

子どもの科学的な学びを創造する理科授業に関する研究（2）

—「水のすがたとゆくえ」の単元を事例として—

升岡 智子 三田 幸司 山崎 敬人 柴 一実
 風呂 和志

1. はじめに

理科が他教科と区別される基本的な条件として、小学校学習指導要領解説理科編では、実証性、再現性、客観性などをあげ「科学的」ということは、これらの条件と検討する手続きを重視するという側面からとらえることができる。」(文部科学省, 2008, p.10)¹⁾とある。また、平成19年に改正された学校教育法では、小学校における教育の目的を実現するための重点要素の一つとして、主体的に学習に取り組む態度を養うことをあげている。このことから、科学的な学びとは、図1のように子どもたちが、主体的に既有的概念や認識、価値観を、実証性・再現性・客観性といった理科特有の条件を検討した手続きを経て科学的な概念や認識、価値観へと変容させていく一連の流れのことを示すと考えることができる。

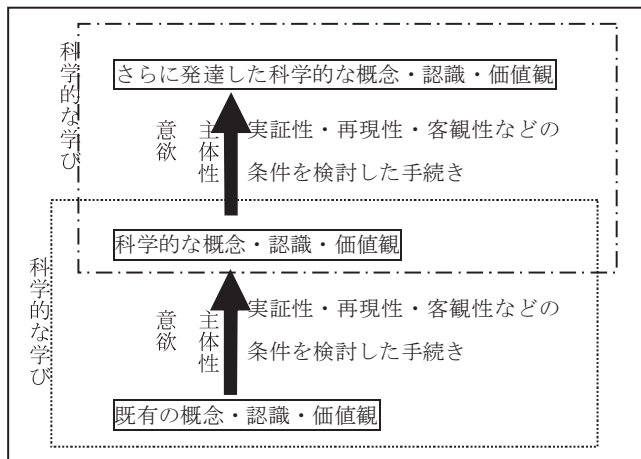


図1 科学的な学びの流れ

さらに、子どもが主体的に科学的な学びを連続して繰り返していくことで、子どもが自分自身で判断し、道筋を決めていく機会が必然的に多くなる。科学的な学びを繰り返す流れの中で、子どもは徐々に自分自身の力で科学的な学びを創り上げていく力を獲得してい

くようになるのである。

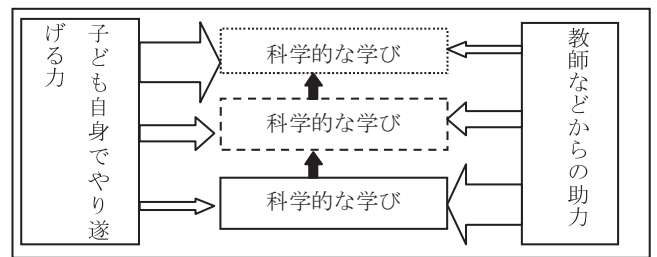


図2 科学的な学びの創造

ところで、子ども自ら「科学をつくりあげる」過程では、「既有的概念・認識・価値観を主体的にとらえなおしていこうとする。科学的に探究していく価値を子ども自らが感じる。科学的に思考しながら問題解決を進める。自らの学びのよさや成長を実感する。」²⁾(新潟大学教育人間科学部付属長岡校園, 2007, p.17)といった子どもの姿が認められるとの指摘がある。子どもが、今までの体験や知識をもとに自分で抱いた疑問を、解決していこうとする主体的な活動を行うことが、子ども自らが科学的な学びを創造していくという成長につながると考えられる。具体的に子どもが疑問をもつための方法としては、子どものもつイメージやストーリー性のある展開、価値のある事象の提示、見方や考え方の違い(八嶋, 2009, pp.19-23)³⁾などがある。学習課題づくりにおいては単位時間つみあげ型、単元見通し型(生田, 1986, pp.23-24)⁴⁾などがあげられる。また、PISA調査で示されている科学的リテラシーという用語には、「伝統的な学校理科での知識を単に再生するよりむしろさまざまな生活場面の状況に合わせて科学的知識を適用することに重点を置く」という考え方(経済協力開発機構編, 2010, p.167)⁵⁾がある。これらのことから、子どもたち自身が身の回りで起こっている自然事象に気づいて疑問を抱き、自分たちでその疑問を解決するために試行錯誤していく過程を

