

子どもによる課題解決のための理科学習指導の方略

-観察・実験と話し合いを中心として-

M15EP012
土屋 晃喜

1. 目的と方法

(1) 研究の目的

本研究の目的は、小学校理科授業における観察・実験や話し合いを中心とした課題解決のための指導方略を明らかにすることである。

本研究においてこのような課題に取り組もうとする理由は2つある。

第1の理由は、児童が素朴概念を用いて予想をたて、その素朴概念を修正する機会として観察・実験、話し合いが重要であると考えたからである。

児童にとって観察・実験は、自然の事物・現象から問題を見だし探究心を高め、得られた事実をもとにきまり・性質等を実感し、理解を深めるための重要な活動である。話し合い活動は、科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりできる。さらに、児童が考えを自由に表現したことを教師や仲間と議論し、納得して受け入れることによって、表現力を高め、科学的な考え方を広げられる、といった効果が期待できる。これらの理由から、児童が素朴概念の修正等を実行できる最も重要な局面が、観察・実験、話し合いであり、その局面を中心とした授業作りの必要性を考えた。なお、本研究では、堀(1998:12)に従い、素朴概念という用語を「子どもや、子どもばかりではなく初科学者が学習を始める以前からもっていたり、学習を始めて以後にもったりすることのある主として自然事象に関する知識や考えで、習熟した者(expert)からは通常正しくないとみなされる概念」という意味で用いる。

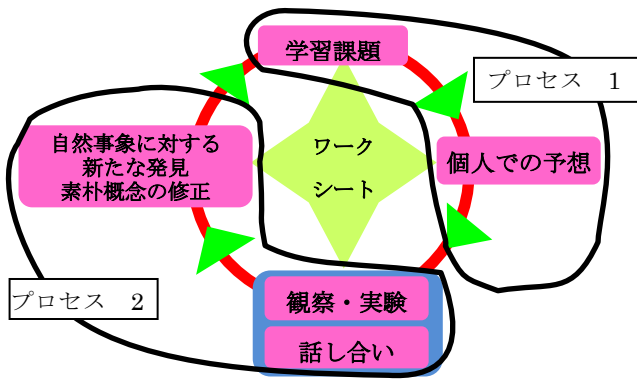
第2の理由は、観察・実験、話し合いを取り入れた課題解決的な学習指導は、経験の少ない教員や理科を苦手とする教員にとって必

ずしも容易ではないと考えられ、自分自身もそういった課題意識を持っているからである。

本来、理科の学習過程は、問題解決的な過程として構成されることが望ましい。2008(平成20)年6月告示の『小学校学習指導要領解説―理科編』でも、「児童が自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち、そこから問題を見だし、予想や仮説を基に観察、実験などを行い、結果を整理し、相互に話し合う中から結論として科学的な見方や考え方をもつようになる過程が問題解決の過程として考えられる。」と記されている。もっとも、実際の授業で児童たちの見出した問題に基づき観察・実験等を中心とした問題解決的授業を行うことは学習指導要領の内容や授業時間等を考慮すると必ずしも容易ではないと考えられる。とはいえ、少なくとも教師が提示した学習課題に基づき、観察・実験や話し合いを中心とした課題解決的授業を行い、児童が課題を解決する機会を保障することは不可欠であるが、簡単なことではない。そこで、児童による課題解決を保障するためには、どのような授業を計画・展開し、教師はどのように働きかけるべきかを考える必要があると考えた。

(2) 研究の方法

本研究では、毎授業を学習課題、個人での予想、観察・実験、話し合い、自然事象に対する新たな発見・素朴概念の修正(まとめ)と四つの枠組みに分け実施した。学習課題→個人での予想の過程をプロセス1とし、観察・実験、話し合い→自然事象に対する新たな発見・素朴概念の修正の過程をプロセス2とし、指導のあり方を考察することとした(図1)。



＜図 1 課題解決に基づく授業の流れ＞

授業実践では、山梨県内の公立小学校第 4 学年の学級 31 名(男子 16/女子 15 名)において、平成 27 年 10 月中旬から 11 月下旬にかけて二つの単元「空気と水の性質」と「ものの体積と温度」を担当した(表 1, 2)。

