

理科授業における科学的探究可能な「問い」の生成モデル構築

—— 児童・生徒の認知的プロセス及び教師の手立てを手がかりにして ——

河原井俊丞*・宮本直樹**

(2018年10月24日受理)

Building a Generation Model of Scientifically Explorable "Questions" in Science Class: Based on the Cognitive Processes of Students and Teaching Methods

Shunsuke KAWARAI and Naoki MIYAMOTO

キーワード: 科学的探究可能な「問い」、認知的プロセス、教師の手立て

本研究の目的は、理科授業における科学的探究可能な「問い」の生成モデルの暫定的な提示である。「問い」は児童・生徒の「気付き」、「疑問」を踏まえて生成される。そこで「気付き」や「疑問」が生起するプロセス、また、「気付き」、「疑問」から科学的探究可能な「問い」を生成するプロセスを先行研究の検討により提示した。提示したプロセスは「気付き」から「疑問」そして「問い」という大まかな順序性はあったものの、「気付き」と「疑問」を生起する各要素はそれぞれ混在しており、明確化は困難であった。そして、プロセスの各段階を促進させる教師の手立てでも先行研究の整理、検討によって明確にした。プロセスと教師の手立てを統合することで、科学的探究可能な「問い」の生成モデルを暫定的に提示することができた。

1. はじめに

OECD(Organisation for Economic Cooperation and Development : 経済開発機構)が行った PISA2015 (Programme for International Student Assessment : 生徒の学習到達度調査)のフレームワーク(OECD, 2013: 14-17)では、科学的リテラシーにおけるコンピテンシーとして「科学的探究の評価とデザイン」が挙げられている。ここでは、探究する「問い」の特定や探究可能な「問い」の識別、「問い」を科学的に探究するための方法の提案・評価といった理科授業における科学的探究能力の獲得が重視されている。また、中学校学習指導要領解説理科編(文部科学省, 2018: 23-24)においても科学的に探究していくことが強調されており、今後はより一層科学的探究の過程を踏まえた学習活動を取り入れていくことが求められている。丹沢(2015: 146-147)によると、科学的探究は「問い・疑問の同定 → 問いに対する仮の説明・解釈

*茨城大学大学院教育学研究科 **茨城大学教育学部

→ 仮説を正しいと前提したときの検証実験の考案と予測 → 実験の実施・結果の入手 → 結論」というプロセスから成り立っていると、また、宮本(2017:290)は、科学的探究は、問いの生成、仮説の設定、観察・実験の計画、観察・実験の遂行、観察・実験データからの解釈、結論といった要素で構成される、としている。このように科学的探究は幾つかの段階から成り立っており、「問い」の生成は科学的探究の初段階に位置付けられている。「問い」については、PISA2015の科学的リテラシーにおけるコンピテンシーの1つである「科学的探究を評価しデザインする」において「理科の学習で探究する問いを特定する」とされており、児童・生徒が自ら探究する「問い」を特定する能力が求められている。さらに、Chin and Osborne(2008)は、「問い」は科学的探究にとって必要不可欠な要素であり、「問い」は児童・生徒にとって以下のような恩恵をもたらすことがあるとしている。「問い」による児童・生徒への恩恵は、自発的で活発な学習へと導き知識構築を促進し、議論と討論を促進し、メタ認知におけるモニタリングと自己評価を助け、知的好奇心を刺激しトピックに対する関心・意欲を高めることである。これらのことから、「問い」は科学的探究を遂行していく上で重要な役割を担っており、児童・生徒が自ら「問い」を生成することで、科学的探究に対して主体的に取り組むことができる。

これまで、「問い」に関しては以下のような研究がなされている。Alfke (1974) は、児童・生徒が operational questions¹⁾を生成することで、児童・生徒は operational question をもとにして変数同定を行い、独自の実験を行うことができるとしている。Allison and Shrigley (1986) は、Alfke (1974) の operational questions の特徴と具体例を児童・生徒に教授することで、operational questions の生成が容易になるとしており、また、坂本ら (2016) も、科学的原理・原則に基づいた「問い」を児童に生成させるにあたって、科学的原理・原則に基づいた「問い」の特徴を教授する方略が有効であるとしている。廣・内ノ倉 (2017) は、中学生と大学生に対して、科学的に探究可能な「問い」の判断と生成の実際を探るための質問紙調査を行い、中学生と大学生ともに、探究可能であると判断できた場合は、適切な「問い」の生成を行うことができるとしている。柳原 (2014) は、児童が結論導出後に実験や結論を振り返って見つけた「気付き」や「疑問」を個人やグループ、学級全体で整理させることによって問題設定²⁾を行わせている。同様に、中橋 (2008) も、児童の「気付いたこと(事実)」と「思ったこと・疑問」から変化した要因をキーワードとして抜き出させ、個人やグループ、クラス全体で整理させることによって、問題²⁾へと高めている。渡邊 (2000) は児童に自由試行を行わせたところ、児童の43%が自由試行による「気付き」と「疑問」に関連した課題設定²⁾を行っているとしている。さらに、小暮・小倉 (2018) は、児童が自由試行を行うことで生じた「見つけたこと」、「分かったこと」、「疑問に思ったこと」について KJ 法を用いて分類し、問題発見・設定²⁾を行わせている。吉田・川崎 (2018) は、大学生を対象として「疑問」から「問い」への変換過程について面接調査を行い、「問い」への変換における思考過程を示している。

