

金属イオンへのなりやすさを取り入れた単元の構想と実践

東京都多摩市立聖ヶ丘中学校 佐久間 直也

1 はじめに

平成 29 年に告示された新しい中学校学習指導要領¹⁾では、中学校第 3 学年「化学変化と電池」の単元に、それまでにない内容として「金属によってイオンへのなりやすさが異なる」こと、及び「電池の基本的な仕組み」が示された。

現行の学習指導要領では、金属のイオンへのなりやすさのちがいへの言及はなく、検定教科書では発展として触れられている程度である。また、電池の仕組みはボルタ電池を用いて学んでいる。

新学習指導要領では、金属を電解質水溶液に入れる実験を行い、金属が水溶液中に溶けたり、水溶液中の金属イオンが金属として析出したりする現象を通して、金属によるイオンへのなりやすさのちがいを見いだす。その後、ダニエル電池を製作し、電池の基本的な仕組みについて学ぶこととしている。中学校理科では初めて実験を通して金属のイオンへのなりやすさを見だし、ダニエル電池を通して電池の基本的な仕組みを考えることとしている。

令和 3 年度から新しい学習指導要領の実施となる。そこで、該当する単元の指導計画²⁾及び教材とその指導法を構想・実践したので、報告する。

2 研究のねらい

生徒実験で気づいた事象をグループワークを通して生徒が考察を深めることは、学習内容を理解するために効果的である。また、考察の場面で戸惑う生徒には予め対策を考えておき、準備しておくことも効果的である。

そこで、3 回の生徒実験を取り入れ、構想した指導計画「事象に出会う」→「探究的に調べる」→「電池の仕組みを探る」という流れの中に組み込んだ。そして、どの授業でも実験を行い現象を明らかにさせた後、生徒自身が微視的な見方を働かせて話し合うグループワークの場面を 3 回設定した。その際、予めヒントを用意しておき、戸惑っているグループを支援できるよう工夫した。3 回のグループワークでは話し合いで用いるイオンのモデルを共通にし、イオンの存在や

そのふるまいを考えるときに自然に振り返ったり、見通しをもったりしやすいうように配慮した。特に、電子の授受を実感させやすいようにした。

また、化学電池の単元において従来よりダニエル電池やイオンのモデルを用いた指導は実践されてきた。本研究では、それらを踏まえ、過去発表されている教材をさらに改良し、新たな教材を開発した。具体的には、実験の事象を観察しやすく構造が複雑でない安価で簡易に製作することができるダニエル電池、そして、安価で簡易に製作することができる新たなイオンのモデルを開発した。

3 研究の方法

(1) 指導の流れ

5 時間の指導の流れ（表 1）を構想した。

表 1：金属イオンへのなりやすさを取り入れた単元

時	学習内容
1	銅原子が電子を失って銅イオンになり、銀イオンが電子を受けとって銀原子になることを現象と関連付けて粒子モデルを使用して説明する。 生徒実験 1「硝酸銀水溶液と銅の反応」 グループワーク 1 ヒントで支援する
2	金属のイオンへのなりやすさにちがいがあるかを検証する計画を立て、探究的に実験を行い、イオンへのなりやすさの違いを説明する。 生徒実験 2「金属イオンへのなりやすさの比較」 グループワーク 2 ヒントで支援する
3	
4	ダニエル電池を製作し、外部の回路に電流が流れることを実験で確かめる。事象との関連をはかりながら、粒子のモデルを用いて両極における変化を電極付近のイオンのふるまいで説明する。 生徒実験 3「ダニエル電池」 グループワーク 3 ヒントで支援する
5	電池の基本的な仕組みについて振り返る。身の回りの電池について知る。

※「巻末資料 1：構想した単元の指導計画」参照

まず、金属を電解質水溶液に入れる実験を行い、金属が水溶液に溶けたり、水溶液中の金属イオンが金属として析出したりする現象を通して、金属によるイオンへのなりやすさのちがいを見いだす。その後、ダニエル電池を自作し、電池の基本的な仕組みについて学ぶこととしている。

具体的な実験内容は、次の通りである。導入の実験では、イオンの学習を始める生徒にとってわかりやすく興味を引く実験として、これまでに学習経験のない水溶液から金属が出現する硝酸銀水溶液と銅の反応を取り入れた。その現象を確認する活動を通して、これからの学習に必要な基本的な知識や概念、考え方を身につけさせた。その後、3種類の金属を使用し、イオンへのなりやすさにちがいがあることを見いださせ、単元のまとめの実験としてダニエル電池を製作し、これまで学習した内容を踏まえて、電極付近の化学変化を中心として電池の基本的な仕組みを説明させた。

(2) 教具の開発

教具1「セパレータのないダニエル電池」☆

電池の基本的な仕組みについて学ぶための安価に自作できる簡易ダニエル電池を開発した。

通常、ダニエル電池には素焼き容器や半透膜等のセパレータが必要になるが、電池の構造が複雑になり、電池の製作にも手間がかかる。そこで、市販の食品用「とろみ剤」で水溶液をゲル化し、セパレータのないダニエル電池を開発した(図1)。硫酸亜鉛水溶液をゲル化(ケチャップ程度の粘り)する。「とろみ剤」を入れてかき混ぜ、数分放置するだけでゲル化でき、透明度も高い。

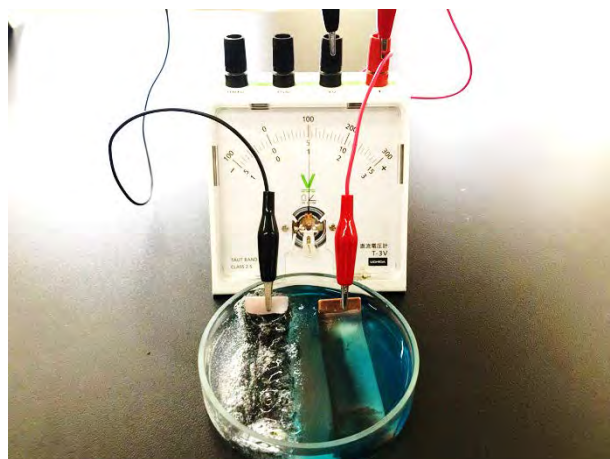


図1：開発したダニエル電池

また、透明度の高いとろみ剤を使用することで、実験をしながら電極の反応を見ることができる。亜鉛板は5分で黒く変色する様子が観察でき、銅板は12時間で銅が付着する様子を観察することができる(図3)。

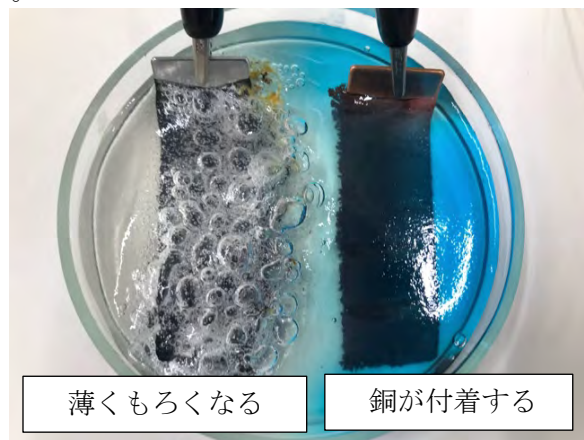


図2：12時間後のダニエル電池各電極の変化の様子

教具2「イオンのモデル」☆

目に見えない現象を可視化するためのイオンのモデルを作成して、モデルを根拠に微視的な視点を働かせて説明することができるようにした。従来より、粒子モデルを活用した実践が広く行われている。しかし、従来の粒子モデルは自作する際にかかる手間や、市販品の購入の際にかかる費用など、課題が多くあった。そこで、従来の粒子モデルの課題を改善した、安価で簡易に製作することができる新たなイオンのモデルを開発した(図3)。

開発したイオンのモデルは、電子の授受を実感することができるよう、電子の切り離しをすることができるものにした。また、安価で簡易に、短時間で多量に製作することができるため、従来のように教師が黒板で粒子モデルを使用して現象を説明するときにはできなかった、作業の個別化ができるようになる。さらに、教師が机間指導をする際、生徒がつまづいているポイントを明確化することができるようになり、支援しやすくなると考えられる。

種類	説明	モデル
電子	直径約 16mm。表面は「-」、裏面は何も標記せず白色のまま。	
硫酸イオン	直径 45mm。表面は「SO ₄ 」と書かれ、電子モデルを 2 つ置ける。	
銅イオン	直径 45mm。表面は「Cu」と電子を置く+が 2 つ書かれている。	
銅原子	直径 45mm。表面は「Cu」と電子の裏面が 2 つ置かれている。	
亜鉛イオン	直径 45mm。表面は「Zn」と電子を置く+が 2 つ書かれている。	
亜鉛原子	直径 45mm。表面は「Zn」と電子の裏面が 2 つ置かれている。	

図 3：開発したイオンのモデル

☆「巻末添付資料 2：教具の作成方法」参照

(3) 実践した内容

生徒実験 1「硝酸銀水溶液と銅の反応」☆

金属のイオンへのなりやすさについては、すでに報告されている実験方法³⁾を参考に実践した。水溶液中で原子とイオンの間で電子の授受が行われていることを理解し、粒子モデルを用いた考え方を身につけるために生徒実験 1 を行う。

