

小学校4年「空気と水の性質」における 質的・実体的な見方を育む理科授業

松下伊織¹⁾・山下修一²⁾*

¹⁾船橋市立薬田台小学校

²⁾千葉大学

In Elementary School 4th Grade “Characteristics of Air and Water” Science Classes that Nurture Qualitative and Substantive Perspectives

MATSUSHITA Iori¹⁾ and YAMASHITA Shuichi²⁾*

¹⁾Yakuendai Elementary School

²⁾Faculty of Education, Chiba University, Japan

本研究では、「質的・実体的な見方」を育むための手立てを明らかにするために、小学校4年生94名に向けて、「質的・実体的な見方」を働かせることを意識付け、粒子概念を取り入れた『空気と水の性質』の授業を展開し児童への影響を調査した。

その結果、応用問題に対する回答では事前と事後の間で「質的・実体的な見方」に有意な差が見られた。「質的な見方」は粒子概念を用いて学習した内容の応用問題で大きく高まり、「実体的な見方」はどの応用問題に対しても物質レベルで一定の高まりが見られた。

これから、本研究が「質的・実体的な見方」を育むために有効であることが分かった。

In this study, in order to clarify the means to foster a “qualitative and substantive perspective,” 94 fourth grade elementary school students were conscious of working on a “qualitative and substantive perspective.” We developed a class on “The Nature of Air and Water” that incorporates the concept of particles, and investigated the effects on children.

As a result, there was a significant difference in the “qualitative and substantive perspective” between before and after the answers to the applied questions. The “qualitative perspective” increased greatly in the applied problems of the contents learned using the particle concept, and the “substantial perspective” showed a certain increase at the material level for any applied problem.

From this, it turned out that this research is effective in order to bring up “a qualitative and substantive point of view.”

キーワード：理科の見方 (Scientific Perspective), 質的・実体的な見方 (Qualitative and Substantial Perspective), 粒子 (Particles), 空気と水の性質 (Properties of Air and Water)

1. 問題と目的

平成29年告示の小学校学習指導要領総則編では、各教科等の「見方・考え方」を働かせることが深い学びの鍵であることが示され、「見方・考え方」は物事を捉える視点や考え方として全教科等を通して整理された。小学校理科においても例外ではなく、平成20年告示の小学校学習指導要領では「科学的な見方や考え方」を育成することを重要な目標と位置付け資質・能力を包括するものとして示してきた(文部科学省, 2008)ことから「理科の見方・考え方」を改めて捉え直すことが必要とされた。これまで目標としていた「見方」や「考え方」が、目標ではなく、資質・能力を育成するために働かせる視点や考え方とされたことは、教員に小さくない影響を与えて

いる。

高橋(2020)は、理科を校内研究教科としている公立小学校の理科授業を担当している教員(34名)を対象に、学習指導要領改訂に向けた小学校理科についての教員の意識調査を行い「『子どもが理科の見方・考え方を働かせる』についての理解に課題が見られた。」と述べている。また同調査では「理科の授業において、子どもが理科の見方・考え方を働かせることを意識して授業を行うようになりましたか?」という質問に対して58.1%が「そう思う」と回答した一方で、「子どもが理科の見方・考え方を働かせている姿を具体的に挙げることができますか?」という質問に対して「そう思う」と回答したのは38.7%に留まっていた。理科について研究を行っている教員でも、具体的に理科の見方・考え方を働かせることの理解は難しいようである。従って多くの教員も同等以上に課題があると考えられる。

*連絡先著者：山下修一 syama@faculty.chiba-u.jp

また、このように「見方・考え方」の理解を難しくしているのが、「見方・考え方」が育まれることを期待するけれども資質・能力とは異なる」という点だと考える。平成29年告示の小学校学習指導要領解説 理科編によると「理科の学習においては、この『理科の見方・考え方』を働かせながら、知識及び技能を習得したり、思考・判断・表現したりしていくものであると同時に、学習を通じて、『理科の見方・考え方』が豊かで確かなものとなっていくのである。」(文部科学省, 2018)とされており、「理科の見方・考え方」は資質・能力を育成するために働かせるだけではなく、それ自体が育まれることを期待している。しかし「なお、『見方・考え方』は、問題解決の活動を通して育成を目指す資質・能力としての『知識』や『思考力、判断力、表現力等』とは異なることに留意が必要である。」(文部科学省, 2018)とも記載されている。目標である資質・能力とは異なるため評価はしないということであり、具体的な育成目標が無くては効果的な指導は難しいと考える。

