

3-1-4 問題解決的な学習の在り方—指導と支援・評価のために—

向井 大喜(大阪教育大学・特命研究員)

はじめに

大阪教育大学附属天王寺中学校の自由研究や附属天王寺小学校の STEAM 教育を始めとして、先進的・探究的な教育実践の取り組みの中では、問題解決的な学習活動の機会が多数設定されている。ある場合は、教員が設定した問題を学習者である児童・生徒に解決させるし、あるいは学習者自身に解決したい問題自体を発見させるところから学習活動が開始する場合もある。どちらにせよ、教員は学習者がいかなる問題解決の過程を辿るか(あるいは辿っているのか)を把握し、それに合わせた場面設定や支援を行う必要がある。そのために、教育活動の中で生じる問題解決とは、そもそもどのような過程であるのか整理しておく必要があるだろう。

そこで本稿では、探究的な教育実践の中で生じる問題解決の過程を整理し、問題解決がどのように進行していくのかを示したい。そして問題解決を見取る枠組みとして、3 つの問題解決型の分類を提案する。さらに、問題解決に取り組む学習者を形成的に評価し、活動を指導・支援するための視点を提供したい。

学習指導要領における問題解決の在り方

各教科で示されている問題解決の過程

学校教育における問題解決がいかなるものとして想定されているかは、いくつかの教科において学習指導要領上で示されている。まずはそれらを確認したい。

総合的な学習の時間においては、「探究的な学習における生徒の学習の姿」として図 3-3 が示されている(文部科学省, 2017a)。図 3-3 は、総合的な学習の時間において想定されている問題解決の過程であると考えられる。

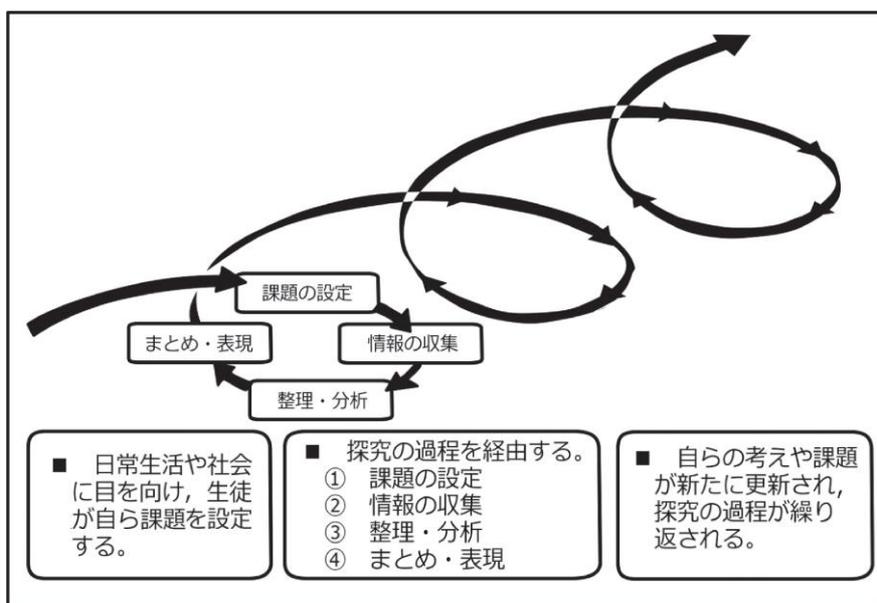


図 3-3 総合的な学習の時間における探究の過程(文部科学省, 2017a)

この過程の特徴として、探究の過程が繰り返されることによって、より高次の探究へと継続、発展していく構造が挙げられる。この過程では、「①課題の設定」をした上で「②情報の収集」を行って情報を「③整理・分析」し、それを「④まとめ・表現」することを 1 セットとし、次の新たな課題へとつながる構造として示されている。すなわち問題解決は一過性のものではなく、連続的・連鎖的に続くものとみなされている。

また理科においては、「資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージ」として、図 3-4 が示されている(文部科学省, 2017b)。図 3-4 は、自然科学の文脈における科学的な問題解決の過程を想定したものと考えられる。

