

## 研究主題「高等学校物理における科学的な見方や考え方を育成する問題解決型の 学習の在り方—自己評価と相互評価を機能させた指導システムの構築—」

東京都教職員研修センター研修部専門教育向上課  
東京都立六本木高等学校 主任教諭 石川 真理代

### 第1 研究のねらい

中央教育審議会答申（平成20年1月）では、理科に関する課題を踏まえ、子供たちが知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、目的意識をもって観察・実験を行うことにより科学的な見方や考え方を養うことができるよう改善を図る必要があるとしている。「科学的な見方や考え方」については、学習指導要領解説等において、『科学的』とは実証性、再現性、客観性などの条件を満たしているもの」としており、『見方や考え方』とは、問題解決などの活動において生徒が習得する方法や手続きと、その方法や手続きによって得られた結果及び概念を包含するもの」としている。この科学的な見方や考え方を育成するためには、理科の指導の過程において、生徒が学習問題に対する自分の考えを基にそれを追究していく活動の充実を図るとともに、そうした活動が「実証性」、「再現性」、「客観性」をもって科学的に進められているかを評価し、検討させることが重要であると考えられる。そこで、本研究では問題解決型の学習における自己評価とグループワークによる相互評価を通して、科学的な見方や考え方を育成する指導の在り方を追究することとし、特に高等学校理科の物理領域の科目「物理基礎」における問題解決型のカリキュラム開発を行い、実践を通してその効果を検証する。

### 第2 研究仮説

問題解決型の学習において、「実証性」、「再現性」、「客観性」の三つの観点で自己評価を行うとともに、グループワークによる相互評価を通じて自らの思考を発展させる指導を行うことで、生徒の科学的な見方や考え方が育つであろう。

### 第3 研究の内容と方法

#### 1 基礎研究

小学校学習指導要領及び小学校学習指導要領解説理科編、高等学校学習指導要領、「平成24年度教科基礎調査研究【理科】」、「平成24年度東京都教育研究員研究報告書高等学校理科」等より以下のことを明らかにした。

#### (1) 「科学的な見方や考え方」とは

「科学」とは、問題に対する仮説が観察・実験等により検討できること【実証性】、同一条件のもとでは同一の結果が得られること【再現性】、導出した結論が事実に基づき客観的に認められること【客観性】といった基本的な条件により成立する。生徒の見方や考え方を科学的なものに育てるためには、授業の中でこれらの条件を検討する場面を設定する必要がある。

#### (2) 「実証性」、「再現性」、「客観性」とは

「実証性」とは観察・実験によって仮説を検討できる条件、「再現性」とは同一実験条件の下では同一の結果が得られる条件、「客観性」とは事実に基づき客観的に認められる条件である。本研究の問題解決型の学習では、「実証性」を予想・仮説と検証計画の場面に、「再現性」を検証と結果の導出の場面に、「客観性」を考察と結論の導出の場面に当てはめることとした。

#### (3) 問題解決型の学習とは

自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち、そこから問題を見だし、予想や仮説を

基に観察、実験などを行い、結果を整理し、考察を通して結論を導き出す過程が理科における問題解決の過程である。本研究においては、生徒の気付きや疑問などに基づく「学習問題」の設定、「予想・仮説」、「検証の計画」、「検証」、「結果の導出」、「考察」、「結論の導出」といった一連の活動を問題解決型の学習とした。

#### (4) 自己評価と指導者による評価、指導者による生徒へのフィードバックとは

生徒は自分が思考したことを自己評価することにより、自分の学習状況を把握することができる。さらに、指導者は評価をすることで生徒の学習状況を適切に把握することができ、その評価を生徒にフィードバックすることにより不十分な点に気付かせることができる。本研究においては、自己評価に加え生徒同士に相互評価をさせることでその効果を高めていく。