このように「問い」については、科学的に探究を行うことができる「問い」の特性を教授する授業方略や探究可能な「問い」と探究不可能な「問い」の識別、「気付き」や「疑問」を整理することで「問い」を生成する教授方略、大学生の「疑問」から「問い」への変換における思考過程については研究されている。しかしながら、児童・生徒が「問い」の生成に至るまでにどのような思考過程を経ているかといった認知的なプロセスは明らかにされていない。加えて、「問い」の生成プロセスを提示することによって、児童・生徒の思考過程に沿った教師の手立てを施すことができる

と考えられる。教師の手立てについて、白敷・小川（2013）は「『科学的探究』では、教師の適切な支援が必要不可欠である」と述べている。このことから「問い」の生成プロセスを提示するのみではなく、プロセスの各段階を促進させる教師の手立ても同時に示すことが必要であることがわかる。これらの「問い」の生成プロセスと教師の手立てを踏まえたものを「問い」の生成モデルとする。「問い」の生成モデルを暫定的に提示することによって、教師に対して児童・生徒の「問い」の生成場面における支援が可能になる。児童・生徒が「問い」の生成を行う上で、ある段階で躓きが見られた場合にその前段階を補充することで、次の段階へと進みやすくする支援、児童・生徒が「問い」の生成のどの段階まで行っているかを教師が見取ることができるといった支援が考えられる。

ここで、本研究での「問い」の定義を明確にしておく。先行研究において「問い」は「観察・実験を通して実証可能な問い」（坂本ら,2016）、「操作可能な特定の変数に着目して、観察・実験などの科学的な手法を通じて答えることのできる疑問」（廣・内ノ倉,2017）のように定義されている。よって、「問い」の定義を「科学的な方法を用いて探究を行うことができる問い」とする。以下では、「科学的探究可能な『問い』」を単に「問い」と示す。

2. 目的及び方法

本研究の目的は、理科授業における科学的探究可能な「問い」の生成モデルの暫定的な提示である。研究の方法として、まず、モデルの提示にあたって、先行研究の検討により科学的探究可能な「問い」の生成プロセスを提示する。次に、科学的探究可能な「問い」の生成プロセスの各段階における教師の手立てについて先行研究の整理、検討を行い明確にする。最後に、科学的探究可能な「問い」の生成プロセスと各段階における教師の手立てを踏まえた科学的探究可能な「問い」の生成モデルを暫定的に提示する。

3. 科学的探究可能な「問い」の暫定的な生成モデルの構築

3.1 科学的探究における「問い」の生成における「気付き」と「疑問」

中央教育審議会（2016：147）において、「探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できるようにすることを旨とする」とともに、生徒が常に知的好奇心を持って身の回りの自然の事物・現象に接するようになることや、その中で得た気付きから疑問を形成し、課題として設定できるようになることを重視するべきである」とされている。ここでの「課題」は科学的探究可能における「問い」と置き換えて捉えることもできる。また、「問い」の生成に関する先行研究である柳原(2014)や中橋(2008)、渡邊(2000)、小暮・小倉(2018)が「気付き」と「疑問」をもとに「問い」³⁾を生成している。これらの先行研究における授業実践では、中央教育審議会(2016：147)が示しているような「気付き」と「疑問」の明確な順序性はみられないことから、「問い」の生成においては「気付き」と「疑問」が大きく関係していることはわかるが、順序性までは明らかにできていない。そこで、「気付

き」と「疑問」の二者がそれぞれ生起されるプロセスに焦点を当て、順序性を検討していく。

3.1.1 「気付き」の生起プロセス

理科授業に対しての「気付き」を理科教育の視点から詳細に研究している文献はないため、生活科における「気付き」に着目することとした。福士（2014）は「生活科における気付きの質の高まりが、理科の学習の中での気付きへと発展することで、自然の事象や現象の科学的な見方、考え方の獲得に至る」としていることから、生活科における「気付き」は、理科における「気付き」の根底に位置付けられると言える。そこで朝倉（2008）の生活科における「気付き」を探ることで、理科授業における「気付き」についての知見を得ることとする。朝倉（2008：64-68）は生活科における「気付き」に関する多くの先行研究をもとに「気付き」の定義と特質、生起プロセスについて以下のように述べている。「気付き」の定義については「生活科において『気付く』とは、子どもが『具体的な活動や体験』や話し合いなどの学習活動によって、対象に出会い、自らの内面に、何らかの事実、関係、疑問、感情、感覚などを生起させ、子ども自身がそれを意識し自覚することである。そして、生活科における『気付き』とは、そのようにして意識され自覚された事実、関係、疑問、感情、感覚などである」としている。「気付き」の特質は①主体的なかわりあいの結果であること、②個別的・個性的であること、③具体的・現実的・感覚的・感情的であること、④直感的・直観的であり、非連続であること、⑤認識へと進展する可能性を有すること、の5点であるとしている。

