

高等学校化学におけるオンライン授業の試み

～オンデマンド型教材の開発と配信～

沓 脱 侑 記・内 海 良 一・平 松 敦 史

コロナ禍による全国一斉休校のなか、化学のオンライン授業の試みとして、授業動画の作成と配信を行った。本稿では対面授業とオンライン授業の違いを踏まえながら、オンデマンド型教材の開発過程や視聴した生徒の反応などについてまとめ、化学におけるオンライン授業のあり方について考察したい。

1. はじめに

今年度のコロナ禍の影響で、本校も4月中旬から5月末まで休校となった。その間、生徒は家庭学習を強いられることとなった。そこで、家庭学習の一助として化学のオンライン授業を提供することができないかと考え、急遽 YouTube にチャンネルを開設し、休校直前に生徒に注意事項とアドレスを記したプリントを配布した。

本校の化学の授業は実験が多いことが特徴のひとつである。生徒実験ができない休校期間中において、本校の“化学らしさ”と、対面授業再開後の進捗保障を念頭においてオンライン教材を作成した。本稿では教材作成や配信上の留意点、生徒の反応などについて整理することで、今後の高等学校化学におけるオンライン授業への対応の一助となることを期待したい。

2. 本校化学の授業スタイル

本校で開講している化学の授業は高校1年生『化学基礎(2単位)』、高校2年生『化学(2単位)』、高校3年生『化学(3単位)』、高校3年生『化学基礎(1単位)』である。このうち、高校3年生『化学基礎』以外の3つについてはいずれも独自に作成した「協調学習テキスト」を副教材として使用した授業を行っている。

「協調学習テキスト」は単元ごとに学習内容、実験のワークシート、演習問題などをひとまとめにした冊子である。3人の化学科教員で作成を分担し、年度ごとに改定を行っている。以下の表1～3は、2020年度の各学年で使用した「協調学習テキスト」である。

表1 高校1年生の協調学習テキスト

| |
|-----------------|
| 1. 物質の分離と精製 |
| 2. 物質の構成粒子・化学結合 |
| 3. 物質と化学反応式 |
| 4. 酸・塩基 |
| 5. 酸化還元 |

表2 高校2年生の協調学習テキスト

| |
|-------------------|
| 1. 周期表と元素の性質、ハロゲン |
| 2. 酸素・硫黄 |
| 3. 窒素・リン・炭素・ケイ素 |
| 4. 金属元素(1族, 2族) |
| 5. 両性元素 |
| 6. 遷移元素 |
| 7. 気体 |
| 8. 溶液 |
| 9. 熱化学 |

表3 高校3年生の協調学習テキスト

| |
|----------------|
| 1. 電池・電気分解 |
| 2. 反応速度 |
| 3. 化学平衡 |
| 4. 脂肪族炭化水素 |
| 5. 酸素を含む脂肪族化合物 |
| 6. 芳香族化合物 |
| 7. 合成高分子化合物 |
| 8. 天然高分子化合物 |

休校期間は約2ヶ月が想定されたため、どの学年においてもこの間の進捗に相当するテキスト2～3冊分の内容についてオンデマンド型教材の開発を目指した。協調学習テキストは、学校や他の教科からの配布物とあわせて生徒あてに郵送し、手元にテキ

ストがある状態でオンライン授業を受講できる状況とした。

3. オンデマンド型教材の開発

オンライン授業は「オンデマンド型」と「リアルタイム型」に大別できる。それぞれのメリットとデメリットを「双方向性」「既存の教材との両立」「学習者の理解の容易さ」の3つの項目で整理すると、以下の表4のようになる。

表4. オンライン授業の特徴

| タイプ | オンデマンド | リアルタイム |
|------------|---|--|
| 双方向性 | △ サービスによってはコメントのやりとりなどを設定することができる。 生徒達は授業動画を任意のタイミングで視聴できるが、授業者が同じ時間に画面の向こうにいるとは限らない。 | ◎ 同時に一对多数の会話が成立するため、問いかけに対する反応などを確認しやすい。 参加人数が多いと、誰が発話しているかの確認が困難になりやすい。 |
| 既存の教材との両立 | ○ 授業者の意図した編集が可能で詳細を伝えやすい。 動画内にリンクを貼ることもできる。 ※今年度に関しては、著作物利用の規制も緩和されている | ○ 授業者が画面越しに教材を提示することで同時に確認ができる。 映像・音声の質が通信環境に左右されやすい。 |
| 学習者の理解の容易さ | ◎ 授業内容を繰り返し視聴することができ、停止やスロー再生なども容易である。 編集により視覚効果を用いて、授業者の意図を伝えやすい。 | △ 見にくい、聞こえにくいといったトラブルへのその場での対応が難しい。 時間が限られている場合、内容を聞き逃すこともある。 |
| 例 | YouTubeの利用や学校サーバからの動画データ提供 | ZoomやMeetなどのオンライン会議システムの利用 |

