中学校　第３学年　理科　「化学変化とイオン」	
対象児童生徒	北上市立和賀東中学校　第３学年　２クラス（68名）
使用ソフト等	Google Classroom、 Google スプレッドシート
端末環境	Chromebook　生徒機１人１台・教師機１台
概要	本単元では、化学変化と電池について、イオンと関連付けて実験結果を分析して解釈し、化学変化における規則性や関係性を見いだして表現することに取り組んだ。 以下の三つの学習活動場面でＩＣＴを活用した。 １　教師が化学変化と電池に関する事象について、画像を拡大提示しながら学級全体で共有することで、生徒が問題を見いだしたり、実験結果を分析したりすることができるようにした。 ２　生徒が端末でイオンのモデルを操作することで、自分の思考を可視化し、学習履歴を記録・保存しながら学習することができるようにした。 ３　生徒が端末で各自の学習履歴を共有することで、化学変化と電池の仕組みをイオンのモデルを用いて表現することができるようにした。

１　ＩＣＴの活用場面

「教育の情報化に関する手引－追補版－」2020年６月　文部科学省

Ａ１　教師による教材の提示

本単元では、主に化学変化と電池について、以下に示す演示実験や事象等の画像資料を提示し、学級全体で共有しながら授業展開することで、事象を質的・実体的に捉えながら問題を見いだしたり、実験結果を分析したりすることができるようにする。第５・６時については、次頁以降に掲載する。

第１時の銅と硝酸銀水溶液の実験（銀樹）では、少しずつ銀色の固体が析出し、無色透明の水溶液が青色透明に変化していく（図１）。この変化の様子を約２時間撮影しておく。授業では、変化の様子をより明確に観察できるようにするために、撮影動画を早送りで再生して提示する。

図１　銀樹

第４時では、金属のイオンへのなりやすさを調べる実験として、３種類の金属と硫酸塩水溶液の反応を調べる実験を行う。実験結果の分析時は、金属の表面の変化と水溶液の色の変化に着目して、結果を比較しながら問題を見いだすことができるようにするために、実験後の反応経過時間が異なる結果（水溶液の青色は、開始２分後より30分後の方が薄い）を並べて示す（図２）。

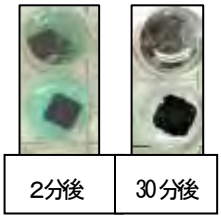

図２　結果

Ｂ３　思考を深める学習

本単元では、実験結果を分析して解釈し、視覚的に捉えることができない化学変化をイオンのモデルと関連付けて微視的に捉えて表現できるようにする。第１・３・４時では金属のイオンへのなりやすさについて、第６時ではダニエル電池の仕組みについて考察する。

図３　端末でモデルを操作

考察の場面では、あらかじめ粒子のモデルやダニエル電池等を図に示したGoogleスプレッドシートを活用する。生徒は、端末のモデルを操作することで、自分の思考を可視化し、学習内容を記録・保存しながら学習できるようにする（図３）。

Ｃ１　発表や話合い

考察の場面では、学習プリントやGoogleスプレッドシートに表現した互いの考えを共有できるようにする。グループ内で考えを共有するときには、個々のGoogleスプレッドシートを見せ合ったり、自分の端末で他人のGoogleスプレッドシートを見たりできるようにする（図４）。その後、生徒の学習状況に応じて、さらに共有が必要な場合は、グループ間又は学級全体で発表する場面を設定する（図５）。この学習を通して、最初に自分で考えた内容を基に、科学的な根拠に基づいて議論したり、電池の仕組みを説明する内容を改善したりすることで、自分の考えをより妥当なものにすることができるようにする。

