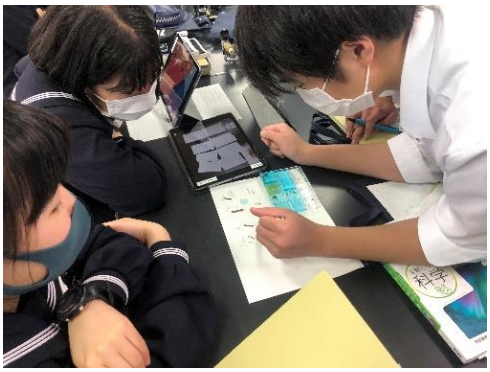
知を統合・架橋する自律的な学びによって自然観を広げる

―「めっき」の化学変化を解決する中でイオン概念を生成し、自然観を広げる（第9学年）―



「なぜ鉄の板を水溶液に入れるだけで変化が起こるのだろう」「金属によって反応が違うのはなぜか」「電気めっきのときに現れた沈殿の正体は何か」。子供達は「めっき」という現象や、その仕組みを解明する際に新たに出た課題を自らの文脈で解決していった。イオンの概念を形成し、言葉や図で表しながら学びを深めていく。考えている途中までの過程も伝え合って考えを統合させたり、自身の知と知を架橋したりして、協働で問題解決を目指した。

１　学びの構想

（１）新たな概念を作り上げ、自然観を広げる自律的な学びを実現するカリキュラム

子供たちは、理科の授業において「現象に触れる→気付いたこと、疑問点の共有→新たな着眼点をもって再び現象に触れるという過程を経ること」[*1] で現象の輪郭をとらえ、自律的に探究し学び続けていく。９年生はこれまでの自律的な探究の過程において、直接目に見えない現象を「見える化」[*1] する力を培い、数値化、モデル化、時には具体物を用いて現象の仕組みを解明してきた。

本単元では、粒子概念（化学変化や熱運動、水溶液）、電流・電圧概念（電流の流れや荷電粒子のポテンシャルエネルギー）など、内容や文脈の異なる学びの過程で培った知を転移させ、イオンという新たな概念の獲得を目指す。９年間の学びの過程で培った力と知を基に、子供自身が単元という文脈を超えて、自律的に新たな概念をつくりあげる授業を目標とした。

ＶＵＣＡが進行する社会においては、様々な要因が複雑に絡み合い、さらに答えが一つではない問題が山積している。これらを科学的な視点から解決していくために必要な素地である、知を統合・架橋し新たな概念を生成して「自然観を広げる」力、それらを他者との協働の中で実践する力、そしてこれらを教師と共に省察することで自分たちの学びの過程に価値を見いだす力を本実践の中で子供たちに培いたいと考えた。

（２）これまでの実践を省察して得られた課題

新しい概念であるイオンは、他者から「教えられる」ことで理解し、イオンを活用しながら現象を説明する。導入では原子の概念だけでは解決できない問題が発生する実験を行い、生徒に「モデル化してみよう」と伝えて、様々なモデルを考えさせる。このときの問いは、「なぜ水溶液に電流が流れるのだろう」が一般的である。しかし、この問いから生まれるモデルは、「水溶液の中で原子がつながり回路が形成される」という誤概念であることが多い。なぜなら、このイオンの単元の前に、「電流の正体はマイナスの電気を持つ電子である」と教えられるからである。そして、生徒が考えた様々な説が述べられた後、最終的に実験的に確かめる方法がないため、教師が「イオン」という正解のモデルを与えるのである。生徒は「なぜイオンについて考えさせられたのだろう」と疑問を持ちながらも、イオンについての知識を暗記することになる。

このような流れを乗り越えるために、これまでいくつかの実践を行ってきた。まず、電流を「電流だけではないさまざまな荷電粒子の流れである」ということを電気の単元で学習しておくこと、そして、実験を行う際に塩化銅水溶液が薄くなっていき、電極に物質が発生するという現象をじっくり眺めさせることであった。これを行うことで、ある程度の誤概念形成を減らすことはできたが、それでも実験的に説明することができず、アニメーションやモデルを使って生徒に定着させる流れになってしまっていた。

