

## 科学的で主体的な深い学びを生み出す理科学習指導

～「文化継承」「活用」の段階を位置づけた単元構成の工夫を通して～

筑紫野市立原田小学校

指導教諭 石井 健作

こんな手立てによって…

- 評価の観点を3点に整理すること
- 高等学校まで見据えた学習内容を「科学の枠組み」として整理すること
- 「文化継承」「活用」の2段階の単元構成を仕組むこと

こんな成果があった！

- 「科学の枠組み」を生かした深い学びが見られた。**(科学的な深い学び)**
- 「主体的に学習を行う態度」が見られた。**(主体的な深い学び)**
- 「知識及び理解」の定着が見られた。**(科学的な深い学び)**

### 1 考えた

「科学的に活動する理科学習の本質から」「自分の実践の振り返りと今日的理科学習の課題から」「学校教育に求められている指導・改善の方向性から」の3点から本主題「科学的で主体的な深い学びを生み出す理科学習指導」を設定した。そして、研究の目標を、『科学的で主体的な深い学びを生み出すための一方途として、「科学の枠組み」を基にした「文化継承」の段階と「活用」の段階という2段階の単元構成の有効性を明らかにすること』とし、上記の3つの手立てを仕組み、授業実践を通して検証することとした。

### 2 やって見た

先行実践では、「天気と情報」の学習で、「文化継承」「活用」の試行を行い、本研究の実践の見通しをもつようにし、どのような手立てがよいかを整理した。

実践1では、「電磁石の性質」の学習で、「文化継承」の段階で身に付けた電磁石についての「科学の枠組み」を、興味・関心をもってつかむことができるようにした。「活用」の段階で、デジタル教科書を使った再現的な探究活動や、自分の課題を追究する発展的な探究活動を行わせた。

実践2では、「ものの燃え方」の学習で、「文化継承」の段階で身に付けたものの燃え方についての「科学の枠組み」を、実験するとともに粒子モデルを用いてつかむことができるようにした。「活用」の段階で、対話活動を重視した再現的な探究活動や発展的な探究活動を行わせた。

### 3 成果があった！

2つの実践を通して、『「科学の枠組み」を生かした深い学びができたこと』『「主体的に学習を行う態度」が見られたこと』『「知識及び技能」の定着が見られたこと』の3点の成果が得られ、科学的で主体的な深い学びを生み出す理科学習指導の在り方が明らかになった。

## 科学的で主体的な深い学びを生み出す理科学習指導

～「文化継承」「活用」の段階を位置づけた単元構成の工夫を通して～

<b>1 主題設定の理由</b>	<b>3</b>
(1) 科学的に探究する理科学習の本質から	3
(2) 自分の実践の振り返りと今日的理科学習の課題から	3
(3) 学校教育に求められている指導・改善の方向性から	3
<b>2 主題の意味</b>	<b>5</b>
(1) 「科学的で主体的な深い学び」とは	5
(2) 「科学的で主体的な深い学びを生み出す理科学習指導」とは	5
(3) 「『文化継承』『活用』の段階を位置づけた単元構成の工夫を通して」とは	5
<b>3 研究の目標</b>	<b>6</b>
<b>4 研究の構想</b>	<b>6</b>
(1) 研究仮説	6
(2) これからの学校教育に求められる視点で評価する	6
(3) 身に付けさせたい科学的きまりを「科学の枠組み」で整理する	6
(4) 「文化継承」と「活用」を位置付けた単元構成を考える	7
<b>5 研究の実際</b>	<b>7</b>
(1) 先行実践 第5学年「天気と情報」	8
(2) 先行実践の課題と実践1へ向けての改善点	11
(3) 実践1 第5学年「電磁石の性質」	12
(2) 実践1の課題と実践2へ向けての改善点	18
(3) 実践2 第6学年「ものの燃え方」	19
<b>6 成果と課題</b>	<b>25</b>
(1) 成果	25
(2) 課題	25
<b>&lt;参考文献及び資料等&gt;</b>	<b>25</b>

## 科学的で主体的な学びを生み出す理科学習指導

～「文化継承」「活用」の段階を位置づけた単元構成を通して～

筑紫野市立原田小学校

指導教諭 石井 健作

### 1 主題設定の理由

#### (1) 科学的に探究する理科学習の本質から

理科の学習では、「科学的」とは実証性や再現性、客観性の条件を満たしたものであると考える。また、「子ども達の素朴な見方や考え方」である「日常知」から学習を出発することは理科学習では大切である。しかし、理科学習で生まれる「科学的な見方や考え方」と呼ばれる「科学知」は、子ども自らが独自に生み出すことはない。そこでは、自然事象に対する見方や考え方を構築していく時に、先人が創った科学的な見方や考え方を十分に理解した上で利用したり、友達と交流したりしていくことで、主体的に自分の考えを強化したり、修正したりしていき、「日常知」を「科学知」へ高めることが、科学を追究していく時の理科学習の本質であると考えられる。

#### (2) 自分の実践の振り返りと今日的理科学習の課題から

私の今までの実践は、現在広く行われている問題解決学習を基底とする探究学習であり、その中では、子どもたちに科学者が行ってきたことを追体験させ、素朴概念をもとに話し合いの時間を十分にとり、科学的概念への変容を追ってきた。しかし、その学習では、理科で目指す学習内容を十分に理解していなかったり、それを使いこなすことができなかったりしたことを感じていた。今日行われている問題解決を中心とした探究学習での問題点を以下の5点に整理した。

- 子どもは、理科の楽しみを味わっているだろうか。
- 子どもの探究活動は、科学的といえるだろうか。
- 子どもだけで、科学的に妥当な考え方にたどり着くだろうか。
- 科学的に妥当な考え方にたどり着くまでに、膨大な時間を費やしていないだろうか。
- 子どもが創った考えは、すべての子どもに理解されているだろうか。

以上の課題を踏まえ、子どもが自然事象に対する科学的な見方や考え方を身に付け、更に主体的に探究する新しい理科学習のスタイルを考えたいことから、本主題を設定した。

#### (3) 学校教育に求められている指導・改善の方向性から

文部科学省中央教育審議会教育課程企画特別部会論点整理<sup>1)</sup>では、新しい学習指導要領が目指す姿の「学習プロセス等の重要性を踏まえた検討」の項目で、以下の点が重要とされている。

個々の事実に関する知識を習得することだけが学習の最終的な目的ではなく、新たに獲得した知識が既存の知識と関連付けられたり組み合わせられたりしていく過程で、様々な場面で活用される基本的な概念等として体系化されながら身に付いていくということが重要である。

つまり、知識を習得するだけではなく、それらの知識を組み合わせ活用していきながら、身に付けていくことが大切である。また、「学習指導要領改訂の方向性」<sup>2)</sup>では、「社会に開かれた教育課程」が求める資質・能力の実現のために、以下の3点が重要であるとしている。

- 何ができるようになるか    ○ 何を学ぶか    ○ どのように学ぶか

特に、この中でも「どのように学ぶか」の項目においては、主体的な学びと対話的な学び、深い学びを通じた「アクティブラーニング」の視点からの学習過程の改善が求められている。

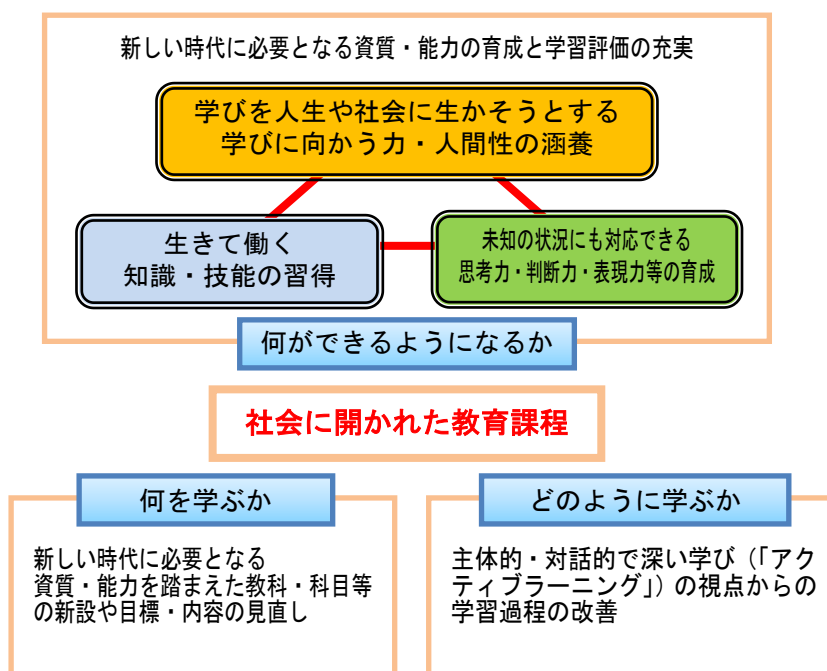


図1 学習指導要領改訂の方向性<sup>2)</sup>（出典：次期指導要領改訂に向けたこれまでの審議のまとめ）

また、「何ができるようになるか」では、「新しい時代に必要となる資質・能力の育成と学習評価の充実」として、以下の3つの資質や能力の育成が重要であると提唱している。（図1）

