

終章 本研究のまとめ及び今後の課題

本章では、まず、各章で明らかとなった成果を振り返りながら、本研究をまとめる。次に、本研究の成果に基づき、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を得る。最後に、今後の課題について述べる。

1. 本研究のまとめ

本研究の目的は、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であった。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であった。

本節では、この目的を達成するために辿ったプロセスに即して、各章で得られた研究成果についてまとめる。

1-1. 本研究における問題の所在及び研究課題の設定

本論文は、小学校の理科授業において問題解決学習を行う際に、独立変数と従属変数の2変数の因果関係に基づいた仮説を児童自らが設定することが大変重要であることに着目し、適切な仮説を設定するための指導方略として、Cothron, Giese & Rezbe¹⁾が提唱した“The Four

Question Strategy”を基に、小林・永益²⁾が開発した仮説設定シート(4QS)を用いた授業を実践するとともに、その効果を明らかにしたものである。併せて、4QSの適用の可能性についても検討を加えたものである。

序章では、まず、問題の所在を明らかにした。具体的には、「理科教育の現代的課題としての科学的な思考力」、「科学的な思考力を育成する問題解決の活動」、「科学的な思考力としてのプロセス・スキルの重要性」、「問題解決の背景となる科学的推論の方法と仮説」、「仮説設定に関する先行研究」について調査・分析し、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明らかにした。そして、こうした調査・分析により、本研究の目的及び分析方法を導出した。

次に、本研究の目的を達成するために、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った。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った。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った。

上記の研究課題を解決するために、本研究では、以下の3つを研究方法として用いた。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。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。

1-2. 「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（研究課題1で得られた成果）

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た。具体的には，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を明らかにするとともに，指導方法の考案に向けた示唆を得ることを目的とした。この目的を達成するために，まず，第6学年の児童322名を対象として，45項目からなる質問紙調査を実施し，「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子として「豊かな自然体験」，「理科への好感度」，「算数への好感度」，「自然や科学技術への興味・関心」，「実験技能に対する自信」を同定した。次に，「仮説設定

能力」を「変数の同定」と「因果関係の認識」の2つの観点で評価し、その回答を得点化した。そして、これら7つの変数についてパス図を作成し、パス解析を行った。その結果、以下の6点が明らかとなった。

- ①「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」は共変動し、「変数の同定」に影響を及ぼす因果モデルの初発の段階に位置している。
- ②「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」は、「実験技能に対する自信」に直接的影響を及ぼしている。
- ③「理科への好感度」は、「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」から影響を受け、「算数への好感度」に直接的影響を及ぼしている。
- ④「算数への好感度」は、「自然や科学技術への興味・関心」と「理科への好感度」から影響を受け、「実験技能に対する自信」に直接的影響を及ぼしている。
- ⑤「実験技能に対する自信」は、「自然や科学技術への興味・関心」、「豊かな自然体験」及び「算数への好感度」から影響を受け、「変数の同定」に直接的影響を及ぼしている。
- ⑥「変数の同定」は、「因果関係の認識」に強い直接的影響を及ぼしている。

以上、第1章の研究において、小学生の理科における「仮説設定能力」を育成するためには、自然事象から同定した変数を因果関係として認識させ、仮説を文章で表現させる指導の可能性を裏付ける根拠と示唆を得ることができた。

1 - 3 . 4QS の適用の可能性の検討（研究課題 2 で得られた成果）

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³⁾は、吉山・小林⁴⁾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 つのカテゴリーに分類することを試みた。具体的には、長谷川らの観察・実験等の類型に基づいて、小・中学校の理科教科書（X 社）に掲載されている全ての観察・実験等について、因果関係の有無の観点から検討を行い、4QS の適用が可能かどうかを明確にするとともに、適用の仕方を具体的に示すことを目的とした。その結果、長谷川らの観察・実験等の類型は、4QS への適用という観点から見ると、いずれの校種においても 3 つのカテゴリーに集約することができた。そして、4QS の適用は、第 5 学年以降における条件の制御を伴う実験において、最も効果が期待できることが明確になった。また、因果関係を有する事象であっても、条件の制御を伴わない実験や、因果関係を想定し

