

科学的な思考力・表現力を育成する理科授業の工夫 — 4 Q S を利用した定量的な仮説を設定する指導を通して —

尾道市立美木中学校 西野 亘

研究の要約

本研究は、中学校第1学年理科「力と圧力」において、科学的な思考力・表現力を育成する授業の工夫について研究したものである。文献研究から、科学的な思考力・表現力を育成するための方法の一つに、科学的に探究する過程において定量的なデータを分析して解釈する学習があり、そのためには、定量的な仮説を設定させることが重要であることを明らかにした。そこで授業では、定量的な仮説を設定させるために4 Q S を利用して独立変数と従属変数を意識させた。また、結果を記録する表に変化させる条件を数値で記入させた。この工夫により生徒は定量的な仮説が設定でき、自らが作成した実験計画を基に、目的意識をもって実験を主体的に行うようになった。定量的な仮説を設定する指導は、仮説の検証及び結論の導出による効果をもたらした。このことから、本研究における理科授業の工夫は、科学的な思考力・表現力の育成に効果があることが分かった。

キーワード：4 Q S 従属変数・独立変数

I 主題設定の理由

中央教育審議会答申（平成20年）の理科の改善の基本方針において、科学的な思考力・表現力の育成が求められている。これを受け、中学校学習指導要領解説理科編（平成20年、以下「解説」とする。）理科改訂の要点には、問題を見いだし、目的意識をもって観察・実験を主体的に行い、科学的に探究する学習活動を重視すると述べられている。

「平成24年度全国学力・学習状況調査【中学校】報告書」（以下「報告書」とする。）には中学校理科の指導上の課題として、「仮説を検証するための観察・実験を計画すること」「観察・実験などにおいて、定量的な取り扱いをすること」¹⁾などが挙げられており、所属校の結果にも同様の課題が見られる。それは、これまでの私の実践が、観察・実験の条件や要因を、あらかじめ生徒に示すことが多く、量的に表すことができるものは何か、条件と結果にはどんな関係がありそうかなどを思考させることができ十分ではなかったためと考えられる。また、「報告書」の指導改善のポイントには、改善例として、実験における独立変数と従属変数を挙げさせ、独立変数の変化に応じて、従属変数がどのように変化するかを予想させる指導が示されている。

そこで、観察・実験の計画段階で、生徒に科学的な思考・表現をさせる場面を設定する。4段階の問

いによって、現象に対する疑問から独立変数と従属変数を洗い出させ、条件を設定させ、仮説を立てさせるための指導法として4 Q S (Four Question Strategy)を取り入れる。さらに、より目的意識をもたせるために、設定させた条件を基にして、実験結果を記録する表を作成させる。このようにして定量的な仮説を設定する指導を行うことで、目的意識をもって観察・実験を主体的に行い、学習を探究的に進められるようになり、科学的な思考力・表現力を育成できると考え、本主題を設定した。

II 研究の基本的な考え方

1 科学的な思考力・表現力について (1) 科学的に探究する能力

中学校学習指導要領（平成20年）には、理科の目標として、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てることが挙げられている。そして、「解説」には、科学的に探究する能力の基礎と態度の育成が図られることで、科学的な思考力・表現力が養われる事が示されている。また、科学的に探究する活動例として、「問題の発見、実験の計画と実施、器具などの操作、記録、データの処理、モデルの形成、規則性の発見など」²⁾を挙げている。これら中学校における科学的に探究する能力は、小学校で身に付けた

問題解決の能力を更に高めるとともに、観察・実験の結果を分析して解釈することにより身に付けていくものである。

一方、具体的な問題を解決していく活動について五島政一・小林辰至(2009)は、川喜田二郎(1967)が提示した「W型問題解決モデル」を理科学習用に応用し、「理科教育用W型問題解決モデル」として提示している。W型問題解決モデルは、問題解決における思考と経験の相互作用の関連を理解しやすくするために、問題解決の過程を思考レベルと経験レベルに分けW字型に沿って俯瞰的に表現している。さらに、五島らは問題解決能力を身に付けるための学習段階を5段階に類型化している⁽¹⁾。それらの4段階目にある「室内観察実験探究モデル」は、W型の後半部にあたり、仮説検証的な方法で探究を行うものであり、「自然や日常生活の事物・現象やその変化等を原因と結果の関係でとらえ、検証可能な仮説を設定し、観察・実験計画を立て、器具の組み立て、観察・実験やモデル実験などで検証する能力を育成することを目的としている。」⁽³⁾と述べている。