なんとかしてこれまでの知の「統合・架橋」によってイオンの概念を生み出すことができないか、また問題を解決していく中でイオンの概念が強固になっていくストーリー性のある学びを構築できないかと考えていた。

２　学びのストーリー

①　単元全体の構成

これまでイオンとは何かを教えるために行っていた電気分解であったが、電気分解の反応は「電流」という誤概念から導入することになってしまう。それを避けるために、今回は「めっき」という題材を通して、イオン化傾向やイオンの存在を実感する授業から導入することにした。また、イオンの単元は電気分解、酸・アルカリ、電池と３つの異なるコンテンツから構成されており、それぞれの学習内容が離れているため、どこから学習を始めても問題がない。ある程度幅を持たせながらも、教師としてはめっき、電池、電気分解（充電）、そしてそれらを終えた上で酸・アルカリの内容へと学びを展開していこうと考えていた。

②　本単元において学びが深まった場面

授業後、模造紙５枚に３０時間分の問い（図１）を並べ、付箋で当時考えたこと、問いが深まったところ、学びが深まったところを子供と共に省察した。そしてそれらをグラフで表した。すると、その中で３つの場面が特徴的であることがわかった。生徒にとって最も苦しかった「イオン」という知を生成する場面（図２A)、BTB 溶液を用いながらイオンを見える化し仕組みを考えていく場面（図２B)、そして最後に向けてイオンを使いながら現象の仕組みを解明していく場面（図２C）の３つである。本実践記録ではこの３つを中心に据える。

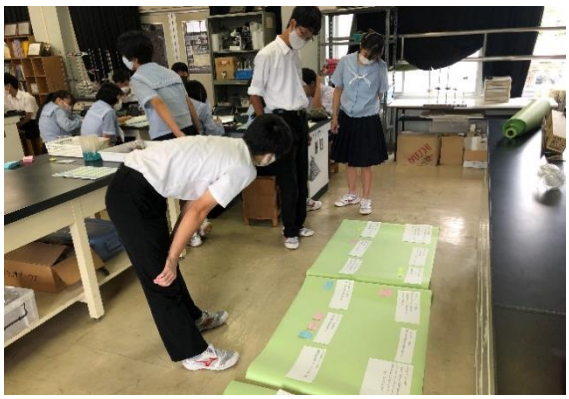


図１　学びの過程を振り返る

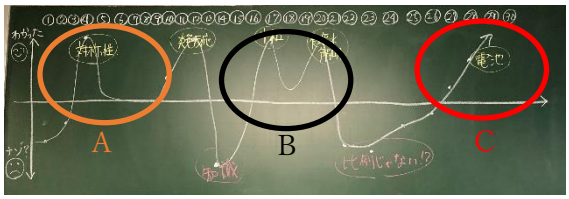


図２　学びの過程をグラフ化する

（１）「イオン」という知を生成する「めっき」

（第１時～第９時）

初めに、教師から１枚の鉄板と塩化銅水溶液を与え、塩化銅水溶液の中に鉄板を入れるとどのような変化があるか、生徒に体験させた。鉄板を入れるとすぐに銅が析出していく様子を見て生徒は驚いた様子であった。そこで、この現象が「めっき」と呼ばれていることを説明した。すると生徒たちから「なんでこうなるの？」と声が次々と上がり始めたので、「なぜこんなことがおこったのか」という問いを全体に投げかけた。そして、「他にもいといろといれてみてもいいですか？」という生徒の声が上がったため、教室にあるものをいろいろと入れてみることにした。プラスチック、アルミニウム、紙、チョーク、シャーペンの芯、亜鉛の板など、生徒が近くにあったものを手当たり次第に入れていくと、どうやら金属を入れたときにだけ反応することがわかってきた。また、金属を入れたときには銅が出てくると同時に、水溶液の色が変わることについて発見があった。次にどうしてみたいかと問うと、「金属を入れると変化が起こるとわかったので、金属の種類を変えてはどうか」「水溶液に溶けている金属を変えてはどうか」という声が上がった。また、たけるが「なんか、鉄をつけているときに触ると熱くなっている気がした」と声を上げた。それを聞いたさやかは「それって発熱反応ってことですか？」とさらに問いを深めた。そこで次の時間に金属の種類、水溶液内の金属の種類、発熱反応を確かめるためにサーモカメラを用いることの３つを行うことにした。

