

実践報告

科学的な思考を深める問題解決的な学習の授業実践 —子供の生活経験に着目して—

角田 晟*

Instructional Practices through Problem-Solving Learning to Enhance Scientific Thinking: Focusing on the Child Living Experience

Akira SUMIDA

【要約】和田ら(2010)が考案した表象ネットワークモデルの理論を援用して子供の生活経験に着目した小学校理科の授業を行い、子供の思考の変容を探ることが本研究の目的である。その結果、少人数の実践ではあるが、問題解決の過程に沿って子供の問題解決の力とその変化を把握できること、子供が体験した内容から予想となる根拠を導き出すこと、成績中位群では2D(絵)の活用が考えを表現しやすい傾向にあることが分かった。

【キーワード】小学校理科、科学的な思考、問題解決的な学習、生活経験、表象ネットワークモデル

I. 研究の目的

今日の社会において、科学技術の発達により身の回りの利便性が大きく向上している。より高度で複雑な科学技術の発達は、我々の日常生活だけでなく子供の身の周りにおいても大きく影響している。そのため、子供が学校で学んだ内容を直接、日常生活の科学技術に結びつけて考えられる場面が少なくなってきた。しかし、子供は、毎日の生活の中で様々な経験をし、それらを媒介にしながら自分なりの考えを構成している。

堀(1992年 pp.105-226)は、「われわれは日常生活において、外界と相互作用しながら、いろいろな事象を認識していく。そのとき、人は認識や考えを受動的に受け入れるのではなく、主体的に現実や意味を構成し認識していく」と述べ、科学的な概念を形成する上で、外界との相互作用と主体的に学ぶことの重要性を主張している。

また、和田・森本(2015a)は、授業内での子供の思考・表現について、言葉だけでなく、表やグラフなど、多様な表象の要素が関連し合いながら促進されると考え、表象ネットワークモデルを考案した。表象ネットワークモデルとは、観察・実験などの活動的表象(3D)、視覚的なイメージなどによる映像的表象(2D)、言葉などによる記号的表象(1D)(以下、3D、2D、1Dと述べる)の3つのレベルに学習活動を大別し、表象の移行と科学的な概念の構築過程との関連性について明らかにしたモデルである。しかし、先行研究では、子供の表象に着目し、自分の体験を用いて予想となる根拠を導き出す授業実践は少ない。

そこで、本研究では、表象ネットワークモデルの考え方をを用いたワークシートを使って、子供が自分の体験に基づき思考を可視化する授業を構想し、子供の科学的な思考にどのような変容がある

*佐賀大学大学院学校教育学研究科・学生

のかを探ることを目的とし、子供の思考を科学的に深めていくための授業実践上の課題を明らかにしたい。

II. 研究の方法

1. 問題解決の力の把握のための実践研究

本研究の中心課題でもある「子供の科学的な思考」をどのように把握すればいいのか、理科の中心的な学習方法でもある問題解決的な学習を通して把握するための評価指標が必要である。そこで、次の手順で把握のための方法を構想し、授業実践を通して検証した。

(1) 問題解決の力と科学的な思考の関係性についての明確化

小学校学習指導要領解説理科編より、科学的な思考と問題解決の力についての内実を探り、それぞれの関係性について明らかにした。また、小学校理科において、各学年で育成が目指される問題解決の力に着目し、それぞれの発達段階に求められる科学的な思考について明確化した。

(2) 子供の問題解決の力を把握するための評価指標の作成

子供一人一人の問題解決の力を把握するための評価指標の作成を行った。そのために、問題解決的な学習の過程に沿って、各学年で必要となる問題解決の力の整理を行った。また、授業中に子供の様子を把握するために、子供の具体的な姿を学習指導要領解説理科編より抜粋し具体化した。

(3) 評価指標に基づく授業実践による問題解決の力の把握

(2)で作成した評価指標に基づき授業を行い、子供の問題解決の力を把握することができるか検証を行った。

2. 表象ネットワークモデルに着目した実践研究

前述のように、表象ネットワークモデルとは、3D、2D、1Dの3つのレベルに学習活動を大別し、表象の移行と科学的な概念の構築過程との関連性について明らかにしたモデルである。この授業を進めていく上で、子供の生活経験や体験が大きな役割を果たす。そこで、仮説を「表象ネットワークモデルを用いて問題解決的な学習を構想し、子供の生活経験や体験に基づく授業を行えば、子供の科学的な思考を深めることにつながる」とし、研究に取り組んだ。

手続きとしては、子供の生活経験や体験を生かした授業について理論研究を行い、それに基づく授業を構想した。その結果については、問題解決の力の把握の手法やワークシート、質問紙調査を用いて検証した。具体的には次の通りに進めた。

(1) 先行研究

- ・子供の生活経験や体験を重視した授業の考え方
- ・生活経験と科学的な思考とのやり取りに着目した授業の考え方
- ・表象ネットワークモデルと問題解決的な学習についての考察