生徒実験 1 は硝酸銀水溶液に細い銅線の束を入れる実験である。銅線のまわりには銀樹が生成し、水溶液は無色から青色に変色する（図 4）。

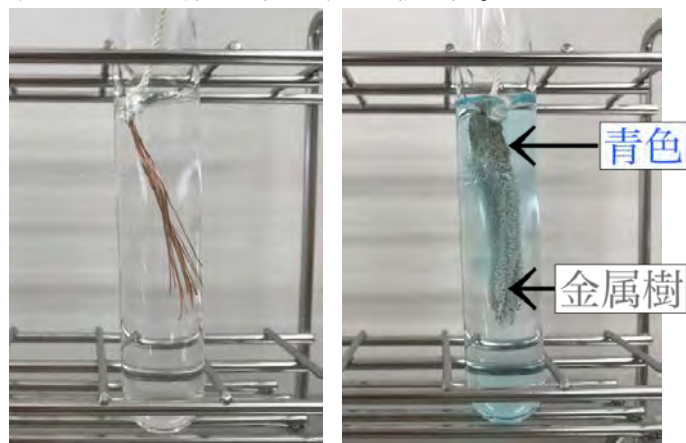


図 4：硝酸銀水溶液と銅の反応前（左）反応後（右）

銀イオンが銀原子に変化したこと、銅原子が銅イオンに変化したことを直接観察することは不可能だが、銀樹の生成、水溶液の色の変化、銅線が腐食するようすを捉えることで、現象をもとに、粒子モデルを用いて微視的に考察することが可能になる（図 5）。

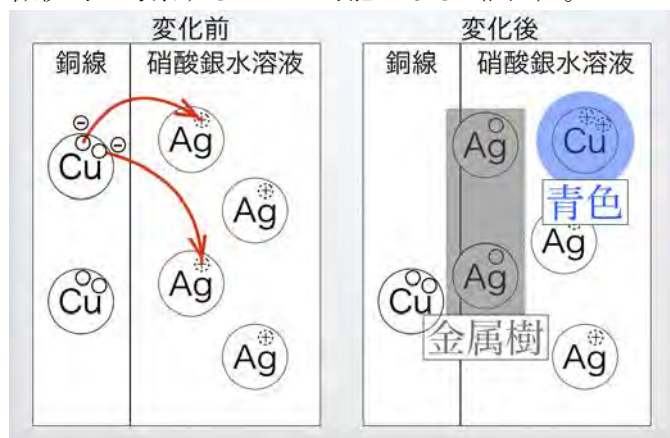


図 5：粒子モデルでの説明

生徒実験 2「金属イオンへのなりやすさの比較」☆
金属イオンへのなりやすさの比較については、すでに報告されている実験方法³⁾を参考に実践した。生徒実験 2 は生徒実験 1 で得られた知見を生かし、理科室でよく利用される銅、亜鉛、マグネシウムの 3 種類の金属とセルプレートを用いて、イオンへのなりやすさにちがいがあるのかを探究的につきとめるものである（図 6）。生徒には 3 種の金属とその硫酸塩水溶液（図 7）を見せ、どのような実験を行えばイオンへのなりやすさにちがいがあることを検証できるかという課題を提示する。生徒は生徒実験 1 の経験を思い出しなが、実験の計画に取り組むことで、生徒は自身の発想をもとに主体的、対話的に探究的な実験に取り組む。

銅、亜鉛、マグネシウムと硫酸銅水溶液、硫酸亜鉛水溶液、硫酸マグネシウムを互いに組み合わせ反応の様子を観察すれば、金属片の反応の有無を比較することで、イオンへのなりやすさにちがいがあることを見だし、その順番を決定することができるが、析出する物質や水溶液の色の変化などに注目させることができれば、さらに深い学びにつなげることができる。

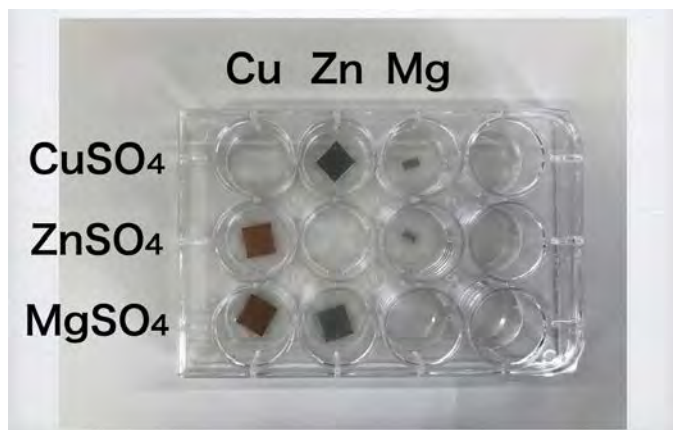


図 6：使用した実験教具

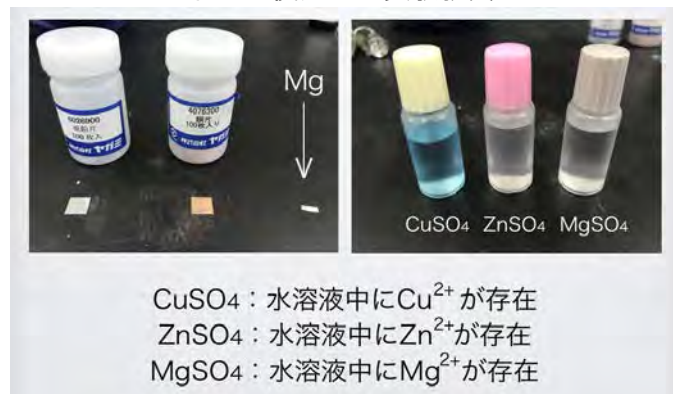


図 7：実験計画を立てる際、生徒に与えた材料

生徒実験 3「ダニエル電池」☆

ダニエル電池については、すでに報告されている実験方法⁴⁾を参考に実践した。生徒は前時までの段階で、水溶液中の化学変化について、電離や原子とイオンの間で電子の授受、金属の種類によってイオンへのなりやすさが異なることについて学んでいる。そこで、ダニエル電池を製作し、その電極付近のイオンの動きについて、本単元で学習した点に関する基本的な知識、粒子モデルを用いた考え方を働かせて電池の基本的な仕組みを学ばせる（図 8, 9）。

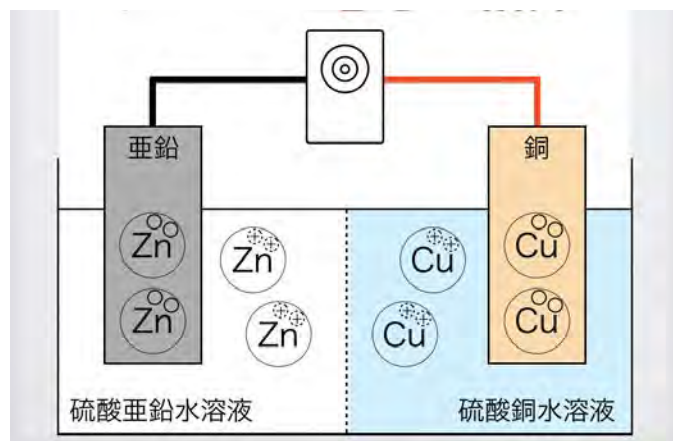


図 8：粒子モデルの説明、反応前

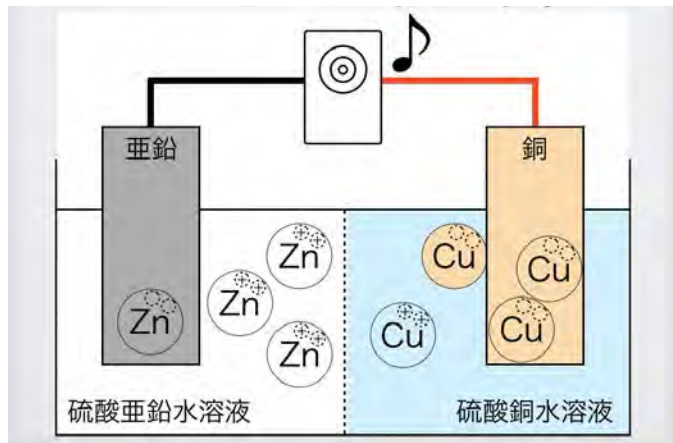


図 9：粒子モデルの説明、反応後

☆「巻末添付資料 3：実験の準備・手順」参照

※具体的な授業の内容については、

「巻末添付資料 4：学習指導案」参照

(4) 分析方法

構想した単元の指導計画や開発した教材が、生徒が学習内容を理解するために効果的であるかを分析するために、授業レポート・単元の実施後に行った自己評価を活用した。

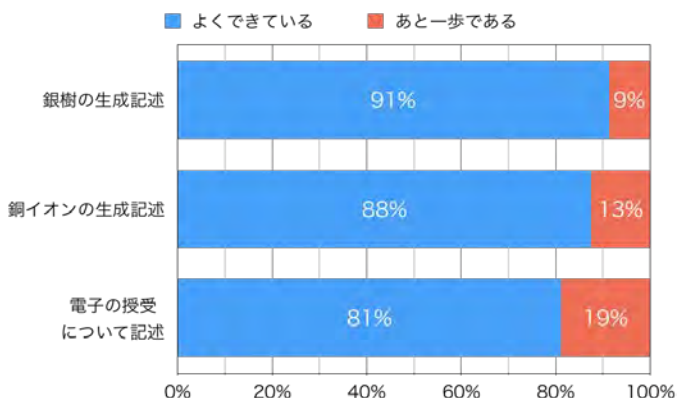
なお、分析をしていく上で数値によって結果を出すだけでなく、具体的な生徒の記述も活用した。

