

開催報告

第27回高校課題研究フォーラム

「高校でできるセラミックス実験」

日 時 2021年8月23日（月）

場 所 オンライン開催（Zoom 使用）

☆2021年8月23日にオンライン開催にて、第27回高校課題研究フォーラムが開催され、オンライン実験講座を実施した。参加者は19名であった。

オンライン実験講座

「キットを利用した水質分析のオンライン実験」

（岡山大学）亀島欣一

「色素増感型太陽電池の作製と評価」

（日本大学）須川晃資

「オンラインでの学生実験の実例」

（岡山大学）米田美佳

☆岡山大学の亀島欣一先生によるオンライン実験講座「キットを利用した水質分析のオンライン実験」では、始めに「川の水調査セット」というキットを使用して河川水の水質分析実験が行われた。実際に岡山大学側の用水路の水を使用して、チャートを参考に各濃度を比較計測した。COD約2ppm、リン酸態リン0.05~0.1ppm、アンモニウム態窒素約0.5ppm、硝酸態窒素約0.5ppm、亜硝酸態窒素約0.005ppmの結果が示された。このオンライン実験の結論として、分析は比較的短時間で実施可能であるが、精度は読み取りの個人差が含まれ、オンライン画像で色合いを正しく評価、比較するのは難しい。また、用いたキットでは予想よりも汚い水でないと数値が出ない。今後の展望としては、50個入りのパックテスト（約5000円）の活用により、自分で測りたいものの個別対応もでき、反応溶液を分光光度計で評価することや、色合いをデジタルデータにして色彩度で比色することもできる。オンライン実験等への導入方法案としては、キットをあらかじめ実験者に送付し、それぞれで川、池、湖などの自然水を用意し、オンラインで講師の指示のもと各自で実験を行うことがある。次に、資源としての水（水資源）の再利用・段階的利用のために施される処理である水処理について説明があった。前述の分析実験により、水がどんな状態かを理解した上でどう処理していくかを考えることが必要である。セラミックスを用いた水処理には多孔質なセラミックスを使用してふるいわけを行ったり、ゼオライトを使用して内包する有害イオンを除去したりすることがある。次に、2019年に実施した演示実験のうち、試料を限定して、天然ゼオライト、人工ゼオライト、活性炭（大）、活性炭（小）、消石灰および石膏を用いたメチレンブルーと銅イオンの除去を行った結果をオンラインによって色の変化等について示された。メチレンブルーに対して、活性炭、ゼオライトの除去率が高く、銅イオンに対して、ゼオライト、Ca塩の除去率が高かった。粉末は沈殿物が嵩高くなり、短時間での変化を追うことは難しい。今後の展望としては、二段階処理の導入、浄水器のような2つの手法の組み合わせやパックテストによる簡易分析との組み合わせが考えられる。オンライン実験の課題として、実験後の処理と発色の結果の相互比較が難しい点が挙げられた。どんなふうに色が見えたか、色に関わった実験をオンラインでやるときには、見え方が大分違うということを認識することが重要になる。

