

# コロナ禍における到達目標・学習課題方式の授業実践

— オンライン・短縮授業下における「主体的・対話的で深い学び」の実現にむけて —

金子 真也

## 要 約

本実践研究は、新型コロナウイルス感染拡大の影響による完全オンライン授業、普通教室による30分授業、普通教室による45分授業という各段階における中学校理科の授業実践の報告である。中学2年生と3年生の化学変化の授業について、昨年度まで理科室を使用した対面授業で実践してきた到達目標・学習課題方式の授業による指導計画の内容と大きく変えることなく実施する手立てを考察し、教材となる実験の動画をiPadで撮影し、その実験動画と、一斉休校期間中に遠隔授業のために導入された「ロイロノート・スクール<sup>注1)</sup>」や「Zoom」を活用した授業実践に取り組むことにより、遠隔授業や様々な制約のある対面授業における対話的な学びや探求的な学びの実現を目指した。また、本実践の成果はコロナ禍における対応にとどまらず、コロナ禍終息後の学校の授業実践や、GIGAスクール構想実現後の学校の授業実践に応用できる要素や事例が多数含まれていると結論付けた。

**キーワード** 化学変化 オンライン授業 ロイロノート・スクールの活用 探求的な学び

## I はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、2020年度は4、5月の一斉休校、学年別分散登校による対面授業とオンライン授業との併用からの学校再開、夏の一斉登校再開後も、感染防止対策のための、特別教室の使用やグループ活動の制限の中での授業実践が続いた。こうした中、子どもたちの学びを止めないことを最優先にしながらも、その授業の「質」を通常の対面授業と同等レベルにまで保証するためには、乗り越えるべきいくつかの課題があった。1つは、いわゆる講義型の授業ではなく、いかにして「対話的な学び」をつくることができるかということである。もう1つは、理科という教科の特性上、いかにして「探求的な学び」をつくることができるかということである。

## II 探求的な理科授業の構想

### 1 授業の進め方（課題方式の授業）

はじめに、理科室の使用や実験・観察の方法、グル

ープワークなどの活動に制限がなかった時に行っていた私の平常時の授業の進め方と授業観について述べておきたい。私は、子どもたちが教科書の記述や教師の説明から学ぶのではなく、単元を通したストーリー性のある指導計画の下、学習課題に対して予想や仮説を立てながら、それを実験や観察の事実から確かめていくことによって、自然科学の概念や法則を獲得していくことのできる授業の設計と実践を心掛けてきた。その理論と実践は玉田泰太郎の到達目標・学習課題方式の授業<sup>注2)</sup>（以下、課題方式の授業）に学んだものである。課題方式の授業は、おおむね次のように展開される。

#### （1）学習課題（発問）の提示

授業は学習課題（以下、課題）の提示から始める。1つ1つの課題は単独に成り立つものというよりは、単元の学習のストーリーや教材配列を受けて設定されたものである。できるだけ既習の事柄を使って予想を立てることができたり、それらが子どものもつ素朴概念と対立したりするような、「丁度いい難しさ」の発問を心掛ける。

## (2) ノートに予想を書かせる

子どもたちが本時の課題を正確にと把握したら、「まずは1人で」予想を立てて、それをノートに書かせる。予想には、なるべく「そう考えた理由(根拠)」も書かせるようにする。ただし、「見当がつかない」「迷っている・考え中」ということも否定せず、積極的に認めるようにする。迷っている生徒にも、考えたことをできるだけノートに書くように促すようにする。この間、教師は机間指導をしながら個々の子どものノートを見ることにより、誰がどんな考えを持っているのかをおおよそ把握し、この後の予想の発表における指名や、討論の場におけるファシリテートについて、準備をする。

## (3) 予想の人数分布をとる

子どもが予想を立てるのに十分な時間をとったら、課題に対する予想の選択肢等を確認して、学級全体の予想分布をとる。すべての子どもに挙手をさせることにより、子どもにとっては、自分の意見は少数意見なのか多数意見なのか、誰が同じ予想を立てているのかなどを把握することができる場面である。

## (4) それぞれの予想とその根拠を発表させる

予想の人数分布が確認できたら、「見当がつかない・迷っている・考え中」の生徒、少数意見、多数意見の順にノートに書いた予想を発表させる。この順に発表させるのは、子どもが発言しにくくならないようにするためであり、予めルールにしてある。学年が上がるにつれて、発言しながらない生徒が増えたり、挙手が減ったりするが、「ノートに書いてあることを読めばいい」と促せばほとんどの子どもはきちんと発言することができる。また、この場面ではまずは「発表」させるだけにとどめ、質問や反論はすべての立場の予想の発表が終わった後に場面を分けることにしている。

## (5) 予想をもとに討論をさせる

それぞれの予想とその根拠を数人ずつ発表させたら、互いの意見に対して質問や反論や意見、補足を募り、発表させる。また、他の予想を聞いて予想を変更する場合にも、その気づきと合わせて発言をさせて

いる。教師はファシリテーターとして、課題のもつ問題点に子どもたちが集団の力で自然に接近していけるように発言を整理したり、指名によって発言を求めたりする。課題に対する結論をどのようにして確かめたらよいかや、実験の結果から何を確かに行うことができるのかなど、議論が十分に深まったところで討論を打ち切る。

## (6) もう一度ノートに予想を書かせる

意味のある討論が行われていれば、子どもの思考は深まり、変容しているはずである。それらをきちんと整理させるためにも、もう一度ノートに書かせる時間をとる。はじめに「見当がつかない」としていた子どもには、ここでしっかり自分の考えを持てるようにと促している。時間が足りない場合には省略することもある。

## (7) 討論後の予想の人数分布をとる

もう一度予想の人数分布をとり、予想を発表した生徒の気づきや、授業のねらいに極めて接近している生徒に予想を発表させ、実験の前に共有しておく。

## (8) 検証実験をする

生徒実験や演示実験、あるいは観察、それに代わる事実の提示により、どの予想が正しいのかを検証する。実験に必要な時間や材料・道具、危険性などによって、生徒実験と演示実験(教師実験)を適切に使い分けることにしている。

## (9) 実験の結果と確かになったことを書かせる

最後に、実験の結果を受けてノートに結果と確かになったことを書かせる。討論の中で十分に議論が深まってさえいれば、子どもはなぜその実験をしたのかや、実験の結果から何が言えるのかを自分でノートに書くことができるはずである。したがって、教師は特にまとめや解説をしないようにする。

## 2 授業の評価

課題方式の授業において、ノートは教師が書いた黒板の内容を写したのではなく、授業の中で個々の子どもが何を考え、何を確かみとったかを自分の言葉で書き表したのものになっているはずである。つまり、授業中の生徒の発言だけでなく、子どものノー

ト記述が重要な評価の材料となる。そのため、授業の終わりにノートを提出させ、次の授業までに点検し、返却をするようにしていた。

### Ⅲ オンラインで実現する課題方式の授業

#### 1 目的と課題

課題方式の授業は、実験や観察の事実をもとに、子どもたちが集団の力で自然科学の概念や法則を獲得し、積み上げていくことによって自らの自然観を豊かにしていくことのできる授業である。それは、今求められている「主体的で対話的で深い学び」を具体化した1つの理科の授業の姿であり、問題に対して仮説を立て、それを吟味し、実験によって検証していくという探求的な学習の過程を踏んだ「探求的な学び」を具体化した1つの授業の姿であるとも言える。コロナ禍の授業実践においてもまず私が目指したのは、教師による一方的な知識伝達型の授業ではなく、「課題方式の授業の実現」である。しかし、その実現に向けてはいくつもの課題を解決する必要があった。

