

小学校理科に「探究の過程」を取り入れるための指導方略

— より妥当な考えを導く考察の過程を中心に —

大 前 暁 政¹

1. 研究の背景と目的

1-1 探究的な学習が求められている理由

2017年に小学校学習指導要領の改訂が行われ、改訂の方向性を示した2016年の中央教育審議会答申（概要）では、理科において「小・中・高等学校教育を通じて、知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、見通しを持って観察・実験を行い、その結果を整理し考察するなどの探究的な学習の充実を図る。（p.20）」としている¹⁾。

2017年の小学校学習指導要領では、問題解決の力を高めることが求められており、問題解決の力として、「思考力、判断力、表現力等」は各学年で重点的に育てるように示されている。新しく設定された力に相当する箇所を一覧（p.26）から抜粋すると、小学校3年生で「差異点や共通点を基に、問題を見だし、表現する」、4年生で「既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想し、表現する」、5年生で「予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現する」、6年生で「より妥当な考えをつくりだし、表現する」となっている²⁾。これら問題解決の力は、学習者が主体となって探究を進めていくために必要となる力だと考えられ、また、探究の過程を通して養われる力とも言える。

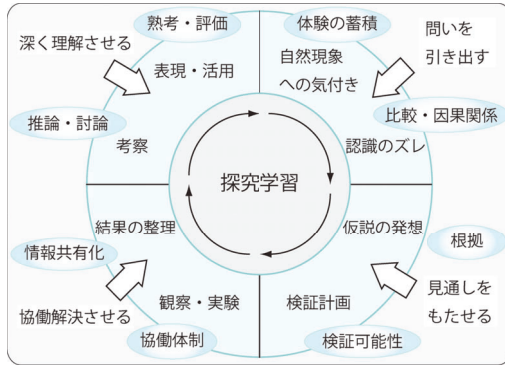
そして、2017年の小学校学習指導要領解説理科編では、探究的な学習を充実させながら、問題解決の力を養う趣旨が見られ、「児童が自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち、そこから問題を見だし、予想や仮説を基に観察、実験などを行い、結果を整理し、その結果を基に結論を導き出すといった問題解決の過程の中で、問題解決の力が育成される。（p.17）」としている。

以上のように、小学校学習指導要領では、育てるべき「資質・能力」を意識しながら、探究的な学習の充実という「授業の質」も高めていく必要性が示されている。これは単に探究の過程をなぞって授業を展開すればよいものではなく、あくまで子どもが主体となって問題を解決し、考察する中で、資質・能力を育てることが求められていると言える。

1-2 問題の所在

探究的な学習の定義は様々あるが、学習者自身が問題を見つけ、できるだけ自分の力で解決していくという意味では共通していると言える³⁾。また、小学校理科授業における「探究の過程」には、細かく分けると、「①問題発見の過程」、「②予想や仮説を発想する過程」、「③解決の方法を発想し、実験・観察を実行する過程」、「④実験結果から、より妥当な結論を導く過程」

¹ 京都文教大学 こども教育学部 こども教育学科



※知識・技能の習得と活用の場面は、必要に応じて探究のサイクルに取り入れる。

図1 小学校段階における探究のサイクル

の4つの過程がある⁴⁾。この探究の過程を、学習者自らが主体的に行っていくことこそが、探究的な学習になると考えられる。

そこで本論文においても、「探究の過程」の「探究（探究的な学習）」という言葉、「学習者が主体となって、問題を設定し、解決の方法を考え、実験を行い、結論を導いていくこと」と定義する⁵⁾。

探究的な学習においては、学習者の主体性を重視するため、問題の設定を教師が行ったり、実験方法を指示したりといったことは避け、できるだけ学習者が問題を設定し、解決の方法を発想するよう導いていく。そのため、単一の解決方法を教師が指示し、1つの実験方法で解決させることで、考察を行うという単線型の形ではなく、グループ別や、個別に問題を設定し、各グループや個人が発想した解決の方法で問題解決することがありえるため、複線型の形の学習になることもある。また、その中間の形もあり、問題を1つに設定していたとしても、解決の方法を学習者に任せる形もある。

通常の理科授業で見られるように、1つの問題で、1つの実験方法で解決する場合は、実験後の考察も、考察のためだけに時間を確保し、教師が指導しながら、進めていくことが多いため、無理なく学習者は結論を導くことが可能に

なる。ところが、探究的な学習の場合、実験後に行う考察は、問題が複数設定されていたり、解決の方法が複数あったりすることから、結論を導く活動もグループや個人に任されることが多く見られる。この場合は、考察をそれぞれが行うことになるため、それぞれの考察に対して、一つ一つ時間を確保して、妥当性の検討のための指導を行うことが困難という問題がある。

さらに問題なのは、実験結果から結論を導くという力を、小学生がもっていない点である。6年生の問題解決の力として、「より妥当な考えをつくりだし、表現する」ことが求められている。この力の中の「より妥当な考えをつくり」という部分が、実験結果から結論を導く力に相当している。本研究でも、「より妥当な考えをつくりだし、表現する」ことを、結論を導く場面における「実験結果から、より妥当な結論を導く」と同義ととらえることにする。考察の場面で、実験結果を、客観性、再現性、実証性を考えながら、結論を導くことが重視されていると言える。小学校6学年で養う力となっているが、結論を導く考察は、当然、3学年でも行うものである。つまり、実験結果から結論を導く際に、できるだけ学習者主体で行わせるためには、教師の指導方略が不可欠だと考えられるのである。

以上から、実験結果を基に結論を導く場面において、学習者の考察を助ける指導方略をあらかじめ用意しておき、教師の直接的な指導や、間接的な支援も含みながら、各学習者が考察を行いやすい環境をつくる必要があると考えられる。

ところが、「より妥当な考えをつくりだし、表現する」力が示されたのが、2017年の小学校学習指導要領改訂からであり、2020年4月の全面実施から間もないことから、探究的な学習において、学習者の考察を助ける指導方略

を研究した先行事例は少ないのが現状である。

特に、科学教育、理科教育の分野では、「探究の過程」の後半部分の指導が困難であることが報告されるようになってきており、例えば小林（2014）は、理科教育において、「第1節の「2科学的に思考することの難しさ」の項では、科学的思考のなかでも、観察、実験の結果を評価して結論を導く「証拠の評価」が難しいことを指摘した。さらに、その理由として、人は既存知識にもとづいた判断をすることが多く、そもそも観察、実験結果といった証拠をもとに判断することの重要性を意識し、そうした手続きをとることが少ないこと、また、証拠をもとに判断しようとしても、その判断が既存知識に合致するようにゆがみやすいことをあげた。（pp.119-120）」と述べている⁶⁾。理科教育においては、生活で経験して得た知識である「素朴概念」をもっていることが多く、しかも、その素朴概念が間違った「誤概念」になっていることがよくある。そのため、認知心理学の研究が進むにつれて、実験結果を自分の仮説に合わせて都合良く解釈したり、自分の経験に沿わない結果を破棄したりする学習者の行動が指摘されるようになったのである。

先にも述べたように、探究的な学習においては、問題の設定や解決の方法の設定が、グループや個人によって違うことがある。そこで、より妥当な考えに導く指導方略を考えるためには、どんな解決の方法が発想される可能性があるのかも視野に入れて研究を進める必要がある。解決の方法は、理科の実験においては様々な種類があり、種類によって、考察の仕方が異なることも考えられるからである。また、実験をする前に仮説をどのように設定しているかの問題もある。解決の方法は、その前の仮説や予想をどのように立てたかに影響されるからである。

2. 研究の目的

本研究では、小学校の理科授業で探究の過程を取り入れる際、実験後に結論を導く段階において、より妥当な考えに導くためには、どのような指導方略を取り入れればよいのかを明らかにしていく。なお、本論文では、より幅広い指導の計画や工夫という意味と、意図的・計画的な戦略という意味を含め、指導方略という言葉を使うこととする。

