

理科における探究的な授業を実現するにはどうしたらよいのか?  
子どもの学びと教師の協働の視点から見直す

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-11-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 石井, 恭子 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10098/4506">http://hdl.handle.net/10098/4506</a>

# 理科における探究的な授業を 実現するにはどうしたらよいのか？

—子どもの学びと教師の協働の視点から見直す—

石井 恭子

## 1. 問題の所在 理科における探究の授業を実現することのむずかしさ

平成20年3月に公示された新しい学習指導要領での学習が始まった。今回の改訂では、知識基盤社会における生きる力の重視ということが強調され、理科においても、思考力・表現力の育成、探究的な学習活動の充実という方向性が示されている。探究的な学習を目指すことは、今に始まったことではなく、これまでも何度も強調されてきたことである。そのために、多くの研究者が、探究の授業の重要性を訴え、海外のカリキュラムを研究したり、探究の授業のあり方を検討したりして研究を進めてきた。しかし現実には、探究的な学習活動はなかなか実現していない。探究を大事にすると言っているのに、なぜ、これほどまでに探究の授業の実現は難しいのだろうか。

こうした問いに対して、本稿では、まず探究の授業が難しいとはどういうことなのか、歴史的な観点から問題を整理する。さらに、「探究するコミュニティ」をテーマに授業改革に取り組んでいる福井大学教育地域科学部附属中学校における理科授業事例を検討することにより、探究の授業がどのようにして実現していくのかを検討したい。

## 2. 探究学習の歴史的検討

### 2.1 探究学習の日本における受容と展開のプロセス

日本の理科教育における「探究」の位置づけを確認するためには、昭和43、44、45年（1968、69、70年）改定の学習指導要領における「探究の過程」の導入の経緯を検討する必要がある<sup>1</sup>。この改訂は、高度経済成長や科学技術の進歩に伴い、日本国内海外ともに、科学教育の変革が求められていた時期であり、それまでの系統主義から探究重視への理科教育の大きな転換期とされているからである。たとえばPSSC物理は、それまでの講義主体の授業プログラムを見直し、生徒実験を中心としたカリキュラムとして当時のアメリカで開発されたものである。それらが現代化カリキュラムとして日本にも次々と紹介され、その影響を最も強く受けたのが当時の学習指導要領とされている<sup>2</sup>。学習指導要領の理科の教科目標には、「探究の過程を通して科学の方法を習得させる」とあり、科学的探究能力について、問題の発見、予測、観察、実験、測定、記録、分類、グラフ化、推論、モデルの形成、仮説の設定、検証などが挙げられている。しかし当時は、科学技術が飛躍して発展する当時の状況から、系統的な科学的知識の獲得も理科教育改革の大きな柱であった。そのため、予測・観察・実験などのプロセスを体験することを「探究の過程を通して」ととらえ、知識を獲得することを「基礎的な科学概念の修得」ととらえて、その両方を重視するということが、理科教育の目標となっている。しかし、こうして導入された新しいカリキュラムに対して、探究のプロセスを体験させることと知識の定着ということを授業でどのように両立していいのかかわからず、当時の学校現場では大きな混乱をきたしたと言われている<sup>3</sup>。そのうち過度な探究重視や探究の形骸化ということが問題視され始め、「探究」という用語は、昭和52年以降の学習指導要領からは姿を消した<sup>4</sup>。

平成20年（2008年）の改定で、改めて「探究」という言葉が多く見られるようになった<sup>5</sup>。これは、PISAやTIMSS

など国際調査などの結果を受けて、思考力・表現力などの育成や探究学習の重視ということが示されたからである。答申には、『知識・技能の育成（いわゆる習得型の教育）と自ら学び自ら考える力の育成（いわゆる探究型の教育）とは、対立的あるいは二者択一的にとらえるべきものではなく、この両方を総合的に育成することが必要』と明記されている<sup>6</sup>。今回の改訂で指摘されたのは、習得型の教育と探究型の教育を対立的にとらえられてきた反省と、本来その両方を総合的に育成することの重要性である。しかし、今回の学習指導要領でも探究を重視するといいつつ、実際の学習指導要領で示されている事項は、これまでと同じスタイルの知識の羅列である。つまり、観察や実験などを体験することを「探究の過程を通して」ととらえ、知識を獲得することを「基礎的な科学概念の修得」ととらえた昭和44年当時の方針が、今回の改訂でもそのまま受け継がれていると考えることができる。そして、重視するはずの探究型授業とはどのようなものかは具体的に示されておらず、実際には個々の教師の努力にゆだねられていることは今回の改訂でも同様である。

現実として、多くの学校で見られるのは、「問題 - 予想 - 実験 - 記録 - 結果の考察」といったプロセスのみを経験し、最後はそこからわかる知識の確認、という形の授業である。多くの教員が、探究型の授業をしたいが、現実的には時間の制約や受験の制約もあり、結局は知識の伝達を中心にせざるを得ないと述べている<sup>7</sup>。村上（2009）は、現在多くの学校で探究学習が行われていないとし、その理由として探究学習の成果が示されていないことや、教えた科目でも問題が生じないから、などを紹介している<sup>8</sup>。また、探究活動の形骸化や、知識定着に結び付かないという問題意識から、探究の過程を否定する研究もみられる<sup>9</sup>。これらに共通するのは、探究を過程（プロセス）あるいは知識を獲得するための方法としてとらえていることである。白敷・小川（2008）は、最近になって、探究学習に関する研究が多くなってきたが、プロセススキルを意味する日本の探究は、欧米における Inquiry とは異なり、知識と結びつける段階で教師主導になっていることも指摘している<sup>10</sup>。

