

理科における協同的・探究的な学びの実践的探求

教育実践力高度化コース

18AD013

中野 隆大

【指導教員】 庄司 康生 大澤 利彦 長江 清和

【キーワード】 協同的な学び 学びの共同体 真正の学び 物理教育

1. はじめに

学習指導要領(2017年改訂)では、今後の知識基盤社会に向けて日本の子どもにとって課題になっている「思考力・判断力・表現力」を中心とした学力向上のために、「主体的・対話的で深い学び(アクティブ・ラーニングの視点)」による授業が重視されることになった。さらに、その学びの目標としては、各個人の「思考力・判断力・表現力」などの資質・能力のさらなる向上も含まれている。「思考力・判断力・表現力」などの資質・能力のさらなる向上を達成するための学習方法として、協同(collaboration)や探究(inquiry)などのプロセスを重視したさまざまな学習方法が、主に教授・学習過程に関する認知心理学、長期的な授業研究などの方法も取り入れて発展させた学習科学の領域で提案されてきている(sawyer, 2014)。

このような流れの中で今後一層、共に学びを深める活動が重視されていくと考える。しかし、それが真に学びの対話を生み出しているか、形式的な活動に終わっていないかの吟味が必要であると考ええる。

学校教育ではこれまでも生徒が協同してともに学ぶ活動は大切にされてきた。特に理科では科学実験を多く取り入れ、グループによる協同での学びで行われてきた。しかし、実験器具などの不足を補うことが主たる目的でグループを編成してきたことも考えられる。

問題を解決する活動や、新たな問題を発見する活動のさらなる充実が求められている中、理科の学びをどのように協同的・探究的に深められるかを考えていくことが本研究の目的である。

2. 協同的・探究的な学びの理論

2. 1. 質の高い学び

各個人の「思考力・判断力・表現力」などの資質・能力のさらなる向上には「質の高い学び」が必要である。「質の高い学び」には難しい課題の解決、教科の本質に即した学びが考えられる。そのため、仲間との協同により、難しい課題への動機づけや、お互いに考えを聴き合い自分の考えを深めること、また、わからないことを聴き、理解を深める機会などを得ることは有益である。

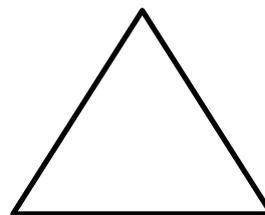
例えば、科学実験を行う学びでは、現象の仔細な観察から、理論を導く本質に即した学びが行われている。さらに、問題解決の過程として、自然現象についての疑問や課題をもとに仲間との議論、協同での科学実験にてお互いの技術を学ぶ機

会、考察をもとに結論の導出、科学的な概念を用いて、考えたことを他の生徒や教師に説明したりするなどの協同的・探究的に学ぶ機会を多く設けられる。しかし、理科において、協同的・探究的に学ぶ機会が設けられても「質の高い学び」として理科の授業を実践していくにはどうすればいいだろうか。

佐藤は「質の高い学び」の要件として「聴き合う関係」「ジャンプの学び」「真正の学び」の3要件を掲げている。(図、佐藤学「学びの共同体の挑戦—改革の現在—」小学館 2018より)さらに、「聴き合う関係」の三つの機能として「対話的コミュニケーション」「ケアの関係」「民主的共同体」、「ジャンプの学び」の三つの機能として「真正の学び」「探究の共同体」「スキップフォルディング(足場架け)」、真正の学びの三つの機能として「対象的实践・著書性の復権」「教師の成長」「文化的実践共同体」を掲げている。

【真正の学び】

対象的实践・著書性の復権
教師の成長、文化的実践共同体



【聴き合う関係】

対話的コミュニケーション
ケアの関係
民主的共同体

【ジャンプの学び】

真正の学び
探究の共同体
スキップフォルディング

図 質の高い学びの3要件

2. 2. 聴き合う関係

理科における見方・考え方を働かせることの多くは、自然の事物・現象について観察、実験を行い、観察・測定された量の間の関係から普遍的な法則を見いだすことや、自然の事物・現象をさまざまな視点から関係付けること、複数の側面から多面的に考えることなど、「気づきの質」、「考えの精緻化」にかかわることが考えられる。そのためには、個人で探究するのではなく、他者との協同の中で探究し、他者の考えを聴き、そこから生まれた自分の考えや気づきを表現

することの積み重ねが重要だと考える。

「聴くこと」とは、他者の発言内容を正確に聴きとったり、情報を過不足なく聴き取るという意味だけではない。他者はどのように考えたのか、どうしてそう考えたのか、どこからそう考えたのかと、他者の声に耳を傾け、そうした他者の声に自分なりに返答することを含む。そのような「聴くこと」にもとづく関係や協同的・探究的な学びが「質の高い学び」を生み出す。