- a 学びを人生や社会に生かそうとする学びに向かう力・人間性の涵養  
b 生きて働く知識・技能の習得  
c 未知の状況にも対応できる思考力・判断力・表現力等の育成

このことは、今までの学習指導要領で求められていた評価の4観点を見直し、「社会に開かれた教育課程」の実現に向けての、新しい学習評価のあり方につながるものである。本研究で取り入れている「文化継承」「活用」モデルは、子どもの主体性や協働性(a)、学習内容の定着(b)、学習内容の活用(c)などの点からも、これからの学校教育が育成すべき資質・能力に合致していると考えられる。

以上のことから、「文化継承」「活用」の単元構成を用いた科学的で主体的な深い学びを育てる理科学習指導は、「社会に開かれた教育課程」の実現に向けて、重要な役割を果たすと考える。

## 2 主題の意味

### (1) 「科学的で主体的な深い学び」とは、

先人が創った「科学」を実証性、再現性、客観性の視点から学び、興味があることについて、問題解決の過程を大切に、友達と対話しながら、積極的に追究していく学びのことである。

子どもたち一人一人が、「このことを理科学習で調べてみたい。」と思うためには、一人一人の生活経験が異なる学校教育の場で素朴な見方や考え方からの出発だけでは、不十分である。「今までの科学者が発見してきたきまりを生かすと、新しいことが見つけられそうだ。」という問題解決の見通しが生まれるためには、先人が創った科学的なきまりを効果的に学ぶことが必要であるとする。学んだ科学的なきまりを主体的に、友達と対話をしながら生かすという追究活動を通して、子どもたちはより主体的で対話的な学びを行うことができるようになると思う。

### (2) 「科学的で主体的な深い学びを生み出す理科学習指導」とは、

子どもがもつ素朴な見方や考え方（素朴概念）を教師が把握し、そこに科学的な見方や考え方を学ぶ場を効果的に与える。その後、身に付けた見方や考え方を基に、自らが考えた観察・実験に主体的に取り組み、友達と対話をしながら、実証性、再現性、客観性のある条件を満たした自己責任のある見方や考え方（科学知）に高めていく。以上のような理科学習指導のことである。

素朴な見方や考え方（素朴概念）とは、子どもたちが生活の中でもっている考えである。この考えを教師が十分に把握し、理解に応じた指導法の工夫を行う。角屋<sup>3)</sup>は、その後、そこで身に付けた見方や考え方は探究活動に自信や責任をもち、実証性、再現性、客観性の視点をもった、より科学的な見方や考え方（科学知）に変換できると述べている。

### (3) 『「文化継承」「活用」の段階を位置づけた単元構成を通して』とは

単元における学習段階を、先人が創った見方や考え方を身に付ける「文化継承」の段階と、そこで身に付けた見方や考え方を再構成しながら、主体的に活用し、友達と対話をしながら、「科学知」へと高める「活用」の段階の、2段階の単元を構成することである。

石田<sup>4)</sup>は、本来の探究学習を行わせるために、21世紀型探究学習として、『「文化継承」「活用」モデル』を提唱している。ここでは、その考えを、単元構成に仕組むことにする。

**「文化継承」の段階**・・・教師が科学的な説明を行いながら学習を進め、効率的に科学的な見方や考え方を身に付ける段階

「文化継承」の段階では、先人が創った見方や考え方（科学文化）の有用性を感じ、理解することができるようにしたい。このことは、高等学校も見据えた児童・生徒の発達段階に応じた内容を確実に身に付けるとともに、効率的に学ぶことで時間の確保に十分にできると考える。

**「活用」の段階**・・・子どもが主体となり興味・関心から課題をつくり、友達と対話しながら、身に付けた科学的な見方や考え方を再構成し、「科学知」へと高める段階

「文化継承」の場面で身に付けた見方や考え方を使って、自分の仮説検証に基づいた探究活動ができるようにしたい。また、「活用」の段階は、考えを再構成する「再現的活用」の段階と、本来の主体的な活動を生み出す「発展的活用」の段階に再分割するようにする。これは、「科学知」の定着を図る深い学びとなると共に、個に応じた指導の充実が図れる一助になると考える。

**再現的活用**・・・問題解決の仕方を学びながら、学習したことを確認（再現）する深い学び。

**発展的活用**・・・子ども主体で興味・関心があることを問題解決的に自己追究する深い学び。

### 3 研究の目標

科学的で主体的な深い学びを生み出すための一方途として、「科学の枠組み」を基にした「文化継承」の段階と「活用」の段階という2段階の単元構成の有効性を明らかにする。

### 4 研究の構想

#### (1) 研究仮説

理科学習において、以下のような目標設定と評価の観点をもち、2段階の単元構成を行えば、子どもたちは科学的で主体的な深い学びを行うことができるであろう。

- ・「知識及び技能」「思考力・判断力・表現力等」「主体的に学習に取り組む態度」から評価の観点を整理する。
- ・高等学校までの学習内容を吟味した単元における「科学の枠組み」を「科学のきまり」「科学の言葉」「科学の芽」から整理する。
- ・「文化継承」の段階で「科学の枠組み」を身に付け、「活用」の段階でそれらを科学知へと高めるような、2段階の単元構成を仕組む。

#### (2) これからの学校教育に求められる視点で評価する

本研究では、従来の4観点の単元の目標を、これからの学校教育に求められる、以下の3点から評価の観点を整理する。

- |               |     |  |
|---------------|-----|--|
| 主体的に学習に取り組む態度 | ・・・ | 自然事象について、進んで調べたり、友達と関わったりしながら追究することができる。 |
| 知識及び技能        | ・・・ | 自然事象について、そのきまりを理解したり、適切に調べたりすることができる。    |
| 思考力・判断力・表現力   | ・・・ | 自然事象について、問題解決過程に沿って調べたり、考えたり、表現したりできる。   |

#### (3) 身に付けさせたい「科学のきまり」を「科学の枠組み」で整理する

本研究を通して、その単元で「科学のきまり」を定着させるために、以下の「科学の枠組み」で捉え、単元の学習でも以下の「科学の枠組み」で整理する。(図2)

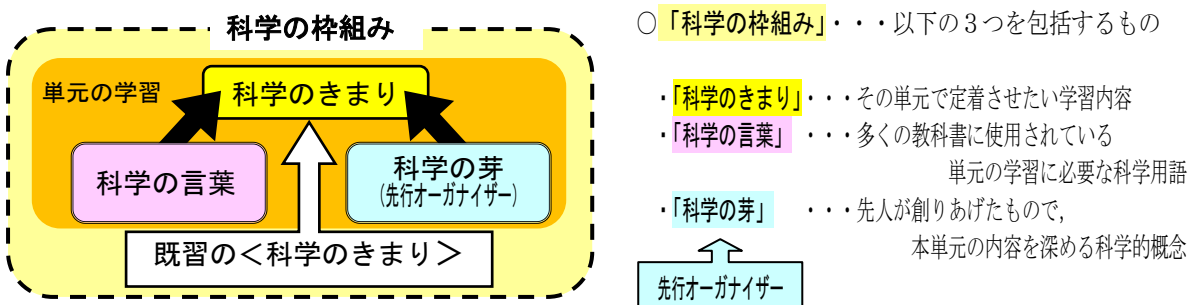


図2 本研究で考える「科学の枠組み」

本研究では、私自身の先行研究<sup>5)</sup>からオーズベルによって体系づけられた「有意味授業学習」の学習理論を取り入れたい。「有意味授業学習」では、「先行オーガナイザー」と呼ばれる情報が、その後の学習過程に生かされるとされ、以下のように定義されている。

**【先行オーガナイザー】** (オーズベル・ロビンソン, 1969)

学習情報に先立って提唱される情報であり、学習情報よりも一般的で、抽象的で、かつ包括的な情報

「先行オーガナイザー」を用いた川上ら<sup>6)</sup>の先行研究によって、「先行オーガナイザー」を与えることにより、学習者の既存の知識を活性化し、新たに入力された関連情報を強固に結びつけることが明らかにされている。本研究では、各学年で身に付ける「科学のきまり」の概念の基になるものを、この「先行オーガナイザー」の概念を取り入れた「科学の芽」として捉え、「文化継承」の段階で身に付けた「科学の芽」が、「活用」の段階で生かされるような単元構成にする。

**(4) 「文化継承」と「活用」を位置付けた単元構成を考える**

本研究での単元構成を以下のように、教師主導で「科学の枠組み」を理解させる「文化継承」と、子ども主体で「科学の枠組み」を活用させる「活用」の2段階で考える。(図3)

