

生徒の素朴概念から立ち上げた授業の工夫

宮澤 和孝 萩原 修 内藤波矢登

1 主題設定の理由

(1) なぜ生徒の素朴概念をもとにした授業なのか

近年、理科教育の中で生徒の自然に対する概念についての研究が行われている。本校では、生徒がこれまでの生活体験や、学習の結果得た自然の事象に対するあやふやな知識や考えを「素朴概念」と位置づけた。生徒が持つ「素朴概念」を中学校の学習を通して、「科学的概念」に変容・再構成していくことを本校の理科教育では目指している。この「科学的概念」とは、現在、科学者の中で広く支持されている「科学概念」とは違った意味を持つ。例えば、中学校では、原子はそれ以上分けることができない粒子と定義するが、実際は陽子、中性子、電子やその他の素粒子に分かれている。しかし、生徒の粒子概念を育てる第一歩として、原子が最小の粒子と教える方が混乱は少なく、比較的容易に粒子概念を導入することができる。そのため、「科学概念」とは違ったものであるが、「科学概念」の獲得に向かう一歩として「科学的概念」の形成を行うことが本校の考え方である。

| | |
|-------|-------------------------------------|
| 素朴概念 | …自然事象に対して、生活経験等から得た彼らなりの根拠をもった知識や考え |
| 科学概念 | …現時点で、多くの科学者によって支持されている概念 |
| 科学的概念 | …「科学概念」獲得の導入となる知識や考え方 |

生徒が持つ素朴概念は、全く根拠がないものではなく、実体験から得た知識を彼らなりに理解し、認識したものであり、科学的概念に変容させたり、再構成させたりすることは容易ではない。また、生徒の科学的概念あるいは科学概念の形成における障害になっているものとして、生活体験による素朴概念の形成、学習による新しい知識の不適切な結合、理解や思考の停滞があげられる。

例えば、「植物はどこで光合成を行うのか」という問いかけに対し、「葉で行う」と答える生徒が多い。これは、小学校で植物は太陽の光を葉で受けると学習したことから、葉で光合成が行われるという認識へとつながったのだと考えられる。中学校での学習で「茎でも光合成を行う」という現実を目の当たりにし、驚く生徒が多い。葉で光合成を行うというのは、身近な植物の様子や小学校で学んだ内容から、彼らが自分なりに納得し、確立した一つの問題だからこそ、自分が信じる概念とは異なる現象を理解することに驚きを伴い、理解しがたいものになるのであろう。

われわれ理科教師に求められていることは、生徒に「生きてはたらく知識」を身につけさせることである。「生きてはたらく知識」とは、その知識を身のまわりの様々な自然現象に応用できるものと考えている。その知識を身につけさせるためには、生徒が持っている素朴概念をもとにした授業づくりを行い、学校で学習する知識をもとに科学的概念を作り上げることによって、科学的に正しい知識へと再構成していくことが必要だと考える。さらに、どこでどういう手段を使って科学的概念を獲得させたいのかを考え単元の指導計画を作成しなければならない。授業づくりを工夫し、粘り強く続けていくことにより、生きてはたらく力を身につけさせることができるのではないだろうか。また、この過程で獲得していく思考力・判断力・表現力や問題解決能力などは、生きてはたらく知識と結びつき、生徒にとってこれからの社会をよりよく生きるために、必要な力になるであろう。以上の理由から、研究主題を設定した。

(2) 全体研究との関わり

本校の全体研究のテーマは「自ら問う力を育む授業の創造～思考力・判断力・表現力等の育成を目指して～」である。また、全体研究のテーマに迫るための手立てとして、以下の4点を重点項目に挙げ、全教科で共通な視点で研究を進めている。

- | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) 生徒につけさせたい力とそれらを育むために生徒にもたせたい問いの設定 2) 生徒に問いをもたせる教材のあり方 3) 生徒に問いをもたせるための教師の役割 4) 生徒の問いをどう見取るか |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

さらに、本部会では、「生徒の素朴概念から立ち上げた授業の工夫」を研究テーマに掲げ、生徒の実態に合わせたより効果的な学習の場を設定することを目指している。その実現のために、以下のような視点をもって行っていく。