当時教師は、金属が溶けるとその分だけ水溶液に溶けている金属が析出する化学変化に気付かせようと考えていたが、子供たちの発言により化学変化かどうかという前段階の思考であったことが明らかとなった。熱が発生するというたけるの気付きによって、さやかは化学変化ではないかと考えるようになっており、熱の出入りに着目する生徒がいたおかげで化学変化かどうか調べてみようという問いが生まれた。

続いて、塩化銅水溶液に反応する金属を確かめる。生徒は塩化銅水溶液の中にさまざまな金属を入れていく。教師が各班に結果を問うと、こうたが「反応の仕方にレベルがあります」と訴えたので、反応の有無だけではなく、反応のレベルを記していくことにした。

結果、マグネシウムはとてもよく反応し、アルミ、鉄、亜鉛はよく反応、スズ、鉛は少し反応、銅、真鍮はほとんど反応しないことがわかった。また、サーモカメラによって発熱反応であるか確かめてみると、金属を入れた瞬間に水溶液の温度が上昇する姿が捉えられた。生徒たちは「化学変化によって何かが起こっているが、金属の種類によって反応のレベルは異なる」と結論づけた。授業後、さやかは「反応が良い、悪いには金属の成分みたいな何かが関係しているのか？全て化学式にしたら発生した泡の正体や金属が溶けた理由がわかるかもしれない」と振り返っている。

次に、水中に溶かす金属を変えて実験し結果を表にし規則性を見つけ、現象の仕組みを解明していくことになった。化学反応式にして表して見ようとする班、教科書に書いてあった「イオン化傾向」から考えようとする班、塩化銅水溶液をこぼしたときには匂いがしなかったのに、鉄を入れた後にこぼすと血の匂いがしたと気付いた班、実験結果を羅列したり、表から意味を見いだそうとしたりしている班など、さまざまな班があった。教師は机間指導をしながら、これらの意見をまとめればめっきの仕組みにたどり着くと考え、互いの意見を聞き合う時間を設けた。しかし、各班からの発表の際には「私の班では考えましたがわかりませんでした」と発表する班、せっかくホワイトボードを使って思考していたのにそれを消して「なにもわかりません」と発表する班など、自信をもって発表する班がいなかった。どうすべきかと悩んだが、とにかく過程を発表させることに自信を持たせなくてはと思い、「どこまでわかったの？」「さっきはイオン化傾向について考えようとしていたよね」などと助言をしながら各班の意見を引き出していった。すると、9班が「表を見たときに、同じ金属同士の斜めラインはすべて反応していません」と発表をした。それを聞いたさやかの班では次のような対話が生まれた。

さやか：私たちのやつも表にしたらいいんじゃない？
しんじ：そうしよう。同じ金属同士は×だから斜線ね。
とおる：FeにはCuが出て、CuにはFeがでない。Mgは付着しなくて、Cuはすべてに付着する。だから…
さやか：これ、○と×が反対の対称になってない？
しんじ：マジや。対称性がある。

最初は文字だけで記していたが、発表を聞いてホワイトボードの下部に表を書き入れて自分たちの羅列した結果を表にするとどうなるのか考え始めたのだ。

さやかが対称性があることを全体に伝えると、しゅんは「勝ち負けの表みたい。Cuが強くてMgが弱い」と発言した。このことから、付着しやすい金属ランキングという発想に至った。思考過程が全体で共有され、次第に深まっていく様子が見られた。

また、「本当に血の匂いがするのか試してみたい」という声も上がり、全体で実験をしてみたところ、「本当に血の匂いがする」とさらに盛り上がっていった。この原因は何かを考えていると、化学反応式を考えていたグループが、「$Fe + CuCl_2 \rightarrow FeCl_2 + Cu$」だから、$FeCl_2$ではないかという考えになり、みんなで$FeCl_2$の水溶液の匂いを嗅いでみることにした。すると見事に血の匂いがしたことから、どうやら、銅が析出する代わりに鉄が水溶液になっているのではないかという結論に至った。そして溶けやすい順番に並び替えMg、Zn、Fe、Cuの順番が見えてきた。いろんな金属を溶けにくい（やすい）順番に並べてみたのがイオン化傾向であるという結論に至った。

