

中学校理科授業の改善方策に関する実践的研究

—生徒及び教師の有する課題双方に焦点をあてて—

吉岡 知恵

Chie YOSHIOKA

Practical Research on Strategies to Improve Junior High School Science Classes

—Focusing on Issues of Both Students and Teachers—

【 要 旨 】

全国学力・学習状況調査の結果、中学校理科では知識の活用に課題が見られ、島根県の教師については、目標を示す活動や振り返る活動を取り入れた授業を行っている割合が全国に比べ低いことに課題が見られることが指摘された。そこで、全国調査に見られた生徒及び島根県の教師の有する課題を改善するための授業を提案し、実践することを本研究の目的とした。

生徒の課題を克服するために、同調査の活用の4つの視点を取り入れた授業計画を立て、実践を行った。島根県の教師の課題を克服するためには、島根大学教育学部附属中学校理科授業の方法を参考にし、単元の学習内容のまとめりや授業のねらいを疑問文で表し、生徒に提示した。その結果、同調査に見られた生徒の課題を改善できる可能性があることがわかった。また、疑問文で表した学習課題を明示する島根大学教育学部附属中学校の方法は、検討する価値があると思われる。

【キーワード：中学校理科 知識の活用 学習課題の提示】

I 問題の所在

教育の成果と影響への関心の高まりから、OEC D（経済協力開発機構）の「コンピテンシーの定義と選択(DeSeCo)」プロジェクト(1997～2003)により、国際的に共通する能力概念として「キー・コンピテンシー」が定義された¹⁾。そして、キー・コンピテンシーのうち教育が担う部分を測るものとして、PISA 調査が実施されている。

日本における「キー・コンピテンシー」と同義の能力は、2008年改訂の学習指導要領の中に盛り込まれた「生きる力」である²⁾。

PISA 調査は、OECD 加盟国を中心とする15歳児を対象とした国際的な生徒の学習到達度調査である。PISA2006年調査では、科学的リテラシーが評価の中心分野であった³⁾。

日本の子どもの学力や学習状況を把握するものとして全国学力・学習状況調査（以下、全国調査と略）が実施されている。調査の結果、中学校理科では知識の活用が課題とされた。特に、実験の結果などを分析し解釈すること、実験を計画すること、課題に正対した実験計画や考察をすることなどに課題が見られた⁴⁾。これは、島根県の生徒も同様の傾向にある⁵⁾。加えて、学校質問紙の集計結果からは、島根県の教師は目標（めあて・ねらい）を示す活動や振り返る活動を取り入れた授業を行っている割合が全国に比べ低いことも明らかになった⁶⁾。すなわち、生徒も教師もそれぞれ課題を抱えており、これらの課題を解決しようとするのが本研究に取り組んだ筆者の問題意識である。

Ⅱ 研究の目的と方法

1 研究の目的

上述したような生徒や教師が有する課題を解決するための中学校理科授業を提案し、実践することを本研究の目的とした。

2 研究の方法

(1) 生徒の課題の解決を目指す授業計画

PISA 調査⁷⁾、全国調査⁸⁾、島根県学力調査⁹⁾ (以下、島根県調査と略)に出題された問題を自ら解答し、これら3つの調査の意図する「知識」と「活用」の意味内容をそれぞれ明らかにする。さらに、全国調査の「活用」の4つの視点、「適用」、「分析・解釈」、「構想」、「検討・改善」の意味内容を明らかにし、それを取り入れた授業計画およびワークシートを作成する。

(2) 教師の課題の解決を目指す授業計画

授業の冒頭に目標(めあて・ねらい)を示す活動を取り入れるために、島根大学教育学部附属中学校の理科授業における課題提示の仕方を参考にし、授業計画を立てる¹⁰⁾。また、振り返りシートを作成し、授業の最後に学習したことを目標に戻って振り返る活動も取り入れる。

(3) 授業実践

作成した授業計画、ワークシート等を用いて、12月中旬から公立A中学校の第1学年3学級98名¹¹⁾を対象に授業実践を行い、行われた授業に検討を加え、成果と課題を明らかにする。教科書は、A中学校で採択されている東京書籍『新しい科学1年』(2015)を使用し、中学校第1学年「大地の変化」単元、全18時間の授業を行う。

Ⅲ 授業計画の視点と構想

1 PISA 調査、全国学力・学習状況調査、島根県学力調査の問題構成とその特徴

(1) PISA 調査における科学的リテラシー^{3, 7)}

PISA 調査の科学的リテラシーでは、ある状況において科学的能力が要求され、科学的能力を発揮するとき科学的知識と態度が影響するとされている。調査問題には、ある状況において科学的知識を問うものと、科学的知識をどれだけ、どのように活用できるかを問うもの(科学的能力を問うもの)が出題されている。また、問題の状況は、個人的な状況、社会的な状況、地球規模の状況が設定されている。調査問題を実際に解いたところ、学校生活に限定されない、一般的なあらゆる生活

状況が設定されていることが明らかになった。

科学的能力は、科学的な疑問を認識する能力、現象を科学的に説明する能力、科学的証拠を用いる能力である。また、科学的能力には科学的知識が含まれる。

科学的知識とは科学の知識と科学についての知識をまとめて指す用語である。科学の知識は自然界に関する知識を指し、科学についての知識は科学の方法(科学的探究)と目標(科学的説明)を指す。

(2) 全国学力・学習状況調査「中学校理科」^{8), 12)}
この調査内容は、「国語」、「算数・数学」、「理科」の教科に関する調査と生活習慣や学習環境などに関する質問紙調査である。理科については、これまでに2012年、2015年の2回実施された。2012年度調査から理科が追加された背景の1つに、PISAの「科学的リテラシー」と関係が深い「理科」を対象教科とすることは有意義であると認められ、「理科」が対象教科とされた。このことから、全国調査の問題は諸外国の教育動向を強く意識していることがわかる。

