

就実大学教育学部初等教育学科

令和5年度

卒業研究

題 目

実体的な見方をもつ子供の育成研究

－第4学年『もののあたたまり方』を通して－

学籍番号 5120037

氏 名 武岡 蓉香

指導教員 福井 広和

実体的な見方をもつ子供の育成研究

— 第4学年『もののあたたまり方』を通して—

武岡 蓉香

目次

第1章 序論

- 1. 動機..... 1
- 2. 背景..... 2
- 3. 研究仮説..... 4

第2章 文献調査

- 1. 学問的背景
 - (1) 「実体的な見方」に関する教育の系統..... 5
 - (2) 学習指導要領における目標..... 6
- 2. 教科書における取り扱い
 - (1) 「空気のあたたまり方」における実験内容に着目..... 7
 - (2) 「水のあたたまり方」における実験内容に着目..... 13
- 3. 先行研究
 - 水・空気の温まり方の可視化方法について..... 24

第3章 教材研究

- 1. 教科書記載実験の追試
 - (1) 温度計によるビーカー加熱の計測..... 26
 - (2) おがくずによるビーカー加熱の計測..... 27
 - (3) 示温インクによるビーカー加熱の計測..... 27
 - (4) 線香の煙による温められた空気の観察..... 28
 - (5) うず巻きの紙による温められた空気の観察..... 29
 - (6) 温度計による温められた空気の観察..... 30

2. 先行研究実験の追試	
(1) エマールによるビーカー加熱の観察.....	3 1
(2) サーモグラフィによるビーカー加熱の観察.....	3 2
(3) サーモシートによる温められた空気の観察.....	3 2
3. 示温インクによるビーカー加熱の教材開発	
(1) 準備物.....	3 4
(2) 作成方法.....	3 4
(3) 授業での活用方法.....	3 5
4. 仮名半紙による空気の温まり方の教材開発	
(1) 準備物.....	3 6
(2) 実験の手順.....	3 6
(3) 授業での活用方法と留意点.....	3 7
5. 追試の考察.....	3 8

第4章 授業実践

1. 目的および研究仮説.....	3 9
2. 調査内容と方法.....	3 9
3. 事前調査.....	4 0
4. 事前調査の結果および考察.....	4 1
5. 授業の実際.....	4 4

第5章 考察および改善案

1. 教材の改善.....	4 9
2. おわりに.....	5 4
【引用・参考文献】.....	5 5

第1章 序論

1. 動機

本論文は「実体的な見方をもつ子供の育成研究」を主題としている。私は小学生の頃、理科の実験が大好きだった。特に、普段の生活で直接目にすることが少ないが、目にしたときのインパクトが大きい「火」が関わる実験は強く記憶に残っている。例えば、バーナーを使って金属球を熱すると、熱する前には通っていた輪に金属球が通らなくなる実験。水を入れたビーカーの上と下に温度計を入れて温めると、二つの温度計が違う温度を示す実験。それらはとても不思議で面白いと感じ、友達と声を出して驚きを共有することが嬉しくて楽しかった。しかし、一方で私は理科という教科には苦手意識をもっていた。「実験」という活動が楽しただけで、実験で起きている現象の原理的な根拠の部分の理解ができていなかったからであると感じている。もしかすると、小学校の頃の私と同様に「実験」だけを楽しんでいる児童がいるかもしれない。

火を使う実験は理科の内容区分では粒子領域に含まれる。粒子領域で育成する資質・能力に「実体的な見方」がある。実体的な見方とは目に見えなくてもそこに物体が存在するという見方である。目に見えない物のふるまいをイメージさせることで、理科の実験のみならず生活の中で触れ合うものすべてに対して目に見えないものを見ようとし、イメージ豊かな発想をもった児童を育成できるのではないかと考えた。

本研究では、自分自身が最も印象に残った単元である小学校第4学年「もののあたままり方」を題材にして、実体的な見方をもつ子供の育成には何が必要か追究したい。そして、可能性に限界を作らない考え方を持つことで、人生を豊かにしてほしいと考えている。

2. 背景

前節では自分の実体験から、実体的な視点をもつ児童の育成研究についての動機を述べたが、これが一般的な問題であるのか調べてみた。

まず、ものはすべて小さな粒でできていることを児童に実感を伴って理解させることの重要性について、村上は『小・中理科における望ましい粒子概念教育の提言 国の調査結果の背景および独自調査の分析から』において次のように述べている。¹⁾

小学生が「なぜそうなるのか」と考え、他人と意見交換した上で、納得するのでなければ、学習した事象をそれぞれ別個の知識として獲得・記憶するのみであり、科学的思考力育成につながらない。

また、葉山、小嶋、勝呂、圓谷、金田、下篠は『小学校理科への物質の粒子像導入の可能性 児童の持つ粒子像についての調査』において、実験で起きている現象の原理的な根拠の部分の理解について次のように述べている。²⁾

該当単元で粒子モデルや状態変化の違い等を学習しているにもかかわらず、新たな課題に科学的概念に近い分子モデルで表現できる生徒は少なく、原子・分子の存在を知識として理解していても、科学的な意味での理解にまで至っていないことが明らかとなった。

やはり、児童にとって目に見えないものを想像しイメージを表現することは難しいことであり、小学校の頃の私と同様に、実験で起きている現象の原理的理解ができていないにも関わらず実験を行っているという児童が存在していると考えられる。

また、同論文では以下のように述べられている。

学校教育において、できるだけ早い時期に初歩的な粒子像を導入し、身の回りの様々な現象を粒子モデルでとらえることに慣れていくことが、後々の粒子像の定着につながると考えられる。

さらに文部科学省も理科授業における実験内容理解の重要性を『小学校学習指導要領解説理科編』の中で次のように述べている。³⁾

ここの指導に当たっては、水の温度の変化を捉える際に、実験の結果をグラフで表現し読み取ったり、状態が変化すると体積も変化することを図や絵を用いて表現したりするなど、金属、水及び空気の性質について考えたり、説明したりする活動の充実を図るようにする。

これらのことから、小学校の理科授業では目に見えない粒子を想像しモデル的に捉えさせることや、図や絵を用いて表現・説明をさせる指導が求められていることが分った。しかもそれは「学校教育のできるだけ早い時期に」であり、「身の回りの様々な現象を粒子モデルでとらえることに慣れさせていくこと」が大切なのだと分かった。このように目に見えないもののふるまいを実体的に捉えさせる指導が求められているのであるが、現実には根拠をもって原理的理解ができていない児童が少ないことが指摘されている。従来の指導法に加えて児童がより理解しやすい指導法を見つける必要があるのではないかと考える。

以上のような背景を踏まえて、本研究では理科学習において実体的な見方をもつ子供を育成することを重視し、実際に授業を行う中で児童が実体的な見方ができるよう、具体的な学習方法や指導法について検討していこうと思う。

3. 研究仮説

前項では、実体的なものの見方ができることがいかに理科学習において重要な役割を担っているのかについて述べ、現代の児童の中には知識として理解していても、原理的な根拠の理解にまで至っていない子供がいることを明らかにした。

そこで本研究は、小学校第4学年「もののあたたまり方」の単元を対象とし、実体的な見方をもつ子供の育成について研究していこうと思う。研究仮説は以下の通りである。

1. 理科授業において実体的な見方を身につけさせることで目に見えない事象にも科学的根拠があるという考え方を持たせることができ、外見に惑わされず真理を探究しようとする子供を育成することができる。
2. 第4学年「もののあたたまり方」の単元において、水や空気のあたたまり方について目に見えない現象を児童に自由にイメージさせ楽しさを感じさせることで実体的な見方をもつ子供を育成することができる。

ただ楽しい実験を行うというだけではなく、目に見えないもののふるまいに対してそれぞれの児童がもつイメージを図や絵、言葉で表現させることで、目的をもって実験を行うことや実体的な見方を身につけさせることができると考える。もしそのイメージが原理的に誤っていたとしても、それ以降の中学や高校の理科学習において小学校の理科学習で身につけた実体的な見方が直感的な仮説をたてることの助けになり、原理的根拠の理解につなげることができると考える。しかし一方で、子供のイメージを大切にしている授業は今までも行われていたが、子供のイメージが正しいかどうかをはかる方法が存在していなかったという問題点も存在している。

第2章 文献調査

前章では、小学校段階で実体的な見方を身につけることで、それ以降の理科学習において原理的根拠をもった理解につなげることを目標として、第4学年「もののあたたまり方」を取り上げることにした。

本章では、本単元に関する文献を調べることで課題を明らかにしたい。

1. 学問的背景

(1) 「実体的な見方」に関する教育の系統

平成29年度公示の小学校学習指導要領解説理科編³⁾において理科は「A物質・エネルギー」と「B生命・地球」の2つに区分されている。本研究で題材とする、「実体的な見方」は「A物質・エネルギー」の「金属、水、空気と温度」に該当する。その中でも、金属、水及び空気の温度変化による体積の変化が主な学習内容と記されている。

本単元は、「粒子」についての基本的概念を柱とした内容のうちの「温まり方の違い」に関わるものであり、中学校第1分野「(2)ア(ウ)状態変化」の学習につながるものである。本単元で習得した知識や根拠のある予想や仮説を発想する力がそのまま中学校での理科の応用されているため、小学校理科で身につける見方・考え方がそれ以降の学習の基盤になる。すなわち、小学校の段階で実体的な見方を身につけることで可能性に限界を作らない考え方を持った子供を育成できると考えた。

(2) 学習指導要領における目標

平成29年度6月発行小学校学習指導要領解説理科編³⁾では第4学年「金属、水、空気と温度」について次のように示している。

金属、水及び空気の性質について、体積や状態の変化、熱の伝わり方に着目して、それらと温度の変化とを関係付けて調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 金属、水及び空気は、温めたり冷やしたりすると、それらの体積が変わるが、その程度には違いがあること。

(イ) 金属は熱せられた部分から順に温まるが、空気や水は熱せられた部分が移動して全体が温まること。

(ウ) 水は、温度によって水蒸気や氷に変わる。また、水が氷になると体積が増えること。

イ 金属、水及び空気の性質について追究する中で、既習の内容や生活経験を基に、金属、水及び空気の温度を変化させたときの体積や状態の変化、熱の伝わり方について、根拠のある予想や仮説を発想し、表現すること。

「もののあたたまり方」の学習では、熱の伝わり方に着目して、それらと温度の変化とを関連づけて金属、水、空気の性質を調べる活動を通して理解を図り実験などに関する技能を身につけることをねらいとしている。

さらに、学びの中でこれまでの生活経験を基に根拠ある予想や仮説を発想する力の育成や解決しようとする態度を育成することも目標としている。このように知識をつけるだけでなく、それぞれの生活経験をいかし、学習に対する資質・能力の育成も意識すべき点と考える。

2. 教科書における取り扱い

小学校指導要領の目標を受けて、これまでの文部科学省検定教科書において「もののあたたまり方」の単元をどのように扱ってきたのか以下14冊について調査した。

【調査対象】

- ① 『昭和 49 年度新編新しい理科 5 下』 東京書籍
- ② 『昭和 52 年度新編新しい理科 5 下』 東京書籍
- ③ 『昭和 55 年度新しい理科 6 上』 東京書籍
- ④ 『昭和 58 年度新しい理科 6 上』 東京書籍
- ⑤ 『昭和 61 年度新編新しい理科 6 上』 東京書籍
- ⑥ 『昭和 63 年度新編新しい理科 6 上』 東京書籍
- ⑦ 『昭和 64 年度新訂新しい理科 6 上』 東京書籍
- ⑧ 『平成 4 年度新しい理科 4 下』 東京書籍
- ⑨ 『平成 8 年度新編新しい理科 4 下』 東京書籍
- ⑩ 『平成 12 年度新訂新しい理科 4 下』 東京書籍
- ⑪ 『平成 14 年度新しい理科 4 下』 東京書籍
- ⑫ 『平成 17 年度新しい理科 4 下』 東京書籍
- ⑬ 『平成 23 年度新しい理科 4』 東京書籍
- ⑭ 『平成 27 年度新編新しい理科 4』 東京書籍
- ⑮ 『令和 2 年度新しい理科 4』 東京書籍

【調査内容】

- ・ もののあたたまり方を取り扱っている学年
- ・ もののあたたまり方の単元内容
- ・ もののあたたまり方の実験を通しての学び

これまでの教科書が「もののあたたまり方」の単元をどのように扱ってきたのか調べることにした。まず表 1 では、空気のあたたまり方を学習する実験について調査する。目に見えないものの変化を測る実験に係る説明・解説や実験内容、実験器具は児童がイメージを持ちやすいよう視覚的に分かり易く工夫されているのかについて教科書の図や絵、写真を調査する。また、視覚的に分かりやすくするための方法を、気体の流れ方・数字・固体の動きに色分けして調査する。

