

小学校 理科

身近な自然事象を科学的に考え、表現する力を育てる理科指導
－「水の3つのすがた」における粒子概念を伴ったモデル図の活用を通して－

六ヶ所村立泊小学校 教諭 高屋 智 寛

要 旨

身近な自然事象を科学的に考え、表現することのできる児童を育成するために、粒子概念を伴ったモデル図を活用し、身近な自然事象を説明させるパフォーマンス課題を設けたり、単元構成を工夫したりした。単元が進むにつれ、身近な自然事象の原因や背景を正しく説明でき、筋道の通った科学的な考えや表現の伴った記述ができるようになった。さらに、水の状態変化を正しく理解することができた。

キーワード：理科 水の3つのすがた 粒子概念 モデル図 既習事項 パフォーマンス課題

I 主題設定の理由

OECD主催の学習到達度調査「PISA2009」及び、IEA主催の「TIMSS 2007」では、依然として日本は科学的な思考力や科学に対する有用感が低いことが課題として挙げられている。本学級の児童においても、身近な自然事象を科学的に考えることは少なく、日常生活と関連付けて考えたり、表現したりする力が不足している。

4学年理科では、「水」の性質や特徴について様々な要因と関係付けながら調べ、科学的な見方や考え方の育成が求められている。しかし、気体の液化、液体の気化など児童にとって理解しにくい内容が含まれているため、身近な自然事象を水の状態変化と結び付けて考えたり、表現したりすることが難しい。

そこで、本研究では、これらの課題を解決するために身近な自然事象の原因について筋道を立てて考えたり、日常生活と結び付けながら科学用語や既習事項を正しく用いて表現したりできる力を育てたいと考え、本主題を設定した。

II 研究目標

身近な自然事象を科学的に考え、表現することのできる児童を育成するには、粒子概念を伴ったモデル図を活用して水の状態変化を考えたり、表現したりすることが有効であることを研究を通して明らかにする。

III 研究仮説

「水の3つのすがた」の単元において、モデル図を活用すれば、筋道を立てて考えたり表現したりし、既習事項や科学用語を正しく使って身近な自然事象を科学的に考え、表現することができる力を育てることができないのではないか。

IV 研究の実際とその考察

1 研究における基本的な考え方

(1) 身近な自然事象を科学的に考え、表現する力について

「科学的」とは、実証性、再現性、客観性という条件を満たす考え方である。実験・観察によりこれらの条件を満たし、「○○だから△△と言える」というように筋道を立てて考え、表現することを本研究では「科学的に考え、表現する力」とした。学習指導要領にある自然蒸発や結露、沸騰に加え、凍結による水道管の破裂や東北地方の太平洋側に特有のやませなどの身近な自然事象を科学的に考え、表現すること

ができるように指導する。

(2) 粒子概念を伴ったモデル図について

粒子概念を伴ったモデル図とは、水を粒として考え、水の状態変化について筋道を立てて考えながら表現したり、表現しながら考えたりするときの図である。青森県学習状況調査の結果から水蒸気や湯気の性質から考察する設問の正答率が低いことが分かっている。その理由は、沸騰時の泡が水蒸気であることや水蒸気と湯気の違いが理解しにくい内容であることや生活経験では見えない事象をイメージできないからであると考えられる。そのため、粒子概念を伴ったモデル図を活用することで見えない事象を視覚化し、水の状態変化について筋道を立てて考え、表現することができると考えた。

