

## 主体的な問題解決をうながす小学校理科の学習指導の工夫

―見通しをもたせるための児童自らの実験構想と複数実験による帰納的な結論の導出を通して―

広島市立川内小学校教諭 横山京子

### 研究の要約

本研究は、小学校理科における主体的な問題解決をうながすために有効な指導法を考察したものである。主体的な問題解決の活動を行うためには、児童自らが問題を見出し、見通しをもって観察・実験を行うことや観察記録や実験結果について考察を行う学習活動を充実させることが重要であると考えた。そこで、第4学年「ものの温度と体積」の学習で、見通しをもち、実験を見取る視点を明確にするための実験計画書を作成させるとともに、ジグソー法を用い、複数実験により帰納的に結論を導出させる学習を行った。その結果、自らの問題としてとらえ、主体的に問題を解決することができる児童が増え、それに伴って科学的な思考力・表現力の高まりが見られた。このことから、見通しをもたせるための児童自らの実験構想と複数実験による帰納的な結論の導出が主体的な問題解決をうながし、科学的な思考力・表現力の育成につながると分かった。

キーワード：主体的な問題解決の活動 科学的な思考力・表現力 ジグソー法

## I 問題の所在

中央教育審議会答申（平成20年）では、理科の改善の基本方針として「科学的な思考力・表現力の育成」を挙げている。それを受け、「小学校学習指導要領解説理科編」では、児童に「見通し」をもたせることにより、自らが見出した問題を解決するために児童の発想に基づいた観察・実験を意欲的に行うことができ、児童の主体的な問題解決の活動へとつながっていくとしている。また、観察・実験の結果においても、見通しをもたせることによって、児童にとって自らの結果として認識されることになり、児童が、結果の一致不一致を明確にすることで、予想や仮説の妥当性を検討することにつながるとされている。このような主体的な問題解決の過程を通して、児童は自らの考えを絶えず見直し検討しながら、実感を伴った理解が得られ、最終的には科学的な思考力・表現力の育成につながるものであると考えられる。

これらの視点から自身のこれまでの実践を振り返ると、事象との出合わせ方が曖昧で児童に自らのものと思える問題として捉えられていない、予想に根拠やこだわりをもって観察・実験を行うに至るまでの思考の連続性が見られにくい、観察・実験の結果に対し、自らの予想・仮説の妥当性を考えながら結論を導き出す態度が定着していない、という実態があり、主体的な問題解決の活動が十分に成立していなかったといえる。

児童に問題意識をもたせ見通しをもって実験構想を行わせるとともに、複数実験による帰納的な方法で結論を導き出すことで、主体的な問題解決をうながす学習指導の工夫を行うことにした。

## II 研究の目的

児童が主体的な問題解決の活動を行うための有効な学習指導の在り方を探る。

## III 研究の方法

- 1 研究主題に関する基礎的研究
- 2 研究仮説と検証の視点
- 3 検証授業の計画・実施
- 4 検証授業の分析・考察

## IV 研究の内容

### 1 研究主題に関する基礎的研究

#### (1) 主体的な問題解決の活動について

主体的な問題解決について、森本信也(2011)は、子どもにおける問題の見いだしが、見通しをもった観察、実験につながり、彼ら主導による問題解決を生み出すと述べている。さらには、理科学習に主体的に臨む態度は問題解決の体験から形成され、これが思考力・判断力・表現力を結実させるとしている。つまり、問題解決の活動を児童が主体的に進めていくことと、科学的な思考力・表現力の育成とは、相互に高い関連性があると考えられる。主体的な問題解決の過程を通して、児童が自らの考えを絶えず見直し検討していく中で、最終的には科学的な思考力・表現力の育成につながると考えた。このことは、角屋重樹(2009)も思考力・判断力・表現力等の育成には、子どもが主体となる問題解決活動が必要となると述べていることから言える。

また、角屋(2013)<sup>1)</sup>は「主体的に学習する態度の評価のポイント」を次のように示している。

- |                                  |
|----------------------------------|
| ① 実現すべき目標や解決すべき問題が明確になっているか否か    |
| ② 目標や問題に対して実現方法や解決方法が明確になっているか否か |

