

子どもの生活に根ざした理科学習に関する研究  
—子どもの熱概念と物のあたためり方の学習について—

杉 本 良 一 ・ 松 尾 映 子

Study on Science Teaching Based on Children's Life  
-About the Learning of Heat and Warming Conception-

SUGIMOTO Ryoichi and MATSUO Eiko

地域学論集（鳥取大学地域学部紀要）第1巻 第3号 抜刷

REGIONAL STUDIES (TOTTORI UNIVERSITY JOURNAL OF THE FACULTY OF REGIONAL SCIENCES) Vol. 1/No.3

平成17年3月31日発行 March 31, 2005

# 子どもの生活に根ざした理科学習に関する研究

## 子どもの熱概念と物のあたたまり方の学習について

杉本良一\*，松尾映子\*\*

### Study on Science Teaching Based on Children's Life

- About the Learning of Heat and Warming Conception -

SUGIMOTO Ryoichi\*，MATSUO Eiko\*\*

キーワード：熱概念，理科学習，素朴概念，物のあたたまり方，小学校理科

## 1 はじめに

現代の子どもは，様々なメディアの情報を手に入れることができる環境にさらされている。そして，学習していない場合でも，いろいろな現象についての考え方や解釈を形作っている。そのような日常生活の中で，「熱」という言葉を，よく見聞きしたり，使ったりしている。子どもは，生活のあらゆる情報の中から，熱概念を獲得しているようである。

しかし，熱概念は理解することが困難であるため，子どもが「熱」という言葉を，科学的な意味とは異なった意味で捉えていると考えられる。また同じように，「温度」は，理解することが困難な概念であると言われている。そして，子どもは「熱」と「温度」を混乱していたり混同していたりすることがいくつかの研究により明らかにされている。「熱」とはエネルギーの一形態である。エネルギーそのものが視覚できないものであることや，日常用語としての使われ方と混同されていることなどから，熱概念は誤って捉えられていると思われる。

現行の小学校の理科学習指導要領（文部省，1999）では，熱そのものの学習はなく，中学校の学習指導要領において，理科第1分野の，エネルギーに関する学習の中で熱エネルギーについて触られている。小学校においては，熱そのものの学習は困難であると考えられるため，4年生で，物のあたたまり方に関心をもたせるようにする程度の学習にとどめられているようである。そのため，子どもは，熱の科学的な概念を構成しているとは考えられず，日常的な概念で熱を理解していると思われる。さらに，子どもの熱に対する考え方が，「物のあたたまり方」の学習に影響を与えているということも考えられる。そこで，子どもが自らの日常経験などをもとにして形成した認識を，よ

---

\* 鳥取大学地域学部地域教育学科学習科学講座

\*\* 京都府丹後町立豊栄小学校

り科学的な認識に変容させていかなければならないと考えた。本研究では、子どもの持っている熱概念を明らかにし、そして、子どもの考え方を間違いとするのではなく、それらを生かして、より科学的な見方や考え方に变容させることができる「物のあたまり方」の学習について示唆することを目的とした。研究の方法としては子どもの熱概念を科学的なものに構成するため、まず子どもの持っている熱概念の実態を、質問紙法による調査によって明らかにする。子どもの既有的考え方が分かっているならば、子どもの予想と対立する、子どもに考え方を再検討させる経験を使って学習させることができると考え、調査を行なった。

調査の結果から、子どもの熱のイメージをまとめ、その傾向を分析する。また、子どもの熱現象に対する経験の有無を把握することによって、教材への有用性を考えるようにした。「物のあたまり方」に関する問題では、回答結果から、発達段階による一定の傾向を分析し、授業の影響や問題点を考察した。

子どもの自然認識について、さらに調査から分かったことを踏まえて、子どもの生活経験や日常的な概念を生かしながら、子どもがより科学的な認識を構成することのできる学習を考える。

## 2 子どもの科学理論の構成について

子どもは、日常の生活を通して、いろいろな考え方や解釈を形作っている。子どものもつ既有的な考え方は、素朴概念(*naive conception*)、ミスコンセプション(*mis-conception*)、プリコンセプション(*pre-conception*)、子どもの科学(*children's science*)などと呼ばれている。それぞれの言葉の意味は少しずつ異なるがほぼ同義語と解釈してよい。

特に、OsbornとFreyberg(1988)は次のように特徴づけている。すなわち、子どもの考え方は、独自の自然観の中で作り出され、ある現象について学習をしていなくても、既にいろいろな考え方を持っている。そしてその考え方は、しばしば科学者の考え方とは異なっている。また、それは常に堅固で、矛盾する場合でさえも変化しないとしている。

子どもは、自分の考え方と矛盾する考え方に会ったとき、それを正確に認識しないことがある。なぜなら、子どもは自然現象についての解釈や予想がうまく当てはまるように思えるなら、一貫した見方や考え方、つまり科学的な見方や考え方が必要だと理解しないのである。つまりそれは、子どもの考え方が、子ども自身の独特の理論に基いていて明解であり、一貫性を持っているということを示している。さらに、子どもは、自分の考え方と対立する証拠を無視し、それを以前から持っている考え方で解釈してしまうこともある(Driver, Guesne & Tiberghien, 1993)。

さらに子どもは、日常的な現象について説明するとき、その現象に対して、今まで慣れ親しんできた、習慣化された説明の仕方をする(Osborn, Freyberg, 1988)。子どもは、同一の事象の説明としていくつもの説明を受け入れることもあるし、同じ考え方で説明できる事象について、ある概念が使われたりまた別の概念が使われたりして、いくつかの矛盾する考え方をいうこともある。たとえば、子どもの説明の相互間に矛盾があったとしても、「それはそれ、これはこれ」というように考えていて、各事象や状況の中で、子どもにとってはそれぞれが論理的一貫性を持っているのである(堀 哲夫, 1990)。そのようなときにはそれぞれ別々の要素が作用している。そのため、それらの考え方のどれかを変えるには、学習者のもつ知的構造そのものの修正が必要なのである(Driver et al., 1993)。

このように子どもは、個人的な考え方で事象を見て、それを解釈している。子どもが現象を解釈するために用いる既存の概念は子どもそれぞれで違う。そのため、解釈の仕方も多様である。しかし、個人的な考え方であるということが、必ずしも多数の人に共有されないということではない。さまざまな年齢層の子どもが使用する傾向をもつタイプの中に、明らかな一般的パターンが存在する、ということが子どもの概念研究などで報告されている。

問題状況にあるとき、子どもは、まず観察可能な特徴に基づいて推論するという傾向がある(Driver et.al., 1993)。これは直観に依存した思考であり、多くの子どもは一般的に、目に見えないものは存在しないと考えがちである(ただし空気は例外である)。子どもは、観察あるいは知覚不可能なものを思考の対象に加えないことが多いので、科学的な見地からは不十分さは免れえない(堀, 1990)。また、いろいろな事象について推論する場合に、感覚器官のみによって推論することが多いとしている。

子どもの考え方には、感覚的特徴が異なる状況において、別物だが同じように働く考えが引き合いに出されることがある。このことは、繰り返し現れる考えは、一連の自然現象に関する子どもの理解に浸透しているものである。それは、知覚から導き出される傾向をもち、ある効果を生み出すある一つの作用という発想を伴う直線的な因果関係に基づく推論をする傾向が強い。つまり、可逆的な思考がなかなかできないのである。このような考えは根が深いものであり、教授されても繰り返し現れる(Driver et.al., 1993)。

子どもが理科学習の中で未知なる状況に遭遇したとき、自分の既有知識でその現象に関わりをもとうとするが、そこでは、言葉や絵、身振り手振りなどさまざまな表現活動が展開される。中田と森本(1994)は、子どもの表現の仕方を、大きく四つの種類に性格分けしている。それらは以下のようである。

- 「描写的」・・・現象を知覚したままに表現するもので、特にその対象となる現象は、光、音、動き、感触などに関係する特徴的なものとなっている。
- 「説明的」・・・現象に対して、学習者が各自の日常知に基づいた形でその理由を説明するものである。科学概念としての正確さは別として、学習者の興味、関心が現象のどの部分に向けられているかを明らかにする。
- 「自問的」・・・現象自体を受け入れることはできるが、その現象を生起させている納得のいく原因がわからず、自ら問いをたてる表現である。
- 「矛盾的」・・・自らに問いをたてる表現であるが、着目している現象に、それと相容れない慣れ親しんだ日常知が付随している。したがって、現象に対する問いかけは、葛藤状況における矛盾を表現するものである。

子どもの思考は、科学的な言葉や用語、概念を用いるというよりも、どちらかといえば日常生活の会話の主体を成している生活的概念とか、言葉によることが多い。したがって、子どもは、日常的に用いられている言葉や概念と、科学的なそれとの違いや、識別の必要性などを理解できないことが多いのである(堀, 1990)。

生活的概念と科学的概念は以下のようにまとめられると考えられる。

生活的概念	科学的概念
自然発生的, 経験的, 非客観的 非実証的, 具体的, 非体系的 帰納的, 非自覚的, 非随意的	非自然発生的, 論理的, 客観的 実証的, 抽象的, 体系的, 演繹的 自覚的, 随意的, 意味が厳密

以上のようなことより、熱についても、生活的概念による思考をしがちであるということがいえる。子どもが熱という言葉を使うとき、日常的な使用から生じた、科学的概念上の混乱を生み出している。例えば、「熱が金属棒を伝わって移動している」等の表現である。このような表現は、熱が実際に存在していることを意味する傾向があるということを示している。熱は、エネルギー移動の一つの過程である(杉本, 中本, 2000)。日常の経験の多くは、異なる温度の物体の間の何らかの形態のエネルギー移動を伴うので、物理学者の熱概念、つまり科学的概念は重要な役割をもつ。しかし、私たちが使う日常の言葉は、物体が熱を含んでいるということを示唆している。

