

「理科的な表現力」を高めることで、自然事象の本質をさぐる

～予想と考察において省察する～

辻本 和孝

私の考える「理科的な表現力」とは、自然事象に対して、子どもたちがもっている科学的な知識やイメージを言葉や絵（図）、モデルとして表出することである。しかし、そこには必ずその子なりの科学的な根拠を伴っていなければならない、説明できるようなものでなければならないと考えた。このような考えのもと、子どもたちが「理科的な表現力」を発揮できる場面として「予想」と「考察」の場面を設定し、そこで省察が行われるよう支援した。そして、子どもたちがイメージを表出し、他者と共有することでそのイメージをひろげたり深めたりしながら学びの質の高まりをめざした。その結果、イメージを表出することを楽しみ、理科学習に対する意欲も高まった。しかし、イメージを表出するときや他者と共有するときの表現方法、ノートの活用法、個人の振り返りの記入については、さらなる支援や工夫が必要なことがわかってきた。

キーワード：理科的な表現力、自然事象の“本質”、省察、イメージ、吟味

1. 「理科的な表現力」を高めるとは

1. 1 理科教科提案を受けて

今年度の理科部の研究テーマは自然事象の“本質”をさぐる理科の学びである。キーワードは省察（せいさつ）である。辞書的な意味は「自らかえりみて考えること」となっている。理科の学びにおける省察とは、予想、実験・観察、考察という問題解決の流れのなかで、自分自身が、あるいは自分たちの班で取り組んできたことや考えてきたことを「これでよかったのか？」と問い直したり、「どのように変容したのか？」と振り返ったりすることであると考えている。

しかしながら、この省察を行うには、子どもたち一人ひとりが自然事象と深くかかわり、自らの課題をもたなければならない。

そこで、本年度の個人研究テーマを「理科的な表現力」を高めることで、自然事象の“本質”をさぐる

～予想と考察において省察する～

とした。このテーマにある“本質”とは自然事象の概念、価値、意味、目に見えないところで起こっている様子であると考えている。

そして、本年度の学校提案にある「学びの質の高まり」を、理科学習に当てはめてみると、理科部の提案にもあるように、「自然事象の本質をさぐる」ということになる。そこで子どもたちは、自分がどのような考えをもち、それが他者とどう違うのか、そして、“本質”をさぐるためどう考え課題を解決していくのか、と思考を深めたりひろげたりすることが重要だと考えた。

理科という教科は対象が自然であり、子どもたちが

五感を使って理解するという特性がある。感じとったものをそのまま知識として獲得する。しかし、それだけでは“本質”をさぐることはならない。獲得した知識を活かして、どのような筋道を通して現象が起こっているのかということ、つまり、目に見えていない部分でどのようなことが起こっているのかを予想し、それを証明していくことが、自然事象の“本質”をさぐることになるのである。

1. 2 「理科的な表現力」とは

次に、本年度の個人研究テーマにある「理科的な表現力」について述べていく。

学校教育における表現力といえば、書くこと、話すことが中心となってくる。理科学習においても当然大切にしなければならないことである。この表現力を理科的に考えたとき、理科学習として大切にしたい“本質”をさぐることを含めたものを「理科的な表現力」としたい。つまり、私の考える「理科的な表現力」とは、自然事象に対して、子どもたちがもっている科学的な知識やイメージを言葉や絵（図）、モデルとして表出することである。しかし、そこには必ずその子なりの科学的な根拠を伴っていなければならないと定義した。といっても科学的に正しいとされていることだけを科学的な根拠と限定しているわけではない。「ひょっとしたら」「たぶん」「もしかすると」などの曖昧さを含んだ言葉の後に続くようなものであっても、その子なりの論理で説明でき、まわりの子どもたちが納得できるようなものであればよいと考えた。

そして、子どもたちが「理科的な表現力」を発揮できるのは「予想」と「考察」の場面であると考えた。

「予想」の場面では、子どもたちは既知の知識やイメージを用いて自然事象の本質にせまろうとする。つまり、「予想」の場面は、個々の課題を解決する第一歩であり、その後の「考察」へと繋ぐ重要な場面なのである。ゆえに、この場面で自分の考えを表出し、友だちの考えと比較し共有しながら、自然事象のとらえを省察させる。そして、その「予想」をもとに実験・観察を行い、結果を導き出す。さらに、その結果をもとに「考察」することになる。