さらに、朝倉（2008：129）は「気付き」の生起プロセスについて図1のように示している。朝倉（2008：119-120）は、「構え」について、日常においては「各自が持つ、興味・関心、態度、意欲などの総体であり、『具体的な活動や体験』や話し合い活動における意識や行為の背後に存在する」としている。さらに、学習における「構え」は前述の「構え」に加えて、「問題意識や目的意識などその単元や授業の内容、方法」も作用するとしている。つまり、「構え」は学習に入る前の段階に位置付けられる「気付き」の生起プロセスの要素であることがわかる。「構え」に続く「具体的な活動や体験」は「身近な人々、社会および自然としての具体的事象に対して、身体を動かして行われる直接的なかわりである」（朝倉，2008：116）とされている。そして、「構え」を保持した子供は「具体的な活動や体験」を通して多くの情報を得ることにより、「気付き」や感情を生起させる。「低次の気付き」について朝倉（2008：130）は次のように述べている。

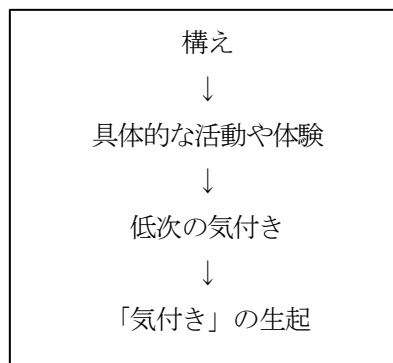


図1 「気付き」の生起プロセス
 (朝倉淳. 2008.『子どもの気付きを拡大・深化させる生活科の授業原理』129(風間書房)より一部抜粋, 修正)

「低次の気付き」とは、まだ明確ではないが、何かに思いあたる状態、である。たとえば、「おやっ。」「あれっ。」というように感じたり「何か、前と違う。」と思ったりしても、それが何か明確には分からないことがある。「低次の気付き」とは、このような状態を表す。このような状態そのものが本人に自覚され意識されることもあるが、そうでないこともある。その内容は漠然と一時的に保持されているが、その後改めて意識されることがなければ、そのまま忘却されていく。「低次の気

付き」と表記したが、内容が意識されておらず言葉で表現することができないので、厳密な意味では「気づき」ではなく、「前・気づき」である。

さらに、朝倉（2008：131）は「低次の気づき」と「気づき」について次のように述べている。

「低次の気づき」は、それを外界へ言語で表現すること、あるいは自己内において言語化することによって「気づき」へと深まるのである。「低次の気づき」から「気づき」への時間的な経過は、それが一瞬であることもあるし、一定の時間がかかることもあるだろう。

これらのことから、「低次の気づき」は「おやっ」「あれっ」といった感情的な状態の「気づき」であり、「気づき」は「低次の気づき」を自己内あるいは自己内において言語化している状態であることということがわかる。

3.1.2 「疑問」の生起プロセス

授業実践における「疑問」の種類や特徴、「疑問」を整理して「問い」を生成する研究はいくつかあるが（例えば、廣・内ノ倉, 2015；小暮・小倉, 2018）、それらの研究では児童・生徒が「疑問」をどのような認知的プロセスを経て生起しているかについては記載されていない。そこで、子どもがもつ「疑問」の認知的プロセスに着目した研究と、「疑問」に焦点をあてた授業実践に関連させた神戸における「疑問」の研究（神戸, 1927；神戸, 1934）を探ることで、科学的探究プロセスにおける「疑問」についての知見を得ることとする。

まず、神戸は『「疑問」は科学心の萌芽である』とし、科学心とは「自然物・自然現象について知ろうとする欲求」であるとしている（神戸, 1934：12）。つまり、「疑問」の生起している状態は、自然物・自然現象について探究していきたいという段階にある。神戸（1934：16-18）は「疑問」が生起するにあたり、はじめに事物の直観が必要であるとしている。そして、事物を直観することによって「驚き不思議がること」という状態である驚異が生じる。この驚異は欲望となることで科学心の萌芽である「疑問」が生起させる。また、神戸(1927)は「疑問」が生起されるにあたり類化作用という新経験を既有知識へ適用させるという認知的活動を行い、類化作用が行き詰まる状態、つまり新知識を既有知識に当てはめても解釈ができない状態に至ることで「疑問」が生起されるとしている。Chin and Osborne (2008)も、児童・生徒の「疑問」は新情報と既有知識との相違や不一致、つまり認知的不協和 (Festinger, 1965) が原因となって生じると述べている。さらに、Allison and Shirigley (1986) も Festinger の認知的不協和についてふれ、「児童・生徒が保持している概念と科学的な実験によって示された結果の間での調和の欠如が児童・生徒の疑問を問うことを促進することができる」と述べている。Festinger (1965：245-246) は、「新しい情報に対する強制