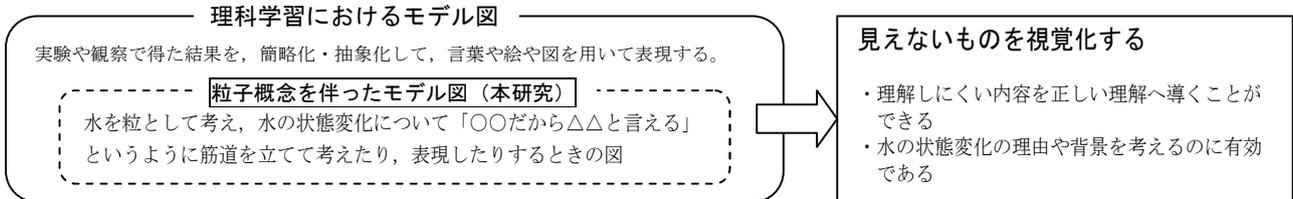


図1 粒子概念を伴ったモデル図について

(3) 身近な自然事象について考え、表現する論述型のパフォーマンス課題の活用

パフォーマンス課題とは、技能、思考、表現の能力を伸ばす課題の一つである。本研究では、身近な自然事象に既習事項を関連付けて考える場として設定し、筋道を立てて考え、文章で表現させることで、思考力と表現力を伸ばしたり評価したりする。そして、その結果をそれ以後の指導にも生かすようにする。

(4) モデル図で効果的に身近な自然事象を考え、表現する単元構成の工夫について

身近な自然事象を単元の導入とまとめに位置付け、モデル図で効果的に考え、表現させるために水の性質に関わる生命・地球領域と物質・エネルギー領域の二つの単元を一つの単元として構成した。

- ① 自然蒸発や結露の学習を通してモデル図で考える方法を身に付ける。
- ② モデル図を活用して、理解しにくい内容である温度による水の状態変化を学習する。
- ③ 温度による水の状態変化をモデル図で表すことで自然界の水の状態変化について考える。

2 研究内容

(1) 単元を通した粒子概念を伴ったモデル図の活用について

水を粒として考え、水の状態変化などについて、筋道を立てて考え、表現させるために、表1のようにモデル図で考える場を設定した。

表1 本単元の指導計画

	時	○主な実験・観察	粒子概念を伴ったモデル図	パフォーマンス課題
第1次	第1・2時	○軍手の重さ比較、水の自然蒸発の観察①	①水が空気中に出ていく様子	
	第3時	○霧吹きと送風機による水の自然蒸発の観察②	②水が蒸発する様子	
第2次	第4時	○氷水で水蒸気を集める実験（結露）	③結露の様子	課題①結露の仕組み
第3次	第5・6時	○沸騰の様子や変化を調べる実験		
	第7時	○沸騰時の泡の正体を突き止める実験	④沸騰の様子	
	第8時	○水蒸気を冷やし湯気にする実験	⑤水蒸気と湯気の違い	
第4次	第9・10時	○水を冷やし、凍らせる実験	⑥水が凍る様子	課題②水道管凍結
	第11時	○固体・液体・気体の性質		課題③お風呂
第5次	第12・13時	○地面から出る水の観察 ○雲や霧を作る実験	⑦空気中の水蒸気が雲や霧に姿を変える様子	
	第14時	○水の状態変化の利用		
	第15時	○ろうやアルコールの状態変化		
	第16時	○水の状態変化のまとめ		課題④やませ

第3時では、水の蒸発により見えない水蒸気の状態を表現する必要があるため、「水は小さな粒の集まり」と考えることの良さに気付かせることができる。そして、水を粒子として考え、モデル図に表すことができるようにしていく。

(2) パフォーマンス課題による既習事項の活用について

パフォーマンス課題は、計4回を設定する(表2)。事前調査から分かっていることは、課題②「凍結

による水道管の破裂」は未経験の児童が多く、課題④「やませ」は体験したことがあるものの事象の原因を考えたことがないということである。課題②や課題④では、既習事項が異なる事象においても適用できることを意識させることで思考力と表現力が高まると考える。