生徒の通信環境を把握することなく休校となったため、リアルタイムでの配信ではなく、生徒が自身のタイミングで視聴可能なオンデマンド型の教材開発を行うこととした。また、休校期間中の学習支援として実施するため、繰り返し見ることが可能なオンデマンド型のほうがより適していると考えた。

3.1 教材の内容

休校期間中に相当する授業内容については、休校明けから改めて行うため、休校期間中の家庭学習は予習や自習として位置づけていた。そのため、オン

デマンド型教材の内容は、予習や自習ができるように単元の内容を理解させることを主眼にし、「協調学習テキスト」に沿ったものとした。また、教材開発にあたっては、内容部分と実験部分に分けて取り組んだ。内容部分は、「協調学習テキスト」の記載内容と演習問題の解説とし、実験部分は「協調学習テキスト」で取り上げている演示実験と生徒実験とした。内容部分については、PowerPointを用いて、文章や図、ときにはアニメーションを用いスライドを作成した。スライドに沿って担当教員が説明を行い、それをPowerPointの機能として実装されている「スライドショーの記録」機能を利用して録画し、MP4形式の動画ファイルとして保存した。

実験部分については、本校が所有し、演示実験や生徒実験で用いる実験器具をそのまま用いて装置を組み、実際に教員が操作するようすをミラーレスデジタルカメラの動画機能を用いて撮影することで再現した。これらの動画ファイルには、必要に応じて再生速度の変更（スロー再生やn倍速再生など）、複数アングル映像の合成、キャプション追加による強調などの編集を加えた。

内容部分と実験部分は図1に示した流れに沿って作成、合成した。特に、内容確認では、3人の化学科教員でチェックし、適宜修正を行った。

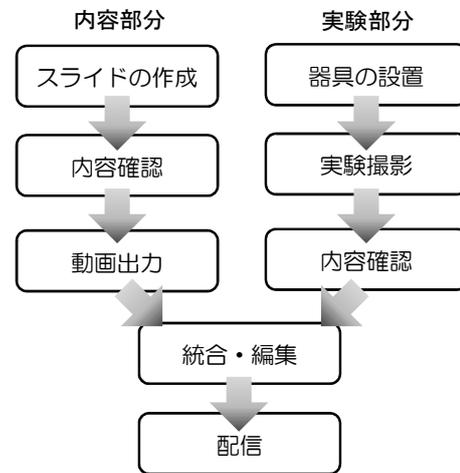


図1. オンデマンド教材作成の流れ

3.2 教材開発に用いた器材

先述のとおり、内容部分の作成はPowerPointのスライドショーの記録機能を用いた。オンライン“授業”であることを考え、板書の代替として作成した。黒板を静止画もしくは動画として撮影する方法と比較して、文字のサイズやフォントに統一感が出て読みやすくなること、重要部分の強調（アニメーションの利用や色の変化）が行いやすいことなどがメリットとして挙げられる。反面、図の作成や利用に

については、板書の方が手軽である。

実験部分はOLYMPUS社製、E-M1 markII、E-M5 markIIの二台のミラーレスカメラを用いて撮影した。動画の録画であれば、家庭用ビデオカメラやスマートフォンのカメラ機能を用いることも可能であるが、実験を動画教材とする場合、操作や反応の見せたい部分を鮮明に撮影するため、細かなピントやコントラストなどの調整が不可欠となる。その点、ミラーレスカメラの動画機能を利用すれば、撮影機能を活かした状態での動画撮影となるため、撮影中の細かな調整も可能である。また、2台のカメラのうち、一方には広角～標準域のレンズを装着して実験装置の全容がわかるように撮影し、もう一方にはズームレンズを装着してみせたい部分を拡大して撮影できるようにした。実験の内容に応じて、撮影したデータは編集作業を行い、図2に示したように一画面に全容と拡大画面が同時に表示できるようにしたケースもある。



