

# 知識の活用を促す授業と教材のあり方に関する基礎的研究 ～小学校4年「物の温度と体積」の実践を通して～

大前暁政<sup>1</sup> 大崎雄平<sup>2</sup>

京都文教大学<sup>1</sup> 京都市立桃山小学校<sup>2</sup>

学習指導要領では、基本的な知識・技能の確実な習得だけでなく、知識・技能の活用力を高めることが求められている。そのため、活用力を養うための授業と教材の開発を行い、子どもの学びの深まりを検討することは重要な意味をもつ。

今回、知識の活用を促す授業と教材の条件を仮説として考え、小学校4年「物の温度と体積」の単元において、学習を一通り終えた学級を対象に実施した。授業と教材の条件として、「発展的な課題を用意すること」、「多面的な実験ができる教材を用意すること」を考え取り入れた。そして、知識と技能をどの程度活用できるかの検討を行った。

発展的な課題を用意し、多面的な実験ができる教材を準備し、考察の時間を確保することで、既習の知識の活用を促すことができた。

[キーワード] 小学校理科, 活用力, 発展学習, 問題解決

## 1 研究の背景と目的

### 1.1 研究の背景

学習指導要領改訂の趣旨の一つとして、活用力を養うことの重要性が挙げられている。学習指導要領解説では、改訂の経緯として、OECDのPISA調査など各種の調査から、我が国の児童生徒について、「知識・技能を活用する問題に課題」があるとし、「科学的な思考力・表現力の育成を図る」ことを明記している<sup>1)</sup>。また、理科学習指導要領改訂の基本的な考え方として、「基礎的な知識・技能をしっかりと身に付けさせます」、「知識・技能を活用し、自ら考え、判断し、表現する力をはぐくみます」、「学習に取り組む意欲を養います」の三つを示し、知識と技能を活用する力の育成を求めている<sup>2)</sup>。

さらに、2008年の中央教育審議会答申では、学習指導要領の理念を実現するための具体的な手立てとして、「教育については、「ゆとり」か「詰め込み」かといった二項対立で議論がなされやすい。しかし、変化の激しい時代を担う子どもたちには、この二項対立を乗り越え、あえて、基礎的・基本的な知識・技能の習得とこれらを活用する思考力・判断力・表現力等をいわば車の両輪として相互に関連させながら伸ばしていくことが求められている。」としている<sup>3)</sup>。それに加えて、本答申では、学習の進め方には習得・活用・探究の三つがあることが示され、それぞれの学習は厳密に分類ができない面もありながらも、「知識・技能を活用する学習活動やこれらの成果を踏まえた探

究活動を通して、思考力・判断力・表現力等がはぐくまれる」としている。その上で、「今後、教科において、基礎的・基本的な知識・技能の習得とともに、それらを活用する学習活動を充実させることにより思考力・判断力・表現力等の確かな学力をはぐくむ必要があり、そのための授業時数の確保が求められる」と明記している。

全国学力学習状況調査の結果からは、知識と技能が身につけているからといって、知識と技能を活用できる力が身につけているとは限らない実態が明らかになっている。理科の調査が行われた2012年度の全国学力学習状況調査では、国立教育政策研究所において分析が行われ、「観察・実験の結果を整理し考察すること」と、「科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりすること」の二点において、平均正答率が低かったことが指摘されている<sup>4)</sup>。特に、学んだ知識や技能を活用して、現象の原理を説明する問題の正答率が低いことが注目される。

また、国立教育政策研究所の「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について（報告書）」では、知識・技能の活用に関する課題があることを指摘し、その原因を、「習得した知識を活用して考察する学習の機会が少なかったものと考えられる。」としている<sup>5)</sup>。

### 1.2 研究の目的

以上の答申などに見られたように、知識や技能を活用して、現象の原理を説明できるためには、

習得した知識と技能を活用し、現象の原理を説明するなどの機会を確保することで、活用力を育てることが必要であると考えられる。

活用力を高めるための先行実践には様々なものが行われている。例えば、習得と活用とを関連付けながら、問題解決的な活動を単元全体を通して行う実践としては、福島県教育センターが2年間行った研究がある。「『活用力』を高める学習指導の在り方」を研究主題として行ったこの研究では、活用力を高めるための授業づくりのポイントを、「①問題解決的な学習過程を組むこと」、「②単元を見通した指導構想をもつこと」、「③必然性、目的意識を喚起すること」、「④共有、吟味等の言語活動を充実させること」、「⑤親和的な学習集団をつくること」を挙げている。

