

小学校理科において探究に導くための主体性を引き出す 指導方略に関する研究

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

新しい学習指導要領では、学習者が主体的に問題を見つけ、解決方法を発想し、考察していくという探究的な学習が求められている。学習指導要領の改訂の方向性を示した2016年の中央教育審議会答申では、「探究的な学習は教育課程全体を通じて充実を図るべきものであるが、観察・実験等を重視して学習を行う教科である理科がその中核となって探究的な学習の充実を図っていくことが重要である。(p.148)」としている¹⁾。

理科授業において探究的な学習とは、従来より、学習者自らが自分の力で問題を設定し、解決していくことを意味しているため、本論文においても、「探究的な学習（探究）」という言葉を用いて、「問題を設定し、実験方法を考え、解決していく一連の学習活動を学習者自らが行っていくこと」と定義することに²⁾。

探究的な学習を進めていくには、学習者の主体性を引き出すことがまず重要になると考えられる。2017年の小学校学習指導要領解説理科編では、内容の取扱いについての配慮事項において、「主体的な問題解決の活動の充実 (p.101)」が挙げられている³⁾。さらに、指導計画作成上の配慮事項として、「(1) 主体的・対話的で深

い学びの実現に向けた授業改善 (p.94)」が挙げられている。

特に「主体的な学び」についての説明では、「『主体的な学び』については、例えば、自然の事物・現象から問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行っているか、観察、実験の結果を基に考察を行い、より妥当な考えをつくりだしているか、自らの学習活動を振り返って意味付けたり、得られた知識や技能を基に、次の問題を発見したり、新たな視点で自然の事物・現象を捉えようとしたりしているかなどの視点から、授業改善を図ることが考えられる。(p.95)」としている。

このように2020年から全面実施されている小学校学習指導要領では、探究的な学習の充実という「授業の質」を高めることが求められており、主体的な探究をどう実現していくかが、重要になってくると考えることができる。

1.2 問題の所在

学習者自らが未知の科学を探究していくには、学習者の主体性を引き出すことが不可欠だと考えられる。特に、探究的な学習においては、発展的な課題を扱うことも多く見られる⁴⁾。

なお、「主体的な学び」の意味は、中央教育審議会答申(2016)の『「主体的・対話的で深い学び」とは何か』の中で解説されており、「①

¹ 京都文教大学 こども教育学部 こども教育学科

学ぶことに興味や関心を持ち、自己のキャリア形成の方向性と関連付けながら、見通しを持って粘り強く取り組み、自己の学習活動を振り返って次につなげる「主体的な学び」が実現できているか。(pp.49-50)」とされており、「子供自身が興味を持って積極的に取り組むとともに、学習活動を自ら振り返り意味付けたり、身に付いた資質・能力を自覚したり、共有したりすることが重要である。(p.50)」とされている。

さらに、中央教育審議会 初等中等教育分科会 教育課程部会の評価に関する報告(2019)では、「主体的に学習に取り組む態度」の評価の観点として、「① 知識及び技能を獲得したり、思考力、判断力、表現力等を身に付けたりすることに向けた粘り強い取組を行おうとする側面と、② ①の粘り強い取組を行う中で、自らの学習を調整しようとする側面、という二つの側面を評価することが求められる。(p.11)」とされている⁵⁾。

「主体的な学び」という言葉の意味を考えたとき、「主体的」という言葉は、答申や観点別学習状況調査、小学校学習指導要領では、「自ら意欲をもって学習に取り組むこと」以外にも、「自らが学習の主体となって、自分で責任をもって粘り強く学習を進めていくこと」や、「自らの学習を調整しながら学び続けること」など、様々な意味が内包されていると考えることができる。

本研究では、小学校学習指導要領や答申の趣旨を踏まえ、「主体的」、「主体性」という言葉を、「自らが学習の主体となって、積極的に学ぼうとする姿勢」であると定義することとする。これは単に理科の内容への関心や意欲ということではなく、「自らが学習の主体となる」という意味を重視した定義である。未知の科学を探究する上で、本定義による主体性を引き出すことがポイントになると考えるからである。

従来より、理科において探究の学習を行うためには、単元の導入で「問いをもたせる」、「仮説を発想させる」の二つが大切にされてきているが、この二つの指導方略とは別に、学習者に「この学習課題を自分が解決したい」という内的な動機付けを行う指導方略が存在すると考えられる⁶⁾。つまり、「問いの形成」と「仮説の発想」という限定された指導方略だけでなく、もっと広い意味で指導方略をとらえ、教師の言葉かけの工夫や、単元展開の工夫、教材の提示の仕方の工夫など、他の指導要素も含めた形で、どのようにすれば学習者の主体性が引き出せるのかという視点で、指導方略を整理する必要がある。現在、探究的な理科授業は、主に中学校や高等学校で行われているのが現状である。小学校段階では、理科の基礎的な知識と技能の習得に時間を割かれるため、探究的な理科授業は少ない。

しかしながら、戦後から現在にかけて、多くの理科授業理論・実践が展開されてきており、その授業理論を基にした理科実践の中には、主体性を引き出す工夫が取り入れられていたはずである。そして、主な理科授業理論・実践を調べることで、主体性を引き出す工夫を整理すれば、探究的な理科授業にも生かすことができる指導方略を抽出できるのではないかと考えた。

学習者の主体性を引き出すための指導方略を整理し、まとめる研究は少しずつ増えてきており、例えば浪越(2018)は、自分事の問題解決を実現するための「理科授業設計マトリックス」の開発を行っており、問題解決の各過程における教師の支援の例をまとめている⁷⁾。また、主体的な学習のためにどのような要因が関わるのかの研究として、小柳(2017)は、どのような先行体験が主体的な学習を促すのかについて、先行研究を比較しながら実践研究している⁸⁾。

このように学習者の主体性を引き出す工夫の

研究は一部あるものの、戦後の様々な理科授業理論に基づいた理科授業実践を検討・整理し、「学習者の探究につなげる」という視点で、学習者の主体性を引き出す指導方略を総合的にまとめた研究はほとんどなく、研究の余地は十分に残っている。