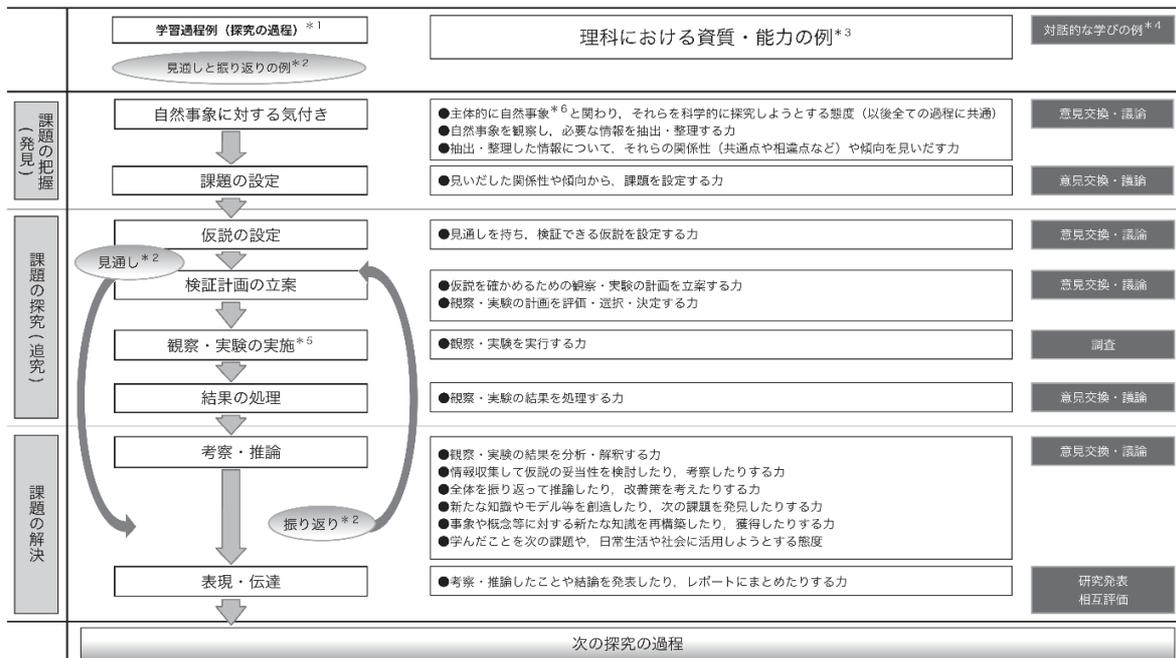


図 3-4 理科における探究の過程(文部科学省, 2017b)

この過程は大きく、「課題の把握(発見)」、「課題の探究(追究)」、「課題の解決」の3段階に分かれている。これら3段階の概要をまとめると、科学的問題解決において検証対象となる仮説の設定前の段階が「課題の把握(発見)」であり、仮説を設定し検証する段階が「課題の探究(追究)」、そして検証結果を考察・推論して結論を表現する段階が「課題の解決」となる。そして、理科における問題解決においても、考察・推論を経て振り返り、再び仮説検証へと戻ったり、「課題の解決」を経て「次の探究の過程」へと引き続いたりする、連続的・連鎖的な過程が想定されている。

その他いくつかの教科でも、問題解決の過程について記述が見られる。数学科では「生徒が既習の数学をもとにするなどして自ら問題を見いだしたり、その問題から導かれるであろう結果を予測したり」する中で、「どのように表したり処理したりする必要について生徒が構想し」、「試行錯誤したり、データを収集整理したり、観察したり、操作したり、実験したりなどの活動」が想定されている(文部科学省, 2017c)。技術・家庭科では、「生活の中から問題を見だし、課題を設定し、解決方法を検討し、計画、実践、評価・改善する」という問題解決の過程を重視することが述べられている(文部科学省, 2017d)。

