

「科学的に考察する力」を育成する中学校理科指導（第二年次）

－より妥当な考察をする際の「考え方」の機能化と顕在化－

長期研究員 和田 陽 輔

《研究の要旨》

本研究は、中学校理科において「科学的に考察する力」の育成を目指した。そこで、生徒がより妥当な考察をする際に働かせる「考え方」を「多面的な考え方」に焦点化し、探究の過程を通して、生徒の「多面的な考え方」の機能化と顕在化を繰り返し図れるようにした。その際、学習場面を工夫したり、「多面的な考え方」を振り返る場面を設定したりした。その結果、生徒は「多面的な考え方」をより機能化、顕在化できるようになり、それが「科学的に考察する力」の高まりに寄与することが分かった。

I 研究の趣旨

福島県教育委員会による「令和4年度授業改善グランドデザイン」では、全国学力・学習状況調査中学校理科の結果を受け、授業改善のポイントとして次のことが示された。「観察、実験の結果や観測データなどの科学的な根拠となる複数の事実を蓄積、共有し、目的に応じた情報を取捨選択する活動を多く取り入れること」、「観察、実験の結果の処理、考察などの場面では、科学的な根拠に基づき、自分の考えをより妥当なものにすることができるようにすること」である。つまり、観察、実験の複数の結果を分析して解釈し、より妥当な考察ができるようにするための授業改善が求められている。

第一年次研究では、「科学的に考察する力」を「仮説や検証計画と関連させて、観察、実験の結果を分析して解釈する力」と定義し、その育成を目指した。協力校の生徒は結果を基に考察することを苦手としていたため、自然の事物・現象に変化を与えると考えられる要因（以下、変化の要因）から一つの仮説を設定し、その仮説や生徒自ら立てた検証計画を基に、結果を批判的に見直す実践を行った。これにより、理科の考え方（比較、関係付け、条件制御、多面的に考えること）を働かせながら、一つの条件設定から得た結果を基に、科学的に考察することができる生徒が増加した。一方で、既習事項や既有経験という側面を踏まえながら、結果を分析して解釈することが不十分な生徒がいた。このことは、理科で働かせる考え方の中でも、特に、多面的に考えることに課題があると考えた。

以上のことから、第二年次研究では、「科学的に考察する力」を育成するため、複数の結果と既習事項・既有経験を相互に関連付けながら分析して解釈し、より妥当な考察をすることができる生徒を目指す。このことに関連して、小学校学習指導要領解説理科編では、より妥当な考えをつくり出すといった問題解決の力を育成するため

には、自然の事物・現象を多面的に考えることが大切であると示され、このことは、中学校における学習につなげていくことにも留意する必要があるとされている。また、その具体も例示されている。これらから、生徒がより妥当な考察をする際に働かせている「考え方」として、本研究では「多面的な考え方」に焦点化し、五つの視点に整理して、研究を進めることとした。

その視点とは、「変化の要因や課題に対する考察を、既習事項・既有経験と関連付けて考えること」（以下、視点①）、「変化の要因や課題に対する考察を、他者の考えを踏まえて考えること」（以下、視点②）、「より妥当な考察に向けて、結果を基に、自他の予想や仮説、実験方法を振り返り、再検討しながら考えること」（以下、視点③）、「より妥当な考察に向けて、複数の結果を基に考えること」（以下、視点④）、「課題解決に向けて、図などを活用して考えること」（以下、視点⑤）である。

生徒が、より妥当な考察をする際、「多面的な考え方」を働かせることを「考え方」の機能化、「多面的な考え方」を言葉や図で表すことを「考え方」の顕在化とし、それらを探究の過程で繰り返し行うことで、「科学的に考察する力」を高めていきたいと考えた。

II 研究の概要

1 研究仮説

中学校理科の授業において、探究の過程を通して、生徒の「多面的な考え方」の機能化と顕在化を繰り返し図られるように、以下の手立てを講じれば、「科学的に考察する力」を育成することができるだろう（図1）。