探究的な学習にするには、単に「学習者に探究の活動を任せる」ことや、「探究の過程を取り入れる」だけでは、実現困難であることが、探究学習が取り入れられ始めた1970年頃の教育の現代化時代の反省として挙げられているところである⁹⁾。すなわち、探究の過程を理科の授業で取り入れるとともに、それぞれの探究の過程の中で、指導方略の工夫によって、学習者の主体性を引き出すことができなくてはならないと考えている。

様々な指導方法や技術、教材、活動を視野に入れて、主体的な探究に導くための指導方略を整理した研究は少ないため、小学校の教師が追試可能な形でまとめるのは大きな意義があると考えられる。

2. 研究の目的

探究的な学習は、未知の科学的な知識を学習者が中心となって明らかにしようとすることであり、「自らが学習の主体となって、積極的に学ぼうとする姿勢」が不可欠であると考えられる。

学習者の主体性を引き出す指導方略を、過去の主な理科授業理論・実践から整理した研究は少なく、研究の余地は残されている。

そこで、理科授業において、これまでに発表されてきた主な理科授業理論・実践をできるだけ幅広く調べることで、学習者の主体性を引き出す指導方略を整理し、明らかにしていきたい。

指導方略は、教師の指導に必要となる具体的

な教育方法や技術だけでなく、授業の計画や教材、授業の展開、活動の工夫など多岐に渡ることが予想される。本論文では、より幅広い指導の計画や工夫という意味と、探究につなげるための意図的・計画的な戦略という意味を含むものとして、指導方略という言葉を使うこととする。

具体的には、本研究で以下のことを明らかにする。

(1) これまでに行われてきた小学校の主要な実践において、学習者の主体性を引き出す指導方略にはどのようなものがあつたのか、「探究につながるような指導方略」を中心に、先行研究を基に調べる。

(2) 学習者の主体性を引き出す指導方略を整理し、いくつかの種類に分け、どういった単元でどのような指導方略が効果を発揮するのかを考察する。

(3) 2020年完全実施の小学校理科の各単元において、例えばどの指導方略を使用すれば、探究にまで導くことができる主体性を引き出すことができるのかを検討する。

3. 調査方法

これまでに発表されてきた主な理科授業理論・実践を中心に先行研究を調査していく。日本の理科教育の中では、様々な教育団体や研究者、実践家が、独自の理科実践を行ってきた背景がある。そこで、できるだけ幅広く、様々な教育団体や研究者、実践家が提唱している理科授業理論・実践を取り上げ、そこでどのような学習者の主体性を引き出す指導方略が使用されているのかを調べていくことにする。主体的な学習にすることは、どんな理科授業理論でも大切にされてきたので、必ず主体的な探究に導くための工夫があるはずだと考えた。学習者の探

究活動につながる主体性を引き出している授業例を中心に調べていくこととする。そして、学習者の主体性を引き出す指導方略を整理し、どのような単元で取り入れることが可能なのかを考察していく。

先行実践を分析するための主な視点として、探究活動に移る前に、主体性を引き出す工夫があるはずなので、どのようにして主体性を引き出しているのかの指導方略を中心に調べていくこととする。

4. 先行実践の調査

4-1 学習者の主体的な探究活動を引き起こすための指導方略に関する先行研究の調査

理科の授業典型の一つとして、「極地方式による授業」がある。極地方式とは、高橋・細谷(1974)によれば、「狭義の、固有名詞としての「極地方式」とは、1970年三月、東北科教協十年間の実践の積み上げにのっとり、新しく創設された「極地方式研究会」によるものである。(p.34)」とされている¹⁰⁾。ここで科教協とは科学教育研究協議会のことである。極地方式は授業づくりの方法のことを意味するため、よい授業は常に更新されるため、典型的な授業を挙げるのは困難であるが、授業をつくる上での理論は紹介されている。高橋・細谷(1974)では、極地方式における、理科の授業で「こう教えよう」という教授原理が示されており、原理を抜粋すると、「半わかりでよいから、自分の考えを大胆に大自然に適用し、失敗しながら法則をつくりあげていく「生兵法実践主義」」、「創造的な工作と、大自然での全身的な活動の奨励」、「逆思考・反対証明の奨励」、「ゼロ思考・原点主義」などが主立ったものとして挙げられる(pp.41-43)。また、紹介されている授業例を概観していくと、高橋・細谷(1974)は、生兵法

実践主義として、「レモンをあつくきり、あいだに小さな石灰石をはさみ、ビニールでつつんでおき、つぎの日しらべましょう。石灰石はどうなるでしょう (p.64)」の発問を紹介している。これは、極地方式における「探検コース」用のテキスト「酸のはたらき－酸が使えれば、きみたちはもう化学者だ」の中の一問として紹介されている発問である。極地方式では、探検コースを重視し、ゆっくりと時間をかけて教えることとし、その他の重要でない知識は、巡検コースや、急行コースとして時間をかけずに教えていく。酸のはたらきの授業では、「どんな酸でもすっぱいだろうか。」、「どんな酸でも青リトマスしけん紙を、赤くするだろうか。」という発問も紹介されている (p.65)。発問を数多く作ることで、「だから子どもたちは、今までに学んだ事柄に自信を持ち、しかもそのことの逆思考（酸はすっぱい。じゃあ、すっぱいからこれも酸かな？）ができるならば、レモンについても、そのすっぱさを知って、“これも酸じゃないかな”“石灰石をとかすのではないか”“マグネシウムもとかすのではないか”と、正しい予想を、自信をもってたてられるだろうし、実際にその予想を確かめることによって、つまり、法則（概念）を自ら使ってみることによって、その法則（概念）への確信を、ますます強めるようになるのである (p.66)」としており、さらに教師でさえも答え得ないような新しい問題が子どもから次々と生まれてくるとしている。これはまさに、探究に導くための主体性を引き出す一つの指導方略だと言える。