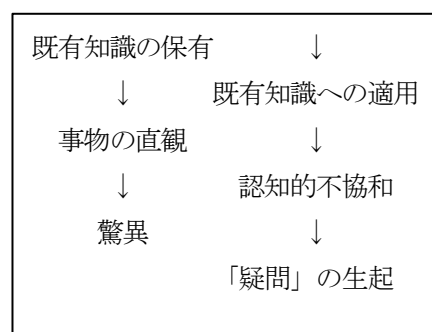


図2 「疑問」の生起プロセス
 (神戸伊三郎, 1934. 『幼学年理科教育の実際』 17(東洋図書). より一部抜粋, 加筆, 修正)

的または偶然的な接触が、既存の認知と不協和な認知要素を生み出すことがある」という状況において認知的不協和の存在を意味することができるとしており、認知的不協和は類化作用による行き詰まりと類似的な、「疑問」の生起を促す状態であることがわかる。よって、類化作用の行き詰まりを認知的不協和として捉える。

これらのことから、「疑問」の生起プロセスでは事物の直観を行う前段階として、既有知識を保有していることが前提に位置付けられる。そして、「疑問」を生起する前段階として認知的不協和、その前段階として既有知識への適用が位置付けられると考えられる（図2）。

3.1.3 「気付き」と「疑問」の関係性

「気付き」と「疑問」の生起プロセスをそれぞれ示したことによって以下の4点が明らかとなった。

1つ目に、「気付き」の生起プロセスにおける「構え」と「疑問」の生起プロセスにおける「既有知識の保有」は、どちらもプロセスを進めていくためには必要不可欠な要素であり、事前に保持していなくてはならない要素でもある。これらを「前探究段階」とする。

2つ目に、「気付き」の生起プロセスにおける「具体的な活動や体験」と「疑問」の生起プロセスにおける「事物の直観」は「具体的な活動や体験」である実体験の中で「事物の直観」を行うという関係性にあると考えられる。このことから、「具体的な活動や体験」と「事物の直観」を認知的な段階に区別することは困難であるため、これらの段階を「実体験による直観」とする。

3つ目に、「気付き」の生起プロセスにおける「低次の気付き」は前述のように「おやっ」「あれっ」といった感情的な状態であり、「疑問」の生起プロセスにおける「驚異」は「驚き不思議がること」という認知的な状態でありことから、どちらも感性的次元であるといえる。このような知覚・情緒といった感性的次元の感受や認知、反応を広岡（1972：42-44）は「感性的把握」としている。よって、「気付き」の生起プロセスにおける「低次の気付き」と「疑問」の生起プロセスにおける「驚異」の段階を「感性的把握」とする。

4つ目に、「疑問」の生起プロセスにおける「既有知識への適用」を行うにあたって、その前段階には既有知識に適用する認知的状態の段階が必要となる。そこで、「疑問」の生起プロセスにおける「既有知識への適用」の前段階をみてみると、「驚異」となっており、「驚異」は「低次の気付き」と同じ段階の「感性的把握」である。そして、朝倉（2008：130）は「低次の気付き」を「前・気付き」として示していることから、「感性的把握」の次の段階には『「気付き」の生起』が位置付けられる。つまり、これらの「既有知識への適用」、「感性的把握」、『「気付き」の生起』の三者の関係性は、「感性的把握」が『「気付き」の生起』へと進み、そこで生起した「気付き」を用いて「既有知識への適用」を行うといった認知的状態の変化が考えられる。

よって、これらの「気付き」と「疑問」の関係性を踏まえると、図3のような「気付き」、「疑問」の生起プロセスを示すことができる。「気付き」と「疑問」はプロセスとしては「気付き」

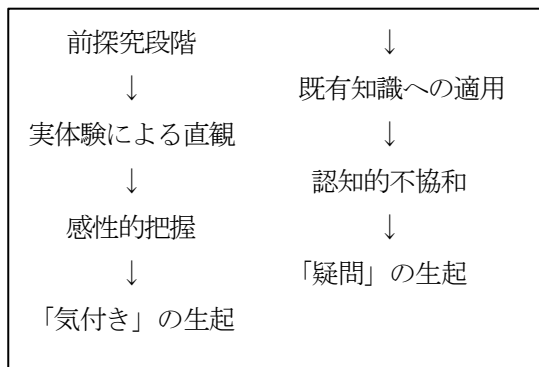


図3 「気付き」、「疑問」の生起プロセス

から「疑問」が生起されるということがわかるが、一つ一つのプロセスの段階の要素をみると「気付き」と「疑問」の要素が含まれており、全体的にそれぞれの要素が混在していることがわかる。よって、「気付き」から「疑問」が生じる場合もあれば、「気付き」だけ、「疑問」だけ生起する場合、「気付き」を「疑問」の一部としてとらえる場合のように、「気付き」と「疑問」の生起に明確な順序性を示すことは困難であるといえる。つまり、「気付き」と「疑問」を生起するそれぞれの要素は混在している。