図4　端末のシートを見せ合う

図5　学級全体で発表

２　単元の指導と評価の計画（全体７時間）					
時	学習活動	指導上の留意点	重点	記録	評価規準・評価方法
１ ・ ２	○身の回りにはどんな電池があるかを調べる。	・どんな電池があるのかを調べ、電池の仕組みに問題を見いだすことで、単元の学習の見通しをもつことができるようにする。			
	○硝酸銀水溶液に銅線を入れると、銅線の周りに銀色の結晶ができる現象を観察する。	・硝酸銀水溶液に銅線を入れたときの観察結果を分析することで、問題を見いだすことができるようにする。	態		【主体的】〔発言・行動観察〕 硝酸銀水溶液と銅線の実験に進んで関わり、その仕組みを科学的に探究しようとする。
	○硝酸銀水溶液と銅の反応を原子、イオン、電子のモデルを用いて説明する。	・反応を、モデルを用いて考えることで、銅の方がイオンになりやすいことを捉えることができるようにする。	知	○	【知・技】〔発言・記述分析〕 硝酸銀水溶液と銅線の反応の仕組みを、粒子のモデルと関連付けて理解する。
３	○金属の種類によってイオンへのなりやすさに違いがあるのかを確かめる方法を考える。	・身の回りの電池の仕組みを確認し、金属の種類によるイオンへのなりやすさの違いを考えることができるようにする。	思		【思・判・表】〔発言・記述分析〕 金属のイオンへのなりやすさの順番を調べる計画を立て、説明することができる。
	○金属のイオンへのなりやすさを調べ、結果をまとめる。	・実験計画を確認することで、正しく安全に実験を行うことができるようにする。	知		【知・技】〔行動観察・記述分析〕 実験計画を基に正しく安全に行うことができる。
４	○実験の結果を確認し、結果から何が分かるかを考察する。	・銅、亜鉛、マグネシウムの金属の組み合わせの実験結果を比較したり、モデルで表したりすることで、金属は種類によってイオンへのなりやすさに違いがあることの判断ができるようにする。	思	○	【思・判・表】〔発言・記述分析〕 結果を基に、金属のイオンへのなりやすさの順番を判断し、説明することができる。
	○金属は種類によってイオンへのなりやすさに違いがあることをまとめる。		態	○	【主体的】〔発言・記述分析〕 金属のイオンへのなりやすさについて、見通しをもったり、振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする。
５ ・ ６ 本時	○実験を観察し、水溶液中の変化について、問題を見いだす。	・電池に電子オルゴールをつないで観察することで、ダニエル電池では、銅が＋極、亜鉛が－極であること、化学変化を利用して電気エネルギーを取り出す装置が電池であることを捉えることができるようにする。	知		【知・技】〔行動観察・記述分析〕 ダニエル電池を製作する実験を正しく安全に行うことができる。
	○ダニエル電池の実験を行い、実験結果から分かったことを考察し、ダニエル電池について説明する。 ○ダニエル電池の内部でどのような変化が起こっているか、実験結果を基に、原子、イオン、電子のモデルを用いて考察する。	・長時間使用したダニエル電池の亜鉛板と銅板を観察することで、電池の＋極および－極では、原子とイオンの間で電子の授受が行われていることを捉えることができるようにする。	思	○	【思・判・表】〔発言・記述分析〕 電池の仕組みを、イオンのモデルを用いて考察し、＋極、－極での変化を中心に説明することができる。
	○モデルを用いて、ダニエル電池の基本的な仕組みを説明する。	・亜鉛板、銅板それぞれの表面での化学変化や電子の移動の向きなどに注目したり、既習内容を想起したりすることで、電池の仕組みを、モデルを用いて表現することができるようにする。	態	○	【主体的】〔記述分析〕 電池の基本的な仕組みについて、見通しをもったり、振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする。
７	○電池と化学変化の関連について、マンガン電池内部の変化から問題を見いだす。 ○身の回りにはさまざまな電池があり、化学変化を利用していることについてまとめる。	・一次電池、二次電池、燃料電池について触れながら、単元の始めに見いだした問題（電池の特徴や仕組みなど）がどのように解決されたかを振り返り、学習の有用性を実感できるようにする。	知		【知・技】〔記述分析〕 身の回りにはさまざまな電池があり、生活の中で使用されていることを理解する。

