

演繹的に問題を解決して学習する過程についての一考察

－小学校における理科の授業を通して－

An Examination of the Effectiveness of Deductive Problem-solving Learning
: Focusing on the Science Lesson in the Fourth Grade of Elementary School

江 川 克 弘

Katsuhiko EGAWA

鳴門教育大学学校教育研究紀要

第29号

Bulletin of Center for Collaboration in Community

Naruto University of Education

No.29, Feb., 2015

「演繹的に問題を解決して学習する過程についての一考察」

—小学校における理科の授業を通して—

An Examination of the Effectiveness of Deductive Problem-solving Learning : Focusing on the Science Lesson in the Fourth Grade of Elementary School

江川 克弘*

*〒772-8502 鳴門市鳴門町高島字中島748番地 鳴門教育大学 教員養成特別コース
Katsuhiro EGAWA*

*Special Teacher Training

748 Nakajima, Takashima, Naruto-cho, Naruto-shi, 772-8502, Japan

抄録：理科離れが懸念される中、小学校の理科の授業では児童が自主的・意欲的に学習できるような授業方法が必要とされている。本研究では、そのような授業方法の1つとして筆者が創出した「演繹的な問題解決学習」の有効性について考察を行っている。小学校学習指導要領におけるねらいを基に「演繹的な問題解決学習」の有効性を理論的に検討したり、小学校で一般的に行われている授業方法や「教えて考えさせる授業」との比較を通して、その有効性を理論的に検討したりしている。また、小学校4年生の理科の授業に「演繹的な問題解決学習」を適用した結果からも、その有効性について検討を行っている。その結果、「演繹的な問題解決学習」は小学校4年生の児童にとって有効である可能性のあることが示された。

キーワード：演繹的問題解決学習、小学生、理科の授業

Abstract : In elementary school, I was looking for the method of learning, which children intently and voluntarily learned science. I created the method of deductive problem-solving learning. In this study, I weighed the method with several other methods of learning. And, I discussed its effectiveness. Furthermore, I applied the method to science lessons in the fourth grade of elementary school, and examined the effectiveness of it. From the observation of the children, they were intently and voluntarily learned science. And, test scores of the lessons were significantly higher than the test scores of the other lessons. Therefore, I inferred from this research that the method would be effective.

Keywords : Deductive Problem-solving Learning, Students of Elementary School, Science Lesson

I. 問題と目的

理科離れが懸念されて久しい。この間に、学校教育だけでなく様々な分野で理科離れへの対策が講じられていることは周知の事実である。様々な対策が講じられているが、理科離れに対して最も重要な役割を担う必要があるのは学校教育であろう。つまり、学校教育で行われる普段の理科の授業を充実させることが重要であると考えられる。理科離れへの対策は学校教育の早い段階から行われることが望ましいので、本研究では小学校における理科の授業について考察していく。中でも、一般的に関心が高いと推察される実験を行う理科の授業（以下、理科の授業【実験】）を取り上げる。

先ず、現在の小学校で一般的に行われている理科の授業【実験】のプロセスを図1に示す。

小学校においては、一般的にこのような理科の授業【実験】が行われている。文部科学省（2008）は小学校学習指導要領解説総則編の中で、「各教科等の指導に当たっては、体験的な学習や基礎的・基本的な知識及び技能を活用した問題解決的な学習を重視するとともに、児童の興味・関心を生かし、自主的、自発的な学習が促されるよう工夫すること」としている。この中で、文部科学省（2008）は、体験的な学習や基礎的・基本的な知識・技能を活用した問題解決的な学習を行うことにより、主体的に学習に取り組む能力を身に付けさせたいと考えている。また、その過程において児童の興味・関心を生かすことで、児童の学習意欲を喚起し、自主的、自発的な学習を促すことをねらっている。

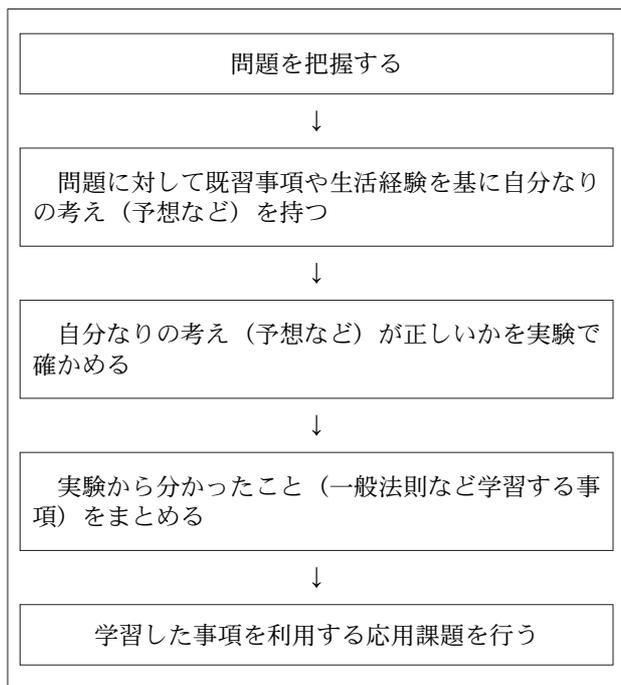


図1 小学校で一般的に行われている理科の授業【実験】のプロセス

では、図1に示した理科の授業【実験】のプロセスは、この文部科学省のねらいを達成できているであろうか。確かに、児童は実験を行うし、問題解決的な学習過程であるので、体験的な学習や基礎的・基本的な知識及び技能を活用した問題解決的な学習は達成できていると考えられる。また、図1の「問題を把握する」段階で児童の興味・関心を喚起していると推察されるため、児童の学習意欲を喚起することもできているであろう。