4 生徒の変容の見取り

(1) 生徒実験 1「硝酸銀水溶液と銅の反応」

生徒実験 1 の考察の達成度は次の通りである（表 2）。

表 2：生徒実験 1 の考察の達成度



銀樹と銅イオンの生成について、約 9 割の生徒が記述することができていた。よくできている・あと一歩であると判断した生徒の具体的な記述は、それぞれ次の通りである。

【銀樹の生成に関する記述】

○よくできている

- ・硝酸銀水溶液に銅をいれると、すぐに先のほうから膨らんでいき、モールのようになった。最終的には、先端の方で光る物質が針のようになっていた。まず、光る物質を考えると、光るということは金属で、水溶液中の銀イオンが変化して銀だと考えられる。
- ・白くなった。銀ができた。

○あと一歩である

- ・先端の色が白くなってきた。
- ・入れてから色が黒くなっていった。途中グレーみたいな色。1分もしないで、ブツブツしたようなものができてきて白くなってきた。全体が真っ白の雪の結晶みたいなのがたくさんついてる感じ。だんだん全体がキラキラのシルバーになってきた。

【銅イオンの生成に関する記述】

○よくできている

- ・試験管の後ろに白い紙を置くと、水溶液が少し青くなっていることがわかった。銅が銅イオンになった。
- ・水溶液は、銅がすごくフサフサになったときに、試験管の下の方がうすい青色になった。銅がイオンになった。

○あと一歩である

- ・時間が経つと、うっすら青くなっていた。この実験で、銅線に銀が付着したことがわかった。
- ・液体の方はほんの少し青っぽくなった。

あと一歩であると判断した記述は、実験の現象の説明にとどまっている。それに対し、よくできていると判断した記述は、実験の現象から生成した物質を特定する記述が見られる。

今回の実験の記述をする際、銅イオンの存在する水溶液は青色であることを生徒に説明している。そのため、教師の説明を根拠として、無色だった硝酸銀水溶液が青く変色したことを、銅イオンの生成と結びつけて説明することができていた。しかし、銀樹の生成について、次のような記述も見られた。

- ・銅についた銀のような結晶のようなものが、実験だけでははっきりと銀なのかはわからなかった。

- ・酸化銀の実験のとき、銀はしろかった。今回も白かった。そのため銀ではないかと考えた。

水溶液中に存在する物質を考えると、生成した白い金属樹は銀であると考えるのが妥当である。しかし、今回の実験だけでは銀だと特定することはできないと記述をする生徒もいた。白い物質の判断に迷っている生徒がいた場合、教師の支援が必要になると考えられる。しかし、第2学年で実験した酸化銀の実験を思い出し、生成した白い金属樹を銀だと仮定する生徒もいた。

電子の授受について、約8割の生徒が記述することができていた。よくできている・あと一歩であると判断した生徒の具体的な記述は、それぞれ次の通りである。

【電子の授受に関する記述】

○よくできている

- ・銅の電子が銀の+とついて、銀が固体になり、光沢のあるものとして銅線についた。硝酸銀水溶液に銅線を入れると、銅がイオンになって銀が固体になる。
- ・銅が銅イオンになった。つまり、電子が2つ出ていったことになる。そのとき出ていった電子が銀イオンにくっつき銀になった。正確には、放出した銅イオンの電子が電子を求めている銀イオンに向かっていった。

○あと一歩である

- ・硝酸銀水溶液に銅線を入れると、銅がイオンになって溶けて水色になり、代わりに溶けていた銀イオンが銀になったことがわかった。
- ・硝酸銀水溶液は硝酸イオンと銀イオンが存在している。また、入れてから数分後には、水溶液が青色になった。銅は水溶液に溶けてイオンになった。時間がたったあとに、銀色に光るものが見えた。水溶液に溶けていたはずの銀が見えた。銀はイオンじゃなくなったと言える。

あと一歩であると判断した記述は、実験の現象を化学変化の内容のみを記述していることがわかる。よくできていると判断した記述は、化学変化について電子の授受に着目して説明することができていることがわかる。

本単元では、電子の授受に着目することが非常に重要である。そのため、グループワークにおいて電子の

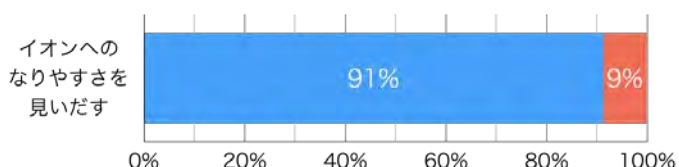
切り離しができるイオンのモデルを活用したり、考察を書く際に電子の授受に着目するよう教師が支援する必要があると考えられる。

(2) 生徒実験 2「金属イオンへのなりやすさの比較」

生徒実験 2 の考察の達成度は次の通りである (表 3)。

表 2：生徒実験 2 の考察の達成度

■ よくできている ■ あと一歩である



金属イオンへのなりやすさについて、約 9 割の生徒が記述することができていた。よくできている・あと一歩であると判断した生徒の具体的な記述は、それぞれ次の通りである。

○よくできている

- ・銅よりイオンになりやすいのはマグネシウムと亜鉛。亜鉛よりイオンになりやすいのはマグネシウムということが結果からわかる。結果から、イオンへのなりやすさは、マグネシウム→亜鉛→銅
- ・イオンへのなりやすさは、マグネシウム (2 勝 0 敗) > 亜鉛 (1 勝 1 敗) > 銅 (0 勝 2 敗)、マグネシウムがチャンピオン！ 3 種類の金属のイオンへのなりやすさにちがいがあった。

○あと一歩である

- ・硫酸亜鉛に銅を入れた時、なにも反応がなかった。つまり、銅がイオンにならなかった。硫酸銅に亜鉛を半分だけつかせてみると、硫酸銅についているところといないところの色は変化があった。色は黒のようなものだった。亜鉛がイオンになった。表面に黒いものがついて、それを磨くと光沢があった。硫酸銅にマグネシウムを入れたところ、硫酸銅の水面にういた。しばらくすると、リボンから泡が発生した。

あと一歩であると判断した記述は、実験の現象の説明にとどまっている。それに対し、よくできていると判断した記述は実験の現象からイオンへのなりやすさの順番を特定する記述が見られる。

また、生徒の考察に次のような記述も見られた。

- ・銅は銅イオン、亜鉛イオン、マグネシウムイオンに入れても変化がなかった。マグネシウムで銅イオンは一瞬で黒くなりしゅわしゅわしていた。マ

グネシウムで亜鉛イオンはしゅわしゅわしていたが少しずつ黒くなっていた。マグネシウムでマグネシウムイオンはしゅわしゅわしていたが、銅イオン、亜鉛イオンより遅く黒くなっていた。

この記述より、生徒が金属が反応する速さのちがいに着目していることが分かる。このような気づきから、振り返りの際にイオンへのなりやすさの差の大きさと化学反応の大きさについて説明することができると考えられる。

また、本実験ではマグネシウムと硫酸銅水溶液、硫酸亜鉛水溶液が反応するとき気体が発生する。この反応は、金属原子と金属イオン間の電子の授受によらない化学反応である。本実践では、約 3.5 割の生徒がこの反応について考察に記述をしていた。しかし、単元を実施した後に行なった自己評価より、気体の発生について疑問を抱いている生徒はいなかった。つまり、この現象によって学習内容を理解することにつまずく生徒はいなかったことがわかる。

(3) 生徒実験 3「ダニエル電池」

生徒実験 3 の考察の達成度は次の通りである (表 4)。

表 4：生徒実験 3 の考察の達成度

■ よくできている ■ あと一歩である

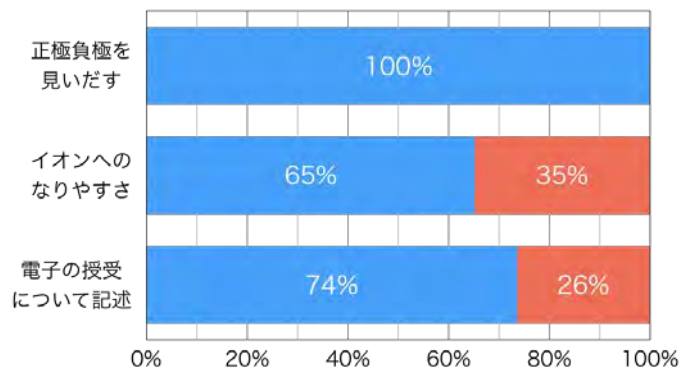


表 4 より、ダニエル電池の正極負極を見いだすことについて、全ての生徒が記述することができていた。

ダニエル電池の基本的な仕組みを考察に記述する際、イオンへのなりやすさについて約 6.5 割の生徒が記述することができていた。よくできている・あと一歩であると判断した生徒の具体的な記述は、それぞれ次の通りである。

○よくできている

- ・銅より亜鉛のほうがイオンになりやすいので、亜鉛がイオンになり、電子が回路内に放出される。

- ・なぜ、亜鉛が負極で銅が正極なのか。それは、亜鉛の方がイオンになりやすいから。イオンへのなりやすさは亜鉛＞銅。そのため、亜鉛が電子を放出し、銅に送ったため、電流が生まれた。

○あと一步である

- ・亜鉛板は黒くなり、イオンになろうとするので、邪魔な電子を導線を通して銅に渡そうとする。
- ・実験では、亜鉛板が黒くなっていた。イオンになった。だから、もともとあった一の電子が移動する。電子は電流とは反対向きに流れるので、亜鉛→銅の向きに流れる。