3. 調査方法

探究の過程では、できるだけ教師が指示をしない形で、主体的・協働的に、問題を解決していくことが求められる。小学生において、どのような指導方略を取り入れれば、考察を適切に行い、より妥当な考えを導けるのかを明らかにする必要がある。

小学校段階において、「探究的な学習における考察の指導方略」という面では先行研究は少ないが、1つの実験に対して結果をまとめさせ、その結果に対して考察の時間を確保し、教師が指導を行う形の先行実践はあるため、それらを参考に、指導方略を新しく考えることは可能だと考える。

結論を考える段階で、より妥当な考えに導く指導は、その前の段階の仮説や予想の設定と、解決の方法の設定にも大きく影響されることが想定できる。

そこで、仮説や予想の発想のさせ方や、解決の方法の発想のさせ方など、考察の前段階の指導と、考察段階との関連についても明らかにした上で、考察の場面における指導方略を調べ、まとめていくのが望ましいと考える。

先の問題の所在で示した問題点は研究の視点でもあるため、これまで明らかになっていない

以下の問題点を意識しながら研究を進めていく。

①考察は、「仮説」や「解決の方法」の発想と密接に関わって行われるため、「仮説」や「解決の方法」の種類によって、どのように指導方略が変わるのかも注意して調べていく必要がある。

②素朴概念（誤概念）が強固なことがあるため、素朴概念によって、実験の結果からより妥当な考えを導くことが阻害されることを防ぐための指導方略も調べる必要がある。

③理科の始まる小学校3年生にも無理なく考察を促すための指導方略を明らかにする必要がある。

④探究的な学習で使用が可能なように、教師の直接的な指導だけでなく、間接的な支援も含んだ形での、幅広い指導方略をまとめる必要がある。

先行研究も、上の4つの課題点に関するものを選んで調べていくようにする。

なお、小学校学習指導要領（2017）では、「既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想し、表現する」が、4学年の問題解決の力として求められている。この場合の「根拠のある予想や仮説」の「予想」も、仮説にまではいかないが、自然の現象に対して、ある程度このような決まりがあると考えたり、実験や観察をすることで起きる結果を見通したりすることを意味しているととらえ、本論文では、「仮説」と統一して表現することとする。

4. 先行実践の調査

4-1 考察の前段階における『「仮説」や「解決の方法」の発想』と「考察」との関連に関する調査

結論を導く考察には、その前段階における、

仮説の発想や、解決の方法の発想が関係してくるため、先に課題点①として挙げた内容に関して調査した。

中山・岩切（1999）の研究で見られるように、自分なりの根拠のある仮説を考えさせ、実験結果への見通しをもたせた上で実験を行わないと、単なる実験結果の予想だけでは、一度の実験ですぐに自分の予想を捨ててしまい、安易に結論を導くという学習者の実態が報告されてきた。そのため、仮説をもたせ、解決の方法を発想させ、自分の仮説が正しいならこの実験結果が出て、仮説が間違っていたらこの実験結果が出るはずだと見通しをもたせた上で、繰り返し実験を行うための時間と器具を確保する重要性が指摘されている⁷⁾。

棟田ら（2017）は、実験による検証に先立って「どういう結果だったらどういう結論にするか」という「考察の仕方」を獲得させる手法を導入した小学校理科授業実践を行った結果、児童が実験前に、実験結果と結論の両方を見通して問題解決を行うことができたことを報告している⁸⁾。

実験を行う前には、仮説を発想していることと、こんな実験結果が出たら結論はこうなることを考えておくことが大切だとわかる。

ここで、「仮説」に関して、理科では仮説を発想するためにどのような思考を学習者がしているかを考えていく。代表的な思考方法となるのが以下のような帰納法による発想である。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> (1) 比較し、共通点や差異点を探す。(帰納法) (2) 因果関係を探し原因を仮説とする。(帰納法) (3) 一般化によりどの現象にも当てはまる決まりを探す。(帰納法) |
|--|

小学校では帰納法による仮説の発想が多く見られる。帰納法以外のやり方として、演繹法を使った仮説の発想法がある。演繹法では、「類推」を使うことが重要になり、ある「自然の決まり」が別の現象にも使えるのではないかと、「類推」し、その決まりが正しいかどうかを別の自然現象や事物で確かめるといふ思考になる。例えば、昆虫の体の部位が3つに分かれていることなど、観察だけでは気付きにくい自然の決まりや法則の場合は、教師が先に自然の決まりや法則を示して、他の昆虫でもその決まりが成り立つかを調べることを促す場合がある。

5つ目の仮説の発想法として、アブダクションによる方法があり、安部ら（2018）や柚木（2007）などの研究が見られる⁹⁾。これは「仮説的推論」と呼ばれるもので、アメリカの哲学者パースによって定式化された科学的探究の一段階である。アブダクションは、演繹および帰納に先立って、観察された現象を説明する仮説を発想し、形成する手続きを意味している¹⁰⁾。この仮説的推論は、いわば、現象や実験などの結果を見て、当て推量によって、大胆に仮説を立てることを意味し、「おそらくこんな決まりがあるのだろう」と決めてしまう思考方法である。

仮説的推論は、当て推量とは言え、ある程度の知識と経験がないと難しいと考えられる。また、アブダクションは、生活経験で得た素朴概念もたぶんに入っている。生活経験と、学習した知識と経験と合わせるから、大胆に、当て推量によって仮説化することが、演繹や帰納に先立って可能なのである。

帰納法による仮説の発想は、何らかの事例や現象が先にあり、観察や実験の結果などを集めることで、その事例や現象に言えそうなルールを考えるという思考の流れになる。それに対し、演繹法による仮説の発想は、何かのルールが先

にあり、ルールに沿った観察や実験の結果を見つけ、他の事例や現象にも当てはまるのかを考えていく思考の流れとなる。

アブダクションは、生活経験や、何らかの観察や実験の結果があり、ルールを大胆に考えて、個別の事例や現象に当てはまるかを見ていく流れになる。

つまり、理科では、仮説を検証するために実験や観察を行うわけだが、仮説の種類によって、実験結果をどう利用して、どう結論を導くかがやや異なってくるので注意が必要であると言える。

次に、仮説の発想法を踏まえ、解決の方法の発想と、結論を導くための考察との関係を考えていく。

解決の方法としてよく見られるのが、2つ以上の実験や事例を扱って、対照実験を行うものである。この場合は、何らかの因果関係を想定しており、結果に関係した条件を予想した上で、条件を制御しながら実験を行い、結果に関係する条件を見つけることが考察となる。つまり、結果が何の条件によって起きるかがわかりやすいため、比較的容易に考察が可能であると考えられる。

しかし、他の場合の実験もある。対照実験を行わず、1つの主実験において要因による変化や、経時変化を見るための実験である。例えば、安部ら（2019）は、小学校6学年を対象にして、対照実験ではなく、主実験による解決の方法を発想させるための支援に関する研究を行っている¹¹⁾。この1つの主実験だけによる解決では、実験前後で事象を比較しながらの考察になる。ここで注意したいのが、1つの主実験だけによる解決には、細かく見ると、2つの種類があると考えられることである。

山田ら（2015）は、仮説を発想させるための4QSというワークシートを研究しているが、こ

のワークシートを用いる際に、「条件の制御を伴う実験」において最も効果が期待できるとし、「因果関係を有する事象であっても、条件の制御を伴わない実験」や、「因果関係を想定していない事象の観察」においては、4QSの適用は適切でないことを報告している¹²⁾。この報告からわかる通り、例えば、「川の内側と外側では流れる速さは異なるか」という問題が設定されたとすると、この解決の方法は、「曲がった川をつくって水を流して観察する」という1つの主実験で解決が可能である。そして、川の曲がり具合や傾斜、遠心力などに因果関係があるとはいえず、要因が1つではないため、「因果関係を有していても、その因果関係を明らかにすることを想定していない」実験と言える。この場合の考察は、現象を観察して、「川の外側の方が流れが速かった。理由は、川に浮かべた木くずが早く流れたからだ」のように、現象を説明する理由が言えたらよいことになる。