しかし、この授業プロセスで児童は自主的、自発的な学習を行えているであろうか。この授業プロセスの「問題に対して既習事項や生活経験を基に自分なりの考え（予想など）を持つ」段階では、児童が自由に発想して多様な考えが出てこないように教師が既習事項や生活経験を限定して考えるよう促すことがある。また、多様な考えが出てくる場合には児童同士の相互作用（主に討論）を通して（実験による検証を行うことなく）児童の考えをいくつかに絞ってしまうことがある。このような措置をとるのは、この段階で様々な考えが出てくると、そのあとに行う実験が多様化してしまい、指導が困難になるからである。つまり、この段階で児童は自由に発想して自分なりの考えを持つことができないのである。このような状況で児童が自主的・自発的に学習しているとは考えられない。単一の実験で効率よく学習事項を学べるようにすることは、やむを得ない一面がある。しかし、全ての理科の授業【実験】で、このような学習が行われることは望ましくないであろう。

また、「自分なりの考え（予想など）が正しいかを実験で確かめる」段階では、教科書に掲載されている実験を

そのまま行うことが多い。つまり、自分なりの考え（予想など）が正しいかを確かめる実験方法を児童自身で考えることをしないのである。このような状況で児童が自主的・自発的に実験に取り組むとは考えられないし、よしんばそのように見えても「実験」が楽しいというだけで、自分の考えが正しいのかを確かめる楽しさには至っていないと推察される。

しかし、中には児童に自由な発想で実験方法を考えさせ、その実験を行わせる教師もいる。この場合、児童が自由に実験方法を考えられる時間を確保しなくてはならないため、通常よりも時間がかかることは明白である。また、児童の考えた実験方法が妥当であるかを教師がチェックしなくてはならない。なぜなら、それらは現実的でなかったり、細かな条件が統制されていないなどの不備があったりするからである。そのようなことを児童自身で気付けるようにすれば良いのだが、それは大変難しいであろう。そして、児童の考えた実験方法が妥当でない場合、児童の発想を生かしつつ妥当な実験方法を考えられるように支援・助言する必要が出てくる。さらに、そのような支援・助言をして妥当な実験方法を導き出すことができたとしても、児童が実験を行うので、実験がうまくいかなかったり、間違った実験結果が導き出されたりすることがある。そのような場合は、教師が介入して実験を一緒に行ったり、他者の行った成功例の実験を参照するよう指導したりする。このように教師が介入しなくてはならない場面が多くなる。これでは児童の自主的・自発的な学習が行われているとは言えないであろう。

以上述べてきたように、小学校で一般的に行われている理科の授業【実験】には様々な課題があると考えられる。そのような授業方法に変わるものとして、市川(2008)は「教えて考えさせる授業」を提唱している。「教えて考えさせる授業」は理科の授業【実験】だけでなく、様々な教科で多数の教師によって実践され、その効果が実証されてきている授業方法である。ここでは、「教えて考えさせる授業」における理科の授業【実験】のプロセスを敷衍する。

まず、理科の教科書に掲載されている学習する事項を教師が演示実験を通して教える。この時点で、児童は学習する事項を一応理解したことになる。次に、児童は教師の演示実験をグループなどで協力して行い、児童同士の相互説明や教え合い活動を通して学習する事項について理解できているかどうかの確認を行う。また、この際、実験における児童の新たな気づきなどについての交流も行う。このような学習活動により、学習する事項についての理解の定着を図るのである。その後、学習した事項についての理解を深めるために、それを利用する課題を行う。この際、問題解決や討論などが行われる。そして、最後に、授業で分かったこと、分からないことを自己評価

として記述させる。以上が「教えて考えさせる授業」のプロセスである。

では、この「教えて考えさせる授業」のプロセスは、前述の文部科学省がねらっていることを達成できているであろうか。確かに、児童は教師の演示実験を再現する実験を行うし、学習した事項を利用する問題解決的な学習も導入されているので、体験的な学習や基礎的・基本的な知識及び技能を活用した問題解決的な学習は達成できていると考えられる。また、学習した事項を利用する課題を行う際には、児童の身近な問題を取り上げて児童の興味・関心を喚起していると推察されるため、児童の学習意欲を喚起することもできているであろう。また、その際、児童は学習した事項の理解の定着が図られているので、ある程度自信を持って問題解決に取り組めるようになっていると考えられるため、自主的、自発的な取り組みが見られると推察される。