広島県立教育センターの2013年の研究「課題の解決に必要な知識・技能を活用する力を育てる授業の在り方ー思考プロセスを踏まえた授業モデルの作成を通してー」では、活用力を高める理科授業モデルとして、「①問題の設定」、「②既習事項の明確化」、「③活用させる際の手だて」の三つを挙げている。特徴は単元全体を通して、既習の知識や技能を活用できる場面を考えつつ、問題解決を進めているところであり、最初の問題の設定では、「日常的な題材を用いて、他の場面で児童生徒が既習事項である知識・技能を活用して解決する問題を設定する。」としている。そして、単元の最後には、他教科や実生活での活用場面を用意されている。

他の実践例として、中野・東田(2010)は、活用力を高め合う学習として、「活用につながる実体験」、「活用を支える基礎事項の習得」、「活用型実験の開発と実践」の三段階の学習計画を提案しており、単元全体を通して、活用力の伸長が図られたとしている。単元の最後の段階である「活用型実験の開発と実践」では、日常の遊びから連想できる課題として、ぶらんこの課題やふりこ時計の課題を提示し、知識を活用する場面を用意している。

国立教育政策研究所の「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について

(報告書)」では、2012年度の全国学力学習状況調査の結果から、知識と技能の活用力に課題があることを指摘しつつ、改善の方向性として、「習得した知識を使用して、適用、分析、構想、改善するなど、実際の自然や日常生活で考察できるよ

うに指導することが大切である。」とし、指導例が示されている。

以上のように、単元全体を通しての活用場面を意識することや、単元の最後に実生活への活用場面を用意されていることは多く発表されている。

しかしながら、単元を通して得た知識を、単元の最終場面で発展課題<sup>6)</sup>に生かすことができるかどうかや、発展課題を解決する活動をする中で知識の活用が促されるかどうかについての研究は多くは行われておらず研究の余地が残されていると考えられる。認知心理学、学習心理学では、知識の活用を、学習の転移としつつ、ある文脈で学んだ知識を、別の他の文脈での適用させることで、獲得した知識を柔軟に新しい文脈へ転移できるとされている研究もある<sup>7)</sup>。一方で、小学校の理科授業においては、別文脈と言えるような発展課題を提示した上で、その課題に対し、自分なりの方法で実験を行い、実験結果を得た上でさらに熟考させ、再度知識を適用する場面を用意する実践は少ないと言える。

そこで、ある場面で学習した知識を、発展課題という別の場面で適用する学習活動を単元の最後に用意し、学習した知識を児童がどの程度適用できたのかと、発展課題を解決する学習活動を通して、最終的に学習した知識をどの程度適用できたのかを調査することで、知識の活用が促されたかどうかを調べられると考えた。

活用力には様々な要素があると考えられ、定義も様々なものがあると考えられる。梶田(2009)は、「活用する力」を、「高次の総合的な認知的能力」とし、具体例としてPISA調査の科学的リテラシーを挙げている。また、PISA2006の調査で示された科学的リテラシーの中には、「与えられた状況において科学の知識を適用すること」が、知識を活用する力をして挙げられている。

本研究で対象とする活用力は、「ある場面で習得した知識・技能を、他の場面の問題解決のために適用する力」とする。この意味での活用力は、前出の答申や国際調査、先行研究を踏まえたものであり、特にPISAで重視されている考え方であるといえる。

本研究では、単元の学習を一通り終えた後に、知識の適用を促す発展課題を教師が提示し、自分自身で解決する活動を用意することで、授業前後に児童がどの程度知識の適用ができたのかを調べること、知識の活用を促す効果があったのかど

うかの検証を行うことを目的とする。

## 2 「活用力」を育てる理科授業を小学校4年「物の温度と体積」でデザインする

単元は、小学校4年「物の温度と体積」とした。小学校4年生では、水や金属、空気を扱う単元が多く設定されており、似た実験も多い学年である。学習した知識が似通っているために、混乱しやすいと考え、ある場面で得た知識を、別の場面で正しく適用することができるかどうかを調べるのに適していると考えた。

先に述べたように、活用を促す工夫として、「ある場面で学習した知識を、発展課題という別の場面で適用する学習活動を単元の最後に用意する」という授業の工夫を行うことにした。この工夫を取り入れたのは、発展課題という、生活で経験できる課題とはやや異なり、子どもが今までに考えたり体験したりといったことが少なく、解決がやや困難な課題を提示することで、予想の段階では、習得した知識の適用が困難である子どもが多いと考えられるからである。さらに、予想の段階では知識を適用できなくても、発展課題を自分なりの方法で問題解決させることで結果を把握させ、結果をもとに考察を促すという学習活動を通すことで、これまでに習得した知識をどう適用すればよいのかの熟考や判断を促すことにつながると考えたためである。