重視した学習展開も必要だと考えられる。

そこで本研究では、将来において、子どもたちが自分の力で科学的な学びを創造していくことを見据え、その途中段階である第4学年では「子どもが自分で見つけた疑問を、クラスの仲間と話し合いながら科学的な方法で解決していく」ことを目標とし、「水のすがたとゆくえ」の単元を事例として効果的な指導法を開発していくことを目的とする。

2. 研究方法と授業構想

(1) 研究の対象

本研究で対象としたのは、広島大学附属三原小学校第4学年の1クラス(37名)で実施された小学校第4学年の「水のすがたとゆくえ」の単元であった。この授業は、2011年11月～12月に行われ、単元計画は以下の通りであった。

第1次 水を熱するとどうなるか調べよう

(3時間)

第2次 水は冷やされるとどうなるか調べよう

(2時間)

第3次 水じょう気をつかまえよう

(3時間)

本稿では、このうちの第3次の授業を検討授業1・2とし、検討授業を中心に分析を行った。

また、(3)において述べる指導方略実践のため、単元導入時に子どもたちと単元計画をたてるものの、新たな疑問が出てきた場合は、内容の追加や順番の入れ替えが必要か、その都度検討していくことを、子どもたちと確認した。

(2) 子どもの見方・考え方の事前調査

質問紙による事前調査は7月に行い、本単元に入る前の学習時において関連のある内容が授業で扱われた場合に、ノート表記や挙手による調査を7月と9月に行った。

7月に行った質問紙調査の項目「冷たい水の入ったコップに水の粒がつくのは、水がしみだすからだ」について「しみだすと思う」「しみださないと思う」「分からない」「別の考え」の4つで回答を求めた。子どもたちの回答としては、コップからしみだすと考えた子どもは1名、しみださないと考えた子どもは17名、分からないと答えた子どもは16名であった。しみださないと考えた子どものうち空気中にある水蒸気が水滴となってついたと考えている子どもは4名であった。しみださないと考えているが、水蒸気については記述していない子どもの回答としては「コップにはひびは入っていないから」「それだったらコップの水はいず

れなくなるから」「冷たい水はあせをかいて粒がつく」「なんでなるかは分からないけど、しみだしはしないから」などといった記述がみられた。これらの回答結果によって、子どもたちが冷たい水の入ったコップに水滴がつく現象を見る場面があれば、疑問が全員の課題になるのではないかと考えた。

次に7月に行った単元「物の体積と力」の学習時には、空気を粒のように考える粒子概念を使った子どもの説明にほとんどの子どもが納得し、半数程度が自分の説明にも取り入れていた。そこで、実験結果を全体で交流する際に、子どもたちがなぜそのような現象が起きるのかについて考えることができる時間を確保し、粒子概念といったイメージ図も利用しながら説明をしあう活動があれば、理解を深める助けになると考えた。

また、9月に口頭調査を行った際に、「水蒸気」「湯気」という言葉は知っているが、はっきりと説明できる子どもは数名であった。検討授業実施までに子どもたちは、加熱蒸発による「水蒸気」と「湯気」について具体的な現象から説明ができるようになった。しかし、「水蒸気」については、加熱蒸発時に沸騰する水面と湯気との間に見られた現象を言葉に置き換えたものに留まった状態であり、湯気から自然蒸発をして水蒸気になることまでは意識が向かなかつた。子どもたちの言う「水蒸気」とは熱いものという考えが含まれており、第3次において空気中の「水蒸気」の存在を扱うことで、子どもたちが考えた「水蒸気」と科学的な概念・用語としての「水蒸気」が一致するようになるのではないかと考えた。