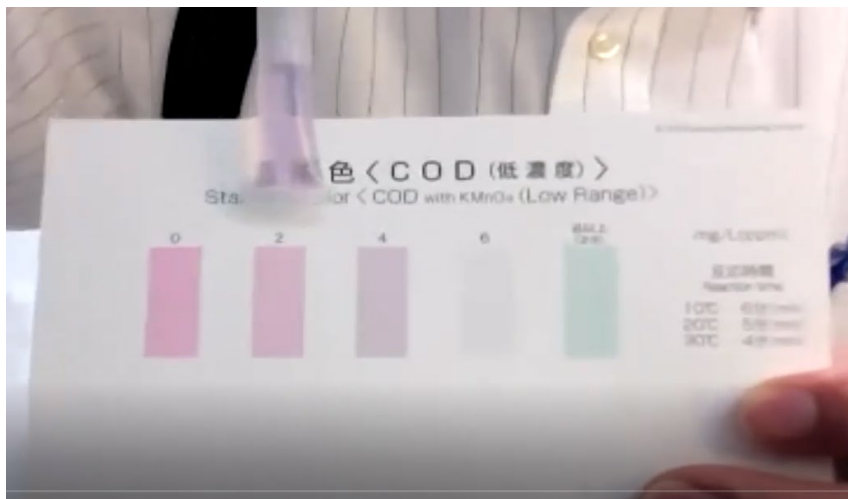
☆次に日本大学の須川晃資先生によるオンライン実験講座では、「色素増感型太陽電池の作製と評価」について説明が行われた。例年、学部2年生に向けての学生実験として行っている。今年はオンラインでオンデマンドの動画として、ガイダンス資料を配信して必要最低限の知識を得てもらい、実験は対面で行った。昨年は全てオンラインで行った。まず、色素増感型太陽電池の背景と原理について説明があった。色素増感型太陽電池は有機色素分子の光吸収をきっかけとして発現する、低コスト・低環境負荷に作製が可能な次世代型太陽電池の一つであり、太陽光を透過する透明電極の上に二酸化チタン微粒子を堆積させた膜に有機色素分子を化学的に吸着させ、対電極と電解質溶液を介してサンドウィッチさせるシンプルな構成になっている。そして、この駆動原理を説明するための光化学の基礎の説明があった。次に、「色素増感型太陽電池の作製と評価」から何が学べるかについて説明があった。光を吸収する能力を定量化する計算を学べ、また、太陽光スペクトルに対して、光吸収の特性がいかに関係しているかが太陽電池の性能に大きく関わってくるので、それを学んで欲しい。光電気化学の基礎である光をトリガーとした酸化還元反応も非常に重要である。高校生にとっては、アイデア次第で太陽電池の性能を良くしたり悪くしたりできるため、その試行錯誤を通して問題意識をもって欲しい。そして、大学（学生実験）で行っている「色素増感型太陽電池の作製と評価」について説明があった。まず、2種類の分子がどの波長の光をどれだけ吸収できるかの吸収スペクトルを測定し、そのうち、太陽電池を作製するのに望ましい方の分子を選定して太陽電池を作製し、その評価を行ってもらおう。それと同時に有機色素分子を修飾しない太陽電池と比較してどうか、物質が色を持つことと電子がいかに関係性を持つかの関係を直感的に理解してもらおう。具体的には、太陽電池の作製スキームとして、二酸化チタンペーストの作製と塗布、焼成し作用電極を作製し、有機色素分子を修飾して作用電極を作製する。そして、対極を作製して太陽電池を作製して評価した。昨年度はこれを全て動画で配信した。実際にその動画の主要部分を配信、説明された。Black dyeを用いた太陽電池は電流と電圧が非常に高い状態で得られた。TCPP分子を用いた太陽電池はあまり電流と電圧が効率よく出まていない。また、色素分子を用いなかった太陽電池は電流電圧ともにほとんど出まていない。そして、各太陽電池の測定結果として、短絡電流・開放電圧・曲線因子・変換効率の値を学生には提示して考察してもらおう。そして、実験の多様性（オンラインに向けて、高校生に向けて）について説明があった。色素増感型太陽電池の実験キットはいろいろな会社から販売されている。1個4000円程度なので、少人数であれば自宅での実験が可能である。また、色素分子の例として、乾燥ワカメやハイビスカスティーなどはかなりの電流が流れた。自宅で作製した色素増感型太陽電池は起電力が0.4V程度なので、晴れた日に2〜3つ直列に繋がればオルゴールの音が流れるであろう。

☆最後に岡山大学の米田美佳先生によるオンライン実験講座では、岡山大学で試行錯誤しながら実施してきた「オンラインでの学生実験の実例」の紹介があった。まず、①実験操作の予習をオンラインで行った例について説明があった。1年生の工学基礎実験実習の科目では、対面実習は全8回のうち2回で、6回をオンデマンドによるオンラインで行っている。中和滴定実験の前に説明を行っていたビュレットの取り扱いについて、オンラインで実験操作を予習することで、対面実習をスムーズに実施することができる。実際にビュレットの共洗いの様子が動画で示された。次に、②実験動画視聴後の課題をレポート作成の練習と位置づけた例について説明があった。キレート反応を利用して固まる材料の組成による固まり方の違いの動画をみてもらい、レポートの書式を利用して、実験レポートを作成してもらおう。これにより、実験レポートの書き方を学んでもらうことを目的と

