

小学校低学年における科学的思考力育成の研究

～じっけん・はっけん「霜柱をつくろう」の実践を通して～

増 田 伸 江

- I はじめに
- II 研究の目的
- III 研究方法
 - 1. 「じっけん・はっけん」
 - 2. 観察カードの分析
- IV 授業実践「霜柱をつくろう」と考察
 - 1. 「霜柱をつくろう」指導計画
 - 2. 「霜柱をつくろう」の実践と考察
 - (1) 霜柱を見つけたよ
 - (2) みんなで探そう
 - (3) じっくり観察しよう
 - (4) 霜柱をつくろうⅠ
 - (5) 霜柱をつくろうⅡ
 - (6) 霜柱をつくろうⅢ
- V 観察カードの分析
 - 1. サイエンス・プロセス・スキル
 - 2. サイエンス・プロセス・スキルに基づいた児童の表現の分類
 - 3. 観察カードにおける表現の分類
 - (1) 全体的な特徴
 - (2) 項目ごとの分析
- VI おわりに

I はじめに

小学校の低学年から理科の授業がなくなって23年がたつ。代わりに始まった生活科は、2回の学習指導要領の改訂に伴い、初期の頃は「活動あって学びなし」などの批判もあったが、徐々に改良され、子どもが生き生きと活動に関わり、能動的に学習に取り組み、自分への振り返りをする姿勢が身についてきたとの調査結果もある。

しかし、一方、3年生から始まる理科の学習において、様々な科学的な体験が不足しており、スムーズな理科の学習に接続できていない。科学的な考え方が育っていない。などの声が現場から聞こえてくる。かつては低学年理科で扱っていたような内容（石ころ遊び、色水遊び、影ふみ）が小学校3年生以降の理科の学習内容に含まれている状況であり、本来ならば6歳～8歳の年齢で扱うことが適切とされていた科学的な体験や思考が、理科という教科がないため、子どもたちは適時性を逃がして学習することになっている。以前のように、低学年に理科という教科を設けなくとも、生活科の授業の中で、もっと理科的な学習、つまり科学的な体験や思考力を育てるような活動をさせるべきではないかという意見が聞かれる。

また、諸外国の理科教育の事情をみると、アメリカでは州ごとに異なっているが、室伏、佐藤（2014）の報告によると、オハイオ州では、幼児期（KまたはPre-K）からスタンダードを設けて科学教育を行っており、科学用語を早期から導入し、その活用を心がけ、科学のプロセス・方法を重視した教育を行っている¹⁾。また、墨田（2014）の報告によると、米国では科学教育をすべての教科の中心に据えた米国のサイエンス・スタート、幼い子どもの才能を伸長するためのクラリオン・プログラムなど幼い子どもが幼稚園段階から自然界について洗練された思考を示すことに関する新しい研究地検を踏まえ、従来以上に幼年期の科学学習向上が謳われているそうである²⁾。

以上のことを踏まえ、小学校の低学年の子どもたちにおいて、早期教育というのではなく、子ども主体で、身の回りにある自然現象の不思議を子どものつぶやきから取り上げ、学級全体で共有しながら、実験や観察を行い、結果から考察する活動を取り入れることで、科学的思考力を育成することはできないだろうか考える。

II 研究の目的

小学校低学年の子どもを対象に、身の回りの不思議を授業で取り上げ、観察や実験などの活動を通して、科学的な思考力を育成していく。

III 研究の方法

「じっけん・はっけん」という子どもの科学的な探究活動を行い、失敗しても繰り返し試行錯誤を経験させ、その結果成し遂げられるような実験を行わせる。その間の子どもの観察記録を分析し、科学的な思考力が育成されてきたか、分析する。

1. 「じっけん・はっけん」

かつての低学年理科で扱っていたような、身の回りにある素材を使って実験や工作を行い、科学的な活動の面白さを味わい、科学的な考え方の芽を育む活動

(1) 目あて

- 空気、水、土、岩石などの物質の性質に気づく。
- 電気、磁石、光、音などのエネルギーの特性や法則に気づく。
- 現象の面白さから、なぜそのようなことが起きるのだろうかかと疑問を感じ、子どもなりに理由を考

えようとする姿勢を養う。

○作ったり，試したりする過程で，うまくいかない場面において，試行錯誤を繰り返しながら最後までやり遂げようとする粘り強い態度を養う。

○一人ではできないようなことも，友人と協力して行うことで，達成できる喜びを味わう。

○友人に教えたり，教わったりすることで，人と関わる楽しさや共に学ぶ大切さを知る。

(2) 活動計画

	エネルギー	粒 子	生 命	地 球
1 年生	じしゃく，キャップコロコロ 虫めがねで光を集めよう， ストロー笛，風車，糸でんわ	水に浮く紙 シャボン玉 スライムをつくろう	たねを飛ばそう どんぐりこま	霜柱作り
2 年生	万華鏡，ぶんぶんごま 虫めがねで紙を焦がそう 傘袋ロケット	水を吸う紙 空気砲	葉っぱの形	氷を作ろう 雪の結晶

2. 観察カードの分析

サイエンス・プロセス・スキルの様々な考え方を基に，この時期の子どもに必要なサイエンス・プロセス・スキルを考え，実践を通じてどれくらい子どもに身に付いたかを分析する。

Ⅳ 授業実践「霜柱をつくろう」と考察

1. 「霜柱をつくろう」指導計画（2015年2月実施）

(1) 霜柱を見つけたよ（朝の会の時間）

一人の子どもの発見を学級全体で共有し，情報を交換するうちに，個々の知識が広がり，本物の霜柱を見てみたいという意欲が高まってくる。

探索へ個人の発見→発表→学級全体で共有→情報提供→知識の広がり→意欲の高まり→探索へ

(2) みんなで探そう（朝の会の時間）

教室から出て実際に霜柱を探しに行く。霜柱を発見し，採取し，もっとじっくり観察したいという意欲が高まってくる。

探索→発見→採取→観察へ

(3) じっくり観察しよう（「なかま（特活）」の時間：1時間）

発見した霜柱を教室に持ち帰り，じっくりと観察する。そのことで気づきや発見，疑問などが生まれ，そのことに対して子どもなりに仮説を立て，自分なりの解釈をする。子ども同士で意見を交わしたりするうちに，探究意欲が高まり，実験してみたい，自分たちでつくってみたいと発展していく。

観察→発見→疑問→仮説→学習意欲の高まり→実験へ

(4) 霜柱をつくろうⅠ（「なかま（特活）」の時間：1時間）

一人ひとり自分で考えた方法で霜柱を作る実験をする。最初は目的をあまり意識せず，活動することを楽しむ傾向にある子どもも，友だちと作り方はなしあったり，実際に土や氷を触ったりしているうちに，意欲が高まってくる

計画→実験→発見→疑問→仮説→学習意欲の高まり→実験へ

(5) 霜柱をつくろうⅡ（「なかま（特活）」の時間：1時間）

最初の実験で失敗した子どもたちが、なぜうまくいかなかったのか、どうすればうまくいくのかを考え始める。友だちと相談したり、成功した友だちに聞いてみたり、真似をしてみようとしていたりして、もう一度実験をする気になる。試行錯誤の結果、より良い方法を見出し実験する意欲がさらに高まってくる。

計画→実験→発見→疑問→仮説→学習意欲の高まり→実験へ

2. 「霜柱をつくろう」の実践と考察

(1) 霜柱を見つけたよ

2月の寒い朝、ある児童は学校に登校してくると鞆もおかずに教師のところにやって来て、霜柱を発見したことを伝える。「凄いね。よく気が付いたね」と教師も見つけたことの感動に共感する。



写真1 発見

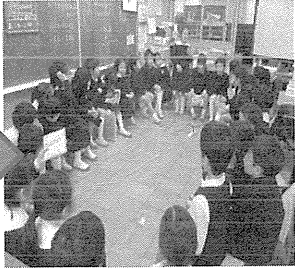


写真2 情報交換

翌日、同様に登校してくると2人の児童が教師のところにやってきた。「ほら、先生、持ってきたよ」と自分の手のひらにのせた霜柱を見せてくれた。回りに集まり興味を示す子どもがいたので、朝のサークル対話で発表してみることを勧める。

「僕たちは霜柱を発見しました」と皆に伝えようと、「うわあ、凄い。見せて。」と大騒ぎになった。一方、「霜柱って何ですか。」という

質問も出てきた。そこで、教師が霜柱について学級全体に聞いてみた。(表1)

表1 霜柱を知っている (34人学級)

霜柱を知らないといった子は6人であったが、名前は知っているが見たことはない、という子などがいた。

霜柱は知らない	6人
霜柱は見たことはないけれど名前は知っている	4人
霜柱は見たことはあるけれど説明はできない	10人
霜柱のことを説明できる	14人

1年生という年齢と、東京都の都心部という住環境を考慮すると、霜柱を知らない子どもが学級の半数以上存在するかと考えていたが、意外と少数で6人であった。また、通学の途上で目にしても、それが霜柱だと意識していなかったり、発見できなかったりしていることも考えられ、「見たことはない」と言っている子どもは4人であった。なんとなく、霜柱ってわかるけれども、他者に説明するということはできない、という子どもは10人いた。そして、自分では霜柱について説明できると思っている子が14人いたが、この子たちがどれだけ正確に説明できたかを表2に表わす。

説明した子どものほとんどは、霜柱が土の上、もしくは土の中にできてくるという認識をもっていた。霜柱は、ただの氷ではなく、細く尖った状態で、柱状になっていることも説明していた。また、寒いという言葉があたり、気温との関係を示唆する説明もあった。土、氷、温度(低温)がキーワードとして上がってきた。

表2 霜柱とは

土の上の氷
土の中の氷
氷なんだけど細くて尖っている
土の中にできたつらら
寒い日の朝にできている
上に土がのっている

(2) みんなで探そう

朝のサークルで、霜柱が話題に上がり、是非自分の目で見てみたいという声が高まってきた。説明を聞くよりも先ずは自分の目で確かめることを大切に考える。そこで早速、教室を出て校庭で霜柱を探すことにした。



写真3 探索



写真4 発見



写真5 採取

小学校の校庭であちこちを探し回る(写真3)。山の斜面や池の氷の下、樹木の根本などを探し回った。日頃から霜柱を見つけていた子どもたちが、「畑にあるんだよ」「山のところにあるよ」と教えてくれ、そこにしぜんと子どもたちが集まってきた。霜柱を発見すると大喜びで(写真4)、プラスチックのカップやスコップで掘り出して手のひらにのせて、眺め始めた(写真5)。「持って帰りたい」「お母さんに見せたい」と言い出し、入れ物を用意してきて、そこへたつぷりと霜柱を入れて各自が教室に持ち帰り、虫眼鏡や顕微鏡で観察することになった。

(3) じっくり観察しよう

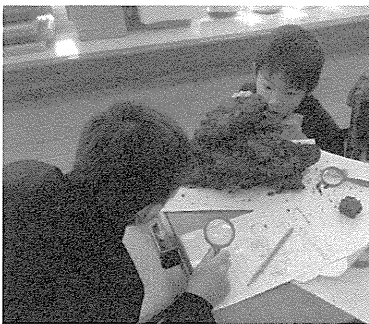


写真6 霜柱の観察

自分たちが発見した天然の霜柱をじっくりと観察することになった。どのようなつくりになっているのか、子どもたちは虫眼鏡を片手に土の塊に挑んだ(写真6)。気づいたことを口々につぶやき、隣の友だちに伝えたり、教師を呼び止めて発見したことを教えたりした。また、隣の子の霜柱の塊を覗き込む姿もあり、一人ひとりの活動でありながら、他者との関わりの場面が見られた。(写真6)

霜柱の様子や発見したこと、試してみたいことなどを観察カードに記録させた。

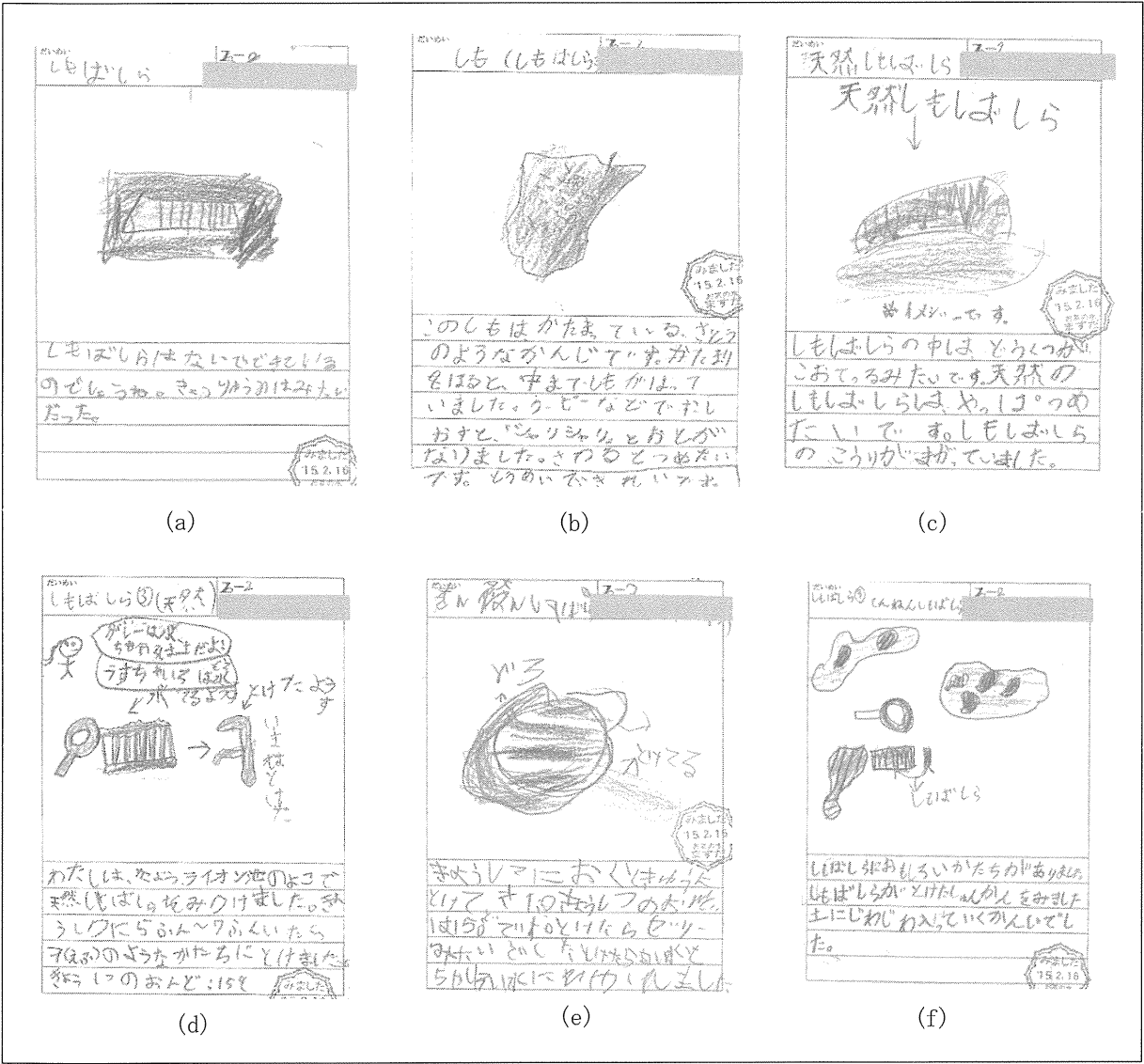


図1 観察カード「霜柱を観察しよう」

【観察カードの分析 (図1)】

(a) 連想から深まる観察の目

「霜柱は何でできているのでしょうかね。恐竜の歯みたいだった。」

この子どもは、霜柱が何でできているのか、疑問に思った。質的に似ているものを連想するのではなく、形から、恐竜の歯を連想し、「恐竜の歯みたいだった」と表現している。触ったりして質感を確かめたりせず、形からの連想にとどまっている。しかし、恐竜と連想したのは、尖っている点であり、鋭利な形に共通点を見出している。この子どもは、氷が細長、何本も並び、鋭い様子を見取り、それを恐竜の歯と表現したのである。もちろんこの子どもは恐竜が好きで、自分の好きなもの、身近にあるものを連想することは、この年齢の子どもにはよくあることである。好きなものに見立て、それをきっかけに観察を深めていくことにつながることもある。1年生という年齢では、自分の好きなものに見立てることから、観察が深まる場合がある。

