

[理 科]

科学的思考力を養う理科実験のあり方

- 4年生「水のすがたとゆくえ」の実践をとおして -

涌井 学*

1 はじめに

4年生の理科は熱伝導や物質の状態変化、電気などの諸現象など、日常生活と関わりの深い身近なテーマを扱っているが、視覚化しにくい単元が多い。特に「水のすがたとゆくえ」は、児童にとって身近であるにも関わらず、蒸発、沸騰といった現象そのものを視覚化することが困難である。児童が、実感を伴った理解にまで高めるには工夫が必要である。

塚田¹⁾はTIMSSの結果を受け、「空気中の水蒸気が冷やされたときに起こる変化について正しく理解していない児童の存在が明らかになった」と問題点を挙げている。4年生の水の温度変化の実験観察に対して、次の3点の指導改善の必要性を述べている。

- ① 水を沸騰させて出てくる泡（水蒸気）を冷やすと水に戻る実験を充実させる。
- ② 空気中の水蒸気が冷やされて水になる現象について意味を考える。
- ③ 空気中の水蒸気が水に変わることを雲や霧などの自然現象に当てはめて考えさせる。

①の実験については、様々な教材開発や取組例がある。山火²⁾は水蒸気を油の中に通すことで水蒸気の凝結を視覚的に捉えさせた。佐々木³⁾は、遠心沈殿管と大型の試験管を用いて「直接」「簡単」「短時間」に視覚的に捉えさせる実験方法を考えている。同様に岡村⁴⁾は、補充プランとして大小のビーカーを使って水と空気との比較実験を行うことで泡が何かを探る方法を提示している。

②、③については、水は温度によって状態が変化することを理解した上で、日常で見られる現象と関連づけて考えさせ、結論付けることができる科学的思考力を育てることが重要であると考え。

自然の事物現象について問題を持ち、それを筋道立てて考え、得られた結論を事実即して確かめ、応用・発展させていくような過程を経る。科学的思考力を身につけさせるためにはそうした課程が重要になる。そのためには、一つ一つの実験を視覚化し、児童が筋道立てて考える場面の工夫が必要であると考え、本研究を行った。

2 研究の目的と方法

本研究の中核に据えたのは、以下の3点である。

(1) 事象を視覚化するための実験方法の工夫

沸騰時の水の状態変化や加熱による水蒸気への変化と、加熱をやめ、水に戻る様子を視覚的に捉えさせる。そのことにより沸騰時の泡は、空気ではなく水蒸気であることを理解させる。そのためには、水から水蒸気になる場面に空気を入れず、空気の入り込む余地のない実験器具を用いることで、水が水蒸気になることを理解させやすくなると考える。

(2) 科学的思考を養うための授業展開

既知、未知の区別をはっきりさせる。未知の現象について、仮説、検証の過程を通す。その中で自分の考えを理由をつけて説明できるようにし、児童間の話し合い、学び合いで自分の考えについて再考させ、実験と学びを結びつけさせる。

そのために自分の思考を視覚化できるよう、マインドマップによる記録を取り入れる。また、マップを元に学習班で話し合い、自分の疑問、班で共通している意見をはっきりさせることで自分の考えを導き出す時間をとる。

* 上越市立大島小学校

(3) 児童の思考の変化を見取るための評価方法の導入

日常生活での沸騰の場面を思い出させ、マインドマップに起こす。それをレディネステストとし、実験後のマインドマップと比較することにより児童の思考の流れの変化を把握する。

そこで、この3点を実践するにあたり、次のような単元の構成をした。

	学習活動	指導の目標
1次	水を熱し続けるとどうなるか ○水を熱し続けたときの様子を観察しよう ○水が沸騰するときの泡の正体は何だろう ○水は熱せられると湯気になるのだろうか ○水が沸騰するときの温度と沸騰後の温度変化について調べよう	水を熱したときのようなすを観察して、気付いたことや疑問に思ったことを発表し合い、湯気や泡に興味をもって調べる。湯気や泡について調べた結果から、水は熱せられると水蒸気になり、水蒸気は冷やされると水に戻ることを理解する。水が沸騰するときの温度変化に興味をもち、水が沸騰するときの温度を調べることができる。
2次	水は沸騰しなくても蒸発するのだろうか ○水たまりや水槽の水はどこへいったのだろうか ○入れ物の水は沸騰しなくても蒸発するのだろうか	水が沸騰しなくても蒸発するかに興味をもち、生活経験などから自然界の水のゆくえを予想し、調べる。おいをしらない入れ物の水が減ったことから、水は沸騰しなくても蒸発して空気中に出ていくことを推論することができる。
3次	空気中の水蒸気は水に戻せるか ○空気中の水蒸気を水に戻すことができるのだろうか	空気中に出ていった水蒸気を水に戻す方法を考え、冷やした物の表面に水滴がつくことから空気中の水蒸気の存在を確認することができる。
4次	水は冷やされるとどうなるか ○水は冷やされると何度ぐらいで氷になるのだろうか	水を冷やすとどうなるかについて調べ、水が氷になることを温度と関連づけてとらえることができる。