## 2 調査研究

本研究では、都立高等学校 18 校の生徒 2,577 名を対象として、科学的な見方や考え方及び問題解決型の学習に関する意識調査を行った(図1、図2)。調査の結果、図1の④の観察・実験の技能を問う項目以外の問題解決型の学習の過程について、「得意である」と回答した生徒の割合は、いずれも約30%であった。また、学習に対する自己評価に

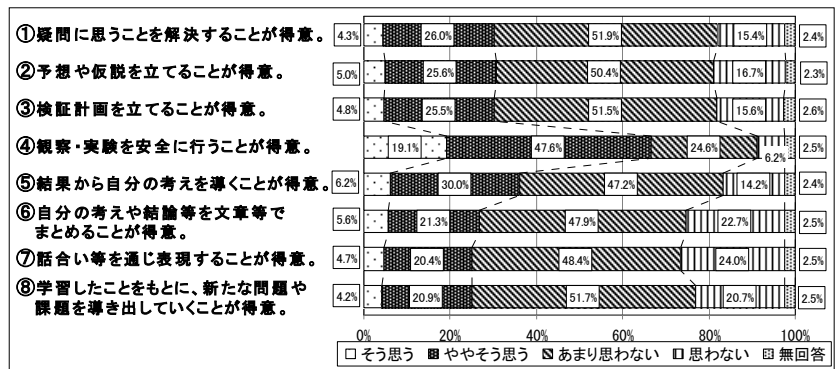


図1 問題解決的な学習に対する意識調査(抽出校全体)

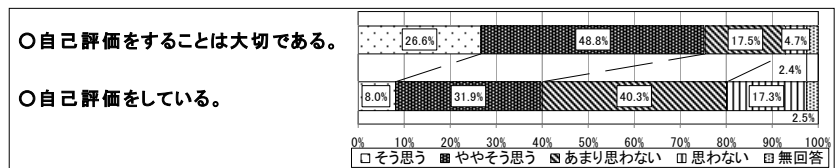


図2 自己評価についての意識調査(抽出校全体)

ついて調査をしたところ、「自分の学習を自分自身で評価(自己評価)することが大切である」に肯定的な回答をした生徒の割合は約75%であったのに対し、「自分の学習状況を自分自身で評価(自己評価)している」に肯定的な回答をした生徒の割合は約40%であった。

## 3 開発研究

本研究では、育てたい生徒像を「自ら問題を見だし、観察・実験の結果をもとに筋道立てて考察し、結論を導き出し、新たな問題を見いだすことができる生徒」とし、高等学校物理領域の学習において、生徒が自ら問題を見だし、観察・実験を通して問題を解決し、結論を導き出す問題解決型の学習の充実を図ることとした。また、問題解決型の学習の過程において、生徒に自己評価をさせるとともに、生徒同士で相互評価を行わせながら学習を改善させることで、科学的な見方や考え方を育成できると考え、以下の開発に取り組むこととした(図3)。

- ① 自己評価と相互評価を機能させた問題解決型の指導システム(図3)
- ② 科学的な見方や考え方の三要素における評価項目及び判定基準
- ③ 問題解決型の授業計画
- ④ 問題解決型の授業における生徒用ワークシート
- ⑤ 問題解決型の授業における指導者用補助シート

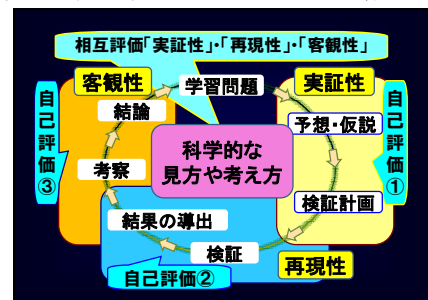


図3 自己評価と相互評価を機能させた問題解決型の指導システム

4 検証授業

都立高等学校において物理基礎の授業6時間分を3回に分けて実施し、問題解決型の指導システム及び成果物等の有効性を検証した。実際の問題解決型の授業展開は以下のとおりである。

自己評価と相互評価を機能させた問題解決型の指導システムを活用した検証授業(第5・6時)