教師から発展課題を提示した後は、児童が自分で実験を行い、課題を解決できるようにすることが必要になると考えられる。教師の演示実験で終わると、児童が体験として現象の理解が実感できないことがあると考えたためである。また、児童は自分の予想をもとに実験を行い、もし予想と結果が食い違った場合、様々な試行錯誤を行って、解決を行っていくはずである。そこで、多面的な検証を保障するためにも、何度でも試行錯誤が可能な実験器具を用意する必要があると考えた。

授業の最後には、現象がなぜ起きたのかを考察する時間を確保した。実験を多面的に行い、その結果を整理する活動だけでなく、結果がどうして起こったのかの要因を、科学的な知識を適用して説明する時間を確保した。考察の際は、最初に一人だけで考察する時間をとり、ノートに考察を書かせ、その後で、意見を交流する場面を取り入れることにした。ただし、今回の研究では、個々の

子どもの活用力を検証することを調査対象としたため、授業後に知識の適用ができたかどうかは、交流前の個人の考察に焦点をあてて集計を行うこととした。

学習問題として、「水と空気の膨張率の違い」を当てはめる問題を出し、具体的課題として、ペットボトル温度計を温める



写真1 ペットボトル温度計  
ことで、水が上下する実験を見せ、「水の量や温める場所を変えると水の動きも変化するか」、を尋ねることにした。

ペットボトル温度計を使った実践の多くは、物作りの位置づけで行われている<sup>9)</sup>。

かつての理科教科書には、「空気の温度とかさ」の単元において、「噴水実験」の例示が掲載されていた<sup>9)</sup>。この噴水実験とは、ガラス管のついたフラスコに水を入れておき、フラスコを湯につけると、噴水ができるといったものである。ただし、この噴水実験は、噴水に注目させたいとする教師の意図が強いあまりに、加熱する水の温度が高かったり、長時間加熱しすぎたりすることによって、水蒸気圧が発生し、水蒸気圧によって噴水が起きるといった点が問題視されていた。ただしその後の研究により、加熱する水の温度が低かったり、短時間の加熱だったりすると、水蒸気圧はほとんど無視してかまわないことが実験で明らかになっている。例えば、山下(1999)は、噴水実験装置を再検討し、「入れる水の量を制限し加熱時間を短くすれば、この実験の噴水が生じた原因は空気の膨張であると結論付けることに疑問の余地はなさそうである。」としている。このように、噴水実験であっても、加熱する水の温度を60℃以下にし、温める時間を20秒程度にすることで、水蒸気圧の影響をほとんど無視することができる。今回は、温度計を使った実験であり、噴水を目的とはせず、あくまで水の上下が分かる程度の温め方でよく、温める水の温度や時間も、自然と制限されるため、水蒸気圧をほぼ無視できると考えた。

### 3 授業実践とその評価

#### 3.1 授業実践の目的

単元を通して得た知識を、授業の前後で発展課題にどの程度適用できたのかを調べ、発展課題を解決する活動をする中で、知識の活用が促されるかを検証する。ここでの知識の活用とは、具体的には、「物の温度と体積」で習得した「水と空気は温めるとともに体積が大きくなるが、大きくなる割合は水よりも空気の方が大きいこと」という既習の知識を適用して、ペットボトル温度計の原理を解説できることとした。

調査は、授業観察を通して、子どもの活動の様子をつかみつつ、ノートの記事や発表を通して、どのような考えを子どもたちがもったかを調べることとした。

#### 3.2 実践の概要

実践期間は、2013年12月、実践対象は公立小学校の第4学年26名、実践単元は「物の温度と体積」であり、授業は著者自身が行った。

準備物として、「食紅で色をつけた赤い水」、「赤い水が入ったペットボトル温度計」、「湯」、「バケツや水槽などの湯を入れる容器」を用意した。

ペットボトル温度計は、ストローを500mlのペットボトルの口にバンドで付けた簡易な物である(写真1)。ストローは太さによって、水の上がり方が変わるため、手で温めても十分に反応し、水が上下するよう、直径4mmの細いストロー2本を連結させて使用した。ペットボトル温度計は、一人に一つ用意した。