3.2 「気付き」と「疑問」から科学的探究可能な「問い」への生成プロセス

これまで述べてきた「気付き」、「疑問」の生起プロセスが「問い」の生成に至るまでにどのような認知的プロセスを経るかをみていく。

そこで、まず、「問い」にはどのような特徴が含まれているのかをみていく。「問い」について、Hodson (1993)は「科学の問いは、変数間の因果関係の同定とその変数間の関係性についての理解が目的である」としており、廣・内ノ倉(2017)は「科学的に探究可能な問いとは、操作可能な特定の変数に着目して、観察・実験などの科学的な手法を通じて答えることができる疑問である」としている。また、英国の科学的探究能力育成教材のうちの1つである AKSIS Investigations: Developing Understanding in Science Enquiry (Goldsworthy, et al., 2000:37-41)において、どれだけ「問い」が明瞭かを学習する活動がある。そこでは、「問い」が妥当な実験を計画することの助けになる変数に言及しているかを確認すること、「問い」の独立変数と従属変数を同定することが求められている(大寫, 2015)。さらに、小林・永益(2006)は Science Experiments and Project for students (Cothron, et al., 2006)における”The Four Questions Strategy”が「子どもの疑問を科学的に探究可能な『問題』にするための指導法である」としており、そこでは独立変数と従属変数の同定や変数間の関係性を把握させ、探究可能な問題(specific research problem)⁴⁾を生成するための着想を得ている。つまり、「問い」には独立変数や従属変数が含まれていること、変数間の因果関係について把握できていることといった特徴があることが言える。坂本ら(2016)は、児童が科学的原理・法則の成立を前提にした「問い」を生成する際には具体的に酸素と空気の量や温度、水の量が「どのくらい」あったか、といった思考過程を辿っていることが少なくないとされていることから、「問い」を生成する際には変数に着目するという思考過程を経ることがわかる。

つまり、生起された「気付き」と「疑問」をもとに「変数の抽出」や「因果関係の同定」を行うことで、「問い」を生成できると考えられる。よって、図4に「問い」の生成へのプロセスを踏まえた、「問い」の生成プロセスを示す。

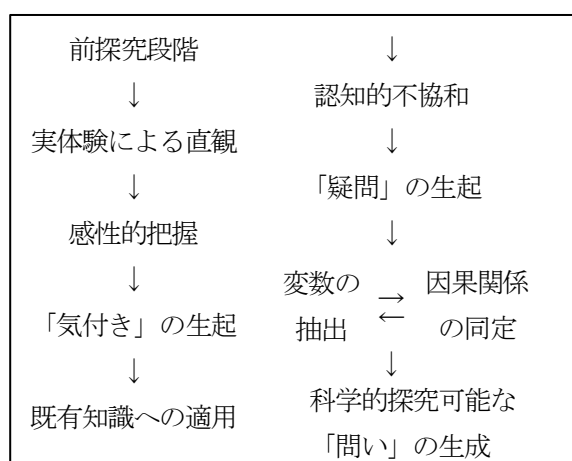


図4 科学的探究可能な「問い」の生成プロセス

3.3 教師の手立て

ここからは、図4で示した科学的探究可能な「問い」の生成プロセスの各段階を促進させるための教師

の手立てについて先行研究をもとに整理, 検討を行っていく。

「前探究段階」から「実体験による直観」では, 探究を行っていくにあたっての準備を行う必要がある。朝倉(2008:121)は, 「構えと記憶は相互に規定し合う関係にある」ということから, 学習する領域の記憶を増大させることで, その領域の「構え」の強化を行うことができるとしている。つまり, 探究を行う前に, 探究する事象に関する記憶が多くあることで, 「構え」である児童・生徒の各自が持つ, 興味・関心, 態度, 意欲などの総体を高めることができるということがわかる。また, 「前探究段階」には「疑問」の生起プロセスにおける「既有知識の保有」が含まれていることから, 「前探究段階」から「実体験による直観」では「既有知識の確認・補充をさせる」を教師の手立てとして捉えることができる。

「実体験による直観」から「感性的把握」では, 実体験を伴うことでより多くの感性的な刺激を児童・生徒に受け取らせる必要がある。神戸(1923)は, 比較実験を行うことによって, 児童・生徒に対して事象間の差異点を示唆している。また, 朝倉(2008:174-176)は「具体的な活動や体験」の場面において, 教師の言葉かけを手立てとしてあげている。言葉かけの意図としては感じることを促す, 比較や分類を促す, 視点や立場の移動を促すといったように, 事象の見方・捉え方への示唆を行っている。よって, 「実体験による直観」から「感性的把握」では「着眼点を示唆する」を教師の手立てとして捉えることができる。

「感性的把握」から『「気づき」の生起』では, 感情的なものを具体的な「気づき」にしていく必要がある。朝倉(2008:131-132)は, 児童が個人での呟きやコミュニケーション, 話し合い, ワークシート類への記入による言語化を行うことによって「気づき」を意識化, 自覚化させることができるとしている。また, 中城ら(2007)は, つぶやきや独り言, 驚きを相互モニタリングすることで言語化し, 意識化を行っている。さらに, 廣・内ノ倉(2016)は, 生徒が事象を観察して, 観察できたこと⁵⁾を記述させ, 柳原(2014)や中橋(2008)も「気づき」をワークシートや学習カードに記入させている。よって, 「感性的把握」から『「気づき」の生起』では「言語化させる」を教師の手立てとして捉えることができる。

