

見通しをもって仮説を設定する力を育成する理科指導の工夫

— 「私の理科ブック」を活用して理科の見方・考え方を働かせる活動を通して —

江田島市立江田島小学校 小宇根 将浩

研究の要約

多くの児童は、仮説を設定する際、なんとなく考え方をもっており、「どうしてそう考えたのか。」「どうすれば仮説が正しいと言えるのか」といった見通しをもつことができていない。文献研究から、見通しをもって仮説を設定するためには、理科の見方・考え方を働かせて既習の知識と関係付けながら学習していく必要があることが明らかになった。そこで、第4学年「空気と水の性質」「温度と体積の変化」の単元における仮説を設定する場面において、既習の知識と新しく学習した知識を結び付けながらまとめた「私の理科ブック」を活用した研究授業を行った。単元を隔てたり、時間が経つたりして活用しにくい知識でも「私の理科ブック」に記録しておくことで、児童は自在に活用し、理科の見方・考え方を働かせながら仮説を設定することができていた。その結果、見通しをもって仮説を設定する力を育成されることが明らかになった。

キーワード：見通しをもって仮説を設定する力、理科の見方・考え方を働かせる活動

I 主題設定の理由

小学校学習指導要領（平成29年）の理科の目標では現行の小学校学習指導要領に引き続き、観察、実験などを行うときは児童に見通しをもたせることが示されている。しかし平成27年度全国学力・学習状況調査報告書では、小学校理科の課題として仮説が一致した場合に得られる結果を見通して実験を構想することが挙げられている。このことは、実験を構想する前の段階である仮説を設定する場面において結果まで見通すことができていないことを示しており、見通しをもって仮説を設定する力に課題があると考える。

所属校の児童を見ても、仮説を設定できない児童や検証が不可能な仮説をつくる児童があり、提示された事象の何に着目し、どのように考えて仮説を設定すればよいか分かっていない様子がうかがえる。このことから児童が理科の見方・考え方を働かせて仮説を設定することができるようになるための指導の工夫が必要であると考える。

そこで本研究では児童が自然の事物・現象を、質的・量的な関係や、時間的・空間的な関係等の科学的な視点で捉え、比較する・関係付ける等の科学的に探究する方法を用いて考えることである理科の見方・考え方を働かせることができるようにするための「私の理科ブック」を開発し、活用する。「私の理科ブック」とは、児童が理科の授業で身に付けた

科学的な概念を児童自身の言葉でまとめたものであり、学習が進むにつれて増やしていくものである。仮説を設定する段階で、仮説の根拠となることを「私の理科ブック」から選択し、児童に吟味させた上で仮説を設定することで、理科の見方・考え方方が働くようになると考える。さらに、理科の見方・考え方を働かせて実験計画が仮説を検証することができるものになっているかどうかを協議させる。この活動を通して、児童に見通しをもって仮説を設定する力が身に付くと考え、本研究題目を設定した。

II 研究の基本的な考え方

1 見通しをもって仮説を設定する力について

(1) 仮説とは

「仮説」とは、角屋重樹ら（2005）によると「事物・事象から見いだした問題を合理的に説明するために、前もって立てた考え」とし、子供が仮説を設定する際には、「仮説が形通りに立てられることではなく、自分なりに明確な根拠をもった仮説となることが大切である。さらにその先を考えると、検証可能であることが絶対に求められる。」¹⁾と述べている。

また、蛯谷米司ら（1981）によると、「既存の知識や法則だけでは十分に説明することができないよ

うな事実に直面したときや、既存の知識や法則を統一しようとするときに構成される一種の科学的な予想である。」²⁾としている。

なお「検証可能かどうか」は、小学校段階においては児童による判断は難しく、教師が判断していくものとするため定義の記述からは省くものとする。

これらのことから、本研究における「仮説」を「事物・事象から見いだした問題を合理的に説明するために、既存の知識や自分なりの根拠を基に前もって立てた考え」とする。

(2) 見通しをもつとは

小学校学習指導要領解説理科編（平成20年、以下「20年解説」とする。）では、「見通しをもつ」とは「児童が自然に親しむことによって見いだした問題に対して、予想や仮説をもち、それらを基にして観察、実験などの計画や方法を工夫して考えることである。」³⁾と示されている。

平成27年度全国学力・学習状況調査報告書では、小学校理科の課題として「予想が一致した場合に得られる結果を見通して実験を構想」することが挙げられており、「20年解説」の示す「観察、実験などの計画や方法」より先の「結果」まで見通しをもつことの重要性が述べられている⁽¹⁾。さらに、「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」（平成28年、以下「中教審答申」とする。）の別添資料「資質・能力を育成するために重視すべき学習過程のイメージ」には、「結果」の先の「考察・推論」まで見通しをもつことが示されている⁽²⁾。なお、「資質・能力を育成するために重視すべき学習過程のイメージ」は高等学校基礎科目的例として示されているため「考察・推論」まで見通しをもつことや、「考察・推論」の次の段階に「表現・伝達」を行うことが示されているが「小学校学習指導要領解説理科編」（平成29年、以下「29年解説」とする。）では「観察、実験などの解決の方法」まで見通しをもつことや、問題解決の過程として「考察・結論」までを行うことが示されている⁽³⁾。

これらのことから、小学校段階における「資質・能力を育成するために重視すべき学習過程のイメージ」を、図1のように示す。

これらのことから、本研究における「見通しをもつ」とは、「児童が自然に親しむことによって見いだした課題に対して、仮説をもち、それらを基にして観察、実験などの計画や方法、予想や仮説が一致

した場合に得られる結果まで視野に入れて考えること」とする。

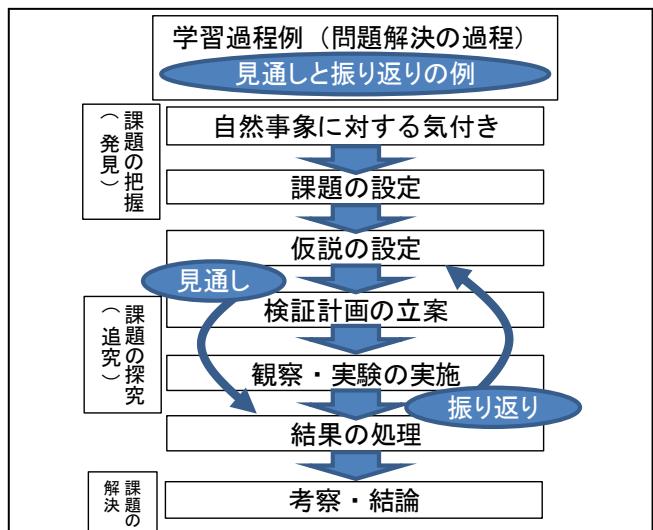


図1 小学校で資質・能力を育成するために重視すべき学習過程のイメージ（筆者作成）

(3) 見通しをもって仮説を設定する力とは

以上のことから、本研究における「見通しをもって仮説を設定する力」を、「児童が自然に親しむことによって見いだした課題を合理的に説明するために、既有知識や自分なりの根拠を基に前もって立てた検証可能な考え方を、観察、実験などの計画や方法、仮説が一致した場合に得られる結果まで視野に入れて形成することができる力」とする。

2 見方・考え方を働かせるとは

(1) 次期学習指導要領における見方・考え方について

「中教審答申」によると「見方・考え方」とは、各教科における習得・活用・探究といった学習の過程の中において働く「“どのような視点で物事を捉え、どのような考え方で思考していくのか”という物事を捉える視点や考え方」⁴⁾とされている。

また「中教審答申」では、「見方・考え方」は各教科等で身に付けた知識・技能、思考力・判断力・表現力等及び学びに向かう力・人間性等という、資質・能力の三つの柱を活用・発揮させる過程で豊かで確かなものになっていくことが示されている⁽⁴⁾。

