

生きて働く知識を身に付けた子どもを育成する第4学年理科学習指導

有意味学習を取り入れた問題解決過程を通して

行橋市立今川小学校
教諭 潟上 陽平

こんな手立てによって…

- ・ 共通の土台を築くための体験活動
- ・ 既存の知識を比較する問題解決過程
- ・ 考えを広げ深める話し合い活動

こんな成果があった！

根拠のある予想を発想したり、結果を基により妥当な考えをつくり出したり、既得知識を日常生活や他の場面で適用したりする姿が見られた

1 考えた

複雑で予測困難な社会の中で、自らの可能性を発揮し、よりよい社会の創り手となるために、子どもが学習内容を既得の知識及び技能と関係づけながら深く理解し、他の学習や生活場面でも活用できる、「生きて働く知識」を身に付けることは重要なことである。

理科の学習において、有意味学習を取り入れることで、既得の知識や既習内容を活用しながら予想を発想したり、複数の結果を基により妥当な考えを導き出したり、得た知識を他の学習や生活場面でも活用したりするといった「生きて働く知識」を身に付けた子どもを育成することができる。しかし、本学級の児童は、直感で予想を発想したり、考察を書いたりする姿が見られ、生活場面にも学習内容を生かすことができない児童が多かった。そこで、第4学年の理科学習の指導において、生きて働く知識を身に付けた子どもを育成するために、有意味学習を取り入れた問題解決過程のあり方を究明する。

2 やって見た

子どもたちが生きて働く知識を身に付けることができるようにするために、先行オーガナイザーを活用した有意味学習を取り入れ、問題解決過程を実践した。

また、クラス全体で問題解決を図ることができるようにするために、話し合いの中の子どもの反応を捉え、子どもの発言を取り上げることで、自他の考えを広げ深めることができるような話し合い活動を行った。

3 成果があった！

問題解決過程の中で、有意味学習を取り入れることにより、既習内容や既得の知識を活用しながら予想を発想したり、複数の結果を基により妥当な考えを導き出したり、得た知識を日常生活や他の場面で適用したりする姿が見られるようになった。

<目次>

生きて働く知識を身に付けた子どもを育成する第4学年理科学習指導

有意味学習を取り入れた問題解決過程を通して

1	主題設定の理由	3
	(1) 社会の要請から	3
	(2) 児童の実態から	3
	(3) これまでの実践から	4
2	主題の意味	4
	(1) 生きて働く知識とは	4
	(2) 生きて働く知識を身に付けた子どもとは	5
3	副主題の意味	5
	(1) これまでの学習方法	5
	(2) 有意味学習とは	5
	(3) 有意味学習を取り入れた問題解決過程とは	6
4	研究の目標	6
5	研究の仮説	6
6	研究の構想	6
	(1) 【着眼①】 クラス全体で共通の土台を築くための体験活動の位置づけ (説明A O)	6
	(2) 【着眼②】 既存の知識と比較しながら問題解決を図るための工夫 (比較A O)	7
	(3) 【着眼③】 自他の考えを広げ深める話し合い活動の工夫	7
	(4) 研究構想図	8
7	研究の実際	9
	(1) 検証方法	9
	(2) 実践事例Ⅰの授業の実際と考察	9
	(3) 実践事例Ⅱの授業の実際と考察	17
8	成果と課題	24
9	参考文献	25

生きて働く知識を身に付けた子どもを育成する第4学年理科学習指導

有意味学習を取り入れた問題解決過程を通して

行橋市立今川小学校
教諭 潟上 陽平

1 主題設定の理由

(1) 社会の要請から

社会の変化は加速度を増し、複雑で予測困難となっていており、しかもそうした変化が、どのような職業や人生を選択するかに関わらず、全ての子どもたちの生き方に影響するものとなっている。社会の変化にいかに対処していくかという受け身の観点に立つのであれば、難しい時代になると考えられる。しかし、このような時代だからこそ、子どもたちは、変化を前向きに受け止め、私たちの社会や人生、生活を、人間ならではの感性を働かせてより豊かなものにしたり、現在では思いつかない新しい未来の姿を構想し実現したりしていくことができる。このために、必要な力を成長の中で育てているのが、人間の学習である。新たな価値を生み出していくために必要な力を身に付け、子どもたち一人ひとりが、予測できない変化に受け身で対処するのではなく、主体的に向き合っていて関わり合い、その過程を通して、自らの可能性を発揮し、よりよい社会と幸福な人生の創り手となっていけるようにすることが重要である。こうした力の育成は、学校教育が長年「生きる力」の育成として目標としてきたものである。学習指導要領では、「何を学ぶか」という教育の内容を重視しつつ、子どもがその内容を既得の知識及び技能と関連づけながら深く理解し、日常生活や他の場面でも活用できる、「生きて働く知識」となることを含め、その内容を学ぶことで子どもが「何ができるようになるか」を併せて重視している。

そこで、本研究では、第4学年の理科の学習を通して、子どもが生きて働く知識を身に付けるための学習指導を実践することは意義深いものだと考える。

(2) 児童の実態から

実践前の本学級(34人)の実態について、これまでの理科の学習に関する自己評価アンケートを4件法で調査した【資料1】。この結果から、理科の学習が楽しい子どもが非常に多く、自然に触れる機会がある子どもも多いことが分かる。

質問項目	平均値
理科の学習は楽しいか	3.9
生活中に自然に触れることはあるか	3.3
根拠のある予想を立てられるか	2.9
視点を明確にして観察・実験ができるか	3.2
結果を基に考察ができるか	3.2
自他の意見を比較できるか	3.3

【資料1 子どもの実態調査】

しかし、問題解決の過程の中で、日常生活や既習内容を基に、根拠のある予想を立てることが苦手な児童が多くいることが分かる。結果を基に考察ができている子どもは多くいるように見えるが、考察の記述内容を見ると、自分の結果

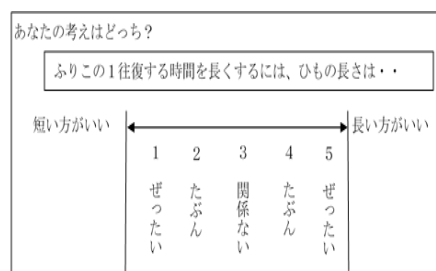
のみで考察をしたり、妥当性のない考察を書いたりする子どもが多くいた。

また、理科の学習で何をするときが楽しいか質問すると、91%の子どもが「観察・実験をするとき」と答えた。しかし、「予想を発想するとき」が楽しいと答えた子どもは、30%しかおらず、「結果を基に考察をするとき」が楽しいと答えた子どもに至っては、13%という結果であった。

このことから、本研究では、問題解決過程の中に、多くの子どもが既存の知識を活用しながらより妥当な考えをつくり出したり、観察・実験だけではなく予想を発想したり結果を基に考察をしたりするときにも「楽しい」と実感できるような実践を行っていく。

(3) これまでの実践から

これまでの実践では、子どもたちが、実証性、再現性、客観性を重視しながら問題解決を図ることができるようにするために、【資料2】のようなコンフリクトシートを活用したり、表や図を用いて自他の結果を共有できるようにしたりしてきた。コンフリクトシート



【資料2 コンフリクトシート】

を予想の段階で用いることで、自他の思考のズレを認識し、実験の必然性をもつことができ、主体的に問題解決を図る姿が見られた。また、考察の段階でも、コンフリクトシートを用いることで、合意形成を図りながら結論を導出することができたり、実験を通して考えがどのように変容したか認識することができ、予想と結果を比べながら考察することでより妥当な考えをつくり出したりすることができた。しかし、こういった問題解決で得られた知識は、授業内だけで完結してしまい、日常生活に生かせなかったり、低位層の子どもは十分に知識を定着できなかつたりしていた。

そこで、本研究では、より多くの子どもに知識を定着させ、定着した知識を授業の中や日常生活に生かすことができるようにするために、生きて働く知識を身に付けさせていく。

2 主題の意味

(1) 生きて働く知識とは

既存の知識を学習内容と結び付けたり、日常生活において活用したりできるような知識のことである。

中央教育審議会の答申では、以下のことが述べられている。

子どもたちが学ぶ過程の中で、新しい知識が既にもっている知識や経験と結び付けられることにより、各教科等における学習内容の本質的な理解に関わる主要な概念として習得され、そうした概念がさらに社会生活において活用されるものとなることが重要である。

このことから、生きて働く知識を習得するためには、既に持っている知識や経験と結び付けながら更新を重ね、それらが断片的な理解にならないようにする必要がある。また、「知識をどのように使うか」にまで考えを発展させ、実際にそれらを活用できるようにするとともに、使う喜びや有用性を実感させ、社会生活で活用していこうとする心情を培うことが大切である。

(2) 生きて働く知識を身に付けた子どもとは

中京大学情報理工学部の白水始氏は、「認知科学と学習科学における知識の転移」において、知識を以下の3つに区分している。

- 可搬性 : 知識がどれだけ学習外の状況に持ち運べるか
- 修正可能性 : 後から必要に応じて編集できるか
- 活用性 : 適用範囲を広げて新しい問題に活用できるか

理科の学習における、「生きて働く知識」とは、学習問題に対する予想を発想する際に、既習の知識を学習内容と結び付けることができる知識であったり、観察・実験を通して得ることができたより妥当性のある知識であったり、得られた知識を日常生活の場面に活用できる知識であると考えられる。そこで、本研究では、以下のような「生きて働く知識を身に付けた子ども」を目指していく。

- 既有的知識を学習問題に活用できる子ども (活用性)
- 観察・実験を通して、より妥当な知識を得ることができる子ども (妥当性)
- 得られた知識を日常生活や他の場面に適用できる子ども (可搬性)

3 副主題の意味

(1) これまでの学習方法

理科の学習における問題解決の過程は、『事象との出会い→問題の設定→予想や仮説の発想→方法の立案→観察・実験→結果の処理→考察→結論』という過程であり、発見学習を通して新しい知識を習得することが多い。しかし、発見学習のみの学習過程では、学力が厳しい子どもほど、既習内容や生活経験を基に根拠のある予想を立てることができなかつたり、結果から何を言えるのか解釈をするのが難しかったり、得た知識を他の場面で活用したりするのが難しいと考える。

日下部教子氏、北川祥子氏、川上昭吾氏は、「先行オーガナイザーを使った理科授業の実証的研究」において、「発見学習と有意味学習を使い分ける必要があり、有意味学習を行うことで、教師が与えた先行オーガナイザーを子どもは仮説として使うことができ、すべての子どもにも基礎的な内容が定着し、さらに応用力も付く」と述べている。

そこで、学力が厳しい子どもでも根拠のある予想を立てたり、結果からより妥当な考えをつくり出したり、他の場面でも活用したりすることができるようにするために、発見学習を行いながら、先行オーガナイザーを活用した有意味学習を取り入れていく。

(2) 有意味学習とは

機械的に知識を覚えさせるのではなく、学習者の認知構造に意味のある変化をもたらすように教える学習のことである。

学習者の認知構造に意味のある変化をもたらすようにするためには、学習に先行して与えられる抽象化された情報である先行オーガナイザーによって学習が容易になるという考えがある。つまり、先行オーガナイザーを手掛かりに、自分の認知構造の中に、新たな概念を形成することができる。