このポイントを参考にして、児童が主体的な問題解決を行っていたかについて指標を作成し見取りを行った。

#### (2) 主体的な問題解決をうながすための工夫

主体的な問題解決のための授業設計図を図1に、それをうながすための工夫を以下に示す。

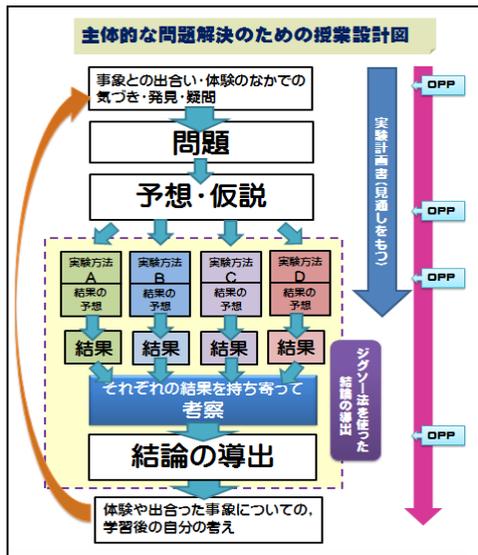


図1 主体的な問題解決のための授業設計図

### ア 見通しをもつための児童自らの実験構想について

角屋(2013)<sup>2)</sup>は「理科で主体的に学習に取り組ませ、主体的に学習する態度を育てるためには、子ども個々が問題や仮説をもつことと、仮説に基づいた観察・実験方法をもつことが大切になる」と述べ、村山哲哉(2013)<sup>3)</sup>は「観察、実験前の学習活動に当たる『予想・仮説の設定』が、その後の観察、実験の位置付けを明確にし、子どもの主体性が保証される」と述べている。このことから、見通しをもつための児童自らの実験構想のために、以下の工夫を行った。

#### (7) 問題を見出す場面の工夫

自然に事物・事象に対し、視点をもたせながら自由にかかわらせたり、認知的な葛藤を誘発する事象を提示したりするなど問題を見出す場面の工夫することで、児童が問題意識を持続させ、主体的な問題解決をうながすと考えた。本研究では、既習事項とのつながりや生活経験のなかで身近なものを意識した事象を取り上げ、児童が十分な体験を通して、発見や疑問を得られるような教具の工夫と活動時間を保障した。

#### (イ) 実験計画立案と仮説設定の場面の工夫

本研究では、児童に見通しをもって問題解決に

取り組ませる手だてとして、問題を見出す場面の気づきから実験計画立案と仮説設定の学びに合わせたワークシート形式の「実験計画書」を作成した。実験方法を立案させる際には、児童自身が考えた方法を図や言葉で記入し、その方法について友だちと検討し合うことで修正したり、書き加えたりすることができるようにした。

#### イ 複数実験による帰納的な結論の導出について

『小学校学習指導要領解説理科編』<sup>4)</sup>には「予想や仮説を立てて観察・実験を行うだけではなく、その結果について考察を行う学習活動を充実させることにより、科学的な思考力・表現力を図ることが大切である。」と述べられている。また、村山(2013)は問題解決の「縦」と「横」のラインを論じており、「縦」のラインを問題解決の一連の過程とし、「横」のラインとして、学級のすべての子どもの観察記録や各グループの実験結果から共通性や傾向性に着目し、何が言えるのか、意見を出し合って結論を導出することが大切であるとしている。これを受け、実験結果を考察する場面の工夫を行った。

実験結果を考察する場面では、児童同士で検討した複数の実験を分担して実施し、見取った実験の結果を、学習班に持ち帰って説明し合い、考察するジグソー法を取り入れた。これにより、児童同士の学び合いの中で結論を導き出させることや、児童にとって自分たちの問題を自分たちの手で解決できたという満足感や自己効力感を得ることができ、児童の主体的な問題解決が行われる。

#### ウ 自分の学びを見つめ、見方・考え方の変化に気づくための振り返りの場 (OPPシート)

授業の終末の時間を利用して、児童自身による振り返りを行う。振り返りには、一枚のシートで単元全体の学習過程を把握でき、見通しをもつことにも有効である、「一枚ポートフォリオ評価シート(OPPシート)」堀哲夫(2013)を活用する。

ここで活用するOPPシートには、本時の学習を一言でまとめたタイトルと、今日の学習で一番大切だと感じたことを主に記述させる。

このシートの価値として、特出する二点をあげる。一点目は、児童自身が自己の学びをその時々で振り返り、自己の変容を感じることににより、問題解決の過程で思考の連続性が生まれる点である。常に問題を意識し、見通しをもって学習を進めることができ、主体性が生まれると考える。二点目は、教師が、単元の指導の途中で児童の学習履歴や思考の流れを見取ることができるため、適切な指導や授業の修正、改善に生かすことができる点である。授業者が、児童の思考を読み取りながら授業を組み立てていくことで、児童が主体的に追究できる場を工夫することにつながると考える。