#### 3.3 調査方法

本授業に至るまでの、単元全体の指導過程を以下に示す。本授業は、第8時に行ったものである。

第1時・2時 ペットボトルを温めるとどうして栓が飛んだのかを調べる。

第3時 とじこめた空気を温めるとどうなるのかを調べる。

第4時 とじこめた空気を冷やすと体積はどうなるのかを調べる。

第5時 水は温度が変わると、体積が変わるのかを調べる。

第6時 金属も温度が変わると、体積が変わるの

かを調べる。

第7時 これまでの学習を振り返り、水、空気、金属の温度と体積のかわり方をまとめる。

第8時 発展課題を自分なりに解決する。(本時)

具体的な調査の視点として、一つ目に、「発展課題を示した時点での知識の適用程度」を考えた。単元終了後の段階で、市販テストの平均点は、「知識・理解」43点/50点中、「技能」42点/50点中、「思考・表現」44点/50点中である。平均点から考えると、教科書レベルの知識・技能は、おおむね身につけていると考えられる。ただし、学習内容を忘れていた児童がいる場合に、知識の適用自体が困難になるため、学習の導入部で、学習した内容を思い出させる簡単な演示実験をすることとした。そのことで、知識の習得程度の個人差ができるだけ小さくなるようにした。この状況において、どの程度授業の導入場面で、知識が適用できるかを調べていく。

次に、「発展課題に対し、自分なりの方法で実験を行い、実験結果を得た上でさらに熟考させ、再度知識を適用する場面を用意することで、どの程度知識の適用ができるのか」を調べることにした。これは、主にノートによる記述で判断することにした。

つまり、発展課題を示した授業導入場面での知識の適用程度と、実験後の知識の適用程度を調べることで、授業前後での知識の活用程度は変化したかを見ていくことで、本授業が知識の活用を促す効果があったのかどうかを判断することとした。

課題提示は、「どう温めたら、水が勢いよく上がりますか」とした。知識の活用の程度は、以下の基準をつくり、その基準にどの程度の子どもが当てはまるのかを調べた。

①現象の要因について、水と空気の膨張率の違いに触れながら、空気の膨張が主たる要因であることを説明できる。【S 評定：知識の活用を十分に行うことができるもの】

②水と空気の膨張率の違いには触れられていないものの、空気が膨張することによって、水が押し上げられることを説明できる。【A 評定：知識の活用ができていないもの】

③水が押し上げられた要因を、空気と水と両方が膨張すると説明しているもの【B 評定：知識の活用がやや不十分ながらできているもの】

④空気の膨張が主たる要因であることを説明できない。【C 評定：知識の活用が不十分なもの】

### 3.4 授業の実際

以下、実際にどのような授業を行ったのかの概略を紹介する。なお、教師の発言を『』、子どもの発言を「」で示した。授業時間は1単位時間である。

#### 1 課題をつかませる

ペットボトル温度計のストローの中に赤い液体を入れたものを提示した。そして、ペットボトルを温めると、赤い液が上昇したことを思い出させた。

『水が上がるのは、なぜですか。』

C1「空気がふくらんだからです。」

次に、ペットボトル温度計に赤色の水を満たしたものを提示した。そして、水を温めると、赤い液が上昇したことを思い出させた。子どもたちは、ペットボトル温度計は初めて使用するが、試験管を使って同様の実験を行っており、試験管を使った実験と比較させることで、水が上昇したことを思い出させることができた。

『水を温めると、水が上がりましたよね。水が上がったのはなぜですか。』

C2「水がふくらんだからです。」

『では、今日は、水と空気の両方をペットボトルに入れてみます。温めると、水は上がりそうですか。』

C3「上にいくと思う。」

ここから、課題に対する見通しをもたせ、結果の予想や仮説を考えさせるために、次の二つの発問を行った。

『水を半分入れたとして、どこを温めると、水が勢いよく上がりそうですか』

C4「えっ？どこかなあ？」

『水の量は多い方が勢いよく上がりそうですか。それとも、水が少ない方が勢いよく上がりそうですか。』

C5「どっちだろうなあ？」

#### 2 仮説と実験方法を考えさせる

『どう温めたら、水が勢いよく上がりそうですか。自分の考えをノートに書きなさい』

子どもたちは、「水の量」と、「温める場所」の二つの条件について、それぞれ予想を行い、ノートに予想と、そう考えた理由を書いた。

#### 3 実験で確かめさせる

子ども自身が考えた仮説に沿って、自由に実験

を行ってよいことを伝えた。温度計なので、手で温めても反応することを伝えた。湯は、50℃程度のもので用意し、やけど防止のため、手袋を使用させた。子どもたちは、全員が以下の方法で調べていた。