学習指導要領における問題解決の特徴

以上、各教科にて述べられている問題解決の在り方を統合すると、学習指導要領が想定する問題解決には以下のような様相が見出される。

(1) 問題解決は、いくつかの段階を経て進行していく

問題解決の「過程」と示されているように、問題解決には段階があり、それら段階を踏んでいくことが求められている。学習者が今、どの過程にいるのかという視点は、問題解決を支援・指導する上で極めて重要であると考えられる。過程の段階によっては、拡散的・試行錯誤的に取り組むことを後押しする段階もあれば、明確な狙いを持って収束的に取り組ませる段階もある。教員は、その段階に応じた指導・支援を学習者に行いたい。

(2) 問題・課題が何かを把握し、設定することから問題解決が始まる

問題解決の始まりとして、問題解決を行う対象となる課題を見だし、設定する段階が存在する。この段階は、まだ何を問題解決の対象とするのか、あるいはどの点に着目して問題解決を行うのかが未確定な、探索的な段階と言える。この段階で十分な探索を保証し、問題解決の糸口となりうる様々な気づきを発見しておくことが重要である。

(3) 問題解決の過程は繰り返したり、前の段階に戻ったりする

特に総合的な時間や理科の問題解決の過程においては、一通りの問題解決が次の課題へと繋がり、新たな問題解決へ展開されていく図式が示されている。また、問題解決の各過程は一方通行的に進んでいくとは限らず、試行錯誤を伴い、振り返って前の段階へ戻ることも想定されている。すなわち問題解決とは、スタートからゴールまで一方通行に進むのではなく、複数の過程を重ね、時には一旦後退しながらも進んでいくものだと言える。

以上のように、学習指導要領における問題解決の在り方を俯瞰することで、学校現場で求められている問題解決の概形が見えてきた。しかし、そこには教科性による問題解決の過程の差異や、問題解決が目指す成果の違いも存在する。では、例えば本学の附属小・中学校で行われているような自由研究、STEAM 教育等の実践において、学習者の問題解決の様相をどのような枠組みで捉え、評価し、支援すればいいのだろうか。

3 種類の問題解決

本稿では、ある問題解決が何を志向するか、問題解決内にいかなる過程が在るかに基づき、問題解決を分類することを提案する。向井ら（2022）において、STEAM 教育の実践を質的に分析する中で、問題解決には科学的問題解決と工学的問題解決があることが示されている。本稿ではこの科学性と工学性という視点から、問題解決を「科学型」「工学型」「工学内包科学型」の3種類に分類し、論じてみたい。

「科学型」問題解決

附属天王寺中学校で行われている自由研究をはじめ、全国の高校における課題研究で行われている研究活動の多くは、「科学型」の問題解決に分類できる。「科学型」問題解決とは、仮説を検証することを主たる目的とするものであり、その方法として、仮説演繹法が用いられる。仮説演繹法は、観察等に基づいて仮説を発想し、その仮説から「その仮説が正しかったとすれば（あるいは誤っていたとすれば）このようなことが観察されるはずだ」という予想を演繹する。そしてその予想を確かめ、仮説が妥当か否かを判断することで、仮説の妥当性を高めていく（あるいは棄却する）手法であり、現代の科学を支える重要な手法である。

「科学型」の問題解決の過程を簡単に図式化したものが図 3-5 である。「科学型」の問題解決は、図 3-5 の4つの過程を行き来しながら進行するものと考えられる。

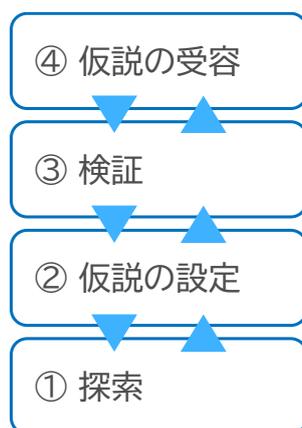


図 3-5 「科学型」問題解決の過程

① 探索

「科学型」問題解決ではまず、学習者の興味に基づき、研究対象に関わる事象を観察したり、文献調査を行ったりする「探索」の段階から始まる。研究テーマ自体を決定する過程も、この「探索」だと見なせるだろう。この段階の目的は、学習者に文献探索や観察等を通して、学習者自身にとっての新しい気づきを見出させることだといえる。そして、複数の疑問を発見させ、次の仮説の設定につながる。

