

現象を主体的に追究し続け、
科学的根拠をもとに考察し、
考えを深める生徒の育成

— 3年理科「鳴らして、回して、光らせて
～より強い電池を目ざして～」の実践を通して—

豊橋市立石巻中学校 教諭 山本 伸樹

<研究の概要>

本研究では、生徒が問題意識を繰り返しもつ単元構想の工夫により、現象を主体的に追究し続けられる生徒を目ざした。また、理科の見方・考え方を働かせるように、一人一実験の場や、交流学びの場を繰り返し設定することで、科学的根拠をもとに現象を考察し、他者の意見から自分の考えを深められる生徒を目ざした。

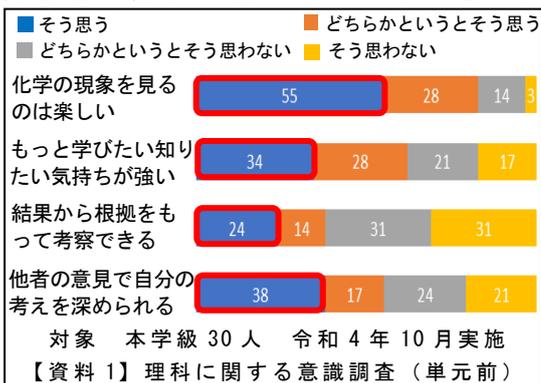
<検索用キーワード>

個別最適な学び 協働的な学び 主体的 対話的 深い学び
問題解決的な学習

1 主題設定の理由

令和3年1月の中央教育審議会の答申では、令和の日本型学校教育の構築を旨とし、「自分のよさや可能性を認識できる」「他者を価値あるものとして尊重できる」「多様な人々と協働する」という資質・能力を育むことに向けて、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を実現すべき姿と示している。個別最適な学びを進めるために、生徒のつまづきなどの理解に努め、個々の興味関心等を踏まえて、きめ細かく支援することが必要である。また、生徒が主体的に学習を調整することができるよう促していかなくてはならない。さらに、「個別最適な学び」が機能するように「協働的な学び」の場を保証し、探究的な学習や体験活動を通して多様な他者と関わり、一人一人のよさや可能性を生かしていくことが重要である。このように個の学びを保証し他者との関わりを深めていくことが大切とされている。

本学級の生徒は、実験に対する意欲が高く、前単元の「水溶液とイオン」の塩化銅水溶液の電気分解では、銅や塩素が発生した現象に興味をもって観察した。しかし、振り返りには、「なぜ銅と塩素が発生したか」という問題意識に関する記述が少なく、追究意欲をもてる授業の必要性を感じた。また、銅や塩素が発生した事実だけを書く生徒が多く、「物質が赤く、こすると金属光沢が出るから銅と思う」という物質の色や見た目などを根拠とする考察ができなかった。根拠をもって考察できる工夫が必要であると感じた。また、話し合いでは、実験結果の共有だけで水溶液の中の見えない粒子概念まで考えを深めることができなかった。目に見えない粒子の動きまで生徒たちが理解できるような話し合いの場の必要性を感じた。アンケート【資料1】にも、



55%の生徒が化学の現象を見るのが楽しいと答えている。一方で、「もっと学びたい知りたい気持ち強い」の「そう思う」が34%、「結果から根拠をもって考察できる」が24%、「他者の意見で自分の考えを深められる」が38%と低く、改善すべき項目であることがわかった。また、アンケートの「次の単元でがんばりたいこと」には、「イオンは目に見えないし、分かりにくいので理解したい」などを書く生徒が多く、粒子概念に苦手意識がある実態もわかった。

このような学級の実態を踏まえ、理解が難しい粒子概念の単元において、単元構想の工夫をし、生徒が問題意識を繰り返しもつことで追究意欲を持続させたい。また、個人追究の時間を十分確保したり、生徒の考えを具体化したりできる一人一実験の場を設定することで、理科の見方を働かせ、根拠をもたせたい。そして、個人追究で得た考えから理科の見方・考え方を働かせることができるように、生徒が具体物を使ったり、教師が意図的に指名したりして、交流の場を設定することで、他者の意見を受けて考えを深めさせたい。上記のことに基づいて、研究の主題を「現象を主体的に追究し続け、科学的根拠をもとに考察し、考えを深める生徒の育成」と設定し、本研究をすすめることにした。

2 研究の構想

(1) 目ざす生徒像

現象を主体的に追究し続け、科学的根拠をもとに考察し、考えを深める生徒

(2) 研究の仮説

仮説 I 生徒が問題意識を繰り返しもつ単元構想にすれば、現象を主体的に追究し続けるだろう。

仮説 II 十分な時間を確保したり、多くの材料を準備したりして※1理科の見方を働かせる一人一実験の場を設定すれば、科学的根拠をもとに現象を考察するだろう。

仮説Ⅲ 理科の見方や※2理科の考え方を働かせる交流の学びの場を設定すれば、他者の考えから現象を理解し、考えを深めるだろう。

※1 ここでいう理科の見方は、金属や水溶液の見た目の現象を細部まで捉える「質的な視点」、目に見えないイオン、電子などの粒子があると捉える「実体的な視点」、電流の大きさや、電子、イオンの数を捉える「量的な視点」のことをいう。

※2 ここでいう理科の考え方は、質的な視点、実体的な視点、量的な視点で捉えた考えを関連付けて現象を考える「関係付け」の考え方のことをいう。

(3) 研究のてだて

てだてⅠ 生徒が問題意識を繰り返しもつ単元構想の工夫(仮説Ⅰ)

導入で、食塩水、炭酸水、銅などの身近な材料でボルタ電池を作る。簡単に電池ができることに生徒たちは驚くだろう。しかし、ボルタ電池は使い続けると泡がつきモーターが止まってしまう。回り続けると思った生徒たちは、止まる原因を追究し、回り続ける電池を探したくなるだろう。そして、ダニエル電池と出会い、その有効性から、LEDが強く光ると生徒は考えるだろう。しかし、実際は弱々しく光るので、電池を強くして明るく光らせたいと思うだろう。そして、強くした電池で明るく光らせれば、今までの学びを生かせる。このように生徒が問題意識を繰り返しもつ単元構想にすれば、現象を主体的に追究し続けると考える。