表2 パフォーマンス課題を行う時間と既習内容

実施時	論述型パフォーマンス課題	○既習内容
第4時	課題①結露の原因を問う課題	自然蒸発の仕組み、水蒸気存在、結露の仕組み
第10時	課題②凍結による水道管の破裂の原因を問う課題	沸騰・凍結の仕組みと体積変化、湯気と水蒸気の違い
第11時	課題③お風呂の水のめぐりを問う課題	水の状態変化の仕組み
第16時	課題④やませによる霧の発生の原因を問う課題	自然界の水の状態変化、水以外の状態変化

(3) モデル図で効果的に身近な自然事象を考え、表現させる単元構成について

本校児童にとって、雪や霧、やませといった自然事象は普段から体験していることであるが、疑問をもったり考えたりすることではなかった。そこで、モデル図で水の状態変化を学習した後に自然事象について学習することで、既習事項を生かして科学的に考え、表現することができると考えた(表3)。

表3 本研究における単元計画

	主な教科書の単元計画	本研究における単元計画	モデル図の関わり
自然界の水	第1次 水の行方を調べる	第1次 水の行方を調べる	蒸発の仕組みや水蒸気をモデル図で考え、表す方法を身に付ける
	第2次 空気中の水蒸気を調べる	第2次 空気中の水蒸気を調べる	
	第3次 自然界の水を調べる	第3次 水の沸騰の様子と変化を調べる	上記の学習を生かして、理解しにくい内容を正しく理解する
水の状態変化	第1次 水の沸騰の様子と変化を調べる	第4次 水の凍結の様子と変化を調べる	上記までの学習を生かして、身近な自然事象を予想、考察する
	第2次 水の凍結の様子と変化を調べる	第5次 自然界の水を調べる	

3 検証方法

- (1) モデル図の内容から、筋道を立てて考え、正しく表現しているかを分析し、科学的に考え、表現する力が高まったかどうかを検証する。
- (2) パフォーマンス課題の記述内容から、筋道を立てて考え、表現しているかを分析することに加え、既習事項や科学用語の活用の頻度を考察し、自然事象を科学的に考え、表現することができたかを検証する。
- (3) 学習内容に関する事前・事後調査や把持テストの結果を分析し、科学的に考え、表現するための基礎となる学習内容の定着が図られているかを検証する。
- (4) 身近な自然事象への興味・関心・意欲に関する事前・事後調査から、意識の変容を分析する。

4 研究の実際

(1) 第1・2時 自然蒸発①, 第3時 自然蒸発②, 第4時 結露とパフォーマンス課題①

水を含んだ軍手と含まない軍手の重さの比較や自然蒸発の観察を通して、水が空気の中に出ていくことを確かめさせた。児童が見て感じたままを表現したモデル図が多く、説明も筋道の通っていないものが多かった(図2の自然蒸発①)。次時では、霧吹きと送風機を使って蒸発する瞬間の観察を行わせた。「見える水滴が次第に小さくなりながら見えなくなる」「蒸発の様子は見ることができない」というモデル図につなげて考えさせることができた。75%の児童が水を粒や点でモデル図に表すことができたが、分かりやすく正しい表現とは言えなかった(図2の自然蒸発②)。

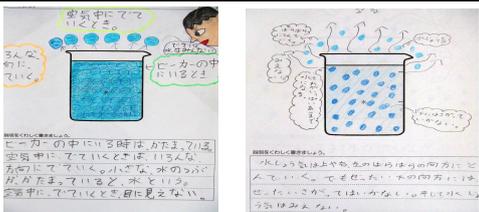
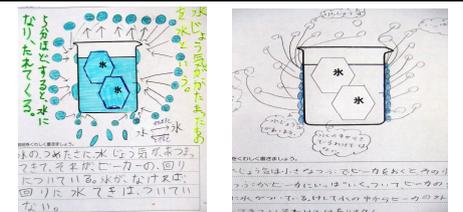
自然蒸発①	自然蒸発②	結露
 <p>見て感じたままを表現している。矢印の方向は様々で、どんな様子で蒸発しているかを理解していない。</p>	 <p>点や粒を使って蒸発の様子を表現している。前時のモデル図に比べ思考力の高まりは見られるが、主語が抜けたものやあいまいな言い回しなど表現力不足の面が見られた。</p>	 <p>水蒸気と水を分けて表す児童もあり、目に見えない事象を意識しながら実験や観察に臨んでいるのが分かった。思考力に伴い、筋道の通った表現も増えてきている。</p>

