

大人の化学クラブ 2020「洗剤を合成しよう」実施報告

宮丸 晶^{*1)}, 上羽 貴大^{*2)}

概要

2020年10月31日(日)および11月29日(日)の2日間、化学実験教室「大人の化学クラブ2020」を実施した。今回は、洗剤によって汚れが落ちる仕組みを学んだ後に参加者それぞれが実際に界面活性剤(ラウリル硫酸ナトリウム)を合成し、洗剤の特性や石けんと性質の違いを確認する実験を行った。事業の実施方法を参加者の感想・評価と併せて報告する。

1. はじめに

「大人の化学クラブ」は、1997年から当館で実施している18歳以上の大人を対象とした化学実験教室である。近年は2ヶ月にわたる連続講座(全2回)として実施されており、普段の生活の中では体験できない化学実験を楽しめる事業を目指し実施してきた。しかし、今年度は感染症拡大防止の観点から例年より参加人数を制限する必要がある。そのため一人でも多くの参加者に実験をしていただけるよう、両日も同じ内容で希望日を選んで応募していただく形式に変更した。

内容としては、手洗いや消毒など感染防止の点で注目を集めている石けんや合成洗剤に焦点を当てた時事的なものを取り上げ、洗剤の合成実験を行った。題材をより親しみのあるものにする中で、身近なところにある化学に興味を持っていただくきっかけになるのではないかと考え、内容を決定した。会場の様子を写真1に示す。

2. 開催概要

日時:2020年10月31日(日)、11月29日(日)

各日 14:00~16:00

場所:工作室

対象:18歳以上

参加費:1000円

参加者:8名(10月31日)、3名*(11月29日)

※11月29日は6名の参加が予定されていたが、前日までに3名からキャンセルの連絡があった。



写真1. 会場の様子

実験器具はそれぞれ1人1セットずつ用意した。試薬は2人または3人に1本用意し、順番に計り取っていただくことで密集を避けるよう留意した。

3. 内容

3-1. 導入

はじめに、洗剤を使うと汚れが落ちる仕組みについて簡単に解説した。界面活性剤の分子は油分と親しみやすい親油基と、水分と親しみやすい親水基の二つが組み合わさった構造をしている(図1)。分子の中の親油基が油汚れを取り囲み、浮かせることによって汚れを落とすことができる。



図1. 界面活性剤分子の概略図

*大阪市立科学館 学芸課

*¹⁾a-miyamaru@sci-museum.jp

*²⁾ueba@sci-museum.jp

3-2. 界面活性剤の合成

今回は界面活性剤であるアルキル硫酸エステルのうち、ラウリル硫酸ナトリウム(図2)を合成した。



図2. ラウリル硫酸ナトリウムの分子構造

使用試薬は 1-ドデカノール、水酸化ナトリウム、濃硫酸、pH 指示薬としてのフェノールフタレイン液である。原料となる 1-ドデカノールの硫酸エステル化(図3)および中和(図4)という2段階の反応を経て合成することができる。

実験に入る前に、濃硫酸の性質を確認するための演示実験として砂糖の脱水実験を取り上げた。砂糖に少量の濃硫酸を加えてかき混ぜると熱を発生させながら激しく脱水反応が進み、炭化する(写真2)。濃硫酸は危険であるため取り扱いには十分注意することを説明した。



写真2. 炭化した砂糖

ラウリル硫酸ナトリウムの合成では、まず硫酸エステル化の反応として 1-ドデカノールと濃硫酸を混ぜ合わせ、オレンジ色の液体である硫酸水素ドデシルを合成した。この反応は激しい発熱を伴うため、濃硫酸を少しずつ加えてゆっくりとかき混ぜることが重要である。

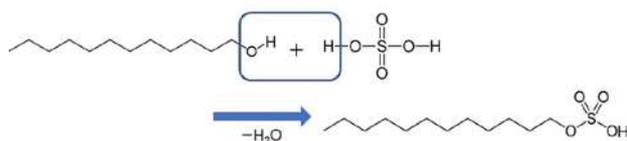


図3. 硫酸エステル化反応

その後、マグネチックスターラーで6M水酸化ナトリウム水溶液を攪拌し、硫酸水素ドデシルを少しずつ滴下することで中和した(写真3)。硫酸水素ドデシルの凝固点が26℃付近であり、固体と液体が混ざって扱いづらくなったため、気温が低かった11月の回では湯せんをして固体を溶かしながら実験操作を行った。