もう1つの、単一の主実験における「因果関係を有する事象であっても、条件の制御を伴わない実験」とは、例えば、4年生でいえば、「空気と同じように、水も温めると、体積が増えるだろうか」、「水を熱し続けると、何が起こるだろうか」、6年生でいえば、「吐き出した空気は、もとの空気と何が違うだろうか」の問題を確かめる実験が相当する。因果関係を明らかにすることを目的としているが、対照実験を行うほどのものでなく、単一の主実験で解決が可能となる。

つまり、大きく見て3種類の解決の方法の発想が可能なのであり、この解決の方法の種類によって、考察の仕方がやや異なってくるのが考えられる。

さて、より妥当な考えに達するためには、まず、いくつかの仮説の妥当性を吟味した上で、最も確からしい仮説を結論として導く必要があ

る。この方向からの研究として、山下(2014)の研究があり、より妥当な結論を導くには、妥当性があると考えられる「複数の仮説」を立てた上で、1つの結果ではなく、複数の実験結果を根拠とする必要があるとし、「①事象から得た情報を書き出す②生活経験や知識の情報を書き足す」という手立て1と、「①情報を持ち寄り、互いに説明し合う②情報同士をつなげ、情報を整理する③仮説に結びつくキーワードを複数導き、可能性のある仮説を複数立てる」という手立て2を、仮説設定場面で取り入れた上で、複数の仮説につき、それぞれ実験を行い、それぞれ結果を出すことで、より妥当な結論を導くことが可能なことを報告している¹³⁾。この研究で注目すべき点は、「生活経験」なども含めた個人の知識を共有させるところと、妥当性があると考えられる仮説を複数出した上で、それぞれの仮説に対して実験を行い、結論を導いた上で、最終的な結論を導く点である。前もって生活経験をも含めた形での情報共有をさせた上で、複数の仮説を考えさせ、複数の実験を行わなければ、より妥当な結論が出ないことを示唆している。

川崎・松浦(2014)は、科学の文脈における主張や結論が妥当か否かを評価する能力(主張の評価)を育成するための学習指導法を考案し、小学校第5学年「電磁石のはたらき」において実証している¹⁴⁾。具体的には、「実験方法は適切か否か」、「結果の解釈は適切か否か」の2点について検討させるために、「教師の声かけ」と「ワークシートの工夫」を取り入れている。通常は、実験が終わり、結果が出てから上の2点について検討させるが、川崎・松浦(2014)の研究では、実験前に上の2点を検討させている点に新規性がある。「教師の声かけ」については、「具体的には、「仮説は何だったかな」「何を確かめるのかな」など、問題解決の目的を意

識させる声かけや、「(児童が設定した実験方法や結果の予想について) 調べたいことにあった実験方法(あるいは結果の予想)が書いているかな」など各過程が目的と整合しているかを問う声かけなどである。(p.62)」としている。「ワークシートの工夫」については、考えを進める「足場かけ」となるチェックポイント欄を設け、「このため、実験方法欄のチェックポイントでは、目的との整合性のみでなく、条件制御についても加味し、「①仮説を確かめるための変える条件・変えない条件は何か、もう一度確認しよう」「考えた「実験方法」は調べたいことが変える条件に、それ以外が変えない条件になっているかな？」等、調べたいことに直接関連する条件(「極」ならば電磁石に近づける方位磁針の向き等、「巻き数」ならばコイルの巻き数)以外の条件を同じにしているか検討させるためのコメントを記載した。(p.62)」としている。

4-2 素朴概念によって考察が阻害されないための指導方略に関する調査

学習者は、学習前に、学習内容に関する素朴概念を生活経験からもっていることが普通である。この素朴概念が、誤概念である場合も少なからずあり、素朴概念によって、客観的な考察ができにくいこともあるため、先に挙げた課題点②を中心に調査した。

例えば、中城・石原(2020)は、4学年「すがたを変える水」において、沸騰して出てくる泡が空気だという誤概念の混乱を排除した授業を行っている。誤概念を意図的にできる限り排除しようとする、教師が教えたい知識を教えるのに、ある程度の効果があるが、それでもなお誤概念は強固であることが指摘されている¹⁵⁾。

このように、教師が誤概念を指摘し、それが誤りであると教えたり、誤概念に目を向けさせ

ないようにしたりしたとしても、生活で得た知識は強固であり、簡単にはなくなることが指摘されている。

素朴概念を意識した指導方略として、最近行われるようになってきた手立てがある。それは、素朴概念を学習者に意識化させ、素朴概念を用いながら、自然現象の決まりや法則に対して予想や仮説を立てさせ、実験に取り組みせ、考察も、素朴概念と照らし合わせながら行わせる手立てである。考察の際には、素朴概念と実験結果を両方踏まえて、学習者同士で話し合いを行わせ、妥当な考えを導けるよう工夫されている。例えば、田代ら(2012)は、第5学年「流れる水のはたらき」において実践を行っており、「子どもは自然の事物・現象に対して、生活経験や学習経験をもとにした素朴な見方や考え方をもっている。この素朴な見方や考え方を自覚して追究に臨むとき、明確な見通しのもと意欲的に学習に臨む姿が期待できる。さらに、科学的価値を基盤とした観察、実験などを行い、見いだした結果について他者と検討し合い、結論付けを行うことで、素朴な見方や考えから科学的な見方や考え方に高めていくことができると考える。(p.93)」と述べている¹⁶⁾。

つまり、仮説の立案前に素朴概念を学習者に意識化させることと、実験結果だけでなく素朴概念とも照らし合わせながら、学習者同士で話し合わせることで、実験結果を考察させることが大切だと言える。

湯澤(1998)は、例えば小学校3年生に、土の違いによって水のしみ込み方に違いがあるかどうかを調べる実験において、子供の生活体験で得た素朴概念が、教科書通りの知識の習得を阻害する現象が見られることを、現場実践を挙げながら述べている¹⁷⁾。

教科書では、粒子の小さい泥よりも、粒子の大きな砂の方が水のしみ込みやすいと書かれて

おり、それを学習することになっている。ところが、粒の間の隙間がどの程度空いているかによって水の透り方が違うとか、砂の粒の方が硬度が高く、がっちり容器に詰め込むと、水を透さないようになることなど、生活で得た知識が、教科書の知識の習得を妨げる可能性がある。しかも、湯澤は、子供は自分の生活経験で得た知識を基にして実験結果が正しいかどうかを判断するので、生活経験に合致しない結果を、「実験が失敗した」として、結果を無視する傾向も指摘している。

子供の生活経験で得た知識が、習得させたい知識を阻害しないように、そして、生活経験で得た知識を基にして、それに合致しない実験結果を無視しないように、どうすればよいのか。湯澤は、初学者や初心者、事物や現象の見かけにとらわれて、その背景に働いている法則や原理によって事物や現象をとらえることができない上に、日常の現象が授業で学んだ法則によって説明できるとは思ってもいないことを指摘した上で、「理論と証拠の意識的な統合(p.17)」をすべきであると述べている。つまり、砂の割合が水はけに影響するという理論をまず教師が意識しておき、校庭や花壇、砂場などの様々な土によって仕込み方が異なるのが証拠であることを意識しておく必要がある。そして、理論と証拠を結びつけられるように、あらかじめ子供に、校庭や花壇、砂場などの土には砂の割合が異なるということに目を向けさせるべきであり、他にも水はけに影響しそうな変数(土をどの程度固めるかなど)をきちんと意識させるべきであったと述べている。また、生活経験で得た知識とは合致しない結果が出たとしても、安易に無視するとか、実験が間違っていたと解釈しないように指導することも大切だと述べている。よって、最初に教師が指導すべきだったのは、子供が生活経験で得ている知識を出し