このように、物事を捉える視点や考え方である「見方・考え方」は教員の理解に課題が見られ、重要視されているにも関わらず、先行研究は多くない。国立情報学研究所が運営する論文検索サイト¹⁾において2012年～2022年の10年間で「理科の見方」を主題に含む論文を検索したところ、26件見つかった。そのうち、閲覧可能であった6件の論文について検証したところ、資質・能力が育成されたかどうかを調べていても「理科の見方」が育成されたのかを調べていなかったり、児童の自己評価のみで検証していたりして「理科の見方」が育まれたかどうかについて十分に検証されているとは言えなかった。

そこで本研究では、理科の見方を育む理科授業を開発し、理科の見方を育むための手立てとその効果を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

上記の研究目的を達成するために、小学校4年「空気と水の性質」の単元で、「質的・実体的な見方」を働かせることを意識付け、粒子概念を取り入れた授業を展開することでどの程度「質的・実体的な見方」が育まれるかについて調査した。

1) 「質的・実体的な見方」について先行研究の検討

① 「質的・実体的な見方」の定義

前述したように、平成29年度告示の学習指導要領解説 理科編によると「見方」は「物事を捉える視点」であるとされている。また同書には理科において領域ごとに主に働かせる「見方」が記載されており、粒子を柱とする領域では主に「質的・実体的な見方」を働かせるとされている。しかし「質的・実体的な見方」が何かということとは記載されていない。

鳴川・寺本・辻・三井・有本(2021)は「質的な見方」を働かせるということについて「『空気とはどのような性質なのか?』『物が燃える前と後では空気の性質は変わったのか?』などといったような視点をもって追究していくことが重要」になり、「『他の物質は?』という視

点をもって追究することも大切」であると説明している。また「実体的な見方」については「『目には見えないけれども、そこに存在するのか?』という視点をもって追究することが大切」であるとしている。

これらをまとめると、「質的な見方」とは物質がもつ性質やその変化、また物質による性質の違いを捉えること、「実体的な見方」とは見えないけれどもその存在を捉えることと整理できる。

② 粒子概念の導入

Derek Hodson (2000)は「何らかの世界観、何らかの理論的視座が当該の観察に先行して存在する。自分の期待していないこと、どうして探究したらいいかわからないこと、概念的な準備がまだできていないこと、それらを観察することなどまったく不可能なのである。」と提言している。これは「見方」に当てはまることであり、児童が初めから物事を捉える視点をもつことは難しいことを示唆している。特に、見えないけれどもその存在を捉える「実体的な見方」は非常に難しいと考えられ、これを育むためには見えないけれども存在するという理論(Derek Hodsonがいう理論的視座)が必要である。

菊池・尾崎(2019)は「物質の現象は、物質を構成している粒子のふるまいに起因するので、その解釈には粒子概念が必要になる。」とし、小学校4年「水の三態」で導入した粒子概念を4年「空気と水の圧縮性」の場面で活用する授業実践について報告している。その結果「子ども達が建設的に対話しながら自力で課題を解決している」と成果が見られたと報告している。このように粒子概念を導入し閉じ込めた空気や水の圧縮性を理論的に理解することは、児童にとって非常に難しかった目に見えないけれども存在するという理論ができることであり、「実体的な見方」を育むことに有効であると考えられる。