３　ＩＣＴを活用した授業例（第５、６時）

本時の目標	実験結果を基に、電池の仕組みをイオンのモデルを用いて考察し、＋極、－極での変化を中心に説明することができる。

○指導過程

	学習活動	指導上の留意点 （◇評価　【　】評価の観点　■活用するＩＣＴ機器等）
導入10分	1　既習事項を想起し、実験を観察する。 2　ダニエル電池の模式図と学習課題を把握する。	・銅と亜鉛では亜鉛の方がイオンになりやすいことを粒子モデルと関連付けて想起することを促す。 ■ Chromebook ［Ａ１］ ダニエル電池でモーターが回転する実験を提示し、水溶液中の変化に問題を見いだすことができるようにする。 ・ダニエル電池の模式図を示すことで、導線を移動する電子と、金属イオンへのなりやすさの違いに着目し、電池の仕組みについて考えることができるようにする。
	【学習課題】ダニエル電池の中ではどのような変化が起こっているのだろうか	
展開75分	3　ダニエル電池を製作し、実験する。 4　結果を整理し、考察する。 ・考察１：＋極と－極の金属は何か ・考察２：導線を移動する電子の向きはどうなっているか ・考察３：金属の表面の様子はどうなっているか	・金属板の表面の様子と電子オルゴールのつなぎ方に着目することを促し、実験結果を整理し、考察できるようにする。 ◇ダニエル電池を製作する実験を正しく安全に行うことができる。【知・技】 ・ダニエル電池の模式図を再確認し、実験結果と既習事項を、イオンと関連付けたダニエル電池の内部の変化について、改めて問題を見いだすことができるようにする。 ・電池の仕組みをモデルで表す際の見通しをもつことができるようにするために、考察１～３を確認する。
	5　ダニエル電池を長時間使用したときの亜鉛板と銅板の変化を観察する。 6　結果から分かったことをまとめる。 電流が流れているとき、電池の内部では化学変化が起こっている。	■ Chromebook ［Ａ１］ 電池を長時間使用した後の亜鉛板と銅板の変化を示し、電池の内部の化学変化を捉えることができるようにする。
	7　ダニエル電池の内部の変化について、実験結果と既習事項を、ダニエル電池の模式図を用いてイオンと関連付けながら考察する。 （１）考察１～３を全体で確認する。 （２）自分で考える。 （３）グループで共有する。 （４）グループ間又は学級で共有する。	■ Chromebook ・プロジェクター・スクリーン ［Ｂ３］［Ｃ１］ ・自分の学習履歴を記録及び保存するように促す。 ・グループで学習履歴を共有及びグループ間又は学級全体で、あらかじめ自分で考えた内容を基に、科学的な根拠に基づいて議論したり、電池の仕組みを説明する際に必要な部分を追加したり修正したりしながら、自分の考えをより妥当なものにすることができるように促す。
	8　まとめる。 亜鉛板に生じた電子は導線を通って銅板へ移動しているので、亜鉛板が－極、銅板が＋極となる。－極の亜鉛板では、亜鉛原子が電子を失って、亜鉛イオンになってとけ出す。＋極の銅板では、水溶液中の銅イオンが銅板表面で電子を受け取って銅原子になる。	◇電池の仕組みを、イオンのモデルを用いて考察し、＋極、－極での変化を中心に説明することができる。【思・判・表】 ◇電池の基本的な仕組みについて、見通しをもったり、振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする。【主体的】
終末15分	9　学習を振り返る。 ・「電池の仕組みについて、モデルを用いて説明する学習を通して考えたこと」を視点に学習を振り返る。	・電池の仕組みについて、ダニエル電池の実験結果を基に、デルを用いて考える学習活動の中で、見通しをもったり、り返ったりしていた活動の様子を取りあげる。
	＜学習の振り返り例＞ ダニエル電池の変化について、イオンのモデルを用いて説明できなかった部分があり困ったけど、周りの人の説明を参考にして、最後は自分でモデルを用いながらダニエル電池の仕組みを説明できるようになった。	

４　ＩＣＴを活用した学習活動の様子

【Ａ　一斉学習】　Ａ１　教師による教材の提示（第５、６時）

※丸数字は活動順を示す。

実験中には捉えられない数日後の金属板の変化の様子を撮影した映像を提示する。金属の変化を時間の経過とともに捉えることができるようにするために、以下の①～⑤の順に学習活動を展開した。

＜指導過程の学習活動１・２について＞

① 図６に示す既習事項の考察内容を提示することで、生徒がイオンへのなりやすさについてモデルと関連付けて想起することができるようにした。

② 第３時の金属のイオンへのなりやすさの実験結果を提示し、硫酸亜鉛水溶液と亜鉛、硫酸銅水溶液と銅を実験すると、どんな変化が生じるかを問いかけた。生徒から、「金属原子と水溶液中の金属イオンは同じ金属だから変化しない」という意見が出た。この後、図７に示す水溶液と金属の反応を調べる動画を提示し、学級全体で変化しないことを確認した。

