

課題研究（化学）と全国総文祭発表までの指導について

長崎県立長崎工業高等学校 教諭 大保 弘之

1. はじめに

本校は県立の工業高校であり、全日制課程は機械科、機械システム科、電気科、工業化学科、建築科、インテリア科、電子工学科、情報技術科の8学科から構成されている。定時制課程2学科も併設されている。「技術の真髄をつかめ」を校訓としており、さまざまな教育活動に取り組み、成果をあげている。また、部活動も盛んであり、若年者ものづくり競技会での2職種金賞・2職種銀賞・1職種銅賞の成果や、高校生ものづくりコンテスト全国大会の1部門優勝、2部門準優勝が特筆される。夏のインターハイ（団体競技）には4競技参加し、全国総文祭には文化系の4つの部が参加した。

この稿では科学部における課題研究の活動開始から全国総文祭発表までの指導者の考えや研究の進行状況について紹介する。

2. 研究のスタート

薄層クロマトグラフィー（TLC）を使った研究に取り組み、高文連の大会で発表するという提案に賛同した科学部2年生4人と筆者で一昨年4月に活動を開始した。TLCの実験をいくつか試みたものの研究の方向性が決まらず、1か月でテーマを変更した。今度は教科書にも載っている毛糸で合成着色料を取り出す実験である。

合成着色料の水溶液に酢酸水溶液を加え、白い毛糸をつけると、プラスに帯電した毛糸に合成着色料が静電的に結合する。まず、実験書を参考に紅しょうがとたくあんの漬け汁から合

成着色料（黄4号と赤102号）を取り出した。

上手く実験でき、4人は次に洗面所のハンドソープに注目した。泡ソープには赤106号が含まれている。実験実習で作るオレンジⅡが入っている橙色のハンドソープと増白剤入りの液体洗剤も実験することになった。この時、筆者も含めた5人は研究テーマが界面活性剤に変わったことに気付いていなかった。



3. 増白剤の染着をどう数値化するのか

増白剤には色がついていない。染着したか否かをどうやって調べたら良いか。目視でも何となく分かるが、数値化したい。紫外線ランプを使うと増白剤は紫外線を吸収し青く光ることを筆者が示した。蛍光である。毛糸がどれくらい紫外線を吸収しているかを測定するのは困難であり、最終的に次のように実験手順が決まった。

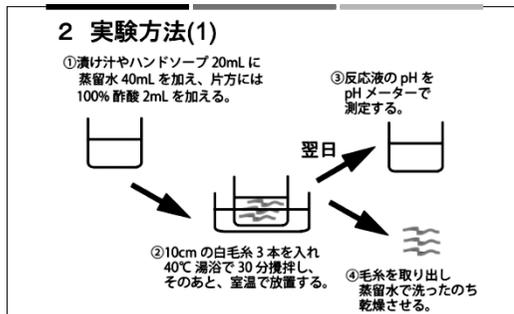
洗剤の入った溶液を2つ用意し、片方に毛糸を入れて染着させる。染着後の残り液は増白剤の濃度が薄くなる。染着後の残り液と染着実験していない溶液の紫外の吸収スペクトルを較べれば染着量がわかる。後半の実験でもこの方法を使うことになる。

スペクトルの測定結果から、5の表「4 結果の整理」に示したように、薄めた液体洗剤（中性）に毛糸をつけても増白剤は染着しないが、酢酸酸性にすると染着することがわかった。

