

小学校理科授業における科学的な思考力の  
育成に関する指導法の実証的研究  
－4QS (The Four Question Strategy) に  
よる仮説設定能力とプロセス・スキルズ  
の育成の手立て－

2016

兵庫教育大学大学院  
連合学校教育学研究科  
教科教育実践学専攻  
(上越教育大学)

山田 貴之

## 目次

<b>序章 問題の所在，研究の目的及び方法</b> . . . . .	4
1. 理科教育の現代的課題としての科学的な思考力 . . . . .	4
2. 科学的な思考力を育成する問題解決の活動 . . . . .	10
3. 科学的な思考力としてのプロセス・スキルズの重要性 . . . . .	15
4. 問題解決の背景となる科学的推論の方法と仮説 . . . . .	18
5. 仮説設定に関する先行研究 . . . . .	21
6. 研究の目的及び方法 . . . . .	23
7. 本論文の構成 . . . . .	25
引用文献 . . . . .	28
<b>研究1 「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデルの検討</b>	
<b>第1章 小学生の理科における「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデル</b> . . . . .	35
1. 問題の所在と目的 . . . . .	35
2. 研究の方法 . . . . .	37
3. 結果 . . . . .	43
4. 考察 . . . . .	53
5. 本章のまとめ . . . . .	55
注，及び引用・参考文献 . . . . .	58
資料 . . . . .	62

**研究 2** 4QS の適用の可能性の検討

<b>第 2 章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における 4QS の適用の可能性</b> . . . . .	64
1. 問題の所在と目的 . . . . .	64
2. 研究の方法 . . . . .	69
3. 結果と考察 . . . . .	80
4. 本章のまとめ . . . . .	100
注, 及び引用・参考文献 . . . . .	101

**研究 3** 4QS を用いて児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導の効果の検証

<b>第 3 章 児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果</b> — 第 6 学年「燃焼の仕組み」を事例として — . . . . .	105
1. 問題の所在と目的 . . . . .	105
2. 研究の方法 . . . . .	108
3. 結果と考察 . . . . .	118
4. 本章のまとめ . . . . .	130
引用文献 . . . . .	134
資料 . . . . .	137

<b>第4章 児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が科学的な知識の理解に与える効果</b>	
<b>－第5学年「振り子の運動」を事例として－</b>	141
1. 問題の所在と目的	141
2. 研究の方法	143
3. 結果と考察	146
4. 本章のまとめ	147
引用文献	150
資料	153
<b>第5章 因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる指導が考察の記述能力の育成に与える効果</b>	
<b>－第6学年「てこの規則性」を事例として－</b>	155
1. 問題の所在と目的	155
2. 研究の方法	159
3. 結果と考察	168
4. 本章のまとめ	173
引用文献	176
<b>終章 本研究のまとめ及び今後の課題</b>	179
1. 本研究のまとめ	179
2. 理科教育における現代的課題としての科学的な思考力の育成に有効な要素と教育実践への示唆	187
3. 今後の課題	189
引用文献	190
<b>附記</b>	192
<b>謝辞</b>	193

## 序章 問題の所在, 研究の目的及び方法

### 1. 理科教育の現代的課題としての科学的な思考力

2007年に一部改正された学校教育法第30条第2項<sup>1)</sup>には、以下のことが明記されている。

生涯にわたり学習する基盤が培われるよう、基礎的な知識及び技能を習得させるとともに、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくみ、主体的に学習に取り組む態度を養うことに、特に意を用いなければならない。

(下線は筆者が加筆した)

ここには、「基礎的な知識・技能」、「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」、「主体的に学習に取り組む態度」といった、学力の重要な3つの要素（以下、「学力の三要素」と表記）が示されている。

このように、学力が要素として示されるようになった背景には、学力に関する国内外の調査結果に共通する日本の児童・生徒が抱える課題がある。

国内の主な学力調査としては、平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査が挙げられる。この調査の趣旨は、「小学校及び中学校の学習指導要領（1999年告示）に基づく



教育課程の実施状況について、学習指導要領における各教科の目標や内容に照らした学習の実現状況を把握し、今後の教育課程や指導方法等の改善に資する。」<sup>2)</sup> ことである。

この調査の結果から、「見通しや結果の処理を重視した観察・実験の一層の推進」、「日常生活との関連を図った指導の充実」、「実験に基づき科学的な思考を深めさせる指導の一層の推進」、「グラフ指導等、観察、実験の技能の指導の充実」、「自然事象への関心を高め、学習内容相互の関連に気付かせ、理解を深めさせる指導の充実」などに課題があることが明らかとなった<sup>3) 4)</sup>。

また、国外の主な学力調査としては、OECD（経済協力開発機構）によるPISA調査（学習到達度調査）が挙げられる。PISA調査は、「義務教育修了段階の15歳児が持っている知識や技能を、実生活の様々な場面で直面する課題にどの程度活用できるかを評価すること」<sup>5)</sup>を目的とし、これまでに5回（2000年、2003年、2006年、2009年、2012年）行われている。

