

生徒の素朴概念から立ち上げた授業の工夫

小崎由加里 宮澤 和孝 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等なりに理解し、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、確立した一つの概念だからこそ、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 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ことではなく、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思う。

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) 新しい指導要領からと本校の教科テーマとの関係

今年度から、新学習指導要領が完全実施となった。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。新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定である。

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24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24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た。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考えた。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。

図1 科学的概念を獲得させるための学習の流れ

- ① 本単元で学習する内容に関して、生徒の既存の素朴概念を調査する。

既存の知識の限界を感じ、科学的概念のイメージの形成をする

実験1

実験x

- ② 課題に対して自分なりの予想をたてる。(素朴概念の表出)
- ③ 予想をもとに討論を行う。
- ④ 課題を解決する方法の検討を行う。
(生徒が行う場合と教師が行う場合がある)
- ⑤ 自らの課題を解決するための調査活動を行う。
- ⑥ 調査結果からわかったことを分析・解釈する。
(結果からどのような結論が導き出せるのか、予想での考えをどのように変える必要があるのか、など)

...

ここは実験ではなく、実験1で学習した原理を適用できる身近に見られる現象をあげ、それに関して、クラス全体で検討し、討論するという方法で行う場合もある。

- ⑦ 様々な事例の中から科学的概念に関わる同一性を見出す。
- ⑧ 科学的概念に関わるイメージを科学的な用語に置き換える
- ⑨ 科学的概念を身のまわりの事象と結びつけて考え、その多様性をつかむ。
- ⑩ 新たな知識や考え方を振り返る自己評価をする。

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。

①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。

②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 実践例

実践1 「化学変化と原子分子」

授業者 宮澤 和孝

(1) 単元の指導方針

本単元は、化学変化についての観察・実験を通して、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させるとともに、これらの事物・現象をイオンのモデルと関連づけてみる見方や考え方を養うことがねらいである。そのためには、目で見るができないイオンというものが、どのようなものであるか、そのイメージを築きあげていくことが必要である。

小学校では6年生で「水溶液の性質」について学習している。また、中学校では第1学年で「身のまわりの物質」、第2学年で「電流とその利用」と「化学変化と原子・分子」について学習している。ここでは、水溶液の電氣的な性質や酸とアルカリの性質についての観察・実験を行い、結果を分析して解釈し、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させ、イオンのモデルと関連付けてみる微視的な見方や考え方を養わなければならない。そして、レポート作成や発表を適宜行い、思考力・表現力などを育成する必要がある。ここで扱う事象は、日常生活や社会の中で見られることに気づかせ、物質や事象を新たな見方や考え方でとらえさせることが大切である。

本単元では今まで学習した物質概念とエネルギー概念が密接に関連づけられたものといえるが、物質概念の要素がとても強いと感じているため、物質概念を1つの柱として中学校の学習を分析していくと、1年生では粒子、2年生では粒子を小さくした原子、3年生では原子をさらに小さくしたイオンと、扱うレベルが小さくなってきている。

電解質水溶液を電気分解し、陽極と陰極に物質が生成されることから、電解質の水溶液中に電気を帯びた粒子が存在すること、つまりイオンの概念を形成させることで、電子という存在に気づかせ、原子は電子と原子核（陽子・中性子）からできていることをとらえさせなければならない。

さらに、エネルギー概念を2つめの柱として中学校の学習を分析していくと、2年生で学習した電流で学習した電子が本単元に深く関わっている。だからこそ、本単元では前述した「電子」を中心としたものの見方が重要になってくる。そのためには、電解質が持っている化学エネルギーが化学変化によって電気エネルギーに変換されている。そのとき、電極の様子をイオンのモデルで表し、電子が外部の回路に電流として流れることをとらえさせる必要がある。

本単元の1番最初の学習事項として、化学電池を扱い電子の存在に気づくことができるような内容を扱った。また2年生で使用した原子カードを使用したり電気分解の様子を視覚でとらえることができると、イオンを視覚でとらえることができ、物質概念を完成させる総括の単元でもある。