② 仮説の設定

「科学型」問題解決の主たる目的は、仮説を設定し、それを検証することである。「仮説の設定」段階では、探索における発見や疑問から、検証可能な仮説を立てる。この仮説は、例えば観察を行っている中でおぼろげに見出された発見であったり、複数の文献を調査する中で気づいた共通点であったりするが、基本的には、学習者が今まで認識していなかった、そして文献や観察では直接には見出されなかった、新たな法則性である。

③ 検証

仮説を設定した後は「検証」の段階に入る。仮説を「検証」するにはまず、もし仮説が正しかったとすれば（あるいは間違っていたとすれば）観察・発見されるだろう現象や資料、すなわち予想を立てる。そして、その予想を確かめ、予想が正しければ、仮説は妥当であると判断される。ただし、予想を一つ確かめられても、それをもって仮説は正しいと断言することはできない。可能な限り複数の予想を立て検証した、仮説から予想される現象を多数発見することで、仮説の妥当性は高まっていく。

④ 仮説の受容

「検証」によって予想が正しいと確かめられていけば、仮説の妥当性は高まっていく。どこまで妥当性を保証するかは難しい問題であるが（論理的にも、指導における時間の都合的にも）、一定の区切りをもって仮説が妥当であると判断し、仮説を受容する。「科学型」の問題解決では、この「仮説の受容」を目指して進行することとなる。しかし、仮説が否定されて終わる問題解決も、当然あって良い。仮説から導いた予想は確かめることができず、この仮説は成り立たないと結論づけることも、立派な科学的な成果である。

「工学型」問題解決

研究活動や問題解決の中には、先程までの「科学型」のような、仮説の検証を目的としないものが意外と多く存在する。その多くは、「〇〇ができるものを開発する」という、何がしかの機能を持った

製品・構造物・あるいは活動（以後、プロダクトと呼ぶ）を製作・提案・開発することを主目的としたものである。附属天王寺小学校の STEAM 教育では、学習者が何がしらの成果物をつくることを主軸においた活動が多く存在する。これらの問題解決は「工学型」の問題解決に分類できる。例えば「プラスチックごみを削減するために効果的なキャンペーンを発案する」といった活動の立案も、この「工学型」に分類できる。

「工学型」の問題解決の過程を簡単に図式化したものが図 3-6 である。この過程は別府（2011）の「エンジニアリング・デザイン・プロセス」を参考に設定したものである。「工学型」も、4 つの過程を行き来しながら進行すると見なせる。



図 3-6 「工学型」問題解決の過程

①プランニング

「プランニング」の段階では、その問題解決において目指すプロダクトに必要な要件や仕様を洗い出し、目指すプロダクトの全体像を計画する。要するに、どのようなものを作りたくて、そのためにはどのようなものを取り入れる必要があるかを、明確化する段階である。そのために、例えば文献調査を行って必要な要件・仕様を探索したり、プロトタイプを作って動かしたりするといった、探索的な活動が展開される。

②機能・仕様の策定

プロトタイプを作って実際に動作させてみると、プロトタイプにある問題が明らかになってくる。その問題を解決するために必要となる機能・仕様を特定していく段階が「機能・仕様の策定」の段階で

ある。これは「科学型」問題解決における、「仮説の設定」に近い段階と言える。すなわち、プロダクトをうまく動作・利用できるようにするために必要な機能・仕様を推定する段階である。

③機能・仕様の検証

前段階で注目した機能・仕様について、改善や機能追加を行うことでその必要性を確かめる段階が、次の「機能・仕様の検証」である。プロダクトに必要な機能・仕様が確かに機能し、完成に寄与するかを検証する段階であり、徐々にプロダクトに機能・実装が実装されていく過程でもある。この段階は、「科学型」問題解決における、「検証」に近い。「機能・仕様の策定」および「機能・仕様の検証」は、科学的な問題解決の過程と類似していることから、「工学型」は「科学型」を内包しているともいえる(向井ら,2022)。