もう一つ、「極地方式」による単元全体を通しての授業を見ていくこととする。高橋(1974)は、「(前略：大前) 極地方式の特質をよく表現した「材料」という単元を報告する。(p.78)」として、小学校1年生～3年生が対象の単元展開を示している¹¹⁾。展開の骨子を抜粋すると、

「使いふるした台所用品やオモチャあつめ→バラバラ作業（木づりとドライバーを主な道具とする。ラジオペンチがあると使いやすい。）→カナモノだけ分ける→カナモノを別別に分ける（どうやって区別したらよいか、みんなで考えながら分類していく。）→カナモノでないものを別別に分ける（pp.83-85）」ということになる。この単元の評価として、高橋（1974）は、「十分な道具さえあれば、子どもたちの興味は最高であって何の心配もないし、この場合ではこうして作業にどれだけ興味を示すかに評価しさえすればよい。（p.86）」としている。ここで重要なのは、あくまで子どもの目線、子どもの考えで、物質を分けることを「試行錯誤」させている点である。つまり、極地方式の授業例では、前者に示したような、何らかの法則を次々と予想しながら、法則を次々と適用してみることによって、法則を確かなものにしつつ、しかも新しい問題を次々とつくり出すという授業と、後者のように、何らかの作業課題を与えて、物質の本質を試行錯誤しながら調べていく授業とが見られる。前者と後者では、やや活動の仕方が違うが、いずれも、探究に導くための主体性を引き出す指導方略であると考えることができる。

この極地方式を継承し、さらに発展していった理論・実践として、麻柄（1994）は、極地方式を参考としながら『「検証」法』を考え、帰納主義でも演繹主義でもない第三の方法として、『「検証」法』を取り入れた授業を提唱した¹²⁾。

それによれば、「事例（eg）」と「法則（ru）」の関係は、それぞれの方法論によって、次のようなプロセスを踏むことが提示されている。

帰納プロセス	eg → eg → eg → eg ...eg → ru
演繹プロセス	ru → eg → eg → eg → eg → eg
「検証」プロセス	eg → ru → eg → ru → eg → ru → eg

麻柄（1994）、p.245 より

麻柄は「被験者は正事例だと知らされた少数の事例から仮説を作る。この部分は帰納のプロセスである。そしてその仮説を後続の事例に適用して正事例か負事例かを予測する。この部分は演繹のプロセスである。そして仮説が支持される回数がふえるにしたがって、仮説に対する確信の度合いは高くなる。この部分は帰納のプロセスと言える。（p.245）」とし、「ru」の文字が大きくなっていることでそれを表現している。つまり、『「検証」法』では、一つの事例から何らかの法則を予想し、次の事例に当てはめ、さらにその事例から何らかの法則を予想し、次の事例に当てはめていく。少数の事例から大胆に一般的な法則を予想して、それを別の事例に適用して調べていき、だんだんと法則の確からしさを確認していくという指導方略である。これは、先に示した「極地方式」の「生兵法実践主義」を発展・整理した指導方略だと考えることができる。

ここで意識しておかなくてはならないのは、帰納法で授業をするにしても、帰納で得られた法則を何らかの事例に当てはめて検証していくという姿勢が大切だということである。また、演繹法で授業をするとしても、自然体験なしで、事例を知らない学習者に法則を与えることがあれば、学習者は混乱する点である。つまり、帰納法中心や、演繹法中心の授業はあるにせよ、いずれの場合も、帰納と演繹を往還させる必要があるととらえるべきであろう。

ここで、法則を適用するにあたり、「例外」につきあたってしまうと、どうなるのかという問題が生じる。法則が通用しない例外というも

のがあるが、この例外を発見してしまうと、学習者が混乱することが容易に予想できる。

しかしながら、この例外を利用して授業を行うことで、知的好奇心が引き起こされるという研究もあり、例えば波多野・稲垣（1973）は、知的好奇心を引き起こすための一つの方法として、まず学習者に法則を与えてから、法則が定着した後で、法則に当てはまらない事例の存在を示す方法を提起している¹³⁾。このような、例外にとって、探究に導く主体性が引き出される研究もある。

『「検証」法』と「例外の活用」を踏まえ、大木・麻柄（2001）は、小学校においてその効果を検証しており、実践の注意点として「初めのうちは例外例ではなくてそのルールの特例に直面するように学習プロセスを組織することである。そしてルールへの確信の度合いが高まった後に例外例を導入することである。そして例外例を導入した後には、なぜそれが例外となっているのかその理由を学習者に説明することである。（p.48）」としながら、小学校 6 年生「植物のくらし方」の単元で実践している¹⁴⁾。具体的には、導入において、春に花の咲く植物を当てる問題を行い、春に花が咲く植物は背丈が低いのか予想させ、春に花が咲く植物と、夏から秋にかけて花が咲く植物を見分ける学習を行う。

続いて、春に花を咲かせる植物は背丈が低いので、他の草が伸びてくると光合成ができずに困ってしまうので、夏草が伸びる前にあわただしく花を咲かせるという戦略をとっていることを説明する。最後に、ドクダミは背丈が低いのに夏に花を咲かせるのはなぜかという例外を考えさせるという展開である。

『「検証」法』によって、次々と事例を用意して法則を当てはめることで、確かめたいという欲求が満たされること、「例外の活用」によって、

理由を調べたい欲求が高めることが報告されている。

他の理科授業理論・実践として、板倉聖宣が 1963 年に提唱した「仮説実験授業」がある。科学上の最も基本的な諸概念と最も原理的な法則を教えるための、教材の組織法・授業運営法である。問題を提示し、予想（仮説）を考えさせ、討論し、実験で確かめるという方法をとる¹⁵⁾。

問題は教師が提示する。予想（仮説）は、教師が選択肢を与えて、その中から選ばせる。討論は、自由に意見を変えてよいので、自分の生活体験などから考えられることを自由に意見交流する。教師や子どもが実験をして決着をつける。主に教師が実験してみせて決着をつける場合が多く見られる。そして、最後に科学の概念や法則を教師が解説する。

