

分子構造から見た有機化合物の性質

序文

私は高校3年間で有機化合物の分子構造から有機化合物の性質を考察する研究を行った。一つ目は「ニトロ基を含む有機化合物の性質」二つ目は、「繊維の違いによる染色のしやすさ」ということについて研究を行った。研究内容についてはそれぞれの要旨について参照していただきたい。

「ニトロ基を含む有機化合物の性質」

要旨

ニトロ基を持つ有機化合物は、反応性が高いものが多く、その理由を解明するために、ニトロ基の分子構造に着目して研究を行ったところ、電気陰性度によって反応しやすくなっているのではないかと考えた。そこで、セルロース（綿）からニトロセルロースを合成し、それぞれを燃焼させ、ニトロ基を有するものと、そうでないものの違いを調べる実験を行った。その結果、セルロース（綿）はゆっくりと反応したが、ニトロセルロースは一瞬で反応した。このことから、ニトロ基は反応性を高めると分かった。

本文

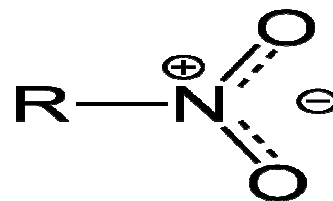
1. 目的

ニトロ基を持つ有機化合物の中にはなぜ爆発性や反応性が高いものが多いのかを調べるためにニトロ基の構造式に着目して考察・実験を行った。

2. 実験前の考察

まずニトロ基の構造式から化学的性質を考察した。

$R-NO_2$ ←さらにこの $-NO_2$ 部分が右のようになる。



上の図のように電気陰性度からニトロ基の窒素原子中の電子がニトロ基の酸素原子に引っ張られ窒素原子は電子を一つ失った状態になる。また、窒素原子が失った電子は酸素原子に奪われる。ここで酸素原子は二つあるが、ベンゼンのように二つの酸素原子の間を電子が動き回っていると考えられる。また、Rに入るのは炭化水素基なので、ニトロ基と直接結び付くのは炭素原子であるから電子を失った窒素原子と炭素原子が共有結合するが、ここでまた電気陰性度からニトロ基が炭化水素基から電子を引っ張るから炭化水素基が安定な状態から不安定な状態になり、酸化剤から攻撃されやすくなる。

3. 実験

①ニトロセルロースの生成

使用した器具・装置など

- ・濃硝酸
- ・濃硫酸
- ・綿(セルロース)
- ・100ml ビーカー
- ・300ml ビーカー
- ・スポイト
- ・水槽

ニトロセルロース中のニトロ基の数が燃焼時の反応性に関わっていると考えた。そこで混酸中の硝酸の濃度を変えて次のような実験を行った。

- I. 濃硫酸 50ml と濃硝酸 50ml を混ぜ合わせ、混酸を作り、それにセルロース（綿）を浸けて 20~30 分放置する。その後、綿を取り出し、2~3 日乾燥させる。
- II. I. と同じように今度は濃硝酸の量を 25ml にして 25ml 水を加えて実験を行った。
- III. I. II. と同じく今度は濃硝酸の量を 12.5ml にして水を 37.5ml 加えて実験を行った。

②合成したニトロセルロースの燃焼

使用した器具・装置など

- ・合成したニトロセルロース
- ・綿(セルロース)
- ・燃焼皿
- ・ガスマッチ
- ・デジタルカメラ

①で合成したニトロセルロースとセルロース（綿）をそれぞれ燃焼してその反応の様子を比べる。

4. 結果

上記の方法でニトロセルロースを作ったが、濃硫酸 50ml と濃硝酸 50ml で作ったときはうまくニトロセルロースを作ることができたが、濃硫酸 50ml と濃硝酸 25ml, 水 25ml で作ったときには綿が徐々に溶け始めて、15 分後には元の大きさの 3 分の 1 以下になってしまった。さらに、濃硫酸 50ml と濃硝酸 12.5ml と水 37.5ml で作ったときは、セルロース（綿）を浸けるとすぐに溶け始めてニトロセルロースを作ることができなかった。改良点としては、セルロース（綿）を浸ける時間を短くするなどのことが挙げられる。

実験の手順②の実験結果については、ただのセルロース（綿）はゆっくり燃えたが、ニトロセルロースは一瞬にして燃えた。次の写真がその様子である。



5. 考察

ニトロセルロースが一瞬にして燃えたのは、上記で示した考察の通り、電気陰性度によって、反応性が高まったためだと考えられる。また、硝酸の濃度を小さくした混酸でニトロセルロースを作ろうとしたとき、反応しきれなかった硫酸によってセルロース(綿)が溶かされてしまったためだと考えられる。