(2) 実践研究

- ・表象ネットワークモデルに着目した授業の構想
- ・授業実践と結果の考察

III. 研究の内容

1. 問題解決の力の把握のための実践研究

(1) 問題解決の力と科学的な思考の関係性についての明確化

小学校理科の教科の目標には、自然の事物・事象について科学的に解決するために必要な資質・能力の一つとして、「問題解決の力」が記載されている(表 1)。また、小学校学習指導要領解説理科編には、各学年で育成を目指す問題解決の力が示されている。具体的には、第3学年では「主に差異点や共通点を基に、問題を見出す問題解決の力」、第4学年では「主に既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想するといった問題解決の力」、第5学年では「主に予想や仮説を基に、解決の方法を発想するといった問題解決の力」、第6学年では、「主により妥当な考えをつくり出すといった問題解決の力」である。各学年で目指すこれらの問題解決の力の育成に向け、授業においては問題解決の過程に沿いながら、科学的に問題を解決していくことが求められているといえる。

「科学」とは、主に「実証性」「再現性」「客観性」の3つの条件に目を向けながら問題の解決に向けて思考することである。「実証性」とは、考えられた仮説が観察、実験などによって検討することができるという条件である。「再現性」とは、仮説を観察、実験などを通して実証するとき、人や時間や場所を変えて複数回行って同一の実験条件下では、同一の結果が得られるという条件である。「客観性」とは、実証性や再現性という条件を満足することにより、多くの人々によって承認され、公認されるという条件である。

小学校理科では、授業の中で、自然の事物・事象の問題から仮説を立て観察や実験によって検討をすること(実証性)や、予想の証明のため実験や観察の条件を試行錯誤して確かめること(再現性)、個々の結果を出し合いそれぞれの児童が納得する結果を導くこと(客観性)が、科学的な問題解決といえる。すなわち、授業の中で、問題解決の過程に沿いながら、これらの3つの条件を基に問題となる事象や現象を解決することが、科学的に思考することであろう。つまり、各学年の理科の授業において、発達段階に応じた問題解決の力を育成する学びを充実させることが、科学的な思考を深めることにつながると考える。理科では、授業の中で、問題解決の過程に沿いながら、科学的な思考の3つの条件を基に問題となる事象や現象を解決することにより、すでに子供が持っている自然・事物についての考えが再構成され、科学的なものへと変容するといえる。

表 1. 平成 29 年告示 小学校学習指導要領理科 教科の目標

自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1)自然の事物・現象についての理解を図り、観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2)観察、実験などを行い、問題解決の力を養う。
- (3)自然を愛する心情や主体的に問題解決しようとする態度を養う。

(下線部は筆者による)

(2) 子供の問題解決の力を把握するための評価指標の作成

子供の問題解決の力を把握するため、問題解決の過程に沿って解決に必要な力を分析的に整理した後、具体的な子供の姿にとらえなおして、評価指標を作成した(表 2)。

小学校学習指導要領解説理科編では、問題解決の力の育成について「子供が自然の事物・現象

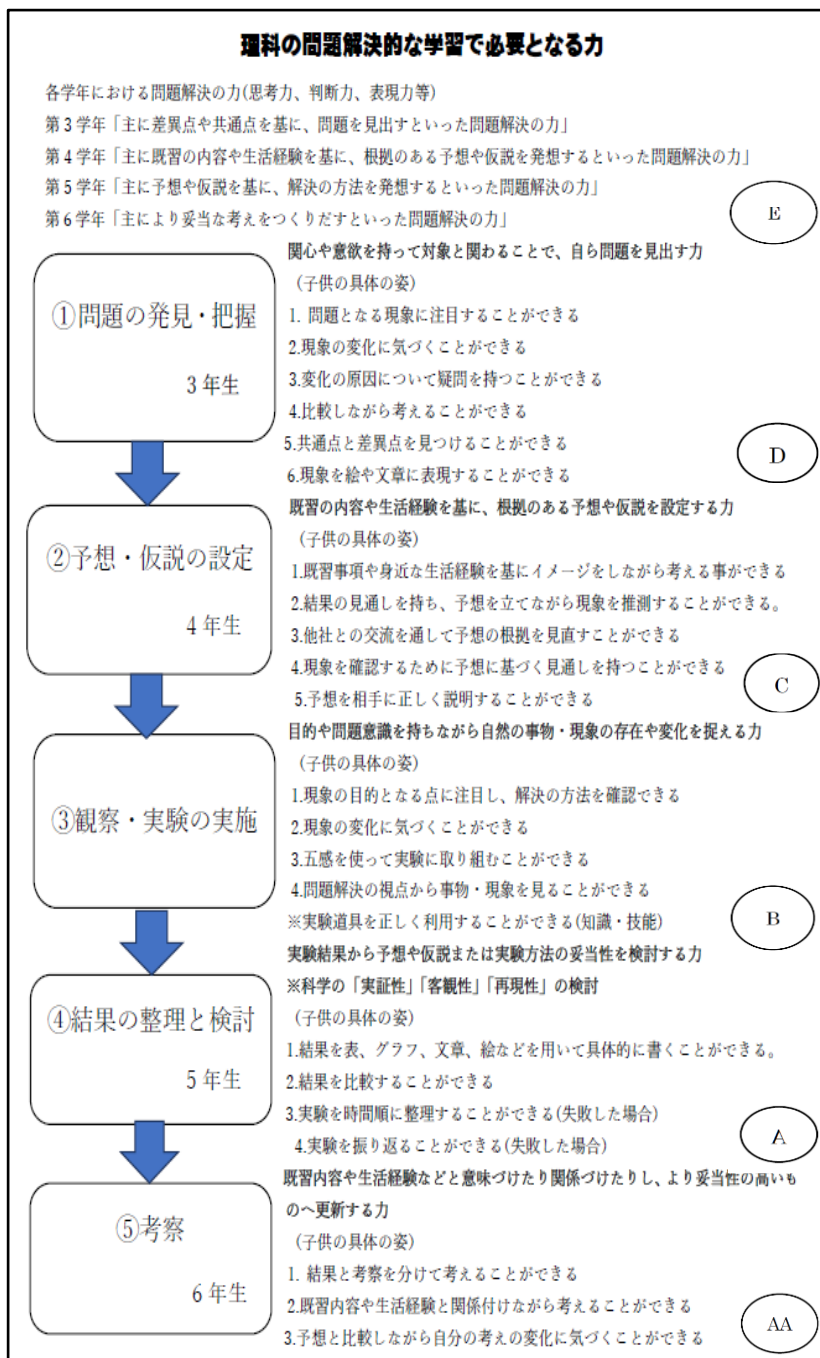
に親しむ中で興味・関心を持ち、そこから問題を見だし、予想や仮説を基に観察、実験などを行い、結果を整理し、その結果を基に結論を導き出すといった問題解決の過程の中で、問題解決の力が育成される」としている。このように、問題解決の過程は理科の学びそのものであり、科学的な思考の育成に不可欠なものでもある。