教科に関する調査問題の枠組みは、主として知識に関する問題(以下、「知識」と略)と、主として活用に関する問題(以下、「活用」と略)となっている。中学校理科の「知識」では、理科に関する「基礎的・基本的な知識・技能」が調査されている。「活用」では、理科に関する「知識・技能を活用して、課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等」が調査されている。

中学校理科の調査問題が作成されるにあたり、「知識」と「活用」を枠組みとし、その枠組みと評価の観点をふまえて、主な視点が位置付けられている。「知識」では、評価の観点として、「自然事象についての知識・理解」、「観察・実験の技能」に関する問題が出題され、主な視点として、それぞれ、「知識」、「技能」が位置付けられている。「活用」では、評価の観点として「科学的な思考・表現」に関する問題が出題され、主な視点として、「適用」、「分析・解釈」、「構想」、「検討・改善」の4つが位置付けられている。これらは評価の観点「科学的な思考・表現」をより詳しくした形になっていると捉えることができる。表1は、調査問題の枠組みと主な視点及びその説明である⁸⁾。

表1より、生徒の課題として挙げられた、実験の結果などを分析し解釈することは「分析・解釈」、実験を計画することは「構想」、課題に正対した実

験計画や考察をすることは「検討・改善」の場面にあたることがわかる。これらのうち「分析・解釈」は中学校理科の分野の目標にもなっているため、重要な視点であると言える。

表 1 全国調査における問題の枠組みと主な視点及びその説明

枠組み	主な視点	説明
知識	知識	知識の問題では、自然の事物・現象についての基礎的・基本的な知識と理解を問う。
	技能	技能の問題では、観察・実験の操作、観察・実験の計画的な実施、結果の記録や整理など、自然の事物・現象を科学的に探究する技能の基礎に関する知識を問う。
活用	適用	適用の問題では、日常生活や社会の特定の場面において、基礎的・基本的な知識・技能を活用することを問う。
	分析・解釈	分析・解釈の問題では、基礎的・基本的な知識・技能を活用して、観察・実験の結果などを分析して解釈することを問う。
	構想	構想の問題では、基礎的・基本的な知識・技能を活用して、自然の事物・現象の中に問題を見いだして課題を設定し、予想や仮説を立てたり、観察・実験の条件を考えたりすることで観察・実験を計画することを問う。
	検討・改善	検討・改善の問題では、観察・実験の計画や結果の考察、日常生活や社会との関わりを思考するなどの各場面において、基礎的・基本的な知識・技能を活用し、観察・実験の結果などの根拠に基づいて、自らの考えや他者の考えに対して、多面的、総合的に思考して、検討して改善することを問う。

調査問題は、『中学校学習指導要領』（2008）に示された中学校理科の目標及び内容等に基づいて作成されている¹²⁾。実際に調査問題を解いたところ、想定される状況は理科に関する学校生活、日常生活における場面であることが明らかになった。

(3) 2014年度島根県学力調査「中学校理科」

島根県調査では、「国語」、「社会」、「数学」、「理科」、「英語」の学力調査と生活・学習意識調査が調査されている。

調査問題の枠組みや問題構成について説明された資料等は、筆者が管見する限り公表されていないが、集計結果は総合、基礎、活用、観点、領域ごとにまとめられている。島根県調査の「基礎」、「活用」の問題が、PISA調査の科学的リテラシーや全国調査の理科の調査問題における「知識」、「活用」の問題にあたるかどうかを調べるために、実際に調査問題を解いて出題意図を把握した。その結果、島根県調査における「基礎」、「活用」の問題は、全国調査の「知識」、「活用」の問題とおおむね同等とみなせることが明らかになった。また、出題された問題の状況は、主に理科授業を想定していることも明らかになった。

(4) 3つの調査問題の特徴

これまでに述べたことから、3つの調査には次のような特徴が見られることがわかった。

PISAの科学的リテラシーの調査問題には、科

学的知識を問うものと、科学的知識をどれだけ、どのように活用できるかを問うもの（科学的能力を問うもの）が出題されている。

全国調査の問題の枠組みである「知識」と「活用」は、学習指導要領の中学校理科の目標や評価の観点をふまえて出題されているが、PISA調査の影響を色濃く受けている。

島根県調査の問題構成も、PISA調査や全国調査とおおむね同等とみなせる。

しかし、問題に示された状況は、PISA調査はあらゆる状況を、全国調査は理科に関する学校生活や日常生活を、島根県調査は理科授業を想定しており、想定される状況の広さが異なっている。

2 授業計画の構想

授業は、教科書の冒頭に記載された探究の流れに沿って行い、課題の把握、観察・実験の実施、結果の考察、結論の導出を基本とした。この流れに沿って単元計画、授業展開を作成した。

(1) 生徒の課題の解決を目指す授業計画

① 活用の4つの視点を取り入れた授業計画

II 2 (1) に述べた視点で全18時間の授業計画を作成した。表2は全18時間の授業計画と取り入れた活用の視点を示している。「探究の課題」、「今日の課題」については、III 2 (2) で述べる。表2より、18時間中13時間で活用の4つの視点のうちの少なくとも1つが取り入れられた授業が計画できたことがわかる。

