

# 水の体積変化を追求の主軸とした単元構成

— 4年単元「氷・水・水じょう気」の実践を通して —

長野 紀文\*

本単元に関わる実態調査によれば、沸騰時の泡を空気と答えた者が5年生で41%、6年生で61%いることが認められた。これは4年生の学習内容の忘却が急速に進むことを示している。本研究ではこの原因を考察し、子供の問題意識が高まるような単元の構成に意を用いた。その結果、水の体積変化を追求の主軸とした指導計画を立てることによって、子供たちに沸騰時の泡への強い疑いをもたせ、水の状態変化全体を捉えさせることが可能であることを実践を通して明らかにしている。

## 1. はじめに

本単元は子供たちが興味をもって取り組む学習である。しかし、筆者の実践を振り返ってみると、遠西氏<sup>1)</sup>が指摘しているように、子供たちは、ポストテストでは沸騰時の泡を「水蒸気」と答えるが、1年後には約半数の子供たちは、かつての具体的な経験、すなわち「泡は空気である」と答えるようになってしまっている。その原因は高野氏<sup>2)</sup>らが指摘するように、筆者の実践が多くの実践例同様「泡」の追求に重点を置きすぎたことは勿論のこと、次の2点でも大きな問題があったと考えられる。

- ① 子供の問題意識が育たないままの学習—この学習はお湯を沸かす現象を観察することから始まることが多い。しかし、この現象は子供たちにとって、見慣れた現象であるため、疑問や問題意識をもたせにくい。それにも関わらず筆者は、子供の問題意識を水の状態変化に向けようとして、お湯が沸騰する現象を見せると性急に「泡は何でしょうか」と問うていた。そのため、子供たち自身の問題意識を誘発することができず、子供たちは、教師の指示に従って活動するだけの学習になってしまっていた。
- ② 生活に結び付かない学習—子供にとって記憶が曖昧になるのは、自分なりの納得がないからである。「なるほど、そうだったのか」とか「ああ、そうだったのか」など、自分なりの納得の仕方は、先行経験である日常生活とのつながりが分かったときに得られるものである。筆者が子供たちに、学習したことを生活を通して見直させる活動を欠いていたことも学習内容の記憶が曖昧になってしまった大きな要因になっていると思われる。

そこで、問題意識を高めていく上でもっとも重要な指導計画の中に、遠西氏の「具体的操作で教えても、子供の経験や知識が不足していれば、それは子供たちにとって形式的操作でしかありえない。」と言う指摘<sup>1)</sup>と筆者自身の反省を生かし、子供たちの既習経験を活用して、単元全体を通して子供たちが主体的に働きかけられる追求の主軸を設定することにした。

\* 理科長期研修員（新潟市立総合教育センター・新潟市立沼垂小学校）

## 2 研究の実際

### (1) 児童の実態と考察

子供たちが水を温めること、冷やすこと、水蒸気の泡や湯気などについてどのように捉えているのかを探る手がかりとして、新潟市立沼垂小学校3,4,5,6年生約240人を調査対象として昭和63年7月中旬に調査を実施した。紙面の都合上、問題の具体的内容や解答は詳述できないが結果の概要を次に示す。

ア、沸騰したお湯から出る泡は空気と考えている子供が4年生で78%である。(学習終了後はこの“泡=空気説”はほぼ0%になると予想される)しかし、学習から1年経過した5年生になると41%に増え、さらに6年生になると63%と増えていく。

イ、冷蔵庫から出した缶ジュースの外側に水滴がつく現象を、回りの空気と関係付けて説明しようとした者は4年生で6%である。また缶ジュースの内側から水がしみ出すと考えている子供は4年生で50%、5,6年生で10~20%いる。しかし、この子供たちも中味が少なくなったとは考えていない。

ウ、水を凍らせたとき、体積が増えることを指摘できるのは4年生で10%である。また、5,6年生でも50%である。

エ、4年生ではお湯を温めると、その“かさ”が減っていくと考えている者60%、増えていくと考えている者40%である。また、温度上昇の限界については、ほとんど意識しておらず80度と考えている者が55%もいる。しかし、この子供たちの中には熱源を変えれば200度位までお湯の温度が上がると考えている者も多い。

本単元の学習を既に終わっている5,6年生の正答率が低い。それは、泡の意味や体積の増減、さらには、水は0度で凍り始めることなど、いくつかの現象が断片的に体験されていたためだと予想される。また、沸騰時の泡についての正答率が低いのは、水蒸気の泡と空気の泡の違いを区別する決定的な教具が見当たらないことと、指導過程での問題意識の育て方に原因があったと思われる。