##### (1) 休校期間中の課題

4月、5月の一斉休校期間中は、本校でも郵送による課題のやり取りしかできなかった。課題方式の授業に限らず、全ての授業において、「遠隔授業」ができる環境の整備は必須条件だった。(本校では、5月末にすべての家庭に対して遠隔授業ができる環境が整った。)

オンデマンド型の授業動画の配信や、Zoomなどによるリアルタイムの双方向型の遠隔授業が考えられたが、それだけでは課題方式の遠隔授業を実現することはできなかった。その最も大きな理由は、机間指導ができないことである。課題方式の授業では、子どもがノートを書いている間の机間指導によって、教師がリアルタイムに個々の子ども思考を把握し、それをもとに授業運営を行う必要があるのである。また、教師が準備した「実験ができない」ということは遠隔授業ではどうしても解決することのできない課

題として残った。

##### (2) 学校再開直後、分散登校中の課題

6月に入り、学年別の分散登校により学校が再開すると、授業実践においてはまた別の問題が生じた。まず、対面授業の環境である。感染拡大防止の観点から特別教室の使用を控えることとなり、生徒実験は実施できない状況が続いた。演示(教師)実験についても、子どもを見える位置に集めることができないので、事実上不可能だった。そして何より、授業時間の問題である。子ども同士の机の距離をある程度確保するために、本校では1学級をさらに2つに分けた少人数での授業の実施が決まった結果、対面での授業をそれまでの2倍実施しなければならなかった。そのため、1枠の授業は30分の短縮授業となったのである。もう1つ困難を要したのは、分散登校のため、それまでのオンライン授業と対面授業とを併用しながら授業を進める必要があったということである。

##### (3) 一斉登校再開後、最後まで残った課題

7月に入り、一斉時差登校の段階に入ると、1学級36人ごとの授業が再開され、45分授業ではあるが、通常の時間割での授業が再開された。しかし、特別教室の使用は、感染対策のために座席や物の共有に制限があり、事実上不可能だった。授業は普通教室で、グループワークや物の共有は行わず、発言するのも座ったまま、前を向いて発言するという制限の中での授業が少なくとも年度末まで続いた。

#### 2 遠隔授業の実施のための3つのツール

本校では、遠隔授業の実施に向けて次の3つのツールが導入された。

##### (1) ロイロノート・スクール

生徒一人ひとりに授業支援クラウドロイロノート・スクール(以下、ロイロノート)のアカウントが発行され、タブレット端末やPC、スマートフォンで使えるようになった。ロイロノートを使うことで、生徒への課題(テキストカード、写真、音声ファイル、動画など)の配信ができるようになった他、オンライン上に提出箱を用意して、提出物の回収も可能に

なった。その他の機能も多数あるが、本実践では主に課題動画の作成と配信、提出物のやり取りを行うのに活用した。

## (2) Zoom

教員研修の中でセキュリティの設定などについてルールづくりを行った上で、リアルタイムの遠隔授業の実施には、Web 会議サービスアプリ Zoom を用いた。グループワーク等における「ブレイクアウトルーム」機能の活用も検討されたが、本実践では用いなかった。

## (3) You Tube

オンデマンド型の動画課題などは、本校で管理している YouTube アカウント (TakeTube) で、限定公開にアップロードする形がとられた。動画のリンクをロイロノートの「Web カード」を使って配信することができる。

## 3 実験を撮影して動画に

遠隔授業の実施にあたり、これまで演示実験や教師実験で行っていた実験の動画や写真を理科室で iPad や iPhone を使って自分で撮影することにした。対面授業では書画カメラ等を使って、演示実験をリアルタイムで大きな画面に映すことも考えられるが、普通教室の教卓の大きさ、休み時間 (10 分) の間の準備や片づけ、安全面を考慮すれば、事前に撮影した動画を見せる方が断然効率的である。また、子どもはロイロノートや YouTube で実験の様子を帰宅してから繰り返し見ることができる。

理科の授業において、自分の手で、五感を働かせながら実際に実験をして確かめることは非常に重要なことであると認識しているつもりだが、この状況下でそれを諦め、動画に替えるというのは苦渋の決断だった。

### (1) ロイロノートによる授業動画編集

パワーポイント (以下、PP) を使って、スライドを自動再生させる動画を作成することもできるが、ロイロノートを使えば、写真や動画に手書きの文字の書き込みを加えたり、ナレーションを吹き込んだりすることが容易にできる。複数のカード (PP というス

ライド) をつなげた状態で再生ボタンを押せば、自動的に連続再生される仕組みになっている。

### (2) YouTube (限定公開) の併用

ところが、iPad では比較的再生が上手くいくものの、他のタブレット端末や PC では再生が上手くいかなかったり、カードのつなぎ目でロードに時間がかかったりするなどの不具合が確認された。そこで、問題なく一連の動画を再生することのできる iPad と、その画面収録機能を使って、1 つの動画ファイルにしたものを、本校で管理している YouTube アカウント (TakeTube) に、限定公開の設定でアップロードし、その動画へのリンクをロイロノートのウェブカードでも配信することにした。

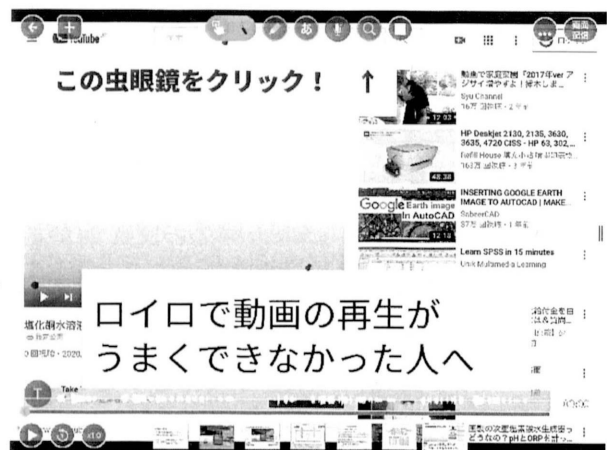


図1 ロイロノートの Web カード

### (3) iPad の画面収録機能の応用

実験の様子を動画で見せることを想定すれば、子どもに着目させたい視点を意識しながら撮影する必要がある。授業者が実験の視点を設定し、すべての視聴者 (学習者) にねらいとする部分を確実に見せることができることは実験動画のメリットとなり得るが、視聴者 (学習者) が視点を自由に選ぶことができないということは、実験動画 (VR を除く) のデメリットでもある。そのことを明確に意識することができたのが、酸化銀や炭酸水素ナトリウムの分解実験の映像の際である。実際の実験の場面では、私たちは、実験装置の全体像や、小さな試験管の中の様子、発生した気体を捕集している水槽の中の様子など、視点を自由に変えながらそれらの様子 (映像) の関係性を捉えている。例えば、「試験管の中の物質にみ