図2 第1・2時 自然蒸発①, 第3時 自然蒸発②, 第4時 結露のモデル図

結露の実験では、モデル図で表したことによって見えない水蒸気と見える水を区別して表すことのできた児童が82%になった。さらに「〇〇だから△△と言える」という筋道の通った説明ができる児童が増えた(図2の結露)。

また、パフォーマンス課題①結露を論述させたところ、正答率は71%であった。事象の理解はなされているものの表現不足が多いことが分かったため、正しい表現をしている児童の説明を掲示するなどして説明の仕方が分かるようにした(図3)。

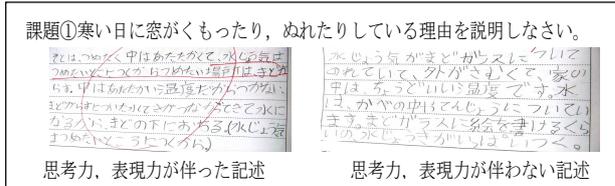


図3 パフォーマンス課題①結露について

(2) 第7時 泡の正体の確かめ, 第16時パフォーマンス課題④

沸騰時の泡の正体を突き止めるために、「〇〇ならば空気。△△ならば空気ではない。」という観点を与え、班ごとに自分たちの考えた方法で実験を行わせた。水が水蒸気であることを筋道立てて考え、分かりやすく表現することのできる児童が増えた(図4)。

また、第16時のパフォーマンス課題④は、正答率が89%であったため、やませや霧の発生の仕組みを正しく理解できていることが分かった(図5)。

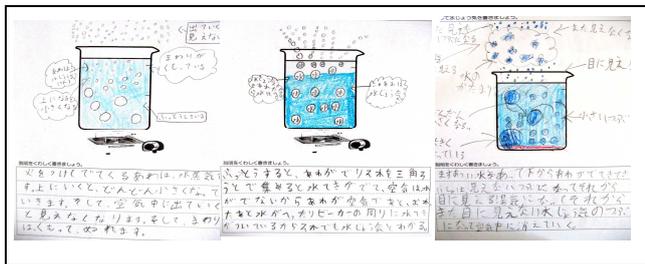


図4 泡の正体のモデル図

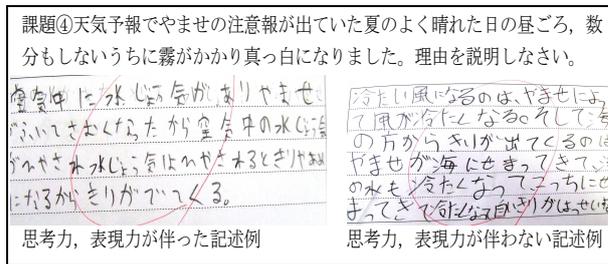


図5 パフォーマンス課題④やませについて

5 考察

(1) 単元を通してモデル図を活用した成果

筋道を立てて考え、表現しているかを具体化した4段階の評価規準を設定し検証した(図6)。

S(大変良い)	A(おおむね良い)	B(良い)	C(不十分)
<p>「〇〇だから△△と言える」というように筋道立てて考え分かりやすく正しい表現ができています。</p>	<p>筋道立てて考え正しく表現できている。</p>	<p>筋道立てて考えているが、表現に不足が見られる。</p>	<p>筋道立てて考えていない、考えを書くことができない。</p>

