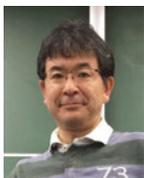


化学教育 オンライン授業と深い学びの両立に向けて



～アフター・コロナの授業とは？～

開成学園 教諭

小松 寛

1. 目の前の生徒がいなくなって…

2020年2月29日(土)、学年末試験まで1週間をきり、「いよいよ化学基礎の締めくくり」と思っていたところで休校要請により突然学年が終わってしまった。そのあとに続く春休み。これから1年をどう進めようか、毎年ワクワクする時期だったが、今年は違った。先の見えない状況で、気がつけば校内の桜が散り、生徒のいない校舎で新学期になった。どこの学校も同じ状況だっただろう、4月当初の混乱といったら相当だった。オンライン授業などの経験はなかった。Google Classroomで資料を配布することになったものの、「Classroomってどうやってつくるの？生徒にはどんな風に届くの？」とわからないことばかり、走りながらの対応だった。

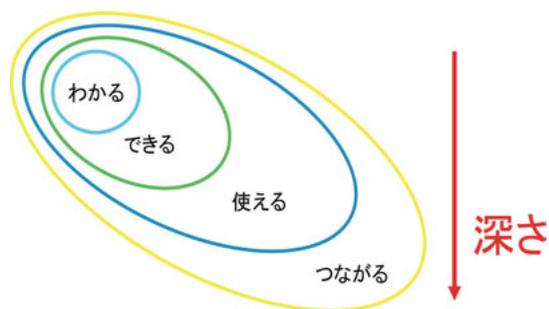
生徒には申し訳ないと思ったが、まずはこちらのスキルアップが優先と、教科書の指導書に付属していた授業展開スライド(PowerPoint)を利用しながら配信教材をつくるだけで精一杯だった。「500 Mbを超える動画は生徒に迷惑？じゃあどうするの？エンコード？またカタカナかい……。」そんなやり取りの毎日が過ぎ、気がつけば鯉のぼりも片付ける時期になっていた。本稿をお読みの先生方も同じ境遇だったのではなかろうか。

2. 「深い学び」を目指すはずだった…

「むずかしいことをやさしく、やさしいことをふかく、ふかいことをおもしろく、おもしろいことをまじめに、まじめなことをゆかいに、そしてゆかいなことはあくまでゆかいに」

井上ひさし

今年度は持ち上りの高校2年生を担当することになっていたため、「化学」における「主体的で対話的で深い学び」を意識した授業展開を考えていた。



▲図 「深い」という言葉のイメージ

私なりの「深い」という言葉が持つイメージは上図のようなものである。「わかる→できる→使える→つながる」ことで深さが増していくが、人間同士ばかりではなく物質や教材とつながり、また社会とつながったりすることも想定している。昨年度の高校1年の授業では、生徒が学び合える環境づくりを念頭におき、生徒同士が気軽に学び合える時間を確保し、教室で簡単なグループ実験をさせたり、社会とのつながりを意識した話題を提供したりしながら授業を進めてきた。

本校は高校から編入生がいるため、化学の先取り学習はしていない。そのため高校1年の化学2単位では「化学基礎」をきっちり実施している。ただ昨年度末に学級閉鎖があったり、休校要請が出たりしたため授業数が足りず、酸化還元「身のまわりの酸化還元反応」が少し残った。そのため新年度は、「化学」の「化学反応と電気エネルギー」とつなげて学習することにした。ところが、いつまでたってもオンライン授業の期間は終わる気配がなかった。そこで「実験動画を見せればよいかな」くらいの気持ちでカリキュラムを組み替え、「無機物質」の「金属元素」を先に扱うことにした。