られる変化が終わると同時に、気体の発生が止まる」ということは捉えさせたい大切な事実である。視点を変えながら撮影してくれるカメラマンを手配することもできるはずがなく、あくまで「自撮り」で実験動画教材の撮影を続けるのにはもう一工夫が必要だった。

そこで iPad を使って一工夫入れることにした。まず、1つの実験の映像を iPad と iPhone など、複数の端末で異なる視点で撮影する。iPhone 同士と iPad 同士、iPhone と iPad の間では「AirDrop」機能で無線で簡単に写真や動画のデータ転送ができる。次に、iPad でパワーポイントを開き、1つのスライド上に 2 つの動画を貼り付けて、タイミングを調整しながら再生ボタンを押すことで、2 つの視点からの動画を同じ画面上に同時に再生することができる。それを iPad の画面収録機能を使って 1 つの動画ファイルにしてしまえば、特別な動画編集ソフトなどを使わずとも、例えば「引き」の映像と「アップ」の映像を同時に見せられる動画を作成することができた。

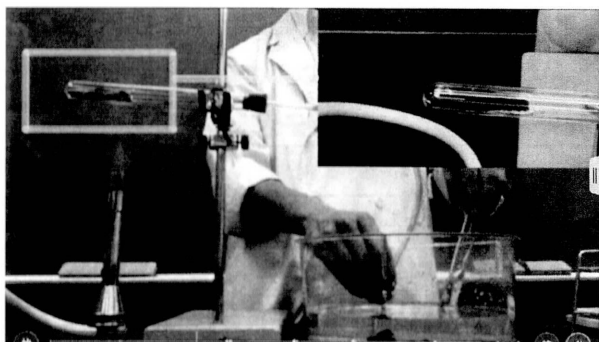


図2 酸化銀の分解の実験動画

#### 4 ロイロノートと Zoom による課題方式の授業

##### (1) 「ノートの写真」を提出するしくみ

本実践では、遠隔授業においても子どもにこれまで通りの紙のノートを作るように指示した。それは、子どもによって ICT 機器の扱いにかなりの技能の差があり、「機器の使い方のための授業」に陥ってしまわないようにすることと、遠隔授業と、いずれ再開されるであろう対面授業を切り離さず、できるだけ近い形で実施したいという意図があったからである。課題方式の授業の経験がなかった 2 年生には初

回の授業で対面授業の時と同じようにノートの書き方を説明した。

ノートの提出は鉛筆で紙のノートに書いたものの写真を撮ってロイロノートで送らせる方法をとることにした。パソコンを使用している関係で、ノートを写真に撮ることが難しいごく少数の子どもは、ノートに書いたものをロイロノートのテキストカードに打ち直して提出していた。

##### (2) 「半オンデマンド」型授業の創造

対面授業における課題方式の授業では、子どもがノートを書いている間の机間指導によって、教師がリアルタイムに個々の子ども思考を把握し、それを授業運営に結び付けることができた。しかし、例えば Zoom のみを用いた遠隔授業では、教師は個々の子どもの思考を把握できずに授業を進めることになってしまうことになり、学びを深めるための手立てを十分に打つことができなくなってしまうことが危惧された。そこで、予めロイロノートで授業の事前課題を配信し、Zoom によるリアルタイムの遠隔授業の当日朝までに、予想のノートの写真を提出させるしくみを考えた。この方法により、教師は授業の前にひと通り生徒が提出した予想に目を通し、Zoom によるリアルタイムの授業の中で誰のどのような考えを発表させて共有するか、どのような問いかけをして学びを深めさせていくかをある程度準備ができるようになった。Zoom によるリアルタイムの遠隔授業の中では、予想の発表や討論を行ったあと、課題の検証実験を画面共有機能で視聴させた。検証実験の動画もロイロノートで編集したものであるので、動画は授業後に配信し、繰り返し見られるようにした。同時にロイロノートで提出箱を設置し、「実験の結果と確かになったこと」を書いたノートの写真を提出させるしくみをつくった。ロイロノートと Zoom の良いところ取りをして併用した「半オンデマンド型」の課題方式の遠隔授業である。

このような遠隔授業の進め方に至った背景には、もともと課題方式の授業が「個」の思考の場面と「集団」での思考の場面の区別が明確に意識されたこと

によるところが大きい。リアルタイムの遠隔授業でなければできないことを突き詰めていけば、それは他者の意見を聞いたり、他者と議論したりする場に他ならず、言い換えれば、自分一人で考える場面はオンデマンド型の授業で十分だと判断したのである。その結果、Zoomによるオンライン授業は30分あれば十分だった。(予想の発表と、討論、検証実験の映像の視聴の時間。実験の映像は授業後に改めてロイロノートで配信したので、実験の時間を省くこともできたが、結果の共有は集団でやりたいと判断した。)

子どもにとってのオンライン授業の疲労は対面授業以上のものがあり、リアルタイムの遠隔授業の時間をできるだけ短くする工夫が求められていた中で、この「半オンデマンド化」は非常に合理的な手立てだったと考えている。

### (3) 「発言しにくい」討論に工夫を

授業を重ねるにつれて課題方式の授業になれてくると、対面の授業では子どもの「つぶやき」を拾って討論を活性化させることができたり、子どもも挙手をして発言することがあったりした。しかし、遠隔授業では学級全体に発言を求めても、子どもが挙手をして発言することが少なく、子ども自身もやりにくさを感じていたようである。事前に準備をしておいた意図的な指名によって、ある程度意見をつなげたり、対立関係を見出したりすることはできたとしても、子どもの主体的な学びにつなげるのはかなりの困難を要した。特に、課題方式の授業を始めて受ける2年生にその傾向が顕著に表れていた。そこで、討論の場面でZoomの「チャット機能」を活用し、「チャットタイム」を設けたところ、子どもは予想以上に活発につぶやいた。大切なことは、リアルタイムに会話をつなげていくことを考えるのではなく、「自分の言葉で考えたことを文字にさせる」ことと、「他者が考えていることや感じていることをくみ取らせる」ことである。教師はチャットに上がった文章を読み上げて音声で共有したり、コメントを入れたり、必要に応じて新たな指示を投げかけるなどした。この方法により、子どもの書き言葉のつぶやきを拾って、授業

を運営することができるようになった。

## 5 学年別分散登校再開後の授業への対応

遠隔授業を「半オンデマンド化」したことにより、学年別分散授業再開後の30分に短縮された対面授業と、自宅学習日における遠隔授業へのハイブリット授業にもスムーズに対応することができた。それまでの遠隔授業の中でZoomを用いてリアルタイムに行っていた30分を対面授業にあてることにしたのである。つまり、対面授業の事前にオンデマンド型の課題提示動画を配信し、帰宅後に結果と確かになったことをロイロノートで提出させる形態をとったことにより、子どもは遠隔授業でも対面授業でもほぼ同じような形態で授業を受けることができるようにしたのだ。ただし、対面授業ではコロナ禍以前のように他の子どもの方を向いて発言させたりすることができなかつたり、実験の動画の視聴も教室のテレビよりも手元のタブレットやPCの画面の方がよく見えたりするなど、むしろZoomを使った遠隔授業の方が都合がよいと感じる部分もあった。

一方で、子どもにとっては登校日には半日で30分×4教科、全日だと30分×8教科の授業を受けることになったため、授業枠以外の事前課題、事後課題には負担感を感じていた様子もあった。