これらのことから、本研究における「見方・考え方」を「習得・活用・探究」という学びの過程において資質・能力を活用・発揮させるとときに働く、各教科等の特質に応じた物事を捉える視点や考え方」と

し、資質・能力が活用・発揮される過程で豊かで確かなものになっていくものと捉えることとする。

なお、理科では、従来、「科学的な見方・考え方」は資質・能力を包括するものであり、その育成が重要な目標として位置付けられてきたが、「中教審答申」において、「資質・能力を育成する過程で働く、物事を捉える視点や考え方」として全教科等を通して整理されたことを踏まえ「理科の見方・考え方」が改めて整理されている。理科では、図1に示すように、資質・能力の育成のために、問題解決の過程を重視している。つまり、理科の見方・考え方は問題解決の過程の中で働くものであると考える。

(2) 「理科の見方」とは

「29年解説」では、「理科の見方」は、理科を構成する領域ごとの特徴を見いだすことが可能であるとしている。「29年解説」で示された「理科の見方」をまとめたものを表1に示す⁽⁵⁾。

表1 理科の各領域における特徴的な見方の整理例

	領域			
	エネルギー	粒子	生命	地球
理科の見方	自然の事物・現象を主として量的・関係的な視点で捉える。	自然の事物・現象を主として質的・実体的な視点で捉える。	生命に関する自然の事物・現象を主として多様性と共通性の視点で捉える。	地球や宇宙に関する自然の事物・現象を主として時間的・空間的な視点で捉える。

なお、「29年解説」では、これらの視点はそれぞれ領域固有のものではないこと、これら以外にも視点があることに留意するよう示されている。

(3) 「理科の考え方」とは

「中教審答申」では、理科の考え方について、「探究の過程を通じた学習活動の中で、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて、事象の中に何らかの関連性や規則性、因果関係等が見いだせるかなどについて考えることであると思われる。」⁽⁵⁾と示されている。

また、「29年解説」では、これまで理科で育成を目指してきた問題解決の能力を基に、児童が問題解決の過程の中で用いる、比較、関係付け、条件制御、多面的に考えることなどといった考え方を理科の考え方として整理することができると述べており、次のように整理されている⁽⁶⁾。

- 問題を見いだす際に、自然の事物・現象を比較し、差異点や共通点を明らかすることなど。
- 解決したい問題についての予想や仮説を発想する際に、自然の事物・現象と既習の内容や生活経験とを関係付けたり、自然の事物・現象の変化とそれにかかわる要因を関係付けたりすること。
- 解決したい問題について、解決の方法を発想する際に、制御すべき要因と制御しない要因を区別しながら計画的に観察、実験などを行うこと。
- 問題解決を行う際に、解決したい問題について互いの予想や仮説を尊重しながら追究したり、観察、実験などの結果を基に、予想や仮説、観察、実験などの方法を振り返り、再検討したり、複数の観察、実験などから得た結果を基に考察をしたりすることなど。

(4) 理科の見方・考え方を働かせるとは

これらのことから、理科の見方・考え方を働かせるとは、「問題解決の過程において、自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係等の科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること」とする。

(5) 理科の見方・考え方を働かせる理科授業の例

第5学年の単元「物の溶け方」の、水溶液の重さに関する授業の例を示し、理科の見方・考え方がどのように働いていくかを示す。

導入で水溶液についての知識を得た児童に「食塩を水に溶かすと重さはどうなるだろう。」と問いかげ、児童に仮説を設定させ、実験を行う。仮説を設定する際、児童は第3学年の単元「物の重さ」で学習した「物の出入りがなければ重さは変わらない。」という知識を理科の考え方である「関係付け」を働かせて活用し、「物の出入りがなければ重さは変わらないから、食塩は水の中から出ていないので水溶液の重さは水と食塩の重さを合わせたものになるだろう。」といったように、食塩を水の中に入れて溶かすと、食塩は見えなくなつたが、外には出ていないと「実体的な見方」で捉えて、この事象を3学年の知識と「関連付け」て考え、仮説を設定する。また、「物の出入りがなければ重さは変わらない。」という知識を「関係付け」することで「食塩は確かに出入りしていないが、食塩の粒は見えなくなつていてのだから水溶液の重さは水の重さだけになる。」といった仮説を設定することもできると考える。

最後に考察をする段階では、「物の出入りがなければ重さは変わらない」という第3学年で学習した内容が新たな知識や技能と結び付き「水に溶けて見えなくなつても物の出入りはないので重さは変わら

ない。」というように変わり、物に対する「実体的な見方」はより確かなものになっていくと考える。

このように「理科の見方・考え方」を働かせていくことで、児童は新しい知識を既習の知識と結び付けて捉えることができ、より確かなものとしていくことができると言える。

(6) 理科の見方・考え方を働かせて見通しをもつて仮説を設定するには

ア 理科の見方・考え方が働く課題を設定することについて

前述のように、仮説は、児童が自然に親しむことによって見いだした課題に対してもつものである。つまり、理科の見方・考え方を働かせて仮説を設定するには、理科の見方・考え方を働く課題を設定する必要があると考える。

例えば、粒子領域の主な見方である「質的」な視点や「関係付け」という考え方を働かせるのであれば、「水も空気と同じように圧し縮めることができるのだろうか。」のように、物質の性質に着目させ、水と空気の性質を関係付ける課題を設定することが考えられる。

イ 理科の見方・考え方を働かせて見通しをもつて仮説を設定することについて

仮説を設定するときには前述の「理科の考え方」のうち、「解決したい問題についての予想や仮説を発想する際に、自然の事物・現象と既習の内容や生活経験とを関係付けたり、自然の事物・現象の変化とそれにかかわる要因を関係付けたりすること。」を主に働く必要がある。

甲斐初美(2017)は「直感で設定した説明を基に、説明内容の共通点や相違点を整理していくながら議論させて、最終的な仮説を設定させていく」⁶⁾と述べていることから、仮説を設定するときには、まず児童に自分の考えをもたせること、児童の考えを出し合せ共通点や相違点について整理しながら議論させていく中で、自然の事物・現象と既習事項や、自然の事物・現象の変化とその要因等を関係付けていくことが必要であると考える。また、甲斐は最終的な仮説を設定させていく中で「おのずと実験方法の詳細についても議論していくことになるため、観察・実験の具体的手順についても見いだせることが可能となる。」⁷⁾と述べている。

これらのことから、理科の見方・考え方を働かせて見通しをもつて仮説を設定するには、問題解決の過程の「検証計画の立案」の場面において、検証可能な仮説になっているか、仮説を確かめることができ

きる計画になっているかを合わせて検討していく必要があると考える。

ウ 理科の見方・考え方を働かせて見通しをもつて仮説を設定する授業モデル

以上のア・イの内容をまとめたものを理科の見方・考え方を働かせて見通しをもつて仮説を設定する授業モデルとして図2に示す。

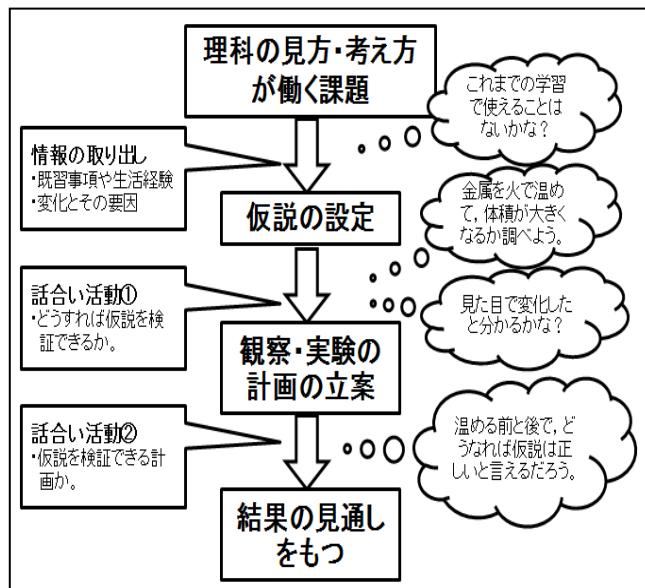


図2 理科の見方・考え方を働かせて見通しをもつて仮説を設定する授業モデル

まず、課題を提示された児童は「理科の見方・考え方」を働かせて、既習事項や生活経験と「関係付け」で考えたり、提示された事象の変化やその要因を考えたりして、課題を解決するために必要である情報を取り出し（情報の取り出し）、課題を解決する仮説を設定する。