問題解決の過程については、①問題の発見・把握、②予想・仮説の設定、③観察・実験の実施、④結果の整理と検討、⑤考察の5つの過程に分けて整理を行った。各過程で育まれる力は、①「関心や意欲を持って対象と関わることで、自ら問題を見出す力」、②「既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を設定する力」、③「目的や問題意識を持ちながら自然の事物・現象の存在や変化を捉える力」、④「実験結果から予想や仮説または実験方法の妥当性を検討する力」、⑤「既習内容や生活経験など

と意味づけたり関係づけたりし、より妥当性の高いものへ更新する力」の5つである。

また、各学年で育成が求められる問題解決の力は、この5つの過程と深く関連しており、第3学年では、「主に差異点や共通点を基に問題を見出す問題解決の力」を目指しており、表2の①の過程で育まれる力がそれに当たる。同様に、第4学年では、「主に既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想を発想する問題解決の力」を目指しており、②の過程にあてはまる。第5学年では、「主に予想や仮説を基に、解決の方法を発想するといった問題解決の力」を目指しており、④の過程にあてはまる。最後に、第6学年では、「主により妥当な考えをつくり出すといった問題解決の力」を目指しており、⑤の過程にあてはまる。さらに、各過程における子供の具体的な姿を書き入れた。この具体的な姿については、各学年で育む必要がある力を学習指導要領解説から読み解いて具体化し、とらえなしたものである。この5段階の評価指標をもとに、1時間の一人学

表 2. 問題解決の力を把握するための評価指標



びを通して、子供の問題解決の力の把握を AA から E の 6 段階に分け評価を行うこととした。

(3) 評価指標に基づく授業実践による問題解決の力の把握

本授業実践では、佐賀県内公立小学校に在籍する第 4 学年(13 名)を対象に 1 時間の一人学びの授業を理科教育が専門の A 管理職の実践のもと、授業観察を行った(表 3)。学習内容は、第 3 学年の「磁石の性質」の内容の応用問題である。(2)で作成した評価指標に基づき、授業の観察や問題解決的な学習の流れに沿ったワークシートの分析を行い、子供の問題解決の力について分析をした。結果については、IVの「結果と考察」にまとめる。

表 3. 問題解決の力の把握のための授業概

授業対象者及び 授受日程	佐賀県内公立小学校に在籍する 4 年生(13 名) 4 月 16 日(月) 3 時間目 A 管理職による実践
学習内容	3 年生で学習した「磁石の性質」

2. 表象ネットワークモデルに着目した実践研究

(1) 先行研究

① 子供の生活経験や体験を重視した授業について

子供は、日常生活を通して様々な考え方や解釈を持っており、子供のなりの理論を持っている。堀(1998 p176)は、「子供は、もともと日常の生活経験から既存の概念を構成している。しかし、それが科学的な意味からは、かけ離れていることが多いのである。そこで、理科教育の視点からは、本人が納得できるやり方で、その子なりに構成している内容を可能な限り科学的にすることであろう。すなわち、それは与えられるものではなく、自ら獲得したときこそ、適切な理解が得られる」と述べており、授業前に持つ素朴概念を、授業を通して子供が主体的に再構成することが、科学的な概念を構成する上で、重要な点としている。

しかし、これまでの授業実践の中で、子供の生活経験が不足していることを感じるが多かった。また、子供を取り巻く環境の変化や科学技術の高度化によって、子供が身近な生活において科学を認識できる場面が少なくなっているのは現実である。そのため、授業において、これまでの生活経験を基に問題を見出したり予想を設定したりすることが難しい状況が多く見受けられた。そこで、理科の授業においては、子供の生活経験に着目するとともに、生活経験の不足を補う体験活動の場を意識的に設定することが重要だと考える。そのことにより、子供が自らの体験を通して自分なりの考え方を構成し、そこから問題を発見し、予想を設定することができるように授業構想を行う必要があると考える。