これらを踏まえ「室内観察実験探究モデル」を参考にして、本研究で使用する科学的探究モデルを図1のように作成した。本研究では、このモデルで示した科学的探究の過程で必要となる能力を、科学的に探究する能力とする。

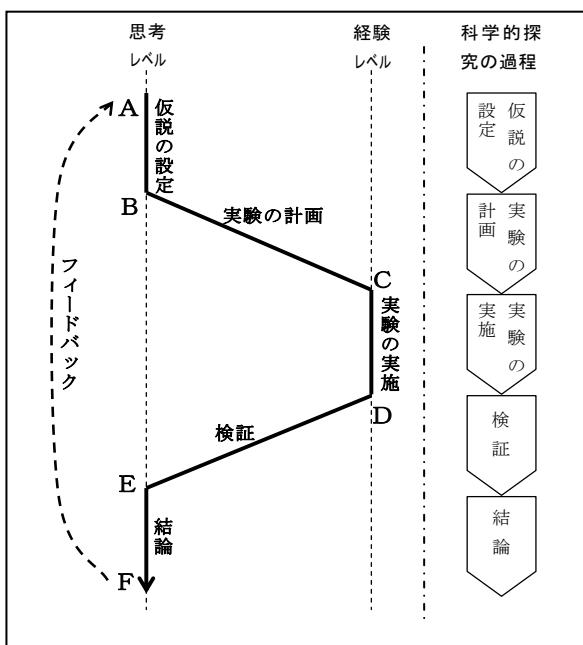


図1 科学的探究モデル

(2) 科学的な思考力

科学的な思考力について川崎弘作(2010)は、「科

学者の思考や方法を基にして捉えられてきており、一般的には科学的な探究や仮説検証における思考力だとされている。」⁽⁴⁾と述べている。

国立教育政策研究所(平成23年)は、「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料(中学校理科)」の科学的な思考・表現の特性への配慮において、「本観点では、生徒が自然の事物・現象の中に問題を見いだし、目的意識をもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する過程において思考したことなどを、発言や記述の内容、ペーパーテストなどから状況を把握する。」⁽⁵⁾と示している。

これらから、科学的な思考力とは、科学的に探究する過程での思考力であると考えられる。そこで、本研究では、科学的な思考力を図1で示した科学的探究モデルの経験レベルを除いた部分と捉える。すなわち、図1のA→B(仮説の設定)、E→F(結論)の思考のみの部分、B→C(実験の計画)から経験を除いた部分、及びD→E(検証)から経験を除いた部分である。これらの部分での科学的な思考力の具体的な内容を表1に示す。

表1 本研究での科学的な思考力・表現力の捉え

科学的探究モデル	科学的な思考力	科学的な表現力
仮説の設定(A→B)	・検証可能な仮説を設定する能力	・検証可能な仮説を言葉などで表す能力
実験の計画(B→C)	・仮説を検証するための実験計画を立てる能力	・仮説を検証するための実験計画を書き表す能力
検証(D→E)	・仮説を検証するために分析して解釈する能力	・仮説を検証したことなどを言葉などで表す能力
結論(E→F)	・一般化・法則化をする能力	・一般化・法則化したもの文や式などで表す能力

(3) 科学的な表現力

田代直幸(2012)は、思考力・判断力・表現力等の育成に言語活動が重視される理由として、「頭で行われている思考を把握するために、思考していることを表現させて、思考と表現を一体的に捉えていくことが重視されたのである。表現されたものから、思考の中身を探っていこうとする試みである。」⁽⁶⁾と述べている。

高橋博代ら(2011)は、「表現とは、思考に導かれて最終的に表出する思考の所産であり、言葉や図などで表すことができるものである。」⁽⁷⁾と述べている。

これらから、本研究では、思考と表現を一体的に捉え、思考に導かれて言葉や図などで表すことを表現とする。そこで、科学的な表現力を（2）で示した科学的な思考力と対応させて考え、図1の科学的探究モデルでの思考を言葉や図などを用いて表現する能力とする。本研究での科学的な表現力の具体的な内容を表1に示す。

2 4QSを利用した定量的な仮説を設定する指導について

（1）仮説を設定する指導の重要性

永益泰彦・小林辰至（2007）は、「生徒自らが、目的意識を高め、見通しを持って観察・実験を行うためには科学的探究の出発点である仮説設定の段階が重要である。」⁸⁾と述べている。

