

「探究の過程」を経る中学校理科授業に関する基礎的・実践的研究 —第1学年「身のまわりの物質」単元を例として—

山代 一成*・栢野 彰秀**

Issei YAMASHIRO, Akihide KAYANO

A Basic and Practical Study on Junior High School Science Class based on Inquiry
— Through the 1st Grade Lessons on "Personal Materials". —

ABSTRACT

2017年に改訂された『中学校学習指導要領(理科)』で重視された「探究の過程」について、1. 現在使用されている教科書を用いて「探究の過程」を経る中学校の理科授業を実践し、2. 次期学習指導要領の下で「探究の過程」を経る中学校理科授業を行うために必要な第一次資料を得、3. 次期学習指導要領の下での「探究の過程」のあり方について考察を加えた。「探究の過程」を経る中学校理科授業は、「学習課題の発見」→「学習課題の設定」→「仮説の設定」→「観察・実験計画の立案」→「観察・実験の実施」→「観察・実験結果の処理」→「観察・実験結果の考察」→「学習課題に対する結論の記述」の段階の活動を経て行われればよいことが主に考察された。

【キーワード：探究の過程，中学校第1学年，理科】

1. 問題の所在

探究に基づく中学校の理科学習は、諸外国の科学教育現代化運動等の影響を受け、1969年に改訂された中学校学習指導要領(理科)においてわが国に位置づけられた。自然の事物・現象の中に問題を見だし、それを探究する過程を通して創造的な能力を育てたり、自然の事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養うこと等が目的とされた¹⁾。その後、幾度か改訂された学習指導要領(理科)においては、探究という用語が用いられたり用いられなかったりはしたが、探究に基づく学習はわが国の理科学習の基本とされてきた。

2017年に改訂された次期中学校学習指導要領(理科)では、資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージとして「探究の過程」が明記され、探究に基づく理科学習が再評価された²⁾。わが国において従来、探究に基づく理科学習は、「児童・生徒の主体的活動」という要素を含むカリキュラム構成と捉えられている³⁾。2017年に改訂された次期学習指導要領で強調された「主体的・対話的で深い学び」のうち、特に「主体的な学び」の実現に「探究の過程」を経る理科授業が寄与するため、再評価されたと考えられる。

2017年に改訂された次期中学校学習指導要領の全面実施は2021年度である。中学校の教育現場において全面実施までの移行期間には、現行学習指導要領(2008年改訂)の下で編纂された教科書を用いて、次期学習指導要領の趣旨を可能な限り達成するような教育実践が求められる。

上述した観点から、次期学習指導要領(理科)で強調された、「探究の過程」を経る中学校の理科授業とはどのような授業なのか、この点につながる第一次資料を得たいと考えた。得られた第一次資料に検討を加えると、

次期学習指導要領が全面実施された際すぐに、その趣旨を達成する理科授業が行えるのではないかと考えたのが、筆者らが本研究に取り組んだ問題意識である。

そこで筆者らは次の諸点を本研究の目的と方法とした。

1. 現在使用されている教科書を用いて、「探究の過程」を経る中学校の理科授業を実践する。2. 次期学習指導要領実施初年度の2021年度から、すぐにその趣旨を達成するような「探究の過程」を経る中学校理科授業を行うために必要な第一次資料を得る。3. 第一次資料に検討を加え、次期学習指導要領の下での「探究の過程」を経る中学校理科授業の実践のための視座を得る。

2. 現行教科書を用いた「探究の過程」を経る理科授業の構想

(1) 「探究の過程」と「探究の流れ」の比較

表1には、次期学習指導要領に記載された「探究の過程」と、現行学習指導要領の下で編纂され現在島根県内の中学校において採択されている理科教科書に記載された「探究の流れ」が示されている^{2,4)}。

表1 「探究の過程」と「探究の流れ」の比較

次期学習指導要領に記載された「探究の過程」		現行の教科書に記載された「探究の流れ」
課題の把握(発見)	自然事象に対する気付き	「ふしぎ」を見つけよう
		関連情報を収集しよう
課題の探究(追究)	課題の設定	
	仮説の設定	仮説を立てよう
	検証計画の立案	実験計画を立てよう
	観察・実験の実施	観察・実験を行おう
課題の解決	結果の処理	結果を整理しよう
	考察・推論	考察しよう
	表現・伝達	探究の結果をまとめよう

* 出雲市立第三中学校

** 島根大学学術研究院教育学系

2019年10月28日受付

2020年1月21日受理

表1より、「探究の過程」における「課題の設定」と「探究の流れ」における「関連情報を収集しよう」には相違がある。だが、その他の「探究の過程」と「探究の流れ」では、その表現こそ異なるが、おおむね同様の意味内容といえる過程や流れと捉えられることが分かる。この点については、筆者らの先行研究において既に明らかにされている⁵⁾。

このことに加え、1. 筆者らは常日頃の理科授業において、理科室前面の黒板上部の壁面に現行教科書に記載された「探究の流れ」を掲示して、今日の授業が「探究の流れ」のどこに相当するのかが生徒に分かるように配慮しながら授業を行っている。2. 2018年度に授業実践を行う場合、どの学年の生徒を対象とした場合でも、卒業まで現行の教科書を使用する。についての2点を考慮した。

上述した観点から、現行の教科書を用いた「探究の流れ」に沿った授業は、次期学習指導要領に記載された「探究の過程」を経る授業と同等と捉えて筆者らは授業を構想した。

(2) 筆者らの先行研究に基づく「考察しよう」と「探究の結果をまとめよう」の捉え

筆者らは前報において、現在島根県内の中学校で採択されている教科書では「ふしぎ」を発見し、観察・実験を行って観察・実験結果を得、観察・実験結果を生徒が考察して探究の結果をまとめる「探究の流れ」が、次の4つに分類できることを報告した⁶⁾。1. 観察・実験結果からいえること・分かることが探究の結果のまとめとなる。2. 観察・実験結果からいえること・わかることを考え、新しい科学の知識を学び、そしてそれを用いて探究の結果をまとめる。3. 観察・実験結果からいえること・わかることを考察し、それを学習課題に立ち戻ってさらに考察して探究の結果をまとめる。4.1～3以外である。

