

1 研究の内容

（１）全体研究主題「学びをあむ」との関連

「てつがく創造活動」の活動と、「理科（教科）」の学習は互惠的・往還的な関係にあると考えている。すなわち、てつがく創造活動で「学びの構想力」「他者と協働して活動する力」などの力が身につくとき、理科で身につけた「科学的な思考力」や「科学的な知識」などが、相互に作用しながら学んでいくことによって、「学びをあむ」ことになると考えている。

（２）理科部研究テーマ「探究する空間」について

「探究する空間」とは、すなわち、子どもたちが自分たちが持った研究テーマを探究し続けるために、「ヒト・モノ・コト」が適切に存在し、配置された空間（学びの場）を意味する。「モノ」を「学習環境」（学習材や活動場所など）、「コト」を「自然の事物現象」ととらえ、これらが絡み合うことが、探究する空間には不可欠であると考えている。「ヒト」には、自分、友達、上級生、教師、また場面によっては外部の人材も含まれている。これら「ヒト・モノ・コト」のそれぞれの役割を考え、それぞれが有機的なつながりとして機能するように、具体的な手立てが重要であると考えている。そのためには、「ヒト・モノ・コト」が、関わりあうための場を設定したり、適切な介入を行ったりする、子どもとともに学びをつくるのが教師の役割ととらえている。

（３）今年度の重点課題

①「ヒト・モノ・コト」の深化

「探究する空間に存在するヒト」（以下「ヒト」）とは、子どもたちの探究に関わる、すべての「ヒト」とその「営み（発言や対話）」を意味する。研究課題（学習問題）を考える子ども、その検証方法を話し合う子ども、観察や実験をする子ども、結果から考察をする子ども、これらはすべて「ヒト」である。また、探究の集団である研究所（班）、学級全体も「ヒト」であり、子どもの探究活動に関わる教師、学習支援員、外部の人材なども「ヒト」である。このような「多様なヒト」からの刺激によって子どもは思考を深めていき、意欲を生み出し、自由な対話と探究活動が生まれるような空間を目指したいと考えている。その「ヒト同士の関わらせ方」は、今年度の重点課題の一つである。

「探究する空間に存在するモノ」（以下「モノ」）とは、物理的な空間（活動場所）や、観察・実験に必要な学習材すべてを意味する。実験観察室にあるような器具や薬品はもちろん、身近な動植物や、自分自身（人体）も含まれる。さらに、直接触れることのできない「雲・月・太陽・恒星」といった気象や天体なども含まれる。子どもたちの好奇心の原点は、これらの「モノ」にある。「物（物体）」には価値はなくても、「モノ」には、科学的探究心の出発点としての価値が存在する。あらゆる「物」の中から学習材を精選し、「探究する空間に存在するモノ」としての価値を高めるのが教師の大切な役割の一つであると考えている。

「探究する空間に存在するコト」（以下「コト」）とは、子ども自身が感じることができる、「自然の事物現象」すべてを意味する。小学校理科の場合、「コト」の多くは「モノの変化」と言い換えることもできる。「コト（モノの変化）」には、「金属が酸にとける」といった、その場で結果がわかるような現象もあれば、「種子の発芽」「天体の動き」といった、見た目は固定しているほどゆっくりな現象もある。どんな「コト」も、子どもが確実にとらえられるように、教師はそれぞれの「コトへの出会わせ方」を、十分に研究する必要がある、その点も今年度の重点課題の一つである。

これらの「ヒト・モノ・コト」が有機的に、作用し合うことで、個々の子どもが探究する意欲を持ち続け、学級全体で「探究する空間」を創り出すことを目指したいと考えている。

②「社会情意的スキル・メタ認知スキル」への着目

全体研究テーマの重点項目の一つである、主体的な学びを支える力「メタ認知スキル・社会情意的スキル」を、理科の学習における子どもの姿にあてはめたものが、表1である。

表1 理科授業における「主体的な学びを支える力」(メタ認知スキル, 社会情意的スキルへの着目)

