

# 「空気と水の性質」の授業実践

- 矛盾を解き明かすことで、より理解を深める -

本間 理

小学校4年生の「空気と水の性質」の単元において、既習事項とは一見矛盾するように見える現象を体験させ、その矛盾を解き明かす活動を取り入れることで、児童の現象に対する理解が深まるとともに、その矛盾解決のために児童どうしが話し合いをすることで児童の言語能力・表現力が培われると考え、これらのことを取り入れた問題解決型の授業を行ったので報告する。また、単元の学習の最後に水ロケットの実験も行ったので、その様子も併せて報告する。

[ キーワード ] 空気と水の性質 矛盾 問題解決型学習 言語活動 水ロケット

はじめに

小学校4年生理科の「空気と水の性質」の単元では、児童は空気鉄砲や注射器を使った観察・実験を通して、「閉じ込めた空気を圧すと、体積は小さくなるが押し返す力は大きくなること」、「閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められないこと」を学ぶ。これらの学習の後、このこととは一見矛盾するように見える現象を体験させ、その矛盾を解き明かす活動を取り入れることで、児童の現象に対する理解が深まるとともに、その矛盾解決のために児童どうしが話し合いをすることで児童の言語能力・表現力が培われると考えた。

## 1 学校の状況と指導日程

勤務校の札幌市立山の手南小学校は、西区山の手の自然に囲まれた閑静な住宅街の中にある全校16学級の中規模校である。第4学年は2クラスしかないため、筆者が担任するクラスは児童数36名と本校にあっては比較的児童数が多いが、クラスの児童は全般的に仲が良く、落ち着いており、何事にも一生懸命に取り組む姿勢が見られる。

本単元は、第1次「空気鉄砲の玉を飛ばそう」（指導日程1～4）、第2次「空気の性質」（指導日程5、6）、第3次「水の性質」（指導日

程7～9）の3つのステージに分けて学習を進め、最後に発展的な学習として「水ロケット」（指導日程10、11）を行うこととした。その指導には11時間の授業時間を配当したが、途中に運動会が行われたこともあり、6月9日から夏休み前までの比較的長い期間で行った。また、単元の学習に入る前と学習が終了した後で児童にアンケートをとり、児童の変化をとらえるとともに指導の効果を調べるようにした。その指導日程を以下の表1に示す。

表1 指導日程

|   | 指導内容                                                                                                                                                 |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 空気鉄砲の玉を飛ばそう</li> <li>・ 事前アンケートの実施。</li> <li>・ 空気鉄砲の玉を遠くに飛ばすにはどうしたらよいか、色々予想させてから空気鉄砲で玉を飛ばす体験をさせた。</li> </ul> |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気鉄砲の前玉のつめ方と玉の飛び方について予想させた後、実験で確認した。</li> </ul>                                                             |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気鉄砲の押し棒の押し方と玉の飛び方について予想させた後、実験で確認した。</li> </ul>                                                            |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気鉄砲を撃つとき、空気鉄砲の中の空気の様子はどのように変わっていく</li> </ul>                                                               |

|    |                                                                                                                                                                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | か絵で表現させた。                                                                                                                                                                                                     |
| 5  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 空気の性質</li> <li>・ 注射器に空気を入れ、ゴム栓で栓をして、ピストンを圧していったときの体積の変化と手応えについて実験した。また、ピストンをどれくらいまで押し下げられるか実験した。</li> <li>・ ピストンを圧すのをやめると押し返されることを確認した。</li> </ul>                   |
| 6  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気を入れた注射器の中に発泡スチロール片を入れてゴム栓で栓をし、ピストンを圧していくと発泡スチロール片はどうか、予想させた後、実験した。</li> <li>・ ピストンを圧していくと発泡スチロール片が小さくなることを確認した。ここで、空気が縮む様子が目で見られるようになったことを示した。</li> </ul>          |
| 7  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 水の性質</li> <li>・ 注射器に水を入れ、ゴム栓で栓をして、ピストンを圧していったときの体積の変化と手応えについて実験した。</li> <li>・ 水は押し縮められないことを確認した。</li> </ul>                                                          |
| 8  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水を入れた注射器の中に発泡スチロール片を入れてゴム栓で栓をし、ピストンを圧していくと発泡スチロール片はどうか、予想させた後、実験した。</li> <li>・ ピストンを圧していくと発泡スチロール片が小さくなることを確認した。水は圧しても縮まないはずなのに、発泡スチロール片が縮み、矛盾していることを示した。</li> </ul> |
| 9  | ・ 前時ではなぜ矛盾する結果になったのか、児童どうして話し合いながら矛盾を解き明かす活動を行った。                                                                                                                                                             |
| 10 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 水口ケツ</li> <li>・ この単元で学んだことをもとに水口ケツを遠くまで飛ばすにはどうしたらよいか考えさせながら実験を行った。</li> </ul>                                                                                        |
| 11 | (後日、事後アンケートの実施)                                                                                                                                                                                               |

