

小学4年「もののかさと温度」の指導法の考察と授業の実践

Practical study on children's experimental study regarding the relation between volume and temperature in the science class of elementary school

酒井 茂*・川上紳一**

Shigeru Sakai* and Shin-ichi Kawakami**

要 旨

小学4年「もののかさと温度」の指導法について検討し、2つの指導案で授業を行い、それぞれの利点と問題点を考察した。この単元の学習では、空気、水、金属を温めてかさの変化を調べることになっており、子どもたちは、異なる物質を用いて実験を行うことで、温度の変化に対するかさの変化がものによって違うことを学習することが期待されている。ここで問題になるのは、空気、水、金属のうちどれを最初に学習したら望ましい学びが達成できるのかという点である。これについては、教師の願う子どもの姿によって指導案が異なってくる。本授業では、温度の上昇によってものが膨張してかさが大きくなることを見通しをもって学習するには、金属、水、空気の順番が適切ではないかと考え、指導を行い、教科書の配列に従った空気、水、金属の順番に学習を進めるよう指導したクラスと比較検討を行った。空気の膨張を最初に学習する場合には、実験結果の解釈を巡って混乱が生じる嫌いがあるが、金属あるいは水を最初に実験するような指導法では、多様で内容の濃い学習へと発展できる可能性が示された。

キーワード：理科教育，小学校，かさ，温度，実験

key words: science education, elementary school, volume, temperature, experiments

1. はじめに

小学4年理科の学習に「もののかさと温度」という単元がある。この単元では、金属、水、空気を温めたり冷やしたりしてそれぞれのかさの変化を調べ、ものは温度が変化すると体積が変化することに気づき、熱に対するものの性質には違いがあるという見方や考えかたを育てることがねらいであるとされている(文部省,1998)。この単元の指導法には、温度に対するかさの変化の大きな空気から学習を始め、水、金属という順番に学習を進めていくもの(山田,1997; 則竹・鶴飼,1998)、

金属、水、空気の順番に学習を進めていくもの(飯田,1993)、さらに、水、空気、金属の順番に学習を進めていくもの(古林,1995; 森田,1996)がある。岐阜県の小学校が採用している東京書籍の教科書では、空気、水、金属の順番に授業を進めていくような編集になっている。実際に空気の膨張に関する実験では、フラスコに入れた空気を温めると、フラスコの口に張られた石鹼液の膜が膨らんだり、ゴム風船が膨らんだりすることを確認する指導がなされている。しかし、こうした変化に対して、子どもたちのなかには空気が上へ移動したことで石鹼液の被膜やゴム風船が膨らんだと

* 岐阜大学教育学部附属小学校

Elementary School attached to Faculty of Education, Gifu University

** 岐阜大学教育学部理科教育講座(地学)

Faculty of Education, Gifu University

考えるものが多く、かさと温度の関係へと結びつかないケースがある（たとえば、稲垣，2002）。これは、小学4年生までの段階で、熱膨張という現象を認識していないことが反映されているものと考えられる。

理科の授業においては、興味や関心を高め、問題意識をもって観察や実験に取り組むことが期待されている。したがって、導入の授業は特に重要で、まず温度を上げるとものが膨らむという熱膨張現象に気づき、さらにものによって膨張の仕方が違うという学習へと発展させていくような展開の方が適切であると考えられる。すなわち、空気の膨張から授業を始める場合には、空気が上へ移動したのか、温められて空気が膨らんだのかを確かめるような取り組みが必要となるのに対し、金属の膨張では、適切な教具を使えばほとんどの子どもたちが温度を上げると膨張することに納得でき、より発展的な学習へと導きやすいのではないかと期待される。このことを確かめるため、本研究では、小学4年生のクラスごとに指導の順番を変え、東京書籍の教科書に沿った空気、水、金属という順番に学習したクラスと、金属、水、空気の順に学習したクラスで、子どもたちの取り組む様子を観察し、指導法の考察を行ったので報告する。