(2) 指導計画（計12時間）

項目	学習内容	自ら問う力を育むための手だて	時数	評価計画
1, 事前調査 (1)		D) 見取り		ア事前調査記入状況 イOPP記入状況
2, 電流が流れる水溶液 (7)	(1) 砂糖水と食塩水に電流を流してみよう 【予想】砂糖水や食塩水には電流は流れるのか考える 【実験】固体の砂糖や食塩に電流を流してみる。さらに、砂糖水や食塩水に電流が流れるか調べてみる 【考察】砂糖水や食塩水はどうなっているのだろうか？	A) 課題設定 B) 教材研究 ・水溶液に電流を流す実験を通して、電解質と非電解質の存在を見出させる C) 教師の役割 ・発表の中で新たな素朴概念がでたら、抽出し問いを設定する D) 見取り OPPの記入	1	アOPP記入状況 イ実験レポート ウ実験レポート エペーパーテスト

	<p>【実験】 いろいろな物質を電解質と非電解質に分ける</p>	<p>B) 教材研究 + いろいろな電解質と非電解質について確認する</p>	<p>1</p>	<p>アOPP記入状況 イ実験レポート ウ実験レポート エペーパーテスト</p>
	<p>(2) 水溶液に電流が流れる原因を、実験を通して推測させる ①塩化銅水溶液の電気分解 [本時] 【予想】 塩化銅水溶液に電流を流すとどのようなになるか? 【実験】 塩化銅水溶液に電流を流したときの電極の変化の様子を観察する 【考察】 電極から発生した物質は何か</p>	<p>A) 課題設定 B) 教材研究 + 塩化銅水溶液に電流を流し、電極付近から発生する物質から、原子が電気を帯びることに気づかせる C) 教師の役割 + 発表の中で新たな素朴概念がでたら、抽出し問いを設定する D) 見取り OPPの記入</p>	<p>3 2 3 が 本 時 の 授 業</p>	<p>アOPP記入状況 イ実験レポート ウ実験レポート エペーパーテスト</p>
	<p>②塩酸の電気分解 塩酸に電流を流すとどのようなになるか? 【実験】 塩化銅水溶液に電流を流したときの電極の変化の様子を観察する 【考察】 電極から発生した物質は何か</p>	<p>A) 課題設定 B) 教材研究 + 塩酸に電流を流し、電極付近から発生する物質から、原子が電気を帯びることに気づかせる C) 教師の役割 + 発表の中で新たな素朴概念がでたら、抽出し問いを設定する D) 見取り OPPの記入</p>	<p>2</p>	<p>アOPP記入状況 イ実験レポート ウ実験レポート エペーパーテスト</p>
	<p>③水溶液を流れる電流の正体 【予想】 電解質水溶液では、どのような仕組み電流が流れるのだろうか? 【実験】 塩化銅水溶液の青いシミはどのように移動するのか調べる 【考察】 なぜ、青いしみは陽極に移動したのだろうか</p>	<p>A) 課題設定 C) 教師の役割 + これまでの学習と関連づけ、知識を再構成させながら、自分の考えを確立させる。 + 発表の中で新たな素朴概念がでたら、抽出し問いを設定する。</p>	<p>1</p>	<p>アOPP記入状況 イ実験レポート ウ実験レポート エペーパーテスト</p>
<p>3, 原子の構造とイオンの構造 (6)</p>	<p>(1) 原子の構造 (2) イオンの構造 (3) イオンの表し方</p>	<p>B) 教材研究 * 原子とイオンの関係を考え、原子の構造と、陽イオン、陰イオンのでき方について理解できるようにする * イオンができる様子</p>	<p>2</p>	<p>アOPP記入状況 イ実験レポート ウ実験レポート エペーパーテスト</p>