つまり、私たちが日常的に用いている熱という言葉は、あまり専門的な意味を持っておらず、概念が未分化の状態で使われている。そのため、ほとんどの子どもは、熱を日常生活で、熱い物や冷たい物に出会って構成した意味と関連付けていると考えられる。子どもの認識の世界では、科学的説明と非科学的説明との区別をすることもないのである(Osborn, Freyberg, 1988)。

以上述べたように、主に構成主義的視点から、子どもは独自に自然を認識しているということが明らかになっている。

### 3 熱概念に関する調査

本研究では子どもがもつ熱概念及びそのイメージを調べ、日常の生活の中からどのような概念を形成しているのかを明らかにする。さらに、子どもの、熱および物のあたたまり方に関する経験の実態の把握、「もののあたたまり方」の学習の定着度および学習効果を把握するため、小学校児童を対象にアンケート調査を行った。

#### (1) 調査方法・時期

調査は、2002年10月に実施した。調査方法は、質問紙法である。どの学年にも同じ調査用紙を配布した。

#### (2) 調査対象児童

鳥取県東部の公立の小学校4校、3年生から6年生までを対象に調査を行った。調査対象児童数を表1に示す。

表1 調査対象人数

	3年	4年	5年	6年	合計(名)
男子	96	98	97	106	397
女子	97	118	90	114	419
合計(名)	193	216	187	220	816名

#### (3) 調査内容

実施した調査の内容は以下の通りである。

問1: 「熱」という言葉を見たり聞いたりした経験の有無

問2: 「熱」という言葉の情報源(複数回答)

問3: 子どものもつ「熱」のイメージ(自由記述)

問4：熱やもののあたたまり方に関する生活の中での経験の有無

問5，6：金属のあたたまり方

問7：水のあたたまり方

問8：物の違いによる熱の伝わりやすさ

問3については、子どもの持っているイメージがよくわかるように、文字だけでなく、絵や図を使って自由に記述させるようにした。問5～7は「もののあたたまり方」に関する問題である。問5は熱はあたためた所から順に伝わっていくことを理解しているかどうかを調べる問題であり、問6は、熱の伝わり方に金属棒の傾きが関係しているかどうかを調べる問題である。問7は、あたたまった水がどのように動くかを調べる問題であり、対流に対する理解度をみれるようにした。「もののあたたまり方」の単元は、4年生の三学期に学習するので、学習しているのは5，6年生だけである。3年生については、「わからなければ空欄でよい」という指示を事前に出してもらい、アンケートを行った。

図1-1及び図1-2に調査用紙の内容を示す。

**理科アンケート調査**  
( )年( )組(男・女)

このアンケートは、「もののあたたまり方」の学習について調べるものです。正確にはまったく関係ありませんので安心して答えてください。

(1)「熱」という言葉を見たり聞いたりしたことがありますか。あてはまるものを1つ選んで番号に○をつけてください。

1. よくある      2. 少しある      3. あまりない      4. まったくない

(2)「熱」という言葉を、どこで見たり聞いたりしましたか。あてはまる番号に○をつけてください。○はいくつしても構いません。

1. テレビ      2. まんが      3. 新聞      4. 絵本(わらし)      5. 本  
6. 著者の話      7. 友だちの話      8. 先生の話      9. その他

(3)「熱」とは、どんなものだと思いますか。あなたの考えを書いてください。絵や図を書いてつけても構いません。

(4)あなたはどんな経験をしたことがありますか。よくあることには○、ときどきあることには△、あまりないことには△、まったくないことには×をつけてください。

1. お風呂をわけたとき、上の方は熱いが下の方は冷たかったことがある。 ( )

2. ストープでへやを暖めているのに、足もとだけが寒いことがある。 ( )

3. ストープにあたっているとき、お湯の人にさえがらまれて寒くなったことがある。 ( )

4. 湯ややかんの土っ手を持ったとき、熱くてさねたなことがある。 ( )

5. 暑い日に、涼風がそよそよしているのを見たことがある。 ( )

図1-1 熱に関するアンケート調査その1

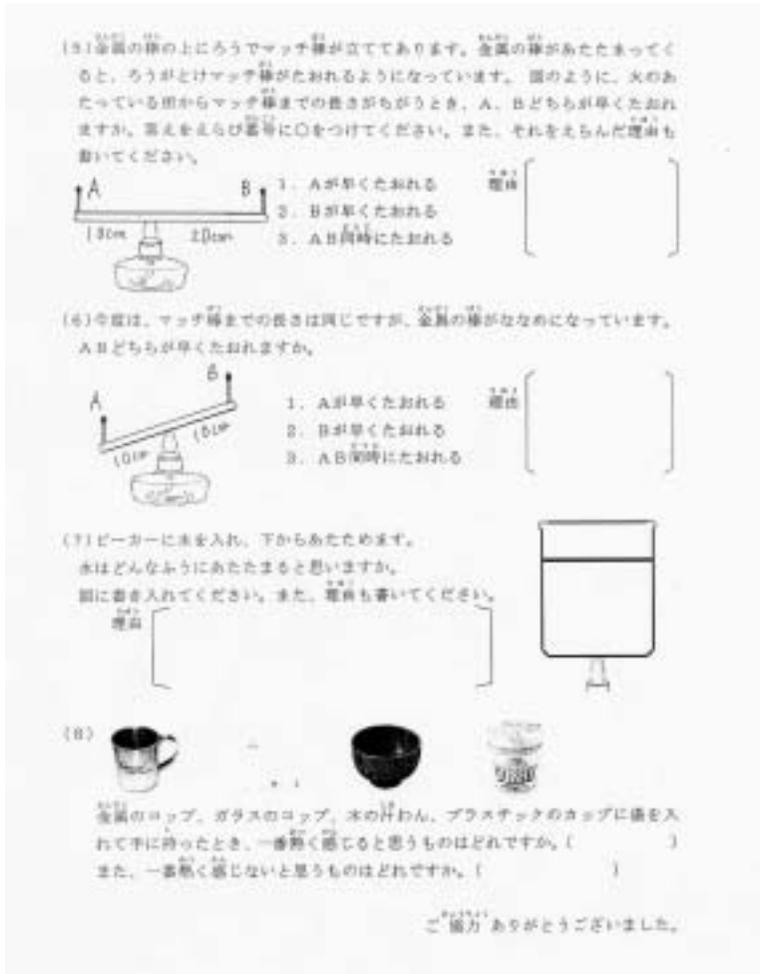


図1 - 2 熱に関するアンケート調査その2

#### 4 調査結果と考察

調査の結果は、それぞれの項目で学年別に集計を行った。さらにクロス集計も行い、考察した。この調査の結果から学年間の有意差を調べるために、統計検定として<sup>2</sup>検定を用い、学習効果が認められるかどうか検討した。

##### (1) 熱という言葉を見聞きした経験

問1は、熱という言葉を見聞きした経験について、頻度を聞いたものであり、結果を表2、図2に示す。

表2 熱という言葉を見たり聞いたりした経験（人数）

問(1)	3年	4年	5年	6年	合計(人)
よくある	86	137	119	142	484
少しある	70	69	52	64	255
あまりない	35	10	15	14	74
全くない	1	0	0	0	1
合計	192	216	186	220	814

図2を見ると、4年生から6年生までは「よくある」と回答した子どもが65%程度いるが、3年生では50%以下で他の学年に比べて少なく、「あまりない」と回答した子どもが多くなっていった。「全くない」と回答した子どもは、3年生に一人だけであった。高学年になるほど、様々な情報や言葉を知ることができるようになるため、熱という言葉を見たり聞いたりすることも増えてくると考えられる。全体で見ると、「よくある」または「少しある」と回答した子どもは90%以上で、子どもが、日常生活の中で熱という言葉に接する機会は多いと考えられる。

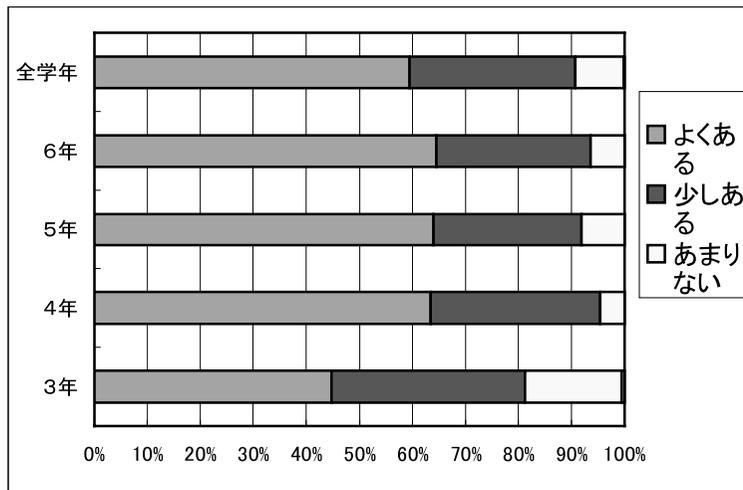


図2 熱という言葉を見たり聞いたりした経験

表3 熱という言葉を見たり聞いたりした情報源（人数）

問(2)	3年	4年	5年	6年	全学年計(人)
家の人の話	137	131	112	119	499
テレビ	89	127	131	148	495
本	47	86	68	106	307
先生の話	46	62	79	95	282
漫画	50	75	70	77	272
友だちの話	34	51	40	48	173
新聞	26	40	39	33	138
広告(ちらし)	15	28	20	26	89
その他	18	16	15	10	59

(2) 熱という言葉を見聞きした情報源

問2からは、子どもが熱という言葉はどこで(誰から)見聞きしているのか、その情報源を知ることができる。結果を表3に示す。

表3から、テレビ、家の人の話と回答した人数が、どの学年においても多くなっていることが明らかである。図3のグラフは全学年を合計した結果を表したもので、それらのグラフからも、家の人の話とテレビという情報源が他の情報源に比べて多いことがわかる。