合合わせ、その上で、「水のしみ込み方」を調べさせることであったと考えられる。

もちろん、実験のやり方を教師が全て説明し、水のしみ込み方に関わる要因を全て教師が制御しながら、間違っている子どもには指示や指摘を行うことで、正しい実験結果を導くことができ、教科書通りの知識の習得は可能である。しかし、湯澤は、このようなやり方を「行動主義」であるとし、行動主義による指導も大切である一方で、先に示したように、子どもの生活体験を基にしながら、「理論と証拠の意識的な統合」を進めた方が、「構成主義」や「状況主義(学習は、物理的、社会的、文化的文脈との関わりで生じるという特徴でとらえた立場のこと)」となり、よりよいのではないかと主張している。

このように、子どもが元々持っている生活体験から得た知識を基にしながら、証拠を集めて理論を構築していく形の実践が少しずつ行われており、例えば、後藤・和田(2019)は、Stahl(2000)の「協働的知識構築モデル」を理科授業に援用した実践を、小学校3学年「かげと太陽」において行っている¹⁸⁾。この実践では、まず前提として個人が「暗黙の前知識」をもっていると考え、学習活動を通して、生活体験で得ている前知識が意識化され、何らかの自然現象の問題や決まりが見つかるようになることを考える。そして、自分の考えを言語化し、他者と話し合うことで、根拠が明確になり、共同体で共有された知識になっていくというものである¹⁹⁾。

具体的な授業としては、単元の最初に「影踏み」を行っており、遊びの中で素朴概念を意識させながら、子どもの意識を影と太陽に向ける指導方略を取り入れている。木陰やコート側の北側(影がコートの外側になってしまう)に入ると影が踏めないことに気付いた子どもは、影がずっと北側を向いていることや、影が時刻(太

陽の位置)によって少しずつ動いていることに気付いていく。そして、方位磁針を使って方角を明確にすることや、時刻によって影の方角が異なることを、自然の決まりとして捉えるように教師が働きかけている。そして、実際に実験や観察をして、影と太陽の関係を調べさせ、結果からわかったことを話し合わせることで、より妥当な結論になるよう導いている。つまり、素朴概念から出発し、遊びの中で気付きを共有させ、気付きをより抽象化された自然の決まりという概念として、共同体で共有されるべき知識として構築されるように導く指導方略となっているのである。

類似の研究として、日常の生活経験で得ている知識や経験を基にして、問題を設定し、考察の際に、再度、日常の生活の知識や経験に戻り、学んだ知識がどう関係していたのかを考えながら結論を導くことを促す理科授業実践も行われている。例えば、小牧・中山(2018)は、日常の文脈で見つけた疑問を基にして、科学的な「問題」を設定させ、実験結果を用いて、日常の文脈に戻って疑問を説明するという活動を取り入れた実践を、第4学年「ものの温まり方」で行っている²⁰⁾。具体的には、単元の最初の段階で生活経験を思い出させるため、「フライパンでクレープを焼く」、「鍋で水を温め触る」、「スプーンにお湯をつけて触る」の3つの実験を用意し、ものを温めた経験について話し合う時間をとっている。クレープを焼くためのガスコンロは、一点に火力が集中するものを使い、熱せられたところから徐々にクレープが焼けていく様子を観察させ、また、水は温めたところよりも上の温度が上昇し、スプーンは熱源から離れたところまで熱くなっていることから、「ものによって温まり方が違うのか」、「生活経験ではどうだったか」などの思考を促すことになっている。その後、金属の温まり方を、金属板にロウを塗っ

て確かめさせた後で、実験結果から、金属の温まり方に関して結論を導いている。そして、その結論を利用して、一点しか熱していなかったのに、クレープはどうして全体が焼けたのかということを説明させる活動を行っているところに特徴がある。つまり、単元の導入場面において、日常の文脈から問題を見つけられるようにし、その上で実験を行って一度結論を出した後で、その結論を利用して、日常の文脈に戻り、日常の現象を説明させることで、自然の決まりを活用できるほどに、理解が深まったということである。

4-3 考察段階で、「より妥当な考えに導く」指導方略に関する調査

続いて、先に挙げた課題点③と④の内容を明らかにするため、考察を行う段階における、より妥当な考えに導くための指導方略を調べていく。

まずは、考察の時間を確保し、子どもの考察に対して、教師が直接指導を行う方法に関して調べる。

考察の時間を確保し、子どもの考察に対して直接指導を行うやり方を研究したものとして、渡辺ら(2019)の研究がある²¹⁾。渡辺らは、子どもが意図された学習成果を達成するよう、子どもがフィードバックを得られるような、形成的なアセスメントを行うことが重要であるとして、「①ラーニングプロセスを明確にすること」、「②学習のゴールと成功規準を明確にすること」、「③記述的なフィードバックを教師が行うこと」、「④自己評価と相互評価を取り入れ、子どもにメタ認知を促すこと」、「⑤教師と子どもが学習のパートナーであるという、コラボレーションの雰囲気大切にすること」の5つの手立てを用意している。そして、小学校第6学年の「葉に日光が当たるとでんぷんが

できるかどうか」について、2日前にアルミホイルでジャガイモの葉を覆っておき、朝に、覆いをすると葉にでんぷんがないことを確認させ、朝に覆いを外したものは午後にはでんぷんが生じており、覆いをそのままにしたものにはでんぷんがないままであったことを確認させている。この結果から考察を導く場面において、どのような指導の方略が効果的なのかについて、考察の場面では、特に②、③、④、⑤の手立てが有効であるとしている。実際の指導として、②では、「結論が学習問題を解決した内容として適切かどうかを発問すること」の手立てを行い、③では、「燃焼の仕組み」で学習した説明を今回の学習でも用いるように、既習の内容を用いた説明を共有させる手立てを行い、④では、どういう結論になったかを図で表現させ、その図を基にして発表させることで、自己評価と相互評価を促す手立てを行い、⑤では、教師が子どもの考えを価値付け、つなぎあわせながら、学習成果物として板書を作成する手立てを行っている。

川崎(2010)は、「科学的に実証された結論を認識する能力」を育てるために、3つの視点を子どもに声かけや発問をすることで与えていくことが効果的であるとし、視点1として、「問題の目的や仮説が実証可能なものか否か」、視点2として「検証方法が適切か否か」、視点3として「結果の解釈が適切か否か」の3つを示し、他者が結論を出した際の問題解決の各過程に着目させる実践を行っている²²⁾。具体的には、小学校第6学年を対象として、「調べたいことは調べて答えがでることなのか(p.32)」、「調べたいことに対して調べた方法は適した方法なのか(p.32)」、「調べたいことにあわせて、結果を読み取れているかな(p.32)」の3つの視点を提示しながら、声かけや発問によって、3つの視点をもって他者の結論を検討させる活動

を、「燃焼の仕組み」において行っている。その結果、科学的に実証された結論を認識させる上で、効果があったことが報告されている。このように、結果の解釈だけでなく、問題解決の目的や、検証方法にも目を向けさせて、より妥当な考え(結論)を導かせることは重要であると考えられる。

考察の際、実験結果をグラフや絵などにまとめさせ、自然の決まりに関して何が言えるのかの「考え方の焦点化」を取り入れて検討させる実践もあり、例えば「共通点や相違点」に着目させたり、「因果関係」に着目させたりする実践もある。例えば、瀧澤(2008)は、結論を導く際に、「共通点と差異点」という視点を与えた上で、個々の考察の妥当性について、班や学級全体で吟味させる手法を取り入れた実践を小学校理科授業において行っている²³⁾。