①生徒につけさせたい力とそれらを育むために生徒にもたせたい問いの設定について

理科教育で目指すことは、生徒にとって必要な知識ばかりを教えこむのではなく、身のまわりの様々な場面で生じる現象に、「なぜこうなるのか」という問いをもつこと、「こういう理由でこういう結果が導き出された」という筋道を立てて考えられる思考力、分析した内容や学習した内容をわかりやすく工夫してまとめたり、伝える等の表現力の向上と考えている。これら二つの力を培う過程を通して、比較検討し、何が正しいのか、何がよりよい結果となるのか判断する力を養うことにもつながる。また、自分自身の学習状況を整理し、分析・表現することによって自分自身の目指すべき視点を修正することも可能となる。結果、生きる力となって、身についていくと考える。また、それを育むために生徒にもたせたい問いの設定についてだが、本部会では、問うべき問いを「生徒の持つ素朴概念と教師からの投げかけとの間で生じる葛藤から科学的概念の形成が行われるような問い」であると捉えている。生活経験の中で得た概念に、揺さぶりをかける問いを投げかけることで生徒の中に、問いが生まれる。このことが、興味関心を高め、主体的な探究活動へとつながり、自らの問いによって素朴概念を科学的なものへと変容させると考える。以上のことから、思考力・表現力の育成に重点を置き、生徒の中に葛藤が生じるような問いを見だし、投げかけることで概念を科学的なものへと変容するきっかけを授業の中に仕組んでいきたい。

②生徒に問いをもたせる教材のあり方

事前調査等で学習前に生徒たちの実態を把握することで、「それをどう変えるのか」という明確な目標をもち、その目標の達成のために授業内容を計画していく。この生徒たちの素朴概念をもとに立ち上げた授業そのものが「生徒に問いをもたせる教材」だと考える。例えば、授業で提示する学習課題として、事前調査で得た、生徒が科学的に誤った考えを持っている事柄や、多様な概念を持っている事柄を取り上げ、討論を意識的に仕組み、生徒の中に葛藤が生じる実験・観察を行っていく。また、学習後、その目標が達成されたかを1枚ポートフォリオやレポートで見取る際、生徒の状況に合わせて投げかけるコメントが、生徒の「内なる問い」となってはたらきかけ、考えを正しい方向へと軌道修正し、より学習意欲を高めた状態で次の学習へ向かうことが期待できる。つまり、学習前から学習後に至るまで、授業を通して生徒の中に問いを生み続けることになると考える。

③生徒に問いをもたせるための教師の役割

生徒はどのような素朴概念を持っているのか、それを把握するために、単元学習に入る前に事前調査を行っている。素朴概念を科学的概念へ変容させるには、「この法則は、別の化学変化にも当てはまるのか」と一歩踏み込んだ問いや葛藤を生じるような問いを与え、生徒が内なる問いをもった状態で学習活動を進めていきたい。学習活動を通して、生徒の中で既知と未知とのぶつかり合いをおこし、ゆさぶりをかけるような役割を教師はしていくことが重要ではないだろうかと考える。

④生徒の問いをどう見取るか

単元に入る前に事前調査や1枚ポートフォリオを使用して、学習前にどのような考えを持っているのか調査を行っている。この調査によって抽出された素朴概念を用いて授業の課題設定や指導計画を立てたりしている。この素朴概念が生徒の知的好奇心をかき立てるような問いになり授業を組み立てていくことが重要と考える。したがって、この問いをどう見取るかが、本校の理科の研究を進める上で1番重要な項目といえる。さらに理科部会では、素朴概念をより科学的なものに変容させたり、再構成したりする学習活動の中で、自己評価活動の占める割合は非常に大きい。自分が持っていた考えと学習の結果得た考えがどう違ったのか、なぜ変わったのかを分析させ、その変化を見てどう感じるかを書かせる自己評価活動を行うことによって、理科学習の有用性を感じさせ、新たな学習への意欲を高めることができると考える。また、この活動が、自分の誤った概念に気づき、科学的に正しいものへと軌道修正する力を育てることにもつながると考える。自己評価活動は、素朴概念をより科学的なものに再構成する活動を側面から支える重要な活動であるといえる。

また、自己評価の記述から、教師が生徒の質的な変容を見取ることができると考えた。自己評価を用いて、生徒の変容をつかみ、必要に応じてアドバイスを与え、授業の内容にフィードバックするような指導と評価の一体化を図る活動は、科学的概念を定着させる上で欠かすことができないものである。さらに、この見取りを自己評価活動と合わせて行えるならば、限りある時間を有効に使うことができるであろう。上記の自己評価活動の工夫をしながら、ここにあげたいいくつかのねらいを達成できるよう、「学習前の考え」「学習の履歴」「学習後の考え」「学習を通して自分がどのように変容したか」の見取りを記入する1枚ポートフォリオを用いて行うことにした。

