

令和4年度 研修報告書

兵庫県立教育研修所 義務教育研修課
理科教育推進研修員 藤本 将宏

目 次

第 1 章 理科教育の指導方法に関すること

理科の見方に基づき、「系統的な知識」をつなげて深い学びを実現する理科授業
～小・中学校の『粒子領域』を中心にして～

I	はじめに	2
II	研究テーマの設定	3
	1 資質・能力と見方・考え方の関係	
	2 理科の見方・考え方	
	3 概念的な理解	
	4 系統的な知識	
	5 理科における「主体的・対話的で深い学び」	
	6 タブレット端末等を活用したポートフォリオ	
	7 研究テーマ	
III	実践研究	15
	1 実践研究の流れ	
	2 学年・単元・領域を越えてつながる系統的な知識（系統的な知識）	
	3 事前アンケート調査	
	4 事前アンケート調査から授業実践への提案	
	5 事前研究	
	6 指導案（中学校 1 年生『水溶液の性質』）	
	7 授業の分析（中学校 1 年生『水溶液の性質』）	
	8 指導案（小学校 5 年生『物の溶け方』）	
	9 授業の分析（小学校 5 年生『物の溶け方』）	
	10 事後アンケート調査	
	11 デジタルポートフォリオ	
	12 児童生徒アンケート調査	
	13 教員の意識に関する授業後の聞き取り調査	
IV	成果と課題	59
	1 本研究の仮説の整理	
	2 「系統的な知識」に関する成果と課題	
	3 「デジタルポートフォリオ」に関する成果と課題	
V	おわりに	61
	・小・中学校の 7 年間で「理科の学びが連続する授業」の提案	

補足資料	63
------	----

- ・ 事前（事後）アンケート用紙〔資料 1・2〕
- ・ デジタルポートフォリオに関するアンケート用紙〔資料 3・4〕
- ・ 児童生徒の意識調査用紙〔資料 5・6〕
- ・ 教員の意識に関する授業後の聞き取り調査〔資料 7〕

第 2 章 実地研修に関すること

兵庫県立教育研修所が計画・実施した講座における実地研修

I 令和 4 年度初任者研修 全県宿泊研修「体験プログラム『水辺の調査』」における指導の補助	76
--	----

- 1 研修の概要
- 2 所感

II 令和 4 年度初任者研修 研修所で行う研修（第 6 回）「講義・演習 理科の授業づくり」における指導及び運営の補助	77
--	----

- 1 研修の概要
- 2 所感

III 令和 4 年度 選択研修「（小学校）理科授業実践講座」における指導及び運営の補助	78
--	----

- 1 講座の概要
- 2 所感

第 1 章

理科教育の指導方法に関すること

理科の見方に基づき、「系統的な知識」をつなげて深い学びを実現する理科授業
～小・中学校の『粒子領域』を中心にして～

I はじめに

学習指導要領（2017）は、「社会に開かれた教育課程」の実現を目指し、学校、家庭、地域が幅広く共有し活用できる「学びの地図」として位置付けられている。理科授業において、学びの地図を持って自然科学の膨大な学習内容の森の中を歩むには、頼りになる羅針盤も必携であろう。その羅針盤とは、「理科の見方・考え方」だと考える。なぜなら、自然の事物・事象にかかわる問題について、科学的に解決（中学校・高等学校では探究）する過程で「理科の見方・考え方」を働かせ、知識を概念的に理解していく「深い学び」の実現によって、未来を豊かに生きるために必要な資質・能力が育まれるからである。

ここで留意したいことは、資質・能力は予測困難な未来を豊かに生きるために必要だという点である。それは、子どもたちが「理科の見方・考え方」を理科授業の中だけで働かせるのではなく、大人になっても自在に働かせる姿を目指す、ということも射程として含んでいるといえる。

一方で、左巻（2019）は、「OECD（経済開発機構）による調査の結果、我が国の大人の科学リテラシーは群を抜いて低い。（中略）しかし、それでも科学技術は大切だと思っている。つまり、科学は分からないし、興味・関心はないが、科学的だという雰囲気、科学的だという『お墨付き』に弱いという傾向がある」¹⁾と警鐘を鳴らす。子どもたちが大人になった社会でこうした事態に陥らないためにも、まずは小・中学校を通して、子どもたち自身が「理科の見方・考え方」を働かせることに価値を見いだし、日常化していくような「深い学び」を実現させていかなければならないと考える。

小・中学校の学習指導要領解説理科編（2017）では、学習内容をエネルギー・粒子・生命・地球を柱とした4つの領域で区分されることによって、自然科学の膨大な学習内容を系統的に学べる一方で、デメリットも指摘されている。例えば、「資質・能力でつながるカリキュラムを目指しても、1年生は大地、2年生は天気、3年生は星といった内容ベースになってしまう」「内容の系統性を意識すると、『あれもやらなきゃ』『これもやらなきゃ』となって、資質・能力や理科の見方や考え方や自然を感じる喜びが疎かになる」²⁾（後藤・境：2022）といった指摘である。

そこで本研究では、粒子を柱とした領域に着目し、まず、資質・能力の育成につながる科学的な知識を整理し、その中から、「理科の見方」に基づき、小学校3年生から中学校3年生までの7年間で学年・単元・領域を越えてつながる「系統的な知識」を見いだす。そして、子どもが自分の力で「系統的な知識」と他の知識を関連付けたり組み合わせたりする授業を展開することで、「理科の見方・考え方」を働かせて自分の文脈の中で説明できる、すなわち「納得して分かる」姿を目指す。納得して分かった知識は、記憶から抜け落ちにくく、様々な場面で使えるものとして獲得されるだろう。そして、このような授業改善が、「主体的・対話的で深い学び」の実現にもつながっていくと考える。

以上の考えに基づき、小・中学校の教諭と共同で授業実践を行い、子どもたちが学びの羅針盤である「理科の見方・考え方」を働かせ、理科の学びを連続させていく授業を提案し、理科における小中連携、小中一貫教育の推進に寄与したい。

II 研究テーマの設定

1 資質・能力と見方・考え方の関係

学習指導要領（2017）では、各教科における資質・能力の育成に向けた授業改善の視点として、「主体的・対話的で深い学び」を重視している。そして、「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」といった資質・能力の3つの柱（表1）を育むために、各教科等を学ぶ本質的な意義の中核をなす見方・考え方を働かせるとしている。

表1 理科における資質・能力（H28.8.26 次期学習指導要領等に向けた審議のまとめより）

知識及び技能	○自然事象に対する概念や性質・規則性の理解 ○科学的な問題解決を行うために必要な観察・実験等の基本的な技能 等	○理科を学ぶ意義の理解
思考力、判断力、表現力等	○自然事象から問題を見いだす力 ○解決の方法を発想する力	○問題の予想や仮説を発想する力 ○観察・実験の結果を解釈し結論を導く力 等
学びに向かう力、人間性等	○自然に親しみ、生命を尊重する態度 ○根拠に基づき判断する態度	○失敗してもくじけずに挑戦する態度 ○知識を実際の自然事象や日常生活に適用する態度

資質・能力と見方・考え方の関係について、寺本（2016）は、「各教科の内容を通して見方・考え方を働かせることで、それが単元全体や日常生活でも活用できる汎用的な力である資質・能力の育成につながる。そして次の学習では、身に付いた『資質・能力』によってさらに豊かになった『見方・考え方』を働かせることができるという往還的な学びが生まれる」³⁾と主張している。

以上のことから、資質・能力と見方・考え方には往還的な関係があり、その往還を図る過程（場）が「深い学び」の実現された授業であると考えられる（図1）。なお、主体的・対話的で深い学びとは、資質・能力の育成につなげるためにあり、「自らの見方・考え方を基に考える」という子どもの思考を重視した授業改善の視点であるとする。

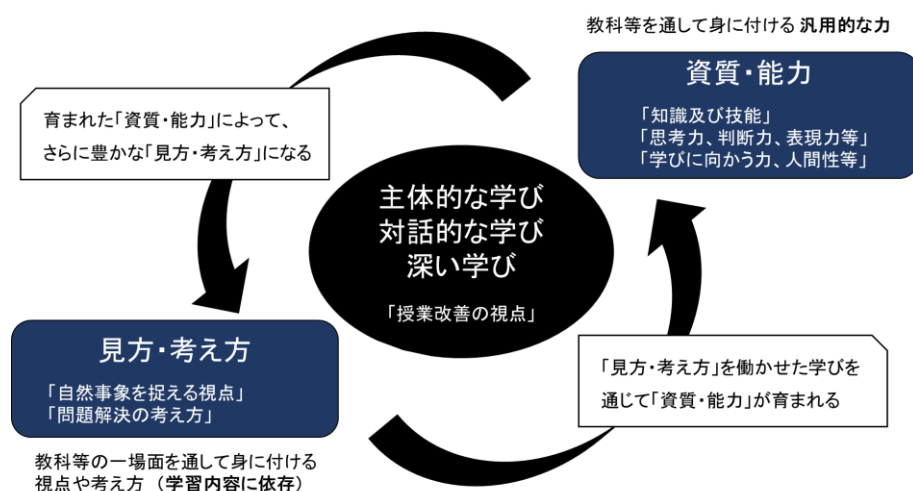


図1 資質・能力と「理科の見方・考え方」の関係（寺本：2016を基に作成）

2 理科の見方・考え方

（1）理科の見方

科学的な問題解決（探究）の過程において、「自然の事物・現象をどのような視点で捉えるか」という「理科の見方」については、小・中学校学習指導要領解説理科編（2017）で、理科を構成する領域（エネルギー・粒子・生命・地球）ごとの特徴から、次頁の表2のように整理されている。

表2によると、エネルギー領域では「量的・関係的」、粒子領域では「質的・実体的」、生命領域では「共通性と多様性」、地球領域では「時間的・空間的」な見方が主として働くことと示されている。

また、「原因と結果」「部分と全体」「定性と定量」「巨視的と微視的」等は領域に関係なく様々な場面で働くことと示されている。ただし、「量的・関係的」「質的・実体的」「共通性と多様性」「時間的・空間的」など各領域で主に働くことと示された見方も、決して領域固有のものではないと考えられている。

表2 理科の見方

主として()の領域で働く見方	領域に限定せず働く見方
● 量的・関係的 (エネルギー領域)	○ 原因と結果
● 質的・実体的 (粒子領域)	○ 部分と全体
● 共通性と多様性 (生命領域)	○ 定性と定量
● 時間的・空間的 (地球領域)	○ 巨視的と微視的 など

例えば、粒子領域の小学校5年生「物の溶け方」の学習では、「水に溶ける量は物によって違う（質的）」「食塩を水に溶かして見えなくなっても重さがあるから存在する（実体的）」など質的・実体的な見方を働かせる。しかし、物が水に溶ける量は水温や水量によって変わることを学ぶときには、「物が水に溶ける量は水温によって変わる」という、エネルギー領域で主に働くと示された「量的・関係的な見方」を働かせている。

以上のように、領域特有の見方を基本としながらも、必要に応じて他領域の見方を働かせて思考・判断・表現することで、知識をより構造的に結び付けていけることがわかる。

それでは、なぜ「理科の見方」を働かせることが、「資質・能力」の育成につながるのか。そのことについて、鳴川（2021）は、『理科の見方』は資質・能力の育成、特に学習内容（知識）を深めたり、質を高めたりすることに大きく関係がある⁴⁾と述べている。例えば、「質的・実体的な見方」を働かせて、「物が水に溶けても、水と物を合わせた重さは変わらない」という科学的な知識を習得する、という意味である。つまり、科学的な知識は「理科の見方」に基づくものである、といえるだろう。

（2）理科の考え方

科学的な問題解決（探究）の過程で「どのような思考で考えるか」という「考え方」については、小学校学習指導要領解説理科編（2017）では、学年を通して育成を目指す問題解決の力を基に、比較・関係付け・条件制御・多面的に考える等の「理科の考え方」として整理されている（表3）。

表3 理科の考え方

学年	主として働かせる考え方	育成を目指す問題解決の力
第3学年	○ 比較	問題を見いだす力
第4学年	○ 関係付け	根拠のある予想や仮説を発想する力
第5学年	○ 条件制御	解決の方法を発想する力
第6学年	○ 多面的に考えること	より妥当な考えをつくりだす力

第3学年では、「…を比較しながら、…主に差異点を基に、問題を見いだす力や…を育成することがねらいである」とあるように、「比較」は、「問題を見いだす力」のために働かせる考え方として位置付けられている。

第4学年では、「…を関係付けて、…主に既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想する力や…を育成することがねらいである」とあるように、「関係付け」は、「根拠のある予想や仮説を発想する」ために働かせる考え方として位置付けられている。

第5学年では、「…条件を制御しながら、…主に予想や仮説を基に、解決の方法を発想する力や…を育成することがねらいである」とあるように、「条件制御」は、「解決の方法を発想する」ために働かせる考え方として位置付けられている。

第6学年では、「…多面的に調べる活動を通して、…主により妥当な考えをつくりだす力や…を育成することがねらいである」とあるように、「多面的に考えること」は、「より妥当な考えをつくりだす力」を育成するために働かせる考え方として位置付けられている。

以上のことから、「理科の考え方」は、資質・能力の柱の中でも、特に思考力、判断力、表現力等の「問題を見いだす力」「根拠のある予想や仮説を発想する力」「解決の方法を発想する力」「より妥当な考えをつくり出す力」の育成に深くつながっていると考えることができる。

(3)「理科の見方・考え方」を働かせた問題解決の質の向上

前述のことから、「理科の見方・考え方」を働かせることで、自然の事物・現象をより精緻に観察する視点や、問題解決の見通しをもつことができるといえるだろう。また、「理科の見方・考え方」を視点にして子どもたち同士が議論することで、多様な考えを統合し、客観性や再現性の高い考えに精選していくことができる。そのようにして、子どもたちは自らの思考を科学的思考に発展させ、問題解決の質を高めていくと考える。小学校学習指導要領解説理科編（2017）では、「資質・能力の育成に向けて、児童の主体的・対話的で深い学びの実現を図るようにすること。その際、理科の学習過程の特質を踏まえ、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の、問題を科学的に解決しようとする学習活動の充実を図ること」⁵⁾と述べられている。つまり、「理科の見方・考え方」を働かせることが、「深い学び」の実現に不可欠なものとして位置付けられている。

3 概念的な理解

(1) 本研究における捉え方

中央教育審議会は、「知識には、事実的な知識のみならず、(中略)新しい知識が既存の知識と関係づけられて構造化されたり、知識と経験が結び付くことで身体化したりして、様々な場面で活用できるものとして獲得される、いわゆる概念的な理解を含む」⁶⁾という解釈を示した。

それを受けて、学習指導要領（2017）では、個別的・断片的な知識から体系化・構造化した知識へと、知識の捉え方を転換したといえる。また、「学校教育には、子供たちが様々な変化に積極的に向き合い、他者と協働して課題を解決していくことや、様々な情報を見極め知識の概念的な理解を実現し情報を再構成するなどして新たな価値につなげていくこと、複雑な状況変化の中で目的を再構築することができるようにすることが求められている」⁷⁾とも述べ、学校教育全体を通して「概念的な理解」を重視していることが窺える。

そのように考えると、理科における「深い学び」の実現においても、「概念的な理解」は不可欠なものとして捉えることができる。

「概念」という言葉については、久野（2017）の「自分の中でつながって文脈をもって語ることのできる知識」⁸⁾という解釈も援用し、授業中の子どもたちの対話やワークシートの記述からも「知識の概念的な理解」を見取れるようにする。また、山鳥（2002）は、『『わかる』とは、運動化出来ることです。話すのも、文を書くのも、絵をかくのも表現活動はすべて運動です。(中略)本当にわかったことは応用できます』⁹⁾と述べ、知識の身体化と、それによる転移可能性を指摘している。

以上のことから、本研究における「概念的な理解」の捉え方を次のように仮説的に定義した。

概念的な理解

既存の知識と新たな知識がつながって**構造化**されたり、知識と経験が結び付いて**身体化**したりして、**文脈の中で説明できる**（納得して分かる）

(2) 「概念的な理解」に向けた、学年・単元・領域を越えてつながる知識の重要性

子どもたちが概念的な理解に至るイメージを検討するために、「活性化拡散モデル」(Collins & Loftus: 1975) を参考に図式化を試みた(図2)。これは、中学校2年生「化学変化」における1時間の授業を例に、「化学変化の前後で全体の質量が変化しないこと」について、子どもたちがどのように思考を働かせ、概念的な理解に至るかを想定したものである。

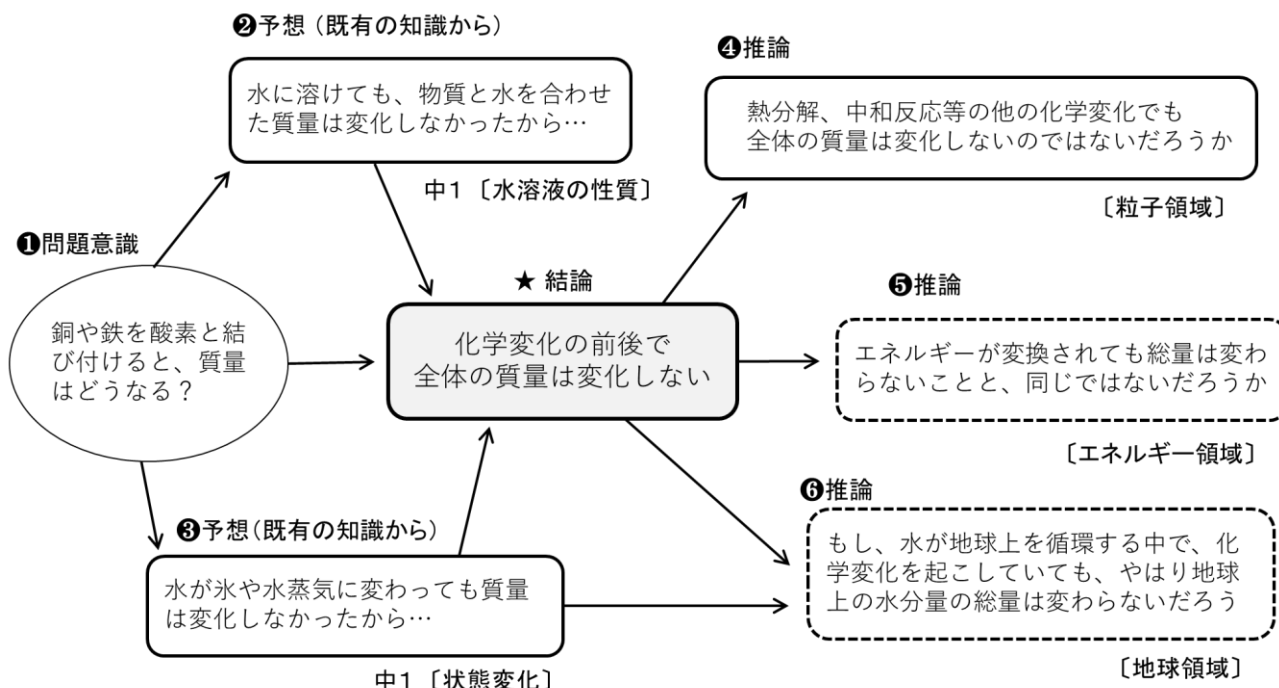


図2 概念的な理解のイメージ (中学校2年生「化学変化」を例に)

表4 「理科の見方」を働かせた姿が表出している子どもの問いや説明

子どもの問いや説明 【主に働かせている理科の見方】	
① 問題意識	銅や鉄を加熱して酸素と結び付けると、化学変化を起こして性質の違う酸化銅や酸化鉄ができた。では、こうした化学変化の前後で質量はどうなるのかな？ 【質的・実体的】
② 予想	小学校5年生や中学校1年生で「物質が水に溶けて見えなくなっても、物質と水を合わせた全体の質量は変わらなかった」と学んだから、それと同じように、銅や鉄と酸素を合わせた全体の質量は変化しないのではないかな。 【質的・実体的】
③ 予想	小学校4年生や中学校1年生で「水が氷や水蒸気になっても質量は変化しない」と学んだ。状態変化と化学変化は違うけど、水が氷や水蒸気になっても質量が変わらない(無くならない)ことと同じように、銅や鉄が酸素と結び付いてもそれぞれの質量は無くならず、全体の質量は変わらないのではないかな。 【質的・実体的】
④ 推論	化学変化とは、銅や鉄が酸素と結びつく酸化だけではない。これまで学んだ炭酸水素ナトリウムの熱分解や、酸とアルカリの中和反応等も含まれる。それなら、他の化学変化の前後でも、全体の質量は変化しないのではないだろうか。 【質的・実体的】【量的・関係的】

⑤	質量とエネルギーは単位が違うけど、「化学変化の前後で全体の質量は変化しないこと」と、「電気エネルギーが熱エネルギー、光エネルギー、運動エネルギー等に変換されても総量が変わらないこと」は同じ考え方ではないだろうか。
推論	【量的・関係的】
⑥	③予想とつなげて考えると、地球上の水分は、氷や水蒸気に状態を変えて循環する途中で、水に関する化学変化も起こしているかもしれない。だけど、今回の実験で、化学変化の前後で全体の質量は変化しないと分かったから、たとえ化学変化を起こしていても、やはり地球上で循環する水分量の総和は変わらないのだろう。
推論	【質的・実体的】・【量的・関係的】・【時間的・空間的】

上の表4は、前頁の図2を具体的に説明したものである。まず、①実験前では、前時の段階で「銅や鉄を加熱して酸素と結び付けると、化学変化を起こして性質の違う酸化銅や酸化鉄ができた」ことから、子どもたちが「化学変化の前後で質量はどうなるのかな？」と問いをもった。

②予想や③予想では、子どもたちが「質的・実体的な見方」を働かせて、頭の中の引き出しから解決に使えるような既存の知識を探すと、「今まで『物質が水に溶けたとき、物質と水を合わせた全体の質量は変わらなかった』と学んだから、それと同じように、銅や鉄を酸素と結び付けても全体の質量は変化しないのではないか」、「状態変化と化学変化は別物だけど、『水が氷や水蒸気になっても質量が変化しない（無くならない）』ことと同じように、銅や鉄が酸素と結び付いて酸化物になってもそれぞれの質量も無くならならず、全体の質量は変わらないのではないか」などの見通しをもった。そのような見通しをもったことで、これまでの学習や経験を関連付けながら観察・実験に取り組み、「化学変化の前後で全体の質量は変化しない」という結論を導いた。

そして、④推論のように、これまでの学習と関連付け、「炭酸水素ナトリウムの熱分解や、酸とアルカリの中和等、他の化学変化でも全体の質量は変化しないのではないだろうか」と考えた。

また、⑤推論のように、エネルギー領域にある「エネルギー変換」の知識と関連付け、「質量とエネルギーは単位が違うけど、『化学変化の前後で全体の質量は変化しない』ことと、『電気エネルギーが熱エネルギー、光エネルギー、運動エネルギー等に変換されるでも総量が変わらない』ことは同じ考えではないだろうか」と考えた。

さらに、⑥推論のように、予想③の「水が氷や水蒸気になっても質量は変化しない」という知識と、本時の結論である「化学変化の前後で全体の質量は変化しない」という知識を組み合わせ、「地球上の水分が、氷や水蒸気に状態を変えて循環する途中で、水に関する化学変化も起こっているかもしれない。だけど、化学変化の前後で全体の質量は変化しないと分かったから、やはり地球上で循環する水分量の総和は変わらないのだろう」と、地球上の水分の循環に関する考えを深めた。

このように、学年・単元・領域を越えてつながる知識と、新しい知識を関連付けたり組み合わせたりすることで、見通しをもって観察・実験に取り組んだり、これまでの学習や経験を活用して学びを深めたりできることが推測される。それは、「理科の見方・考え方」を多面的に働かせるとともに、知識を構造的・体系的に結び付け、概念的な理解の質を高めることにつながるのではないだろうか。

(3) 小・中学校7年間を通した学習内容の系統性の俯瞰

子どもたちの概念的な理解の質を高めるためには、小学校3年生から中学校3年生までの7年間を通して、エネルギー・粒子・生命・地球を主な柱とした領域で系統的につながる学習内容（知識）に

ついて、教員が俯瞰できていることも重要になる。

実際の授業で、先に示した図2のような「概念的な理解」を目指しても、例えば、「水に溶けても物質の質量は変化しない」という知識は、子どもたちが5年生の「物の溶け方」や中学校1年生の「水溶液の性質」で学んでいることを教員が把握しておかなければ、適切な発問をしたり教材を準備したりできないだろう。また、子どもが「水に溶けても物質の質量は変化しない」ことについて十分に理解できていないと評価した際、どこまで遡って学び直すか判断に困るだろう。

そのように考えると、先の図2で示した予想②・予想③に関する知識だけでも、下の図3のように系統的につながっていることが推測される。こうした知識の系統的なつながりを、教員が俯瞰できること、そして指導に生かせることが重要になると考える。

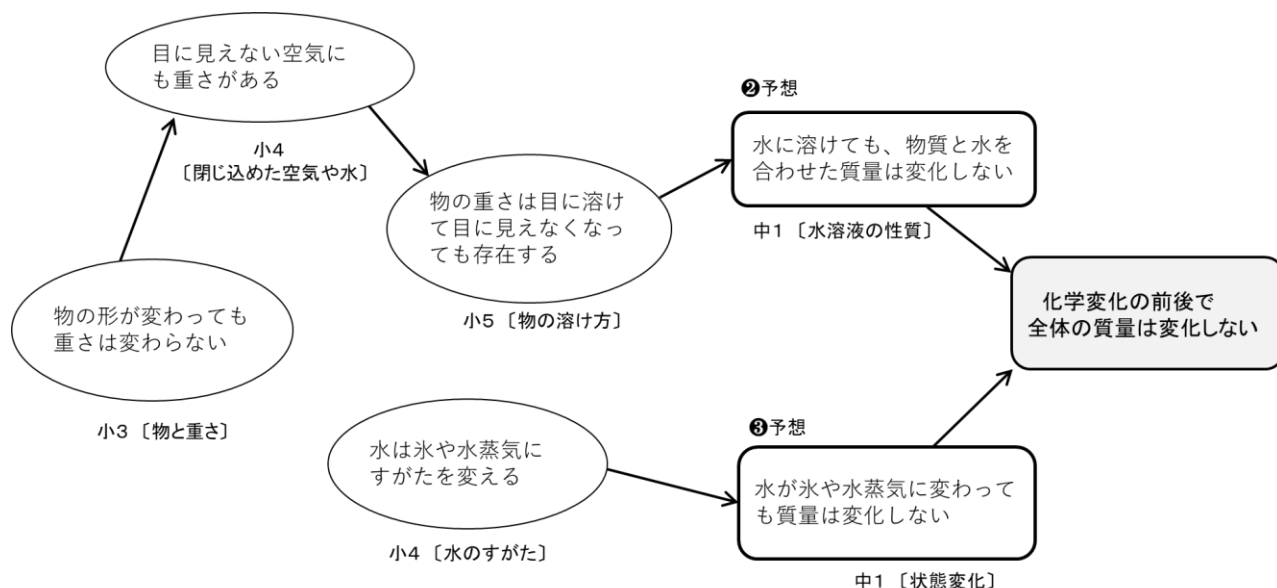


図3 系統的につながる知識の例（予想②と予想③は、前頁の図2・表4に対応）

4 系統的な知識

ここまで、理科における「深い学び」に向けて、「理科の見方・考え方」を手掛かりとして、概念的な理解が実現されることが不可欠であることも述べてきた。

そして、概念的な理解の質を高めるためには、教員が小・中学校を通したエネルギー・粒子・生命・地球領域の学習内容の系統性を俯瞰し、新しい知識に結び付く既存の知識を同単元や同領域で学んだ知識だけでなく、「別学年・別単元・別領域で学んだ（学ぶ）知識」までを含んで指導に生かす大切さも述べてきた。また、「知識」と呼ばれるものは、理科の授業で習得を目指す科学的な知識であり、「理科の見方」に基づくものであることを確認した。