しかし、児童が自由な発想で自分なりの考えを持ったり、その考えに基づいて試行錯誤して理解に到達したりするということがない。「教えて考えさせる授業」は、児童が学習において、なるべくつまづかないようにする配慮がなされていると筆者には見受けられる。前述した小学校で一般的に行われている理科の授業【実験】において、児童に自由に実験方法を考えさせる場合のように、児童がつまづいたときに自分でそのつまづきに気づけなかったり、教師の介入なくしてはそのつまづきを解消できなかったりするというような事態は避けるべきであると考えられる。しかし、児童が自由な発想で自分なりの考えを持ち、その考えに基づいて試行錯誤をし、その過程でつまづいた場合、自分でそのつまづきに気づけ、かつ、そのつまづきを解消しようと考えられるようになっている授業なら実施されるべきであろう。このようなプロセスを経験することは児童にとって大変重要であり、そのようなことができるこそ「生きる力」であると筆者は考える。以上のようなプロセスを取り入れた授業として創出したのが「演繹的に問題を解決して学習する過程を導入した授業方法（以下、演繹的な問題解決学習）」である。演繹的な問題解決学習のプロセスを図2に示す。

まず、教師が演示実験は行わずに学習する事項を説明する。教師が学習する事項を説明するという点では「教えて考えさせる授業」と同じであるが、この際、演示実験は行わない。このような措置をとると、ほとんどの児童は教師の説明によって学習する事項は分かるものの、それが本当であるかを確かめていない状態、いわば、「半分かかり」の状態になるのである。

次に、教師の説明によって学習した事項が本当であることを実験によって児童に証明させる。学習する事項が自分の既有知識と違うために「本当かな？実際に確かめてみたい」と思う児童もいるだろう。あるいは、学習す

る事項を全く知らなかったので「実際に見てみたい」と思う児童もいるだろう。実際に体験したことがあるので「こんな方法で証明できる」と思う児童もいるだろう。このように、多くの児童が実験による証明に意欲的に取り組めると考える。実験による証明の際には実験方法を特定することなく、児童の自由な発想で実験を行わせる。このような措置をとると、前述のように児童が様々なつまづきをすることが十分に予想される。例えば、実験すると学習事項に反するような結果が出るというつまづきをすることがある。しかし、児童は学習事項をあらかじめ知っており実験の結果がどうならなくてはならないか分かっているので、自分でそのつまづきに気付ける。そして、そのようなつまづきを解消する方法を自分で考え、さらにそれを試行するということが自然に行われていくと推察される。多くの児童は実験が好きなので、実験による証明には興味を持って取り組めると推察される。

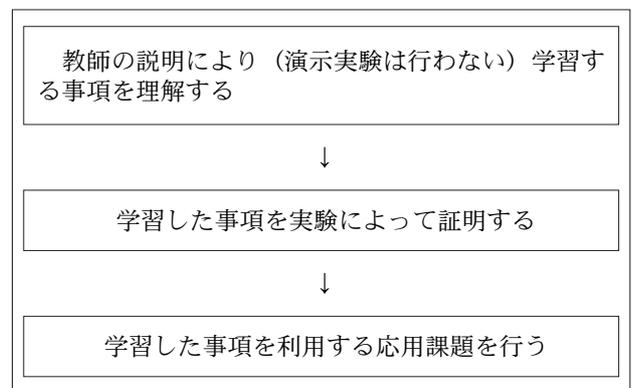


図2 演繹的な問題解決学習のプロセス

ここまで見てきた演繹的な問題解決学習のプロセスは、児童が自由な発想で自分なりの考えを持ち、その考えに基づいて試行錯誤をし、つまづいた場合、自分でそのつまづきに気づけ、かつ、そのつまづきを解消しようと考えられるようになっていると言える。

このように普遍的な法則やゴール（学習する事項）から実際の例を引出し、その正しさを証明する学習活動（実験による証明）を行うので、演繹的な問題解決学習と名付けているのである。

そして、最後に、学習した事項の理解を深めるために、それを利用する応用課題を行う。この際、「教えて考えさせる授業」と同様、問題解決や討論などが行われる。

では、この演繹的な問題解決学習のプロセスは、前述の文部科学省がねらっていることを達成できているであろうか。児童は実験による証明を行うし、学習した事項を利用する問題解決的な学習も導入されているので、体験的な学習や基礎的・基本的な知識及び技能を活用した問題解決的な学習は達成できていると考えられる。また、実験による証明がメインであり、さらに、学習した事項を利用する課題を行う際には児童の身近な問題を取り上

げるので、児童の興味・関心を喚起していると考えられる。よって、児童の学習意欲を喚起することもできていると考えられる。また、実験による証明は児童の自由な発想で行われるため、自主的、自発的な取り組みも見られると推察される。