2000年及び2009年調査では読解力が、2003年及び2012年調査では数学的リテラシーが、2006年調査では科学的リテラシーが調査の主要領域であった。特に、2006年調査は科学的リテラシーに関する詳細な概念定義が示され<sup>6)</sup>、日本の教育に最も大きな影響を与えた。この定義において、科学的リテラシーは「状況と文脈」、「科学的能力」、「科学的知識」、「科学に対する態度」の4つの枠組みから構成されている。日本の生徒の調査結果<sup>7)</sup>を概観すると、「科学的リテラシー」の平均得点は531点であり、

OECD 加盟国の平均得点（500 点）を上回っている（表序 - 1）。しかしながら、「科学的能力」のうち、「科学的な証拠を用いること」領域は 544 点であるのに対し、「科学的な疑問を認識すること」領域は 522 点、「現象を科学的に説明すること」領域は 527 点と、他の国と比較して低い傾向にあることが示された。

表序 - 1 科学リテラシーに関する平均得点の国際比較

	科学リテラシー全体	得点	「科学的な疑問を認識すること」領域	得点	「現象を科学的に説明すること」領域	得点	「科学的証拠を用いること」領域	得点
①	フィンランド	563	フィンランド	555	フィンランド	566	フィンランド	567
②	香港	542	ニュージーランド	536	香港	549	日本	544
③	カナダ	534	オーストラリア	535	台湾	545	香港	542
④	台湾	532	オランダ	533	エストニア	541	カナダ	542
⑤	エストニア	531	カナダ	532	カナダ	531	韓国	538
⑥	日本	531	香港	528	チェコ	527	ニュージーランド	537
⑦	ニュージーランド	530	リヒテンシュタイン	522	日本	527	リヒテンシュタイン	535
⑧	オーストラリア	527	日本	522	スロベニア	523	台湾	532
⑨	オランダ	525	韓国	519	ニュージーランド	522	オーストラリア	531
⑩	リヒテンシュタイン	522	スロベニア	517	オランダ	522	エストニア	531

注) 黄色は非 OECD 加盟国を示す。

出典：文部科学省（2007）「OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）～2006 年調査国際結果の要約～」p. 6. より一部抜粋。

このような我が国の理科教育における現代的課題を受けて、2008年1月の中央教育審議会の答申では、理科の改善の基本方針について、「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達の段階、指導内容に応じて、例えば、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、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、探究的な学習活動を充実する方向で改善する。」<sup>8)</sup>ことが明記された。

このことから、科学的な思考力を育成するための指導法を考案することは、喫緊の課題といえる。

さらに、世界の教育改革の動向を鑑みると、欧米を始めとする諸外国では、1990年代以降、断片化された知識や技能ではなく、人間の全体的な能力をコンピテンシーとして捉えた教育改革が定着してきた<sup>9)</sup>。そして、これらの改革の源流は大きく2つある。1つは、生徒の学習到達度調査(PISA)の基となった経済協力開発機構(OECD)の「コンピテンシーの定義と選択」(DeSeCo)プロジェクトであり、もう1つは、北米を中心に世界的ICT企業なども加わって研究が進められている「21世紀型スキル」である<sup>10)</sup>。我が国でも、内閣府による「人間力」(2003)、厚生労働省による「就職基礎能力」(2004)、経済産業省による「社会人基礎力」(2006)、文部科学省による「学士力」(2008)など、より汎用的な認知・社会スキルの育成が求められてきた<sup>11)</sup>。このように、21世紀に求められる汎用的な資質・能力を定義し、それを基にカリキュラムを開発する教育改革は世界的な潮流といえる。



これらのことを踏まえ、国立教育政策研究所は、21世紀型能力を提案した。21世紀型能力は、「学力の三要素」（①基礎的・基本的な知識・技能の習得、②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、③学習意欲）を、課題を解決するための資質・能力という視点で再構成したものである<sup>12)</sup>。図序-1に示したように、「深く考える（思考力）」を中核として、それを支える「道具や身体を使う（基礎力）」、その使い方を方向付ける「未来を創る（実践力）」から成る三層構造で構成されている<sup>13)</sup>。こうした位置付け方は、「学力の三要素」と同義と解釈できる。加えて、教科としての理科が21世紀型能力の育成に最も資することができるのは、「深く考える（思考力）」であり、その中でも特に、問題解決の能力であると考えられる。

以上より、理科教育においては、問題解決の活動を通して科学的な思考力を育成することが重要な意味をもつといえる。



図序 - 1 21世紀型能力

出典：国立教育政策研究所（2015）「平成26年度プロジェクト研究調査研究報告書 資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書1～使って育てて21世紀を生き抜くための資質・能力～」p.93.より抜粋。

