

幼稚園から小学校への科学的思考力育成のための支援方策

—空気圧への気づきを中心に—

鈴木由美子 山崎 敬人 財満由美子 菅田 直江
林 よし恵 正田るり子 部谷みゆき 土井 徹
蘆田 智絵

1. はじめに

PISAの調査結果を受けて、学力低下が指摘されている。とくに「理科離れ」「科学離れ」は問題とされてきた。「確かな学力」とは、テストの点数のみで測定できる能力ではなく、自然現象への興味関心、自然のしくみを知りたいという意欲態度によって形成できるものではないかと考える。自然現象への興味関心は幼児期においてもっとも強いといえる。幼児は様々な自然現象に関心を示す。こうした旺盛な関心意欲を小学校への理科学習へと継続し、自然現象への興味関心に裏打ちされた「確かな学力」を形成するための支援方策を明らかにすることが肝要である。

本研究は、とくに幼児期における科学的な遊びを通して幼児がもった科学への興味関心を、小学校へと継続させるために必要とされる、教師の支援方策について検討するものである。

2. 研究目的と方法

(1) 研究目的

本研究では、幼児期の目に見える科学体験での「不思議」への気づきを、目に見えない法則性への疑問へとつなげて、小学校高学年における科学的思考力を育成するための方法論について検討することを目的とする¹⁾。小学校高学年での科学的思考力は、直観的具体的体験にもとづいて形成されることによって、より強固なものになると考えられる。本研究では、幼児から小学校高学年までの科学的思考の変容を明らかにすることによって、発達にそった科学的思考を育成するための方法論を確立するための基礎的知見を得ることを目的とする。本研究では特に、小学校での科学的思考の変化の特徴を押さえた上で、その観点から幼児期の科学的な遊びへの支援のあり方についての示唆を得る

こととする。

幼児を対象とした科学的な遊びに関する研究として行われているのは、動物や植物に焦点づけたものが多く、物理体験を主にしたものは少ない²⁾。本研究は、幼児期における科学的な遊びの中でも、物理的な遊びに注目し、科学的思考力を育成するための教育方法を提案するものである。本研究では特に、幼児から小学校6年生までを対象として空気圧に関する理解についての調査を行い、空気圧に関する理解の変容をふまえた上で、幼児期の科学教育のあり方について検討することにする。

(2) 研究方法

本研究では、幼児においても小学生においても物理的遊びとして容易に用いられる空気でっぼうを用いて、空気圧についての考え方の年齢的変容を明らかにする。それにもとづいて、幼児期に必要な教師の支援について検討することにする。

研究対象は、附属幼稚園4歳児30名、5歳児31名、附属東雲小学校1年生39名、2年生35名、3年生35名、4年生36名、5年生37名、6年生38名の合計281名。

調査時期は、附属幼稚園は2007年6月5日(火)。附属東雲小学校は、4年生のみ2006年6月21日(水)。それ以外の学年は2007年2～3月。調査時間は15～30分程度だった。

幼児では、あらかじめ空気でっぼうを使って玉を遠くに飛ばす遊びを行い、その後調査を行った。幼児には、小学生用のワークシートを簡易化して用いた。小学生において回答として主として選択された1番、2番、5番の3つの回答を3択で示し、それ以外を6番(自由に記入できる項目)とした。調査の際は、空気の動きがわかりやすいように視覚的な教材を作成し、

スクリーンに3つのパターンを投影して提示した。それぞれの幼児に自分が選んだ番号のところに集まらせて、調査者が幼児にその答えを選んだ理由を述べさせて調査用紙に記入した。空気でっぽう遊びは担任教諭が、調査は大学院学生と学部学生が行った。

小学生については教師が教室内で空気でっぽうを用いて玉を飛ばす試技を行い、それを見て子どもに空気でっぽうの玉が飛ぶしくみについて考えさせた。考え方が示されている1～5番の5つの選択肢と自由に記入できる6番の内から答えをひとつ選ばせて、選んだ理由を自由記述で記入させた。なお、小学校では空気でっぽうは、4年生の理科教材として一般に用いられている。そのため4年生については、空気でっぽうを子どもたちが理科の授業で実際に使った後で、ワークシートの記入を行った。1, 2, 3, 4年生は空気でっぽうの玉が飛ぶしくみについて学習する前の意見である。使用したワークシートは以下の通りである³⁾。