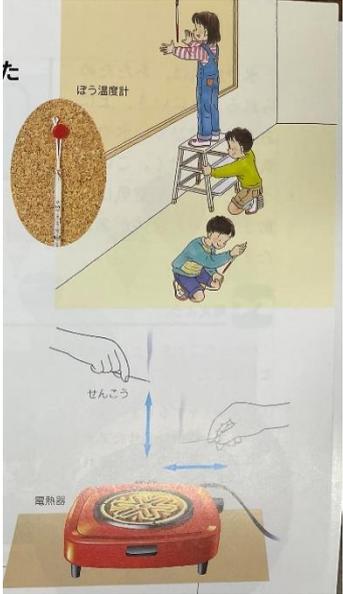
黄色の塗りつぶし・・・気体の流れ方であらわしたもの

青色の塗りつぶし・・・数字を用いてあらわしたもの

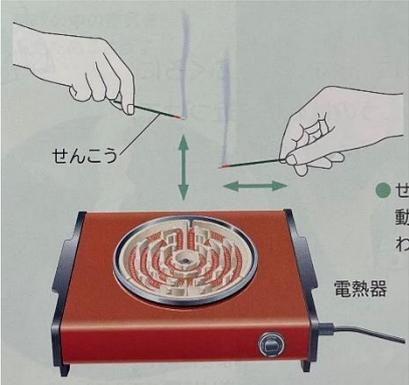
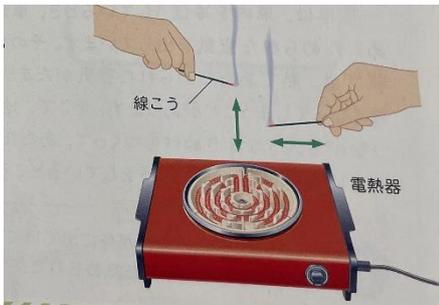
ピンクの塗りつぶし・・・固体の動きであらわしたもの

表. 1 . 出版年ごとのもののあたたまり方の取り扱い学年と実験内容

出版 年度	単元内容	絵や図
昭和 49年	<p>第5学年</p> <p>もののあたたまりかた</p> <p>実験 8 ストープのまわりの空気の動きを右の図のようにして、せんこうのけむりの動きで調べよう。</p>	
昭和 52年	<p>第5学年</p> <p>物のあたたまりかた</p> <p>観察 2 ① ストープをたいているへやのてんじょうに近いところや、ゆかに近いところの空気の温度をはかる。</p> <p>② ストープのまわりの空気の動きを、せんこうのけむりで調べる。</p>	
昭和 55年	<p>第6学年</p> <p>もののあたたまりかた</p> <p>観察 ① うず巻きの紙を電気こんろやストーブの上に持って行って、回るかどうか調べる。</p> <p>② せんこうのけむりで空気の動きを調べる。</p>	
昭和 64年	<p>第6学年</p> <p>もののあたたまりかた</p> <p>実験 5 うず巻きの紙をつくり、回りかたを調べよう。</p>	

<p>平成 4年</p>	<p>第4学年</p> <p>ものあたたまりかたと体積</p> <p>実験4 だんぼうをしている部屋の上のほうと下のほうの温度をくらべたり、あたためた空気が動いているか調べたりしよう。</p> <p>部屋をしめきり空気の動きが起きないようにして部屋の上のほうと下のほうの温度をはかる。</p> <p>せんこうのけむりの動きから、電熱器のまわりの空気の動きを調べる。</p>	
<p>平成 12年</p>	<p>第4学年</p> <p>ものあたたまりかたと体積</p> <p>実験3 せんこうのけむりで、あたためられた空気が動いているかどうかを調べよう。</p> <p>せんこうの位置を、いろいろと、かえてみる。</p>	 <p>せんこうのけむりで、あたためられた空気が動いているかどうかを調べよう。 せんこうの位置を、いろいろと、かえてみる。</p>
<p>平成 14年</p>	<p>第4学年</p> <p>ものあたたまりかた</p> <p>実験4 とじこめた空気のあたたまりかたを調べよう。</p> <p>① だんぼうしている部屋の中の、上と下の空気の温度をはかって、くらべる。</p> <p>② 電熱器にせんこうのけむりを近づけて、空気が動いているか、たしかめる。</p> <p>・せんこうの位置を、いろいろと、かえてみる。</p>	

<p>平成 17年</p>	<p>第4学年 もののあたたまりかた</p> <p>実験4 空気のあたたまりかたを調べよう。</p> <p>① だんぼうしている部屋の中の、上のほうと下のほうの空気の温度をはかって、くらべる。</p> <p>② 4。 ・せんこうの位置を、いろいろと、かえてみる。</p>	 
<p>平成 23年</p>	<p>第4学年 物のあたたまり方</p> <p>実験3 空気のあたたまり方を調べよう。</p> <p>① だんぼうしている部屋の温度を調べる (1)だんぼうしている部屋で、上の方と下の方の空気の温度をはかって、くらべる。</p> <p>② あたためた空気の動き方を調べる (2)電熱器に、せんこうのけむりを近づけて、空気が動いているか、調べる。 ●せんこうの位置を、いろいろと変えてみる。 ●せんこうのけむりはどのように動くか。</p>	 

<p>平成 27年</p>	<p>第4学年 物のあたたまり方</p> <p>実験4 空気のあたたまり方を調べましょう。</p> <p>① だんぼうしている部屋の空気の温度を調べて、記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 部屋の上の方と下の方の温度をはかって、くらべる。 <p>② あたためられた空気の動き方を調べて、記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 電熱器にせんこうのけむりを近づけると、けむりは、どのように動くだろうか。 	 
<p>令和 2年</p>	<p>第4学年 物のあたたまり方</p> <p>実験2 空気のあたたまり方を調べましょう。</p> <p>① だんぼうしている部屋の空気の温度を調べて、記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 部屋の上の方と下の方の温度をはかって、くらべる。 <p>② 電熱器に線こうのけむりを近づけ、あたためられた空気の動き方を調べ、記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 線こうのけむりの動き方を観察する。 	 

上記の内容を表にまとめた。

表 2. 歴代教科書の空気のあたたまり方の実験内容

	気体の流れ方で 可視化	数字を用いて 可視化	固体の動きで 可視化
昭和 49 年	○	×	×
昭和 52 年	○	○	×
昭和 55 年	○	×	○
昭和 64 年	×	×	○
平成 4 年	○	○	×
平成 12 年	○	×	×
平成 14 年	○	○	×
平成 17 年	○	○	×
平成 23 年	○	○	×
平成 27 年	○	○	×
令和 2 年	○	○	×

上記のグラフより、教科書で取り扱われている空気のあたたまり方の実験内容は昭和から現在まで大きな変化をしていないことが分かる。

表 1 より、昭和の空気のあたたまり方の実験ではストーブのまわりで線香を持つことや、うず巻きの紙をストーブの上に持っていくことで温められた空気の動き方を学習していたことが分かった。うず巻きの紙を使用することで空気の動きを可視化する方法は、昭和 55 年の教科書から取り扱われ始めたが、平成以降の教科書では取り扱われていない。このことから、うず巻きの紙を使用した可視化方法は空気の動きが分かりづらいことが推測され、実体的な見方が身に付きにくいのではないかと考える。また、平成 4 年から令和 2 年度の教科書では、電熱器の上で線香を持ち、煙の動きを観察する実験と、部屋の上の方の空気の温度と下の方の空気の動きを温度計で測る実験の 2 つで空気のあたたまり方を学習している。線香のけむりは電熱器の上でなくても上に上がるため、空気の動きやあたたまり方を可視化する方法として最適ではないと考える。より変化の分かりやすい実験を取り入れる必要があると考えた。

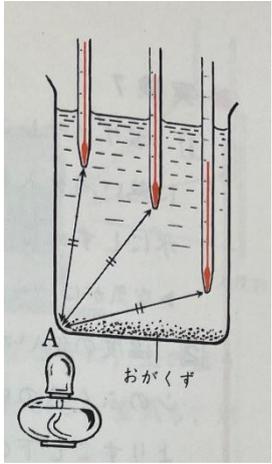
次に、水のあたたまり方を学習する実験についてこれまでの教科書がどのように扱ってきたのか調査する。水のあたたまり方の実験ではどのようにしてあたたまった水の変化を視覚化しているのか、説明・解説や実験内容、実験器具の工夫について教科書の図や絵、写真を調査する。また、分かりやすくするための方法をあたたまった水が上に上がる原理について述べているもの・数字を用いてあらわしたもの・固体の動きであらわしたもの、色の変化であらわしたものに色分けして調査する。

黄緑色の塗りつぶし・・・あたたまった水が上に上がる原理について述べているもの

青色の塗りつぶし・・・数字を用いてあらわしたもの

赤色の塗りつぶし・・・固体の動きであらわしたもの

紫色の塗りつぶし・・・色の変化であらわしたもの

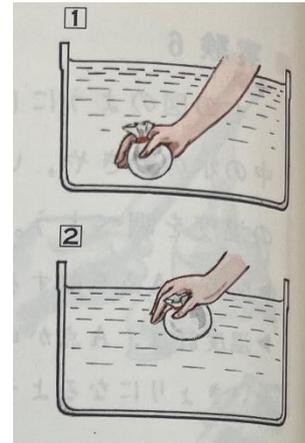
出版年度	単元内容	絵や図
昭和49年	<p>第5学年</p> <p>もののあたたまりかた</p> <p>実験6 右のようにして水を熱し、中の水の動きやいろいろな場所の温度を調べよう。</p> <p>▶図の、A点を熱するようにする。</p> <p>▶温度計は、A点から、だいたい等しいきよりになるようにつるす。</p>	

実験 7

1 ポリエチレンのふくろの中に熱い湯を入れて口をとじ、水にしずめて手をはなす。

▶空気がはいらないようにする。

2 温度の低い水をポリエチレンのふくろの中に入れ、水面よりすこし下のところに入れて、手をはなしてみる。



昭和
52年

5 学年

物のあたたまりかた

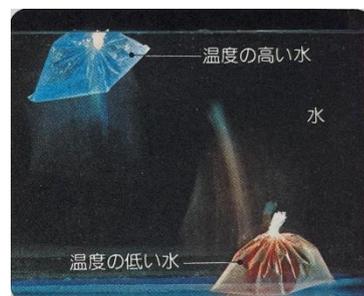
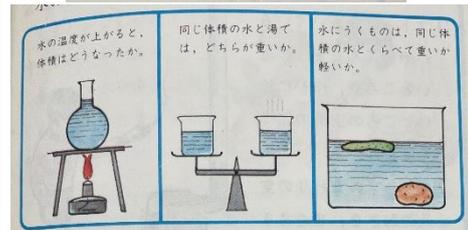
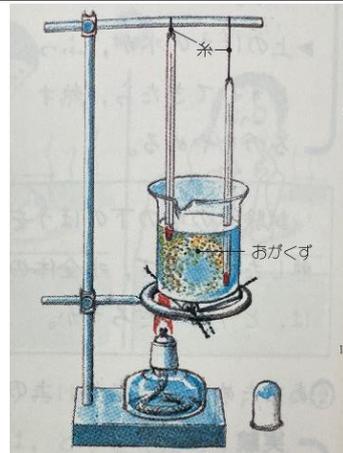
実験 2 図のようにして、水を熱し、水の動きと温度を調べよう。

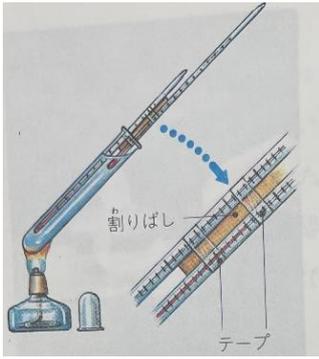
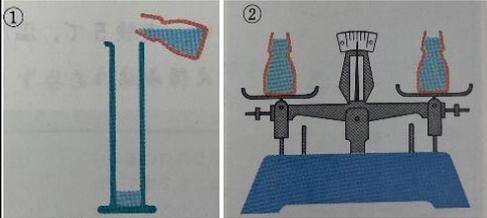
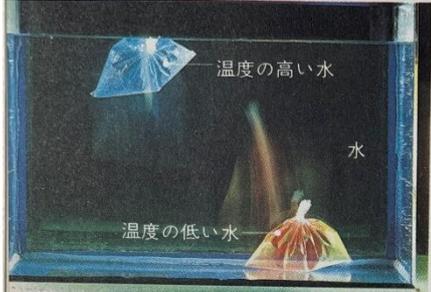
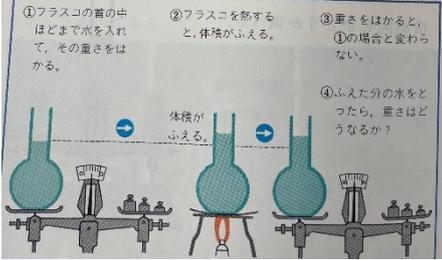
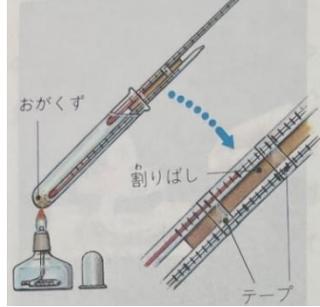
▶時間を決めて2本の温度計のめもりをよみ。記録する。

