

中学校理科教科書の探究の取り扱い方に関する一考察

～授業経験のある著者の調査に基づいた各教科書の取り扱いの比較～

月僧 秀弥¹・新村 宏樹²・結解 武宏³・高橋 和光⁴・葛生 伸⁵

A Study on the Handling of Inquiry in Junior High School Science Textbooks

～ Comparison of the Treatment of Each Textbook Based on a Survey of Authors with Classroom Experience ～

Hideya GESSO¹, Hiroki SHINMURA², Takehiro YUGE³, Wako TAKAHASHI⁴, Nobu KUZUU⁵

Email: gesso@edu.u-toyama.ac.jp

Abstract

The necessity of inquiry is stated in the objectives of the Courses of Study for Science, which have been sequential implemented from elementary school beginning in 2020, and the implementation of inquiry is called for. In junior high schools, classes are being taught using new textbooks from the 2021 school year. In this study, teachers who have experience teaching science at junior high schools compared the features of each textbook and summarized the process of inquiry that teachers consider while using the textbooks. The results revealed that the experiments and exploratory activities for inquiry varied with the textbooks, and that teachers were left largely to their own devices in conducting inquiry-based lessons.

キーワード : 中学理科, 探究, 教科書, 観察・実験, プロセス・スキルズ

Keywords : Secondary Science, Inquiry, Textbook, Observation and Experiment, Process Skills

I はじめに

令和2年度に小学校から順次実施されている学習指導要領(文部科学省, 2018; 文部科学省, 2019)の理科の目標では、「探究」や「問題解決」について何度も触れられ、探究的学習が求められていることが伺える。探究を取り入れた学習は、小学校・中学校では総合的な学習の時間と各教科で、高等学校では総合的な探究の時間と各教科での実施が求められている。

中学校学習指導要領解説(文部科学省, 2018)では、「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ」の図が記載され、探究の過程がまとめ

られている。この第3章指導計画の作成と内容の取扱いの中でも、十分な観察、実験の時間や探究する時間の設定が求められ、探究する学習活動として「問題を見だし観察、実験を計画する学習活動」「観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動」「科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動」が挙げられている。具体的な活動として、「観察、実験する場面で発表する機会」「検証方法を議論したりしながら考えを深め合う学習活動」等が例示されている。中学校や高等学校の学習を通じて、このような探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できるようにすることを目指している。

学習指導要領の改訂を受け、中学校では令和3年度より新教科書を用いた授業が行われ、中学校でも探究的な学習の取り組みが始まっていると考えられる。しかし、これまで探究的な学習を積極的に行っていない教員にとっては、何のための探究的学習かという理解

¹ 富山大学教育学部

² 黒部市立清明中学校

³ 長野市立更北中学校

⁴ 元府中市立浅間中学校

⁵ 福井大学

表1 プロセス・スキルの内容

基礎的プロセス・スキル	
観察	事物・現象についての情報を収集するため、五感を用いること。
推論	以前に収集したデータや情報をもとに、事物・現象について教育的に推測すること。
測定	事物・現象の次元を記載するために、測定すること。あるいは、見積もり・概算すること。
伝達	行動や事物・現象を記載するために、グラフや記号を用いること。
分類	事物・現象を特性や基準をもとにいくつかの範疇にグループ分けや順序付けすること。
予想	証拠のパターン・類型をもとに未知の現象の結果を述べること。
総合的プロセス・スキル	
条件のコントロール	実験結果に影響する要因・条件を発見し、原因となる要因だけを操作し、他のすべての条件を統一すること。
操作的定義	実験における要因・条件の測定のしかたを定義すること。
仮説の設定	実験の期待される結果を述べること。
データの解釈	データを整理すること、結論を導くこと。
実験	適切な疑問の想起、仮説の設定、要因・条件のコントロール、要因・条件の操作的定義、「公正な」実験の計画、実験の実行、実験結果の解釈のすべての過程を含む実験を実行すること。
モデルの形成	過程・現象の知的・物的モデルを創造すること。

