

学位申請論文

サイエンスショーを中心とした科学コミュニケーションの手法の
理科教育への導入効果に関する研究

2020年3月

月僧 秀弥

目次

第1章 序論	5
1 はじめに	5
2 理科教育の現状と課題	6
3 「ノンフォーマル」な教育としての科学コミュニケーション	8
3.1 科学コミュニケーション	8
3.2 科学コミュニケーションの歴史	9
3.3 日本での科学コミュニケーション支援策	10
3.4 科学コミュニケーションの形態	12
3.5 サイエンスショー	14
3.6 学校教育での科学コミュニケーション活動成果の活用例	15
3.7 科学コミュニケーションの理科教育への適用効果とその意義に関する 先行研究	15
3.8 幼児に対する科学コミュニケーション	16
4 サイエンスショーの特徴	17
4.1 サイエンスショーに関する先行研究	18
4.2 科学コミュニケーションの特徴	19
4.3 サイエンスショーの手法	20
5 中学校理科授業への活用	20
6 科学コミュニケーション活動成果の学校教育への活用事例の研究	21
7 研究の目的	23
8 本論文の構成	24
第2章 科学コミュニケーション経験が理科授業に与える影響	26
1 科学コミュニケーション活動と理科授業	26
2 現職理科教員に対するアンケート調査	26
3 アンケート結果	27
4 本章のまとめ	31
第3章 科学コミュニケーションの成果を活用した中学校の理科授業（I） ー中学校理科におけるレンズ学習に対する教材の開発とその評価ー	32
1 はじめに	32
1.1 研究の背景	32
1.2 研究の目的	33
1.3 レンズ学習教材の開発	33

2	教材の作成と授業展開の工夫	34
2.1	教材開発のねらい	34
2.2	単元の構成	34
2.3	簡易光学実験セット	35
2.3.1	教材の開発	35
2.3.2	教材の作成方法	35
2.3.3	教材の特徴	36
2.3.4	授業展開	37
2.4	紙コップカメラ	39
2.4.1	教材の開発	39
2.4.2	教材の作成方法	39
2.4.3	教材の特徴	40
2.4.4	授業展開	40
2.5	授業実践とその評価の考察	42
3	まとめ	47

第4章 科学コミュニケーションの成果を活用した中学校の理科授業（Ⅱ）

	ーカードゲーム教材「回路の達人」の実践とその評価ー	48
1	はじめに	48
2	カードゲーム教材「回路の達人」の特徴と活用の方法	49
2.1	教材の特性	50
2.2	カードゲーム教材「回路の達人」の構成	50
2.3	カードゲーム教材の活用方法	51
2.3.1	ゲーム1「Bigな回路をつくろう」	51
2.3.2	ゲーム2「回路の達人を目指そう」	52
3	中学校理科授業での活用実践	53
3.1	授業の流れ	54
3.2	授業中の生徒の様子	54
3.2.1	「Bigな回路を作ろう」の活動	54
3.2.2	カードゲーム「回路の達人を目指そう」の活動	55
3.4.3	アンケート調査の結果	55
3.4.4	生徒の感想に基づく実践効果の分析	56
4	教員研修での評価	57
4.1	研修の流れ	58
4.2	研修中の様子	58
4.3	生徒の回路学習に対する教員の認識	58

4.4	実験結果に対する設問の選択理由の分析	59
5	カードゲーム教材「回路の達人」の実践からの評価	61
6	まとめ	62
第5章	科学コミュニケーションの成果を活用した幼児に対する科学教育	63
1	幼児に対する科学教育の現状	65
2	科学教育プログラム「浮き沈み」の開発	66
2.1	プログラム開発における配慮	66
2.2	プログラムの内容	67
2.3	プログラムの実践	69
2.3.1	対象	69
2.3.2	プログラムの実践	69
2.3.3	実践の評価	70
2.4	実践結果の分析	70
2.4.1	科学館の活動の評価	70
2.4.2	保育園・幼稚園での活動の評価	71
2.5	浮き沈みの実践のまとめ	77
3	幼児向けサイエンスショーのプログラムの内容	78
3.1	テーマの設定	78
3.2	対象・実施日・班構成など	79
3.3	プログラムの内容	79
3.3.1	「浮き沈み」実施の意図と概要	79
3.3.2	「磁石の実験」実施の意図と概要	80
3.3.3	「紙を使ったヒトの体から出る水分の実験」実施の意図と概要	81
3.3.4	「大気圧の実験」実施の意図と概要	81
3.4	プログラムの実践	82
3.5	結果の分析	82
3.5.1	幼児の活動の評価	82
3.5.2	保護者アンケート及び事後の連絡帳の記載事項	86
3.6	幼児対象のサイエンスショーのまとめ	87
第6章	結論	89
謝辞		94
主論文を構成する学術論文と関連する学会発表		95
主論文を構成する学術論文		95

本博士論文に関するおもな学会発表	96
引用文献・参考文献	97

第1章 序論

1 はじめに

著者は中学校理科について実験を楽しんでいる生徒が多いにもかかわらず、理解に至っていない生徒が多いことが教育上の課題であると自らの授業経験の中で感じている。一方「理科離れ」対策の一環としての「科学や実験を楽しませる」学校外のイベント的な取り組みは多い。これらの取り組みは本来、「理科離れ対策」ではじめられたものであるので学校教育にも反映すべきであろう。これまでも、ガリレオ工房¹⁾やオンライン自然科学ネットワーク (ONSEN)、サイエンスE ネット²⁾、岐阜物理サークル (のらねこ学会)³⁾など様々な団体に所属する教員を中心とするメンバーが理科好きの児童・生徒を増やすことを目的に、このような科学コミュニケーション活動を行ってきた。また、これらの活動の成果を多くの書籍として出版してきた^{4,5,6,7)}。このような書籍は、多くの教員に利用され、その理科授業に影響を与えており、確実にその取り組みは広がっているといえる。

著者は、6年間公立小学校に勤務の後、福井県児童科学館に3年間勤務し、サイエンスショーや科学普及事業を企画・実施した。その中で子どもたちが、実験を通じて様々な科学現象を楽しんだり、理解したりする姿を目にしてきた。その後、公立中学校に異動して17年間(2019年現在)勤務してきた。中学校に赴任後、生徒は実験を楽しんでいるにもかかわらず、理解に結びついていないことに悩んできた。学年進行とともに理科に苦手意識をもつ生徒が増えることも課題に感じている。

そこで、著者は以下のような様々なことに取り組んできた。

- 1) 本務のかたわら、全国からサイエンスショーや実験教室を依頼され、多くの実験やストーリー展開を考案してきた⁸⁾。
- 2) 本務として、サイエンスショーの経験を活用した理科授業を試行錯誤しながら実践して、生徒の意欲増進をはかってきた。
- 3) サイエンスショーで開発した実験や提示方法などを活用する以下のような研究を行ってきた。
 - ① サイエンスショーの特徴を分類整理した⁹⁾。
 - ② サイエンスショー実施の実験は理科授業へ導入でき、生徒の実験意欲の増進を計れることを示した¹⁰⁾。
 - ③ サイエンスショー・実験教室使用素材に基づく授業教材の開発として、「手回し交流

発電機」を開発し¹¹⁾、交流の理解に役立つことを示した。

④ 電流単元での教科書の実験とサイエンスショー等の実験を比較し、電流単元学習に役立つ実験素材が多い事を示した¹²⁾。

4) 福井県内外の教育委員会等からの依頼で、理科教員研修の講師を務め、多くの受講教員が新教材導入の理科授業体験を通じて、教材開発の必要性を感じることを確認するとともに¹³⁾、自らの実践の省察と教材改良のアイデアを得ることができた。

5) 教員志望学生にとって小中学生対象実験教室の担当経験は、授業運営や教材研究を実践的に学ぶ場となることを示した^{14,15)}。

6) 幼児に対する実験教室の実践を通じて、幼児は科学体験を楽しむことができ、その科学体験が小学校以降の理科学習に役立つ可能性があることを示した¹⁶⁾。同時に、言葉以外での成果の評価方法を考案し、その効果を確認した。

以上のように、サイエンスショーや実験教室など児童・生徒向け科学コミュニケーション活動成果が理科授業に与える影響を研究してきた。

本論文は、科学コミュニケーション活動の中でも主として博物館・科学館などの職員や学校教員が行う、いわゆる「サイエンスショー」や「科学教室」の実践成果を、中学校の正課としての理科教育に導入することを目的とした実践の成果とその効果をまとめたものである。

2 理科教育の現状と課題

1980年代後半から「理科離れ」という言葉が聞かれるようになった。「平成5年度版 科学技術白書—若者と科学技術—」で、1970年代～1990年代での若者の科学技術離れの兆候や特徴をデータに基づき述べている¹⁷⁾。文部科学省は、SPP (Science Partnership Program)¹⁸⁾や、SSH (Super Science High School)¹⁹⁾などのその対策事業を開始した²⁰⁾。

長沼は、1980年代後半の理科離れ問題が騒がれた当時のデータからは理科嫌いはそれほど深刻な問題として顕在化していなかったが、理工系学部志願者の学力低下と市民の科学的リテラシーの低下は深刻になりつつあったと述べている²¹⁾。その対策として学習を、「明らかに学習としてデザインされている学習」であるフォーマル学習、「日常生活のなかでおこなわれる学習」であるインフォーマル学習、「学習として明確にデザインされていないが計画された活動」として行われるノンフォーマル学習の3つに分け、その中でも、ノンフォーマル学習が重要になる可能性を指摘している。「科学コミュニケーション」はノンフォ

一マル学習の一形態で、ノンフォーマル学習とフォーマル学習を架橋するような実践及び研究に理科離れの解決を期待することが述べられている。

日本の理科に対する理解度の現状は、TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) や PISA (Programme for International Student Assessment) の結果からも明らかになってきた²²⁾。TIMSS は、4年ごとの国際教育到達度評価学会 (IEA; 本部アムステルダム) 実施の国際数学・理科教育動向調査である。初等中央教育段階における児童・生徒の算数・数学及び理科の教育到達度を国際的な尺度で測定し、学習環境条件等の諸要因との関係を分析している²³⁾。日本では1964年から実施され、1995年からは4年ごとに小学校4年生と中学校2年生を対象に実施している。

PISA はパリに本部を置く経済協力開発機構 (OECD) により3年ごとに実施される学習到達度調査である²⁴⁾。義務教育終了段階までに身に付けてきた知識や技能の実生活での課題への活用能力を測ることが目的である。読解力・数学的リテラシー・科学的リテラシーの3分野からなっている。日本では、2000年から高校1年生を対象に3年ごとに実施している。

2015年実施のTIMSS2015では、小学校では「理科は楽しい」と解答する児童が約9割と国際平均を上回っている。中学校でも「理科が楽しい」と回答している生徒の割合は、2007年59%、2011年63%、2015年66%と増加傾向が続いており、国際平均 (約8割) との差が縮まっている²³⁾。

2018年実施のPISA2018では、科学リテラシー (OECD 平均489点) は、2012年の4位 (547点) から2015年には2位 (538点)、2018年も2位 (529点) と高順位を継続した²⁴⁾。PISA2015では、結果の特徴が分析されている。「理科を勉強すると役に立つ」の回答では、国際平均の85%に対して日本は62%と低く、日本の中学生にとって将来の職業との結びつきが依然として弱いことがわかる²⁵⁾。この原因として、日常の現象と結び付けての理解が希薄であることが考えられる。

1996年中央教育審議会答申「21世紀を展望した我が国の教育のあり方について (第一次答申)」²⁶⁾は、理科離れではなく「知離れ」であることを指摘している。子供たちが学問的あるいは知的な関心を持って問題を真剣に考える姿勢が希薄になる知離れの現象の中での理科離れであることを指摘している。その対策として、子供たちの自由な発想を大切に、体験学習を通して子供たちに科学的なものの見方や考え方を育成する必要があることや、子供たちの科学的な素養育成のために地域社会において体験的に学習できる社会教育

施設などでの科学教室などの学習機会提供の必要性を指摘している。

1992年に科学技術庁・日本物理教育学会・財団法人日本科学技術振興財団の主催で、「理科離れ」に対する施策の一環として「青少年のための科学の祭典」が開催された。ガイドブックの開催の趣旨には、「子供たちの理科嫌いが増加する中で、このイベントが定着することによって生徒が科学の本当の楽しさ・重要性に気が付き、理科嫌いに歯止めがかかることを期待している」（霜田光一、後藤道夫）ことが述べられている²⁷⁾。このイベントがきっかけで、各地で児童・生徒向けの「科学コミュニケーション」活動が広まった²⁸⁾。

3 「ノンフォーマル」な教育としての科学コミュニケーション

3.1 科学コミュニケーション

狭義には、科学コミュニケーションは科学者と一般社会をつなぐ活動である。広義には、科学技術と一般社会をつなぐ活動である²⁹⁾。本論文では、後者の意味で使うことにする。「サイエンスコミュニケーション」「サイエンス・コミュニケーション」「科学技術コミュニケーション」など様々な言葉が使われているが、本稿では「科学コミュニケーション」を用いることにする。

小川は、「サイエンスコミュニケーションは、科学が科学者集団による社会的営為として存在する現代において、科学者集団が持つ体系的な知識と一般の人の知識・意欲の乖離を近づけようとする営為行為」と述べている³⁰⁾。Stocklmayer は、科学コミュニケーションというのは「科学というものの文化と知識が、より大きいコミュニティの中の文化の中に吸収されていく過程」³¹⁾であると考えている。小中高校や大学での正規の教育活動に対して、科学コミュニケーションはノンフォーマルな場面で行われ、学習する人々の科学意識を高め、科学理解に繋がる活動を期待している。縣はStocklmayerの考えを発展させて、科学コミュニケーションは「サイエンスというものの文化や知識が、より大きいコミュニティの文化の中に吸収され、変質し、その結果が科学にも跳ね返ることで、社会全体や個人に影響を与えていく過程」³²⁾と位置づけている。さらに、その分野の専門家と一般の市民の間の双方向コミュニケーションによって、多様な意見を踏まえた上で合意形成を実現することが重要であると指摘している。そのための活動例として、講演会やシンポジウム、ワークショップ、サイエンスカフェ、施設公開、見学ツアー、展示、工作教室、観察会、観望会などを挙げている。林らは、「試験研究機関等の広報・情報公開などのPR活動」「科学ジャーナリズム」「狭義の科学コミュニケーション（科学館や研究施設の科学コミュニケ

ーターや研究者自身による一般市民との双方向性の高い対話)」「科学教育(学校教育)」の4つを示している²⁹⁾。これらを合わせて広義の科学コミュニケーションとしつつ、「科学コミュニケーション」は人によって使い方が多様で、一義的に定義することは難しい²⁹⁾と述べている。研究開発法人科学技術振興機構科学コミュニケーションセンターのホームページでは、「個々人ひいては社会全体が、科学技術を活用することで豊かな生活を送るための知恵、関心、意欲、意見、理解楽しみを身に付け、科学リテラシーを高めることに寄与するコミュニケーションである」と記述している³⁰⁾。ここで、科学リテラシーとは、科学技術に支えられた現代社会を賢く生きる上で必要な、科学技術に関する最小限の知恵という意味であるとしている³⁰⁾。渡辺は、「広い意味でのサイエンス・コミュニケーションとは、個々人ひいては社会全体がサイエンスを活用することで豊かな生活を送るための知恵、関心、意欲、意見、理解、楽しみを身につけ、サイエンスリテラシーを高め合うことに寄与するコミュニケーションである」と述べている³⁴⁾。さらにサイエンスリテラシーとは、サイエンスに支えられた現代社会で賢く生きる上で必要なサイエンスに関する最小限の知恵という意味であるとしている。

以上のように、それぞれの立場や活動形態によって多様に定義されているが、「サイエンスの知識とそれを活用する知恵を社会の中に普及していく」ことが共通点として考えられる。

科学コミュニケーションで使用している実験には、学校教育の内容も含まれている。「科学リテラシー」の普及には、学校教育を外すことはできない。そこで、「科学コミュニケーション」の成果の理科教育への導入を研究した。

3.2 科学コミュニケーションの歴史

1799年に設立されたイギリスの王立研究所(Royal Institution of Great Britain)では、マイケル・ファラデーが行った有名なクリスマス講演や金曜講座のような市民向けの講演活動を行ってきた。1831年設立の英国科学振興協会(British Association for the Advancement of Science)は、科学研究に対する国民の関心を高めるため、毎年サイエンスフェスティバルを実施してきた。これらが、科学コミュニケーション活動の起源とされている³⁵⁾。

児童・生徒向け科学コミュニケーションとして特筆すべき活動は、1826年マイケル・ファラデーが始めたクリスマス・レクチャーである。実験を織り交ぜながら科学を一般向け

に紹介した³⁶⁾。王侯貴族から一般市民の子弟まで、ロンドン中のあらゆる階層が受講した。

3.3 日本での科学コミュニケーション支援策

日本では1960年に「科学技術週間」を設定し、1985年にはつくば科学万博を開催した。このように科学普及活動は60年以上の歴史を持つ。1960年代に科学系博物館が作られ、1964年科学技術館が開館し、児童・生徒向けの科学コミュニケーション活動は始まった。日本でのサイエンスショーの始まりは記録されていないが、1993年に日立シビックセンター科学館で行われた第1回サイエンスショーフェスティバルには、科学系博物館26館が参加し、9館がサイエンスショーを実演した³⁷⁾。このように、サイエンスショーが科学館や科学系博物館、科学センターの科学普及活動として行われていた。

平成5年度版「科学技術白書—若者と科学技術—」で「若者の科学技術離れ」の進行が論じられている。日本での科学普及活動が順調だったとは言い難い¹⁷⁾との見方もできるが、「科学の一般への普及意識の表れ」との両面性をもっているであろう。それを承けて、翌1996年には「第1期科学技術基本計画」が策定されるなどの対策がとられた。科学技術基本計画は2011年からの第4期基本計画まで続き、科学技術の社会啓発活動は継続されている。この時期の施策を表1-1にまとめた。2003年開始の「科学技術・理科大好きプラン」³⁸⁾では、科学技術創造立国実現を目指して、将来の日本を担う科学技術系人材育成推進のための支援事業が実施された。支援事業として、SPP、SSH、理科大好きスクール、国際科学技術コンテスト、先進的科学技術・理科教育用デジタル教材の開発などがあげられる。SPPは、大学、研究機関、企業と教育現場との連携を目指している。全国の中学・高等学校などを対象に、第一線の研究者・技術者による講座の実施、研究機関などを活用した発展的学習内容の講座を実施した。SSHでは、全国から対象高校を募集し、先端的な科学技術・理科のカリキュラムの開発や研究発表会、交流会などの活動が行われた。様々な学術団体も独自活動を実施してきた。応用物理学会では1997年よりリフレッシュ理科教室を開催している。リフレッシュ理科教室では、最新の科学技術を教室で児童に伝えることを目指し小中学校の教員が教育現場で利用できる理科実験・科学工作の紹介や最先端科学技術に関する講演会とともに、受講した小中学校教員が講師と共に実験工作教室を行うことで、小中学生に新鮮な興味と感動を体験する場を提供してきた。2019年には31カ所で実施された³⁹⁾。

同時期に小中学校の理科教育に対する支援事業として、理科支援員配置事業や理数系教

表 1-1 日本の科学振興策の例

時期	企画	主催	対象
1992年～	青少年のための科学の祭典	(公財)日本科学技術振興財団・科学技術館 科学技術庁(1992年～2000年) 文部科学省(2001年～2008年)	小中学生とその親子
1996～2014年	SPP	文部科学省・JST	小学校・中学校・高等学校の児童・生徒
1997年～	リフレッシュ理科教室	応用物理学会	小学校・中学校・高等学校の児童・生徒・教員
2001年～	日本科学未来館	JST	
2002年～	SSH	文部科学省・JST	高等学校
2004年～	国際科学技術コンテスト支援	JST	高等学校の生徒
2005年～終了	理科大好きモデル地域事業	文部科学省・JST	小学校・中学校
2007～2012年	理科支援員配置事業	JST	小学校5・6年生と教員
2009～2015年	CST 養成拠点構築プログラム	JST	小中学校理科教員

員（CST [Core Science Teacher] と略記）養成拠点構築プログラムが実施された。理科支援員配置事業（2007～2012年）は科学技術振興機構（JST と略記）の事業である。大学生や退職教員などの外部人材を理科支援員として小学校 5, 6 年の理科授業に配置・活用することで、理科授業での観察・実験活動の充実及び教員の資質向上を目的に実施された⁴⁰⁾。JST の支援は 2012 年に終了したが、その後独自に予算を組んで事業を継続している団体もある。

CST 養成拠点構築プログラムは、JST が 2009～2012 年に公募し、各実施団体が 4 年間の指定を受けて行った事業である。合計 16 都府県がこの事業に採択された。理科の指導力に優れた小中学校教員を養成する事業である。CST は自らの教育実践とともに、教材開発や研修会などを含む他教員の支援に中心的な役割を果たすことを期待されている⁴¹⁾。JST の支援は、2015 年に終了したが、大学や教育委員会の独自予算で事業継続をしている府県もある。

日本科学未来館は、科学技術基本計画に基づき科学技術への理解を進めるための拠点として2001年に開館した⁴²⁾。日本科学未来館では、展示物などによる科学を伝える活動に加えて、科学コミュニケーター育成も行っている。科学館・博物館、研究機関、企業、教育機関、行政機関など、多様な場所での科学コミュニケーション活動をすることを期待して科学コミュニケーターを育成している。同館は全国科学館連携協議会の運営も担当し、巡回展示物の貸出し、科学館職員の交流促進や研修等、各地の科学館を充実させる役割を果たしている⁴³⁾。

児童・生徒の能力育成活動として、物理オリンピックなどの国際大会への参加と予選を兼ねた物理チャレンジなど（化学、生物、地学等）も企画・実施されている^{44,45,46,47)}。福井県では、2008年から理数系人材の裾野拡大を目的として、福井理数グランプリを開催している⁴⁸⁾。中学・高校の教員が企画・運営することで学校教育に有用な教材の開発にも繋がりを、教員の力量形成にも資した⁴⁹⁾。その後、JSTは科学の甲子園、科学の甲子園ジュニアを開催している^{50,51)}。

3.4 科学コミュニケーションの形態

廣野は、科学コミュニケーション活動の形態とツール（表1-2）をあげ、その長所をまとめている⁵²⁾。サイエンスショーの長所として科学技術の持つ楽しさの伝達の容易性を、短所として高度な知識や法則の伝達の困難性をあげている。科学系博物館の解説展示の長所

表 1-2 科学コミュニケーション形態とツールの例

形態	<ul style="list-style-type: none"> ・サイエンスカフェ ・科学に関する講演会 ・テレビの科学番組 ・科学の啓発本 ・科学系博物館（科学館）における展示解説活動 ・青少年のための科学の祭典など科学イベント ・フィールド実習 ・新聞の科学欄
ツール	<ul style="list-style-type: none"> ・体験ブース ・サイエンスショー ・実験工作体験教室 ・科学啓発本 ・ゲーム型教材（カードゲーム等） ・プラネタリウム

は、科学の楽しさとともに比較的少量の科学技術を伝えられることである。サイエンスカフェの長所は、科学者本人の人柄や研究の生々しい現場情報を伝えられることである。科学技術啓発書の長所は、科学の楽しさとともに、高度な知識を系統的に論じられることである。このように科学コミュニケーション方法にはそれぞれ特徴があるため、対象者や場面に応じてさまざまな工夫がなされている。科学イベントは、低年齢の幼児から小学生その家族までの幅広い参加者を対象とすることが多い。そのため、予備知識や理解力の異なる幅広い年齢層の参加者を楽しませるように配慮されているものが多い。

日本での児童・生徒向けの科学コミュニケーション活動として、科学系博物館の活動（1960年頃から増加）や「青少年のための科学の祭典」（1992年～）などが挙げられる。青少年のための科学の祭典は全都道府県で開催された。そのため、科学イベントとしての認知度は高い。1992年～2011年に1,281カ所で実施し、述べ883,426人が来場した⁵³⁾。このイベントは、サイエンスショーや体験ブースで構成され、参加者は多くの実験・工作を体験できる。そこで、科学を実体験し興味・関心を育てる場になっている。未就学児や小学校低学年にとっては科学技術に対する興味を醸成する遊び場に、中高生、大学生は出展者側として出展内容に対する深い理解やプレゼンテーション訓練の場にもなっている⁵⁴⁾。さらに、現職教員の出展者としては、子ども達が科学実験を楽しむ様子を観察する場にもなる。

子供向けの書籍も、科学コミュニケーションツールにもなっている。「子どもにウケる科学手品 77—簡単にできてインパクトが凄い—」⁵⁵⁾は、76万部を越えるベストセラーとなった。多くの子どもたちが親子で科学体験するためだけでなく、子供向けの科学コミュニケーション活動を目指す指導者にとっても参考になっている。

カードゲームも科学を知るツールとして活用できる。さまざまなカードゲームが開発、活用され、数万部を売り上げたものもある。原子や元素、植物連鎖などに関するカードゲームが市販されている。エネルギー環境教育や安全教育でのカードゲームの活用例も報告されている。田原らは環境教育のためのカードゲームを考案した⁵⁶⁾。ページワンやポーカのように遊ぶことを想定し、トランプのカードに乗り物や家電、日用雑貨、食物の二酸化炭素排出量を載せてある。勝ち負けを持ちカードの二酸化炭素排出量の合計で決めることで排出量削減のための意識付けをねらっている。山下らは高等専門学校学生の回路計算の計算能力向上を目的にしたカードゲームを開発した⁵⁷⁾。三好らは中学校での授業用に火成岩カードを開発している⁵⁸⁾。このカードゲームを用いた中学理科授業では、生徒が楽し

みながら岩石学習を行う姿が見られた。複数の独自ルールを考案したグループがあったことから、火成岩カードには中学校理科教育で使うことができるゲーム教材としての一定の汎用性が確認されたことが述べられている。カードゲーム教材は学習の動機付けに有効である。さらに繰り返し使用可能である。一方、カードゲームの教材としての有効性は限定的であることや、専門性が高い内容ではゲームが複雑になり理解困難になる等の問題点も指摘されている。

科学コミュニケーションの様々な形態とツールの例を表 1-2 に示した。このように多くの形態とツールがあることから、サイエンス・コミュニケーターは、それぞれのねらいや対象によって最も取り組みやすい形で行っていると考えられる。

3.5 サイエンスショー

サイエンスショーの構成素材は学校教育に導入しやすいものが多い。サイエンスショーは、演示者が観客に対し、科学的な実験を示しながら解説を行う科学普及活動である⁹⁾。科学館・博物館での実施の他に、各地で行われる「青少年のための科学の祭典」等のイベントや、各地の実験教室などの中でも行われる。科学普及の面からも有効な伝達方法であるとともに、科学への興味を持たせるエンターテインメント性ももっている⁹⁾。科学館や青少年のための科学の祭典では、科学館の学芸員や理科教員が演示する場合が多い。そのため理科教育で利用しやすい内容が多い。海老崎は、サイエンスショーと理科授業での演示実験の違いとして、「実験に無関係な余計な道具・器具」「話術」「手際よい進行」をあげ、これらを考慮することで面白いサイエンスショーになると述べている⁵⁹⁾。

科学館では様々なテーマでサイエンスショーが実施されている。科学館でのサイエンスショーは 20～30 分程度の場合が多く、一連の実験がストーリー性を持って構成されている。実験教室では、参加者が能動的に工作・実験などの活動をするのに対して、サイエンスショーの参加者は受動的である。視聴だけで理解できるように、観客自らの思考を喚起する必要がある。学級の生徒のような予備知識、理解力が分かっている特定の集団とは異なり、様々な年齢の不特定多数の観客が対象である。そのため、楽しくて、短時間で理解できるストーリー展開が工夫されている。年齢も予備知識も理解力も多様な観客が、無理なく自然に理解できるように、1つの事象に対して複数の実験を有効に組み合わせている。

本研究ではサイエンスショーの実験などの要素を有効に導入した授業を実践し、効果を検証した。

3.6 学校教育での科学コミュニケーション活動成果の活用例

科学コミュニケーションの学校教育での活用例として、出前教室（出張授業）があげられる。研究者が主体となって研究成果を社会に還元する実践手法としてアウトリーチ活動である。大島はアウトリーチ活動のタイプを興味・関心および対象者・内容からタイプ A とタイプ B に分類している⁶⁰⁾。タイプ A は、ある程度の知識・興味を持つ人々を対象とするものである。SSH, SPP がその例としてあげられる。タイプ B は、必ずしも科学技術の専門家を目指すわけではない生徒・学生や専門研究に従事しない人々を対象とするものである。興味や関心の促進を目指しものとして、サイエンスカフェや科学館の活動があげられる。

タイプ A の SSH や SPP は中高生を対象に学校教育の中で行われている。そのため、教育に強い影響を与えてきた。タイプ B の科学館の活動は、社会教育の中で行われてきたため学校教育への影響は小さく、科学館の利用例としてプラネタリウムを校外研修などで利用する活動などに限定されている。