「仮説実験授業」は、基本的には、科学的な知識を系統的に教えていくことが大切にされており、教師が問題を提示し、子どもが仮説を立て、そして教師の実験で結果を出すという系統的に順序立てられた流れで学習が進んでいく。系統立てて進められるものの、探究に導くための主体性を引き出す工夫が随所に見られる。例えば、仮説実験授業研究会編集の「楽しい科学の授業シリーズ」（1982）「空気と水」では、からっぽのコップを逆さまにして水につけると水がどの程度入るか予想させ、結果を示した後で、次にはコップの中に紙を入れて確かめるということを繰り返しさせている授業書がある¹⁶⁾。最初から子どもの誤概念に焦点を当てて、多くの子が間違えるところから出発している。さらにこの授業書では、作業課題を与えている実践もあることに注目したい。「空気と水」の授業では、単元の途中にスポイトを使って「スポイトきょうそう」を行い、たくさんの水を運んだ方の勝ちという作業課題を与えて、自然体験の蓄積や

知識の蓄積を図っている工夫も見られる。スポイト競争をしながら、スポイトの中の空気をたくさん出した方が水がたくさん入るということを理解させる活動である。

何らかの作業課題を与えることで、主体性を引き出す工夫は、先の極地方式で紹介した細谷の実践にも見られ、細谷（2001）は、「工作課題、工作的発問のすすめ」として、「工作的発問」を紹介しており、「サハラ砂漠を緑野に変えたい。どうしたら良いだろう（p.172）」、「ダイズや大根のタネを、水中で発芽させたい。どうしたら良いだろう（p.172）」といった発問を示している¹⁷⁾。そして、「なんとかして、というよりは、なんとかしてでも、望んでいる結果を作り出したいと、熱中する。そして結果論的に重要な条件そのものを発見することに成功する。（p.173）」としている。工作的発問によって与えられる課題の例を見ると、子どもにとっては、少し難しいと思える課題が多くあり、しかも、実現できることに達成感のある課題であると考えられることができる。

一方、別の理科授業理論・実践として、「課題方式」と呼ばれるものがあり、これは、玉田泰太郎が提唱した理科授業理論・実践である¹⁸⁾。玉田泰太郎は、戦後の生活単元・問題解決学習が行われていた頃に教師になり、実践を進めていった。生活単元・問題解決学習では、生活の中から興味関心のある問題を設定し、それを解決していくというプラスの面がある一方で、必ずしも価値のある問題が設定できないことや、問題が拡散してしまうこと、解決不能な問題が出てきてしまうといったことがマイナス面として指摘されていた。

その中で、玉田は、全ての子どもたちに必ず教えたい内容（到達目標）を明確化し、全ての子どもたちにわかるように教えることを重視した。この玉田の理科授業が「課題方式」と呼ば

れるようになった。課題方式は、1時間に一つか二つの課題（中心的な発問）を与える。そして、子どもに自分の考えを書かせる。そのあと、考えを交流することで討論させる。実験を行って、結果とわかったことを書かせる。仮説実験授業と大きく違う点は、1時間ごとに与える問題が限定されていることと、実験をしてわかったことをノートに書かせること、自分の考えや他人の考えをノートに書かせるなどの、自分が考えたことを随所に書かせる点である。どちらかと言えば、仮説実験授業は、プランが決まっていて、要領よく科学的な概念や法則を教えることができるものとなっている。

玉田は、1時間の授業を次のように展開している。

- ① 学習課題を提示し、確認する。
- ② 予想・自分の考えを書く。
- ③ 予想の分布の確認。
- ④ 自分の考えを出しあい、討論する。
- ⑤ 討論をふまえて、ねり上げた考えを書く。
- ⑥ 実験・観察して確かめる。
- ⑦ 実験・観察の結果、確かになったことを書く。
- ⑧ つけ加え（発展的な問題・実験・科学のことば、補足的な話）

（『理科の授業づくり入門』編集委員会編著（2008）『理科の授業づくり入門—玉田泰太郎の研究・実践の成果に学ぶ』、日本標準、pp.327-328 より）

そして、前掲書（2008）には、「したがって、学習課題を提示すれば、後は手順にしたがって、子どもたちにその追求をまかせることが大事になります。（p.329）」のように述べられている。つまり、討論が入っているのが玉田の授業の特徴なのだが、このときの討論に教師が介入する

のは避け、できるだけ子どもの目線で、子どもの考え方で、あれこれと相談をさせ、そして関心を高めた後で、実験や観察で確かめさせる活動に入ることが重要であると考えられる。討論の質を高めるという方向よりは、子どもに自由に思索させるという方向に力点を置いた授業を展開するのだと言える。それゆえに、玉田の授業では、教師の発問や学習課題の質が重視され、子どもを確かな認識にまで高める課題を教師が提示することが大切だとされている。

具体的に、どのような「発問や学習課題」が 1 時間の授業の中で提示されているかは、例えば、玉田（1992）で見ることができ、5 年生の授業において、「ほう酸と食塩とさとうをおなじ量の水に溶かすと、溶ける量はちがうでしょうか。（p.136）」などがある¹⁹⁾。また、玉田（1992）は、特徴的な授業として、最初から作業課題を与えている授業も紹介されており、同じ単元の別の授業では、「氷ざとうを乳ばちに入れ、乳棒でできるだけ小さくすりつぶしてみましょう。（p.134）」という作業指示で授業を開始し、もっと小さくできないかと問いながら、角砂糖の溶ける様子を観察させるようにしている。