武村（1993）pp.230-231 の表を抜粋し、一部変更

表2 学習指導要領の探究の過程

	探究の過程	資質・能力の例
課題の把握	①自然現象に対する気付き	○主体的に自然現象と関わり、それらを科学的に探究しようとする態度 ○自然現象を観察し、必要な力を抽出・整理する力 ○抽出・整理した情報について関係性や傾向を見出す力
	②課題の設定	○見いだした関係性・傾向から、課題を設定する力
課題の探究	③仮説の設定	○見通しをもち、検証できる仮説を設定する力
	④検証計画の立案	○仮説を確かめるための観察・実験計画を立案する力 ○観察・実験の計画を評価、選択・決定する力
	⑤観察・実験の実施	○観察・実験を実行する力
	⑥結果の処理	○観察・実験の結果を処理する力
課題の解決	⑦考察・推論	○観察・実験の結果を分析・解釈する力 ○情報収集して仮説の妥当性を検討したり、考察したりする力 ○全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力 ○新たな知識やモデル等を創造したり、次の課題を発見したりする力 ○事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力 ○学んだことを次の課題や、日常生活や社会に活用しようとする態度
	⑧表現・伝達	○考察・推論したことや結論を発表したり、レポートにまとめたりする力

文部科学省（2017）を基に作成

が進んでおらず、実施のハードルは高いと考えられる。

探究については、アメリカで取り組まれた教育の現代化運動の中で提唱されたプロセス・スキルズの影響がみられる。プロセス・スキルズは1963年に全米科学振興協会（American Association for the Advancement of Science : AAAS）より提唱された探究的能力育成において取得することが望ましい12の探究の要素的技法である（表1）。白山（2021）は、昭和44年以降改訂の学習指導要領の目標や改訂の趣旨・要点のなかで、「探究」や「探究の過程」が取り上げられてきたことをまとめている。

教科書にある実験の取り扱いの分析では、吉山・小林（2011）は、中学校理科教科書に掲載されている観察・実験などについて、プロセス・スキルズの観点から類型化している。その結果、分析した教科書においては、①掲載されている観察・実験等には時間・空間の認識、数値の吟味、図表の認識のプロセス・スキルズが少ないこと、②掲載されている観察・実験は、探究する課題が基礎的であり、プロセ

ス・スキルズを駆使して探究に取り組ませる内容が少ないことなどを示している。

山田（2021）は、プロセス・スキルズを精選・統合した「探究の技能」（長谷川，2013）を用い、中学校理科教科書1社の分析を行い、対象とした教科書に掲載されている観察・実験は「探究の技能」の傾向により6つに類型化されることを明らかにしている。また、学年間の差があり、第1学年では、事象のようすや性質、構造、変化の特徴を定性的・定量的に記録させたり、分類の観点・基準に基づいて定性的に識別させる傾向があること、第2・3学年では、仮説や実験計画を立てて、事象のようすや性質、変化の特徴を定性的・定量的に捉えさせたり、独立変数を制御し、従属変数の変化のようすや特徴を定性的・定量的にとらえさせたりする傾向があること、定性的な結果についてはモデルを使って考察したり、定量的な結果については表に整理しグラフ化して考察する傾向があることを示唆していると述べている。

学習指導要領に掲載されている探究の過程を表2

に示す。学習指導要領解説では、探究の過程が必ずしも一定方向の流れではないこと、授業ではこの過程の一部を取り扱ってもよいことが記載されている。

Ⅱ 研究の目的

本研究の目的は、中学校理科教科書5社における探究の取り扱いについて確認し、中学校理科教科書から読み取れる探究的学習を整理し、求められる探究的学習の内容について明らかにすることである。

Ⅲ 教科書における探究の取り扱い

1 調査項目

教科書における探究の取り扱いについて比較するための調査項目を以下に示す。①教科書の探究についての紹介や説明や取り扱いの特徴、②各單元における観察・実験の抽出、③教科書の内容の理科教員による確認、④探究の過程の確認、である。