テレビは様々な情報を得ることができるメディアであり、熱という言葉がいろいろな場面で用いられていると思われる。特にテレビコマーシャルでは、薬や暖房器具等日常生活に結びつくものが多く、他の情報源と比べて、子どもの中に印象に残りやすいと考えられる。また、子どもが、一日の生活の中でテレビを見る時間は少なくないと考えられるため、熱という言葉を見たり聞いたりすることが多くなるのだと思われる。

また、家の人から聞いたという子どもが多かった理由は、自分や家族が風邪や病気のときに、熱という言葉を知ることがあるためではないかと考えられる。

新聞や広告紙は、テレビや漫画等と比べ、子どもの興味・関心が薄いため、それぞれ全体の約5%という低い結果になったと思われる。

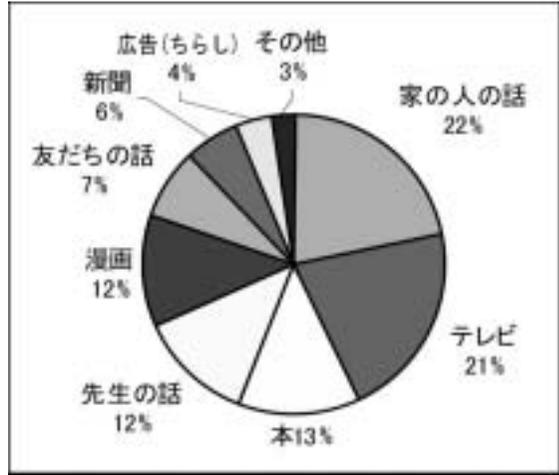


図3 熱という言葉を見聞きした情報源 (全学年割合)

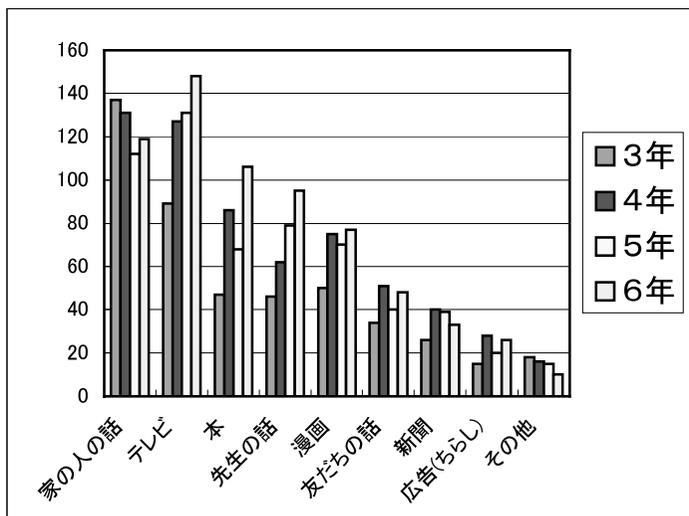


図4 熱という言葉を見聞きした情報源 (学年別人数)

図4の学年別に集計した人数を表した結果である。先生の話という回答に注目すると、3年生では46人、4年生では62人、5年生では79人、6年生では95人となっており、学年が上がるほど先生から聞いたという児童が多くなっているのがわかる。これは、理科の授業の中で熱という言葉に接する機会が多くなるためだと考えられる。その他には、保健室や病院など、自分が風邪のときに見たり聞いたりしたという回答が多く挙げられていた。

これらの結果からわかるように、子どもは身近な生活の中で、熱という言葉を見聞きすることが多い。そのため子どもは、日常の生活の中から、熱という言葉について何らかの考え方やイメージを形成していると考えられる。

表4 子どもの熱のイメージ(数字は人数を示す)

子どものもつ熱のイメージ	3年 (N=193)	4年 (N=216)	5年 (N=187)	6年 (N=220)
あたたかいもの(こと)、あついもの(こと)	38	108	100	109
風邪(病気)のときに出るもの、頭が痛くなるもの	101	70	37	54
火・炎	18	19	25	18
体温	8	3	7	28
温度	6	7	6	22
熱湯	4	19	4	3
火から出るもの、あついものから出るもの	1	3	9	9
太陽	6	10	4	1
あたためるもの(こと)	1	2	8	6
湯気、水蒸気	7	4	4	1
危険なもの、こわいもの	1	0	5	1
モヤモヤしているもの	2	2	1	1
摩擦	1	0	2	2
あたたかい空気、気体	0	1	2	2
赤い、色	0	2	1	1
情熱、熱気、気迫	1	2	0	1
燃えるもの(こと)	0	1	1	1
電子レンジ	1	1	0	0
物を溶かすもの	0	1	0	1
見えないもの	0	0	1	1
泡が立つもの	0	1	0	0
強い	0	1	0	0
電気	0	1	0	0
水と何かが混ざったもの	0	1	0	0
上に上がる	0	0	1	0
明るいもの	0	0	0	1
やわらかいもの	0	0	0	1
触れないもの	0	0	0	1
わからない(無回答を含む)	27	5	16	19



### (3) 子どものもつ熱のイメージ

問3では、熱に対するイメージを、文章、絵や図などを用いて自由に記述させた。小学校では熱そのものの学習は行わないため、子どもが、日常生活の中で熱というものをどのように捉えているのかということを知ることができる。

図5-1、5-2、5-3に子どもが記述したものの例を示す。5～6年生の中には、いろいろな言葉を使って細かく説明してあるものや、理科で学習したような言葉を用いて書いてあるものもあった。3～4年生の中には絵を描いたもの、単語で答えてあるものが多かった。

子どもから出た熱のイメージや考えをまとめたものを表4に示す。全体的に、熱をあつい物体や物質(例えば火、太陽、熱湯など)、また、熱源から出るものとして説明している子どもが多いと言える。「熱はあついものである」という説明が最も多く見られ、そのイメージと一緒に、「火」や「太陽」というイメージを持っているようであった。次に多くあった説明は、「風邪や病気のときに出るもの」であり、これは3年生においては特に多く、半分以上の子どもが持っていたイメージである。熱という言葉に接するとき、テレビや家の人という情報源からが多いということから、日常生活の中での意味と関連づけてこのイメージを形成したと考えられる(吉田, 1995)。

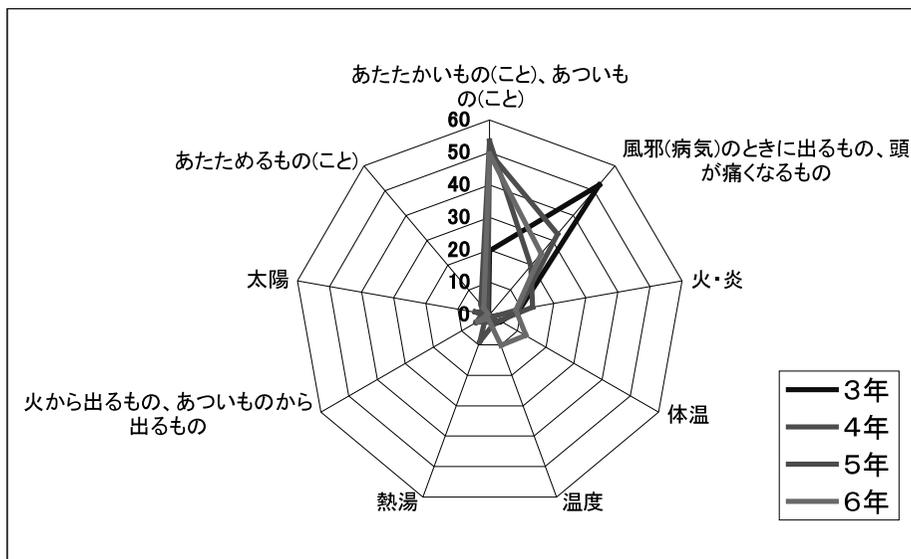


図6 熱のイメージの学年による違い(割合)

さらに、子どもの熱のイメージとして多かった項目に焦点を当て、3年生から6年生までの学年ごとのイメージの特徴を調べた(図6)。3年生では、「風邪のときに出るもの」というイメージが多く、日常の生活からイメージすることが多いようである。4年生では、3年生よりも「風邪のときに出るもの」というイメージは減っているが、まだそのイメージを多くの子どもが持っているようである。4年生の持っているイメージの特徴は、理科学習に関係しているイメージが強いということである。それは、「太陽」と「熱湯」というイメージである。4年生では光(日光)に関する学習があり、日なたと日かげのあたたまり方の違いなどを学習しているため、熱と太陽とを結びつけ

ているということが考えられる。また、3年生では主に理科は生物の領域がほとんどだが、4年生になると実験や観察等が増え、熱湯を扱う機会も多くなっているために、他の学年に比べ「熱湯」というイメージの割合が高くなったのではないと思われる。5年生は、「火・炎」の割合が高く、それに伴って「火から出るもの」というイメージもあるようである。6年生では、「体温」と「温度」というイメージをもつ子どもが多い。熱と温度を区別しないという傾向は、私たちの日常の言葉の使い方に関係しているのかもしれない。例えば、風邪のとき、「熱があがる」とか「熱をはかる」という使い方をする。しかし、これらの熱という言葉の使い方は、科学的に正しいとは言えないのである。このような日常用語としての熱の使われ方から、熱と温度、熱と体温を混同していると考えられる。

#### (4) 生活の中での経験について

熱や物のあたためり方に関する現象は、日常生活のいろいろな場面で体験・経験する身近な物理現象である。教科書を見ると、4年生下「ものあたためり方」の単元の中に、生活の中での現象がいくつか載せられている。学習の中に、子どもにとって身近な生活の中での経験を生かそうとしていることがわかる。そこで、問4では、子どもがどのような経験をしたことがあるかという実態を調べた。

まず、「お風呂を沸かした時、上の方は熱いが下の方は冷たかったことがあるかどうか」という質問について、結果を表5、図7に示す。

表5 お風呂で、上の方の湯は熱いが下の方は冷たかったという経験(人数)