実証性	学習問題	<p>・箔検電器に正電荷を満たして、あらかじめ箔を開いた状態にしておく(図②、図③)。                  ・集電板に負に帯電した帯電体Aを近づけると一旦箔が閉じるが(図④)、更に帯電体を近づけると再び箔が開く(図⑤)。</p> <p>図⑤で、再び開いた箔は何の電荷に帯電しているのか。また、なぜそのようになるのか。</p>															
	予想・仮説	<p><b>生徒の記述(I)</b>                  私の予想: マイナスの電気が帯電している。                  理由: 一度帯電体を集電板に近づけた時にマイナスの電気が入り、残りのマイナスの電気が入るから。</p> <p><b>自己評価①</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>科学的な見方や考え方</th> <th>自己評価 A・B・C</th> <th>授業者の評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>○仮説を確かめられる実験なのかどうか。</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 学習問題に正対した予想や仮説を立てることができたか。</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>2 これまでに学んだ知識などをもとに予想や仮説を立てることができたか。</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>3 仮説は観察や実験等によって確かめることができるか。</td> <td>B</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> <p>【授業者よりアドバイス】 予想・仮説とそう考えた理由について電荷の動きに注目してまとめています。どこから、どのようにしてこの電荷が箔に入ってくるのかを整理できると良いですね。検証実験の立案については、静電気力による箔の動きを予想し実験の計画をしているので十分満足できる内容といえます。</p>	科学的な見方や考え方	自己評価 A・B・C	授業者の評価	○仮説を確かめられる実験なのかどうか。			1 学習問題に正対した予想や仮説を立てることができたか。	A	A	2 これまでに学んだ知識などをもとに予想や仮説を立てることができたか。	A	A	3 仮説は観察や実験等によって確かめることができるか。	B	A
	科学的な見方や考え方	自己評価 A・B・C	授業者の評価														
	○仮説を確かめられる実験なのかどうか。																
1 学習問題に正対した予想や仮説を立てることができたか。	A	A															
2 これまでに学んだ知識などをもとに予想や仮説を立てることができたか。	A	A															
3 仮説は観察や実験等によって確かめることができるか。	B	A															
検証計画	<p><b>【グループワーク(伝え合い・相互評価)】</b>                  検証実験の立案解説図をかきながらまとめる。</p> <p>予想通り箔が負に帯電しているならば…                  ・正に帯電している帯電体B(アクリル板)を近づけると箔は一旦閉じ、再び開くはずである。                  ・負に帯電している帯電体B(ストロー)を近づけると箔は更に開くはずである。</p>																
再現性	<p><b>自己評価②</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>科学的な見方や考え方</th> <th>自己評価 A・B・C</th> <th>授業者の評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>○何度も実験して得られた間違いのない結果と言えるかどうか。</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 検証方法や手順、条件等は、いつ、だれが行っても同じ結果を得られるか。</td> <td>B</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>2 検証の方法や手順、条件等は、何度も再現できるか。</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>3 検証の結果は、一定程度の回数の検証を通して得られたものか。</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> <p>【授業者よりアドバイス】 検証実験の立案で帯電の状況による箔の開閉のパターンを整理した上で、実験を行いました。また、何度も繰り返し実験を行った結果としてまとめられていますので十分満足できる内容といえます。</p>	科学的な見方や考え方	自己評価 A・B・C	授業者の評価	○何度も実験して得られた間違いのない結果と言えるかどうか。			1 検証方法や手順、条件等は、いつ、だれが行っても同じ結果を得られるか。	B	A	2 検証の方法や手順、条件等は、何度も再現できるか。	A	A	3 検証の結果は、一定程度の回数の検証を通して得られたものか。	A	A	