3. オンライン授業と「主体的・対話的で深い学び」の模索

「主体的」であるためには自主的・自律的に動画を見てもらうモチベーションが必要になる。1学期の

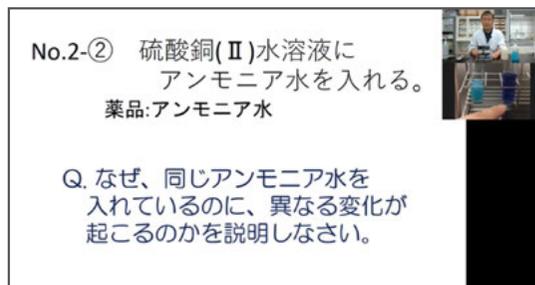
前半は、先述のように、こちらのスキルアップを兼ねて授業スライドの説明動画を作成するだけで精一杯だった。それでも化学史や雑学的な話題も散りばめてみたが、生徒はスマホの小さな画面を倍速で見るなどしてしまって、送り手の苦勞の割にモチベーションを上げる効果は少なかった。(生徒からも、「一方的に配信するのみで期限付き課題がないと、後回しにしてしまう」という感想が多く寄せられた。生徒がToDo機能を使ったことによるらしい。)

1学期の後半は課題を提出させながら進めようと考えた。化学である以上、物質とのつながりは欠くことができず、単元が無機物質ならば尚更である。やはりここは実験の動画をつくろうと考えた。しかし撮影のノウハウも乏しい中で、深い学びに結びつく実験動画とは何なのか…。Web上に玉石混交に転がる動画を見ながら、数日考えこんでしまった。教室の演示実験をそのまま流せば実験動画としては成立するが、見た目に派手な実験をしても、そこに学びを深める要素があるだろうか。Web上にある動画を見ても、情報の伝達目的に特化していて実験結果の確認はできても、思考過程を重視して学べるようにはなっていない。

さらに悩みを大きくしたのが「対話的」である。新しい学習指導要領に向けて、アクティブ・ラーニングだ、協働学習だと話題になっていたが、「アフター・コロナ」ではどうするのか。オンライン授業を双方向でおこなうこともできるが、生徒のICT環境の差は、予想外に大きかった。自宅にPCがあっても、親のテレワークや兄弟でオンライン授業の時間が重なってしまい、PCの台数やネット環境の容量問題など、生徒の努力ではどうしようもない課題が存在した。また6月以降対面授業がはじまっても、感染拡大防止の観点からグループで話し合う活動はできない状態が続くという。

このような状況で出した答えは、すべて「問い」だけの実験動画だった。生徒には教科書の自習用として、まとめのプリントと実験動画の「問い」に答える課題を配信した。生徒は教科書を見ながらプリントを埋め、時にはネット上で友人と話し合っただけの「問い」を考え、完成した課題をGoogleClassroomで提出した。形式的には反転学習のようになった。例えば、試験管2本に硫酸銅(Ⅱ)水溶液を入れておき、アンモニア水を入れる。片方は青白色の沈殿になるのに、

もう一本は濃青色溶液になるのを見せる。「何が違ったのか、説明せよ」といって動画は終わる。クイズ番組のようなつくりだ。生徒は何度も再生し、一時停止させながら教科書で調べ、入れた量の違いに気づく。



No.2-② 硫酸銅(Ⅱ)水溶液に
アンモニア水を入れる。
薬品:アンモニア水

Q.なぜ、同じアンモニア水を入れているのに、異なる変化が起こるのかを説明しなさい。



▲写真1 銅(Ⅱ)イオンとアンモニアの反応

生徒の受け止め方は好意的だった。「答えと解説は分散授業で」と思ったが、1学期がすべてオンライン授業になったため、結局解説動画もつくることになった。しかし今後の対面授業でも、あらかじめ課題の動画を配信しておき、解説だけを教室で授業することが考えられる。