③ 見方の意識付け

鳴川ら(2021)は、児童が「理科の見方・考え方」を意識的に働かせるようになるために「教師が『価値付け』『称賛』することで、子どもは働かせることができている『理科の見方・考え方』に気付き、自ら働かせたことを『振り返る』ことで、『理科の見方・考え方』を働かせていることを自覚できるようになり、後の問題解決のときには意識的に働かせることができるようになる」と述べている。また、櫻庭・鎌田・秋元(2021)は「理科の見方・考え方」を働かせるための授業改善の方向性の1つとして「『理科の見方・考え方』を働かせることの自覚化」を提案している。これらから、児童が見方を働かせていることを自覚できるようにし意識的に働かせることが有効だと考えられる。

2) 調査対象および実施時期

公立小学校4年生3クラス94名を対象にして、2022年9月上旬に事前調査、2022年10月下旬～11月中旬に8時間の『空気と水の性質』の授業、2022年11月下旬に事後調査を実施した。分析には、全ての授業に参加し事前・事後の調査項目すべてに回答した75名のデータを用いた。

3) 「質的・実体的な見方」を育むための手立て

① 「質的・実体的な見方」の意識付け

単元を通して児童が「見方」を働かせていることに気付くことができるようにメガネとしたり言語化したりした。「見方」は物事を捉える視点であり、児童が自在に働かせられることを目標にしているので、図1のように「質的な見方」を「せいしつメガネ」、図2のように「実体的な見方」を「見えーるメガネ」として、メガネのように“かける”ことで見える（捉えられる）ようになり児童が自分の意思で働かせ易いようにした。定義については「質的な見方」を“それぞれの性質を考える”とし、物質ごとに異なる性質を具体的に捉えられるようにした。「実体的な見方」は“見えなければそこにあると考える”として、存在を捉えられるようにした。また、始めは空気や水などの物質レベルで捉えられるようにし、粒子概念を導入してからは分子レベルで捉えられるようにした。

② 粒子概念の導入

知識を与えるのではなくできるだけ既習事項から考えさせた。ただし、内容をできるだけ簡単にしたかったので、空気も水も“粒”でできているとして、原子と分子の区別はつかなかった。また同じ理由から、粒子概念を用いて考えるのは閉じ込めた空気と水の体積変化のみに絞り、体積が小さくなるほど押し返す力が強くなる事象



図1 せいしつメガネ(質的な見方)



図2 見えーるメガネ(実体的な見方)

については扱わないこととした。

4) 授業展開

菊池・尾崎(2019)が「物質を構成する粒子は目に見えないのでイメージが持ちにくい」と指摘しており、物質学習では「実体的な見方」の育成が難しいと考えられることから、試行授業は「粒子」についての基本的な概念等を柱とした内容の小学校4年生『空気と水の性質』で実施することにした。ここでは「質的・実体的な見方」を働かせることを意識付け、粒子概念を取り入れることで、資質・能力を養うと共に、この領域で主に働かせること例示されている「質的・実体的な見方」の育成を目標とした。授業は、表1のように8時間で実施した。

以下には、「質的・実体的な見方」の意識付けと粒子概念の導入場面を中心に、授業内容の詳細を記載する。

第2時では、空気を閉じ込めて圧した時に玉が飛ぶことに気付いた場面で、今まであまり存在を意識していなかった空気について閉じ込められていると存在を考えていることから、“見えなければあると考える”「実体的な見方」を働かせていることに気付かせた。ここで部屋の換気をしないと空気が悪くなっていくことを例示し、見えないものについて考えることは大切であることに気付かせた。次に「みえーるメガネ」を提示して、メガネをかけると見えるように「実体的な見方」を自在に働かせられるようになるとよいことを伝えた。

第4時では、閉じ込めた空気の性質をまとめた後に水ではどうなるかを考えた場面で、“物質による性質の違いを考える”「質的な見方」を働かせていることに気付かせた。3年生の時に磁石の学習で、鉄は磁石につくけどアルミニウムや銅はつかないことを考えたことを想起させ、物質による性質の違いがあり、そのことについて考えることが大切であることに気付かせた。次に「せいしつメガネ」を提示し「みえーるメガネ」と同様に「質的な見方」を自在に働かせられるようになるとよいこと

