

実感をともなった理解をさせる授業の創造

宮澤 和孝 萩原 修 柳沢 真

1. 実感をともなった理解をさせる授業とは

科学的概念を獲得しようとするためには、自分の生活体験などによって得られた素朴概念を変容させなければならない。そのためには、自分で課題を解決しようしたり、自分の意見を発表したり、他の人の考えを受け入れたりしなければならない。その過程では、今まで自分が正しいと信じてきた概念が覆され、葛藤が生じるかもしれない。その中で獲得した新しい概念を得ることの楽しさを経験することが、科学が好きな生徒に育てることになるのではないだろうか。

例えば、「密閉した容器では化学変化の前後で質量の変化は生じない」という質量保存の法則がある。この言葉だけを知っていても、質量保存の法則を理解したとはいえない。なぜなら、化学変化後、気体や固体が生成されても「なぜ質量が変化しないのか」その根拠を理解して初めて科学的概念の獲得といえるのである。

理科の授業は、科学的概念の獲得を行うのが目的である。そのため、あらゆる自然事象に対して、「なぜそうなるのか」生徒自分の言葉で説明することができるようにしていくことが、実感をともなった理解をさせる授業ではないかと本校では考えている。

2. 深く考える理科授業とは

深く考える理科授業とは、2つのポイントを取り入れた授業としてとらえている。

ポイント1は、仮説設定の場面である。まずは、予想を論理的に精緻化されたレベルまでしっかりと考えさせ、仮説の域まで高めていくことが重要である。予想をたんなる予想で終わらせずに、自分なりに根拠を持った仮説を持たせる。このような場面を設定することで、生徒がこれまで学習して獲得してきた既習知識を再構成させる。深く考えないと予想を仮説の域まで達することはできない。

深く考えるポイント1：予想を自分なりに論理的に精緻化された仮説まで作り上げる。

ポイント2は、結果の解釈の場面である。実験・観察の結果と、自分の仮説が合っているのか、それとも違っているのか、それを検証するのである。もし、合っていれば自分の仮説はどのように正しいのか考えをさらに深めていく必要がある。もし違っていれば、自分の仮説と実験観察の結果がなぜ違ったのか、深く考えて自分の仮説の検証を行う必要がある。ここで、自然事象の原因の追究を行うことができる。さらに、場面に応じて、自分たちがつくりあげた仮説と、科学者の間で正しいとされている科学概念とを比較し、その理論の差を考えさせるとより深く考えることができる。

深く考えるポイント2：観察・実験結果の解釈から自分の仮説の検証を行い、自然事象を追究する。

3. 深く考える授業の具体的手立て（視点を変える）

深く考える授業を創造するためには、自分の考えをより深めるような工夫をしなければならない。そのためには、自分の仮説を見直す場面や曖昧な部分を無くし、より根拠を明確にして自信を強める場面を設定する必要がある。この場面こそが、全体研究で述べられていた「視点を変える」場面である。この場面を意図的に仕組むことで、自分の意見をもとに他者との考えを協応させ、新たな意見をつくり出したり、自分の考えがより理論づけされたりするのである。この視点を変える場面設定を行うと、自分の考えをさらに掘り下げていかなければならなくなり、かつ曖昧な部分が明確になり、それを埋めようとさらに深く考えなければならなくなる。したがって、「視点を変える」場面設定を行うことが、深く考える授業を行う具体的手だてと、本校理科部会にとらえている。そして、「視点を変える」場面設定は、仮説づくりと結果の解釈である。他者と自分の意見を比較し、自分の考えをさらに深めるために外化をおこなう。そして、自分の仮説や考えを深く練り上げるのである。

ここで、確認しておくことは、視点を変える場面は設定するが、自分の意見は変更しなくてもよいのである。視点を変える場面を設定はするが、その結果、自分の意見は変わらない。むしろこういう理由でさらに自分の仮説や考えに対して自信を深めたということでもよいのである。

4. 理科学研究主題と全体研究との関わり

深く考える理科授業は前述したが、理科学研究主題「実感をともなった理解をさせる授業の創造」と全体研究との関わりは次のように考えている。

ポイント1は、授業過程でその都度行われる「外化」である。外化を行う場面は次の3カ所である。

- ①仮説設定
- ②仮説検証の観察・実験計画
- ③結果の解釈

ポイント2は「深く考える場面設定」である。

これも1ページに記載したが、その設定場面は次の2カ所である。

- ①仮説設定
- ②結果の解釈

ポイント1・2を比較すると、外化と深く考える場面はほぼ一致している。つまり、外化と深く考えることは深く結びついているといえる。予想を仮説の域まで高め、設定した仮説が正しいのかその検証方法を考え、実験・観察の結果の解釈で、自分の仮説と観察・実験の結果の異同を考えさせて課題解決を行う。その授業過程の中で上記①～③の場面で自分の考えを外化することにより、自分の意見と友人の意見が融合して、向上的に変容する。さらに、自分の仮説の曖昧な部分が具現化され、そこから話し合い活動が活発化し、討論に発展していくことになる。その討論の中で多くの意見が出される中、自分の曖昧な部分が明確になり、自然事象に対する理解がより深まっていくことになる。深く考えると外化は同時に行われることになるので、理科の研究主題と本校の全体研究は非常に密接に関わっているといえる。さらに実感をともなう理解をさせるポイント3は、「共有」である。