次に児童はどうすれば仮説を検証することができるか観察・実験の計画について話し合う（話し合い活動①）。

最後に、仮説を検証することができる計画になっているか話し合わせる。もしこのとき、仮説が検証できない計画であったなら、設定した仮説や観察・実験の計画を再検討させる。仮説が検証できる計画になっている場合は、「（このような結果）になれば仮説は正しかったと言える。」という結果の見通しをもたせる（話し合い活動②）。

このような段階を踏むことで、児童は仮説と仮説が検証可能な計画と仮説が正しいと言えるような結果の見通しをもつことが出来ると考え、これら三つが揃った状態を本研究では「見通しをもつて仮説を

設定した」状態であるとする。

3 理科の見方・考え方を働かせることの課題と工夫

「中教審答申」には学びの「深まり」の鍵となるのが各教科等の特質に応じた「見方・考え方」である。「見方・考え方」は、新しい知識・技能を既にもっている知識・技能と結び付けながら深く理解し、社会の中で生きて働くものとして習得したり、思考力・判断力・表現力を豊かなものとしたり、社会や世界にどのように関わるかの視座を形成したりするために重要なものであると示されている⁽⁷⁾。「見方・考え方」を働かせることで、既習の知識を新しい知識と結び付け、より深く理解することができ、これらのことを通して資質・能力の三つの柱が育成できると述べている。

塙田昭一（2017）は、「第3学年『物と重さ』の単元では、『物は、形が変わっても重さは変わらない』といった『質量保存』の基礎を学習するが、この『質的保存の考え方』を、第5学年『物の溶け方』の単元において「物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと」の学習に子ども自身が『適用』して捉えていくことが重要である。」⁸⁾と述べている。つまり、「物の重さ」と「物の溶け方」の単元は、学習内容でつながっているといえる。しかし、第3学年で学習した内容を第5学年で活用することは時間が経っていたり、「重さ」と「溶け方」が児童の中でつながりにくかったりするため、II節2項（5）で述べた、「物の出入りがなければ重さは変わらないから、食塩は水の中から出ていないので水溶液の重さは水と食塩の重さを合わせたものになるだろう。」といった仮説を設定し、「物が水に溶けると、重さは水と物の重さを合わせたものになる。」といった既習の知識と結び付けて新しく学習する内容を深く理解していくことが困難になると考える。そのため、既習の知識と新しい知識を、児童が関係付けながら学習していくことができるような工夫をする必要があると考える。

そこで本研究では、児童が問題解決の場面で「理科の見方・考え方」を働かせていくことができるよう、既習の知識をまとめた「私の理科ブック」の開発を行う。

III 「私の理科ブック」の開発

1 「私の理科ブック」とは

学習した概念的知識をまとめたものを「私の理科シート」、それをまとめたものを「私の理科ブック」とする。「私の理科シート」を次の図3に示す。

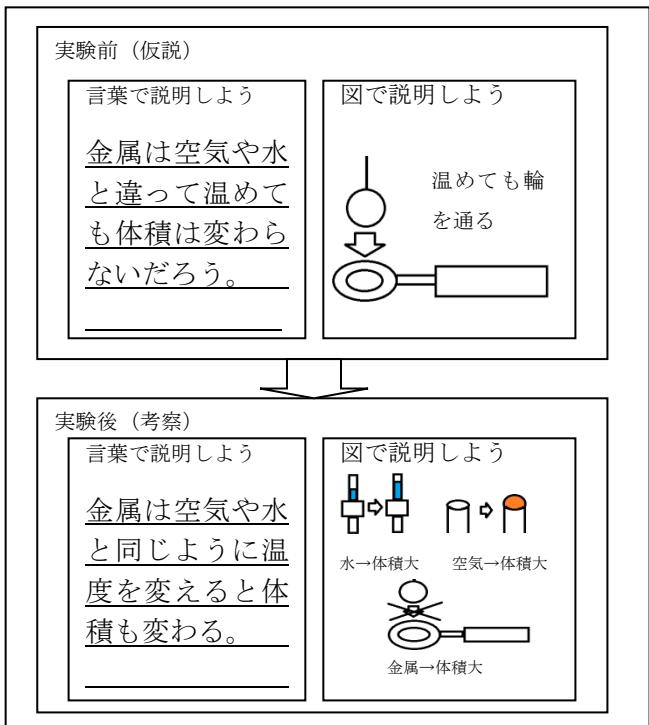


図3 「私の理科シート」

八嶋真理子（2009）は、「科学概念の変容を、自分の表現を通して見つめることによって、理科を学ぶことの意味や価値を、子ども自身が自覚することができる」⁹⁾と述べている。このことから、「私の理科シート」には、「仮説」と「考察」を児童自身の言葉と図でまとめさせる。問題解決のストーリーを振り返ることができるような表現をさせたりすることで、より詳しく既習の知識と新たな知識を結び付けていくことができるのではないかと考えた。

このシートは、図2の結果の見通しをもたせた段階で、「実験前」の項目を、学習を終えた後に「実験後」の項目を記入させる。「実験前」の項目では、設定した仮説と行う実験の図を記入させる。「実験後」の項目では、「（前の学習でこうだった）、（今回の学習ではこのようなことが）言える。」といった既習の知識と結び付けた新しい知識と実験結果の図を記入させる。

このようにすることで、どのような実験を行ってどのような結果になったという問題解決のストーリーと、既習の知識と新しい知識を結び付けてまとめていくことができると考える。

2 「私の理科ブック」の使い方

「私の理科ブック」を児童が自発的に使用することができるよう教師側が段階的に指導していく。

児童が仮説を設定する際に、初めて「私の理科ブック」を使用させるときには、教員が「私の理科ブック」の関係するシートを見るよう指示する。こうすることで、児童に、既習の知識を基に仮説を設定することができるという、「私の理科ブック」の有効性を実感させる。

次に、別の単元で仮説を設定する際、「私の理科ブック」の中から必要な情報を児童自身に探させてることで「私の理科ブック」の使い方を習得させる。

このようにして、最終的には教師から声かけをせずとも、児童が自発的に「私の理科ブック」を活用していくことができるようになる。

自発的に「私の理科ブック」を活用していくことができるようになった児童は、課題に対して、自分で「私の理科ブック」の中から、「この課題を解決するためにはこの学習で学んだことが使えそう。」と予想を立てながら探していくことができると言える。例えば、図2に示す授業モデルの「情報の取り出し」において、「4年生の頃に学習した直列つなぎにすれば電流が強くなったから、電磁石の強さも強くなるだろう。」といった既習の概念的知識と関連付けながら仮説を設定したり、同じく「話し合い活動①」において、「3年の学習では電流の強さを測りたいときに検流計を使った。今回は直列つなぎにしたときの電流の強さを測りたいから同じ方法が使える。」といった第3学年で学習した問題解決のストーリーを思い出しながら実験計画を立てたりすることができると考える。

IV 研究の仮説及び検証の視点と方法

1 研究の仮説

仮説を設定する段階で「私の理科ブック」を活用することで、理科の見方・考え方を働かせることができるように、見通しをもって仮説を設定する力を育成することができるだろう。

