

ソニー子ども科学教育プログラム 2016

「科学が好きな子どもを育てる」

～「なぜ」を大切に、感性・創造性・主体性の育成～

将来にわたって探究し学びあう生徒を育む

～つながり学びあう学習のプロセスを通して～



森林組合での職場体験



グループで考察する理科の授業



理科の模擬授業



地域の方に学ぶ総合的な学習の時間

福井県福井市美山中学校長

柴田 顕光

福井県福井市美山中学校 PTA 会長

宮下 泰浩

目次

I はじめに (1)

II 私たちが考える「科学が好きな子ども」とは (1)

III 実践を行う中で見られた生徒の実際 (2)

- (1) 中学校1年生 理科 ～粒子概念を軸とした水和と状態変化の授業～ 2015年10月 (2)
 - ① 「物質が水に溶ける」とはどういうこと? (3)
 - ② それぞれをろ過してみよう (3)
 - ③ 溶けるものと溶けないものをモデルで考えよう (4)
 - ④ 水の温度によって溶質の溶ける量は変わるか (4)
 - ⑤ 水温により溶解度が変化する理由をモデルで考える (5)
 - ⑥ 状態変化をするとはどういうことか考える (6)
 - ⑦ 水の状態変化について考える (9)
 - ⑧ エタノールの沸点について考える (9)
 - ⑨ 様々な物質の沸点を知ろう (10)
 - ⑩ 混合物の沸点について考えモデルで表そう (10)
 - ⑪ 生徒の意欲を高める、学習過程の評価 (10)
- (2) 特別支援学級の理科と数学 ～質量・体積の概念形成と通常学級との交流～ 2015年6月 (11)
 - ① 掲示物でつながる学習 (11)
 - ② 質量概念と体積概念の形成を目指す (11)
 - ③ 展示物で通常学級の生徒とつながる (12)
 - ④ つながることで自己肯定感を育む授業 (13)
- (3) 中学校1年生の理科 ～プロジェクターの仕組みを再現し、仕組みを説明せよ～ 2015年1月 (13)
 - ① プロジェクターを分解して仕組みを調べ、必要な部品を探る (13)
 - ② プロジェクターを再現しよう (14)
 - ③ なぜフィルムを逆さまにすると正しく映るのか (14)
 - ④ 凸レンズの後ろに影ができるのはなぜか (15)
 - ⑤ 光が四方八方に出る場合はどのような像をつくるのだろう (16)
 - ⑥ 生徒の発見と疑問をつなげる授業 (16)
- (4) 中学校1年～2年生の総合的な学習の時間
～新幹線福井駅開業後の福井の戦略を考える～ 2015年4月～2016年7月 (17)
 - ① 「美山の宝」とは何か ～地域の宝を探る～ (17)
 - ② 美山の宝の人々と共に働く職場体験学習 (18)
 - ③ 新入生体験入学を運営し、共に学ぶ仲間をつくる (19)
 - ④ 私たちが美山の宝になれば美山は安泰か (20)
 - ⑤ 金沢市の戦略をさぐる宿泊学習 (21)
 - ⑥ 北陸新幹線福井駅開業後の福井の戦略を5つのカテゴリーに分けて調査せよ (22)

IV 実践の成果と今後の課題 (21)

- (1) 実践の成果と課題の考察 (21)
 - ① 生徒の「なぜ」を説明していく授業と学習の評価 (22)
 - ② 学びがつながり、広がっていく授業 (22)
 - ③ 科学が好きな子ども (22)
- (2) 課題の考察 (22)
- (3) 今後の教育計画 (23)

V おわりに(23)

I はじめに

花を観察するだけでも生徒の「なぜ」はたくさん生まれる。アブラナの花の「がく」はなぜあるのだろうか。花弁はなぜ黄色なのだろう。アブラナの花には花弁があるのに、マツの花に花弁がないのはなぜだろう。マツ花粉症はあるのに、アブラナ花粉症がないのはなぜだろう。このような生徒の素朴な「なぜ」は花の観察だけではなく、授業や日常生活で生じる自然事象との出会いによってたくさん生まれている。この「なぜ」を表現することを評価し、クラスメイトと共有してつなげ合わせていけば、生徒は意欲的に学び続けていくことができるようになる。

本校では、その「なぜ」を解明していく中で知識を作り上げていく授業を構成している。ある生徒はアブラナのつぼみに着目した。アブラナのつぼみには切れ込みがあり、それが4つに分かれていること、今にも咲きそうな花を見ると、つぼみの切れ込みがわれてそこから花弁が出てきていることを発見した。これらの事実から「がくはつぼみの時に外側にあったものだ」と結論付けた。またある生徒は、マツとアブラナの花のつくりを比較したり、花粉を顕微鏡で観察したりしながら「アブラナの花は虫に花粉を運んでもらうために目立つ色をしているのではないか。受粉するとおしべ、がく、花弁は不要なので落ちてしまうのではないか。それに比べてマツは花粉に花粉袋があり、たくさんの花粉を風で飛ばしている。マツはたくさん花粉を出すから、ヒトはマツ花粉症になるのではないか」などと結論付けていった。

教科書では構造を観察し、仕組みを理解するだけである植物の分野も、生徒の「なぜ」に寄り添い、つなげていくことで生徒は知識を作り上げていくことができた。そしてこのように「なぜ」を解明していく喜びが生徒の探究心をかきたて、次の「なぜ」へとつながっていった。このような科学の楽しさは、技術者や科学者、そして教師であっても同じであろう。

II 私たちが考える「科学が好きな子ども」とは

現代における日本の理科教育の課程について石井ら（『Physics by Inquiry の理念と日本の物理教育への示唆』,物理教育,(2015),263-268, 石井恭子,山田吉英）は、学習指導要領で内容が詳しく決まっており、これをもとに教科書が作られていること、そして、教師はこの教科書を見ながら、教科書に掲載された実験を行い、そこに書かれた定義や公式を使って問題演習で答えを出すことが求められていることが理科を苦手にさせていると述べている。教える内容を重視し、生徒の「なぜ」を探究させることなく知識だけを与えていく授業では、科学が好きな子どもを育むことは難しいと考える。

そこで、本校では以下の3つのポイントを大切にしながら授業を行ってきた。

① 生徒の「なぜ」を解明していく授業

生徒が実験や観察の中から発見する「なぜ」を解明していく授業を行う。解明する中で見つけた新たな疑問や、新たな観察の事実と比較することで生まれる疑問を解決していく中で、知識を生み出す生徒を育む。

② 学びがつながり、ひろがっていく授業

一つ一つの授業を細切れに行うのではなく、一つの単元の中で学びをつなげていく。また、学んだことを発信したり共有したりすることで自分たちの学びを価値づけたり、新たな視点から疑問を生み出したりする。

③ 学習のプロセスの評価

テストの点数だけの評価ではなく、学習する中でどのような対話をし、何を考え、どのような過程で結論を導き出したのかを評価する。机間指導やノート指導、掲示物作成を通して、学習プロセスの大切さを生徒自身に感じさせる。これによって「覚える」のではなく、「考える」ことが学びにおいて重要であることを生徒に伝えていく。また、学習プロセスを自分たちでも振り返り、自分たちの成長を自己評価させることで自己肯定感を育み、意欲をかきたてる。

以上の実践を行うことで、「なぜ」を探究していくことが面白いと感じる生徒を育み、生涯にわたって学び続けていこうとする生徒を育ていきたい。このように、私たちは「**なぜ**」を**楽しみながら探究し、学び続ける生徒**を「科学が好きな子ども」と捉えている。よってこのような生徒の様子を報告するために、実践は生徒の学びのつながりの視点から書き、生徒の学びのストーリーをナラティブに報告するものとする。生徒の学びの流れを大切にする授業は理科だけではなく、ほかの授業でも行われている。本論文では、総合的な学習の時間や特別支援学級における理科と数学（内容としては算数）の授業についても報告する。

III 実践を行う中で見られた生徒の実際

次に挙げる実践は、それぞれ（１）中学校１年生の理科（水和と状態変化）、（２）特別支援学級の理科と数学、（３）中学校１年生の理科（凸レンズのはたらき）、（４）中学校１年～２年生の総合的な学習の時間の実践事例である。

（１）中学校１年生 理科 ～粒子概念を軸とした水和と状態変化の授業～

「水溶液の性質」と、「物質の姿と状態変化」の単元は、小学校理科と中学校の化学分野を接続する大切な単元である。中学校２年生では化学反応をモデルで表し、中学校３年生では原子内部の構造とイオンについて学習をしていく。中学校２年生からの学習では、宇宙に存在するすべての物質を光学顕微鏡でさえ捉えることができない非常に小さな粒子の集まりだと考え、物質の変化のすべてがこの小さな粒子のふるまいや結び付きの変化によるものであるという「微視的」な考え方が中心となる。それに対して小学校では「溶けると見えなくなる」「湯気は白いが水蒸気は見えない」などのように「巨視的」な物質の振る舞いを学習している。中学１年生でこの「巨視的」な考えから「微視的」な考え方へと移行する必要があるのだが、移行ができていない多くの生徒が中学２年生の最初の単元である化学変化の単元で躓いてしまう。よって、この水溶液の性質と物質の姿と状態変化の単元で粒子概念を構築し、小学校から中学校への橋渡しをする必要があるのである。

しかし、教科書では、粒子概念が単元の所々でしか入っておらず、物質の変化を巨視的な見方か

ら微視的な見方に変えていくという軸がなくなっている。特に水溶液の学習の際には水自体が粒子であると考えさせていないこと、砂糖の粒や水の粒の大きさ（数百ピコメートル）とデンプンの粒子の大きさ（数十～数百マイクロメートル）のオーダーを説明していないことなどが概念形成を未完成なものとしている。そこで、生徒には単元の初めに「様々な現象をじっくりと見つめ、モデルで考えるということがこれからずっとやっていくことだ」と伝え、粒子のモデルと言葉で現象を説明していくという一つの軸を与えた。