問(4)-1	3年	4年	5年	6年	全体
よくある	31	29	43	51	154
時々ある	59	83	79	84	305
あまりない	49	63	38	52	202
全くない	43	39	22	32	136

風呂の水を沸かして入るときには、必ずかき回してから入る。これは、沸かして熱くなった湯が上に、ぬるめの湯(または水)が下にいくために、冷温の層ができていからである。この現象は、水のあたためり方の学習の理解を深めるヒントになる現象であると考えられる。

最近では、風呂水を沸かすということをしない家が増えているため、経験している子どもは少ないだろうと予想していたが、図7のグラフより、「全くない」と回答した子どもは全体で20%前後であることがわかった。5、6年生で、「よくある」と回答した子どもは約25%、「時々ある」と回答した子どもと合わせると60%を超えており、経験している子どもが多くなっているため、日常生活の中での現象を意識するようになってきていると思われる。

また、すでに物のあたためり方の学習をした5、6年生の中には、この現象に気づき、なぜこのようなことが起こるのかということを理解している子どももいると思われる。

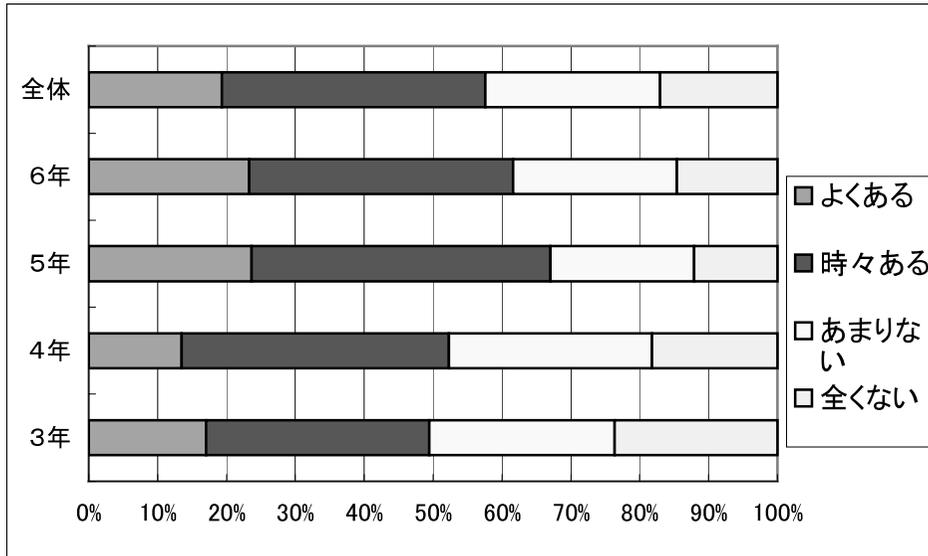


図7 お風呂で、上の方の湯は熱いが下の方は冷たかったという経験

次に「ストーブで部屋を暖めているのに、足元だけが寒いということがあるかどうか」という質問について、結果を表6と図8に示す。

表6 ストーブで部屋を暖めているのに、足元だけが寒かったという経験(人数)

問(4)-2	3年	4年	5年	6年	全体
よくある	44	42	38	52	176
時々ある	69	72	81	83	305
あまりない	45	59	41	62	207
全くない	34	41	22	21	118

この現象は、空気のあたたまり方に関するものである。空気は水と同じように、対流によって部屋全体の空気が温められるため、温められた空気は上にいき、足元が寒いということが起こる。子どもにとっては、なかなか気づきにくい現象であるかもしれないが、「全くない」と回答した子どもは全体で15%ほどで、それぞれの学年でも20%を超えていなかった。逆に冷房をつけているときではどうかを考えてみたり、冷房をつけているときと暖房をつけているときの風向の違いに気づき疑問をもったりすると、さらに物のあたたまり方の学習は深まるとと思われる。

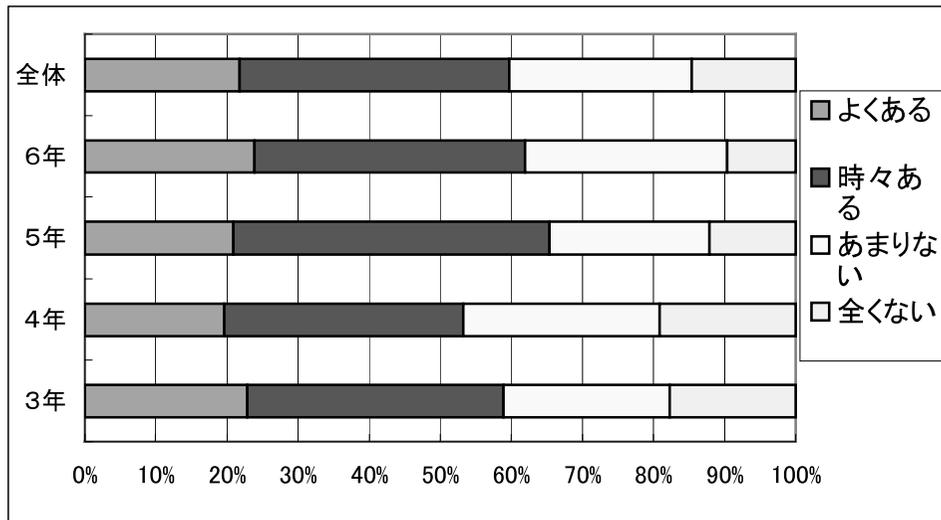


図8 ストープで部屋を暖めているのに、足元だけが寒かったという経験

「ストーブに当たっている時、前の人にさえぎられて寒くなったことがあるかどうか」という質問について、結果を表7と図9に示す。

表7 ストープに当たっている時、前の人に遮られ寒くなったという経験(人数)

(4) - 3	3年	4年	5年	6年	全体
よくある	44	60	50	85	239
時々ある	54	66	53	66	239
あまりない	48	55	56	43	202
全くない	45	128	35	22	26

「物のあたたまり方」の単元の中では学習しない放射に関する現象について質問した。太陽の放射と同じように、ストーブの熱も放射によって伝わっている。放射に関しては、熱伝導や対流のように学習されないもので、子どもはこの現象についてはあまり意識していないと考えられる。

図9から、6年生で「よくある」と回答した子どもが40%近くおり、他の学年と比較して多くなっていることがわかる。

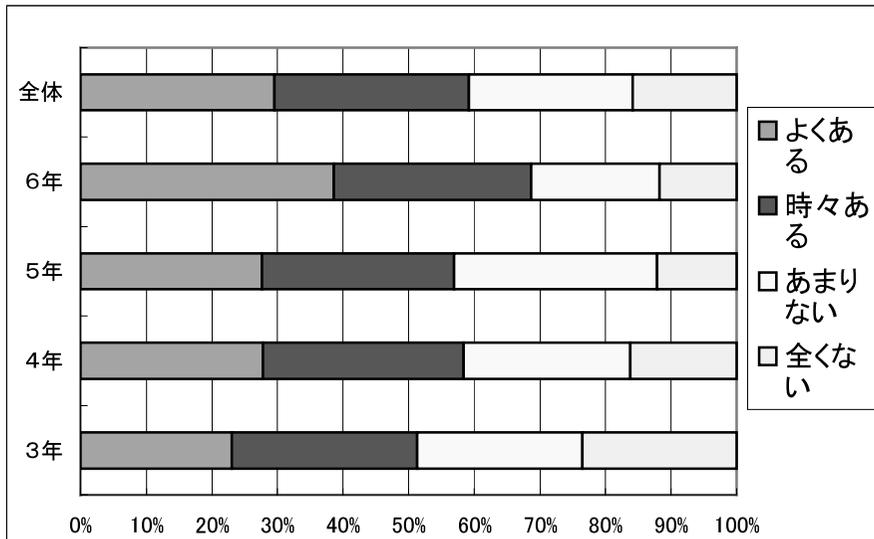


図9 ストープに当たっている時、前の人にさえぎられ寒くなったという経験

「鍋やかんの取っ手を持った時、熱くて触れなかったことがあるかどうか」という質問について、結果を表8、図10に示す。

表8 鍋やかんの取っ手を持った時、熱くて触れなかったという経験(人数)

問(4) - 4	3年	4年	5年	6年	全体
よくある	51	72	64	91	278
時々ある	78	91	71	97	337
あまりない	31	32	29	18	110
全くない	31	21	18	13	83

この質問に対する結果から、問4に挙げた五つの現象の中で、子どもが一番よく経験している現象であることがわかった。6年生に関しては、「全くない」と回答した子どもは10%以下で、すべての学年で「よくある」「時々ある」と回答した子どもの割合が60%以上なので、この現象は子どもにとって身近な現象であると考えられる。これは、熱伝導に関する現象であり、また、熱の伝導率にも関わっているものでもある。経験している子どもが多くなった理由は、家の中だけで経験しているのではなく、給食の準備のときや、5、6年生では調理実習など学校の中でも経験しているからだと思われる。

