

平成19年度(第51回)
岩手県教育研究発表会発表資料

理 科

**小学校理科「ものの温まり方」の学習において
温まり方の違いを理解させる学習指導に関する研究**
- ものの温まり方を実感できる実験教材の開発を中心に -

平成 20 年 1 月 9 日
長期 研 修 生
所属校 北上市立黒沢尻東小学校
氏 名 小 田 島 淳

目次

研究目的	1
研究仮説	1
研究の内容と方法	1
1 内容と方法	1
2 授業実践の対象	1
研究結果の分析と考察	2
1 小学校理科「ものの温まり方」の学習において温まり方の違いを理解させる学習指導に関する基本構想	2
(1) 「ものの温まり方」の学習におけるねらい	2
(2) 「ものの温まり方」の学習における問題点	2
(3) ものの温まり方を実感できる実験教材を取り入れる意義	3
(4) ものの温まり方を実感できる実験教材を使った学習指導	4
(5) 「ものの温まり方」の学習において温まり方の違いを理解させる学習指導に関する基本構想図	5
2 基本構想に基づく手だての試案の作成	6
(1) 手だての試案	6
(2) 検証計画	7
3 基本構想に基づく実験教材の開発	8
(1) 水棒・空気棒(銅棒)	8
(2) 温度変色銅棒・銅板	8
(3) 手作りサーモシート	9
(4) 温度変色溶液	9
(5) 温度変色寒天・スリット入り石膏ボード	10
(6) 空気の動き実験箱	11
4 授業実践及び実践結果の分析と考察	12
(1) 授業実践の概要	12
(2) 実践結果の分析と考察	15
5 ものの温まり方の違いを理解させる学習指導に関する研究のまとめ	19
(1) 成果	19
(2) 課題	19
研究のまとめと今後の課題	20
1 研究のまとめ	20
2 今後の課題	20
おわりに	20
【引用文献】【参考文献】	21

研究目的

小学校第4学年理科の「ものの温まり方」の学習では、金属は熱せられた部分から順に温まるのに対し、水や空気では熱せられた部分が移動して全体が温まることを理解させることをねらいとしている。そのためには、ものの温まり方の特徴をとらえさせ、物には熱に対する性質の違いがあるという見方や考え方をもちこたせることが大切である。

しかし、金属の温まり方を正確に表現できない児童が多く、温められた水の動きを描く学力調査問題の正答率が低いことから、児童はものの温まり方を十分に理解しているとは言えない状況がある。この原因の一つとして、従来の実験教材では、熱が金属を伝わる様子や、水や空気の温度の変化と動きの関係を明確にとらえさせることができないため、児童の考え方を生かした学習指導ができない点があげられる。

このような状況を改善するためには、熱が金属を伝わる様子や、水や空気の温度の変化と動きの関係を、体感以外に視覚的かつ動的に実感できる実験教材を開発し、それらを活用して児童の確かな見方や考えを引き出し、理解させることが必要である。

そこで本研究は、「ものの温まり方」の学習において、温まり方の違いを実感できる実験教材を開発し、児童の考えを生かし理解させることができる学習指導を明らかにすることによって、小学校理科の指導改善に役立てようとするものである。

研究仮説

小学校理科「ものの温まり方」の学習において、熱が金属を伝わる様子や、水や空気の温度の変化と動きの関係を、体感以外に視覚的かつ動的に実感できる実験教材を開発し、それらを活用して児童の確かな見方や考えを引き出す学習指導をすれば、ものの温まり方の違いを理解させることができるであろう。

研究の内容と方法

1 内容と方法

- (1) 小学校理科「ものの温まり方」の学習において、温まり方の違いを理解させる学習指導に関する基本構想の立案（文献法）
- (2) 小学校理科「ものの温まり方」の学習において、温まり方の違いを理解させる学習指導に関する実態調査および調査結果の分析と考察（質問紙法）
- (3) 基本構想に基づく手だての試案の作成
- (4) 基本構想に基づく実験教材の開発および学習指導の作成（教材開発法，文献法）
- (5) 授業実践及び実践結果の分析と考察（テスト法，質問紙法）
- (6) 小学校理科「ものの温まり方」の学習において、温まり方の違いを理解させる学習指導に関する研究のまとめ

2 授業実践の対象

北上市立黒沢尻東小学校 第4学年 1学級（男18名 女19名 計37名）

研究結果の分析と考察

1 小学校理科「ものの温まり方」の学習において温まり方の違いを理解させる学習指導に関する基本構想

小学校理科「ものの温まり方」の学習において温まり方の違いを理解させる学習指導に関する基本構想を「ものの温まり方」の学習におけるねらい，問題点，温まり方を実感できる実験教材を取り入れる意義から述べる。

これを基に，温まり方を実感できる実験教材を使った学習指導の特徴と基本構想図を示す。

(1) 「ものの温まり方」の学習におけるねらい

「ものの温まり方」の学習におけるねらいは，物には熱に対する性質に違いがあるという見方や考え方をもちたせることである。小学校学習指導要領解説理科編によれば，「金属はその一端を熱しても，中央を熱しても，熱した部分から順に温まっていくことや，水や空気は熱した部分が上方に移動して全体が温まっていくことを調べ，ものによってその温まり方には違いがあることをとらえるようにする」となっている。

(2) 「ものの温まり方」の学習における問題点

「ものの温まり方」の学習における問題点は，目に見えない温度の変化と動きをとらえる指導の難しさにある。この問題点を指導の実態と児童の実態の2つの観点から分析する。

ア 指導の実態における問題点

指導の実態における問題点としては，従来の実験教材を使つての指導が，金属，水及び空気の温まり方を正しく理解させる要件を十分満たしてないことである。具体的には，金属の各部分の温まり方をろうの溶け具合で視覚化しても温まり方を明確にできないこと，味噌や木くず，煙で水や空気の動きを視覚化しても動いている水や空気がどれだけ温まっているかを明確にできないからである。

イ 児童の実態における問題点

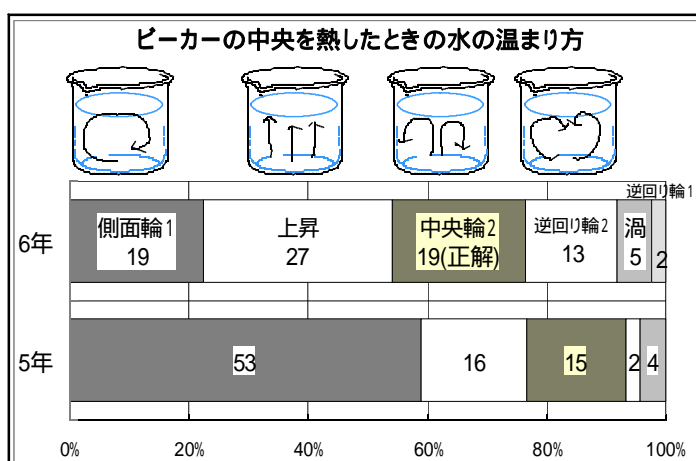
基本構想を立てる段階で，児童のものの温まり方に関する生活経験及び概念についての調査を質問紙法により事前に調査した。調査対象は，実践校の3年生から6年生410名である。その結果明らかになった児童の実態における問題点は，次の2点である。

(ア) ものの温まり方に関する生活経験は，次第に乏しくなっていること

(イ) 児童のものの温まり方に関する概念は，正しく理解されていないこと

(ア)は，家庭に給湯設備やエアコン，温風ヒーターが普及したことにより，風呂の湯の上部が熱い経験や，暖房している部屋の足下が寒いなどの経験が得られなくなっているからである。

(イ)は，金属の温まり方について，熱には重さがあると認識していたり，水や空気の温まり方と混同して温かさが上方に移動していくと認識したりしている児童がいたからである。さらに，調査結果から抜粋した【図1】のグラフに示すように，水や空気の温まり方を学習した5，6年生で，温まる様子を正しく図に描ける児童は少ない実態が明らかになったからである。



【図1】 実態調査 (水の温まり方)

(3) ものの温まり方を実感できる実験教材を取り入れる意義

ものの温まり方を実感できる実験教材を取り入れる意義は、従来の実験教材では、確認できなかった温まっていく様子や温度の変化と動きの関係を児童に実感を伴って体験させ、温まり方の違いを自らの経験と関連づけ理解させることができることである。実感の定義、実感と理解の関係、実感できる実験教材について以下に示す。