(1) 対話的コミュニケーションの質

「聴き合う関係」とは、どのグループにおいても意見の交流を行う「話し合い」ではなく、一人ひとりの疑問やわからぬことから出発して行う「聴き合い」が行われていることである。「話し合い」というと、生徒がそれぞれにまとまった考えや知識を持ち寄り、それを交流する場、また、交流を通して異なる考えに触れ、新たな視点を得たり、考えを変えたりする場と捉えることが多いのではないだろうか。こうした話し合いのイメージは、自分の考えを持っていないと話し合いに参加できないというイメージに反映される。また、多様な考えが出ているにもかかわらず、理解が深まらず、発表して終わりになってしまうという場合もある。このような特徴を持つ語りをバーンズは「発表的な会話 (presentational talk)」と呼び、対照的な語りとして「探索的な会話 (exploratory talk)」を挙げている。(Barnes, 1992)「探索的な会話」とは、完結していない、新たな考えや意味に向けた手探りがなされる会話であり、修正に向けて開かれた会話である。明瞭な語りとは異なり、言い淀みや躊躇するような間、「その」という曖昧な指示語による中断が頻繁に見られる。さらには「～かもしれない」「たぶん～だろう」といった仮説的な話し方によるたどたどしい語りである。また、このような語りが行われ、生徒が解決に近づいたとき、アイデアが話している最中に浮かび、見切り発車的に話しはじめるなどの様子が見られる。「聴き合う関係」における対話的コミュニケーションとは、そのような言葉のやりとりによって未だ気づいていないことをそれぞれ発見し合う行為なのだといえる。

理科では、そのような聴き合いが生まれる場を創出するため、実験を行う場面で一人ひとりが現象を仔細に観察し、その不思議さにつぶやく場面やその現象の理由が定かではないまま話す場面で少人数で聴き合う場にしていきたい。実験で見た未知の現象に対する驚きや疑問などのつぶやきが広がり、響き合うグループが協同の探究が生まれるグループであり、学び合いが豊かに創造されるグループであると考えられる。

(2) 聴き合う関係の形成

藤村は聴き合う人間関係について、一人ひとりの子どもの考えを尊重し、肯定的に評価してその意味や意義を伝え、また、それに対して他の子どもが自分の考えを関連づけることでみなが高め合っていくような、協同で探究すること

を通じて、聴き合う人間関係が作られるのではないかと述べている(藤村, 2012)。そのためには、教師と生徒が話すのをやめ、真摯に耳を傾けること、教師が聴き手のモデルになり、生徒が真似ることが求められる。教師の生徒に対する話の聴き方によって子どもの自尊心を高めたり、低くしたりするからである。

「リボイシング」と「つなぐ」という教師の活動も重要である。「リボイシング」とは、復唱や、言い換え、要約、精緻化、翻訳、引用、正当化などの行為である。また、わかる生徒がわからない生徒の発言を「リボイシング」することで、生徒どうしの話し合いにも「聴き合う関係」が形成される。教師の「つなぐ」とは生徒の発言を人・モノ・ことにつなげ、学びを組織することである。教師が「つなぐ」ことを行うことにより、グループ学習でも生徒が真似し、つながりが生まれるのであろうと考える。つながりが生まれることにより、生徒はわからないことをわからないと言葉にしたりできるのだと考える。しかし、「できたか?」「わかったか?」などという声掛けからつながりが生まれることはない。内田樹は「学びから逃走することもたちの精神は、この『教えてください』を口にするによって、自尊感情が損なわれるように構造化されている。彼女や彼らは『知りません』と口にすることは『敗北』であると教えられてきたのである。」と述べている。「わからない」というマイナスイメージをプラスイメージに変える教室文化こそが聴き合う人間関係の形成には必要なのではないかと考える。

理科では、生徒の考えをつなぐために、日常における具体的な場面につないだり、「これはいつも成り立つ?」「あてはまらない例はある?」など異議や反例を求めたりする言葉かけが有効であると考えている。

以上のような聴き合う関係の形成は佐藤の「学びの共同体」における「尊厳」「信頼」「互恵」の倫理規範を果たしているといえる。「尊厳」とは生徒一人ひとりの個人としての尊厳、学びの尊厳を尊重することであり、「信頼」とは、生徒に見守られて、生徒は学びに没頭できるという信頼関係、「互恵」とは、価値と幸福を享受し合う関係を示し、贈与を生み出す学び合いである(佐藤, 2018)。

(3) ケアの関係の互恵性

ケアの関係とはわかっている生徒がわからない生徒を支える関係性、難しい課題を共に探究する支え合いの関係性などである。難しい課題を共に探究する支え合いの関係では、学びの動機の源泉は他人に勝つことではなく、自分の成長意欲を仲間が理解してくれており、彼らが自分の成長を応援し、手助けすることが当たり前と思っており、相手の成長が自分にとっても喜びだという場面にある。認め合い、信頼に支えられた人間関係のもとで、人は強く動機づけられる。

相互に学びの効果があるという意味で、グループ学習は「互恵的な学び」なのである。わかる生徒がわからない生徒に教える、説明するという場合に、より大きな利益を受ける

のはわからない生徒だけではなく、実はわかる生徒にもある。言語化することで自分の不明点を明らかにでき、より自覚的になる。他方わからない生徒はわかる生徒の説明がわかるとは限らない。だからこそ、生徒間の関係が一方的ではなく、聴き合い学び合う関係になっているのか、それとも教えて伝えるだけの関係なのかという関係が重要なのである。

