

一人一人の思考をつなぐ理科学習指導

－第4学年「閉じ込めた水と空気」の実践－

上 崎 博 輝 [鹿児島大学教育学部附属小学校]

Connecting the thoughts of all in science learning and teaching

KAMISAKI Hiroki

キーワード：深い学び、閉じ込めた空気、閉じ込めた水、思考のつながり、学び合い

1. 実践の目的

新学習指導要領において、子どもたちの資質・能力を育成するために、理科の特質に応じた見方・考え方を働かせた、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を推進することが示された。これまでも問題解決の過程を踏まえた授業を行っていたが、一人一人が問題を持ち、自分の予想や仮説の妥当性を検討しながら最後まで思考をつなげて結論を導き出せていないという課題があった。そこで、一人一人が思考をつなぎ、主体的・対話的で深い学びを実現している目指す子ども像を「自ら見出した問題に対する予想や仮説の妥当性について、他者との学び合いを重ねながら、粘り強く追究することを通して、科学的に妥当であると考えられる結論を導く姿」と設定し、その姿を表出させるための学習指導を工夫することにした。

2. 実践の視点

本実践では、単元、一単位時間において「一人一人の思考をつなぐ」ことを実践の視点とした。なぜなら、単元を通して問題意識が連続・発展していかなければ、一単位時間のみの学習に終始してしまい、単元を通して培うことができる理科の見方・考え方や資質・能力を十分に育てることができないからである。よって、目指す子ども像を表出させるために、次の2つの視点をもって実践を行うことにした。

1点目は、子どもにとって身近な自然事象の要因や規則性を追究する単元計画の作成である。単元の第1時では、子どもにとってより身近な自然事象を提示し、その要因や規則性に対する問題意識を高め、単元の学習を通して問題を解決していくという意識をもたせる。そして、1単位時間の問題解決を積み重ねて獲得した資質・能力を発揮して、初めに問題意識をもった身近な自然事象の要因や規則性を説明したり、さらに他の自然事象に適用させたりする活動を設定する。

2点目は、1単位時間の「つかむ」「見通す」「調べる」「吟味する」「まとめる」「振り返り、生かす」という問題解決の各過程において、子どもの思考をつなげる働きかけを行うことである。具体的には、次の働きかけを行った。

【つかむ】自然事象の要因や規則性を問い、結論と整合性のある問題設定

【見通す】予想するための事実を共有させ、実験結果まで見通させる働き掛け

【調べる】問題に対する予想や仮説の妥当性を検証するための学び合いを生み出す働き掛け

【吟味する】設定した問題に立ち返らせ、子どもの思考をつなげる働き掛け

【まとめる】問題に立ち返り、考えをまとめるためのキーワードを明確にする働き掛け

【振り返り、生かす】理科の見方・考え方を働かせ、獲得した知識を基に学び合う活動の設定

3. 実践の実際

3.1. 子どもにとって身近な自然事象の要因や規則性を追究する単元の指導計画

本単元において、子どもたちは、閉じ込めた空気と水の性質は理解できるが、それらがどのように生活に生かされたり、結びついたりしているのかについては実感を伴いにくい。そこで、まず、子どもにとって身近な自然事象を想起させるために、身の回りにある空気を利用したものを出し合い、その仕組みを考える活動をおこなった。ここでは、子どもは、ボール、霧吹き、ペットボトルロケット等の様々なものを発表していた。そして、子どもにとって最も身近なボールが弾む要因について問題意識を焦点化するために、ボールをバウンドさせてかごで受け止めるボールキャッチゲームを設定した。その際、穴が開いたボールを意図的に混ぜるようにした。穴が開いたボールと空気を閉じ込めたボールの弾み方を比較することによって、子どもは、閉じ込めた空気にはどのような性質があるのか、なぜボールが弾むのかといった問題意識を高めていた。