## 2 研究仮説と検証の視点

### (1) 研究仮説

見通しをもつための児童自らの実験構想と、複数実験による帰納的な結論の導出の工夫を行うことで、主体的な問題解決をうながし、科学的な思考力・表現力を育成することができるであろう。

### (2) 検証の視点

検証の視点については表1に示す。

表1 検証の視点

(1)	主体的な問題解決が行われていたか	ア	児童が、根拠を明確にして予想・仮説をもっていたか
		イ	ジグソー法を用いて、複数実験による帰納的な結論の導出ができていたか
		ウ	児童が問題意識を持続させ、意欲的に学習を行っていたか
(2)	主体的な問題解決の活動が、思考力・表現力の育成につながったか	ア	4段階観点別および科学的な思考力・表現力の評価
		イ	児童の考察における評価と変容
		ウ	思考力・表現力の育成をはかる発展問題の評価
		エ	主体的な問題解決の活動と科学的な思考力・表現力の相関関係

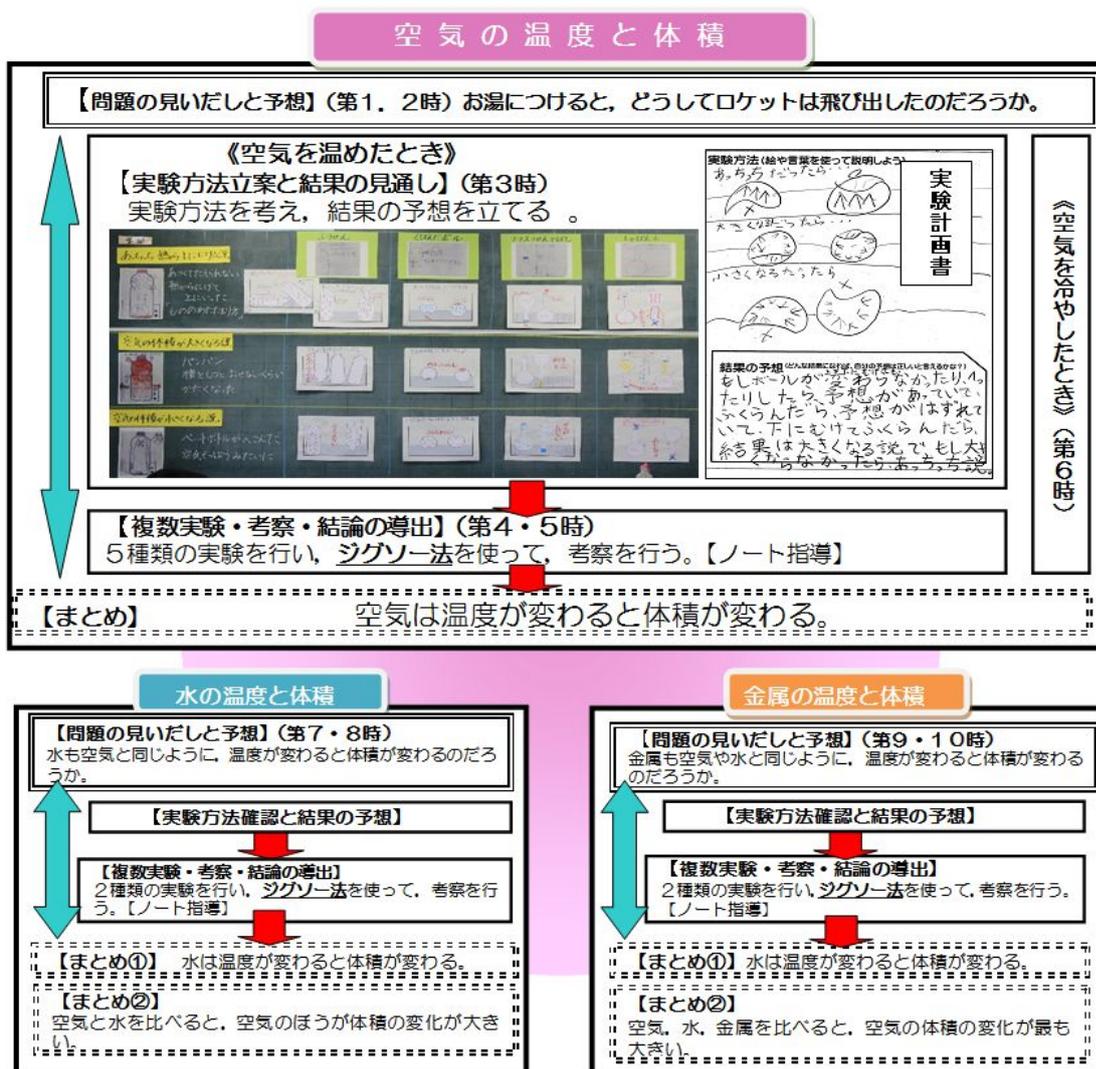


図2 問題解決活動の流れと単元の構想

### 3 検証授業の計画・実施

#### (1) 実践授業の実施

問題解決の流れと単元の構想を図2に示す。

#### ア 単元名・対象

「ものの温度と体積」 第4学年29名

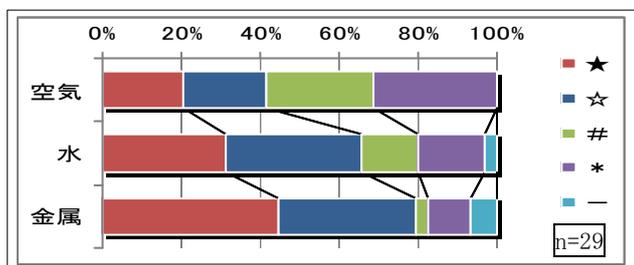
イ 期間 平成25年12月6日～12月19日