4. 実験課題の動画づくり

実際の実験動画はどのように作成したか。スキルのある先生方にはお恥ずかしい話であるが、簡単に報告する。校内の会議をZoomでおこなうようになり、使い方は慣れてきた。そこでZoomに自分のiPhoneを招待して手元カメラとし、PC付属のカメラとあわせて2台を使い、画面共有でPowerPointを見せながら録画して動画をつくった。さらに実験する課題も、準備や条件によって今まで演示できなかったような実験や、いくつかの学習要素が組み合わせられた思考力を試せるものを探して取り入れてみた(後述)。すると手元カメラと引きの画面が同時に見られ、停止や繰り返しが可能のため、「普段の演示実験よりも見やすくてよかった」という意見が複数寄せられた。一方で、スマホ画面で見なければならぬ生徒からは、「小さすぎて全画面が見られない」といった不満も聞かれた。また、「考えを交換したり相談したりできないので、

今までの学び合う時間のありがたみがわかった」といった感想も多く聞かれた。

5. 実際の動画で扱った実験の紹介

5-1 鉄の腐食

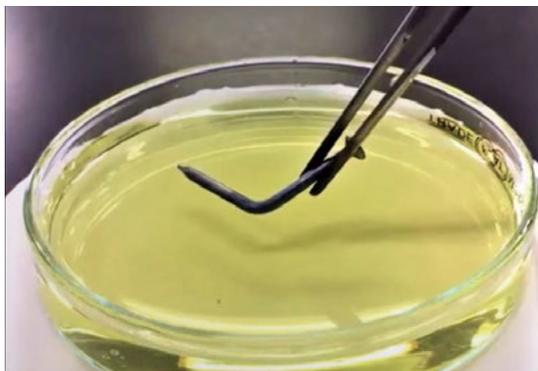
実験No.2 「鉄さび」の実験

- ・ 1 mol/L 塩化ナトリウム水溶液
- ・ 0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液
- ・ フェノールフタレイン溶液
- ・ 曲げた鉄くぎ

シャーレの中の鉄くぎが、食塩水の中で局部電池となって腐食していく現象を観察する。数分で結果が出てくるものの、シャーレを動かしてしまうと水溶液が動いて結果がわからなくなってしまうため、今までの授業ではゼリイなどの中でやるなどの工夫が必要だったが、実験動画にはピッタリな題材だった。また鉄がさびる時は、鉄全体が均一に腐食していくわけではないということも実際の鉄筋がさびていく写真とともに解説した。生徒は何気ない光景に潜んでいる化学を知ってびっくりしていた。

【方法】

- ①塩化ナトリウム水溶液をシャーレに半分程度入れて、フェノールフタレイン溶液とヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液をそれぞれ数滴ずつ加える。
- ②長さ数 cm の鉄くぎを少し曲げ、表面をサンドペーパーで磨いて水洗いしたあと①のシャーレに入れて様子を観察する。



▲写真2 「鉄さび」実験の様子(2枚)

$$2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$$

$\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

OH^-

$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$

Cl^-

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$

濃青色沈殿 $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

フェノールフタレイン



▲写真3 解説のスライド(2枚)