わからない生徒がわからない点を明らかにするため、わかる生徒に疑問点や質問を行うことで議論を活性化させる場合もある。この場合、わからない生徒はグループ内で議論も深めていく先行オーガナイザーとなる。しかし、ケアの関係を形成するには教師の配慮も必要である。教える生徒と尋ねる生徒の固定化がグループ内での力関係の固定化をもたらさないようにするという配慮である。いつも教えてもらう側になってしまう生徒には「できない」という劣等感を植え付け、教える側の生徒には「教えてやるんだ」と相手を見下すような優越感を育ててしまう。

理科では実験を行う場面において、仮説の意味や実験の目的と原理、実験の操作などが、わかる生徒とわからない生徒の間で力関係の固定化が生じやすい。そのため、さまざまな生徒が参加できるような課題設定や配慮などもケアの形成には必要である。

2. 3. ジャンプの学び

教室における学びは、多元的な発達の最近接領域が同時に成立している状況を文脈として、生徒が協同で教科書のレベル以上などの高い課題を達成することで全員が「ジャンプ」するような学びが起きる。このような学びを「ジャンプの学び」という。

「ジャンプの学び」について佐藤は以下のように述べている。第一に、「ジャンプの学び」はグループ内の4人全員に対等性をもたらす。「ジャンプの学び」を生み出すジャンプの課題とはグループ内の4人全員がわからない課題であり、そのため、4人全員が協力して取り組まなければならない。また、グループ内の4人を細かく観察すると、学力や知識における差は大きい、思考し探究する能力の差は小さいことを述べている。第二に、低学力の生徒の学び方である。基礎から発展へ、理解から応用へと移行できるのは学力の高い生徒たちである。学力の低い生徒たちは発展的な学びを通じて基礎を体得し、応用を通じて理解を形成している。この二つが低学力の生徒の夢中さを支えている(佐藤, 2018)。

(1) スキャッフオルディングの重要性

教師が生徒たちへの参加を促す際に、生徒たちの関係をつなぎ、参加を促す「社会的な足場架け」と、特定の教科内容、教材理解へとつなぐ「分析的な足場架け」がある。全員がわからない課題に出会ったときこそ、生徒は仲間どうしのつながりや教師の支援を必要としたりする。この機会を保障するには教師が個別学習の下請けとしてグループ学習

を行うのではなく、グループ学習の下請けとして、全体での学びを行うことが重要だと考える。

理科ではグループになって学習しているとき以外でも、実験中にわからない点や疑問が生じたとき、教師がそれに気づき、全体での学習にもどし、実験の現象を他の生徒の考えや教科内容、教材理解へとつなげることも大切であると考える。

(2) 理科におけるジャンプの課題の特徴

ジャンプの課題は一般的には、身近であること、結果に意外性があることなど、生徒の興味・関心を刺激するものが推奨される。それ以外に理科の特徴として、次のような点が考えられる。

- ①計算よりも、基本的概念が問われること
- ②五感で感じられること(実験あるいはモノが提示できること)
- ③図に描いて考えられること
- ④持ち合わせている知識を総動員できること

これらの特徴を踏まえた理科のジャンプ課題については後に物理を中心に述べていく。

2. 4. 真正の学び

佐藤は「真正の学び」は質の高い学びの3要件の一つでもあるが、ジャンプの学びの機能の一つでもあると述べている(佐藤, 2018)。これは「真正の学び」は質の高い学びの3つの要件の一つでもあるが、教科の本質に即して行われるジャンプの学びに欠かせない機能でもあるため、そのようになっていると解釈される。

佐藤は「真正の学び」について以下のように述べている。「真正の学び」は教科の本質に即した対象化によって「対象性を回復した学び」を示している。学びにおいてテキスト(資料, 事実, 現象)との対話を重視すること、それらに媒介された活動として学びを遂行すること、その学びが活動主体の内面において真実性を獲得する学びであることを「真正の学び」は意味している(佐藤, 2015)。

また、「学びの共同体」の教育実践は「関係の編み直し」とも言われ、その関係とは、対象世界との認識論的關係、他者との社会的関係、自己との倫理的関係だと考える。これらの関係については、生徒の「ジャンプ」がテキストとの対話をもとに行われること、教材(対象)が深くないと学びが深くないこと、学びは他者との対話を通してなされることの重要性が考えられる。

理科でそのような学びを考えるのであれば、以下のようなどころなどが考えられる。

- ①教材や実験を扱うことの意味を明らかにする
 - ②学校外での価値、歴史上の価値を明らかにする。
 - ③科学的根拠を述べて相手を説得する。
 - ④科学を通して、不思議さを感じたり、疑問をもつ自分自身の自己を考えられるようにする。
- ①教材や実験を扱うことの意味を明らかにする、②学校

外での価値、歴史上の価値を明らかにすることには、教師が単元の学びの構造や、その教材の学問としての位置を知る必要があると考える。例えば、生徒が化学反応を学ぶ際、化学反応は酸化還元反応と中和反応の2つに分けられることや、金属の燃焼とは発熱と発光をともなう酸化反応であるということ、錬金術を行う過程で化学が発展したという科学史における位置など教師が知る必要がある。③科学的根拠を述べて相手を説得するということは他の生徒はテキストをどのように捉えたのか考える機会でもあり、自分自身のテキストとの対話を促す機会でもある。④科学を通して、不思議さを感じたり、疑問をもつ自分自身の自己を考えられるようにすることについては自己とその対象とのについて考え、自己内対話をする機会になる。これらの機会によっても「関係の編み直し」は行われる。つまり、真正の学びとはテキストとの対話、自己との対話、他者との対話を通して、自分の意見や意識の葛藤、時に自分の存在をも脅かされつつも、自分の内なる声に敏感になるということであろう。

