

[はじめに]

東京都立杉並工業高校は IS014001 の取得、環境講演会の実施、校内にビオトープを設置するなど環境教育に特化した工業高校である。本校理工環境科では、化学を通じた環境学習のカリキュラムが組み立てられており、リサイクル技術の実習や環境分析実習を行っている。

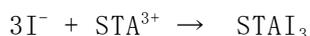
近年、各科の倍率が下がってきており、本学科に於いても本当は化学をやりたいわけではないが、仕方なく本学科に入学してくる生徒が多数いる現状がある。このようなことから、そういった生徒に対して化学のおもしろさ、奥深さを伝えていく教育が必要となってきた。

そこで、考えられるのが、「見ることで理解できる教材の開発」である。化学において「見る」教材は、「発光」や「色の変化」など様々存在するが、本発表では今まであまり取り入れられてこなかった液体が動くものを紹介したい。また、本実験は本校では課題研究のテーマとして生徒が行っているものでもあり、最初は化学に興味を持たなかった生徒が精力的に研究しそのメカニズムを解析しようとしているテーマでもある。

[油滴の運動について]

界面活性剤内で油滴が運動する現象は現在も研究されている題材であり、基本的な系として、トリステアрилアンモニウムクロリド (STAC) 溶液中にヨウ素 (I_2)、ヨウ化カリウム (KI) を溶かしたニトロベンゼンの溶液を滴下することによりニトロベンゼンの油滴がガラス界面を自由に運動し始めることで知られている。この運動は熱機関のものとは異なり、化学エネルギーから直接運動エネルギーを生み出す系である。化学種が界面に不均一に吸着することにより界面張力勾配を生み出し、それが応力となって運動するとされている。これをマランゴニ効果と呼ぶ。

系内では油滴界面でヨウ素イオン (I^-) とトリステアрилアンモニウムイオン (STA^{3+}) との反応が起こる。



運動自体は STA^{3+} を取り込むために油滴が運動しているといったイメージを持ってもらいたい (図 1)。

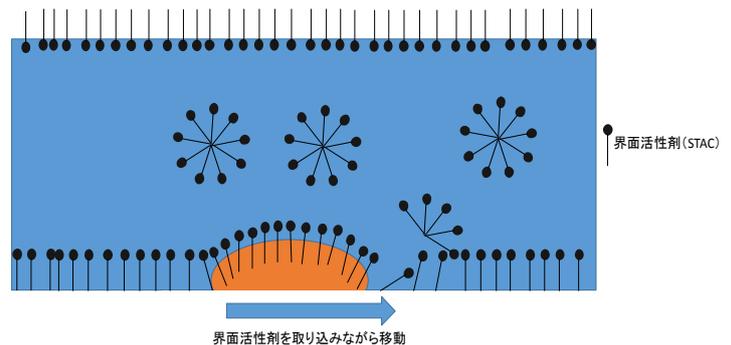


図1 油滴運動の模式

油層としてニトロベンゼン以外の疎水性物質の使用は今まで発表例が少ない。これに対して最近に α -トルイジンを用いることでニトロベンゼンでは見られなかった特異的な運動をすることが報告されている。

そこで、生徒たちと学校にある疎水性物質を用いてニトロベンゼン以外の溶媒ではどのような運動が見られるのかを観察した。

また、将来、工業的に応用するにはどうしたよいかについて生徒達とディスカッションしたところ、発電に使えるのではないかという意見が出た。発電の方法は油滴という形ではなく、ビーカー内で油層、水層の状態にした状態での運動が可能であればビーカー内で波が立つはずであるから、その波を振動センサーで電圧にするというものである。

この系を完成させるにはまず、層として運動するかどうかを確認する必要があるため、今回その実験の結果も報告する。

[実験方法]

・シャーレ上の運動の様子を観察

ニトロベンゼンに KI を飽和させ、そこに I_2 を 10 mM になるように溶かし込んだ。直接ニトロベンゼンには I_2 を溶かし込むことはできないが、KI が溶けこんでいることで I_2 はニトロベンゼン内で多種のイオンとして存在できるため溶けこむことが可能となる。うがい薬に入っている I_2 もこれと同じ理屈で溶けこんでいる。

次に 1 mM STAC 溶液を作成した。作成した STAC 溶液を硫酸で洗浄したシャーレ内に注ぎ、マイクロピペットで 0.1 mL ニトロベンゼン-ヨウ素溶液を滴下した。このとき、シャーレのガラス表面に油滴が付くようにマイクロピペットの先端は STAC 溶液に沈めて滴下した。