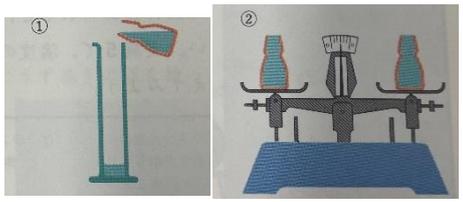
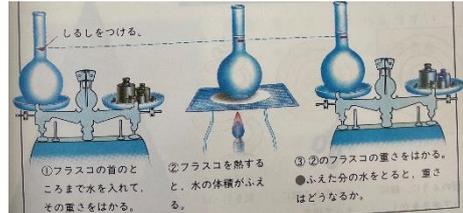
▶おがくずを入れて、水の動きを見る。

右の写真のようになると、温度の高い水は上へ、温度の低い水は下へ動くことがわかる。

▶ポリエチレンのふくろには、空気を入れないようにして色をつけた水を入れる。



<p>昭和 55 年</p>	<p>第 6 学年 もののあたたまりかた</p> <p>実験 4 ① 水を入れた試験管におがく ずを入れて下のほうを熱し、 水の動きを調べる。 ② 図のようにして、試験管の 上の部分と下の部分の水の 温度をはかる。</p> <p>実験 5 ① 2 つのプラスチックのいれ ものを用意して、重さや体 積が同じかどうか調べる。 ② それぞれのプラスチックの いれものに、同じ体積の温 度の低い水と高い水を入れ て、重さをくらべる。 ● 温度の高い水が冷えてから 重さをくらべたら、どうな るだろうか。</p> <p>写真のように、温度のちがう 水がはいったポリエチレンの ふくろを水そうに入れると、 温度の高い水は上のほうへ、 温度の低い水は下のほうへ動 くことがわかる。</p>	   
<p>昭和 58 年</p>	<p>第 6 学年 もののあたたまりかた</p> <p>実験 4 ① 水を入れた試験管におがく ずを入れて下のほうを熱し、水の動きを調べる。 ② 図のようにして、試験管の 上の部分と下の部分の水の 温度をはかる。</p> <p>実験 5 ① 2 つのプラスチックのいれ ものを用意して、重さや容積</p>	 

	<p>が同じかどうか調べる。 ②それぞれのプラスチックの いれものに、同じ体積の温度 の低い水と高い水を入れて、 重さをくらべる。 ・温度の高い水が冷えてから 重さをくらべたら、どうなる だろうか。</p>	
<p>昭和 63 年</p>	<p>第6学年 もののあたたまりかた 実験3 ビーカーの水があた たまるようすを調べよう。 ①水を入れたビーカーに、水 で湿らせたおがくずかみそ を入れ、ビーカーの底を熱 して、水の動きを調べる。 ②温度計を入れ、ビーカーの 水の上と下の部分の温度を くらべる。</p> <p>実験4 同じ体積で温度のち がう水の重さや水の中の うきしずみを調べよう。 ①同じ大きさで重さも同じ2 つのプラスチックのいれも のに、温度の低い水と高い 水をいっぱいに入れて、重 さをくらべる。 ②2つのプラスチックのいれ ものに、一方には温度の低 い水を入れ、もう一方には 温度の低い水を入れ、図の ようにテープでふたをする。 ③これら2つのいれものを、 水そうに入れて、うきしず みをくらべる。</p> <p>実験4の結果から、温度の低 い水と温度の高い水を同じ体 積にして重さをくらべると、 温度の高い水のほうが軽いこ とがわかる。対流がおこるの は、あたためられた水が軽く なり、上に上がるからであ る。</p>	      

昭和
64
年

第6学年

もののあたたまりかた

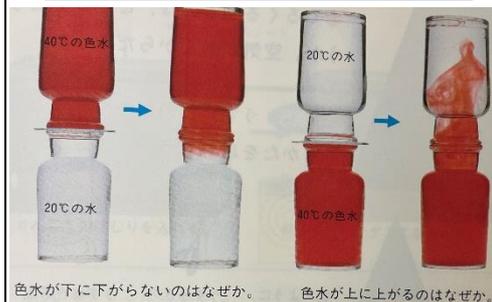
実験3 ビーカーの水があたたまるようすを調べよう。

- ① 水を入れたビーカーに、水でしめらせたおがくずかみそを入れ、ビーカーの底を熱して、水の動きを調べる。
- ② 温度計を入れ、ビーカーの水の上と下の部分の温度をくらべる。

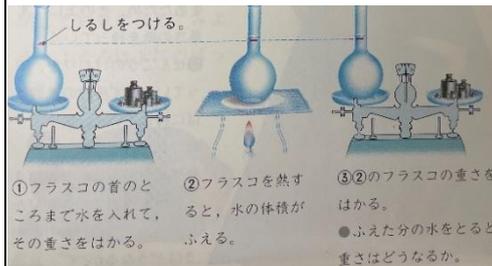
実験4 同じ体積で温度のちがう水の重さや水の中でのうきしずみを調べよう。

- ① 同じ大きさで重さも同じ2つのプラスチックのいれものに、温度の低い水と高い水をいっぱいに入れて、重さをくらべる。
- 温度の高い水が冷えると、重さはどうなるか。また、体積はどうなるか。
- ② 2つのプラスチックのいれものに、一方には温度の高い水を入れ、もう一方には温度の低い水を入れ、図のようにテープでふたをする。
- ③ これら2つのいれものを、水そうに入れて、うきしずみをくらべる。

実験4の結果から、温度の低い水と温度の高い水を同じ体積にして重さをくらべると、温度の高い水のほうが軽いことがわかる。対流がおこるのは、あたためられた水が軽くなり、上に上がるからである。

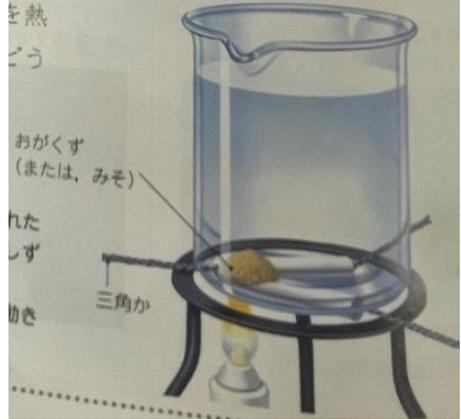
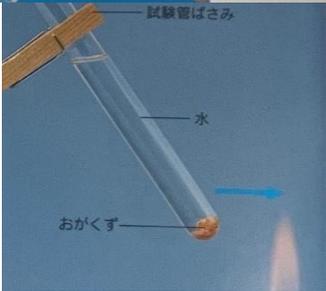


色水が下に下がらないのはなぜか。 色水が上に上がるのはなぜか。



①フラスコの首のところまで水を入れて、その重さをはかる。 ②フラスコを熱すると、水の体積がふえる。 ③②のフラスコの重さをはかる。 ●ふえた分の水をとると重さはどうなるか。

<p>平成 4年</p>	<p>第4学年</p> <p>もののあたたまりかたと体積</p> <p>実験3 あたためられた水が動いているか。また、上を熱したときと下を熱したときとは動きかたがちがうか調べよう。</p> <p>①下のほうを熱する。 ②上のほうを熱する。</p> <p>●サーモテープで水のあたたまりかたを調べる場合 50°Cで色が変わるサーモテープを使って、水がどのようにあたたまっていくかを調べる。</p>	 
<p>平成 8年</p>	<p>第4学年</p> <p>もののあたたまりかたと体積</p> <p>実験3 水を下のほうから熱してあたためられた水が上のほうに動いているか、調べよう。</p> <p>①しめらせたおがくず（またはみそ）を試験官の底に入れ、スポイトで、しずかに水を入れる。</p> <p>②下のほうから熱する。 ●おがくずは動くか。</p> <p>③上のほうを熱して、おがくずが動くか見てみる。</p> <p>●サーモテープで水のあたたまりかたを調べる場合 50°Cで色が変わるサーモテープを使って、水がどのようにあたたまっていくかを調べる。</p>	  

<p>平成 12年</p>	<p>第4学年</p> <p>もののあたたまりかたと体積</p> <p>実験2 水におがくずをしずめ、上と下のほうを熱して、あたためられた水が動くかどうかを調べよう。</p> <p>やってみよう</p> <p>ビーカーの中の水の一部を熱して、あたためられた水がどう動くか、調べてみよう。</p> <p>① おがくず(または、みそ)を、水を入れたビーカーのはしのほうに、しずかにしず</p> <p>② その真下を、ほのおの先で熱して、動きを見る。</p>	 
<p>平成 14年</p>	<p>第4学年</p> <p>もののあたたまりかた</p> <p>◎ サーマテープで調べる方法</p> <p>50℃で色が変わるサーモテープを、プラスチックの板にはって、試験管の中に入れる。</p> <p>実験3 水を下のほうから熱して、あたためられた水が上のほうに動いているか調べよう。</p> <p>○ しめらせたおがくず(または、みそ)を試験管の底に入れ、スポイトで、しずかに水を入れる。</p> <p>② 下のほうから熱する。</p> <p>● おがくずは、動くか。</p>	  <p>● ビーカーで調べる方法</p> 

平成
17年

第4学年

もののあたたまりかた

実験2 水を入れた試験管を熱して、水のあたたまりかたを調べよう。

① 試験管の下のほうを10秒間ほど熱する。熱するのをやめて1分ほどたってから、試験管の上のほうをさわってみる。

② 別の試験管の上のほうを10秒間ほど熱する。熱するのをやめて1分ほどたってから、試験管の下のほうをさわってみる。

サーモテープで調べる方法

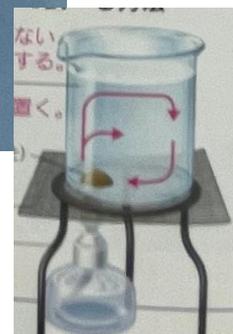
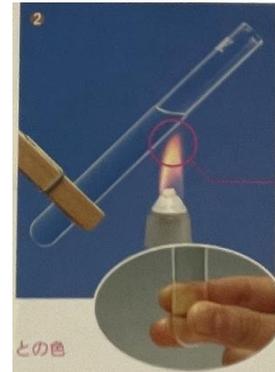
50℃で色が変わるサーモテープを、プラスチックの板にはって、試験管の中に入れる。

実験3 水を下のほうから熱して、あたためられた水が上のほうに動いていくか調べよう。

① しめらせたおがくず（または、みそ）を試験管の底に入れ、スポイトで、しずかに水を入れる。

② 下のほうから熱する。

● おがくずは、動くか。



<p>平成 23年</p>	<p>第4学年 物のあたたまり方</p> <p>実験2 水を熱したときの動きを調べよう</p> <p>▼熱したときの水の動きを調べる</p> <p>(1)しめらせて固めたおがくず(または、みそ)を試験管の底に入れた後スポイトで、静かに水を入れる。</p> <p>(2)水の下の方を熱する。</p> <p>やってみよう</p> <p>あたたかい水と冷たい水の重さをくらべてみよう</p> <p>40℃ ぐらいの水と 5℃ ぐらいの水を、同じ大きさの入れ物に、それぞれ入れて、それらを 20℃ ぐらいの水の中に入れてみましょう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●2つの入れ物は、それぞれどのように動くか。 ●調べた結果をもとに、実験2で調べたおがくずの動きを説明してみよう。 	
<p>平成 27年</p>	<p>第4学年 物のあたたまり方</p> <p>実験3 あたためられた水の動き方を調べましょう。</p> <p>①おがくずを入れた水と、し温インクを入れた水を熱し、あたためられた水の動き方を調べ、記録する。</p> <p>●おがくずの動きやし温インクの色の変り方から、どんなことがわかるだろうか。</p>	

令和 2年	<p>第4学年</p> <p>物のあたたまり方</p> <p>実験3 水のあたたまり方を調べましょう。</p> <p>① し温インクを入れた水を熱して、あたたまり方を調べ、記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● し温インクは、水でうすめて使う。 <p>② 水を入れたビーカーの底に絵の具を入れ、水を熱して、絵の具がどのように動くか調べ、記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 絵の具を入れた部分を熱する。 ● タブレットがたコンピュータやデジタルカメラなどで記録してもよい。 ● し温インクの色の変わり方や、絵の具の動き方から、どんなことがわかるだろうか。 	
----------	--	---

上記の内容を表にまとめた。

表3. 歴代教科書の水のあたたまり方の実験内容

	原理	数字	固体の動き	色の変化
昭和49年	○	○	○	×
昭和52年	○	○	○	×
昭和55年	○	○	×	×
昭和58年	○	○	×	×
昭和61年	○	○	○	×
昭和63年	○	○	○	×
昭和64年	○	○	○	×
平成4年	×	×	○	○
平成8年	×	×	○	○
平成12年	×	×	○	○
平成14年	×	×	○	○
平成17年	×	×	○	○
平成23年	○	×	○	×
平成27年	×	×	○	○
令和2年	×	×	×	○