2 各教科書における探究の取り扱いの比較

(1) 教科書の探究についての紹介や説明や取り扱いの特徴

表3は、それぞれの教科書における探究の取り扱いの特徴である。全ての教科書の巻頭または巻末で探究について説明されている。表3の探究の説明のページ数は、それに要するページ数である。最も多いD社は8ページ、少ないE社は2ページであった。

内容の特徴は以下の通りである。A社は、巻頭の探究に関する説明の中で、「ジグソー法」や「理科の見方・考え方」を紹介している。B社は、節の端に「探究してみよう」と提示し、節全体で探究的学習を促している。C社は、本文中の観察・実験のほかに、各単元の最後に探究活動を提示、D社は、各単元の最後に探究活動を提示している。E社は、巻頭にイラストを用い教科書の展開に従い探究的な実験を掲載している。

教科書により観察・実験の内容に差があることや、それぞれの実験で実施すべき探究的活動が提示され

ていない場合もあることから、探究的学習を進めるに当たり、授業者である教員に委ねられている部分が多いと考えられる。

(2) 各單元における観察・実験の抽出

教科書中で生徒の活動として記載されている観察・実験のタイトルを全て抜き出し、分野ごとに表4～6に示した。観察・実験は、教科書中で、「実験」「観察」「探究」と表題がつけられている。また、「やってみよう」「ためしてみよう」「チャレンジ」として観察・実験が紹介されている場合もある。これらの観察・実験も含め、全ての観察・実験等の活動のタイトルを示した。

A社は、実験の表題が探究と示されており、ほぼすべての実験で探究的活動として記載されている。表4～6には、やってみようや資料なども実験の可能性があるということで取り上げているが、生徒実験として記載されている内容は探究的活動となっている。

B社は、各單元に1つまたは複数の実験が探究的活動として記載されている。その際、節の端に「探究してみよう」と提示し、節全体で探究的学習を促している。節全体が探究的活動となっていることで、生徒の主体的な学びを期待していると考えられる。

C社は、各單元に1つの探究を求める観察・実験に加え、各単元の最後に発展学習としての探究的活動が記載されている。

D社は、本文中で探究を求める観察・実験は示されておらず、各単元の最後に発展学習としての探究的活動が記載されている。

E社は、各單元に1つまたは複数の実験で探究的活動を求めている。その際、節の端に「探究をレベルアップ」と提示し、節全体で探究的学習を促している。これは、生徒の主体的な学びを期待していると考えられる。また、1学年生物分野では探究活動として観察・実験は挙げられていない。

もちろん探究的活動が提示されていない観察・実

表3 教科書における探究の取り扱いの特徴

	A社	B社	C社	D社	E社
探究の説明の記述や探究の取り扱いの特徴、ページ数	合計6ページ。ジグソー法を紹介。見方・考え方を紹介。	合計7ページ。節の端に「探究してみよう」と提示し、節全体で探究的学習を促進。	合計3ページ。本文中の観察・実験に加え、各単元の最後に探究活動を提示。	合計8ページ。各単元の最後に探究活動を提示。	合計2ページ。節の端に「探究をレベルアップ」と提示し、節全体で探究的学習を促進。