「考察」の場面では、「予想」の時にもっていた自分の考えと比較したり、友だちの考えと比較したりすることで、より科学的な見方や考え方になっていく。この場面でも子どもたちは省察する態度を身につけていく。つまり、理科学習では、省察する場面において、「吟味を生み出す対話」が行われるのである。

以上のことから、研究仮説を検証するにあたっては、特に「予想」と「考察」場面を重要ポイントとして研究を進め、「理科的な表現力」を高めることで、自然事象の“本質”をさぐる子どもの実現に向かって研究を進めてきた。

2. イメージの表出から“本質”にせまる

本年度の研究では、「理科的な表現力」として子どもたちがイメージを表出することがまず、大切になってくる。そのために、じっくり「みる」・表現の工夫・学習ノートの活用の3つの取り組みを大切に、アプローチしていこうとした。

2. 1 じっくり「みる」

この「みる」には「観る」と「見る」の2つのことが含まれている。1つ目の「観る」は、対象をじっくり「観る」ということである。対象との対話を行う場面で、じっくりと観察させる。そして、スケッチやイメージ図として、観たまま感じたままを素直にノートへ記録させる。さらには、疑問や気づきを付記させることで、自己との対話を促し、課題作りへと向かわせるということである。2つ目の「見る」は、友だちの考えをじっくり「見る」ということである。思考を共有する時には、友だちの考えをじっくり聴くことは勿論であるが、考えを可視的に表出したもの（イメージ図・モデル・身体表現など）をじっくり「見る」ことで、自分の考えとの共通点や差異点を見いだすことができるだろう。ここでは他者との対話を促し、自己の考えを更新することになる。

2. 2 表現の工夫

ノートでの表現の工夫（スケッチ・イメージ図など）だけでなく、発言の中にも表現の工夫を取り入れたい。例えば、「予想」の場面では「～だと思う。それは～だからだ。」、実験の場面では「～をすれば、～になるは

ずだ。」、考察の場面では「～をすれば、～になった。だから、～は～ということになる。」というように、科学的根拠を明らかにしながら、論理立てた話し方を促す。ただし、必ずしもこのような言い方というわけではなく、その子なりの表現の仕方を認めていく。

このことが、「吟味を生み出す対話」につながると考えた。

2. 3 学習ノートの活用

子どもたちが自分の考えを整理したり、友だちの考えを取り入れたりするときには、その時々を考えや思いを記録しておく必要がある。自己の変容をみとるためにも、じっくり「みた」ものをノートに記録させた。また、授業の最後には「振り返り」を書いてもらい、子どもたちが自己の変容を見とると共に、教師も子どもたちの変容を見とり、さらには研究の評価としても活用した。

2. 4 イメージの表出・共有

前述の3つのアプローチで自然事象の“本質”に迫るわけであるが、ポイントになってくるのがイメージの表出である。これがなくては私の研究は進まない。そこで、子どもたちには、自己のイメージを絵（図）と言葉、モデル、身体表現などで表出するという方法をとった。とくに、他者との共有において、
○説明しやすいこと
○修正しやすいこと
○学びの足跡として残せること
○教師が子どもの学びのみとりができること
を考慮し、絵（図）と言葉、モデルで表出してもらうことにした。

説明しやすいことと修正しやすいことについては、絵（図）と言葉、モデルで表出すれば、それを提示することで他者に説明でき、他者と共有した後に修正する場合には、書き加えることで修正できる。全く違うイメージに変更する場合でも、前のイメージとどのように変わったのか、自己の学びをふり返ることも可能になる。

