

理 科

自然と向き合い、探究し続ける子

—科学的な見方・考え方を働かせて、問題解決を自らつくり出していく学習環境—



理科

自然と向き合い、探究し続ける子のデザイン

—科学的な見方・考え方を働かせて、問題解決を自らつくり出していく学習環境—

蒲生 友作 三井 寿哉

理科において、理科の見方・考え方を働かせながら、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必要な資質・能力を育成することを目指している。問題解決の過程を通して、自分たちの「学びを創る」ことが、自然と向き合い、探究し続ける子となっていくだろうと考える。

そのために子供が問題解決の過程の壁をなくし、子供主体で探究できる学習環境をつくり実践にあたった。子供が「科学的な見方・考え方」を自由に働かせながら解決に向けて試行錯誤できる姿や、協働しながら問題解決を進めていこうとする姿を目指す。

1. 理科の研究テーマ設定の理由

理科における見方・考え方について、中川（2023）は、小学校教諭はその理解が求められるとし、片平（2016）は学校における教科学習と社会生活における思考や知識を架橋して働く「見方・考え方」を鍛えることを学習指導要領改訂で重要視されていると述べている。小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編の考え方では「見方・考え方」が、習得・活用・探究という学びの過程の中で働くことを通じて、資質・能力がさらに伸ばされたり、新たな資質・能力が育まれたりし、それによって「見方・考え方」が更に豊かなものになる、という相互の関係にある、と述べている。また、見方・考え方を自在に働かせることで、「知識を相互に関連付けてより深く理解したり、問題を見いだして解決策を考えたりすることに向かう深い学び」となり、資質・能力が育成されていくだろうと述べている。この点から見ても「見方・考え方」と「資質・能力」は関係が深いことが分かる。

見方についてはエネルギー、粒子、生命、地球の領域ごとに主に働く見方として整理されている。導入段階においては、領域特有の見方が働いていくと考えるが、予想・仮説を経て、観察、実験、考察と学びが深まっていく中で、部分と全体、原因と結果など、様々な見方が総合的に働いてくるのではないかと考える。そのような見方を科学的な見方と定義し、自然の事物・現象について科学的に解決していく過程において、科学的な見方を働かせることで、問題解決を自らつくり出し、学習を進めていく中で社会生活に役立つ力を身に付けていくことを目指していくようにする。

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編においても、観察、実験を通して問題解決の力を養うことと示され、各学年の主な問題解決の力が明記されている。村山（2013）は問題解決の手順を8つのステップで示した。しかしながら、教師も子供も「学習する問題を見出したので、次は予想しよう、その次は実験の方法を考えましょう…」といった問題解決の過程ごとに活動が分断されている節がある。子供が向き合う問題解決とは、思考や活動が途切れてはいけなものであり、疑問を解決するために必要な手続きや手段が自ずと発想できてほしい。教師はこのような学習環境を構築し、子供自らが問題解決の一連の過程を成し遂げていくことが大切であると考えた。

2. 全体研究テーマとの関連

（1）理科の本質の吟味

理科の目標は、「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必要な資質・能力を育成する」と示されている。この中で、小学校理科の本質は、「自然の事物・現象についての問題を科学的に解決していくこと」にあると考える。自然にはじ

まり、自然に還ることが大切であると考え。

例えば、日常生活や学習において「どうして影は動いているのかな」ということに気付くとする。すると、外で遊んでいると午前と午後で影の位置が違ったり太陽の位置が時間によって違ったりすることなどの既有知識から、「太陽が動いていくから影も動いていくのだらう」という仮説をたてていく中で、「太陽の動きと影の動きはどのような関係があるのだろうか」など問題を見いだしていくことができる。

このときに「太陽は動く」「影も動く」という事象に対しては分かっている子供は多いが、太陽と影はどの方位からどのように動くのか、その2つの関係については詳しく分からない状態である。そこで、観察、実験で確かめて、データを整理して「太陽は東から西に動き、影は太陽の反対にできるのだから、西から東へ動いていく」というような結論を導き出していくことができる。

そして、日常生活においても、太陽や影の動きについて関連して、建物や植物などへの日当たりや季節による太陽の位置の違いなど、自然に還って子供にとって学びを創っていくことが教科の本質であろうと考える。

①教科の本質Ⅰ（理科の個別知識・技能を統合・包括する鍵概念）

理科の見方は、エネルギー、物質、生命、地球領域ごとに主に領域ごとに設定されており、「量的・関係的な視点」「質的・実体的な視点」「共通性・多様性の視点」「時間的・空間的な視点」として整理されている。

例えば、地層という地球領域で見ると、丸い石や砂などで形成された地層を観察したときに、「丸い石や砂は川でよく見るから、時間をかけて何度も川から水が流れて、地層をつくるのではないかと」「時間的・空間的な視点」で見方が働く。しかし、実験を行っていく間に、一部の地層の断面を見ると砂や丸い石が混ざったものだが、隣の地域の地層を見ると砂や丸い石の他にも泥が混ざっている。だからもっと広い地域で地層を確かめると、どのように地層ができてきたか確かめられるかもしれない。など、「部分と全体」の見方が追従して働いていくのではないかと考える。問題解決を自らつくり出していき学びが深まるごとに、科学的な見方が働くようになっていくのではないかと考える。

②教科の本質Ⅱ（その教科ならではの認識・表現の方法）

考え方については、「比較」「関係付ける」「条件制御」「多面的に考える」と整理されている。考え方においては、事象と出会ったときには、現象を「比較」して考えたり、関係付けながら予想をしたりと場面ごとに働く考え方があるのではないと考える。