担当した授業では、主にワークシートの記述の分析を重視し、PDCA サイクルをスパイラルアップすることにより、指導方略の究明を目指した。さらに、観察・実験、話し合いそのものの指導だけでなく、児童の課題解決の過程全体を支援することができる授業の構成方法や、ワークシートの活用による効果的な学習指導のあり方をも検討することとした。

＜表 1 「空気と水の性質」の概要＞

単元名	「空気と水の性質」
時	主な活動及び学習内容
1	○空気でっぼうを作って玉を飛ばす <活動> ○体積に関する実験 <観察・実験>
2	○空気に体積があることを確かめる実験 <実験> ・ものや水だけでなく、空気にも体積はある。 ・○活動の振り返り <話し合い>
3	・空気でっぼうの玉が押棒に押されなくても飛ぶのは、空気に圧されて飛んでいる。
4	○注射器を用いた空気を圧す実験 <観察・実験>
5	・とじこめられた空気は圧されると体積が小さくなるが、体積がなくなることはない。 ・とじこめた空気は、体積が小さくなるほど押し返す力が強くなる
6 (研究授業)	○とじこめられた空気の性質に関する活用 <話し合い> ・空気が入っているボールと、空気があまり入っていないボールでは、空気がたくさん入っているボールは地面にぶつかると、空気があまり入っていないボールより地面をより強く圧すからよく弾む。
7	○注射器を用いた水を圧す実験 <観察・実験> ・とじこめられた水は空気と違って圧されても体積が変わらない。

＜表 2 ものの体積と温度」の概要＞

単元名	「ものの体積と温度」
時	主な活動及び学習内容
1	○温度による空気の体積変化の実験 <観察・実験> ・空気の体積は温められると大きくなるが、冷やされると小さくなる。
2	・玉をつめたペットボトルを温めると力を加えなくても飛ぶ理由は、中の空気が温められ、体積が大きくなったからである。
3	○温度による水の体積変化の実験 <観察・実験> ・水の体積は、空気の体積と同様に温められると大きくなり、冷やされると小さくなる。
4	○温度による金属の体積変化の実験 <観察・実験> ・金属の体積は、空気や水の体積と同様に温められると大きくなり、冷やされると小さくなる。

2. 結果と考察

(1) 「プロセス 1」における指導方略

①素朴概念を投入して予想がたてられた事例

「ものの体積と温度」の第 1 時より



＜図 2 児童 1 のワークシート＞

この授業で児童 1 は、「ペットボトルに玉をつめて温めた。すると力を加えていないのに玉が飛んだ。なぜだろう」という学習課題に対し、「熱いから空気が熱くないほうへいこうとして空気の体積がつつめになる→空気にげばがないから、玉をおして空気が外へでた」と予想した。誤った予想ではあるが児童 1 は、「温められた空気が熱くない方(上)へ移動しようとした」という自らが保持している素朴概念を根拠とし、予想をたてた。このことから、児童が予想をたてるときは、自身が持っている素朴概念が影響を及ぼすことが考えられる。

②素朴概念を投入して予想をたてることができなかつた事例

「ものの体積と温度」の第4時より

調べること		金属の体積の変わり方
予想	あたためたとき	わからない理由が
	冷やしたとき	

<図3 児童2のワークシート>

この授業は前時まで学習した、「空気と水は温められると体積が大きくなり、冷やされると体積が小さくなる」という内容をもとに、「金属も空気や水のように温度によって体積が変わるのだろうか」という学習課題を、実験にて解決することを目的として実施した授業である。

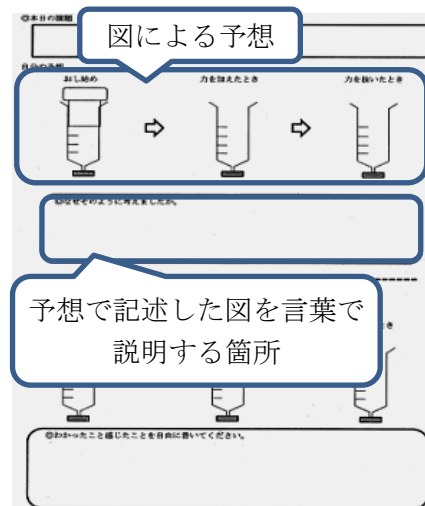
この児童は、思うように予想をたてることができず「わからない」と何回か質問をした。授業者は、「今まで学習した空気と水の結果を思い出しながら予想をたててみよう」、「それでもわからないなら、何がわからないのか理由を書いてみよう」と助言を行った。しかし、児童2は「わからない」と繰り返し質問し、最終的に予想の欄に「わからない 理由みがかわからない」と記述した。この児童は学習課題に対し、自分の保持している素朴概念を用いて予想を立てることができなかつた。