日本の科学教育における難しさについて、小川（1992）は、Inquiry という概念と日本人が受け止めている探究の概念が違っていると指摘している。さらに、日本において西洋の科学教育をそのまま取り込むことに無理があると述べている<sup>11</sup>。また、佐伯（1995）は、科学の学習が、問題を解くことを主流としていることで、理工系の学生でさえも科学概念を理解していない現実を問題視しており、科学教育で教えるべきこと自体が、時代とともに変化していかなければならない、と述べている<sup>12</sup>。さらに、今後の科学教育において重視すべきことは「教師自身が科学的探究をする」と指摘する。また、佐藤（1996）は、日本の教育が、文化的・伝統的・制度的に、知識や技能の伝達と習得を基本としていることを改めて指摘し、新たな授業スタイルへの脱皮にはディレンマがあると述べている<sup>13</sup>。

小倉（2001）は、学習指導要領において、「知識・理解」の体系は示されているが、「思考力」や「技能・表現」などについて示されていないことを問題とし、これを体系化することが今後の重要課題であると問題提起している<sup>14</sup>。しかし、今回の改定でも、示されたのはやはり知識内容の羅列であり、学習指導要領に沿って授業を行おうとする限り、探究的な授業の実現は難しいと言わざるを得ない。

## 2.2 全米科学教育スタンダードと科学的探究

1995年に公表された全米科学教育スタンダード（以下スタンダード）では、科学的探究能力の育成や市民としての科学的リテラシーの獲得が科学教育の目標とされている<sup>15</sup>。ここでは、探究の授業の実現に対してスタンダードはどのような意味をもっているか検討する。

スタンダードで強調されている探究は、探究する能力だけでなく、探究とは何かという理解や探究がどのような科学的知識をもたらすのか、ということまでを包括している<sup>16</sup>。また、科学教育における探究は、授業の型ではなく、こうした考え方は、OECD PISA 調査においても同様である。PISA で示された科学的リテラシーの中の知識は、科学の知識（knowledge of science）と科学についての知識（knowledge about science）の二つの側面を規定しており、科学についての知識というのは、科学とはいかなる営みか、という知識である。

スタンダードは、カリキュラムを構成するのも授業プランを作るのも学校の教員である、という立場に立ち、教

師が探究的な授業を作れるようにするための指針として作られた。そのため、スタンダードで示される基準は、まず<科学教授スタンダード>から始まり、<教師の専門性向上スタンダード>、<アセスメントスタンダード>など8項目にわたって示されている。探究的な学習を実現するには、内容を示すだけでは不十分であることが示唆される。求められる教師像は、熟達した技能者 (technician) としてではなく、知的な省察的实践者 (intellectual, reflective practitioner) である。さらに、このスタンダードは、常に再検討と改訂されるものとして理解されるべきであり、優れた教師による最良の実践に注目し、その実践を多くの教師に広めていくことによって実現すると記されている。

これは、1970年代の現代化カリキュラムの失敗から得た教訓として、学校外で第三者がパッケージでカリキュラムを制作し、学校に伝えることでは探究的な学習というものは実現しえないという信念に基づいている<sup>17</sup>。その結果、現在では、多くの探究カリキュラムが、大学などの研究者と学校教師の協働で作られており、さらにカリキュラムの開発だけではなく、探究的な授業を行う力量をつけるために、教師自身が探究的に科学を経験する研修が行われるシステムも作られている<sup>18</sup>。たとえば、UC Berkeley が主体となって開発している FOSS プログラムでは、教師が学校で実際に実践してカリキュラムを作り上げ、その後も実践するための研修とカリキュラム評価が同時に行われ、実践のフィードバックを受けながらリニューアルを繰り返している。開発された單元ごとに、探究的な実験が行える実験道具や生徒用の読み物、教師用の指導書、さらにはこの教材を使った先行実践のビデオなど、教員が探究の授業を行うために必要な情報が提供されている。

また、スタンダードでは、全体にわたって、実際の実践に基づく事例が多く示されている。この事例によって、スタンダードで示された理念が具体性を持ち、現実の実証可能であることを示していると述べられている。残念ながら、日本語版ではこの文章は翻訳されているものの、事例そのものは翻訳されていない。スタンダード以外にも、アメリカの教育学では、事例を示してその理念を提示されているものが多くみられる<sup>19</sup>。

以上、アメリカにおいて、探究的な授業を実現するために、先進事例を示すこと、事例と理論を結びつけること、教師自身が探究する研修などの指針が示されていることがわかった。アメリカでも、70年代には探究カリキュラムが実現しなかった経緯があるが、探究の授業の授業実現に向けての、新たな展開が始まっているといえよう。

### 2.3 改めて事例研究の意味を問う

日本においても、探究の授業は少なからず存在している。その一つとして、福井大学教育地域科学部附属中学校について、研究者がどのように評価しているかを概観する。

まず、東京大学の佐藤学 (1999) は、附属中学校の研究と実践を、21世紀のわが国の中学校が目指す姿として評価している。その根拠として、中学生の学びを中心にカリキュラムと授業が組織されていること、そのために教師たちが学び合う連帯組織があること、さらにその実践と研究を大学の研究者と密接に協力して行われていること、の3つを挙げている<sup>20</sup>。秋田 (2004) は、教師自身が学びあう組織を評価し「学び続けていく可能性を探究する学校文化を生徒も教師もともに問うている」と意味づけている<sup>21</sup>。松下 (2007) は、カリキュラム構成という視点から、教師が生徒の学びを記録し、その意味を協働生成することに価値があると述べている<sup>22</sup>。いずれも、教師自身の協働的な学びに着目している。

そこで、次項では、この附属中学校において、どのようなプロセスを経て探究的な授業を実現しようとしていったのか、2002年から2009年まで附属中学校理科教諭であった竹澤宏保さんの修士論文と紀要を読み解いて検討していく。