ア 本研究における実感の定義

「実感する」に関する今までの研究としては、現学習指導要領に関わり、角屋（1998）が、理科における実感を、「納得することと体感することを含めて実感する理科とする」としている。その後も、自然の巧みさや生命の不思議さすばらしさなどを心で感じること（例えば日高，2001）、自然現象を直接体感すること（例えば塚田，2003）、子どもが自らの経験と関連づけること（例えば阿部，2006）などがある。これらは全て茂庭(1999)の「情緒的な実感」「体験的な実感」「思考的な実感」の三つの類型に総括できる。それによれば「体験的な実感」は「五感を用いて捉えられる感覚から生ずる認識」であり、「思考的な実感」は「知識、理論としての理解から生ずる認識」であるとされる。つまり、「思考的な実感」ができれば理解したとみなせる。そこで本研究における「温まり方を実感できる」の実感は、温度の変化や動きなど実際にはとらえにくい事象を開発した実験教材をとおして体感し、実験結果の考察をとおして温まり方や動き方をイメージできるようになることと定義して進めていくものとする。

イ ものの温まり方を実感できる実験教材について

ものの温まり方を実感できる実験教材とは、金属、水及び空気の温まりやすさを比較でき、目に見えない温度の変化や動きをとらえさせる実験教材である。

これを満たすために、実験教材に必ず含まれる要件を以下のように考えた。

- (ア) 金属の温まりやすさを水や空気と比較でき、温まる様子を視覚的に確認できること
- (イ) 水や空気の温まる様子と動きを同時に視覚的かつ動的に確認できること

この要件を満たすものとして、【表1】に示すような温度特性を持つ温度変色素材を中心に、温度の変化を視覚化できる実験教材を開発しようと考えた。そして、開発した実験教材を使い、児童に温まり方を視覚的かつ動的に確認させ、実験結果を考察させることで、ものの温まり方の違いを理解させる。実験教材の要件と本研究で開発する実験教材との関係を【表2】に示す。

【表1】開発する教材に使用する温度変色素材と温度特性

素材名	温度特性
温度変色絵の具	30 で変色（可逆変色）
温度変色マーカー	60 で無色に変色（常温で不可逆、-5 で可逆変色）
ポリオキシエチレンアルキルエーテル	70 で透明から白色に変色（可逆変色）

【表2】開発する実験教材

実験教材の要件	教材名	教材内容
(ア)金属の温まりやすさを比較でき、温まる様子を視覚的に確認できる実験教材	水棒，空気棒	水，空気をラミネートした棒で，金属と温まりやすさを比較する教材
	温度変色銅棒・銅板	銅棒，銅板に温度変色絵の具を塗布し，温まり方を視覚的に確認する教材
(イ)水や空気の温まる様子と動きを同時に視覚的かつ動的に確認できる実験教材	手作りサーモシート	温度変色絵の具や温度変色マーカーを塗った紙をラミネートしたサーモシートで，水や空気の温まり方を視覚的に確認する教材
	温度変色溶液（台所洗剤水溶液）	ポリオキシエチレンアルキルエーテル水溶液の変色により水の温まり方を視覚的に確認する教材
	温度変色寒天 スリット入り石膏ボード	温度変色絵の具を混ぜた寒天を粒状にした教材 ピーカーの水に混ぜて，スリット入り石膏ボード上で加熱し，水の温まり方と動きを視覚的に確認する教材
	空気の動き実験箱	フォグマシンで発生させた煙を入れ，電熱線の加熱で空気の温まり方と動きを視覚的に確認する教材

(4) ものの温まり方を実感できる実験教材を使った学習指導

ものの温まり方を実感できる実験教材を使った学習指導では，実験教材で温度の変化を視覚化でき，温度の変化と動く様子を関連づけさせることができる。そのため，実験の予想や結果の考察を深めさせ，確かな見方や考え方を引き出すことができる。具体的にどのような予想や考察ができるのか，その結果ものの温まり方の違いをどのように理解できるかを以下に示す。

ア 実験の予想

温まり方を実感できる実験教材による実験では，金属の温まっていく様子，温まっていく水や空気の温度の変化と動きを視覚的に確かめられる。温度の変化により変色したり，変色しながら動く実験教材を取り入れると，実験の予想は，どの部分が温まるのか，どのように温まって動いているのかなどの見方で予想ができるようになる。

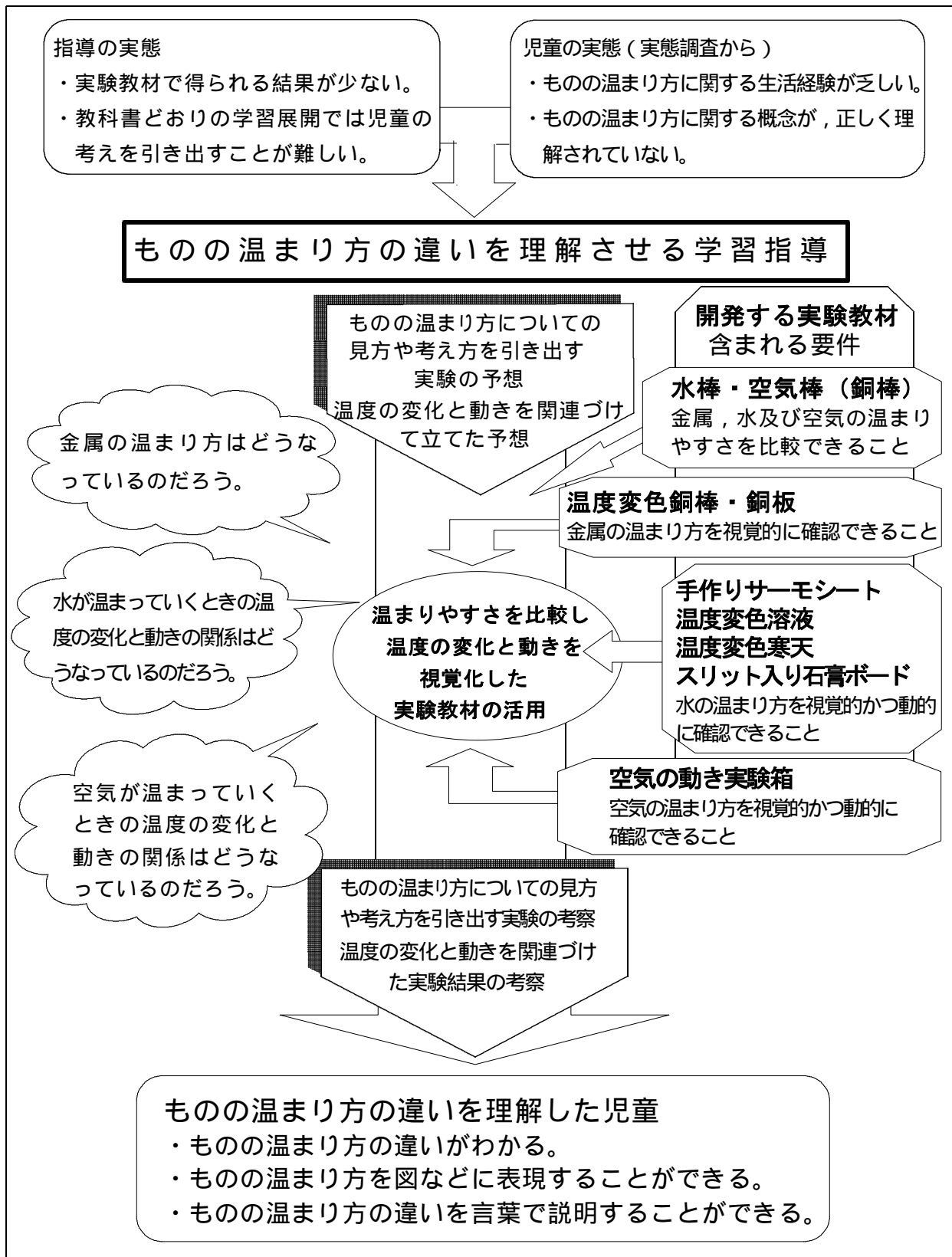
イ 実験結果の考察

時間の経過による温度の変化と動きに関する予想を基に，児童は，実験で具体的にものの温まり方を確かめることができ，その結果を予想と照らし合わせ，考察できるようになる。金属に関しては，どのように熱が伝わって温まっていくか，また，水や空気に関しては，温まったところが上昇することや，上昇したものが冷えて下降するというような考え方ができるようになる。

ウ ものの温まり方の違いを理解できた児童の姿

ものの温まり方の違いを理解できた児童は，金属，水及び空気の熱に対する性質の違いを，温度の変化と動きを関連づけてものの違いに応じて図に表現できると考えられる。同時に，温まり方の違いを言葉で説明できると考えられる。

