

琉球大学学術リポジトリ

科学実験教室を通じた幼児の意識と行動の変容

メタデータ	言語: ja 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2023-04-05 キーワード (Ja): 幼児教育, 理科教育, 科学教育, 科学概念, 教育評価 キーワード (En): 作成者: 福本, 晃造, 小林, 理気, 宮国, 泰史, 杉尾, 幸司 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24564/0002019699

科学実験教室を通じた幼児の意識と行動の変容

福本 晃造¹・小林 理気²・宮国 泰史³・杉尾 幸司⁴

Cognitive and Behavioral Development in Young Children
by Science Education Program

Kozo FUKUMOTO¹, Riki KOBAYASHI², Yasushi MIYAGUNI³, Koji SUGIO⁴

要 約

幼児（5歳児）を対象とした幼稚園での科学実験教室を実施し、授業前後でのアンケートを取ることで科学実験教室前後での幼児の意識や行動の変化について調査を行った。調査の結果、授業前に「電気」や「宝石の作り方」などまだ幼児が具体的なイメージを持っていないことがらについて質問した場合、幼児は他者と同じ回答を選ぶ傾向が強く、一つの選択解に集中する傾向があることが示された。一方で、具体的なイメージを持つことができた授業後には、他者の回答よりも自分が授業で取得した具体的なイメージに基づいて回答する幼児が増え、選択解は授業前アンケートより分散する傾向が見られた。この結果は幼児期において様々な「体験」をすることが、幼児自身が自分の意見を述べることに有益な影響を与えている可能性を示す。

キーワード：幼児教育、理科教育、科学教育、科学概念、教育評価

1. 研究の背景と目的

我が国の現行のカリキュラムで科学教育が始まるのは、小学校3年「理科」からである。1989年改訂の学習指導要領で小学校低学年に導入された教科「生活科」は、「自然」を学習対象および遊びの場として活用しているが、そのねらいは従来の低学年理科と異なり、科学知識の獲得や理解ではなくあくまでも自立の基礎を養うことである（文部科学省、2018a；小谷、2010ほか）。一方、幼稚園では、幼児教育のねらいを達成する指導事項として、健康・人間関係・環境・言葉・表現の5領域の保育内容が規定されている。この5領域の中でも保育内容「環境」は、自然に直接触れる体験を通して、豊かな感情や好奇心、生命を大切にす気持ち等の情意的発達を側面を育むことだけでなく、物事の法則性に気付き、自分なりに考えることができるようになる過程を大切にしてい

る（文部科学省、2018b）。そのため、他の領域と比較すると科学教育により近いものとなっているが、保育は、教科の持つ「個別性」よりも「総合性」が重視されているため、小学校の教科学習のような「個別性」の強い教育は行われていない。したがって、現行の我が国の科学教育カリキュラムにおいては、幼児期から低学年児童期において、実質的な意味での科学教育は行われていない（小谷、2010）。

このような背景には、ピアジェの発達段階説があり、具体的に目に見える物に対して論理的な思考が不可能な前操作期から、それが可能となる具体的操作期への移行期に相当する幼児や低学年児童に対しては、論理的思考や抽象的思考が必要とされる科学教育は、相応しくないと考えられてきた（川島、1994；田村、2009など）。

しかし近年の認知発達研究の成果によれば、ピ

¹ 琉球大学教育学部

² 琉球大学理学部

³ 琉球大学地域連携推進機構

⁴ 琉球大学大学院教育学研究科

ピアジェの発達段階理論に代表されるような心的構造が知識の各領域に関係なく同様であるという「心的構造の一般化」仮説に対し、認知がいろいろな領域に区切られており、それぞれが独自の特徴や構造を持つという「領域固有性」という考え方が支持を得てきている(小谷, 2010)。Chi *et al.* (1989) は、年少児であっても、興味があり、知識も経験も豊富な領域では、年長児と同レベルの推論や思考が可能であることを報告している。その一方で、幼児・低学年児童らの素朴概念には、多数の誤概念が見受けられたことから、彼らの持つ素朴概念は、必ずしも科学概念とは同じでないことも明らかとなっている(隅田・深田, 2005)。以上のことから幼児・低学年児童は、科学者の「思考」と同じではないが、ピアジェが設定した年齢よりもずっと低い年齢においても彼ら固有の思考を行うことが可能であるといえる(小谷, 2010)。