学びの足跡として残せることについては、前述のことに加えて、単元全体として自然事象をどのように捉えているのかということについてもふり返ること（自己評価）ができる。

教師のみとりについては、支援を行うための資料として重要なものになる。また、授業後においては、イメージの変容をみることで子どもたちの評価としても活用できる。

また、あまり時間をかけずイメージを表出しやすいようにワークシートを用意し、できるだけ共通する部分はこちらで書き込んでおくことにした。

さらには、共有を図りやすくするために、イメージを拡大提示する実物投影機や、モデルをアニメーショ

ン化したデジタルコンテンツをつくり、コンピューターで提示するなど、ICT機器を活用した。

そして、単元終了時には自然事象の“本質”をどれだけさぐれたのか、また、どのような感想をもったのかを個人のまとめとしてかいてもらい、研究の評価に活かすことにした。

3. 授業の実際

5年生「もののとけ方のヒミツをさぐろう！」より

3. 1 本実践について

本実践の主張点は「ものが水に溶ける現象について、目に見えなくなったものの存在をイメージ図で表出し、それを共有することで、ものが水に溶ける現象に対するイメージをひろげたり、深めたりすることができる。」であった。この主張点を活かすために「理科的表現力」としてイメージ図を描くことを子どもたちに伝えた。その時には対象を丁寧に「みる」ように指導した。子どもたちは、ものが水に溶けていく様子をじっくりと観察することで、溶けたものが水の中でどのように存在するのか、そのイメージを膨らませることができる。そして、予想と考察の場面において、自分の考えを表出したり仲間の考えを共有したりすることで省察を行い、そのイメージをひろげたり、深めたりできるのではないかと考えた。また、イメージを創る手助けとなるように、ものが溶ける様子をスロー再生したデジタルコンテンツも用意した。さらには、教師側のこととして、視点を絞った話し合いになるよう、子どもたちの思考を丁寧にみとり、教師の働きかける場面を予想しておいた。

そして、イメージをひろげたり、深めたりする場面、つまり省察の場面を設定した。1つ目はシュリーレン現象を見て、溶けたものがどうなったのかを考える場面である。溶けたものはだんだんと小さくなり、最終的には目には見えなくなる。そこで、溶けたものはどうなったのかを予想させる。そして、水の中に存在するのかどうかという視点で話し合い省察が行われるのではないかと考えた。2つ目は、ものが溶ける量と水の量の関係、3つ目はものが溶ける量と温度の関係、そして、4つ目が食塩の飽和水溶液に砂糖を溶かす時に、予想したり、考察したりする場面である。ここでは、子どもたちのイメージ図をもとにして、科学的な根拠をともなったイメージへと変容させるために、「吟味を生み出す対話」が行われ、学びの質を高めることができると考えた。

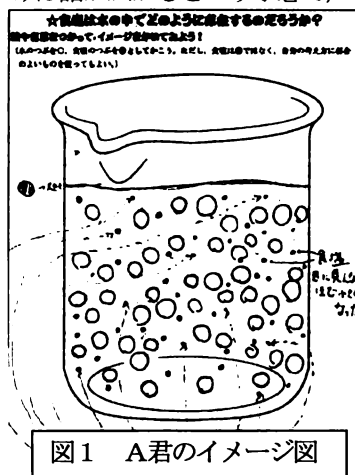
3. 2 イメージ変容の場面1

イメージ変容の場面1として、本実践の5/15時間目に行った「食塩が水に溶けると、水の中でどのよ

うに存在しているのかを考えよう！」という授業について、実際の授業の様子を紹介していくことにする。

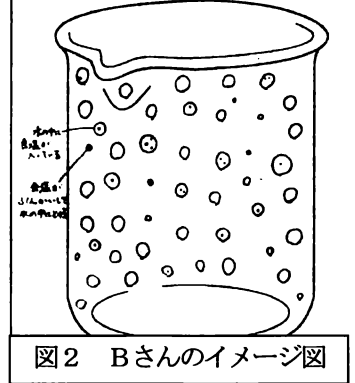
前時の実験の結果から、食塩をとかした水の中には食塩が存在するという結論が出されていた。そこで、「食塩がとけた水の中では、食塩はどのように存在しているのだろうか。そのようすをイメージとして絵に表してみよう！」と投げかけた。子どもたちは難しそうだという表情であったが、水の粒を○で表すという条件をつけていたので、何とかとりかかることができた。

そして、イメージ図をかき終わると、全体で交流することにした。「みんなの前で考えを伝えてくれる人はいますか。」と尋ねると、初めは2人。どうも自信がないのか、課題が難しかったのかいつもより反応が悪かった。「どんなイメージでも、間違いはないよ！自信をもって伝えてみよう！」という投げかけで、やっと5人。これ以上待っても仕方がないと思ったので、まずは1人目の子に発表してもらい、それをもとにしていけば話が広がるという予想で、1人目を指名した。



