

小学校理科教科書に見られる仮説設定の特徴 —島根県松江市で採択された教科書を例として—

堀田 寛弥*・栢野 彰秀**

Kanya HORITA・Akihide KAYANO

Characteristics of Setting up a Hypothesis in Elementary School Science Textbooks
— The Textbook Adopted by Matsue City as an Example —

ABSTRACT

本稿では、島根県松江市で採択された小学校理科教科書に見られる仮説設定の特徴を明らかにし、それに基づいて仮説の設定場面の特徴に従った授業展開が可能となる「問い」の提案を行った。

仮説設定の特徴については次の3点が明らかになった。第一に、全ての小单元において仮説の設定場面が設けられているわけではない。仮説の設定場面がない小单元も少なからずある。第二に、仮説の設定場面は11に類型化される。加えて、仮説の設定場面は、学習指導要領解説理科編に記載されたように課題を捉えた後だけではない。課題を捉える前に仮説を設定する問題解決の過程もある。仮説を2回設定させる問題解決の過程もある。第三に、課題を捉えた後、説明仮説を設定する問題解決の過程が最も多い。第1分野では作業仮説を設定する場面も多い。

仮説の設定場面の特徵に従った授業展開が可能となる、筆者らが提案する「問い」の概要は次の通りである。第一に、自然の事物・現象や児童の目の前で起こった事物・現象について、「はい、いいえ」で答えられる問いや「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」などの問いかけを行うことで、子どもは実質的に説明仮説が設定できるようになる。第二に、「作業仮説」は2種類ある。一つは、「どうすれば、〇〇を△△できるか考えてみよう。」と問いかけることで設定できる。既習事項が多くはない小单元では、「どうすれば、〇〇を△△できるか考えてみよう。」と問いかける前に、「〇〇は何によって変わるか考えてみよう。」と問いかけることで、作業仮説が設定しやすくなる。二つ目は、「□□すると、どうなるか考えてみよう。」と問いかけることで設定できる。

【キーワード：小学校，理科，教科書，仮説設定】

1. 問題の所在と本研究の目的

2017年に告示された小学校学習指導要領（理科）でも、問題解決の過程を通じた学習活動が重視された。問題解決は「自然の事物・現象に対する気づき」→「問題の設定」→「予想や仮説の設定」→「検証計画の立案」→「観察・実験の実施」→「結果の処理」→「考察」→「結論の導出」の過程で示されている¹⁾。

島根県教育センターは、2018年に実施された全国学力・学習状況調査の結果を基に、島根県児童の理科学習に関する特徴の一つとして、結果を見通して実験を構想することに課題があると報告している。同センターは学習指導に当たって、自らの予想や仮説をもとに実験計画を立案する学習指導の積極実施を提案している²⁾。問題解決の過程のうち「予想や仮説の設定」、「検証計画の立案」に関する特徴を捉えた、島根県児童に対する指導の充実を図る必要性がいえる。

「予想や仮説の設定」と「検証計画の立案」について山口、田中、小林(2015)により、「近年、児童・生徒が観察・実験の計画を考察することに課題のあることが指摘されている。しかし、この課題は観察・実験の計画その

ものにあるのではなく、それに先立つ観察・実験に見通しを持たせる段階、つまり仮説の設定に関わる指導に根本的な原因がある。」と指摘されている³⁾。問題解決の過程における「予想や仮説の設定」の重要性がいえる。

2017年に告示された小学校学習指導要領は、2020年度から完全実施に移された。2020年度から小学校で使用されている理科教科書は、問題解決の過程を経るよう構成され、2017年に告示された小学校学習指導要領の趣旨を達成するよう編纂されている。現在小学校で採択されている教科書において、「予想や仮説の設定」がどのように取り扱われているのであろうか。この点に対する疑問を明らかにしたいと考えたのが、筆者らが本研究に取り組んだ問題意識である。その特徴が明らかになれば、島根県児童の有する課題を克服するための一つの視座が見出される可能性がある。

そこで本研究では、小学校理科教科書に見られる仮説設定の特徴を明らかにすることを第一の目的とする。次いで、小学校理科教科書に見られる仮説設定の特徴をもとに、小学校における理科授業で子どもが仮説を設定するために授業者が発する「問い」の提案を行うことを第

* 出雲市立灘分小学校

** 島根大学学術研究院教育学系

二の目的とする。

2. 本研究で用いる用語の整理

(1) 「予想」と「仮説」

中村, 雲財, 松浦(2018)は、理科の問題解決における仮説設定の研究動向についてまとめ、多くの研究において「予想」と「仮説」は明確に区別されているが、それらの定義は研究者によって様々であることを報告している⁴⁾。中村, 雲財, 松浦(2018)は、「予想」を「直感や思いつきなどの根拠を伴わない説」、「仮説」は「生活経験や既習事項を踏まえた根拠を伴った説」と説明している。本稿では、基本的に中村, 雲財, 松浦(2018)の先行研究に基づくことにする。

しかし、「仮説」という言葉は小学校理科教科書を出版する主要 5 社全ての教科書において用いられていない⁵⁾。「予想」という言葉が用いられている。5 社ともおおまかに「問題に対する答えを予想(後述する説明仮説)」、または「観察・実験の結果を予想(後述する作業仮説)」という文脈で用いられている。実際の小学校の授業場面に当てはめるとき、「予想」という集合の中の部分集合として「仮説」が含まれるような捉えが妥当である。

(2) 「説明仮説」と「作業仮説」

筆者らは山口, 田中, 小林(2015)の先行研究に基づいて、「説明仮説」と「作業仮説」を表 1 のように捉えた。

表 1 説明仮説と作業仮説のとらえ

説明仮説
・自然の事物・現象や児童の前で起きている事物・現象についての説明。
・児童の前で起きている事物・現象に関係する変数を抽出する説明。
作業仮説
・児童が意図的に操作する方法や結果を考える説明。
・観察・実験と関連が深く、抽出した変数を実験可能なものに変換する場面の説明
・「作業仮説」は「説明仮説」を真として演繹的に考えられた説明。