(3) 授業構想と指導方略

「水のすがたとゆくえ」の単元計画は(1)で示した通りであるがこの単元では、子どもが科学的な学びを創造することができるようにするための指導方略として下の2点を中心に具体化をはかり、実践を試みた。

- ① 子どもたちが見出した問題をもとに、子どもたちが主体となって課題を作る。
- ② 子どもたちによるグループ毎の実験計画立案及び実験実施と、実験結果をもとにした全体での交流を行う。

方略①については、子どもたち自身が「不思議だな」「どうなっているのかな」と単元に関わった疑問を持ち、「こうすれば確かめられそうだからやってみよう」と課題を作り上げれば、主体的な学びがより成立しやすいと考えた。そのために、理科の全学習時間を通し

単位時間毎の課題に直接関係がない可能性がある疑問も自由に出せる雰囲気づくりと疑問を出すための時間を確保するようにした。また、その時々子ども同士や教師との現象へのイメージや見方や考え方のずれ、現象に対する疑問を含んだ子どものつぶやきを、発言や観察、ノートなどから取り上げていくようにした。

方略②については、全員が意見を出し、計画に参加でき、考えを伝え合うことができる人数となるように4人グループを基本とした。自分の考えを反映し参加しているという意識があれば、実験の実証性を実感できると考えたからである。なお、グループ構成については、7月に行ったアンケート項目の結果を踏まえて、できるだけ異なる意見を持った子ども同士の組み合わせにすることで、グループ内でも自分とは違う考えに出会う可能性を高めるようにした。また男女比は、ほぼ同じようになるようにした。また、グループ毎の実験結果を他グループへ公表することにより、再現性、客観性を確認するとともに、条件が異なった場合の比較ができ考察への検討材料とすることができるようにした。さらに、実験結果をもとにして考察し、科学的な用語や概念に結びつけるには、図3にあるような方法を組み合わせる必要があると考えてきた。グループ毎に異なる実験方法でそれぞれの考えを確かめ、その考えをより多くの友だちが納得できる説明をする場を仕組むことで、子どもたちの主体的な話し合いの中で一般的な科学的な言葉や概念へと結びつけていくことができるようにした。

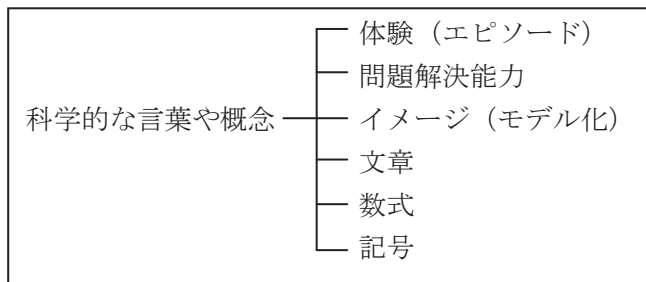


図3 科学的な言葉や概念の理解を構成する要素 (森本, 2009, p.17)⁶⁾

3. 授業実践の概要

(1) 検討授業 1

①課題づくり

第2次最終時に「水を冷やしたらどのように固まるか」という実験を行った際に、全員の子どもがビーカーの周りに氷のようなものができたのに気づいていた。実験後の交流で、自分たちがその時間に設定していた学習課題を解決したあと、その学習課題とは別に気づいたことや調べてみたいことがあるか発言を促すと、

