

1 研究の内容

(1) 昨年度までの研究

理科部会では、昨年度から、「科学的な高まりをつくる共同体」をテーマに研究を進めてきた。「共同体」は、理科の学習において、一つの大きな目標の達成を目指して進んでいく集団と捉えた。問題を解決するために、個々の子どもが自分の目標をもち、友達や教師と協力して観察や実験を行ったり対話したりしながら問題を解決し、「科学的な高まりをつくる」ことを試みた。このような学習を積み重ねることを通して、「共同体」は子どもたちにとって価値のあるものとして成長する。そして、学校の外の社会、未来においても、他者とともに自然に向き合うという「市民性」が育まれることを目指した。このような姿を理科における学びをあむ姿と捉えている。

昨年度は、「学級の科学をつくる」、「科学的探究のための先行的了解」、「子どもと教師の評価活動」の3つの視点から「科学的な高まり」をつくる可能性を捉えることができた。一方で、「共同体」のありようについては十分な検証ができなかった。「共同体」についての捉えが共通了解されていなかったことが一因であると考え。そこで、今年度は「共同体」について問い直すことから研究を始めた。

(2) 理科における共同体を問い直す

「共同体」について議論する中で、これを構成する子どもの「主体性」「主体的に」ということについての捉えに幅があることが見えてきた。例えば、子どもが観察や実験の方法を選択し、決定することで、子どもの中にある「主体性」が発揮されるということは、本当にそうだろうか。何かを知ったから、明らかにする方法まで考えられるといった、理解した先にしか表れない「主体性」もあるのではないか。また、子どもが「主体的である」ということをどう見とるのか。そもそも、「主体」とはなんなのか。

これまで、「共同体」の意味として、一人ではなく、ともに学ぶ仲間や教師がいることによって、観察や実験方法が広がったり、対話により理解が深まったりするというよさがあると考えてきた。だとするならば、「一人ではないこと」＝他者あるいは自然の事物現象との関係に着目してはどうだろうか。

(3) 「関係性の中で生成される主体」（学校全体の副題）と共同体

「共同体」について対話する中で、そこには様々な関係が生まれ、その中で個々の「主体」が生成されていくのではないかという考えに至った。これは、本校の研究の副題と合致する。「主体性」は個の中にあらかじめ存在するのではなく、友達や教師、自然の事物現象（ひと・もの・こと）との関係の中で生まれてくるものなのではないだろうか。これまで、「主体性」を「観察や実験に主体的に取り組めたか」など、個の資質として捉えられることが多かったが、「共同体」を「関係性の中」と考えることで、一人ひとりが関係性の中でどのように「主体」を発露するのかを捉えることができる。それが、理科の学習の中で、個々が学びをあむ、あみ続けていく具体の姿であると考えた。

理科部は、「主体的」であるということをおおきく規定するのではなく、関係の中で個のあらわれのありのままを見とることを最も重要だと考える。この視点をもとに、内容や方法ではなく、「共同体」においてどのような学習環境をつくるのが、「主体」の生成につながるか、また科学的な高まりをつくることになるのか検討することを、理科の再構築と捉え、提案する。

例えば、3年「重さのけんきゅう」を例に、「共同体」において「主体」が生成される場面を考えてみる。導入で重さについてのイメージを対話したあと、研究所（班）ごとに様々な物の重さを手の感覚で調べた。A児は、「粘土はぎゅっしり詰まっているから重い」ということを絵で表現した（図1）。教師が全体でこれを紹介すると、他の子から「なるほど」というつぶやきがあり、自分でもやってみようと思える子がみられた。特に、2研究所（A児とは違う）のB児、C児、D児は、互いの絵を見せ合いながら、同様に表現した。D児は、「空洞があっても外側のところにぎゅっと何かがつまっている」と話し、絵で示した（図2）。その後の学習で

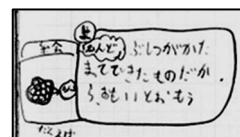


図1 A児のノート

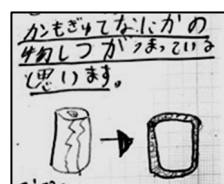


図2 D児のノート

も、A 児は一貫して絵で表現して理解を深めた。2 研も同様に、空洞にこだわって研究を進めた。学級という「共同体」において、A 児が、教師の働きかけや友達に認められたことにより、自分なりの方法確立させたところに、「主体」をみることがきる。また 2 研は、研究所という「共同体」において、友達、粘土や空き缶、重さを計ることから、問題を見いだし調べる姿に「主体」をみることができる。