主に 個の 学び ↑ ↓ 主に 協働 的な 学び	問題 発見 の場面 観察 実験 の場面 考察結 論導出 の場面	メタ認知スキル	社会情意的スキル
		既習事項や生活体験から予想することができる 興味や疑問から研究課題を見いだせる	他者の気づきを認め尊重することができる
目的を意識しながら観察実験に取り組める 今までに獲得した観察実験のスキルを自覚する 新しい実験方法へ取り組もうとする	実験において分担された役割を責任もって果たそうとする 単純な活動であつても粘り強く取り組む 他者と対話を通して協力する		
結果を総合的に考え、結論を導出しようとする 予想と異なる結果に対して理由を考えようとする 他者の意見と自分の考えの異同に気付ける	自分の班の予想や取り組み方が間違っていないと素直に認められる。 / 他者の発言を傾聴し異なる考えを尊重できる		

理科の学習においては、何が単元全体の流れの中の課題として相応しいのかを教師が見極め、「協働的・探究的課題」にふさわしいものを取り上げることが重要である。その課題を探究する過程で「粘り強く班で観察や実験に取り組む」「研究所(班)で、実験が成功するように協力する」「仮説に合わないデータの場合も認める」「自分(たち)の考察がクラス全体の結論に貢献するように、責任を持って公表する」といった、様々な「社会情意的スキル」が育まれていくと考えている。

理科の授業では「研究課題を話し合う場面」「検証方法を考える場面」「学習後の振り返り」など、観察・実験以外の「対話的な学びの時間」も重視している。こうした営みの中で「実験記録のまちがいに気づく」「自分(たち)の考えが他者とちがうことに気づく」「異なる考察は学級の探究に役立つことに気づく」といった、さまざまな「メタ認知スキル」が育まれていくと考えている。

2 授業実践からみた子どもたちの姿

(1) 4年「ものの温度と体積」～図や言葉を用いて説明し合うことから、学びを見直す

①ヒト・モノ・コトをつなぐ授業の視点

本単元では、「探究する空間」に存在するヒト・モノ・コトのつながりと、メタ認知スキルや社会情意的スキルの関わりについて、三つの視点から明らかにしたい。

一つ目に、ヒトと、モノやコトをつなげるために、子どもが自らの目標達成に向かう単元を計画した。

単元の導入では、温めたときの空気の体積変化について、空気が動いたのか、増えたのか、膨らんだのかに焦点化することで、子どもの学習目標を空気や水、金属の様子の変化に向かうものにする。

まず、ペットボトルの口に付けたシャボン液が押すことで膨らむ事象との出会いから、『空気と水の性質』の経験の想起を促し、中の空気に着目できるようにする。次に、丸底フラスコを用いて同様にすると、手で押せないのにシャボン玉が膨らんだりへこんだりすることを体験することで、温度変化により中の空気を変化させられることに気付く。ここで、中の空気について予想を話し合うことで、それぞれの考えの違いを浮き彫りにする。このようにして、それぞれの子どもで少しずつ異なるが、「温度を変えると、空気や水、金属がどのように変化するのか明らかにしたい」という学習目標をつくる。

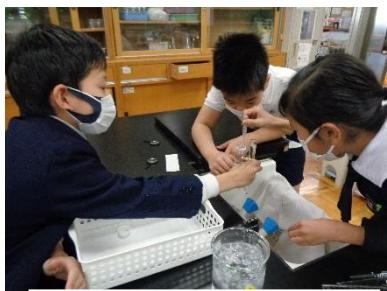


図1 研究所で学び合う

目標の達成に向かいモノやコトに関わり続ける中に、目標がなかなか達成できない場面を位置付けることで、「もっと変化を大きくすればはつきりするのではないか」「ほかに分かりやすい方法はないか」

と探究し続ける姿を目指す。このような単元構成により、目的意識をもち問題解決を進めるためのメタ認知スキルや、他者の考えを受け入れる認知的柔軟性、失敗から新たな方法を考えるレジリエンスなどの社会情意的スキルを身に付けることを期待する。

二つ目に、モノとコトをつなげ、深い理解を図る教材化を行う。

子どもは、温度によって物の体積が変化することについての生活経験は少ないと考える。一方、『空気と水の性質』の学習では、筒に閉じ込めた空気や水について考えた経験がある。そこで、学習経験から予想を立て、結果を基に身近な現象を見直すことができる場面を単元に位置付ける。