## 2 事前アンケート

児童の単元学習前の状況を把握するため、1回目の授業のはじめに事前アンケートを実施した。対象児童は小学校4年生であり、あまり複雑なことは聞けないため、アンケートの質問項目は漠然としたものではあるが、「(1)空気鉄砲の玉を遠くまで飛ばすにはどういう工夫をするといいいですか?」、「(2)空気の性質について知っていることを書きましょう?」の2つとし、自由記述により回答させることとした。

事前アンケートには35名の児童が回答した。その結果を表2に示す。なお、回答は複数回答のため、割合の合計は100%を超える。また、

表2 事前アンケートの結果

| (1) 空気鉄砲の玉を遠くまで飛ばすにはどういう工夫をするといいいですか? |            |
|---------------------------------------|------------|
| 回 答                                   | 人数(割合)     |
| 押し棒を勢いよく動かす                           | 12名(34.3%) |
| 空気の量を増やす                              | 4名(11.4%)  |
| 玉を軽くする                                | 3名(8.6%)   |
| 押し込む長さを長くする                           | 2名(5.7%)   |
| 発射する角度についての記述                         | 2名(5.7%)   |
| 水を入れる                                 | 2名(5.7%)   |
| 空気鉄砲のサイズを変える                          | 2名(5.7%)   |
| 玉をきつくつめる                              | 1名(2.9%)   |
| 無回答                                   | 12名(34.3%) |
| (2) 空気の性質について知っていることを書きましょう?          |            |
| 回答(記述内容)                              | 人数(割合)     |
| 見えないこと                                | 16名(45.7%) |
| 軽いこと                                  | 11名(31.4%) |
| 呼吸と関係があること                            | 5名(14.3%)  |
| 空気の組成に関すること                           | 4名(11.4%)  |
| さわれないこと                               | 3名(8.6%)   |
| 温度に関すること                              | 3名(8.6%)   |
| 水などが含まれていること                          | 2名(5.7%)   |
| どこにでもあること                             | 2名(5.7%)   |
| 縮むこと                                  | 2名(5.7%)   |
| 無回答                                   | 5名(14.3%)  |

類似する内容の回答はまとめて集計している。

授業を始める前に、今までに空気鉄砲をやったことがあるか聞いたところほとんどの児童が空気鉄砲をやったことがあると答えていたが、「(1)空気鉄砲の玉を遠くまで飛ばすための工夫」では、「玉をきつくつめる」と回答したのは1名しかいなかった。また、無回答が12名もあり、児童は空気鉄砲を体験したことはあっても、それに関して理科的な知識はほとんどもっていないことがわかった。

「(2)空気の性質」については、回答として「見えないこと」をあげた児童が16名、「軽いこと」をあげた児童が11名と普段の生活の中で漠然と感じていることを書いた児童が多かったが、「水が混じっている」、「空気を温かくすると軽くなる」、「二酸化炭素と酸素が混ざっている」など他の単元で学習することや高学年で習う内容を書いている児童もいた。また、この単元で扱う「空気は縮むこと」を書いた児童も2名いた。