この児童2が素朴概念を投入して予想をたてるができなかつた原因としては2点が考えられる。

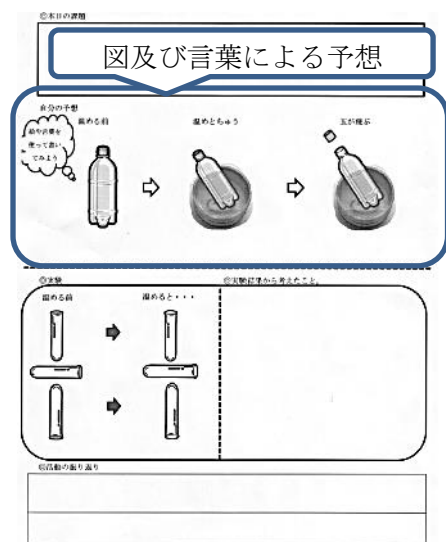
1点目は、児童が保持している金属のイメージについてである。「ものの体積と温度」の第1時から3時までには前単元の「空気と水の性質」でも学習した「空気と水」の体積に関する学習内容であったが、第4時はこれまで扱わなかつた金属の体積の性質について課題解決を実施する授業であった。金属はお金や鉄棒など、本来なじみ深い物質であるが、理

科の授業では本単元で初めて扱った。そのため、児童に金属の体積に関するイメージが不足していた可能性が考えられる。予想をたてさせる前に金属の体積に関するイメージを想起できるようにすることが必要であった。

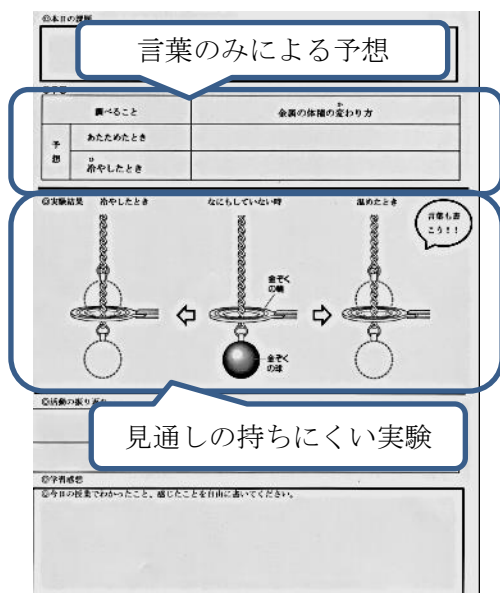
2点目として、ワークシートの形式上の問題により、学習課題や実験の内容の見通しを立てられなかつたことが考えられる。「ものの体積と温度」の第4時では、「わからない」と繰り返し質問をした児童2以外の児童からも、予想の記述に関する質問が挙がった。この原因をワークシートの観点から考察したい。「空気と水の性質」の第1時から第6時までには、予想を絵や言葉・色、線などの図で記述する箇所とその図で記述したものを言葉で説明する箇所の二か所を設ける形とし(図4)、「ものの体積と温度」の第1, 2時では、図より予想を記述し、その空欄に言葉を記述する様式とした(図5)。一方、「ものの体積と温度」の第4時は言葉でのみ予想を記述する箇所を設けた(図6)。さらに、図6のワークシートの実験の結果を記述する図が今までと異なり、どんな実験を行うのか見通しが持ちにくいものとなっていた。これらの原因から、発問とは異なる予想をたてる児童、発問の意味が分からず質問をする児童が多くなってしまったと考えられる。以上の事から、児童が素朴概念を投入して予想をたてるためには、学習課題やその後の実験内容(観察・話し合いを含む)を具体的にイメージできるような手立てを講じる必要があると推測できる。