表6 中学3年生の教科書で探究を求められている実験・観察・観測・実習等

分野	A社	B社	C社	D社	E社
生命	探究1 根の先端近く根冠細胞を観察する	△	△	△	△
	探究2 葉の細胞の観察の方法	◎	△	△	△
	探究3 メンブリアの実験とイオンチャネルに関する理由を中学生で説明する	△	△	△	△
	探究4 エネルギーの植物の光合成	△	△	△	△
粒子	探究1 植物細胞の浸透圧	◎	△	△	△
	探究2 植物細胞の浸透圧	◎	△	△	△
	探究3 植物細胞の浸透圧	◎	△	△	△
	探究4 植物細胞の浸透圧	◎	△	△	△
	探究5 植物細胞の浸透圧	◎	△	△	△
	探究6 植物細胞の浸透圧	◎	△	△	△
	探究7 植物細胞の浸透圧	◎	△	△	△
エネルギー	探究1 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究2 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究3 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究4 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究5 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究6 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究7 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究8 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究9 エネルギーの単位	△	△	△	△
	探究10 エネルギーの単位	△	△	△	△
地球	探究1 太陽の表面の温度	△	△	△	△
	探究2 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
	探究3 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
	探究4 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
	探究5 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
	探究6 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
	探究7 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
	探究8 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
	探究9 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
	探究10 月の位置と軌道の関係	△	△	△	△
その他	探究1 植物の成長	△	△	△	△
	探究2 植物の成長	△	△	△	△
	探究3 植物の成長	△	△	△	△
	探究4 植物の成長	△	△	△	△
	探究5 植物の成長	△	△	△	△
	探究6 植物の成長	△	△	△	△
	探究7 植物の成長	△	△	△	△
	探究8 植物の成長	△	△	△	△
	探究9 植物の成長	△	△	△	△
	探究10 植物の成長	△	△	△	△

() に入ったタイトルは、長いタイトルを省略し、実験のみを記載している
◎: 4人とも探究, ○: 3人探究, ▲: 2人探究, △: 1人探究, 空間: 探究しない

験についても、教科書巻頭で探究的な学習の進め方が説明されていることから、教員の裁量により探究的に学習を進めることができる。

(3) 教科書の内容の理科教員による確認

教員や元教員が、教科書のそれぞれの実験に探究的活動が含まれているか、自らが授業を行う場合に探究的に行うか回答した。回答は、中学校で20年以上の理科授業経験があり、これまで探究的な授業を進めてきた教員・元教員が行った。その結果を、表4～6の各観察・実験のタイトル右に記号で示した。記号の意味は、〔◎：4人が探究すると回答した観察・実験、○：3人が探究すると回答した観察・実験、▲：2人が探究すると回答した観察・実験、△：1人だけが探究すると回答した観察・実験、空欄：探究すると回答しなかった観察・実験〕である。

この作業に当たっては、それぞれの教員が表2の探究の内容を基に教科書を確認し、自らがこの教科書を用いて授業を行うことを想定して回答した。但し、探究の過程の内容については確認していない。表4～6の記号が大きくばらついていることから、教員の探究のスキルの捉え方の差や、教科書の取り扱いにより大きな差が出ていることが分かる。

表7は、教員が探究を意識した観察・実験の数を示したものである。教科書によりその数が大きく違うことが分かる。活動数は、それぞれの教科書で紹介されている観察・実験の合計となる。

4人の教員の間で探究的に行うという観察・実験には違いがあり、1人の教員だけが探究を意識した観察・実験も多かった。そのため、3人以上の教員が探究を意識した観察・実験（○と◎の合計）を教員が探究的に行う観察・実験として、その割合を表8に示した。

探究を求める実験数の比較では、最も多いA社は、62.6%（◎と○の合計：72 / 115）の観察・実験で探究的な学習を行う回答であった。最も少ないB社では、10.6%（16 / 151）の観察・実験で探究的な学習を行う回答であった。同じ教員が、同様の観察・実験を一方の教科書では探究的に行う、他方の教科書では探究的に行わないと答えていることも多く、教科書の記述や説明の流れ、実験や事項の提示の順序等の文脈が教員の授業に大きな影響を与えていることが分かる。

表7 4人の教員が探究を意識した観察・実験の数

		A社	B社	C社	D社	E社
1年生	△	11	31	16	26	13
	▲	1	4	4	2	6
	○	3	2	3	4	1
	◎	17	3	6	4	3
	活動数	37	48	40	51	29
2年生	△	4	44	31	37	22
	▲	0	1	2	3	2
	○	2	0	0	1	4
	◎	29	5	9	4	5
	活動数	41	58	50	52	36
3年生	△	8	32	27	32	10
	▲	4	3	6	3	10
	○	5	2	1	3	7
	◎	16	4	7	5	4
	活動数	37	45	44	47	31
合計	△	23	107	74	95	45
	▲	5	8	12	8	18
	○	10	4	4	8	12
	◎	62	12	22	13	12
	活動数	115	151	134	150	96

