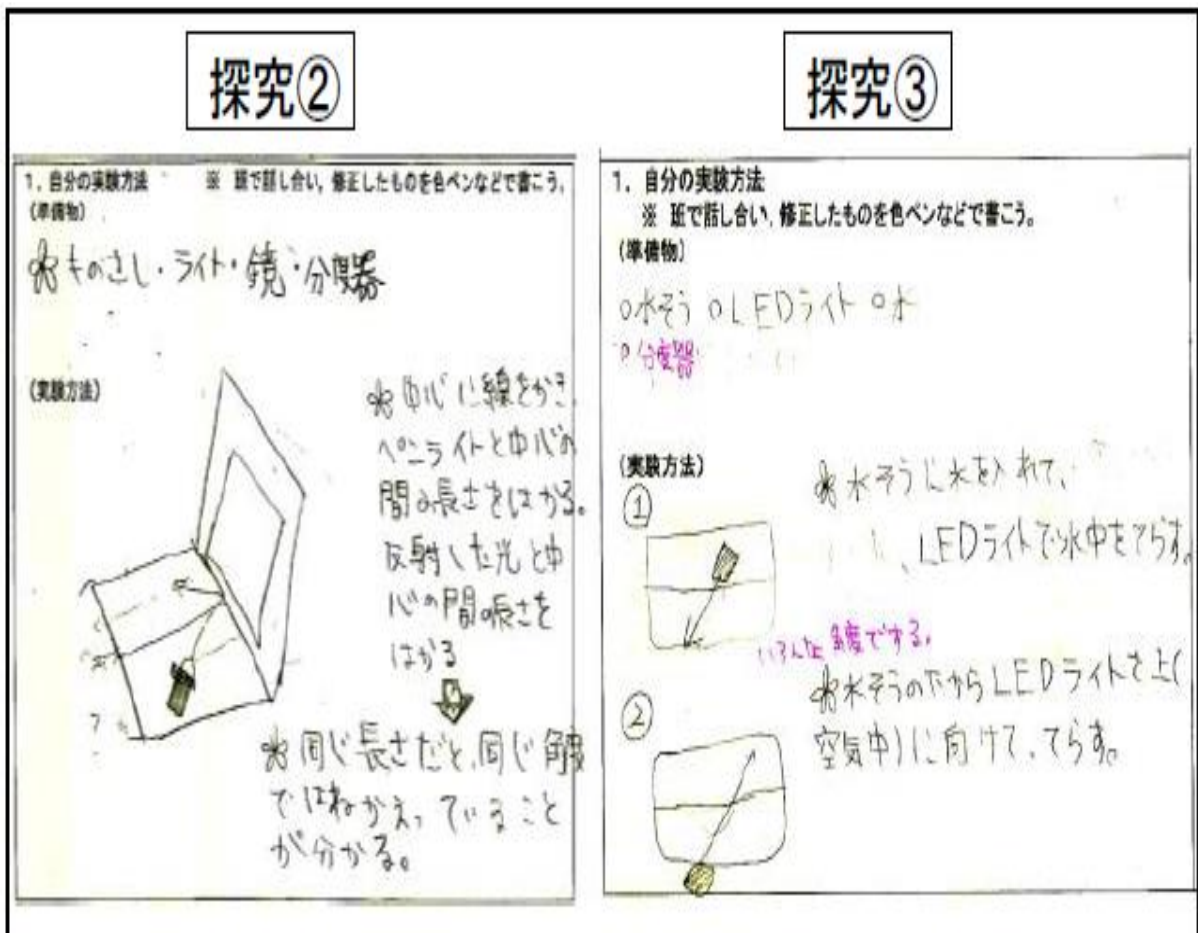


図10 生徒Hの探究②、探究③のワークシートの記述

また、「目的意識をもった実験」に関する調査結果を図11に示す。

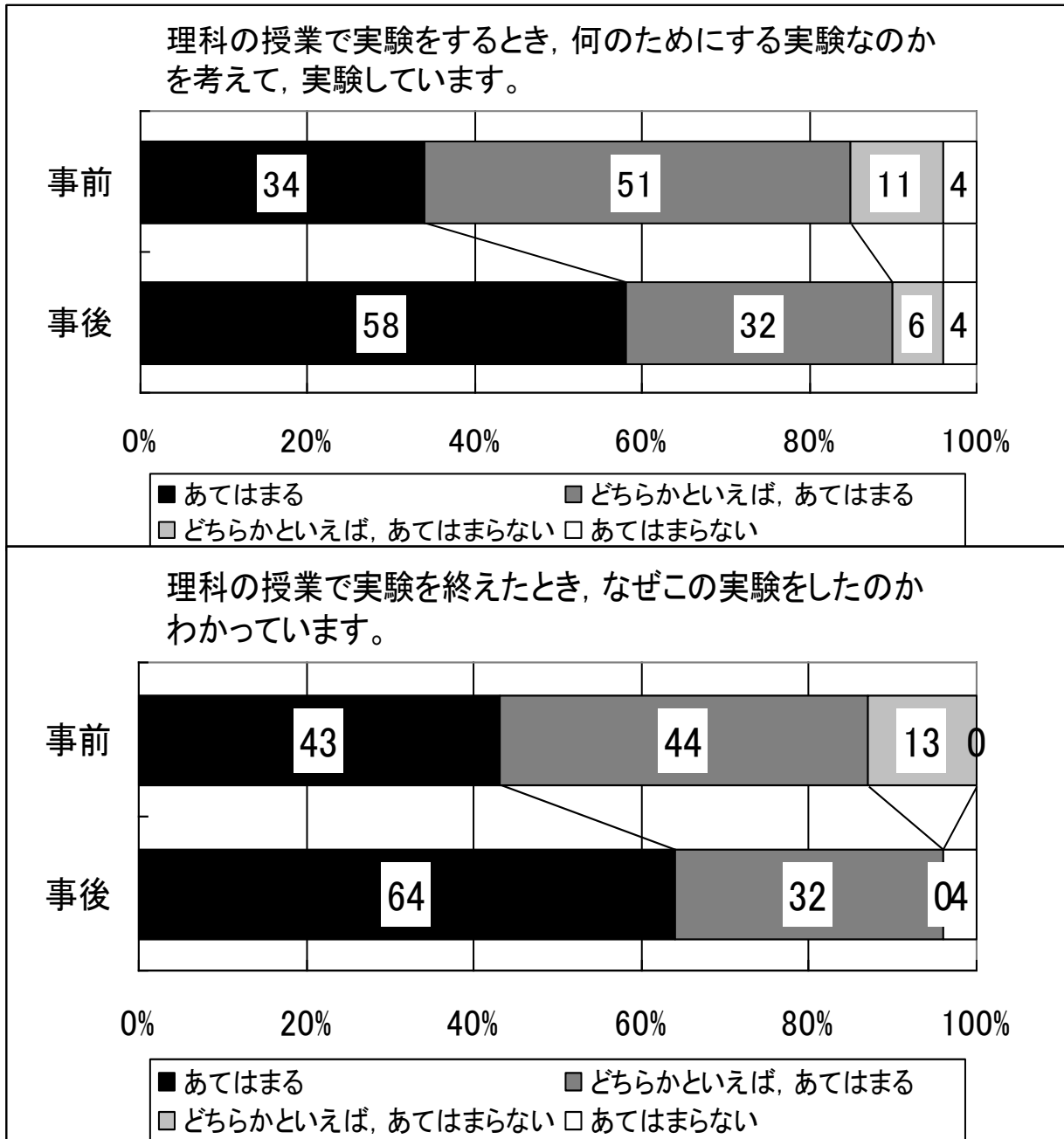


図11 「目的意識をもった実験」に関する調査結果

図11（上）より、実験中、目的意識をもって問題を解決していた生徒の割合は90%、図11（下）より、実験後まで目的意識をもって問題を解決した生徒の割合は96%であった。このことから、目的意識をもった実験により、問題を解決することができたことが分かる。さらにこのような取り組みを続けていくことで見通しをもった実験を行うことができると考えられる。

これらのことから、繰り返し実験方法を考えさせる問題解決的な学習において、問題を解決することができたことが分かる。

以上の(1)から(3)より、科学的に探究する能力を育てることができたといえる。

4 研究の成果と今後の課題

1 研究の成果

- (1) 科学的に探究する活動の中で、生徒が見通しをもつように自らの観察、実験計画を立てさせることは、科学的に探究する能力を育てるのに有効であるといえる。
- (2) 科学的に探究する活動の中で、実験計画を立てることなどに課題のある生徒が、班内での練り直しや全体交流の中の対話的な学びの中で、実験計画を立てるポイントを理解してできるようになったことは成果であった。

2 今後の課題

- (1) 生徒自らが問題を発見させ、観察、実験の計画を立てさせることを仕組む場合、場面設定や条件をどのくらいの範囲にしておくかが重要である。そのための生徒の既習の知識・技能や実態を十分把握しておくことが課題である。
- (2) 生徒自らが観察、実験の計画を立てさせ、見通しをもった観察、実験となるような科学的に探究する活動を、3年間を見通し、計画的に、その他の単元でも仕組んでいくことが必要であると考えられる。

【引用文献】

- 1) 中央教育審議会(平成28年12月21日):『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等の改善及び必要な方策等について(答申)』
