自然の事物・現象を科学的に説明することができる児童の育成

教職実践応用領域　授業づくり履修モデル
澤田　真吾

Ⅰ　研究主題の設定

1　今日的な課題

今の子供たちは、スマートフォンや携帯型ゲーム機などの普及により、容易に他者と連絡を取ったり、多様な情報を入手したりすることができる。しかし、他者と直接的にコミュニケーションを図ったり、話の内容を的確に捉えたりすることができる子供は少ない。また、その子供たちが社会で活躍する頃には、厳しい挑戦の時代、予測が困難な時代を迎えている。このような、子供たちの現状や課題、これからの社会の状況を踏まえて、中央教育審議会「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（答申）」（2016）では、学校教育を通じて子供たちに育てたい姿の在り方の一つとして、「対話や議論を通じて、自分の考えを根拠とともに伝えるとともに、他者の考えを理解し、自分の考えを広げ深めたり、集団としての考えを発展させたり、他者への思いやりを持って多様な人々と協働したりしていくことができること」(1)と述べている。

つまり、小学校段階から、問題に対して自分なりの考えと根拠をもち、仲間と話し合うことで、よりよい考えを導き出すことが大切である。

2　小学校理科教育の課題

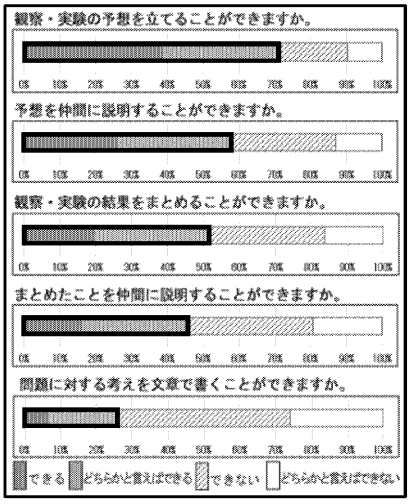
平成 29 年に公示された学習指導要領では、子供たちに目指す資質･能力を育むために３つの視点で、授業改善を進めることが求められている。具体的には、小学校学習指導要領解説理科編（2017）では、「主体的な学び」について、「観察、実験の結果を基に考察を行い、より妥当な考えをつくりだしているか」(2)などの視点、「対話的な学び」について、「問題の設定や検証計画の立案、観察、実験の結果の処理、考察の場面などでは、あらかじめ個人で考え、その後、意見交換したり、根拠を基にして議論したりして、自分の考えをより妥当なものにする学習となっているか」などの視点、「深い学び」については、「様々な知識がつながって、より科学的な概念を形成することに向かっているか」などの視点から、授業改善を図ることが求められている。

つまり、自然の事物・現象に対する自分の考えを仲間との話し合いの中で検討し、その考えを広げたり深めたりしていく態度や過程の重要性が指摘されている。

3　本学級の児童の実態

資料１は、平成 30 年５月に、本学級の４年生 32 人を対象にした質問紙による意識調査を実施した結果である。

【資料１　意識調査】



「観察・実験の予想を立てることができますか」の質問では、「できる」「どちらかと言えばできる」と答えた児童の割合は７割で、「予想を仲間に説明することができますか」の質問では、６割より少なくなっている。また、「観察・実験の結果をまとめることができますか」「まとめたことを仲間に説明することができますか」の質問は、「できる」「どちらかと言えばできる」と答えた児童は５割前後という結果になっている。「問題に対する答えを文章でまとめることができますか」の質問では、７割の児童が「どちらかと言えばできない」「できない」と答えている。

この本校の児童の実態は、平成 30 年度全国学力・学習状況調査で明らかになった「観察や実験の結果を整理して、その内容を記述すること」「実験の結果を基に妥当な考えに改善すること」(3)に課題が見られることに関連している。これらを解決するためには、観察・実験によって得られた結果から解釈したことを話し合う活動や、問題解決の様々な場面で自分の考えを表現したり、他者の考えを聞いて自分の考えを見直したりする活動を取り入れることが有効になると考える。

以上の１～３のような理由から、研究主題「自然の事物・現象を科学的に説明することができる児童の育成」を設定するに至った。なお、「科学的に説明すること」とは、生活経験や既習の内容、観察・実験によって導かれた性質や規則性を重視しながら説明することである。研究主題に迫るためには、自然の事物・現象についての問題を、実証性、再現性、客観性などといった条件を検討する手続きを重視しながら解決していく。

Ⅱ　先行研究

岡﨑（2011）は、児童の既有経験やイメージに基づいた授業を展開することにより、科学的な概念を構築していくことができることを目指して研究を行った。そのためには、単元の導入場面では、児童が学習する対象についての既有経験を思い出すこと、予想の場面では、それを活用して予想・仮説を立てたり、適切な既有経験を選択するための意識付けをしたりすること、また、描画法を他者と交流する際の道具として活用することで、より自然事象に対する理解や認識が進展したことを報告している。[4]

山田（2015）は、自然事象について説明する力を高めることを目指して、小学校第４学年を対象にした単元「空気や水の性質」において研究を行った。この単元では、空気の体積の増減変化は視覚的に捉えにくいため、言葉だけではそれを意識させることは難しい。そこで、山田は、イメージ図を活用し、児童が空気の様子のイメージをもつことができるようにした。そのことは、自分の考えを明確にしたり、整理したりすることにつながった。また、文章や言葉で記述することが苦手な児童にとっては、考えを表出しやすくなることも実証した。[5]

神山（2015）は、科学的な思考力や表現力を高めることを目指して、小学校第４学年を対象にした単元「水のすがたとゆくえ」において研究を行った。この単元は、湯気と水蒸気の区別が曖昧になる傾向がある。そこで、神山は、目に見えない水蒸気の様子をイメージ図に表したり、それを基にグループで意見を交流したり、集約化したりする活動を取り入れた。そのことは、児童の科学的な思考力や表現力を高めることに有効であることを明らかにした。[6]

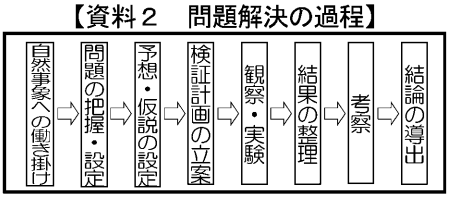
いずれの研究においても、イメージ図を活用した学習形態の継続と児童の発達段階を配慮した表現指導が課題として挙げられている。本研究では、小学校第４学年の理科学習において、既習の内容や生活経験を確認したり、自分の考えをイメージ図に表現したり、それを使った仲間との話し合い活動を取り入れたりすることで、自然の事物・現象を科学的に説明することができる児童の育成に努める。