1人目はA君で、食塩の粒が目に見えないくらい小さくなっていて、それが全体に広がっているというイメージであった(図1)。この考えで子どもたちが納得したのは、「小さくなる」ということと、水溶液の定義である「全体に(一様

に)広がっている」ということであった。この考えに似ている子が多く、よく似ている子に挙手を求めると半数以上が手を挙げた。

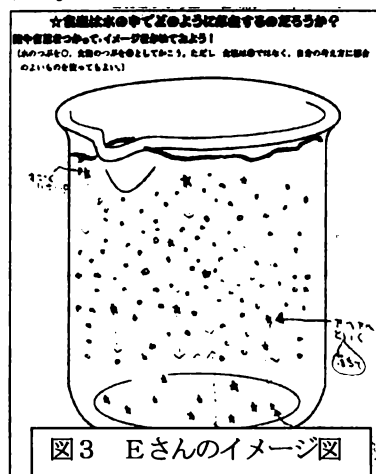


次に、全く違うという考えでBさんが発言した。Bさんのイメージは、食塩が細かく分かれて、水の粒の中に食塩の粒が入るというイメージ(合体説)であった(図2)。この考えでは、食塩水が

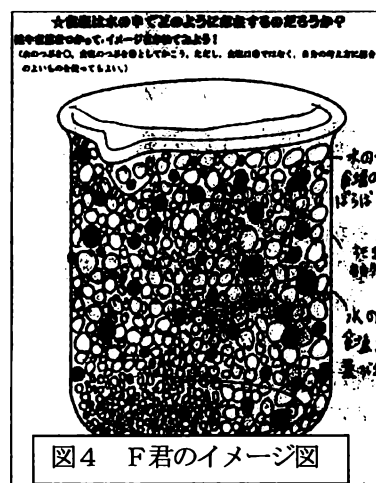
透明になることが説明でき、その点では子どもたちの納得できるものであった。

そして、C君も合体説に賛成したイメージで、DさんはA君のイメージに賛成したイメージを説明してく

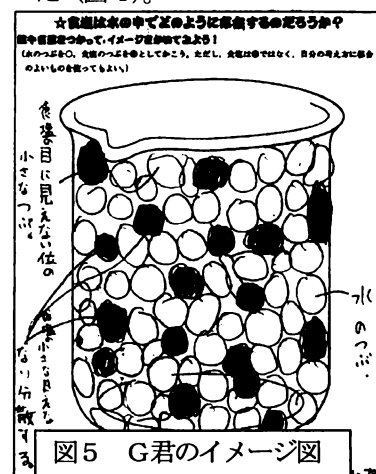
れた。



イメージを説明してくれた(図3)。それは、底にたまった粒が小さくなって、上の方に動くことを伝え、みんなも納得できる考えであった。



と透明であることとを関係づけた。Bさんとは違った考えであったが、これもみんなが納得できるものであった(図4)。



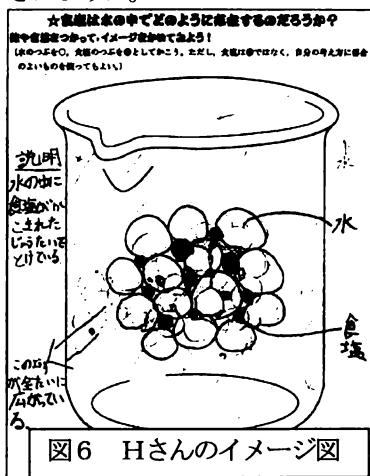
で、「後で説明してもらってから、ちょっと待ってね。」と発言を待ってもらっていたのである。G君のイメージは、モヤモヤはまだ目に見える大きさなので、それがさらに小さくなってとけ、水の粒の間に入るという

だんだん話し合いが活発になってきたときに、Eさんが新たなことを付け加えた。溶けていくようすをイメージしたというよりも昨日の実験から事実を表したといった方がいいかも知れない、そんなイメ