これはテストではありませんから、あなたの思っているとおりに書いてください。

____年 ____組 番号 ____ 名前 _____ 男・女

(問題) 空気でっぽうの玉がとびだすとき、中の空気はどんなふうにくぐくでしょう。次の①～⑤の中から、あなたの考えにいちばん近いものを一つえらびましょう。①～⑤の中に考えがないときは、⑥にあなたの考えを書きましょう。

① 前だけおしている

② 中を全部おしている

③ つつだけおしている

④ おし棒をおしもどしている

⑤ 前と後ろだけおしている

⑥ その他：あなたの考えを書きましょう

答	え	えらんだわけを書きましょう。

4名が、スクリーンでは投影されなかったパターンの番号(3番と4番)を選んだ。これらは6番として処理した。

表1 年齢ごとの回答選択数(率) 人(%)

	1番	2番	5番	6番
4歳児	6(20)	3(10)	9(30)	12(40)
5歳児	5(16)	5(16)	6(19)	15(49)

正答である2番を選んだ幼児の理由づけを分類した。分析のカテゴリーは、幼児と小学生の意見から、「空気に着目したもの」「棒を押すという目の前の動作に着目したもの」「空気と棒の両方に着目したもの」「その他」の4つのカテゴリーを作成して用いた。

表2 正答を選んだ根拠 (人)

	空気に着目	棒に着目	両方に着目	その他
4歳	1	0	0	2
5歳	2	0	0	3

表2からわかるように、正答を選んでいるが、特に根拠を持って空気に着目したわけではないと思われる。

4歳児で空気への気づきをあげた幼児の意見を示す。

「押す所に空気が出て、それを棒が押したから。」

その他に分類した幼児の意見を示す。

「水色の玉と、いっぱい飛ばした。赤い玉とか色々なのがあった。」

「遠くまで飛んだから。」

いずれも2番に限定することの根拠というほど確固とした理由ではなく、直観的に2番を選んだと考えられる。

5歳児で空気への気づきをあげている意見を以下に示す。

「全体に空気が行くかなあと思った。」

「空気はどこでもすえるから。」

その他に分類した意見を示す。

「両方に行くと飛ぶかなあ。」

「2番だったんだ。」

「2番はできたから。」

これらも確固とした理由ではなく、直観的に2番を選んだと考えられる。

では、誤答を選んだ幼児は何を根拠としているのだろうか。正答と同じ枠組みで誤答の理由づけを分類したのが表3である。

3. 結果と考察

(1) 幼児の回答とその理由づけ

幼児の回答を年齢ごと、選択した番号ごとに分類した。スクリーンは3つのパターンを投影したが、ワークシートには6択が示されていたため、4歳児のうち

表3 誤答を選んだ根拠 (人)

	空気に着目	棒に着目	両方に着目	その他
4歳	5	1	1	20
5歳	6	3	0	17

表3からわかるように、空気への気づきを示したものと、その他とに分類される。

4歳児で空気への気づきをあげた意見を示す。

「空気が入ったから。」(3名)

「空気がなくなるから。」

「空気で飛んだ。」

その他に分類した意見の主なものを示す。

「遠くの方に飛んで行くから。」

「押したらポンって出たから。」

「力がたまったらなくなる。」

「押したらポンって鳴ったから。」

5歳児で空気への気づきをあげた意見を示す。

「押したときにふたつ空気が後ろと前に行った。」

(2名)

「空気で飛んだ。」

「空気が押してくれるから。」

「空気があっちに行って玉が飛ぶと思った。」

その他に分類した意見の主なものを示す。

「強く押したから。」

「こう思ったから。」

「ポンと押しただけ。」

「玉がこっちに飛んだから。」

以上から、誤答を選んでいる幼児は、自分たちが見たこと、聞いたことを元にして回答を選んでいると考えられる。確かに正答ではないが、考え方としては正答を選んでいる幼児よりも根拠がはっきりしているものが多かった。

(2) 小学校1年生から小学校6年生までの回答選択数ならびに選択率の変化

小学校1年生から6年生について、ワークシートに

表4 学年ごとの回答選択数(率) 人(%)