また、質的・実体的な見方を働かせて、粒子概念の獲得を目指す。事象について予想や考察を行う際、子どもがよりどころとするのは、『電流の働き』や『雨水のゆくえと地面の様子』の学習で、電気を図で表したり、水を人に喩えて表したりした経験であろう。このような学習経験を活かし、事象を図や喩えで表現する活動を大切にする。目の前のコトを説明するために、様々な表現方法というモノを使うのである。このような教材化により、過去の自分と今の自分を比較し、考えを捉え直すメタ認知スキルや、表現を生み出す創造性、表現を共有することで考えを深める共感性などの社会情意的スキルを育てたい。

三つ目に、ヒトとヒトをつなげ、自己評価と相互評価を促進する教師のかかわりを行う。

教師は、予想を立てるときに子どもの学習経験を引き出し、考察場面では、図や言葉を用いた表現を促す。また、活動中には、研究所の仲間では実験や考察が進められるように関わる。さらに、全体場で「変化の様子」について説明し合うことから、子どもの自己評価や相互評価を促進し、深い理解が進むようにする。授業の終末には、目標の達成を問い、自分の学びの変容を見つめ直すとともに、友達の考えによって理解が深まったことを感じられるようにする。このような教師のかかわりにより、自分の考えを公開し見直す省察的思考などのメタ認知スキルや、友達の考えから学ぼうとする他者視点の獲得、仲間の中で自分の考えが認められることによる自己効力感などの社会情意的スキルを育みたい。

②前時までの子どもの姿

子どもは、導入でのモノやコトとの出会いをきっかけに、丸底フラスコの中の空気の様子について予想した。「空気は熱いところが嫌で、上の方に逃げてしまう」「熱から栄養をもらって、太って膨らむ」「空気くんの数は増えないけど、一人一人が成長する」などと予想が分かれたので、検証する必要が生まれた。この時間は、子どもと話し合い、「空気を温めたときの変化について、図や言葉で説明すること」を目標とした。実験は、体積変化を捉えやすくするために、試験管を用いた。ここでは、考察を学級で共有する場面の発話（表2）について、ヒト・モノ・コトの関わりの具体について考察する。

表2 4/9時間目の発話記録

A児：空気は、粒が16個あったとしたら熱くて焦って大きくなる。冷えると、このくらい（図を示し）小さくなる。
B児：温めると、空気が重くなるから、まんべんなく広がって上にいく。
教師：二人は全然違うこと言ったんだけど、分かる？
全体：分かる。
B児：そう考えた理由は、試験管をさかさまにして温めると、空気の泡が上にいったから。
C児：Bの言いたいこと分かる！試験管を逆さまにまっすぐ入れて、傾けると空気が出てくるんだけど、温めると、大きい泡がすぐ出てきて、冷やすと泡が出にくくて小さい泡だから、温かい方が、上にいきやすいってことじゃないかな。
D児：だから、空気は上にいってBは思ったんじゃないかな。
教師：みんなはどう思う？
D児：うちは違うと思う。うちは、Bに反対なんだけど、上にいくじゃなくて空気は膨らむ。冷たくしてへこむのはおかしいんじゃないかな。上にいきやすいだけで、本当は大きくなっていて、上にいく。
E児：温められたら、空気がでかくなって行って、体積が。それで上にいく。冷やされたら小さくなるんじゃないかな。
教師：そんなことある？
全体：あると思うよ。
F児：普通に置いたとしたら、なんも変わらないじゃん。冷やすと、この球（図に描いた粒）が減って、数が減っちゃって、へこんで。大きさが小さくなって、熱すると、大きくなって
教師：わかった！皆の増える、減るは、数じゃないんだ、場所だね。みんなの言っていることは。
G児：空気の変わり方っていうのは、暑がり。寒いと下に下がって行って、暑いと上に上がっていく。
F児：ぼくは、さっき実験で、熱することで証明された、あっためることで膨らむってことが絶対そうだなんて。冷やしたときは小さくて、小さい空気が膜とくっついて、下がる。
H児：最初、膨らんでないときは、まだ大きくなってないから、余裕があるんだけど、あっためると、ぎゅうぎゅうになって、シヤボン玉を大きくしないと入れないくらいになって。

B児の「空気は移動する」という考えを認めながらも、「体積が変化する」ことを事象から考察し、様々な表現で説明し合うことから、温度変化によって空気の体積が変化することを捉えている。