てだてⅡ 理科の見方を働かせる一人一実験の場の設定(仮説Ⅱ)

電池の仕組みを追究する過程で、十分な時間実験したり、繰り返し実験したりして金属板や水溶液の変化をじっくりと観察する一人一実験の場を設定する。亜鉛がぼろぼろになる現象や金属板に泡や銅がつく現象を質的な視点で捉えたり、亜鉛が溶けてイオンになる現象や水溶液中のイオンが銅になる現象を実体的な視点で捉えたりすることで、科学的な根拠をもとに現象を考察するだろう。また、電池の強さを追究する過程で、多くの材料を準備したりテスターで電流の大きさを測ったりして生徒が考えた方法で一人一実験の場を設定する。金属板の数を増やしたり、金属の種類を変えたりすると、電子が増え電流が大きくなる条件とイオンの数を量的な視点で捉え、科学的な根拠をもとに現象を考察するだろう。

てだてⅢ 理科の見方・考え方を働かせる交流の学びの場の設定(仮説Ⅲ)

ア イオンモデルを使った実体的な視点で捉えるグループの話し合い

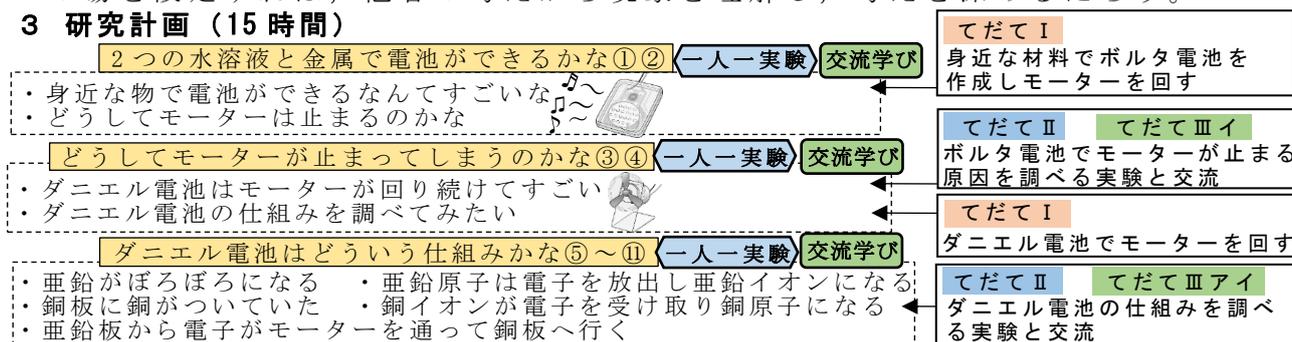
(表)を原子、(裏)を電子が抜けたイオンを表したイオンモデル【資料2】や電子モデル【資料3】で現象を実体的な視点で捉える支援をして、グループでの交流をすれば、現象を理解し、考えを深めるだろう。

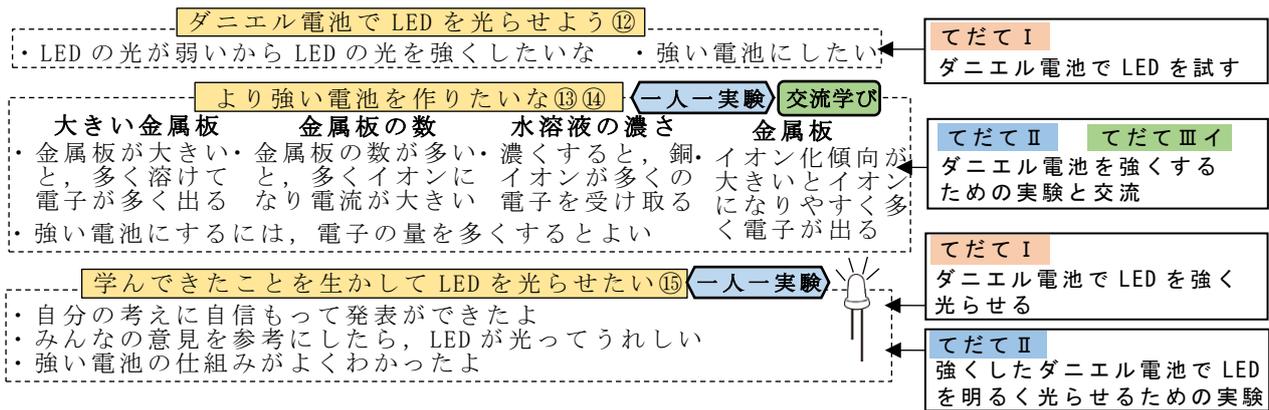


イ 教師の意図的指名による生徒同士の関わり合い

粒子の動きを実体的な視点で捉えた生徒や、電流の大きさやイオン、電子の数を量的な視点で捉えた生徒を全体の交流で意図的に関わらせ、関係付ける関わり合いの場を設定すれば、他者の考えから現象を理解し、考えを深めるだろう。

3 研究計画(15時間)





4 仮説の検証方法

生徒 A の変容を中心に捉えて考察し、てだての有効性を検証する。生徒 A は実験の現象を見て楽しむが、問題意識をもたないことが多い。また、考察が苦手である。塩化銅水溶液の電気分解の考察【資料 4】には、「水溶液の名前からみて銅ではないか」と書かれ、目の前の現象を根拠にして考察していない。また、「気体の泡を入れると、色が薄くなりましたが、どのようになっているかわかりません」と、わからないとだけ書き、気体が何かに問題意識をもち、追究していない。このような生徒 A が現象を捉え、科学的な根拠をもとに考察し、話し合いを通して自分の考えを深めてほしい。また、現象の仕組みにも問題意識をもち、追究し続ける姿も期待する。