Ⅲ　研究の理論

１　小学校理科学習における問題解決の過程

理科では、資料２のような問題解決の過程を通じた学習活動を重視している。

【資料２　問題解決の過程】



子供たちは目の前の自然事象から問題を見出し、それを解決するために既習の内容や生活経験を活用して、予想・仮説を設定し、それを検証するための観察・実験を計画・実行し、得られた結果を考察して、結論を導出する過程を通して、自然の事物・現象についての考えを更新していく。この中で、自分の考えをきちんともったり、互いの考えを尊重しながら話し合ったりすることで、既にもっている自然の事物・現象についての考えを、少しずつ科学的なものに変容させていくのである。

村山（2012）は、問題解決における「科学的な思考・表現」の育成においては、「観察、実験の前後の学習活動が重要となる」[7]と述べている。すなわち、予想・仮説の設定の場面、結果から考察し結論を導出する場面が大切である。また、自然事象への働き掛けの場面や予想・仮説の設定の場面では、村山（2015）は、自然の事物・現象に対しての「子どもの考えを顕在化させていくことが大切になる」「子どもが立てる予想や仮説には、生活経験や既習事項、既有の知識などを基にした根拠があることが大切である」[8]と述べている。

２　学習の導入場面

子供たちは、興味や関心、意欲をもって学習する対象と関わることにより、自ら問題を見出し、見通しをもって、問題解決の学習を進めることができる。そのために、村山（2015）は、自然事象への働き掛けの場面では、「学習の対象となる自然事象に関心や意欲を高めながら、子どもが目的意識や問題意識をもつことができるように意図的に活動を工夫することが大切」[9]であると述べている。また、日置（2016）は、自然事象との出会いでは、「①子どもに関連のある生活経験や既習事項を想起する。②考えるヒントとなる事象や素材を提示する。③共通体験の場を設定する、などがポイントとなる」[10]と述べている。

そこで、自然事象への働き掛けの場面では、性質や規則性に気付くことができる事象提示の工夫や活動の場を設定する。目的意識をもって自然事象と関わることは、疑問をもったり、既習の内容や生活経験を思い出したりすることができるようになる。

３　描画法

本学級の児童は、問題に対する自分の考えを文章で表現することが苦手な児童が多い。そこで、自分の考えを絵や図、言葉で表現する描画法を取り入れる。描画法とは、「子どもが自然対象に対して持っている心的世界を表現する」[11]ことである。加藤ら（2002）は、描画法の特徴として、「描かれたものを価値づけたり、考えをさらに深め拡げたりしながら、豊かな自然認識を創り上げること」[12]と述べている。また、森本（2017）は、描画は、「子どもが日常生活の中で、あるいはこれまでの学習により獲得してきた自然の事物・現象に関する概念とこれから獲得しようとする科学概念の橋渡しの役割を果たす」[13]と述べている。

そこで、予想・仮説の設定の場面や結論の導出の場面で描画法を取り入れる。自分の考えを顕在化することは、自然の事物・現象に対して考えていることや分からないこと、曖昧なことを自覚することができるようになる。

4　話し合い活動

理科の学習は、予想・仮説について考えたり説明したりする活動、観察・実験の結果を整理し考察する活動、科学的な言葉を使用して考えたり説明したりする活動などを充実させることにより、思考力、判断力、表現力等の育成を図ることが大切である。村山（2012）は、「子どもの思考活動や理解状態を外化させるためには、『言語活動』を設定することが効果的である」[14]と述べている。また、平成29年２月に名古屋市教育委員会から出された名古屋市の授業改善の重点「なかまと学びを深める授業づくり」である「なかまなビジョン」の学習過程の中で、自分の考えをきちんともって、仲間と対話する活動を取り入れることは、考えを広げたり深めたりすることにつながっていくと推奨されている。[15]

そこで、予想・仮説の設定の場面や結論の導出の場面で、話し合い活動を取り入れる。他者と話し合うことは、物事を理解するための手助けとなったり、自分の考えを整理したり見直したりすることができるようになる。

Ⅳ　研究の構想

1　研究の目的

理科における問題解決の過程の中で、自然事象への働き掛けの場面では、学習の対象となるものの本質に気付いたり、予想・仮説の設定、結論の導出の場面では、自分の考えをイメージ図に表現したり、それを使って仲間と話し合ったりすることで、自然の事物・現象を科学的に説明することができるようになることを検証する。

2　目指す児童像

自然の事物・現象についての考えをより科学的な考えに更新することができる児童

- 学習の対象となるものの本質に気付き、それについての疑問や問題意識をもつ児童
- 既習の内容や生活経験、観察・実験などの結果をイメージ図に表現することで、自分の考えを顕在化したり、整理したりする児童
- イメージ図を使って仲間と話し合うことで、自分の考えを広げたり深めたりする児童

3　検証方法

小学校第４学年の理科「とじこめた空気や水」「すがたをかえる水」の単元を通して、授業記録やイメージ図、意識調査の分析から行う。

4　研究の手立て

⑴　ものの本質に気付く事象提示（☆）

自然事象への働き掛けの場面では、学習の対象となるものの本質に気付くことができる事象提示や活動を行う。ものの本質に気付くとは、生活経験を振り返りながら、対象となるものの存在を実感することである。ものの本質に気付くことで、分かっていることや曖昧なことが明確になり、それについての疑問や問題意識をもつことができる。

⑵　イメージ図（◁）

予想・仮説の設定、結論の導出の場面では、自分の考えをイメージ図に表現する。イメージ図とは、学習の対象となるものが変化する様子を、既習の内容や生活経験、観察・実験などの結果を基に、絵や図に表したり、言葉を補足したりして考えをまとめたものである。イメージ図に表現することで、自分の考えを顕在化したり、整理したり、また、ものの性質を捉えたりすることができる。

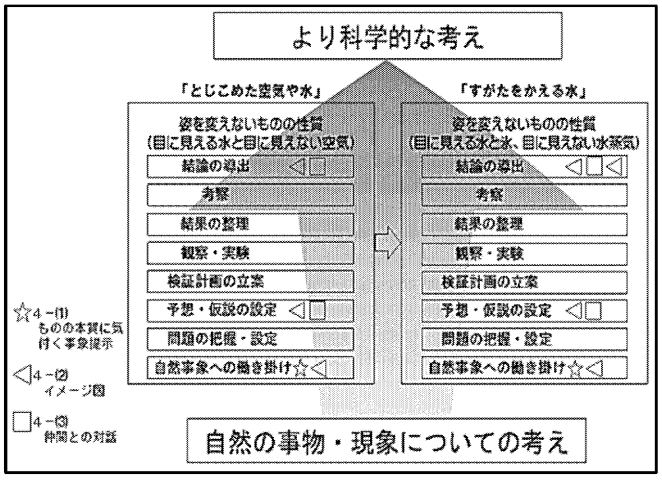
⑶　仲間との対話（□）

予想・仮説の設定、結論の導出の場面では、イメージ図を使った仲間との話し合い活動を取り入れる。イメージ図を使うことは、仲間により分かりやすく自分の考えを伝えることができる。仲間の考えを聞くことで、イメージ図に考えを付け加えたり、修正したりすることで、自然の事物・現象についての自分の考えを広げたり深めたりすることができる。