- (5) 「ものの温まり方」の学習において温まり方の違いを理解させる学習指導に関する基本構想図
 基本構想図は、指導の実態、児童の実態を基にどのような方法で児童にものの温まり方の違いを理解させるかを表した図である。「ものの温まり方」の学習において温まり方の違いを理解させる学習指導に関する基本構想図を【図2】に示す。



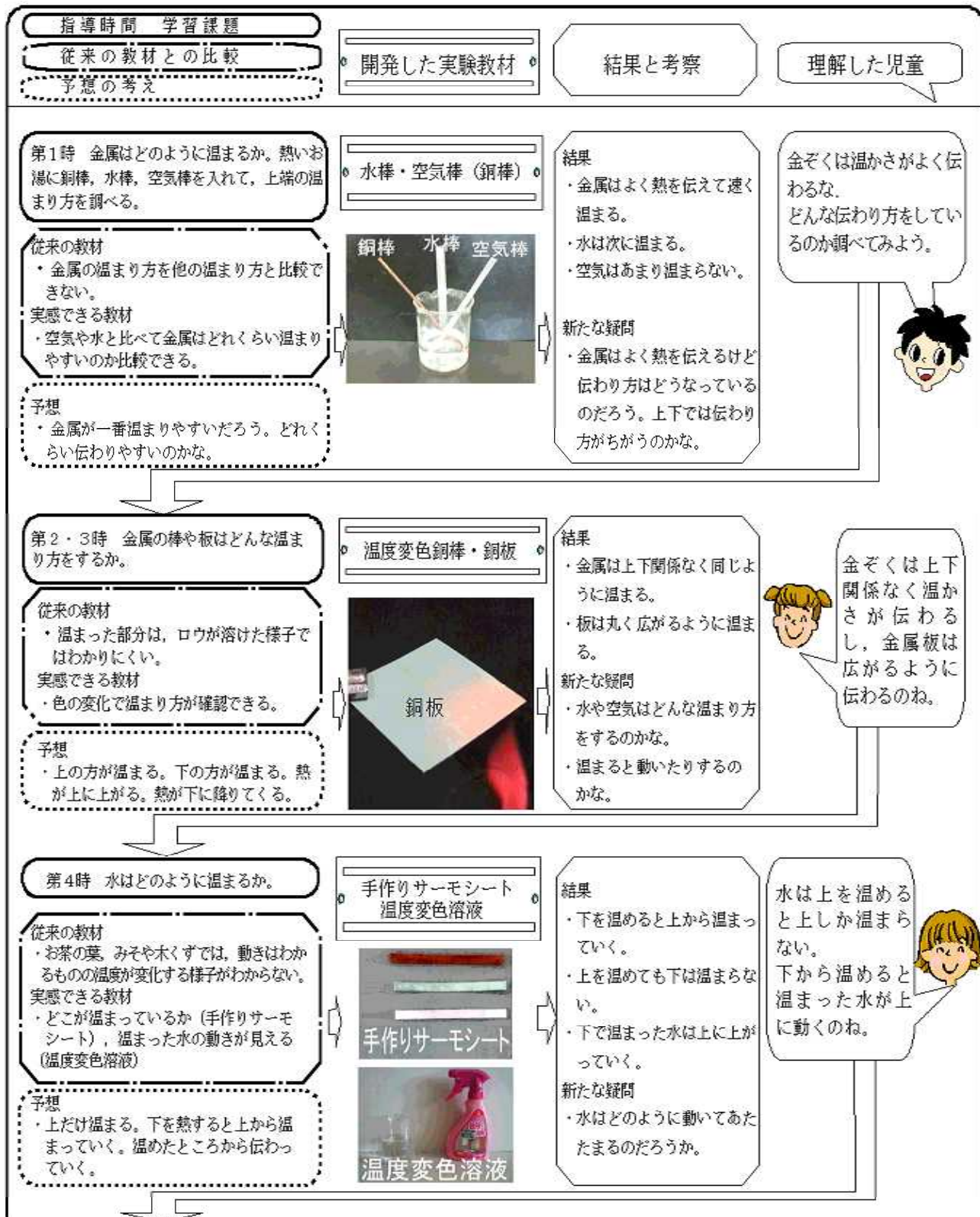
【図2】小学校理科「ものの温まり方」の学習において温まり方の違いを理解させる学習指導に関する基本構想図

2 基本構想に基づく手だての試案の作成

基本構想に基づき手だての試案を作成した。手だての試案は、児童に「ものの温まり方」を実感させる実験教材を中心にどのような指導展開を行うかを表したものである。この手だての試案に基づき検証計画を立て授業実践を行った。

(1) 手だての試案

基本構想に基づく手だての試案を【図3】に示す。縦の項目は上の欄の項目に対応し、矢印は指導の流れを示している。第1時から第6時に活用する開発した実験教材を中央に配置した。





【図3】基本構想に基づく手だての試案

(2) 検証計画

検証計画の概要を【表3】に示す。検証項目は「ものの温まり方に対する知識・理解」、「見方や考え方、実感の状況」及び「教材の有用性」の三項目である。これらに対する検証内容、検証方法及び処理・解釈の方法を表した。

【表3】 検証計画の概要

検証項目	検証内容	検証方法	処理・解釈の方法
ものの温まり方に対する知識・理解の状況	加熱による金属の温まり方についての理解 加熱による水の温まり方についての理解 加熱による空気の温まり方についての理解	テスト法	事前・事後テストを行い、正答率及び児童個々の変容の分析・考察を行う。
ものの温まり方に対する見方や考え方、実感の状況	生活との関連 実験についての見方や考え方（関心、意欲） 温まり方についての実感（金属、水及び空気の温まり方を図に描き表すことについて）	質問紙法 授業後の感想	事前・事後アンケートにより、実験の見方や考え方への関心、意欲が高まっているか分析・考察を行う。 毎時間毎の感想カード、事後テストにより開発教材により実感が得られているか分析・考察を行う。
教材の有用性	金属の温まり方について理解することに役立ったか。 水、空気の温まり方について理解することに役立ったか。 ものの温まり方の違いを理解することに役立ったか。	質問紙法	事後アンケートにより、ものの温まり方を実感するための実験教材の有用性について分析・考察を行う。

3 基本構想に基づく実験教材の開発

基本構想に基づき、開発した実験教材は、(1)水棒・空気棒、(2)温度変色銅棒・銅板、(3)手作りサーモシート、(4)温度変色溶液、(5)温度変色寒天・スリット入り石膏ボード、(6) 空気の動き実験箱の6つである。これらについて開発のねらい、実験教材の概要、実験教材の活用の順に述べる。

(1) 水棒・空気棒（銅棒）

ア 開発のねらい

水棒・空気棒を開発したねらいは、児童に実際に金属、水及び空気の温まり方を比較させ、金属の温まりやすさを実感させるためである。教科書のこの単元の導入では、スプーンやフライパンなどで金属の温まりやすさを体験させている。しかし、これでは、水や空気と比べてどれだけ温まりやすいかが比較できない。

イ 実験教材の概要

ラミネートシートを電圧を下げた半田ごてで袋状に加工し、水や空気を封入したものを作製した。加工した水棒・空気棒を【図4】に示す。これと銅棒の3つを同時に湯につけて温まり方を比較する。



【図4】水棒・空気棒

ウ 実験教材の活用

第1時の導入「金属、水及び空気の温まりやすさを比較させ金属が温まりやすいことを実感させる実験」で使用した。湯につけると金属棒（銅棒）がすぐ温まり、水棒・空気棒と比較することで金属が温まりやすいことが確認できた。

(2) 温度変色銅棒・銅板

ア 開発のねらい

温度変色銅棒や銅板を開発したねらいは、金属の温まり方を視覚的かつ動的にとらえさせるためである。従来の実験教材は、銅などにろうを塗ってその溶け具合で温まり方を観察していた。しかし、ろうは無色で溶け方が速く、溶けた部分との境目がとらえにくかった。一方、サーモテープを部分的に貼り付けて変色の様子で温まり方を見る実験では、サーモテープを部分的に貼るため、金属棒や板の温まり方を連続的にとらえることが難しかった。

イ 実験教材の概要

温度変色絵の具を銅棒と銅板に塗布したものである。ターナーカラーから最近発売された温度変色絵の具3C(スリーシー)は、約30℃で色が大きく変わる温度変色(サーモクロミック)絵の具である。これは金属に塗布することができ、乾いて固まるとよく固着し、水に溶けることもない。しかも、棒に直線的に塗ったり、銅板全面に塗ったりできるので、温まり方を連続的にはっきりととらえることができる。銅棒、銅板に塗布したものは、変色した後、一時的に色変化が不可逆になるので、熱したあとも結果を確認できる。水にひたすともとの色に戻るため、焦がさない限り何度でも使える。加工した銅棒、銅板を【図5】に示す。



