

1 研究の内容

(1) 研究主題「学びをあむ」との関連

「てつがく創造活動」の時間に身に付けた、学びの構想力や他者と協働して活動する力を、理科の授業でも発揮させ、理科の授業で身に付けた科学的な思考力や正しい知識を「てつがく創造活動」の時間においても活用してほしいと願う。このような教科と「てつがく創造活動」の時間で、知識や思考力、学びに向かう姿勢が共有され往還的に学んでいくことが、「学びをあむ」ことになると思う。

(2) 理科部の研究テーマについて

理科部のテーマは、2010年～2015年までは「自然から学び高め合う」であり、センス・オブ・ワンダーの精神で自然の声に耳を傾ける姿勢を尊重する研究をしてきた。その後2016年～2020年までは「ともに科学を創造する」をテーマに、個々の子どもが自分の生活体験や既習の知識を基に抱いている自然科学に対する素朴概念を、グループでの実験や話し合い、学級全体での考察の場面で高めていき、科学的概念へと変容させていく過程を大切にする理科授業を目指してきた。

今年度からはテーマを「探究する空間」とし、子どもたちの生活概念を科学的概念へと変容させていく過程において、探究し続ける子ども目指し、その手立てとして探究する空間を研究することにした。

(3) これまでの研究

昨年度より、文部科学省研究開発学校の指定を受け、社会の変化と主体的に向き合う市民を育成するために、自ら学びを構想し、主体的に学ぶ「てつがく創造活動」を中核に据え、メタ認知スキルや社会情意的スキルを育成する教育課程の研究開発を行うことが小学校の研究開発の課題となった。この研究を受けて理科部では、「ともに科学を創造する」ために、以下の3つの視点から研究に取り組んできた。

① 協働的・探究的な課題で「社会情意的スキル」を育む

理科の授業において子どもたちからあがってくる疑問の中から、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、学級全体で取り組ませることにするのが重要である。取り上げた課題を解決するために、仮説を立てたり、実験方法を話し合ったりする場面で、子どもの議論が盛んになり、探究意欲も高まる。また、問題解決のための実験の場面においては、共通の目的を持つ仲間として、グループ内では協働的な作業と言葉かけが自然となされる。協働的・探究的な課題を教師が取り上げることによって、自然科学を追究していく過程において、様々な社会情意的スキルが育まれていく。

② 学習後の振り返りで「メタ認知スキル」を育む

学習後の振り返りの時に、自己の変容という視点で書くように言葉かけを行った。予想したことと結果が違った場合、その違いはなぜ生じたのか、自分の考えはどこが間違っていたのか、また、正しい結論に納得できているのか、という事を、子ども自身に問い、自己を見つめ直すように時間を取った。

正しい結論を覚え込むのではなく、なぜそのような結論が導かれたのかを理解し、自分の思考の間違った部分を自分で認識できるようにさせたい。単純に予想と同じだった、間違えたというような○×問題に陥らず、理由をしっかりと考え、正しい科学的な思考力をつけさせたい。このような思考の過程において、メタ認知スキルが育まれていくと考える。

③ 低学年からの学びを中学年以降の理科に繋げる

低学年において理科という教科はないが、生活科の授業の中で自然科学に関する内容や観察実験に臨む態度、科学的な考え方の基礎となるような思考が扱われている。その中でも、エネルギーや粒子に関する内容は、低学年の子どもの生活からはつながりが薄く、教師が意図的に子どもたちに提示していく必要性を感じる。教室内に磁石や虫めがねを置いたり、光、音、水、落下運動等に関する実験を教師から提示したりして、子どもたちに興味・関心を抱かせ、「なぜ」の問いかけをすることで、現象の裏に潜む科学の真理に近づくことを促した。ものづくり活動等を通して、子どもの自由な創造力を掻き立て、