6. 今後の課題

ただの綿を燃焼させた場合煙を出しながら、燃焼後、黒い燃えカスが残った。一方、ニトロセルロースを燃焼させた場合ほとんど煙を出さずに、燃えカスもほとんど残らなかった。このことは、ニトロセルロースの内部のニトロに含まれる酸素原子が反応して外界からの酸素だけでなく、ニトロセルロースの内部のニトロ基に含まれる酸素も反応したためだと考えた。(ニトロ基の酸素が反応していないのなら、窒素酸化物が出るはずだが無色の気体しか出ていないため、ニトロ基は二酸化炭素や窒素になったと考えられる。)しかし、本当にニトロ基内部の酸素原子が反応したかどうかは、この実験では分からないので、ニトロセルロースを真空中で燃焼するかどうか実験してみる必要がある。

7. 感想

ニトロ基を持った化合物は反応性が高い理由を理解するためにニトロ基の研究を行ったが、高校生のできる実験には限界があるので最終的には推測だけで確信的な結論には、辿り着けなかった。これは推測でしかないがニトロ基を多く持つ化合物に爆発性があるのは、化合物中の炭素原子と水素分子を十分に燃焼させるだけの酸素原子がニトロ基の中にあるので外界からの酸素を必要しないで反応できるため、空気中の酸素濃度に影響されずに反応できるのと、電気陰性度によってニトロ基を持った化合物が不安定な状態になりより反応しやすくなることの2つが原因なのではないかと思った。もし、予想したことが正しいのならば、ニトロ基は酸素の得られる点と反応性を高める点の2点から、非常に有能な官能基であると思った。

8. 参考文献・引用文献

化学図録

「繊維の違いによる染色のしやすさ」

要旨

炭素と水素を含む化合物を有機化合物といいその中でも、今回は有機化合物の染料について研究を行った。使用した染料はインジゴで、藍染めを行った。染色した繊維は、天然繊維では、綿、羊毛、麻、絹を使用した。合成繊維では、ナイロン、ポリエステル、アクリル、アセラートを使用した。その結果、天然繊維は染まりやすく、合成繊維は染まりにくいということが分かった。

1. 目的 様々な繊維を染色して、その染まりやすさを調べて、なぜそうなったのかを考察する。

2. 使用した薬品・器具

- ・インジゴ(染料)ー薬さじ約4分の1
- ・ハイドロサルファイト(インジゴを還元するための薬品)ー薬さじ約半分
- ・炭酸カリウム(溶液を塩基性にするため。)ー薬さじ5はい(水酸化ナトリウムでも良い。)
- ・試料の繊維(天然繊維では、綿、羊毛、麻、絹。人口繊維では、ナイロン、ポリエステル、アクリル、アセラート。)
- ・水(インジゴの溶液を作るため。)ー80ml, 500ml ビーカーの中に半分3分の4くらい。
- ・500ml ビーカー
- ・100ml ビーカー
- ・薬さじー2つ
- ・ガスバーナー
- ・三脚
- ・金網
- ・ガスマッチ
- ・ゴム手袋

3. 研究・実験の手順

①インジゴを水に溶かす。

- ・100ml ビーカーに 80ml 水を取る。
- ・炭酸カリウムを薬さじ5杯、ハイドロサルファイトを薬さじに約半分取り 100ml ビーカーに加える。
- ・ガスバーナーで上のように作った溶液を加熱する。
- ・すべての薬品が溶けたら、インジゴを薬さじに、4分の1程度加える。
- ・インジゴが溶けて、溶液が緑色になったら、加熱を止める。
- ・加熱していた溶液を 80ml ビーカーから 500ml ビーカーに移し、500ml ビーカーに4分の3くらい水を加える

<インジゴの還元について>

インジゴは空気に触れると酸化され、青色になる。しかしこのままでは水に溶けず、布を染色することができない。そこで、ハイドロサルファイトを加えてインジゴを還元する。すると、インジゴが塩基性の溶液に溶けるようになる。インジゴが塩基性の溶液に溶けると緑色になる。

②染色

- ・①で作った溶液に染色した布を入れる。
- ・しばらく放置してから布を取り出す。
- ・水できれいに洗って、乾燥させる。

<インジゴによる染色について>

①で作った溶液に布を浸し、空気中にさらすことでインジゴが酸化され緑色だった布が青色になる。空気中にさらすことで、インジゴが酸化されるとき再びインジゴが水に溶けなくなる。この性質を利用して藍染を行っている。このように水に溶けない物質を還元し、塩基性の溶液に溶かして染料する方法を建て染め染料と言う。建て染め染料は繊維に分子を引っかけているだけなので、何度も洗うことでインジゴの分子が取れて色落ちする。ジーンズを洗うと色落ちするのはこのためである。