## 2. 科学的な思考力を育成する問題解決の活動

前節において、科学的な思考力を育成するためには、問題解決の活動が重要な意味をもつことを述べた。しかし、科学的な思考力の捉え方については、様々な見解が存在する。例えば、角屋<sup>14)</sup>は、「思考とは、ある目標の下に、生徒が既習経験をもとにして対象に働きかけ種々の情報を得て、それらを既存の体系と意味付けたり、関連付けたりして、新しい意味の体系を創り出していくことと考える。」と述べている。川崎<sup>15)</sup>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」だとしている。磯崎<sup>16)</sup>は、「科学的知識の獲得や問題解決の過程において適用される思考のことをさす。」と述べている。村山<sup>17)</sup>は、「客観的な根拠に基づいて、多様な視点から思考し、判断し、実行することができる力」と述べている。原田<sup>18)</sup>は、「自然の事物・現象に問題を持ち、それを筋道を通して考え、得られた結論を事実即して確かめ、応用・発展させていくような過程で行われる思考活動である。」と述べている。さらに、科学的な思考力を論理的思考、実証的思考、合理的思考、関係的思考、直感的思考、拡散的思考、創造的思考、分析的思考、総合的思考、帰納的思考、演繹的思考に分類している。羽村<sup>19)</sup>は、「自然の事物・現象の中に問題を見いだし、観察、実験などを行うとともに、事象を実証的、論理的に考えたり、分析的、総合的に考察したりして問題を解決する能力」としている。国立教育政策研究所<sup>20)</sup>は、科学的な思考・表



現における評価の観点を「自然の事物・現象から問題を見いだし, 見通しをもって事象を比較したり, 関係付けたり, 条件に着目したり, 推論したりして調べることによって得られた結果を考察し表現して, 問題を解決している。」と明記している。

これらの先行研究を参考に, 本研究における科学的な思考力を以下のように定義する。

提示された自然事象をじっくり観察し, 見いだした問題を基に課題をつくり, その課題を解決するための実験の計画を立て, 導出された結果を分析的・総合的に考察したり, 新たに直面した事象を既知の科学的な知識などを用いて論理的に説明したりする能力

併せて, 本研究における科学的な思考力を構成する下位能力として, 以下の 10 個を規定する。

- ①問題を正しく把握する能力
- ②変数を制御する能力
- ③仮説を設定する能力
- ④適切な観察, 実験を計画する能力
- ⑤数量的に把握する能力
- ⑥結果を予測する能力
- ⑦筋道を通して推論する能力
- ⑧分析的・総合的に考察する能力
- ⑨原理・法則を適用する能力
- ⑩仮説や証拠に基づいて結論を導き出す能力



一方、理科における思考力の育成について角屋<sup>21)</sup>は、「子どもの科学的な思考力を育成するためには、子どもが自然事象に関して自分で目標を設定し、既存の体系と意味付けたり、関係付けたりして、新しい意味の体系を構築していくという操作が必要になる。」と述べている。森本<sup>22)</sup>は、「子どもによる問題の見いだしが、見通しをもった観察、実験につながり、彼ら主導による問題解決を生み出し、思考力・判断力・表現力を結実させる源泉となる。」と述べている。村山<sup>23)</sup>は、「理科教師が指示した通りに実験をさせるのなら、学習者にとってそれは単なる作業でしかない。学習者は、実験を通して現象の探究や仮説の検証などに取り組んでいるわけではない。どちらの場合にも、学習者は科学的な思考を行っていないのだから、科学的思考力が身に付くことは期待できない。」と指摘し、科学的な思考となるような仕掛けの必要性を示唆している。

2008年に告示された小学校学習指導要領解説理科編<sup>24)</sup>では、学年を通して育成する問題解決の能力が示されている。具体的には、第3学年では比較しながら調べること、第4学年では関係付けながら調べること、第5学年では条件に目を向けながら調べること、第6学年では推論しながら調べることが明記されている。これは、学年を通して示された問題解決の能力を育成する活動を行うことで、科学的な思考力を育成しようとするものである。また、問題解決の能力を育成する過程については、「児童が自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち、そこから問題を見いだし、予想や仮説の基に観察、実験な

どを行い，結果を整理し，相互に話し合う中から結論として科学的な見方や考え方をもちよくなる過程」としている<sup>25)</sup>。

これらの知見に共通することは，理科授業において，科学的な思考力を育成するためには，児童が自ら問題を見だし，予想や仮説をもって実験を行い，結果を考察し結論を導出するといった，主体的な問題解決の活動をより一層大切にすることがあるということである。

また，理科における問題解決の過程について，角屋<sup>26)</sup>は，次のように整理している。

- ①問題を見いだす場面
- ②仮説を設定する場面
- ③見いだした問題を解決するための実験方法を発想する場面
- ④発想した実験方法を実行する場面
- ⑤得られた結果を仮説や実験方法と関係付けて考察する場面  
(⑤で得られた結果が仮説や実験方法と一致しなかった場合には，以下の⑥～⑨の過程が必要となる)
- ⑥新たな仮説を設定する場面
- ⑦新たな実験方法を発想する場面
- ⑧新たに発想した実験方法を実行する場面
- ⑨新たに得られた結果を仮説や実験方法と関係付けて考察する場面
- ⑩まとめる場面

さらに, 上記の①～④の過程について角屋は, 仮説を立て, その仮説を検証するための実験方法を考え, 実行することであるため, 科学的な思考力を育成する上で, 特に重要な過程であるとしている。

