

高校理科における科学的活動を組織するための事象提示と発問の改善

山崎 暁帆 教育実践コース

1 主体的に学ぶための工夫とは何か

(1) 2021年前期の目的

本研究は、高等学校において「生徒が主体的に学ぶ姿」を実現するためにはどうしたらよいか、そもそも「主体的に学ぶ姿」はどのような姿なのか、という漠然とした問題意識から始まっている。2021年前期では、その問題意識を明確な研究課題とするため、中学校実習での観察・実践を通して「主体的に学ぶ姿」を考察し、その実現のための教師の手立てについて検討することを目的とする。

(2) 方法

はじめに、授業観察から、中学校理科授業で生徒が主体的に学ぶ姿と、それを実現するための教師の手立てを検討する。それを基に授業実践を計画・実施・検討し、その手立てが有効であったのかを考察、自身の課題を明確にしていく。

(3) 中学校理科の授業観察から

複数の授業観察から、生徒が主体的に学ぶ姿は、興味関心をもち、「なぜ・どのように」と問う姿であると考えた。そして、それらの授業では工夫された事象提示が行われており、それによって生徒の興味関心を引きだしていた。ここで、事象提示とは『教師から生徒に、課題と密接に関連するできごとを見せること』と定義する。観察から見いだした具体的な事象提示の工夫は以下の2つである。

①生徒の既習事項、生活体験、友達とのずれが生じるもの

②視覚的変化の大きいもの

これらを取り入れた実践を行い、自身の研究課題を見つけていくこととした。

(4) 実践：中学校理科「光の性質 屈折」

授業観察で見いだした工夫された事象提示を取り入れた実践を行い、生徒が自ら問いを生み出す姿につながるかを検討した。

① 授業の概要

[単元] 中学校理科「光の性質 屈折」

[ねらい] 光の進み方について、ガラスを通して見た鉛筆がなぜ曲がるのか、水の中のコインがなぜ浮いて見えるのか、光の道すじを図や光の矢印で考えさせることを通して、光が透明な物体の中を通るときに境界面で屈折することを説明することができる。

[実施日] 令和3年6月17日(木) 4限(50分)

[学級] 公立中学校第1学年 40名

② 授業の実際

この授業では、ねらいにある2つの事象を提示し、既習事項や生活体験とのずれをねらった。以下では、主に事象提示場面から疑問点を述べる場面について記述していく。

ガラスを通して鉛筆を見たときの様子について生徒に予想をさせると、全員が鉛筆は右か左に曲がると回答した。次に、カップに入ったコインを見るにはどうしたらよいかという問題について実験をすると、水を入れるという意見と鏡を使って見るという意見がでた。2つの事象について、疑問点を聞くと、「別の物になると曲がって見えたりする」という考えや、「10円玉は水より重いのに何で見えるのか分からない」という問いが出た。

③ 授業の考察

ガラスを通して鉛筆を見たときの様子については、全員が曲がって見えると予想したことから、生徒の予想通りの事象であったと考えられる。カップに入ったコインを見るにはどうしたらよいかという問題に対しては、鏡を使った班から、水で見えることに疑問をもつ意見が出たため、この班は生活体験とのずれが生じ、問いをもたせることができた。しかし、全員が問いをもったのかについては確認することができず、工夫された事象提示を行えば生徒の問う姿を自動的に見られるわけではなく、他にも条件があるのではないかということが課題として挙げた。さらに、問いをもった後の課題解決場面でどのような手立てが有効なのかについても課題が残った。

2 生徒にずれを生み、視覚的変化の大きい事象提示を取り入れた実践

(1) 2021年後期の目的

後期からは高等学校での実習が始まった。そこで、中学校理科で行った実践の手立てが高等学校理科にも適応できるのか、その手立ての適応可能性を検討することを目的とする。

(2) 方法

はじめに高等学校理科の現状を知るために授業観察を行う。そして、中学校理科で行った手立て

と授業観察から得た知見を組み合わせた授業の実践を計画・実践・検討し、考察していく。

(3) 高等学校物理の授業観察から

授業観察から、複数の物理授業では事象提示がなされてはいたが、説明した学習内容の確認的な位置づけで提示されることが多かった。特に視覚的变化の大きい事象は生徒の興味を引いていた。