3. 協同的・探究的な学びにおけるデザインとリフレクション(教師の省察)

3. 1. 学びのデザイン

デザインとは、状況の中でつくられ、状況の背後の言葉にならないものを作っていく過程である。具体的には、授業の中で生徒の状況をよく観察し、教材に出会わせること、具体的に聞いてみて、言葉に出会わせること、他の生徒がもつ違う考えに生徒に出会わせ、考えをすり合わせるなどが考えられる。そして、個人の学びを中軸にし、デザインは構成される。

理科では結論が決まっていることが多いが、その結論までの過程を教師やわかったグループ、代表の生徒が発表して終わるため、一人ひとりが学び、理解が深まったのか吟味し、学びをデザインしていくことが必要である。また、「ジャンプの課題」についても、生徒の発達の状況やどの程度に概念が構成されているかを考える必要があり、教科書以上の課題や先行で実践された課題がジャンプ課題になるとは必ずしも限らない。

デザインによる探究は問いが核となり、数が少ない課題をグループなどの単純な形式を通して行われる。しかし、学びのデザインを「個人-グループ-全体での発表-まとめ」の繰り返しにしてはならない。発表する前に、生徒たちは学びが終わっていることがある。解決したことを長く発表させると生徒は夢中にならなくなる。多くの時間を未知の事柄の探究にあてていきたい。そう考えると、理科の予想をたて、発表する時間が長くなると理解の遅い生徒が学ぶ意欲を失ってしまう。予想とは探究ではなく、あくまで予想ではないためである。

3. 2. 学びのリフレクション

学びのリフレクションでは生徒の学びの事実を見て、その状況にあった応答ができなければならない。孤立してい

る様子や夢中になれない原因、考えの発想の経緯や根拠、つまづきの原因などを表情・言動・記述などから、瞬時に見きわめていかななくてはならない。また、個々の学びそのものだけではなく、「つながり」を見ていくことも重要である。生徒と教材のつながり、ある生徒と他の生徒のつながり、考えのつながりなどである。また、学びのリフレクションは授業を行った教師個人で行うよりも参観者と数名で行うことの方が好ましい。協議する機会がある場合、以下の点を中心に話し合っていきたい。

①どのような学びが成立していたか。

②生徒がどのようなつまづきや困り感を示していたか。

③誰が、何を、どうしたのか

④自分はその事実から何を感じたのか、何を考えたのか、どうしたいと思ったのか。

以上のような出来事や事実の連なりやそのことをもとに感じたこと、考えたことを話し合うことによって、質の高い授業が生まれる。

4. ことばが届く「からだ」

以下では、小室弘毅・齋藤智哉「ワークで学ぶ教育の方法と技術」2019 ナカニシヤ出版の9章、10章を参照しながら述べていく。

4. 1. 主体としての「からだ」

通常私たちは自分の身体を自分のものだと思い込んでいる。意識、あるいは脳といったものの操作の対象としての「カラダ」である。脳からの指令によって身体が動いていると思っている。

それに対して、「からだ」概念はそれへの批判から生まれている。「からだ」には「からだ」の言い分があり、主張がある。それを聴くことが大事だという発想である。

客体としての、物理的な「カラダ」のこわばりに気づき、それがほぐれてくると、環境や他者との距離感や関係性も変わってくる。個人の内側に閉ざされた「カラダ」ではなく、外部の環境や他者とも相互に交流している関係的な存在としての「からだ」になってくるのである。そうなってくると、カラダは意識の操作対象としてではなく、自らの主張をもった「主体としてのからだ」になっていく。主体としてのからだは、外部の環境世界や他者とも相互に交流する関係としてのからだでもあるのである。

4. 2. 教室に開かれた「からだ」

「琴線に触れる」という表現があるが、相手から発せられた声が、自分のなかの何かに触れ、揺さぶられることがある。命令や指示、あるいは説明のように、頭で理解して行動するといったあり方とはまったく異なるコミュニケーションのあり方である。このようなコミュニケーションで使われる言葉を、以下では「ことば」と表していく。

対話とは、命令や指示などによる「コトバ」のやりとりではなく、「ことば」のやりとりである。そして、そのことばを発することのできる「からだ」こそ主体なのである。声がほかならぬ自分自身に向けられたものだと感じ、それを受

け取ることで自分のなかの何かが動き出し、それを全身で考える。全身で受け取り、全身で考え、全身で声にする。そのまると全体のからだ同士のやりとりこそが対話であり、そこで生み出される新たなものこそが深い学ぶなのである。

生徒から発せられた言葉が「ことば」なのか「コトバ」なのか見極めることによって、それが対話的なのかどうかを判断する必要があるだろう。

5. 物理の学び

以下では、日本物理教育学会「科学をどう教えるか—アメリカにおける新しい物理教育の実践」2012 丸善出版、川勝博・三井伸雄・飯田洋治「学ぶ側からみた力学の再構成」1992 新生出版の記述を参照しながら述べていく。