また、学年が進むごとに考え方は多重に働いていくようになっていくのではないかと考える。例えば、第6学年「水溶液の性質」の学習では、塩酸や石灰水、アンモニア水などの比較だけではなく、水溶液の量をそろえて鉄が溶けるか実験を行い条件制御の考え方を働かせたり、様々な水溶液の実験結果や他の班の結果を「多面的に考える」ことを働かせたりすることで結論を導いていくように、いくつもの考え方を折り重ねて自然事象へ迫っていくのではないかと考える。

（2）一人一人の子供が本質を味わう学びのプロセスのデザイン

高井・長沼(2013)は理科における自己調整学習は「子供が自らの意思のもとで自然事象へ働きかけ、科学概念を構築しつつ、構築した概念を利用可能な形で習得することであると考えられる。」と述べている。

岡田(2022)は自己調整学習における他者の役割として、「自己調整学習では、他者の役割を全く想定していないわけではない。むしろ、学習過程で果たす他者の役割について、いくつかの点から積極的に位置付けられている。」と示している。Schunk(2001)は自己調整を支える役割があることを示したり、Hadwin et al.(2011)は学習における他者の役割を組み込んだモデルと提案したりしている。

このことから、子供が自らの意思で問題解決の学習に取り組んだり、学習の中で他者と関わったりすることは、一人一人の子供が本質を味わう学びのデザインに向けて大切であることが考えられる。

子供一人一人の考えを大切にして、個別に観察・実験を行ったり、協働的に観察・実験を行ったりする中で、他者と比較しながら学びを進め、そして自分の学びに立ち還ることで学びを創っていくのであろうと考える。

3. 研究の重点

(1)子供が理科を味わう自然との出会い

子供が自然と出会う場面では、生活経験や既習での概念から現象を見ていくことになる。例えば、「火は熱い」という知識があるとする。そして、フライパンの真ん中に火を当てると、「火が当たっている部分は熱い。」と考える。し

かし、フライパンの端にあるチョコレートなどが溶けていく現象をみると、「火が当たっていない部分も熱くなっている。」と考えることができる。そこから、「火が当たっているところから熱は伝わっていき、フライパンの端まで温まるのだろうか。」と問題を見だし、子供の問題解決が始まっていく。

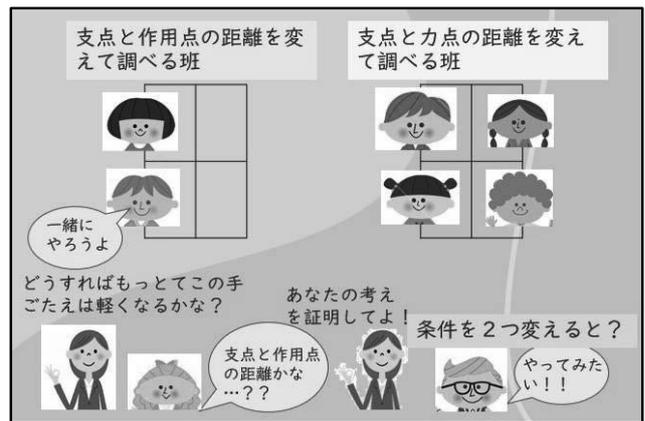
このように、子供のもっている生活経験や既習の知識を揺さぶり、興味・関心を高めるような自然との出会いをもつことで、理科の本質である「自然にはじまり、自然に還る」学習にしていくことや子供が自らの意思で問題解決の学習にと組んでいくことができるだろうと考える。

(2) 個別の学びと協働の学び

子供が自らの意思で問題を解決していくときに、予想や解決の方法が異なるときが出てくる。

例えば、6年「てこのはたらき」の学習において、作用、力点、支点があり、「作用点と支点の距離が短くなると、ものは持ち上げやすくなるだろう」と予想をする子供がいたり、「力点と支点の距離が短くなると、ものは持ち上げやすくなるだろう」と予想する子供がいたりする。このときに、自身にどのように解決をしていくか委ねることが大切となると考える。

自分の意思を尊重して個別に解決していく姿や同じ考えをもつ子供同士で協働して問題を解決していく姿、または考えは違っても、どちらの予想が正しいか一緒に実験をして確かめる姿など、多様な問題解決の学びを大事にしていくことが理科の本質を味わうことにつながっていくと考える。

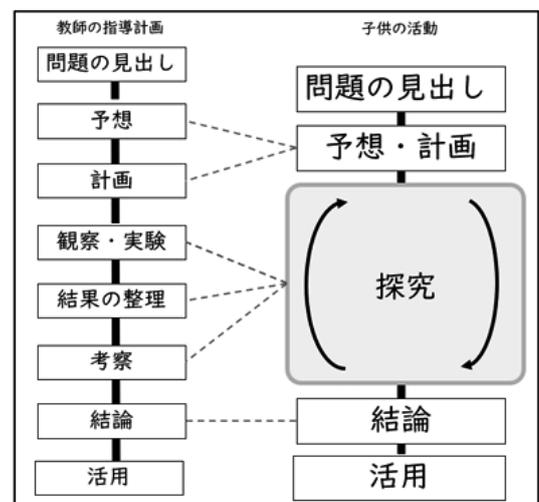


また、子供の実態を踏まえて、学習状況を把握してグループを教師が意図的に組んでいくことも大切となっていく。より高度な考えをもつ子供と基礎的な考えの子供と同じグループにすることで、基礎的な理解から概念的な理解まで幅広い問題解決の学習につなげていくことができるからである。より高度な考えをもつ子供は基礎的な考えの子供に寄り添い、学習をすすめていくことで、どちらも基礎的な学習の定着が図れると考える。