以上述べてきた演繹的な問題解決学習を実際の小学校の理科の授業【実験】に適用して、その効果について考察を行うことが本研究の目的である。

II. 研究方法

1. 研究対象となる児童

本研究では、大阪府の公立小学校4年生（1組36名：

2組35名の計71名）の児童を研究対象とした。2010年11月に、小学校4年生理科の教科書（啓林館）に掲載されている「ものの温度とかさ」全8コマ（小学校の授業1コマは45分間である）で演繹的な問題解決学習を行った。研究の目的や調査方法、調査で得られたデータを研究目的以外に使用しないことや、研究において個人名が特定されることがないようにするなどプライバシーへの配慮についても学校長に詳細に説明し、調査の許可を得ている。

2. 研究対象となる授業の概要

図3に「ものの温度とかさ」の単元目標と全8コマの指導計画を示す。

コマ	児童の学習活動	指導者の留意点
1	<p>【単元目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 温度による空気のかさの変化を、見通しをもって追究することができるようにするとともに、水や金属のかさの変化を空気と比較しながらとらえられるようにする。 ○ 空気・水・金属は、温度によって体積が変化するという見方や考え方ができるようにし、体積変化と温度変化とを関係づけ、興味・関心をもって追究できるようにする。 <p>【指導計画（全8コマ）】</p> <p>【学習のめあて】 空気、水、金属は温度が変わると、どのように体積が変化するのかを理解する</p> <ul style="list-style-type: none"> ○空気、水、金属はあたたまると、体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなるという法則を理解する。また、体積の変化が大きい順は、空気→水→金属であることも理解する。 ○法則を3～4人のグループ（以下、グループ）で実験によって証明し、説明するのが学習課題であることを理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○法則を児童が理解しやすいように図などを使って説明する。 ○次時からの学習の仕方について説明する。
2 3 7	<p>【学習のめあて】 空気、水、金属のそれぞれの法則を実験によって証明し、説明する</p> <ul style="list-style-type: none"> ○グループで協力して、空気の法則を実験によって証明し、説明できるようにする。（2～3コマ、2コマ続きの授業） ○水の法則の証明を「空気の法則の証明」と同様に行う。（4～5コマ、2コマ続きの授業） ○金属の法則の証明を「空気の法則の証明」と同様に行う。（6～7コマ、2コマ続きの授業） 	<ul style="list-style-type: none"> ○安全性についての注意をする。 ○実験の仕方や実験道具、説明の仕方について支援・助言をする。 ○いくつかのグループに、実験を実演させ、空気の法則が正しいことを説明させる。 ○丸底フラスコとガラス管付ゴム栓のみを提示する。（その他は「空気の法則の証明」と同様のことを行う） ○金属球膨張試験器のみを提示する。（その他は「空気の法則の証明」と同様のことを行う）
8	<p>【学習のめあて】 学習した法則を使って、身近な問題を解決したり身近で起きていることを説明したりしよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○法則を利用して解く問題をまずは自力で考え、その後グループで考えを出し合って、答えを説明できるようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ○グループで教え合いをする際、みんなが説明できるようになることを指示する。 ○児童の考えを交流し合えるようにする。

図3 「ものの温度とかさ」の単元目標と全8コマの指導計画

「ものの温度とかさ」全8コマの授業はティームティーチング（以下、TT）方式で行った。主たる授業者は担任であり、その補助を筆者が行った。

1コマが、演繹的な問題解決学習のプロセスの「教師の説明により（演示実験は行わない）学習する事項を理解する」部分である。ここで、教師は空気、水、金属の体積変化の法則について図などを用いて説明を行う。その際、空気の体積変化は大きいので見えやすく、水の体積変化は空気より小さいので少し見えにくく、金属の体積変化はさらに小さいので目で見て判別するのは難しいことを説明した。その後、グループで協力し合い、それぞれの法則を実験によって証明していくのが次時からの課題であることを説明した。児童にとって、このような学習プロセスは初めてであり、とまどうことがあるかもしれないので、担任からグループで協力して学習（両クラスとも普段から行っている学習形態）を行えるようにしてほしいという申し出があった。そのため、このような方法で学習を行うことにしている。グループの構成は普段から児童の様子を良く知っている担任に任せた。しかし、このような学習にすると仲間に任せきりになってしまう可能性が考えられるため、グループ全員が実験を実演でき、法則の正しさを説明できるようにしなくてはならないようにしている。

2～7コマが演繹的な問題解決学習のプロセスの「学習した事項を実験によって証明する」部分である。前述のように、グループで、それぞれの法則を実験によって証明していくわけであるが、この際、実験の仕方や実験道具、説明の仕方について支援・助言を行った。例えば、児童が考えた実験の仕方における安全性についての助言をしたり、児童から申し出のあった実験に使う道具を調達したり、その道具がない場合は代替物の助言をしたり、あいまいな説明の仕方を指摘して明確な説明をできるように助言したりするのである。