2 検証の視点と方法

検証の視点と方法を、表2に示す。

表2 検証の視点と方法

	検証の視点	検証の方法
1	見通しをもって仮説	・事前・事後テスト

	を設定する力を育成することができたか。	・事前・事後アンケート ・ノート
2	「私の理科ブック」を活用して理科の見方・考え方を働かせる活動は、見通しをもつて仮説を設定する力を育成するのに有効であったか。	・ノート ・授業記録 ・「私の理科ブック」 ・事前・事後アンケート

V 研究授業について

本研究では見通しをもって仮説を設定する力を育成することを目指すため、「29年解説」において学年を通して育成すべき問題解決の力として「自然の事物・現象について追究する中で、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し、表現すること。」¹⁰⁾が設定されている、第4学年で授業を行うこととする。その中から「空気と水の性質」と、理科の見方・考え方のつながりのある「温度と体積の変化」の二つの単元で授業を行う。

1 研究授業①について

(1) 研究授業①の内容

- 期間 平成29年9月下旬
- 対象 所属校第4学年 (35人)
- 単元名 空気と水の性質
- 目標

空気と水の性質について、体積や圧し返す力の変化に着目し、それらと圧す力とを関係付けて調べる活動を通して、空気と水の性質についての理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けさせるとともに、空気と水の体積や圧し返す力との関係について主に既習の内容や生活経験を基に、根拠のある仮説を発想する力や主体的に問題解決しようとする態度を育成する。

○ 指導計画

次	時	課題	学習内容
一	1	空気を閉じ込めて遊び、気付いたことや疑問に思ったことを話し合おう。	空気は袋などに閉じ込めると、柔らかい手ごたえを感じる。
	2	空気を注射器の中に閉じ込めて、キャップ飛ばしゲームをして、キャップを高く飛ばせるにはどうすればよいだろうか。	ピストンを強く圧すほど、もとに戻る力が強くなる。
二	3	注射器を圧せば圧すほどキャップが高く飛んだのはどうしてだろうか。	空気は圧し続けていくと体積が小さくなり、手ごたえが大きくなる。また、圧すのをやめると元の体積に戻る。
	4		
三	5	水は空気の様に圧し縮めることができるだろうか。	水は空気と違って圧し縮めることはできない。
	6		

(2) 「私の理科ブック」を活用する場面例

第三次では第二次で学習した「閉じ込めた空気は圧し縮めることができたから水も圧し縮めることができるだろう。」という「私の理科ブック」の内容を基に自分の考えを作らせる。「空気と水は同じようなものだと思うから」などといった水や空気についての質的な見方を働かせながら、既習の知識と「関係付けて」仮説を設定させていく。

また、「空気を注射器の中に閉じ込めて圧し縮められるか実験をしたから、水でも同じ実験方法が使えるだろう。」と「私の理科ブック」の内容を基に話し合わせ、実験計画を作らせたりして、児童が仮説・実験計画・結果の見通しを設定していくようになる。学習後の「私の理科ブック」には、「閉じ込めた水は空気とは違って圧し縮めることはできない」といったような空気についての既習の知識と結び付けて、水についての新たな知識を記録させる。

(3) 研究授業②の内容

- 期間 平成29年10月下旬
- 対象 所属校第4学年(34人)
- 単元名 温度と体積の変化
- 目標

体積や状態の変化に着目し、それらと温度の変化とを関係付けて、金属、水及び空気の性質を調べる活動を通して、それらについての理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けさせるとともに、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主体的に問題解決しようとする態度を育成する。

○ 指導計画

次	時	課題	学習内容
一	1	どうして風船が膨らんだのだろうか。	フラスコに栓をして空気を閉じ込め、フラスコを温めた時風船が膨らむ現象を見せる。
二	2	フラスコを温めると中の空気がどうなって風船が膨らむのだろうか。	フラスコの中の空気を温めると体積が大きくなり、風船が膨らむ。
	3	空気を冷やすと体積はどうなるのだろうか。	フラスコの中の空気を冷やすと体積が小さくなる。
三	6	水を温めたり冷やしたりすると体積はどうなるのだろうか。	水は空気と同じように、温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。
四	8	金属は温めたり冷やしたりすると体積はどうなるのだろうか。	金属も水や空気と同じように温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。

(4) 「私の理科ブック」を活用する場面例

第二次では、第一次で学習した「空気は温めたり冷やしたりすると体積が変わる。」といった空気についての既習の知識を、必要に応じて「私の理科ブック」を活用して既習の知識と関係付けて仮説を設定させる。(2)で述べたように、児童は水や空気についての質的な見方を働かせて、「空気は温度を変えると体積も変わったから、水も温度を変えると体積も変わるだろう。」といった仮説を設定したり、単元「空気と水の性質」で学習した「閉じ込めた水は圧し縮めて体積を変えることができない」といった既習の知識から、水についての質的な見方を働かせて、「閉じ込めた水を圧し縮めても体積は変わらなかったから温めたり冷やしたりしても体積は変わらない。」といった仮説を作ったりして学習を進めていく。学習後の「私の理科ブック」には「水も空気と同じように温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる」といったような、空気についての既習の知識と結び付けて水についての新たな知識をまとめさせる。

VI テスト・アンケート・授業の分析と考察

1 事前・事後テストについて

検証にあたり、問題から仮説を設定し、設定した仮説が正しいならどのような結果になるか判断する問題を実施した。事前テストの内容を図4、図5に示す。

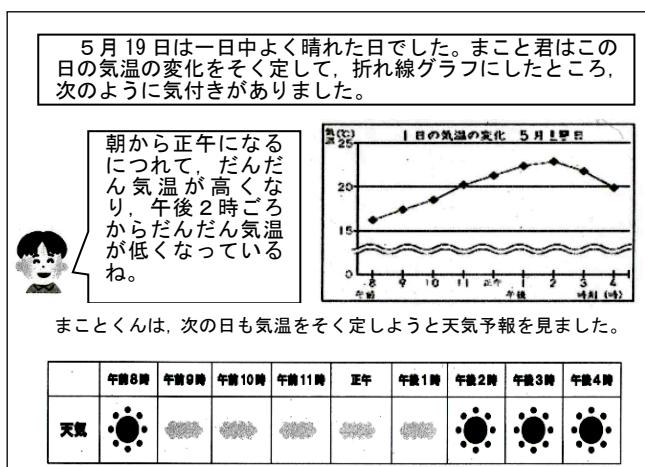


図4 事前テストの内容(1枚目)

まず児童は図4の問題を見て、一日の気温の変化の仮説を設定する。そして、5月20日の天気予報から「晴れたときは気温が上がり、曇りや雨の日は気

温があまり変化しない」という既習の知識や生活経験などを基にした自分なりの根拠と結び付けることで仮説を設定していく。なお問題文には、観察、実験の計画が示されていないが、研究授業①の直前に本テストに関する単元「一日の気温と天気の変化」の学習を行っていることから、児童は気温を「百葉箱の中に設置した温度計などを利用した定点での観測方法」で測定していることを想起しながら仮説を設定すると考える。

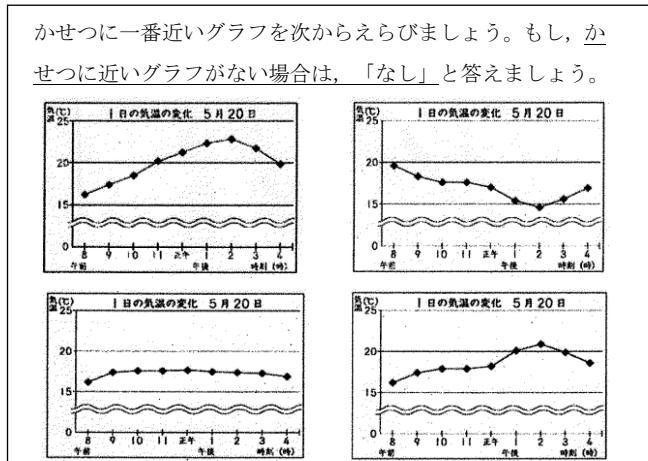


図5 事前テストの内容（2枚目）

仮説を設定した後、図5の問題を配付し、仮説が正しいならどのようなグラフになるか自分の考えに最も近いと思うものを選ばせる。自分の考えに近いグラフがない場合は、「なし」と答えさせるようにした。自身の仮説について見通しをもつことができているならば、仮説で書いた気温の変化とグラフを一致させることができると考える。