次に、閉じ込めた空気と水の性質を比較しながら追究することができるようにするために、空気鉄砲や注射器を用いて空気や水の体積変化や押し返す力について調べる活動を設定した。ここでは、空気を閉じ込めて遊ぶ道具として、空気鉄砲を提示し、「何が玉を飛ばしているのですか。」と発問することによって、子どもの「空気が玉を飛ばしているのではないか。」という考えを引き出した。そして、「空気が玉を押し出しているのなら、飛ぶ瞬間に筒の先から空気がでるはずですね。どうすれば、筒の先から出ていく空気がわかりますか。」と発問し、「水の中で飛ばしてみれば分かるはずだ。」という子どもの考えを引き出し、水の中で玉を飛ばす活動を設定した。しばらく活動させると、自然と空気鉄砲に水を入れて試すようになるため、その姿を捉え、「空気鉄砲に水を閉じ込めると玉はどのように飛ぶのかな。」と発問し、玉の飛び方の違いを比べ、閉じ込めた空気と水の性質の違いに気づかせ、体積変化や押し返す力を追究する学習へとつなげた。

そして、閉じ込めた空気と水の性質はそれぞれによさがあり、それらを組み合わせ活用することで自分たちの生活に役立たせることができるということを理解できるようにするために、単元の導入で話題にしていたペットボトルロケットが飛ぶ仕組みを説明し合う活動を設定した。子どもは、ペットボトルロケットに水や空気だけ閉じ込めてもあまり飛ばないが、両方を同時に閉じ込めたときに100 m程飛ぶ様子を見て声を上げて驚いていた。そして、閉じ込めた空気と水の性質を基に、質的・実体的な見方や関係付けの考え方を働かせて、空気と水を両方入れたときにペットボトルロケットがよく飛ぶ仕組みを図や文を用いて説明し合っていた。単元の指導計画を以下に記す。

目標

- (1) 閉じ込めた空気と水の性質について、身近な素材と関連させながら、空気や水の体積変化と押し返す力について主体的に調べようとするができる。
- (2) 閉じ込めた空気と水を押ししたときの体積変化と押し返す力を関係付けて調べ、図や、身体表現などで表現することができる。
- (3) 閉じ込めた空気と水を押しした時の体積変化について、空気鉄砲の目盛りを読み取り、数値で捉えて調べることができる。
 - ・ 閉じ込めた空気は圧されると体積が小さくなって押し返す力が大きくなるが、水は押し縮めることができないことを説明することができる。