<図4 ワークシートの例>



<図 5 ワークシートの例>



<図 6 ワークシートの例>

③児童が学習課題に対して素朴概念を投入して予想だてができる手立てのあり方

素朴概念を投入して予想がたてられた事例より、児童が学習課題に対して素朴概念を投入して予想だてを行うためには、児童が正確に把握できかつ、保持している素朴概念を根拠に予想だてができるような『学習課題』および『予想を記入する設問』の設定が必要

であるとわかった。

一方、児童が素朴概念を用いて予想だてができない原因として、児童が『学習課題』および『予想を記入する設問』を正確に把握できていない場合が考えられる。

「児童が『学習課題』および『予想を記入する設問』を正確に把握できていない場合」においては、まずは児童の実態に即した学習課題を設定する必要がある。「ものの体積と温度」の第4時を例にして考えると、「金属も空気や水のように温度によって体積が変わるのだろうか」と学習課題を設定したが「金属の体積も、空気や水のように、温められると大きくなり、冷やされると小さくなるのだろうか」とより明確に学習課題を設定することで、児童が正確に課題を把握することができただろう。次に、『予想を記入する設問』に関しては、図6のようなワークシートにするのではなく、視覚的に内容がわかるような図や説明をワークシート内に記載することが必要であると言える。学習内容が今までと異なり、かつ図のない予想を記入する設問では、児童がその後の活動を見通すことができず、予想だてに正対することができない。新しい学習内容に入るとき、初めて扱う内容を学習課題とするとき、上記のような手立てを行うことで、児童の予想だてを支援することができる。

また、「物の体積と温度」の第4時のように、児童たちが同じ設問で手詰まり状態に陥ってしまった場合は、一旦児童たちの作業を中断し一度クラス全体に対し、設問の書き方・考え方を説明しなおすことを徹底して行うことも児童の予想だてを手助けするための方略と言えるだろう。

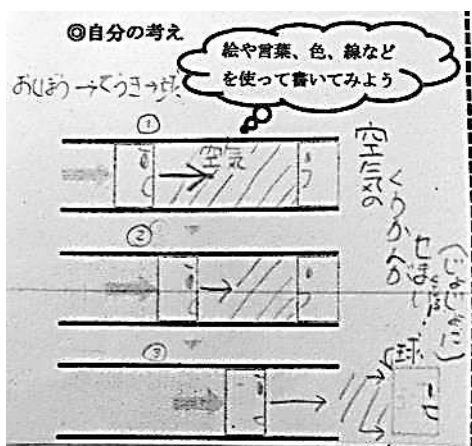
さらに、今回のように学習課題に関して児童のイメージをもてないような場合は、児童がすでに保持しているであろう知識と結びつける必要がある。もちろん授業内では「金属」を「お金や針金」と言い換えて説明

を行ったが、それだけでなく「アルミホイルやパソコン、釘、包丁、ハサミ、鉄棒」といった児童が普段から目にするであろうものと関連づけることで、児童が保持している素朴概念と結びつけて予想だてを行うように促すことができただろう。

