

## 1 研究の内容－理科部会で学びをあむ

理科部会では、昨年度まで4年間、「探究する空間」をテーマに「ヒト・モノ・コト」が密接に関連し合う学びの場をつくることにより、子どもの探究が続くことを目指してきた。探究する空間では、自然についての考えや情報をやり取りすることが大切であり、その中で自然に向き合い、不思議を知ろうとし続ける子どもの姿をみることができた。これは、自分や友だちの経験を基に、自然を対象として学びをあむ子どもの姿と一致する。

そのうえで、今年度は、理科部の教師が「理科の授業で大切にしたいこと」について対話を重ね、ビジョンをあむことを行った。共通して目指したいこととして、「子どものもつ様々な経験や素朴概念、知識を認め、科学的に高める」ことが挙げられた。これに向かうために、理科という教科を見直した。

### (1) 理科という教科

#### ① 自然を対象とする意味

理科の学習では、自然を対象とし、様々に働きかけを工夫することで、変化させることができることを体験する。自ら働きかけることで、きまりや関係を見いだすことができる。

一方で、働きかけを工夫したとしても、思い通りにならないことがある。人間の知恵や計算どおりにはいかない、複雑で崇高な存在が自然である。だからこそ自然を対象として学ぶことは、心を揺さぶられ、意欲を掻き立てられる。これが、理科の学習の大きな意味といえる。

#### ② 自然に向き合うための方略

理科の学習では、自然の事物・現象から問題を見だし、科学的に解決することを目指す。ここでいう科学的とは、科学がそれ以外の文化と区別される条件である実証性・再現性・客観性などを検討する手続きを重視することを指す。

このように、自然の事物・現象についての問題を科学的な手続きを重視して解決する過程が、自然に向き合うときの方略となる。これが、生涯にわたり自然とのかかわり方の指標となるのではないだろうか。

#### ③ 育みたい資質・能力

学習指導要領で示される科学的な資質・能力に加えて、昨年度までの研究で示してきたメタ認知スキルや社会情意的スキルが重要であると考ええる。

理科の学習において、大切にしたいメタ認知スキルは、「観察や実験の見通しをもち、結果との異同を受け止めて自分を見つめ直す」ことである。見通しは固定的なものではなく、自然、友達や教師などの他者とのかかわり続ける中で、変化していく。この変化を受け入れ事象に向き合い続けていくことが、変化する自然そのものや、変化する科学や科学技術を学ぶ上で重要であると考ええる。

また、「他者と協働して追究し、他者の考えを尊重して考察する」という社会情意的スキルが大切である。科学は一人では成立しない。先述した通り、科学的に解決するためには、他者の存在が欠かせない。互いの考えを尊重しながら話し合い、解決していくことで、自分の考えを科学的に変容させていくことができると考える。

### (2) テーマについて

子どもは、自然の事物・現象に対して、様々な経験や知識、考えをもっている。これを教師がみとることを起点とする。子どもの経験や知識、考えを、理科の学習を通して、子どもたち自身が変容させていくことを目指す。「科学的な高まり」とは、上述した理科という教科を通して、自然に迫ることだと考える。これを、子ども自身の手で「つくる」理科の学習を検討する。これには、個や学年によりグラデーションがあると考ええる。どのような「科学的な高まり」がどれだけ見られるかについて吟味していきたい。

このような理科の学習に、他者の存在は欠かせない。「共同体」は、理科の学習をつくる、子どもや教師（保護者、地域の方も）である。一方で、「共同体」自体も理科の学習でつくり、更新される。

理科部会では、「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る。「共同体」は学級や研究所（班）、より少数の場合もある。その中で、それぞれの子どもはそれぞれの目標をもっている。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たり対話したりしながら、問題を解決し、科学的に高まることを目指す。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、学校の外の社会や、未来においても、他者と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す。

## 2 今年度の重点と授業実践からみた子どもの学ぶ姿

「科学的な高まりをつくる共同体」を実現するために、理科部会では、次の3点が重要だと考えている。これは、昨年度までの研究の成果から得られたものであり、今年度は、それぞれの重点が際立つ実践を行うことで、どのような「科学的な高まり」がみられたか検討した。それぞれの理論と実践について示す。