### 4 実践授業の分析と考察

#### (1) 主体的な問題解決が行われていたか

#### ア 児童が、根拠を明確にして予想・仮説をもっていたか

予想について、児童が何を根拠にしているのかを図3に表す。4段階評価した場合、その根拠とするものを、既習事項、生活経験・体験を根拠としているものを4、空気、水、金属と温度の関係付けはできているものの、根拠が曖昧なものを3、漠然としたイメージのみを2、未記入・その他を1とした。



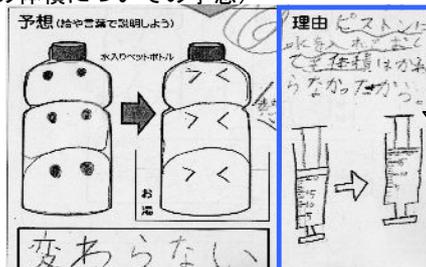
★既習事項 ☆生活・体験 #関係付けはできているが根拠が曖昧  
\*イメージのみ -未記入・その他

図3 予想に対する根拠について

図3から、児童は学習を進めるにつれて、予想の根拠が既習事項や生活経験・体験によるものが増え、明確になっていることが分かる。水の学習では、「とじこめた空気と水」や「もののあたたまり方」での既習事項と関連させたもの、前時までの空気の体積の変化で学習したことや、第1次の空気入りのペットボトルロケットと、第2次の問題を見出す場面で使用した水入りペットボトルロケットの様子を比較したものが多く見られた。金属の学習では、それらに加え、生活で身近なフ

ライパンなどを根拠に挙げて説明している。

#### (水の体積についての予想)



9月単元「とじこめた空気と水」の既習事項から、根拠を書いている

ちゅうしゃきに水を入れておしても体積は変わらなかったから。ロケットが飛ばないなら、中の空気が大きくなっていないところになるから。

本単元の問題場面から見出し

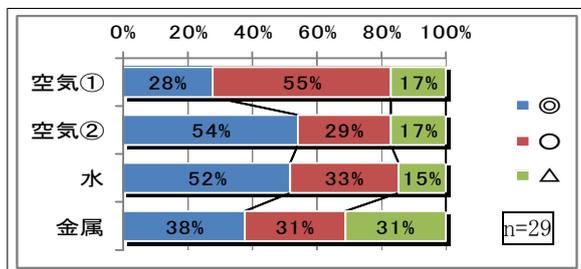
#### (金属の体積についての予想)

