

ICT を活用した理科の見方・考え方を働かせる学習指導に関する研究  
— 小学校 4 年理科「空気と水」の事例研究を通して —

Research on How ICT-Enhanced Teaching and Learning of Science  
Exercise Scientific Perspectives and Ways of Thinking:  
Through a Case Study of Fourth-Grade Primary School Science unit 'Air and Water'

金田 裕之\*・竹本 石樹\*\*・小川 博士\*\*\*・川島 隆\*\*

要 約

2017 年告示の学習指導要領において資質・能力の育成が大きくクローズアップされた。そして、このような資質・能力を育成するためには、子どもが「見方・考え方」を働かせながら、各教科の本質に迫る学びを実現することが不可欠であると考えられている。また、「令和の日本型教育」では、ICT を「自律的」、「協働的」な学習に取り組むためのツールとして位置付けている。

本研究では、子どもが理科における「実体的」な見方を働かせて空気や水を「粒」などの表象で捉えたり、「関係付ける」という考え方を働かせてこの表象と空気や水の性質を関係付けて捉えたりする学びの実現を目指した。また、その際、子どもが ICT を効果的に活用し、「自律的」、「協働的」に学びを進め、子どもが自ら理科の本質に迫る学びの実現を目指した。そして、このような実践の中で、子どもが ICT を効果的に活用し「自律的」「協働的」に「見方・考え方」を働かせる学びを行っていたことが確認された。本稿では、この際の学習指導の様子及び「見方・考え方」を働かせる際の ICT 活用に関する成果と課題を整理した。

キーワード：見方・考え方、ICT 活用、学習指導、「粒」理論、自律的・協働的

1. 研究の背景

1-1. 諸外国及び我が国における資質・能力の概観

AI や IoT などの新しいテクノロジーの出現や、環境、経済、国際関係に関わる地球規模の複雑な問題の顕在化など、先行きの見えない変化の激しい時代が到来している。こうした時代の中、現在、「何を知っているか」だけでなく、それを使って「何ができるか」、「いかに問題を解決できるか」が問われるようになってきた(国立教育研究政策所、2016)。つまり、持続可能な社会の創造に必要な資質・能力の育成が重要な課題となっている。

諸外国では、「キー・コンピテンシー」

(Rychen, D.S & Salganic, L.H., 2003)や「21 世紀型スキル」(Griffin, P. et.al., 2012)といった資質・能力の教育が展開されている。国立教育政策研究所(2016)は、これら資質・能力目標の中身について、諸外国のカリキュラムを含めて検討したところ、言語や数、情報を扱う「基礎的リテラシー」、思考力や学び方の学びを中心とする「認知スキル」、社会や他者との関係やその中で自立に関わる「社会スキル」の三つに大別されることを報告している。また、キー・コンピテンシーや 21 世紀型スキルは、OECD の PISA 調査にも反映されるなど、世界的に影響を及ぼしている。

我が国においては、2017 年告示の学習指導

\*袋井市立袋井北小学校 \*\*浜松学院大学 \*\*\*白鷗大学

要領において資質・能力を「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の三つの柱で整理している。これらは先述した諸外国の資質・能力の三つの大別と基本的には対応していると捉えることができる。

また、資質・能力を育てるためには、教科等の学習とも一体化する「文脈的アプローチ」が重視されている。つまり、資質・能力は、教科等の学習のために「使って育てていく」ものと位置付けられ、教科等の豊富な学習経験を基盤に成立している（国立教育政策研究所、2016）。そのため、各教科の本質に迫る学びが資質・能力の育成の鍵となる。

### 1-2. 小学校理科における資質・能力の育成

小学校理科の目標は図1の通りである。図1に示されている(1)~(3)が小学校理科で育成を目指す資質・能力となる。これらを育成するためには「…理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うなど」とあるように、問題を科学的に解決する活動、言い換えれば、理科の本質に迫る学びが必要となる。この理科の本質に迫るために重要なものが「理科の見方・考え方」である。「見方・考え方」は、教科等ごとの特質があり、各教科等を学ぶ本質的な意義の中核をなし、教科等の教育と社会をつなぐものである（中央教育審議会、2016）。理科の場合、「理科の見方」は4つの領域ごとの特徴的な視点として図2のように整理されている。また、「理科の考え方」は、図3に示したように問題を科学的に解決していく過程において、どのような考え方で思考するかを表したものである。このような「理科の見方・考え方」を意識的に働かせながら、繰り返し自然の事物・現象に関わることで、子どもの「見方・考え方」は豊かで確かなものになっていき、それに伴い、育成を目指す資質・能力がさらに伸ばされていくことになる（文部科学省、2017）。

自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を図り、観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、問題解決の力を養う。
- (3) 自然を愛する心情や主体的に問題解決しようとする態度を養う。

図1 小学校理科の目標（文部科学省、2018、p.12より抜粋）

領域	見方	例
エネルギー	主として 量的・関係的な視点	豆電球の明るさと電池の数（量）や直列・並列つなぎには関係があるのではないかと捉える。
粒子	主として 質的・実体的な視点	水に溶かした食塩は、目には見えないが、この（水溶液）中に存在しているのではないかと捉える。
生命	主として 共通性・多様性の視点	昆虫について、体のつくりは同じだけど（共通性）、成長の仕方は違う（多様性）など、着目点を変えて捉える。
地球	主として 時間的・空間的な視点	A市の天気は、時間が経つとどのように変わるのかと捉える。 範囲を日本全国に広げて（空間的）、時間の経過とともに雲はどのように動くのかと捉える。