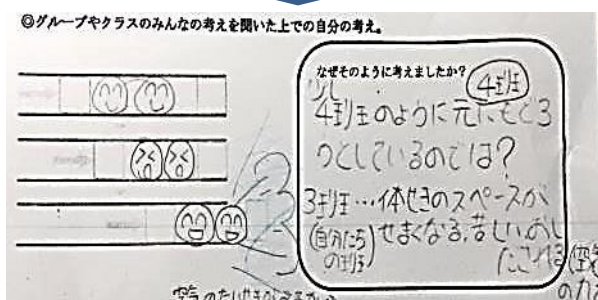
(2) プロセス 2 における指導方略

① 素朴概念を変容できた事例

「空気と水の性質」の第 2・3 時より



<図 7-1 児童 3 のワークシート>

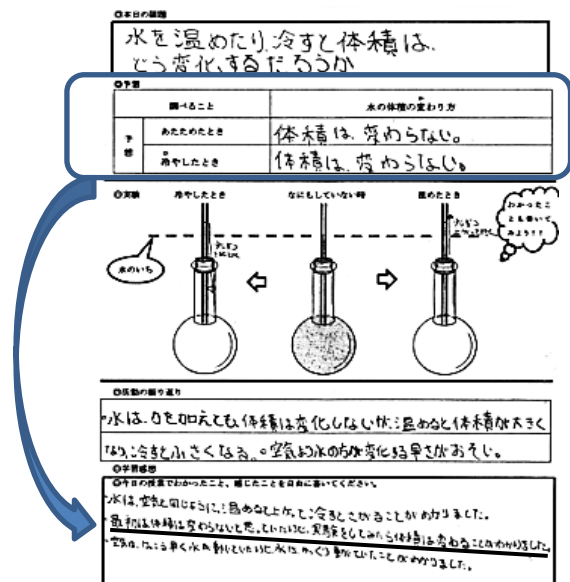


<図 7-2 児童 3 のワークシート>

この授業は「空気っぽうの玉はなぜ押し棒に押されなくても飛ぶのだろうか」という学習課題に対し、話し合いにより解決を図った授業である。児童 3 は課題に対する自分の考えを「空気のくうかんが(じょじょに)せまくなる!」と記述した(図 7-1)。その後、班での話し合い、クラス全体の話し合いを行

った後、再度自分の考えを記述した内容が図 7-2 である。「4 班のように元にもどろうとしているのでは? 3 班(自分たちの班)体せきのスペースがせまくなる、苦しい、おしだされる(空気の力)」という内容であるが、図 7-2 に記述された図から見られるように、自分の素朴概念が班・クラスの意見を聞く中で、より科学的な考え方へ変容したことが見とれる。自分と異なる考え方に触れることで自分の考え方を変容・深化できる話し合いは、素朴概念を修正できることが示唆された。

「ものの体積と温度」第 3 時より



<図 8 児童 4 のワークシート>

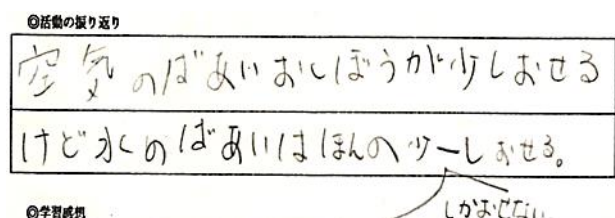
児童 4 は学習課題に対する予想と実験結果とが異なっていた。しかし、学習感想には「最初は、体積は変わらないと思っていたけど、実験をしてみたなら体積は変わることがわかりました。」と記述していた。また、この児童は次回の第 4 時においても課題に対する予想と実験結果とが異なっており、同様の学習感想を記述している。児童 4 の学習感想の記述にもあるように、「水を温めたり冷やしたりしても体積は変わらない」という素朴概念を、こ

の授業の観察・実験により「体積が変わることがわかった」と科学的に正しい考え方へと変容させることができた。観察・実験では、事実によって児童のたてた予想・自分の考え方(素朴概念)の誤りに気づかせ、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図ることができたことがわかる。

②素朴概念を変容できなかつた事例

「空気と水の質」の第7時より

<図9 児童5のワークシート>

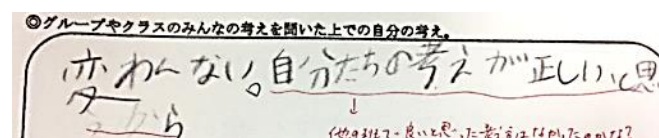


この授業のクラス全体での活動の振り返りは「とじこめられた空気はおすことができるが、とじこめられた水はおすことができない」と共有したが、この児童は「空気のばあいはおぼうが少しおせるけど水のばあいはほんの少しおせる(しかおせない)」と記述していた。この児童は予想の段階で「すこしおせる」と予想しており、「とじこめられた水も空気と同様に押し縮められる」という素朴概念を保持していたことがわかる。また、実際の実験でもほんの少し押し棒(ピストン)をおせていた。観察の理論負荷性により、この授業では児童5の素朴概念を修正することができなかった。