共有の場面は、

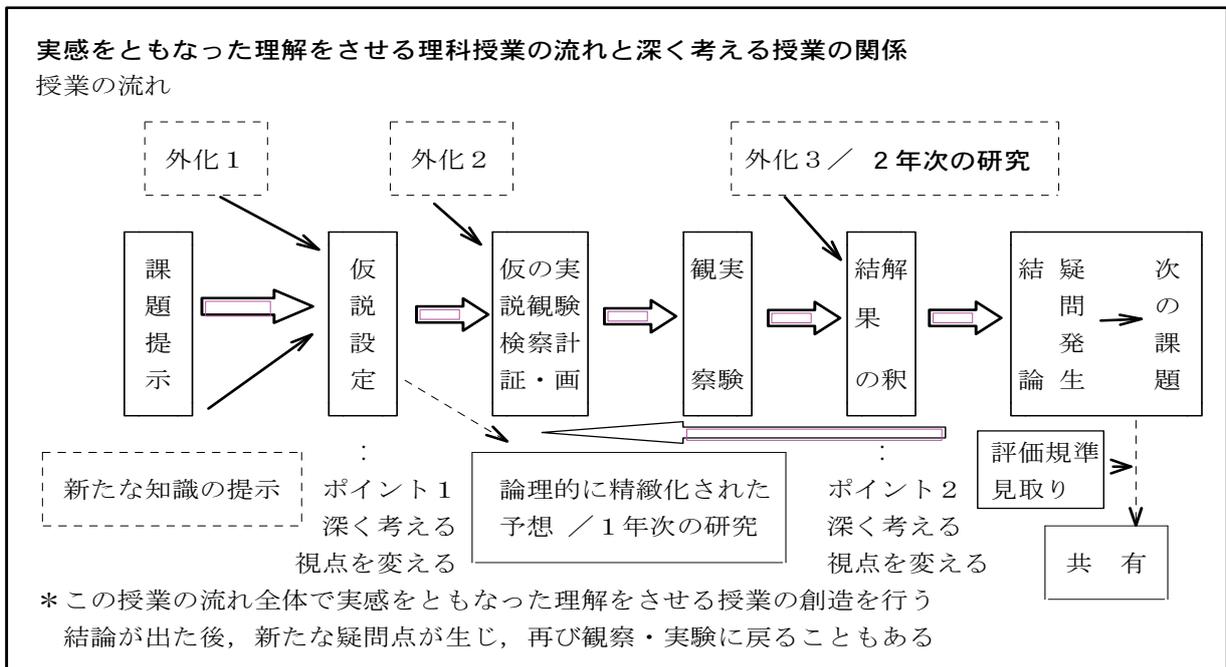
結論

である。学習過程で変容・再構成した生徒自らの意見がクラスの仲間と共有できているかが、自分の意見が正しいか、そうでないかの判断基準となる。この結論で、自然事象を論理的に説明することができることが、実感をともなった理解につながっていくことになる判断できる。

塾に通っている生徒は言葉は知っているが、なぜそうなるか、その理由までは理解していないことが多い。だからこそ、自然事象を論理的に説明することができる必要がある。

また、その都度行われる外化はメタ認知能力を育成へとつながる。

実感をともなった理解をさせるためには、次の図のように、「深く考える」・「外化」・「共有」を含めた授業の流れ全体で行われるものであり、どれか1つでも欠けてしまったら、実感をともなった理解をさせることは不可能なのである。つまり、「深く考える」・「外化」・「共有」を授業過程で取り入れていくことが実感をともなった理解をさせることになると考えている。



5. 評価規準

授業の評価規準は、

生徒の意見の変容を見取り、結論で自然事象を論理的に説明することができるか。

ということになる。仮説から結論まで自分の意見がどのように変容・再構成されていったのかを見取り、研究の成果を判断できる。

6. 研究の仮説

これまでのことから、研究仮説は次のように考えられる。

深く考える活動の場を設定し、学級で共有する場を設定すると、論理的思考力や判断力・表現力が育まれ、自然事象を図で表したり、科学的な言葉を使って説明することができ、実感をともなった理解をすることができるであろう。

7. 研究テーマ

「実感をともなった理科授業の創造」では、1年次には仮説づくりを中心に行ったので、2年次は、

結果の解釈を筋道立てて説明することができる研究。

を中心に行っていきたい。自然事象においてなぜ、そのような結果になったのか、きちんと説明することができるようになると、それが他者と共有することによって実感をともなった授業を創造できるのである。