### 3 矛盾を体験させる

指導日程6において、空気を入れた注射器の中に発泡スチロール片を入れてゴム栓で栓をし、ピストンを圧していくと発泡スチロール片はどうか(図1)、予想させた後、実験をさせた。結果はピストンを圧していくと発泡スチロール片が小さくなるのだが、ここで空気が



図1 空気を入れた注射器の中の発泡スチロール片

縮む様子が目で見られるようになったと示しておいた。

指導日程8において、これと同様に、水を入れた注射器の中に発泡スチロール片を入れてゴム栓で栓をし、ピストンを圧していくと発泡スチロール片はどうか、まず予想させた。クラスで予想を発表させたところ、中には「発泡スチロールの空気が抜けて注射器の上にたまる」とかなり本質に近い予想をした児童もいたが、19名(55.9%)の児童が「発泡スチロール片の大きさは変わらない」と予想し、半数以上の児童が指導日程7で学んだ「水は押し縮められないこと」に沿う考え方をしていた。その後、班毎に実験を行い、ピストンを圧していくと発泡スチロール片が小さくなることを目の当たりにすると(図2)、指導日程7で学習した「水は押し縮められない」と矛盾する結果になったことに驚いていた。

指導日程9では、どうしてこのような矛盾する結果になったのか児童それぞれに考えさせて意見交換を行った。様々な考えが出たが、改めて注射器の中の発泡スチロールの様子を観察させ、実は「縮んでいるのは発泡スチロールで、水ではない」ことに気づかせることができた。さらに、「発泡スチロールの中には何が入っていると思う」という問いかけをした後、発泡ス



図2 水を入れた注射器の中の発泡スチロール片

チロールの中には空気が入っていることを示し、「発泡スチロールが縮んでいるのは、発泡スチロールの中の空気が縮んでいるからであり、やっぱり水は縮まない」という結論に達することができた。児童は矛盾が解決して達成感を得ている様子だった。

このような一見矛盾するように見える現象を体験させなくても、「閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められない」ということは一連の実験からも学べるが、原因と結果があまりにストレートにつながりすぎて児童の印象にはあまり強く残らない。児童の心に残るものにするには、児童の興味・関心を喚起する「なぜだろう?」、「不思議だな!」と思わせることが大切であると考え、このような一見矛盾するように見える実験を取り入れ、その矛盾を児童が話し合いながら解き明かすという問題解決型の学習を行ってみた。授業を行ってみると児童はとても興味を持ったようでしきりに児童どうしで意見交換を行っていた。このような活動を取り入れることで、児童の現象に対する理解をより深めることができたのではないかと考えている。

#### 4 水ロケット

指導日程9までで、空気と水の性質について一通りの学習が終わったところで、発展的な学習として水ロケットを行った。ここでは、これまでに学んだことから「圧すと縮む空気と圧しても縮まない水を使って、水ロケットを遠くに飛ばすにはどんな工夫をしたらよいだろう?」というテーマをもって実験を行った。

最初、班毎に自由に水ロケットを飛ばさせた(図3)。ある程度飛ばしたところで児童を集め、水ロケットを飛ばしてみてもどのようにしたときに水ロケットがよく飛んだか、わかったことを発表させた。空気鉄砲との関連から「栓はきつく押し込んだ方がよい」、「水の量は多すぎない方がよい」などの意見が出たが、教員はそれらをまとめるとともに「発射する時の角度

はどれくらいがよいか?」、「発射する時の発射装置の抑え方はどのようにしたらよいか? (腕をピンと伸ばして、押し返されないようにする)」などのヒントを出し、もう一度しばらく班毎に自由に水ロケットを飛ばさせた後、班毎に水ロケットの飛距離を競うコンテストを行った。この水ロケットを行ったのは7月15日の暑い日で、児童は水ロケットが噴射する水がかかりながらも楽しそうに実験していた。



図3 水ロケットを飛ばす児童

#### 5 事後アンケート

これらの学習が終了した後、児童の変化をとらえるとともに指導の効果を調べるため、児童に事後アンケートを実施した。事後アンケートの質問項目を表3に示す。回答は記述式とし、