2. 指導計画

(1) 金属、水、空気の順番での指導計画とその実践

本単元の授業では、10時間を取り、金属の膨張に関する授業4時間、水の膨張2時間、空気の膨張3時間、まとめの授業を1時間とした。金属の膨張の授業では導入として、線路のつなぎ目などの写真を紹介し、金属を温めるとどうなるかを予想させた。その予想を確かめるための実験方法を考えさせ、適当な実験器具（図1）を導入した。2時間目と3時間目には、実験を行うにあたり、マッチの正しい使い方やアルコールランプの使い方を学習した。4時間目の授業でアルコールランプに火をつけ、金属球を温め

ることでかさが膨らむかどうか調べさせた。

5時間目と6時間目には水の膨張に関する実験を行った。金属のときと同様、水を温めるとどうなるかを予想させ、実験を行い予想を確かめさせた。実験にはガラス管をつけた試験管に水を入れ、お湯に浸して温めガラス管の中の水の位置を観察させて温度の上昇によってかさがどうなるかを調べさせた。

7時間目の授業では、空気を温めるとどうなるかを予想させ、それを確かめる実験方法について各グループごとに考えをまとめさせ、8時間目の授業でそれを確かめる実験を行った。試験管の表面に石鹼液の被膜をつけて温度変化による被膜の変化を観察するグループ、フラスコに栓をしてお湯に浸して栓が上昇するか観察するグループ、フラスコの口にゴム風船をつけて膨らませようとしたグループ、フラスコの口にピンポン玉を乗せて変化を観察しようとしたグループがあった。これらの実験に取り組む子どもたちの姿を図2に示す。

まとめの授業では、これらの実験をまとめて、さまざまなもののかさと温度の関係をまとめた。

(2) 空気、水、金属の順番での指導計画とその実践

この順番に指導を行ったクラスでも、全体の時間を10時間とし、それぞれの取り組みごとに、予想を立てさせ、それを確かめる実験を考えさせ、



図1. 金属の膨張の学習で使用した教具。金属球を温めるとリングを通過しなくなる。



図2．さまざまな実験を行って、空気の膨張を学習する子どもたちの姿。(a) 試験管の口に石鹼液の被膜をつくり、試験管を温めて被膜が膨らむか観察する子どもたち。(b) フラスコの口に風船をつけ、フラスコを温めて膨らむか調べる子どもたち。(c) フラスコに栓をしてお湯で温め、栓が上昇するか調べる子どもたち。(d) フラスコの上にピンポン玉を置き、フラスコを温めて変化を観察する子どもたち。

次の時間に実際に実験を行って確かめる授業を行った。用いた器具は、金属、水、空気の順番に学習したクラスと同じである。

3. 結果

金属、水、空気の順番に指導を行ったクラスの実践結果をまず述べる。このクラスでは、アルコールランプに火をつけ金属球を約1分間温めてリングを通過するか調べた。その結果、加熱前には余裕をもって通過していた金属球が通過しなくなったことで、クラス全員が加熱によってかさが膨れたことを確認することができた！「おお、すごい！」などと大きな声を出し、温度によってかさが膨張するという現象を驚きをもって実感した子どもも多数いた。子どもたちは繰り返し金属球と加熱したり冷やしたりし、加熱や冷却によるかさの変化を確かめていった。その後すぐに子どもたちは、加熱時間が長いほどかさが大きくなることに気づき、リングを通過しなくなる加熱時間を求めよう

として、加熱時間を変えて繰り返し実験を行う姿がみられた。

水の膨張に関する実験では、すでに金属の実験で温めるとかさが大きくなることを理解しているので、見通しをもって実験を行うことができ、金属の場合よりかさの膨らみが大きいことに気づくことができた。

さらに、空気の膨張では、温度によるかさが変化するという予想のもとにさまざまな実験方法を考案して確かめようとする姿勢が見られた(図2)。ここでの学習では、すでに金属や水の膨張を実験で学習しており、空気の膨張について子どもたちは予想をもって実験方法を考案することができたことは注目される。一連の授業を終えて、子どもたちはものは温めるとかさが膨らみ、金属、水、空気で膨らみ方が異なることに納得することができた。