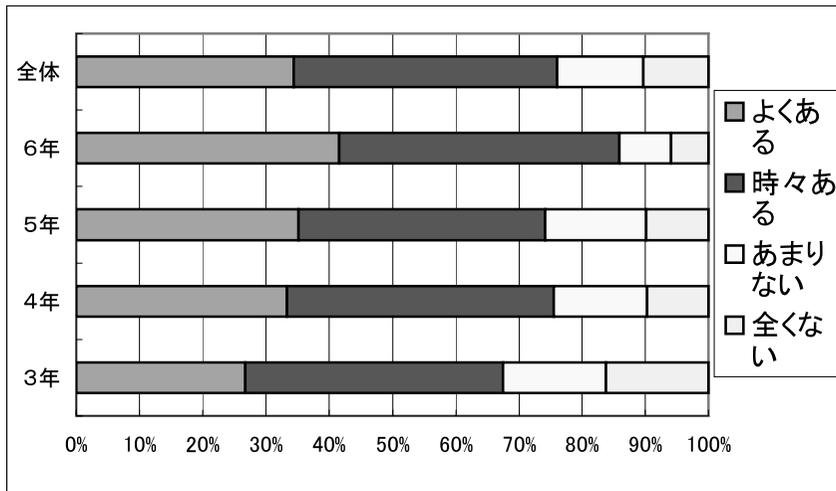


図10 鍋やかんの取っ手を持った時、熱くて触れなかったという経験

「暑い日に、道路がモヤモヤしているのを見たことがあるかどうか」という質問について、結果を表9と図11に示す。

表9 暑い日の道路がモヤモヤしているのを見たという経験

問(4) - 5	3年	4年	5年	6年	全体
よくある	54	78	76	102	310
時々ある	53	65	54	74	246
あまりない	33	40	33	24	130
全くない	51	32	22	20	125

この現象については、学年が上がるにつれて、経験したことがあるという子どもが増えていた。3年生では、問4で挙げてきた現象の中で、「全くない」と回答した子どもが最も多くなっている現象であった。「モヤモヤ」は、道路から上がってだけでなく、子どもの熱のイメージにもあったように、熱している水でも見るができるもののようなものである。この現象は、太陽の熱の放射によって地面があたたまり、その結果、空気があたたまり、上昇するときに見られる。表現が「モヤモヤ」と曖昧であるが、子どもにはそれが、何かがあたたまっているというイメージにつながっていると思われる。

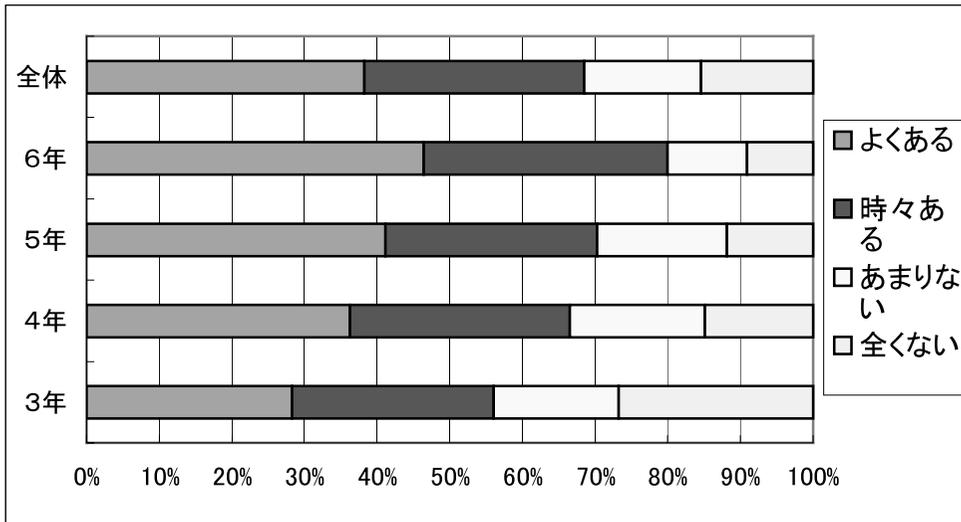


図11 暑い日の道路がモヤモヤしているのを見たという経験

## (5) 熱伝導について

問5，問6では，金属棒のあたたまり方に関する問題を出した。金属は伝導によってあたたまる。伝導とは，温度の高いところから低いところに，熱が順に物の中を伝わって移ることである。伝導の場合，熱の移動は物の移動なしに起こる。

問5では，熱しているところからAまでが10cm，Bまでは20cmの距離が違うという問題である。よって正解は，熱しているところから近いAの方が早くあたたまることになる。問5の回答結果を表10，図12に示す。

表10 熱源からの金属棒の長さが違うとき(人数)

問(5)	3年(N=193)	4年(N=216)	5年(N=187)	6年(N=220)	合計(N=816)
Aが早く倒れる	43	128	158	192	521
Bが早く倒れる	51	78	21	23	173
同時に倒れる	3	7	4	4	18
わからない	96	3	4	1	104

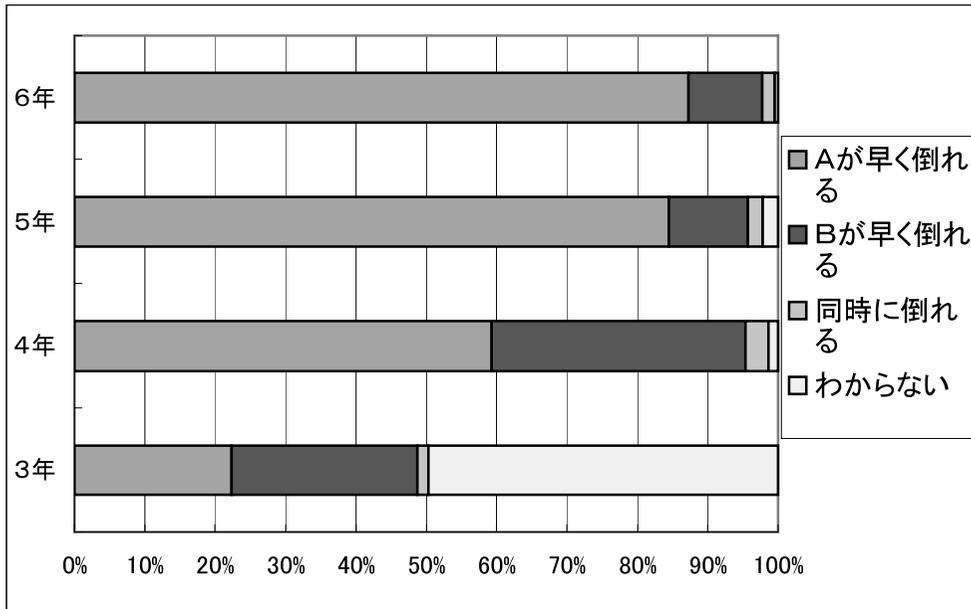


図12 熱源からの金属棒の長さが違うとき

問5についてグラフ(図12)を見ると、5、6年生でAと答えた子どもは80%以上で、正解率が高いということが明らかである。そして、3、4年生はまだ学習していないため、正解率が低くなったと考えられる。5、6年生でAと回答した子どものほとんどが、「Aの方が火のところから近いから」という理由を書いていた。しかし4年生では、「なんとなく」という理由でAと答えた子どもが多く、日常生活の経験から、「近い方が早くあたたまる」と予想できたのではないかと考えられる。3、4年生で、特にBと回答した子どもは、問題をよく理解していなかったようで、「Bの方が長くて重いから早く倒れる」というような理由がかなり見られた。同時に倒れると回答した子どもはほとんどおらず、長さが違うので、AかBのどちらかであると推測できたと考えられる。

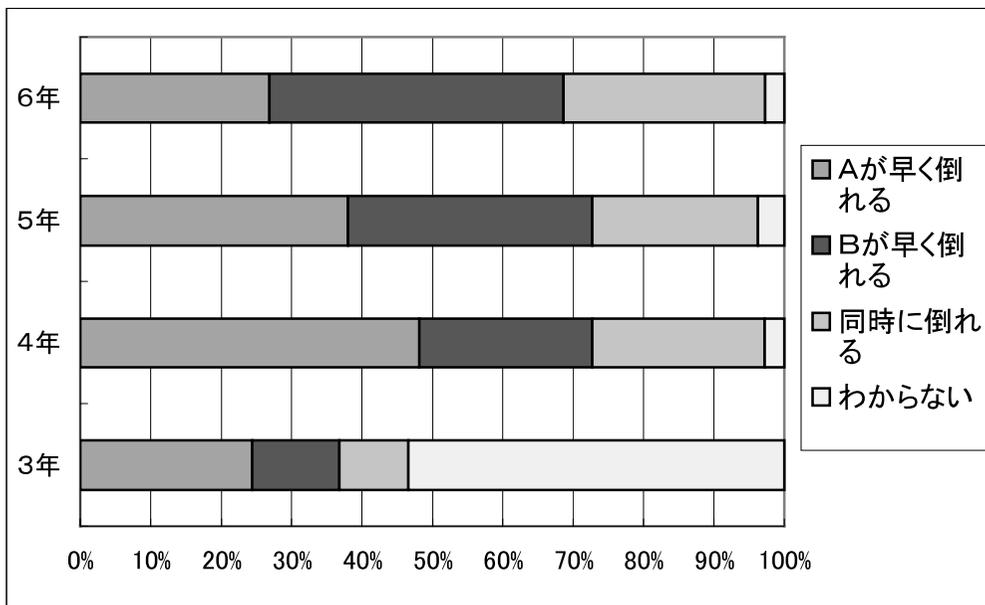
学年間における有意差を調べてみると、3、4、5年生それぞれの学年間では有意差が認められた(3年 - 4年,  $\chi^2 = 16.8, p < 0.1\%$ ; 4年 - 5年,  $\chi^2 = 4.4, p < 5\%$ )。しかし、5年生と6年生の間には有意差は認められなかった。このことは、熱があたためたところから順に伝わっていくということについて、「物のあたたまり方」の学習活動の中で気づく子どもがいることを示している。よって問5の結果からは、「物のあたたまり方」の学習の定着および学習効果が見られると考えることができる。

次に問6について、問5と同じ金属棒のあたたまり方に関する問題であるが、異なる点は、熱しているところからAとBまでの距離は同じで、金属棒が斜めになっているところである。問3では、熱という言葉そのものに対しての子どものイメージや考え方を見ることができたが、問6では、物のあたたまり方に関する問題を通して、その回答傾向から、子どもがもつ熱についての考え方を探ることができる。問6の結果を表11、図13に示す。

表11 金属棒が斜めになっているとき(人数)