これらに基づいて、理科における深い学びの実現に向けて、「単元・学年・領域を越えてつながる知識」の整理・活用が重要であると考えた。そして、本研究では、そうした知識を「系統的な知識」と呼び、以下のように仮説的に定義した。

系統的な知識（仮説）

「理科の見方」に基づく知識の中でも、特に学年・単元・領域を超えて系統的につながる知識

* 「理科の見方」を働かせる→「系統的な知識」を活用する

5 理科における「主体的・対話的で深い学び」

「系統的な知識」（単元・学年・領域を越えてつながる知識）を活用し、「概念的な理解」を目指す目的は、理科における「深い学び」を実現するためである。

学習指導要領（2017）では、「主体的・対話的で深い学び」と一見、並列に示されている。しかし、「主体的な学び」と「対話的な学び」は学び方であり、「深い学び」はその両者を通して学んだ結果や学びの質を表現しているといえる。このことから、「主体的な学び」や「対話的な学び」になるための条件を整理し、その両者を通して実現する「深い学び」について検討する必要があると考える。

（１）理科における主体的な学び

小学校学習指導要領解説理科編（2017）には、理科における主体的な学びについて、「自然の事物・現象から問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行っているか、観察、実験の結果を基に考察を行い、より妥当な考えをつくりだしているか、自らの学習活動を振り返って意味付けたり、得られた知識や技能を基に、次の問題を発見したり、新たな視点で自然の事物・現象を捉えようとしたりしているか」¹⁰⁾ といった例を挙げて説明している。

こうした主体的な学びを実現するためには2つの条件があると考えられる。一つ目は、「自分で判断し行動すること」、つまり、子どもたちの自己決定の機会が保障されることである。脳科学や心理学の分野でも、自己決定の積み重ねが自己肯定感を高め、学習意欲や学習効果を高める報告は数多くある（例えば、青砥：2021、エドワード・L デシラ：1999）。これらの研究で共通していることは、自己決定の積み重ねによって学習意欲や学習効果を高めるためには、そもそも自己決定する問題を自分事として考える「当事者意識」が重要性であるという指摘である。

二つ目の条件は、「メタ認知能力が発揮・育成されること」である。メタ認知能力には、自分の判断や行動を客観的に見直すモニタリング、それを基に行動や計画を修正するコントロールという2つの側面がある。図4のように、その両側面を往還するように発揮することで自らの学習状況を把握することができ、「自ら学習を調整する力」が育まれると考えられている（三宮：2018）。

例えば、子どもが実験結果について自分の考えを説明しているとき、高所にあるカメラから自分自身を俯瞰するように、「話す速度は問題ないかな」「今どこを話しているか伝わっているかな」と考えることがモニタリングである。

「どうやらうまく伝わっていない」と判断したとき、「話す速度を遅くしよう」「話す箇所を色ペンで強調しよう」と修正しようと行動することがコントロールの働きである。

このモニタリングとコントロールを往還させ、学習の状況をより良くしようとする姿が、「自ら学習を調整する力」が発揮している姿だと考えられる。

この「自ら学習を調整する力」は、育成をめざす資質・能力の一つ、「学びに向かう力、人間性等」と関連も深い。国立教育政策研究所教育課程研究センター（2020）が作成した『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料』の中で、「学びに向かう力・人間性等」を評価の観点である「主体的に学習に取り組む態度」は、知識や技能を獲得したり、思考力、判断力、表現力等を身に付けたりすることに向けて、「粘り強い取り組みを行おうとする側面」とともに、「自らの学習を調整しようとする側面」からも評価することを求めているからである。

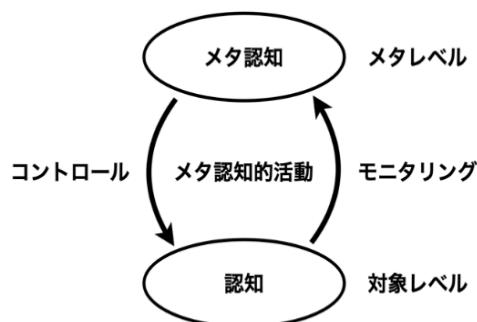


図4 メタ認知の概念モデル

（三宮：2018 を基に作成）

（２）理科における対話的な学び

小学校学習指導要領解説理科編（2017）では、対話的な学びについて、「問題の設定や検証計画の立案、観察、実験の結果の処理、考察の場面などでは、あらかじめ個人で考え、その後、意見交換したり、根拠を基にして議論したりして、自分の考えをより妥当なものにする」¹¹⁾と説明している。

理科の学びにおける対話の目的としての「妥当なもの」とは、「科学的なもの」だと考えられる。そして、「科学的」とは、自然の事物・現象についての問題を、実証性・再現性・客観性などの条件を検討する手続きを重視することだとされている。

これらのことから、理科における対話的な学びとは、科学的な問題解決（探究）の過程で、実証性・再現性・客観性に基づいて個人で思考したり、議論したりする学びといえるのではないだろうか。

以上のような、理科における対話的な学びを整理したものが下の図5と表5である。

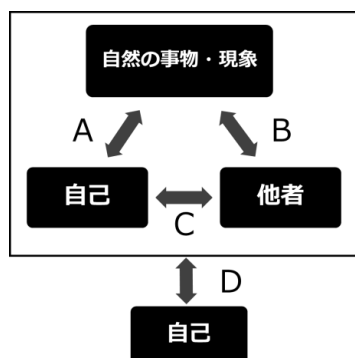


図5 理科学習における対話モデル

表5 対話の内容

A	自然の事物・現象を観察したり、実験結果を分析したりする際の個人内の対話
B	自分以外の学習者も同じように行っている個人内の対話
C	A・Bの対話を通して得た気づきや疑問を、自分以外の学習者と語り合う対話
D	すべての対話を総合的に振り返る個人内の対話 (特に授業の終末で重要になる)

また、萬谷（2018）は、『間違っても怖くない』『失敗しても笑われない』といった、学級内の受容的關係性が主体性の発揮に先立って、きわめて重要である¹²⁾と述べ、学級内における受容的な關係性の醸成が、主体的なコミュニケーションである「対話」の前提条件だと指摘している。

以上のことから、子どもたちが受容的な関係性の中で、**A～D**の対話を充実させることによって、誰もが納得できる合意点を見つけるために意見を整理・調整する「合意形成能力」や、友達の意見をそのまま受け入れるのではなく問題を指摘したり改善点を提案したりする「批判的思考力」を高めていくと考えた。

（３）理科における「深い学び」

ここまで、「主体的な学び」や「対話的な学び」の条件を整理してきた。続いて、その両者を通して実現する「深い学び」について検討するうえで、田村（2016）の指摘が示唆に富む。すなわち、『主体的な学び』と『対話的な学び』と『深い学び』をそれぞれ単独で捉えるのではなく、一体的になる学びとしての実現を目指すことが求められている¹³⁾ という指摘である。

ここまで理科学習における「主体的な学び」と「対話的な学び」を分けて述べてきたことを踏まえながら、田村が主張するように「深い学び」と一体的に捉えると、次頁の図6のようになる考える。

図6の「主体的な学び」は、子どもたちが「自己決定」しながら問題解決に取り組む過程で、「当事者意識」をもち、「メタ認知能力」を働かせながら学びを自己調整していく学びである。

「対話的な学び」は、子どもたちが「受容的な関係性」を築き、自然の事物・現象や他者、そして自分自身との対話を通して、誰もが納得できる合意点や妥協点を見つける「合意形成能力」や、問題を指摘したり改善点を提案したりする「批判的思考力」を発揮していく学びである。

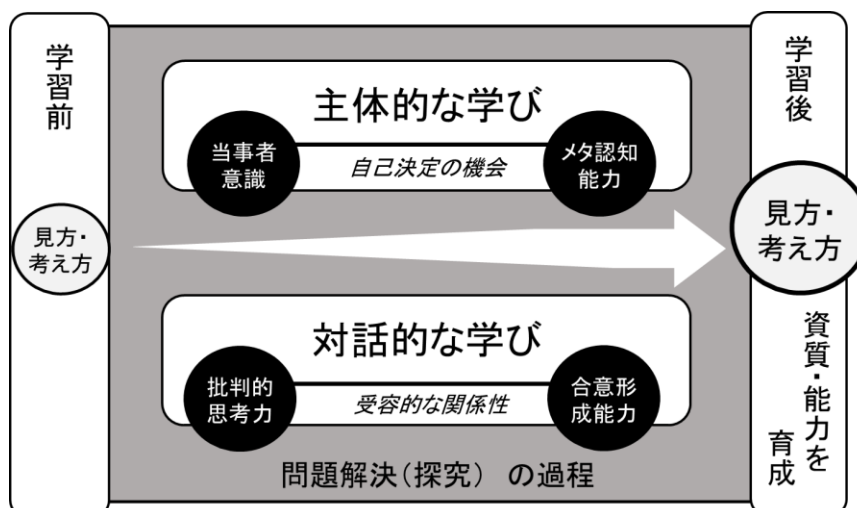


図6 「主体的・対話的で深い学び」のモデル

そして、「主体的な学び」と「対話的な学び」を結び付ける鍵が「理科の見方・考え方」であると考ええる。働かせるべき「理科の見方・考え方」を学級で共有することで、他者と同じ視点で議論することができる。例えば、小学校5年生「種子の発芽」でインゲンマメが発芽するには何が必要かを考える際に、「水の温度、空気の温度、水の中でどの条件を変えようか」という議論が成立するのは条件制御という「考え方」を共有しているからである。また「他の植物の発芽条件も同じかな」という問いが子どもから生まれる主体的な学びにするためには、多様性・共通性という「見方」で議論することが必要になるだろう。「理科の見方・考え方」は考える視点にも仕掛けにもなり得るのである。

このように、主体的・対話的な学びを通して、「理科の見方・考え方」を働かせ経験を積み上げていくことで、「理科の見方・考え方」が豊かで確かなものとなり、「深い学び」を実現すると考えた。

加えて、「深い学び」では、子どもたちが「概念的な理解」に至る姿も重要な要件である。すなわち、子どもたちが既存の知識と新たな知識を頭の中でつなげて構造化したり、知識と経験を結び付けて身体化したりして、自分の中で文脈をもって言葉や行動で説明できる姿である。

以上のことを鑑みて、本研究では、理科における「深い学び」を以下のように仮説的に定義した。

理科における「深い学び」

科学的な問題解決（探究）の過程で、これまで身に付けてきた「理科の見方・考え方」を働かせながら**主体的・対話的な学び**に取り組み、**概念的な理解**に至る学びであり、次の学習や日常生活でもその見方・考え方を働かせることにつながる学び

6 タブレット端末等を活用したポートフォリオ

子どもたちが未知の問題解決（探究）の場面で、必要な知識を自在に使いこなすためには、子どもたちが自身の記憶の引き出しの中に様々な知識を整理し、「理科の見方・考え方」を働かせた際に、必要な知識をすぐに引き出せることが大切になる。

それを助けるために、小学校3年生から中学校3年生までの7年間を通して活用できる「ポートフォリオ」の可能性を探りたい。本研究では、用紙ではなく、学習者用タブレット端末等を使って作成したポートフォリオを「デジタルポートフォリオ」と呼び、その有効性を検証する。

(1) ポートフォリオとは何か

ポートフォリオとは、校種や教科に関わらず、授業で使ったプリント類などを一つのファイルに整理したものを意味する。ポートフォリオを蓄積していくことで、学習内容を振り返ったり、必要な

知識を思い出したり、また、次の学習への見通しを持ったりすることに役立つ。

理科においては、授業で扱うワークシートや、配付資料などをファイルに蓄積してポートフォリオを作成する方法が一般的である。他にも、一単元分のポートフォリオを1枚の紙に整理して単元全体を見通したり、パフォーマンス評価や子ども同士の相互評価と関連付けたりするなど、指導と評価の一体化を図った実践報告が多数ある。(例えば、堀、西岡：2010)

以上のことから、子どもたちが小学校3年生から中学校3年生までの7年間で学んだ科学的な知識や、その中に含まれる「系統的な知識」をポートフォリオ化することが、それらを記憶の中の「引き出し」に整理し、また、必要に応じて取り出す際に役立つと考えたのである。

(2) 手書き(アナログ)の価値

林・太田(2021)は、ノートを使って学習する際には、そこに書かれた言葉の情報だけでなく、書いた場所や位置関係などの視覚情報や、ノートのどこにどのように書いたかというエピソード情報を基にして、書いた内容をかなり正確に思い出せると指摘している。

また、情報を記憶するとき、パソコンのタイピングでは処理が速いが、聞いたことをそのまま打ち込むためそれほど記憶に残らず、手書きでメモをとると処理は遅いが、内容を要約しながら書くので記憶に残りやすいという研究結果が報告されている。その結果を受けて、昨今の記者会見では、情報を手書きでメモするより、パソコンのキーボードでタイプする記者が増えたが、以前と比べて有意義な質問が減った、という指摘も学校教育に通じるだろう。(Oppenheimer&Muller：2014)

以上を鑑みると、「ペンがキーボードより強し」と表現することができ、子どもたちが授業中にメモをしたり、黒板の内容を整理したり、振り返りを綴ったりする「書く活動」では、ノートやワークシート等の用紙の方が有効な場合が多いであろう。

(3) デジタル化する価値

デジタル化する価値とは何であろうか。小学校4年「空気と水の性質」を例に挙げてみる。空気てっぽうに閉じ込めた空気を押しても、最後まで押し切れない。しかも、強く押すほど、押し返してくる手応えが大きくなる。こうした体感が子どもの思考を動かし、目に見えない空気を図で表現するという学習が展開されたと仮定すると、子どもたちはタブレット端末等を活用し、下の図7のようなデジタル化したポートフォリオを作成することができるのではないだろうか。

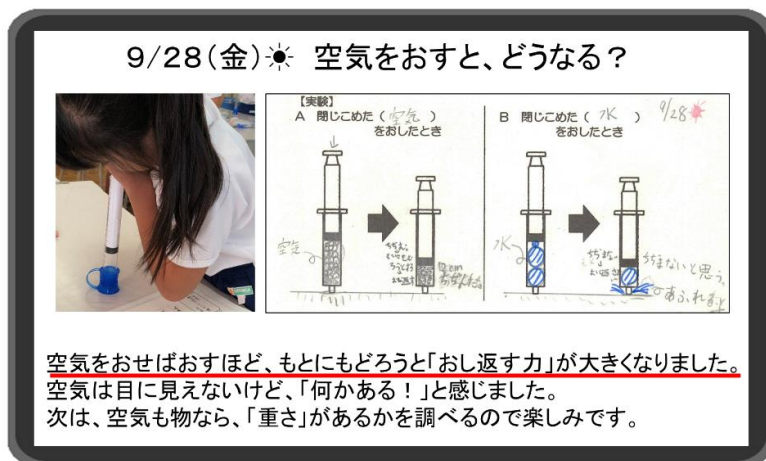


図7 デジタル化したポートフォリオの例 (小学校4年生「空気と水の性質」)

図7では、実験中の写真（左）や図表（右）を貼り付け、「押し縮められた空気は元の体積に戻ろうとする」という科学的な知識を子どもなりの表現でテキスト入力している。

ポートフォリオをデジタル化する価値は、このように、文字だけでなく、授業中に印象に残った場面や、黒板やノート、教科書の大事な部分を撮影した写真を添付する等して、学びをより自分事にするにあると考える。それは結果的に、知識を記憶の引き出しに整理することに役立つだろう。

もちろん、タイピングやアプリケーション操作の習得には学校のカリキュラム上でも違いがあり、何より個人差が大きい。だからこそ、文章の正確さやレイアウトの上手さを評価するような作品至上主義を目指すものではない。しかし、将来的には、子どもたちのタブレット端末等の操作技術が飛躍的に向上することが予想される。「キーボードはペンより強し」への転換も想定範囲に入れるべきだろう。

（４） 小・中学校を通した学びの履歴

デジタルポートフォリオの具体的な様式や運用について、学年間・校種間で長期的な共通理解を図る上で、「理科の指導におけるICTの活用」（文科省：2021）は示唆に富む。

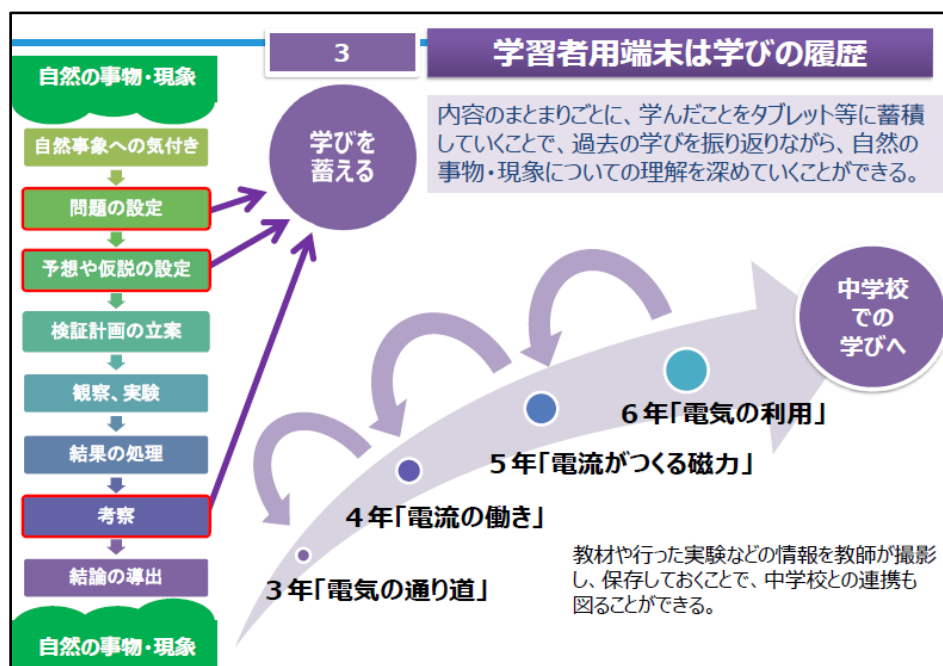


図8 理科の指導におけるICTの活用（文部科学省:2021）より

（左のチャート図は、小学校では『問題解決の過程』、中学校では『探究の過程』を表す）

上の図8によると、ICTは、観察・実験の代替ではなく、理科の学習の一層の充実を図るための有用な道具として位置付けられている。そして、小学校の「問題解決の過程」も中学校の「探究の過程」も基本的には同じ流れであることを踏まえ、ICT活用の価値の一つに、小・中学校を通して「学びを蓄える」ことを挙げている。

タブレット端末等に授業で扱った教材や実験についてのデジタルの情報（写真や動画等）を保存する（学びを蓄える）ことで、小・中学校を通じていつでも子どもたちがアクセスできるだろう。そのようにデジタルデータは、過去の学びを自在に振り返りやすく、自然の事物・現象についての理解を深めていける可能性を持つことが分かる。

(5) デジタルポートフォリオの有効性

以上のことから、本研究では、学習用タブレット端末等で使用できる文書作成アプリケーション等を使って学習内容を整理したり、教材や実験の写真や動画などを添付したりしたものをデジタルポートフォリオと呼び、小学校3年生から中学校3年生までの7年間を通じて蓄積していくことを目指した。こうしたデジタルポートフォリオを活用することで想定される有効性は以下の通りである。

デジタルポートフォリオの有効性 (仮説)

〔学習の履歴として〕

- ・写真、動画などを添付することで、学びをよりリアルに思い出せる
- ・学習用タブレット端末に納まるので、かさばらない
- ・内容ごとに整理でき、すぐにアクセスできる

〔概念的な理解に向けて〕

- ・文字入力、画像添付、レイアウトなどの工夫によって、学習内容を整理できる
- ・発表、共有がしやすい

7 研究テーマ

ここまで、「系統的な知識」と「デジタルポートフォリオ」の仮説的な捉えについて述べてきた。それらの有効性について授業実践を通じて検証するために、以下の研究テーマを設定した。

研究テーマ

理科の見方に基づき、「系統的な知識」を活用つなげて 深い学びを実現する理科授業
～小・中学校の『粒子領域』を中心にして～

授業実践では、「複数の知識を組み合わせたり・関連付けたりしながら、一つの事象を説明する授業」を行い、「複数の知識」に「系統的な知識」を取り入れる。その際、タブレット端末等で学びの履歴を作成し、振り返る「デジタルポートフォリオ」を活用する。そのようにして、子どもたちが理科の見方・考え方を働かせ、自分の力で知識をつなげて、文脈の中で説明ができる（納得して分かる）姿を目指す。それが結果として、理科における「深い学び」を実現していくと考えた。

以上が本研究における仮説である。

研究仮説

複数の知識 を組み合わせたり・関連付けたりしながら、一つの事象を説明する授業



- 学年・単元・領域を超えてつながる知識 〔系統的な知識〕
- タブレット端末による学びの履歴の作成、振り返り 〔デジタルポートフォリオ〕



- 理科の見方を働かせ、自分の力で知識と知識をつなげる
- 文脈の中で説明ができる（納得して分かる）

深い学び

Ⅲ 実践研究

1 実践研究の流れ

実践研究にあたり、兵庫県三木市の同中学校区内にある、三木市立自由が丘東小学校と三木市立自由が丘中学校の2校でアンケート調査や授業実践を行う。また、授業実践を行う単元については、5年生では「物の溶け方」、中学校1年生では「水溶液の性質」という、粒子領域の中でも同じ「粒子の保存性」に位置付けられる内容に設定した。以上のことは、「系統的な知識」の妥当性や、「子どもたちが『系統的な知識』を結び付けていく具体的な過程等を検証することに適していると考えたからである。

三木市教育委員会は、第2期三木市教育大綱基本理念「豊かな学びで未来を拓く」（三木市教育委員会：2020）のもと、確かな学力の更なる育成を図るため、「中学校区で9年間を通した系統的な学習計画や指導方法の研究、実践を進めるなど、指導の充実を図る」ことを重点指標の一つに定めている。

本研究により、こうした重点指標を学校現場で達成していく上で及ばずながら貢献できることを目指したい。ここまで述べたような意図に基づいて、実践研究の流れを以下の通り計画した。（表5）

表5 実践研究の流れ

項目	内容	時期	備考
○ 粒子領域における「系統的な知識」を仮説的に設定する	小・中学校学習指導要領解説理科編や教科書等を参考に、質的・実体的な見方を基にした科学的な知識を整理し、その中から「系統的な知識」を見いだす	6月～ 7月	
○ 事前アンケート調査	「系統的な知識」に関して、子どもたちが持つ既存の知識等について	7月	*資料1 *資料2
○ 授業実践	○三木市立自由が丘東小学校 単元：5年生「物の溶け方」 授業者：A教諭	授業実践 R5年2月	
・事前研究 ・授業実践 ・事後研究	○三木市立自由が丘中学校 単元：中学校1年生「水溶液の性質」 授業者：B教諭	授業実践 R4年11月	
○ 事後アンケート調査 ・認識の変容	「事前アンケート」と同内容で行う	単元終了 2ヶ月後	*資料1 *資料2
○ 学びの履歴の活用に関するアンケート調査	デジタルポートフォリオを活用した成果や課題等について		*資料3 *資料4
○ 意識調査	① 「系統的な知識」を活用することに見出した意味等について ② 系統性を意識した授業について	単元終了後	*資料5・6 *資料7
① 子ども ② 授業者			

2 学年・単元・領域を越えてつながる系統的な知識（以下、『系統的な知識』と表記）

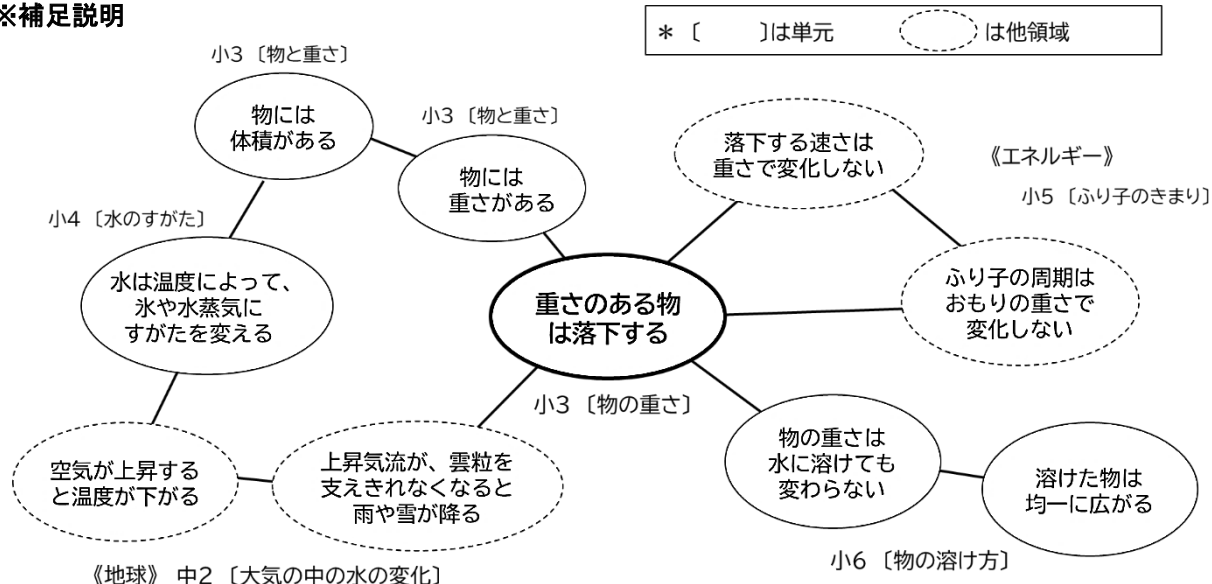
まず、小・中学校の粒子領域において、質的・実体的な見方に基づいた「科学的な知識」を整理した。そこでは、小・中学校学習指導要領解説理科編「第2章理科の目標及び内容」と、各学年の教科書を参考にした。そして、科学的な知識の中から、学年・単元・領域を越えてつながる知識、すなわち「系統的な知識」を仮説的に見いだした。

- ・表中の矢印（→）は、つながる単元と学年を表す。
- ・□で囲まれた言葉は、領域を表す。（エ = エネルギー、生 = 生命、地 = 地球）
- ・表中で使用する漢字は、学習指導要領や教科書の記載の限りではない。
- ・《小学校3年生：物の重さ》のみ、「重さのある物は落下する」を取り上げ、説明を補足する。

《小学校3年生》

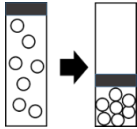
単元	● 系統的な知識 → つながる学年・単元・領域
物と重さ	● 物には重さがある → 閉じ込めた空気や水（小4）、 エ 力による現象（中1）
	● 物には体積がある → 閉じ込めた空気や水（小4）
	● 重さのある物は落下する → 物の溶け方（小5）、 エ ふりこの運動（小5）、 地 大気の中の水の変化（中2）
	● 物の形を変えても重さは変わらない → 物の溶け方（小5）、水溶液の性質（中1）
	● 物の種類によって同じ体積でも重さがちがう → いろいろな物質とその性質（中1）

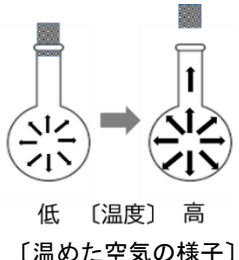
※補足説明

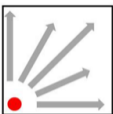


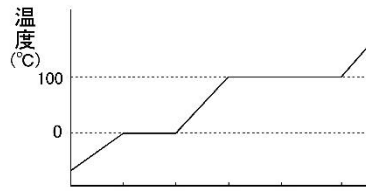
中心にある「重さのある物は落下する」という系統的な知識が、学年・単元・領域を越えてつながることを示している。例えば、左下の中学校2年生の地球領域で、「上昇気流が雲粒を支えきれなくなると雨や雪が降る」と理解するためには、中心にある「重さのある物は落下する」ことに納得したうえで、「大きくなって重くなった雲粒が、雨や雪になって落ちる」と考える必要がある。