		を電離式で表すことができるようにする D) 見取り OPPの記入	
(4) 電池とイオン ①金属と食塩水で電流が取り出せるか調べてみよう 【実験】 電解質水溶液に金属板を入れて電流が取り出せるか調べよう 【考察】 電極付近では、どのような化学変化が起こっているのだろうか	A) 課題設定 C) 教師の役割・発表の中で新たな素朴概念がでたら、抽出し問いを設定する ・イオンになりやすい物質となりにくい物質があることに気づかせる D) 見取り OPPの記入	2	アOPP記入状況 イ実験レポート ウ実験レポート エペーパーテスト
②燃料電池 【実験】 消臭ビーズを使った水の電気分解と燃料電池の実験を行う 【考察】 水の電気分解と燃料電池の電極付近ではどのような化学変化が起きているのだろうか	A) 課題設定 B) 教材研究 安全な電気分解と燃料電池の実験を行う C) 教師の役割・発表の中で新たな素朴概念がでたら、抽出し問いを設定する D) 見取り OPPの記入	2	アOPP記入状況 イ実験レポート ウ実験レポート エペーパーテスト

(3) 事後調査問題及び一枚ポートフォリオへの記述内容の変容の見取り

ア 事前調査と事後調査の結果

問 どうして、水溶液に電流が流れるのだろうか？			
この問題を学習前と学習後でそれぞれ集計した結果、以下の表のようになった。			
分類	記述内容	学習前	学習後
分類1	物質を水に溶かすと、電流を流す何かしらの性質が溶媒や溶質には存在するから	45%	0%
分類2	わからない	31%	0%
分類3	電子があるから	15%	0%
分類4	液体だから	3%	0%
分類5	物質の結合の仕方によるもの	3%	0%
分類6	すべての物質は電気を通すから	3%	0%
分類7	物質が電離をしてイオンが生じるから	0%	100%

イ 一枚ポートフォリオへの記述内容

- ・溶質が水に溶けると、+の電気と-の電気を持つイオンに分かれるものと分かれられないものがある。
- ・原子より小さい電子があることがわかった。
- ・なぜ物質は電離をするのか？水とはいったい何なのか？
- ・水溶液に電流が流れる仕組みを理解できた。
- ・なぜ砂糖は水に溶けても電離しないのだろうか？
- ・イオンというプラスとマイナスの電気を帯びた粒子が存在することがわかった。
- ・電解質と非電解質があることがわかった。
- ・イオンという言葉は聞いたことがあったが、意味までは知らなかった。
- ・原子の構造を理解することができ、電子の移動でイオンが生じることを理解できた。
- ・2年生の時、原子はこれ以上分けられないと習ったがそれが覆された。原子の構造を知ることで、水溶液に電流が流れる理由がわかった。

- ・今までは、水に物質が溶けると全ての水溶液に電流が流れると思っていたが、今回の学習を通してその考えが間違っていたことに気づいた。
- ・水溶液に電解質が溶けた時点で、電子の授受が行われていたことがわかりました。
- ・学習前は、なぜ物質に電流が流れるのかわかりませんでした。学習を通して原子が電気を帯びて水溶液に電流が流れることがわかった。
- ・水溶液と電流についてイメージとして捉えていたものが、「イオン」という具体的なものとしてとらえることができるようになった。
- ・電流を流すことで、物質が電気を帯びて分かれると思っていたが、水に溶かしたら陽イオンと陰イオンに電離することを知り驚いた。

(4) 成果と課題

① 素朴概念の調査と単元の学習計画の工夫について

学習内容に関して生徒が持つ素朴概念を事前に調査し、それを単元の学習の全体計画に生かすことができたことが成果といえる。しかし、イオンは我々の生活に密接に関わっているが、生徒がそれに気づくことはほとんど無く、生徒が持つ素朴概念事態を把握することは非常に困難なことであるといえる。そのことを十分に教師側が把握し、イオンという存在を生徒が把握できるように学習内容の全体計画を立てる必要がある。さらに、「なぜ電解質水溶液に電流が流れるのか」という問いに関して生徒が持つ素朴概念を、科学的概念へと変容させていくことできるように、実験を繰り返し、なぜ実験結果のようになったのか、その理由を考えさせ、生徒の意見を引き出しながら科学的概念へと変容させるような工夫が必要であるということを実践をしながら感じた。