上記のグラフより昭和では温まった水が上に上がる原理について述べているものと、数字を用いて表したものが必ず取り扱われていたことが分かる。しかし、平成に入ると概して取り扱われなくなっている。昭和の教科書は、温まった水が上に上がることの原理について述べることで子供に原理的な根拠の理解を伴った学習をさせようとしていると考えられる。数字を用いて表したものはビーカーに複数の温度計を設置して、それぞれの温度計の温度変化の順番を観察するものが多かった。この実験は、温度変化の数字から水の動きが想像しにくいため、平成に入ってから取り扱われなくなったのではないかと推測できる。実験における水の動きを視覚化する方法としておがくずの動きを観察するものと色の変化を観察するものがあった。おがくずを用いた実験は昭和から平成にかけて大半の教科書で取り扱われている。平成に入るとおがくずを用いた実験に加え、示温インクを用いて色の変化を観察する実験が取り扱われ始めた。平成から示温インクという新しい教具を導入したことで、おがくずに比べ、より分かりやすく視覚的に示すことが可能になったことが読み取れる。

表 3 から実験内容の大まかな流れとして、原理を説明しているものと数字を用いて表したものが減少・消失し、固体の動きや色の変化を観察するものが主流となっていることが分かる。また昭和では原理について必ず述べられているのに対して、平成では原理について述べている部分の記載がある教科書は 1 冊のみで、現象のみを捉えさせる実験が多くなる傾向がみられた。体積変化と比重という原理的理解が発達段階的に難しいと判断されたのではないかと推察する。しかし、現象だけを捉えることが子供にとって理解しやすいものであるとは断定できない。次頁では教科書では取り扱われていない実験について調査する。

3. 先行研究

前頁では歴代の教科書を調べ、昭和・平成と時代が進むにつれて原理の説明が減り現象を捉えさせる実験内容が増えたことや水のあたたまり方を可視化する教具が変化していることが分かった。そこで教科書以外にも水のあたたまり方を可視化する実験がないか、先行研究についても調べてみた。

① 佐伯 英人、木村ひろみ『洗濯用合成洗剤を使って水の温まり方を調べる実験—小学校理科の第4学年「金属、水、空気と温度」において—』（2018）⁵⁾

佐伯等は洗濯用合成洗剤「エマール リフレッシュグリーンの香り」を材料として教材研究を実施した。示温インクは不透明であり混ぜると全体が青色になって対流の様子が分かりにくい、エマールは水に入れても無色透明な状態を維持し、温められると無色から白色に変化するため、水が温まっていく様子をより立体的に観察することができる。示温インクとエマールはいずれも温度上昇後、温度が下がると変化した色は加熱前の色に戻り、沈殿もしない。エマールが無色透明であることは、児童が水の温まり方を調べているという感覚を持ちやすいため、大きなメリットがある。一方で、変色温度は示温インクが約40℃であるのに対しエマールは約75℃である。示温インクの方が変化温度が低いので安全であり、実験時間が短いという点では示温インクの方が優れていることが分かる。

示温インクとエマール、それぞれにメリットとデメリットがあることが分かった。授業で何を大切にしていきたいかで、いずれの教材を用いるかの判断が変わってくるのではないかと感じた。

② 前田光哉、寺田光宏『小学校 4 年生理科「もののあたたまり方」における多様な視点からの観察が可能な教具開発』（2021）⁶⁾

前田等は、水を温めると回転流が生じるという誤概念を持つ学習者が多いことから、教具の特性が概念形成に与える影響の大きさを指摘し、加熱と冷却が可能で加熱冷却部の位置が複数、且つ示温インクとサーモグラフィーの双方で観察できるという特性を兼ね備えた教具を開発した。ポリスチレン容器に、示温インクを混ぜた水を入れ、恒温器を設置したものをサーモグラフィーで捉え計 12 パターンの形で水の温まり方を観察した。サーモグラフィーを活用し撮影した動画や写真のデータは拡大して見るができるため、水温分布の経時変化と水の動きについて細かいところまで見るができるという利点がある。また、色の変化の様子を細かく見ていくと、ある温度の幅において連続的に温められた水は層を作り、密度のレベルで層を形成していることが読み取れることから、水は回転をしているわけではないが上昇と下降の連続によって動いていることが確認できた。

③大分県ホームページ もののあたたまり方「第 4 学年 1 組 理科単元プラン」⁷⁾

ここで公開されている指導案では、空気の温度変化を視覚的に捉えることで空気の動きによるものの温まり方について理解できるようにしている。教材は空の水槽の側面にサーモインクシートを貼り付けたもので、水槽下部の熱源で加熱する。線香のような煙の動きによる間接的な観察ではなく、空気自体の温められ方を正確に観察することができるのではないかと考えた。またミニ気球を用いた実験も紹介されているが、どちらの実験も具体的なやり方については記載されていない。

第3章 教材研究

前章では、もののあたたまり方について学習指導要領・歴代教科書・先行研究を調査してきた。学習指導要領の調査では、単元の扱われ方や身に付けさせたい資質・能力など、「もののあたたまり方」についての枠組みを捉えることができた。歴代教科書の調査では、水・空気の実験内容や可視化の方法について調査した。空気の温まり方の実験内容は、昭和から現在まで大きな変化はなかった。水の温まり方の実験内容は、時代が進むにつれて、取り扱われる実験内容も可視化の方法も変化していた。次に、教科書には記載されていない実験方法がないか先行研究を調査しエマールやサーモグラフィー、サーモインクシートを用いた実験方法を見つけた。そこで教科書調査・先行研究で取り上げた実験を追試することにした。

1. 教科書記載実験の追試

(1) 温度計によるビーカー加熱の計測

ビーカーの上下に2本の温度計を入れて温度差を比べることで水の温まり方を調べる。固体の温まり方の学習から熱は順々に伝わり下の温度計の方が高い温度を示すと予想する児童が多いと考えられる。固体と液体の温まり方の違いに気付かせる実験である。



図1. 温度計による計測

実際に追試をしてみると、2本の温度計の温度差はわずか2度ほどで明確に違いがあるとは感じなかった。わずかな数字の違いのみで温まり方を理解させるのは難しいのではないかと考えた。

(2) おがくずによるビーカー加熱の計測

水とおがくずを入れたビーカーを加熱し、おがくずの動きを観察することで水の温まり方を調べる。加熱を始めると、約10秒でおがくずが上昇し、対流の様子を観察することができた。しかし、5分ほど経つとおがくずが水面に浮き、対流が複雑な動きになった。これはビーカー内の水の温度が均一になったことで起こったと考えられる。そのため、授業でこの実験を取り扱う際には児童に3分で実験を終わるという事前説明が必要であると考えた。

また、水の中におがくずを入れてもすぐに水となじまないことが分かった。今回の実験ではおがくずがなじむまで約4時間かかった。実験のための授業前準備として、おがくずと水を混ぜておくことも必要であると分かった。おがくずを用いた加熱実験は短時間で結果が得られ、対流を観察することができる実験であると感じた。



図2. おがくずによる対流実験

(3) 示温インクによるビーカー加熱の計測

水に薄めた示温インクをビーカーに入れ加熱して色の変化を観察する。示温インクとは、約40度を境に青色からピンク色に可逆的に変化し、温度変化を色の変化として視覚的に捉えることができるインクである。実験を行ってみると、加熱し始めてから約2, 3秒で熱源上の水面の色が変化した。熱源から水面までのビーカー側面に注目すると、ピンク色

のもやもやが見られ、温められた部分の水の動き方を観察することができた。

温めていくにつれて水面にあるピンク色の層がだんだんと厚くなっていき、水は温められた部分が上に上がり全体が温まることが分かりやすかった。約3分でビーカー全体がピンク色になった。

私は小学校理科の実験で示温インクを使った経験がないので、温めることで青色からピンク色に変化する現象に興味をかき立てられた。児童はこの單元より前に示温インクを使った実験は行わないので、興味を持ってこの実験に取り組むことが予想できる。

また、水に薄めた示温インクは不透明であるため、熱源から上がってくる水に注目させなければ、児童が水は上から温まると結論づけてしまうのではないかと感じた。しかし、「温まった部分が上に上がる」というポイントは児童たち自身で発見して欲しいことであるため、着目の促し方に工夫が必要であると考えた。一度全体がピンク色になった水は、青色に戻るまでに約1時間30分の時間がかかった。この点も考慮して授業を行う必要があると感じた。

(4) 線香の煙による温められた空気の観察

電熱器に線香の煙を近づけて、温められた空気の動き方を観察する。今回は電熱器の代用品としてアイロンを使用した。



図3. サーモインクによる対流実験

実験を行ってみると、アイロンに線香を近づけても、煙の動き方にあまり変化は見られなかった。何度も線香をアイロンに近づけたり離したりして煙の動きを注視することで、アイロンに近づけた煙の方が少し上昇するスピードが早くなる様子を観察することができた。しかし、この差はとても



図4. 線香の煙の動き

僅かなものである上に、アイロンに近づけていない煙も上昇しているためアイロンに近づけた煙の動き方との差を観察することは困難であると感じた。今回は人の少ない部屋で実験を行ったが、実際に授業をする際は30人程度の児童が理科室に集まることになると考えられる。線香から出る細い煙が周りの空気の動きに影響を受け、正しい実験結果が得られない可能性もあると考えた。

(5) うず巻きの紙による温められた空気の観察

渦巻きの紙をアルコールランプの上に近づけて回るかどうか調べる。今回は半径9cmの渦巻きの紙を作成し、実験を行った。

実験してみると、渦巻きの紙はアルコールランプの上でくるくる回転した。アルコールランプのないところでは回らない渦巻きが、アルコールランプの上では分かりやすく回転するため、何度も近づけたり遠ざけたりしなくなった。児童が楽しんで実験する様子を想像できた。

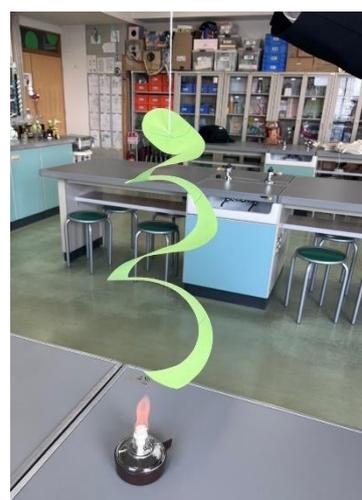


図5. うず巻きの紙の動き

児童がこの実験を行うと、渦巻きの紙にアルコールランプの火が引火

する恐れがあると感じた。児童に実験をさせる際には、渦巻きを紙ではなく、100円ショップ等で販売されている薄い金属で作成すると事故を防止することができるのではないかと考えた。

また、今回は渦巻きの紙を作成するために、鉛筆2本と糸を用いて渦巻きの線を描くという巻きつけ法を使用した。手先の器用さを要するものであるため、授業時間内で児童が渦巻きの紙を作成できるのかは甚だ疑問である。

(6) 温度計による温められた空気の観察

部屋の上の方と下の方の温度を計って差があるかどうか比べる。

実験を行ってみると部屋の上の方の温度は、 22.3°C で下の方の温度は 21.2°C だった。差は約 1°C で違いが分かりにくかった。暖かい空気は上に行き、冷たい空気は下に行くという実験結果から児童が生活の中で目にしてきた、暖房効率を上げるためのサーキュレーターなどの役割を理解できるため、この実験は生活経験に基づいた学習ができる点が良いと考えた。

しかし、温まり方という視点で考えると空気の動き自体を見ることができないため他の実験や説明を加える必要があると感じた。部屋の上方の温度を計る際、椅子の上に立ち温度計を持って腕を上げたまま数分間待つことは、難易度が高く危険であると感じた。改善策としてはデジタル温度計を部屋の上下に設置して数字を読み取る方法を考えた。



図6. 部屋の温度計測

2. 先行研究実験の追試

(1) エマールによるビーカー加熱の観察

水に薄めたエマールをビーカーに入れ加熱して変化を観察する。

実験してみると加熱し始めて1分間はシュリーレン現象が起きており、水の動きを捉えることができた。2分ほど経つと熱源の部分から出ているもやもやが白色に見えるようになり、だんだんと多くなっていった。白色のもやもやは熱源から上に上がると水面で層のように広がり、厚くなっていった。層の境目も分かりやすく、上から温まることが児童も理解することができると感じた。液体が透明なので温められている底面の部分から水が動き出していることが観察で良く分かった。一度沸騰してから熱源から離し、放置しておくともやもやが透明に戻った。30分ほどで白濁していたものが透明に戻った。サーモインクよりも短時間で加熱前の状態に戻ることが分かった。

今回は、300ml ビーカーに水 250ml・エマール 50ml を入れた A と水 200ml・エマール 100ml を入れた B の濃度の異なる 2 つで行った。エマールの比率が高い B の方が加熱し始めて2分後の白くなったもやもやの線がくっきりと見えた。しかし、B の方が液体の粘性が高いため、沸騰するまでに時間がかかった。

エマールを用いた実験はとても分かり易い方法である。しかし、一見ただの水のように透明な液体が過熱することで白濁することは、原理が不明なだけに、かえって混乱を招く可能性があるのではと感じた。