先行研究を調べていくと、変数が明確であり、因果関係も明確な実験は、考察の方法が多く開発されていることがわかる。変数が明確にあり、しかも、その変数によって結果が明確に出る因果関係があると、「独立変数」と「従属変数」に注目させたらよいと言える。例えば、この形の授業における指導方略として、岡田・稲田(2018)の研究があり、変数が明確な実験における考察を記述する能力を育成するために、「独立変数」、「独立変数の変化」、「従属変数」、「従属変数の変化」の4種類の要素を意識させる手立てを取り入れている²⁴⁾。具体的には、記述に必要な要素を、何をえて実験をしたのか(独立変数)、何をどのように変えて実験をしたのか(独立変数の変化)、実験の結果、何がどうなったのか(従属変数)、実験の結果、何がどうなったのか(従属変数の変化)を意識させる指導方略である。変数間の因果関係が明確な実験が多い5学年の「ふりこのきまり」の単元において、まず1単位時間をかけて、適切な考察の記述例

と不適切な考察の記述例を示し、どれが適切な考察になっているかを検討させている。この適切な考察の指導では、ふりこの長さ（独立変数）と1往復する時間（従属変数）の関係で言えそうな考察のうち、どの考察が適切かを検討させた後、ふりこの性質とは関係のない「水の量を変えると、沸騰までの時間はどうなるのか」に関しても、同じように適切な考察を検討させている。この考察の検討に1単位時間を確保して直接教師が指導した上で、次の1単位時間で、「ゴムで走る車」、「豆電球の点灯」という「ふりこ」に関係ない内容を使って、さらに考察の練習をさせている。その際には、子どもに「3段階のチェックポイント」を示すようにしている。「3段階のチェックポイント」では、ステップ1として、「問題」の「答え」になっている文かな。(p.225)」、ステップ2として、「何を」変えて実験したのかが分かる文かな。何を「どのように」変えて実験したのかが分かる文かな。実験の結果、「何が」どうなったのかが分かる文かな。実験の結果、「どうなった」のかが分かる文かな。(p.225)」、ステップ3として「実験結果全体を通しただいたいのきまりが分かる文かな。(p.225)」というものを提示している。この2単位時間の考察の直接指導の結果、その後の実験でふりこの重さによる1往復の時間の変化に関する考察の仕方が有意に適切なものに変化したことが報告されている。

続いて、学習者により妥当な考えを考察させるための、間接的に学習者を支援する指導方略に関して、調べていく。間接的な支援の指導方略には、ワークシートなどを利用するものや、学習の形態を討論のようにして工夫するものなどがある。

山田(2019)は、因果関係を踏まえた仮説と実験結果を関係付けて考察させることが、より深い考察を促すと述べている²⁵⁾。具体的には、

第6学年「てこの規則性」において、因果関係を踏まえた仮説と実験結果を関係付けて考察させることにより、「科学的な言葉を使用した結論の記述」、「根拠の記述」、「仮説の真偽の検討に関する記述」の3つを記述させるワークシートを用意することで、考察の記述能力の育成に効果があったことを明らかにしている。そして、実験結果を整理し、考察する学習活動の充実を図るには、「因果関係を踏まえた仮説を設定させること」と、「教師が考察の構成要素（上記3つの記述内容）を明示し、それを用いて具体的な記述の仕方を指導すること」が必要だと述べている。

五十嵐(2011)は、結論を導く場面の支援のあり方として、「定型文の活用」と、「実験方法・結果・結論を模造紙にまとめたものの作成と発表」という指導方略を取り入れた実践を、第6学年「水溶液の性質」において行っている²⁶⁾。この授業では、6種類の水溶液の性質を調べて同定するということを目標としており、グループによって実験方法や考察が異なることが予想される複線的な授業の流れであり、探究的な授業となっている。定型文では、まず現象や事物の違いや共通点を書くための「比較」の定型文を用意し、続いて「結果」の書き方を示す。「結果」の次に「考察」の書き方を示す。最後に、「根拠」の書き方を示すというものになっている。つまり、比較、結果、考察、根拠の4つを考察で書けるようにしておくということであり、注目すべきは、「根拠」を最後にもってきて、どうして結果からこのような考察（結論）をしたのかという理由を書かせていることである。また、模造紙に、グループごとに行った実験と、結果、結論をまとめさせ、それを発表させることで、学習者が相互に情報を共有でき、多面的な考察を促すものとなっている。

このようなワークシートや、模造紙、ICTの

ような情報共有ツールを使う方法は、間接的な支援の方法として有効であると考えられる。特に、多面的な考察を促すための情報共有は、学習者やグループによって、実験方法が異なったり、調べる問題が異なったりすることもある探究的な学習においては、有効な支援であると考えられる。

対話や討論によって、結論に対して多面的に検討させ、より妥当な考えを導くことを促す実践も多く行われている。例えば清水ら(2014)は、考察の場面において、他者から質問を受けたり、他者と議論をしたりすることが、多様な結果を意識して説明したり、必要な情報が欠けていることに気付いたりして、考察の見直しが進むとし、多様な結果を用いた結論を導くことが可能であるとしている²⁷⁾。

話し合いには、ディベート形式もあれば、自由に意見を主張し合う討論の形もある。対話や討論を充実させるためには、主張や証拠、論拠を明らかにして話し合いを行う必要性があり、例えば、イギリスの分析学者スティーブン・トゥールミンの議論モデルが古くからある。トゥールミンの議論モデルでは、結論となる「主張」、何らかのデータや証拠となる事実や事例を示す「根拠」が必要となるが、「主張」と「根拠」以外に、主張と根拠がなぜ関係しているのかの理由付けである「論拠 (Warrant)」を重視することが特徴としてあげられる²⁸⁾。論拠を明確にして、対話や討論、ディベートを行うことを重視した理科授業の実践が行われてきており、例えば村津ら(2017)は、対立する2つの異なる主張に絞って討議をさせる際に、論拠を明確にしてそれぞれのグループに主張をさせ、また主張を聞くグループにも、主張や証拠、根拠の関係が正しいかどうかを検討させることで、より話し合いが深まることを報告している²⁹⁾。具体的には、小学校6学年を対象にして、

「不導体は全て摩擦によって帯電する」という静電気を学ぶ単元を設定し、「不導体は全て帯電する」という仮説と、「全ては帯電しない」という仮説の2つを対立軸として設定し、様々な実験を行い、また、ワークシートに主張や証拠、論拠を書かせ、対立する主張に対して質問や反論を行わせるなどの手立てを取り入れた実践を行うことで、論拠まで明確にしなが、主張できたことが報告されている。

5. 考察

5-1 考察の前段階における「より妥当な考えに導く」指導方略に関する考察

仮説の発想や、解決の方法の発想、素朴概念等に関して、結論を導く考察を行う前に教師が意識しておくべき指導方略を調べてきた。以上を踏まえ、考察の前段階に行うべき指導方略を考えていく。なお、調査の結果、先に課題点として挙げた①と②は関連していたため、考察の前段階における指導方略として、まとめて考察を進めていくこととする。

最初に、「仮説」の発想の場面に行う指導方略をまとめていく。一般的なこととして、前提となるのは、実験前に仮説を発想させることである。素朴概念が結論を導くことを阻害しないよう、かつ、素朴概念を利用して、生活場面においても適用できる結論に導けるよう、仮説の発想の段階で、「教師の意図的な知識と経験の蓄積」と、「学習者の素朴概念の想起」の2点が必要になると考えられる。仮説は1つに限定せず、個々でも学級単位でもよいので、複数の仮説の設定を推奨し、どの仮説が正しいのかへの意識付けを行い、多面的な考察を促すようにする。仮説が複数出た後は、生活経験上、どの仮説がより妥当だと言えるのか、仮説の発想の段階で話し合いをさせることも、素朴概念の想

起に必要となる。

続いて、「実験結果がどうなったら、どの仮説が支持され、どの仮説が棄却されるのか」を、実験前に意識させたい。これは、実験の目的や見通しを意識させるための声かけである。