一人の子どもが「(実験を始めてから) 5分くらいしたら雪みたいなものがビーカーの周りについて」と発言し始めた。それを聞いた別の子どもたちが「氷みたいに見えた」、「最初はつめで引っ搔くとすぐに融けたけど、次にするとなかなか融けなかった」、「温めたら融けて、水みたいに透明だったから水だと思う」と言い始めた。子どもたちが自由に発言を続けていく中で、「店でアイスを入れているところと似たような感じだと思う」という発言から、給食に出てくる冷凍みかんやぶどうゼリーの周りにつく氷、冷凍庫内や車の窓、家のガラス、草につく霜などの日常的な体験をもとにした発言が相次いだ。ビーカーの周りについて雪のようなものが、どこからきたのかということに関しては、途中まではビーカーの中からはしみださないだろうという意見が多かったが、しみださないということをはっきりと友だちに説明できる具体的な事例がなかった。逆に、「冷凍みかんはみかんから出たのだと思う」という、子どもにとって物質の中から雪のようなものの素となるものがでてくるイメージを抱きやすい説明をした子どもの発言があったことで、考えが変わる子どもが出始めた。子どもたちは、話し合いだけでは意見がまとまらなると判断した段階で、実験を行う必要があると考えた。そこで第3次の最初に調べる課題は、「ビーカーの周りにつく白い雪みたいなものは、どこからどのようにできるか実験をしてたしかめよう」というものになった。

②実験計画立案・実験及び全体交流

実験計画は、グループごとに話し合いながら立てていくようにした。実験は、そのグループの子どもたち

表1 子どもたちの実験方法一覧

グループ	どこから	実験方法
1	中(しみだし)	氷の入った塩水をいれて、できた氷をなめる。
2	中(しみだし)	氷の入った塩水を入れたビーカーにポリ袋をかけて、ポリ袋とビーカーの間に氷ができるかを調べる。
3	中(しみだし)	色水をつかって氷に色がつかかを調べる。
4	中(上から)	ラップをかける。
5	中(しみだし)	氷の入った塩水を入れて、できた氷をなめる。
6	空気中	氷と塩水が入ったビーカーを2つ用意し、一方をラップでぐるんで比較する。
7	空気中と中(しみだし)の両方	温泉の素を使って色がしみだすか調べる。
8	空気中	水に色をつけて、ビーカーの周りに色がついていなければ空気中からでている。
9	空気中	いろいろな所にビーカーをもって行って同じ実験をする。湿度計を持って行き、いろいろな場所で測る。

の考えを確かめるために行うことにしたため、複数の実験を計画しているグループもあった。

ピーカーの中からピーカーの周りについての雪のようなものがしみだすと考えているグループは、色や味でたしかめる方法と、ポリ袋を使って水を通さない方法を考えていた。ピーカーの上から出てくると考えたグループもあった。実験でできたものをなめることが必要だと考えているグループには、注意事項として通常のピーカーではできないことと、その実験の際には洗浄したコップを使用することを伝え、安全に配慮できるようにした。また、空気中からでてきた物だと考えたグループは、ラップでくるむグループ、色水を使って反証実験を行うグループ、どんな場所でも氷と塩水を入れたピーカーの周りに氷がつけば空気中から出たといえると考えたグループがあった。グループ内での話し合いの最中は、メンバー同士で自分の考えを自由に出しあっていた。自分の意見を主張するために相手の意見に反発し、計画が進まなくなるといったグループはなかった。また、実験方法のアイデアが出にくかったグループは、周りのグループに聞いている場面が見られたが、全く同じ実験方法にはせず、自分たちの考えを盛り込んだ実験にしていた。

実験後の全体交流では、実験結果から「ピーカーの周りにつく白い雪みたいなものは外から来た」ということは子どもたちの中からすぐに発言がでた。その時に「外」とは「空気中」であることの認識があいまいだったため、次の時間に確認を行った。その結果「空気中には見えない水が存在するようだ。多分、理科室の外など別の場所でも存在するとは思いますが、実験をしてみないと確実なことは言えない。」ということになり、空気中の見えない水をいろいろな場所に行き、確認してみるようになった。

(2) 検討授業2

①課題づくり

検討授業1の実施後、いろいろな場所で実験を行い、「空気中には見えない水がある」ことの確認を行った。しかし、それがどこからどうやってきたかについては、意見が分かれた。主な意見としては、「濡れているものに日光が当たり乾燥したときにできた」というもの、「水たまりの水が晴れの日に日光が当たり乾いたときにできた」というもの、「沸騰したときに減った水分」などがあった。「沸騰したときに減った水分」については、単元前半で確認しているので、子どもたちは学習課題にはあげなかった。水たまりの水に関して、「日光が当たったためではなく、道路にあったものは流れて全部排水溝へ、運動場にあったものは全部地中にしみ込