③ 亜鉛と銅、硫酸亜鉛水溶液と硫酸銅水溶液を用いて、亜鉛板と銅板とモーターを接続するとどうなるかを問いかけた後、この変化の動画を提示し、学級全体でモーターが回転することを確認した。

④ 図８に示す電池の模式図を提示し、電池内のセロハンや素焼き板の役割を説明することで、生徒が電池の内部の水溶液・金属・イオン・原子・電子に着目し、電池内部の変化について考えることができるようにした。

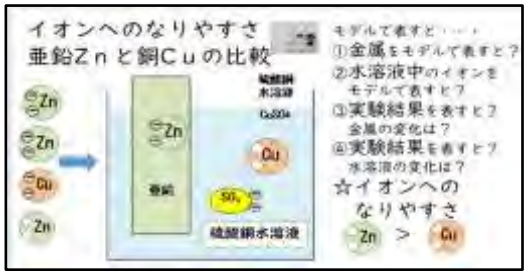

図６　イオンへのなりやすさ

図７　反応を調べる実験動画

図８　電池の模式図

＜指導過程の学習活動５について＞

⑤ ダニエル電池を使用する前と長時間使用した後の金属板の変化を捉えやすくするために、動画で２日後及び図９に示す写真で４日後の変化を提示することで、生徒が電池の内部の化学変化について考えることができるようにした。図10は第６時終了後に生徒が提出した学習シートである。

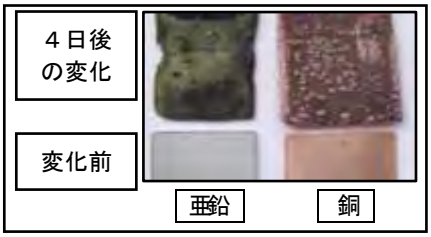

図９　変化の様子

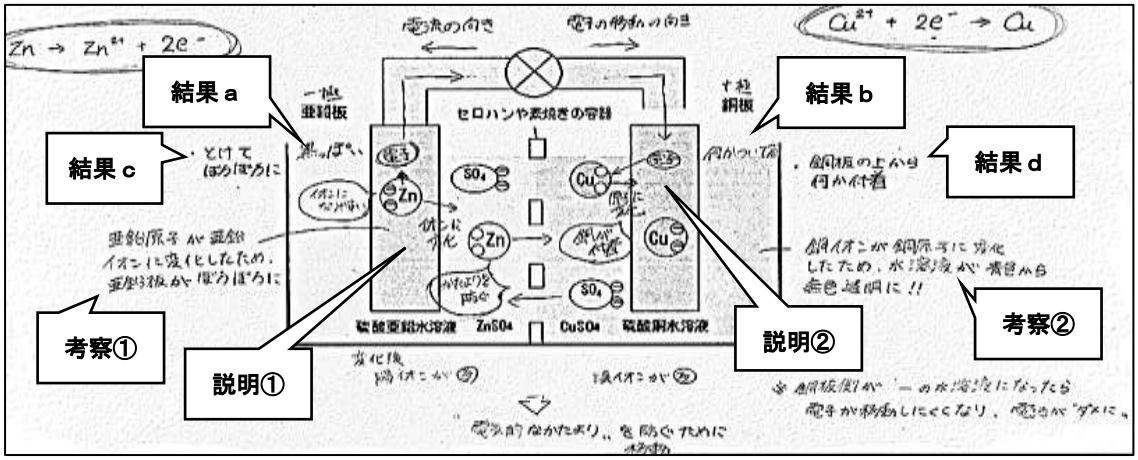

図10　第６時終了後の学習プリント

【B　個別学習】　B３　思考を深める学習（第６時）

＜指導過程の学習活動７について＞

ダニエル電池の内部の変化について、電池の模式図を用いてイオンと関連付けながら説明することができるようにするために、図11に示す学習プリント（以下「プリント」という）と図12に示すGoogleスプレッドシート（以下「シート」という）を使用する。プリントとシートの共通点は、実験で使用した金属と水溶液を背景としていること、相違点はシートでは原子・電子・イオン等のモデルを自由に動かすことができることである。このシートをGoogle Classroomで個別に配付し使用する。