実際、幼児期は好奇心、探究心が旺盛であるため、遊びや生活の中で、科学的な思考や知識へ将来発展していくであろう、多くの体験を積み重ねている。ハーレン・リブキン(2007)は、8歳までに経験しておきたい科学として、植物、動物、ヒトの体、空気、水、天気、岩石と鉱物、磁石、重力、簡単な機械、音、光、環境の13分野をあげているが、この分野の経験が実際に幼児教育の現場で取り上げられているかどうかは疑問がある(中川・北野, 2014)。小谷(2009)は、幼稚園教員から見た幼児期の科学教育に対する意識分析の研究において、幼稚園教員が物理化学分野への苦手意識を持っている事を明らかにしており、幼児期の科学教育の実施に際して、分野の偏りが生じている可能性がある。

この点においては、実際に分野の偏りがいくつかの研究で報告されており、例えば、中川・北野(2014)は、日本で出版されている科学絵本を13に分類・分析し、科学絵本は動植物が約7割を占める一方、物理や化学分野の絵本が少ないことが明らかにした。しかし、中川・北野(2014)は、幼児の興味関心に沿った絵本を選択し、読み聞かせる実践を行う中で、動植物以外の内容にも興味を抱く姿や、絵本を読み聞かせた後に、絵本内容についての会話や実験をしたり、既存経験との比較や、因果関係を思考したりする姿を報告してお

り、動植物以外の絵本の充実と、幼児が日々遊びの中で抱く科学的興味・関心に応じた絵本を読み聞かせることの重要性を述べている。また、月僧ら(2016a)も、「日本で報告されている幼児対象の科学教育は自然体験や観察などの生物分野の内容が多く、我々の知る限りでは、物理・化学分野での実践であると定義できる事例は少ない」とし、「スポイト遊び」や「ものの浮き沈み」などの物理現象をテーマに、幼児を対象とした科学教育プログラムの開発や実践を行う中で、幼児が科学実験に強い興味関心を持つことを報告している(月僧ら, 2016ab)。

これらの背景を踏まえると、幼児を対象とした物理・化学等の分野における教育プログラムの蓄積と実践およびその効果を検証することは、同分野における幼児の科学的体験の増加や、幼児期から小学校への連続性等において有用な効果が見込まれる。そこで、本研究では、科学教育プログラムとして、物理分野および化学分野における2つの実験トピックの科学実験教室を、2020年11月に、県内の幼稚園の用事を対象として開催した。また、文字ではなく、黒板の選択肢に幼児がマグネットを張り付ける「黒板マーク式アンケート」によって、科学的な現象に対する、実践前後での幼児の考えの変化を調査し、開発したプログラムの効果を検証した。

2. 幼児向け科学教育プログラムの開発と実践および評価手法

(1) 教育プログラムの内容

本研究では、物理分野『でんきのじっけん(電気の実験)』および化学分野『ビスマスのほうせきのじっけん(ビスマスの宝石の実験)』という2つの分野の科学実験プログラムを設定した。以下に、それぞれのプログラムの内容を概説する。

① 『でんきのじっけん(電気の実験)』

このテーマでは、多くの幼児がまだ具体的なイメージを持っていない「電気」に焦点をあて、静電気について様々な実験を通じて五感で感じてもらうことで電気について具体的なイメージを持ってもらうことを目的とした。