5　研究の方法

目指す児童像と単元、手立てを位置付けると資料３のようになる。本学級の児童は、自分の考えをイメージ図に表現する経験はあまりない。そこで、「とじこめた空気と水」では、まず、自分の考えをイメージ図に表現することに慣れさせていく。また、「すがたをかえる水」では、氷⇄水⇄水蒸気と状態が変化する様子を扱うため、水の性質を捉えることは難しいと考える。そこで、仲間との対話後、イメージ図を見つめ直す時間を設ける。こうすることで、自然の事物・現象についての考えをより科学的な考えに更新することができるようになると考える。

【資料３　科学的に説明することができる学習過程】



Ⅴ　検証実践１

１　調査対象　小学校第４学年　32 名

２　単元名　「とじこめた空気や水」

３　指導計画（９時間完了）

表中の☆◁□は、それぞれの手立てを表す。

時	学習活動
1	ビニル袋に意欲的に空気を集めたり、集めた空気の手ごたえを確かめたりする。（☆ ◁）
2	ペットボトルの中に入っている空気の体積の変化について考える。（☆ ◁）
3 4 5	閉じ込めた空気に力を加えると、筒の中の空気の体積が変わるのかについて調べ、自分の考えをイメージ図に表現する。（◁ □）
6	水鉄砲で遊んだり、空気や水の力でスポンジ玉を飛ばしたりする。（☆）
7 8	閉じ込めた水に力を加えると、筒の中の水の体積が変わるのかについて調べ、自分の考えをイメージ図に表現する。（◁ □）
9	空気や水の性質を利用して、おもちゃを作る。

４　実践の内容

＜第１時＞４－(1)　ものの本質に気付く事象提示

空気を集める空気遊びの活動を行った。児童は、傘袋を使って、ロケットのように飛ばしたり、剣に見立ててチャンバラごっこをしたりした。また、大きな袋を使って、バレーボー ルをしたり、集めた空気の上に乗ったり圧したりした。活動後、袋の中の空気の様子についてイメージ図に表現した。

＜第２時＞４－(1)　ものの本質に気付く事象提示

水（と空気）が入っているペットボトルを提示した。ペットボトルの中に入っている空気の体積に着目することができるように、水の量を減らしていくごとに、中に入っている空気の体積がどのように変化していくのかについて考える活動を行った。その後、資料４のように、空気を水に、水を砂に置き換えて、水（この場合は砂）が出ていくと同時に、空気（この場合は水）が入っていく様子を可視化した。

【資料４　空気を可視化する実験】



次に、万力を使ってペットボトルが潰れていく様子を観察した後、入っている空気の様子についてイメージ図に表現した。また、潰れたペットボトルと普通の状態のペットボトルを比較する活動を行った。

＜第３時＞４－(2)　イメージ図

「閉じ込めた空気に力を加えると、空気の体積は変わるのか」という学習問題を確かめるための実験条件を確認した後、予想・仮説を立てた。ほとんどの児童は、「空気の体積は変わる」「空気は圧し縮めることができる」と答えた。次に、筒に閉じ込めた空気を押し棒を使って圧しているときの、筒の中の空気の様子についてイメージ図に表現した。「始め」「弱い力で圧したとき」「強い力で圧したとき」「押し棒を放したとき」の４つの場面に表現した。

＜第４時＞４－(2)　イメージ図

筒と押し棒を使って実験を行った。押し棒を押すと、押し棒はすうっと下に沈み、ある程度のところまで、空気を圧すことができた。押し棒に力を加えていくと、空気は元に戻ろうとしてだんだん手ごたえが大きくなることや、空気の体積は小さくなることを捉えることができた。その後、実験結果を踏まえて、前時と同じように、筒の中の空気の様子についてイメージ図に表現した。

＜第５時＞４－(3)　仲間との対話

児童が表現したイメージ図を８つ取り上げ、話し合う活動を行った。「今までの活動や実験で明らかになった空気の性質が、イメージ図に表現されているのか」に着目して仲間と話し合った。空気は目に見えないが存在していること、力を加えると体積が小さくなることなど、空気の性質について一つ一つ仲間と確認した。

＜第６時＞４－(1)　ものの本質に気付く事象提示

筒と押し棒を使って、スポンジ玉を飛ばす空気鉄砲や水鉄砲で遊ぶ活動を行った。「空気も水も勢いよく穴から飛び出す」「目に見えるか、見えないかの違いだね」と話したり、「空気はスポンジ玉を飛ばせるけど、水は玉を飛ばせない」と気付いたりするなど、空気と水の性質の違いに目を向ける児童がいた。それらのことを全体に伝えると、児童は、「水も圧し縮めることができるのか」「水の体積は変わるのか」と言う疑問をもち始めた。

＜第７時＞４－(2)　イメージ図

「閉じ込めた水に力を加えると、水の体積は変わるのか」という学習問題を確かめるための実験条件を確認した後、予想・仮説を立てた。ほとんどの児童は、前時までに明らかになった空気の性質を基に、水の体積も同様に圧し縮めることができて、押し棒から手を放すと元の位置に戻ると答えた。その後、筒の中の水の様子についても、４つの場面でイメージ図に表現した。

＜第８時＞４－(2)　イメージ図、４－(3)　仲間との対話

筒と押し棒を使って実験を行った。筒の中に水を入れ押し棒を押すと、びくともしなかった。空気とは異なり、水は圧し縮めることができないことを捉

えることができた。そして、実験結果を踏まえて、イメージ図に表現した後、それを使って、自分の考えを仲間に説明する活動を行った。

＜第９時＞

児童は、空気鉄砲や水鉄砲で遊んだり、ペットボトル噴水や浮沈子を作ったりした。児童は学んだことを基に、スポンジ玉を遠くに飛ばしたり、水の勢いを強くしたり、仕組みを説明したりするなど、意欲的に活動に取り組んでいた。

５　手立ての有効性

⑴　ものの本質に気付く事象提示

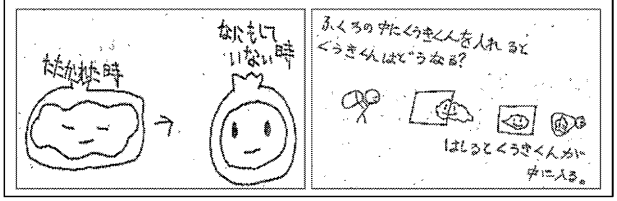
資料５は、空気遊びの活動後の児童の感想とイメージ図である。下線部やイメージ図から、弾性や重さに目を向けたり、ものとして表現したりすることで、空気の存在に気付くことができた。