図6 モデル図の評価規準とモデル図の例

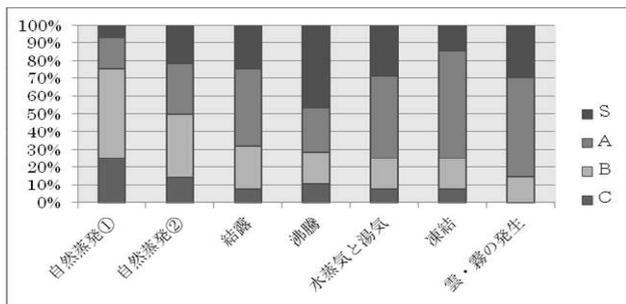


図7 モデル図の評価

自然蒸発①	自然蒸発②	結露	雲の発生
<p>蒸発の様子を筋道立てて考えられていない(評価C)。</p>	<p>見えない水蒸気を筋道立てて表現している(評価A)。</p>	<p>水蒸気と水滴を区別し、筋道立てて表現している(評価A)。</p>	<p>雲の発生を筋道立てて分かりやすく表現している(評価S)。</p>

図8 抽出児童の変容

自然蒸発①では、評価SとAの児童を合わせると25%だった(図7)。自然蒸発②では見えない水蒸気を意識させたことで水を粒や点で表し、筋道立てて考え、評価A以上の児童が50%に増えた。さらに、結露の実験時は67%に上昇し、単元が進むにつれて、筋道立てて考え、正しく表現できる児童が増えた。評価Sが多かったのは、泡の正体を突き止める実験時のモデル図で、実験結果や考察を生かし泡の正体は水蒸気であるという説明をすることができたからであると考えられる。雲の発生のモデル図では、筋道の通った記述が全児童に見られ、評価Cの児童は0%になった。抽出児童も自然蒸発②や結露の実験時から筋道立てて考えられるようになったため、科学的な思考力と表現力が高まったことが分かった(図8)。

(2) パフォーマンス課題による既習事項の活用成果

論述内容から思考力と表現力を直接評価するために、評価規準を以下のように設定した(表4)。

表4 パフォーマンス課題の評価規準

S (大変良い)	取り上げられた自然現象を正しく考え、分かりやすく表現している。
A (おおむね良い)	取り上げられた自然現象を正しく考え、表現している。
B (良い)	取り上げられた自然現象を正しく考えているが、表現不足である。
C (不十分)	正しく考えていない。無答や誤答である。

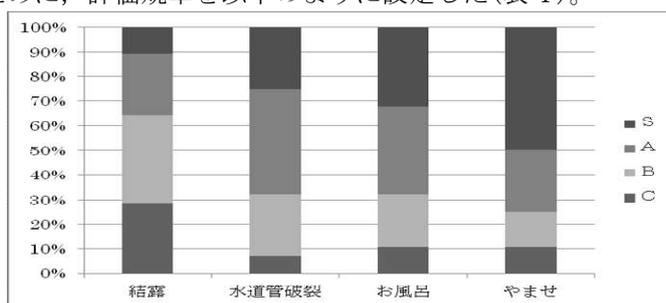


図9 パフォーマンス課題の評価

課題①結露では、表現不足の評価Bや不十分な論述の評価Cの児童が多く見られたが、課題②水道管破裂では、評価A以上の児童が大幅に増加し93%の児童が正しく考えられるようになった(図9)。これは正答例を掲示したり、課題②までの間にモデル図で考え、表現する学習を5回行ったため、筋道の通った表現や既習事項を用いた論述の仕方が習得されてきたからではないかと考えられる。課題④やませの正答率は89%であり、やませによる気温の変化と霧の発生を関係付けた記述ができていた。

