

問題解決的な理科の授業における「イメージ」の効果的な深まりの研究 —小学校第5学年「ものをとかそう」の実践を通して—

宇都宮 森和*

要 旨

自然事象の中には、空気や水、音、電磁気など、視覚的に認識しにくい対象が多い。そのため、小学校理科の授業では、目に見える具体的な事実や、聴覚などの感覚を手掛かりにして対象のイメージを築き、深めていく学習活動が必要になる。また、子どもが主体的に学習を進める授業展開によって、問題解決の能力を向上させ、自然事象に対する子どもの興味・関心を高めることができる。本稿では、小学校5年生理科の単元「ものをとかそう」の授業実践を通して、問題解決的な授業における「イメージ」の深まりのための効果的な手立てについて考察した。その結果、物が水に溶けることに対して子どもが抱くイメージを分析し、構造化して授業実践に取り組むことで、子どもは見通しを持って意欲的に問題解決を行い、物が水に溶けるイメージを効果的に深めていくことができることが示唆された。

キーワード：理科の授業、問題解決、自然事象のイメージ

I. はじめに

「起立。お願いします。着席。」
この直後、「はい！」という元気な声が教室のあちらこちらから飛び交い、手が挙がる。目の輝きが、強い問題意識を示している。どの子どもも、この授業で何を調べたいかを胸に抱いていることがわかる。心には、前の時間に培ったイメージや今から始まる授業の目標が浮かんでいるに違いない。

さて、子どもたちの自然事象に対するイメージは、どのように形成されていくのだろうか。また、イメージが効果的に形成され、深められていくために、何が必要なのであろうか。

ところで冒頭に紹介したのは、筆者が理想とし、目指してきた授業の始まりの授業風景である。前時の授業で培われたイメージを大切にしたい、そのイメージを効果的に深めたいと考えた結果でもある。この理想を具現化しようと試みた実践として、小学校5年生の理科「ものをとかそう」の事例をもとに、授業実践に対する考え方と授業の実際、実践の成果と課題について述べる。

II. 研究の意味と方法

令和2年度から完全実施される小学校学習指導要領（平成29年3月告示）では、第1章「総則」の第1「小学校教育の基本と教育課程の役割」の中で、「2.（1）基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力を育むとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かし多様な人々との協働を促す教育の充実に努めること」が示されている¹⁾。また、小学校学習指導要領解説理科編（平成29年7月）では、第1章「総説」の「3 理科改訂の要点（3）学習指導の改善・充実①資質・能力を育成する学びの過程」の中で「問題解決の過程として、自然の事物・現象に対する気付き、問題の設定、予想や仮説の設定、検証計画の立案、観察・実験の実施、結果の処理、考察、結論の導出といった過程が考えられる。この問題解決のそれぞれの過程において、どのような資質・能力の育成を目指すのかを明確にし、指導の改善を図っていくことが重要になる」と述べられている²⁾。

これらのことから、子どもたちに「課題解決のための思考力、判断力、表現力」や「主体的に学習に

*岡崎女子大学

取り組む態度」を育成することが重視され、理科では「問題解決の過程で育てる資質・能力を明確にした」学習指導が求められているといえる。とりわけ、主体的な学習態度と問題解決の学習活動が重視されており、そのために何が必要かを見出していく必要があると考える。

そこで本研究では、問題解決の学習過程の全体像が見渡せる過去の授業実践例をもとに、子どもたちが主体的に取り組む姿の表れた授業記録やノートの記述について分析し、単元全体の問題解決過程を検証する。具体的には、学習指導要領改訂後でも変わらず学習内容に含まれている、第5学年「ものをとかそう」の学習単元の授業実践を取り上げる。この学習の対象である「ものが水に溶ける」現象は、ものが水に溶けて見えなくなる状態をどうイメージし、認識していくか、また、粒子の保存概念をどのように効果的に身に付けるかという困難さを含む。そのため、教師の講じる手立てが子どもたちの抱くイメージや問題解決活動にどのような効果や弊害をもたらしたかが問われ、また、ものが溶けることに対するイメージがどう変容したかを明らかにするにも有効であると考えられる。

なお、本単元の授業実践は、平成8年に岡崎市内のA小学校5年生(34名)で行ったものである。

Ⅲ. イメージのとらえとねらい

イメージは、goo辞書に「心の中に思い浮かべる像や情景。ある物事について抱く全体的な感じ。心像。形象。印象。また、心の中に思い描くこと」と記載されており³⁾、他の辞書でも同様の意味が記されている。何らかの対象に出会い、その対象を問題として意識したとき、過去の経験や対象の観察事実が基になってイメージが浮かぶ。したがって、問題解決活動の過程では、問題への関心や問題解決の願望が「イメージ」として意識の中に表現されると考えることができる。そして、イメージには、経験的に次の二通りの現れ方があると考えている。

- A 問題解決者が意図しなくても、具体的な経験から心に浮かんでくるもの
- B 目的を達成するために、問題解決者が意図して作り上げるもの

Aは、問題に出会ったときによく浮かび、問題解

決への点火の役割をすることが多い。Bは、問題解決の過程で、経験や観察、思考の力を借り、次々と深化発展していくものである。

重要なことは、どちらも経験や観察がイメージ形成の基盤になっていることである。そのため理科では、自然事象と向かい合った活動を十分に用意することが大切になる。具体的な経験がイメージの根底にあるため、子どもたちに身近なものに問題解決の素材を求めることが有効になる。