また、高等学校では演習問題を解く時間が多く設けられていた。生徒が問題を解いていくための教師の手立てとして、問題の状況整理、既習事項や学習内容の確認が何度も行われていた。今回の観察の知見と、前期の実習を踏まえて、以下の工夫を実践で取り入れていくこととした。

- ①生徒にずれを生み、視覚的变化が大きい事象提示
- ②課題解決に向かうための見通しをもたせる発問

(4) 実践：高等学校物理「慣性力と遠心力」

ずれを生み視覚的变化の大きい事象提示の工夫と、生徒自ら課題解決をするための工夫を取り入れた実践を行い、生徒は問いをもつのか、課題解決に向かうのかについて検証することとした。

① 授業の分析方法について

前回の実践では、事象提示のみでは生徒は問いをもつことができなかった。そこで、教師の支援に着目し、授業内で教師が行った発問を取り出すことにした。土佐・喜多(2015)のタキノミーによる発問の分類(表1)に基づき、授業における発問を分類することとした。

表1 ブルームのタキノミーによる発問の分類(土佐・喜多, 2015, p358)

発問レベル	説明
⑥評価	根拠に基づき、価値判断を下す
⑤統合	複数の概念を組み合わせて新たなものを生み出す
④分析	情報や概念を各部分に分解して理解を深める
③応用	情報や概念を新しい状況で用いる
②理解	理由や説明を述べる
①知識	記憶にある事実を思い出す

土佐・喜多(2015)によると、タキノミーの発問分類に基づき分類をすることで、教師が生徒にどれだけ考えることを求めているのかを明らかにすることができる。授業では知識レベルから応用レベルの発問を、順序を追って展開していくことが望ましいと考えられている。そのため、今回の実践でされた発問を取り出して分類し、生徒が

思考できるような発問になっていたのかを考察することとした。

② 授業概要

[単元] 高等学校物理「慣性力と遠心力」(3時間目/全4時間)

[ねらい] 遠心力について、円運動している物体について慣性系と非慣性系の立場で運動を考えることを通して、円運動での慣性力が遠心力であるということを理解し、その向きや大きさを理解することができる。

[実施日] 令和3年12月9日(木)6限(55分)

[学級] 県立高等学校第2学年 7名

③ 授業の実際

この授業では、最初にローターというアトラクションの画像や動画を提示し、生徒に感想を発言させ、紙に疑問を書かせた。生徒は、「なぜ体が重力に逆らって浮いた?地面はどの向き?壁に張り付いていた?なぜ動くことができる?どういう仕組み?どういう力がはたらいている?」という疑問や、「宙に浮き、身体の向きを変えていたこと。最初は地面に足が付いていたのに、しばらくすると後ろの黒い壁に張り付いていた。地面に足を付いていないで浮いている感じだった。」等と気付いたことを書いた。生徒の記述から、課題を「なぜ壁に張り付いたり浮いたりしたのだろうか」と決めた後、教師は生徒に発問を繰り返し、観測者それぞれの立場から見た運動の様子や、既習事項の確認を行った。しかし、生徒は正しく力を図示することができず、教師が説明しながら考えていくこととなった。

④ 考察

事象提示後の生徒の記述より、「なぜ?」という形で記述した生徒は生活体験や既習とのずれから問いをもったと考えられる。他の生徒も、気付いたことを記述しており、ずれは生じていたのではないかと考えることができる。

しかし、その後の生徒の活動はうまく展開することができなかった。その原因として、発問に問題があったと考えられる。本実践でされた発問を分類すると、①知識が12、②理解が1、③応用が3、という結果となった。つまり、理解レベルの発問が少なく、知識から応用までの順序を追うような発問が展開できていたとは言い難い。このことから、発問の構成について課題が残った。

3 事象提示と順序を追った発問を取り入れた実践

(1) 2022年前期の目的

2022 年前期では、「ずれが生じる事象提示」と、タキノミーの発問分類に基づいて順序を追った「発問」を行うことで、生徒の考えを引き出し、問いをもち課題設定につながるかを検証することを目的とする。

