

# 実験実習系科目の予習動画の活用による学習効果の向上

～新型コロナウイルス流行時の化学実験を例に～

柳 下 真由子・青 柳 充・有 馬 寿 英・大 竹 才 人  
小 林 謙 介・五 味 正 志・内 藤 佳奈子・西 村 和 之  
西 本 潤・三 苦 好 治・米 村 正一郎・橋 本 温

## 1. はじめに

大学教育においては、実際の授業時間に加えて予習復習を含む自発的な時間外学習が必要とされている。特に、実技を伴う実験実習科目において、当日に行う実験内容と操作を頭に入れておくことは学習内容や実際の実験操作の理解の促進のみならず、危険を伴う科学系の実験実習では事故の未然防止の意味もあることから、多くの場合、予め配布した実習テキストや実習書の熟読など事前の学習を指導する。教員側としては、これらの事前学習を通じて、実習テキスト等に文章で書かれている操作を読み、それぞれの操作のイメージトレーニングをし、操作手順を分かりやすくフローチャートや図示しプロトコルシートの作成を行うなど、かなり高度な予習が完成していることを期待するものである。一方で、学生の立場では、大学までの初等中等教育においては実験実習の機会が少ないことなども関連して、文章で書かれた実験方法から操作手順を連想することや初見の実験器具名から形状や使用方法を想像することなどはかなり高度なものであり、特に大学入学直後の初年度の教育において「実習テキストを読み事前学習すること」という指導のみによって、そのレベルを求めることは難しい。

2020年度から新型コロナウイルスの流行に伴い、大学内での感染拡大防止ということで本学においても実験系科目の一部オンライン化が必要となった。また、同年度には新カリキュラムへの変更もあり、本報告の主題となる「化学実験」は生物資源科学部生命環境学科の環境科学コース教員の担当、通年科目、全10回と大きく構成が変更された。新型コロナウイルスの流行とカリキュラムの変更という2つの事象を背景に、新たな「化学実験」として新しく各実験のテーマを構築し、環境科学、生命科学両コースの学生に高学年～卒業後の専門分野での活躍に必要な実験手技やデータの扱い方などの基本事項を習得する事を目的とするとともに、オンラインと対面を組み合わせたハイブリッド型授業の実験系科目を構築する必要がある、急遽、当初のクオリティを確保しつつ、オンラインとする実験の形態を模索した。その中で試行錯誤を重ね、最終的にはオンラインの動画を「予習動画」として事前学習用とし、動画を視聴した上で実験に臨む、というスタイルをとることとした。この形態での化学実験の実施は、感染症対策にとどまることのない予想以上の学習効果の向上が得られ、ほかの多くの実験実習系科目への応用も可能であると考えられたことから、ここにその内容を報告する。

## 2. 新旧「化学実験」の位置付けと内容

2019年度までに旧学部（生命環境学部）の旧カリキュラムで運用していた「化学実験」は1年次

後期の全5回であった。回数の制限などから1年生にはかなり高度な内容であったと同時に、高学年での実験、卒業研究などに必要と考えられ、化学分野のみならず広く他の理科学分野でも必要となる基本的な実験手技やガラス機器等の扱い方、社会科学系分野でも必要となるデータの収集やそのノートテイク、解析など、1年生に実施する実験として必要であると考えられる初歩的かつ基本的な教育の充実が必要であった。

これらを受けて、2020年度からスタートした生物資源科学部生命環境学科の新カリキュラムにおける「化学実験」では、1年次通年全10回と大幅な時間の増加となり、大学入学後すぐに実験系科目が始まることも踏まえて、必要不可欠な基本的な事項をしっかりと取り込んだ内容での整備が必要と考えられた。そこで、新しい「化学実験」の内容や計画の立案時には、化学実験のみならず科学全般における実験時に求められるしっかりとした基礎固めとする必要がある、ということ念頭に置いた。例えば、実験ノートの扱いや測定値の扱いなど、これから科学を学ぶ大学入学生にむけた初歩の初歩となるような内容から、それらを応用して発展的に行う内容まで種々準備した。実験ノートの必要性や意義については、実験データの記録の意味のみならず、今後の研究活動における研究倫理の理解にもつながると考えられる。

表1には旧カリキュラムと新カリキュラムの各実験テーマの一例を示す。新カリキュラムにおいては予め1年分の実験内容を冊子化した実習テキストを配布するとともに、各テーマでどのような目標として行う内容か分かるように「習熟度チェック表」の一覧も冊子に含めた。