3 指導の実際

児童は日常的に湯を沸かす光景を見ている。導入時に児童に確認したところ、料理を手伝ったことがある児童は18人全員、湯を沸かしたことがある児童は17人だった。加熱することで沸騰する場面は見ているが、沸騰時にどんな現象が見られるかを言葉で伝えられる児童は、13人と少なかった。そこで、実際に水を熱し、沸騰するまでの様子を観察させ、マインドマップを使って記録させた。実験前と実験後の2回マインドマップ作りを行い、記述の変化を見た。

(図1)

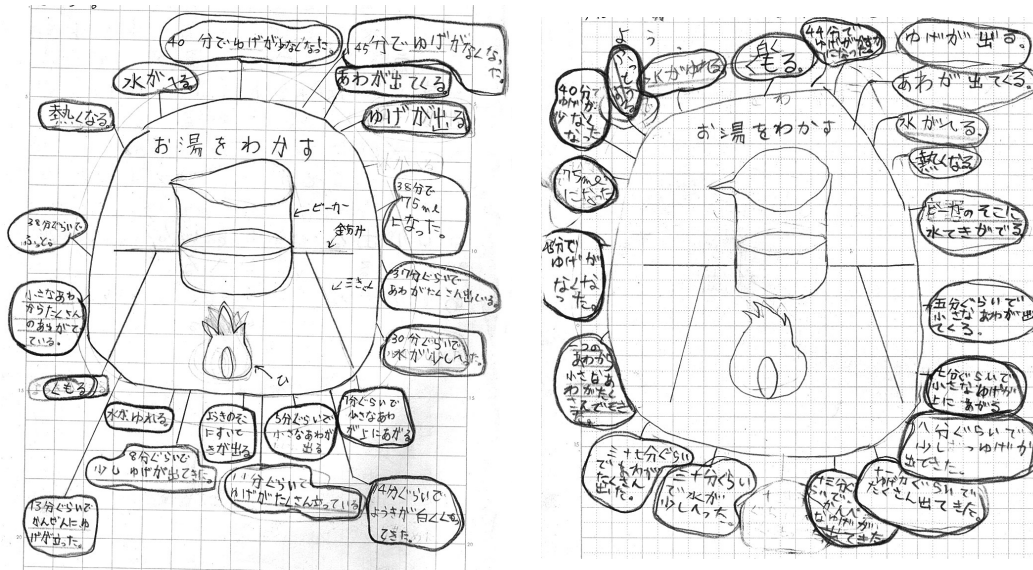


図1 実験後のマインドマップ

実験前は泡が出ることや、湯気が出ることは知っているものの、それ以上は書けない状態がほとんどであった。実験後は、「湯気が出ている」「水の量が少なくなっていく」「泡が出ている」「小さな泡が始まる」「ピーカーの内側が曇り始めた」など、気づきの数が増え、児童の関心が沸騰という現象に向かったことが見て取れた。熱対流によ

て生じる水のゆらぎやビーカーの曇り、沸騰によって出る泡の出現する場所など、細かな観察があり、加熱時間の経過による変化にも注目して観察する姿が見られた。(表1)

表1：実験前の記述と実験後の記述の抜粋

実験前の記述	実験後の記述
水が熱くなる。 湯気が出る。 泡が出る。 下から泡が上に上がる。 お湯が少なくなる。	ビーカーの上に手をやると熱い。 泡が一瞬出てきたところに連続して泡が出てくる。 湯気にさわると手が少し湿った感じがする。 7分後に小さな泡があがった。 容器が曇ってきた。 泡が出ないのに、水がゆれている。 下からグニャグニャしたものがでてくる。 ※水の対流の様子を表している。 さっきよりも水が減った。(100mlから55ml) ※ビーカーの線を見て気付いたものと思われる。

「泡の正体は何か」という疑問を投げかけると、児童の予想は「水」「空気」の2点に集約した。「水」と答えた児童は2名である。ほとんどの児童は「空気」と考えていた。「水の空気」と答えた児童が数名いた。どんなものかを想像させたところ、水中の溶存酸素のことを挙げた児童、水が気体に変化したと考えた児童に分かれた。(表2)