《小学校4年生》

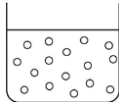
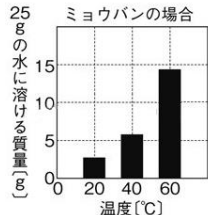
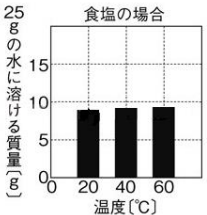
単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
閉じ込めた空気や水	○物には重さがある ○空気には体積がある（小3から） ●空気には重さがある（空気も物である）→ 物の溶け方（小5）、工 力による現象（中1） 気体の性質（中1）、地 地球を取り巻く大気（中2） ・空気には体積がある ●空気は押し縮めることができる → 物の温度と体積（小4） ●押し縮められた空気は、元の体積に戻ろうとする → 工 力による現象（中1） ★押し縮む空気の様子を図で表す → 物の溶け方（小5）、水溶液の性質（中1） ・水は押し縮めることができない	(例)  〔押し縮む空気の様子〕

単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
物の温度と体積	○物には体積がある（小3から） ○空気は押し縮めることができる（小4から） ●空気を温めると体積が（全方向に）大きくなり、 冷やすと小さくなる → 地 大気中の水の変化（中2） ・水を温めると体積が大きくなり、冷やすと小さくなる ・金属を温めると体積が大きくなり、冷やすと小さくなる ●空気の温度による体積変化は、水や金属と比べて非常に大きい →物の温まり方（小4）、地 大気中の水の変化（中2）	 低〔温度〕 高 〔温めた空気の様子〕

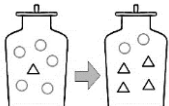
単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
物の温まり方	○空気の温度による体積変化は、水や金属と比べて非常に大きい（小4から） ●金属は、温められた部分から順に熱が伝わり、全体の温度が上がる（伝導） →いろいろな物質とその性質（中1） ●水や空気は、温められた部分が上に移動して、全体の温度が上がる →物が燃えるしくみ（小6）、地 天気の変化（中2） ●水や空気が温められると、上に向かっていく流れが生まれる → 地 天気の変化（中2） ★温まるイメージを図で表す → 工 多様なエネルギーとその移り変わり（中3） ●物によって熱の伝わり方が違う →いろいろな物質とその性質（中1）、エネルギーの変換（中3）	(例) 金属  水（空気）  〔熱の伝わり方のイメージ〕

単元	●系統的な知識 ★系統的な技能 ・系統性がみられにくい知識	○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
水のすがた	○水や空気は温められた部分が上に移動して、全体の温度が上がる（小4から） ●水は約 100℃で沸騰し、約 0℃で凍る ●沸騰している間は温度が変化しない →物質のすがたと変化（中1） ★水の温度変化をグラフで表す ・沸騰した水から出てくる泡是水蒸気である ・水蒸気や空気などを気体という ・水やアルコールなど形を自由に変えられる物を液体という ・氷や粘土、鉄など、塊になっている物を固体という ●水は、温度によって氷や水蒸気にすがたを変える（液体・固体・気体） →物質のすがたと変化（中1）、地 大気中の水の変化（中2） ●水蒸気を熱し続けると 100℃を超える →物が燃える仕組み（小6）	 [水の温度変化]

《小学校5年生》

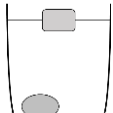
単元	●系統的な知識 ★系統的な技能 ・系統性がみられにくい知識	○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
物の溶け方	○物には重さがある（小3から） ●水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という → 水溶液の性質（中1）、生 ヒトや動物の体（小6） ★水溶液の様子を図で表す → 水溶液の性質（中1）、 電池とイオン（中3）  [水溶液の様子] ●水に溶ける物と溶けない物がある →水溶液の性質（中1）・ ●物の重さは水に溶けても残る 生 動物や植物の体（小6） ・ろ過によって、水に溶けていないものを分離ができる。 ●物によって溶け方が違う ●ミョウバン水溶液の温度を下げると、溶けきれなくなったミョウバンを取り出せる ●食塩水を蒸発させると、食塩を取り出せる ミョウバンの場合  食塩の場合  [温度変化による溶け方の違い]	

《小学校 6 年生》

単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
物が燃えるしくみ	○空気は、温められた部分が上に移動して全体の温度が上がる ○水蒸気を熱し続けると 100℃を超える ・空気が入れ替わり続けることで、物はよく燃える ●空気は、窒素や酸素、二酸化炭素などが混ざった気体である → いろいろな気体とその性質（中 1）、生 ヒトや動物の体（小 6） ●酸素だけ物を燃やす働きがある → いろいろな気体とその性質（中 1） ・空気中に酸素が 19%以上含まれていないと物は燃えない ●酸素があれば線香は明るく燃える ●二酸化炭素があれば石灰水は白濁する ●ろうそくや木が燃えるとき、酸素の一部が使われ二酸化炭素に変化する → 気体の同定に関する 粒 の領域全般 ★気体の質的变化を図で表す  ○：酸素 △：二酸化炭素 〔物が燃えたときの空気の質的变化〕 → いろいろな気体とその性質（中 1）、生 ヒトや動物の体（小 6） ●「燃える物」「十分な酸素」「高い温度」が全てそろえば物は燃える → さまざまな化学変化（中 2）、生 ヒトや動物の体（小 6）	

単元	●系統的な知識 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
水よう液の性質	○物によって溶け方がちがう（小 5 から） ○鉄は磁石につく（工 小 3 から） ○金属（鉄やアルミニウム）は電気を通す（工 小 4 から） ●水には二酸化炭素やアンモニア、塩素などの気体も溶ける → 生 ヒトや動物の体（小 6）、いろいろな気体とその性質（中 1） ●水溶液は酸性、中性、アルカリ性に分類できる （例）酸 性：塩酸、炭酸水 中性：食塩水 アルカリ性：重そう水、アンモニア水 ●酸性、アルカリ性には強弱がある ・強いアルカリ性はヒトの皮膚をとかす → 酸、アルカリと塩（中 3） ●酸性、中性、アルカリ性はリトマス紙（指示薬）で判断できる → 水溶液の同定に関する 粒 の領域全般 ●塩酸は、鉄やアルミニウムなどの金属を別の物に変化させる ●水酸化ナトリウム水溶液は、鉄を変化させないが、アルミニウムを別の物に変化させる → 物質の成り立ち（中 2）、さまざまな化学変化（中 2）

《中学校 1 年生》

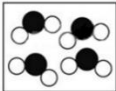
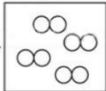
単元	●系統的な知識 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
いろいろな物質とその性質	○物によって同じ体積でも重さがちがう（小 3 から） ○金属は電気を通す（工 小 3 から） ○金属は、温められた部分から順に熱が伝わり、全体の温度が上がる（小 4 から） ○ろうそくや木が燃えるとき、酸素の一部が二酸化炭素に変化する（小 6 から） ・物体（物）と物質の区別 ●物質は有機物と無機物に分けられる 有機物（ろう、砂糖、木など） 無機物（食塩、金属など） ●物質は金属と非金属に分けられる 金属（鉄、銅、アルミニウムなど） 非金属（木、ガラス、プラスチックなど） ●電気伝導性・熱伝導性・金属光沢・展性延性をもった物質が金属である ・物質には固有の密度がある ・水より密度が大きい物質は水に沈む → 工 電気に関する領域全般、 水溶液とイオン〔中 3〕  〔水より密度が大きい物質は水に沈む〕

単元	●系統的な知識 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
いろいろな気体とその性質	○空気は、窒素や酸素、二酸化炭素などが混ざった気体である ○酸素だけ物を燃やす働きがある ○水には二酸化炭素やアンモニア、塩素などの気体も溶ける ○酸素があれば線香は明るく燃える ○二酸化炭素があれば石灰水は白濁する （小 6 から） ●気体はそれぞれ固有の性質をもつ ・酸素（物を燃やす、生物の呼吸に使用、植物の光合成でつくられる） ・二酸化炭素（石灰水を白濁する、植物の光合成や生物の呼吸） ・アンモニア（アルカリ性、刺激臭、水に非常に溶けやすい） ・水素（気体中で密度最小、可燃性） ・窒素（他の物質とほとんど結び付かない） → 気体に関する 粒・生 の全般

単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
水溶液の性質	○水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という ☆水溶液の様子を図で表す ○水に溶ける物と溶けない物がある ○物の重さは水に溶けても変わらない ○物のよって溶け方が違う ○ミョウバン水溶液の温度を下げると、溶けきれなくなったミョウバンを取り出せる ○食塩水を蒸発させると、食塩を取り出せる ●物質を水に溶かす前後で全体の質量は変化しない → 化学変化と物質の質量（中2） ★溶質が溶液中に均一に広がる様子を図に表す → 工 電流とその利用（中2）、 水溶液とイオン（中3） ・溶質が溶媒に限界まで溶けている状態を「飽和」と呼ぶ ☆質量パーセント濃度を計算する ●溶解度は物質によって決まっている ●硝酸カリウムやミョウバンは水温を下げることで結晶を取り出す（再結晶） → 地 大気中の水の変化（中2） ・塩化ナトリウムは水を蒸発させることで結晶を取り出す（蒸発法） ・物質は、純物質と混合物に分けられる 純物質（酸素、水、食塩、銅、デンプン等）、混合物（空気、石油、食塩水、ろう等）	(小5から) 25gの水に溶ける質量(g) ミョウバンの場合 温度[°C] 25gの水に溶ける質量(g) 食塩の場合 温度[°C] 〔温度による溶け方の違い〕 〔溶質が均一に広がるイメージ〕

単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
物質のすがたとその変化	○水は温度によって、氷や水蒸気にすがたを変える ○水は約 100℃で沸騰し、約 0℃で凍る ○空気を温めると体積が大きくなり、冷やすと小さくなる ☆水の温度変化をグラフで表す ●温度変化によって液体・固体・気体になることを状態変化という ●温められた空気は、密度が小さくなって上昇する ●状態変化で物質の性質・質量は変化しない → 物質の成り立ち（中2） ★状態変化の様子を図で表す → 水溶液とイオン（中3） ・物質には固有の沸点と融点がある ・沸点の違いを利用して物質を分離できる（蒸留）	(小4から) → 地 大気中の水の変化（中2） 固体 液体 気体 〔状態変化のイメージ〕

《中学校 2 年生》

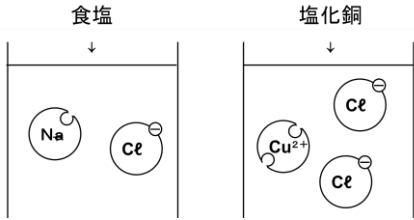
単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能	○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
物質の成り立ち	○状態変化で物質の性質・質量は変化しない ★溶質が溶液中に均一に広がる様子を図に表す ○酸素があれば線香は明るく燃える ○塩酸は、鉄やアルミニウムなどの金属を別の物に変化させる		(中1から) (小6から)
	●化学変化によって性質の異なる別の物質ができる 【熱分解】 (例) 炭酸水素ナトリウム→炭酸ナトリウム+二酸化炭素+水 【電気分解】 (例) 水 → 酸素(陽極) + 水素(陰極) ・塩化コバルト紙は水にふれると青色から赤色に変化する ・アルカリ性の水溶液はフェノールフタレイン液を赤色に変化させる ・電流が流れやすくするために水酸化ナトリウム水溶液(電解質)を入れる ●水素があるとマッチの火がポンと音をたてて燃える ●原子は物質の最小単位である (例) 水素原子、酸素原子、炭素原子 ●原子が結び付いて分子ができる (例) 水分子、酸素分子、水分子 ★原子や分子を図で表す  →  +  水分子 水素分子 酸素分子 [水の電気分解] ・分子をつくらない物質もある (例) 金属、炭素、塩化ナトリウム等		→ 生 動物・植物の体のつくりとはたらき(中2)、 様々な化学変化(中2)、 水溶液とイオン(中3) <

単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能	○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
物質の表し方	○原子は物質の最小単位である ○原子が結び付いて分子ができる ●元素とは、物質を構成する原子の種類である →電池とイオン(中 3) ・周期表は、原子番号の順に元素が並べられている ・同じ族には化学的な性質が似た元素が並んでいる ・化学式はその分子をつくっている原子の種類と数を表す ・純物質は単体と化合物に分けられる (例) 単体・・・水素、酸素、銀、炭素 化合物・・・水、二酸化炭素 ★化学変化を化学反応式で表す → 粒・生 領域全体 (例) $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{Ag}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Ag} + \text{O}_2$ $\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{Cl}_2$		

単元	●系統的な知識 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 ・系統性がみられにくい知識 →つながる学年・単元・領域
さまざまな化学変化	○金属は塩酸によって別の物に変化する（小6から） ○「燃える物」「十分な酸素」「高い温度」が全てそろえると物は燃える（小6から） ○火山ガスは主に水蒸気で、硫化水素や二酸化炭素を含む（工中1から） ●2種類以上の物質を結び付けて、性質の異なる物質をつくる【化合】 → 生 植物の体のつくりと働き（中2） ●物質が硫黄と結びつく【硫化・硫化物】 → 地 地球から宇宙へ（中3） $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS} \quad \text{Cu} + \text{S} \rightarrow \text{CuS}$ ●物質が酸素と結びつく【酸化・酸化物】 → 生 動物の体のつくりと働き（中2） $2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO} \quad (\text{酸化銅})$ ・激しい熱や光を伴う酸化を燃焼という ・酸化物から酸素を取り除くことができる 【還元】 $2\text{CuO} + \text{C} \rightarrow 2\text{Cu} + \text{CO}_2 \quad \text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ ・酸化と還元は同時に起こる ●化学反応の際にまわりの温度が上がる【発熱反応】 (例) ・カイロ（鉄＋酸素）・中和反応 ・火力発電 （石油や天然ガスなど有機物の燃焼） ●化学反応の際にまわりの温度が下がる【吸熱反応】 (例) ・炭酸水素ナトリウム＋クエン酸 ・塩化アンモニウム＋水酸化バリウム ・中和反応 → 酸、アルカリと塩（中3）、 工 エネルギー資源とその利用（中3）

単元	●系統的な知識 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 ・系統性がみられにくい知識 →つながる学年・単元・領域
化学変化と物質の質量	○物質を水に溶かす前後で全体の質量は変化しない ○状態変化で質量は変化しない (中1から) ●化学変化に関する物質全体の質量は変化しない【質量保存の法則】 → 工 多様なエネルギーとその移り変わり（中3） ・化学変化に関する物質の質量比は常に一定である (例) $\begin{array}{ccccccc} 2\text{Cu} & + & \text{O}_2 & \rightarrow & 2\text{CuO} & & 2\text{Mg} & + & \text{O}_2 & \rightarrow & 2\text{MgO} \\ 4 & : & 1 & : & 5 & & 3 & : & 2 & : & 5 \end{array}$ ・化学変化の前後で原子の組み合わせは変化するが、原子の種類と数は変化しない

《中学校3年生》

単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	★系統的な技能 ○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
水溶液とイオン	○電気伝導性、熱伝導性、金属光沢、展性延性をもった物質が金属である ☆溶質が溶液中に均一に広がる様子を図に表す ○電気分解によって、水は水素と酸素に分けられる ☆原子や分子を図で表す ○回路中の電子が電流を流す (エ 中2から) ●水に溶けるとイオンになる物質を電解質という → 生 動物の体のつくりと働き (中2) ・イオンには陽イオンと陰イオンがある ・電解質は水に溶けると、陽イオンと陰イオンに電離する (例) 塩化ナトリウム→水素イオン+塩化物イオン $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ 塩化銅 → 銅イオン + 塩化物イオン $\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^-$	(中1から) (中2から)  〔物質が電離する様子〕 ●水溶液中のイオンが電子の代わりに移動し、電流が流れる ★物質が電離する様子を図で表す → 工 電気に関する領域全般 ・電気が流れやすくするために水酸化ナトリウム水溶液（電解質）を入れる ・塩酸を電気分解すると、陰極付近から水素が、陽極付近から塩素が発生する ・原子は、+の電気をもつ原子核と、-の電気をもつ電子からできている。 ・同じ元素でも中性子の数が異なる原子を同位体という

単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
電池とイオン	○塩酸は金属を別の物に変える (小6から) ○光電池は光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する (エ 中2から) ・水溶液中で、イオンが電子を受け取ると金属や気体ができる ・金属の種類によってイオンへのなりやすさはちがう 【イオン化傾向】 $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag}$ ・電池のしくみを粒子モデルで表現する (例) ダニエル電池 $\text{陰極 } \text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \quad \text{陽極) } \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$	●電池は化学エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出す → 工 電気に関する領域全般 ・燃料電池は、水の電気分解と逆の化学反応を使う (水素 + 酸素 → 水) ・身近な物で電池をつくることのできる

単元	●系統的な知識 ・系統性がみられにくい知識	○別の学年・単元・領域からつながってくる知識 →つながる学年・単元・領域
酸・アルカリと塩	○リトマス紙で酸性、中性、アルカリ性を区別できる（小6から） ○化学反応の際にまわりの温度が上がる発熱反応と、下がる吸熱反応がある（中2から） ●指示薬で酸性、中性、アルカリ性を区別できる （例）リトマス紙、BTB液、フェノールフタレイン液 ●酸性の水溶液には共通の性質がある ・リトマス紙（青→赤） ・BTB液（黄色） ・金属と反応して水素を発生する ●アルカリ性の水溶液には共通の性質がある ・リトマス紙（赤→青） ・BTB液（青色） ・フェノールフタレイン液（赤色） → 粒 領域全般 ・水に溶けた物質が酸性、中性、アルカリ性を決める ・酸とは、電離して水素イオン H^+ を生じる物質（例） HCl、H_2SO_4、HNO_3 ・アルカリとは、電離して水酸化物イオン OH^- を生じる物質（例） $NaOH$、KOH、$Ba(OH)_2$ ・電流を加えるとイオンは移動する ●中和によって酸性とアルカリ性の性質を打ち消すことができる → 環 人間と環境（中3） ・中和によって、陽イオンと陰イオンが結びついて塩ができる	

3 事前アンケート調査

（1）調査の目的

小学校5年生「物の溶け方」と中学校1年生「水溶液の性質」の単元は、ともに学習指導要領における粒子領域の内容である。小学校5年生「物の溶け方」では小学校3・4年生で身につけてきた「質的・実体的な見方」を、中学校1年生「水溶液の性質」では小学校を通して身につけてきた「質的・実体的な見方」を働かせることが「深い学び」の実現に欠かせないと考え。また、粒子領域以外の見方を必要に応じて働かせることも、「深い学び」の実現に重要な役割を果たすだろう。

そこで、事前アンケート調査によって、子どもたちがこれまで働かせてきた「質的・実体的な見方」を把握することが、「深い学び」に向けた単元計画に寄与すると考えた。

（2）調査の対象

兵庫県三木市の同中学校区内にある、自由が丘東小学校と自由が丘中学校で、小学校5年生「物の溶け方」と中学校1年生「水溶液の性質」の学習前にアンケート調査を実施した。（表3）

表3 事前アンケート調査の対象

学 校	三木市立自由が丘東小学校	三木市立自由が丘中学校
学 年	5 年生	1 年生
人 数	46 名（2 クラス）	118 名（4 クラス）
日 時	令和4年7月21日（木）	令和4年7月7日（木）
形 式	インターネット	インターネット

(3) アンケートの内容と結果分析

- ・設問 1 ～ 8 は小学校 5 年生・中学校 1 年生で共通、設問 9 は中学校 1 年生のみ
- ・各表で、正答の選択肢を◎、人数・割合を線部で表す。 *割合の小数点以下は四捨五入

【設問 1】 「空気」に関する説明で、正しいのはどちらでしょうか？

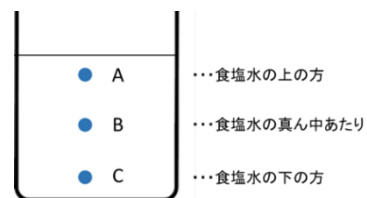
選択肢	小学校 5 年生 (n=46)	中学校 1 年生 (n=118)
ア 空気には「重さ」がある ◎	<u>20 人 (43%)</u>	<u>72 人 (61%)</u>
イ 空気には「重さ」がない	26 人 (57%)	46 人 (39%)
正答率は、5 年生で約 43%、中学校 1 年生で約 61%であった。「空気には重さがある」という見方は学習指導要領には明記されていないが、認知発達の順序性において重要な役割を果たすという指摘（柴田・小佐田・鈴木ら：2008）を踏まえて、設問に加えた。小学校の粒子領域では、3 年生で「物には重さがある」ことを学び、物としての存在を意識するようになる。5 年生では「物は水に溶けても存在する」ことを学ぶが、もともと目に見えていた物が見えなくなっても存在すると認識するには、その前段階に、「はじめから目に見えない空気も重さがある物」としてその存在を認識できる必要がある、というのが柴田らの指摘である。 以上の考えと、本設問の正答率を受けて、5 年生、中学校 1 年生のいずれでも、「目に見えない空気も物だから重さがある」という見方を働かせる学習を取り入れる。		
★関連する「系統的な知識」	・空気には重さがある（空気も物である） 【小 4】 空気と水の性質	

【設問 2】 下の 2 つの文で使われている「とけた」は同じ意味でしょうか？

・手のひらに置いた氷がとけた	・お湯にいれた砂糖がとけた
----------------	---------------

選択肢	小学校 5 年生 (n=46)	中学校 1 年生 (n=118)
・同じ意味	25 人 (54 %)	46 人 (39 %)
・ちがう意味 ◎	<u>21 人 (46 %)</u>	<u>72 人 (61 %)</u>
正答率は、5 年生で 46%、中学校 1 年生で 61%であった。「手のひらに置いた氷がとけた」の「とけた」は融解、「お湯に入れた砂糖がとけた」の「とけた」は溶解を意味している。平仮名では同じ言葉でも、意味する現象は異なり、漢字も異なる。 5 年生は、「融解」を 4 年生の時に学習しているが、「溶解」に関しては学習前である。そのため、子どもたちが食塩やミョウバンを水に溶かす（溶解する）体験をしたときに、漢字の「溶ける」で意味づけ、「融ける」と区別する学習を取り入れる。「溶」「融」は 5 年国語では扱わないが、理科を通して学ぶことにむしろ価値があると考ええるからである。		
★関連する「系統的な知識」	・水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という 【小 5】 物の溶け方	

【設問 3】食塩水が一番濃い場所はどこでしょうか？
※小学校 5 年生では食塩水ではなく「塩水」

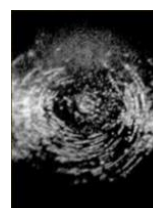


選択肢	小学校 5 年生 (n = 45)	中学校 1 年生 (n = 118)
・ A が一番濃い	6 人 (13 %)	1 人 (1 %)
・ B が一番濃い	6 人 (13 %)	3 人 (3 %)
・ C が一番濃い	30 人 (65 %)	96 人 (81 %)
・ どこも同じ濃さ ◎	<u>4 人 (9 %)</u>	<u>18 人 (15 %)</u>
正答率は 5 年生で 9 %、中学校 1 年生で 15 %であった。一方で、「C が一番濃い」と誤答した割合は、5 年生で 65 %、中学校 1 年生で 81 %とそれぞれ過半数を上回った。 本設問は、平成 24 年度全国学力・学習状況調査（小学校理科）の設問 <u>1</u>（3）を参考に行っている。その設問の正答率は、全国平均 54.7 %と他設問と比べて低い傾向にあった。5 年生、中学校 1 年生いずれものアンケート回答も、その全国学力・学習状況調査（小学校理科）と類似した結果となった。そのため、5 年生、中学校 1 年生いずれでも、食塩水の上層・中層・下層に含まれる食塩の量を比べたり、水に溶けた物の様子を図で表したりして、「水溶液の均一性（どこも同じ濃さ）」を学習（中学校では復習）する機会を取り入れる。		
★関連する「系統的な知識」	・ 水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という 【小 5】物の溶け方	

【設問 4】 砂糖をお湯に入れてかきまぜると見えなくなりました。砂糖はどうなったのでしょうか？

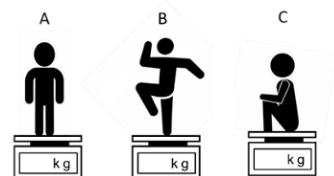
選択肢	小学校 5 年生 (n = 46)	中学校 1 年生 (n = 118)
・ 目に見えないけど砂糖は水の中にある ◎	<u>38 人 (82 %)</u>	<u>94 人 (80 %)</u>
・ 目に見えないから砂糖は消えてなくなった	3 人 (7 %)	8 人 (7 %)
・ 砂糖は別の何かに変わった	5 人 (11 %)	16 人 (13 %)
正答率は、5 年生で約 82 %、中学校 1 年生で約 80 %と、いずれも 80 %程度だった。 【設問 3】では、「食塩水は底の方が濃い」と誤答した中学校 1 年生の大部分が、本設問では、「目に見えないけど砂糖は水の中にある」と正答している。このことから、「水に溶けた物は無くない。しかし、沈んでいる」という見方をもちやすいことが推測される。 【設問 3】でも述べたように、食塩水の各層を数滴分蒸発させて取り出した食塩の量を比べたり、水に溶けた食塩の様子を図で表したりする学習（復習）が必要である。		
★関連する「系統的な知識」	水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という 【小 5】物の溶け方	

【設問 5】『ありがとう』と声をかけ続けた水をこおらせると、
きれいな形の結晶（右）ができ、『ばかやろう』と声を
かけ続けたでは形のくずれた結晶（左）ができる」と
いう考えは正しいと思いますか？



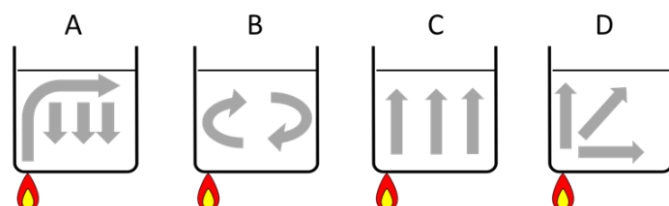
選択肢	小学校5年生 (n=45)	中学校1年生 (n=118)
ア 正しい	1人 (2%)	11人 (9%)
イ 正しいかもしれない	13人 (28%)	38人 (32%)
ウ 正しくないかもしれない ◎	<u>7人 (15%)</u>	<u>22人 (19%)</u>
エ 正しくない ◎	<u>25人 (55%)</u>	<u>47人 (40%)</u>
ウ「正しくないかもしれない」とエ「正しくない」と批判的に回答できたのは、5年生で70%、中学校1年生で59%だった。 本設問で扱った現象は学習指導要領には記述されていない。かつて書籍等で紹介された現象で、現在では多くの研究者によって、偶然できたきれいな形の結晶の写真に「ありがとう」、偶然形の崩れた結晶の写真に「ばかやろう」と注意書きしただけで、ヒトの感情で結晶の形が変化するはずがない、などの批判がなされ（例えば、左巻：2019）、科学的根拠はないと考えられている。 現代では、科学的な言葉で装いながら、科学的根拠のない現象を利用した疑似科学による消費者問題が深刻であり、学校教育にも及ぶ（例えば、左巻：2022）。だからこそ、子どもたちがそうした問題に対して妥当な判断ができることも、理科教育で育成する資質・能力に含まれると考える。		
★関連する「系統的な知識」	・特になし（社会的な文脈での質的・実体的な見方）	