3.7 科学コミュニケーションの理科教育への適用効果とその意義に関する先行研究

科学コミュニケーションでの実施実験や使用実験器具・教材には、小中学校の理科授業では使用されていない実験内容や実験器具も多い。

理科授業に科学コミュニケーションの成果を活用する場合、幼児（保育園・幼稚園）、小学校（児童）、中学生（生徒）など対象によって、学習内容や学習姿勢の違いが大きい。幼児（保育園・幼稚園）の場合、楽しむことを主眼においた手法が有効である。小学生（児童）は、科学館の展示解説やサイエンスショーがターゲットとする年齢である。児童向け科学コミュニケーションは、実践事例は多いにもかかわらず、その効果を明らかにした研究は少ない。科学コミュニケーションの実験や教材を中学生対象にそのまま使うことは、学習内容との関連で難しいだろう。しかし、科学コミュニケーションの実験や教材を中学校の学習内容に合わせて改良することで、科学コミュニケーションのように参加者が生き生きと取り組み、学びを深める教材になっていくことが考えられる。

科学コミュニケーションの成果を学校教育に活かす例として、つぎのような研究成果が報告されている。中山らは、理科教師がサイエンス・コミュニケーターとしても活躍することが、理科教師としても力量向上に繋がる⁶¹⁾と述べている。里岡らは、科学系博物館と

連携した中学校における干潟の理科学習の実践と生徒の変容を報告している⁶²⁾。鈴木らは、ノンフォーマルな教育と接続しながらフォーマルな科学教育の内容と方法や教師教育を見直すことで、科学の学びが生まれ変わることを複数の海外の事例を基に指摘している⁶³⁾。福岡は、科学講座などの学校外科学教育に管理する場に関する歴史と現状を分析することにより、その意義と課題を明らかにした。同時に、教員が教科書にとらわれない科学を研究することで、知識を深め、能力を高める利点があると述べている⁶⁴⁾。さらに、教員が学校種を越えたネットワークを広げることは広い知見からの教育の理解という点で意義があると指摘している。

著者は、中学校理科の電流分野の学習において、教科書の実験とサイエンスショーの実験を比較し、サイエンスショーの実験を理科授業に導入することが可能であることを示した。それに基づき授業実践を行い、多くの実験の導入が生徒の学習意欲を促進することを示した¹²⁾。さらに、科学コミュニケーションの素材を活用した教材開発にも取り組んできた。小学生向け実験教室で使われている風力発電機の発電機部分を改良して、手回し交流発電機を開発し、中学校理科授業に取り入れた実践を行った¹¹⁾。この教材を用いることで、生徒が積極的に授業に取り組むようになった。

理科の得意な教員を増やすためにいくつかの府県で実施された CST 養成事業でも、養成研修のなかで、青少年のための科学の祭典等での実験講師の経験が求められている。このことも、科学コミュニケーションが教員研修として有効である⁶⁵⁾ことの証左であろう。

以上のことから科学コミュニケーションを理科授業に取り入れることで、児童・生徒が興味・関心を持つ事ができる授業づくりに役立つと共に、教員の授業力の向上に繋がるものと考えられる。

3.8 幼児に対する科学コミュニケーション

科学館や科学イベントのサイエンスショーや実験教室の参加者には、幼児を含む親子連れが多い。これとは別に、近年、幼稚園や保育園、科学館等における幼児向け科学体験教室の実施のニーズが高まっている。これは、科学や実験をエンターテイメント化する演示者がメディアに登場していることや、科学実験を取り上げた雑誌や書籍などが増えたことにより、保護者や幼児の科学に対する興味・関心が高まっていることが理由として考えられる。実験教室の際にも、幼児が実験という言葉に喜び、実験を楽しむ姿が見られる。

幼児に対する理科教育は、幼稚園教育要領⁶⁶⁾や保育所保育指針⁶⁷⁾の領域「環境」の中で、

「身近な事象を見たり、考えたり、扱ったりする中で、ものの性質や数量、文字などに関する感覚を豊かにする」ものとして取り上げられている。その内容は、「自然に触れて生活し、その大きさ、美しさ、不思議さに気付く」「生活の中で、様々な物に触れ、その性質や仕組みに興味や関心を持つ」などの表現で書かれている。「環境」のねらいに小学校の生活科、理科に関連する内容が含まれていることから、幼児期の学びから科学的な繋がりを意識した活動を行うことで小学校の生活科や理科、中学校理科での授業にも潜在的に関連性を持たせることも期待できる^{68,69)}。

2017年3月に公示された小学校学習指導要領⁶⁸⁾、および中学校学習指導要領⁶⁹⁾では、育成を目指す資質・能力の3本柱として「知識・技能」「思考力・判断力・表現力」「学びに向かう力・人間性等」があげられている。これは幼稚園指導要領および保育所保育指針から一貫して述べられる内容であり、資質・能力としてほぼ同様に、「知識及び技能の基礎」「思考力・判断力・表現力等の基礎」「学びに向かう力・人間性等を育むように努めるものとする」ことが述べられている。知識・技能に関する内容を例に挙げると、幼児対象には「豊かな体験を通じて、感じたり、気付いたり、分かったり、できるようになったりする」と体験を通して「気付く」「感じる」「分かる」などによって自然事象を知ることができる力を育むことが述べられている。学習指導要領の改善のための答申⁷⁰⁾では、小学校では基本的な概念や性質・規則性の理解、中学校では概念や原理・法則の基本的な理解、高等学校では概念や原理・法則の理解や体系的な理解と、段階的に理解が深化していくことが求められている。幼稚園と小学校、中学校、高等学校が一本の柱で関連付けており、保幼小中高の接続が重要になっていることが分かる。このように、幼児から科学を意識することが理科離れに対する方策になっていくことが考えられる。

その一方、幼稚園教育要領や保育所保育指針では、小学校以降の理科教育のように具体的に学習内容は示されていない。いろいろな科学体験が可能であると考え、科学コミュニケーション素材を幼児対象に実施することで、幼稚園教育要領や保育所保育指針のねらいを達成することが可能になると考えられる。

4 サイエンスショーの特徴

表1-2に示すように科学コミュニケーションには様々な形態、ツールがある。実践事例は多いが、その論文など報告による詳しい報告は多くない。その中でサイエンスショーは、類似のものも多く、題名や概要が分かる資料があるため、特徴を類別することができる。

3.5 でその特徴を述べたが、本研究のベースになるため、さらに詳述することにする。

4.1 サイエンスショーに関する先行研究

サイエンスショーの主な目的は、参加者に対して科学に関する現象やその原理を身近に感じてもらうことである。さらに、科学館などでは来場者増につながるため、科学館の運営上も重要な事業である。

佐々木は、「科学の法則や原理を実際に見た、聞いた、試したという実体験を与え、解った気にさせること」という「説得力」がサイエンスショーの効果であると指摘して⁷¹⁾。その要因として、

- a) 実物や現象で具体的に示すこと
- b) インパクトある演示によって強い印象を残すこと
- c) 取り組み可能な程度の難度を設定することで意欲を喚起すること
- d) 演示者の科学に対する造詣の深さ・人格的雰囲気の説得力の要因になること

をあげている。海老崎は、サイエンスショーの要素を取り入れた授業について考える中で、「つかみ」「実験内容」「実験の演示手法」「時間配分や進行」「言葉や台詞」を特徴⁵⁹⁾としている。川村は、サイエンスショーに演劇を組み込み音響や映像などを取り入れ、科学や科学技術の内容や科学実験を取り入れたサイエンス・ライブ・ショーを実施したところ、会場の雰囲気がよくなり、子供たちがより主体的に考える学びに向かう場になる可能性を感じ、子供たちがサイエンス・ライブ・ショーの中で台詞が何を伝えているかがより深く理解できるようになり、よりよい学習の機会になったことを述べている⁷²⁾。

科学館で実施されたサイエンスショーに関しては、実験の構成や内容、使用した実験器具についてのみ報告されている^{73,74,75)}。大阪市立科学館の学芸員は「風のサイエンスショー」および「空気のサイエンスショー」について報告している。前者では、ベルヌーイの定理の説明や演示内容、実験装置などを説明している⁷³⁾、後者では、大気圧をイメージできるいくつかのオリジナルの実験と実験装置、ショーの構成などを説明している⁷⁴⁾。愛媛県総合科学博物館の学芸員は「浮力のサイエンスショー」に関して、実験内容、構成と実験装置の図面などを報告している⁷⁵⁾。これらの「教材や実験装置の工夫」「実験の構成や展開」はサイエンスショーの構成上不可欠な要素である。しかしながら、学校教育への導入効果のひとつの指標となる参加者の反応にはいずれの論文も言及していない。

4.2 科学コミュニケーションの特徴

サイエンスショーは、知識レベル、興味、理解力など異なる様々な年齢層の不特定多数の観客を対象にする。そのため観客の興味を引いて、次の実験に対して「次に何がくるだろう」と期待させる「インパクトある」実験や説明を提示する必要がある。観客を飽きさせず、興味を持続させるためには、単に科学要素を伝えるだけではなく、次を期待させる演出が求められる。そのための実験方法や機材を必要に応じて探したり、新規開発したりする必要がある。このような目的で開発された実験方法や機材に加えて内容の展開などを含めたすべてのものを「科学コミュニケーション素材」とよぶことにする。多くの科学コミュニケーション素材は、青少年のための科学の祭典、図書、インターネットなどで公開されたものが多いこともあり、全国のサイエンスショーを中心とする科学コミュニケーション活動で広く活用されている。また、科学コミュニケーション素材の理科授業での活用として、実践者自身が自ら開発した素材を活用した授業を報告している⁷⁶⁾。

科学コミュニケーション素材を授業で活用する上で個々の実験の工夫に加えて、実験の構成や展開方法、プレゼンテーションの工夫が重要である。経験・知識の異なる観客に対し、実験内容を理解してもらうためには、基本的内容から段階的に提示することが必要である。サイエンスショーでは、予備知識がない子どもたちにもその場で理解してもらう必要がある。さらに、現象や原理に対して既知の人でも興味深く聞けるような演出が必要である。そのため、各科学要素を段階的に理解しながら、最終的な現象の原理が理解に達するように内容構成を工夫している。このような段階的理解を考慮した実験提示は、サイエンスショーを含む科学コミュニケーション活動での実験演示の特徴の一つである。以上の点を達成するために、科学コミュニケーション素材は、

- a) 内容に合わせて選択や開発された「使用素材」
- b) 「使用素材」を有効活用して段階的理解に導く展開（シナリオ）

から構成されている。これらは、興味喚起、個別知識の理解定着、系統的理解、機知・既習事項の想起・関連づけを通じた理解誘導のために重要課題である。これらは本来、系統的理解のために学校の学習活動で重要な要素である。残念ながら、現状では実際の生徒の多くは体系的な理解ではなく、バラバラの知識を記憶するにとどまっていることが多い。そこで、学んだことを将来使える確かな知識として定着させるために、「科学コミュニケーション手法」の学校授業への導入は意義深いものであると考える。

4.3 サイエンスショーの手法

Stockmayer は、科学コミュニケーションで使われる素材の魅力以外に、信条も興味も学歴も異なる多様な観衆が、科学を理解するための障壁を乗り越えるために、必要な要件として、

- a) 計算や数式を取り除くこと
- b) 12 歳程度の読解力に合わせた語彙を使い出来るだけ分かりやすい言葉を使うこと
- c) オータナティブ・コンセプション（素朴概念）の存在を考えること
- d) 導入のための上手い留め金を見つけ、観衆を引き込むこと

をあげている。Stockmayer は上記の要素を満たす教材を導入部分で使用することで、児童・生徒の興味・関心を喚起することで、理解を促進する実践とすることができる³¹⁾とした。

本章 4.2 で述べた科学コミュニケーションの特徴と Stockmayer の要件をまとめると、サイエンスショーの手法は次の 3 つから構成されている。

- ① 使用素材の選択や開発
- ② 段階的理解に導くシナリオ
- ③ 興味・関心・理解を誘導・想起する展開

上記のサイエンスショー手法を有効に活用することが、生徒が積極的に学習活動に参加できる理科授業の実践に繋がる。

5 中学校理科授業への活用

著者の実践成果に基づき、理科授業におけるサイエンスショー素材の有効活用方法を述べる。前述のようにサイエンスショーをそのままの形では中学校理科授業に導入できない。しかし、サイエンスショー、実験教室、科学教室などで使用される実験や素材は、学校授業で有効活用可能なものが多い。一方、中学校理科で多くの生徒にとって理解困難な単元がある。「電流がつくる磁界」「空気中の水蒸気量や飽和水蒸気量」「レンズの学習」などはその典型例である^{77,78)}。理解困難な理由として、

- 1) 磁界の学習：目に見えない電流や磁界の流れや向きを想像することが苦手な生徒が多い。
- 2) 水蒸気の学習：空気中に含まれる水蒸気量を実際に測定することは困難であり、目で見て確認することが困難である。

3) レンズの学習：光の道筋を見ることができず、光学台の実験は複雑で分かりにくい。

いずれも理解の上で、目に見えないことを幾何学的、図形的にイメージすることを要求される単元である。そのような単元の理解に対して、著者は本研究の中でサイエンスショーの要素を活用した「導入教材」や「段階的理解手法」が有効であることを確認した。

平成 29 年 3 月告示の文部科学省学習指導要領では、「主体的・対話的で深い学び」の実現を求めている⁶⁹⁾。「主体的・対話的で深い学び」は試行錯誤を含めた思索や作業を通して、理解するものである。小林は、実験や観察等の行動が伴うだけでなく、学習意欲が喚起される中で、探究的な学習に繋げる必要があることを述べている⁷⁹⁾。サイエンスショーなどで開発した素材や提示方法には、受講者の意欲喚起に有効なものが多い。著者は、授業運営の工夫によって、生徒各自の試行錯誤だけではなく、グループメンバーやクラスのメンバーの試行錯誤の結果を共有することができ、短時間で有効的な体験をすることが可能になると考えている。さらに、サイエンスショーや実験教室で使用の実験素材は、安価で作成に熟練を要さないものも多いため、限られた予算内でクラス全員の体験が可能となるものも多い。これらをもとに「導入教材」や、個人、ペア、グループ、クラスなど同一素材複数回使用による「段階的理解」のための教材に適しているものも多い。

本研究では、授業の中でサイエンスショーの要素を活用した「導入教材」や「段階的理解手法」としての活用方法考案・実践しその効果を検証した（第 3 章）。

6 科学コミュニケーション活動成果の学校教育への活用事例の研究

平成 20 年度（2008 年度）公布の中学校学習指導要領解説理科編⁸⁰⁾では、多くの生徒が「科学を学ぶ意義や有用性を実感していない」ことを課題としている。そのため、「科学技術が日常生活や社会を豊かにし、安全性の向上に役立っていること」「理科での学習内容が様々な職業と関係していること」など、日常生活や社会との関連性の学習を重視している。内海は、中学校 3 年生の教科書の物理分野で、日常生活や社会との関連が効果的に配置されているかを検証した。その結果、学習の出発点で日常生活や社会との関連を取り扱うことで、科学技術が日常や安全性の向上に役立っていることを認識し、生徒の学習が有意義になることを述べている⁸¹⁾。この中では、教科書の教育内容で日常生活や社会との関連性理解に有効な実験について触れているが、科学コミュニケーション活動の成果との関連については述べられていない。

社会教育の一環として実施される科学コミュニケーション活動で使用される実験や演示

手法の多くは、サイエンスショーや実験教室の中で活用・開発されたものが多い。サイエンスショーや実験教室は、不特定多数の様々な年齢の児童・生徒を対象として科学館やその他イベントなどで行われることが多い⁹⁾。そのため、短時間で興味を引くとともに、ストーリー性を持ち段階的理解に導く素材が多い⁹⁾。面白く楽しい実験をテーマにした多くの書物で紹介されている素材も多い。それらの実験の中には、日常生活で馴染みのものや、社会で使われているものと関連深いものも多い。そのため、児童・生徒になって馴染み深いものも多く含まれている。それらは、小中学校理科教育で興味喚起や理解定着に有効なものだけでなく、理科で習う内容と日常生活との関連性を知るために有効なものもある。

実践例は、まだ日本においては限られている。都築らは、科学コミュニケーション使用素材・手法の大学教育での活用事例を報告している⁸²⁾。加藤らは、高校生対象の大学の公開講座の実践事例を報告している⁸³⁾。川村は、開発したサボニウス型風力発電機を実験教室などの科学コミュニケーション活動で使うだけでなく、高等学校の物理授業でも活用したことを報告している⁸⁴⁾。海老崎は、中学校理科授業での使用事例を報告している⁷⁶⁾。著者は、児童向け科学実験教室での実践を基に交流手回し発電機（図 1-1d）を開発した^{12,85)}。実験教室で使われることがある風力発電機を参考に、エナメル線の太さや巻数、回転部分の構造などを改良した中学校理科授業で活用できる発電機を開発し、著者の勤務する中学校では、教材として使用している。この教材は、東レ理科教育賞文部科学大臣賞を受賞した⁸⁶⁾。堀らは、松村が青少年のための科学の祭典⁸⁷⁾で実施し、松森によって紹介された弁当パックを使った地学の立体模型教材⁸⁸⁾の小中学校理科授業での活用を報告している⁸⁹⁾（図 1-1c）。

中学校で使われている教科書を表 1-3 に示した。これらの教科書で取り上げられた教材の中には、科学コミュニケーション活動経験のある教員が開発した教材もある。図 1-1 に

表 1-3 中学校理科教科書

出版社	略称	題名
大日本図書	D 社	新版理科の世界 ^{90,91,92)}
学校図書	G 社	中学校科学 ^{93,94,95)}
教育出版	K 社	自然の探究中学校理科 ^{96,97,98)}
新興出版社啓林館	S 社	未来にひろがるサイエンス ^{99,100,101)}
東京書籍	T 社	新編新しい科学 ^{102,103,104)}

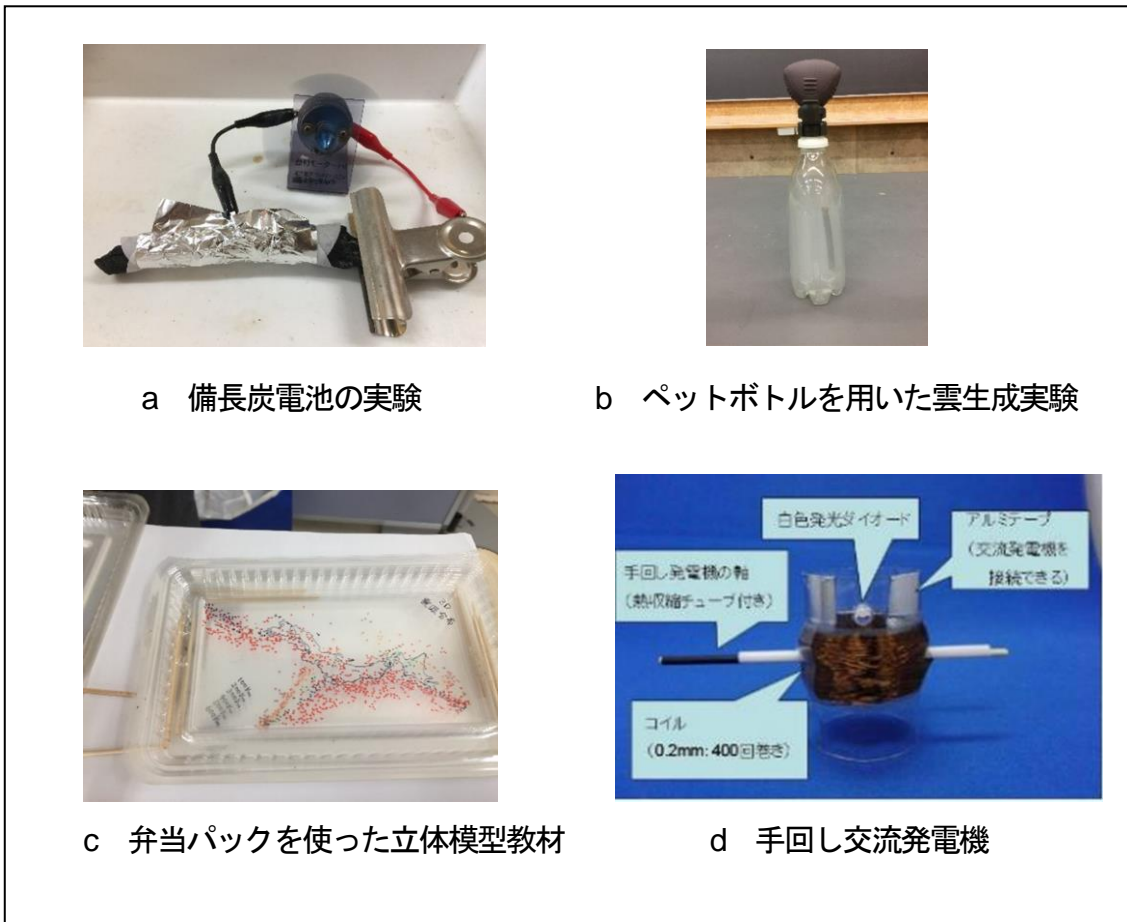


図 1-1 科学コミュニケーションを元に開発された教材の例

- a) 備長炭電池の実験 b) ペットボトルを用いた雲生成実験
 c) 弁当パックを使った立体模型教材 d) 手回し交流発電機

それらの例を示す。複数の教科書に採用されている実験として、備長炭電池実験^{92,95,98,101,104}やペットボトルを用いた雲生成実験^{94,100,103}があげられる。前者は、サイエンスプロデューサーとして有名な米村が開発した。後者の開発者十河は、精力的に科学コミュニケーション活動をしている小学校教員である。備長炭電池は、化学エネルギーから電気エネルギーへの変換がよく分かる実験である(図 1-1a)。雲生成実験は現象を実感しやすい(図 1-1b)。

7 研究の目的

科学コミュニケーションの学校教育に対する影響をまとめるため、教員が科学コミュニケーション活動を経験することが、理科教育にどのような影響を与えているか調査研究を行う。さらに、科学コミュニケーションを理科授業に導入することでみられる影響を明

らかにする。具体的には、科学コミュニケーション素材を幼児および中学生に授業実践するという形で提供し、実践の在り方および評価の方法について検討することを目的とする。

中学校理科教育においては、①科学コミュニケーション開発素材の有効性、②教材複数回使用による段階的理解の有効性を検証する。幼児に対する科学教育では、科学コミュニケーション素材の幼児体験を行い、③幼児の科学体験の適否と幼児の反応の評価法の検証、④幼児対象サイエンスショーの開発と幼児の反応評価方法の開発を行う。

8 本論文の構成

本論文の構成と既報論文の出典を図 1-2 に示す。

第 1 章で研究の背景と本研究の方法をまとめ、本研究の目的を示した。第 2 章で科学コミュニケーションが理科授業に与える影響について調査し、その影響についてまとめた。第 3, 4 章では中学生に対する 2 つの実践を評価した。教材の工夫と教材の使用法や使用場面の工夫により、中学生の学びに影響を与えることを示した。第 5 章では幼児に対する 2 つの実践とその分析と評価から実践をまとめた。科学コミュニケーションの手法を使用することで、幼児が理科教育の基礎となる科学教育を経験した。そして、第 6 章で本研究のまとめを行った。

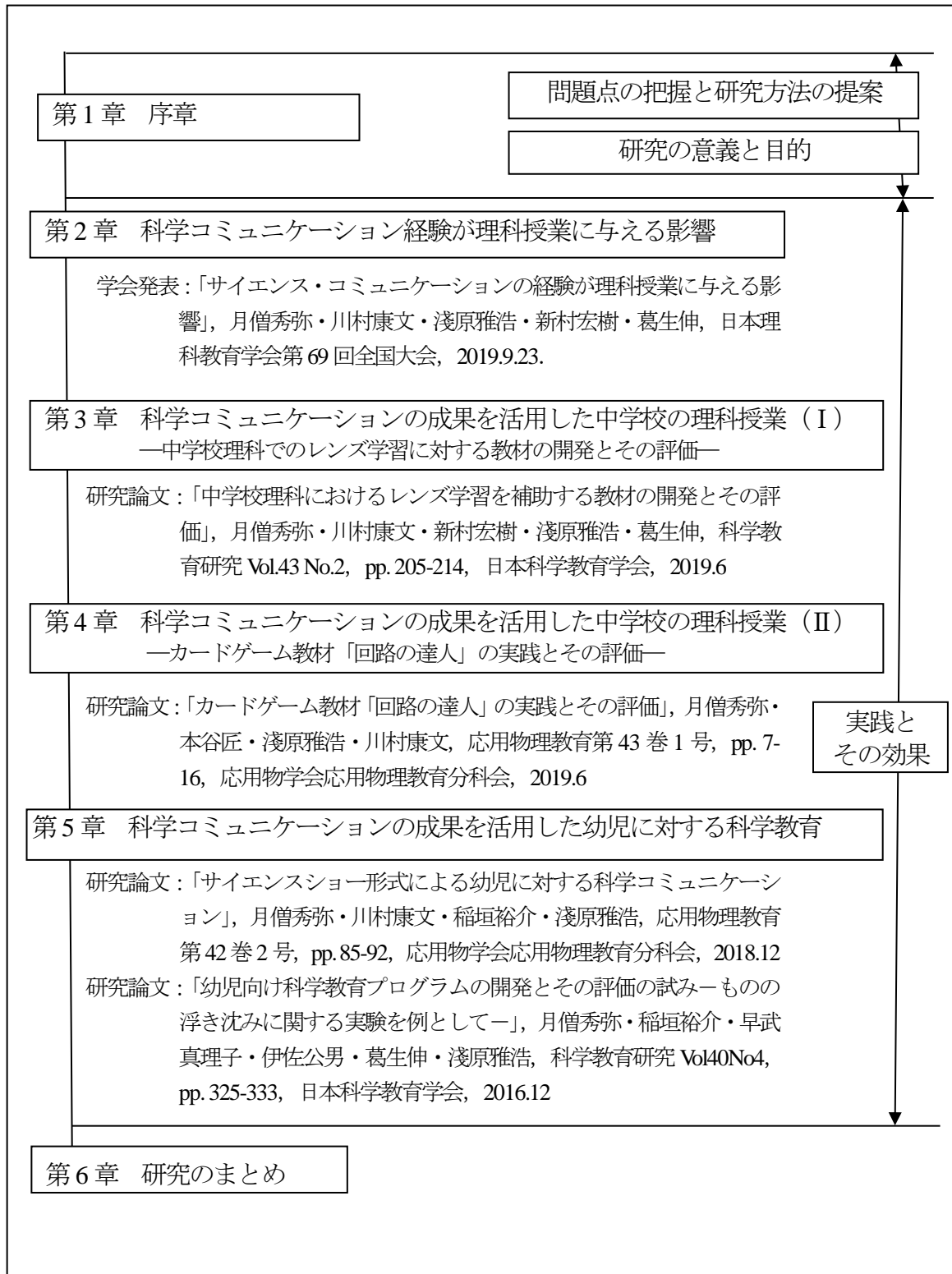


図 1-2 本論文の構成

第2章 科学コミュニケーション経験が理科授業に与える影響

1 科学コミュニケーション活動と理科授業

1980年代に「理科離れ」が叫ばれ、その後様々な対策が行われた。その対策の一つが、1992年に始まった「青少年のための科学の祭典」である⁵³⁾。その開催は全国各地に広がった。児童・生徒向け科学コミュニケーション活動である青少年のための科学の祭典や、実験教室、科学イベントでは、多くの実験講師が来場者に実験を演示する。多くの小中高校の理科教員が青少年のための科学の祭典や実験教室で実験講師を務めている。これによって、科学コミュニケーション経験をした教員が全国的に増加している。また、テレビ番組でもエンターテイメントとして実験を扱った番組が人気を集めている。このような場面で実施される科学実験等は、児童・生徒を楽しませ、科学に対する興味・関心を高められていると考えられる。それらは、理科教育に導入する価値があるものが多いと考えられる。

JSTの事業の一つにコア・サイエンス・ティーチャー（CST）養成事業がある。この事業は、義務教育とくに小学校で理科に関して指導的な役割を果たす学校教員を養成するものである。CST養成プログラムでも、科学の祭典や実験教室などの講師を研修の1つに位置づけている例もある⁶⁵⁾。中山らは、理科教師が自らの理科授業と関わる分野でサイエンス・コミュニケーターとしての訓練を経験することが、理科教師としてのスキルアップにつながることを述べている⁶¹⁾。このことは、科学コミュニケーション活動の内容が教員の授業づくりにつながることを示している。土田は、青少年のための科学の祭典は、提示方法やコミュニケーションの方法の確認が必要であることから教員の理科研修の場としての機能を果たしていることを指摘している¹⁰⁵⁾。

2 現職理科教員に対するアンケート調査

科学コミュニケーション活動経験者は、その経験を何らかの形で自身の理科授業に活用しているものと考えられる。そこで筆者は、科学コミュニケーション活動経験者自身の理科授業に及ぼす影響調査のため、科学コミュニケーション活動経験のある理科教員に対してアンケート調査を実施した。アンケートの設問を表2-1に示す。

各県の青少年のための科学の祭典事務局（福井、三重、富山）、各CST実施大学の事務局（神奈川、福井、三重、高知）にアンケートの協力依頼をした。さらに全国科学教育ボランティア研究大会に参加した理科教員にも依頼した。その結果、38名から回答を得た。

表 2-1 科学コミュニケーション経験のある理科教員に対するアンケート項目

<p>①勤務している校種を教えてください。</p> <p>②これまで児童・生徒向けの科学コミュニケーション活動（実験教室講師，企画，子ども向けの科学や理科に関する本の執筆などの活動）を何度行いましたか。</p> <p>③これまで，科学コミュニケーション活動で見たり行ったりしたことがある実験で，それぞれの理科の授業でも行ったことがある実験を教えてください。</p> <p>④その実験を授業で行った理由を書いてください。</p> <p>⑤その実験を行ったときの児童・生徒の反応はどうでしたか。</p> <p>⑥ご自身の科学コミュニケーションの経験はご自身の理科授業に影響があったと思いますか。あれば，具体的にその影響を書いてください。</p>
--

表 2-2 設問①（勤務校種），設問②（実施回数）の回答状況

<p>設問①勤務校種</p> <p>小学校（22名） 中学校（12名） 高等学校（2名） その他（2名）</p> <p>設問②児童・生徒向けの科学コミュニケーション活動実施回数</p> <p>1～5回・無回答（30名） 6～20回（3名） 20回以上（5名）</p>

3 アンケート結果

表 2-1 の設問①，②の回答結果を表 2-2 に示す。科学コミュニケーション活動経験が理科授業へ影響していることに触れた回答は 87%であった。

今回のアンケート対象教員は小学校 22 名（58%），中学校 12 名（32%）であった。その他（2 名）は，行政に出向している教員であった。科学コミュニケーションの経験は，5 回以下の教員が多い。中には，20 回以上の経験がある教員もいる。最も多い教員は 100 回以上と回答していた。

設問③「授業に取り入れた科学コミュニケーションの実験」（授業導入実験）の回答を表 2-3 に示す。回答の内容は，「実験」「工作・実験」「観察」の 3 つに分類できた。水素の爆鳴気の実験を 4 件と比較的多くの教員が実施している。月の満ち欠けが 2 件あげられている以外は，1 件ずつである。多様なテーマが取り上げられている。具体的な実施内容は記述がないため分からないが，実施方法も多様であるものと考えられる。

表 2-4 に「設問④：その実験を行った理由」（実施理由），「設問⑤：その実験を行ったと

きの児童・生徒の反応」(受講者の反応)の回答を分類, 比較した結果を示す. 理由は, 実践者の「ねらい」を示している. 実施者のねらいは, 「興味・関心」「体験」「理解」「対話」「その他」の5つに分類できる. 科学コミュニケーション活動実施実験の授業導入の主なねらいは, 「興味・関心を持たせ」, 「楽しませる」ことである. 「体験」を伴う内容も多い. 内容によって興味・関心や楽しませるだけでなく, 「学習内容の理解」もねらっていることが分かる. 実施教員は, 科学コミュニケーション素材が, 学習内容の理解に繋がる教材となると考えている. その他の内容は, 使いやすさに関する内容であり, 幅広い年齢層を対象にしている教材であるため, 授業への導入が容易だと考えていることが分かる.