表2：「泡の正体は何か」という問いに対する児童の予想

児童の予想		児童の予想詳細		
「空気」	12名 (66.7%)	空気	12名 (66.7%)	83.3%
「水の空気」	4名 (22.2%)	溶存酸素	3名 (16.7%)	
		水の気体 (水蒸気)	1名 (5.5%)	16.7%
「水」	2名 (11.1%)	水	2名 (11.1%)	

泡の正体についての予想を学習班で話し合わせ、「泡の正体を探ろう」と次の課題を投げかけた。泡の正体を探るためには、泡を集める必要がある。佐々木が指摘している通り、泡を回収する経路に空気が入ることで水が気体に変化しているという児童の理解を妨げてしまうため、経路に空気が入らないような実験方法を考える必要がある。

実験道具は佐々木が作成したものと同様の器具を用意し、実験を行った。実験は2種類を提示した。まず、大きな試験管に水をいれ、空気が入らないように小さな試験管を入れたものを入れる。(図2)



図2：沸騰実験

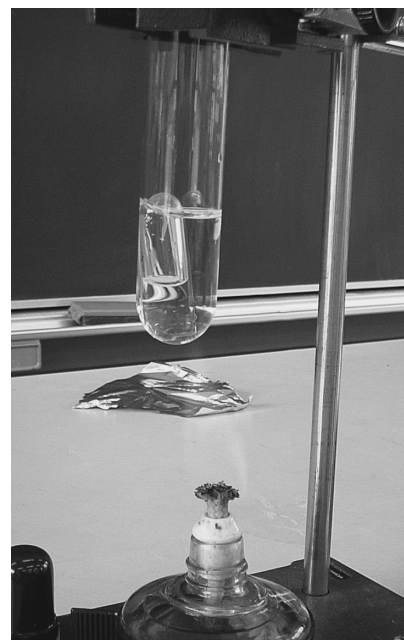


図3：沸騰実験 (空気を含む)

この実験器具を加熱すると中の水は沸騰し、沸騰によって発生した水蒸気は小さな試験管に集まり、試験管が浮いてくる。加熱をやめることで、水蒸気が水に戻り、浮いた試験管が下がる様子を観察することができる。それと比較するために中の試験管にあらかじめ空気を入れたものを用意し、同じように加熱させた。(図3) こちらは沸騰により試験管が浮くものの、空気が逃げないために加熱をやめても下がることはない。比較させることで、泡の正体は空気ではなく、水が加熱されてできた水蒸気であることを結論付けさせたいと考えた。

沸騰すると試験管に水蒸気が集まる様子、加熱をやめると水蒸気が水に変わり試験管に水が満ちていく様子を何度も観察させた。また、空気をあらかじめ入れたものも加熱させ、違いを調べさせた。加熱をやめると空気の部分は変化せず、水と空気の違いが見て取れると考えた。

実験を行うと児童は水蒸気が試験管の中に集まっていく様子に驚き、何度も実験を繰り返した。水量が少なく、数分で沸騰するため、何度も実験できることがこの実験方法のよさの一つでもある。加熱すると発生し、加熱をやめると姿がなくなるものであることを児童は押さえることができ、実験器具の中に空気は入っていないことも児童は押さえることができた。

その後、水だけの実験器具と空気をあらかじめ入れた実験器具とでもう一度実験を行った。この実験では水のみの実験器具は沸騰時に気体が発生し、加熱をやめると気体が消失するのに対し、空気が入ると気体の体積は増えるが、加熱をやめても前から存在している空気の部分は消失しないことを比較し、水と空気の違いに気付かせたいと考え、行った。しかし、半数の児童の思考は泡の正体は空気であることに傾いていってしまった。理由を聞くと児童の答えは「空気が泡になったと考えたから」「丸くて浮いているので泡は水ではないと思ったから」「泡が上に上がって一瞬で消えたから」「水は泡にならないと思ったから」といったものだった。これは前述したように水中で泡になるのは気体が発生していると考えているものの、水が状態変化したとは考えず、溶存している気体(=空気)が姿を現したと捉えていたためと考えられる。

水中で空気をビーカーに集める水上置換の実験を演習実験で行い、空気と水とが混ざらないことを改めて見せ、再度実験を行った。すると、児童は、加熱によって気体が発生し、加熱をやめると気体が消失するという条件から、水の姿が変化したものであると結論付けることができた。