科学的な原理を体で感じ取ることができるような体験は、3年生以降の理科の学びに繋げる上で重要な体験であると考えます。

(4)「探究する空間」とは

昨年度までの研究の視点を踏まえ、社会情意的スキルとメタ認知スキルを育みながら、探究を続けていくような子どもを育成していくことを今年度の研究テーマとし、子どもを取り囲む環境、空間に着目した。子どもたちが理科の授業で探究活動をしている空間と言えば、教室であり実験観察室である。その空間には仲間や教師というヒトが存在し、さらに実験器具などのモノが存在し、そして自然の事物現象というコトが存在している。ヒト・モノ・コトが存在している空間である。この空間の中で子どもたちは思考を働かせて問題を見出し、実験方法を考え、仲間と対話しながら問題解決を図っている。このような一連の学びは、子どもを取り囲む「空間」で行われていると考える。

では、どのような空間を目指すべきなのか、ヒト・モノ・コトに視点を絞って考えてみる。

①「探究する空間」に存在するヒト

子どもたちが探究活動をし続けていくためには、協働的に観察実験を行う仲間が必要であることは当然である。また、思考を働かせる場面でも、他者の発言がきっかけとなって自分の考えが浮かんだり、また他者の説明に納得したり、自分が知らなかった知識を授けてもらったりすることがある。このような他者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、探究活動へと駆り立てられることがあると考える。子ども同士の活発な意見の応酬や実験グループ内での自由な対話が生まれるような空間を目指したい。

②「探究する空間」に存在するモノ

探究活動の中心的な場所となる実験観察室には、子どもを刺激する多くの実験器具が存在している。特に初めて実験観察室を使用する4年生は、この部屋に入って来ただけで興奮し、実験器具の棚の前で食い入るように眺めていることがある。「これ何だろ」「本物は初めて見た」「僕たちも使えるんですか」等の呟きが聞こえ、子どものわくわく感が伝わって来る。今までは図鑑や科学館等で遠くから眺めるだけの実験器具が自分の目の前にあり、いよいよ自分もそれを使って観察実験ができるという喜びと胸の高鳴りを感じ取ることができる。意欲の高まりと科学への好奇心の深まりから、探究心が芽生えてくると考えられる。我々教師が何も言わずとも、観察実験の道具がそこにあるだけで子どもの探究心を呼び起こしてくれるのである。

子どもたちの探究心を呼び起こすものには、他学年の活動の様子への提示がある。例えば6年生が夏休みの課題で作った「火山・地震新聞」の掲示である(写真1)。6年生同士が互いに作品を読み合い、理解を深めることが目的で、実験観察室に掲示したのであるが、他学年の児童がこの空間にやって来て熱心に読んでいる姿を目にすることがある。そしていざ自分がその単元の学習に入ると、「4年生のときにお兄さんの新聞を読んだことがあります」と覚えている子どもがいて、驚くことがある。

作品以外にも、他学年の児童に影響を及ぼすものがある。実験観察室に残された経過観察中の実験器具である。写真2は実験観察室の後ろの実験台に置かれた、食塩の結晶が析出してきたビーカーである。他学年の子どもは、直ぐに気づき「先生、これ何ですか。」と尋ねてくる。興味津々で覗き込んでいるのである。知識をもっている子は「これが食塩の結晶ですか」と言ったり、「キラキラしてきれい」と単純に見た目の美しさに感動していたりするのである。温度による物質の溶解度の変化などという難しい用語を説明するまでもなく、子どもたちは興味をもってモノと対峙しているのである。子どもたちの探究心を呼び起こすような