また、同様の操作を油層としてニトロベンゼン

ではなく、アニリン、ベンゼン、トルエンに変えて行った。

運動の様子はデジタルカメラで撮影し記録した。

・油層にした場合の運動の観察

油滴のニトロベンゼンと同様に溶液を 20 mL 調製し、50 mL のビーカーに注ぎ、その上から 1 mM STAC 溶液を注ぎ運動の様子を確認した。

[実験結果]

・ニトロベンゼン油滴の運動

ニトロベンゼンの油滴の運動は他の報告通り、ガラス界面を這うように連続的に運動する様子が観察された (5分程度)。生徒との実験中、誤って硫酸洗浄していないシャーレを用いた事があったが、そのとき油滴の運動は連続的ではなく単発的に動くような形となった。これは、ガラス界面の汚れにより、油滴との張力が所々異なることによるものだと考えられる。

運動はニトロベンゼンがシャーレの壁に接触すると止まってしまうため、生徒の案でシャーレ内に壁のない時計皿を置き、その中に STAC 溶液を注ぎ、時計皿上で油滴を運動させるものにした。この方法はうまくいき、運動を長時間観察できる系を作ることができた。以後、ニトロベンゼン以外の溶媒ではこの方法を主に利用し、観察することとした。



液滴が自発的に動く

図 2 ニトロベンゼンの運動

・アニリン油滴の運動

アニリンはニトロベンゼン同様比重が 1 より大きく水に沈む疎水性物質である。運動の様子もニトロベンゼンに似たものになると予想されたが、ニトロベンゼンよりも動きが鈍く、また長時間運動 (15分程度) した。油滴の形状もニトロベンゼンはガラス界面に張り付いてつぶれたような形状をしていたのに対して、アニリンはガラスとの接触面が小さく見た目にはほぼ球状の形のまま転がるような運動を見せた。

ガラス界面に張り付きながら運動することから、ガラスとの接触状態が運動に影響を与えることは考えられることである。

・ベンゼン、トルエン油滴の運動

ベンゼンとトルエンに関してはニトロベンゼン、アニリンと違って比重が 1 未満の溶媒となるため

ガラス界面に接触せず STAC 溶液上を浮く形となる。運動しないことも予想されたが、特異的な運動が見られたため報告する。

予想通り、油層は STAC 溶液上に浮いたが、浮いた溶液は滴下した場所を中心に、徐々に広がっていき、しばらくすると中心に油層が集合するといったことを繰り返す運動を見せた。

また、ベンゼンを油層とした場合よりトルエンを油層としたときのほうがゆっくりとした動きをしている。

・油層にした場合の運動の観察

油層とした場合、油滴と同様ガラス界面を這いながら上がっていき、自重に負けて油層が下方に沈む、そしてまた這い上がるといった「尺取り虫のような運動」をすることを予測していた (図 3)。

実際は予想通り、「尺取り虫運動」を繰り返す形となった。現在、この運動を利用して本当に発電が可能かどうかを検証中である。

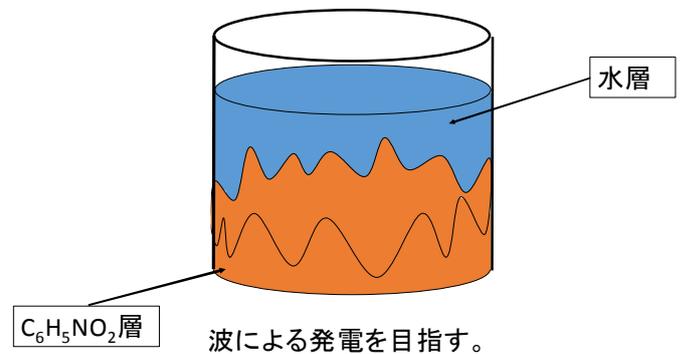


図 3 層にした場合の運動

[終わりに]

本実験で重要な点は生徒に対する化学への興味関心への導入である。入学当初こそ化学に興味がない生徒が多いが、動きがある実験、身近な化学現象などの説明や実習を行うと、彼らの目は輝いているように見える。単に、教科書にある用語を覚える、実習ができるようになるというものだけではなく、生徒自身が自ら取り組む実験型の学習や実習がより化学への興味を引き立たせるのだと考える。本課題研究ではそれを踏まえたうえで、疎水性と親水性という身近な性質を利用して動くとは考えにくいものが動いた現象は生徒への動機づけとなった。

本実験に限らず生徒自ら考え行う、課題研究に取り組む生徒の表情は非常に生き生きしている。学習、実習を進めるうえで「なぜこうなるのか」「どうやったらうまくいくのか」等、試行錯誤を繰り返すことにより自然と化学を理解する態度や興味関心が育まれると考えられる。