

科学的な思考力を育む中学校理科の授業（第二年次）

—仮説と結び付けた結果の分析・解釈を通して—

長期研究員 嶋原 卓

《研究の要旨》

科学技術立国をめざす我が国にとって、科学技術人材育成へ向けた科学技術教育の充実が図られている。中学校理科で求められている力の一つに、科学的な思考力の育成が挙げられる。そのためには、生徒が自然の事物・現象から問題を見いだし、科学的に探究する過程が重要だと考える。第二年次となる本研究では、科学的に探究する過程における観察・実験結果を分析・解釈する段階を研究の中心に据えて、生徒の科学的な思考力の育成をめざした。

I 研究の趣旨

人口減少時代を迎える中、科学技術立国をめざす我が国にとって、次代を担う人材を養成・確保することが極めて重要な課題であるとされている。その要請は学校現場においても例外ではなく、小・中・高等学校教育全体を通じた理数教育の充実が求められている。中学校理科で育成することが求められている力の一つに、科学的な思考力が挙げられる。その育成のためには、生徒が主体的に自然の事物・現象から問題を見いだし、目的意識をもって観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する過程が重要である。

本研究では、現行の学習指導要領及び教育課程企画特別部会より示された「論点整理」を基に、科学的な思考力を以下の四つの力に整理し、授業実践を行った。

- ①自然の事物・現象から問題を見い出す力
- ②結果の見通しをもち、仮説・検証計画を立てて実験する力
- ③結果を基に客観的に分析・解釈し、規則化・概念化・モデル化などをする力
- ④結果を基に仮説を振り返り、筋道立てて考察する力

また、科学的に探究する過程を自然の事物・現象から問題を見いだし、観察・実験する段階までの前半部と結果の整理から結論を導く段階までの後半部の二つに分けた。

第一年次研究では、科学的に探究する過程の前半部を研究の中心に据えて、科学的な思考力の①と②を育む研究をした。Cothron, J.H. らが提唱した指導法“Four Question Strategy”（以下、4QS）^{*1}を基にしたワークシートを活用し、生徒に既存の知識や経験を基にして問題を見いだしさせたり、結果を見通して仮説・検証計画を立案させたりすることができた。しかし、考察場面では、自分の結果だけでなく他者の結果も踏まえて客観性ある考察を行うことや、得られた結果の妥当性を検討することに課題があることが分かった。文部科学省より示された次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ（報告）からも小学校、中学校ともに、「観察・実験の結果などを整理・分析した上で解釈・考察すること」

などの資質・能力に課題が見られることが示されている。

そこで、第二年次研究では、科学的な思考力③と④を育むため、科学的に探究する過程の後半部を研究の中心に据えた。そして、生徒一人一人に客観性ある考察をさせるため、結果の共有のさせ方や考察の視点のたせ方に手だてを講じ、指導した。そうすることで、二年間の研究を通じて、生徒一人一人に科学的な思考力を育成できると考えた。

※1 福島県教育センター「研究紀要第45集」P.60を参照。

II 研究の概要

1 研究仮説

科学的に探究する過程において、下記の手だてを講じれば、科学的な思考力を育むことができるだろう。

【手だて1】複数の結果の可視化

【手だて2】確証・反証を明確にした分析・解釈

2 研究の内容

(1)【手だて1】複数の結果の可視化

観察・実験の結果を基に、対象となる事物・現象から規則や概念をつかませるためには、結果を文章や表に整理し可視化することが大切である。第一年次研究では、各班の結果を黒板の表やホワイトボードに整理し発表させることで、結果の共有をさせてきた。しかし、全体での共有場面において、一部の生徒による考察の発表にとどまり、生徒一人一人が観察・実験結果に対して分析・解釈し、話し合うことができなかった。そのため、客観性のある考察には至らない生徒もいた。そこで、クラス全体の実験の結果を、福島県の公立の教育関係機関で使用することができる、Googleスプレッドシート（以下、スプレッドシート）を用いて共有させた。スプレッドシートを用いると、複数のユーザが同時に編集することができるため、各班の結果を即時に生徒たちの手で可視化し、共有することができる。そうすることで、複数の結果を基に客観性のある考察ができるようにした。

(2)【手だて2】 確証・反証を明確にした分析・解釈

① 仮説と結果を結び付け、考察させる工夫

観察・実験で得た結果を基に自分の仮説が確証したのか反証されたのか明確にすることは、自分の考えを見つめ直し、得られた結果の理由や原因を明らかにしながら筋道を立てて考察することにつながる。そこで確証・反証を明確にして考察できるよう、手順を示した手引きを配付し、生徒が仮説と結果を結び付け結果の妥当性を吟味しながら考察できるようにした。

また、他者のデータと比較しながら分析・解釈させることは、生徒が仮説に対する確信を強めたり、反証された原因を考えたりすることにもつながる。そこで、教師はデータを分析、解釈する視点として「自分の結果と他者の結果を比較する」「仮説や条件に着目し、結果を分類する」「関係付ける」「総合して見る」を示し、この順で分析・解釈させた。そうすることで、生徒が自らの力で規則化や概念化を図るなどの客観性の高い考察ができるようにした。