説明仮説は「○○は△△だろう。なぜなら、◇◇だから。」の構文となる。その例としては、「ふりが 1 往復する時間は、ふりこの長さによって変わるだろう。なぜなら、・・・」等である。作業仮説は「☆☆すれば、××は□□になるだろう。」となる。例は「ふりこの 1 往復する時間が、ふりこの長さによって変わるのなら、ふりこの長さを長くすれば、ふりが 1 往復する時間は長くなるだろう。」等である。

3. 仮説設定場面の小学校理科教科書からの抽出

(1) 抽出対象となる教科書

仮説設定場面を抽出する教科書は、島根県松江市で採

択されている学校図書版理科教科書『みんなと学ぶ小学校理科 3-6 年』(2020)とした(以降、教科書と略す)⁶⁾。

(2) 仮説設定場面の抽出方法

授業において子どもが仮説を設定する場面は、観察・実験の前までであると考えられる。そこで教科書の記載事項のうち、観察・実験の前までの問題解決の過程のうち、「自然の事物・現象に対する気付き」、「問題の設定」、「予想や仮説の設定」、「検証計画の立案」の段階に相当する教科書の該当箇所の文章や絵・写真、吹き出しを熟読して、表 1 に基づいて、説明仮説または作業仮説を設定する場面を仮説設定場面として抽出した。

4. 仮説設定場面の類型

表 1 に基づいて仮説設定場面として抽出した箇所それぞれについて、説明仮説を設定しようとしているのか、それとも作業仮説を設定しようとしているのか、詳細に検討を加えた。すると、小単元の学習課題に相当する「問題」の設定場面と、説明仮説または作業仮説設定場面の関連が 11 に類型化できることがわかった。表 2 には、「問題」及び「説明仮説」、「作業仮説」の設定場面に関する 11 の類型が示されている。

表 2 「問題」及び「説明仮説」、「作業仮説」の設定場面に関する 11 の類型

① 問題 → 説明仮説
② 問題 → 作業仮説
③ 説明仮説 → 問題
④ 作業仮説 → 問題
⑤ 説明仮説 → 問題 → 洗練された説明仮説
⑥ 作業仮説 → 問題 → 洗練された作業仮説
⑦ 問題 → 作業仮説 → 洗練された作業仮説
⑧ 問題 → 説明仮説 + 作業仮説
⑨ 説明仮説 → 問題 → 作業仮説
⑩ 説明仮説 → 問題 → 洗練された説明仮説 + 作業仮説
⑪ 説明仮説 → 洗練された説明仮説 → 問題 → 作業仮説

なお、表 2 中に示された 11 の類型及び「洗練された説明仮説」及び「洗練された作業仮説」の説明については、後に示す 11 類型の特徴と具体例の中で行う。

5. 仮説設定場面の状況と類型

本章 4 及び 5 をまとめると表 3 のようになる。

表 3 には、分野・領域・学年・小単元毎の仮説設定場面の状況と類型が示されている。表 3 に丸数字①～⑪が付されていれば、その小単元に仮説を設定させる場面がある。一印が付されている場合、その小単元の問題解決の過程において仮説設定の場面はない。一つの小単元に複数の丸数字が付された箇所は、その小単元の問題解決の過程が複数設定されていることを示す。一つの小単元に丸文字と一印双方が付されていれば、その小単元

表3 分野・領域・学年・小単元毎の仮説設定場面の状況と類型

第1分野						第2分野							
エネルギー領域			粒子領域			生命領域			地球領域				
学年	小単元名	類型	学年	小単元名	類型	学年	小単元名	類型	学年	小単元名	類型		
3	音が出ているときのものの様子	⑨	3	ものの重さをくらべよう	⑦	3	身の回りの生き物	—	3	かげのつき方を調べよう	①		
	音をつたえよう	⑧		もののしゅるいと重さ	⑨		たねをまこう	—		かげの動きと太陽	①		
	日光の進み方を調べよう	⑩		とじこめた空気のせいしつ	⑨		ぐんぐんのびろ	—		日光のはたらき	⑤		
	日光を集めよう	④		空気と水のせいしつ	②		チョウを育てよう	③		1日の気温の変化	①		
	風の強さと風車の回り方	⑨		水を熱したときの様子	②		チョウのからだを調べよう	—		1日の気温の変化と天気	①		
	風の強さとものを持ち上げる力	⑥		水がこおるときの様子	①		花がさいた	—		雨水の流れ	⑥		
	4	ゴムの力と草の走り方	⑥	4	空気の体積と温度	⑪	4	生き物の様子を調べよう	—	4	土のつぶと水のしみこみ方	⑤	
		ゴムの力をコントロールしよう	②		水の体積と温度	②		金ぞくの体積と温度	⑦		朝の月の動き	③	
		まめでんきゅうに明かりをつけよう	—		金ぞくの温まり方	②		実ができるころ	—		星の動き	①	
		電気を通すものと通さないもの	①		水の温まり方	②		あたたかくなって	—		午後の月の動き	①	
		スイッチをくふうしたおもちゃ	—		空気の温まり方	②		暑い季節	—		水のゆくえ	⑩	
		じしゃくに引きつけられるもの	⑧		とけたもののゆくえ	⑨		すずしくなると	①		空気中の水じょうき	⑧	
		5	じしゃくのせいしつ	—	5	水にとけるものの量	①	5	寒さの中でも	—	5	冬の星	①
			じしゃくのはたらき	⑨		水にとけるものの量	⑥		わたしたちの体とほね	①		台風の接近	—
			ふりが1往復する時間	—		水溶液にとけているものをとり出すには	②		体が動くしくみ	①		雲と天気	②
			ふりこの法則	⑧		ものが燃え続けるには	③		種子が発芽する条件	⑨		天気の手想	—
			電流のはたらき	⑤		ものが燃える前ともえた後の空気	⑤		種子のつくりと養分	①		流れる水のはたらき	①
			電磁石の強さ	⑥		ものを燃やすはたらきのある気体	①		植物が成長する条件	⑨		川原の石の様子	⑩
6	てこのはたらき		⑥	6	水溶液と金ぞく	⑧	6	おしべのはたらき	⑨	6	川と災害	—	
	てこがつりあ合うときのきまり		—		水溶液にとけているもの	①		メダカのとまごの成長	⑤		月の形とその変化	—	
	てこの利用		②		水溶液のなま分け	①		花のつくり	①		月の形の変化と太陽	—	
	電気をつくる		①		水溶液と金ぞく	⑤		おしべのはたらき	⑨		しま模様に見えるわけ	—	
	電気をためる		①		水溶液と金ぞく	⑧		人のたんじょう	①		地層のつき方	⑤	
	電気を使う		②		呼吸のはたらき	⑤		消化のはたらき	⑩		火山の噴火や地震と大地の変化	—	
	6	プログラムセンサーの利用	—	6	血液のはたらき	①	6	植物と日光の関係	⑨	6	火山の噴火や地震と私たちのくらし	—	
		植物の中の水の通り道	①		食物を通した生物どうしの関わり	①		生物と水との関わり	—				
		生物と水との関わり	—		生物と空気との関わり	③		人と環境	—				
		人と環境	—		持続可能な社会	—							