授業後にノートの記事を分析し、授業では体積変化に触れていなかったB児やG児も含め、全員が目標に到達していると解釈した。図2はG児のノートで、左が予想、右が考察である。考察では、空気の粒の大きさが変わっていることを表している。さらに、下にはA児の「焦って大きくなる」という考えを取り入れ、振り返りでは「体積」という言葉で説明できたと述べている。一方、「体積」という言葉の捉えが曖昧である児童が3名いると解釈したので、次の時間にどのようなイメージか聞くことにした。また、子どもたちは、想定以上に考察を図で表現したり説明したりすることを楽しみ、授業の最後には自分の考えを修正している様子が見られた。そこで、水の体積変化については、実験でじっくり事象と向き合う時間を取りつつ、考察の時間も保障するために、試験管を簡単に固定できる器具を用い、温めたときに絞って実験を行うように計画を修正した。

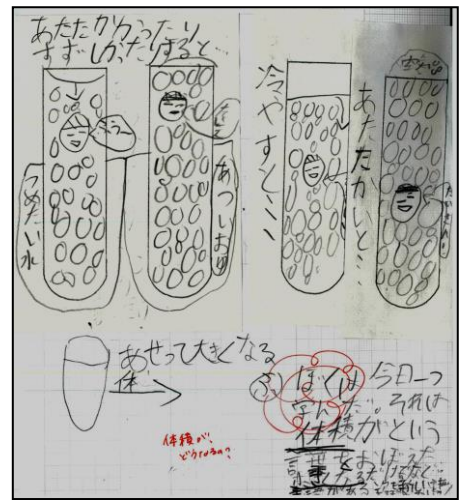


図2 G児のノート

子どもは、目標を明確にしてモノやコトに関わり、友達や教師というヒトの考えを取り入れながら探究していた。教師も、子どもからフィードバックを受け取り、授業を修正した。

③本時の子どもの姿（授業動画参照）

本時（6/9時間目）の目標は、水を温めて体積が変化するか調べ、考察する活動を通して、水の体積変化について図や言葉で説明することができることとした。この目標は、子どもたちと共有している。前時に予想を立てると、『閉じ込めた空気と水』の学習経験や空気や水へのイメージから「空気より水の方が変化が少ないから、変わらない」という考え、前時までの空気の体積変化から「空気と同じように膨らむ」という考え、『雨水のゆくえ』の学習経験から「温めると蒸発して出ていくから減る」という考えが出され、その違いから、子どもは、「どうなるか調べたい」とわくわくして本時を迎えた。

授業から、子どもが探究する空間において、図や言葉というモノを用いて、水を温めたときのコトに向き合い、ヒトとの関わりの中で、それぞれが繋がっていたか。どのようなメタ認知スキルや社会的スキルの獲得したのか、しなかったのか、どのような改善が可能かについてご意見をいただきたい。

④次時の子どもの姿

次時（7/9時間目）は、本時の最後に話し合った計画で学習を進めた。本時のすぐ後の時間に続けて行った。最初に、新たな実験方法について確認すると、「何か細かいもので調べたら体積の変化が分かると思う」という意見が出されたので、ゴム栓とガラス管を用意し、どの方法で調べるかは研究所で話し合っ決めてことにした。その結果、ガラス管を使う研