先行オーガナイザーには、「説明オーガナイザー (説明AO)」や「比較オーガナイザー (比較AO)」などがある。「説明オーガナイザー (説明AO)」とは、学習材料の主要な内容を含

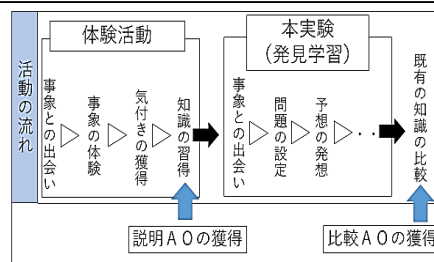
む大きな枠組みを概説し、理解を促進させる場合の枠組みである。「比較オーガナイザー（比較AO）」とは、既に知っている内容を理解の枠組みとして利用し、理解を促進させる場合の枠組みである。

本研究では、対象者が第4学年の子どもであり、発達段階的なことも考慮して以下のように定義する。

- ・説明オーガナイザー（説明AO）
学習内容に関わる体験活動を行いながら得た知識や経験を基にした枠組み
- ・比較オーガナイザー（比較AO）
複数の既有的知識が比較できるような枠組み

(3) 有意義学習を取り入れた問題解決過程とは

【資料3】のように、1つの学習内容ごとに、体験活動と本実験を行う。体験活動では、学習内容の大枠を捉えることができる活動を仕組み、そこで得た知識や気付きを説明オーガナイザーとして活用していく。本実験では、問題解決の過程を行いながら、発見学習を行う。



【資料3 問題解決過程の工夫】

1つの学習内容を終えた後に、既有的知識を比較する時間を設定し、次の問題解決を行う際に、その知識と比較しながら問題解決を図ることができるようにする。問題解決過程の中で、子どもたちが働かせる思考について【資料4】にまとめる。

直感的思考	閃きや洞察を生む思考
拡散的思考	豊かなアイデアを生む思考
収束的思考	ある一定の方向に導かれていく思考
論理的思考	根拠を明確にして筋道を立てる思考

【資料4 子どもの思考】

4 研究の目標

理科の学習指導において、生きて働く知識を身に付けた子どもの育成を目指し、有意義学習を取り入れた問題解決過程の有効性を明らかにしていく。

5 研究の仮説

理科の学習指導において、有意義学習を取り入れた問題解決過程の中で以下の3つに着眼を置けば、生きて働く知識を身に付けた子どもを育てることができるであろう。

- 【着眼①】クラス全体で共通の土台を築くための体験活動の位置づけ（説明AO）
- 【着眼②】既有的知識と比較しながら問題解決を図るための工夫（比較AO）
- 【着眼③】自他の考えを広げ深める話し合い活動の工夫

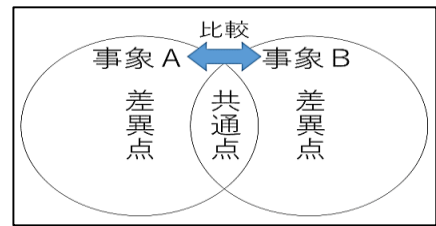
6 研究の構想

(1) 【着眼①】クラス全体で共通の土台を築くための体験活動の位置づけ（説明AO）

既有的知識を活用できる子ども（活用性）を育成するためには、自分も持っている知識を使いこなすことができる必要がある。しかし、子どもによっては、これまでに得た知識を忘れてしまったり、自然の事物・現象に対する経験が乏しかったりする場合が多い。そこで、本実験を行う前に体験活動を位置づけ、そこで得た知識（経験）を説明オーガナイザーとして取り扱い、本実験の予想を立てる際に、既有的知識として活用できるようにする。

(2) 【着眼②】 既存の知識と比較しながら問題解決を図るための工夫（比較A O）

観察・実験を通して、より妥当な知識を得ることができる子ども（妥当性）を育成するためには、正確な実験結果を得たり、自他の結果を踏まえたりした上で考察をする必要がある。それだけではなく、既存の知識と学習問題を比較したり関係付けたりしながら問題解決を図ることも必要だと考える。



【資料5 比較A Oの枠組み】

そこで、【資料5】のように、2つ以上の事象を比較し、共通点や差異点を見つけ、それらを基に、根拠のある予想を立てたり、考察の際に関係付けながら問題解決を図ったりすることができるようにしていく。

(3) 【着眼③】 自他の考えを広げ深める話し合い活動の工夫

得られた知識を日常生活や他の場面に適用できる子ども（可搬性）を育成するためには、学習内容を転移可能な状態にする必要がある。白水始氏は「認知科学と学習科学における知識の転移」において、学習を転移するには協調活動が有望だと述べている。問題を解いている過程を、互いに話し合い、不足を感じる知識のピースを提供し、言葉で抽象化することによって学習課題の構造を掴んで転移しやすくなる。

つまり、未知の問題に対して、多くの子どもから考えを引き出し、学級全体で問題解決を図ることができるような話し合い活動が必要だと考える。そのためには、「問い」を軸に、話し合いを組織する必要がある。中村光晴氏は「楽しい思考過程を問う算数話し合いづくり」において、「問い」を軸に、話し合いを組織するためには以下のことが大切だと述べている。

- (ア) 問いを生じさせること
- (イ) 問いの焦点化と共有化を図ること
- (ウ) 子どもの問いを捉え、話し合いに生かすこと

(ア) 問いを生じさせること

中村光晴氏は、問いを生じさせるためには、「予想や経験」と「現状」とのギャップを意識できるようにし、子どもの心を揺さぶることが大切であると述べている。心を揺さぶられた子どもの内面では、精神的な不安定、心的な渇きが生じている。すると、情意面では「～したい」という思いが生まれ、認知面では「どうして？」などの問いが生まれる。

このように、「問い」を生じさせるために、本研究では、①内面で矛盾や対立などが起こる場面、②個と集団とのかかわりでズレが現れる場面、③価値あるものを求めていく場면을意識して問題解決を図っていく。

(イ) 問いの焦点化と共有化を図ること

「問いの焦点化」とは、子どもたちの関心や注意を1点に絞り込み、学級全体の追及を方向づけることであり、「問いの共有化」とは、個の問いを学級全体に広げ、その問いを子ども一人一人がもてるようにすることである。

野原博人氏、田代晴子氏、森本信也氏は「子どもにおける科学概念構築を促す対話的な理科授業のデザインとその評価」において、「教師の復唱する、付け加えるといった発話は、子どもの自由な思考と表現を保証しつつ、そこから次の学習に必要な内容を教師が価値づけ、これを協働的に思考させようとする措置が図られている」と述べている。

そこで、本研究では、問いの焦点化と共有化を図るために、全体交流の中で、【資料6】のような発話や発問を意識して、教師も話し合いに介入していく。

項目	例	項目	例
受容	なるほどね。	具体例	例えば、どんなことですか？
復唱	〇〇〇なんだね。	対比	〇〇と比べてごらん。
価値づけ	いいこと言ったね。	多様性	他にはないですか？
Why	どうしてかな？	仮定	もし〇〇だとどうなるかな？

【資料6 発話、発問の例】

(ウ) 子どもの問いを捉え、話し合いに生かすこと

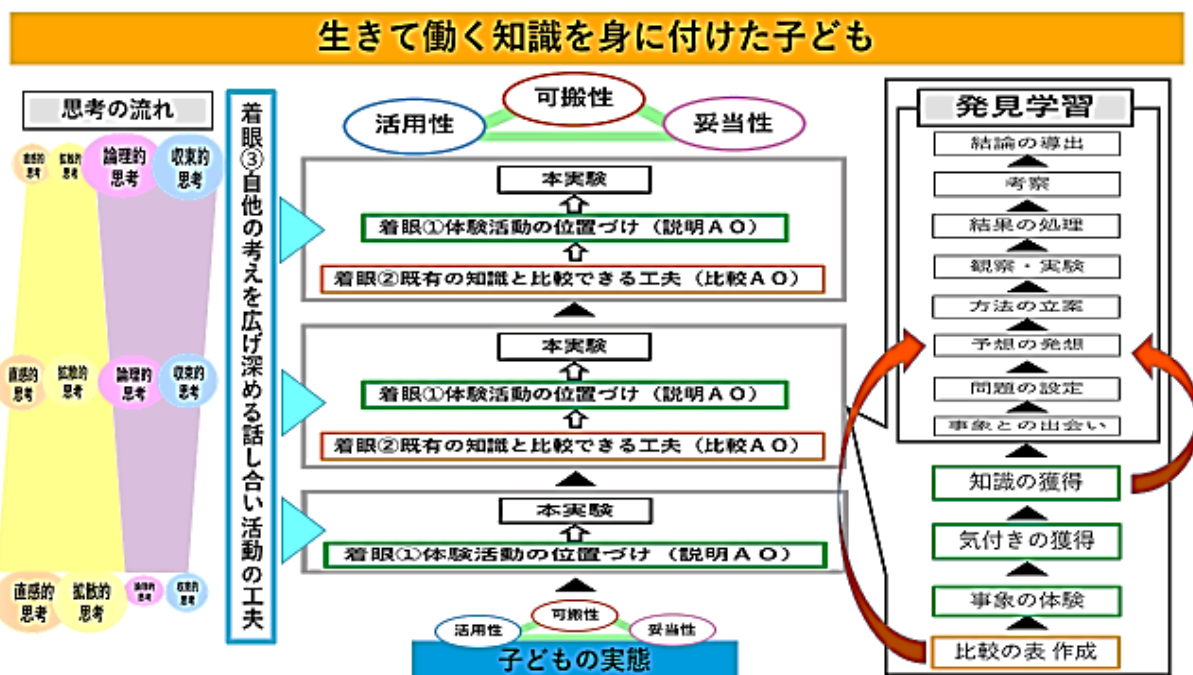
子どもがどのような問いをもったのか把握するために、心の動きが表面化する「え？」「あれ？」「ああ！」などの感動詞に着目し、教師が子どもの感動詞を拾い上げ、【資料6】のような発話や発問を行い、子どもの話し合いに生かしていく。

昭和学院小学校校長の山本良和氏は「新学力！習得・活用・探究を支える算数の授業づくり——感動詞、探る活動、書く活動を鍵にして」において、【資料7】のように感動詞を分類し、解説している。

★発見（感動・驚き）を示す感動詞 「あっ！」 「うわっ！」 「わ〜っ！」 「お〜っ！」 「そうか！」
★否定（意外性）を示す感動詞 「えっ？」 「え〜っ！」 「あれっ？」 「はっ？」 「でも」
★納得を示す感動詞 「へ〜っ！」 「あ〜っ」（語尾下がり） 「ふう〜ん」 「うんうん」 「なるほど！」
★同意（共感）を示す感動詞 「そうそう！」 「やっぱりっ！」
★疑問（確認）を示す感動詞 「そう？」 「どれ？」 「どうして？」 「何？」 「いつ？」 「これは？」 「それは？」
★非難（強い否定）を示す感動詞 「はあ？」 「あ〜っ」（語尾上がり） 「ん〜？」 「え〜っ」（語尾上がり）
★補足を示す感動詞 「だったら」 「じゃあ」 「それなら」 「だって」