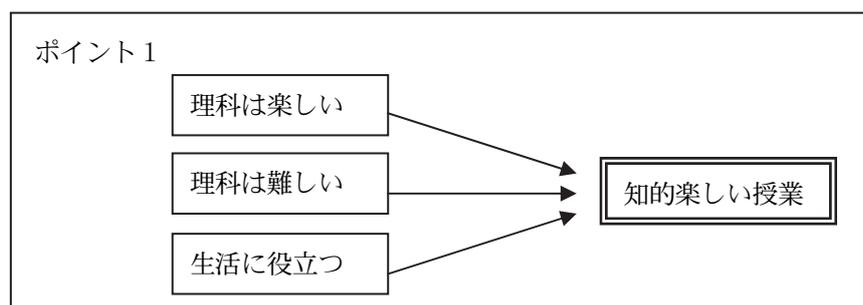
「深く考える」授業をつくるための条件

今年度からの全体研究では、生徒が「深く考える」ことのできる授業づくりを行うことになった。そこで、深く考える授業をつくるためには3つのポイント必要であると考えた。

ポイント1は、生徒にとって理科授業はどのような授業なのかということである。理科では授業の中で生徒が考える場面は比較的多い。昨年「理科の授業は好きか」という質問をしたら、好きと答えた生徒は88%であった。理由としては、「実験が好き」と答える生徒が圧倒的に多い。やはり、理科は実験・観察が授業の柱になっていることを実感した。その他の理由としては、「自然現象の仕組みがわかるから」、「なぜ変化するのか、予想したり深く考えるのが楽しい」、「内容が興味深いから」、「納得できたとき、自分の言葉で説明するのが楽しい」、「日常生活の疑問が解決できる」という理由があった。理科が好きではない、苦手という生徒の理由は、「計算問題が苦手」、「覚えることがたくさんありすぎる」、「得意な分野と苦手な分野の差が大きい」。そして、「理科の勉強はやさしいか」という質問をしたら、やさしいと感じている生徒は8%であった。あとの92%の生徒は難しいと感じていることになる。それは、実験結果の解釈をきちんと行う授業を意識すると「なぜこうなるのか？」をしっかりと考えさせるからである。本校の生徒は知識を使うことは非常に良くできる。しかし、この「なぜ」を考えるのは苦手であるが、思考力を育むためには、それが当たり前になるようにやり続けることが重要である。「理科が楽しい」、この項目の割合をさらに上げていく必要がある。

また、「理科は生活の中で大切」と答える生徒が93%であった。自分が学習している理科が生活にどのように役立っているか、その学習の意味を生徒に理解してもらうことも大切である。したがって、この項目もさらにポイントが上げられるようにしていかなければならない。生活と学習が役立つからこそ、難しい課題にも取り組むことができるはずである。

上記のことから、理科の授業は「知的楽しい」と生徒に思われる理科授業が重要ではないかと考える。楽しいから、生活に役立つからこそ、難しいことも時間をかけて考えて答えを導き出したい。そのように生徒に思わせることが大切であると考えた。



ポイント2は、考える授業を仕組むために、1つ1つの学習内容を丁寧に積み上げる必要がある。つまり生徒の素朴概念を調査し、生徒が科学的にどのような認識でいるのかを把握し、科学的概念へと変容・再構成させていく必要がある。その変容・再構成された科学的概念が、深く考えるための重要な内部情報になるのである。例えば、遺伝の授業を行うとき、対立形質として丸い種子としわの種子があるが、ほんとうに対立形質なのか、しわの種子は実は干からびているだけなのではないか？そう考える生徒もいるはずである。そこで、しわの種子について実験をして確かめてみると、しわの種子は丸い種子の対立形質であることがわかる。深く考えるための情報を1つ1つ丁寧に生徒に与えていくのである。

ポイント3は、深く考えるためには、生徒のわかりそうでわかりにくい、生徒の知的好奇心を喚起する課題を設定しなければならない。例えば、60W用と100W用の電球がある。この2つの電球を並列に接続すると100W用の方が明るくつくが、直列に接続すると、60W用の電球の方が明るくつく。生徒の予想は見事に裏切られる。そうすると生徒はその原因なぜなのか理由を考えようとする。このように生徒の知的好奇心を喚起する課題を用意することが大切である。

8. 実践例

場 所 第1理科室
指導者 柳澤 真

(1) 単元名 「物体の運動」

(2) 単元について

①単元観

この単元では、物体の運動に関する観察、実験を通して、物体の運動の規則性の基礎について理解させるとともに、日常生活と関連づけて運動についての初歩的な見方や考え方を養うことをねらいとする。