よくできていると判断した記述は、ダニエル電池の基本的な仕組みを説明する際、前時までに学習した銅と亜鉛のイオンへのなりやすさのちがい、つまり、知識を根拠としている。それに対し、あと一步であると判断した記述は、知識ではなく各電極の変化、つまり、実験の現象を根拠としている。これらのことから、イオンへのなりやすさを記述していないからといって、電池の基本的な仕組みを説明できていないわけではないことがわかる。

ダニエル電池の基本的な仕組みを考察に記述する際、電子の授受について約7.5割の生徒が記述することができていた。よくできている・あと一步であると判断した生徒の具体的な記述は、それぞれ次の通りである。

○よくできている

- ・亜鉛はイオンになろうとするので、邪魔な電子を導線を通して銅に渡そうとする。電子は亜鉛から銅の向きに流れることになる。電流は銅が＋極、亜鉛が一極で、亜鉛から銅に電流が流れている。銅にたまった電子は、電子を必要としている銅イオンに取り込まれ、銅となる。
- ・亜鉛板にある亜鉛原子から電子が出る。亜鉛がイオンになった。これは亜鉛板が黒くなったことから分かる。その電子が一極から銅板の方の＋極へと移動する。＋極に移動した電子は銅イオンにくっつく。すると、銅ができる。

○あと一步である

- ・イオン化傾向の大きい亜鉛板が溶ける。陰イオンが銅板に伝わる。この過程で、電子が通過することでオルゴールがなった。

- ・銅よりも亜鉛の方がイオンになりやすいから、先に電子が亜鉛から銅に行く。亜鉛の方がイオンになりやすいから、銅に電子がくることで逆に銅からは電流がいく。結果から、銅と亜鉛の関係は、一極は亜鉛で、＋極は銅だから、電子は一極から流れて電流は＋極から流れていることがわかった。亜鉛の方がイオンになりやすい。電流は流れる。

よくできていると判断した記述は、ダニエル電池の基本的な仕組みを説明する際、亜鉛原子が電子を放出して、その電子を銅イオンが受け取り銅原子になることが説明できている。それに対し、あと一步であると判断した記述は、亜鉛原子が電子を放出することは説明できても、その電子が銅板にたどり着いた後どうなるかを説明できていない。

上記の内容を踏まえ、電子の授受について記述できていない生徒が多かった理由として、銅板にたどり着いた電子がどうなるのか迷うことが考えられる。単元実施後に行なった自己評価には、次のような記述があった。

- ・最初銅板を見たとき何もついていなかったからイオンが移動していないのかと思った。
- ・銅があまり大きな変化をしなかったため、銅板の変化でつまづいた。
- ・銅がよく見えなかったので、スライドガラスでこすってみるなどして確かめてみればよかった。
- ・電子が一周している（回路ができているような感じ）と考えたので、電子が銅イオンについて銅になった後の動きに悩んだ。
- ・銅が発生しているところが見られなくて、銅イオンが銅になったと確信が持てなかったところが、考える際、足を引っ張った。

これらの記述から、銅板にたまった電子を銅イオンが受け取ると仮定したものの、授業時間内に銅の析出を観察することができなく（図10）、銅イオンが電子を受け取り銅原子になったと確信をもてなかった生徒が多くいることがわかった。

電子の授受について、銅イオンが電子を受け取り銅原子になったことを説明できるために、授業時間内にダニエル電池の銅板において、銅の析出が観察できることが有効であると考えられる。

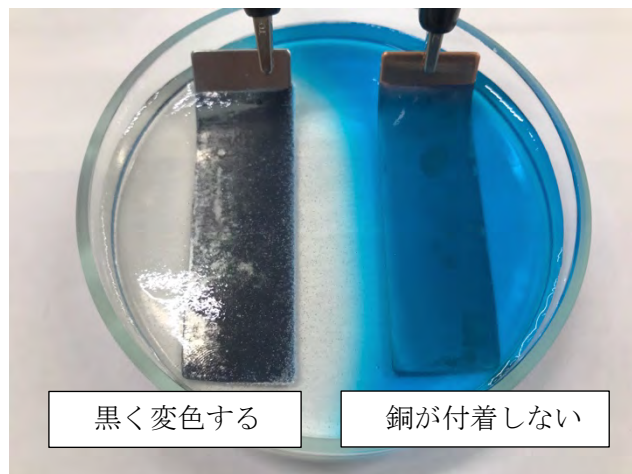


図 10：反応させてから 30 分後のダニエル電池

しかし、生徒の考察には次のような記述も見られた。

- ・銅板をみると、赤褐色になっている。磨く前と違う。磨くと金属光沢ができる？
- ・銅板をトイレトペーパーにこすると黄色や赤の少し光沢のある粉のようなものがついた。このことから、銅板にはさらに何かついたことがわかる。
- ・銅板のまわりは少しにごっていた。
- ・銅が増えたことは、実験前と後の質量の差を調べれば分かると思う。結果として見られたのは、銅がキレイになっている様に見えたので、銅がついたのかもしれない。

これらの記述より、授業時間内に銅の析出を観察することができなくても、銅板を水溶液中から取り出しながが付着している（図 11）ことを発見したり、実際に付着はしていないけれども、前時までに学習した電子の授受やモデルの活動を根拠として銅イオンが電子を受け取り銅になったと記述できている生徒もいることがわかった。



図 11：反応させてから 30 分後の各電極の様子

亜鉛板（左）銅板（右）

また、亜鉛板の変化についても、単元の実施後に行った自己評価で次のような記述が見られた。

- ・最初亜鉛板に黒い物体がついたのがわからなかったが、以前の実験を思い出したところわかった。

ダニエル電池の実験では、授業時間内における亜鉛板の変化は黒く変色するだけである。そのため、その現象が何を表しているのか判断することに戸惑う生徒がいたことがわかった。

また、自己評価で次のような記述も見られた。

- ・モデル実験をしたとき、亜鉛イオンが何のためにあるのかわからなかったとき。

イオンのモデルを使ってグループワークを行う際、硫酸亜鉛水溶液中の亜鉛イオンを動かす機会がなかったため、疑問に感じたと考えられる。

今回の実践では、セパレータのないダニエル電池を使用した。自己評価の記述より次のような疑問を抱く生徒がいたことがわかった。

- ・隔壁の意味につまずいた。なぜ、2つの水溶液を別々の容器にすると反応しなかったのか。
- ・なぜ、同じ容器で実験を行わないと電流がながれないのか、疑問をいただきましたが、授業で無事理解することができました。
- ・2つの水溶液が接触する必要があるのは、硫酸イオンが関係している。

ろみ材を使用してセパレータのないダニエル電池を使用しても、接触させる必要がある理由を考える生徒がいることがわかった。今回の実践では個別に質問を受けた班に対し、実際に実験を行わせるなど支援した。また、振り返りの時間には、学級全体に2つの水溶液を分ける理由、接触している必要がある理由を説明した。

また、自己評価で次のような記述が見られた。

- ・最初は何もヒントがなかったから、なにが起こったのか全然理解がよくできてなかった。

新しく導入された単元は、前時までに学習した内容やグループワークを通して、生徒の力のみで実験の現象を説明することはとても困難であることがわかる。そのため、教師はあらかじめヒントを用意しておき、理解が進まない班に対しヒントで支援することが、生徒の理解度を高めるために効果的であると考えられる。

(4) 指導計画

単元実施後に行った自己評価①「あなたは授業を終えてイオンへのなりやすさ・ダニエル電池の仕組みについてどのくらい理解しましたか」の結果は次の通りである（表 5）。

表 5：自己評価①の結果

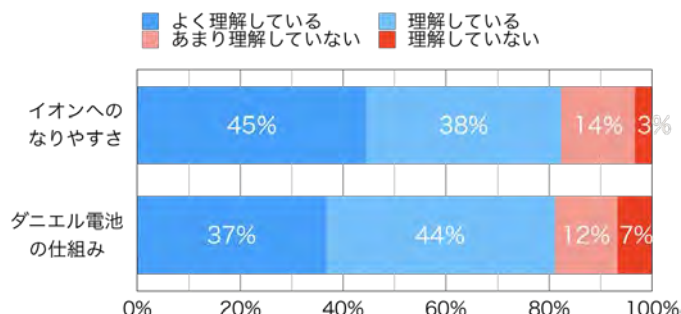


表 5 より、「イオンへのなりやすさ」「ダニエル電池の仕組み」共に、学習内容の理解度について 8 割を超える生徒が肯定的な意見であることがわかりました。

(5) イオンのモデルの活用

授業後に行なった自己評価②「イオンのモデルを使った作業は、目に見えない化学変化を考える際に役に立ちましたか」の結果は次の通りである（表 6）。

表 6：自己評価②の結果

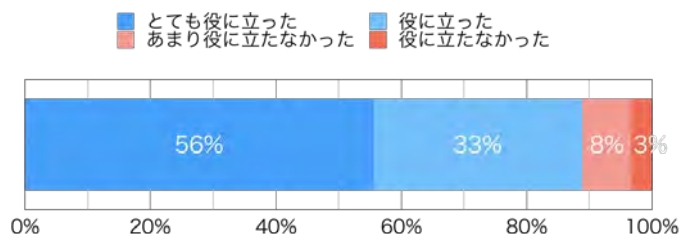


表 6 より、イオンのモデルの使用について 9 割近くの生徒が肯定的な意見であることがわかる。肯定的・否定的な意見は、それぞれ次のような記述があった。

○肯定的な意見

- ・頭の中で想像しながら考えるには限界があるので、整理しながら考えることができて助けになりました。
- ・電子の動きとかがすごくわかりやすくて良い。
- ・自分の手でイオンのモデルを動かして確かめることができたこと。
- ・銅を硝酸銀水溶液に入れたときの銀ができた理由が、イオンのモデルを使って自分で導くことができたから。とてもわかりやすかったから。
- ・目に見えない小さなところですごいことが起っていると知ったから。