そのため、本単元の展開にあたっては、子供たちの問題意識が連続的に高まっていくような単元構成に意を用いることが必要となる。

### (2) 研究仮説

「はじめに」で述べたように、単元全体を貫く軸は何かを前項の児童の実態の中から見出し、次のような仮説を設定した。

- 体積変化を追求の手がかりにして単元を構成すれば、子供たちは水と湯気や水蒸気の関係に気付き、問題解決に必要な情報を獲得していくことができるようになるだろう。
- 繰り返し、繰り返し事象に働きかけさせることによって、子供たちは水の状態変化と温度との関係を自ら考えるようになるだろう。

本研究仮説を設定した根拠は次の2点である。

① 子供たちは、水を温めるとかさ(体積)が増えることを「水・空気の温度とかさ」の単元で学習している。また、日常生活で鍋や、やかんの空だき現象を見て、水が沸騰すると蒸気によって水のかさが減る事実も知っている。しかし、学校ではかさが増えることを学び、生活経験では減るという矛盾した現象を見ていても、このことについて子供たちのこだわりはほとんど見られない。そこで、この温度による体積の相反する事実こそ本単元の子供の追求の軸となると予想した。それは、「水の温度を上げていくと“かさ”はどうなるか」という問題が子供のものになった時、はじめてこれまでの経験を想起し、

かさについての視点を持って、水の沸く様子を注意深く観察するようになると予想したからである。そして、この観察が水の体積変化から状態変化に意識を向けていくきっかけになると思われる。

② 実態調査や遠西氏の指摘からもわかるように、この時期の子供たちは自然の事象を筋道立てて考えられるほど多くの経験を積んでいない。そのため、教師の方から一方的に「なぜ」「どうして」と発問しても主体的な学習は期待できない。そこで、単元の初めでは、疑問が湧くごとにお湯を沸かす実験を繰り返すこととした。なぜならばその活動のくり返しが子供たちに問題解決に必要な情報を与え、自らが考えて解決していく足場を作っていくことになると予想したからである。

(3) 単元目標

温度による水の状態変化を調べ、温度と状態変化を関係づけて理解させるとともに熱や物質についての初歩的な見方、考え方を培うようにさせる。

(4) 指導計画（時数－12時間）

第1次 水のかさの変化を調べる活動（3時間）

第3次 冷やしたり温めたりする活動（3時間）

- やかんでお湯を沸かし、中の様子を予想する。
- 中がよく見えるビーカーでかさの変化を確かめる。
- 水の温度変化と沸騰する水の様子を観察する。
  - ・お湯になるとかさは増え、火を消すとかさは減る。
  - ・大きな泡が出る（沸騰）と湯気もいっぱい出る。
- 温め続けても温度が100度にならないわけを考える。

- 水を水で冷やしてその様子を調べる。
  - ・凍り始めてから、凍り終わるまで水の温度は0度である。
  - ・凍り終わると温度が下がる。
  - ・水が氷になるとかさが増える。
- 水を温めてその様子を調べる。
  - ・氷は解け始めても0度である。
  - ・氷が全部解けると温度が上がりはじめる。
  - ・氷が解けて水になるとかさが減る。

第2次 減ったお湯の行方を調べる活動（5時間）

- 湯気を集めて調べる。
  - ・湯気は冷えると水になる。
- 見えなくなった湯気の間に行方を調べる。
  - ・湯気は消えてなくなる。
- 泡を集めて調べる。
  - ・沸騰時の泡は空気の泡と違う。
- 泡と湯気の間目に見えない場所に行方があるか調べる。
- 湯気と水蒸気の見え方の違いを調べる。

第4次 水の一生の作文を書く。（1時間）

- 水の状態変化と温度の関係について作文や絵でまとめる。
- 大気の循環について考える。

(5) 授業の実際と考察

ア、水のかさはどうなるだろう（1次）

教卓の回りに子供を集め、ガスコンロでお湯を沸かす様子を見せながら「水を沸かすとどうなるでしょう」と発問した。すると子供たちから、「湯気が出る」「温度が上がる」などの答えと共に「お湯が減る」とか、「お湯の量が増える」など水のかさにつ

表1 水を温めるとかさはどうなるか

- 増えると思う……………19人  
前に勉強したように、水は温めると増えるから。
- 減ると思う……………20人  
湯気が出て行くから。  
鍋の空きを見たことがあるから
- わからない……………2人