② ルーブリック評価の共有化

単元のはじめに学習活動の到達度を示すルーブリック(評価基準)を生徒と共有した。実践では、「結果を見通した仮説の設定」「客観性のある考察」「確証・反証を明確にした振り返りの記述」の観点について、3段階の尺度とそれぞれの記述の例を提示した。活動の視点を明確にすることで、生徒が目的意識をもって各活動が行えるようにした。

3 授業の実際と考察

対象生徒 第2学年126名(4学級)
 授業実践Ⅰ「化学変化と原子・分子」(6月, 7時間)
 授業実践Ⅱ「動物の生活と生物の変遷」(10月, 6時間)

本稿では実践Ⅱについて詳述する。

(1)【手だて1】に基づく授業

「野菜に含まれる消化酵素(本時ではアミラーゼ)は、デンプンに作用して麦芽糖を作り出し、人の消化を助けているか」という疑問を解決するために、生徒は麦芽糖に反応すると紫色に呈色する麦芽糖試験紙を用いて実験を行った。消化を助ける野菜としてダイコンやキャベツなどを対象にして、班ごとに実験に取り組んだ。班には1台、タブレット型パソコンを配置し、スプレッドシートにより各班の実験結果を可視化し、クラス全体で共有した(図1)。

	1班	2班	3班	4班	5班	6班
試験紙の種類	10℃	20℃	約100℃	80℃	50℃	40℃
反応の様子	反応なし	反応なし(薄っぺらい)	黄変	少し黄変	黄変	黄変
反応の色	非青色	少し反応した薄い非青色の淡黄	黄変	少し黄変	非青色の淡黄	非青色の淡黄
10分後			非青色の淡黄 温度が高いと反応が速い	40℃で反応が速い		1分間で黄変した

図1 スプレッドシート

生徒は、試験紙が呈色した濃さや速さの違いに着目し、それぞれの野菜に含まれる消化酵素の量や分解速度について分析・解釈をすることができた。そして、野菜に含まれる消化酵素が人の消化を補助していることに気付くことができた。スプレッドシートの活用は、クラス全体の結果を可視化し、共有する時間を短縮しつつ、生徒の手元での思考を可能にした。それにより、クラス全体の結果を意識し、分析・解釈しようとする生徒の姿が見られた。さらに全体の結果に対する互いの分析・解釈を班で話し合う場を設けることで、より客観性の高い考察を導くことができたと推察される。

(2)【手だて2】に基づく授業

「だ液の働きは温度に関係するののか」という疑問を解決するために、授業前に、単元のはじめに示したルーブリックを再度提示し、科学的に探究する過程において留意する点を生徒と共有した(図2)。

目標	A	B	C
仮説の設定	対照実験に留意し、変数を踏まえた、仮説、実験計画を立案することができている。	仮説、実験計画を立案することができている。	仮説、実験計画を立案できていない。
客観性	他の班の結果を踏まえ、クラス全体の傾向から客観性のある考察をしている。	自分の班の実験結果から考察している。	結果しか述べていない。または主観的な考察に終始している。
確証・反証	仮説と結果を関連付けながら結論を導き表現している。また、確証の場合には理由を述べたり、反証された場合には仮説の見直しをしている。	仮説と実験結果を関係付けながら結論を導き表現している。	仮説と実験結果を関係付けて結論を導いていない。

図2 授業実践で使用したルーブリック

ある生徒は「0℃から人の体温の36℃までは、水は変化しないが、だ液中の消化酵素の働きは大きくなるだろう」と4QSを活用して結果を見通し変数を踏まえた仮説を立案した。さらに、対照実験についてもルーブリック評価と合わせることで留意点を明確にした検証計画を立てることができた。班の中で話し合い10℃ごとに設定温度の条件を変えて実験をし、友人と分担して探究する姿が見られた。

観察・実験し、結果を分析・解釈する場面では「確証・反証の手引き」を使用し、4QSにより立案した仮説と観察・実験結果を見比べ、仮説の確証・反証を明確にした思考ができるようにした(図3)。

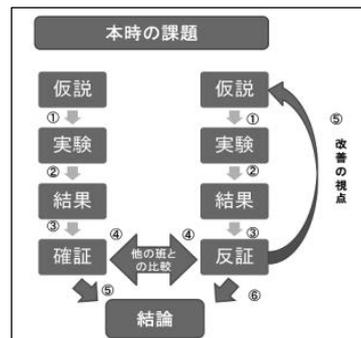


図3 確証・反証の手引き

さらに、仮説が確証した場合はその結果が妥当であ

る理由を考察し、反証された場合には仮説を改善する視点から考察できるよう、手引きの矢印④に着目させ、自分の班の結果と他の班の結果を比較・関係付けて分析・解釈させた。「水は温度を上げてても変化はしないが、消化酵素は温度を上げるほどよく働くだろう」と仮説を立てた班では、100℃付近まで温度を上げる実験をしたが80℃以上の温度ではベネジクト溶液が反応せず反証された。生徒は「確認・反証の手引き」を基に自分の仮説を振り返り、他の班の結果と比較し班で話し合った。さらにルーブリックを基にし、クラス全体の結果を総合的に分析・解釈することで、だ液に含まれる消化酵素が高温で働かない理由について、人間の体温と結び付けながら筋道立てて考察することができた(図4)。