- ①手で温める ③湯につけた雑巾で温める
- ②お湯で温める ④ストーブで温める

また、温める方法だけでなく、水の量を変えたり、温める場所（空気か、水か境界か）を変えたりして、自由に実験を行い、結果を確かめていた。

#### 4 結果を整理させる

『実験結果をノートにまとめなさい』

しばらく実験結果を書かせる時間をとった後で、学級全体で、結果を確認した水の量を少なくして、空気を温めた際に勢いよく水が上がったことを確認した。

#### 5 現象の原理を考えさせる

学習した知識を活用して現象の説明を行うことを促すため、次のように尋ねた

『水を少なくして、空気を温めると、水は勢いよく上がりました。これはいったいなぜでしょうか。自分なりに理由を考えて、プリントに書いてもらいなさい』

しばらくプリントに考察を書く時間をとり、その後、全体の場で発表させた。最後に、班で相談時間をとり、意見を交流させた。

### 4 授業の結果

#### (1) 課題提示後の予想場面における子どもの知識活用程度

「どう温めたら、水が勢いよく上がりそうですか」という発問に対し、子どもたちは「水の量」と「温める場所」に2つの要素をもとにして、次のような予想をした。

- ①水を少なくして、上部（空気）を温めるとよい。(3人)
- ②水は少なくして、水と空気の「境界部分」を温めるとよい。(10人)
- ③水と空気を同じぐらいにして、上部（空気）を温めるとよい。(2人)
- ④水と空気を同じぐらいにして、「境界部分」を温めるとよい。(3人)
- ⑤水は多くして、「境界部分」を温めるとよい。(2人)

⑥水を少なくして、下部（水）を温めるとよい。  
(5人)

⑦水と空気を同じぐらいにして、水の方を温めるとよい。(1人)

予想の分布をみると、「①水を少なくして、上部（空気）を温めるとよい。」と書き、さらに正しく理由を書けたという「正しい予想」(S評定)ができた子どもは、26名中3名であった。

①の予想をした子の理由としては、「水と空気を比べると、空気の方がたくさんふくらむから、空気を多くして、空気を温めればよい」といったことを挙げていた。

②の予想をした子は、「水を圧すのだから水の近くの空気を温めるとよい」、「空気が多い方が水は空気に圧されると思うが、水も念のために一緒に温めたらよい」といった理由を挙げており、「空気が温まって膨らむから水が出てくるだろう」という主要因には気付いているが、水と空気の膨張率の差までは記述できていなかった。

③の予想をした子は、「水が勢いよくのぼるには水の量がある程度必要であり、空気を温めて空気をふくらませて水を送るとよい」などといった理由を挙げており、やはり「空気が主要因であることには気付いているが、水と空気の膨張率の差までは意識できていなかった。

④と⑤の意見の理由としては、「水と空気は両方とも温めると膨らむので、両方を温めた方がよい」といったものが主要なものとして挙げられていた。また、⑤の理由として、「水の勢いをよくするには、水の量が多い方がよい」といったことを挙げていた。

⑥と⑦の意見の理由としては、「水の沸騰も下から温めるから、これも同じ」、「水を下から温めると、上にのぼりそう」といったものがあった。

全体として、「水の量を少なくした方が、水が勢いよくのぼる」という正しい予想ができた子が、18名いたが、温める場所は、空気ではなく、「境界部分を温める」、つまり、水と空気をを同時に両方温める方がよいと考えた子が、全体で10名、「水を温めた方がよい」と答えている子が5名と、合計15名いた。

## (2) 課題解決場面における子どもの姿

実験方法を自由に任せたことから、子どもたちは、「手で温める」、「お湯で温める」、「雑巾で温める」、「ストーブで温める」の4つの方法

を試すことができた。

また、実験器具を工夫するだけでなく、「どこを温めるとよいか。」や、「水の量と空気の量をどう変えたらよいか」も自ら進んで確かめている様子が見られた。

「ペットボトルの真下を温めると、沸騰するときのように、水も勢いよく上がる」と考えていた子は、水の量を変えたり、温める方法を変えたりしながら、何度も繰り返しペットボトルの真下を温めていた。このように、自分が正しいと思っている方法を、繰り返し確かめている姿も見られた。自由に何度も繰り返し実験を行うことができる実験器具を一人に一つ用意したことで、自ら進んで様々な方法を試す姿が見られた。