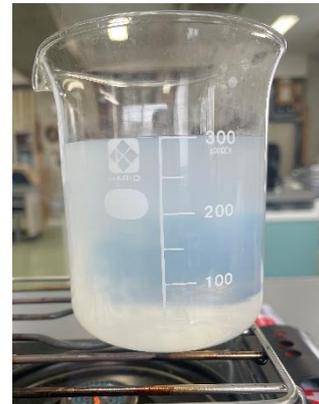


図7. エマールによる白い層



図8. ビーカーBの水の対流の様子

(2) サーモグラフィーによるビーカー加熱の観察

ビーカーの水を加熱し、サーモグラフィーカメラで撮影して色の変化を観察する。

機材は専用のアプリをインストールし iPhone に接続するだけでサーモグラフィーカメラになる「FLIR ONE PRO」を使用して撮影した。

実験を行ってみると、水面から徐々に色が青色からピンク色に変化し広がっていく様子が観察できた。水が温まる様子を肉眼とサーモグ

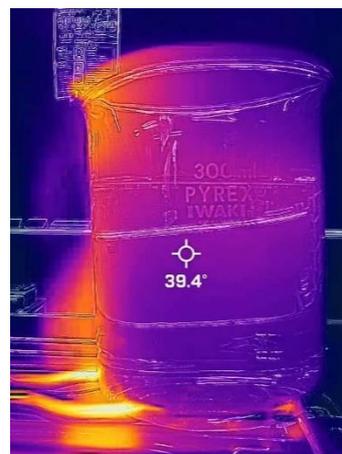


図9. サーモグラフィーによる水の対流の様子

ラフィーの両方で直接見比べながら実験をすることができ、肉眼での見え方とサーモグラフィーでの見え方を照らし合わせ、想像しながら観察ができるため、実体的な見方が身に付きやすいと考えた。また、サーモグラフィーカメラという今まで身の回りには無く、特別なものだと感じている機材を使用したため興味を持って実験を行うことができた。児童も興味を持って実験を行うことができると考えた。

問題点としては、熱源の炎で温められた空気が上昇している部分に目を引かれてしまい、温まった水が上昇している様子が見えにくいことである。改善策として、熱源から上がっている空気の部分が映らないよう撮影したり、編集で切り取ったりして児童に見せることが考えられる。

(3) サーモシートによる温められた空気の観察

株式会社ヤガミが販売している「空気の温まり方観察器」を使用し実験を行った。この教材は、サーモシートの色の変化で空気の温まり方を観察できるものである。サーモシートとは、温度に合わせて表面の色が変わり、冷やすと元の色に戻るという可逆性のある示温材のことである。

「空気の温まり方観察器」を立てた状態と倒した状態の2パターンで実験を行う。

観察器を立てた状態での実験を行ってみると、光をつけて約8秒で電球のまわりのサーモシートが変色し始めた。サーモインクのように青色からピンク色ではなく虹色が広がっていくように変化した。電球のまわりのサーモシートが変色した後上の方向に変色していき、天井に溜まり、だんだんと下降し変色した部分が増えていった。変色した部分の形は炎の形のようになってからきのこの形になるように変化していった。このことから、温められた空気は上昇し上から下に温まっていくことが視覚を通して理解できると感じた。

次に観察器を横に倒した状態での実験を行った。児童は、観察器を立てた状態での実験と同じ方向に温まるか、倒した状態で上の方向に温まるかのどちらかで迷う児童が多いと考えられる。ここで児童に思考し予想させることが、実体的な見方の習得につながると考えた。

「空気の温まり方観察器」は図12のように、簡単に解体ができるため、中の空気をすぐに入れ替えることができ、45分の中で2つの実験を行うことも可能である。

この実験を行った日は春の暖かい日であった。冬と気温や室温が異なるため、この点も考慮して授業を行わなければならないと考えた。

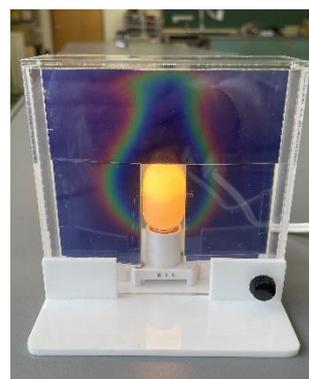


図10. 観察器を立てた状態での空気の温まり方

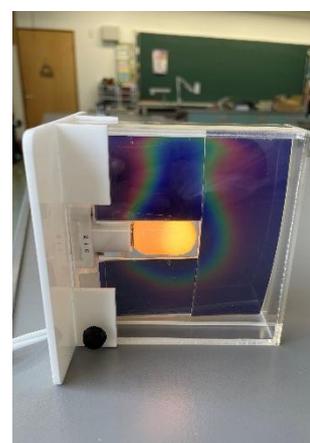


図11. 観察器を倒した状態での空気の温まり方

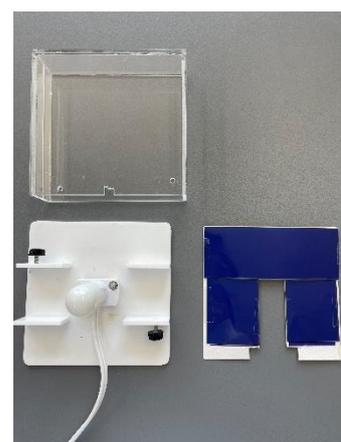


図12. 観察器を解体した状態

3. 示温インクによるビーカー加熱の教材開発

示温インクを水に溶かして行うビーカー加熱の実験では、色の変化が視覚的に分かりやすいというメリットと、透過性が低く水の流れを捉えることができにくいというデメリットがあることが分かった。そこで、Web 版科学体験まつり⁸⁾に掲載されている「カラフルな人工いくらを作る」の方法を用いた、水のビーカー加熱実験を考えた。

(1) 準備物

- ・ 示温インク
- ・ 乳酸カルシウム
- ・ アルギン酸ナトリウム
- ・ ボウル
- ・ ざる
- ・ 葉包紙
- ・ ペットボトル
- ・ スポイト
- ・ ビーカー
- ・ 網杓子
- ・ 葉さじ

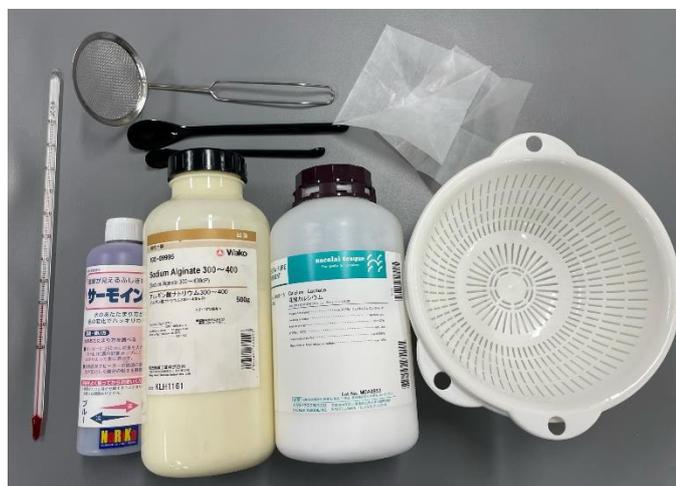


図 13. 示温インクを用いた人工いくら作成のための準備物

(2) 作成方法

①アルギン酸ナトリウム 2.5 g を 250 m l のぬるま湯 (30~40℃) に溶かし 10 分間ペットボトルを振り、混ぜ続けた後、30 分放置する。

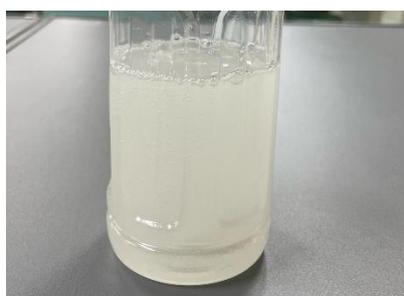


図 14. ぬるま湯と混ぜた直後のアルギン酸ナトリウム

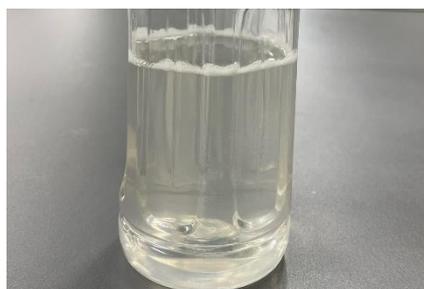


図 15. 30 分経過後のアルギン酸ナトリウム

- ② ボウルに乳酸カルシウムを 4 g 入れ、
400 ml の水で溶かす。
- ③ ①で作ったアルギン酸ナトリウムの液に
示温インクを混ぜる。(図 16)
- ④ 乳酸カルシウムの液にアルギン酸ナトリウム
の液をスポイトで一粒ずつ落とす。(図 17)
- ⑤ 網杓子ですくいあげ、水の入った容器に
入れて保存する。
- ⑥ 作成直後は割れやすいため水の中で 1 日放置
し、固まってから実験で使用する。



図 16. 示温インクを混ぜたアルギン酸ナトリウム

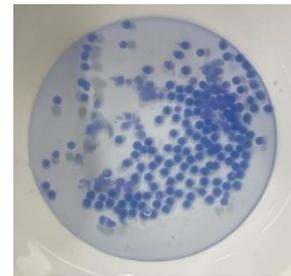


図 17. 乳酸カルシウムの中に落としたアルギン酸ナトリウム

(3) 授業での活用方法

実際に授業を行う場面を想定し、それぞれのビーカーに入れる適切な人工イクラの量を調べる。まずはビーカーの半分まで人工イクラを入れて加熱実験を行った。熱源の付近で温められた人工イクラが上昇しようとしても、上に乗っている人工イクラの重さで上昇できず、その場に留まっている様子が観察できた。人工イクラが温められた水の対流に乗ることで水の動きを可視化できることが人工イクラの優れている点であると考えているためビーカーの半分まで入れることは、今回の実験に適していないと考えた。(図 18)

次にビーカーの底面積の半量の人イクラを入れて加熱実験を行った。この人工イクラの量



図 18. ビーカーの半分まで人工イクラを入れた場合



図 19. 底面積の半量の人イクラを入れた場合

の場合には一粒一粒の人工イクラが浮いたり沈んだりを繰り返している様子が観察できた。色の変化と水の対流に乗っている様子を同時に観察することができ、人工イクラの良さを最大限に引き出せるのはビーカーの底面積の半量であることが分かった。(図 19)

人工イクラを用いて実験する際の準備として気泡が入った人工イクラを取り除くことが必要である。気泡が入った人工イクラは水の温度や対流に関係なく常に浮いており、児童に誤った理解をさせる可能性がある。(図 20)



図 20. 気泡が入った人工イクラ

4. 仮名半紙による空気の温まり方の教材開発

空気の温まり方を学習した後、学習の確かめを行い、学習内容を定着させたい。そこで、科学実験データベース⁹⁾に掲載されている「紙の空中浮遊」という印象に残りやすい実験を行いたいと考えた。

(1) 準備物

- ・ 仮名半紙『若宮』
(短冊状に切っておく)
- ・ 紙コップ
- ・ プラスチックコップ
- ・ チャッカマン

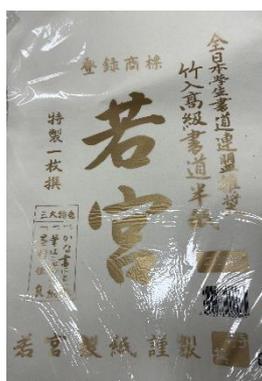


図 21. 若宮の仮名半紙



図 22. 「紙の空中浮遊」実験のための準備物

(2) 実験の手順

- ① 仮名半紙を筒状に丸め、紙コップに乗せる。(図 23)
- ② 仮名半紙の上部にチャッカマンで火をつける。(図 24)

③ 燃え尽きて落ちてきた灰をプラスチックコップでキャッチする。



図 2.3.手順①の様子



図 2.4.手順②の様子



図 2.4.手順③の様子

(3) 授業での活用方法と留意点

「紙の空中浮遊」実験を行うことで、児童には「空気は温まると上昇する」ということをより強く印象づけさせたい。そのために活動の前に実験をして見せる際、「どうしてこのような動きをしたのか考えながら実験してください」と声掛けをし、実験中に「温められた空気は上に上がる」といった内容の発言をしているのを見つけ、全体に共有したい。この実験では燃えた仮名半紙が天井近くまで上昇するため、空調設備に吸いこまれないよう電源を切っておくことや火災報知器の近くは避けて実験できるように準備をしておく必要がある。また実験中の児童は燃え上がった仮名半紙に意識が引きつけられるため、周囲の安全確認ができないと考えられる。そのため全員が同時に実験を行うのではなく、班の一人が実験を行いその他の班員は実験者がけがをしないよう周りの安全確認をするという進め方で行いたい。仮名半紙は上のほうに着火しなければ、うまく燃え上がらない。下のほうに着火すると発射台の紙コップも燃え上がる可能性があるため着火の位置を間違えないよう事前に説明が必要である。

5. 追試の考察

ここまで、教科書で行われてきた実験と先行研究の実験を追試して、その効果を検証した。

水のビーカー加熱実験では、示温インクを用いることで、児童に実体的な見方を身に付けさせたい。温まり方を視覚的に捉えやすく、温度によって青色からピンク色に可逆的に変化する点から温まる様子と冷める様子のどちらからも水のあたたまり方を学ぶことができ、日常生活とのつながりを捉えやすいと考えた。しかし、ビーカー内の水がどのような順番で温まるのかは分かりやすいが、透過性がないためビーカー内の水の動きは分からない。そのため、示温インクを混ぜた人工イクラを用いることで、温まる順番と水の動きが同時に捉えられるようにしたい。