(b) 五感の感受性を高める

「この霜は固まっている砂糖のような感じです。固まりを掘ると、中まで霜がはっていました。クーピーなどで少し押すと「シャリシャリ」と音が鳴りました。触ると冷たいです。透明できれいです。」

この子どももまずは、見立てから始めている。白くて固まっている様子を砂糖と表現している。次に

実際に触ったり、掘ったりする行動に移っている。中はどのようになっているのだろうという好奇心から、クーピーペンなどを使って内部の様子を探っている。そして、中にも霜があること（視覚）、シャリシャリと音がすること（聴覚）、触ると冷たい（触覚）などの五感を使って観察をしている。観察し、確かめるときに、五感を使うことは非常に大切で、この年齢の子どもは科学的な実験方法や試薬の知識もないので、自分の五感に頼らざるを得ない。このような経験をすることで、自分の五感が鍛えられ、より敏感に反応するようになり、感受性が敏感になる。このことは今後科学を学び研究していくうえでも、非常に大切なものとなる。

(c) 既知の概念との摺り合わせ

「霜柱の中は洞窟が凍っているみたいです。天然の霜柱はやっぱり冷たいです。霜柱の氷が曲がっていました。」

この子どもは、霜柱を洞窟と表現している。盛り上がった土と下の土の間が空洞のようになっていることに注目し、それを洞窟と表現している。じっくりと観察することで、空洞の存在に気づいたのである。この様子を自分が知っている事象と照らし合わせて、洞窟が思い浮かんだようである。このように、初めて見る事象を、既習の内容や体験した事象と照らし合わせる作業で物事をより深く見詰め、その特性に気づき、既知の概念のいずれかとの類似性を見出すのである。このような作業の過程を経て、新しい事象の概念を形成していくように思われる。

(d) 客観的なデータ・数値化

「私は、今日、ライオン池の横で天然の霜柱を見つけました。教室に5分～7分いたら、F（エフ）のような形に溶けました。教室の温度は15℃」

虫眼鏡を使ってじっくりと観察をしていると、霜柱が溶けてきた。溶けていく様子を見てみると、形が変形し、まるでアルファベットのFの文字のような形になってきたと表現している。平行に並んでいた霜柱が溶けることで柱が崩れ、いろいろな形に変化してくることに気づいた。「まるでFの字のようだ」と表現している。

この子は溶けてくるという変化に目を向け、生活体験から、温度が高いと凍っていたものが溶けだすということを知っている。凍ることと温度との関連を生活から知っている。そこで、霜柱が溶けだす様子を見ていて、すぐに温度との関連を思い出し、室温を気にし始め、自分で温度計を見に行った。また、どれくらいして溶けだしたかということも記録している。温度をきっかけに、数字で表現することを思いついた。より客観的な表現をすることで、他者に正確に確実に伝わることに気づいたのではないかと思う。教室の方が暖かいから溶けた、それを数値で表すには温度だ、温度を計ろう、15℃だ。というように考えたのだと想像する。ただし、外の温度を記録しておらず、暖かいから溶けたということは確認できたが、「寒い」といったときに、何度を想定しているのかがわからない。室内の温度を計ったのならば、室外の温度も計るように声掛けをすればよかった。数値で表すことの大切さと客観的なデータの重要性に気づく一歩であった。

(e) 客観的な表現～数字と色～

「教室に置くと急に溶けてきた。教室の温度は15度です。溶けたらゼリーみたいでした。溶けたら、白い水と茶色い水に分かれました。」

外から持ち帰った霜柱が急に溶けてきたことに驚き、室内が暖かいからだと考え、温度に注目した。「教室の中は何度かな」と興味を持ち、15度とわかった。暖かさを温度で表現し温度計で計り、数値で表現している。溶けた様子をゼリーと表現し、どろっとした様子を身近なもので表している。また、「白い水と茶色い水に分かれました」という表現は、氷だけが溶けて透明な水のままになっている部分と、氷と土が混じり茶色い水になっている部分があることに気づき、白い水と茶色い水と表現している。子どもは、透明という表現はあまり使わず、茶色に対して色がないという意味で白色という表現をしている。溶け出した部分の様子を色を使って表現し、他者に対して、共通に理解できるように客観的な表現をしている。

(f) じっくりと観察することによる変化の瞬間のとらえ

「霜柱はおもしろい形がありました。霜柱が溶けた瞬間を見ました。土にじわじわ入っていく感じで

した。」

じっくりと観察することによって、変化の瞬間をとらえることができた表現である。氷が溶けると液体になることは知っているが、まさに、溶ける瞬間をこの子はとらえ、感激を交えて表現している。変化の瞬間をとらえるには、辛坊強くじっと見続けることが大切であることに気づいたはずである。霜柱は溶けると水になるが、水として確認することはできず、すぐに土に吸収されていった。そのことをじわじわ入っていく感じと表現している。水が入っていくことが見えたわけではないが土が湿ってくる感じを、色や質感などから感じ取っている。

(4) 霜柱をつくろうⅠ

じっくりと観察していると、「どうやってできるのかな。」という子どもの声が聞かれるようになってきた。そこで教師の方から「霜柱ってつくれるのかしら」と声を掛けてみると、「つくってみたい。つくりたい。」という声がたくさん挙がってきた。そこで、学級全体で霜柱作りに挑戦してみることになった。

① 計画

グループも自由に組ませ、どのようにしてつくるのか相談し、必要なものを考えさせ、計画を立てさせた。この時、教師の方からヒントのようなことは一切言わず、子どもたちがじっくり観察して自分なりにもった概念を実現させるように想像力を働かせ、グループ内の友だち同士で相談しながら実験方法を考えさせた。教師はできる限り子どもの自由な発想を尊重し、大きく目的から逸脱していなければ、子どもらしい発想を生かした実験を実現できるように環境を整えた。

下の表3のように子どもたちは自分たちの自由な発想で霜柱づくりの方法を考え、土や水を使って紙コップなどにセットした。

表3 観察カード「霜柱をつくろうⅠ計画」の文章

No.	カードに書かれた文	キーワード
1	まだ成功するかわからないけど、失敗したらどんな形か楽しみだし、成功したらどんな霜柱ができるかも楽しみ。入れて欲しいのは冷凍庫に入れて欲しいです。 絵：花壇の土、ライオン池の砂＋水＝泥水、クーピークレヨンのかす	楽しみ 冷凍庫
2	山の土をもってきてケースいっぱいにしてケースに水を入れてその水をペットボトルに入れて、冷蔵庫に入れてあります。わけは冷蔵は4℃だからです。シャーレです。	山の土、水 冷蔵庫 シャーレ
3	僕は、グリーンベルトの土使いました。土の中に水を入れました。冷凍庫の－20℃のところに入れました。楽しみです。	グリーンベルトの土、冷凍庫、楽しみ
4	僕は冷凍庫に入れてカラフルの霜柱を作ろうとクレヨンの削ったあとを入れてみました。	クレヨン削りかすでカラフル霜柱
5	発泡スチロールで霜柱を作るやつを保存します。雑草をさすと自然の感じをさせました。入れものは透明のカップに入れました。透明のカップだと、外の寒さがすき通ると思いました。できるのか楽しみです。 絵：畑の土、花壇の土、雑草	発砲スチロール 寒さが通る 雑草、透明カップ 楽しみ
6	僕は冷凍庫にします。冷蔵庫だと温度が違うからです。僕は泥水にしました。畑の土です。	冷凍庫、泥水、温度
7	A君とY・O君と組みました。でもY君とO君はだめってA君に言っても無視で、組んでしまいました。冷凍庫に入れます。 材料：クーピー、鉛筆削り、泥、カップ、レインボー霜柱	A君、Y君、O君、クーピー、冷凍庫 レインボー霜柱
8	部屋においとく。山の土です。／絵：0℃、ドライアイス、土	部屋、山の土、ドライアイス
9	これから冷凍庫に入れます。それで霜柱を作ります。冷蔵庫は4℃、冷凍庫は－20℃。僕はこれから土を冷凍庫に入れます。なんでかという、冷凍庫の方が凍りやすいからです。できるかわからないけど？できたらすごいと思います。	冷凍庫、できたら凄い
10	しめった土、水なし、クーラーボックス、虫かご、山の土	しめった土 クーラーボックス
11	僕は、冷凍庫に入れます。まだ成功するかわからないけど、どうやってやったかは、まず、ライオン池の隣の土を入れました。水を入れてきました。水を1回流しました。クーピーの削ったやつも入れました。	冷凍庫 土と水 クーピー削りかす

12	Y君とO君でカラフルの霜柱をつくるかまだわかりません。この中にはクーピー、校庭の土、ライオン池の土などを入れました。それは、冷凍庫に入れます。メンバーは、Y君、A君、O君です。	カラフル霜柱 クーピー、土、 冷凍庫、 A, Y, O君
13	ライオン池の前の土を入れました。水はちょっとだけです。冷凍庫に入れます。	ライオン池の土と 水、冷凍庫
14	土と泥水でつくりました。冷蔵庫の中に入れます。入れ物はシャーレです。	泥水、冷蔵庫
15	僕は、冷凍庫に入れます。畑の土をとりました。むしかごに入れます。入れているのは水と土。	冷凍庫、虫かご 水と土
16	冷凍庫に入りたいです。霜柱になるか楽しみです。泥水します。土の上に水の上に土でゆう順番でしました。山の土です。	冷凍庫、泥水、 楽しみ
17	部屋においとく。土はライオン池の近くの土。／ドライアイス、土、アルミホイル	部屋、ドライアイス、 アルミホイル
18	前は、霜柱見つけでしたが、今日は霜柱づくりにしました。チームを組んだ人はM君と私です。私のセットの仕方を話します。まず、土を紙コップに入れてその後に水をその紙コップに入れます。その後冷蔵庫に入りたいです。なぜ冷蔵庫に入れるかというと、冷蔵庫は4℃で、冷凍庫は-20℃だからで、それじゃあわかりませんよね。だから、もうちょっとくわしく話します。それは、-20℃では、氷になってしまうと思うからです。冷蔵庫の方だと4℃なので、冬にありそうな気温だからです。ちなみに、畑の土を入れました。霜柱ができるかどうか楽しみです。	4℃は冬にありそう な気温、冷凍庫 楽しみ
19	私は山の土を凍らせて冷凍庫に入れることにしました。ちゃんとできるかわかりません。	冷凍庫、 紙コップ
20	部屋においとく。ドライアイス、つめたい、あったかい。虫かごに入れる	ドライアイス
21	私はM君とくみました。使ったのは土、水、氷です。作る前に紙コップだから水をたくさん入れると溶けると思いましたが溶けませんでした。土はライオン池の土と花壇の土を入れました。氷は一瞬ないと思いましたが氷はありました。	土、水、氷、 紙コップ
22	私はライオン池に置きます。まだわからないけど、できると楽しみです。セットは最初畑の土を入れて、それから水を入れてそれから部屋の前の花壇の土を入れました。なんでかという霜柱は真ん中にあった氷の為に水を入れて、色々な土を入れたらなんか不思議があるかわからないです。	わからないけど楽し み
23	畑でとった土で、霜柱を作りました。作り方はまず土を入れてから水を入れてまた土を入れまた水を使いました。できたら次ははっぱを入れようと思います。	土+水+土+水 葉っぱ
24	私は霜柱のセットは土→水→土→水→土をしました。まだできるかわかりませんが、できると嬉しいです。冷凍庫に入れます。畑の土と花壇の土を入れました。	土→水→土→水→ 土、冷凍庫 できると嬉しい
25	J君と私でつくりました。まだ霜柱が成功するかわかんないけど成功して欲しいです。私のやり方は虫かごに土を入れて冷凍庫にいれる作戦です。畑の土にしました。泥みたいにしました。	成功して欲しい 泥、冷凍庫
26	今日は霜柱作りをしました。私は畑の土を透明なものに入れて水を少し入れました。私はクーラーボックス入れます。	透明な入れ物 クーラーボックス
27	Mちゃんと私でペアになってつくりました。入れた物は、砂場の砂と水です。凍らせるものは冷凍庫です。	砂と水、冷凍庫
28	入れ物はプラスチックのお皿です。鉄棒の所にある土です。それをお皿に入れて水を入れて冷凍庫に入れて作ります。	鉄棒の土 冷凍庫
29	私は入れ物に、土を入れました。水をかけて冷蔵庫で凍らせる事にしました。いるものは、虫かご、スプレー、シャベルです。土を掘ります。	土、冷蔵庫
30	部屋においとく。あったかい土、アルミホイルの上にドライアイス。ぜったいできる。外は0度になってなきゃだめです。絶対できる。	あったかい土、アル ミホイルの上にドラ イアイス、絶対でき る
31	Yちゃんのアイディアでやりました。氷がなかったので水と土を混ぜたら、わからないけどできると思います。-20℃なので凍ると思います。山の土とライオン池の水でやりました。	水と土 -20℃
32	私は、紙コップに土を入れて水を入れて、また土を入れてまた水を入れて泥水にして、冷凍庫に入れようと思いました。土はライオン池と鉄棒の下の土を使って、水はライオン池の水を使いました。	紙コップ、土、水、 泥水、 冷凍庫
33	私は冷凍庫れることにしました。材料は土と根っこクーピーのかすを使いました。クーピーのかすは特に必要なものではありません。入れ物は紙コップです。	冷凍庫、紙コップ、 クーピーかす
34	冷凍庫に入れます。私は畑の土をとって水を入れて泥水にしました。	冷凍庫、泥水