	1番	2番	3番	4番	5番	6番
小1	18(46)	6(15)	0(0)	1(3)	14(36)	0(0)
小2	19(56)	2(6)	0(0)	1(3)	9(26)	3(9)
小3	8(23)	8(23)	1(3)	0(0)	14(26)	4(11)
小4	19(54)	7(20)	0(0)	0(0)	9(26)	0(0)
小5	4(11)	21(56)	0(0)	1(3)	7(19)	4(11)
小6	2(7)	24(86)	0(0)	0(0)	2(7)	0(0)

(2年生, 4年生で各1名, 6年生で10名の回答は、選択番号がないか、または複数回答だったので、この統計からは除外している)

書かれた回答数を学年ごと、回答ごとに整理したのが表4である。

表4からわかるように、ほとんどの回答が、1番、2番、5番に集中している。多少の誤差はあるが、学年があがるにつれて1番と5番の回答率が減少し、正答である2番の回答率が増加している。1番と5番の回答は小学校5年生から減少し、代わって、正答である2番の回答が小学校5年生から急激に増加している。空気でっぼうを使った授業は小学校4年生で行われるので、小学校5年生の子どもたちは正答とその根拠をすでに学んでいる。このことが正答を増加させているといえる。

では、空気でっぼうの玉が飛ぶしくみについて学習する前と後では、正答を選ぶ理由に変化があるのだろうか。この点について検討するために、小学校4年生までの子どもたちが正答を選択する理由と、小学校5年生以降の子どもたちが正答を選択する理由には相違があるのかどうか検討することにした。

(3) 回答を選択する理由の変容

正答である2番を選択した理由を学年ごと、理由の 카테고리ごとに整理した。分析のcategoryは、幼児と小学生の意見から、「空気に着目したもの」「棒を押すという目の前の動作に着目したもの」「空気と棒の両方に着目したもの」「その他」の4つのcategoryを作成して用いた。

表5 正答を選んだ理由 人(%)

	空気に着目	棒に着目	両方に着目	その他
小1	4(66)	1(17)	1(17)	0(0)
小2	1(50)	0(0)	0(0)	1(50)
小3	4(44)	0(0)	0(0)	5(56)
小4	3(43)	0(0)	0(0)	4(57)
小5	18(86)	0(0)	0(0)	3(14)
小6	19(79)	0(0)	0(0)	5(21)

表5からわかるように、正答を選んだ子どもの理由は、小学校5年生から明確になってきている。正答を選んだ子どものほとんどが空気に着目している。4年生までの子どもにおいても、空気に着目することが正答につながっていると思われるが、正答を選んだ子どもの数は少ない。空気に着目することで、正答が急激に増加しているのが5・6年生の特徴である。では、空気に着目した子どもたちは、空気の何に着目しているのだろうか。子どもたちの意見をさらに細かく分類するために、特に空気に着目した理由を取り上げて検討したところ、それらの意見は、空気が押す力に着目

したもの、空気が全体に均等に広がる性質に着目したもの、空気が縮められることに注目したもの、縮められた空気が元に戻ろうとする力に着目したもの、に分類された。それらを学年ごとに示すと以下の通りである。

表6 空気への気づきの中味 (人)

	押す力	均等に広がる	縮められる	縮められて戻る	その他
小1	1	3	0	0	0
小2	1	0	0	0	0
小3	2	0	2	0	0
小4	0	3	0	0	0
小5	1	4	6	5	2
小6	1	6	2	10	0

表6からわかるように、1年生から4年生までの子どもの意見には、空気が縮められて戻ることへの気づきがあげられていない。具体的には以下の通りである。

「どんどん押していったら空気が前にも後ろにも上にも下にも回るから2番にした。」(1年生)

「空気ががまんできなくなったから。」(2年生)

「空気の圧力が全体を押していて、空気がはじけてその圧力が前の玉をとばす。」(3年生)

「空気がいろいろなところに行きばんばんになってとぶ。」(4年生)

それに対し、5年生、6年生では、縮められ空気が元に戻ろうとするために力が発生することへの気づきが見られる。具体的には以下の通りである。

「縮められた空気は元に戻ろうとします。それなのに棒で押さえられるので空気がもたなくなると考えたからです。」(5年生)