一方、イメージの効果的な深まりをねらうからには、問題解決活動及び思考の連続を考慮した単元構成をしなければならない。さらに、子どもたちのイメージの実態把握とその生かし方、教材・教具をどう単元の中に配列するかも吟味すべき問題である。

さて、実践事例である本単元「ものをとかそう」の目標は、「物を水に溶かし、水の温度や量による溶け方の違いを調べることができるようにする」と示されている。

具体的には、「物が水に溶ける量には限度があること。また、物が水に溶けても、全体の重さは変わらないこと」「物が水に溶ける量は水の温度や溶ける物によって違うこと。またこの性質を利用して、溶けている物を取り出すことができること」「水溶液の水を蒸発させると、溶けていた物が水と分かれて出てくること」を実験や観察を通して理解させることをねらっている。

Ⅳ. 仮説の設定

本研究を進め、単元全体の授業を分析するにあたり、次のような3つの仮説を立てた。

1. イメージの効果的な形成のために

イメージ形成の基盤は経験であるから、子どもたちにとってできる限り身近な素材を学習に取り入れることが望ましい。そこで、仮説1を設定した。

仮説1: 子どもたちに身近な素材を学習に取り入れることにより、イメージは効果的に形成される。

単元の展開に用いる教材は、砂糖と食塩、及びホウ酸を取り上げた。理由として、砂糖と食塩は子どもたちの生活経験が生かされるという利点が挙げられる。ただ、砂糖は水に対する溶解度が非常に大きいという問題点がある。そこで、単元の途中から砂

糖に代わる教材としてホウ酸を導入する。ミョウバンや硫酸銅なども考えられるが、子どもたちの生活からは遠い存在である。

また、砂糖や食塩は、食物とのかかわりから安心感があり、扱う上でも自由度が高い。逆にホウ酸は気を許すことができず、実験結果も厳密である。そして、温度によって水に対する溶解度が大きく変化するため、ほとんど変化しない食塩との比較は、子どもたちにとってきわめて興味深いものになるに違いない。

2. 子どものイメージの実態を捉え、生かす

形成されたイメージが、効率よく変容するために、自然事象に対する問題意識が連続しなければならない。そのためには、子どもたちのイメージの実態をつかんだり、どんな願いを抱いているかを探ったりし、それらを次時の学習へ生かしていく必要があると考え、仮説2を設定した。

仮説2：子どもたちの記録からイメージや願いをとらえ、それらを次時の学習に生かす単元構成をすれば、問題意識は連続し、イメージも効果的に形成される。

単元を展開するにあたり、導入で物が水に溶けて見えなくなっていくことの神秘性に注目した。氷砂糖を水の中に吊るし、そこから出る「もやもや」に対するさまざまな問題意識を取り上げ、それらの意識の頻度や程度から、教材配列を考えていく必要がある。そのことが、個々の子どもの問題意識を大切にすることにもなると考える。以上の考えと単元導入時の子どもたちの実態から、単元計画（図1）を立てた。

学習課題	学習内容	時間	備考
水にものか溶ける時の様子を調べよう	水の中につるした氷砂糖が溶ける様子	1	<ul style="list-style-type: none"> ・氷砂糖から出る「もやもや」に注目させる ・ひとり調べにより自由に実験させる ・水に溶けたものの行方を定量的に追究させる
	溶けた砂糖の行方	4	
	砂糖以外のものの溶ける様子	1	
水にものか溶けたときの重さはどうなるのだろうか	水に溶けたものの重さ調べ	1	<ul style="list-style-type: none"> ・多く溶かしたいという子どもの意識を大切にする
	水にものか溶ける量の限度	1	
水にものをより多く溶かすに	水の量とももの溶ける量の関係	1	<ul style="list-style-type: none"> ・ここでは、定性的

は、どうすればよいだろう	水の温度による、ものが溶ける量の変化	1	<ul style="list-style-type: none"> に溶ける量の変化を追究させる ・定量的な実験により、溶解度の温度変化のイメージを持たせる ・ホウ酸により、物質の溶解のイメージをさらに深める
水の温度を変えてももの溶け方を調べよう	温度による食塩の溶解度の変化	1	
	温度によるホウ酸の溶解度の変化	1	
水溶液からものを取り出すには、どうすればよいだろう	水溶液からものを取り出す方法	2	

図1 単元計画

次に、一人一人の問題意識を大切に、次時へ生かす手だてを模索した。述べるまでもなく、自然認識を深めていく上で、実験・観察の技能が重要に関わる。本単元でも、定量的な実験が多いため、水溶液の重さを比較したり、一定量の物質を量り取ったりするための上皿てんびんの操作や、水の量を量り取るメスシリンダーとピペットを正しく扱えるようにする必要がある。また、過熱をするための器具としてのアルコールランプの扱いや、ろ過の操作についても安全にできるよう訓練していかなければならない。さらに、物が溶ける量の限度の見極めやその時の温度の測定など、比較的高度な観察能力も要求される。