【手立て1】多面的に考えるための導入場面の工夫

【手立て2】比較したり、関係付けたりしながら考察する場面の工夫

【手立て3】働かせた「多面的な考え方」を価値付けるための振り返りの場面の設定

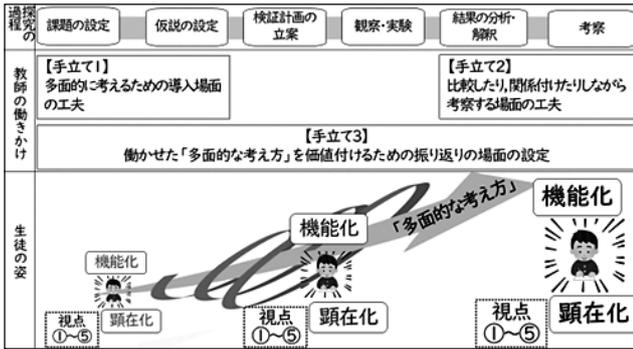


図1 研究構想図

2 研究の内容

(1) 【手立て1】多面的に考えるための導入場面の工夫

導入場面では、複数の仮説を設定することで生徒が多面的に考えるための基盤をつくる。そのために、まず、生徒の気づきや疑問を多面的に引き出し、複数の変化の要因を見いだすことができるように、自然の事物・現象の提示の仕方を工夫する。次に、これらを分類、整理し、自他の変化の要因の理由を共有しながら焦点化していく。そうすることで、条件を変えた変化の要因ごとに仮説を立て、次時以降の探究の過程につなげるようにする。

(2) 【手立て2】比較したり、関係付けたりしながら考察する場面の工夫

考察場面では、結果を変化の要因ごとの仮説と関係付けたり、結果同士を比較したりすることで、より妥当な考察ができるようにする。そのために、まず、自分以外の他者の結果も正確に捉えて考察ができるように、結果の分析にタブレットを活用する。次に、互いの考察の共通点や差異点に着目しながら比較、検討していく。これらの活動を通して、より妥当な考察ができるようにする。

(3) 【手立て3】働かせた「多面的な考え方」を価値付けるための振り返りの場面の設定

毎時間の振り返りの場面では、生徒が本時で機能化、顕在化させた「多面的な考え方」を振り返ることができるようにする。そのために、まず、生徒が「多面的な考え方」に着目できるように、教師が振り返りの視点を明示する。次に、その視点で振り返った生徒の記述を教師が価値付けていく。このような価値付けを繰り返し行うことで、「多面的な考え方」のさらなる機能化と顕在化が、次の探究の過程でも行えるようにする。

3 研究の実践

対象生徒 第3学年17名（1学級）

授業実践Ⅰ 「化学変化と電池」（6時間）

授業実践Ⅱ 「力のはたらき方」（5時間）

本稿では、授業実践Ⅱを中心に述べる。

(1) 【手立て1】多面的に考えるための導入場面の工夫

生徒の実態を踏まえ、既習事項や既有経験と関連付け

やすい「浮力」を扱うことにした。それにより、自分たちの生活とも関連が深い問題を解決したいという生徒の思いを高め、「浮力の大きさは物体の何によって決まるか」という課題を設定することができた。なお、物体そのものに注目させるため、水は変化の要因として扱わないようにした。

まず、仮説の設定場面では、浮力の大きさの変化の要因を既習事項や既有経験などを踏まえて個人で考えさせた。そうすることで、生徒は、密度や圧力などの既習事項を基にしたり、日常生活での経験や現象を想起したりしながら、複数の変化の要因を考えることができた。次に、複数の変化の要因を分類、整理し、焦点化を図った。ある班では、「物体の密度」と「物体の重さ」の二つの変化の要因が出た。そして、その変化の要因を挙げた理由を互いに共有することで、二つは同じ変化の要因であることを見だし、それらを焦点化した（図2）。

C1: 変化の要因は重さか密度。
(C1は変化の要因の理由については考えられなかった。)

C2: 変化の要因は重さ。物体が重いと重力がよりかかって、浮力が低下して、重力の方が(浮力より)強くなるから。逆に、軽いと浮力の方が(重力より)勝ってくるから。

C3: 変化の要因は密度かなと思いました。理由は、過去の単元で、水より密度の小さいものは浮き、密度の大きい金属類は沈んだから。〈視点①〉

C1: 頭の中で(2人の考えを)整理していた。〈視点②〉
だって、密度がこうじゃん。

(C1が、C2とC3に対して、密度は単位体積あたりの質量であることを身振りを加えながら伝える。)

