

物理授業を通して主体的な学びを育む指導法の工夫

－発散・収束・メタ認知の3過程を重視した「質問づくり」指導を通して－

長期研究員 小野寺 充

《研究の要旨》

高等学校物理の授業において、事象との出会いで感じた驚きを主体的な学びにつなげるためには、目の前の事象と既存の知識・経験とを結び付け、課題を見だし仮説を立てる力が必要である。このような力を育むために「質問づくり」を用いた指導法の研究を行った。教師の発問の代わりに生徒自身が質問を考え、その質問を軸に授業を展開することが生徒の主体性を高め、考えを整理し表現する力の育成に効果的であることが分かった。

I 研究の趣旨

高等学校において主体的な学びの育成は、重要な課題である。中央教育審議会の「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について（平成26年12月答申）」による「現状の高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜は、知識の暗記・再生に偏りがちで、思考力・判断力・表現力や主体性を持って多様な人々と協働する態度など、^{しん}『学力』が十分に育成・評価されていない。」との指摘や、経済協力開発機構（OECD）による生徒の学習到達度調査（PIISA2015）で、15歳児がもっている科学的リテラシーで日本は国際的に上位であるものの、生徒の科学に対する態度については肯定的な回答をした割合がOECD平均より低いという結果がそれを示している。

学習指導要領の物理基礎の目標には、「目的意識をもって観察、実験などを行い、物理学的に探究する能力と態度を育てるとともに、物理学の基本的な概念や原理・法則を理解させ」とある。これについて解説では、「生徒自らが課題を見付け、考え、見通しをもって主体的に観察、実験などに取り組むこと」や「幾つかの事象が同一の概念によって説明できることを見いだしたり、概念や原理・法則を新しい事象の解釈に応用したりする取組を行うこと」が重要であると述べている。

そこで、本研究では、ダン・ロスステインらが提唱する「質問づくり」^{*1}に着目した。「質問づくり」は、教師が発した質問に生徒が答えるのではなく、生徒たちが自らの質問をつくり出せるように導く指導法で、事象と既存の知識・経験を概念や原理・法則を用いて結び付け、思考を整理し主体的に課題を見だし仮説を立てる力を養うことを目指しており、学習指導要領の目標に合致する。

「質問づくり」により、普段の生活の中でも常に問いをもち、その解決に楽しさや価値を見いだすよう、変容していくことを目指す。質問の作成と解決の過程が生徒の主体性を高め、考えを整理し、表現する力を育むと考える。

※1 ダン・ロスステイン、ルース・サンタナ著、吉田新一郎訳(2015)「たった一つを変えるだけークラスも教師も自立する『質問づくり』ー」、新評論

II 研究の概要

1 研究仮説

物理の授業において以下の視点に基づいた手だてを講じれば、生徒の主体的な学びの育成につながるであろう。

【視点1】「質問づくり」における質問をつくるスキルの育成

【視点2】「質問づくり」における学びに対する姿勢の育成

2 研究の内容

(1) 質問をつくるスキルの育成のために用いた手だて

本研究において、発散・収束・メタ認知という思考過程を次のように定義する（図1）。【視点1】を達成するために、「質問づくり」では、活動を6段階に分け、各段階の目的や思考過程を明確にする（図2）。これにより、質問をつくりやすくなると考える（手だて1）。

発散過程	収束過程	メタ認知過程
事象に対し多様な視点を見いだしたり、一つの視点を掘り下げたりする過程	目的に向けて質問を分析・統合し、取捨選択する過程	自分や他人のもつ既存の知識・経験や、考えたこと・学んだことについて振り返る過程

図1 「質問づくり」で用いる思考過程

No.	活動名	生徒の活動	思考過程
1	着眼点把握	教師から提示された事象と出会う。	なし
2	ルール確認	質問生産のルールを確認する。	メタ認知
3	質問生産	着眼点から連想し、質問を出し合う。	発散
4	質問改善	質問の書換えを行う。	メタ認知
5	質問選択	話し合いから質問を選び出す。	収束
6	質問活用	質問を次の活動（講義等）に利用する。	メタ認知

図2 「質問づくり」の進め方

図2のNo. 3～5は少人数のグループ活動で行い、これ以降「質問制作」と呼ぶ。生徒は、教師から提示された「着眼点」を基に、発散過程を用いて「質問生産」を行う。次

の「質問改善」では、つくった質問を「閉じた質問（「はい」「いいえ」若しくは単語で答えられる質問）」と「開いた質問（答えに説明を要する質問）」に分類し、それぞれの長所を考えながら質問の書換えを行う。ここでは、メタ認知過程が使われる。さらに「質問選択」で、これまでの質問を比較し、評価し、話し合っって優先順位を付け、後に使う質問を絞り込む。これは、収束過程で行われる。

(2) 学びに対する姿勢の育成のために用いた手だて

【視点2】を達成するためには、着眼点の精選が不可欠である。着眼点は、単元の目標や「質問活用」の場面を考えながら、複数候補を挙げるのが望ましい。その中から教師が最適なものを選択するため、図3の条件を設定する