【図5】温度変色銅棒・銅板

ウ 実験教材の活用

第2時、第3時の「金属の熱の伝わり方を調べる実験」で使用した。金属が温まると同時に変色が進んでいく。銅棒、銅板ともに紫から黄色へと変色して温まった様子を確認できた。

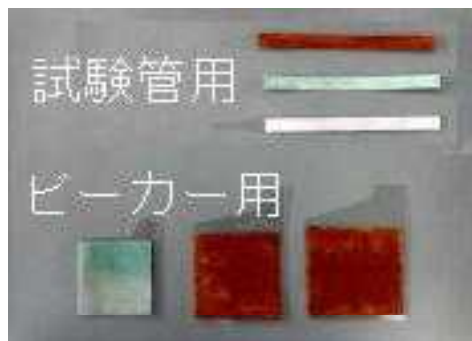
(3) 手作りサーモシート

ア 開発のねらい

手作りサーモシートを開発したねらいは、実験器具の形に合わせて自由に加工し、容易に器具の中の水や空気の温度の変化を視覚的にとらえるためである。教科書の中でも水や金属の温まり方を調べるためにサーモシートが使われてきている。しかし、値段が高く試験管やビーカーなどの実験教材の形に合っていないため、使いやすさの点から不便であった。

イ 実験教材の概要

前述の温度変色絵の具、又は最近パイロットインキから発売されたフリクションラインを器具の形に合わせて裁断した紙に塗り、ラミネートしたものである。温度変色絵の具で作製したものは約30℃で可逆変色し、フリクションラインで作製したものは約60℃で不可逆変色する。【図6】に示すように水の温まり方の実験の用途に合わせ、形状を試験管やビーカーの大きさに合わせて作った。フリクションラインで作ったものは、約-5℃まで冷やさない限り元の色に戻らないので、実験結果の保存や掲示に使うことができる。



【図6】手作りサーモシート

ウ 実験教材の活用

第4～6時の「水や空気の温まり方を調べる実験」で使用した。第4時では、試験管用のもので水が上から温まる様子を確認し、第5時では、ビーカー用のものでビーカーの水がどこから温まるかを確認するために使った。第6時の空気の温まり方では、空気の動き実験箱内部に貼り付け、空気の温度の変化を確認するために使った。

(4) 温度変色溶液

ア 開発のねらい

温度変色溶液を開発したねらいは、温まるときの水の動きを手軽に確認するためである。前述の温度変色絵の具を溶かすと色の変化は確認できるものの、溶液に透明度がないために水の動き自体をとらえるのには不向きである。

イ 実験教材の概要

温度変色溶液は、試験管やビーカーに水を入れ、洗剤を数mL入れて混ぜて作る。そして、泡が消えてから実験に使用する。加熱して約70℃になると洗剤成分は【図7】のように白濁し、温まるときの水の動きが確認できる。この原理は、アデカトール（非イオン系界面活性剤）の水溶液が、約80℃で白濁することで水の温まるときの動きを確認できるもので、平成17年糸魚川理科教育センターから紹介された。この白濁を生じる成分が、ポリオキシエチレンアルキルエーテルであること、市販の台所周りの汚れ落とし用洗剤に含まれていること、その水溶液が、70℃付近で白濁することがわかり、教材として使うことにした。100円ショップで容易に入手でき、溶液の調製も簡単である。一度白濁したものは、冷やすと透明に戻り何度でも使うことができる。



【図7】台所洗剤水溶液

ウ 実験教材の活用

第4時の「試験管の水を加熱したときの動きを見る実験」で使用した。水の入った試験管の上部を加熱すると上部だけ白濁し、下部から加熱すると上に向かって煙のような白濁が見られ、水の上昇の様子を視覚的に確認できた。

(5) 温度変色寒天・スリット入り石膏ボード

ア 開発のねらい

温度変色寒天の開発のねらいは、温めている水のどこがどのように温まって動くかを確認するためである。教科書の水の温まり方の実験では、ビーカーの水が温まるときの動きを味噌や木くず、お茶の葉などで確かめている。しかしこれでは、動いている水の温度の変化が分からない。そこで、水の温度の変化に沿って動きながら変色するものを使えば、温度の変化と動きを同時に確認できると考えた。水が温まって動く様子が確認できれば、温まった水が動くことと理解できる。しかも、温まって上昇した水が、下降する際、変色が元に戻る現象から水が冷えて下降することも確認できる。

スリット入り石膏ボードの開発のねらいは、水の入ったビーカーを加熱する際、加熱部分を絞って集中的に加熱できるからである。

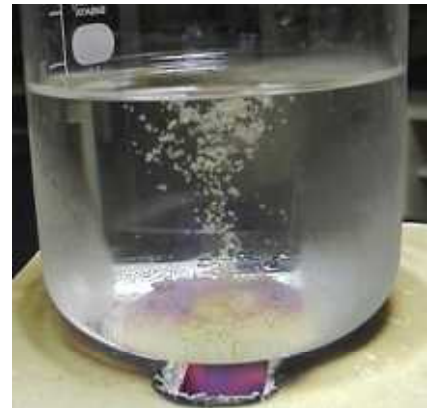
イ 実験教材の概要

温度変色寒天は、寒天と温度変色絵の具を水に溶かし加熱後、冷却して固め、1mm角程度に細かく切ったものである。水に入れて加熱すると【図8】のように底に沈んでいる温度変色寒天が温まった水の温度の変化で変色して上昇し、側面へ移動し下降する様子がわかる。手作りサーモシートとの併用で、温まった水が上昇することと、水が上から温まっていくことが観察できる。

スリット入り石膏ボードは、正方形（1辺12cm）に加工し、15mm幅のスリットを入れたもので、これによりビーカーの一部を集中して加熱できるため、ビーカーの中央を加熱して温められた水が中央から上昇して側面へ移動する様子を容易に確認できる。スリット入り石膏ボードを【図9】に示す。

ウ 実験教材の活用

第5時の「ビーカーの水の温まり方を調べる実験」で使用した。ビーカーの側面から加熱すると、変色して側面に沿って上昇し、移動する様子が確認できた。中央から加熱するとビーカーの底の中央から変色が始まり、上昇し両側に移動する様子が確認できた。



【図8】温度変色寒天



【図9】スリット入り石膏ボード

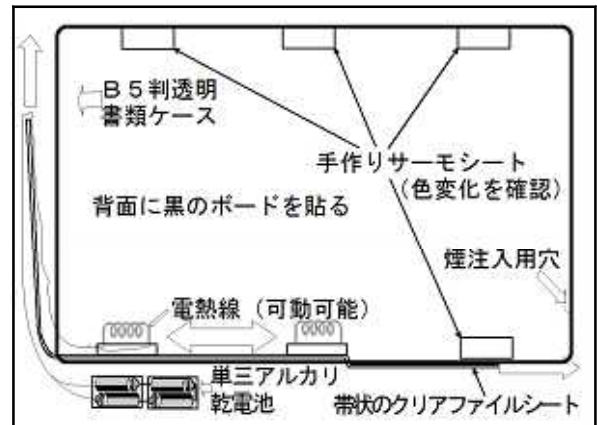
(6) 空気の動き実験箱

ア 開発のねらい

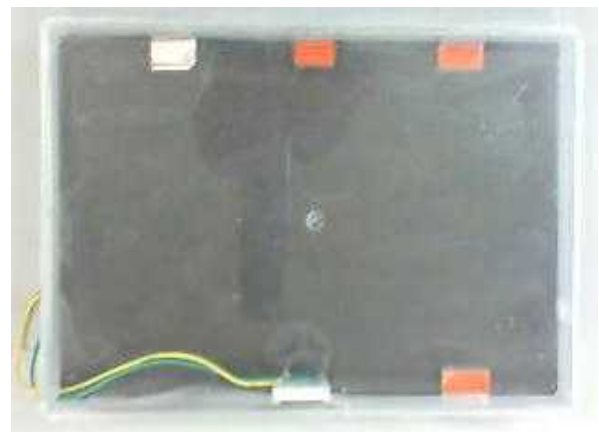
空気の動き実験箱を開発したねらいは、空気が上昇するだけでなく、上部を移動して下降する様子を観察させるためである。教科書では、電気コンロに線香を近づけたり、ピーカーや容器に線香の煙を入れて加熱したりして空気の動きを観察している。しかし、この実験では、上昇の様子は確認できるが、温める位置を変えると動きがどのように変わるか、上昇した空気はその後どのように動くかを明確に観察できない欠点があった。