この事例より、児童は自分が元々もっている考え方(素朴概念)をなかなか捨てきれず、時にはまとめまで自身の主観で行ってしまう可能性があると言えるだろう。特に、「空気と水の性質」の第7時の実験では、注射器に入れた水をおすと、多少おせてしまう班もあった。実験を行う上では、注射器の中に水を入

れるときは教師が行い、空気になるべく入らないように努めたが、完全な真空状態にすることは不可能であった。「とじこめられた水は多少ならおし縮めることができる」と誤った認識をさせないために、振り返りでは「注射器の中には多少空気が入ってしまっており、それが原因となり多少はおせてしまうこともある」と説明したが、この児童は自分の予想と実験結果が同じ内容となってしまうため、授業にて誤った認識を与えてしまった。理科の観察・実験のつきものである「誤差」が児童たちの課題解決の妨げになった。

「空気と水の性質」の第6時より



<図10 児童6のワークシート>

児童6は予想の段階ですでに妥当な記述をしており、話し合い後の自分の考えに「変わらない。自分たちの考えが正しいと思ったから」と記述をしていた。この授業のねらいの一つであった、多様な考え方に触れ自分の考え方を変容(初めから正しい場合でもさらに洗練された考え方への変容)させることができなかった。また、この授業では児童6以外にも「(考え方が)かわらない」のみを記述した児童が見られた。

児童6の事例より、児童6は前時までの学習内容が定着していきながら、妥当な予想をたてられた。今までの学習内容をふまえた発展課題として学習課題を出題したつもりだったが、児童6のように予想の段階で妥当な予想が多く見られた。学習課題が易しすぎると、児童は頭の中に持っている見方・考え方を揺さぶられることなく、観察・実験、話し合いを行う前に課題解決を完了してしまう。課題解決が完了してしまうと、その次の過程

である観察・実験、話し合いを意欲的に行えず、結果として観察・実験、話し合いの意義が失われてしまったとも考えられる。

③児童が観察・実験、話し合いを通し、素朴概念を科学的な見方・考え方に変容させるための手立て

先に挙げた素朴概念を変容できた2事例より、観察・実験は、自身の保持している素朴概念と観察・実験の結果を比較することで、実感が伴った理解を促進させ、納得して自分の素朴概念を変容できる。また、話し合いは、自分の考えだけではなく他者の考え方に触れることで、自分になかった視点や考え方に自身で気づける、自身の考え方と他者の考え方を融合させることで新たな考え方が生まれ、結果としてより科学的な見方・考え方を醸成できる。このように、観察・実験、話し合いを充実させることで、児童の素朴概念をより科学的な見方・考え方へと変容させることができるといえる。

さらに、「空気と水の性質」の第1・2時で行った体積に関する実験では、体積とは何かを定義づけたうえで「空気には体積はある」ことを実験にて示した。児童はこの実験を行うまで、「空気には体積がない」という素朴概念を保持していたが、実験を行うことで「空気を含めすべてのものには体積がある」と保持していた素朴概念を修正できるだけでなく、さらに単元をまたいだ重要なキーワードとして扱うことができた。このように理科の学習過程において観察・実験、話し合いは学習促進の大きな支えとなりうる重要なプロセスである。

児童5の事例より、理科の観察・実験のつきものである「誤差」の扱い方が課題解決にとって大きな影響を与えてしまう。そこで重要となってくるのが観察・実験の「条件整備」の徹底である。「空気と水の性質」の第7時の実験では教材のプラスチック製の注射器を用

いて実験を行ったが、学校に置かれているガラス製の気泡が入りにくい注射器にて実験を行うことで、誤差を少なくできたであろう。

さらに、重さを計測するような実験では、使用前と後の実験器具を同じにする、電子ばかりを使って計測する場合は測定値の小数点以下にはビニールテープ等を貼り誤差を少なくする、などの配慮が必要となるだろう。児童に間違った課題解決をさせないために実験における「条件整備」は必要不可欠である。