今日の実験では塩化銅水溶液に電流を流し、変化を見るという実験をしました。陰極では、茶色っぽいものが出てきました。水溶液の名前からみて銅ではないかと思えます。陽極の方はインクに発生した気体の泡を入れると色が薄くなりましたが、どのようになっているかわかりません。

【資料 4】 単元前の生徒 A の考察

5 研究の実践と考察 (全 15 時間)

(1) 2つの水溶液と金属で電池ができるかな (第 1, 2 時) てだて I

第 1 時で身のまわりにある食塩水、炭酸水、塩酸の水溶液と、亜鉛板、銅板を準備してオルゴールを鳴らす場を設定した (てだて I)。あちこちで「オルゴールが鳴った。すごい」などと驚きの声が聞かれた。また、「モーターでも回るかな」という声も多く聞かれた。生徒 A も、水溶液を変えたり、オルゴールを耳にあてたりして、意欲的に実験に取り組む姿が見られた。生徒 A の振り返りには、「食塩水、炭酸水、塩酸などの身近にあるものでも電気を流すことができると知らなかったの、とても驚きました。どのような仕組みで電気が流れているのか知りたい」と記述され、身近な物で電気が流れることに問題意識をもち、電池の仕組みを調べたいという意欲が生まれたことがわかる。

第 2 時では、生徒たちの電池の仕組みを追究したいという思いから、モーターを回す場を設定した (てだて I)。生徒たちは勢いよく回るモーターに見入った。生徒 A も勢いよく回るモーターに興味深く見つめた。しかし、途中でモーターが止まり、とても不思議そうな様子で、電池から金属板を持ち上げ、中をのぞき込んだ。生徒 A の振り返りには「最初はよく動いていたのに止まってしまうことが多くなりました。どうして動かなくなったのか不思議です。実験して実際に調べてみたいです」と記述されており、モーターが止まった原因に問題意識をもち、それを調べたいと追究意欲をもったことがわかる。

(2) どうしてモーターが止まってしまうのかな (第 3, 4 時) てだて I II III

第 3 時では、前時で生徒 A の「なぜモーターが止まるのか」の疑問を解決するために、一人一実験の場を設定した (てだて II)。生徒 A は、水溶液に何かがあるという点に注目した。金属板を揺ると、止まっていたモーターが再び回ることに気づいた。また、何度も金属板を揺すったり、新しい金属板に変えたりして、自分の考えが正しいか確かめた。生徒 A の考察【P4. 資料 5】には、「泡がたくさんついていました。これが電気の流れを

とめているのではないかと記述があり、繰り返しの実験で金属板に泡がついているという質的な視点で捉え、その泡が電気の流れを止めていると根拠をもち考察したことがわかる。

最初は動いていたのになにかが原因で止まってしまうことが多くなりました。泡がたくさんついていました。これが電気の流れをとめているのではないかと思いましたが、本当に泡のせいだったら不思議です。【資料5】第3時 生徒Aの考察

第4時では、意見を交流する場【資料6】を設定した(てだてⅢイ)。生徒Aの泡が電気を止めている意見(①)から始めた。その考えに対して、教師が水素分子に関する実体的な視点で捉えたS2を指名した(②)。S2は、図【資料7】をテレビに映し説明した。泡の正体が水素分子だと気づかせるとともに、それが邪魔をして電流が流れなくなること理解させる発言であった。それを受けて生徒Aは(③)「水素がついてモーターが止まるのか」とつぶやいた。S2の意見を受けて、モーターが止まった原因を理解したことがわかる。振り返りには「発生した水素が銅にまとわりつくことによって電流が通らなくなっている」と記述され、S2の意見を受け、水素分子がまとわりつき、電流が流れなくなると現象を理解したことがわかる。しかし、この時点では、水素イオンが電子を受け取って、水素分子になる、イオンや電子の動きまでは生徒Aは理解していない。次にS3の発言(④)を受けて、生徒Aが

T:モーターはどうして止まってしまうのか調べたことを発表してください。

A:①電池を揺るとモーターが回りました。泡が電気を止めていると思いました。

S1:Aさんの意見と同じで、金属板を揺るとモーターが回り、泡がとれてモーターが回ったと思いました。

T:泡って何かな?

S2:本で調べ、泡は水素だと分かりました。②銅板に水素がまとわりついて電流が流れにくくなるのが分かりました。

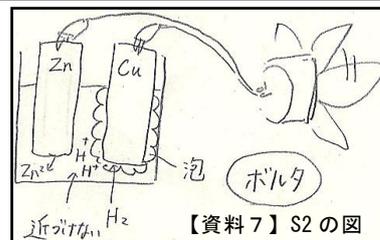
A:③水素がついてモーターが止まるのか。

S3:ボルタ電池を改良した④ダニエル電池は電圧が下がらないみたいです。

A:⑤ダニエル電池ならモーターは回るのかな

【資料6】第4時 授業記録

(⑤)「ダニエル電池ならモーターは回るのかな」と発言した。そこで、生徒Aの思いを汲んで、ダニエル電池でモーターを回す場を設定した(てだてⅠ)。生徒たちは回り続けるモーターに興味を示した。また、「LEDでも光るのか」と他の物でも試したいという声が上がった。生徒Aはずっと回り続けるモーターに興味深く見続けた。生徒Aの振り返りには、「ダニエル電池は止まることなく回りつづけていてすごいなと思いました。どのようなしくみになっているのか実験してみたい」と記述されていた。ダニエル電池でモーターを回す場を設定することで、その仕組みに問題意識をもち調べたいという追究意欲が生まれたことがわかる。