* インジゴは、空気中に触れると酸化され、水に溶けなくなってしまう。そのため、一度還元したイ

インジコもしばらく経つと再びされる。このことから、実験を行う際また 1 からインジコを還元し、溶液を作らなければならない。これは薬品を大量に使うし、時間もかかるため、あまりよい方法とは言えない。

<解決法>

一度還元され、再び酸化されたインジコは 500ml ビーカーの底に沈殿している。このままかき混ぜてもインジコは水に溶けないので意味はない。そこでインジコを還元するための薬品であるヒドロサルファイトを再び加えて加熱する。すると、インジコが還元される。この方法を使えば、ヒドロサルファイトを加えて加熱するだけなので、薬品を大量に使いすぎることもないし、時間の短縮にもなる。これは、溶液中にはまだ炭酸カリウムが溶けているので、溶液は塩基性である。よってヒドロサルファイトを使って再びインジコを還元することによって、インジコが溶液に溶けるようになる。

4. 結果

(I)天然繊維の染色

天然繊維…天然繊維は植物起源のものと動物起源のものに分けられる。植物繊維の主成分はセルロースで、動物繊維の主成分はタンパク質である。

綿、麻、絹を使って実験を行ったところ、次のような結果になった。染色時間は 10 分である。

天然繊維は染まりやすいと分かった。

繊維の種類	綿	麻	絹
染まりやすさ	よく染まった。	よく染まった。	よく染まった。

(II)合成繊維の染色

合成繊維・・・低分子化合物を化学反応で、長い一列の鎖状になる高分子化合物にした時、優れた性質をもつもの合成繊維として用いる。

ナイロン、ポリエステル、アクリル、アセラートを使って実験を行ったところ、次のような結果となった。染色時間は 10 分である。

合成繊維はそまりにくく、なかでもアセラートが染まりにくいと分かった。

5. 考察

(I)、(II)の結果から天然繊維のほうが合成繊維よりも、インジコを使った染色はしやすいことが分かった。ここで合成繊維をより濃い色に染色するために、次のような考察をした。

繊維の種類	ナイロン	ポリエステル	アクリル	アセラート
染まりやすさ	ほとんど染まらない。	ほとんど染まらない。	ほとんど染まらない。	ほとんど染まらない。

(a) 染色する時間を長くする。

(b) 溶液中のインジコの濃度を濃くする。

実際に(a)、(b)の実験を行ってみたところ次のような結果になった。

(a)・染色時間が5分のもの。

繊維の種類	ナイロン	ポリエステル	アクリル	アセラート
染まりやすさ	(Ⅱ)のときとあまり変わらない。	(Ⅱ)のときとあまり変わらない。	(Ⅱ)のときとあまり変わらない。	(Ⅱ)のときとあまり変わらない。

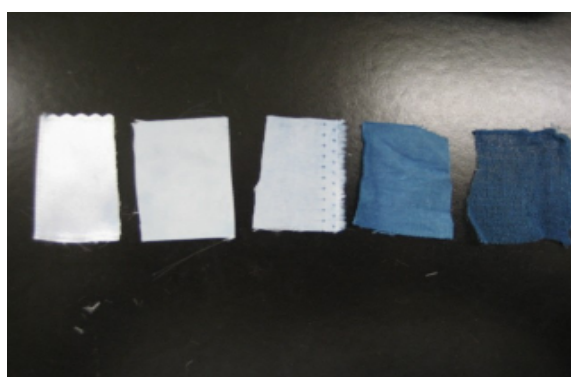
・染色時間が20分のもの。

繊維の種類	ナイロン	ポリエステル	アクリル	アセラート
染まりやすさ	(Ⅱ)のときとあまり変わらない。	(Ⅱ)のときとあまり変わらない。	(Ⅱ)のときとあまり変わらない。	(Ⅱ)のときよりも少し濃くなった。

このことから染色する時間はあまり関係ないと分かった。

(b)について実験を行ったところ、インジコの分量を増やして染色しようとしたが、①のインジコを溶液に溶かすところで、インジコがすべて溶けきれず、その溶液で染色したところ、(Ⅱ)とあまり変わらなかった。

よって、(a)、(b)から、合成繊維はインジコによる染色は非常にしにくいと分かった。これは合成繊維が高分子化合物であるため、繊維の隙間が少なく、インジコの分子がせんに引っ掛かりにくいからだと思われる。このことから合成繊維を青色に染めるにはほかの染料を使って染色するのが良いと分かった。



左からアセラート、ナイロン、ポリエステル、麻、綿をインジコで染色したもの。

6. 参考文献・引用文献

- ・フォトサイエンス科学図録
- ・科学実験教室サイエンスラボNo.5「伝統工芸に挑戦」