(4) 研究構想図

【資料7 感動詞の例】



【資料8 研究構想図】

7 研究の実際

(1) 検証方法

本研究では、以下の3つの子どもの姿が達成できたかどうかで本実践の有効性を明らかにしていく。

<p>①既存の知識を学習問題に活用できる子ども（活用性） 予想を立てる際に、既存の知識を活用できているかどうかを、子どもが書いたノートの記述内容や話し合いの中の発言内容を基に判断していく。</p>
<p>②観察・実験を通して、より妥当な知識を得ることができる子ども（妥当性） 考察をする際に、複数の結果を基に、本時で身に付けさせる主な知識が身に付いたかどうかを、子どもが書いたノートの記述内容を基に判断していく。</p>
<p>③得られた知識を日常生活や他の場面に適用できる子ども（可搬性） 単元の前後に、日常生活に関する問題を3問解き、子どもの考えが変容したかどうかを、子どもが書いたプリントの記述内容を基に判断していく。</p>

以上の3つの子どもの姿を3名の子どもとクラス全体で見取っていく。また、3つの子どもの姿だけではなく、単元末テストの結果を基に学習内容の定着度も調査していく。その際、単元末テストを行った1か月後に、同じテストを行い、時間経過に伴った学習内容の定着度も調査する。

児童A	児童B	児童C
理科の学習に意欲的に取り組んでいる。予想を立てる時は、直感的思考を働かせることが多い。考察をする時は、結果を基により妥当な考えを導き出すことが難しい。	理科の学習に意欲的に取り組んでいる。予想を立てる時は、既習内容や生活経験を基に論理的思考を働かせることもあるが、直感的思考を働かせることもある。考察をする時は、結果を基により妥当な考えを導き出すことがある。	理科の学習に意欲的に取り組んでいる。予想を立てる時は、既習内容や生活経験を基に論理的思考を働かせることが多い。考察をする時は、自他の結果を基により妥当な考えを導き出すことが多い。

(2) 実践事例Ⅰの授業の実際と考察

令和4年度 第4学年1組 単元名 「ものの温度と体積」(大日本図書)

単元計画

	学習活動
第1次	(ア) 瓶に10円玉を載せたり、シャボン玉の膜を張ったりして温めたり冷やしたりする。(体験活動) (イ) 萎んだ風船やスポーツ飲料パックなどを温める。(本実験)
第2次	(ア) 試験管に水を入れ、温めたり冷やしたりする。(体験活動) (イ) 丸底フラスコに水を入れ、口に細い管をはめ込み温める。(本実験)
第3次	(ア) 金属の棒を温めたり冷やしたりする動画を視聴する。(体験活動) (イ) 金属球を火で温める。(本実験)

① 第1次の指導の実際と考察

ねらい

シャボン玉の膜を張ったガラス瓶を温めたり冷やしたりすると、シャボン玉の膜が膨らんだりへこんだりすることを基に根拠のある予想を立て、萎んだ風船などをお湯で温めることを通して、空気を温めると空気の体積は全体的に大きくなることを捉えることができるようにする。

(ア) 瓶に10円玉を載せたり、シャボン玉の膜を張ったりして温めたり冷やしたりする
(体験活動)

子どもの中に「問い」を生じさせるために、何も入っていないガラス瓶の口に、10円玉を載せ、手で温めた【資料9】。その際、ガラス瓶の空気を密閉させるために、10円玉は十分に濡らしてから載せた。しばらく温め続けると、10円玉がカタカタと動き始め、子どもたちは「どうして動くの?」と不思議そうに観察していた。その後、「どうして10円玉が動いたのか?」について話し合いを行った。



【資料9 ガラス瓶 温める】

T : ガラス瓶を手で温めるとどうして10円玉は動いたのかな?
 C1 : 空気が熱くなって、空気が上に逃げようとしたからだと思う。
 C2 : うんうん。僕は、中の空気が膨らんだから10円玉が押されたんだと思う。
 C3 : そっかー。私は、瓶と10円玉の隙間に小さな泡があったから、その泡が割れて動いたんだと思う。
 T : なるほどね。よく考えられたね。じゃあ、どうして10円玉が動いたのか調べるために、10円玉の代わりにシャボン玉の膜を張って温めてみましょう。

【資料10 話し合いのやりとり】

ガラス瓶の口にシャボン玉の膜を張り、手で温めた。すると、シャボン玉の膜が膨らみ、子どもたちも「おー!!」と歓声を上げていた。そして、子どもたちから「冷やすとどうなるのかな?」と疑問が上がったため、氷水を使ってガラス瓶を冷やした。すると、シャボン玉の膜がへこみ、再度、子どもたちは「おー!!」と歓声を上げた。このことから、子どもたちは「空気は温めたり冷やしたりすると、空気の体積は変わる」という知識を得た。その後、手で温めるとシャボン玉の膜が膨らんだが、その時の瓶の中の空気はどうなったのかについて、【資料11】のようにイメージ図を描かせると、「空気が上に上がった説」と「空気が全体に膨らんだ説」の2つに意見が分かれた。自他の考えにズレが生じ、「空気をあたためるとどのように大きくなるのか?」という問いが生まれたため、この問いを次の問題に設定し、クラス全体で解決していくことにした。



【資料11 イメージ図】

(イ) 萎んだ風船や空のスポーツ飲料パックなどを温める (本実験)

「空気を温めると空気の体積はどのように大きくなるのだろうか」という問題に対して予想を立てさせた。56%の子どもが「上に上がる説」で44%の子どもが「全体に膨らむ説」であった。自分が考えた理由も書かせたが、根拠となる理由を書けた子どもは一人もいなかった。その後、少し萎んだ風船や空の



【資料12 風船やパックを温める様子】

スポーツ飲料パックをお湯で温める実験を行った。どちらの実験も、全体的に膨らむ様子を観察することができた【資料12】(前頁)。さらに、その後、試験管の口にシャボン玉の膜を張り、試験管の口を下向きにしたり、斜めにしたりするなど、様々な方向に向けて手で温めた。すると、試験管の口をどの方向に向けてもシャボン玉の膜は膨らむ様子を観察することができた【資料13】。



【資料13 試験管を温める】

この結果を踏まえた上で考察を行った。以下は3人の子どもが書いた考察の内容である。

児童A	児童B	児童C

【資料14 子どもの考察の内容】

クラス全体で見ると、59%の子どもが児童B、児童Cのように空気を温めると、空気は全体的に大きくなることを捉えることができていたが、残りの41%の子どもは、児童Aのように空気は全体的に体積膨張することが書けていなかった。

部分考察

着眼①「体験活動の位置づけ」として、ガラス瓶に10円玉を載せたりシャボン玉の膜を張ったりして温めたり冷やしたりしたが、本実験の予想を立てる際に、誰一人として体験活動のことを根拠に理由を書くことはできなかった。これは、空気の温度と体積変化の学習内容だけでは、体験活動で得た知識と本実験の問題とを結びつけるのが難しく、論理的思考より直感的思考や拡散的思考が優位に働いたためだと考える。また、本実験の問題が「どのように」というように空気の性質を具体的に捉える内容であったためでもあると考える。

しかし、本実験の問題が具体的な内容を捉える問題であったにもかかわらず、59%の子どもがより妥当な考えをもって考察を書くことができた。これは、1つだけの実験だけではなく、3つの実験を行ったため、多面的に捉えることができ、論理的思考や収束的思考が働いたためだと考える。

② 第2次の指導の実際と考察

ねらい

空気の温度と体積変化の関係を基に、水の温度と体積変化の関係や水を温めると水の体積は全体的に膨張することを捉えることができるようにする。

(ア) 試験管に水を入れ、温めたり冷やしたりする(体験活動)

体験活動をする前に、空気の性質と水の性質の共通点や差異点について話し合った。

共通点	差異点
<ul style="list-style-type: none"> ・無色で透明 ・温めたり冷やしたりすると温度が変わる ・形を変えることができる 	<ul style="list-style-type: none"> ・空気は目に見えず、水は目に見える ・空気は色が付かないが、水は色が付く ・空気は縮むが、水は縮まない ・空気は軽い、水は重たい

【資料15 空気と水の性質の共通点と差異点】

その後、試験管の口まで水をいっぱい入れ、ガスコンロを使って、試験管の中に入っている水を温めた。すると、試験管の中に入っている水の水面が上に上がった。次に、試験管の

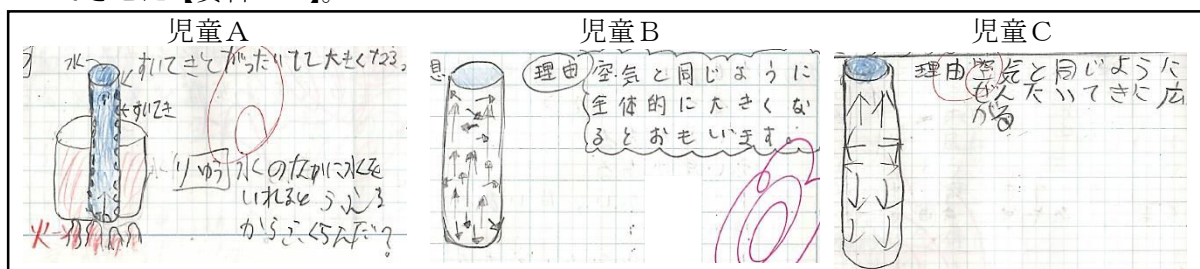
中に入っている水を氷水を使って冷やした。すると、試験管の中に入っている水の水面が下に下がった。これらの結果から、子どもたちは「水を温めると、水の体積は大きくなり、水を冷やすと、水の体積は小さくなる」という知識を得ることができた。その後、子どもたちから「空気は温めると空気の体積は全体的に大きくなったけど、水はどのようなかな？」という疑問が出た。そのため、この疑問を取り上げ、次の問題に設定した。



【資料16 水を温める様子】

(イ) フラスコに水を入れ、口に細い管をはめ込み温める（本実験）

「水を温めると水の体積はどのように大きくなるのだろうか」という問題に対して予想を立てさせた【資料17】。



【資料17 子どもの予想の内容】

クラス全体で見ると、47%の子どもが「上に大きくなる」と答え、50%の子どもが児童B、Cのように「全体的に大きくなる」と答えた。児童B、Cは、既習内容である空気の体積変化を根拠に予想を書いた。児童B、Cのように既習内容を活用して根拠のある予想を書くことができた児童の割合は、67%であり、児童Aのように、直感で答えた子どもの割合は33%であった。

その後、クラス全体で予想について以下のような話し合いを行った。

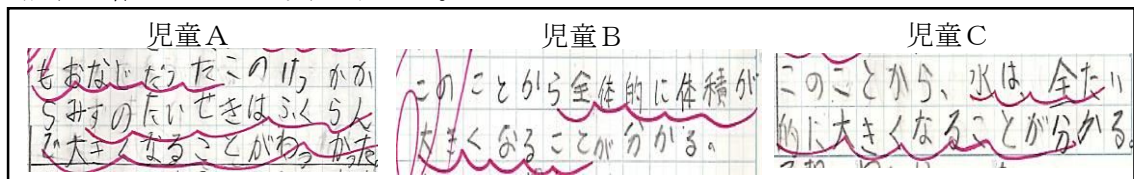
- T : 水を温めると、水の体積はどのように大きくなると思いますか。
 C1 : 空気は全体的に大きくなったから、水も同じで全体的に大きくなると思います。
 C2 : そうそう。僕も空気と同じようになると思うよ。
 T : どうして空気と同じように全体的に大きくなると思いますか。
 C : なんとなくです。
 C3 : 私は、水を温めたら泡が上に上がったから、水は上に大きくなると思います。
 C : お～っ！確かに！空気とは違って水は上に大きくなるかもしれないね。
 T : よく観察していましたね。他にはないですか。
 C4 : 私は、水は下に大きくなると思います。
 T : どうしてかな。
 C4 : 空気は軽いけど、水は空気より重たいから下に大きくなると思いました。
 C : う～ん。なるほどね。
 T : 空気と比べながらよく考えられましたね。では、実験で確かめてみましょう。