一旦ここでめっきについてわかっている範囲でまとめることにした。すると、たけるが「そもそも、めっきは錆を防止、機能性を上げる装飾性を上げるという意味があるらしいです」とめっきについての情報を語ってくれた。するとしゅんは「だから金めっきをすると錆びないのか」などと、納得した様子であった。この様子を見ていた教師は、この段階で「イオン化傾向」という言葉が出てきたのだから、イオンの概念を導入してしまってもいいのではないかという考えが一瞬頭をよぎった。構想ではこのとき、イオン化傾向を生徒に理解させようと考えていたからである。しかし、まだ生徒にとって、電気を帯びているという証拠にたどり着いておらず、金属が水溶液イオンの状態になっていると説明しても解決できない疑問が増えるだけだろうと考えもう少し待つことにした。

そこで、めっきについて独自に調べていた生徒が数人いたため、何か情報がないか聞いたところ、さやかから「今回のめっきはたぶん、置き換えめっきというやつだと思います。他にも、電気めっきというのがあるそうです」という追加情報が全体にもたらされた。クラスからは「やってみたい」という声が上がり、「電気を流してめっきするというのをやってみよう」と次の活動が生まれたのであった。電気めっきを導入すれば電気分解と同じように電気的な要素が入り、イオン

の考えに近づくことができると考えた教師は、しめしめと思い電気めっきの探究を推したのだった。

次の時間に、塩化銅水溶液に炭素棒電極で電気を流してめっきをしてみた。いわゆる塩化銅水溶液の電気分解である。すると、最初は塩化銅であったものが水溶液の中に入れると、最終的に塩素と銅に分かれて出てくる理由が何なのかという問いが生まれ、みんなで考えてみることにした。今回は意見が出にくかった前回を糧とし、結論に少し幅を持たせるために、「モデルを擬人化させて説明してみよう」となった。

しゅんの班では、「水の中に入ったのをプールの中に入ったと考える、そうするとなんか自由な雰囲気になるから Cu と Cl がバラバラになったのではないか」と電離のような考えを発表した。また、さくらの班では、「最初は Cu と Cl は仲良しだったけれど、＋極や－極という恋人ができたからみんな円満幸せになったのではないか」と発表した。もう少し科学的に考えたたけるの班は「水に溶けたときに電気を帯びていて、＋の電気を帯びた Cu はより強い－の電極の方へ、－の電気を帯びた Cl はより強い電気を帯びた＋の方へ移動したため分離したのではないか」と発表した。この時の発表は、われ先に発表したいという気持ちがあり、お互いのストーリーに納得しながら話を聞こうとする姿が見られた。発表後、「水に入ってバラバラになり、それが静電気のようにひかれて移動していって陰極から銅、陽極から塩素が発生したのではないか」という結論に至り、電離や電気分解の仕組みについて理解したのであった。また、本当にそうなのかを検討するために、電気泳動法で塩化銅から溶け出した銅イオンが移動していく実験も行い、生徒がタイムラプスで撮影した動画から検証したところ、銅の青い色が濾紙の上を移動していく姿がはっきりと見られ、生徒は納得した様子であった。そしてそういった電気を帯びた粒のことをイオンと呼ぶと教師が言葉を与えた。授業後、こうたは「僕ももっとしっかりしたイオンストーリーを考えたかった。悔しい」とうなだれている様子があった。またさやかは「みんなの話がとても面白かった。より強い電気にひかれたという話はとても分かりやすかった。でも陽イオン、陰イオンはどうきまるのか？さらに調べたい」と書き記している。正解の定まっていないと感じる問いの方が、自ら考え、共有する意欲が湧くのかもしれないと感じた。