4. ドローソフトでわかりやすく

パワーポイントの発表では12分で25枚位スライドをめくる。スライド1枚の情報が多過ぎると聞き手は気持ちが途切れてしまう。

例えば実験操作は情報量が多い。これを文章で示すより、ドローソフトで図+簡単な文で示した方がわかりやすい。



実験の合間に少しずつ作図を進めた。生徒はあつという間に作図が上手くなる。今回は実験方法と合成着色料の分子構造をイラストレーターで作った。

5. 研究途中でも発表をイメージする

次の表はここまでの染色実験の結果である。

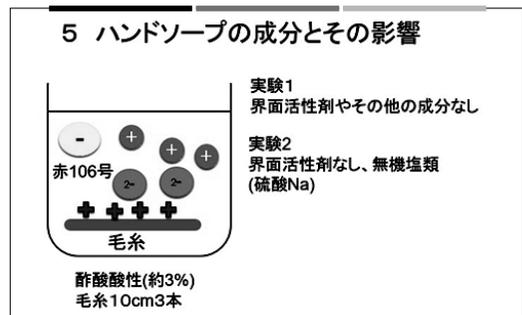
4 結果の整理			
試料名	含まれる着色料	うすめた溶液による染色	酢酸酸性の溶液による染色
紅しょうが	赤102号	○3.5	◎2.9
たくあん	黄4号	○4.5	◎2.4
薬用ハンドソープA	赤106号	×7.6	×3.3
薬用ハンドソープB	オレンジII	○4.4	◎3.5
液体洗剤	蛍光増白剤	×7.1	◎2.5

※数値は毛糸を漬けた液の実測pH

ハンドソープA以外は予想どおりに染着が起こったが、ハンドソープAでは染着が起こらなかった。

色々な試料を試すというここまでの方向性も大事である。しかし、生徒がよく「失敗した」と言うケース、ここではハンドソープAにつ

いて、「なぜ染着しないのか」を追究することも大切である。課題研究ではむしろ後者が大事だ。生徒に後者を投げかけて、「ハンドソープAでは着色料以外の成分が染着を邪魔している」という仮説を共有できた。次のスライドは仮説を受けた検証実験の提示だ。



実験1は赤106号だけ含む溶液 = 邪魔者がいない溶液に酢酸と毛糸を入れて染着が起こるかという実験である。次に、色素溶液にNa₂SO₄が0.1%・1%・10%含まれるようにし、酢酸酸性で毛糸にどれくらい染着が起こるかを残り液の吸光度で調べた。(実験2)。泡ソープの成分の代わりにNa₂SO₄1種類だけが入っている。

実際にこの順番で実験したのだが、生徒たちは実験2より実験1の結果に強く反応し、実験1,2の順番で話を進めることを選択した。

ひとつの仮説を2つの実験に分割しているのだが、確かにこの方がわかりやすいパワーポイントになった。

6. カリキュラムと課題研究

横道にそれるが、研究に参加した科学部4名のうち3名は工業化学科の生徒である。工業化学科では1年の後半に有機化学を履修し、2年の実験実習で吸収スペクトルと吸光度についても取り組む。特に溶液の濃度と吸光度の関係が重要である。授業や実習に続くものとして、増白剤の実験なども違和感なく取り組むことができた。

7. 県大会へ向けて

実験は7月下旬で区切りをつけ、発表原稿やパワーポイントを作り込むことになった。実験方法や結果は1人が中心となってワードで記録するようにした。このワードデータやデジカメの画像を使って発表原稿やパワーポイントを作っていく。どちらかというと同稿優先である。前のページのスライドだと「5 ハンドソープの…」の看板を立てたけれど、図や写真が間に合わず、しばらく「工事中」の張り紙をする。県大会では読みは3人で分担した。一人が読んで、聞いている人が違和感のある文章の修正をしていく。この作業を1か月以上続けた。

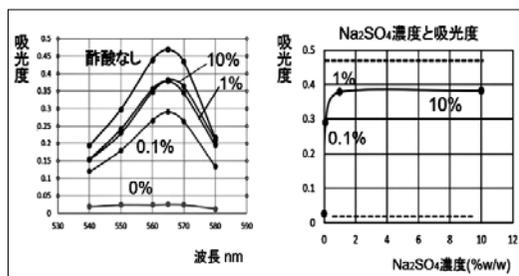
8. 県大会に参加する

新型コロナ第5波が落ち着いた11月6日、県大会が実施された。観客のいない会場で液晶プロジェクター+パワーポイントの発表であった。発表を聞いているのは審査委員と進行の先生だけである。4人はてきぱきと準備して発表した。練習期間が長いので完成度が高く、それは熱意と感じられたと思う。感染拡大の懸念で中止やむなしの状況下、大会を準備し実施して下さったことに感謝している。

9. 県大会で発表した内容について

5の後半で説明した実験2の結果からハンドソープAでは着色料以外の成分が染着を邪魔しているとした。しかし、10% Na_2SO_4 溶液でも実は毛糸はかすかに赤く染まっていた。