<授業の流れ>	対面授業 (30分)	オンライン授業
課題の提示	動画(課題提示編)にしてロイロノートで配信し、自分の	
自分の考え	考えを写真に撮って提出させる。	
予想の発表と討論	<対面授業>	<Zoom>
検証実験	*動画(実験編)を視聴	*動画(実験編)を視聴
結果と 確かになったこと	動画(実験編)をロイロノートで配信し、結果と確かになったことを写真に撮って提出させる。	

表1 ロイロノートとZoomによる授業の流れ

## 6 普通教室による45分授業への対応

7月に入り、一斉時差登校の段階に入ると、1学級36人ごとの授業が再開され、45分授業ではあるが、1日6教科のコロナ禍以前にかなり近い形での授業が行えるようになった。それでも、特別教室の使用は休み時間の間での消毒作業が条件となり、事実上不可能に近い状態だったので、それまで通り、自分で撮影

した実験動画による授業を続けることにした。30分授業の時の子どもの負担を考慮し、課題の提示と予想を立てる過程も対面授業の時間枠に組み込むことにして、それまでは1授業あたり「予想」と「結果と確かになったこと」の2回の提出物があったところを、授業後の「結果と確かになったこと」の提出のみにするようにした。

対面授業になったことで、普通教室でできる実験であれば実物を用いることができたのだが、多くの実験は事前に撮影しておいた動画を使用した。書画カメラ等で実物をリアルタイムにテレビ画面に映し出す演示実験の効果も理解できるが、普通教室は狭く、加熱器具や薬品を扱う化学実験では安全性にかなりの不安があったことと、事前に撮影することで、より鮮明な事実の提示を行えることがその理由である。

完全に対面授業となっても、実験動画の撮影の手間は変わらなかったため、実際の授業では実験動画部分しか使用しなかったが、それまでのオンライン授業の時と同様にロイロノートを使って課題提示動画や、検証実験動画の作成を続けることにした。対面授業の後にすべての生徒にそれを配信することにより、授業の復習の材料となることを期待したとともに、欠席者（感染不安による欠席者を含む）への学習保証を行うことを意図してのことである。

### Ⅲ 実験動画による化学変化の指導計画

#### 1 授業の進め方

実践した単元は中学2年生と3年生を対象にしたあとの(1)～(4)の単元である<sup>注3)</sup>。どの単元のどの授業においても、基本的にはロイロノートとZoomによる課題方式の授業次のような同じ手順で進めることができる。

表2 実験動画による課題方式の授業の手順

- |                 |
|-----------------|
| ① 課題提示動画の再生     |
| ② 予想をノートに記述させる。 |

- |                           |
|---------------------------|
| ③ 予想の分布をとり、予想を発表させる。      |
| ④ 討論を行い、論点や検証実験の視点を明確にする。 |
| ⑤ 検証実験動画の再生               |
| ⑥ 結果と確かになったことをノートに記述させる。  |
| ⑦ 帰宅後、ノートの写真を提出させる。       |

#### 2 作成した教材（単元指導計画）一覧

授業のために作成し、子どもに配信した動画は本校で管理しているYou Tube アカウント (Take Tube) で、限定公開してある。

※次のリンクから、すべての動画が視聴できます。

「金子の実験室」



<https://youtube.com/playlist?list=PLLyb1AMZmh5jusGuS4IDoB-VQ4nWTeP5x>

#### (1) 化学変化と原子・分子【中2】

—全20時間—

- 第1時 金属の性質
- 第2時 化学変化の導入（酸化水銀の分解）
- 第3時 原子の導入
- 第4時 分子模型図
- 第5時 化学式と化学反応式
- 第6時 酸化銀の熱分解
- 第7時 水の電気分解
- 第8時 炭酸水素ナトリウムの熱分解
- 第9時 銅と硫黄の化合
- 第10時 化合における加熱の意味
- 第11時 鉄と硫黄の化合
- 第12時 銅と酸素の化合（1）
- 第13時 銅と酸素の化合（2）
- 第14時 金属の酸化
- 第15時 非金属の酸化

- 第16時 硫黄の燃焼
- 第17時 酸化銅の還元（水素）
- 第18時 酸化銅の還元（炭素）
- 第19時 二酸化炭素の還元
- 第20時 単元の振り返り（動画なし）

- 第10時 化学電池（1）
- 第11時 化学電池（2）
- 第12時 単元の振り返り

(2) 物質と電気（静電気）【中2】

—全5時間—

- 第1時 物質の帯電
- 第2時 帯電のしくみと原子の構造
- 第3時 帯電列
- 第4時 放電
- 第5時 金属の自由電子

(3) 物質とイオン【中3】

—全10時間—

- 第1時 塩化銅の電気分解
- 第2時 イオンの導入（\*授業記録あり）
- 第3時 イオンと原子の関係（1）
- 第4時 イオンと原子の関係（2）
- 第5時 塩酸の電気分解
- 第6時 電解質と非電解質
- 第7時 イオン性物質の導入
- 第8時 イオン性物質の特徴
- 第9時 三大物質
- 第10時 酢酸の不思議（\*授業記録あり）

(4) 化学変化とイオン【中3】

—全12時間—

- 第1時 沈殿反応
- 第2時 酸
- 第3時 アルカリ
- 第4時 中和反応（1）
- 第5時 中和反応（2）
- 第6時 燃焼の中で起こる電子の授受
- 第7時 酸水溶液と金属の電子の授受
- 第8時 イオン化列（1）
- 第9時 イオン化列（2）

IV 授業の実際

1 物質とイオン【中3】第2時

「イオンの導入」の授業の様子

（「Zoomによる遠隔授業」の実践例）

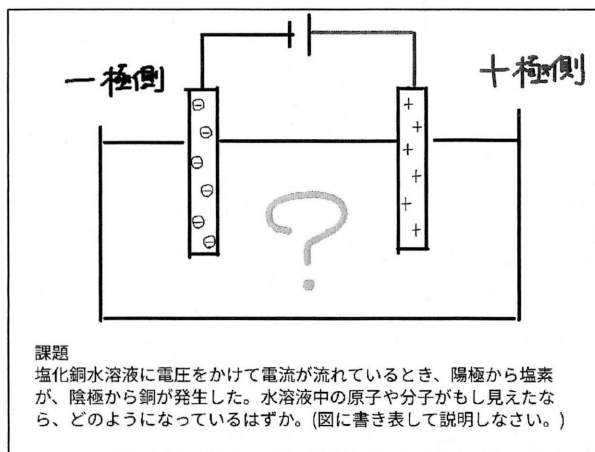
※ 生徒名は仮名

(1) 事前に課題提示動画をロイロノートで配信し、ノートに学習課題と予想を書かせた。それを遠隔授業当日の朝までに、写真に撮ってロイロノートで提出させた。



「塩化銅水溶液の電気分解」

<https://youtu.be/npUgzYu0lGs>



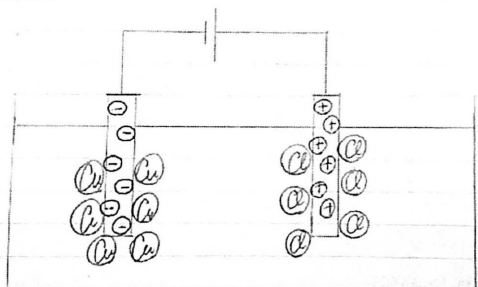
(2) 授業の前に提出された予想にひと通り目を通し、誰のどんな意見を取り上げ、学びを深めていくかの構想を練っておいた。

