

紙上発表

学習内容の関連を踏まえた思考力・判断力・表現力の育成に関する研究 ～第4学年「水のすがたとゆくえ」の実践を通して～

枕崎市立桜山小学校
教諭 米森 一孝

1 単元の概要

(1) 単元名 「水のすがたとゆくえ」(第一次「水の状態変化」)

(2) 単元について

ア 単元のねらい

水の性質について興味・関心をもって追究する活動を通して、温度の変化と水の状態変化を関係付ける能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、水の性質についての見方や考え方をもちつことができるようにする。

イ 学習内容の関連

本単元は、表1に示すように「物の温度と体積」及び「天気の様子と気温」の学習を踏まえ、中学校第1学年「状態変化」及び第5学年「天気の変化」につながっていくものであり、特に、水の性質という視点からは直前に学習する単元である「物の温度と体積」との関連性が高い。温度と体積の変化及び水の状態変化に関する内容は、「粒子」についての基本的な見方や概念を柱とした内容である。そこで本単元では、既習単元「物の体積と温度」の学習を踏まえて、関係付けの能力を発揮させながら、粒子概念の素地となる物質に対する見方や考え方を表2のように高めていきたい。その際、関係付けの能力の発揮に当たっては、表3のような質的な高まりがあると考えられる。

そこで、このような関連性を踏まえて「判断基準」を設定し、指導に当たっては、温度変化を定量的に読み取らせながら事象を確認することや、見通しを明確にもたせた実験を行い結果を確実に捉えさせること、根拠を明確にして考察を行わせることなどを重視しながら、指導と評価の一体化を図るようにしたい。

表1 本校における本単元の系統性

	粒 子 粒子のもつエネルギー	地 球 地球の表面
小4	物の温度と体積 ↓ 水の姿と行方 ↓ 物の温まり方	天気の様子と気温 ↓ 水の姿と行方 ↓ 天気の変化、外
小5		
中1	状態変化	

表2 単元間の関連の様相

	既習単元「物の体積と温度」	本単元「水の姿と行方」
物質に対する見方や考え方	○ 金属、水、空気は、どれも温度変化により体積が変化する。 ○ 体積変化の大きさは、物質によって異なる。	○ 物質(水)は、温度によって状態が変化する。 ○ 物質(水)は、状態変化(水→氷)に伴い体積が変化する。
評価規準「科学的な思考・表現」	金属、水及び空気の体積変化の様子と温度変化を関係付けて考察し、自分の考えを表現している。	水蒸気や氷に姿を変える水の状態変化と温度変化を関係付けて考察し、自分の考えを表現している。

表3 関係付けの能力に関する関連の様相

	既習単元「物の体積と温度」	本単元「水の姿と行方」
温度変化の捉え方	「温める」「冷やす」などと定性的に捉える。	温度変化をグラフ化し、定量的に傾向を読み取る必要がある。
問題解決の見通し	多くの児童が複数の現象や既習内容を基に体積変化について見通しをもつことができる。	多くの児童が状態変化について既習経験がないために、見通しをもちにくい。また、予想と異なる結果を得ることが多い。
関係付けの複雑さ	一つの要因に対して起こる現象は一つであるため、関係付けやすい。	一つの要因から複数の現象が見られるため、それらを整理し、関係付ける必要がある。

(3) 児童の実態（調査人数 31 人 質問紙法 主な項目のみ記載）

ア Aの白っぽく見えるものは何だと思いますか。

湯気	10	水蒸気	6
けむり	9	熱	1
分からない	5		

イ Bのところは何も見えませんが、何かあるのでしょうか。何かあるとしたら、どんなものがあると思いますか。

ある	18	ない	13
----	----	----	----

水蒸気 6, 空気 2, 湯気のようなもの 1, 熱湯 1, 泡が空中にでたもの 1, 分からない 7

ウ Cに泡が出ています。この泡の正体は何でしょう。

水	10	空気	20	その他	1
---	----	----	----	-----	---



【考察】

調査結果アにおいて、「水蒸気」と回答した児童は、生活の中でその言葉を聞いたことがあるものの、どのようなものが水蒸気であるのかを明確に答えることはできない。また、正しく「湯気」と回答した児童も、「水蒸気」との違いを捉えているわけではなく、学習を通して、「湯気」と「水蒸気」の違いをしっかりと押さえる必要がある。「けむり」と回答した児童については、白っぽく見えることから煙のようなものと捉えており、正確な言葉とその状態を教えていきたい。なお、口頭質問から児童は、物を燃やしたときに出る煙とは区別できていた。