【観察カードの分析（表3）】

（a） 目的のずれ

No.1, 4, 7, 12の子どもは一緒にグループで、クーピーペンの削りかすを土の中に入れ、カラフルな霜柱を作ろうと計画する。霜柱をつくることよりもクーピーペンの削りかすを集めたり、土に混ぜたりすることを楽しんでいる様子が見られた。カラフル霜柱、レインボー霜柱などと自分たちで名前を付け、できた様子を想像し楽しみにする姿も見られた。その中の二人の子は「できるかどうかわからない」とカードに書いており、不安と疑問を表している。楽しい方へ傾きかけているが、はたしてこのような準備で霜柱ができるのか、大丈夫なのだろうかという不安を抱いているようである。目的は多少ずれているが、今、やってみたいと思うことを実現させてやることも大事なことで考え、実験方法は尊重した。

（b） ドライアイスをつかう

No.8, 17, 20, 30の4人の子どもは一緒にグループとなり、No.30の子どもを中心に実験を進める。No.3の子どもは、テレビで霜柱を作る実験をしていたのを見たので、その時の方法を真似ることにした。ドライアイスを使った実験方法にする。「絶対にできる」という強い意志がカードにも書かれてあり、本人は絶対に成功すると自信をもっている。

（c） 観察から実験へ

No.16, 34, 37の3人の子どもは、表5の絵のように土・水・土・水・土の順に容器の中に入れ、冷凍庫に入れて霜柱を作ろうとした。じっくりと観察したときに、土と土の間に霜柱があることを確かめている。霜柱は氷だから、土と土の間に水を入れて凍らせれば、霜柱ができると考えた。自分たちで確かめた事象を忠実に再現しようとしていることがわかる。

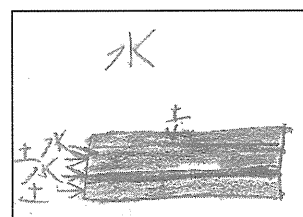


図2 (c)の児童の観察カード

（d） 温度を意識する

No.2, 3, 8, 9, 18, 30, 31,の子どもらは、温度を考慮し、数値ではっきりと表している。霜柱を作る過程において温度は重要な条件であると考えている。冷蔵庫は4℃、冷凍庫は-20℃くらいの温度に設定されている、ということは、子どもたちが質問したので教えた。そのことを意識した子どもは、記録カードに記入している。寒い、暑い、冷たい、暖かいを客観的に表すには、温度を使い数値で表すことが大事である。温度計の計り方などはまだ学習していないが、子どもは生活の中で、気温というものは意識している。天気予報などでも「本日の最高気温は」というように使われており、日常の生活の中で気温は意識化されており、状態を数値で表すことの第1歩と考えることができる。生活の中で学んだ数値化であり、これを基にさまざまなものを数値化して表すことの有効性に気づいてほしい。

（e） 土へのこだわり

No.1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34の26人の子どもが土についての説明をカードに書いていた。ライオン池の土、畑の土、山の土、砂場の土、花壇の土などである。霜柱を探しに出かけたときに、ライオン池の周りの地面と畑（校内の教材園）でたくさん発見されたので、その土を利用すれば霜柱ができると考えたようである。霜柱づくりにおいて、土の質が重要な条件であると認識している子どもが7割以上いることになり、霜柱の観察が子どもには印象深く残っていると考えられる。

（f） 「楽しみです」

No.1, 3, 5, 16, 18, 22, 6人の子どもが観察カードに「楽しみです」と記している。見たこと、発見したこと、予想などを書くように伝えているが、自分たちでセットした土や水から本当に霜柱ができるのか、楽しみでたまらないという感情から思わずカードに書いてしまったようである。同じように、No.9「できたら凄いです」、No.24「できると嬉しいです」、No.25「成功してほしいです」というように願いや気持ちを表現している子どもが9人いた。さらにNo.30「絶対にできる」、No.31「できると思います」などのように願いというよりもつよい意志を表現している子どもも2人いた。できると考える根拠があるのか気になるが、No.30の子どもは、自らドライアイスを使用することを提案しており、ドライアイスで成功した情報を基に「絶対にできる」と考えている。No.31の子どもは「Yちゃんのアイディアでやりま

した」と書いてあり、友だちへの信頼から「できる」と表現しているのであろうか。しかし、Y子本人は「できる」とは記しておらず、提案者本人よりも同じグループのメンバーの友人の方が成功への期待感が高まっているようである。低学年の時期は、確固たる根拠をもって予想をすることは難しく、「〇〇さんが言うならきっとできる」というような判断基準がある。このNo.31の子どもも友人への信頼ときっとできたらいいな、というような期待感からこのような表現になったのではないかと考えられる。

「楽しみ」「うれしい」「できる」というような、感情や願い、意欲を表す情意表現が11人に見られた。

② 結果

3日後に実験結果を見ることになった。自分たちで考えた実験方法で本当に霜柱ができたのか子どもたちは期待と不安をもって結果を見た。実験室の冷蔵庫、冷凍庫で保管していたものを発泡スチロールの容器に入れて教室に持って行き、自分たちの机上で開けさせ、霜柱ができているかどうか観察させた。結果としては、冷凍庫に入れたグループは、土そのものが凍り、霜柱はできていない。冷蔵庫にいれたグループは、泥水状態になっているだけである。ライオン池（校庭）に置いた子どもも冷たくなっているが、氷も、霜柱もできていなかった。ドライアイスのをせたグループは、ほんのりと白いものが土の表面にできていた。

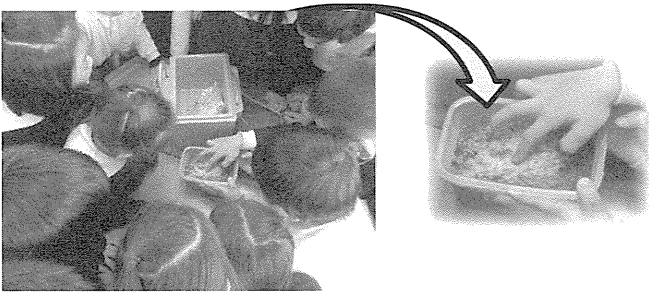


写真7 霜柱？霜？

「できた」という声に、子どもたちは一斉に反応し、自分たちの実験結果はそっちのけで、ドライアイスのグループのところに集まってきた。「わあ、凄い」「霜柱ができてる」などの歓声が上がったがそんな中「これ、霜柱じゃないよ。霜だよ」という声が上がった。「違うよ。霜柱だよ」と反論する子も現れ、せっかく成功したと思ったのに、「違うよ」と言われ泣き出す子どもが出てしまった。そこで、霜と霜柱はどこが違うのか、皆で話し合

うことにした。霜も霜柱も地面にできてくるが、柱のように氷が立っていないと霜柱ではない、と子どもたちは結論づけた。空気中の水蒸気が凝結するということには言及せず、あくまでも子どもの生活の中で体験し、理解できた概念を学級で出し合い、討論してまとめさせた。

その後、個々に実験を振り返らせ、観察カードを書かせた。（表4）

表4 観察カード「霜柱をつくろうⅠ結果」の文章

No.	観察カードに書かれた文	キーワード
1	霜柱に虹色は、できなかった。	虹色、できなかった
2	畑の土を入れて冷蔵庫に入れたら、土が冷たくなっただけです。失敗して残念だけど次は成功すると思います。	冷たくなっただけ 失敗、残念、 次は成功
3	固まってました。	
4	欠席	
5	最初のままでした。	最初のまま*客観的
6	結果は、ただ凍っただけでした。でも、小さな棒みたいなのがありました。	凍っただけ。 小さな棒みたいな
7	変なのだった。レインボー？	レインボー？
8	霜柱ができてすごいです。雪みたいです。	すごい、雪みたい
9	霜柱をつくってみようの結果は大ハズレでした。土は普通です。	大ハズレ
10	土かたまり	
11	土の上にも氷がありました。すごくすごく硬かったです。	硬い
12	初めに、紙コップを水に入れながらはがして完成。この中に入っている土は山の土、校庭の土、花壇の土、ライオン池の土であとはクーパーのかすです。	
13	固まっちゃいました。次は成功したいです。	*次回への希望と意欲

14	泥でした	泥
15	欠席	
16	結果は失敗でした。こんな感じです。	失敗
17	Mちゃんが考えた方法はうまくいきましたね。	*友人を讃える
18	欠席	
19	私の6ファミリーは、霜柱ができました。よく見ると白い雪のようなものがありました。	できかける 白い雪のようなもの
20	霜柱ができました。すごく嬉しかったです。【ドライアイス】	嬉しかった
21	結果は霜柱にならず、凍ってしまいました。それでもおもしろかったです。	～ならずだった おもしろかった
22	なんか、かたかったり、白かったり、根が出てる。びっくりしました。	びっくり
23	霜柱はできませんでした。	できません
24	冷凍庫に入れたら・・・なんと少しだけ霜柱が！！できかけかもしれないけど、できてよかった。もう1回この方法でやりたいです。	少し霜柱、 できかけ？ もう1回やりたい
25	欠席	
26	土はOKだけど、水が多すぎて失敗。畑の土をつけときました。	失敗、*原因追及
27	見た目はできてると思いました。ピンセットでいじっていると、堅かったです。なりかけの途中でした。	見た目、かたい、 なりかけの途中
28	欠席	
29	ほんの少しだけ、できかけの霜柱がありました。あと、さわるとすごく冷たいです。完全の霜柱ができてなかった理由は、最後に砂を入れたからだと思います。	できかけの霜柱、 冷たい、 できなかった理由は
30	霜柱ができました。	
31	凍ってました。でも霜柱はありませんでした。とても冷たかったです。	とても冷たい
32	私は、霜柱じっけんⅠの結果発表を楽しみで、よばれたときはどうなっているか楽しみでした。見たら、泥氷でびっくりしました。逆さまにしたら、プリンみたいになりました。	結果が楽しみ プリンみたい
33	私とE君のは、周りが凍っていました。きれいでした。	周りが凍る、きれい
34	土は山の土を入れました。水は泥水です。紙コップに入れました。おいて置くところは冷凍庫にいれました。出すと泥プリンのようなでした。かちんこちんでした。	どろプリン かちんこちん

【観察カードの分析（表4）】

(a) 目的の修正

レインボー霜柱を作ろうとはりきって、クーピーペンの削りかすを入れたグループは、結局霜柱はできず土が固まっただけであった。「できなかった」「変なのだった」と2人の子どもは記しており、期待していたレインボー霜柱ができなかったことを残念に思っている様子が窺える。一方、No.12の子どもは、容器に使っていた紙コップを破いて凍っている土を丸ごと取り出して、眺められるようにした。土がプリンのようにかたまっていることに感動し、土のなかに点在するクーピーペンの削りかすを見つけて喜んでいた。これでは、砂遊びの域を脱しておらず、子どもなりの科学に近づけたとは言い難い。土や水をいじり、冷たいと感じ、物質の形状の変化に素直に感動する心情は育てられたが、科学的思考力にはまだ距離があるように思われる。

他の2人は、「できなかった」「変なのだった」とはっきりと失敗を認めているが、残りの1人は目的からそれ、土遊びに終始してしまった。この子どもらが本来の目的に立ち返ることができたのは、他のグループからの刺激であった。他のグループも霜柱作りが成功したわけではないが、虫眼鏡やピンセットを使って必死に土を掻き分け、霜柱ができていないか探し求め、霜と霜柱の違いを巡って真剣に論争している姿を見て、自分たちがしていることは、皆とはちがっているなど、気づき始め、もう1回真面目に取り組みたいと思うようになった。

(b) 失敗を認める

「失敗に終わった」「できませんでした」「大ハズレでした」と、はっきりと自分たちの実験が失敗し、霜柱ができていなかったことを認められた子どもが6人いた。この年齢の子どもは自分の思いが強く、自分の都合がいいように解釈してしまう傾向があるが、この6人は、はっきりと自分の実験の失敗を認めている。これは主観を交えず、結果を客観的に見ることができているといえるのではないだろうか。科学的な思考において大切な客観的な見方ができていると考える。

(c) 理由を考える

No.26「水が多すぎて失敗」、No.29「できてなかった理由は、最後に砂を入れたからだと思います。」と記している。実験結果が失敗に終わり、それをただ「失敗しちゃった」で終わらせずに、なぜだろうと思い、原因を子どもなりに探ろうとしている姿勢が見られる。実験の方法として水や砂の量に注目をしている。次の実験への意欲にもつながる。

(d) 次回への意欲

No.2「次は成功すると思います。」、No.13「次は成功したいです。」、No.24「もう1回この方法でやりたいです。」と記している。失敗の原因を追求し、次の方法を考案しているわけではないが、気持ちだけは失敗したことが悔しくて、今度こそという気持ちが強く表れている。しかし、気持ちだけでは、科学的な思考力とは言えず、この気持ちをくみ取り、生かし、次に成功するためにはどのようにしなければならぬか、考えるように指導していく必要がある。

(e) 結論づける

実験結果を見て、自分なりに判断し結論を書いている子どもがいる。「できなかった」「ただ凍っただけだった」「霜柱にならず凍ってしまいました」「なりかけの途中でした」「できかけの霜柱がありました」など、結果を見て、霜柱ができたか否かを子どもなりに判断している。「できかけ」や「途中でした」という表現もあり、霜柱はできていないが何らかの変化を見取り、それをできかけていると判断したように思える。結果を見たときに、現状だけを表現するにとどまらず、その様子から自分なりの判断をし、それをカードに書くことが大切だと考える。実験することは楽しむが、結果にあまり興味を示さない子どもがいる。結果をどのように捉えるかが重要になる。実験は結論まで出して始めて完結するのであるから、「じっけん・はっけん」の活動においても、最後には結論を出せるように導きたい。

(f) 状況の説明

「冷たかった」「固まっちゃいました」「最初のままでした」「雪みたいです」「白かった」など、形や色、手触り、変化の様子などを書いている子どもが19人(30人中)いた。見たままの様子を表現することは、三分二の子どもがしていた。ここで大切なことは、五感を働かせて、事物の様子を感じ取ることである。視覚や嗅覚、触覚を大いに働かせて欲しい。また、感じ取ったものを自分の身の回りの事物・現象や既習の知識と摺り合わせ、共通点や相違点を見出し、分類できることができることを望ましく思う。豊かな想像力の基に観察を行わせることは、科学的思考力へと発展していくと考えられる。