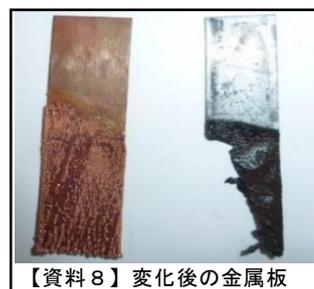


【資料7】S2の図

【資料8】変化後の金属板

(3) ダニエル電池はどういう仕組みかな(第5, 6, 7, 8, 9, 10, 11時)てだてⅡⅢアイ

第5時では、生徒Aの「ダニエル電池の仕組みを調べたい」という思いを受けてダニエル電池の仕組みを調べる一人一実験の場を設定した(てだてⅡ)。実験には、ダニエル電池に必要な銅板、亜鉛板、硫酸銅水溶液、硫酸亜鉛水溶液を準備した。生徒Aは、銅板が光り、亜鉛板が黒くなる金属板の変化に気がついた。教師が「もっと時間をおいたらどうなるかな?」と声を掛けると、生徒Aは「1日後の様子も見たい」と返答した。そこで、1日中モーターを回す



【資料8】変化後の金属板

実験をした。生徒Aは1日後の銅板に赤い物質がついた変化や、亜鉛板がぼろぼろになった変化【資料8】を見て目を見張った。生徒Aの考察には、「亜鉛板がぼろぼろとくずれていたのだから亜鉛板はとけているのだと思いました。また、銅板の方では、銅板に赤茶色の物質が付き表面がざらざらになり少し板が厚くなっていたので、銅がついたのではないかと書かれていた。このことから、一人一実験で、亜鉛がぼろぼろになり銅が金属板につく現象を質的な視点で、亜鉛が溶ける現象を実体的な視点で捉えることで、金属板の変化を根拠にして亜鉛が溶け、銅がついたと考察できた。しかし、亜鉛がイオンになり、銅

が水溶液から出たという考察まではできていなかった。

第6時では前時の気づきを基に話し合いの場【資料9】を設定した(てだてⅢイ)。生徒Aの意見(①)から話し合いをした。それに対し、亜鉛がイオンになったという実体的な視点で考えたS1の意見(②)を出させた。それを受け、生徒Aが(③)「亜鉛がイオンになったんだ」とつぶやいた。続いて、銅板に着目させる(④)と、生徒Aは、(⑤)「銅はどこから出てきたのかな」と発言し、銅板に疑問をもった。それに対し、教師が実体的な視点をもったS2を指名した(⑥)。銅が溶けたことを理解させる発言であった。それを受け、生徒Aは、(⑦)「銅は水溶液の中から出てきたのか」と発言

A: 1日後の銅板は、①亜鉛板はぼろぼろになっていて、銅板はざらざらで厚くなっていました。亜鉛板は溶け、銅板は銅がついたと思いました。

T: 溶けたってことは亜鉛がどうなった?

S1: 溶けたってことは②亜鉛がイオンになったと思います。

A: ③亜鉛がイオンになったんだ。

T: ④銅板にどうして銅がついたの?

A: ⑤銅はどこから出てきたのかな。

S1: 水溶液に銅があったと思います。

S2: S1さんにつけたして、⑥水溶液に溶けていた銅がついたと思います。

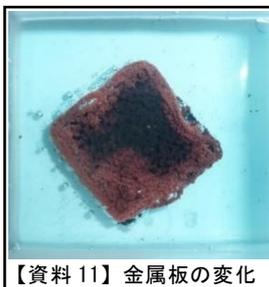
A: ⑦銅は水溶液の中から出てきたのか。

【資料9】第6時 授業記録

し、納得した。振り返り【資料10】にも、「銅板には水溶液中にとけていた銅がついていて亜鉛板は溶けて亜鉛イオンになっているということが話し合いによって分かりました」と記述されていた。話し合いをすることで、水溶液に溶けていた銅が出たり、亜鉛が溶けて亜鉛イオンになったりする現象の仕組みを理解し、生徒Aが考えを深めたことがわかる。しかし、生徒Aは、電子やイオンの動きまでも含めて現象を理解できていない。そこで、「もっと詳しく調べたい」という生徒Aの思いから、次に金属の溶け方の違いを調べる実験をする。

銅板には水溶液中にとけていた銅がついていて亜鉛板は溶けて亜鉛イオンになっているということが話し合いによって分かりました。ですが、ダニエル電池のしくみではよくわからないところが多いのでもっとくわしく調べたいと思います。 【資料10】生徒Aの振り返り

第7時では、「もっと詳しく調べたい」という生徒Aの思いを受けて、金属の溶け方を調べる一人一実験の場を設定した(てだてⅡ)。現象の仕組みがわかりやすい硫酸銅水溶液と亜鉛の実験をした。生徒たちは金属が変化する現象に見入っていた。生徒Aは亜鉛板に赤色の物質がつく変化【資料11】に気づき、声を上げて驚いた。生徒Aは水溶液の中から出た物質をろ紙に出して、こすって金属光沢を確認した。また、水溶液の青色が薄くなっていることにも気づいた。生徒Aは「もっと大きな変化を見たい」と教師に訴えたので1日後の変化【資料12】を観察させた。生徒Aは赤い物質がより多く出た現象と水溶液の青色が透明になった現象を見て驚いた。生徒Aの考察【資料13】には、「水溶液の青色がぬけるのと同時に銅が発生したため何か関係があるのだ」と



【資料11】金属板の変化



【資料12】1日後の変化

銅板についていた物質をこすってみたら光沢が出てきたため銅だと思いました。あと銅板をつけていて硫酸銅水溶液の青色がうすくなっていました。水溶液の青色がぬけるのと同時に銅が発生したため何か関係があるのだと思います。 【資料13】生徒Aの考察

【資料13】生徒Aの考察

生徒Aは「もっと大きな変化を見たい」と教師に訴えたので1日後の変化【資料12】を観察させた。生徒Aは赤い物質がより多く出た現象と水溶液の青色が透明になった現象を見て驚いた。生徒Aの考察【資料13】には、「水溶液の青色がぬけるのと同時に銅が発生したため何か関係がある」と記述されていた。このことから一人一実験をすることで、銅板に銅がついた現象や水溶液の色の変化を質的な視点で捉え、銅が出たことと水溶液が薄くなったことを根拠として、何かの関係性があると考察したことがわかる。次に生徒Aの疑問を解決するため、電子やイオンの動きを考えるグループでの話し合いをする。