空気の温まり方温まり方の実験では、株式会社ヤガミが販売している「空気の温まり方観察器」を使用して、児童に実体的な見方を身に付けさせる授業をしたい。立てた状態から倒した状態にした時、児童に思考させることができ、想像力を育成することができると思う。また、1時間の中で2回予想させることで学習したことを定着させることができる。しかし、実験器具を1つしか持っていないことから、児童全員に観察させる方法を研究する必要があると考えた。

空気の温まり方を学習した後、「紙の空中浮遊」の実験を行うことで学習の確かめを行いたい。仮名半紙の灰が燃え尽き、上に上がる様子は暖かい空気に乗せられて浮いていることが分かりやすく、実体的な見方ができると考える。「空気の温まり方観察器」で学んだことを「紙の空中浮遊」で確かめさせ、学習内容が印象に残る実験にしたい。教材開発でも述べたようにこの実験は留意することが多くあるため安全かつ円滑に授業を進められるよう手順や指示を工夫したい。

第4章 授業実践

前章では、教科書調査・先行研究の結果に基づいて追試を行い、教材開発を行った。本章では開発した教材を用いて授業実践を行う。

1. 目的及び研究仮説

本研究では、「もののあたたまり方」の単元において水・空気のあたたまり方について児童にイメージさせ楽しさを感じさせることで、実体的な見方をもつ子供を育成するため示温インクを混ぜた人工イクラと「空気の温まり方観察器」を取り入れるとよいのではないかと考えた。そこで、それぞれの児童は目に見えないもののふるまいをどのように捉えるのか、実験結果から児童にどのような学びがあるのか、を実際に小学校に通っている児童を対象として調査し、明らかにすることを本章の研究目的とする。

2. 調査内容と方法

①調査目的

本調査は、教材開発を行った実験用具が実際の小学校現場において、児童が目に見えないものへの想像を膨らませ、児童に実体的な見方を身に付けさせるために適切な教材であるか調査するために行うものとする。

②調査対象

津山市立 Y 小学校の4年生

③調査日時

令和4年1月20日（金） 1・2校時

令和4年2月3日（金） 1・2校時

④ 調査方法

第4学年「もののあたたまり方」の単元において、教材開発を行った実験道具を取り入れて、単元の導入・実験・観察を行う授業の様子を観察・記録する。

3. 事前調査

児童が授業を通して、もののあたたまり方について興味関心が深まったか、習熟度を調査するために、授業前と授業後に質問紙調査を行う。まず授業実践の1週間前に4年生2学級64名を対象に事前アンケートを行った。事前アンケートでは、児童の理科や実験の好感度と実体的な見方の程度を明らかにするため、以下の4点について質問した。

- ①理科は好きですか。
- ②理科のじっけんは好きですか？
- ③小学2年生の弟や妹から「水ってどのようにあたたまっていくの」とたずねられたら、どう答えてあげたら分かりやすいと思いますか。
- ④小学2年生の弟や妹から「空気ってどのようにあたたまっていくの」とたずねられたら、どう答えてあげたら分かりやすいと思いますか。

まず「理科は好きですか」「理科のじっけんは好きですか？」という二つの質問をして5件法で理科に対する興味・関心の程度を調べる。次に三つ目の質問では水が温まる過程について尋ねた。学習前の児童は粒子の動きがどう見えているのか、見えていないのかを明らかにするため自由記述の欄を設け絵や言葉を使って説明ができるようにした。

もののあたたまり方 アンケート1 姓 名 氏 名 _____
これはアンケートではありません。正直な心で答えてください。
① 理科は好きですか？ 1: 1つだけよんで満足なほどおもしろい。 2: 2つだけよんで満足なほどおもしろい。 3: 3つだけよんで満足なほどおもしろい。 4: 4つだけよんで満足なほどおもしろい。 5: 5つだけよんで満足なほどおもしろい。
② 理科のじっけんは好きですか？ 1: 1つだけよんで満足なほどおもしろい。 2: 2つだけよんで満足なほどおもしろい。 3: 3つだけよんで満足なほどおもしろい。 4: 4つだけよんで満足なほどおもしろい。 5: 5つだけよんで満足なほどおもしろい。
③ 小学2年生の弟や妹から「水ってどのようにあたたまっていくの」とたずねられたら、どう答えてあげたら分かりやすいと思いますか。(絵や言葉などを使っていいです)
④ 小学2年生の弟や妹から「空気ってどのようにあたたまっていくの」とたずねられたら、どう答えてあげたら分かりやすいと思いますか。(絵や言葉などを使っていいです)

図 2.5. 事前アンケート用紙

4. 事前調査の結果および考察

4年生64名を対象に事前調査した。その結果を右の円グラフに表した。

「理科は好きですか。」という理科の好感度についての質問に対して、

- 1.とてもきれい 1人、
- 2.きれい 0人、
- 3.ふつう 24人、
- 4.好き 30人、
- 5.とても好き 15人という結果になった。

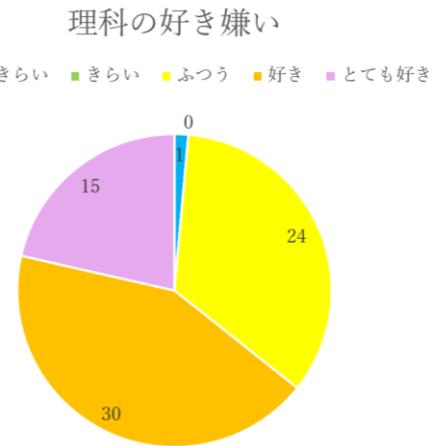


図26.理科の好感度

私が小学生の頃は理科に対して苦手意識を持っていたが、現在小学校に通っている児童は理科好きが多いことが分かった。

二つ目の質問「理科のじっけんは好きですか」という実験の好感度については

- 1.とてもきれい 2人、
- 2.きれい 1人、
- 3.ふつう 12人、
- 4.好き 14人、
- 5.とても好き 35人という結果になった。

理科という教科について尋ねた1つ目の質問と比較すると、5.とても好きが20人も増えた。実験を行うことに対しては、

約7割が好印象を持っていることが分かった。

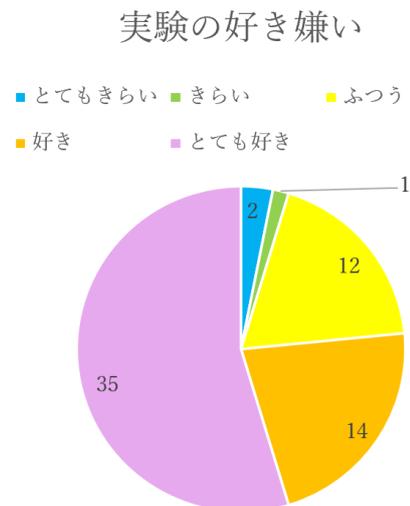


図27.実験の好感度

この質問に関しては、私の小学生時代の感覚と同じである児童が多く、授業後に内容理解の程度を測るアンケートでどのような結果が出るのかとても期待感を抱いた。それに反してマイナスの印象を持っている児童が2人増えた。理科は好きであるが実験が苦手な児童が楽しいと感じることのできる授業を考え出したい。

三つ目の質問「小学2年生の弟や妹から「水ってどのようにあたたまっていくの」とたずねられたら、どう答えてあげたら分かりやすいと思いますか。」という質問では、回答30人、未回答・分からない34人という結果になった。回答の詳細は、

水は上から温まる4人、水は下から温まる10人、熱は外へ伝わる1人、既習事項（試験管の絵）3人、水を温める方法を回答5人、抽象的な回答4人という結果になった。

一番多かったのは下から上に温まっていくという意見で、児童の絵からは下から順に熱が伝わっていくと考えていることが分かった。下から温まる

と考えている児童の中には、沸騰の際に見える水蒸気を温められた水であると認識している児童もいたため水の動きに注目させたい。（図29）また、上から順に温まるという意見や、試験管に入った水の温まり方を説明している児童は容器の中で水が動いているという概念がないと考えられる。ビーカー内での水の動きが視覚的に分かりやすい実験の手順や声掛けが必要であると考えられる。

- ③ 小学2年生の弟や妹から「水ってどのようにあたたまっていくの」とたずねられたら、どう答えてあげたら分かりやすいと思いますか。（図や絵などを使ってもいいです）

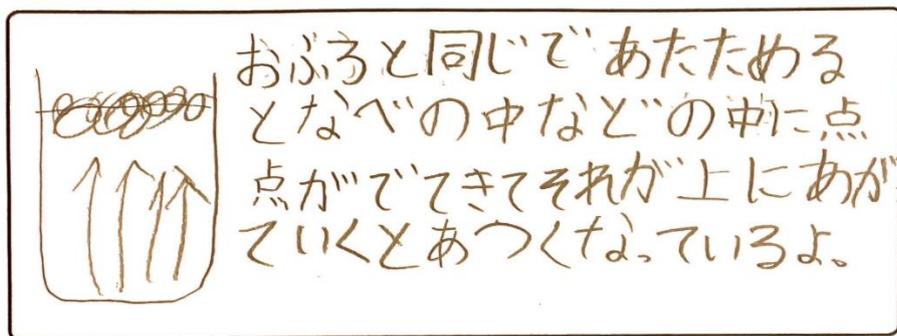


図29.水は下から温まると考えている児童の回答

水の温まり方

■ 上から ■ 下から ■ 外へ
■ 既習事項 ■ 方法 ■ 抽象



図28.水の温まり方 事前アンケート

四つ目の質問「小学2年生の弟や妹から「空気ってどのようにあたたまっていくの」とたずねられたらどう答えてあげたら分かりやすいと思いますか。」という質問では、回答23人、未回答・分からない41人という結果になった。回答の詳細は、

空気は上から温まる3人、空気は下から温まる6人、熱源から順に温まる3人、既習事項2人、水を温める回答を3人、抽象的な回答3人という結果になった。

空気の温まり方に関しても、下から温まると考えている児童が1番多かった。熱源から順に温まる、上から温まると考えた

児童を合わせると、12名の児童は空気が動いているという概念がないことが分かった。紙の空中浮遊の実験で、温められた空気が動いていることを理解できるようにしたい。また、生活の経験から空気の温まり方を想像している児童もあり、授業内の実験でも日常生活と関連性を持たせる必要があると考えた。(図31)

④ 小学2年生の弟や妹から「空気ってどのようにあたたまっていくの」とたずねられたら、どう答えてあげたら分かりやすいと思いますか。(図や絵などを使ってもいいです)

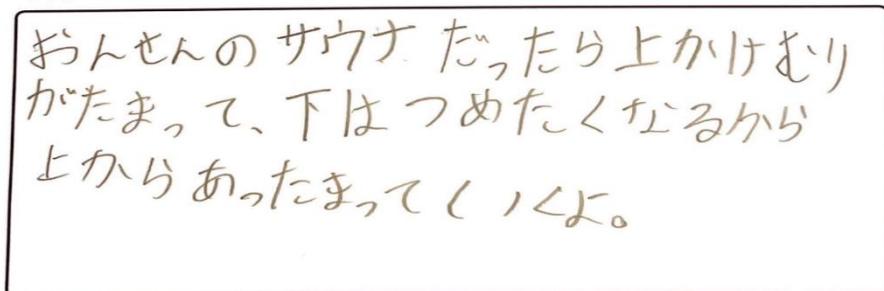


図31.生活の経験から想像している児童の回答

事前アンケートを通して、未習の事柄について児童の様々な考え方があることが分かった。しかし質問③・④に関して、分からない・未回答の児童が過半数を超えており、児童が答えやすい質問や自由記述の欄にピーカーなどを事前書き入れておく等の配慮が必要であったと考える。

空気の温まり方



図30.空気の温まり方 事前アンケート

5. 授業の実際

授業実践では、東京書籍令和2年度版教科書の流れに沿って2時間続きで授業を行った。授業の流れについては1時間目で水の温まり方を学習し、2時間目で空気の温まり方を学習する。

授業を実施するに当たっては、開発教材だけでなく、児童向けに作成したワークシートも使用する。事前アンケートでの反省を踏まえて授業で用いる水の温まり方・空気の温まり方のワークシートには、実験器具を書き込んでおき、児童が考えを書きやすいようにした。予想や結果の記入時間の短縮にもつながると考える。授業の導入として、既習事項の振り返りを行う。水の温まり方の授業では金属の棒を真ん中から熱した場合（図3.2）、試験管を下から熱した場合（図3.3）、試験管を真ん中から熱した場合（図3.4）の3問をクイズ形式で出題する。2時間目の空気の温まり方の授業では、ビーカー加熱の実験をサーモグラフィーカメラで撮影したものを授業前に提示する。