図2. 実験の全容と拡大の同時表示

4. オンデマンド型教材の配信

教材の配信については、様々なオンラインサービスを検討した結果、YouTubeを用いて行うこととした。他のサービスと比べた際のYouTubeの特徴としては、

- ・Googleアカウントと紐づけた管理が可能であること
- ・視聴制限をかけやすく、動画ごと、再生リストごと限定公開ができること
- ・様々な端末に対応しており、アプリを利用することでタブレット端末やスマートフォンなどでも視聴できること
- ・視聴者側で細かく画質を設定でき、通信環境に応じた設定が容易なこと

などがオンライン授業を実施するうえでのメリットとして挙げられる。

配信（アップロード）は当初、すべての学年の内容を一緒に行っていたが、公開本数が増えてきた段階で学年ごとにリストを作って整理した。各学年向

けに配信した内容、動画の長さ（時間）および日時は以下の表5～7に示したとおりである。なお、内容の後の（ ）内の数字は、表1～3で示した「協調学習テキスト」の番号である。

表5 高校1年生『化学基礎』配信記録

| No. | 内容（テキストの番号） | 時間 | 配信日時 |
|-----|---------------|-------|-------|
| 1 | 物質の分離（1） | 17：16 | 4月17日 |
| 2 | 元素、化合物の分離（1） | 22：37 | 4月22日 |
| 3 | 状態変化（1） | 15：45 | 4月24日 |
| 4 | 原子の構造（2） | 13：49 | 4月27日 |
| 5 | 原子の構造と同位体（2） | 16：25 | 4月29日 |
| 6 | 原子の構造と電子配置（2） | 14：48 | 5月1日 |
| 7 | イオン結合（2） | 12：46 | 5月8日 |
| 8 | 共有結合と分子（2） | 23：03 | 5月12日 |
| 9 | 分子の極性（2） | 11：55 | 5月14日 |
| 10 | 金属結合（2） | 27：53 | 5月26日 |

表6 高校2年生『化学』配信記録

| No. | 内容（テキストの番号） | 時間 | 配信日時 |
|-----|-----------------|-------|-------|
| 1 | 水素とその化合物・希ガス（1） | 11：18 | 4月17日 |
| 2 | ハロゲンの単体（1） | 15：19 | 4月23日 |
| 3 | 昆布からヨウ素（1） | 8：41 | 4月24日 |
| 4 | ハロゲンの化合物（1） | 10：38 | 4月28日 |
| 5 | 酸素とその化合物（2） | 13：53 | 5月3日 |
| 6 | 硫黄とその化合物（2） | 35：59 | 5月11日 |
| 7 | 窒素とその化合物（3） | 25：52 | 5月18日 |
| 8 | 窒素・炭素・ケイ素（3） | 29：51 | 5月20日 |

表7 高校3年生『化学』配信記録

| No. | 内容（テキストの番号） | 時間 | 配信日時 |
|-----|---------------|-------|-------|
| 1 | 鉛蓄電池（1） | 7：45 | 4月17日 |
| 2 | 燃料電池（1） | 8：14 | 4月18日 |
| 3 | 電気分解（1） | 13：28 | 4月20日 |
| 4 | 電気分解の量的関係（1） | 10：34 | 4月24日 |
| 5 | 反応速度（2） | 26：35 | 5月7日 |
| 6 | 時計反応（2） | 13：12 | 5月14日 |
| 7 | 活性化エネルギー（2） | 12：49 | 5月19日 |
| 8 | 化学平衡（3） | 18：21 | 5月26日 |
| 9 | 平衡の移動（3） | 21：11 | 5月26日 |
| 10 | 電離平衡（3） | 19：55 | 5月27日 |
| 11 | 緩衝液と塩の加水分解（3） | 20：31 | 6月9日 |

1回のオンライン授業につき、対面授業1時間分の内容となるよう作成した（場合によっては2時間分を1回にまとめたものもある）。

表5～7に示した配信内容は、例年の4～5月での授業進度と同じか少し早いペースで行うことができた。

5. 生徒の反応

配信開始から休校期間が終わる1か月半の間に、すべての動画ののべ再生回数は8500回に達し、1日あたりの再生数も多い日で300回程度であった。

オンライン授業に対する生徒の反応については、同時期に導入されたGoogle Classroomのアンケート(フォーム)機能を用いて確認・集計を行った。生徒への質問項目を表8に、質問に対する回答の集計を図3～7および補足に示した。