他の理科授業理論・実践として、吉本均らが主張した「ゆさぶり発問」を取り入れて、主体的な探究に導く実践があり、例えば、山井（1983）は、小学校 1 年生の「石ころ」の授業において、石ころの標本を観察している際、「発問 黒い紙に石で字が書けるだろうか（p.7）」と尋ねたところ、進んで探究する姿が見られたことを報告している²⁰⁾。そして、「子ども達の探究心をゆさぶり、「ああではないか、こうではないか」と思考をゆさぶり、児童自らの手で事象に働きかけさせ、見方や考え方を変容させていくような発問こそ、「ゆさぶり発問」と言ってよいのではなかろうか。（p.8）」としている。また山井（1983）は、他の発問例として、探究を促す

には、授業の最初に発する課題発問が重要であるとしながら、4 年生単元「浮くもの・沈むもの」の発問例として、「沈んでいるジャガイモを浮かせることはできないか（p.12）」を示しながら、「授業の最初に発する課題発問は児童の思考をゆさぶり、ひとりひとりの児童に追求すべき問題を意識させる発問である。そのためには「おや！ 不思議だぞ」と矛盾の意識することが必要だから、こうした矛盾に突き当たる発問を考える必要がある。（p.12）」としている。

他に、理科の代表的な授業理論・実践例として、自由試行（Messing About）を取り入れたものがある。初期の実践例としては、東京都立教育研究所（1973）のものがあり、「探求活動を具体的に成立させるための指導計画」において、「小学校・中学校における物理教材を中心として」で、授業の流れを「（1）自由試行の過程（2）ワークシート学習の過程（3）討議の過程」と示している²¹⁾。

また、自由試行の考え方を活かした実践として、向山（2001）は、1986 年に 3 年生を対象に行われた「じしゃく」の授業を行っており、1 次で「磁石のはたらきを調べる自由な活動を通して問題をつかむ（三時間）（p.77）」とし、2 次からは「自分たちでとらえた問題を追究する（一 0 時間）（p.77）」としている²²⁾。

自由試行とは少し異なった実践として、「自由な試行活動」を取り入れた授業理論・実践があり、その授業を提唱し広げた丸本（1986）は、「自由な試行活動」について、「自由な試行活動」が有効にはたらく場の構成には、二つのタイプがある。上図のように、一つは教材（B）と先行経験（A）とを同時に示し、A・B を接近・対比させる場合であり、もう一つは、先行経験（A）を最初示さないで、教材（B）だけを示し、発問などの工夫によって、子どもの頭の中に対象的イメージ（A）を想起させながら、B と対

比させていく方法である。(p.69)」と述べている²³⁾。前者の例として、5年生「食塩水の濃さと重さ」の実践例があり、先行経験(A)として石けんの溶け方を選び、新しく学習する食塩の溶け方と接近・対比させながら、自由に試行させるという授業を紹介している。

後者の例として、5年生「光の進み方」の実践例があり、空のフラスコやビーカーにOHPの光を当て、スクリーンに影を映し、「このフラスコやビーカーの中に水を入れると、どうなるかな。(p.71)」と発問することで、フラスコやビーカーのように薄い影ができると思っていた子どもたちに、黒い影ができることや、光の玉や線が見えることなどの予想外のことが起きることを見せ、光の通り道をはっきり見えるように工夫しながらあれこれと観察させ、虫眼鏡の先行経験を想起させながら、解決させていく授業を紹介している。

日本初等理科教育研究会の代表的な実践家である森田(2003)は、学びの入口で重要になるのが「知的な好奇心」であるとしながら、最も知的な好奇心をわき起こさせるには、「したがって、学ぶ対象が子どもにとって最も好奇心が沸くような「半分わかっていて、半分わからない」つまり、「半知半解」の状態をつくりやすい状況を生む工夫が大切である。(p.28)」としている²⁴⁾。

川勝(2014)は、『KIGYの原則による〈のほりおり〉認識』の理科授業を提案しており、「科学教育で本当に生徒がわかるためには、生徒の生活のなかで生まれる具体的な疑問「〈G 具体性〉」を認識の飛躍がともなう「〈I 意外性〉」のある教材を提起して揺さぶり「〈Y 予測可能性〉のある知識」を教えなければならない。これを生徒の認識が〈のぼる〉と私は言っている。しかし自然科学であるから、のぼったら、当然〈おりねば〉ならない。つまり「〈K 検証〉」しなけ

ればならない (p.48)。」と述べている²⁵⁾。

この理科授業理論は、ヴィゴツキーの「発達の最近接領域」の大切さを取り入れたとしながら、さらに川勝(2014)は、具体的な授業例として、「仁丹は電気を通すか (I 意外性)。これで基本概念にのびります。ピカピカしているものは電気を通す (Y 予測可能性)。これを教えるには、具体的な課題 (G)、いろんな生徒がもってくる物を、かたっぱしから検証 (K) する必要があります。これでおいて行くのです。(p.165)」のように紹介している²⁶⁾。

左巻(2019)は、玉田泰太郎の授業論や、仮説実験授業の実践を行っていた庄司和晃の授業論から学んだとして、次のような授業を提案している²⁷⁾。

- ①課題を出す
- ②課題に対する〈自分の考え〉を書かせる
- ③〈自分の考え〉を発表させる
- ④〈他の人の意見を聞いて〉を書かせる
- ⑤実験
- ⑥〈結果とわかったこと〉を書かせる
- ⑦教師による補足説明など

左巻健男(2019)「おもしろ理科授業の極意」東京書籍 p.26 より

そして、具体的な授業例として、中学校1年生で行っていた授業を小学校向けにアレンジしたとして、『体重をはかってから、すぐにジュースを500g飲みます。飲み終わってからすぐにもう一度体重をはかると、飲む前とくらべてどうなると思いますか。課題の意味はわかりましたか? (p.66)』と課題を提示し、「ア 変わらない (前のまま) イ 500g ちょうどふえる ウ 500g まではふえない。100g とか 200g くらいふえる エ 500g まではふえない。400g くらいふえる オ その他 (p.67)」と板書して、