① 「物質が水に溶ける」とはどういうこと？

まず、物質が水に溶けて行く様子をじっくりと見せることにした。メスシリンダーの上に濾紙をのせ、そこに食塩を入れると水に溶けた食塩がもやもやとしながら沈んでいく様子を見せた。溶けるものは最初から透明なのではなく、溶ける様子をじっくりと観察することが重要であるということ伝えた。

これまでの学習で、砂糖、グラニュー糖、デンプン（片栗粉）、食塩のうち、デンプンは水に溶けず他のものは水に溶けるという学習をしている。しかし、「水溶き片栗粉」のように、デンプンは「溶けた」と言えるのではないだろうか。そもそも溶けるということはどういうことなのだろうか、じっくり比較していこうということを生徒に伝え、「溶ける」とはどういうことなのかを考えていくこととなった。

まずは、水に溶ける黒砂糖と溶けないデンプンを水の中に入れてじっくり様子を見ることにした。黒砂糖はじっくり見ていると食塩のようにもやもやとしたシュリーレン現象が現れた。一方でデンプンは下にたまり、混ぜてもしばらくすると下にたまった。生徒はじっくりと観察しながら自分たちの言葉で説明していった。「黒砂糖は放っておいても勝手に溶ける。デンプンはかき混ぜてもしばらくすると下にたまってしまう」「黒砂糖は色がついた透明になる。デンプンは不透明である」など、様々な表現が出された。

次に、溶かす前後の質量を確認した。生徒からは「重さが変わっていないから、溶ける、溶けないに重さの関係ない」「溶けたものはなくなったわけではない」「溶けたものは消えていない」「透明になって中に残っている」などと、自分たちの言葉で考察した。教師は机間指導を行い、気付きや考察に対して小さなシールを貼った。交流の際には様々な表現が出され、生徒は赤ペンで自分以外の表現を書きとめた。その後、この二つの結果から、どのようなことが考えられるかを自分の言葉でまとめ、ワークシートを提出した。

② それぞれをろ過してみよう。

ろ過の方法を教え、二つの溶液をろ過する実験を行った。黒砂糖の方は濾紙の上が少し茶色になり、ろ液も茶色になった。水溶液を蒸発させると茶色の砂糖がスライドガラスの上に残った。それに対してデンプンは濾紙の上に白いものが残り、ろ液は無色透明であった。ろ液を蒸発させても何も残らなかった。

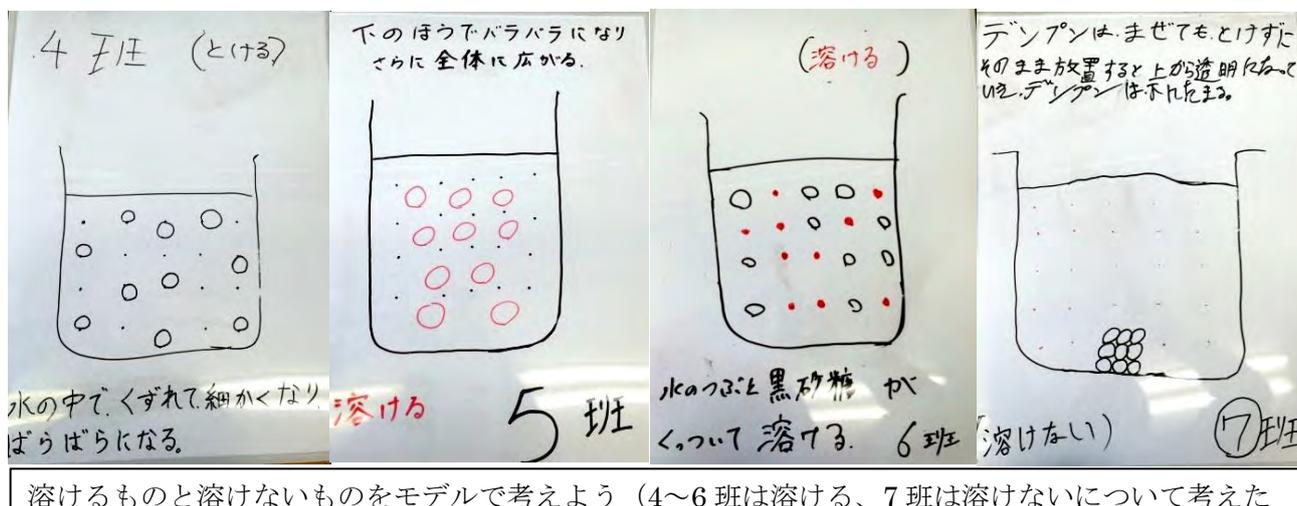
生徒は以上の結果から、「水に溶けるものは濾紙でこせない」「濾紙の上のっているのは濾紙を通らなかったデンプンではないか」「砂糖はとっても細かい粒になったのではないか」という考えが出された。そこで、ヨウ素液を濾紙に残った液体にかけるように指示した。すると見事に青紫色に

変わった。そしてヨウ素液はろ液へと流れて行ったが、色が染まっただけで青紫色にはならなかった。ヨウ素液で染まっていたのは水ではなくデンプンの粒そのものであったことに生徒は気付いた。

③ 溶けるものと溶けないものをモデルで考えよう

教科書では水に溶けるものだけを微視的なモデルで表している。しかし、水が粒であることを表していない。(H28年度の教科書は水も粒子であることがコラム欄に書かれている。)そこで、水の粒子もモデルで表すことにした。

グループで話し合いながらモデルをワークシートに書いていった。しばらくした後ホワイトボードを配付し、グループで一つの意見にまとめるように指示した。溶けるモデルについて、「水の中で崩れて細くなりばらばらになる」という説明や、「下の方でばらばらになって全体に広がっていく」という考え、さらには水和の概念に近い「水の粒と黒砂糖がくっついて溶ける」という考え方も出てきた。溶けない方については、「混ぜても溶けずに放置すると上から透明になっていき下にたまる」という考え方が出てきた。



全体での意見共有の後、わかったことを言葉で書かせた。「水の粒とくっつき、目に見えないくらい小さな粒になる。放っておいても下にたまらない」というまとめを書いている生徒が多かった。ここで「目に見えない粒」というのが、非常に小さいことを数値で 0.0000003mm と表すと同時に、「デンプンの粒をグラウンドの 200m トラックとすると、砂糖や水の粒はグラウンドの砂粒と同程度である」と説明した。生徒からは驚きの声が上がった。

④ 水の温度によって溶質の溶ける量は変わるか

溶質、溶媒、溶液等の基本的用語と質量パーセント濃度の計算を終えた後、「水の温度によって物質が溶ける量は変わるか」という課題を出した。今回使用したのは肥料や火薬の原料である硝酸カリウムである。

生徒は薬包紙から試験管の中に入れた水の中に硝酸カリウムを入れ、試験管を振ったが硝酸カリウムが溶けないことを確認した。これを温めていくと変化が起こることを説明し、湯煎で温めた。

温度が高くなっていくに従って溶けていき60℃付近になるとすべて溶けた。生徒は考えの共有の結果から「温度が高くなるほど溶けやすい」という結論に至った。その後、試験管を水で冷やすと、再び溶けなくなって再結晶が起こった。この時点で、4名の生徒がこの現象が起こった理由を粒子で説明しようとしていたことがワークシートからわかった。

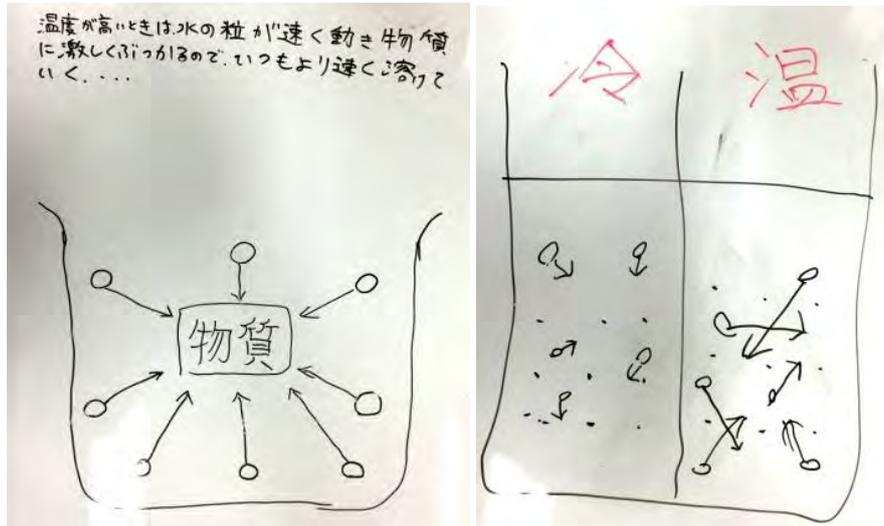
⑤ 水温により溶解度が変化する理由をモデルで考える

溶解度の変化については実際には粒子のモデルで考えることは少ない。実際に飽和水溶液の状態では溶解平衡の状態にあること、一般的には固体は温度が上昇するほど溶けやすいが例外もあること、物理化学的にみると溶解自体は結晶の分子間の結合を切り離す吸熱反応でありエントロピー増大の方向に進む反応であるが、実際の溶解に関する熱収支が水和熱の関係で吸熱ではなく発熱のときもあり、このような物質は温度が高いと溶解度が下がることなど、中学校レベルではうまく説明できないことがあるからではないかと考える。

しかし、溶解を結晶の分子間力を切断する反応であると考えさせれば、熱運動が活発なほど結晶の結び付きを切断しやすくと考えることができるのではないかと考えた。中学校においても熱運動は状態変化の際に学習するため、熱運動の理解も高まる。また、溶解度の単元で扱う物質は温度が高いほど溶解度が高くなる物質のみである。(実際には前単元において、アンモニア水の加熱によるアンモニアの発生で、気体の溶解度は温度が高いほど減っていくことを実験しているが、溶解度曲線を学習する際には固体のみを扱っている。)全ての物質について説明できるわけではないが、粒子で考えるという軸を継続することができるのではないかと考え、溶解においても微視的な見方を貫くことにした。