いての意見が出されてきた。加熱と水のかさについての子供の意識は表1のようであった。「やかんでは水のかさの変化の様子がよく見えないので、外から中が見えるビーカーで確かめよう」という子供の意見で実験を始めるが、残りの時間が短く、かさが増えたか減ったのかはっきりしなかった。そこで、2時間目に改めて実験をやり直すことにした。2時間めはお湯の体積変化に加え、温度変化の様子も観察することにし、温度変化はグラフに記入するよう指示した。実験が始まってしばらくすると「増えて

きた。やっぱりな」などの声が聞こえはじめ、40分位すると「すこし減ったような気がするよ。どうして？」の声も聞こえてきた。その後の話し合いは次のようであった。

<p>T<sub>1</sub> 何か気付いたことはありませんか。          C<sub>1</sub> 97度までしか温度があがりませんでした。          C<sub>2</sub> 37度で泡が出てきましたが、97度で泡も大きくなりました。          C<sub>3</sub> 水がお湯になると一度（かさ）増えるけど、火を消すと（水が）減ります。          T<sub>2</sub> 減った水はどこに行ったの          C<sub>4</sub> お湯が温められて、上にのぼってフラスコの口についていると思います。</p>	<p>C<sub>5</sub> 空気の泡が出ていったからお湯が減ったと思います。          C<sub>6</sub> 湯気が空気中に出ていったから（お湯が）減ったと思います。          T<sub>3</sub> 空気中に出ていった湯気はどうなるのかな。          C<sub>7</sub> 消えてなくなると思います。          C<sub>8</sub> 空気に混ざると思います。空気に混ざってから消えると思います。          C<sub>10</sub> 私は湯気は空気になると思います。</p>
---	---

単元の導入場面であるから、子供たちの意識を直接水のかさに結びつけるだけでなく、既習事項の水を温めるとそのかさが増えることや、沸騰し続けるとそのかさが減ることなど、お湯を沸かすことについての全ての経験を想起させようとした。そのため、最初の発問は主語のない漠然としたものになった。子供たちの反応は予想通り湯気、温度など生活経験を元にした答えから始まり、かさに着目する意見が出てくるようになった。そして、温めると水のかさが「増える」か「減る」かの問題に対して子供たちの考えはほぼ拮抗しており、話し合いの中でかさの変化に意識を向けることができた。また、実践記録に見られるように、水のかさが減る原因は湯気に関係していると考えer子供が多くいた。

なお、C<sub>1</sub>から出された、温め続けているのにお湯の温度が97度以上にならない理由を聞いてみると、アルコールランプの火力が弱いからだと思える者が多かった。そこで、火力の強いガスバーナーを使い同じ実験をしたが結果は前回と同様になった。それでもまだ火力が強ければ温度はもっと上がると考えている子供が大勢いたので、子供たちがまだ熱を意識し始めていないと判断した。そこで、子供たちに「温め続けているのに温度が上がらないのは不思議だねえ」と疑問を投げかけるだけにして、その理由を考える活動は2次の最後で扱うことに変更した。

#### イ、湯気の行方（2次2時間目）

フラスコからお湯が減った原因となる湯気を集めようとして、子供たちはフラスコの口にビニール袋を取り付け、その中にフラスコから出て行く湯気を集めようとした。子供たちは「袋の中が白くなったよ」とか「水だ、湯気が水になって出てきたんだ。」などと言いながら、水と湯気のつながりについては簡単に気付いてくれた。しかし、上記の実践記録にも



図1 見えない湯気を集める。

も見られるようにフラスコから空気中に出た湯気がどのようなかについて、ほとんど意識していないため、湯気の行方を追いかける場を設定した。子供たちは図1のように、フラスコの口から出て見えなくなった湯気をビニールの袋に集め、その袋を前にして湯気がどうなっているか、自分の考えをノートに書いた。その後の子供たちの話し合いの様子は次のようであった。

<p>T<sub>1</sub> さあ、ノートに書いたことを発表してもらいます。          C<sub>1</sub> 僕はフラスコから出ていった湯気は空気になると          思います。だから（ビニールの袋を）温めると水が</p>	<p>出てくると思います。（賛成者多数）          C<sub>2</sub> 私は（湯気は）空気と混ざると思います。混ざること          ら袋を温めると水滴が出てくると思います。</p>
---	--

<p>C<sub>3</sub> 湯気は消えてなくなると思います。空気と混ざっているなら、今、袋につめた空気に少しくらい水滴が見えると思います。</p> <p>C<sub>4</sub> 私は（湯気）は空気と混ざっていると思います。だから、袋を冷やしたら水が出てくると思います。</p> <p>T<sub>2</sub> そう考えた理由が何かあるの。</p> <p>C<sub>4</sub> 冷蔵庫から出したばかりのピンを机の上に置い</p>	<p>ておくと、ピンの所に水滴が付いているので空気中に（湯気が）混ざっていると思います。</p> <p>C<sub>5</sub> どうして冷やしたら（湯気が）出てくるんですか。</p> <p>C<sub>4</sub> 空気に混ざっているからです。</p> <p>C<sub>5</sub> 僕は（湯気は）空気に混ざっていると思います。調べ方は水に色を付けて温めてやると、（色のついた）湯気が出て空気に色が出ると思います。</p>
--	--