一方、空気から導入したクラスでは、空気の膨張に関する実験において、金属から導入したクラスに比べて多様な実験方法を思いつかなかった。

そこで、教科書にのっている実験方法で実験を行った。印として入れた水がガラス管の中のどのあたりまで上がっていくかを調べた。印としての水が上の方へ移動するという事実から、空気のかさが大きくなったために上の方へ移動したのか、それとも温められた空気が上へ行ったからそれに押されて水が上がったのかをしっかりと考察できない児童もいた。さらに、実験方法が多様でないため、事実から考察へ結びつける根拠となるものを得ることができず、結局曖昧なままでまとめをすることになった。

水の膨張に関する実験では、実験方法は空気の場合と同じであり、印としての水を入れる必要もないため、追究に余裕ができた。そこで、温めていたお湯をもっと温度の高いものに変えてほしいと要求したり、お湯の代わりに水を入れて確かめるグループもあった。これにより、水位が上昇したり下降したりする事実から、水は温度が上がれば膨張し、温度が下がれば収縮するという考察を得ることができた。

金属の膨張では、金属球をアルコールランプで加熱し、リングを通るかどうかを調べた。これもリングを通らないという事実から金属が膨張したことをつかんだ。さらに温度を冷やすとどうなるかを調べるため、冷凍庫に入れて温度を下げ体積が減少するか調べるグループもあった。

児童たちは、目に見えない空気が体積変化をおこすということをまったく考えてもいない。そのため、空気から導入したクラスは、膨張というイメージすら持つことができず、空気の膨張を確かめる実験方法が多様にならなかった。一つの方法のみで追究するため余計に体積の膨張をつかみにくくなるということがわかった。しかし、水・金属と追究を進めるにしたがって、温度変化と体積の膨張には関係があるということをとらえることができるようになっていった。

4. 考察

空気、水、金属の順番に学習するのは、変化の大きいものの方が子どもたちの意識の流れにそっているというものである(山田, 1997; 則武・鶴飼, 1998)。確かに温度の変化に対するかさの増え

方は空気が一番大きいのが、問題は子どもたちがかさが増えたことを認識するには、実験を工夫する必要があり、単刀直入に現象がわかるというようにはいかないことが問題である。さらに温度の変化によるかさの変化に納得できたとしても、その原因が膨張や収縮によるものなのか、物質の量が増加や減少したかで混乱する子どももいることが問題となる(岡, 1995)。逆に、温度の変化に対する空気の変化の解釈を巡って、思考錯誤を繰り返すことで、科学的な考え方や問題解決の仕方を育てようとするならば、空気の膨張を最初に取り上げ、時間をかけて探求させるような指導も有益である(山口, 1999)。その際に、なぜ温められた空気は上昇するのかという点まで学びを発展させないと現象を科学的に理解し、納得できたことにはならないのではなかろうか。すなわち、空気は温めると膨張し、その結果密度が小さくなって周囲の空気に対して浮力が働き上昇するという上昇のしくみを納得させるような指導を行うことが望まれるが、これはもののかさと温度の学習範囲から大きく逸脱してしまう。

一方、金属、水、空気の順番に学習する指導の利点としては、金属を用いると、熱の移動やものの温まり方といった観点と並行してかさの変化を探求することが可能となることが考えられる(飯田, 1993)。本授業の実践では、金属のリングに金属球を通過させる実験器具を用いることで、常温ではリングを通過していた金属球が加熱すると通過しなくなることから、温度の上昇によって金属のかさが膨れることを実感した。さらに、どれくらい加熱したら通過しなくなるのかを調べようと、加熱する時間を変えて調べる子どもの姿がみられた。こうした活動は、小学4年生でもきちんと概念を認識すれば、新たな探求課題をみつけて実験に打ち込めることを示唆している。また、最初に金属の膨張の学習で膨張という概念をしっかりと学習したため、空気の膨張に関する実験が多様で内容の濃い活動ができ、充実した交流会へと発展することができたことはたいへん有意義であった。