(5) 霜柱をつくろうⅡ

「霜柱をつくろうⅠ」では、ほとんどのグループが失敗に終わった。最初の頃は、土いじりを楽しみ泥遊びのようなことしかしていなかった子どもまで、今度こそ霜柱をつくってみたい、もう1回実験したいと思うようになってきた。そこでもう1回、霜柱作りに挑戦してみることにした。

① 計画

3～4人のグループをつくり、前回の失敗をふまえて、新しい実験方法を話し合わせ、ホワイトボードに計画案を書かせた(図3)。9グループのうち6グループがドライアイスを使う実験方法にした。残りは冷凍庫が2グループ、冷蔵庫が1グループであった。前回の実験で、霜が生じたグループがドライアイスを使ったので、その真似をしたグループが多かった。子どもたちは回りの実験も気にしており、よい方法があれば素早く自分たちの実験にも取り入れようとする傾向がある。今回も3分の2のグループが真似をして、ドライアイスを使用することにした。

グループで計画し、ホワイトボードに書いた後に一人ひとりの子にも観察カードにどのような計画なのかを書かせた。(表5)

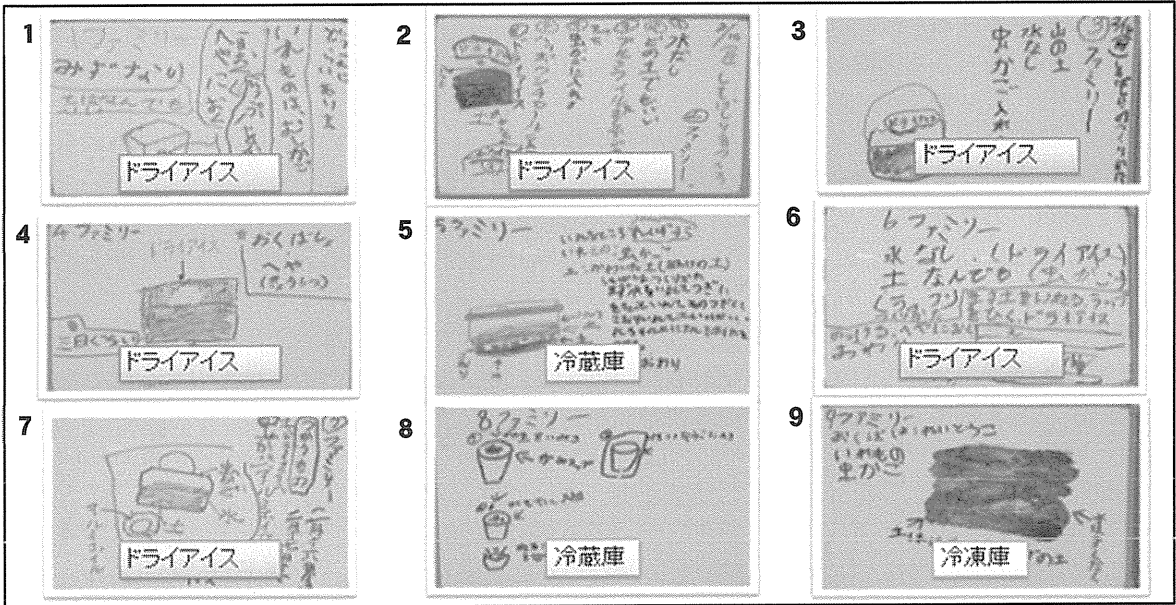


図3 「霜柱をつくろうⅡ計画」ホワイトボード

表5 観察カード「霜柱をつくろうⅡ計画」の文章

No.	観察カードに書かれた文	キーワード
1	8 F 緑色の砂と普通の砂とライオン池の水で霜柱ができるかわからない。【冷蔵庫】	ライオン池の水 わからない
2	5 F ぼくは、今回で2回目の実験です。1回目は失敗したけど2回目は成功できると思います。	2回目の実験 *成功への期待
3	4 F 成功するのが楽しみです。	成功, 楽しみ
4	2 F 水なし。どの土でもいい。アルミフィルムを虫かごの上にひく。虫かごに入れる。発砲スチロールに入れる。【ドライアイス】	どの土でもいい
5	9 F 畑の土を入れると自然ぽいかなと思いました。	畑の土, 自然ぽい
6	霜柱じっけんⅡで霜柱ができるか楽しみです。	楽しみ
7	8 F グリーンサンドも入れました。【冷蔵庫】	グリーンサンド
8	3 F 土を半分入れました。できるようになっています。	
9	6 F 成功するといいですね。	成功
10	5 F 僕はたぶん氷が溶けて土がべとべとになって、見たときは泥だったりして。	土がべとべと。 *失敗予想
11	1 F 山で拾いました。柔らかい土を入れました。	柔らかい土
12	2 F 水なし。どの土でもいい。アルミフィルムを虫かごの上にひく。虫かごに入れる。発砲スチロールに入れる。【ドライアイス】	どの土でもいい
13	4 F MちゃんとRちゃんとS君	
14	欠席	
15	欠席	
16	7 F 虫かごでした。土はいっぱいです。石はあんまり入れてません。	虫かご, 石は入れない
17	3 F Mちゃんは頭がいいですね。	
18	1 F 私たちのセットは、まず山の土を入れます。その後ラップをかけます。その上にドライアイスを置いて一日おきます。これで終わりです。	山の土, ドライアイス
19	6 F 私は水無しで山の土をとり、上にラップをかぶせて、冷凍ボックスに入れました。【ドライアイス】	水無し, 山の土, 冷凍ボックス
20	3 F Mが調べて来てくれてとても嬉しかったです。	
21	欠席	
22	2 F 水なし。どの土でもいい。アルミフィルムを虫かごの上にひく。虫かごに入れる。発砲スチロールに入れる。【ドライアイス】	水なし, どの土でもいい
23	9 F 前のは霜柱ができませんでしたが、頑張ります。	頑張ります
24	9 F できるのが楽しみ 土→水→土→水→土→水→水になってしまいました。トホホ・・・	楽しみ 土→水→・・・
25	6 F 今度は成功して欲しい	成功して欲しい

26	2 F 水なし。どの土でもいい。アルミフィルムを虫かごの上にひく。虫かごに入れる。発泡スチロールに入れる。【ドライアイス】	水なし、 どの土でもいい
27	4 F MちゃんとH君とS君と一緒に山の土を入れました。次にアルミホイルをひいて、ドライアイスを上にのせます。	山の土、 ドライアイス
28	8 F グリーンサンドの土も入れてみました。どうかな？【冷蔵庫】	グリーンサンド どうかな
29	4 F 土を掘りなりました。後は、アルミホイルをしき、ドライアイスをしいてできあがりです。今日一番難しかったところは、石をなるべく減らしたところです。	土、アルミホイル、 ドライアイス、石を 減らす？
30	欠席	
31	8 F 今では成功はしないと思います。【冷蔵庫】	成功はしない
32	5 F 私の感想は、うまくできて、みんなに褒めて欲しいし、土をいれるところも楽しい！	褒めて欲しい 楽しい
33	1 F 私の計画はこれです。Mちゃんに教えてもらいました。	
34	5 F 私のやり方でやればできると思います。【冷蔵庫】	私のやり方、できる

【観察カードの分析（表5）】

(a) 成功したい気持ち

「成功できるといいですね」「成功して欲しい」というような強い願望を書いている子どもが4人おり、2度目の実験で今度こそ強く思う子どもたちである。一方、「わからない」「どうかな？」「成功はしないと思います」「たぶん・・・泥だったりして」のように、不安に思う子どもも4人いた。どちらの子どもも成功したい気持ちは同じだが、短絡的に根拠も持たず願いだけを書く子どもと、より慎重に考え抜き、成功したいけれど、この方法で本当に大丈夫なのかな、という不安を素直にかいている子どもの違いであるように感じた。どちらがより科学的な子どもであろうか。

「成功する」と予想した子も「成功しない」と予想した子ども、根拠をもって予想していれば科学的な考え方と言える。ただの願望だけならば、それは科学的とはいえない。

(b) 大切にすべき条件

2グループは、「水なし」と全員が書いている。皆の合意のもと、霜柱作りに水はいらないと判断したようである。さらに「どの土でもいい」とも書いてあり、1回目の霜柱作りの実験では土の種類やどこでとってきた水にするか、こだわっていたが、それよりも何で凍らせるかにこだわりが変わってきた。水はなくても、元々土に含まれているものでできると判断したようである。それよりも、どこで作るかにこだわりだした。冷凍庫ではなく、ドライアイスを使うことにし、そのことに関心が集中しているようである。前回うまくいかかったのは、土や水ではなく、凍らせる環境だと判断したのである。実験においてさまざまな条件設定があることやその時大切にすべき条件は何かを考えるようになったのである。子どもの実験計画は、枝葉末節にこだわり、肝心なことの焦点がぼやけてしまうことがあるが、このグループの子どもは、大切な条件、注目すべき条件を見極めようとしていた。

(c) 土へのこだわり

No.1, 5, 9, 11, 16, 18, 19, 27, 28の9人の子どもが「緑色に砂と普通の砂」や「山の土」、「グリーンサンド」のように、どこで採ってきた土なのかを明記し、土にこだわりをもっている。特別な場所の土だから霜柱ができる、ここの場所の土は霜柱ができやすい、と考えているようである。前回の失敗の原因を考え改善するというよりは、自分の思いをそのまま押し通し、もう1度試してみようとしている姿勢が窺える。なぜうまくいかなかったのか、どのようにしたらうまくいくのかをじっくりと思考している様子があまり見られない。

(d) ドライアイス

今回の実験はドライアイスを使うグループが増え、9グループ中6グループがドライアイスを使った実験を考えている。その中で8人の子どもが1人で観察カードを書くときに、「ドライアイス」と書いている。この子どもは、成功へのカギがドライアイスにあるのではないかという思いが強く、今回の実験のポイントをそこにおいているのであろう。なんとなくドライアイスを使ったり、皆が使っているから自分たちも使ってみよう、というよりももっと強い意志が感じられる。子どもなりに、成功するためには何が決め手なのかを探り、何も生じないよりは、霜が発生したことの方がはるかに霜柱に近いのでは

ないかと判断していると考える。霜から霜柱へと発展させようと考えているようである。ドライアイスを使うことは、前回の実験と大きく違う環境設定であり、これがポイントだと強く意識している。

② 結果

グループ毎につくった霜柱実験のセットをそれぞれ冷凍庫、冷蔵庫、ドライアイスを入れた保冷バックに丸一日置き、教室に持ってきた。子どもたちは結果が待ちきれず、説明も聞かずにふたを開け、中の様子をのぞき込み始めた。「できてる」「霜柱だ」という声が聞かれる一方で、無言で土を探り、ピンセットで凍っている土を掘る子どもの姿があった。「霜柱だよ」「違うよ、霜だよ」などの声が上がり、同じ物を見ても、その判断が子どもによって違っていた。子ども一人ひとりに結果の様子を観察カードに書かせた。(表6)

表6 観察カード「霜柱をつくろうⅡ結果」の文章

No.	観察カードに書かれた文	キーワード
1	中身は上だけ乾燥していて、下は水を含みすぎていた。次は、下は水、その後は土、その後はシャベルで割ったドライアイスで完成。	失敗原因追及；水を含みすぎた
2	作り方は、まず湿った土を虫かごに入れて、冷凍庫に入れる。一日入れる。2日目、土が固まったのを見て確認した。もう1回冷凍庫に入ると成功した。	成功 冷凍庫
3	今日は失敗かわかりません。	失敗かわからない
4	今日、ファミリーで霜柱ができたかどうか見てみたら、霜柱ができていました。できた理由はたぶんグリーンサンド（校庭の土）とドライアイスを使ったからうまくできました。	グリーンサンドと ドライアイス
5	1回目は成功しなかったけど、2回目は成功した。土水土水土は同じだったけど、1回目はクーラーボックスで成功しませんでした。でも2回目は冷凍庫で成功した。	成功 冷凍庫
6	結果は霜ができただけでした。ドライアイスのをせているから後からできるかもしれません。	霜だけ
7	結果は普通の土でした。今度は絶対成功したいです。水をちょっと入れて土を半分入れる。その後にドライアイスのをせてつくります。その後冷凍庫で冷やして固めます	普通の土だった 今度は成功したい
8	霜柱失敗。次にやるときには成功する。かごに入れなかったからできないです。土は山の土。	失敗。次は成功する
9	霜柱作りの結果は、洞窟みたいだったからちょっとできています。	洞窟みたい
10	ファミリーで考えたのは失敗で、ゆうや君が考えたのが成功。作り方は、まず湿った土を虫かごに入れ、冷凍庫に入れ1日置いておく。2日目、土が固まったのを見て確認しました。もう1回冷凍庫に入れる。	冷凍庫、成功 湿った土
11	最初は、氷だけど、ドライアイスとかアルミホイルをかけると霜柱が少しできました	ドライアイス 霜柱が少しできた
12	はっきりせんはついていないけど、ちょっとできています。用意するものは、虫かご、山の土、アルミホイルをかぶせ、アルミホイルの上にドライアイス。発泡スチロールに入れる。虫かごの横、下だけ白かったです。	ちょっとできた 白かった
13	(絵のみ)	
14	霜柱ができましたよ。	霜柱できた
15	霜柱はちょっと成功しました。洞窟みたいでした。	洞窟みたい
16	ドライアイスのをつけると、周りに白いものが出てきました。霜柱はできていません。堅いところがありました。	霜柱はできない 白いものはできた
17	失敗したのは残念でしたね。	失敗。残念
18	セットの仕方は、まず虫かごに山の土を入れてその上にアルミをかぶせて、その上にドライアイスのをせてできあがりです。少しだけできました。	少しできた
19	私は、Mちゃんと一緒に霜柱をつくりました。結果は最初見た時は雪の結晶みたいでしたが、触ってみると霜柱みたいでした。とんがっていました。	霜柱みたい 結晶みたい
20	(絵のみ)	
21	結果は、霜柱にならず、霜になりました。最後にドライアイスのをせたら、霜になりました。	霜柱にならず霜にな った
22	虫かごを掘ったら割れました。土は山の土です。まず山の土を入れ、上にアルミのをせる。	山の土
23	欠席	
24	虫かごに入れ、冷凍庫入れたら、少しだけ霜柱のような氷ができました 私の土→水→土→水→土でできました。温度、教室15℃、冷凍庫-20℃。	霜柱のような氷 -20℃
25	私と美和子ちゃんで霜柱実験をした成功しました。やり方は山の土とほんのちょっとだけ水を入れました。嬉しかったです。	成功、嬉しかった
26	(絵のみ)	