（手だて2）。焦点化や刺激性は、活動の見通しをもたせるための、残りの二つは、活動の主役が生徒自身であることを、生徒にも教師にも意識付けるための条件である。

焦点化された質問を生み出すか	教師の発問となっていないか
思考を誘発する刺激性があるか	教師の好みや偏見が含まれていないか

図3 着眼点選びの4条件

【視点2】の達成には、学習環境も重要になる。そこで、生徒に質問生産のルール（図4）を提示し、その効果について話し合いを行う。例えば、ある生徒がつくった「どんな水溶液でも浮力はあるのか」という質問に、「溶液の方が一般的では」という意見や、「あるに決まっている」といった意見が出ると、「価値の低い質問は恥ずかしい」というストレスを与えることになるだろう。それぞれのルールのもつ意味を踏まえて話し合いをすることが、適切な学習環境を生み出すと考える（手だて3）。

ルール	できるだけくさんの質問をする	質問について話し合いや評価をしない	他人の修正を禁じ、作者を尊重する	意見や主張は避け、疑問文にする
目的	全員に平等な権利を与える	安心な環境を提供する	全員の質問を尊重する	個々の表現を大切にする

図4 質問生産のルール（上段）と目的（下段）

(3) 事前アンケート調査

主体的な学びに関して、研究対象校と日本の平均的な高校との差異を、アンケートにより調査した。その結果、日本の平均的な高校と同様の傾向を示すと分かった。

3 授業実践

(1) 研究対象・指導計画

高等学校普通科第1学年4クラス(156名)を対象とし、

時間	1	2	3	4	5	6
前期	事前指導	摩擦力		浮力		浮力の実験
後期	運動の法則					テスト

図5 授業実践における指導計画

前・後期とも6時間実施した（図5）。実践では、単元の導入場面にそれぞれ「質問づくり」を実施した。

(2) 質問づくり①：「摩擦力」（前期2・3時間目）

2時間目は、多様な質問が生まれるように中学校の教科書等の資料の以外にも動画や体験など複数の着眼点を提示し、「質問制作」を行った。最初の活動でも平均9.2個の質問が生まれ、「どんな過程で摩擦力が見付かったのか」という経緯に関する質問や「摩擦力はずっと続くのか」という時間の関数ととらえる質問など、その内容も多様であった。3時間目には、各班が選択した質問を教師がその内容から3～4種類に分類し、それを解決していく講義を「質問活用」として実施した。講義は、教師の教えたい知識の一方向的な伝達ではなく、生徒自身の質問に即したものとなり、生徒が見通しをもって、事象と既有的知識・経験を概念や原理・法則を用いて結び付けることで、摩擦力について理解を深めることができた。

生徒の感想には、「意見を積極的に出すことで、話を展開させ、良いものになることが分かった（2時間目）」「質問が道筋を立てて解決されたから、理解しやすかった（3時間目）」といったものがあつた。また、「質問制作」の様子を観察することは、生徒の理解度を把握するのに有効であり、「質問づくり」指導の効果が感じられた。しかし、「摩擦力は足し算できるのか」といった意図を図りかねる質問や、あまり質問をつくり出さず「質問制作」の際に低調な活動の班も見られ、工夫の必要性も感じた。その原因を「着眼点の刺激性」の不足と考えた。

(3) 質問づくり②：「浮力」（前期4～6時間目）

今回は、「質問活用」として講義と実験の2時間実施した。着眼点に、ボーリングの球や様々な野菜を浮かせてみるクイズ、食塩や砂糖を溶かすことで浮力が変わる様子を見る活動を選択した。想定外の質問を友人がしたときの驚きが新たな質問を生み出すなど、話し合いに深まりも見て取れた。

しかし、刺激性を工夫し、生徒の反応を高めても、質問の数に差は見られなかった（図6）。また、受け身の姿勢で講義を聴く生徒もおり、研究が予想通りにならなかった。

		クラスの平均値[個/班]				平均
		A組	B組	C組	D組	
摩擦		10.4	7.5	9.0	10.0	9.2
浮力		11.1	7.3	7.5	9.9	9.0
		質問数の最大値/最小値				全体
摩擦		18/5	13/2	12/6	19/4	19/2
浮力		19/6	9/4	13/9	15/4	19/4
どんな液体でも浮力はあるのか/浮力を変える方法は/溶かしたら沈みやよくなる物質はあるか/重さや密度、面積や体積と浮力との関係は/深海でも浮力は同じか/形と浮力との関係は/無重力でも浮力は働くか						

図6 質問数（上段：摩擦力、下段：浮力）と質問の一例

(4) 質問づくり③：「運動の法則」（後期 1～5 時間目）

前期の原因に、着眼点の「焦点化」があると推測し、NHK制作の「考えるカラス」※2を活用した。1時間目に既習内容の復習後、生徒の予想に反する動きをする風船を提示し、質問や仮説を個人で考える時間を確保した。それを用いて、2時間目に「質問制作」を行い、班ごとに事象を説明する仮説を考え、その際に生じた質問を全体で共有した。後期では、「質問選択」後も、関連する説明や問題演習を加え、3時間目の冒頭には、条件を変えた風船の実験を提示し、仮説を修正する機会を何度か与え、メタ認知をねらった。自分達の仮説が新たな事象も説明可能か検討を繰り返し、最後に教師の解説を聞く授業を行った。4～5時間目は、他の事象について同様に行った。

