

理科学習過程の適用段階を見直す

——小学校学習事例を基にして——

川 尻 伸 也*

(平成4年2月29日受理)

Look Over the Application Step of Science Study Course Again

——Sample of Elementary School Study——

Shinya KAWASHIRI

(Received February 29, 1992)

はじめに

小学校の理科学習の対象になるものは、子どもの身の周りのいろいろな事物・現象である。これらの中から不必要な条件を捨象して問題をとらえやすくし、しかも子どもの興味・関心が持続するように、教材を工夫して取り込むということが多い。

この教師が持ち込んだ教材をもとに、それぞれの学習過程や学習形態で取り組み、一つの「きまり」を発見するというのが普通のものである。

一方、自然は子どもが自らの手で積極的に働きかけることによって、そこに内在する自然の「きまり」を教えてくれる。この子どもの自然への働きかけを促すのは、子どもの自然への興味・関心であり、理科学習によって身につけた知識や技能を使って当てはめてみたり、確かめたりする活動を継続することによって培われていくものである。

このように授業でとらえたことと授業外で自然に働きかけて自分なりの概念を作り出すことがひとつのサイクルになって初めて学習が軌道に乗ったといえるのではないだろうか。このような考えから、これまで子どもの側の授業外の事として、あまり取り上げられなかった適用段階の取り扱いについて考えてみたい。

1. 子どもの自然概念の形成過程を考える

子どもの概念形成過程を鮮明にさせるために授業中の子どもの活動や発言、ささやきをビデオ、録音、活動記録に取りながら行った。また、学習後の子どもの気付き等も聞き取り調査した。(実験校 附属小学校 公立学校)

実験授業，小学校5年生「水溶液とこさ」をもとに考えてみたい。

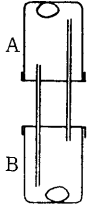
1) 問題をとらえる段階から検証段階まで

(1) 興味ある事象から問題をとらえる

① 授業の実際

○ ね ら い

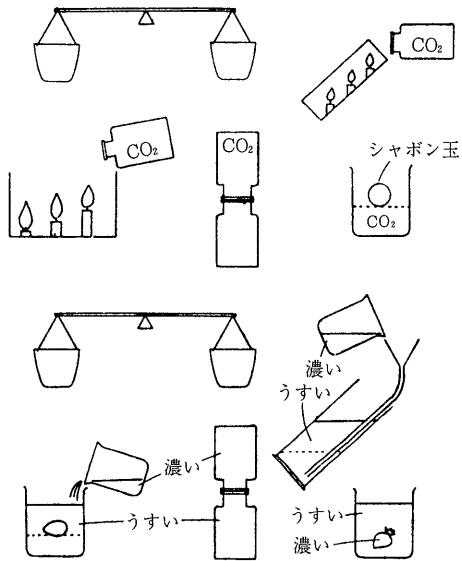
- ・濃度のちがう食塩水の入れかわりによって起こる，卵の浮き沈みが逆転する現象を見たり試したりすることにより，問題を見出すことができる。
- ・二酸化炭素と空気の重さを比較した経験を，濃い食塩水とうすい食塩水の重さの比較に応用することができる。
- ・多様な実験の結果から，濃い食塩水は重いことをとらえる。