② 生活経験と科学的な思考とのやり取りに着目した授業の考え方

ヴィゴツキー(1956 pp.174-181)は、子供が日常生活の中で自然と身に付けた言葉の意味や概念を「生活的概念」と表し、学問や文化に対する社会の合意事項を「科学的概念」として表し、それぞれの概念を往還させることで、随意可能な科学的概念へと移行することを明らかにした。「随意可能な」とは、これまでの経験と科学的概念が子供の中で体系的に構成することで概念を活用できる状態のことである。

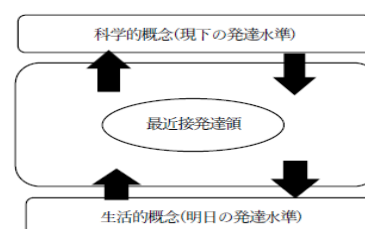


図 1. 最近接発達領域
(白敷, 2017)

本研究においても、同様のことを述べるができる。生活経験と科学的な思考とを往還させることで、ヴィゴツキーの考える随意可能な科学的概念へと移行させるとともに、授業で学んだ内容を子供の身近な生活経験へと落とし込むことができると考える。子供の身近な生活経験を足場として、授業で学ぶ内容を身近な科学と関連付けて考えることで、子供が体系的に概念を構成し、身近な生活へ活用することができる。それが次へつながる理科の生活経験へと発展するのではないかと考える。この「生活経験」と「科学的な思考」の往還を単元の中に組み込むことにより、子供の生活経験が思考に支えられた確かなものになり、それらを授業に活用することで、子供の身近な生活においても随意可能な科学的な思考が育成されると考える。

③ 表象ネットワークモデルと問題解決的な学習についての考察

本研究では、和田ら(2010 pp.117-127)が作成した表象ネットワークモデルを援用し、子供の生活経験の不足を補う体験活動の場を授業の中で設定し、生活経験と科学的な思考との往還を単元の中に組み込むことに着目して、授業を構想する。

表象ネットワークモデルとは、前述の通り、学習活動を活動的表象(3D)、映像的表象(2D)、記号的表象(1D)の3つの段階に分け、それぞれの表象の移行と科学概念の構築過程の関連性について明らかにしたものである(図2)。つまり、3Dから2D、そして1Dへと、具体性から抽象性へと移行し、それぞれの表象ごとに相互交換を行うことで、科学概念の構築が促進されることについて明らかにしたモデルといえる。このモデルを用いて、生活経験に変わる体験活動を3Dの一部と捉え、体験活動から気づいたことを2Dへ落とし込み、1Dで表すことで、具体性から抽象性へと子供の思考を促すことが可能になり、体験に基づく子供の思考表現が容易になるのではないかと考えた。

授業では、単元レベルの問題解決的な学習の中に表象ネットワークモデルの考え方を組み込み、子供のダイナミックな体験から得られた思考を授業において引き出し、生活経験と科学的な思考との往還を可能とする授業を構想する。

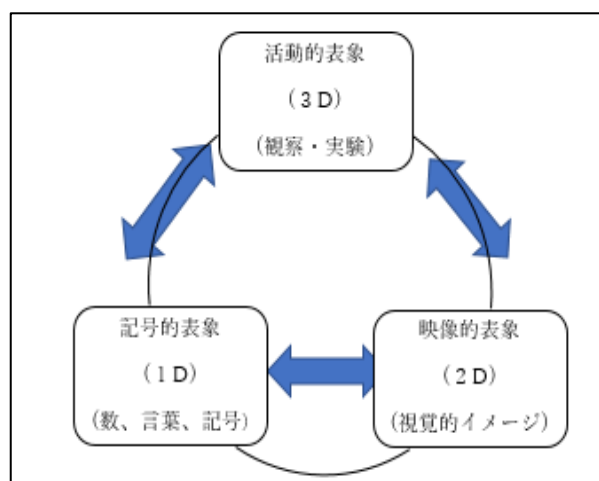


図2. 表象ネットワークモデル
(和田ら, 2010)

(2) 実践研究

① 表象ネットワークモデルに着目した授業の構想

本授業実践では、体験したことや生活の事象を身近な科学へとつなぐことができる子供の育成を目指す。子供の生活経験の不足により、生活経験を想起して問題を見出したり予想を設定することが難しくなっている現状から、単元の導入では、生活経験の不足を補うための体験活動の場を設定する。具体的には、「とじこめた空気」というキーワードを出し、袋や風船などを使って自由に体験を行わせた。この活動を行うことで、生活経験が少ない子供も直接体験した内容を基に問題を見出し、予想を設定することができるのではないかと考えた。

また、単元を通して、「生活経験」と「科学的な思考」との往還の機会を設けるよう意識した(図

3)。第1時間目では、子供の身近にある袋や風船といったものを使い、体験活動の場を設けた。また、第2時間目では、実験キットを使い実際に体験した気づきから予想を立て、それらを科学的な思考に基づき確かめるための実験を行った。3時間目では、実験結果を自分の考えとして整理しまとめるために、空気の体積について絵を使って表現をさせた。4時間目では、遊び（空気鉄砲）を通して、3時間目に整理した考えを子供の身近な生活経験へ落とし込み、その仕組みについて、これまでの知識を使ってまとめさせた。このように、学んだ内容が身近な生活に結び付くように、「生活経験」と「科学的な思考」との往還を意識して授業を構想した。