「最初空気を入れた時、入る量は決まっているから、それに力を加えて圧縮していくと反発するのでその力で飛び出す。」(6年生)

これらのように、空気には圧縮されると元に戻ろうとする性質があり、それが力となって玉をとばすということが論理立てて説明できている。ここに相違点があると考えられる。

またもう1点相違点をあげれば、5年生、6年生においては、それぞれの番号において示されている考え方をひとつひとつ検討し、吟味した上で、2番を選んでいることである。以下に子どもの意見をあげる。

「空気でっぼうの後ろを押してもそこに入っていた空気は変わらないわけだから、押された圧力によって中の空気が圧迫され玉が飛び出すので、ど

こか1つや2つの方向だけではなく、全体の空気が圧迫されるのだと思うから。また、1番だったら1つの方向にしか空気が動いていなかったら、玉はボトと落ちるだけで飛ばないと思う。4番のように押し戻しているだけならば中の状態は変わらず、玉は飛ばないと思う。5番のように玉へ向かう空気と押し棒を戻す空気の力が同じであれば中の状態は変わらず玉は飛ばないと思う」(5年生)。

「最初空気を入れた時、入る量は決まっているから、それに力を加えて圧縮していくと反発するのでその力で飛び出す。玉と押し棒の間の空気が最初は普通だが、押していくにつけて空気が膨張して全部押ししている。1番はあれだけの空気が前だけにかかることはないと思う。3番は筒だけだと玉の出口のところ広がって遠くに飛ばない。4番は抵抗があるが押し戻しているなら玉が飛ばはずがない。5番はあれだけの空気は前と後ろだけではない」(6年生)

これらのように、他の番号に示された考え方をひとつひとつ検討し、吟味した上で2番を選ぶ考え方が示されているのが特徴的である。

こうした思考方法の特徴を確かめるために、誤答についても同様の検討をすることにする。正答である2番以外を選択した理由をまとめて、学年ごと、理由の 카테고리ごとに整理した。分析の カテゴリーは、幼児と小学生の意見から、「空気に着目したもの」「棒を押すという目の前の動作に着目したもの」「空気と棒の両方に着目したもの」「その他」の4つの カテゴリーを作成して用いた。

表7 誤答を選んだ理由 人 (%)

	空気に着目	棒に着目	両方に着目	その他
小1	8(24)	3(9)	14(43)	8(24)
小2	20(65)	2(6)	0(0)	9(29)
小3	5(19)	1(4)	1(4)	20(73)
小4	9(33)	2(7)	1(4)	15(56)
小5	5(31)	1(6)	0(0)	10(63)
小6	2(50)	0(0)	0(0)	2(50)

表7からわかるように、誤答を選んだ子どもの理由は、小学校1・2年生では空気や押し棒に着目したものが多く、小学校3・4年生ではその他に分類されるものが多い。小学校5・6年生では誤答自体が減少している。正答に結びつくと考えられる空気への気づきをあげた意見をとりあげ、学年ごとにその根拠を分類すると表8のようになった。

表8 空気への気づきの中味 (人)

	押す力	均等に広がる	縮められる	縮められて戻る	その他
小1	3	0	0	0	5
小2	8	0	3	0	9
小3	2	0	2	0	5
小4	7	0	1	0	1
小5	1	0	1	0	3
小6	1	0	1	0	0

表8からわかるように、ほとんどが押す力と空気が縮められたことに着目したものであるが、正答と異なって、その他に分類される意見が多いのが特徴的である。ここでは、それぞれの根拠に年齢的相違があるかどうかについて検討することにする。

まず空気が押す力に着目した意見を示す。

「玉が前に飛ぶから空気は前だけ押している。」(1年生)

「空気を前に押さないと玉が飛ばないから。」(2年生)

「空気を前に押したら、空気が前にいって、空気が玉を押すから、玉が飛び出ると思います。」(3年生)

「空気を前に押すと、玉が前に飛び出すから。」(4年生)

「玉のあたり(前)の空気を押していなかったら、玉は飛んで行かないと思ったから。」(5年生)

「空気を押しているのだから、中の空気は前に行く。」(6年生)

以上から、空気が押す力に着目する考えは、ほとんど年齢的相違がないことがわかる。

次に、空気が縮められることに着目した意見を示す。

「小さいところに空間を作ると空気がぎゅうぎゅうだから。」(2年生)