水を温めると水の体積が全体的に大きくなることを捉えるために、丸底フラスコの口までいっぱいに入れ、穴の開いているゴム栓を口に差し込み、その穴にストローをはめ、ガスコンロを使って水を温めた【資料19】。丸底フラスコの口を上向きにして温めると、水面が上に上がったことを確認でき



【資料19 水を温める様子】

た。フラスコの口を斜め上向きにして温めても、水面が上に上がったことを確認できた。フラスコの口を横向きにして温めても、水面が上がったことを確認することができた。これらの結果を踏まえた上で考察を行った。



【資料20 子どもの考察の内容】

クラス全体で見ると、62%の子どもが、児童A、B、Cのように実験結果から水を温めると水の体積は全体的に大きくなることを捉えることができていた。しかし、残りの38%の子どもは、水の体積は上に大きくなると捉えていた。

部分考察

第1次において予想を書かせたときは、誰一人として根拠のある予想を書くことが出来なかったが、第2次において、予想を書かせると67%の子どもが根拠のある予想を書くことができた。この要因は、空気と水の性質の比較AOを行い、共通点や差異点を確認することができ、空気と水の性質を関係づけることができたためだと考える。【資料18】の話し合いにおいて、子どもたちが論理的思考を働かせている姿からも空気と水の性質の比較AOは有効であったと考える。しかし、空気と水の性質の共通点や差異点に着目して予想を書いた子どもは1人だけであった。

実験後により妥当な考えをもって考察を書くことができた子どもは62%であった。この要因は、1つの実験器具で、フラスコの口を様々な方向に変えることができ、複数の結果を得た上で考察を書いたためだと考える。第1次では、複数の実験器具を用いて複数の結果を得たため、57%の子どもしかより妥当な考えをもつことができなかったと考える。このことから、できるかぎり実験器具の数を絞ったうえで複数の結果を得られるようにすることで、論理的思考や収束的思考を働かせることができると考える。

③ 第3次の指導の実際

ねらい

空気や水の温度と体積変化の関係を基に、金属の温度と体積変化の関係や金属を温めると金属の体積は全体的に膨張することを捉えることができるようにする。

(ア) 金属の棒を温めたり冷やしたりする動画を視聴する（体験活動）

体験活動を行う前に、空気や水や金属の性質の共通点や差異点について話し合った。

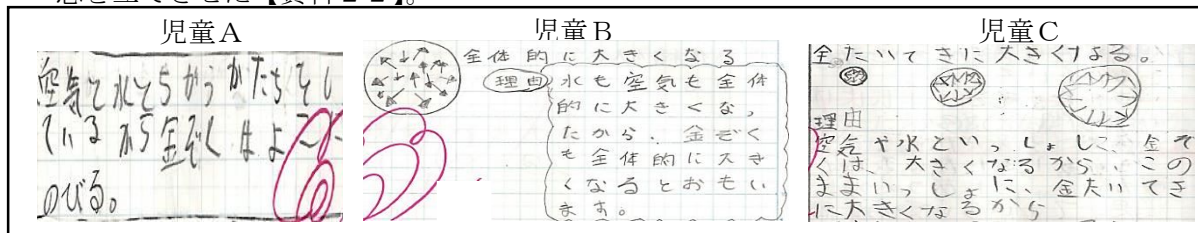
共通点	差異点
<ul style="list-style-type: none"> 温めたり冷やしたりすると温度が変わる 	<ul style="list-style-type: none"> 空気は見えないが、水と金属は見える 空気は縮むが、水と金属は縮まない 空気は軽いが、水と金属は空気より重い 空気や水は形が変わるが、金属は形が変わらない

【資料21 空気や水や金属の性質の共通点と差異点】

その後、金属を温めたり冷やしたりすると金属の体積は変化することを捉えられるような体験活動を行う予定であったが、金属の体積変化は空気や水と比べても変化率が小さいため、予備実験を重ねたが金属の体積変化をはっきりと捉えることが難しかった。そのため、nhk for school「金属が大きくなる？」の動画視聴を通して、「金属を温めると金属の体積は大きくなり、金属を冷やすと金属の体積は小さくなる」という知識を得た。

(イ) 金属球を火で温める (本実験)

「金属を温めると金属の体積はどのように大きくなるのだろうか」という問題に対して予想を立てさせた【資料22】。



【資料22 子どもの予想の内容】

クラス全体で見ると、91%の子どもが児童Bや児童Cのように「金属は全体的に大きくなる」と予想し、9%の子どもが児童Aのように「金属は横に大きくなる」と予想した。児童Bと児童Cは、空気や水の体積変化と関係づけながら根拠のある予想を書いた。児童Aは、体験活動の前に行った比較AOでの、空気や水と金属との差異点を基に根拠のある予想を書いた。児童A、B、Cのように既習内容や既有的知識を活用して根拠のある予想を書いた児童の割合は、80%であった。その後、自分が書いた予想を基に、全体で話し合いを行った。

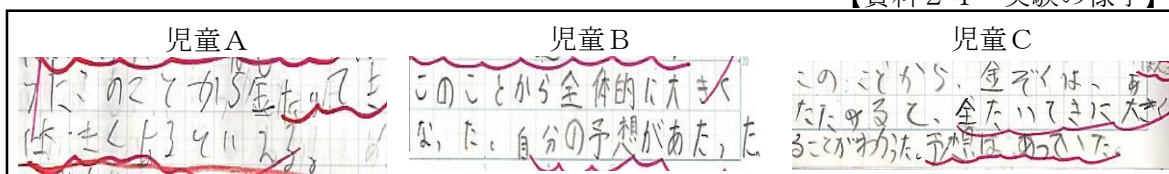
T : 金属を温めると、金属の体積はどのように大きくなると思いますか。
 C1 : 金属は全体的に大きくなると思います。
 T : どうしてそう思いましたか。
 C1 : 空気や水を温めると全体的に大きくなったから、金属も同じだと思いました。
 C2 : 僕も同じで、金属の体積の変わり方と、空気や水の体積の変わり方は同じだから、全体的に大きくなると思います。
 T : うんうん。よく考えましたね。児童Aはどう考えましたか。
 C3 : 私は、横に大きくなると思いました。
 T : どうしてですか。
 C3 : 空気や水は柔らかくて形が変わるけど、金属は硬いから形が変わりにくいから、空気や水と違うのかなと思いました。
 C4 : 確かに硬さや形は違うけど、なんで横に大きくなると思ったん？
 C3 : う～ん・・・。横かどうかは分からないけど、全体的には大きくならないと思った。
 C4 : ふ～ん、なるほどね。まあ確かにどうなるか分からないね。
 T : そうだね。じゃあ実験で確かめてみましょう。

【資料23 話し合いのやりとり】

金属球と金属の輪を準備し、ガスコンロで温める前に、金属球が輪に通ることを確認した。その後、金属球をガスコンロで温め、金属球を輪に通そうとしたが、金属球は通らなかったことを確認することができた【資料24】。この結果を基に考察を行った【資料25】。



【資料24 実験の様子】



【資料25 子どもの考察の内容】

クラス全体で見ると、65%の子どもが児童A、B、Cのように実験結果を基に「金属を温めると金属の体積は全体的に大きくなる」ということを捉えることができた。

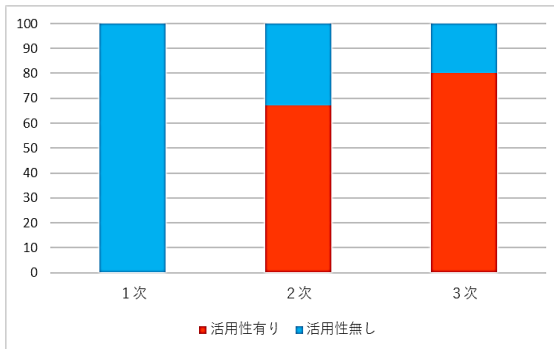
④実践事例Ⅰの全体考察

Ⅰ(ア) 既存の知識を学習問題に活用できる子ども (活用性)

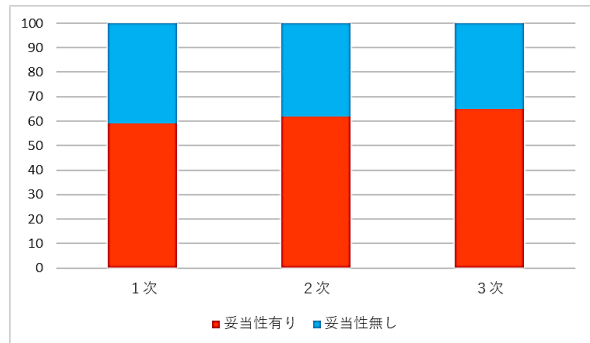
【資料26】のように、単元の学習を進めるごとに、活用できる子どもの割合は増加していった。この要因として、着眼②が有効であったと考える。子どもの予想内容を見ても、既習内容である空気や水の性質を活用して理由を書いた子どもが多くおり、比較A〇を行うことで、空気や水、金属の性質を関係づけることができたと考える。しかし、実践前は、着眼①の体験活動で得た知識を使って活用性のある子どもを目指したが、実現できなかった。そのため、手立ての改善が必要だと考える。

Ⅰ(イ) 観察・実験を通して、より妥当な知識を得ることができる子ども (妥当性)

【資料27】のように、単元の学習を進めるごとに、妥当性のある子どもの割合が増加した。この要因として、1つの実験結果だけではなく、複数の実験結果を得られるように実験を実施したことが有効であったと考える。また、複数の実験器具を使って複数の結果を得るよりも、実験器具の数を絞って複数の結果を得た方がより妥当な考えを得る子どもは増加することが分かった。そして、着眼②も有効であったと考える。活用性のある子どもの割合が高いほど妥当性のある子どもの割合も高いため、比較A〇を行い空気や水、金属の性質を関係づけながら予想を発想することで、【資料25】(前頁)の児童B、Cのように、自分の予想と実験結果を比べながら考察をするといった多面的な考えをもって知識を導き出すことができ、より妥当な考えをもって知識を得ることができたと考える。



【資料26】 活用性のある子どもの割合



【資料27】 妥当性のある子どもの割合

Ⅰ(ウ) 得られた知識を日常生活や他の場面に適用できる子ども (可搬性)

可搬性のある子どもを検証するために、単元の前後に【資料28】の適用問題を行った。その問題に対して、最適解と正確な理由を書くことができた子どもを可搬性のある子どもと判断した。その結果が【資料29】である。