(4) 今年度の重点

次からは、より具体的な実践を通して説明する。今年度は、「共同体」のありようを明らかにするために、生成された「主体」をどう見とるかを基軸に、次の 2 点を重点として実践を検討した。

①関係の中で問題や仮説が生まれる自然の事物現象との出会い

②共同体において科学的な高まりをつくる学習の過程

2 実践より

(1) 5 年「流れる水の働きと土地の変化」におけるシミュレーションによる探究

科学は世界がどのようなになっているかを説明することを目的としているが、ここでは直接観察や実験によって確かめられない命題を扱うことがある。そのような命題を確かにするために、帰納ではなく、演繹でもなく、シミュレーションという探究法が有効に機能する場合がある。シミュレーションは、「現実の現象を模型やコンピュータのプログラムによって再現し、その振る舞いから現実の振る舞いを予測・確認すること」である。ここでは、まず理論をもとにシミュレーションを実行し、その結果と現実の現象を比較する。シミュレーションによる結果と実際の結果が一致していれば、その前提としての理論が適切であると評価することができる。

例えば、長い年月をかけて起こる流水による土地の変化を直接観察することは困難である。また、川の上流から下流までを同時に観察することも困難である。そこで、まず流水の働きに関する理論（仮説）を構成し、砂山に水を流すシミュレーション（モデル実験）を実行した後、その結果と ICT を利用した川の地形の航空写真とを比較して、実際の土地の成り立ちを推定する学習を計画した。

授業では、まず「大水になると川の水が濁り、大水前後で河原の様子が変化するのはどうしてか」について問うた。児童からは、「水の流れが速くなると河岸が削られる」、「削られた土砂が運ばれる」、「運ばれた土砂は流れが緩やかなところで堆積する」といった説明が得られたので、これらの意見を集約して「大水になると、流れる水が川底や川岸を浸食し、削った土砂を運搬し、運ばれた土砂が堆積することによって、川の水が濁り、河原の様子が変わる」という仮説を設定した（展開①）。これは子どもと教師のかかわりにおいて生成した仮説である。仮説設定後、学校の砂場で砂山を作って水を流すシミュレーションを行った（展開②）。ここでは、傾斜の急な上流やカーブの外側で浸食が起り、下流やカーブの内側では運ばれた土砂が堆積する様子が観察された。この結果は Google Earth や Google Map などの航空写真と比較された（展開③）。児童は、川の上流で見られる V 字谷、カーブの内側の堆積と外側の浸食、下流で見られる扇状地や三角州といった地形とシミュレーションの結果が一致していることを説明した。図 3 はその局面において児童が作成したスライドの一部である。授業では、さらに国内にある V 字谷や平野、川の蛇行地点などの地形の成り立ちについて、シミュレーションをもとに推定・説明した（展開④）。例えば、黒部峡谷については「もともと（谷が深くない）普通の川だったが、大水になり川底、川岸が浸食される。それを繰り返して行って V 字谷になった」や、大阪平野については「低地の方に行くにつれ、土地の勾配がなくなり、流れも遅くなって運搬してきた（された）土砂が堆積する」などと説明した。このように児童

は、流水の三作用を使って、現在の地形が長い年月をかけてどのようにできたのか推定することができた。これら一連の学習を踏まえて、単元冒頭の問題について浸食、運搬、堆積の用語を使って再度、説

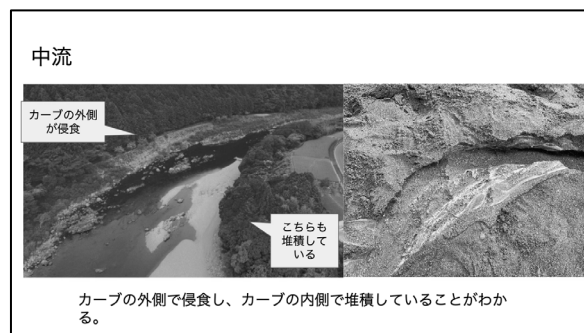


図3 シミュレーションの結果（右）と航空写真による観察（左）を比較したスライド

明する活動を行った（展開⑤）。児童は改めて、問題に対して「流水の三作用」の仮説を設定したこと、またその仮説に基づくシミュレーションの結果が実際の河川の地形と一致したこと、さらにそのシミュレーションが地形の成り立ちの推定までも可能にし、仮説が支持されることを説明できた。