子どものとりくみ	教師のかかわり方
<p>1. 提示された装置を観察して話し合う。</p> <p>P₁ おもしろそうだな</p> <p>P₂ Aが濃くて，Bがうすい食塩水ではないかな</p> <p>P₃ ピンチコックを開くと，どうなるのかな</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>○卵の浮き沈みのある装置を提示し，卵の浮いているわけ，沈んでいるわけや，気づきを話し合わせる。</p> </div> </div>
<p>2. 卵の浮き沈みが逆転の様子を見て話し合う。</p> <p>P₁ 卵の浮き沈みが逆になった</p> <p>P₂ AとBの液が入れかわったのではないかな</p> <p>P₃ 濃い食塩水は，重いかな</p>	<p>○ピンチコックを開いて，卵がゆっくりと動き浮き沈みが逆転の様子を見せる。</p> <p>○卵の動く様子から，Bには濃い液，Aにはうすい液が入っていることに気づかせ，液は，食塩水であることを補説する。</p>
<p>3. 濃い液，うすい液の入れかわる様子を観察し，気づいたことを記録する。</p> <p>P₁ BからAの中に，油みたいなのが，どんどん出ている</p> <p>P₂ パイプを伝わって，液が入れかわっているようだ</p> <p>P₃ Bの液はAの底に，たまり始めた</p> <p>P₄ 液の境界面ができて，そこに卵が浮いている</p> <p>P₅ 装置を横に倒すと，卵が中間に止まった</p> <p>P₆ 濃さがちがうと，混じらないのではないかな</p> <p>P₇ 濃さがちがう液は，重さもちがうのだろう</p>	<p>○自分なりの問題をとらえさせるために，同じ装置を使って自由な試行をさせ，試行を通しながら，卵が逆転の様子や液の入れかわる様子を，くわしく観察させ，経過や結果を記録させる。</p>

4. 濃い食塩水とうすい食塩水が入れかわるわけを予想する。

- P₁ うすい食塩水は、濃い食塩水を、うすめようとする性質があるのだから
- P₂ うすい食塩水は、濃い食塩水より軽くて、上へいくのだから
- P₃ 濃い食塩水は、うすい食塩水より重いから
- P₄ 濃い食塩水は、食塩の量が多いから重いから

5. 食塩水の重さを調べる方法を考え、検証する。



6. 実験の結果を発表する。

- P₁ 濃い食塩水は、うすい食塩水の下に、はいりこむ
- P₂ 天びんを使うと、濃い食塩水を入れた方に下がる。
- P₃ ビニール袋に、濃い液を入れて、うすい液にひたすと沈む
- P₄ 濃い食塩水は重く、濃さがちがうと、濃い液は、下にいこうとする性質がある

○「濃い食塩水を上に、うすい食塩水を下におくと、なぜ、入れかわるのだろう」と問いかけ試行を通してとらえた現象や、気づいたことから理由を予想させる。

○記録をもとに話し合わせ、卵の浮き方が逆になったことや、液が入れかわっていた様子から、問題を焦点化し、濃い食塩水は、うすい食塩水より重い、という予想を確立させる。

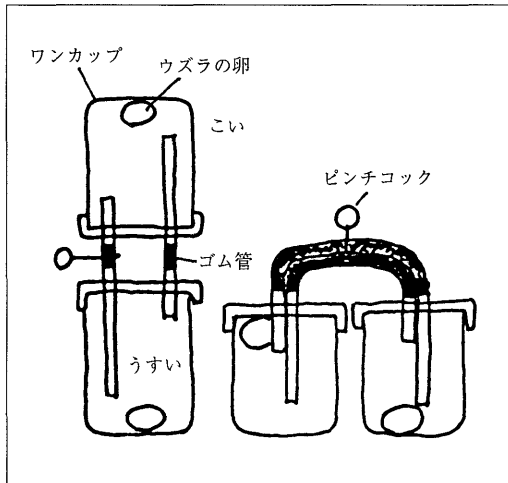
○濃い食塩水と、うすい食塩水の重さのちがいを調べるには、天びんも使えるが、その他、現象を見てもわかるものも検証の方法にさせるために、先行経験として、子どもたちがもっている二酸化炭素と空気の重さを比べた方法を想起させ、記録させる。