表1 化学実験で扱う各テーマ

	旧カリキュラム	新カリキュラム
前期		第1回 オリエンテーション 第2回 測定値の扱い 第3回 アボガドロ定数の算出-1 第4回 アボガドロ定数の算出-2 第5回 溶液調製
後期	第1回 pH測定 第2回 系統分析-1 第3回 系統分析-2 第4回 有機合成-1 第5回 有機合成-2	第6回 pH測定 第7回 中和滴定 第8回 キレート滴定 第9回 比色分析 第10回 総まとめ実験

### 3. オンライン-対面のハイブリット型化学実験の試行と改良

#### 3.1 2020年度の新「化学実験」開始と新型コロナウイルス感染症の流行

学部学科改組による新カリキュラムの開始による新「化学実験」が開始した2020年度は、同時に新型コロナウイルス感染症の流行による講義の休講という未曾有の事態となった。化学実験もその他の科目同様、2020年度の期初から一部をオンラインとすることになり、新たに実施する基本を重要視した内容や、実際に目で見て手で触って動かして初めて成立するような実験系科目を、対面での実施と比較していかにクオリティを下げずに続けるかがポイントとなった。

そこで、安全教育や基本的手技などオンラインでも対応可能な部分と対応の難しい部分を大別し、オンラインでの実施を先行させ、対面可能となった時にはオンラインの内容を反映させて実験

を行うことを設計し、5つの実験テーマを実施した。先行するオンラインでの実施の前には、冊子にした実習テキストや各自が自宅等で実施できるテーマの教材を各学生に郵送配布し、手元には「実験の教科書」がある状態で自宅に取り組めるテーマについて実施した。

新型コロナウイルス感染症の流行と新カリキュラムの2つの変化に急遽対応せざる得なくなった2020年度の化学実験の振り返りとしては、郵送による自宅での実験、オンライン動画、それに続く対面実験の実施によって実験科目として必要な量的、時間的な条件はしっかりと確保することができたものの、実験の予習、実験ノートの活用、すなわち対面時に実験ノートを活用できていない学生が多く見受けられたことと、オンラインで配信した内容と対面の内容的なつながりが十分でなかったことなどが見受けられた。そこで、同様にオンライン-対面のハイブリットで実施せざるを得なかった2021年度にはこれらの課題に対応すべく、予習動画によるオンラインでの予習+対面実験という形態を取る形に大幅に改良した。

### 3.2 2021年度におけるオンライン-対面ハイブリット型化学実験の完成と予習動画による予習

#### 1) 2021年度化学実験の概要

化学実験は実技を伴う実験系科目であることから、学長許可を取った上で4月当初より対面を中心としたハイブリット型で全10回を実施することとして準備を進めていた。2020年度の振り返りを基に、実習テキストには「実験ノートの必要性」について具体例を載せた頁を増やすなどの改良を加えた。この改良型の実習テキストを一年間の授業の全体像を掴めるように初回に冊子として配布した。また、実験レポートの作成についても、レポート作成自体も実験系科目の重要な基礎教育課題の一つと考え、段階的に進めるよう工夫した。すなわち、論理的な文章を書いたり、結果の表し方を学んだりすることができるよう、前半は簡易レポートとして実験後にまとめる時間を設けた。これは実験レポートを書き上げるための準備・練習期間とした。

加えて、次回の実験の予習を促すべく事前学習課題を設定した。内容としては実習テキストを読んでいくつかの問いを調べての回答や、計算問題への取り組みなどの簡単なものである。この課題を設定することで必然的に実験の予習となる事前学習をせざるを得ない状況を確認した。

対面実験の運営方法としては新型コロナウイルス対策として、クラスを2分し、教室定員の半分の交代制にして各テーマ2回の実験を行った。対面実験時には、マスクに加えフェイスシールドの着用の徹底、入室時の手指消毒および検温、換気など、大学のガイドラインで求められる以上の対応を行った。

#### 2) オリエンテーション（第1回）および測定値の扱い方（第2回）

初回のオリエンテーションおよび第2回の測定値の扱い方については対面で実施した。オリエンテーションでは実験ノートの必要性とその使い方、実験廃液の処理や安全のための白衣や保護メガネの着用についてなど、化学分野に限らず他の実験でも必要となる実験の基本について説明を行った。その後、実験用ガラス器具の使用用途や名称について、特に秤量容器の特性について一定量の水をビーカーの不正確な目盛とメスシリンダーによって秤量し、それぞれの目盛りの意味や正確性を肌で感じるような実験を行った。同時に、測定結果や観察の結果を実験ノートに逐一記録させ、実験ノートの記述についても学修させた。