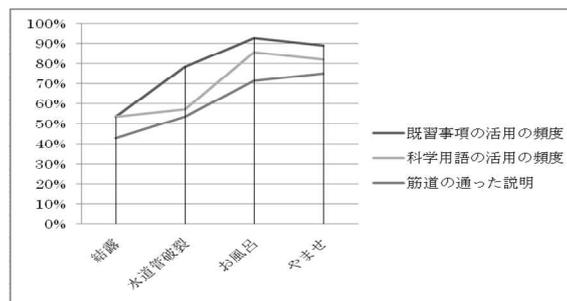


図10 観点別記述内容の評価

さらに個人の記述内容を、既習事項や科学用語の活用頻度、筋道の通った説明がなされているかという三つの観点で検証した(図10)。課題①結露ではどの観点も数値が低かったが、課題②水道管破裂において大幅に数値が上昇した。課題④やませは、気象に関する複数の要素があるせいか課題③のお風呂と比べ数値は低くなったが、既習事項の活用の数値は高いままであった。このことから身近な自然現象に対しても既習事項を関連付けて科学的に考え、表現できるようになったことが分かった。

(3) 科学的に考え、表現するための基礎となる学習内容に関する事前・事後調査と把持テストの分析

湯気と水蒸気に関する事前調査では正答率が低かったが、事後調査では湯気と水蒸気を混同する児童や沸騰時の泡を空気と誤答する児童が見られなくなり、全員が正答できた(図11)。

また、記憶の保持について調べるため、水の状態変化の知識・理解に関する把持テストを単元終了直後と単元終了の1か月後に実施し結果を比較した(図12)。単元終了時よりもポイントは低くなったが、全項目の正答率は82%以上であった。液体が気化したり、温度の変化により再び液化したりするなどの現象は定着が難しく、平成25年度青森県学習状況調査における正答率が58.3%と低い。このことを考えると1か月後も全項目で82%以上正答していることはモデル図で視覚化し、筋道を立てて考え、表現させたことで学習内容が定着したからではないかと考えられる。

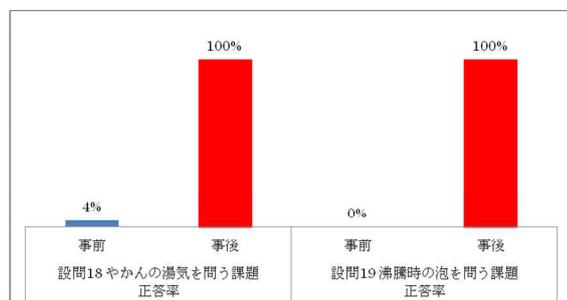


図11 湯気や水蒸気に関する事前・事後調査

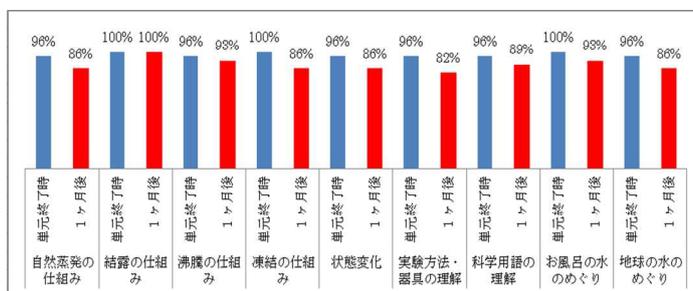


図12 知識・理解に関する把持テスト(単元終了時と比較)

(4) 身近な自然現象への興味・関心・意欲に関する意識調査

理科の好きな学習分野を尋ねる調査では、自然や宇宙の学習が好きと答える児童が最も増え、自由記述には「雨」「霧」など気象に関する言葉が多く見られた(図13)。また、理科の時間以外に調べたいことを尋ねる調査においても、天気や自然に関する記述が大幅に増えた(図14)。さらに、どちらの調査でも

全体の記述数が増えていた。これらのことから、モデル図やパフォーマンス課題を活用したことによって科学的に考え、表現する力が高まったことに加え、理科に対する興味・関心・意欲が高まり、身近な自然事象に目を向ける児童が増えたことが分かった。