【設問6】 同じ人が、姿勢をかえて体重計にのっています。
一番重いのは、どれでしょうか？



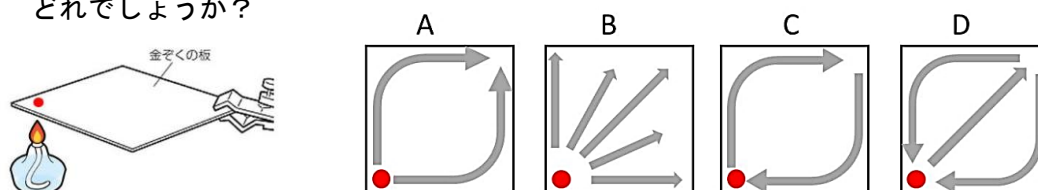
選択肢	小学校5年生 (n=46)	中学校1年生 (n=118)
・ Aが一番重い	1人 (2%)	5人 (4%)
・ Bが一番重い	3人 (7%)	7人 (6%)
・ Cが一番重い	18人 (40%)	23人 (20%)
・ どれも同じ重さ ◎	<u>24人 (51%)</u>	<u>83人 (70%)</u>
正答率は、5年生で51%、中学校1年生で70%だった。この設問は、小学校学習指導要領では小学校3年生の「物は形が変わっても重さは変わらない」という知識に関わる。5年生はすでに学んだ内容なので、正答率は低いといえる。ただし、中学校1年生の正答率も決して高いとはいえない。多くの教科書で記載されている、「粘土の形や人の姿勢を変えても重さが変わらないこと」を確かめる実験だけでは十分で、身近な物を使って納得いくまで実験で確かめ、「いろいろな物で確かめたがやはり重さは変わらない」と一般化する経験が必要なのかもしれない。		
★関連する「系統的な知識」	・物の形を変えても重さは変わらない 【小3】物と重さ	

【設問7】 水が入ったビーカーの左端を熱した温まり方を表した、正しい図はどれでしょうか？



選択肢	小学校 5 年生 (n=46)	中学校 1 年生 (n=118)
・ A が正しい ◎	<u>30 人 (65 %)</u>	<u>29 人 (25 %)</u>
・ B が正しい	0 人 (0 %)	14 人 (12 %)
・ C が正しい	4 人 (9 %)	25 人 (21 %)
・ D が正しい	12 人 (26 %)	49 人 (41 %)
・ どれも正しくない	0 人 (0 %)	1 人 (1 %)
正答率は、5 年生で 65%、中学校 1 年生では 25%だった。小学校学習指導要領では 4 年生の「温められた水は上に移動して上から下へ全体的に温まる」という知識に関わる。学年が上がって正答率が約 40%下がることから、記憶から抜け落ちやすい知識だと推測する。4 年生の示温インク（温まると色が変わるインク）を使った 1 回限りの授業で理解することは容易ではないのだろう。 いずれの学年でも、示温インクを使った実験を再検証することが必要であり、同時に、水の温まり方を図で表したり、日常の事象と結び付けたりする学習（復習）も必要だと考える。		
★関連する「系統的な知識」	・ 水や空気は、温められた部分が移動して全体の温度が上がる 【小 4】金属、水、空気と温度	

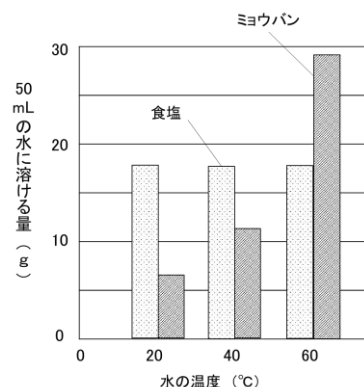
【設問 8】 水平にした金属板の端を下から熱しています。金属板の温まり方を表した正しい図はどれでしょうか？



選択肢	小学校 5 年生 (n=45)	中学校 1 年生 (n=118)
・ A が正しい	0 人 (0 %)	12 人 (10 %)
・ B が正しい ◎	<u>43 人 (94 %)</u>	<u>94 人 (80 %)</u>
・ C が正しい。	1 人 (2 %)	1 人 (1 %)
・ D が正しい。	2 人 (4 %)	6 人 (5 %)
・ どれも正しくない	0 人 (0 %)	5 人 (4 %)
正答率は、5 年生で 94%、中学校 1 年生で 80%だった。この設問は、4 年生の「金属は温められた部分から順に熱が伝わり、全体の温度が上がる」という知識に関わる。一般的には、金属板に塗ったロウが融けたり、金属板に貼った示温シートの色が変化したりする実験で確認する。5 年生・中学校 1 年生の正答率から、この記憶については、おおよそ定着していることが推測される。 しかし、【設問 7】で、「水の温まり方」で誤答していた子どもたちの大部分も、本設問では正答していることから、「水」と「金属」の温まり方を区別できていない可能性が考えられる。 【設問 7】の分析でも述べたように、「水の温まり方」について、小学校・中学校の理科授業を通じて、示温インクなどを使って学習（復習）する機会に、「金属の温まり方」と区別することも大切にしたい。		
★関連する「系統的な知識」	・ 金属は、温められた部分から順に熱が伝わり、全体の温度が上がる（伝導） 【小 4】金属、水、空気と温度	

【設問 9】 グラフを見て、思ったことを書いてください。

※中学校 1 年生のみ（n=118）



回答の分類		子どもの回答例	中学校 1 年生
ア	食塩とミョウバンそれぞれの質的な見方と、それらを比較した解釈について記述している ◎	- 食塩は温度が変わっても溶ける量は変わらない。それに比べ、ミョウバンは温度が高くなるほど溶ける量も多くなる。 - 食塩は温度が変わっても溶ける量は変わらないけど、ミョウバンは温度が上がっていくにつれ溶ける量も多くなる。 等	14 人 (12%)
イ	アを概念化して、記述している ◎	物質によって同じ温度でも溶けやすさが異なる。	1 人 (1%)
ウ	食塩とミョウバンのどちらか一方の質的な見方のみ記述している	- 食塩は水の温度を変えても溶ける量は変わらない。 - 食塩は温度が変わっても溶ける量は同じ - ミョウバンは 60℃を超えると水に溶けやすくなる - ミョウバンは、温度が高かったらよく溶ける。 等	31 人 (26%)
エ	条件が十分でない記述	- 温度が高いほど溶けやすい。 - ミョウバンはよく溶ける。 - ミョウバンは、20℃～60℃までの差が激しい。 等	67 人 (57%)
オ	誤った見方の記述	- ミョウバンの溶ける量が温度に比例して大きくなる - ミョウバンが一番温度が高い。 等	5 人 (4%)
正答を「ア・イ」としたとき、正答率は合わせて 13%だった。アとイの回答条件は、近年の全国学力・学習状況調査でも求められている、「事実（結果）と解釈（考察）のセット」もしくは、「根拠となる事実と理由付けのセット」での解答基準を参考にしている。 アの条件は、「食塩とミョウバンそれぞれの質的な見方と、それらを比較した解釈について記述しているで書かれていること」であり、これを満たした回答は 12%だった。 イの条件は、アを概念化できていることである。これを満たした回答は 1%のみだった。 ウは、「食塩とミョウバンのどちらか一方の質的な見方のみ」で、「自分の解釈」が抜けている。この回答は 26%にのぼり、「比較」「関係付け」などの理科の考え方を意識させる指導が必要になる。 エは、「温度が高いほど溶けやすい」「食塩よりミョウバンの方が溶けやすい」など、主語や根拠となる条件（事実の範囲）が十分記述されていない。逆に言えば、「主語と条件（事実の範囲）」を意識させることで改善できる可能性を示している。誤答としては、このエの回答が 57%と最も高い。 オは、「ミョウバンの溶ける量が温度に比例して大きくなる」などの誤った見方である。ミョウバンなど温度変化による溶解度の差が大きい物質のグラフは、一見すると「比例している」ように見えるので、実験を通して「比例ではない」という考え方に気付かせたい。			
★関連する「系統的な知識」		ミョウバン水溶液の温度を下げると、溶けきれなくなったミョウバンを取り出せる	【小 5】物の溶け方

4 事前アンケートから授業実践への提案

事前アンケートの結果から、「質的・実体的な見方」に関して、子どもたちが持つ既有的知識や見方・考え方、素朴な概念を少なからず把握することができた。その中には、様々な知識を結びつける「系統的な知識」の素地がある一方で、誤った見方・考え方もあった。

こうした事前アンケートの結果を踏まえて、授業実践への提案を以下のように整理した。これらを基に、小学校5年生「物の溶け方」、中学校1年生「水溶液の性質」それぞれの指導案を作成した。

事前アンケートに基づく授業実践の提案

- ◆ 「物には重さがある」「目に見えない空気にも重さがある」という見方について学び直す。
- ◆ 「水に溶けた物（溶質）は均一に広がる」という知識は記憶から抜け落ちやすい。食塩（溶質）が均一に存在することを実験で確かめると同時に図で表したり、説明したりする等の学習を取り入れる。
- ◆ 多くの子どもたちの記憶から抜け落ちている可能性の高い、「温められた水は上に移動して上から下へ全体的に温まる」という知識を活用する。
- ◆ 5年生では「溶けるー融ける」、中学校1年生では「溶解ー融解」の違いを現象と言葉で区別し、混同を避ける。
- ◆ 「客観性・再現性・実証性」を重視した実験や議論を促し、科学的な視点で思考・判断する大切さに気付かせていく。
- ◆ 考察の際には、「実験の事実（結果）＋解釈」をセットにして自分の考えを主張することを促し、論理的な視点で思考・判断ができるようにする。

5 事前研究

小学校5年生「物の溶け方」と中学校1年生「水溶液の性質」の事前研究を行った。まず、筆者が学習指導要領や教科書、指導書等を参考に基本的な学習計画を作成した。そして、自由が丘東小学校のA教諭・自由が丘中学校のB教諭及び筆者の3名で集合し、本時案を作成した。その際に、共通理解した内容は以下の通りである。

研究の方向性	・ 研究テーマ、研究の意図や方法などを共通理解した ・ 筆者が仮説的に設定した「系統的な知識」に修正や変更を加えた
児童観・生徒観	・ 本年度4月からの小学校5年生、中学校1年生の授業の様子を共通理解した ・ 研究授業を通して成長を期待したい子どもを抽出し、実態を共通理解した
指導方法 (支援方法)	・ 「事前アンケートに基づいた授業実践への提案」を共通理解した ・ 「系統的な知識」の意味付け方は、本質を損なわなければ、子どもたちや学級の実態に即して多様でよいことを共通理解した ・ 本時では、質的・実体的な見方を働かせる発展的な課題として、「※塩化アンモニウムの再結晶(詳細は次頁)」を扱うことを共通理解した

※発展教材として、「塩化アンモニウムの再結晶」を扱う理由

塩化アンモニウムは、ミョウバンのように温度による溶解度の差が大きい。50mLの水に対して60℃で約28g溶けるが20℃では約18gしか溶けない。この温度差の再結晶で約10gの結晶が析出する(図9)。さらに、塩化アンモニウムの再結晶は他の物質のそれと違い、結晶の現れ方に特徴がある。容器の端の方から固まるように結晶化するのではなく、透明の溶液中から突然生まれるように「星形の結晶」が現れる。その結晶が少しずつ集まり大きくなると、雪が降るように落ちてくる。(図10)

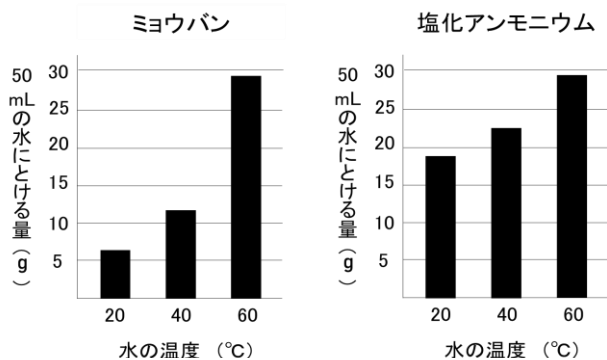


図9 溶解度(ミョウバンとの比較)

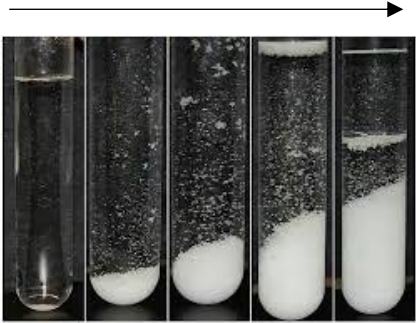
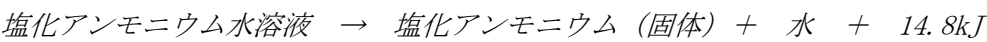


図10 塩化アンモニウムの再結晶

再結晶によって、水に溶けていた塩化アンモニウムが固体の結晶として析出するときは、発熱反応(下式)が起こり、結晶が集まる試験管の底が特に温かくなる。(日本化学会：2004)



そのため、塩化アンモニウムの結晶が析出するときは、熱によって試験管の中で水が上向きに移動するのに伴い、試験管の底にあった結晶の一部が上へ移動する。しかし、結晶が集まって質量が大きくなり、上向きの水の流れて支えきれなくなると、再び下向きに移動する。

このようにして、塩化アンモニウムの再結晶は「繰り返し、雪が降り積もるような動き」を見せる。試験管全体の温度が下がって結晶の動きが止まっても、温め直せば何度でもくり返すことができる。

以上のように、塩化アンモニウムの再結晶は小学校3年生から5年生までの粒子領域に関する科学的な知識で説明することができる。それらの科学的な知識の中には、学年・単元・領域を越えてつながる知識、つまり「系統的な知識」も多く含まれる。つまり、塩化アンモニウムの再結晶を説明するためには「系統的な知識」を活用しなければならない、という必然性が生まれるのである。(図11)

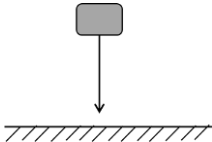
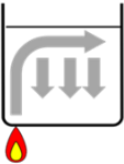
小学校3年生 「物の重さ」	小学校4年生 「金属、水、空気と温度」	小学校5年生 「物の溶け方」	中学校1年生 「水溶液の性質」他
・重さのある物は落下する 	・水は、温められた部分が移動して、上から下へと全体的に温まる 	・溶けた物が均一に広がり、透き通った状態を「溶けた」という ・温度を上げて溶かしたミョウバンは、温度を下げることで再び取り出せる(再結晶)	・水より密度が大きい物質は水に沈む。 ・温度を下げると溶けなくなった物質が出てくる(再結晶)

図11 「くり返し、塩化アンモニウムの結晶が雪のように降り積もる」理由を説明するために必要な知識

6 指導案 ー中学校1年生「水溶液の性質」ー

(1) 学習計画

◎は2時間扱い、★は本単元で身に付ける「系統的な知識」を表す

時	学習活動	指導上の留意点
1	「溶ける」とはどういう意味？ ○シュリーレン現象を観察する ○食塩水などを例に溶液中の溶質の様子を図に表す ★水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という ★物質を水に溶かす前後で全体の質量は変化しない	□小学校で学んだことを確認し、必要に応じて再実験し、新しい知識を結び付けて理解することを促す。 【既有の知識の例】 ・均一に広がる ・重さが変わらない 【新しい知識の例】 ・塩化ナトリウム ・粒子 ・溶質／溶媒／溶液 □水の中に入れたコーヒーシュガーが拡散していく様子を確認し、均一に広がるイメージを持たせる。
2	水溶液の濃さはどのようにして表す？ ○濃度の質量パーセント濃度を計算で求める。	□まずは計算しなくても濃度が分かる場合、次に溶液・溶質のいずれかが分かっている場合、そして濃さ(%)から溶媒の重さを求める場合へと、スモールステップで計算ができるようにする。
3 5	水溶液から溶質を取り出そう ◎実験 硝酸カリウム（再結晶）、塩化ナトリウム（蒸発）を水溶液から取り出す。 ★溶解度は物質によって決まっている ★硝酸カリウムやミョウバンは水温を下げることで結晶を取り出す(再結晶) ○実験 塩化アンモニウムの再結晶について説明する 【本時】	□小学校で学んだことを引き出しながら実験を行い、新しい知識を結び付けて理解することを促す。 【既有の知識の例】 ・溶ける量には限界がある ・物、水温、水量によって溶ける限度が異なる ・ミョウバンは温度変化、食塩は蒸発で取り出せる 【新しい知識の例】 ・飽和水溶液 ・溶解度（曲線） ・硝酸カリウム ・結晶 ・再結晶 ・純物質 ・不純物 □再結晶による反応熱で温められた水とともに結晶が上昇し、結晶が大きくなると自重で降下することに気付かせ、既有の知識と再結晶に関する知識を結び付け、再結晶への理解を深められるようにする。
6	混合物から純物質を取り出そう ○実験（蒸留） ミョウバンと硫酸銅の混合物から、ミョウバンの純物質を取り出す。	□水温を上げてミョウバンと硫酸銅をすべて溶かし、室温程度の再結晶でミョウバン結晶を、その後のろ過と乾燥で硫酸銅の結晶を取り出し、結晶が析出する水温と、析出量の関係に気付かせる。

(2) 本時案

- 目 標 雪のように、繰り返し降り積もる塩化アンモニウムの再結晶について、水の温まり方や物の重さ、溶解度曲線などを活用して、科学的に考えることができる。
- 準備物 ・ 塩化アンモニウム 50 g、水 110 mL、加熱装置、試験管×班数
- 展 開

学習活動	主な発問と予想される反応	手立て
1 学習の見通しをもつ ・ 塩化アンモニウムの再結晶を観察する	○試験管の中はどうなっていますか ・ 白い物体がでてきた ・ 星みたいな雪みたいな結晶？ ・ 白いのが塩化アンモニウム？	・ 試験管ごとに給湯ポットで温めておく ・ 水の入った試験管を渡し、対照実験を促す
結晶が、くり返し雪のように降り積もるのはなぜ？		
2 個人で考える ・ ワークシートに書く ・ タブレットにあげられた動画や溶解度曲線を参考に ・ 文章や絵で表現する 等	○個人で考える前に質問はありますか ○タブレットに入れた動画や溶解度、また教科書なども参考にしましょう	・ 問題解決に必要な情報提示の準備をしておく (例) 再結晶の様子の動画 溶解度曲線のデータ 等
3 班で考えを共有する	質的・実体的な見方を働かせていると考えられる気づきや疑問 ・ 試験管の底が熱い ・ 下に落ちてくるほど大きい ・ 溶けきれなくなった物が見える ・ 集まった重さで落ちてくる ・ 底で温められてまた上がる？ 等	・ 見方を働かせるように、既習や生活経験を問い直す (例) 小3「物の重さ」 小4「温められた水の移動」 小5「ミョウバンの再結晶」
4 班で話し合い、科学的に妥当な説明をつくる	○班で一つの意見にまとめて、ホワイトボードに書きましょう。そして、それを説明しましょう	・ 断片的な言葉でもよいことを伝え、班で集約しやすくする ・ 口頭説明で補うことを促す
5 学習を振り返る	科学的に妥当な説明の例 ・ 溶解度曲線では、50℃で飽和した塩化アンモニウムが 20℃で 10 g 出てくる。これが星の形をした結晶だ。 ・ 底で温められるから軽い小さな結晶がまた上にあがり、集まって落ちてくるのが何度もくり返される。 等	・ 生徒の気づきを基に、塩化アンモニウムの再結晶が「雲の中で雨粒ができる」過程と同じことを意味付ける ・ 黒板に貼られたホワイトボードを使って、妥当な説明のポイントを意味付ける

7 授業の分析 ―中学校 1 年生「水溶液の性質」―

(1) 導入

各班に塩化アンモニウム水溶液と、水が入った 2 本の試験管を用意した。水が入った試験管は対照実験用である。子どもたちは、各班で塩化アンモニウムの再結晶を観察し、「結晶が生まれてくる」「きれい」「積もっていく」と気付いたことを友達と語り合っていた。驚きや感動をもって、自然の事物・現象を何とか言葉にしようとする姿は、「学びに向かう力、人間性等」の土台になると感じた。

その中で、自主的にタブレット端末のカメラ機能を起動し、撮影する子が数名いた（図 12）。自然の事物・現象を観察する際には、直接自分の目で観察することが大切であるが、動画や写真で撮影するメリットも大きい。例えば、後で何度も見直せること、個人思考や共同思考における客観的な根拠になること、タブレット端末に保存してデジタルポートフォリオにできること等である。

何より、このように動画を撮影する主体性もまた重要ではないだろうか。それは、科学的な探究の見通しをもち、「この動画が役に立つ」と判断して行動している姿だと考えるからである。「学び方を自分で選択する」子どもの姿は、授業の随所で見られた。

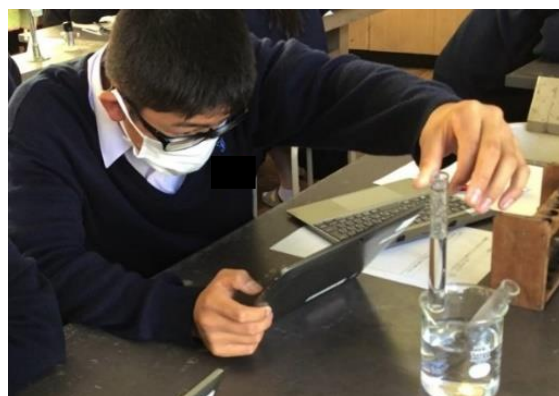


図 12 タブレット端末で動画撮影する

(2) 個人思考

「結晶が繰り返し、雪のように降り積もるのはなぜ？」という学習問題を学級で共有し、その説明を個人で思考する場面でも、子どもたちは自分の判断で調べる対象を選択していた。ある子はタブレット端末の共有ファイルにアップされた「塩化アンモニウムの再結晶の動画」や「塩化アンモニウムとミョウバンの溶解度曲線を比較したグラフ」を視聴し、ある子は教科書で「ミョウバンや硝酸カリウムの再結晶」を見直していた（図 13）。

また、自分で撮影した再結晶の動画を見直す中でスローモーション機能を使って、水中から結晶が現れる瞬間を発見する子もいた。

その中で、ある子がタブレット端末のインターネットの web サイトに「塩化アンモニウム 再結晶」などの検索ワードを打ち込み、解答例を調べていた。そして、班での話し合いでもでも Web サイトで調べた内容を使ったが、うまく説明はできなかったようである。



図 13 調べ方を自分で選択する

1 人 1 台端末が配布され、授業で活用することが日常となった今日、このような行動はあり得るだろう。そして、インターネット上の情報を理解せずに写して済ます、誤った情報を鵜呑みにする等の問題が危惧される。それでも、概念的な理解に向けて、インターネットの情報を活用する力は、これからの時代に求められる重要な力でもあると考える。だからこそ、インターネットで調べることを否定するのではなく、情報を写して済ましたり鵜呑みにしたりせずに、有効に活用する授業を目指すべきである。

(3) 班・全体での対話① — 「繰り返し」への言及—

「繰り返し、塩化アンモニウムが雪のように降り積もる」理由について、子どもたちは個人思考の後、班で意見交流し、その説明を集約・発表した。いずれの班の説明も、前時に学習した「ミョウバンや硝酸カリウムの再結晶」の考え方をおおそ活用した科学的に妥当なものであった。しかし、「繰り返し、結晶が雪のように降り積もる理由」の「繰り返し」の部分へ言及した班はなかった。

そこで、B教諭が、「どうして、下から上に粒が舞いあがったんだろうか」と全体で発問し、子どもとの対話が展開した。以下、その対話の一部を示す。(図 14)

- B教諭： どうして、下から上に粒が舞いあがったんだろう？
- C 1： 対流？
- B教諭： なるほど。じゃあ、①水が入っただけの試験管と比べみると？
- C 2： 水の入った方（試験管）より、塩化アンモニウムの方（試験管）があったかい。
- C 3： ②え？ あったかい？ ほんまや。あったかい。
- B教諭： みんな、これ覚えてる？
(小学校4年生で行った、③「示温インクで水の温まり方を調べる実験動画」を提示)
- C 4： それって、下から上に温まっていくはず。
- C 5： いや回りながら温まったはず。
(他の生徒は、指を上下させたり回転させたりして、温まり方を相談している)
- C 6： そうか、上から下か。忘れとったわ。
- C 2： (塩化アンモニウムの) 生まれたばかりの結晶は、上から下に落ちていって・・・。
- C 7： だから、落ちたけど、(底が) 温かいから、また上に移動して・・・
- C 8： 下から上にいって、大きくなって重くなって落ちてくる。
- C 9： だから、くり返し、降ったり積もったりする！
- C 2： そういうことかあ。

図 14 「くり返し、塩化アンモニウムが雪のように降り積もる理由」を考える対話の一部

図 14 の対話を通して、「繰り返し」の部分に子どもの思考が向かった。B教諭は、____線部①のように「水が入っただけの試験管と比べてみると？」と問い、塩化アンモニウムの発熱に子どもの意識を向けた。その熱を体感した子どもたちは、____線部②のように「あったかい」等と声をあげた。

しかし、学級全体の思考が「対流」につながらないため、B教諭は、____線部③のように、小学校4年生の教科書に記載されている「示温インクの実験動画」を提示した。それを視聴した子どもたちは、「それって…」「そうか…」「だから…」と意見をつなぎ始めた。

ここで重要な問題は、小学校4年生で学んだ、「水は、温められた部分が上に移動して、上から下へ全体の温度があがる」という知識が、当初子どもたちの記憶の引き出しから出てこなかったことである。ただし、B教諭は、子どもたちがその知識を記憶から引き出せない、もしくは記憶から抜け落ちていることを事前アンケートで把握していたので、「示温インクの実験動画」を用意することができたのである。

結果的に、その示温インクの実験動画が記憶の引き出しを開ける鍵になり、そこから子どもたちは、「塩化アンモニウムでも…」「生まれたばかりの結晶は…」「温められてまた上に移動して…」「重くなって落ちる…」と様々な知識と結び付けていった。

(4) 班・全体での対話① ー地球領域「雨粒のできかた」とのつながりー

「水は、温められた部分が移動して全体の温度があがる」という知識が、「領域を越えてつながる」場面があった。「繰り返し、塩化アンモニウムが雪のように降り積もる」理由について、子どもたちの合意形成に向けた対話の一部を、下の図 15 に示す。

- B 教諭： ①これ(再結晶)って、ある現象と似てませんか？（雲の画像を提示）
- C 1： ②雪や！ 雨もやろ？
- B 教諭： そう。2 年生で勉強するんだけどね。雨を降らせる入道雲はいつできるか覚えてる？
5 年生で習った。
- C 2： 夏！ 冬とか秋より夏の方が雲が大きい。
- C 3： あ、熱いから地面が温められるんや。
- B 教諭： うん、地上と上空、どっちが冷たい？
- C 4： 上空！ ③あ、同じや。
- B 教諭： 再結晶みたいに、空気にも水が見えないように…
- C 5： 水蒸気！

図 15 「再結晶」と「雨粒のできかた」を結びつける対話の一部

図 15 の冒頭で、B 教諭は、粒子領域の「再結晶」と地球領域の「雲のできかた」を結び付けることを意図して、____線部①のように、子どもたちに「ある現象と似てませんか？」と問うた。すると先ほどまで観察していた塩化アンモニウムの結晶が雪のようだったため、____線部②の C 1 のように、多くの子どもが「雪や雨」と発想した。教材そのものが類推のフレームとして適していたことがわかる。