本実践では、理論（仮説）に対する児童の信頼の変容を「運勢ライン法」によって調査した。仮説に対する信頼が高まることは、すなわち科学的な高まりの具体化だと捉えている。運勢ラインでは、展開①から⑤ごとに仮説に対する信頼の程度がラインの傾きで表現され、信頼が上がれば右上がり、信頼が下がれば右下がりの線で示された。また、児童にはそのようにラインを引いた理由を、短文で自由に記述するように要請した。図4は調査における典型例である。E 児は、展開①「仮説設定」において「（大水前後の川の）写真を見て考えると、本当に浸食、運搬、堆積してそうですが、実際に見てみないとわからないので少しだけ上がりました」と、信頼をわずかに高めたが、続く展開②「シミュレーション」では、「モデル実験をしてみると、侵食、運搬、堆積しているのが確認できたので、大幅に上がりました。本物の川でもそうなるのか確かめたらもっと上がりそうです」と、前時よりも信頼を大きく高めた。次いで、展開③「シミュレーションと実際の一致」では、「V字谷、三角州、カーブ、扇状地が上流、下流で見つかりましたが、1つの川だけで全て見つけられず、色々な川で見つけたので本当に1つの川で3つ作用が起きるのか確かでないの少しだけしか上がりませんでした」と、信頼を上昇させたものの、その程度を少しにとどめたが、展開④「土地の成り立ちの推定」では、「大阪平野も東京都、茨城県も、土砂が侵食し、運搬され堆積してできたことがわかったので、この3つの作用は本物だということなので、大幅に上がりました」と、3作用によって地形が変化してきたことを推定できたことから、傾きの大きい右上がりの線を引いて、信頼が高まったことを表現した。最後の展開⑤「まとめ」では、「新しく調べたことはありませんが、説明文に流れる水の働きについて完璧に書けたので、それほど私の頭にこの単元の内容が染み付いたということなので、大幅に上がりました」と、最も傾きの大きい右上がりの線を引いて、強い信頼を獲得したことを表現した。このように仮説への信頼を変容させたことは、E 児が科学的探究を通して、教師や他の児童、言葉、シミュレーション、地形の観察などとかかわったことで生まれた「主体」のあらわれだと解釈できる。

学級全体では、展開①「仮説設定」の時点で26名中20名の児童が右上がり、5名の児童が水平、1名の児童が右下がりの線を引いていたが、展開②「シミュレーション」以降は、25名の児童が右上がりの線を引いて、展開ごとに信頼が高まったことを表現した。特に、展開⑤において最も急な右上がりの線でコミットメントを表現した児童が、E 児を含めて18名と最多であった。これは、学級全体で探究の過程をふり振り返りながら仮説の正当性について合意したことが、共同体における科学的な高まりの形成に寄与したものと考えられる。

本実践では、直接観察によって確認できない命題について、シミュレーションという方法を通して探究した。ここでは、児童と理論（命題）、シミュレーション、ICTによる地形の観察が相互に関係し合う学習過程を構成したことで、児童が流水の三作用による土地の変化の理解を深めることができた。

*なお、本報告は日本理科教育学会オンライン全国大会2024で発表（比樂，2024）されており、これに加筆・再構成を行っている。

（2）4年「雨水の行方と地面の様子」で子どもと教師とで問題をつくる

この単元を行う際にいつも考えることは、子どもたちの生活の中から問題意識をもたせて学習を進めるにはどうしたらよいのだろうかということである。雨の多い時期は校庭に水が溜まり、休み時間や体育で使えなくなることが多くなる。そうすると、雨の多い時期に子どもたちに校庭の様子に目を向けるような投げかけをしてから行うのがよいだろう。今年度は、6月から7月にかけて校庭の雨水が溜まりやすい場所を話題にし、その原因を明らかにする学習で子どもたちの発想を生かした授業を計画した。

授業の実際

最初の時間は、6月の梅雨の時期に行った。最近では雨の日が多いこと、校庭に水がたまっているところがあることなどの事実を子どもたちと教師とで共有した。そして、共有した事実を基にしてさらに推

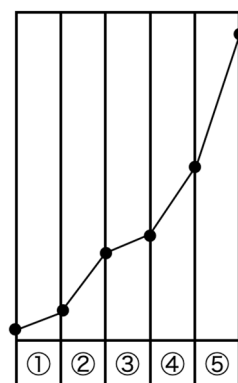


図4 運勢ライン
E 児の事例

仮説に対する信頼の変容
・右上がり：信頼の強化
・水平：変化なし
・右下がり：信頼の弱化
①仮説設定
②シミュレーション
③シミュレーションと
 実際の一致
④土地の成り立ちの推定
⑤まとめ