この単元で扱う物体の運動は、常に身の回りに起こっている現象であり、大変身近なものである。しかし、多くの生徒が「難しい」と感じる単元でもある。その主たる原因として、強固な素朴概念の存在が考えられる。普段の生活で、物体の運動は常に目にしているものである。それに伴って形成された素朴概念は、簡単には変容しないであろう。生徒は、この素朴概念により、「静止している物体には力がはたらいていない」「運動している物体には力がはたらいている」「加速していく物体にはだんだん大きな力が加わっていく」といった誤った考えを導き出す。この素朴概念は学習後も変容が見られにくいものとして知られている。本単元では、この素朴概念を変容させていくことを目指していきたい。

学習は、運動と速さ⇒力がはたらく運動⇒力がはたらかない運動⇒力をおよぼし合う運動 の順で行う。本単元では運動と速さの学習時に用いられる記録タイマーや速度測定器などを用いた実験の印象が強く、「速さ」と「力」の概念の結びつきが強くなりがちである。そのため、「運動」と「力」の概念の結びつきを意識して授業を構成していきたい。また、生徒は「力」と「エネルギー」の違いに難しさを感じるであろう。中学校1年次では、「物体の形を変える」、「物体を支える」、「物体の運動のようすを変える」ことが、力のはたらきであることを学習している。これを常に確認しながら授業を進めていくことで、次の単元であるエネルギー概念の学習へとスムーズにつなげていけると考えられる。

②指導観

生徒が素朴概念を変容していくためには、自分自身が持つ素朴概念を意識化することが重要であると考えられる。課題に対する自分の考えを書かせることで、課題に取り組む姿勢が主体的になり、実験によって科学的概念への変容が自発的に行われると考えられる。教師と生徒で対話をしながらねらいを達成するための課題に近づけていきたい。さらに、クラス全体での意見発表を行うことで、様々な考えに触れることができる。これまで意見発表の際にはホワイトボードに書き、黒板に貼ったり、教材提示装置などでスクリーンに映したりするなどの方法を試みてきた。今回は見やすさと時間の確保のために、電子黒板とタブレットPC（グループに1台）を用いる。これらを用いることにより、班での意見を速やかに提示したり、前に書いたものを保存しておけば意見の変容を見て取ることもできたりすると考えられる。また、事前調査と同じ問題を用いた調査を授業後すぐと、長期的記憶を確かめるため約1

か月後に行い、生徒それぞれの概念の変容・定着の様子を調べていきたい。

(3) 目標

①1分野の目標

- i 物質やエネルギーに関する事物・現象に進んでかかわり、その中に問題を見いだし意欲的に探究する活動を通して、規則性を発見したり課題を解決したりする方法を習得させる。
- ii 物理的な事物・現象についての観察、実験を行い、観察・実験技能を習得させ、観察、実験の結果を分析して解釈し表現する能力を育てるとともに、身近な物理現象、電流とその利用、運動とエネルギーなどについて理解させ、これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う。
- iii 化学的な事物・現象についての観察、実験を行い、観察・実験技能を習得させ、観察、実験の結果を分析して解釈し表現する能力を育てるとともに、身の回りの物質、化学変化と原子・分子、化学変化とイオンなどについて理解させ、これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う。
- iv 物質やエネルギーに関する事物・現象を調べる活動を行い、これらの活動を通して科学技術の発展と人間生活とのかかわりについて認識を深め、科学的に考える態度を養うとともに、自然を総合的に見ることができるようになる。

②単元の目標

物体の運動やエネルギーに関する観察、実験を通して、物体の運動の規則性やエネルギーの基礎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運動とエネルギーの初歩的な見方や考え方を養う。

運動の規則性

- i 力のつり合い
物体に働く2力についての実験を行い、力がつり合うときの条件を見いだすこと。また、力の合成と分解についての実験を行い、合力や分力の規則性を理解すること。
- ii 運動の速さと向き
物体の運動についての観察、実験を行い、運動には速さと向きがあることを知ること。
- iii 力と運動
物体に力が働く運動及び力が働かない運動についての観察、実験を行い、力が働く運動では運動の向きや時間の経過に伴って物体の速さが変わること及び力が働かない運動では物体は等速直線運動することを見いだすこと。