その後は、B 教諭の簡単な問い返しだけで、子どもたちは「再結晶」と「雲の中での雨粒のできかた」を結びつけていった。最終的に、____線部③のように、C 6 が「あ、同じや！」と声をあげた瞬間、他の子どもたちも同じように閃いた表情をしていた。地上で温められた空気が上にあがって冷やされると出てきた水滴同士がくっついて雨粒になる現象と、目の前の試験管で塩化アンモニウムの結晶が上にあがって大きくなる現象が結び付いた（類推した）のである。（図 16）

私たちの目の前に広がる日常は、決して「粒子」「エネルギー」「地球」「生命」のように明確に線引きできる世界ではない。だからこそ、領域を超えた知識のつながりはむしろ自然なことであり、その事物・現象をより深く理解することに寄与するのではないだろうか。子どもたちの姿からも、知識が領域を越えて知識が結び付くことで、より豊かな概念的な理解へと至るといえるだろう。

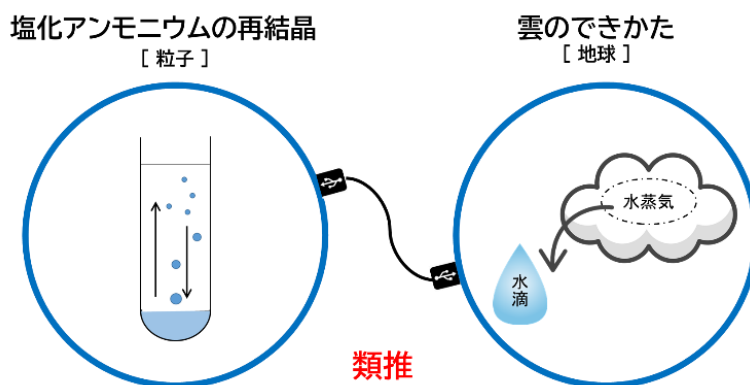


図 16 領域を超えて知識が結び付く

(5) 対話からうかがえる「概念的な理解」

振り返りの際に、「繰り返し、塩化アンモニウムが雪のように降り積もる」理由について、C 1 が隣の C 2 に説明をしていた。そこで行われていた対話の一部を以下に示す。

- C 1 この小さい結晶が、温められた水流で上にいくねん。
 ① わあ～って。そしたらまた大きくなったら、①ふあ～って
 下がって、くり返し積もっていくねん。
 C 2 それが雨のでき方と同じなん？
 C 1 んー。何て言うのかな。②水の循環、みたいな？ 水蒸気、
水、氷になるやん。空気中でおこる再結晶みたいな？
 C 2 ③水溶液の中でも空気の中でも、粒が生まれるん？
 C 1 それが雨粒やろ？

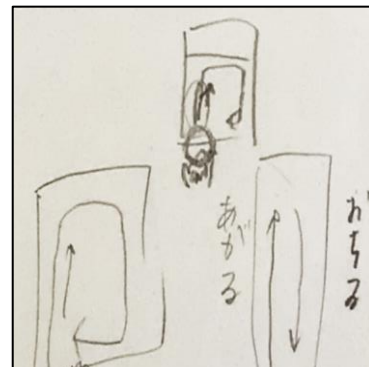


図 17 「ふり回り」での対話

図 18 C 1 が描いた図

図 17 の対話をみると、C 1 は、結晶の動きを、線部①のように「わあ～つ」「ふあ～つ」などのオノマトペを使い、それに合わせて図式化（図 18）しながら説明している。さらに、線部②のように、「水の循環、みたいな？水蒸気、水、氷になるやん」と述べ、小学校 4 年生で学んだ知識を関連付けて新しい解釈をつくりだした。最後に、線部③のような C 2 の「水溶液の中でも空気の中でも、粒が生まれるん？」という問いかけに、C 3 は「それが雨粒やろ？」と答える。粒子領域の再結晶の概念と地球領域の雲（雨粒）のでき方を結び付ける（類推する）見方を自分のものになっている様子うかがえた。

以上のような対話もまた、概念的な理解を互いに促していたと考える。そこには、相手に自分の解釈を伝え、納得してもらえたことで、自己有用感や自己肯定感を実感できたことも大きな要因になったのではないだろうか。「他者との対話」の本質がそこにあると思えた。

(5) ワークシートからうかがえる「概念的な理解」

子どもたちの概念的な理解は、ワークシートからもうかがえる。下の図 19 は、上述の C 1 が書いた本時のワークシートである。

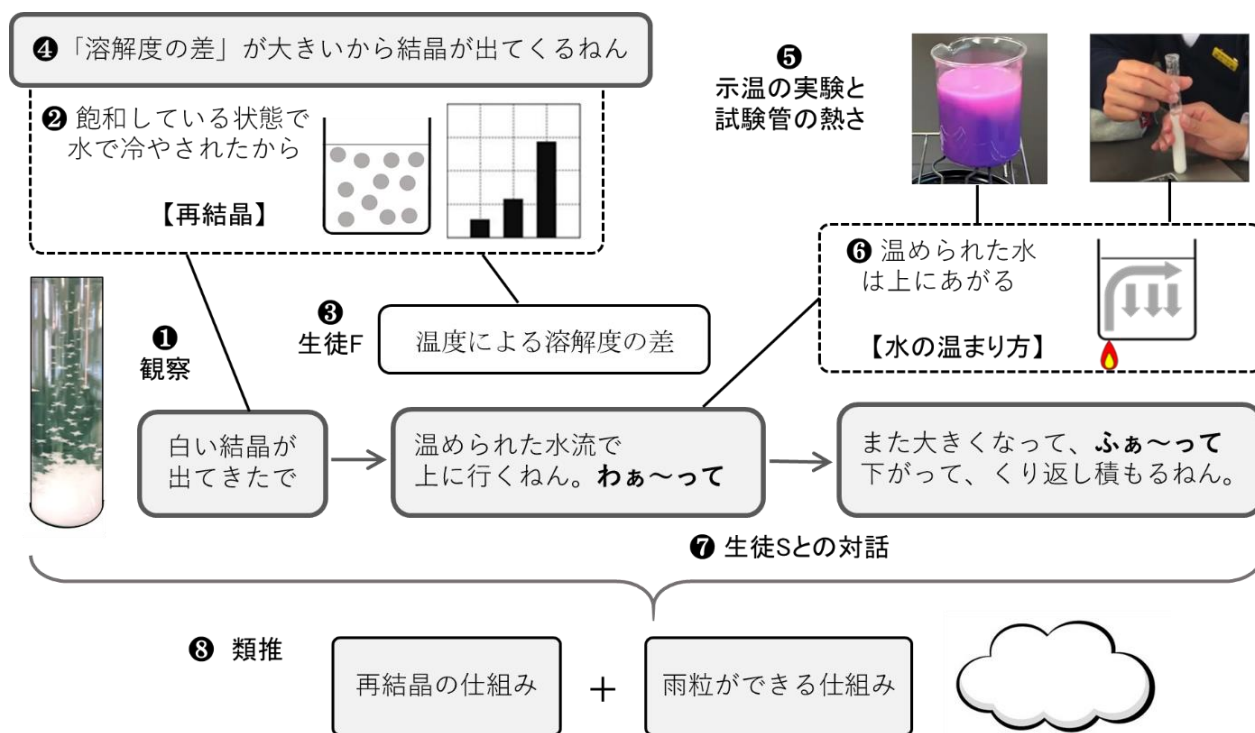
- 観察した気付き 白い物質が出てきた。再結晶した。
- 自分の意見 飽和している状態が 冷たい水で 冷やされたので、
このような状態になる。
- 自分の班 塩化アンモニウムは温度による 溶解度の差が大きいので、水をあたためた状態で 飽和水溶液を作り、冷やると、再結晶のようになる。
- 他の班

3班	小さい粒は水より密度が小さいから 上にのぼっていく。
2班	冷やれて再結晶がおこった。
8班	
- ふり振り返り 温度が下がって、とけきれなくなった塩化アンモニウムがでてきて、
熱で、小さな粒が上にあがり、熱で、雪のようになる。
4年生の学習で学んでいたことが、今回の実験に出てきて、びっくりしました。
もう一度学びなおします。

図 19 C 1 が書いたワークシート

(6) 中学校1年生の「概念的な理解」の例（生徒K）

中学校1年生の概念的な理解の様子を、前述のC1を例に、下の図20のような図式化を試みた。



- ① 「塩化アンモニウムの再結晶」を観察して、「白い結晶が出てきた」と気付いた。
- ② ①の気付きは、「飽和している状態で冷やされた」という再結晶の概念を関連付けたものだった。
- ③ 別班のC3が、「温度による再結晶の差」という表現で説明していた。
- ④ ③を組み合わせ、「溶解度の差が大きいから結晶が出てくる」と再結晶への理解を深めた。
- ⑤ 示温インクの実験を視聴し、試験管の底が熱いことを体感した。
- ⑥ 小学校4年生で学んだ「温められた水は上にあがる」ことを思い出した。
- ⑦ 振り返りの際に、C2と対話する中で、「わぁ～」「ふぁ～」といったオノマトペや、図式化したりしながら、塩化アンモニウムの再結晶のしくみを意味付けた。
- ⑧ 塩化アンモニウムの再結晶が、「雲の中で雨粒ができる仕組みと似ている」と類推した。

図20 中学校1年生の概念的な理解の例（C1）

(7) 中学校1年生の授業実践を振り返って

中学校1年生では、子どもたちの概念的な理解に向けて、B教諭の以下のような手立てが特に有効に働いたと考える。これらを小学校5年生の授業実践でも参考にしていきたい。

概念的な理解に向けて、有効だったと考えられる手立て

- 「試験管の熱さを実感する」など印象に残る体験（原体験）の場をつくる。
- 「再結晶」の概念を、地球領域の「雲（雨粒）のでき方」と結び付ける（類推させる）。
- 示温インクの実験動画を用意し、子どもたちの思考の流れに沿って視聴させる。
- 試験管は、「塩化アンモニウム水溶液」「水のみ」の2種類用意し、対照実験ができるようにする。
- 振り返りの時間、子ども同士の対話の時間を十分に保障する。
- 結晶の動きを図で表す、比喩や擬態語で説明するなど多様な表現で自分なりの解釈を促す。

8 指導案 ー小学校5年生「物の溶け方」ー

(1) 学習計画

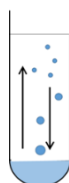
◎は2時間扱い、★は本単元で身に付ける「系統的な知識」を表す

次	時	学習活動	指導上の留意点
一 つかむ	1	「溶ける」ってどういうこと？	
	2 3	○様々な物を水に溶かす〔自由試行〕 ★水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という ★水に溶ける物と溶けない物がある ◎溶かす前後の重さを調べる。 ★物の重さは水に溶けても残る	・溶ける物に食塩、ミョウバンなど、溶けない物にデンプンなどを用意する ★食塩が水に溶ける様子を図で表し、「溶ける」イメージを共有する ・班ごとに物の種類や水の量を多様に変えても、条件制御によって法則性を一般化できることを確認する
二 深める	1	どうしたら、食塩やミョウバンをもっとたくさん溶かせる？	
	2 3 4 5 6 7	○物をたくさん溶かす条件を考える。 ◎実験1 水に溶ける量 ・物が水に溶ける量には限界がある ◎実験2 水量だけを変える ・ミョウバンより食塩が溶ける。水量が2倍になると溶ける量も2倍に ◎実験3 水温だけを変える ・食塩は変わらない。ミョウバンやホウ酸、砂糖は増える ★物によって溶け方がちがう	・条件制御や実験の方法を各班で整理し、計画を立てさせる [水量] 50/100/150mL、[水] 20/40/60℃ ・メスシリンダーやろ過装置の使い方を確認する ・ろ過で水に溶けていない物を分離する ★温度による溶け方の違いをグラフで表す ミョウバンの場合 食塩の場合
三 生かす	1	どうしたら、水に溶けた物をもう一度取り出せる？	
	2 3 4 5 6	◎実験4 実験3の水溶液を冷やす ★ミョウバン水溶液の温度を下げると、溶けきれなくなったミョウバンを取り出せる ◎実験5 実験4の水溶液を蒸発させる ★食塩水を蒸発させると、食塩を取り出せる ○塩化アンモニウムの結晶が雪のように降り積もる理由を説明する 【本時】 ○学習を振り返る	・食塩水とミョウバン水溶液を事前にろ過し、水溶液は間接的に氷水で冷やす ・実験4と実験5の結果をグラフで考察し、溶解度曲線につながるイメージを持たせる ・試験管下部で熱が発生していることに気付かせ、温められた水の動き方や、結晶の重さを手掛かりにした思考を促す ・単元を通して蓄積した学習履歴を基に学びを再構成する

(2) 本時案

- 目 標 塩化アンモニウムの再結晶について、ミョウバンの再結晶に関する知識や、水の温まり方、物の重さに関する知識を活用して、科学的に考えることができる。
- 準備物 ・塩化アンモニウム 50 g、水 110 mL、加熱装置、試験管×班数
- 展 開

学習活動	主な発問と予想される反応	手立て
1 学習の見通しを持つ ・塩化アンモニウムの再結晶を観察する	○試験管の中はどうなっていますか ・星みたいな結晶が降ってくる？ ・ミョウバンの再結晶と同じ？ など	・水の入った試験管と比べさせる
〔学習問題〕 結しようがくり返し、雪のように降り積もるのはなぜ？		
2 個人で考える ・ワークシートに文章や絵で表現する	○個人で考える前に質問はありますか ・ミョウバンみたいにグラフがほしい ・もう一度みたい など	・個人思考に必要な情報をタブレット端末で共有する (例) 温度ごとに溶ける量のグラフ 再結晶の動画 など
3 班で意見を伝え合い考えをまとめる	○班で意見をホワイトボードにまとめて、発表する準備をしましょう。 ・新しい絵にかき直そう ・みんなでもう一度動画を観よう	・質的・実体的な見方を働かせた気づきを価値付ける (例) 冷やされて溶けきれなくなるから見えるようになる 結晶が大きくなると自重で落下 底で温められてまた上がる など
4 他班の説明を聞き、自分の班の説明を再構成する ・他班の情報を取り入れて自分の班の説明内容を改善する	○ワールドカフェ方式で、様々な班の意見を聞きましょう。 〔ワールドカフェの案〕 ・説明と質問の時間で約5分 ・説明を聞いた後、班で再検討する ・(発表者を替えて) 2～3回行う	・「繰り返し」に言及した説明がない場合は、状況に応じて小4「水の温まり方」を想起させる (例) 示温インクを使った実験動画 など
★科学的に妥当な説明の条件 ・ミョウバンのように、高い温度ではたくさん溶けるけど、冷やされて温度が下がると溶ける量が少なくなって、溶けきれなくなった分が(結晶になって)雪のように現れた。 〔再結晶〕 ・水が温められて上にあがる流れにのって、(結晶も)一緒にあがる 〔水の温まり方〕 ・(結晶が)集まって大きくなり自重で落ちてくる 〔物の重さ〕		
5 学習をふり返る ・ワークシートに書く ●文章や絵で表現する	○今日の学習を整理しましょう ・再結晶の概念、水の温まり方の概念、重さの概念それぞれを自分なりの言葉で整理して説明する	・各班の説明を総合して、「妥当な説明例」を板書で整理する ・最終的な自分の説明をまとめ、友達と伝え合い、妥当な説明になっているか確認させる



9 授業の分析 ―小学校5年生「物の溶け方」―

(1) 導入

小学校5年生でも中学校1年生と同じように、各班に飽和した塩化アンモニウム水溶液と、水が入った2本の試験管を用意した。水が入った試験管は対照実験用である。子どもたちは、塩化アンモニウムの再結晶を観察し、「結晶が産まれてくるみたい」「雪みたいに積もっていく」「ミョウバンと同じなのかな」と次々に気付きや疑問をつぶやいていた。

さらに、多くの子どもは、塩化アンモニウムの再結晶を観察しながら、その様子や気付きを自分からメモしたり(図21)、教員から虫眼鏡を借りて観察したりするなど、「自ら学び方を選択する姿」が多様に見られた。

そのようにして、塩化アンモニウムの再結晶という自然の事物・現象に浸り、自分なりの見方・考え方を働かせて、それを友達や先生に伝えていく対話が展開されていった。

中学校1年生では、驚きや感動を持って自然の事物・現象を何とか言葉にしようとする姿があり、「学びに向かう力・人間性等」の土台になると感じた。さらにその土台が、小学校段階での自然の事物・現象との直接体験や、その体験を友達や教員と共有することにあると考えられる。



図21 観察しながら自らメモをとる

(2) 個人思考

5年生でも、「結晶が繰り返し、雪のように降り積もるのはなぜ？」という学習問題を、子どもたちとの対話を通して共有した。

同時に、A教諭は、子どもが結晶の動きを捉えやすくするために、図22のように、「塩化アンモニウムの再結晶」を5段階に分けて説明することを促し、子どもはそれを意識しながら、自分の考えをワークシートに記入していった。

1. 白い結晶が出てくる
2. 結晶が落ちる
3. 小さい結晶が上がる
4. 大きくなると落ちる
5. それをくり返す

図22 塩化アンモニウムの再結晶の段階

全体的な傾向として顕著だったことは、まず、図23の__線部①のように「最初は見えない状態で溶けていたけど、温度が下がると、結晶となって現れる」と、前時までに学んだ「ミョウバンの再結晶」に関する知識を活用していたことである。

もう一つは、__線部②のように「上にあがった結晶が、新たな出てきた結晶とくっついて重くなって落ちる」と、小学校3年生で学んだ「物の重さ」に関する系統的な知識を活用していたことである。

このように、子どもは当然ながら中学校1年生の

ように「溶解度」や「密度」などの用語を使わないが、前時までの学びやこれまで学習した「系統的な知識」を十分に活用して、「結晶が繰り返し、雪のように降り積もるのはなぜ？」という学習問題の解決に向かって思考を働かせていた。

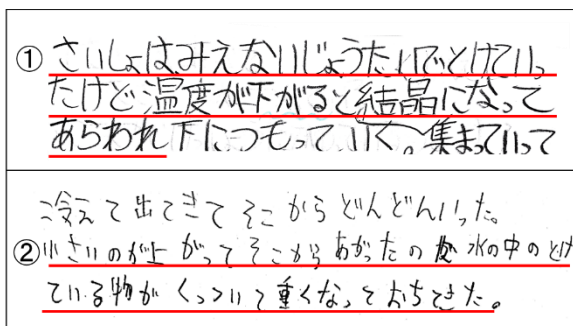


図23 個人思考のワークシート記入例

(3) 班・全体での対話① ―「合意形成能力や批判的思考力を発揮する」―

5年生の子どもたちも、中学校1年生同様、「繰り返し、塩化アンモニウムが雪のように降り積もる」理由について個人で思考し、班で交流した。そして、班ごとに図24のような図にまとめて説明した。ほとんどの班で、「最初は見えない状態で溶けていたけど、温度が下がると結晶となって現れる」「上にあがった結晶が、他の結晶とくっついて重くなって落ちる」といった見方・考え方をすりあわせて、合意形成を図ることができていた。

それは、班の一人一人が自分の意見を素直に主張できる、周りの友達もそれを柔軟に受け入れる雰囲気がつくられていた上で、自分が「違う」と思ったことについて、批判的に思考する大切さを学級で共有しているからだと推測した。そのように推測したのは、下の図25のような班での話し合いが見られたからである。

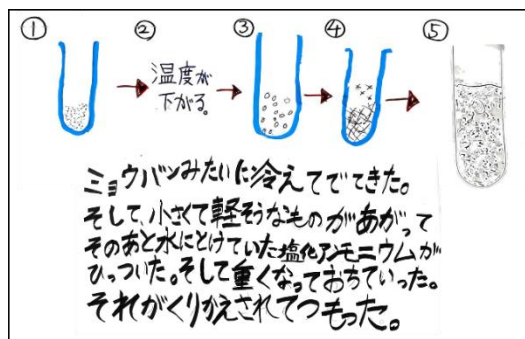


図24 班で集約した説明の例

- C1 : 上にあがった結晶が落ちてくるのは、水を吸って重くなるからだと思う。
C2 : スポンジみたいに？
C3 : 私は違うと思う。①上の方で、溶けてたけど出てきた新しい結晶とくっついて重くなる。
あ、あと、新しい結晶じゃなくても、一緒にあがっていった同士でもくっついてた。
C4 : ぼくもそっち (C3の考え)。
C2 : ②たぶん、水を吸うんやったら、上にあがりながらも吸い続けるんとかやう？
C4 : C1さん、どう思う？
C1 : まあまあ、納得。うん。③確かに、上がりながら水を吸ってたら結晶の色がうすくなるかもしれへんし。(塩化アンモニウムが再結晶をしている試験管を見ながら)
C2 : 確かに。水を吸っているように見えんこともないけどな。やっぱくっついてるんやで。

図25 班での話し合いの例

冒頭の「上にあがった結晶が落ちてくるのは、水を吸って重くなるからだ」というC1の主張に対して、C3は、異なる立場で、____線部①のように、「上の方で、溶けてたけど出てきた新しい結晶とくっついて重くなる」「新しい結晶じゃなくても、一緒にあがっていった同士でもくっついてた」と述べ、C2も、____線部②のように「たぶん、水を吸うんやったら、上にあがりながらも吸い続けるんとかやう？」と述べる等、C1の意見をただ否定するだけでなく、根拠をもって自分の意見を主張している。また、C1は、C4から再び意見を求められ、____線部③のように「確かに、上がりながら水を吸ってたら結晶の色がうすくなるかもしれへんし」と認識を変容させるとともに、理解を深めた。

間違いや失敗をしても大丈夫だと思え、安心して自分の意見を言える関係性、すなわち受容的な関係を築けていることが窺える。そして、やはりこうした受容的な関係性があるこそ、対話の中で「合意形成能力」や「批判的思考力」が発揮され、育まれていくと思えた。

なお、中学校1年生では、班での話し合いの段階で、「繰り返し、塩化アンモニウムが雪のように降り積もる」理由における「繰り返し」への言及がなかった。それに対して、小学校5年生の子どもたちは、「繰り返し」には言及しているが、「結晶が舞い上がる根拠」を持てていなかった。

(4) 班・全体での対話② —「結晶が舞い上がる根拠」—

班でまとめた考えを学級全体に伝える中で、子どもたちの意識を「結晶が上に舞いあがる根拠」に向かわせるために、A教諭があるつぶやきを取り上げる場面があった。その一部を図 26 に示す。

(集約した内容を班ごとに発表する中で)

C 1 : 試験管の温度が下がるから、溶けきれなくなった粒が出てくると思います。

C 2 : 塩化アンモニウムの粒です。それが重さで下に落ちて、小さい粒が上にあがっていきます。それで、また溶けきれなくなって出てきた他の塩化アンモニウムとくっついて落ちます。

C 3 : それで最終的に雪みたいに積もって、それが繰り返すと思います。

A教諭 : なるほどね。今の4班のような考えが他の班でも多かったですね。

C 4 : ①熱さで、熱気球みたいにあがって…いや、やっぱりいいや。

A教諭 : うん、うん。いいよ。それもう少し教えてください。

C 4 : ②試験管が熱いから、その熱で熱気球みたいに上にあがって、その効果がなくなると結晶が落ちてきます。

C 5 : なるほどなあ。

C 6 : 温められた水が上にあがるのは、③水が沸騰するのと同じじゃないかと思います。

A教諭 : なるほど。沸騰するのと同じで、どうなるの？

C 7 : 沸騰した泡は水蒸気だけど、④軽くなって上にあがるのは、水蒸気も温められた水も同じことだと思います。

A教諭 : 温められた水が上にいくの？

子どもたち : うん！

C 8 : それで結晶も一緒に上にいくのが結論です。

図 26 班で話し合った結果を全体で交流する場面

図 26 の冒頭では、4 班の C 1・C 2・C 3 が自分たちの集約した意見を発表していた。A 教諭が、「今の 4 班のような考えが他の班でも多かったですね」と述べたように、学級全体でおよそ共有されている考えであり、妥当なものだと考えられる。あとは、「結晶が舞い上がる根拠」だけという状況で、____線部①のように、C 4 が「熱さで、熱気球みたいにあがって…いや、やっぱりいいや」と、自信がなかったのか小さな声でつぶやいた。その時、別の子が発表しようとしたが、A 教諭は「うん、うん。いいよ。それもう少し教えてください」と先に C 4 に説明の続きを促した。

C 4 は、____線部②のように、「試験管が熱いから、その熱で熱気球みたいに上にあがって、その効果がなくなると結晶が落ちる」と補足し、その「熱気球」という表現に多くの子どもたちが賛同した。

「熱気球」は温められた空気が上昇することを利用しているので、ここでの「温められた水」とは異なる。しかし、____線部③の「水が沸騰するのと同じ」という発言から続いた、____線部④の「軽くなって上にあがるのは、水蒸気も温められた水も同じ」という解釈は妥当なものである。結果的に、子どもたちは、「熱気球」のイメージを手掛かりに、「温められた水が上に移動し、その流れで結晶が舞い上がる」という合意に至った。

A 教諭は、中学校 1 年生の B 教諭同様、「示温インクの実験」を再確認する準備をしていた。しかし、C 4 の「熱気球」というつぶやきを聞き、即興の判断で、こちらを深める方が子どもたちにとって納得しやすいと判断したのである。

(5) ワークシートからうかがえる「概念的な理解」

小学校5年生でも、子どもが概念的な理解に至る様子を、授業中の言動やワークシートから考察することができる。下の図27は、C9が本時で書いたワークシートである。

1 自分の意見	冷えて出てきてそこからとんとんした。 小さいのが上からそとからあかたのか水の中の ている物がくっついて重くなるとおちた。
2 友だちや 他の班の意見	ミョウバンみたいに冷えて出てきたけっしょう 熱さきやう
3 結論	温度が下がってけっしょうがあらわれた 小さいのが上から大きいのが 重くなっておちた。
4 振り返り	①温度が低くなってきた ②軽い物が上にあがる ③あかるとちゅうに水にとけている塩化 く、フリン。アモニウム ④重くなって落ちてきた。 ⑤それかくりかえしてつづいた。

図27 C9が書いた本時のワークシート

(6) 小学校5年生の「概念的な理解」の例

5年生が概念的な理解に至る様子を、前述のC9を例に、下の図28のように図式化を試みた。

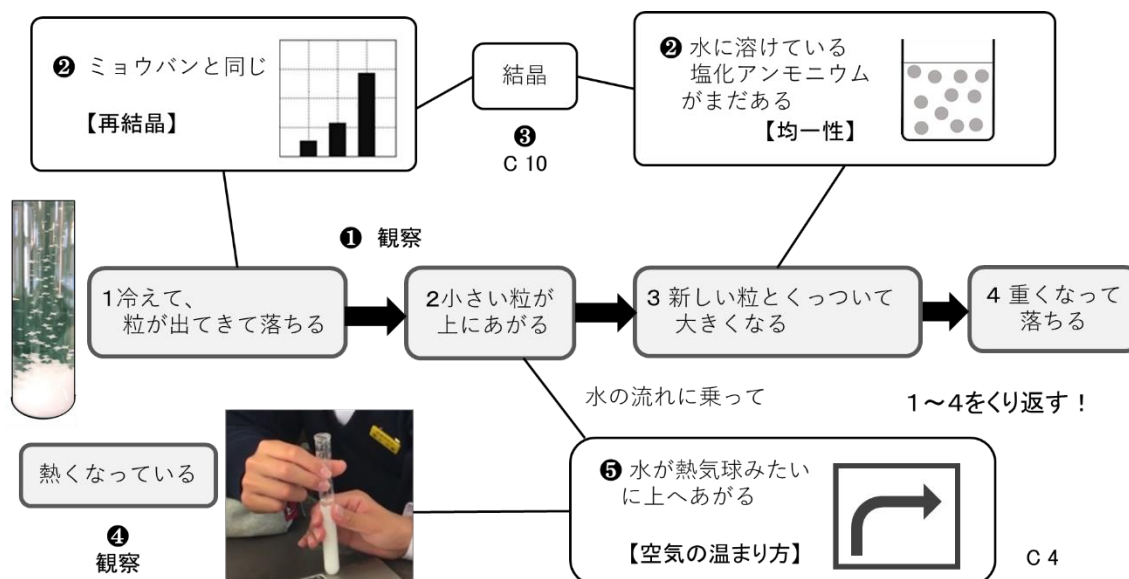


図28 小学校5年生の概念的な理解の例（C9）

- ① 最初の観察で、C9は、結晶が「1→2→3→4」のように動くことに気付いた
- ② ①の根拠を「ミョウバンと同じ」「水に溶けている塩化アンモニウムがまだある」と説明した
- ③ 「結晶」という言葉を使うC10の影響を受け、「粒」から「結晶」に表現を変えた
- ④ 最初の観察で、「試験管が熱くなっていること」に気付いていたが、そのままになっていた
- ⑤ C4の「水が熱気球みたいに上へあがる」という意見と④がつながって、「温められて熱気球みたいに上へあがる水の流れにのって、小さい粒が舞い上がる」と解釈した