ていない事物の観察においては、4QSの適用は適切でないことも明確になった。

以上、第2章の研究において得られた知見は、問題解決の能力や科学的な探究の能力を育成する理科授業を構想する際の基礎資料となることが期待される。

1-4. 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（研究課題3で得られた成果）

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を用いて児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、燃焼現象を科学的に説明する能力、及び燃焼の仕組みに関する科学的な知識の理解に与える効果について明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、第6学年「燃焼の仕組み」において、4QSを用いた実験群37人と、用いなかった統制群37人を対象とした授業実践及び学習前後の質問紙調査の分析を行った。その結果、実験群の方が、燃焼の仕組みに関する科学的な知識を高い水準で理解し維持できることが明らかとなった。また、燃焼現象を科学的に説明する能力の育成にも有効であることが示された。

第4章では、第5学年「振り子の運動」を題材として、4QSを用いて児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、振り子の運動に関する科学的な知識の理解に与える効果について明らかにすることを目的とした。こ

の目的を達成するために、第5学年「振り子の運動」において、4QSを用いた実験群39人と、用いなかった統制群39人を対象とした授業実践及び学習前後の質問紙調査の分析を行った。その結果、実験群の方が、振り子の運動に関する科学的な知識を高い水準で理解できることが示された。

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指導が、考察の記述能力の育成に与える効果について検討することを目的とした。この目的を達成するために、第6学年「てこの規則性」において、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1学級28人を実験群、4QSを用いた仮説設定のみを行った1学級28人を統制群とし、授業実践及びワークシートの記述内容の分析を行った。その結果、第5章で用いた指導方法は、考察の記述能力の育成に有効であることが示された。併せて、実験の結果を整理し考察する学習活動の充実を図るためには、教師が考察の構成要素を明示し、それを用いて具体的な記述の仕方を教授するとともに、児童自身に因果関係を踏まえた仮説を設定させる指導が必要である、という指導方法の改善に向けた示唆を得ることができた。

以上、第3章及び第4章の研究から、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）に与える効果を明らかにすることができた。さらに、第5章の研究から、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指導は、考察の記述能力の育成に効果があるという結論を得ることができた。

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

本節では、本研究で得られた成果に基づき、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を整理するとともに、教育実践への示唆を得る。

第1に、小学生の理科における「仮説設定能力」を育成するためには、自然事象から同定した変数を因果関係として認識させる必要があるということである。第1章において、「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子（「豊かな自然体験」、「理科への好感度」、「算数への好感度」、「自然や科学技術への興味・関心」、「実験技能に対する自信」）の同定と、これらに基づく因果モデルの構造を明らかにした。

第2に、その具体的な指導方法として、4QSが有効であることである。第2章において、4QSの適用は、第5学年以降における条件の制御を伴う実験において可能になることが明らかとなった。

第3に、4QSを用いた仮説設定は、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効果があることである。それは、第3章及び第4章において、4QSを適用し、児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が重要であることが明らかとなった。

第4に、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は、考察の記述能力の育成に効果があることである。第5章において、4QSを用いて仮説を設定させるとともに、教師が考察の構成要素を明示し、それ

を用いて具体的な記述の仕方を教授することにより可能になることが明らかとなった。

以上，本研究の成果に基づき，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を4点に整理して得た。

これらの示唆は，序章における問題の所在でも述べた，「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）」⁵⁾，「平成24年度小学校学習指導要領実施状況調査教科別分析と改善点（理科）」⁶⁾及び「平成27年度全国学力・学習状況調査報告書（小学校理科）」⁷⁾などにおいて報告されている，「児童が自らの経験や学習履歴に基づいた予想や仮説を意識し，それに沿って計画的に実験を行うこと」，「予想を検証するために比較対照を設定したり，条件を制御したりすること」，「結果を分析し，問題や予想に照らし合わせて考察をすること」，「考察して分析した内容を記述すること」といった，教育現場が抱える課題の解決に大きく寄与すると考える。

3. 今後の課題

今後の課題を以下の2点にまとめる。

3-1. 授業実践に基づく事例研究の限界

第3章、第4章及び第5章は、第6学年「燃焼の仕組み」、第5学年「振り子の運動」及び第6学年「てこの規則性」といった、3つの授業実践に基づく事例研究の成果について述べたものである。しかしながら、このような授業実践による事例研究には限界があるため、今後、学習内容については「燃焼の仕組み」、「振り子の運動」及び「てこの規則性」以外の単元を、発達段階については小学校高学年以外の児童や、中・高等学校などの生徒を対象とした追加検証を行う必要がある。そうすることで、本研究の指導方法の効果について一般化を図ることができると思う。