27	今日は、失敗か、成功かはわかりませんでした。ほってみたら、シャキシャキしてて、固かったです。でも、白い雨みたいのがありました。	シャキシャキ 白い雨みたい
28	中身を出してみたらぐちゃぐちゃだったので失敗しすぎたと思います。今度は下は水、その後は土、その後はシャベルで割ったドライアイス。その後は水の後は土で完成。それで試してみても、できたらその方法でやって、できなかった人におしえてあげたいです。そして霜柱の今までにない作り方を発明してみんなに教えてあげていっぱい霜柱の作り方を教えたいです。	失敗 方法を教えてあげたい
29	今日は失敗？成功？どちらかわかりません。でも、土を取り出すと白い点々がありませんでした。掘っても掘っても見つけられませんでした。やっぱり失敗？	失敗？成功？ 白い点々
30	シャキシャキしていました。上にかぶせるものがなかったからだと思います。	シャキシャキ
31	結果はふつうの土でした。今度は半分入れて、土を半分入れて水を少し入れます。その後ドライアイスを入れて混ぜます。	ふつうの土
32	私はS君が2日かけてつくった霜柱実験でそれを見てみたら、ちょっとだけできていて、すごく嬉しいんです。私たちが考えたのは失敗でした。	ちょっとできて嬉しい、失敗だ
33	霜をドライアイスに近づけたらもつとついた。ドライアイスは冷たいけどちょっとなら平気だ	ドライアイスと霜
34	成功した作り方は、まず湿った土を用意して冷凍庫に入れる。1日おいて置く。土が固まった。また、成功したかわからない。霜柱はできません。	霜柱はできない。

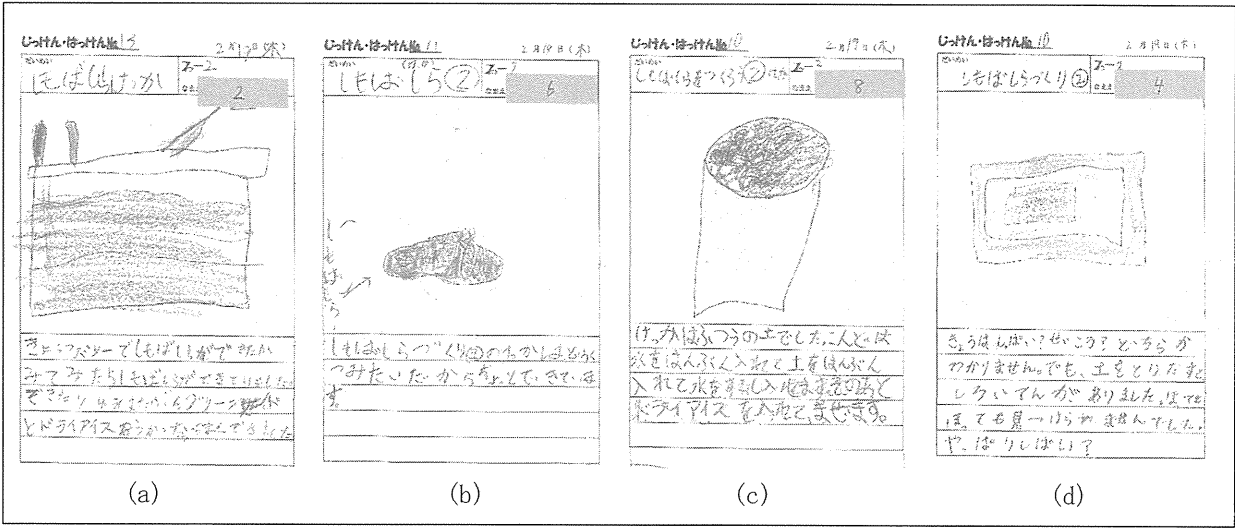


図4 観察カード「霜柱をつくろうⅡ結果」

【観察カードの分析（図4）】

(a) 理由を述べる

「今日、ファミリーで霜柱ができたかどうかみたら、霜柱ができていました。できた理由はたぶんグリーンサンド（校庭の土）を使ったからうまくできました」

今回うまくいったのは、グリーンサンドという土を使ったからだ、と判断している。成功の理由を考え、判断をしている。2回目の実験に際しても、土の種類にこだわっていた。なぜグリーンサンドがよかったと判断したのかその基準についても語れるとなおよいと考える

(b) 根拠をもって判断し結論付ける

「霜柱作りの結果は、洞窟みたいだったからちょっとできています。」

この子どもは、(3)じっくり観察しようで、「霜柱の中は洞窟が凍っているみたいです。」と書いており、この子の中では、霜柱は洞窟と似ているという概念ができています。今回の実験結果を見たときに、洞窟と似ていると感じ、だから霜柱ができた判断したようである。子どもなりに自分の中に判断基準を作り、それに照らし合わせて考察している様子が窺える。理科の実験において結果を判断する場面、なんらかの根拠を持つ必要があり、それに基づいて判断することは科学的な思考力の一つであると考え。この子どもの中にはそれが育っていると感じた。そのような根拠は、前の実験の観察が基になっており、

本物をじっくりと観察する体験が次の実験に生かされていることになる。まずはじっくりと観察することが大切であるとあらためて実感した。

(c) 客観的な判断

「結果は普通の土でした。今度は、半分入れて、土を半分入れて水を少し入れて水を少し入れます。その後ドライアイスを混ぜます。」

霜柱ができていないのではないかと期待を持って結果を見たが、やはりできていなかった。1年生くらいの年齢だと、適切な判断がでず、自分の思いから失敗を認めず成功した、と判断しがちであるが、この子どもはよくよく観察してみたが、やはりただの土でしかなかったと、客観的に判断できている。この客観性は科学的思考力として重要な要素の一つである。「今度は」という表記があり、今回の失敗を生かし、次は実験方法を工夫しようという意欲が表れている。次は何とか成功しようという意欲が伺える。

(d) わからない

「今日は失敗？成功？どちらかわかりません。でも、土を取り出すと白い点々がありませんでした。掘っても掘っても見つけられませんでした。やっぱり失敗？」

霜柱の証拠として白い点々を探したが、見つからなかった。願いを込めて一生懸命探した様子が「掘っても掘っても」という文に現れている。失敗だったのかな、と思いつつもそれを認められない。一方、成功だと言える証拠も見つけられない。そこで、「わからない」と表現している。1年生らしく成功したい思いと、でも、成功の証拠もなく成功とは言えないという苦しさ表れている。そこで、「わからない」という表現に到った。成功か失敗かを判断する根拠をもっていないため、はっきりと断定できず、判断を迷っている。しかし、自分の都合がいいように解釈せず、成功とも言明していない。

(6) 霜柱をつくろうⅢ

指導計画では、霜柱作りの実験は2回の予定であった。1回目はとりあえず、土と水と温度を考えて実験に取り組む。ほとんどは失敗するが、次は成功させるぞというこどもの意欲を喚起させ、うまくいったグループの方法を真似たり、調べたりして2回目の実験を成功させる予定であった。しかし、半分以上の子どもが失敗だったと判断し、霜柱らしきものは発見できなかった。このまま終わってしまうのは不完全燃焼なので、霜柱作りⅢをすることにした。

① 計画

子どもが調べたり実験方法を考えたりするのでは限界があるので、3回目は教師が調べた実験方法(渡辺晋生2015)³⁾を紹介し、どのグループも一斉に同じ方法で実験を実施した。(表7)

表7 「霜柱をつくろう」教育ニュース第939号：渡辺晋生

- | |
|---|
| ① カップ麺の容器に柔らかくほぐした土を入れる |
| ② 60℃くらいのお湯を注ぎ、土がひたひたになるようにする |
| ③ 土を入れたカップ麺の容器を更に保温容器に入れ、隙間を埋める。(新聞紙、梱包用のプチプチ、シュレッダーの切りかす等) |
| ④ 保温容器を冷凍庫に入れる。 |



写真8 霜柱づくりⅢ

② 結果

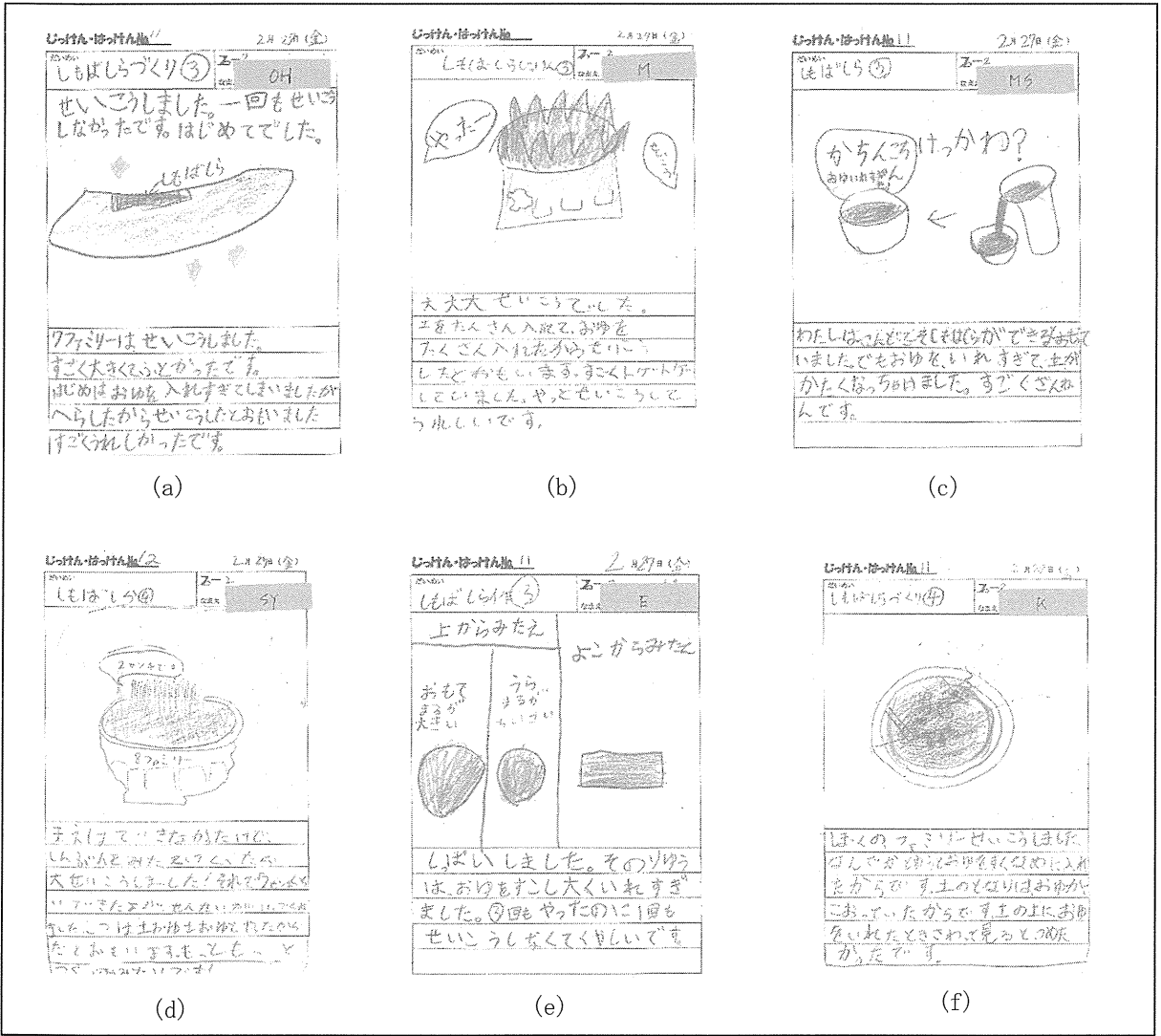
数時間冷凍庫に入れておいた保温容器を取り出し、教室に持って行き、グループごとの机に置くと、霜柱ができていないかどうか恐る恐る覗き込み始めた。「あ、できている」「できたできた」とあちこちから、歓声が上がった。一方では、じっと見つめながら、土を穿り返し一生懸命に霜柱を探す子どもの姿

もあった。成功したと喜ぶ子、また失敗だったとがっかりする子、同じグループでも見方が違い、成功か失敗かの判断が違ってしまふところもあった。よく様子を観察して、霜柱ができていたかどうか、自分たちで判断させ、観察カードを書かせた。(表8)

表8 観察カード「霜柱をつくろうⅢ結果」の文章

	観察カードに書かれた文	キーワード
1	この実験は大成功だと思います。なぜかという、お湯をたくさん入れたからです。あと、とてもおもしろかったです。なぜかという外側の新聞紙にお湯を当てるとおもしろい型ができたからです。	大成功、お湯をたくさん入れたから、おもしろかった なぜかという
2	失敗しました。その理由はお湯を少し多く入れすぎました。3回もやったのに1回も成功しなくて悔しいです。	失敗、お湯多すぎ、その理由は、悔しい
3	おれは成功しました。なぜかというお湯を少しにしたからです。	成功、なぜかという
4	今日霜柱をつくりました。でもできませんでした。たぶんその理由はお湯を多く入れたからだだと思います。	お湯入れ過ぎ 理由は
5	今日は霜柱実験③をやり、結果は成功でした。ちょっとお湯入れすぎました。	成功、お湯入れ過ぎ
6	結果は、超成功しました。どうしてかという大きいのができたからです。	大きいのができた、超成功、 どうしてかという
7	結果は成功しました。たぶん、土の上にお湯また土どっさりで、できた。外側にお湯を入れたら、そこもカチンコチンでした。	土・お湯で成功 ＊原因を探る
8	できないと思った。少しできました。やるのに時間がかかりました。	時間がかかる
9	僕のファミリーは成功しました。なぜかというお湯を少な目に入れたからです。土の隣はお湯が凍っていたからです。土の上にお湯をいれたとき、触ってみると冷たかったです。	成功、お湯を少なめ、 なぜかという、
10	僕は、見た瞬間いくら失敗したからバカだと思いました。感想はNO	失敗
11	少しだけ霜柱ができたんだけど、もおちちょっとお湯を減らした方がよかった	少しだけ
12	また、失敗しました。お湯を入れすぎたからです。土ははしっこは固まっていました。だけど。今度は完成させたいです。今度はお湯をかけすぎないようにするようにする。	お湯多すぎ、今度は ・・・からです、 失敗
13	結果は大成功です。なぜかという、お湯をいっぱい入れたからです。	大成功、なぜかという
14	氷で凄く凄く凄く凄く凄く残念。結果はおいしい。今度もがんばります。残念です。	残念。今度もがんばる
15	結果は成功しました。霜柱はちょっとお湯を入れすぎました。楽しかったです。	お湯入れすぎ、 楽しかった
16	成功しました。周りには新聞紙を入れました。嬉しかったです。お湯を入れすぎたから減らしました。だから成功したと思いました。	成功、嬉しい、お湯を減らす、だから成功――
17	お湯を入れて霜柱ができるのは不思議です。	不思議
18	霜柱づくり3回目です。ポスターに霜柱の作り方がのって凄く嬉しかったです。周りに入れたのは、ふさふさとプチプチです。土を入れ、その後お湯を入れます。湿っているところが見えなくなるまで軽く土をのせます。そしたら霜柱はあまりできませんでした。私はたぶんお湯が多すぎたんだと思います。またやってみたいです。	ポスター、お湯が多すぎた、また作りたい ＊原因追求
19	ダメでした。何で失敗したかという、私はつくっていませんからわかりませんが、たぶんお湯が少なかったです。みんなは成功したといっていました、私は失敗だと思います。私が成功するまでつくりたいです。	失敗。お湯が少ないから
20	霜柱実験をしました。成功したのですごく嬉しいかったです。	成功、すごく嬉しいかった
21	成功しました。1回も成功しなかったです。初めてでした。7ファミリーは成功しました。すごく大きくて太かったです。はじめは、お湯を入れすぎてしまいましたが、減らしたから成功したと思います。凄く嬉しいかったです。	お湯を減らしたから成功、凄く嬉しいかった
22	私たちは成功しませんでした。横にプチプチとミニミニ新聞を入れました。カップを切ったらちょっとだけできていました。なんでできなかったかと・・・・・・	ちょっとだけできた、 ＊原因究明
23	今日も霜柱実験をしました。成功しました。	成功した
24	やっぱり成功、また成功！真ん中だけ凍らず穴あき！ワーイ！できて嬉しい。	やっぱり成功また成功！ 嬉しいです
25	私たち6ファミリーは成功しました。どうしてできたんだろうと思ってもみつかなかったです。嬉しかったです。	成功、どうして、 嬉しかった
26	成功しませんでした。お湯が多すぎました。	失敗、お湯多過ぎ