したとの説明であった。任意記載としたレポートの感想欄には自分でやってみたかったとの感想もあった。そして、③実験の一部をオンライン実験で代替した例について説明があった。2年生の基礎化学実験の科目で、オンデマンド講義のオリエンテーションでは写真を見せて説明するだけではなく、実験のイメージを持ってもらうために実験室全体の風景も動画で見せているとのことであった。一例として、炭酸イオンの定性分析の演示実験について、方法の説明の後に実際に実験している動画が示された。動画で見たイオンの実験を行う場合には学生はこれを思い出しながらか実験をすることができ、効果的であった。次に、④実験3テーマのうち、1テーマをオンライン実験とした例について説明があった。3年生の合成化学実験2の科目で、最初にオンラインで実験の反応についての説明があり、学生が研究室で実験した動画を見てもらってレポートを提出してもらうことになる。最後に、学生に実験を対面かオンラインかを選択してもらう等のその他の大学でのオンライン実験の状況の調査結果についての説明があった。実験は自ら手を動かすのが基本であるが、オンライン実験を予習教材として上手く利用すれば、効率よく実験を進めることも可能であり、オンライン実験は実験操作の手元を拡大して見せることができるという利点もある。また、繰り返し見ることができる点や自分のペースで学習、休憩できることが良いという学生もいる。しばらくは、対面とオンライン実験を併用する必要があると思われるので、さらに、試行錯誤を続けながらより良い形にしていきたいとのことであった。

☆「キットを利用した水質分析のオンライン実験」

◇チャートを参考に各濃度を比較計測（COD約2ppm）



◇チャートを参考に各濃度を比較計測（硝酸態窒素約0.5ppm）



◇チャートを参考に各濃度を比較計測（亜硝酸態窒素約 0.005ppm）



◇メチレンブルー除去実験

メチレンブルー除去実験

実験開始30分後



活性炭(小)・活性炭(大)・ゼオ(人工)・参照・ゼオ(天然)・消石灰・石膏

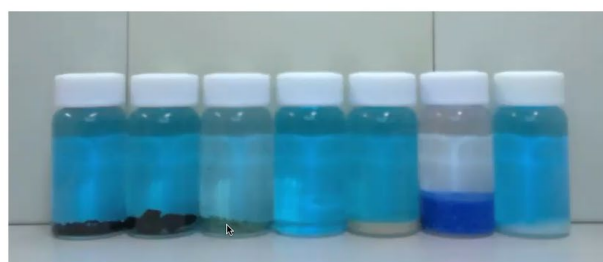
実験開始一晩後



◇銅イオン除去実験

銅イオン除去実験

実験開始30分後



活性炭(小)・活性炭(大)・ゼオ(人工)・参照・ゼオ(天然)・消石灰・石膏

実験開始一晩後



☆「色素増感型太陽電池の作製と評価」

◇作用電極の作製：二酸化チタンペーストの作製と塗布、焼成 (1) (2)

実験操作

③ 太陽電池の作成：

(i) 作用電極の作製：二酸化チタンペーストの作製と塗布、焼成

(1) 二酸化チタンを5.2g量りとり、乳鉢に入れ、15%酢酸水溶液を20 mL 入れて乳棒で懸濁させた。

(2) マイクロピペットで5%トリトン X100水溶液を1.5mL入れて乳棒で懸濁させた。



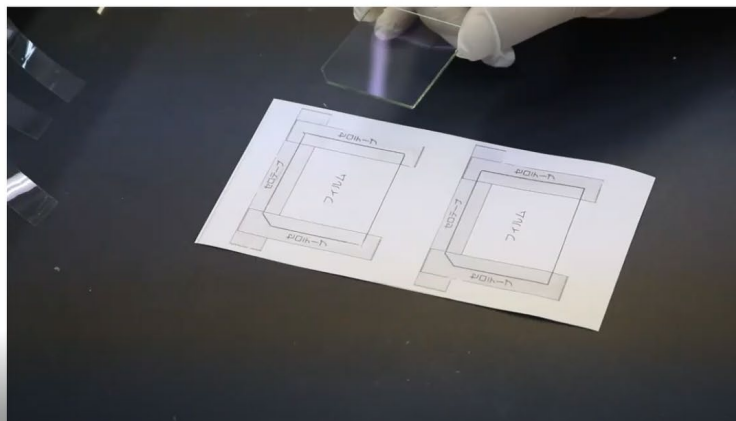
◇作用電極の作製：二酸化チタンペーストの作製と塗布、焼成 (3)