（２）食塩水の電気分解では何が起こっているのか

（第９時～第２０時、第２６時）

塩化銅水溶液のイオン泳動を終えた後、全体で疑問がないか確認をしていった。すると、

① 電解質があるなら非電解質はあるのか。
② イオンになるのは水中だけなのか
③ 泳動中の陰極に見えた焦げのような物質は何か

という疑問が挙げられた。どこから解決していくか多数決をしたところ、簡単なものから順番に解決していきたいという思いが多数となった。教師としてはチャレンジ性のある③から解決していきたいと考えていたのだが、さやかも「焦げのようなものについて考えていきたいけど、実験方法が思いつかない」と書き記していた。まだ、生徒にとってはイオンの正体が分かったばかりで、イオンを使って現象を解決していくという段階まで至っていなかったものと思われる。

そもそも、水や食塩（固体）は電流を流すのかという問いに対し、ほとんどの生徒は「流れる」と手を上げており、その確認から始まった。水にも食塩にも電流が流れないところを確認した後、炭素棒電極を使い、少しずつ水の中に食塩を入れていくとイオン濃度が上がり、電流が流れるようになることを確かめた。するとここでいくつかの疑問が生じた。

① なぜ塩素イオンが陽極につくとシュワ―と気体になるのか。
② 陰極のジュワ―（と出る気体）は何か。
③ Na はなぜ出てこないのか。

さらに、様々な物質を水に溶かして非電解質があるかどうかを調べていると、

④ NaCl に電流を流している時に Cl^- が Cl_2 になるのはなぜなのか。
⑤ 硫酸亜鉛水溶液を電気分解した後、電源を切ったにもかかわらず電圧計がふれていたのはなぜなのか。

という新たな疑問が生まれた。イオンという思考のツールを手に入れた生徒たちは次々と新たな疑問が生じる状態になったのだと思われる。教師としては電池につながる「硫酸亜鉛水溶液の電気分解」を解決していきたいと思っていたが、子供たちの希望に沿って食塩水の電気分解の仕組みから解決していくことになった。塩化ナトリウム水溶液を電気分解すると塩素と水素が発生することを実験的に確かめたところ、H_2 が

発生した原因に関する話題へと移行し、水が電離してできた H^+からできたのではないかという議論になった。しかし、その場合電離するとしたとき、

$H_2O \rightarrow 2H^+ + O^{2-}$　なのか、あるいは

$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$　なのかという議論になった。

その時、かおるが「Na^+と OH^-があるのだったら、水酸化ナトリウムになっているのではないか。BTB 溶液を入れれば水酸化ナトリウムなら青色になる」と発言した。さらに、そもそも BTB 溶液は何に反応しているのか、様々な物質に入れて、BTB 溶液が何に反応しているか調べたいという話になった。

様々な物質を水に溶かし、表にして考えていると、さやかはそれぞれの物質を化学式にし、さらに電離してできるイオンをイオン式にして表にし始めた。そして、「H^+イオンがあると酸性、OH^-イオンがあるとアルカリ性だと思います」と全体の場で発表し、全員から納得されている様子であった。さらに「酸性とアルカリ性の物質を混ぜたらどうなるのか」という疑問も生まれて中和の仕組みについてイオンで考えた後、再度食塩水の電気分解へと思考が戻っていった。

食塩水の電気分解の様子を「見える化」する道具であるＢＴＢ溶液を得た生徒は、ＢＴＢ溶液入り食塩水を電気分解することになった。初めは陽極の方がほんのり黄色に、陰極の方が濃い青色になり、その後全体が青になった後、透明になっていくという現象が生じた。各々が途中まででも考えて報告することになった。

５班：黄色、青色があることから、H^+と OH^-がある。
　　最後は水素イオンが消えていったと考える。
６班：電離は色から $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$だと思う。
４班：$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$　$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$
　　BTB 溶液の色から考えて４種類のイオンがある
３班：陰極では H_2O が $2OH^-$と $2H^+$に分かれ、$2H^+$が電子を２つもらって H_2になっている。
７班：透明になるのは漂白されたから。塩素は水に溶けて消毒液で使う次亜塩素酸ができている。
　　$H_2O + Cl_2 \rightarrow HCl + HClO$　　これが電離して、
　　$2H^+ + Cl^- + ClO^-$　　となるので酸性。
1・2・8班：陽極は塩酸の電気分解、陰極は水酸化ナトリウムの電気分解のようになっている。
９班：陽 $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$　←これが陰極へ。
　　陰 $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ ←水素＋アルカリ性。