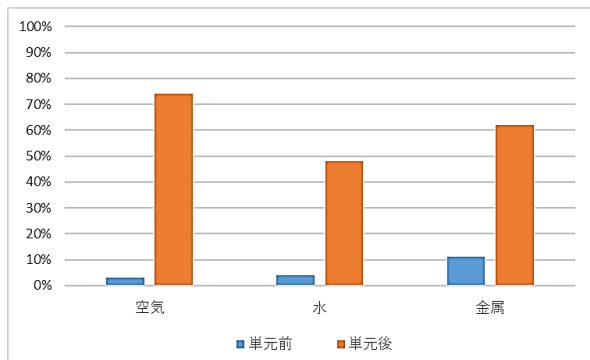
空気、水、金属の問題において、どの問題も実践前後を比べると可搬性のある子どもが増加した。要因として、着眼③が有効であったと考える。予想をクラス全体で話し合う場面で、教師が子どもの発言に対して「受容」「価値づけ」「why」「多様性」を意識して話し合いを進めることができたため、子どもは個と集団との関わりで自他の考えのズレを自覚し、子どもたちの中に問いを生じさせることができたり、問いの焦点化や共有化を図ることができたりした。また【資料23】(前頁)の話し合いにおいても、着眼②の比較A〇で獲得した既存の知識を基に話し合いを進めることができた。その結果、問題を解いている過程を言葉で抽象化することができ、可搬性のある子どもの育成につながったと考える。

下の図のような上下左右に口がある試験管にシャボン玉液をつけて温めるとどうなるでしょうか。それはなぜでしょうか。

水が満ぱいに入ったペットボトルを外から力を加えてへこませると水はあふれました。その後すぐに、キャップをするとペットボトルはへこんだままの状態でした。そのペットボトルをお湯で温めると、水がいっぱい入ったへこんだペットボトルはどうなるでしょうか。それはなぜでしょうか。

金属のふたがついているびんがありました。ふたが固くてあけられませんでした。どうすればよいと思いますか。それはなぜでしょうか。

【資料28】 空気、水、金属の適用問題



【資料29】 可搬性のある子どもの割合

(エ) 3つの子どもの姿(活用性、妥当性、可搬性)の相互性について
 各学習内容における活用性、妥当性、可搬性の相互性についてクロス集計を用いてまとめた。注目する点は、活用性と妥当性の相互性と、活用性と可搬性の相互性である。【資料31、32】のように、赤で囲まれているところに着目すると、予想を発想する際に、前時までの既習内容を活用すれば、考察の際に、妥当性のある考えをつくりだせる可能性があることが分かった。また、青で囲まれているところに着目すると、予想を発想する際に、比較A Oで獲得した既習の知識である空気や水などの性質を基に予想を発想すれば、可搬性を高めることができる可能性があることが分かった。

		妥当性					可搬性		
		あり	なし	合計			あり	なし	合計
活用性	説明A O	0.0%	0.0%	0.0%	活用性	説明A O	0.0%	0.0%	0.0%
	比較A O	0.0%	0.0%	0.0%		比較A O	0.0%	0.0%	0.0%
	生活経験	0.0%	0.0%	0.0%		生活経験	0.0%	0.0%	0.0%
	既習内容	0.0%	0.0%	0.0%		既習内容	0.0%	0.0%	0.0%
	直感	59.1%	40.9%	100.0%		直感	74.2%	25.8%	100.0%
合計		59.1%	40.9%	100.0%	合計		74.2%	25.8%	100.0%

【資料30 空気の体積変化における活用性、妥当性、可搬性の相互性の割合】

		妥当性					可搬性		
		あり	なし	合計			あり	なし	合計
活用性	説明A O	5.4%	6.7%	12.1%	活用性	説明A O	5.3%	6.8%	12.1%
	比較A O	3.4%	6.7%	10.1%		比較A O	10.1%	0.0%	10.1%
	生活経験	6.7%	4.7%	11.4%		生活経験	0.0%	11.4%	11.4%
	既習内容	26.7%	6.7%	33.3%		既習内容	23.1%	10.2%	33.3%
	直感	19.4%	13.8%	33.2%		直感	7.7%	25.5%	33.2%
合計		61.5%	38.5%	100.0%	合計		46.2%	53.8%	100.0%

【資料31 水の体積変化における活用性、妥当性、可搬性の相互性の割合】

		妥当性					可搬性		
		あり	なし	合計			あり	なし	合計
活用性	説明A O	5.3%	0.0%	5.3%	活用性	説明A O	5.3%	0.0%	5.3%
	比較A O	5.3%	0.0%	5.3%		比較A O	5.3%	0.0%	5.3%
	生活経験	0.0%	5.3%	5.3%		生活経験	5.3%	0.0%	5.3%
	既習内容	50.2%	14.0%	64.2%		既習内容	24.5%	39.6%	64.2%
	直感	4.2%	15.8%	20.0%		直感	7.5%	12.5%	20.0%
合計		64.9%	35.1%	100.0%	合計		47.9%	52.1%	100.0%

【資料32 金属の体積変化における活用性、妥当性、可搬性の相互性の割合】

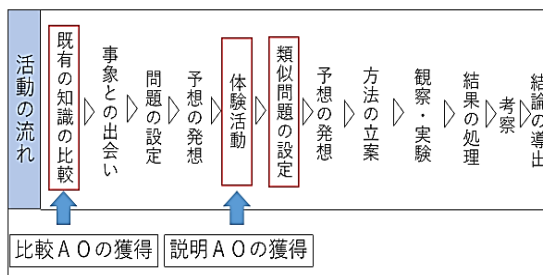
説明A O : 体験活動時に得た知識を活用
 生活経験 : 日常生活の経験を活用
 直感 : 根拠のない予想
 比較A O : 比較A Oで獲得した知識を活用
 既習内容 : 前時までの学習内容を活用

⑤実践事例Ⅱに向けた、各着眼の見直し

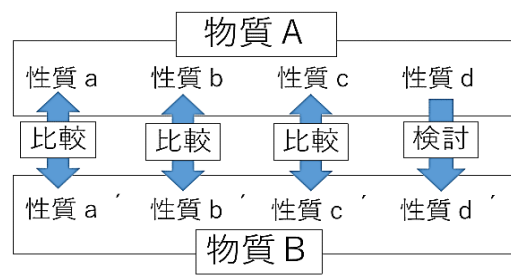
○【着眼①】クラス全体で共通の土台を築くための体験活動の位置づけ(説明A O)
 体験活動で得た知識を活用できるようにするために、【資料33】のように、1つの問題解決過程の中に体験活動を位置付ける。体験活動を行った後に、類似の問題を設定し、体験活動で得た知識や経験を基に、根拠のある予想を立てることができるようにしていく。

○【着眼②】既習の知識と比較しながら問題解決を図るための工夫(比較A O)
 比較A Oで獲得した既習の知識を活用できるようにするために、【資料33】のように、単元前に実際に各物質を持ったり押したりしながら各物質の性質を調べる。そして、表にまとめてそれぞれの性質を比較する【資料34】。その作成した表を基に、予想を立てたり考察をしたりして未知なる知識を検討していく。

○【着眼③】自他の考えを広げ深める話し合い活動の工夫
 実践事例Ⅰでは、子どもの感動詞を拾い上げることができなかったため、実践事例Ⅱでは子どもの反応や発言を拾い上げていく。また、可搬性のある子どもの割合を増加させるためにも、予想についてクラス全体で話し合う際に、比較A Oで作成した表に着目するような発問を行っていく。



【資料33 実践事例Ⅱの活動の流れ】



【資料34 比較A Oの活用方法】

(3) 実践事例Ⅱの授業の実際と考察

令和4年度 第4学年1組 単元名 「もののあたたまり方」(大日本図書)

単元計画

学習活動	
第1次	(ア) 金属、水、空気の性質について調べる。
第2次	(ア) 銅板に蝋を塗り、銅板の端を温める。(体験活動) (イ) 銅板に蝋を塗り、銅板の中央を温める。(本実験)
第3次	(ア) ビーカーに水を溜め、ビーカーの端を温める。(体験活動) (イ) ビーカーに水を溜め、ビーカーの中央を温める。(本実験)
第4次	(ア) 容器に線香の煙を溜め、電球で容器の端を温める。(体験活動) (イ) 容器に線香の煙を溜め、電球で容器の中央を温める。(本実験)

① 第1次の指導の実際

ねらい
袋に溜めた空気や水を圧したり、金属の棒を持ったりして、金属、水、空気の性質を体験しながら捉えることができるようにする。

(ア) 金属、水、空気の性質について調べる

水や空気の温度が上昇すると体積が膨張し、単位当たりの密度が小さくなるに伴って、単位当たりの重量が小さくなるため、あたたかい水や空気は上昇する。金属のあたたまり方は、1つ1つの金属分子が膨張して震えることで次々と熱が伝わっていく。この原理を踏まえて、「形」「硬さ」「重さ」「体積変化」の4観点を調べられる活動を設定した。

金属や水、空気の性質を比べながら問題解決を図ることができるようにするために、【資料35】のように、ビニール袋の中に空気や水を入れて持ったり、圧したりした。また、【資料36】のように、空気や水が入ったケースをもったり、そのケースとほぼ同じ大きさの金属の支柱をもったりした。その後、気付いたことを話し合い、【資料37】の表を作成した。



【資料35 ビニール袋を圧す様子】



【資料36 空気、水、金属を比べる様子】

	空気	水	金ぞく
形	変わる	変わる	変わらない
かたさ	フニフニ やわらかい	ブルブル たぶたぶ	かたい
重さ	軽い	少し重い	重い
体積	温→大 冷→小	温→少し大 冷→少し小	温→ちょっと大 冷→ちょっと小
あたたまり方			

【資料37 比較AOの表】

② 第2次の指導の実際と考察

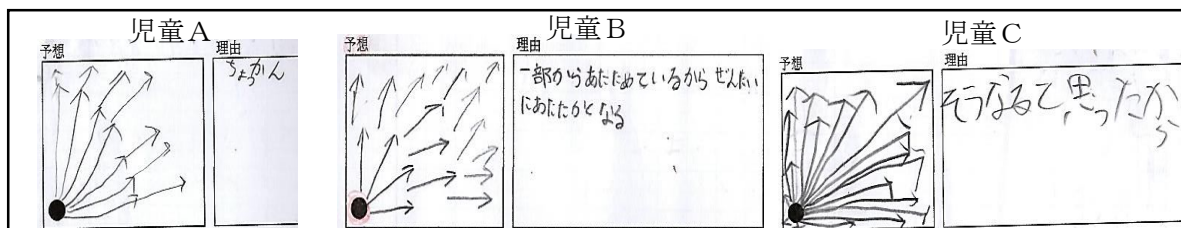
ねらい
銅板に蝋を塗り、銅板の端を温め、蝋が溶ける様子を通して、金属は火で熱したところから遠くの方へと温まることを捉えることができるようにする。

(ア) 銅板に蝋を塗り、銅板の端を温める(体験活動)

「楽しい理科 4年」(大日本図書) 171頁の挿絵【資料38】を見て、「フライパンはどのようにあたたまるのか」という問いを見いだした。そのため、「金属の端を熱すると金属はどのようにあたたまるのだろうか」という問題を設定し、予想を立てさせた【資料39】(次頁)。