調査結果イにおいて、Bの部分は何も見えないが何かがあると捉えている児童が約半数いた。これは、水が熱せられることにより、湯気が現れたり、ビーカー内に泡が出てきたりすることと関係付けて捉えているのではないかと考えられる。

調査結果ウにおいて、「空気」と回答した児童は、水槽のエアープンプから出される泡と同じものとして捉えている。これは、生活経験や「空気と水の性質」の学習において、水中の泡を観察することによって空気の存在を確認してきたことなどが考えられる。そこで、水が高温になると泡が出てきたことや、湯気は小さな粒の集まりであること、ビーカー内の泡を集めると水が出てくることから、「沸騰する時に出る泡は、熱せられた水が気体に変化したものである」ことを捉えさせていきたい。

2 学習内容の関連を踏まえた「判断基準」の設定

(1) 単元の評価規準

自然現象への 関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の 技能	自然現象についての 知識・理解
① 水を温めたり冷やしたりしたときの現象に興味・関心をもち、進んでそれらの性質を調べようとしている。	① 水蒸気や氷に姿を変える水の状態変化と温度を関係付けて、予想や仮説をもち、表現している。	① 加熱器具などを安全に操作し、水の状態変化を調べる実験をしている。	① 水は、温度によって水蒸気や氷に変わっていることを理解している。
② 水の状態変化の特徴を適用し、身の回りの現象を見直そうとしている。	② 水蒸気や氷に姿を変える水の状態変化と温度変化を関係付けて考察し、自分の考えを表現している。	② 水の状態変化を調べ、その過程や結果を記録している。	② 水が氷になると体積が増えることを理解している。

(2) 指導計画（全8時間）

次	時	主な学習活動	評価計画
第一 次	1	水を熱したときの様子を詳しく観察しよう。 水を熱したときの様子を詳しく絵や文で記録する。	【自然事象への関心・意欲・態度】 水を熱したときの様子に興味をもち、進んで調べようとしている。 （行動観察・記録分析）
		水は、何度で沸騰するのだろうか。 熱しているときの温度変化を記録しながら、水が沸騰するときの温度変化を調べる。	【観察・実験の技能】 安全に水の加熱実験を行い、水の温度変化を調べ、その結果を記録している。 （行動観察・記録分析）
		水はおよそ100℃で沸騰して、沸騰している間は、およそ100℃のままである。	
	2 ※ 本 時	湯気や水が沸騰しているときに出る泡の正体は、何だろうか。 - 予想を立て、実験を行う。 - 実験結果を基に湯気や泡の正体について考察し、分かったことをまとめる。	【科学的な思考・表現】 実験結果を基に、湯気や泡は水の状態が変化したものであることを考察し自分の考えを表現している。 （発言・記録分析）
		湯気や泡の正体は、水である。	
第二 次	1	水を熱したときの水の変化についてまとめよう。 これまでの実験結果を整理して、水を熱したときの水の姿についてまとめる。	【自然事象についての知識・理解】 水を熱し続けると沸騰し水蒸気になることや、水蒸気は冷やされると水に戻ることを理解している。 （発言・記録分析）
	2	水を冷やしたときの温度変化や水の姿の変化や体積について調べよう。 冷やしているときの温度変化を記録しながら、水の状態や体積の変化を調べる。	【観察・実験の技能】 温度計を正しく使って、水が氷になるときの温度と体積の変化を調べ、記録している。 （行動観察・記録分析）
		水は0℃で凍り始める。氷になると水のときよりも体積が増える。	【自然事象についての知識・理解】 水は冷やされると0℃で凍り始め、水が氷になると体積が増えることを理解している。 （発言・記録分析）
	1	温度による水の姿の変化についてまとめよう。 気体・液体・固体という言葉を使って、水は温度によって姿を変えることについてまとめる。	【科学的な思考・表現】 水は温度によって姿を変えることを液体・気体・固体という言葉を使って表現している。 （発言・記録分析）

(3) 「判断基準」の設定

ア 関連単元の概要

(ア) 本時の目標 (8/9)