だから、(密度)イコール、重さだね。〈視点②〉

焦点化

図2 対話による変化の要因の焦点化

その後、各班から挙げた変化の要因とその理由を全体で共有することで、七つの変化の要因を四つに焦点化し、さらに、変化の要因の理由が明確になった（図3）。

変化の要因	変化の要因の焦点化	変化の要因の理由
物体の重さ 物体の質量 物体の密度	物体の密度	物体の密度は、物体の浮き沈みに関係していたから。
物体の大きさ 物体の体積	物体の体積	物体の体積が大きいと、受ける力や水圧が大きくなるから。
物体の底面積	物体の底面積	圧力の大きさは、力を受ける面積の大きさと関係していたから。
物体の沈める深さ	物体の沈める深さ	浮力が生じる原因の水圧の大きさは、水深と関係していたから。

図3 焦点化した変化の要因とその理由

これらの活動を通して、課題を解決するために複数の仮説が設定された（図4）。そして、多面的に考えるための基盤をつくることができた。

仮説：物体の要因が変化すれば、浮力の大きさも変化するだろう。

変化の要因：密度
体積
底面積
沈める深さ

図4 変化の要因ごとの仮説

(2)【手立て2】比較したり、関係付けたりしながら考察する場面の工夫

まず、複数の結果を比較しやすくするため、四つの仮説を確かめるために得た実験結果を、授業支援アプリを使い、変化の要因ごとに提出させた。そして、各班の結果がすべて出そろった後、それをタブレットで共有した。それにより、生徒一人一人が、自他の結果を比較したり、自分が注目していた仮説の結果とほかの仮説の結果を比較したりするなど、主体的に結果を分析した。それが、それぞれの変化の要因の結果の規則性を正確に捉え、浮力の大きさとの関係性を見いだすことにつながった。

次に、より妥当な考察に向けて、互いの考察を共通点や差異点に着目しながら比較し、個々での考察では迷っていた部分を、他者の考えを踏まえて検討した(図5)。

C1: みんな同じだと思うけど、「体積が大きければ浮力も大きくなる」と書いたけど、そこどう? <視点②③> ※迷い
 C2: うん。
 C3: 同じ。
 C1: 密度(の結果)がよく分からなかった。どんな感じに書いた? <視点②③> ※迷い
 C2: 密度だけでなく、底面積や沈める深さも、0.01(N)ぐらい(の差)でちょっと変化するけど、体積より変化が小さいから誤差とした。 <視点④>
 (C2が発言している間、C3はその考えに何度もうなずく。C2と同じ考えであることをC1とC2に伝えている。) <視点②>
 C1: 誤差って考えて(浮力が)変わらないって書いた? <視点②③> ※迷い
 C2: そう。
 C1: 同じだ。(C3に対して)同じ感じ? <視点②>
 C3: 同じ。

図5 対話による考察の妥当性の高まり

こうした対話活動によって、より妥当な考察にすることができた(図6)。

対話活動前、物体の密度に関する記述がない。

<考察>
 ・体積の浮力は物体AとBの差がどの班も似ているので「体積が大きいほど浮力も大きくなる」
 ・2つの班を誤差とみて、「底面積では浮力は変わらない」

↓

③ 誤差とみて、「密度では浮力は変わらない」

対話活動後、他者の考えを踏まえて、物体の密度に関する記述を加える修正を行い、より妥当な考察にすることができた。

図6 より妥当な考察にできた記述

班ごとに考察を検討し、それを学級全体で共有していくことで、「浮力の大きさは物体の体積によって決まる。物体の密度や底面積、沈める深さには関係しない」など、複数の側面を踏まえた、より妥当な考察にすることができた。

(3)【手立て3】働かせた「多面的な考え方」を価値付けるための振り返りの場面の設定

まず、仮説の設定後の振り返りの場面について述べる。ここでは、「仮説を立てるのに大切なこと、意識したことは何か」という視点を振り返りシートに明示し、生徒が「多面的な考え方」に着目できるようにした。それ

により、生徒は、「大切なことは、これまでの経験や学んだことを基に考えること。班や全体で仮説を立てる時は、自分では出せなかった仮説や自分と同じ仮説でも理由が違う場合は、それぞれの中でどれが一番課題の答えに近そうか比べることを意識しました」と記述した。既習事項や既有経験を踏まえて考えたり、自他の考えを比較して考えたりしたことで、根拠のある仮説が立てられたことを、教師が価値付けた。