(3) Zoomによる遠隔授業開始。始めに4人の生徒を指名し、ノートの図を教師が画面共有で提示しながら、考えを発表させた。



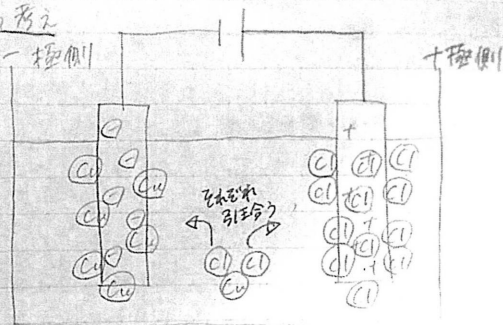
花子：陽極からは気体しか出ていなかったため、塩素がくっついている。陰極からは茶色の物質だけが析出していたため、銅がくっつくのではないかな。

～自分の考え～



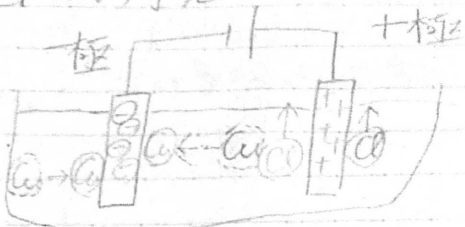
良江：それぞれ塩素原子は陽極へ、銅原子は陰極へ引き寄せられ、原子が集まり塩素分子や銅分子ができ、気体や固体が発生する

自分の考え



太郎：-極側は銅が引き寄せられてくっついていいる。+極側は塩素が発生し、水面に向かって上昇している。

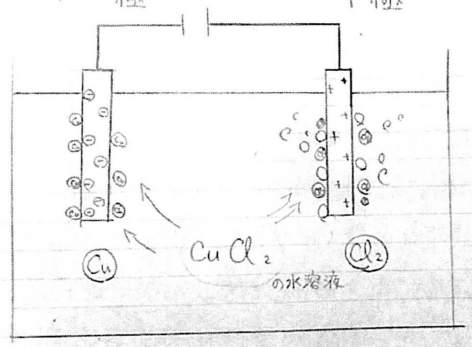
○自分の考え



洋子

塩化銅水溶液が電気分解によってバラバラになり、-極にCu、+極にCl<sub>2</sub>が引き寄せられて炭素棒にくっつく。

<自分の考え> -極 +極



(4)発表した4人の予想をもとに、教師から問いかけを行い、Zoomの「チャット」機能で考えを入力させた。(チャットタイム)

教師：水溶液中で、どのような粒子の動き、移動があったと考えられるでしょう？

次郎：水溶液中で分解した原子がまっすぐ引き寄せられた？

美香：陰極側には銅原子が陽極側には塩素原子が引き寄せられた

三郎：陰極に銅原子、陽極に塩素原子が引き寄せられた

五郎：マイナス極側に銅原子が引き寄せられた。

次郎：銅原子が陰極に、塩素原子が陽極に

健太：銅は陰極に引き寄せられ塩素は陽極に引き寄せられた

美穂：陽極の方に塩素原子が、陰極の方に銅原子が炭素棒の周りで電子などのやりとりをしている？

光：-極は銅に引き寄せられ+極は塩素に引き寄せられた

花子：銅が陰極に塩素が陽極に引き寄せられた

潤子：陽極に塩素が、陰極に銅が

太郎：銅原子が陰極側に引き寄せられ、塩素原子が陽極側に引き寄せられた

康太：陽極に塩素原子が引き寄せられ陰極に銅原子が引き寄せられた

良江：塩素原子は陽極へ、銅原子は陰極へ

良江：銅の粒子がマイナスに引き付けられている

ので、プラスの何かをもっている？同様に塩素もマイナスの何かをもっている？真つすぐ引き寄せられる

達也：水溶液中でそれぞれ塩素原子と銅原子が陰極と陽極に引き寄せられた

直人：銅が陰極に、塩素が陽極に引き寄せられた

恵子：Cu はマイナス極に引き寄せられ Cl はプラス極に引き寄せられた

紀香：cu が陰極に移動して塩素は、陽極に移動する

悟：銅原子と塩素原子が化学変化して

加奈：陰極側に銅原子が引き寄せられ、陽極側に塩素原子が引き寄せられた

大介：銅原子は一極に引き寄せられたということは銅原子は+の力を持っていて、塩素原子が+極に引き寄せられたということは-の力を持っていたのかもしれない

徹：自由電子をそれぞれやりとりしている

愛子：塩素原子は陽極、銅原子は陰極に引き寄せられた

信一：+極側に塩素原子が、-極側に銅原子に引き寄せられた

鉄也：陽極に塩素、陰極に銅

春子：陰極に銅が引き寄せられ、陽極に塩素が引き寄せられた。

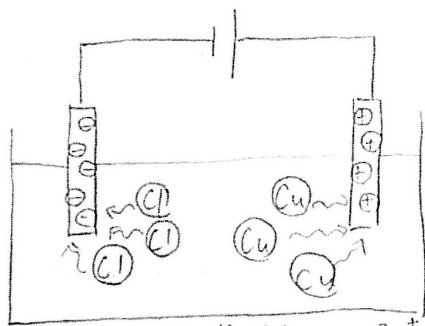
陽菜：銅が陰極に塩素が陽極に引き寄せられた

理恵：度原子も塩素原子もそれぞれ一極側、+極側に引き寄せられた。

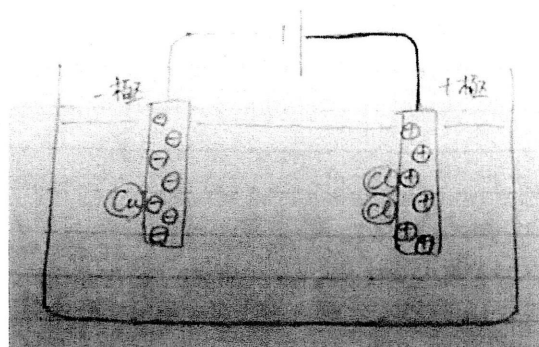
(5)さらに4人の生徒を指名し、ノートの内容を教師が画面共有で提示しながら、考えを発表させた。

達也：実験が結果的にClとCuで分かれていることから、水溶液中でClとCuは分解されているということがわかった。+極には-の電気を帯びたもの、-極には+の電気を帯びたものがそれぞれくっつくため、それぞれの帯びている電気または帯びやすい電気によってくっつく極が変化して

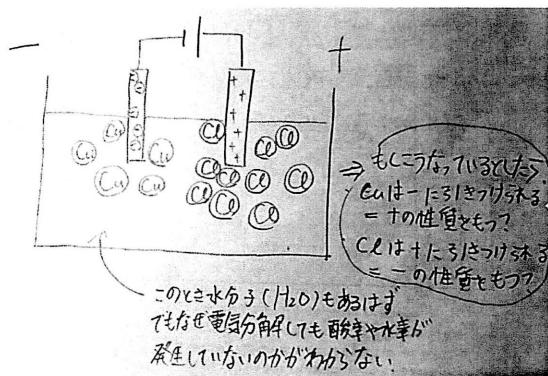
いると思った。そのため、仮に分解されても両方の電氣的な性質が同じだったら1つの極に集まると僕は考える。