図3.2.導入の振り返り 金属の棒を真ん中から熱した場合

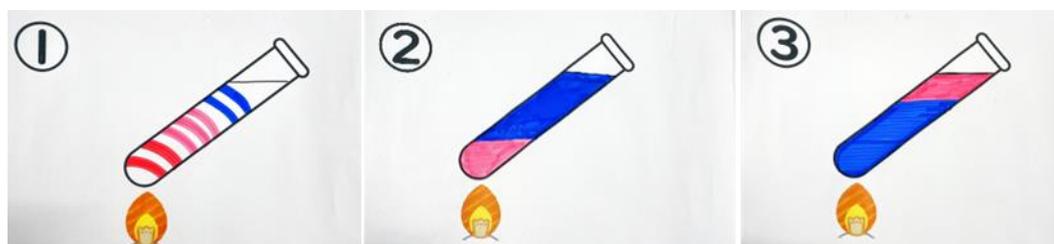


図3.3.導入の振り返り 試験管を下から熱した場合



図3.4.導入の振り返り 試験管を真ん中から熱した場合

(1) 水のあたたまり方の授業

人工イクラを用いたビーカー加熱の実験では、実験内容と手順の説明をした後、児童に人工イクラの動き方を予想させた。この研究では児童の想像力を広げさせることが目的であるため、板書する実験結果の予想には、あらかじめ決めたものを書くのではなく机間指導で見つけた児童の意見を取り上げ、全体で予想の共有をした。

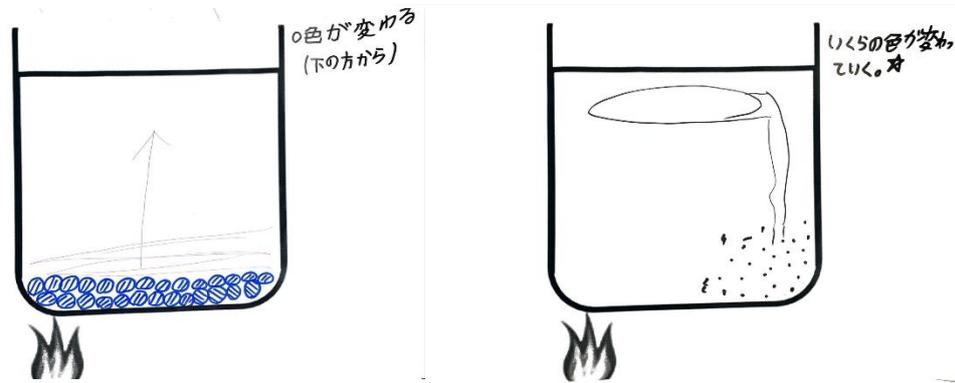


図35. 予想で板書に取り上げた児童の予想 (1組)

予想の時点では、温められた水に入っている人工イクラはそのまま上に上がるという意見が多かった。前時に学習している試験管に入った水の加熱実験での結果がこの予想に反映していると考えられる。事前アンケートの反省からビーカーの加熱図をあらかじめ示しておくことで児童の多様な意見を知ることができた。2組の授業では、予想の共有方法を少し変えた。実物投影機を使用し、児童のワークシートをスクリーンに映し出すことで予想の選択肢を作った。この方法で共有を行うと、児童が板書用の図を描く時間を短縮することができ、スムーズに実験に移ることができた。

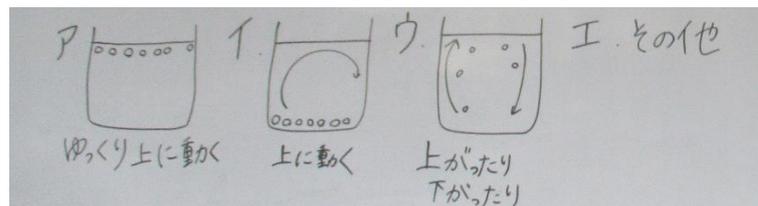


図36. 予想で板書に取り上げた児童の予想 (2組)

実験前に、実験中のルール作りをした。教師から実験中の危険を提示するより、児童たち自身でルール作りをした方が決まりを守った安全な実験を行うことができると考えたからである。児童が考案した実験中の危険とルールを以下に示す。

- ・実験中の目を守るため、安全メガネを着用する。
- ・こけないよう椅子をしまう。
- ・やけどをするかもしれないから、ビーカーにはさわらない。
- ・大声で話さない。
- ・火が燃え移るかもしれないから、プリントをしまう。
- ・髪を縛る。
- ・袖から手を出す。

児童たちは理科室の危険な場所や実験を安全に行うための用具について学年の最初に学習している。そのため、安全メガネや袖から手を出して実験を行うという意見はすぐに出てきた。学級によってはあまり意見が出てこない時間もあったが、隣同士で30秒間相談したり教師が「火を使う実験だよね」といった声掛けをしたりすることで、ルールを決めることができていた。

ビーカー加熱実験で児童たちは人工イクラが動いたり色が変わったりしている様子をビーカーから目を離さず集中して観察していた。児童は人工イクラの動きを見て、自分の予想と比較しながら実験に取り組んでおり、児童に興味を持たせることのできた実験内容であったと考える。児童の中にはカセットコンロの火があたっている箇所から温まっていることに気づき、発言している児童もいた。また、どの班の人工イクラもほぼ時間差がなくピンク色に色が変わっており、適切な準備であったと考えられる。全ての人工イクラの色が変わったら児童にカセットコンロの火を消させ、結果の記入をさせた。その間に教師が熱したビーカーを回収した。

(2) 空気のあたたまり方の授業

導入では前時に学習したビーカー加熱実験の様子をサーモグラフィーカメラで撮影した動画を提示し、水は温められた部分から上に上がり、水が動いて全体が温まることを復習する。「空気の温まり方観察器」を用いての実験方法を説明した。実験と日常生活を結び付け、児童が想像しやすくなるよう先生から助言をいただき、観察器を理科室に、観察器の電球をストーブに例えて説明した。

予想の時点では、電球の周りから順に全体が温まると考えている児童が多いことが分かった。観察器の見た目が金属の板に似ているためそのように予想した児童が多かったのではないかと考える。この予想の次に多かった意見は、回転するように温まるという意見である。前時で学習したビーカー加熱実験の結果がこの予想に反映していると考えられる。

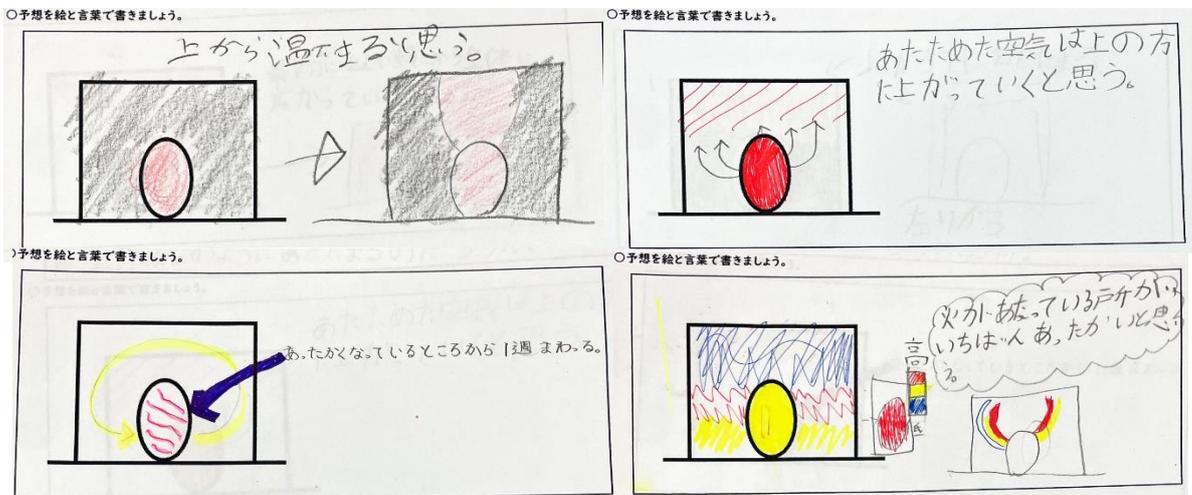


図 3.7. 空気の温まり方児童の予想

実験は、教卓の上に「空気の温まり方観察器」を置きその周りに児童が集まり観察した。観察器内のサーモペーパーの色が変化していく様子を見ながら児童たちは口々に発言していた。教師が「どの方向に温まっていつている？」という声掛けをしたことで、児童がより集中して観察できた。

「空気の温まり方観察器」を横向きにした場合の温まり方の予想は、1回目と同じ部分が温まるという意見と、上向きに温まるという意見がちょうど半分に分かれた。実験をした時の児童からは、「やっぱり上だ!」「えー！（驚き）」といった実験を楽しんでいる様子が見られた。向きを変えてもう一度実験を行ったことで、児童も温まった空気は上に上がるということがより印象深くなったと考える。(図38)

○ふりかえりを書きましょう。

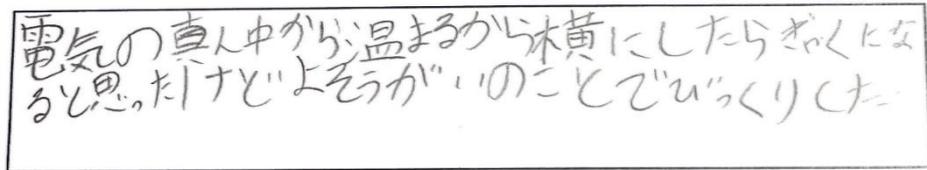


図38.空気の温まり方児童のふりかえり

「紙の空中浮遊」の実験を行う際は浮かんだ灰が吸い込まれないように換気扇やエアコンの電源切っておく必要がある。また、ガスマッチの使用方法が分からない児童が多いと考えられるため実物投影機を用いて説明をした。実験は班で一人ずつ順番に行うようにした。児童たちは、仮名半紙のセットや落ちてきた灰をキャッチするプラスチックコップの受け渡しなど、協力して実験を行っていた。実験前に「なんで上に上がったか考えながら実験してね」と声掛けをしたことで、燃え尽きた灰は温められた空気に乗って上に上がることに気づいている児童がいた。

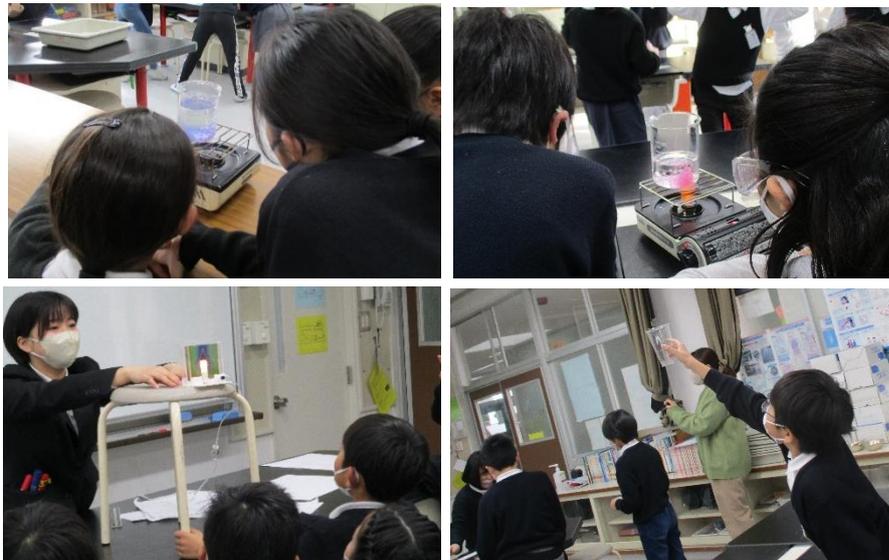


図39.授業実践の様子

第5章 考察および改善案

教材研究、授業実践を通して児童に実体的な見方を身につけさせるために、どのような改善が必要であるか明らかになった。

1. 教材の改善

はじめに実験の予想の共有方法である。授業実践では、ワークシートと同じ図を拡大印刷したものに児童の予想をもう一度書き込ませていた。しかし、この方法では大きく書く時間がかかるため授業のテンポが悪くなり、他の児童が手持ち無沙汰になる時間ができてしまった。そのため、**chrome book**で児童のワークシートを写真に撮りスクリーンに映して共有するように改善を行う。次に、実験に際してのルール作りである。児童が守れるルールを設定するために児童たちからルールを引き出した。しかし、求めている内容の発言が児童から出ず最終的には教師がルールを提示してしまう場面があった。これには私自身の未熟な部分が大いにあると考える。ルール決めを虫食い形式に改善することで学級の実態や既習事項の定着度に関わらずスムーズに設定できると考えた。ビーカー加熱実験と空気の温まり方観察器を用いた実験の両方で、正面から観察できていない児童が見られた。そのため、ビーカー加熱実験では熱源のある位置を確認するよう声掛けを行う。空気の温まり方観察器を用いた実験では教師用タブレットで撮影したものをリアルタイムでスクリーンに映し出し児童全員が正面から観察できるように改善する。空気の温まり方観察器を用いた実験で、色は何色になったかに注目している児童がいたため色の変化がどう移動したか観察するよう声掛けをしたい。