論「たぶん〜だろう」をしてみることにした。

子どもたちから出された推論の中に「水が溜まっているところに窪み（溝・へこみ）ができていのだろう」という推論があった（図5）。水が溜まっているところが窪んでいるならば、そこは周りよりも低くなっているのだろう」という仮説を立て、「水が溜まっているところは、周りよりも低くなっているの

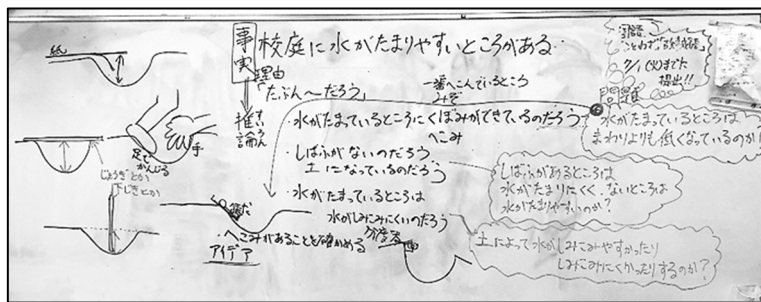


図5 1時間目の板書

か？」という問題で学習をすることにした。低くなっていることを確かめるためにアイデアを出すよう促したところ①棒を使う②定規や下敷きを使う③手や足で感じる④球を転がす⑤分度器で測るというアイデアが出た。これらのアイデアから自分が良いと思うものを選び、方法とした。そして、校庭に出て、確かに水が溜まりやすいところは周りよりも低くなっているとわかる写真を撮りそれを Google Classroom で共有することで結果を共有することとした。図6

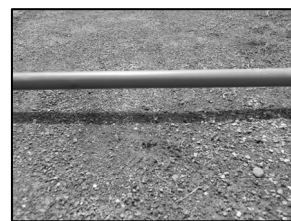


図6 写真の一例

は、水が溜まりやすい場所に棒を置いて周りより低いことがわかるようにした写真である。このような写真を集めて子どもたちと結果を確認した後の振り返りでは、「こんなやり方もあるのか」「確かに低くなっていることがわかった」などの記述があった。

授業をふり返って

「科学的な高まりをつくる共同体」での重点1「関係の中で問題や仮説が生まれる自然の事物現象との出会い」重点2「共同体において科学的な高まりをつくる学習の過程」という視点でふり返る。

重点1でふり返ってみる。この学習では、梅雨時になると校庭に水の溜まりやすい場所があるという子どもたちの学校生活での共通認識を自然の事物現象として捉えなおすことで、問いが出てくるように促した。この学習活動は、子どもたちが共通で認識している校庭という学校環境との関係性の中から問題をつくることを意識した活動であった。

重点2でふり返ってみる。学級という共同体の中で科学的な高まりをつくるために、確かめる方法のアイデアを子どもたちから出るように促した。子どもたちの関係性から見いだされた学習問題を解決するために子どもたちが考えた方法を自分で選んで実験を行うようにした。この学習活動は、事物現象をつなぎ、探究へ向かう一連の流れを生み出していたと考える。この学習活動では推論やアイデアを共有するなど、思考をつなぐことを意識的に行った。つまりひととひとをつなぐことである。思考を表出させ共有する一連の学習活動は、自分たちの実験から生まれた問いから、学級という共同体で科学的に高めていこうとする、探究する理科のためには必要な一場面であったと考える。

以上のことから、理科の学習で学級が「科学的な高まりをつくる共同体」になるためには、教師が提示する自然の事物現象が子どもたちとどのような関係性にあるのか、また子どもたちそれぞれの思考をどうつないでいくのかなどを踏まえて授業を計画し、実践していくことが重要である。

3 まとめと今後に向けて

実践（1）では、シミュレーションという探究の過程を通して、「共同体」において科学的な高まりをつくり出すことができた。運勢ラインの結果は、それぞれがひと・もの・こととかかわる中で「主体」を発露し続けた記録としても捉えることができる。このように「主体」のあらわれを連続的に見とる試みは、今後、他の学年や単元の学習にも広げることができるのではないか。実践（2）では、校庭という環境を捉え直すことから問題をつくり、実験の方法を子どもに委ねたことで、「これを調べたいからこうやる」という「主体」があらわれた。「共同体」の中で、「主体」がつながることで、科学的な高まりをつくることができた。当たり前にある環境を、子どもの前に科学的なものとして顕在化することで、「共同体」における学習を活性化した。「共同体」は、自然事象との豊かな出会いやひと同士のつながりにより、「主体」が発露し続ける場となることが重要である。（草野，杉野，比樂）