筆者らは、観察・実験結果からいえること・わかることを考える活動と探究の結果をまとめるために考える生徒の活動を同義に捉え、「考察しよう」と捉えている。そして、考えた結果を学習課題の結論として記述する活動を「探究の結果をまとめよう」と捉えている。

3. 現行の教科書を用いて実践された「探究の過程」を経る理科授業の実際

(1) 授業実践の対象

授業実践は松江市内公立A中学校第1学年2クラス54人を対象に、2018年9月中旬から11月中旬に行われた。授業実践の対象となった単元は、中学校第1学年「粒子」領域の単元「身のまわりの物質」のうち、「気体の性質」、「水溶液の性質」、「物質の姿と状態変化」小単元である。使用教科書は東京書籍版『新編新しい科学1』（2018）である。理科室にて全ての授業を行った。

(2) 本授業実践に至るまでの理科授業

授業実践の対象となった2クラスの生徒に対して、4月入学当初の理科の第1時間目の授業時間全てを充当して、「探究の流れ」を経る活動を生徒自らがを行い、辿っていくのが中学校の理科学習であることについて説明を加えた。その際まず第一に、理科室前面の黒板上部の壁面に、表1に示された「探究の流れ」とその段階が生徒に分かるように、8つの各段階をA3用紙に一つずつ順番に記載して掲示した。この掲示物と教科書の目次の次のページに記載されている「探究の流れとこの教科書の使い方」見開き2ページを用いて、理科学習における「探究の流れ」について説明を加えた。この時生徒に説明を加えた8つの「探究の流れ」の各段階それぞれの意味内容は表2に示されている。

8つの「探究の流れ」を記した掲示物は、その後も理科室前面の黒板上部の壁面に掲示したまま、「探究の流れ」に基づいた授業を本授業実践まで可能な限り行った。

表2 生徒に示した8つの「探究の流れ」の段階とそれぞれの段階の意味内容

番号	段階	内容
①	「ふしぎ」を見つけよう	小単元や各次の学習課題に関連する自然の事物や現象についての演示や関連する資料から不思議を見つけ、学習課題を設定する。小単元全体の学習課題の場合「探究の課題」、次毎の学習課題の場合「今日の課題」という。
②	関連情報を収集しよう	「探究の課題」や「今日の課題」を解決するのに、どのような情報が必要だろうか。
③	仮説を立てよう	「探究の課題」や「今日の課題」を解決するために仮説(課題に対する自分の考え)を立てて、探究の見通しを持つ。
④	実験計画を立てよう	仮説をもとに、どのような観察・実験を行ったらよいか考える。
⑤	観察・実験を行おう	観察・実験を行う。その時の条件や途中で気がついたことも書き留める。
⑥	結果を整理しよう	観察・実験の結果を表やグラフにまとめる。
⑦	考察しよう	整理した結果と自分の仮説や予想と比べながら、どのようなことが分かったかを考える。観察・実験結果からいえることを考える、モデルを使って解釈する、「探究の課題」や「今日の課題」の結論を考えることも「考察しよう」に含まれる。
⑧	探究の結果をまとめよう	「探究の課題」や「今日の課題」の結論を記述する。

(3) 実践された授業の実際

① 「気体の性質」小単元の授業展開（全5時間）

本小単元は、「1次：身のまわりの気体の性質（3時間）」、「2次：気体の性質と集め方（2時間）」で構成されている。本小単元の授業は2018年9月中旬から下旬にかけて行われた。

1次第1時間目の授業では、教科書の導入のページに掲載されている写真（ドライアイスが入っている容器に入れたシャボン玉が浮かんだままになっている）の状態を実際に演示しながら、気体に関する小学校の既習事項を思い出させた。その後、酸素、二酸化炭素、水素、塩素を発生させ捕集する演示実験と窒素を捕集する演示実験を観察させた。これらの気体全ての色とにおいも観察・実体験させた。気体は種類によって発生法と捕集法が異なり、固有の性質があることを捉えさせた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「「ふしぎ」を見つけよう」の段階の授業となる。

1次第2時間目の授業では、前時に捕集した5種類の気体のうち、酸素と二酸化炭素に着目させて、「酸素と二酸化炭素は、それぞれどのような性質を持つのだろうか？」という「ふしぎ」に基づく学習課題を生徒に捉えさせた。その後、酸素と二酸化炭素を発生させて、それらの気体の性質を調べる実験手順を説明し、実験を行い、実験結果をワークシートに予め書き込まれた表の空欄に書き留めさせた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「観察・実験を行おう」の段階の授業となる。

1次第3時間目の授業では、前時行った実験の結果を発表させ、クラス全体で共有した。その後、実験結果から分かることをその理由とともに考えさせ、ワークシートに記述させた後、発表させた。本次の学習課題に立ち戻らせた上、本次の学習課題の結論を個人で考えさせ、記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「考察しよう」、「探究の結果をまとめよう」の段階の授業となる。