※その他にも、原因と結果、部分と全体、定性と定量などの見方もある。

図2 理科の見方（平田・小川、2022、p.24より抜粋）

比較する （主に第3学年）	複数の自然の事物・現象を対応させ比べること
関係付ける （主に第4学年）	自然の事物・現象を様々な視点から結び付けること
条件を制御する （主に第5学年）	自然の事物・現象について、どの要因が影響を与えるかを調べる際に、変化させる要因と変化させない要因を区別するということ
多面的に考える （主に第6学年）	自然の事物・現象を複数の側面から考えること

図3 理科の考え方（平田・小川、2022、p.25より抜粋）

### 1-3. 理科授業とICT活用

先述の通り、理科の本質的な学びを展開するためには、子ども自身が「理科の見方・考え方」を働かせることが重要である。教師には、そのための学習環境をどう整えるかが求められる。その1つの手立てとしてICTの活用が考えられる。GIGAスクール構想のもと、一人一台端末と高速大容量の通信ネットワークが一体的に整備されたことから、これまで

の教育実践と ICT 活用のベストミックスによって、資質・能力を育成するための学習活動の一層の充実が求められている（文部科学省、2020）。

理科においては、これまで通り「直接体験（観察、実験等）」が重視されることには変わりはないものの、直接体験が困難な内容を補足したり、幅広い情報によって個々の事例からの一般化がより効率的に行われたりするなど、ICTの利活用が期待される。ただし、先述の通り、エネルギー、粒子、生命、地球と領域ごとに主たる見方が異なるなど、固有の特性がある。そのため、領域に応じて、どうICTを活用するか検討する必要がある。

## 2. 問題意識と研究の目的

### 2-1. 粒子領域において見方・考え方を働かせるとは

粒子領域における主な「見方」は、「質的・実体的な視点」であり、鳴川ら（2019）によれば、「物によって異なる性質があるのではないか、見えない物でも実体として存在しているのではないかという視点」で物を見ることであると説明している。また、それを「目視では容易に判断できなかつたり、見分けられなかつたりするような事象に対して、その変化や違いを捉えようとするとき」に働かせると付け加えている。

そして、「考え方」とは、思考の枠組みであり、例えば「関係付ける」という「考え方」は、「自然の事物・現象の変化をそれぞれに関わる要因と結び付けたりすることなどを目的」としている（鳴川ら、2019）。また、考え方と問題解決の力は密接に関係しており、「関係付け」という考え方を働かせて、「既習の内容や生活経験に基づきながら根拠のある予想や仮説を発想する」ことができることを付け加えている。

### 2-2. 小学校4年「空気と水」において見方・考え方を働かせる際の問題点

本単元において「見方」を働かせる場面では、「見えない物でも実体として存在しているのではないかという視点」をもち、「実体的」な見方を働かせることが大切である。そして、そのような視点をもつために、教科書では、「粒」表象を導入している（例えば、東京書籍、2019）。しかし、構成主義学習論に基づけば、「粒」表象の導入においては、教師が一方的に教え込まないように留意すべきである。構成主義的学習論は学習者は教師から一方的に知識を教え込まれるのではなく、学習者が学習対象を見て能動的に理解を組み立てることによって学習プロセスの中で多くの質的な変換が生じるという理論であり、これによれば、子どもの中の認知変容に着目する必要がある。また、構成主義的学習論では、知識は社会の合意形成によって生み出されるものであり、授業においては、共同体である学級の合意形成に着目する必要がある。以上のような過程による知識の獲得でなければ、その知識は時間とともに剥落し、子どもが学習内容の意味を構成することができないと考える。そして、実際の授業においては、子どもが「実体的」な見方を働かせることで空気や水を「粒」などの表象で捉え、この表象と空気や水の性質を「関係付け」て捉えていく。これにより「変化や違いを捉え」たり、「根拠のある予想や仮説を発想」をしたりし、「空気や水の性質」を深く捉えるようになることを期待できる（文部科学省、2017）。以上のように本単元を実践する上では、構成主義的学習論を基盤とし、「実体的」な見方、「関係付ける」という考え方を働かせる必要がある。しかし、「粒」表象を導入することや、実体的な見方を働かせたり空気や水の表象と性質を関係付けたりする際に、教師が一方的に子どもに教え込んでしまう実践例が散見される。

一方、「令和の日本型教育」でも説明されているように ICT は、「自律的」、「協働的」に学習に取り組むためのツールとして期待できる（中央教育審議会、2021）。そのため、子どもが ICT を効果的に活用し、「自律的」、「協働的」に「実体的」な見方を働かせて空気や水を「粒」などの表象で捉えたり、「関係付ける」という考え方を働かせてこの表象と空気や水の性質を関係付けて捉えたりできれば、「粒」表象の導入においても教師が一方的に教え込むことなく、本単元の目標に迫ることができる。しかし、このようにして「実体的な」見方、「関係付ける」という考え方に迫る事例は、菅見の限り、見ることができない。