次に、考察後の振り返りの場面について述べる。ここでも、振り返る視点を明示したことで、生徒は、「誤差の判断が難しかったが、友達の意見で、もやもやがすっきりした。皆の意見で間違いに気付くことができた」と記述した。複数の結果を比較して考えたり、自他の考察を検討したりしたことで、より妥当な考察を導き出したことを、教師が価値付けた。

このように、探究の過程を通して、繰り返し教師による価値付けを行ったことで、生徒は、他者の考えを踏まえて考える視点②を要としながら課題の解決に取り組んだ。それが、「多面的な考え方」をより機能化、顕在化させ、科学的に考察する姿につながった。

その後、生徒がこれまで機能化、顕在化させてきた「多面的な考え方」を活用して、新たな課題に取り組む場面を設定した。ここでは、物体の底面積によって浮力の大きさが変わらない理由を考えた。生徒は、水中の物体に加わる水圧の大きさやそれにより生じる浮力の大きさについて、既習事項である力の矢印で表したり、具体的な数値を用いたりしながら考えた(図7)。そして、互いの図を比較、検討していくことで課題を解決した。

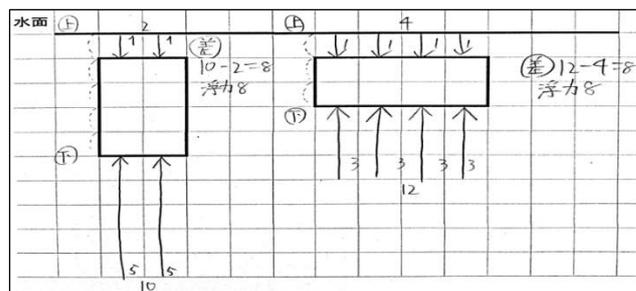


図7 水中の物体に加わる力の図示

課題解決後の生徒の振り返りには、「多面的な考え方」に着目できている記述が見られた(図8)。

課題解決に向けて、どのように考えたり、取り組んだりすることが大切か

<本日の振り返り>
 課題を解決する時、大切なのは、過去の学んだ事や経験したことをベースに考えたり、数値にして考えたり、友達と意見を共有し、使えそうなものを取り入れていくことが大切だと思っています。

視点①
 視点②
 視点③

図8 三つの視点を含む「多面的な考え方」の記述

このように、新たな課題においても「多面的な考え方」の機能化と顕在化が行われており、「多面的な考え方」が他の探究の過程でも活用できていることを確認できた。

III 研究のまとめ

1 「科学的に考察する力」育成の検証と分析

(1) 考察の記述内容の検証

「科学的に考察する力」の変容について、令和4年度末の考察記述と令和5年度後期実践の考察記述を用いて検証した。その結果、結果を根拠として、課題に対する科学的に正しい主張が考察できた割合は、53%から60%に上昇した。根拠に一部不足はあるものの、結果を根拠として、課題に対する科学的に正しい主張が考察できた割合も含めると87%にまで上昇した(図9)。このことから、学級全体において、「科学的に考察する力」が高まりつつあると考えられる。