(4) 指導計画と評価規準

1章 力のはたらき					
項目	時数	観点別評価規準			
		自然事象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての知識・理解
1 力のつり合い	1	◆力のつり合いについて関心を持ち、つり合う力の関係について意欲的に調べようとする。	◆物体にはたらく力について、力のつり合いと関連づけて考察し、自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。 ◆身のまわりの事象について、二つの力のつり合いと関連づけて考察し、自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。	◆二つの力のつり合いの実験を行い、力がつり合うときの大きさや向きなどの結果を記録することができる。	◆二つの力がつり合うときの条件を理解し、知識を身につけている。 ◆身のまわりで力が働いている例について、力のつり合いで説明することができる。
2 力の合成 A 同じ向きにはたらく二つの力の合成 B ちがう向きにはたらく二つの力の合成	3	◆身のまわりにある力の合成にかかわる現象について関心を持ち、向きのちがう二つの力の合力を調べる実験を意欲的に行おうとする。	◆同じ向きにはたらく二つの力の合力に関する規則性を見だし、自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。 ◆向きがちがう二つの力の合力に関する規則性を見だし、自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。	◆二つの力を合成する実験を行い、合力の大きさや向きを調べることができる。 ◆合力が二つの力を2辺とする平行四辺形の対角線となることについて作図して示すことができる。	◆力の合成や合力について理解し、知識を身につけている。 ◆一直線上に同じ向きにはたらく二つの力の合力は、それぞれの力の大きさの和になることを理解している。 ◆向きのちがう二つの力の合力は二つの力を2辺とする平行四辺形を作図して、その対角線で求められることを理解している。 ◆力の合成の方法について、平行四辺形を作図を用いて説明できる。
3 力の分解	2	◆力の分解に関心を持ち、意欲的に調べようとする。	◆平行四辺形を用いて一つの力を任意の方向の二つの力に分解できることについて、自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。	◆一つの力を指示された2つの向きに分解し、分力作図することができる。	◆一つの力と同じはたらきをする二つの力に分けることを、力の分解ということを理解し、知識を身につけている。 ◆四辺形を作図を用いて、力の分解を説明できる。
2章 物体の運動					
項目	時数	観点別評価規準			
		自然事象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての知識・理解
1 運動と速さ	1	◆身のまわりの運動について関心を持ち、速さや向きが変わらない運動、変わる運動を探したそうとする。	◆物体の運動を速さと向きで表せることを見だすことができる。		◆運動には速さと向きがあることを理解し、知識を身につけている。 ◆平均の速さと瞬間の速さを理解し、知識を身につけている。 ◆速さを計算で求めることができる。
2 運動の記録	2	◆物体の運動のようすに関心を持ち、速さの表し方や運動を記録する方法を考えようとする。	◆記録されたテープの打点間隔から物体の速さが求められることを考えることができる。	◆記録タイマーを正しく操作することができる。 ◆テープの記録から速さを求めることができる。	◆記録タイマーの基本的なしくみを理解している。
3 力がはたらく運動 A 斜面を下る運動 B 自由落下運動 C カと運動	6	◆物体に力がはたらく運動について関心を持ち、力がはたらくときの運動について意欲的に探究しようとする。	◆実験結果から、力がはたらく運動で「速さと時間」「移動距離と時間」の関係を見だし、自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。 ◆物体にはたらく力の大きさと速さの変化のしかたの関係をとらえることができる。	◆力がはたらくときの物体の運動のようすを記録タイマーを用いて調べることができる。 ◆記録されたテープから、運動のようすをグラフに表すことができる。	◆力がはたらく運動では速さや運動の向きが変わることを理解し、知識を身につけている。 ◆一定の大きさの力がはたらく運動では、速さが時間とともに大きくなることを理解し、知識を身につけている。 ◆物体にはたらく力が大きいほど速さの変化が大きいことを理解し、知識を身につけている。 ◆力の向きにより、速くなる場合と遅くなる場合があることを理解し、知識を身につけている。
4 力がはたらかない運動 A 等速直線運動 B 慣性	2	◆物体に力がはたらかない運動について関心を持ち、水平面上を走る台車の運動のようすを意欲的に探究しようとする。	◆実験の結果から、等速直線運動の「速さと時間」「移動距離と時間」の関係を見だし、自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。 ◆物体に力がはたらかないとき、物体はどのような運動をするかを考察することができる。	◆水平面上を走る台車の運動のようすを記録タイマーを用いて調べることができる。 ◆記録されたテープを利用して、運動のようすをグラフに表すことができる。	◆等速直線運動は、速さが一定で移動距離は時間に比例することを理解している。 ◆慣性や慣性の法則を理解し、知識を身につけている。 ◆力がつり合っているときの運動は力がはたらかないときと同様であることを理解し、知識を身につけている。
5 力をおよぼし合う運動	1	◆水ロケットなどの運動や互いに押し合うときの動きに関心を持ち、二つの物体の間に力がはたらくときの運動について意欲的に考えようとする。	◆二つの物体の間で力がはたらくとき、物体の動き方から力のはたらく向きや大きさをとらえることができる。		◆力は物体どうしの相互作用であり、対になってはたらくことを理解し、知識を身につけている。

(5) 研究主題とのかかわり

①全体研究主題とのかかわり

「深く考える」授業について、理科では2つのポイントを取り入れた授業としてとらえている。ポイント1は、仮説設定の場面である。自分なりの根拠がある仮説を持たせることで、それまでの既習知識を再構成させることができる。ポイント2は、結果の解釈の場面である。自分の立てた仮説が正しいのか、間違っているのか、またそれがなぜなのか検証することで、実験結果をもとに、さらに再構成させていくことができる。このポイント1、2を授業の中に取り入れていく。