なお、アンケートについては任意での回答としたこと、またインターネット環境が十分に整備されておらず、動画の視聴およびアンケートへの回答ができなかった生徒も少なからずいたことから、回答数は高校1年生は受講者202名に対して88名、2年生は140名に対して64名、3年生は144名に対して28名であった。

表8. 生徒アンケート項目

| 問 | 内容 |
|---|---------------------------------|
| 1 | 動画授業を利用しましたか？(複数回答可) |
| 2 | 問い1で「見た」という人は、感想をどうぞ。 |
| 3 | 動画の「長さ」はどうですか？ |
| 4 | 動画の「画質」はどうですか？(今は最高でHDです) |
| 5 | 動画の内容について教えてください(複数回答可) |
| 6 | 問5の回答について、具体的な提案があれば書いてください |
| 7 | 5/31までに、内容に質問があればどうしますか？(複数回答可) |

問1：動画授業を利用しましたか？(複数回答可)
84 responses

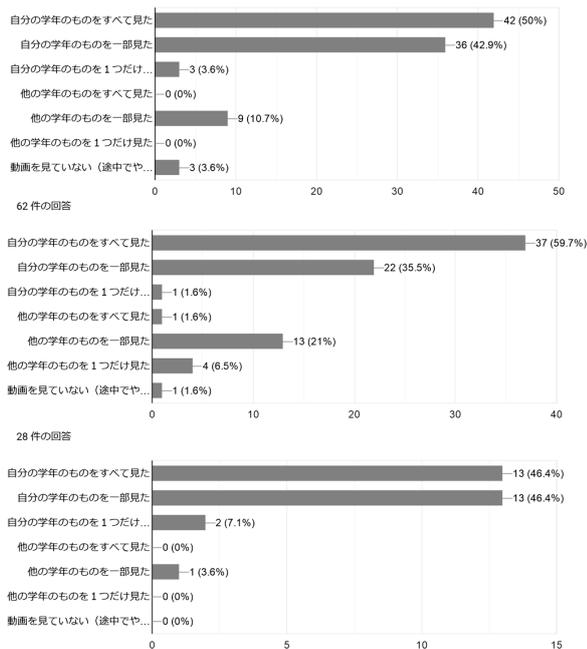


図3. 問1への回答集計

問3：動画の「長さ」はどうですか？
84 responses

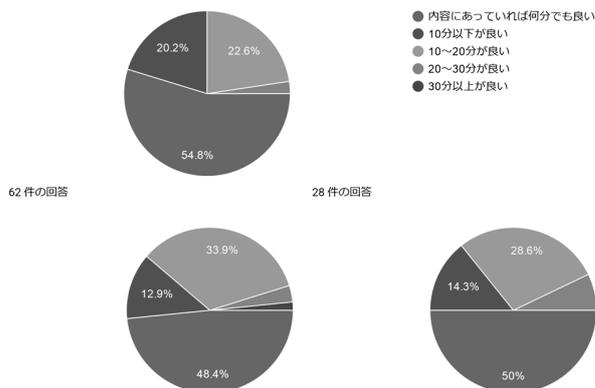


図4. 問3への回答集計

問4：動画の「画質」はどうですか？(今は最高でHDです)
84 responses

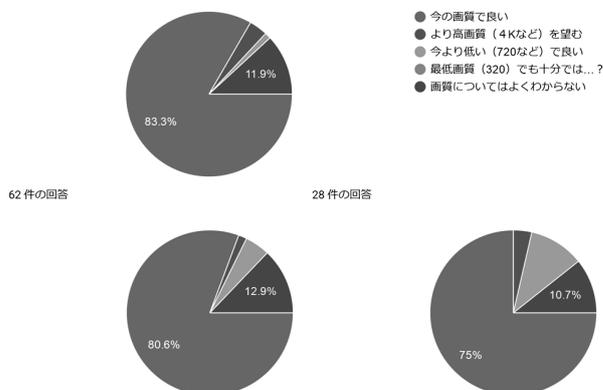


図5. 問4への回答集計

基本的には当該学年の内容を視聴している生徒が多いが、他学年のものを復習・予習または興味の対象として視聴した生徒もいた。

感想の多くは肯定的、好意的なものであり、例えば「実験を動画で見れたので良かった」「理解出来なかったところなどは何回も見ることができるので、自分のペースで進められて良かった」「実験映像も解説も分かりやすかった。また、動画だと一時停止ができるので板書が焦らず書けたり、巻き戻して実験をじっくり見たりすることができて良いと思った。」などであった。生徒たちがオンデマンド型教材のメリットを活かしながら学習に取り組むことができたことがわかった。一方で、「普段の授業を凝縮してある動画だったので、スムーズに取り組めましたが、やっぱりみんなと議論したり、実際に自分の手で実験をする方が楽しいと思いました」といった感想に代表されるように、事象を実際に見ることができない、協調学習(グループでのディスカッションや共同作業)ができないなど、オンライン授業の限界に言及する生徒もいた。