### 2-3. 本研究の目的

本研究では、小学校 4 年生「空気と水」の単元において ICT を効果的に活用し、子どもが「見方・考え方」を働かせる学習指導を行う。具体的には、先述の通り、子どもたちは、「ICT を効果的に活用し、「自律的」、「協働的」に『実体的』な見方を働かせて空気や水を『粒』などの表象で捉えたり、『関係付ける』という考え方を働かせてこの表象と空気や水の性質を関係付けて捉えたり」する学びを実現する。そして、どのような学習指導の中で、どのように ICT を活用すれば「見方・考え方」を働かせることができるかを検討し、その知見を得ることを目的とする。

## 3. 研究方法

### 3-1. 事前授業検討会で共有した実践方法

授業者と共同研究者（実践者、研究者）が対面とオンラインを併用した授業検討会を行い、実践の方向性として、図 4 の①～③を共有した。

① 子どもが本学習の様々な場面で「実体的」な見方を働かせることができるように、空気を閉じ込めたビニル袋を押ししたり弾ませたりする体験をさせる。またピストンや注射器の中の空気や水に力を加える体験をさせる。そして、これらの体験をもとにビニル袋やピストン、注射器の中の表象を描かせる。各段階における子どもの表象を確認し、構成主義的学習論に基づいて、次第に認知変容を促していく。

② 子どもが考え方を働かせることにより、空気や水の性質と表象イメージを一体化させていく。そして、「なぜ、そのようにイメージしたのか」を問い、その考えを言語化させる。そして、学級という共同体において空気や水の性質に応じた表象を検討していくことによって次第に認知変容を促していく。

③ 上の①、②の際、ICT を活用した以下、ア、イのような「自律的」「協働的」な学びの場面を設定する。なお、ここでは、「Google Chromebook」デバイスの写真および動画の撮影機能、「ロイロノート」(株式会社 LoiLo, 2022) アプリの描画機能、協働学習機能を ICT 活用として想定した。

ア ①の体験を子どもが動画で確認し、「自律的」に空気や水の表象をイメージできるようにする。そして、イメージした表象を多様な表現方法(色、形)で「自律的」に表現する。また、②の空気と水の性質と表象イメージを「関係付ける」際にも多様な表現方法(色、形)で「自律的」に表現する。さらに、自分のイメージに合うように「自律的」に何度も修正・改善する。

イ アで子どもたちが描いた表象を子ども同士が共有しながら学級として納得できる表象を探す活動を行う。ロイロノートを集団の考えの構成の際、効果的に機能させる。

図 4 本実践の方向性

そして、以上の方向性を踏まえ、具体的に図 5 のように授業計画を立てた。

時数	授業名	概要(子供の活動・教師の支援等)
1	空気の体感とその表現	<p>閉じ込めた空気に力を加えた時の手ごたえなどの体感を表象とコメントで表す。</p> <p>&lt;支援&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・子どもが実体的な見方を発揮しやすくなるよう、空気を閉じ込めた物としてビニール袋やバランスボールを準備する。</li> <li>・「粒子の存在」に関する科学的な小話を紹介する。</li> </ul>
2・3	空気鉄砲で玉を飛ばす活動とその過程における筒の中の空気の様子の表現	<p>空気鉄砲で後球を押すと前玉に触れないのに前玉が飛ぶ様子を操作しながら観察する。そして、筒の中の空気の様子を考え、表象とコメントで表現する。自分と仲間の表現を比較しながら、それぞれをイメージした理由について議論し、自分の表現をより自身が納得できるものに改善する。</p> <p>&lt;支援&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実体的な見方を発揮し、自律的な学びが推進されやすくなるため、空気の様子の変化に着目できるよう、事象を3つの場面に分けた表象の枠を準備する。また、ICTカメラで事象を録画させ、思考・表現の過程で、いつでも事象を振り返ることができるようにする。</li> <li>・協働的な学びを推進し、より実体的な見方が深まるよう、協働学習アプリ「ロイロノート」を活用し、子どもの表象を4パターンに分けて提示し、それぞれのイメージした理由に関する議論を取り入れ、その前後で各自の表象を改善する活動を行う。</li> </ul>
4・5	注射器に閉じ込めた空気を押し込んだときの体積や手ごたえを確認する活動とその過程における筒の中の空気の様子の表現	<p>注射器に閉じ込めた空気をピストンを使って押し込んだときの体積の変化や手ごたえを確認する。そして、注射器の中の空気の様子を考え、表象とコメントで表現する。自分と仲間の表現を比較しながら、それぞれのイメージした理由について議論し、自分の表現をより自身が納得できるものに改善する。事象についての自分なりの説明を文章表現する。</p> <p>&lt;支援&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実体的な見方、体積や押し返す力の変化を押し力と関係付けた考え方を発揮し、自律的な学びが推進されやすくなるため、空気の様子の変化に着目できるよう、事象を3つの場面に分けた表象の枠を準備する。</li> <li>・協働的な学びを推進し、より実体的な見方が深まるよう、協働学習アプリ「ロイロノート」を活用し、子どもの表象を4パターンに分けて提示し、それぞれのよさや難点に関する議論を取り入れ、その前後で各自の表象を改善する活動を行う。</li> <li>・体感を含めた事象の観察、表象表現を通してつかんだ、閉じ込めた空気の様子について文章説明させ、表現活動においても、上記の実体的な見方、関係付けた考え方が発揮されるようにする。</li> </ul>
6・7	注射器に閉じ込めた水を押し込んだときの体積や手ごたえを確認する活動とその過程における筒の中の水の様子の表現	<p>注射器に閉じ込めた水をピストンを使って押し込んだときの体積の変化や手ごたえを確認する。そして、注射器の中の水の様子を考え、表象とコメントで表現する。自分と仲間の表現を比較しながら、それぞれをイメージした理由を議論し、自分の表現をより自身が納得できるものに改善する。事象についての自分なりの説明を文章表現する。</p> <p>&lt;支援&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実体的な見方、体積や押し返す力の変化を押し力と関係付けた考え方を発揮し、自律的な学びが推進されやすくなるため、水の様子の変化に着目できるよう、事象を2つの場面に分けた表象の枠を準備する。</li> <li>・協働的な学びを推進し、より実体的な見方が深まるよう、協働学習アプリ「ロイロノート」を活用し、子どもの表象を4パターンに分けて提示し、それぞれをイメージした理由に関する議論を取り入れ、その前後で各自の表象表現を改善する活動を行う。</li> <li>・体感を含めた事象の観察、表象表現を通してつかんだ、閉じ込めた水の様子について文章説明させ、表現活動においても、上記の実体的な見方、関係付けた考え方が発揮されるようにする。</li> </ul>