表3 事後アンケート質問項目

- |                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) 空気の性質についてわかったことを書きましょう。<br>(2) 水の性質についてわかったことを書きましょう。<br>(3) 空気と水の性質の違いでわかったことを書きましょう。<br>(4) 発泡スチロールを注射器に入れた実験で空気や水の性質についてわかったことを書きましょう。<br>(5) ペットボトルロケットを飛ばした実験を通してわかったことを書きましょう。<br>(6) そのほかわかったことを書きましょう。 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

児童が授業を通して理解したことを自由に記述させるようにした。以下にそれぞれの質問項目に対する回答の状況を示す。なお、事後アンケートには34名の児童が回答した。

(1) 空気の性質についてわかったこと

得られた回答を、「空気は縮む、縮んだ空気は押し戻そうとすること」が書かれているものを概ね授業の目的が達成されたものとしてB、さらに「押し込むほど押し返す力は強くなること」も書かれているものを授業の目的が十分達成されたものとしてA、質問の意図と合わない記述、または、無回答のものをCとして分類したところ、Aが2名(5.9%)、Bが26名(76.5%)、Cが6名(17.6%)であった。Aに分類される回答は少なかったが、AとBを合わせた割合は8割を超え、授業の目的は概ね達成されたものとする。

(2) 水の性質についてわかったこと

得られた回答を、「水は押し縮められないこと」が書かれているものを概ね授業の目的が達成されたものとしてB、質問の意図と合わない記述、または、無回答のものをCとして分類したところ、Bが29名(85.3%)、Cが5名(14.7%)であり、ほとんどの児童が授業の目的を達成していた。また、Cに分類した回答の中には、「おしても水はなくなる」、「水はへったりしない」などおそらく回答した児童は理解しているが表現が不十分なためCに分類せざるを得ない回答もあった。なお、この質問ではAの分類は設けなかった。

(3) 空気と水の性質の違いでわかったこと

得られた回答を、「空気は押し縮められるが、水は縮まないこと」が書かれているものを概ね授業の目的が達成されたものとしてB、質問の意図と合わない記述、または、無回答のものをCとして分類したところ、Bが31名(91.2%)、Cが3名(8.8%)であり、ほとんどの児童が授業の目的を達成していた。Cに分類した回答を見ると、「空気は見えない。水は見える。」、「空気はかるいけと水はおもい」など、間違い

ではないが、単元を終えて「空気と水のふしぎ 授業終了アンケート」として行っているアンケートの意図には合わない回答も含まれていた。このような回答が得られた背景には、事後アンケートを実施したのが、単元の学習後すぐではなかったため、質問の意図が当該児童に伝わらなかったからという可能性がある。なお、この質問ではAの分類は設けなかった。

(4) 発泡スチロールを注射器に入れた実験で空気や水の性質についてわかったこと

得られた回答を、「どちらも発泡スチロールが縮むこと」が書かれているものを概ね授業の目的が達成されたものとしてB、さらに「発泡スチロールが縮むのは発泡スチロールの中の空気が縮むからである」と理由も書かれているものを授業の目的が十分達成されたものとしてA、質問の意図と合わない記述、または、無回答のものをCとして分類したところ、Aが2名(5.9%)、Bが20名(58.8%)、Cが12名(35.3%)であった。

この質問は、筆者としては「既習事項とは一見矛盾するように見える現象」を体験させ、問題解決的な学習を取り入れることで児童の現象に対する理解が深められたかを確認する、このアンケートのメインとなる部分であったが、AとBを合わせた割合は64.7%であり、同じような質問である「(3) 空気と水の性質の違いでわかったこと」に対するBの回答の割合91.2%よりもかなり低かった。Cに分類した回答を見ると、「水と空気はにているとわかった」、「空気をおしちぢめると、水に空気が入って、発ぼうスチロールからあわがでる。ということ」など、授業者が見せたい、理解させたいと考えていたこととは違った観点で回答しているものも見られた。しかしその一方で、Aに分類した回答には、「空気のときは下でちぢむ(つぶれる)、水のときはうかんでちぢむ。また、二つともおすのをやめると元の大きさにもどる。発泡スチロールのあなの中に空気が入ってる。」とほぼ完璧なものもあった。