説問⑤「その実験を行ったときの児童・生徒の反応」(受講者の反応)の回答は, 「楽しんでた, 驚いていた, 興味・関心をもっていた」のように興味・関心に関する内容が一番多い. 「理解していた」のように理解に関する内容が2番目に多かった. 教員は, 生徒が理解することを意図していて, それが達成されている場合が多いことが分かる. 「繰り返し

表 2-3 設問③ (授業導入実験) に対する回答の分類

分類	分野	実験内容		
実験	物理	等速直線運動 (ホバークラフト)	ものさし使用竿秤による重量測定	
	化学	爆鳴気の実験 (4) 液体窒素の実験	塩化アンモニウム結晶	水溶液の性質 (紫キャベツ使用)
	地学	等圧線の立体可視化 流水実験	霧発生器	水蒸気ボックス
工作・実験	物理	熱気球 ヘロンの噴水 クント管	カズー ミニ方位磁石 浮沈子	ガリレオ温度計 電気回路作成 (ブレッドボード使用)
	化学	スライムづくり	アルミホイルサイコロ	
	生物	植物の道管モデル 瞳孔観察器	目の模型	骨格標本づくり
観察	地学	化石レプリカ作成(2) 液状化モデルづくり	月の満ち欠けモデル (2) 黄道十二星座モデル	海底地形図作成 地層堆積モデル
	生物	プラナリアの観察		
	地学	火山灰の観察 (鹿沼土)	砂の中の鉱物の区分け	地震震度・地形学習 (立体視装置使用)

実験していた」や「対話をして実験に取り組んでいた」のように、グループで協力・対話しながら実験していたことが分かる記述もある。これらの内容は、学習指導要領で求められている主体的・対話的で深い学びに繋がる教材であることも示唆していると考えられる。多くの内容で、教師のねらい通りの反応が見られている。また、教師のねらいと一致しない場合の生徒の反応は、「意欲・関心」に分類できる反応が多い。科学コミュニケーションで用いられる素材が生徒に意欲・関心を持たせる魅力を持つ教材であることを感じる内容である。

表 2-5 に「設問⑥：科学コミュニケーション経験の理科授業への影響」（理科授業への影響）の回答内容分布を示す。

最も多かった回答は「授業展開の工夫」であった。その内容として「教材提示（4名）」や、「発達段階を考慮（4名）」、「理解の工夫（1名）」などが記述されていた。児童・生徒

表 2-4 設問④（実施理由）、設問⑤（受講者の反応）に対する回答の比較結果

分類	④実施理由	⑤受講者の反応
興味・関心	<ul style="list-style-type: none"> 手を動かしてものを作ることによる興味・関心の喚起と実験実施意欲促進 	<ul style="list-style-type: none"> 普段実験に消極的な生徒も、笑顔で実験 楽しんで何度も実験 定量的な理解までは至らないが、<u>定性的に理解</u>
	<ul style="list-style-type: none"> 驚き・感動の付与 	<ul style="list-style-type: none"> 驚き・感動の様子
体験	<ul style="list-style-type: none"> 金属、水、空気の暖まり方を一度に実験 	<ul style="list-style-type: none"> 真剣に実験
	<ul style="list-style-type: none"> 中1に状態変化、昇華を見せる 	<ul style="list-style-type: none"> 実験を楽しみ、驚く様子
理解	<ul style="list-style-type: none"> 等圧線の理解が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 等圧線の粗密の相違をよく理解
	<ul style="list-style-type: none"> 原理むき出しでシンプルなため、モデルとして活用可 	<ul style="list-style-type: none"> シンプルで直感的に理解 実験を楽しみ、興味^紫が次まで持続。学びに向かう力生成
	<ul style="list-style-type: none"> 学習の理解が深化、思考の流れのスムーズ化 	<ul style="list-style-type: none"> 楽しんでいるうちに、現象・原理に注目
	<ul style="list-style-type: none"> 立体視による効果的な事実の伝達 	<ul style="list-style-type: none"> 不思議さや、言葉だけではない自分で見えることによる感動する様子
対話	<ul style="list-style-type: none"> 試行錯誤を通じた現象の原理・仕組みの考察 	<ul style="list-style-type: none"> 実験を繰り返しながら原理・仕組みを考える姿、その過程で生徒間の連携
	<ul style="list-style-type: none"> 役割分担による班内での連携・協力の促進。グラフの作成などでの自然な対話発生を期待 	<ul style="list-style-type: none"> 全員で実験の進行・役割分担を相談しながら実験 全員が参加（役割分担）のため、従来に増して熱心に実験
その他	<ul style="list-style-type: none"> ドライヤーでの実験は簡易・安全で普及容易 	<ul style="list-style-type: none"> 量的な理解までは難しいが、楽しんで何度も実験し、定性的に理解
	<ul style="list-style-type: none"> 指導要領の内容と一致 	<ul style="list-style-type: none"> 楽しむ様子

赤色：興味・関心 青色：理解 緑色：対話 紫：体験

の学習内容の理解を目指した授業改善のために科学コミュニケーションの実験を導入していることが分かる。次に多かった回答は、「実験開発への取り組みや実験のアイデアを得た（7人）」である。この回答は、自己研鑽効果を示す内容である。このように表 2-5 の回答は、児童・生徒に関する内容と、教員の自己研鑽に分類できる。児童・生徒に関する内容は、「興味・関心を高める工夫」「安全、協力して行う実験などの取り組み」が挙げられていた。また、教師の自己研鑽に関する内容として、「説明方法・表現の工夫」「興味・関心が高まった」と書かれている。教材や学習内容に対する理解に繋がる直接の記述はなかったが、結果として理解につながるための第一歩と捉えることができる。以上のことから科学コミュニケーション活動の成果を理科授業に導入・反映する過程で、児童・生徒、教員の双方の「興味・関心の喚起」「学習内容の理解の促進」ができることがわかる。さらに、教員にとっては、「教材の提示や授業展開などの工夫」「教材開発」の面でも影響を与えていることを示唆している。

表 2-5 「設問⑥：科学コミュニケーション経験の理科授業への影響」

回答項目	回答数
<u>授業展開の工夫</u> <u>教材提示 (4)</u> <u>発達段階を考慮 (4)</u> <u>理解の工夫 (1)</u> <u>その他 (3)</u>	12
<u>実験開発への取り組みや実験のアイデアを得た</u>	7
<u>説明の方法や表現の工夫</u>	6
<u>児童・生徒の興味・関心を高める工夫</u>	6
<u>自分の興味・関心が高まった</u>	4
<u>自分の教材や学習内容に対する理解</u>	2
<u>安全に対する児童・生徒への配慮</u>	1
<u>児童・生徒が協力して行う実験</u>	1

赤字：教師自身に関する内容

青字：児童・生徒の活動に関する内容

4 本章のまとめ

科学コミュニケーション活動経験がある教員に対するアンケートの結果、科学コミュニケーションの実験や手法を理科授業に導入することは教員と児童・生徒双方にとって、学習内容への興味・関心を高め、理解に繋がることを示していることが分かった。さらに教員にとって、「教材の提示や授業展開」「教材開発」など授業づくりにも寄与していることが伺えた。「『対話して』『繰り返し実験』や協力して実験する」という記述があることから、学習指導要領が求める主体的・対話的で深い学びに繋がる授業作りにもつなげることができる教材もあることが分かる。

科学コミュニケーション経験のある理科教員に対するアンケートから、科学コミュニケーションの経験が理科授業に与える影響をまとめた結果、科学コミュニケーション経験の理科教育への影響は、次の2つに分類することができた。

- ① 科学コミュニケーション活動経験は、教師の学習内容に対する興味・関心を高めるとともに、それが自己研鑽によって深い理解に繋がることが伺える。また教材開発や実験のアイデアにも繋がる経験である。
- ② 児童・生徒が、興味・関心を高める工夫にも繋がる経験である。授業においては、多くの場合に教師のねらいに沿った反応が見られる教材になっており、その教材の使用が、児童・生徒の興味・関心を高め、理解を深めることに繋がる。

このように、教員の科学コミュニケーション経験は、理科教員に対する研修としての役割を果たしている。また、科学コミュニケーションで用いられる教材を用いることで多くの場合に児童・生徒の興味・関心に影響している。これは、科学コミュニケーションで用いられる教材が持つ力であり、児童・生徒の興味・関心を高める魅力を持つ教材が多いことを確認できた。

第3章 科学コミュニケーションの成果を活用した中学校の理科授業（I）

—中学校理科でのレンズ学習に対する教材の開発とその評価—

1 はじめに

1.1 研究の背景

中学校学習指導要領解説理科編によるとレンズ学習のねらいは「物体とレンズの距離を変え、実像や虚像ができる条件を調べさせ、像の位置や大きさ、像の向きについての規則性を定性的に見いださせること」である¹⁰⁶⁾。生徒は「レンズで集光すること」「物体、レンズおよびスクリーン間の距離によって結像できること」「レンズを通して物体の虚像が見える場合があること」を学習する。同時にそれぞれの場合の光路を学習する⁷⁷⁾。

福井県教育委員会が実施した第65次福井県学力調査(2017年12月、中学2年生対象)では、レンズに関する問題の観点別平均正答率は、基礎力調査のA問題(2問)でそれぞれ33.2, 37.8% (全問の平均正答率62.0%)、活用力調査のB問題(1問)では29.4% (全問平均正答率48.0%) と他の単元に比べて最低値となり際立って低かった¹⁰⁷⁾。この結果からレンズの分野は多くの中学生にとって理解が困難であることが分かる。その理由として、凸レンズを通る光の進み方が理解できていないことや、物体を動かしたとき凸レンズによってできる像の位置や大きさの変化の規則性が理解できていないことが示されている。

川村が実施した高等学校での学習項目の好嫌度調査では、レンズの好嫌度が最も低く、高等学校においても理解の困難が継続していることが考えられる¹⁰⁸⁾。

佐久間らは、通常の理科授業を受けた生徒を対象に、レンズによる結像位置の移動やその大きさと向きに対する理解を調査した。多くの生徒がレンズを通る光路の作図はできて、像の大きさや位置についての理解は不十分である状況を報告している¹⁰⁹⁾。これは、光の進み方を手順通り作図することはできるが、レンズのはたらきの理解に結びついていないことを示している。

小松らは、レンズの実験と作図を関連させるために、コンピュータとビデオカメラを用いディスプレイ上に光の道筋を提示する教材を開発・評価し、AR (Augmented Reality : 拡張現実) 教材の使用が実験操作や実験から導き出せる規則性と関連をもった作図能力の育成に有効であることを示した。同時に、AR 教材を使わない学習でも、実験との関連性を考察させることの重要性を述べている¹¹⁰⁾。

さらに、谷中らは中学校で一般的に使用される光学台は、高価で大きく重いため十分な台数を保有できず、全生徒が実験しにくいとともに、生徒の興味・関心、理解を高める手軽で機能的な光学実験装置が少ないことを指摘している¹¹⁾。

以上の点を踏まえ、レンズ学習における課題を次の3点に整理した。

- ① 生徒は与えられた条件で実験操作するだけとなりがちで、光源とスクリーンの距離を変化させたときの結像位置や大きさの変化の規則性が理解できていない。
- ② 図形的な把握が苦手な生徒がいる。そのような生徒は、作図とレンズの原理を結びつけられない。
- ③ 4人グループで1台の器具を役割分担して操作し、1人での器具操作機会が少ないため、実験全体を把握した上での作業ができない生徒が多い。

1.2 研究の目的

前節で述べた課題を踏まえ、レンズ-光源間距離を変化させた場合に、結像するレンズ-スクリーン間距離や実像の大きさを繰り返し調べることができる実験教材を開発することを目的とした。この教材によって、多くの生徒が個人で感覚を掴みながら実験が可能となる。条件変化に伴う光路変化で生じる結像状態の違いを、実験を繰り返し、試行錯誤しながら感覚的に体感できる。そのような作業を通じて、作図の意味の理解、レンズの原理の理解に繋がることを期待される。

1.3 レンズ学習教材の開発

著者は、長年、実験教室やサイエンスショー、青少年のための科学の祭典の実験講師として児童・生徒向けの科学啓発活動を行ってきた。これらの実験教室やサイエンスショーなどでは、幼児、小学生、中学生、その保護者など幅広い世代を対象にして、多くの観客を楽しませることができ、興味・関心を高めることを目的とした実験が実施されている。

著者は、このような実験を導入した教材の活用によって、生徒の実験に取り組む意欲を促進できたことを報告してきた¹⁰⁾。レンズを使った実践としては、カメラの原理を体験できる紙コップを使った「簡易投影機(紙コップカメラと命名)」を開発し、青少年のための科学の祭典や実験教室で小学生を対象に活用してきた¹¹⁾。半透明プラスチックをスクリーン、紙コップをカメラの本体とすることで、組み立てが簡単になり、小学生でも5分程度で作成が可能である。教材作成中に実像がスクリーンに映る様子を不思議そうに見る小

学生の姿を見ることができ、小学生から「なぜこのように像が映るか」の分かりやすい説明を求められることがあり、詳しい説明を求める小学生に対しては、LED光源と金魚すくいのポイを用いたスクリーンを使用し、現象の学びを行ってきた。これらの教材は、小学生に対して主体的に考える態度と興味・関心を喚起しているといえる。既にレンズの学習を終えた中学生が参加した際には、自ら光源、紙コップカメラを使い、実像を調べる様子も観察できる。

本研究では、説明に活用してきた「簡易光学実験セット」と「紙コップカメラ」を中学校理科の授業に取り入れるために教材の改良を実施した。その教材を使用した授業実践を実施し、効果を評価した。

2 教材の作成と授業展開の工夫

2.1 教材作成のねらい

中学校理科におけるレンズ学習のため、「簡易光学実験セット」「紙コップカメラ」の2種類の教材を開発・使用した。

前者は、実験教室で使用したLED光源と金魚すくいのポイを用いたスクリーンを改良した教材である。多くの中学生にとって苦手なレンズ学習での光学台の原理と、光源ースクリーンの距離を変化させたときにできる実像の位置や大きさの変化の規則性の理解の促進を目指した。

後者は、科学実験教室などで使うために開発し、実践を続けてきた教材である。従来のカメラの原理のための教材は、作成に手間がかかっていた。「紙コップカメラ」は同様の実験ができ、作成も容易である。この「紙コップカメラ」を用いることで、レンズの実験による現象の確認もねらっている。

2.2 単元の構成

単元の構成を表3-1に示す。第1時の【活動1】でレンズの性質を確認した後、【活動2】で簡易光学実験セットを使い実験を行った。第2時は、光学台を使った従来通りの授業である。第3時は、作図のまとめを行ったあと、

表3-1 単元の構成

第1時【活動1】	レンズの性質の確認
【活動2】	簡易光学実験セットを使った実験
第2時【活動3】	市販の光学台を使った実験
【活動4】	作図
第3時【活動4】	作図のまとめ

学習のまとめとして【活動 5】で紙コップカメラ使い、レンズ学習の復習とカメラの原理を学習した。

2.3 簡易光学実験セット

2.3.1 教材の開発

レンズの性質を調べるために通常の理科授業で行う光学台の実験は、一人では操作が難しい。そこで、身近にあるものを使い、安価に作成でき、一人でも容易に操作できる「簡易光学実験セット」の開発を目指した。この実験セットを使うことで光学台の原理と条件制御の理解の促進が可能になる。学習指導要領理科編では、変化させる要因と変化させない要因を区別しながら、観察、実験などを計画的に行っていく「条件制御」能力育成の必要性を述べている¹¹³⁾。レンズで実像を結像させる時には、光源とレンズの距離のみを変化させ、観察できる実像の大きさと、レンズとスクリーンの距離を調べる。このように変化させる要因がはっきりしているため、レンズ学習は、条件制御の能力を身に付けるために相応しい内容であると考えている。

2.3.2 教材の作成方法

「簡易光学実験セット」は、レンズの焦点距離と実像がスクリーンに映る位置を調べるための教材であり、光源、スクリーン、レンズを組み合わせたものである（図 3-1）。その使い方を図 3-2 に示す。

光源（図 3-1A）は、LED ライト（ダイソー製 2LED マルチライト）を使用した。マルチライトは LED を 2 個使用し、ライト面がφ40 mm のほぼ平面の透明プラスチックである。この面に Focus の頭文字であるアルファベット F の形に切り抜いた黒色画用紙（F の



図 3-1 簡易光源実験セット

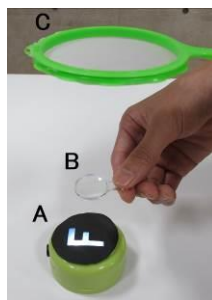


図 3-2 簡易光学実験セットの使い方

A:光源 B:レンズ C:スクリーン

大きさ：30 mm) を両面テープで貼った。アルファベットの F を使用した理由は、スクリーンに上下左右が逆向きの実像が映った際に、光源の形と比較しやすいためである。透明プラスチックの内側には半透明プラスチックコップの底面を 2 枚入れ、LED の光を散乱させることで、LED 自体の像がスクリーンに結像することを防止した。

使用するレンズを選ぶために、焦点距離の異なる市販の凸レンズ（焦点距離 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm）を用い、スクリーン上に映る像を調べた。全ての凸レンズで実像が映ることが確認できた。生徒が実像を映す際に、光源とレンズの距離が短い方が、映しやすくなるため、実験セットには口径 23 mm, 焦点距離 50 mm の凸レンズを用いた（図 3-1B）。

スクリーン（図 3-1C）は、金魚すくい用のポイ（ダイソー製：外径 100 mm, 長さ 170 mm）の和紙を、トレーシングペーパー（直径 90 mm）に交換したものをを用いた。トレーシングペーパーに交換することで、ピントが合いやすくなり、実像が明瞭になる。また、スクリーン上に容易に光源の形を書き写すこともできる。

2.3.3 教材の特徴

教材の使用法は図 3-2 で示すように、光源（図 3-1A）を机の上に置き、その数 cm 上にレンズ（図 3-1B）、さらに上にスクリーン（図 3-1C）を手で持つ。レンズ、スクリーンを上下させ、スクリーン上の光源の文字が明瞭に映る位置を探す。

従来の光学台に比べてこの教材では次の 3 つの利点が挙げられる。

- ① 光源を机の上に置き、レンズ、スクリーンを左右の手で持って自由に動かせる。そのため条件を自由に変更しながら試行錯誤が、1 人で容易にできる。
- ② スクリーンに書き込めるため、実像と光源の大きさの比較が容易である。
- ③ 材料費が安価なため、全生徒が実験器具を使用できる。

実験器具を 1 人ずつに配布することで、各自が自問自答しながら考えられる。2 人毎に実験器具を配布すると、ペアでの対話促進が期待できる。簡易光学実験セットでは距離の測定に定規を用いる。レンズやスクリーンは手で持ち、定規を固定しないため、距離の測定値は不正確になり概略値の測定になる。この曖昧さは、生徒にとって不満となる。しかし、この不満が正確に距離を測りたい意欲に繋がる。このことを踏まえて次の授業時間に光学台を用いて距離の正確な測定を行うことで、光学台の有効性を認識できる。光学台の

表 3-2 第 1 時【活動 1】【活動 2】の授業展開

学習活動	内容
【活動 1】 レンズの性質の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・レンズの焦点と焦点距離の確認 ・スクリーン上に実像が映ることの確認
【活動 2】	
課題 スクリーンに映る実像が、光源と同じ大きさになる条件を調べる 実像ができる条件を探る	<ul style="list-style-type: none"> ・光源を 2 人に 1 個配布し、2 人で協力して実験 ・くり返し実験して、気付いたことを発表
振り返り	・本時を振り返り、感想の発表

実験では、概略の距離を把握しておかないと結像させるのに手間取る。そこで、このような概略値を測定することが、正確な測定を容易にする上での手がかりを与えることになる。

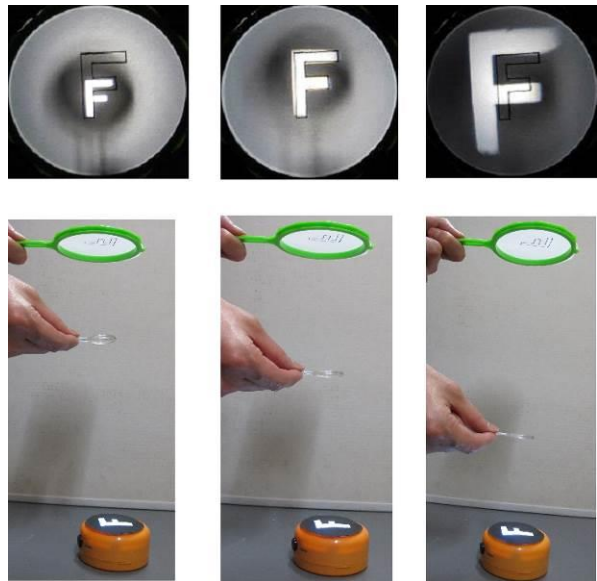


図 3-3 スクリーンに映る実像と光源・レンズ・スクリーンの位置

左：光源より小さい実像の場合

中央：光源と同じ大きさの実像の場合

右：光源より大きい実像の場合

2.3.4 授業展開

第 1 時の授業展開を表 3-2 に示す。第 1 時では、図 3-1 の【活動 1】、【活動 2】を行った。

第 1 時の具体的な展開を下記に示す。

① レンズの性質の確認

レンズとスクリーンを各生徒に配布し、焦点距離の確認、遠くの風景の実像がスクリーン上に映ることを確認する。

② スクリーンに映る実像の確認

光源は 2 人毎に配布し、レンズとスクリーン、レンズと光源の距離と、できる像の大きさを調べる。1 人では実験を行い調べるのが難しい実像と光源の文字の大きさの比較、光源、レンズ、スクリーン相互間の距離の大きさを、2 人で調べる。図 3-3 にスクリーン上に映る実像を示す。光源とレンズ間の距離およびレンズとスクリーン間の距離

を変化させることで、実像の大きさが変化する。この実験を通して、「光源と実像が同じ大きさになるためには、レンズ-スクリーン間の距離とレンズ-光源間の距離が同じになる」ことや、「焦点距離の2倍の距離にスクリーンを置くと、光源と同じ大きさの実像が映る」ことを、生徒が発見することを期待している。試行錯誤しながら実験を繰り返し、ペアで相談しながら実験することで、自分の考えを修正し、相手の操作や考え方を学ぶことが期待できる。

第2時の内容を以下に示す。

③ 光学台を使ったレンズの実験

第2時では、従来の授業と同じように、光学台を使ったレンズ学習を行い、レンズを通った光の作図を行った。

以上のように、簡易光学実験セットを使い、実像の大きさと焦点距離の関係を大まかにつかんだ上で、光学台を使い実像の大きさと焦点距離の関係を調べる。光学台を使い理解が求められている内容は、焦点距離の2倍の位置に光源がある場合のスクリーンの位置と実像の大きさが、物体とレンズの距離を小さくしたときに距離や光源の大きさがどのように変化するかを確認すること、スクリーンに像が映らない場合を調べることである。

簡易光学実験セットを使った後に行った光学台の実験は、従来20分程度かかったものが、半分程度の時間でできた。実験時間が短縮されたのは、簡易光学実験セットですでに、「光源と実像が同じ大きさになるときに」「スクリーン・レンズ間の距離と光源・レンズの間の距離が同じ」「焦点距離の2倍の位置にスクリーンを置くと、光源と同じ大きさの実像が映る」ことを見出しているためである。光学台は4人グループに1セット使い実験を行ったが、実験に戸惑うグループがなかったことから各グループ内で複数名が実験を理解できていたと考えられる。

なお、簡易光学実験セットは実験台に対して垂直方法に進む光を使い実験を行うが、光学台は実験台に対して平行方向に進む光を使い実験を行う。構造の違いに対して戸惑う生徒はおらず、スムーズに光学台の実験を行っていた。

光学台の実験に続き、レンズを通った光の作図を行った。凸レンズと光源、スクリーンの距離を意識して作図を行ったが、実験の際に条件を予め押さえてから作図を行っていたため、スムーズに作図できていた。

2.4 紙コップカメラ

2.4.1 教材の開発

教科書では、カメラ原理を説明する教材として牛乳パックや厚紙などを用いた箱カメラが記載されている^{77,93)}。この箱カメラの作成では、カメラ本体の箱を作ることに手間取ったり、トレーシングペーパーがしわになったりするため、決められた授業時間内に作成し、実験することは難しい。さらに、箱カメラはレンズやスクリーンが一体となっているため、授業では組み立ててあるものを使用することになる。

そこで、紙コップを用いたカメラ教材を利用することで、これらの課題の解決をはかった。開発した教材は、順番に重ねるだけで組み立てる事ができる。授業の際には、レンズ付き紙コップレンズを配布し焦点距離を求める、プラスチックコップを配布し実像ができることを確かめる、最後に筒の部分になる紙コップと黒色画用紙を配布し装置を組み立てる、と配布する順番とそれぞれを使った実験を行うことで、実像と焦点距離の関係の復習もできる。

そのため本体部分は、紙コップを組み合わせて作成することとした。市販の紙コップには 90 mL, 150 mL, 210 mL, 250 mL, 275 mL など様々なサイズがある。スクリーンとして使用する半透明プラスチックコップは 210 mL である。紙コップと半透明プラスチックコップの底面の距離が、レンズの焦点距離になる組み合わせを探したところ、90 mL 紙コップと底を抜いた 150 mL 紙コップを組み合わせたものに、210 mL プラスチックコップを差し込んだとき、90 mL 紙コップと 210 mL プラスチックコップの底面の間隔がほぼ 30 mm 程度になった。レンズとして通常の凸レンズの使用を考えたが、焦点距離が 30 mm の凸レンズが市販されていない。そのためフレネルレンズを使用することとした。凸レンズを学習する教材の中でのフレネルレンズの使用については、生徒がレンズの形に戸惑わないように、フレネルレンズの構造について説明し、凸レンズと光の屈折の仕方は同じであることを伝えた。像を映すためには、できるだけ他からの光の進入を防ぐ必要があるため、紙コップとプラスチックコップの間に黒色画用紙を入れることとした。

2.4.2 教材の作成方法

紙コップカメラの準備物を図 3-4 に示す。90 mL の紙コップの底面に円切りカッターで直径 25 mm 程度の穴を空ける。その穴に焦点 3 cm のフレネルレンズを、接着剤で貼り付ける。生徒にはフレネルレンズも通常の凸レンズ同様、光が集まることを体験させ

た。次に、カッターで 150 mL の紙コップの底面を抜く。黒い紙をこれら 2 つの紙コップを重ねた中に丁度入るサイズに切り取る。半透明プラスチックコップは、そのまま使用する。

作成法を図 3-5 に示す。図 3-5 に示すようにレンズ付き 90 mL 紙コップの中に、底を抜いた 150 mL 紙コップを入れ、その中に黒い色画用紙を入れる。最後に 210 mL 半透明プラスチックコップを入れる。プラスチックコップを紙コップ側にピン트가合う位置まで押し込むと完成する。