それらを抵抗なく取り組めるようになるまで育てるためには、一人一人が自分の手で実験・観察をする機会を多く設けることが早道であり、最良の方策である。一人一人が目的意識を持って行う活動（以下「ひとり調べ」）の時間をたっぷり取り、教材を自由に扱いながら、その教材と十分に対話することが、技能の効果的な習得にもなり、学習の上での抵抗も取り除いていく。ひいては、個々の問題意識やこだわりを大事にし、個性豊かなイメージに深めていくだろうと考える。

また、問題意識を次時の学習へと引き継ぎ生かすために、授業の始まりに着目した。すなわち、「はじめに」で述べた授業開始の風景の実現である。教師の発問の前に、今、子どもたち自身が何を疑問に思っているのか、この授業で何を調べたいか、どんなふうに授業に取り組みたいかを自由に言う場を設けたらどうか。そこから授業が展開できるのではないかと考えたのである。必然的に、前時の学習の終末に目が向き、その時間で分かったこと以外に、新たな疑問や問題を見出しておくことを忘れなくなるに違いない。

3. イメージの深まりのために

イメージの効果的な深まりを追究するために、物が溶けるという事象のイメージを具体化し、それがどのように深まっていくかを明らかにしておくことは重要なことであると考えます。また、イメージの深まりのために、実験・観察や話し合いの場が、どうかかわっているかにも注意を向けなければならない。そこで、単元の計画をもとに、物が溶けるイメージを具体化し深まりを意識して、図2のように構造的にまとめた。

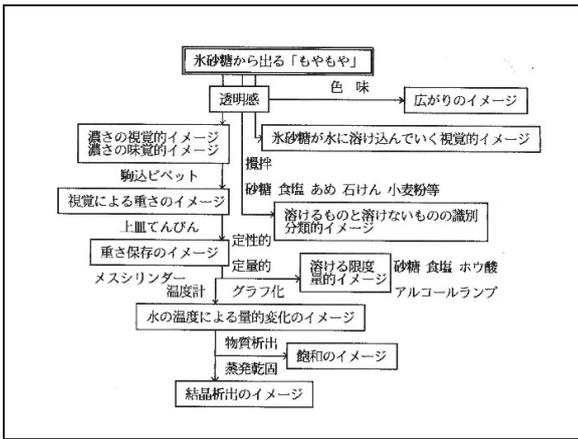


図2 物が水に溶ける事象のイメージの構造

以上の認識に立って、仮設3を設定した。

仮設3：イメージの具体化と深まりの構造を明らかにし、適切な実験・観察及び話し合いの場を設定すれば、イメージは効果的に深まる。

V. 授業の実際

単元を通した授業の実際（14時間完了）を授業記録や子どもたちのノートの記述をもとに述べる。

1. 不思議な「もやもや」

単元の導入で、ビーカーの水に吊るした氷砂糖を、児童一人一人が観察した。図3は、A児の観察の記録である。A児は、学習を丁寧に進



図3 A児の観察記録

めるが、見つけたり考えたりしたことを発表することを苦手に行っている。A児の記録には、「もやもや」に対する問題意識と疑問が表れている。「もやもや」とは、シュリーレン現象に対する子どもなりの表現で、「もや」や「どろどろ」などと記述した子どももいた。氷砂糖が水に溶けていく過程で見られるこの現象を、多くの子どもが「もやもや」と表現していたため、その後の話し合いでも「もやもや」という言葉が共有されるようになった。

図4は、観察後の話し合いの記録である。まず、「もやもや」の行方が問題になり、次時へのつながりになった。C12の発言をきっかけに、「もやもや」そのものの実態に目が向いた。そして、C20やC22、C23のように、類似した映像を経験から引き出した意見も出された。

教師の予想外だったのは、C24の発言にある、水かさの問題が出されたことである。おそらく「もやもや」の動きから、感覚的にそう感じられたものと推測できるが、これも次時への課題になった。