## (3) 結果の把握の程度

結果を全員で共通理解させた後で、結果から何が分かるのか、原理を説明させる活動に入った。まずは、結果をノートに整理させた。正確に結果をつかんでいたかどうかを、子どものノートをもとに分析した。その結果を次に示す。

①水の量と温める物の両方を説明し、結果を正確にとらえられているもの(16人)

- ・「水を少なくして空気を温めると、いきおいよく水が上がる。」

②一部の結果を正確にとらえているもの(8人)

- ・上の空気を温めるといきおいよく水が上がる。
- ・空気が少ないときは、あまり上に上がらない。
- ・水を少なくし、全体を温めると、いきおいよく水が上に上がった。
- ・水が少ないと、水はいきおいよく上がる。
- ・水を多くすると、温めても水が出てくるまでに時間がかかった。

- ・高い温度のもので温めると、いきおいよく水が出てきた。

③勘違いをしているもの(2人)

- ・水は少ない方がよく(正しい)、下を温めた方がいきおいよく水が上がった(間違い)。
- ・水と空気の量を同じにして、水と空気の「境界部分」を温めると、水が勢いよく出てきた(間違い)。

結果が一部の子で食い違っていたので、授業では、実験結果の統一のために、教師実験により、「空気が多く、しかも空気を温めた方が、水の勢いがよい」ことを、演示した。演示実験によって、子どもたちに正しい実験結果の共有をさせること

ができた。

#### (4) 課題考察場面における子どもの知識活用 の程度

実験を終え、考察場面において、現象がなぜ起きたのか、結果から分かること(考察)を書かせた。子どもたちの考察の評価については、著者2名で行い、子どもの考察記述を一つずつ2名で協議を行いながら評価を行った。評価基準に照らして一つずつ2名で吟味を行ったため、2名がやや異なる評価になった場合でも、協議を行うことで、最も評定基準に近いと思われる記述ごとに分類した。

①水と空気の膨張率の違いに触れながら、現象の要因について説明できているもの【S評定】(12人)

・「水より空気の体積の変わり方の方が大きいから、水が少なく空気が多い方が、水がいきおいよく上がる」

・「水とくらべて、空気の方が体積の変わり方が大きいから、空気が多く、水の量が少ない方が、水のいきおいはよくなる。」

・「空気の方が体積の変化が大きいから、水を少なくした方が、水を押し出す力は強くなる。だから、水が少なくても、空気が押し出すために、いきおいよく水が出てくる。」

②水と空気の膨張率の違いには触れられていないものの、空気が膨張することによって、水が押し上げられたという現象の主たる要因は説明できているもの【A評定】(13人)

・「空気が温まって膨らんで水をおしのけたから水が出てきた。」

・「空気の量が多い方が、空気の量が少なくなると比べて、空気の圧がかかりやすいから、空気は多い方がよい。」

・「水が多い方は、空気の体積が小さくて、水が少ない方が空気の体積が大きいから。」

③水が押し上げられた要因を、空気と水と両方が膨張するからと説明しているもの【B評定：知識の活用がやや不十分ながらできているもの】(1人)

・「水の量は少ないとよく上に上がり、空気を温めるといきおいよく上がった。これは、水の量が少ないと、水が冷えにくく温まりやすいから、よく上がる。」

③空気の膨張が主たる要因であることに触れられていないもの【C評定】(0人)

原理の説明を「空気と水の膨張率の差」にふれながら正確に行うことができている子は、12名であり、予想段階の3名から増加した。また、膨張率の違いには触れられてはいないものの、現象の要因を説明できた子は13名おり、計25名がA評定以上と変化した。

## 5 考察

### (1) 課題解決場面における結果の把握の正確さの分析

発展課題を提示し、一人一人に、実験方法を様々に試すことができる実験器具を用意することで、条件を様々に変化させたり、様々な方法で温めたりと、意欲的、かつ多面的に調べる姿が見られた。本授業までに行ってきた実験技能(手、お湯、雑巾で温める)は、全員が活用できていた。新しい実験方法として、ストーブを利用して、ペットボトルの下や横を温める方法も、全員が行うことができた。

また、実験による結果を、正確につかんでいる子どもの合計は、26名中24名であり、そのうち、空気と水の割合と、温める場所の両方について正確に記述できているものは、16名であった。2名だけは、一部正しい結果を書いているが、勘違いも見られた。「水と空気の境界部分を温めると、一番良い」と予想した子は、結果を、予想と同じように書いていた。これは、予想した結果に都合のよい結果だけを採用したためだと考えられる。