動画教材の時間や画質については、今回作成したレベルで生徒たちの要求レベルをほぼ満たせていたと考えられる。時間に関しては20分以下を求める声が多かったこと、および配信した動画の時間はほとんどが20分以下であり、「このままで良い」という回答が大多数であったことを踏まえると、生徒たちが「画面を見ながら集中して学習に取り組める時間」の上限がこのあたりの長さであると考えられる。

問5：動画の内容について教えてください（複数回答可）
84 responses

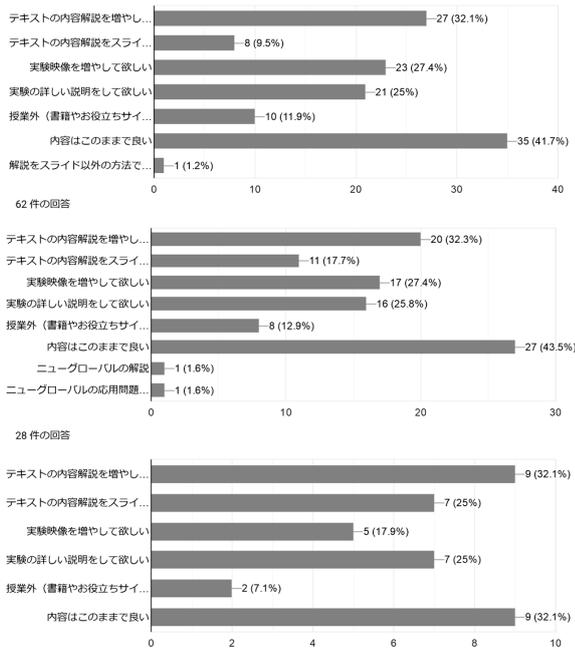


図6. 問5への回答集計

問7：5/31までに、内容に質問があればどうしますか？（複数回答可）
84 responses

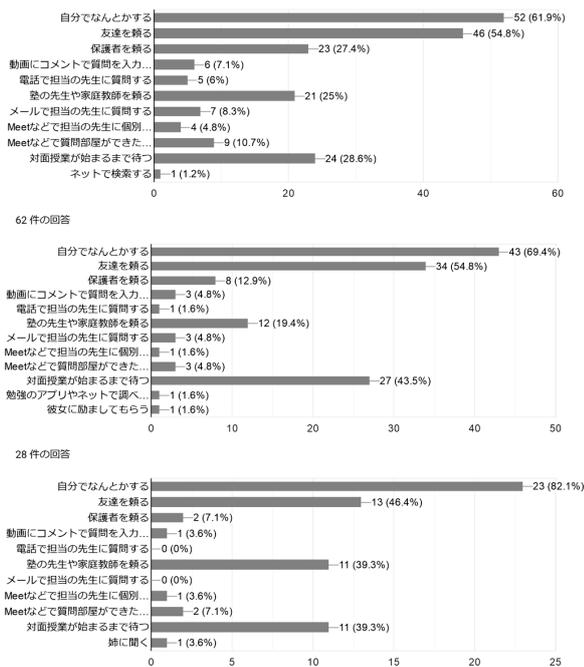


図7. 問7への回答集計

内容に関しては、どの学年においても「内容はこのままで良い」という意見が最も多く、生徒の要求を満たした内容になっていたと考えられる。

一方で、内容や実験に対する更なる解説を望む声も多く、オンライン授業が学習意欲の向上の一助となったと肯定的に捉えたい。これらの回答から、生徒たちが授業に求めているものがみえてきたので、今後の授業（対面授業も含む）改善へのヒントとしたい。

6. オンライン授業を試行して

対面授業再開後は、すべての学年の授業においてオンラインで配信した内容についても改めて内容解説と演習問題の解説を中心に授業を進行した。生徒実験については、しばらく実施せず、オンラインで配信した実験動画をを用いて授業を行った。その後、授業におけるコロナ禍への対応法がある程度確立した7月から生徒実験を再開した。協調学習テキストの記述（回収して採点している）や定期テストの点数に関しては例年と大きな差はなかった。「内容はこのままで良い」というアンケートの回答と併せて、学習内容の理解、進捗保障に力点を置いたオンライン授業の展開に一定の手応えを感じている。