### (1) 学級の科学をつくる

科学的な高まりをつくる共同体を実現していく中で、特に「学級の科学」をつくるという視点を理科の学習で大切にしたいと考えている。「学級の科学」とは学習の中で子どもと教師が一緒になって自然の事象に向き合い、問題を設定し、結論を導く一連の営みである。今年度は第6学年「ものの燃え方」の単元で学級の科学をつくることを意識した実践を行った。

単元の初めに集気瓶の中に火が付いたろうそくを入れ、蓋をした時の様子を演示した。その時の様子を「事実」として学級で共有し、事実から考えられることを「推論」としてさらに共有した。その推論を教師と子どもとでまとめてみると主に①蓋の開閉とろうそくの燃え方②集気瓶の中の気体の種類③集気瓶の中の気体の割合に集約された。そこで、最初の学習では①の蓋の開閉とろうそくの燃え方について明らかにする問題を設定し、各研究所で問題を解決するための開閉の仕方を検討して実験を行うことにした。

実験方法については、各研究所で相談して決めることとした。決めた実験方法は、Google Classroomを使って各学級で共有した。

各研究所の実験結果を学級で集約してみると、共通する結論として「蓋を開けているほうがろうそくは燃えやすい」という結論を得た。このことから、蓋を開けている即ち空気の入替えがおきているだろうという仮説ができた。

以上の実践を「科学的な高まりをつくる共同体」という視点で考察してみる。この単元では、初めに火が付いたろうそくの火が消えていくところを観察させた。自然を対象とする理科の学習であるからこそ、まずは自然を見るところを意識して取り組ませるようにした。そして、観察したことを「事実」、事実から考えられることを「推論」として言語化して、学級で共有することで問題に繋げるという科学的な高まりをつくることを想定した。そして、その問題を解決するための手段として実験計画を各研究所で立てた。この一連の手続きは、自然に向き合うために必要な科学的に問題を解決する手続きである。これを丁寧に学級で共有しながら行うことが必要であると考えた。

これらのことから、科学的な高まりをつくる共同体を実現するための「学級の科学をつくる」という視点は、科学的な思考の過程においてたびたび「共有する」という営みで成立すると考える。1人で学ぶのではなくみんなで学ぶことの良さをこの「共有する」という活動を通して子どもたちが理解し、後の単元で子どもたちから自然発生的に問題解決の思考過程を辿っていくことができるようになると、科学的な高まりをつくる共同体に近づくのではなかろうか。

### (2) 科学的探究のための先行的了解

自然科学は「世界がどのようなになっているのか」について納得のいく説明を求めている。そのための探究手続きとして仮説演繹法は基本である。仮説演繹法では、まず自然現象を暫定的に説明する仮説

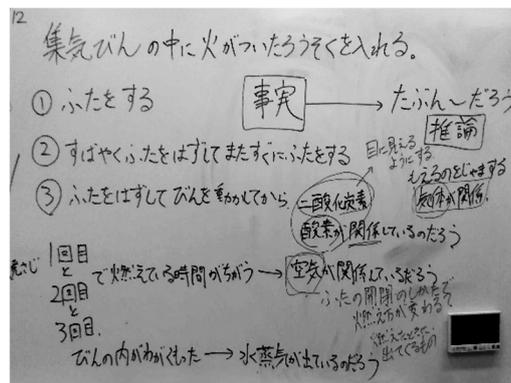


図1 事実から調べることへ

を立て、仮説をもとに実験方法を考案し、仮説と実験方法から論理的に結果を予想する。予想した結果と実際の結果の一致によって実験の成功が判断され、はじめの仮説は支持されて科学理論となる。このとき、実験に成功すれば仮説と科学理論の内実是不変である。変わるのは理論に対する信頼や納得といった情意的側面である。つまり、科学的な高まりとは理論に対する信頼や納得だと捉えることができる。

科学者であれ学習者であれ、何の前提ももたずに虚心に自然と向き合い探究を行うわけではない。科学者らはその時代の模範的な業績である先行研究（パラダイム）の枠組みの中で探究活動を行っているが、学習者は素朴概念などといった必ずしも科学的とはいえない考えをもって授業に臨んでいる。科学者らはパラダイムを前提として探究しているのでその営みは科学的であるが、学習者はそうではないから、授業では探究が科学的に行われるように前提として必要な先行的了解を共有しておく必要がある。