④完成形へ洗練

必要な機能・仕様が出揃えば、あとはそれらを組み合わせ、プロダクトの完成形を目指す段階へと進む。これが「完成形へ洗練」の段階である。ここまで到達すれば、プロダクトに必要な諸条件は明らかとされ、それらを具体化するのみとなり、最終的なプロダクトの完成へと進む。

「工学内包科学型」問題解決

ここまでで「科学型」、「工学型」の2つの問題解決の在り方を提案したが、これらは明確に区別できない場合もある。特に「科学型」の問題解決において、「検証」の段階に入った際、検証に必要な実験装置を設計して組んだり、調査計画を練って吟味したりといった、「工学型」のようなプロダクト開発を伴う問題解決が始まる場合がある。本稿ではこのような問題解決を、「工学内包科学型」問題解決として区別することを提案したい。

「工学内包科学型」の過程を簡単に図化したものを、図 3-7 に示す。この図は、「科学型」の「検証」段階に「工学型」問題解決が収まった構造となっている。各段階の説明は、「科学型」「工学型」のものと同様であるため割愛する。

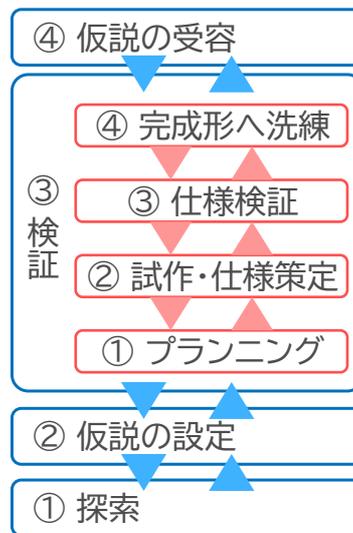


図 3-7 「工学内包科学型」問題解決の過程

この問題解決は、大きな目的を「科学型」と同様、すなわち何かを仮説立て検証し、物事を明らかにすることに置いている。しかし先に述べたように、「検証」の段階で検証方法を開発するという「工学的」の問題解決が始まるのが、大きな特徴である。学習者からすると、科学的に明らかにしたいことがあり、それを可能とするためのプロダクトを開発したいという、2つの志向をもって問題解決に取り組むこととなる。あるいは、科学的に仮説を立て、それを検証しようとしているうちに、実験装置や調査方法の開発に注力しだし、そちらが目下の大きな課題となるような状態であろう。どちらにせよ、この型の問題解決は規模が大きくなりやすく、課題研究や自由研究としては大作となる。

問題解決の形成的評価

問題解決型を3種類で分類する意味

以上のように、学習者の問題解決を分類する3つの型を提案したが、その目的は、学習者の問題解決の過程を、より詳細に捉え、形成的に評価し支援することにあることを強調しておきたい。これらの分類は、様々な問題解決を整理し、見取りやすくするためにある。例えば「昆虫の行動特性を確かめられる実験装置を開発し、特性を明らかにする」という目的の研究があったならば、実験装置開発を目指した「工学的」と見なしても、行動特性を仮説立て検証することを目指した「科学型」と見なしてもいい。しかし例示した研究には、科学的な問題解決と工学的な問題解決の両方の要素を含んでおり、学習者はその両方の過程をたどることとなる。教員は、その両方の過程を見取り、

評価し、支援をするべきである。「工学内包科学型」という問題解決型を提案する大きな意味はそこにある。科学性と工学性、その両方を評価に加えていきたいという提案である。

問題解決に取り組む学習者は、前述の 3 種の問題解決型に示したような様々な問題解決の過程を踏んでおり、これらを踏むこと自体が、問題解決の能力を正に発揮している姿といえる。問題解決の指導・支援や評価においては、学習者自身が確かに問題解決の過程を踏んでいるということを教員と共に振り返って確かめ、自己認識しながら進めたい。