五島政一（2012）は、「問題把握とは、科学的に検証できる適切な問題を見つけることであり、適切な問題把握ができ仮説を立てられれば、半分は問題解決ができたといわれるくらい、問題解決の過程では重要な段階である。」⁹⁾と述べている。

これらから、科学的探究活動においては、検証可能で適切な仮説を設定することで課題の解決に向けて見通しをもって実験を行うことができるところから、理科授業で仮説を設定する指導を行うことは重要であるといえる。

（2）中学校における定量的な実験の位置付け

原俊雄（2003）は、自然現象の理解を、定性的把握から始まり定量的理解をした上で普遍的な法則化を行うとしている。また、小学校から高等学校に至る理科教育の問題点として、定性的把握から定量的理解に至る過程の考え方・思考法を習得する教育が十分になされていないことを指摘し、初步的物理学の学習時に、この考え方・思考法を習得させることができ最善の方法であると提示している。くしくもその後、学習指導要領の改訂が行われ、定量的な学習内容がそれまでの第2学年から第1学年に移行した。宮内卓也（2008）は、定量的なデータを分析して解釈する学習が第1学年に移ったことは、中学校の3年間を通して繰り返し学習でき、科学的に探究する学習の重視につながるとしている。このように、中学校での定量的な実験は科学的に探究する学習を重視するものであり、自然現象の系統的理を考えたときに重要な位置を占めるものであるといえる。

（3）4QSを利用した定量的な仮説

4QS（フォーカス）とは、Cothron. j. h (2000) が提唱したFour Question Strategyを基に、小林辰

至・永益泰彦（2006）が小学校教員養成課程の大学生向けに開発した、仮説を設定し文章化するための指導法である。それは、指導者があらかじめ設定したSTEP 1からSTEP 4の四つの問い合わせについて、グループ討論を行う過程において、仮説を設定する上で必要となる独立変数と従属変数の存在を意識化させるとともに、仮説の文章化を導くものである。四つの問い合わせは、次のようになる。STEP 1は、変化する事象を従属変数として簡潔に記述する段階である。STEP 2は、従属変数に影響を及ぼす独立変数に気付かせる段階である。STEP 3は、STEP 2で挙げた独立変数を実験条件としてどのように変化させるのかを考えさせる段階である。STEP 4は、STEP 1で挙げた従属変数を数量として表す方法を考えさせる段階である。そして、最後にSTEP 3とSTEP 4とを関連付けて仮説を文章で記述させる。

このように4QSを利用し独立変数と従属変数を踏まえて文章化した仮説を基にして、更に独立変数の定量化、すなわちどのように条件を制御するのかの数値化までを行うことを、本研究では定量的な仮説と定義付け、その効果を検証していく。

（4）4QSを基底としたワークシートの改良

大学生向けに開発された4QSを中学生向けに応用した研究はこれまでいくつかなされている。たとえば、金子健治ら（2010, 2011）の素朴概念の転換に与える効果やグラフの作成能力への効果、保坂修（2007）のオームの法則の実践的研究などがある。しかし、4QSを利用して定量的な仮説を設定することが、探究活動の各過程での思考力・表現力へ及ぼす効果について研究した例は無かった。

そこで4QSを基底として次ページに示す図2の改良を行った。一つ目は、仮説の設定から結論の導出までの探究の過程を一枚のワークシートにまとめたことである。これは、仮説の設定段階で洗い出した独立変数と従属変数が実験の計画、結果の記録、グラフの作成、結論の導出の各場面においても意識しやすくなるとともに、仮説を検証するときに仮説と結果を対比して考察がしやすくなることをねらったものである。二つ目は、仮説を設定する場面で、実験結果を記録する表を作成するようにしたことである。この表も含めて広義の仮説設定と捉え、定量化への意識を強化するとともに、変数を洗い出した位置から表へ矢印を引くことで、表の上段に条件（独立変数）、下段に結果（従属変数）がくる構造を習得しやすくしたものである。また、グラフを作成する場合にも、変数の意味に注目しやすい利点もある。