第8時では、イオンモデルでグループの交流の場【P6.資料14】を設定した(てだてⅢア)。生徒Aの意見(①)から始めた。それに続いてS1がイオンとの関係性について発言し(②)、S2が銅イオンのモデルを裏返して銅原子にして、銅イオンが銅になる様子を表した(③)。それに対し、教師が電子に着目させると(④)、S2がもう一枚の銅イオンのモデルを裏返して銅原子にして、電子モデルを2つ動かし、銅イオンが電子を受

け取る様子を示した(⑤)。それに対し生徒Aは(⑥)「それで銅が出てきたのか」と理解したようだった。次に、教師がもう一度電子について問うと(⑦), S1に続いてS2が亜鉛原子のモデルを裏返して、亜鉛イオンにして、電子2つを放出する様子を表した(⑧)。それを見て生徒Aは、(⑨)「その電子を銅イオンが受け取って銅になったんだ」とつぶやき、イオンモデルを操作した。話し合い後の生徒Aの考察には「亜鉛は電子を放出し、その放出された電子が銅イオンと結びつくことによって水溶液から銅が出た」と記述されていた。また、電子と銅イオンが結びついて銅原子になる様子も図

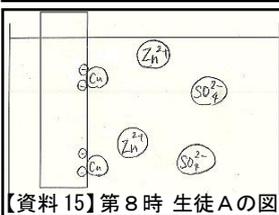
【資料15】で表されていた。このことから、イオンモデルを使い、生徒Aがグループで交流

【写真】することで、目に見えない現象の仕組みを理解し、考えを深めたことがわかる。しかし、考察には亜鉛原子が亜鉛イオンになる記述がなかった。また、図【資料15】にもホワイトボードのイオンモデルの亜鉛イオンをかき写すだけで、矢印で亜鉛イオンの動きを表しておらず、亜鉛がイオンになる現象まで考えが及んでいなかった。

第9時では、「他の金属も調べてみたい」という生徒Aの思いを受けて、一人一実験の場を設定した(てだてII)。生徒Aは、銅、亜鉛、マグネシウム、硫酸銅水溶液、硫酸亜鉛水溶液を使い実験した。生徒Aは変化後の金属板をピンセットで取り出して注意深く観察をした。結果にマグネシウム板には、「金属板がぼろぼろになる」、銅板には「とくに反応なし」と記されていた。考察にも「マグネシウムはどの水溶液にもぼろぼろになりとけたのでいちばんとけやすいのだと思いました。反対に銅はどの水溶液に組み合わせても変化がなかったことからとけにくいことが分かりました」と書かれていた。一人一実験で金属板がぼろぼろになる現象を質的な視点で、溶ける現象を実体的な視点で捉え、マグネシウムと銅の水溶液への変化の違いを根拠にして、いちばんマグネシウムが溶けやすいと考察した。しかし、生徒Aに「亜鉛とマグネシウムはどちらがイオンになりやすい？」と聞くと「マグネシウムかな」と曖昧な返答だったので、交流の場を設定した。

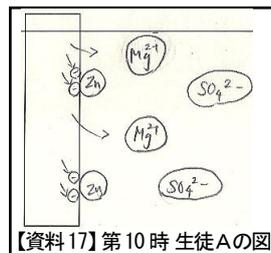
第10時では、マグネシウムと硫酸亜鉛水溶液の反応を実体的な理解を深めるために、イオンモデルを使って、グループで話し合う場【資料16】を設定した(てだてIIIア)。教師の発問(①)から始めた。それに対し、生徒Aは(②)「マグネシウムが溶けてマグネシウムイオンになった」と答えた。次に、S2が亜鉛イオンのモデル、亜鉛原子のモデル、電子のモデルを使って電子の動きを説明した(③)。それを受け、生徒Aは(④)「亜鉛と硫酸銅水溶液の反応と同じ仕組みかな」とつぶやき、S2の意見を受け、前の実験と絡めて納得することができたことがわかる。また、教師がイオンのなりやすさの違いを問うと(⑤)、生徒Aは(⑥)のようにマグネシウムがいちばんイオンになりやすいと答えることができた。交流後の生徒Aの考察には、「マグネシウム原子が電子を放出し

A:①銅が出てきたのと、水溶液の青色がぬけたのは何か関係があると思います。
S1:②水溶液の青色がぬけたということは、銅イオンが関係すると思います。
S2:③水溶液の銅イオンが銅になった。
T:④それは電子がどうなったの？
S1:銅イオンが電子をもらっている？
S2:⑤銅イオンが電子をもらい銅原子になる。
A:⑥それで銅がでてきたのか。
T:⑦電子はどこからもらったの？
S1:亜鉛からもらったと思います。
S2:⑧亜鉛原子が溶けて電子を出した。
A:⑨その電子を銅イオンが受け取って銅になったんだ。 【資料14】第8時 授業記録



T:①水溶液中にマグネシウムが溶けやすいとはどういうこと？
A:水溶液中に、②マグネシウムが溶けてマグネシウムイオンになった。
S1:マグネシウムはイオンになり電子を出す。
S2:③電子を亜鉛イオンが受けとって、亜鉛原子になるんだね。
A:④亜鉛と硫酸銅水溶液の反応と同じ仕組みかな。
T:⑤マグネシウム、亜鉛、銅の中でイオンのなりやすさはどう違う？
A:⑥亜鉛とマグネシウムはマグネシウムの方がイオンになりやすいから、マグネシウムが一番イオンになりやすい。 【資料16】第10時 授業記録