問題解決の非一方通行性と完結しない問題解決への形成的評価

どの型の問題解決に関しても、それが常に①から④へ順序良く進むわけではない。学習指導要領でも想定されていたように、問題解決はその進行状況を振り返り、時には前の段階に戻ったり、同じ段階をさらに繰り返したりすることが往々にして起こる。例えば「科学型」の問題解決を行っていて、「② 仮説の設定」を行ったものの、その仮説が非常に検証しづらい仮説である場合がある。その場合は、前段階の「① 探索」に戻り、より検証しやすい仮説に焦点化するといったことが起こる。「工学型」の問題解決なら、「② 機能・仕様の策定」でプロダクトに必要と考えた機能や構造等を「③ 機能・仕様の検証」で実際に導入し、テストするが、それがうまくいかず「② 機能・仕様の策定」をやり直すということが生じる。時には、「① プランニング」まで戻って開発自体をやり直すことも起こるだろう。

あるいは研究活動は、必ずしも完結するとは限らない。特に自由研究や課題研究のように、学習者が限られた時間の中で研究を起こし進める活動では、「科学型」なら「④ 仮説の受容」、「工学型」なら「④ 完成形まで洗練」まで到達せずに、研究活動が終了してしまうことがよくある。これは、先に述べた問題解決段階のやり直しが多く生じてしまったり、ある段階で停滞してしまったりすることで生じる。例えば、「科学型」中でも人文科学的分野を取り扱う研究活動の場合、自然科学のような明確で定量的に分析できる研究対象ではない場合が多く、「③ 検証」に到達できない、あるいは「② 仮説の設定」にもたどり着けない場合がある。いろいろ文献調査やアンケートをして「① 探索」してみたものの、はっきりしたことは分からなかった、というような終わり方である。

このような問題解決の後戻りや停滞は、目的達成には遠のくように見えるが、問題解決の各過程を踏んでいたことは事実であり、肯定的な評価の対象となる。学習者は、研究が進展しないことに不安や焦りを覚えるかもしれないが、教員は問題解決の過程を踏んでいることを認め、前向きなフィードバックを返し、学習者の問題解決段階を把握したうえで次の段階へ導いていきたい。特に例に

挙げたような、「① 探索」段階でとどまっているような学習者に対しても、探索の中で何に気づいたかを一緒に確認し、きちんと「① 探索」という段階を辿っているのだということを学習者に自覚させたい。そして「このようなことがいえるのでは」という学習者なりの「仮説」を導き、仮説提案型の研究として結論づけるような支援が可能だと考える。

問題解決段階の振り返りと可視化

以上に述べたように問題解決活動においては、学習者・教員が共に問題解決の段階を認識しつつ、いかなる問題解決の過程を踏んできたのかを認識することが重要である。しかし、問題解決活動が進んでいくと、学習者自身が（あるいは支援する教員も）、何のために、何をしてきたのかが不明確なまま活動を進めていくことがよくある。この状態になると、自身が行う問題解決の目的や意義を見失ってしまう。あるいはそうでなくとも、問題解決活動を続けていると、これまでの問題解決の過程が整理されないまま、何を自身は成し遂げたのかが不明確になってしまう場合が多い。

そこで、問題解決活動を行う合間で、活動全体の振り返りを行うことが望ましい。自身が何を成し遂げてきたのかを認識化した上で、次の活動へと向かえるようにするのである。多くの場合、研究発表会等の自身の研究過程をまとめ、報告する機会は、この振り返りを兼ねることになり、大いに活用すべきである。学習者は自身の研究をスライドや報告書にまとめながら、自身が何をやってきたのかを再認識している。振り返りと可視化という視点から報告会をより効果的なものにするには、やはり問題解決の過程に沿って研究経過をまとめるのがよい。

本稿ではもう 1 つ、問題解決過程を可視化し振り返る方法として、階層化されたシートにこれまでの活動を記録する振り返りシートの活用を提案したい。これは村上・向井(2019)の「4つの窓」という省察ワークを、個人あるいはグループで記述するワークシートに改良したものである(向井・村上,2021)。振り返りシートとその記述例を図 3-8 に示す。

