染色によるプラスチックの識別に関する研究

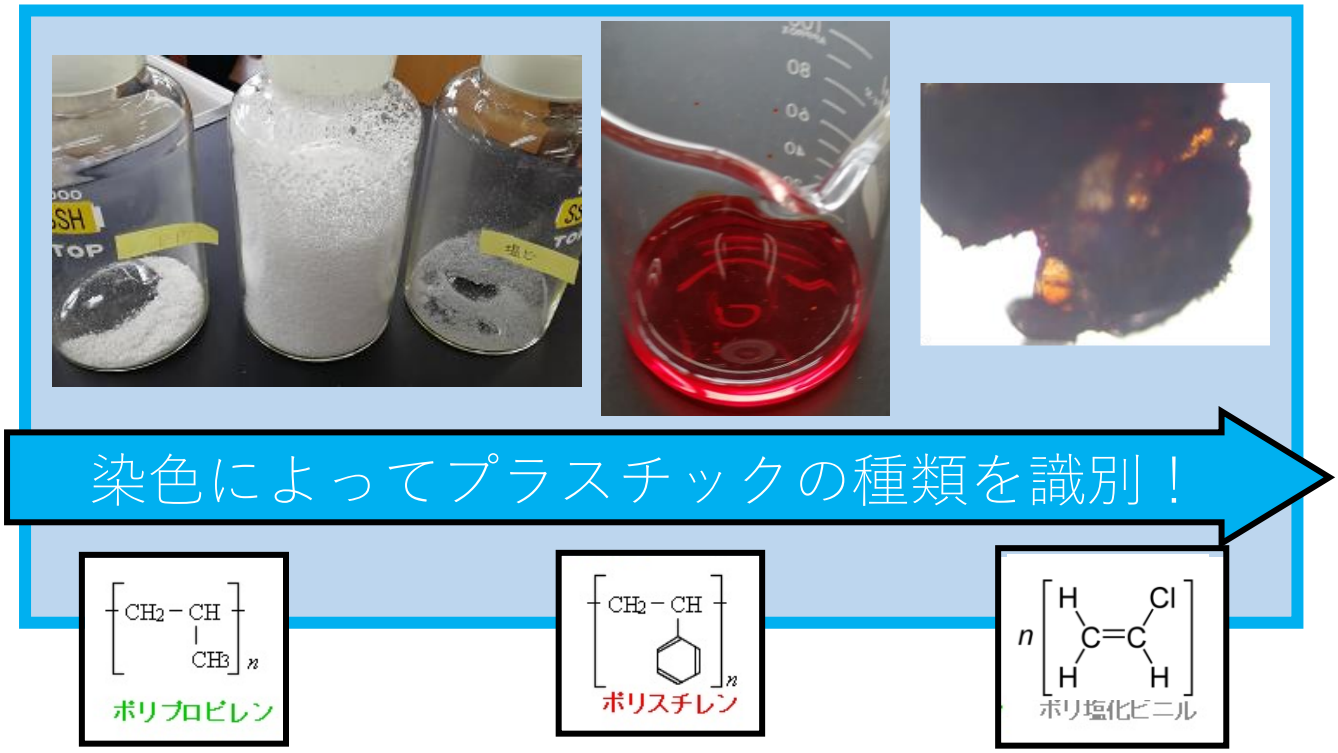
大阪府立高津高等学校科学部

西向 虹大　中谷 亮太　川下 凜太郎　霜山 桂一　近藤 秀人

指導教員：唐谷 ゆふ　藤村 直哉

研究概要

プラスチックは種類によって構造・性質に違いがある。そこで、その違いに応じた染料を用いて染色することによって、海洋マイクロプラスチックのような細かいプラスチックの種類も識別できるのではないかと考えた。そこでポリプロピレン（PP），ポリスチレン（PS），ポリ塩化ビニル（PVC）の 3 種類のプラスチック、コンゴーレッドおよびオレンジⅡの 2 種類の染料を対象に酸性条件（5%酢酸），中性条件（精製水），塩基性条件（5%炭酸ナトリウム水溶液）の 3 種類の条件下で実験を行った。その結果、PVC は塩基性条件下のオレンジⅡでよく染まり、中性・塩基性条件下のコンゴーレッドでもやや染まることを確認できた。また、PS も中性条件下のコンゴーレッドでやや染まることを確認できた。さらに、塩基性条件下で PVC を加えることにより塩化物イオンが発生するか検証したところ、塩化物イオンの存在は確認できなかった。以上の実験結果から、PVC が塩基性条件下のオレンジⅡでよく染まった要因について、PVC の構造中で電気陰性度の強い Cl によって、C-Cl 結合が分極を起こし、わずかに正の電荷を持つことによって、酸性染料と結合を形成したのだと推測した。