実験データの取得やその正確性に関して、高等学校までの教育では実験原理の学習などに焦点を置き、多くの場合一回の測定で済ませていたことが多いと考えられる。しかしながら、実際の研究



や測定におけるデータの取得はそのばらつきを考慮し統計的な処理にも対応できるよう複数回の繰り返し測定が必要となる。第2回の実験では、この繰り返し実験の必要性、用途に応じた測定器具を用いることによる誤差の最小化などを理解することも一つの目標とした。そこで、筒状の各種金属片を用意し、その金属の密度を求めることを最終的なゴールとして、文房具の定規とノギス、キッチンスケールと化学天秤を用いてそれぞれ体積と質量を繰り返し計測して密度の算出を行った。

これらの対面での計測や誤差に関する実験によって、計測に使用する器具の大切さ、実験の精度、データのばらつき、繰り返し実験の必要性が体験的に理解できたものと考えられる。一方で、実験日の前までに実習テキストを読み、それぞれの金属の密度を調査しておく、という事前学習課題を設けたが、テキストを読み、操作をイメージトレーニングするのはかなりハードルが高いという印象を持った。そこで、3回目以降は、実技系科目に重要である受講前の十分な予習をより効果的に実施する手法として、ハイブリット形式での実施+新型コロナウイルス対応でクラス半分を通常の半分の時間で実施しなければいけない、という問題点を逆に利用し、オンデマンドによる“予習動画の配信による事前学習”を導入した。

### 3) オンライン配信による予習動画を用いた実験の予習の導入と対面実験（第3～7回）

4月から数回対面での化学実験を行ったところで、新型コロナウイルス感染症の拡大が著しくなり、対面での実験の停止とオンラインへの切り替え、対面での実験の延期など急遽様々な対応に迫られた。これらの対応の中で、ハイブリット型の化学実験においては、オンライン配信した予習動画（図1）と対面実験の組み合わせという1つのスタイルとして確立していった。

今回実施した新しい形式は一般的な実験系科目では、冒頭の30分から一時間程度は講義スタイルで当日の実験に対する解説や注意点を説明する時間を設けることが多いが、その部分を「予習動画」で補い、デモンストレーションとして教員が実際に実験を行っている様子を動画として撮影して配信し、予習段階で理論と実技のイメージをしっかりと習得した上で対面の実験に望むという形とした。開始当初はあくまでも急なオンラインへの切り替えの対応と実験時間の補填の意味で開始した予習動画であったが、このスタイルでの予習の後、対面での実験を行なってみたところ、学生に従来の「実験テキストの読み込み」では得られなかった様な変化を観察することが出来た。すなわち、「今回の実験で何をどのようにするか」というイメージが頭の中でできている学生が多く、

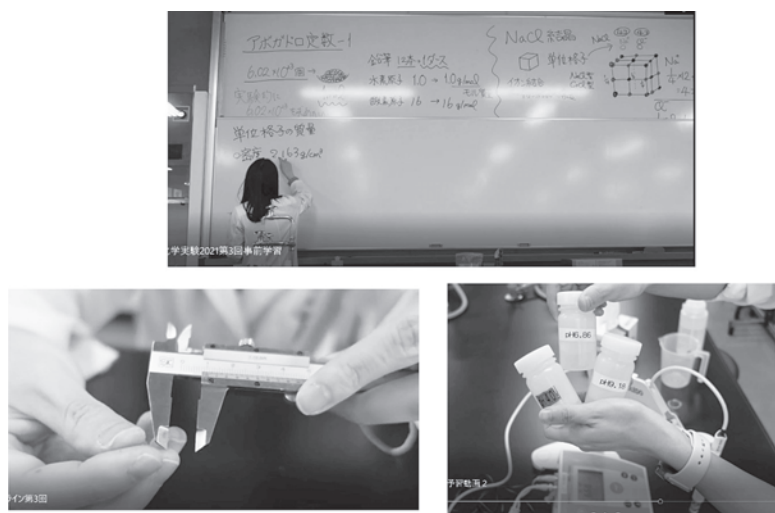


図1 予習動画の一部

(a)実験内容、方法に関する解説 (b)アボガドロ定数の測定の実演 (c) pH測定の実演

手際よく実験に取り掛かれており、内容の理解度が著しく向上したように感じられた。また、学生からは「動画を見てきたので実験にスムーズに取り掛かれた」などといった意見が上がった。