図 3-4 紙コップカメラの材料

2.4.3 教材の特徴

従来の牛乳パックなどを使って作られる箱カメラに比べてこの教材は、次の 2 つの利点が挙げられる。

① 組み立てながら実験できる

レンズの焦点を求める実験や、スクリーンに実像が映る実験など、組み立てながらこれまでの学習を復習する実験ができる。

② 組み立てが容易である

紙コップとプラスチックコップを組み合わせるだけであり、作成が容易である。

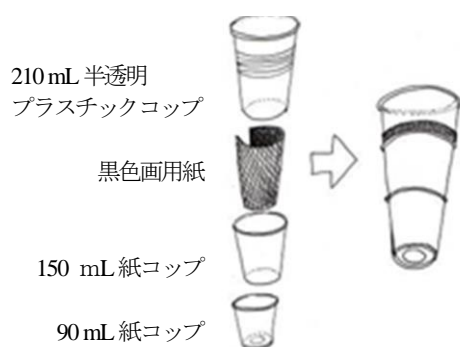


図 3-5 紙コップカメラの作成方法

2.4.4 授業展開

生徒一人一人に「紙コップカメラ」の材料を配布し、各人が一人で実施できるようにした。材料を生徒に配布する際には、レンズの発達段階を考えて必要な部品を順次渡した。それぞれの段階で各生徒が確実に実験するためである。実験器具の配布方法を工夫することで、生徒はその部品でできる実験を考える様子が見られた。教材の配布方法の配慮も重要であることが分かる。

表 3-3 第 3 時【活動 5】の授業展開

学習活動	内容
○焦点距離の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・レンズ付き紙コップを配布 ・レンズの焦点距離の測定
○実像の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・半透明プラスチックコップを配布 ・コップの底面に外の風景の実像が映ることを確認 ・光源を配布し実験
○紙コップカメラの組み立て	<ul style="list-style-type: none"> ・底をくり抜いた紙コップと黒い紙を配布 ・紙コップカメラを組み立て ・底面に映る実像を確認
○レンズを半分隠した時の実像 振り返り	<ul style="list-style-type: none"> ・実験結果の予想 ・レンズを半分隠したときの実像の様子を観察 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ・本時を振り返り，感想の発表

授業展開を表 3-3 に示す。授業内容は、表 3-1 の第 3 時【活動 5】である。

① 焦点距離の測定

レンズ付き紙コップを配布し、レンズの焦点距離を求める。天井の蛍光灯の光をレンズを通して机の上に集めることで、配布したレンズの焦点が、約 30 mm であることを確認する。簡易光学実験セットのレンズを配布した際にも行っているため、「焦点を調べてみよう」という言葉がけだけで多くの生徒がすぐにこの操作ができる。

② 実像が映ることの確認

半透明プラスチックコップを配布し、コップの底面に外の風景の実像が映ることを確認する。レンズとプラスチックコップの底面の距離を変化させることで、ピントが合い実像が映ることを確認する。プラスチックコップの底面がスクリーンになるためのコップの配置の順番を考えさせながら作成させる。光源を配布すると、光源とレンズの距離を変化させることで、実像が映るレンズとプラスチックコップの距離が変化することも確認できる。

③ 紙コップカメラの作成

底をくり抜いた紙コップと黒い色画用紙を配布し、図 3-5 の手順で紙コップカメラを作成する。組み立てると実像がはっきり見え、筒の中を暗くすることでコップの底面に

映る外の風景などがきれい見えることを確認する。プラスチックコップの底面に外の風景が映る様子を、生徒はレンズの前に手を出したり、お互いに見たりしてカメラになっていることを確認していた。また、レンズを半分隠したときに暗くなるが、実像が映ることも確認した。

2.5 授業実践とその評価の考察

本教材の学習効果を調査するため、2017年12月に福井県内の中学校1年生に対して授業を行った。開発教材を用いた授業を行った実験群（ $n = 26$ ）と、開発教材を用いない従来の光学台や箱カメラを用いた授業を行った統制群（ $n = 28$ ）の2クラスを調査対象とした。なお、本実践においては、統制群に対してもテスト終了後に開発教材の体験を行うことで、実験群との体験の差が出ないように配慮した。

対象クラスの理科に関する学力差を把握するため、事前に対象クラスの理科の2回の定期考査の平均点と標準偏差を調べた（表3-4）。2回の平均点を採用することで、事前の学習内容に対する両群の学力に関する有意差がないか調べた。統制群のクラスの平均点は57.0点（SD=22.5 [SD: 標準偏差]）、実験群のクラスの平均点は59.3点（SD=21.4）であった。各学級の平均点の差が統計的に有意であるかを確かめるために、エクセル統計を用いて分散分析を行った。結果、各学級の平均点の差に有意差は見られなかった（ $F(1,52) = 0.33, ns$ ）。このことから、各学級の理科に関する学力に差はないと判断した。

授業後のレンズ学習に該当する部分の定期テストの問題を表3-5に示す。その実施結果を表3-6にまとめた。

評価問題の中で、レンズに関する問題は12問（各問2点）出題された。これらの問題を評価の観点で分類すると、「知識・理解」「技能（作図）」「思考・表現」の3つに分類で

表3-4 理科の定期考査の平均点と標準偏差

	統制群	実験群
平均点	57.0	59.3
標準偏差	22.5	21.4

表 3-5 期末考査における評価問題

問	問題文	評価の観点
	<p>1. 図のように凸レンズを固定し、物体（「F」と書かれた透明な板のついた電球）とスクリーンを動かして、できる像の様子を調べた。</p>  	
(1)	<p>物体を図 1 の位置から P に移動させ、スクリーンにはっきりとした像を映した。</p> <p>① 像の大きさは、移動前と比べてどうなるか。</p> <p>② 物体と凸レンズの距離は移動前と比べてどうなるか。</p>	思考・表現
(2)	<p>(1)のようにスクリーンに映る像を何というか。</p>	知識・理解
(3)	<p>(1)でスクリーン上にできる像を凸レンズ側から見たようすとして適するものを図 2 のア～エから選び記号で答えなさい。</p>	知識・理解
(4)	<p>凸レンズの下半分を黒い板でかくした。この時、スクリーンに映る像はどうなるか。</p>	思考・表現
(5)	<p>スクリーン上に像ができないのは、物体を a～d のどこに置いたときか。a～d からすべて記号を選びその記号を答えよ。</p>	思考・表現
(6)	<p>(5)の場合、凸レンズをスクリーン側から覗くと像を観察することができる。この時見える像を何というか。</p>	知識・理解
(7)	<p>(6)の像の大きさは物体と比べてどうか。</p>	知識・理解
	<p>2. 焦点距離のわからない凸レンズに対して、図の位置に物体を置いたらスクリーンに像が映った。</p>  	
(1)	<p>作図によって焦点の位置を求め、図に焦点・を書き入れなさい。</p>	技能（作図）
(2)	<p>この凸レンズの焦点距離は何cmですか。次のア～ウから選び、記号で答えよ。</p>	思考・表現
(3)	<p>スクリーンに実物と同じ大きさの像がうつるのは物体を凸レンズの中心から何cmの位置に置いた時か。</p>	思考・表現
(4)	<p>図 2 のように、違うレンズを使い物体を焦点の内側に置いたところ、スクリーンに物体の像は映らなくなった。この時、凸レンズをのぞくと、像が見えた。この時見える像を、図 2 に点線で書きなさい。</p>	技能（作図）

きる。それぞれの配点は、知識・理解に関する内容 8 点、技能（作図）に関する内容 4 点、思考・表現に関する内容 12 点である。合計点を比較すると、実験群のクラスの平均点は

表 3-6 評価問題の平均点と標準偏差

評価の観点	配点	統制群	実験群	F 値	z 値
知識・理解	8 点	5.6 (2.6)	6.6 (2.2)	2.19	1.66
技能 (作図)	4 点	1.9 (1.7)	3.1 (1.5)	6.91*	2.57*
思考・表現	12 点	6.5 (2.3)	8.2 (3.2)	4.65*	1.94
合計	24 点	14.1 (5.3)	17.8 (5.4)	6.73*	2.41*

() 内は標準偏差 統制群 : $n = 28$, 実験群 : $n = 26$ * $p < .05$

17.8 点 (SD = 5.4), 統制群のクラスの平均点は 14.1 点 (SD = 5.3) であり, 実験群のクラスが高得点であった. 各学級の平均点の差が統計的に有意であるかを確認するため, 分散分析を行った結果, 各学級の合計の平均点に 5%水準で有意差が見られた ($F(1,52) = 6.73, p < .05$). 同様に評価の観点毎に比較すると, 「技能 (作図)」と「思考・表現」において, 5%水準で実験群が有意であった ($F(1,52) = 6.91, p < .05$, $F(1,52) = 4.65, p < .05$). また, 被験者数が少ない面があるので, マン・ホイットニーの U 検定の検定結果を表 3.6 に示した. 「技能 (作図)」, 「思考・表現」において有意であった ($z = 2.57, p < 0.5$; $z = 1.94, p < .10$).

授業後に行ったアンケート質問内容とその結果を, 表 3-7 に示す. 各質問項目では, それぞれの内容の情意面の学習効果について調査した. アンケートは 5 件法で行い, とてもそう思うを「5」, まあまあそう思うを「4」, どちらともいえないを「3」, あまりそう思わないを「2」, 全くそう思わないを「1」として集計を行った. クラス間の有意差については分散分析で検定した. 全ての項目で, 統制群に比べて実験群が高い値を示したが, 「1」～「6」の項目について, 有意差は見られなかった (1 : $F(1,52) = 1.42, ns$, 2 : $F(1,52) = 0.93, ns$, 3 : $F(1,52) = 0.27, ns$, 4 : $F(1,52) = 0.43, ns$, 5 : $F(1,52) = 1.36, ns$, 6 : $F(1,52) = 2.40, ns$). 「7. レンズを通った光の進み方を作図することはできますか」に対して 5%水準で実験群が有意であった ($F(1,52) = 7.27, p < .05$). また, 被験者数が少ない面があるので, マン・ホイットニーの U 検定の検定結果を表 3.7 に示した. 「7」において有意であった ($z = 2.36, p < 0.5$). 本教材を用いることで, 従来生徒が苦手としている作図を理解できたという実感をもったことが分かる. この結果は, 表 3-7 の評価問題の結果とも一致している.

表 3-7 開発教材を用いた授業後のアンケート結果

	統制群		実験群		F 値	z 値
	平均値	SD	平均値	SD		
1. 凸レンズの学習に興味はありますか	3.21	1.08	3.58	1.17	1.42	1.08
2. 凸レンズを通った光の進み方を説明できますか	3.00	1.28	3.31	1.05	0.93	1.08
3. 凸レンズの焦点を求めることができますか	3.04	1.29	3.19	0.85	0.27	0.61
4. 凸レンズを使って実像ができる事を説明できますか	3.00	1.22	3.19	0.90	0.43	0.68
5. 凸レンズを使って虚像が見えることを説明できますか	3.00	1.22	3.35	0.94	1.36	1.16
6. 凸レンズの性質を調べるための実験操作は理解できましたか	3.36	1.28	3.85	1.01	2.40	1.35
7. 凸レンズを通った光の進み方を作図することはできますか	3.29	1.15	4.04	0.87	7.27**	2.36*

* $p < .05$ ** $p < .01$

実験群： $n = 26$, 統制群： $n = 28$

表 3-8 授業後の生徒の自由記述の内容分析

	統制群 ($n = 28$)	実験群 ($n = 26$)
光の進み方や用語に関する記述	28	23
興味・関心に関する記述	6	11
作図に関する記述	1	7
教材に関する記述	0	5
意欲に関する記述	2	3
実験操作に関する記述	1	1
その他の記述	3	1

授業後の生徒のレンズ学習で分かったことや感じたことに関する自由記述の内容を分析した。記述内容として、「光の進み方や用語に関する記述」「興味・関心に関する記述」「作図に関する記述」「教材に関する記述」「意欲に関する記述」「実験操作に関する記述」とその他の記述に分類できた。それぞれの記述の数を表 3-8 に示す。

それぞれの記述数を比較すると、作図に関する記述と教材に関する記述数に明らかな差があり、実験群が多くなっている。作図を理解できたと感じた生徒が、開発教材を用いることで増加している。実験群では、教材に関する記述で、「先生の手作りのスクリーンがと

表 3-9 作図に関する自由記述の内容

実験群
<ul style="list-style-type: none"> ・どこに実像や虚像ができるかが難しかったけど、作図をしてよく分かりました。 ・凸レンズを通る光の作図が難しいけどまあまあできたのでよかった。 ・凸レンズを通った光の進み方を作図できるようになったので嬉しかった。 ・凸レンズの作図をするときに自分で考えながら書けました。 ・作図が分かりやすかった。 ・作図の仕方が分かりました。 ・光の進み方の作図のやり方が分かりました。
統制群
<ul style="list-style-type: none"> ・実像，虚像の書き方が分かった。

表 3-10 教材に関する自由記述の内容

実験群
<ul style="list-style-type: none"> ・紙コップなどを使ってみると実像になりとてもびっくりした。自分でも家でやってみようと思った。 ・先生が作った実験器具のおかげで詳しく理解できました。レンズとスクリーン同士を実際に試してみるだけでも、ノートにまとめるだけでは分かりにくいものも分かったのがよかったです。 ・先生の手作りのスクリーンがとても分かりやすくてよかったです。 ・とても実験が多く、先生の自作の実験に興味を持った。とても役に立った。とてもシンプルであり見やすかった。 ・カメラのようなものを使い楽しく実験できた。
統制群
(記述なし)

でも分かりやすくてよかった」「実験器具がシンプルであり見やすかった」「先生が作った実験器具のおかげで楽しく理解できた」と本教材を用いた感想が述べられていた。

表 3-8 で明らかな差が見られた項目について、その内容を確認した。まず、作図に関する記述は、実験群が統制群に比べて明らかに多かった。その記述内容を表 3-9 に示す。実験群では、「凸レンズを通る光」や「光の進み方」を関連付けた記述が見られた。実像や虚像ができる位置や作図に難しさを感じながらも、作図ができたり、作図を通して理解が深まったりと、作図とレンズを関連付けて学んでいたことが分かる。

教材に関する記述を表 3-10 に示した。教材に関する記述は実験群のみで書かれており、開発教材を用いず既存の光学台のみを用いた統制群では、教材に関する記述は見られなか

った。教材を使うことで、「分かりやすい、分かった」と感じたり、「見やすい」と感じたり教材を使った利点が述べられていた。「実験が多い」「シンプル」と、教材作成の意図を記述した生徒もいた。教員が教材を自作したことに3名が触れていた。

3 まとめ

開発した教材「簡易光学実験セット」を用いることで、生徒は条件を変え、試行錯誤しながら実験を繰り返し、光源とレンズの距離やレンズとスクリーンの距離と実像の大きさについて考えることができた。多くの生徒が、関心を持って実験に取り組んでいた。また、生徒が苦手とするレンズ学習の中で条件の制御について考え、スムーズに操作していた。また、簡易光学実験セットを用いた後に、光学台の実験を行うことで、光学台の実験を手早く行い、実験のまとめを行う様子も観察できた。簡易光学実験セットの実験を行うことにより、光学台の実験の理解に繋がっていると判断できる。このことは、簡易光学実験セットの実験結果や光学台の条件を自ら整理したあとに、光学台の実験を行うことで、レンズ学習を効果的に進めることができたことを示している。

レンズと光源やスクリーンの位置関係や実像のでき方について実験で体感したことが、光の道筋や実像のでき方の理解に繋がった。また、光学台の実験を戸惑わずに行えたことから、簡易光学実験セットを用いた実験と条件の制御の理解が、現象の理解に繋がったと考えられる。これまで苦手としてきたレンズを通った光の進み方の作図ができると感じた生徒が増えていることが評価問題の得点分布およびアンケート結果から判断できる。このことから、本教材を用いた授業が、客観的評価、主観的評価ともに効果があったと考えられる。

実験は個人やペアで行ったことで、全ての生徒が簡易光学実験セットを用い実験を経験したことになる。多くのグループで4人が協力している様子から、開発教材を用い個人やペアで行った実験がグループ実験をスムーズに行うことに役立っているものと判断できる。

「紙コップカメラ」を用いて、レンズの性質を復習・確認し、最後にはカメラの原理を確認することができた。この評価のために行ったアンケートの結果より、これらの開発教材を用いることで、生徒のレンズ学習に対する興味・関心や学習に対する情意面にも効果があることが分かった。

今後は、この教材を利用することで、生徒間の対話を促し主体的な学びに繋げ、学びを深める過程を充実させる指導の工夫に繋がっていきたい。

第4章 科学コミュニケーションの成果を活用した中学校の理科授業（Ⅱ）

ーカードゲーム教材「回路の達人」の実践とその評価ー

1 はじめに

中学校理科エネルギー領域では、電気分野の学習が重要な位置を占めている。電気分野の学習は、オームの法則、発熱に関する計算や磁界に関する学習などを苦手とする生徒が多い分野である。沖花らが、高校生・大学生に調査した結果をまとめた論文には、電気回路の接続は、苦手な生徒が多いオームの法則や消費電力の計算に比べても、さらに理解度が非常に低いことが述べられている¹¹⁴⁾。その理由として、回路全体に電流が流れるイメージと器具一つ一つの中を電流が流れるイメージが一致していないことを挙げている。

電流計や電圧計を加えた回路を組むことが苦手な生徒も多い。中学校の授業の中でも、4人1組のグループ実験では全く手を出さず、実験に参加していない生徒もいる。間違っただけの回路形成による危険や部品破損を危惧する生徒もいる。

そこで、実際の回路形成に際する事故や部品破損の危惧に由来する苦手意識をもつ児童・生徒でも、事故や部品破損の恐れがないカードゲーム教材を用いることで、回路形成操作自体の抵抗感を払拭できるだろう。さらに、遊びの感覚で楽しみながら学べる教材としても期待される。

カードゲームは、児童・生徒が夢中になる遊びの一つである。科学コミュニケーション活動でも、さまざまなカードゲームが開発、活用されてきた。例えば、田原らが考案した環境教育のためのカードゲームがある。トランプの形態で、乗り物や家電、日用雑貨、食物の二酸化炭素排出量の情報を載せ、ページワンやポーカーのように遊ぶ。勝ち負けは持ちカードの二酸化炭素排出量の合計で決める¹¹⁵⁾。電流学習用としては、山下らが開発したカードゲームがある。高専生の回路計算の計算能力向上を目的にしたカードゲームである。実践報告の中で、学習の動機付けに有効で、繰り返し実施できることなど有効性が指摘されている¹¹⁶⁾。一方、専門性が高くなるとゲームが複雑化する問題点が指摘されている。三好らは、中学校の授業向けの火成岩や堆積岩を知るためのカードゲームを開発している。この教材を用いた授業では、ルールに基づいて、生徒が楽しみながら岩石学習ができたことが報告されている。さらに、複数の独自ルールをグループ毎に考案する実践事例も報告されている。同論文では、このカードゲームに対して、中学校理科授業で効果的に使用でき、広く普及可能であることが確認されたことを述べている^{58,117)}。

これに対して、中学校理科の電気分野学習に有効なカードゲーム教材の活用報告は著者の調べた限りなかった。そこで、カードゲーム教材「回路の達人」(2016年に福井大学大学院教育学研究科で開発)¹¹⁸⁾の活用を計画した。このカードゲームは、バーチャル体験を通じて遊びながら電流の回路学習ができる。実回路使用の学習に苦手意識を持つ生徒にとっても、回路の基本から回路の組み立てまでを学べる教材である。中学校理科教科書では、回路がイラストあるいは回路図で示されている。回路図を見て回路を組み立てる必要がある場面もあるが、回路図から実際の回路を組み立てることを苦手に感じる生徒も多い。回路図からカードの回路を組むことで、実際の回路をイメージするために役立つ教材にもなることも予想される。

2008年公示の中学校学習指導要領総則編¹¹⁹⁾では、「言語活動の充実」が、また、2017年公示の中学校学習指導要領⁶⁹⁾では、「主体的・対話的で深い学び」の必要性がうたわれている。このカードゲームは、このような学習指導要領の趣旨にも合うと考えて、授業実践した。その結果、カードゲーム教材「回路の達人」を用いることで、生徒が主体的に取り組み、ルールを工夫することで対話的な学びに繋がることが確認できた。以下、その活用の実践と効果に対する評価結果を報告する。

2 カードゲーム教材「回路の達人」の特徴と活用の方法

一般に、カードゲーム教材には、次の特性があると考えている。

- ① 楽しみながら学べる
- ② ルール次第で様々な遊び方で学べる
- ③ 実験を通じて学ぶことが難しい単元での体験的な学びの場面を創出できる
- ④ 多くの種類を分類し整理しながら学ぶことができる
- ⑤ 学習内容を整理しながらバーチャルに体験できる
- ⑥ 遊びの中で対話が進む
- ⑦ チーム対戦型とすることで、協働的な学びの場面を創出できる

今回、①、⑤、⑥、⑦に着目してカードゲーム教材を活用した授業を実践し、その効果を評価した。現実には、使用する児童・生徒の関わり方次第ではあるが、ゲームに興味・関心を持ち、のめり込めれば、容易に「主体的な学びになる」と予想される。教育効果がある特徴と仕掛けは、カードのシンプルさとゲームのルールにある。一目で分かるカード構成を有しているため、ルールの工夫次第で、「対話的・協働的」に学べる。そのため、授業

の流れを有効に設定することで、電気回路学習に有効な教材となりうるものと考えている。

本研究は、この教材を用いることで、学習内容に対する興味・関心を高め、電流学習における汎用性、有効性、および教育効果などの検証を目的とし、

- (1) 中学校での授業実践とアンケート調査
- (2) 教員研修の場で紹介
- (3) 学校現場での活用に関するアンケート調査

を実施した。それらの結果の分析をもとに、本カードゲーム教材の活用範囲と教育効果を考察した。

2.1 教材の特性

回路学習に対して次のような課題がある。

- ① 既に電気分野の学習を苦手と感じている生徒が多い。
- ② 器具が壊れることを恐れたり、実験そのものを怖がったりして、器具に全く触れない生徒もいる。
- ③ 決められた接続以外の方法を試みる生徒は少ない。

一方、カードゲーム教材「回路の達人」の特徴は以下の5点の特徴があげられる。

- ① 実際の豆電球やLED、導線の写真が使用されているため実在の回路と関連づけやすい。
- ② カードが正方形のため、四方のどの方向からも、接続のための配置が可能である。そのため、コンパクトに配線を整理しながら回路を組める。
- ③ ゲームとして楽しく、回路概念の定着に寄与する「断線カード」や作成させる回路図を描いた「お題カード（具体的な回路の例；図4-3）」が設定されている。
- ④ 必要に応じて、電流計や電圧計の配線を確認できるように、電流計および電圧計カードが用意されている。
- ⑤ 「対話的・協働的学び」を通じた理解促進のため、ペア対戦型やグループ対抗型のルールが、複数考案されている。そのため、すぐに学習者間の対話的な学びへの誘導が可能な状況である。

2.2 カードゲーム教材「回路の達人」の構成

カードゲーム教材「回路の達人」（図4-1）のカードの種類と枚数は、次の通りである。

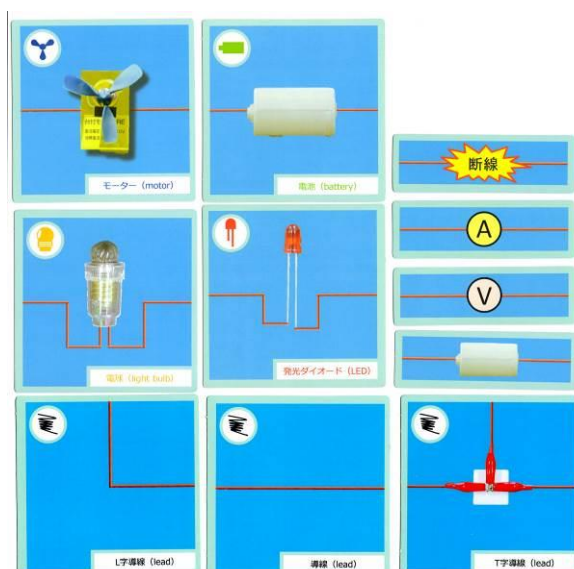


図 4-1 カードの概要

正方形のカード (76 mm × 76 mm : 計 54 枚), 長方形のカード (76 mm × 24 mm : 計 18 枚)
 上から 1,2 段目 : 正方形カード [電気器具カード (電球カード 6 枚, LED カード 2 枚, モーターカード 2 枚), 電池カード 4 枚]

長方形カード [断線カード 6 枚, 電流計カード 4 枚 電圧計カード 4 枚]

3 段目 : 導線カード 3 種 (L 字導線カード 16 枚, 導線カード 8 枚, T 字導線カード 10 枚)

なお, お題カードについては, 後述する.

本研究では, 電流計カード, 電圧計カードを用いた実践は実施していない. 今後の実験の中で使用法を検討していく予定である.

2.3 カードゲーム教材の活用方法

カードの種類と内容は, 単純であるが, 様々な活用方法を考案できる. 本研究では, 2 つのゲーム方法 (ルール) を検証した.

2.3.1 ゲーム 1 「Big な回路をつくろう」

最初に行った「Big な回路をつくろう」(ゲーム 1) は, グループ対抗型ゲームである. 制限時間内にできる直列回路の大きさと正確さを競う. ゲーム 1 のルールを以下に示す.

- ① 生徒に, 「導線カード 34 枚 (同包された全てのカード)」「豆電球カード 1 枚」「電池カード 1 枚」を配布する.