見えなくなった湯気をもう一度温めると湯気となって見えて来ると考える子供が多いため、C<sub>4</sub>の発言に賛成する者はほとんどいなかった。温めて湯気を取り出そうとする実験で、温める物として子供たちはアルコールランプとお湯を用いた。しかし、アルコールランプで温めた子供たちの袋は何の変化もないが、お湯で温めた子供たちは水滴が出て（袋の内外で温度差が生じるために）きて、当然両方から水滴が出て来ると考えていた子供たちは「どうして？」とか「なんで？」などと混乱した。最初お湯で袋を温めていたS子は、そのうちに隣のT子のアルコールランプも使い、交互に何回も何回も袋を温めていたが、しばらくするとT子に「ね、消えるでしょう。」と話しかけていたので、この発言を全体に広げた。「お湯の中にビニール袋を入れて温めると袋に水滴が着きます。でも、それをアルコールランプで温めると、袋の中の白っぽい水滴が消えました。だから温めると湯気は消えると思います。」というS子の発言に、K男が「アルコールランプで温めると消えるんだったらK子さんの言うように冷やすと湯気が出てくるかもしれません。」と反応した。そして、全員でもう一度見えない湯気を集め、それを冷蔵庫に入れて、湯気が水滴になるかどうか確かめた。

<p>C<sub>1</sub> 袋に水がついているよ。</p> <p>T<sub>1</sub> 冷やすと袋に水がついてくるね、そうすると湯気の見えない所から何が出てきたのかな。</p> <p>C<sub>1</sub> 湯気です。</p> <p>T<sub>2</sub> だったら、みんなの教室や理科室の外にも見えないけど湯気はあるのかな。</p> <p>C<sub>3</sub> 教室は理科室から遠いからたぶん（見えない湯気は）ないと思います。</p> <p>C<sub>4</sub> 教室では水を沸かしていないからないと思います。</p> <p>C<sub>5</sub> 窓が開いているので、風でふかれて（湯気が）入ってくるので、見えないけどあるかもしれません。</p>	<p>T<sub>1</sub> よし、確かめてみよう。誰か教室から空気を集めてきてください。 （その後冷蔵庫で冷やす）</p> <p>C<sub>5</sub> 白っぽくなってきたよ。水だ。教室にも見えない湯気があるんだ。</p> <p>T<sub>3</sub> 教室にも見えない湯気があったね。みんなの家にはどうかな。</p> <p>C<sub>1</sub> たぶんあると思うよ。だって、お湯やお風呂をわかすもの。</p> <p>T<sub>4</sub> 今日、家に帰ったら空気を集めて確かめて下さい。</p>
---	--

フラスコから出た湯気がどうなるかについて、子供たちはあまり意識していなかった。そのため、空中から湯気を取り出す活動は試行錯誤的になり、何も入っていないフラスコをアルコールランプで温めて、自分の考えを確かめようとする子供もいた。子供たちは湯気は水が温められて出てきたのであるから温めると再び見えてくると考えていた。ここではS子の粘り強い追求活動が、湯気を冷やすと水となって見えてくることの発見につながり、子供たちはI男のように驚いていた。そして、目に見えない湯気を見つける方法を知った子供たちはその方法を用い、廊下、教室、自分の家など何処からでも空

## — I男のノート —

あたためて出てくると思った目に見えない湯気が、K子さんの言うように、冷やしたら水になって出てきたのでおどろきました。それに、うちや、水をわかさない教室にも湯気があるのでおどろきました。

気中の湯気を見つけ出していった。そして、子供のノートにも、見えない湯気が雲や雨になっていくなど大気の循環に目を向けた記録が多く見られるようになった。(大気の循環は4次で扱う予定である。)

ウ、泡集めの活動(2次3~5時間目)

水のかさが減った大きな原因としての湯気に気付き、その湯気は目に見えないが空気中に存在していることが分かった子供たちに、さらに水の状態変化を追求させようとして、子供たちのノートに書かれていた「空気の泡がお湯から出ただけ水が減ると思う」とか「お湯から泡が出ていることも水が減ったことに関係あるのかもしれない」などの考えを紹介し、話し合わせた。