写真1 「火山・地震新聞」の掲示



写真2 析出してきた食塩の結晶

モノを実験観察室という空間に提示できるように教師は心掛けたい。

③「探究する空間」に存在するコト

子どもたちに探究心を呼び起こし、探究活動を続けていくためには、驚くような自然の事物現象が一番大切であると考え。「ウー、すごい!」「何で?」と子どもたちが思わず声をあげるような自然の事物現象を提示し、子どもが自分の既習知識と身に付けてきた技能で解決が図れるような課題を見出すことが探究活動へとつながるのである。科学とは、過去の偉人から受け継がれ、そして未来へと発展していくものであり、現在の時点で小学生の子どもが解決できる問題は極めて少ない。学習指導要領では、子どもの発達段階に合わせて観察実験の技能を積み重ね、科学的概念を知識として獲得していくように道筋が示されている。この学びの歩みの中で、少し子どもの思考をジャンプさせるような事象を提示することが大切ではないかと考える。

以上のようなヒト・モノ・コトが存在している空間では、子どもたちは自分を取り巻く環境から様々な刺激を受け、自然の事物現象に関する気づきが生まれ、疑問が生じ、それを解決していこうという意欲が高まってくる。これが探究心の芽生えに繋がると考える。

2 授業実践からみた子どもたちの学ぶ姿

(1) 4年「ものの温度と体積」

「探究する空間」に存在するヒト・モノ・コトがどのように子どもたちを刺激し、探究するように促しているのか、4年生の実践「ものの温度と体積」の子どもたちの姿から検討してみる。

【実践】

① 共通実験(コト)から自分だけの発見～空気の膨張と収縮～

本単元の導入で、教師が石鹼膜をつけた試験管を湯に入れたり、出したりすることで、石鹼膜が膨らんだり戻ったりする様子を見せる。子どもたちはまるで手品でも見るかのように夢中で食い入るように見つめてくる。「あ、わかった。空気が中から押ししているんだ」と予想を立てている子どもがいる。自分でもやってみたい、という気持ちを高めてから、



写真4 空気の膨張収縮実験②

一人一本の試験管を渡して実験を行った(写真3)。「冷たい氷水に試験管を入れて、その後にお湯に入れるとすごく膨らむよ。」「氷水



写真3 空気の膨張収縮実験①

に入れて膜が下がった後にまた膜をはっていくと、五重の膜ができたよ。」(写真4)等の声が聞かれ、同じ実験を始めても、個々に実験を発展させ様々な気づきが生まれていた。教師が提示した現象、コトから発展した探究活動であった。

② 実験器具(モノ)へのこだわりと失敗した実験～水の膨張と収縮～

空気は温めると膨張し、冷やすと収縮することは確かめられた。次は「水は温度によって体積は変化するのだろうか?」を課題とし、子どもたちに予想させると、以下のような結果となった。

- ・温めたり冷やしたりすると、空気よりも少しだけ体積が変化する。17人
- ・温めたり冷やしたりすると、空気と同じくらい体積は変化する。3人
- ・温めたり冷やしたりしても、水の体積は変わらない。8人
- ・わからない。5人

以前学習した「閉じ込めた空気と水の性質」の単元では、空気は押すと収縮するが、水は収縮しないことを確かめている。空気と水では性質が異なることを学習しているが、この事実を基に考えを構築していこうとする子どもはあまりいなかった。それよりも、直前の「空気は温めると膨張し、冷やすと収縮する」という概念が強く残り、水においても同様に膨張と収縮をすると考える子どもが多かった。

この予想の後、実験をするのだが、予想の段階でしっかりと科学的根拠を持って自分の考えを述

べている子どもが多かったことから、この段階で子どもたちに実験立案をさせてみることにした。実験班（研究所と呼ぶ）毎に相談して実験方法を考えさせ、ホワイトボードに描き、教師の許可を取り、実験を始めた。予習をしていて実験方法を知っている子、空気の実験を応用しようとする子、実験観察室にある難しそうな実験器具を使って実験したがる子等様々であった。9つの研究所の中からA、B、Cの3つの研究所の実験の様子（図1）を取り上げ、検討してみる。