	テーマについて 悩んだこと・目指したこと	テーマについて 試したこと・行動	行動してみ て起こったこと・結果	テーマについて 分かったこと・手がかり
活動開始	雨水のpHを知りたい	学校の複数の場所で 雨を採集した		
		↓ 雨のpHを調べた	どの場所の雨も 弱酸性だった	学校周辺では雨のpHは 大きくは変わらない
↓	雨について何を調べれば いいかわからない	ホームページで雨水の 分析方法を調べた	雨水にはゴミが 多く含まれているという 記述を見つけた	雨水にはゴミが 含まれているらしい
↓		雨水を顕微鏡で見た	↓ ゴミは見つからなかった	
終了				

図 3-8 振り返りシートと記述例

この振り返りシートは、列に「テーマについて悩んだこと・目指したこと」「テーマについて試したこと・行動」「行動してみても起こったこと・結果」「テーマについてわかったこと・手がかり」の4観点を取り、行を時系列にした表になっている。学習者は記述例のように、この表のマスを左上から右下へ向かって埋めていくように記述し（空白があっても良い）、矢印で関係をつなぐ。記述例は、雨をテーマにして「科学型」問題解決における「①探索」を行っている過程を例示したものである。これにより、学習者が何を考え、何をを行い、その結果何が明らかになったのかが可視化されていく。基本的には、1行が1活動であり、例示のものは探索が続いている状況ではあるものの、それが4行にわたっているので、4つの探索活動が進行していると見て取れる。このシートを用いることで、行数に学習者の活動数が反映され、問題解決において何が成し遂げられたのかが分かりやすくなる。それを学習者・教員間で共有し、たとえ「探索」段階であったとしても、その中で何を明らかにしたか、あるいは何に気づき、何を志向したかを確認していく。これにより、模索的な活動であっても、確かに問題解決を行っているということが自覚化され、次の段階へいかに進むのか、道筋が見えやすくなる。あるいはこの表が埋められない場合、その学習者は問題解決において何らかの困難を抱えている可能性が高く、積極的な介入が必要となるだろう。

おわりに

本稿では、学習指導要領における問題解決がどのようなものとして想定されているのかを概観した上で、問題解決の過程を「科学型」「工学型」「工学内包科学型」という3分類から見取る視点を提案した。更に、学習者の問題解決を形成的に評価し、支援するための視点や方法を提案した。問題解決過程の分類は、ある活動がどのような問題解決型を踏もうとしているのか把握することで、学習者の活動を教員、あるいは学習者自身が理解し、次の活動をどう構築していくか検討することに役立つだろう。そして、学習者の問題解決の段階を振り返って可視化し見取り、段階を踏んだこと自体を肯定的に評価する姿勢が、問題解決を主体的に進めていく上で重要である。本稿で示した視点や方法が、学校現場での問題解決活動の発展に寄与することを願う。

<謝辞>

本稿の一部は、JSPS 科研費 JP20K22211 の成果に基づいています。

<引用・参考文献>

- [1] 別府俊幸(2011)「工学教育におけるエンジニアリング・デザイン教育」『工学教育』第59巻, 第4号, pp.72-79.
- [2] 村上忠幸・向井大喜(2019)「「深い学び」を実現するための探究学習とは(2)」『教職キャリア高度化センター教育実践研究紀要』第1号, pp.1-10.
- [3] 向井大喜・村上忠幸(2021)「活動の省察を促す振り返りシートによる探究活動の評価」日本理科教育学会第71回全国大会(群馬大会), p.154.
- [4] 向井大喜・山下隼弥・石川聡子・上出吉則・江藤亮・吉岡利浩・渡邊美香(2022)「STEAM教育実践の質的分析による探究過程のモデル化」『教科教育学論集』第20巻, pp.37-45.
- [5] 文部科学省(2017a)『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 総合的な学習の時間編』東山書房, p.9.
- [6] 文部科学省(2017b)『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編』学校図書, p.9.
- [7] 文部科学省(2017c)『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 数学編』日本文教出版, pp.172-173.
- [8] 文部科学省(2017d)『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 技術・家庭科編』開隆堂出版, p.7.