問(6)	3年(N=193)	4年(N=216)	5年(N=187)	6年(N=220)	合計(N=816)
Aが早く倒れる	47	104	71	59	281
Bが早く倒れる	24	53	65	92	234
同時に倒れる	19	53	44	63	179
わからない	103	6	7	6	122

図13 金属棒が斜めになっているとき



金属は、斜めになってもあたたまり方は変わらず、熱しているところから近い方からあたたまっていく。よって、問6の正解は「AとB同時に倒れる」である。

問5では、未学習の3,4年生に比べ、5,6年生の正解率が高くなったため「物のあたたまり方」の学習効果が見られると考えた。しかし、問6において5,6年生の正解率は25%前後と低く、学習前の4年生とほとんど変わらないことが図13からわかる。有意差を調べても、3年生と4年生の間には有意差が認められた( $\chi^2=6.3, p<5\%$ )が、4,5,6年生の間に有意差は認められなかった。この結果から、「物のあたたまり方」の学習が定着していないということが言える。

問5と比較して、どの学年でも、「わからない」という子どもが増えており、金属棒が斜めになっているところがこの問題を難しく感じさせているようである。

正解の「同時に倒れる」と答えた子どもの理由には、「斜めになっているのは関係ないから」と書いてあるものが多く、正解を答えた5,6年生の子どもについては、学習したことを理解できていると思われる。

下方のAと答えた子どもの理由の中には、「下に早く落ちていきそう」というものが見られた。「わからない」と解答した子どもを除いて考えると、下の学年ほどAと解答した子どもの割合が増えている。よって、低学年ほど、熱には重さがあるというイメージをもっていると考えられる。

逆に、上方のBと答えた子どもは高学年になるほど増えている。6年生ではBと回答した子どもの割合が約40%で、特に高くなっている。理由としては、「あついもの(熱)は上にいくから」というものが大変多かった。5,6年生が間違えている原因として、水や空気のあたたまり方(対流)を学習し、あたたかくなった水(空気)は上にいくということを記憶しているため、この問題でも同じように考えてしまったということが考えられる。

これらの結果から、「物のあたたまり方」の学習が十分定着していないということ、また、子どもの既存の考え方が学習に影響しているということが考えられる。

#### (6) 対流について

問7は、水のあたたまり方についての問題である。水がどのようにあたたまっていくのかということ、ピーカーに入っている水の絵に書き込めるようにした。そして、子どもが描いた図を、泡、上昇、放射、回転、それ以外をその他というふうに分類した。結果を表12に示す。

「物のあたたまり方」の学習では、水は対流によって全体があたたまるということを理解させる。そのため、5,6年生では、水が回転するように描いた図が多かった。しかし、理由は、「実験でこうなったから」とか「味噌汁を作っているとき見たから」というもので、なぜ水が回転しながらあたたまるのかということを理解して描いている子どもはほとんどいなかった。また、回転の図の中には、火のある位置と全く違うところから上昇し回転している図が多く見られた。上に挙げた理由からもわかるように、水のあたたまり方の学習をしても、子どもの中には、「回転する」というイメージしか残っていないようである。

図14のグラフはわからないという回答を除いた結果の割合を表したものである。グラフを見ると、4年生では、泡または上昇する図を描いた子どもの割合が多い。これは、水が沸騰する様子から、泡や湯気を見てイメージしたと考えられる。子どもが描いたものを図15に、子どもの書いた主な理由をまとめたものを表13に示す。

表12 水のあたたまり方について(人数)

	3年(N=193)	4年(N=216)	5年(N=187)	6年(N=220)	全学年(N=816)
泡	17	38	36	45	139
上昇	7	65	24	63	159
放射	1	11	4	4	20
回転	5(3)	9(1)	82(19)	69(27)	170(50)
その他	10	21	4	10	45
わからない (無回答含む)	153	72	37	29	291

( )の数字は熱源から回転している図を描いていた人数

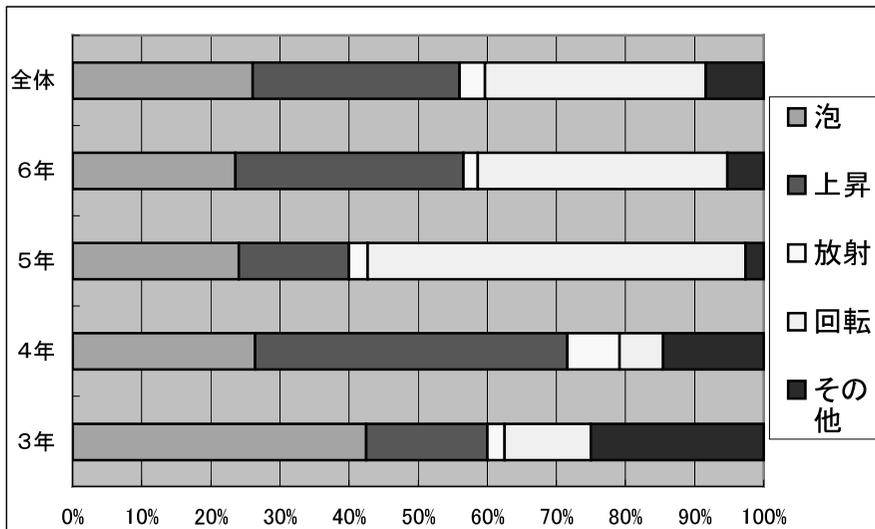
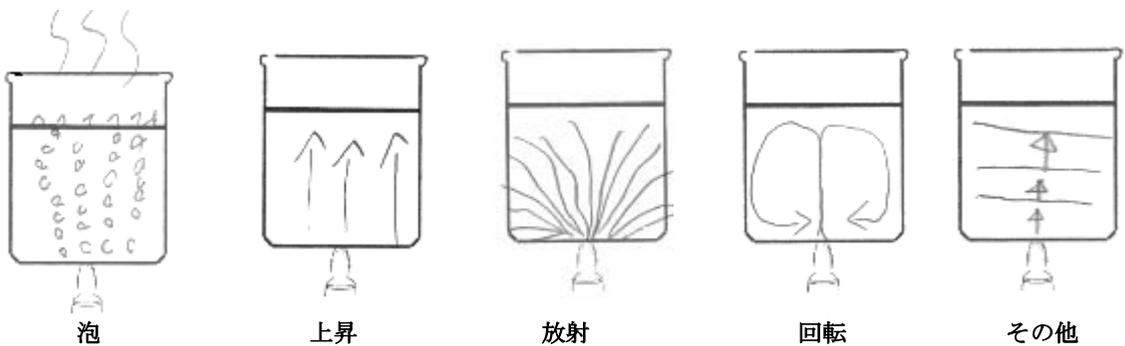
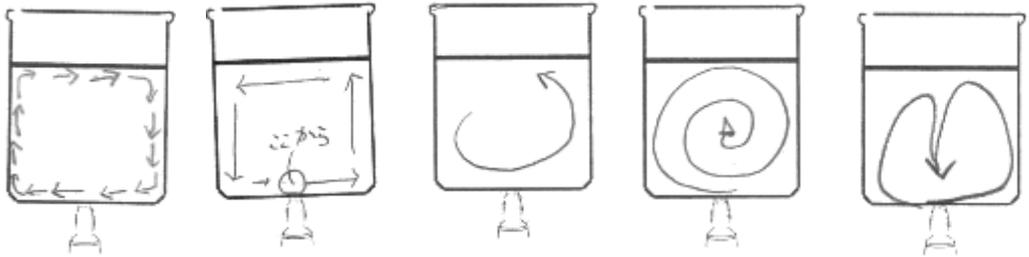


図14 水のあたたまり方について





回転

図15 子どもが描いた水のあたたまり方の例

表13 水のあたたまり方に対する主な理由

	3年生	4年生	5年生	6年生
泡	実際に見た(10) 理由なし(4)	実際に見た(26) 沸騰するから(2) 理由なし(3)	沸騰するから(17) 理由なし(5)	実際に見た(2) 沸騰するから(18) 理由なし(6)
上昇	下に火があるから(5) 理由なし(1)	下に火があるから(24) あたたかいものは上にいくから(3) 泡や湯気が上にいくから(5) 理由なし(4)	下に火があるから(8) 理由なし(6)	下に火があるから(16) あたたかいものは上にいくから(11) 熱が上がるから(7) 理由なし(3)
放射		火のところから全体に広がる(3) 理由なし(1)	熱いものは軽くて広がる(1)	火に近いところからだんだんとあたたまる(1) 理由なし(1)
回転	まわりから中へあたたまる(1) 理由なし(3)	熱いものが上にいくから(1) 理由なし(3)	熱いものは上,冷たいものは下にいくから(8) 対流するから(5) 実験した(8) 空気と同じ(2) 回るから(7) 熱が上がったりする(5) 理由なし(18)	熱いものは上,冷たいものは下にいくから(13) 実験した(3) 回るから(3) 熱が上がったりする(10) 理由なし(5)

\* ( ) は人数

## (7) 熱の伝わりやすさについて

問8は、問5～7に比べて、「わからない」と回答する子どもが減少した。この問題は熱伝導率に関係するもので、「もののあたたまり方」の単元では学習しない。しかしこれは、子どもの生活に身近なことで、生活の中の自らの経験をもとにして考え、答えることができたのではないと思われる。

まず、「湯を入れたとき、一番熱く感じる(熱の伝わりやすい)と思うものはどれか」という問いについての結果を表14に、学年別のグラフを図16に示す。

表14 一番熱く感じると思うもの(人数)

問(8)-1	3年(N=193)	4年(N=216)	5年(N=187)	6年(N=220)	全学年(N=816)
金属のコップ	61	106	113	133	413
ガラスのコップ	54	55	39	60	208
木の汁わん	8	10	7	2	27
プラスチック	55	45	18	15	133
わからない	15	10	10	10	45