状態変化は次の単元で学習するため、水の粒子の熱運動についてはまだ知らない。そこで、水の粒が動いているということ(ブラウン運動)を実験で見せることにした。牛乳のプレパラートを顕微鏡で観察し、牛乳に含まれている油(脂肪球)がテレビの砂嵐のようにふるえていることを確かめた。これは、牛乳の油に水の粒が四方八方からぶつかっているためだと説明し、温度が上昇するほど水の粒の動きが激しくなることを説明した。このとき、教師が「実は、熱い、冷たいというのは、水の中に手を入れた時に水の粒が当たる痛さであって、水が熱いとたくさんのスピードの速い水の粒が手に当たって痛みを感じる。これが熱さなんだ」ということを紹介すると、「なるほど」という声上がり、生徒は黒板に書いていないにもかかわらずメモをとっていた。これまで熱い、冷たいというのは生徒にとって感覚でしかなかったが、水の粒で考えるとその感覚に科学的な裏付けができ、それが生徒にとってはうれしかったのではないかとと思われる。

その後、モデルと文章で表すという課題を出した。同じようにグループにホワイトボードを配付し、図と文章で表すようにした。生徒は、「水の粒が速く動き、物質に当たるから」「温度が高い時は、水の粒が速く動き物質に激しくぶつかるのでいつもより早く溶けていく」「水の温度が上がると水の粒が速く動き、物質とぶつかることで溶けやすくなる」などという考えを発表した。中には、冷たい時と温かい時の両方のモデルを書き、説明する班も見られた。



温度が高いとよく溶け、低いとあまり溶けないのはなぜか。モデルで表す。

⑥ 状態変化をするとはどういうことか考える

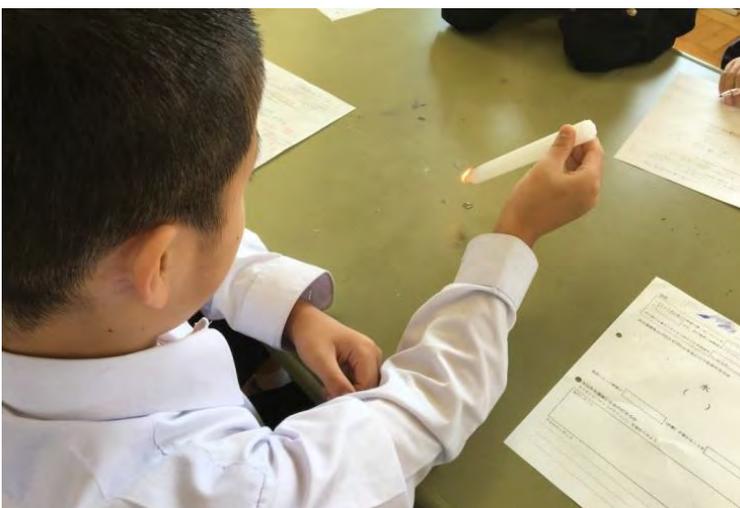
状態変化の授業では、まず身近な物質である水について思い出し、状態変化が可逆変化であることを確認したり、固体、液体、気体のイメージを持たせたりした。

教科書ではこのあとすぐにろうそくの実験に移るが、生徒の生活体験が少ないことを考慮してろうそくに火をつけてじっくりと観察する授業とした。生徒は火のついたろうそくをじっくり見つめながら気づいたことを書いていった。「ろうは白色だが、融けると透明になる」「熱いところが融ける」という声が上がった。すると途中でろうそくを下に向け、ろうを垂らしているグループが現れた。普段、ろうそくを立てるためにろうを垂らしてすぐに置いてたてるという経験をしているからであった。「うわ、すぐに固まった」という発見の声から他のグループもろうを垂らし始めた。ろうを垂らしていると、芯の部分にかかったときに火が消えかかるとに気づいた生徒がおり、「垂れたろうは机の上に落ちると液体から固体になってすぐ固まる。ろうがかかると火が消えそうになる」と答えた。「固体や液体は燃えないんだね。何が燃えているのかな？」と問うと、「気体じゃないんですか？」という声が返ってきた。ろうそく以外も、火がつく物は気体が発生しており、それが燃

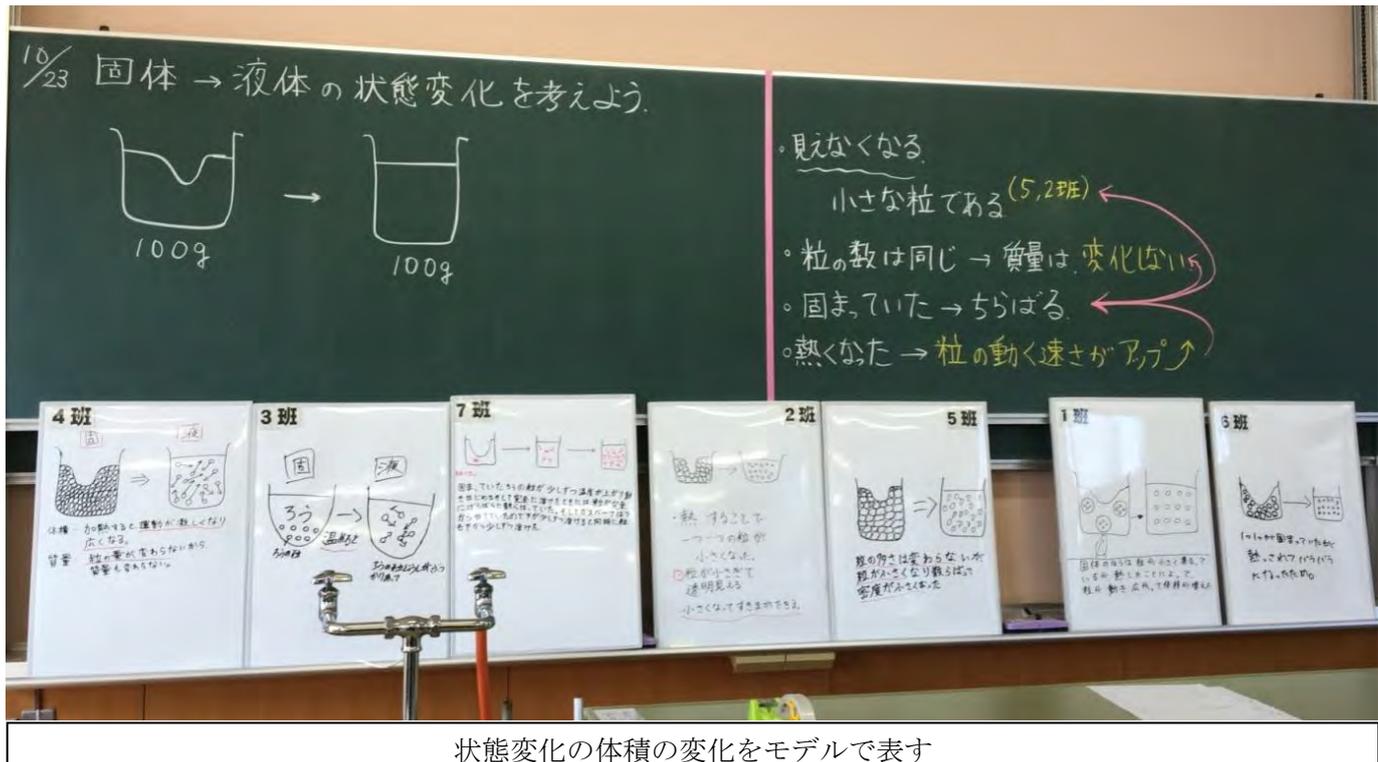
えているのではないかという考えに至ったようであった。

その後、ろうのみを融かす実験を行った。この時、「熱しすぎるとろうが沸騰して気体になり、それに引火して燃えるので、あと少しになったら火を消してすべて融けるのを待つようにと指示した。

生徒は観察を始めると、質量が変わらないのに、体積が増えたことに気づいた。ここで粒のモデルを使用し、考察することとなった。大きく分けて四つのモデルが出された。



ろうを机に垂らす生徒



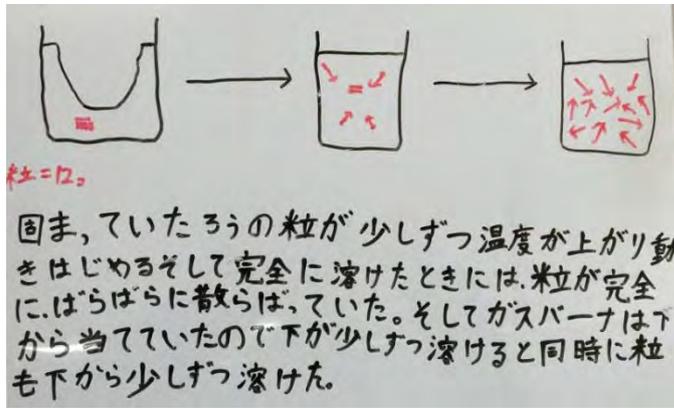
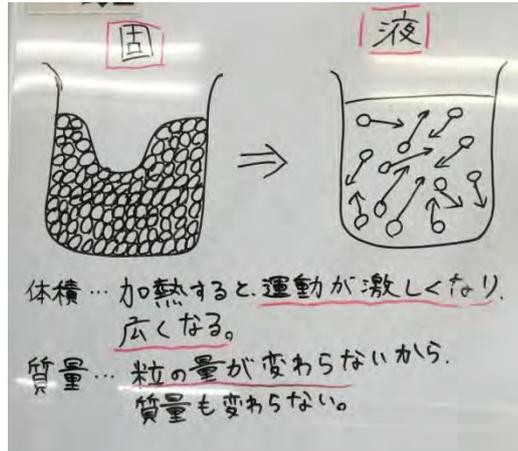
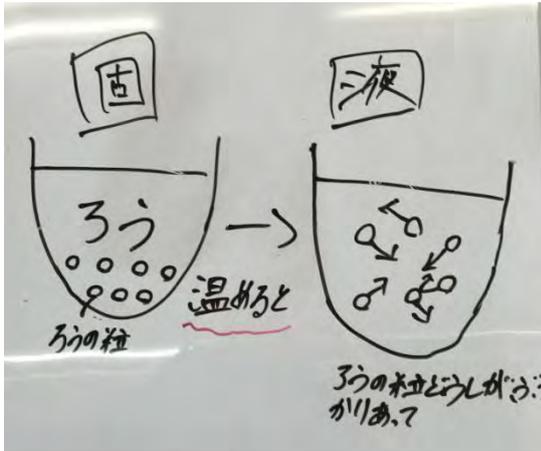
状態変化の体積の変化をモデルで表す