例えば、第5学年「電流がつくる磁力」では、多くの学習者が「磁石」や「電流」を学習しているものの、それらに関係づけた知識をもたないまま唐突に「電磁石作り」が始まり、仮説のない実験を行って事実を収集する展開が一般的である。このままでは、実験の理論的根拠がないため実験方法を考案できず、結果を予想できないので実験の成否の判断もできない。また、得られた結果を解釈する文脈を欠いているから考察を記述できず、実験は無意味操作として行われる。そこで、単元冒頭で直線的な1本の導線を通る電流とそこに生じる磁界に関する基礎理論を先行的了解として経験的に取得できるよう指導（表1）し、その知識や経験から電磁石に関する仮説を設定して、実験で演繹的に調べを試みた。

表1 電磁石の学習に必要な先行的了解

	基礎理論	基礎実験
①	導線に電流を流すと導線のまわりに磁力ができる	電流が流れる1本の導線の近くでは方位磁針が動く
②	電流が流れる導線の周りには鉄は磁石になる	電流が流れる1本の導線の近くではマグチップが磁化する
③	電流の向きを変えると磁力の向き（極）が変わる	1本の導線に流れる電流の向きを変えると方位磁針が振れる向きも変わる
④	電流を大きくすると、磁力は強くなる	1本の導線に流れる電流を大きくすると方位磁針が大きく振れる
⑤	導線の数を増やすと、磁力は強くなる	電流が流れる導線の数を増やすと方位磁針が大きく振れる
⑥	コイルにすると電流が流れる導線の数が増えるから磁力は強くなる	1本の導線でも、方位磁石のまわりに導線を巻きつけると方位磁針の振れが大きくなる

子どもたちは、先行して取得した基礎理論や経験をもとに、「もし電流を流したコイルの中では鉄心が磁石になり、強い磁力ができる（仮説）なら、コイルに鉄心を入れて電流を流せば（方法）、鉄心に鉄釘が引きつけられたり、遠ざけた方位磁針がふれたりする（予想）だろう」や「もし電流の向きを変えると電磁石の極も変わる（仮説）なら、電池の向きを変える（方法）と、方位磁針が逆にふれる（予想）だろう」といった見通しを構成して有意味に実験を行い、予想した結果と実際の結果の一致をもって仮説に対する信頼を獲得できた。さらに、その探究を可能にした直線電流に生じる磁界に関する基礎理論にも強く納得できた。仮説が実験結果を予想する「正確さ」は、共同体の構成員が当該理論への確からしさを高めることに機能している。このように、科学的な高まりには仮説演繹法による探究とそのための先行的了解の取得が肝要である。

### （3）子どもと教師の評価活動

子どもによる評価活動とそれを支える教師の評価活動により、「科学的な高まり」を目指す。

第2学年では、国語の教材文「たんぼぼ」をきっかけに、「たんぼぼは、どうして晴れたら立ち上がるの？ 天気が分かるの？」「本当に根っこは100 cm以上あるの？」など、たくさんの疑問が出された。「たんぼぼを調べたい！」という意見に全員が同意したので、校庭に見に行くことにした。たんぼぼを見つけると、根を掘る子、花を数える子と様々だったが、裏返して花の裏側が茶色いことや、茎がストローのようで白い液がでることを発見する子もいた。この後も、子どもたちの「まだまだ調べたい」という思いが強かったので、「たんぼぼちょうさたい」という時間を設定することにした。子どもたちの姿から、自然への疑問や興味は、教科書に書いてあっても、これまでに経験していても、心を揺り動かすのだととらえた。

いくつか発見があったタイミングで、調べたことを共有する時間をとった。それぞれの視点が違うの

で、発見も多岐に及び、何か共通点が見いだされることはなかった。しかし、「え！本当に茎から白い液が出るの？」「土の固いところに生えるって本当？」など、他の子の発表に興味をもち、「はてな」がたくさん板書された。それを確かめたいと、また校庭にたんぼぼを探しに行くことになった。A児は、先ほど友達が発表した「白い液」を確認した。さらに、「花の裏はちゃんと茶色じゃん」と他の子の発表も確認した。発見を共有することにより、子どもの評価活動が行われ、「本当にそうになっているのか」と、問いをもつという科学的な方略につながっていった。