すると、今まで遠慮気味だったF君が発言した。そのイメージでは、水の粒が、食塩の粒よりも多いのではないかとすることを説明した(間入り込み説)。そして、その結果、透明に見えているのだと水の粒の量

最後に、G君のイメージを説明してもらった。というのも、初めから発言したいという意思表示をしていたが、G君が説明するとみんなはその考えに傾き、納得してしまい、他の考えが出づら

ものであった(図5)。A君と同じようなイメージであったが、イメージ図が分かりやすく、みんなも納得できたようだ。



これで、終わりにしようかと思っていたが、Hさんのイメージを全体にひろめることで、みんなのイメージの質が高まるという予想のもと、Hさんを指名した。初めはちょっと恥ずかしがっていたが、説

明が始まるとみんなの視線がHさんのイメージ図に集中した。そのイメージとは、水の粒が大きく食塩の粒が小さいのではないかとというもので、透明になっているのはこのためだと話した(図6)。そのように考えた子は他にはいなかったで、「おー」「なるほど」と声もれるほどであった。透明とのかかわりについては3通りの考えが出たが、どれも素らしい考えで納得できるため、どの考えを取り入れるかは子どもたち個人の判断に任せた。

この時間は自分の思をイメージとして表出できていたし、友だちの考えを取り入れてイメージを更新する姿もみられ、子どもたちは充実していたように感じた。その一例として感想を紹介する。

みんなの意見を聞いているうちに、食塩の粒の大きさが変わった。結局水よりも少し小さくなった。

私と似ている意見もあれば、ちがう意見もあって、びっくりした。Fくんの意見が印象的で、おもしろい意見だなと思った。

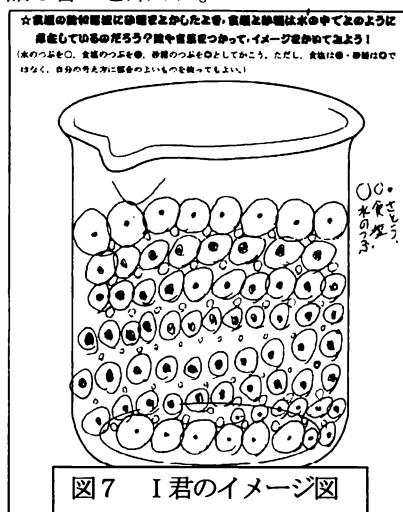
3. 3 イメージ変容の場面2

イメージ変容の場面2として、本実践の7/15時間目に行った、「食塩の飽和水溶液に砂糖は溶けるのか」という授業について、実際の授業の様子を紹介していくことにする。

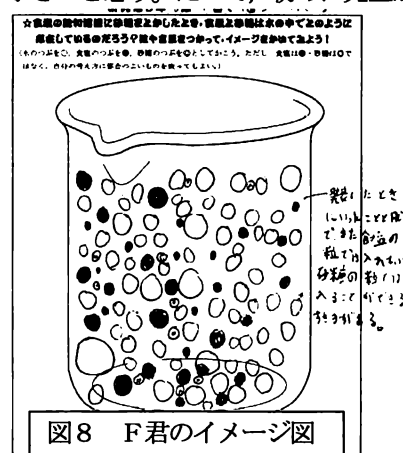
この時間の主張点は「砂糖を溶かした食塩の飽和溶液について、食塩や砂糖の存在をイメージ図で表出し、それを共有することで、飽和溶液に対するイメージをひろげたり、深めたりすることができる。」であった。この主張点にどれだけ近づけたのか、これから述べていく。

本時の始まりでは「飽和溶液はもうこれ以上溶かすことができないもの」というイメージであったが、本時が終わったときには「飽和溶液は他のものなら溶か

すこともある」というイメージに変容した。事象の科学的な見方としては事実をとらえ、変容することができた。しかし、ねらっていたことはもう1つ上の段階で、「砂糖が溶けたわけ」をイメージ図で表し説明することであった。それを含めて「イメージの変容」と考えていた。そのために、食塩の飽和溶液に砂糖が溶けた様子を、水の粒○、食塩の粒●、砂糖の粒◎を使ってイメージ図で表すようにした。その時に、イメージを中心として話し合いが焦点化されるよう「水の粒と、食塩・砂糖の粒がどのようにかかわっているのか、そのことがわかるようにかきましょう。」と投げかけた。そして、子どもたちはそれぞれのイメージ図をもとに、話し合いを始めた。