(3) 学習指導要領からと本校の教科テーマとの関係

新学習指導要領の総則にある「基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力を育むとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い…」

という部分に、前学習指導要領から引き継がれた「生きる力をはぐくむ」という理念を実現させるための具体的な手段が表れている。学習指導要領の目標の文章を分析すると、理科のポイントは次の2つと考えられる。1つ目は「自然の事物、現象に進んで関わる」、2つ目は「科学的に探究する能力の基礎と態度を育てる」ということである。このことをさらに分析すると、次の2点を生徒に身につけさせなければならない。1つ目は、「生徒に身につけさせる自然の事象に対するより積極的な態度の育成」、2つ目は「科学的に探究する能力の基礎の確実な定着、そして、これらを活用して課題を解決する力の育成」である。本校の研究も、この新学習指導要領の理念に従い、それを具現化するための実践でなければならない。

前述の通り、本校の理科部会の教科テーマは「素朴概念から立ち上げた授業の工夫」である。生徒の素朴概念を科学的概念へと変容させたり、再構成したりすることをねらいとしている。学習活動を通して変容させることができれば、新しい概念の獲得になるだけでなく、さらに生徒の思考力、判断力、表現力や問題解決能力の高まりも期待できる。

本校では教科テーマに迫るための学習活動への工夫点を2つあげている。1つ目は、予想、実験、分析、解釈の流れの確立、2つ目は1枚ポートフォリオによる生徒の自己評価である。特に、1枚ポートフォリオを用いた自己評価を継続して行うことによって、自分自身を客観的に見つめる能力を育て、学習内容を軌道修正ができるような力は、課題を解決するためには欠かすことができない。

このような点から、本校理科部会の研究は、確かな学力の育成をはかりながら、「生きる力を育む」という新学習指導要領の理念を具現化する手立てとしても有効であると考えている。

2 研究仮説

生徒の素朴概念から立ち上げた授業を工夫して行うことにより、自然を調べる態度や能力が向上し、「より科学的に再構成された概念（科学的概念）」をもった生徒が育つであろう。

3 検証計画

研究授業を行う単元において、事前・事後調査を用いた自己評価（1枚ポートフォリオ）や実験レポートの記述を利用して、変容を追いかける予。

4 過去の5年間の研究内容

(1) 研究の経過

本校理科部会における過去5年間の研究テーマ、研究内容は次の通りである。

a) 研究主題 「生徒の素朴概念から立ち上げた授業の工夫」

b) 研究内容

- ・生徒の自然に対する素朴概念から立ち上げた授業の工夫
- ・自己評価や、教師の見取りに用いるための、1枚ポートフォリオの工夫
- ・生徒の概念をより科学的なものに再構成するための年間指導計画の作成

(2) 研究内容

- ①素朴概念の調査の工夫と実施
- ②素朴概念をもとにした、単元の流れの工夫
- ③問題解決的な学習の効果の確認と推進
- ④予想、分析、解釈における討論の充実の効果の確認と推進
- ⑤生徒自身が学習の効果をつかむ活動の工夫（1枚ポートフォリオ、実験レポートを用いた実践）
- ⑥指導と評価の一体化
- ⑦素朴概念をより科学的なものに再構成するための年間指導計画の作成
- ⑧新学習指導要領に対応した指導のあり方の検討

5 本年度の研究

(1) 平成25年度の研究重点

- ①生徒の自然に対する素朴概念をもとにした授業の実践

- ②問題解決的な学習の効果の確認と推進
- ③自己評価や教師の見取りに用いるための1枚ポートフォリオの工夫
- ④素朴概念をより科学的なものに再構成するための年間指導計画の作成
- ⑤新学習指導要領に対応した指導のあり方の検討