実験後、児童に感想を書かせた。児童は発生する泡が水蒸気であることを理解し、水が気体が変わることに驚いていた。

4 考察

実験前の問い「泡の正体は何か、また、なぜそう考えたのか」の答えに、いくつかの思考パターンが見て取れた。空気と答えた児童の思考は、水の中に息を吹き込んだ経験や、水槽のエアポンプなどの様子といった日常生活で見られる水の中に空気を通す様子から、泡が出るのは空気しか考えられないという考え方が多かった。また、空気がどこから入ってくるのかとの問いには明確な予想はできていなかった。溶存酸素と考えた児童は、泡は空気と考える点は同じであるが、空気が沸騰前に水の近くにないことに矛盾を感じ、どこから空気が出てきたのかを考え、溶存する気体に考えが至っていた。また、魚類のえら呼吸を図鑑等で知っている児童は、目には見えないが水の中に気体が溶けていることを情報としてもっており、その情報を活用して考えたことが分かった。水と答えた児童は溶存酸素と答えた児童と同様に空気が沸騰前に水の近くにないことに矛盾を感じたことから、水が気体に変化していると考えていることが分かった。

何故、このような結果になるのか、学年の発達状況との関連を探るため、沸騰時の泡の正体について、事前に他学年にアンケートをとった。2～6年の児童を対象に沸騰時の泡は何かを聞いた結果が以下である。(表3)

表3：「沸騰時の泡の正体は何か」児童アンケート結果(H19大島小学校)

	2年	3年	5年	6年
水	10.0% (2人)	38.4% (5人)	90.0% (18人)	50.0% (6人)
空気	90.0% (18人)	38.4% (5人)	10.0% (2人)	8.3% (1人)
その他	0.0% (0人)	23.1% (3人)	0.0% (0人)	16.7% (2人)

この結果を見ると、2、3年は空気と考えている児童が多い。児童の中にある「気体=空気」といった思考が見てとれる。児童は日常生活から泡は液体の中に気体を通したときにできる現象であることを捉えていると考えられる。

児童にとって気体の種類については未知であり、液体が状態変化を起こすことも未知である。それ故「気体=空

気」という思考になっていることがわかる。気体にはいくつもの種類があることを押さえることが重要であることが言える。既習のはずの5, 6年にも水蒸気であることを理解できていない児童がいることが結果から言え、前述した塚田の指摘を裏付けている。

沸騰実験後、児童の観察ノートを見ると「試験管の中に泡がたまっていっぱいになる」「小さい泡が試験管にたまる」「熱するのをやめると試験管の中の泡が消えていく」「火を消すと泡が少しになっていった」といった加熱によって水蒸気が発する現象、加熱をやめると水蒸気が消える現象をとらえた記述がほとんどであった。これは実験器具の有効性、特に水が気化する現象を視覚的に捉えることができていたことを表している。

また、沸騰実験の記述と、今回の実験結果を結びつけられるか問うてみた。沸騰すると水が水蒸気となることと前回の発見したこととの関係を聞くと、「手が湿ったのは、水蒸気が手について水になったからだ。」「水が減っていくのは、水蒸気となって外に出て行くからだ。」「容器が曇ったのも水蒸気のせいだ。」といった発言が聞かれた。これらの発言から、日常現象と今回の学習内容を結びつけることができたと考えている。

5 課題

自然の事物現象について問題を持ち、それを筋道立てて考え、得られた結論を事実即して確かめ、応用・発展させていくような過程を経ることは科学的思考力を身につけるために重要であるが、そのためには既知の事項、未知の事項を整理していくことが重要である。今回の実践において、既知の事項を整理した上で実験を行ったことで児童が課題を明確にして学習活動を展開することができた。また、日常現象と新しく獲得した学習内容を結びつけることで、確かな学びとすることができた。

児童に新たな現象を理解させる時には、その現象に結びつけられる実験を視覚化し、多くの手がかりを与えてやる必要がある。

今回実験装置については沸騰時の泡を回収する経路に空気を入れず、直接的に沸騰を見せようとしたが、児童が筋道立てて考えるには、それだけでは不十分であることが分かった。今回の実験装置は水から水蒸気への気化を直接的に観察できる点で有用であるが、泡が水蒸気であることを理解するためには水蒸気が凝結することを直接的に見せることとあわせることで児童の理解をより深めると考えられる。

6 参考文献

- 1) 塚田 昭一 「見えない水蒸気をイメージする理科授業の工夫」初等理科教育4月増刊号 32pp
- 2) 山火 敏幸 「小学校理科「水のすがたとゆくえ」の学習において水の状態変化を実感させる学習展開に関する研究」平成16年度長期研修生研究集録 2004 101-110pp
- 3) 佐々木 昭弘 「水の3つのすがたー水蒸気が水にもどる瞬間を観察できる実験ー」初等理科教育 2006. 12-5pp
- 4) 日置 光久編著 「新理科の発展的教材&補充学習活動づくり事典」明治図書
 佐々木 昭弘 「水と空気～マインドマップを作ろう～」初等理科教育 2006. 6-5pp
 日置 光久 「知識や技能を習得し、活用、探求する理科の学習指導の工夫」初等教育資料 平成19年8月号 48-59pp