<p>T<sub>1</sub> お湯が減る原因は湯気の外に泡も関係があると言った人がいたね。その人の意見を聞かせてください。</p> <p>C<sub>1</sub> 泡は空気だから、空気が温まって増えると、お湯の中に入れなくなって出てしまうから、お湯が減ると思います。</p> <p>C<sub>2</sub> 泡が水の中であって、泡が上に行って出てしまうからそれだけお湯が減ると思います。</p> <p>C<sub>3</sub> 泡は空気だから水が減ったのとは関係ないと思います。</p>	<p>T<sub>2</sub> そうすると、泡は空気だと言うわけだね。</p> <p>C<sub>4</sub> 空気です。(賛成の声)</p> <p>C<sub>5</sub> 泡は空気だと思うんですが、湯気も空気と混ざっていたので、泡にも空気が混ざっていると思います。</p> <p>C<sub>6</sub> フラスコの中には水があるんだから、空気はないと思います。</p> <p>C<sub>7</sub> つけたし。こんな小さなフラスコなので、いっぱい泡が出るはずがありません。だから、泡は空気じゃないと思います。</p>
--	---

泡=空気と考えている子供が大部分でC<sub>6</sub>やC<sub>7</sub>の考えは少数である。さらに、C<sub>3</sub>のように泡とお湯のかさが減ったことは関係ないと予想する子供が湯気集めの頃より増えてきていた。そこで、泡は空気であるのかどうかを調べることにした。実験はH子の考えた方法を工夫し図2のA男のノート記録のようにした。実験を始める前の話し合いでは、ほぼ全員がA男の予想のようにビニールの袋は割れるくらい大きく膨らむと予想していた。K男の班の活動は次のようであった。



図2 A男のノート

<p>C<sub>1</sub> ふうっと膨らむかもね。</p> <p>C<sub>2</sub> もう、もやもやが出てきた。</p> <p>C<sub>3</sub> 袋の中に少し空気があるよ。</p> <p>C<sub>4</sub> (泡が) 出てきた、出てきた。</p> <p>C<sub>1</sub> 一箇所から(泡が)出てきた。</p> <p>C<sub>4</sub> そっちの方が熱いからじゃない。</p> <p>C<sub>2</sub> せっかく泡が出てきても、少しも膨らんでいないよ。</p> <p>C<sub>5</sub> 空気は(水に)沈まないのにどうして泡はピーカーの下の方から出るんだろうね。</p>	<p>C<sub>1</sub> 空気が入っているよ。袋の中に筋のようなものが通っているよ。</p> <p>C<sub>4</sub> ね、何か白くなっていない?、袋の中で空気と水蒸気が混じているんだね。膨らんだよ。</p> <p>T<sub>1</sub> 泡はいっぱい出ているね。膨らんでいる?</p> <p>C<sub>2</sub> 少しね。空気がもれているのかな。</p> <p>C<sub>1</sub> 袋の中に水の筋が見えるよ。</p> <p>C<sub>3</sub> 湯気が見えるよ。</p> <p>T<sub>2</sub> 袋は膨らんだ?</p> <p>C<sub>1,2,4</sub> 膨らんだよ。少しね。</p>
---	---

C<sub>2</sub>の発言をみると実験中は「少しも膨らんでいないよ」「空気がもれているのかな」と言っているのにも関わらず、教師の問いには「膨らんだよ、少し」と答えている。これは、泡は空気だと強く思い込み、膨らまない袋も「少し膨らんだ」と自分に都合よく意味づけしたためと思われる。

そこで、さらに泡をよく観察させるため、市販の水蒸気捕集管で調べてみることにした。(図3)



図3 水蒸気捕集管

まず、比較のために空気の泡が水中でどのような様子であるかを観察させてから、実験を始めた。泡が管の中を上って行くにつれて小さくなって行く様子を見て、大部分の子供は「大きい泡が管の中を上って行くと小さくなるね。」と言っているが、S男は管内を泡が上昇するにつれて小さくなることは認めたが、空気の泡に対する思い込みが強く、ノート記録のように泡＝空気の自説を変えようとしなかった。しかし、2回めの実験が終わると、泡＝空気と考える子供はクラスのほぼ半数に減っていた。また、ノートに「僕は泡は絶対に空気だと思っていたけど、お湯から出た泡は上に行って小さくなるので、なんだか自信がなくなりました。」と感想を書く子供や、休み時間に「先生、泡は空気と違うよね」などと言って来る子供もいた。そこで、図4の方法でもう一度お湯から出てくる泡を調べてみることにした。この方法を最後に位置付けたのは空気の泡との違いに気付かせたいことは勿論、熱の移動にも目を向けてくれることを願ったからである。