2次第4時間目の授業では、冒頭で水の中に誘導した空気は気泡となるが、アンモニアは水の中でとけて気泡が消滅していく写真を生徒に提示した。なぜアンモニアの気泡が水中で消滅するかを考えさせ、発表させ、「気体の性質によって、気体の集め方はどのように変わるのだろうか？」という「ふしぎ」に基づく学習課題を生徒に捉えさせた。その後、アンモニアを発生させる演示実験を行った後、アンモニアの性質を調べる実験を行わせ、実験結果をワークシートに予め書き込まれた表の空欄に書き留めさせた。実験結果をもとに、アンモニアの性質をまとめさせた。アンモニア噴水の演示実験も行った。これまでの授業で授業者が気体を捕集する時は、水や空気と置き換えて捕集したことを思い出させ、気体の捕集の仕方と気体の性質にはどのような関係があるかを生徒に考えさせ、記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「「ふしぎ」を見つけよう」、「観察・実験を行おう」、「考察しよう」の段階の授業となる。

2次第5時間目の授業では、教科書に記載された「気体の水へのとけ方と密度の比」に関する表を用いて、気体はそれぞれ水に対する溶けやすさが異なる性質と空気と異なる固有の密度を持つことを捉えさせた。その後、「身のまわりの物質とその性質」小単元で学習した「物質の浮き沈みの関係は物質どうしの密度の大小関係で決まる」ことを思い出させ、気体を捕集するためには、気体と空気との密度の大小関係を考慮した気体の捕集法（上方置換法と下方置換法）が用いられることを捉えさせた。併せて、気体の水に対する溶解度の違いで水上置換法が捕集に用いられることも捉えさせた。その後、本次の学習課題に立ち戻らせた上、本次の学習課題の結論を個人で考えさせ、記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「考察しよう」、「探究の結果をまとめよう」の段階の授業となる。

② 「水溶液の性質」小単元の授業展開（全10時間）

本小単元は、「1次：物質が水にとけるようす（6時間）」、「2次：溶解度と再結晶（4時間）」で構成されている。本小単元の授業は2018年10月に行われた。

1次第1時間目の授業では、水溶液に関する小学校の既習事項である固体または気体がとけている水溶液、水に液体が混ざっている水溶液の3つを生徒に提示し、それぞれ何がとけたり混じったりしているか考えさせ、発表させた。その後、教科書に掲載された写真を用いて、草津温泉の温泉水と父島の海水には何がとけているか考えさせ、身のまわりの水溶液だけではなく、自然界に存在する水にもさまざまな物質がとけていることを生徒に捉えさせた。その後、水溶液の中でミョウバンがとけずに大きくなっていくようすが掲載された教科書の写真を提示して、なぜこのような現象が起こるのかを考えさせた。その後、1.5ℓペットボトルと食塩、白砂糖、ミョウバンを配布した。これらの固体が水にとけるようすを観察させ、観察されたことを発表させた。さらに、水にとけて無色透明の水溶液になる物質、水にとけて有色透明の水溶液になる物質、水にとけない物質をそれぞれ水に入れてかき混ぜる演示を行った後、有色透明になった水溶液を生徒に提示しながら、「有色透明になった水溶液は物質がとけたといえるのだろうか？」と発問した。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「「ふしぎ」を見つけよう」の段階の授業となる。

1次第2時間目の授業では、前時の授業の導入部分を充分時間をかけて思い出させた上、「物質が水にとけるとは、どのようなことになるのだろうか？」と発問して、「ふしぎ」に基づく学習課題を生徒に捉えさせた。次時に行く水にとける物質のようすの実験の目的と手順を説明した。ろ過実験の練習を行わせた。従って、本時間の授業では学習課題の設定は行っているが、表2に示された「探究の流れ」の番号①～⑧のどの段階にも当てはまらない時間となる。

1次第3時間目の授業では、水にとける物質のようすについての実験を行わせ、配布したワークシートに予め

書き込まれた表の空欄に実験結果を書き留めさせた。実験終了後、実験結果の発表を行わせた。次いで、物質を水に入れる前後の質量を測定する実験の結果からいえることを考えさせ、ワークシートに予め書き込まれた表の空欄に記入させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「観察・実験を行おう」と「考察しよう」の段階の授業となる。

1次第4時間目の授業では、再度前時の実験結果の発表を行わせた。その後、コーヒーシュガーとデンプンを水に入れた時、透き通っていたものと濁っていたものは何か異なっていたのだろうか個人で考えさせ、ワークシートに記入させた後発表させた。その他、実験結果として書き留められた現象それぞれについて、個人で考えさせ、ワークシートに記入させて、発表させた。その後、実験結果として書き留められたそれぞれの現象について、粒子のモデルで考えるとどうなるか、生徒個人で考えさせ、ワークシートにモデルを絵で描かせた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「考察しよう」の段階の授業となる。

1次第5時間目の授業では、前々時行ったコーヒーシュガーとデンプンを水に入れ、かき混ぜた後にろ過した実験を前時学習した「粒子のモデル」で表現するとどうなるか、生徒個人で考えさせた後、ワークシートに絵で描かせた後、発表させた。その後、本次の学習課題に立ち戻らせた上、本次の学習課題の結論を個人で考えさせ、記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「考察しよう」、「探究の結果をまとめよう」の段階の授業となる。

1次第6時間目の授業は、「純物質」や「混合物」あるいは「質量パーセント濃度」等、水溶液にまつわる科学の知識の定着を行った時間であった。従って、本時間の授業では、「探究の流れ」でいうとどの段階にも当てはまらない時間となる。

2次第7時間目の授業では、教科書に掲載されたウユニ塩地の写真を生徒に提示しながら、小学校の既習事項である食塩水を蒸発させると、水にとけた食塩をとり出すことができることを思い出させた。その後、授業者が作製した食塩の結晶が付着したモール飾りを生徒に提示した。これを作製する時には、水を蒸発させて食塩を固体としてとり出したのではないことを生徒に伝えた後、「水にとけている溶質をとり出すためには、水を蒸発させる以外に、どのようにすればよいのだろうか？」という「ふしぎ」に基づく学習課題を生徒に捉えさせた。その後、水にとけた物質をとり出す実験の手順を説明した後、実験を行わせ、実験結果をワークシートに予め書き込まれた表の空欄に書き留めさせた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「「ふしぎ」を見つけよう」と「観察・実験を行おう」の段階の授業となる。