## 3. 授業における生徒の学びを教師が協働で探究する福井大教育地域科学部附属中学校

### 3.1 実践と省察を核とした研究校

福井大学教育地域科学部附属中学校 (以下附属中学校) では、「探究するコミュニティ」をテーマに、学校全体で、生徒自ら探究する授業を目指した授業とカリキュラムの改革に長年取り組んでいる。すべての教科と総合を包括す

る単元構成の概念は、「発意」→「構想」→「構築」→「遂行」→「省察」というストーリーのあるサイクルで示されており、理科の授業の中で考えると、上述したプロセススキルのサイクルとよく似ている。しかし、実践記録を読むと、探究は、いわゆる方法としてではなく、単元全体が大きな探究活動ととらえられていることがわかる。さらに、授業における生徒の探究は、生徒自身によって語られ、記録に残される。また授業を実践した教師自身も、その授業づくりのプロセスと生徒の学びを記録に残していく。

附属中学校では、探究は授業の中で生徒だけがするものとは考えられていない。授業で生徒が課題探究し、その生徒の課題探究のプロセスを、教師自身が探究していくものととらえられている。附属中学校の先生たちは、毎年自らの実践記録を書いている。教員全員の実践記録が1冊にまとめられた研究紀要は、多くの附属学校に見られるような研究テーマの解説や理論的解釈よりも、物語風に描かれた一人一人の実践が中心となっている。

まず、2007年の研究紀要別冊から、「化学カイロ」の実践事例にもとづいて、竹澤さんが目指す科学的探究授業とはどのようなものか、読み解いていく。

## 3.2 「探究するコミュニティ」における理科の実践から

### 3.2.1 17年間の実践から作り上げた探究授業のデザイン

研究紀要35号別冊「科学的リテラシーを育む探究学習」では、「科学的リテラシーは、コミュニティを基盤とした探究学習の中で育まれる」「子どもたちのストーリーで推移する探究のサイクルを繰り返す(＝スパイラル)ことが探究学習の単元として成立する」「子どもたちの探究の質を向上させていくためにはコミュニティとドキュメンテーションの支えが不可欠である」といった理論的な提案の文が続く<sup>23</sup>。こうした理念の提案は、多くの附属校の研究紀要にみられる。しかし、附属中学校は上述したように、実践記録を書くことが研究の中心である。そこで、研究紀要における理論的提案と実践がどのように結びついているのか、理科の竹澤宏保さんの実践記録をもとに検討していく。

竹澤さんは、2005年に福井大学大学院教育学研究科で、自分の17年の実践を振り返り意味づけた<sup>24</sup>。修士論文として、附属中学校理科部が目指す探究の授業を科学的リテラシーと関連させ、以下の3つの視点から探究授業のデザイン構想をまとめている。この授業デザイン構想は、これまでの実践と振り返りによって生まれた理論とも言えるものである。

#### ① 題材・テーマの設定

科学的探究心を喚起する題材であることが大切である。教師自身が興味を持てるものであることも大切であるが、同時に、解決のプロセスに子どもたちの思いや考えを反映できることの重要性も指摘している。つまり、教師自身はその題材の意味を感じつつ、子どもたちの手で解決できるか、子どもたちの考えが多様化するかということが、豊かな探究の柱となる題材の条件である。

#### ② コミュニケーション

探究のプロセスは、解決へのアプローチがいくつも用意できるもの、つまり子どもたちの考えが多様であることが大切である。課題を解決する方法を話し合ったり吟味したりすることで、子どもたちの自然事象を見る目が耕される。そのためには、多様な生徒の考えを交流するコミュニケーションが不可欠である。ここで語られる科学的なやりとりこそが科学的リテラシー鍛錬の場と考えられる。

#### ③ ドキュメンテーション、省察

子どもたちのコミュニケーションが活性化するためには、子どもたちの思考を表出させる必要がある。野草マップのような作品や、探究シートなどを使って、それぞれの考えを交流する。また、探究の履歴を振り返り、自らの探究の意味や価値を再確認すること、つまり省察することは、次の探究のエネルギーになるととらえている。

竹澤さんは、17年間の振り返ることによって、探究活動を短いスパンから単元全体を貫くテーマの下のロングスパンで組織することができるようになったという。まず、上で述べた探究の授業デザインを、事例に沿って具体的

な記述から検討する。

### 3.2.2 事例「化学カイロ製作プロジェクト」から、探究の授業デザインを読み解く

17年の振り返りを経て、これまで事例を積み上げ省察して、明らかになったことをすべて結集して行ったのが、2005年2年生の実践「化学カイロ製作プロジェクト」(9時間)である<sup>25</sup>。以下に、授業の前半部分の概要を述べる。

表1 化学カイロ製作プロジェクトの授業 寺岡(2007)より筆者再構成<sup>26</sup>。

化学変化の授業を一通り終えた12月の初め、カイロを作る学習をしようと教師が提案するところから学習が始まる。寒くなってきた時期でもあり、市販のカイロと同じものを作ると聞いた生徒たちは湧く。しかし、カイロを作るためには、まずその成分を調べなくてはならないことに気づく。(発意・構想)

カイロを開けて中身を観察しその成分を予想する。鉄、砂、乾燥材、炭、など、生徒それぞれの生活経験や情報に基づいて予想を話し合う。いろいろな予想が出たところで、その正体を実験で探る。見た目が黒いことから磁石で鉄の存在を確かめたり、電極を差し込んで電流が流れるか調べたりする。湯気が出ていることに気づいて水の存在を予想し、蒸発皿にラップをかけて水滴がつくかどうか調べる。実験方法を考え(構想・構築)、実験していく(遂行)。