【資料５　活動後の感想とイメージ図】

【感想】

・空気は触れないのに袋に入れたら感触がある。
・袋に入れた空気に乗ったらふわふわだった。
・空気は軽い。
・袋の中に空気はどれだけ入るのか。

【イメージ図】



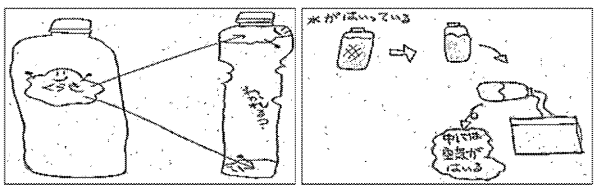
資料６は、ペットボトルの中に入っている空気について考える活動後の児童の感想とイメージ図である。下線部やイメージ図から、空気はどんな隙間にも入っていく性質を捉えることで、空気の存在を実感することができた。

【資料６　活動後の感想とイメージ図】

【感想】

・ペットボトルの中は空ではなく空気がある。
・水が出て行くと空気が入る。
・空気があるのになぜペットボトルは潰れるのか。
・ペットボトルの中の空気はどこに行ったのか。

【イメージ図】

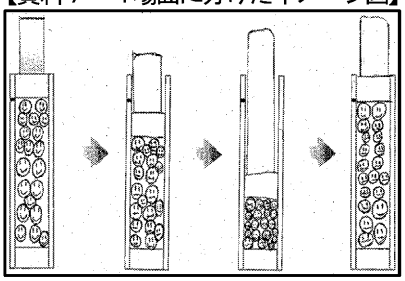


空気の存在に気付いたり実感したりすることは、資料５や６の波線部のように、空気の性質についての疑問や問題意識をもつことにつながった。

⑵　イメージ図

予想・仮説の設定の場面では、筒の中の空気の様子について、文章で書くことができない児童が３人いた。また、結論の導出の場面では、６人いた。しかし、いずれの児童も自分の考えをイメージ図に表現することはできた。イメージ図に表現することは、文章で書くことが苦手な児童の考えを顕在化する上で有効であった。また、資料７のように４つの場面に分けて、空気の様子の変化をイメージ図に表現したことは、児童が順を追って空気の様子について考えたり、話したりするなど、自分の考えを整理して考えることにつながった。

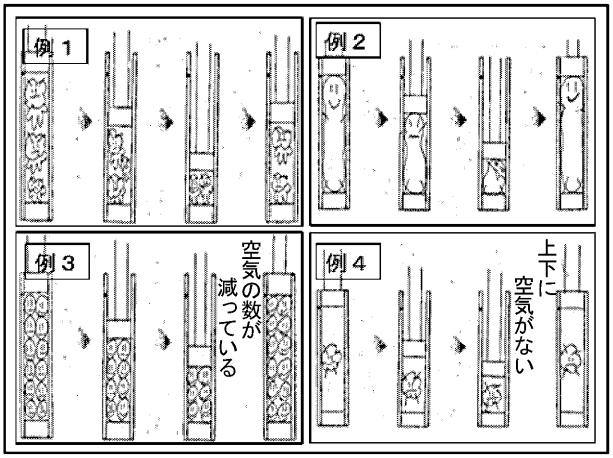
【資料７　４場面に分けたイメージ図】



⑶　仲間との対話

資料８は、第５時の仲間との話し合いのときに用いたイメージ図の一部である。資料９は、その話し合いのときの様子である。

【資料８　話し合いのときに使ったイメージ図（一部）】



【資料９　イメージ図を使った仲間との対話】

Ｃ１：例１は違うよね。
Ｃ２：放したら押し棒は元の位置に戻るよね。
Ｃ３：例４は、おかしいよね。
Ｃ４：どうして？
Ｃ３：上と下に空気があるはずだから。
Ｃ４：どうして、空気があるって分かるの？
Ｔ　：ペットボトルの実験を思い出してごらん。
Ｃ４：そうか。空気は何もないところにどんどん入っていったね。
Ｃ１：例３は、空気の数が減っているからおかしいと思う。
Ｃ２：消えたり現れたりするのは変だよね。
Ｃ３：空気は閉じ込められている状態だからね。

Ｃ３やＣ１の発言により、空気の存在や質について振り返ったり、確認したりすることができ、考えを広げたり深めたりすることができた。

6　結果の考察

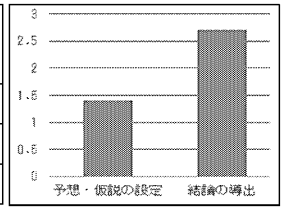
予想・仮説の設定と結論の導出の場面で、児童が表現したイメージ図や話し合いの様子から、以下の評価尺度に照らし合わせて、一つの項目が満足できると判断できるごとに、１ポイントを加算することにより一人一人を数値化した。

A	力を加えると、元に戻ろうとする性質
B	力を加えると、体積が小さくなる性質
C	どんな小さな隙間にも入っていく性質

資料 10 は、それぞれの場面において、各項目にどれだけの児童が、満足できる評価に達することができたのかを表にまとめたものと、全体の平均値をグラフに示したものである。結果から、多くの児童は空気の性質についての考えをより科学的な考えに更新することができた。

【資料 10　評価尺度に照らし合わせた表とグラフ】

	予想・仮説の設定	結論の導出
A	13 人	28 人
B	13 人	26 人
C	20 人	27 人



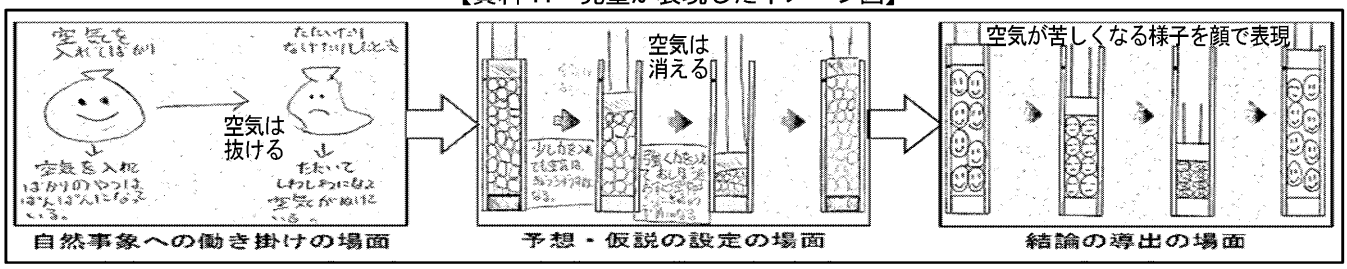
資料 11 から 13 は、自然事象への働き掛けや予想・仮説の設定、結論の導出の場面で児童が表現したイメージ図である。