図5 「空気と水」の授業計画

### 3-2. 研究テーマに迫るための分析方法と 事後授業検討会

本研究のテーマに迫るために、以下(1)、(2)の分析を行った。その後、授業者と共同研究者(実践者、研究者)が対面で授業検討会を行い、実践の分析とテーマに対する考察を行った。

#### (1) 見方・考え方を働かせているかの分析

ロイロノートを使って図6に示す①から④のイラスト中に空気や水の表象イメージを絵や文でかかせる。そして、子どもがどのような「実体的」な見方を働かせていたかを分析する。また、表象が空気や水の性質との「関連付け」て捉えているかを分析する。

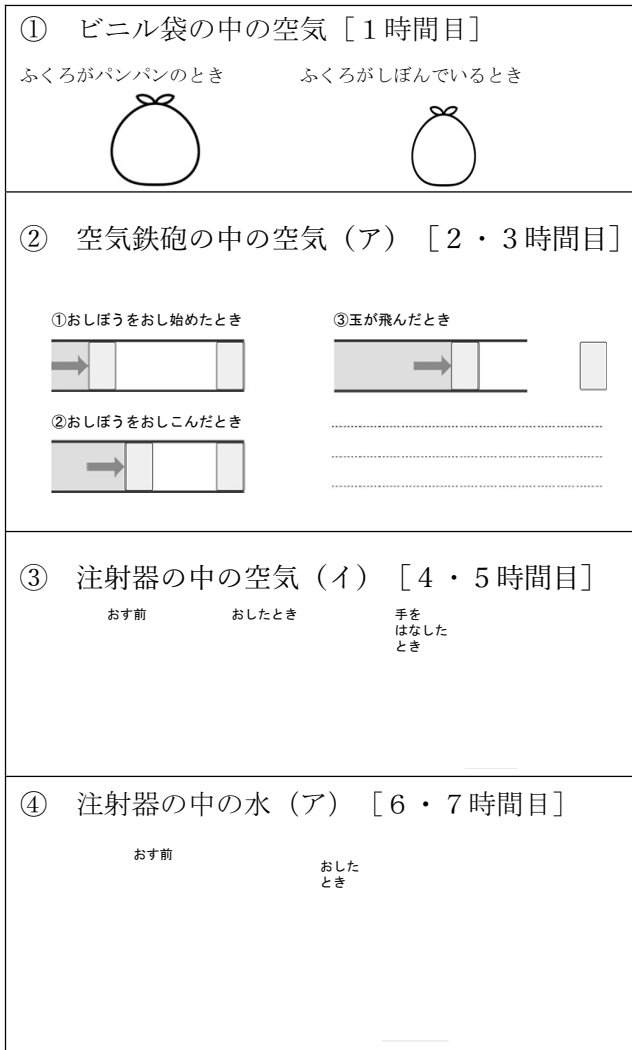


図6 子どもに表象イメージをかかせるイラスト群

なお、この際、図7、図8に示す指標を設け、子どもがかいたイメージ表象を分類した。これは、実践者と研究者が議論し、子どもが見方や考え方を働かせる際の表現を経験的に導き出したものである。この指標以外の表現があった際には、分析の際、全員で協議することにした。なお、小学校学習指導要領解説理科編には、粒の大きさ、粒同士の距離等のミクロ領域を扱っていないため、本研究においてもそれらについては触れないことにした。

タイプA	空気や水を「粒」で表現している。
タイプB	空気や水を「粒」ではないもので表現している。 (例)雲のようなもの、擬人的なもの、矢印や斜線などの形状のもの
タイプC	空気や水を表現できない。

図7 「空気と水」において「実体的」な見方を捉える際の指標(例)