指導計画（全6時間）

次	主な学習活動	教師の具体的な働きかけ
第1次 空気と水を活用した体験活動①	閉じこめた空気の性質を体感的にとらえる。 ボールキャッチ遊びをしよう。① ボールに空気を閉じ込めたときだけボールが飛ぶんだね。もっと空気を使って遊びたいな。	○ 閉じ込めた空気の性質に問題意識を焦点化するために、空気がもれているボール、空気を閉じ込めたボールを準備し、グループごとにボールキャッチ遊びを行わせる。その際、ボールを地面に一回バウンドさせることで、弾み方の違いに気づかせる。その際、空気を閉じ込めた時だけボールが弾むことを捉えさせる。
第2次 閉じ込めた空気と水の性質③	空気鉄砲で遊ぶ活動を通して、閉じ込めた空気と水の性質の違いについて問題意識を焦点化する。②③ 【閉じ込めた空気】 【閉じ込めた水】 空気を閉じ込めた時は、玉がよく飛ぶな。 ←→ 水を閉じ込めた時は、ほとんど玉が飛ばないな。 とじこめた水では、あまり玉が飛ばないのに、とじこめた空気では、よく玉が飛ぶのはどうしてだろうか。④（本時） 【閉じ込めた空気】 【閉じ込めた水】 空気は縮んでいる。閉じ込めた空気を圧すと、体積が小さくなった。 ←→ 水は縮んでいない。水を圧しても、体積が小さくならないよ。 空気は、だんだん体積が小さくなって、飛ばす力が強くなるのではないかな。 ←→ 水は、縮まないから飛ばす力が弱いのではないかな。 空気と水を閉じ込めて、押し返す力について調べてみよう。 【閉じ込めた空気】 【閉じ込めた水】 圧すと体積が小さくなり、押し返す力が強くなった。 ←→ いくら圧しても体積は変わらなかった。 押し縮めた後、棒から手を離すと目盛りが元の位置まで戻った。 ←→ 空気には、押し返す力があるはずなのに、空気がほうほうの玉が前に飛んでいくのはどうしてかな？ とじこめた水は、おしちめることができないから、あまり玉は飛ばない。とじこめた空気は、おしちめるほど、押し返す力が大きくなるから、よく玉が飛ぶ。 空気と水の性質の違いを用いて、ボールの弾み方の違いを説明する。 ボールが地面に当たった時に、中の空気の体積が縮んで、押し返す力が大きくなるから弾むんじゃないかな。	○ 閉じ込めた空気と閉じこめた水の性質の違いについて問題意識を焦点化するために、空気を閉じ込めたときと水を閉じ込めたときの玉の飛び方を比較させる。 ○ 閉じ込めた空気の体積が小さくなればなるほど、押し返す力が大きくなるというきまりをとらえさせるために、空気の体積変化を目盛りでとらえさせ、手応えの大きさと関係付けられるようにする。また、閉じ込めた水は、押し縮めることができず、押し返す力がないという性質をとらえさせるために、筒に閉じ込めて押ししたときの体積変化や手応えを空気の体積変化や押し返す力と比較しながら追究させる。 ○ 閉じ込めた空気と水の性質が身の周りの道具に活用されていることを捉えさせるために、ボールが弾む理由を、説明し合う場面を設定する。 ○ 空気と水の性質の有用性を実感できるようにするために、ペットボトルロケットや水鉄砲などの空気と水の性質を組み合わせて作られているものを使って仕組みを説明し合う活動を行う。 ○ 単元で学んだことを子どもたちが自覚できるようにするために、どのような方法で解決したからよかったのかといった振り返りを行い、ノートに文章で書かせるようにする。その際、空気と水の性質の固有性や活用することで生活が豊かになっていることに気づいた子どもの考えを紹介する。
第3次 空気と水の活用②	閉じ込めた空気や水の性質を使った、おもちゃで遊ぼう。⑤⑥ ペットボトルロケットは、どのような仕組みで飛んでいるのかな。 閉じ込めた空気と水の性質が分かったね。空気や水の性質を生かして、ボールやタイヤ、水鉄砲などの身近な道具が作られているんだな。	

3. 2. 1 単位時間における問題解決の各過程における働きかけ【第4学年 閉じ込めた空気と水の性質 3.4/全6時】

これまでの実践では、空気鉄砲の玉が飛ぶ要因について、空気の体積変化と押し返す力を関係付けて説明することが難しいという実態があった。そこで、まず、空気鉄砲に空気と水を閉じ込めたときの玉の飛び方の違いに着目させ、問題を見いだせるようにした。次に、予想するために必要な事実を共有する場を設定した。そして、自分の予想や仮説、考えの妥当性を検討することができるようにするために、実験結果の違いが出た要因について吟味させる発問を行った。さらに、終末段階では、問題へ立ち返り、モデルを用いて、閉じ込めた空気を押し縮めたときに玉が飛ぶ理由を説明し合う学び合いの場を設定した。

3. 2. 1 【つかむ】 自然事象の要因や規則性を問い、結論と整合性のある問題設定

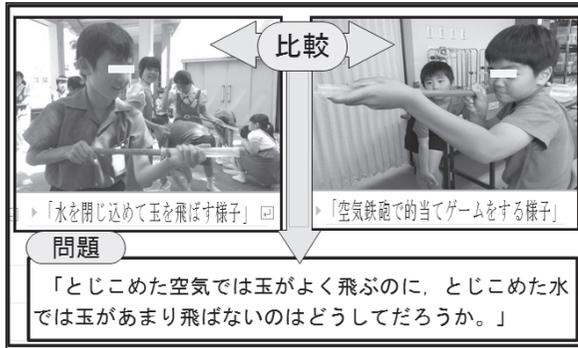
理科授業では、自然事象の要因や規則性を明らかにし、結論と整合性のある問題を設定することが大切だと考える。なぜなら、問題解決のどの過程においても問題に立ち返りやすくなり、自分の力で科学的に妥当な結論を表現することができるようになるからである。