『「気づき」の生起』から「既有知識への適用」では, 「気づき」を既有知識に適用しやすくする必要があり。図4で示すプロセスでは「実体験の直観」の前段階において「前探究段階」として既有知識の確認・補充を行わせており, 「実体験の直観」を行った後には既有知識を振り返ることは教師の手立てとしては行っていない。「実体験の直観」を行うことで想起される既有知識もあるのではないかと考えられることから, 『「気づき」の生起』から「既有知識への適用」では「既有知識の振り返りをさせる」を教師の手立てとして捉えることができる。

「既有知識への適用」から「認知的不協和」では, 可視化した「気づき」と既有知識とを比較させることで, 行き詰まりや不一致, ズレを感じさせる必要がある。つまり, 「気づき」のみ, 既有知識のみを振り返るのではなく, 「気づき」と既有知識の往還を行うことで行き詰まりや不一致, ズレを感じやすくなるのではないかと考えられる。よって, 「既有知識への適用」から「認知的不協和」では『「気づき」と既有知識を比較させる」を教師の手立てとして捉えることができる。

「認知的不協和」から『「疑問」の生起』では, 「認知的不協和」であると感じていることを明確にする必要がある。廣・内ノ倉(2016)は, 生徒が事象を観察して, 観察できたことを基にした疑問やはい・いいえで答えられる疑問, 疑問詞を使った疑問を生起させている。柳原(2014)や中橋(2008)も「気づき」と同様に「疑問」をワークシートや学習カードに記入させている。これらの

ことから、「疑問」は「気付き」と同様に言語化、可視化させることに加え、表現形式を提示することで「問い」につながるような「疑問」を生起させることができよう。よって、「認知的不協和」から『疑問』の生起』では「表現形式を提示する」を教師の手立てとして捉えることができる。

『疑問』の生起』から「変数の抽出」,「因果関係の同定」では、科学的探究可能な「問い」の要素でもある「変数」と「因果関係」について生起した「疑問」から抽出、同定を行う必要がある。Cothron, Giese and Rezba (2006 : 23-32) は、4段階の問いを行い、事象の変化すること、変化させることへの着目を行わせている。柳原 (2014) や中橋 (2008) も生起した「気付き」と「疑問」から「何が」「どのように変化したか」ということに着目させている。よって、『疑問』の生起』から「変数の抽出」,「因果関係の同定」では「事象の変化と要因を検討させる」を教師の手立てとして捉えることができる。

「変数の抽出」,「因果関係の同定」から「科学的探究可能な『問い』の生成」では、「問い」の生成後の探究の見通しを持たせる必要がある。渡邊 (2000) は、児童に自由実験を行わせた後に、児童自身が課題設定をする際に約半数 (49.1%) の児童が実験方法の計画と実験結果の予想を行っていたことを明らかにしていることから、「問い」の生成後の探究の見通しを持たせることで、より「問い」を生成しやすくなるのではないかと考えられる。また、Cothron, Giese and Rezba (2006 : 23-32) は、4段階の問いのうちで、実験材料(道具, 観察・実験器具)の検討をさせている。また、涌井 (2017) は、「何」を「どうする」と「どうなる」という変数に着目した表現形式を示している。よって、「変数の抽出」,「因果関係の同定」から「科学的探究可能な『問い』の生成」では「使用可能な材料(道具, 観察・実験器具)と実験手順を検討させる」,「記述形式を提示する」を教師の手立てとして捉えることができる。

4. おわりに

本研究では「気付き」と「疑問」から科学的探究可能な「問い」を生成するプロセスの提示とプロセスの各段階を促進させる教師の手立てを明確にすることで、科学的探究可能な「問い」の生成モデルの暫定的な提示を試みた。

その結果、科学的探究可能な「問い」の生成プロセスとそれらの各段階を促進させるための教師の手立てを踏まえた図 5 のような科学的探究可能な「問い」の暫定的な生成モデルを提示することができた。科学的探究可能な「問い」の生成プロセスは「気付き」から「疑問」そして「問い」という大まかな順序性はあったものの、「気付き」と「疑問」を生起する各要素をそれぞれみても混在しており、明確化は困難であった。さらに、科学的探究可能な「問い」の生成プロセスの各段階を促進させる教師の手立てを先行研究の整理、検討によって明確にした。

今後は、本研究で暫定的に提示した科学的探究可能な「問い」の生成モデルを踏まえ、科学的探究可能な「問い」を生成する授業実践の参与観察や生徒へのインタビュー調査、アンケート調査を通して、暫定的モデルの検討を行うことで、モデルの洗練化を図っていく。