(3) 問題解決の過程内での探究的な活動

自然事象から問題を見だし、問題解決を行っていく過程で目的をもって観察、実験を行っている子供は、活動しながら考察につながる会話をしていることが多い。このことから、観察、実験・結果・考察までの過程場面を一つの探究場面としてまとめ、子どもの思考の流れに沿って自由に活動できる環境を保障する。一つの実験がすんだら終わりなのではなく、条件を変えて、さらに深く学んでいけるように実験器具を用意しておき、選択できる場を設定しておく。

それによって、はじめに予想したことを確かめるだけではなく、予想や仮説を更新して、また観察、実験・結果・考察を繰り返すことで学習改善を図り、探究していく姿となっていくと考える。



4. 成果と課題

(1) 研究の成果

今年度は第5学年「振り子の性質」、「電磁石の性質」、第4学年「もののあたたまりかた」の単元において、個々の予想ごとにグループを再編成して、個人やグループの思考に沿った実験計画をたてて実験を行うことができた。その中で、個人の考えを大切にしたい実験を行うことで、自分ごとの学びとなり、自らが問題解決をつくり出していかうとする姿につながっていった。

第5学年「電磁石の性質」の学習では、「巻き数・釘の種類・導線の種類・太さなど様々な実験を行うことで、どの条件によって電磁石の磁力が強くなるのか調べることができてよかった。」と振り返っている子供がいた。自分が実験をしていない条件があっても、複数の条件の実験結果を比較することで電磁石の磁力について、学級全体で自らが問題解決をつくり出していくことができたからではないかと考える。また、他にも「電磁石は、電気力なので磁力をどんどん強くすることができるということが分かった。また、電磁石を使った物のしくみを知りたい。」と振り返っている子供は永久磁石と違い、電磁石は磁力をさらに強くしていくことができる長所を感じていた。その他の子供でも社会科見学見た25トンもある鉄が電磁石で持ち上げているのを見て、電磁石の強さについて振り返っていた。日常生活への自然事象の有用性についても感じるができていると考える。学習を深めることで、電磁石という事象との出会いから学習を経て、自然に還ることができている姿と感じた。

第4学年「もののあたたまりかた」の学習では、「液体や固体が冷えていくときに、どのように冷えていくのだろうか」という問題に対して、個人の予想を大切に、グループごとに様々な実験計画をたてて、問題を解決しようとアプローチをする場面が見られた。その中で、温まった水の水面に氷を浮かせて上から冷やしていく実験に全員が着目して、「冷えた水が下に動いていく様子」を観察した。そのときに「冷えた水は重くなっているから下にいくのではないかな」と発言をした子供がいて、周りの子供もうなずいていた。これは様々なアプローチから検証しようとしたからこそ、自分ごとの学びに昇華していった姿ではないかと捉えることができる。

(2) 今後の課題

子供がどのような見方・考え方を働かせて学びをすすめているのか、単元内の問題解決の過程を経ていく中で、見取っていく必要がある。学習の中で見方・考え方は相互に関連していつているのか、子供の変容についてノートなどの思考の記録を分析するだけでなく、単元内の学習の途中でも自己の振り返りを行っていくことで見取っていくことができるのではないかと考える。

問題解決の過程内での探究的な学びをすすめるには、子供にある程度のスキルが身につけていることが求められる。学年、単元内容を考慮したうえで、どこまで子供自身の力で解決させていくかを探究させる程度を見極めないといけな。どの単元でもできるわけではないと考えるため、子供たちが探究的に学ぶことができる学習について、学年や教科を超えて系統的に学んでいけるように計画していく必要があると感じた。

【引用参考文献】

- 片平克弘(2016) 理科における次期学習指導要領改訂の特徴 日本教科教育学会誌 第39巻(3) 79-88
- 中川智之(2023) 小学校教諭に求められる「理科の見方・考え方」の認識に関する検討 川崎医療福祉学会誌 Vol133(1) 89-99
- 文部科学省(2017) 小学校学習指導要領(平成29年告示) 解説理科編 東洋館出版社
- 高井英俊・長沼武志(2013) 『理科授業における自己調整学習の構想』教育デザイン研究
- 岡田涼(2022) 『日本における自己調整学習とその関連領域における研究』教育心理学年報 第61集 151-171
- 平澤傑・久坂哲也(2021) 『中学校理科における「主体的に学習に取り組む態度」の評価指標の開発』理科教育学研究 Vol161(1) 149-157
- 村山哲哉(2013) 『問題解決8つのステップ』東洋館出版社

自由思考が生きる探究活動の実現

－第4学年「金属、水、空気と温度の「冷え方」に着目した探究活動」－

三井 寿哉

1. 課題意識

理科において学びを創るとは、学習の場で子供自らが主体的な問題解決の活動が十分に行えている姿であろう。昨今、理科の問題解決の過程の流れについては教師、子供共に一定の定着が見られるようになった。しかし、子供が解決に至る思考に活動場面ごとの途切れが生じ、一連の思考を示していないように見える。実際、観察、実験中に問題を忘れてしまい、現象を見るだけの無目的な活動になっている。また、考察や結論を書く場面では、何について書くのかわからないと問う子供もいる。学びを創るとは、子供が思考する過程に一連の流れがないといけない。そして、仲間と関わり合い、協働しながら思考を顕在化していく姿でありたいと考える。

理科部で提案する「自然と向き合い、探究し続ける子のデザイン-科学的な見方・考え方を働かせて、問題解決を自らつくり出していく学習環境デザイン-」は、解決に向けた検証の立案から考察までを一つの探究する過程とみなし、子供に活動を委ねることで思考の流れを止めない理科授業を目指している。検証で得られた結果から、自らの活動としての認識の中で、検証方法を振り返ったり、結果の客観性について意識したりするなどの科学的な見方・考え方が常時はたらいっている環境が求められる。