表1 「空気と水の性質」の単元授業展開

時	授業内容
1	プラスチックの筒に玉を詰め、押し棒を使って玉を飛ばし玉が飛ぶときの様子を調べた。
2	空気を閉じ込めて圧した時に玉が飛んだことから、閉じ込めた空気を圧すと体積や手ごたえはどうなるのかという問題を見だし、予想した。
3	プラスチックの筒に閉じ込めた空気を圧して、体積や手ごたえを調べた。また、閉じ込めた空気が圧された時のイメージを図や絵に描いた。
4	閉じ込めた水を圧すと体積や手ごたえはどうなるかについて予想し、プラスチックの筒に閉じ込めた水を圧して、体積や手ごたえを調べた。
5	閉じ込めた水が圧された時のイメージを図や絵に描き、どうして閉じ込めた空気は圧せるのに水は圧せないのだろうかという問いを見出した。既習や角砂糖の観察等から、空気も水も小さい粒でできていることを学習した。
6	水や空気の粒モデルやシミュレーション等を使い、閉じ込めた水は粒の隙間が小さく圧せないが閉じ込めた空気は粒の隙間が大きいため圧せることを学習した。
7	粒モデルを使って閉じ込めた空気と水のイメージ図を描き、以前に描いたものと比較した。ストロー鉄砲を作り、閉じ込めた空気や水の性質を生かして玉を遠くに飛ばす方法を考えた。
8	長さや太さを変えたストロー鉄砲を作り、どれだけ飛んだかの記録会を行った。閉じ込めた空気や水の性質をまとめ、生活の中で使われているものとその仕組みを考えた。



図3 角砂糖, グラニュー糖 図4 第5時の比較場面

を伝えた。閉じ込めた水の性質の学習後には、「せいしつメガネ」使って性質を考えたことで、空気と水の具体的な性質の違いがわかったことから「質的な見方」を働かせることよさに気付かせた。

第5時の閉じ込めた空気と水の圧縮性の違いについて学習する場面では、実体的な見方をレベルアップさせ、粒子概念を用いて考えさせた。粒子概念をただ教え込むのではなく、既習やモデル実験からできるだけ粒子として存在していることを導き出せるようにした。まず、物質レベルでは圧縮性の違いはわからないことから、もっと詳しく分子レベルで考えていく（実体的な見方をレベルアップさせる）必要があることに気付かせた。水は蒸発して水蒸気となり冷えると水に戻るといふ既習事項から、空気中では目に見えないけれど存在していることを確認し、水が空気中でどのように存在しているのかについて問題意識を持たせた。次に、空気や水に限らず“見えない”場合の理由を考えさせて水蒸気が見えない理由について予想をさせた後、角砂糖・グラニュー糖を集めたもの・グラニュー糖1粒をそれぞれ密閉袋に入れたもの（図3）を提示して水・水・水蒸気と比較させた（図4）。角砂糖と水、グラニュー糖を集めたものと水が似

ていて、グラニュー糖を集めたものは見えるが1粒だと小さくて見づらいことから、水蒸気は目に見えないくらい小さくなっているから見えないことを導き出した。さらに、空気は水蒸気だけではなく酸素や二酸化炭素等も含まれていることから、空気は目に見えないくらい小さいいろいろな種類の粒できているとまとめた。ここでテレビを拡大した画像を提示して、小さい粒が集まると一つに見えることを確認すると、水は粒が集まっているから見えるということに気付いた。

第6時では、空気も水も粒できているという前時に学んだ粒子概念を基に、閉じ込めた空気と水の圧縮性の違いについて考えさせた。ビーズを使った水のモデル実験（図5）や磁石を粒として動かすことができるホワイトボード（図6）、気体と液体のシミュレーション²⁾（図7）を使って、水は粒が集まっているから圧しても体積がほとんど変わらず、空気は粒と粒の間に隙間があるから体積が変わることに気付かせた。

第7時には、粒モデルを使って閉じ込めた空気と水のイメージ図を描かせた。粒子概念を用いる前に描いたイメージ図と比較させ、実体的な見方を働かせて粒として考えると事象を科学的に説明できることに気付かせた。また、学習を生かして玉を遠くに飛ばす方法を調べるために、ストロー鉄砲（図8）作りを行った。