○先行経験の記録をもとに、濃い食塩水は、うすい食塩水より重いという予想を検証する方法を考えさせ記録させる。

○濃い食塩水は、うすい食塩水より重いことを、とらえさせるために、実験方法を考え出した子どもを中心に、2、3種類の検証方法を実験させ、経過や結果を記録させる。

○実験の経過や結果の発表を通して、他の実験方法の結果も取り入れ、多くのデータから、濃い食塩水は、うすい食塩水よりも重いという結論を導き出し、概念化をはかる。

グループ別に自由に試行できるように、図のような様な装置を与えた。



カップのふたに、ポリ管より少し小さい穴をコルク穿孔器であける。ポリ管の中間にゴム管をつけ、ピンチコックではさめるようにする。

使用する前と使用後は、左の図のようにしておく。

ピンチコックは片側を止めるだけでなく、上の図のようにして、ポリ管をはさむと両方の液は移動を始める。

両方の液が入れ替わるのを確かめ（卵の浮き沈みか、赤インクで着色する）、同じように数回繰り返しても、はじめと同じ現象がみられる。

(2) 操作を通して的確な予想をたてる

ピンチコックを開けると、それぞれのカップの中にもやもやとしたもの（シュリーレン現象）が見えはじめ、やがてウズラの卵の浮き沈みが逆になる現象が見える。この時点で、子どもは「どうして卵の浮き沈みが逆になったのだろうか」という問題意識をもっている。

初めの卵の様子やピンチコックを開けた後の卵の様子などから「こい食塩水が重くて下に行き、薄い食塩水が軽いから卵の浮き沈みの逆転があるのだろうか」というおおかたの予想がでてきた。

子どもの追求意欲は、彼らも持っている概念の中で矛盾をひきおこし、興味ある現象があり、しかも、実験方法の見通しが立ったとき大きくなる。

ここでは、ピンチコックを開けただけで、上下の液が入れ替わり、卵の浮き沈みが逆転する興味のある現象を引き起こした事が、追求意欲をかき立てたものと思われる。上の装置を使って自由に試行した結果、次のような予想を立てた。

・濃い食塩水は薄い食塩水より重いので下にいくのだろう。	32名	80%
・薄い食塩水は濃い食塩水を薄めようとするのだろう。	2名	5%
・その他（無記入を含む）	6名	15%

この割合を見ると、20%は見通しの立った予想とは言えない。そこで、卵の逆転現象を引き起こした原因に目を向けさせるために、前時学習の食塩水の濃さによって、卵の浮き方に違いがあることを再度試みさせる事が必要になる。また、個々の予想の根拠になったことを発表する場を設けて、他の考えを取り入れたり、自分の考えをよりはっきりさせることが必要である。

予想が立たないと確実な実験方法は見つからないが、子どもは事象を見て問題をとらえる段階で、予想を立て、実験方法まで考えている場合が多い。

ここでは、提示事象から「二酸化炭素は空気より重い」という性質を想起し、予想から実験方法まで一気に考えを進めた子も見られた。

(3) 既習の実験方法を想起し、新たな方法を工夫する

実験観察によって得られた「きまり（知識）」だけでなく、実験方法も必要ときに引き出されていることが分かる。

子どもは、重さを比較するときの先行経験として、4年「てんびん」の上皿でてんびんで、固体や液体の測定をしている。また、5年の「酸素と二酸化炭素」の単元で空気と二酸化炭素の重さを比較した経験をもっている。

重さの違いに着目して問題を解決しようとするとき、気体と液体という質の違いはあっても、似たような現象が起こるのではないかと考えたようである。この質の違いから、新たな実験方法、⑧⑨のビニール袋の角に食塩水を入れゴムで縛る方法を考え出している。

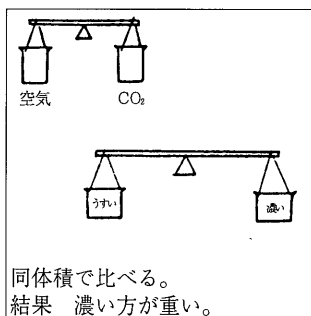
このように、「きまり」だけでなく、実験方法も一体にして概念化されており、似たような事象の時は、それを転移して解決しようとしている。