図5の問題を見て、結果の見通しまでの視野に入ることで、仮説の問題点に気付き、仮説を修正することはあり得ると考え、仮説を書き換える場合は、赤鉛筆で修正を加えてもよいことにした。その場合、修正した方の記述を評価した。

事後テストは、事前テストの内容の、次の日の天気を図6に変更したものを実施した。なお、事後テストは事前テストから1ヶ月以上間隔を空け、事前テストの答え合わせや解説などは行わずに実施している。

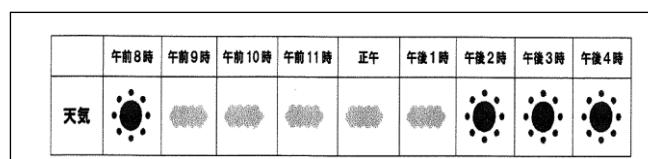


図6 事後テストの内容

2 見通しをもって仮説を設定する力を育成することができたか

(1) 事前・事後テストによる分析

ア 仮説を設定する力を育成することができたか

まず、仮説を設定する力を育成することができたかどうかを検証する。判断基準を表3に示す。このうち、仮説を設定することができた児童は、段階IVに該当する。

表3 事前・事後テストの判断基準

段階	回答分類
IV	天気の変化と関係付けて気温の変化の仮説を設定している。
III	気温の変化についての考えを記述している。
II	気温の変化の考えを記述していない。
I	無解答

段階IVの「天気の変化と関係付けて気温の変化の仮説を設定している」とは、図4の天気予報をみて晴れの時間帯では「気温が上がる記述」を、曇りの時間帯では「気温があまり変わらない記述」をしているかが判断の基準とした。「晴れだから」等の天気に関する記述がなくても、天気の変化に合わせて気温の変化についての仮説を記述している場合、児童の意識の中で天気の変化と関係付けていると判断して段階IVとする。

また、「午前8時の時点で晴れているから気温は高いだろう。しかし、午前9時から午後1時まで曇っているから気温は下がるかもしれない。午後2時からは晴れるから再び気温は上がるだろう。」と仮説を設定したとする。この仮説は、「太陽が雲に隠れているときには気温が下がる。」という誤概念を基にしたものであるが、既習の知識や生活経験等からくる自分なりの根拠を基にしているといえるため段階IVと判断する。

事前・事後テストの結果を表4に示す。

表4 事前・事後テストの結果

事後 事前	IV	III	II	I	計（人）
IV	13	0	1	0	14
III	9	0	0	0	9
II	6	4	2	0	12
I	0	0	0	0	0
計（人）	28	4	3	0	35

段階IVの児童は、事前テストでは14人だったのに対し事後テストでは28人に倍増した。事前テストで

段階II、事後テストで段階IVになったA児の記述と事前テストで段階III、事後テストで段階IVになったB児の記述を図7に示す。事前テストでは、A児は図に示された天気の変化を文章で書き直しただけに留まっており仮説を書くことができていなかった。B児はグラフを見ることで考えを変え、書き直しを行っている。次の日の気温がどのように変化するかについて仮説を書くことはできているものの、天気の変化との関係付けが見取れない。このことは既習の知識や生活経験などを基に仮説を設定できていないことを表している。しかし、A児、B児とともに事後テストにおいては既習の知識や生活経験を基に天気の変化と気温の変化を関係付けて仮説を設定することができている。

これらのことから、児童に仮説を設定する力を育成することは概ねできていると言える。

	事前テスト	事後テスト
A児	午前8時から午前9時までは晴れていて、午前10時から正午がくもりになって午後1時から午後4時は晴れた。(段階II)	午前8時は少し高くて、午前9時～正午はままあま低くて午後1時は正午よりは高くて、午後2時～午後4時は高くなる。(段階IV)
B児	明日の気温は、朝から夕方にかけて午前8時からぐんぐん気温が上がっている。 ↓ 【グラフを見て書きなおし】 明日の気温は、午前8時から正午にかけて上がる。午後1時からはだんだん下がる。(段階III)	午前8時からだんだん下がり、午後2時ごろからどんどん気温は上がるだろう。(段階IV)

図7 事前・事後テストにおけるA児・B児の解答

一方、事前テストで段階II、事後テストでも段階IIのままで、仮説を設定することができなかったC児の記述を図8に示す。

	事前テスト	事後テスト
C児	朝は少し寒い。 昼ごろは暑い。 昼過ぎごろは少し暑い。少し寒いぐらい。(段階II)	明日は晴れからくもりだろう。 午前8時～正午までは晴れで正午からはくもりだろう。(段階II)

図8 事前・事後テストにおけるC児の解答

プレテストでは次の日の天気予報ではなく、5月19日の気温の変化のグラフの解説をしてしまっており、問題の趣旨を読み取ることができていないことさらには仮説が「前もって立てた考え」であることを理解できていないことがうかがえる。事後テストでは、次の日の天気予報を基にしていることに加え

「～だろう。」という文末表現から、仮説の構造についての理解が進んでいることはうかがえるものの気温の変化に言及していないことから、段階IIのままであると判断した。

C児は、「気温の変化」と「天気の変化」を個別の知識として捉えており、二つの知識が関係するという「関係的な視点」で捉えることができていないと考える。そのため、テストと既習の知識を関係付けるという「考え方」を働かせることができない。他の段階IVに到達していない児童も同様に、理科の見方・考え方を十分に働かせることができない様子が見て取れた。

これらの児童には、個別に指導を行い、改めて既習の知識と新しい知識を結び付けて捉えさせていく必要があると考える。そうすることで結び付けた知識を活用して課題に対して思考・表現していくことができると考える。

イ 見通しをもって仮説を設定する力を育成することができたか

次に、児童は見通しをもって仮説を設定する力を育成することができたかどうかを検証する。ここでは自分の設定した仮説に合うグラフを選択することができるかどうかを判断基準にした。そのため、表4でIVと判断された児童を対象にした。判断基準を表5に示す。このうち、見通しをもって仮説を設定する力が育成されている児童は、段階IIIに該当する。

事前・事後テストの結果を表6に示す。

表5 事前・事後テストの判断基準

段階	回答分類
III	表4で段階IVであり、仮説に合うグラフを選択している。
II	表4で段階IVであるが、仮説に合うグラフを選択できていない。
I	表4で段階I～IIIであった。

表6 事前・事後テストの結果

	III	II	I	計(人)
事前テスト	7	7	21	35
事後テスト	21	7	7	35

事前テストでは、表4で段階IVだった児童14人のうち、段階IIIと判断した児童は7人であり、事後テストでは表4で段階IVだった児童28人のうち段階IIIと判断される児童が21人であった。表4で段階IV、表6で段階IIIだった児童は7人(20%)から21人(60%)と増加しており、概ね見通しをもって仮説を設定する力を育成することができたと言える。ま

た事後テストでは、22人の児童が仮説を書いた後、図5の問題を配付するよりも前に問題を見通し、図9に示すように、自分の仮説を基に自分なりにグラフをかいていた。事後テストが事前テストと同じ構造であることに気付き、グラフが配付されるのに先んじてグラフをかいたのだろうと推察できる一方で仮説を基に結果を見通して表現することで自分の考えが明確になることを実感しているのではないかとも推察できる。