以上の反省点を踏まえ、指導案を次頁に示す。青色に塗ったところは実践授業の反省をもとに改善した部分である。

本時案（第一次 第1時）

(1)本時の目標

水の対流実験の結果を通して、金属・水のあたたまり方の違いに気づくことができる。

(2)展開

学習活動	教師の指導・支援	評価規準及び評価方法
<p>1 金属がどのように温まったか復習し、本時のめあてを知る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・金属は熱せられたところから順々に温まる。 ・試験管に入った水は下のほうを熱したときは上のほうから全体があたたまり、上のほうを熱したときは、下のほうはなかなかあたたまらない。 	<p>○復習をクイズ形式で行う。</p> <p>【クイズ①】金属のあたたまり方は1～3のどれが正しいでしょう。</p> <p>【クイズ②】試験管に入った水を下のほうから熱したときのあたたまり方は1～3のどれが正しいでしょう。</p> <p>【クイズ③】試験管に入った水を上のほうから熱したときのあたたまり方は1～3のどれが正しいでしょう。</p>	<p>選択肢の図</p> <p>ワークシート</p>
<p>めあて ビーカーに入った水はどのようにあたたまるのだろうか</p>		
<p>2 水の温まり方について予想する。</p> <p>①実験道具について知る</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人工イクラは約40℃で変色する。 <p>②実験方法について理解する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人工イクラと水が入ったビーカーをあたたためて、イクラがどのように変化するかを観察すること。 <p>③水のあたたまり方やイクラの動き方の予想を立てる</p> <p>ア. 人工イクラは温められた所から逃げるように上に動く。</p> <p>イ. 人工イクラが一気に上に上がる。</p> <p>ウ. 人工イクラは温められた所から上に動く。</p> <p>④予想を全体で共有する。</p>	<p>○実験と同じように教卓で実験器具を動かすし、提示装置に映しながら説明をしていく。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ビーカーは中心より少しずらす。 ・観察の時間は火をつけてから3分位とする。 ・コンロの火は炎の先がビーカーの底につく程度に調節する。（火力2） <p>○予想はワークシートに絵と文字で記入させる。</p> <p>○児童の予想を見ながら、色や動きなど適宜提示する。</p> <p>○絵は鉛筆で水があたたまっていく順番を記入させる。</p> <p>○予想を発表させ、その予想にア～ウを加えた選択肢の中でどの予想をしたか挙手させる。</p> <p>○共有は児童のワークシートを写真に撮りスクリーンに映し出す。</p> <p>○発表を聞いて、予想が変わっても良いことを伝える。</p>	<p>ビーカー</p> <p>人工イクラ</p> <p>カセットコンロ</p> <p>雑巾</p>
<p>3 水の温まり方の実験を行う。</p> <p>①安全についての約束をする</p> <ul style="list-style-type: none"> ・虫食いになったルールを見て、どんな危険があるか話し合う。 <p>②人工イクラの実験をする</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験用具の準備は指定された番号の児童がかごに入れていき、机まで運ぶ。 <p>③人工イクラの動きを観察する</p>	<p>○児童たちが決めた実験の注意事項を板書する。発表が終わってから最後にまとめて板書をする。</p> <p>○児童に提示する虫食いのルール</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験中は（小さな）声で話す ・実験用具は（実験以外）では触らない ・実験する際は（椅子）をしまう 	

<ul style="list-style-type: none"> ・炎の上のイクラの色が変わった。 ・ピンクになったイクラが上に上がっていき、水面で広がった。 ・上のイクラの色が紫に戻ってくると下に降りて行った。 ・ピンクのイクラが増えていって、全体に広がっていった。 <p>④ワークシートに記録する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・結果と気付いたことを絵と文字で表す。 <p>⑤実験から分かったことを発表する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・あたためた所のイクラがピンクになって上に上がり、全体に広がった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべての番号の児童に役割があるようにする。 ・ビーカーが正しい位置に置かれているか確認する。 ・温められている部分に注目して実験するよう声掛けをする。 ・熱源の位置がワークシートと一致するよう声掛けをする。 <p>・ワークシート記入中に熱の残っているビーカーを教師が回収する。</p> <p>○水を熱するとあたためられた部分が上に動くことや、この動きを繰り返して水はあたたまっていくことについて書いていた児童をあてる。</p>	<p>●水のあたたまり方を理解することができる。(ワークシート、発表)</p>
<p>まとめ 水を熱すると、(あたためられた部分が(上へ動く))。水は動きながら全体があたたまる。</p>		
<p>4 サーモグラフィカメラで撮影した水があたたまる様子の動画を観る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ビーカーの中の水がどの順番であたたまるのか ・水の動き方 <p>5 本時のふりかえりを記入する。</p>	<p>○まとめの(あたためられた部分が上へ動く)の部分を穴抜きにしておき、児童に考えさせる。時間をおいて、ヒントとして(あたためられた部分が)を提示する。</p> <p>○児童が行った実験と一致するよう、動画に映っているものを説明する。</p>	<p>サーモグラフィスマートフォンプロジェクター</p>

◎「おおむね満足できる」状況(B)と判断する児童の姿の例
 実験結果を通して金属・水のあたたまり方の違いに気づくことができた。

本時案（第一次 第1時）

(1) 本時の目標

既習の金属や水のあたたまり方から、空気のアたたまり方を自分なりの表し方で予想することができる。

実験結果を通して、金属・水・空気のアたたまり方の違いに気づくことができる。

(2) 展開

学習活動	教師の指導・支援	評価規準及び評価方法、準備物
<p>1 金属や水がどのようにあたたまったか復習する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・金属は熱せられたところから順にあたたまる ・水は熱せられた部分が動いて全体があたたまっていく 	<p>○直前の授業で、金属のアたたまり方の復習と水のアたたまり方の学習をしているため、時間をかけず行う。</p> <p>○金属、試験管に入った水、ビーカーに入った水のアたたまり方を問い、言葉で説明させる。</p>	
<p>めあて 空気はどのようにあたたまるのだろうか</p>		
<p>2 空気のアたたまり方について予想する。</p> <p>①実験道具(電球サーモ)について知る</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電球の光で空気があたたまる。 ・空気が出入りしないように密閉されている。 <p>②実験方法について理解する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サーモペーパーがどのような順番で反応していくか観察すること。 <p>③空気のアたたまり方の予想を立てる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電球のまわりから熱が伝わって、順々にあたたまる。 ・エアコンをつけても足元はなかなかあたたまらないから上の方からあたたまる。 	<p>○児童が電球サーモについて知るために、実物投影機でスクリーンに映し出す。</p> <p>○電球サーモを理科室、電球をストープに例えて説明をする。</p> <p>○実験①の仕方を説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・道具を縦向きで電球をつけて、どのように空気があたたまっていくか観察する。 ・電球を瞬間的に光らせて実験のイメージが持てるようにする。 <p>○予想はワークシートに絵と文字で記入させる。</p> <p>○絵は鉛筆で空気があたたまっていく順番を記入させる。</p> <p>○色の変化ではなく、色の変化の移動に着目できるよう声掛けをする。</p> <p>○何人かの児童の予想を写真に撮りスクリーンに映し出し全体で共有する。</p>	<p>電球サーモ</p> <p>ワークシート</p> <ul style="list-style-type: none"> ●空気のアたたまり方を自分なりの表し方で予想することができる。(ワークシート、発表)
<p>3 空気のアたたまり方の実験①を行う。</p> <p>①サーモシートの変化から、空気のアたたまり方を観察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上の方にサーモシートが変色していった。 ・炎の形みたいに変色した。 <p>②ワークシートに記録する</p>	<p>○電球サーモを児童全員が正面から見えるよう、教師用タブレットで撮影したものをリアルタイムでスクリーンに映し出す。</p> <p>○求めている児童の反応が得られたら復唱して、児童全員が気付けるようにする。</p> <p>○観察の時間は光をつけてからとし、</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●金属・水・空気のアたたまり方の違いに気づくことができる。(ワークシート)

<p>4 実験②について予想する。</p> <p>①実験②の方法について理解する。 横向きで電球をつけて、どのように空気があたたまっていくか観察する</p> <p>②空気のあたたまり方の予想を立てる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・前の実験と同じ所があたたまる。 ・前の実験で上の方向にあたたまったから、今回も上にあたたまる。 <p>5 空気のあたたまり方の実験②を行う。</p> <p>①サーモシートの変化から、空気のあたたまり方を観察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横向きにしても上の方にサーモシートが変色していった。 ・炎の形みたいに変色した。 <p>②気付いたことを発表する。</p>	<p>○実験①での温まった空気をきちんと入れ替え、実験②に支障がでないようにする。</p> <p>○電球サーモを横向きにして児童に見せ、予想を立てやすいようにする。</p> <p>○予想は、ワークシートに記入させず、その場で発表させる。</p> <p>○実験①の結果を予想に関連付けて考えることができている児童をほめる。</p> <p>○求めている児童の反応が得られたら復唱して、児童全員が気付けるようにする。</p> <p>○サーモシートの色の変化の方向を指で示させる。</p> <p>○観察の時間は光をつけてからとし児童全員が理解した上で実験をする。</p>	
<p>まとめ 空気は水と同じようにあたためられると（上に動く）。 空気もあたためられた部分が動いて全体があたたまっていく。</p>		
<p>6 仮名半紙ロケットを行う。</p> <p>①ガスマッチの使い方について説明を受ける。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人の方に向けて火をつけない。 ・使わないときは机の上に置く。 <p>②仮名半紙ロケットの方法を理解する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・紙コップに仮名半紙をのせ、火をつける。 ・上にあがった仮名半紙をプラスチックコップでキャッチする。 <p>③なぜ上方向にのぼったか理由を考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮名半紙が燃え、あたたまった空気と一緒に上へ上ったから。 <p>7 本時のふりかえりを記入する。</p> <p>8 今までの活動から金属・水・空気のあたたまり方をまとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・金属・水・空気のあたたまり方は違う 	<p>○仮名半紙ロケットをする際の決まりを説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全なガスマッチの使い方を提示装置で見せながら説明する。 ・熱したものに素手で触らないよう声かけする。 ・机の上の教科書やノートを片付け、燃えるものがない状態にさせる。 ・他の児童とぶつからないよう、班で一人ずつ順番に実験する。 ・仮名半紙ロケットを行う順番は準備の際に決めた番号を使う。 <p>○教師が見本を見せた後児童が仮名半紙ロケットを行う。</p> <p>○すぐ活動に移れるよう、「片づけ出来たら実験できるよ」という声かけをする。</p> <p>○ワークシートの穴抜きを埋めさせる。</p>	<p>仮名半紙 紙コップ プラスチックコップ ガスマッチ（着火ライター） 燃え尽きた灰を入れる小さなごみ袋</p>

◎「おおむね満足できる」状況（B）と判断する児童の姿の例
金属や水のあたたまり方から空気のあたたまり方を自分なりの表し方で予想することができた。
実験結果を通して金属・水・空気のあたたまり方の違いに気づくことができた。

2.おわりに

本研究で授業実践や調査を進めて、開発教材は教育に有効であることが分かった。水の温まり方の授業では、授業後も人工イクラに興味を持ち素手で触ってもよいか質問してくる児童がいたり、空気の温まり方の授業では、紙の空中浮遊をもう一度したいと話している児童がいたりした。授業後のアンケートでは水・空気の温まり方を正しく理解できている児童が多く、今回取り扱った教材は児童に実体的な見方を身につけさせることができると感じた。

この研究を通して、やはり児童たちは私たちが想像できないイメージ豊かな発想を持っていることが分かった。この考えを持ち続けるために理科授業を通して実体的な見方を身につけさせることが大切であると再確認できた。教材研究ではどのようにすれば児童が想像しやすく、その想像を表しやすいかを考え続けた。そして授業実践において児童が私の考えた教材に興味や驚きを示してくれたことに、教師としてやりがいを感じることもできた。

今回の研究テーマである「実体的な見方を持つ児童の育成」は、私のこれからの教員生活で追求し続けるライフテーマである。実体的な見方はすぐに形成されるものではなく、継続して育成していかなければならない。今回は、4年「ものの温まり方」の単元で研究を行ってきたが、他の学年・単元でも実体的な見方が身につく教育を行えるよう、研究を進めていこうと思う。そのために指導技術の向上、児童の理解を深める授業構成の方法、児童の想像力をより働かせることのできる授業づくりに取り組んでいきたい。

【引用・参考文献】

- 1) 古川万寿夫、歳之内真一（2004）『科学体験を中心とした出前授業の実践報告』、長野高等専門学校紀要第38号，p.121
- 2) 御堂大貴（2014）『学習意欲を高める理科の授業づくり』、愛知教育大学教育実践研究科修了報告論集，p.1
- 3) 文部科学省，（2017）『中学校学習指導要領解説理科編』，p.126
- 4) <https://cabinet-online.jp/sp/brand/gosun/>
（2021.12.27 閲覧）
- 5) 佐伯英人、木村ひろみ（2018）『洗濯用合成洗剤を使って水の温まり方を調べる実験—小学校理科の第4学年「金属、水、空気と温度」において—』
- 6) 前田光哉、寺田光宏（2021）『小学校4年生理科「もののあたたまり方」における多様な視点からの観察が可能な教具開発』
- 7) 大分県ホームページ もののあたたまり方「第4学年1組 理科単元プラン」
<https://www.pref.oita.jp/soshiki/31001/tanngennpurann.html>
- 8) Web版科学体験まつり カラフルな人口いくらを作ろう
<https://www.kagakutaiken.com/>（2023.10.19 閲覧）
- 9) 科学実験データベース 紙の空中浮遊
<https://proto-ex.com/data/103.html>（2023.12.4 閲覧）