5. 1. 概念の獲得の困難

物理における教育研究では、物理概念を獲得する際に遭遇する一般的な困難についての研究がなされている。その中の知見として、一定の手続きに従って(すなわちアルゴリズム的に)問題を解く解答スキルと、それまで学習の過程で自動的に獲得されると想定していた概念的な理解との違いについて研究されている。

これまで、伝統的に「生徒に十分な量の問題演習を行わせさえすれば、いずれは考え方を理解するだろう」という見方をあてにしてきた。しかし、この原理のこうした解釈はかならずしも成り立たない。たしかに、生徒がさまざまなスキルを、たやすく取り出せる読み出し可能な知識に組み換える(コンパイルする)には練習が必要である。

しかし、基本的な概念をいかに適切に使用するかの理解の手助けする知識構造に、生徒がこうしたスキルをリンクさせる保証は何もない。大量の問題を解くことの限界は、韓国で行われた研究の中で調べられている。(kim, 2002)韓国の学生は、厳格な高校物理授業プログラムを履修していて、300 題から 2900 題、平均して 1500 題の章末問題を解いている。典型的なアメリカの授業では、生徒はこうした問題を 300 題から 400 題解く。しかし、韓国の学生はアメリカの学生の場合と同程度の割合で力学の基本的概念の理解に困難を抱えていた。学生が解いてきた問題の数と彼らの示す概念理解度の間には相関がほとんど見られなかった。

5. 2. 拡張されたカリキュラム

多くの物理担当の教員は、つねに明確に伝えているわけではないが、生徒に対して期待感に関わる到達目標をもっている。例えば、生徒に事物を関連付けさせ、方程式の適用限界と適用条件を理解させ、物理的直観をを磨かせ、問題解法に個人的経験を関連づけさせ、教室で習う物理と現実世界との関連性をわからせることを目指している。何よりもまず、教師が学んでいることからの意味を生徒にわかってほしいと願っている。このような授業のシラバスや教科書の目次の中に載っていない学習目標を、授業の中の拡張されたカリキュラムと考える。拡張されたカリキュラムにつ

いて、概念、整合性、機能性に関する3つの例があげられる。

・概念

自分が学習しつつある物理がどんなものなのか、物理的世界をしっかりと根ざしたさまざまな概念が構成する強い基盤の上に立って、理解すべきである。

教師は、物理の問題を解くのに用いる数学的な操作をコンパイルする(すなわち、それらの細部について、そのたび考えることをしないで使えるようになる)ことだけを生徒に望んでいるのではなく、その物理的な意味を理解してほしいと思っている。この目標を達成するためには、生徒は、物理のさまざまな概念—すなわち、物理的世界の実際の事物—を抽象的な物理学的描写に対応させる考え方や定義といったものの意味を理解しなければならない。

・整合性

生徒は、物理の授業で獲得した知識を全体として整合性のある物理的モデルへと関連付けるべきである。

科学的な世界観の大きな強みは、多くの複雑な現象を、いくつかの単純な法則と原理で記述することにある。科学を事実の集合であると思っている生徒は、その構造の完全整合性、すなわち説得性をもち、問題解決にも有効であるという意味での完全整合性を見落としやすい。整合性のある見方が欠落している場合、その学生には、自己の論理づけの中の間違いを認識し損なうことや、思い出したことを吟味することができないなどの、多くの困難が生じるだろう。教師は、生徒が単に「内容をつかむ」だけではなく、その内容の理解を正確で効果的な知識の構築へと組み込んでいくことを望んでいる。

・機能性

生徒はいま学んでいる物理をどう使うか、およびそれをいつ使うのか、の両方を学ぶべきである。

教師が生徒に対して望むことは、物理の内容を単に知るだけではなく、それをを用いて何かができるようになることである。

以上のような学習目標が概念の獲得が困難かつ、アルゴリズム的に問題を解くことによって、教師が望むような学習目標に達していないのが実態である。

5. 3. 基本的な概念を修得することの重要性

物理を学ぶことを通して、教師の願い、すなわち、拡張されたカリキュラムを学ぶには、まず、基本的な概念の修得を通して学ぶことが重要であると考えられる。

生徒は物理の問題を考えると、よほど意識して科学の見方を身につけない限り、いやおうなく経験的・常識的自然観に落ち込んでしまう。経験的・自然観はそれほど根強いものなのである。

感覚と経験に矛盾する問題に出会うと、彼らの感覚が許さない。たとえ理屈では認めても不思議で仕方がない。自分の感覚と経験を敢えて否定して、理性の方を取らなければならない羽目に陥るため、不思議という声になる。しかし、この「感覚が許さない」という気持ち、「不思議で仕方がな

い」という気持ちを大切にしたい。なぜなら、自分の持つ経験的・自然観がいかに関根強く、克服しがたいものかを自分でしっかり認識すること、これは理性的に考えることがいかに素晴らしいことであり、価値あることであることを認識できる絶好の機会でもあるからである。感覚とか経験だけでは得られないところのもの、これこそが近代科学の出発点であるからである。