始めに、考察１～３（指導過程の学習活動４を参照）を踏まえて、個人の考察をプリントに記入するように促し、その後にグループ内で共有することを伝えた。また、共有する際は、モデルを用いて可視化しながら説明できるようにするために、モデルを動かし、説明に必要な幾つかの場面づくりをするように促した。生徒は、プリントとシートを用いることで、理科の見方・考え方を働かせ、実験結果と既習事項及びイオンや電子等のモデルと関連付け、考えを可視化しながら学習を進めた。

図11と図12は、個人の考察後に、グループ内での共有が終わった後の記載内容である。プリントとシートの内容を照らし合わせてみると、図中の矢印で示したように、電池内部の化学変化について、実験結果を基にモデルを用いて表現できていることが分かる。

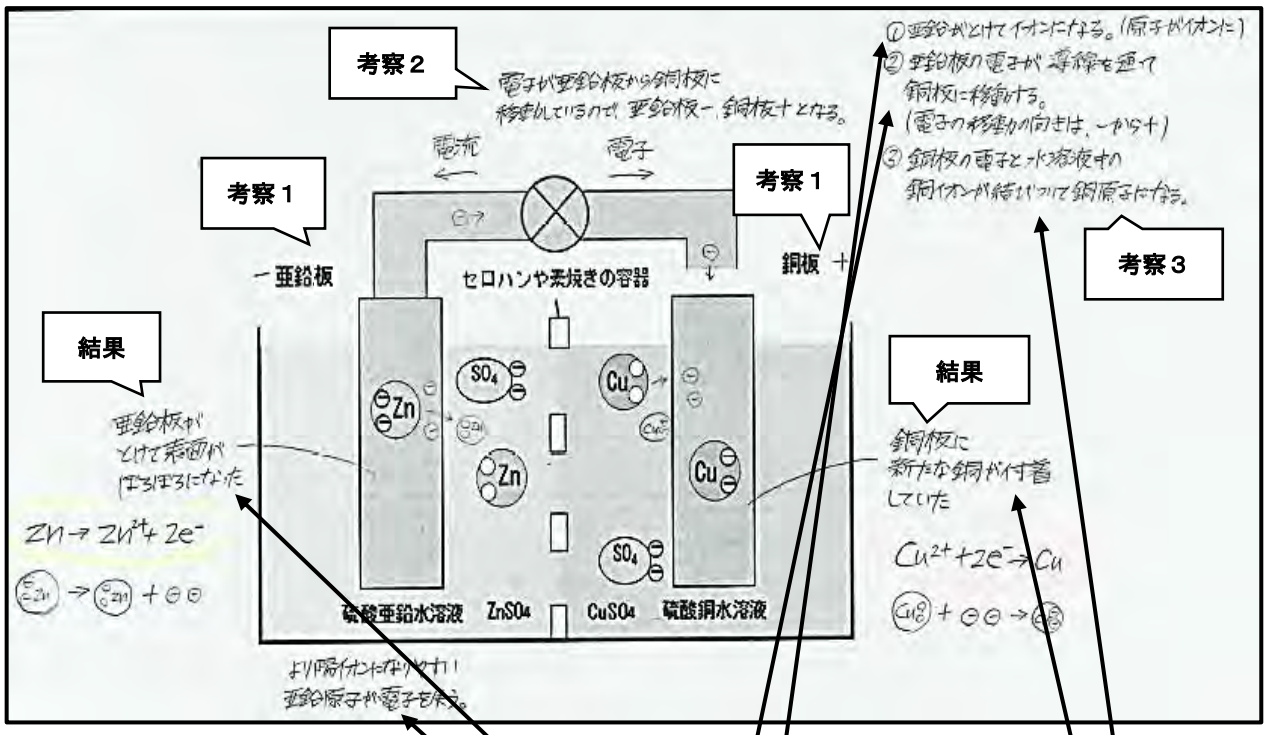

図11　学習プリント

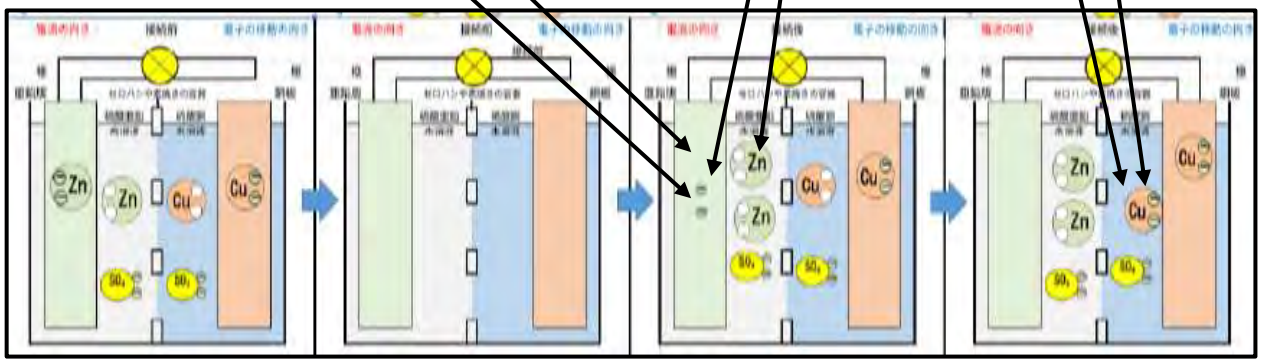

図12　原子・電子・イオン等のモデルを自由に動かすことができるGoogleスプレッドシート

【C　協働学習】　C１　発表や話合い（第６時）

＜指導過程の学習活動７について＞

○考えを共有する方法について

グループ内での考えの共有を、端末画面を用いて図13に示すシートを各グループで見せ合ったり、各自の端末画面で他人のシートを見たりする方法で実施した。

各自の端末画面で他人のシートを見る方法を図13で説明する。このシートは共同編集ができるので、切り替えタブを４人分（A～Dさん）作成する。AさんがBさんのタブをクリックすると、Aさんの端末画面には、Bさんのシートが映り閲覧できようになる。

図 13　シート

下のプロトコルは、シートを用いて電池の仕組みを表現する活動に取り組んでいる３人の様子である（図14）。下の［　］内には生徒の活動を記載する。