5) 調査項目

事前・事後調査として、問題A～D（図9～図12）と同一の課題を解かせ、各問題の解答に対して正誤に関わらず「質的な見方」と「実体的な見方」のそれぞれの観点について以下のような基準で評価した。



図5 水のモデル実験



図6 ホワイトボード



図7 シミュレーション

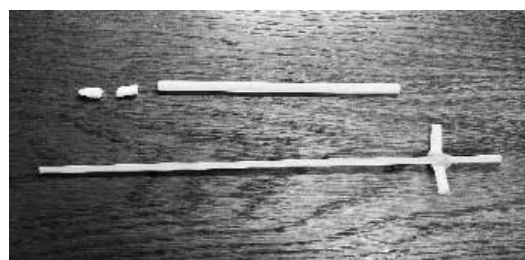


図8 ストロー鉄砲

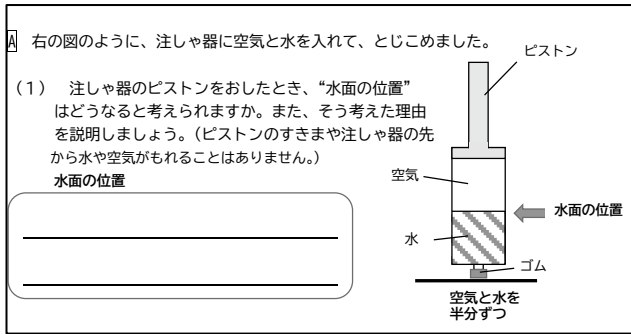


図9 事前事後調査問題 A (解答欄省略)

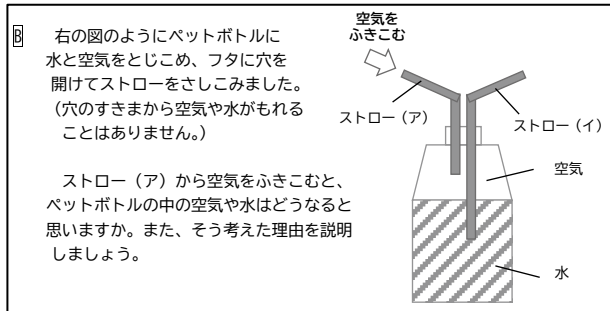


図10 事前事後調査問題 B (解答欄省略)

① 質的な見方の評価基準

- A評価 (2点) : 物質の性質を具体的に捉えている。
- B評価 (1点) : 物質によって性質が違ったり同じだったりすることを捉えている。
- C評価 (0点) : 物質の性質を捉えられていない。

② 実体的な見方の評価基準

- A評価 (2点) : 分子レベルで存在を捉えている。
- B評価 (1点) : 物質レベルで存在を捉えている。
- C評価 (0点) : 存在を捉えられていない。

3. 結果と考察

表2には、事前・事後調査の問題A～Dを「質的な見方」と「実体的な見方」それぞれの観点で得点化(各2点満点)し、合計したものを「全体」(4点満点)として平均得点を示した。事象を説明する時には「質的な見方」または「実体的な見方」のみを働かせても正確に説

表2 問題ごとの平均得点 (N=75)

問題	見方	事前	事後	t値 (df=74)
A	質的	0.25 (0.55)	1.39 (0.66)	-11.22*
	実体的	0.69 (0.42)	0.93 (0.68)	-2.40*
B	質的	0.21 (0.44)	0.60 (0.72)	-4.08*
	実体的	0.64 (0.48)	0.87 (0.55)	-2.93*
C	質的	0.12 (0.33)	0.20 (0.43)	-1.62
	実体的	0.63 (0.49)	0.76 (0.43)	-2.09*
D	質的	0.12 (0.33)	0.31 (0.54)	-3.01*
	実体的	0.45 (0.53)	0.69 (0.49)	-3.67*

() 内には標準偏差を示した。(*p<0.05)