調査で明らかになったように、仮説には以下のものであり、単元の導入部分で意図的に知識と経験を蓄積させた上で、生活経験を想起させ、自然の決まりを意識させる必要があるため、それぞれの仮説の発想法に対して、次のことを指導方略として意識しておく必要があると考える。

【帰納法による仮説の発想の場合】

- (1) 自然現象の共通点や差異点に注目させ、他の場合でも言えるのかを検証させ、考察させる。
- (2) 自然現象に因果関係に注目させ、条件を設定しながら、検証させ、要因を考察させる。
- (3) 自然現象を一般化するよう促し、どの現象にも当てはまるのかを検証させ、考察させる。

【演繹法による仮説の発想の場合】

自然の決まりを教師が提示し、本当にどの場合でも言えるのか、自分が確かめたい事物・現象で検証させ、考察させる。

【アブダクションによる仮説の発想の場合】

根拠が薄くてもよいので大胆に「自然の決まり」を考えさせ、その決まりが正しいと仮定して実験や観察で確かめさせ、より確かな仮説へと少しずつ高めさせる。

もし仮説を発想することが難しいなら、教師が例示したり、他の学習者の仮説を参考にさせたりする必要があるだろう。

次に、「解決の方法」の発想と、「より妥当な考えに導く」ための考察との関連を検討し、「解決の方法」の発想において行うべき指導方略を考える。

「解決の方法」の発想における指導方略として、複数の結果を用いることが挙げられる。1つの結果から結論を導くのではなく、複数の結果を基にして多面的に検討させるためである。

教師が統制した実験を1つだけ行う場合は、班ごとなどグループで実験を行わせる必要がある。8つのグループが同じ実験を行うとして、8つの結果が出ることになる。複数の結果を照らし合わせて、どの結果が正しいのかを検討させることができる。同時に、実験方法の正しさも検討させることが可能である。実験方法と結果の確かさを検討させることで、より妥当な考えを導くことができると考える。

実験結果が予想と異なった場合や、仮説を棄却する場合は、1回の実験では納得できないこともあるだろう。その場合は、時間を十分確保し、繰り返し実験を行わせることも大切である。

教師が実験方法を指示せず、個々の子どもやグループごとに実験方法を発想させ、行わせる場合にも、予想と違った場合には1種類の実験、1回の実験では納得できないこともあるので、複数の種類の実験、繰り返し実験する時間を確保する必要がある。

また、解決の方法には、大きく分けて3種類の方法があることが、調査で明らかとなった。この3種類の実験で最も性質が異なるのが、「因果関係を明らかにすることが目的ではない場合の実験」であり、因果関係が複数あったり、因果関係の理由を明らかにするのが困難であったりする現象を調べる場合である。この場合は、教師が「何が原因でこうなりますか」、「なぜこうなるのですか」と尋ね、要因の特定を促すことになると、小学校段階の学習者では途方に暮

れてしまうことが容易に想像される。この場合の考察では、「事象の観察の結果、このような自然の決まりがあるだろう」という形になり、因果関係がなぜ起きるのかまで結論づけられないようにする声かけも必要になるだろう。

反対に、因果関係を想定しており、因果関係を確かめられる対照実験や単一の主実験の場合、「何が原因でこうなりますか」、「なぜこうなるのですか」と尋ねても、より妥当な仮説や結論を導くことは、因果関係がある程度想定され、特定されているために、可能であると考えられる。解決の方法の発想は、仮説の発想があってこそできるので、仮説の発想の段階で、何らかの因果関係を想定できているなら、その後の考察も、その仮説で考えた因果関係や要因が正しいかどうかを考えるとよいので、容易と言えるだろう。

ここで分かることは、より妥当性のある結論を導くために障害となっているのは、「実験結果の整理」ではなく、あくまで「実験結果の解釈」であり、その「解釈」で障害となるのは、要因の特定が難しい場合であると考えられる。

考察の場面では、結果を解釈することが必要になる。実験結果は同じでも、解釈が異なるので、どの解釈がより妥当な考えなのかを検討する必要がある。検討する場面として、討論の場面があるのだが、この討論に先立って、個別の事例と概念とを結びつけられるようにする「思考」や「活動」が大切であることが研究によってわかってきている。例えば、ノバック（1977）は、オーズベルの提唱した、学習者が何らかの新しい情報を有意義に学習するには、個人がそれまでに獲得していた知識の構造である認知構造と、新しい情報とを関係させることが大切だとした「有意味の学習」を、理科教育へ取り入れた。ノバックは、概念が階層構造をもっていることを前提とし、個別の実験結果や事例など

の下位概念と、下位概念を包摂した一般性のある概念である上位概念とを区別し、上位概念と下位概念のどちらか一方を学習するだけでは有意義な学習にならないとし、上位概念と下位概念を両方を学ぶ必要がある、しかも、上位概念から下位概念へと、もしくは下位概念から上位概念へと上り下りしたり降りたりする活動や思考の場面を用意することが大切だとしている³⁰⁾。本研究での調査からでも同様のことが支持され、個別の実験結果や自然の事例だけでなく、考察の前段階で、できれば早いうちに、より一般化された概念をも意識させる必要があり、再び考察の場面で個別の実験結果や自然の事例をもう一度振り返らせることが必要なのだと考えられる。

5-2 考察段階における「より妥当な考えに導く」指導方略に関する考察

ここでは、4-3の調査結果を基にして、考察段階における「より妥当な考えに導く」指導方略に関する考察を行う。

最もオーソドックスと言える指導方略は、例えば、山田（2019）に見られたように、因果関係を踏まえた仮説と実験結果を関係付けて考察させる指導方略である。実験結果は、仮説の真偽を判断するための材料として扱うので、「仮説が正しいとするとこのような結果が出る」、「仮説が間違っているとするとこのような結果が出る」ことをあらかじめ予想して実験を行っているはずである。

仮説ができさえすれば、それを検証するために実験方法の発想は可能だと考えられ、そして、結果から、その仮説が正しいかどうかは自然と行うはずである。そこで、ワークシートに、「仮説の真偽を確かめる」との助言を明示しなくとも、仮説を検証するための実験方法を考えた時点で、その仮説が正しいとするなら、この結果

が出て、間違っていたらこの結果が出るはずだという「予想」をさせていればよいと考えられる。そもそもの実験の目的自体が、仮説の検証であるため、仮説の真偽を書くよう指示する必要は少ないのでは無いかと考えられる。

むしろ、実験の結果同じであっても、結果から分かることの「解釈」が異なる場合があり、同じ結果からでも、仮説の真偽への判断が異なる場合もあるのだと考えられる。その場合に、6年生はもちろん、3年生でも、より妥当性のある考えを導くため、多面的、批判的な思考を促し、より妥当な結論を模索させる指導方略が必要だと考えられる。例えば、仲間で討論をして、もしくは反対の立場から考えて、おかしなところはないかを検討するのもその1つだろうと考えられるのである。

注意すべき点は、「見方・考え方」を働かせるようにすることも必要になる点である。特に討論においては、「考え方」の「多面的に考える」は、どの学年でも働かせる必要があるだろう。

討論の際、効果的だと考えられるのが、ツールミンの議論モデルにあった、主張、根拠、論拠を明確にして討論させることである。間接的な支援の場合は、ワークシートも効果的だと考えられる。先行実践のワークシートには見られなかったが、このワークシートには、相手の主張や根拠、論拠に注目させながら、相手の主張、根拠、論拠もメモできるようにし、3つのどれかに反論や質問を考えさせ、記入させてもよいだろう。その際、相手を説得するために同じグループで、相手の主張や根拠、論拠のうち、どれに無理があるのか、多面的に検討させるのもよいと考えられる。つまり、討論を行うこと自体が多面的な検討を促すものではあるが、この討論を充実させるために、意見の主張の仕方のモデルや、やり方を示し、反論の仕方のモデルややり方を示すような、手立てが必要なのだと