2名の勘違いは見られるものの、90%以上の子どもたちが、結果を正確につかむことができたことは、本教材が水と空気の膨張率の違いに気付かせるのに有効であることを示唆している。

### (2) 予想の段階における子どもの知識の適用程度

知識の活用については、予想の段階では、膨張率の違いを予想に適応し、知識を活用して予想の理由を説明できる子が①の3名しかおらず、知識の活用を十分にできた子は3名であると判断した。予想の段階で、A評定と判断できるのは、②と③の予想をした子であり、12名いると考えた。空気の膨張を主要因とはしているが、空気と水の膨張率の差までは記述できていなかったためである。予想の段階で、B評定と判断できるのは、④と⑤の予想をした子であり、5名いると考えた。水と

空気は両方膨らむので、同じぐらい入れるといった理由が主だったためである。予想の段階で、「空気と水の膨張率の違い」を考慮することができず、「水を温めた方が、水が勢いよく上がる」といった間違っただ予想をした子、つまり C 評定の子は、⑥と⑦の予想をした子であり、6名いると考えた。

下の部分を温めたらよいと考えた子の中には、水の沸騰も下から温めるから、これも同じだと類推したと答えた子がいた。これは間違っただ意見であるが、このような、子どもなりの生活体験から得た素朴な概念から予想している子がいたことが考えられる。

### (3) 個人における考察の段階における子どもの知識の適用程度

実験を自由に行い、結果をまとめ、考察する段階になって、膨張率を要因として、正確に説明できた子 (S 評定) が、12名に増えたことが分かる。さらに、「水と空気の膨張率の違いにはあまり触れられていないものの、空気が膨張することによって、水が押し上げられたという現象の主たる要因は説明できているもの」(A 評定) が13名おり、合計 25 名が、A 評定以上の考察ができていた。このように、本授業において、予想の段階では知識の活用ができなかったが、授業の最後には、知識を活用して、説明ができるようになったことは、知識の活用を促す一定の成果があったものと考えられる。

A 評定の 13 名は、空気の膨張が大きいことが、水がのぼってくる主たる要因であるに気付いていることは、一定の成果があると言えるが、水との比較までは考察には書かれていなかった。ただし、この 13 名の一部には、水と空気の膨張率にも気付いていたにもかかわらず、ノートに書かれた考察には、膨張率に触れられていなかった子がいた。これは、考察を書く活動に慣れていなかったことが、一つの原因であると考えられる。例えば、考察の例として、「空気を温めると、空気がふくらんで、水をおして、水がふきでてくると思います」といった考察があった。これは、考察自体は正しいのだが、課題である「どう温めたら水がいきおいよく出てくるか？」に正対して答えることはできていない。課題(発問)に対して、正対して答えるという習慣づくりが必要だと考えられる。

また、1名だけが、B 評定であった。この子どもは予想段階で、「水と空気を同じぐらいにして、

境界を温めるとよい」と考えており、水と空気を両方温めることにこだわって実験を行い、結果として「水は少ないとよく上に上がる」ことが分かっているにもかかわらず、「水が少ないと水が温まりやすい」という要因で考察をしていた。これは、自分の予想に都合のよいように結果を解釈したためだと考えられる。ただし、考察を書かせた後の、考察を発表し合う時間において、S 評定の子の発表を聞くことや、教師が膨張率に注目するように促す言葉によって、B 評定の子も、「空気と水の膨張率の差」を要因として結果を理解することができた。

### (4) 授業前後における知識の適用程度の変化

授業前後における個人の予想と考察を比較した結果、知識の適用程度が変化した(図1)。

授業前後での評定の変化を、Wilcoxon signed-rank test で検定した結果、統計学的有意差 ( $p < 0.001$ ) が認められた。授業前には知識を適用してペットボトル温度計の原理を説明することができなかったが、授業後には知識を適用してペットボトル温度計の原理を説明できるようになっている。これは、授業前後において、理解が深まったことも要因の一部とは考えられるが、主たる要因は、発展課題を提示することで、予想の段階では、習得した知識の適用ができなかった児童が、自分なりのやり方での実験を行った上で結果を把握し、結果からさらに考察を行うことで熟考の機会となり、これまでに習得した知識の適用ができたことを示唆している。つまり、発展課題を自分なりの方法で解決した上で、熟考することで、どの知識をどう適用するのかの判断が促されたことが考えられる。