の粒が入ることができないという事実をうまく説明でき、しかも砂糖も溶けるということから、食塩と砂糖の粒の入り方が違うという考えを導き出したのだ。これには納得できる子もいたが、入り方が違うという考えには反論もあった。それは、F君の考えで「食塩と砂糖の粒の大きさが違うので、水と食塩でいっぱいになっているところにも、小さなすき間があって、そこに砂糖の粒が入る。つまり、砂糖は食塩の粒よりも小さいと思う。だって、初めに先生が50mlの水に



イメージ図(図8)を見ても砂糖の粒が小さくて、狭いすき間に入り込んでいるものがたくさんあった。どち

I君は、「食塩の粒は水の粒と粒の間に入り、砂糖は水の粒の中に入るのはではないか」と説明した(図7)。これには意図があって、食塩の飽和溶液はもうこれ以上食塩

砂糖は20杯も溶けてたっていったから、たくさん溶けるには粒が小さくないとダメだと思うし。」と発言した。この考えには賛同する子が多く、実際にイ

らもよく考えていて素晴らしいと思っていたが、G君の一言でもっと深く考えることになった。それは、「食塩の粒の方が大きいから砂糖が溶けたとするなら、反対に、砂糖の飽和溶液に食塩を溶かすと溶けないってことになる。つまり、砂糖でいっぱいになったら、すき間はかなり小さいから大きな粒の食塩は入ることができないってことになる。」という考えであった。これには驚かされた。みんなも「そうだな」といった表情で、納得していた。私もここまで考えることができたことに感心した。しかし、こんな展開になるかも知れないと思い、砂糖の飽和溶液に食塩を溶かした動画のコンテンツを用意していた。溶かすのに6時間ほどかかったので、インターバル撮影で1分30秒に編集したものだった。それを観て「食塩が溶けた」ということになり、G君の考えから「粒の大きさではないかも知れない、入り方の違いかも知れない」という結論に至った。

4. 授業の考察

4. 1 イメージ変容の場面1の考察

この時間は、イメージ図を初めてかくことになっていたので、子どもたちがどのようにかくのか、また、全員かくことができるのか、という期待と不安をもちながら授業に入った。実際にところ、子どもたちは思っていた以上にかけていた。その理由として、食塩が水に溶けるという単純な現象であったためイメージしやすいことが考えられる。それと、水の粒を○で表すという条件をつけたことで、躊躇なくイメージ図をかき始めることができたようだ。さらには、共通の部分(ビーカーなどイメージに直接かわりのない部分)を、あらかじめ印刷しておいたことが、時間短縮につながり、イメージとして表出する部分にたっぷり時間をかけることができたことも理由の1つだと考えられる。

次に、イメージの共有から変容について述べる。

共有の場面では、ICT機器の活用によって、子どもたちは、見やすくわかりやすいと感じたようで、自分と似ているところや違うところをはっきりとさせながら、イメージを共有できていた。その中で、Bさんのようなイメージを合体説、F君のようなイメージを間入り込み説と分類したことで、自分のイメージがどちらに近いのか、また、その2つとは違うのかということや、近いイメージであってもどこが違うのかということ、自己の中で省察したり、全体で吟味したりすることができた。いわば、分類したことによって話し合いが焦点化されたのである。

変容については、Hさんのイメージを全体にひろめた場面で強く起こったのではないかと考える。それまでの話し合いでも、友だちの考えを取り入れて自分の

イメージを変えている子もいたが、Hさんのイメージによって、クラス全体のイメージが変容したのではないかと思えるくらい、印象的な場面であった。Hさんについては、自分から進んで発言することは少なかったため、機会があれば指名しようと考えていた。また、本単元では着目児として、丁寧にみとっていいこうと希望していたし、発言の機会を増やすことで自信をもってもらいたいと考えていた。その思いがちょうど良いタイミングで実行できた。そして、Hさんのイメージから、「透き通って見えるのは、食塩の粒が水の粒よりも小さいからかもしれない」という考えを導き出したのである。教師の事前のみとりと、発言のタイミングがうまくいったことが、クラス全体のイメージの変容につながったのである。