子供自らが探究活動を行えるようにするためには、日頃の学級経営に関わる教師と子供とのきまり、自由に動ける環境、子供の発想が認められる空間が必要になると考えた。そこで、本単元では理科の問題解決の流れを知ることができる第4学年を対象に、年間を通じて理科における学習環境デザインの手立てを講じた。子供が問題解決の過程を創り出すことを目指し、そのために必要となる子供の思考過程の理解や学習環境のあり方などについて議論する。

2. 研究テーマとの関連

(1) 理科の本質に迫る単元づくり

理科において「学びを創る」とは、問題解決を軸に子供自らが学び行く過程を創ると捉えた。よって、本単元では子供が予想したことを基にしながら、結論に至るまでの観察、実験・結果・考察までの過程を一まとまりの活動場面とし、子供の思考に委ねた「探究過程の場」とした学習環境を設けることにした(図1)。子供が立案した計画を基にしながら観察、実験を行い、考察までを子供自身の力で進めていく。子どもが納得のいく解決を求めたり、他者も納得できる解決を求めたりしながら試行錯誤する活動こそ、理科の本質と考える。

子供が納得する解決を得るまでの思考過程や活動の手順は様々である。円滑に問題解決の流れを汲む子もいれば、納得いくまで何回も観察、実験に立ち返る子もいる。また、今自分が行っていることは正しいのだろうかと振り返り、他者の活動を意識する子もある。このような個々の思考の流れを止めたり区切ったりすることなく、一人一人の思考の流れを保障できる活動の場を提供する。

中には、思考したことに自信がもてない子や、何をすればよいかかわからないといった見通しがもてない子、問題解決の過程そのものに戸惑いを感じている子も存在する。このような問題解決の進行に伸び悩む子に授業者は注視して行くことが必要と考えた。友達と協働できる場を提供したり、教師が適宜手を差し伸べたりしてあげながら、全ての子供が自分の力で解決できたと思える達成感を、理科の時間を通して得られるようにしていく。

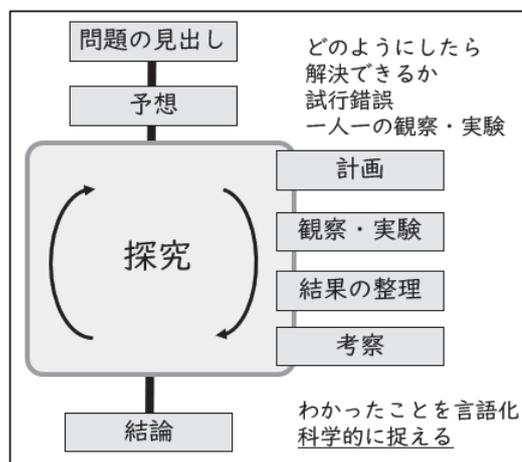


図1 問題解決における探究過程の場

(2) 一人一人の子供が本質を味わう学びのプロセスのデザイン

① 自分ごとの学び (問題を自分事として捉え、興味・関心をもち続ける姿)

本単元「ものの温まり方」は主に温まり方を中心に学習を行う。しかし、実生活で温まった空気は天井付近に溜まるため、子供はその熱を肌で感じたり、触れたりする機会が少ない。よって、温まった空気や水は上方へ移動することを学校で学習しても、それが生活に直結して考えられていないように捉える。

そこで、本単元では「ものの冷え方」について考える、教科書等にはない学習活動を設けた。導入場面では物の温まり方を学習した直後に、冷え方について考えることにした。また、どのようにすれば物が冷えていく様子確かめることができるかについて考え、グループごとに立案した実験を展開していくことにした。本実験は、これまで学んできた知識・技能の逆の発想を生かしながら、これまでと同様の方法で検証を行うことができる。よって、4年生の発達段階でも自身で実験計画の立案が可能となる。教科書や市販のテキストにない問題や実験方法について考える活動こそ、問題を自分事として捉えることができると考えた。また、自分の力でできるかもしれないという思考レベルの内容提示が子供の興味・関心を掻き立てるものと考えた。

また、友達と協力し合うことで解決できる学習環境を設定する。探究する活動の場では子供の自由思考で班を編成したり、安全に配慮しながら動き回ったりできる自由度を与えることで、子供の思考の制限を外す。問題に対して興味・関心が持続できるようにしていく。

どうしても問題が自分事にならない子が存在する。そのような子供に対してグループの子の協働や授業者の支援によって、その子なりにどのような問題解決を行っていくかを判断し、進路変更することも視野に入れる。しかし、本問題に対する結論はクラスで統一した納得解であるように心がけることも理科の本質を味わう大事な要素と考える。

② 自己調整 (習得した知識・技能をもとに、自分の力で問題解決しようとする姿)

前時で取得した知識を基に、子供は金属を冷やしたときも広がりながら冷やされていくことを予想することができる。しかし、冷やされた水が下へ下がる現象は、温められた水が上昇し、上部から温まっていく既習の考え方の逆の発想が求められる。その発想の転換が予想の根拠として表れることをねらいとする。水の場合、実験で予想と反する結果が起きる。そこで、子供は結果をどのように受け入れ、どのように予想した考えを修正していくかが大事とされる。事実を基に新たな考えをもつことができる姿こそ理科における思考の変容であり、自己調整する姿である。そして自分の力で問題解決できた意味する成就感を得ることも自己調整を高める要素になっていくだろう。