金属の体積変化について温度変化と関係付けながら調べる活動を通して、金属の体積は温められると大きくなり、冷やされると小さくなることが説明できる。

(イ) 指導状況について

本単元の指導に当たっては、学習内容の関連を踏まえ、特に次の点に留意した。

- ① 因果関係（要因とそれに伴う現象）を明確にした考察
- ② 実験結果についての見通しの明確化

「見通す」過程においては、「金属は、温められたり冷やされたりすると、体積が変わるのだろうか。」という学習課題に対する予想として、空気や水についての既習経験を基に「金属の体積も温めると大きくなり、冷やされると小さくなるだろう。」と考えた児童が多かったが、「金属はとても固いので、体積は変わらないだろう。」と予想した児童も一部みられた。そこで、結果についての見通しをもたせるために、金属球膨張試験器を提示し、初めに金属球が輪を通り抜けることを確かめさせた上で、「～であれば、～となるはずだ」と実験結果の見通しをもたせた上で実験に取り組ませた。

「調べる」過程においては、アルコールランプで直接金属を温め、体積の変化を見るようにした。その結果、輪を通り抜けた金属球が熱せられることで輪を通り抜けなくなったこと、水で冷やすと再び輪を通り抜けるようになったことを観察させた。

「まとめる」過程においては、各自の予想を明確にさせ、予想に対する結果の見通しを確かにもたせたことにより、金属の体積変化を温度変化と関係付けてまとめることが、どの子どもも比較的容易にできた。また、「金属はとても固いので体積は変わらないだろう。」と予想した子どもにとっては反証を得たことになるが、お湯よりも温度の高いアルコールランプを使用したこと、空気や水のように視覚的に体積変化を捉えることは難しいことなどから、「金属はとても固いので、空気や水より変わり方が小さいのだ。」と金属の質感と関係付けて納得する姿もみられた。

実験結果を基にした児童の表現としては、主に次のような記述がみられた。

【B状況と判断した記述】

結果
金属をアルコールランプで熱した。
冷めたら、金球が輪を通り抜けた。
分かったこと
金球は、冷やると体積が小さくなる。
熱せると体積が大きくなる。

「冷やすと」、「熱すると」と温度と関係付けた記述が見られる。さらに、空気や水と比較して述べるように深化指導を行った。

【A状況と判断した記述】

1 初め金球の輪を通りぬけた!!
2 熱する金球の球が輪を通りぬけなくなった!!
3 冷やす金球の球が輪を通りぬけるようになった!!
分かったこと
・金球は、あつためられると、体積が大きくなる
・金球は、冷やされると、体積が小さくなる
・温度による、金球の変化は、空気や水よりも、小さい

金属の体積変化を温度変化と関連付けて捉えており、体積の変わり方についても空気や水と比較して表現している。ただし、体積の変わり方については、その根拠も記すように指導をした。

イ 「判断基準」

既習単元「物の体積と温度」		本単元「水の姿と行方」	
評価規準（科学的な思考・表現）			
金属、水及び空気の体積変化の様子と温度変化を関係付けて考察し、自分の考えを表現している。		水蒸気や氷に姿を変える水の状態変化と温度変化を関係付けて考察し、自分の考えを表現している。	
評価時期及び評価の対象（思考・判断に基づく表現内容）			
金属の体積変化		沸騰したときの泡の正体	
実験結果を基に考察し、自分の考えを表現する場面において、児童の発言やノート記述の内容などを基に評価する。			
判断の要素			
ア 金属の温度変化 イ 体積変化の様子 } ウ 関係付けた考察		ア 水の温度変化 イ 状態変化の様子 } ウ 関係付けた考察	
判断基準B			
ア 金属球を熱したり冷やしたりすると、輪の通り抜け方が変わること説明できる。 イ 金属球と輪の関係から金属の体積が変化していることを説明できる。 ウ 金属の体積は、空気や水と同様に温めると膨張し、冷やすと収縮することを実験結果を基に説明できる。		ア 水を100℃近くまで熱すると、沸騰して泡が盛んに出ることを説明できる。 イ 泡を集めるとポリエチレンの袋に水がたまり、ビーカーの水量が減っていることを説明できる。 ウ 水を100℃近くまで熱したときの泡は、熱せられた水が変化したものであることを実験結果を基に説明することができる。	
【予想される児童の表現例】 「金属球を温めると輪を通らなくなり、冷やすと輪を通り抜けるようになった。このことから、金属の体積も空気や水と同じように温めると大きくなり、冷やすと小さくなるということが分かる。」		【予想される児童の表現例】 「水が沸騰する時の泡を集めると、袋に水がたまり、ビーカーの水が減ったことから、泡の正体は水である。水は、100℃近くになると気体に変化するということが分かる。」	
C 状況児童への指導			
・ 実験の結果を振り返らせ、金属球が輪を通り抜けなくなったり、通り抜けるようになったりした理由を考えさせる。		・ 水がたまった袋と空気で膨らませた袋の様子を比較させたり、ビーカーの水量の変化を確認させたりし、それらの理由を考えさせる。	
判断基準A			
(判断基準Bに加えて) ・ 空気や水、金属の体積変化の共通点と差異点を明確にして説明することができる。		(判断基準Bに加えて) ・ 水を熱したときの状態変化について、泡や湯気の発生を図にまとめて、温度変化と関係付けて説明することができる。	
【予想される児童の表現例】 「空気、水、金属の体積は、どれも温めると大きくなり、冷やすと小さくなるが、その変わり方には違いがあり、空気の温度による体積の変わり方が最も大きい。」		【予想される児童の表現例】 「水が沸騰すると気体に姿を変え、空気中に出て行く。空気中に出ると温度が下がるので水に戻り、湯気という水の小さな粒になるが、その後は自然に蒸発して、また水蒸気になる。」	
B 状況児童への指導			
・ 空気と水の体積の変化を調べたときのことを想起させ、変化の度合いを比較させるようにする。		・ 水が沸騰したときの一連の様子を図示しながら、水の姿の変化についてまとめさせるようにする。	