んだという意見が複数出た。そのため、地中にしみ込みきれない水もあることを先に実験を行って確認した。その後、子どもたちは自分たちの考えを確かめるために「日光が当たっていると水は減るのか実験をして確かめよう」という学習課題をたてて実験を行うことにした。

②実験計画立案・実験及び全体交流

実験計画は、前回と同じようにグループ毎で話し合って立てるようにした。立案の段階では、検討授業1に比べ、グループ内での子どもたちの意見がまとまりやすく、すぐに実験方法を書き始めるグループがほとんどであった。

表2 子どもたちの実験方法一覧

グループ	実験方法
1	屋上の日光がよく当たる場所に水を入れたペトリ皿をおいて実験。
2	ベランダに水を入れたペトリ皿を置き、晴れた時と曇った時の減り方を見る。
3	屋上の日光がよく当たる場所に水を入れたペトリ皿を置いて実験。
4	屋上で日光の良く当たる場所に、水を入れたペトリ皿と、それにラップをかけたペトリ皿を置いて比較実験。
5	屋上で日光の良く当たる場所で水を入れたペトリ皿を置いて実験。
6	屋上で日光の良く当たる場所に水を入れたペトリ皿を置いて実験。
7	ベランダの日光がよく当たる場所で、水を入れたペトリ皿の水の減る量を一日調べる。日中は日光が当たる。夜は日陰。
8	ベランダの日光がよく当たる場所に水を入れたペトリ皿を置き実験。
9	前校庭の日光がよく当たる場所に、1cm程度の水滴を入れたペトリ皿の水がなくなるまで調べる。

実験後の全体交流では、「ラップなどで蓋がされていない場合は、日光が当たることによって水が減った」という実験結果が発表されたことを受けて、「減った水は空気中にいったのだろうか」という考えが、早い段階ででた。また、比較実験は行わなかったものの、この実験は洗濯物が乾く時に似ているという意見を受けて、「日光が当たっていない時も時間はかかるけれども空気中に水は蒸発していく」という考えが子どもたちの中から出てきた。その後、「空気の中にいくとなぜ見えなくなるのか」という問いを教師側から出したが、子どもたちには考えにくいようであった。なかなか考えがでなかったが、ある子どもが粒で説明を行った時に、「ああ、そうか」というつぶやきが見られ、それを受けて、「湯気が再び水蒸気になるところもそ

れで説明できる」と、加熱蒸発と自然蒸発の違いまで意見をだした子どももいた。

4. 考 察

(1) 方略① 課題づくりについて

子どもたちは、理科の学習や身の回りにあることから、新たな疑問を見つけることはできるようになってきた。この単元では、子どもたち自身が見出した疑問をもとに大まかな単元計画を構成し、学習を進めていく中で、新たに子どもたちから上がってきた疑問からも学習課題を作成し、もとの単元計画に加えながら進めていく方法で、全て進めることができた。そのため、どの実験でもグループの中で相談をしながら実験計画をたてて進めることができていた。また、単元で目標としていた内容についても、子どもたちの自然な気づきによる学習課題づくりにより達成することができた。

今回の単元で子どもたちからでた疑問の中で課題として解決したのは以下のものである。なおカッコ内は、その時に学習をした内容を記述している。

学習課題「水を温めたらどうなるかの実験をしよう」
学習課題「あわの正体は何か考えて実験しよう／実験結果をまとめて話し合おう」
疑問：やかに水を入れた温めた時に出てくる物体は何か。
疑問：水蒸気・湯気とは？
疑問：水を温めた時にでるぶくぶくの違い
疑問：沸騰とは？
学習課題「水がどのように固まるか実験をしてたしかめよう」
疑問：水はどこからどのように固まるのか。
疑問：水は何度で氷になるのか。
学習課題「ピーカーの周りについていた白い雪みたいなものはどこからどのようにできるか実験をしてしらべよう」
学習課題「水たまりの水は土にしみこむのに、なぜ海の水は全部しみ込まないのかを考えよう」
学習課題「日光が当たっていると水はへるのか実験をしてたしかめよう」
疑問：ピーカーの周りについていた雪みたいなものは何か？
疑問：どこからきたのか。