また、担任と相談した結果、水と金属の法則の証明については、そのような現象についての生活経験が乏しい（金属の法則に至っては体積変化が目で見えて判別するのは難しい）と推察されるため、自由な発想で実験方法を考えるのは難しいのではないかという結論に至った。そのため、水の法則の証明については丸底フラスコとガラス管付ゴム栓のみを、金属の法則の証明については金属球膨張試験器のみを提示し、使い方は説明せず、児童はそれらの道具を自由に使ってそれぞれの法則を証明するようにしている。図4に児童に提示したそれぞれの道具と一般的な実験方法を示す。



図4 児童に提示した実験道具と一般的な実験方法

そして、8コマが演繹的な問題解決学習のプロセスの「学習した事項を利用する応用課題を行う」部分である。実際には、図5に示すような問題を児童に考えさせた。最初は自力で考え、その後、グループで話し合っ全員が答えを説明できるようになるよう指示している。

- ①地球温暖化（地球の気温が高くなっていること）により、島や国が海にしずむことがあるそうです。どうしてそんなことが起こるのでしょうか？
- ②ピンポン玉がへこんでいるので、卓球して遊ばせん。へこんだピンポン玉を直すにはどうしたらいいのでしょうか？（それをする理由も書きましょう）
- ③電柱にかかっている電線（金属できています）は、まっすぐピンと張らずに、わざとたるみを持たせています。それはなぜでしょう？

図5 「学習した事項を利用する応用課題を行う」部分で児童に出題した問題

3. 調査材料

1) 観察による児童の学習の実態

前述のように、全8コマの授業はTTで実施したため、筆者も授業に参加している。そのため、筆者は児童の学習の様子を観察することができる。また、担任も同様で

あるため、筆者の観察と担任からの報告により、児童の学習の実態を明らかにする。本研究では、特に、演繹的な問題解決学習のメインの学習活動である「学習した事項を実験によって証明する」部分に焦点を当て、児童の学習の実態を明らかにする。

2) 「ものの温度とかさ」単元末テスト成績

小学校では一般的に、各単元末に児童が当該単元の目標を達成できたかを評価するため、当該単元に関するペーパーテストを行う。本研究の児童も、当然、そのようなテストを受けるので、その成績から演繹的な問題解決学習の効果を検討する。

本来、そのような検討をするためには様々な条件統制を行った比較対象（例えば、研究対象となる児童と理科の学力が同レベルで「教えて考えさせる授業」を実施する学級など）を設定する必要がある。しかし、本研究においては諸事情により、そのような比較対象を設定することができなかった。そのため、本研究では、児童が4年生の1年間で受けた他の単元末テスト成績（児童は4年生1年間で理科の様々な単元で同様のテストを受ける）を比較対象としている。比較対象としたのは、水、空気、金属の性質を学習する他の単元（「空気や水とじこめると」、「もののあたたまり方」、「水のすがた」、「水のゆくえ」いずれも啓林館の4年生の教科書に掲載されている）の単元末テストである。なお、それらの単元の学習は全て実験を行うものであり、それらの単元の学習は前述した小学校で一般的に行われている理科の授業【実験】のプロセスで行われている。様々な条件統制がされていないので、演繹的な問題解決学習の効果について断定はできないが、その可能性については言及できると考える。

また、全ての単元末テストは、担任が理科の指導書に付属している単元末テストの例などを参考に作成している。テストは全て100点が満点であり、「ものの温度とかさ」単元末テストは1枚、比較対象となる他の単元末テストは全部で5枚である。

III. 結果と考察

1. 観察による児童の学習の実態について

本研究では4年生の2クラスで授業を行ったが、その2クラスを比較するわけではない。よって、ここで記述していることは断りのない限り4年生全体の傾向である。

1) 空気の法則の証明場面

児童は演繹的な問題解決学習のプロセスが初めてということもあって、授業の最初はとまどっている様子が見られた。担任が「実験方法を自由に考えて、いろいろ試

してみればいいよ」と声かけをすると、徐々にグループでの話し合いが活発になり、教師に実験道具の相談に来るグループも現れた。そうすると、他のグループも次々と同様のことを行うようになり、学習活動が活発になっていった。

教師2人は各グループの進捗状況を確認めながら、机間指導を行った。しかし、実験の仕方を思いつかないとか、何をすべきか分からないとかいうグループは1つもなかった。どのグループも、このような実験をすれば、このようなことが起き、空気の法則が証明されるはずだという見通しを持って実験方法を考えることができていた。これは前時に教師が法則を分かりやすく児童に説明し、児童が何を目指すべきかというゴールを明確に把握していたからであると考えられる。

また、例えば、ビニール袋を使った実験方法を考え出したグループで、ビニールの口から空気が漏れていたため、あたたかなくても体積が大きくなるという事態が起きた。このグループはビニール袋が膨らまないのはおかしいと自分たちで気づき、何を改善すべきかをみんなで考え、結果、テープでビニールの口を固く縛って空気がビニール袋から漏れないようにし、正しく実験できるようになった。これは、児童が自らつまづきに気づき、自ら問題解決を行っていると考えられる。