【資料38 教科書の挿絵】



【資料39 子どもの予想の内容】

クラス全体で見ると、77%の子どもが児童A、B、Cのように金属の端を熱すると、遠くの方へ温まると予想をし、残りの23%の子どもは、熱したところからグルグル温まったり、蛇のようにくねくねと温まったりすると予想をした。その内、1人だけが「金属の体積は大きくなったから」と比較AOの表を基に理由を書いたが、それ以外は直感であった。その後、予想について話し合いを行った。

T : 金属の板の端を火で熱すると、金属はどのように温まるとおもいますか。
 C1 : 僕は、熱したところから遠くの方へと温まるとおもいます。
 T : なるほどね。どうしてそうおもうましたか。
 C1 : なんとなくです。
 C2 : 僕も遠くの方へと温まるとおもいます。
 T : 理由はありますか？
 C2 : 金属を温めると金属の体積は全体的に大きくなったから、今回も全体に向かって温まるとおもうました。
 C3 : あ〜っ！確かに！！
 T : いい反応ですね。C3さんはどうしてそんな反応をしたのですか。
 C3 : 確かに、前回金属を温めたら、全体に大きくなったから同じかもしれないと思ったからです。
 T : 自分たちが作った表をよく見ながら考えることができましたね。

【資料40 話し合いのやりとり】

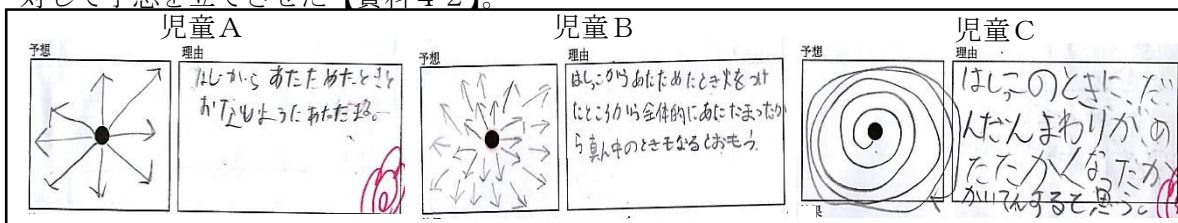
銅板に蝋を塗り、ガスコンロを使って、銅板の端を熱した【資料41】。すると、銅板の熱したところから蝋が溶け始め、遠くの方へと順に蝋が溶けていくのを確認することができた。結果をクラス全体で共有した後に、「金属の中央を火で熱すると、金属はどのように温まるのだろうか」という類似問題を設定した。



【資料41 銅板端を熱する】

(イ) 銅板に蝋を塗り、銅板の中央を温める (本実験)

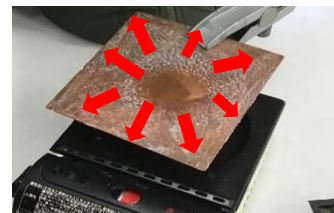
「金属の中央を火で熱すると、金属はどのようにあたたまるのだろうか」という類似問題に対して予想を立てさせた【資料42】。



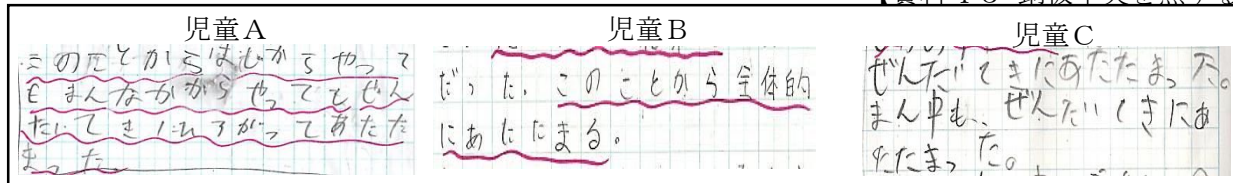
【資料42 子どもの予想の内容】

クラス全体で見ると、クラスの全ての子どもが、児童A、B、Cのように熱した中央の部分から遠くの方へと全体的に温まると予想をした。その内、81%の子どもが児童A、B、Cのように、体験活動で得た知識（説明AO）を活用して根拠のある予想を立てた。残りの19%の子どもは直感で答えていた。

銅板に蠟を塗り、ガスコンロを使って銅板の中央を熱した【資料43】。すると、銅板の中央部分から蠟が溶け始め、遠くの方へと向かって全体的に蠟が溶けたことを確認することができた。その後、結果をクラスで共有し、考察を行った【資料44】。



【資料43 銅板中央を熱する】



【資料44 子どもの考察の内容】

クラス全体で見ると、77%の子どもが、児童A、B、Cのように金属は熱したところから遠い方へと全体的に温まることを捉えることができた。

部分考察

体験活動時の予想では、1人以外の子どもは直感的思考を働かせていたが、本実験の際は、81%の子どもが論理的思考を働かせて根拠のある予想を立てた。これは、体験活動の学習問題と本実験の学習問題が類似しており、体験活動で得た知識を活用しやすかったためだと考える。

77%の子どもがより妥当な考えをもって考察することができた。この要因は、同一の実験器具を用いて、体験活動で得た知識である「金属の端を熱したときのあたたまり方」と本実験で得た「金属の中央を熱したときのあたたまり方」という複数の結果を基に多面的な考えをつくり出したためだと考える。

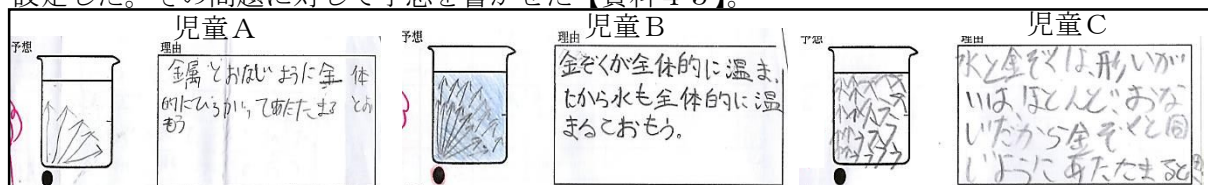
③ 第3次の指導の実際と考察

ねらい

金属と水の性質を基に根拠のある予想を立て、サーモインクのアたたまり方を通して、水は熱したところから温度が高くなり、温度が高くなった水は上へといき、全体に広がることを捉えることができるようにする。

(ア) ビーカーに水を溜め、ビーカーの端を温める（体験活動）

単元の始めに作成した比較AOの表【資料37】(17頁)に、金属のあたたまり方を追記し、その表を見ながら「水の端を熱すると、水はどのようにあたたまるのだろうか」という問題を設定した。その問題に対して予想を書かせた【資料45】。



【資料45 子どもの予想の内容】

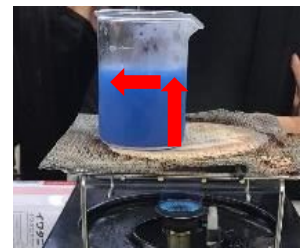
クラス全体で見ると、81%の子どもが、根拠のある予想を立てた。その内、88%の子どもが、児童A、Bのように金属のあたたまり方を基に予想を発想した。また、クラスの8%の子どもが、児童Cのように水と金属の性質の共通点に着目しながら予想を発想した。その後、クラス全体で予想について話し合いを行った。

- T : 水の端を火で熱すると、水はどのようにあたたまると思いますか。
- C1 : 私は、金属と同じように遠くの方へ順番にあたたまると思います。
- C2 : 私も同じで金属と同じように温まって全体的にあたたかくなると思います。
- T : なるほどね。他にはないですか。
- C3 : 私も同じようにあたたまると思います。理由は、水と金属は似ているからです。
- T : 例えばどんなことですか。
- C3 : あの表を見ると、水と金属は体積の変わり方や、重さが少し似ていると思いました。
- C : おー！！確かに！！水と金属はなんか似ているね！！

T : 作った表を見ながら予想ができたんですね。すごいですね!!
 C4 : でも、形やかたさは少し違うね。もしかして金属と違うあたたまり方をするかもね。
 T : ほんとうですね。よく気が付いたね。では、どのように温まるのか実験しましょう。

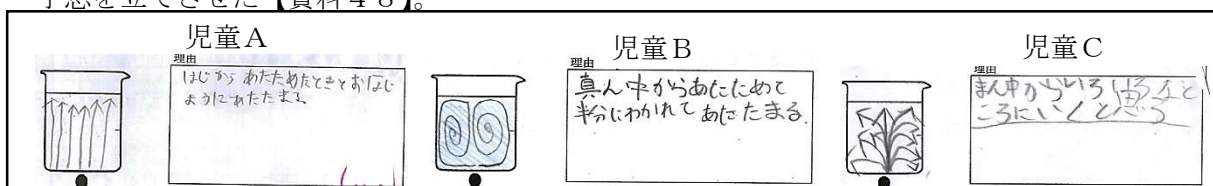
【資料46 話し合いのやりとり】

水250mlに対してサーモインクの原液を10ml入れ、よく混ぜて液体を準備した。100mlビーカーに液体80mlを入れてガスコンロを使って温めた。その際、ビーカーの端を温めるようにした【資料47】。すると、火で熱したところからサーモインクがピンク色に変わり、次に水面がピンク色に変わり、最後にじわじわと全体の色が変わった。



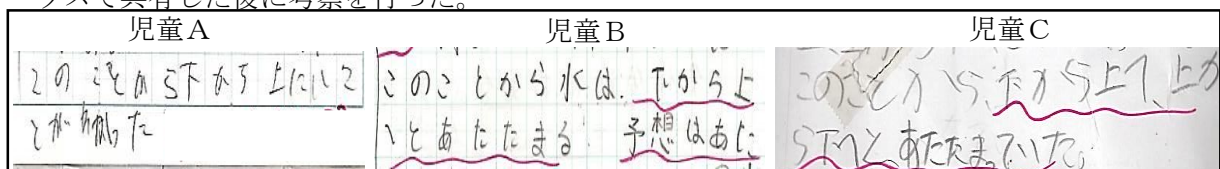
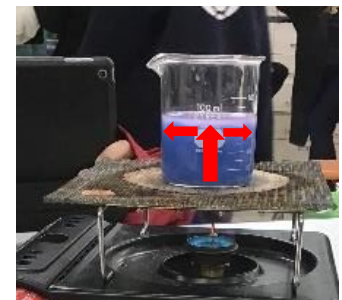
(イ) ビーカーに水を溜め、ビーカーの中央を温める (本実験) 【資料47 水 端を熱する】

「水の中央を熱すると、水はどのようにあたたまるのだろうか」という類似問題を設定し、予想を立てさせた【資料48】。



【資料48 子どもの予想の内容】

クラス全体で見ると、97%の子どもが、児童Aのように、体験活動で得た「水の端を熱した時のあたたまり方」を基に予想を発想した。残りの3%の子どもは、児童B、Cのように直感で予想を発想した。その後、体験活動と同じように、ビーカーにサーモインクを準備し、ビーカーの中央を熱するようにして実験を行った【資料49】。すると、火で熱した中央部分からピンク色に変わり、次に水面がピンク色に変わり、最後にはじわじわと全体がピンク色に変わった。結果をク【資料49 水 中央を熱する】ラスで共有した後に考察を行った。