イ 実験教材の概要

実験箱の模式図を【図10】に示す。市販の透明プラスチック製書類ケース（B5判）を加工したものを容器として使う。不燃ボード片（2.5cm×1.7cm）に電熱線を釘で固定し単3アルカリ電池4本（6V）の電流で発熱させ、空気を加熱する。発熱部分は移動できるようにクリアファイルを細く切ったシートに貼り付け、その両端をケースにつけた切れ目からケース外に出した。開発した空気の動き実験箱を【図11】に示す。



【図10】空気の動き実験箱【模式図】



【図11】空気の動き実験箱

シートの両端を引っ張ることにより、発熱部分を容易に移動させることができる。これにより、側面を加熱した場合と中央を加熱した場合の2通りの実験を連続して行うことができる。側面には煙注入用の穴を開けグリコールを原料とする煙を発生させる装置（フォグマシン）で煙を発生させ、袋に一旦入れ袋から実験箱に充満させる。この煙は常温で箱内に偏ることなく広がる。この状態で電熱線を発熱させ、空気の動きを確認する。なお、温度の変化を見るために上3カ所、下1カ所に手作りサーモシートを貼り付け、空気の温度の変化を確かめるように工夫した。電熱線を発熱させると煙の動きとともに、発熱部分の真上から手作りサーモシートの変色が始まり、周辺上部へと進んでいく。

ウ 実験教材の活用

第6時の「空気の温まり方を確認する実験」で使用した。フォグマシンの煙を空気の動き実験箱に入れ、最初発熱部分を端に設置し電流を流すと、側面に沿って煙が上昇し反対側に移動して下降していく様子が確認できた。次に発熱部分を中央に移すと、中央から上昇が始まり、両側面に向かって流れ、下降していく様子が確認できた。この教材は、ケースごと縦や斜めにもすることもできるため、煙が必ず上に向かって上昇する様子も確認させることができた。

4 授業実践及び実践結果の分析と考察

(1) 授業実践の概要

開発した教材を使い、水や空気の温まり方を実感できる実験を取り入れた授業実践の概要（第1時～第8時）について述べる。実施対象は所属校の北上市立黒沢尻東小学校4年2組37名で、実施期間は、平成19年9月26日～10月5日である。

ア 「水棒、空気棒」を使った実験（第1時）

この実験のねらいは、「ものの温まり方」の授業展開の導入で、金属、水及び空気のどれが温まりやすいかを比較させ、金属が温まりやすいことを実感させることである。

水棒、空気棒を実際に触らせた上で、金属棒（銅棒）と一緒に湯に入れたらどれが一番温まるかを予想させた。ほとんどの児童が金属と答え、水、空気に関してはあまり温まらなると予想する児童が多かった。



【図13】比較する様子



【図14】記録する様子

実験では【図13】【図14】に示すように金属が温まりやすいことが確認でき、児童の予想通りだったが【図15】のワークシートの記録からわかるように、水が予想よりも温まりやすいことに驚いている児童が多かった。

<p>金ぞく</p> <p>予想 1番 熱くなる</p> <p>結果 金ぞくは、1番あつくなりました。</p>	<p>水</p> <p>予想 2番 熱い水になる。</p> <p>結果 水といがいとあつくなりました。</p>	<p>空気</p> <p>予想 3番 空気はすこししかあたたまらないと思う。</p> <p>結果 空気は、ぜんぜんあつくなりました。予想とちがいました。</p>
---	---	--

【図15】児童の学習シート(第1時 金属、水及び空気の比較)

イ 「温度変色銅棒」を使った実験（第2時）

この実験のねらいは、金属の温まり方を視覚的に実感させることである。

第1時の金属の温まりやすさの実感から、金属棒がどのように温まるかを、3つの場合について予想させた。一つ目は、棒を平行にし中央を加熱する場合で、ほとんどの児童が同じと答えた。二つ目は傾けて上端を加熱する場合で、下は温まらなると予想した児童が12名もいた。三つ目は傾けて中央を加熱する場合で、「同じ」が18名、「下がよく温まる」が13名、「上がよく温まる」が3名と分かれた。このことから熱に重さがあるという概念をもっている児童が少なからずいることが分かった。



【図16】中央を加熱する様子



【図17】端を加熱する様子

実験では【図16】【図17】に示すように金属棒が数秒で変色していく様子を観察し、触った感じで熱がどの場合も同じように伝わることを確認できた。そして【図18】のように温めたところから熱が順に伝わっていくことを実感できた。

<p>予想</p> <p>① どちらも同じくらいあつくなれおもう。</p> <p>わけ まんながにあついているからかたがたがけえうたから。</p>	<p>② あまりあつくないと思う。</p> <p>わけ くるとしてもすこしあつたがけえうたから。</p>	<p>③ 同じくらいあつくなると思う。</p> <p>わけ ななめになつていてまんながにやつているから。</p>
<p>結果</p> <p>同じ</p>	<p>結果</p> <p>下の方にい</p>	<p>結果</p> <p>全体</p>

【図18】児童の学習シート(第2時 金属棒の温まり方)

ウ 「温度変色銅板」を使った実験（第3時）

この実験のねらいは、金属の板の温まり方を視覚的に実感させることである。

金属の板はどのように温まるかを正方形の金属板とコの字型の金属板で予想させた。正方形の金属板の端を温める場合については、伝わり方を曲線にしている児童が多かったが、直線で描いた児童も数名いた。コの字型の金属板は、全員欠けているところは伝わらないと予想した。正方形の金属板の中央を加熱する場合については、真ん中からの円を描く児童が多かったものの、端を温めたときと同じような線を描いている児童もいた。

実験では【図19】【図20】に示すようにろうの場合とは異なり数秒加熱するだけで、どの方向からでも変色が確認でき、【図21】のように「曲がっている」「丸くなっている」と記録している表現が多く見られ、金属板の温まり方を視覚的に実感させることができた。

エ 「温度変色溶液」「手作りサーモシート」を使った実験（第4時）

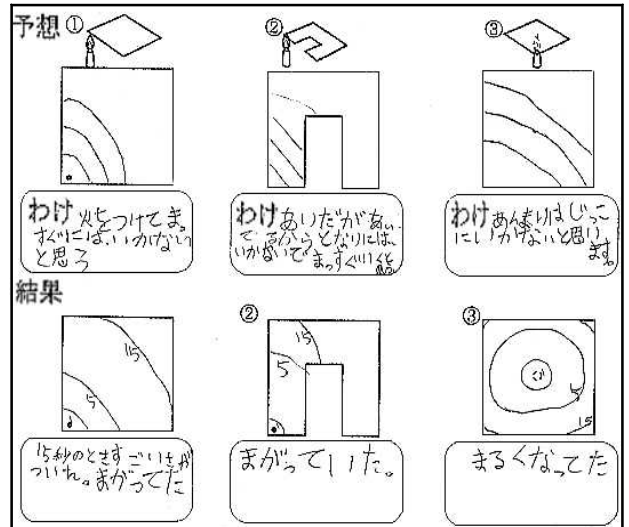
この実験のねらいは、水を試験管に入れ、上部と底を温めたときの温まり方の違いを実感させ、水の温まり方と金属の温まり方の違いを理解させることである。

予想では、上部を温めると下も温まるという児童が多く、理由については金属と同じように伝わるからということだった。下部を温めた場合については、上まで温まると答えた児童が多く、理由の中にお風呂の温まり方の例を挙げた児童が1名だけいた。

実験では【図22】に示すように水を試験管に入れて、上部を熱したときは上部しか温まらないことを手作りサーモシートの変色と底の部分を触った感触で確かめさせた。【図23】に示すように下部を温める実験では、サーモシートが上から変色することを確認でき、その理由については、水が上に動いているからという意見が出たので、実際に水が上に移動しているのかどうかを温度変色溶液で確かめさせた。【図24】の記録にもあるように「白い煙のようなもの」が上に行くことから水が下で温まって上部に移動していることを実感させることができた。