- ② 合図のもと一斉に開始し、グループメンバー4人で協力して、できるだけ大きい直列回路をつくる (図4-2)。
- ③ 対話しながらゲームを進め、作成した回路の大きさと完成時間をグループ間で競う。
- ④ 作動する回路になっているかについて、教師が判定する。

このゲームでは、多くのカードに触れることで、カードの種類と数量などを大まかな把握することや並べる作業への慣れを期待した。その過程で回路が完成する楽しさを実感できることも期待している。

2.3.2 ゲーム2「回路の達人を目指そう」

次に行った「回路の達人を目指そう」(ゲーム2)は、ペア間の対戦型ゲームである。あらかじめカードゲームに入っている「お題カード」(図4-3)の回路図を用い、制限時間以内に、6枚あるお題回路のいくつをつくれるかを競う内容である。ゲームのルールを以下に示す。

- ① カードをよく切り、手札として「カード3枚」と「電池カード1枚」を配布する。残りのカードは、山札として裏返して積む。
- ② 難易度1(★の数1個)からゲームを開始する。
- ③ 先攻のペアが、山札からカード2枚を取る。手札3枚と合わせた5枚の中から、カード2枚を選び、電池の横から少しずつ回路を組んでいく。置けない(作戦上、置かない)場合はパスとなり相手の順となる。
- ④ 次に後攻のペアが、山札からカード2枚を取る。先攻ペアと同様、手札と合わせた5枚の中から、電池の周りに2枚を並べる。置けない(置かない)場合も同様にパスとなる。

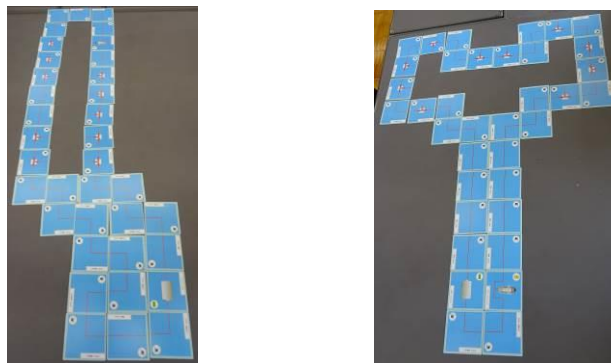


図4-2 「Bigな回路をつくろう」の回路の作成例

る。

- ⑤ ペア内で作戦をたてながら、ゲームを進行する。先に回路を完成させたペアが勝ちとなる。次の「お題カード」を手に入れる。
- ⑥ 次に難易度の高い「お題カード」を用いて2回戦目を実施する。より多くの「お題カード」を手に入れたペアを勝ちとする。

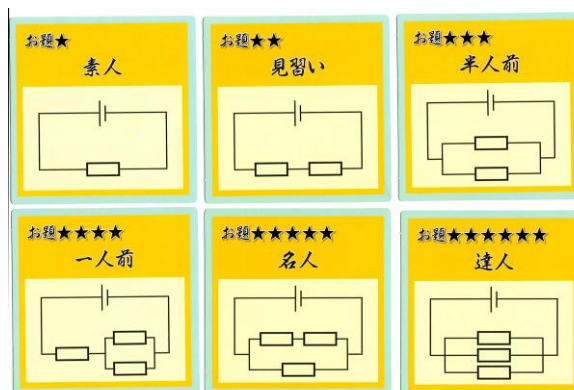


図 4-3 お題カードの概要

ゲームを行う際、「断線カード」も使用できる。予め、各ペアに2枚ずつの断線カードを配布しておく。必要に応じて、自分たちの回に、相手の作成中回路の任意のカード上に置くことで、そのカードがなかったことにできる。断線カードの上に、同等の役割のカードを置かない限り、その回路の作成作業を続けられない。自ペアの回路作成作業は遅れるが、対戦相手の回路作成計画を邪魔することができるのである。

このゲームでは豆電球やモーター、LEDなどの素子を用いている。それらの特性のうち、LEDに極性があることのみ教えた。これは、中学校の学習でもLEDの極性を扱うためである。豆電球とLEDの接続は、本来行わない。このことは、中学校では扱わないが実際の回路ではこのような接続はしないことは説明した。

なお、複数時の連続授業を行うなどして活動時間を、90分以上設定できる場合は、ゲームのルールを生徒が考案するやり方も考えられる。この場合には、次のような手順で授業を進める。まず、カードの特性を生かして学ぶため、ゲーム1とゲーム2を行う。次に、参加者全員でこのカードゲームの活用方法（オリジナルゲームルール）の考案時間を設定する。各グループのオリジナル・新ゲームルールを発表する。その中から面白そうなゲームルールを全グループ体験する。このような活動は、実践時間が長くなるが、電気回路に苦手意識をもつ生徒にも、カードゲームというフィルターを通して対話的・協働的に楽しみながら学べるため苦手意識も薄れるものと期待される。

3 中学校理科授業での活用実践

福井県のM中学校2年生1クラス28名を対象に2017年2月上旬、著者自身がカードゲーム教材「回路の達人」を用いた理科授業を実施した。回路学習の最初の部分で、本教

材を使用し、授業時間は 50 分であった。

3.1 授業の流れ

授業の流れを表 4-1 に示す。最初に回路について復習した。次に、電気器具カード、導線カードの種類紹介、一番簡単な回路を作るときのカードの並べ方を説明した。

展開では、2 種類のゲームを実施した。まず、「Big な回路をつくろう」を実施した。制限時間の 5 分以内にできるだけ多くのカードを使って、大きな直列回路を作るとを競った。グループ 4 人が協力して、完成したと判断したグループは挙手して、教員に確認を受けて、その完成までの時間を記録した。時間とカードが余っている場合にはその旨を示唆した。

次に、「回路の達人を目指そう」を実施した。隣に座る生徒とペアを作り、同じ実験台で向かい合ったペアとの間で競った。ゲーム時間は 10 分間とした。

3.2 授業中の生徒の様子

3.2.1 「Big な回路を作ろう」の活動

最初に行った「Big な回路をつくろう」では、生徒がグループ内で積極的に話し合いながら回路を作る様子が見られた。最初は、6 枚のカードで回路をつくり点検を求めるグループもあったが、カードがたくさん余っていることを指摘すると、更に大きな回路の作成を目指して作業を続行した。グループによって、最初から大きな回路を目指して回路を作るグループや、教師の点検によって回路が繋がっていないことに気付くグループなどが見

表 4-1 実践した授業の流れ

時間/分	学習活動	内容
10	教材の説明と回路の復習	・カードゲーム教材の説明
	発問：Big な回路を作ろう	
15	展開：活動①	・ゲームの内容説明 ・ゲームを行う ・回路を完成させた時間と回路の大きさを確認する
	発問：回路の達人を目指そう	
20	展開：活動②	・ゲームの内容説明 ・ゲームを行う ・それぞれの班の結果の発表
5	振り返り	・本時を振り返って感想の発表



図4-4 「回路の達人を目指そう」の様子

られた。導線カードには直線の導線カードだけではなく L 型や枝分かれする導線カードもある。これらも活用して、試行錯誤しながら電池と豆電球を含む回路を組んでいた。

実験器具を使った実験では、器具を触ろうとしない生徒もいる。このカードゲームでは、故障や事故の可能性がないためグループメンバー全員が回路作成に参加できる。実際、カード使用を躊躇する生徒はおらず、全員がカードゲームに参画していた。

3.2.2 カードゲーム「回路の達人を目指そう」の活動

中学校で学習する数種の回路の作成を目的にカードゲーム「回路の達人を目指そう」を実施した。対戦中はいずれのペアもペア内でカードの選択や断線カードを出すタイミングについて話し合っていた（図4-4）。

3.4.3 アンケート調査の結果

電気回路カードに対する生徒の評価を得るため、授業後にアンケート調査を実施した。

その内容は、興味・関心に関する項目として、「問1：今日の授業は楽しかったですか」

「問2：電気回路に関してより興味を持ちましたか」、対話的・協働的学びに関する項目

として、「問3：友達に意見を伝えたり、意見を聞いたりすることができましたか」、内容

理解に関する項目として、「問4：ゲームのルールはわかりましたか」「問5：電気回路

に関してより理解が深まりましたか」である。それぞれの回答は、「とてもそう思う」を

4点、「まあまあそう思う」を3点、「あまりそう思わない」を2点、「全くそう思わない」

を1点とした4件法の評価方法を用いた。この結果を図4-5に示す。

興味・関心に関する項目では、楽しかったかという質問に対しては、平均値が3.5（標準

偏差 0.58) , 興味を持ったかという質問に対しては, 平均値が 3.0 (標準偏差 0.63) であった。

対話的・協働的学びに関する項目では, 意見を聞く, 意見を伝えることはできたかという質問に対して, 平均値が 3.0 (標準偏差 0.63) であった。

内容理解に関する項目では, ゲームのルールは分かったか, という質問に関して, 平均値が 3.8 (標準偏差 0.48) , 電気回路に関しての理解が深まったかという質問に関して, 平均値が 3.4 (標準偏差 0.50) であった。

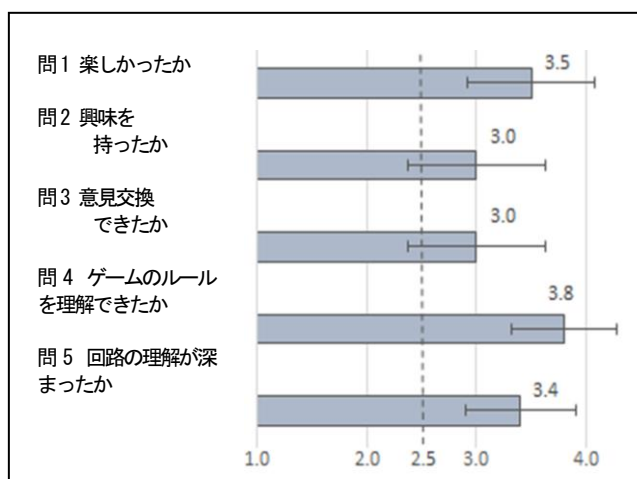


図 4-5 生徒アンケート結果(N=26)
エラーバーは標準偏差

3.4.4 生徒の感想に基づく実践効果の分析

今日の授業で分かったこと, 理解が深まったこと, 疑問に思ったことに対する自由記述結果を表 4-2 に示す. この内容は, 「興味・関心」「対話的・協働的な学び」「内容理解」「その他:教材の特性」の 4 つに分類できる。

「興味・関心」に関しては, 多様な接続パターンがあることに多数 (10 名) の生徒が述べている. 授業ではまだ多くの回路を作っていないため, 回路に対しての興味が高まったことが分かる. これが実践意欲を示す「実物で試してみたい」に繋がっている. また, ゲーム教材であることに触れたコメントがあり, ゲーム教材であることで興味・関心が高まっていることが分かる。

「対話的・協働的学び」に関しては, 自分の意見を言ったり, 相手の意見を聞いたりできたこと, グループの人と一緒に回路を考えることができたことなど, 話し合いながら回路を作ることができたことに触れたコメントである. 従来の実験装置を用いた授業に比べて, カードゲーム教材を使用することにより, 対話が促進されていることが分かる。

「内容理解」では, ショート回路のことや導線の長さのことに触れたコメントがあった. この生徒のグループでは, ゲーム 1 で大きな回路を作る過程でショート回路になってしまったが, 回路確認の段階で修正した. カードゲーム教材使用が, 内容理解に繋がっていることが分かる. 導線を長くしても意味がない, 回路に使う導線を増やすと電圧に差が出る

表 4-2 生徒の感想（一部抜粋）

<p>興味・関心</p> <ul style="list-style-type: none">・たくさんの繋ぎ方があることが分かった (10)・学んだことを実際に実物で試してみたい (2)・あまり関心などはなかったけど、ゲーム感覚で楽しく回路などについて理解できた・電気の回路づくりはちょっと面倒くさいと思ったけど、ゲームで回路づくりはとても楽しいと分かったのでうれしいです・あまり興味がなかったけどゲームをしながらやることで興味をもつことができた。これからの授業で生かしていきたい。・電気回路にも多くの作り方があっておもしろいと思いました <p>対話的・協働的な学び</p> <ul style="list-style-type: none">・自分の意見を言ったり、相手の意見を聞いたりして回路をつくることができた (2)・苦手だった回路のことを班の人たちと考え、回路の作り方を理解できた・グループの人と意見交換などすることができた <p>内容理解</p> <ul style="list-style-type: none">・導線をながくしてもあまり意味がないと思った。コンパクトにするのが一番良いと思いました (2)・回路に使う導線を増やすと、電圧に差が出るのか気になった・ショート回路のことも改めて学習できたのでよかった <p>その他：教材の特性</p> <ul style="list-style-type: none">・紙なので間違える心配がなく気軽に取り組めた・本物の器具を使う手間もなく、こわしたりしないのでいい・ゲームと勉強を合わせているので、誰でもわかりやすく、電気の分野を理解できる・ゲームをすることで回路を改めて知ることができた。本物の使わなくても理解することができた・ゲームなどをしている、良かったと思いました。回路のことも少しわかった (2)
--

か気になるという今後の学習に繋がる気付きのコメントもあった。これは、今後の授業で学習する際に確認できる内容である。

「教材の特性」に関しては、紙である為間違えることが怖くないという利点、ゲームであることの様々な利点について触れたコメントがあった。

4 教員研修での活用

カードゲーム教材「回路の達人」の活用と評価のために教員研修で本教材を使用した。福井県総合教育研究所が実施した中学校教員対象の研修講座（参加者 15 名：2017 年 7 月 27 日）の中で 30 分間実施した。

4.1 研修の流れ

教員研修の展開を表 4-3 に示す。展開は、生徒に対するものと同様であるが、教材の使用法の説明に際して、教材製作の意図も追加説明した。

4.2 研修中の様子

研修受講者は、生徒と同じようにグループ内で積極的に話し合いながら、回路を作成した。受講者は、回路作成法だけでなく、授業での使用場面や使用方法なども話していた。

最初に実施し「Big な回路を作ろう」では、受講者は最初から全カードを使用した方がよいことを理解し、カードを並べていった。生徒に比べると短時間で大きな回路を作成できた。

次に実施した「回路の達人を目指そう」では、生徒と同様に対話しながらカードゲームをしていた。

4.3 生徒の回路学習に対する教員の認識

教員研修後に、アンケート調査を実施した。「とても得意」を 5 点、「まあまあ得意」を 4 点、「ふつう」を 3 点、「あまりそう得意ではない」を 2 点、「得意ではない」を 1 点とした、5 件法の評価方法を用いた。その結果を図 4-6 に示す。

問 1 は、生徒の回路学習に対する教員の認識である。生徒の回路の作成の技能について感じているかことを質問した。生徒が回路学習を得意と感じているか

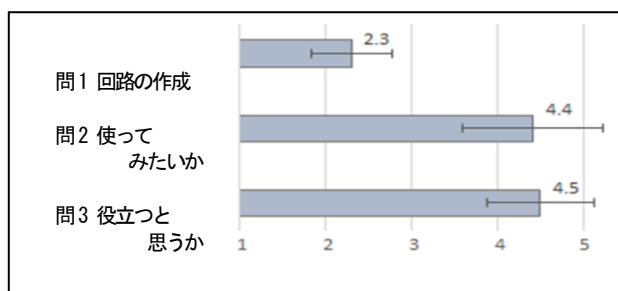


図 4-6 教員アンケート (N=15)
エラーバーは標準偏差

表 4-3 教員研修の展開

時間/分	学習活動	内容
5	教材の説明	・カードゲーム教材の説明
10	活動①	・活動①「Big な回路を作ろう」 ・導線、電池、電球をつなげて大きな回路をつくる
10	活動②	・どのグループが一番大きい回路をつくられているのか調べる ・活動②「回路の達人を目指そう」
5	振り返り	・お題カードのレベル1 (★1つ) から順にグループで回路を組み立てる

に対する教員の認識は平均値が 2.3 (標準偏差 0.47) であった。多くの教員は、生徒は回路を作ることをあまり得意ではないと感じていることがわかる。この理由に関して、「手本の回路を真似して回路を作成することが苦手な生徒が多い」「作業する生徒に限られる」「導線のつなぎ方を混乱する」などが記述されていた。

4.4 実験結果に対する設問の選択理由の分析

教員のカードゲーム教材に対する認識について「問 2：カードゲーム教材を使ってみたいか」「問 3：カードゲーム教材は生徒にとって電気回路の理解に役立つと思うか」に関して、回答の選択理由の記述を分類したものを表 4-4 に示す。問 2 の平均値は 4.4 (標準偏差 0.82) と大多数の受講者が実際に使ってみたいという回答であった。選択理由は「興味・関心」「内容理解」「課題」に分類できた。「興味・関心」に対しては、「多くの生徒が電気分野、回路に対して苦手意識を持っている」ことに触れている回答が一件であった。さらに、この回答を「ゲーム感覚で、楽しみながらできることで興味を喚起する」という種子のことが「興味・関心」に分類できる記述 5 件全てに書かれていた。「内容理解」は、「コードが絡まない」「回路がすっきりしている」「普段作れない回路を作れる」と技能面の回答であった。「課題」に対する記述 4 件のうち 3 件は、授業の展開に関するものである。いずれも、実際の授業での具体的展開や活用がイメージできないという趣旨の回答であった。更に、実際の回路と違って間違ってもそれが自分で判断できないことに触れていた。カードゲームの利点は、間違っても壊れない反面、作動性を確認できないことが欠点と指摘した貴重な回答であった。

「課題」に関する記述に対しては、説明が不十分であった。カードゲームは、あくまでも回路作成をイメージさせるための導入教材であり、カードゲーム活用授業に続いて、実際の回路作成をすること、カードで学習したものと、実際の抵抗や配線を用いた回路と異なる場合があることなども強調する必要があった。

「問 3：カードゲーム教材は生徒にとって電気回路の理解に役立つと思うか」については、平均値が 4.5 (標準偏差 0.62) とさらに肯定的な傾向が強かった。カードゲーム教材を授業で使ってみたいと答えた 14 名のコメントは、「興味・関心」「内容理解」「対話的・協働的学び」に分類できた。「興味・関心」に対しては、「生徒が楽しめそう」と述べている回答が多く、電気回路に対する生徒の苦手意識に触れている回答もあった。「内容理解」に関しては、具体的に使う場面を考える回答や、実施意欲を示す回答があった。「対話

表 4-4 図 4-6 「役立つか」「使ってみたいか」に対する選択理由

興味・関心

- ・楽しみながら回路を作ることができ、意欲が高まると思う。
- ・電気分野は苦手意識を持って居る子がたくさんいるので興味を持たせるためにも。
- ・楽しく回路を作ることができる。
- ・ゲーム感覚でできるので、回路に対してハードルが低くなると思う。
- ・楽しみながらできるし、実際につなぐより手軽。

内容理解

- ・コードが絡まない。
- ・普段作れない回路を作れる。
- ・回路を簡単に何度もつくっていていいと思う。
- ・遊び方が簡単に伝えられ、回路がすっきりしていて分かりやすい。

課題

- ・授業の展開が思いつかない。
- ・生徒が楽しむには工夫が必要かも知れない。
- ・回路の作りかは考えられるが、使用する場面や時間を考えなければならなかったから。
- ・間違っても組んでも電流が流れるか分からない

カードゲーム教材「回路の達人」を授業で使ってみたいですか。

興味・関心

- ・実験以外でも理解を深められてよい。
- ・回路に興味を持ってくれそう。
- ・どのように使うことがイメージしてできないが、生徒は楽しくできそうである。
- ・電流回路の所は苦手意識をもっている生徒が多いので取りかかりとして楽しめそう。
- ・電気分野は苦手意識を持って居る子がたくさんいるので興味を持たせるためにも。
- ・私がやってみて楽しく学べると思ったから生徒の反応を見てみたい。

内容理解

- ・学習後に定着させるのにいいと思います。
- ・生徒の反応+理解度の程度繋がるか試してみたい。
- ・実際に回路を作るより短時間でできるので、いろいろな回路を作ってみたり考えて組み合わせたりしやすい。

対話的・協働的な学び

- ・楽しく学べ、ペアでやれば自然と話し合いが行われそう生徒が楽しみながら回路に触れることができる。

課題

- ・大人数を対象にするとき、これでいいのかという質問されることが多くなり、大変ではないか。

的・協働的な学び」に対しては、この教材を使用したペア学習による学習形態について評価していた。この項目で「普通」と答えたのは教員1年目の1名のみであった。この授業者は、この教材を使用した授業では生徒が自由に活動できるため、授業運営が難しくなると

表 4-5 回路学習教材の特徴

	長所	短所
カードゲーム教材	<ul style="list-style-type: none"> ・どの生徒も躊躇せず取り組む. ・回路学習への興味・関心が高まる. ・壊れることがない. ・対話しながら回路を組む. ・事故が起こらない. 	<ul style="list-style-type: none"> ・器具が動かかないため、電流が流れていることが分からない. ・ルールにより実物と使い方の差が大きくなる. ・あり得ない回路も組めてしまう.
実物	<ul style="list-style-type: none"> ・器具が働き、電流が流れたことが確認できる. ・実物で回路を組むことができる. 	<ul style="list-style-type: none"> ・どうしても触らない生徒がいる. ・壊れることがあると生徒が感じている.

感じたのではないかと推察する。

以上の記述の分析から、受講者の多くはこの教材は生徒に実際に使用することに意味があると捉えていることがわかる。中学校ではカードゲーム教材の授業での使用経験が少ないため、様々な課題はあるだろう。しかし、生徒にとって苦手な分野を楽しみながら興味を持ちながら学習活動できる点は重要である。カードゲームを導入教材として用いることによって、その後の授業での回路作成を前向きに実践できると考えている。今回、教員研修の中で、カード学習後に生徒が回路作成に前向きに取り組んだ実践事例を紹介したことが、このカードゲーム教材の導入教材としての働きを受講者が認識し、実践意欲を持ったことが自由記述から確認できた。

5 カードゲーム教材「回路の達人」の実践からの評価

本教材の実践をもとに、カードゲーム教材と実物の 2 つの回路学習教材の特徴を表 4-5 にまとめた。

生徒、教員の感想から、興味・関心が高まることが分かる。また、カードゲーム教材は、実物と違い、壊れることがない、ゲーム性があるためどの生徒も躊躇せずに取り組める。しかし、回路を組んでも豆電球や LED が光ったり、モーターが回ったりすることがないため、回路がうまく組んでいるか確認できない。今回設定した大きな回路を作成するという課題は、実際の回路ではできるだけ小さい回路を組んだ方がよいという現実との差もある。しかし、小さな回路がいいことは、生徒達も認識している。できるだけ大きな回路をつくるというルールは多くのカードを並べるため、各カードの役割と並べ方を学ぶための

演習であることを予め知らせておく。そのため、回路を並べる仕組みを理解できる。理解できているからこそ、できるだけ小さな回路を作成するという課題を解決する能力をつけることができるのである。ルールに関しては、教員はその注意点の理由を十分に理解することが肝要である。教員が十分その意味を理解することで、生徒に対して柔軟で適切な指導が可能になる。

以上のことからカードゲーム教材「回路の達人は回路学習の導入教材として有効であることが確認できた。

6 まとめ

2017年3月公示小学校学習指導要領⁹⁾および中学校学習指導要領⁹⁾では、単元や題材など内容や時間のまとまりを見通して、その中で育む資質・能力の育成に向けて、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善（いわゆるアクティブ・ラーニングの視点に立った授業改善）を推進することが求められている。

カードゲーム教材「回路の達人」を用いた授業実践や教員研修のアンケート分析によって、生徒が対話しながら回路の学習を行うことで、回路に対する興味・関心を高め、それが理解につながる可能性があることを確認した。カードゲーム教材は実物のように実際に電流は流れない。そこで、カードゲーム教材は回路作成を学ぶ上での導入教材として有効に使うことが肝要である。実際、カードゲーム教材を用いた直後の授業の中で、従来のようにグループの一部の生徒のみが回路作成するのではなく、グループメンバー全員が今日録して回路を組み立てていた。このこともカードゲーム教材の回路学習の導入教材としての構成を示す事実である。

第5章 科学コミュニケーションの成果を活用した幼児に対する科学教育

2017年3月公示の幼稚園指導要領⁶⁶⁾、保育所保育指針⁶⁷⁾では、「育みたい資質・能力の『思考力の目覚め』の中で、身近な事象に積極的に関わる中で、物の性質や仕組みなどを感じ取る、気付く、考える、予想する、工夫するなど多様な関わりを楽しむようになる」の記述があり、物理現象との関わりを示す内容が追加されている。この領域「環境」のねらいが小学校の生活科、理科に関わる内容を含んでいる。そのため、つながりを意識した活動を行うことで小学校での授業とも関連性を持たせることができる¹²⁰⁾。

2017年3月公示の小学校および中学校の学習指導要領^{68,69)}には、育成目標とする資質・能力の3本柱として「知識・技能」「思考力・判断力・表現力」「学びに向かう力・人間性等」が述べられている。この資質・能力は、幼稚園指導要領および保育所保育指針では、「知識及び技能の基礎」「思考力・判断力・表現力等の基礎」「学びに向かう力・人間性等を育むように努めるもの」と記載されている。知識・技能に関する内容は、幼児対象として「豊かな体験を通じて、感じたり、気付いたり、分かったり、できるようになったりする」と体験を通して気付く、感じる、分かるなど自然事象を知ることができる力を育むことが述べられている。学習指導要領の改善のための答申⁷⁰⁾では、小学校では基本的な概念や性質・規則性の理解、中学校では概念や原理・法則の基本的な理解、高等学校では概念や原理・法則の理解や体系的な理解と、段階的に理解が深化していくことが求められている。このように、幼稚園と小学校、中学校、高等学校が一本の柱で関連付けていることから、保幼小中高の接続が重要になっていることが分かる。幼児から物理分野の関連を意識することが小中学校における理科離れや高等学校以降の物理の履修生徒の減少から考えられる物理離れに対する方策になっていくことが考えられる。

幼児に対する科学実験遊びに関しての報告もある。紫キャベツを使った酸塩基による変色の実験¹²¹⁾、糸電話やドライアイスなどを使った実験¹²²⁾対して、親子で実験を楽しんでいる様子の報告がある。浮沈子や浮き球などを使う実践¹²³⁾やダンシングスネークやブンブンごまを使った実践¹²⁴⁾を、大学生に対して試行後、幼児対象に実施した報告もある。幼児が器具を作成後の遊びや、グループ間競争が報告されている。小谷らは、3歳児対象の物理現象に関する実践として磁石遊びの特性分析をしている¹²⁵⁾。この中で「3歳児は磁石を使った探究に専念し、自分で発見するまで他者と対話することなく、一人で思考・探求する『物との対話』を行う姿が観察された」ことを報告している。

著者は、2000年から3年間地元の科学館に勤務し、サイエンスショーや実験教室を担当していた。それをきっかけとして中学校教員として教育現場復帰後も全国から依頼されるようになった。現在でも、サイエンスショーや実験教室の講師を年間15回程度依頼されている。以前は、主に小学生以上を対象としたが、2012年以降、幼稚園や保育園から実験教室を年間少なくとも2~3回依頼されるようになり、これらの実践概要を報告してきた^{16,126,127}。エンターテイメントとして、科学の題材や実験を演示する者がメディアへ登場するようになったり、雑誌や書籍などでの科学実験記事が増えたりしたことが、幼児に対する実験教室の要望につながったのではなかろうか。幼児でも小学生や中学生と同様に科学実験に対し考え、楽しむ姿が見られる。科学実験は、一種の遊びとして楽しむことができるようである。

中学校の授業経験の中で、「だるま落とし」や「コマ回し」など、「物理現象」を楽しむ遊びの経験がないと答える生徒が半数程度いることを知った。現在の中学校では教員が生徒自身の原体験や遊びの経験を想定して学習内容を関連付けた例え話をしても、体験が欠如しているためにイメージできない生徒も多い。この原因としては、携帯型ゲーム機などを使った室内遊びの増加、核家族化、様々な事件の発生など社会環境変化に伴い、屋外遊びが減少したためと考えられる。その結果、道具を使った遊びを通じた物理現象を体験できる遊びの機会が減少している。

以上の背景から、中学生に至るまでの幼時期や小学生時に物理現象を体験する機会を提供することが、中学生以降の理科学習に有効であると考えた。

本章第2節で報告した「浮き沈み」は、2012年にはじめて保育園で幼児用に工夫した科学実験、科学遊びプログラムで実施した。その結果は大変好評であった¹²⁸。この実践体験を通じて、幼児は生活と関連する内容に特に強い興味を持ったことを感じた。そこで、ものの「浮き沈み」をテーマにプログラムを作成し、科学館、保育園、幼稚園で実践した。

「浮き沈み」の内容は、幼児にも取り組みやすいため、実践例が多い^{129,130}。日下は、保育園年少の幼児から小学2年生に対して、様々なものの浮き沈みの予想とその理由の判定基準の変化の報告をしている¹³¹。「浮き沈み」の実験は、小学校で学習する物の重さや、中学校で学習する密度や浮力との関連も考えられる内容である。

本章第3節では、幼児向け科学教室でサイエンスショーを実施し、物理現象との触れ合う多くの体験の場を作ることを試みた。幼児にとって物理現象に触れ合う体験の場づくりの具体策は現時点では確立していない。そのため、これからの模索が重要である。そのよ

うな体験欠如を補う方策を考える為に、幼児がどのように物理的な現象を捉えるかを把握する必要があると考えている。学校の理科授業で実施している演示実験が現象の理解や動機付けを目的としているのに対して、サイエンスショーの一般的な諸目的は教育ではなく、不特定多数の観客を驚き楽しませることによる観客の興味・関心の喚起である⁷¹⁾。そのため、幼児に対して実施することで、幼児が楽しみながら多くの物理現象に触れることができる。

1 幼児に対する科学教育の現状

幼児の科学教育に特に熱心な保育園・幼稚園での幼児の科学とのふれあい日本での現状を公益財団法人ソニー教育財団の実践事例集¹³²⁻¹³⁵⁾をもとに一例の調査をした。その中からキーワードを抽出し、次の(1)～(6)に分類した。

- (1) 昆虫、動物とのふれあいや飼育，自然体験 (25%)
- (2) 落ち葉や種，植物などを使った遊びや体験 (22%)
- (3) 土や水など環境に関する内容 (17%)
- (4) 光や音など身近な現象に関する内容 (19%)
- (5) 色水や燃焼に関する内容 (8%)
- (6) その他，食育やものづくりなど (10%)

ここで、括弧内は実施割合である。

さらに、科学体験教室を実施した保幼園の科学体験教室実施前の取り組みを表 5-1 にまとめた。

A の保育園では上記の分類 (1) ～ (3) の飼育や栽培，泥や砂を使った活動が多い。(4)，(5) のように光や色に関する内容など物理現象を含む幅広い内容に取り組んでいる。B の幼稚園では、(1) ～ (3) の飼育や栽培，季節に関する内容が多い。

幼稚園や保育園でも、生命領域では「植物のタネ」「葉」「昆虫や動物の飼育」、地球領域では「砂や石」「水の流れ」などの内容で、発見や考えることを楽しんでいる。実際、著者が実験教室などのために訪問した幼稚園や保育園で理科に関係する教育（保育）について質問すると、「自然との触れ合いや飼育，植物を使った遊びなど生命領域を中心に行ってきた」という回答を得た。幼児の物理体験は少ないため、その充実に取り組む必要性を感じた。

本研究では、幼児向け科学教育プログラム「浮き沈み」の開発とその実践を通じ、幼児

表 5-1 科学教室以前の理科的取り組み

<p><A 保育園></p> <ul style="list-style-type: none"> ・飼育（オタマジャクシ，カタツムリ，ザリガニ，蝶など）（複） ・栽培（野菜の種まきや苗植え，収穫，種取りや球根取り）（複） ・泥遊び（水を流したり貯めたりする）（15） ・砂遊び（ふるいを使って分別）（5） ・セロハンを利用した光や色遊び（複） ・石けんの泡遊び（1） ・スライム作り（1） <p><B 幼稚園></p> <ul style="list-style-type: none"> ・飼育（メダカ，鈴虫等）（複） ・虫取り（ダンゴムシ，蝶，トンボ等の虫取り）（複） ・砂場での水遊び（複） ・夏至や七夕，お月見，冬至のお話し（1）

（ ）内は回数，（複）は複数回行った内容

が科学実験を行うプログラムのどの部分に特に高い興味・関心を持つかの評価を目的としている。また，幼児に対するサイエンスショーでは，幼児がどのように現象を捉え，どのように考えるかを把握することにした。

プログラム内容は，特定の素養を持つ者だけが担当できるものではなく，保育士や幼稚園教諭，科学館職員が従来の経験を活かして実践できる内容が望ましい。そのためには，できるだけ身近なものを使って実験できることが必要である。そこで，以下の目的設定をした。

- ① 幼児向け科学教育プログラム「浮き沈み」を作成し，保育園や幼稚園，科学館などでの試行する。
- ② 幼児向けサイエンスショーを実施し，様々な現象に対する幼児の反応を把握する。
- ③ 同時に，幼児の科学体験活動の評価方法を検討する。
- ④ 幼児から小学校までの科学教育の連携と発達段階を考慮した科学教育を提案し，中学校理科教育の授業改善となる活用方法を検討する。