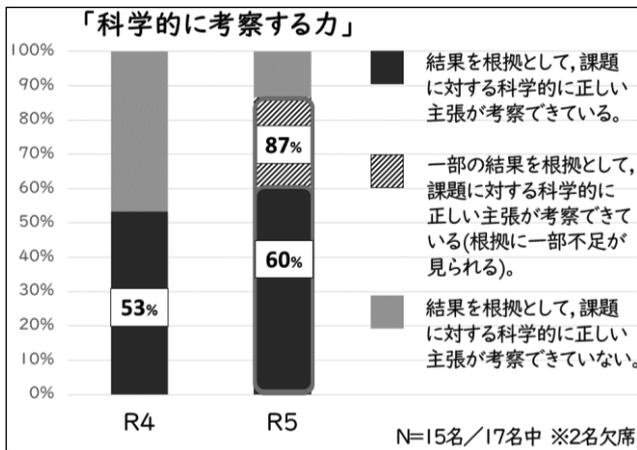


図9 「科学的に考察する力」の変容

(2) 「科学的に考察する力」と「多面的な考え方」の機能化と顕在化との関係

まず、「科学的に考察する力」の変容に用いた、令和5年度後期実践の考察記述を2点満点で点数化した。次に、単元全体の探究の過程を通して、「多面的な考え方」の視点に広がりが見られたかどうかを調べるため、視点の増加数を調べて、それを点数化した。その際、毎時間、一人一人の振り返りシート of 全記述を確認した。最後に、それら二つの点数の相関を調べた。その結果、二つの間には、中程度の正の相関^{※1}が確認できた。このことから、「科学的に考察する力」の高まりと「多面的な考え方」の機能化と顕在化の高まりには関係があると分かった。

※1 相関係数 $r=0.43$ ($n=15$)。相関係数 r の基準としては慣例に倣い、 $0.20 \leq r < 0.40$: 弱い正の相関、 $0.40 \leq r < 0.70$: 中程度の正の相関、 $0.70 \leq r \leq 1.00$: 強い正の相関とする。

(3) 意識調査

本研究では、「多面的な考え方」の機能化と顕在化により、生徒の考察への認識に変化が表れると考えた。そこ

で、実践の前後で考察に関する自分の考えを自由に記述する調査を実施した。

学級平均	事前(6月)	事後(9月)	統計検定結果	
総語数	22.00	34.07	$p < .05$ 有意差有り	$d = 0.98$ 効果量大
異語数	18.73	24.53	$p < .05$ 有意差有り	$d = 0.71$ 効果量中

図10 語彙数の変化

その結果、記述量の明らかな増加が確認できた。そのため、記述に使用した語彙の延べ数である総語数や、異なった語彙を何種類使用したかを表す異語数を調べたところ、事後はどちらも学級平均で統計的に有意に増加した(図10)。事後の記述からも、「多面的な考え方」を意識した表現になっているのが分かる(図11)。このことから、「多面的な考え方」の機能化と顕在化を図った学習を通して、考察に関する認識の広がりを感じることができた。

	事前の生徒記述(6月)	事後の生徒記述(9月)
生徒A	実験で得た複数の結果から<視点④>共通点をみだして、課題に基づき<視点③>客観的に見て、納得できる考えを書くこと。	実験結果、これまでに学んだ知識などを使い、<視点①>課題に対して関係していると思う実験結果を基に考えることが大切であると思いました。<視点③④>さらに班や学級で考察を出す時は他の人の考察を見て自分とどこが違うかなども見ることが大切だと思いました。<視点②>
生徒B	実験から分かったこと、学んだことを書くそして、そこからさらに考えて発見したり気付いたり疑問点をあげる。	課題、仮説をもう一度振り返り結果とつなぎ合わせて書くことを意識する。<視点③>結果だけでなく、そこからさらに考えられること、分かることを自分なりに書くこと、覚えやすく新しい発見がでる。また、友達や班で出た意見もしっかり書きとめる。<視点②>
生徒C	実験の結果が、自分の立てた仮説と同じなのか考えること。<視点③>	実験の結果から分かったことや結果からの違いや同じ所、疑問に思ったことなどを書くように意識しています。<視点④>

図11 考察の認識の広がり

2 成果と課題

(1) 研究の成果

「多面的な考え方」の①から⑤の視点を組み合わせた授業実践が、生徒の「多面的な考え方」の機能化と顕在化につながった。特に、他者の考えを踏まえて考える視点②を他の視点と組み合わせることで、「多面的な考え方」の機能化と顕在化が促されることが分かった。

また、探究の過程を通して、生徒の「多面的な考え方」の機能化と顕在化を図り、その価値付けを教師が繰り返すことにより、生徒は「多面的な考え方」をより機能化、顕在化できるようになり、それが「科学的に考察する力」の高まりに寄与することが分かった。

(2) 今後の課題

振り返りシートを用いて検証した「多面的な考え方」の視点の変容を詳しく見ると、視点の広がりが見られない生徒が27%いた。それらの生徒の振り返りの記述を、単元の最初と最後で比較すると、質的な変容も見られなかった。教師による継続的な価値付けに加えて、生徒自身が「多面的な考え方」を価値付けられるように場を設定し、「多面的な考え方」のさらなる機能化と顕在化を図りたい。