27	今日の実験は成功しました。最初、木が盛り上がってると思っていました。お湯をちょうどよくしたのがいいと思いました。	成功、 お湯をちょうどよく したがよかった *原因追求
28	前はできなかったけど、新聞を見てつくったら、大成功しました。それで、「2cmくらいできたよ」と先生が言ってくれました。こつは、土お湯土お湯とやったからだと思います。もっともっとつくってみたいです。	大成功、2cm もっと作りたい
29	今日の実験でやっと成功しました。大きいカップにシュレッターの紙を入れて小さいカップにプチプチを敷きました。	やっと成功しまし た。カップ、プチプ チ、シュレッターの 紙
30	今日、霜柱実験No.2をあいしました。ちょっと成功しました。あまりみえませんでした。	ちょっと成功
31	大大大成功でした。土をたくさん入れてお湯をたくさん入れたから成功したと思います。すごくとげとげしていましたやっと成功して嬉しいです。	やっと成功して嬉し い ～したから成功した
32	私は、今度こそ霜柱ができると思っていました。でも、お湯を入れすぎて土がかたくなっちゃいました。すごく残念でした。	今度こそ、お湯入れ すぎ。土が硬い、残 念
33	霜柱実験③をやりました。J君に大事な霜柱を壊されてしまいました。悲しかったです。氷もできていました。	壊された、悲しい
34	5ファミリーは成功しませんでした。	*理由なし



【観察カードの分析（図5）】

(a) 客観性ある結論、成功の喜びと興奮、冷静な分析

「成功しました。1回も成功してなかったです。初めてでした。7ファミリーは成功しました。すごく大きくて太かったです。始めは、お湯を入れすぎてしまいましたが、減らしたから成功したと思います。すごくすごく嬉しかったです。」

まず「成功した」と断言している。実験の目的である「霜柱作り」が成功した。と書いている。成功した喜びから思わず書いたのだろうけれど、実験の目的に沿って結論を述べている点がはっきりしている。1回も成功しておらず、今回の実験で初めて成功したということは、今までの2回の実験は失敗であったと認め、その結果と比較し、今回のものは成功したと判断したことになる。比較検討した上で判断し、結論を出したことになる。科学的な考え方の要素の一つである客観性があるように考えられる。

また、「お湯を入れ過ぎてしまいましたが、減らしたから成功したと思います。」と書いてあり、～だから成功した。というように成功の理由を書いている。自分なりの根拠を持っているのではないかと考える。実験の時、湯の量が多すぎてしまい、これではドロドロすぎて霜柱にならない。と判断し、一度注いだ湯を何とかしてこぼし、湯の量を減らした。そのことが良かった。だからうまくいったと考えている。

「すごく大きかったです。すごく太かったです」という表現は、よく様子を観察していたことの表れである。今までの実験では霜ができたことはあるが、白いが粉のようで、しっかりとした柱を見ることはできなかった。今回は、しっかりと柱状になっており、それを「大きかった、太かった」と表現しているのである。これも過去の実験結果と比べていることになる。じっくりと観察し、前回の実験結果と比較し、判断したことになる。

「すごくすごく嬉しかったです」というように、やっと成功した喜びが素直に表れている。これまでも、子どもたちは気持ちを表現していることがよくあったが、この気持ちが意欲につながり、失敗しても次こそは成功するぞ、という姿勢で取り組んできた。だからこそ、やっと成功した喜びも一入だったのであろう。実験に取り組むときに、やはり気持ちは大事で、やる気につながると考える。観察の記録であっても、情意表現がよくある。実験結果と同様に情意も大切に扱う必要があるのではないかと考える。

(b) 観察による形状の把握・概念の形成、成功の喜び

「大大大成功でした。土をたくさん入れてお湯をたくさん入れたから成功したと思います。すごくとげとげしていました。やっと成功して嬉しいです。」

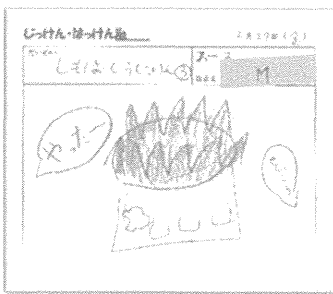


図6 実験で作った霜柱のスケッチ

「大大大成功」とあり、まず結論を述べている。そして、「土をたくさん入れてお湯をたくさん入れたから・・・」と書いてあり、たくさん土を入れたことで盛り上がるようになり、さらに湯をたくさん入れたことで土が霜柱に変化したと考えているようである。「～だから、成功したと思います」と書き、結果から理由を推測していることが窺える。原因を究明し、把握することは、科学的な考え方に通じると考える。

「すごくとげとげしていました。」と書いてあり、霜柱の特徴として、「とげとげしている」ことを捉えている。じっくり観察しようの時間に、この子どもは霜柱が非常に尖っていて、鋭利な状態であることを自分の中で概念として構築したのである。その様子と同じような状態ができていたことで成功したと判断し、とげとげしていたと表現している。このことを絵でも表現しており、尖った様子を誇張して描き、印象深く残ったことを感じさせる。じっくり観察したことによって、本物の霜柱の様子をしっかりと把握し、自分の実験の成功・失敗を判断する基準が備わったということである。

(c) 失敗を認め、その原因を探る

「私は今度こそ霜柱ができていたと思っていました。でも、お湯を入れすぎて土が固くなっちゃいました。すごく残念でした。」

「すごく残念でした。」と書いてあり、実験は失敗したようである。しかし、文章ではっきりと失敗だったという結果を書いてはいない。「今度こそできると思っていました。」と、自分の期待する気持ちと失敗に終わり「すごく残念でした」という落胆した感想を述べている。「お湯を入れすぎて土が固くなっちゃいました。」と書いてあり、失敗の理由を自分なりに考え書いている。湯を入れ過ぎたことと土が固くなったことの関係が子どもの文からはわからず、因果関係ははっきりしていない。現象として土が固くなっていたことは、じっくりと観察してわかったことであるが、見て気づいただけで、それが湯の入れ過ぎという根拠はない。何かのせいになっているだけで、理由として書いているが、根拠はない。

(d) 再現性と独自性

「前はできなかったけど、新聞を見て作ったら、大成功しました。それで、『2 cmくらいできたよ』と先生が言ってくれました。こつは、土ーお湯ー土ーお湯とやったからだと思います。もっともっと作ってみたいです。」

今迄の実験はうまくいかなかったけれど、今回は新聞に載っていた実験方法で実行したら成功したと書いている。自分たちで考え出した実験方法ではないが、他者の考案した実験方法を忠実に再現することができ霜柱を作ること成功したと認識しているわけである。これは、科学的思考力の一つである再現性の重要性を確かめたことと考えられる。また、こつとして、「土ーお湯ー土ーお湯」としたことを挙げている。実験方法として紹介されていたものは単純に湯を注ぐことだけが書かれていたが、このグループは、今までの実験でも「土ー氷ー土ー氷」のようにセットしていたので、その方法にこだわりを持ち、今回も自分たちらしさを取り入れたのだと考えられる。他者の考えを参考にして成功したのだが、そこには自分たち独自の考えも入っているのだ、という主張が読み取れ、子どもながらに自分の考えや独自性にこだわっている様子が伺えた。

(e) 結論の理由づけに五感を用いる

「僕のファミリーは成功しました。なぜかという、お湯を少な目に入れたからです。土の隣はお湯が凍っていたからです。土の上にお湯を入れたとき、触ってみると冷たかったです。」

まず、結論として成功したことを書いている。そしてその理由を挙げ、湯の量に言及している。そして「冷たかった」と書いてあり、自分の五感を大切に、湯を入れたのに冷たいことに驚き、冷たくなったから、霜柱になったのだと考えているようである。霜柱は寒い日にできるのだから、冷蔵庫や冷凍庫、ドライアイスなどを使用してきた。しかし、今回は冷やすことの真逆の湯を使っていることに疑問を持ったのであろう。不安に思いながらも湯を注ぎ、思わず土を触ると冷たくなったおり、安心したのであろう。その時の冷たさが印象深く残り、結果を見たときに成功のカギだと考えこのような表現に及んだと考える。

(f) 客観的に失敗を認める

「失敗しました。その理由はお湯を少し多く入れ過ぎました。3回もやったのに1回も成功しなくて悔しいです。」

まず「失敗しました」と書いており、結論を出している。この子どもの観察カードの絵には裏・表・横と角度を変えて丁寧に観察した絵が描いてある。何とか霜柱ができていないかと必死で探す様子が伺える。それでも、冷静に客観的に観察し、失敗と判断している。主観を捨て、客観的に結果を見たと考えることができ、科学的な考え方の一つである客観性が育っていると読み取れる。

「成功しなくて悔しいです。」と最後に心情を書いており、意欲をもって臨んだ実験であったことが伺え、何とか成功したかったようである。このように、心情を書く子どもが多く存在し、嬉しい、残念、悔しいなどの言葉がよく書かれている。気持ちはやる気につながり、意欲となり、実験を推進する大きな力となっている。心情は科学的思考力に直接つながるものではないが、実験へと奮い立たせる大きな要因になっている。

V 観察カードの分析

子どもたちに科学的探究力・思考力を育成するために、「じっけん・はっけん」の活動を行い観察カードを書かせ、子どもが表現している文章を分析し、子どもの中で科学的な思考力が育っているかどうかを考察してきた。

ここで、米国の科学教育におけるサイエンス・プロセス・スキルの考え方に基づいて、本実践における子どもたちの観察カードに書かれた文章を分析することを試みる。

1. サイエンス・プロセス・スキル

米国の科学教育では、その思考方法はサイエンス・プロセス・スキル (science process skills) と呼ばれ、子どもは科学的な活動をする際に「推論」「分類」「仮説立て」「実際の実行」等のサイエンス・プロセス・スキルを用いて思考すると考えられている。サイエンス・プロセス・スキルは、思考に直接影響を与える知的技能 (intellectual skill) であり、行動心理学者のガニエ (Gagne. R. M.) は、科学者が用いる知的技能の分析に基づいて、8つの基礎的なサイエンス・プロセス・スキルと5つの統合的なサイエンス・プロセス・スキルを特定し、各スキルを計画的に育成するための学習プログラムを開発した。1996年に全米研究会議 (National Research Council ;NRC) により示された米国の科学教育指針である「全米科学教育スタンダード」の「内容スタンダード：K－4 学年探究としての科学」によれば、幼児は、地球上の物質、生物、身の回りの物質の特性を調べながら、概念や用語を身につけると同時に「探究に必要なスキル」を身につけるべきであるとしている⁴⁾。学習者の科学的概念の形成を促すためにもプロセス・スキルを学習者自らが自発的に利用したりしながら学習を進めていくような指導方法を開発することが必要であると考えられる。

サイエンス・プロセス・スキルは13の項目で構成され、さらに基礎的プロセス (Basic Process) と総合的プロセス (Integrated Process) に分かれている。基礎プロセスには「観察する」、「時空の関係をを用いる」、「分類する」、「数を使う」、「測定する」、「伝達する」、「予測する」、「推論する」の8つのプロセスが存在し、総合的プロセスには「変数を制御する」、「データを解釈する」、「仮説を設定する」、「操作的に定義する」、「実験する」の5つが存在する。

吉山、小林ら (2011) は、プロセス・スキルズの習得を目標とした学習の教師用ガイドブック “Science-a process approach commentary for teachers” に掲載されているプロセス・スキルズをもとにして分析を行っている。「観察する」「時空の関係をを用いる」「分類する」「数を使う」「測定する」「伝達する」「予測する」「推論する」「変数を制御する」「データを解釈する」「仮説を設定する」「操作的に定義する」「実験する」の13項目について中学校の理科の教科書に掲載されている必修の観察・実験がどのようなサイエンス・プロセス・スキルを含んでいるのかを分析している⁵⁾。

加藤 (2012) は、小学生に身に付けさせたい問題解決能力としてのサイエンス・プロセス・スキルとして「観察」「予想」「観察・実験の計画」「分類」「測定」「伝達・データの収集」「推論」「条件のコントロール」「仮説の設定」「データの解釈」「モデルの作成」の11項目を選定している⁶⁾。

小谷 (2013) はサイエンス・プロセス・スキルとの概念を援用した幼児期の科学教育では、3つの「基本要素」として、「認知的要素」、「情意的要素」、「規範的要素」を定義している。「認知的要素」とは、「ある事象・現象を認知したり理解したりする上で必要な最低限の技能」であり、「観察」「分類」「系列化」「測定」「予測」「推論」「コミュニケーション」がその要素である。「情意的要素」は「幼児期の様々な行動の原動力となる感情」と定義している。「興味・関心」「喜び」「悲しみ」「期待」「感動」といった情意的要素は、認知や表現といった全ての行動を起こさせる源である。