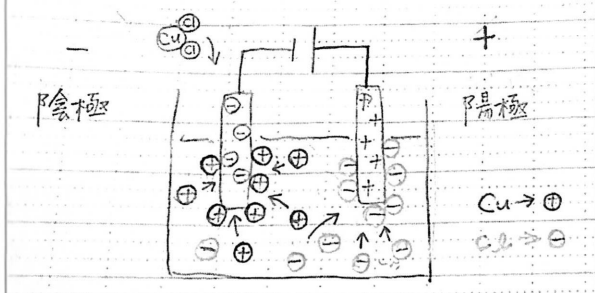
桃子：塩化銅水溶液はCuCl<sub>2</sub>・Cl<sub>2</sub>で1つなので、Cl同士は離れない。銅は一極に引きつけられているので+の何かをもっている？塩素も同様に-の何かをもっているのかも？



恵子：もしこうなっているとしたらCuは+に引きつけられる=+の性質をもつ？、Clは+に引きつけられる=-の性質をもつ？このとき、水分子(H<sub>2</sub>O)もあるはず。でもなぜ電気分解しても酸素や水素が発生していないのかわからない。



加奈：銅は陰極（-）側に→+を帯びている  
塩素は陽極（+）側に→-を帯びている



(6)発表した4人の子予想をもとに、教師から問いかけを行い、Zoomの「チャット」機能で考えを入力させた。

教師：なぜ銅は-極側に、塩素は+極側に引き寄せられるように移動したのでしょうか？

良江：塩素原子は

健太：Cu,

五郎：銅原子は+の電気を帯びていて

大介：静電気の単元で学習したように+と+や-と-は退け合うが、+と-は引き合うことを考えると、銅原子は+の力を持っていて-極に引き寄せられ、塩素原子は-の力を持っていて+に引き寄せられた

美穂：銅と塩素のマイナス、プラスの帯びやすさに違いがある。電子の量に違いがある？

康太：銅原子はプラスの電気を帯びており

次郎：原子の一番外側にある電子の数がちがうから

楓：塩素は電子(マイナス)を多めに持っててプラスを求めて引き寄せられた？

五郎：塩素原子はマイナスの電気を帯びた

雄介：銅原子の電子がなんらかの理由でなくなり、電氣的に中性でなくなってしまったから

春子：銅原子は陰極の方に引き寄せられたので、+の電気を帯びていることがわかり、塩素原子は陽極の方に引き寄せられたので、-の電気を帯びていることがわかった

三郎：銅はプラス、塩素はマイナスの電気を帯びやすい

康太：塩素原子はマイナスの電気を帯びている

良江：塩素原子は陽極へ引きつけられているためマイナスの電気を帯びていて銅原子は陰極へ引きつけられているためプラスの電気を帯びている

信一：銅は+の電気を帯びていて、塩素は-の電気を帯びている

太郎：銅原子は+の電気を帯びていて、塩素原子は-の電気を帯びている。

花子：塩素は電子が多く、銅は電子が少ない。

愛子：銅原子は陽極に帯びやすく、塩素原子は陰極に帯びやすい性質を持っているから

大介：電気

悟：銅は+に帯びやすい。塩素は-に帯びやすいから

潤子：プラスに引きつけられやすいのが銅でマイナスは塩素k

達也：それぞれの電氣的性質が自分とは異なる極の方にくっつくように静電気が発生してる

直人：銅は+、塩素は-の性質がある

光：塩素原子は-に帯びており銅は+に帯びている

美香：銅は+の電気を帯びていて塩素は-の電気を帯びている

健太：Cu, Clがそれぞれ+、-極を帯びていて、それと異極の炭素棒に引き寄せられる

雄介：塩素原子が電子を受け取ったから

恵子：銅はプラスを帯び、塩素はマイナスを帯びている

徹：Cuは、電子が取れやすく、プラス極に取られてしまいプラスの電気を帯びて、Clは電子が取れにくく、マイナス極から電子を取って、マイナスの電気を帯びる

紀香：銅の自由電子が電圧によって引き付けられた。塩素は陽子の数のほうが電子よりも多かったのでひきよせられた

(7)教師による説明を行い、ノートに結果と確かになったことを書くように指示して Zoom の授業を終えた。つけたしの資料として、読み物「イオン発見の歴史」を、ロイロノートを使って配布した。(次の登校日に、プリントにしたものを改めて配布。)

<生徒が書いた「わかったこと」>

敏夫：銅原子は+の電気を帯びているため一極に引き寄せられ析出する。塩素の原子は-の電気を帯びているため+極に引き寄せられる。塩素の原子が2つになると気体となる。イオンとは、何らかの方法で中性的な原子が電気を帯びたもの。原子は中性なので、電気を帯びた原子のことをイオンと呼ぶ。

楓：銅は+の電気を帯びているから陰極に引きつけられ、塩素は-の電気を帯びているから陽極に引きつけられる。イオンとは原子が電気を帯びたもの。でも、水溶液に電気を流してできるわけではなく、水に溶けた段階でイオンになっている。

大介：塩化銅を水に溶かした時、塩化銅は銅イオンと塩化物イオンに電離した。イオンとは電気を帯びた原子のことである。そして、銅イオンは+の電気を、塩化物イオンは-の電気を帯びた。静電気の単元で学習したように+と-は引き合うので、電圧をかけると銅イオンが-極に、塩化物イオンが+極に引き寄せられ、実験では-極に銅が析出し、+極に塩素の気泡が確認できた。また、塩化銅水溶液に電気が流れたのは自由電子によるものではなく、電気を帯びた粒(イオン)がそれぞれの電極へ一定の向きに移動したからである。

## 「酢酸の不思議」の授業の様子

(「45分間対面授業」の実践例)

※ 生徒名は仮名

(1) 課題提示動画を見せて、ノートに予想を書かせた。

「酢酸の不思議 課題編」



<https://youtu.be/KOwMJBL1UzA>

【課題】酢酸は分子性物質か、それともイオン性物質か。

(2) 予想の人数分布を確認した。

- ・分子性物質 … 26人
- ・イオン性物質 … 5人
- ・迷っている、考え中 … 5人

(3) それぞれの予想を発表させた。

・「迷っている、考え中」の予想

浩二：酢酸はにおいがあるから融点が低いから分子性かなとも思ったんですけど、前の「すべての物質はイオンが散らばっているか」みたいな授業で、水に溶けていて、電気を通していたのでイオン性物質かなとも思いました。

純也：酢酸は化学式が  $\text{CH}_3\text{COOH}$  で金属元素が含まれていないから分子性物質だと思ったんですけど、少し前の授業で酢酸が電離して酢酸イオンと水素イオンになるっていう実験があって、それだとイオン性物質にもなるなと思って、わかりませんでした。

真子：前の授業で酢酸水溶液に電流が流れたのでイオン性物質かなと思ったのと、固体になりやすいということはイオンとイオンの結びつきが強いから固体になりやすいのかな？って思ったんですけど、でも化学式から見ると分子性物質に思えて、強い刺激臭がするので、それは分子性物質の特徴かなと思って。分子性物質の特徴も、イオン性物質の特徴もあったのでどっちかわかりませんでした。