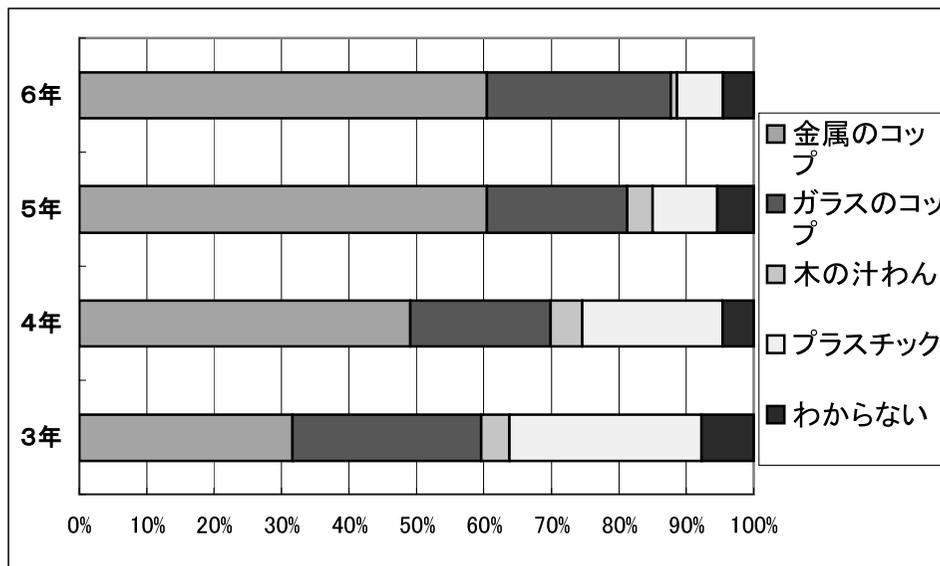


図16 一番熱く感じると思うもの

結果は、どの学年においても「金属のコップ」という回答が最も多かった。しかし3年生は、金属とガラスとプラスチックの三つに回答が分かれており、他の学年と結果が少し違うようであった。「木の汁わん」と答えた子どもは少なく、6年生については2人しかいなかった。

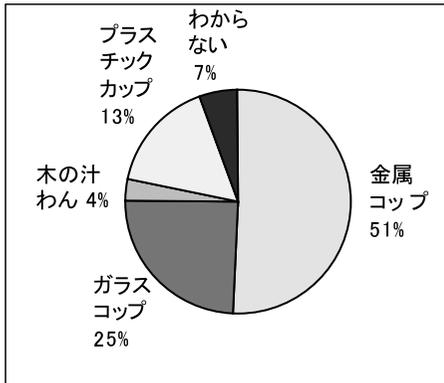


図17 熱く感じると思うもの(全年)

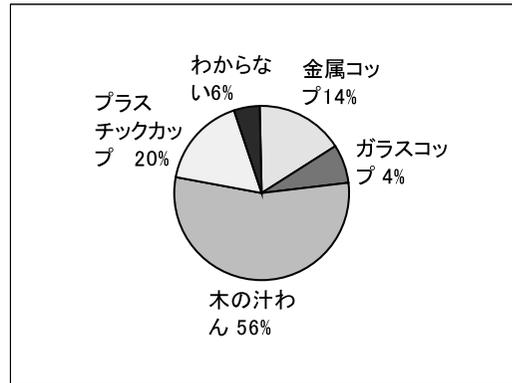


図18 熱く感じないと思うもの(全年)

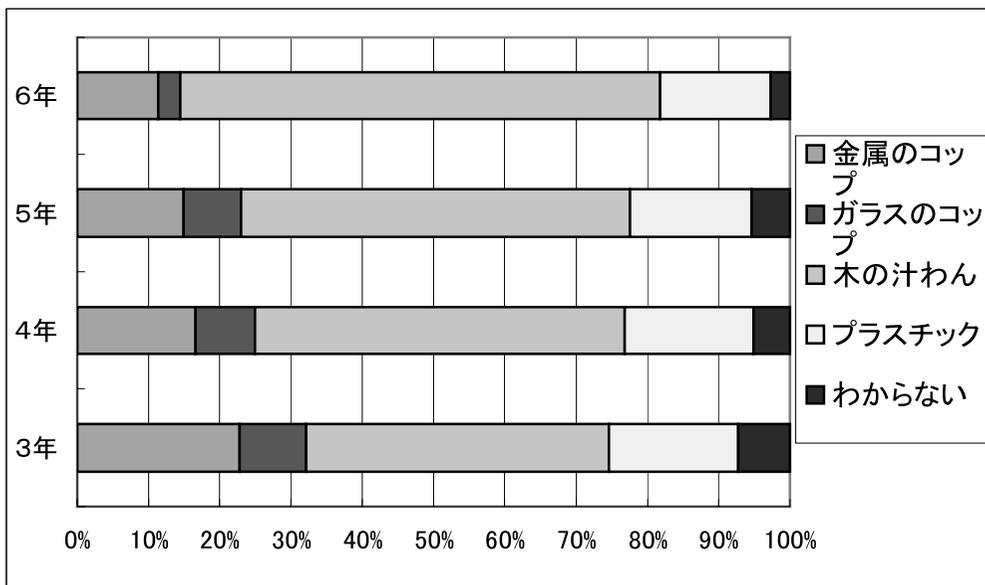


図19 一番熱く感じないと思うもの

反対に、「一番熱く感じない(熱の伝わりにくい)と思うものはどれか」という問いについては、「木の汁わん」という回答が最も多かった。結果は表15、図19である。

これは、「熱く感じると思うものはどれか」という問題の結果と全く逆の結果で、「木の汁わん」という回答した子どもが圧倒的に多くなった。「プラスチックのコップ」と回答した子どもの割合だけが、学年間ではほぼ同じくらいであった。

表15 一番熱く感じないと思うもの

問(8) - 2	3年(N=193)	4年(N=216)	5年(N=187)	6年(N=220)	全学年(N=816)
金属のコップ	44	36	28	25	133
ガラスのコップ	18	18	15	7	58
木の汁わん	82	112	102	148	444
プラスチック	35	39	32	34	140
わからない	14	11	10	6	41

金属、ガラス、木、プラスチックの熱伝導率の大小関係を示すと、金属 > ガラス > プラスチック > 木となる。物には、金属のように熱を伝えやすいもの（熱の良導体）と、ガラスやポリスチレン、木のように、熱を伝えにくいもの（熱の不良導体）とがある。子どもが、それぞれの物の熱伝導率を理解しているとは考えられないので、生活経験（気づき）から熱の伝わりやすさについて考えることができたのだと考えられる。

熱をよく伝えることを利用したものは、例えば、金属は早く温まり熱を伝えるばかりでなく、高い温度でも燃えにくいので、アイロンや鍋、やかんなどに使われている。反対に熱を伝えにくいことの利用は、鍋などの手で持つ部分は、熱くならないように木やプラスチックなど熱伝導の悪いものを使って作られている。このような生活の中で見られる工夫なども、学習の中に取り入れていけば、子どもの経験や考えを生かした授業になるのではないかと考える。

## 5 「物のあたためり方」の学習への示唆

### 1 熱と学習指導要領との関わり

小学校学習指導要領では、熱そのものの学習はないが、熱と関わりのある内容が次のように扱われている。

#### 3年生

##### B 物質とエネルギー

(1) 鏡などを使い、光の進み方や物に光が当たったときの明るさや暖かさ を調べ、光の性質についての考えをもつようにする。

イ 物に光を当てると、物の明るさや暖かさが変わることを。

##### C 地球と宇宙

(1) 日陰の位置の変化や、日なたと日陰の地面の様子を調べ、太陽と地面の様子との関係についての考えをもつようにする。

イ 地面は太陽によって暖められ、日なたと日陰では地面の暖かさや湿り気の違いがあること。

#### 4年生

##### B 物質とエネルギー

(2) 金属、水及び空気を温めたり冷やしたりして、それらの変化の様子を調べ、金属、水及び

空気の性質についての考えをもつようにする。

ア 金属、水及び空気は、温めたり冷やしたりして、そのかさが変わることを。

イ 金属は熱せられた部分から温まるが、水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まること。

5年生

## B 物質とエネルギー

(1) 物を水に溶かし、水の温度や量による溶け方の違いを調べ、物の溶け方の規則性についての考えをもつようにする。

イ 物が水に溶ける量は水の量や温度、溶ける物によって違うこと。また、この性質を利用して、溶けている物を取り出すことができること。

## 2 学習への示唆

本研究の調査結果から、子どもが熱に対してどのような見方や考え方をするのかを明らかにした。特に顕著な考え方は次のようなものである。

- ・熱は物質であり、重さがある。
- ・熱は上に上がっていくものである。

このような子どもの見方や考え方が、学習を混乱させ、学習後も変わらず存在している。子どもが自ら科学的な見方や考え方に变えていく学習であるためには、どのような学習でなければならないのか、ということを示唆する。

授業を通して、子どもが事象に対して興味・関心をもちながら、科学理論を構成していくようにするには、次のような事象や教材等を提示していくことが重要である。

- ・ 子どもの生活の中の経験とずれているもの
- ・ 子ども自身が体験できるもの
- ・ 実物に接することができるもの
- ・ 子どもにとって未知なもの

このような事象を提示することによって、子どもの問題の意識化を図ることができる。また、子どもが意欲的に問題を解決しようとしたり、活動したりすることができると思えられる。

教師が行う支援としては、

- ・ 子どもが問題を発見しやすい事象を与える。
- ・ 問題が見つからない子どもに対しては、その子どもの考え方を大切にしながら、いくつかの視点を教師から提示するようにする。
- ・ 子どもの活動時間を十分に確保する。
- ・ 子どもが自分だけでなく、他の人とも考え方を比べることができるようにする。