発表の順番は上記の順番で行われた。最初に発表した５班から関連づける形で次の班が発表していくという形で、発表を聞きながらも少しずつ考えが整理されていったようだ。そしてこれらの考えを全て統合させて１か所に表していくと図３のように一つの課題を全員で解決するという結果となった。

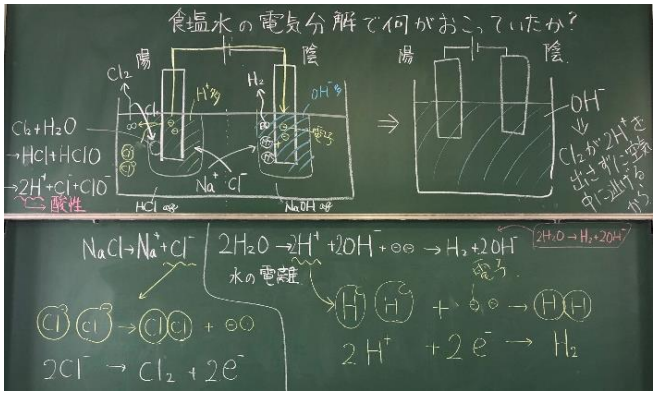


図３　それぞれの意見をすべて合体させる

非常に複雑な化学変化となったが、全員の思考過程の共有で解決できたことから、省察の時には多くの生徒がこの場面は特に興味深かったと語っている。見える化、モデル化、化学式や電子の流れなど、学んだことや多様な意見を統合することが楽しく、全員で導き出したことを誇らしく思ったからだと思う。

その後、硫酸亜鉛水溶液の電池の仕組みから、電子の仕組みへの解明へとつながっていった。そして単元が終わりに近づいたとき、子供たちから「焦げの正体を解決したい」と声が挙がり、食塩水を鉄クリップで電気分解するときの化学変化を考えることになった。

考えられるイオンは Na^+、H^+、Fe^{2+}、Fe^{3+}、Cl^-、OH^-の６種類しか考えられず、陽イオンと陰イオンの組み合わせからできる物質を考えていくと、NaCl、NaOH、HCl、H_2O、$FeCl_2$、$Fe(OH)_2$、$Fe(OH)_3$、$FeCl_3$のいずれかであり、そのうち、物質の色から考えて $FeCl_2$、$Fe(OH)_2$、$Fe(OH)_3$、$FeCl_3$のいずれかであることまで絞られた。そしてインターネットを使って色を見たところ、$FeCl_2$、$Fe(OH)_2$、$FeCl_3$であることが結論付けられた。さやかは「どんな物質かわからないときも、イオンの組み合わせで考えれば絞っていけることが分かった」と感想を述べていた。

３　省察

（１）探究的に知を統合・架橋することで新たな概念を生成し、「自然観を広げる」ことができたか

イオンは、生徒にとっては新しい概念であり、この概念を作るためにはとても長く生徒にとって苦しい時間が流れることがわかった。この場面においては生徒の問いの深まりはあまりなく、新しい概念獲得のために、試行錯誤を繰り返しながら「正解を探す」状態になっているのかもしれない。生徒に話を聞くと、習

得、活用、探究型のほうが楽しいと答える子供も一定数いた。教師としては、イオンの知識を教えることなく、生徒自身が導き出しているので良かったのではないかと考えていたが、子供にとってはそれよりも、食塩水の電気分解や電池など、イオンという考える道具を用いながら現象を見つめていく時の方が深く学んだと感じているようであった。教師が気合を入れた場面と生徒が深く学んだと感じた場面が異なっていたため、生徒と省察をしていた時には戸惑いがあった。