実際の実験教室では電気を「作り出す」「調べる」「移動させる」という大まかな段階にわけて

実験を進めていった。まず「作り出す」では、毛皮と塩ビ製棒を擦り合わせる方法、ウィムズハースト式静電発生装置 (Wimshurst Machine) による手漕ぎ発電、ヴァンデグラフ静電発生装置 (Van de Graaff Generator) によるモーターでの発電などを準備し、アルミホイルとプラスチックカップで幼児が自ら作成したライデン瓶に静電気を溜めることとした (愛媛県総合科学博物館, 「学芸員のおもしろ実験&研究: ●静電気であそぼう! ? ●」 https://www.i-kahaku.jp/good_story/home/02_02/index.html, 2022年10月28日 参照)。

次に電気を溜めたライデン瓶と溜めていないライデン瓶を見比べてもらい、「どっちに静電気が溜まっているか見分けることができるか」をたずねた。これは次の「調べる」というトピックに幼児の興味を移させるための質問として設定した。この質問と幼児の回答を起点に、ライデン瓶に電気が溜まっているか溜まっていないかを見分ける方法の説明を行なった。今回は、ネオン管をライデン瓶に近づけ発光の有無を確認する方法、はく検電器を用いた方法、実際に手や金属を近づけることで生じるスパークで確認する方法などを用いることとした。ただし、実験当日、毛糸と塩ビ棒を用いた方法では沖縄の高湿度が影響したのかスパークするほどの静電気を貯めることはできなかった。

最後に、「静電気」というものがライデン瓶間やライデン瓶と人の手、また他の金属に「移動する」という実験を行なってもらった。幼児全員と保育士と我々で手を繋ぎさらに保育士と実践者の間には鉄製の鎖を繋ぐことによって巨大な円を作り出し、代表者がライデン瓶の感電部に触れ、その結果として、円を作り出した全員が等しく静電気のショックを受けることで確かに円を作った全員に電気が流れたのだという静電気移動の実体験を得ることとした。

② 『ビスマスのほうせきのじっけん (ビスマスの宝石の実験)』

多くの幼児達の中で「宝石」とは、テレビアニメや同居する大人達から装飾品として見せられた指輪、ピアス、ネックレスなどに付随する「ダイヤモンド、ルビー、サファイア」などのイメージ

を持っており、「自分達で作り出せる物」としての認識はない。この実験教室ではその宝石を自分達で作り出すという経験を通じて、科学に必要な観察と試行錯誤を経験してもらうことを目的とした。

幼児のほとんどは宝石の材料が身近なものであり人工的に作れることを知らない。有名なダイヤモンドが鉛筆の芯と同じものからできており、またルビーとサファイアは家にあるアルミホイルと同じであるということと驚いた表情を見せる。

実験はステンレスパンの中に金属Biのインゴットを砕いた物を入れ、それをカセットコンロの上で温めて行った。Bi融解後はすぐにコンロの火を止め、結晶の起点となるステンレスのクリップを液体Biの上に何個か静かに置き、Biが結晶化するのを待った。ある程度結晶化が進んだことを目視で確認し、ピンセットでクリップを溶液から静かに取り出し、クリップに析出したBi単結晶を観察した。

(2) 対象幼児・人数・実践時期

沖縄県中頭郡西原町に所在する善隣幼稚園の2つのクラスで上述した科学実験教室を実践した。対象幼児は5歳児であり、実験当日は琉球大学の教員1名と実験をサポートする大学生2名、また、幼稚園の保育士3名と連携しながら実験教室を行った。各実験の実施日、時間、対象幼児数は以下の通りである。