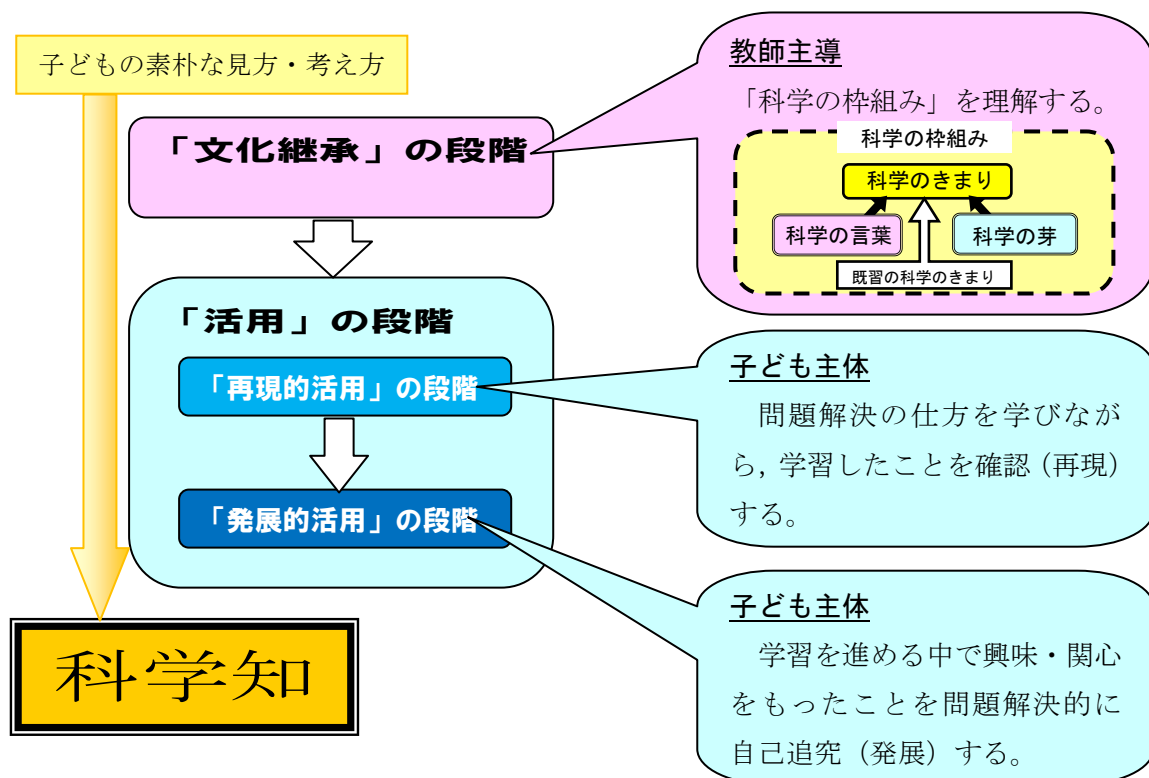


図3 「文化継承」「活用」の段階を位置付けた単元構成



## 5 研究の実際

### (1) 先行実践 第5学年「天気と情報」

#### ①単元目標

- 雲のようすと天気との関係に関心を持ち、自らその関係を調べようとすることができる。・・・主体的に学習に取り組む態度
- 雲の量や動きなどは、天気の変化と関係していること、天気は、およそ西から東へと変わっていくことを理解し、雲の量や動きなどを観測し、その過程や結果を記録することができる。・・・知識及び技能
- 雲の量や動きなどと天気の変化を関係づけて考察し、自分の考えを表現することができる。・・・思考力・判断力・表現力

#### ②単元構成

表1 「天気と情報」における単元構成

段階	配時	学習活動（子どもの活動）と内容	教師の支援
文化継承	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 天気図に出会い、天気の変化について理解する。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 雲の量や動きは、天気の変化と関係があること</li> </ul> </li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">           科学の芽            天気は、地球上の空気の流れによって、絶えず変化している。         </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICTを活用し、天気図の見方と雲画像の様子を説明する。</li> <li>○ 「科学の枠組み」で天気の変化を説明する。</li> </ul>
再現的活用	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 天気図をもとに、定点観測をする。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 天気はおよそ西から東へ移り変わる</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 前日の天気図を示し、翌日の天気を問題解決過程に沿って追究させる。</li> </ul>
発展的活用	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 天気の変化について、自分が追究したいことを更に追究する。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・ それぞれの課題に対する答え</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 天気について自分が知りたいことを「科学の枠組み」を使いながら追究させる。</li> </ul>

#### ③抽出児の設定

事前アンケートの内容から、以下の子ども達を抽出児として設定し、分析を行った。

表2 抽出児と抽出した視点

抽出の視点	A児	B児	C児
主体的に学習に取り組む態度	理科が好きで、興味・関心が非常に高い。	理科に対して、あまり興味を示していない。	理科が好きで、興味・関心が非常に高い。
知識及び技能、思考力等	理解度は高い。	理解度は低い。	理解度は低い。
期待できる姿	「科学の枠組み」を生かして、学習を進めることができる。	教師の細かな支援があれば、学習を進めることができる。	友達との関わりの中で、学習内容を理解しようとするすることができる。



#### ④「文化継承」の段階における実際（第1時）

この段階では、「天気と情報」に関する「科学の枠組み」を理解させるために、ICTの活用を行った。教師が事前に準備したプレゼンテーションをもとに、「科学の芽」である「天気は、地球上の空気の流れによって、絶えず変化している。」を、実際の天気図や雲画像を用いて説明した。（写真1）



写真1 「科学の枠組み」を説明する教師の様子

主な内容としては、以下の通りである。

- 天気の情報の集め方
- 天気に関する「科学の言葉」の説明
- 実際の「天気図」とひまわり「雲画像」<sup>7)</sup>の提示
- 重ねた「天気図」と「雲画像」の動画による関係性の説明<sup>8)</sup>

子ども達は、進んで天気の仕組みを知ろうとする姿が見られた。

#### <考察>

学習後のノートには、教師が板書した「科学の言葉」や「科学の芽」を抽出児は3人ともノートに書いていた。A児はテレビの天気予報を見た経験から本時の振り返りを書くことができていた。B児とC児は教師の説明が分かったという振り返りだった。

以上のことから、本時（「文化継承」の段階）で説明した天気の変化に関する「科学の枠組み」は、子ども達でも十分に理解可能で、特にプレゼンテーションを用いて説明したことが有効であったと考える。また、A児にとっては、「天気図」と「雲画像」を重ねた動画で説明したことで、テレビの天気予報と関係付けながら考えることができたと考える。

#### ⑤「活用」の段階における実際（第5～8時）※先行実践では「発展的活用」のみを分析

この段階では、「文化継承」の段階で学んだことをもとに、子ども達は「天気と情報」について疑問を生み出した。その中でも、学習した「科学の枠組み」を利用して考えることができるもの、学校での学習時間に追究可能なものを整理し、追究させるようにした。主なものは以下の通りである。（表3）

表3 児童が追究した主な内容

	追究内容	子ども達の予想	追究方法
A児	他の地域の天気も同じように説明できるのか。	どこでも同じように、説明することができるだろう。	インターネットで調べ、天気図とアメダスの情報を比較する。
B児	風の向きなどはどのように計るのか。	アメダスなどの機械を使うのだろう。	実際に観測している気象庁に尋ねる。
C児	雲はどのようにしてできるのか。	雲は空の高いところなので、作ることはできないだろう。	本で調べてみる。

日本各地の天気に興味をもったA児は、インターネットを使って、気象庁のホームページで各地の天気のデータを入手した。（写真2）子どもたちは過去の画像を比較し、その際に天気図を数日追って比べる姿が見られた。その際に、前線に着目し、気圧が変わっている所で雲が多いことを見つけることができていた。（図4）



写真2 インターネットで天気を調べている児童の様子

雲を観測して、視覚的な観測が可能であることを知ったB児は、天気図を描いたり、天気予報をしたりするために必要な風の向きや強さはどのように調べるのだろうかという新たな疑問をもった。そこで、実際に気象庁の方に尋ねてみることにした。気象庁（福岡管区気象台）の方への連絡調整は教師が行った。気象庁の方の出張教室という形で授業をしていただき、質問については事前に教師が伝えていた。その中でB児は「風はどのように調べるのですか。」と尋ねた。気象庁の方は、実際に測定に使うラジオゾンデと呼ばれる気象観測用風船を見せて説明してくれた。（写真3）B児は、その説明に納得することができた。

気圧の関係から雲のでき方に興味をもったC児は、同じく出張教室の時間に雲のでき方を尋ねた。C児の予想通り、気圧や空気の流れによることを説明していただき、その後実際にペットボトルで気圧を変え、人工的に雲を作る実験を行った。（写真4）

実際に雲を作ったC児は、友達と一緒に作る中で、ペットボトルがパンパンに膨らむことを体験した友達から、「見て。ペットボトルが固くなっている。」と話しかけられた。そして、実際に自分も触って、固いことを確かめた。その際に、気象庁の方に「どうして固いんですか。」と尋ねたところ、「中の気圧が変わって、高くなっています。その後、急激に低くなると、雲ができるよ。」と説明を受けた。その後、栓を抜いたところ気圧が低くなり、ペットボトルの中に雲が発生した。このことからC児は、気圧と雲のでき方に関係があることを理解していた。