## 6 結論と今後の課題

発展課題を提示することによって、別の場面で知識の活用が必要になった場合、知識の適用がしにくい場合があるが、多様な実験を自分で行い、実験の結果を得た上で、もう一度熟考させることで、知識の適用を促す効果があったのだと推察される。

今後の課題として、他の単元においても、習得した知識を適用する発展課題と、自分で調べられる実験器具を開発し、知識の適用を促す効果があるのかどうかを確かめることで、研究の蓄積を図っていく必要がある。



### 付記・謝辞

授業実践にご協力していただいた京都市A小学校の高宮佳彦校長をはじめとする先生方、ならびに子どもたちに感謝申し上げます。なお本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金・若手研究(B) 26750070(研究代表者:大前暁政, 2014年度~2016年度「小学校理科における科学的思考力・表現力育成のための自律型探究学習モデル・教材開発」)の助成を受けて行った。

### 註

- 1) 文部科学省(2008)『学習指導要領解説 理科編』, 12-15.
- 2) 文部科学省(2008)「新学習指導要領の基本的な考え方-改訂の基本的な考え方」, 2014, Retrieved from [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/idea/1304378.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/idea/1304378.htm)
- 3) 文部科学省中央教育審議会答申(2008)『幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について』, 25.
- 4) 国立教育政策研究所(2012)「平成24年度全国学力・学習状況調査の結果について(概要)」
- 5) 国立教育政策研究所(2012)「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について(報告書)」
- 6) 発展課題とは, ここでは, 生活で経験できるような課題とはやや異なっており, 子どもが今までに考えたり体験したりといったことが少なく, かつ解決がやや困難な課題を意味している。

- 7) 森敏昭(2011)「心理学の世界 基礎編2 学習心理学 理論と実践の統合をめざして」, 『培風館』
- 8) 信州教育出版社教科書(2012)「新編 楽しい理科4」, 『信州教育出版社』, 46.
- 9) 啓林館(1987), 「小学校4年理科教科書」, 『啓林館』

### 引用文献

- 1) 福島県教育センター(2012)「『活用力』を高める学習指導の在り方(第二年次)ー研究協力校における実践的な取組みを通してー」福島県教育センター平成24年度研究紀要
- 2) 吉田美和・奥本実・野上真二・吉田裕久・小山正孝・木下博義(2013)「課題の解決に必要な知識・技能を活用する力を育てる授業の在り方ー思考プロセスを踏まえた授業モデルの作成を通してー」広島県教育センター
- 3) 中野正俊・東田充弘(2010)「児童の科学的概念を討論で深める問題解決学習Ⅱー活用力を高め合う第5学年理科「振り子運動」の学習からー」『滋賀大学教育学部紀要教育科学』, No. 60, 155-167.
- 4) 梶田徹一(2009)「〈活用力〉の力とは何か、新しい学習指導要領の理念と実践」金子書房, 8.
- 5) 国立教育政策研究所監訳(2007)『PISA2006調査評価の枠組みーOECD 生徒の学習到達度調査』ぎょうせい, 25.
- 6) 山下晃(1999)「空気と水の性質を教える理科実験と気象学ーその1 噴水実験についてー」『大阪教育大学理科教育研究年報』, 23 巻, 49-56.

# A Fundamental Study on Science lesson to Develop Applying Science Knowledge

—Through practice in the “Temperature and Volume” Unit of a 4th-Grade Elementary Science Curriculum in Japan—

Akimasa Omae<sup>1</sup>, Osaki Yuhei<sup>2</sup>

Kyoto Bunkyo University<sup>1</sup> Momoyama Elementary School<sup>2</sup>

With the government course guidelines, it is important to help students to acquire fundamental knowledge and skills. In addition, it is more important to help students develop the ability to use science knowledge and experimentation skills than to merely encourage rote memorization of facts. Therefore, it is necessary to invent teaching materials and the way of science lesson to help students develop the ability to use science knowledge and experimentation skills.

In this investigation, the conditions for developing the ability of 4th-grade students to use science knowledge was considered. As the conditions for lessons and teaching materials, we considered “preparing an expansive subject,” and “preparing lab ware that can be used freely.” And the expansive subject was given to children and made to learn.

By adopting these two conditions, the children we studied were able to demonstrate practical use of science knowledge.

**Keywords:** Elementary-school science education, Ability to use knowledge and skills, Advanced learning, Problem solving