① 実験トピックス: 『でんきのじっけん (電気の実験)』

分野: 物理学 (電気) 分野

日時: 2020年11月5日木曜日 10:00~11:00

対象: 善隣幼稚園 バラ組 22名

② 実験トピックス: 『ビスマスのほうせきのじっけん (ビスマスの宝石の実験)』

分野: 化学 (無機化学) 分野

日時: 2020年11月12日木曜日 10:00~11:00

対象: 善隣幼稚園 ユリ組 25名

(3) 幼児の考え方の変化と評価方法

各実験教室の実施前後における、各実験トピックスに関する幼児の科学的な考え方や概念の変化を把握するため、以下の評価方法を行った。

実験教室① 『でんきのじっけん (電気の実験)』

の導入部分において、「電気は目に見えるか」という質問を対象幼児に行い、後述する「黒板マーク式アンケート」で幼児の意見を直接回答してもらった。アンケートの選択肢は、「みえる（見える）」、「がんばればみえる（頑張れば見える）」、「みえない（見えない）」の3つとした。各幼児の回答の決定と回答の集計後、今度は「なぜそう思うか」という質問にたいして口頭で回答してもらい、幼児の意見の根拠について記録した。また、同様の手順を実験教室の最後のまとめでも行い、実験後の幼児の科学的な考え方やその根拠となっている情報について記録し、実践前後で比較した。

実験教室②：『ピスマスのほうせきのじっけん（ピスマスの宝石の実験）』においても、同様の科学現象に対する意見およびそう思う理由についてアンケート調査および前後比較をおこなった。宝石を作る方法として「材料を温めてドロドロに溶かし、それを冷ますと宝石になる」という大前提だけを教えて、その過程で必要な工夫について「宝石はどうやったら作れるか」という質問を行い、選択肢として、「ゆっくりひやす（ゆっくり冷やす）」、「ゆらさずそっとしておく（揺らさずそっとしておく）」、「ほうせきのたねをいれる（宝石の種を入れる）」の3つから1つを選択させた。

評価の方法としては、5歳児の幼児の識字能力は個人差が大きく、文字を書いて回答するタイプのアンケートは回答が困難であると判断し、「黒板マーク式アンケート」を調査方法として採用した（図1）。この方法では黒板（ホワイトボード）にいくつかの回答選択肢を準備し、幼児に自分が思う選択肢に渡したマグネットを貼り付けて回答してもらおう方法である。この方法は視覚的にわかりやすく、回答の分布について幼児自身が把握しやすいといった特徴がある。

3. 結果および考察

(1) 科学実験教室での幼児の様子

実験教室①『でんきのじっけん（電気の実験）』における、電気を溜めたライデン瓶と溜めていないライデン瓶の見分け方に関する質問では、「重さが違う」や「匂いが違う」という、はっとさせられる回答もあった。確かに電荷移動の分、ライデン瓶の質量は変化しているはずであり、また高

電圧の静電気は空気中にオゾンを生成するために生臭い匂いが発生する場合があることから2つとも間違いではない。ただし、幼児がこれらの発想を行った根拠や発想の既有概念については不明であるため、今後、検討が必要である。実際の見分け方の場面では、腕の産毛を近づけて毛が逆立つ感触から調べる方法などについても、幼児らにとって新鮮であったことが伺えた。最後の「電気が移動する」という実験では、この前の2つの実験から幼児全員が違和感なく受け入れているようであったが、幼児全員・保育士・実践者・鉄製の鎖で巨大な円を作り出し行った感電実験では、全員が等しく静電気のショックを受けることで、静電気移動の実験が得られたと思われる。

実験教室②：『ピスマスのほうせきのじっけん（ピスマスの宝石の実験）』においては、幼児を観察していると、何度も同じ実験を繰り返す過程で自発的に様々な工夫をしている場面があった。ある幼児は一度失敗し、小さな単結晶しか析出しなかったクリップを種結晶として利用することで大きな結晶を作ろうとしていた。また別の幼児は、Bi単結晶の色に着目し、「青色の宝石を作る」と様々なタイミングでのクリップの取り出しを行っていた。前者は大きな単結晶を作る上で非常に有効なやり方であり、後者のクリップの取り出すタイミングを変える方法は、Bi単結晶の構造色の起源である表面酸化膜の厚さを調整する上で正しい。何度か同じ作業を繰り返す過程で結果の違いが自身の作業のどの部分に起因しているか推測し、検証と修正を重ねていくなど、幼児が現象の因果関係に注目する体験ができたものと思われる。