表 2 授業計画と取り入れた活用の視点

章	次	時間	学習課題 (探究の課題・今日の課題) *斜体は今日の課題を表す	活用の視点				
				適用	分析・解釈	構想	検討・改善	
1	1	1	【探究の課題】火山の形や噴火のようすは何によって決まるのだろうか？				○	○
		2	火山の形や噴火のようすは何によって決まるのだろうか？		○			
	2	1	【探究の課題】火山噴出物と火山の種類にはどのような関係があるのだろうか？					
		2	火山が噴火するとどのような災害が起こるのだろうか？		○			
		3	火山灰の広がりがからどのようなことがわかるのだろうか？	○				
	3	1	【探究の課題】火成岩とマグマにはどのような関係があるのだろうか？					
		2	火山岩と深成岩では、どのような特徴のちがいがあのだろうか？		○			
		3	火山岩と深成岩のつくりのちがいは何によって決まるのだろうか？		○			
	2	1	1	【探究の課題】地震のゆれはどのように伝わり、広がっていくのだろうか？				
2			地震のゆれは、どのようにして伝わるのだろうか？		○			
2		1	【探究の課題】地震によって生じる災害には、どのようなものがあるのだろうか？					
		2	地震によって生じる災害には、どのようなものがあるのだろうか？	○				
3		1	【探究の課題】地震はどのようにして起こるのだろうか？					
		2	地震はどのようにして起こるのだろうか？					
3	1	1	【探究の課題】自分たちの身のまわりの大地はどのようにしてできたのだろうか？					
		2	地層はどのようにしてできるのだろうか？				○	
		3	地層や化石からどのようなことがわかるのだろうか？	○				○
		4	堆積岩には、それぞれどのような特徴があるのだろうか？					
		5	地層の変形からどのようなことがわかるのだろうか？					
		6	自分たちの住む地域の大地には、どのような歴史があるのだろうか？				○	○

② ワークシートの工夫

使用するワークシートは以下の3点に工夫を加えた。

a 生徒の考えを表現させる手立て

全国調査では、記述式の設定での無解答率が高いことも課題となっている。そのため、授業で用いるワークシートには、生徒が自分の考えを記述する欄を多く設けた。しかし、自分の考えを持っていても文章で説明することが難しい生徒も想定されるため、文章だけでなく、図1のように図や表を用いて説明できるような指示を加えた。

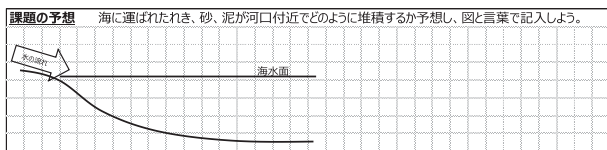


図1 図や表を用いて説明するワークシート

b 根拠を基に説明させる手立て

「適用」や「分析・解釈」の場面では、結論や実験結果から言えることだけを説明するのではなく、根拠を明らかにして結論や実験結果から言えることを説明する必要がある。そこで、図2のようにワークシートの根拠と実験結果から言えることの欄を分け、生徒が自分の考えを整理しながら記述できるようにした。また、図3のように「○だから△△である」のような、根拠を基に結論や実験結果から言えることを説明するための記述の型を与えて、文章で説明できるような工夫も加えた。

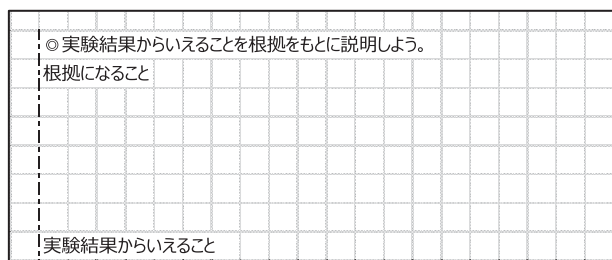


図2 根拠と結論の欄を分けたワークシート

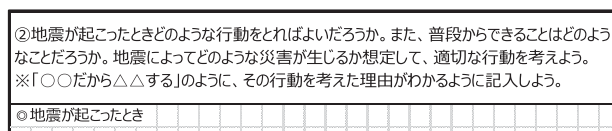


図3 記述の型を与えたワークシート

c 自分の考えの変化を知るための手立て

「検討・改善」の場面では、話し合い活動等で他者と考えを交流したあと、生徒自身が自分の考えをどのように検討し改善したのかをわかるよう

にするため、図4のように話し合い後の考えの変化も記録に残すようにした。



図4 考えの変化を記録させるワークシート

(2) 教師の課題の解決を目指す授業計画

① 目標（めあて・ねらい）を示す活動

生徒が目的意識をもって学習に取り組むためには、授業において明確な学習課題が提示される必要がある。『中学校学習指導要領解説理科編』（2008）でも、目的意識をもつことが強調されている。また、島根県教育センターによると、目標の提示や学習したことを振り返る活動が大切であるとされている¹³⁾。そこで、島根大学教育学部附属中学校の理科授業における学習課題の提示の仕方を参考にし、授業の初めに疑問文で表した学習課題を提示することにした。小單元における学習内容のまとめりごとの学習課題は「探究の課題」、観察・実験や話し合い活動につながる授業ごとの学習課題は「今日の課題」とした。

生徒は観察・実験や話し合い活動を通して課題を解決することを目的に学習を進める。そのため、実験方法を考えたり、結果を考察したりする際には、一旦学習課題に戻り、見通しを持った学習ができるように配慮した。これにより、全国調査において生徒の課題として指摘された、「学習課題に正対した考察を行うこと」についても克服できると期待される。授業の終わりには、まとめとして課題に対する結論を導き出す場面も設定した。