実験が活発になってくると、何度も同じ実験をして空気の法則を体感しているグループもあれば、空気の法則をもっと分かりやすく証明できる実験方法はないかを考えるグループもあった。また、前述のように、この授業（空気の法則の証明）は2コマ続きなので、間に休憩時間がある。休憩時間になっても実験に取り組んでいたり、他のグループがどんな実験をしているのかを見に行ったりする姿が見られた。最初こそとまどいもあったが、自由に実験して試せるという活動は児童にとって興味深く、意欲的に取り組める学習活動であると考えられる。

教師2人による机間指導により、ほとんどのグループが正しい実験を考え出すことができたと思われる頃、担任が「前の時間に説明したように、自分のグループの実験を実演して、空気の法則の正しさを説明してもらおうので、全員が実験の実演と説明をできるようにしましょう」と指示した。すると、各グループは実験の実演と空気の法則の正しさを説明する練習を始めた。理科の苦手な児童もいるのだが、実験の実演の練習は楽しんで取り組んでいたし、実演しながらの説明なので何を説明するのかが分かりやすく、意欲的に練習する姿が見られた。

その際も、教師2人は机間指導を行い、特に、誰が見ても確かに空気の法則は正しいと分かるようにしなくてはならないことを指示した。例えば、マヨネーズの容器に空気をたくさん入れてふたを閉じ、それを温めて容器の張り具合から空気の体積が増えたことを説明しているグ

グループがあった。そのグループには「(張りつめたマヨネーズ容器を見ながら)先生には、(空気の)体積が増えているようには見えないなあ。何か工夫してマヨネーズ容器が確かにふくらんだと分かるようにしてみよう」と助言した。すると、そのグループは話し合っ、マヨネーズの容器の元の大きさからの変化が分かるように、あらかじめ少しマヨネーズの容器をへこませておいて温める工夫を考え出した。

また、説明時には自分のグループが実験で利用する容器の元の大きさを提示したり、その容器の中には空気が入っていることを説明したりする必要があることを気づけるような支援も行った。

このように、児童が実験上の細かな工夫や論理的な説明の仕方などに注意できるような支援・助言を行った。このような教師による支援・助言は必要不可欠であると考える。なぜなら、論理的で明快な実験や説明に関して、児童自身がこれで良いと思うレベルと学習で求められるレベルとは違うからである。そのため、教師は積極的に問い返しを行い、児童がそのようなことに気付けるようにしていく必要がある。

そして、全グループが空気の法則を証明するための実験の実演と説明をできるようになったことを確認し、いくつかのグループに発表させて全体での交流を図った。

授業後、担任2人は児童の活発な学習活動に驚いていた。最後に、児童が自由な発想で考え出した実験で利用した道具類を図6に示す。

【空気を閉じ込めるために利用したもの】

(マヨネーズ、ソース、ゼリー飲料などふた付きの)数種の容器、数種のビニール袋、(やわらかい)500mlペットボトル、ビニール素材の小さなボール、空気鉄砲の筒(前単元の学習で利用した)

【容器を温めたり、冷やしたりするために使ったもの】

お湯(60℃)、ガスコンロ、氷水

図6 児童が実験で利用した道具類

2) 水の法則の証明場面

授業の最初から活発で意欲的な学習活動が見られた。このような事態の起きた理由が2点推察される。1点目は、前の空気の法則の証明の学習において、児童は演繹的な問題解決学習のプロセスに慣れることができていたからである。2点目は、前述のように、実験道具が決まっていたので、すぐにそれらを基に具体的な実験方法について考え出すことができたからである。もちろん、どのグループも空気の法則の証明のときと同様に、このような実験をすれば、このようなことが起き、水の法則が証明されるはずだという見通しを持って考えることができていた。そして、使用する実験道具が決められてい

たので、実験方法については、大体どのグループも正しい方法を考え出すことができていた。このように、空気の法則の証明とは違って実験道具が決まっても、児童は興味をもって学習に取り組むことができていた。前述のように、水の法則の証明は児童の自由な発想だけでは実験方法を考え出すのは難しいと推察されるが、決められた実験道具があるため、それが問題解決のヒントの役割を果たしていたと考えられる。しかし、水の法則を証明する肝腎な実験方法については、そのヒントを基に自分たちで考えていかななくてはならない。このような状況は、児童のチャレンジ心を適度に刺激していると考えられ、そのために興味を持って学習に取り組めたと推察される。

児童がグループで実験方法を考えている際、教師は机間指導を行っている。そのとき、4年2組のあるグループの児童が細いガラス管を使う理由がよく分からないという内容のつぶやきをしたので、そのつぶやきを取り上げ、担任がクラス全体に紹介した。それをきっかけに、水の体積変化は空気よりも小さく少し見えにくいので、細い管でないとその変化が分かりにくいということに気付くことができたのである。このようなつぶやきが児童から出てくるのも、空気の法則の証明を行うときに分かりやすい実験の工夫について考えるように支援・助言していたからだと考える。このようなつぶやきが出て、その理由に気付くことができるのなら、自由に実験方法を考えさせてもよかったかもしれない。しかし、このようなつぶやきは実験道具が決まっていたからこそ出てきたものかもしれないので、一概にそうとは言えないのかもしれない。いずれにせよ、このようなつぶやきが児童から自発的に出たり、その理由に気付くことができたりするのは演繹的な問題解決学習のプロセスで学習しているからだと推察される。