この時、①②③のように、必要十分な実験方法だけでなく、面白い比べ方はできないかという遊びの要素をもった、④⑤⑥のような実験方法も取り入れようとする傾向がある。

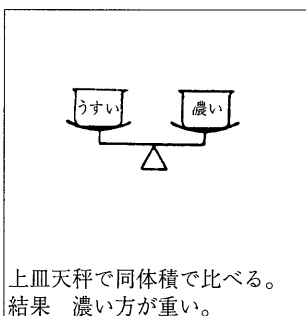
このことは、子どもが発見したきまりを自然の事象に当てはめてみると、重要な意味をもつ場合がある。

(4) 検証から適用化の段階

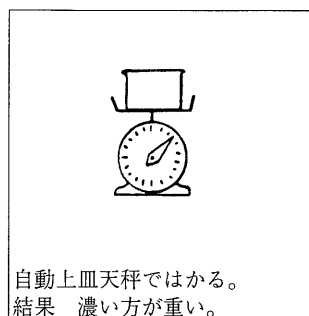
①



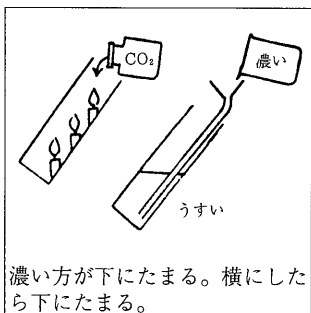
②



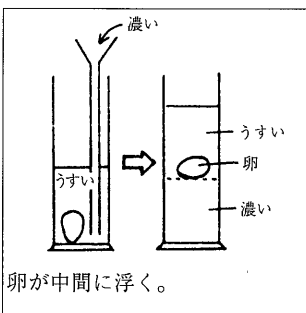
③



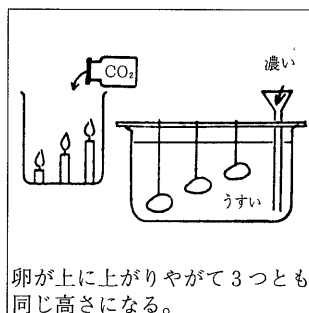
④

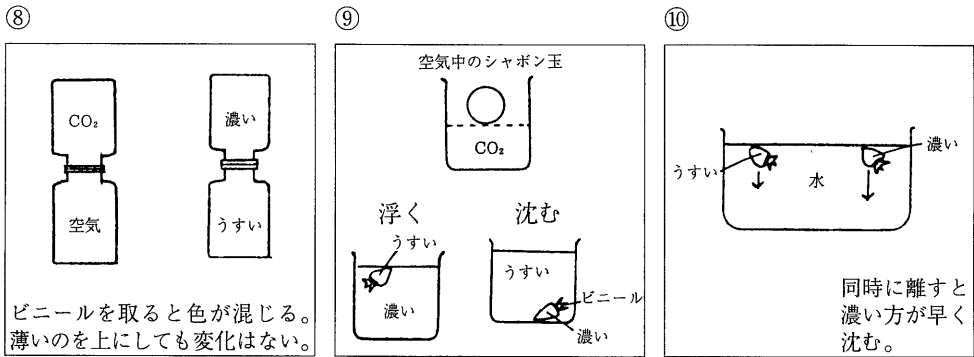


⑤



⑥





限られた時間内では多くの実験はできない。①～③の中から1つ、⑤⑥及び⑨⑩をそれぞれ合わせて効率よく実験していた。

(5) 多様な実験結果からきまりを見つける

いろいろな実験の結果を出し合い、「濃い食塩水は薄い食塩水よりも重い」というきまりを発見した。

授業はこのきまりの発見で終わるのが普通であるが、このままでは子どもの身辺での、濃度や重さの違いで起こる現象には目が行かず、見過ごしてしまうことになる。ここで食塩水と同じような、濃さや重さで起こる現象が日常的にみられる海に目を向けさせてみた。