2次第8時間目の授業では、前時の実験の際に試料を乾燥させるために放置して溶質が結晶として析出したスライドガラスを観察させ、観察結果をワークシートに予め書き込まれた表の空欄に書き留めさせた。その後、前

時と本時の実験結果を発表させた。その後、実験結果からいえることを生徒個人で考えさせ、ワークシートに記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「観察・実験を行おう」と「考察しよう」の段階の授業となる。

2次第9時間目の授業は、「溶解度」や「再結晶」あるいは「溶解度曲線」の理解等の科学の知識の定着を行った時間であった。従って、本時間の授業では、「探究の流れ」でいうとどの段階にも当てはまらない時間となる。

2次第10時間目の授業では、前々時までに行った実験結果と実験結果からいえること、さらに前時学習した科学の知識を発表させた。その後、本次の学習課題に立ち戻らせた上、本次の学習課題の結論を個人で考えさせ、記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「考察しよう」、「探究の結果をまとめよう」の段階の授業となる。

③ 「物質の姿と状態変化」小単元の授業展開 (全8時間)

本小単元は、「1次：物質の状態変化(1時間)」、「2次：物質の状態変化と体積・質量の変化(2時間)」、「3次：状態変化が起こるときの温度(2時間)」、「4次：蒸留(3時間)」で構成されている。本小単元の授業は2018年11月初旬から中旬にかけて行われた。

1次は教科書の構成上「探究の流れ」に沿う流れになっていない。そのため、本時間の授業では本小単元全体の学習内容にかかわる次のような自然の事物・現象の演示等を行った。教科書に掲載された冬の川霧の写真を提示し、小学校での既習事項である水の三態について思い出させた。この時、液体または固体の状態の水は目に見えるが、気体の状態の水は目に見えないことについては、充分時間をかけて振り返らせた。次いで、身のまわりの物質で常温で固体、液体、気体で存在している物質を生徒に発表させた。その後、授業者があらかじめ撮影した次の3つの演示実験のVTRを生徒に視聴させた。リンゴの形をしたロウの塊を加熱して融解させる演示実験。固体の食塩を加熱して融解させる演示実験。パルミチン酸とセタノールを同時に加熱して融け始めの温度が異なる演示実験。その後、気体の酸素を液体窒素で凝縮させる実験をデジタル教科書のVTRを利用して視聴させた。さらにその後、次の実験を演示した。液体のエタノールを加熱して気体になると袋が膨らむ演示。固体のドライアイスが気体の二酸化炭素になったら袋が膨らむ演示と状態変化前後の質量の測定。ブタンの沸騰。これらの導入の後、演示実験やVTR等を見て、不思議に思ったこと、疑問に思ったこと、調べてみたいこと、「あれっ」と思ったこと等を記述させて提出させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「「ふしぎ」を見つけよう」の段階の授業となる。

2次第2時間目の授業では、前時に出された生徒の疑問等を紹介した後、「物質が状態変化するとき、体積や質量はどのようになるのだろうか？」と発問して、学習

課題を捉えさせた。その後、ロウの状態変化と体積・質量の変化を調べる実験の手順を説明した後、実験を行わせ、ワークシートに予め書き込まれた表の空欄に実験結果を書き留めさせた。その後、生徒に実験結果を発表させた。その後、実験結果をもとに、加熱前の固体の状態のときと加熱して液体の状態になったときのロウの断面図をワークシートに絵で描かせた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「観察・実験を行おう」と「考察しよう」の段階の授業となる。

2次第3時間目の授業では、前時行った実験の結果と結果を整理したロウの断面図を発表させた。その後、これらの現象を粒子のモデルであらわすとどうなるか、個人で考えさせ、ワークシートに絵で描かせた。さらに、物質の三態と体積の増減との関係を粒子のモデルで解釈させた。その後、本次の学習課題に立ち戻らせた上、本次の学習課題の結論を個人で考えさせ、記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「考察しよう」、「探究の結果をまとめよう」の段階の授業となる。

3次第4時間目の授業では、小単元の授業の冒頭で演示したさまざまな実験を思い出させた。その際、状態変化が起こる時の温度に関する質問が生徒から出されたことも思い出させた。その後、教科書に掲載された透明なやかんの中で水が沸騰して、注ぎ口から勢いよく湯気が出ている写真を提示した。水は100度で沸騰し、沸騰している時は温度が変わらないことを思い出させた。その後、「水と同じように、物質が状態変化するときの温度は、決まっているのだろうか?」と発問して、学習課題を捉えさせた。その後、エタノールが沸騰するときの温度を測定する実験の手順を説明し、実験を行わせ、実験結果をワークシートに予め書き込まれた表の空欄に書き留めさせた。その後、実験結果を発表させ、実験結果をより分かりやすく表現するためには、グラフに表すとよく分かることを生徒から引き出した。また、加熱時間とエタノールの温度との関係を表すグラフを作成させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「「ふしぎ」を見つけよう」と「観察・実験を行おう」、「結果を整理しよう」の段階の授業となる。

3次第5時間目の授業では、前時作成させたグラフを考察させ、エタノールは決まった温度の沸点を持つことを捉えさせた。その後、水やエタノールといった具体的な物質から物質全般へと適用範囲を広げるために考察を行わせた。その後、本次の学習課題に立ち戻らせ、本次の学習課題の結論を個人で考えさせ、記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「考察しよう」、「探究の結果をまとめよう」の段階の授業となる。

4次第6時間目の授業では、赤ワインを生徒に提示し、約10%のアルコールが含まれていることを教え、赤ワインは水とアルコールの混合物であることに気付かせた。その後、「液体どうしが混ざり合った混合物を分けるには、どうすればよいのだろうか?」と発問し、学習課題