資料 11 のようにイメージ図に表現した児童は、自然事象への働き掛けや予想・仮説の設定の場面では、閉じ込めた空気に力を加えると、「空気は抜けたり消えたりする」と考えていた。結論の導出の場面では、空気の量に目を向けることができ、力を加えても閉じ込めた空気の量は変わらないことをイメージ図に表現することができた。また、空気の体積が小さくなると、圧し縮められて空気が苦しくなる様子を粒子の顔で表現することができた。空気の体積と手ごたえや量を関係付けて考えることができた。

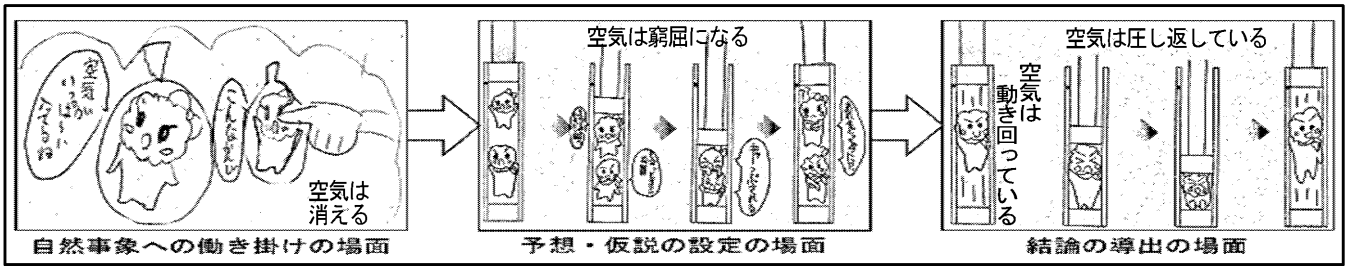
資料 12 のようにイメージ図に表現した児童は、自然事象への働き掛けの場面では、閉じ込めた空気に力を加えると、「空気は消える」と考えていた。予想・仮説の設定の場面では、「空気は窮屈になる」と考えた。結論の導出の場面では、空気が隙間に入る（自由に動き回っている）様子や圧し返している様子、体積によって手ごたえが変わる様子をイメージ図に表現することができた。空気の体積と手ごたえを関係付けて考えることができた。

資料 13 のようにイメージ図に表現した児童は、自然事象への働き掛けの場面では、空気をものとして捉え、存在に目を向けることができた。予想・仮説の設定や結論の導出の場面では、閉じ込めた空気に力を加えると体積は小さくなること、手を放すと元に戻ることを理解することができた。しかし、空気の体積の変化は捉えているものの、空気の圧し返す力については捉えることができていない。

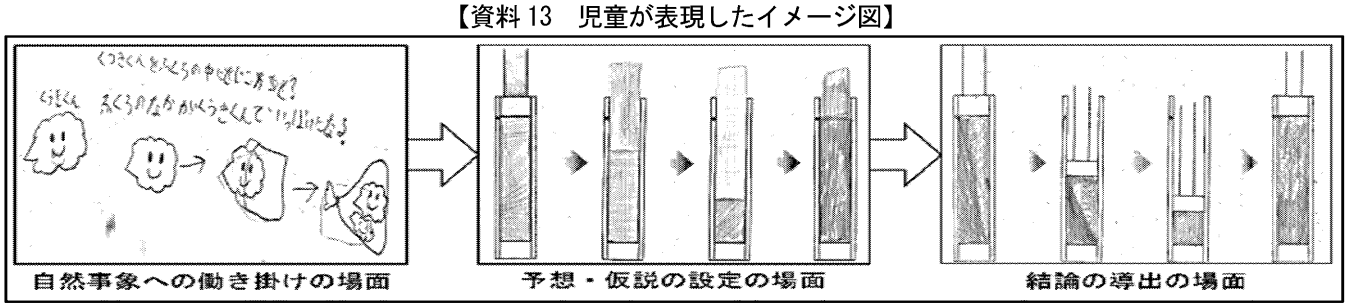
【資料 11　児童が表現したイメージ図】



【資料 12　児童が表現したイメージ図】



【資料 13　児童が表現したイメージ図】



Ⅵ　検証実践２

１　調査対象　小学校第４学年　32 名

２　単元名　「すがたをかえる水」

３　指導計画（10 時間完了）

表中の☆◁□は、それぞれの手立てを表す。

時	学習活動
1	温め続けているやかんの中の水の様子を想像して、イメージ図に表現する。（☆ ◁）
2	水を温め続けたときの変化の様子を調べる。
3 4	温度による水の変化を調べ、水が水蒸気に変化する様子を温度や体積と関係付けて、イメージ図に表現する。（◁ □ ◁）
5	様々な形や大きさの氷を溶かしたり、水を凍らせたりする。（☆ ◁）
6	水を冷やし続けたときの変化の様子を調べる。
7	水が氷に変化する様子を温度や体積と関係付けて、イメージ図に表現する。（◁ □ ◁）
8	水は、温度の違いによって、固体、液体、気体という状態に変化することを理解する。
9	水は、温度の違いによって、状態や体積が変化することをイメージ図に表現する。（◁ □）
10	水は水蒸気や氷に変化することや、水蒸気や氷になると体積が大きくなったり、様子が変化したりすることを理解する。（◁）

４　実践の内容

以下の「４　実践の内容」に出てくる下線部は、検証実践１の課題を受けて修正した内容、波線部は、計画通り検証実践１と異なる指導過程にした内容であることを表している。

＜第１時＞４－(1)　ものの本質に気付く事象提示

湯を沸かした経験がない児童や、水を入れるだけで、電気ケトルやポットが湯に作り替えていると考えている児童が多い。そこで、実際にやかんを使って水（氷）を温め続け、蓋がカタカタ動いている様子を見たり、沸騰している水の音を聞いたりする活動を行った。その時々で起こっている水の様子を想像して、イメージ図に表現した。

＜第２時＞

ビーカーを使って、水を温め続けたときの変化の様子を調べた。温度が高くなるにつれて、大きな泡や湯気が出てくる様子を捉えることができた。

＜第３時＞４－(2)　イメージ図

沸騰している水の中から出てくる泡の正体は水蒸気であること、湯気は小さな水の粒であることを実験で確認した。その後、水が水蒸気に変化する様子をイメージ図に表現した。

＜第４時＞４－(3)　仲間との対話、４－(2)　イメージ図

水が水蒸気に変化する様子をイメージ図を使って、仲間に説明する活動を行った。その際に、「分かりやすく」説明するように伝えた。分かりやすくとは、今までの活動や実験で明らかになった水の性質を基にして説明することである。水の性質とは、「沸騰すると体積は減る」「水は消滅しない」「100℃近くになると水蒸気に姿を変える」「水蒸気は目に見えないが存在はしている」などである。また、「分かりやすい」と思った仲間の考え（イメージ図）があったら、「チェック表」にその仲間の名前を書くようにした。その後、仲間の考えを基に、イメージ図に考えを付け加えたり、修正したりする時間を設けた。