○否定的な意見

- ・電子の移動が少し難しかった。
- ・モデルがなくても理解していた。
- ・あまり理解度は変わらなかった。説明やレポートを書くだけで大丈夫。

肯定的な意見には、微視的な視点を働かせる際に役に立った、電子の授受を理解する際に役に立った、手を動かして確認できてよかったなどがあった。一方、電子の移動の難しさ、モデルがなくても理解できるなど、否定的な意見もあった。

5 研究の結果

構想した単元の指導計画と開発した教材が、生徒が学習内容を理解するためにどれだけ効果的であったかをまとめる。

単元の実施後に行った自己評価①（表 6）より、多くの生徒が学習内容を理解していることがわかった。このことより、構想した単元の指導計画や開発した教材は、多くの生徒が学習内容を理解するために効果的であることがわかった。さらに、開発したダニエル電池やイオンのモデルは、市販品に比べて安価につくることができるため、構想した単元の指導計画と開発した教材の汎用性は高いと考えられる。

単元実施後に行った自己評価の記述より、実験の現象を説明する際ヒントがないと戸惑ってしまう生徒がいることがわかった。そのため、教師が予めヒントを用意しておき、戸惑っている班や生徒にヒントで支援できるよう準備しておくことが、生徒が学習内容を理解するために効果的であるとわかった。

単元の実施後に行った自己評価②（表 7）より、開発したイオンのモデルを単元を通して使用することで、生徒が微視的な視点を働かせることに効果的であることがわかった。

第 4 時の考察の記述より、電子の授受を理解している生徒は、銅板に銅が析出している様子が観察できなくても銅板における化学変化の記述ができていた。つまり、単元を通して原子とイオン間の電子の授受に着目させることが、電池の基本的な仕組みを理解するために効果的であることがわかった。

第 4 時（ダニエル電池）の考察の記述より、生徒の中には、ダニエル電池の基本的な仕組みを説明す

る際、知識ではなく現象を根拠とする生徒がいることがわかった。つまり、授業時間内で亜鉛板・銅板それぞれが化学変化している様子を観察できることが、生徒が学習内容を理解するためにより効果的であると考えられる。新たな教材の開発、もしくは教師の指導法の工夫が解決の糸口だと考えられる。

本実践では、硫酸イオンや硝酸イオン等の陰イオンを扱わなかった。陰イオンを扱うことで、ダニエル電池の仕組みをより詳しく説明することができるが、ダニエル電池の基本的な仕組みを理解することの障害になることも考えられる。今後、陰イオンの扱いをどうしていくべきか検討していく必要がある。

6 参考文献

- 1) 文部科学省(2018)中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説理科編
- 2) 後藤顕一ら(2017)「中学校学習指導要領の展開」, 明治図書, pp.162-169
- 3) 宮内卓也「金属イオンへのなりやすさとダニエル電池の製作」化学と教育 2019,67 pp.78-79
- 4) 山口晃弘「市販金属テープと素焼き製品を用いたダニエル電池」化学と教育 2019,67 pp.24-25

巻末資料 1：構想した単元の指導計画

次	時	学習内容	工夫点
1	1	銅原子が電子を失って銅イオンになり、銀イオンが電子を受けとって銀原子になることを現象と関連付けて粒子モデルを使用して説明する。 【生徒実験 1】「硝酸銀と銅の反応」	・話し合いにイオンのモデルを用いる。 【グループワーク 1】 ・ヒントで支援する
		第 1 時 グループワークで示すヒント	
		第1段階—疑問をなげかける（最初に示すヒント） 銅線のまわりについたものは何か 溶液が青くなったのはなぜか 化学変化はどのようにして起こったのか  第2段階—現象に着目させる（さらに追加するヒント） 銅線のまわりについたものは銀 銅が溶けた銅イオンが存在する水溶液は青い 金属原子が電子を放出するとイオンになる	
		イオンに関する基礎的な概念を確認する	・粒子モデルを用いた話し合い
	2 ・ 3	金属のイオンへのなりやすさにちがいがあるかを検証する計画を立て、探究的に実験を行う。事象との関連をはかりながら、金属のイオンへのなりやすさのちがいを説明する。 【生徒実験 2】 「金属のイオンへのなりやすさの比較」	・3種類の金属と水溶液。Mg、Zn、Cu とその硫酸塩水溶液。 ・話し合いにイオンのモデルを用いる。 【グループワーク 2】 ・ヒントで支援する
2		第2・3時 グループワークで示すヒント	
		第1段階—疑問をなげかける（最初に示すヒント） 変化がある金属はどれか 変化がある水溶液はどれか イオンになりやすい順番に並べるとどうなるか  第2段階—現象に着目させる（さらに追加するヒント） マグネシウムは泡を出して溶け、銅が析出している 硫酸銅水溶液の青色が薄くなっている 銅は反応しないので、この中ではイオンになりにくい	
		探究的な手法で授業を進める。	
	4	ダニエル電池を製作し、外部の回路に電流が流れることを実験で確かめた。事象との関連をはかりながら、粒子のモデルを用いて両極における変化を電極付近のイオンのふるまいで説明する。 【【生徒実験 3】「ダニエル電池」	・ダニエル電池セパレータがないタイプ。 【グループワーク 3】 ・ヒントで支援する
2		第4時 グループワークで示すヒント	
		第1段階—疑問をなげかける（最初に示すヒント） 電流（電子）はどちらの向きに流れているのか 金属のイオンへのなりやすさに違いはあるのか 電子を放出したのは何か 電子を受け取る相手は何か  第2段階—現象に着目させる（さらに追加するヒント） 接続している機器をよく見てみよう 銅と比較すると、亜鉛の方がイオンになりやすい 亜鉛板がわずかに薄くもろくなっている 銅板にわずかに銅が析出している	
		電池の基本的な仕組みを確認する。	・粒子モデルを用いた話し合い
	5	電池の基本的な仕組みについて振り返る。身の回りの電池について知る。	ダニエル電池以外の電池を紹介する。

巻末資料 2 : 教具の作製方法

セパレータのないダニエル電池

器具：ペトリ皿、100mL ビーカー×2、ミノムシクリップ付導線×2、電子オルゴール

試薬：約 14% 硫酸銅(Ⅱ)水溶液、約 7% 硫酸亜鉛水溶液、銅板 (45×150×1mm)、亜鉛板 (45×150×1mm)、
とろみ剤

方法：

- ① 100mL ビーカーに入った 7% 硫酸亜鉛水溶液 100mL、
14% 硫酸銅水溶液 100mL にとろみ剤 3g を入れ、1 分間
ほどかきまぜる。
- ② ペトリ皿に亜鉛板と銅板を置く。ミノムシクリップでは
さめるよう端を折り曲げ、出しておく。
- ③ 100mL ビーカーで、亜鉛板の上にとろみのついた硫酸亜
鉛水溶液を亜鉛板が覆われるように入れる。
- ④ 100mL ビーカーで、反対の側にとろみのついた硫酸銅水
溶液を銅板が覆われるように入れる。
- ⑤ 折り曲げた亜鉛板と銅板にミノムシクリップ付導線を取
り付け、電子オルゴールとつなぐ。
- ⑥ 銅線を硫酸銅水溶液につけると電流が取り出せる。銅線
を硫酸銅水溶液にから外すと、電流が取り出せなくな
る。
- ⑦ 実験後、硫酸銅水溶液、硫酸亜鉛水溶液はそれぞれ回収
する。

教材の工夫点

- 容器を小型化するーペトリ皿を用いる。
ポリスチレン角形ケースでも可。
- 実験を個別化するー銅板や亜鉛板を用
い、グループ実験をしやすくする。
- セパレータを不要にするー市販の食品用
「とろみ剤」を用い、硫酸亜鉛水溶液と
硫酸銅水溶液をゲル化する（ケチャップ
程度の粘り）。入れて、かき混ぜるだけ
でゲル化でき、透明度も高い。

指導計画の工夫点

- 微視的な見方を働かせるーモデルを用い
て話し合いをさせ、得られた結論を発表
させる。
- 支援を段階的にするーあらかじめ用意し
た「ヒント」を、グループの話し合いの
状況に応じて提示する。