以下のような体積の増加、減少、大小、不変等の記述があった場合、関係付けに関する明確な表現とする。

- ①ビニル袋がパンパンの時は、空気の「粒」がいっぱい広がっている。しぼんだ時は、「粒」が少なくなっている。
- ②空気鉄砲の棒を押していくと、空気の「粒」もどんどん押し縮められる。
- ③注射器の棒を押した時、空気の「粒」も押し縮められる。棒から手を離すと、空気の「粒」が注射器の中に広がる。
- ④閉じ込めた空気は、押すと体積が小さくなる。押さないと体積は大きいままである。
- ⑤閉じ込めた空気を圧すと、体積がどんどん縮まってだんだん押し返される力が強くなる。
- ⑥注射器の棒を押した時、水の「粒」は少ししか押し縮められない。棒から手を離しても水の「粒」の様子はあまり変わらない。
- ⑦水は粒がぎゅうぎゅうにつまっているので押せなくて体積は変わらない。

\* 感覚的な表現とは、例えば「空気がぎゅっとされた」「体積がきつい状態」「空気同士がけんか」「空気が圧され、もどる」「水は圧せない」「おされないときは動きやすい」「水の体積が固くなる」など

図8 「空気と水」の性質とその表象を「関連付け」て捉える際の指標(例)

(2) ICTの効果的活用状況の分析

さらに、見方・考え方を働かせる際にICT活用が有効であったかを検討するために単元終了後、図9に示すアンケート(5件法)を実施した。このアンケートは中西、矢野(2021)の「ICT活用の有用性認識尺度」を採用し、本単元に合わせて作成しものである。また、同時に自由記述の質問も行った。この項目は本研究のオリジナルである。

質問 1	ICTを使うことで空気や水の学習がよく理解できた。
質問 2	ICTを使うと空気や水の学習を振り返りやすかった。
質問 3	ICTを使うと空気や水の実験結果がまとめやすかった。
質問 4	ICTを使うと空気や水の実験の様子や記録が残せるので役に立った。
質問 5	ICTを使うことで空気がどうなっているのか、絵や文で表しやすかった。
質問 6	ICTを使うことで水がどうなっているのか、絵や文で表しやすかった。
質問 7	ICTを使うことで空気や水の学習を楽しくできた。
質問 8	ICTを使えば他の学習も積極的になれると思った。
質問 9	ICTを使うことで空気や水の学習に集中して取り組めた。
質問 10	ICTを使うことでビニル袋や注射器の中の様子を考察することができた。
質問 11	ICTを使うことで空気や水の性質を考察することができた。
質問 12	ICTを使うことで空気や水の性質を説明することができた。
質問 13	ICTを使うと友達が空気や水の実験で何をしているのか、その様子を知ることができた。
質問 14	ICTを使うと友達が空気や水の性質について何を考えているのか知ることができた。
質問 15	ICTを使うことで友達と協力して空気や水の学習を行うことができた。
質問 16	ICTを使うと友達の空気や水についての説明や発表の仕方を学ぶことができた。
質問 17	ICTを使うことで空気や水についての自分の考えをわかりやすく伝えることができた。
質問 18	ICTを使うことで空気や水についての自分の考えと友達のを比べることができた。
自由記述質問	「タブレットを使って『空気と水』の学習をしました。あなたは、どのような感想をもちましたか。」

図9 ICT活用の効果調査に関する質問

4. 学習指導と視点に基づいた学習状況の分析・考察

4-1、4-2では、図7、図8の指標例に基づき、図10に示す視点に沿って子どもの学習状況を捉えた。また、4-3、4-4では、図9のアンケート結果に基づいて子どもの学習状況を捉えた。

視点1:子どもは、「実体的」な見方を働かせているか。「粒」の理論は構成しているか。  
 視点2:子どもは、「関係付ける」考え方を働かせているか。  
 視点3:本単元においてICTは効果的に機能しているか。

図10 子どもの学習状況を捉える視点

4-1. 学習指導と「視点1」に基づく学習状況と考察

ここでは、「実体的」な見方として、「空気」の存在「水と空気の性質の違い」に着目した。また、本単元は、学習指導要領において、「粒子」についての基本的な概念等を柱とした内容のうち「粒子の存在」に関わるものとされていることから、1時間目の授業で「粒子の存在」に関する科学的な小話を紹介した後、子どもに「粒」表現の活用や表現を強制することがない状況で、自発的な活用、様々な表象を表現した理由に関する仲間との議論を経た後の活用の状況を調査した。その結果を表1に示す。

表1 「視点1」に基づく学習状況

視点	ビニル袋の中の空気 [1時間目]	空気鉄砲の中の空気(ア) [2・3時間目]		注射器の中の空気(イ) [4・5時間目]		注射器の中の水(ア) [6・7時間目]	
		議論前	議論後	議論前	議論後	議論前	議論後
「実体的」な見方を働かせていると考えられる子どもの数 【タイプA・B】	30/33 (91%)	32/33 (97%)	33/33 (100%)	31/31 (100%)	31/31 (100%)	32/32 (100%)	33/33 (100%)
空気や水を「粒」で表現している子どもの数 【タイプA】	6/33 (18%)	11/33 (33%)	22/33 (67%)	14/31 (45%)	29/31 (94%)	9/32 (28%)	19/33 (56%)

「空気の存在」については、単元のはじめからほとんどの子どもが感覚的にはつかんでいた。生活科等の学習で経験していることを、本単元導入の活動で想起し確認することができたためと考える。その後、「空気の存在」に関する「実体的」な見方を発揮する活動が続いたため、単元後半で扱う「水と空気の性質の違い」についても、全ての子どもがつかむことができたかと推察する。