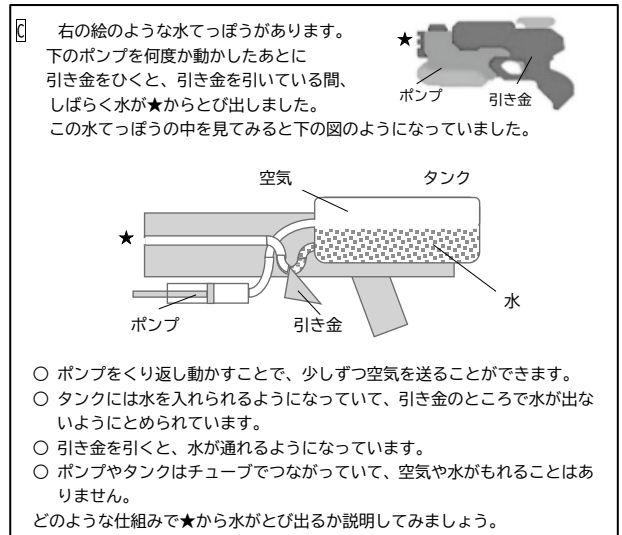


図11 事前事後調査問題 C (解答欄省略)

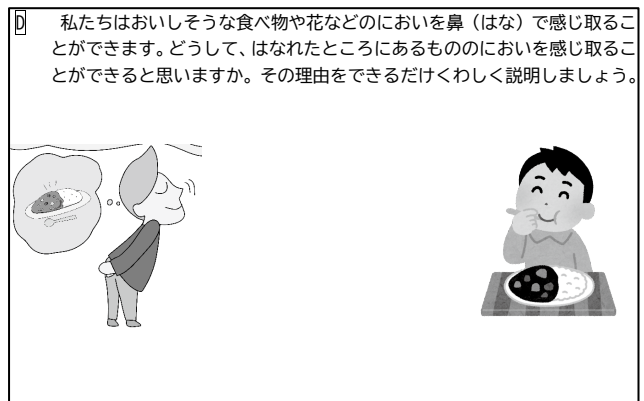


図12 事前事後調査問題 D (解答欄省略)

明をすることができるため、どちらか一方でも見方を働かせることができるようになったかどうかを調べた。全ての項目で事後が事前の平均得点を上回っていた。問題Cの「質的な見方」に関しては有意な差が見られなかったが、その他の全ての項目では有意な差が見られた。図13と図14には、問題ごとの事前と事後の平均得点の推移を、「質的な見方」「実体的な見方」に分けて示した。これらの図から「実体的な見方」はどの問題もほぼ同じように伸びているのに対して、「質的な見方」は粒子概念を用いて学習した、閉じ込めた空気や水の体積変化についての応

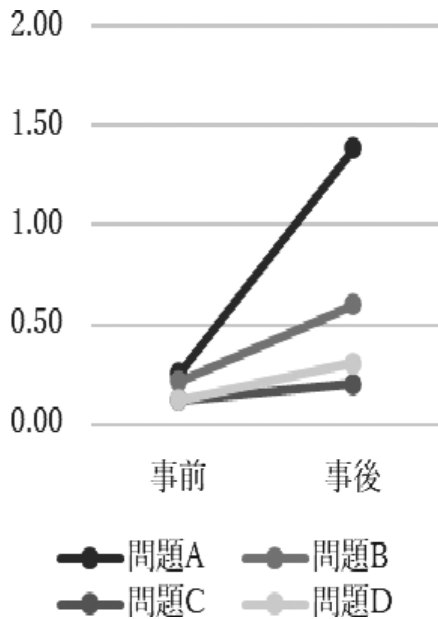


図13 問題ごとの平均得点の推移 (質的な見方)