実験の結果が出たところで、4人グループを解いて、新たなグループ(ジグゾー班)を作り、中間報告会でお互いの予想と実験方法、明らかになったことの情報共有する。他の班から「電気を通したり通さなかったりした」実験結果や、「他の物質の粉も混ざっている」という考察を聞くことによって、自分たちの班では解決できなかった鉄の存在について、解決し納得していく。ジグゾー班での報告会を持ち帰って班で吟味し、鉄、炭、パーミキュライト、水という4つの材料が確認される。(省察、次のサイクルの発意の段階)このとき、カイロの中に含まれている不思議な金色の粒にこだわった生徒の追究から、蛭石(パーミキュライト)の存在と、加熱すると伸びるといふ不思議な性質が報告され、パーミキュライトの実験は、その面白さ不思議さに、学級の生徒全員が実験を体験する活動にも発展した。(1つ目のサイクル)

1つ目のサイクルの省察を踏まえて学級全体で次の課題と取り組み方について話し合う(構想)。材料を確認し、基準量を全員で共有した後、一つの方法だけ分量を変えて、温度変化を調べていくことが決まる。温度を調べ、さらにカイロの外袋の成分表を見直し、食塩の存在に気付く。カイロを作るという目的から、より高く温度が上がることを目指し、定量的な実験が続いていく。(構築・遂行)  
(2つ目のサイクル)

下に示したのは、化学カイロ製作プロジェクトでの探究のサイクルである<sup>27</sup>。

「化学カイロを作ろう」という発意から始まる学習は、「まず成分を調べよう(構想)」⇒「どうやって調べようか(構築)」⇒「実験しよう(遂行)」⇒「実験がどうなったか友だちと話し合おう(省察)」⇒「成分がわかったから、いよいよカイロを作ろう(発意)」と、生徒の追究心によって課題や実験方法が決められ進められていく。定式化された「予想」と「実験」、そして予定調和的な「結果と考察」ではなく、生徒の発意や省察によって探究が進められていく。

### 3.2.3 『課題』単元を貫き、生徒の探究心や問い(発意)を掘り起こす課題の設定

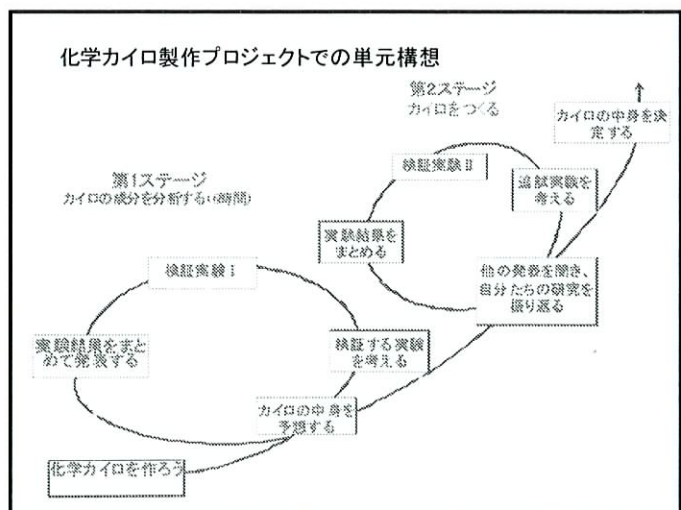
附属中学校の理科では、科学的探究活動を授業の中で展開しようとする場合、1時間や2時間という授業の単位ではなく、最低でも5、6時間を想定している。こうした長いスパンの探究を、生徒自身が進めていくために一番大切にしているのが「発意」である。一般にいう「導入」と表面的には似ているが、実際の理念はだいぶ異なっている。「発意」で心掛けているのは、教師の作った授業計画に関心を持たせるための短期的な概念崩しのような導入ではなく、数時間の探究活動全体を貫くような、生徒自身の探究心・問いを掘り起こすことである。

発意を起こすために大切なのが、課題である。子どもたちの手で解決できるたくさんの独創的な活動が生まれ、複線型の探究の手法が考えられる課題が望ましく、そうした課題を探して日々教材研究をしていると竹澤さんは述べている。

### 3.2.4 子どもの学びのストーリーと探究の質を高めるスパイラル構造

発意が単元全体を貫いている限り、授業は、断片的な知識の伝達になるはずもなく、生徒が、今やっている実験がなんのためなのかかわからないこともない。毎回の授業では、「今日の授業のねらいは・・・、実験の説明をします」という教師の説明ではなく、生徒の必然性によって、実験方法や実験道具が決められていく。それは、発意から始まった学習のテーマに、子ども自身の探究のストーリーがあるからである。さらに、一つ目のサイクルの省察は次のサイクルの発意となり、探究のサイクルはスパイラルに続いていくのである。2つ目の探究は、問題が焦点化され、探究の質が高まる。

科学的探究は、3年間続く大きなスパイラルで考えられており、2年生は「科学を使いこなす段階」ととらえられている。この単元では、市販のカイロを色や手触りなどで観察するという技能、「鉄は磁石につく」知識や「水は、塩化コバルト用紙の色を青から赤に変える」実験の手法など、小学校や中学1年生の時期に習った基礎的な知識や実験技能が必然性を持って用いられている。同時に、そうした技能や知識を、何度も繰り返し使うことによって身につけていっている。つまり、これまでの生活経験や授業で習った実験方法などを、グループ4人がそれぞれ持ち寄って、目の前の課題を解決していく科学的協働探究ができるのである。



### 3.2.5 『コミュニケーション』対話を通じた探究学習

どの学校でも、実験台や実験道具の都合は4人グループで行うことが多いが、附属

図1 探究サイクルの図(竹澤2007より筆者再構成)

から理科で中学校では、もっと積極的な意味で、対話とコミュニケーションの人数として4人グループを取り入れている。さらに、中間報

告会で行ったように、それぞれが別々の実験を行っていたグループを開いて、ジグソー班での共有の機会も多く取り入れている。同じ大きなストーリーを共有している中で、それぞれが別々の実験をしているため、明らかになったこととなっていないことが班ごとに異なる。しかし、同じ課題の解決に向かって意識を持っているため、話し合いが活発に行われ、それぞれの班の結果から、新たな視点が得られるのである。ここでの交流で目指しているのは、発表ではなく対話である。鉄の存在や二酸化炭素の存在など、他の班との対話によって新たな発見や解決の糸口が見つかった。