② 予想・実験・分析・解釈の流れの確立

教科総論でも述べていることであるが、素朴概念を科学的概念に変容するためには、「予想・実験・分析・解釈」という授業の流が必要である。しかし、この単元に関しては生徒が予想を立てるための予備知識がほとんど無く、予想を立てるのは非常に困難であると考えた。よって、予想に根拠を持つことができないので、意見の交流や討論は成立しにくいと判断した。そこで新しい概念を獲得するためには、実験結果の分析、解釈に重点をおいて授業を構成する必要があると判断した。実験結果からその理由を考え、自分とは違う他の人の意見を聞く中で、自分の意見を再構成していく中で、科学的概念を獲得できると考えた。しかし、生徒の発表の中で、新たな疑問が出てくることも事実であり、その疑問はすべて解決することができずに、次の学習内容に進まなければならないことがあり、大きな課題になっている。

③ 生徒自身が学習の成果をつかむ活動

生徒自身が学習の成果をつかむために、1枚ポートフォリオや実験レポート、学習事前問題と学習事後問題の比較などを行い、変容を見取らせてきた。自分の考えや学習内容がまとめられており、学習の履歴を確認することで、新たな問いや自らの考えを修正することができたりするなど非常に効果的である。しかし、どのような疑問を持っているのかということは私自身きちんと把握しなければならないので、1枚ポートフォリオについては、本校の研究テーマ「自ら問う力を育む授業」であり、疑問点を書かせるように欄を設ける必要があった。

実践2 (中等教育研究会より) 「電流と電圧及び抵抗概念の構築」

授業者 内藤 波矢登

(1) 単元の指導方針

本単元は、電流回路についての観察、実験を通して、電流と電圧の関係について理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて電流についての初歩的な見方や考え方を養うことがねらいである。いいかえれば、電流や電圧とはどのようなものであるのかを理解させることが大切である。

本単元の柱となる概念として、粒子概念とエネルギー概念が挙げられる。前者については、静電気力の学習から入り、誘導コイル、真空放電及び陰極線の実験を通して、電流が物資としての側面を持つことを見いださせ、電子の概念を導入する。さらに電流回路の基本的な実験を通して、電流の保存に気付かせ、金属中を移動する電子をイメージさせる中で、電流とはどういうものなのかを練り上げられるような流れで電流概念を構築する。さらに、化学変化と分子・原子で導入した原子モデルと関連付ける中で、金属を微視的な視点でとらえさせることで、三年次

のイオンへと系統的につながるような指導計画をたてることが大切である。後者については、乾電池を直列つなぎで個数を増やしていったときに豆電球の明るさが明るくなることから、電圧が電流とは違って、電子を押し出す力であることを見いださせたい。そして、電圧とは、電子を押し出すエネルギー差であるということをもとに見いださせるような流れで電圧概念の形成を図りたい。また、電気抵抗の概念形成にあたっては、オームの法則の習熟に力点を置くのではなく、様々な長さや太さ、素材等の抵抗を扱いながら、同じ電圧をかけたときでも、回路を流れる電流に違いが生じることを実験から気付かせたい。そして、電気抵抗とは、電流回路を流れる電流をコントロールできるものであり、電流の流れにくさであるということをつかませたい。

本単元は、これまでも多くの先行研究が行われ、興味深い知見も得られている。鍵となるのは、電流概念及び電圧概念を再構成することの困難さが挙げられる。さらに、実験、観察は多く扱うものの実験器具を用いて機械的に実験を進めたり、オームの法則など丸暗記した公式に実験結果をあてはめるだけなどテクニク的な流れに陥りやすく、本質的な概念構築に重点を置かない学習になりがちである。つまり、試験で問題を解くためだけの学習に陥りやすく、学習内容と日常生活の現象とが乖離した中で本単元の学習を進めてしまいがちである。