の複数の問題解決の過程で仮説設定の場面がある過程と
とない過程があることを示す。

表3に示された丸数字①～⑩は、表2に示した11の
類型の丸数字①～⑩と一致する。

6. 仮説設定場面の11類型の特徴と具体例

① 問題 → 説明仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問を基に学習課題である「問題」（以降、学習課題である、は省略する。）を設定し、「問題」についての説明仮説を設定する流れである。

具体例を挙げると第6学年「植物の中の水の通り道」小単元が該当する⁷⁾。教科書に記載された写真と問題を

見つけように書かれた記述から、土が乾いてしおれたホウセンカに水をやると、ホウセンカが再び生き生きとする様子を観察する。次に、話し合い活動を通して「植物は根から水を取り入れる。」や「水は葉の先までいっている。」などの既習事項や観察を通して得た情報を共有する。「植物が根から取り入れた水は、茎や葉の中のどこを通過していくのか。」という疑問を持ち、「問題」を設定する。次に、予想に関する記述より、「問題」について「植物が根から取り入れた水は、茎の中をしみ込んでいくのかも。」や「植物が根から取り入れた水は、血管のように、管のようなものの中を通過していく。」などの説明仮説を設定する。

② 問題 → 作業仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問を基に「問題」を設定し、「問題」についての作業仮説を設定する流れである。

具体例を挙げると第 6 学年「てこの利用」小単元が該当する⁸⁾。児童はこの小単元までに、てこの仕組みについて学習している。教科書に記載された写真とそれに伴う説明文より、私たちの身の回りにはてこの仕組みを利用した道具があり、くぎ抜きがてこの仕組みを利用した道具であることを知る。次に、「くぎ抜きを使って、くぎを小さな力で抜くにはどうしたらよいか。」という疑問を持ち、疑問を基に「問題」を設定する。次に、予想に関する記述より、「問題」について、既習事項を基に「支点から力点までの距離を長くすると、くぎが小さい力でも抜ける。」などの作業仮説を設定する。

③ 説明仮説 → 問題

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問についての説明仮説を設定し、疑問や説明仮説を基に「問題」を設定する流れである。

具体例を挙げると第 5 学年「種子のつくりと養分」小単元が該当する⁹⁾。教科書に記載された写真と記述を見ながら、植物の成長に伴って子葉がしなびていく様子を観察し、「子葉がどのような働きをしているのか。」という疑問を持つ。話し合いに記載された絵と文章を読み、話し合い活動を通して疑問について、「子葉には、植物が育つために必要な養分が含まれている。だから、植物が大きくなるにつれて子葉がしなびてしまう。」などの説明仮説を設定する。次に、説明仮説を基に教科書に記載された「インゲンマメの種子の中の子葉には、発芽に必要な養分が含まれているのだろうか。」という「問題」を設定する。

④ 作業仮説 → 問題

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問についての作業仮説を設定し、作業仮説を基に「問題」を設定する流れである。

具体例を挙げると第 3 学年「日光を集めよう」小単元が該当する¹⁰⁾。教科書に記載された写真を見て、鏡ではね返した日光を的に当てると、的が明るくあたたかくなることを学習した後、「的をもっと明るくあたたかくするにはどうしたらよいか。」という疑問を持つ。次に、話し合い活動に記載された絵とふきだしの記述より、話し合い活動を通して、疑問について、「かがみをふやして光を集めたら、もっと明るくあたたかくなる。」などの作業仮説を設定する。次に、作業仮説を基に「かがみをふやして日光を集めると、日光が当たったところの明るさやあたたかさはどうなるでしょうか。」という「問題」を設定する。

⑤ 説明仮説 → 問題 → 洗練された説明仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問についての説明仮説を設定し、疑問や説明仮説を基に

「問題」を設定する。次に再度、「問題」について、生活経験や既習事項を基にした説明仮説（以降、洗練された説明仮説と記述。）を設定する流れである。

具体例を挙げると第 4 学年「雨水の流れ」小単元が該当する¹¹⁾。小単元冒頭に掲載された雨の日の校庭の写真を見て、雨が降った校庭の様子を想起したり観察したりし、「校庭などに降った雨水はどのような場所に流れていくのか。」という疑問を持つ。次に、「話し合い」の場面に記載された子どもの吹き出しの記述より、疑問について水たまりができる場所の共通点を基に、「他と比べて低い場所に流れるのではないか。」などの説明仮説を設定する。次に、説明仮説を基に「水は、高いところから低いところへ流れているのだろうか。」という「問題」を設定する。次に、「予想」に記載された吹き出しと写真より、再度、「問題」について、これまでの生活経験を基に「流しそうめんの水は、高いところから低いところへ流れる。だから、水は高いところから低いところへ流れる。」などの洗練された説明仮説を設定する。