### ＜考察＞

子ども達は、自分の追究内容を明確にもち、調べることができた。これは、「科学の芽」や「科学の言葉」を明確にした「科学の枠組み」を教師がしっかりと与え、学習させたからであると考えられる。また、子ども達は、友達と協力しながら、雲のようすと天気との関係に関心を持ち、自らその関係を調べようとすることができた。これは、本単元で目指す「主体的に学習に取り組む態度」の表れであると考えられる。

以上のことから、「活用」の段階で「天気と情報」について、主体的に問題解決できたことは、「文化継承」の段階で教師の「科学の芽」の説明が、子ども達にとって有効に働いたためであると考えられる。

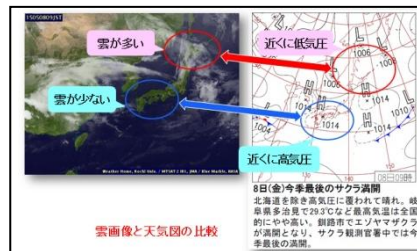


図4 インターネットで児童が調べた天気図と雲画像の比較



写真3 ラジオゾンデを見せ、説明する気象庁の方の様子



写真4 ペットボトル雲をつくる児童の様子

## (2) 先行実践の成果と実証実践への改善点

### <成果>

- 「文化継承」の段階で説明した天気の変化に関する「科学の枠組み」は、子ども達でも十分に理解可能で、特にプレゼンテーションを用いて説明したことが有効であった。
- 「活用」の段階で「天気と情報」について、主体的に問題解決できたことは、「文化継承」の段階で教師の「科学の芽」の説明が、子ども達にとって有効に働いたためである。

### 本研究主題に沿った実践を行うために

### <実践の視点>

- ★ 実態把握を同様に細かく行い、より子ども達の実態に即した「科学の枠組み」を考え、生かすようにする。

評価の観点に沿った先行実践同様に3点から調査する。その際に自己評価アンケートをとり、変容を見るようにする。先行実践では、「文化継承」の段階で、子どもに科学的に理解させようとしすぎたあまりに、極端に教師主導に偏った説明になってしまった。よって、ゲーム性などを取り入れた「文化継承」の段階のスタイルにすることで、子ども達の興味を喚起し、一層「科学の枠組み」が定着するのではないかと考えた。

- ★ 学習ノートで「科学の枠組み」を使った知識が更に定着する工夫と、問題解決を自分で行う力を身に付けさせるようにする。

ノートの初めの部分に「科学の枠組み」の振り返りを行うことができるようにする。そのことによって「知識及び理解」の一層の定着を図る。また、ノート形式ではなく、1単位時間に表裏の1枚のプリント形式にし、問題解決の足跡を意識することができるようにし、「思考力・表現力・判断力」の確実な定着を図るようにする。(図5)

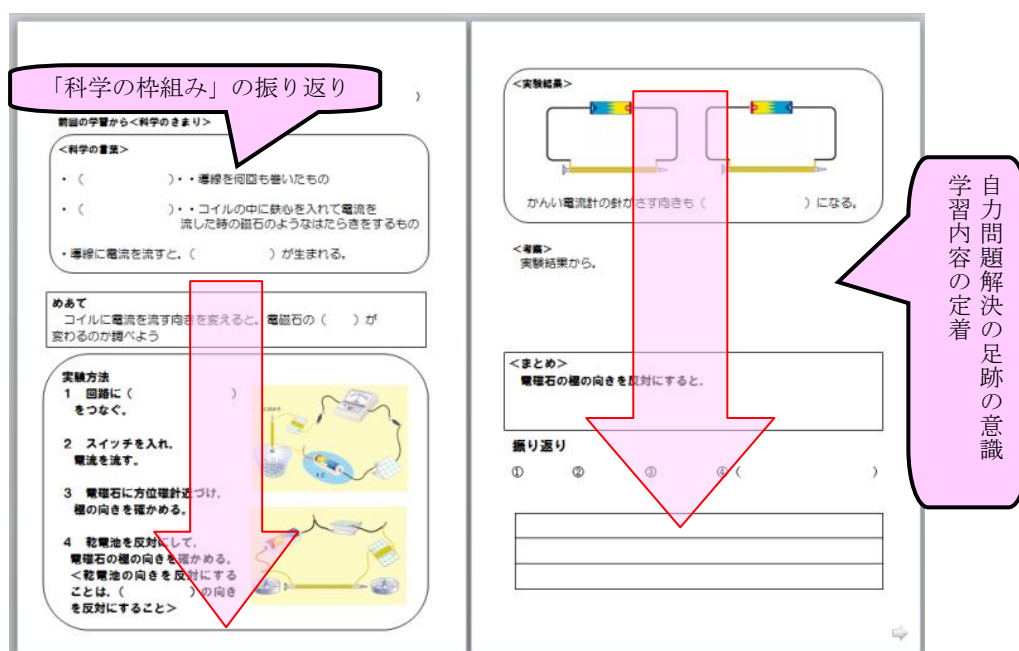


図5 問題解決を身に付けさせる学習ノートの工夫

### (3) 実践2 第5学年「電磁石の性質」

#### ①単元目標

- 電磁石の導線に電流を流した時に起こる現象に興味・関心をもち、自ら電磁石の性質を進んで調べることができる。・・・主体的に学習に取り組む態度
- 鉄心を入れたコイルに電流を流すと電磁石になることや、電流の向きが変わると電磁石の極の向きが変わること、電磁石の強さは電流の大きさやコイルの巻き数によって変わること理解することができる。・・・知識及び技能
- 電磁石に電流を流した時の電流のはたきの変化とその要因について予想をもち、条件に着目して実験を計画し、表現できる。・・・思考力・判断力・表現力

#### ②単元構成

表4 「電磁石の性質」における単元構成

段階	配時	学習活動（子どもの活動）と内容	教師の支援
文化継承	1	○ 電磁石に出合い、電流の働きと電磁石の関係について理解する。 科学の芽 導線に電流を流すと、磁場が生まれる。	○ ソレノイドコイルを使い、電流と磁場の関係を説明する。
再現的活用	3	○ 電磁石の条件を変えた時の、電磁石の力の違いを調べる。 ・電磁石の極を変える。 ・コイルの巻き数を変える。 ・電流の大きさを変える。	○ 電磁石には磁場が関係あるという「科学の芽」を使って、問題解決過程に沿って、追究させる。
発展的活用	4	○ 自分が興味をもった電磁石の性質について、さらに調べる。	○ 電磁石について自分が知りたいことを「科学の枠組み」を使いながら追究させる。

#### ③本単元における「科学の枠組み」

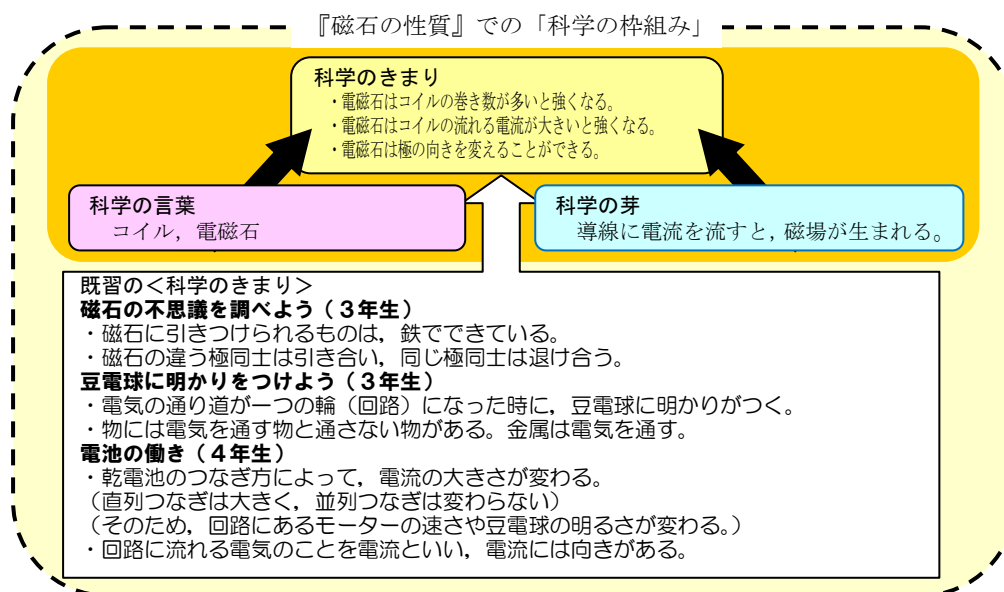


図6 「電磁石の性質」における「科学の枠組み」の構成図



#### ④実践前の子どもの実態

##### a. 事前アンケートから

実践前に、実態把握アンケートを行った。アンケートの内容は、森本ら<sup>9)</sup>の調査項目を利用し、それらを、「主体的に学習に取り組む態度」、「知識及び技能」、「思考力・判断力・表現力」から整理した。各項目の結果は、以下のようであった。(表5)