授業記録（第1時 11/9）
 <水につるした氷砂糖の観察後>
 T1: 観察したことを言って下さい。
 C1: 水の中に氷砂糖をつると、氷砂糖からもやみいたなものが出た。
 C2: そのもやみいたなものは、下の方へいくとくねくねになる。
 C3: もやもやは、下の方へ行ってビーカーの底にぶつかって広がった。
 C4: もやみいたなものは、途中で分かれるのもあった。
 C5: もやもやは、下までいくとまた上へ上がってきた。
 C6: その上の方だけけど、回りながら上へ上がった。
 C7: 上がってきたのは、氷砂糖のところから上へ上がってきた。
 C8: 反対で、上がりながら途中で消えてしまっ見えなくなったから、そんな上まで上がっているかどうか分からないと思う。
 T2: もやもやがどこまでいっているか、確かめる必要がありそうだね。では、その他。
 C9: もやもやは、氷砂糖の下から出ている。
 C10: 下からだけじゃなくて、横からももやもやが出ているけど、氷砂糖の下で集まっている。
 C11: もやもやは、帯のように下へ下がっている。
 C12: 氷砂糖は、とけていることが分かる。
 C13: 氷砂糖がとけているのは、氷砂糖がだんだん小さくなったことから分かる。
 C14: 氷砂糖が小さくなると、もやもやの出方も少なくなった。
 C15: 時間がたつて氷砂糖が小さくなると、もやもやが出るペースも遅くなった。
 C16: 氷砂糖は、小さくなるだけじゃなくて、形も四角い形から、うすっぺらくてすじがついていた。
 C17: 氷砂糖が小さくなると、もやもやは上へ上がらなくなってきた。
 C18: もやもやは、透明。
 C19: 考えたことなんだけど、もやもやは氷砂糖の液体状のものだと思う。
 C20: 前、喫茶店に行った時、水にシロップを入れてみたらもやもやが出て、向こう側が見えにくくなったから、ほその意見に賛成です。
 T3: シロップというのは？
 C21: アイスコーヒーなんかに入れる、液体の砂糖をコップの水にたらしたら、もやもやが下っていた。
 C22: お風呂でも、私の家のお風呂は古いかもしれないけど、ガスをつけたときにもやもやが出る。
 C23: ぼくもそういうことに似たことがあって、ぼくの方は、熱いお風呂にホースで水をジャック入れたときにもやもやが出たことがある。
 T4: お風呂でももやもやが出るんだね。他にどうかな。
 C24: 氷砂糖からもやもやが出て小さくなると、水かさが増えた。
 C25: ぼくも、ちょっと増えたような気がした。
 C26: 反対で、針金の位置と水面の高さを見ていただけで、ずっと見ていると全然変わらなかった。
 C26: 私も、氷砂糖を水に入れたときには水かさが増えるかもしれないけど、水の中に入ってから、とけても水かさは変わらないと思う。
 T5: 水かさが増えたのは、何か目印を決めて調べたのかな？
 C27: ビーカーの目盛りで見ていて、ちょっと増えました。
 T6: それじゃ、このことも確かめたいといけなね。別の観察した事実はありますか。
 C28: ビーカーをゆらしてみたら、もやもやがたくさん出た。
 C29: 氷砂糖が小さくなって、針金からビーカーの底に落ちてしまったら、もやもやは消えた。
 C30: ぼくも（氷砂糖が）落ちてしまったんだけど、そのビーカーを傾けたら、氷砂糖から斜めにもやもやが流れた。
 T7: それでは、疑問に思っていることを言って下さい。
 C31: 氷砂糖を水に入れたら、なぜもやもやが出るのか。
 T8: これについて考えのある人。
 C32: 氷砂糖が水に溶けたから、もやもやが出ると思う。
 C33: 氷砂糖が水と混ざって溶けたからだと思う。
 C34: もやもやは、氷砂糖が水に溶けたものだから出る。
 T9: そうすると、もやもやというのは氷砂糖が水に溶けたものと考えていいのかな。他に疑問はありますか。
 C35: 氷砂糖が溶けた水と普通の水と違いはあるのか。
 C36: 氷砂糖は、なぜ溶けるか。
 C37: もやもやはどうなってしまうのか。
 T10: この疑問についてはどうかな？
 C38: もやもやは、水に溶けていったと思う。
 C39: 最初は濃かったのが、だんだん薄くなって見えなくなりました。
 C40: もやもやは見えなくなったけど、水の中にはあると思う。(C) 賛成。

図4 第1時の授業記録

3. 溶かした分だけ重さが増えた！

「もやもやと水の重さを比べる実験」の後にも、溶かした氷砂糖の重さはどうなったのかについてのこだわりが見られた。

(図9)

そこで、この問題を第7時で取り上げた。ひとり調べ前の予想は次のとおりである。

- ・溶かした分量だけ重さが加わる・・・3名
- ・重くなるが、全部の重さは増えない・・・29名
- ・溶かした分量以上に重さが増える・・・2名
- ・溶かしても重さは増えない・・・0名

ここでは、結果に一般性を持たせるため、食塩を導入して、砂糖とともに調べるよう指示した。

50gの水に5g (この分量は各自が決めた)の食塩や砂糖を溶かして、結果が明確に55gと出たことは、多くの子どもにとって意外な事実であったようだ。(図10)

この事実から、水に溶けて見えなくなっても、物は存在しているというイメージから、さらに重さも保存されて溶け込んでいるというイメージへ深まったと考えられる。

4. もっとたくさん溶かしたい

物によって水に溶ける量に違いがあることも、溶解のイメージとしてきわめて重要なものである。第8時では、「どこまで溶けるのか」「限界まで溶かしてみたい」という問題意識(図11)を取り上げた。ここで、砂糖や食塩との比較対象として、ホウ酸