実験では、これまでに温め方の実験で行ってきた方法を生かしていく。冷やされていく様子が視覚でわかるような方法を組み立てる活動に重点を当てる。実験計画を立案した子供たちには、結果の予想までを話し合わせ、実験時の視点を各自もたせていくようにする。こうすることで、実験の目的を明確にし、自分の力で問題解決できる見通しをもたせることにつながると考える。

金属の冷え方は温まり方と同様である一方、水に関しては温まり方と逆の結果を示す。水が冷える実験を通して、温まった時の下側は温度が低い「冷たい」と同じ捉えであることに気づき、水は温度が下がると重くなるという粒子的な考えへと思考を深めていくところまでを期待する。このように、子どもの「知っていること」「できること」が十分に発揮できる学習環境デザインを通して、探究しながら思考していく姿を求めていく。

③ 自由に発想し、動き、認め合える学習環境デザイン

本単元の実践だけで上記で示した手立てを講じても、子どもは自由に発想し、十分な活動ができないだろうと判断する。日頃の学習から自由な発想が表出できる雰囲気や、目的に応じて自由に動ける空間づくり、個の学習を他者が認め合える環境をつくっていくことが大切であると考えた。理科の時間に限らず他教科の授業においても同様な学習環境をつくり、年間を通じて個が学びゆくスタイルを確立できるようにした。しかし、経験が浅い子供たちには指導が必要となる。自由に行動できる学習環境を保障しつつも、安全面等の指導、教師と子供間での遵守を徹底し、子供が問題解決に沿った思考、活動になっているかを個々に支援していくことを大事にしていく。

3. 実践の実際

(1)指導の流れ (全7時間)

2025年2月、本校第4学年(児童数31名・7班構成)、指導者1名で実施した。

・金属の 温まり方	金属があたたまり方について、ろうそくが溶ける様子を観察し、固体は火元から広がるように温まっていくことを結論付けた。	1時間
・水の 温まり方	水のあたたまり方について、サーモインクの色の変化と動きを観察し、水は火元で温まった水は上へあがり、上部から順に温まっていくことを結論付けた。	2時間
・金属、水 の冷え方	これまでの学習を基に、固体、水の冷え方についての予想し、検証方法を計画した。結論では、金属の冷え方は温まり方と同様であること。水の冷え方は温まり方の逆で、下部から順に冷えていき、しかも遅いことがわかった。(下記詳細)	2時間
・空気の 温まり方	空気の温まり方について、線香が動く様子を観察し、空気は水と同様に火元で温まった空気が上へあがり、上部から順に温まっていくことを結論付けた。	2時間

(2)指導の実際

①検証計画の立案

固体、水の冷え方について予想を立てた。どちらも冷やす位置を定め、そこからどのように冷えていくかを予想できるようにした。

金属	：予想	温まり方と同じで、冷やしたところから順に広がるように冷えていく	(正) 31人 全員
水	：予想 A	下から冷やしたところから上へあがり、順に下へ下へと冷えていく	(誤) 24人
	：予想 B	下から冷やしたところから、下が冷えて順に上へ上へと冷えていく	(正) 6人

金属の冷え方は全員が同じ予想をしていたのに対し、水の予想は二つに分かれた。水の温まり方と同様に上部が冷えると予想する子どもが多くみられた。

検証方法の立案では、金属、水の冷え方を視覚で確かめることができる方法について考えた。子供は、サーモインクの可逆性を生かした方法を立案した。計画の立案後、班ごとに実験方法の確認と準備物、また、結果の予想について授業者と確認し、活動への具体的な見通しがもてるようにした。

子供が立案した金属の冷え方の実験方法

サーモインク を使用した実験方法	①温めてピンク色にしたサーモインクを水平にした金属板に垂らす。 ②裏面を氷で冷やし、サーモインクが青色に変わる様子を見る。
結果の予想	冷やしたところから順に広がるように青色になっていけば、私たちの予想は正しいと言える。
寒天 を使用した実験方法	①液状の寒天を水平にした金属板にのせる。 ②裏面を氷で冷やし、寒天が固まる様子を見る。
結果の予想	冷やしたところから順に、広がるように固まっていけば、私たちの予想は正しいと言える。

子供が立案した水の冷え方の実験方法

サーモインク を使用した実験方法	①ビーカーにサーモインクを入れてピンク色になるまで温める ②ビーカーの底面を氷で冷やし、サーモインクが青色になる様子を見る
結果の予想	予想 A 青色に変わった水が上へ上がり、上部が青くなる。その後順に下の方へ青くなっていけば、私たちの予想は正しいと言える。 予想 B 青色に変わった水は下部にたまる。その後順に上の方へ青くなっていけば、私たちの予想は正しいと言える。

②金属の冷え方の実験

金属の冷え方の実験では、子供はピンク色にしたサーモインクを金属板に垂らす際、金属板が冷たいため、すぐに青色に戻ってしまうことに気づいた。そこで、サーモインクを垂らした金属板を温めるよう手順を変えるような試行錯誤が見られた(図2)。寒天の実験は、実際に固まりゆく様子を視覚で確認することが難しいことに気づいた。そこで、常時指で触りながら寒天の固さをたしかめるように工夫した。どちらの実験も予想に適した結果を得ることができた。

この実験方法を他班が関心を抱き、新たな実験として活動を始める姿が見られた。

③水の冷え方の実験

水の冷え方では、ビーカーの底に氷をどのように設置するか苦戦する様子が見られた。試行錯誤を重ねた末、一つの班が500mLビーカーの中に氷を入れて、その上にサーモインクを入れた200mLビーカーを入れて固定する方法を見出した(図3)。他班もこの方法を共有することで全班が正しい結果を得ることができた。温まり方と様子が異なり、青色になったインクは上部に上がらないこと結果から、多くの子が予想時の考えを修正した考察を文でまとめることができた。