以上より, 科学的な思考力の育成には, 問題解決の過程において, 予想・仮説の設定, 検証計画の立案, 観察・実験の実施が重要な要素であることが示唆される。



### 3. 科学的な思考力としてのプロセス・スキルの重要性

理科教育における問題解決学習の意義について、大高<sup>27)</sup>は、次の3点を挙げている。第1に、理科授業の内容、特に概念などの理解を促進する手段としての意義。第2に、理科授業の成果として期待される科学の方法の習得とほぼ同義に捉えられ、問題解決能力の育成やそのために問題解決に取り組むそれ自体が意義をもっていること。第3に、現代社会の問題を解決する決定能力としての意義である。

これらのことを踏まえ、大高<sup>28)</sup>は、「理科授業の中で扱われる問題解決に関して言えば、問題解決が科学のプロセス・スキルズを必要とし、問題解決が測定され得るということについて、そうした研究はかなりの一致を示している。」と述べている。小林<sup>29)</sup>も同様に、「理科教育における問題解決学習は、科学の方法に基づいて探究することにあるといえる。」としている。

科学の方法という言葉が、日本の理科教育において使われ始めたのは、1969年に告示された中学校指導書理科編<sup>30)</sup>からである。そこでは、理科の目標の1つに「自然の事物・現象の中に問題を見だし、それを探究する過程を通して科学の方法を習得させ、創造的な能力を育てる」ことを挙げ、探究能力の育成が重要であることが示された。

この科学の方法が日本に導入された背景には、1950年代にアメリカで始まった科学教育の現代化運動がある。この現代化運動の中で、アメリカでは様々なプロジェクトが作



られた。そのうちの1つに、米国科学振興協会 (American Association for the Advancement of Science : AAAS) が提唱した、13の探究の要素的技法 “Science – A Process Approach” (SAPA) がある<sup>31)</sup>。これはプロセス・スキルズとも呼ばれ、探究の要素的技法を習得することが探究能力の育成において重要であるとされた<sup>32) 33)</sup>。そして、プロセス・スキルズ (SAPA) は、「観察する」、「時間／空間の関係を用いる」、「分類する」、「数を使う」、「測定する」、「伝達する」、「予測する」、「推論する」の基礎的プロセス、「変数を制御する」、「データを解釈する」、「仮説を設定する」、「操作的に定義する」、「実験する」の総合的プロセスに分類されていた<sup>34)</sup>。

これらは、探究活動を行う際に使用する思考の方法であり、原田<sup>35)</sup>は、「広義では、SAPAの13個のプロセス・スキルズも科学的な思考力とみなすことができる。」としている。また、先述した1969年告示の中学校指導書理科編<sup>36)</sup>において、プロセス・スキルズを教えていく必要性が述べられ、科学の方法として14の要素の習得が目指されている。具体的には、「観察すること」、「測定すること」、「事象を時間・空間に関連付けること」、「分類すること」、「記録し伝達すること」、「予測（予想）すること」、「推論（推理）すること」、「操作的定義をすること」、「条件を制御すること」、「データを解釈すること」、「モデルをつくること」、「仮説をつくること」、「実験すること」、「科学的思考と科学の方法」である。そして、これら14の要素のうち、「モデルをつくること」と「科学的思考と科学の方法」以外の12の要素は、SAPAにおける13のプロセ

ス・スキルズと同義であると解釈できる。

柴<sup>37)</sup>は、問題解決の能力には、科学における思考の方法である「比較する」、「予想を立てる」等のプロセス・スキルズが含まれていると述べており、プロセス・スキルズは問題解決をしていくときの重要な能力の1つと考えられる。また、吉山・小松・稲田・小林<sup>38)</sup>は、「それぞれの観察・実験等に含まれるプロセス・スキルズを意識化することで、学習指導要領で示された各学年の問題解決の能力の育成をより効果的に行えるようになることが期待できる。」と述べている。

以上より、児童の主体的な問題解決の活動には、SAPAのプロセス・スキルズとして表現されている科学的な思考力が重要な要素であることが示唆される。

#### 4. 問題解決の背景となる科学的推論の方法と仮説

児童の主体的な問題解決の活動を考えるにあたり, 問題解決の背景となる科学的推論の方法と仮説の位置付けについて論じる。

科学的推論の方法として, 演繹的推論, 帰納的推論, そしてアブダクションの3つが用いられる。アブダクション(abduction)は, チャールズ・パーズが提唱した, 演繹(deduction), 帰納(induction)と並ぶ推論の基本的な形式の1つであり, 科学の方法において, 仮説を発案する際の推論の思考様式として位置付けられている<sup>39)</sup>。

以下に, これら3つの推論の思考様式の特徴について述べる。

まず, 演繹的推論は, 「全てのAはBである。」「全てのBはCである。」「したがって, 全てのAはCである。」という, 規則と事例から結果を導き出すものである。

次に, 帰納的推論は, 「 $A_1$ はBである。」「 $A_2$ はBである。」「 $A_3$ はBである。」「 $\dots$ 」「したがって,  $A_n$ はBである。」という, 事例と結果から規則を導き出すものである。