変わったら不思議すぎる。もしフライパンの底がふくらんだらおかしいと思うから。(もののあたたまり方の学習で) ぼうを熱しても大きさは変わらなかった。

生活経験から

#### イ ジグソー法を用いて、複数実験による帰納的な結論の導出ができていたか

本研究では、空気、水、金属の学習で、ジグソー法を用いて複数実験による帰納的な結論の導出を行っている。複数実験の結果を引用して考察ができていたかを調べた。



◎複数実験の結果を引用して考察している  
○複数実験の結果に触れながら考察している  
△自身が行った実験の結果のみで考察している

図4 複数実験を引用した考察

図4が示す、空気①から空気②は、複数実験の結果を引用して、論理的に考察できる児童が増えている。(◎28%⇒54%) 空気②から水についても、複数実験を使って述べている児童(◎, ○)は、おおむね80%を維持しており、児童のノート記述からも自身の行った実験結果と、班の友達が行った実験結果を用いて、帰納的に結論を導出しているのが分かる。OPPシートの振り返り欄や単元全体を振り返っての自由記述欄からも、複数の実

験での結論の導出、結果を持ち寄って考察するジグソー法の良さを実感している児童の様子がみられた。

**ノートの記述より**

予想は水の体積は変わらない説だと思っていました。実験で試験管を温めると線よりも上に行きました。冷やすと温めたところから下へきました。他のピストンの班の結果は、ピストンを温めると大きい方へうごきました。冷やすと、小さい方へうごきました。このことから体積は変わっていることが分かりました。つまり、水も空気と同じように体積が変わると言えます。

**OPPシートの記述より**

楽しかったことは、班のみんなとそれぞれの実験を持って帰って話すことです。自分がやっていない実験を友達はやっているので話し合いによって真実が分かることでがっかりすることもあるけどあたっていたらやっと思って思うこともあるからです。

空気はいろいろなものを使って体積が変わるということがわかりました。水はロケットだけじゃわからないから、「ピストンが動くか」というのもやって「試験管」もやったから結果が分かったし、金ぞくでは「金ぞく球」と「金ぞくぼう」をつかってわかりました。この学習で、前より友だちと話し合うことや手をあげることがいっぱいできるようになりました。

一方、金属の学習では、複数実験について触れている記述が減少している。金属の学習では、金属棒と金属球を扱った2種類の道具で複数実験を行ったが、児童の立案により、湯で温めた場合と火で加熱した場合の2段階の方法でそれぞれの道具を使って実験を行った。29人中23人の児童が金属は温度が変化しても体積は変化しないと予想したにもかかわらず、金属の体積が変化したことへの驚き、さらには、空気や水は湯で体積が変化したことと比べ、なぜ金属は湯では変化せず火で変化したのかについて友達と話し合う児童が多く見られた。そのため、湯と火の加熱方法の違いに触れている記述が全体の76%を占め、複数実験の結果を用いて考察する児童が減少している。しかし、湯と火を2段階で用いた実験方法が、体積の変化と温度の変化の関係付けや空気、水、金属の体積変化の度合いの差を明確にしたのではないかと考えられる。

**ウ 児童が問題意識を持続させ、意欲的に学習を行っていたか。**

児童が問題意識を持続させ、意欲的に学習に取り組んでいたかを、OPPシートの記述(「タイトル」, 「今日学習したことのなかで、一番大事と思うこ

と」, 「次の授業で楽しみなこと」) から評価指標を作成し、見取りを行った。全時間、おおむね達成できているとされる4段階で3以上の児童が8割程度の主体性を持続していることが分かる。

次に、OPPシートから児童の主体性を見取った図5と、OPPシートの毎時間の自己評価、問1問2を集計した図6を比べると、二点の共通点がある。二点目は、3時間目(空気③)の主体性に落ち込みがみられることである。この時間は、児童が予想した三つの説のどれが正しいかを検証するために、それぞれの場合の結果の予想を話し合う活動を行った。児童同士で実験を見取る視点を、何度も練り合っって悩みながら整理していった苦労が浮き彫りになっている。しかし、二点目の共通点として、第4, 5時(空気④⑤)の主体性が、単元の中で最も高くなっていることがわかる。これは前時に実験方法を練り合わせ、結果の見通しをしっかりと行かせたことによって、次時のジグソー法を用いた実験から結論の導出まで、視点の明確化、共有化が図られ、自らの問題解決を主体的に行うことにつながったといえる。また、空気での学習を足場とし、金属の学習まで高い主体性を持続できたことも児童の自己評価からも推察できる。