研究授業では粒子領域を取り扱ったが、事前・事後テストでは地球領域を取り扱い、成果が出た。児童は研究授業を通して既習の知識と関係付けて問題を捉えるという理科の見方・考え方を働かせることができるようにになっている。そのため、研究授業で行った領域とは異なる地球領域のテストでも、児童は「気温と天気の変化の関係」と関係付けて問題を捉えていくことができたのだと考える。

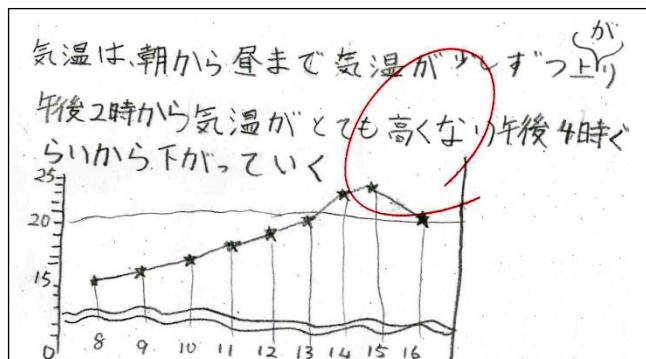


図9 事後テストで児童がかいたグラフ

(2) アンケートによる分析

「課題に対する仮説を、今まで学習したことをもとにして立てている。」の項目における事前アンケートと事後アンケートの変容を図10に示す。

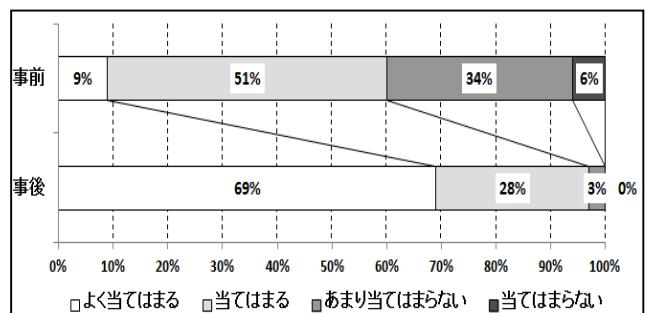


図10 課題に対する仮説を、今まで学習したことをもとにして立てている

「よく当てはまる」「当てはまる」と肯定的な回答をした児童が、事前アンケートでは60%であった

のに対し、事後アンケートでは97%になった。これらのことから、より既習の学習や自分なりの根拠と関係付けて仮説を設定することが意識できるようになったと言える。

アンケートの「課題に対する仮説を、実験の結果まで見通して作っている。」の項目における事前アンケートと事後アンケートの変容を図11に示す。

肯定的に回答した児童が事前アンケートでは23%であったのに対し、事後アンケートでは90%になった。これらのことから、仮説を設定した段階で、多くの児童が「この実験がどのような結果になれば自分の仮説は正しいと言えるのか。」ということを意識することができるようになっていると考える。

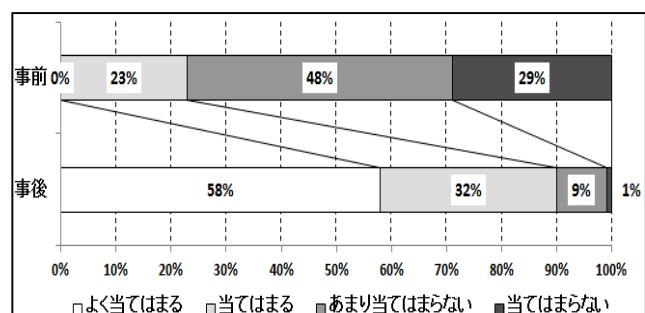


図11 課題に対する仮説を、実験の結果まで見通して作っている

(3) 授業記録による分析

児童は見通しをもって仮説を設定しているか研究授業①第三次（以下、「授業①三」とする。）と研究授業②第三次（以下、「授業②三」とする。）の授業記録から検証する。これらは共に各単元の後半の次であり、生活経験だけでなく単元で学んだ知識を基に仮説を設定しやすい次であると考え、比較対象とした。判断基準を表7に、結果を表8に示す。

表7 児童が設定した仮説の判断基準

段階	仮説	見通し
III	設定できている。	もっている。
II	設定できている。	もっていない。
I	設定できていない。	もっていない。

表8 児童が設定した仮説の結果

事後 事前	III	II	I	計(人)
III	19	0	1	20
II	3	3	2	8
I	5	0	2	7
計(人)	27	3	5	35

表8の結果の分析を、各次の授業記録と共に述べる。D児の授業の記録を図2の授業モデルに沿って整理し、図12に示す。

D児は、どちらの授業において課題に対する考え方、他の次で経験したことや学習したことを基に立てており、仮説を設定することができている。

結果の見通しについても、仮説や実験の計画を視野に入れててもつことができていることが見取れる。ただし、「授業①三」の結果の見通しをもつ場面では、教師からの多くの支援（「ピストンはどんな動きをするだろうか。」「空気のときにはどうだっただろう。」などの問い合わせ）を必要とした。一方「授業②三」ではそのような支援は不要であった。

授業	授業①三	授業②三
段階	段階III	段階III
理科の見方・考え方方が働く課題	閉じ込めた水は空気のように圧し縮めることができるとの見通しをもつ。	水は空気のように温めたり冷やしたりすると体積は変わるとの見通しをもつ。
仮説の設定	閉じ込めた水は、空気のように圧し縮めて体積を小さくすることができる。理由は、袋の中に閉じ込めた水は空気と同じような動きをしたから。	水は温めたり冷やしたりしても体積は変わらない。理由は、閉じ込めた水を圧しても空気のように体積は変わらなかったから。
観察・実験の計画の立案	注射器に水を閉じ込めて圧し縮めることができるとの見通しをもつ。	フラスコを温めたり冷やしたりして元の位置と比べてガラス管の中の水が変化するか調べる実験
結果の見通しをもつ	空気のようにピストンを圧してピストンが下がり、ピストンから手を離すと元に戻れば仮説は正しい。	フラスコを温めても冷やしても水が元の位置より変わらなければいい。
結果	ピストンを圧すと、ピストンは下がらなかった。	温めると元の位置より水が上がり、冷やすと元の位置より水が下がった。
考察	閉じ込めた水は圧し縮めて体積を小さくすることはできない。理由は、ピストンが下がらなかったから。	水は温めると体積は大きくなり、冷やすと体積は小さくなる。

図12 D児のノートの記述

次にE児の授業の記録を図13に示す。E児は「授業①三」では、課題に対する考え方の根拠を示すことができていないため、仮説としては不十分である。教師の支援により、結果の見通しを記述しているものの、結果を記述する場面では「痛かった。」という実験の感想を書いてしまっていることから、実際には結果の見通しをもつことができていなかったこ

とがうかがえる。しかし、「授業②三」では、「授業①三」で学習した既習の知識を基に課題に対する考え方を立てることができていることに加え、結果の見通しに正対した結果の記述をすることができている。これらのことから、「授業①三」から「授業②三」にかけて、見通しをもって仮説を設定する力が高まっていたことが分かる。

授業	授業①三	授業②三
段階	II	III
理科の見方・考え方方が働く課題	閉じ込めた水は空気のように圧し縮めることができるとの見通しをもつ。	水は空気のように温めたり冷やしたりすると体積は変わるとの見通しをもつ。
仮説の設定	閉じ込めた水は、空気のように圧し縮めることはできない。	水は圧せなかつたので、体積は変わらない。
観察・実験の計画の立案	注射器に水を閉じ込めて圧し縮めることができるとの見通しをもつ。	フラスコを温めたり冷やしたりして、元の位置と比べてガラス管の中の水が変化するか調べる実験
結果の見通しをもつ	ピストンを圧してピストンが下がらなかったら仮説は正しい。	温めても、冷やしても変わらない。
結果	閉じ込めた水を圧してみると、圧せなかつたし、痛かった。	温めると、もとの位置より上がる。冷やすと元の位置より下がる。
考察	閉じ込めた水は圧し縮めて体積を小さくすることはできない。	水は温めたり冷やしたりすると体積は変わること。