(2) 平成25年度の研究内容

①生徒の素朴概念から立ち上げた授業の工夫として、次のような具体的な活動を行うことにした。

ア 生徒の素朴概念の調査問題の工夫

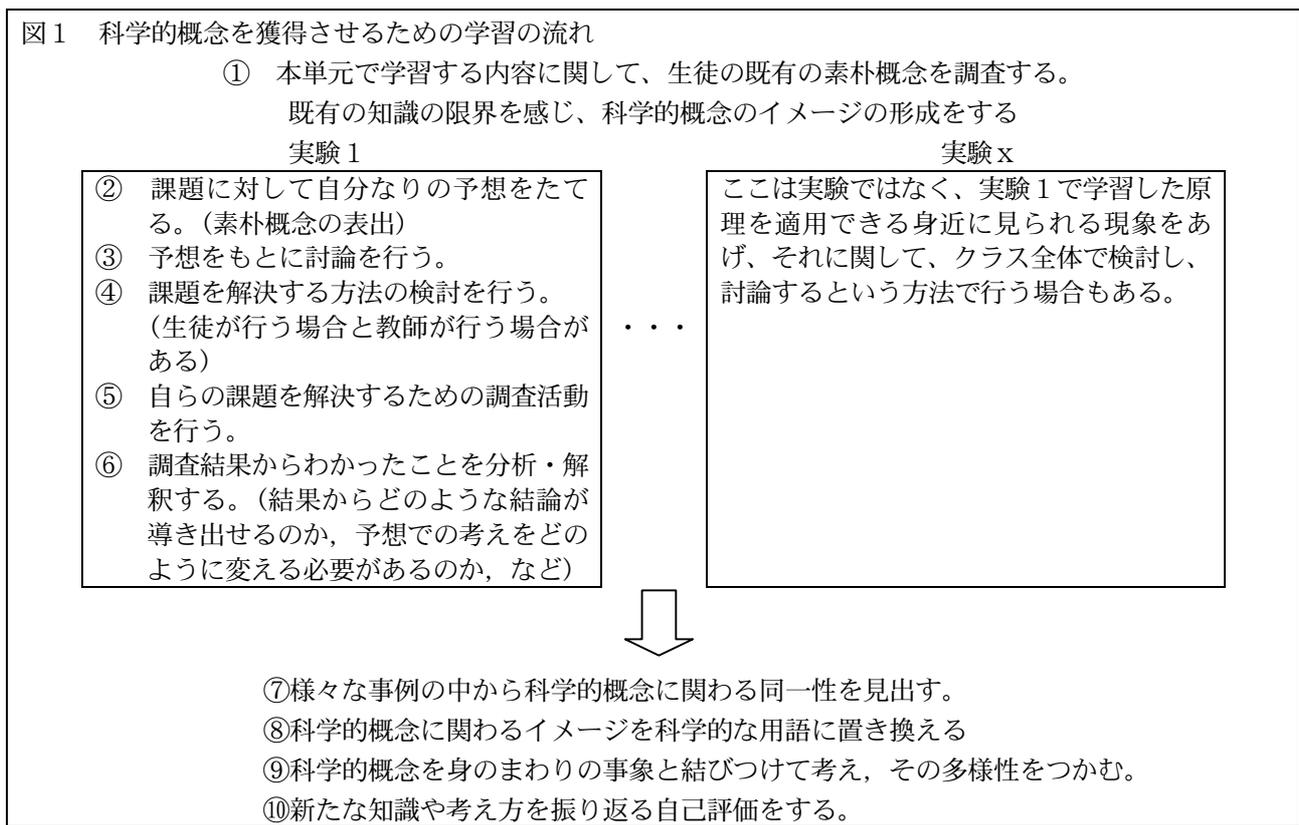
これまでの研究の中で、自然事象に対して生徒があらかじめもっている素朴概念を調査するために、どのような調査方法がよいのか検討してきた結果、次のような視点が必要であると考えた。

- ・単元全体の学習内容について、網羅的に調査するのではなく、中心となる科学的概念に焦点を当てて調査する
- ・調査問題に対する答えを書かせる際に、その理由も含めて図で表すことができるような内容のものについては、図も併用して答えさせる。
- ・ある一つの問題形式にこだわらず、調査方法の特性を理解した上で、調査する素朴概念に合わせて多様な問題形式を工夫する。
- ・記憶していれば答えられるような問題ではなく、素朴概念がより科学的なものに変容しなければならないような問題を工夫する。

このような調査により、これから学習する事項に対して、生徒がどのような素朴概念をもっているか事前に調査し、その結果を生かして、授業や単元の流れを計画していくことが大切である。

イ 素朴概念の調査結果をもとにした単元の流れの工夫

上記のような事前調査により、生徒がこれまでの生活体験や学習などの結果、もっている生徒なりの自然に対する論理をつかみ、それぞれの生徒がもっている素朴概念の対立点や、矛盾点などを明らかにすることによって学習の動機付けを行い、関心・意欲を高めるとともに、目的意識を持って授業に臨むようにしていくことが大切であると考えます。また事前調査の結果、多くの生徒が誤った考えをもっていることについて、様々な事例を通して調査活動を行ったり、生徒がもっている素朴概念を使って、その現象を説明させたりする中で科学的概念のイメージづくりや、自分の素朴概念を変更する必要性を感じさせることにより、科学的概念の導入や獲得をさせるようにと考へた。具体的には、図1の科学的概念を獲得させるための学習の流れを基本的な単元の流れとし授業を行うようにした。