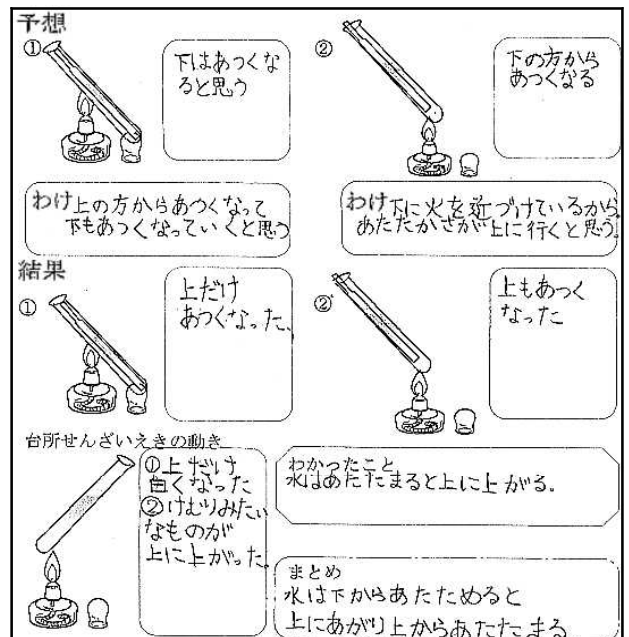
【図19】加熱の様子(正方形) 【図20】加熱の様子(コの字形)



【図21】児童の学習シート(第3時 金属板の温まり方)



【図22】上部を加熱する様子 【図23】下部を加熱する様子



【図24】児童の学習シート(第4時 試験管の水の温まり方)

オ 「温度変色寒天」を使った実験(第5時)

この実験のねらいは、温度変色寒天を使い、ビーカーの水がどのような温まり方をするのかを温度の変化と動きを関連づけて実感させることである。

ビーカーに水を入れ、端と中央を加熱したとき温まり方はどうなるかを予想させると、第4時の試験管の水の温まり方の実験を基に、「上に上がる」と予想した児童がほとんどであった。上がると予想した児童に、「上昇する水は温まってから上がるのか」、「上昇しながら温まるのか」を温度変色寒天がどこで変色するかから問いかけた。すると、「温まって上がる」と「上がってから温まる」に意見が分かれ、動きだけでなく温まり具合について予想の段階で考えさせることができた。次に、上昇したあとの動きがどうなるかをについて、「下がってくる」と予想した児童に、下がる時温度変色寒天は変色するかについて問いかけると、「もどらない」という意見が多かった。

実験では【図25】【図26】に示すように、温度変色寒天が変色してから上昇し、下降するときに元の色に戻る様子を食い入るように観察する様子が見られ、寒天の動きを手でたどりながら確かめる児童も見られた。このことから、水は温まってから上昇し、上部で冷えたものが下降してくることを実感させることができた。児童の学習シートの記録を【図27】に示す。

カ 「煙の動き実験箱」を使った実験(第6時)

この実験のねらいは、空気の動き実験箱を使い、端と中央を加熱したとき、温まり方はどうなるかを考えさせ、手作りサーモシートの変色とフォグマシンの煙の動きから、空気の温まり方を温度の変化と動きを関連づけて実感させることである。

空気が温まるときの動きはどうかを問いかけると、水の温まり方の学習と同様に考え、予想の段階から回るように動く図を描いている児童がほとんどだった。箱の中の手作りサーモ



【図25】 端を加熱する様子



【図26】 中央を加熱する様子

<p>予想</p> <p>①はしをあたためたとき</p> <p>上にあがりながら色かわる。</p> <p>わけ あたためると どんどんかわっていくから。</p>		<p>②真ん中をあたためたとき</p> <p>上にあがりながらかわる。</p> <p>わけ まん中に火をあてているから そのとおりくすかあがって色がかわる。</p>	
<p>結果</p> <p>下で色がかわってから上に上がって下に下がってくるというしよにピンク色にかわった。</p>		<p>色がかわってから上に上がり下りていった。</p>	

【図27】 児童の学習シート(第5時 ビーカーの水の温まり方)



【図28】 端を加熱する様子



【図29】 中央を加熱する様子

<p>予想</p> <p>①はしを温めたとき</p> <p>左の方からあたたまる。</p> <p>わけ まのうの水といっしょ たごと思から。</p>		<p>②真ん中を温めたとき</p> <p>まんなかからあたたまって右と左もあたたまる。下に下がってくる。</p> <p>わけ 水といっしょだと思</p>	
<p>結果</p> <p>左からあたたまっていきたくと一番右の方からかわって下がっていかない。</p>		<p>まん中の方から右と左にあたたまっていきたくと下がってあたたまるからたごと。</p>	

【図30】 児童の学習シート(第6時 空気の温まり方)

シートがどのように変色するかについては、横のものも変色すると予想する児童が数名いて、「ストーブも横が温まるから」という理由が出た。

実験では【図28】【図29】に示すように、空気が激しく上昇し側面を下降する様子を指で確かめている姿が見られ、加熱部分の真上の手作りサーモシートから変色が広がっていくことから、空気の動きと温まり方を実感させることができた。児童の学習シートの記録を【図30】に示す。

キ 第7時のねらいは、金属と、水及び空気の温まり方をまとめ、水や空気が温まると上昇する理由を確かめることである。

まず、金属の温まり方をまとめ、水と空気の温まり方と比べて違っている点を出させた。その中から水や空気は動いていることに着目させ、なぜ動くのかを話し合わせた。温まると軽くなるからという意見が出された。

水の重さを比較するために【図31】に示すように赤く着色した湯の入ったカセットケースに、青く着色した冷水を入れ、青い水が下方に沈んで2層になることを確認した。空気についても【図32】に示すように同じ体積の温かい空気と冷たい空気を袋に詰めて重さを電子天秤で量り、温かい空気が軽いことを確認した。水の重さを比較した結果の記録を【図33】に示す。

ク 第8時のねらいは、金属、水及び空気の温まり方を生活の中でどのように利用しているかをまとめることである。

金属については、調理用具は熱が伝わりやすい部分だけでなく、取っ手の部分は熱が伝わりにくい材料が使われていることを鍋などで確認し、水については水を温めるポットや炊飯器のヒーターの場所と温まり方について話し合った。空気

に関しては冷房、暖房器具の取り付け場所について話し合った。ここでソーラーバルーンを提示し、太陽の熱で空気が温まり上に上昇する力を利用して【図34】に示すようにまとめた。

その後【図35】に示すように実際にソーラーバルーンを飛ばして温まった空気が上昇する力を体感させ、その後【図36】に示すように、降ろして袋自体が温まっていることや中の空気が温まっていることを体感させた。

(2) 実践結果の分析と考察

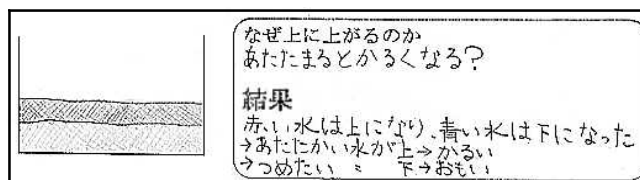
実践結果の分析と考察を、検証計画に基づいて行った。その結果、おおむね児童にもものの温まり方を理解させることができたといえる。検証項目毎の分析と考察を以下に示す。



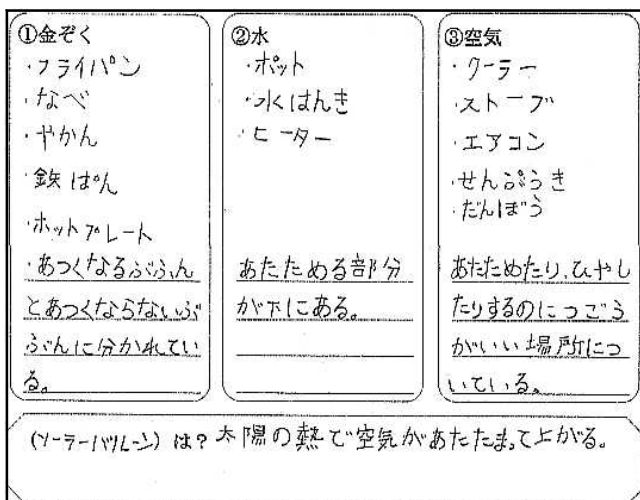
【図31】水の重さの比較



【図32】空気の重さの比較



【図33】児童の学習シート(第7時 水の重さの比較)



【図34】児童の学習シート(第8時 ものの温まり方のまとめ)



【図35】ソーラーバルーンの上昇



【図36】空気の温度確認

ア 知識・理解の状況について

(ア) 事前・事後テストによる調査結果と分析

知識・理解について、事前・事後テストの結果から分析を行った。t検定の結果、2つの設問を除き有意差が認められ、手だての試案に基づく授業実践は、金属、水及び空気の温まり方の違いを理解させる上で効果があったといえる。事前、事後テストの設問項目及び分析の結果を【表4】に示す。