一つ目は、最初は白色をしていて、その後見えなくなっていくことから、硝酸カリウムが溶けたときと同じように、粒自体が小さな粒になったのではないかという意見であった。二つ目は、質量は状態変化の前後で変化しないことから、粒の数は同じではないかという意見であった。三つ目は、密度が下がったことから（スカスカになった）と考え、固まっていた粒がバラバラになったという考えであった。四つ目は、熱くなったということから粒子の運動の速さが速くなったのではないかとこのところに着目し、広がって体積が大きくなったのではないかという考えであった。

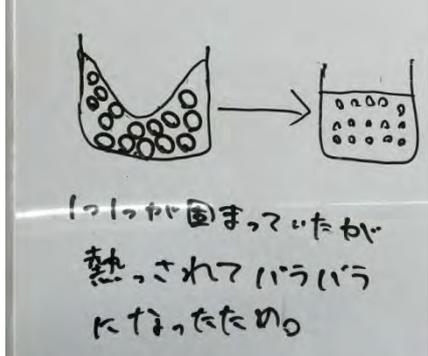
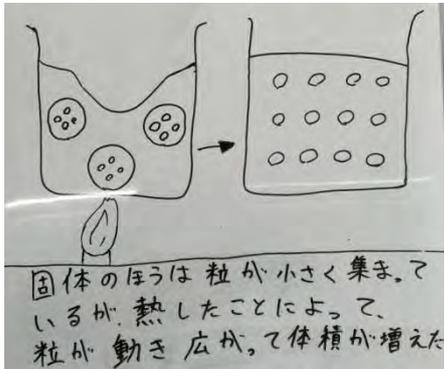
粒が小さくなるということについては、「粒が小さくなると重さも変わってしまうのではないか」「粒の数や大きさは変わらないという前提ではなかったか」ということから、それらを除いた考えをまとめることで結論を導くことにした。

教科書のモデルを使用し、固体から液体になるとき、固体の状態では粒がふるえている（振動している）状態で結びついているので硬く動かない。熱を与えて動きが速くなると結びついているが粒同士が動き始めていたとした。

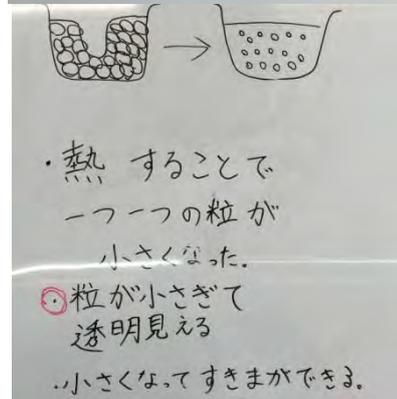
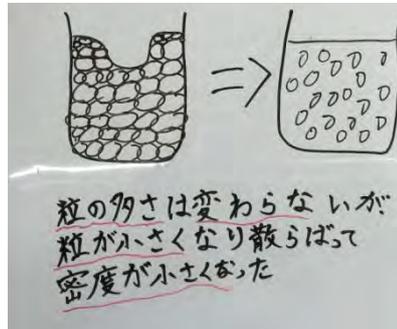
その後、理科室から多目的ホールに出て、粒を一人一人として体を張ってモデルになった。生徒は手をつなぎながら少しずつ粒一つ一つの運動（熱）を大きくしていった。気付いたことを書かせると、運動が大きくなるに従って広い場所が必要になること、体重（質量）は変化しないことなどが書かれた。そして、その後、これ以上運動が速くなった場合は気体となるがその場合にはどのようなモデルで表されるのかについてグループで考えた。生徒は、これ以上早くなると手を離してしまい、粒同士が離れていってしまうのではないかと考えていた。



主に粒の運動について考えた班



粒が固まっており、広がっていくと考えた班



粒の数は変わらないが、大きさが変わって密度、色が変わったと答えた班

⑦ 水の状態変化について考える

生徒たちは小学校で水の沸点について学習を行っているが、忘れていた生徒、事情により学習していない生徒がいる。そこで、もう一度水の沸点について実験で学習し、沸点や融点という考え方、沸騰と蒸発の違いなどもモデルを使って表した。沸騰しているときの様子を観察させたところ、小学校の頃は「泡が出た」ということだけであったが、今回は「粒の運動が激しくなっているからこんなにぐつぐつとするのか」「中に入っている温度計に粒が当たっているから温度計が動くのではないか。粒の運動って結構激しいな」などと現象を微視的に捉えようとする姿が見られた。

この時、グラフもしっかりと描かせた。グラフの描き方についてはICT機器を活用し、机間指導を丁寧に行うことで全員がグラフをかけるように指導した。数値ではわかりにくいですが、どれだけ熱しても温度が上昇せず、温度が一定になる温度を沸点ということグラフからも確認した。しかし小学校では100℃と学習しているのになぜか96℃までしか上昇しないということに気づき、なぜこのようなことが生じるのかについても議論した。

⑧ エタノールの沸点について考える

この時間は美山地区の教育研究会と指導主事訪問、コアサイエンスティーチャー福井の公開授業などで40名を超える参観者がいた。参観者には小学校教員、中学校教員、大学教員、教職大学院教員、県教育研究所、指導主事等様々な方々に授業を見ていただいた。授業ではまずエタノールの沸点を調べることにについて提案した。本来であればエタノールの沸点が水より低い約78℃であるということを理解できればよいのだが、今回はエタノールの沸騰の様子を見て、なぜ水よりも沸点が低いのかについて粒子で説明するという課題を出した。

実験、グラフ、考察と順に行い、エタノールの沸点を見つけ出したのは30分が経過した時であった。その後、生徒に「沸点の違いは水の粒とエタノールの粒の何の違いによるものか」という課題を出し、水の粒とエタノールの粒の違いについて考えさせた。

非常に難しい課題であったが、生徒はとてもよく考えており、水が80℃のときと、エタノールが80℃のときの両方を図に描き、比較することで説明しようとしている班や、エタノールの粒の数が同じ体積でも少ない（エタノールは密度が小さいという意味）ことを説明し、粒の動きやすさについて説明している班もあった。

大学でも同じように現象から粒子の動きについての仮説を立て、その仮説に従って実験を行ったり、コンピュータに計算させたりしていることを紹介し、まとめとした。

授業後、大学の先生に生徒の出した意見が正しいかどうかについて聞いたところ、合っているということであったので、翌日生徒に報告をした。生徒は非常にうれしそうにしていた。



エタノールの沸点を実験で計測し、水の粒子との違いをモデル化して説明する

⑨ 様々な物質の沸点を知ろう。

液体窒素を使用した実験を行い、常温で気体の物質も冷やせば液体になることを学習した。窒素の粒は -196°C でも激しく運動しているということに生徒は驚きを感じていた。

⑩ 混合物の沸点について考え、モデルで表そう。

赤ワインの蒸留を行う前に、モデルから沸点を考えさせた。生徒は「エタノールの粒が水の粒に当たり、水よりも早く沸騰するけれど、水に当たることでエタノールは沸騰しにくくなるから 90°C 付近ではないか」など、前回までの学習を生かして予想をしていた。その後実験で、エタノールの沸点付近で出てくる蒸気にはエタノールが多く、水の沸点近くで出てくる蒸気には水が多いことを確認した。共沸現象についてはまだわかっていないことが多いことや、このように大学では考えて実験していくことを伝え、授業は終わりとなった。

なお、この年の12月に学会誌にて水が蒸発する際の運動エネルギーについての報告があった。これについて生徒に伝えたと、「なるほど」と理解している生徒もおり、最先端の科学について興味を持つ生徒が出てきたことをうれしく感じた。

⑪ 生徒の意欲を高める、学習過程の評価

授業の終わりに「わかったこと」や「気付いたこと」を書くようにしているが、授業時間配分がうまくいかずに、十分な時間がとれないことがある。そのような時に「とにかく一言でもいいから書いて、次の時間に間に合うように行きなさい」と指導するのだが、終了時間になってもほとんどの生徒が着席して書き続けている。さらに、休み時間が半分終わっても自分が納得いくまで書き続けていることがある。

生徒からは「佐々木賞がほしい」という声や、「何を書いたら佐々木賞がもらえるのか」という声が聞かれる。佐々木賞とは、授業中の発言が優れていた生徒、思考が停滞した際に次への一步を踏み出すアイデアを出すことができた人、授業後に「わかったこと」で革新的なアイデアを書いている人などに与えられるゴールドのシールである。単なるシールであるが、欲しいという生徒が多くいる。それは、単純に「シールがほしい」というわけではなく、先生に学習過程や自分の理解をほめてほしいという気持ち、評価されてうれしいという気持ちが反映されているのだと考える。学習プロセスの評価は、生徒の「考える」という気持ちに火をつけ、生徒の学習の意欲を高める一つの要因になっているのではないかと考える。

現在使っている教科書では単純に知識として記憶すること、もしくは記憶したものを活用することが重視されているように感じる。実際にはその裏にある法則や見方を導き出す過程が重要であるにもかかわらず、単純な知識として覚えさせられ、その後概念形成がされていないにもかかわらず応用を求められるのである。これでは理科の授業は面白くない。私は、中学校の理科について「実験は楽しいけど理科は嫌い」という生徒の気持ちはここから生じているのではないかと思う。