## — S男のノート —

ぼくは、水がふつと出して出てくる泡は空気だと思います。泡が上に行くとき泡の中に何もなくて、からっぽだからそう思います。

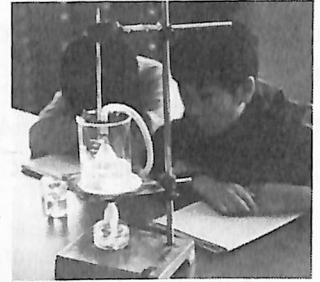


図4 もっとよく泡を調べてみよう。

この実験でも小さいビーカーに空気の泡が出てくるはずだと考えている子供は「泡がホースから出ようとしているけど、水がじゃまして泡が出られないんだよ」などと自分の考えを変えようとしなかった。しかし、小さいビーカーの水が増えてきたことや、少し温度が上がったことなどから「この泡おかしいよ、空気の泡ならホースの先に付いていないで直ぐに水の中に出てくるはずだよ」などの発言も出て来るようになった。そして全体の話し合いでK男やS子が「今までやった3つの実験をまとめて考えてみると、3回とも空気の泡に似ているけど、空気の泡と少し違う結果になってしまったから、お湯から出る泡は空気の泡と違うと思います」と発言し、大部分の子供たちはこの意見ではほぼ納得した。しかし、「泡＝空気説」を変えなかったS男は「空気の泡と違うものなら泡は何なのですか？」とK男やS子に質問した。そこで、教師が沸騰時に出る泡は水蒸気で、湯気の原因であることを説明した。すると「なんだ、別の名前があるのか」とか「やっぱり空気の泡と違うんだ」などの声が出てきて、この泡は空気の泡と違うことを納得した。

ここまでの実践を考察すると、空気の泡を強く意識している子供たちに水蒸気の泡の存在に気付かせるためには、泡についての強い「疑い」や「こだわり」を持たせることが必要なことがわかった。そのためには、何回も何回も泡と関わらせることが大切である。その過程で「おかしいな」「空気の泡と違うようだ」などと今までの空気の泡に対する知識では説明できない事実に出会い、自分の見方を広げ、新たな認識を作っていくのだろう。ここではK子の感想文のように、水が温められて、お湯になり、その中から水蒸気が生まれていく様子を連続的に捉えられている子供の記録が多く見られるようになった。また、捕集管が泡に対しての疑いやこだわりをもたせるためには有効であることは分かったが、捕集管だけで授業を展開してもこのような結果になったかどうか疑問である。やはり子供たちが納得するまで、繰り返しながら取り組ませることが大切であろう。

## — 「私は泡です」から —

…私たちの仲間が1つ、また1つ次から次へと出てきます。お湯が熱くなるにつれて大きい泡が多くできました。私はお湯をくぐって水面に顔を出しましたが、すぐにパチンと割れてしまいました。それから水蒸気になります。…(K子)

エ、水蒸気と湯気の違いを調べる活動（2次6時間目）

水のかさが減る原因として、湯気と泡が関係していることがわかった子供たちではあるが、湯気と泡の間の目に見えない部分はあまり意識しなかった。そこで教師から「湯気と泡の間はどうなっているのかな」と問うた。すると子供たちは即座に、そこには水蒸気があるだろうと考え、その部分を冷やすために水の入った試験管を入れたり、この部分の水蒸気をホースでフラスコの外に取り出して冷やそうとした。この時、ホースの内側で白く見える湯気が広がって行く様子に興味を示したM子が「水蒸気は湯気の子で、水蒸気も湯気も同じものなのに、どうして湯気は白くて、水蒸気は透明なんですか」と疑問を出してきた。水蒸気・湯気と温度のつながりについて気付かせるためM子の疑問を全体に広げた。

T <sub>1</sub> どうして湯気は白く見えて、水蒸気は透明に見えるんだろうね。	C <sub>5</sub> 水の中の空気と水蒸気が混ざって出てきて、フラスコの外に出て空気と水蒸気が分れて、水蒸気が見えるようになるんだと思います。
C <sub>1</sub> 水蒸気が空気にあたると白く見えるようになるんだと思います。フラスコの中は空気にあたらなから透明に見えるんだと思います。	C <sub>6</sub> C <sub>3</sub> と同じ質問ですけど、フラスコの外でも見えるところがあるのはどうしてですか？
C <sub>2</sub> フラスコの中は温められて、あったかいから水蒸気は（透明で）見えなくて、フラスコの外は中より冷たいから白く見えるようになると思います。	C <sub>7</sub> 熱い所と冷たい所があるという意見が出たので、温度計を使って、白い湯気とフラスコの中の水蒸気の温度を調べてみればはっきりすると思います。
C <sub>3</sub> C <sub>1</sub> に質問、空気のある所でも消えて見えない所があるのはどうしてですか？	C <sub>8</sub> フラスコの外の湯気が見えない所の温度も調べたほうがいいと思います。そうすれば冷たくなると白く見えるのかどうかかわると思います。
C <sub>4</sub> 僕は熱すぎても冷たすぎても見えないで、ぬるいと見えるようになると思います。湯気の出ている所はぬるくてちょうどいいから見えるんだと思います。	C <sub>9</sub> フラスコの外の湯気は冷たくなって見えるのだから、湯気の回りをあたたかくすれば湯気は消えて見えなくなると思います。