その放出した電子が亜鉛イオンと結びつくことで亜鉛原子になる。マグネシウム原子は電子をはなしたのでマグネシウムイオンになった」と書かれていた。また、図【資料 17】では電子やイオンの動きまでも表すことができた。このことから、生徒 A は、亜鉛とマグネシウムのイオンのなりやすさの違いを電子やイオンの動きも含めて理解し、考えを深めたことがわかる。

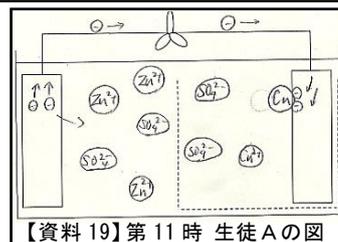


【資料 17】第 10 時 生徒 A の図

第 11 時では、ダニエル電池の仕組みに迫るために、イオンモデルを使ってグループの交流の場【資料 18】を設定した（てだてⅢア）。初めに電流の向きを確認し、電子の移動の向きに注目させた（①）。生徒 A は電子モデルを動かして（②）「電子は亜鉛板から銅板にモーターを通過して移動している」と答え、電子の移動に着目した。次に、教師が亜鉛と銅のイオンのなりやすさを問い（③）、イオンのなりやすさを確認した（④）。そして、生徒 A が電子の移動について発言した（⑤）。それに対し、S1 が亜鉛原子のモデルを裏返して、亜鉛イオンにして電子を出す様子を表したり（⑥）、S2 が銅イオンのモデル

T: +極は銅板と亜鉛板のどちら？
 S1: 銅板が+極で、亜鉛板が-極だよ。銅から亜鉛に電流が流れる。
 T: ①電子はどちらからどちらに移動している？
 A: ②電子は亜鉛板から銅板にモーターを通過して移動していると思います。
 T: ③亜鉛と銅はどちらがイオンになりやすい？
 S1: ④亜鉛の方がイオンになりやすい。
 A: ⑤亜鉛がイオンになると電子はどうなるの？
 S1: ⑥亜鉛はイオンになって、電子を出すよね。
 S2: その⑦電子が銅板について、銅イオンと電子が結びつくよ。
 A: ⑧そういうことか。
 T: もう一度イオンモデル図で説明してみてください。
 A: ⑨亜鉛がイオンになって電子を出します。その電子がモーターを通過して、銅板に行きます。銅板で電子と銅イオンが結びついて銅原子になります。 【資料 18】第 11 時 授業記録

を裏返して銅原子にして電子を受け取る様子を表したりした（⑦）。それを受け、生徒 A は（⑧）「そういうことか」とつぶやいた。これは、既習事項である電子が-極から+極へモーターの中を移動することと（②）、S1、S2 が説明したイオンや電子の動き（⑥⑦）が関係していることを理解したからであると考えられる。その後、生徒 A にダニエル電池の仕組みを説明するように促すと、イオンモデルを使い、電子やイオンの動きに着目して説明をすることができた（⑨）。交流後の考察に「亜鉛原子から放出された電子が移動し、モーターを通過して銅イオンにむすびつき銅原子になる。亜鉛は電子を放出したので、亜鉛イオンになる」と記述し、その様子を図【資料 19】でも表すことができた。このことから、生徒 A は、イオンモデルを使ってグループで交流したことで、ダニエル電池の仕組みを理解し、考えを深めたことがわかる。



【資料 19】第 11 時 生徒 A の図

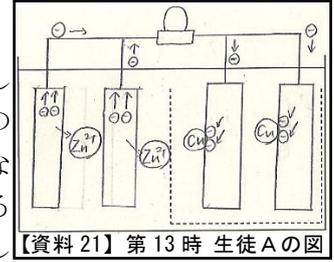
（4）ダニエル電池で LED を光らせよう（第 12 時）てだて I

第 12 時は、第 4 時の生徒たちから出た「LED でも光るのか」という思いを受けて、ダニエル電池で LED を光らせる場を設定した（てだて I）。どの生徒も LED を光らせることに夢中だった。生徒 A は、意欲的に取り組み自作の電池で LED を光らせた。しかし、予想より LED の光が弱く、手で覆わないと見えないほどであった。生徒 A の振り返り【資料 20】には、「この明かりを大きくするにはどのようなことを工夫したらいいのか考え、私は銅板の数をふやしたり、水溶液の濃度をもっと強いものにかえるという手段を考えました」と書かれ、電池を強くするために、銅板を増やしたり、水溶液を濃くしたりする方法を考えた。このことから、LED の光を強くする方法に問題意識をもち追究意欲が高まったことがわかる。

今日はダニエル電池を LED ライトにつなげて光らせました。電流が小さく少ししか光らなかったです。この明かりを大きくするにはどのようなことを工夫したらいいのか考え、私は銅板の数をふやしたり、水溶液の濃度をもっと強いものにかえるという手段を考えました。どのように変化するかとても楽しみです。 【資料 20】生徒 A の振り返り

(5) より強い電池を作りたいな(第13, 14時)てだてⅡⅢイ

第13時は、LEDを明るく光らせるために、強い電池を作った。多くの材料を準備してテスターで電流の大きさを測る場を設定した(てだてⅡ)。生徒たちは電流を大きくするために、水溶液の濃度を濃くしたり、金属板を変えたり、金属板を大きくしたりなどそれぞれの考えで追究した。生徒Aは電子を出す物質が増えると電流が大きくなると予想して、金属板の数を増やし実験をし



た。実験後、電流の大きさが 29.5mA から、33.0mA に増え、生徒Aは喜んでいました。生徒Aの考察には、「結果は普通の時よりも大きくなりました。電流が大きくなったのは亜鉛板が増えることで亜鉛原子が多く亜鉛イオンになり、多く電子を出すようになったため」と書かれていた。また、図【資料21】でも電子やイオンが多く動く様子を表すことができた。このことから、生徒Aは金属板を増やすと、電子が多く出るという量的な視点で捉え、電子やイオンの量が増えたことを根拠にして、電流が大きくなった理由を考察できたことがわかる。