② 学習したことを振り返る活動

学習したことを課題に戻って振り返る活動には作成した振り返りシートを用い、授業の最後に記入させる。振り返りシートには、授業を通してわかったこと、わからなかったこと、調べてみたいことを自由記述する欄と、意欲と理解についての自己評価欄を設け、生徒が何を学ぶのか理解し、何を学んだか実感できるようにした。

IV 授業の評価

理科の評価の観点には「自然事象への関心・意欲・態度」、「科学的な思考・表現」、「観察・実験の技能」、「自然事象についての知識・理解」の4つの観点がある。III 1 (2)でも述べているように、活用の4つの視点は、「科学的な思考・表現」をより詳しくした形になっている。そこで今回は、授

業の評価も「科学的な思考・表現」を中心に評価することにした。

授業の評価は、章ごとの評価規準をもとに独自に作成した評価基準を用いて、主にワークシートの記述分析によって行う。それぞれの授業は、生徒全員が目標に到達することを期待して計画した。評価基準も全員が到達することを期待した基準としているため、基準はA、Bに分けず、1つのみとした。この評価基準は暫定的なものである。

紙幅の都合により、観点別評価規準表と作成した評価基準表は、第1章「火をふく大地」のもののみを表3、表4にそれぞれ示す。

表3 第1章「火をふく大地」観点別評価規準表

自然事象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての知識・理解
火山活動と火成岩に関する事象・現象に進入して関わり、それらを科学的に探究しようとするとともに、事象を日常生活とのかかわりで見よとする。	火山活動と火成岩に関する事象・現象の中に問題を見だし、目的意識を持って観察、実験などを行い、火山の形や活動のようす及び火山噴出物とマグマの性質との関連、火山岩と深成岩の組織の違いと成因との関連などについて自らの考えをまとめ、表現している。	火山活動と火成岩に関する観察、実験の基本操作を習得するとともに、観察、実験の計画的な実施、結果の記録や整理、資料の活用の仕方などを身に付けている。	火山の形や活動のようす及び火山噴出物とマグマの性質との関連、火山岩と深成岩の組織の違いと成因との関連について基本的な概念を理解し、知識を身に付けている。

表4 第1章「火をふく大地」評価基準表

次	時間	学習課題 (今日の課題)	評価基準	活用の視点			評価方法
				適用	分析・構想	検討・改善	
1	1	火山の形や噴火のようすは何によって決まるのだろうか？	マグマと火山の形との関係を見いだす実験方法を、条件制御の観点から考えることができる。		○	○	記述分析 発言
	2	火山の形や噴火のようすは何によって決まるのだろうか？	マグマと火山の形との関係を見いだす実験を行い、火山の形がちがいがマグマのねばりけによるものであることを、根拠をもとに説明できる。	○			記述分析
2	2	火山灰は、どのようなものでできているのだろうか？	火山灰の観察を行い、火山によって火山灰にふくまれる鉱物の種類や割合が異なることを見いだすことができる。	○			記述分析
	3	火山灰の広がりからどのようなことが分かるのだろうか？	既習事項を活用し、火山灰の性質を調べれば、離れた2つの火山灰の層が同じ火山の噴火かどうかを知る手がかりになることを説明できる。	○			記述分析
3	1	火山岩と深成岩では、どのような特徴のちがいがあのだろうか？	火山岩と深成岩の観察を行い、火山岩と深成岩のつりのちがいを、鉱物の結晶の大きさから説明できる。		○		記述分析
	2	火山岩と深成岩のつりのちがいは何によって決まるのだろうか？	結晶の生成実験を行い、火山岩と深成岩のつりのちがいをマグマの冷え方と関連づけて説明できる。		○		記述分析
	3	火成岩の色のちがいは何によって決まるのだろうか？	既習事項を活用し、火成岩の色のちがいを、造岩鉱物の種類や割合のちがいで説明できる。	○			記述分析

V 実践した授業の実際とまとめ

ここでは、第1章「火をふく大地」8時間の授業のみをとりあげ、その実際を報告するとともに、行われた授業に検討を加えた結果を報告する。

1 生徒の課題の解決を目指す授業計画

(1) 「構想」、「検討・改善」の場面

① 実践した授業の実際

第1章1次1時間目では、「火山の形や噴火のようすは何によって決まるのだろうか？」の課題のもと学習を進めた。はじめに、火山の形が何によって決まるのかを考えさせたところ、[1]マグマのねばりけ、[2]マグマの噴出する勢い、[3]マグマの噴出する量の3つの考えが出た。これらの考えをもとに、課題を解決するための実験として歯科用印象材を用いたモデル実験を行うことを伝えた。そして、生徒が実験の方法を考える場面を設定した。生徒から出された意見を取りまとめた後、それぞれが考えた方法が適切かどうかを検討して改善する場面を設定した。前者が「構想」の場面、後者が「検討・改善」の場面となる。

各自で方法を考えさせたところ、「印象材と水を混ぜ合わせたもののねばりけを変える」、「押し出す勢いを変える」、「量を変える」のように独立変数のみを挙げた生徒が95名中73名見られた。しかし、「検討・改善」の場面において、筆者が小学校第5学年の学習内容を振り返らせる発問を行うと、生徒が条件制御の観点が必要であることに気づき、独立変数と定数に保つものを明らかにしながら実験を計画するという方針が立てられた。その後、個人でワークシートに具体を記述させた。

② 結果

以下に、ワークシートの生徒の記述を挙げる。ただし、生徒の記述の()内は、筆者が加筆したものである。

生徒アは、[1]について調べる実験を「量と握る強さ(定数)は変えずにねばりけ(独立変数)を変える」、[2]について調べる実験を「ねばりけと量(定数)は変えずに握る強さ(独立変数)を変える」、[3]について調べる実験を「ねばりけと握る強さ(定数)は変えずに量(独立変数)を変える」と記述した。同様に独立変数と定数に保つものを明らかにして記述しているものが95名中40名に見られた。このような記述を計画[A]条件制御の観点から適切に実験を計画しているものとした。