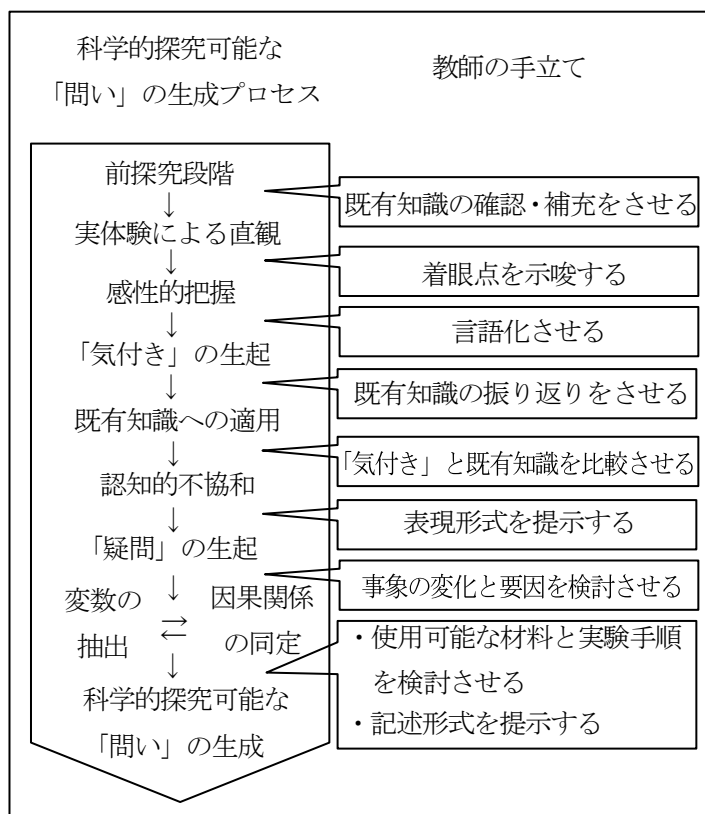


図5 科学的探究可能な「問い」の暫定的な生成モデル

附記

本研究は、平成29年度茨城大学卒業論文「理科授業における科学的探究可能な『問い』の生成モデル構築に関する研究 - 『気付き』、『疑問』に着目して - 」、平成29年度第7回日本科学教育学会研究会研究報告（北関東支部開催）における「理科授業における科学的探究可能な『問い』の生成モデル構築に関する基礎的研究」及び、日本理科教育学会第68回全国大会における「理科授業における科学的探究可能な『問い』の生成 - 教師の手立てに着目して - 」の発表内容を大幅に加筆・修正したものである。

註

- 1) Allison and Shrigley (1986) によると operational question とは例えば、毛細管現象の観察を通して “Why dose the water go higher on one side than the other? (なぜ、片方がもう片方よりも水が高くなるのか)” や “Why dose the strip curl up at the bottom? (なぜ、紙片を下に巻きつけるのか?) ” というような疑問ではなく、 “Would the water go all the way to the top if we leave it in longer? (もし紙片をさらに長くそのままにしておけば、水は一番上まで行くのか?) ” のようなオープンエン

ドな活動を伴うことができる疑問を示している。

- 2) 柳原 (2014) は「問題」を追究可能な表現形式を用いたものとしている。中橋 (2008) は「問題」を実験の条件や手順, 必要な実験器具が明確になり, 「疑問」を解決する内容と方向性が明らかになっているものとしている。渡邊 (2000) は「課題」をもとにして実験方法の立案, 実験の実施を行っている。小暮・小倉 (2018) は「問題」を「児童が事象と関わって見つけたり分かったりしたことに加えて, 今の自分に解決できない『疑問』とそれを実験で追及可能とする『課題』をも含む」としている。これらは, 本研究の「問い」と同意義であると捉えることができる。よって, ここでは「問い」に関する先行研究としてあげている。
- 3) 前述した 2) において柳原 (2014) や中橋 (2008), 渡邊 (2000), 小暮・小倉 (2018) における「問題」や「課題」は本研究における「問い」と同意義であると述べていることから, 本研究では「問い」と置き換えて表記する。
- 4) 探究可能な問題 (specific research problem) は, “The Four Questions Strategy”を行うことで得た変数や実験材料, 器具を基にしているため, ここでの「問題」は本研究の「問い」と同意義であると捉えることができる。よって, ここでは「問い」として扱っている。
- 5) 廣・内ノ倉 (2016) は, 中学校第 1 学年の「物質の状態変化」において油脂が融解して凝固する過程を観察し, 全ての生徒に共通して観察できたこととして記述していたのが, 温度変化に伴う油脂の色の変化や凝固するときの様子, 一連の過程を通じて, 質量に変化が見られなかったこと, の 3 点であった。その後, これらの観察したことを基づく疑問を生成させていたことから, 「観察できたこと」をここでは「気づき」と捉えている。

引用文献

- Alfke, D. 1974. “Asking operational questions”. *Science and Children*, 11 (7), 18-19.
- Allison, A. W. & Shrigley, R. L. 1986. “Teaching Children to Ask Operational Questions in Science”. *Science Education*, 70(1), 73-80.
- 朝倉淳. 2008. 『子どもの気づきを拡大・深化させる生活科の授業原理』(風間書房) .
- Chin, C & Osborne, J. 2008. “Student’s question: A potential resources for teaching and learning Science”. *Studies in Science Education*, 44, 1-39.
- 中央教育審議会. 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/afiedfile/2017/01/10/1380902_0.pdf (取得日 : 2018 年 9 月 14 日)
- Cothron, J. H., Giese, R. N., & Rezba, R. J. 2006. *Science Experiments and Project for student*, Kendall/Hunt Publishing Company.
- Festinger, L., 末永俊郎監訳. 1965. 『認知的不協和の理論 - 社会心理学序説 -』(誠信書房) .
- 福士顕士. 2014. 「小学校生活科における『気づきの質』に関する一考察 - 生活科から理科への接続の視点から - 」『川村学園女子大学研究紀要』 25 (2) , 71-87.