経験的・常識的自然観を乗り越え、科学の見方をするところにより、科学の「論理」に対する信頼感の確立される。ところが、「論理」というと、大変嫌がる生徒も多い。その理由には、「自分の感覚や経験を無視して無理やり呑み込まされるもの」や「へ理屈」「現実離れた空理空論」という捉え方がある。現在の教育は、論理というものを、こんなものと思わせてしまっているのではないかと考える。「論理」と称して、無理やり押しつけられ、ごまかされたという経験しか持たないものが、そういう「論理」を拒否するのは当然である。科学の「論理」とは、人を押しつけ、無理やり呑み込ませるための道具ではない。感覚や経験を無視した「論理」はどこかごまかしがある。にもかかわらず、感覚や経験を積み重ねるだけでは決して得られないものが科学の「論理」である。感覚と経験に縛られた自分の狭い殻を打ち破るような、そういう筋道、それが科学の論理である。法則なり、原理に基づいて考えていくと、今までわからなかったこと、知らなかったことが予見できるようになる。科学の論理のすばらしさに気づき、まがりなりにもそれが使えるようになることは、同時に自分の持っていた経験的・常識的自然観が崩壊していくことを意味する。つまり科学の論理に対する信頼感と経験的・常識的自然観の崩壊とは表裏一体の関係にある。このことは、科学を築いた人間のすばらしさとともに、変革していける自分のすばらしさに気づいていく過程でもある。

5. 4. 物理におけるジャンプ課題について

生徒が経験的・常識的自然観から抜け出し、科学の見方、科学の論理で考える機会となるような問題とはどのような問題であるか。また、そのような問題を解く機会を通して、生徒が物理的な概念、機能性、整合性などの拡張されたカリキュラムを学べるようになることが望まれる。

日本物理教育学会「科学をどう教えるかーアメリカにおける新しい物理教育の実践」2012 丸善出版では物理で扱う問題について以下のような特徴が述べられている。

(1) 計算よりも基本的な概念が問われ、素朴概念の変容が見られるもの

生徒は物理を数学的なアプローチにより学んできている。問題について概念的に推論するアプローチは、(例えば、電池は一定の電流の源であるなどの) 学生の素朴概念を題在化させやすい。

(2) なぜそうなるか理由が問われるもの

多くの生徒は、理由を説明すること、すなわち推論することや、説明を組み立てることが、何を意味するかわからな

い。生徒に考えた理由を説明させ、推論や議論や理由づけという言葉がどんな意味をしているのか議論し、教師や他の生徒がこれらの言葉で何を意味しているかをフィードバックすることが重要な部分となる。

(3) 式やグラフ、図などの多様な表現形式で表すことができるもの

生徒がそれぞれの経験の中で修得している表現形式により、理解をしていく。個々の生徒が理解できるように、様々な表現形式を取り入れていきたい。

(4) 認知的葛藤や橋渡し方略で生徒の概念の発展が期待されるもの

これまでの物理教育では、生徒の誤った概念を克服するために認知的な葛藤を取り入れることや親しみやすい概念から、科学的な概念へと橋渡しするような方略が取られてきた。

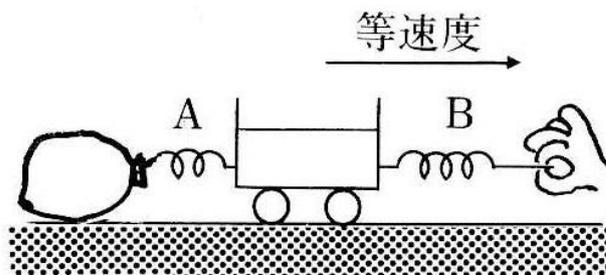
(5) 文脈に基づく(現実の場面に即した)推論問題

生徒は物理学で習ったことの経験に結び付き、その経験が日常世界の見方を変えることが難しい。現実即した問題を通して、現実世界の見方が変わるような経験を積み重ねていきたい。

5. 5. 物理のジャンプ課題の例

生徒がもつ自然観として静的自然観がある。例えば、以下の問題を考えたとき、それは明らかとなる。

問題文 摩擦や空気抵抗の無視できる力学台車の両側に、質量の無視できる同型のばねをつけて、他方には砂袋(床との摩擦は大きい)他方は手でもち、これをひいて台車に等速直線運動させた。AのばねとBのばねののびはどちらが大きいか。



生徒は等速直線運動をするときも、動き出す時と同様、動き続ける方向に余分な力があると考える。そのため、生徒はBのほうがAの伸びより大きいと答える。これは力学の第二法則において、「力がついている」ことが「速さが変わらない」ということや「等速直線運動をしている」ことは「物体にはたらく合力が0」ということをしっかりと理解していないことが原因と考えられる。