4. 2 イメージ変容の場面2の考察

この時間は、子どもたちにとって少し高い課題（食塩の飽和溶液に砂糖は溶けるのだろうかという課題で、その様子をイメージ図で表すということも含む）かも知れないと思いながらも、きっとジャンプする学びになるだろうという期待もあった。

まず、予想の段階であるが、飽和溶液ということから、「もうこれ以上は溶けない」というイメージが強かった。ここで、そう予想してくれたことで実験後の驚きが増したのである。そして、「飽和溶液でも他のものなら溶かすことがある」というイメージに変わった。

次に、イメージ図については、これまでに何時間かかいてきたこともあり、短い時間の中でもかけるようになっていた。繰り返し行うことで身につくという、反復の大切さを感じた。

そして、イメージの共有についてであるが、これは、4.1にも書いたようにICT機器活用の効果があった。そして、共有されたイメージは大きく分けてI君のような「食塩と砂糖では水の粒への入り方が違う」という考え方と、F君のような「食塩も砂糖も水の粒のすき間に入る」という考え方の2つであった。この場面でも大きく2つに絞ることで話が焦点化され、どちらの方がより確かだといえそうなのかと、吟味が行われた。その対話がF君とG君の発言である。

F君「食塩と砂糖の粒の大きさが違うので、水と食塩でいっぱいになっているところにも、小さなすき間があって、そこに砂糖の粒が入る。つまり、砂糖は食塩の粒よりも小さいと思う。だって、初めに先生が50mlの水に砂糖は20杯も溶けてたっていったから、たくさん溶けるには粒が小さくないとダメだと思うし。」

G君「食塩の粒の方が大きいから砂糖が溶けたとするなら、反対に、砂糖の飽和溶液に食塩を溶かすと溶けないってことになる。つまり、砂糖でいっぱいになったら、すき間はかなり小さいから大きな粒の食塩は入

ることができないってことになる。」

このG君の発言によって「砂糖の飽和溶液に食塩を溶かしてみる」という証明する方法が導き出された。子どもたちで実際に実験することはできなかったが、用意しておいたデジタルコンテンツで、確かめることができた。そして、最終的には「粒の大きさの違いではなく、入り方の違いかも知れない」という結論に至ったのである。

イメージの変容としては、予想との違いから「飽和溶液でも他のものなら溶かすことがある」となったことと、溶けている様子では「粒の大きさの違いではなく、入り方の違いかも知れない」となったことである。

このように見てくると、この時間は課題がよかったのではないと思う。子どもたちが必死に考え、イメージを出し合い、「こうかも知れない」「それだとうまくいかない」と吟味する中で、新たな証明方法までたどり着いたことは、課題のよさだといえるだろう。当然、その課題に必死に取り組める子どもたちであったこと、つまり、学級風土ができていたことはいうまでもない。

5. 成果と課題

本年度の個人研究テーマは「**理科的な表現力を高めることで、自然事象の本質をさぐる**」～予想と考察において省察する～であった。その中で、「理科的な表現力」として中心にしていた「予想」と「考察」でのイメージ図の表現については、授業の中で十分にできていたように思う。そして、表現の工夫として挙げていた「～だと思う。それは～だからだ。」や「～をすれば、～になった。だから、～は～ということになる。」というような科学的根拠を明らかにしながら、論理立てた話し方も、できる子が増えてきた。そして、イメージすること、また、それを表出・共有することは大切であり、吟味を生み出す対話につながることができるものだと感じた。この点は成果として挙げることができる。

しかし、学習ノートの活用として考えていた「自分の考えの変容」や「友だちの考えについてのコメント」などはまだまだできていない。書ける子も増えてきたことは確かだが、全体的に見て弱いと感じる。また、表現の仕方でもイメージ図が中心でモデルや身体表現という方法は活用できていない。さらに、振り返りについては、もう少し自分の学びの変容を書いてもらいたかったが、時間の確保ができていないためできている子は少ない。これらのことが今後の課題である。

参考文献

- 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
- 森本信也(2007)「考え・表現する子どもを育む理科授業」東洋館出版社