複線型の授業では、最後にそれぞれの班が行った実験などを報告する発表会で締めくくられることもあるが、発表や交流の必然性が少なく、聞く意欲を高めることに苦労している場合が多い。しかし、終了した探究の報告会ではなく探究をさらに進めるための中間報告であること、学級全体が大きな一つの目標を共有していること、お互いのアプローチの方法が異なることなどから、報告会での相互交流は必然性を持つ。また、発表グループが前に出て学級全体に向けて一方的に話すのではなく、少人数で報告と質問でやりとりするので、相互交流が活発に行われるのである。

### 3.2.6 『ドキュメンテーション』記録を書くことと省察すること

生徒たちは、探究シート（スケッチブック）に、班で起きたエピソードやつぶやきなどの記録を書いている。この探究シートをもとにして、一人一人が学習の最後に自分の探究のストーリーを振り返り、物語風に表現したレポートを書く。実験レポートの形とは違い、自分たちが行ってきたエピソードの因果関係を記録していくのであり、生徒自身が、自らの探究のプロセスを省察する営みといえる。

化学カイロの探究のサイクルでは、単元を始める前に、記録に関する省察（ふりかえり）が、教師と生徒によって行われていた。前期の授業後にレポートを書いたときのことを思いだして、探究シートがどのように役に立ったのか、どのような探究シートだとよいのかを話し合った。「実験結果の比較があるといい」「実験の図と細かな条件が書かれているといい」「実験中にしゃべったことや、なぜそう予想したのかが書いてあった方がいい」など、生徒たちの発言から、探究のプロセスを記録することの意味を考える機会となっていることが読み取れる。語り合いながら探究し、それを探究シートに記録し、さらに生徒自身が自分の探究のストーリーをたどることそのものも科学的探究の一つとしてとらえようとしている。そしてその意味を生徒自身が言語化しているのである。

### 3.2.7 探究授業を改善し追試する教師の協働探究

竹澤さんは「化学カイロ製作プロジェクト」を、子どもたちの科学的な知識や探究の手法をフルに動員して探究学習を進める単元として位置づけている。化学カイロの成分分析とカイロ制作で構成された「使い捨てカイロをつくってみよう！」は、2002年に同僚の木本さんが始めたもので、翌2003年にも行われた<sup>28</sup>。前年の反省を生かして、グループでの話し合いの記録をホワイトボードからスケッチブックに変えたことによって、話し合いや実験の過程が残り、教師にもわかりやすくなったという。竹澤さんと木本さんは、お互いの授業を構想から実践、振り返りまで、ともに授業研究を行っている。こうした同僚とともに進む協働の省察によって、授業実践を改善し、またその実践を協働で省察し、と繰り返すことが可能になるのである。

参考までに、過去9年間の研究紀要で紹介された探究の実践を以下に紹介する。Kは、木本茂さん、Tは竹澤宏保さん、Nは永廣裕子さんによる実践である。

表2 附属中学校理科部における探究の授業単元（研究紀要から筆者作成）

	1年生	2年生	3年生
2001	植物が水を捨てている！？	朝虹はどうして雨なの？(K) 光るシャープペンシルの芯の謎を探ろう	
2002	校庭の野草マップを作ろう(T)	使い捨てカイロをつくってみよう！(K) 電気のモデルを描いてみよう(T)	



2003	野草マップから見つけた植物の不思議を探ろう	白熱灯に学ぶ電気の世界(T) 使い捨てカイロをつくろう!(K)	遊園地は力学の宝庫だ~アトラクションの運動を探ろう(K)
2004	物質分類図を作ろう(T) 白い粉の正体を探ろう(K)	明るってどういうこと?~回路の謎に挑む~(K)	
2005	身の回りの物質から、オリジナル物質分類図を作ろう	白熱灯に学ぶ電気の世界(T) 化学カイロ製作プロジェクト(T)	運動の規則性を探ろう(K)
2006	光合成発見の歴史!(K)		東尋坊の地誌を探る(T)
2007	野草マップ作り(T)	二酸化炭素内のマグネシウムの燃焼(T)	運動の規則性を導き出すプリンキピア 2007 づくり(K)
2008	野草の営みを探る(T)		F(附中)-1 グランプリに挑戦!!(N)
2009		二酸化炭素内のマグネシウムの燃焼(T)	古代人の知恵「ピラミッドから学ぶ」(N)

表からわかるように、化学カイロだけでなく、2年生の電気の単元も、竹澤さんの2回の実践のあと木本さんが実践し、翌年は竹澤さんというように、お互いの実践研究を共有している。こうした同僚との協働実践研究は、理科部だけのことではなく、附属中学校全体の研究である。

### 3.3 17年間の実践とライフヒストリーから探究の授業づくりを探る

竹澤さんが、2006年の修士論文や附属中学校紀要で提案した探究の授業デザインは、竹澤さん自身の授業実践と、どのような関連があるのだろうか。以下、竹澤さんの修士論文から、実践のふりかえりと、そこから導かれた探究の授業デザイン構想をみていく。

#### 3.3.1 子どもの思考に着目した複線型の授業(2001年まで)

森目小学校で5年間、土や泥を題材にしてお弁当を作る実践、校区にある九頭竜川を題材とした地層の授業など、直接体験を重視し、身近な材料を大切にしている授業を行っている。こうした授業を通して、子どもたちの理科への興味関心を高め、自分で調べ学ぶ意欲を育てることを考えている。さらに、子どもたち一人ひとりの思考の流れを大切に、子どもたち自身の考えに基づいた実験や観察を取り入れる複線型の授業実践を積み上げていった。