そこで、本単元を指導するにあたって、学習事前調査を行い、電気に関する素朴概念を把握した上で、カリキュラム編成を行った。まず初めに2学年における単元の指導順を入れ替えた。電流の物質的な側面を意識させ、電流を粒子の移動としてとらえさせるような流れとするために、本単元を学習する前に「化学変化と分子・原子」を先に扱った。さらに、本単元で扱う主な学習事項を構造化し、単元の指導計画を「Ⅰ電流と電子（静電気、導体と不導体、電子）、Ⅱ電流回路（電流概念、電圧概念、抵抗概念、オームの法則、直流と交流）」のように編成した。これは、電流概念及び電圧概念、抵抗概念を練り上げるためには、電子が物質的な側面を持つととらえることが必要不可欠であると考えたからである。その後電子と比較する中で、電圧のエネルギーとしての側面を見いださせるような流れで考えさせたい。

(2) 実践の詳細

上記のような指導方針のもと、電流と電圧及び抵抗の単元について研究を実践し、生徒の変容を調べるための事前・事後調査や1枚ポートフォリオを用いて、授業による生徒の変容の見取りを行った。実践の詳細については、本校ホームページ (<http://fzkjhss.fzk.yamanashi.ac.jp>) に掲載されています。

(3) 事後調査問題及び1枚ポートフォリオへの記述内容

ア 調査問題 問1

課題 豆電球に電流を流し、豆電球に明かりをつけました。以下の問いに答えなさい。

- 1) このとき、もし導線の中を流れている電流を見ることができるとするとどのようなものだと思いますか。あなたの電流のイメージを自由に図（導線の部分）に表してみてください。
- 2) 1) であなたが、持ったイメージを説明するのに最も近いものを次の①～④の中から一つ選んで○をつけなさい。
①～④にないときは、⑤にあなたの考えを書きなさい。
- ①電流は、豆電球で使われて、小さくなったり、使えなくなったりして戻ってくる。
- ②電流は、乾電池の両方から流れて豆電球のところではぶつかるので戻ってこない。
- ③電流は、豆電球を通して、もとと変わらないで戻ってくる。
- ④電流は、豆電球を通ると、もとと違う性質のものに変化して戻ってくる。
- ⑤その他（あなたの考えを書きなさい。）

結果

表1 調査問題1の1) 集計結果

分類	図の様子	流れ方	学習前 (%)	学習後 (%)
1	直線	方向性なし	0.0	0.0
2	矢印	+極から-極	26.0	33.0
3	矢印	-極から+極	5.0	6.0
4	矢印	往復	2.5	0.0
5	矢印	衝突	36.0	0.0
6	ギザギザ	方向性なし	18.0	0.0
7	ギザギザ	+極から-極	2.5	0.0

8	ギザギザ	一極から+極	0.0	0.0
9	ギザギザ	衝突	5.0	0.0
10	粒	方向性なし	0.0	3.0
11	粒	+極から-極	5.0	12.0
12	粒	-極から+極	0.0	46.0

表2 調査問題1の2) 集計結果

分類	調査問題1の1) 理由付け	学習前 (%)	学習後 (%)
1	電流は、豆電球で使われて、小さくなったり使えなくなったりして戻ってくる。	21.0	0.0
2	電流は乾電池の両方から流れて豆電球のところでぶつかるので戻ってこない。	31.0	0.0
3	電流は、豆電球を通して、もとと変わらないで戻ってくる。	23.0	91.0
4	電流は、豆電球を通ると、もとと違う性質のものに変化して戻ってくる。	13.0	0.0
5	その他 (あなたの考えを書きなさい。)	5.0	9.0
6	わからない	7.0	0.0