児童6の事例より、児童による積極的な観察・実験、話し合いを促すためには児童にとって解決が多少困難であること、初めて考えるような学習課題であること、児童の保持している素朴概念を中心に考えられる学習課題を設定することが必要であると言える。この事例の学習課題は、児童たちにとって解決は容易ではないという推測のもと出題したが、実際は班やクラスの考えを聞く前に課題解決が完了してしまった児童が多く見受けられた。また、素朴概念を投入しにくかった学習課題でもあった。解決が完了してしまった課題に対しては児童が主体的に取り組むことは難しい。一方、学習課題が難しすぎても同様の事象が考えられる。児童が主体的に課題解決を行うためには、程よく難しい学習課題の設定、素朴概念を用いて考えられる学習課題の設定が求められる。それを可能にするためには、日々の授業での見とりや児童の授業に対する理解を常に把握しておく必要がある。

3. 成果と課題

(1) 成果

今回の授業実践より、児童主体の課題解決実行のためにはプロセス1において素朴概念を用いて予想をたてられるようにすること、プロセス2において観察・実験、話し合いやその後の振り返りにおいて、素朴概念を変容できるようにすることが必要であることが改めて確認され、さらにそれらのために留意すべ

きことが示唆された。

プロセス1において素朴概念を用いて予想をたてられるようにするためには、児童が具体的なイメージをもてるとともに正確に把握できかつ、保持している素朴概念を根拠に予想だてができるような『学習課題』および『予想を記入する設問』の設定をすることが重要である。とりわけ、新しい学習内容に入るときや初めて扱う内容を学習課題とするときは、児童の実態に即したより具体的な学習課題を設定し、ワークシートを用いる場合は図や説明を記載し視覚的に予想させることにより、内容がわかり、その後の過程を見通せるような様式にする必要がある。

プロセス2の観察・実験、話し合いやその後の振り返りにては下記の2点が重要である。①素朴概念を変容できるようにするためには、振り返りにおいて元々自分がもっていた考え方を意識させ、その考え方に基づく自分の予想と観察・実験の結果とを比較することで誤りに気づかせ、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図るような観察・実験を実施すること、②自分と異なる様々な考え方に触れ、自分の考え方を変容・深化できるような話し合いを目指すこと。とりわけ、程よく難しい学習課題の設定、素朴概念を用いて考えられる学習課題の設定が、児童が観察・実験、話し合いを中心として主体的に課題解決を行うためには必要不可欠である。

また、今回の授業実践では、活動の振り返り(まとめ)の箇所を児童自身の言葉で行った。その結果、あらかじめ教師が予想していた(教科書に記載されている)内容より良い意見が出た。

教師が想定した活動の振り返り

(空気と水の性質の第7時)

○水の体積は、空気と同様に温められると大きくなるが、冷やされると小さくなる。

児童から実際に挙げた活動の振り返り

○水は力をくわえても変化しないが、温めると体積が大きくなり、冷やすと小さくなる。

○空気より水の方が変化するはやさが遅い。

この授業では「とじこめられた水に力を加えるとどうなるだろうか」という学習課題のもと授業を実施し、予想の段階では32人中26人が「水と同様におせる(少しだけおせる)」と予想していた。しかし、実験を経て素朴概念が変容したからこそ新たな認識を児童なりの言葉で表現しさらに、前時のとじこめられた水の性質との比較も同時に実施することができた。活動の振り返りを児童の言葉で表現させることで、教師は児童の変容を見とり、児童は観察・実験、話し合いを通し、自分たちで課題を解決できたと実感できるだろう。

(2)今後の展望～課題解決から問題解決へ～

今回実施した授業では観察・実験、話し合いを中心とした課題解決学習を行ったが、児童の疑問から授業を進めたり、児童の考えた観察・実験を実施したりすることができなかった。しかし、児童の感想からは次の学習へ繋がりそうな疑問が挙げられたり、実験中に教師が提示した以外の方法にて課題解決を行おうとしたりするなど、問題解決的な活動に繋がりそうな児童の活動が見られた。今後は、今回の実践で明らかとなった課題を克服しながら、問題解決的な授業の形態へとスパイラルアップしていけるよう努力したい。

主要参考文献

- ・文部科学省(2008)『小学校学習指導要領解説一理科編』東洋館出版
- ・堀哲夫(1998)『問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー-素朴概念をふまえて-』明治図書出版株式会社

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導・ご協力を頂きました連携協力校の先生方に厚くお礼申し上げます。