◎：4人探究、○：3人探究、▲：2人探究、△：1人探究

表8 教員が探究的に行う観察・実験の割合（%）

	A社	B社	C社	D社	E社
1学年	54.1	10.4	22.5	15.7	13.8
2学年	75.6	8.6	18.0	9.6	25.0
3学年	56.8	13.3	18.2	17.0	35.5
合計	62.6	10.6	19.4	14.0	25.0

(4) 探究の過程の確認

各社の探究的活動を求める実験内容を確認すると、複数の教科書で探究的活動になっている観察・実験があるが、教科書によりその扱いが大きく異なることが分かった。5つの教科書で4名の教員中3名以上が探究的に行うと答えた4つの実験を表9に示す。

これら4つの実験は、生徒が取り組みやすい実験であり、結果も明確であることから多くの教員が探究的に取り組める実験であると考えている。これら4つの実験以外の観察・実験における回答は異なっていた。そのため、教師がどの観察・実験を探究的に学習するかを考える余地は大きく、観察・実験毎に教師が判断する必要があると考えられる。

(5) 探究の過程の比較

表9で取り上げた実験の中で、1年粒子の「食塩、砂糖、デンプンを区別する実験」の学習中の探究的活動を各教科書で確認した結果を表10に示す。2(3)

表9 4名の教員中3名以上が探究的に行くと答えた4つの実験

内容	学年・分野	教科書における観察・実験のタイトル
食塩、砂糖、デンプンを区別する実験	1年 粒子	A社：未知の物質名を突き止める，B社：白い物質の正体を調べる，C社：謎の物質Xの正体，D社：白い粉末の区別，E社：白い粉末の区別
ばねにはたらく力とばねの伸びの関係からフックの法則を導く実験	1年 エネルギー	A社：ばねの伸びと力の関係，B社：力の大きさとばねの伸びの関係を調べる，C社：力の大きさとばねの伸びの関係，D社：力の大きさとばねの伸び，E社：力の大きさとばねの伸びの関係
だ液がデンプンを消化する条件を調べる実験	2年 生命	A社：だ液のはたらき，B社：唾液のはたらきを調べる，C社：唾液のはたらき，D社：だ液のはたらき，E社：だ液によるデンプンの変化
金属を含む電解質溶液へ複数の金属を入れた時に析出する金属の違いから金属の陽イオンへのなりやすさを比較する実験	3年 粒子	A社：金属の種類によるイオンのなりやすさ，B社：金属のイオンへのなりやすさを調べる，C社：金属のイオンのなりやすさ，D社：金属のイオンへのなりやすさ，E社：金属のイオンへのなりやすさの比較

で行った方法と同様に4人の教員に調査を行った。記号の意味は，〔◎：4人が探究すると回答した過程，○：3人が探究すると回答した過程，▲：2人が探究すると回答した過程，△：1人だけが探究すると回答した過程，空欄：探究すると回答しなかった過程〕である。

教科書の記載により，それぞれの過程に対して教師が探究的に授業を進めるかどうかには差があることが明らかになった。「検証計画の立案」は，探究的に行わないと答えた教員が多い。実験の計画は教科書の記載内容に従うことが多いためと考えられる。

このようなことから，求められる探究の過程は教科書により差があること，単元と同様に教師の裁量が大きいことが分かる。

3. 同じ観察・実験であっても，教科書により実施する探究的活動が異なる
4. 教師により観察・実験の取り扱いは異なり，探究的に進めるかどうかは，教師によって異なる