予想させ、意見交流を行う展開を示している。

5 調査内容の整理と考察

5-1 学習者の主体性を引き出すための指導方略

これまでに見てきた指導方略の中には、毎回の授業で取り入れられそうなものと、単元の内容や学習者の実態に沿ってしか取り入れられそうにないものもあった。

例えば、どの授業理論・実践でも共通して見られた指導方略として、子どもの思考や解決方法に合わせる形で、子ども目線で探究をさせていくことは、どの単元でも大切になる指導方略だと考えられる。しかし、例えば自由試行を取り入れる授業となると、自由に試行体験ができるような単元の内容に限定されてくるだろう。さらに、子どもの誤概念に訴えて子どもが驚くような発問を単元の最初から行うのは、子どもの知識と経験を教師が把握しておく必要があるのと、学習者にその内容に関する知識や体験の蓄積が不可欠となることから、実態によっては難しいと言えるだろう。またそもそも経験も知識もないような、例えば電磁石の単元では、驚くような発問をすること自体が困難となることが考えられる。

例外例を活用する実践もあったが、例外例を示してどうしてそれが例外なのかを考えさせ、教師が理由を説明するというのも、主体性を引き出す効果があるとは思えるが、むしろ、新しい探究活動のための思考の飛躍を促すものとして、例外例を利用することも考えられる。

そこで、条件が合えばどの単元でも共通して取り入れるべき指導方略と、単元によって変えた方がよい指導方略を分けて整理していくこととする。

まずは後者の「単元によって変えた方がよい指導方略」を考えていく。

例えば極地方式の「生兵法実践主義」や『「検証」法』で見られたように、まず自然の決まりが適用できたという成功体験から、自信を深めていき、さらに別の物や違う物でも自然の決まりが適用できるのかの問題を学習者自らが考え、検証していくという指導方略は、自然体験の中から自然の決まりを発想しやすく、しかも他の物でも適用可能かどうかを確かめたいと思えるようなときに適用可能であると考えられる。

ただし、科学的な知識の中には、経験だけではどうしても気付けないものも含まれていると考えられる。気付いていても、頭の中で意識ができていないということもあるだろう。だからこそ、自然の法則や決まりがわかるような何らかの現象を見せたり、自然の決まりに意識を向けさせる問いかけをしたりする必要があるのだと考えることができる。この場合は、自然の決まりに、まず発問と自然体験によって気付かせていき、その自然の決まりを次々と適用させていく指導方略を取り入れるのが望ましいのだと考えられる。これを、「発問と自然体験によって自然の決まりを教え、それを適用させていく指導方略」とする。

一方、極地方式や自由試行、仮説実験授業、工作的発問など、様々な理科授業理論・実践で見られた指導方略として、「何らかの作業課題を与えて、物質の本質を、あれこれと試行錯誤しながら明らかにしていく活動を用意する」というものがあった。これは、自然の決まりがある程度自然体験によって帰納的に発見可能であり、かつ、様々な物や実験方法を準備可能で試行錯誤ができるのであれば、取り入れることが可能であると考えることができる。これを「試行活動を中心とした自然体験を用意し、自然の決まりを発見させる指導方略」とする。この指導方略が適用しやすい単元としては、何らかの

主要な問題で単元を貫ける場合を考えることができる。

そして、この中間の指導方略もあるのだと考えることができる。つまり、発見が可能な自然の決まりを含み、かつ、発見が難しい自然の決まりを含むという単元の場合は、上記の二つの指導方略をバランスよく取り入れていかなくてはならないと考えられる。

なお、理科の授業では、学習者は帰納だけをしていることもなく、演繹だけをしているということもなく、帰納と演繹は往還運動をしていることが多かったと考えられる。帰納的思考の場面が多いか、演繹的思考の場面が多いかの違いだけがあるのだと考えられる。そこで、帰納が多くなるものは試行錯誤や体験が多く用意されているのに対して、演繹が多い授業は検証のための実験が多くあるというだけだと考えられる。

「ゆさぶり発問」のように、意外性を感じさせる、矛盾を感じさせるような発問や、現象を見せることで、探究が始まるのは大切な視点だと考えるが、しかしながら、意外性を感じさせるとか、矛盾を感じさせるといった機能を、発問や現状の提示が發揮するためには、学習者にある程度の知識や経験が蓄積されていないと無理だと考えられる。つまり、「ジャガイモがなぜ水に沈んでいるのか。浮かせられるのか」に対して、意外性を感じるには、意外性を感じるだけの知識や経験が学習者になくしてはならない。そこで大切になるのが、自然体験や知識の蓄積になるのだが、その自然体験や知識を、「自由で不規則な試行活動の中で蓄積させるのか」、「何らかの少し難しい作業課題を与えて、その作業課題をあれこれと解かせる中で蓄積させるのか」、それとも仮説実験授業のように、「系統立てて配列した実験を教師が指示していく中で行うのか」で、いくつかの種類に分けることが

できるのだと考えられる。

演繹的に進めた方がよい場合は、まず自然体験の蓄積と知識の蓄積の後で、教師が基本となる知識や技能は習得させた上で、活用や探究に移行する方が無理がないと考えられる。

ある程度帰納的に自然の決まりを発見できるものは、最初に自然体験の蓄積と知識の蓄積を取り入れながら、単元全体を通しての探究がよいだろう。

そのどちらでもない場合は、中間タイプの指導方略を取り入れていけばよいことになる。自然体験によって帰納的に自然の決まりが発見可能なら試行錯誤させ、自然体験によっても、気付かない内容は発問によって気付かせたらよいのだと考えられる。

いずれにしても、単元の最初に自然体験と知識を蓄積することは、必要不可欠であると考えられる。経験や知識が多いなら、最初から誤概念に訴えたり、例外を見せたりすることで、意外だと思わせる現象提示が可能であるが、そうではない単元では、まずは、自然体験を行った上で、自然の決まりや法則を予想させ、そして当てはめさせて、自然や法則が理解できたという状態にもっていくのが最も重要だと考えられる。その上で、少し飛躍しているが、解決はできそうだという見通しをもてる問題を用意し、主体性を引き出すのが望ましいと言える。