現在、協働的・主体的な授業実践を取り入れている。自分たちで操作し、体験して、じっくりと観察し言葉にしていくという活動により、続いていく学習プロセスの中で自分たちで知を作り上げていくという体験をさせているのである。一人一人が物事を科学的に考え、知を作り上げていく「科学者」になることが生徒の知的好奇心を高めるために重要な役割を担っていると考える。

(2) 特別支援学級の理科と数学 ～質量・体積の概念形成と通常学級との交流～

本校の特別支援学級では、生徒に合わせて教科を超えた学習を行っている。生活を行っていく中で学ぶ必要性が生じたことを授業の中に取り入れ、生徒の生活力の向上を図っている。また、授業で作成したものを掲示したり発表したりすることで通常学級の生徒に特別支援学級の活動を知ってもらうこと、そしてつながることを目指している。

① 掲示物でつながる学習

本校の生徒Aは、生活の中で丁寧に作業をすることが苦手であった。そこで、作業学習と理科の学習の一環として、実物元素の周期表を作ることにした。背景となる紙をはさみで切り、一つ一つチャック付きのビニール袋に入れたり、右上に原子のシールを貼ったり、実物を入れて両面テープで止め、ボードに貼ったりと細かな作業を行った。そして、木材を加工してこれを掲示するための足をつくった。理科室に掲示したところ、多くの生徒から「C組（特別支援学級）でつくったの?」「すごい!」という声が上がった。本人にも「A君が作ったの?すごいね」ということを伝えた生徒がおり、Aはとても満足した様子であった。この体験を通して、作業学習で作ったものを特別支援学級内に掲示するだけではなく、全校生徒が使う場所に掲示して、学習や生活に役立つものを作りたいという気持ちが芽生えた。

そこで、学校内の植物マップを作ったり、押し花をラミネートして植物の分類を表したりと主に理科で使用する掲示物を作るようになった。



実物原子の周期表

② 質量概念と体積概念の形成を目指す

質量概念と体積概念は小学校の算数の授業で形成を目指して学習が行われる。しかし、福岡ら（福岡敏行，大貫麻美，金子祐子：『「単位」概念の構築に関する基礎的研究～計量単位に関するコンセプトマップを使った分析～』，横浜国立大学，横浜国立大学教育人間科学部紀要. I, 教育科学 8, (2006), 201-214)によれば、小学校6年生に対して単位の概念をコンセプトマップ法で調査したところ、質量と体積の単位や概念を混同している、質量と体積が比例関係にあることを明確に答えられない、[mL]が体積を表す単位であることに気付いていない等、理解が不十分であることが示唆されている。生徒Aも例外ではなく、質量と体積について混同している場面が見られた。それは校門のプランターのためにホームセンターへ土を買いに行った時のことである。

ホームセンターで14Lのプランター土を購入し、生徒Aと教師で歩いて持って帰ることにした。どちらが土を持つか相談したところ生徒Aは張り切って「僕が持ちます。僕は家で20kgの物を運んだりしているので大丈夫です。」と言った。教師が「この土はいったいどのくらいの重さなのだろう」と問かけると生徒は「14キロって書いてありますよ」と答えた。日常生活の中で、液体のものに関しては体積(L)の単位を用いて体積の表示がなされていることが多いが、袋に入ったものに関

しては質量（gやkg）の単位を用いて表されていることが多い。教師はもう一度「でもここに14Lって書いてあるけど、これは重さのことかな？」と聞き返した。すると「うーんわかりません」と生徒Aは明確に答えることができなかった。教師は「それならLやgについてこれから考えていこう」と二人で授業の内容を決めたのであった。

次の数学の授業では、家から同じ形の500mLのペットボトルを持ってきた。そして、100mLのメスシリンダーを使って500mLの中に水を入れた。100mLを5回入れると500mLになる。式は $100\text{mL} \times 5\text{回} = 500\text{mL}$ だと計算することができた。その後、水だけではなく油や砂糖水、食塩など、様々な物質をそれぞれ500mLずつペットボトルに入れていくと、すべて中身が同じ高さになった。生徒Aは「すべて量は同じだ」と言った。様々な物質を500mLずつ入れていくと生徒Aは「重さが全然違う」と言いはじめた。そこで、500mLずつ入れた容器を電子天秤で計測し、それぞれの質量を計測した。明らかに食塩などは質量が大きく、油や米は質量が小さいという結果になった。この結果から生徒Aは「量は同じだけど重さが違う」と説明をした。教師は「量というと、重さも量のように感じる。別の言い方はないかな？」と問うと、「大きさが同じでも重さが違う」というように言い換えることができた。最後に重さの順にペットボトルを並べ、順に持ってみると、だんだんと重くなっていくということがわかった。

授業後、英語の時間にローマ字入力でラベルづくり機を動かし、それぞれの物質名と質量を打ち込んでラベルを作った。そのラベルをペットボトルに貼り、理科室前の廊下に掲示することにした。また、生徒Aの希望もあって簡易型の上皿天秤も設置し、重さを比べられるようにしておいた。



③ 展示物で通常学級の生徒とつながる

1年生の物質の分類の授業では、密度を学習した。この時に、おなじ500mLであっても物質によって重さが違うということを体験させることができた。特に生徒が驚いていたのは、ダイエットコーラ500mLと通常のコーラ500mLの質量が手で持って明らかにわかるくらい重さが違うことである。砂糖が大量に入っているため同じ500mLであっても重さが違うこと、そして入っている砂糖の量が非常に多いことに驚いているようであった。通常学級の生徒であっても、質量と体積の概念が完全に定着している生徒は少ない。例えば、「発泡スチロールと鉄はどちらが重いか」と問うと、全員が「鉄」と答えた。生徒は生活の中で「重さ」という言葉に密度概念と質量概念の両方が混ざっているということがこのことからわかる。このペットボトルの展示物を使用することで、同じ体積でも質量が違うこと、大きさ（体積）をそろえて質量を比べるという密度の考え方へスムーズに導入することができた。

また、1年生に限らず、理科室を使う生徒の多くが手に触って体験していくため、これを掲示した生徒Aも喜んでいるようであった。

④ つながることで自己肯定感を育む授業

本実践では、つながることを意識して授業を構成した。まずは生活と学習の連続性である。生活の中で疑問に思ったことやうまくできなかったことから課題を発見することで、生徒は学習への必然性を感じることができた。生徒と共に課題を決定することで、「なぜ学習するのか」という意識をもって学習に取り組むことができた。また、生活そのものを学習していることになるので、この授業で得た学びは、生活で生きる力となったのではないかと感じている。学習と生活を細切れにするのではなく、一つのプロセスとしてつなぐことで生徒は力をつけることができたのではないかと考える。

また、通常学級の生徒とつながることで生徒A本人の自己肯定感を高めることができた。学習が苦手な生徒Aであっても、時間をかけて丁寧に作ることで、通常学級の生徒を喜ばせたり驚かせたりすることができた。「すごいね」と声をかけてもらえることで喜びを感じ、次の学習へと意欲がつながっていった。以上のように、特別支援学級においても、プロセスや人を「つなげる」ことで生徒の意欲を高めることができた。

(3) 中学校1年生の理科 ～プロジェクターの仕組みを再現し、仕組みを解明せよ～

本校では各教科の授業でプロジェクターを使うことが多い。教科係がプロジェクターを置き、スイッチを入れ、大きさやピントを合わせる。休み時間に準備をするので、手で陰を作ったり、光の中で素早く手を動かしたりするなどして遊んでいる生徒もいる。身近な道具でもあるため、授業でその仕組みについて解明し、再現することで凸レンズの働きについて解明するという授業を行った。

① プロジェクターを分解して仕組みを調べ、必要な部品を探る

初めに教師は「今日はプロジェクターの仕組みを調べます」と全体に伝えた。するとある生徒が「分解しましょう！」と言い始めた。周りからは「だめだろう!」「分解して元に戻せるの?」という声が上がった。そこで教師が「そうです。分解して中身を調べましょう」と伝えると、「えー」という驚きが広がった。

プロジェクターはオークションサイトにて1円で購入したジャンク品であり、事前に教師が中身を調べたものを使用した。分解をした後、中を簡単に説明しながら構造図を書かせた。生徒は、「フィルター(液晶)が入っているところの上に、赤、緑、青の色がついたコードが繋がっている、これは光の三原色ではないか。」「難しい部品がたくさんあると思っていたが、中身を見ていると意外に簡単な仕組みをしている。」「光源から光が出て、鏡で反射して光の向きを変えているのではないか。」などという気づきが生まれた。全員の意見をまとめていくと、「プロジェクターの中には光源である電球、光を反射させる鏡、光を通すことが光の色を変えることができるフィルター(液晶)、凸レンズ(虫めがねのレンズ)、コンピュータの情報を受け取ってフィルターの色を変化させる部分があるということがわかった。」という結論になった。教師は「意外と簡単な仕組みなら、みんなにも作ることもできるかもしれない。次はプロジェクターを再現しよう」と声をかけた。



分解したプロジェクター

② プロジェクターを再現しよう

光源装置、凸レンズ（ルーペ）、フィルター、スクリーンを使ってプロジェクターを再現しようと提案した。光源装置は教科書等で扱われている光源装置は、電球が暗く像がうまく映らなかったのので、教師が自作したものを使用した。生徒は、光源装置から光を出し、凸レンズに光を通し、その後ホワイトボードに光を当てることで像を映した。この時、生徒からは、「凸レンズとスクリーンの距離を離すと像は大きくなる。しかし、スクリーンの位置が遠くなるにしたがって像が薄くなり、鮮明に映らなくなる。」「フィルムを上下逆さにし、裏にめくると正しい像が映る。」「凸レンズで光が屈折しているのではないか。」（光源と凸レンズの距離について、一定にするとよいという班と、近づけたほうが良いという班があった）という考えが発表された。そして、「距離が像の大きさに関係していることはわかったが、どの「距離」が重要なのか。」「なぜフィルムを逆にすると正しく映るのか。光がどのように進んでいるのか」「像を大きくしても「はっきり」と映すためにはどうすればよいか。」という疑問が生まれた。教師は生徒に「じゃあこの疑問を解決していこうと思うけど、どれから先に解決したいですか」と問うと、生徒は「逆さになる理由がいいです」と答えた。生徒にとっては逆さになることがとても不思議であったようだった。