ちなみに、4年1組は2組の後に水の法則の証明の授業を行っており、前述のような児童のつぶやきは出てこなかった。担任から全体に同様の内容を質問してもらった。4年1組でも、同様に児童は自力で気付くことができていた。

そして、正しい実験方法を見つけ出したグループの児童は、何度も実験をして水の法則を体感していた。水の体積が温度によって大きくなったり小さくなったりする現象は珍しく、日常生活の中で経験したことのない児童がほとんどであった。そのため、水の体積が大きくなったり小さくなったりするたびに「おおー」という感嘆の声がほとんどのグループから聞かれた。

教師2人による机間指導により、ほとんどのグループが正しい実験を考え出すことができるようになると、空気の法則の証明のときと同じように、グループのみんなが実験の実演と水の法則の正しさを説明できるように練

習を始めた。ここでも、空気の法則の証明のときと同様に児童の意欲的に練習に取り組む姿が見られた。練習の際、児童は前述のような実験上の細かな工夫や論理的な説明の仕方などに注意できるようになっており、教師の支援・助言は空気の法則の証明のときから比べると激減した。前述のように、このようなことを児童が注意できるようになるには教師の支援・助言が不可欠であるが、早くもフェーディングできつつある。実験による実演と水の法則の正しさを説明する活動により、児童は水の法則について実感を伴ったより深い理解に到達していると推察される。このように水の法則を深く理解できているからこそ、実験上の細かな工夫や論理的な説明の仕方についても、その必要性を感じることができ、注意をすることができるようになってきていると推察される。

そして、全グループが水の法則を証明するための実験の実演と説明をできるようになったことを確認し、どのグループも実験方法がほぼ同じなので、1つのグループに発表させ全体で確認を行った。

3) 金属の法則の証明場面

前述のように、使用する実験道具が決められていたので、水の法則の証明のときと同様、授業の最初から活発で意欲的な学習活動が見られた。金属の体積変化は水よりもさらに小さいので目で見て判別するのは難しいことを説明していたので、どのグループも特に金属の輪の使い方について話し合い、正しい使い方を考え出すことができていた。水の法則の証明の際、細いガラス管を使うことによって水の小さな体積変化を捉えることができるということを知ったので、体積変化を目で見て確認することが難しい金属の場合も道具を工夫することで捉えられると考え、そういう観点で決められた実験道具を観察し、実験方法について考えていたと推察される。児童がこのように考えられるのも、金属の法則を前もって知っているからであり、そしてそれを基に実験方法を考えるという学習活動が設定されているからであると推察される。このような特徴は、演繹的な問題解決学習のプロセスに特有の特徴であると言える。

実験方法を考えて実際に試している際、金属球を60℃のお湯（空気・水の証明であたためるときに使用していた）であたためて法則をうまく証明できないグループがあった。しかし、金属はあたためると体積が少しだが大きくなるということを理解していたので、あたため方に問題があることに気づき、ガスコンロであたためる方法を試して、正しい実験方法を自力で考え出すことができていた。ここでも、児童が自らつまづきに気づき、問題解決を行う姿が確認された。児童は実験による証明という学習活動に興味を持ち、主体的に取り組んでいると考えられる。

金属の法則の証明における実験方法は道具が決められていれば比較的容易に考え出すことができるので、全グループが早い段階で正しい実験方法を見つけ出すことができていた。正しい実験方法を見つけ出したグループの児童は、何度も実験をして金属の法則を体感していた。金属の体積が温度によって大きくなったり小さくなったりする現象は大変珍しく、日常生活の中で経験したことのない児童ばかりであった。

教師2人による机間指導により、ほとんどのグループが正しい実験を考え出すことができるようになると、空気や水の法則の証明のときと同じように、グループのみんなが実験の実演と金属の法則の正しさを説明できるように練習を始めた。児童は前述のような実験上の細かな工夫や論理的な説明の仕方などに注意できるようになっており、教師の支援・助言はほとんどいらなかった。これは、空気や水の法則の証明の際に、その必要性を実感することができていたからであると考えられる。

そして、全グループが金属の法則を証明するための実験の実演と説明をできるようになったことを確認した後、どのグループも実験方法が同じなので、1つのグループに発表させ全体で確認を行った。4年1組の担任は金属球をお湯で温めて失敗したグループに失敗したことも含めて説明させた。これにより、児童は温め方にもいろいろあり、あたため方の程度に注意する必要があることを学ぶことができたと推察される。また、担任は「そのような失敗をたくさんしていいのだ、その失敗から分かることも多い」ということをクラス全体に話した。児童が自由な発想で試行錯誤すると、失敗はつきものである。しかし、教師はそれを「失敗」として捉えるのではなく、「この方法ではうまくいかないことが分かった」というようにリフレーミングしてやるのが重要であると考えられる。