を捉えさせた。その後、水とエタノールの混合物を蒸留する実験の手順を説明した後、実験を行わせ、実験結果をワークシートに予め書き込まれた表の空欄に書き留めさせた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「「ふしぎ」を見つけよう」、「観察・実験を行おう」の段階の授業となる。

4次第7時間目の授業では、前時終了しなかった実験の残りの実験を行わせ、実験結果をワークシートに書き留めさせた。その後、生徒に実験結果を発表させた。その後、実験結果から分かることを個人で考えさせ、ワークシートに記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「観察・実験を行おう」、「考察しよう」の段階の授業となる。

4次第8時間目の授業では、前時考察した実験結果から分かることをもとに、本次の学習課題に立ち戻らせた上、本次の学習課題の結論を個人で考えさせ、記述させた後、発表させた。従って、本時間の授業は「探究の流れ」のうち「考察しよう」、「探究の結果をまとめよう」の段階の授業となる。

4. 第一次資料抽出のための実態調査の実施

(1) 実態調査

生徒が毎回の授業を「探究の流れ」のどの段階の活動と捉えているかを明らかにするために、毎回の授業の最後に、「本時の授業の学習は「探究の流れ」のどの段階の部分に相当すると考えるか。」について回答させた。なお、回答に際しては表2に示したもののうち、番号と段階が示されたものを生徒に提示した上、黒板の上の壁面に掲示された「探究の流れ」の各段階を見ながら相当する段階の番号に○印を付けさせた。1時間の授業で複数の「探究の流れ」の段階がある可能性があるため、○印はいくつ付けてもよいとした。

(2) 実態調査の結果と検討

表3には、生徒が捉えた小単元「気体の性質」各時間の「探究の流れ」の段階が示されている。表4には、生徒が捉えた小単元「水溶液の性質」各時間の「探究の流れ」の段階が示されている。表5には、生徒が捉えた小単元「物質の姿と状態変化」各時間の「探究の流れ」の段階が示されている。

筆者らが表3～5に検討を加えて授業評価を行い、第一次資料を得るための考察を加えた。なお、表2における「探究の流れ」の段階と番号と表3～5における番号は一致する。

5. 実態調査結果とその検討

(1) 表3～5の見方

各表の一番上の行には小単元名と小単元を構成する次の名称が記載されている。次の名称の下欄に記載された数字は小単元の授業の何時間目かに相当する。一番左の列には、表2に示された「探究の流れ」のどの段階に相当するのか、①～⑧の番号が記載されている。

表3 生徒が捉える小单元「気体の性質」各時間の「探究の流れ」の段階

気体の性質 時間目 探究の流れ	1次 身のまわりの 気体の性質			2次 気体の性質 と集め方	
	1	2	3	4	5
①	47	3	2	7	
②	2	1	1	7	
③	11	2	0	0	
④	2	10	0	2	
⑤	12	47	7	48	
⑥	1	11	44	8	
⑦	3	5	22	6	○
⑧	0	0	38	2	○

表4 生徒が捉える小单元「水溶液の性質」各時間の「探究の流れ」の段階

水溶液の性質 時間目 探究の流れ	1次 物質が水にとけるようす						2次 溶解度と再結晶			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
①	41	8		2	4		11	7		1
②	8	5		5	2		0	1		1
③	4	19		0	0		1	0		0
④	0	26		0	1		1	0		0
⑤	27	25	○	8	0		51	15		1
⑥	1	1		42	22		9	46		8
⑦	5	2	○	10	12		2	24		11
⑧	0	0		13	38		0	9		44

表5 生徒が捉える小单元「物質の姿と状態変化」各時間の「探究の流れ」の段階

物質の姿と 状態変化 時間目 探究の流れ	1次 物質の 状態変化	2次 物質の状態変化と 体積・質量の変化		3次 状態変化が 起こるときの温度		4次 蒸留		
	1	2	3	4	5	6	7	8
①	49	3	0	2	1	1	1	1
②	6	0	0	1	0	1	0	0
③	0	1	1	1	0	1	0	0
④	0	2	0	12	0	12	0	0
⑤	11	47	0	48	1	51	38	0
⑥	0	29	26	3	33	6	40	13
⑦	1	6	17	2	27	3	17	16
⑧	0	1	26	1	30	4	7	43

「探究の流れ」の①～⑧の番号の横に示された各時間の数字が、この時間を「探究の流れ」のどの段階と生徒が捉えたのか、その人数である。表3の1次1時間目を見ると、47人の生徒が探究の流れの①に相当すると考えており、②は2人、③は11人が相当すると考えているという意味になる。ゴシック体で大きな数字が表記された「探究の流れ」の段階が、授業者が意図して授業した「探究の流れ」となる。○印が示された授業時間は、授業進行上の都合で生徒にこの時間の授業が「探究の流れ」

のどの段階に相当するかという実態調査は行っていないが、○印に相当する「探究の流れ」の段階があったことを示す。縦の列が空欄の授業時間は、「探究の流れ」のどの段階にも当てはまらない科学の知識の定着の時間となる。そのため実態調査も行わなかった。

(2) 小单元「気体の性質」についての検討

表3をもとに「気体の性質」小单元の生徒の「探究の流れ」の段階の捉え方の特徴に検討を加える。

1次1時間目の授業は、小単元の学習内容に関連する自然の事物・現象の演示を生徒が見ながら、これからの学習課題を生徒が発見する授業であった。54人中47人が授業者の意図通りの「探究の流れ」の①「「ふしぎ」を見つけよう」に○印をつけていることが分かる（以降、「探究の流れ」とその段階の表記は省略して、表2～5に示された丸数字のみ記載する）。しかし、③には11人、⑤には12人の生徒が○印を付けている。12人の生徒が⑤に○印を付けたのは、演示実験を見たからだと思われる。第1学期当初からこれまでの「生命」領域と「粒子」領域の学習の際には、仮説を立てる活動はほとんど行っていない。それにもかかわらず、11人の生徒が③に○印をなぜ付けたかは不明である。