3 検証授業の実際

(1) 本時の目標（4／8）

水が沸騰するときに発生する泡の正体について水の温度変化と関係付けながら調べる活動を通して、水は100度近くまで熱せられると水蒸気に変化することを説明することができる。

(2) 本時の実際

過程	主な学習活動	時間	指導上の留意点【評価】
つかむ	1 学習問題を確認する。 水が沸騰するときに出てくる泡の正体は何だろうか。	2	学習問題を焦点化するために、水を加熱した際の現象をまとめた図を提示し、前時までに明らかになったこととそうでないことを確認させる。
見通す	2 予想を立てる。 — 空気だろう — ・ 空気を水に入れたら泡が出るから。 ・ 水中では見えるけど空気中では見えなくなるから。 — 水だろう — ・ 水の中にもともと空気は入っていないから。 ↓ 空気であれば、ビニル袋に集めることができる、袋は膨らむはずだ。	8	実験の見通しを明確にするために、空気であることを確かめる方法とその場合の結果について既習経験を基に話し合わせる。 【自然事象への関心・意欲・態度】 泡の正体に関心をもち、実験方法や結果について見通しをもっている。
調べる	3 水を加熱し、泡の正体について調べる。  エアーポンプで空気を集めたら袋が膨らんだ。  泡を集めたら少し膨らんだ後は、袋が曇り、水がたまった。 ← ビーカーの水の量が減った。	20	- 泡の正体が空気ではないことを捉えさせるために、泡を集めた袋と空気を集めた袋を対比させる。 - 実験結果に基づく考察をさせるために、袋の様子やビーカーの水量の減少が実験記録に記述されているか個別に見取り、指導する。 【観察・実験の技能】 安全に注意しながら実験を行い、視点を明確にして観察することができる。
吟味する	4 結果を基に自分の考えをまとめ、話し合う。 - 袋に水がたまったことから、泡の正体は空気ではなく水だと言える。 - ビーカーの水が減ったのは、温められた水が泡になって出ていったからだ。 - 袋にたまった水は、沸騰して泡になった水が元に戻ったものだ。	10	- 水の状態変化について考察させるために、泡の正体が水であることを確認し、ビーカーの水量が減少した理由を話し合わせる。 - 水の状態変化を温度変化と関係付けながら捉えさせるために、水の中から泡が発生した理由や袋の中では水の姿である理由を話し合わせる。
まとめる	5 話し合いを基にまとめる。 水が沸騰するときに出てくる泡の正体は、袋に水がたまり、ビーカーの水が減ったことから水である。 水は、およそ100℃になると目に見えないもの（気体）に姿を変えるのだ。	5	【科学的な思考・表現】 実験結果から泡の正体が水であることを考察し、水の状態変化について自分の考えを表現している。