考えられる。

先ほどのノバックの研究に見られたように、個別の実験結果や自然の事例（下位概念）と、より一般化された自然の法則や決まりなど（上位概念）とを、往復させるような活動も、より妥当な考えに導くには必要だと考えられる。討論もそれに沿って行っていく必要があることが示唆される。つまり、討論中に、自然現象や日常の現象、実験結果や、実験を想起させたり、実際に実験をしてもよいことにしたりすべきと考えられる。

6. 探究の過程における「単元展開」と「指導方略」に関する総合的考察と授業提案

より妥当な考えを導くための指導方略を、実際の授業で具現化するため、第4学年「雨水のゆくえと地面の様子」の単元で授業案を考えていく。この単元を選んだ理由は、本単元が2020年4月から小学校で全面实施されている学習指導要領において新しく設定された単元であり、実践例が少ないことと、高学年でなく中学年でもより妥当な考えを導き出せる指導方略を開発するためである。

避けたいことは、行動主義の立場に立って、実験を指示し、条件統一をも指示し、何の要因かに注目させ（砂の多さや、粒の大きさ）、実験方法も指示するなど、教師が全て統制してしまうことである。

教師が統制すれば正確に実験できる可能性は高まり、結果も、学習指導要領で示された内容「水のしみ込み方は、土の粒の大きさによって違いがあること」の教授が容易になるだろう。しかし、これが、生きて働く力になるのか疑問であるため、先行研究で挙げた「行動主義、認知科学主義、構成主義、状況主義」でいえば、

構成主義や、状況主義の観点を取り入れた授業案を考える必要があると言える。つまり、構成主義でいえば、素朴概念など、これまでの生活体験で得た知識や経験を基にしながら、知識を構成し直すように、自分なりに自然の決まりを意識し、仮説を立て、解決の方法を発想し、より妥当な考えを導き出せるよう導くことを推奨したい。

状況主義でいえば、自分がわかっていることとわからないことを自覚化させた上で、他の学習者と協働させ、意見を交流させながら、より妥当な考えを導けるようにしたい。

以下、4学年「雨水のゆくえと地面の様子」の「水の仕込み方の違い」の部分の単元展開を示す。より妥当な考えに導くための指導方略を下線で示す。

(1) 知識・体験の蓄積と、生活経験の想起

- ①運動場の水はけの観察を行わせる。(運動場の一部がいつも水はけが悪く遊べなくなるという、日常の文脈から、この問題を解決したいという思いをもたせる)
- ②水はけが何によって異なるのか考えを出させ、地面を調べさせる。(素朴概念を発表させる)
- ③土や地面の固さなど、条件の違いを出させる。
- ④調べたい土を持って帰らせ、水はけを自由に調べさせる。
- ⑤分かったことを情報共有させる。

(2) 仮説の発想

- ⑥水はけが何によって違うのか、要因(仮説)を考えさせる。
【仮説の発想の種類に留意して、発想しやすい種類の仮説を立てさせる】
【意見交流の場面をつくる】
【複数の仮説(要因)の発想を推奨する】

【日常生活上での仮説が正しそうか交流させる】

【検証可能な仮説になってるかを検討させる】

(3) 解決の方法の発想と実験

⑦仮説を検証するための、実験方法を考えさせる。このとき、要因に目を向けさせる。

⑧グループごとに、確かめたい仮説に対して、繰り返し実験を行わせる。(1つの仮説ごとに実験をさせる。(例)土の粒の大きさが違うと考えたら、それだけを「ふるい」を使って調べさせる)

【自分の確かめたい仮説を様々な方法で、繰り返し検証させることを推奨する。】

【時間を確保し、複数の仮説を検証させる。】

【実験を進める際に意識すべき内容を助言する】

「要因は何だと考えているかな?」

「2つ以上の実験をする場合は、2つとも同じように実験ができているかな? (例えば、同じ量の水で確かめているかな、土の固さは同じかな)」

【2つ以上の実験をする場合は、極端な場合を比べると、より結果が出やすいことを助言する (例えば、砂利と粘土を調べるなど)】

(4) 実験結果から結論を導く

⑨結果を共有させる。

⑩自分なりの結論を導かせる。

【図や絵などで表現させる】

【結論、根拠となる結果(データ)、ワラント(論拠)の3つを書かせる】

⑪討論によって、より妥当な考えに導かせる。

【再度、実験も行ってよいことにする】

【複数（種類、回数）の実験で確かめられた結果を基にしているか振り返らせる】

【日常の現象と齟齬がないか検討させる】

⑫生活場面と学んだ知識をつなげるため、雨水をうまくしみ込ませるために、運動場の土をどう工夫すればよいか考えさせ、**討論**させる。

考察に至るまでの前段階として、仮説の設定と、解決の方法の発想が必要になる。仮説を立てるには、ある程度の知識と経験の蓄積が必要となる。そこで、場所によって水たまりの量が違うというズレを提示し、さらに発問によって問いを形成させた後で、仮説を考えさせるようにする。問いを仮説にまで高めることができないなら、例えば「雨が降った後、校庭には水はけがよいところと悪いところがあります。水はけがよいところと悪いところでは、土の何が違うのですか」と仮説の発想を促す発問をしていく。実際に、土の観察も行う必要があるだろう。

また生活経験を思い出させることも必要になる。上記の「水はけ」と、「土の違い」に関して、生活経験を思い出させることが必要になる。あえて最初は子どものやりたいように、考えたいように、実験をさせる。自由な試行錯誤（自由試行）により、水はけは確かに違うことがわかる。何度も実験するうちに、何らかの仮説が浮かんでくる。その上で、協同学習を利用しながら、集団で語り合うことで、何らかの仮説をつくることができるようにする。

そして、水のしみ込み方の授業をするには、次の科学的な内容にも気を付ける必要がある。

- ① 砂、れき、泥という名称は、粒子の大きさと分類されたものであり、色や形、鉱物の種類、成分、硬さなどは関係ないこと。
- ② 花壇の土、畑の土、砂場の土、運動場の土

といった具合に、場所で分類するのではなく、この土の中に、どんな粒があるのか、その粒の「大きさ」に注目させ、どんな大きさの粒の割合が高いのかを考えさせないといけない。

もしくは、触ってみての感触でもよい。ざらざらしているのか、さらさらしているのか。つまり、土を学ぶ時間が必要となる。

- ③ 対照実験を発想した場合、条件統一が必要になる。粒と粒の隙間をどの程度空けるのか、がちりと固めるのか、ふわっと置くだけなのか、水の入れ方、土の傾きや量など、条件を統一させる。
- ④ 1回の実験で、調べるのは1つの要因だけである。「粒の大きさの違い」、「地面の固さ・柔らかさ」など、様々な要因が出されることを想定しておく。
- ⑤ 自分の予想と異なる実験結果を無視することがないように、こういう結果が出たのは何の要因かまで考察させるようにしたい。

個別に仮説を考えさせ、仮説を多くつくることを推奨するため、グループごとに様々な仮説を検証させることができる。検証では、「やり直しの探究」を推奨する。つまり、自分の仮説とは違う結果が出て、様々な方法で繰り返し実験させ、より確かな仮説（結論）に再構成していくことを重視する。討論では、「水のしみ込みやすさに関係していると思われるものは何か。それはなぜか」と尋ねて話し合わせることで、多面的な考察を促す。最終的には、仮説と実験結果から導き出せる新しい発見と、日常生活で得ていた素朴概念との照らし合わせて、再構成して、結論が出せるよう工夫した。

7. 結論と今後の課題

今回の研究では、探究の過程における、より妥当な考えに導く指導方略を調べ、考察の前段階から、結論を導く考察段階までの手立てを、単元全体で考えることができたのは成果の一つであった。今後の課題として、小学校段階で、探究の過程の全ての段階における指導方略を、一つのシステムとしてまとめ、授業において実際に実践していくことが必要であろう。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP 20K03261 の助成を受けて行った。なお、本論文の一部は日本理科教育学会第 71 回全国大会にて発表したものである。