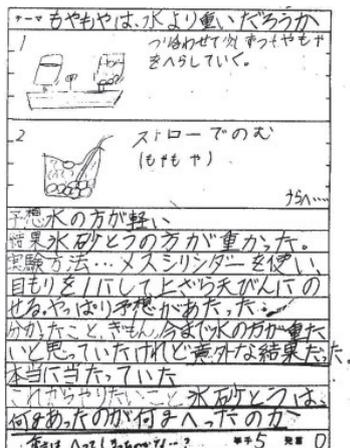


図9 第6時の児童の記録

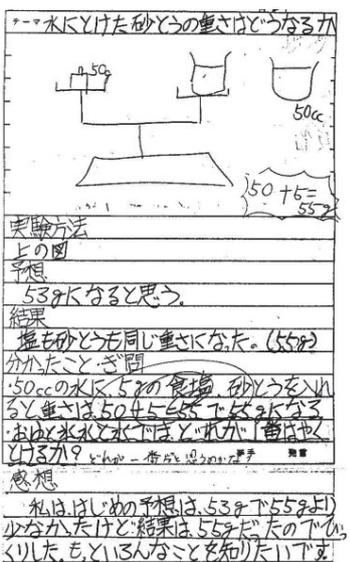


図10 第7時の児童の記録

を導入した。3種類の物質が水に溶ける量を比べる活動は、「物によって溶ける量が違う」というイメージを効果的に築いていくものと考えた。また、水にわずかしこ溶けないホウ酸に、強い問題意識が向くと期待した。

第8時のA児の学習記録(図12)には、砂糖やホウ酸の水に対する性質をよくとらえた記述がある。また、結果から「もっとたくさん溶かしたい」という思いが表れている。さらに、たくさん溶かすための方法も考え、温度によって溶け方に違いが出るだろうという予測を示唆している。

「もっとたくさん溶かすにはどうすればよいか」についての話し合いで、次の3つの方法が出された。

- ① 水の量を増やす
- ② 粒をもっと細かくする
- ③ お湯にする。or アルコールランプで温める。

ここで、順序性が問題になる。実験そのものの難易度や実験器具に対する習熟度から、第9時に①と②を、第10時に③を扱うことにし、それぞれひとり調べの場を設けた。

さて、ひとり調べの活動に入る前に熟慮しておかなければならないことがある。それは、教師が子ども一人一人のイメージをどのようにとらえ、どんな

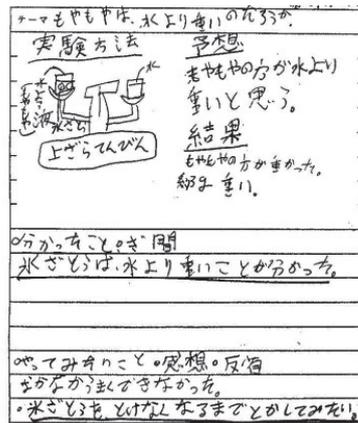


図11 第8時の児童の記録

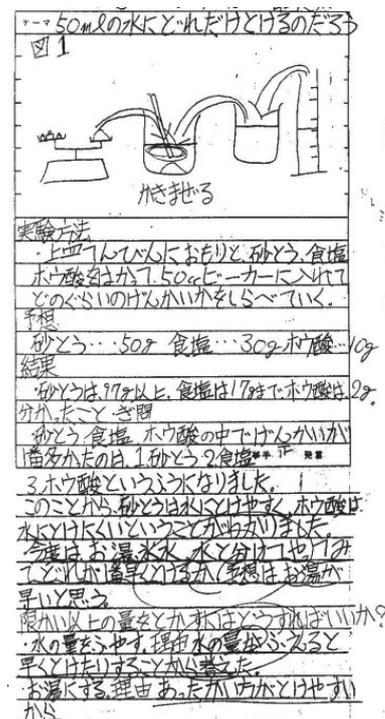


図12 第8時のA児の記録

願いを持って学習中に支援をしていくかということである。方策として、子どもの記録からイメージの実態をつかんで座席表にまとめておくことが有効である。また、本単元での子どもの姿から、今後こうなってほしいという願いも座席表に記述して、子どもたちのひとり調べにできる限り対処しようと考えた。(図13)

<p>◇時間をかければとけると思う。 ◆ホウ酸のとける量が少ないことの驚きから、本時の意外な事実に対する驚きへと、とけるという事象への関心を高めたい。</p>	<p>◇お湯を使ってやってみると5分ぐらいでとけてしまうと思う。 ◆何を調べたのか飲み込みていないことが多い。学習問題を常に意識するよう助言を与えていきたい。</p>	<p>◇お湯を使ってとかす。アルコールランプを使ってとかす。水をふやしてアルコールランプを使う。 ◆的確な実験から事実を導き出す。積極的に発言させたい。</p>	<p>◇水をふやせばもっと多い量を入れてもとけると思う。温かいお湯を入れてもとけると思う。 ◆予想外の結果により驚きを与えながら、自然への関心を高めたい。</p>
<p>◇お湯でとかせばもっとたくさんとけると思う。 ◆意欲的に活動するが、空想で意見を述べることも多い。事実を注意深く見つめる目を養いたい。</p>	<p>◇水だけの限界じゃなくて、お湯での限界もやってみてみたい。 ◆経験に基づいた計画的な実験・観察ができる。この姿勢を学級全体に広げていきたい。</p>	<p>◇アルコールランプで水を温める。 ◆学習に対する問題意識が薄く、自分で予想を立てたり、結果の考察をしたりすることが苦手。十分に観察させたい。</p>	<p>◇お湯。あたたかから。コーヒータンにさとうを入れてとけるから。 ◆食塩とホウ酸の限度が少ないことへの疑問をだしていし、本時で驚きを与えたい。</p>
<p>◇熱い水でもっと多くとけると、もっととけると思う。 ◆見通しを持った実験・観察や計画的な記録ができるように助言をしていきたい。</p>	<p>◇おゆを入れてやれいいと思う。ピーカーを大きくしておゆをたくさん入れればいいと思う。 ◆友達に頼ることが多い。自分の技能に自信がもてるよう支援したい。</p>	<p>◇つぶしてとかせば小さいからすぐにとけると思う。 ◆その場の興味だけで活動し、よく考えようとしなない。じっくり観察したり記録したりさせたい。</p>	<p>◇水の量をふやす。お湯にする。あったかい方がとけやすいから。 ◆見通しを持って計画的に学習し、正しい結果を得ていることが多いので、必要に応じて生かしたい。</p>