「粒での表現」については、子どもの多くが、経験していないと予想されたため、1時間目の授業で、科学的な小話を紹介し、その中で表象にも触れられるようにした。

「粒での表現」をした子どもの割合の推移に着目する。小話を聞いた1時間目の授業では、18%であり、初めて出会った粒の考えに、納得感をもった子どもが少ないことがうかがわれる。2時間目の一人で考えた表現の段階では、1時間目から新規に獲得した知識等はないものの、33%に増加した。これは、事象の変化について、体積大→体積小→体積大（開放系）という3つの異なる状況があることについて「粒」表現が納得しやすいと感覚的に考えた子どもがいたからではないかと考える。そして、3時間目、子どもの表象を4つのパターンに整理して示し、それぞれを表現した理由について議論した後は、66%に急増した。これは、友達の解説を聞いて自分の考えに取り入れることで、「粒」表現のよさを実感した子どもが多くいることを示している。それが、4時間目、別の事象について、一人で考えた表現の段階では、45%に減少する。前時に「粒」表現のよさについて納得感は生まれたものの、まだ別の事象にまで活用することができない、あるいは、なじみという点で薄い子どもがいることを示している。しかし、5時間目、この3つ目の事象の段階での議論後には、ほぼすべての子ども（94%）が活用した。

「粒」表現は、小学校4年生の段階の子どもにおいて、目に見えない事象について考察する際に有効だと実感されるものだと考えた。そして、4つ目の事象である目に見える水に関する実験を考察する際に用いられるかということにも注目し

た。現在小学校で活用されている理科の教科書5社のうち、「空気の性質」の学習では3社が「粒表現」を紹介しているが、「水の性質」の学習において紹介しているものはない。本研究における子どもの学習状況は、6時間目、一人で考えた表現の段階では、28%にまで落ち込んだ。これは、水は目に見えるので、表象としては塗りつぶすなどの表現が自然と選ばれたからであると考え。ところが、議論後は、56%と、約2倍の子どもが「粒」表現を採用した。

これらの結果から、以下のように考えた。「粒」表現は、目に見えない事象を考察する際の有効な手段ととらえられるが、それは1回の経験で身に付くものではなく、経験を重ねるごとに感覚としてフィットし、おのずと活用されるようになる。目に見える事象においては、活用の意義は感じられにくいだが、目に見えない事象での活用が想起されれば、有効な手立てと認識する子どももかなりいる。「粒」で表現することは、その後の「粒子」についての基本的な概念等を柱とした内容に関する学習において、円滑に概念形成していくことに寄与することが期待される。

#### 4-2. 「視点2」に基づく結果と考察

ここでは、体積や押し返す力の大きさを、圧す力と関係付けてとらえているかに注目した。表2の上段の数値は、表象や考察における文章表現において、空気や水の体積の変化に関する感覚的な表現を示した子どもの人数である。

表2 「視点2」に基づく学習状況

視点	ビニル袋の中の空気	空気鉄砲の中の空気(ア)	注射器の中の空気(イ)	注射器の中の水(ア)
	1時間目	3時間目	5時間目	7時間目
「関係づける」考え方を働かせると思われる子どもの人数	8/33 (24%)	22/33 (67%)	26/31 (79%)	29/33 (88%)
( )内は割合		6/33 (18%)	16/31 (52%)	17/33 (52%)



その中で体積の変化等について増加、減少、大小、不変など明確な表現が含まれている子どもの数が下段の数値である。この結果から、関係付ける考え方を発揮した子どもの数は「体積や押し返す力」と「圧す力」という同一の視点で関係付けて考える経験を繰り返すほど増えることが分かった。

#### 4-3. 「視点3」に基づく結果と考察 5件法アンケート

表3(次頁)は、子どもが見方・考え方を働かせる際にICTが効果的に活用されていたか否かを調べるために実施したアンケート(5件法)調査結果である。無記名で調査したため、子どもが「見方・考え方」との因果関係を確認することはできないが、肯定的な意見が大多数であるため、多くの子どもが「見方・考え方」を働かせる場面を含め、学習活動の様々な場面でICTを効果的に活用していたと考える。

#### 4-4. 「視点3」に基づく結果と考察 テキスト分析

次に、ICT活用に関する子どもの感想の傾向を探った。図11(次頁)は、質問「タブレットを使って『空気と水』の学習をしました。あなたは、どのような感想をもちましたか」の自由記述回答をKH Coder(樋口、2014)で分析した結果である。テキストを単語に分解し、全体的な傾向(頻出語)を確認し、最小出現数が、10以上の単語を選択し、作成した共起ネットワーク図である。ここでは、比較的強く結び付いている部分、言い換えれば、文章中に扱われている話題のまとまりをサブグラフ検出(modularity)によって、5つのグループごとに色分けしている。

また、表4は、それぞれのまとまりがどのような内容で構成されているかを調べたものである。KH CoderのKWICコーダンス機能を用いて、それぞれの語が使用された文脈を確認した。それぞれのまとまりは、ほとんど同様の意味内容で構成されているため、「内容例」として代表的な一例を示す。また、全ての「内容例」の中にどのような話題が含まれているかを確認したうえで、