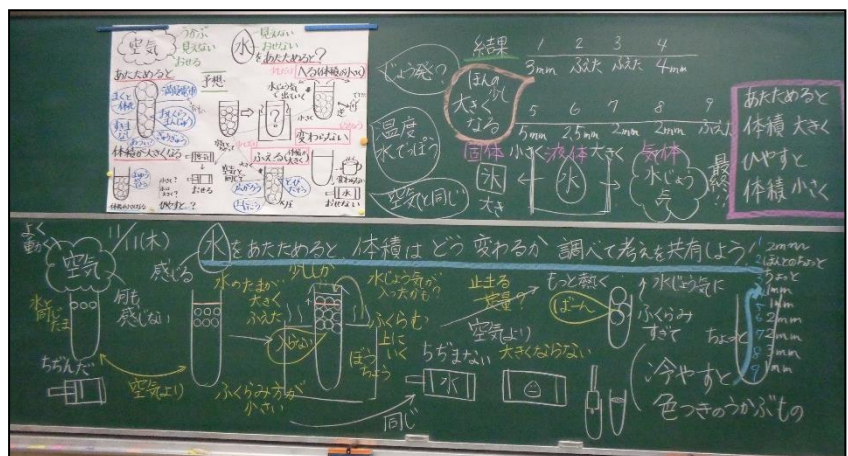


図3 本時・次時の板書

究所、温めたときと同じように試験管で調べる研究所に分かれ、全員が冷やして変化を見ることにした。

本時で「やっぱり変わらない」と発言し、多くの子の「体積が大きくなる」という考えに納得できなかったG児（前述）は、活動中に、「冷やすと減っている」と確認していた。

全体で結果を出し合い、考えを共有すると、全員が「水も冷やすと体積は小さくなる」ことに納得し、課題に戻って「温めると体積は大きくなる」という結論を出した。G児も、「事実は事実だから（納得した）」と発言した。図3は本時も含めた板書、図4はG児のノートの記述である。板書は、子どもの考えを位置付け、共につくる場と考えているので、ふだんはまとめを囲むことは少ない。しか

し、この授業では、子どもの強い納得を感じたので子どもに確認して囲んだ。G児のノートでは、上から2/3は本時部分で、変わらないことを事実と書き、振り返りでは、「びみょうにふえているかもしれない」と記述している。そして、「Dさんの考えではっきりする。すぐ思いつくなんてすごい」と続けている。一番下のこの時間の振り返りには、「だけどなんでへるんだろう」と体積が変化することを認めたくて、「理科ってふしぎ!」と結んでいる。G児にとって、ヒトとの関わりにより、モノを工夫して、コトを見つめ直す授業となったようだ。その経験が、探究を次へとつなげている。

また、この日のノートでは、「増える一定量がある」「空気とペースがちがうかも」と空気との違いを表現している子、「水じょう気として大きくなる」など、本時で話題となった蒸発について自分の考えを深めている子、「やりたいことがやれた」「みんなの意見で分かってきた」など、自分たちの探究に満足している子が多くいた。仲間とともに、目標達成を楽しんでいるように感じた。

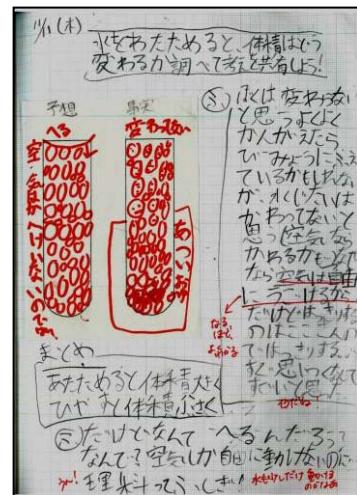


図4 G児のノート2

⑤授業を振り返って

本実践では、視点2の「経験を基に図や言葉を用いて説明し合うことで深い理解を図る」ことに課題を感じた。学習経験から、「水の体積は変化しないはずだ」という考えをなかなか変えられない子どももいた。図で表すことで、事象と離れた考えを説明することができ、その考えに寄っていく子どもも見られた。それを修正することができたのは、視点1の「目標達成に向かう単元構成」や視点3の「自己評価と相互評価を促す教師のかかわり」であったと考える。自らの目標に支えられ、仲間とともに結論を導く学びだからこそ、子どもたちは自分の考えを常に見直しながらより妥当な考えをつくりだしていった。これは、本校の「てつがく創造活動」による学び方への耕しがあるからこそと考える。

その結果、共に学ぶヒトを土台とし、図や言葉というモノを用いたことによって、体積変化というコトに対して、イメージを伴った深い理解が行われたと考察する。これは、探究が続くことで成り立つ。

発話記録やG児のノートから見取れるように、このように学ぶ子どもに、省察的思考や活動を修正するなどのメタ認知スキルや、他者視点の獲得やレジリエンスなどの社会情意的スキルが育っていた。

(2) 6年「月と太陽」

この単元を行う際にいつも考えることは、一部の子どもにとっては「地球と太陽と月の位置関係について視点を移動させるのが難しいのだろう」ということである。地球から自分が太陽と月を見ている視点と、地球を俯瞰する視点（授業では神様の視点と呼んでいる）を往還する能力は空間認識能力の1つだと考えられている。

教科書の単元計画を見ると、問題意識→観察→モデル実験→神様の視点という計画が一般的であるようだ。これまではこの一般的な計画を行ってきたが、今年度は問題意識→神様の視点→観察→モデル実験としてみた。このようにすることで、共通の知識を持った状態で観察に臨めると考えた。このようにした理由は、この単元における子どもがあらかじめ持っている知識のばらつきが大きいことが挙げられる。それは、家庭での予習状況であったり、塾などで指導される「しじまか表」の利用であったり大きいと思われる（表3）。