表象ネットワークモデルについては、同様に単元を通して、3D、2D、1Dの流れを意識して具体から抽象へと思考が深まるように授業を構成した(図3)。特に、1、2時間目では、3D、2D、1Dの流れをつくり、子供が体験した内容を直接1Dである予想の設定へ結び付けることができるように、ワークシートの構成を工夫した(詳細は次項で述べる)。また、単元の最後となる4時間目でも同様の表象の流れにし、学習した内容を身近な生活の事象と照らし合わせて説明したり、空気の性質を応用した遊びなどを想起させたりして、生活事象と科学的な概念が結びつくように工夫した。

	3D	2D	1D	3D	2D	2D	1D	3D	2D	1D
時間	1		2			3		4		
内容	空気の存在に気づく活動		閉じ込めた空気についての実験			実験結果から自分なりに考察する		閉じ込めた空気学んだ内容を身近な生活へ応用		
学習事項	<ul style="list-style-type: none"> 身の回りの空気の存在に気づく。 とじこめた空気の様子を、絵で表現する。 		<ul style="list-style-type: none"> 前時の気づきから予想を立てる。 実験を通して、空気の体積が変わることに気づく。 			<ul style="list-style-type: none"> 空気の体積について、絵や色を使って、表現する。 		<ul style="list-style-type: none"> 空気鉄砲のしくみについて理解し、絵や文章を使って、表現する。 		

図3. 表象ネットワークモデルに着目したとじこめた空気の単元構想

② 表象ネットワークモデルに着目したワークシートの開発

表象ネットワークモデルに着目して、問題解決の過程に沿いながら3Dから2D、そして1Dへと子供の思考を促すためのワークシートの開発を行った(図4)。既存の理科のワークシートの多くは、3Dを直接1Dにつなぐ構成、つまり体験を直接文字で表す構成となっていた。そこで、3D(体験)と1D(文字)の間に2D(絵)の活動を入れ、子供が3Dから2Dへ、そして1Dへと段階を踏みながら、自分の体験や気づきを可視化し、思考を深めていくことができるワークシートとした。

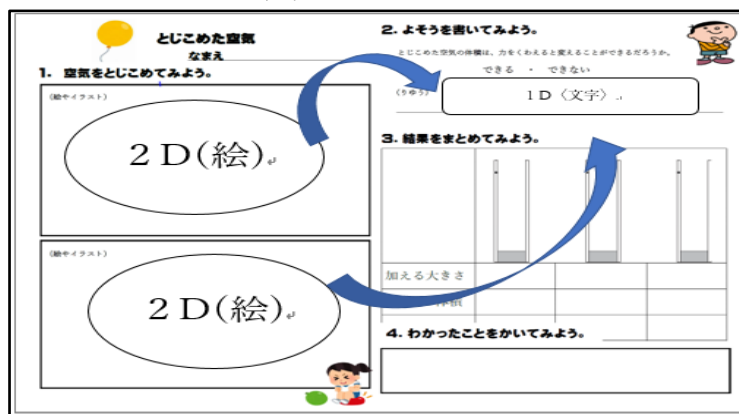


図4. 表象ネットワークモデルに基づいたワークシート

授業では、子供が自ら問題を見いだすことができるように、学習活動の場(体験活動)を設定した。

具体的には、体験活動後に、子供が最も印象に残った学習活動を絵に記録させ、次の時間につながる予想の根拠へとつなげるように単元を構想した。そうすることで、3Dから2D、そして1Dへ、つまり具体的な事象から抽象へと子供の思考を促す手立てとした。また、3Dから2D、そして1Dの思考の流れを1枚のワークシートにまとめることで、子供が前時を振り返ったり、自分の考え方の変容を確認できたりすると考えた。また、問題の把握から実験結果までの流れを1枚のワークシートに表すことにより、子供自身が、体験と予想をつなげて考えたり、実験結果と予想を比較したりすることができ、子供がワークシートを使って自分の思考を深めることができるようになるとらえている。

③ 授業実践と結果の考察

授業の概要は表4の通りである。結果の考察については、「IV.結果と考察」で述べる。

表4. 授業の概要

授業対象者及び 授業日程	佐賀県内公立小学校に在籍する4年生(13名) 6月19日(火) 22(金) 26(火) 計4時間
学習内容	とじこめた空気

IV. 結果と考察

1. 子供の問題解決の力の把握

4月と6月に問題解決的な学習の過程に沿って行った授業後に、子供の問題解決の力を6段階に整理し、個人の問題解決の力を比較し分析を行った(表5)。4月の段階では、6名の子供(AA, A, B)が自分の力もしくは友達の見解などを生かして、根拠をもって結果の整理ができたが、7名の子供は結果までたどりつけなかった。子供の個人の問題解決の力においては個人差があり、問題解決のどの過程で子供がつまづいているかが明らかになった。一方、6月の段階では、7名の子供(AA, A, B)が4年生で必要とされる「根拠のある予想の設定」の段階まで到達することができたこと、Eの2人が問題の発見ができたことは成果である。特に、AAやA段階にいる子供で、4月と6月の段階で変容が見られない子供については、問題解決の力については、ある一定の力が定着していると考えることができる。一方、B, C, D段階の子供は変容が大きく、求める力が現段階で定着しているとは言い難く、今後の授業において、第4学年の最後には根拠のある予想が立てられるようにする必要がある。