森田(1996)は、空気の膨張に関する学習で、空気が上昇したためであると考えられる子どもが多く、膨張という概念がわかりにくい点を改良する

ため、ペットボトルに入れた水を温めたり冷やしたりしてかさの変化に気づくような指導をしている。こうした提案を受けて黒沢(2001)は、もの温まり方の学習ともののかさと温度の学習を関連づけて学ぶような指導を実践している。その際に「気球づくり」といったものづくりを通した学習を導入し、新学習指導要領のもとでの新しい指導法を提案している。今回の授業では、水の膨張を最初に学習するような指導については、比較検討していないが、観察結果が膨張という概念と結びつくような取り組みであり、有効な指導法の一つとってよいだろう。井上(2000)は、空気、水、金属の順番に学習を進めているが、授業の後半では熱膨張という現象を利用したおもちゃや道具づくりに取り組むような授業を実践しており、新学習指導要領のもとでの授業実践例として今後の授業実践で参考にしていきたい。

5. おわりに

文部省が発行した新学習指導要領(文部省, 1998)では、見通しをもって取り組み、現象を実感できるような授業の展開が重要であるとしている。小学4年の「もののかさと温度」の指導では、従来、空気、水、金属の順番に授業を実践することが多かった。しかし、従来の文献でも指摘されているように、子どもたちはそれまでの理科授業で温まった空気は上へ上昇することを学習しているため、現象の解釈を巡って混乱する様子がみられた。そのために、空気の膨張の学習では、上昇という現象なのか、膨張という現象なのかを巡って、実験のやり方を再検討し、かさが膨らんだことを確認するような取り組みが必要とされた。今回の授業実践では、金属の加熱実験を踏まえて、水や空気の加熱実験を行うことで見通しをもった探求活動ができることが明らかになった。また、金属の実験では、加熱時間を変えてかさの膨れ方がどう変わるかを自発的に調べようとする子どもたちの姿をみることができた。今回の授業実践における最も重要な点は、最初に金属の膨張を学習した子どもたちは、膨張という概念を抱いて見通しをもって空気の実験に取り組もうとしたため、実験器具や方法について多様なやり方を考え実践

したことであったと考えられる。

謝辞．本授業を実践するに当たり、岐阜大学教育学部附属小学校の丹羽直正教諭、大門佳孝教諭には、適切な助言を頂いた。ここに記して感謝いたします。

文献

- 古林桂子(1995)子どもの観察・実験と見方・考え方、扱い方 4年「温度と物の変化」の実践を通して、初等理科教育, 27, No. 8, 44-48.
- 飯田さわえ(1993)もののかさと温度, 初等理科教育, 27, No. 14, 44-45.
- 稲垣浩樹(2002)自分の見方や考え方を確かなものにしていく子ども「もののかさと温度」の学習を通して、日本理科教育学会第49回東海支部大会研究発表要項集, B1005.
- 井上正裕(2000)もののかさと温度, 初等理科教育, 34, No. 1, 43-45.
- 黒沢孝行(2001)温度による空気の体積変化をどのように認識するか 4年「もののかさと温度」の実践を通して、初等理科教育, 35, No. 8, 62-65.
- 森田和良(1996)温度ともののかさと, 初等理科教育, 30, No. 14, 13-15.
- 文部省(1998)小学校学習指導要領解説理科編, 東洋館出版社.
- 則竹良夫・鶴飼久嗣(1998)もののかさと温度, 初等理科教育, 32, No. 14, 55-57.
- 岡正人(1995)子どもの「おもい」を引き出し、読みとり、生かす理科学習 4年「温度ともののかさと」の実践を通して、初等理科教育, 29, No. 2, 22-25.
- 山田仙人(1997)もののかさと温度, 初等理科教育, 31, No. 13, 55-57.
- 山口亮二(1999)子どもの願いや思いを生かした実験・観察, 初等理科教育, 33, No. 9, 20-22.