この段階までくるとC<sub>2</sub>やC<sub>4</sub>のように湯気と水蒸気の見え方の違いを温度と関係付けようとしている発言が出てくるようになる。そこで、C<sub>2</sub>C<sub>7</sub>の発言を受けてフラスコの中の水蒸気、湯気、それに湯気が見えなくなった場所の温度を計ったり、湯気の回りを図5のようにヘアードライヤーで温めたりして湯気が見えなくなる様子を観察した。そして、湯気と水蒸気の見え方の違いは温度に関係していることを理解していった。この時、温度が最も低い場所でも湯気が見えな



図5 湯気を温める活動

かったことが問題になった。そこで、教師が約2メートルの透明なゴムホースを持ち出し、その片方をフラスコの口に固定し湯気を移動させて見せた。子供たちはホースの中で湯気が出口に向かって進んで行く様子を見て驚いていたが、ホースの先に湯気が見えると、「やったあ」と言って喜んでいった。湯気がフラスコの口から出てから見えなくなるのは温度のためでなく、湯気が空気中に広がって行くためだという教師の説明で子供たちは納得した。

オ、水を温めて続けても温度が97度以上にならないわけを考える活動（2次7時間目）

1次に学習する計画であった内容であるが、そこでは子供たちが解決に必要な情報を持っていないと判断し2次の最後に位置付けた学習である。



<p>T<sub>1</sub> もう1つ問題が残っていたね。何だったかな？</p> <p>C<sub>1</sub> 水を温めた時、温度が97度位までしか上がらないのはどうしてかということです。</p> <p>T<sub>2</sub> どうしてかな？</p> <p>C<sub>2</sub> 泡が温度の上がるのをじゃましているからだと思います。</p> <p>C<sub>3</sub> 同じ意見ですが、泡が下の方に出来ると上に行くと、上の泡が下に降りて来て温め直されるようになるので、泡がじゃましていると思います。</p> <p>C<sub>4</sub> アルコールランプやガスは火の燃え方が同じだから97度位までしか温度が上がらないと思います。もっと火が強いと100度以上に上がります。</p>	<p>C<sub>5</sub> 私は、ガスでお湯を沸かしても100度にならなかったんで、アルコールランプのせいではないと思います。大きな泡がフラスコから出ていく時に熱をさましてしまうから97度より温度が上がらないと思います。</p> <p>C<sub>6</sub> フラスコから外に出てきた湯気もあつたかかったので水蒸気が出ていくときに一緒に熱を取って行くと思います。</p> <p>C<sub>7</sub> ホースを使って小さいビーカーに泡を集める実験をしたときビーカーも温くなって来たから、熱がホースを湯気で伝わったと思います。同じように、湯気が出て行くとき熱も出て行くと思います。</p>
---	--

1次ではアルコールランプの火力が弱いためと考えていた子供たちも、10数回も水を温め、湯気や水蒸気と関わって来たので、お湯の温度が97度より上がらない事実を熱の移動で説明できるようになってきた。C<sub>2</sub>の発言の泡が温度上昇を妨げるという考え方も本人に確認してみると泡が上昇した時に熱を取って行くと考えていた。さらに、C<sub>1</sub>、C<sub>6</sub>の発言はT男の感想のように子供たちを十分納得させる説明になっていた。

### カ、水を冷やす活動（3次）

水を温めその状態変化を考える学習が一段落した後、子供たちからは水を冷やしたらどうなるかという問題は出されてこなかった。そこで、やむなく教師のほうから「水を氷で冷やすと、どうなるだろうか」と投げかけ3次の学習に入っていた。

氷で水を冷やしてもその温度は0度まで下がらないことを観察させてから、寒剤を提示した。すると、外側の大きいビーカーの温度は急激に下がり始めた。水が凍り始めてから、凍り終わるまで0度であることに子供たちは「なんで温度が変わらないの」とか「氷っておもしろいね」と驚いたり興味を示したりした。この後、氷の体積が増えることを確認した子供たちは、その事実を水道管の破裂と関係付けて理解していった。実験しているとき凍らせた氷の温度はどの位まで下がるかを子供に聞いてみた。