【資料50 子どもの考察の内容】

クラス全体で見ると、83%の子どもが児童Cのように、「水は熱した下部からあたたまり、次に温かい水は上へと行き、その後、温度の高い水は水面から下に下がるように動いて全体が温まる」ことを捉えることができた。残りの17%の子どもは、児童A、Bのように、下から上へと温まることは捉えられているが、その後の全体のあたたまり方までは捉えられていなかった。

部分考察

【資料45】(前頁)のように、81%の子どもが根拠のある予想を発想できた。これは、比較AOにおいて、金属、水、空気の性質を比較することで、各性質を関係付けることができ論理的思考が働いたためだと考える。

【資料46】の話し合いにおいて、金属や水の性質に着目することができた。これは、C3の論理的思考を働かせた発言を取り上げ、作成した表に着目しながらクラス全体で共有できたためだと考える。

83%の子どもが【資料50】の児童Cのように考察ができた。これは、体験活動と本実験で得た複数の結果を基に考察ができたためだと考える。しかし、熱したところから水面に向かってサーモインクが動く様子は観察しやすかったが、その後の全体にピンク色が広がる様子が観察しにくかったため、直感的思考や拡散的思考が優位に働き17%の子どもが妥当な考えをもてなかった。

④ 第4次の指導の実際と考察

ねらい

金属や水の性質を基に根拠のある予想を発想し、線香の煙の動き方を通して、空気は熱したところから温度が高くなり、温度が高い空気は上へと動き、全体があたたまることができるようにする。

(ア) 容器に線香の煙を溜め、電球で容器の端を温める(体験活動)

単元が始まった際に作成した比較AOの表に、水のあたたまり方を追記した【資料5 1】。その表を見ながら、「空気はどのようにあたたまるのか」という問いを見いだすことができ、「空気の端を温めると、空気はどのようにあたたまるのだろうか」という問題を設定し、予想を立てさせた【資料5 2】。

	空気	水	金ぞく
形	変わる	変わる	変わらない
かたさ	プニプニ やわらかい	ブルブル たぶたぶ	かたい
重さ	軽い	少し重い	重い
体積	温→大 冷→小	温→少し大 冷→少し小	温→ちよつと大 冷→ちよつと小
あたたまり方		温かい水は上へと動き全体が温かくなる	温めたところから遠い方へ順に温まる

【資料5 1 比較AOの表】



【資料5 2 子どもの予想の内容】

クラス全体で見ると、児童A、Bのように「グルグルと回りながらあたたまる」や児童Cのように「温かい空気は上に動き、下にさがるようにあたたまる」や金属のあたたまり方のように「熱したところから遠いところに向かってあたたまる」など考えが分かれた。考えは様々であったが、クラスの97%の子どもは根拠のある予想を発想した。その内、32%の子どもが金属や水のあたたまり方といった既習内容を基に予想を発想し、残りの68%の子どもが児童A、B、Cのように、金属や水、空気の性質の共通点や差異点を基に予想を発想した。その後、予想について話し合いを行った。

- T : 空気の端を温めると、空気はどのようにあたたまると思いますか。
 C1 : 私は、空気は水と同じようなあたたまり方をしたいと思います。
 C2 : 私も同じで、水のように温かい空気が上に行き、そこから下に下がって全体が温まると思います。
 T : なるほどね。どうして水と同じようなあたたまり方になると思いましたか。
 C2 : 空気と水は、重さ以外は特徴が似ているからです。
 C1 : 私も、水と空気は似ているからあたたまり方も似ていると思いました。
 T : すごいですね！この表を見てよく考えられたね。でも、空気は、金属と同じあたたまり方ではないのかな？体積の変わり方は同じなんだけど・・・
 C3 : 違うと思います。だって、金属は重たいけど、空気は軽いし、金属は形が変わらないけど、空気は形が変わるから。いろいろと特徴が違うからあたたまり方も違うと思う。
 C : うん、うん！絶対に違うよ！
 T : なるほどね。では、実験で確かめてみましょう。

【資料5 3 話し合いのやりとり】

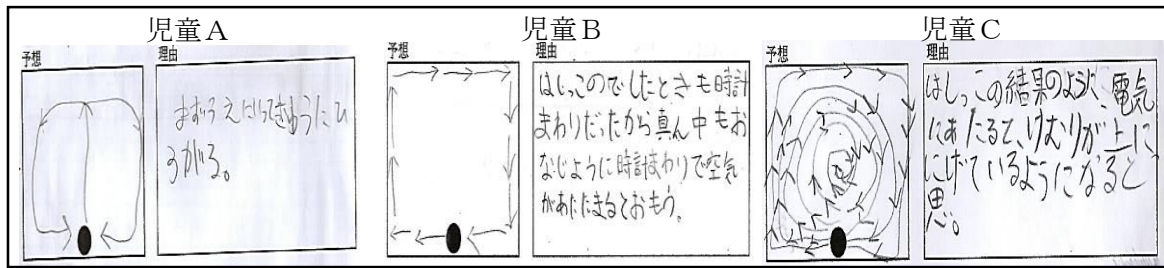
専用の容器の端に電球を置き、上から線香の煙を1分間入れた。1分後に電球の電源を入れ、線香の煙の動きを観察した【資料5 4】。すると、線香の煙は、電球の近くに行くと、フワッと上へ舞い上がり容器の中をグルグルと回転する様子を確認することができた。



【資料5 4 空気 端を温める】

(イ) 容器に線香の煙を溜め、電球で容器の中央を温める（本実験）

「空気の中央を温めると、空気はどのようにあたたまるのだろうか」という類似問題を設定し、予想を立てさせた【資料55】。

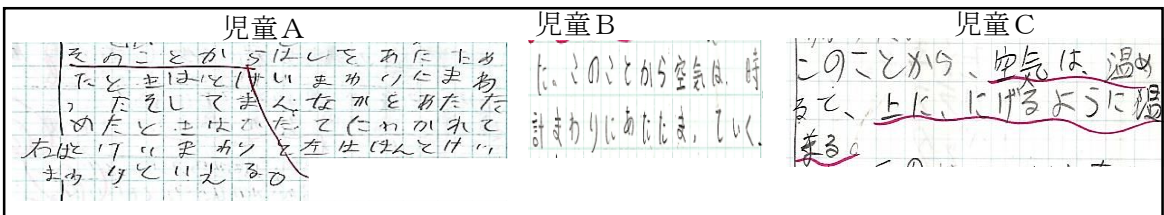


【資料55 子どもの予想の内容】

クラス全体で見ると、97%の子どもが児童B、Cのように、体験活動で得た「空気の端を温めたときのあたたまり方」を基に予想を発想した。その後、体験活動と同じように、容器の中に線香の煙を入れ、容器の中央に電球を置き、空気を温めた【資料56】。すると、端を温めた時と同じように、線香の煙が電球に近づくと、線香の煙が上へ動き、容器の中をグルグルと回転する様子を確認することができた。体験活動と本実験で得た結果を基に考察を行った【資料57】。



【資料56 空気 中央を温める】



【資料57 子どもの考察の内容】

クラス全体の76%の子どもが、児童Cのように、温かい空気は上へと動き全体が温まることを捉えることができた。しかし、残りの24%の子どもが、児童A、Bのように線香の煙がグルグルと回転することだけに着目し、線香が上に動いた要因まで考察することができなかった。

部分考察

【資料52】（前頁）の抽出児童の記述内容や【資料53】（前頁）の話し合いのやりとりにおいて、金属や水、空気の性質の共通点や差異点を基に予想を発想することができた。これは、第2次の話し合いにおいて、比較AOの表を活用した子どもを価値づけしたり、比較AOの表を見ながら問いを見いだしたり予想を発想させたりしたためだと考える。

【資料57】の児童Cのように、76%の子どもが、より妥当な考えをつくりだすことができた。要因は、端を温める場合と中央を温める場合の複数の結果を基に考察をすることができ論理的思考や収束的思考が働いたからだと考える。しかし、線香の煙が見えづらかったり、線香の煙が回転する事象のみに着目したりする子どもがいたため直感的思考や拡散的思考が働き24%の子どもがより妥当な考えをつくりだすことができなかった。

④実践事例Ⅱの全体考察

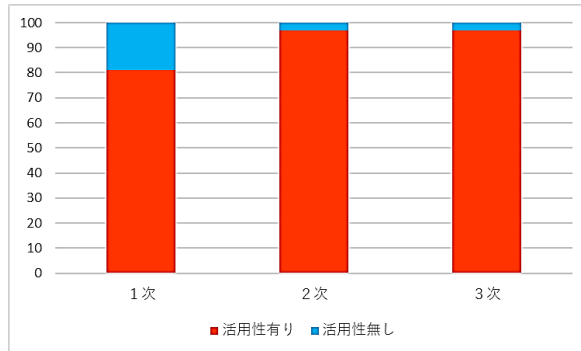
(ア) 既存の知識を学習問題に活用できる子ども（活用性）

活用性のある子どもの割合が増加した【資料58】（次頁）。これは、着眼①が有効だったと考える。体験活動を問題解決過程の中に位置づけ、体験活動の学習問題に類似の学習問題を本実験で設定することで、体験活動で得た知識（説明AO）を活用することができた。また、着眼②と着眼③も有効であったと考える。単元の初めに、実際に物に触れながら各物体

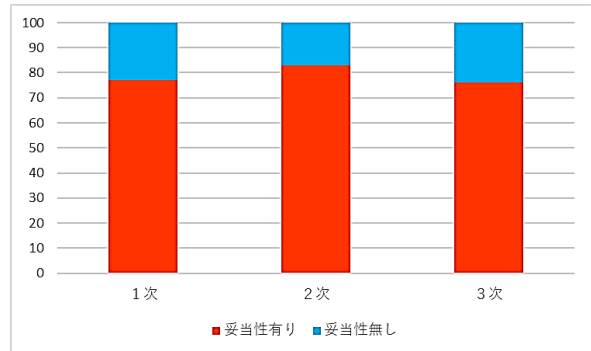
の性質を調べ、比較A Oの表を作成し、予想を発想するときや予想について話し合いをする際に、教師が比較A Oの表に着目するような発話を行ったため、各物質の性質を関係付けながら根拠のある予想を発想した子どもが多くいた。

(イ) 観察・実験を通して、より妥当な知識を得ることができる子ども (妥当性)

妥当性のある子どもの割合が実践事例Iよりも高く、70%以上であった【資料59】。これは、着眼①が有効だったと考える。体験活動で得た知識と本実験で得た結果を基に考察ができ、より妥当な考えをつくり出せた。また、着眼②も有効であったと考える。比較A Oで獲得した性質を活用して根拠のある予想を発想できたため、予想と結果を比べたり、予想を尊重しながら実験を実施できたりした。その結果、多面的な考えをもって考察をすることができたと考える。



【資料58 活用性のある子どもの割合】



【資料59 妥当性のある子どもの割合】

(ウ) 得られた知識を日常生活や他の場面に適用できる子ども (可搬性)

可搬性のある子どもを検証するために、単元の前後に【資料60】の適用問題を行った。その問題に対して、最適解と正確な理由を書きことができた子どもを可搬性のある子どもと判断した。その結果が【資料61】である。