また、子供は液体の上部から冷やしてみたいという発想が挙げられた。この結果は青色になったサーモインクが下部に落ちていく様子をたしかめることができた。この班の結果は考察時に他者への思考を深める有効な手掛かりに繋がった。

④考察時の新たな思考

考察時、サーモインクの上部を冷やした班がクラス全体に向けて演示実験を行い、青いインクが下部へと落ちていく現象を見せた。子供は「冷えた水は重くなって下へ下がっているのかもしれない。そうすると、温められた水は軽いかもしれない」という粒子概念と結びつけた発言があった。温度と密度(重さ)を意識した上で、空気の温まり方や冷え方について実験を行うことにつながった。

4. まとめ

成果として、子供が学んだことを生かしながら根拠のある予想をもつことで、主体的かつ具体的な実験方法を発想することができ、関心意欲を保持しながら探究する姿が強くみられた。自身が立てた予想を検証するために、試行錯誤する姿は探求心が表出し行動に現れる。また、第4学年の発達を考慮した学習展開を心がけたことで、子供は身近で根拠をもちやすい予想が発想できたり、これまでの実験方法を生かしたりできる、子供に無理のない思考の流れをつくりだすことができた。また、子供自身で解決できたという自信は自己調整の面で次への学習に大きな成果を生むことにつながる。

課題として、学習環境の再考が挙がる。各班の実験の様子を常に共有できる環境や、結果を共有できる環境を設け、認め合える空間を保障したが、子供にとっては実際に確かめてみたいという気持ちが強まり、同じ実験を再現しだす班が多くみられた。新たな活動が生まれる探究として相応しい姿として捉えることができる。しかし、このアクティブラーニングを重視した活動を求める故、時間配分や安全管理、人員配置等の面での学習環境の再考が求められる。自由試行と一斉指導のバランスの取れた学習環境をデザインすることが今後必要となっていくだろう。



図2 サーモインクを垂らして金属板ごと温める試み

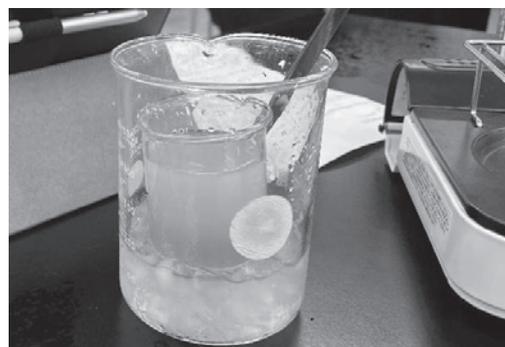


図3 ビーカー底部をどのように冷やすか試行錯誤する

科学的な見方・考え方を働かせて、問題解決を自らつくり出していく学習環境 —第5学年「振り子の性質」について探究し続ける子—

蒲生 友作

1. 課題意識

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編にある目標では、「自然の事物・現象についての問題を科学的に解決していくこと」が示されている。自然の事物・現象を常に意識しながら学ぶ姿勢が大切であり、「自然にはじまり、自然に還る」ことを柱に子供が探究していくことができる学習環境の在り方について提案する。

門倉(2020)「理科における問題解決学習と探究学習」では、小学校理科において日常に見られる自然事象に接することで、疑問が生まれて問題を見いだしていくことから問題を解決していく。また、中学校、高等学校理科の学習においては、内容が高度になればなるほど、事象の中から問題を見いだすことが難しくなる。そこで、学習者に事象から得られる課題を提示し解決していく学習方法をとることも必要となる。これは、課題解決学習ともいえるだろう。その場合でも、教師が提示した課題が、学習者の課題になることで、学習者中心の学習となると考えられる。

つまり、学習問題でも学習課題でも、学習者の問題、課題となることが学習者中心の学習となっていくわけである。学習者中心の学習となるべく、小学校理科の学習において単元の導入である「自然事象との出会い」が大切となってくる。ジョン・デューイ(1968)は「問題設定」の場面において、不確定な状況が問題状況と受け取られ問題状況として決定されることであり、このことは混とんとした状況から問題が明確になることを示している。

小学校理科において、不確定な状況とは生活経験や学習経験によって身に付いた知識などが、「自然事象との出会い」で自分が知っている知識では説明できない、または説明しにくい状況が「不確定な状況」であると考え。その「不確定な状況」、混沌とした状況から疑問が生まれ、説明しようと仮説を立てたりする中から、問題が明確になっていくと考える。

本実践「振り子の性質」において、「自然事象との出会い」では音楽を流して、その音楽に振り子のテンポが合わない現象を見るようにする。すると子供は「振り子の振れている周期（振り子の1往復する時間）を、音楽と合うようにするにはどうしたらよいか。」「振り子を見るとおもりが付いているからおもりの重さは変えられそう、振り子の長さや振れ幅についても変えられそう。」「その3つの条件の中に振り子の振れている周期を変えられるものがあるのか。」など、疑問や仮説が生まれてくる。その疑問や仮説から問題を見だし、問題解決をはじめていくことで学習者の問題となり、子供が自らの意思で問題を解決していく姿となっていくと考えた。