しかし、これは法則や事実、実験結果だけを教えるのではなく、概念や自然観にならって教えなければならないのである。

生徒は「もの」の本性が静止にあるという静的自然観をもっている。しかし、むしろ「もの」の本性は運動と考えるの

が動的自然観である。

本来、静的自然観は、「もっている力」と、「他から受ける力」という2つの性質の違う力を同じ力と呼ばなくてはならない矛盾を抱えていた。静的自然観では、「もの」は自己運動できないのだから、力は他から受けなければならない。にもかかわらず、動き続ける「もの」が力をもたなければならないのは矛盾である。しかし、動的自然観では、自己運動を認め、他から受ける力だけを動的自然観における力学では力と呼ぶことにした。他から受ける力が「速度を作る」と考える。そして、静的自然観で考えられていた「もっている力」が動的自然観では運動量とか、速度という概念に置き換えられた。この速度の概念の発見によって、動的自然観では二つの力では考えず、「他から受ける力」という一つの力と、運動の中に存在する速度の発見によって、運動自身で考えるようになった。動的自然観では変化する運動を、一つでとらえるのではなく、いつも、加速度運動と等速運動の二つの運動でとらえている。持っている速度に力によって作られた速度が加えられ、速度が変わる加速度運動と、運動のはじまりに加えられた力によって作られた速度が持続され、速度の変わらない慣性運動である。このように考えたとき、はじめて、力から完全に運動が自立し、「もの」は本性として自己運動できるという自然観が確立したのである。

このように考えると力学的運動一つとっても、概念が歴史的に考えられ、変容してきたかわかる。力学的運動とは、単に時間の経過に従って、物体が観測者に対してその幾何学的位置を変える現象をさすのではない。力学は運動の概念として、結果としての運動を、刻々に作り出す運動の概念へと変容したのである。慣性によって持続する運動と持続を破る運動との刻々の微分的統一、これが世界の諸運動をつくりだし、幾何学的位置変化を刻々に予言できる力学的運動の概念であり、運動学である。

生徒にとっては「もの」の本性を「静止」だけを考えていた静的自然観から、「もの」の本性を「静止」と「等速運動」を考える動的自然観へと移行することで、「もの」にはたらく力や「もの」がもつ速度や運動量といった概念、加速度運動などの概念の編み直しが行われる。また、このような概念について学ばせる場合、「運動と力の関係とは何か」というような問いを含めて、ジャンプ課題として扱い、実践することができると考えている。

5. 6. 物理におけるジャンプ課題の意味

以上の例で示したように、物理学の基本的な概念は日常世界の見方を変え、科学における見方や論理を示すものである、それは大学入試で問われる一定の手続きに従って(すなわちアルゴリズム的に)問題を解く解答スキルではない。しかし、運動の第二法則の本当の意味を知り、それまで生徒自身ももっていた考えを変えるために自己や他者との対話が生まれ、真実性を伴った学びであるため、「真正の学び」であると考えられる。

物理における基本的な概念では、ただ知らないことにつ

いて問うのではなく、例えば、「もの」についてどのような自然観をもっているのか、どのように認識しているのかなどことが問われる。それは小学校、中学校、高等学校と経験的・常識的に考えてきたことである。そのような考えを修正するように、足場架けが行われ、科学の見方や論理に導かれていく。その際、これまでの自分自身の考えとの自己内対話、別の考えをもっている他者との対話を通して、科学的な概念が協同構築されるべきである。経験的・常識的に考えられていたことはとても根強く、具体的な例や真実性をもった科学の見方や論理によって説得されなければならない。普遍の事実として教えられるのではなく、他者や自己との対話を通して、感覚や経験に対する矛盾を乗り越え、理性的・科学的に自己内対話を通して、自分自身が考えたことが実は科学の論理や見方が発見されたプロセスを体験してこそ、科学に対する信頼感が獲得されるのである。

6. 物理における協同的・探究的な学び

理科教育は生徒が教室に持ち込む知識に注目し、仮にそれが誤っている場合には、いかにその知識を修正するかという視点から教授モデルが検討されてきた。生徒が持つ誤った知識が修正されるプロセスとしての概念変化のメカニズムについて、有効とされてきた教授方法は主に以下の2つである。

①認知的葛藤の重視

生徒の誤概念による予測と異なる結果を実験や観察を通じて示すことで、認知的葛藤(既有知識の不整合な状態)を喚起し、それを解消できるような科学的概念を獲得させるという方法である。

②橋渡し方略

生徒に親しみのある経験や知識を学習の出発点とし、最終的に獲得されるべき科学的概念との間に存在するジャンプを橋渡しするために、両者のアナロジーとなり得る概念を媒介させるという方法である。

筆者は以上の2つの方略にもとづく実践を行う中で、協同と探究の考えを重視していきたいと考える。

(1) 認知的葛藤の重視における協同と探究

生徒がもつ概念が誤っている場合には、他者の考えからも認知的な葛藤が起こりうる。実験を行い、その結果を解釈する際、お互いの考えのどこが正しかったのか、どこが間違いであったのか、お互いの考えを止揚するような対話が行われるべきである。そのような対話を通して、お互いがもつ認知的葛藤を解消し、科学的な概念が協同構築されるべきである。

(2) 橋渡し方略における協同と探究

橋渡し方略とは、「ジャンプの学び」における「足場架け(スキップオルディング)」の考えに通ずる。レベルの高い課題に対し、与えられた「足場架け(スキップオルディング)」に対し、お互いの考えを出し合い、グループ全員が「ジャンプ」するような学びにしていくことが重要である。