(2) 実践：高等学校物理基礎「仕事と力学的エネルギー」

本実践は2クラスで行ったが、ここでは、そのうち1クラスについて記述していく。授業の分析方法は前回と同様である。

① 授業の概要

[単元] 物理基礎「エネルギー 仕事と力学的エネルギー」(3時間目/全7時間)

[ねらい] 運動エネルギーの式を導出し仕事との関係を調べる活動を通して、運動エネルギーや仕事と運動エネルギーの関係を理解することができる。

[実施日] 令和4年6月16日(木)4限(50分)

[学級] 県立高等学校第2学年 6名

② 授業の実践

この授業では、ゆっくり進む鉄球Aと早く進む木球Bのどちらの運動エネルギーが大きいかという事象提示を行った。スプレッドシートに生徒の考えを記述させると、6人中5人がBと答えた。理由を見ると力、移動距離、速さ、質量に着目して記述していた。次に、「〇〇エネルギーって言葉はどのくらい知っているか」「自分が思うエネルギーとは何か」と発問し、エネルギーに関する知識を確認して説明させた。そして、エネルギーの定義について改めて教師から説明を行い、「運動エネルギーはどう説明できるか」と学習したことを使って説明するよう求めた。その後も、発問を繰り返して既習の確認を行ったが、授業後半の運動エネルギーの式を導出する場面では、教師が説明をし、生徒は黒板を写すという作業になっていた。

③ 考察

事象提示に関して、今回は友達とのずれをねらっていたが、意見は割れたものの生徒にずれが生じていないように考えられる。その原因として、意見の比率が偏っていたことに加え、相手の意見を聞いて議論する時間がなかったため、シートを見るだけで満足してしまっていたと考えられる。意見が偏ったときや議論をどうするかというところに課題が残った。

また発問に関して、タキノミーの発問分類に基づいて分類すると、①知識が15、②理解が6、③応用が1、という結果となった。導入場面のスプレッドシートへ自分の考えを書く場面では、知

っている知識や自分の考えを各々記述することができていた。しかし、②理解レベルの発問をすると生徒は答えられず固まってしまう場面がいくつか見られた。生徒が難しく考えすぎてしまうような発問とならないよう、発問の方法についても調整する必要があることが課題として挙げられた。

4 事象提示とゆさぶり発問を取り入れた実践

(1) 新たな視点の導入

これまでの研究では、授業の導入で行われる事象提示場面を中心として生徒が問いをもつ授業を計画・実践してきた。2022年後期では、新たな視点を取り入れた。

① 探究の過程

学習指導要領では主体的・対話的・深い学び(アクティブ・ラーニング)の視点から「どのように学ぶか」が重視されている。理科においては、課題の把握(発見)、課題の探究(追究)、課題の解決の3つからなる「探究の過程」が示され、その過程を遂行することが求められている。しかし、小・中学校の理科授業と比べ、高等学校は求められる科学的活動や学習内容が多く、小・中学校の理科授業と同様の学習過程を展開することは難しい。

そこで「探究の過程」をそれぞれの学習内容に対応させ、それに合わせてサイズを調整し、それらの連続的なつながりから授業を展開することを考えた。その中でも「課題の把握」の場面に着目し、生徒の科学的活動を組織できないかと考えた。

② 2022年後期の目的

これまでの実践から得た2つの視点「問いを生じさせるための事象提示」と「そこから科学的活動につながるための発問」を取り入れた授業を展開することで、生徒が課題を把握し、その後の科学的活動につながるかどうかを検証することを目的とする。

(2) 実践：高等学校物理「剛体のつりあい」

この授業では、ゆさぶり発問を新たに取り入れた実践を行うこととした。さらに、事象提示と問いと科学的活動をセットにして授業設計を行った。

① 授業の概要

[単元] 物理「運動とエネルギー 剛体のつりあい」(3時間目/全5時間)

[ねらい] 複数の方法で重心を探す活動を通して、剛体の重心を理解することができる。

[実施日] 令和4年11月11日(金)4限(55分)

[学級] 県立高等学校2学年 6名

② 授業の実践

この授業では、3つの事象提示を用意し、それに合わせて問いをもち、議論や実験等を含めた科学的活動の時間を設定した。ここでは、そのうち1つ目の事象提示とそれに関連する場面について記述していく。