上述したように「洗練された説明仮説」とは、一つの問題解決の過程で 2 度目の説明仮説を設定する場合を示す。

⑥ 作業仮説 → 問題 → 洗練された作業仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問についての作業仮説を設定し、疑問や作業仮説を基に「問題」を設定する。次に再度「問題」について、生活経験や既習事項、手がかりとなる活動を基にした作業仮説（以降、洗練された作業仮説と記述。）を設定する流れである。

具体例を挙げると第 3 学年「ゴムの力と車の走り方」小単元が該当する¹²⁾。発射台の作り方と問題を見つけように記載された記述より、ゴムで動く車を走らせる活動を通して、気づいたことを話し合う活動を行う。次に、話し合いに記載された写真と文章より、話し合い活動を通して、「車をもっと遠くまで走らせるにはどうしたらよいか。」という疑問を持つ。加えて、疑問についてゴムで動く車を走らせる活動を基に「車をたくさん引くと、遠くまで走る。」や「ゴムの力をたくさん引くと、遠くまで走る。」などの作業仮説を設定する。次に、疑問を基に、「どうすれば、車をもっと遠くまで走らせることができるでしょうか。」という「問題」を設定する。次に、活動・予想に掲載された写真と文章記述より、ゴムの伸び縮みさせて手ごたえを確かめる活動を行う。そして、再度、「問題」について、ゴムの伸び縮みさせて手ごたえを確かめる活動を基に「ゴムの力を長く伸ばすと、元に戻ろうとする力が大きくなるから、車をたくさん引っ張り、ゴムの力をたくさん伸ばすと車が遠くまで走る。」などの洗練された作業仮説を設定する。

上述したように「洗練された作業仮説」とは、一つの問題解決の過程で 2 度目の作業仮説を設定する場合を示す。

⑦ 問題 → 作業仮説 → 洗練された作業仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問を基に「問題」を設定する。次に、「問題」について作業仮説を設定する。次に、再度、実験計画を基にした洗練された作業仮説を設定する流れである。

具体例を挙げると第4学年「金ぞくの体積と温度」小単元が該当する¹³⁾。この小単元までに、空気や水の体積は温度によって変化することを学習している。まず、「金属は、温めたり冷やしたりすると、体積は変化するのだろうか。」という疑問を持ち、疑問を「問題」として設定する。次に、予想に掲載された吹き出しの記述より、「問題」について、生活経験や既習事項を基に「固体は固いから、金属は温めてもふくらまない。」「固体でも、氷はとけてしまうから、金属は温めると少しふくらむ。」などの作業仮説を設定する。次に、子どもの考えの記述より、再度「問題」について、実験計画を基に「もし、金属の体積が増えていたら、球全体が大きくなり、輪を通り抜けることができない。」などの洗練された作業仮説を設定する。

⑧ 問題 → 説明仮説 + 作業仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問を基に「問題」を設定し、「問題」についての説明仮説と作業仮説を設定する流れである。

具体例を挙げると第6学年「水溶液と金属」小単元が該当する¹⁴⁾。ここまでに、鉄やアルミニウムなどの金属に塩酸を加えると溶けて透明になることに加え、気体が発生することも学習している。そこで、前の実験結果を示した教科書の記載より、「塩酸にとけた金属は、とけた液の中でどうなっているのだろうか。」という疑問を持ち、疑問を「問題」として設定する。次に、予想に掲載された絵や予想に関する記述より、「問題」について「金属はあわ（気体）になって、空気中に出ていった。」や「金属は目に見えない粒になって、塩酸にとけた。」「金属は別のものに変化して塩酸にとけていった。」などの説明仮説を設定する。その後、それぞれの説明仮説が妥当であるとするなら「液から水を蒸発させて何も残らないことを確認すればよい。」や「液から水を蒸発させて、金属が出てくることを確認すればよい。」「液から水を蒸発させて、金属と別のものが出てくることを確認すればよい。」などの作業仮説を設定する。

⑨ 説明仮説 → 問題 → 作業仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問について説明仮説を設定し、疑問や説明仮説を基に「問題」を設定する。次に、「問題」についての作業仮説を設定する流れである。

具体例を挙げると第5学年の「植物が発芽する条件」が該当する¹⁵⁾。まず、小単元冒頭の写真より、インゲンマメの種子が発芽する様子を観察し、「種子は、どのような条件がそろったときに発芽するのか。」という疑問を持つ。次に、話し合いに記載された絵と文章、吹き

出しなどの記述より、疑問について生活経験や既習事項を基に「種まきのときに水やりをしたから、種子の発芽には水が必要である。」や「種が入っている袋に、種のまきどきが載っていたから、種子の発芽には種子に適した温度が必要である。」「土の中から芽が出てくるといことは、種子の発芽には空気は必要ない。」などの説明仮説を設定する。次に、設定した説明仮説を基に「インゲンマメの種子の発芽には、水や適当な温度、空気が必要だろうか。」という「問題」を設定する。次に、予想に記載された表や文章の記述より、水について調べるための実験計画を立てた後、「水を与えた場合と与えない場合で種子が発芽するかどうか。」について作業仮説を設定する。

⑩ 説明仮説 → 問題 → 洗練された説明仮説 + 作業仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問について説明仮説を設定し、疑問や説明仮説を基に「問題」を設定する。次に、再度、「問題」について、洗練された説明仮説を設定する。また、それとともに「問題」についての作業仮説を設定する流れである。

具体例を挙げると第6学年「消化のはたらき」小単元が該当する¹⁶⁾。まず、教科書に記載された小単元冒頭の写真と文章記述より、ご飯を食べるとき口の中でよくかむと、ご飯があまく感じる現象を思い出し、「口から入った食べ物は、口の中でどのように変化しているのか。」という疑問を持つ。次に、話し合いに記載された吹き出しの記述より、話し合い活動を通して生活経験から得た情報を共有し、疑問について、生活経験を基に「ご飯があまく感じるのは、だ液が関係している。」や「でんぷんは、だ液によって別のものになる。」などの説明仮説を設定する。次に、設定した説明仮説を基に、「でんぷんは、だ液によって別のものに変化するのだろうか。」という「問題」を設定する。次に、予想・計画に記載された吹き出しの記述より、再度、「問題」について、生活経験などを基に洗練された説明仮説を設定する。また、それとともに、青色の枠で示した教科書の記載より、「でんぷんが別のものになったのなら、ヨウ素液の色は青紫色ではない。」などの作業仮説を設定する。