「規範的要素」は、「集団の中で、他者との良好な関係を維持する上で必要な最低限の技能」と定義している。具体的には「自制」「規律」「協調」を要素と想定している⁷⁾。

2. サイエンス・プロセス・スキルに基づいた児童の表現の分類

IV章で、子どもたちが書いた観察カードを分析したが、子どもの表現の中に科学的思考力の表れと考えられる文章があった。これをscience・process・skillsの考え方を基に分類した。

科学的思考力とは、再現性、客観性、実証性のあるものとされているが、1年生という年齢の子どもの表現の中には、再現性を意識した表現は見当たらなかったが、子どもなりの実証性や客観性のある表現は見受けられた。

また、サイエンス・プロセス・スキルとして「数を使う」「測定する」というものがあるが、1年生の記録カードには、数字を使った表現はあまりない。一方、結果から判断し、根拠ある理由をもって結論を書いている子どもの表現は多く見られた。観察した対象物の様子などは丁寧に記録され、変化した様子や、何かに例えた表現も見られた。また、情意の表現が多く、感想や意欲を表す表現が多かった。そこで、図7のように、子どもの観察カードの表現を分類した。(図7)

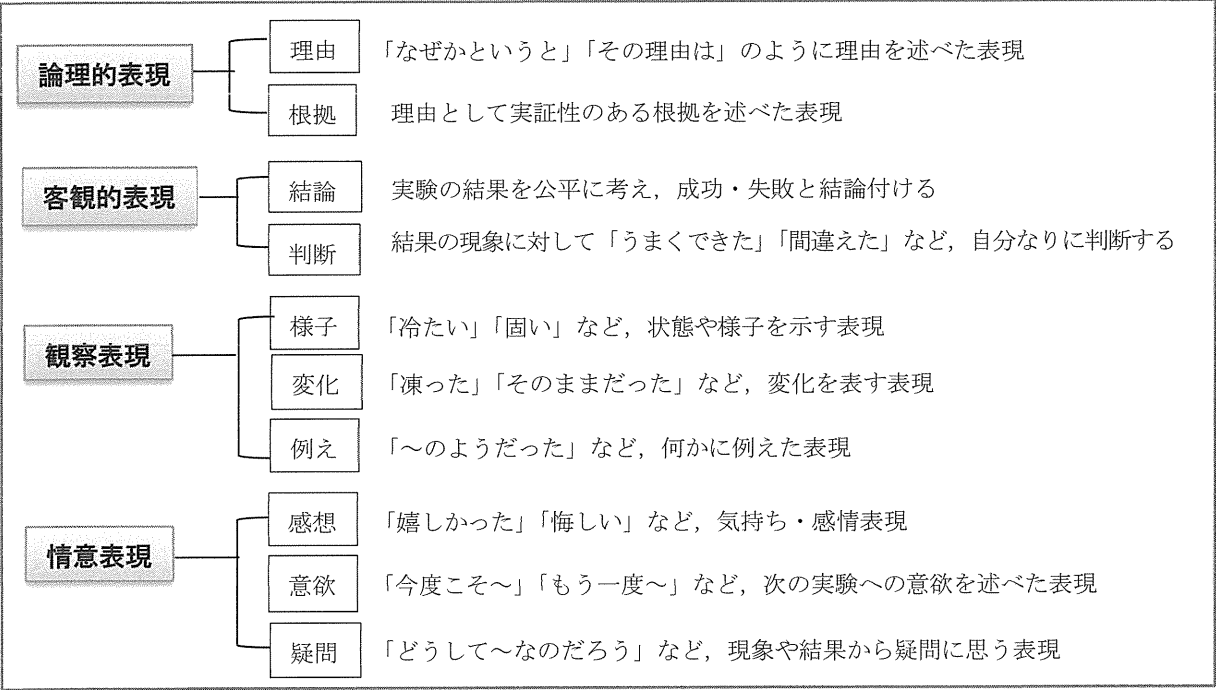


図7 観察カードに見られる子どもの表現の分類

(1) 論理的表現

子どもなりに結果から理由を考えている表現。「なぜか」というと「その理由は」のように何らかの理由を書いている。ただ、その表現は曖昧であったり、自分の勝手な思い込みであったりするものもある。自分なりに理由を考えて書いているものは原因と結果をつなげる思考をしていると考え、論理的な表現と捉えた。

さらに、その理由に明確な根拠を書いているものがあつた。「透明なカップに入れました。透明だと寒さが透き通ると思いました。」という文章を書いた子どもがいた。透明カップを使った理由としてつるつるだから、とかきれいだからではなく、寒さが透き通ると考えている。寒くないと霜柱はできないから、透明なものは光を通すように、寒さも通すだろうと考えたのであろう。このように子どもなりに根拠をもって活動したことの記録は論理的な表現の、根拠があるものとして捉えた。

(2) 客観的表現

実験の結果を、客観的に捉えて公平に成功・失敗を判断し結論づけている表現。1年生くらいの年齢だと、成功したいという思いが強くて、自分の実験結果を冷静に客観的に見ることができない子どももいる。一方、自分の実験結果を冷静に分析して、失敗なら失敗と判断したり、成功したと判断するとき

も何らかの根拠を考えていたりする子どももいる。実験の結果を見たときに、その様子だけを観察カードに書くのではなく、自分なりの判断をし、結論を明確に書いているものは、客観的表現とした。

(3) 観察表現

現象をしっかりと観察し、その様子や変化を的確にとらえて表現しているものや、その様子を何かに例えて表現しているもの。これらの表現は、直接科学的な思考力に結びつくものではないが、しっかりと観察することが概念づくりにつながり、次の判断の基準となるのである。また、子ども特有の例えは、自分の既存の知識と照らし合わせ、関連性を求めているのである。「〇〇と似ている」「まるで××のようだ」という表現は、感覚だけで言っているように聞こえるが、今までの自分の体験や知識と照らし合わせ、何と似ているのか、その性質で分類し、類似性を見つけ出そうとしているのである。例えをすることは、対象とする物質を自分なりに分析したことの表れであると考えられる。

「触ると凄く冷たい」「かちんこちんでした」のように実際に触れたり臭いを嗅いだりして、対象物の様子を捉えた表現や、「なりかけの途中です」「凍っただけでした」のように前時と比べて変化したこと気づきこれを表現したものがある。これらの表現は、よく観察することによって気づくもので、五感を働かせ、感性を敏感にして何かをつかみ取ろうとしていると考えられる。じっくりと観察することは物性の理解につながると考える。

(4) 情意表現

「成功して凄く嬉しいです」「また、失敗してしまい悔しいです」「今度こそ成功したいです」などのように実験や観察の内容ではなく、結果に対する自分の感情を表現したもの。科学的な表現ではないが、子どもたちの記録カードを見てみると、情意表現がたくさんあった。1年生という年齢を考えると当然のようにも思える。この情意があるから次への意欲につながっているのではないかと考えられる。情意表現を、「嬉しい」「悔しい」などの単純な感想と、「今度こそ」「もういちど実験したい」などのような次への意欲を表しているものと、「どうしてなのか」というような疑問を表しているものの三つに分類した。

3. 観察カードにおける表現の分類

IV章で分析した児童が書いた5種類の観察カード（実験Ⅰ計画、実験Ⅰ結果、実験Ⅱ計画、実験Ⅱ結果、実験Ⅲ結果）の文章を読み、図7の分類に相当する表現をしている子どもが何人いるのかを数え、グラフに表わした。（図8）

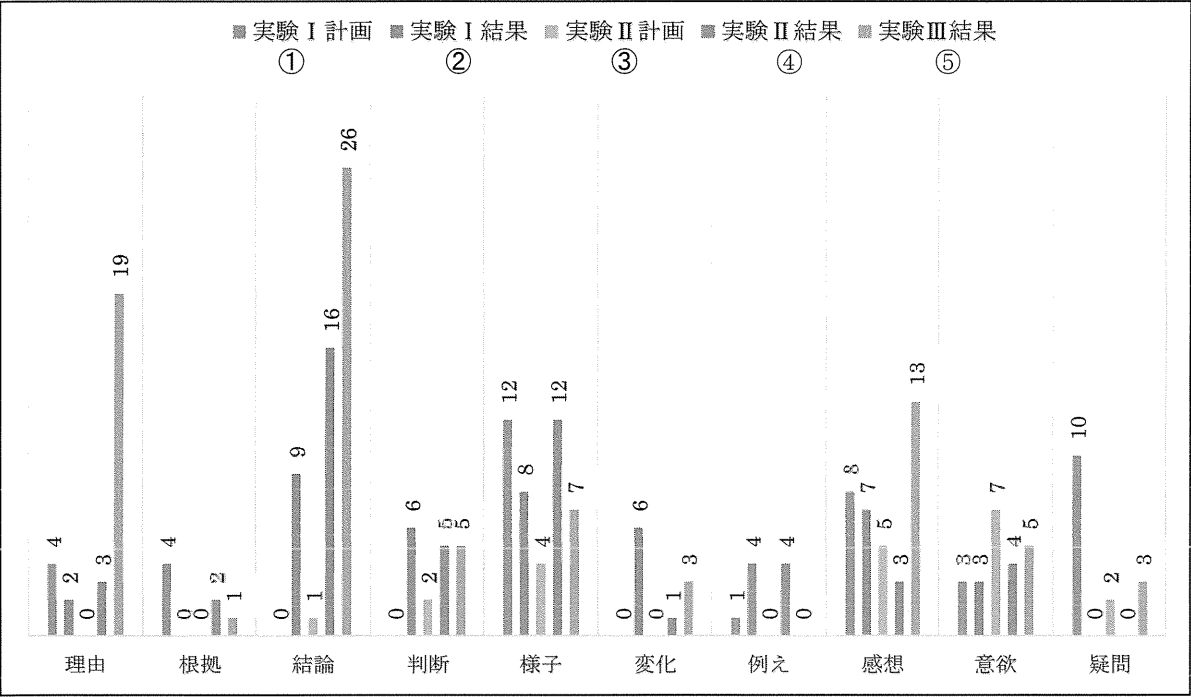


図 8 観察カードの児童の文章の分類

(1) 全体的な特徴

子どもが書いている言葉で多いものは、「結論」「様子」「感想」に関するものである。「結論」に関する言葉は、実験Ⅰ計画では一人もいないが、それ以外は、どのカードでも書かれていた。

計画を立て実験をセットする段階でも実験結果が出た段階でも、とにかくよく見て対象物の「様子」を捉えようとする子どもが多いということがわかる。これは科学的思考をするための下地作りであると考ええる。

また、「感想」を書いている子どもが多いのは、この時期の子どもは、作文をすると最後に自分の感想を書くことが習慣化しているせいもあるが、一つの事象に対峙した時に、それに対して感情が湧き出することは当然のことであり、科学を探究していく活動の原動力になるものである。感想を書く子どもが多いということは、科学的な思考力の基となる力をもつ子どもが多いと考えることができる。

(2) 項目ごとの分析

(a) 理由 (図 9)

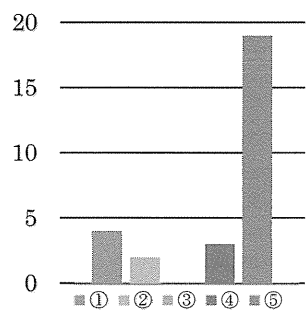


図 9 観察カード「理由」

5回目のカード「実験Ⅲ結果」では、34人中19人もの子どもが理由を書いている。これは、実験をするうちに理由を書く力、サイエンス・プロセス・スキルが身についた、というよりも、3回目の実験で成功した子どもが多かったからだと考える。成功したのは、「〇〇がよかったからだ」、「〇〇したから成功した」という表現が多かった。3回目の実験ということで、それまでの失敗を踏まえ、成功する秘訣やコツを子どもなりに探り、最適な条件を考えだし、その通りにできたから成功した、と考え理由として書いている子どもが多かった。理由を考えるためには、成功したいという強い思いと、成功するためにはどのようにすればよいのかを考える時間と、それを実行する場を設定することが大切であると感じた。

(b) 根拠 (図10)

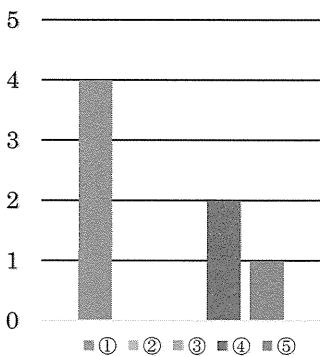


図10観察カード「根拠」

の生活体験を確実に数値化し、凍ってしまわず、寒い冬の外気の温度というものを推測していると考えられる。

このような科学的思考力につながる根拠をもって理由を明確にできる力を身に付けさせたいと考える。

(c) 結論 (図11)

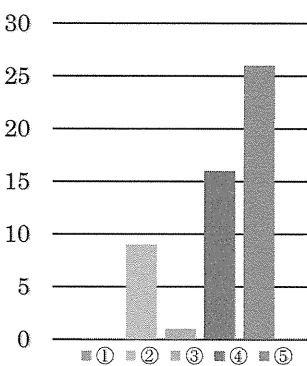


図11観察カード「結論」

実験Ⅰの結果 (②) → 実験結果Ⅱ (④) → 実験結果Ⅲ (⑤) と結論を書いている子どもの数が増加していつている。これは、実験の回数を経ることで結論づける力が身についていったと考えることができる。サイエンス・プロセス・スキルの中では、佐藤ら¹⁾が科学的な方法として「データを集めて記録する、結論を出す」を挙げている。実験後にデータを見つめ考察し、結論を出すことは、科学的思考力を育成していくためには必要な力であると考ええる。

(d) 判断 (図12)

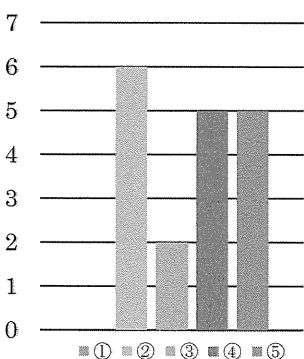


図12観察カード「結論」

計画を立てるとき (①, ③) よりも、結果を書くとき (②, ④, ⑤) の方が「判断」を表現する子どもが多くいた。結果を見て成功したのか、失敗したのかを客観的に結論づけようとするときに、結果の現象をじっくりと見つめ、自分で判断を下すことは難しいと考えられる。判断するためには、知識や体験を積む必要があり、自分の既存の知識や生活体験を基にして考えている。サイエンス・プロセス・スキルの「推論」を身に付けさせるためには、低学年から様々な科学的な遊びや実験を経験させることが大切であると考ええる。

(e) 様子 (図13)