図13 E児のノートの記述

3 「私の理科ブック」を活用して理科の見方・考え方を働かせる活動は見通しをもつて仮説を設定する力を育成するのに有効であったか。

(1) 「私の理科ブック」の有効性の検証

「私の理科ブック」の有効性を検証するために仮説を設定したり、見通しをもつたりする際に、「私の理科ブック」がどのように影響したかについて児童の発言を基に分析する。

ア 研究授業①について

「授業①三」における児童の発言をまとめたものを図14に示す。

F児は、課題と研究授業①第一次で自らの経験を関係付けるとともに、ビニール袋に閉じ込めた水と空気を比較し、両者を「質的な視点」で捉えて仮説を述べている。またH児は、課題と日常生活における自らの経験を関係付け、水を「質的な視点」で捉えて仮説を述べている。このように、F児、H児と

もに、理科の見方・考え方を働かせて仮説を設定していることが分かる。

「検証可能な仮説になっているかどうか。」についての話合いにより、F児が述べた根拠を取り入れ、「空気のように水も縮む。」という仮説を設定したI児とJ児は、設定した実験計画を踏まえ、「水を入れた注射器を圧して、空気のようにピストンが下がれば」自分たちの仮説が立証されるという結果の見通しを述べている。この時、図15に示す、研究授業①第二次で作成した「私の理科ブック」を見るようクラス全体に指示したところ、K児が「ピストンが下がり、手を離したらまた元に戻る」ことを、結果の見通しに付け足した。

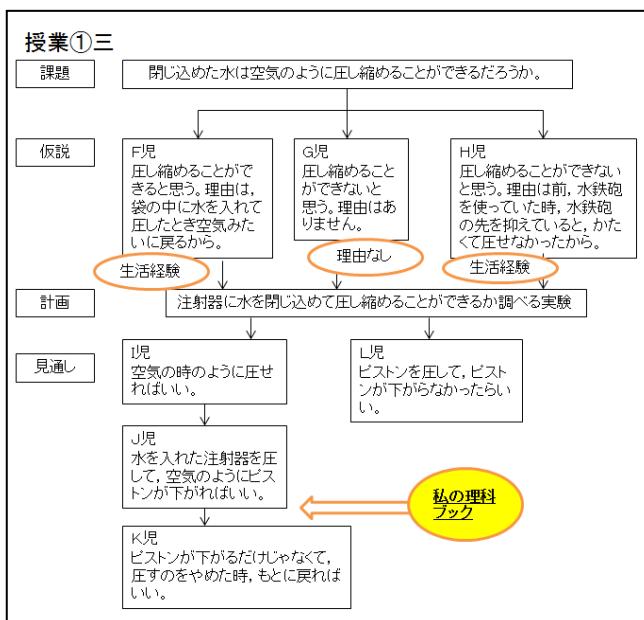


図 14 「授業①三」における児童の発言

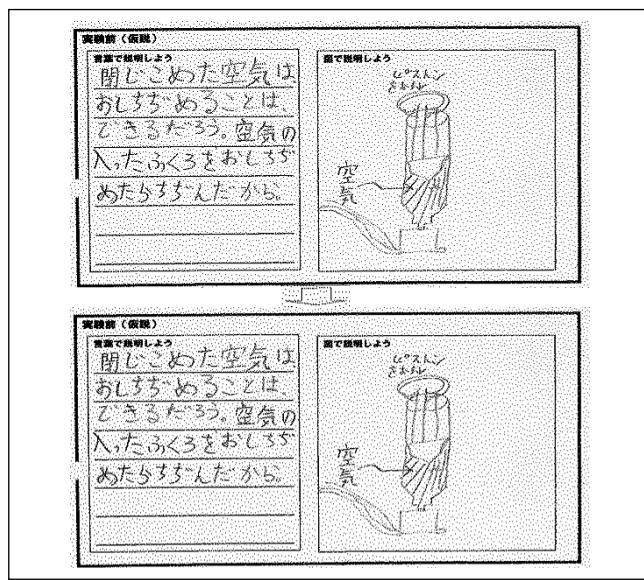


図 15 「授業①三」で児童が活用した「私の理科ブック」

これは、「私の理科ブック」を見たことで、自分たちの作った仮説や結果の見通しと、「閉じ込めた空気は圧し縮めるほど圧し返す力が強くなる」という既習の知識が関係付き、「私の理科ブック」なしでは捉えきれていた空気の性質に着目することができるようになったことを示している。

このように、「私の理科ブック」を活用することで、「理科の見方・考え方」は働き、結果の見通しの質が高まっていることが分かる。

イ 研究授業②について

次に、「授業②三」における児童の発言をまとめたものを図16に示す。

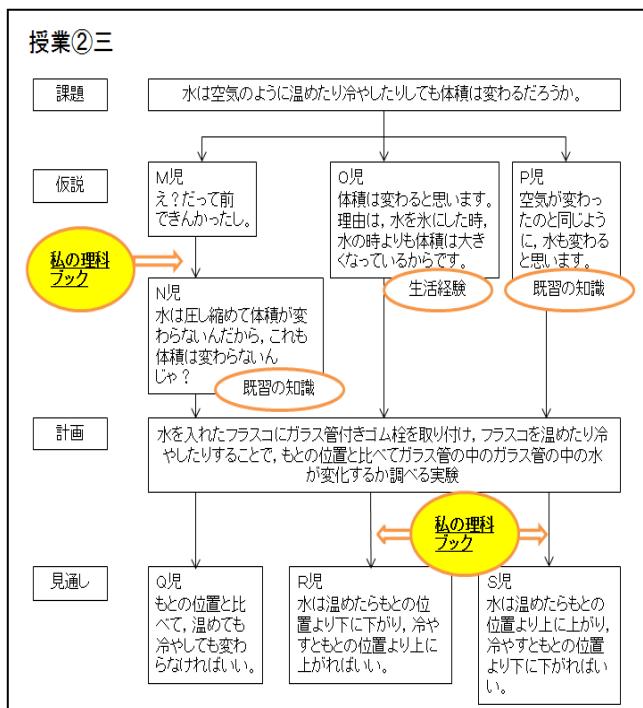


図 16 「授業②三」における児童の発言

O児は、課題と日常生活における自らの経験を関係付けて仮説を設定している。またN児は、課題と研究授業②第二次で学習した既習の知識「空気の体積は温めると大きくなり、冷やすと小さくなる。」を関係付けるとともに、水と空気を比較して「質的な視点」で捉えて仮説を設定している。共に、理科の見方・考え方を働かせて仮説を設定することができていると考える。

N児は仮説を設定する場面において、始めは何に着目して仮説を設定すればよいのか分かっていない様子であった。しかし、M児の発言を受けて自発的に「私の理科ブック」を活用することで仮説を設定することができていた。M児の設定した仮説は、課題と「授業①三」での既習の知識「水は圧し縮めて

も体積は変わらない。」を関係付け、水を「質的な視点」で捉えて思考した様子が見て取れる。

実験計画を踏まえて結果の見通しについて考える場面で、O児やP児の根拠を取り入れ同じ仮説を設定していた児童の中には、自発的に「私の理科ブック」を活用している者がいた。これらの児童は、図17に示す、研究授業②第二次で作成した「私の理科ブック」の記述から、温度変化による空気の体積変化をどのような方法で確かめたか、またその時の結果はどのようなものであったかを確かめていた。