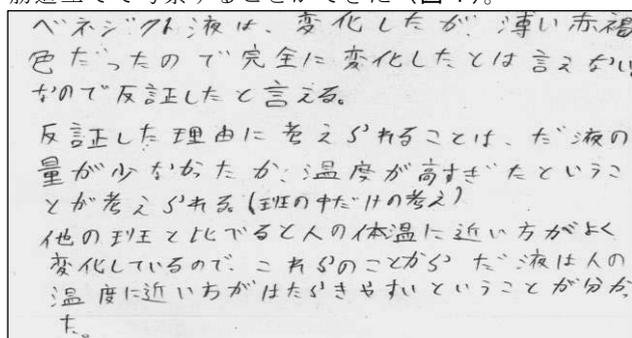


図4 仮説が反証された生徒の考察

これまでの学習において仮説が確認した場合、結果の妥当性を吟味することなく結論を表現していた生徒が「確認・反証の手引き」とルーブリックの活用により、自分の仮説を振り返り、自分の結果と他者の結果を比較し結果の妥当性を表現できるようになった。また、今まで仮説が反証された場合、自分の結果に対する分析・解釈を止めてしまい、教師からの解説を待つだけだった生徒も、改善の視点から自分の仮説を見つめ直し、反証された理由や原因を検討して考察することができた。特に仮説が反証された場合、他者の結果と見比べて自分の考えを改善し、再構成する必要性を生徒が自覚し考察を深める姿が見られた。

また、結果を分析・解釈する視点を示したことで、自分の結果のみから結論を表現していた生徒たちは、視点を得たことにより、他者の結果を踏まえて分析・解釈する見方や考え方が生まれ、より客観性の高い考察ができたと考えられる。

III 研究のまとめ

1 研究の成果

(1) 客観性のある分析・解釈について

授業実践Ⅰ・Ⅱにおいて使用したワークシートをルーブリックを基に授業者が評価を行った(図5)。

目標	評価の観点	授業実践Ⅰ	授業実践Ⅱ
仮説の設定	対照実験に留意し、変数を踏まえた、仮説、実験計画を立案することができている。	72%	78%
客観性	他の班の結果を踏まえ、クラス全体の傾向から客観性のある考察をしている。	17%	58%
確認・反証	仮説と結果を関連付けながら結論を導き表現している。また、確認の場合には理由を述べたり、反証された場合には仮説の見直しをしている。	30%	67%

図5 実践Ⅰ・Ⅱの生徒の変容 N=116

授業実践Ⅱでは他の班の結果を踏まえ、クラス全体の傾向から客観性のある考察ができた生徒が41ポイント増えた。また、仮説と結果を結び付けて結論を導き、仮説が確認した場合にはその理由を述べたり、反証された場合には改善の視点から仮説を見直したりできた生徒が37ポイント増加し、手だての有効性がうかがえた。

(2) 科学的な思考力の育成について

平成27年度全国学力・学習状況調査^{※2}を、単元終了後に実施した。研究協力校の正答率が全国と福島県を上回り、科学的な思考力に向上が見られる結果となった(図6)。

実験結果を仮説と結び付け、客観性や妥当性の視点から分析・解釈する力を養うことは、実験結果を規則化したり、概念化したりするなどの科学的な思考力を育むことに有効であったと推察できる。

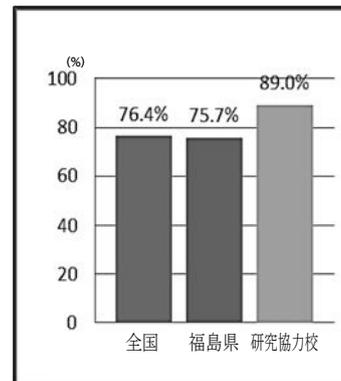


図6 問題の正答率

※2 設問番号7(2)評価の観点「科学的な思考・表現」の問題

2 今後の課題

授業実践を通して考察内容に変容の見られない生徒が存在した。これらの生徒たちの特徴として、考察を記述するワークシートの欄に観察・実験の結果を羅列した記述しかなく、結論が導出されていない場合が多かった。結果を分析・解釈する視点を継続的に指導していく必要があるとともに、ルーブリックを活用することにより、自分の考察した内容を自己評価や相互評価をしていく活動が必要である。そうすることで自分の考察を見直し、生徒自身の力で筋道立てた考察を表現できると思われる。

また、仮説が反証された生徒は改善の視点から考察し、考えを再構成していたが、それをクラス全体で検討し、実証する時間を確保することができなかった。再構成された仮説を科学的に探究できるような単元構想を工夫することで、生徒の科学的な思考力をより高めることができると考えられる。