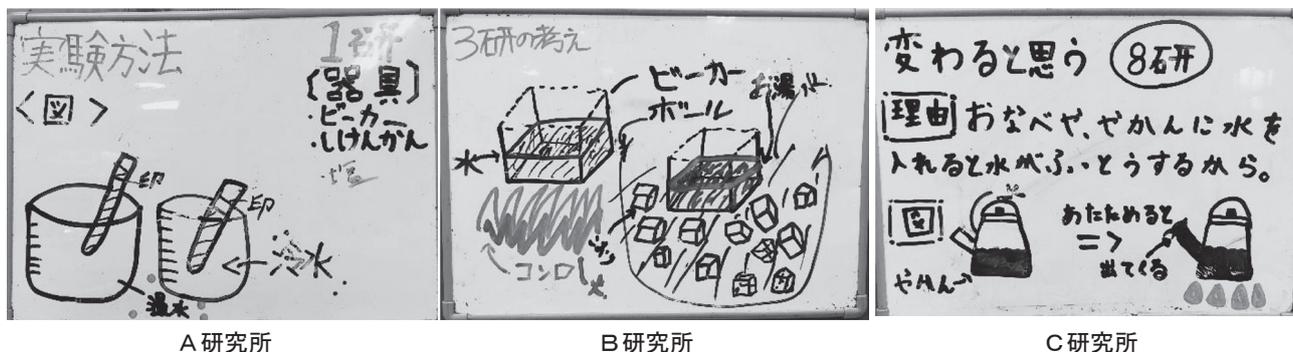


図1 子どもたちが計画した実験方法（ホワイトボード）

A研究所は、空気の時の実験方法を水に応用したのである。既習の知識を基にして、無駄な実験器具を使ったり、操作に時間をかけたりせず、シンプルに知りたいことだけに的を絞ることができ、結果がわかりやすく確認できた。実験が成功し、子どもたちには達成感があった。

B研究所は、実験用ガスコンロを使用することを計画した。以前マッチの使い方を学習した時に、アルコールランプとガスコンロの使い方も学んだ。それを使いたいと考えたようである。実験観察室にあるモノに刺激され、使ってみたいという好奇心から利用を考えたとある。さらに、試験管内に水を入れるのではなく、ビーカーに水を入れて温めようとした。ビーカーだと少しの体積変化を水面の高さで読み取ることは難しいが、直接ガスコンロの火にかけるならば、試験管を支える手段が思い浮かばず、安定した形のビーカーを選んだのであろう。そして、冷やすために氷水を入れる容器としてプラスチックボールを渡したが、間違えてこのプラスチックボールを直接ガスコンロの上に置き、火をつけてしまった。教師が気づき火を消したときは既にプラスチックが溶け始めていた。プラスチック容器は火にかけられないという当たり前のことがわかっていなかったのかと教師も驚いたが、これが4年生2学期の子どもの実態であると大いに反省した。難しい実験をしたがり自分たちで計画も立てるが、基礎的な実験の経験が乏しく、また生活体験にも個人差があり、やってみたいこととできることの隔りがあることを痛感させられた。実験立案をさせることは子どもの好奇心や意欲を高め、探究心へと繋がるが、子どもの実態に即した時期と内容を選ぶ必要がある。

C研究所は、水を温めるということから自分の生活体験のやかんに水を入れ火にかけることを連想し、やかんを使う実験を考えた。しかし、水の三態変化と混同しており、やかんの口から湯気が出てくることを想像しており、今回の実験の目的とは違っていることに、実験を始めてから気づいた。やかんに水を入れ火にかけたものの、それからどうしたら良いのか何を見たら良いのかわからなくなってしまった。やかん中の水面がわかるように内側にペンで印をつけておいたらどうか、と教師がアドバイスしたが、うまく結果に結びつかなかったようである。結果報告のときには「失敗しました」と言っていた。