本実践における結論は、「閉じ込めた空気を押し縮めると、元に戻ろうとする力が強くなって玉が飛ぶ。また、閉じ込めた水は、元に戻ろうとする力がないから、あまり玉が飛ばない。」である。この結論と整合性のある自然事象の要因を問う問題を「とじこめた空気では玉がよく飛ぶのに、とじこめた水では玉があまり飛ばないのはどうしてだろうか。」と設定した。(図1)このような問題を設定することで、問題解決の過程において、空気鉄砲に閉じ込めた空気や水の性質に着目し、比較、関係付けて考えるという、理科の見方・考え方を働かせる姿が見られた。

3. 2. 2 【見通す】 予想するための事実を共有させ、実験結果まで見通させる働き掛け

問題をもった後は、自分の予想や仮説をもち、それを確かめるための方法を考え、予想や仮説が正しければどのような結果になるのか見通しをもつことが大切である。なぜなら、結果の見通しをもつことによって、観察、実験の視点が明確になるとともに、結果が出た後に予想や仮説が妥当だったのか検討することができるようになるからである。

この授業においては、空気鉄砲に空気や水を閉じ込めた時の玉の飛び方が違う要因を問うと、それぞれの重さの違いに着目して、「空気は軽くて、水は重いから。」という予想をもつ子どもが多い。しかし、それを検証する方法がないため、子どもの思考がつかないまま注射器で押し返す力を検証することになってしまうという課題があった。そこで、本実践では、閉じ込めた空気と水の体積変化に着目して予想をもつことができるようにするために、予想する前に、前時で行った空気鉄砲に水を入れたときと空気を入れたときの体積変化の違いが分かる動画を提示した。そして、「閉じ込めた空気の体積が小さくなると、よく玉が飛ぶのはどうしてかな。また、水では飛ばないのはどうしてかな。ノートに書いてみましょう。」と発問することによって、「空気の体積が小さくなって、ゴムみたいに元に戻ろうとしたからじゃないかな。水は、そのまま押し出すだけだから玉が飛ばないんだよ。」「空気と水をそれぞれ注射器などに閉じ込めて押し返してみれば押し返す力があるかはっきり分かるよ。」といった、押し返す力につながる予想や仮説を引き出すことができた。



【図1 問題を見いだす学習活動】



【写真1 閉じ込めた空気と水の押し返す力の再実験】

3.2.3【調べる】問題に対する予想や仮説の妥当性を検証するための学び合いを生み出す働き掛け

問題をもった後は、自分の予想や仮説の妥当性を検討していくことになる。その際、他者と予想や仮説、考えを比較することが、自分とは異なる見方で自然事象を捉えなおすきっかけになる。よって、他者と予想や仮説、検証方法、観察、実験の結果、結論が異なった場合は、その理由を明確にするために、様々な視点で思考することが必要である。

本実践では、閉じ込めた空気や水に元に戻ろうとする力があるのか調べるために、注射器に空気、水を閉じ込めてピストンを押し、元の目盛まで戻ってくるのか確かめる実験を行った。(写真1) その際、押し込んだ目盛の分だけピストンが戻ってくる班とそうではない班があり、同じ実験をしているにも関わらず結果が異なる場面があった。そこで、自他の取組を複数の視点から見直させるために、次のような発問を行った。

T「同じ実験をしているのに、A班とB班で結果の違いが出ましたね。A班は、手を離すと20目盛まで戻ってきましたが、B班は、17目盛までしか戻ってきませんでした。実験の結果が違ってしまったのは、どうしてなのかな？」