つまり，探究的学習を進めるに当たり，授業者である教員に委ねられている部分が多い。

探究的な観察・実験が増えたことにより，これまで探究的学習を経験していない教師にとって，その負担は大きいと考えられる。

学習指導要領の「探究」という言葉を考えると「何のための探究なのか」ということで授業の進め方が違ってくる。学習指導要領では探究的活動を求めているが，すべての場面ですべての過程を求めているわけではない。また一定方向ではないと示されていることから，教科書における探究の目的を次の2点と考えることが妥当であると考えられる。

- a) 探究的学習によって既知事項を深く理解する
- b) 社会において必要になる能力の基盤として，探究的に学ぶ姿勢・能力をつける

以上のことを踏まえると，探究すること自体が目的ではなく，変革する社会において，探究的学習を通じて，自ら考え，探究的に取り組む能力の育成が求められている。このような生徒の育成が教師に求められていると考えることができる。探究的な学習指導を通じて，教師自身も探究的学習・指導能力を育成していくことが重要である。

表10 白い粉末を扱った授業の比較

探究の過程	A社	B社	C社	D社	E社
①自然現象に対する気付き	◎	△	○	△	○
②課題の設定	△	▲	◎	▲	○
③仮説の設定	◎	◎	◎	▲	○
④検証計画の立案	▲	▲	▲	△	△
⑤観察・実験の実施	◎	◎	◎	▲	◎
⑥結果の処理	◎	◎	◎	▲	◎
⑦考察・推論	○	◎	◎	▲	◎
⑧表現・伝達	-	○	◎	-	○

◎：4人探究，○：3人探究，▲：2人探究，△：1人探究，一なし

IV 結論

以上のことから中学校理科教科書における探究の取り扱いについて次のようにまとめることができた。

1. すべての教科書で探究を求めている。また，探究の方法も提示されている
2. 教科書により探究を行う観察・実験が異なる

【付記】

使用した教科書（令和2年検定）を以下に示す。
大日本図書(理科の世界1～3:有馬朗人,他70名)
学校図書(中学校科学1～3:霜田光一,他33名)

啓林館（未来へひろがるサイエンス1～3:大矢
禎一, 他 147 名）
教育出版(自然の探究中学理科1～3:室伏きみ子,
他 32 名)
東京書籍（新しい科学1～3:梶田隆章, 他 134 名）

文献

長谷川直紀, 吉田裕, 関根幸子, 田代直幸, 五島政一,
稲田結美, 小林辰至 (2013): 小・中学校の理科
教科書に掲載されている観察・実験等の類型化と
その探究的特徴－プロセス・スキルズを精選・統
合して開発した『探究の技能』に基づいて－, 理
科教育学研究, 第 54 巻, 第 2 号, pp225-247.
文部科学省 (2018): 中学校学習指導要領 (平成 29
年告示) 解説理科編.
文部科学省 (2019): 高等学校学習指導要領 (平成
30 年告示) 解説理科編.
白山由希子, 栢野彰秀 (2021): 昭和 44 年以降の小・
中学校学習指導要領(理科)に見られる「問題解決」
と「探究」, 学校教育実践研究第 4 巻, pp61-69.
武村重和監訳, 稲垣成哲, 中山迅, 世波敏嗣, 松原
道夫, 吉田淳, 中山玄三訳 (1993): 理科教育の
心理学 子どもの見方と考え方をどう変容させる
か, 東洋館出版社, pp230-231.
山田貴之, 田代直幸, 栗原淳一, 小林辰至, 松本隆行,
木原義季, 山田健人 (2021): プロセス・スキル
ズを精選・統合した「探究の技能」に基づく観察・
実験の類型化とその探究的特徴－中学校理科教
科書の分析を通して－, 理科教育研究, Vol.62,
No.2, pp487-511.
吉山泰樹, 小林辰至 (2011): プロセス・スキルズ
の観点から見た観察・実験等の類型化－中学校理
科教科書に掲載されている観察・実験等について
－, 理科教育学研究, No.52, No.1, pp107-119.

受付年月日 (2022/10/19)

受理年月日 (2022/12/20)