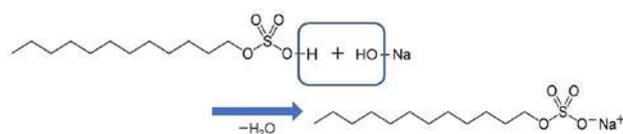


図4. 中和反応

また、水酸化ナトリウム水溶液の pH が高すぎたために指示薬であるフェノールフタレイン液の変色域を超え、反応開始時は無色透明の液体であった。中和反応の進行に伴って溶液の色が無色から一度ピンク色になり、再びピンク色が消えるという色の変化を確認することで反応の進行度を判断しなければならなかった。生成物の粘度が高いためスターラーで混ぜにくく、参加者は反応の終点を見極めるのに苦労している様子だった。



写真3. 実験中の様子



写真4. 完成した界面活性剤

完成した界面活性剤(写真4)は小さいサンプル瓶に移し替え、実験用に合成したものなので口に入る食器等の洗浄には使わないよう注意を促した上で希望者には終了後持ち帰っていただいた。参加者によって出来上がりの色(白色から灰色)や質感(全体的にクリーム状のもの、あるいは透明な水層とクリーム色の層との分離状態にあるもの)に個人差があり、筆者らにとって予期せぬ結果となった。硫酸エステル化反応の段階で参加者によって反応時間に差があったことが、原因の一つとして考えられる。

3-3. 洗剤の性質を確認する実験

実際に参加者それぞれが合成した界面活性剤を用いて、その性質を確認する実験を行った。石けん水および硬水（飽和塩化マグネシウム水溶液）は小さいサンプル瓶およびビーカーに入れて配布した。ラー油はシリンジに入れて配布した。試験管に蓋をするためのゴム栓の使い方がわからない参加者もいたため、適宜サポートをしながら実験を進めた。

3-3-1. 乳化作用

2つのプラスチックカップに水を入れ、少量のラー油を滴下する。そのままかき混ぜると、ラー油は水と混ざらず、油滴が水面に浮かぶ様子を確認することができる。片方に界面活性剤を加えて再びかき混ぜると、加えた方のみ水が濁り、一見ラー油と水が混ざったように見える(図5)。これは界面活性剤分子の親油基がラー油を取り囲み、ミセルという会合体を形成して水中に分散するためである。

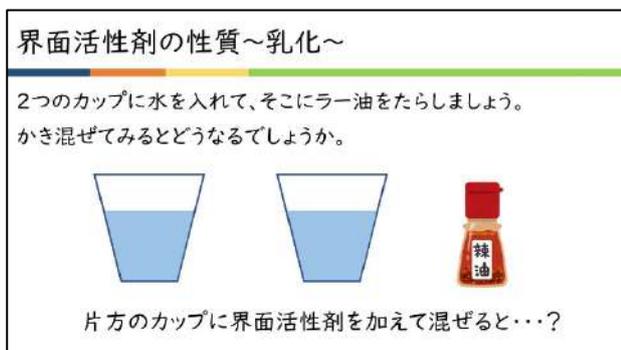


図5. 乳化作用

3-3-2. 再付着防止作用

乳化作用の実験で用いたプラスチックカップにガーゼを浸す。水とラー油のみのカップに浸したガーゼには、ラー油がべったりと付着してしまう。一方、水とラー油に界面活性剤を加えたものでは表面張力の低下と乳化作用により、ガーゼにラー油が付きにくくなっていることが確認できる(図6)。洗濯物から離れた汚れが再付着しないのは、この働きを利用している。

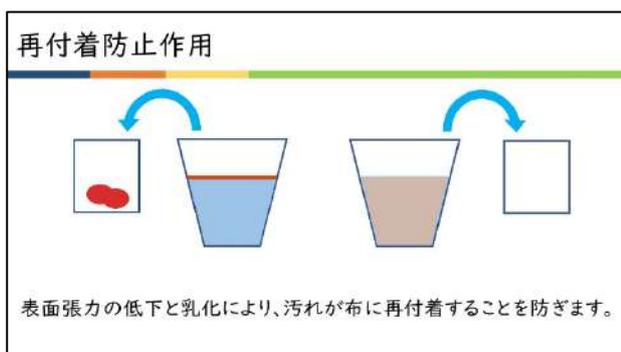


図6. 再付着防止作用

3-3-3. 表面張力の低下

撥水加工が施されたヨーグルトの蓋の裏にピペットを用いて水を垂らし、水滴の形を確認する。界面活性剤を溶かした水を滴下した場合、表面張力が低下しているため水滴が平らな形になることがわかる(写真5)。



写真5. 表面張力の低下による水滴の形の違い
平らに伸びている水滴は界面活性剤を混ぜた水を滴下したものである。

3-3-4. 石けんと合成洗剤の性質の違い

試験管に硬水と軟水(水道水)を取ってそれぞれに石けん水または合成した界面活性剤を加えて振り混ぜ、泡立ちの程度を比較する。石けんはマグネシウムイオンやカルシウムイオンと反応して沈殿を生成するためほとんど泡立たないことがわかる(写真6)。これにより、硬水中では洗浄能力が落ちてしまう。