次のスライドは実験2の染色実験後の染色液の吸収スペクトルのグラフである。このグラフ



は発表で示し、説明は間違っていないが、10% Na_2SO_4 溶液の吸収スペクトルは染着のない=酢酸なしのスペクトルと重なっていない。

ということは、染着を邪魔する別の要素がまだあると考えるべきだ。審査委員から、そこを指摘されると予想していたが、厳しくは指摘されなかった。

10. 塩化ベンザルコニウム

ハンドソープAに含まれる界面活性剤は塩化ベンザルコニウムという陽イオンの界面活性剤である。省略してBC。逆性石鹼である。練習期間に何度も先ほどのグラフを見ているうちに、BCの影響を調べないといけないという話になっていた。BCの濃度が0.02%・0.1%・0.5%になるようにして染着実験を行った。12月11日前後である。(実験3)



その実験結果であるが、0.1%で毛糸はわずかに赤いが0.5%では真っ白になった。とうとうハンドソープAの邪魔者がはっきりした。この結果も加えて九州大会で発表した。

11. リモートで行われた九州大会

沖縄大会はリモートで2月12日に実施された。新型コロナ第6波のころである。職員室横の教室を借りて参加した。この大会も長崎の県大会同様、沖縄県の先生方が綿密な計画を立て

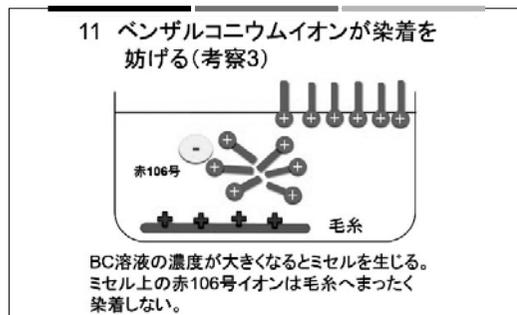


での実施であり感謝している。審査委員の先生から、実験3の界面活性剤の説明をもっとするべきという指摘があった。

12. 実験は続く

邪魔者がわかって静電的な現象だけを考えていたのでイメージがつかめない。こんな時は「比較できるような実験」を考えた方がよい。陰イオンの界面活性剤SDBSで実験3と同様の実験を行った。4月19日頃である。なんと0.005%位の溶液を境目に染着が起こらなくなった。

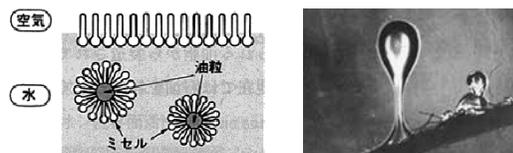
この実験結果も含めて説明を考えた。シャンプーとリンスの説明なども参考にした。最終的には次のような説明になった。



赤106号は薄いBC溶液ではBCと1:1で結合するか、毛糸と結合するか、溶液中にあるかのいずれかである。BCがミセル形成の濃度以上になると、ミセルに捕まった赤106号はミセルの電荷が+なので毛糸に染着できなくなる。したがって、ミセル形成と同時に毛糸には色がつかなくなる。県大会とは後半部分が違うパワーポイントができあがった。

次回は界面活性剤の説明である。授業ではこの図を紹介するだけだが、ミセルに電荷をもつ

色素が取り込まれる時は界面活性剤の電荷(±)も考える必要があるようだ。



(工業化学2の教科書から)

13. 全国大会に参加して



新型コロナ第7波の真っ只中、観客の前での発表は初めてで大変緊張していた。

発表が終わり、審査委員の先生からの「臨界ミセル濃度を知っていますか?」という質問に、生徒は「はい」と答えた。もう少しアピールしてほしかったが…審査委員の先生方と生徒でイメージを共有できたと確信している。

14. 大会を終えて

化学系の課題研究はさまざまな分野の知見を総動員することになり、思ったように研究が進まない。本研究は3回の発表の機会を得て内容を深めることが出来た。毎日、放課後に集まって1年間以上活動を続けたのでチームとしてのまとまりも感じられるようになった。

ちなみに、オレンジIIと増白剤の方の界面活性剤についてはまだ検討していない。あと少しで課題研究が完成する。

工業教育資料 通巻第408号
(4月号)

2023年4月5日 印刷
2023年4月15日 発行
印刷所 恵友印刷株式会社

© 編集発行 実教出版株式会社

代表者 小田良次

〒102-8377 東京都千代田区五番町5番地

電話 03-3238-7777

<https://www.jikkyo.co.jp/>