また、子供が自らの意思で問題を解決していくときに、予想や解決の方法が異なる場合が出てくる。本実践「振り子の性質」では、「おもりの重さ」、「振り子の長さ」、「振れ幅」のどの条件で振り子の1往復する時間が変わるのか予想は異なってくると考えられる。このときに、自身にどのように解決をしていくか委ねることが大切となると考える。自分の意思を尊重して個別に解決していく姿や同じ考えをもつ子供同士で協働して問題を解決していく姿、または考えは違っても、どちらの予想が正しいか一緒に実験をして確かめる姿など、多様な問題解決の学びを大事にしていくが必要である。

2. 研究テーマとの関連

(1) 理科の本質に迫る単元づくり

① 教科の本質Ⅰ（その教科の個別知識・技能を統合・包括する鍵概念）

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編で、見方・考え方を自在に働かせることで、「知識を相互に関連付けてより深く理解したり、問題を見いだして解決策を考えたりすることに向かう深い学び」となり、資質・能力が育成されていくだろうと述べている。

理科の見方として、エネルギー領域では、量的・関係的な視点で捉えたとある。「振り子の性質」においては、振り子の1往復する時間について、「振り子の長さ」や「おもりの重さ」などの量的な視点で捉えることが考えられる。また、振り子の1往復する時間と「振り子の長さ」を関係的な視点で捉えることも考えられる。

子供が単元のはじめに問題意識をもって、捉えている視点を大切に、検証計画の立案、実験、考察を経ていき、問題と対峙しながら学習を進めて問題を解決していくことで、資質・能力が育っていくようにしていく。

② 教科の本質Ⅱ（その教科ならではの認識・表現の方法）

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編において理科における考え方として、「比較する」「関係付ける」「条件を制御する」「多面的に考える」が挙げられている。これらの問題解決の方法を用いて考えることを働かせて、資質・能力を育成させていくことが大切となってくる。また、これらの考え方を学年ごとに育成していく問題解決の力と合わせて働かせていくことも大事である。第5学年で主に育成する問題解決の力として、「予想や仮説を基に、解決の方法を発想する力」となるので、「条件を制御する」考え方を働かせていくことが大切となる。

本単元では、振り子の1往復する時間は、どのような条件下で変化するのか、実験で確かめていくため、「おもりの重さ」の条件を変えた場合は、「振り子の長さ」や「振れ幅」などは変えていけない条件であると、条件を制御して実験計画を立てていくことになる。

本実践では、自分の予想や仮説を基に、解決の方法を発想するだけではなく、違う条件下においても、どのように実験を行ったらよいかについて、グループで考えて実験を行い、「解決の方法を発想する力」について、育成していくようにしていく。

教科の本質Ⅰ、Ⅱを通して、問題解決を行っていく過程で主として働かせる見方・考え方以外の新たな見方や考え方が複合的に働いていくことで、科学的な問題解決を自らつくり出していけるのではないかと考える。このときに科学的な見方・考え方というものが働いていっているのではないかと考えた。

(2) 一人一人の子供が本質を味わう学びのプロセスのデザイン

① 自らの意思で問題解決に取り組む

理科における自己調整学習の在り方について、高井・長沼(2013)は「子供が自らの意思のもとで自然事象へ働きかけ、科学概念を構築しつつ、構築した概念を利用可能な形で習得することであると考えられる。」と述べている。学習を行う際に自然の事物・現象について、「振り子の1往復する時間」を変えるためには、どうしたらよいかという問題を見いだしていくことで、自らの意思で問題解決への一歩を踏み出すようにしていく。また、結論を導き出すところまで自己の学びを振り返り、試行錯誤しながら何度も実験を繰り返せる環境を設けることにより、本校理科部では、問題解決の検証計画の立案、観察、実験、考察までの活動を「探究」と称し、自身の学びを調整、改善できるようにした。自らの意思で、納得いく解決を目指していくようにする。

② 「自分ごとの学び」の可視化

村山(2013)は自分事の問題解決とは、論理的思考、批判的思考、実践的思考が三位一体となり、多次元の問題解決を意味することであると述べている。

振り子の性質を学ぶ中で、条件を変えながら実験を行い、データを整理して、その規則性について考えたり、複数の条件の実験データについて批判的に考えたりしていくようにする。また、自分の予想や仮説にとらわれずに他者と協働的に学んでいくことで電流がつくる磁力について、結論を導き出していけるようにしていく。

また、(1)において、「自然にはじまり、自然に還る」ことが、理科の学習で大事なことであろうと述べた。本単元では、自然の事物・現象として電磁石に出会うことから学びがはじまる。観察・実験を通して電流がつくる磁力について、日常生活において様々なところで活用されているという学びを行うことが、「自然にはじまり、自然に還る」ことにつながっていくであろうと考える。

3. 実践の実際

(1)学習指導計画（全7時間）

第1次：振り子を音楽に合わせて動かしたときに気付いたことから、問題を見いだす。

…1時間

振り子の1往復する時間の測り方について考える。…1時間

第2次：振り子の1往復する時間について、「おもりの重さ」「振り子の長さ」「振れ幅」などの

条件を変えてグループごとに実験を行う。…3時間（本時4／7時間）（写真1）

振り子の1往復する時間についてまとめる…1時間

第3次：学んだことを生かして振り子の1往復する時間を変えて、様々な音楽に合わせる。…1時間



(2)分析

①自然事象との出会い

「ふりこ」の現象と出合わせるために、振り子を子供たちに見せて、どのように動くのか振って見せた。知っている子供もいれば、初めて見る子供もいた。振り子が左右に繰り返し振れる動きから、「催眠術みたいだ。」という子供もいた。そのあと、教師が音楽をかけて振り子を振るとタイミングがずれる様子に、「タイミングが合っていない。」「テンポが合っていない。」「合わせるには長さを変えないと」などの意見が出ていた。