また別の時間では、興味はもっているが、調べ方に迷いがある子どもが多いと感じたので、全体で、視点が明確である子の調べたいことを取り上げた。その中で、「比べて調べる」「予想してから調べる」と分かりそうだとすることが共有され、早速観察に活かす姿がみられた。また、30 cm定規では根が測れないと困っている子と、どうやって測ったらいいか相談して、縄跳びを使うことを決めた。このように、一人ひとりの目標の解釈が進むと、教師は、一緒に達成を楽しみながらかかわることができる。教師の評価活動を充実させることで、子どもは、科学的に解決するための手だてを増やしていった。

最後に、研究成果をひらく時間を設けた。その際の板書の一部を図2に、発話記録を表2に示す。

表2 発話記録

B児：綿毛の種の色が変わった
教師：え？綿毛？（綿毛と種の絵を描く）
B児：うん、お花のときは黄色で...
C児：だから（花と同じ色なので）分からないんだ
B児：それで、たおれてくるじゃん
D児：次、緑じゃない？
教師：倒れるって（たんぼぼの全体で、花の後しぼんで倒れてから起き上がる絵を描く）このこと？
B児：そう、倒れたところが緑で、起き上がって、茶色
D児：え？黒じゃない？
E児：違うよ、ほんのちょっと茶色
教師：もしかして、そのあと...（綿毛の種の色の変化を描く）
B児：そして、飛んでく
D児：（栽培している鉢を見に行き）学校のたんぼぼ、今緑！！
C児：熟してるんだ
E児：綿毛もちょっと黄色のときあった
F児：（黄色は）栄養かな？

B児は、綿毛についている種の色が変化していくことを発見し、伝えた（板書左上）。C児は、花の変化に興味をもち、花から綿毛になり始めたとき種が見えないことに気付いていたので、すぐに種の色と結びつけて反応した。B児も呼応するが、ぴんと来ていない子が多かったので、板書中央にたんぼぼ全体の絵を描き、たんぼぼの花軸の動きを想起しやすいようにした。すると、学校で育てているたんぼぼの変化を見ていたD児や、綿毛が飛ばされる時の様子を調べていたE児も自分の発見と重ね始めた。それぞれの興味に基づいて観察してきたことが緩やかに結びつきながら、理解が深まったり、見方が広がったりしていた。このような、学びをひらく場では、子どもたちは自分の考えを全体に問うことで自己評価や相互評価を

進めており、教師はそれを解釈し、板書に整理しながらかかわっている。

子どもと教師の評価活動により、互いの発見をつなげ、重ねていった。このような姿に科学的な高まりをみることができた。

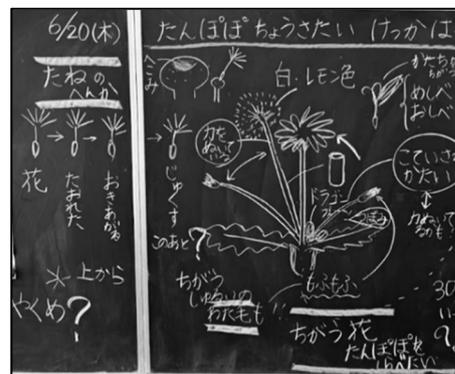


図2 発見がつながる

### 3 研究のまとめと今後に向けて

第6学年の実践では、まず、「事実」は言語化できるという子どもの経験を認めている。そのうえで、子どもと教師とで「事実」と「推論」を共有することで、問題をつくるという科学的な高まりを生んだ。これ以降の問題解決の過程でも、共有することで学級の科学をつくる共同体としての成長がみられた。

第5学年の実践では、子どもが「磁石」や「電流」に対する知識があることを認めている。これらに関係づけるための基礎理論を先行的了解として経験することで、見通しを明確にして有意味に探究を進めることができた。理論に対する信頼や納得を得る姿に、科学的な高まりをみることができる。

第2学年の実践では、自然への疑問や興味は、子どもに知識や経験があっても、心を揺り動かすことを認めている。学びをひらく場により、子どもや教師の評価活動が活性化され、科学的な方略を豊かにしたり、他者の発見を自分の発見と結びつけたりする科学的な高まりがみられた。

今後は、学年や単元、子どもの経験に応じて効果的な手だてを選択、組み合わせられるように検討することで、「科学的な高まりをつくる共同体」の可能性を広げたい。（草野，杉野，比樂）