課題:		1年____組____番 氏名_____																																																																																	
仮説																																																																																			
①: 何について調べる?		②: ①を変化させる要因(条件) ③: どのように変えるか																																																																																	
		1	を																																																																																
		2	を																																																																																
		3	を																																																																																
		4	を																																																																																
④: 何をどうやって測定する?		仮説を立てよう																																																																																	
		○○を□□すれば、△△なるだろう(○○: 2の内容、□□: 3の内容、△△: 予想を書く)																																																																																	
実験		条件結果																																																																																	
実験方法		結果の処理(図やグラフで表そう)																																																																																	
		<table border="1" style="width: 100px; height: 100px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																																																	
		考察																																																																																	
		結論																																																																																	

図2 改良を加えたワークシート

III 研究の仮説と検証の視点と方法

1 研究の仮説

中学校第1学年「力と圧力」において、4QSを利用し、独立変数と従属変数を意識した仮説を設定させる。このようにして定量的な仮説を設定させれば、生徒は変数に注目し、目的意識をもって実験を主体的に行い、学習を探究的に進められるようになり、科学的な思考力・表現力を育成することができるだろう。

2 検証の視点と方法

検証の視点と方法について、表2に示す。

表2 検証の視点と方法

検証の視点	検証の方法
定量的な仮説を設定することができたか。	ワークシート
変数に注目し、目的意識をもって実験を主体的に行い、学習を探究的に進められたか。	アンケート 行動観察 ワークシート
科学的な思考力・表現力を育成することができたか。	ワークシート

3 研究授業の計画

- 期間 平成24年12月5日～平成24年12月18日
- 対象 所属校第1学年(2学級53人)
- 単元名 「力と圧力」の内「力の働き」部分
- 指導計画

次	時間	学習内容	本研究の工夫
1	2	力とは何であり、どんな種類があるかを知り、弹性力についての実験を行う。(実験①)	なし
2	1	力の表し方と単位について知る。 重さと質量の違いを知る。	
3	1	グラフの作成方法を知る。	
4	2	ばねの伸びについての実験を行う。(実験②)	1回目
5	2	スポンジのへこみについての実験を行う。(実験③)	2回目

※太枠は科学的探究モデルを取り入れた授業

4 授業の流れ

科学的探究モデルの授業の流れは、最初に従属変数となる現象を教師が提示し、課題を板書した。提示を従属変数のみとしたのは、独立変数への気付きに自由度を与え、より探究的に進めさせるためである。次に、生徒に個人で仮説を設定させた。本研究の効果を比較するために、実験①については定型文を示すだけにとどめ、実験②、③については、図2に示したワークシートを利用して仮説を設定させた。次に、班内で仮説を交流し、仮説の妥当性や実験が可能かなどの視点で仮説を統一させた。次に、図や言葉を用いて実験の計画を立てさせた後、実験器具を配布した。生徒の立てた実験計画と使用する実験器具の違いによる調整、及び実験中の注意点を指導した後に、実験結果を記入する表の上段部分の条件欄にどのように条件を変えるか数値を記入させた。班単位で実験を行わせ、結果を記入させた後に、個人でグラフの作成、仮説の検証、結論の導出をさせた。最後に、全体で結論の交流をして授業のねらいが達成できたか確認した。

IV 研究授業の分析と考察

1 定量的な仮説を設定することができたか (1) 定量的な仮説を設定することができたか

これより、本研究成立の前提となる定量的な仮説を設定することができたかについて分析する。

まず、独立変数と従属変数を踏まえた検証可能な仮説の文章化ができたかについて見ていく。授業で

の従属変数となる現象の提示については、実験①では軟式テニスボールを自由落下させて床から跳ね返る高さを、実験②ではばねを手で引いて伸びる長さを、実験③では、スポンジを手で押してへこんだ深さをそれぞれ生徒に見せた。

実験①から③について、どのような要因が従属変数に影響を与えていたかを踏まえた仮説が設定されているかを判断した。判断基準とそれぞれの基準の生徒数を表3に示す。

なお、今後の集計は、1回でも欠席のあった生徒を除き46人分で行い、適宜交流の場面を設定したが、個人で思考・表現した部分のみを使用した。論文中のp値は度数にする前のデータを使用した符号検定の結果であり、実験②と③では変化の方向性が予測できないため両側検定としている。「①と②」は実験①と②を比較したことを意味する。

表3 仮説設定の判断基準と生徒数(人)

段階	判断基準	①	②	③
III	独立変数、従属変数を踏まえた仮説を設定することができる。	13	37	41
II	独立変数、従属変数のどちらかを踏まえた仮説を設定することができる。	25	3	0
I	変数を踏まえた仮説を設定することができない。	8	6	5