「コード」を検討し示した。

表4 ICT活用に関する感想に含まれるコードと内容例

カテゴリー	コード	内容例
1	自律と協働	・共有すれば、みんなが書いた回答を見ることができる。・友達の意見を参考にできる。・友達の考えを参考にすることができた。・動画をとると何回も見れるからいい。
2	多くの友達の考え	・班のみんなと相談できる。・授業で席を立たないで他の人の意見を見ることができる。・だれの意見も見ることができる。
3	ノートかタブレットか	・ノートだと30人ぐらいの人数を移動してみなければいけない。・ノートとちがって、消したり色をつけたり、図をかいたりするのが簡単。
4	学習内容	・空気や水がどうなっているのか、図にかいたら分かりやすかった。・タブレットの方が楽しく学べた。
5	分かりやすさ	・分かりにくいところを分かりやすくてできた。授業がよく分かったからよかった。

図11、表4から、本実践におけるICT活用の効果例として、表5のように整理した。

表5 本実践におけるICT活用効果例

整理の視点	内容
自律的な学びの実現	・タブレットを活用することにより、子どもは動画を何度も見て空気や水の表象を表現することができた。・意見を共有する際にも、自分の考えをまとめる際にもノートよりもやりやすくて使えた。
協働的な学びの実現	・タブレットで友達の意見を共有し、それを参考にしながら自分の考えを高めることができた。・物理的な距離(席の近い、遠い)関係なしに、多くの友達の意見を参考にすることができた。
その他	・「空気や水」の学習内容を理解するのに役立った。また楽しく学べた。 ・「空気や水」の授業が分かりやすく学べた。

表3 ICT活用に関する5件法アンケート調査の結果

	1- ICTを使うことで、空気や水の学習がよく理解できた。	2- ICTを使うと、空気や水の学習を振り返りやすかった。	3- ICTを使うと、空気や水の学習の結果がまとめやすかった。	4- ICTを使うと、空気や水の学習の実験結果が記録に残るので役に立った。	5- ICTを使うことで、空気がどうなっているのか、絵や文で表しやすかった。	6- ICTを使うことで、水がどうなっているのか、絵や文で表しやすかった。	7- ICTを使うことで、空気や水の学習を楽しくできた。	8- ICTを使えば、他の学習も積極的になれると思った。	9- ICTを使うことで、空気や水の学習に集中して取り組めた。	10- ICTを使うことで、ビニル袋や注射器の様子を考えることができた。	11- ICTを使うことで、空気や水の性質を考えることができた。	12- ICTを使うと、空気や水の性質を説明することができた。	13- ICTを使うと、友達と協力して空気や水の学習を行うことができた。	14- ICTを使うと、友達と協力して空気や水の学習を行うことができた。	15- ICTを使うと、友達と協力して空気や水の学習を行うことができた。	16- ICTを使うと、友達と協力して空気や水の学習を行うことができた。	17- ICTを使うと、友達と協力して空気や水の学習を行うことができた。	18- ICTを使うと、友達と協力して空気や水の学習を行うことができた。
まったく思わない(人)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
あまり思わない(人)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
どちらとも言えない(人)	1	1	0	2	2	2	0	2	2	0	1	2	2	2	1	0	2	1
少し思う(人)	3	6	5	7	5	7	4	10	6	7	6	8	2	9	5	10	8	2
とても思う(人)	27	24	26	22	24	22	27	18	23	24	24	21	27	20	25	21	21	28
合計(人)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32