表5 「電磁石の性質」に関する事前アンケート結果

評価項目	電磁石について「主体的に学習に臨もうとする態度」 (主体的に学習に取り組む態度)	電磁石について「知っていること」 (知識及び技能)	電磁石について「考えようとする力」 (思考力・判断力・表現力)
主な質問	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気の勉強をもっと詳しく知りたいな。</li> <li>自分で磁石を作れるってすごいな。</li> <li>家の中にある電化製品を調べたいな。</li> </ul> 等	<ul style="list-style-type: none"> <li>磁石の極は変えられる。</li> <li>磁石の強さは変えられる。</li> </ul> 等	<ul style="list-style-type: none"> <li>導線に流れている、電流をもっと詳しく調べたい。</li> <li>モーターの仕組みを知りたい。</li> </ul> 等
結果			

以上の結果から、「主体的に学習に臨もうとする態度」は高いものの、電磁石について知っている子どもは半数以下で、普段の生活から電磁石やその他、電流などについて考えている子どもが多くないことが分かった。

##### b. 抽出児の設定

事前アンケートの内容及び先行実践の実態から、以下の子ども達を抽出児として設定し分析を行った。尚、A児及びB児は、先行実践と同一児童である。(表6)

表6 抽出児と抽出した視点

抽出の視点	A児	B児	D児
主体的に学習に取り組む態度	理科が好きで、興味・関心が非常に高い。	理科に対して、あまり興味を示していない。	理科が好きで、興味・関心が非常に高い。
知識及び技能、思考力等	理解度は高い。	理解度は低い。	理解度は低い。
先行実践の姿	「科学の枠組み」を生かし、科学知を高めることができた。	「科学の枠組み」を生かして学習することができなかった。	「科学の枠組み」を生かして、科学知を高めることができた。
期待できる姿	「科学の枠組み」を生かしての、学習を進めることができる。	教師の細かな支援を与えると、学習を進めることができる。	友達との関わりの中で、学習内容を理解しようとするすることができる。

## ⑤「文化継承」の段階における実際（第1時）

この段階では、「電磁石」に出会い、「電磁石」に関する「科学の枠組み」を理解させるために、釣りゲームを行うようにした。電磁石を釣竿に見立て、クリップを付けた紙で作った魚を釣ること、電磁石の性質に興味をもつとともに、電磁石の性質について考えるようにした。

ここでは、学習の導入の段階で、3年生と4年生の磁石及び電気の単元での学習内容を既習の「科学の枠組み」として復習する時間を十分にとった。しかし、子ども達は、既習内容をあまり覚えていない実態があった。学習ノートを使って一つ一つ丁寧に復習するようにした。また、板書にも大きく掲示した。（**図7**）

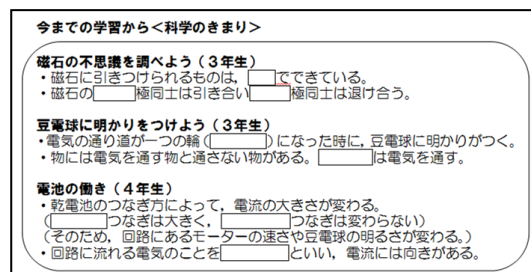


図7 既習の「科学の枠組み」の振り返りの学習ノート

その後、電磁石を使った魚釣りゲームに出合わせた。どの子どもも、初めは試行錯誤しながら遊んでいたが、徐々に魚が釣れるときのきまりを見つけて遊びだした。（**写真5**）

もともと、電磁石を知っていたA児は、仕組みは知っていたものの、電磁石で遊ぶことは初めてだった。一緒に遊んでいたD児は、初めは、どうして魚がつくかを理解できていなかったが、一緒に遊んでいたA児がスイッチの使い方を教えた。すると、スイッチを入れると魚が付き、切ると魚が離れることを理解した。その際にA児は、既習の「科学の枠組み」で用いた「回路」という「科学の言葉」を使いながら、D児を含めたグループの友達に説明していた。



写真5 魚釣りゲームで遊ぶ子どもの様子

B児も初めて電磁石に出合った。「天気と情報」でも、目立って興味を示す姿は見られなかったが、今回もあまり当初は興味を示す様子は見られなかった。しかし、魚釣りゲームにしたことで、友達と魚釣りを競い合いながら、徐々にそのゲームに夢中になり、更にはどうしてクリップにつくのかを疑問にもつ姿が見られた。

魚釣りゲームが終わった後に、電磁石の仕組みについて「コイル」と「電磁石」という「科学の言葉」の説明をした。子ども達も学習ノートに大切な言葉として記入した。

そして、今回は電磁石の中学校への系統性も考え、「磁場」について理解させるようにした。そこで、教師が準備した電源装置をつないだ回路を見せた。（**写真6**）ここでは、回路につながれた一本の導線やソレノイドコイルの磁場を使って、「導線に電流を流すと、磁場が生まれること」を説明した。（**写真7**）単に電流が流れただけなのに、導線のそばに置いた方位磁針が動いた時には、子ども達は磁場の存在に驚いている姿が見られた。

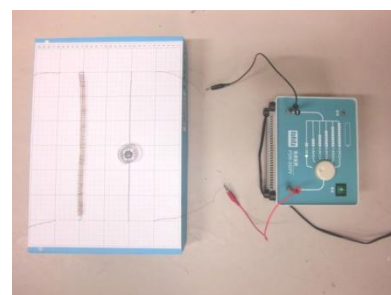


写真6 教師が準備した導線を使った回路



写真7 方位磁針が磁場を示したソレノイドコイル

## ＜考察＞

今回は、「科学の枠組み」を定着させるだけでなく、子どもの興味・関心も引き出すように、ゲーム性をもたせた。その後、「科学の芽」を理解させるように、ソレノイドコイルを用いた回路で磁場の説明をした。学習後の振り返りからも、子ども達は、電磁石について興味・関心をもつとともに、「科学の言葉」「科学の芽」を理解することができていたことが明らかになった。

以上のことから、「文化継承」の段階での、実物のソレノイドコイルの回路を用いて説明した電磁石の性質に関する「科学の枠組み」は、子ども達でも十分に理解可能であったと考える。特に、B児にとっては、興味・関心を十分にもたせた上で、説明したことが有効であったと考える。

### ⑥「再現的活用」の段階における実際（第2時）

この段階では、「科学の枠組み」で説明されたことが、電磁石を用いた回路を調べていく中でも証明できるかを確認することで、再現的に活用させたいと考えた。そこで、ここでは、電磁石の極と電流の向きについての理解を定着させるために、ICT活用を考え、デジタル教科書<sup>10)</sup>の電磁石の回路図モデル（以下回路モデル図）で説明することにした。（図8）

初めに、子ども達に電磁石の極の向きについて考えさせた。すると、既習の「科学の枠組み」から全ての子どもが、電流の向きと電磁石の向きは関係があると予想した。実際の追究は学習ノートの問題解決過程に沿った追究をさせた。子どもたちは、簡易電流計を使って、電流の向きと電磁石の極にがあることをつかんでいった。（写真8）

その後、回路モデル図を用いながら、電流の流れと磁場の関係を説明した。電流の向きと電磁石の極の関係を知っていたA児は、回路モデル図を見た時に「なるほど。」と発言した。回路モデル図を見ることで、視覚的に、より電磁石についての理解を深める姿が見られた。B児とD児は、画面に映った回路モデル図をじっと見て、教師の説明を聞く姿が見られた。特にD児は、実験で書いた電磁石の極についての学習ノートを振り返りながら聞いていた。

## ＜考察＞

子ども達が電流の向きを調べる際には、電流の向きだけでなく磁場についても考えながら追究する姿が見られた。また、D児の学習プリントには、「電流の向きが変わると、磁場が変わって電磁石の向きが変わる」との記述があった。同様に、「科学の芽」である「磁場」を用いたものが多く見られた。子ども達は、電磁石と磁場の関係を関係づけて考察し、自分の考えを表現する姿が見られた。これは、本単元で目指す「思考力・判断力・表現力」の表れであり、問題解決の足跡を意識化させた学習プリントが有効に機能したと考える。

以上のことから、「再現的活用」の段階で子どもが電磁石について再現的に問題解決したことは、「文化継承」の段階で説明した電磁石に関する「科学の枠組み」が、子ども達でも十分に理解可能であり、「思考力・判断力・表現力」の育成においても有効であったと言える。



図8 デジタル教科書の回路モデル図



写真8 電磁石の極を変える子どもの様子



### ⑦「発展的活用」の段階における実際（第5時～8時）

この段階では、「再現的活用」の段階で学んだことをもとに、子ども達が「電磁石の性質」について疑問を生み出すものを、先行実践同様に整理し、追究させるようにした。主なものは以下の通りである。（表7）

表7 児童が追究した主な内容

	追究内容	子ども達の予想	追究方法
A児	身の回りの電化製品にどのように電磁石（コイル）が使われているのか。	動きがあるものには、モーターが使われているので、電磁石もありそう。	家から持ってきた不要な電化製品を分解する。
B児	電流の大きさをもっと増やすと、さらに電磁石は強くなるのか。	電流の実験と同じように、もっと強くなるだろう。	更にたくさんの乾電池を使って、もっとたくさんの電流を流してみる。
D児	巻き数をもっと増やすと、更に電磁石は強くなるのか。	磁場が強くなるので、もっと強くなるだろう。	もっと巻き数を増やしてみる。強力電磁石の仕組みを調べる。