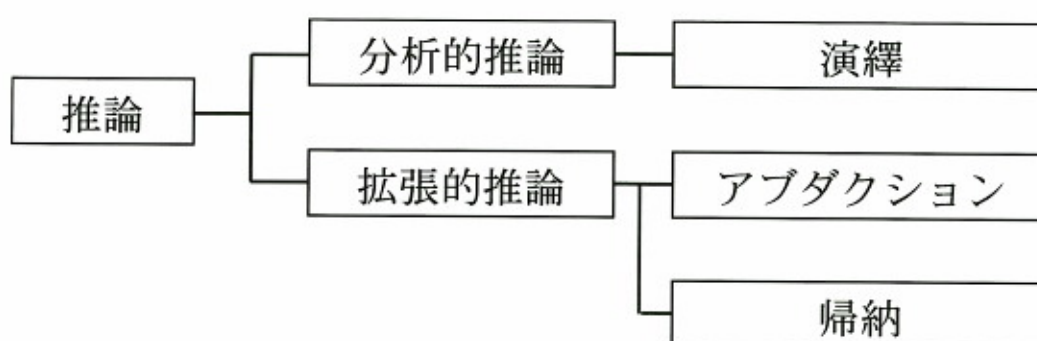
最後に, アブダクションは, 「AはBである。」「AがBであるのは, H(説明仮説)だからである。」という, 規則と結果から事例(説明仮説)を導き出すものである。

このように, パーズは, 推論を演繹, 帰納, 仮説形成の3つに分け, 規則と結果から事例(説明仮説)を導き出す遡及的推論型・仮説形成型の推論をアブダクションとし, 科学的探究の第一段階として位置付けている<sup>40)</sup>。ま



た, パースの考える推論の概念は, 科学的探究において新しい知を創造し, 知識の拡張をもたらす拡張的機能を重視している。この拡張的機能を有する推論として, アブダクション, 帰納の2つが位置付けられている。一方, 演繹は分析的推論と呼ばれている<sup>41)</sup>。

図序-2は, パースの探究の論理学による推論の分類によって, 演繹, アブダクション, 帰納の3つを整理したものである。



図序-2 パースの探究の論理学による推論の分類

出典：兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科共同研究プロジェクトM(平成23-25年度)報告書(2014)「地域における理数教育活性化のための教員研究モデル・プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究」兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科, p.36.に基づき, 筆者作成。



森<sup>42)</sup>は、理科授業での探究の過程を「問題意識→予想(仮説)→解決の構想→検証(観察・実験)→結論→他への適用・一般化」という仮説演繹型の展開としている。また、仮説について、「自己の持つあらゆる情報を網羅し、さらに直観によって考え出される見解であり、科学の活動では創造性の最も必要な過程である。」と述べている。ここでいう直観による見解とは、推論の思考様式の1つであるアブダクションと捉えることができる。換言すれば、問題解決学習を一連のプロセスとして考えた時に、このアブダクションによる推論が最も近い過程といえる。

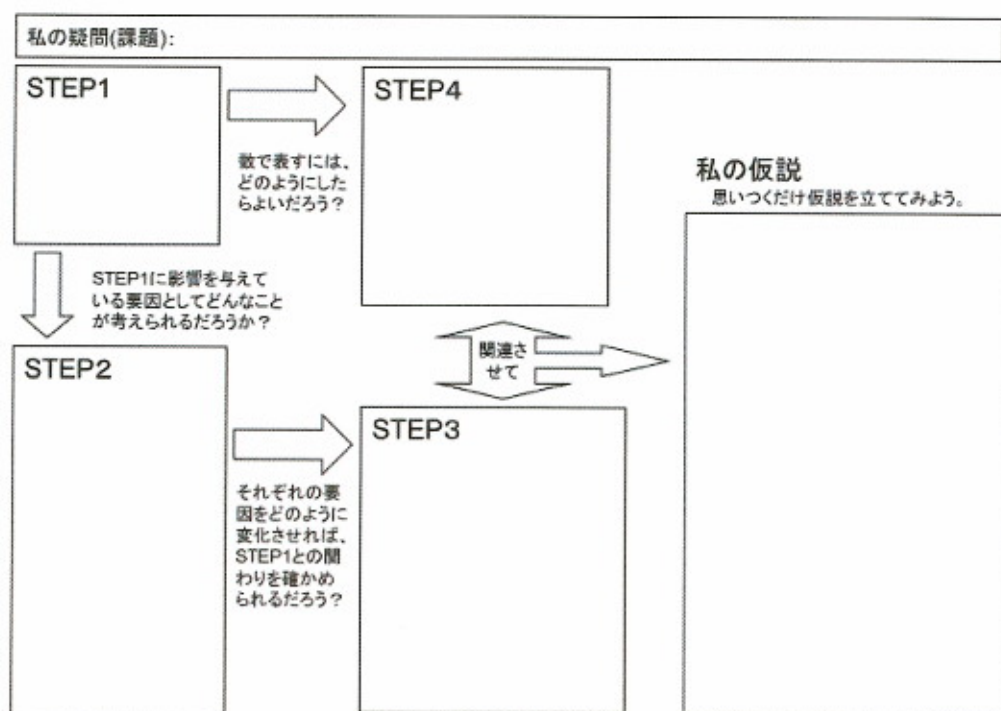
以上より、アブダクションは、演繹、帰納と並ぶ推論の基本的な形式の1つとして位置付けられ、科学的探究の文脈において重要な要素であるといえる。さらに、推論は、SAPAで示された13のプロセス・スキルズの1つであり、2008年に告示された小学校学習指導要領解説理科編<sup>43)</sup>においても、第6学年で育成する問題解決の能力として示されていることから、その育成は不易の課題であると考えられる。