「水より海水が重い」という事から、身の回りでどんな現象が起こっているか、考えさせた。

「川の近くの海でメダカが水面を泳いでいるのを見た。」

「雨上がりに港で船がスクルーを回したら濁った水の下にきれいな海水が見えた」

「大雨の時などは海の沖の方まで泥水で黄色くなるが、あれは上の方だけ川からでた水で、少し下は海水のはずだ。」

など次々に、いままで自然の中で、漠然と見過ごしていた現象が、海水と水の濃さの違いによって起こることを明らかにしていった。

子どもが、このようように自然を見ていくと、無風で霜の降りた早朝には、大村湾の川の近くの海面に薄氷が張ることも説明ができる。また、「諫早大水害のあと、いままでいなかったゲンゴロウブナが熊本からやってきて、用水路や川に棲みつくようになった」という古老の話も納得できることになる。

現象が見れるだけでなく、実際の生活の場で利用されている例もある。筑後川の下流の干拓地では、潮が満ちてくるのを利用して、遊水池の上の水門を開け、海面の上層部の水を味をみながら取り入れている。子どもたちはこの一見、不思議な光景を説明できるのである(テレビ放映)。干ばつの時アオと呼ばれる塩分の少ない海表水を利用した例もある。

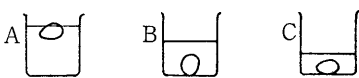
しかし、これは、海に近いところの学校とそうでない学校など、子どもの生活している地域の自然環境によって適用事例は異なってくることになる。

このように、「きまり」を自然事象へ当てはめてみることによって、子どもの水溶液のこさや重さに対する概念は授業を離れても拡大していると考えられる。

2. 子どもの疑問の解決と概念化との関係

1) 子どもが発見する問題

単元の初発に図のような提示をして、子どもが要望する器具を与え、自由に食塩を溶かす実験をさせ、子ども自身がどのような問題を発見できるか、それが単元のねらいとどのように関わりがあるのかを調べてみた。

子どものとりくみ	教師のかかわり方
<p>1. 3種類の液体での卵の浮き沈みを観察する。</p> <p>P₁ どうしてかな、不思議だな</p> <p>P₂ 水の量の違いが関係あるのかな</p> <p>P₃ 卵にしかけがあるのかな</p> <p>P₄ 何か水にとかしているのかな</p> <p>2. 卵の浮き沈みが起こるわけを調べる。</p> <p>P₅ 卵を入れ換えて、浮き方を調べる</p> <p>P₆ 液の量を一定にして浮き方を調べる</p> <p>P₇ 卵を入れ換えると油みたいなのが見える</p> <p>P₈ なめると塩からい</p> <p>(以下略)</p>	<p>○濃い食塩水A, 薄い食塩水B, 水Cの中の卵の浮き沈みの様子を見せる。</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>○ひらめいたり、疑問に思ったことをはっきりさせるために自由に確かめさせる。 (食塩水A, Bはあらかじめ、多量に作っておき、自由に取って使えるように準備した。)</p>

子ども自身の手で見つけたそれぞれの問題を集約すると、次のようになる。

1. どれくらい溶けるのだろうか
2. 溶かす前と溶けたときの重さはどうか
3. 温度を上げるとどれくらい溶けるか
4. 濃さと重さは関係あるか
5. 溶かす前と溶けてしまったときの体積はどうか