10 事後アンケート調査

(1) 事後アンケートの目的

事前アンケートでは、小学校5年生・中学校1年生それぞれの質的・実体的な見方に関する既存の知識を把握し、授業実践に生かすことを目的にした。「事後アンケート」は、事前アンケートと同じ内容で、授業実践の約2ヶ月後に実施した。それを分析することで、子どもたちの質的・実体的な見方の変容を評価し、今後の授業改善に生かすものである。

(2) 事後アンケートの対象

事前アンケートと同様、自由が丘東小学校と自由が丘中学校の2校で行った(表4)。時期は、授業実践終了後約2か月以上経過して実施した。ただし、いずれも子どもたちの欠席等の理由により、事前アンケートより回答者数が減少している(小学校で7名減少、中学校で6名減少)。そのため、評価の信頼性が少なからず損なわれるが、およその傾向として考察したい。

表4 事後アンケートの対象

学 校	三木市立自由が丘東小学校	三木市立自由が丘中学校
学 年	5 年生	1 年生
人 数	39 名 (2 クラス)	112 名 (4 クラス)
形 式	インターネット	インターネット

(3) アンケートの内容と結果分析

- ・設問1～8は小学校5年生・中学校1年生で共通、設問9は中学校1年生のみ
- ・正答は、各表の選択肢では◎、人数・割合では線部で表す。＊割合の小数点以下は四捨五入

【設問1】 「空気」に関する説明で、正しいのはどちらでしょうか？

	選択肢	小学校5年生	中学校1年生
事前	ア 空気には「重さ」がある ◎	<u>20 人 (43 %)</u>	<u>72 人 (61 %)</u>
	イ 空気には「重さ」がない	26 人 (57 %)	46 人 (39 %)
事後	ア 空気には「重さ」がある ◎	<u>15 人 (39 %)</u>	<u>92 人 (82 %)</u>
	イ 空気には「重さ」がない	24 人 (61 %)	20 人 (18 %)
正答率は、5年生で4ポイント下がって39%に、中学校1年生では21ポイント上がって80%を超えた。5年生で正答率が下がったのは、授業実践で出てきた「沸騰して出てくる泡(水蒸気)が上にあがる」という意見が記憶に残り、ここでは誤った見方として働いた可能性がある。後述するが、【設問2】で5年生の約半数が「食塩水は底の方が濃い」と未だ回答してしまう原因の一つに、見えない物(例えば空気)への認識が十分でないことが挙げられるかもしれない。 中学校1年生の正答率が約8割まで上がったのは、「空気の重さ」を調べる実験を再検証したからだと推測できる。そのように、学年・単元・領域を越えて活用し、学び直す必要があるだろう。			
★関連する「系統的な知識」		・空気には重さがある(空気も物である) 【小4】空気と水の性質	

【設問 2】 下の 2 つの文で使われている「とけた」は同じ意味でしょうか？

- ・手のひらに置いた氷がとけた ・お湯にいれた砂糖がとけた

	選択肢	小学校 5 年生	中学校 1 年生
事前	・同じ意味	25 人 (54 %)	46 人 (39 %)
	・ちがう意味 ◎	21 人 (46 %)	72 人 (61 %)
事後	・同じ意味	18 人 (46 %)	48 人 (43 %)
	・ちがう意味 ◎	21 人 (54 %)	64 人 (57 %)

正答率は 5 年生で 10 ポイント上がって 54%に、中学校 1 年生では 4 ポイント下がり 57%程度になった。5 年生については、正答率は変わっても実質の正答者数は同じだった。いずれの学年も今回の単元で、「とける」について、「溶ける」「融ける」の漢字で具体的な事象とともに区別する学習を取り入れたが、正答率の上昇が見られなかった。学年・単元・領域を越えて活用し、繰り返し学び直す必要があるとともに、原因を探ったり別の方法を検討したりしていきたい。

★関連する「系統的な知識」	・水に溶ける物と溶けない物がある 〔小 5〕物の溶け方
---------------	--------------------------------

【設問 3】 食塩水が一番濃い場所はどこでしょうか？

※小学校 5 年生では食塩水ではなく「塩水」



	選択肢	小学校 5 年生	中学校 1 年生
事前	・ A が一番濃い	6 人 (13 %)	1 人 (1 %)
	・ B が一番濃い	6 人 (13 %)	3 人 (3 %)
	・ C が一番濃い	30 人 (65 %)	96 人 (81 %)
	・ どこも同じ濃さ ◎	4 人 (9 %)	18 人 (15 %)
事後	・ A が一番濃い	1 人 (3 %)	1 人 (1 %)
	・ B が一番濃い	1 人 (3 %)	1 人 (1 %)
	・ C が一番濃い	7 人 (18 %)	47 人 (42 %)
	・ どこも同じ濃さ ◎	20 人 (51 %)	63 人 (56 %)

正答率は 5 年生・中学校 1 年生どちらも 40 ポイント上がって 5 割を超えた。それでも、5 年生の約 2 割、中学校 1 年生の約 4 割が「底の方が濃い」と考えるのは、今回の授業実践で「塩化アンモニウムの結晶が底にたまる様子」が強く印象に残ったせいかもしれない。また、日常生活でみそ汁などを見て、「底の方が濃い」という経験を頭の中で無意識に強く結び付けてしまっている可能性もある。さらに、前述したように「空気の重さ」への認識が不十分なため「目に見えない物」の存在を捉えにくい可能性もある。学年・単元・領域を越えて活用し、学び直す必要があるだろう。

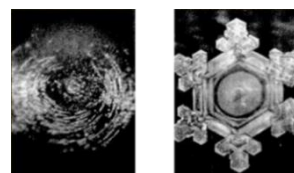
一方で、状況理解よりも原因理解が必要だという可能性もある。原因理解のためには、水和現象やブラウン運動) など、高等学校の学習を小・中学校の学習に落とし込む手立てが求められる。

★関連する「系統的な知識」	・水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という 〔小 5〕物の溶け方
---------------	---

【設問4】 砂糖を湯に入れてかきまぜると見えなくなりました。砂糖はどうなったのでしょうか？

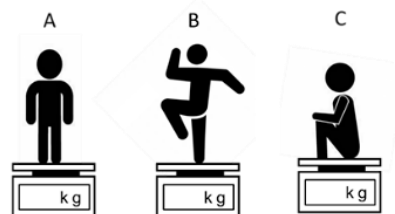
	選択肢	小学校5年生	中学校1年生
事前	・目に見えないけど砂糖は水の中にある ◎	38人 (82%)	94人 (80%)
	・目に見えないから砂糖は消えてなくなった	3人 (7%)	8人 (7%)
	・砂糖は別の何かに変わった	5人 (11%)	16人 (13%)
事後	・目に見えないけど砂糖は水の中にある ◎	<u>39人 (100%)</u>	<u>101人 (90%)</u>
	・目に見えないから砂糖は消えてなくなった	0人 (0%)	1人 (1%)
	・砂糖は別の何かに変わった	0人 (0%)	10人 (9%)
正答率は、5年生で18ポイント上がって100%に、中学校1年生で10ポイント上がって90%になった。いずれも高い正答率だといえるだろう。【設問3】では、「食塩水は底の方が濃い」と答える割合が依然高いことから、「水に溶けた物は（見えなくなっても）水の中に存在する。しかし、底の方にたまっている」という認識であることが推測される。まずは、「水に溶けた物は（見えなくなっても）水の中に存在する」ことを十分認識できたことを成果とし、今後、「均一に広がっている」という認識に至るための手立てを検討していきたい。			
★関連する「系統的な知識」		・水の中で物が均一に広がり、透明になった状態を「溶けた」という 【小5】物の溶け方	

【設問5】『ありがとう』と声をかけ続けた水をこおらせると、きれいな形の結晶（右）ができ、『ばかやろう』と声をかけ続けた水では形のくずれた結晶（左）ができる」という考えは正しいと思いますか？



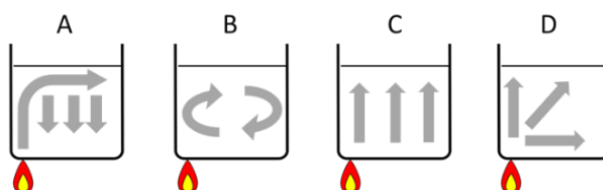
	選択肢	小学校5年生	中学校1年生
事前	ア 正しい	1人 (2%)	11人 (9%)
	イ 正しいかもしれない	13人 (28%)	38人 (32%)
	ウ 正しくないかもしれない。	<u>7人 (15%)</u>	<u>22人 (19%)</u>
	エ 正しくない ◎	<u>25人 (55%)</u>	<u>47人 (40%)</u>
事後	ア 正しい	4人 (10%)	12人 (10%)
	イ 正しいかもしれない	11人 (28%)	33人 (30%)
	ウ 正しくないかもしれない。	<u>7人 (18%)</u>	<u>19人 (17%)</u>
	エ 正しくない ◎	<u>17人 (44%)</u>	<u>48人 (43%)</u>
「ウ 正しくないかもしれない」「エ 正しくない」と批判的な回答をした割合は、5年生、中学校1年生ともにほとんど変化がなかった。それぞれの単元で、物（物質）の溶け方や、再結晶などについて子どもたちは質的・実体的な見方を働かせたが、それによって本設問のような現象を批判的に考えられるようになるのではないことが分かる。だからこそ、小学校・中学校を通して、質的・実体的な見方を働かせ、「再現性・客観性・実証性」を重視した授業を継続的に展開することで、未知の事象に対しても妥当な判断ができる子どもたちの姿を育てていきたい。			
★関連する「系統的な知識」		・特になし（日常生活における質的・実体的な見方）	

【設問6】 同じ人が、姿勢をかえて体重計にのっています。一番重いのは、どれでしょうか？



	選択肢	小学校5年生	中学校1年生
事前	・ Aが一番重い	1人 (2 %)	5人 (4 %)
	・ Bが一番重い	3人 (7 %)	7人 (6 %)
	・ Cが一番重い	18人 (40 %)	23人 (20 %)
	・ どれも同じ重さ ◎	<u>24人 (51 %)</u>	<u>83人 (70 %)</u>
事後	・ Aが一番重い	0人 (0 %)	2人 (2 %)
	・ Bが一番重い	2人 (5 %)	5人 (4 %)
	・ Cが一番重い	13人 (33 %)	20人 (18 %)
	・ どれも同じ重さ ◎	<u>24人 (62 %)</u>	<u>85人 (76 %)</u>
正答率は、5年生・中学校1年生ともに10ポイント前後上昇しているが、実質の正答者数はほぼ同じである。また、事前アンケート同様、誤答の中で「Cが一番重い」が最も多い。いずれの学年も、本設問の内容の復習をする機会をつくったが、同時に「塩化アンモニウムの結晶が底にたまるイメージ」を強く持ち、「しゃがんだ様子」と「結晶が底にたまる様子」が頭の中で結び付いてしまったのかもしれない。さらに、日常生活の中で「しゃがむ方が重い」という知識を頭の中で無意識に、強く結び付けてしまっている可能性もある。学年・単元・領域を越えて活用し、学び直す必要があるだろう。			
★関連する「系統的な知識」		・ 物の形を変えても重さは変わらない 【小3】物と重さ	

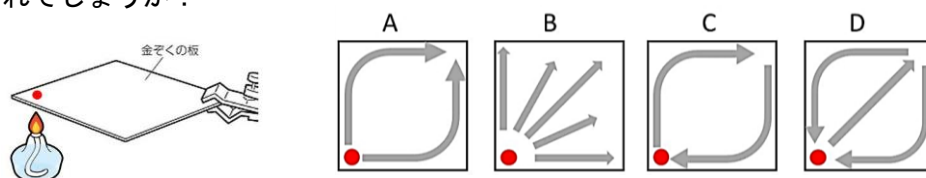
【設問7】 水が入ったビーカーを熱したときの温まり方を表した正しい図はどれでしょうか？



	選択肢	小学校5年生	中学校1年生
事前	・ Aが正しい ◎	30人 (65 %)	29人 (25 %)
	・ Bが正しい	0人 (0 %)	14人 (12 %)
	・ Cが正しい	4人 (9 %)	25人 (21 %)
	・ Dが正しい	12人 (26 %)	49人 (41 %)
	・ どれも正しくない	0人 (0 %)	1人 (1 %)
事後	・ Aが正しい ◎	<u>30人 (77 %)</u>	<u>82人 (74 %)</u>
	・ Bが正しい	0人 (0 %)	9人 (8 %)
	・ Cが正しい	1人 (1 %)	9人 (8 %)
	・ Dが正しい	8人 (22 %)	12人 (10 %)
	・ どれも正しくない	0人 (0 %)	0人 (0 %)

正答率は5年生で12ポイント、中学校1年生は49ポイント上がって、どちらも7割を超えた。ただし、5年生では実質の正答者は同じであった。「水は温められた部分が上に移動して、上から下へと全体的に温度が上がる」という見方を持てていると考える。しかし、事前アンケート同様、誤答パターンにはどちらの学年も「Dが正しい」、つまり「金属のように放射状に温まっていく」が多い。これは、日常生活でフライパンを使ったり、コップを触って熱さを感じたりする経験から、「放射状に温まる」というイメージを頭の中で無意識に強く結び付けてしまっているのかもしれない。正答率が高くなったとはいえ、学年・単元・領域を越えて、水や空気と、金属の温まり方の違いを学び直す機会が必要だろう。	
★関連する「系統的な知識」	・水や空気は、温められた部分が上に移動して、上から下へと全体的に温度が上がる 【小4】金属、水、空気と温度

【設問8】水平にした金属板の端を下から熱しています。金属板の温まり方を表した正しい図はどれでしょうか？



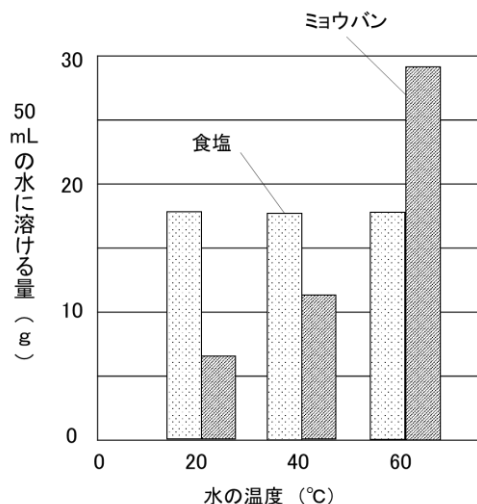
	選択肢	小学校5年生	中学校1年生
事前	・ Aが正しい	0人 (0%)	12人 (10%)
	・ Bが正しい ◎	42人 (94%)	94人 (80%)
	・ Cが正しい。	1人 (2%)	1人 (1%)
	・ Dが正しい。	2人 (4%)	6人 (5%)
	・どれも正しくない	0人 (0%)	5人 (4%)
事後	・ Aが正しい	0人 (0%)	2人 (2%)
	・ Bが正しい ◎	36人 (92%)	84人 (80%)
	・ Cが正しい。	3人 (8%)	17人 (15%)
	・ Dが正しい。	0人 (0%)	3人 (3%)
	・どれも正しくない	0人 (0%)	0人 (0%)

5年生の正答率は2ポイント下がり、実質の正答者数は6名減少している。そして、「Cが正しい」の誤答者が3名増加した。また、中学校1年生の正答率は約8割で変わらず、実質の正答者数は10名減少しており、5年生と同じように、「Cが正しい」への誤答が増加（16名：14%）している。これは、今回の授業実践で学び直した「温めた水は上に移動する」という知識が誤って活用されている可能性が高い。つまり、前述の【設問7】の逆になっている。

「水や空気の温まり方」を学び直せば、その印象で「金属の温まり方」と混同してしまう。日常生活でもちやすいイメージとは異なることも前述の通りで、学年・単元・領域を越えて学び直すなかで、問題場面に即して適切な知識として活用できるような働きかけが求められる。

★関連する「系統的な知識」	・金属は、温められた部分から順に熱が伝わり、全体の温度が上がる（伝導） 【小4】金属、水、空気と温度
---------------	--

【設問9】 グラフを見て、思ったことを書いてください。 ※中学校1年生のみ



回答の分類	事前 (n=118)	事後 (n=112)
ア 食塩とミョウバンそれぞれの質的な見方と、それらを比較した解釈について記述している ◎	<u>14 人 (12 %)</u>	<u>21 人 (19 %)</u>
イ アを概念化して、記述している ◎	<u>1 人 (1 %)</u>	<u>3 人 (3 %)</u>
ウ 食塩とミョウバンのどちらか一方の質的な見方のみ記述している	31 人 (26 %)	78 人 (69 %)
エ 条件が十分でない記述	66 人 (57 %)	8 人 (7 %)
オ 誤った概念を表す記述	5 人 (4 %)	2 人 (2 %)
正答分類は事前アンケート同様、ア「食塩とミョウバンそれぞれの質的な見方とそれらを比較した解釈について記述している」、イ「アを概念化して記述している」に設定した。正答率は9ポイント上がり、約2割になった。また、ウ「食塩とミョウバンのどちらか一方の質的な見方のみ」の回答率が43ポイント上がり、7割近くになった。エ「条件が十分でない記述」は50ポイント下がり、オ「誤った概念を表す記述」も2%程度とほとんど見られなくなった。 これらのことから、全体的な底上げは達成できたと考える。本設問のように、食塩とミョウバンという2つの事物と、変化の傾向が異なるグラフが提示されたとき、例えば、「食塩は温度が変わっても溶ける量は変わらない。それに比べ、ミョウバンは温度が高くなるほど溶ける量も多くなる」と主張できる話し合いが展開されれば、自ずと理科の見方・考え方を働かせ、問題解決の質が高まっていくと考える。		
★関連する「系統的な知識」	・ミョウバン水溶液の温度を下げると、溶けきれなくなったミョウバンを取り出せる 【小5】物の溶け方	

11 デジタルポートフォリオ

本研究では、デジタルポートフォリオの基本的な内容を、学習者用タブレット端末等で学習内容を整理したスライドや、教材や実験の写真や動画等のデジタル資料とした。小学校3年生から中学校3年生までの7年間の理科の学びを、デジタルポートフォリオを活用して自分で整理したり、振り返ったりする過程で、「学び」を自分事にし、「概念的な理解」を促すことを目指すものである。

以上のことから、本研究ではデジタルポートフォリオの有効性を以下のように考える。

デジタルポートフォリオの有効性

〔学習の履歴として〕

- ・写真、動画などを添付することで、学びをよりリアルに思い出せる
- ・学習用タブレット端末に納まるので、かさばらない
- ・内容ごとに整理でき、すぐにアクセスできる

〔概念的な理解に向けて〕

- ・文字入力、画像添付、レイアウトなどの工夫によって、学習内容を整理できる
- ・発表、共有がしやすい

(1) 三木市のICT環境

三木市教育委員会は、「三木市教育大綱」の基本理念を「豊かな学びで未来を拓く」と定め、その中で、「子どもたちの自己実現に繋がる確かな学力を育成するため、『未来を創る学力育成三木モデル』として、ICTを最大限に活用した個別最適な学びと、多様な価値を共有する協働的な学びの一体的な充実を図る研究に取り組み、『主体的・対話的で深い学び』を実現する授業改善に取り組む」¹⁴⁾としている。

具体的には、タブレット端末によるドリル学習等、個別最適化された学習課題で基礎・基本の確実な習得をめざしたり、オンライン授業が行えるよう教職員を対象にアプリの操作方法やタブレット端末等のICTを活用した授業の進め方等の研修を実施したりしている。また、子どもたちが小学校・中学校の9年間で獲得すべきICTスキルを学年ごとに整理し、段階的・実践的に習得できるように計画している(表5)。また、自宅への端末の持ち帰りについては、学校や家庭での利用場面をイメージビデオ化し、YouTubeで限定公開することで保護者との意識共有を図っている。

表5 三木市版「学年ごとに獲得すべきICTスキル」(三木市立教育センターより一部抜粋：2022)

学年	項目	ICTスキル
4年生	B：文字入力	文節ごとに変換することができる
	C：フォルダ管理	ファイルの新旧がわかる
		本体保存のファイルをネットワークフォルダへ移動する
	D：カメラ機能	静止画の簡単な編集をする
	F：Microsoft アプリ	【P】プレゼンテーションを作成する
		【P】プレゼンテーションを使って発表する
		【T】チーム内で共有されたファイルを取り込む
	H：コラボノート	自分の考えを記入した「ふせん」を使用して意見交換ができる

5年生	C：フォルダ管理	自分の領域にフォルダを作成し、フォルダ内のファイルを管理する ファイルの種類（拡張子）を知る
	E：インターネット検索	ブラウザが複数あることを知る
	F：Microsoft アプリ	【W】図や写真、表などを挿入する
		【E】連番、日付の入力、並べ替えができる
		【E】基本的な関数（合計・平均など）を使用する
		【E】表からグラフなどを作成する
		【P】プレゼンテーションに画像や動画を取り込む 【P】プレゼンテーションにアニメーションをつける
	G：SKYMENU	シンプルプレゼン機能で、要点を明確にした作品をつくる
6年生	B：文字入力	1 分間に 30 文字以上入力できる（1 秒間に 1 打以上）
	D：カメラ機能	写真や画像のファイルサイズを小さくできる
	F：Microsoft アプリ	【W・E・P】画像を利用したファイルのサイズを小さくできる
中学	B：文字入力	1 秒間に 60 打以上入力できる（1 秒間に 2 打以上）
	J：その他	写真編集ソフトを使って絵を描いたり写真を加工したりする。

（２）実際の活用

下の図 29 は、子どもたちがプレゼンテーションソフトを活用して、実際に作成したスライドである。5 年生（左）と中学校 1 年生（右）いずれも、学年に応じた I C T活用スキル（表 5）を活用して、授業の要点をテキストで入力し画像と関連付けながら、頭の中を整理していることが分かる。また、授業の中でスライドを見ながら振り返り、実験の目的（見通し）を確認したり、知識を思い出したりする子どもの姿も見られた。

温度ととける量の関係

【わかったこと】

- ・食塩は温度と関係はない
- ・けど、ミョウバンは温度を高くすると溶ける量も多くなる
- ・温度を変化させたときの溶ける量はものによって違う

【疑問など】

- ・砂糖などの違うものでやったらどうなるのか

9月①

「いろいろな気体とその性質」

今週は、実験をメインにした授業でした。
気体の集め方には、「水上置換法」、「上位置換法」、「下位置換法」があることを知りました。

調べた気体は、「酸素」、「二酸化炭素」、「アンモニア」です。

酸素は、右の写真のように、物を燃やす働きがあることを知りました。

まとめ

今週は、実験が多かったけど、移動も早くできたと、協力してできました。

図 29 デジタルポートフォリオの例（左：小学校 5 年生 右：中学校 1 年生）

（３）デジタルポートフォリオの活用に関する意識調査

5 年生と中学校 1 年生それぞれに、デジタルポートフォリオの活用に関するアンケート形式で意識調査を実施した。（割合の小数点以下は四捨五入）

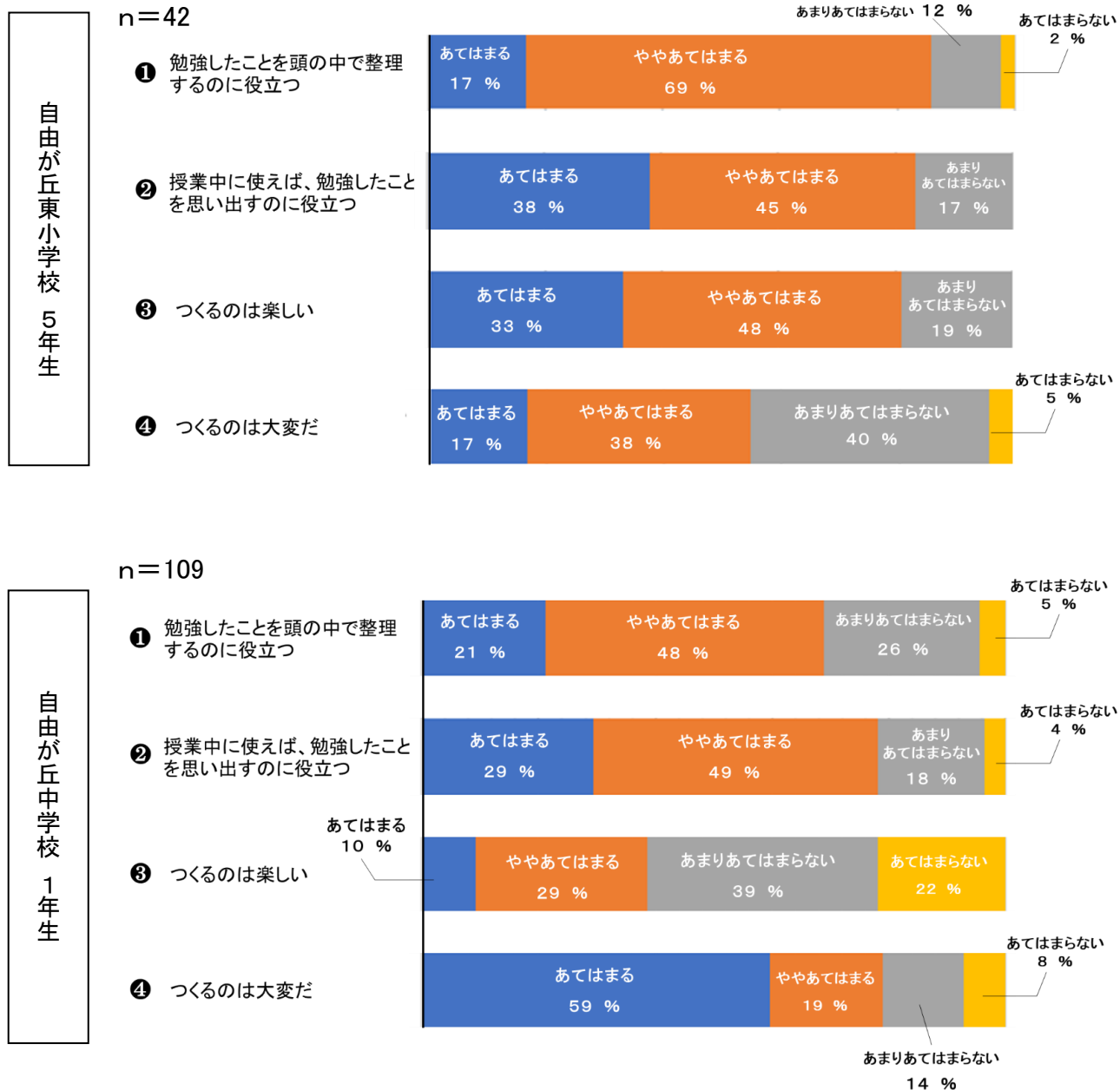


図 27 デジタルポートフォリオに関する意識調査

【設問 1】 デジタルポートフォリオは、勉強したことを頭の中に整理するのに役立つ

※小学校（n=42）、中学校（n=109）

	とてもはまる	ややあてはまる	あまりあてはまらない	あてはまらない
小学校 5年	7 人（17%）	29 人（69%）	5 人（12%）	1 人（2 %）
中学校 1年	23 人（21%）	52 人（48%）	29 人（27%）	5 人（4 %）