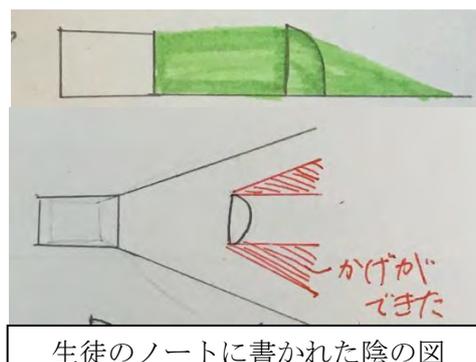


③ なぜフィルムを逆さまにすると正しく映るのか

光源装置の光をそのままスクリーンに当てると小さな逆さまになっていない像が映った。しかし、凸レンズを通すと逆さまになった大きな像や小さな像ができた。生徒は凸レンズを通すことによって何かが起こっていると考え、凸レンズに光を通すとどのように光が進んでいくか考えることにした。

生徒に、LEDの光源装置と半切り凸レンズを渡すと、半切り凸レンズに様々な方法で光を当て、光がどのように進んでいるのか探り始めた。すると、光を通したときに右図のように影ができていることがわかった。生徒は、「凸レンズは透明なのに、影ができるのはなぜなのだろうか」という疑問が出された。

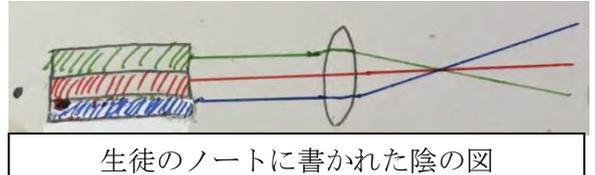
また、「(LED・スリット) 光を通すと光が短くなり、明るく



なっているように感じた。」「光が一つに集まっているのではないか」という考えも出された。

実験中に中間報告として、上記の意見を出し合った。光が短くなるのは集まっているからではないかという考え方やレンズを通した光の屈折に着目しようとする考え方が出され、スリットを通った細い光で実験をするようになった。また、凸レンズをもう1種類与え、レンズの違いについても考察させることにした。

すると生徒は、3本の光をレンズに通し、どのように光が屈折するか実験を始めた。



生徒のノートに書かれた陰の図

実験の結果から、生徒からは「レンズに光を通すと、上から順に緑、赤、青となっていた光が、レンズを通してしばらくいくと、青、赤、緑となった。レンズを通ると光が屈折し、真ん中を通る光は屈折しない。これが原因で像が上下逆さまになる」「スクリーンが凸レンズから離れると緑と青の幅が広がっていくことから、象の大きさがだんだん大きくなっていくのではないか」「厚い凸レンズに変えると、光が集まる場所までの距離が短くなった」という考えが出された。しかし、「光が集まっていくことは分かったが、なぜレンズの後ろに陰ができたのか」という点については疑問が残ったようであった。

④ 凸レンズの後ろに影ができるのはなぜか

そこで、次の時間は「凸レンズの後ろに影ができたのはなぜか」について考えることにした。煙箱を使い、凸レンズに光を当てることで影について考えさせた。煙箱の中に凸レンズを入れ、光を当てたところ、光の道筋が明らかになり、生徒は驚いた様子であった。



煙箱を使って光の道筋を調べる

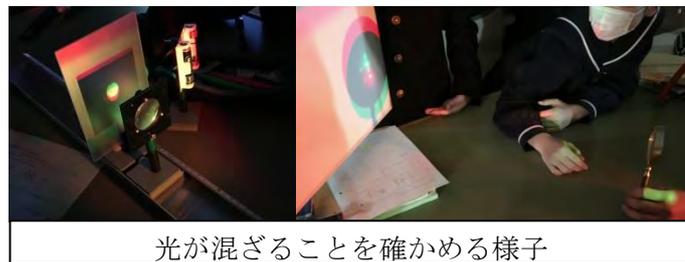
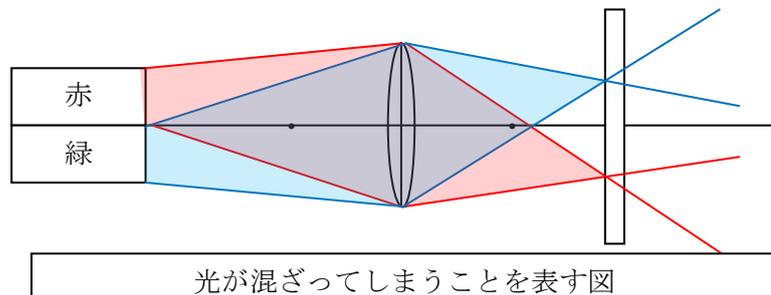
実験の結果から、「光を当てると、まっすぐいっていた光は集められた。だから影ができた」と分かったようであった。直進していた平行光線が凸レンズを通ると一点に集められていく様子を立体的に理解することができた。また、「凸レンズを前後に動かしても光が集まる場所と凸レンズの距離が変わらない」といった焦点距離についての気づきや、「焦点に集まった後、光がひっくり返っている」ということについても再確認したようであった。確認後、平行光線が凸レンズに入射した場合の光の進み方について確認した。このような学習によって、平行光線が凸レンズを通ったときの光の進み方についての理解が深まっていった。

その後、ろうそくの光であればどのように進むか作図をしてみようと提案した。ろうそくの場合、平行光線ではなく、点から四方八方に光が飛び散っていくことになる。生徒はこの作図ができないことに気づき、次の時間は四方八方に光が出る場合、どのように像ができるかについて調べることにした。

⑤ 光が四方八方に出る場合はどのような像をつくるのだろう

光学台を利用して、光が四方八方に出る場合はどのような像をつくるのか実験してみることにした。実験の結果から生徒は「像ができたが、前の時とは違って像ができる場所が決まっている。その他の場所ではぼやけてしまう。」「凸レンズから離れば離れるほどできる像は反対側の焦点に近づき小さくなる。」「像の大きさは光源の位置を焦点距離の2倍くらいにした時に同じくらいの大きさになる」などということに気づいた。

この実験を終えて生徒が最も気になっていたことは、「像ができる位置が決まっているのはなぜか。プロジェクターの時はあまりぼやけなかったのに、どうしてもはっきり見える位置とぼやけて見える位置があるのか」という疑問が残った。そこで、2色の光源を利用し、スクリーンを移動させながら光がどのように進んでいるか実験・考察した。生徒は「像ができないところでは上から出た光と下から出た光が混ざってしまう」ことに気づき、ノートに以下のような図にまとめた。



さらに図から、「スクリーンが近づくと色が混ざり、遠ざかると狭まってきて、像を結ぶ位置は点になる。実際の場面は上下や左右だけではなく、たくさんの点から光が出ているので光がすべて混ざってしまいぼやけて映る」という結論に至った。その後、作図から虚像等について確認し、確認のための実験をする等して授業を終えた。

⑥ 生徒の発見と疑問をつなげる授業

学習指導要領において、光については「光の反射や屈折の実験を行い、光が水やガラスなどの物質の境界面で反射、屈折するときの規則性を見いだすこと」と「凸レンズの働きについての実験を行い、物体の位置と像の位置および像の大きさの関係を見いだすこと」とされている。また、光の作図については補助的に扱うことも述べられている。

しかし、これらを学習するだけでは光の概念を形成することが難しい。光の直進性、色の見え方、点光源の集まりが面光源であることなど、様々な学習を生徒の疑問に応じて学習していくことで少しずつ概念理解が深まっていく。この凸レンズの実践ではプロジェクターの仕組みを解明するとい

う課題から始め、凸レンズによる光の屈折について学習を進めていった。平行光線が凸レンズに入射した場合の光の屈折は通常であれば簡単な実験と説明で終わってしまうが、「現象から疑問を生み出し、それを解決する。そしてさらに疑問を作り出し解決していく」という「つながる」授業を行うことで生徒が探究を楽しむことができたのではないかと考える。

(4) 中学校1年～2年生の総合的な学習の時間 ～新幹線福井駅開業後の福井の戦略を考える～

本校では、総合的な学習の時間に3年間を通じた地域学習、ならびにキャリア教育を計画実施しており、現在はその2年目である。福井市美山地区は平成の大合併以前に「美山町」という町であった。美山地区の面積の90%は森林であり、学校の隣には川が流れるなど、豊かな自然が残っている。例年、この美山地区の地域学習から総合的な学習が始まり、学年ごとに特色ある探究学習を行っている。この総合的な学習の時間に生徒・教師ともに大切にしていることは、

- ・様々な疑問から自分たちが解決していく課題を設定すること。
- ・話し合い、協働しながら問題を解決していくこと。
- ・現在考えていることやわかったことを共有し、自分たちの活動を振り返る（省察する）こと。
- ・新たに疑問を生み出し、課題の解決を繰り返していくこと。

の4点である。しかし、総合的な学習の時間では地域学習だけではなく、キャリア教育、国際理解教育等、教師が生徒に学ばせたいと考えていることもあり、生徒の学びのプロセスを連続させながらこの内容を取り入れるようにしている。次の実践は生徒が美山地区の宝とは何かという疑問から始まった1年半の探究のプロセスである。

① 「美山の宝」とは何か ～地域の宝を探る～

生徒に「美山の宝といえば何か」と問いかけた。すると生徒からは「特にない」という声が多くであった。それどころか、遊ぶところがない、スーパーマーケットや量販店がないこと、携帯電話の電波が弱く、インターネットも回線速度が遅いこと、クマやイノシシ、サルなどの害獣がでることなど、自分たちが住む美山地区に対する不満が噴出した。まずは知ることが大切だと考え、家の人にインタビューをしたり、本やインターネットを使って調べたりすることにした。そして調べた内容を発表し合った。発表ではそば街道として伝統的な食文化があること、湧水、本向寺や称名寺といったお寺などがあることなどが出された。発表を終えると生徒は「生まれ育った美山なのに知らないことがたくさんあった」「意外にいいところがたくさんあった。自分たちが調べた場所以外にも直接行ってみたい」という感想が出た。