C1「予想が違ったのかな？ピストンを押ししたときに少し空気がもれたのかもしれないよ。」

C2「目盛を斜めから読んでいたから読み間違えたのかもしれないよ。」

C3「目盛を真正面から見て、まっすぐにピストンを押しして、もう一度実験し直してみよう。」

T「結果はどうになりましたか？」

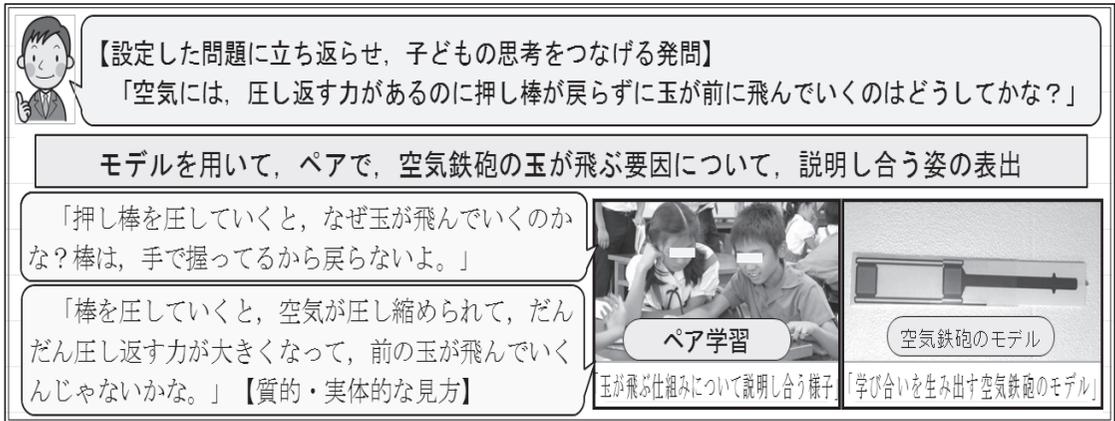
C1「目盛を真っ直ぐ見てみると、A班と同じ結果になりました。」

C2「目盛を読み間違ったのが原因だったんだね。」

C3「ということは、やっぱり予想通り、閉じ込めた空気は、押し縮めるほど押し返す力が強くなって、縮めるのをやめると元の体積に戻ると言えるね。」

T「実験の結果がずれた時に、その原因を考えてもう一度確かめることで、自分たちの予想が正しいのかはっきりと分かったね。そのような考え方は、他の学習でも使えそうだね。これからに生かしていきましょう。」

以上のような発問を行うことで、実験結果と予想を照合しながら思考をつなげて予想の妥当性を検討する姿が表出したと考える。



【図2 設定した問題に立ち返らせ、子どもの思考をつなげる働き掛け】

3.2.4【吟味する】設定した問題に立ち返らせ、子どもの思考をつなげる働き掛け

吟味する過程においては、実験結果と予想や仮説の照合を行い、獲得した事実で問題の答えをどのように導き出すのか説明し合うことで、個々の考えがより深まっていくものとする。

本実践では、実験によって得た事実を基に、一人一人が問題に対する考えを深めることができるようにするために、「空気には、押し返す力があるのに、押し棒が戻らずに玉が前に飛んでいくのはどうしてかな。また、水を閉じ込めても玉があまり飛ばないのは、どうしてかな。」という発問をした。その際、空気鉄砲のモデルを2人に1つずつ配布し、モデルを操作しながら空気を閉じ込めたときには玉がよく飛び、水を閉じ込めたときは玉があまり飛ばない仕組みを互いに説明し合うようにした。すると、「棒を圧していくと、空気が押し縮められて、だんだん押し返す力が大きくなるよね。だけど、棒は手でおさえられているから、前の玉が耐えられなくなって飛び出すんじゃないかな。」「水は押し縮めることができないから、押し返す力もないということだよ。だから玉もあまり飛ばないんだ。」というように、閉じ込めた空気と水の性質を捉え、体積変化と押し返す力を関係付けながら、問題に対する考えを深める姿が見られた。(図2)