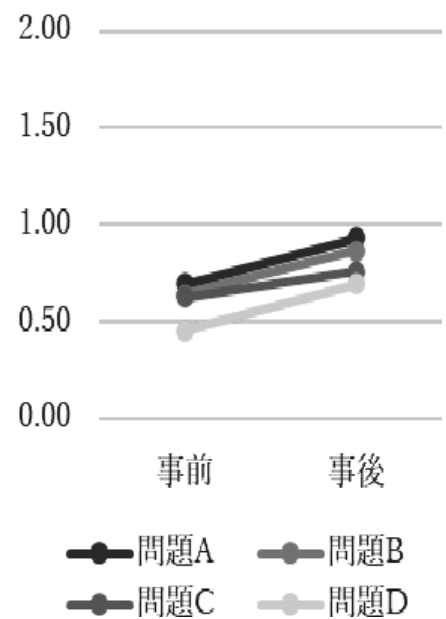


図14 問題ごとの平均得点の推移 (実体的な見方)

表3 問題ごとの平均得点 (N=75)

問題	見方	事前	事後	t値 (df=74)
A	全体	0.95 (0.77)	2.32 (1.12)	-8.20*
B	全体	0.85 (0.73)	1.47 (0.98)	-4.72*
C	全体	0.75 (0.66)	0.96 (0.67)	-2.44*
D	全体	0.57 (0.68)	1.00 (0.82)	-4.31*

() 内には標準偏差を示した。 (*p<0.05)

用問題である問題Aの伸びが特に大きいことがわかる。

表3には、事前・事後調査の問題A～Dを「質的な見方」と「実体的な見方」それぞれの観点で得点化(各2点満点)し、合計したものを「全体」(4点満点)として平均得点を示した。事象を説明する時には「質的な見方」または「実体的な見方」のみを働かせても正確に説明をすることができるため、どちらか一方でも見方を働かせることができるようになったかどうかを調べた。

全ての項目で事後が事前の平均得点を上回り、有意な差が見られた。問題Cについては「質的な見方」に有意な差が見られなかったものの、「全体」においては有意な差が見られた。これは、どちらか一方でも見方を働かせることができるようになってきていることということであり、「質的・実体的な見方」が育まれたと言えよう。

表4には、最も見方が育まれた問題Aについて、事前と事後でどのように変化したのか、得点差事一つずつ代表的な回答例を示した。

児童aは空気と水のそれぞれの性質を具体的に記述し、粒の存在の仕方から理由を説明している。「質的な見方」と「実体的な見方」のどちらも育まれたと言えよう。児童gは「-2点」であるが、「水の体積“は”……」と記述していることから、閉じ込めた空気の体積変化についても理解している可能性がある。また、そうなれば空気の存在も捉えられていることから、得点が上がることが考えられるが、本調査では記述のみから評価した

め、-2点となっている。このように見方を働かせていても、記述していないため得点に表れていない児童もいると考えられ、さらに大きな有意差がある可能性も考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、「質的・実体的な見方」を働かせることを意識付け、粒子概念を用いて閉じ込めた空気や水の体積変化について学習させた結果、4つの応用場面全てにおいて事前と事後に有意な差が見られ「質的・実体的な見方」が育まれたことが示された。

「質的な見方」については、粒子を用いて学習した閉じ込めた空気や水の体積変化の性質についての応用場面では特に大きな高まりが見られた。しかし、粒子概念を用いて学習していない閉じ込めた空気の弾性についての応用場面では高まりは小さく、仕組みが複雑な加圧式水鉄砲の問題では有意な差が見られなかった。

「実体的な見方」については、どの応用場面でも目に見えない空気や匂いの存在を物質レベルで捉えることができ、一定の高まりが見られた。学習した閉じ込めた水や空気の体積変化についての応用場面では、空気や水の存在を粒として分子レベルで捉えることができる児童が増えた。しかし学習していない閉じ込めた空気の弾性や匂いについての応用場面では、分子レベルで捉え