全体研究では、「深く考える」授業を実現するための手立てとして、「視点を変える」活動を挙げている。全体研究では、「視点を変える」活動は、生徒がもつ知識や情報、価値観などから生みだ

される「自分なりの結論」に満足している状況に新たな視点を与え、揺さぶりをかけることとして
いる。理科研究では、仮説づくりと結果の解釈が「視点を変える」活動にあたる。

②理科研究主題とのかかわり

理科では、「実感をともなった理解をさせる授業の創造」を主題として研究に取り組んでいる。
あらゆる自然事象に対して、「なぜそうなるのか」生徒が自分の言葉で説明できるようにしていく
ことが実感をともなった理解をさせる授業につながると考えている。そのためのポイントは3つあ
る。ポイント1は、「外化」である。この「外化」の場面として、①仮説設定、②仮説検証の観察
・実験計画、③結果の解釈の3つがある。ポイント2は「深く考える場面設定」である。これは①
仮説設定と、②結果の解釈の場面である。これはポイント1とほぼ重なっている。ポイント3は「共
有」である。これは、学習過程で変容・再構成した生徒自らの意見をクラスの仲間と共有し、自分
の意見が正しいか、そうでないかを判断できる。実感をともなった理解をさせる授業は、「外化」・
「深く考える」・「共有」の場面をすべて含めた、授業の流れ全体で行って行われる。この流れに沿
った授業を行っていく。

(6) 本時の学習指導

①本時の目標

斜面を下る物体の運動について実験・観察を行い、速さが変わっても物体にかかる力の大きさは
変わらないことを見いだすことができる。

②評価規準

<科学的な思考・表現>

物体にはたらく力の大きさと速さの変化のしかたの関係をとらえることができる。

③展開

流れ (分)	学習内容	教師のはたらきかけと予想される生徒の反応	評価および指導上の 留意点
導入 (5)	前時の学習 内容の確認 と、本時の 学習内容に 意識を向け る	<p>前回の授業では、斜面を下る台車は、時間と ともに速さが増加することがわかった。なぜ 速くなるのだろうか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・力が加わるから ・加わる力が大きくなるから ・重力が加わるから ・斜面では、物体を速くする力が生まれるか ら <p>発表された意見に対し、どのような力なのか を生徒に問う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・斜面下向きの力 ・台車に加わる力 ・斜面の下にいくほど大きくなる力 ・どの場所でも変わらない力 <p>プリントの図に、斜面を下る物体にはたらく、</p>	<p>前時のまとめでこの 疑問を引き出してお く。</p> <p>生徒と対話すること で、物体に加わる力 に意識を向けさせて いく</p>

		<p>斜面に沿った力を，力の矢印であらわそう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 下るにしたがってだんだん大きくなる力 ・ 変わらない大きさの力 <p>力の大きさについて，だんだん大きくなるという考えと，変わらないという考えを画面に提示し，自分自身の考えと同じものに挙手させる。理由を数名に答えさせ，自分と異なる考えをプリントに記入し，異なる考えがあることを認識する。</p>	
展開 1 (17)	課題の認識 (主発問)	<p>同じ斜面を下る台車の進行方向にはたらく力の大きさは、どのように変化するか</p>	
	仮説・実験方法の設定	<p>目に見えない力を可視化するにはどうしたらよいだろう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ばね ・ ばねはかり 	
	実験教材の提示	<p>グループにひとつ実験教材を配布する。</p>	
	仮説設定 プリントに 記入	<p>課題に対する仮説と，それを確かめるための実験方法，どのような結果ができればそれを確かめられたことになるのか，自分で考えて，図や文章でプリントにかこう。</p>	<p>☆外化 1 自分の考えを持つことができたか ☆外化 2 仮説の検証方法と実験内容が一致しているか</p>
	グループでの意見交換	<p>グループで仮説，実験方法，どのような結果ができれば確かめられたことになるのか意見交換をして，班での仮説，実験方法を立てて，自分のプリントとタブレット PC に記入しよう。参考になった他者の考えは記録しておこう。</p>	● 視点を定める
	グループごと意見発表	<p>班でタブレット PC に仮説・実験方法，どのような結果が出れば確かめられたことになるのかを記入する。似た意見の班ごとまとめて意見を出させる。</p>	
展開 2 (18)	実験・観察	<p>自分達で考えた実験方法で，自分の仮説を証明する実験を行う。</p>	
	結果の解釈	<p>グループ実験で得た結果をもとに，自分の仮</p>	☆外化 3

		説が合っているか、違っているのかを検証する。	実験結果から自分なりに筋道立てて考察することができているか
	グループでの意見交換	個人で考察したことをグループで発表する。自分になかった他者の意見をプリントに記入する。グループでの考察としてまとめ、タブレットPCに記入する。	●視点をを変える
まとめ (10)	クラスでの意見発表	グループごと仮説と、実験方法、結果の解釈についてタブレットPCで発表する。 同じ斜面を下る物体にはたらく力の大きさは変化しないことを全体で確認する。	共有