1次2時間目の授業では実験を行ったため、54人中47人の生徒が授業者の意図通りの⑤に○印をつけていることが分かる。しかし、④に10人、⑥に11人の生徒が○印を付けている。授業者が行った実験の手順の説明を聞いたので④に、実験をして生徒がワークシートに結果を書き留めたので⑥に○印を付けたのではないと思われる。

1次3時間目の授業では、実験結果からいえることを考え、さらに学習課題の結論も考えたにもかかわらず、⑦には22人の生徒しか○印を付けていなかった。学習課題の結論を記述したため、⑧には54人中38人の生徒が授業者の意図通り○印を付けたと思われる。しかし、54人中44人の生徒が⑥にも○印を付けている。実験結果からいえることをワークシートに記述する活動があったからと思われる。

2次4時間目の授業では、教科書に記載された水の中の空気とアンモニアの様子の写真を用いて次の導入を計ったにもかかわらず、7人の生徒しか①に○印を付けていない。生徒にアンモニアの性質を調べる実験を行わせたので、⑤には54人中48人の生徒が授業者の意図通り○印を付けた。授業者により⑦も意図された授業が行われたにもかかわらず6人の生徒しか○印を付けていない。1回の授業で「探究の流れ」の活動のうち①、⑤、⑦という3つの活動を行ったので生徒が混乱したと思われる。

2次5時間目の授業では、課題の結論を考え、記述したので⑦と⑧が○印となる。

(3) 小単元「水溶液の性質」についての検討

表4をもとに「水溶液の性質」小単元の生徒の「探究の流れ」の段階の捉え方の特徴に検討を加える。

1次1時間目の授業は、小単元の学習内容に関連する自然の事物・現象の演示を生徒が見て、これからの学習課題を生徒が発見する授業であった。54人中41人が授業者の意図通りの①に○印をつけていることが分かる。しかし、演示実験を見たので、⑤にも27人の生徒が○印を付けたと思われる。

1次2時間目の授業は、学習課題を生徒が捉えた後、次時の実験の手順を聞いたので、④に26人の生徒が○印を付けたと思われる。ろ過実験の練習を行ったので、25人の生徒が⑤に○印を付けたと思われる。19人の生徒が

③に○印を付けたのは、前小単元に引き続き不明である。

1次4時間目の授業は、⑥に42人の生徒が○印を付けた。実験結果をモデルで解釈する活動を実験結果の整理と捉えたと思われる。そのため、授業者が意図した⑦には10人の生徒しか○印を付けていない。

1次5時間目の授業は、実験結果をモデルを使って解釈し、かつ課題の結論を考えたにもかかわらず、⑦に12人の生徒しか○印を付けていない。だが、⑧には54人中38人が○印を付けている。モデルを使って考えることを、⑥の実験結果を整理しようと捉えたのではないと思われる。

2次7時間目の授業は、本次の導入だったにもかかわらず、①に○印を付けたのは11人であった。実験を行ったので、54人中51人の生徒が授業者の意図通り⑤に○印を付けている。実験を行って実験結果を書き留めたので、⑥に9人が○印を付けたと思われる。

2次8時間目の授業は、前回の実験で結果を得るために放置していた試料を観察しただけであったので、生徒は観察・実験をしたとは捉えなかったため、⑤に15人の生徒しか○印を付けなかったと思われる。前回の授業で行った実験と本時間で行った観察の結果からいえることを考えたにもかかわらず、24人の生徒しか⑦に○印を付けなかった。結果をもとに考えたから⑥に54人中46人の生徒が○印を付けたと思われる。

2次10時間目の授業は、課題の結論を考えたにもかかわらず、11人の生徒しか⑦に○印を付けていない。課題の結論を記述したので、⑧に54人中44人の生徒が授業者の意図通り○印を付けている。

(4) 小単元「物質の姿と状態変化」についての検討

表5をもとに「物質の姿と状態変化」小単元の生徒の「探究の流れ」の段階の捉え方の特徴に検討を加える。

1次1時間目の授業は、小単元の学習内容に関連する自然の事物・現象の演示を生徒が見て、これからの学習課題を生徒が発見する授業であった。54人中49人が授業者の意図通りの①に○印をつけていることが分かる。しかし、演示実験を見たので⑤にも11人の生徒が○印を付けたと思われる。

2次2時間目の授業は、生徒が学習課題を捉えた後、実験を行ったので、授業者の意図通りの⑤に54人中47人の生徒が○印を付けていることが分かる。しかし、モデルで考察したにもかかわらず、⑦には6人の生徒しか○印を付けていない。⑥に29人が○印を付けたのは、モデルを使って解釈することを結果の整理と捉えたからであると思われる。

2次3時間目の授業は、実験結果をモデルで考え、さらに課題の結論を考え、記述したにもかかわらず、⑦には17人、⑧には26人の生徒しか○印を付けなかった。26人の生徒が⑥に○印を付けていることから、モデルで考察することを結果の整理と捉えていると思われる。

3次4時間目の授業は、教科書に掲載された写真を用いた導入の時間だったにもかかわらず、①には2人の生

徒しか○印を付けなかったことが分かる。その後、実験手順を聞いたため、12人の生徒が④に○印を付けたと思われる。実験を行ったので、授業者の意図通り、⑤には54人中48人の生徒が○印を付けたと思われる。だが、実験結果をグラフに書き表して結果を整理したにもかかわらず、⑥に○印を付けたのは3人であった。