ウ 予想、分析、解釈における討論の充実、予想、実験、分析・解釈の流れの確立

基本的な授業スタイルとして、予想、実験、分析・解釈といった図1の②～⑥までの流れを日常の授業の中で、常に行っていききたい。当たり前のことではあるが、予想の段階で各自の素朴概念を表出させ、目的を持って実験をし、実験を通して事実は何なのかを確認し、その結果から論理的に考え、分析・解釈をし、学習の結果自分の考えがどのように変化したのかを見つめさせていくことは、生徒の素朴概念から立ち上げる授業には、必要不可欠なものであると考える。この流れの中で、充実した討論を行うことにより、様々な考えの存在に気づき、それらの考えと自分の考えの相違点や、共通点を見つめさせるような活動によって、素朴概念をより科学的なものに変容させたり、再構成したりすることができる。前述の通り、素朴概念は強固なものである。それを変容させるには、このような活動を日々の授業で継続的に行うことが大切なのである。さらにこの活動を通して、観察・実験の技能を高め、科学的に考える力を養い、自然に対する興味・関心も高めることができるはずである。それが「確かな学力」を育むことにつながっていくのである。

エ 生徒自身が学習の成果をつかむ活動（1枚ポートフォリオの工夫）

学習の前後に、生徒が持つ素朴概念を調査し、その結果を比較することにより、素朴概念がどのように変容したのかをつかむことができる。このような活動を通して、授業の成果がどうであったかを教師がつかむことは、その指導方法の改善のためにも必要なことである。さらに、授業を通して、生徒自身がどのように変容していったのか、それをつかむことも指導方法の改善に大きく役立つものである。そして、生徒は学習の成果を感じることができ、それが次の学習への意欲につながり、効果的な学習を支える大きな力になっていくのである。具体的には図1の⑩の自己評価の場面で、学習前にもっていた考えが学習後どのように変わったのかを1枚ポートフォリオにまとめていく。また、この活動を繰り返し行うことによって、自分自身を客観的に見つめる能力を育てることもできる。日々の授業で用いる実験レポートにも同様の自己評価を行う欄を設け、繰り返し自己評価を行わせることにより、自分自身を客観的に見つめる能力をさらに高めていくのである。自分自身の学習を客観的に見つめ、場合によっては軌道修正することができるような力は、まさに生徒にとって「生きてはたらく力」であるといえる。

1枚ポートフォリオについては構成を工夫し、1枚の紙の中で、自分の学習前の考えや、学習の履歴、学習後の考えを振り返りながら自己評価をさせていくように計画することで、生徒は自分自身の変容を客観的につかむことができる。教師にとっても生徒の変容がつかみやすくなるだけでなく、指導目標の明確化がはかれ、さらに指導計画の構造化もねらうことができる。

これまでの実践を通して、学習の履歴をまとめる部分では、学習内容について一目でわかるようなタイトルを自分自身で考え、記入させることで、毎時間ではなく一つの実験ごとや一つの節が終わったところで、これまでの学習の中でポイントと思うことを、自分で判断させて書かせること、これまでの学習内容と、今回の学習内容の関わりを考えさせ、書かせるなどの工夫を行ってきた。今後も、様々な単元での実践を進めるとともに、引き続き、実験レポートとの併用の工夫も考えていきたい。

オ 素朴概念をより科学的なものに再構成するための年間指導計画の見直し

素朴概念をより科学的なものに変容させるためには、何をどのような順序で教えていくかということも重要な要素となる。これは一つの単元で、何をどのような順序で教えるかだけでなく、中学校で扱う全ての単元で何を教え、それらをどのような順序で行うかも検討する必要がある。例えば、これまで本校で行ってきた実践に、粒子概念に関わるものがある。この実践を通して、1年生の身のまわりの物質の単元の状態変化、水溶液、密度などの学習で粒子概念を導入することは、これらの学習内容を定着させるためには効果的である。さらに、2年生では最初に化学変化と原子・分子の単元を行い、粒子概念を用いながら原子・分子の概念の定着をはかることができる。その後、動物の消化や電流の単元でも粒子概念を用いて学習を進めることで、学習内容の理解につながっていくと考えている。