## 5. 仮説設定に関する先行研究

理科の学習において、問題の発見から仮説の設定、その検証に至る過程を重視した授業の重要性は、従前より指摘されてきた<sup>44) 45)</sup>。また、仮説を設定する能力に関する研究もいくつか報告されている。例えば、Quinn & Kessler<sup>46)</sup>は、「仮説形成は教えられる」、「仮説形成の能力は、総体的な成績や読書能力と正の相関がある」ことを指摘している。Ronnig & McCurdy<sup>47)</sup>は、生徒の問題解決の過程を調べ、「定数と変数を探したり、仮説を生み出し検証したりするような問題にアタックするスキルの導入と強化を徹底するべきである」としている。Cothron, Giese & Rezbe<sup>48)</sup>は、4つの質問を通して独立変数と従属変数を認識させ、これら2つの変数の因果関係を仮説として文章化する指導方略である“The Four Question Strategy”を提唱している。小林・永益<sup>49)</sup>は、Cothronらの考えに基づいて仮説設定シート（以下、4QSと表記）を開発している（図序-3）。4QSの効果については、中学校では金子・小林<sup>50) 51)</sup>、高等学校では永益<sup>52)</sup>、大学では小林・永益<sup>53)</sup>が明らかにしているが、小学校の理科授業における効果を実践的に明らかにした研究は見当たらない。また、永益・小林<sup>54)</sup>が、高等学校の生物I履修者を対象に、仮説設定において重要となる独立変数の意識化と、それに関わると思われる「生徒と生き物との関わり」、「第三者の関わり」、「生き物に対する興味・関心」、「本への親しみ」の4つの要因との因果関係を明らかにしている。さらに、荒井・永益・小林<sup>55) 56)</sup>は、中学校

第2学年の生徒を対象に, 仮説設定の段階で重要となる「変数への気づき」に対して, 知的好奇心を初発とし, 自然体験やものづくりなどの科学的な体験が間接的, 直接的に影響を及ぼしていることを明らかにしている。

以上より, 独立変数と従属変数の2つの変数の因果関係を文章化した仮説を設定することは, 問題解決学習を進めていく上で重要な過程であることが示唆される。



図序 - 3 仮説設定シート (4QS) の例

出典：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－小学校教員志望学生の子ども頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導法の開発と評価－」『科学教育研究』第30巻，第3号，pp.185-193. より抜粋。



## 6. 研究の目的及び方法

### 6-1. 研究の目的

これまでに述べてきた問題意識を踏まえ、本研究の目的を、小学校において、4QSによる仮説設定とプロセス・スキルズの育成に着目した理科授業を実践することで、認知的側面（現象を科学的に説明する能力、及び科学的な知識の理解）への効果を明らかにすることとした。また、それらの結果に基づき、科学的な思考力の育成のための指導方法を検討し、教育実践への示唆を得ることとした。

### 6-2. 研究の方法

上記の目的を達成するために、本研究では、以下の3つの研究課題を設定した。

1つめの研究課題は、「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデルを検討することである。

2つめの研究課題は、研究課題1によって得られた知見を基に、4QSの適用の可能性を検討することである。

3つめの研究課題は、研究課題1及び研究課題2によって得られた知見を基に、4QSを用いて児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、認知的側面（現象を科学的に説明する能力、及び科学的な知識の理解）に与える効果を検証することである。

上記の3つの研究課題を解決するために、研究の方法として、以下の3つを用いた。



第1に, 第6学年の児童を対象に質問紙調査を実施し, 「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するとともに, 諸要因の因果モデルを検討するためのパス解析, 及びパス図の作成を試みた。

第2に, 小・中学校の理科教科書(いずれも文部科学省検定済のX社の教科書)に掲載されている全ての観察・実験等の個々について4QSの適用の可能性を検討し, 「4QSを用いて作業仮説を設定」, 「4QSを用いないで説明仮説・作業仮説を設定」, 「仮説なし」の3つのカテゴリーに分類した。

第3に, 4QSの適用が可能であると判断された実験において, 授業実践及び質問紙調査を試みた。そして, 認知的側面(現象を科学的に説明する能力, 及び科学的な知識の理解)に与える効果について, 定量的かつ定性的な質問紙による事前, 事後調査を行い, 検証した。

## 7. 本論文の構成

本論文は、序章及び終章を含め、7つの章から構成されている。以下に本論文の構成を述べる。

序章では、本論文の研究の背景である、理科教育における科学的な思考力、及び問題解決の能力の重要性に関する文献や先行研究を調査し、未だ解決されていない問題点や研究されていない指導方略を基にした分析により、本研究の目的及び方法について述べる。

第1章は、研究課題1に位置付くものである。第1章では、第6学年の児童を対象に質問紙調査を実施し、「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するとともに、諸要因の因果モデルを検討するためのパス解析、及びパス図の作成を試みる。