実験操作

③ 太陽電池の作成：

(i) 作用電極の作製：二酸化チタンペーストの作製と塗布、焼成

(3) 透明電極(酸化インジウムスズ電極)2枚を台紙の上にセロテープで固定した。



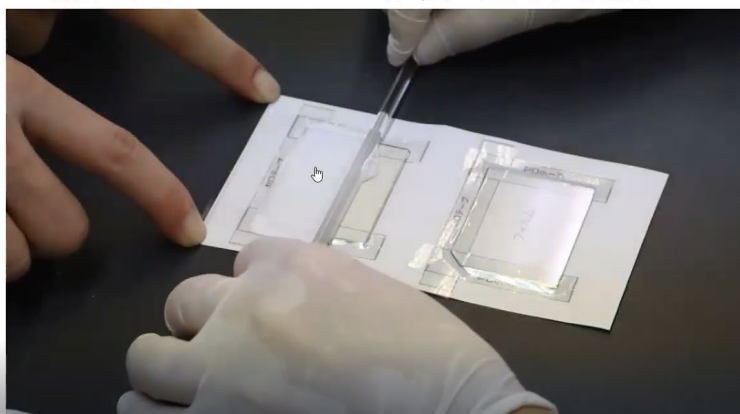
◇作用電極の作製：二酸化チタンペーストの作製と塗布、焼成 (4)

実験操作

③ 太陽電池の作成：

(i) 作用電極の作製：二酸化チタンペーストの作製と塗布、焼成

(4) 二酸化チタンペーストを1mLマイクロピペットで400μL はかりとり、電極の上部(セロテープの上)にのせ、ガラス棒の腹で広げる。約5分間自然乾燥させた。



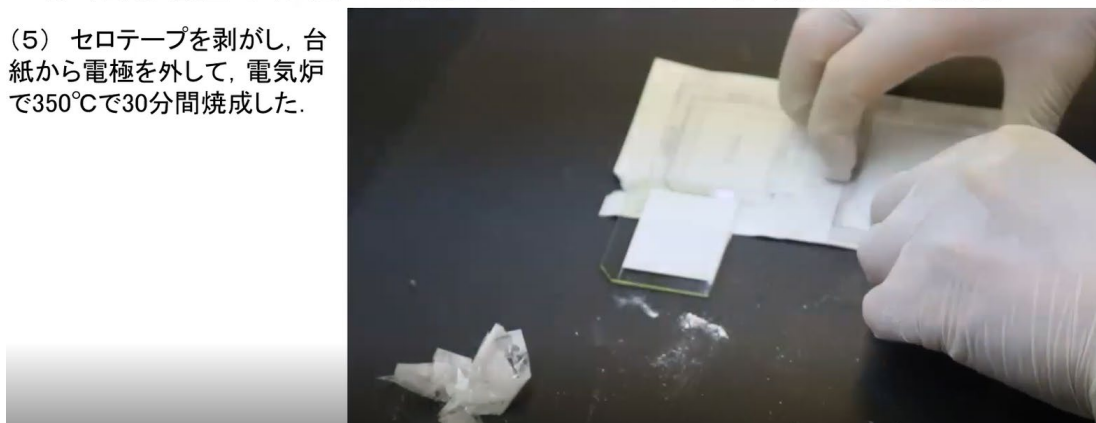
◇作用電極の作製：二酸化チタンペーストの作製と塗布、焼成 (5)

実験操作

③ 太陽電池の作成:

(i) 作用電極の作製: 二酸化チタンペーストの作製と塗布, 焼成

(5) セロテープを剥がし, 台紙から電極を外して, 電気炉で350℃で30分間焼成した.