これらのことを指導の際に取り入れることが必要である。

そして、学習の中では特に、子どもが事象についての理由づけをすることを重視するべきである。事象について理由づけができるということは、子どもが原因や根拠を示そうとしているということである(福岡、鈴木、1994)。未習の事象であっても、子どもが日常生活の中で独自の科学を身につけ、それによって問題を解決していくということも考えられるため、理由づけは重要な作業である。各概念や知識がどのような関係にあるのか、与えられた事象はどの概念や知識を用いれば適切な説明ができるのか、という学習の重要性があると考えている。

次に、「物のあたたまり方」の学習において、具体的な示唆を与える。

物のあたたまり方を明確に捉えるためには、熱のイメージをつかむことが大切である(大野, 1998)。実際に子どもは、熱を軽いものと捉えたり、暖かい空気と混合して捉えたりしており、科学的な概念とは全く異なるイメージが変わらないまま学習しているという実態であった。

そこで、熱伝導については、熱は上だけでなく下にも同時に伝わるということを理解させる必要がある。そのためには、金属のあたたまり方をいろいろな方法で実験するようにしなければならない。必ず行いたい実験は、斜めの金属棒を用いた実験である。斜めになっている金属棒のあたたまり方は、多くの子どもが誤って認識している事象である。このような事象に対しては、子どもの考え方と矛盾する場面を設定することによって、子どもの問題意識が高まると考えられる。対流については、実験して、水が回転するということばかりを教授するような授業にならないようにしなければならない。調査の結果からもわかるように、水のあたたまり方について、子どもは、なぜ対流するのかをきちんと理解しておらず、曖昧にしか認識していない。子どもがそのことに自分で気付くような授業であること、また、なぜ対流するのかという理由を明確にし、伝導と対流の違いを理解できるようにすることが必要である。

さらに、水のあたたまり方の様子をイメージで表現させ、個々の考え方の違いを明確にし、実験を行うことが重要ではないかと考える。自分の考え方だけでなく、友達のことを知ることによって、いろいろな考え方があることに気付き、学習がより深まると思われる。そして、熱について子どもがどのような見方や考え方をしているのか、はじめの考え方と実験後の考え方を比較し、どのように変化したのかを子ども自身に書かせ、自己評価を取り入れるようにすることも、より科学的な認識を構成するための活動、支援である。教師は、子どもの記述を基にして、学習の中で子どもの考え方がどのように変容しているのかということ捉えることができる。

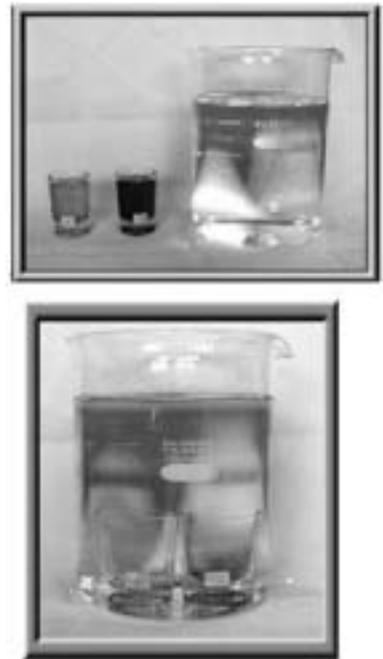


図20 水のあたたまり方を示す教材

子どもの概念をより科学的な概念に変換させるためには、子どもの素朴概念をつかむことが大切であるが、さらに、子どもがどのように概念変換をしているかを捉え、それを生かして、次の学習での指導の仕方を考えることが必要であると考えられる。

福岡と鈴木(1994)は、子どもの概念変換の仕方をいくつかの類型に分けている。

- (1)生成 考え方のはっきりしていなかったものが新しい考え方を取り入れたもの
- (2)置換 既存の考え方を新しい考え方に置き換えたもの
- (3)拡張 既存の考え方をもとに新しい考え方を付け加えたもの
- (4)修正 既存の考え方を一部修正して新しい考え方を取り入れたもの
- (5)統合 既存の考え方をよりよくまとめあげたもの
- (6)縮小 既存の考え方をせばめ、縮小したもの
- (7)固執 既存の考え方を保持し、それを使用するもの

## (8)理由なし 事例提示前後のどちらも考え方ははっきりしていないもの

これらは、子どもの記述に基づいて分析される。(1)~(5)については、子どもが積極的に学習していると考えられるため、プラスの概念変換と分析できる。

このように、子どもの概念がどのように変わっているかということをつえることによって、概念変換の筋道が見られる。また、それぞれの学年における概念変換の過程の違い、つまり、発達段階における違いも見ることができるのである。

「物のあたたまり方」の学習では、子どもが視覚で直感的に捉えられるような教材の工夫や、子どもにとって身近な事象を生かした実験や疑問を投げかけていくようにしなければならない。そこで、子どもが物のあたたまり方を理解するのに、有効だと考えられる教材を示す。は、子どもの生活の中の経験を生かした教材であり、は、子どもの考え方とは矛盾するようなことが観察できる実験である。

水のあたたまり方に関する実験(図20)

風呂を沸かしたとき、上の方は熱いが下の方は冷たいという現象について実験する。

実験準備と方法

まず、青色にした冷たい水と赤色にした温かい湯をそれぞれビーカーに入れる。

次に、ぬるい湯を入れた水槽を準備する。

その水槽の中に、水と湯が入ったビーカーを静かに沈めてみる。沈めたらゆっくりと手を抜くようにする。

そして、水と湯がどのように動くか観察する。

空気のあたたまり方に関する実験

空気が対流する様子を煙の動きで見ても、対流について理解を深める。

実験準備と方法

水槽の端に、火をつけた線香を立て、ふたをする。

ふたをすると、煙の動きから対流の様子を見ることができる。

煙が水槽の中に立ち込めてきたら、たくさんの氷を入れたビニール袋を水槽の上に置いてみる。

すると、上の方の空気が冷やされて、煙の動きの変化を観察することができる。

## 6 おわりに

本研究では、子どもが、「熱」という言葉に対して、科学的な考え方ではなく、子ども独自の日常の経験や情報から解釈した考え方をもっていると考えた。そしてその考え方が「物のあたたまり方」の学習に影響を与えているのではないかという問題意識から、「熱」に関する調査を行った。その結果、次のようなことが明らかになった。

- ・子どもは、学校の中よりも生活の中で「熱」という言葉に接する機会が多い。そのため、子どもの熱概念は、身近な生活の中から得た情報や経験、知識から形作られている。
- ・子どもは、科学的な概念とは異なる、子ども独特の熱概念をもっているが、科学者と共通する部分も見つけられる。
- ・子どもがもっている熱概念は、「物のあたたまり方」の学習に影響を与えている。

・物のあたためり方の学習をした後も、子どもの考え方は変わっていなかったり、考え方が混乱したりしている。

これらのことをふまえて考えると、「物のあたためり方」の学習は、教師が子どものもっている「熱」に対する考え方を理解して行われなければならない。そして、子どもの「熱」に対する考え方をより科学的な考え方に変えることができるような授業が望ましい。そのためには、子どもの考え方で矛盾する事象を提示したり、子どもの身近な生活の中での経験や現象を学習に取り入れたりして、子ども自ら問題意識をもって活動できるような学習であることが重要である。また、子どもが自分の考えを理解することはもちろん、自分以外の人の考え方も知ること、科学的な概念を構成していく学習には必要であると思われる。

本研究では、子どもの熱概念を明らかにしたが、その概念の背景に存在する考え方であったり、経験であったりするものを明らかにしていなかったため、さらに詳しく、その概念に至った過程を探ることが今後の課題であると思われる。

また、熱に対する子どもの考え方や経験を生かした授業を作り、実際に行ってみることも課題である。そして、本当に子どもの考え方が科学的な考え方に構成されていくのかということや、どのように概念が変わっていくのかということ进行分析する必要がある。

## 引用・参考文献

- 1) Roger Osborne & Peter Freyberg (森本信也・堀哲夫訳)：「子ども達はいかに科学理論を構成するか 理科の学習論」 東洋館出版社、1998
- 2) R.Driver, E.Guesne, A.Tiberghien (貫井正納・鶴岡義彦・他訳)：「子ども達の自然理解と理科授業」 東洋館出版社、1993
- 3) 大野善弘：「ものの温まり方 自分の学習価値を高めていくには」 理科の教育, Vol.47, 東洋館出版社、1998, pp49-51
- 4) 香西武：「小中学生のものの温まり方に関する学習について」 日本理科教育学会研究紀要, Vol.32, No.3, 1992, pp61-69
- 5) 杉本良一・中本好一：「小学校におけるエネルギー指導に関する研究 児童の持つ認識について」 鳥取大学教育地域科学部紀要, 第2巻, 第1号, 2000, pp39-53
- 6) 中田朝夫・森本信也：「学習者の意味構成を促進する理科の教授方策に関する一考察」 日本理科教育学会研究紀要, Vol.34, No.3, 1994, pp51-60
- 7) 日本理科教育学会：「キーワードから探るこれからの理科教育」 東洋館出版社、1998, pp26-31
- 8) 福岡敏行・鈴木克彦：「事例提示による児童の概念変換に関する一考察 二球の衝突を事例に」 日本理科教育学会研究紀要, Vol.34, No.3, 1994, pp19-26
- 9) 堀哲夫：「理科教授・学習における児童・生徒の思考の特徴 科学的概念の形成と理解の実態調査・研究を基礎にして」 日本理科教育学会研究紀要, Vol.31, No.2, 1990, pp61-71
- 10) 森本信也：「理科授業における学習者の Preconception の変容に関する一考察 「水の状態変化」を事例として」 日本理科教育学会研究紀要, Vol.30, No.2, 1989, pp1-7
- 11) 森本信也：「子どもの理論と科学の論理を結ぶ理科授業の条件」 東洋館出版社、1993
- 12) 文部省：「小学校学習指導要領解説 理科編」 東洋館出版社、1999
- 13) 吉田淳：「理科学習におけるイメージの役割」 理科の教育, Vol.44, 東洋館出版社、1995, pp4-7