また、今回授業中では、課題として全員で実験は行わなかったものもある。例えば単元導入時に「お風呂で入浴剤を入れた時にでる泡を集めたら入浴剤の色になるか」という疑問が出た。すると数日後に家で実験した結果を報告してくれ、その報告を聞いた子どもが何人か同じように家で実験をして、結果をみんなに報告してくれたのである。子どもたちは、その報告に納得し、結果、理科の学習時間内では、実験を行うことはしなかった。理科の学習で生まれた疑問を生活の中で確かめることができるということは、子どもたち自身が自分で科学的な学びを創造し始めることができているという一つの証拠ではないだろうか。なお、今回

の単元では確かめられなかった疑問の中には、次の単元へとつながるものもあった。

今回は一人が出した問いに他の子どもの意見が繋がったものや、話し合いでは解決しなかったものを学習課題とした。自分たちが見出した疑問から学習課題をつくり授業を展開していくという方法は、以前より多くの子どもが疑問を出して実験してみたいと発言するようになったことから、子どもたちが意欲的に学習を進めていくことに効果があったと思われる。しかし、子どもたち一人ひとりの活動意欲について客観的に見取る方法を今後検討していく必要があると考える。

また、単元中に当初教師側が想定しきれていなかった子どもの基本的な知識不足による疑問が子どもたちの学習のつながりに影響を与えたため、実験を予定より多く行わなければならない事態も発生した。例えば検討授業1と2の間に行った実験である。砂や土などがあれば、どんなに水があっても全部その中へしみ込むと考えた子どもが少なくなかったことは、生活経験不足が顕著にでていると考えられた。教師側が一方向的に課題設定を行う場合は、課題ごとの内容を理解していれば、課題間の連続性が多少切れていても成立する。しかし、今回のように子どもの素直な疑問を学習課題に練りあげ、つなげていく場合は、子どもの実態把握をより基本的な項目にまで広げておかなければ、学びが連続しない可能性があることが分かった。

さらに子どもたちにとっては自然に出てくる疑問が中学生や高校生レベルにならないと難しいものもあったので、系統性を重視しつつ子どもたちの納得できる範囲で解決方法を探っていかなければならないと思われる。

(2) 方略② 実験計画立案実験及び全体交流について

子どもたちは、今まで得た知識などをもとに相談しながら実験計画をたてていた。一つの課題に対して、グループにいる子どもたちの考えが違った場合、実験は複数行ってもよいということにしていたため、自分の意見を強引に押し通そうとするのではなく、友だちの意見を互いに聞きあいながら話し合いをし、実験計画を練り上げていくことが多かった。単元に入る前の既有概念や知識、理解が、できるだけ異なるメンバーでの構成を行ったことと、4人という人数で誰もが発言しやすい状況を作ったことで、多くの人数で相談しあう時よりも活発に意見交換をしたため、自分の考えをはっきりと説明したり考えを確かめるための独自のアイデアがでやすかったりしたことが、検討授業からも確認できる。

また、クラス全体が同じ課題に対しての問題解決を

行っていたが、グループによって解決方法が異なる場合もあったため、科学的な見方の大切さを実感する機会を多く持つことができたと考えられる。子どもたちは、自分たちが行った実験についての考えや確かさを説明するために、自分たちが行った実験の根拠や方法を絵や図、言葉といった手段を使ったり、別グループの実験も加味して意見を述べたりしていた。友だちを納得させるために実証性、再現性や客観性という科学的な手続きを重視した発言等が見られるようになったことは、子どもたちが科学的な学びを創造し始めていると考えられる。さらに、検討授業2で水蒸気が見えない理由を検討授業前には発言がなかった粒子概念を使って友だちを説得した子どもが現れたことは、科学的な学びを繰り返す中で、子どもが以前に学習したことをもとに、より深く思考していることを表していることが考えられる。