「とてもはまる」「ややあてはまる」と肯定的に回答したのは、5年生で86%、中学校1年生で69%といずれも過半数を上回った。実際に子どもたちが作成したスライドを見ても、授業の要点や疑問等をテキスト入力し、写真や図表と関連付けながら、「頭の中を整理している」様子が分かる。デジタルの長所を生かすことで、表現の工夫の幅が広がるといえるだろう。

【設問2】 デジタルポートフォリオを授業中に使えば、勉強したことを思い出すのに役に立つ

※小学校（n=42）、中学校（n=109）

	あてはまる	ややあてはまる	あまりあてはまらない	あてはまらない
小学校5年	16人（38%）	19人（45%）	7人（17%）	0人（0%）
中学校1年	32人（29%）	53人（49%）	20人（18%）	4人（0%）
「あてはまる」「ややあてはまる」と肯定的に回答したのは、5年生で83%、中学校1年生で78%といずれも過半数を上回った。実際の授業の中で、スライドを見直しながら実験の目的（見通し）を確認したり、既有的知識を思い出したりする姿も見られたことから、知識を頭の中の引き出しに整理するだけでなく、必要な場面で引き出す（アクセスする）きっかけに十分なり得るだろう。 また、今後蓄積していくスライドの量が増えても、フォルダやファイルごとに整理することでアクセスしやすくなることが推測される。				

【設問3】 デジタルポートフォリオをつくるのは、楽しい ※小学校（n=42）、中学校（n=109）

	あてはまる	ややあてはまる	あまりあてはまらない	あてはまらない
小学校5年	14人（33%）	20人（48%）	8人（19%）	0人（0%）
中学校1年	10人（10%）	32人（30%）	43人（39%）	24人（21%）
「あてはまる」「ややあてはまる」と肯定的に回答したのは、5年生で80%を超えたが、中学校1年生では40%と半分を下回った。後述するが、中学校1年生は「デジタルポートフォリオをつくるのは大変だ」という項目で、78%が「あてはまる」「ややあてはまる」と回答していることから、負担感が大きいこのような結果になったと推測される。 一方で、5年生の8割以上が「デジタルポートフォリオをつくるのは楽しい」と肯定的に回答していることから、小学校段階からデジタルポートフォリオを作成する技術とともに、楽しみながら作成する経験を積み重ねることが、中学校でその負担感を軽減することにつながるだろう。				

【設問4】 デジタルポートフォリオをつくるのは、大変だ ※小学校（n=42）、中学校（n=109）

	あてはまる	ややあてはまる	あまりあてはまらない	あてはまらない
小学校5年	7人（17%）	16人（38%）	17人（40%）	2人（5%）
中学校1年	65人（59%）	21人（19%）	15人（14%）	8人（8%）
「あてはまる」「ややあてはまる」と回答したのは5年生で55%、中学校1年生で78%といずれも過半数を上回った。子どもたち（特に中学1年生）にとって負担感が大きいことがわかる。後述の【設問5】で尋ねた「改善案」を参考に、子どもたちとの対話の中で、負担感を減らしながら、デジタルポートフォリオの有効性を損なわない方法を探っていくことが大切だろう。一方で、子どもたちは「デジタルネイティブ」と呼ばれる、幼いころからタブレット端末やスマートフォンが当たり前にある世代である。デジタルポートフォリオにもすぐに適応し、負担感を軽減していくとも推測される。				

【設問 5】デジタルポートフォリオについて、「こうした方がよい」と思うことを教えてください

※小学校（n=42）、中学校（n=109）

時期	・ 単元ごとが良い。 ・ 月に 1 回がいい。 ・ 月ごとに印象に残った授業で 1 回がいい。 ・ 〆切を延ばしてほしい。 ・ 〆切時間を夜にしてほしい（部活や塾があるため）	など
量	・ 枚数は自分で決めたい ・ 頻度を減らすとまとめやすくなると思う	など
内容	・ 先生が問題を出して答える形がいい ・ ノートの写真を添付しても OK にしてほしい ・ この言葉、内容は絶対に入れるなどの多少のお題（条件）がほしい。 ・ タブレットと紙を選ばせてほしい。 ・ ノートなどの方がまとめやすい	など
その他	・ デジタルポートフォリオを使って発表すると苦手な人にとって良い参考になる ・ 発表会をして良いお手本を見たい ・ タブレット端末の理科ファイルに実験などの写真を入れてほしい	など

12 児童生徒の意識調査

（1）目的

この意識調査は、授業実践から約 2 か月後、自由が丘東小学校の 5 年生、自由が丘中学校の 1 年生に実施したものである。「既存の知識を活用しようとする意識」「日常生活で活用できそうな理科の知識」に関する回答を分析し、子どもたちが自分の力で知識をつなげていく授業づくりに生かしていきたい。また、今回の授業実践の学習問題である「（塩化アンモニウムの結晶が）なぜ、繰り返し、雪のように降りつもる？」を再度問い、知識（見方・考え方）の定着を調査する。

（2）調査結果と分析

【設問 1】

理科の授業で新しい内容を学ぶときは、これまで学習したことを使おうと意識している

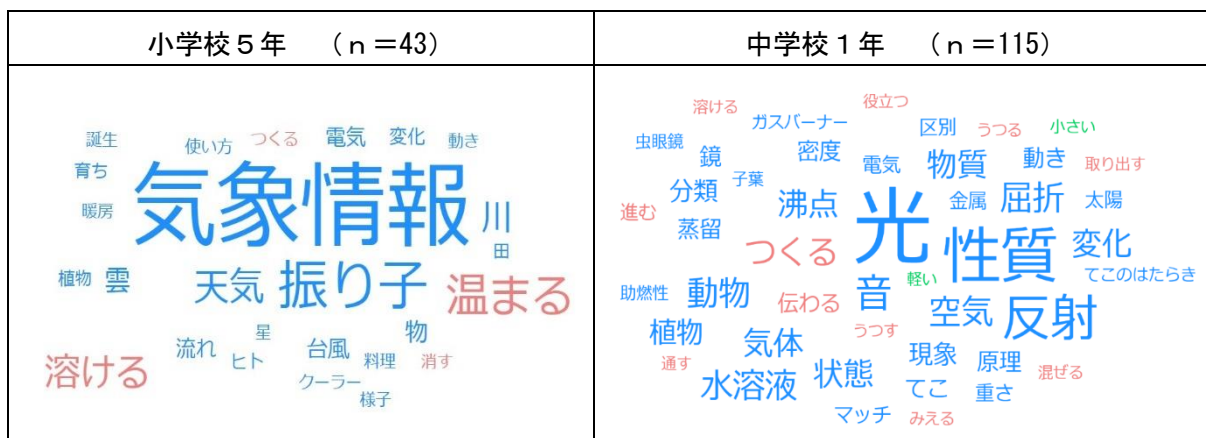
※小学校（n=43）、中学校（n=115）

	あてはまる	ややあてはまる	あまりあてはまらない	あてはまらない
小学校 5 年	10 人 (23%)	22 人 (51%)	9 人 (21%)	2 人 (5%)
中学校 1 年	28 人 (24%)	65 人 (57%)	20 人 (17%)	2 人 (2%)
「あてはまる」「ややあてはまる」と肯定的な回答をした割合が、5 年生で 74%、中学校 1 年生で 81%といずれも過半数を越えていた。また、「あてはまらない」と回答したのは、いずれも 2 名のみだった。この「既習の知識を活用しようとする意識」の高さは、既存の知識と新しい知識を自ら結び付ける学びの土台になるものだろう。だからこそ、5 年生、中学校 1 年生がともにこの意識を今後も維持したり向上させたりするための、教員の働きかけが重要になると考える。 理科における小中連携、小中一貫に向けて、学習内容の系統性や指導観、指導技術のみならず、こうした子どもたちの「意識」も含んだ児童観・生徒観を共有していくことも重要になるだろう。				

【設問2】

理科で学んだことの中で、「これ」を覚えていれば日常生活でも役立つと思えるものは何ですか。

* 複数回答を可として、「AI テキストマイニング」で、単語頻出度数を基に画像化した。



5年生では「気象情報」「天気」「振り子」「溶ける」「温まる」などが、中学校1年生で「光」「反射」「物質」「水溶液」などが頻出しているのは、今回の授業実践を含めて、最近学習した内容であることも関係しているだろう。そして、中学校1年生の方が、5年生より記述した知識の量が多い。学年が上がるほど、知識の量は増えるので、これらが断片的な知識の丸暗記にならないよう、子どもたちが知識を自ら結び付けていくことがやはり大切である。また、本設問は「日常生活で使える知識」を問うているので、「最近学習した内容」が含まれていることを鑑みても、テキストマイニングの画像に表出した知識を日常生活と結び付ける教員の手立てが重要になるだろう。

【設問 3】

塩化アンモニウムの結晶は、なぜ、繰り返し、雪のように降りつもるのですか？

- ア 水の温まり方… 試験管の底の熱で水が上に移動する。その流れで結晶も上にあがる
- イ 物の重さ …… 結晶が集まって大きくなると、自重で下にさがる
- ウ 再結晶 …… 水溶液の温度が下がり、溶けきれなくなった溶質が結晶になって出てくる

※小学校 (n=43)、中学校 (n=115)

	1 ア・イ・ウ 全てに言及	2 ウに言及 *ア・イの一方にも言及	3 ウに言及	4 ウに言及 しかし不十分。	5 無回答
小学校 5 年	0 人 (0%)	2 人 (5%)	9 人 (21%)	25 人 (58%)	7 人 (16%)
中学校 1 年	10 人 (9%)	11 人 (10%)	38 人 (33%)	42 人 (36%)	14 人 (12%)

ここでは、ウ「再結晶」の概念を活用できている3の回答をB評価とし、さらにア・イにも言及できている1・2をA評価とした。B評価以上は5年生で26%、中学校で52%である。そして、いずれの学年も、4「再結晶には言及しているが説明が不十分」が最も多いことから、学んだ時点では、文脈の中で「再結晶」の概念を活用できても、時間（2カ月）が経過すると難しくなる傾向がある。「再結晶」の概念はそれだけ定着の難しい概念であることを念頭に置き、今後も、学年・単元・領域を越えて活用する（学び直す）必要があるだろう。

13 教員の意識に関する授業後の聞き取り調査

(1) 目的

授業実践後、協力していただいた自由が丘東小学校のA教諭と、自由が丘中学校のB教諭に、「系統的な知識」に関する有効性や、共同して授業実践に取り組んだ成果などを聞き取った。そこで得られた回答を、今後、理科における小中連携・小中一貫教育を推進していくための参考にする。

(2) 調査結果と分析

【設問1】

「学年・単元・領域を越えてつながる知識(系統的な知識)」を授業づくりに活用する価値はどのようなところにありますか。

○A教諭 (小学校5年生)

理科において、児童の中で知識が学年・単元・領域を超えて結び付くことで、理解して終わりではなく、理解していることを「どう使うか」という段階に向かっていける。そうすると、例えば、「再結晶」を例にしても、ミョウバン、塩化アンモニウム、結晶、温度変化等だけで終わるのではなく、「熱気球」や「水の沸騰」のような別次元の事象にあてはめて捉え直し、より深まりのある理解につながると感じた。

○B教諭 (中学校1年生)

生徒自身が、単元・領域を越えて知識をつなげることの大切さを実感できれば、「物理単元は計算があって無理」「生物単元は覚えること多過ぎて無理」など、先入観による苦手意識が薄まると考える。また、「苦手な分野と思っていたけど、自分の知識や理解を活用できる」と思えることで、学びに向かう力を高めることができるのではないだろうか。

【設問2】

今回、小・中学校の校種を越えて教材研究や授業実践を行った、成果と課題を教えてください。

○A教諭 (小学校5年生)

「系統的な知識」を強く意識して単元の構成ができたことで、児童が今学んでいることが中学校でどのように使われるか、生かされるかを理解できたことが大きな成果である。

しかし、「系統的な知識」を意識するには、小学校では専科であったり専科の経験があったりするなど専門性が必要になると思う。今回のように、「系統的な知識」を一緒に考え、小・中の橋渡しをしてくれるコーディネーターがいなければ難しいとも思う。

○B教諭 (中学校1年生)

今回、小学校で学んでいる知識や学び方について強く意識することができた。小学校で学んできた生徒が今、どの程度の知識を持っていて、どこから思考させるかを見極めるうえで役に立つ。また、学年間の知識のつながりや発展を意識した授業づくりができると考える。

ただし、今回の授業実践で得られた知見は成果であるが、まだ十分とは言えない。本研究で扱った粒子領域以外の領域や分野、単元でも系統的に結び付く知識を今後も検討していきたい。

【設問3】 小・中学校それぞれの授業にどのようなことを期待しますか。

○A教諭（小学校5年生）

中学校ではたとえ1年生でも、小学校と比べて、論理的に考えたり、自分の意思で行動したりするのだと思う。定期テストや受験もあり、内容も難しくなるので、日々の授業が大変だとも思う。そんな中でも、「実体験を大切にした授業」をしていただいているのが本当に嬉しく思った。それを3年生までずっと続けてほしいと思う。そして、「小学校も中学校も理科はおもしろい」と子どもたちに思ってもらえれば何よりである。

○B教諭（中学校1年生）

記憶に残るような体験が得られる授業を期待したいと思う。学習内容に関する知識や概念を、たとえ（小学校段階で）完全には理解できていなかったとしても、「こんなことしたな」「確かこんなことが関係していたな」という記憶や経験が生徒の中にあることが大切だと考えます。中学校では、そうした体験に基づいた記憶を基に探究活動を行い、「そうか、こういうことだったのか」と理解させたい。それが、知識を自分の中に「落とし込む」ということだと考える。

IV 成果と課題

1 本研究の仮説の整理

本研究においては、理科における「深い学び」を以下のように仮説的に定義していた。

理科における深い学び

科学的な問題解決（探究）の過程で、これまで身に付けてきた「理科の見方・考え方」を働かせながら主体的・対話的な学びに取り組み、概念的な理解に至る学びであり、次の学習や日常生活でもその見方・考え方を働かせることにつながる学び

そして、「深い学び」を実現するために、「複数の知識を組み合わせたり・関連付けたりしながら、一つの事象を説明する授業」が有効であると考え、その「複数の知識」に、質的・実体的な見方に基づき、学年・単元・領域を越えてつながる知識「系統的な知識」を取り入れた。

そうすることによって、子どもたちが自分の力で既存の知識と新しい知識を関連付けたり組み合わせたりしている中で、「系統的な知識」を活用することと質的・実体的な見方を働かせることが表裏一体になり、知識が構造化したり身体化したりしていく。そのようにして獲得した知識、すなわち「概念的に理解した知識」は文脈の中で説明することができるから腑に落ちる（納得して分かる）。だからこそ、記憶から抜け落ちにくく、今後必要に応じて頭の中の引き出しから取り出して活用できると考えた。

また、デジタルポートフォリオを活用して小学校3年生から中学校3年生の7年間の学びの履歴を作成したり、振り返ったりすることでも概念的な理解が促され、「深い学び」の実現につながると考えたのである。

以上のような本研究の仮説について、成果と課題を以下に述べていく。

2 系統的な知識に関する成果と課題

系統的な知識 （仮説）

「理科の見方」に基づく知識の中でも、特に学年・単元・領域を超えて系統的につながる知識

＊「理科の見方」を働かせる→「系統的な知識」を活用する

上に示した「系統的な知識」を子どもたちが新しい知識とともに、頭の中で結び付けていく有効性について、自由が丘東小学校5年生と、自由が丘中学校1年生での授業実践を通じて検証した。その結果、子どもたちの姿やワークシートの記述等から、一定の有効性を確認することができた。

同時に、ただ「系統的な知識」を授業に取り入れてただけで、子どもたちが既存の知識や新しい知識を自ら結び付けていくものではなく、やはり教員の手立てが重要になることが分かった。それらをまとめると以下のようになり、今後に生かすことが重要になると考える。

子どもたちが知識を自ら結び付けていくために必要な教員の手立て

● 小・中学校7年間の学習内容を俯瞰する

小学校3年生から中学校3年生までのどの学年でも、子どもが何らかの理解につまずいたとき、教員が7年間の学習内容を俯瞰できれば、「どの学年・単元・領域の内容の学び直しが必要なのか」と考え、有効な手立てを講じることができる。それは決して容易なことではないが、小・中学校の教員が継続的に連携し、共同して授業をつくったり参観し合ったりする中で段階的・実践的に可能になっていくと考える。

● 系統的な知識をつなげる“必然性”のある教材を準備する

今回の授業実践では「塩化アンモニウムの再結晶」を扱った。この現象を説明するには、「水の温まり方」「物の重さ」「雲粒のできかた」など、複数の知識（系統的な知識を含む）を活用しなければならない、つまり、系統的な知識をつなげる“必然性”が生まれた。そして、結果的に、学習内容の中心となる「再結晶」の概念への理解を深めることにつながった。このように、学習内容の本質に向かい、かつ既存の知識（系統的な知識を含む）を学び直せることが、教材開発において重要になる。

● 子どもたちの思考をつなげたり、対話を通して気付きを深めたりする(発問・体験・学習形態など)

今回の授業実践では、ねらいに向けて子どもの思考を焦点化させる発問をしたり、「視点」を明確にした上で対話や振り返りの時間を保障したりしたことが有効だった。また、示温インクの実験を学び直したり、試験管の熱さを体感したりする場面が、子どもたちの思考を促したことも明らかである。無理に誘導するのではなく、形だけの対話をさせたりするのではなく、子どもたちの思考の流れをしっかりと捉えて、子どもたちが主体的・対話的に思考をつなげたり、付きを深めたりする手立てが重要になる。

3 デジタルポートフォリオに関する成果と課題

デジタルポートフォリオの有効性（仮説）

〔① 学習の履歴として〕

- ・写真、動画などを添付することで、学びをよりリアルに思い出せる
- ・学習用タブレット端末に収まるので、かさばらない
- ・内容ごとに整理でき、すぐにアクセスできる

〔② 概念的な理解に向けて〕

- ・文字入力、画像添付、レイアウトなどの工夫によって、知識がつながる
- ・発表、共有がしやすい

アンケート調査によると、5年生・中学校1年生いずれも、デジタルポートフォリオを活用することで、「勉強したことを思い出すのに役立つ」と実感している傾向がある。実際の授業でもスライドを振り返って実験の見通しを確認したり、既習の内容を思い出したりする姿も見られた。これらのことから、〔①学習の履歴として〕の有効性については一定の成果が確認できたと考える。

続いて、「勉強したことを頭の中に整理するのに役立つ」という項目にも、いずれの学年も肯定的な回答をしている。実際に子どもたちが作成したスライドを見ても、授業の要点や疑問等をテキスト入力し、写真や図表と関連付けながら、「頭の中を整理している」ことが分かった。これらのことから、〔②概念的な理解に向けて〕の有効性についても一定の成果が確認できたと考える。

デジタルポートフォリオを作成する「楽しさ」については、学年が上がるにつれ低下する傾向があった。子どもたちの負担感を軽減しながら、本来の有効性を損なわない運営方法を探っていくことが大切になる。また、子どもにとってこれまではノートやプリントが主体だったので、デジタルとアナログの特性を考慮して、柔軟な対応をする必要があるとも考える。

一方で、子どもたちは「デジタルネイティブ」と呼ばれる、幼いころからタブレット端末やスマートフォンが当たり前にある世代である。デジタルポートフォリオにもすぐに適応し、負担感を軽減していくとも推測される。

デジタルポートフォリオに関する本研究の検証は、わずか1年にも満たない期間のものであるので、あくまで「試行段階」である。しかしながら、タブレット端末を使った学びの履歴の在り方は、今後大いに期待できると考える。本研究の成果と課題を今後に生かしていきたい。

V おわりに

本研究では、子どもたちが自然科学の膨大な学習内容の森の中を横断しながら、学びの羅針盤である「理科の見方・考え方」を働かせ、未来を豊かに生きるために必要な資質・能力を獲得する姿を目指し、理科における「深い学び」を実現させる手立てを検証してきた。その成果に基づいた「小・中学校の7年間で『理科の学び』が連続する授業」を提案して、研究の結びとする。

ただし、子どもたちの中で「理科の学び」が連続するには、教員の中でも「理科の学び」が連続する必要がある。今回、小・中学校の先生方と一緒に授業づくりをする中で、校種を越えて指導方法や子ども観を共有し、それぞれの子どもの姿から学び合えた機会は大変有意義なものであった。三木市立自由が丘東小学校のA教諭、三木市立自由が丘中学校のB教諭に深く感謝を申し上げたい。そして、理科における小中連携、小中一貫教育のより一層の充実に向けて、本研究がその一助になれば幸甚である。

小・中学校の7年間で「理科の学び」が連続する授業

「理科の学び」を連続させていく子どもの姿

未知の問題に出合ったとき、自ずと「理科の見方・考え方」を働かせるとともに、知識がつながること（既知の知識と新しい知識のつながり・別次元の知識とのつながり）を前提に、解決を図ろうとする



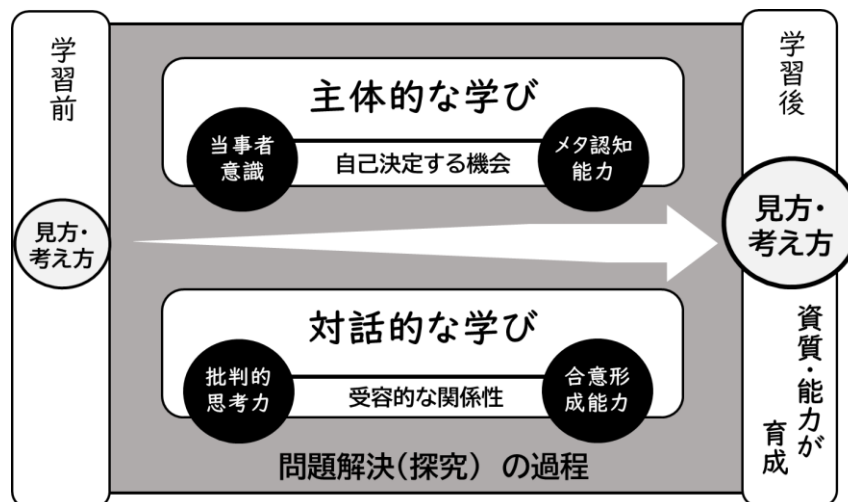
●学習前に子どもの既知の知識、見方・考え方を把握する

- ① 育成させたい資質・能力に基づき、教育内容を措定する〔**系統的な知識を含む**〕
- ② 事前アンケートを行う〔①に関して、子どもがもつ既知の知識を調査する〕
- ③ 指導計画をたてる〔②を基に教育内容、単元の流れ、評価方法等を検討する〕

●子どもの視点に立つ

- ・子どもは、自ら知識をつなぎ文脈の中で説明できてこそ、納得して分かる。
- ・子どもは、関係性の中で学び、関係性の中で資質・能力を育み・発揮する。
- ・小学校の学び（知識・経験・意識等）が、中学校での高次の思考の土台になる。

●「主体的・対話的で深い学び」の視点で授業改善に努める



●子どもたちが知識を自ら結び付けていくための手立てを講じる (P60)

- 小・中学校7年間の学習内容を俯瞰し、指導に活かす
 - 系統的な知識をつなげる “必然性のある” 教材を準備する
 - 子どもたちの思考をつなげる
 - 対話を通して気付きを深める
- (発問・体験・学習形態等)

●学びの履歴(デジタルポートフォリオ含む)の作成・振り返りが当たり前になる環境をつくる

調査日時	学校名	学年	組	番号
月 日()	小学校	5		

1

「^{くうき}空気」に関する^{かん}説明で、正しいのはどちらでしょうか？

ア 空気には「^{おも}重さ」がある

イ 空気には「^{おも}重さ」がない

2

次の2つの文で使われている「とけた」は同じ意味でしょうか？

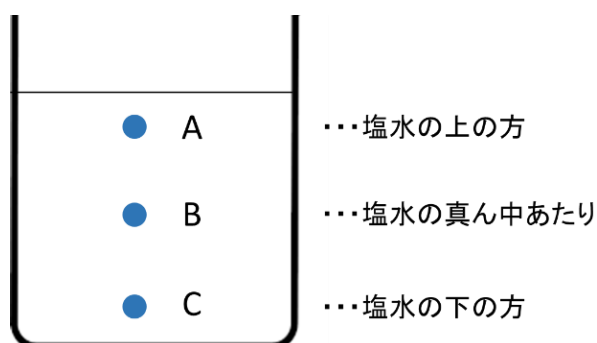
・ 手のひらに^お置いた^{こおり}氷がとけた

・ お湯に^ゆいれたさとうがとけた

3

^{しおみず}塩水が一番こい場所（^{ばしよ}しょっぱい場所）はどこでしょうか？

記号で一つ^{えら}選んでください。



ア Aが一番こい

イ Bが一番こい

ウ Cが一番こい

エ どこも同じこさ

4

さとうを水に入れてまぜると、見えなくなりました。

さとうはどうなったでしょうか？

ア 目に見えないけど、さとうは水の中にある。

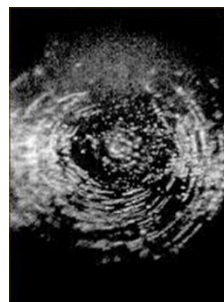
イ 目に見えないから、さとうは消えてなくなった。

ウ さとうは別のものになった。

5

「『ありがとう』と声をかけ続けた水をこおらせると、きれいな形の結晶が
でき、『ばかやろう』と声をかけ続けた水では形のくずれた結晶ができる」と
いう考えは正しいと思いますか？

- ア 正しい
イ 正しいかもしれない
ウ 正しくないかもしれない
エ 正しくない



形のくずれた
水の結晶

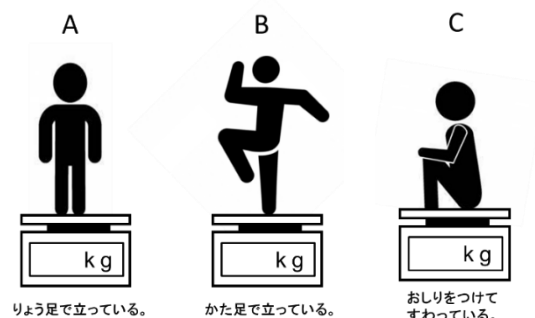


形のきれいな
水の結晶

6

同じ人が姿勢をかえて、体重計にのっています。
一番重いのは、どれでしょうか？

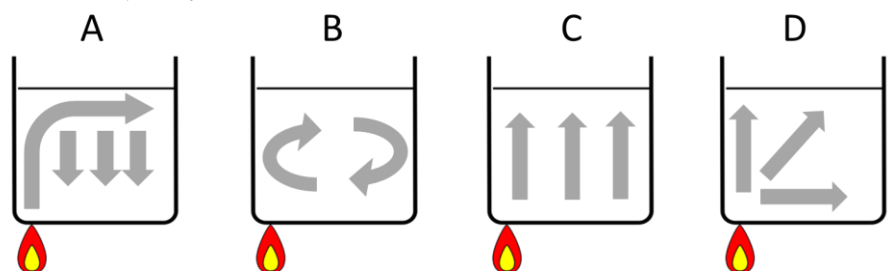
- ア Aが一番重い
イ Bが一番重い
ウ Cが一番重い
エ どれも同じ重さ



※すべて体重計の中央にのっている

7

水が入ったビーカーの左はしを熱したときのあたたまり方を表した、正しい図
はどれでしょうか？



まず熱したところから
上に温まり、そのあと
上から下へ全体的に
温まっていく。

全体的にグルグル回
るように温まっていく。

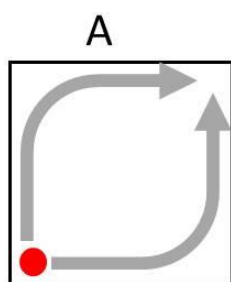
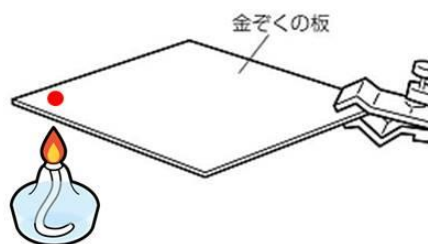
全体的に下から上
へと温まっていく。