8、成果と課題

本単元の学習内容について、生徒の素朴概念の変容と知識の定着を見とるため、学習内容に関する調査を行った。この調査は単元の学習に入る前と、長期的記憶を確かめるため、学習した1か月後の2回行った。実施した調査は「力と運動」の本質的な理解を問う内容で、力に関する誤概念を調査するために広く使用されているものである(図1)。この調査問題に対する回答を、加藤・定本・川村(2012)に倣い、問題文中の力学台車①の位置ではたらいている力の大きさや向きを基準とし、下り斜面-水平面-上り斜面の3つの場面ごとに表1のような項目で分類した。

結果をパターンごとに集計したものが表2である。

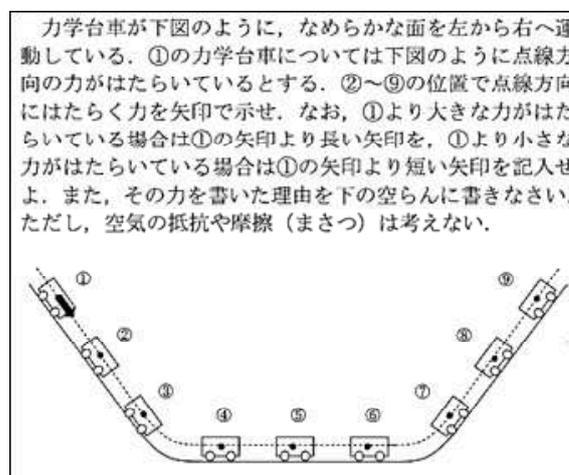


図1 調査問題

項目	内容
A	①と同じ大きさの力
B	力がはたらいていない
C	逆向きで①と同じ大きさの力
D	だんだん大きくなる力
E	③とほぼ同じ大きさの力
F	だんだん小さくなる力
G	逆向きでだんだん大きくなる力
H	①より小さい一定の力
I	①より大きい一定の力
J	その他(無回答も含む)

表1 分類パターン

事前調査				事後調査			
下り	水平	上り	%	下り	水平	上り	%
D	E	F	36.8	A	A	A	34.2
D	F	F	23.7	D	I	F	23.7
D	F	J	10.5	A	B	C	15.8
D	E	J	5.3	D	F	F	10.5
D	E	H	5.3	A	A	C	2.6
D	J	F	2.6	A	A	F	2.6
J	J	J	2.6	D	B	F	2.6
A	E	F	2.6	F	A	A	2.6
D	F	C	2.6	F	D	I	2.6
I	A	H	2.6	J	J	J	2.6

表2 調査結果

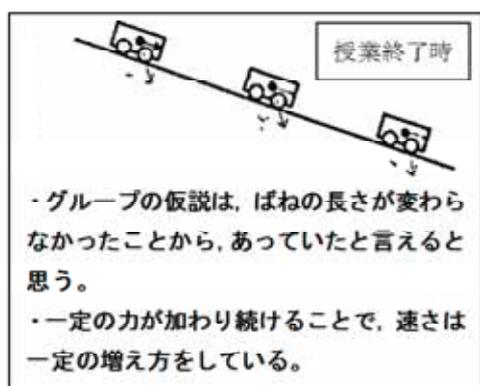
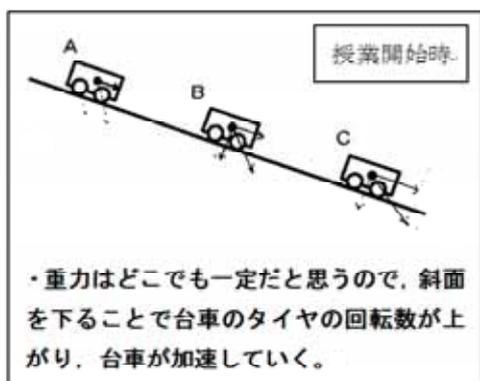
この調査問題の正答は、この分類方法では下り斜面で「A」、水平面で「B」、上り斜面では「C」となる。生徒の回答で正答通りに答える者はいなかった。最も多かったのは、下り斜面で「だんだん大きくなる力」、水平面で「③とほぼ同じ大きさの力」上り斜面で「だんだん小さくなる力」という回答であ

る。これは、物体の運動の速さに影響を受けているものである。その他の回答も、下り斜面ではだんだん力が大きくなると答えたものがほとんどであった。このことから、生徒は物体にはたらく力を速さに依存してとらえていることがわかる。