莉奈：前の実験で水に溶かしてイオンに分かれた

## 2 物質とイオン【中3】第10時

のでイオン性物質かなと思ったんですけど、常温で液体ってことは融点が低いってことだし、金属元素も含んでいないので、分子性物質の要素も、イオン性物質の要素もあるかわわからない。

英子：前の実験で酢酸水溶液には水素イオンと酢酸イオンが溶けているとやったんですけど、そこから考えるとイオン性物質かなと思ったんですけど、酢酸がイオン性物質だとしたら、イオン性物質は2つのイオンからできていないといけないうのでわからない。

・「酢酸はイオン性物質である」の予想

正志：さっき、刺激臭の話が出たんですけど、これは例外なんじゃないかと思って。塩化銀って、イオン性物質なのに水に溶けないじゃないですか。それと一緒にだと思ったのと。あと、結構前の実験で、酢酸の水溶液に電気を通す実験で、流れて、イオンが散らばっているってやったので。

裕也：前の授業で $\text{CH}_3\text{COO}^-$ と $\text{H}^+$ に分けることができた。また、これは予想ではあるが、酢酸イオンは金属元素、水素イオンは非金属元素であると考えたため。

大樹：酢酸は $\text{CH}_3\text{COOH}$ なので、この前の実験で $\text{CH}_3\text{COO}^-$ と $\text{H}^+$ に分かれることがわかっていて、電流が水に溶けた時に流れることがわかっている。そして、液体の時に電流が流れるのはイオン性物質の特徴なので、イオン性物質だと考えました。

・「酢酸は分子性物質である」の予想

夢：化学式から見て、金属原子が入っていなかったのと。酢酸ってにおいがあるっていうのと、常温で液体ってことは融点が低いってことだから、ぱっと見の酢酸の条件でいうと分子性物質かなと思いました。

司：イオン性物質の例外っていうのもあり得るけど、分子性物質だと考えた時には水溶液に電流が流れるって例外が1つあって、イオン性物質だと考えた時には、融点が低いとか、化学式に金属元素が使われていないとか例外の数が多くなっちゃうから、例外の数が少ない方がどっちかっていうと可能性が高いのかなと考えました。

博司：化学式に金属が含まれていないのと、刺激臭があつて融点も低いので分子性物質だと思いました。

直美：酢酸は常温ですでに液体で融点も低く、刺激臭がして、酢酸の化学式の中に金属元素は含まれていないので分子性物質なのかなと思いました。

(4) 討論をさせた。

T：それでは、それぞれの意見に対して質問や意見、反論やつけたし、予想の変更などはありますか？

真子：司くんのイオン性物質だと考えた方が例外が多くなってしまふというのを聞いて、確かに分子性物質の方が例外が少ないので分子性物質だと思いました。

T：今、真子さんも「例外」って言葉を拾ってくれたけど、考えれば考えるほど、酢酸って不思議な物質だなんてことはみんな気付いてきた？正志くんはイオン性物質の中の、刺激臭があるとかっていう例外ではないかって考えたんだね。司くんは逆に分子性物質の中の、どんな性質があるっていう例外？

司：水溶液に電流が流れる。

T：というような意見が出てきていて、なんか典型的な物質ではないのかもしれないけれど、どっちの例外なんだっていうところを考えているようです。イオン性物質だとすると、刺激臭がするっていう他にどの辺が例外的なの？

S：融点が低い。

S：金属元素が含まれていない。

T：分子性物質だと考えた時には、水溶液に電流が流れるってところなんだね。そのあたり、大丈夫ですか？じゃあ、どうやって決着をつけたらいい？色々な人が「前の実験」って言っていたけれど、前の実験ってどんな実験？そこが曖昧になっていた人もいたでしょ。

真子：酢酸水溶液に電流を流した。

T：結果は？

S：流れた。

T：まだやっていない実験があるでしょ？

真子：酢酸に電流を流す。

T：そうだね,そのままの酢酸の液体に電流を流す。流れたら,これはイオンの集まりだってことだね。流れなかったらイオンの集まりではない。つまり？

S：分子の集まり。

(5) 議論を踏まえて,もう一度予想を立て直させてノートに書かせた。

(6) もう一度予想の人数分布を確認した。

- ・分子性物質 … 26人→32人
- ・イオン性物質 … 5人→4人
- ・迷っている,考え中 … 5人→0人

(7) 予想を変更した子どもを中心に意見を発表させた

幸子：最初からどっちなのかとっていて,金属元素を含んでいないから,イオン性物質なのかわからなかったんですけど,司くんが言ったように例外の数が少ないので,電気を通す例外の分子性物質なんじゃないかと思いました。

英子：化学式を見ても金属元素がなく,刺激臭があって,融点が低いことから分子性物質なのかなと思いました。

莉奈：刺激臭があって,化学式に金属元素が含まれていなくて,融点が低いというのは分子性物質の特徴で,唯一,水溶液に電流が流れるっていうイオン性物質の特徴があったんですけど,司くんが言ったように例外の数を考えると分子性物質の方が可能性が高いと思いました。

大樹：さっき司くんが言ったように,水溶液に電流が流れるという例外もあり得ると思うのですが,純粋な酢酸といっても液体であることに変わりはないので,イオンになるのではないかと思いました。

(8) 検証実験動画を見せて,ノートに結果と確かになったことを書かせた。

「酢酸の不思議」

[https://youtu.be/VvABk8\\_YCVs](https://youtu.be/VvABk8_YCVs)

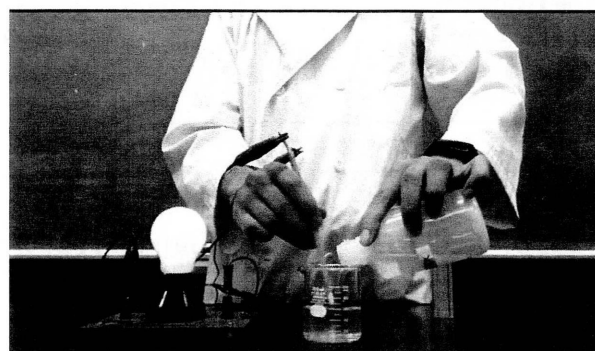


図3 検証実験の様子

<生徒が書いた「結果と確かになったこと」>  
卓也：酢酸の液体に電気を流すと電流は流れずに,分子性物質だということがわかった。でも,そこに蒸留水を入れると電気が流れたので,イオンに電離したことがわかった。(分子だったのがイオンになった)

大樹：純粋な酢酸には電流が流れなかった。だが,少しずつ蒸留水を混ぜて酢酸水溶液にしていくと電球が光り,電流が流れた。つまり,酢酸と酢酸水溶液はどちらも同じ液体ながら,水に溶かさな純粋なものだと,酢酸分子だったが,水溶液にすると酢酸イオンと水素イオンに分かれ,電流が流れることがわかった。

佳純：この前は酢酸水溶液に電流を流してみたので,今回は純粋な酢酸で実験してみると…。電流は流れなかった。このことから酢酸は分子性物質であるとわかった。純粋な酢酸には電流は流れないのに,水を加えることで電流が流れた(電離した)ということは,もともとは酢酸分子だったものが酢酸イオンと水素イオンに変化したということがわかった。分子性物質だが電解質に分類されてしまう不思議な物質である。