児童がこのようなことを学ぶことは重要であると考え、4年2組でも担任に同様のことを行ってもらった（4年2組は1組の後に金属の証明の授業を行っている）。

2. 「ものの温度とかさ」単元末テスト成績について

比較対象となる水、空気、金属の性質を学習する他の単元の単元末テスト（全5枚）は、「ものの温度とかさ」の学習前に実施されたテスト（以下、Aテスト）が1枚（単元「空気や水をとじこめると」）で、「ものの温度とかさ」の学習後に実施されたテスト（以下、A'テスト）が4枚（単元「もののあたため方」、「水のすがた」、「水のゆくえ」）である。

ここでは、Aテストと「ものの温度とかさ」単元末テスト（以下、Bテスト）、A'テスト（4枚のテストの平均）とBテストで比較を行う。前述のように、A、A'テストは小学校で一般的に行われている理科の授業【実験】

のプロセスで学習が行われた単元の単元末テストであり、Bテストは演繹的な問題解決学習のプロセスで学習が行われた単元の単元末テストである。

4年生全体のA、A'、Bテスト成績の基本統計量を表

表1 A、A'、Bテスト成績の基本統計量

	N	平均値	標準偏差
Aテスト	71	82.8	15.5
A'テスト	71	79.5	15.2
Bテスト	71	85.8	12.6

1に示す。

AテストとBテストの成績に差があるかどうかについてt検定を行ったところ有意差が見られた ($t = -2.097$, $df = 70$, $p < .05$)。また、A'テストとBテストでも同様の比較を行ったところ、ここでも有意差が見られた ($t = -5.073$, $df = 70$, $p < .05$)。この結果と平均値を見ると、A、A'テストよりもBテストの方が成績は高くなっていると言える。よって、演繹的な問題解決学習は4年生の児童にとって効果のある授業方法である可能性が高いと考えられる。

IV. 総合考察

真の問題解決に定まった答えはなく、様々な方法によって導き出された答えは常にその妥当性が問われる。つまり、その導き出された答えは正しい可能性があるというだけである。

しかし、学校教育で行われる問題解決的な学習には、ある程度定まった答えが存在する。演繹的な問題解決学習は、その答えを先にある程度明確に示し、その答えに到達するために児童が自由な発想で考えたり試行錯誤したりすることがメインの授業方法である。児童は目指すべきゴールがある程度明確に示されているので、試行錯誤している中でつまづいても自分でそのつまづきに気付く修正できる可能性が高い。また、実験の実演と、それを説明できるようにする学習活動により、実験で実際に起こっていることと説明すべき事項との関連性が分かりやすく、児童は学習した事項をきちんと理解することができたと考えられる。そのような過程を経て至った理解は、実感を伴った深い理解であると推察される。そのため、本研究では言及していないが、演繹的な問題解決学習プロセスの最後の段階である「学習した事項を利用する応用課題を行う」にも、ほとんどの児童が意欲的に取り組み、自力で前述した問題を解ける児童が多かった。このことは前述の単元末テスト成績の結果にも如実に現れていると言える。

本研究では理科の学習だけに言及しているが、演繹的

な問題解決学習は様々な教科に適用できると考える。4年生の算数科の学習で実際に演繹的な問題解決学習を担当に行ってもらった例があるので、その授業について紹介する。

4年生の算数科に「角」の学習をする単元がある。その単元で180°を超える大きさの角度の測り方を学習する場面がある。担任が180°を超える大きさの角度の図を提示し、「この角度は230°になります。分度器を使って測れるので、どのように測ったら良いか考えましょう。後でその測り方を説明してもらいます」と指示し、その後、演繹的な問題解決学習のプロセスに添って授業を行ってもらった。

このように答えを先に示すことで正解を出す必要はなくなり、角度の測り方の工夫を考えることに焦点化される。また、既習の分度器を使って角度の測り方を考えるよう指示することで、児童は分度器で測ることができるということが分かる。既習の分度器は180°までしか測れないので、児童は「まず180°を測って残りの50°を測ろう」と考えたり、「何とか180°で測れる部分を探し(230°の反対側の角130°)、その部分を測って360°から引き算しよう」と考えたりできると推察される。実際、クラスの6割程度の児童が自力で230°の角度の測り方(前述の)2種類のうち1種類を見つけ出すことができていた。また、自力で見つけ出すことができなかった児童も自分で試行錯誤しているため、他の児童の説明を聞いて納得でき、きちんと理解することができていたようである。事実、単元末のテストにおける180°より大きい角度の測り方に関する問題の正答率は8割近かった(測り方は合っているのに、分度器の角度の読み違いや足し算・引き算の間違いで不正解であった児童が数名いた)。

このように、演繹的な問題解決学習は様々な教科に適用でき、有効である可能性があると考えられる。

参考文献

- 市川伸一 (2008) 『「教えて考えさせる授業」を創る』、図書文化社
 文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領解説総則編』