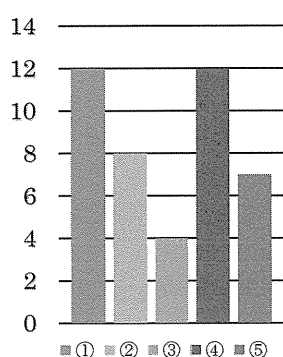


図13観察カード「様子」

様子を表現している子どもは、どの観察カードにおいても多かった。「観察」はサイエンス・プロセス・スキルとして、皆が挙げる項目の一つでもあり、科学的思考力を育成するためには不可欠な要素である。観察したときに、目の前の事象をよく見てその様子の特徴を捉えることが大事であると考え。今回の3回の実験は、その前にじっくりと霜柱を観察するという活動があり、それがこの一連の実験の基礎となっている。天然の霜柱がどのような様子なのかをじっくりと観察し、自分の知識として身に付け、それを基に実験を計画したり、結果から判断し結論を出したりすることができるようになったと考える。

(f) 変化 (図14)

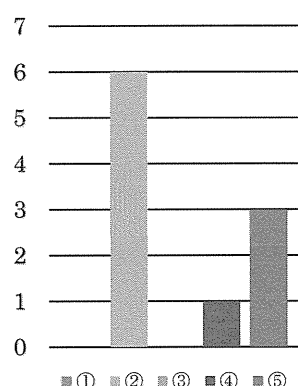


図14観察カード「変化」

変化の様子を捉え表現しているものは、結果のカード (②, ④, ⑤) だけである。最初に計画を立てセットしたものとどのように違うのか、どのように変化したのかをきちんととらえている子どもの表現は少なかった。変化を捉えるためには、「観察」「測定」「計算」「数値化」などのサイエンス・プロセス・スキルが必要であると考え。変化を的確に捉えそのデータを基に考察することが科学思考につながるので、実験結果を測定し必要に応じて計算し、数値化することを少しずつ体験させる必要がある。今回の実験でも、温度や土・水の量、できた霜柱の高さなどを測定させる必要があった。温度計、メジャー、秤などはすぐに使えるように常備し、使い方も低学年のうちに習得しておく必要があると考える。

(g) 例え (図15)

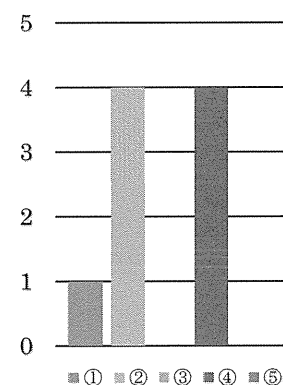


図15観察カード「例え」

実験ⅠとⅡの結果のカード (②, ④) に「例え」を書いている子どもが4人ずついる。やはり、結果を見て何かと結びつけて「例え」をする子どもがいるということである。「例え」をするのは、1年生という年齢の特徴であり、高学年になるにつれて結果を書くときに「例え」をする子どもは減少するであろうと思われる。科学的な体験が少ないこの年齢の子どもは、自分の想像力を生かし、生活の中のものと結びつけて考えようとする。これは、よく観察しているから、何かに似ていることに気づき、性質を把握しているから、何かに例えることができるのであると考える。

実験Ⅲ (⑤) は、「例え」をしている子どもがいない。今までの実験では結果のカードでは「例え」をする子どもがいたのに、実験Ⅲでは一人もいないのは、高学年化したからではなく、実験も3回目になり、霜柱

そのものが珍しくなくなり、何かに例える必要もなくなってきたからではないかと考える。新しいもの、未知のものに出会ったときに子どもは「まるで〇〇みたい」というような例えの表現をする。したがって経験を積み、未知のもでなくなった霜柱に対しては「例え」の表現を使わなくなったと考える。それだけ対象物の特徴や性質を把握したのだと考えることができる。

(h) 感想 (図16)

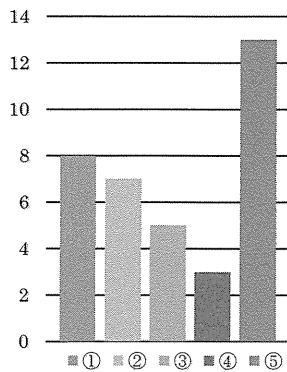


図16観察カード「感想」

1年生の年齢では、作文の最後には感想を書くことが習慣化しており、実験の観察カードのようなものにも当然のように書くことが多い。観察カードを書くにつれて、「感想」を書く子どもの数は減少してきている。これは、カードに書く内容が増えてきて、限られたスペースの中で、子どもなりに重要なことを記録しておこうとしたからではないかと考える。霜柱を観察した様子や、変化、設定した条件、考察の理由や根拠などを書く割合が増え、それにつれて、「感想」を書く割合が減っていったと考えられる。

しかし、実験Ⅲの結果カード(⑤)では、「感想」を書く子どもの数が一気に増えている。これは実験が成功して喜んだ子どもが多くいたため、情意表現が増えたのだと思われる。

(i) 意欲 (図17)

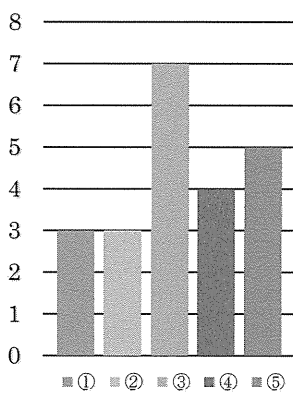


図17観察カード「意欲」

どのカードにも「意欲」表現は見られるが、特に実験Ⅱの計画カード(③)に多く見られた。1回目の実験ではほとんどの子どもが霜柱作りに失敗し、2回目の実験では成功させたいという気持ちが強かったためと思われる。しかし2回目の実験でも成功したグループは少なく、子どもの意欲は低下していくかと思われたが、「もう一度挑戦したい」と表現している子どももいた。さらに、3回目の実験ではほとんどの子どもが成功し、これで終わりかと思ったが、さらに「もっと実験してみたい」「また、霜柱作りをしてみたい」という子どもがいて、意欲表現は増えていた。失敗体験も成功体験もどちらも子どもの意欲を喚起することがわかった。結果よりも過程で楽しめ、満足できる活動に対して、子どもたちは更なる意欲を示すと言えるであろう。

(j) 疑問 (図18)

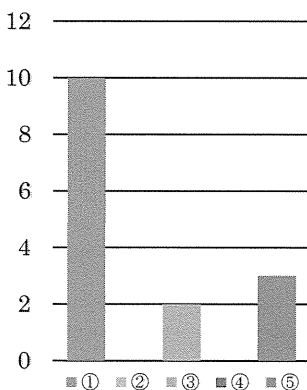


図18観察カード「疑問」

実験Ⅰの計画カード(①)が一番多く、実験ⅠとⅡの結果カード(②、④)には「疑問」を書いている子どもは一人もいなかった。これは、一番初めに霜柱作りに取り組んだときは、わからないことだらけで、「どうしてだろう」「どうしたらよいのかな」という疑問がたくさんあったと思われる。実験を進めていくにつれて、「疑問」は減り、「理由」や「結論」「様子」等を書く子どもが増えていった。子どもの思考の中で疑問が解決されたから疑問表現が減少したわけではないと思われる。霜柱が作れたことで解決される疑問もあるだろうが、さらに次の課題がしょうじてくるのではないかと考える。次々と課題を見出して、問い続ける子、実験し続ける子を目指したい。

VI おわりに

低学年の児童に、科学的思考力を育成していくために「じっけん・はっけん」をいう活動で実験や観察をし、観察カードを書くことを行ってきた。この活動が科学的思考力育成に有効であったのか、振り返ってみる。

(1) 自分の興味を深める

自分が発見したことや、不思議に思ったことなどを学級全体に発表し、「じっけん・はっけん」の活動に課題に取り上げられることによって、子どもに意欲が喚起できたように思える。また、失敗しても困難な場面に出会っても、粘り強く取り組む子どもが多かった。これは、与えられた課題ではなく、自分が興味をもったことなので、多少の困難があっても深めていこうとする姿勢が見られたのだと考える。子どもの自発的な課題を取り上げていくことは、粘り強い探究心へと発展させる可能性があると感じた。

(2) 身近な自然現象

毎日の生活の中にある自然界の不思議を取り上げ、観察・実験をし、考察していくことを繰り返すことで、子どもたちは自分の周りの自然というものに興味をもち、何気なく見過ごしてしまうような自然現象に対して興味をもち、疑問を抱き、探究していこうとする姿勢が育まれた。

(3) じっくり観察する時間

自然をじっくりと観察時間を設けることで、今迄見たこともなかった物質や現象の様子や仕組み、性質などの様々なことに気づき、自分の新たな知識として習得することができた。観察することで得た知識を基に、次の場面での思考や考察を行い、判断の基準にすることができる。自分の目で確かめ、自分の手で実際に触り、匂いを嗅いだり、音を聞いたりして五感を使って観察したことは子どもの中に確かに定着し、概念として確立することができると考えられる。子どもが納得するまでぞんぶんに時間をかけて、自然の対象物を観察する時間を設けることが大切であると思われる。

(4) 意欲

子どもにとっては、成功体験も失敗体験もどちらも次の活動への意欲につながるということがわかった。体験を積むことが大切であり、意欲や嬉しいと感じる情意は子どもの学習の活動の基となり、エネルギーとなっていると感じられた。サイエンス・プロセス・スキルとして、「情意」は欠かせないものと考ええる。

以上の4点から、子どもの科学的思考力を育成するのに、「じっけん・はっけん」の活動は有効であったと考える。

科学的思考力を育成するためには、科学的な観察・実験などの活動をするのが何よりも大切であるが、それと同時に記録を書くことも大切であることがわかった。漠然と「記録しましょう」「書きましょう」という指示ではなく、書くこと、記録することの意味づけをしっかりとすることが大切であると考ええる。書くことで、自分が発見したり、感じたりしたことを言語化でき、そのことで自分の理解も深まる。また小谷⁷⁾は幼児期に相応しいサイエンス・プロセス・スキルである「ベーシック」の6種類のスキルの一つにコミュニケーション(Communicating)スキルを挙げている。観察カードに書くことで互いに見合い、発表などを通してコミュニケーション・スキルを高めることにつながっている。観察・実験→記録→考察という流れの中には一人での熟考もあり、グループでの検討もあり、学級全体での話し合いもある。いずれの場合にも子どもたちはコミュニケーション・スキルを身に付けておくことが重要である。

科学的思考力を培っていくためには、サイエンス・プロセス・スキルが必要であり、スキルを身に付けさせるためには、科学的な活動が必要であると考ええる。活動することでスキルが身に付き、そのことで思考力が高まっていくと考える。活動→スキルの向上→思考力の向上となる。さらに、思考力が向上してくると、それに伴ってスキルも向上し、より高度な観察・実験に挑戦することができ、これがまた

思考力の向上へとつながる。このように観察・実験などの活動とサイエンス・プロセス・スキルと科学的思考力は連動しスパイラルに向上していくように考えられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、お茶の水女子大学の佐藤明子先生、岩手大学名誉教授の村上裕先生、岩手大学教育学部の菊地洋一先生、大阪大谷大学の小谷卓也先生、昭和女子大学の小川哲男先生、お茶の水女子大学附属中学校の藺部先生から、ご指導・ご助言、多大なご協力をいただきましたことを心より感謝申し上げます。

本研究の一部は、平成25年－27年度文部科学省科学研究費補助金（基礎研究(C)）「研究課題 児童・生徒の思考力を育成する教科書とするために一探究活動・実験教材の視点から一」課題番号25350185、研究代表者村上裕（岩手大学名誉教授）によって行われました。

記して感謝の意を表します。

【引用文献】

- 1) 佐藤明子・室伏きみ子(2014)「米国：幼少期から科学のコトバと方法を学ぶ」『21世紀における世界の幼年期からの科学教育の新展開』pp. 5-8
- 2) 隅田学(2014)「幼年期の新世紀型科学教育世界基準の創成に向けて」『21世紀における世界の幼年期の科学教育の新展開』pp. 1-4
- 3) 渡辺晋生(2015)「霜柱を作ろう」『理科教育ニュース，少年写新聞』939号
- 4) National Research Council 長州南海男監修，熊野善介・丹沢哲郎他訳（2001）「全米科学教育スタンダードーアメリカ科学教育の未来を展望するー(National Science Education Standards)」梓出版社pp. 112-135
- 5) 吉山泰樹・小林辰至（2011）「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化ー中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等についてー」『理科教育研究』Vol. 52 No. 1 pp. 107-118
- 6) 加藤尚裕（2012）「プロセス・スキルに焦点を当てた問題解決能力の指導に関する予備的研究ー小学校理科におけるメタ認知ツールの開発をめざしてー」『国際経営・文化研究Vol. 16No.2』pp. 67-76
- 7) 長瀬美子・小谷卓也・田中伸（2013）『幼児教育学実践ハンドブック』風間書店pp. 75-130

【参考文献】

- 佐藤明子(2015)「アメリカの小学校の教科書の見る力・エネルギーの学習」『日本理科教育学会第65回全国大会論文集』p. 365
- 小谷卓也(2015)「生活科授業モデル「静電気の科学」における小学校2年生の探索活動の特性」『日本理科教育学会第65回全国大会論文集』p. 483
- 隅田学(2015)「21世紀理科授業を考えるーコンピテンス・STEM・探究・ジェンダーー」『日本理科教育学会第65回全国大会論文集』p. 123
- 村上祐「水溶性物質の溶解による浮力の変化と質量保存」『日本理科教育学会第65回全国大会論文集』p. 230
- 内ノ倉真吾(2014)「アメリカにおけるSTEM教育推進の活動事例報告」『日本科学教育学会研究会報告』Vol. 29 No. 1 pp. 87-92
- 熊野善介(2011)『全米科学教育スタンダードーアメリカ科学教育の未来を展望する』
- 熊野善介(2014)「科学技術ガバナンスとSTEM教育」『日本科学教育学会年論文集38』pp. 301-304
- 網代圭佑・畦浩二(2014)「新中学校理科の探究活動の分析と考察ープロセス・スキルズの観点に基づいてー」『大阪教育大学紀要 第V部門』第63巻 第1号pp. 37-56
- 加藤尚裕(2014)「理科授業におけるメタ認知を育成するための指導方法の開発」『国際経営・文化研究』Vol. 18 No.2 pp. 31-44
- 長瀬美子・小谷卓也・田中伸(2013)『幼児教育学実践ハンドブック』風間書房pp. 75-130

小谷卓也（2010）「幼児期におけるプロセス志向探究型科学教育の研究動向—Science Process Skillによる幼児期の科学教育の提案—」『教育研究福祉（2010）』pp. 8-18

小谷卓也，長瀬美子（2013）「発達という評価指標を組み込んだ低学年科学教育プログラム「かがく」の提案」『大阪大谷大学教育研究第39号』pp. 23-42

野田敦敬（2015）「生活科で育った学力についての調査研究2013」『日本理科教育学会第65回全国大会論文集』p. 481