⑪ 説明仮説 → 洗練された説明仮説 → 問題 → 作業仮説

自然の事物・現象との関わりを通して得た気づきや疑問について説明仮説を設定する。次に、再度、疑問について、手がかりとなる活動や説明仮説を基に洗練された説明仮説を設定する。次に、洗練された説明仮説を基に「問題」を設定し、作業仮説を設定する流れである。

具体例を挙げると第4学年「空気の体積と温度」小単元が該当する¹⁷⁾。まず、湯の中に入れた容器の栓が飛ぶという実験を通して、気づいたことを話し合う活動を行う。次に、話し合いに記載された絵と吹き出しの記述より、話し合い活動を通して、「どうして湯の中に入れた容器の栓が飛んだのか。」疑問を持つ。加えて、そ

の疑問について、「湯で温められた空気が上へあがって栓を押した。」や「空気が膨らんだから。」などの説明仮説を設定する。次に、活動に記載された写真と吹き出しの記述より、試験管や容器の口に石鹼水をつけて膜を作り、中の空気を湯や手で温め、石鹼水の膜を膨らませる実験を行う。そして、その実験を基に「中の空気全体の体積が増えて膜が膨らんだ。」などの洗練された説明仮説を設定する。次に、設定した洗練された説明仮説を基に、「空気は、温めたり冷やしたりすると、体積は変化するのだろうか。」という「問題」を設定する。次に、予想・計画に掲載された絵と吹き出しの記述より、「空気は、湯で温めたら、体積は増える。」「空気は、氷水で冷やしたら体積は減る。」などの作業仮説を設定する。

7. 仮説設定場面の特徴とまとめ

(1) 全体的特徴

表 2 及び表 3 より教科書では、小学校学習指導要領(理科)に記載された問題解決の流れのように、問題を設定した後に仮説を設定させるような、固定的な問題解決の流れとなっていないことが全体的な特徴といえる。11 に分類された類型のうち、③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, ⑩, ⑪に分類された類型では、問題を設定するより先に仮説設定場面がある。

このことに加え、「小学校理科教科書には「仮説」という言葉は用いられていない」という 2(1)で論じた点を考え合わせると、教科書中に記載された「問題をみつけよう」、「活動」、「予想」、「話し合い」、「計画」、「実験」等の問題解決の過程や理科学習の流れや見出しがつけられた学習段階であっても、説明仮説や作業仮説を設定するように教科書が構成されていることがわかる。そのため授業者は、教科書に記載された問題解決の過程や見出しだけをたよりに授業を行うのではなく、子どもの吹き出しなどにも注意し、どこで仮説を設定させようと教科書が意図しているのかを読み取って授業を行う必要があることが考察できる。

(2) 分野別の特徴

表 3 に示された 11 累計の数を分野毎に数え上げ、分野毎の総数に占める割合を計算し、表 4 に示した。

表 4 より、第 1 分野も第 2 分野も問題解決の過程通りの①「問題」→「説明仮説」の占める割合が最も大きい(第 1 分野約 22%、第 2 分野約 50%)ことが分かる。

第 1 分野において類型①を除いた類型②, ⑥, ⑧, ⑨だけで 29 あり、第 1 分野全体の約 68%を占める。これ

ら 4 つの類型に共通する点は、「作業仮説」を設定する場面がある点である。このことから第 1 分野の授業を行う際には、自然の事物・現象を説明する「説明仮説」の設定だけではなく、むしろ実験方法や実験結果がどうなるか。「作業仮説」を子どもに考えさせる授業展開がなされるよう、教科書が構成されていることを理解した上で授業を行う必要性が考察される。

第 2 分野において類型①を除いた 2 つの類型③, ⑤で全体の約 32%を占める。この 2 つの類型に共通する点は、「問題」を設定する前に「説明仮説」を設定する場面がある点である。このことから、第 2 分野の単元の約 1/3 は一連の問題解決の早い段階で自然の事物・現象を説明する「説明仮説」を設定し、その後の問題解決の見通しを立てるような授業展開がなされるよう、教科書が構成されていることを理解した上で授業を行う必要が考察される。

次に、仮説を設定する回数に着目し、分野毎の特徴に比較を加える。類型①～④は、仮説設定場面は 1 回である。類型⑤～⑪は、仮説設定場面は 2 回である。類型①～④の数と類型⑤～⑪の数を分野毎に数え上げ、その割合を計算し、表 5 に示した。

表 5 分野毎の類型①～④と⑤～⑪の数と占める割合

類型	①～④	⑤～⑪	
第 1 分野	22	27	数
	45	55	%
第 2 分野	31	15	数
	67	33	%

表 5 より、仮説設定が 1 回の割合は第 2 分野の方が第 1 分野よりも大きい。一方、仮説設定が 2 回以上の割合第 1 分野の方が第 2 分野よりも大きい。第 2 分野では、観察を行えば解決できる「問題」の割合が多く、仮説の設定が 1 回でも問題解決の過程が辿れると考察される。一方第 1 分野では、1 回だけの仮説設定では、実験や考察の見通しが持ちづらい「問題」の割合が大きい。そのため、仮説の設定場面を複数回に分けて設けて、実験や考察の見通しを持ちやすくしているのではないかと考察される。第 1 分野の授業においては、仮説を複数回に分けて設定させ、実験や考察などの問題解決の見通しが子どもが立てられるような授業展開を行う必要も考察される。