【引用・参考文献】

- 1) 中央教育審議会答申(2016)「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」(概要)
- 2) 文部科学省(2017)「小学校学習指導要領解説理科編」
- 3) 日本理科教育学会編(1992)「理科教育学講座 5 理科の学習論(下)」, 東洋館出版社
- 4) 大前暁政(2019)「小学校理科「探究の過程」の導入段階における問いの形成から仮説の発想へ導く指導方略についての研究」, 心理社会的支援研究 10, pp.19-36
- 5) 大前暁政(2014)「小学校理科における探究学習の成立に必要な諸条件の検討」, 心理社会的支援研究 4, pp.67-80
- 6) 小林寛子(2014)「第 7 章 科学的概念の理解と指導」, 栗山和広編著, 「授業の心理学—認知心理学からみた教育方法論」, 福村出版, pp.109-125
- 7) 中山迅, 岩切信二郎(1999)「児童が自分の予想と実験に基づいて結論を下す学習」, 日本理科教育学会全国大会要項 49, pp.285-287
- 8) 棟田一章, 西谷法周, 中城満(2017)「児童に学習の見通しをもたせる理科学習指導法の開発: -規約主義に基づく小学校理科授業実践を通して-」, 日本科学教育学会年会論文集 41(0), pp.379-380
- 9) 安部洋一郎, 山本智一, 松本伸示(2018)「小学校理科授業における仮説の形成を促す指導方略: -仮説フレームを視点にアブダクティブな示唆を形成することに主眼を置いて-」, 理科教育学研究 58(3), pp.211-220
- 10) 柚木朋也(2007)「アブダクションに関する一考察: 探究のための推論の分類」, 理科教育学研究 48(2), pp.103-113
- 11) 安部洋一郎, 松本榮次, 松本伸示(2019)「小学校理科授業における実験手続きの指導方法とその効果: -実験操作の前に測定を行う実験手続きに焦点を当てて-」, 理科教育学研究 59(3), pp.325-334
- 12) 山田貴之, 田代直幸, 田中保樹, 小林辰至(2015)「小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における "The Four QuestionStrategy (4QS)" の適用の可能性に関する研究: -自然事象に関わる因果関係の観点から-」, 理科教育学研究 56(1), pp.105-122
- 13) 山下剛史(2014)「より妥当な結論を導き出すことができる生徒が育つ理科学習: 可能性のある仮説を複数考える活動を通して」, 日本理科教育学会東海支部大会研究発表要旨集 60, p.43
- 14) 川崎弘作, 松浦拓也(2014)「科学的思考力としての「主張の評価」に関する研究: -小学校理科における学習指導法の考案-」, 日本教科教育学会誌 36(4), pp.59-68
- 15) 中城満, 石原将司(2020)「誤概念の混乱を排除した理科指導の在り方: -小学校第四学年「すがたを変える水」の授業分析-」, 日本科学教育学会研究会研究報告 34(8), pp.5-8
- 16) 田代見二, 徳永悟, 小石紀博, 猿田祐嗣, 中山迅(2012)「ともに科学的な見方や考え方に高め合う理科学習: 「第 5 学年単元『流れる水のはたらき』の実践をとおして」, 日本科学教育学会研究会研究報告 27(1), pp.93-96
- 17) 湯澤正通(1998)「子どもは理科の授業で何を学ん

- でいるか」, 湯澤正通編著, 「認知心理学から理科学習への提言」, 北大路書房, pp.1-22
- 18) Stahl, G. (2000) 「A Model of Collaborative Knowledge-Building」, Fourth International Conference of the Learning Sciences, pp.70-77
- 19) 後藤大二郎, 和田一郎 (2019) 「協働的知識構築モデルを基軸とした理科授業デザインに関する研究 : 一小学校第3学年「かげと太陽」の実践を事例として一」, 理科教育学研究 59 (3), pp.367-377
- 20) 小牧啓介, 中山迅 (2018) 「文脈を意識した入れ子構造の問題解決の理科授業に関する一考察 : 一小学校第4学年 単元「ものの温まり方」の実践を通して一」, 日本科学教育学会研究会研究報告 33 (1), pp.81-84
- 21) 渡辺理文, 杉野さち子, 森本信也 (2019) 「資質・能力の育成に寄与する理科授業における形成的アセスメントの方略に関する研究 : 一小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」を事例にして一」, 理科教育学研究 60 (1), pp.85-96
- 22) 川崎弘作 (2010) 「科学的思考力育成のための理科学習指導に関する研究 - 「科学的に実証された結論を認識する能力」の育成を中心として」, 広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部 文化教育開発関連領域 (59), pp.29-38
- 23) 瀧澤保則 (2008) 「実験結果を科学的に解釈する力を高める理科学習 : 「考察タイム」と「結論タイム」を位置付けて」, 日本理科教育学会全国大会要項 58, p.178
- 24) 岡田啓吾, 稲田結美 (2018) 「変数が明確な実験における考察の記述指導法の開発 : 一小学校第5学年「ふりこのきまり」の学習を事例として一」, 理科教育学研究 58 (3), pp.221-230
- 25) 山田貴之 (2019) 「因果関係を踏まえた仮説と実験結果を関係付けて考察させる指導法とその効果 : 小学校理科における考察の構成要素を明示したワークシートの考案に基づいて」, 臨床教科教育学会誌 18 (2), pp.67-74
- 26) 五十嵐敏文 (2011) 「科学的な思考力・判断力・表現力を育てる結論を導く場面の構想」, 理科の教育 60 (12), pp.833-835
- 27) 清水誠, 長島雄介, 林和彦 (2014) 「実験から導かれた多様な結果を用いて結論を導き出すことができ
- る児童の育成 : 結論を導き出す際に他者と議論をすることの効果」, 日本理科教育学会全国大会要項 64, p.242
- 28) S・トゥールミン (2011) 「議論の技法 - トゥールミンモデルの原点」 戸田山和久・福澤一吉訳, 東京図書
- 29) 村津啓太, 稲垣成哲, 山口悦司, 山本智一, 坂本美紀, 神山真一 (2017) 「アーギュメンテーションにおける根拠付き主張を促進する教授方略とデザイン要素の有効性の検証」, 理科教育学研究 57 (3), pp.261-271
- 30) Novak, J.D. (1977) 「A THEORY OF EDUCATION」 Connell University Press

Abstract

Teaching Strategies to Encourage Learners to Draw Appropriate Conclusions in Inquiry-Based Learning Science Curricula of Elementary Schools: Focusing on The “Process of Consideration” to Make Learners Think of Valid Conclusions

Akimasa OMAE¹

It is important for learners to advance their own investigation and cooperative learning in inquiry-based science classes. For elementary school learners to continue their own inquiry, teachers need to elicit their initiative and resourcefulness. Teachers need to be supported through a teachers' guidance plan, which is a device that helps them encourage learners to consider experiment results and construct scientific concepts more effectively.

This study aims to extract a strategy for constructing scientific concepts more effectively for inquiry-based learning from existing theories and practices. A survey of teaching strategies used in past science classes revealed the use of two stages. Teaching strategies of the first stage make learners recall actual life experiences, as well as consider more than one hypothesis in the preliminary step of inquiry. Teaching strategies of the second stage involve making learners conscious of both a law of natural phenomenon and an actual phenomenon and making them examine conclusions. The guidance plan of the Unit “Whereabouts of rainwater and the state of the ground” in the Fourth Grade was made as an outcome of a study.

Keywords: Inquiry-based learning, construct scientific concepts more effectively, teaching strategies

¹ Faculty of Child Education, Kyoto Bunkyo University, Uji, Kyoto, Japan