- Goldsworthy, A., Watson, R., Wood-Robinson, V. 2000. *AKSIS Investigations: Developing Understanding in Science Enquiry*. The association for science education.
- 広岡亮蔵. 1972. 『学習過程の最適化』(明治図書出版) .
- 廣直哉・内ノ倉真吾. 2015. 「中学生が授業導入時の事象の観察から生成する疑問 – 油脂の凝固に関連した疑問を事例にして –」『日本科学教育学会研究報告会』30 (2) ,35-38.
- 廣直哉・内ノ倉真吾. 2016. 「理科授業における中学生の事象の観察と疑問の生成との関係 – 物質の状態変化を事例にして –」『日本科学教育学会研究報告会』31 (2) ,49-52.
- 廣直哉・内ノ倉真吾. 2017. 「中学生による科学的に探究可能な問いの判断と生成の実際 – 大学生との比較に基づいて –」『日本科学教育学会研究報告会』32 (2) ,49-52.
- Hodson, D. 1993. “Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science”. *Studies science education*, 22, 85-142.
- 神戸伊三郎. 1923. 「独創工夫の生新發揮と結論の予想 – 理科の能力増進上の諸問題 (二)」『學習研究』13,72-81.
- 神戸伊三郎. 1927. 「理科学習の創造について」『學習研究』61,91-99.
- 神戸伊三郎. 1934. 『幼学年理科教育の実際』(東洋図書) .
- 小林辰至・永益泰彦. 2006. 「社会的ニーズとしての科学的素養のある小学校教員養成のための課題と展望 – 小学校教員志望学生の子ども頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導法の開発と評価 –」『科学教育研究』30 (3) ,185-193.
- 小暮建宏・小倉康. 2018. 「単元の導入で自由な思考活動を行うことが問題発見・設定する力に及ぼす効果」『理科教育学研究』59 (1) ,49-57.
- 宮本直樹. 2017. 「科学的探究におけるデータ解釈とその指導法」大高泉編『理科教育基礎論研究』(協同出版) .
- 文部科学省. 2018. 『中学校学習指導要領解説理科編』(東洋館出版) .
- 中橋康浩. 2008. 「疑問をもち問題へと高める理科学習」『日本理科教育学会第58回全国大会発表論文集』,6,175.
- 中城満・楠瀬弘哲・北村真一・小島ふみ子・川崎謙. 2007. 「理科授業におけるメタ言語使用の意識化を図る手法の開発」『日本科学教育学会年間論文集』31,457-458.
- OECD. 2013. PISA2015 Draft Science Framework.
<https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>
(取得日: 2018年9月14日)
- 大鳥竜午. 2015. 「英国の科学的探究能力育成における変数同定の指導方法の特質 – 認知的活動の促進という観点からの分析 –」『理科教育学研究』55 (4) ,405-414.
- 坂本美紀・山口悦司・村山功・中新沙紀子・山本智一・村津啓太・神山真一・稲垣成哲. 2016. 「科学的な問いの生成を支援する理科授業 – 原理・原則に基づく問いの理解に着目して –」『教育心理学研究』64,105-117.
- 白敷哲久・小川哲男. 2013. 「『科学的探究』学習による科学的概念の構築を図るための理科授業デザイン – 第3学年『じ石』を事例として –」『理科教育学研究』54 (1) ,37-49.
- 丹沢哲郎. 2015. 「科学的探究の理解とそれをを用いる能力」奈須正裕・江間史明編『教科の本質から

迫るコンピテンシー・ベースの授業づくり』(図書文化)。

柳原伸一. 2014.『問題発見力を育成する理科指導の工夫 - 新たな気づきや疑問を整理し学習問題を設定する活動を通して - 』広島県立教育センター, 1-8.

http://www.hiroshima-c.ed.jp/center/wp-content/uploads/kenkyu/choken/h26_kouki/kou08.pdf

(取得日：2018年9月14日)

吉田美穂・川崎弘作. 2018. 「科学的探究における疑問から問いへの変換過程の解明に関する研究」

『日本理科教育学会第68回全国大会発表論文集』, 16, 227.

涌井学. 2017. 「児童が主体的に問題解決学習に取り組むための指導の工夫 - 『探究の技能』を育成できる自作ワークシートを用いた実験計画作成から考察までの活動を通して- 」『教育実践研究』27, 85-90.

渡邊重義. 2000. 「理科授業における主体的な課題設定のプロセス」『日本科学教育研究会研究報告』15 (2), 35-40.