2 科学教育プログラム「浮き沈み」の開発

2.1 プログラム開発における配慮

数年間の幼児に対する科学教育の実践を通して，次の点が明らかになってきた。

- ① 幼児は身近な内容に興味をもち，進んで取り組む。

- ② 難しい科学用語を使わなくても体験を通じて、自分の言葉で現象を説明できる。
- ③ 1つのプログラムの実施時間が概ね30分を超すと集中力が持続しない。

実験内容や実験テーマを考える際には、幼児の身近にある現象やものを使うように留意した。また、中学校で将来学ぶ科学用語の使用は避け、幼児が分かる言葉で説明するように留意した。科学館でサイエンスショー実施経験の中で、複数回ショーを見て、知った専門用語を叫んで楽しんでいる子どもを目にすることがある。中学校で学ぶ用語を既に小学校で学んできている生徒もいる場合がある。しかし、実際の授業では全員がその用語や内容を学んでいないことを前提で授業を進めていく。授業後の学習内容や用語の定着をテストすると、小学校で用語を学習してきている生徒と中学校で新たに学んだ生徒の間に差は見られない。このことは、用語を知ってもその本質を理解したわけではないことを示している。このような経験から、小学校では科学的な現象を体験した上で、学校の学習で用語とともにその本質を理解することが重要であると考えている。さらに、そのことが学ぶ対象に対して、より強い関心を持つようになると考えている。文字の習得に関しても3、4歳で文字を習得している子と習得していない子の差は小学校入学後に急速に縮まっていく。1年生の9月には両者の差が消えてしまうことも指摘されている¹³⁶⁾。今回のプログラムの実践でも、小学校などで学ぶ用語を用いず、現象を体感するような体験を重視した。

理科の学習への接続の可能性が考えられる5歳児を対象とした。そのため、集中力を考慮して実験教室の実施時間を30分程度とした。今回の実践では、会場が科学館や保育園、幼稚園であったため、実施時間を決定したが、保育士や幼稚園教諭が日頃の保育活動の中で実施する場合には、幼児の活動状況に応じて、柔軟に変更可能である。これまでの経験から、2つ以上の内容を組み合わせることで幼児の集中力が60分以上持続する場合もあるが、通常は、30分を過ぎた辺りから集中力がもたず、落ち着かなくなってくる幼児がでてくることを把握していたからである。

2.2 プログラム内容

これまで行ってきた実践の中でも保育園や幼稚園でもの取り組み安い内容として、「浮き沈み」をテーマにしたプログラムを作成した。「浮き沈み」の内容は、小学校の物の重さの学習や、中学校の密度や浮力の学習にもつながる内容である。本プログラムで行う切断した野菜を用いる実験では、体積は変わるが密度が変わらないため、最初に浮いた野菜は浮き続け、最初に沈んだ野菜は沈み続ける。これは、体積や密度の学習にもつながる⁷⁷⁾。

プログラムの試行を繰り返した結果、最終的に決定し、幼稚園で試行したプログラムの展開内容を(1)～(3)に示す。最終的なプログラムの形と内容を図5-1に示す。

(1) 身近なものの浮き沈み

水槽に身近な物体を入れて浮き沈みの実験を演示した。使用した物体は、「発泡ポリスチレン、ゴム、木、金属（1円玉、10円玉）」である。これらを順番に水に入れ、浮き沈みを調べた。実験前に、物体の素材や身近に使われている例を説明し、結果を予想させ、選択肢の中から正しいと思う答えを挙手で答えさせた。浮き沈みを調べるときには、物体全体を水中に沈めてから手を離すようにした。

(2) 野菜の浮き沈み

野菜の浮き沈みを調べる実験を演示した。「ピーマン、大根、トマト、サツマイモ」を使用した。実験前に、必ず結果を予想させた。前項の身近な物体の実験と同様、水中に全体を沈めて浮沈を確認した。最初に明らかに水に浮く野菜から実験するようにした。

(3) 切った野菜の浮き沈み

切った野菜の浮き沈みについては、グループ毎に幼児自身で実験した。各グループの

うく！しずむ！

■概要
水に入れると浮くもの、沈むものがあります。身近なものを水に入れて、その浮き沈みを調べて見ましょう。浮き沈みを調べることで、身近な物質の素材に興味・関心を持つことが出来ます。
また、野菜にも水に浮くもの、沈むものがあります。野菜の浮き沈みも調べてみましょう。また、水に沈む野菜を切っていくとどうなるでしょう。水に浮くようになるのでしょうか。実験で確かめてみましょう。

■目的
① 水に浮く、沈むは物体によって決まっていることが分かる。
② 物体の大きさが変わっても浮き沈みの性質は変わらないことが分かる。

■実験手順
① 子ども達に予想させながら水の中いくつかの物体を入れていき、浮く物と沈むものを机の上に分けて置いていきます。
② 野菜を使って浮き沈みの実験をします。子ども達に予想させながら、浮き沈みの実験を行います。
③ 水に沈んだ野菜を半分に切ったものは水に浮くか沈むかを予想させ、実験します。半分にしても沈みます。更に半分に切ったらどうなるか、予想させて、実験します。何度か繰り返しながらどんどん切っていきます。どんなに小さく切っても、最初に沈んだ野菜は、最後まで沈んでいます。
④ ③と同様に浮く野菜も小さく切っていく、どうなるかを予想させ実験します。

なぜだろう！？
水の密度は1g/cm³です。物質はそれぞれの密度によって水に浮いたり沈んだりします。密度は物質によって決まっているので、物体を切っても沈んでいたものが浮くことはありません。

■指導のポイント
○浮き沈みの不思議は、お風呂でも感じている子どもがいます。自分の経験と関連づけて予想できるようアドバイスが出来るとよいでしょう。
○料理と関連づけられると、子ども達が意欲的に予想できるようになります。

■準備について
・水槽（講師用、子供用） ・木 ・発泡ポリスチレン ・金属（10円玉、1円玉）
・ゴムなど
・野菜（にんじん、キュウリ、ピーマン、ダイコン、トマト、サツマイモなど）
・タオル ・台ふき

■展開例

	活動	教師の支援（○）、評価（◎）、指導目標（●）
2	導入 ① 身近なものを水に入れ、浮き沈みを調べる。 順番の例 ①発泡ポリスチレン ②ゴム ③木 ④金属（10円玉、1円玉）	○子ども達に、予想させながら実験を進める。 ○水中で手を離すことで表面張力など他の力が働くのを防ぐ。 ○浮いたもの、沈んだものを分けて置く。 ○子ども達が意欲を持てるように身近なものを提示する順番を考える。 ○身近にいろいろな素材があることに触れる。 ◎予想しながら、実験を見ることができたか。（実験の時には予想することが大切であることを伝える）
10	② 野菜の浮き沈みを調べる。 順番の例 ①ピーマン ②ダイコン ③トマト ④サツマイモ	○子ども達が意欲を持てるように提示する順番を考える。 ○子どもにも人参やキュウリを体験させる。 ○野菜によってはこの結果通りにならないことを知らせる。 ◎野菜の浮き沈みに興味を持たせることができたか。 ◎予想しながら、実験を見ることができたか。
20	③ 沈む野菜を小さく切り、浮き沈みを調べる。 順番の例 ①ニンジン ②キュウリ	○野菜ごとに配布し、実験を行う。 ○あらかじめ切った野菜を大きさが分かるように並べたものを配る。
25	④感想や分かったことを発表させる。	●水に浮く、沈むは物体によって決まっていることが分かったか。

図5-1 浮き沈みのプログラム

机に水を入れた水槽を置いた。さらに、予め切断したニンジンとキュウリをトレイに並べて置いた。

結果を予想させてから実験させた。本実践では、「予想」「予想結果の挙手による確認」「浮沈確認実験」「結果の確認」の順番で実施した。進行に当たって、各グループが同時に同じ大きさの野菜を水中に入れるように指示した。

切断野菜の実験に先立ち、丸ごと 1 本のニンジンの浮沈を予想させ、挙手で確認後、グループ実験を開始した。結果の確認後、次に行う半分に切った野菜の浮沈を予想して、実際に浮沈を確認する。この流れを繰り返した。ニンジンを順次半分ずつ切断を繰り返し、最後には、4 回切断した 1/16 程度の大きさまで実験を繰り返した。ニンジンその後キュウリに対して同様の実験をした。野菜は、予め所定の大きさに切断したものを準備しておいた。本実践では、安全に配慮して幼児に野菜の切断作業はさせなかった。

2.3 プログラムの実践

2.3.1 対象

保育園、幼稚園、科学館で合計 125 名の幼児に対して実践した。具体的には以下の通りである。

- ① 科学館 1 回（平成 25 年 8 月 4 日）
- ② 保育園 2 回（平成 25 年 12 月 26 日，平成 27 年 1 月 31 日）
- ③ 幼稚園 1 回（平成 27 年 1 月 17 日）

科学館では 5 歳児程度の未就学児の親子連れの来場者を対象とした。保育園、幼稚園は 5 歳児クラスの幼児を対象とした。

2.3.2 プログラムの実践

「浮き沈み」をテーマにしたプログラムを 30 分程度で実践した。幼児の反応に応じて時間は多少前後した。最終的には、保育士や幼稚園教諭に実践してもらいたいテーマであるが、本研究ではプログラム内容の評価を目的とした。そこで、条件を揃えるため、著者または科学館職員が講師を務めた。

実践の際には、当該園の保育士・教諭、幼児科学教育を実践している科学館職員が参観した。福井県で実施した際には、それらに加えて教員養成系の大学教授・学生が参観した。

2.3.3 実践の評価

小学生以上の場合、受講者に対するアンケート調査が可能であるが、5歳児に対しては、文字で記述することは難しい。そこで次の方法で実践効果を評価した。

<科学館>

- ・科学教室終了後に様子を見ていた保護者に対するアンケート

<保育園、幼稚園>

- ・家庭で幼児の話を聞いた保護者に対するアンケート
- ・終了後に幼児が描いた絵の分析・評価
- ・保育士、教諭、科学館職員、大学教授などによる幼児の観察・見取りの記録と終了後のインタビュー

2.4 実践結果の分析

2.4.1 科学館の活動の評価

科学館における活動の評価については、科学館が従来から使っている調査用紙を使用した。アンケート結果を図5-2に示す。アンケート項目は科学館で設定したものであり、来場理由や実験教室に関する調査等来場者調査に関する内容は本研究には直接関係ないとして割愛した。

参加者は、来館の親子連れであるため、幼児の活動の様子を、保護者は近くで見ている。アンケートの回答は全て母親であった。

アンケート結果から9割以上の幼児が、実験内容を楽しみ、作業の内容についてちょうど良いと感じ、講師の説明や話しを理解していると保護者が判断していた事が分かる。5歳児を想定した実験教室である。想定が対象年齢付近（5・6歳児：幼稚園年長、4・5歳児：

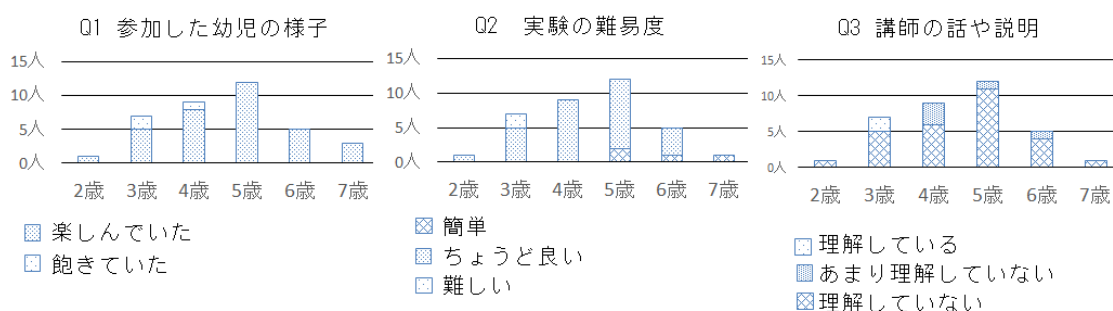


図5-2 科学館での保護者アンケート

幼稚園年中)の幼児の満足度は高い。この結果は、今回のプログラムの想定対象年齢は妥当であると判断できる。

自由記述は、「実験の感想」「実験頻度」「要望」に分類できる。「感想」に関しては、幼児が自分で実験することを楽しんでいたとの記載があった。「実験頻度」に関しては、幼児用に限定したプログラムの充実や定期的な開催などの要望が記載されていた。これまで小学生や、中学生対象の科学教室は実施されているが、幼児限定の科学プログラムが少ないためであると考えられる。「要望」に関しては、光、水、電車、家庭でできるなどが記載されていた。

2.4.2 保育園・幼稚園での活動の評価

保育園、幼稚園での活動の評価は、活動中の幼児の観察、保育士・教諭へのインタビュー調査、活動中の見取りによる調査、保護者に対するアンケート調査、子ども達が描いた絵の分析等をもとに行った。

(1) 幼児の様子

本実践で幼児の活動は、

- ① 実験結果の予想
- ② ニンジンとキュウリに対する浮き沈みの実験

である。

ニンジンを小さく切断した際の結果の予想パターンを表 5-2 に示す。1/2 に切った段階からの予想を示している。最初に実施した切らない状態のニンジンの浮き沈みの予想は、根拠になる知識がないと考えたからである。幼児の判断の根拠は、切らないままのニンジンが水に沈むという事実に基づくからだと考え、ニンジン切断後の予想を示した。予想の際、「浮く」「沈む」の両方に挙手した場合、または両方に挙手しなかった場合が1回でもある幼児の答えは除外した。幼児の浮沈予想は、A～M の 13 パターンあった。この実験では、予想直後実験で確認しているため、各切断材料に対する予想はその前の結果を踏まえている。この中で、正解は B である。1本のニンジンが水に沈んだ事実をもとに切断しても沈み続けると考えたようである。最も多くの幼児が予想したパターンは、A であった。はじめに半分にしたら浮くと予想したが、その結果水に沈んだことを踏まえて、その後沈

表 5-2 幼児の実験の予想のパターン

野菜の大きさ 予想の パターン	1/2	1/4	1/8	1/16	人数(%)
A	浮く	沈む	沈む	沈む	17(27)
B	沈む	沈む	沈む	沈む	12(19)
C	浮く	浮く	沈む	沈む	7(11)
D	浮く	沈む	浮く	沈む	5(8)
E	沈む	沈む	沈む	浮く	5(8)
F	浮く	浮く	浮く	浮く	3(5)
G	浮く	浮く	浮く	沈む	3(5)
H	沈む	沈む	浮く	沈む	3(3)
I	浮く	浮く	沈む	浮く	2(3)
J	浮く	沈む	浮く	浮く	2(3)
K	浮く	沈む	沈む	浮く	2(3)
L	沈む	浮く	沈む	沈む	2(3)
M	沈む	沈む	浮く	浮く	2(3)

()内は割合, $N=64$, 網掛けした「沈む」が正解

表 5-3 浮く, 沈むと予想した人数/()内は%

野菜の大きさ 予想	浮く	沈む
1/2に切った野菜	40 (63)	24 (37)
1/4に切った野菜	17 (27)	47 (73)
1/8に切った野菜	18 (28)	46 (72)
1/16に切った野菜	16 (25)	48 (75)

$N=64$

むと予想したようである。多くの幼児は行き当たりばったり適当に予想しているのではなく、前の実験結果に基づいて予想している。ただし全ての幼児がこのように考えるわけではない。周りの幼児の反応を見て何度も手を挙げる幼児や手を挙げない幼児もいた。それらについては、表 5-2 のデータから除外してある。

表 5-3 は、表 5-2 を整理した幼児の予想の変化である。実験を繰り返すうちに「沈む」という正解の予想が増えていくことが分かる。

今回の実践は体験を目的としているため、予想の理由は聞いていない。その場面での幼児のつぶやきは、「浮く」「沈む」という現象に関わる言葉が多い。そのため、実験中の幼児の談話分析から、予想の根拠を推測できる場合がある。保育園 B で実践時の予想の理由と実験後の感想に関するプロトコルの抜粋を表 5-4 に示す。当初は、重さを根拠に答えていることが分かる。実験が進むにつれ「沈む」予想に関する発言が増えていった。前回までの結果を踏まえながら、予想する幼児が増えていったことが伺える。しかし、プロトコ

表 5-4 プロトコル抜粋

場面	プロトコル
1/2 の野菜	C1:重いから沈むと思う C2:沈まない
1/8 の野菜	C3:軽いから浮く
1/16 の野菜	C4:そろそろ浮く
実験後	C5:ニンジン沈み続けている。 C6:なんで、全部、沈んでるんだけど。 C7:ニンジンは全部沈んでいたことが分かった。

ル C3 のように重さの変化から、「浮く」と予想が変わった幼児もいた。また C4 のように「そろそろ浮く」と同じ結果が続いたため、違う結果を期待する発言もあった。以上のように、幼児の予想の根拠として「前回の結果」「重さの変化」「実験の繰り返し」などがあることがわかった。

実験後の、プロトコル C5, C6, C7 のように、野菜の浮沈は野菜の大きさではなく野菜の種類によって変わることを確認し伝えているものもあった。C5 や C7 のように浮沈の観察から気付き点を表現したことを褒めることで、野菜の浮き沈みの結果を総括した。

(2) 保育士・教諭へのインタビュー調査

実践終了後、保育士に対してインタビュー調査した。身近な現象にも関わらず、科学の現象やおもしろい体験ができることがたくさんあることに気付かされたことが伺える意見が多かった。主な意見を次に示す。

- ・予想させてから実験に移すことで、わくわくしながら主体的に実験に参加していたようである。
- ・身近なものを使って予想を立てながら自分の手で実験することで、関心を持って参加できたようである。
- ・浮力、密度を深く考えず（つまり難しい用語を使わず）、体験を重視した内容で分かりやすかった。

この教室を実施するために意図していた点について触られている。「身近なものの使用」「用語を使わないこと」を分かり易いと感じていたようである。理科の授業では当然行っている「予想」を立てて実験することも、幼児が実験に関心を持つために有効だと感じていることが分かる。

表 5-5 科学教室前後の理科的取り組みの変化

<p>科学教室以前より行っていた取り組み</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飼育（オタマジャクシ，カタツムリ，ザリガニ，蝶など）（複） ・栽培（野菜の種まきや苗植え，収穫，種取りや球根取り）（複） ・泥遊び（水を流したり貯めたりする）（15） ・砂遊び（ふるいを使って分別）（5） ・セロハンを利用した光や色遊び（複） ・石けんの泡遊び（1） ・スライム作り（1） ・雪遊び（複） ・色水遊び（複） ・コマ回し（複） ・折り紙（複） ・色染め（1） <p>科学教室を取り入れた以降の取り組み （上記の内容に加えて行った内容）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・磁石遊び（5） ・浮き沈み（里芋や白菜，ミカンの皮，ドングリなど幼児が物を持ってきたり，保育園の中で探したりして行った）（2） ・図鑑による宇宙や惑星調べ（複） ・影遊び（手で影絵遊び）（5） ・氷作り（複）

（ ）内は回数，（複）は回数は分からないが複数回行った内容

表 5-6 科学教室の半年後の保育士アンケート

<ul style="list-style-type: none"> ・子ども達の「どうしてこうなるのだろう」という気持ちに寄り添い，すぐに答えを伝えず，考えが深める言葉を掛けるようになった。 ・子供が意識せず遊んでいるときに，これまでは「楽しいね」「面白いね」と共感するだけであったが，「葉っぱが浮かんだね」「葉っぱの上に石をのせたら沈んだね」と言語化することで，変化や不思議さに気付くきっかけを意識するようになった。 ・保育園での体験が小学校に繋がると良いと考え，小学校のカリキュラムに目を通すようになった。 ・以前から飼育や栽培し観察する活動を保育に取り入れてきたが，この実践後，磁石や虫眼鏡など科学を意識できるものを置くようになった。

科学教室から半年後に，保育士に対して科学教室前後の理科的取り組みの変化について調査した結果を表 5-5 にまとめた。本実践による科学教室以前にも多くの内容に取り組んでいたことが分かるが，本研究による科学教室以降，本研究で取り組んだ内容を実施したり，その他の内容を保育士が考え実施したりしたことが分かった。科学教室の半年後に行った保育士の指導についての変化について調査した結果を表 5-6 にまとめた。幼児に対する対応の変化，小学校のカリキュラムとの関連，環境づくりといくつかの点で科学教育を意識した活動を行っていることが分かる。本実践によって保育士が科学を意識するように変化したことが分かる。

(3) 保護者アンケートと事後の連絡帳の記載

幼児の様子と科学教室後の様子について、保護者が幼児から聞いた内容をアンケート調査した。図 5-3 は、「Q1：家で保育園の話をするか」「Q2：今回の科学教室の話をしたか」に対する結果である。元々家で保育園・幼稚園のことを話す幼児が多いため、大差はないが、科学教室の話をした幼児が普段の活動を話す場合よりも、数が増えている。家で話した内容や様子について保護者アンケートの内容を分類した結果を表 5-7 に示す。80 名中、74 名 (93%) が記述していた。実験結果や驚きを話すだけではなく、話を聞き取った母親以外の、兄弟姉妹、祖父母、父親に話した幼児が 16 名いた。また、12 名の幼児が家でもやってみた、やってみたいと話しているというものもあった。

図は示していないが、同アンケートで幼児が日頃から身近な現象に興味・関心を持っているかと尋ねたところ 89% が関心を持っていると感じると回答した。

今回調査した 5 歳児ではその内容は生活に関するものが多く、お風呂や気象、宇宙、

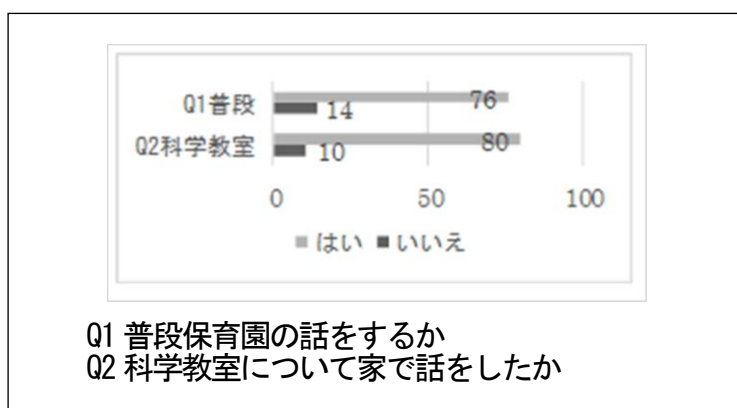


図 5-3 保護者アンケート Q1 と Q2 の比較 $N = 90$

表 5-7 保護者による幼児の聞き取り

- 実験や結果について 38 名 (51)
 - ・何日も前から「楽しみ」
 - ・自分で触り、試すことが出来たので面白かった
 - ・何が浮いて、何が沈むかを知ることが出来てよかった
- 不思議・驚き 8 名 (11)
 - ・大根の方がニンジンより大きくて重いのにどうして大根が水に浮き、ニンジンが沈んでしまうのか不思議
- 聞きと知りした保護者以外の家族に話した 16 名 (22)
 - ・思っていたのと違いキュウリは沈むと思ったけど浮いた。
 - ・「〇〇と△△は浮いて、□□と××は沈んで」と具体的な内容を参加しなかった父親に話した。
- 家でもやった・やってみたい 12 名 (16)
 - ・実験が楽しかったということやそのほかいろいろな物を水に沈めて試してみたいという前向きな言葉をたくさん話した

()内は% $N = 74$

食べ物など様々なものに対して保護者に「なぜ」「どうして」と質問することがあるということが分かった。これらの結果は今後の取り組みのテーマの重要な参考になる。

(4) 幼児の絵の分析

科学教室後に、幼児に絵を描かせた。それぞれの幼児が実験で印象に残っているものを描いている。絵の一例を図 5-4 に示す。この絵には他の幼児も描いた部分が網羅されて描かれている。幼児が絵に描いた特徴的な内容に絵の中に示した。人物は「講師」、又は「自分（人が1人の場合）、グループ（机の周りを囲む5人程度）、クラス（描かれた人数が5人より多い場合）」の3つに分類した。実験に関しては、「実験装置」と「実験結果」である。

これらの分類に基づき、98枚の絵の内容を分析した結果が表 5-8 である。この分析法の場合、A園の測定数が少ないため、A園とB園をまとめて集計した。実験の講師は87%の幼児が描いていた。実験に参加した人物として自分のみを描いていた幼児は、9%である。自分とグループを描いていた幼児は、57%である。グループより多い人数を描いた幼児は、31%である。2%は人物を描いていなかった。グループで実験をしていた意識の幼児が一番多いことが分



図 5-4 幼児の絵の例と分析の方法

表 5-8 幼児の絵の分析内容と人数

パターン	講師	実験に参加した人物			実験装置・結果	
		自分	グループ	クラス	実験装置	実験結果
i	85 (87)	9(9)	—	—	9(9)	7(7)
ii		—	56(57)	—	54(55)	30(31)
iii		—	—	31(32)	29(30)	16(16)
iv	—	—	—	—	2(2)	2(2)
合計					94(97)	55(56)

() 内は%, N = 98

かる。実験装置に関しては、実験に参加した人物として自分だけを書いた幼児は全て実験装置を描き、そのうち7名（自分を描いた幼児の78%）が水槽に何かが浮いたり沈んだりしている実験結果まで描いていた。グループを描いた幼児については、57%が水槽などの装置を、30名（グループを描いた幼児の54%）が実験結果を描いていた。グループより多くの人数を描いた幼児については、30%が水槽などの装置を、30名（グループより多い人数を描いた幼児の52%）が実験結果を描いていた。

浮き沈みの実験で興味を持っていたことを絵に描いたのではないかと考えると、①講師や実験の様子、②グループで実験すること、③クラス全体で科学教室を受けること、など幼児によって興味を持ったものは違っているようである。

しかし、幼児が科学教室に興味を持ち参加できていたことは分かる。96%の幼児が水槽や野菜などの実験装置を、66%の幼児が野菜などの浮き沈みの結果を描いたことから、この実験に関して幼児が興味を持ち参加していたと考えた。また絵に描かれている人物と実験に関する関心の関係を考えると、人物を描いていない、または自分と講師しか描いていない幼児の方が実験装置や実験結果まで描いていることから、実験に関する意識が高いと考えられる。描いた人物画多いグループを描いた幼児は、グループで実験を行った意識が一番大きいと考えられる。

2.5 浮き沈みの実践のまとめ

どの幼児も手を挙げて予想しながら実験に参加していた。この際、幼児は物体によって予想を変えていた。このようなことから浮き沈みの現象に興味を持ち、考えながら実験に取り組んでいたことを感じる。また、自分で実験を行うことや、グループで実験に取り組む中で、相談したり、協力したりする姿が見られた。科学実験が子ども達のコミュニケーションにも有効であったようである。このようなことから、5歳児（保育園年長）を対象に考えた『浮き沈み』の科学プログラムの内容は子どもの実態に合っている内容であると考えた。

本研究を通して①～⑤のことが明らかになった。

- ① 幼児は科学実験に強い興味・関心を持つことが分かり、幼児に対する科学教育に高い効果があり、「浮き沈み」は幼児の科学体験に有効な内容である。
- ② 科学館や保育園、幼稚園と科学教室を行う中で、それぞれの場所で幼児は科学プログラムを楽しんでいた。

- ③ 幼児が浮き沈みの現象や実験に興味を持ち、取り組むために、科学用語は必要としない。
- ④ 保護者アンケートと幼児の絵を併用し評価することで、参加幼児が科学教室に興味をもっていたことが評価できた。また、幼児の予想の変化を調べることで、前回の実験の結果を受けて、予想を行う科学的思考を行う幼児の姿も観察できた。
- ⑤ 本研究を通して、保育士の取り組みに変化が出ていることが分かった。保育士が科学を意識した言葉掛けや内容に取り組むようになった事が分かった。

普段に比べて多くの幼児が家で科学教室の話をしたり、実験結果について 51%、聞き取りをした保護者以外に 22%が話をしたり、16%の幼児が家でやってみたい・やってみた、ということからも幼児の興味・関心の高さが分かる。また、幼児の描いた絵からも、97%の幼児が実験装置を、56%の幼児が実験結果を描いた事からこの科学体験に強い興味・関心を持っていたことが分かる。幼児向け科学実験教室における幼児の取り組み状況に関する評価において、幼児が描いた絵を使った活動分析は今回が初めてであり、保護者アンケートと絵の関連など、幼児の関心などの評価方法の有効性については、今後も継続検討が必要である。

3 幼児向けサイエンスショーのプログラムの内容

3.1 テーマの設定

これまで調査した国内海外の実践例を参考にして、幼児を取り巻く科学に関する状況について普段幼児を相手にする機会が多い幼稚園教諭、保育士、保護者、科学館職員への聞き取り調査をもとにテーマ設定した。幼保園の中には、幼児の興味・関心を重視し、特定活動内容を設定しない「自由保育」に取り組む園も多い。各園の方針に沿う形、すなわち教え込むのではなく幼児期の体験を増やすことをねらいとしたテーマを設定することで、そのような園の教員の理解も得ることができた。