そこで、美山地区の校外学習を行うことを決定し、何を調べるとよいか検討をした。発表で出された内容をマッピングすると、大きく分けて「自然」「歴史」「食」という3つのカテゴリに分かれることが分かった。そこで校外学習では美山の自然を



生かした食べ物であるそば、その自然の雄大さを描く画家、豊田三郎氏、そして、美山地区の歴史を表す石碑や寺を調査することにした。

美山地区にはそば道場と呼ばれる、そば打ちの体験施設がある。そこへ出向き、道場の方からそばの打ち方を教えていただき、実際にそばを打って食べてみた。そば道場の方々は非常に熱心で、美山のそばを生徒に誇りに思ってもらいたいと伝えていた。また、石碑巡りでは、美山に暮らしてきた人々が自分たちの功績や文化を未来に残そうとしてきたことが分かった。豊田三郎氏は、美山の自然の素晴らしさを絵で伝えようとしており、ギャラリーを運営している人も熱心に絵画の良さを伝えようと説明してくれた。体験を終え、まとめ学習をする中で生徒は何が大切であったか話し合い、「自然と生きる人々の歴史や文化を未来に伝え残そうとする想い」が美山の宝ではないかと結論付けた。そして私たちも美山の宝になるために、美山の良さを伝えていきたいという課題が生まれた。そこで、美山中学校で行われる文化祭で2，3年生や地域の方々に美山の良さを伝え、私たちも美山の宝となろうという課題が生まれた。



校外学習の様子

発表に向けて、国語の時間に伝える表現を豊かにすることを目的として美山の特産品のPR文を考えた。また、理科の時間に植物や動物の分布から美山の自然の豊かさを確認したりした。教科の時間も総合的な学習の時間に絡めながら授業が展開されていった。



学習のプロセスを振り返り、美山の宝とは何か検討する

文化祭ではこれまで私たちが美山の宝を「自然と生きる人々の歴史や文化を未来に伝え残そうとする想い」と結論付けるまでのプロセスを発表し、広く知ってもらうために美山地区のパンフレットを製作配布した。美山の宝を「そば」や「自然」などのモノだと考えていた2，3年生からは「人々の想い」という形のないものが宝だと伝えられたことで驚いていたようであった。

② 美山の宝の人々と共に働く職場体験学習

文化祭後、生徒は感想を交流した。その中で、「私たちは美山の宝を知って伝えてきたけれど、まだ足りないと思う」という言葉があった。なぜ足りないのか聞くと、「私たちはまだ美山の人々がやっていたことを知って伝えただけで、まだ美山のために何もしていないから」という答えが返ってきた。そこで、私たちも真の美山の宝に近づくために、美山地区内で職場体験を行うことにした。

まず、働くということについてイメージを共有した。生徒は働くというイメージについて、「残業がある」「忙しい」「疲れる」「愛想笑いをしなきゃいけない」「上下関係」という負のイメージが多く出された。次になぜ人は働くのかということについてのイメージを聞いてみた。生徒は「お金を儲けて暮らすため」「人の役に立つため」「家族のため」という言葉が出てきた。最後に、美山の人々はなぜ働いているかについて聞いた。「美山の魅力を伝えるため」「おいしいものを食べて感動してもらうため」「美山の人以外に美山の良さを伝えたいから」などという言葉が出てきた。最後にこれら3つの「働く」という視点を比べさせた。すると、「同じ働くということなのになぜ聞かれ方によってイメージが違ってくるのだろうか」という疑問が生徒に生まれた。

そこで、保護者からは「働く」ということについてアンケートをとった。保護者は、「苦しい時も

あるけれど生活や家族のために思って仕事をしている。人間関係など難しいこともあるが、それが楽しみとなったり、人のために働くという生きがいにもなる」という言葉をもらった。また、国際理解教育の一環で国境なき医師団に参加していた医師に講演をしていただいたことがあった。この時に生徒が「なぜ給料が安く危険なのに海外で活動しているのか」と質問をした。すると、医師は「そこには日本とは比べ物にならないニーズがあるからです。僕にとって国境なき医師団に参加することが世界で最も大切な仕事だと考えている。」という返答をもらった。生徒は「生きがい」や「やりがい」という意味について少しずつ考えるようになった。

そして職場体験では、美山地区で働く美山の宝の人々に仕事を教えてもらいながら仕事を行った。

美山地区にある森林の中の温泉施設で清掃をしたり、しめじ工場で給食で使うためのしめじを選んだり、林業組合で住宅のくい打ちに使う環境パイルを加工したりと、美山の自然を生かした職場体験を行った。

生徒は、「大変だったし疲れたけれど、仕事をやり終えた時の達成感があった」「美



温泉施設やしめじ工場体験をする生徒

山に来てくれるお客さんのために働くことがうれしかった」という感想を持った。また、地区の人から「学校で今やらなきゃいけないことを一生懸命にがんばりなさい」「自分たちで決めたルールを守るようにしなさい」などというアドバイスをもらった。生徒は一步美山の宝に近づいた。

③ 新入生体験入学を運営し、共に学ぶ仲間をつくる

生徒は、職場体験で学んだことや、普段の授業で大切にしていることを振り返りながら新入生に向けた説明会を運営していくことになった。生徒は「美山中学校が大切にしている学校のルールや文化を伝えたい」「中学校ではどんなことを学んでいるのか伝えたい」という気持ちを持つようになった。そこで美山中学校の大切にしていることを伝えると同時に、理科の模擬授業も行うことにした。



理科の模擬授業

理科では光の単元で色について学習したところであったので、光の授業を行うことにした。CDを使って分光器を作ってもらい、それで様々な色の光を見てもらう。白色を見てもらうと虹色に見え、赤色なら赤だけ、青色なら青だけ、黄色なら緑と赤の光などと、分光器の中に見える光の色を新入生に確認させた。そして、生徒は結果から白色の光はたくさんの光が混ざってできていることや、光を混ぜると様々な色を作ることができるのではないかとという仮説を立てさせた。その後、赤、青、緑のLED光源を使って様々な色の光を作る体験をさせたり、スマートフォンの画面を顕微鏡で見せて、3色の色の明るさを調節することで様々な色をつくっていることを教えたりした。この授業を通して、自分たちがやっているような、体験から課題を作り、そして実験して確かめていくという授業の面白さ、考えることの面白さを伝えることができた満足しているようであった。

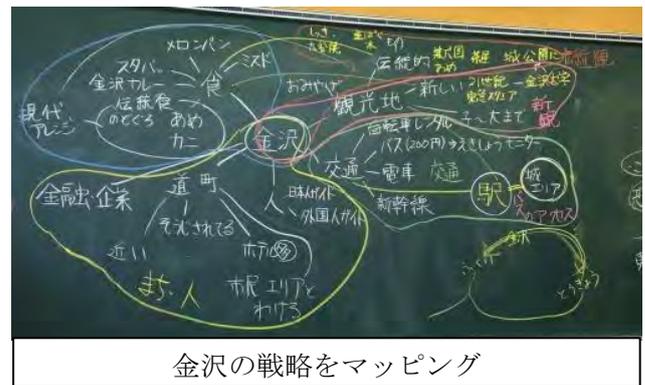
④ 私たちが美山の宝になれば美山は安泰か

新入生体験入学を終えた生徒は、1年の振り返りをした。私たちが美山の宝になれば美山の将来は安泰かという視点から考えさせたところ、生徒からは「そんなことはない！」と口々に言った。実は考える前日の新聞に美山地区の人口減少による問題が書かれていたのである。また、過去には全校生徒700人を超える非常に多くの生徒がいた美山地区も現在では約80人と人数が減ってきている。生徒からは社会科で学習した「少子高齢化」という言葉が出てきた。また、隣の市である大野市は「消滅可能都市」となっており、若者の人口が減ってきていることが分かった。いくら豊かな自然と文化があったとしても、それを守り伝えてきた美山の人がいなくなってしまうのは将来はだめになってしまうだろうと考えたのである。

一方で北陸新幹線金沢駅が開業されて1年がたち、金沢市がにぎわっていることも新聞に書かれていた。都会から企業が進出し、観光客が増え、にぎわっているという状況を知ったのである。生徒は、北陸新幹線福井駅開業の際に有権者となることも踏まえ、金沢の観光の戦略を探り、美山地区、そして福井の戦略についても考えていこうという考えを持つようになった。

⑤ 金沢市の戦略をさぐる宿泊学習

そこで、実際に金沢市に行き、観光地をまわったりインタビューをしたりすることで金沢の戦略を探った。すると、金沢市では伝統的な文化や街並みを生かして観光地化したり、伝統工芸体験を行ったりすることで観光客を呼び寄せていることが分かった。また伝統的な文化だけではなく新しく作られた金沢カレーのような食文化も観光に使われていることがわかってきた。生徒は金沢の戦略をマッピングし、どのようにカテゴリー分類できるか考えた。その結果、「金沢カレー、のどぐろ、カニ、あめなどの食文化」、「伝統的景観の保存、市民エリアと観光客エリアを分けているという街づくり」、「兼六園や東茶屋街などの伝統的な観光地」、「21世紀美術館や東急スクエアのような新しい観光地」、そして「それらをつなぐ交通網」という5つのカテゴリーに分類することができた。これらの戦略を福井にあてはめ、福井の戦略を考えることにした。



⑥ 北陸新幹線福井駅開業後の福井の戦略を5つのカテゴリーに分けて調査せよ

宿泊学習を終えたのち、生徒は福井の観光地について「現代的観光地」「伝統的観光地」「公共交通機関」「食」「街づくり」という5つのカテゴリーについてグループごとに調査し、結果を共有した。現代的観光地ではウミガメのえさやり体験、化石発掘など自然を生かした体験的活動が行われていることが報告された。伝統的観光地を調べている班からは、石川が金沢市中心部に観光地が集中しているのに比べ、福井には自然に関連する伝統的観光地が多くある一方で距離が離れているという考えが出された。一方で、食の班からは、自然が豊かであるため、食べ物がおいしく安く、様々な伝統的食が多くあることが報告された。公共交通機関を調べた班は、福井市を中心に福井県各所に公共交通機関が張り巡らされているが、本数が少なく、離れたところへの移動はしづらいという