＜第５時＞４－(1)　ものの本質に気付く事象提示

氷を作った経験がない児童や、水を入れるだけで、自動製氷機内蔵の冷蔵庫が氷に作り替えていると考えている児童が多い。また、氷は四角い形をしているものと思っている児童も多い。そこで、様々な形や大きさの氷を用意して、溶けていく様子を観察したり、氷を作ったりする活動を行った。氷は、ゆっくり溶けること、形を変えることができないことを確認することができた。

＜第６時＞

水を冷やし続けたときの変化の様子を調べた。「氷になると体積は大きくなること」「水は０℃になると凍り始めること」「水は外側から凍ること」などを捉えることができた。

＜第７時＞４－(2)　イメージ図、４－(3)　仲間との対話

検証実践１では、目に見えるものの様子をそのままイメージ図に表現する児童が多くいた。そこで、目に見えない内部で起こっている現象に目を向けさせたいと考えた。「イメージ図の一部分を拡大したらどのような様子なのか」「水の中で何が起こっているのか」などと投げ掛け、水が氷に変化する様子をイメージ図に表現させた。また、仲間に説明する活動では、分かったこと（温度による体積や状態変化）についての説明や質問だけでなく、水が氷に変化する様子について、小さな粒や塊、色で表現した理由や、そのキャラクターを取り入れた理由など、表現方法に対する説明や質問もするようにさせた。その後、仲間の考えを基に、イメージ図に考えを付け加えたり、修正したりする時間を設けた。

＜第８時＞

水を温めたり冷やしたりしたときに起こる変化について話し合った。その後、水は温度によって、固体（氷）・液体（水）・気体（水蒸気）に変化することを確認した。

＜第９時＞４－(2)　イメージ図、４－(3)　仲間との対話

水は温度の違いによって、状態や体積、様子が変化することをイメージ図に表現した後、仲間に説明する活動を行った。氷⇄水⇄水蒸気に変化する様子を「伝えるポイント」（温度・状態・体積・見え方・様子・形の変化）と関係付けて伝えるようにした。

＜第 10 時＞４－(2)　イメージ図

水は温度の違いによって、水蒸気や氷に変化する

ことや、水蒸気や氷になると体積が増えたり、様子が変化したりすることを、これまでに表現したイメージ図を基に、文章で表現した。

5　手立ての有効性

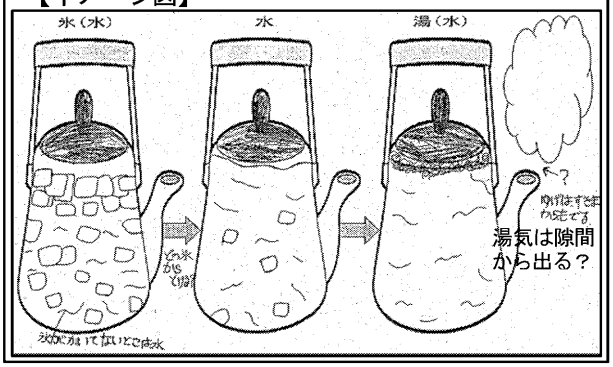
⑴　ものの本質に気付く事象提示

資料 14 は、温め続けている水の様子の観察後の児童の感想とイメージ図である。下線部から、水は氷や湯気､泡に変化することを捉えることで、姿を変える水の存在を実感することができた。

【資料 14　活動後の感想とイメージ図】

【感想】
- 水は湯気を出す。
- 氷が水に変化するところが見たい。
- どうして泡が出るのか知りたい。
- 水を温めるとなぜ変化するのか。
- 水の量が減ることはなぜか。
- やかんの口と湯気の間は、なぜ透明なのか。

【イメージ図】



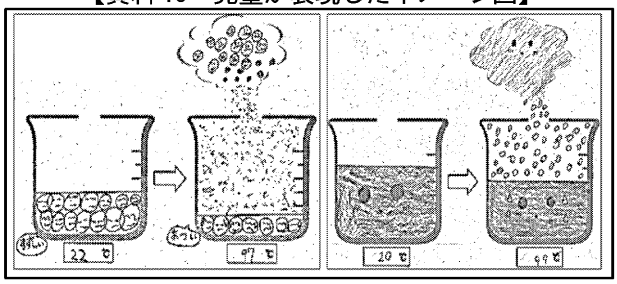
やかんの中の水の様子を想像させたことで、児童は今までの生活経験を振り返りながら、氷から水や水蒸気、湯気に変化する様子を考えることができた。また、水が状態変化する様子をイメージ図に表現したことで、児童は、分かっていることや曖昧なことを明確にすることができ、波線部のように、水の性質についての疑問や問題意識をもつことができた。

⑵　イメージ図

第３時に、沸騰をしている水から出ている泡について調べる実験を行った。この実験のねらいは、水を温めると、目に見えない水蒸気に変化すること、また、水蒸気を冷やすと、水（湯気）に変化することを理解することである。以上のことは、実験で確かめることはできるが、言葉だけの理解になってしまい、水は温度によって状態が変化するという水の性質と、水、水蒸気、湯気の関係を結び付けて考えることは難しい。そこで、これらの現象をイメージ図に表現した。資料 15 は、第４時、結論の導出の場面で児童が表現したイメージ図である。

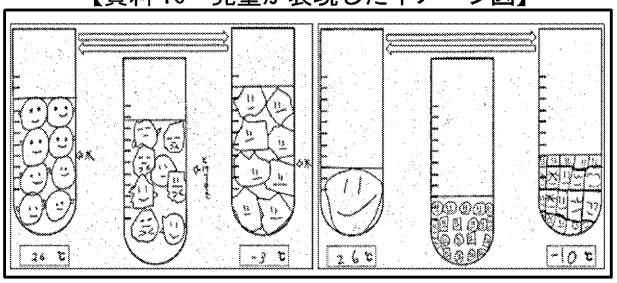
目に見える水や湯気は、粒子や色で大きく表現し、目に見えない水蒸気は、細かい粒や点で小さく表現している。水は、温められると目に見えない水蒸気に変化して、冷やされると目に見える湯気に変化すると言う現象をきちんと表現している。イメージ図に表現することで、水の性質と状態の変化を結び付けて考えることができた。

【資料 15　児童が表現したイメージ図】



また、第６時に、水を冷やしたときの様子の変化を調べる実験を行った。０℃になると凍り始めること、水が氷になると体積が大きくなることなど、言葉だけの理解になってしまい、水の性質と温度や体積と結び付けて考えることは難しい。そこで、これらの現象についてもイメージ図に表現する活動を取り入れた。資料 16 は、第７時、結論の導出の場面で児童が表現したイメージ図である。