明道中学校での8年間には、教師が作った課題の解決を生徒たちの手で進める学習(パートナー学習)や、一つの課題を複線型で解決する学習(リサーチ学習)など、生徒たちの課題を持つ力の育成に取り組んできた。選択学習で行ったりリサーチ学習では、共通の課題を一人ひとりが自分の考えた方法で調べる『5つの粉』や、用意した中から関心のある課題を選び自ら考えた方法で調べる『金属の性質』、共通の経験で生じた疑問の中から自ら課題を作り、自ら考えた方法で課題を解決する『マグネシウムの酸化』『化学変化と原子・分子』に取り組んだ。ここで、子どもたちの探究を支えるための課題の重要性、生徒が疑問をもつような、常識をゆさぶる現象の提示から課題を作っていく探究学習のスタイルを築いている。

通常の理科の授業でも、単元末に分散している探究学習の時間をまとめて、7、8時間のまとまった時間を生みだし、リサーチ学習を実践した。探究学習を単発の1、2時間で行うには不十分であると考え、子どもたち自身の疑問や関心を生かした授業を行う姿勢が見られる。公立小中学校でも、単元が目指す科学的な概念を深め、子ども自身の思考の流れを見つめ、子どもたちの科学的探究を行ってきたのである。

### 3.2.2 生徒自身の探究とコミュニケーションの意味を探る（2002年）

竹澤さんが附属中学校に着任したのは2002年である。このとき、附属中学校では、教師が効率的に学習内容を教える「目標・達成・評価」の階段型から、子ども自らがサイクルを作っていく「主題・探究・表現」の登山型の授業を目指しているところであった。

理科では、子どもの学びにつながるような単元の統合や、制作や身近なものを使って多くの概念を学ぶ具体性のある教材の工夫、生徒自身の振り返りとポートフォリオの活用、さらに、ロングスパンのオープンエンドの学習、という4つの取り組みを行っていた。2002年6月の公開研究会で『電流モデルを描いてみよう』、電流の概念、電流と電圧の関係、電流と電気抵抗の関係などを類推してモデルで表す活動を行った<sup>29</sup>。

個々がモデル図を考え、まず少人数の班で説明し、さらに学級全体で検討しあう。他者にわかるように説明する中で自分の考えを整理したり、他者の説明を理解し客観的な目でわかりやすい類推モデルか判断し合ったりして思考を練り上げ真理に近づく過程は、他者と関わり合いながら科学的概念を獲得する過程であった。

このときの研究紀要には、カリキュラムの構成要素として、“Story”, “Spiral”, “School Culture”の3つのSが示されている。理科の授業においては、これまでように教師が一方的に道筋を作る授業から、生徒自身が自ら探究の道を開いていくストーリーのある授業、探究と振り返りを繰り返していくスパイラルな探究の積み重ねを目指すと書かれている。

附属中学校で初めて公開した授業を、同僚とともにふりかえり、竹澤さん自身も実践記録を書いた。50分ごとの授業記録から、子どもたちの学習活動を時系列に並べてみると、各時間では探究ができていたものの、それぞれのつながりが薄いことが見えてきたと述べている。つまり、スパイラルということばは、単なる繰り返しではなく、つながっていなければならないと気づいたのである。また、4つのモデル図が、他者とのコミュニケーションツールとしては機能していたが、本当に電気の概念を広げることになったか疑わしかったとも振り返っている。こうして実践を振り返ることは、子どもの思考のストーリー、探究活動のスパイラルといった理論を、自らの実践の中で具体性を持って意味づけることであった。

### 3.2.3 生徒の学びのストーリーを意識する（2003年）

2003年には、また2年生の電気の単元『白熱灯の謎に迫る』を行った<sup>30</sup>。今度は、白熱灯を主題材として「電球の明るさは何によって決まるのか」（7時間）「どうしてフィラメントは光るのか」（5時間）「明るい白熱灯を作ろう」（3時間）というロングスパンの探究活動としてストーリーのある単元構成を考えた。

はじめに、炭素フィラメントが輝く様子をみんなで観察する。この様子に、生徒たちが驚きや感嘆の声があがり、何が起きているのか？という疑問や関心が生まれてくる。それを「どうしてフィラメントが光るのか？」という共通の課題として、さまざまな仮説を立て、それを検証する実験を計画し、実験を行っていくのである。同じ課題を違った方法で解決している仲間だからこそ、その結果に耳を傾け、自分たちの結果と比較しよう、という生徒同士の科学的なコミュニケーションが生まれ、探究が深まっていった。また、教科書どおりにやれば成功する実験ではなく、各班が独創的な実験を行うため、実験の手順や結果の吟味など、考え、判断しなくてはならない場面が多い。生徒・教師間の科学的なコミュニケーションも促進されて、全体での探究の質が高まる様子がみられたという。竹澤さんは、このときの様子から「探究とコミュニケーションは一体のものである」と意味づけている。

しかし、それぞれの記録を残すようなシステムがなかったために、活動の意義を子どもたち自身が実感できないという反省が残った。また、各ステージでは探究のストーリーが見られたが、「白熱灯の明るさは何で決まるか」という初めの学びを次の学びで生かす、というようなステージ間のつながりは薄かったと振り返っている。

### 3.2.4 2つのサイクルのスパイラルの意味に気づく（2004年）

前回の省察から、子どもたちの探究の足跡を残すドキュメンテーションの一つの方法として、協同の作品作りを

取り入れたのが、附属3年目2004年の実践『野草マップをつくろう』である<sup>31</sup>。入学して間もない1年生が初めて取り組む科学的探究として、中学校の敷地内の野草分布図を作成するものである。まず初めに、『野草マップをつくろう』という教師からの呼びかけで調査活動が始まる。マップを作るプロセスの中では、植物を採集したり、図鑑で調べたり、調査の方法や表現の方法を考え議論し、また調査するという活動が繰り返される。そして、マップができた時、「なぜ、スズメノカタビラはグラウンドでも生きているのか?」という2つ目の課題(発意)が生徒たちから生まれた。マップ作りの探究の延長線上にスズメノカタビラの探究があり、2サイクルの連鎖した学びになっている。しかも、2サイクル目の発意が自らの探究から得た課題であることによって、探究の視点が鋭くなり、より質の高い活動となっていることがわかった。こうした2サイクルの探究の意義は、初めから意図的に作られたものではなく、竹澤さんが自分の実践を省察した時に明らかになったものである。その結果、次の年には、自覚的に2サイクルとなるような単元構造を構想することになる。