表 4 11累計の分野毎の数と占める割合

類型	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	
第 1 分野	11	9	1	1	4	6	2	7	7	0	1	数
	22	18	2	2	8	12	4	14	14	0	2	%
第 2 分野	23	0	8	0	7	0	0	1	4	3	0	数
	50	0	17	0	15	0	0	2	9	7	0	%

8. 学校図書版教科書が採択された小学校における理科授業で子どもが仮説を設定するために授業者が発する「問い」の提案

本稿ではこれまで、「説明仮説」と「作業仮説」を分けて論を進めてきた。しかし、小学校の教科書では「仮説」という言葉が用いられていない。そのため、授業者が「説明仮説」や「作業仮説」という言葉を用いて授業を行うと、子どもが混乱する可能性が高いと考えられる。そこで、本稿の総まとめとして、子どもが知らず知らずのうちに「説明仮説」や「作業仮説」が実質的に設定できる授業の流れとなる授業者が発する問いを提案したい。

(1) 「説明仮説」を設定するための「問い」

表 1 に基づくと、「説明仮説」は自然の事物・現象や児童の目の前で起こった事物・現象について、生活経験や既習事項を根拠にして説明する仮説である。自然の事物・現象や児童の目の前で起こった事物・現象について、子どもが「はい、いいえ」で答えられる授業者からの問いかけや、「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」などの問いかけを行うことで「説明仮説」の設定が実質的に可能になると考えられる。加えて、語尾に「～考えてみよう。」とつけることで、「予想」や「仮説」といった言葉を用いなくても子どもが「仮説」を考えられるような「問い」にできる。以降、子どもが仮説を設定するときに授業者が語尾に「～考えてみよう。」とつけた問いを発する際には二重下線を施す。

上述した「説明仮説」を設定するための「問い」の捉えを基に、子どもに「説明仮説」を設定させるための「問い」の条件を表 6 にまとめた。

表 6 「説明仮説」を設定するための「問い」の条件

<p>自然の事物・現象や児童の目の前で起こった事物・現象について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「はい、いいえ」で答えられる「問い」。 ・「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」などを用いた「問い」。 ・語尾に「～<u>考えてみよう。</u>」をつける。

ただし、表 6 中に示された「はい、いいえ」で答えられる「問い」については注意が必要である。第 4 学年「雨水の流れ」小単元を例に説明する。ここで教科書に記載された「問題」は「水は高いところから低いところに流れていくのだろうか」である。これは「はい、いいえ」で答えられる問いである。教師がこの「問い」である「問題」を発する前の段階で、子どもは既に説明仮説を設定している状況になる。従って、「はい、いいえ」で答えられる「問い」が「説明仮説」の設定につながるというよりも、むしろ「説明仮説」が「はい、いいえ」で答えられる「問い」につながっているのである。学校図書版教科書では全てこの形になっている。

表 6 を基に表 7 には、「説明仮説」を設定するための

「はい、いいえ」で答えられる「問い」の具体例を示した。

表 7 「はい、いいえ」で答えられる「問い」の具体例

<p>第 1 分野；第 6 学年「水溶液と金属」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・塩酸は金属を溶かすことができるか<u>考えてみよう。</u> <p>第 2 分野；第 5 学年「雲と天気」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雲の様子が変化すると、天気も変化するか<u>考えてみよう。</u>
--

表 8 には、「説明仮説」を設定するための「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」などの「問い」の具体例を示した。なお、表 8 中に付された下線部は、「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」のいずれかを示す。

表 8 「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」などの「問い」の具体例

<p>第 1 分野</p> <p>第 3 学年「日光の進み方を調べよう」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・かがみではね返った日光は、<u>どのように進むのか考えてみよう。</u> <p>第 3 学年「電気を通すもの通さないもの」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>どのようなものが電気を通すのか考えてみよう。</u> <p>第 4 学年「モーターの回る向きと電流の流れ」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>なぜ、プロペラの回る向きが人によって違うのか考えてみよう。</u> <p>第 6 学年「ものを燃やす働きのある気体」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気中の気体の中で、ものを燃やす働きがある気体は<u>何か考えてみよう。</u> <p>第 2 分野</p> <p>第 5 学年「メダカのたまごの成長」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メダカの受精卵は、<u>どのように育っていくのか考えてみよう。</u> <p>第 5 学年「種子が発芽する条件」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・種子は<u>どのような条件</u>がそろったときに発芽するのか<u>考えてみよう。</u> <p>第 3 学年「かげの動きと太陽」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>なぜ、時間がたつとかげが動くのか考えてみよう。</u> <p>第 5 学年「種子が発芽する条件」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・子葉のとれたインゲンマメが成長し続けるために、水以外で<u>何が必要か考えてみよう。</u>
--

全ての「説明仮説」の設定場面のうち、8割以上が「はい、いいえ」で答えられる「問い」もしくは「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」の 4 つのいずれかを用いた「問い」で、子どもが実質的に「説明仮説」を考えられる。「はい、いいえ」で設定できない仮説の一例は、第 4 学年「金ぞくのあたたまり方」小単元の「きんぞくは、どのようにあたたまるのだろうか。」である。「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」

で設定できない仮説の一例は、第 6 学年「水溶液のなかま分け」小単元の「4 つの水溶液は、リトマス紙でいくつになかま分けできるだろうか。」である。

(2) 「作業仮説」を設定するための「問い」

仮説設定場面に検討を加えていると、「作業仮説」は 2 つに分類された。一つは、想定される結果を得るためにどのような方法で実験を行えば良いかを考える仮説である。以降、「方法についての作業仮説」と表記する。具体例は、ゴムの力で動く車が遠くまで走るための方法を考えるときである。今一つは、実験結果がどうなるのかを考える仮説である。以降、「結果についての作業仮説」と表記する。具体例は、金ぞくをあたためたり冷やしたりするときの体積の変化についての実験結果を考えるときである。