[参考] 日本化学会編 1993 楽しい化学の実験室 東京化学同人

5-2 硫酸銅のロウソクによる還元

No.1-② 硫酸銅(II)・五水和物
結晶の加熱

薬品: 硫酸銅(II)・五水和物, 塩化コバルト紙

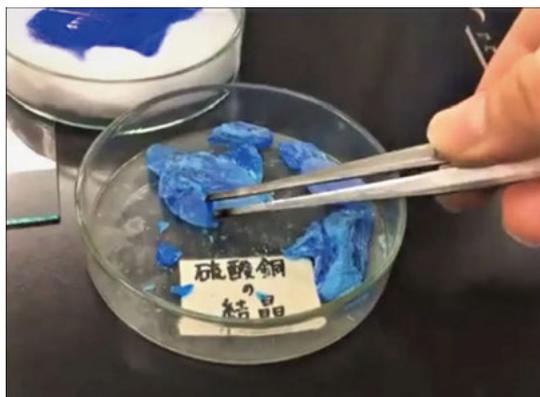
Q1. 結晶の色の変化と
生成した物質の化学式を答えよ。

Q2. 結晶をロウソクの炎の中で
加熱するとどうなるか。
理由とともに結果を予想しなさい。

硫酸銅(Ⅱ)五水和物を加熱すると水和水がはずれて無水硫酸銅(Ⅱ)になることは教科書で触れているが、さらに加熱していくと酸化銅(Ⅱ)になる。そこまで調べさせておいて、ロウソクで加熱したらどうなるかを問う。生徒は弱々しい炎が、まさか硫酸銅(Ⅱ)を還元するという発想にならないところで興味深い実験だった。

[方法]

約3mm四方の硫酸銅(Ⅱ)五水和物結晶をピンセットでつまみ、ロウソクの内炎に入れておくと銅が生成される。



▲写真4 「硫酸銅のロウソクによる還元」実験の様子(2枚)
[参考] 東京学芸大学教育学部附属高等学校 化学実験・特論のしおり (54期)



5-2 硫酸銅のロウソクによる還元
サンプルはこちら

◀ 問いだけの実験動画 解説編 ▶



5-3 硫化銀とマグネシウム

No.1-③ 銀に硫黄を反応させる。

薬品: 銀板, 草津温泉のもと, 食塩水, マグネシウムリボン

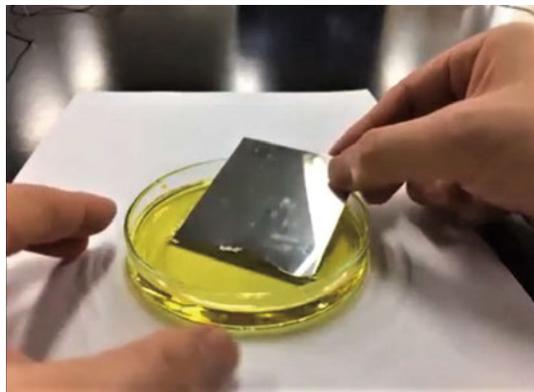
Q1. 何が起こったか、結果を記録しなさい。

Q2. 反応した銀板を食塩水中でマグネシウムリボンと接触させるとどうなるか、結果を予想して、なぜそうなると思うか説明しなさい。



銀はいつも金属光沢があると思っている生徒は多い。まず、銀は硫黄と反応しやすく硫化銀の黒ずみになることを確認するところからはじめる。きれいな銀板を準備して、入浴剤(草津温泉ハップ)につける。瞬間に光沢が黒ずんで硫化銀の生成が確認できる。

その後、「マグネシウムリボンを黒ずんだ銀板にあてていくとどうなるか」と質問する。



▲写真5 「硫化銀の生成」実験の様子(2枚)

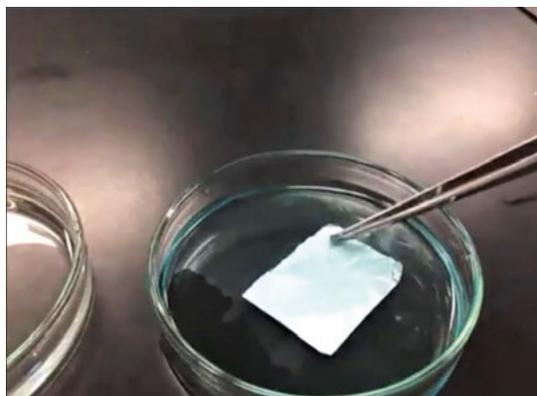
[方法]

①金属光沢のある銀板を用意し、うすめた入浴剤につける（ここで使ったのは「草津温泉ハップ」という硫黄を含む入浴剤でネットでも購入できる。銀細工の硫化剤でも可）。表面に硫化銀が生成する。