もっと電流を増やしてみたいと思ったB児は、友達と協力して乾電池の数を増やして調べた。電流を増やしすぎると危険なので、教師の助言で電源装置を使って調べた。予想通り、電磁石の力は強くなり、釘がたくさんついた。

もっと巻き数を増やしてみたいと思ったD児は、友達と協力して、巻き数について調べた後に、強力電磁石を試してみた。強力電磁石が巻き数が多いことから、巻き数をさらに増やすと電磁石はさらに強くなることを見つけたことができた。（写真9）

身の回りの電化製品について調べたいA児は、不要のスピーカーを友達と協力して、分解してその仕組みを調べた。スピーカーの中には、コイルとフェライト磁石があり、「コイルに磁場ができて、磁石と反応して音が鳴るんだ」とグループの友達とその秘密を考えることができた。（写真10）

#### <考察>

全ての子ども達が、自分の追究内容を明確にもち、調べることができた。これは、「文化継承」の段階で、電磁石についての興味・関心をもたせた後に、「科学の芽」や「科学の言葉」を明確にした「科学の枠組み」を教師がしっかりと与え、学習させたからであると考えられる。また、子ども達は、友達と協力しながら、電磁石の性質を調べようとすることができた。これは、先行実践同様に、本単元で目指す「主体的に学習に取り組む態度」の表れであると考えられる。

以上のことから、「発展的活用」の段階で「科学の枠組み」を生かしながら、自己追究することができたのは、「文化継承」の段階で教師が子どもの興味・関心を引き出しながら、説明したことが有効であったと考える。



写真9 強力電磁石で調べるD児のグループの様子



写真10 スピーカーの分解するA児のグループの様子

### ⑧実践後の子どもの評価

実践後に、実践前と同じく、「主体的に学習に取り組む態度」、「知識及び技能」、「思考力・判断力・表現力」の3点から、自己評価した。（表8）

表8 「電磁石の性質」に関する事後調査の結果

評価項目	「主体的に学習に取り組む態度」	「知識及び技能」	「思考力・判断力・表現力」
主な質問	<ul style="list-style-type: none"> <li>自分だけで電磁石を作ることができた。</li> <li>電磁石の学習はおもしろい。</li> <li>電気の力をもっと知りたい。</li> </ul> 等	<ul style="list-style-type: none"> <li>導線をまくと電磁石ができる。</li> <li>電流を流すだけで電磁石はできる。</li> <li>電磁石と磁石には違いがある。</li> </ul> 等	<ul style="list-style-type: none"> <li>家の中には電磁石を使った電化製品がある。</li> <li>電磁石の強さは、電流が関係している。</li> <li>電磁石の強さは、巻き数が関係している。</li> </ul> 等
結果	<p>6% 思わない 94% 思う</p>	<p>13% 理解できていない 87% 理解できている</p>	<p>19% 考えられていない 81% 考えられている</p>

いずれの項目も、実践前よりも高くなっていることが分かる。特に「主体的に取り組む態度」の面に関しては、自分で電磁石を作った満足感、追究した過程のおもしろさ等を感じ、評価していることが分かる。

また、実践後の評価テスト<sup>11)</sup>でも以下のような子どもの評価を行った。「知識及び理解」「思考力・判断力・表現力」に関する項目は以下のものであった。（表9）

表9 単元末の評価テストの結果

知識及び技能		思考力・判断力・表現力	
主な設問	正答率	主な設問	正答率
・回路の仕組み	<b>93.6%</b> 	・電磁石の強さをえる条件	<b>82.4%</b> 
・電磁石の名称		・条件のええ方	
・電磁石の極		・強さが違う理由	
・電磁石と磁石の違い			
「天気と情報」での得点率	89.0%	「天気と情報」での得点率	80.0%

評価テストの結果から「知識及び技能」「思考力・表現力・判断力」のどちらも、先行実践に比べ得点率が高くなったことが明らかになった。特に「知識及び技能」面に関しては、十分に満足できる得点率であると言える。「思考力・判断力・表現力」の面では、「知識及び技能」の面ほど高くはなかったが、それは、設問数が少なく配点率が高かったのも一つの要因であるとする。

### (3) 実践1の成果と課題、及び実践2へ向けての改善点

#### <成果>

- 「文化継承」の段階で「科学の枠組み」をつかませることで、「知識及び技能」面での正答率が高くなる。
- 「発展的活用」の段階で、自分の課題をつくり、進んで実験するなど、主体的に問題解決を行うことができる。

#### <課題>

- 「活用」の段階で、「文化継承」の段階で身に付けた「科学の枠組み」を、子どもがどの程度活用していたか明確ではない。
- 「活用」の段階での、子どもたちの「対話的な学び」がどの程度行われていたかを十分に把握できておらず、それがどのように「深い学び」につながっているかを分析できていない。

**より科学的で主体的な深い学びを生み出すために**

#### <改善点>

★ 「科学の枠組み」を「活用」の段階でも再度示し、さらに意識して学習することができるようにする。

今までの「科学の枠組み」は、「文化継承」の段階で身に付けることが主になっていた。しかし、それを「活用」の段階で、より深化させることで子ども達のものになると考える。そこで、ICT等を活用し、「科学の枠組み」が、どのようにその後の追究内容に生かされているかを更に意識させるようにする。

★ 「深い学び」を生み出す「対話的な学び」を一層重視するようにする。

先行実践、実践1共に、「活用」の段階で、子ども達の「主体的な学び」の姿は十分に見られたと考える。しかし、「学習指導要領改訂の方向性」<sup>2)</sup>の中、「どのように学ぶか」の項目における「対話的な学び」があまり見られていなかった。「主体的な学び」と「対話的な学び」が揃ってこそ、より「深い学び」になると考える。(図9)そこで、より、「深い学び」になるように、「活用」の段階における、子ども同士の対話も分析したいと考えた。

#### どのように学ぶか

##### 主体的・対話的で深い学び（「アクティブ・ラーニング」）の視点からの学習過程の改善

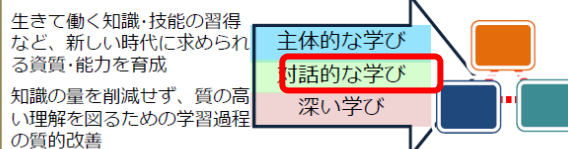


図9 「学習指導要領の方向性」（一部抜粋）

以上の改善を行うことで、実践2では、より科学的で主体的な深い学びを生み出す理科学習指導を行うことができると考える。

### (3) 実践2 第6学年「ものの燃え方」

#### ①単元目標

- 物を燃やした時に起こる現象に興味・関心をもち、物の燃焼の仕組みを適用し、身の回りの現象を見直そうとすることができる。・・・主体的に学習に取り組む態度
- 物が燃える時には酸素が必要であることと、ろうそくや紙、木が燃える時には、空気中の酸素が使われて二酸化炭素ができることを、気体検知管や石灰水を適切に使って実験し、理解することができる。・・・知識及び技能
- 物の燃焼と空気の動きを関係づけながら、物の燃焼についての予想をもち推論しながら追究し、実験結果や考察したことを表現することができる。・・・思考力・判断力・表現力

#### ②単元構成

表10 「ものの燃え方」における単元構成

段階	配時	学習活動（子どもの活動）と内容	教師の支援
文化継承	2	○ 物が燃える現象に出合い、物が燃えるとは何かについて理解する。 科学の芽 十分な酸素があるものは燃える。	○ ICTを活用し、ろうそくが燃える時には、空気中の酸素が結びついて二酸化炭素ができることを粒子モデルで説明する。
再現的活用	3	○ 燃焼の前後での、集気びん中の気体の変化を確かめる。 ・気体検知管で調べる。 ・石灰水で調べる。	○ 空気中の組成の割合の変化を「科学の芽」を使って、問題解決過程に沿って、追究させる。
発展的活用	4	○ 自分が興味をもったものの燃え方の性質について、さらに調べる。	○ 物の燃焼について自分が知りたいことを「科学の枠組み」を使いながら追究させる。