(3) 「判断基準」を生かした指導

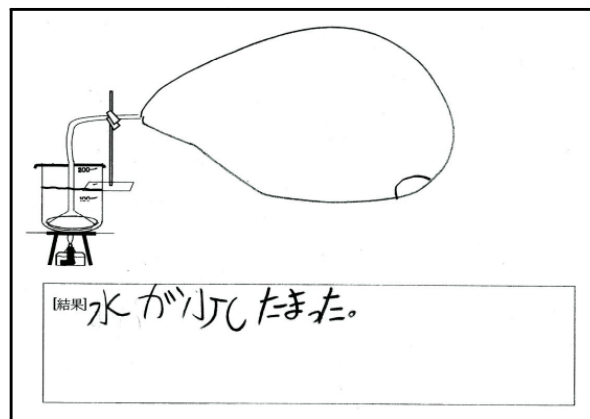
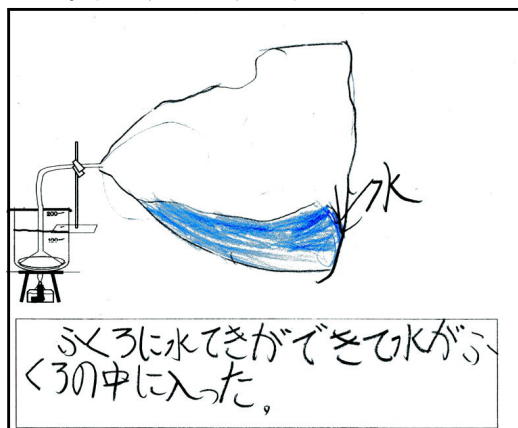
「つかむ」、「見通す」過程では、前時の学習である「湯気の正体」について想起させた後、本時では、まだ明らかになっていない「泡の正体」について調べていくことを確認し、学習問題の焦点化を図った。「水が沸騰するときに出てくる泡の正体は何だろうか。」という学習問題に対して、「空気」あるいは「水」と予想した児童が大勢を占め、「空気」と考えた児童は、「水」と考えた児童よりも多かった。これは、既習単元の「物の体積と力」の学習において、空気鉄砲の玉を水中で飛び出させた際に出てきた泡が空気であることを確認していることやお風呂やプールなどの経験から「空気」と考えた児童が多かったものと考えられる。一方、「水」と考えた児童の理由としては、「沸騰しているから」や「空気が入るわけがない（水の中からいきなり空気が出てくるわけがない）」など、根拠としては曖昧なものが多かった。そこで、泡の正体が「空気」か「水」かを確かめるために、泡を袋に集める方法を紹介し、それぞれ場合の袋の様子について話し合い、実験の結果について見通しをもたせた。

「調べる」過程では、安全について十分確認した後、実験をさせた。また、エアーポンプで空気を集めた袋を常に提示し、自分たちの実験結果と比較できるようにしたり、袋の様子だけでなくビーカーの水量にも着目して観察させたりするなど、視点を明確にして観察させた。なお、ストローの部分で水に変化したことに着目した児童に対しては、なぜ、水に変化したのかを個別に問いかけ、深化指導を行った。

「吟味する」、「まとめる」過程では、実験結果からほとんどの児童が「泡の正体は水である」ことを捉えることができていたが、袋の中の様子のみを結果として記述している児童も見られたので、学習問題に対応したまとめ方を補充指導した。また、B状況からA状況への深化指導を行ったが、湯気との違いなど（「目に見える」、「目に見えない」）には気付いたものの、温度と関係付けて考察することができた児童はみられなかった。

実験結果を基にした児童の表現としては、主に次のような記述がみられた。

ア C状況の児童の記述例



袋の中に水が溜まった様子、結果のみの記述となっており、学習問題に対応していない。

「吟味する」過程でのC状況の児童は3人。いずれも、水が袋の中に溜まったという事実は捉えていた。そこで、ビーカーの水の量が減ったことなどにも着目させながら、本時の学習は、何を問いとしているのかを振り返らせたところ、学習の終わりにはB状況とすることができた。

[illegible]

袋の様子に関する記録、ビーカーの水の量の変化が記述されている。また、「(水が)ふつとすると」と温度と関係付けて表現している。

- 授業のねらいを確実に達成させるためには、児童の実態等も踏まえながら、「判断基準」を設定し、補充・深化指導を明確にしておく必要がある。特に、授業中のB状況からA状況への深化指導の在り方について、更に具体化する必要がある。