①と②: $p < 0.0001$, ②と③: $p = 0.4240$

実験①と②を比較すると1%水準で有意な差が認められた。本研究の工夫で、検証可能な仮説を設定できる生徒が大幅に増加した。実験②と実験③では有意な差は認められなかった。

実験①においては、班で交流を行っても独立変数・従属変数を踏まえた仮説を設定することができない生徒が多くいたが、実験②、③においては、個人では問題把握が困難な段階I、IIだった生徒もより高い基準の仮説を記入できた。班で交流後に段階IIIに達しなかった生徒は実験②で5人、実験③で1人であった。この生徒には教師によるきめ細かい指導が必要である。しかし、多くの生徒は本研究の工夫と班での交流を通して仮説の設定ができるようになることが分かった。

次に、生徒aの仮説がどのように変容したかを、実験③のワークシートを利用した仮説の文章化の過程とともに図3に示す。実験①では本研究の工夫を利用していないので、変数への気付きが無く、思い付いた独立変数のみの文章であり、実験②では仮説に独立変数、従属変数とともに含まれており、実験③では更に定量的な表現も加わり、より検証可能な仮説が設定できるようになったことが分かる。

実験① ボールを落とす高さと関係がある。		
実験② おもりを重くすれば、伸びる長さは長くなるだろう。		
実験③		
<p>①: 何について調べる? スポンジのへこみ</p> <p>②: ①を変化させる要因(条件) ③: どのように変えるか 押す力をINから2Nへと変えていく</p> <p>④: 収をどうやって測定する? 測定</p> <p>仮説を立てよう 押す力をINから2Nへと変えたり、スポンジのへこみは 深くなるだろう。</p>		

図3 4QSを利用した仮説の設定

次に、条件制御の数値化ができたか見ていく。個人での仮説設定の後、班で仮説の妥当性や実験の実施が可能か検討させ仮説を統一させた。実験器具を配布した後、班で条件制御を決定させ、どのように条件を変化させるか数値を表に記入させた。よって、ここでは全10班からなる班単位での分析である。実験①において、ボールが軟らかいか硬いかで定性的な条件にした班が一つあったが、実験①における残りの班、及び実験②、③の全ての班が定量的な条件を設定できた。

これらから、ほとんどの生徒が本研究の前提となる定量的な仮説を設定することができたといえる。これを基に仮説設定が及ぼす効果について、これより分析を続ける。

(2) 仮説を検証するための実験計画を立てることができたか

ここでいう仮説を検証するための実験計画とは、独立変数と従属変数をどのように測定するかが明確にされている計画のこととする。判断基準とそれぞれの基準の生徒数を表4に示す。

表4 実験計画の判断基準と生徒数(人)

段階	判断基準	①	②	③
III	独立変数、従属変数をどのように測定するかが明確な実験計画を立てることができる。	17	28	23
II	独立変数、従属変数のどちらかをどのように測定するかが明確な実験計画を立てることができる。	9	12	16
I	変数をどのように測定するかがない。	20	6	7

①と②: $p = 0.0005$, ②と③: $p = 0.8318$

実験①と②を比較すると1%水準で有意な差が認められた。実験②と③では有意な差は認められなかった。実験①で段階Iの生徒の多くが、実験②、③では変数を意識できたことで、段階IIやIIIの実験計画を立てられるようになった。段階Iの生徒を分析すると、実験装置の図は描けているものの、測定方

法を書いていないものが多かった。これはこれまで自ら実験計画を立てることが少なかったからだと思われる。今後、実験計画を立てる学習を行っていき測定方法も自ら立案できるようにしていきたい。

段階Ⅲと判断をした生徒bの実験②における実験計画の具体例を図4に示す。

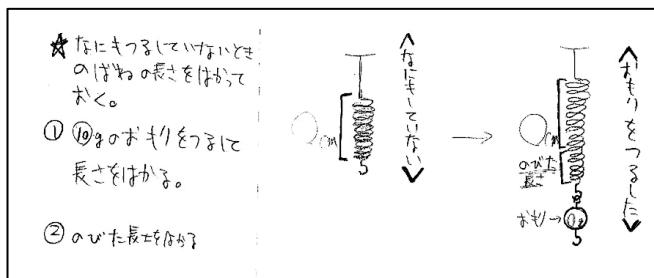


図4 判断基準Ⅲの例

以上（1）（2）から、ほとんどの生徒が定量的な仮説を設定することができたといえる。その際に独立変数と従属変数を意識させることが、仮説を検証するためにはどのように条件制御をし、どのような実験計画を立てればよいかを思考することによい効果を及ぼしたと考えられる。