このように関わりの深い単元をどのような順序で行い、各単元でどこまで教えるのかということを検討することは、素朴概念をより科学的なものに変容させたり、再構成させたりするためには必要不可欠なものである。今後も上記のような各単元の関連を見直し、指導計画の工夫をするとともに、その指導計画をもとにした実践を行い、よりよい年間指導計画の作成を行っていききたい。

6 研究のまとめ

本校の全体研究のテーマは「自ら問う力を育む授業の創造～思考力・判断力・表現力等の育成を目指して～」である。また、全体研究のテーマに迫るための手立てとして、以下の4点を重点項目に挙げた。

- 1) 生徒につけさせたい力とそれらを育むために生徒にもたせたい問いの設定
- 2) 生徒に問いをもたせる教材のあり方
- 3) 生徒に問いをもたせるための教師の役割
- 4) 生徒の問いをどう見取るか

さらに、本部会では、「生徒の素朴概念から立ち上げた授業の工夫」を研究テーマに掲げ、生徒の実態をふまえてより科学的な概念へと変容、再構成していけるような授業づくりを試みた。

事前調査と事後調査問題及び一枚ポートフォリオへの記述内容「音の性質」よりはじめに本単元をつらぬく問いとして「音の伝わり方」のイメージをつかませたいと考え以下の問いを行った。

問題 音を出す物から耳に聞こえるまでを文章や絵（図）であらわしてください

この問いの結果は次のようになった。

| 分類 | 文章と図や絵（図）のようす | 学習前回答数 | 学習後回答数 |
|----|--------------------------------------|-----------|-----------|
| 1 | 音が放射状や、たたいたところから拡散するように広がり空气中を伝わっていく | 13(32.5%) | 21(52.5%) |
| 2 | 空気が振動する | 7(17.5%) | 1(2.5%) |
| 3 | 音を直線的な→などであらわしたもの | 7(17.5%) | 0(0%) |
| 4 | 音を波線~~~~矢印であらわしたもの | 9(22.5%) | 0(0%) |
| 5 | 空気が振動して放射状や、拡散するように広がる | 4(10%) | 2(5%) |
| 6 | 空気の粒子が振動して放射状や、拡散するように広がる | 0(0%) | 16(40%) |

学習前は、音が放射状に広がりながら空气中を伝わっていくイメージを持つ生徒が多かった。

これは、広がり方としては良いと思われるが、これが空気が集まった密な部分や、空気がまばらな疎の部分イメージしてかいたものかどうかは図からは読み取れない。分類3では、直線的な矢印を用いて、音を出す物から耳までの方向を書いたと思われる。分類4から、空気が横波のように振動して空気中をつたわるイメージを持っている生徒も多い。空気の粒子を描く生徒はいなかった。

学習後は、空気の粒子が振動して放射状や、拡散して広がるようすで記したものが多く、空気の集まった密な部分や、空気がまばらな疎の部分をかき表すモデルへと変容した。

一枚ポートフォリオでは学習履歴欄を工夫し、「今日学習した中で、一番大切だと思うことを問いにしてみよう」と、「問いはどうだったか」と問いに対する解答を書いてみよう」を毎時間記入させ、記入の状況から問いを見とるようにした。その記述からは、生徒の素朴概念から発した問いや、自分の教師の問いかけを問い直すものがみられた。この問いに迫るために、教師が教材として実物または、モデルを用意して授業に臨むことが大切に思う。

ところで、本校理科部会では、生徒たちが学習前にこれまでの生活体験や、学習の結果得た自然の事象に対するあやふやな知識や考えを「素朴概念」として位置づけをして研究を行った。

そして、素朴概念を改めさせて、科学的な概念を持たせることは、理科教育の重要な課題の1つである。特に、間違いやすい概念の場合、単にひたすら正しいことを教えるだけでは、科学的な概念を納得して受け入れさせるのは難しい。多くの生徒たちに素朴概念の矛盾に気付かせ、原理原則へと転移させるためには、まず、なぜ生徒たちがそのような素朴概念を持つのかをよく分析する必要がある。その上でそれに共感し、最終的に、素朴概念がなぜ正しいように見えるかを伝えるという手順を踏む必要があると考える。

7 参考文献

- (1) 堀哲夫著 「理科教育学とは何か」 東洋館出版社
- (2) 山梨大学教育人間科学部附属中学校平成23年度研究紀要