すると、子供たちに「外側の大きいビーカーの温度と同じくらいになるだろう」と予想した。その訳を聞いてみると、「水の温度が外側の氷に行くと外のビーカーを温めて、外に行くと（熱）だけ水の温度が下がって、外側のビーカーの温度が上がってくるので外側と内側のビーカーが同じ温度になると思います」と答えられるようになっていった。

これは水の状態変化を起こす原因としての熱の動きを子供たちが十分に理解していった結果だと考えられる。

最後に子供たちの本単元への取り組み方がよく書き表されているN男の感想文を載せておく。

### — T男のノート —

ぼくは、お湯の温度が97度しかならなかったのは、アルコールランプのせいだと思っていましたがK君やT子さんの話を聞いて、よくわかりました。実験のとき、はじめ熱くなかった白いホースが、手でもてないくらい熱くなったのは熱がうごいていたんだと思いました。

### — N男の感想 —

いろいろなことがわかったので楽しかった。いろいろなことに何度もおどろいたり、ああそうかと思ったりしながら、水蒸気や泡、氷のことがわかっていきうれしくなるのが自分でもわかってきて、もっとおもしろいことはないかと考えるほどになりました。

驚いたことは、水が氷になる間は0度から変わらないことと、温め続けると98度くらいで水蒸気がいっぱい出ると熱をとってってしまうことです。

### 3 まとめと今後の課題

#### (1) 授業実践をふり返って

- ① 水の体積変化を手がかりにして水の状態変化を追求させることは子供たちに取り組みの視点をもたせやすい。そして、湯気、泡など視覚で捉えやすい事実を追求していくことで温度と水の状態変化に着目させることができることも分かった。実践記録を振り返ってみると、子供たちが沸騰時に水が減っていったわけを説明しようとして、それまで意識していなかった湯気や泡の働きに着目し、湯気や泡は水が変化したものであることにしだいに気付いていった様子が読み取れる。
- ② 子供たちが温度と水の状態変化の關係に気付くのは、ある程度熱に対する意識が生まれてきてからであることが分かった。そのため1次で温度上昇の限界について考えさせようとした計画を中止し2次に延期したが、2次になると1次で説明できなかった現象を簡単に説明できるようになってきた。これは湯気や泡を追求する程度で何度も何度も水を温めたり、沸騰させたりしながら熱に関わって来たためであろう。そして、このことは、温度上昇の限界についての疑問を解決するには、その前提として、湯気がかなりの熱を持っているという体感が必要であることを教えている。
- ③ 学習終了後に行った事後テストの結果は、泡の正体、状態変化に伴う体積変化、温度上昇に限界がある理由など、全ての問題について75%~97%の正答率を示している。これらは、子供たちが問題意識をもちながら主体的に学習に取り組んだ成果の一つであると考えられる。

#### (2) 今後の課題

今回の実践を通して子供たちは授業者の期待以上に主体的に活動し、水の状態変化と温度の關係に気付いてくれた。しかし、子供たちの実態に合った計画であったかどうか、また子供の変容を確実に見とることができたかどうかの反省も残る。今後は次の2点を課題として、さらに検討していきたい。

- ① 単元全体を通して子供たちが探索活動を繰り返す部分がより多くなるような活動計画、および「泡が空気だ」と考えている子供たちが何をきっかけにして「空気ではない」と認識し始めるのかなど子供たちの細かい意識の変化を明らかにできるような単元構成を工夫すること。
- ② 本実践の学習内容が時間の経過に伴ってどのくらい定着しているか追跡調査すること。

### 4 おわりに

お湯から出る泡を空気と考えている子供が学習終了後にもたくさんいる。なぜだろう、なんとかならないだろうかと思い始めたのが実践の動機である。子供の問題意識をつなぎながら学習させ、さらに学習したことを身の回りの現象と關係付けながら理解させられないかと考え取り組んだ結果である。ご指導いただきました。

最後に、この研究を進めるにあたり授業実践にご協力をいただきました新潟市立沼垂小学校近藤恒夫校長先生をはじめ、同校の遠藤和英先生ほかご協力くださいました緒先生方に厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 遠西昭寿：学校図書教科研究小学校編，No.92（1987）p. 1~4
- 2) 高野康一，柿本忠保：初等理科教育研究紀要No.49（1986）p. 66~76
- 3) 小学校理科指導資料：「観察と実験の指導」文部省（1983）