科学的な見方や考え方	自己評価 A・B・C	授業者の評価															
○何度も実験して得られた間違いのない結果と言えるかどうか。																	
1 検証方法や手順、条件等は、いつ、だれが行っても同じ結果を得られるか。	B	A															
2 検証の方法や手順、条件等は、何度も再現できるか。	A	A															
3 検証の結果は、一定程度の回数の検証を通して得られたものか。	A	A															
客観性	考察	<p><b>生徒の記述(II)</b>                  妥当な結果だった。箔検電器にストローを近づけ、更に近づけた時に正に帯電している箔は一度閉じ、その後ストローの負の電気が箔に移り、開いた(図⑤)。そしてアクリル板を近づけると一旦閉じて開いた(図⑥⑦)。また、新たなストローを近づけて開いたのは、箔の正の電気がストローの負の電気によって打ち消されたから。</p> <p><b>【グループワーク(伝え合い・相互評価)】</b>                  モデルを使って電荷の動きを推論した。</p> <p><b>生徒の記述(III)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>箔の正電荷がストローの負電荷によって引き寄せられる(図⑨)。</li> <li>箔内の正電荷が少なくなり、初期状態に戻る。(箔が閉じた状態)(図⑩)</li> <li>正電荷が更に引き寄せられ、負電荷との量が逆転する(図⑪)。(箔が開いた状態)(箔が負電荷に帯電している。)</li> <li>もう一つストローを近づけると箔内の正電荷がより少なくなる。(箔がもっと開いた状態)(図⑫)</li> </ol>															
	結論	<p><b>生徒の記述(IV)</b>                  帯電した物体を導体に近づけると、帯電している物体に近い側に帯電体と逆の電荷が、逆側に帯電体と同じ電荷が現れる(静電誘導)(図⑫)。これは、目に見えない電子が移動することで引き起こされる。</p> <p><b>自己評価③</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>科学的な見方や考え方</th> <th>自己評価 A・B・C</th> <th>授業者の評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>○得られた結論は常に正しい結論と言えるかどうか。</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 考察から導き出した結論は、予想や仮説を確かめられるものか。</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>2 実験結果を事実として整理しまとめることができたか。</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>3 実験結果を、科学的な見方や考え方、知識等に照らして考察できたか。</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> <p>【授業者よりアドバイス】 予想・仮説と実験の結果から導き出した考察(自己の思考)から、グループワークを行うことで、正電荷、負電荷の動きに注目しながら考えを整理しました。結論として静電誘導や電子の移動についてもふれていますので十分満足できる結論を導くことができています。</p>	科学的な見方や考え方	自己評価 A・B・C	授業者の評価	○得られた結論は常に正しい結論と言えるかどうか。			1 考察から導き出した結論は、予想や仮説を確かめられるものか。	A	A	2 実験結果を事実として整理しまとめることができたか。	A	A	3 実験結果を、科学的な見方や考え方、知識等に照らして考察できたか。	A	A
	科学的な見方や考え方	自己評価 A・B・C	授業者の評価														
○得られた結論は常に正しい結論と言えるかどうか。																	
1 考察から導き出した結論は、予想や仮説を確かめられるものか。	A	A															
2 実験結果を事実として整理しまとめることができたか。	A	A															
3 実験結果を、科学的な見方や考え方、知識等に照らして考察できたか。	A	A															
問題解決型の学習全体を相互評価し、互いの学習状況を振り返る。(評価項目は自己評価と同じ)																	
指導者は授業後に「評価」と「授業者よりアドバイス」を記入し、次時以降に生徒へフィードバックをする。																	