１．はじめに

近年、マイクロプラスチックによる海洋汚染が深刻な社会問題となっている。海洋プラスチックは、ポリエチレン（PE），ポリプロピレン（PP），発泡スチロールを含むポリスチレン（PS），ポリ塩化ビニル（PVC），ポリエチレンテレフタラート（PET）の 5 種類が主に含まれており、海洋プラスチックの問題を解決するにはこの５種類のプラスチックを識別し、その種類に応じた処置を取ることが不可欠である。ニュースでこのことを知った私たちは、プラスチックが種類によって違った構造を持ち、それによってそれぞれ違う性質を持つことから、構造・特性にあった染料を使い、染色することで、マイクロプラスチックの識別が可能になるのではないかと考え、実験を行った。

２．実験１

２－1　材料

今回の実験では前述の 5 種類のプラスチックのうち、入手が容易で、削ることで粉末状にしやすい PP，PS（発泡スチロール），PVC の 3 種類を採用した。また、染料はコンゴーレッド（直接染料），オレンジⅡ（酸性染料）の 2 種を使用した。

２－２　実験方法

3 種類のプラスチック（PP，PS，PVC）はおろし金や電気ドリルを用いて細かくした後、すり鉢ですり、粉末状にした。各染料の 0.10g に、10ml の精製水，5%酢酸，5%炭酸ナトリウム水溶液をそれぞれ加え、溶解させた。粉末状のプラスチック 3 種をシャーレにのせ、染料を溶解させた水溶液をパスツールピペットを用いてプラスチックが十分に浸るまで滴下し、5 分間放置した。その後、多量の水道水で洗浄し、顕微鏡（倍率 150 倍）で観察した。

２－３　実験結果

結果は図 1 の通りとなった。

PVC は今回の実験において、最も多くの条件下で染まった。その中でも特に塩基性条件下でのオレンジⅡは強く染まった。

それに比べ PS は中性条件下でのコンゴーレッドでのみやや染まった。

PP はすべての条件で染まらなかった。

		PP	PS	PVC
オレンジⅡ	酸性条件	×	×	×
	中性条件	×	×	×
	塩基性条件	×	×	○
コンゴーレッド	酸性条件	×	×	×
	中性条件	×	△	△
	塩基性条件	×	×	△
○…染まった　△…やや染まった　×…染まらなかった				

図１　PP,PS,PVC のオレンジⅡ,コンゴーレッドでの染色結果

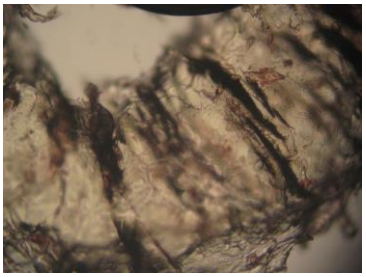


図２　塩基性条件下コンゴーレッドで染色した PVC(150 倍)

図３　中性条件下コンゴーレッドで染色した PS(150 倍)

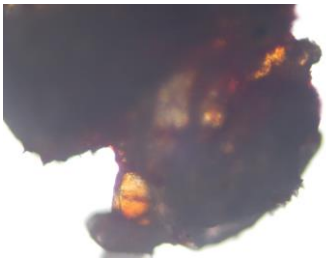


図４　塩基性条件下オレンジⅡで染色した PVC(150 倍)