「空気が前に密封され、きつくなり、空気が出なくなり、玉を押し、その力で玉が飛ぶ。」(3年生)

「空気が縮むから。」(5年生)

「押し棒を押すと中の空気があった場所がどんどん狭くなって圧縮されて玉が前に出るから1番だと思う。」(6年生)

空気が縮められることを根拠とした意見は、2年生と3年生では「ぎゅうぎゅうになる」「きつくなる」というように日常的な経験にもとづくことばで説明しているのに対し、5年生と6年生では、「空気が縮む」「圧縮される」というように空気の性質を説明するこ

とばを用いているのが異なる点である。

その他に分類される意見の主なものをあげる。

「押す時に空気が入っている。けれども青の玉と白の玉がくっつくと空気がなくなって、飛んでしまう。」(1年生)

「空気を玉と玉で止めていて、右の玉を押したら、空気が前に行って玉が飛ぶから左の玉のところに空気が当たっている。」(2年生)

「前に空気が出ないと玉が飛ばないと思うから。」(3年生)

「空気が変な方向にいったら玉が前に行かないし、上や下に空気がいったらプラスチックがこわれて遊べない。」(4年生)

「空気を押す棒につぶされて空気がいられるところが少なくなり早く外に出るために玉を押し。」(5年生)

その他の意見は多様であるが、特徴的なのは、空気に着目しつつも考え方の根拠として、玉が飛ぶことに着目している点である。玉が飛ぶのはなぜか、という観点から、「空気がなくなる」「空気が当たっている」といった根拠をあげていると考えられる。

以上の誤答の分析からいえることは、正答において5年生、6年生で新しい考えとして「縮むから元に戻る」という考えが生じていたのに対し、誤答にはそのような変容が見られないことである。つまり、正答に近づくためには、空気もつ性質や力に対する新しい知見が必要だと考えられる。言い換えると、目に見えない法則性に気づくためには、体験にもとづく根拠だけでは不十分だと考えられる。

またもう1点あげられるのは、誤答を選んだ子どもの理由は、その他に分類されるものが多いことからわかるように、曖昧なものが多いということである。幼児の場合は、正答でも誤答でも理由は曖昧だった。むしろ誤答の方が体験にもとづいていると思われる分、わかりやすい理由を示していた。それに対し、小学生では正答を選んだ子どもの理由づけは、根拠が比較的明確であるが、誤答を選んだ子どもの理由づけは曖昧である。幼児では正答を選ぶことと根拠の明確さとはあまり関係していないが、小学生では関係していることが示唆される。

(4) 考察

以上から次のことが考察される。

まず第1に、幼児においては、空気でっぽうの玉が飛ぶしくみを正しく知っているかどうかではなく、自分のことばで説明することが大切だということである。幼児の意見を分類してみると、正答を選んだ幼児

の根拠の方が曖昧で、誤答を選んだ幼児の意見の方が事実をわかりやすく説明する意見になっている。このことから、幼児期においては、正しい根拠を学ぶことよりも、目の前の現象を自分のことばでわかりやすく説明できることが大切だと考えられる。

第2に、小学生においては、正答は小学校5年生、6年生で定着することである。正答とそれを導く考え方は4年生で習う。その結果、単に知識として答えがわかるだけでなく、科学的な考え方として空気でっぼうが飛ぶしくみを説明する力が備わっている。それは今回は「空気には縮んだら元に戻ろうとする性質があること」であり、これに気づくことが正答の増加につながっていると考えられる。目に見えない法則性を理解するためには、体験だけでなく科学的な見方や考え方を知識として習得する必要があると考えられる。

第3に、正答を導く子どもの考え方には、さまざまな意見を吟味した上で正答を導くという特徴が見られた。こうした思考方法が高学年の特徴だと考えられる。逆に誤答につながる子どもたちの意見には、現象面から考えようとする傾向が見られた。4年生までは、現象面から考えることが正答につながっている場合もあるが、高学年になると、いったん体験を離れて抽象的な思考をする必要があるのではないかと考えられる。