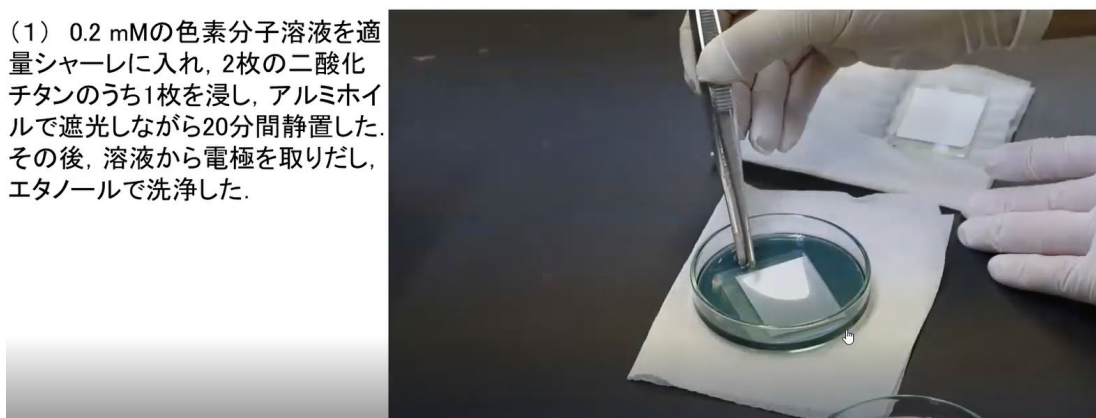
◇作用電極の作製：有機色素分子の修飾

実験操作

③ 太陽電池の作成:

(ii) 作用電極の作製: 有機色素分子の修飾

(1) 0.2 mMの色素分子溶液を適量シャーレに入れ, 2枚の二酸化チタンのうち1枚を浸し, アルミホイルで遮光しながら20分間静置した. その後, 溶液から電極を取りだし, エタノールで洗浄した.



◇評価

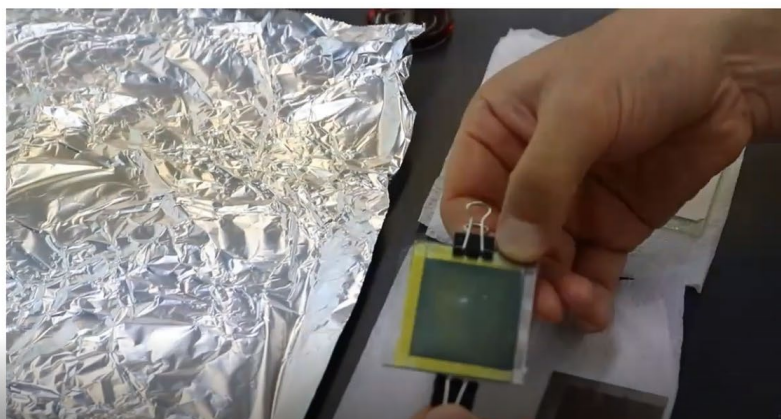
実験操作

③ 太陽電池の作成:

(iv) 評価

(1) ステンレス電極上に電解液を5, 6滴, 均一に滴下した.

(2) 2つの電極を貼り合わせた. 最後にダブルクリップで挟んで固定した. 光増感分子を修飾した電極としていない電極を用いてそれぞれ太陽電池を作成した.