ここで、子供の個人間での問題解決の力の変容について見ていく。まず、4月でE段階にいた2名の子供は、教師が行った事象提示から問題を見出すことができず、授業の中で何を調べるべきか、問題を見出すことができなかった。その原因として、教師が行った事象提示に注目できなかったことや、既習事項の磁石の性質と関連付けることが難しかったことが考えられる。しかし、6月の授業では、E段階にいた2名の子供は、それぞれ自分が体験した活動を絵に記述し、気づきを書くことができた。また、E段階からB段階に移行した子供は、体験から予想を設定し、その理由についても体験に基づき記述することができた。子供が直接、1時間かけて精一杯事象に関わる3D(体験)を最初に行ったことが、子供の体験や生活経験を想起させ、問題を見出し新たな気づきを発見することにつながったと考える。

一方、4月と比べて6月の方が、問題解決の力の段階が下がった子供もいる。B段階からD段階へ変容した子供は、4月の段階では、教師の事象提示から問題を見出し、実験まで取り組むことができていた。しかし、6月の段階では、体験活動から多くの気づきを記述してはいたが、予想の設

定を行うことができなかつた。今回の授業では体験活動を自由に行わせ自分で気付くことを優先して教師の意図的な指示を避けたことから、気づいた内容をその後の授業の内容に関連付けて考えることが難しかったと考えられる。子供1人1人の状況に沿った指示の重要性を感じた。

また、6月の段階では、C-段階へ下がった子供が一番多い。C-段階の子供は、問題の発見を見つけ予想を立てることができたが、予想となる根拠を見出すことができなかった子供であり、C段階とは区別をして設定をした。このC-の子供は、体験活動を通して気づいた内容を予想となる根拠に結び付けて考えることができず、表象ネットワークモデルの2Dから1Dへと思考を移行させることに課題が残ったといえる。2時間目の導入の段階で、体験の中から気づいたことを振り返らせる指導やクラスで共有を行う手立てが不十分だったことが要因の1つと考えられる。

1~2時間目の授業では、子供が自分の体験を基にダイナミックに思考を移行させることを目的として子供が自ら考える指導を重視して行ったが、3Dから2D、1Dの移行をスムーズにするためには、効果的に振り返りを行う教師の指導が1つの鍵となることが分かった。

この結果のみで子供の科学的な思考の高まりの有無を述べることは難しいが、科学的な思考についての子供の実態やその様相を把握することには効果的であったといえる。授業を行ったのが6月であり、第4学年の授業は今後も継続するわけなので、年間を通して1人1人の変容を把握し、必要な指導を継続していくことが重要であると考えられる。

表5. 子供の問題解決の力の変容について(4月・6月)

問題解決の力	子供の実態	評価 (4月)	評価 (6月)	4月から6月の変容	問題解決の力の変容の様子
	事象となる現象から問題を見出すことができていない。	E 2人	E 0人	E→B 1名 E→D 1名	E段階の子供がそれぞれD段階とB段階へと変容した。体験から予想を導き出すことができた。
①問題の発見 関心や意欲を持って対象と関わることで自ら問題を見出す力	事象となる現象から問題を見出すことができる。	D 0人	D 2人	※1人欠席によりより2時間目のデータ不足	
②予想の設定 既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想を設定する力	予想を立て、一人で問題を見出すことができたが、実験方法を見つけ出せていない。	C 1人	C- ^(注) 4人	C→A 1名*	※C→Aの子供体験から予想を導き出し、実験の目的を理解したうえで、実験に取り組むことができていた。
③実験・観察の実施 目的や問題意識を持ちながら自然の事物・現象の存在の変化を捉える。	問題を見出すことができたが、実験・観察から根拠を見つげ出すことができていない。	B 4人	B 3人	B→D 1名* B→C- 2名 B→A 1名	※B→Dの子供B段階の子供がD段階へと変容した。体験活動では、多くの気づきを記述していた。
④結果の整理 実験結果から予想や仮説または実験方法の妥当性を検討する力	実験結果から根拠のある結果を整理しまとめることができる。	A 5人	A 3人	A→C- 2名* A→B 2名 A→A 1名	※A→Cの子供体験活動から予想を設定することができたが、根拠となる記述を結び付けて考えることができなかった。
⑤考察 既習内容や生活経験などと関係づけたりしより妥当性の高いものへと更新する力	既習事項を使い、考察まで導き出すことができる。	AA 1人	AA 1人	AA→AA 1名	4月と6月どちらも考察まで導き出すことができた。