生徒イは、[1]は「印象材の量と握る強さ(定数)は変えずに水の量(独立変数)を変える」、[2]は「水と印象材の量(定数)は変えずに握る強さ(独立変数)を変える」、[3]は「水の量と握る強さ(定数)は変えずに印象材の量(独立変数)を変える」

と記述した。[1]の方法で、印象材の量を変えずに水の量を変えると、ねばりけを変えることはできるが全体の量も変わってしまう。[3]の方法で、水の量を変えずに印象材の量を変えると、全体の量を変えることができるがねばりけも変わってしまう。つまり、この方法は、定数に保つものが意図せず変化してしまうことに気付かず計画を立てている。しかし、独立変数や定数に保つものを意識し計画を立てようとしていると言える。3つの実験のうち1つ以上の計画が立てられた記述が30名に見られた。このような記述を計画[B]条件制御の観点から実験を計画しようとしているものとした。

生徒ウは、[1]は「水の量（独立変数）を多めにする、少なめにする」、[2]は「握る強さ（独立変数）を強くする、弱くする」、[3]は「印象材の量（独立変数）を多くする、少なくする」と記述しており、独立変数についての記述はあるが、定数に保つものについての記述が見られない。同様な記述や、定数に保つものについてのみ記述しているもの、未記入のものが25名に見られた。このような記述を計画[C]条件制御の観点から実験を計画していないものとした。

③ まとめ

計画[A]、[B]の生徒の合計は95名中70名であり、全体の7割以上になったことから、課題を解決するための実験方法をおおむね適切に考えることができたと言える。

計画[B]の生徒は、変化させる条件と定数に保つ条件を整理して計画を立てること自体は理解していると思われる。そこで、定数に保つものが意図せず変化している点に気付かせることによって、より適切な記述に改善されると考えられる。また、これらの生徒は、水や印象材の質量に注目して実験計画を立てた。ここで生徒に考えさせたい内容は、どのようにしてねばりけや量の異なる実験材料を作るのかではない。マグマに見立てた実験材料の、どのような条件をどう変化させるかである。そこで、初めから「印象材と水を混ぜ合わせたもの」のどのような条件をどう変化させるかという点に注目させたい。そうすると、「印象材と水を混ぜ合わせたもの」の「ねばりけを変える」、「押し出す勢いを変える」、「量を変える」のように計画できたのではないかと考えられる。

計画[C]の生徒は、実験において条件を制御する

ことの意味が今一つ定着していないと考えられる。そこで、原因として考えられる要因が、マグマのねばりけ・マグマのふき出す勢い・マグマの量のように複数ある場合、条件が制御されていないと決まりが見つけれないことに気付かせ、小学校第5学年の学年目標である条件制御の必要性を再確認させることが重要である。その上で表などを用いて整理させることが考えられる。

(2) 「分析・解釈」の場面

① 実践した授業の実際

第1章1次2時間目では、歯科用印象材を用いたモデル実験を行った。学習課題は前時と同じである。

クラスで実験結果を共有した後、個人で考察を行う場面を設定した。考察を行う前に、一旦「今日の課題」に戻り、実験を通して解決しようとしている課題は「火山の形や噴火のようすは何によって決まるのだろうか？」のうち、「火山の形について」であることを確認した。さらに、考察は根拠を基に説明するように指示を与えた。根拠になることは実験結果から見つけることも説明した。実験結果から言えること（結論）は、「今日の課題」の疑問文に答える形で書くこと、そのとき、マグマの条件（独立変数）が多い・少ない、強い・弱いなどと変化することによって、火山の形（従属変数）がどのように変化するかも記入することを説明した。

このとき用いたワークシートは、根拠と結論の欄を分けたものを使用した。

② 結果

a 生徒が記述した根拠と結論の文章の特徴

根拠について、生徒エは、「勢いや量（独立変数）を変えても形（従属変数）があまり変化しなかったけど、ねばりけ（独立変数）を変えると形（従属変数）が変化したから。」と記述しており、3つの独立変数のうち、ねばりけを変えたものだけ形が変化していることを説明している。同様の記述が97名中51名に見られた。このような記述を根拠[A]適切に根拠を説明しているものとした。

生徒オは、「ねばりけ（独立変数）を変えると形（従属変数）が変わったから。」、生徒カは「勢いや量（独立変数）は両方とも同じだから。」と記述しており、根拠となる事柄の一方のみについて触れている。前者の記述は、火山の形を決める要因がねばりけである可能性があることは言えるが、

量や勢いが無関係であることは言えない。また、後者の記述は、量や勢いが火山の形を決める要因ではないとは言えるが、ねばりけが要因であると決めることはできない。同様の記述が24名に見られた。このような記述を根拠[B]全ての根拠が満たされていないものとした。

また、その他の記述が13名、未記入が9名に見られた。これら22名を根拠[C]根拠を説明していないものとした。

実験結果から言えること（結論）について、生徒キは、「火山の形（従属変数）はねばりけ（独立変数）で決まる。ねばりけ（独立変数）が強いと盛り上がった形（従属変数）になり、ねばりけが弱いと傾斜がゆるやかな形になる。」と記述しており、同様の記述が97名中49名に見られた。このような記述を結論[A]適切に結論を導出しているものとした。