金属、水、空気の問題において、どの問題も単元前の子どもと比べると、可搬性のある子どもの割合は増加した。この要因は、着眼③が有効であったと考える。予想について話し合う際に、教師が「受容」「復唱」「価値づけ」「What」「Why」「具体例」「多様性」を意識して発話や発問を行ったり、子どもの反応や発言を取り上げ子どもの考えの共有化を図ったりしたため、子どもが互いに言葉を用いて問題解決を図ろうとし、問題を解こうとする過程を言葉で抽象化することができたからだと考える。

下の金属はどのようにあたたまると思いますか。矢印で表しましょう。また、その理由も書きましょう。→

お風呂をわかした後にお風呂に入りました。お風呂の温度は次のうちどれだと思いますか。理由も書きましょう。→

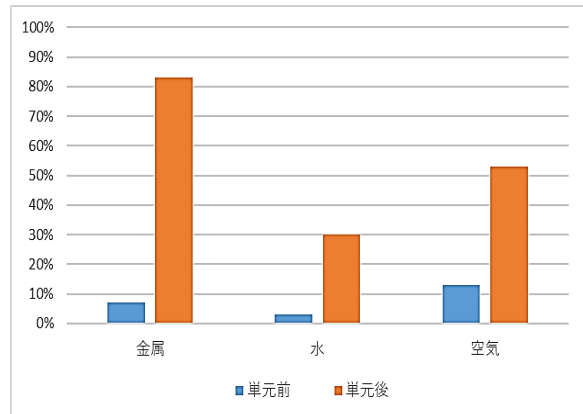
1: お湯全体があたたかい。 →

2: 上側があたかく、下側がつかたい。

3: 上側がつかたく、下側があたたかい。

熱気球は、火をつけると飛ぶことができ、火を消すと下に落ちます。どうして火をつけると飛ぶことができるのでしょうか。→

【資料60 金属、水、空気の適用問題】



【資料61 可搬性のある子どもの割合】

(エ) 3つの子どもの姿 (活用性、妥当性、可搬性) の相互性について

各学習内容における活用性、妥当性、可搬性の相互性についてクロス集計を用いてまとめた【資料62、63、64】(次頁)。実践事例Iにおいて、活用性のある子どもの割合が高いと、妥当性や可搬性のある子どもの割合も高い可能性があるとして述べたが実践事例IIでもその傾向が見られた。赤で印をしたところに着目すると、予想を発想する際に、前時までの既習内容を活用した多くの子どもは、考察の際に、妥当性のある考えをつくり出すことができた。

また、青で印をしたところに着目すると、予想を発想する際に、比較AOで獲得した空気や水、金属の性質の共通点や差異点を基に根拠のある予想を発想したほとんどの子どもが、適用問題を解くことができ、学習転移を起こすことができた。このことから、妥当性や可搬性を高めるためには、着眼②も有効であることが分かった。

		妥当性			可搬性			可搬性					
		あり	なし	合計	あり	なし	合計	あり	なし	合計			
活用性	直感+説明AO	59.1%	17.2%	76.3%	64.1%	12.2%	76.3%	妥当性	あり	64.2%	12.8%	77.0%	
	既習内容+説明AO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		なし	19.0%	4.0%	23.0%	
	比較AO+説明AO	4.5%	0.0%	4.5%	4.5%	0.0%	4.5%		合計	83.2%	16.8%	100.0%	
	生活経験+説明AO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%						
	直感+直感	13.3%	5.8%	19.1%	14.5%	4.6%	19.1%						
合計		77.0%	23.0%	100.0%	83.2%	16.8%	100.0%						

【資料6 2 金属のあたためり方における活用性、妥当性、可搬性の相互性の割合】

		妥当性			可搬性			可搬性					
		あり	なし	合計	あり	なし	合計	あり	なし	合計			
活用性	直感+説明AO	17.6%	4.1%	21.7%	0.0%	21.7%	21.7%	妥当性	あり	30.4%	52.4%	82.8%	
	既習内容+説明AO	48.9%	13.0%	61.9%	19.8%	42.1%	61.9%		なし	0.0%	17.2%	17.2%	
	比較AO+説明AO	8.7%	0.0%	8.7%	8.7%	0.0%	8.7%		合計	30.4%	69.6%	100.0%	
	生活経験+説明AO	4.3%	0.0%	4.3%	1.9%	2.5%	4.3%						
	直感+直感	3.3%	0.0%	3.3%	0.0%	3.3%	3.3%						
合計		82.8%	17.2%	100.0%	30.4%	69.6%	100.0%						

【資料6 3 水のあたためり方における活用性、妥当性、可搬性の相互性の割合】

		妥当性			可搬性			可搬性					
		あり	なし	合計	あり	なし	合計	あり	なし	合計			
活用性	直感+説明AO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	妥当性	あり	38.9%	37.4%	76.2%	
	既習内容+説明AO	32.2%	0.0%	32.2%	2.6%	29.6%	32.2%		なし	14.3%	9.5%	23.8%	
	比較AO+説明AO	41.1%	23.8%	64.9%	50.6%	14.3%	64.9%		合計	53.2%	46.9%	100.0%	
	生活経験+説明AO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%						
	直感+直感	2.9%	0.0%	2.9%	0.0%	2.9%	2.9%						
合計		76.2%	23.8%	100.0%	53.2%	46.9%	100.0%						

【資料6 4 空気のあたためり方における活用性、妥当性、可搬性の相互性の割合】

直感+説明AO : 体験活動時は直感+本実験時は体験活動で得た知識を活用
 既習内容+説明AO : 体験活動時は前時までの学習内容を活用+本実験時は体験活動で得た知識を活用
 比較AO+説明AO : 体験活動時は比較AOの表を活用+本実験時は体験活動で得た知識を活用
 生活経験+説明AO : 体験活動時は生活経験を活用+本実験時は体験活動で得た知識を活用
 直感+直感 : 体験活動時は根拠のない予想+本実験時も根拠のない予想

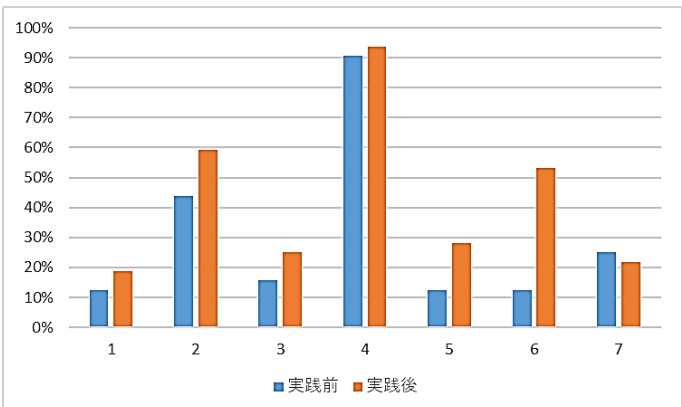
8 成果と課題

(1) 実践事例前後の子どもの意欲の変容

質問

理科の学習で楽しいと感じるときはどんなときですか？(いくつでも選んでよい)

- 1 : 問題を見つけるとき
- 2 : 予想を発想するとき
- 3 : 方法を考えるとき
- 4 : 観察・実験をするとき
- 5 : 結果をまとめるとき
- 6 : 結果を基に考察をするとき
- 7 : きまりを見つけるとき



【資料6 5 実践前後の子どもの意欲の変容】

本研究を通して、「2 : 予想を発想するとき」と「6 : 結果を基に考察をするとき」に楽しいと感じる子どもの割合が増加した【資料6 5】。このことから、本研究では、活用性や妥当性のある子どもの割合が増加しただけではなく、既得した知識を活用することや妥当な考えをつくり出すことを「楽しい」と感じる子どもを増加させることもできた。

(2) 実践前後の知識の定着度の変容

単元末テストを用いて知識の定着度を調査した。実践前の理科における各単元の単元末テストを基に、クラス平均点を計算した。実践前の平均点は83.2点であった。実践事例Ⅰ「ものの温度と体積」と実践事例Ⅱ「もののあたたまり方」の単元末テスト

実践前	平均点	83.2	
		直後	1か月後
実践事例Ⅰ	平均点	88.2	87.8
実践事例Ⅱ	平均点	89.4	88.9

【資料66 知識の定着度の変容】

の直後のクラス平均点と1か月後のクラス平均点の結果は【資料66】であった。このことから、本研究を通して、知識の定着度を高めることができ、時間が経過しても知識の定着度は高いままであった。これは、日下部教子氏、北川祥子氏、川上昭吾氏の「先行オーガナイザーを使った実証的研究」でも述べられていたように説明AOや比較AOといった先行オーガナイザーを活用することで多くの子どもに基礎的な知識を定着させることができたためだと考える。

(3) 成果

着眼①クラス全体で共通の土台を築くための体験活動の位置づけ（説明AO）

- ・体験活動で得た知識や経験を基に根拠のある予想を発想することができ、活用性のある子どもを育成することができた。
- ・体験活動で得た知識と本実験で得た結果を基に複数の結果を用いて考察をすることができ、妥当性のある子どもを育成することができた。

着眼②既存の知識を比較しながら問題解決を図るための工夫（比較AO）

- ・比較AOの表を活用することで既習内容と学習問題を関係付けることができ、既習内容や各物質の性質の共通点や差異点を基に根拠のある予想を発想することで、活用性のある子どもを育成することができた。
- ・既習内容を基に予想を発想すると、妥当性のある子どもの育成につながるということが分かった。
- ・各物質の性質の共通点や差異点を基に予想を発想すると、可搬性のある子どもの育成につながるということが分かった。

着眼③自他の考えを広げ深める話し合い活動の工夫

- ・教師が「受容」「価値づけ」「Why」「多様性」などを意識しながら発話や発問を行ったり、子どもの反応や発言を取り上げたりすることで、問題解決の過程を言葉で抽象化することができ、可搬性のある子どもの育成につながった。

(4) 課題

- ・日常生活に関する可搬性の問題の正答率が低かった。白水始氏は「認知科学と学習科学における知識の転移」において、学習を転移させるには、学習内容と日常生活をつなぐ学習素材が必要だと述べている。今後は、学習素材の開発や、学習素材を学習内にどのように位置づけるかを検討する必要がある。
- ・妥当性のある子どもをさらに育成するために、実験結果を共有する際、ICTを活用し、複数の結果を比較し、事象の共通点を見だし、クラス全体で共通理解を図る必要がある。

9 参考文献

- ・白水始（2012）「認知科学と学習科学における知識の転移」
- ・日下部、北川、川上（2019）「先行オーガナイザーを使った理科授業の実証的研究」
- ・中村光晴（2017）「楽しい思考過程を問う算数話し合いづくり」
- ・山本良和（2008）「新学力！習得・活用・探究を支える算数の授業づくり」
- ・野原、田代、森本（2019）「子どもにおける科学概念構築を促す対話的理科授業のデザインとその評価」
- ・文部科学省（2018）「小学校理科学習指導要領解説 理科編」
- ・谷川幸雄（2002）「発見学習の基礎理論と実際」
- ・川上昭吾（2018）「先行オーガナイザーを使った理科授業の実践報告」
- ・川上、渡邊（2010）「日本における有意味受容学習の展開」
- ・新谷しづ恵（2015）「中学生における物理の学習に対する先行オーガナイザーの効果」