写真6. 石けんとの性質比較

向かって左から合成洗剤+硬水、合成洗剤+軟水、石けん水+硬水、石けん水+軟水。石けん水に硬水を加えると、沈殿が生じる。

本事業では各人に多くの実験器具が必要であったため、各人の机に置いたバットにあらかじめ前半(合成実験)用の器具をおさめ、休憩時間中に後半(性質を確認する実験)用の器具と入れ替える予定であった。しかし、参加者の実験補助に時間がかかり、後半の解説途中で器具を配布することになり、段取りがもたついてしまった。そのため、11月の回ではほぼすべての器具を最初から配っておいた。この教室は大人を対象としているため、その都度誘導することで、混乱せず必要な器具を選び取り実験を進められた。

4. 参加者の反応

本事業を振り返り、今後の参考にするため参加者に教室終了後にアンケートを実施した。項目は以下の通りである。

- ① あなたにとって本教室は、100 点満点中何点でしたか？また、それはなぜですか？(表 1)
- ② 内容の難易度(難しすぎる～簡単すぎる)(7 段階)
- ③ 進行のペース(早すぎる～遅すぎる)(7 段階)
- ④ 実験の量(多すぎる～少なすぎる)(7 段階)
- ⑤ 教室の時間(長すぎる～短すぎる)(7 段階)
- ⑥ 自由記述欄

表 1. 参加者による点数評価とその理由(一部抜粋)

点数	理由
80 点	はじめて合成洗剤を作る事ができた。実験の量もちょうどよかった。ペースもついていきやすいはやさだった。
90 点	多くの実験が盛り込まれていたにもかかわらず、周到に準備されていたのでスムーズに進行した。なかなか期待した結果が出ない人のフォローをしっかりして下さった。
90 点	途中、失敗している間に先に進んでいて、後追いすることになったので。
90 点	すごく面白かったです。THE 実験でした。正解が分からないので自分の仕上がりに不安があるのと、もう少し沢山作りたかったので(笑)
90 点	出来上がったものが何なのか人に伝えるににくい仕上がりになってしまった。うまく説明できるかな。
90 点	化学の知識がなくても楽しめて、理解もしやすかったです。実験器具の正しい扱い方がわからないのが少し不安でしたが、その都度質問に答えていただけたのでよかったです。
100 点	白い洗剤ができて嬉しかったです！
100 点	実験を通して化学が学べて楽しかった。分子構造が難しかったが、解りやすかった。
100 点	たくさん実験できて楽しかったです！できた洗剤を使ってさらに実験が出来たのも嬉しかったです。
100 点	知っているようで実際にはしたことのない体験をドキドキ感を味わいながら体験することができ、楽しかったです。
100 点	洗剤を作ることがはじめてだったから。セッケンとの違いも理解できたから。

全参加者の平均点は 93.6 点(少数第二位を四捨五入)となった。教室終了直後に実施したということもあってか、高い点数となった。

設問②から⑤は 7 段階で評価して頂いた。例えば「②内容の難易度」の場合は、内容が難しすぎた場合を1、簡単すぎた場合を7と設定し、ちょうどよかった場合は中間の4を選択するという方式である。ここでは全データの平均を示す。(小数第二位を四捨五入)

- ②内容の難易度:4.1
- ③進行のペース:4.1
- ④実験の量:4.2
- ⑤教室の時間:4.1

おおむね満足して頂けたかと思われるが、実験の量が物足りなく感じた参加者もいた。教室の時間が少し短いという意見もあった。

⑥自由記述欄(一部抜粋)

- ・ こういう薬品混ぜる系の実験、想像以上に楽しかったのでまたしたいです。本当に楽しかったです。
- ・ 失敗したからなのですが個人的に丁寧に解説していただいだけ、よく理解できました。化学、得意でなかったので色々とお聞きでき、面白かったです。
- ・ 去年は品物を作るのに精いっぱいでしたが、今年は化学の勉強ができておもしろかったです。
- ・ 石けんや合成洗剤について、いつも疑問に思っていることがわかってとてもおもしろかったです。どんなテーマでもまた参加してみたいと思いました。
- ・ 同じ実験をやっても、人によって結果が違ったりしたのが面白かったです。温度によるちがいが大きいのだとは思いますが、奥深さを感じました。このような生活に密着したテーマであれば、また参加したいです。
- ・ 硫酸による砂糖の炭化や、硬水と石けんでできる沈殿を実際に見る事ができた。写真では見たことがあったが、実物のは初めて見られた。

5. おわりに

今回、参加者には普段食器洗いや洗濯で使っている洗剤という身近なテーマで化学実験を楽しんでいただくことができた。来年も参加したいという声も聞かれ、満足度の高いイベントになったと感じている。今後も身近な化学を楽しみながら学んでいただけるような事業を展開していきたい。