図1 黒板マーク式アンケートの様子

(2) 実践前後での幼児の考え方の変化

各実験トピックス実施前後におけるアンケート結果の変化を図2に示す。

実験トピックス「でんきのじっけん」においては、「電気は目に見えるか」という質問に対し、実験前はほぼ全員が「頑張れば見える」という回答となった(図2a)。また、実験前に「なぜそう思うか」を聞いてみたところ、「なんとなく」「友達が選んだから」などの意見が多いなど、明確な根拠を持たない状態で回答していた。次に、実験後、再度「電気は目に見えるか」という質問をしたところ、今度は「見える」に解答する幼児が明確に増え、実験前にはあらわれなかった「見えない」という回答も少数生じた。また、「なぜそう思うか」も実験後にあらためて聞いてみたところ、「ライデン瓶から小さな雷みたいな電気が見えたから電気は見える」や「ネオン管の中で電気が赤色に光って見えたから頑張れば見える」という意見が多く見られ、実験前は選択者がゼロ人であった「見えない」という選択肢を選んだ幼児も「見えたのはひかりだから電気じゃない」など自身の体験に基づいた意見を述べていた。

実験トピックス「ピスマスのほうせきのじっけん」における、「宝石はどうやったら作れるか」という質問においては、実験前は「揺らさずそっとしておく」の選択肢に回答が集中していた(図2b)。実験後においても、「揺らさずそっとしておく」にもっとも回答が集まる点に変化はなかつ

たものの、実験前には回答がごく少数だった「宝石の種を入れる」の回答が増えたり、実験前には回答がなかった「ゆっくり冷やす」という回答をする幼児が生じるなど、回答が分散する傾向が見られた。また、なぜそう思ったか質問したところ、「〇〇くんが後ろで暴れていたから宝石ができなかった」や「小さい宝石を入れたら大きくなった」などやはり実体験に基づいた多くの発言が見られた。

4. まとめと今後の課題

本研究で行った科学実験教室では、子どもたちは通常の生活では観察や触れたりすることが難しい物理や化学分野の現象についても高い興味関心を示し、積極的に科学現象に取り組む姿が見られた。また、今回のアンケート結果で見られた特徴として、1. 幼児は実体験や具体的イメージがないことがらについて質問された場合、他者と同じ解答を選ぶ傾向がある。2. 実体験を通じて具体的イメージを持ったことがらについての質問は、自身の実体験に基づいた意見を言うことができ、発言の積極性も上がる。といった傾向などが挙げられる。科学実験教室が未就学児に与える影響は、科学に興味を持つことや科学的思考力を育てるといった事以上に、多くの実体験を得ることを通じて幼児自身の意見を積極的にアウトプットすることに好意的な影響を与えている可能性がある。

また、本研究では、実践前後での幼児の意見の変容を調査する方法として、「黒板マーク式アン

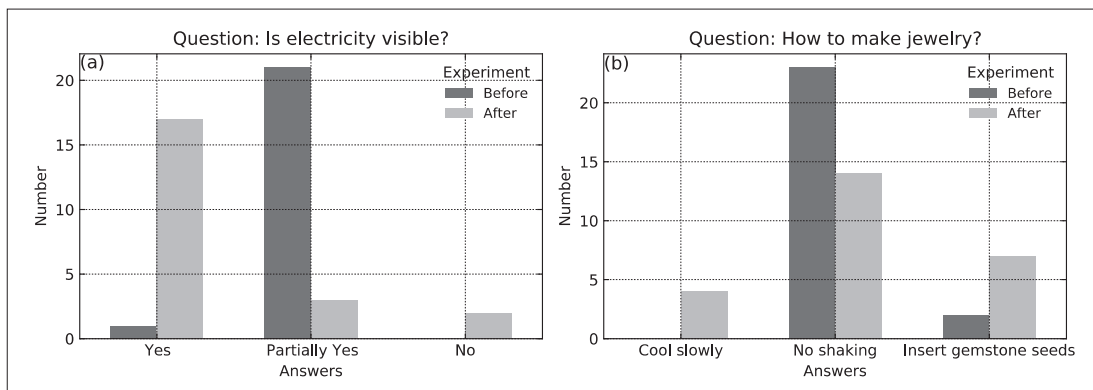


図2 実践前後での幼児の科学的な考え方の変化。(a)「電気は目に見えるか」という質問に対する幼児の実験前と実験後の答えの変化。(b)「宝石はどうやったら作れるか」という問に対する幼児の実験前と実験後の答えの変化。左の棒グラフが実験前、右の棒グラフが実験後の回答数を示している。