#### ③本単元における「科学の枠組み」

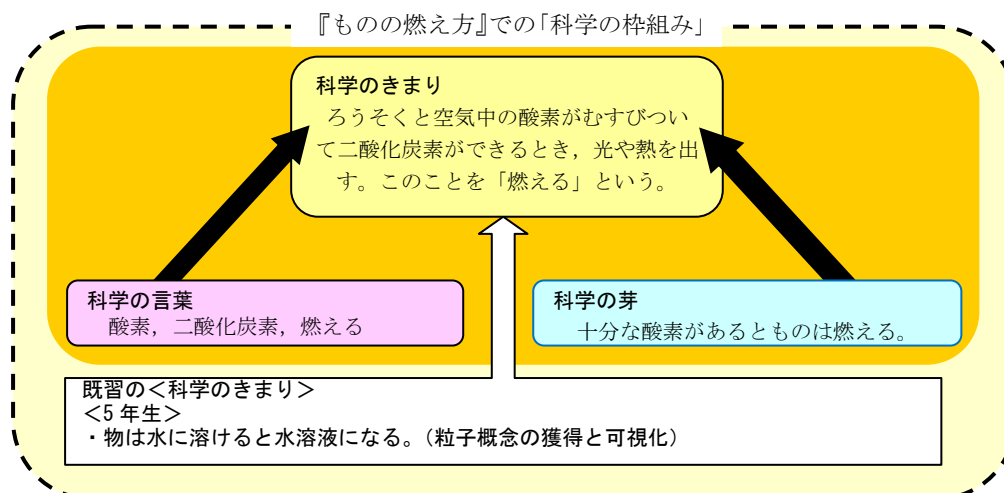


図10 「ものの燃え方」における「科学の枠組み」の構成図

#### ④実践前の子どもの実態

##### a. 事前アンケートから

実践前に実践1同様に、実態把握アンケート<sup>1,2)</sup>を行った。アンケートの内容は「主体的に学習に取り組む態度」、「知識及び技能」、「思考力・判断力・表現力」から整理した。各項目の結果は、以下のものであった。(表8)

表11 「ものの燃え方」に関する事前アンケート結果

評価項目	ものの燃え方について「主体的に学習に臨もうとする態度」 (主体的に学習に取り組む態度)	ものの燃え方について「知っていること」 (知識及び技能)	ものの燃え方について「考えようとする力」 (思考力・判断力・表現力)
主な質問	<ul style="list-style-type: none"> <li>・どんなものが燃えるか調べてみたいな。</li> <li>・火について調べてみたいな。</li> <li>・火を起こしてみたいな。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・物を燃やすとどんなものでも灰になる。</li> <li>・マッチやライターがあれば、空気がないところでも物は燃やせる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・どんな時に一番燃えるのか調べたいな。</li> <li>・物を燃やした後はどうなるのかな。</li> </ul>
結果			

以上の結果から、「主体的に学習に臨もうとする態度」は高いものの、ものの燃え方について「知っている」子どもは3分の1程度で、電磁石の時よりもあまり既有的知識がないことが分かった。また、「考えようとする力」は3分の2程度で、授業前には、ものの燃え方に対して考えようとする姿は全員には見られなかった。

##### b. 抽出児の設定

事前アンケートの内容及び実践1の実態から、以下の子ども達を抽出児として設定し分析を行った。尚、A児は、先行実践及び実践1と同一児童である。(表12)

表12 抽出児と抽出した視点

抽出の視点	A児	E児	F児
主体的に学習に取り組む態度	理科が好きで、興味・関心が非常に高い。	理科に対して、関心・関心が高い。多くの学習で、友達と協力して解決する姿が見られる。	理科が好きで、興味・関心が非常に高い。自分だけで実験を進めてしまうことが多い。
知識及び技能、思考力等	理解度は高い。	理解度は中程度。	理解度は低い。
実践1の姿	「科学の枠組み」を生かし、科学知を高めることができた。	学級編成前は別学級であるため、先行実践、実践1ともに行っていない。	
期待できる姿	「科学の枠組み」を生かして、学習を進めることができる。		



## ⑤「文化継承」の段階における実際（第1・2時）

この段階では、「物が燃えること」に出会い、「ものの燃え方」に関する「科学の枠組み」を理解させるために、ろうそくの燃え方を観察させた。（写真11）子どもたちは、ろうそくが徐々に減りながら、炎が燃えている様子を観察した。

そこで、その後に、ろうそくの燃焼について、粒子のシミュレーションモデルを用いて、説明した。初めに、空気の組成の粒子の割合で説明した後、「科学のきまり」として「ろうそくと空気中の酸素がむすびついて二酸化炭素ができるとき、光や熱を出す。このことを『燃える』という。」を教えた。その際に、酸素の粒子がろうそくの粒子と結びついて、新しい粒子（二酸化炭素の粒子）になることをアニメーションソフト<sup>13)</sup>で見せた。（図11）子どもたちは、教師が提示するシミュレーションをしっかりと見る姿がうかがえた。教師はその際に、「科学の言葉」と「科学の芽」を意識し、一つ一つの空気の変化やろうそくの現象の理由などを丁寧に説明するようにした。また、子どもから質問があった際には、シミュレーションを繰り返し見せていくようにした。ほとんどの子どもが、シミュレーションを見ることで、目に見えない「酸素」や「二酸化炭素」も粒子でできていることを理解し、ろうそくが「燃える」ことでそれらの割合が変化していることを視覚的に理解することができていた。

ものの燃え方について既存の知識があったA児も、シミュレーションを見ることで、改めて空気の変化について納得している様子が見られた。また、「酸素」や「二酸化炭素」という「科学の言葉」を知っていたE児は、それらがどんな働きがあるかははっきりしていなかったが、シミュレーションを見ることで、それらの変化について知ることができていた。F児は、実験中は単に燃えていることに喜んでいただけだったが、シミュレーションを見ることで、ろうそくと「酸素」の結びつきについて考えている様子うかがえた。

### <考察>

今回は、「科学の枠組み」を説明する前に、実際に身の回りの物（木とろうそく）を燃やさせた。その後、「科学の芽」を理解させるために、粒子モデルを用いたろうそくの燃焼シミュレーションで説明した。学習後の振り返りからも、子ども達は、教師が説明したものの燃え方について理解するとともに、「科学の言葉」「科学の芽」を理解できたことが明らかになった。

以上のことから、「文化継承」の段階での、ものの燃え方の実験をさせた後に、粒子モデルを用いたシミュレーションで説明した「科学の枠組み」は、子ども達でも十分に理解可能であったと考える。特に、F児にとっては、実験と「科学の枠組み」が結びついたことが明らかで、説明の方法と内容ともに有効であったと考える。



写真11 ろうそくを燃やす子どもの様子

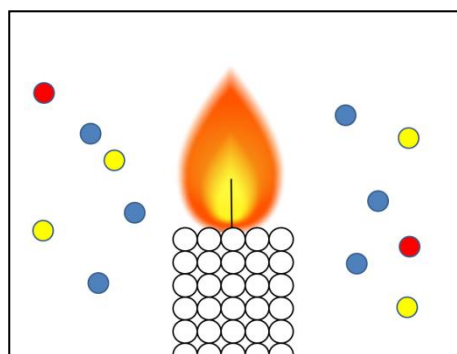


図11 粒子モデルを用いた  
ろうそくの燃え方のシミュレーション

## ⑥「再現的活用」の段階における実際（第3～5時）

この段階では、「科学の枠組み」で説明されたことが、集気びんの中でのものの燃え方がどのように説明できることを確かめることで、再現的に活用させたいと考えた。そこで、ここでは普通の集気びんと、底が開いた集気びんを用いて、子ども達に粒子モデルを使って説明させた。

初めに、閉鎖した集気びんでは、ろうそくに火を付け入れたが、徐々に酸素が減っていき、火が消えていく様子が見られた。**(写真12)** 徐々に小さくなる炎を見て、子ども達は「酸素がなくなっているからだ」とつぶやく様子が見られた。その後、そこが開いた集気びんを用いて、同じようにろうそくに火をつけた。すると炎は消えずに、ろうそくが最後まで燃え尽きた。子どもたちは、「酸素が下から入っているからだ。」や「二酸化炭素が開いているところから逃げているんじゃないかな」など、「科学の言葉」を使ってつぶやいている姿が見られた。



写真12 集気びんの中でろうそくを燃やす子どもの様子

その後、粒子モデルを用いて、集気びんの中での「ろうそく」「酸素」「二酸化炭素」の変化について表現させるようにした。ここでは、友達との対話の時間を設定した。互いが描いた粒子モデルを見せ合うことで、粒子の数やそこに加えた説明なども付け加えたり、修正したりする姿が見られた。

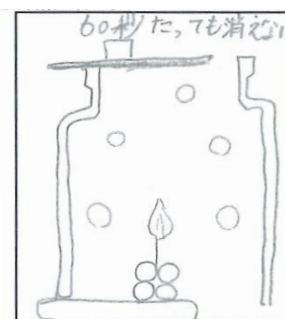


図12 A児が描いたものの燃え方の粒子モデル

「文化継承」の段階で、どの子よりもシミュレーションに納得していたA児は、正しい粒子モデルで、自分の言葉で「科学の枠組み」を説明することができていた。**(図12)** また、それを友達に説明する姿が見られた。E児は初め、自分の考えを描くことができなかったが、友達との対話により「ものの燃え方を粒で表すと分かりやすい」というアドバイスから、燃焼による酸素と二酸化炭素の割合の変化についての自分の考えを確かなものにした。F児も同様に友達との交流から粒子モデル図を用いて「科学の枠組み」を説明しようとする姿が見られた。