(5) ペットボトルロケットを飛ばした実験を通してわかったこと

得られた回答を、「水の量、栓のつめ方、発射角度などのうちいずれか1つの条件について記述がなされているもの」を概ね授業の目的が達成されたものとしてB、さらに「水の量、栓のつめ方、発射角度などのうち2つ以上の条件について記述がなされているもの」を授業の目的が十分達成されたものとしてA、質問の意図と合わない記述、または、無回答のものをCとして分類したところ、Aが1名(2.9%)、Bが21名(61.8%)、Cが12名(35.3%)であった。授業者としては、授業の様子を見ている限り、Aに分類される回答がもっと多く出るように思っていたが、そうならなかったのはアンケートの実施時期が授業後すぐではなかったため、児童の記憶が薄れてしまったからであるという可能性もある。また、Cに分類された回答には、「空気と水がはっしゃする」、「ペットボトルロケットはくうきと水のおもさでとんでいる」など、児童の表現したいことがうまく表現できていないと思われるものもあり、言語活動の充実の必要性を感じた。

(6) そのほかわかったこと

得られた回答を、「何らかの記述があるもの」をB、「他人に説明するように書かれているもの」をA、無回答のものをCとして分類したところ、Aが1名(2.9%)、Bが1名(2.9%)、Cが32名(94.1%)であった。必ずしも回答が必要な項目ではないが、アンケートをとる側としてはもう少し、何らかの回答が欲しいところであった。

おわりに

事前アンケートでは、授業で扱う空気と水の性質について認識している児童はほとんどいなかったもので、事後アンケートの(1)、(2)、(3)の結果や指導日程4で描かせた「空気鉄砲の中の空気の様子」の絵(図4)を見ると授業の目的はほぼ達成されたといってよいと考える。た

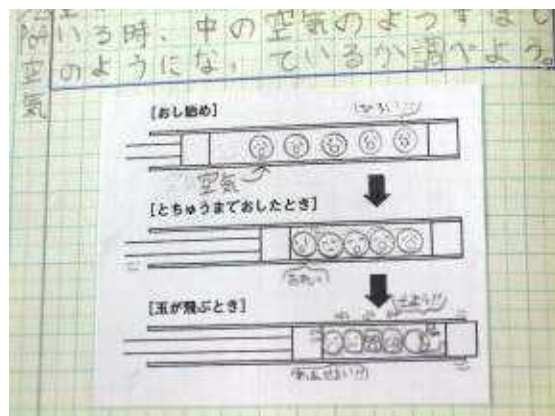


図4 空気鉄砲の中の空気の様子を表す絵

だ、今回は、「矛盾を解き明かす活動を取り入れることで、より理解を深めることができる」という仮説を立てて授業を行っており、これについては、事後アンケートの(5)の結果を見るとあまり効果はなかったように感じられる。しかし、授業中の様子では、児童は積極的に実験を行い、観察し、話し合いの場面では積極的に意見交換をして矛盾を解き明かそうとしていた。また、授業直後には、「水を入れた注射器の中の発泡スチロールが縮むのは発泡スチロールの中の空気が縮むからで、水が縮むからではない」と多くの児童が納得していたように見られた。このことが、事後アンケートの結果に反映されなかったのは、この部分の授業を行ってから約2週間後に事後アンケートをとったため、児童の記憶やそのときのわかったという感動が薄れてしまったためであると考えられる。今後は、他の単元についても新たな効果的指導法を考えるとともに、その授業の成果を検証するためのアンケートの実施時期や方法についても改善を加えていきたいと考えている。

最後に、この単元の授業を行うにあたって、北海道立教育研究所附属理科教育センターから空気鉄砲、注射器をはじめ、水ロケットなどの機材をお借りいたしました。ここに改めてお礼申し上げます。また、これらの機材の学校への貸出も行っているそうですので、そのことも書き添えさせていただきます。

(ほんま あや 札幌市立山の手南小学校)