はじめの事象提示では、机に箱を階段状に積み重ね、倒れる様子と倒れない様子を見せた。そして教師が、「倒れる・倒れないは何によって決まるのか」と問うと、生徒は、重力、質量、面積、力のモーメント等にそれぞれ着目して自分の意見を記述した。教師は生徒に各班で意見を共有するよう指示をした。すると、生徒は自分と異なる意見に質問をしたり、似ている意見と共通点を見つけたりする様子が見られた。そして、生徒の意見がそれぞれ違うことから、課題を「箱が倒れる倒れないには何が関係しているの?」とした。

課題を決めた後、教師は箱の積み方を変えながら、生徒の意見に対して「本当にそれが関係しているの?」とゆさぶりをかけた。そして、現状で剛体の重力については分からない(未習である)ことを確認し、重力はどう書けるかワークシートに自分の考えを書くよう指示をした。すると、物体の中心から1本矢印を書く者や、物体の複数の点から矢印を書く者等、異なる書き方をした。そこで、教師は再び意見の共有をするよう生徒に指示を出すと、生徒はお互いの書いた物を見ながら質問をし、既習を確認する様子もあった。班での話し合いが終わると、教師は生徒の意見を全体で共有し、実際の書き方や重心についての説明を行った。そして、課題に対するまとめを記述した。

③ 考察

事象提示について、1つ目の事象に関する生徒の考えは意見が分かれ、議論させると質問や確認し合う様子があったことから、生徒の中に友達とのずれが生じていたと考えられる。また、その後の話し合いが活発化していたことから、問いをもっていたと考えられる。また、生徒にもたせたい問いに合わせて複数の事象提示を行うことにより、生徒はより問いをもちやすくなり、課題の把握がしやすくなったと考えられる。しかし、複数行ったことで、今はどの物体について考えているのかが曖昧になってしまったり、生徒が事象の関連性に気付くことができないものであったりすると、その後の活動に影響を与えることが分かったため、提示の仕方にも課題が残った。

次に、ゆさぶり発問について。本来、生徒の考えが偏ったときに行うものとして考えていたが、生徒の考えが複数出たため、先に話し合いの時間

を設けた。その中で、互いの意見を批判的に捉えることをしていなかったため、教師がゆさぶりをを行い、その考えは正しいのかと生徒に問うことにした。そうしたことにより、生徒が未習である内容を明らかにし、生徒の中で共通の問いになっていったと考えられる。

また、今回もタキシノミーの発問分類に基づいて分類をすると、①知識が3、②理解が1、③応用が4、という結果になった。これまでの実践と比較すると、発問の数が減少していることが分かる。これまでは、発問によって既習の確認やその説明を引き出していたが、この授業では生徒が議論を通して既習事項を自然と確認し合い、適応させようとする姿がみられた。そのため、教師が発問をして生徒から引き出すことが必要なくなり、発問も減少したと考えられる。

最後に、3章での実践と比較すると、事象提示と問いと活動をセットにして授業構成したことにより、焦点化された問いに対する自分の意見をもちやすくなり、議論が活発化したと考えられる。問いの後に議論の時間があることで、生徒はすぐに自分の意見を伝え、他者の意見を聞くことができる環境にあった。この環境が有効に働き、議論しやすくなっていたということが示唆される。

5 総括

2年間の研究を通して、高等学校理科授業で生徒が問いをもち、科学的活動を行えるよう、ずれを生む事象提示とゆさぶり発問、タキシノミーの順序を追った発問をしていくことが有効であることが分かった。しかし、発問の方法については不十分であるため、生徒の学習状況をよく観察して、答えられず困ってしまうことの無いようにする必要がある。これからも生徒が問いをもち、課題設定していくような授業を展開していきたいが、従来の授業と比較すると大幅に時間がかかることに加え、授業内での演習の時間の確保も難しい。今後も授業をしていく中でより良い方法を探していきたい。

引用参考文献

文部科学省(2021)『高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編理数編』
土佐幸子、喜多俊介(2015)「中学校理科教師が教えたい概念と生徒の理解の間のギャップを縮める—TIMSS 授業ビデオの談話分析を通して—」『日本科学教育学会第39回年会日本科学教育学会年会論文集』