［AさんはBさんの端末画面を見ながら、Bさんに説明している。］

Aさん：電子を銅イオンに移す。

［BさんはAさんの説明を受けた後、イオン等のモデルを動かしながら図を作成している。］

Bさん：じゃあ、どっちも、これになる（銅原子を指で示す）。なるほどね。

［このやりとりを、Cさんは自分のPCでBさんのシートを見ながら、Bさんに説明している。］

Cさん：これは、元からあったものじゃないから隣に付ける（銅原子を銅板に付ける）。

図14　電池の仕組みを表現している様子

○個々やグループの実態に応じた生徒への支援について

電池の内部の変化を、実験結果と既習事項を関連付けて考えることができるようにするために、電子の移動の向き、電子の授受、金属のイオンへのなりやすさの違い等を生徒に問うことで既習事項の想起を促した。表１に、支援の一部①～⑥を示す。

表１　支援の一部

支援の一部	生徒の発言	既習時期
①電子オルゴールの実験から＋極は？－極は？	銅板、亜鉛板	第５時 第２学年
②＋極、－極が分かると、電流と電子の向きは？	＋極から－極の方向、電流と逆向き	
③金属板をモデルで表すとき、どのモデルを使う？	銅原子、亜鉛原子	第３時 第４時 第５時
④水溶液中のイオンをどのモデルで表す？	硫酸亜鉛水溶液だから亜鉛イオンと硫酸イオン	
⑤亜鉛の表面の変化は？亜鉛原子がどうなる？	溶けて亜鉛イオンになる	
⑥銅の表面の変化は？どうして？	銅が現れる 水溶液中の銅イオンが銅原子になる	

図15は、前頁の図11・12を記載した生徒の本時の振り返りの内容である。図11・12・15の内容を併せて分析すると、生徒はモデルを用いて自分の考えをまとめ、他の人に説明する活動を通して、電池の仕組みを理解できたことを自覚していると判断できる。