注)C-の児童は、問題の発見を見つけ予想を立てることができたが予想となる根拠を見出せることができなかった児童

2. 授業前後の理科に対する子供の意識の変容

授業の前後に理科に対する意識調査を実施し、4件法で回答を得た。各項目の回答を、「強くそう思う」を4、「そう思う」を3、「そう思わない」を2、「まったくそう思わない」を1と数値化して平均値を導き出し、事前と事後の比較を行い、T検定を行い、まとめた結果を表6に示した。その結果、理科学習に対して、1, 6, 8の項目に有意差が見られた。これらは、主体的に取り組む姿に関連するものであり、本授業で大切にしたこと、具体的には教師の事象提示で問題を把握するのではなく、子供自身が体験活動を通して問題を把握する学習活動を行ったことが要因の1つではないかと考える。つまり、体験活動を行うことで、子供がそれを足場として主体的に物事を考え、回答にたどり着こうとする意欲の高揚に一定の効果があつたと考えられる。

同様に、問題解決的な学習に関する意識調査についても5件法で回答を得て、分析を行った。結果的に、T検定での有意差は見られなかったものの、「実験で何を調べるか自分たちで決めている」、「実験の予想には、自分たちが前に学んだことを使う」、「実験の予想と結果の違いを自分で見つける」の3項目において、事後の方が割合が高くなる傾向にあり、自分の体験を通して自分で考えようとする状況が生じつつあるのではないかと期待される。このような授業を継続させることで、子供が自分の力で予想を見つけたり根拠となる部分を見つけたりして科学的な思考を深めることにつながっていくのではないかと考える。

表6. 理科に対する意識調査

質問項目	事前	事後	T 値
1. 理科の勉強は好きですか？	2.5	3.4	0.0093**
2. 理科の勉強は生活に役に立ちますか？	2.7	2.7	0.8506
4. 他の人と話し合うと、自分の考えがよくなると思いますか？	2.7	3.1	0.2087
5. 他の人と話し合うと、自分では気づかなかつたことに気づくと思いますか？	2.7	3.1	0.3924
6. 理科の授業は楽しみですか？	2.6	3.4	0.0323*
7. 理科の授業中に「他の人に自分の考えを伝えたいと思いますか？」	2.5	2.4	0.5531
8. 理科の授業中や授業後に「もっと知りたい」と思いますか？	2.4	3.1	0.0128*
9. 自分で考えることは好きですか？	2.4	2.9	0.1745
10. 理科の授業で、観察・実験をすることは好きですか？	3.5	3.6	0.7762

注) **: $p < 0.1$, *: $p < 0.5$

3. 表象ネットワークモデルに着目した3D(体験)と予想の関連性

表象ネットワークモデルに着目したワークシートの記述の分析を行った。その内、予想の根拠に係る記述については、根拠を記述した子供(6名)のうち約8割の子供(5名)が、前時に行った体験活動の内容を基に予想をたてて、記述していることが分かった(図4)。

また、「2D(絵)と1D(文字)ではどちらの表象が自分の考えを伝えやすいか」のインタビュー調査を行った(表7)。その結果、約6割(8名)の子供が2D(絵)の方が考えを伝えやすいと答えた。さらに、

成績群別に見ると、成績中位群に2Dの支持が多い傾向があり、上位群はどちらでもよいと回答した子供が多かった。一方、成績下位群においても1Dがよいと回答した子供が1名いた。この子供は、文字を書くことが得意な子供であり、2Dを描く際に「絵の側に言葉を加えてもいいよ」といった指示を行うことで、2Dにより効果が表れるのではないかと考える。このことから、第4学年という発達段階を考えると、子供の科学的な思考を深めるためには、3Dから2D、そして1Dへ、つまり具体から抽象へと思考する段階を経ることが効果的と考えられる。

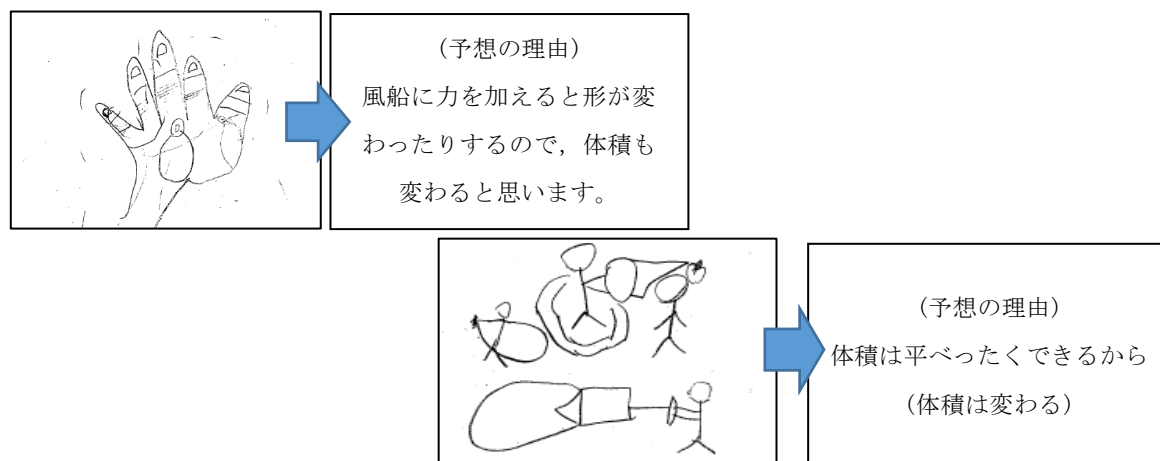


図4. 子供が書いた2Dの絵と予想となる根拠内容の例

表7. 成績別に表示した表象ネットワークのインタビューの結果 n=14

表象ネットワーク テスト結果 (150点満点)	2Dがよい %(人)	1Dがよい %(人)	どちらでもよい %(人)
成績上位群(150~120点)	20.0 (1)	20.0 (1)	60.0 (3)
成績中位群(119~90点)	85.7 (6)	0 (0)	14.0 (1)
成績下位群(89点~)	50.0 (1)	50.0 (1)	0 (0)