第2章は、研究課題2に位置付くものである。長谷川・吉田・関根・田代・五島・稲田・小林<sup>57)</sup>は、吉山・小林<sup>58)</sup>が分析した“Science-A Process Approach commentary for teachers”(SAPA)の13の上位スキルと57の下位スキルを基に、新たに開発した「探究の技能」の観点から、小・中学校の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等に含まれる探究の要素的技法を類型化し、各類型の特徴を明らかにしている。これらの知見を踏まえ、第2章では、小・中学校の理科教科書(いずれも文部科学省検定済のX社の教科書)に掲載されている全ての観察・実験等の個々について4QSの適用の可能性を検討し、「4QSを用いて作業仮説を設定」、「4QSを用いないで説明仮説・作業仮説を設定」、「仮説なし」の3つのカテゴリ

一に分類することを試みる。

第3章, 第4章及び第5章は, 研究課題3に位置付くものである。第3章では, 第6学年「燃焼の仕組み」を題材として, 4QSを用いて仮説を設定させる授業実践, 及び事前, 事後調査を主とした質問紙により, 現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果を検証する。第4章では, 第5学年「振り子の運動」を題材として, 4QSを用いて仮説を設定させる授業実践, 及び事前, 事後調査を主とした質問紙により, 科学的な知識の理解に与える効果を検証する。第5章では, 第6学年「てこの規則性」を題材として, 4QSを用いた仮説設定と, 因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる授業実践, 及びワークシートの記述内容により, 考察の記述能力の育成に与える効果を検証する。

終章では, 上記の3つの研究課題について, 第1章から第5章までで述べた一連の研究成果を整理するとともに, 今後の課題について論じる。

本論文の構成を, 以下の図序-4に示す。





図序 - 4 本論文の構成



## 引用文献

- 1) 文部科学省 (2011) 「言語活動の充実に関する基本的な考え方」.  
( <http://www.mext.go.jp/amenu/shotou/new-cs/gengo/1300857.htm>)  
【最終アクセス：2015年7月22日】
- 2) 国立教育政策研究所 (2005) 「平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査結果の概要」 p. 1 .  
( [http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei\\_h15/H15/03001000000007001.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/03001000000007001.pdf))  
【最終アクセス：2015年7月22日】
- 3) 国立教育政策研究所 (2005) 「平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査教科別分析と改善点 (小学校・理科)」 pp. 1 - 8 .  
( [http://www.nier.go.jp/kaihatu/katei\\_h15/H15/03001040020007004.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatu/katei_h15/H15/03001040020007004.pdf))  
【最終アクセス：2015年7月22日】
- 4) 国立教育政策研究所 (2005) 「平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査教科別分析と改善点 (中学校・理科)」 pp. 1 - 7 .  
( [http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei\\_h15/H15/03001040030007004.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/03001040030007004.pdf))  
【最終アクセス：2015年7月22日】
- 5) 文部科学省 (2007) 「OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) ～ 2006 年調査国際結果の要約～」 p. 1 .

( [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/071205/001.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/071205/001.pdf))

【最終アクセス：2015年7月22日】

6) OECD(2006). *Assessing Scientific, Reading, and Mathematical Literacy A Framework for PISA2006*. Paris: OECD, pp.20-23.

7) 前掲書5), p. 6.

8) 文部科学省(2008)「中央教育審議会答申『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』」 pp. 88-90.

( [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf))

【最終アクセス：2015年7月22日】

9) 国立教育政策研究所(2013)「社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則」『平成24年度プロジェクト研究調査研究報告書 教育課程の編成に関する基礎的研究報告書5』 p.13.

( <http://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/Houkokusho-5.pdf>)

【最終アクセス：2015年7月22日】

10) 同書

11) 同書, p. 14.

12) 同書, pp. 26-30.

13) 国立教育政策研究所(2015)「平成26年度プロジェクト研究調査研究報告書 資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書1～使って育てて 21世紀を生き抜くための資質・能力～」 pp. 93-94.

( [http://www.nier.go.jp/05\\_kenkyu\\_seika/pdf\\_seika/h27/2-1\\_all.pdf](http://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h27/2-1_all.pdf) )

【最終アクセス：2015年11月17日】

- 14) 角屋重樹 (2013) 「理科における『思考・判断・表現』の評価のあり方」『平成24年度研究紀要第42号 特集「思考・判断・表現」の評価のあり方Ⅱ』公益財団法人日本教材文化研究財団, pp. 4-8.
- 15) 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研究紀要』第二部, 第59号, p. 29.
- 16) 磯崎哲夫 (2003) 「教育用語辞典」ミネルヴァ書房, p. 56.
- 17) 村山哲哉 (2013) 「『自分事の問題解決』をめざす理科授業」図書文化, p. 94.
- 18) 原田周範 (2000) 「理科重要用語300の基礎知識」武村重和・秋山幹雄編, 明治図書, p. 163.
- 19) 羽村昭彦 (2006) 「高等学校理科における科学的な思考力を育成するための教材に関する研究－観察, 実験などを探究的に行う教材の開発－」『研究紀要第33号』広島県立教育センター, p. 44.
- 20) 国立教育政策研究所 (2011) 「評価基準の作成, 評価方法等の工夫改善のための参考資料 (小学校 理科)」p. 23.
- 21) 角屋重樹 (2009) 「小学校理科教育の特徴『小学校理科の学ばせ方・教え方事典改訂新装版』」教育出版, p. 16.
- 22) 森本信也 (2009) 「子どもが意欲的に考察する理科授業 小学校5年生」東洋館出版社, p. 12.