また、約1か月の月の形の変化を共有するために観察記録を授業開始から10分間で共有することを続けることにした。さらに、学年掲示板に月が登場するアニメや絵本を紹介する「この月はどんな月?」というコーナーを設置することにした。

(2) 単元計画（全4時間+モジュール学習約1か月）

第1次 俳句や短歌から月の形を考えてみよう・・・1時間

第2次 月と太陽の位置関係で月の形はどのように変化するのだろうか・・・1時間

表3：塾などで指導される「しじまか表」

	東	南	西
し(新月)	6	12	18
じ(上弦)	12	18	24
ま(満月)	18	24	6
か(下弦)	24	6	12

第3次 変化する月の形を観察してみよう・・・1時間+モジュール学習（約1か月）

第4次 月と太陽についてまとめよう・・・2時間

（3）授業の実際

「菜の花や月は東に日は西に」「朝ぼらけ有明の月とみるまでに吉野の里にふれる白雪」を題材に月の形を考えた。俳句や短歌中に出てくる単語から太陽の位置から時刻を推測し、月の位置を仮定した。そして、4年生のときに使用した「太陽・月・星のこよみ（月光天文台発行）」から月の形を判断する学習を行った。そして、地球から見た場合、太陽と月の位置関係によって月の形が変わることを確認した。そして、「月と太陽の位置関係で月の形はどのように変化するのだろうか」という問題を子どもと教師とで立てた。

問題解決の方法として、調べ学習を行った。1人1台のChromebookを活用し、調べてまとめたものをGoogle Classroomで集約した。希望する児童が神様の視点と地球からの見え方解説を行った。「しじまか表」について調べた子どももいた。

調べ学習を基にして、実際の月を学校や家庭で観察してみることにした。観察記録は図5のような一般的なものである。観察期間は、本校で活用しているeラーニングプラットフォームであるMoodleを利用して月の情報を提供した。これによって家庭での観察が容易になるようにした。観察記録が完成するたびにモジュール時間を使って月の位置と形、太陽の位置を学級で共有した。また、月と太陽の位置関係によって月の形が変化することを模型や映像資料で確認した。



図5 子どもの観察記録

（4）授業を振り返って

「探究する空間」という視点で振り返ってみたい。今回は、1か月近い期間、月の形の変化と太陽の位置関係というコトを観察する学習を行った。そのために意識したのは同じコトを観察している仲間（ヒト）と結果を共有することであった。同日同時刻での観察が似たような結果になっているコトを学級で共有することで、みんなで月の規則性を明らかにするような空間になるよう心がけた。そして、その空間にモノとして掲示板に月についての掲示を行い、月についての意識を継続できるようにした。また、子どもが書いた振り返りを見るとChromebookのような新しいモノも活用することで、月と太陽と地球の位置関係による月の形の変化について理解する助けになった子どもが多かったと思われる。調べたコトを観察結果と同じように仲間と共有することで理解の助けになった子どももいたようだ。

3 今後に向けて

昨年度設定したテーマ「探究する空間」の2年次目として、本年度は2つの項目について、研究重点課題をもとに研究を続けてきた。一つ目の「ヒト・モノ・コトの深化」については、各学年の実践の中で、「ヒト・モノ・コト」それぞれの観点で工夫を加えることによって、子どもたちの自然科学に対する興味・関心が高まり、新しい問いが生まれ、さらに観察実験に取り組みたいという、科学的探究心の芽生えが感じられた。二つ目の「メタ認知スキル、社会情意的スキルへの着目」については、新教科「てつがく創造活動」において実践的に研究されているが、理科の授業においても、「メタ認知スキル」「社会情意的スキル」が育つ場面を意識的に設定しよう心がけた。また、その評価として、子どもの活動、話し合い、発言、ふり返りなどから教師がみとめることも心がけ、記録に残してきた。

一方で、現代の理科の教科内容は、やや過積載気味であり、それを限られた配当時数の中で終えなければいけないという制約がある。学年間、教科間（たとえば算数）との連携も考慮した、理科カリキュラムの構成や、各学年の単元構成も見直すことも必要だと考えている。今後も「ヒトとのかかわり」「モノの整備」「コトの提示」の精選を行いながら、子どもに科学的探究力が育つ、より進化した「探究する空間」を目指したい。（草野・杉野・田中）