5. その他…豆電球を通ると電気が使われ、違うものに変化して、戻ってくる。

イ 調査問題 問2

課題 豆電球は電流を流すとなぜ光るのでしょうか。あなたの考えを書きなさい。

結果

表3 調査問題2集計結果

分類	光る理由	学習前 (%)	学習後 (%)
1	電流とフィラメントが化学反応を起こすから。	18.0	0.0
2	豆電球のフィラメントが電気を光に変える性質を持っているから。	15.0	40.5
3	フィラメントで電流がぶつかり合うことによって光る。	28.0	8.0
4	フィラメントの部分を電気が流れるときに熱や光が発生するから。	31.0	46.0
5	その他 <ul style="list-style-type: none"> ・フィラメント部で高い電圧が生じる。 ・電流自体がもともと発光している。 ・フィラメント部を通過するとき、ショートする。 	8.0	5.5
6	わからない	0.0	0.0

ウ 調査問題 問3

課題

「豆電球1個とプラグをつなぎ、コンセントにつないだときに、豆電球は一瞬だけ光り、フィラメントが切れた。次に同じ豆電球40個を直列につなぎ、コンセントに差し込むとどうなるか、結果を予想しなさい。

結果 生徒の記入した回答を内容ごとに分類したところ以下の表のようになった。

表6 調査問題5集計結果

分類	結果	学習前 (%)	学習後 (%)
1	・豆電球が1個のときと同じで、一瞬だけ光ってフィラメントが切れる。	30.0	0.0
2	・1, 2個目…と順番に点灯しては消えの繰り返しで最終的には全て消える。	10.0	2.5
3	・電源に近い豆電球は、一瞬で切れるが、遠い豆電球は光り続ける。	5.0	0.0
4	・40個全てがしばらく(40秒から1分)点灯し、最終的には切れる。	32.5	0.0
5	・コンセントを抜くまでずっと点灯し続ける。	20.0	97.5
6	わからない	2.5	0.0

エ 生徒自身が記入した学習前後の変容（「理科学習のQ&A」からの抜粋）

- ・電気の世界では、「関係」がテーマになっていると思う。理科学習のQ&Aでも何度もこの言葉を使っていた。つまり関係性をつかむことができれば電気の世界を理解できるだろう。実際私も関係性を意識して実験したり、学習したがこれを意識したことで、自然と理解することができた。
- ・普段何気なく、使っている電気だが、目に見えないから実体のないものだと思いこんでいた。しかし、それは物質であり、またエネルギーを持っていることに気がついた。
- ・小学校でも電流について学習しましたが、電流そのものがわかりませんでした。この単元を終えて、電流は、電子という小さな粒子が移動していることがわかりました。また、いろいろな抵抗を使いながら、流れる電流の大きさや電圧の関係を調べたところ、回路のつなぎ方によりそれぞれ規則性があることがわかりました。
- ・今までは、スイッチを入れれば、自然にあかりがつくのだと何気なく思っていたが、その裏には、電流の流れ、電子の移動、電圧や抵抗などいろいろな仕組みあることをきちんとと言える。
- ・家庭の電気配線が並列でつながっていることや白熱電球の発光する仕組みがどうなっているかなど日常生活で使っているものの仕組みが分かった。
- ・電流の正体は、単なる電気の流れではなく、大きさがあり、質量のある電子の移動であることが分かった。また電子の移動により、熱が生じたり、発光したりといろいろな働きがあることにも気付くことができた。
- ・今まで、抵抗について想像していたのと違って、動きをやりにくくするというように、回路内で電流を流しにくくするものだということが分かった。
- ・身近に存在する電気。私たちが、生活する中でなくてはならないものである。だからこそ、この学習を通して、勝手なイメージを持っていたのだと感じた。学習前に書いたが、電流といえば、雷のような波状のものしか思い浮かばなかった。また、小学校の頃に習って以来、電流は、+から-の方向に電気が動いていて、なぜ+-の性質の違いが出てくるのかも分からずにそういうものだとばかり思っていた。
- ・電流や電圧は、条件や回路のつなぎ方によって、変化することがわかった。直列回路の時、電流はどこでも変わらないのに、電圧は、豆電球が増えるごとにどんどん小さくなる。しかし、並列回路のときは、電流は、枝分かれするのに電圧はどこでも変わらない。
- ・電流は、電子の移動により生じることに驚いた。電子は、導線内にある。だから電気というのは、導線内にあるのだ。電気は、電池の中にありそれが移動するものだと思っていたので驚いた。
- ・はじめは、電流と電圧がどのように違うのかよくわかっていなかったが、学習をしていって、電圧と電流がよく分かった。電流は回路の中を流れるもので、-の性質をもって、-から移動している。抵抗の影響を受けるのも電流で電流は電圧と抵抗によって大きさが変わる。電圧は、電子を押し出すもので、抵抗の影響を受けない。