これら3つの研究所の実験の様子から、主体的に取り組みさせるための実験立案であったが、子どもたちはモノにこだわり過ぎ、うまく結果を導けず、探究活動には至らなかったことがわかった。探究する空間に存在するモノは子どもたちへの意欲の喚起と言う点ではうまく働くが、興味が拡散しすぎてしまい、的を絞った実験をするときは逆効果になってしまうことがあることがわかった。

③ 友だちのアドバイス（ヒト）から学ぶ～金属の膨張と収縮～

前回の水の実験では思うような実験結果が得られず、自分たちだけで実験立案するにはまだ経験が足りないのではないかと教師が話したが、それでも3回目の金属の実験も自分たちで実験立案させてほしいという意見が多く出てきた。そこで、3回目の「金属の膨張と収縮」を確かめる実験を再度子どもたちに考えさせた。前回のような失敗にならないように、研究所毎に立案した実験方法を発表させ、互いに質問をしたり、改善すべきアドバイスをしたりして、他者の意見を取り入れて修正してから実験を行うようにした。他者の意見を真摯に受け止め、今度は失敗しないぞという強い意志が感じられた。探究する空間に存在するヒトから影響を受け、子どもの探究活動が社会情意的な意欲の面からも、科学的な知識技術の面からも高まった場面であった。

【ふり返り】

探究する空間に存在するヒト・モノ・コトに着目し、子どもたちにどのような影響を与えているのかを、実践を通して検討してきた。実験立案や実験結果の考察場面で、子どもたちは互いに意見を言い、反論したり同調したり気づいたりしていたので、ヒトは子どもの思考を新たな考えへと導いていることがわかった。モノについては、子どもを刺激し意欲を喚起することもあるが逆効果を及ぼすこともあることがわかった。コトは、特別な事象を提示しなくても、実験をしているうちに自然と子どもたちは新たな発見をし、自分だけの気づきが生まれ、そのことを他者に伝えたくなくなったり、さらに実験を発展させたくなくなったりしているようすが伺えた。ヒト・モノ・コトによる刺激によって、子どもたちは、新たな考えをもち、意欲が換気され、自分の発見がなされ、これらのことによって探究心が芽生えていくのではないかと考えられる。

（2）5年「ふりこの動き」

この単元を始める前、ある5年生児童が語っていたことを思い出した。それは、低学年の頃に当時の5年生が図書コーナーで大きなふりこを使って実験をしていたのを見て、自分もやってみたいなど思っていたということであった。このことから、子どもの中には高学年の学習の様子を見て憧れのような思いを持つ子がいるということを感じた。また、現在観察・実験に制約がかかっている状況であり「児童生徒同士が近距離で活動する実験や観察」は、文部科学省から示されている学校における新型コロナウイルス感染症に関する衛生管理マニュアル～「学校の新しい生活様式」～（2020.12.3 Ver.5）において、「感染症対策を講じてもおお感染のリスクが高い学習活動」として挙げられている。そのようなことをふまえ、大きなふりこを使った実験を中心にしてこの単元を進めることにした。

① 単元計画（全8時間）

第1次 「ふりこ」の動きからイメージするものやこと・・・1時間

第2次 1秒ふりこを作ってみよう・・・1時間

第3次 糸の長さを変えると1往復にかかる時間はどれくらい変わるだろうか・・・4時間

第4次 おもりの重さを変えると1往復にかかる時間はどうなるだろうか・・・1時間

第5次 振れ幅を変えると1往復にかかる時間はどうなるだろうか・・・1時間

② 1～3次の授業の実際

長さ50cm程度のふりこを用意して、ふりこが往復する様子を観察させた。そして、ふりこの動きからイメージするものやことを挙げさせた。すると多くの子が「振り子時計」「メトロノーム」「ブランコ」などをイメージしていた。ふりこの動きを何に利用しているか考えさせてみたところ、「時間に関係している」や「動きでスリルを楽しむ」などが挙がった。そこで、「時間に関係している」という発言を取り上げ、1人1つのふりこで1秒ふりこを作ってみることにした。