実際に、生徒の回答に多くみられた記述には、「加速する」「速くなる」から「力が大きくなる」といった素朴概念がみてとれる。これらは、日常経験の中で、「バットを速くふったほうがボールが遠くへ飛ぶ」「速く走る車の方が、事故にあったとき大事故になる」といった経験や知識によるものであると考えられる。物体の運動は摩擦がはたらく平面ではだんだん減速し、斜面をのぼるときにも減速するという記述からも、生徒が物体にはたらく力の大きさを速さに強く依存しているといえる。実際、最も多かったのは斜面を下るときに加速し、斜面が終わったところでそのままの速さで運動を続け、斜面をのぼるときに減速するという内容の回答であった。

1か月後、斜面を下る物体にはたらく力について、生徒の素朴概念の変容を見とり、長期的な記憶を確かめるために事後調査を行った。事後調査では、斜面を下る物体にはたらく力の大きさについて、どの位置でも変わらないという回答をした生徒が55.3%であった。事前調査では、正しく理解している生徒はいなかったが、約半分が斜面を下る物体にはたらく力について理解することができたと考えられる。これらの生徒には、「物体の進行方向にはたらく力のはたらく力は重力の斜面方向の分力である」「重力は斜面上のどこでも一定である」という記述が見られた。しかし、残り半分の生徒の記述には、「加速するため、力が大きくなる」「運動の様子が変わるので、だんだん力が大きくなる」といった根拠に乏しいものがほとんどであった。下り斜面だけでなく、平面・上り斜面の回答まで正しく答えることができたのは、全体の15.8%だけであった。多く見られるようになったのは、斜面でも平面でも、進行方向に同じ大きさの力がはたらくという回答である。さらに、力がはたらき続けていると答えているのに、等速直線運動をするという記述があり、本質を理解できていないことが見てとれる。今年度は、この思考のプロセスについて、クラスで1人の生徒に焦点を当て、映像とワークシートの記録から見取りを行った。

授業の最初に、斜面の下る物体にはたらく力の大きさの作図を行った。すでに事前調査で同じ内容の作図を行っているものの、適切な解答はできていなかった。この作図から、まず、斜面によって重力が



分解されることを理解できていないと考えられる。この生徒の場合、まず斜面方向の力を決めているために、物体にはたらくはずの重力方向の力がなく、適当に決められた斜面に垂直にはたらく力と斜面方向にはたらく力とつり合う、向きに規則性のない力がかかっている。もしくは、斜面に垂直にはたらく力を重力と混同しているようにも見てとれる。また、作図についての説明記述から、運動のようすの変化（速さが変わること）が力のはたらきによるものであることが理解できていないと考えられる。

この生徒は、与えられた教材を用いて、自分の仮説を立てた。この生徒が立てた仮説は、速さに依存したものであった。それに対し、グループの仲間の考えは異なるものであった。グループでの仮説を立てるにあたり、自分になかった考えや、その根拠を聞き、考え方を増やすことができたと考えられる。その後の実験で、グループでの意見交換により、等加速度運動との関係づけて考えることができた。この生徒は、1か月後の事後調査で、斜面を下る物体にはたらく力の大きさは正しく答えることができていた。この授業の成果であるといえる。しかし、平面を運動する物体にも進行方向に力のはたらきと答えている。多くの生徒がそうであったように、この生

徒もまた、本質的な理解には到達していない。下り斜面で学習したことを、どのように平面や上り斜面の物体の運動につなげるか、再考の必要がある。

9、今年度の研究の成果と反省

今年度、理科授業を行う中で、結果の解釈を筋道立てて説明することを中心に行った。研究授業に向け、目に見えない力を可視化するための教材を作成した。可視化するための方法を生徒に考えさせるのは難易度が高い。今回作成したものを生徒に提示し、実際に触って動かすことでそのしくみを理解させることが今年度の研究に直結すると考えた。実際、実験をして、その結果をグループ内で教材のしくみとともに議論している様子が見られた。結果を解釈していく中で、しくみを理解できた生徒は理解が深まったのは、今年度の成果である。

課題は、「なぜそうなるのか」自然に考え、確かめたくなる授業をつくることである。生徒の思考の流れと授業の流れが一致しないと、生徒の自然な思考を妨げてしまう。限られた授業時数の中で、生徒の思考の流れの中において最も適切な場面で「視点を変える」活動を取り入れる必要がある。その際、自分の意見がどの立場での意見なのかを明確にして議論をすすめることで、自分の考えの正しさ、不確かさがみえてくるはずである。また、条件を変えた実験をすることで、その結果から共通点を見いだし、違いを生む原因を探ることも大切である。本研究1年次では仮説設定の場面、2年次では結果の解釈の場面について研究した。来年度は本研究最終年度である。授業全体を通して、実感をともなった理解をさせる授業展開の工夫、「視点を変える」活動の有効性を探っていきたい。

<参考文献>

- ・加藤伸明，定本嘉郎，川村康文：「運動中の物体にはたらく力」の認識に関する実態調査
— MIF 素朴概念が高学年ほど増加していくことについて —，科学教育研究，36（1），53 — 58，2012