次に、条件が合えば、単元の内容や性質に関わらず全ての単元に取り入れるべき主体性を引き出す指導方略としては、調査結果から、次のようにまとめることができる。

①先行経験が豊富な場合で、誤概念に訴えることができる場合には、発問や自然現象の提示で、意外性をもたせる。

②作業課題によって「あと少しでできそうだけれどできない」という見通しと、自然体験の蓄積、自然の決まりへの気付きが得られる場合は、

作業課題を与えて試行錯誤させる。

③問題は、ある程度分かっているが、ある一部が分からないというように、ある程度の見通しがある中で解決可能なものを設定することができるようにする。

④問題は、これまでの学習者の知識や経験を飛躍させるものを設定するようにする。

⑤問題を設定した後で、問題に対する仮説や予想、解決方法の発想のために、自由に話し合わせ、今後の学習活動への見通しをもたせる。

⑥子どもに予想や仮説を話し合わせるときは、子どもの論理に沿って話し合いが展開するよう教師は見守っておく。

上記の指導方略の要点は、あくまで子どもの問題意識に沿いながら、現在の学習者には解決が難しい問いを探究させるということであると考えられる。

5-2 単元の内容や性質による、学習者の主体性を引き出すための指導方略の種類

単元ごとに、どのような指導方略を取り入れるのがよいのか。

共通している部分以外の指導方略で、単元の内容によって善し悪しが変わると思われるものを以下に考察する。

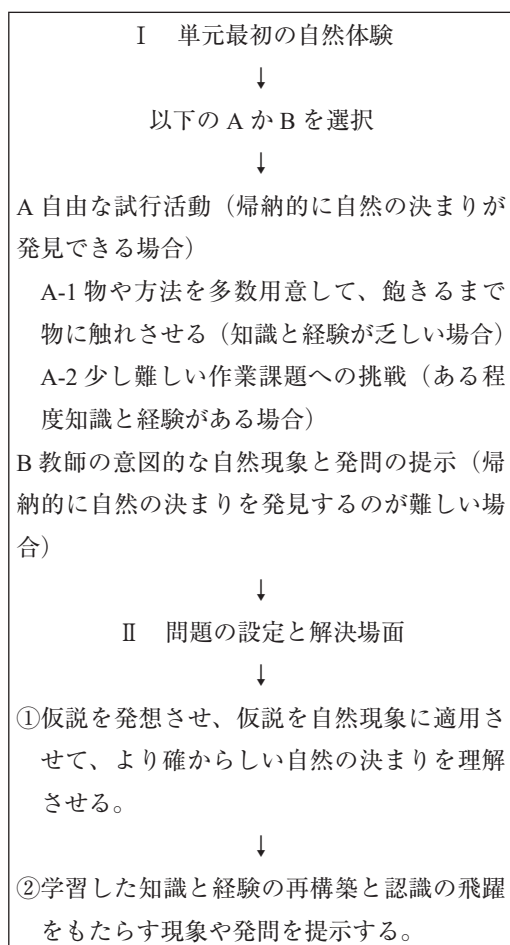
これまで見てきたように、主体性を引き出す指導方略の中には、単元の内容によって適用を選択する必要があるものがあつた。

一つは、自然体験の中から、活動を中心として、試行錯誤する中で、だんだんと法則に気付かせていくというパターンの授業である。「試行活動を中心とした自然体験を用意し、自然の決まりを発見させる指導方略」を取り入れるべき単元である。このタイプは、何らかの 1 つの問題を柱として単元全体を貫くことができる場合に適用しやすいと考えられる。

二つ目は、演繹的な面が強い授業である。あ

る程度自然体験をさせたあとで、自然と気付かないものは最初から教えていくか、発問によって気付かせていき、得た自然の決まりが本当に正しいかどうかを他の物で確かめさせていく授業である。「発問と自然体験によって自然の決まりを教え、それを適用させていく指導方略」を取り入れるべき単元である。

上記二つの指導方略を整理すると、次のようになる。



帰納的に自然の決まりを発見できる場合は、A を選択し、帰納的に自然の決まりが発見しにくく、演繹的に進めた方がよい場合は、B を選択すればよい。A でも B でも、II の「問題の

設定と解決場面」以降は、同じ指導方略を取り入れればよいと考えられる。

一つ目の帰納的に自然の決まりが発見できる単元として、例えば3年生の磁石の単元が考えられる。自由に磁石を使って試行錯誤することで、自然体験の蓄積がなされるし、自然体験の中から磁石の性質に気付くことは可能であると考えられるからだ。6年生の「燃焼の仕組み」でも適用可能であろう。物の燃え方では、単元の最初の段階で、「空き缶の中で木を燃やす」活動を行うことがある。その際、試行錯誤する中で空気の入れ換えがないと物が燃えないということに気付かせることはできると考えられる。その後で、空気の入れ換えが行われないと物が燃えないのかを調べ、さらに空気中の気体のどれが物を燃やすのを助けているのかを調べていくことにつなげることができるだろう。

一方、帰納的に自然の決まりを見つけることが難しい単元の場合は、「発問と自然体験によって自然の決まりを教え、それを適用させていく指導方略」であるBを選択した方がよく、例えば、5年生「振り子の運動」で可能であると考えられる。振り子の決まりを自然に気付くのは難しいので、10往復の時間が振れ幅によって変わらないことをまず教えていく。そして、本当にどんな振れ幅でも変わらないのか、他に時間を変える方法はないのかななどを検証していくということが可能だと考えられる。

なお、上の二つの要素をどちらも取り入れる中間の性質をもつ単元もあることが予想される。その場合、学習者にとって難しい概念を教える際には、ほとんど教師が教えてしまうか気付かせるという指導方略が用いられることになり、最後に発展的な問題を出して探究させるということもあるだろう。また、自然体験の中から帰納的に自然の決まりが発見可能な内容が多い場合は、ところどころで教師が演繹的に教え