### 3.2.5 単元全体を探究活動のストーリーととらえる(2005年)

2005年の公開研究会では、単元全体として、より大きな探究活動のストーリーになるように、2年生電気の単元の3回目の挑戦『白熱灯の謎に迫る』を実践した。これまでの省察から見てきたことを、今回の実践では意図的に行っている。それは、2サイクルでの連鎖した学び、探究のプロセスを見えるようにする記録シート、生徒自身の振り返りの活動である。

導入で、100W球と40W球の2つの電球を、直接つなぎと並列つなぎの2種類の回路でつなぐ演示実験を行う。ここで「どうして明るさが変わるの?」という疑問や探究心が生まれる。この疑問や探究心(発意)をもとに、「白熱灯の明るさは何によって決まるのか」という、単元を貫く課題を作る。課題を明らかにするための実験を構想し、電流計や電圧計の使い方など必要な実験技能を身につける。班ごとに実験を行ったあと、その結果を持ち寄って、討論会を行い、明るさを決める要因として、直列回路では電圧、並列回路では電流が明らかになった。そしてまだ謎のまま残っていた「電流の流れやすさ」が2つ目のサイクルの課題となった。

ここで、象徴的なのは電気抵抗の知識の獲得のプロセスである。電気抵抗ということばは、最後まで出てこない。生徒たちは、課題を解決する過程では「流れやすさ」という概念を用いて自分たちの考えを表現していた。このことについて竹澤さんは「初めに定義ありきではなく、活動の中で子どもたちが自分の言葉を使いながら考え、最後に教師がそれを専門用語として位置づけることを心がけた」と述べている。その結果、子どもたちは「むやみに抵抗という言葉を使うよりもよりしつとりと、自分たちのグループで流れにくさ(電気抵抗)の概念が広がっていった」のである。

竹澤さんは、この実践で、探究活動による学習と基礎基本の学習を融合させたと感じている。これまでの探究は、基礎基本の習得を優先し、獲得した知識や技能を使って、興味深い発展的内容を探究的に活動するという展開が多かったという。しかし、今回の探究活動では「電気抵抗の求め方をただ暗記するのではなく、どうしてそうなるのかを考えてほしかった。」と述べている。つまり、知識の獲得を、探究のプロセスの中に必然性をもって織り込もうとしたのである。

また、もう一つの挑戦は、プロセスを表現する記録シートと、最後の生徒自身の振り返りレポートの作成である。記録シートを使って、単元全体を初めから終わりまで、時系列で振り返り、一人ひとりが自分たちの探究の道筋を物語風書き綴った。生徒自身が、自分たちの探究をふりかえり、エピソードとストーリーで書き綴るという学習活動は、科学リテラシーの育成につながると意味づけている。

### 3.2.6 ライフヒストリーと実践の省察から探究の授業デザインを構想する

冒頭述べた化学カイロのような探究の授業は、何年もかけて探究の授業に挑戦し、ふりかえる、という実践と省察の繰り返しによって可能となったことが明らかになった。実践記録についても、一人で実践をまとめたというよ

りは、校内の同僚とともに、協働で作上げたものと考えてよい。附属中学校の研究は、授業を構想するところから、実践し記録化に向けて、同僚たちとの対話と省察を繰り返す中で作り上げられていく。授業実践は校内で授業公開することによって、多くの同僚が、それぞれの班での探究を、ていねいに見とっている。授業者一人での記録では、自分がかかわっていた班の生徒の言動はわかるが、見えていない班も多い。授業後の研究会では、生徒のつぶやきやエピソードをもとに、授業について語り合う。

附属中学校では、こうしたプロセスを通して、全員がロングスパンの実践記録を書き続けている<sup>32</sup>。こうした研究システムの構築は、上述のような教師を反省的実践家ととらえる視点とそれをささえるコミュニティという視点を融合させた教師の力量形成の実践研究に支えられている<sup>33</sup>。

### 3.3 教師の成長を支える校内研究組織

こうした学校作りが実現した背景には、附属中学校の長い研究の歩みがある。1999年に出版された『探究・創造・表現する総合的な学習』は、総合的な学習を中心とした探究学習の歩みを報告している。それは、生徒たちが、グループや学級というコミュニティの中でともに探究していくという学習観であり、同時に教師自身が実践コミュニティとしてともに探究していくという教師観でもある。発意・構想・構築・遂行・省察のサイクルは、子どもの学びのサイクルであると同時に、教師自身の授業づくりのサイクルでもある。

自ら探究する教師として、竹澤さんはその経験の中の暗黙知としての授業づくりを、言語化しながら理論化していくプロセスを明らかにすることができたと考える。事例があることによって、附属中の理論も竹澤さんの理論も、具体性を持った説得力のある提案となったのではないかと考えている。

<sup>1</sup> 文部省、『中学校学習指導要領』，昭和45年4月，1970

<sup>2</sup> 日本理科教育学会、『現代理科教育学講座1』，1992，東洋館出版社，p. 278

<sup>3</sup> 森川久雄、『探求としての理科教育』，学校教育研究所年報16，1972

<sup>4</sup> 日本理科教育学会、『理科教育学講座5 理科の学習論（下）』，1992，東洋館出版社，

<sup>5</sup> 文部科学省、『中学校学習指導要領』，平成20年4月，2008

<sup>6</sup> 文部科学省，基礎的・基本的な知識・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について（答申），2008.1.17