表4 問題Aの回答例

児童	事前調査	事後調査
a : +4点 質0実0→質2実2	ピストンを押したら水がはねて上に上がると思う。	水のところに粒に間が空いていないから <u>水のところは押せない</u> 。空気は一つ一つ粒に間が空いているから <u>押せる</u> 。
b : +3点 質0実0→質2実1	水に棒を入れても何も起こらなかったから。	<u>空気のところは押せるけど水のところは押せない</u> から。
c : +2点 質0実0→質1実1	ピストンをおしたら下まで行くから変わると思う。	<u>空気はそんなに下に押せない</u> から変わらないと思います。
d : +1点 質0実0→質1実0	水が全て押し潰されるから。	<u>水は固くて押せない</u> から。
e : ±0点 質0実1→質1実0	もしピストンの中に空気が入っていた時に勢いよく押すとへこむと思ったから。	<u>水は体積が変わらない</u> から変わらない。
f : -1点 質1実1→質1実0	空気が押されて <u>水の中に空気が混ざる</u> から。	<u>水は押しても体積が変わらない</u> から。
g : -2点 質2実1→質1実0	<u>空気より水の方が重い</u> から水の方が下にあるから。	<u>水の体積は変わらなかった</u> から。

数量は得点、質 () …質的な見方 実 () …実体的な見方

ることができていなかった。

今後は、今回粒子概念を用いて学習しなかった閉じ込めた空気の弾性についても同様の手立てが有効であるかということや、質的・実体的な見方を様々な場面で働かせられるようになるまで高めることについて検討を重ねたい。

学研究』第52巻、第2号、143-153

山下修一・小野寺千恵 (2009) 「小学校5・6年の溶解の学習に一貫して粒子モデルを用いた効果」『理科教育学研究』第50巻、第1号、85-92

引用文献

- Derek, H. (2000) 『新しい理科教授学習論 子ども一人ひとりの見方・考え方を損なわずに科学を学ばせるには』 東洋館出版社。
- 菊池洋一・尾崎尚子 (2019) 「小学校における系統的物質学習の実践的研究 ―粒子概念を『状態変化』で導入し『空気と水の圧縮性』で活用する授業―」『岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要』第18号、31-40。
- 文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領解説 理科編』 大日本図書。
- 文部科学省 (2018) 『小学校学習指導要領解説 総則編』 東洋館出版社。
- 文部科学省 (2018) 『小学校学習指導要領解説 理科編』 東洋館出版社。
- 鳴川哲也・寺本貴啓・辻健・三井寿哉・有本淳 (2021) 『見方・考え方を働かせる問題解決の理科授業』 明治図書出版。
- 櫻庭直美・鎌田信・秋元卓也 (2021) 「理科における『見方・考え方』を働かせるための授業改善に関する一考察～全国学力・学習状況調査における秋田県の調査結果を踏まえて～」『秋田大学教育文化学研究紀要 教育科学』第76号、19-25。
- 高橋泰道 (2020) 「学習指導要領改訂に向けた小学校理科についての教員の意識～小学校の校内研修等を通して～」『日本科学教育学会研究会研究報告』第34巻、第9号、23-26。

註

- 1) 国立情報学研究所「CiNii Research」Retrieved from <https://cir.nii.ac.jp/> (accessed 2022.06.06)
- 2) University of Colorado Boulder「物質の三態：ベーシック」『PhET』 Retrieved from https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_ja.html (accessed 2023.01.10)

参考文献

- 菊地洋一・高室敬・尾崎尚子・本宮勇希・近藤尚樹・村上祐 (2014) 「小学校の物質学習を通して粒子概念を有効に活用するための新規学習シート『つぶつぶシート』の提案」『岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要』第13号、33-43。
- 松田稔樹 (2021) 「科学のおよび技術的な見方・考え方をめぐって」『日本科学教育学会第40回年会講演論文集』、263-264。
- 中込泰規・加藤圭司 (2019) 「科学的な知識を関連付け統合していく能力の伸長を目指すデザイン」『日本科学教育学会研究会研究報告』第33巻、第4号、49-54
- 白井俊 (2020) 『OECD Education2030プロジェクトが描く教育の未来 エージェンシー、資質・能力とカリキュラム』 ミネルヴァ書房。
- 山下修一 (2011) 「小・中学校理科全単元をつなぐコア知識一覧表の利用意識と試行授業の影響」『理科教育