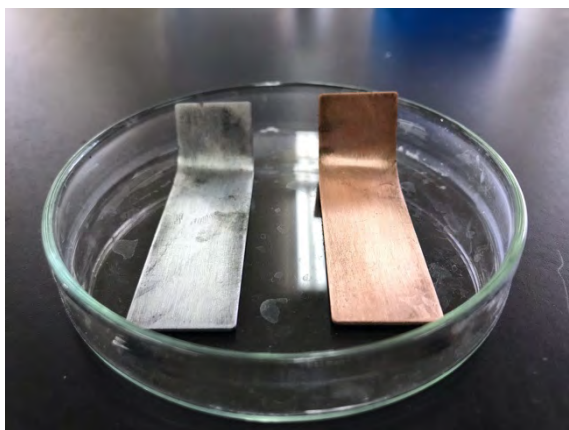


図 12 : ②の様子

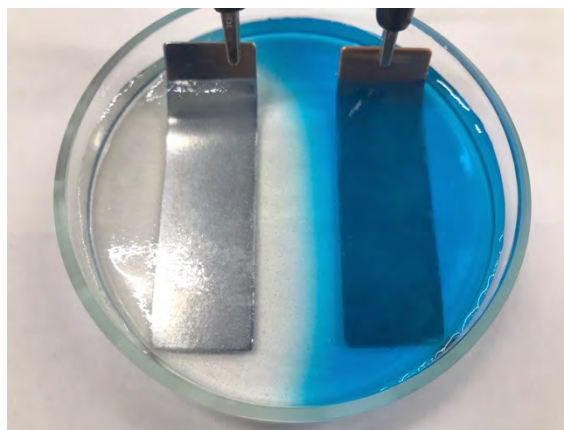


図 13 : ③④の様子

イオンのモデル

材料：厚紙、マジック、クラフトパンチ本体^(A)、替刃セット^(B) ^(C) ^(D)

※(A)メガパンチエイド CP-A。 (B)～(D)の替刃セットとともに使用する。2,160 円。

(B) サークル(φ45mm)

CN45。1,782 円。

(C) スロットガイド

CP-AG。540 円。

(D) 5/8 サークル

CP-1N。594 円。

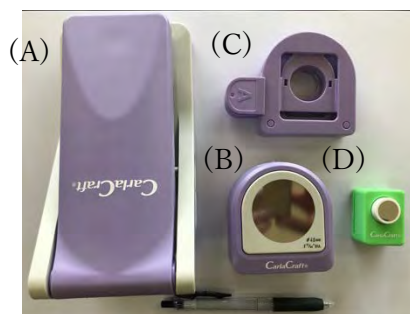


図 14：材料

方法：

- ① (A)～(D)を使用して、円形に切り取った厚紙を多数準備する。
- ② ①を班毎に配り、大きい円には元素記号を、小さい円には「ー」を書く。
- ③ 陽イオンとなるモデルは、「+」の記号を書き加える。
陰イオンとなるモデルは、「ー」の記号は書き加えない。
- ④ イオンのモデルと A 3 のワークシートを配り、話し合い活動をする。

教材の工夫点

- 製作時間の短縮—クラフトパンチを使用することで、短時間で多量の粒子モデル作りを可能にする。
- 製作費用の削減—市販されている同様の粒子モデルよりも安い費用での製作を可能にする。
- 電子の切り離しができる—生徒が考察の場面で電子の授受に着目することを可能にする。
- 作業を個別化する—多量に製作できるため、班毎にイオンのモデルを配布し、グループでの話し合い活動で使用することを可能にする。

指導方法の工夫点

- 微視的な見方を働かせる—単元を通して全ての実験で同じ粒子モデルを使った話し合い活動をさせる。



図 15：クラフトパンチで粒子モデルを製作している様子

巻末資料 3：実験の準備・方法

生徒実験 1「硝酸銀水溶液と銅の反応」

器具：試験管 1 本、試験管立て、糸、つま楊枝、セロハンテープ

試薬：2 % 硝酸銀水溶液、銅線 10 cm 程度 (20 芯程度を束ねたもの)

方法：

- ① 20 芯の導線の被覆 (塩化ビニル) をはがし、上部をねじって固定し、図 1 のようにほうきのような形状にする。
- ② 2 % 硝酸銀水溶液 10 mL を試験管に入れる。
- ③ ほうきの形状にした上部のねじった部分を糸で結び、銅線全体が硝酸銀水溶液に浸るようにする。位置がきまったらセロハンテープを用いてつまようじに糸を貼り付け、図 2 のように固定する。銅線のように、銅線の表面のようす、水溶液の色に注目して試験管内のようすを観察する。



図 16：銅線の加工

教材の工夫点

- 意外性を高める－これまで学習経験のない水溶液から金属が出現する実験を導入にする。
- 実験を個別化する－使用する金属や水溶液を少量ずつにし、グループ実験をしやすいとする。

指導計画の工夫点

- 微視的な見方を働かせる－モデルを用いて話し合いをさせ、得られた結論を発表させる。
- 支援を段階的にする－あらかじめ用意した「ヒント」を、グループの話し合いの状況に応じて提示する。

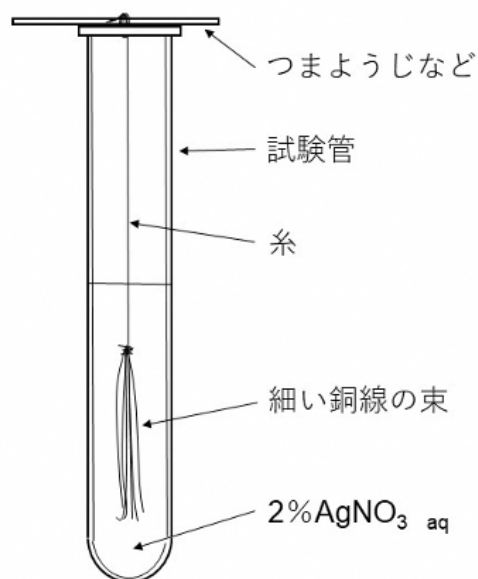


図 17：実験 1 のようす

生徒実験 2「イオンへのなりやすさの比較」

器具：マイクロプレート、ピンセット（プラスチック製）、白色の台紙

試薬：銅片、亜鉛片、マグネシウム片、5%硫酸銅（Ⅱ）水溶液、5%硫酸亜鉛水溶液、5%硫酸マグネシウム水溶液

※水溶液は点眼瓶に入れておくと、簡単に操作を行うことができる。

方法：

- ① 図 3 のように、白い台紙の上にマイクロプレートを置き、どのウェルにどの金属片とどの金属イオンを含む水溶液を入れるかを決め、台紙に金属と水溶液の名称を書く。その後、当該の位置に金属片を入れ、金属片が浸る程度の水溶液を入れる。
- ② それぞれの金属と水溶液のようすを記録する。

教材の工夫点

- 容器を小型化する－マイクロプレートを用いる。また、一覧性を高め、比較しやすくしている。
- 実験を個別化する－使用する金属や水溶液を少量ずつにし、グループ実験をしやすくする。

指導法の工夫点

- 検証計画の立案を図る－イオンへのなりやすさを「見える化」しやすいように、一度に 3 種類の金属と水溶液を組み合わせた 6 種類の実験を行わせる。
- 微視的な見方を働かせる－モデルを用いて話し合いをさせ、得られた結論を発表させる。
- 支援を段階的にする－あらかじめ用意した「ヒント」を、グループの話し合いの状況に応じて提示する。

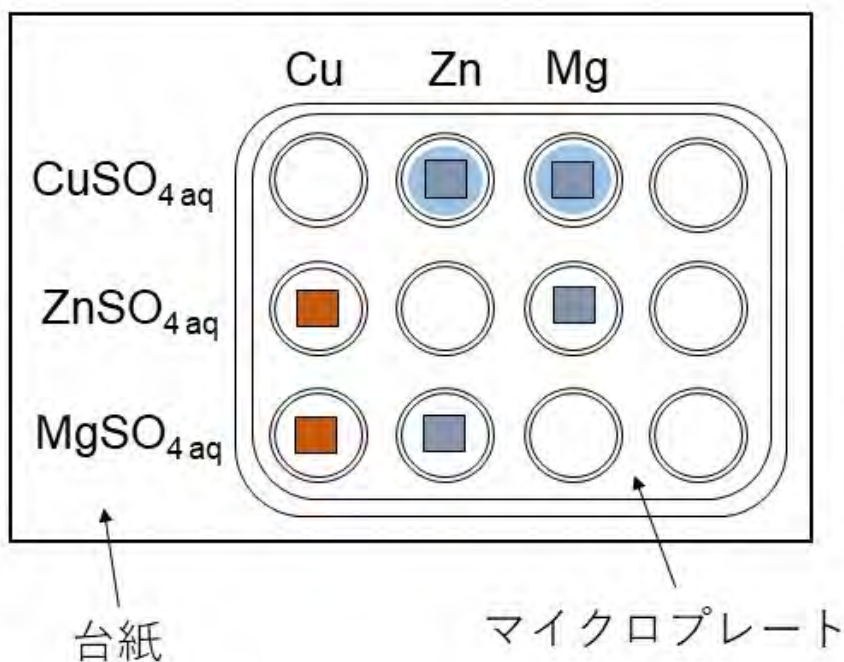


図 18：実験 2 の様子

生徒実験 3「ダニエル電池」

巻末資料 2：教具の作製方法 セパレータのないダニエル電池 参照。

理 科 学 習 指 導 案

日 時	平成30年10月23日（火）
対 象	第3学年
学校名	多摩市立聖ヶ丘中学校
授業者	教諭 佐久間直也
会 場	2階第一理科室

1 単元名 化学変化とイオン

（新版 理科の世界3 大日本図書）

2 単元の目標

化学変化についての観察・実験を通して、金属のイオンへのなりやすさや化学電池の電極付近の反応について理解する。さらに金属のイオンへのなりやすさや化学電池の電極付近の反応について、イオンのモデルを踏まえて考えることができる力を養う。