②①の銀板を食塩水に浸し、銀板にマグネシウムリボンを押し付けるようにこする。硫化銀の黒ずみがみるみるなくなるのがわかる。



▲写真6 「硫化銀とマグネシウム」実験の様子
[参考]四ヶ浦弘 金銀銅の不思議を探る 金沢・金の科学館



5-4 アルミニウムと硫酸銅(Ⅱ)

No.2 濃硝酸につけたアルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液につけたアルミニウムをそれぞれ硫酸銅水溶液に入れる。

薬品: アルミ箔, 濃硝酸, 0.1mol/L 硫酸銅水溶液, 6 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

Q. この実験結果からわかることを書きなさい。

アルミニウム箔をそのまま硫酸銅(Ⅱ)水溶液に入れても変化しない。しかし濃い水酸化ナトリウム水溶液につけてしばらく反応させ、水洗後に硫酸銅水溶液に入れると、みるみるまだら模様がついてくる。不動態の働きを確認する実験であるが、不勉強な生徒には、この実験が何を観察する実験なのか、わからなかったようだ。



▲写真7 「アルミニウムと硫酸銅」実験の様子(4枚)

[方法]

① 3 cm 四方程度のアルミニウム箔を用意し、硫酸銅(Ⅱ)水溶液の中に入れて変化を観察する。

②①を水洗後、濃い水酸化ナトリウム水溶液の中に数分つけて表面の酸化被膜を取り除く。

③②のアルミニウム箔を水洗したあと、①で使った硫酸銅(Ⅱ)水溶液の中に入れて変化を観察する。

[参考] 東京学芸大学教育学部附属高等学校 化学実験・特論のしおり (54期)

6. おわりに

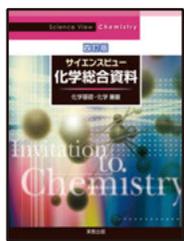
本稿を書いている7月末は、毎日、過去最大の感染者とニュースになっており、まだ全く先が見えない。アフター・コロナも考えて手探りではじめて実験動画の配信だったが、実際の生徒同士は、ゲームやSNSではつながっているのに、勉強の場は孤立し、一人で学習し、考え、悩んでいる者が多数いた。SNSをうまく学びあいの道具として活かせるように促しながら、オンラインと対面の授業を組み合わせれば、場所や時間という垣根を超えた「学びの場」をつくることもできるのではないかと考えている。コロナ禍で新しく生まれる学び方の実践例を、今後も共有させていただき、他の実践を勉強させていただければと考えている。

サイエンスビュー化学総合資料 四訂版

A8判 352p. 定価 913円(税込)



p.189 硫酸銅(Ⅱ)五水和物
紙面サンプルはこちら



Point

- ▶ **網羅性が高い**
重要な実験は手順も含めて掲載
入試対策としても万全の参考書一体型資料集
- ▶ **入試ではこう出る**
入試頻出の学習事項には入試問題も掲載
入試への実践意識を持ちながら学習できる
- ▶ **スマホ・タブレットでAR**
実験動画・アニメーションを無料視聴
3Dモデルを動かせる
紙面だけでな理解しづらい内容を動画で学習
- ▶ **無機化学のパターン学習**
無機化学を大きく7パターンに分類
暗記に陥りがちな無機化学に
パターンへの当てはめ学習を提案

2021問題タイプ別 大学入学共通テスト対策問題集

化学基礎 88p. (別解 40p.) 定価 748円(税込)
化学 192p. (別解 112p.) 定価 935円(税込)

Point

▶ 問題タイプごとに学習

1. 「知識問題」
2. 「計算問題」
3. 「実験・グラフ問題」
4. 「思考問題」
5. 「模擬問題」

化学基礎 / 化学
各分野の学習内容を
5タイプに再構成

- ▶ 苦手な分野・問題タイプを発見・練習できる
- ▶ 5タイプすべてを学習すると
問題集5周分の学習効果