☆「オンラインでの学生実験の実例」

◇①実験操作の予習をオンラインで行った例

共洗いの様子



◇②実験動画視聴後の課題をレポート作成の練習と位置づけた例

○およそ 5 分後の組成 1 の様子

組成 1



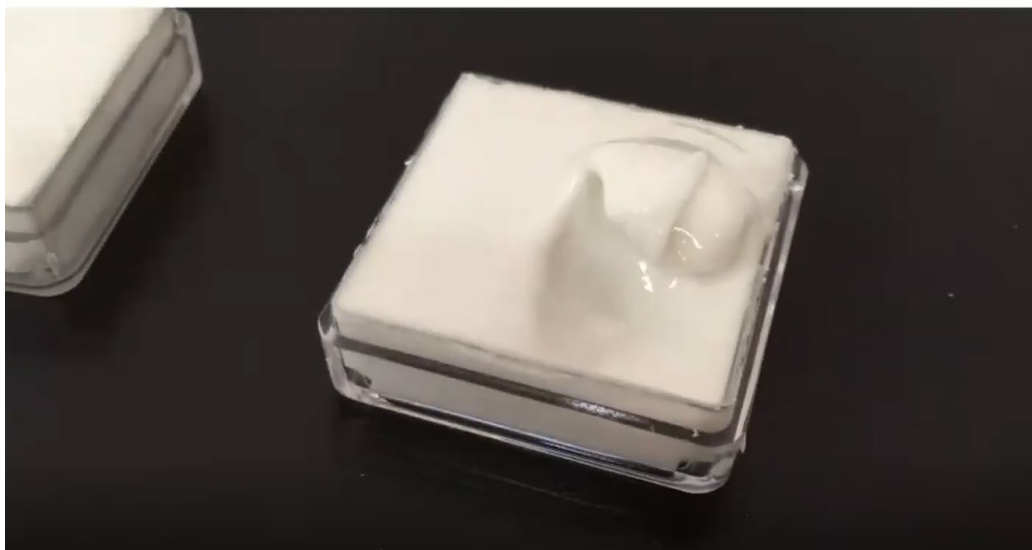
○およそ 5 分後の組成 2 の様子

組成 2



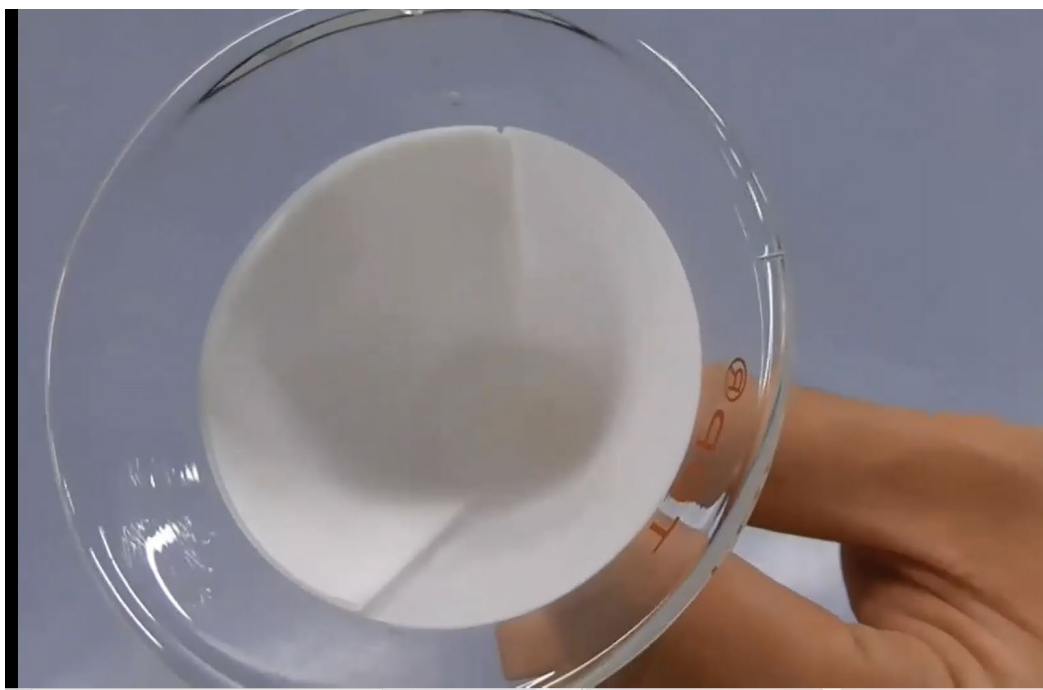
○およそ 5 分後の組成 1 の様子

組成 3



◇③実験の一部をオンライン実験で代替した例

○化学反応の様子



◇④実験 3 テーマのうち、1 テーマをオンライン実験とした例
○TA の学生による実験



初めてのオンライン開催でしたが、有意義な「第27回高校課題研究フォーラム」でした。

ご講演・ご参加ありがとうございました。

以上