オ 学習を終えての振り返り（「理科学習のQ&A」からの抜粋）

- ・最初は電気の存在さえも実体があるのかも分からなかったが、今では科学的な視点でこれについて考えられるようになった。1コマ1コマに記入したQ&Aは、実験のログではなく、自分の頭が、このことを納得できているかを見るためのものである。
- ・学習前後の課題を比べてみると、文章が具体的で、実験などを通してわかったことが書かれていると思いました。これは学習を通して、しっかり理解できた証だと思う。後で学習前の自分の書いた文章を見ると全然分かっていなかったんだと感じました。
- ・電流は深い勉強だと思う。見つけた人や研究してきた人たちは、「つながり」をもっている。私も深く探っていきたいと思う。また学習前後では、考えていることが異なって面白く感じました。
- ・授業を終えて、自分で問いをつくってそれに自分で答えるというのは、なんか変な感じがした。しかし、自分で答えられるということは、きちんと理解しているということなのだ分かった。
- ・どんどん電気についてのイメージが確立していっているなあと感じた。はじめはあいまいなイメージであったが、授業を通してあいまいさを解消でき、今では、きちんとしたイメージを持てていると思う。
- ・学習前後で、それぞれ書いたことの変わりように驚いた。これまでの学習に意味があったことが分かった。また、自分で問いを作って、その答えを考えたことで、その内容についての理解が深まったように思う。
- ・このポートフォリオは、自分でQ&Aをすることが良かったです。「答える」ことはもちろんですが、自分で「問い」を作ることは、一つ一つの内容を完璧に理解していないとならないので、ためになりました。
- ・自分で問いをつくって、授業で学習したことから答えを考えることは楽しかった。自分なりにわかりやすくまと

めようとすることで電流の流れ方などもしっかりと理解できた。

- ・このシートを通して、ただ問題を解くだけでなく、自分で疑問を持つことが大切だと感じました。習ったことを生かして、自分で疑問を解消し、理解を深められるようにしていきたい。
- ・Q&A方式でやると自分で納得できるので良いと思いました。
- ・自分の疑問とその答えを記録しておくのは、後で、見直したときに疑問が解決できたら、ここで書いたことが無じゃなかったんだと実感できると思う。そのときそのときに、疑問を考えるのは意外に難しかったが、書いた後は達成感もあった。今まで書いてきたものを見ると最初は、雑だったけれどだんだん丁寧になってきている。これは意識の違いだと思う。しっかり集中してかけばより良いものができるんだなあと思った。
- ・はじめは何も分からなかったが、学習していく中で、自分の考えにも変化があり、知識も増えた。考えが全然違うものに変化していった。ただ間違っているでも自分の考えをしっかり持つことを大切にしていきたいと思った。
- ・ポートフォリオのNo.1からNo.6まで全てつながっていることに気がついた。一つないだけで話につながらないと思う。大切なところに印をつけてみたが、意外と多くて、驚いた。また全てに根拠があるのは、あたりまえだけど、私の書いたシートには、根拠のないものがあった。誰が見てもわかりやすくするためには、根拠が大切だと思いました。