【資料 16　児童が表現したイメージ図】

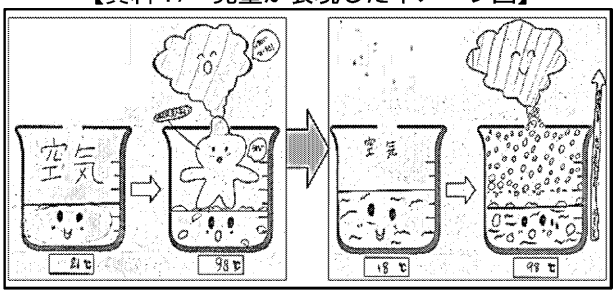


左のイメージ図は、粒子で表現された水が、氷になると角張ることで、きれいに並ぶことができなくなるので、その分だけ体積が大きくなることを示している。右のイメージ図は、塊で表現された水が、冷やされるにつれて分裂し粒子になり、それが氷になると四角くなる。四角くなった粒子の面と面が接した分だけ体積が大きくなることを示している。イメージ図に表現することで、水の性質と状態の変化と体積を結び付けて考えることができた。

⑶　仲間との対話

資料 17 は、水が水蒸気に変化する様子の仲間と対話する前後のイメージ図である。

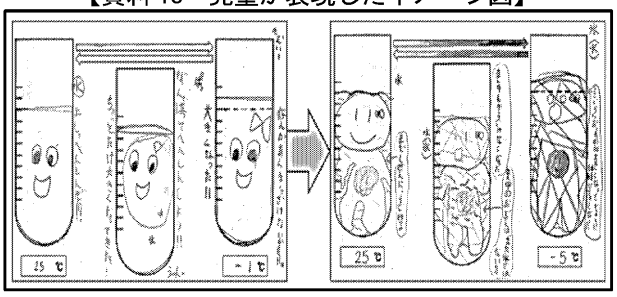
【資料 17　児童が表現したイメージ図】



対話前は、目に見えない水蒸気を擬人化して考えていたのが、対話後は、小さな丸で表現することで目に見えないことを表現した。

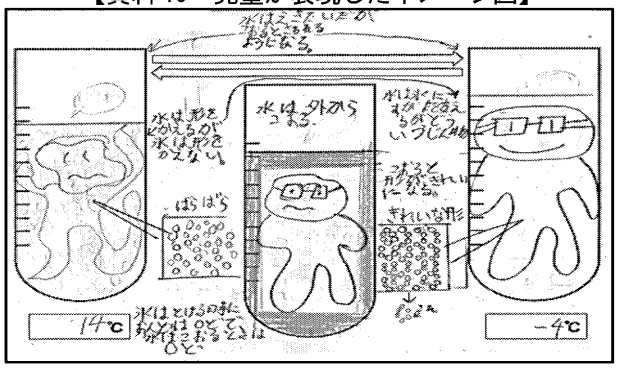
資料 18 と 19 は、水が氷に変化する様子の仲間と対話する前後のイメージ図である。

【資料 18　児童が表現したイメージ図】



資料 18 の児童は、対話前は、大きな塊として水を捉えていたのが、対話後は、擬人化して動いたり固まったりすることで、形が変化する様子を表現した。また、面と面が接した分だけ体積が大きくなると発言した児童の考えを取り入れ、上から線を付け加えた。

【資料 19　児童が表現したイメージ図】



資料 19 の児童は、対話前は、水を擬人化して表現していたのが、対話後、ある部分を拡大して、実は小さな粒が集まって人を形作っていると付け加えた。

このように、仲間との対話を通して、自分の考えをイメージ図に付け加えたり、修正したりすることで、水の性質についての考えを広げたり深めたりすることができるようになった。

6　結果の考察

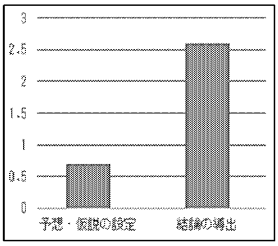
予想・仮説の設定と結論の導出の場面で、児童が表現したイメージ図や話し合いの様子から、以下の評価尺度に照らし合わせて、一つの項目が満足できると判断できるごとに、１ポイントを加算することにより一人一人を数値化した。

A	温度によって、水は水蒸気や氷に変化する。
B	水の体積は、氷や水蒸気に変化すると大きくなる。
C	水と水蒸気は形を変えることができるが、氷はできない。
D	水と氷は目に見えるが、水蒸気は見えない。

資料 20 は、それぞれの場面において、各項目にどれだけの児童が、満足できる評価に達することができたのかを表にまとめたものと、全体の平均値をグラフに示したものである。

【資料 20　評価尺度に照らし合わせた表とグラフ】

	予想･仮説の設定	結論の導出
A	9 人	28 人
B	4 人	10 人
C	10 人	21 人
D	1 人	27 人

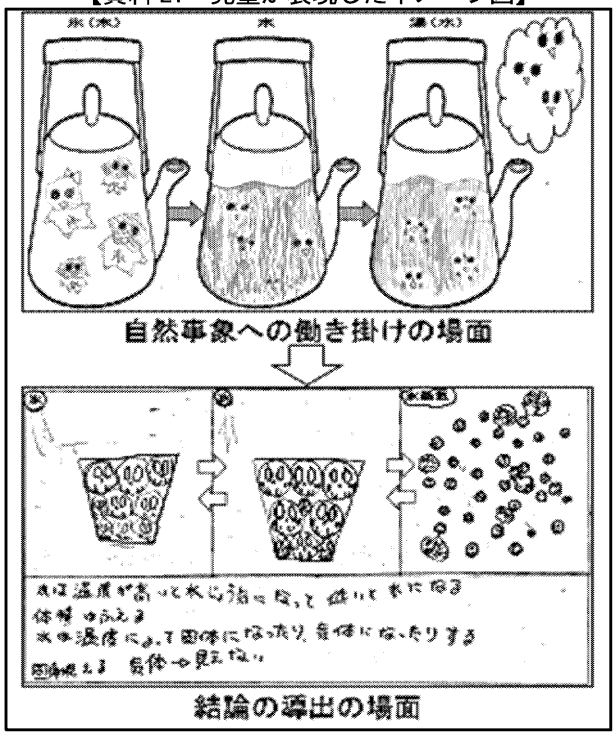


水の性質についての考えをより科学的な考えに更新することができたものの、Ｂの項目を達成できた児童は少なかった。これは、水が目に見えなくなった水蒸気に変化したことで、体積が大きくなったことを捉えにくくなったためである。

資料 21 と 22 は、自然事象への働き掛けと結論の導出の場面で児童が表現したイメージ図である。

資料 21 のようにイメージ図に表現した児童は、自然事象への働き掛けの場面では、水が状態変化する様子を見たままに表現していた。結論の導出の場面では、目に見えないところで起きている様子を考えたり、粒子で表現した方がより仲間に分かりやすく説明したりすることができるようになった。また、それを基にして、水の性質について文章でまとめることができた。