しかし、誤答から正答へと変容させるために必要なことが何かについては今回明らかにできなかった。それは今後の課題である。

4. 成果と課題

今回の研究から、幼児期の科学的な遊びについて示唆される点をあげる。

第1に、幼児期、小学校中学年までと、高学年以降では、子どもの思考が大きく異なることである。幼児にとっては目の前の現象そのものが仕組みを示しているの、現象そのものへの関心をもたせることが科学の法則への関心へとつながると考えられる。正しい考え方を導くことではなく、日常の体験のなかでの不思議に気づかせる遊びが大切だと考えられる。そのためには、とりたてて科学的な遊びを仕組むことよりも、日常的な子どもの「なぜ」の問いに対し、わかりやすく答えていくことが必要ではないだろうか。

第2に、中学年までの子どもは、実体験にもとづく感覚を中心にしながらも、それらを理論的に説明する考え方を身につける必要がある。幼児期においても不思議に思った現象の「なぜ」について、自分のことばで話す習慣をつけることが大切だろう。ただし、幼児期においては必ずしも正答であることは要求されない。むしろ幼児の目から見てわかりやすい理由づけで

あることが必要だと思われる。この点で、幼児が自分のことばで説明できるよう促し意欲づけることが大切だと思われる。そしてそれが正答でなくても、幼児の考えを認めほめて、「なぜ」について考えることの喜びを感じさせることが大切であろう。

こうして自分の考えをもち、自分のことばで話せる力をもった幼児たちが小学校に行けば、ひとつの現象についていろいろな意見を出し合い、吟味しあう環境が構成されていくだろう。それにより、他の意見との比較吟味が可能になり、「確かな学力」を育成する小学校での科学教育につながっていくのではないだろうか。

最後に今後の課題をあげる。今回は空気でっぼうのみをとりあげて調査を行ったが、他にも科学的教材はたくさんあるので、教材を変えて調査を行い、妥当性を検証する必要があるだろう。また、今回は時間の関係で小学校では子どもたちは実際に空気でっぼうを使わずに、教師の試技を見て自分の意見を書かせている。実際に自分たちで空気でっぼうを使った後に書かせていたら、結果は異なっていたかもしれない。方法論の検討も今後の課題である。

注

- 1) 本研究は昨年の研究を継続するものである。(鈴木由美子、清水欽也、財満由美子、松本信吾、菅田直江、三宅瑞穂、林よし恵、西井章司「科学的思考を育成するための幼小連携の在り方について—科学体験から知的学びへの幼小一貫教育の提案—」(『広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要』第35号, 2007年)。昨年は幼児と小学校4年生のみを対象としたので、今年度は幼児と小学校1年生から6年生までを対象にし、より科学的思考の年齢的変容がわかりやすくなるようにした。
- 2) 生物を取り上げたものとしては、林秀雄「幼児期の生物概念と推論」(『聖徳学園女子短期大学紀要』第26集, 1996年)、木村常在「秋の植物とかかわり合う子供達の想像力」(『聖徳大学研究紀要短期大学部』第28号, 1995年)、二宮穰「保育室での動物飼育に関する基礎的研究(第2報)」(『十文字学園女子短期大学研究紀要』27, 1996年)などがあげられる(以上、『保育学研究』第34巻, 第1号, 1996年、『保育学研究』第35巻, 第2号, 1997年, 参照)。このように、動物や植物とのかかわりが持つ教育的効果に着目した研究は多く行われているが、物理的な自然に着目した研究はあまり見られない。

3) 堀哲夫編著『問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー』明治図書, 1998年, 82頁より転載。

引用(参考)文献

1) 堀哲夫編著『問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー』明治図書 1998年

2) 中央教育審議会第一次答申「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」(平成8年7月19日)

3) ピアジェ・滝沢武久訳『思考の心理学 —発達心理学の6研究—』みすず書房 1968年

4) 「理科離れ」<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

5) 日本保育学会『保育学研究』第34巻第1号 1996年

6) 日本保育学会『保育学研究』第35巻第2号 1997年

7) 鈴木由美子, 清水欽也, 財満由美子, 松本信吾, 菅田直江, 三宅瑞穂, 林よし恵, 西井章司「科学的思考を育成するための幼小連携の在り方について—科学体験から知的学びへの幼小一貫教育の提案—」(『広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要』第35号, 2007年, pp.29-36)