教師としては、めっきから導入することでイオン化傾向に気付き、そこでイオンを導入しようと考えていたのだが、この段階ではイオンに対して電気的にプラスやマイナスを帯びているという事実が問題解決に必要ではなかった。それよりも８年生で行った酸素が関係する酸化還元反応との関連性の方が生徒にとっては関連して見えたと思われる。さやかは、主題の導入時点でめっきについて興味を持ち、インターネットを使ってさまざまなめっきを調べていた。めっきの種類を取り上げてくれたおかげで電気的な要素を取り入れることができた。また、さやかはのちに、「電気めっきは無理矢理イオンを集めて金属にしている」と、イオン化傾向によって起こるめっきとの関連性に気付き、イオンが大きく関係するめっきの技術に理解を深めている。置換めっきと電気めっきの違いは今後授業を再構築するうえで扱うとよいと感じた。

なお、本実践では教師が教えたい内容が実験中の生徒の疑問と一致したため、その疑問を拾う形で実践が展開されていった。電気めっきの時も、「電気めっきがあります」という声を拾えば電気的な視点が入ると考え、生徒の疑問をうまくつなげたと思っていた。しかし、授業が終わってから全体を省察すると、単元で学習する内容そのものよりも「めっき」に焦点を当てる方法という選択肢もあったことに気付いた。金属にめっきをする際に、電気を流さなければいけない時はどんな時なのか、なぜ電気を流すとめっきされるのか、めっきの技術はどのように進歩してきたのか、精錬とは何かなど、めっきの仕組みという主題を探究的に解決する中でイオンという単元を深めていくことができたかもしれない。

このイオンの単元は化学・物理分野の知識を統合したり架橋したりして問題を解決していく単元である。生徒の概念では、７年生で学習する熱運動、状態変化、導体・不動体、８年生で学習する発熱反応、電流（荷電粒子の流れ）、熱と電流の関係、電位差などがまだ完全ではなく、授業中に考えるときに道具として使えるように振り返りながら探究を進めた。上記の単元においては丁寧な概念形成が必要になるため、９年間のカリキュラムの中の探究活動において、どのように知識を往還させながら生徒に定着させていくのか議論が必要であると感じた。

（２）協働できる主題になっていたか

理科の授業においては、少しの気付きが他の人に伝播し、意見が深まっていく。特に実験中には様々なやりとりがなされ、実物を前にしながら試行錯誤が繰り返される。本実践では全体での共有の場面においても思考のプロセスを共有したかったのだが、イオンの概念を形成していく段階において、めっきの仕組みを発表する際は、「答え探し」のような状態になっていたからか、生徒は発表する際に完璧に説明できている状態を求めてしまい、「全くわかりません」などと、自信を持って発表することができていなかった。その様子を見た教師としては焦りがあり、最初は机間巡視のときに見つけた意見を必死に取り上げようとしていた。一方で「モデルを擬人化させて説明しよう」とう課題の時は、どうにかして考えに多様性を持たせるために答えが複数ある問いを出した。これによって、考えた過程をそのまま説明すれば意味のある発表になると学んだのではないかと思う。BTB 入り食塩水の電気分解の時には、わかっているところまでを堂々と発表する姿があり、協働することで全体の中で知が生成されていくことから「どんなことでも大丈夫」という安心感が生まれ、思考過程を発表することができるようになったのではないかと考える。

さやかの学習の流れを振り返ると、初めは化学変化であると考えていなかったが、たけるの発熱の気付きから発熱反応に気付き、化学変化ではないかと考えるようになり、化学式を用いながら説明できないか考えている。また、イオン化傾向の実験において、さやかが結果を羅列して考えていた時、他の班から表をすることを取り入れ、自分の班の結果を表で表したところ、対称性に気付き、その発表後、全体の思考場面ではさらに対戦表のように勝ち負けがあること、よってランキングが決まることへと思考が深まり、最終的にイオ