今回の実践題材は、「浮き沈み」「磁石」「大気圧」などの身近な現象・材料に関するものや「体から出る水分」作成実験のように体験型のものを扱った。幼児にとって本当は身近なのに実感できないものである。これについては、家庭でもできる実験を演示した。いずれも、これまでサイエンスショーで小学生向けに実施してきた実験をもとにしたものである。幼児向けに行う上で、次の点を配慮した。

- ① 幼児向けなので科学用語を使用しない

② 幼児にとって身近にある物を使って実験する

これらを意識しつつショー的に見せることで、テーマを 1 回で提示できるようにした。実際には、60 分で 4 つのテーマを扱った。

実験教室を複数のテーマで構成した理由は、幼児の集中の限界が 15 分だと考えたからである。単独のテーマで 30 分を越えると飽きてしまう幼児がでてくる。そのために、15 分を区切りとして異なるテーマを提示することで、多様な興味をもつ幼児の集中力をもたせるよう配慮した。

3.2 対象・実施日・班構成など

本プログラムは、著者がゲスト講師として次の 2 回を実施した。

① 福井市内私立A保育園

受講者：5 歳児 23 名（1 班 4～5 人）

実施日：2012 年（平成 24 年）12 月 26 日

② 福井市内私立B幼稚園

受講者：5 歳児 10 名（1 班 3～4 名）、4 歳児 20 名（1 班 3～4 名）

実施日：2016 年（平成 28 年）2 月 26 日

③ 福井市内私立B幼稚園

受講者：4 歳児 20 名（1 班 3～4 名）

実施日：2016 年（平成 28 年）2 月 26 日

班は普段通りの構成である。②と③は幼児の発達段階が違うため、4 歳児と 5 歳児にわけて同日に実施した。

3.3 プログラムの内容

3.3.1 「浮き沈み」実施の意図と概要

幼児にとって水に対して物が浮き沈みすることは身近な現象である。野菜といった身近なものを使って実験するので、家のお風呂やプールなどを使って家でもできる内容である。身近にある物体や野菜などの浮き方、沈み方を予想させながら演示形式で実験を見せるとともに、対話しながら行い、浮き沈みについて考える内容とした。次のように演示実験と発問を繰り返して、実施した。展開の一部を下記に示す。

<展開例>

- ① 演示：木や発泡スチロールなど身近なものを水に入れ、浮き沈みを調べる。
発問：「この木のブロックを水に入れると浮くと思いますか、沈むと思いますか」
- ② 演示：キュウリやトマト、ピーマン、ジャガイモなどの野菜の浮き沈みを調べる。
発問：「キュウリを水に入れると、浮くと思いますか、沈むと思いますか」
- ③ 演示：ニンジン半分ずつに何回か切り、その浮き沈みを調べる。
発問：「さらに半分に切ったニンジンは、浮くと思いますか、沈むと思いますか」

3.3.2 「磁石の実験」実施の意図と概要

磁石は、幼児の身近なところで使われている。幼児にとっても科学を感じる身近な存在である。「磁石」に関しては、演示と体験を組み合わせた形式で実施した。まず、導入として磁石がスプーンにつく様子を見せた。多くの幼児が、「磁石」とつぶやいた。磁石は、小学校で初めて学ぶが、幼児は既に磁石を知っていることがわかる。幼児に磁石を配布するとすぐに磁石としての性質を調べ始めた。机の金属部分にくっつけようよしていることから、幼児が磁石の性質を認識していることが分かった。「磁石を近づけると口を開閉するワニのおもちゃ」を工作した。完成後、そのおもちゃを使って磁石の引き合う力と反発する力を調べていた。この実験を通して、磁石の基本的な性質を体験した。A 保育園で磁石を使った簡単なマジックを披露したところ、ほとんどの幼児が「磁石」とつぶやいていた。このことから、この種が磁石であると考えていることが分かった。A 保育園での実践後の意見交換の中で、「マジックよりも、身のまわりのものを使った導入がよいのではないか」という意見があった。そこで、B 幼稚園では演示内容を変更した。

<展開例：A 保育園>

- ① 演示：磁石を使った簡単なマジックを見せる。
発問：「(マジックを見せた後) この秘密は何か分かりますか」など。
- ② 演示：ワニのおもちゃを使って、磁石の引き合う力と反発する力について演示実験を行う。
- ③ 体験：各自ワニの色塗りをする。
- ④ 体験：自分が色塗りをしたワニを使って、磁石の実験を行う。

<展開例：B 幼稚園>

- (①a) 演示：磁石を見せ、性質を質問する。
- (①b) 体験：磁石を全員に配り、教室の中で磁石に付くものを探す。

- (①c) 体験：アルミ缶やスチール缶，ペットボトルなどを配布し，磁石に付くものと付かないものに分ける．

3.3.3 「紙を使ったヒトの体から出る水分の実験」実施の意図と概要

自分の体をじっくり観察する機会は少ない．体を使った科学体験は，幼児が簡単に体験でき，自らの体の不思議を感じられる内容である．手の平の上に置いたトレーシングペーパーが曲がっていく様子を観察することで，体のいろいろな部分から水蒸気が出ていることを知る実験である．幼児には「水蒸気」という語は難しいので，「見えない水」という表現を用いた．幼児が楽しく実験できるように，予めトレーシングペーパー1枚だけスプーンやイカの絵を描いておいた．

<展開例>

- ① 体験：息をかけて紙が曲がる様子を観察する．
- ② 体験：紙を手の上に乗せ曲がる様子を観察する．

<発問例>「手の平の上に紙を置いて，曲がれって言うてみよう」など．

- ③ 体験：紙を体のいろいろな部分に置いて，紙が曲がる様子を観察する．
- ④ 体験：曲がっていくと面白いと感じるものを白紙の紙に描き，自分で実験を行う．
- ⑤ それぞれが描いた内容を発表する．

3.3.4 「大気圧の実験」実施の意図と概要

幼児が空気の存在を感じることは少ないだろう．「大気圧の実験」は，予想しながら実験を見ていく科学体験である．まず，下敷きが大気圧の力で水が入った広口瓶から離れない様子を見せる．この力が大きいことを実感させるために，吸盤付きのフックを下敷きに付け数本の水入りペットボトルを持ち上げてみせる．このように大気圧を実感できる現象を順次演示した．

<展開案>

- ① 演示：水が入った瓶に下敷きで蓋をして瓶を逆さにし，下敷きから手を離しても下敷きが落ちないことを見せる．

発問：「瓶に下敷きで蓋をして逆さにして，手を離すとどうなりますか」など．

- ② 演示：下敷きにフックをつけ，水入りペットボトルを数本ぶら下げて，ペットボトルを持ち上げることができる様子を見せる．

発問：「ペットボトルは何本まで持ち上げられますか」など。

3.4 プログラムの実践

各園での科学体験の内容と時間を表 5-9 に示した。4 つの演目の実施効果を比較評価するため、全演目を実施した。A 保育園では保育士と相談の上、全実施時間を幼児の集中の限界 60 分程度に設定した。B 幼稚園では「浮き沈み」に対して幼児の反応が良かったため、予想を聞く時間が長くなった。そこで、その後のプログラム内容を一部省略した。省略内容は表 5-9 に示す。「磁石」の部分は、B 保育園では演示実験を見せるにとどめた。4 歳児に対しては、「体からでる水分」では、自分の好きな絵を描いて発表する部分を省略した。A 保育園（5 歳児）でも、「体からでる水分」の発表部分を省略した。

3.5 結果の分析

3.5.1 幼児の活動の評価

当日はプログラムの評価のため、参加したメンバーは次の通りである。

A 保育園：当該保育園長，保育士 4 名，福井市内保育園長 1 名，教員養成系大学教授 1 名，学部生 3 名，科学館職員 2 名

B 幼稚園：当該幼稚園長 1 名，保育士 2 名，教員養成系大学教授 1 名，院生 1 名，学部生 2 名

参観者が幼児の観察結果を記述してもらった。その内容結果を表 5-10 に示す。観察結果の内容は、「幼児の実態」「幼児に対する講師の態度」「他の活動との関連」「生活との関連」

表 5-9 実践内容と時間配分

内容	A 保育園 (5 歳児)	B 幼稚園 (5 歳児)	B 幼稚園 (4 歳児)
大気圧	10 分	9 分	10 分
浮き沈み	10 分	17 分	19 分
体から出る水	13 分 (⑤を省略)	22 分	5 分 (④⑤を省略)
磁石	23 分	6 分 (②③④省略)	12 分 (②③④省略)
合計	56 分	54 分	46 分

〇 内は省略した内容

表 5-10 参観者の観察結果の記述内容の分類

<p>1 幼児の実態</p> <p>a 幼児の様子</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験器具が子供たちに1セットずつあったため1人ずつ体験することができた。 ・遊びに自分でアレンジを加えていた。 ・1時間という長時間であったが子供たちが集中していた。 ・不思議という気持ちから集中力と期待が高まるのを感じた。 ・磁石は玩具に多く用いられているので、各自予想しながら結果を楽しんでいた。 <p>b 幼児の言葉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・子供たちはどの実験にも興味津々で、「なんで？」という声がよく聞こえていた。 ・紙の実験で「まがれ」の後、「もどれ」と言っている子がいた。 ・実験（演示実験）が進むにつれて「〇〇やってみて」などの発話が多くなった。 ・子供たちが実際にやってみた時の驚きの声が大きかった。 <p>c 幼児同士の様子</p> <ul style="list-style-type: none"> ・磁石が逃げたり縦にくっついたり隣の子を見て真似してどんどん広まっていった。 ・子供なりに仮説を立てて友達と話し合う機会になっていて、実験に取り組みながら人間関係や言葉、表現力なども育っているようであった。 ・グループ内で意見を共有している姿が見られた。 <p>2 講師の幼児への働きかけ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・話しながら動作を行うときでも幼児はよく見ている。怖い怖いなどドキドキ感がよかった。 ・「まがれ」という言葉かけは夢があってよかった。 <p>3 付帯活動の導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・色塗りなど子どもたちが好きな活動が取り入れられていた。 <p>4 生活との関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浮き沈みの実験は、普段のお風呂などで目にしている玩具と関連づけられていた。 ・身近なもので浮き沈みを比べたので分かりやすかった。 <p>5 その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入が簡単な実験で幼児が興味を持っていてよかった。 ・興味深いけど、理論が理解できない実験もあった。 ・戸外遊びをしながら自然から多くのことを学んでいるが、それを理論づけて考えられるように科学教育が重要であることを感じた。 ・テレビや科学館等でサイエンスショーや実験を見た経験がある幼児も何名かいたが、すぐ実験に引き込まれていた。 ・幼児期ならではの創造力あふれる考えを引き出すために時間に縛られていない今だからこそできることを、たくさん体験させてあげたいと思いながら拝見させていただいた。 ・子どもなりに仮説を立てて友達と話し合う機会をつくり、科学しながら人間関係や言葉・表現力なども育んでいけると良いと思いました。
--

に分類できる。幼児の実態はさらに、「幼児の様子」「幼児の言葉」「幼児同士の様子」「幼児の変化」に分類した。以下分類の結果である。

(1) 分類 1-a 「幼児の様子」

科学体験中、幼児たちは実験活動に集中していた。「浮き沈みの実験」では、ほぼ全員が挙手して予想したあと（予想を確認するために）演示実験を見ていた。「磁石」の実験では各自が予想しながら結果を楽しんでいた。これらの活動は、実施者のねらいに沿った行動である。「磁石」や「体から出る水」の実験のように自分たちで作業しながら体験する場面では、各班の中で幼児が相談しながら実験をアレンジしていた。このことから、今回の題材は発達段階に適合していたものと判断できる。

(2) 分類 1-b 「幼児の言葉」

幼児の言葉として、

- ① 「なんで？」と不思議がる声を出す
- ② 声を出しながら実験する
- ③ 自分で実験してみて驚きの声を上げる

などの様子がみられた。表 5-11 に各実験の際のプロトコルの中から重要と判断したものを抜粋したものを示す。幼児の素直な言葉が記録されている。それぞれの演目で、不思議

表 5-11 磁石,大気圧,体を使った実験のプロトコル抜粋

実験内容	講師の動き (講) 幼児の作業 (幼)	プロトコル抜粋
大気圧	(講) ペットボトルを増やす時	「こわっ」「あー落ちる」「なんで」「11本もやってみよう」
浮き沈み	(幼) 予想している時 (講) 野菜を半分に切った時 (講) 野菜を更に小さく切った時	「テレビで見たから」「お母さんの料理で見た」「大きいから」「長いから」 浮く理由: 「小さいから」「軽いから」 沈む理由: 「大きいから」「さっき沈んだから」「ピーマンみたいに中に穴があるわけではないから」 浮く理由: 「さっきは半分の半分で沈んだけど、今度はもっと小さくなったから」 沈む理由: 「さっきからニンジン沈んでいるから」「何度切っても沈んでいるから」「ニンジンはニンジンだから」
体を使った実験	(幼) 紙を手に乗せたとき	「あっマジックや」「なんで曲がるの」「すごい」
磁石	(幼) 磁石同士の反発を見て (幼) 磁石がアルミ缶に付かない様子	「磁石がにげる」「磁石と磁石がけんかしている」 「ひっつかない」「素材が違う気がする」

がる声が聞かれた。自分で実験し、その結果を確認し、実験結果を仲間に伝えるために大きな声で話していた。以上の様子から、幼児が今回の実験内容に興味や関心をもちながら取り組んでいたことが分かる。B 幼稚園の 5 歳児は、「磁石同士の反発」を「磁石がけんかしている」と、自分の言葉で観察結果を表現していた。

(3) 分類 1-c 「幼児間の関係」

体験中に隣の子を見てまねしたり、友達と話し合ったりしていた。話し合いの内容は、不思議な思い隣の幼児に伝えたり、隣の子が動作を聞いたりするものである。「磁石」の体験では、磁石に付くか予想し、仮説を立てて話し合う様子や班で話し合う様子など、他の保育活動であまり観察されない姿に、担任を含む参観の保育士が感心していた。このことから、ここで用いた教材は幼児間のコミュニケーション誘引上有効に働いていることが分かる。

(4) 分類 2 「講師の幼児への働きかけ」

保育士によると、本講師が幼児に対する言葉遣いは保育士と違うことも多かったようである。プログラム実験後に、保育士の「幼児の気づきをクラスで共有しながら進めていた。」と語っている。実験中の幼児同士が実験を語っている様子から見取った姿である。講師は普段中学校の授業の様に、実験の中で考える場面を設定した。同様な流れで行ったことが、保育士にとっては目新しく新鮮に感じたようである。

(5) 分類 3 「付帯活動の導入」

科学教室に幼児が興味を持ってなくて途中で集中力が切れてしまうことを懸念した。その対策として、「体の水分」および「磁石」では、5 分程度で可能や色塗りやお絵かきの場面を準備した。実際には、幼児が科学体験に集中していたので、この場面を設定する必要はなかったようである。本科学教室では、色塗りやお絵かきに時間をとりすぎないために、絵を描き終わった幼児には、手の上でトレーシングペーパーが曲がる様子の観察や磁石の実験に取り組ませた。

(6) 分類 4 「生活との関連」

テーマの設定にあたって、幼児が生活の中で見られるもの、体験済みのものを選択した。

本実践に関して、保育士から違和感や内容が不適當といった否定的な意見はなかった。

(7) 分類5「その他」

保育士から「時間に縛られていない今だからこそできることを、たくさん体験させてあげたい」「科学しながら人間関係や言葉・表現力なども育ていけると良いと思いました」など、今後の取り組みを期待する意見もあった。保育士も幼児に対する科学教育の有効性を認識していることが分かった。

3.5.2 保護者アンケート及び事後の連絡帳の記載事項

本科学体験の対象者は4, 5歳児であるため、思ったことの文字での表現は難しい。幼児の活動の評価方法として、幼児の活動を参観し保護者のアンケート¹²⁵⁾やビデオによる画像記録¹²⁷⁾、保護者による幼児の聞き取りなどが報告されている。本研究では、参観者による幼児の観察と保護者の幼児からの聞き取りに関するアンケートをもとに科学体験の効果を評価した。科学体験当日、保護者にアンケート用紙を配布し、2週間程度以内に回収した。アンケートの回収率は、A保育園で91%、B幼稚園80%であった。A保育園は正月休み前に実践し、休み明けに回収した。そのため、保護者の休み中に実践直後の聞き取りができたことがアンケートの回収率が高くなった理由だと考えられる。A保育園での保護者アンケートには、幼児の普段の科学に対する関心の調査も含めた。科学体験教室後に回収した保護者アンケートの結果に保護者と保育士間の連絡帳から抜粋した内容を表5-12に示す。

アンケートの結果、A保育園では95%、B幼稚園では83%の幼児が、今回の実践について保護者に話をしていることが分かる。A保育園が高い理由は回収率と同様に、実施時期が年始年末の休暇に入る直前であったため、保護者も休暇中に幼児からゆっくり聞く時間があつたことが影響していると考えられる。

幼児が、「なぜ」「どうして」と聞くなど積極性が感じられる回答があつた。「身近な現象などに興味を持っている」と保護者が感じた幼児が76% (A保育園) であることと比較すると今回の実践に興味をもって話をすることができた幼児の割合は高い。

A保育園では、科学体験教室の翌日の連絡帳の中で、5名の保護者が特に要求していないのに記述していた。幼児が家庭で科学体験を積極的に話したことが分かる。少なくとも3人の幼児が浮き沈みの実験や磁石の実験を保護者の前で話したり、保護者に実験を実演

表 5-12 保護者による幼児の聞き取りと連絡帳の内容

<p>1 今回のワークショップについて家で話をしたか. A 保育園 はい 20名 いいえ 1名 B 幼稚園 はい 20名 いいえ 4名</p> <p>2 身近な現象に興味を持っていると感じる事があるか. はい 16人 いいえ 5人 (A 保育園のみ実施)</p> <p>3 アンケート, 連絡帳などを通じての感想</p> <ul style="list-style-type: none"> ・紙の実験と磁石の実験を, 説明しながら実際に見せてくれた. ・目をキラキラさせながら得意げになってくれた. ・紙の実験を「今から手品します」と言って見せてくれた. ・浮き沈みと磁石の実験がおもしろかったようで, 家に帰ると早速見せてくれた. ・磁石の実験を具体的に説明しながら見せてくれた. ・家で, いろいろな物に磁石をつけ, 付くか調べていた. (2) ・水に野菜を入れた話を何度もしてくれた. (4) ・手の上に置いた紙が曲がる実験をやってみせてくれた. (5)

(A 保育園 : $n = 21$ B 幼稚園: $n = 24$)

したりしていた。

B 幼稚園のアンケートでは, 「やってみた」「やってみたい」と話した幼児が 24 名中 14 名 (58%) であった。実験教室を通じて, 幼児がものによって浮くものや沈むものがあることや, 磁石同士が引きつけ合ったり反発したりする性質があるなどといった内容を理解していると考えられる。

3.6 幼児対象のサイエンスショーのまとめ

幼児に対するプログラムの開発, 実践の教育効果を検証した。その結果を示す。

- ① 科学体験中の「なぜ?」と不思議がる声や, 予想する様子などから小中学生と同様に楽しむ姿が見られた。このことから, サイエンスショー形での科学体験は, 幼児の身近な物理現象への気づき, 興味・関心の喚起に有効である。
- ② 実験結果を予想したり理由を言ったりするなど自分なりに考えている様子から, この科学体験は, 幼児が身の回りにさまざまな物質, 物体の存在に気づき, その性質の違いを自ら考える姿勢の育成に有効である。
- ③ 科学体験中に講師の問いかけに答える様子から, 身近な物理現象に気付き, 物質の性質の違いを考えていることがわかる。
- ④ 4つの内容が構成されるプログラムを通じて, 多くの物質・物体を触り, 実験に取り組

む姿を目にした。

- ⑤ 保護者に積極的に話をしたことから、幼児が自分の体験や思いを表現し、伝える題材となった。サイエンスショー形式の科学体験は幼児に自ら考えようとする気持ちを引き出し、学んだ喜びを人に伝えることによる学びの姿勢に導く上でも有効である。
- ⑥ 幼児同士で関わり合ったり、意見を言い合ったりするなど能動的な学びの姿が見られた。このことから今回の体験は幼児同士のコミュニケーション能力の育成にも役立つと考えられる。

以上の一連の結果は、いわゆる「アクティブ・ラーニング」の目指すものである。幼児の段階からアクティブ・ラーニング的な学びの姿勢を持つことで、その後の豊かな学びの姿勢を気付くことができるだろう。その点からも、今回の実践結果は有意義であった。

運営上の課題も明らかになった。園や年齢によって興味を持つ内容に違いがみられた。同じように実験しても時間が大きく変わる場合があった。B 幼稚園では、4 歳児と 5 歳児での体を使ったトレーシングペーパーの曲がり方の違いや、実験に対する反応の違いが見られた。事前の科学体験の有無や園や年齢による差意が、小中学生以上に大きい。

1 回の科学教室の中で、複数内容から構成されるプログラムを実施することで、各内容を飽きずに楽しめるようにできたと感じている。今回実施したプログラムを広く紹介することで、多くの保育所や幼稚園で、幼児に対する科学教育を普及させたい。

第6章 結論

1980年代後半から「理科離れ」という言葉が聞かれるようになった。この対策として1992年から始まり全国に広がった青少年のための科学の祭典や、1996年から文部科学省により取り組まれたSPP (Science Partnership Program) やSSH (Super Science High School) など様々な事業がある。学校が行う理科教育だけではなく、学校外の科学館や社会教育施設で様々な科学コミュニケーション活動が行われ、科学普及啓発活動が盛んになった。

2017年公示学習指導要領では、「知識・技能」「思考力・表現力・判断力等」「学びに向かう力・人間性」の3つの資質・能力の育成を目指して「主体的・対話的で深い学び(アクティブ・ラーニング)」の視点から「何を学ぶか」だけでなく「どのように学ぶか」も重視した授業改善を求めている。科学コミュニケーション素材を理科授業に用いることで、児童・生徒が興味・関心をもって授業に取り組むと考えている。この実践を通して、単元や題材など内容や時間のまとまりを見通して、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善(いわゆるアクティブ・ラーニングの視点に立った授業改善)を推進していく。

本研究では、科学コミュニケーション活動の中でも主に博物館・科学館職員や学校教員が実施する「サイエンスショー」や「科学教室」の実践成果を、理科授業に活用することを目的とした、科学コミュニケーションの手法の理科教育への導入方法とその効果を研究した。

- 1) 科学コミュニケーション活動経験が学校教員の理科教育活動に及ぼす影響
- 2) 科学コミュニケーション活動成果の授業への導入効果
- 3) 幼児に対する科学コミュニケーション活動に及ぼす理科教育の影響
- 4) 科学コミュニケーションを理科教育に導入するときの課題

本研究では、これらの課題に対して、実践とその評価を行った。研究成果を項目ごとにまとめる。

1 科学コミュニケーション活動経験が学校教員の理科教育活動に及ぼす影響

科学コミュニケーション活動の理科教育への影響の現状について検証した(第2章)。科学コミュニケーション経験のある一般理科教員に対するアンケートから、科学コミュニケーション経験が理科授業に及ぼす影響をまとめた。回答は、「教師の自己研鑽」「児童・

生徒の興味・関心・理解」に分類できる。科学コミュニケーション活動経験は、学習内容に対する興味・関心を高め、深い理解に導く効果がある。さらに、教材開発、授業、実験のアイデアを生み出すことで、児童・生徒の興味・関心を引き出す工夫にも繋がっている。授業で使用される科学コミュニケーション由来の教材は、科学コミュニケーション活動で必要な予備知識の多様な観客に対する段階的理解に導く工夫が反映されていることが多いものと考えられる。それが、児童・生徒の興味・関心を喚起し、理解を促進するものとなるだろう。

以上のように、科学コミュニケーション経験は、理科教員の自己研鑽効果とともに、児童・生徒の興味・関心を高める魅力を持つ素材が多いことを確認できた。

2 科学コミュニケーション活動成果の授業への導入効果

① 科学コミュニケーション開発素材の「導入教材」としての有効性

科学コミュニケーション素材の中学校理科授業での効果的使用法を検討した。中学1年生「光の世界」の「レンズ学習」の単元で、科学コミュニケーション活動での使用素材を基に開発した教材を、光の単元のレンズ学習の授業で学習内容のイメージを把握させるための「導入教材」として使用したときの実施効果を評価した（第3章）。さらに、中学2年生「電流の世界」の「回路学習」単元で、科学コミュニケーション由来のカードゲーム教材「回路の達人」を「導入教材」として使用した授業でその有効性を評価した（第4章）。

導入教材は、次節で述べるような「複数回数使用による段階的理解」をはかることによって、有効活用できることを示した。

② 同一教材複数回使用による段階的理解の有効性

簡易光学実験セットを用いた授業（第3章）では、「段階的理解」に導くことを試みた。最初に個人で実験し、レンズやスクリーンを使用した実験でレンズの性質やスクリーンに像を映す操作に慣れる。次にペアをつくり、実像を結像する実験の中で「レンズと光源装置」「レンズとスクリーンの距離」と実像の大きさの関係を試行錯誤で探る。2ペアが合体した4人からなるグループで、更に結像する条件を探っていく。その成果を発表後、さらにグループで実験する。このように段階的に実験することで、全生徒が簡易光学実験セットを用い実験を経験できる。ほとんどのグループで4人全員が協力していたことから、開発教材を使用した段階的理解の試みは、導入教材としての効果であるものと判断できる。

カードゲーム教材を使用した授業（第4章）では、カードゲームに慣れるためのゲームを実施後、カードを使って回路を作成する。次に電流の実験装置を使用して実際の回路を作成した。このとき、従来のようにグループ内の一部の生徒のみが実施するのではなく、特に指示をせずともグループ全員が協力して回路を組み立てていた。カードゲームから実物へと段階的に学習を進めることで、電気回路を組むことを恐れずに、興味を持ちながら回路を組み立てられるようになった。

このように、同じ実験装置を用い「個人→ペア→グループ」と学習形態を変化させる学習や、カードゲーム教材を用いた「複数ルールでのゲーム」で学習内容に慣れたあとの「実験装置を用いた学習」のように、段階的理解を深める授業が生徒の理解促進に有効であることが明らかになった。

3 幼児に対する科学コミュニケーション活動に及ぼす理科教育の影響

① 幼児対象科学教室での幼児の反応評価法の開発と検証

ものの浮き沈みの実践（第5章）を通じて、幼児の物理的現象に対する反応を評価した。浮き沈みの実践では、幼児がいろいろな実験を体験し、予想する場面を取り入れた。評価として従来実施されていた「参観者の見取り」「プロトコル（幼児の発言）」に加えて、「幼児の描いた絵」「連絡帳」「実践を見ていない保護者の聞き取りアンケート」を用いた幼児の反応の分析を試みた。

科学館、保育園、幼稚園で科学教室を実施したが、それぞれの場所で幼児は科学プログラムを楽しむだけでなく、思考・理解の過程も確認できた。幼児が浮き沈みの現象や実験に興味を持ち、ある程度現象を理解するために、科学用語を知る必要はないことを確認した。保護者アンケートと幼児の絵を併用した評価によって、幼児が科学教室に興味をもったことを確認できた。結果の予想と実験による確認を繰り返すことによる「段階的実験」に対して、前の実験結果を反映して予想する「科学的思考」をしている幼児もいることが分かった。

実施後、保育士の取り組みにも変容がみられたことがアンケート結果から分かった。保育士が科学を意識した言葉掛けや内容に取り組むようになった。

本実践の中で、著者は幼児が描いた絵を使った活動分析を考案し、その有効性を示した。保護者アンケートと絵の内容などを有効に組み合わせた分析方法やそれらの有効性については、今後もさらなる研究を続けていく必要がある。

② 幼児に対するサイエンスショーの幼児の反応

科学に関する原体験となる幼児期の自然体験は以前に比べて減少してきている。その体験不足を補い、小学校以降の理科教育に有効となる科学体験を探る必要性を感じている。具体的な体験効果調査のため、幼児に対する科学教育を実践し、その効果を評価した。

幼児が物理現象と触れ合える形で実施したサイエンスショー形式の科学教室（第5章）での幼児の反応を調査した。サイエンスショー形式で、「ものの浮き沈み」「大気圧」「磁石」「ヒトの体」の4つの内容を組み合わせたプログラムを実施した。幼児が多く物質・物体を触り、実験に取り組む姿を目にすることができた。このように多くの内容をまとめて実施できることはサイエンスショー形式の利点である。興味に移りやすい幼児であっても、次々と展開される多くの実験に対して興味を持ち続けることができた。

幼児に対する実践活動効果は、「保護者による聞き取り」「保護者アンケート」「参観者の見取り」をもとに評価した。保護者アンケートでは、幼児が保護者に積極的にサイエンスショーの内容を話していた。このことから、科学体験は、幼児が自分の体験や思いを保護者など他者に表現して伝える題材となることがわかる。そのことが、幼児が自ら考えようとする気持ちを喚起することが期待される。この観点からもこのような科学体験は重要であると考えた。グループ活動の中で、幼児同士で関わり合ったり、意見を言い合ったりするなど能動的学びの姿が見られた。このような科学体験は幼児同士や幼児と保護者の間のコミュニケーションを促すことがわかった。このこと自体が、幼児のコミュニケーション能力の育成にもつながるものと期待している。以上の過程は、いわゆる「アクティブ・ラーニング」の要素がつまっている。小学校以降の学習姿勢を「主体的・対話的で深い学び」に導くための方法を考える上で示唆に深い実践であったと考えている。