3.2.5【まとめる】問題に立ち返り、考えをまとめるためのキーワードを明確にする働き掛け

空気鉄砲の玉の飛び方が違う要因について、2人組で話し合ったことを全員で共有し、結論を書くために必要なキーワードを確認した後、自分の力で結論を書かせるようにした。ここでは、「閉じ込めた水、閉じ込めた空気、体積、押し返す力」といったキーワードを確認し、問題の言葉に沿って考えを書くように促した。さらに、子どもが結論を書いているときに、「問題を見てごらん。空気のことは書いているけれど、閉じ込めた水では玉があまり飛ばないのは、どうしてかな？」というような問題に立ち返らせる働き掛けを行うことで、「とじこめた空気は、おしちぢめるほど、おし返す力が大きくなるから、よく玉が飛ぶ。とじこめた水は、おしちぢめることができないから、あまり玉は飛ばない。」といった、問題と整合性のある結論を書く子どもの姿が見られた。

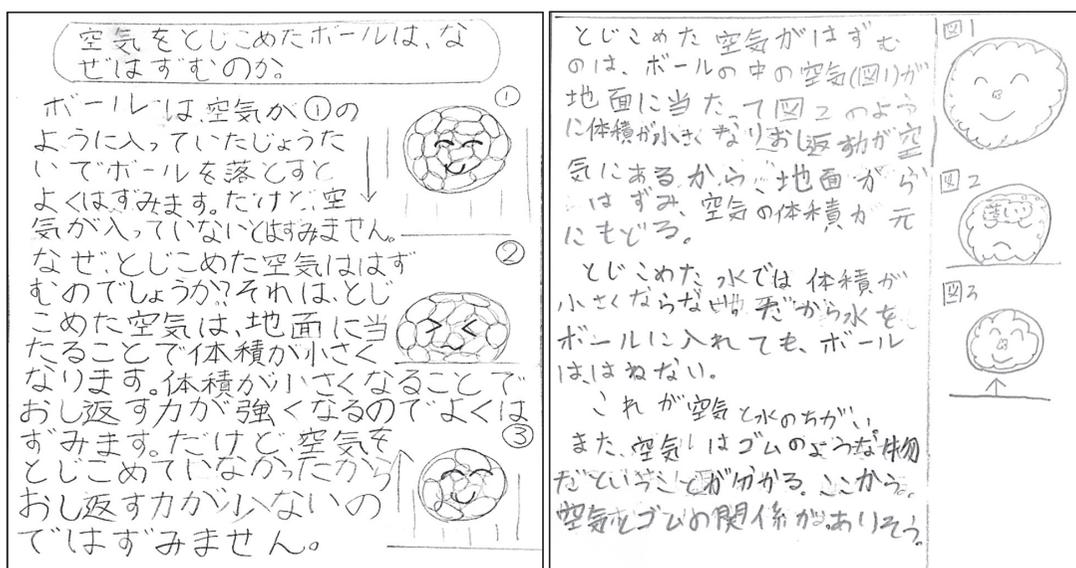
3.2.6【振り返り、生かす】獲得した資質・能力を発揮する学習活動や学びの意味や方法のよさを

振り返る活動の設定

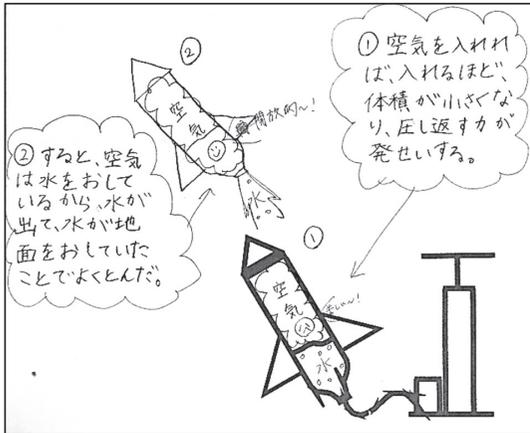
ここでは、次の問題を見いだしたり、問題解決の力を育んだりするために、一単位時間を通してつなげてきた子どもの思考の過程を振り返り、学びによって獲得した資質・能力を自覚させると共に、単元の導入で見いだしていた問題に対する考えを深めさせることが大切である。