#### 4) 学生からのフィードバックによるオンライン予習動画+対面実験の効果測定

前項に示したように、対面実験時の学生の口頭による意見と担当教員の実験時の観察においては、オンライン予習動画+対面実験は一定の効果を得ているように感じられた。一方で、その効果の実証には、理想としては定量的な評価が必要であるが、実験科目の効果の定量的な測定に適した手法が少ないことから、学生へのアンケートによってその効果の検証と振り返りを行った。

前期が終了した時点で学生にこれまでを振り返り、感想、良かった点、改善して欲しい点について自由記述を求めた。アンケートの回答は登録学生のうち90%から得た。結果を表2にまとめた。アンケートの結果には様々な意見や感想がみられたものの、大きく分けて以下の6つの項目に対する記述が多かった。各項目に対する言及率については括弧内に示した。

表2 自由記述学生アンケートによる予習動画の効果の主な回答

- 
- ・動画による予習が分かりやすく、効果的であった。(44%)
  - ・基礎的なことが充実していた。(34%)
  - ・高校で学習した内容からの発展があり、大学での研究の一端を知ることができてよかった。(34%)
  - ・多数の教員が参加していることで、質問などしやすい環境だった。(27%)
  - ・各回のレポートに対するコメントがあったことで、修正すべき点が分かりやすかった。(6.7%)
  - ・失敗から学ぶことが多いということを学べた。(5.6%)
- 

自由記述式のアンケートの中で、44%もの学生が「動画を用いた事前学習」の効果やわかりやすさに言及していた。これは教員側の予想を超えるものであり、本スタイルが効果的な方法であることが強く示唆された。また、高校で学んだ内容の発展として基本的なことからスタートすることで、いよいよ大学での研究活動が始まる、という気持ちを醸成する効果もあったのではと考えられた。

加えて、環境科学コース教員の全員が担当する科目であり、各実験には3名程度の教員と実験補助の学生を2名配置した。大学に慣れていない1年生にとって多くの教員がかかわるという実験形態も効果的であり、実験補助の学生からの声掛けや質疑応答などしやすい環境であったと推察された。加えて簡易レポートに対しては教員がチェックし、修正すべき点を「〇〇はよいが、△△すると尚良いです」といった具合でコメントして学生に次週返却した。このことに対する学生の反応も多く、実験レポートのチェックおよび修正箇所の指摘は初めて重要なものであると考えられた。

一方で、改善して欲しい点として、予習動画の画質が悪かった、フェイスシールドが邪魔であった、実験室の柱で前方が見えにくいといった意見が多数みられた。加えて、前方が見えにくい教室の後方に着席している学生にとっては、予習動画での手元の画像が役立ったようである。今後、対面の授業が主となった場合においても細かい手元の作業が見えずに授業内容についてこれられない学生が発生しないよう、手元をカメラで写しスクリーンに投影が可能な設備の整備など、ハード面での解決が必要な問題が多くみられ、今後学内の施設整備として検討する必要があると考えられた。また、今回は新型コロナウイルスへの非常時の対応として予習動画の作成などを行ったが、その他の対応も含め今回の化学実験にかかる担当教員の作業の負担は極めて大きいものであり、研究などの他の業務への影響や健全な労働環境の維持を考えると問題の大きいものであったことも事実である。予習動画は実験実習系科目において極めて効果的なツールであることは示されたが、

それらを定常的に活用するためにはハード面のみならず、これらの作業者の十分なサポートも重要であると考えられた。

#### 4. まとめ

感染症対策の一端として、教室定員を半分とし交代制にすることで実際に実験に取り掛かれる時間は半減してしまうが、予習動画+対面というハイブリッドスタイルにすることで予想以上の教育的学習効果が得られた。また、実習テキストを読み実験内容を理解する、という事前学習の方式から動画を用いて実際の実験操作を見ておく、という方式は革新的であり、実験当日の流れもスムーズになる他、学生の理解度も向上した。この方法は実験系科目の新しいハイブリッド型スタイルであると考えられるものの、担当者の作業負担についても十分な考慮が必要であると考えられた。