2 目的意識をもって実験を主体的に行い、学習を探究的に進めることができたか

仮説の設定場面では、個人でいくつでも記述させた後、班で交流し統一させた。個人が思い付いた要因の全体での種類は、実験①から③の順で、それぞれ7, 6, 5種類である。そして、班で統一した仮説は、順に2, 1, 2種類となった。これは、班での交流で仮説の妥当性を主体的に判断した結果、仮説を探究的に設定できたことを意味している。

次に、条件制御と得るべき実験結果を意識して実験を行っているかについてのアンケート結果を、アンケート時に欠席した2人を除いて、研究授業の前後で比較し図5に示す。「よくあてはまる」「ややあてはまる」と答えた生徒の数は授業前に比べて授業後には有意に增加了。実際に生徒が設定した条件を刻む回数は、実験①から③の順でそれぞれ平均が6.5回、7.9回、7.9回であり若干増加している。これは、実験後にデータを分析して解釈する上で多くのデータが必要であることに気付いたため、仮説の検証を視野に入れた改善であり、科学的探究モデルの検証場面を見越した実験を行っていることを表している。

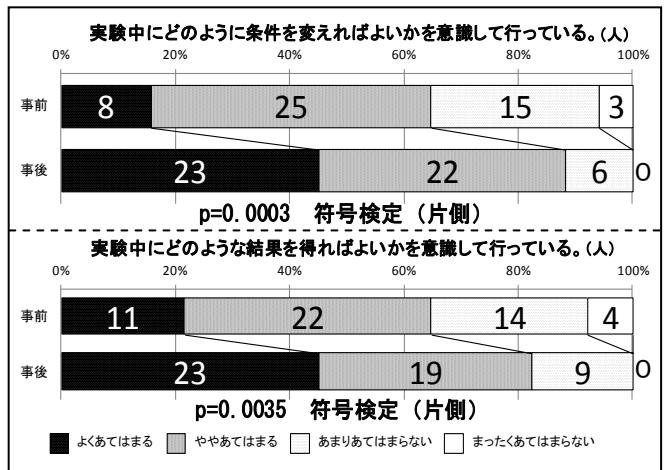


図5 目的意識に関するアンケート結果

これらから、本研究の工夫が、変数を意識することに現れ、特に条件制御や得るべき実験結果を意識でき、より目的意識をもって実験を主体的に行い、探究的に進められることに役立つことが分かった。

3 科学的な思考力・表現力を育成することができたか

(1) 仮説を検証するために分析して解釈することができたか

ここでは仮説を踏まえて分析して解釈することができたかを判断した。判断基準とそれぞれの基準の生徒数を表5に示す。

表5 仮説の検証の判断基準と生徒数 (人)

段階	判断基準	①	②	③
Ⅲ	仮説を踏まえて分析して解釈することができる。	21	35	37
Ⅱ	結果のみを踏まえて分析して解釈することができる。	3	7	3
I	分析して解釈することができない。	22	4	6

①と②: $p=0.0005$, ②と③: $p=1.0000$

実験①と②を比較すると1%水準で有意な差が認められた。実験②と③では有意な差は認められなかった。定量的な仮説を設定し、目的意識をもって実験を行えば、科学的な思考力・表現力である分析して解釈することができる生徒が増加することが分かった。

実験②における段階Iの生徒を分析すると、いずれも無記入であったが、4人中3人が実験③では段階Ⅲに上がっている。これは、実験②の授業のまとめで、どのようにすれば分析して解釈することができるかが分かったからだと思われる。逆に実験③では、新たに5人が段階Iとなっているが、いずれも