実践の結果、質問数は減少したものの、質問をリスト化して授業に活用したことで、思考を整理し主体的に課題を見だし仮説を立てる話合いが生まれ、既存の知識や原理・法則と関連付けた質問が多く生まれた（図7）。

実践後の感想には、「期待を裏切る実験、その原因を追究し解決していくことで、理解を深めることができた」「疑問を見付け、解決するまでの過程が重要なのが分かった。様々な教科で疑問をもち、解決する糸口を探していきたい」「率先して発言する力、まとめる力、協調する力を養えるし、問題を解くときにも役立つ」など具体的に、日常生活においても好影響を及ぼす意見が多かった。

一つの班でつくられた質問の数 平均 7.5 最大 16 最小 3

台車を押す力を変えると傾き方にどう影響するか/空気の抵抗はあるのか/箱の中の空気も動くのか/真空の状態ですらどうなるのか/なぜ慣性をはたらかないのか/空気に慣性はあるのか/浮力は方向を変えることがあるか/密度の大きい風船だったら/人の加えた力は風船の動きに関係するのか

図7 後期実践の「質問づくり」の結果と質問の例

※2 川角博監修(2014)「NHK考えるカラス『もしかして?』からはじまる楽しい科学の考え方」, NHK出版

4 結果と考察

(1) 振り返りシートによる生徒意識の分析

授業後に「振り返りシート」を用いて、5段階の自己評価を行った（図8）。授業形式や安心感の項目は高い値で推移し、手だての有効性を示した。前期に見られた主体性

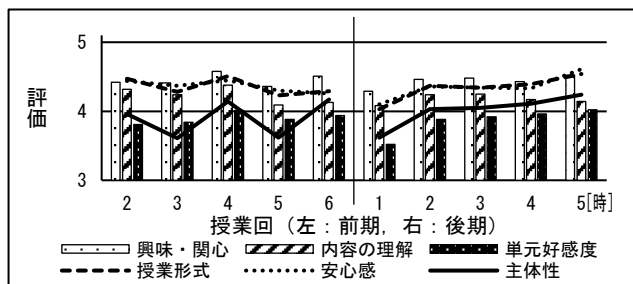


図8 授業回ごとの振り返りシート評価の推移

の大きな変動は、後期で改善しており、改善の視点が効果的であったと思われる。また、後期では主体性に関する値が、授業を重ねるごとに上昇している。これは、生徒の感想にもあるように、今回の実践が生徒の意識を変え、「質問づくり」に、価値を見いだしたことを示している。

(2) ルーブリックによる生徒意識の分析

実践後にルーブリックを用いた自己評価を行った（図9）。①課題の明確化、②学び合い（発散）、③学び合い（収束・メタ認知）、④理解と展望、⑤実践後の生活の5観点に対して、S～Cの4尺度による評価基準を作成した。実践前後の比較では、評価が全く変わらなかった生徒は皆無であり、すべての観点上で上昇した生徒が26%いた。最も変化した観点は①課題の明確化であり、実践前より、事象との出会いを次の学びにつなげることのできるようになったと感じた生徒が88%（134人）に上った。

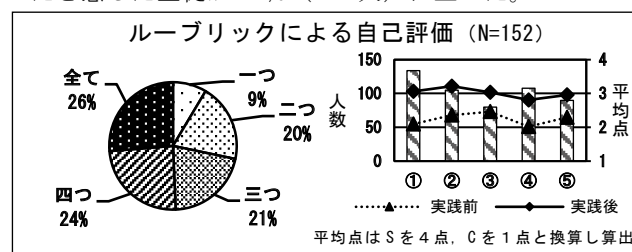


図9 評価を上げた観点数（左円グラフ）と観点別平均点の変化（右折れ線グラフ）及び評価を上げた人数（右棒グラフ）

(3) 事後テスト

実践後に思考力を問うテストを実施したが、正答率が低く、期待した知識の活用ができていないことが明らかになった。しかし、授業で扱っていない出題、例えば「水を入れたペットボトルを斜面上で滑らせてその水面の様子を問う」問いに対し、無解答や「慣性力だから」等の単純な記載は20%ほどで、多くの生徒が、科学的な根拠や既存の知識に基づく解答を試みるなど、成果はあった。

III 研究のまとめ

1 研究の成果

振り返りシートやルーブリック等の結果から、事象に対して疑問をもち、主体的に考えを整理し、表現することを意識する生徒が増えた。したがって、生徒が質問をつくり、その質問を活用する指導法が、生徒の主体的な学びを育むために効果的であることが分かった。

2 今後の課題

多くの問いが生まれていくと、より多くの解決の時間を必要とするようになるため、単元計画の精選や、ICTの活用など、時間の捻出により一層の工夫が必要になる。また、思考力の検証方法として事後テストを実施したが、適切な問題選定、継続的な分析など難しい課題がある。