続いて第14時には、交流の場【資料22】を設定した(てだてⅢイ)。教師が金属板の数を増やす実験について聞くと、生徒Aは根拠をもって説明した(①)。続いて、新たな視点に気づかせるために、教師がイオン化傾向が大きい物質は電子が多いと考えた量的な視点をもったS1を指名した(②)。S1は、テレビに映し説明した。マグネシウムはイオンになりやすく多くの電子が出ることに気づかせる発言だった。生徒Aは(③)「そういう方法があるのか」とつぶやき納得した。続いて、教師が生徒Aにイオンや電子の動きを問う(④)と、曖昧な返答だった(⑤)。そこで、粒子の動きを完全に理解するために、実体的な視点で捉えたS2を指名した(⑥)。S2はS1の意見をイオンモデルで補足し説明した。生徒Aは(⑦)「よくわかった」と答え頷いていた。生徒Aの振り返りには、「特にS1さんの言っていたイオン化傾向の大きい物質をつかうという意見はとても納得できたので、私もより強い電池を作るために参考にしたいと思いました。イオン化傾向の大きいマグネシウムを使うことで多く電子を発生する」と記述され、イオン化傾向の大きい物質はイオンになりやすく多くの電子を出すという他者の考えを理解し、考えが深まったことがわかる。

A:金属板を増やすと電流が大きかったです。その理由は①亜鉛原子が多く亜鉛イオンになり、多く電子を出すようになったため、電流が大きくなったと思いました。

S1:亜鉛からマグネシウムに変えたらAさんと同じで電流が大きくなりました。この図を見てください。②マグネシウムはイオンになりやすく電子を多く出し、銅はイオンになりやすく電子をあまり出しません。つまり、亜鉛と銅の差よりも、マグネシウムと銅のイオン化傾向の差が大きいので、マグネシウムは多くの電子を出します。

A:③そういう方法があるのか

T:④今のイオンや電子の動きはわかった?

A:⑤イオンや電子の動きは私の方法と同じかな。

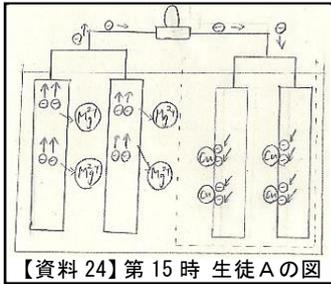
S2:⑥マグネシウムはイオンになりやすく多くがイオンになり、多くの電子を出し、電子が銅板へ行って、銅イオンと結びつきます。

A:⑦よくわかった。 【資料22】第14時 授業記録

(6) 学んできたことを生かしてLEDを光らせたい(第15時)てだてⅠⅡ

第15時は、前時の話し合いを基にして、LEDを光らせる場を設定した(てだてⅠ)。また、多くのマグネシウム板を準備し、テスターで電流の大きさを測る場を設定した(てだてⅡ)。生徒たちは他者の意見を受けて個人追究した。生徒Aは、自分の考えである金属板を増やす方法と他者の考えを合わせ、マグネシウム板を増やしてLEDを光らせた。生徒Aはとても明るく光ったLEDを見て驚いた。また、電流が103mAまで大きくなったことでさらに驚いた。振り返り【P9.資料23】には「結果は大成功で電流の大きさが大きくなりLEDをととても明るく光らせることができました。思った以上に明るく光ってとても感動しました」と記述され、LEDを強く光らせたことで今までの学びを生かした喜びの言葉であることがわかる。また、「電流が大きくなったのは多くのマグネシウム原子がマグ

ネシウムイオンになり、多くの電子を出したから」と記述され、図【資料 24】にイオンや電子



【資料 24】第 15 時 生徒 A の図

友達との話し合いの結果、イオン化傾向の差の大きい物質を使うといいということを知ったので、マグネシウムと銅を使うことにしました。結果は大成功で電流の大きさが大きくなり LED をとても明るく光らせることができました。思った以上に明るく光ってとても感動しました。電流が大きくなったのは、多くのマグネシウム原子が、マグネシウム原子がマグネシウムイオンになり、多くの電子を出したからだと思います。また電子は LED を通って銅板で多くの銅イオンと結びつくことができるようになり、銅イオンになったと思いました。

【資料 23】生徒 A の考察

が増えた様子が表されていた。一人一

実験で、マグネシウムは多くの電子を出すという量的な視点で捉え、電子やイオンの増加を根拠にして電流が大きくなった理由を考察できたことがわかる。

6 研究のまとめ

【資料 25】は生徒 A の記述内容の変容をまとめたものである。これを基に、仮説とてだての検証をする。

(1) てだて I 生徒が問題意識を繰り返しもつ単元構想の工夫 (仮説 I)

導入で【資料 25, ① ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰】

時	【資料 25】生徒 A の記述内容の変容 ※一部省略		資料
1	① ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	身近なもので電気が流れて驚いた。どんな仕組みか知りたい	P3. 29 行目
2	② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	モーターがなぜ動かなくなったのか調べたい	P3. 36 行目
3	③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	泡が沢山ついていた。泡が電気の流れを止めているのではないかと	P4 資料 5
4	④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	水素が銅にまとわりつくことによって電流が通らなくなる	P4. 16 行目
5	⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	ダニエル電池は回り続けていてすごい。仕組みを知りたい	P4. 27 行目
6	⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	亜鉛板がぼろぼろで溶けている。銅板は赤茶色の物質が付き厚くなっていたので銅がついた	P4. 40 行目
7	⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	銅板には溶けていた銅について亜鉛板は溶けて亜鉛イオンになる	P5 資料 10
8	⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	水溶液の青色がぬげ、同時に銅が発生したため何か関係がある	P5 資料 13
9	⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	亜鉛は電子を放出し銅イオンと結びつき水溶液から銅が出た	P6 資料 15
10	⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	マグネシウムはどの水溶液にもぼろぼろになり溶けたのでいちばん溶けやすい。銅はどの水溶液にも変化がなく溶けにくい	P6. 25 行目
11	⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	マグネシウム原子が電子を放出し亜鉛イオンと結びつき亜鉛原子になる。マグネシウム原子は電子を離してイオンになった	P7 資料 17
12	⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	亜鉛原子がイオンになり放出された電子がモーターを回して銅イオンと結びつき銅原子になる	P7 資料 19
13	⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰	明かりを大きくするにはどうしたらよいか	P7 資料 20
14	⑭ ⑮ ⑯ ⑰	電流が大きくなったのは亜鉛板が増え亜鉛原子が多く亜鉛イオンになり、多く電子を出したため	P8 資料 21
15	⑮ ⑯ ⑰	イオン化傾向の大きいマグネシウムを使うと多く電子を発生	P9. 30 行目
	⑯ ⑰	LED を明るく光らせることができた。明るく光って感動した	P9. 42 行目
	⑰	電流が大きくなったのは多くのマグネシウム原子がイオンになり多くの電子を出したから	P9 資料 23, 24

【① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰】

(2) てだて II 理科の見方を働かせる一人一実験の場の設定 (仮説 II)

【資料 25, ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰】

たから」と変容し、見た目の現象だけではなく、目に見えないイオンや電子の量までも根拠として電流が大きくなった理由を考察できた。これらのことから、てだてⅡは有効であったといえる。

(3) てだてⅢ 理科の見方・考え方を働かせる交流の学びの場の設定(仮説Ⅲ)

ア イオンモデルを使った実体的な視点で捉えるグループの話し合い

【P9.資料 25, ⑨交流】「亜鉛は電子を放出し銅イオンと結びつき水溶液から銅が出た」と記述し、イオンと電子の結合を理解した生徒Aが、

最初のころはイオンなどを考えるのが難しく感じてしまい理解するのに時間がかかっていたけどイオンモデル図を使ったりチームの仲間と話し合ったりすることで、自分の理解できていない所がよくわかるようになり、理解しようという意識が生まれ最後には人に説明できるほどわかるようになりました。学級全体での話し合いも自分が気づけなかったことに気づいた人の意見を聞くことで実験に対する理解を深めることができ、より強い電池をつくることができました。

【資料 26】 単元後の生徒Aの振り返り

【⑩交流】「マグネシウム原子が電子を放出し亜鉛イオンと結びつき亜鉛原子になる。マグネシウム原子は電子を離してイオンになった」と変容し、

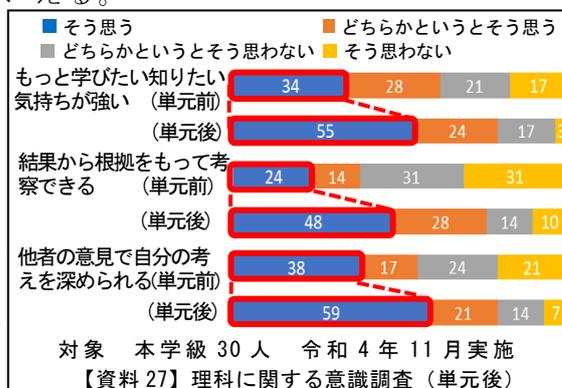
イオンと電子の結合だけではなく、原子が電子を放出してイオンになる動きまで理解した。次に、【⑪交流】「亜鉛原子がイオンになり放出された電子がモーターを通過して銅イオンと結びつき銅原子になる」と変容し、イオンと電子の動きだけではなく、モーターの中を移動する電子の動きと関連させて理解した。単元後の生徒Aの振り返り【資料 26】には、「最初のころはイオンなどを考えるのが難しく感じてしまい」や「最後には人に説明できるほどわかるようになりました。」と記述され、イオンに苦手意識があった生徒Aが最後は説明できるほど現象の仕組みを理解した。これらのことから、イオンモデルを使い交流を繰り返すことで考えを深めたので、てだてⅢアは有効であったといえる。

イ 教師の意図的指名による生徒同士の関わり合い

【P9.資料 25, ④交流】「水素が銅にまわりつくことによって電流が通らなくなる」と記述し、泡は水素であることを理解した生徒Aが【⑦交流】「銅板には溶けていた銅がついて亜鉛板は溶けて亜鉛イオンになる」と変容し、目に見えないイオンの存在を理解した。また、【⑮交流】「オン化傾向の大きいマグネシウムを使うと多く電子を発する」と変容し、イオンの存在だけでなくイオン化傾向のことまで理解した。生徒Aの振り返り【資料 26】で、「自分が気づけなかったことに気づいた人の意見を聞くことで、実験に対する理解を深めることができ、より強い電池をつくることができました」と記述され、他者の意見から考えを深めたことがわかる。これらのことから、生徒同士の関わり合いで考えを深めたので、てだてⅢイは有効であったといえる。

7 成果と課題

単元後のアンケート【資料 27】には「もっと学びたい知りたい気持ちが強い」の「そう思う」が 34%から 55%に増えた。このことから生徒が問題意識を繰り返しもてる単元構想にすることで、追究意欲が持続したと考える。また、「結果から根拠をもって考察できる」は 24%から 48%となり増えていた。これは一人一実験の場を設定し、十分な時間、生徒の考えを実現する実験をしたため、根拠をもとに考察できたからと考える。また「他者の意見で自分の考えを深められる」は 38%から 59%に増えた。これは、グループや全体の交流で理科の見方・考え方をはたらかせることで、他者の意見から考えを深めたからであると考え。今後は、他の単元でも生徒たちが繰り返し問題意識をもてる単元構想にしたり、個人追究を充実させたり、話し合いを工夫したりして、さらに生徒たちの力を伸ばしていきたい。



参考文献一覧

- ・ 奈須正裕『個別最適な学びと協働的な学び』、東洋館出版社、2021年12月25日
- ・ 鳴川哲也・山中謙司・寺本貴啓・辻健『イラスト図解ですっきりわかる理科』、東洋館出版社、2019年2月4日
- ・ 文部科学省「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実、
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/newcs/senseioun/mext_01317.html
(2022年8月24日)