本実践では、単元の導入で見いだしていた「ボールが弾むのは、どうしてか。」という問題について、図や文を用いて説明し合う活動を設定した。単元の導入時には、「ボールはゴムだから。」「中に空気が入っていて、弾む力があるから。」といった考え方の子どもがほとんどだった。しかし、単元の学習を進めるにつれて、閉じ込めた空気と水に関する知識を獲得し、空気や水に対する見方・考え方が養われることで、「閉じ込めた空気は、地面に当たることで体積が小さくなります。体積が小さくなることで、押し返す力が強くなるのでよく弾みます。」というように、体積変化と押し返す力を関係付け、ボールが弾むという自然現象の要因を考え、説明することができるようになった。(図3)

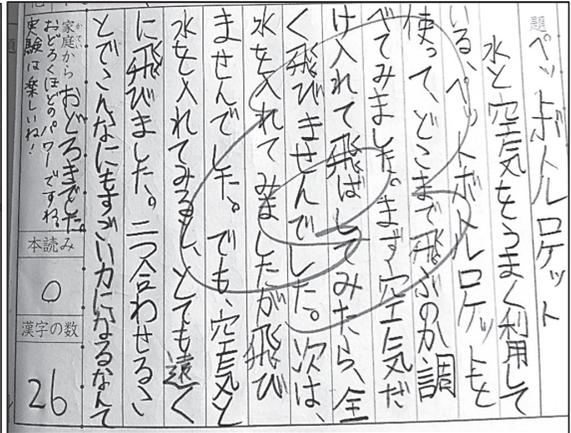
さらに、「今日の学習を通して、何が分かりましたか。また、それが分かったのは、どのような学び方をしたからですか。」と発問し、子どもに自らの学びを振り返らせた。このような振り返りを行うことで、「A班とB班の実験の結果が違ったときに、原因を考えて、もう一度実験したら結果がはっきり分かった。」「閉じ込めた空気には、押し返す力があって、水にはないのが不思議。どうしてだろう。」「いつも遊んでいるボールが弾む理由が分かって、おもしろかった。」「閉じ込めた空気や水を使った他の道具の仕組みも考えてみたい。」といった気づきや疑問を引き出すことができた。



【図3 ボールが弾む理由の説明】



【図4 ペットボトルロケットが飛ぶ仕組み】



【図5 子どもの感想】

4. 研究の成果 (○) と課題及び改善の方向性 (●)

- 単元の第1時では、子どもにとってより身近なボールが弾む自然現象を提示したことで、学習活動に意欲的に取り組む姿やボールが弾む要因に対する問題意識を高めることができた。
- 自然現象の要因や規則性を問い、結論と整合性のある問題設定をすることで、問題解決の各過程において問題に立ち返らせる働きかけがしやすくなり、子どもの思考がつながりやすくなった。
- 問題の解決につながる予想をもつことができるようにするための事実を共有させることで、検証可能な方法を発送したり、実験結果まで見通したりすることができた。
- 他者と予想や仮説、検証方法、観察、実験の結果、結論が異なった場合に、その理由を明確にする発問をすることで、思考を活性化する学び合いを生み出すことができた。
- 単元の導入でもった問題を、その後の学習で得た知識で説明し合う活動を単元に位置づけることで、単元を通して子どもの思考がつながりやすくなった。
- 単元終末に、ペットボトルロケットが飛ぶ仕組みを説明し合う学習活動を行うことで、空気と水の性質の違いや組み合わせて活用することの価値を見いだす子どもの姿が見られた。(図4, 5)
- 本実践では、空気鉄砲や注射器については、教師が提示して実験を行っていく方法をとったので、実験方法を子ども自身が発想する力を育むという点では課題が残った。
- 水を注射器に閉じ込めて、ピストンを押す活動では、「水は、空気よりも押し返す力がある。」と考える子どもが複数名いた。これは、体積は縮まないが、机からの反作用によって、強い手ごたえを感じる必要があると考える。実験方法や発問の改善が必要だと考える。
- 学んだことに何の意味があったのか、何ができるようになったのかといったことを子ども自身が自覚できる振り返り、評価の仕方について工夫が必要である。

5. 付記

本報告は、鹿児島大学教育学部附属小学校平成25～29年度研究紀要で発表した研究内容等に基づき、理科教育において研究をさらに発展させ、その研究成果をまとめたものである。