ことが報告された。街づくりの班はそれぞれの観光地や食がどのように配置されて、どのような公共交通機関で結ばれているかまとめたところ、観光地が多く存在する7つのエリアに分かれているのではないかという考えが出された。これらの報告から、生徒は、「離れている観光地を結びつけるために新たに公共交通機関を増やすのは難しい。そこで、エリアごとに福井にある自然、伝統文化、食を活用した観光・体験のモデルコースを設定し、コースごとにテーマを設けて観光客にアピールしてはどうか。」という意見や、「伝統的観光地を増やすのも難しいため、伝統的観光地だけではなく、現代的観光地や食・体験と結びつけるといいのではないか。」という意見が発表された。そしてこれらを文化祭で学校全体や地域の方々に報告し、意見をもらうことにした。

IV 実践の成果と今後の課題

(1) 実践の成果

① 生徒の「なぜ」を解明していく授業と学習の評価

上記の4つの授業では、生徒が実験や観察、そして体験の中から疑問を生み出すことができていた。生徒が考えた疑問は「解明したい」という気持ちが高く、解明されたときには「ほかの人に伝えたい」という気持ちが高まった。また、伝えた時に「すごい」と褒められることで自己肯定感を高めることができた。(1) 中学校1年生の理科(水和と状態変化)の実践では、エタノールの沸点の授業を小学校、中学校、大学生、大学の先生、留学生など、様々な人に見てもらうことができた。そしてその日の授業だけではなく、これまで自分たちが調べてきたことに対して評価をしてもらうことができた。生徒は自分たちが調べていることが高等学校やそれを越えたレベルであることも知り、うれしそうにしていた。そしてそれが次の意欲へとつながっていた。(2) 特別支援学級の理科と数学では、作ったものを通常学級の生徒に評価してもらったことで生徒が意欲を高めた。(3) 中学校1年生の理科(凸レンズのはたらき)、(4) 中学校1年～2年生の総合的な学習の時間の実践事例については、代表の生徒がこれらの学習のプロセスをポスターにして「福井大学ラウンドテーブル Students' Poster Session」にて県内の小・中・高等学校の生徒・保護者・先生に発表した。学びが深まっていく様子について様々な人から称賛され、自分たちの学習に意欲を持つことができた。

評価の在り方についても検討を行った。理科の中間・期末テストについては、一問一答や問題解決の過程を問う内容だけではなく、「〇〇の学習で学んだことを200字以内で書きなさい。図を入れてもよい」のような筆記試験も取り入れた。生徒は学びのプロセスを説明することが求められたが、多くの生徒が自分の学びを語ることができていた。

1年生の初めにアンケートをとったところ、29人中19人が「理科がきらい」もしくは「理科がややきらい」と答えており、理科が嫌いだという意識を持っている生徒が多かった。しかし、「なぜ」を解明していく授業を行った結果、1年生終了時に行ったアンケートの結果では理科が好きになったという生徒が29人中21人と改善傾向にあった。「なぜ」を解明していく授業においては、自己評価だけではなく、学びを伝えることで教師以外の他者の評価も加わった。これが生徒の自己肯定感をさらに深め、さらに深く学ぶためのきっかけとなったのではないだろうか。

② 学びがつながり、広がっていく授業

(2) 特別支援学級の理科と数学の事例では、生活の中から課題を見つけ、解決し、それを伝えることで学びに広がりが生まれた。そして特別支援学級に在籍する生徒Aの人間関係が広がり、学習意欲も高まった。現在でも科学を紹介する教材を作ることに意欲を燃やし、ポスターや作品を作っている。(4) 中学校1年～2年生の総合的な学習の時間の事例では、国語の時間に「言葉」について学習したり、理科の時間に自然や植物の授業と関連して学習したり、社会科に地図の見方や少子高齢化など知識を得て総合的な学習の時間にそれを実感したりするなど、教科間でもつながることができた。「なぜ」を解明したいという考えが総合的な学習の時間から各教科にも広がり、学校の授業全体の中で深まりが見えた。

③ 科学が好きな子ども

実際の社会において、科学は非常に広い分野のベースになっている。しかし、義務教育においては理科や社会のように教科に分け、その基礎的な能力を培うものとして国語科、数学科、英語科がある。生徒の「なぜ」は教科の枠組みを超えて生じることが多いが、これを解決することが生徒の学習意欲につながる。そして、生涯にわたって生きてくる力も教科の枠組みを超えた「なぜ」であると考え。よって一つの教科で「なぜ」を楽しみながら探究し学び続けるのではなく、様々な教科でつながりあって探究していくことが重要だと考え実践を行った。

(1) から (4) の実践は、生徒の「なぜ」から探究をはじめ、調査し、考察し、そしてそこから新たな疑問を生み出すというサイクルを何回か繰り返すことで生徒の学びを深めてきた。このサイクルを繰り返していくうちに生徒の主体性が高まっていき、生徒が自ら課題を見つけることができるようになっていった。そして、自分たちや教師、他者によって探究のプロセスが評価され、生徒の喜びになっていく姿も見られた。

このような「なぜ」を解明し、学習のプロセスをつなげていく授業によって、生徒は「なぜ」を解明することの楽しさと、探究を深めていく楽しさを感じることができていると考える。

(2) 課題の考察

このような「なぜ」を解決していく授業では、「なぜ」から課題を発見する力や、調査から得られた情報を吟味する力、知識のカテゴリズ、考察・省察する力、学習するプロセスを自己評価する力、他者と協働する力、発信する力など、様々な力が必要になってくる。このような力を育むためには適切な評価が必要になると考える。

定期考査ではペーパーテストにて知識・理解を問う。実験観察の技能を評価するために実験道具の使い方等の問題も出す。しかしこれらは正解ありきの問題であり、「なぜ」を解明するために必要な実験方法を考え、道具をそろえ、適切に使用する力を問うことは難しい。紙に書くという行為を行うと、どうしても「言語」というバイアスがかかってしまう。言葉にすることが苦手な生徒や単調な記憶が苦手な生徒は評価が低くなってしまふ。これまでノートに「なぜ」を書く生徒を評価したり、考察をしっかりと書いている生徒を評価したりすることで指導を行ってきたが、これであっても言語を通すことになる。実際のグループ活動を見ていると、ノートに書くことができなくても理科が好きで懸命に「なぜ」を解決しようとする生徒がいる。その場で「いい考え方だ」と評価する

ことができても、形に残らないため評価を積み上げていくことが難しい。

科学が好きな子を育てるためには、多面的な評価が必要になると考えられる。その一つには「言語」を通さない評価の方法が必要になると考えられる。例えば、グループ学習での考察の様子を机間指導で評価する、タブレット等を使用して映像を残すことで学習を評価する、実験の方法などをパフォーマンス評価するなど、新たな取組が必要となると考えられる。

(3) 今後の教育計画

理科という教科のカリキュラムを考えると、現在の学習指導要領は必ずしも学習させたい内容と生徒の思考のプロセスが結びついているとは限らない。よって、教科書の内容を意識しすぎると、生徒の探究の流れが切れてしまうところがある。現在この問題を解決するために中学校3年間における理科の学習のカリキュラムを作成している。カリキュラムを作るときは必ず小学校や高等学校における学習との系統性を重視し、概念理解が深まるように設計する必要があると考えている。

2年生の理科の学習においては、天気単元を学習していくことになる。天気については特別支援学級にて百葉箱を作る実践を行い、特別支援学級、2年生が共に観測を繰り返しながら規則性や法則性を探っていく授業を行う。古くからある観天望気は科学的な根拠があるのかということや、気象現象を実験室で再現できるかを学習の中に取り入れていきたい。単元を貫いて観天望気の科学的な根拠を求めていくという探究の軸を作ることで、生徒が学習を連続させ、深めていくことができるようにしたい。

総合的な学習の時間においては、今後文化祭においてこれまでの学習過程をまとめて中間発表を行う。そして、来年度の東京都への修学旅行に向けての準備を進めていく。現在の予定では東京の大学にて福井の観光の戦略を発表し、意見を交換するという学習を考えている。また、日本の首都である東京を見ることで世界的な視点から現在の美山地区を見ることができるよう、視野を広げていきたいと考えている。

学習における評価では、新たな評価の方法を開発していきたい。科学が好きな生徒が「なぜ」を解明するために培っていく力を的確に評価するために、学習中の生徒を記録する方法を取り入れていきたいと思う。評価の際には、机間指導だけではなく、中学校の教職員全体で授業を見合っって生徒の学習の様子をナラティブに記述していく方法を取り入れたい。これによって評価する教職員が生徒の学習過程をみとる力の向上にもつなげたい。

V おわりに

本論文は、本校にとって初めてのソニー子ども科学教育プログラムへの応募となる。これまで生徒が「なぜ」を深めることを大切に、科学が好きな子どもの育成に取り組んできた。このような生徒を育てる授業を行うために、教師自身も探究を行ってきた。例えば、実践研究を繰り返したり、教師一人一人が様々な研究会に参加して学んだり、共に授業を公開して意見交換を繰り返したりしている。本校は小規模校であるため、各教科の教員が一人しかいない。よって、教科を超えた授業研究が必要になるのである。表紙の写真にもあるように、ほかの教科の教員が理科の模擬授業に参加して実験を行い、生徒になったつもりで授業を受けて教師にアドバイスをするという授業研

究も行っている。執筆者は教師が積極的に研究を行うからこそ、子どもにも探究する力を育むことができるのではないかと考えている。生徒と同じように、本論文を学校全体で共有して、教員間での教育に対する価値観をさらに一致させ、科学が好きな子どもを育てていきたい。

(執筆者・研究代表者 福井県福井市美山中学校 教諭 佐々木庸介)