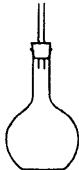

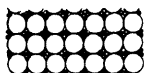
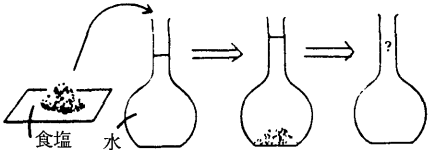
この中で、1～4の問題は、指導書にも示された内容のものであり、これを教材の順序性を考えて取り上げることによって、子どもの自らの問題として興味をもたせながら、学習させることができる。5は、指導書に示された内容ではないが、ほとんどの子どもが重さと体積の問題をあげていた。これは、食塩を水にいれたとき、わずかに水面が上がるのを見て、「食塩を入れたときは体積が少し増えているが、溶けてしまったらどうなるのか」という疑問を抱いたものである。また、物には体積や重さがあることをこれまでの経験で知っている、5年生の当然の疑問ともいえる。

そこで、次の授業を实践して、体積の問題がこの単元全体にどの様に関わり、子どもの概念形成にどのような影響を与えるのか調査した。

① 授業の実際

○ ねらい

- ・ 水に入れた直後の溶けていない食塩が、底にたまっているときと、食塩が溶けてしまつて粒が見えなくなったときの液の体積を比較することによって、溶けてしまつたら体積が減ることをとらえる。
- ・ 溶解の概念を、水の粒、食塩の粒のモデルを使って、図に表したり、説明したりすることができる。

子どものとりくみ	教師のかかり方
<p>1. 食塩が溶けても重量は変わらないが、体積は変化するかどうか考える。</p> <p>P₁ 体積は変わらないだろう</p> <p>P₂ 体積は減るだろう</p> <p>P₃ 体積は増えるだろう</p> <p>2. 体積変化の有無を確かめる方法を考える。</p>  <p>3. 食塩水の体積変化を実験して調べる。</p> <p>P₁ 水位が下がった</p> <p>P₂ フラスコに空気はいってきた</p> <p>4. 体積が減った理由を考える。</p> <p>P₁ 食塩の小さな粒が水を吸いこんだ</p> <p>P₂ 溶けて、水と同じようなものになってしまった</p> <p>P₃ 水の粒より、小さな粒になった</p> <p>5. 体積が減る理由を説明できる図をかく。</p> <p>P₁  P₂ </p>	 <p>○食塩をフラスコに入れ、底に沈んでいる状態では、体積が増加していることを観察させ、「溶けたら体積はどうか」を話題にし、問題の予想とその根拠を記録させる。</p> <p>○体積が変化の様子を視覚的にとらえやすくするための方法を導き出すために、既習の空気や水の体積の温度による変化を調べた方法を想起させる。</p> <p>○話し合いをもとに、ガラス管で水位を計る方法を見つけ出させ、実験の方法を確認させる。</p> <p>○実験をさせ、食塩が溶けてしまうと、体積が減るということを確認させ、減ったという意外性に目を向けさせ、減った理由を考えさせる。</p> <p>○「溶けてしまつても、食塩はフラスコ内にあるのに、どうして見えないのか」を話題にし、目では見えない微細な粒になったのではないかという方向に意識づける。さらに「微細な粒になった食塩と水が、フラスコ内で、どんな状態になっているのだろう」と問いかけ、話し合わせる。</p> <p>○「頭の中にあることを図に表してごらん」となげかけ、体積が減ったことを、小さな粒のイメージで説明できるように、モデル化した図をかかせる。</p>

2) 意外性からの追求意欲

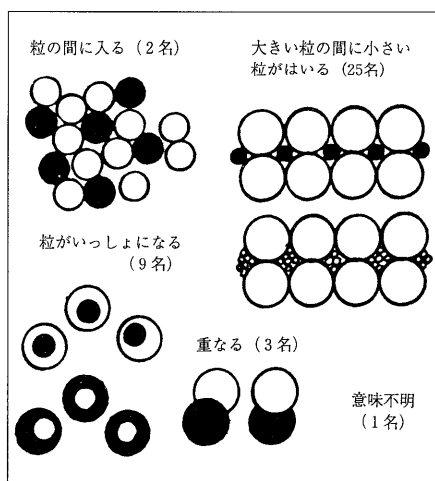
子どもにとって意外だったのは、体積の変化についての予想が大きくかけ離れたことである。次の表は食塩が、溶けてしまったときの体積の変化を予想したものである。