ながらも、多くを自然体験の中で何らかの「自然の決まりや、因果関係」に気付かせるようにし、それを調べさせるようにすればよいだろう。つまり、帰納的な面と演繹的な面をどの程度入れるかで、様々なパターンがあるのだと考えられる。

6. 結論と今後の課題

これまで発表されてきた理科授業理論・実践をできるだけ幅広く調査し、探究に導くための主体性を引き出す指導方略を整理することができたことは、一定の成果があったと考えられる。条件が合えばどの単元でも取り入れるべき指導方略と、単元の内容や性質によって選択を考えるべき指導方略との二つを提案し、具体的な単元に適用して授業例を示すことができたことは、意義があったと考えられる。

なお、主体性を引き出すには、「課題を調べたいと思える」という、導入における動機付けの問題と、「課題を解決できそうだという思いをもたせる」という解決場面における見通しの問題との二つの側面で、指導方略を考えていく必要があることが示唆される結果となった。

今回の研究では、より幅広く指導方略を整理し、大きな視点でまとめてきた。今後の研究の方向性としては、例えば問題解決場面における「見通し」をもたせるための方法や技術には何があるのかなど、細部にわたって調べていくことが考えられる。

また、探究活動のその後の展開である「実験方法の発想」や「考察」をどのように指導していけばよいのかも研究の対象となるだろう。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP 17K12936 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 70 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』
- 2) 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
- 3) 文部科学省(2017)『小学校学習指導要領解説理科編』
- 4) 村上忠幸(2012)『知的パフォーマンスとしての探究学習』，教育実践研究紀要 12，pp.69-78
- 5) 中央教育審議会 初等中等教育分科会 教育課程部会(2019)『児童生徒の学習評価の在り方について(報告)』
- 6) 大前論文(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
- 7) 浪越一浩(2018)『小学校理科における自分事の問題解決を目指す理科授業設計マトリックスの開発』，奈良教育大学教職大学院研究紀要「学校教育実践研究」10，pp.41-51
- 8) 小柳欣也(2017)『主体的な学びを実現する理科指導の要因：5 年「ふりこのきまり」の単元における主体的な学びの追究』，岐阜聖徳学園大学教育実践科学研究センター紀要 17，pp.55-60
- 9) 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
- 10) 高橋金三郎・細谷純編(1974)『極地方式入門 現代の科学教育』，国土社
- 11) 高橋金三郎(1974)『極地方式による授業の研究』，評論社
- 12) 麻柄 啓一(1994)『法則学習における「検証」法の効果：帰納・演繹法批判』，教育心理研究 42(3)，pp.244-252
- 13) 波多野 諠余夫・稲垣佳世子(1973)『知的好奇心』，中央公論新社
- 14) 大木 浩・麻柄啓一(2001)『検証法と例外例が小学生の法則学習に及ぼす効果』，千葉大学教育学部研究紀要 教育科学編 49，pp.47-55
- 15) 板倉聖宣(1974)『仮説実験授業—授業書ばねと力によるその具体化』，仮説社
- 16) 仮説実験授業研究会編集(1982)『楽しい科学の授業シリーズ 授業書物性・科学編 空気と水』，ほるぷ出版
- 17) 細谷純(2001)『教科学習の心理学 第 3 章 大自らの知的探検における「きまり」の役割 5 知識の構造化』，東北大学出版会，pp.166-174
- 18) 『理科の授業づくり入門』編集委員会編著(2008)『理科の授業づくり入門—玉田泰太郎の研究・実践の成果に学ぶ』，日本標準
- 19) 玉田泰太郎(1992)『新 たのしくわかる理科 5 年の授業』，あゆみ出版
- 20) 吉本均監修(1983)『理科のゆさぶり発問』，明治図書
- 21) 東京都立教育研究所(1973)『I 探求過程を重視する学習指導の研究』，東京都立教育研究所紀要 13 号，pp.18-19
- 22) 向山洋一(2002)『骨太な実践を創る 向山型理科授業』，明治図書
- 23) 丸本喜一著(1986)『ここが理科指導のポイントだ』，明治図書
- 24) 森田和良(2003)『教科書を豊かに発展させる授業 理科 知的好奇心から確かな学力を育てる』，学事出版
- 25) 川勝 博(2014)『わかる授業と「認識ののぼりおり」』，理科教室第 57 巻 4 号，科学教育研究協議会編集，日本標準，pp.47-52
- 26) 川勝 博(2014)『川勝先生の初等中等理科教育法講義：科学リテラシー教育への道(第 1 巻・講義編 / 上)』，海鳴社
- 27) 左巻健男(2019)『おもしろ理科授業の極意』，東京書籍

Abstract

Teaching Strategies to Encourage Children's Self Direction in the Inquiry-Based Learning Science Curricula of Elementary Schools

Akimasa OMAE ¹

This study investigates whether inquiry-based learning should be implemented in the Government Guidelines for Teaching (2017) for elementary school learners in science classes. For learners to continue their own inquiry and to uncover unknown scientific content, teachers need to elicit learners' initiative and resourcefulness. This study aims to extract a strategy for eliciting learners' autonomy for inquiry-based learning from existing major science class theories and practices.

A survey of teaching strategies used in past science classes revealed two types of teaching strategies: those that should be adopted in any unit and those that should be selected based on the nature of the unit. In a unit that enables students to discover the rules of nature by experiencing nature, it is advisable to adopt a "teaching strategy to make students discover the rules of nature by preparing nature experiences that focus on trial activities." However, in the case of a unit where it is difficult for students to comprehend the rules of nature, it is advisable to adopt an "teaching strategy of teaching the rules of nature through questions and natural experiences by the teacher and having students apply the rules of nature." Regardless of which strategy is chosen, it is suggested incorporating the following two strategies in the subsequent development: (1) let students develop a hypothesis and apply the hypothesis to natural phenomena to help them understand the more plausible rules of nature, and (2) present phenomena and questions that lead to a reconstruction of learned knowledge, experience, and a leap in cognition.

Keywords: Inquiry-based learning, Initiative, Teaching Strategies

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