### (1) 問題解決型の学習の効果

『自己評価と相互評価を機能させた問題解決型の指導システムを活用した検証授業（第5・6時）』の「予想・仮説」、「考察」、「結論」の「生徒の記述（Ⅰ）～（Ⅲ）」において、特に波線部分の記述に注目すると、抽象的で漠然としていた考え方から、検証結果に基づいた論理的なものへと思考が発展していく変容が読み取れる。（前頁（Ⅰ）マイナスの電気が入る、（Ⅱ）負の電気によって打ち消された、（Ⅲ）負電荷によって引き寄せられる）このことから、問題解決型の学習の効果として、生徒の「思考」の深まりを検証できた。

### (2) 「実証性」、「再現性」、「客観性」の三つの観点で自己評価・相互評価を行うことの有効性と指導者によるフィードバックの効果

今回6時間の検証授業の全てで問題解決型の授業を行い、科学的な見方や考え方の三要素において、指導者の評価とアドバイスをワークシートに記入し、次時に生徒へのフィードバックを行った。検証授業における生徒の自己評価、相互評価、指導者の評価の平均値の推移（図4）によると、自己評価は第1・2時から第3・4時にかけて一度下降した。これは、相互評価や指導者のフィードバックを取り入れたことで生徒の自己評価の視点が広がり、基準の設定を上げたことが原因である。また、生徒の自己評価の妥当性を指導者の評価に照らして比較し分析すると、双方の評価が一致する割合が高まるとともに平均値も上昇した（図5）。その一方で双方の評価がCとA、CとBの組合せの割合が下降した。よって、生徒は客観的かつ適正に自己の問題解決の学習の在り方や問題解決の能力を見つめられるようになったことが検証できた。

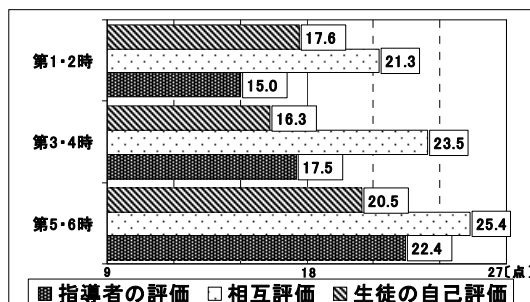


図4 実証性、再現性、客観性の全評価項目における平均値の推移 (A:3点,B:2点,C:1点 全9項目)

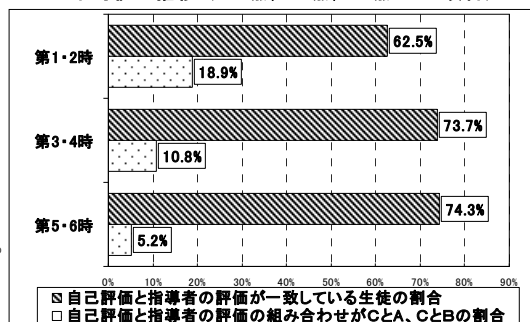


図5 生徒による自己評価と指導者による評価の妥当性

## 第4 研究の成果

授業前後の生徒の意識を比較すると「科学的な見方や考え方が自分に身に付いた」と回答した生徒の割合は20.8%から56.1%（図6）、「自己評価をすることは大切である」と答えた生徒の割合は75.0%から93.7%に上昇した（図7）。よって次の成果が明らかとなった。

- ・ 生徒が問題解決の過程に沿って学習活動を行い、学習内容と自己の学習状況を「実証性」、「再現性」、「客観性」の要素ごとに適切に把握することが、科学的な思考の促進につながった。
- ・ 問題解決型の学習において、各要素を生徒に常に意識させながら授業を進めるとともに指導者によるフィードバックを加えることで、科学的な見方や考え方の育成が図れた。

## 第5 今後の課題

- ・ 授業実践を通じて開発物の有効性を高め、量的・質的な充実と活用の幅を広げること。
- ・ 生徒の科学的な見方や考え方の向上を図るため問題解決型の授業を継続的に行うこと。

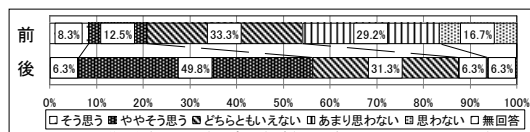


図6 科学的なものの見方や考え方が自分に身に付いていると思いますか。

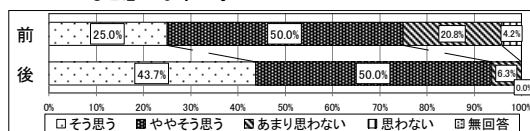


図7 自己評価をすることは大切だと思いますか。