生徒クは、「火山の形（従属変数）はマグマのねばりけ（独立変数）によって決まる。」と記述しており、独立変数の変化によって従属変数がどのように変化するかについては説明していない。生徒ケは「マグマのねばりけ（独立変数）が強いと盛り上がった形（従属変数）で、弱いとゆるやかな形の火山ができる。」と記述しており、独立変数の変化によって従属変数がどのように変化するかについてのみ説明している。生徒クや生徒ケと同様の記述が36名に見られた。このような記述を結論[B]全ての結論を述べていないものとした。

また、その他の記述が10名、未記入が2名に見られた。これら12名の記述を結論[C]結論を導出していないものとした。

b 根拠と結論の記述の組み合わせ

生徒が実験結果から言えること（結論）と根拠をどのように記述したかを図5にまとめた。

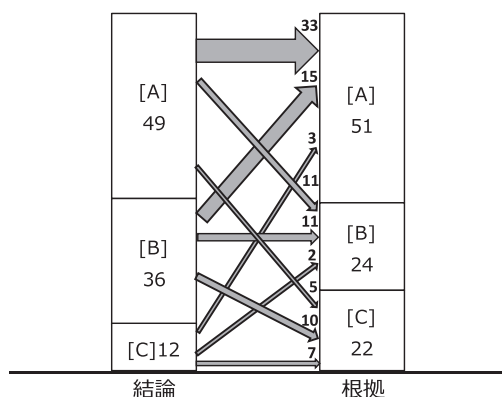


図5 結論と根拠の記述の組み合わせ

図5より、結論[A]は97名中49名、根拠[A]は51名と半数以上の生徒が適切に記述しているが、適切な考察とみなせる結論[A]→根拠[A]の合計はわずか33名のみであることがわかる。結論[A]のうち16名は、結論を適切に導出しているにも拘らず、根拠を適切に説明していないことがわかる（結論[A]→根拠[B]11名、結論[A]→根拠[C]5名）。

③ まとめ

a 結論の記述を改善するための手立て

机間支援の際に生徒の様子を見ると、実験結果から言えること（結論）から書き始める生徒が多く見られた。また、結論[C]が12名であるのに対し、根拠[C]は倍近くの22名見られた。これらから、生徒は根拠よりも結論の方が書きやすいのではないかと考えられる。そこで、まずは結論[B]や[C]の生徒の記述を改善するための手立てについて検討する。

結論[C]の生徒は、学習課題の把握が十分でないと考えられる。結論[C]の12名のうち「勢いや量は火山の形に関係ない」のような記述が7名に見られ、考察が課題に正対していないことから窺える。そこで、「火山の形を決めるものは、ねばりけ・勢い・量のうちのどれか？」と生徒の挙げた3つの独立変数を含んだ発問をするなど、課題の確認を丁寧に行うことが必要だと考えられる。

結論[B]の生徒の記述は、火山の形（従属変数）を変化させる原因となる独立変数と、独立変数の変化によって従属変数がどのように変化するかを両方を説明していないものである。これは、筆者が行った考察の書き方の説明が、生徒にとって理解しにくいものであったことに原因があると考えられる。そこで「火山の形は○○（原因となる独立変数）によって決まり、○○（原因となる独立変数）が～になると、火山の形は…になる。」のように、より具体的な記述の型を与えることによって改善できると考えられる。

これらの支援により、結論[B]→根拠[A]15名、結論[C]→根拠[A]3名の生徒の記述が改善され、より適切な考察が書けるのではないかと考えられる。

b 根拠の記述を改善するための手立て

机間支援の際、結論は適切に導出しているが、根拠をどのように記述してよいかわからないという生徒に、筆者が「なぜそう思ったの」と尋ねたところ、実験結果の表を指さし「ねばりけは変わ

ったけど、他のは変わらなかったから」と適切に答える場面があった。このことから、生徒は根拠を基に結論を説明することに慣れていない可能性があると考えられる。そこで、考察の場面では、できるだけ根拠を記述させるようにすることで改善できるのではないだろうか。

結論を適切に導出している生徒（結論[A]）は、前述のように、教師とやり取りをしながら質問形式で考えさせると根拠を適切に説明できると考えられる。ワークシートの根拠の欄と実験結果から言えること（結論）の欄を入れ替え、初めに結論について考えさせるようにして、根拠の欄に「そう考えた理由を書こう。」のような指示を加えることで、結論[A]→根拠[C]の5名の記述が改善できるのではないかと考えられる。

結論[A]→根拠[B]の11名は、根拠を「ねばりけを変えると形が変わったから」、または「勢いや量は両方とも同じだから」のように、根拠となる事柄の一方のみについて触れていた。そこで、教師の働きかけや生徒同士の話し合い活動などで、両方について触れなければ、要因を1つに決められないことに気付かせることにより改善できるのではないかと考えられる。

結論[C]より根拠[C]の生徒が多く見られたことや、上述したエピソードから改善策を提案した。しかし、「根拠を適切に説明できるから、結論を導出できるのか」、「結論を適切に導出できるから、根拠を適切に説明できるのか」については現段階では明らかではない。今後、提案した方法を継続して行い、検討を加えたい。

(3) 「適用」の場面

① 実践した授業の実際

第1章2次では、「探究の課題」を「火山噴出物と火山の種類にはどのような関係があるのだろうか?」とし、火山噴出物についての学習を進めた。その3時間目に、既習の科学的知識を適用し、新たな問いについて考える場面を設けた。「今日の課題」は「火山灰の広がりからどのようなことがわかるのだろうか?」である。これまでに、「火山灰は風で遠くまで運ばれ、風下の広範囲に降ることがあること」、「火山灰には鉱物が含まれること」、「火山によって火山灰に含まれる鉱物の種類と割合が異なること」について学習している。