1) 「方法についての作業仮説」を設定するための「問い」

ゴムの力で動く車が遠くまで走るための方法を考えたり、電磁石の強さを強くするための方法を考えたりする「作業仮説」がこれに相当する。このことから、「方法についての作業仮説」は「どうすれば、〇〇を△△できるか考えてみよう。」と問いかけることで設定することが可能になると考えられる。以降、「方法についての作業仮説」を設定させる問いはメイリオ体で表示する。「方法についての作業仮説」においても、語尾に「～考えてみよう。」とつけることで、「予想」や「仮説」といった言葉を用いなくても子どもが「仮説」を考えられるような「問い」にできる。

表 9 には、「方法についての作業仮説」を設定する場面が設けられた小単元が示されている。

表 9 「方法についての作業仮説」を設定する場面が設けられた小単元

第 1 分野
第 3 学年「日光を集めよう」, 「 <u>風の強さとものを持ち上げる力</u> 」, 「 <u>ゴムの力と車の走り方</u> 」, 「 <u>ゴムの力をコントロールしよう</u> 」
第 4 学年「 <u>モーターを速く回す方法</u> 」
第 5 学年「 <u>電磁石の強さ</u> 」, 「 <u>水にとけるものの量</u> 」, 「水溶液にとけているものを取り出すには」
第 6 学年「 <u>てこのはたらき</u> 」, 「てこの利用」

表 9 中の波線下線が施された小単元では「方法についての作業仮説」を設定する際に、直接手がかりとなる既習事項がない。そこで、「どうすれば、〇〇を△△できるか考えてみよう。」と問いかける前に、「〇〇は何によって変わるか考えてみよう。」と問いかけ、子どもに独立変数を抽出させる。以降、「方法についての作業仮説」を設定させる問いの前段階の問いはUD教科書体で表示する。そうすることで、「方法についての作業仮説」が設定しやすくなると考えられる。

加えて、子どもが「方法についての作業仮説」を文章

に書き表したり、発表したりする際は、考えた方法（方法についての作業仮説）だけではなく、想定される結果も合わせて文章にさせたり発表させたりしたい。そうすることで、子ども自身が今何について考えているのかが再認識でき、実験や考察の見通しを自然と立てられるようになると考えられる。

上述した「方法についての作業仮説」を設定するための「問い」の説明を基に、表 10 に「方法についての作業仮説」を設定するための「問い」の条件をまとめた。

表 10 「方法についての作業仮説」を設定するための「問い」の条件

〇〇は何によって変わるか考えてみよう。
どうすれば、〇〇を△△できるか考えてみよう。

表 10 をもとに表 11 には、「方法についての作業仮説」を設定するための「問い」の具体例が示されている。

表 11 「方法についての作業仮説」を設定するための「問い」の具体例

第 1 分野
第 3 学年「日光を集めよう」
・どうすれば、 <u>的をもっと明るくあたたかくすることが</u> できるか <u>考えてみよう。</u>
第 4 学年「モーターを速く回す方法」
・ <u>モーターの回る速さは、何によって変わるか</u> <u>考えてみよう。</u>
・(乾電池の数などを) どうすれば、 <u>モーターの回る速さを速くすることが</u> できるか <u>考えてみよう。</u>
第 5 学年「電磁石の強さ」
・ <u>電磁石の強さは、何によって変わるか</u> <u>考えてみよう。</u>
・(電流の大きな、コイルの巻き数などを) どうすれば、 <u>電磁石の強さを強くすることが</u> できるか <u>考えてみよう。</u>
第 6 学年「水にとけるものの量」
・ <u>食塩やミョウバンが水にとける量は、水の何によって</u> <u>変わるか</u> <u>考えてみよう。</u>
・(水の量、水の温度などを) どうすれば、 <u>食塩やミョウバンをもっと水に溶かすことが</u> できるか <u>考えてみよう。</u>

2) 「結果についての作業仮説」を設定するための「問い」

金属を温めたり冷やしたりしたときの体積の変化を調べるための実験結果を考える「作業仮説」がこれに相当する。このことから、「結果についての作業仮説」は「□□すると、どうなるか考えてみよう。」と問いかけることで設定可能になると考えられる。以降、「結果についての作業仮説」を設定させる問いは斜体で表示する。なお、「結果についての作業仮説」においても、語尾に「～考えてみよう。」とつけることで、「予想」や「仮説」といった言葉を用いなくても子どもが「仮説」を考えられ

ような「問い」にできる。

上述した「結果についての作業仮説」を設定するための「問い」の説明を基に、表 12 に「結果についての作業仮説」を設定するための「問い」の条件をまとめた。

表 12 「結果についての作業仮説」を設定するための「問い」の条件

□□すると、どうなるか考えてみよう。

表 12 をもとに表 13 には、「結果についての作業仮説」を設定するための「問い」の具体例が示されている。

表 13 「結果についての作業仮説」を設定するための「問い」の具体例

第 1 分野

第 3 学年「音を伝えよう」

・ふるえをとめたら、どうなるか考えてみよう。

第 2 分野

第 4 学年「水のゆくえ」

・ビーカーに水を入れておいておくと、どうなるか考えてみよう。

・水の入れたビーカーにラップでふたをすると、どうなるか考えてみよう。

(3) 子どもが仮説を設定するための教師の「問い」

授業者が授業に先立って教科書を予習する際に、教科書に記載されている仮説の例が、表 6、表 10、表 12 に示されたどの「問い」で設定できる仮説であるかを見分けたい。そうすることで、これから子どもに設定させる仮説が「説明仮説」なのか、それとも「作業仮説」なのかを見分けることが可能となる。そうした後、表 3 に示された類型での仮説設定の流れで授業ができる。

一方、子どもは授業者の問いかけによって仮説設定を行う。そのため、子どもは授業者が意図的に問いかける「問い」に誘導されて仮説設定を行う。授業者が表 6、表 10、表 12 の「問い」を意図的に使い分けることで、子どもは知らず知らずのうちに「説明仮説」と「作業仮説」を分けて設定することになる。その結果、表 3 に示された類型での仮説設定の流れの活動となる。なお、表 6、表 10、表 12 で示した「問い」では設定することが難しい「説明仮説」や「作業仮説」は一部ある。しかし、おおむね表 6、表 10、表 12 で示した「問い」によって児童が「説明仮説」や「作業仮説」を設定できることを付記しておく。