## V 成果と課題、考察

### 1 授業実践からの考察

#### (1) 実践例1 (遠隔授業) から

ロイロノート・スクールのようなオンラインで教師⇄生徒の提出物のやりとりができるツールと、Zoom のようなリアルタイムのオンライン会議ツールを併用し、オンデマンド型の課題のやり取りとリアルタイムの遠隔授業を組み合わせることにより、従来の講義型のオンライン授業よりもはるかに「深い学び」に近づいていることは授業記録からも明らかである。遠隔授業の課題の1つとしてあげられる「発言のしにくさ」について、事前に子どもの予想に目を通した上で行う意図的な指名や、チャット機能の効果的な活用により、主体的で対話的な学びを実現することに成功したと捉えている。

理科の授業においては、本実践事例のように図や記号、モデルなどを使って思考を可視化しながら深めていくことがしばしばあるが、遠隔授業における画面共有は一人ひとりが手元の画面で他者の書いた図等をはっきりと見るができるので、対面授業で黒板やホワイトボードを使った発表を聴くよりも効果的だったことがあるかもしれない。

#### (2) 実践例2 (対面授業) から

授業記録から、子どもたちがこれまでに学習してきたことを駆使して、集団の力で酢酸という物質の性質に迫っていく様子が読み取れるだろう。本時は10時間計画の「物質とイオン」の最後の時間に当たる授業である。この時間は45分の対面授業であるが、それまでの遠隔授業や30分の対面授業によって積み上げられてきたものが表れる課題設定になっている。知識の定着や、論理的な思考力の育成という観点で見れば、平常時(理科室での50分対面授業)の時と同等の子どもたちの成長を感じることができた授業だった。

### 2 子どもの学習感想からの分析

中学3年生の化学変化の学習がひと通り終わったあと、単元の内容についての学習感想に加え、ロイロ

ノートや実験動画を活用して行った授業についての感想や、不満、要望などを自由に求めてみた。その一部を紹介し、分析や考察の材料としたい。なお、単元の終盤は教育実習期間と重なり、教育実習生の手を借りて休み時間に消毒作業を実施することにより、一部理科室を使用して簡単な実験を行うことができた(「化学変化とイオン」第8~11時)。この感想は、その後に書かせたものである。

#### <生徒の感想から>

- ・ロイロノートは家で見直して理解するのにとてもよかった。普通の授業では実験の様子が遠くで見えにくかったり、自分の作業に一生懸命になって肝心な変化を見逃ごしてしまったりするので、何度も繰り返し再生したり、一時停止ができる動画はとてもわかりやすかった。動画なので実験をした時の感動や驚きは少ないですが、理解はいつもよりできていると思う。
- ・ロイロノートでは何度も実験の映像を見直すことができよかったが、自分たちで実験ができないのは少し残念だった。
- ・ロイロノートは便利だった。授業の内容を復習できるし、家で返信するので時間を有効活用できた。
- ・実験を動画で見るともわかりやすくて、理解するまで何回でも視聴できるという所はよいが、実験して自分の目で結果を確かめてみたいという思いもあった。
- ・何回も動画を見直すことができ、普通の授業よりも確かになったことがまとめやすかった。その反面、提出のためにスマホを起動しなければならないことが少し面倒だった。普通の授業より映像の実験の方がじっくり見られて頭の中を整理する時間があつた印象があつたが、普通の授業の方が緊張感があると思った。
- ・普通の授業は時間も限られていて、もう1回受けることもできないが、ロイロノートの配信があると、何回も考え直し、納得できるまで悩んで考えることができるので、一回の授業を普段

よりも深められることができた。

- ・復習したいときやテスト前にとっても便利だった。先生は大変だと思うが、動画の配信をこれからも続けてほしい。でも、やっぱり自分たちで実験をやりたかった。
- ・ノートを提出しないおかげで、ノートを見返す時間が増えた。授業で聞き逃したことや、理解できなかったことを見返せるので役に立った。

肯定的な感想に多く見られたのが、「実験動画の大事な部分をはっきりと見ることができた」ということである。中には「昨年の対面授業における化学変化の演示実験は、遠くてあまりよく見えないこともあった」というコメントもあり、動画のメリットを確かめることができた。また、受験生ということもあり「繰り返し見られる」、「試験前の復習に便利」、「ノートを提出しないおかげで、ノートを見返す時間が増えた」というような家庭学習のしやすさの向上についてのコメントも目立った。

一方で、感想からは「やはり自分で実験をして確かめたい」という子どもの意欲を感じることができた。直前に教育実習生とともに学校再開後初めてできた実験は、試験管の中に銀樹が析出していく様子を観察するというごく簡単で、短い時間のものだったが、子どもたちは感動し、いつまでも試験管をにらんでいられる様子だった。こうした態度や学びに向かう姿勢を育てるのはやはり“本物”でなければならぬと、改めて感じることもできた場面だった。

### 3 本実践の成果の活用についての考察

#### (1) 教員研修・研究会での活用

本実践研究はあくまでコロナ禍における授業実践の工夫であり、遠隔授業や動画による実験を推奨するためのものではない。実験ができる環境に戻れば、子どもたちに可能な限り本物に触れさせ、体験をさせてあげるべきである。しかし、本実践において「半オンデマンド化」して整理・蓄積した指導計画は、研究会など、教員研修での活用できると考えている。例えば、作成した動画をもとにして、実験技術や教授行為の細かな部分について協議・検討することによっ

て、授業改善を進めていくことができる。また、学生や現職教員を対象にした研修会等でこの動画を活用した模擬授業を実施することにより、講義型ではない理科の授業の設計や運営を学んでもらう材料にもなり得ると考える。そして当然、それらの研修会もオンラインで実施することができる。

#### (2) GIGA スクール構想の実現後にむけて

本実践は、GIGA スクール構想実現後の学校現場において、教師にとってのオンラインの効果的・効率的な活用についても知見が得られるものがあつた。その1つが、ロイロノートの「提出箱」を用いたデジタルでの提出物のやりとりである。教師は生徒の提出物をクラウド上に自動的に整理されながら管理できるので、子どもの評価や、授業の分析に非常に便利だった。「学期末にまとめてノートを提出する(見る)」形式から、「毎時間ノートを提出する(見る)」という形式は、指導と評価の一体化を実現するための本来の姿であり、子どもにとっても教師にとってもメリットがあると言える。

ICTを使って新しい授業をしようという発想ではなく、これまで積み上げてきた教育内容を、これまでよりも「効率的」にしたり、「効果的」にしたりする、些細な活用の工夫こそ、学校現場のニーズに合っているのではないだろうか。

注1) ロイロノート・スクールについては <https://n.loilo.tv/ja/>を参照。

注2) 詳細については参考文献1), 2)等を参照。

注3) 指導計画は参考文献3)をベースにして、実践研究を重ねて改善して作成したものである。

#### 参考文献

- 1) 玉田 泰太郎, 理科授業の創造, 新生出版, 1978.
- 2) 玉田 泰太郎, 理科の到達目標と教材構成, あずみの書房, 1990.
- 3) 岩崎敬道: 大川満里子: 小野洋編, 学び合い高め合う中学理科の授業, 大月書店, 2012.