グラフが曲線であったり、原点を通らない直線であったりして、どのように分析して解釈すればよいのかが分からなかったからだと思われる。

段階Ⅲと判断した具体例として、生徒cの考察をグラフとともに、実験②を左側、実験③を右側にして図6上部に示す。

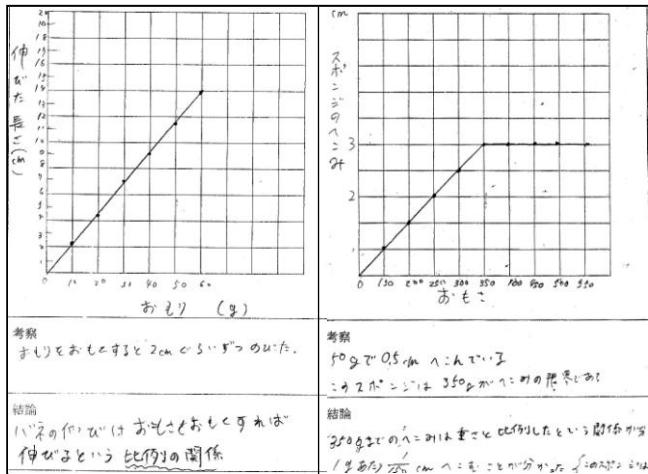


図6 判断基準Ⅲの考察の例

(2) 一般化・法則化ができ、結論を導くことができたか

ここでは、実験結果とグラフを基に一般化・法則化ができたかを判断した。判断基準とそれぞれの基準の生徒数を表6に示す。

表6 結論の導出の判断基準と生徒数(人)

段階	判断基準	①	②	③
III	一般化・法則化したことを定量的な文章や式などで表すことができる。	3	18	10
II	検証と同じ内容のことや定性的な文章を書くことができる。	22	18	26
I	一般化・法則化ができない。	21	10	10

①と②: $p=0.0009$, ②と③: $p=0.1338$

実験①と②を比較すると1%水準で有意な差が認められた。実験②と③では有意な差は認められなかった。定量的な仮説を設定させ、目的意識をもって実験を行えば、科学的な思考力・表現力である結論の導出ができる生徒が増加することが分かった。段階Ⅲと判断した結論の具体例を(1)図6の最下段に示す。

生徒の導いた結論を分析すると、実験①では、適切にグラフを作成できず、一般化・法則化もできない生徒が多かった。実験②では実験①の後にグラフの作成と読み方の授業を行ったこともあり、原点を通る直線のグラフを作成でき、一般化・法則化がで

きる生徒が増加した。これは、一般化・法則化ができるためには仮説の設定に加えて、グラフを読むことも重要な要素であることを示している。また、適切なグラフの作成ができるているにもかかわらず段階IやIIの生徒がいることから、グラフについての1時間の授業のみでは、実際にそれを活用して結論を導くのは難しいため、繰り返し指導をしていく必要がある。実験③では、曲線になった場合には、実験②で結論の導出ができた生徒でも、一般化・法則化ができなくなる生徒が多かった。

これらから、定量的な仮説を設定することは、結論の導出に有効であることが分かり、さらにグラフを読む能力も重要な要素であることが分かった。

(3) 定量的な仮説を設定することの科学的な思考力・表現力への効果

これまでの分析の結果、実験①と比較して実験②では高い基準の生徒が大幅に増加し、実験②と③では差は少ないと分かった。これは、全体的に見れば、本研究の工夫の効果が1回目ですぐに現れ、回数による変化の差は少ないと示している。では、仮説を設定することの効果が、生徒個々で見たときにどうだったか分析してみる。表7、表8は実験③における仮説の設定と仮説の検証及び、結論の導出についての生徒数をクロス集計したものである。

表7 実験③における仮説設定と検証のクロス集計表(人)

仮説	検証			計
	III	II	I	
III	34	2	5	41
II	0	0	0	0
I	3	1	1	5
計	37	3	6	46

表8 実験③における仮説設定と結論のクロス集計表(人)

仮説	結論			計
	III	II	I	
III	9	24	8	41
II	0	0	0	0
I	1	2	2	5
計	10	26	10	46

表7からは太枠で示すように仮説設定が段階IIIの生徒の多くが検証でも段階IIIであることが分かる。検証が段階Iの生徒は、グラフが曲線であったり直線が原点を通らなかったりしているため、仮説が検証できず無記入であった。

表8からは仮説設定が段階IIIの生徒でも結論では段階IIが多いのが分かる。これは、24人中15人のグラフは曲線又は原点を通らない直線であり、結論をどのように書けばよいかが分からなかったものと考

えられる。また、原点を通る直線のグラフを作成した生徒の中にも、そのプロットを見ると明らかに曲線的に並んでいるにもかかわらず、強引に直線を引いたものも見られ、段階Ⅲの結論を導出できない、すなわち関係はあるけどもどのような関係なのかまでは判断できなかったと考えられる。なお、実験②においては、表8の太枠に当たるセルが一番多く17人であり、やはり、結論の導出には、変数を踏まえて仮説を設定するという要素に加えて、グラフを読むことも重要な要素となっているものと思われる。