1秒ふりこを作るにあたり、50cmのタコ糸と10g、25gのおもりを用意した。そして、糸の長さやおもりを変えながら、大型のタイマーや時計の秒針に合わせてふりこを往復させる活動を行った。

子どもから気が付いたことを挙げさせてみると、糸の長さは25cm付近のようだが、個人間のばらつきが大きいことやおもりの重さは関係なさそうということなどが出た。ただし、ばらつきはあるが糸が

長い時の方が1往復に時間がかかるということには気が付いた。糸の長さのばらつきについて原因を考えさせたところ、支点の固定の仕方についての意見が出た。手で持っていて手が動いている場合もあるので、しっかりと支点を固定してやらなければいけないという意見だった。

そこで、大型のふりこを用意し、1つのふりこの周期をみんなで測定することで正確なデータを出そうと教師から提案した。ふりこの長さが長くなると周期が長くなることには気が付いていたので、どれくらい変わるのか？ということ学習問題にして実験に取り組んだ。

大型のふりこは、天井から伸縮の少ない糸をぶら下げて設置した。この動きを見て子どもたちはストップウォッチで10往復にかかる時間を計測した。1つの条件に付き実験は4回行った。班（研究所）の人数は3～4人なので1人1回以上計測に関わることになる。そして、自分が計測したデータから1往復にかかる時間を計算し、それをデータ数で割って平均を求めた。

おもりを25g、ふれはば 30° 、50cm刻みで測定してみると、50cmで1.4秒、100cmで2.0秒、150cmで2.5秒、200cmで2.9秒であった。4学級すべてがこの値になったことを伝えると、子どもの中には驚いている様子が見られた。学習感想に「すべてのクラスが同じ数になってびっくりした」や「ばらばらで学習しているのに4クラスが同じ値になったのがすごい」などの記述があった。そして、グラフにしてみると規則性がありそうだけれど何だかよくわからない状態で、もっと細かく長さを変えてみたらどうだろう？とか、200cm以上の場合はどうか？という疑問が生まれた。

③ 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。低学年の時に見た高学年の実験の様子に憧れの思いを持ったという子は、前述した「空間」に存在するモノが強い影響を与えた例に当たる。そしてそれを自分が実際に学習材として使っているということは、「空間」に存在するモノが学習意欲を高めるきっかけになったと考えてよいだろう。

また、みんなで1つのふりこを見て計測して導き出した1つのデータは、「空間」に存在するヒトが協働して導き出したデータである。みんなで導き出したという感覚は、探究する意欲を高めることがあると考える。そして、他のクラスのデータと一致したという「空間」に存在するコトは、さらに探究する意欲を掻き立てるきっかけになったのであろうと考える。

3 今後に向けて

新しいテーマで研究に取り組み、改めて子どもを取り巻く環境に着目し、気づくことがあった。他学年からの影響を受けている子どもが多く、それにより子どもたちの自然科学に対する興味・関心が高まり、新しい観察実験に取り組みたいという探究意欲の芽生えや向上が見受けられた。てつがく創造活動を行い、他教科においても対話を重んじ、子ども主体のアクティブ・ラーニングの形態をとる学習が多いため、子どもたちは話し合っアイディアを出し合い、自分たちで実験を計画したがる傾向にある。子どもの探究意欲を高めるためには、適切に自然現象等の提示（コトの提示）を行い、子どもから出た疑問を取り上げ（ヒトとのかかわり）、実験方法などを立案させて（モノの整備）、発展的な内容に取り組んでいくことも重要であると考えられるが、学習内容すべてを子どもに任せることは難しい。子どもの探究心を尊重しつつも教師が単元内のどの段階で子どもに実験立案を委ねるかを判断することが課題である（モノの吟味）。そのためには、子どもの探究心の向上と科学の基礎知識や技術の習得のバランスを図りながら、単元構成を吟味することが必要となるだろう。（草野・増田）



写真5 大型のふりこで実験をする