4 科学コミュニケーションを理科教育に導入するときの課題

児童・生徒は、テレビを視聴したり、や科学館などで科学体験を行ったりして、実験や体験を楽しんでいるが、この体験と理科授業が結びついていない。本研究により、科学コミュニケーションの素材を理科授業向けに改良することで、教材として活用し、幼児・児童・生徒が興味・関心をもって授業に取り組み、主体的に学び、対話したり、深く考えたりする姿を見ることができた。

幼児教育の科学教育を通じて、主体的・対話的で深い学びの芽がすでに幼児の段階で形

成できることが明らかになった。さらに、中学校で段階的理解をするための具体例を挙げることができた。理解だけではなく、作業的なものについても段階的に行っていくことの有効性と、試行錯誤の結果をグループだけではなく、他のグループの成果や失敗経験を共有しながら学んでいくという手法については、本研究の実践の中で共通している。

科学コミュニケーションを経験した教員は増加している。しかし、多くの多忙な教員は、科学コミュニケーション経験を理科授業に十分に活かしているとは言えない。科学コミュニケーション経験が教員の自己研鑽に繋がり教員研修としての役割を果たすことを示すことで、より多くの教員が科学コミュニケーションを活用した理科授業に取り組んでいく。今後さらに、実践例を増やしていくと同時に論文や教員研修を通じて、普及を図りたいと考えている。

以上、本研究では、科学コミュニケーション活動の中でも主に博物館・科学館職員や学校教員が実施する「サイエンスショー」や「科学教室」など科学コミュニケーション手法の実践成果の理科教育への導入方法とその効果を示した。この中で、科学コミュニケーション活動経験が学校教員の理科教育活動に及ぼす影響を示した。そして、科学コミュニケーション活動成果の幼児の科学教育や中学校理科授業への導入効果を示した。

更に理科教育を取り巻く課題や状況を見据えながら、実践研究を継続し、理科教育の充実に取り組んでいきたい。

謝辞

3年間にわたる川村研究室での研究に当たり、指導教授の川村康文先生、副査の先生方、研究室の皆様には大変お世話になりました。

本研究を進めるにあたり、東京理科大学教授川村康文氏に多大なるご指導を頂きました。心より感謝申し上げます。川村康文氏には、研究の方向性のご指導、初歩的なアンケート調査方法や、教育統計、論文作成の指導にいたるまで、貴重なお時間を割いていただきご指導して頂きました。指導のおかげでこの博士論文をまとめることができました。多岐に渡り、科学教育の研究方法について多くのことを学ばせて頂きました。お礼申し上げます。

副査をお引き受けいただいた井上正之氏、武村政春氏、松田良一氏、西尾太一郎氏には、お忙しい時間の中、拙文をご指導頂きました。感謝申し上げます。福井大学教授葛生伸氏には、博士課程入学以前より指導頂き、研究上のご指導と温かい励ましの言葉をかけていただきました。研究に足りない部分があれば優しく指摘していただくなど、研究の模範を示してくださり、多くのことを学ばせていただきました。感謝申し上げます。

福井大学、福井大学修士課程在籍時から指導して頂いた福井大学・仁愛大学名誉教授伊佐公男氏、元福井大学教授中田隆二氏、福井大学教授浅原雅浩氏には、陰に陽に励ましの言葉とお気遣い頂いたことを励みに、論文提出まで到達することができました。感謝申し上げます。

教育実践を協力して進めた、黒部市立高志野中学校教諭新村宏樹氏、鯖江市立王子保小学校本谷匠氏など現職の先生方からも様々なアドバイスを頂きました。お礼申し上げます。

これまでサイエンスショーや実験教室などを依頼していただき、様々な形で実験の機会を与えていただいた公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館稲垣裕介氏、北陸電力エネルギー科学館永田寿春氏をはじめ各地の科学館でお世話になった担当者の方々にも感謝申し上げます。

勤務先の諸先生方をはじめ中教研坂井地区理科部会や福井県内の理科の先生方には、温かい励ましの言葉を頂きました。感謝申し上げます。本論文の作成にあたり、投稿論文の査読をしていただき、的確にご指導いただいた諸氏に感謝いたします。

最後に、本研究のために励ましてくれた家人には、言葉にはできない感謝の意を表します。

主論文を構成する学術論文と関連する学会発表

本博士論文は、以下の学術論文と学会発表をもとに内容を再構成した。

主論文を構成する学術論文

1. 中学校理科におけるレンズ学習を補助する教材の開発とその評価
月僧秀弥, 川村康文, 新村宏樹, 浅原雅浩, 葛生伸
科学教育研究 第43巻 第2号 pp. 205-214 (2019年6月)
2. カードゲーム教材「回路の達人」の実践とその評価
月僧秀弥, 本谷匠, 浅原雅浩, 川村康文
応用物理教育 第43巻 第1号 pp. 7-16 (2019年6月)
3. 幼児向け科学教育プログラムの開発とその評価の試みーものの浮き沈みに関する実験を例としてー
月僧秀弥, 稲垣裕介, 早武真理子, 伊佐公男, 葛生伸, 浅原雅浩
科学教育研究 第40号 第4号 pp. 325-333 (2016年12月)
4. サイエンスショー形式による幼児に対する科学コミュニケーション
月僧秀弥, 川村康文, 稲垣裕介, 浅原雅浩
応用物理教育 第42巻 第2号 pp. 85-92 (2018年12月)

本博士論文に関連するおもな学会発表

1. カードゲーム「回路の達人」の開発とその教材化
月僧秀弥, 浅原雅浩, 本谷匠, 松本拓也, 西行大志, 三好雅也, 西沢徹, 大山利夫,
第 12 回エネルギー環境教育学会全国大会 (美浜町エネルギー環境教育体験館「きいば
す」), 平成 29 年 8 月 19 日
2. 「主体的・対話的な学び」に繋がるレンズ学習教材の開発と活用
月僧秀弥, 川村康文, 新村宏樹, 葛生伸
第 28 回物理教育に関するシンポジウム～生徒・学生の自主性を引き出すための科学技
術教育～: 主催・公益社団法人応用物理学会応用物理教育分科会 (ワークプラザ岐阜),
平成 29 年 11 月 4 日
3. 中学校理科の教科書における科学コミュニケーションの影響～平成 27 年度検定教科書の
分析から～
月僧秀弥, 川村康文, 浅原雅浩
日本理科教育学会北陸支部大会 (上越教育大学), 平成 29 年 11 月 17 日
4. 小学校におけるサイエンスショーの評価に関する一考察～空気の実験を題材として～
月僧秀弥, 川村康文, 浅原雅浩, 新村宏樹, 葛生伸
第 68 回日本理科教育学会全国大会 (岩手大学上田キャンパス), 平成 30 年 8 月 4 日
5. サイエンス・コミュニケーションの経験が理科授業に与える影響
月僧秀弥, 川村康文, 浅原雅浩, 新村宏樹, 葛生伸
第 69 回日本理科教育学会全国大会 (静岡大学静岡キャンパス), 令和元年 9 月 22 日

引用文献・参考文献

- 1) NPO 法人ガリレオ工房ホームページ (最終確認日 2019 年 11 月 14 日).
<https://www.galileo-sci.org/>
- 2) サイエンス E ネットホームページ (最終確認日 2019 年 11 月 14 日).
www2.hamajima.co.jp/~elegance/se-net/
- 3) 岐阜物理サークルホームページ (最終確認日 2019 年 11 月 14 日).
<http://www.straycats.net/>
- 4) 滝川洋二・吉村利明編著：ガリレオ工房の身近な道具で大実験，大月書店，1997.
- 5) 川村康文編著：サイエンス E ネットの楽しく分かる理科大実験，かもがわ出版，2004.
- 6) 壇上慎二・オンライン自然科学教育ネットワーク：ふしぎ体感、科学実験，講談社，1999.
- 7) 岐阜物理サークル (のらねこ学会)：のらねこ先生の科学で行こう！科学雑伎団サイエンスライブショー，日本評論社，2005.
- 8) 月僧秀弥，葛生伸：参加者が実験・工作を行う音のサイエンスショー，応用物理教育，第 31 巻，2 号，pp. 13-18，2007.
- 9) 月僧秀弥：科学館におけるサイエンスショー，応用物理教育，第 28 巻，1 号，pp. 141-143，2004.
- 10) 月僧秀弥，葛生伸：中学校理科授業におけるサイエンスショーの活用と実践に関する研究，応用物理教育，第 31 巻，2 号，pp. 27-32，2007.
- 11) 月僧秀弥，葛生伸：中学校における交流学习に役立つ「手回し交流発電機」手のひら発電機の開発，応用物理教育，第 34 巻，2 号，pp. 47-52，2010.
- 12) 月僧秀弥，葛生伸：サイエンスショーの要素を取り入れた理科授業－電流分野の実験教材の開発と活用－，エネルギー環境教育研究，第 4 巻，第 2 号，pp. 11-17，2010.
- 13) 月僧秀弥，川村康文，浅原雅浩：科学コミュニケーション活動を活用した中学校理科教員研修－教材研究からはじまる主体的・対話的で深い学び－，福井大学教育実践研究，第 42 号，pp. 105-112，2017.
- 14) 月僧秀弥，西沢徹，三崎光昭，浅原雅浩：中学生へのサイエンス・コミュニケーション活動を活用する次世代 C S T 養成支援，応用物理教育，第 42 巻，2 号，pp. 107-113，2016.
- 15) 浅原雅浩，月僧秀弥，本谷匠，甲斐和浩，西沢徹：地域と連携した小学校理科の啓発支援～わくわく理科ランドの実践を通じて～，福井大学初等教育研究，第 1 号，pp.

- 103-109, 2015.
- 16) 月僧秀弥, 稲垣裕介, 早武真理子, 新村宏樹, 浅原雅浩: 幼児向け科学教育プログラムの開発とその評価の試み—スポート遊びを題材として—, 福井大学教育実践研究, 第41号, pp. 113-119, 2016.
- 17) 文部科学省: 平成5年度版科学技術白書, 1993.
- 18) SPP: 国立研究開発法人科学技術振興機構 HP (最終確認日 2018年1月21日), 本事業は2007年~2014年に実施された.
<https://www.jst.go.jp/cpse/spp/index.html>
- 19) SSH: 国立研究開発法人科学技術振興機構 HP (最終確認日 2018年1月21日).
www.jst.go.jp/cpse/ssh/
- 20) 藤垣裕子・廣野喜幸: 日本における科学コミュニケーションの歴史, 科学コミュニケーション論, 東京大学出版会, pp. 39-61, 2008.
- 21) 長沼祥太郎: 理科離れの動向に関する一考察—実態および原因に焦点を当てて—, 科学教育研究, Vol.39, No.2, pp. 114-123, 2015.
- 22) 全国的な学力調査 (全国学力・学習状況調査等): 文部科学省 HP (最終確認日 2019年8月13日).
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/1344324.htm
- 23) 国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2015) のポイント: 文部科学省 HP (最終確認日 2019年8月13日).
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2016/12/27/1379931_1_1.pdf
- 24) OECD 生徒の学習到達調査 (PISA2018) のポイント: 国立教育政策研究所 HP (最終確認日 2020年1月13日).
https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/01_point.pdf
- 25) OECD 生徒の学習到達調査 (PISA2015) のポイント: 国立教育政策研究所 HP (最終確認日 2019年8月13日).
https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/01_point.pdf
- 26) 文部省 審議会答申等 (21世紀を展望した我が国の教育の在り方について (第一次答申)) (最終確認日 2019年8月8日).
HP: http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chuuou/toushin/960701.htm

- 27) 「青少年のための科学の祭典」実行委員会：「青少年のための科学の祭典」ガイドブック，1992.
- 28) NPO 法人ガリレオ工房・(財) 日本科学技術振興財団・科学技術館・NPO法人理科カリキュラムを考える会：市民による科学技術リテラシー向上維持のための基礎研究報告書，2008.
- 29) 林衛・加藤和人・佐倉統：なぜいま「科学コミュニケーション」なのか？，遺伝 59 巻，1 号，pp. 30-34，2005.
- 30) 小川義和：今後の科学教育について～サイエンスコミュニケーションの教育的意義を考える～，科学教育研究，41 巻，1 号，pp. 9-10，2017.
- 31) S.M. Stockmayer, M.M. Gore, C. Bryant, eds., “Science Communication in Theory and Practice”, Kluwer Academic Publishers (2001)：佐々木勝浩ほか訳，「サイエンス・コミュニケーションー科学を伝える人の理論と実践ー」，丸善プラネット株式会社，2003.
- 32) 縣秀彦：サイエンスコミュニケーション，日本物理学会誌 Vol.69, No.9, pp. 644-646，2014.
- 33) 国立研究開発法人科学技術振興機構科学コミュニケーションセンター：科学コミュニケーションの新たな展開，2013.
- 34) 渡辺政隆：サイエンスコミュニケーション 2.0 へ，日本サイエンスコミュニケーション協会誌 Vol.1, No.1, pp. 6-11，2012.
- 35) 水沢光：英国における科学コミュニケーションの歴史，科学コミュニケーション論，東京大学出版会，pp. 3-20，2008.
- 36) Michael Faraday, 三石巖訳：ロウソクの科学，角川書店，1962.
- 37) 川崎寿則：日立サイエンスショーフェスティバルーサイエンスショー担当者の情報交換と研修の取り組みー，全国科学博物館協議会 HP (最終確認日 2019 年 10 月 27 日).
<http://jcs.jp/wp-content/uploads/presentation/23case11.pdf>
- 38) 科学技術・理科大好きプラン：文部科学省 HP (最終確認日 2019 年 8 月 13 日).
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryu/attach/1335656.htm
- 39) リフレッシュ理科教室：応用物理学会 HP (最終確認日 2019 年 8 月 13 日).
<https://www.jsap.or.jp/refresh>
- 40) 理科支援員配置事業：国立研究開発法人科学技術振興機構 HP：(最終確認日 2019 年

8月13日)

<https://www.jst.go.jp/cpse/scot/>

- 41) 理数系教員 (コア・サイエンス・ティーチャー) 養成拠点構築プログラム : 国立研究開発法人科学技術振興機構 HP (最終確認日 2019年8月13日).

<https://www.jst.go.jp/cpse/cst/index.html>

- 42) 日本科学未来館 HP (最終確認日 2019年8月13日).

<https://www.miraikan.jst.go.jp/aboutus/construction/>

- 43) 全国科学館連携協議会 HP (最終確認日 2019年8月13日).

<http://jasma.sc/index.php>

- 44) 物理チャレンジ HP (最終確認日 2019年8月13日).

<http://www.jpho.jp/>

- 45) 化学グランプリ HP (最終確認日 2019年8月13日).

<http://gp.csj.jp/index.html>

- 46) 日本生物学オリンピック HP (最終確認日 2019年8月13日).

<http://www.jbo-info.jp/>

- 47) 日本地学オリンピック HP (最終確認日 2019年8月13日).

<http://jeso.jp/index.html>

- 48) 石井恭子・油谷泉・小島敏弘・葛生伸 : 科学的探求を競う中高生のイベント「ふくい理数グランプリ」, 応用物理教育, 第33巻2号, pp. 75-80, 2009.

- 49) 葛生伸・三浦伸広・鳥山治道・平井良樹・中村勇規・油谷泉 : 中高生を対象として理数探究コンテスト「ふくい理数グランプリ」—高等学校物理部門を中心として—, 応用物理教育, 第35巻1号, pp. 39-44, 2011.

- 50) 科学の甲子園 HP (最終確認日 2019年8月13日).

<https://koushien.jst.go.jp/koushien/>

- 51) 科学の甲子園ジュニア HP (最終確認日 2019年8月13日).

<https://koushien.jst.go.jp/koushien-Jr/>

- 52) 廣野喜幸 : 科学コミュニケーション, 科学コミュニケーション論, 東京大学出版会, pp. 65-91, 2008.

- 53) 桃井直美, 池田泰江, 棚橋正臣 : 20周年を迎えた「青少年のための科学の祭典」, 科学技術館学芸紀要, Vol.5, pp. 1-6, 2011.

- 54) 稲垣裕介：青少年のための科学の祭典，科学技術館学芸活動紀要，Vol.3，pp. 65-68，2009.
- 55) 後藤道夫：子供にウケる科学手品 77—簡単にできてインパクトがすごい—，講談社，1998.
- 56) 田原聖隆・藤井千陽・津田祥子・水野建樹：環境教育のためのカードゲームの作成，第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集，pp. 176-177，2010.
- 57) 山下健一郎・斉藤純・渡邊聡・鳥羽敏二・加藤雅・竹本泰敏：対戦型電気回路計算カードゲームの開発，平成23年度工学教育研究講演会講演論文集，pp. 604-605，2011.
- 58) 三好雅也・浅原雅浩・大山利夫・葛野剛司・佐々木直広：火成岩カードの開発と中学校理科授業における活用，福井大学教育実践研究第41号，pp. 27-25，2016.
- 59) 海老崎功：「サイエンスショーと理科教育の関わり」，京都教育大学大学院修士論文，2006.
- 60) 大島まり：出張授業にみる科学コミュニケーション，科学コミュニケーション論，東京大学出版会，pp. 145-157，2008.
- 61) 中山迅・山口悦司・里岡亜紀：サイエンス・コミュニケーターとしての力量向上が中学校理科教師としての力量向上に与える効果についての事例研究，科学教育研究，Vol.34，No.2，pp. 220-236，2010.
- 62) 里岡亜紀・中山迅・山口悦司・伊東嘉宏・串間研之・末吉豊文：宮崎県立総合科学館と連携した中学校における干潟の理科学習，科学教育研究，Vol. 28，No. 2，pp. 122-131，2004.
- 63) 鈴木真理子・都築章子：フォーマルな教育とインフォーマルな教育のネットワーク—生涯にわたる科学の学びに向けて—，科学教育研究 Vol. 37，No.1，pp. 61-64，2013.
- 64) 福岡辰彦：〈学校外の科学教育の場〉の研究，2005年度上越教育大学修士論文，2006.
- 65) 国立大学法人福井大学教育地域科学部 浅原雅浩・西沢徹・月僧秀弥・細江悦雄編集：小中学校理科教育支援のための中核的教員養成・支援に関する実証研究報告書，2016.
- 66) 文部科学省：幼稚園指導要領，2017（2019年9月28日確認）。
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/09/19/1384661_3_2.pdf
- 67) 厚生労働省編：保育所保育指針解説書，2018（2019年9月28日確認）。

<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11900000-Koyoukintoujidoukateikyoku/0000202211.pdf>

- 68) 文部科学省：小学校学習指導要領，2017（2019年9月28日確認）。
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/09/26/1413522_001.pdf
- 69) 文部科学省：中学校学習指導要領，2017（2019年9月28日確認）。
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/09/26/1413522_002.pdf
- 70) 中央教育審議会：学習指導要領の改善のための答申，2016（2019年10月3日確認）。
www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf
- 71) 佐々木勝浩：サイエンスコミュニケーションーサイエンスプレゼンテーションの原理と実際ー，科学プロデューサー入門講座，科学成果普及機構出版，pp. 103-116，2012。
- 72) 川村康文：エネルギー環境教育のためのサイエンス・ライブ・ショーー温暖化星人から地球をまもる宇宙船につぼん号のたたかいー，エネルギー環境教育研究，Vol.2, No.2, pp. 41-47，2008。
- 73) 斉藤吉彦：サイエンスショー「風のうらわざ」実施報告書，大阪市立科学館研究報告 15，pp. 189-195，2005。
- 74) 小野昌弘：サイエンスショー「空気パワー」実施報告書，大阪市立科学館研究報告 21（最終確認日令和元年9月29日）。
<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~nozo/publication/pb21-079.pdf>
- 75) 藤本光章：サイエンスショー「なぜ鉄の船は浮かぶのかー浮力の不思議な実験ー」実施報告書，愛媛総合科学博物館研究報告，No19，pp. 57-64，2014。
- 76) 海老崎功：スペシャリスト直伝中学校理科授業成功の極意，明治図書出版，2012。
- 77) 岡村定矩ほか50名：新編新しい科学1年，東京書籍，2015。
- 78) 岡村定矩ほか50名：新編新しい科学2年，東京書籍，2015。
- 79) 小林俊行：第2学年第1分野の基本的な考え方と内容ー何を，どのように学び，何ができるようになるかー，理科の教育，Vol.66，pp. 28-31，2017。
- 80) 文部科学省：学習指導要領解説理科編，大日本図書，2008。
- 81) 内海志典：中学校理科の教科書における日常生活や社会との関連の取り扱いに関する

- 研究—中学校3年の物理領域を事例として—, 理科教育学研究, 第56巻, 第3号, pp. 299-307, 2015.
- 82) 都築章子・鈴木真理子: 高等教育での科学技術コミュニケーション関連実践についての一考察, 京都大学高等教育研究 15号, pp. 27-36, 2009.
- 83) 加藤俊英・標葉靖子: 科学コミュニケーション入門としての大学公開講座の可能性: 「高校生のための金曜特別講座」参加者のセグメンテーション分析, 科学技術コミュニケーション, 19号, pp. 19-29, 2016.
- 84) 川村康文: サボニウス型風力発電器を作って風力発電をしよう, 理科の教育, Vol.51, No.5, pp. 61-63, 2002.
- 85) 月僧秀弥: 交流発電機「手のひら発電機」, 応用物理教育, 第36巻2号, pp. 11-14, 2012.
- 86) 月僧秀弥: 簡単にできる「手回し発電機」の開発と交流電流の学習, 平成22年度東レ理科教育賞受賞作品集第42回, pp. 1-6, 2011.
- 87) 松村浩一: 弁当パックで立体模型, 青少年のための科学の祭典2002 全国大会実験解説集, p. 140, 2002.
- 88) 松森弘治: 地震の立体震源分布モデルを作ろう, サイエンスEネットの楽しくわかる大実験, pp. 48-53, 2004.
- 89) 堀真季子・早川由紀夫: 弁当パック立体模型を使った授業実践, 群馬大学教育実践研究 22, pp. 57-66, 2005.
- 90) 有馬朗人・小林誠ほか61名: 『新版理科の世界1』, 大日本図書出版社, 2015.
- 91) 有馬朗人・小林誠ほか61名: 『新版理科の世界2』, 大日本図書出版社, 2015.
- 92) 有馬朗人・小林誠ほか61名: 『新版理科の世界3』, 大日本図書出版社, 2015.
- 93) 霜田光一, 森本信也ほか28名: 『中学校科学1』, 学校図書株式会社, 2015.
- 94) 霜田光一, 森本信也ほか28名: 『中学校科学2』, 学校図書株式会社, 2015.
- 95) 霜田光一, 森本信也ほか28名: 『中学校科学3』, 学校図書株式会社, 2015.
- 96) 細矢治夫・養老孟司ほか29名: 『自然の探究中学校理科1』, 教育出版社, 2015.
- 97) 細矢治夫・養老孟司ほか29名: 『自然の探究中学校理科2』, 教育出版社, 2015.
- 98) 細矢治夫・養老孟司ほか29名: 『自然の探究中学校理科3』, 教育出版社, 2015.
- 99) 塚田捷・大矢禎一ほか60名: 『未来へひろがるサイエンス1』, 新興出版社啓林館, 2015.

- 100) 塚田捷・大矢禎一ほか 60 名：『未来へひろがるサイエンス 2』, 新興出版社啓林館, 2015.
- 101) 塚田捷・大矢禎一ほか 60 名：『未来へひろがるサイエンス 3』, 新興出版社啓林館, 2015.
- 102) 岡村定矩, 藤島昭ほか 49 名：『新編新しい科学 1 年』, 東京書籍, 2015.
- 103) 岡村定矩, 藤島昭ほか 49 名：『新編新しい科学 2 年』, 東京書籍 2015.
- 104) 岡村定矩, 藤島昭ほか 49 名：『新編新しい科学 3 年』, 東京書籍, 2015.
- 105) 土田理：「科学の祭典」が現職教員の研修に果たす役割, 日本科学教育学会研究会研究報告, 14 巻 3 号, pp. 1-4, 1999.
- 106) 文部科学省：中学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, 2008.
- 107) 福井県教育委員会：SASA2016 第 65 次福井県学力調査報告書, 2017.
- 108) 川村康文：物理学習の視点から見た青少年の物理離れの実態, 理科の教育, Vol.48, No.12, pp. 12-15, 1999.
- 109) 佐久間彬彦, 定本嘉郎：レンズを通る光線の作図と結像の理解, 物理教育, 第 58 巻, 第 1 号, pp. 12-15, 2010.
- 110) 小松祐貴, 桐生徹, 中野博幸, 久保田義彦：凸レンズが作る像の規則性の理解を促す AR 教材の開発と評価, 日本教育工学会論文誌 39(1), pp. 21-20, 2015.
- 111) 谷中英昭, 藤川正樹, 近森憲助, 跡部紘三：簡易光学台の試作とその応用, 物理教育, 第 51 巻, 第 4 号, pp. 256-261, 2003.
- 112) 月僧秀弥：紙コップで光を調べよう, 「青少年のための科学の祭典」全国大会実行委員会編「青少年のための科学の祭典 2014 全国大会実験解説集」, p. 20, 公益財団法人日本科学技術振興財団, 2014.
- 113) 文部科学省：小学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, 2008.
- 114) 沖花彰・辻井智子：中学校理科第 1 分野「電気」に関する理解度調査, フォーラム理科教育 No.6, pp. 19-27, 2004.
- 115) 田原聖隆・藤井千陽・津田祥子・水野建樹：環境教育のためのカードゲームの作成, 第 5 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp. 176-177, 2010.
- 116) 山下健一郎・斉藤純・渡邊聡・鳥羽敏二・加藤雅・竹本泰敏：対戦型電気回路計算カードゲームの開発, 平成 23 年度工学教育研究講演会講演論文集, pp. 604-605, 2011.
- 117) 三好雅也・小林暉・浅原雅浩・大山利夫：堆積岩カードの開発と中学校理科授業にお

- ける活用, 福井大学教育実践研究第 42 号, pp. 87-95, 2017.
- 118) 月僧秀弥, 浅原雅浩, 本谷匠, 松本拓也, 西行大志, 三好雅也, 西沢徹, 大山利夫: カードゲーム「回路の達人」の開発とその教材化, 日本エネルギー環境教育学会第 12 回全国大会論文集, pp. 36-37, 2017.
- 119) 文部科学省: 中学校学習指導要領総則編, 2008 (最終確認日 2019 年 1 月 3 日).
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/01/05/1234912_001.pdf
- 120) 森本信也, 磯部頼子: 理数教育へのつながりを考える幼児の体験活動に見る「科学の芽」, pp. 6-22, 学校図書, 2011.
- 121) 山田修平: 幼児期の科学遊び—幼児と保護者に向けた科学実験の在り方—, 淑徳大学短期大学部研究紀要, 53 号, pp. 113-126, 2014
- 122) 山田修平: 幼児向け科学実験遊びの実践と考察, 淑徳大学短期大学部研究紀要, 54 号, pp. 147-163, 2015
- 123) 池村進: 幼児の好奇心と探求心を刺激する科学遊びの実践, 高田短期大学紀要, 29, pp. 91-100, 2011.
- 124) 池村進: 幼児のための科学遊びの教材化とその支援に関する一考察, 高田短期大学紀要, 27, pp. 119-128, 2009.
- 125) 小谷卓也, 長瀬美子: 磁石遊び活動において見られる 3 歳児の認知特性の分析—「観察」及び「コミュニケーション」における認知特性を中心として, 教育福祉研究 37, pp. 13-25, 2011.
- 126) 月僧秀弥, 稲垣裕介, 早武真理子, 伊佐公男, 葛生伸: 幼児に対する科学教育の取り組み, 日本理科教育学会第 65 回全国大会論文集, p. 487, 2014.
- 127) 月僧秀弥・稲垣裕介・早武真理子・伊佐公男・葛生伸: 幼児に対する科学教育の実践, 第 24 回物理教育に関するシンポジウム講演予稿集応用物理教育, pp. 18-19, 2013.
- 128) 月僧秀弥, 稲垣裕介, 早武真理子, 伊佐公男, 浅原雅浩, 葛生伸: 幼児科学プログラム「浮き沈み」の実践とその評価の試み, 日本理科教育学会第 65 回全国大会論文集, p. 482, 2015.
- 129) 小谷卓也・長瀬美子・石田尚美・吉田郁: 保育の要素化と再構成モデルを用いた幼時期における科学教育実践とそこでの学びの特徴—物の浮き沈み遊びを事例として—, 物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集, pp. 38-39, 2010.

- 130) Harlan, Rivkin (深田昭三, 隅田学監訳) : 8歳までに経験しておきたい科学, pp. 153-154, 北大路書房, 2011.
- 131) 日下正一 : 認識過程における矛盾と子どもの反応 - 「ものの浮き沈み」課題について-, 長野県短期大学紀要 40 卷, pp. 85-98, 1985.
- 132) 公益財団法人ソニー教育財団 : 「科学する心を育てる」実践事例集 vol.9 , 2012.
- 133) 公益財団法人ソニー教育財団 : 「科学する心を育てる」実践事例集 vol.10 , 2013.
- 134) 公益財団法人ソニー教育財団 : 「科学する心を育てる」実践事例集 vol.11, 2014.
- 135) 公益財団法人ソニー教育財団 : 「科学する心を育てる」実践事例集 vol.12, 2015.
- 136) 岡本祐子, 深瀬裕子 : エピソードでつかむ生涯発達心理学, pp. 70-71, ミネルヴァ書房, 2013.