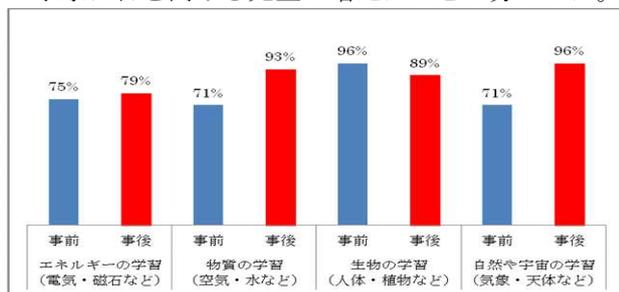


図13 理科の好きな学習分野について（複数回答）

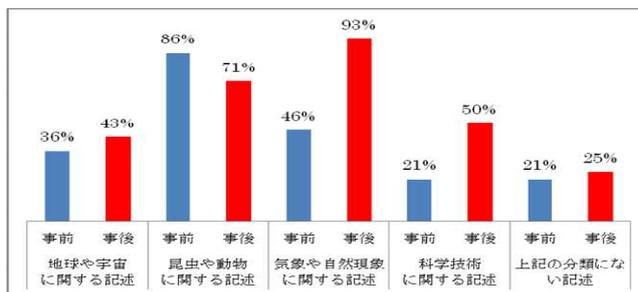


図14 理科の時間以外に調べたいこと（複数回答）

V 研究のまとめ

1 単元を通してモデル図を活用した成果

- 単元を通して粒子概念を伴ったモデル図を活用したことにより、全ての児童が自分の考えをもつことができるようになり、筋道が通っていて正しい表現ができた児童が増加したことから、自然事象を科学的に考え、表現できる力が身に付いたことが分かった。
- 沸騰時の泡の正体についてモデル図を使って考察したことにより、思考力と表現力の伴った記述ができた評価Sの児童が前回のモデル図より20%増加し、筋道を立てて考え、正しく分かりやすく表現する力が特に伸びたことが分かった。

2 パフォーマンス課題による既習事項の活用の成果

- 身近な自然事象に既習事項を関連付けて考える場として設定したことにより、身近な自然事象を正しく考え分かりやすく説明できる児童が増加したことから、身近な自然事象を科学的に考え、表現する力が高まったことが分かった。
- 論述内容に既習事項を活用できた児童が増加したことや、身近な自然事象に関する課題の正答率が高かったことから、身近な自然事象を科学的に考え、表現する力が高まったことが分かった。

3 科学的に考え、表現するための基礎となる学習内容に関する変容

- モデル図で筋道を立てて考え、表現させたことにより、水蒸気と湯気を混同したり沸騰時の泡の正体を空気と誤答したりする児童が見られなくなったことや、把持テストにおいて全項目が高い数値で保持されていることから、科学的に考え、表現するための基礎となる学習内容が正しく定着していることが分かった。

4 身近な自然事象への興味・関心・意欲の変容

- 単元を通してモデル図やパフォーマンス課題を活用したことにより、理科に対する興味・関心・意欲と気象や自然現象に関する数値や記述が増加したことから、科学的に考え、表現する力が高まったことに加え、身近な自然事象に目を向ける児童が増えたことが分かった。

VI 今後の課題

科学的に考え、表現する力は高まったが、それを生かして発表したりグループで考えたりすることに苦手意識をもつ少数の児童がおり、これを改善することができなかつた。そのため、児童のモデル図をクラスで共有し、考えを深めることの良さを感じさせたり、認め合ったりすることで発表への自信をもたせたりする工夫が必要である。

<参考文献>

- 文部科学省 2008 『小学校学習指導要領解説 理科編（平成20年3月）』
 田中耕治 2011 『パフォーマンス評価 思考力・判断力・表現力を育む授業づくり』 ぎょうせい
 日高敏隆ほか65名 2011 『みんなと学ぶ 小学校理科4年』 学校図書