熱したところから全体
的に広がるように温
まっていく。

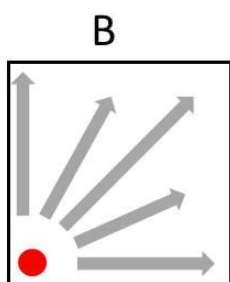
- ア Aが正しい
イ Bが正しい
ウ Cが正しい
エ Dが正しい
オ どれも正しくない

8

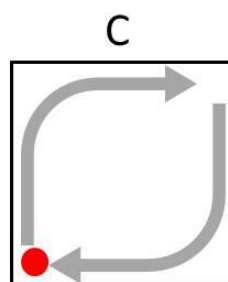
水平にした金ぞく板のはし（赤丸の部分）を下から加熱しています。金ぞく板の温まり方を表した正しい図はどれでしょうか？



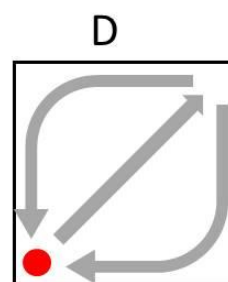
外側から反対の角に向かって温まる。



全体的に広がるように温まる。



大きく円をえがくように温まる。



まず対角線上に反対の角に向かい、外側からもどるように温まる。

ア A が正しい

イ B が正しい

ウ C が正しい

エ D が正しい

オどれも正しくない

調査日時	学校名	学年	組	番号
月 日 ()	中学校	1		

1 空気に関する説明で、正しいのはどちらでしょうか？

- ア 空気には「重さ」がある
イ 空気には「重さ」がない

2 次の2つの文で使われている「とけた」は同じ意味でしょうか？

- ・ 手のひらに置いた氷がとけた
- ・ お湯にいれた砂糖がとけた

3 食塩水が一番濃^こい場所はどこでしょうか？
記号で一つ選^{えら}んでください。

● A	…食塩水の上の方
● B	…食塩水の真ん中あたり
● C	…食塩水の下の方

- ア A が一番濃^こい
イ B が一番濃^こい
ウ C が一番濃^こい
エ どこも同じ濃^こさ

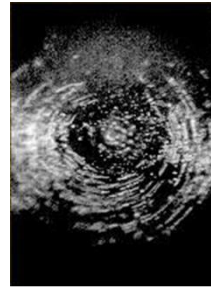
4 さとう
砂糖を水に入れてかきまぜると、目に見えなくなりました。
さとう
砂糖はどうなったでしょうか？

- ア 目に見えないけど、砂糖は水の中にある。
イ 目に見えないから、砂糖は消えてなくなった。
ウ 砂糖は別のものになった。

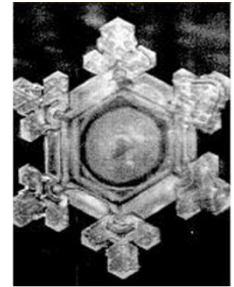
5

「『ありがとう』と声をかけ続けた水をこおらせると、きれいな形の結晶ができ、『ばかやろう』と声をかけ続けた水では形のくずれた結晶ができる」という考えは正しいと思いますか？

- ア 正しい
- イ 正しいかもしれない
- ウ 正しくないかもしれない
- エ 正しくない



形のくずれた
水の結晶

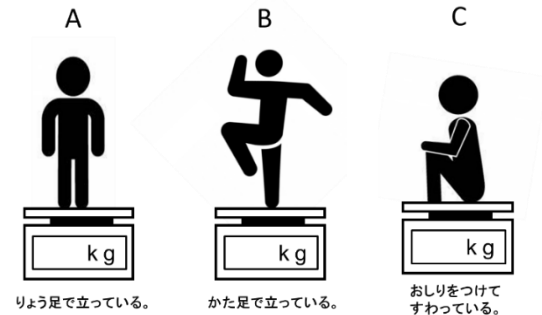


形のきれいな
水の結晶

6

同じ人が^{しせい}姿勢をかえて、^{たいじゅうけい}体重計にのっています。
^{おも}一番重いのは、どれでしょうか？

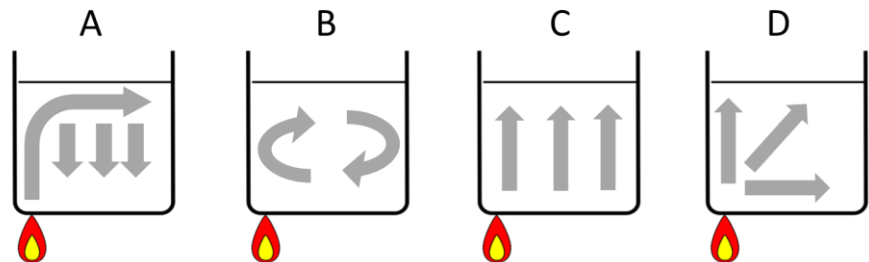
- ア Aが一番重い
- イ Bが一番重い
- ウ Cが一番重い
- エどれも同じ重さ



※すべて体重計の中央にのっている

7

水が入ったビーカーの左はしを^{ねっ}熱したときの温まり方を表した、正しい図はどれでしょうか？



まず熱したところから上に温まり、そのあと上から下へ全体的に温まっていく。

全体的にグルグル回るように温まっていく。

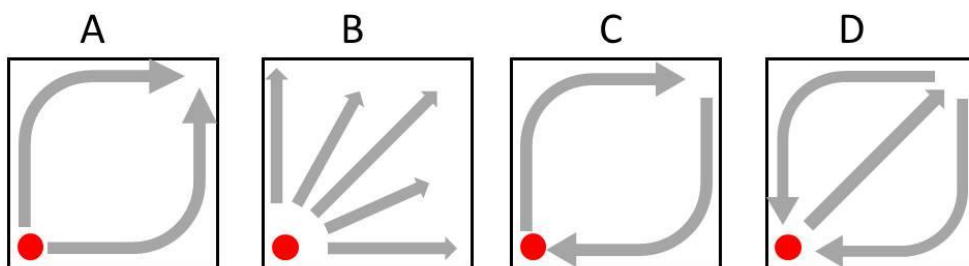
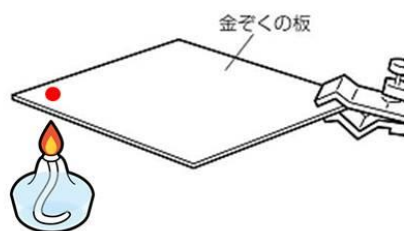
全体的に下から上へと温まっていく。

熱したところから全体的に広がるように温まっていく。

- ア Aが正しい
- イ Bが正しい
- ウ Cが正しい
- エ Dが正しい
- オどれも正しくない

8

水平にした金属板のはし（赤丸の部分）を下から熱しています。金属板の温まり方を表した正しい図はどれでしょうか？



A 外側から反対の角に向かって温まる。

B 全体的に広がるように温まる。

C 大きく円をえがくように温まる。

D まず対角線上に反対の角に向かい、外側からもどるように温まる。

ア A が正しい

イ B が正しい

ウ C が正しい

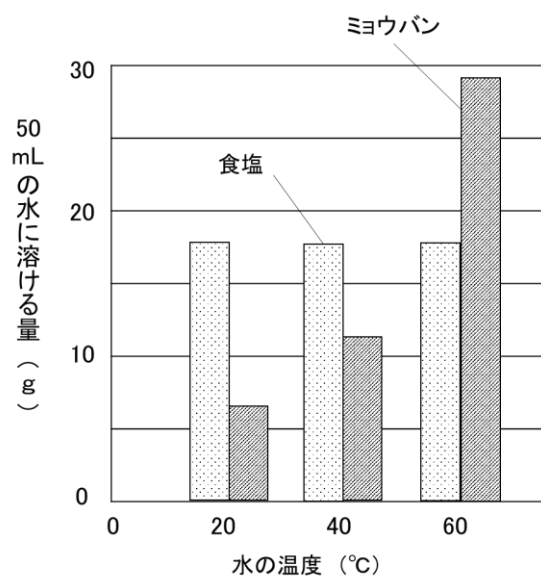
エ D が正しい

オ どれも正しくない

9

グラフを見て、思ったことを書いてください。

【記述式】



アンケート用紙

資料 3

★これはテストではありません。自分の考えで回答してください。

回答日時	学校名	学年	名前
令和 年 月 日	三木市立自由が丘東小学校	5	

1	デジタルポートフォリオは、勉強したことを <u>頭の中に整理するのに役立つ</u>	1－あてはまる 2－ややあてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
2	デジタルポートフォリオを授業中に使えば、これまで勉強したことを <u>思い出すのに役に立つ</u>	1－あてはまる 2－ややあてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
3	デジタルポートフォリオをつくるのは、 <u>大変だ</u>	1－あてはまる 2－ややあてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
4	デジタルポートフォリオをつくるのは、 <u>楽しい</u>	1－あてはまる 2－ややあてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
5	デジタルポートフォリオについて、「 <u>こうした方がよい</u> 」と思うことを教えてください	

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

アンケート用紙

★これはテストではありません。自分の考えで回答してください。

回答日時	学校名	学年	名前
令和 年 月 日	三木市立自由が丘中学校	1	

1	デジタルポートフォリオは、勉強したことを <u>頭の中に整理するのに役立つ</u>	1－あてはまる 2－ややあてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
2	デジタルポートフォリオを授業中に使えば、これまで勉強したことを <u>思い出すのに役に立つ</u>	1－あてはまる 2－ややあてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
3	デジタルポートフォリオをつくるのは、 <u>大変だ</u>	1－あてはまる 2－ややあてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
4	デジタルポートフォリオをつくるのは、 <u>楽しい</u>	1－あてはまる 2－ややあてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
5	デジタルポートフォリオについて、「 <u>こうした方がよい</u> 」と思うことを教えてください	

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

アンケート用紙

資料5

回答日時	学校名	学年	名前
令和 年 月 日	三木市立自由が丘東小学校	5	

(1)	理科の授業で新しい内容を学ぶときは、これまで学習した知識を使うことを意識していますか。番号に○をしてください。
	1－よくあてはまる 2－あてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
(2)	理科で学んだ言葉の中で、「この言葉」をおぼえていれば、学年がかわったり大人になったりしてもやくに立つと思えるものを教えてください。 [複数回答可]
(3)	今回の「もののとけ方」の授業では、「雪のように降りつもる結晶」を観察しました。なぜ、雪のようにふり積もるのですか？

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

アンケート用紙

資料 6

回答日時	学校名	学年	名前
令和 年 月 日	三木市立自由が丘中学校	1	

(1)	理科の授業で新しい内容を学ぶときは、これまで学習した知識を使うことを意識していますか。番号に○をしてください。
	1－よくあてはまる 2－あてはまる 3－あまりあてはまらない 4－あてはまらない
(2)	理科で学んだ言葉（知識や考え方）の中で、この言葉（知識や考え方）を知っていれば、学年が上がったり社会に出たりしても役立つと思えるものは何ですか。 〔複数回答可〕
(3)	今回の「水溶液」の授業では、塩化アンモニウムを使って「雪のように降り積もる結晶」を観察しました。なぜ、雪のように降り積もるのですか？

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

回答日時		校種	年代		
令和	年 月 日()	☐ 小学校 ☐ 中学校	☐ 20代 ☐ 50代	☐ 30代 ☐ 60代以上	☐ 40代

1ーよくあてはまる 2ーあてはまる 3ーあまりあてはまらない 4ーあてはまらない

↓

(1)	理科の授業で、児童生徒がこれまで学習してきた知識や経験と、新しい知識を結びつけることを意識していますか。	
(2)	理科の授業で、小学校3年生から中学校3年生までの学習内容（知識）のつながりを意識していますか。	
(3)	理科の授業で、「理科の見方・考え方」を働かせるポイントを意識していますか。	
(4)	「学年・単元・領域を越えてつながる知識」を授業づくりに活用する価値はあると思いますか。	
(5)	(4) のように回答した理由を教えてください。	
(6)	小学校の先生 中学校の理科授業に期待することはどのようなことですか？ 中学校の先生 小学校の理科授業に期待することはどのようなことですか？	

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

〈引用文献〉

- 1) 左巻健男 (2019) 「学校に入り込むニセ科学」、平凡社、p45
- 2) 後藤顕一・境智洋 (2022) 「理科教育の本質を追究する」、理科の教育、No. 12、pp63-64
- 3) 寺本貴啓 (2016) 「理科における『主体的・対話的で深い学び』の考え方」、理科の教育 Vol. 3、p19
- 4) 鳴川哲也 (2021) 「見方・考え方を働かせる問題解決の理科授業」、明治図書、p41
- 5) 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領解説理科編」、東洋館出版社、p94
- 6) 中央教育審議会 (2016) 「初等中等教育分科会 教育課程部会 芸術ワーキンググループ (第7回) 配付資料5 『知識について』」
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/069/siryo/attach/1371893.htm
(2023. 2. 26 確認)
- 7) 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領解説理科編」、東洋館出版社、p 1
- 8) 久野引幸 (2017) 「学校とICTフォーラム 特別講演『新学習指導要領と授業改革』」
<https://www.sky-school-ICT.net/shidooryo/190405/> (2023. 2. 26 確認)
- 9) 山鳥重 (2002) 「『わかる』とはどういうことかー認識の脳科学ー」、筑摩書房 p203、p208
- 10) 前掲書5)、p95
- 11) 前掲書5)、p95
- 12) 萬谷隆一 (2018) 「小学校外国語における主体的・対話的で深い学び」、研究紀要第47号、公益財団法人 日本教材文化研究財団、p15 (2023. 2. 26 確認)
https://www.jfecr.or.jp/cms/zaidan/publication/pub-data/kiyou/h30_47/kiyou47.pdf
- 13) 田村学 (2016) 「月刊教職研修 『対話的な学びとは何か?』」、教育開発研究所、p20
- 14) 三木市教育委員会 (2022) 「令和3年度三木市教育の基本方針」、p 5
<http://www.miki.ed.jp/index.cfm/1,332,c,html/332/20220331-180411.pdf> (2023. 2. 26 確認)

〈主な参考文献〉

- ・ 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領解説 理科編」、東洋館出版社、pp1-103
- ・ 文部科学省 (2017) 「中学校学習指導要領解説 理科編」、東洋館出版社、pp1-129
- ・ Collins, A. M & Loftus, E. F (1975) 「A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing」
Psychological Review Vol. 82, No. 6, pp407-428
- ・ 青砥瑞人 (2021) 「4Focus 脳が冴えわたる4つの集中」、KADOKAWA、pp180-188
- ・ エドワード・L・デシ、リチャード・フラスト (1999) 「人を伸ばすカー内発と自律のすすめー」、新曜社、pp201-210
- ・ 三宮真智子 (2018) 「メタ認知で学ぶ力を高める」、北大路書房、pp12-23、pp89-96
- ・ 日本化学会編 (2004) 「改訂5版 化学便覧 基礎編Ⅱ」、丸善、p149
- ・ 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2020) 「『指導と評価の一体化』のための学習評価に関する参考資料〔小学校理科〕」、東洋館出版、pp6-11
- ・ 堀哲夫、西岡加名恵編 (2010) 「授業と評価をデザインする理科」、日本標準、pp8-89
- ・ 林美都子、太田鈴香 (2021) 「いまだ、ペンはキーボードより強し」、日本認知科学会第38回大会、pp322-327

- ・Pam, A. Mueller¹&Daniel, M. Oppenheimer(2014)「The Pen is Mightier Than the Keyboard: Advantages of Longhand Over Laptop Note Taking」, Psychological Science, Vol.25(6), pp1159-1168
<https://linguistics.ucla.edu/people/hayes/Teaching/papers/MuellerAndOppenheimer2014OnTakingNotesByHand.pdf> (2023. 2. 26 確認)
- ・文部科学省 (2021) 「理科の指導における I C T の活用」
https://www.mext.go.jp/content/20211215-mxt_kyoiku02-000015482_rika_st.pdf (2023. 2. 26 確認)
- ・三木市教育センター (2022) 「三木市版『学年ごとに獲得すべき I C T スキル』」
<http://www.miki.ed.jp/index.cfm/1,405,c,html/405/20220131-094052.pdf> (2023. 2. 26 確認)
- ・石浦章一・鎌田正裕 他 (2019) 「わくわく理科 3」、新興出版社啓林館、pp150-158
- ・石浦章一・鎌田正裕 他 (2019) 「わくわく理科 4」、新興出版社啓林館、pp110-179
- ・石浦章一・鎌田正裕 他 (2019) 「わくわく理科 5」、新興出版社啓林館、pp132-153
- ・石浦章一・鎌田正裕 他 (2019) 「わくわく理科 6」、新興出版社啓林館、pp8-23、pp82-111
- ・大矢禎一・鎌田正裕 他 (2019) 「未来へひろがるサイエンス 1」 新興出版社啓林館、pp138-203
- ・大矢禎一・鎌田正裕 他 (2019) 「未来へひろがるサイエンス 2」 新興出版社啓林館、pp106-173
- ・大矢禎一・鎌田正裕 他 (2019) 「未来へひろがるサイエンス 1」 新興出版社啓林館、pp138-203
- ・柴田義松・小佐野正樹 他 (2008) 「理科の本質がわかる授業 物質の学習 1」、日本標準、pp22-56
- ・寺田光宏・中嶋健二 (2012) 「小学校 4 年生理科『水のあたたまり方』の指導の現状と改善」、科学教育学会研究会研究報告 Vol. 27、No. 5、pp97-102
- ・国立教育政策研究所 (2011) 「平成 24 年度全国学力・状況調査 4 教科に関する調査の各問題の分析結果と課題」、pp278-284

https://www.nier.go.jp/12chousa/12kaisetsu_shou_rika.pdf (2023. 2. 26 確認)
- ・国立教育政策研究所 (2011) 「平成 24 年度全国学力・学習状況調査 2 教科に関する調査の結果概要」 https://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/03shou-gaiyou/24_shou_houkokusyo-2_kyoukanikansuru.pdf、pp18-22 (2023. 2. 26 確認)

第2章

実地研修に関すること

I 令和4年度初任者研修 全県宿泊研修「体験プログラム『水辺の調査』」における指導の補助

1 講座の概要

「体験プログラム『水辺の調査』」は、初任者が水辺の調査の体験を通して、教育活動における体験活動の位置付けやねらいを明確にした体験活動の設定の仕方を習得することを目的としている。

(1) 実施日時

○阪神、播磨東地区

日時：令和4年7月27日（水）・28日（木）

○播磨西、但馬、丹波地区

日時：令和4年8月3日（水）・4日（木）

○阪神（西宮市、川西市、三田市、猪名川町）、淡路地区

日時：令和4年8月24日（水）

○欠席者代替

日時：令和4年11月7日（月）

(2) 会場

兵庫県立南但馬自然学校（朝来市山東町迫間字原 189）

(3) 対象

小・中学校及び特別支援学校の教員（初任者）

(4) 内容

本講座は、「初任者研修全県宿泊研修」の体験プログラムとして実施した。施設内にある3つの池を活用し、自然学校の体験活動を想定した「体験プログラム作成」の視点で調査活動に取り組んだものである。受講者の各グループが設定した調査テーマには、池の環境と生息する生き物との関係を調べる内容が多く見られ、受講者は3つの池を調査し、積極的に生き物を捕まえたり観察したりした。また、それぞれの池の様子や生息する生き物を比較して、共通点や差異点に気づき、「池によって生息する生き物が違うのはどうしてだろう」等の疑問をもち、それを解決するためにそれぞれの池の水質を考察し、子どもたちの学びにつながるよう取り組むことができた。

2 所感

南但馬の自然に仲間とともにふれた受講者は皆充実した表情をしていた。自然に接する直接体験は、年齢に関わらず、「生きる力」を豊かに育むのだと強く実感した。受講者にはそうした自然との直接体験の素晴らしさに気づき、自然から学ぶことのできる知識や経験を子どもたちに伝えてほしい。一方で、子どもたちの安心・安全を確保するために、具体的な手立てを職員間で共有し、実際に子どもたちに浸透させる指導も心がけてほしい。

受講者が今後、素晴らしい体験活動を計画し、県下の子どもたちに「生きる力」を豊かに育むことを期待している。

Ⅱ 令和4年度初任者研修 研修所で行う研修（第6回）「講義・演習 理科の授業づくり」における指導及び運営の補助

1 講座の概要

「理科における学習指導の基本」は、理科の学習指導要領の目標や内容に基づいた授業づくりを理解するとともに、見通しを持って観察・実験を行うことなどを通して、問題を科学的に解決する授業づくりを理解することを目的としている。

（1）実施日時及び会場

○小学校A 1～5、B 1～5 班

日時：令和4年10月11日（火）、12日（水）

会場：県立教育研修所（加東市山国 2006－107）

（2）対象

小学校教員（初任者）

（3）内容

本講座は、「初任者研修 研修所で行う研修 第6回」での研修講座として実施した。講座の目的のうちの一つに「タブレット端末等を用いて、児童が情報を収集したり、観察・実験を記録したりするための指導方法を整理する」と設定し、受講者は顕微鏡を操作して「池にすむ微生物」を観察したり、写真撮影した微生物をタブレット端末内のアプリを使って共有したりした。顕微鏡の操作については、教科書を参考にしたり、受講者同士で教え合ったりして適切な操作方法を確認した。写真については、接眼レンズに「顕微鏡撮影用カメラアダプター」を取り付け、iPad のカメラ機能で撮影した。また、撮影した写真を共有する際には、「Google Jamboard」を活用した。観察・実験を効果的に行うための顕微鏡操作や、写真を撮影し共有する手段を学んだ。

2 所感

顕微鏡を操作して微生物を探す受講者の姿は、まさに「没頭」「夢中」という表現があてはまると感じた。受講者は2～3人のペアで顕微鏡を操作し、水中の微生物を探した。苦労して微生物を発見すると、他の受講者ともその喜びを共有し、笑顔で互いに見せ合ったり教えあったりしている様子が印象的だった。それは、まさに小学校や中学校の理科授業で子どもたちに育みたい姿と重なる姿でもあった。受講者が実際の授業で子どもたちに指導する際に、上述のような喜びや笑顔を子どもたちと共有すれば、子どもたちの学びにおいてこの上ない環境が準備できる。

また、撮影した写真を「Google Jamboard」を使って共有することについては、初めて体験するという受講者が多かった。しかし、数回試行するうちにすぐに慣れ、写真とテキストをうまくレイアウトすることができていた。

苦労して水中の微生物を発見し、その喜びを分かち合うと同時に、写真等もデジタル上でわかりやすく共有した。受講者が、子どもたちとともにこのような授業を実現し、学びを深めていくことを期待したい。

IV 令和4年度 選択研修「(小)理科授業実践講座」における指導及び運営の補助

1 講座の概要

「(小)理科授業実践講座」は、「粒子」を柱とする領域を中心にして、問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を育成する学習活動の充実と学習評価の在り方を理解するとともに、日常生活とのつながりを意識させる授業改善について理解することを目的としている。

(1) 実施日時及び会場

日時：令和4年10月24日（月）

会場：県立教育研修所（加東市山国 2006－107）

(2) 対象

小学校及び特別支援学校初等部の教員

(3) 内容

前半の講義で、兵庫教育大学の山本智一教授が、主体的な問題解決において重要となる「学習問題（科学的に解決することのできる問い）」や科学的に説明する活動、また学習評価の在り方、全国学力・学習状況調査の結果や実際の授業研究を基に具体的な活動やつまずきとその有効な手立てを紹介され、受講者は自身の授業を振り返った。

後半の演習・実習では、小学校5年生「物の溶け方」の導入場面について、日常生活に関することから子どもたちの気付きや疑問を引き出し、対話を通して科学的に問いにしていける発問を計画し、模擬授業を行った。続いて、「一定量の水にとける食塩の量」を調べる実験を行い、各班の実験結果が異なる状況を体験した。その状況を生かして、学習内容の本質に迫っていく手立てを考えた。前半の講義内容とのつながりをもたせたことで、講義で得た知識を演習・実習で活用し、実践につながるという研修講座の流れがあった。

2 所感

前半は、山本智一教授が、全国学力・学習状況調査から考察された、理科における「学習問題」の重要性や、多面的・多角的な対話の在り方について講義され、大変勉強になった。「学習問題」については、与えられた問いではなく、「対話の中で子どもたちの言葉でつくった問い」であり、かつ「科学的に解決できる問い」であることが大切で、それが理科における「学習問題」であると学んだ。子どもたちが科学的な問題解決に向かうことができるよう、今後の実践に取り組みたい。

後半の演習・実習では、冒頭、模擬授業を実施して、先ほど述べた「学習問題」を対話の中でつくりだす過程を受講者に示した。その模擬授業は事前に何度も繰り返し練習したが、なかなかうまくいくものではなかった。「対話の中で」と言葉にはできても、実際に子どもたちの気付きや疑問などを紡ぎ、子どもたちが腑に落ちる言葉で「学習問題」をつくることは大変難しい。演習・実習の中で、受講者もその「学習問題」をつくる難しさや、理科の見方・考え方を意識した授業づくりの難しさを実感していた。それでも、前向きに粘り強く演習・実習に取り組む受講者の姿が素晴らしいと思った。

本講座は選択研修なので、理科に興味がある、理科が苦手だけががんばりたい等の意識を持つ受講者が多く、実際の研修でもその熱意がしっかりと伝わってきた。本講座での学びを現場で生かすとともに、同僚に広く伝えてもらいたい。

謝 辞

この1年間、三木市市教育委員会に推薦していただき、兵庫県教育委員会事務局義務教育課の命を受け、兵庫県立教育研修所理科教育推進研修員として、「理科教育の指導方法に関すること」「実地研修に関すること」について有意義な研修を行うことができました。また、これまで自分が行ってきた実践を見つめ直し、指導方法の改善に向けて考える大変貴重な機会にもなりました。授業実践に際し、三木市立自由が丘東小学校の 西中 記美代 校長、三木市立自由が丘中学校の 計倉 哲也 校長をはじめ、研究授業をしていただいた 飯田 剛 教諭、小柳 博之 教諭には、多大なご協力をいただきました。小学校5年生「物の溶け方」や、中学校1年生「水溶液の性質」の単元において、子どもたちが、学年・単元・領域を越えてつながる「系統的な知識」を活用したり、学習者用タブレット端末を活用した「デジタルポートフォリオ」で学びの履歴を作成したりして、対話の中で自ら知識を結び付けて納得しながら分かる、つまり「主体的・対話的で深い学び」を実現していく研究を進め、このたび、まとめとして本冊子を作成することができました。

最後になりましたが、兵庫県立教育研修所の 西田 健次郎 所長をはじめ当教育研修所の皆様には、貴重な御意見や御助言をいただきました。この1年間、私の研究活動を御支援いただいた方々に深く感謝申し上げます。ありがとうございました。

令和5年3月

令和4年度 兵庫県立教育研修所 理科教育推進研修員
(三木市立自由が丘東小学校 教諭)
藤本 将宏