3-2. 導出された結果の妥当性と信頼性の追認

第1章において、第6学年の児童322名を対象に、45項目からなる質問紙調査を実施したが、そこで導出された結果の妥当性と信頼性について検討を加えるために、第6学年以外の児童も対象とするなど、より大規模な質問紙調査による追試を行ったり、児童の居住地域（都市部と郡部）や性別に着目して分析をしたりする必要がある。

引用文献

- 1) Cothron, J. H., Giese, R. N., & Rezba, R. J. (2000). Science Experiments and Projects for Students, Kendall/Hunt Publishing Company, pp.21-35.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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)

【最終アクセス：2015年7月22日】

- 6) 国立教育政策研究所(2015)「平成24年度小学校学習指導要領実施状況調査教科別分析と改善点(理科)」pp. 1-10.

(http://www.nier.go.jp/kaihatsu/shido_h24/04.pdf)

【最終アクセス：2015年7月27日】

- 7) 国立教育政策研究所(2015)「平成27年度全国学力・学習状況調査報告書(小学校理科)」pp. 8-9.

(http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/report/data/psci_02.pdf)

【最終アクセス：2015年10月19日】

附記

本論文の第1章は、以下の査読付き論文に基づき、加筆、再構成したものである。

山田貴之・小林辰至（2014）「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－第6学年の児童を対象とした質問紙調査の結果に基づいて－」日本理科教育学会編『理科教育学研究』第55巻，第3号，pp. 351-361.

本論文の第2章は、以下の査読付き論文に基づき、加筆、再構成したものである。

山田貴之・田代直幸・田中保樹・小林辰至（2015）「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“The Four Question Strategy (4QS)”の適用の可能性に関する研究－自然事象に関わる因果関係の観点から－」日本理科教育学会編『理科教育学研究』第56巻，特集号（第1号），pp. 105-122.

本論文の第3章は、以下の査読付き論文に基づき、加筆、再構成したものである。

山田貴之・寺田光宏・長谷川敦司・稲田結美・小林辰至（2014）「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－第6学年『ものの燃え方と空気』を事例として－」日本理科教育学会編『理科教育学研究』第55巻，第2号，pp. 219-229.

謝辞

本研究の遂行ならびに本論文をまとめるにあたり，多くの方々から温かく多大なご指導，ご協力を賜りました。

本研究の主指導教員である上越教育大学教授 小林辰至先生には，浅学非才な私に，研究のテーマ設定や具体的方途，学会発表や投稿論文の執筆など，研究の進め方を基礎から丁寧に教えて頂きました。その中で，研究に行き詰まり，挫けそうになったことが多々ありましたが，小林先生は常に温かい励ましの言葉をかけ続けてくださいました。このような先生からの励ましのお言葉に何度も救われ，私の研究の大きな支えとなりました。このように論文としてまとめることができましたのは，先生のおかげであります。心より感謝申し上げます。

副指導教員である兵庫教育大学教授 松本伸示先生と庭瀬敬右先生，元副指導教員である北海道医療大学准教授（元上越教育大学准教授） 長谷川敦司先生には，本研究の意義や目的，調査方法などについて多くのご示唆を頂きました。貴重なご指導・ご意見を頂き，深く感謝申し上げます。また，上越教育大学教授 水落芳明先生，岡山大学教授 稲田佳彦先生，上越教育大学准教授 瀧崎智佳先生には，博士候補認定試験や学位論文審査会のときに，的確なご指導，ご助言を頂きましたこと，併せてお礼申し上げます。

研究の一環である授業実践では、私の勤務校であった岐阜県関市立倉知小学校の今井猛校長先生をはじめ、第5、6学年の先生方には、大変ご多忙の中、多大なご指導、ご協力を賜りました。そして、いつも理科の授業を楽しみにし、ひたむきな姿で授業に取り組んでくれた児童の皆様に心より感謝申し上げます。

3年間という限られた時間の中で、1つの研究を成し終えることができたのも、熱い議論を交わし合える小林研究室の頼もしい先輩や仲間が存在があったからです。この出会いは、私の一生の財産です。素晴らしい先輩や仲間との出会いに深く感謝致します。ありがとうございました。

今後、本研究を日々の授業実践に活かし、日本の理科教育の発展に少しでも貢献できればと願ってやみません。

最後に、本研究を進めるにあたり、いつも私の体調を気遣ってくれた妻に感謝の言葉を添えて謝辞と致します。

2016年1月24日

山田 貴之