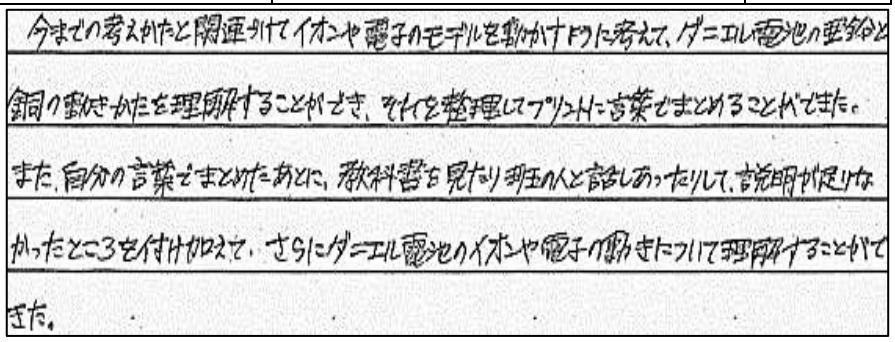
今までの考えかたと関連付けてイオンや電子のモデルを動かすドウに考えて、ダニエル電池の亜鉛と銅の動きかたを理解することができ、それを整理してプリントに言葉でまとめることができた。また、自分の言葉でまとめたあとに、教科書を見たり周りの人と話しあったりして、説明が足りなかったところを付け加えて、さらにダニエル電池のイオンや電子の動きについて理解することができた。

図 15　授業の振り返りの内容

５　ＩＣＴを活用したことによる学習の成果と指導上の留意点

【学習の成果】

１　一斉学習について

実験結果を比較し、問題を見いだすことにつなげることができた

教材を提示し、金属板の変化を捉えやすくしたことで、図10に示すように、２日後の結果（結果ａと結果ｂ）、４日後の（結果ｃと結果ｄ）をそれぞれ比較することができるようになり、さらに電池内部の変化について問題を見いだすことができるようになった。また、考察①、②のように、実験結果をイオンと関連付けて分析し、表現できるようになった。

２　個別学習について

電池内部の変化について、モデルを用いて可視化しながら考察することができた

図11の学習プリントと図12のシートの表現内容を分析すると、電池の内部の変化について、亜鉛と銅のイオンへのなりやすさを質的・実体的な視点で捉え、実験結果と既習事項及びイオンや電子等のモデルと関連付けながら表現することができるようになった。更に図12に示すように、ダニエル電池の仕組みを説明する過程を記録・保存しながら学習を進めることができるようになった。また、図10の説明①、②のように、生徒は矢印を使いながら図示し、プリントで説明する際にモデルを動かしながら考察した内容を表現することができるようになった。

３　協働学習について

各グループ内で学習状況に応じた共有方法で互いの考えを共有し、考察することができた

考察の場面では、各グループが端末画面を見せ合ったり、各自の端末画面で他人のシートを見たりしながら取り組んだ。その後、学級全体での発表を行ったことで、自分の考察内容を振り返ることができた。また、図10～12は、第６時終了後の学習履歴であるが、記入内容を分析すると、電池の仕組みをイオンのモデルを用いて考察し、＋極、－極での変化を中心に説明することができている状況であると言える。

【指導上の留意点】

４　モデルや言語で説明する活動場面での生徒に対する指導の手立てについて

表２は、図11、図12の表現内容を分析した表現類型である。表現類型１～３に当てはまる２割強の生徒の表現内容を更に分析すると、図11には実験結果を確認し記録できているが、考察１～３の内容と図12のモデルと関連付けて表現することに困難を感じていることがわかる。

表２　図11、図12の表現内容を分析した表現類型

表現類型　ダニエル電池の仕組み（第５、６時）　※生徒 68 名		割合
1	金属原子及び水溶液中のイオンのみを表現している。	5.9%
2	１と「亜鉛原子は電子を失って、亜鉛イオンとなること」を表現している。	4.4%
3	２と「亜鉛板に残った電子は導線を通って銅板へ移動すること」を表現している。	11.8%
4	３と「水溶液中の金属イオンは電子を受けとって金属原子となる」を表現している。	77.9%

授業改善を図るために、個別の支援として、「模式図やイオンのモデルの意味を確認する（類型１）」、「＋極に電子を受け取るものと－極に電子を渡すものの存在に気付く（類型２・３）」、「電子の移動する向きを確認する（類型３）」、「金属のイオンへのなりやすさの違いに気付き、その上でどちらがイオンになりやすいかを判断する（類型２～４）」等を各々ができるように、個々の生徒の困難さの実態に応じた取組を大切にする。

※本実践で使用した教材提示データ（モデル、動画等）を提供します。アクセス箇所は以下の通り。岩手県立総合教育センターWebページ　＞　トップメニューの「研究」　＞　教科研究の「理科」内
URL　http://www1.iwate-ed.jp/04kenkyu/104rika.html