生徒に考えさせた問いは、「10万年前の活動で噴出した三瓶山の火山灰は東北地方でも見つかつ

ている。三瓶山の火山灰だと判断するにはどうすればよいだろうか。」である。生徒が「火山灰に含まれる鉱物を調べることによって特定できる」という結論に至るために、「火山によって火山灰に含まれる鉱物の種類と割合が異なること」を根拠とすることを期待している。

このとき用いたワークシートは、根拠と結論の欄を分けたものを使用した。

② 結果

根拠について、生徒コは「火山によって火山灰に含まれる鉱物の種類と割合がちがう」と記述している。同様の記述が92名中28名に見られた。これを根拠[A]適切に根拠を説明しているものとした。

生徒サは「三瓶山は輝石、カンラン石がなく、無色鉱物が多いから」と記述している。観察によって得られた三瓶山の火山灰の特徴のみを説明しており、他の火山灰の特徴との違いは説明していない。同様の記述が24名に見られた。これを根拠[B]全ての根拠が満たされていないものとした。

また、その他の記述が23名、未記入が17名に見られた。これら40名を根拠[C]根拠を説明していないものとした。なお、その他の記述のうち16名は根拠の欄に結論を記述していた。

結論について、生徒シは「火山灰に含まれる鉱物の種類と割合を調べる」と記述しており、観察によって火山灰中の鉱物等の特徴を調べることに説明している。同様の記述が56名に見られた。これを結論[A]適切に結論を導出しているものとした。

生徒スは「双眼実体顕微鏡で調べる」と記述しており、火山灰中の鉱物等に注目して観察することについて触れていない。同様の記述が15名に見られた。これを結論[B]全ての結論を述べていないものとした。

また、その他の記述が3名、未記入が18名に見られた。これら21名を結論[C]結論を導出していないものとした。なお、未記入の生徒のうち6名は、根拠の欄に適切な結論を記述していた。

③ まとめ

偶然指名した生徒は、「火山によって火山灰に含まれる鉱物の種類や割合は違うので、それを調べれば良い」と、既習の科学的知識を根拠にし、適切に結論を説明できた。しかし、根拠を基に適切に結論を説明できた生徒（根拠[A]→結論[A]）は、

92名中わずか24名のみであった。このことから、多くの生徒は、既習の科学的知識を適用して新たな問いについて考えることに難しさを感じているのではないかと思われる。さらに、根拠の欄に結論となる記述をした生徒も多く見られ、根拠と結論の区別が十分ではないことがわかる。

そこで、根拠を基に結論を説明させる場面を意図的に組み込むことが必要であると思われる。

このような場面は、「分析・解釈」などの他の活用場面や知識を問う場面でも行うことができる。つまり、理科授業の流れの中には、もともと根拠を基に結論を導出させることのできる場面は多くある。しかし、教師は漫然と結論を答えさせるとどまり、生徒の答えに対して「なぜ?」、「どうして?」と問い返すことが必ずしもできていない。そのため、教師がこの場面を積極的に活用し、生徒の結論に意図的に問い返していくことで、根拠を基に結論を説明する場面を繰り返し設定できると考えられる。

現段階では、これらの場面で根拠や結論を書かせる方途が、「適用」の場面と同様であるかは明らかではない。例えば、「分析・解釈」の場面では、根拠は直前に行った観察・実験の結果から見つければよいから、生徒が根拠を説明しやすいと思われる。しかし、「適用」の場面では、生徒自身が既習の科学的知識の中から根拠となる事柄を選び出さねばならないため難しいと感じるのではないだろうか。

2 教師の課題の解決を目指す授業計画

(1) 課題の提示と振り返り

① 実践した授業の実際

「探究の課題」、「今日の課題」として生徒に提示した学習課題は「〇〇について調べよう」ではなく、すべて疑問符をつけた疑問文で表した。授業の前半に課題を提示し、黒板に明記した。課題を前時から引き続く場合も、授業の冒頭で「探究の課題」、「今日の課題」を板書し、確認してから授業を始めた。仮説を立てたり、実験の方法を考えたりする場面、実験の考察を行う場面では、一旦学習課題に戻り、見通しを持たせてから活動させた。

学習したことを振り返る活動は、授業の最後に行った。生徒には、振り返りシートに記入した内容は成績に関係ないことを伝え、毎時間、自由記述と自己評価をさせた。

② 結果とまとめ

全国調査では「課題に正対した実験計画や考察をすること」に課題が見られた。「課題に正対した実験計画や考察をすること」とは、課題に対して適切な実験計画や考察を行うことである。本章1(1)②で述べた計画[A]の40名の生徒は、課題に対して適切な実験計画ができたと言え、計画[B]の30名の生徒は、おおむねできたと言える。また、本章1(2)②で述べた結論[A]→根拠[A]の33名の生徒は、課題に対して適切な考察ができたと言え、結論[A]→根拠[B]11名、結論[B]→根拠[A]15名、結論[B]→根拠[B]11名の生徒はおおむねできたと言える。このように、「分析・解釈」、「構想」、「検討・改善」の場面で、多くの生徒が課題に正対した実験計画や考察ができたことと捉えられる。

これは、学習課題を疑問文で表したことで、生徒自身が「実験計画は課題を調べることができるか」、「考察は課題の疑問文に答えているか」という明確な視点をもって、実験計画や考察を行うことができたためと思われる。

学習したことを振り返る活動では、生徒セは「構想」の場面で適切に実験を計画できたにも拘らず、振り返りシートに「変えない条件の意味がよくわかりませんでした。」と記述していた。このことから、実験計画を適切に立てられても、独立変数や従属変数、定数に保つものの意味内容が十分理解されないまま計画を立てている生徒が少なからずいることが示唆された。これにより、後の学習機会に補足説明を行うことにつながった。