3 指導観

（1）この単元の扱いについて

本単元は、「粒子」のテーマの元に配置される3学年の化学分野の題材であり、中学校で扱う粒子概念の中で最も微視的な視点を扱う単元である。小学校において、燃焼の仕組みや金属を変化させる水溶液について学習している。2学年では、原子・分子、化学変化について学習している。3学年では、それらの内容をさらに深めるとともに、専門的な学習を踏まえて、化学変化についての理解が深まるような指導を行っていく。また、現象から離れ、イオンのモデルという、微視的な視点に切り替えを行う抽象的な思考が必要な活動を行うため、よりスモールステップを意識し、段階を踏んだ学習をしていく。

（2）生徒の実態について

（省略）

（3）教材の活用について（教材観）

中学校理科の化学分野では、「粒子」をテーマにまとめられた構成が取られている。大きく分けると1学年で物質や水溶液、状態変化についての学習、2学年で物質の成り立や化学変化、化学変化と物質の質量についての学習、3学年で水溶液とイオンや化学変化と電池についての学習を行う。

新学習指導要領では、3学年でイオンへのなりやすさについて学習することとなり、また化学電池で扱う電池がボルタ電池からダニエル電池に変わった。中学校理科で培っている粒子概念を踏まえ、イオンのモデルと関連付けて理解させることを重視し、移行後の指導も見据えた授業展開を検討していく。

4 本単元で働かせる理科の見方・考え方

（1）見方

化学分野の単元においては、質的・実体的な視点をもっているかを意識することが大切である。実験を行う際に、物を構成する要素について意識し、目には見えないがそこに存在していると捉える視点をもつことができるような指導を行う。実験を行い得られた結果を踏まえて考察することが重要なことは言うまでもなく、なぜそのような結果が得られたのか、質的・実体的な視点をもたせて考えさせたい。

(2) 考え方

理科の学習における考え方は、思考の枠組みと捉えることができる。本単元の場合、粒子概念を踏まえた上で実験の結果を考察する場面が多くみられる。イオンのモデルを使って考えることで、様々な現象を説明することができることに気付かせたい。また、イオンのモデルと実際の現象を関係付けていく経験をすることで、これからの学習において現象を微視的な考え方を踏まえて捉えることができるようになると考えられる。

5 本単元で育成する資質・能力

(1) 知識・理解

- ・原子とイオン間で電子の授受が行われることに気づく力。
- ・金属イオンへのなりやすさが金属によって異なることに気付く力。
- ・科学的に探究するために必要な観察、実験などにかんする基本的な技能を身につける力。
- ・電池の仕組みについて、イオンのモデルと結び付けることができる力。

(2) 思考力・判断力・表現力

- ・硝酸銀と銅の反応を観察し、原子とイオン間で電子の授受が行われることを根拠をもって説明し、まとめることができる力。
- ・金属の種類によってイオンへのなりやすさが異なることを調べる実験を行い、イオンへのなりやすさについて考え、まとめることができる力。
- ・ダニエル電池において、電極付近における変化をイオンのモデルを踏まえて考えることができる力。

(3) 学びに向かう人間性

- ・粒子概念を踏まえることで、目に見えない現象を明らかにすることができることに気付く力。
- ・モデルを使って考えることで、目に見えない現象と実際の現象を結び付けやすくすることができることに気付く力。

6 本単元の評価基準

知識・技能	思考力・判断力・表現力	主体的に学習に取り組む態度
① 原子とイオン間で電子の授受が行われることを説明できる。	① 実験の結果をもとに、原子とイオン間で電子の授受が行われることについてまとめることができる。	① 目に見えない現象に興味をもち、粒子概念を踏まえて考えようとしている。
② 金属のイオンへのなりやすさが異なることを説明できる。	② 実験の結果をもとに、イオンへのなりやすさについてまとめることができる。	② イオンのモデルを使うことで、目に見えない現象を分かりやすく説明できることに気付くことができる。
③ 実験を正しく行うことができる。		
④ 電極の変化について、イオンのモデルを踏まえて説明できる。	③ 実験の結果をもとに、電極付近における変化をイオンのモデルを踏まえてまとめることができる。	

7 本時（1）

（1）本時の目標

硝酸銀水溶液と銅の反応を通して、金属原子とイオン間の電子の授受によって起こる化学変化についてイオンのモデルを使用して考え、理解する。

（2）本時の展開

時間	○学習内容 ・学習活動	指導上の留意点	評価規準（評価方法）
導入 5分	・イオンの学習内容について振り返る。 ○イオンは+や-の電気を帯びている。 ○原子が電子を放出すると、陽イオンになる。 ○原子が電子を受け取ると、陰イオンになる。 ○塩酸や塩化銅水溶液は、化合物が水溶液中で電離し、陽イオンと陰イオンが存在している。 ○塩化銅や硫酸銅など、銅イオンが存在する水溶液の色は青色である。 ・硝酸銀水溶液を紹介する。 ○硝酸銀の化学式は AgNO_3 である。 ○水溶液中で硝酸銀は Ag^+（銀イオン）と NO_3^-（硝酸イオン）に電離している。 ・本時の課題①を確認する。	・前時の内容を忘れている生徒のために、どのような実験をしたのか、その内容から振り返る。 ・生徒の言葉で内容を振り返ることができるよう、生徒に発言を活かしながら振り返る。	
硝酸銀水溶液に銅を入れたときに起こる現象を観察しよう			
展開 1 15分	・試験管に入った硝酸銀水溶液と銅線など必要な道具を教卓からとり、班毎に硝酸銀水溶液と銅の反応を観察する。 ○無色透明の硝酸銀水溶液に、銅線を入れる。 ○銅線が黒くなる。 ○銅線に白いものが付着する。 ○無色透明の水溶液が水色になっている。 ○銅線に付着しているものが、銀色の金属樹である。 ○水溶液の色が青色に変色した。	・硝酸銀水溶液は塩化物イオンと反応すると塩化銀を生成し白濁してしまうため、調整する際は水道水ではなく精製水を使用する。 ・硝酸銀水溶液はタンパク質と反応して黒変する性質があるため、生徒の手などに付着することがないように指導する。 ・金属塩の水溶液については、取扱いを注意する必要があるため、事前に教師が準備する。	主体的に学習に取り組む態度—①（行動観察）

	・実験の現象を学級で確認する。 ○はじめ無色透明だった硝酸銀水溶液が青色に変色した。 ○銅線に、銀色の金属樹が付着した。 ・本時の課題②を確認する。	・実験後、金属塩の水溶液を流さないように指導する。	
	どのようにして銅線に金属樹が付着し硝酸銀水溶液が青く変色したのか		
展開 2 20分	・どのようにして観察した硝酸銀と銅の反応が起こったのかを、イオンのモデルを使って班で考える。 ○無色透明だった硝酸銀水溶液が青く変色したのは、銅イオンが存在するから。 ○銅が電子を放出して銅イオンになった。 ○放出した電子はどこに行くのか。 ○銅線のまわりに付着した銀色の金属樹は銀なのか。 ○水溶液中に存在する銀イオンが電子を受け取ると銀になる。 ○銅が電子を放出して銅イオンになり、銀イオンがその電子を受け取り銀になる。 ○銅と銀イオンの間で電子の授受が行われることで、化学変化が起こった。 ・実験の結果とイオンのモデルを使った説明を基に、硝酸銀水溶液と銅の反応が起こった理由を考察としてワークシートに記述する。 ・探究の過程を振り返りながら、課題と考察が対応しているか、根拠をもって説明しているかという点に注意を払いながらレポートを完成させる。	・目に見えない抽象的な現象を、可視化してより具体的な現象にするためにイオンのモデルを使って考えさせる。 ・どのように考えればいいのかわからない生徒のために、前時までの学習内容を活用して考えるよう指示する。 ・話し合いが進まない班のために、教師があらかじめヒントを用意しておきそのヒントで支援する。 ・班で考えがまとまり、班員全員が理解できた班は教師を呼び、チェックを受けてから個人の考察に入る。 ・考えがまとまらない班には、実験結果と既習事項に関する助言を行う。 ・課題と結論が対応しているか、実験の現象とイオンのモデルを使った作業を根拠として示しながら、電子の授受に着目して結論を導いているかを評価する。	主体的に学習に取り組む態度—②（行動観察） 知識・技能—①（ワークシート） 思考力・判断力・表現力—①（ワークシート）
まとめ	・実験の結果を基に、硝酸銀水溶	・すべての班が実験結果をま	

10分	液と銅の反応が起こった理由についてまとめる。 ○銅原子が電子を放出して銅イオンになった。その放出された電子を銀イオンが受け取り、銀原子になった。 ○銅イオンが生成した根拠は、無色だった硝酸銀水溶液が青く変色したこと。銀が生成した根拠は、銅線のまわりに銀色銀金属樹が付着したこと。 ○原子とイオン間で電子の授受が行われることで、今回の実験のような化学変化が起こった。 ・結果が異なったり、結論が異なったりした場合はその主張を振り返り、妥当性を検討する。 ・本時の授業を振り返りをする。	とめたことを確認してから行う。 ・実験の結果の妥当性を高めるために、教師自身で行った実験の結果を掲示しながら振り返りを行う。 ・時間が許せば、探究の過程を振り返りながら再実験等を行う。	
-----	---	---	--