図13 座席表の一部(第9時ひとり調べ用)

第9時のひとり調べの結果、物を細かくしても溶ける量は変わらず、水の量を増やすと物が溶ける量も増えることが明らかになった。(図14) こうして、溶ける限度を持つ溶質の性質とともに、物を溶かす溶媒である「水」の容量的イメージが築かれた。また、水の温度を上げたときの結果に早くも目が向いていることを読み取ることができる。

図14 第9時の児童の記録

図14 第9時の児童の記録

図15は、第10時「水を温めると、ものはたくさん溶けるのか」のひとり調べにおけるA児の記録である。食塩とホウ酸の性質の顕著な違いを見出して

いる。また、実験中、水面に現れた膜にも関心が向いている。飽和量以上に溶かした多くの者が、食塩やホウ酸の結晶が析出してできたこの膜に、同様の関心や疑問を抱いた。それは、結果の話

図15 第10時の児童の記録

図15 第10時の児童の記録

合い(図16)にも登場し(C2)、子どもたちの大きなこだわりになった。(C17、C18)

また、C19のように、温めたときのより厳密な結果を望む声や、図17の記録に見られるような、溶ける量と水の温度との関係へのこだわりもあり、順序性を考慮する必要が出てきた。ここでは、温めるという技能や思考の系統性と、再び結晶の析出場面も現れることから、後者の「温度と溶ける量の関係」を先に取り上げることにした。

第11時と第12時の2時間に渡って、水の温度と物が溶ける量の関係を自由に調

図16 第10時の授業記録

図16 第10時の授業記録

図17 第10時の児童の記録

図17 第10時の児童の記録

べる場を設けた。
 図 18 は、その際の A 児の記録である。
 1 g 単位で溶けきったときの温度を調べて表にしているが、データを列記しているだけでは「関係」をイメージするのは難しいと思われた。
 ただ、水温をかなり上げ、飽和量まで溶かしたため

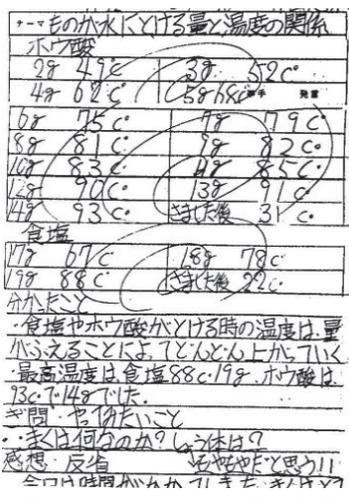


図 18 第 11, 12 時の A 児の記録

に、水面でのホウ酸の結晶の析出が多く、膜に対する問題意識も強くなっているようだ。観察からその膜の正体を「もやもや」と表現している。

5. 結晶の姿の美しさ

「水の温度と溶ける量の関係がもっと見やすくなれないかな」という投げかけを、結果発表の後で行った。「グラフにすればいいよ」「折れ線グラフがいいよ」というアイデアが容易に出た。実際に結果

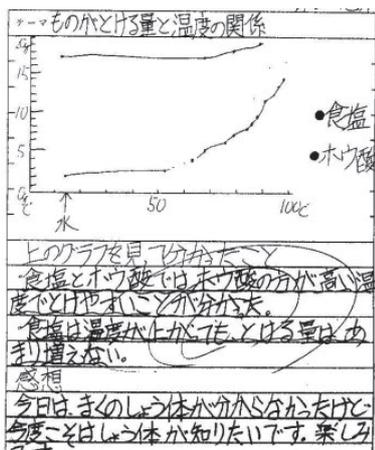


図 19 第 12 時の A 児の記録

をグラフ化した A 児の記録が、図 19 である。グラフ化する作業と、描き上がったグラフによって、「水の温度と食塩及びホウ酸が溶ける量の関係」が視覚的にもとらえられたに違いない。また、数量によるイメージから変化のイメージへと、視覚的に深まったと考えられる。

さて、以上のような定量的な実験・観察を通して、析出してきた結晶に対する見方も変わってきた。「膜は何だろう」から「お湯が冷めて溶けていた物が出てきたんだ」への変容は、やはり、一人一人が事象と直接かかわってきた成果であろう。