3次5時間目の授業は、前時作成したグラフを読んで解釈したにもかかわらず、⑦に○印を付けた生徒は27人であった。グラフを読んで解釈することを結果の整理として捉えたため、⑥に33人が○印を付けて、⑦には27人しか○印を付けなかったと思われる。

4次6時間目の授業は、提示された赤ワインを生徒が見ながらの導入だったにもかかわらず、①には1人の生徒しか○印を付けていなかった。実験の手順を聞いた上、実験を行ったため、⑤には54人中51人の生徒が授業者の意図通り○印を付けていたが、④にも12人の生徒が○印を付けたと思われる。授業では、実験を行って、ワークシートに実験結果を書き留めただけだったが、⑥には6人、⑦には3人、⑧にも4人の生徒が○印を付けている。

4次7時間目の授業は、前時終了しなかった実験を行ったため、⑤に54人中38人の生徒が○印を付けている。前回授業での実験結果と本時の授業での実験結果を発表したので、⑥に54人中40人の生徒が○印を付けたと思われる。実験結果からいえることを考えたにもかかわらず、⑦には17人の生徒しか○印を付けていなかった。加えて、実験結果からいえることを考えたため、⑧にも7人の生徒が○印を付けたと思われる。

4次8時間目の授業は、課題の結論を実験結果をもとに考えたにもかかわらず、⑦に○印を付けたのは16人であった。⑥に○印を書いた13人は、実験結果を発表し、課題の結論を考えたので、⑥に○印を付けたと思われる。課題の結論を記述したので、授業者の意図通り、54人中43人が⑧に○印を付けたことが分かる。

(5) 導出された第一次資料

本章(2)~(4)において検討を加えた結果のまとめとして、次の諸点が導出できる。

- ア. 小単元の導入段階で小単元の学習内容に直接関連する自然の事物・現象に関する演示実験を行うと、「探究の流れ」における「「ふしぎ」を見つけよう」の段階と多くの生徒は捉える。だが、「観察・実験を行った」と捉える傾向も見られる。
- イ. 教科書に掲載された写真等を使用して各次の導入を行った場合、「探究の流れ」における「「ふしぎ」を見つけよう」の段階と捉える生徒は少ない。
- ウ. 本授業実践では、小単元全体及び各次での学習課題を生徒に捉えさせる学習活動を必ず組み込んでいる。だが、それに相当する段階が「探究の流れ」の中に位置づけられていない。加えて、学習課題の結論をまとめる段階も「探究の流れ」の中に位置づけられていない。

- エ. 本授業実践では、「探究の流れ」のうち「関連情報を収集しよう」及び「仮説を立てよう」、実験計画を立てよう」段階を含む授業は行われていない。
- オ. 「「ふしぎ」を見つけよう」の段階に加え学習課題の設定あたりの授業を行うと、「仮説を立てよう」段階の活動を行っていると思える傾向があると思える。
- カ. 授業者が実験の手順を説明したら、生徒は「探究の流れ」のうち「実験計画を立てよう」段階の活動を行ったと思える傾向が見られる。
- キ. 観察や実験を行うと、「探究の流れ」における「観察・実験を行おう」の段階と多くの生徒は捉える。
- ク. 授業者が配布したワークシートに既書き込まれた表の空欄に生徒が実験結果を書き込むと、「探究の流れ」のうち「結果を整理しよう」段階の活動だったと思える傾向が見られる。
- ケ. 実験結果を考察しやすくするために実験結果をグラフに表すことを、「探究の流れ」の段階の「結果を整理しよう」の段階に相当すると捉えている生徒の数は少ない。むしろ、実験結果をモデルで解釈する活動を「探究の流れ」の段階の「結果を整理しよう」と捉えている生徒が多い。
- コ. 実験結果からいえることを考える、小単元の学習課題の結論を考える、モデルを使って実験結果を解釈する、についての3点は全て「探究の流れ」の段階の「考察しよう」に相当すると捉えている生徒は多くはない。
- サ. 小単元の学習課題の結論を記述することを「探究の流れ」の「探究の結果をまとめよう」と生徒はおおむね捉えている。

6. おわりに

(1) 第一次資料に対する検討

本章では、前章(5)において導出された第一次資料に検討を加える。

「探究の流れ」に基づく理科授業では、生徒自らがこれからの学習課題を発見して、自ら学習課題を設定する活動が重要となる。前章(5)ウから、「探究の流れ」の中に「課題の発見」と「課題の設定」という要素が明確に分離されて示されていると生徒がこれら2つの流れを捉えやすいと考えられる。それに伴い、「課題の設定」に直接対応する「課題の結論の記述」という要素も必要となる。

前章(5)ア、キ、サから、本授業実践における文脈による授業で、生徒は「探究の流れ」のうち、「「ふしぎ」を見つけよう」、「観察・実験を行おう」、「探究の結果をまとめよう」の段階については捉えられる。

前章(5)ア、カ、クから、生徒が自ら行った活動ではないが、授業者が導入の段階で行った演示を生徒が見たり、授業者が実験の手順を説明したのを生徒が聞いたり、授業者があらかじめ作成したワークシートの表の中に生徒が実験結果を書き込んだりした場合、生徒自らが「探究の流れ」のうちのいずれかの段階の活動を行ったと錯覚

するのではないかと考察される。この点を克服するために、「探究の流れ」では、生徒自らが行った活動に対して、「探究の流れ」の各要素が対応することを十分な時間と回数を取って、生徒に捉えさせる必要があるといえる。