ン化傾向の順番を導き出すに至っている。さらには、めっきについて調べてきたことを学級に伝えるようになってきた頃には、クラス全体に知っていることを伝えようとする雰囲気が生まれてきた。塩化銅水溶液の炭素棒電気分解のモデルを考える時には、みんなの意見を聞いて楽しいという思いや他の班の意見に感心する様子、生徒によっては悔しいと項垂れる様子があった。さらに最も盛り上がった食塩水の電気分解の仕組みを考える時には、それぞれが別々の理論を少しずつ発表し、全員の意見を合わせると非常に複雑な問題が解けるようになっていった。話を聞く段階から協働で問題を解決するようになるまで、問題の質や過程を発言しても良い、他の人の話を聞くと興味深いという授業のあり方が定着していくに従って深まりの過程が見えてきた。

今回は、2.5 時間程度で現在わかっているところを教師の方で確認しながら学習を進める形式をとった。これまでの本校の学習過程を見ると、班で見つけた課題を長いスパンをかけて、生徒主体の自由度の高い実験が行われるものが多かった。実践が始まった当初は私自身も同じように実践をしたいと考えており、イオンの概念形成がある程度終わった置換めっき終了時点で、鉄電極を用いた食塩水の電気分解時にできる沈殿の同定を行うという、本校で例年行われている難易度の高い実践へつなげようと考えていた。しかし今回は、どの課題を解決していくか子供たちに聞きながら確認をしていった際、どうやって解決すれば良いかわかりやすい問題から全員で解決していきたいという希望が強かったため、自由度をある程度絞って確認しながら進めていく方法をとった。学習が苦手な子供にとっては少しずつ確認が取れたため、良かったのかもしれない。途中でわからなくなってしまい、学びを放棄しそうになった子供も、まとめをすることで探究の過程についていくことができていたように思う。一方で生徒が自ら班単位で課題を解決していくプロジェクトのような他者性の強い協働の展開とはならなかった。主題を「イオンに関する問題」と広く捉えず、「めっき」という題材を深く追究していく主題にすべきであった。

（３）教師と生徒が共に過程を省察し価値を見いだす

本実践では、３０時間終了後に全体で振り返る時間と自己の学びをナラティブに書く時間を設定した。この方法は、前任校で総合的な学習の時間に全員で学習の過程を振り返るために使っていたものである。「全体の学習過程と各個人の思考を統合させることで、イオンに対する概念を共有して深めること、そして自己の省察の材料にすることをねらっている」ということを子供たちに伝え、個人のタブレット端末やノート、そして教師の板書を記憶に振り返っていった。教師自身も「このときどうしてこうなったんだっけ」と生徒に問いかけたり、「先生は沈殿から調べていきたいと思っていたよ」などと客観的に授業を見つめたりした。生徒によっては、教科書を開き自分たちの学習の過程が教科書上ではどのように展開されているのかを振り返ろうとしたところ、全く違う文脈で学習する内容が網羅されていたため、「うわ、気持ち悪い」と発言したものもいた。さやかは「学ぶ前は、イオンが理科の全てに関わるものだと思っていたので、不安だった。塾で先取りして学習していたけれど、覚えることが多すぎて学校で授業を受けるのが嫌だった」「学習中は、周りのみんなと実験したことを説明するために表にしたり文章にしたりすることで少しずつイオンについての理解が深まった」「食塩水の電気分解の時、沈殿したのは Fe の棒にしたからかなと考えていた時、班のみんなが『水溶液中のイオンとできる物質の色を考えてみたら？』と言われて、イオンの組み合わせを考えることができた」「今後、さらに難しい実験をしたときも、イオンの仕組みを考えて、変化を表すことができるようになりたい」と書いている。最初は覚えるのが辛かったが、他の人との協働の中で考えが深まり、そして今後も化学変化をイオンという新しい概念で解決していきたいと、イオンに対する感じ方が変わり、自然観が広がっているように感じられる。生徒自身が自分の成長や自分たちの学びの過程を振り返ることで、自分たちでどのように学びを深めていくと自律的に学び続けることができるか、さらに実践を繰り返し重層的に省察する場面を設けることで生徒の「学び方」に対する省察を深めさせていきたい。　（佐々木庸介）

参考文献

*1 福井大学教育学部附属義務教育学校『研究紀要』第３号　福井大学教育学部附属義務教育学校　2021.5
OECDEducation2030 プロジェクトが描く教育の未来 白井俊 ミネルヴァ書房 2020