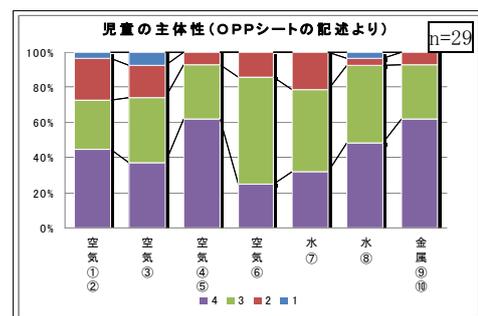


図5 児童の主体性 (OPPシートの記述より)

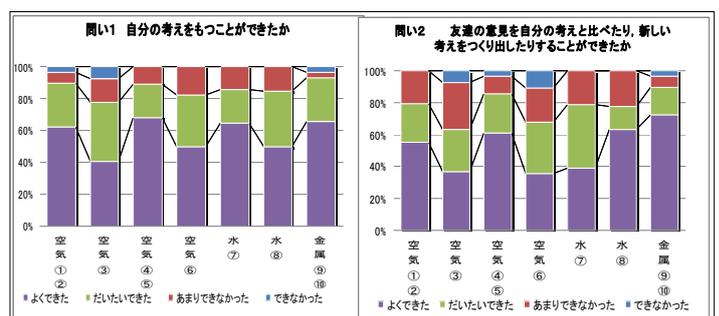


図6 児童によるOPPシートの自己評価

以上のことにより、主体的な問題解決の学習が行われていたということが分かる。

(2) 主体的な問題解決の活動が、思考力・表現力の育成につながったか

ア 4段階観点別および科学的な思考力・表現力の評価

小学校第4学年では、これまでに「とじこめた空気と水」で、空気と水に力を加えた際の体積の変化について学習している。物質の体積変化について本単元との関係が深い単元のため、本単元と評価の比較を行った。

「4段階観点別評価」、 「科学的な思考・表現」それぞれの平均点を事前事後で比較すると事後が事前を上回った。t検定を行った結果、「4段階観点別評価」のt値は1.94、「科学的な思考・表現」のt値は2.61となり、ともに、事前と事後の間に有意な差が認められた。

また、低位（4段階観点別評価において平均2.4以下）の児童における事前事後の変容についても、図7、図8のように伸びが見られ、平均点も事後が事前を上回った。t検定を行った結果、低位の児童についての「4段階観点別評価」のt値は4.17、「科学的な思考・表現」のt値は2.97となり、ともに、事前と事後の間に有意な差が認められた。

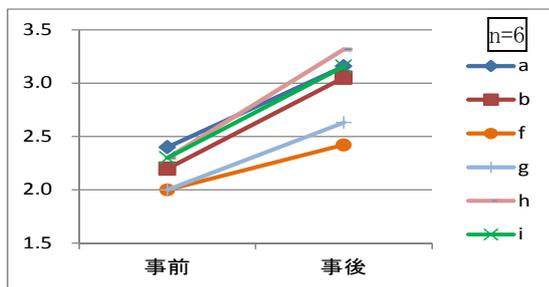


図7 低位児童の観点別評価の変容

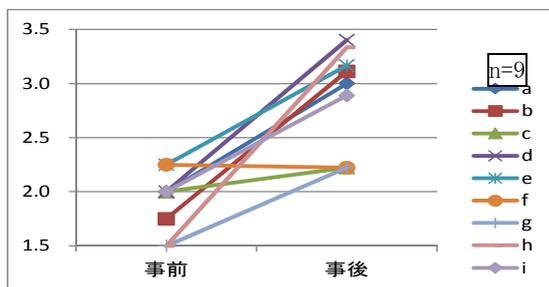


図8 低位児童の科学的な思考・表現の変容

イ 児童の考察における評価と変容

考察の内容を見ると、図9のように、4段階観点別評価で到達度の高い3以上の児童が、空気と金属の学習では約8割いることが分かる。しかし、水の学習では達成できている児童が増えているものの、おおむね達成できている児童が6割強に留まっている。原因として3点考えられる。