【表4】事前・事後テストの設問項目と正答率，標準偏差，t値（n=36）

設問	事前 正答率[%] 標準偏差	事後 正答率[%] 標準偏差	t値 有意差
1(1) 金属のぼうの温まり方 (棒全体に熱がつたわるか...つたわる)	55.9	83.3	2.73
	0.50	0.37	*
(2) 金属のぼうの温まり方 (ろうが溶ける順序を書く...カ キ オ)	77.8	86.1	0.83
	0.42	0.35	
2(1) 金属の板の温まり方(ろうがとける順序) (ろうが溶ける順序を書く...イ ア ウ)	85.3	100	2.39
	0.40	0	*
(2) 金属の板の温まり方 (ろうが まで溶けたときの板全体の溶け具合を描く)	2.9	80.5	11.07
	0.16	0.40	*
3 ビーカーの水の温まり方(中央加熱) (ビーカーの中央を加熱したときの水の動きを矢印で描く)	0.0	82.9	12.82
	0	0.40	*
3 ビーカーの水の温まり方(側面を加熱) (ビーカーの側面を加熱したときの水の動きを矢印で描く)	20.0	97.1	10.36
	0.40	0.28	*
4 試験管の水の温まり方 (試験管の水全体が温まるものを選ぶ)	42.9	77.1	3.43
	0.50	0.44	*
5 空気の温まり方(温まる順) (部屋の一番温まる場所を記号で書く)	41.2	85.3	4.20
	0.49	0.40	*
6 空気の温まり方 (部屋の中央でストーブをつけたときの空気の動きを矢印で描く)	0.0	76.5	10.36
	0	0.45	*
6 空気の温まり方 (部屋の端でストーブをつけたときの空気の動きを矢印で描く)	50.0	85.3	2.76
	0.51	0.40	*
7 空気の温まり方(冷やしたときの動き, 学習内容外) 氷で冷やしたときの空気の動きを矢印で描く。	26.5	67.6	4.31
	0.44	0.49	*
8 金属、水及び空気の温まり方をア、イ、ウから選ぶ。 「ア あたためられたところから熱がつたわって、ほかのところがあたたまっていく。」...金属	47.2	83.3	3.65
	0.51	0.38	*
「イ あたためられたところしかあたたまらない。」	38.2	70.6	3.20
	0.49	0.48	*
「ウ あたためられたところが動きながら、全体があたたまっていく。」...水、空気	58.3	77.8	1.75
	0.50	0.42	
平均 [%]	38.0	83.3	

- 注 1 実施日 事前テストは9月22日，事後テストは10月9日に実施した。
 2 有意差の欄の*は，t検定において有意水準5%で有意差があることを示す。
 3 設問は14問で1問につき1点，14点満点とした。t検定に用いた公式は，次の通りである。

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2 - 2rS_1S_2}{n-1}}}$$

\bar{X}_1 と \bar{X}_2 は事前・事後のテストの平均点
 S_1 と S_2 は事前・事後の標準偏差
 r は相関係数， n は人数

テストの分析から、次の2点が実感できる実験教材の効果として挙げられる。

1点目は、実感できる実験教材で金属、水及び空気の温まる様子を視覚的にとらえ、図に表現できる力が児童についたといえる。これは、金属の板の温まる様子を図示する問題、水や空気の動きを図示する問題の正答率が実施前に比べ大きく向上したからである。

2点目は、「温まると上がるから冷やされると下がる」というように、理解したことを応用できる児童が増えたことである。これは問題7の、実験では全く扱わない冷えた空気の動きを図示する問題の正答率が増加したことからわかる。

イ 「ものの温まり方」に対する見方や考え方、実感の状況について

「ものの温まり方」に対する見方や考え方、実感の状況は、授業実践のあと大きく向上したといえる。その理由を事前・事後アンケートの分析、感想カードの分析から述べる。

(ア) 事前・事後アンケートによる見方や考え方、実感の状況

事前・事後アンケートの分析から、温まり方の違いを理解させる実験教材は児童の興味・関心や実験に対する見方や考え方を伸ばすことができたといえる。

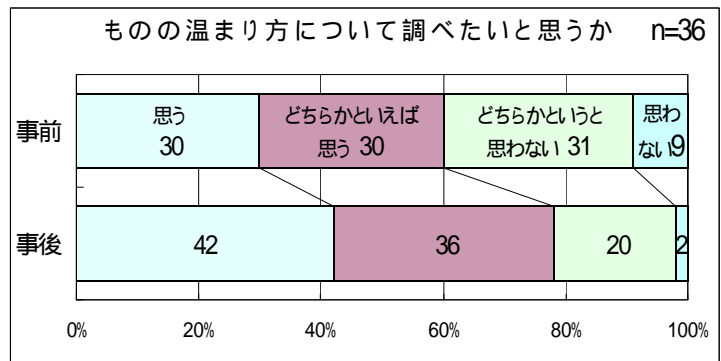
ものの温まり方への関心については【図36】に示すような結果であった。このことから、授業の中でのものの温まり方について興味や関心を抱き、調べてみたい気持ちをもつ児童が増えたと考えられる。

実験について自分で考える力については【図37】【図38】に示すような結果であった。このことから、ものの温まり方の学習を進める中で実験の予想や結果について考えようとする態度が向上したと考えられる。つまり、児童は実感できる実験教材に興味や関心をもち、考える視点が与えられたことで実験がどうなるかや結果から分かることを自分で考えながら学習していたといえる。

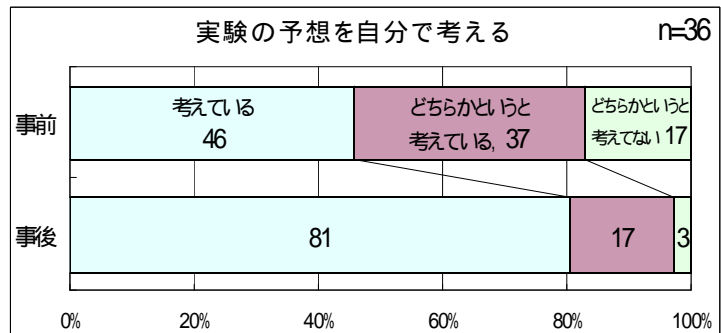
(1) 感想カードによる実感の状況

開発した実験教材を使った授業での実験の様子と、毎時間記入した学習シートの感想から、温まり方を実感している部分を【資料1】に示す。波線(~~~~)は実感の表れている部分である。

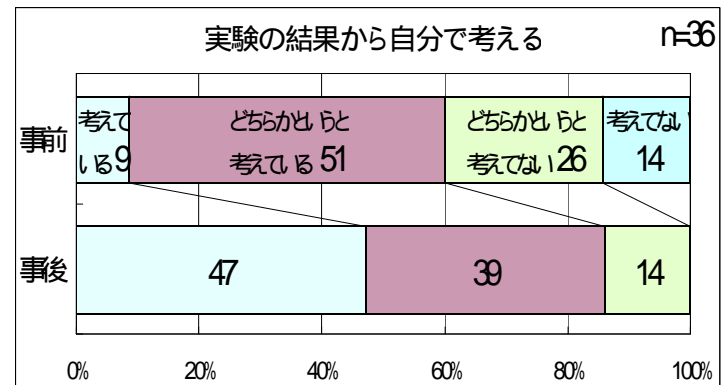
この記述から、児童が実感を伴って温まり方の違いを理解していることと、実験をとおして様々な驚きや発見をしていたことが明らかになった。



【図36】「ものの温まり方」への関心






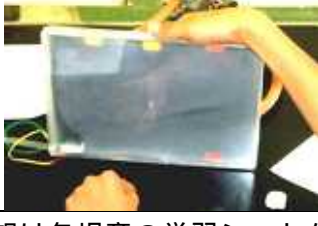


【図37】実験の予想についての考え



【図38】実験の結果についての考え

【資料1】各時間の実験の感想

時	実験教材活用の様子	実験後の感想
第1時		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>空気と木は温まらなかったけど、金ぞくと水は思ったよりあつくてびっくりしました。(23人)</u>
第2時		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>どこを温めてもそこから伝わって全体が温まる</u>ことがわかりました。(14人)
第3時		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>金ぞくが丸く熱が伝わっていく</u>ことを初めて知りました。(14人) ・ <u>少ない時間でも熱がどんどん伝わっていく</u>ことにびっくりしました。(6人)
第4時		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>とうめいな水を温めてもどうなっているかはわからないけど、台所せんざいえきを入</u>ると水は下から温まって動くことがわかりました。(12人) ・ <u>水の温まり方でせんざいだとけむりみたいなのが上に</u>いっていたのがすごかった。(4人)
第5時		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>色が黄色になって上に上がって落ちるときまた色が</u>変わったのでびっくりしました。(6人) ・ <u>丸く動くのがすごい</u>と思いました。(6人) ・ <u>すぐ冷えて落ちるのがすごい</u>と思いました。(2人)
第6時		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>空気は温まると上に上がる</u>ことがわかりました。(2人) ・ <u>温まると丸く回る</u>ことがわかりました。(3人)