- 23) 村山功 (2005) 「科学的思考力を育成する授業づくり」『理科の教育』54 (7), 東洋館出版社, pp. 444-447.
- 24) 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書, pp. 8-9.
- 25) 同書, p. 8.
- 26) 角屋重樹 (2013) 「なぜ, 理科を教えるのか - 理科教育がわかる教科書 -」文溪堂, pp. 30-34.
- 27) 大高泉 (1992) 「理科教育講座 4 理科の学習論 (上)」東洋館出版社, pp. 240-241.
- 28) 同書, p. 247.
- 29) 小林辰至 (2000) 「原体験を基盤とした科学的問題解決学習のモデル化に関する研究」『兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科博士論文』pp. 1-13.
- 30) 文部省 (1970) 「中学校指導書理科編」大日本図書, pp. 35-57.
- 31) Commission on Science Education of American Association for the Advancement of Science (eds.), "Science - A Process Approach commentary for teachers", pp. 122-131, 1963, AAAS/XEROX Corporation.
- 32) 吉山泰樹・小林辰至 (2011) 「プロセス・スキルズの観点からみた観察・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』第 52 巻, 第 1 号, pp. 107-119.
- 33) 吉山泰樹・小松武史・稲田結美・小林辰至 (2012) 「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化 (2) - 小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』第 52 巻, 第 3 号,



- pp. 179-190.
- 34) 前掲書 31)
- 35) 前掲書 18)
- 36) 前掲書 30), p. 10.
- 37) 柴一実 (2006) 「アメリカのカリフォルニア州における科学カリキュラムの現代的動向－直接教授と探究活動とのバランスを重視した科学カリキュラム－」『広島大学大学院教育学研究科紀要』第一部, 第 55 号, pp. 61-70.
- 38) 前掲書 33)
- 39) 山口真人・田中保樹・小林辰至 (2015) 「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』第 56 巻, 第 4 号, pp. 437-443.
- 40) 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科共同研究プロジェクト M (平成 23-25 年度) 報告書 (2014) 「地域における理数教育活性化のための教員研究モデル・プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究」兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科, p. 34.
- 41) 同書, pp. 35-36.
- 42) 森一夫 (2003) 「21 世紀の理科教育」学文社, p. 36.
- 43) 前掲書 24)
- 44) 前掲書 42)
- 45) 前掲書 3)
- 46) Quinn, M. E., & C. Kessler. (1980). Science Education and bilingualism. Paper presented at the 53<sup>rd</sup> annual

- meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Boston, pp.16-17.
- 47) Ronnig, M. E., & McCurdy, D. W. (1982). The role of instruction in the development of problem solving skills in science. What research says to the science teacher, Vol. 4, pp. 21-31, NSTA.
- 48) Cothron, J. H., Giese, R. N., & Rezba, R. J. (2000). Science Experiments and Projects for Students, Kendall/Hunt Publishing Company, pp. 21-35.
- 49) 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－小学校教員志望学生の子ども頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導法の開発と評価－」『科学教育研究』第 30 巻, 第 3 号, pp. 185-193.
- 50) 金子健治・小林辰至 (2010) 「The Four Question Strategy (4QS) を用いた仮説設定の指導が素朴概念の転換に与える効果－質量の異なる台車の斜面上の運動の実験を例として－」『理科教育学研究』第 50 巻, 第 3 号, pp. 67-76.
- 51) 金子健治・小林辰至 (2011) 「The Four Question Strategy (4QS) に基づいた仮説設定の指導がグラフ作成能力の習得に与える効果に関する研究－中学校物理領域『力の大きさとばねの伸び』を例として－」『理科教育学研究』第 51 巻, 第 3 号, pp. 75-83.
- 52) 永益泰彦 (2008) 「高等学校生物における科学的探究能力育成に関する指導法の研究－仮説設定能力に関わる要因の構造と能力育成の手立て－」 pp. 1-10.

( <http://www.edu-c.pref.nagasaki.jp/ronbun/%E2%91%A3.pdf> )

【最終アクセス：2015年7月22日】

- 53) 前掲書 49)
- 54) 永益泰彦・小林辰至 (2007) 「高校生の仮説設定能力にかかわる要因の構造－生物 I 選択者における質問紙調査の分析から－」『理科教育学研究』第 48 巻, 第 3 号, pp. 63-70.
- 55) 荒井妙子・永益泰彦・小林辰至 (2008a) 「中学生の自然事象に関わる変数への気づきに影響を及ぼす要因の検討」『理科教育学研究』第 49 巻, 第 1 号, pp. 1-8.
- 56) 荒井妙子・永益泰彦・小林辰至 (2008b) 「自然事象から変数を同定する能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル」『理科教育学研究』第 49 巻, 第 2 号, pp. 11-18.
- 57) 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, pp. 225-247.
- 58) 前掲書 32)