<sup>7</sup> Tosa, S. and Ishii, K., A comparison of middle-school science teachers' attitudes toward inquiry-based teaching between US and Japan. American Association of Colleges for Teacher Education (AACTE) 2009 Annual Meeting, Chicago, IL., 2009

<sup>8</sup> 村上忠幸，理科の探究学習の新展開—messing about とコミュニケーション—，京都教育大学教育実践研究紀要，10，pp.91-100，2010

<sup>9</sup> 後藤正英，久保田善彦，水落芳明，西川純，中学校の理科実験における子どもの課題解決過程に関する一考察：「探究の過程」を強制しないカリキュラムにおける実験の予想に着目して，理科教育学研究 47(3)，pp. 1-7，2007。探究の過程を示さない学習でも学習の狙いはおおむね達成したとしている。

<sup>10</sup> 白敷哲久，小川哲男，科学的リテラシーを育成する探究的な学習のあり方：『全米科学教育スタンダード』の「Inquiry」を手がかりに，學苑，824，pp.15-30，2008

<sup>11</sup> 小川正賢，探究学習論，『日本理科教育学会，『理科教育学講座5 理科の学習論（下）』，東洋館出版社，1992，pp. 8-101

<sup>12</sup> 佐伯胖，科学はいかにして学ばれるか，『科学する文化』，東京大学出版会，1995，p.215-240

<sup>13</sup> 佐藤学『教育方法学』岩波書店，1996，p.65

<sup>14</sup> 小倉康，思考力開発に向けた科学教育課程改革：米国の事例から，科学教育研究，25(5)，2001，pp.363-370

<sup>15</sup> National Research Council, National Science Education Standards, 1996, National Academy Press. (邦訳 全米研究審議会，長洲南海男監修，『全米科学教育スタンダード』梓出版社，2001)

<sup>16</sup> National Research Council, Inquiry and the National Science Education Standard, National Academy Press, p.13, 2000

<sup>17</sup> National Science Resources Center, "Science for All Children", 1997, National Academy Press, p.37

<sup>18</sup> 石井恭子，アメリカの科学教育改革と小学校現場への支援の実態，物理教育，54(4)，pp.323-330，2007

- <sup>19</sup> National Research Council, How People Learn, National Academy Press, 2001 (邦訳 『授業を変える』, 北大路書房, 2002)  
National Research Council, Inquiry and the National Science Education Standard, National Academy Press, 2000 など
- <sup>20</sup> 佐藤学, 『探究・創造・表現する総合的な学習』福井大学教育地域科学部附属中学校研究会, 東洋館出版社, 1999
- <sup>21</sup> 秋田喜代美, 探究する学校文化の形成を支えるもの, 『中学校を創る—探究するコミュニティへ—』, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会, 東洋館出版社, 2004, pp.180-186
- <sup>22</sup> 松下佳代, カリキュラム研究の現在, 教育学研究, 74(4), 2007, pp.567-576
- <sup>23</sup> 竹澤宏保, 科学的リテラシーを育む探究学習, 研究紀要 35 別冊「探究するコミュニティの創造 (5 年次) ~教科の探究を問い直し、カリキュラムを再構成する~」, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会 2007, pp1-3
- <sup>24</sup> 竹澤宏保, 理科学習における探究活動の構成と科学的リテラシー, 学校改革実践研究報告, 29, 2007.
- <sup>25</sup> 竹澤宏保, 化学カイロの探究を通して、自らの探究のストーリーをつかむ, 研究紀要 34 号「探究するコミュニティの創造~教科の探究を問い直し、カリキュラムを再構成する~」, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会, 2006, pp.80-88
- <sup>26</sup> 寺岡英男, 科学リテラシーと授業改善, 教育方法 36 リテラシーと授業改善, 2007, pp.66-81
- <sup>27</sup> 竹澤宏保, 木本茂, 研究紀要 35 号別冊「探究するコミュニティの創造 (5 年次) ~教科の探究を問い直し、カリキュラムを再構成する~」, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会 2007, p.68
- <sup>28</sup> 木本茂, 使い捨てカイロをつくってみよう, 研究紀要 31 号「探究するコミュニティの創造 ~カリキュラムを省察・再構成する~」, 福井大学教育地域科学部附属中学校, 2003, pp.79-84  
木本茂, 使い捨てカイロをつくろう, 研究紀要 32 号「探究するコミュニティの創造 ~プロセスを評価する~」, 福井大学教育地域科学部附属中学校, 2004, pp. 58-63
- <sup>29</sup> 竹澤宏保, 電気のモデルをかいてみよう, 研究紀要 31 号「探究するコミュニティの創造 ~カリキュラムを省察・再構成する~」, 福井大学教育地域科学部附属中学校, 2003, pp. 85-90
- <sup>30</sup> 竹澤宏保, 白熱灯に学ぶ電気の世界, 研究紀要 32 号「探究するコミュニティの創造 ~プロセスを評価する~」, 福井大学教育地域科学部附属中学校, 2004, pp. 52-57
- <sup>31</sup> 竹澤宏保, 協同して身近な自然を探究する能力を高めるための授業実践, 福井大学教育実践研究 第 29 号, 福井大学教育地域科学部, 2004, pp. 52-57
- <sup>32</sup> 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会 『学びを拓く探究するコミュニティ—授業のプロセスとデザイナー—数学・理科・技術編』エクシート, 2009
- <sup>33</sup> 松木健一・寺岡英男・森透・柳沢昌一, 実践コミュニティを中心とする授業研究の方法論的検討—福井大学教育地域科学部附属中学校を例に教師の力量形成のための実践研究システムを考える—, 東京大学大学院教育学研究科附属学校臨床総合教育研究センター年報『ネットワーク』6, pp.33-39, 2004