その結晶を取り出す方法を話し合う場では、茶こしやティッシュ、ガーゼ、コーヒーフィルターといっ

た、生活経験が反映されたアイデアが出された。それらの方法に近く、科学的な手法である「ろ過」の方法を紹介した。各自の手でろ過が始まると、ろ液に注目する子どもが現れた。ろ液に水を静かにたらし、もやもやが出たことによって、ホウ酸が溶けていることを証明したのである。ストローで濃さや味を調べた経験が、ここに生かされたものと思われる。

ここで、「ろ液からホウ酸や食塩が取り出せないか」と問いかけた。子どもたちから出された方法は、

- ① 何回もろ過する
- ② 冷やす (氷水、冷蔵庫)
- ③ 乾かす (水を蒸発させる)

である。③は、攪拌棒などを使った際、乾いたときに白い粉を見た経験が生きている。

ろ液を再びろ過しても無意味であることは、調べてみて容易に理解されたが、子どもたちにとっては不思議な事実であったようだ。また、冷やしても少ししか析出してこないことに疑問を抱いた者がいたが、グラフを見直し、水の温度レベルでは溶解度があまり変わらないことで納得した。

大きな驚きが伴ったのは、蒸発乾固による結晶の析出である。(図 20) 顕微鏡下で結晶が成長する様子を見た子どもたちは、さらにイメージを深めたものと思われる。

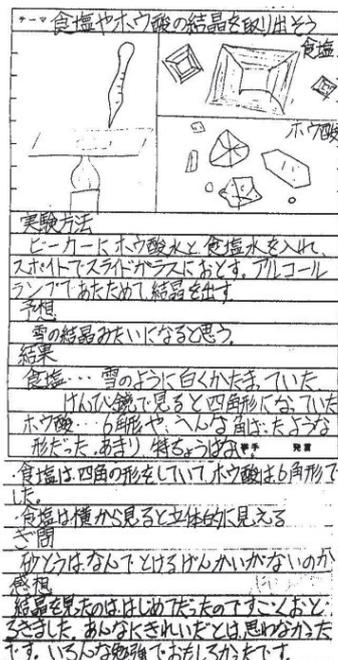


図 20 児童の記録

VI. 考察と課題

単元を通じた授業の実際にもとづき、子どもが主体的に学習に取り組み、問題解決のために何が有効であったかを考えてみたい。また、授業実践で見えてきた課題についても示しておきたい。

1. 教材配列の吟味は不可欠

子どもたちにとって身近な素材を教材に取り入れ

たことは、安心感や自由度が高く、ひとり調べには適切であった。イメージを形成し、深めていくことにも有効であった。水に物が溶けることのイメージが豊かなものになっていれば、子どもたちに馴染みの薄いホウ酸も、違和感なく迎え入れられることも分かった。しかも、単に砂糖のピンチヒッターの役割にとどまらず、子どもたちの興味を引き、身近な存在になっていった。これは、教材を十分に検討し、何を中心に置き、何をどこでどんな形で導入するかを吟味した成果であると考えられる。

ただ、教材の配列と共に、どの器具をどの場面で登場させるか、どこでどんな実験・観察の技能を身に付けさせるかにも留意しなければならないことも痛感した。子どもたちが自由に扱えるだけの実験・観察器具を準備しておく必要も強く感じている。

2. 児童の実態 ー成果と課題ー

子どもたちのイメージの実態をつかみ、次時の学習に生かされたかという観点で本実践を見直すと、二つの成果があったと言える。まず、子どもの発言や記録をもとに次時の場面設定をしたり、座席表に一人一人の子どもに対する願いを記述して支援の糧にしたりすることで、問題意識を連続させ、ひとり調べを支えることができたことである。イメージの変容の障害を取り除く意味で、重要な手だてだと感じている。

もう一つは、授業の始まりに子どもたちの願いを反映させたこと(図21)で、問題意識が途切れ

C₁ 今日、食塩やホウ酸をもっとこの前の時よりたくさん溶かしてみたい。

C₂ ばくは、水を増やしてみれば、きっと食塩も多く溶けると思うので、それを実験して確かめて、正確にやりたいです。

C₃ 私も水を増やせばもっとたくさん溶けると思うんだけど、倍を増やせば倍溶けるかどうかやりたい。

C₄ 前は、ホウ酸が2gしか溶けなかったから、今日はもっとたくさん溶かせるように工夫したいです。

C₅ ホウ酸や食塩の粒をつぶして、細かくして溶かせばもっと溶けるようになるか調べたいです。

C₆ つけたして、つぶしてこなごなにして、熱すればたくさん溶けると思う。

T₁ はい、まだまだあるようだけど、今日はつぶしたらたくさん溶けるか、そして、水を増やしたらたくさん溶けるようになるのかを優先して調べるんだったよね。みんな予想も立っているようですから、さっそく実験を始めましょう。

図21 授業開始時の授業記録

ることなく、学習にも活気が加わったことである。生き生きとした子どもの姿を見ることができ、ぜひ広く取り組んでほしい手法である。

しかし、自分の手で実験・観察器具を扱うことが苦手だったり、自分の考えを持てなかったりする子どもがいる。ひとり調べが困難な児童への支援策を、単元を通して用意しておく必要がある。