(4) 調査問題や一枚ポートフォリオを用いた生徒の変容の見取り

ア 調査問題から明らかになった課題

1) 調査問題 問1分析

学習前は分類5と分類9の衝突モデルが41%と高い割合であり、ついで矢印モデルが33.5%と高い割合(矢印衝突モデルは除く)にあった。さらに分類6～8のギザギザモデルも20.5%と高い結果となった。これらの結果を受け、電子の粒子性や方向性を確かめる実験を多く扱い、また電流が電子という粒子の移動により生じることをつかませるための指導計画を意図的に仕組んだ。結果、学習後は分類10, 11, 12の粒子モデルへと61%が変容した。反面、分類2のように粒子性はもちろん方向性についても誤った認識を持つ生徒が未だに33.0%も残っていることは課題である。今回の実践を通して改めて素朴概念を科学的概念へと変容させることの困難さを実感した。

また、表2からは電流の保存性が定着していることが読み取れる。

2) 調査問題 問2分析

学習前に分類1の化学反応を理由に上げた割合は学習により0%になった。しかし、学習後分類4に含まれる生徒が46%と予想していたよりも伸びなかった。これは、分類2を選択する生徒が多くなったことが要因であるが、その記述を見てみると「フィラメントを流れる電流は電気エネルギーを持っていて、それが光や熱エネルギーに移り変わるから」が多かった。これについては、調査問題の文言も問題の一つであるように思うが、電流という現象がモデルでとらえられていないことも大きな要因であるように思う。つまり、見えないものをブラックボックス化し、都合の良い言葉で答えてしまう傾向が読み取れる。

3) 調査問題 問3分析

学習前は、様々な予想が表出した。直列回路ということもあり、一つでも複数でも流れる電流の大きさは同じだろうと予想する生徒が多い。また、学習後に分類5を選択する生徒の割合が非常に高い結果になったのは、学習前の予想と実験により得られた結果とのギャップがあまりにも大きかったことが考えられる。このように生徒の素朴概念を揺さぶるという意味では課題として面白かった。

イ 一枚ポートフォリオの記述内容から明らかになった課題

○単元学習前後の自らの変容の見取りから(学習による変容)

- ・電子の特徴について、電気的な性質や曖昧なものではなく実体をもつ存在であることを見いだせたことがうかがえる。
- ・電流や電圧、抵抗といった概念がどのようなものであるかを説明できるようになったと記述した生徒が多かった。
- ・身近な現象について、教師側が提示すれば思考を進めるが、自ら問いを見つけて取り組むことはできない。そのため、教師側から生徒が問いを見いだせるような働きかけを繰り返し行うことが大切である。
- ・電池でなぜ電圧が生じるのかや雷を見た経験から電流が波状に移動するなど身近な現象に疑問をいだいたり、生

活経験から強固な素朴概念を構築してしまい、それらを科学的概念へと変容させるには困難を伴う。

○学習を終えての振り返りからの見取り（メタ認知能力の育成に関わって）

- ・単元全体における学習事項を関連づけて考え、単元をまとまりとして考えられるようになった。
- ・一コマに記入する内容が授業のログではなく、授業を自分なりに噛みくだいたものを記述することに気づけた。
- ・学習により、自分自身が良い方向に変容したと気がつくことで、学習することの良さを実感できた。
- ・自分で問いをつくるのが難しいことであることに気づき、またそのためには学習内容を理解していないと駄目であることに気がついた。
- ・たとえ課題に対する予想が間違えたものであっても、自分の考えを大切にすることに気づいた。そのことで、自分の考えの変化が生じることができた。
- ・結論だけでなく、根拠を持って、説明したり、理解することが大切であることを一枚ポートフォリオへの記入を通して気づけた。