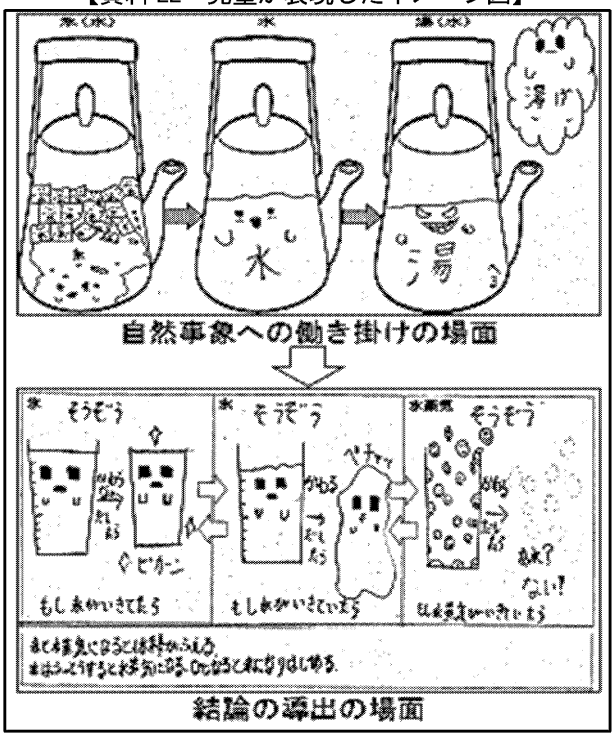
【資料 21　児童が表現したイメージ図】



資料 22 のようにイメージ図に表現した児童は、自然事象への働き掛けの場面では、「温度が高くなると水の体積が小さくなり、その分は消える」と考えていた。結論の導出の場面では、水が姿を変

えることに着目することで、水の体積が小さくなった分、水蒸気に変化して体積が大きくなることを捉えることができた。状態変化と体積や形の変化を関係付けて考えることができた。

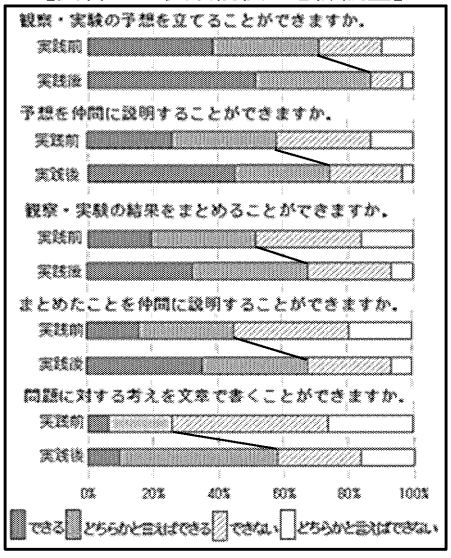
【資料 22　児童が表現したイメージ図】



Ⅶ　研究のまとめ

学習の対象となるものの本質に気付くことは、生活経験を振り返りながら、それについての疑問や問題意識をもつことができるようになった。イメージ図に表現することは、自分の考えを顕在化したり、整理したりすることができるとともに、今までの活動で明らかになったことをイメージ図に関連付けることで、ものの性質を捉えることができるようになった。イメージ図を使って仲間と対話することで、自分の考えを広げたり深めたりすることができるようになった。これらの活動によって、児童は自然の事物・現象についての考えをより科学的な考えに更新することができた。また、資料 23 に示した実践後の児童の意識調査からも、理科学習における意識の向上が見られた。

【資料 23　実践前後の意識調査】



しかしながら、「目に見えないところで起きている自然の事物・現象をどのように捉えさせて、どのようにイメージ図に表現させていくのか」「自分の考えがより科学的な考えに更新できたと児童自身に実感させていくためにはどうしたらよいのか」について課題が残った。また、4 年生の発達段階においては、自由にイメージ図に考えを表現することは、多種多様な考えに触れたり、自由な発想の下で自然の事物・現象について考えたりすることができる。このことは、より科学的なものに更新していこうとする意欲につながっていく。しかし、どの段階で、自由を制限するのかについては検討をしていく必要がある。今後も、これらの課題を踏まえて研究を継続していきたい。

【引用文献】
(1) 文部科学省『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（答申）』（中央教育審議会，2016，p13）
(2) 文部科学省『小学校学習指導要領解説理科編』（東洋館出版社，2017，p６）
(3) 文部科学省『平成 30 年度全国学力・学習状況調査報告書【小学校理科】』（国立教育政策研究所，2018）
(4) 岡﨑友香「児童の既有経験とイメージに基づいた理科授業の実践」（山形大学大学院『山形大学大学院教育実践研究科年報』2011）
(5) 山田博之「自然事象について分かりやすく説明する力を高める理科学習」（高崎市教育センター『高崎特別研修研究員論文』2015）
(6) 神山亮二「科学的な思考力・表現力を高めるための指導の工夫」（沖縄県立総合教育センター『後期長期研修員第 57 集研究収録』2015）
(7) 村山哲哉『事例でわかる！子どもの科学的な思考・表現』（図書文化社，2012，p10）
(8) 村山哲哉『小学校理科「問題解決」８つのステップ』（東洋館出版社，2015，p31）
(9) 同上（東洋館出版社，2015，p31）
(10) 日置光久・星野昌治・船尾聖『アクティブ・ラーニングによる理科の授業づくり』（大日本図書，2016，p21）
(11) 加藤圭司・中村佳嗣『これからの理科授業実践への提案』（東洋館出版，2002，p158）
(12) 加藤圭司・中村佳嗣『これからの理科授業実践への提案』（東洋館出版，2002，p158）
(13) 森本信也『理科授業をデザインする理論とその展開』（東洋館出版，2017，p86）
(14) 村山哲哉『事例でわかる！子どもの科学的な思考・表現』（図書文化社，2012，p16）
(15) 名古屋市教育委員会『なかまなビジョン』（名古屋市教育委員会，2017）

【参考文献】
1　白藪哲久『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，2017）
2　文部科学省『小学校学習指導要領解説理科編』（大日本図書，2008）
3　西川純『理科だからできる本当の「言語活動」』（東洋館出版，2015）
4　理科分科会「科学的な見方や考え方を深める理科の授業」（愛知教育大学附属中学校,2011）

付記
教職大学院における学びの場を与えてくださった、愛知県教育委員会、名古屋市教育委員会にお礼を申し上げると共に、校長先生をはじめとする勤務校職員の皆様には研修にご理解いただき、心より感謝申し上げます。また、研究を進めるに当たりご指導をいただいた大鹿聖公先生、伊藤幹夫先生をはじめ、教職大学院の先生方には、ご指導、ご助言をいただき、深く感謝申し上げます。ありがとうございました。
教職大学院での学びを愛知県、名古屋市の教育に還元できるように、今後も研究を進めて参ります。