3. イメージの深まりの実際

単元を通しての学習の流れを図22に示した。物が水に溶けることのイメージを分析し、構造化して実践に取り組んだことで、ある程度見通しを持って学習を進めることができた。ただ、第9時で「粒を細かくすればもっとたくさん溶けるかもしれない」というイメージが表出してきたときには、意外であり興味深かった。また、発言や記述には表れない、各学習の場面で置き去りにしてきたイメージもあったに違いない。実態把握における、よりきめ細かい手だてが求められる。

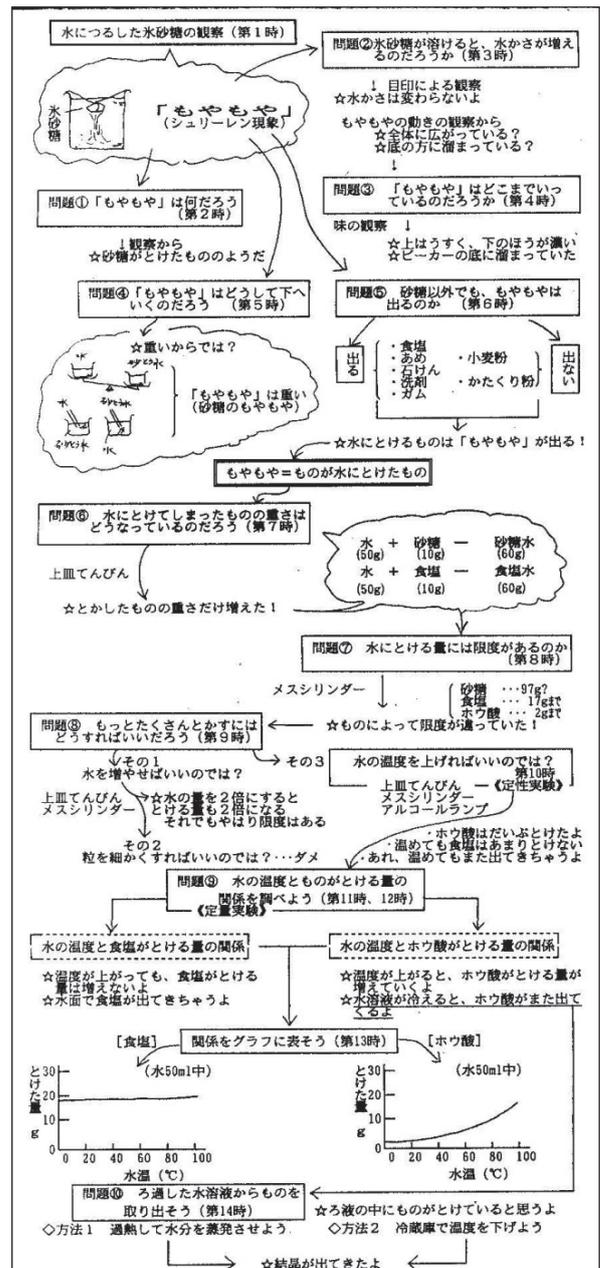


図22 単元を通した授業の流れ

VII. おわりに

理科の授業において、子どもたちが主体的で効果的な問題解決的学習を展開するために、本研究により次の3点が有効であることが明らかになった。まず、子どもたちに身近な素材を教材化することである。これにより、子どもは学習対象に対するイメージを形成しやすく、実験・観察を抵抗なく行い、問題を主体的に解決していくことができる。また、子どもたちのイメージの実態に合わせ、時系列で教材を配列し単元の学習を展開することも重要である。

2つ目は、子どもたちのイメージの実態や願いを次の授業展開に生かすことである。話し合いで出された考えや、子どもたちの記録をもとに次時の学習を計画することで、子どもたちの意欲的な活動につながったと考えられる。

3つ目は、子どもたちのイメージがどのように変容していくかを想定し、単元全体の授業を構想することである。本稿IV.仮説の設定「3.イメージの深まりのために」で示した「物が水に溶ける事象のイメージの構造」のように、教材との出会いによってどんなイメージが表れ、どのように変容していくかを仮定し構造化しておくことで、見通しを持った学習の場を構成することができた。それが、子どもたちの生き生きとした実験・観察や話し合い活動を生み出し、図22「単元を通した授業の流れ」でみるような児童の主体的な問題解決的な学習活動になって表れたものと考えられる。

付記

本研究で取り上げた授業実践は、岡崎市立A小学校の校内研究計画に基づいて行われた。同校の校内研究は保護者の承認を得て推進されている。

なお本稿では、授業記録や児童の記述を研究対象としており、校名をA小学校とし、児童名を記さない配慮を行った。

引用文献

- 1) 小学校学習指導要領（平成29年告示）：文部科学省（2018）p.17
- 2) 小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編：文部科学省（2018）pp.10-11
- 3) 『goo辞書』<http://dictionary.goo.ne.jp/word/イメージ/>（2019.11.26.14:30）

参考文献

- ・『授業の階層と対話』日本初等理科教育研究会編著（1981）初教出版、pp.27-33
- ・『子どものわかり方の階層と対話』日本初等理科教育研究会三河支部編著（1984）初教出版、pp.34-38
- ・『授業を変える イメージの変容・発展と創造』日本初等教育研究会三河支部編著（1995）初教出版、pp.13-25