一点目は、水の体積が空気と比べ変化が小さく、特に冷やした際の変化が見られなかった班があり考察が深められなかったこと（後に反証実験で再確認した）、二点目は、特に児童が主体となって5種類の実験方法を立案した空気の学習と比べ、水の体積変化を見取る実験方法を教師側から提示したことによる主体性の低下が考えられる。さらに三点目は、空気と水の体積の変化の差を示した教師の演示による比較実験の際、実験を見取る視点を不明確なまま行ったことである。空気と水の体積の変化の差を示すために、空気と水がそれぞれ入ったガラス管付きのフラスコを温めて体積変化の差を比較させた際、「体積の変化の度合いの差」ではなく、「体積の変化するスピードの差」ととらえ、「空気は水より速く体積が大きくなる。」ととらえた児童がいた。

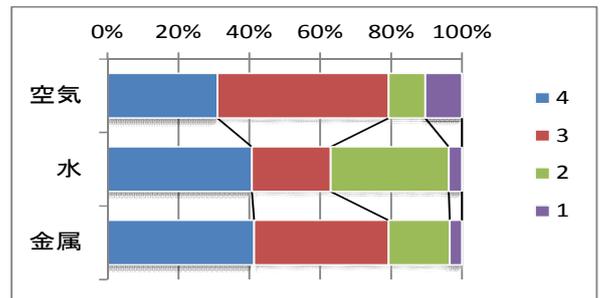


図9 考察の評価

次に、事前事後の考察の変容を児童の記述から検証し、表2に示した。

「とじこめた空気と水」の単元での、注射器の中の空気、水の体積変化と押し返す力についての考察において、A児は結果のみの記述であり、B

児は自身の予想を意識しているものの手ごたえを中心にした記述に終始し、空気や水の体積変化について科学的な用語を使つての表現できていない。本単元の考察では、自身の予想と比較することに加え、複数実験の結果を引用しながら帰納的に結論を導出していること、実験の際に視点を明確に、結果の見通しをもって臨んでいること、問題と対応させて何が明らかになったかが科学的な用語を使つて思考と表現ができています。

表2 A児, B児による記述の変容と分析

	A児の記述	分析
事前	・体積は10おせる。 ・はなすと初めに戻った。	結果のみ (ピストンの動き)
事後	・予想とちがって ・下向きでもふくらんだ。 ・他の班の人の結果も・・・。 ・空気の体積が大きくなる。	予想との比較 実験を見取る視点 複数実験の結果の引用 科学的な用語

	B児の記述	分析
事前	・予想は合っていた。 ・すごく固かった。	予想との比較 手応えに関する記述のみ
事後	・予想とちがって ・上向きはふくらんで下向きはふくらまないと考えた。 ・下向きでもふくらんだ。 ・フラスコ栓とばしチームは上にして下にしても・・・。 ・空気の体積が大きくなる。	予想との比較 結果の見通し 実験を見取る視点 複数実験の結果の引用 科学的な用語

本単元では、イメージ図を予想と結論の場面で作かせた。結論の場面では、児童が矢印や粒子の大きさ、数などを変化させて、体積の膨張を可視化できていた。図10のように、空気の体積変化が水よりも大きいことを、空気と水のイメージ図を関連付けて矢印の大きさの違いで表現することができている児童もいた。

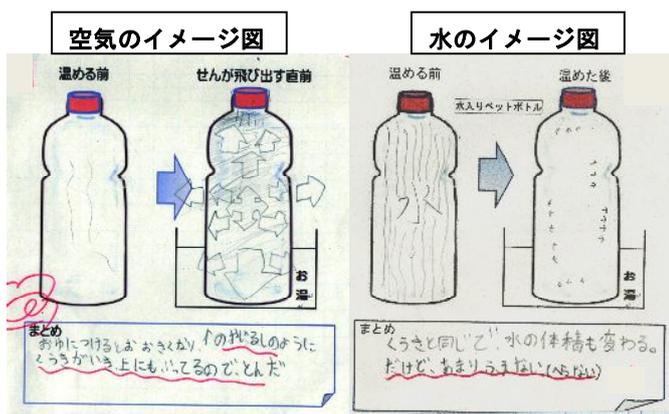


図10 空気, 水の体積変化についてのイメージ図

## ウ 思考力・表現力の育成をはかる発展問題の評価

単元終了後に図11のような発展問題を行った。

空気, 水, 水+金属が同じ体積だけ入った試験管を準備する。お湯で温めた際の, 体積の膨張の順位と理由を述べる。ここでは, 空気, 水, 金属の体積の変化の度合いだけでなく, 水+金属が入ったものは, 体積変化が極めて少ない金属と少量の水が入っているというところに着目させるものであり, 既習事項を発展させた, 高度な思考力・表現力が必要とされると考える。