「振り子」のテンポを合わせるために、どうしたらよいかという教師の問いに、「振り子の長さを変える」「重りの重さを変える」「振れている幅を大きくする。小さくする。」などの意見が出てきた。振り子のテンポについて、教師から「振り子の1往復する時間」という言葉の説明をして、問題を見いだすようにした。子供が「振り子の1往復する時間は振り子の長さで変わるのか。」「振り子の1往復する時間はおもりの重さによって変わるのだろうか。」、など量的・関係的な見方を働かせて問題を見いだしていたので、学級としてまとめて「振り子の1往復する時間を変えるには、どうしたらよいだろうか」という問題とした。

②予想、仮説の設定から検証計画の立案

ほとんどの子供が「振り子の長さ」によって、振り子の1往復する時間が変わると予想をしていた。そこで予想をもとにグループをつくるのではなく、振り子の長さの他に「おもりの重さ」「振れ幅」をグループごとに実験するようにした。まず、個人で条件を制御した考えを働かせて「振り子の長さ」を変えた場合は「おもりの重さ」「振れ幅」は条件を変えないように検証計画を立てた。

「振り子の長さ」「おもりの重さ」「振れ幅」について、上限は決めたがグループごとに長さや重さを設定するようにした。数値の条件を変えることで様々なデータから振り子の1往復する時間について考えられるようにした。

③条件を設定して実験

「振り子の長さ60cm」、「おもりの重さ20g」、「振れ幅20度」を条件として学級で統一して、10往復の時間を測って実験することや3回測定することなどを話し合い、実験を行った。10往復の時間を測り、1往復の時間を平均から出すことで誤差が少なくなることなどを全員で確認した。このときにグループごとに時間を測る役割や振り子を振れる役割などを交代で行うようにした。

実験を行う中で、振り子の10往復を全員で数えたり、振り子が机などにぶつからないようにしたりするなどグループごとに注意しあいながら正確に実験をしようとする態度が見られた。

④グループごとの実験

グループごとに「振り子の長さ」について基本実験の60cmから、80cm、100cm、40cmなど様々な長さに変えて実験を行う様子が見られた。また、「おもりの重さ」や「振れ幅」についてもグループごとに数値を設定して実験を行っていた。

実験が終わるとタブレットに実験データを入力して、教師が数値を整理してグラフに表すようにしていたが、入力方法がグループごとに違ってしまい、データをコピーするのに時間がかかってしまった。

⑤考察から結論

後日、データを整理したものをグラフで見ることによって、「振り子の長さ」を変えることで振り子の1往復する時間が変わることについて考察することができた。グラフを見ると振り子の長さが短くなるごとに、振り子の1往復する時間も短くなるのが分かったので、全てのグループで実際に振り子の長さを短くして、実験を行うことにした。そのことによって、振り子の1往復する時間の変化について、より実感を伴うことができた。

⑥活用場面

最後に自分の好きな曲に合わせて、振り子の長さを変えて実験を行うことをした。導入時の振り子の1往復する時間を変えて、曲のテンポに合わせるという自然事象に還る活動を行うことができた。どの子供も振り子の長さを変えて、曲に合わせて集中している様子が見られた。

4. まとめ

(1) 理科の本質に迫る単元づくり

自然事象との出会いから、振り子の振れ方を見ていく中で見方・考え方が働いている様子が見られた。まず、振り子の1往復する時間について、どの条件を変えればよいのかという「関係的な見方」が働いていた。検証計画を立てるときには、振り子の長さを短くすると1往復する時間も短くなるだろうなどと「量的な見方」も働く様子が見られた。この時には条件を制御する考え方も働いていた。

実験結果をまとめるときにデータを整理することに時間がかかってしまい、思考が止まってしまう場面が見られたため、実験データをどのように共有して、実験しながら問題と正対して思考させて考察につなげていくためには課題が残った。普段からデータをどのように整理していくのか個人や学級で積み上げていく必要があると感じた。

(2) 一人一人の子供が本質を味わう学びのプロセスのデザイン

音楽のテンポにあっていない振り子と出合わせることによって、振り子の1往復する時間を変える原因を探り、自分の好きな曲に合わせてられるようにしたいという思いを導入時にもつことができたことは、その後の活動を主体的にするためによかったと考える。自らの意思で問題解決に取り組む際に、導入時における自然事象との出会いは大切であると考える。事象から問題意識をもって取り組めるように工夫していくことを続けていく。

自分事の学びの可視化について、予想を立てて解決の方法を発想する場面などで、個々に振り子の1往復時間を変える条件についてノートへの記述や発表、グループで実験計画を話し合う場面から見られることができた。特に解決の方法について、グループごとに話し合う場面において、協働的に学ぶときにも同じ考えや志をもって学習に取り組むことが自分事の学びの可視化につながっていくと感じることができた。

(1)のまとめでも述べたが実験データを共有する際に時間がかかってしまったことは、問題解決における思考を止めてしまう結果となってしまった。常に子供が思考させながら自分事の学びとしていくためには、導入時に事象と出会う場面から、授業のゴールが見えていて見通しをもって取り組むことができるようにするのが大切である。そのため学習環境を整えていく必要があると感じた。

5. 引用・参考文献

- 門倉(2020)『理科における問題解決学習と探究学習』 教師教育リサーチセンター年報 第10集 57-65
ジョン・デューイ(1968)『魚津郁夫訳『論理学—探究の理論』世界の名著48』 中央公論社 p494
小学校学習指導要領(平成29年告示) 解説理科編 東洋館出版社 13-14
村山哲哉(2013)『問題解決8つのステップ』 東洋館出版社 23-28