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf p.145
- 2) 文部科学省(平成29年):『中学校学習指導要領解説理科編』大日本図書 p.114
- 3) 平成24年度全国学力・学習状況調査報告書(理科) p.436-437
- 4) 文部科学省(平成29年):『小学校学習指導要領解説理科編』大日本図書 p.16
- 5) 貫井正納・平野一彦(1998年):『キーワードから探るこれからの理科教育』(株)東洋館出版社 p.72
- 6) 貫井正納・平野一彦(1998年):前掲書 p.72
- 7) 文部科学省(平成20年):『中学校学習指導要領解説理科編』大日本図書 p.103
- 8) 文部科学省(平成29年):前掲書 p.23
- 9) 文部科学省(平成29年):前掲書 p.23
- 10) 文部科学省(平成29年):前掲書 p.10
- 11) 文部科学省(平成29年):前掲書 p.24
- 12) 江田稔(2000):『学習指導要領早わかり解説中学校新理科授業の基本用語辞典』明治図書 p.41
- 13) 江田稔(2000):前掲書 p.23

- 14) 真野素近(1995)：「理科の目標達成をめざした学習指導の一考察」、『理科の教育 vol. 44, No. 7, 東洋館出版社 p. 16
- 15) 江田稔(2000)：前掲書 p. 49
- 16) 国立教育政策研究所(平成19年)：『特定の課題に関する調査(理科) 調査結果(小学校・中学校)』 http://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokatei_rika/06002040000004000.pdf p. 121
- 17) 文部科学省(平成20年)：前掲書 p. 16
- 18) 文部科学省(平成29年)：前掲書 p. 23-24
- 19) 小林辰至(2017)：「探究する資質・能力を育む理科教育」 大学教育出版 p. 34
- 20) 小林辰至(2002)：「観察・実験に対する目的意識をどのように醸成するか」、『理科の教育』 vol. 51, No. 11, 東洋館出版社 p. 6
- 21) 井藤芳喜(1986)：『現代理科教育学講座／第5巻方法(上)』 明治図書 p. 170