班での交流後も仮説設定が段階Ⅰの生徒は1人であり、その生徒は検証も結論も無記入の段階Ⅰであった。ワークシートを分析すると仮説の設定途中で記述が止まっていたことから、その段階で授業が進んでしまい目的意識をもてないままであったため、仮説を検証することも結論を導き出すこともできなかつたと思われる。

以上(1)(2)(3)から、定量的な仮説が設定できれば、仮説の検証、結論の導出ができる生徒の数は増加し、生徒個々で見ても定量的な仮説の設定ができることで、その効果が現れることが分かった。これらから定量的な仮説を設定することで、科学的に探究する過程において科学的な思考力・表現力を育成することができることが分かった。なおその際、適切にグラフを読む能力も関係しており、その指導も加えて行うことで効果が最大限に発揮されるであろうと思われる。

V 研究の成果と今後の課題

1 研究の成果

中学校第1学年「力と圧力」において、4QSを利用してすることで、独立変数と従属変数を意識した仮説を設定させることができた。そして、定量的な仮説を設定させれば、生徒は変数に注目し目的意識をもって実験を主体的に行うことができるようになった。さらに、定量的な仮説を設定することが、実験の計画、仮説の検証、結論の導出といった科学的に探究する過程で必要な科学的な思考力・表現力の育成に有効であることが分かった。

2 今後の課題

中学校3年間を見通して、どの単元が定量的な実験に適しているのか検討をして、計画的に指導を行うことが大事である。そして、中学校理科は定性的な実験も多くあることから、定性的な実験へも4QS

Sが利用できないか研究を進めていきたい。また、本研究の工夫に加えて、どのような指導を科学的に探究する過程のどの部分で行うのが、より効果的なのか、特にグラフを読むことに関する指導との相乗効果について検証を続けていきたい。

【注】

- (1) 五島らは、次の5段階に類型化している。①探検学習モデル、②野外観察学習モデル、③観察実験モデル、④室内観察実験探究モデル、⑤問題解決学習モデル。

【引用文献】

- 1) 国立教育政策研究所(平成24年) : 「平成24年度 全国学力・学習状況調査【中学校】報告書」 p.19
- 2) 文部科学省(平成20年) : 『中学校学習指導要領解説理科編』大日本図書 p.103
- 3) 五島政一・小林辰至(2009) : 「W型問題解決モデルに基づいた科学的リテラシー育成のための理科教育に関する一考察」『理科教育学研究』Vol.50 No.2 p.46
- 4) 川崎弘作(2010) : 「科学的思考力育成のための理科学習指導に関する研究」『広島大学大学院教育学研究科紀要』第二部 第59号 p.29
- 5) 国立教育政策研究所(平成23年) : 「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料(中学校理科)」 p.49
- 6) 田代直幸(2012) : 「観点別学習状況と評価の4観点」『今こそ理科の学力を問う 新しい学力を育成する視点』東洋館出版社 p.215
- 7) 高橋博代・鈴木啓督・井上創・金坂卓哉・藤田剛志(2011) : 「『表現』に着目した指導による科学的思考力の育成」『理科の教育』Vol.60 No.705 東洋館出版社 p.23
- 8) 永益泰彦・小林辰至(2007) : 「高校生の仮説設定能力に関する要因の構造」『理科教育学研究』Vol.48 No.2 p.63
- 9) 五島政一(2012) : 「問題解決」『今こそ理科の学力を問う 新しい学力を育成する視点』東洋館出版社 p.157

【参考文献】

- 川喜田二郎(1967) : 『発想法』中央公論新社
原俊雄(2003) : 「包括的理科の創造・自然科学的思考法の習得」『物理教育』第51巻 第4号
宮内卓也(2008) : 「第1学年第1分野の基本的な考え方と内容」『理科の教育』Vol.57 No.673 東洋館出版社
小林辰至・永益泰彦(2006) : 「社会的ニーズとしての科学的素養のある小学校教員養成のための課題と展望」『科学教育研究』Vol.30 No.3
上越教育大学大学院学校教育研究科理科教育学研究室HP
http://www.juen.ac.jp/scien/kobayashi_base/kobayashi.html