V. 成果と課題

1. 問題解決の力の把握のための実践研究の成果と課題

問題解決の力を育成する学びの充実が科学的な思考を深めることにつながるととらえ、学習指導要領から問題解決の力の具体的な姿を抽出・整理し、問題解決の過程に沿って各学年の評価指標を作成した。授業後にこの評価指標を基にワークシートやビデオの分析を行ったところ、第3学年終了時点で、問題解決の力にはすでに個人差があることが分かった。6月の授業後の問題解決の力の分析においては、AAとA段階にある子供は、第4学年で求められる一定の学力が身に付いていることが想定された。一方、B、C、D段階の子供は、その時々で回答の正誤の変容が大きく、年間を通して粘り強く取り組んでいく必要性を感じた。なお、子供の問題解決の力を把握する方法としての評価指標は効果的であり、今後も活用できると考える。

本研究の目標とした「科学的な思考の深まり」については、8時間の授業を通してその是非を問うことは難しい状況であった。教師として学校現場にたった時には、年間を通して子供の問題解決の力の変容を把握し、その力に沿って教材や手立てを考察して授業研究を進め、科学的な思考を深める授業を実践していきたいと考える。また、他学年での問題解決の力の把握についても、新たな指標を作成し、検証を行う必要がある。

2. 表象ネットワークモデルに着目した実践研究の成果と課題

表象ネットワークモデルに着目した授業では、少人数の実践ではあるが、子供が体験を通じて予想となる根拠を導き出す状況を把握できた。また、表象についてのインタビュー調査では、上位群と比較して成績中位群に 2D の支持が多く、文字で書くより絵で描いた方が分かりやすいと考えていた。発達段階によっても異なると考えられるが、第 4 学年では、2D という段階を入れた方が自分なりの考えをより表現しやすい傾向にあると考える。今後は、2D から 1D への移行を効果的に行うための方法を考え、子供の思考を促す実践ができるよう研究を継続したい。また、意識調査の結果からは、子供が主体的に物事を考えようとしていること、また、体験が科学的根拠とつながることの面白さに気付いた様子がうかがい知れた。今後は、より抽象度の高い教材を扱う第 5 学年、第 6 学年での授業実践にも挑戦し、科学的思考を深める授業に取り組んでいきたいと考えている。

なお、「生活経験」と「科学的な思考」の往還の視点から見ると、今回の取り組みでは、授業で学んだ内容を子供の身近な生活経験へ引き戻す手立てに課題が残った。子供が自らの生活を見つめ、学習した内容を生活の中から見つけ出す課題を設定するなど、子供が身近にある科学に気付く指導方法を探究していきたいと考える。

(引用文献・参考文献)

- ・石井昭男, 2017, 『TIMSS2015 算数・数学教育／理科教育の国際比較—国際数学・理科教育動向調査の 2015 年調査報告書』明石書店。
- ・ヴィゴツキー, 2014, 「『発達の最近接領域』の理論—教授・学習過程における子供の発達」(訳・土井捷三・神谷栄司)三学出版有限公司(原著は 1935 年)。
- ・ヴィゴツキー, 2015, 『新訳版・思考と言語』(訳・柴田義松)新読書社(原著は 1956 年)。
- ・柴田義松, 2006, 『ヴィゴツキー入門』子どもの未来社。
- ・白敷哲久, 2017, 『児童の科学的概念の構造と構成—ヴィゴツキー理論の理科教育への援用—』福村出版株式会社。
- ・杉本良一, 松尾映子, 2005, 「子どもの生活に根ざした理科学習に関する研究—子どもの熱概念と物のあたたまり方の学習について—」『鳥取大学地域学部紀要第 1 巻』第 3 号, pp.81-109。
- ・堀哲夫, 1992, 『構成主義学習論』東洋館出版社。
- ・堀哲夫, 1998, 『問題解決能力を育てるストラテジー』明治図書。
- ・堀哲夫・西岡加奈恵, 2017, 『授業と評価をデザインする理科』株式会社日本標準。
- ・文部科学省, 2018, 『小学校学習指導要領解説 理科編』東洋館出版社。
- ・和田信一郎・森本信也, 2010, 「子どもの科学概念構築における表象の変換過程の分析とその教授論的展開に関する研究—高等学校化学「化学反応と熱」の単元を事例に一」『理科教育学研究』第 51 巻第 1 号, pp.117-127。
- ・和田信一郎・長沼武志・森本信也, 2015a, 「子どもの理科学習における表象移行を促進する教授法方略に関する事例的研究」『理科教育学研究科』Vol56No.2, pp.235-246。
- ・和田信一郎・上羽貴之・森本信也, 2015b, 「科学的な推論の成立過程と表象との関連」『日本科学教育学会研究会研究報告』Vol.29No.5, pp.21-24。

(2019 年 2 月 8 日 受理)