(3) 板書計画

どのようにして銅線に金属樹が付着し硝酸銀水溶液が青く変色したのか		
○既習事項 ・イオンが電気を帯びている。 ・原子が電子を放出すると陽イオンになる。 ・原子が電子を受け取ると陰イオンになる。 ・塩化銅や硫酸銅は水溶液中で電離する。 ・銅イオンが存在する水溶液は青色になる。	○現象の確認 ・銅線に銀色の金属樹が付着した。 ・水溶液が青く変色した。 ○グループワーク イオンのモデルを使って考えてみよう！！	○授業の流れ ・現象の観察（班） ・現象の確認（学級） ・考察（班） （イオンのモデルを使う） ・考察（個人） ・まとめ
○現象の観察 硝酸銀水溶液に銅線を入れたとき どのような反応が起こるのか観察する。		

8 本時（2）

（1）本時の目標

金属塩の水溶液に金属片を入れる実験を通して、金属によってイオンへのなりやすさが異なることを見いだし理解する。

（2）本時の展開

時間	○学習内容 ・学習活動	指導上の留意点	評価規準（評価方法）
導入 10分	・前時（硝酸銀水溶液に銅線を入れた実験）の内容を振り返る。 ○銅線に銀が付着した。 ○無色透明だった硝酸銀水溶液が、青色に変色した。 ○水溶液中で銅イオンは青色になるから、銅がイオンになったことが分かる。 ○水溶液中でイオンだった銀が固体になり、固体だった銅がイオンになった。 ○銅がイオンになるために放出した電子を銀イオンが受け取った。 ・他の金属でも、イオンへのなりやすさが違うのかどうか考える。 ・本時の課題を確認する。	・前時の内容を忘れている生徒のために、どのような実験をしたのか、その内容から振り返る。 ・生徒の言葉で内容を振り返ることができるよう、生徒のレポートを使用しながら振り返る。 ・生徒が意欲的に授業に臨むために、生徒との対話の中で課題を提示する。 ・検証可能な金属の組み合わせを提示する。	
	銅と亜鉛、マグネシウムでは、どの金属がイオンになりやすいか		
展開1 15分	・イオンへのなりやすさを判断する実験を個人で計画する。 ・計画の内容を班内で共有し、より妥当な計画を検討した後、班の実験計画を作成し、教師に相談する。 ○銅と亜鉛のイオンのなりやすさは、硫酸銅と亜鉛、硫酸亜鉛と銅で実験を行い、比較すればいい。 ○マグネシウムと銅のイオンへのなりやすさは、硫酸マグネシウムと銅、硫酸銅とマグネシウムで実験を行い、比較すればいい。 ○マグネシウムと亜鉛のイオンへのなり	・実験の計画の立て方がわからない生徒のために、前時に行った実験方法を黒板に書く。	主体的に学習に取り組む態度—①（行動観察）

	ったりした場合はその主張を振り返り、妥当性を検討する。 ・ 本時の授業を振り返りをする。	を振り返りながら再実験等を行う。	
--	--	-------------------------	--

(3) 板書計画

銅、マグネシウム、亜鉛は、どの金属がイオンになりやすいか

○既習事項

銅 (Cu) は、銀 (Ag) は、
銅がイオンになった。

金属と、異なる金属のイオン
が入った水溶液で実験を行う
ことで、イオンへのなりやすさ
を調べることができる。

○使っているもの

銅 (Cu)
マグネシウム (Mg)
亜鉛 (Zn)
硫酸銅水溶液 (Cu^{2+})
硫酸亜鉛水溶液 (Zn^{2+})
硫酸マグネシウム水溶液 (Mg^{2+})

○授業の流れ

- ・ 実験の計画 (個人)
- ・ (班)
- ・ 計画のチェック
- ・ 実験
- ・ 考察
- (イオンになりやすさを判断する)
- ・ まとめ

9 本時（3）

（1）本時の目標

ダニエル電池を製作し、電極に接続した外部の回路に電流が流れることを見だし、電極における変化についてイオンのモデルを使用して考え、理解する。

（2）本時の展開

時間	○学習内容 ・ 学習活動	指導上の留意点	評価規準（評価方法）
導入 10分	・ 前時（銅、マグネシウム、亜鉛のイオンへのなりやすさ）の内容を振り返る。 ○イオンへのなりやすさ、銅<亜鉛<マグネシウムだった。 ○原子間で電子の授受が行われることで、イオンのなりやすさを比較することができた。 ・ 電子の動きによって起こる現象を確認する。 ○電子の授受によって原子がイオンになり、イオンが原子になる。 ○電流の向きと反対向きが、電子の流れる向きである。 ・ 本時の課題①を確認する。	・ 前時の内容を忘れていた生徒のために、どのような実験をしたのか、その内容から振り返る。 ・ 生徒の言葉で内容を振り返ることができるよう、生徒のレポートを使用しながら振り返る。 ・ 生徒が意欲的に授業に臨むために、生徒との対話の中で課題を掲示する。	
	2種類の金属（銅と亜鉛）を使って、電池を製作しよう。		
展開1 15分	・ 銅板と亜鉛板を電極とした実用的な電池（ダニエル電池）があることを確認する。 ・ 銅板と亜鉛版、硫酸銅水溶液と硫酸亜鉛水溶液を教卓からとり、班毎に簡易ダニエル電池の製作を行う。 ○硫酸銅と銅版を接触させる。 ○硫酸亜鉛と亜鉛版を接触させる。 ○外部に回路を接続すると、電気が流れていることが確認できる。 ○オルゴールを使うことで、銅版が正極で亜鉛版が負極であることが確認できる。 ・ 本時の課題②を確認する。	・ 生徒が具体的なイメージをもつことができるように、自作したダニエル電池を見せる。 ・ 生徒が簡単にダニエル電池を製作することができるよう、水溶液にとろみ材を使用してジェル状にし、隔膜を必要としないダニエル電池の製作を行う。 ・ 電流の流れる向きが確かめられるように、電流が流れたことを確認する実験器具として電子オルゴールを使用する。	

	ダニエル電池が2種類の金属板によって電流が流れるのはどうしてだろう		
展開2 20分	・ダニエル電池によって電流が流れた理由を、イオンのモデルを使って班で考える。 ○+極は銅板で、一極は亜鉛版だった。 ○電子の流れる向きは、亜鉛版から銅版である。 ○銅よりも亜鉛の方がイオンになりやすい。 ○亜鉛がイオンになり、その際に放出される電子がある。 ○放出された電子が外部の回路を通って銅板に流れた。 ○電子の流れる向きと、実験で確かめた電流の向きが一致する。 ○負極で亜鉛が電子を放出し亜鉛イオンになり、正極で銅イオンが電子を受け取り銅になることによって、電流が流れる。 ・実験の結果とイオンのモデルを使った説明を基に、ダニエル電池に電流が流れる理由を考察としてワークシートに記述する。 ・探究の過程を振り返りながら、課題と考察が対応しているか、根拠をもって説明しているかという点に注意を払いながらレポートを完成させる。	・目に見えない抽象的な現象を、可視化してより具体的な現象にするためにイオンのモデルを使って考えさせる。 ・どのように考えればいいかわからない生徒のために、前時までの学習内容を活用して考えるよう指示する。 ・班で考えがまとまり、班員全員が理解できた班は教師を呼び、チェックを受けてから個人の考察に入る。 ・考えがまとまらない班には、実験結果と既習事項に関する助言を行う。 ・電子の流れる向きと電極付近の化学変化を実験結果によってどのように確かめることができるのか考えさせ、助言する。	主体的に学習に取り組む態度—①②（行動観察） 知識・技能—④（ワークシート） 思考力・判断力・表現力—③（ワークシート）
まとめ 5分	・実験の結果とイオンのモデルを使った説明をもとに、ダニエル電池に電流が流れる理由をまとめる。 ○電子オルゴールを使用した実験結果から、電子の流れる向きは亜鉛板から銅板だった。 ○前時に行った実験より、銅よりも亜鉛	・学級全員がダニエル電池に電流が流れる理由をまとめることができたことを確認してから行う。 ・実験の結果の妥当性を高めるために、教師自身で行った実験の結果を掲示しながら振り返りを行う。	

	の方がイオンになりやすい。 ○亜鉛が亜鉛イオンになり、その際に放出された電子が外部の回路を通して銅板に向かう。 ○銅イオンが電子を受け取り銅になる。 ○負極で亜鉛が電子を放出し亜鉛イオンになり、正極で銅イオンが電子を受け取り銅になることによって、電流が流れる。 ○イオンのモデルで確かめた電子の流れる向きと、電子オルゴールで確かめた電子の流れる向きは同じ。 ○負極で亜鉛板が溶けていることから、亜鉛が亜鉛イオンになったといえることができる。 ・結果が異なったり、結論が異なったりした場合はその主張を振り返り、妥当性を検討する。 ・本時の授業を振り返りをする。	・時間が許せば、探究の過程を振り返りながら再実験等を行う。 ・銅板に銅が付着したことを短時間で観測することができないため、演示実験でダニエル電池の正極を細い銅線に変えて実験を行い確かに正極に銅が付着することを確認させる。	
--	---	--	--

(3) 板書計画

ダニエル電池が2種類の金属板によって電流が流れるのはどうしてだろう

○既習事項

- ・電気分解のイオンモデル
- ・イオンへのなりやすさ

○実験

2種類の金属を使って
ダニエル電池を製作する
→電流が流れた！

○グループワーク

イオンのモデルを使って
考えてみよう！！

【イオンモデルの使い方】

Cu⁺⁺

⊖

⊖

Zn⁺⁺

○授業の流れ

- ・実験（班）
- ・グループワーク
（イオンのモデルを使って）
- ・チェック
- ・考察（個人）
- ・まとめ