6. おわりに

本研究を通して明らかになった、小学校理科教科書に見られる仮説設定の特徴は次の 3 点である。

第一に、全ての小單元において仮説の設定場面が設けられているわけではない。仮説の設定場面がない小單元も少なからずある。仮説の設定場面がない小單元では、

問題解決の過程で観察や実験、資料調べに関する基本的な知識・技能を育むよう意図された授業が必要である。

第二に、仮説の設定場面は 11 に類型化される。加えて、仮説の設定場面は、学習指導要領解説理科編に記載されたように課題を捉えた後だけではない。課題を捉える前に仮説を設定する問題解決の過程もある。さらに、仮説を 2 回設定させる問題解決の過程もある。小単元の授業に際しては、類型に基づいて、どこで、どのような仮説を、どのように考えさせれば良いか予め構想した上で授業展開が必要である。

第三に、課題を捉えた後、説明仮説を設定する問題解決の過程（類型①）が最も多い。加えて、第 1 分野では作業仮説を設定する場面も多い。類型①が仮説設定に関わる指導の最も基礎的な部分といえ、類型①に該当する小単元の授業場合、第 1 分野であっても第 2 分野であっても特に留意した指導が必要である。加えて、第 1 分野の小単元の授業に際しては、説明仮説だけではなく、方法や結果についての作業仮説を設定させる授業が必要である。上述した授業上の配慮によって、子どもが説明仮説を設定する場面と作業仮説を設定する場面が問題解決の中で行われることが保証される。

仮説の設定場面の特徴に従った授業展開が可能となる、筆者らが提案する「問い」の概要は次の通りである。

第一に、自然の事物・現象や児童の目の前で起こった事物・現象について、「はい、いいえ」で答えられる問いや「どのように」、「どのような」、「なぜ」、「何」などの問いかけを行うことで、子どもが「説明仮説」を設定できる。加えて、問いの語尾に「～考えてみよう。」とつけことで、「予想」や「仮説」といった言葉を用いなくても子どもが「仮説」を考えられるような「問い」にできる。

第二に、「作業仮説」は 2 種類あり、一つは「方法についての作業仮説」である。「どうすれば、○○を△△できるか考えてみよう。」と問いかけることで設定できる。加えて、既習事項が多くはない小單元での「方法についての作業仮説」を設定する際は、「どうすれば、○○を△△できるか考えてみよう。」と問いかける前に、「○○は何によって変わるか考えてみよう。」と問いかけることで、「方法についての作業仮説」が設定しやすくなる。二つ目は、「結果についての作業仮説」である。「□□すると、どうなるか考えてみよう。」と問いかけることで「作業仮説」が設定できる。

どちらの「作業仮説」にも、語尾に「～考えてみよう。」とつけることで、「予想」や「仮説」といった言葉を用いなくても児童が「仮説」として考えられるような「問い」にできる。ただし、子どもが「作業仮説」を文章に書き表したり、発表させたりする際は、考えた方法や結果だけではなく、想定される方法や結果も合わせて文章に書き表したり、発表したりするように教師が働きかける必要がある。

本稿では、小学校理科教科書に見られる仮説設定の特徴を明らかにし、それに基づいて仮説の設定場面の特徴

に従った授業展開が可能となる「問い」の提案を行った。筆者らが提案した「問い」を使い分けることで、小学校の教師は教科書に記載された「仮説の設定場面」の特徴に沿った授業を展開し、仮説設定場面の指導の改善を行えば、子どもは知らず知らずのうちに「説明仮説」と「作業仮説」を分けて設定することになり、島根県の児童の有する仮説設定に関する課題は克服されるのではないかと思われる。

今後、筆者らが提案した問いの文脈に基づいた授業実践を行うべき課題が残された。

註

- 1) 文科省：『小学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説理科編』, p.10,2018, 東洋館出版社.
- 2) 島根県教育センター：「全国学力・学習状況調査の結果を生かし指導の充実を！【小学校理科】」, 2018. (<http://http://eio-shimane.jp/files/original/20190110120300561638028e6.pdf>), 2021 年 2 月 9 日確認.
- 3) 山口真人,田中保樹,小林辰至：「科学的な問題解決において児童・生徒に仮説を設定させる指導の方略—The Four Question Strategy(4QS)における推論の過程に関する一考察—」, 『理科教育学研究』, Vol.55, No.4,pp.437-443,2015.
- 4) 中村大輝,雲財寛,松浦拓也：「理科の問題解決における仮説設定の研究動向」, 『理科教育学研究』, Vol.59, No.2,pp.183-196,2018.

- 5) 検討を加えたのは,次の 20 冊の教科書である。
東京書籍：『新しい理科 3～6』, 2020.
大日本図書：『楽しい理科 3 年～6 年』, 2020.
学校図書：『みんなと学ぶ小学校理科 3 年～6 年』, 2020.
教育出版：『みらいをひらく小学理科 3～6』, 2020.
啓林館：『わくわく理科 3～6』, 2020.
- 6) 学校図書：『みんなと学ぶ小学校理科 3 年～6 年』, 2020.
- 7) 学校図書：『みんなと学ぶ小学校理科 6 年』, p.54,2020.
- 8) 同上書, p.94.
- 9) 学校図書：『みんなと学ぶ小学校理科 5 年』, pp.27f,2020.
- 10) 学校図書：『みんなと学ぶ小学校理科 3 年』, p.97,2020.
- 11) 学校図書：『みんなと学ぶ小学校理科 4 年』, p.58,2020.
- 12) 前掲書 10), pp.116f,2020.
- 13) 前掲書 11), pp.144f,2020.
- 14) 前掲書 7), pp.164f,2020.
- 15) 前掲書 9), pp.20f,2020.
- 16) 前掲書 7), p.33,2020.
- 17) 前掲書 11), pp.138f,2020.