前章(5)ケ、コから、観察・実験を行って書き留めたデータを表にまとめたりグラフに表したりすることが「探究の流れ」における「結果の整理」の段階ということについて、生徒に充分説明を加えて理解させる必要があるといえる。この点を克服するためには、授業者が作成するワークシートに観察・実験結果を書き込む表の枠を予め書き込んでおくのを差し控えることも考慮しなければならないことが考えられる。観察・実験結果を書き込む表の枠の部分空白にしたワークシートの提示も考慮する必要がある。このようなワークシートを生徒に提示することによって、本授業実践では全く表に出てこなかった「探究の流れ」のうち「仮説を立てよう」と「実験計画を立てよう」の段階を生徒が高い確率で指摘できるようになると考えられる。空白にしたワークシートを生徒に提示することによって、仮説を立てて実験計画を考え、どのような実験結果が得られるかまでを見通さなくてはならないからである。それに併せて、前章(5)オについての不明点の解消が期待できるとともに、前章(5)エについての課題も克服されることが期待される。

(2) 「探究の過程」とのすりあわせ

本章(1)で加えた検討結果に基づいて、次期学習指導要領の下で筆者らが行う「探究の過程」を経る中学校の理科授業について考察を加える。

表1に示したように、筆者らは現状で現行教科書に記載された「探究の流れ」に沿って授業を展開している。加えて、2章(3)に記述したように、「探究の流れ」の中で、生徒による学習課題の発見と学習課題の設定、それに伴う学習課題の結論の記述も強調して常日頃の授業を行っている。これらの点を考慮して、次期学習指導要領の下で理科室前面の黒板上部の壁面に掲示する「探究の過程」のそれぞれの過程について、生徒へ提示する表現を表6のように構想した。

表6 次期学習指導要領の下で筆者らが実践する「探究の過程」

次期学習指導要領に記載された「探究の過程」		筆者らが実践する「探究の過程」
課題の把握(発見)	自然事象に対する気付き	学習課題の発見
	課題の設定	学習課題の設定
課題の探究(追究)	仮説の設定	仮説の設定
	検証計画の立案	観察・実験計画の立案
	観察・実験の実施	観察・実験の実施
	結果の処理	観察・実験結果の処理
課題の解決	考察・推論	観察・実験結果の考察
	表現・伝達	学習課題に対する結論の記述

表6を見ると分かるように、次期学習指導要領に記載された「探究の過程」におけるそれぞれの過程は「仮説の設定」、「観察・実験の実施」については同じ表現を用いているが、その他は、異なる表現となっている。生徒が「探究の過程」のどの段階かがよりよく分かるように、「自然事象に対する気付き」は「学習課題の発見」に、「課題の設定」は「学習課題の設定」に、「検証計画の立案」は「観察・実験計画の立案」に、「結果の処理」は「観察・実験結果の処理」に、「考察・推論」は「観察・実験結果の考察」に、「表現・伝達」は「学習課題に対する結論の記述」に変更されている。

(3) 中学校3カ年間で「探究の過程」の構想

本章(1)、(2)で行った考察に基づいて、次期学習指導要領の下で中学校3カ年間を見通して筆者らが行う「探究の過程」を経る理科授業について考察を加える。

表7には、『中学校学習指導要領解説理科編』(2017)に記載された中学校各学年で身につけることが期待される資質・能力が示されている⁷⁾。

表7 中学校各学年で身につけることが期待される資質・能力

学年	資質・能力
1	問題を見いだし見通しを持って観察、実験などを行い、規則性、関係性、共通点や相違点、分類するための観点や基準を見いだして表現すること。
2	見通しを持って解決する方法を立案して観察・実験などを行い、その結果を分析して解釈し、規則性や関係性を見いだして表現すること。
3	見通しを持って観察、実験などを行いその結果や資料を分析して解釈し、特徴、規則性、関係性を見いだして表現すること。また、探究の過程を振り返ること。

表7を見ると、中学校第1学年で身に付けさせたい理科の資質・能力は、表6に示された筆者らが実践する「探究の過程」における「学習課題の発見」、「学習課題の設定」、「仮説の設定」、「観察・実験計画の立案」、「観察・実験の実施」、「観察・実験結果の処理」あたりの過程で身につく資質・能力を中心に「探究の過程」に基づく授業を構想をすればよいと捉えられる。

同様に、中学校第2学年で身に付けさせたい理科の資質・能力は、1年生で身に付けた「探究の過程」のうちの「課題の把握(発見)」と「課題の探究」に関する資質・能力に加え、「課題の解決」も含めた「探究の過程」全体で身につく資質・能力が求められていると捉えられる。

これらの面からは、中学校第1学年と第2学年の2カ年間をかけて、生徒に「探究の過程」を経る理科授業を理解させればよいことが分かる。

中学校第3学年では、「探究の過程」全体を見通したり、ふり返らせたりして、これまでに身につけた資質・能力を洗練させればよいことが分かる。

謝辞

授業実践の際に多方面からご支援をいただいた松江市立玉湯中学校の今井貴子先生に感謝いたします。

参考文献

- 1) 文部省：『文部省発行中学校学習指導要領昭和44年(1969)改訂版』,p.69,1969,明治図書.
- 2) 文部科学省：『中学校学習指導要領解説理科編』,p.9,2017,学校図書.
- 3) 小川正賢：「探究学習論」,『理科教育講座 5』,pp.28f,1992,東洋館出版社.
- 4) 東京書籍：『新編新しい科学 1』,pp.4f,2018.
- 5) 栢野彰秀,野崎朝之,大山朋江,園山裕之,福島章洋：「本時のねらいが明確で子どもが主体の授業に関する基礎的考察－中学校理科の場合－」,『島根大学教育臨床総合研究』,Vol.17,pp.153-167,2018.
- 6) 山代一成,栢野彰秀：「学習課題から結論に至るまでの子どもの考えと活動の流れに重点を置いた中学校理科授業計画の作成」,『日本科学教育学会研究会研究報告』,Vol.31,No.7,pp.19-24,2017.
- 7) 上掲書 2),p.20,2017.