ケート」方式を行った。他の研究においては、保護者による代理アンケートなどが行われている（月僧ら、2016）が、本研究で採用した方式は、より直接的に幼児の意見を簡便に集計し、ディスカッションを進めるのに有効であると思われる。

令和3年1月26日の文部科学省中央教育審議会答申（文部科学省、2021）において、STEAM教育などを高校等において実践する場合でも、「その土台として、幼児期からのものづくり体験や科学的な体験」の充実を図ることや、「幼児期からの様々な場を通じての体験活動から得た子供の興味・関心」の重要視されている現状を考慮すれば、今後、幼児教区段階における幅広い分野の科学教育プログラムを用意・実践の知見を蓄積しておくこと、また、これら幼児期の経験が、初等・中等教育段階での児童・生徒の科学的な概念形成に発達にどのような効果があるのか、長期的な研究の必要性があるだろう。

謝辞

本科学実験教室へ参加および協力して下さいました、善隣幼稚園の園児および保護者、保育士の皆様に感謝申し上げます。本研究の一部は、JSPS 科研費JP20K03277の助成を受けて実施しました。

参考文献

愛媛県総合科学博物館、「学芸員のおもしろ実験 & 研究：●静電気であそぼう！？●」https://www.i-kahaku.jp/good_story/home/02_02/index.html, 2022年10月28日参照。

月僧秀弥・稲垣裕介・早武真理子・伊佐公男・葛生 伸・浅原雅浩 (2016a), 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科学教育研究 40 (4) : 325-333.

月僧秀弥・稲垣裕介・早武真理子・新村宏樹・浅原雅浩 (2016b), 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スポイト遊びを題材としてー, 福井大学教育実践研究 41 : 113-119.

J.D.ハーレン・M.S.リブキン (2007), 「8歳までに経験しておきたい科学 (深田昭三・隅田学監訳), 北大路書房.

川島一夫 (1994), 『図でよむ生活科の教育法』,

福村出版.

小谷卓也 (2009), 幼稚園教員から見た幼児期の科学教育に対する意識分析「保育の要素化」を導入した保育による幼児期の科学教育の可能性の検討, 教育福祉研究 (35) : 8-26.

小谷卓也 (2010), 保育の要素化と再構成モデルによる幼児期の科学教育の試み: 幼大教員の連携による幼小 (低学年) を一貫した科学教育としての保育開発を事例として, 物理教育 58 (4) : 224-230.

M.T. Chi, J.E. Hutchinson, A.F. Robin (1989), How inferences about novel domain-related concepts can be constrained by structured knowledge, Merrill-Palmer Quarterly, 35 (1): 27-62 (<https://psycnet.apa.org/record/1989-21936-001>).

文部科学省 (2018a), 「小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 生活編」, 東洋館出版社.

文部科学省 (2018b), 「幼稚園教育要領解説」, フレーベル館.

文部科学省 (2021), 中央教育審議会答申 (令和3年1月26日) 「令和の日本型学校教育」の構築を目指してー全ての子供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学びと, 協働的な学びの実現ー (答申)]

中川 茜・北野幸子 (2014), 絵本を通じた幼児期の科学教育実践ー子どもの視点から考えるー, 日本科学教育学会研究会研究報告29(3) : 75-78.

隅田 学・深田昭三 (2005), 幼い子どもの科学コンピテンスの再評価とその教育適時性に関するー考察, 科学教育研究 29 (2) : 99-109.

田村 学 (2009), 『今日の学力をつくる新しい生活科授業づくり』, 明治図書出版.