予 想	理 由	人数
体積は変わらないだろう	重さが変わらないから	35
	意味不明	1
体積が減るだろう	粒に水が入る	1
	見えなくなる (なくなる)	1
体積は増えるだろう	小さくなるから	2

前時の学習で食塩水の重さは、食塩を入れる前（食塩と水）、水に入れたとき、食塩が溶けてしまったとき（溶け残りも含む）、いずれも変化しなかったことから、体積も同じように、食塩が溶けてしまっても変化しないと考えたものであろう。これは、溶けても重さが変わらないことから類推して、体積も変わらないと考えるのは、当然のことであろう。

しかし、予想外の実験の結果であったことに対する驚きと、重さが変わらないのに、体積が減るといふ、子どものもつ概念との矛盾が、追求意欲をかき立てたようであった。

そこで、「溶けたら体積が減るといふことは、食塩と水がフラスコ内で、どんな状態になっているからだろう。」の発問で、各自がイメージしていることをモデル化して図に表させた。次の図が子どもの描いた、体積が減ることを説明した粒子モデル図である。



これまでの水溶液の学習（2年、4年、5年）に当てはめて、モデル図で説明できるか見直しをさせた。その結果、

- ①粒を細かくするとよく溶ける
- ②かき混ぜないと底の方がこい
- ③かき混ぜるとよく溶ける
- ④かき混ぜたら均一のこさになる
- ⑤初めはよく溶けるがだんだん溶けにくくなる
- ⑥溶ける限界がある
- ⑦水分を蒸発させると液が濃くなる
- ⑧水分を蒸発させると粒が出てくる

等々を図を用いて説明することができた。

これまで、①～⑧までの学習内容をそれぞれの理由を付けて説明できなかつたが、モデル図を使うことによって、溶解についての概念が拡大したといえる。

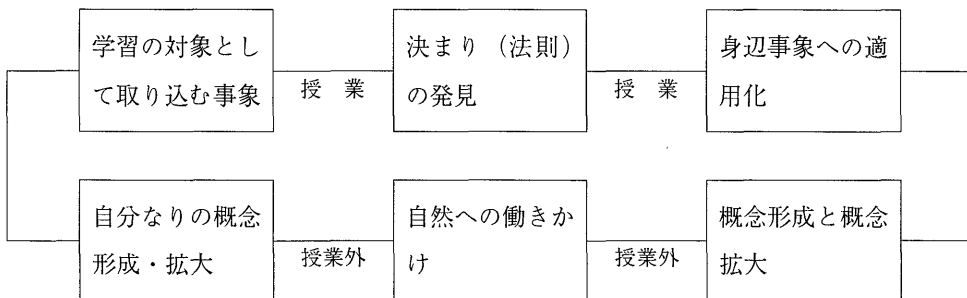
溶けると体積が減るといふ意外な結果から、「二酸化炭素は水によく溶けて体積が相当

減った。」という先行経験を想起し、気体と固体が溶けて体積が減るのなら、「液体の水溶液でも同じことが起こるのではないか、実験で確かめてみたい。」と追求意欲は新たな方向へ進んだ。子どもは、焼酎やウイスキーが水で自由に薄められることに気が付き、アルコールの水溶液で確かめることにした。そこで、アルコール50cc、水50ccを計りとり、100ccのメスシリンダーに入れてみると、同じように体積が減少することがわかった。この時点で、気体、液体、固体を水に溶かすと体積が減るということをとらえた。このことから物が溶けるということを具体的にイメージできたようであった。

溶解についての、これまでの学習をより具体的に理解できるが、固体、液体、気体の密度及び粒子の大きさは考慮に入れていない。このことは中学校の理科の学習に期待したい。

3. 授業と授業外での適用化による概念拡大

実験授業を通し、これまで述べてきたことをまとめると、子どもは授業で発見したきまりを授業終末の適用化の段階で、身の事象に結び付けて考え、また、授業外でも、自然の事象に結び付けて自然概念を拡大していることがわかる。それを図式化すると次の図のようになる。