しかし、学習課題に対して子どもたちだけでどの程度まで適切な実験方法を考えつくかということは、十分に留意していかなければならない課題であると考えられる。子どもたちなりに、既習事項を基に実験計画をたてる際に、どこまでの情報を全体で共有しておくかということと、実験方法を話し合っているグループに教師側がどこでどの程度声をかけていくかということも検討事項である。また、子どもたちの既存知識やこれまでの体験の量と質には個人差がある中で、一人ひとりが、こうすれば自分なりに確認ができるということを言葉などで表現できるようにしていくことが、自らの学びを創造していくことへとつながっていくと考える。そのためには、グループ活動を中心としながらも個人で考える時間がある程度確保する必要がある。課題設定から考察までの子どもの思考の流れを、段階に応じて系統立てて計画していきたい。

5. おわりに

理科授業とは、子どもたちが自然の事物・現象についての自分の問いや自分たちの問いを追求していく場である。その本来的な意味で理科授業を実現していくことができるかどうか、子どもたちの学びへの意欲や主体性を決めることになる。子どもたちと教師とがそうした授業観を本音のところでも共有できたとき、理科の学びは本物になるのではないだろうか。

目に見えない水の存在、つまり水蒸気という新しい科学的概念を獲得していくことは、子どもたちにとって一定の困難を伴うことであると思われる。しかし、本研究で明らかになったように、子どもたちはこの概

念の獲得への接近を可能にする、たくさんの問いとたくさんの手がかりを潜在的にもっている。そうした問いと手がかりを子どもたちから学びの場へと誘っていくためには、当然のことながら、教師の手立て、方略が不可欠である。本研究で言えば、方略①と②として導入し実践したものがそれである。なかでも、本単元に限らずすべての理科の時間を通して子どもが自分の疑問を表出し発信することができるような教室の風土づくり、そうした疑問を短期的および中期的なスパンで取り上げていくことに留意した単元計画の立案、多様な考えに触れることで「自分の問い」を「自分たちの問い」へと高めていくことができるようなグループの意図的な編成、グループにより異なる実験方法で問いを追求していく活動の場の保障などは、一定の成果をあげた方略の一つであると考えられる。

しかし、同時に、子どもの理解のレベルや可能性を踏まえながらより本物の問いへと高めていくことや、より検証可能な問いを構成できる力を中学校理科との連携を視野に入れながら計画的に育てていくことなど、今後の課題も見いだされた。

科学的な学びの創造とは、教師にとっては子どもの科学的な学びの可能性を探るという意味ももっている。見いだされた課題に今後も挑戦し続けていくことで、その可能性を探り、新たな学びを創造していきたい。

引用・参考文献

- 1) 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領解説 理科編」大日本図書
- 2) 新潟大学教育人間科学部附属長岡校園 (2007) 「科学をつくりあげる学びのデザイン」東洋館出版
- 3) 八嶋真理子「理科授業において子どもに考察させる指導の視点」、森本信也・八嶋真理子編著 (2009) 「子どもが意欲的に考察する理科授業」東洋館出版, pp.19-33
- 4) 生田一人「理科学習の個性化をめざして」 広島大学附属三原小学校理科教育研究部 (1986) 「理科学習の個性化と学習課題づくり」明治図書, pp.20-25
- 5) 経済協力開発機構 (OECD) (2010) 「PISA 2009 年調査 評価の枠組み OECD生徒の学習到達度調査」明石書店
- 6) 森本信也「理科学習における考察と科学概念の習得の意味」、森本信也・八嶋真理子編著 (2009) 「子どもが意欲的に考察する理科授業」東洋館出版, pp.13-18