### <考察>

子ども達は集気びんの中のろうそくの燃える様子を、粒子モデルを使って説明することができた。これは、「文化継承」の段階での「科学の枠組み」が子どもたちにとって適切であったことが分かる。また、理解がそれほど高くない子どもも、友達との「対話的な学び」を通して、粒子モデルを使って交流させることで、十分に理解できた。子ども達は、ろうそくを燃やす実験と粒子モデルを関係づけて考察し、自分の考えを表現する姿が見られた。これは、本単元で目指す「思考力・判断力・表現力」の表れであると考えられる。

以上のことから、「再現的活用」の段階で、「対話的な学び」を通して、「科学の枠組み」を再現的に問題解決させたことは、「文化継承」の段階で説明した「ものの燃え方」に関する「科学の枠組み」が、子ども達でも十分に理解可能であり、「思考力・判断力・表現力」の育成においても有効であったと言える。



### ⑦「発展的活用」の段階における実際（第6時～9時）

この段階では、「再現的活用」の段階で学んだことをもとに、子ども達が「ものの燃え方」について疑問を生み出すものを、実践1同様に整理し、追究させるようにした。主なものは以下の通りである。（表13）

表13 児童が追究した主な内容

	追究内容	子ども達の予想	追究方法
A児	炭は作ることができるのだろうか。	熱するときに酸素がなくなれば、炭ができるらしい。	木をアルミホイルで巻いて、酸素に触れないようにする。
E児	酸素を送り続けると、集気びんの中でもろうそくは燃え続けるのか。	酸素と結びつけば、ろうそくは燃え続けるに違いない。	酸素を作って、集気びんに送り続ける。
F児	濡らした布は燃えるのだろうか。	濡らすと、温度が低くなるので、熱を奪うのではないだろうか。	布を濡らして、火をつけて見る。（繰り返し、火を付ける。）

濡らした布を燃やしたいと思ったF児は、濡れた布に何度も火を付けた。しかし、布は燃えずに端の方が焦げるだけだった。濡れていると温度が高くならずに、酸素と布が結びついても、二酸化炭素ができにくいことを考えることができた。

教科書を参考に炭を作りたいと考えたA児は、友達と協力しながら、実際に作ってみた。上手に炭をつくることができた。（写真13）その際にアルミの端から炎が出ていたことから、炭作りには酸素が燃えることではなく、熱することによって木の中の酸素を外に出していくことが大切であることを粒子概念を用いて、グループの友達に説明することができた。

酸素を送り続けてろうそくを燃やしたいと考えたE児は、友達と協力しながら実験装置を作成した。酸素の作り方は教師から教えてもらったが、それ以外の追究方法は友達と交流しながら考えていた。実際にろうそくは燃え続け、予想が当たり満足した様子が見られた。（写真14）

#### <考察>

どの子どもも自分の追究内容を明確にもち、調べることができた。これは、「文化継承」の段階で、ものの燃え方についての「科学の芽」や「科学の言葉」を明確にした「科学の枠組み」を教師が適切に説明し、その後、学習させたからであると考えられる。また、子ども達は、同じ追究課題の友達と対話しながら追究することができた。これは、実践1の課題をもとに、「科学の枠組み」を交流できる場を設定したからであると考えられる。

以上のことから、「発展的活用」の段階で「科学の枠組み」を生かしながら、自己追究することができたのは、「文化継承」の段階で教師が説明したことと、それを交流できる「対話的な学び」を位置付けたことが有効であったと考える。



写真13 対話しながら炭作りを行う子ども



写真14 対話しながら酸素を送り続けてろうそくを燃やす子どもの様子

### ⑧実践後の子どもの評価

実践後に、実践前と同じく、「主体的に学習に取り組む態度」、「知識及び技能」、「思考力・判断力・表現力」の3点から、自己評価した。（表14）

表14 「電磁石の性質」に関する事後調査の結果

評価項目	「主体的に学習に取り組む態度」	「知識及び技能」	「思考力・判断力・表現力」
主な質問	・自分だけで物を燃やすことができた。 ・ものの燃え方の学習はおもしろい。 ・ものの燃え方をもっと知りたい。等	・木や紙が燃えた後には、二酸化炭素ができる。 ・酸素がないと火がつかないので、 物を燃やすことができない。等	・できるだけ長い時間、木を燃やすためには、 空気が入るように木を組めばよい。 ・良く燃やす方法をもっと考えられそうだ。等
結果	<p>思わない 0% 思う 100%</p>	<p>理解できていない 6% 理解できている 94%</p>	<p>考えられていない 22% 考えられている 78%</p>

いずれの項目も、実践前よりも高くなっていることが分かる。特に「主体的に取り組む態度」の面に関しては、全員が物を燃やしたことに対する満足感をもち、評価していることが分かる。

また、実践1同様に実践後の評価テストでも以下のような子どもの評価を行った。「知識及び技能」「思考力・判断力・表現力」に関する項目は以下のものであった。（表15）

表15 単元末の評価テストの結果

知識及び技能		思考力・判断力・表現力	
主な設問	正答率	主な設問	正答率
石灰水で調べることができる気体	<b>88.0%</b> 	口のせまい集気びんでのろうそくの燃え方	<b>86.0%</b> 
石灰水の変化		口の広い集気びんでのろうそくの燃え方	
気体中の割合		ろうそくが燃え続ける理由	
ものが燃えるとどのような変化があるか		(自由記述)	
「電磁石の性質」での得点率	<b>93.6%</b>	「電磁石の性質」での得点率	<b>82.4%</b>

評価テストの結果から「思考力・表現力・判断力」の面では、実践1に比べ得点率が高くなったことが明らかになった。これは、「再現的活用」や「発展的活用」の段階での対話的な学びによって自分の考えを表出しながら追究した結果であると考えられる。一方、「知識及び技能」の面は、88.0%と一定の定着が見られたと判断するが、実践1に比べ、低い結果となった。これは、石灰水の取り扱いが十分でなかったことが考えられる。「科学の枠組み」の中に、「実験の技能」についての視点がないことで、石灰水に着目した実験の重要性を子どもたちが捉えられずに、十分な技能を身に付けさせることができなかったことが一つの要因であると考えられる。

## 6 成果と課題

### (1) 成果

先行実践をもとに行った実践1の後に、改善点をもって実践2に取り組んだことで以下のよ  
うな成果が得られた。

- 実態把握を同様に細かく行い、より子ども達の実態に即した「科学の枠組み」を考え、生  
かすようにしたことで、「文化継承」の段階で身に付けた「科学の枠組み」を「再現的活用」  
の段階で生かしながら、科学的な深い学びを行うことができた。**(科学的な深い学び)**
- 学習ノートで「科学の枠組み」を使った知識が更に定着する工夫と、問題解決を自分で行  
う力を身に付けさせるようにしたことで、友達と協同的に観察・実験をしながら、「主体的  
に学習を行う態度」が見られた。**(主体的な深い学び)**
- 「科学の枠組み」を「再現的活用」の段階でも再度考えられるようにICTを活用した「科  
学の芽」を提示し、友達と対話的な学びを位置付けたことで、その後の探究活動が更に科学  
的になり、その結果として「知識及び理解」の定着が見られた。**(科学的な深い学び)**

### (2) 課題

- 「発展的活用」の段階における「思考力・判断力・表現力」の育成がもっと期待できる。  
子ども達にとって、問題解決過程の定着と学習ノートの書き方の定着が十分でなかったと考  
える。今後は、「再現的活用」の段階での問題解決過程の定着をさらに強化するために、時  
間確保を行っていききたい。また、考えたことを「科学の言葉」を使って表現できるような学  
習ノートの工夫も行っていきたい。

### <参考文献及び資料等>

- 1) 「中央教育審議会教育課程企画特別部会論点整理」, 文部科学省, 文部科学省HP
- 2) 「次期指導要領改訂に向けたこれまでの審議のまとめ」, 文部科学省, 文部科学省HP
- 3) 「今なぜ、教科教育なのか 教科の本質を踏まえた授業づくり」, 角屋重樹 他, 文溪堂
- 4) 「『21世紀型探究・発見学習』による理科の学習とその指導」, 石田靖弘他, 第65回日本理科教育学会全国大会論文集
- 5) 「科学的で主体的な探究活動を生み出す理科学習指導」, 石井健作, 平成15年度筑紫地区教育論文
- 6) 「教えの復権をめざす理科授業」, 川上昭吾 編, 東洋館出版社
- 7) 「気象データ (天気図, アメダスデータ)」 気象庁HP
- 8) これは, 上記7) HPを著者が改変して作成したものである。
- 9) 「子どもが変わる小学校理科 (電気・磁石の授業)」, 森本信也 編著, 地人書館
- 10) 「小学校たのしい理科 デジタル教科書 5年生」, 大日本図書
- 11) 「H27年度版 小学校 5年 理科テスト」, 光文書院
- 12) 「子どもが変わる小学校理科 (水溶液・燃焼の授業)」, 森本信也 編著, 地人書館
- 13) 「粒子モデルを用いた燃焼シミュレーション」, 帆足洋之 (福岡市立名島小学校) の自作ソフトである。
- 14) 「H28年度版 小学校 6年 理科テスト」, 光文書院