協同での探究を授業の中に取り入れるからこそ、一人ひ

りの学びを保障していくこと。わかっている生徒だけが他の生徒に考えを発表するのではなく、わかっている生徒がどこで概念的理解の困難を抱えているのか、それを聴き合い、対話してこそ、学びが深まるのである。他の生徒と概念について話す際、科学の論理に反していないか、科学の見方が理性的なものであるか、経験的・常識的考えをどのように克服し、科学的な論理に立って、自分が話しているのか、理解することができる。そういった過程にこそ、学びが「真正な学び」になるのではないかと考える。自分がこれまで考えていた経験的・常識的に考えていたことをあきらめ、自己内対話を通して考えた理性的、科学の論理に立った他者の言葉をもってこそ、対話が深まるのである。そのような他者との対話を通して、「他者」の「ことば」を受け止めて、自らの「からだ」に内化し合うような対話でこそ、学びが深まるのである。

7. 本研究の意義と今後の課題

本研究では、物理の基本的な概念を問う問題を「ジャンプの課題」として扱うことについて、協同的・探究的な学びの理論を通して考えてきた。

生徒自身が持つ素朴な概念を修正し、科学的な概念によって日常世界を見る目が変わること、科学の論理や見方や教師の願い(拡張されたカリキュラム)を学ぶためには、自己の認識を自分自身で完結しないためにも他者との対話が必要であると考えた。

また、物理学における「真正の学び」が一定の手続きに従って(すなわちアルゴリズム的に)問題を解く解答スキルを磨くことではなく、科学の論理や見方に従って、それぞれの概念というものの本当の意味を知ることであると考えた。

基本的な概念における問いでは、経験的・常識的に考えていたものが必ずしも正しいとは言えない。必ず、経験的・常識的な考えを覆してきたような歴史的・科学的な考えがあり、それは科学の論理や見方に従うものである。経験的・常識的に考えていたことを克服し、科学の論理や見方で考えることを受け入れることこそ、理科における「ジャンプの学び」であり、「真正の学び」であると考えた。

生徒が基本的な概念を学ぶことを通して、実際に生徒がどのような対話を行い、科学の見方や論理にまで深められるのか、実践的な探究を行うことができなかつたことが本研究の課題である。今後の課題は以下の通りである。

(1) 生徒の学びを見ること

基本的な概念については、その時々において、どのような概念を持ち寄り、他者と対話していくのか。また、他者との考えを交流していく中で、科学的な概念への変容していくこと、科学の論理や見方を学ぶ中で、それをどのように理性的・科学的に受け入れていくのか、省察し、生徒の実態をとらえていけるよう実践を積んでいきたい。

(2) 生徒の学びが「真正の学び」となるよう教科の本質を探究していく。

基本的な概念は科学の論理や見方にそって、考えられて

いる。基本的な概念を通して、生徒が科学の論理や見方で考えられるようになるには、教師が基本的な概念の本質である科学の論理や見方を考えられていたり、それを十分に学んでいる必要がある。それは「教師の教材研究が深くないと、生徒の学びが深くない」という言葉にあてはまる。(3)教師のふるまいとデザイン

協同的・探究的な学びは生徒が主体で学んでいくものであるが、教師の聴き方や声のトーン、リボイシングなどが真似される。相手の「ことば」を自らの「からだ」に内化するように聴き、その「ことば」をつなぐことや深めることができることが教師のデザインのひとつであると考えた。

以上の3つの中で自分は、特に生徒の学びを見ることに力を入れていきたい。教師の教材研究などの準備や教室での反応、授業後の省察はすべて生徒の学びを見ること为中心となる。生徒は自分自身がもっている概念を乗り越え、科学の論理や見方、科学的な概念を受け入れることのプロセスを通して学んでいく。しかし、そのようなプロセスの中で生徒はつまづいていたり、支援を必要としている。そのことを教師が丁寧にみることは難しい。しかし、それを見とり、個々の生徒にそのプロセスを歩ませることが重要であり、そのような授業実践を行っていきたい。

8. 主な引用・参考文献

- 佐藤学「学びの共同体の挑戦—改革の現在—」小学館 2018
佐藤学「学校の挑戦—学びの共同体を創る」小学館 2006
佐藤学「学校見聞録 学びの共同体の実践」小学館 2012
佐藤学「学び合う教室・育ち合う教室～学びの共同体の改革～」小学館 2015
佐藤学「教育の方法」左右社 2010
秋田喜代美「学びの心理学 授業をデザインする」左右社 2012
秋田喜代美「対話が生まれる教室—居場所感と夢中を保障する授業—」教育開発研究所 2014
藤村宣之・橘春奈「協同的探究学習で育む「わかる学力」—豊かな学びと育ちを支えるために—」2018 ミネルヴァ書房
藤村宣之「数学的・科学的リテラシーの心理学—子どもの学力はどう高まるか—」2012 有斐閣
榎原知美「算数・理科を学ぶ子どもの発達心理学—文化・認知・学習—」2014 ミネルヴァ書房
日本物理教育学会「科学をどう教えるか—アメリカにおける新しい物理教育の実践」2012 丸善出版
並木雅俊「物理を教える—物理教育研究と実践に基づいたアプローチ」2017 丸善出版
小室弘毅・齋藤智哉「ワークで学ぶ教育の方法と技術」2019 ナカニシヤ出版
川勝博・三井伸雄・飯田洋治「学ぶ側からみた力学の再構成」1992 新生出版