図11 思考力・表現力をはかる発展問題

表3 発展問題における5段階評価 n=28

5	4	3	2	1
11人	9人	5人	1人	2人

表3のように、本単元の学習内容を活用し、論理的に思考、表現できたといえる、5段階評価中4以上の児童が7割を超え、思考力・表現力が高まったと考えられる。金属の体積変化が小さいことを、湯と火を使った実際の実験結果を引用して述べている児童も見られた。

### 児童の記述より

空気と水は、空気の方が体積の変化が大きいため1番で、水は少し体積が増えるから2番、水+金ぞくの球は、金ぞくの実験をして、金属はお湯で温めても体積は変化しなかったため、水の量が少ない方が体積の変化は少ないと思う。

一方、発展問題の記述内容が不十分であった児童3人(前述の図7, 図8で示すb児, f児, g児)について考察する。

b児, g児については、事前事後の変容については、「4段階観点別評価」, 「科学的な思考・表現」ともに上がっている。f児は、「4段階観点別評価」は上がっているものの、「科学的な思考・表現」は2.3→2.2とわずかが下がっている。これら3児については、結果の見通しが不十分だったために、実験を行う際の視点を明確にできていなかったことが考えられる。見通しをもつ場面での児童同士の話し合いの際の個別な支援や、実験

の場面での意図的なペア作りが必要であったと推察する。

## エ 主体的な問題解決の活動と科学的な思考力・表現力の相関関係

主体的な問題解決の活動と科学的な思考力・表現力の育成に対し、相関関係を調べた。

表3 主体的な問題解決の活動と科学的な思考力・表現力との相関 (Pearsonの積率相関係数)

	科学的な思考力・表現力
主体的な問題解決の活動	0.55*

n=29  
p<.05

分析の結果、主体的な問題解決の活動と科学的な思考力・表現力との間には、強い相関関係が認められた。

つまり、主体的な問題解決の活動を行うことにより、科学的な思考力・表現力の育成につながったと推察される。

以上のことから、理科で求められている科学的な思考力・表現力を育成するためには、児童が問題解決を主体的に行うことが重要であるということが分かった。

## V 研究のまとめ

### 1 成果

本研究では次のような成果を得た。

#### (1) 児童自らによる実験構想の有効性

- 問題の見だし場面の工夫が、児童が問題を自らのものとしてとらえ、問題意識を持続させることにつながった。
- 実験方法を立案や、結果の見通しにより、自らの問題解決として、視点をもって実験を行い、結果を見取ることができた。

#### (2) 複数実験による帰納的な結論の導出の有効性

- ジグソー法を取り入れたことにより、様々な

情報を全員で共有し、説明をする機会を充実させることができた。

これら(1)(2)を空気、水、金属の学習で継続して行うことにより、主体的な問題解決をうながし、科学的な思考力・表現力の育成に有効であった。

## 2 課題

- 反証実験やジグソー法などを取り入れるなど、児童の主体的な問題解決を保障するためには、年間指導計画や系統性を見直し、引き続き検証を行うことが必要である。
- 実験を見取る視点を明確にもたせるために、教師の的確な指導や個別の支援が必要な場面が見られた。一人一人の思考や表現の深まりをねらうためには、児童の見通しや見取る視点のたせ方について、今後も継続的に、指導工夫を行う必要がある。

### 【引用文献】

- 1) 角屋重樹『なぜ、理科を教えるのか—理科教育が分かる教科書—』文溪堂、2013年、76頁
- 2) 角屋重樹『なぜ、理科を教えるのか—理科教育が分かる教科書—』文溪堂、2013年、78頁
- 3) 村山哲哉『小学校理科「問題解決」8つのステップ これからの理科教育と授業論』東洋館出版社、2013年、77頁
- 4) 文部科学省『学習指導要領解説理科編』東洋館出版社、平成20年、68頁

### 【参考文献】

- 1) 角屋重樹『新小学校理科 重点指導事項実践開発』明治図書、2009年
- 2) 堀哲夫『教育評価の本質を問う 一枚ポートフォリオ評価』東洋館出版社、2013年
- 3) 村山哲哉『小学校理科「問題解決」8つのステップ これからの理科教育と授業論』東洋館出版社、2013年
- 4) 森本信也『子どもが意欲的に考察する理科授業』東洋館出版社、2011年
- 5) 文部科学省『学習指導要領解説理科編』東洋館出版社、平成20年