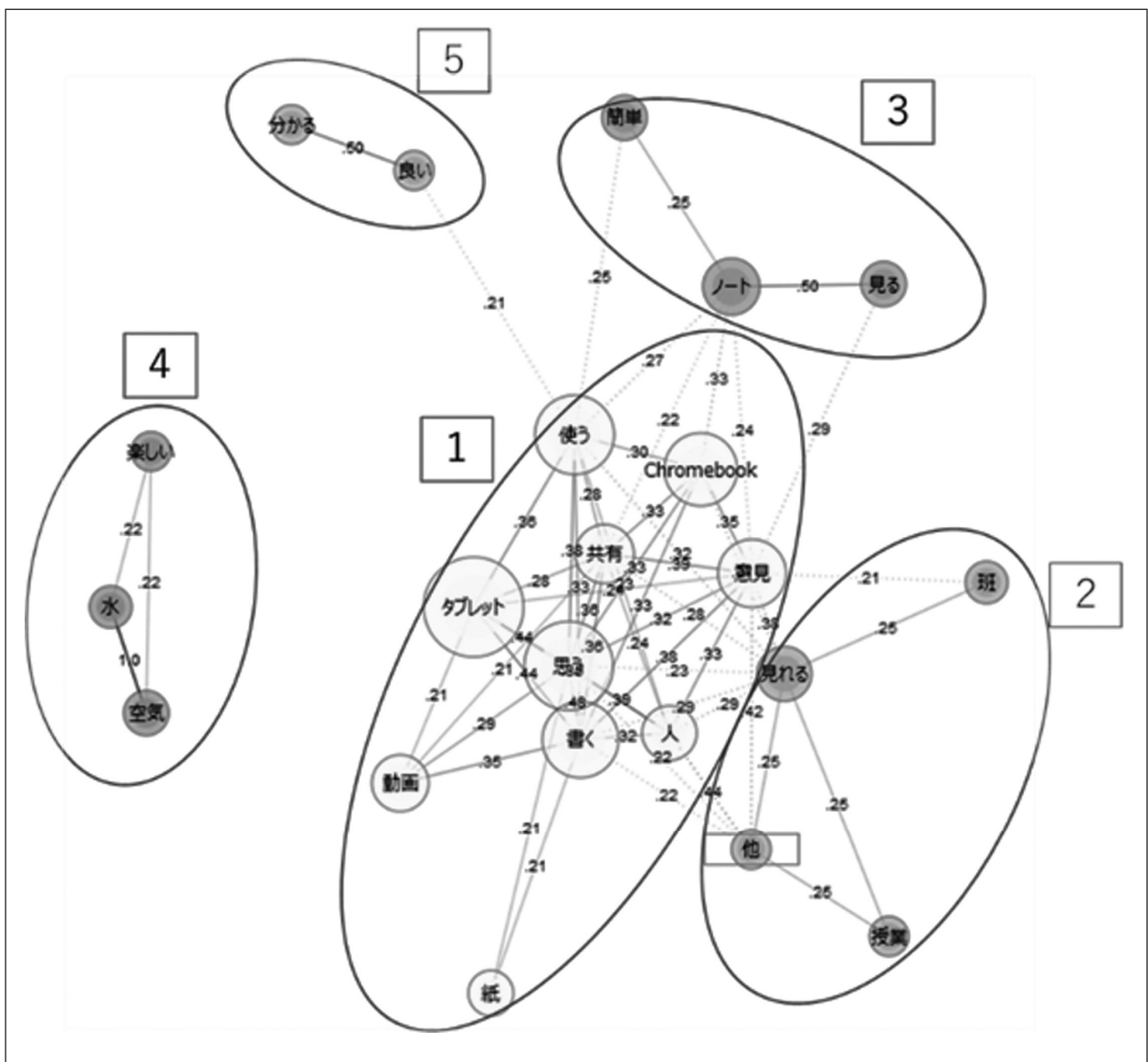


図11 ICT活用に関する感想の共起ネットワーク図

## 5. 成果と課題

子どもの資質・能力を育成するために、「見方・考え方」を働かせる授業が行われる必要がある。教師は、日々の授業において子どもが「見方・考え方」を働かせる指導を繰り返し、資質・能力の育成につながるように努めなければならない。今回、学校現場と大学が共同して「見方・考え方」を働かせる実践に取り組み、その学習指導としてICT活用の可能性を見出すことができた。今回の研究で得た知見を次の実践へ繋ぎ、引き続き子どもの資質・能力の育成に尽力していきたいと考える。次の実践へ繋げるため、本研究の成果と課題を以下に整理する。

### <成果>

教師が、子どもに働かせてほしい「見方・考え方」を明確に意識することによって、子どもは「見方・考え方」を働かせることができていた。今回の授業では、「実体的」な見方、「関係付ける」という考え方を働かせることが明確になっていたため、子どもの「自律的」な学び、「協働的」な学びが行われ、4-1、4-2においては時数を重ねるごとに「見方・考え方」を働かせている子どもの人数が多くなっていったと考えている。そして、本研究では、「実体的」な見方、「関係付ける」という考え方をミクロ的な視点で捉えることも射程に入れた。4-1、4-2から明らかのように子どもたちが空気や水を「粒」で捉えることは可能であり、学級という共同体の学びを通して、次第に認められる考えになっていることが分かる。「粒」理論は、「実体的」な見方や「関係付ける」という考え方を科学的に補強する一つの考え方であると考えている。「空気や水」の今後の学習指導においても、子どもたちが「粒」理論をもてるようにしていくことは有効であると考えている。

「実体的」な見方、「関係付ける」という考え方を働かせる手立てとしてICT活用を試みた。4-3、4-4からは、以下の成果を確認できた。

### ①自律的な学びにおいて

空気鉄砲や注射器の中の空気や水の様子を録画し、それを何度も再生することにより、空気や水の表象表現が可能となった。このような学びは、コストも時間もかからない。子どもが日々の授業において日常的な文房具のように、ICTを効果的に活用できる場面が増えるとよいと考える。

### ②協働的な学びにおいて

4-3、4-4をみると、ロイロノートにより、協働的に学ぶことができたことと捉えることができる。また、子どもの満足度も非常に高かったと考えることができる。子どもたちは、ロイロノートによる作成物の共有により、自分の考えを変容させることができていた。ロイロノートは、子どもの学びの有効なアイテム、手段になっていたとすることができる。また、子どもがICTの特徴を理解し、自らの学びに有効であることに気付いたことも大きな成果であると考えている。

### <課題>

ICTを活用した自律的な学び、協働的な学びを行なっていく上で、子どものICT活用スキルは学びに大きく影響すると考えた。本研究の対象学級は、ICT活用に慣れた状態であった。「見方・考え方」を働かせる学びにICTは効果的に機能することが分かったとしても、子どもにICT活用スキルが備わっていなければ、今回のような質の高い学びは実現しない。ICT活用スキルを高めていくことは、今後重要な課題になると考えた。

また、本研究は、事例研究であり、今後、さらに多くの実践に取り組み、知見を積み重ねていく必要があると考えている。

### <註>

1)川崎・中山(2018)は「理論」の構築過程に基づく学習指導により粒子概念がどのように獲得・変容されるか明らかにしている。しかしながらICT活用の寄与については述べられていない。