第1章1次を終えた後の振り返りシートには、生徒ソは「火山の形と噴火のようすとマグマの性質の関係が結びついた。」、生徒タは「マグマの性質から噴火のようすにまでつながっていくことがわかりました。」と記述していた。同様の記述が、97名中33名に見られた。このことから、約3分の1の生徒ではあるが、生徒が学習を通して学習課題を解決しながら、教師の意図した「探究の課題」を理解しつつあることがうかがえる。

VI 成果と今後の課題

1 生徒の課題の解決を目指す授業計画について

学習課題を明示しながら全国調査の活用の4つの視点「適用」、「分析・解釈」、「構想」、「検討・改善」を取り入れた授業を行えば、全国調査に見られた生徒の課題を改善できる可能性があること

がわかった。しかし、本研究では、わずか1単元の授業実践を行ったのみである。授業実践では、標準時数を参考にし、教科書の流れに沿って授業を計画した。そのため、筆者は他の単元でも無理なく実践できるのではないかと考えている。今後は、他の単元や学年においても、筆者が提案した文脈での授業実践を行い、その適用範囲を広げることが課題として残された。

「大地の変化」単元では、「構想」が取り入れられた学習場面は1時間のみであった。しかし、他の単元では「構想」の場面を多く取り入れることができる。表5に、小林(2015)の報告を参考にし、第1学年の他の3つの単元で、「構想」の場面を設定できると考えられる観察・実験等を挙げた。実際には、標準的な授業時数と照らし合わせ、この中からいくつかを選択して生徒が予想や仮説を立てたり、実験計画を立てたりする授業を組み込むことが想定される。

表5 構想の場面を設定できる観察・実験等¹⁴⁾

単元	観察・実験等のタイトル
植物の世界	光合成が行われている場所
	光合成と二酸化炭素の関係
	植物が光合成を行っているかどうか確かめよう
	蒸散と吸い上げられる水の量の関係
身のまわりの物質	金属と金属でない物質の区別
	白い粉末の区別
	プラスチックの区別
	二酸化炭素と酸素の区別
	水にとける物質のようす
	水にとけた物質をとり出す
	口ウが状態変化するときの体積変化や質量の変化
	エタノールが沸騰するときの温度
	赤ワインを熱して出てくる物質
身のまわりの現象	鏡に当たった光の進む道筋
	透明な物体に出入りする光の道筋
	凸レンズによってできる像
	音の大きさや高低と物体の振動との関係
	力の大きさとばねの伸びとの関係
	力のはたらく面積による力のはたらくのちがいを調べる実験
水圧の大きさやはたらく向き	
	浮力の大きさを決めるもの

「適用」が取り入れられた学習場面は4時間であったため、他の単元でもできるだけ多く取り入れたい。全国調査で述べられた「適用」の意味内容を鑑みれば、想定する状況は日常生活や社会の特定の場面としなければならない。しかし、初めから理科授業を離れた状況を想定して活用場面を設定しても、その状況の大きさから生徒が組みにくいのではないかと思われる。まずは、理科授業における状況を想定し、既習の科学的知識を、それを得たときとは異なる状況で活用する場面を

設定する必要があると考えられる。

2 教師の課題の解決を目指す授業計画について

単元の授業実践を終え、疑問文で表した学習課題を明示する島根大学教育学部附属中学校理科授業の方法は、検討する価値があると思われる。しかし、「分析・解釈」の場面では、提示した学習課題が生徒にとって考えやすいものであったかどうかという点で検討を加える必要がある。例えば「火山の形（従属変数）は何によって決まるのだろうか？」と「何によって火山の形（従属変数）は決まるのだろうか？」のどちらがより適切か、などである。また、課題提示の方法の妥当性についても、今後、検討を加えることが課題として残された。

【謝辞】

本研究をご指導いただいた栢野彰秀先生、辻本彰先生、平井章先生、島根大学の関係者の皆様、授業実践校の皆様に心より感謝いたします。

〈註〉

- 1)ライチェン他編：『キー・コンピテンシー 国際標準の学力をめざして』,2006,明石書店。
- 2)文部科学省中央教育審議会：『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善について（答申）』,2008。
- 3)国立教育政策研究所：『PISA2006年調査 評価の枠組み』,2007,ぎょうせい。
- 4)文部科学省 国立教育政策研究所：『平成27年度全国学力・学習状況調査 報告書』,2015。
- 5)国立教育政策研究所：『平成27年度 全国学力・学習状況調査 調査結果資料 設問別調査結果 島根県一生徒（公立）』,2015。
- 6)国立教育政策研究所：『平成27年度全国学力・学習状況調査 調査結果資料 回答結果集計 [学校質問紙] 島根県一学校（公立）【表】』,2015。
- 7)国立教育政策研究所：『PISAの問題できるかな?』,2010,明石書店。
- 8)国立教育政策研究所：『平成27年度全国学力・学習状況調査 解説資料 中学校理科』,2015。
- 9)島根県教育委員会：『平成26年度島根県学力調査 中学校第1～3学年理科』,2014。
- 10)島根大学教育学部附属学校園：『平成27年度附属学校園公開研究会 指導案集』,2015。
- 11)男子53名,女子45名であるが,対象生徒数は欠席者等により変わる。
- 12)国立教育政策研究所：『平成24年度全国学力・学習状況調査 解説資料 中学校理科』,2012。
- 13)島根県教育センター：『平成26年度研究紀要』,2015。
- 14)小林辰至：『理科教育基礎特別研究』,2015。