２－４　考察

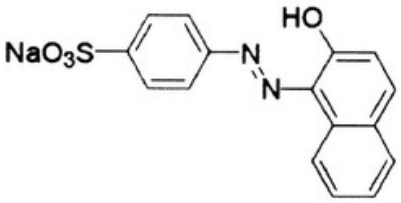


図５　オレンジⅡの構造式

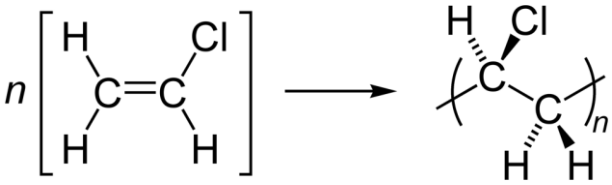


図６　ポリ塩化ビニルの構造式

今回使用した 2 種類の染料は、それぞれ酸性染料，直接染料に区別される染料である。代表的な酸性染料であるオレンジⅡは、自身の持つ陰イオンと染色対象物質の陽イオン間でのイオン結合や水素結合、分子間力で結合していると考えられている。対して、直接染料であるコンゴーレッドは分子間力と水素結合で結合しており、結合力が弱い。今回使用した 3 種類のプラスチックのうち、特によく染まった PVC の構造式を確認すると炭素に塩素が結合しているのがわかる。オレンジⅡは、自身の陰イオンと物質側の陽イオンでイオン結合を形成することで強く染色することから、PVC の構造中の塩素と炭素の結合が塩基性条件下において何らかの要因によって切れ、Cl^-が分離し、炭素が正の電荷を持つことによって、オレンジⅡの陰イオンとイオン結合を構築し、強く染色されたのではないかと考えた。この考察から以下のような仮説を立てた。

仮説：塩基性条件下でポリ塩化ビニル（PVC）は Cl^-を電離させ、カルボカチオンを構成することにより、酸性染料とイオン結合を構築し、染色された。

この仮説が正しいならば、PVC を塩基性溶液に加えると塩化物イオンを確認することができるはずである。このことから次の実験を行った。

３．実験２

３－１　実験方法

2 本の試験管に 5%炭酸ナトリウム水溶液をそれぞれ 2ml 加え、片方に PVC を少量加える。このまま 10 分放置した後に硫酸（濃度：2mol/L）を用いて溶液を弱酸性にする。両方の試験管に硝酸銀水溶液を加え、沈殿があるか確認する。同様の実験を水酸化ナトリウム（濃度：2mol/L）を用いて行った。

３－２　実験結果

結果は右のようになった。

左側の水酸化ナトリウム，右側の炭酸ナトリウムのどちらの水溶液においても AgCl の白色沈殿は確認できなかった。よって溶液中に塩化物イオンは存在しないと考えられる。

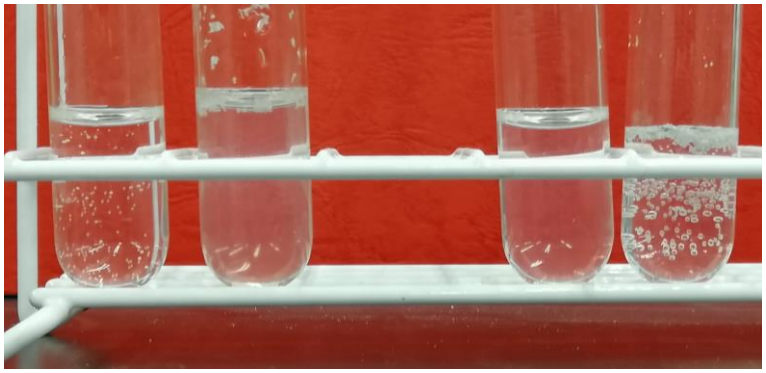


図７　水酸化ナトリウム（左），炭酸ナトリウム（右）に硝酸銀を加えた様子（どちらも右側に PVC を加えた）

３－３　考察

今回の実験から、PVC を加えた塩化条件下の水溶液には塩化物イオンが存在しないと確認されたため、仮説は正しくないと考えられる。そこで PVC が塩基性条件下のオレンジⅡで強く染色されることについて、以下のように推測した。

電気陰性度の強い Cl によって、C-Cl 結合が $C^{\delta+}$ － $Cl^{\delta-}$と分極を起こし、わずかに正の電荷を持つことによって、塩基性条件下で酸性染料の陰イオン構造と結合を形成した。

４．まとめ

今回の実験では、PVC が塩基性条件下のオレンジⅡに特によく染まることが分かった。また、PVC を加えた塩基性溶液から Cl^-が検出されなかったことから、このような結果になった要因は、電気陰性度の高い Cl によって、C-Cl 結合が分極を起こし、わずかに正の電荷を持つことでオレンジⅡと結合したのだと考えられる。

５．今後の課題

今回の研究では、海洋マイクロプラスチックに主に含まれるすべての種類のプラスチックについて識別することができなかったため、今後追加で検討したい。また、塩基性染料に分類される染料やヨウ素などの染料以外の素材についても検討したい。

６．参考文献

（１）西崎由美子 増田朋絵 大野友豊（2012）「染色法による繊維の鑑別～サルトン系色素による絹と羊毛の染め分け～」，『第９回高校化学グランドコンテスト要旨集』，p 42～45

（２）「染料の違いによる繊維の識別法」，
＜https://www.esnet.ed.jp/center/shiryo/uploads/dyestuffs.pdf＞