9月に文部科学省より示された各教科等の指導におけるICTの効果的な活用に関する参考資料の理科の項には、「『観察、実験の代替』としてではなく、理科の学習の一層の充実を図るための有用な道具としてICTを位置付け、活用する場面を適切に選択し、教師の丁寧な指導の下で効果的に活用することが重要。」と示されている。休校期間中の学習、進捗保障の一環という特殊な条件下でのオンライン授業ではあったが、実験を映像として提供するオンライン授業は、「観察、実験の代替」とはなり得ないことを踏まえたうえで、映像によって授業を疑似体験でき、より理解が深まるようなコンテンツを提供していくことも大事である。

生徒実験再開後、生徒の中には「動画で予習をしたので器具の使い方がわかりやすくて良かった」、「教科書や資料集に書いてある反応や色の変化を覚えていたうえで実験にのぞめて楽しかった」といった感想を述べた者もいた。オンライン教材を反転授業の事前学習のように利用し、手ごたえを感じた生徒もいることも分かった。

7. 終わりに

コロナ禍による休校という特殊な状況に迫られてのオンデマンド型教材の開発と配信であったが、実際に実施して、次のようなことが明らかになった。

- ・オンデマンド型であるため、生徒が自分のタイミングで好きなときに視聴でき、わからない時には繰り返し見ることができるなど、主体的な学びにつながる効果的な手段である。一方で、リアルタイム型のようにオンタイムでの質問ができないという点については、Google Classroomで質問を受け付けることで解消できることも分かった。
- ・授業進度の遅れを取り戻せかつ定期テスト等による学力の変動もなかったことから、学力保障についても一定の効果があると考えられる。
- ・内容理解に重点をおいた教材開発であったため、改めて学習内容の重要な点を問い直し、どのようなスライドを作成すれば理解しやすいのか、解説をどのように吹き込めば誤解なく伝えられるのかなど、日頃の授業を問い直すことができた。同様に、実験を映像化するときにも、どこに焦点化するのか、どのように映せばわかりやすいのか、操作をどのように見せればよいのかなど、教員のスキルアップにつながる取り組みでもある。このことから、教育実習生や初任者向けの教材への展開も可能と考える。
- ・「動画で予習をしたので」という生徒の意見から、反転授業のための教材としての転用について今後考えたい。
- ・生徒の意見から、20分程度が適切であると考える。

一方で、生徒実験再開後の活き活きと実験に取り組む生徒の様子から、理科や化学においては「実物を見せる、扱う」こと、そして「結果をもとに議論する」ということが教育活動として極めて重要な意味を持っていると改めて実感した。

今後、ICTの活用が拡大する中で、対面授業でしか取り扱うことのできない実験・観察の位置づけについては改めて議論する必要がある。

- ・さまざまな事情で視聴できない生徒もいたため、そうした生徒への対応が必要である。
- ・今回の作成形態では、1つの教材を作成するためには、配信時間のおよそ20倍の時間が必要であり、通常勤務と並行しての作成はかなり難しい。

上述したように、オンデマンド型教材の開発と配信を実際に行い、さまざまなことが明らかになった。「実物を扱うことは難しいが、繰り返し見ることができる」というオンデマンド型教材の特性を踏まえたうえで、今後も教材開発、改善を続け、教員、生徒双方にとってより良い授業の形態を探っていきたいと考えている。

引用・参考文献

- 文部科学省、「理科の指導におけるICTの活用について」、2020年、https://www.mext.go.jp/content/20200911-mxt_jogai01-000009772_04.pdf（閲覧日：2021年1月10日）
- 杏脱侑記、「理科教育とオンライン授業」、広島大学附属小学校 学校教育研究会編、『学校教育』2021年1月号

A Trial of Online Teaching in High School Chemistry ～ Development and Delivery of On-demand Teaching Materials ～

Yuuki KUTSUNUGI, Ryoichi UTSUMI, Atsushi HIRAMATSU

Abstract:

In a period of nationwide school closures due to the coronavirus disease, we created and delivered class videos in an attempt to teach chemistry online. In this paper, we summarize the development process of the on-demand teaching materials and the reactions of the students who watched them, taking into account the differences between face-to-face classes and online classes, and discuss the ideal form of online classes in chemistry.