感想は各児童の学習シートから抜粋したものである。()内は類似した感想の人数を示す。

実感についての感想は、「熱がどんどん伝わる」「色が変わって動いた」「あたたまると上に上がる」などであった。このことから、児童はものの温まり方の違いを視覚的かつ動的にとらえていることがいえる。これは、教科書にある実験教材からは得られない表現であり、児童は色の変化を温度の変化と関連づけ、温まったものが動くことを理解していると考えられる。

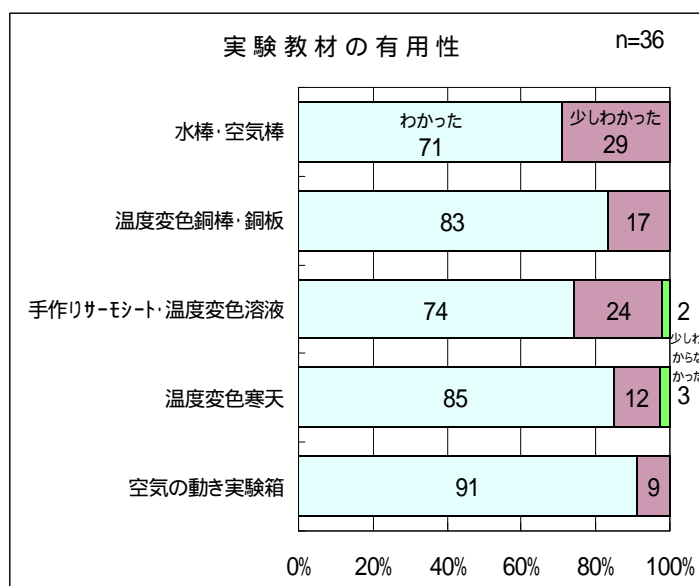
また、「びっくりした」「すごかった」などの感想からは、児童が実験について予想していたことと結果が大きく異なっていることに驚き、変化そのものを見ることに新たな発見があったことがわかる。このことから、開発した実験教材による実験が児童の興味・関心を向上させることにつながったと考えられる。

ウ 実験教材の有用性について

開発した実験教材の有用性について、事後アンケートから分析を行った。その結果、ものの温まり方を実感できる教材の有用性が確認できた。分析の結果を以下に示す。

(ア) 事後アンケートによる調査結果と分析

事後アンケートの結果を、【図39】に示す。アンケートでは、6つの実験教材を使った授業実践で金属、水及び空気の温まり方がわかったかどうかを「わかった」「少しわかった」「あまりわからなかった」「わからなかった」の4つの選択肢から答えさせた。その結果、実施した実験すべてで「わかった」と答えた児童が多く、開発した実験教材が児童に金属、水及び空気の温まり方を実感させ、温まり方の違いを理解させることができたと考えられる。



【図39】事後アンケート（実験教材の有用性）

5 ものの温まり方の違いを理解させる学習指導に関する研究のまとめ

今回、金属、水及び空気の温まり方の違いを理解させるために、6つの実験教材を開発した。これらの実験教材を活用して児童の確かな見方や考え方を引き出させる学習指導を行った本研究の成果と課題は以下の通りである。

(1) 成果

6つの実験教材「水棒・空気棒」「温度変色銅棒・銅板」「手作りサーモシート」「温度変色溶液」「温度変色寒天・スリット入り石膏ボード」「空気の動き実験箱」を開発した。これらを使い、金属、水及び空気の温まり方を比較し、温まり方を視覚的に確認することで、ものの温まりやすさや、今まで見るができなかった温度の変化と動きを児童に確認させることができた。このように、事象を実感させる実験教材により、実験の予想や結果について自分で考えさせることにより、確かな見方や考え方を引き出し、ものの温まり方の違いを理解させることができた。

ア 金属の温まりやすさを比較できるよう、「水棒・空気棒」を使い、温まり方を比較させたことで、金属が温まりやすいことを実感させることができた。また、金属を伝わる熱の速さも実感させることができ、ものの温まりやすさの違いを理解させることができた。

イ 「温度変色銅棒・銅板」を用いたことにより、塗布した温度変色絵の具の変色で金属がどこまで温まったかを視覚的にとらえさせることができた。特に温度変色銅板では、数秒で変色が進むことから、熱の伝わる速さとその広がる様子を実感させ、金属の温まり方を理解させることができた。

ウ 「手作りサーモシート」「温度変色溶液」「温度変色寒天」を使い、水の温まり方を溶液や寒天の変色と動きで視覚的かつ動的に実感させたことにより、水の温度の変化と動きを関連づけさせることができた。これにより、温まるときだけでなく、温まった水が冷えて下降することまで理解させることができた。

エ 「空気の動き実験箱」を使い、空気の動きは煙の動きで、温度の変化は手作りサーモシートの変色で実感させることで、温まった空気は上昇して移動し、上から温まっていくことを理解

させることができた。

オ 開発した実験教材を使った実験の予想や結果の考察により，児童の確かな見方や考え方を引き出すことができ，ものの温まり方を理解させることができた。

(2) 今後の課題

今後の課題を，開発した実験教材自体と，教材に必要とされる要件について述べる。

ア 今回，温度の変化で変色する素材を中心に教材を開発したが，更に改良を加え，より簡単に製作できる教材にしていく必要がある。

イ 一定の温度での変化だけでなく，温度の変化を連続的にとらえられる素材があれば，温度の変化をさらに実感させる実験教材ができる。今後はそのような要件を満たす教材を開発していきたい。

研究のまとめと今後の課題

1 研究のまとめ

本研究は，小学校理科「ものの温まり方」の学習において，温まり方を実感できる教材を開発し，児童の確かな見方や考え方を引き出し，ものの温まり方の違いを理解させる学習指導を明らかにすることによって，小学校理科の指導改善に役立てようとするものである。

そのために，温度の変化を視覚的に確認できる新素材や身近なものを使い，温まり方を視覚的かつ動的に実感できる6つの実験教材を開発した。この実験教材を活用した授業実践では，今までは見えなかった温度の変化や動きについて，児童に具体的に予想させることができ，予想と結果からものの温まり方に関する考えを引き出すことができた。このことから，金属の温まり方，水や空気の温度の変化と動きの関係を視覚的に体感し，考察を通し温まり方や動きを正しく図示できるようになり，ものの温まり方を理解させられることが確かめられた。

2 今後の課題

理科において実験教材は，児童が興味・関心をもち，結果がどうなるかを自ら考え予想し，実験で実感した結果を考察して理解をもたらすものでありたい。このような視点で，教科書の教材に留まることなく，実験教材を開発していく必要がある。

理科においても表現力・読解力を伸ばしていく必要がある。これは，実践後の事後テストで，図を比較する力，長い問題文を読み取り判断する力が不足していることが明らかになったからである。今後は，確かな理解ができる実験教材を開発するとともに，実験で理解したことを科学的に解釈し，グラフや自分の言葉を用いて表現できる児童を育てていきたい。

おわりに

長期研修の機会を与えてくださいました関係諸機関の各位，並びに所属校の諸先生方と児童に感謝申し上げます，結びの言葉といたします。

【引用文献】

阿部英幸(2006)、「感じ考え実感する理科」、『初等理科教育資料』, 8月号,
東洋館出版社, pp.32 - 35

角屋重樹(1998)、「小学校教育の改善の方向 理科」、『初等理科教育資料』, 9月号,
東洋館出版社, pp.26 - 29

塚田昭一(2003)、「関わりを通して分かる喜びを味わう理科授業の創造」、『理科の教育』3月号,
東洋館出版社, pp.16 - 18

日高好治(2001)、「生命を実感する理科授業」、『理科の教育』3月号, 東洋館出版社p.27

茂庭隆彦(1999)、「高等学校地学において地殻変動と郷土の生い立ちとの関係を実感させる地質教材の開発に関する研究 - 北上川流域に分布する活断層分布図の作成とその教材化を中心に - 」,
『平成10年度岩手県教育研究発表会発表資料』, 岩手県総合教育センター, p. 3

【参考文献】

糸魚川市理科教育センター「広報理セン web版」, 平成17年度 第8号,
<http://www17.ocn.ne.jp/i-risen/>