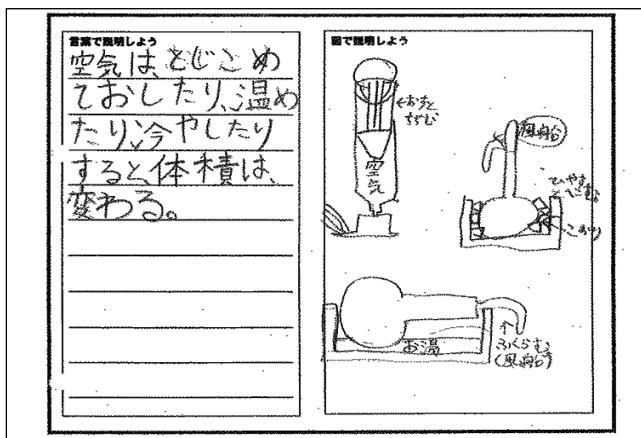


図 17 「授業②三」で児童が活用した「私の理科ブック」

このことは、結果の見通しを考える場面で空気と同じ「質的な視点」を水に対しても働かせようとしており、「私の理科ブック」がそこに有効に働いたことが分かる。

「授業②三」では、「私の理科ブック」を自発的に様々な場面で活用しており、仮説を設定したり、見通しをもったりすることやそれらの質を高めることに有効であったことがうかがえる。

以上のことから、「私の理科ブック」を活用することは、理科の見方・考え方を働かせて見通しをもって仮説を設定する力を育成するのに有効であったと言える。

(2) 「私の理科シート」の課題・改善について

研究授業①後、「私の理科シート」を書くにあたり、シートを書く時間がないことや図3の実験前の項目が児童がノートを写すだけになっているという課題がでた。

また、研究授業②第2次3・4時を行ったところ児童が活用した部分は、「私の理科シート」の中の実験後の項目であった。このことから、Ⅲ章1項で述べた、問題解決のストーリーは、考察部分の記述だけでも想起できると判断した。そこで、研究授業

②第2次5・6時より、「私の理科シート」の実験前の項目を削除して使用させた。改善後の「私の理科シート」を図18に示す。

前に学習したことと結びつけながら、今日の学習をまとめよう。

言葉で説明しよう	図で説明しよう
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

図 18 「私の理科シート」（変更後）

(3) 児童の「私の理科シート」の記述

図19は、研究授業①第二次でT児が作成した「私の理科シート」である。

<p>実験前（仮説）</p> <p>音楽で説明しよう 閉じこめた空気は、おしゃべりめられないとどう。 理由だけ、先生が前でやっていたから。</p>	<p>音楽で説明しよう</p> <p>おせんな。</p>
<p>実験後（考察）</p> <p>音楽で説明しよう 閉じこめた空気は、おしゃべりめることができるとどう。 さう。</p>	<p>音楽で説明しよう</p> <p>おせん。</p>

図 19 研究授業①第二次の「私の理科シート」

第一次と第二次では、同じ閉じ込めた空気の性質について学習するため、第二次を終えた時点で「私の理科シート」を記入させた。実験後（考察）の項目では、既習の知識と結び付ける内容がまだないため、閉じ込めた空気についての性質を、図を加えながらまとめるだけになっている。

図20は、研究授業②第四次でT児が作成した「私の理科シート」である。

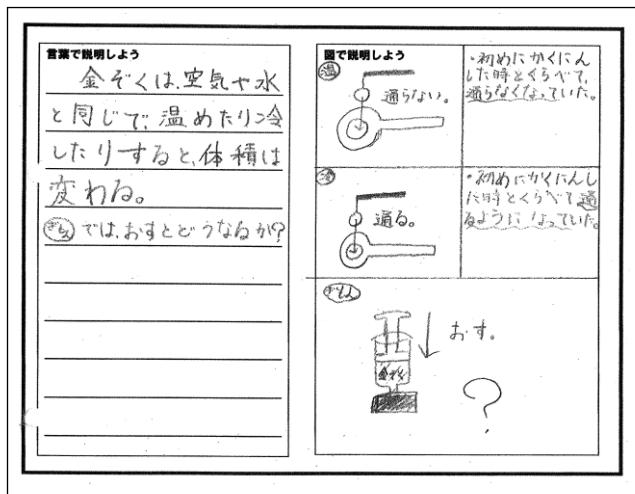


図 20 研究授業②第四次の「私の理科シート」

T児は「温度と体積の変化」の関係をVI章2項(1)アで示したC児のように、「金属」だけの個別の知識としてまとめのではなく、「空気、水、金属」と関係付けてまとめている。つまり、T児は知識を個別のものとしてではなく、それぞれを結び付けて習得していると考える。そして似たような事象・課題に出会った場合「このことが関係ありそう。」と同じように知識を結び付けながら考えていくことができるようになると考える。これは、II章3項で述べた「社会の中で生きて働くもの」や、「思考力・判断力・表現力を豊かなものと」することにつながる知識であると考える。

また、結び付けた知識を忘れてしまった場合でも「私の理科ブック」に記録し、まとめておくことで、自在に引き出し、関係付けることができるようになっていくと考える。

VII 研究のまとめ

1 研究の成果

本研究では、理科の見方・考え方を働かせて仮説を設定し、仮説の検証方法について話し合わせて、結果の見通しをもたせる授業モデルを作成するとともに、既習の知識と新しく学習した知識を関係付けて考えさせることができる「私の理科ブック」を開発した。また、その授業モデルを活用した学習活動は、小学校理科の課題である「見通しをもって仮説を設定する力」を育成するのに有効であることが分かった。

2 研究の課題

- 「私の理科ブック」は学年を隔てても有効的に活用することができるか引き続き研究をする必要がある。
- 理科の見方・考え方を働きにくく、自発的に「私の理科ブック」を活用する事が難しい児童に対してどの知識とどの知識を結び付けて捉えさせるのか教師が把握し、整理しておく必要がある。

【注】

- (1) 詳しくは文部科学省国立教育政策研究所(平成27年) : 『平成27年度全国学力・学習状況調査報告書 小学校理科』 p. 8 を参照されたい。
- (2) 詳しくは文部科学省(平成28年) : 『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)別添資料』 p. 37 を参照されたい。
- (3) 詳しくは文部科学省(平成29年) : 『小学校学習指導要領解説理科編』 p. 10 を参照されたい。
- (4) 詳しくは文部科学省(平成28年) : 『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)』 p. 34 を参照されたい。
- (5) 詳しくは文部科学省(平成29年) : 『前掲書(3)』 p. 13 を参照されたい。
- (6) 詳しくは文部科学省(平成29年) : 『前掲書(3)』 pp. 13-14 を参照されたい。
- (7) 詳しくは文部科学省(平成28年) : 『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)概要』 p. 9 を参照されたい。
- (8) 本稿では、「問題」と「課題」を同一のものとみなし、区別せずに使用することとする。

【引用文献】

- 1) 角屋重樹・林四郎・石井雅幸(2005) : 『理科の学ばせ方・教え方事典』教育出版p. 407
- 2) 蛭谷米司・木村仁泰(1981) : 『理科重要用語300の基礎知識』明治図書p. 43
- 3) 文部科学省(平成20年) : 『小学校学習指導要領解説理科編』大日本図書株式会社p. 7
- 4) 文部科学省(平成28年) : 『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)』 p. 33
- 5) 文部科学省(平成28年) : 前掲書4) p. 146
- 6) 甲斐初美(2017) : 「自律的な動機づけを促進する授業」『理科授業をデザインする理論とその展開-自律的に学ぶ子どもを育てる-』東洋館出版社 p. 157
- 7) 甲斐初美(2017) : 前掲書6) p. 157
- 8) 塚田昭一(2017) : 「どのように学ぶのか-『アクティブラーニング』の視点で小学校理科はどのように変わらるのか-」『理科の教育05』 p. 19
- 9) 森本信也・八嶋真理子(2009) : 『子どもが意欲的に考察する理科授業』東洋館出版社p. 33
- 10) 文部科学省(平成29年) : 『小学校学習指導要領解説理科編』 p. 44