授業外の自然への働きかけは、授業終了後から続き、ある事象を見て自分なりの自然概念を作り上げていく。時にはそれが間違っている、成長と共に繰り返していく中で修正され、その人の自然概念が作り上げられていくと考えられる。

4. 「食塩水の濃さによる重さの違い」の取り扱い

「水に食塩を溶かすと、入れた食塩の重さだけ重くなる。」ということから、濃い食塩水には多くの食塩が入っており、薄い食塩水には少しの食塩が入っていることになる。したがって、濃い食塩水と薄い食塩水の重さの比較は必要ではないように見える。

しかし、食塩を入れるとビーカーの水位が上がり、体積も増えていることには、ほとんどの子どもが気付いている。この現象を見た子どもの中には、「増えた体積の分だけ、重くなっている。」という誤った考えのものや「濃い食塩水と薄い食塩水を同体積にして比べてみたい」という疑問を残したものもある。このような、誤った考えや疑問を解決するためにも、従来の濃い食塩水と薄い食塩水の重さの比較は必要であると考え。さらに、子どもの身近での濃度差によって起こる自然現象に気付かせるためにも重要だと考える。

5. 適用化する段階と教師の役割

ここでは5年生の「水溶液」の一部について述べたが、子どもが発見したきまりを、適用化の段階で身の自然事象に当てはめて考えさせることは、どの学年、どの単元についても必要なことではないだろうか。

また身の事象に適用してみて、子どもが自分なりの自然概念を広げるといことを考えると、地域の自然の特性を教師自身が十分に調査・研究する必要があるだろう。とは言っても、教師一人の行動範囲や自然観察の機会に限られる。その点、子どもの多くの目や感性には大きな期待がもてる。理科の授業を「きまり」だけの発見で終わらせることなく、「きまりを自然の事象に当てはめてみる」過程をとることによって、子どもは身の事象に目が向き、自然概念を拡大することができることになる。例えそのとき、自然への適用ができなくても、その意識さえあれば、気づくことができるようである。

教師がこのような子どもからも学びとる姿勢をもっていれば、多くの適用例を知ることができる。その姿勢は、また、子どもの自然への働きかけを助長することになる。

ともあれ、人間が快適な生活を望み、科学技術を発展させてきたことの反動として、地球環境の危機を招き、改めて地球環境保護が叫ばれている昨今である。理科の学習が単なる知識だけで終わるのでなく、知識が身の回りから世界的な視野に立ったものへ転移して働くものになるようにしたいものである。

おわりに

受験競争が加熱している昨今では、小学校の教育は中学校への準備教育だととらえ、知識のみを修得すればよいという考えが広がっているように思う。それが、子どもを自然から引き離し、どの子も持っている自然に対する興味や関心、働きかけを阻害している。

基礎教育の段階で、これを繰り返すと、やがて、自然のサイクルの中で再生されていた空気や水までも、その途中で浄化の機能をなくし、それが、やがて日光まで影響を及ぼす事態になっても、何ら考えることも行動することもできないことになる。今回の改訂で人と自然環境との関係が取り上げられているが、それだけでなく理科を教える教師が、適用段階で「きまり」を自然にあてはめる意欲をもつことによって環境教育が自然に行われることになると思うのである。

参考文献

- | | |
|----------------------------|---------|
| 小学校指導書（昭和52年改訂） | 文部省 |
| 小学校指導書（平成元年改訂） | 文部省 |
| 小学校理科教科書 | 教科書出版各社 |
| 長崎大学教育学部附属小学校
研究紀要（理科編） | 昭和56年度 |
| 大瀬戸町立瀬戸小学校授業記録 | 昭和62年度 |