

10 光触媒によるメチレンブルーの分解

1 はじめに

最近、超親水性、水の光分解などが話題になっていて、他にも光触媒は、有機物を水や二酸化炭素などに分解できると本に書いてあったので、自然エネルギーの太陽光を用いて、生活排水を分解してきれいな水にすることができるのではないかと考えた。もしもこれを、実用化できれば環境対策になるのではないかと思い研究することにした。最初の実験で糖類の光分解を試みたが、光分解が確認できるまでには至らなかった。そこで、糖類よりも分解がしやすい物質として有機物の中からメチレンブルーを選び、研究することにした。

2 研究の目的

二酸化チタンの光分解作用について、メチレンブルー（水溶液）の分解を調べることにより、光分解の特徴や有機物を効率よく分解するための条件を探る。

3 実験器具

(1) 二酸化チタンを塗装した板と容器 二酸化チタンと水性のニスで 1:3 で混ぜ、5×10cm の白色プラスチック板に塗って乾燥させた。トレイは 9×14.5cm の発泡スチロールの容器（中央化学㈱C-9 新）を使った。この大きさが、水溶液を入れたときちょうど大きさなのでこれを使用した。また、液体が自然蒸発するのを防ぐため、A4 判 OHP シートを 4 等分に切りトレイの上にのせて実験した。

(2) 光の強さを計る装置 光の強さを計るために、次の太陽電池と直流電流計を用いた。

- ・太陽電池 大和科学教材研究所 太陽電池 L 型
- ・直流電流計 ケニス A5 JIS2.5 級相当

参考文献 3)によると光強度 P が増加すると短絡電流 I は直線増加するとあった。そこで、太陽電池を直流電流計の 500mA 端子に直接つないで短絡電流を測定することにより、プラスチック板が受ける太陽光の強さを相対的に求めることができる。太陽電池は、地面に水平に置いた。

(3) 紫外線を計る装置 二酸化チタンが光触媒としてはたらく光は紫外線であると参考文献 2)にあったので、紫外線の強さを測定した。使用したのは、㈱秋月電子で販売されている「デジタル UV 計キット」を組み立てたもので、浜松ホトニクス㈱製の UV センサ G5842 が使用されている。紫外線の強さは mW で表示される。

4 糖類の分解

(1) 実験方法 ショ糖、ブドウ糖をそれぞれ質量パーセントで 0.010% の水溶液を作り発泡スチロールの容器に 50ml ずつ入れ、二酸化チタンを塗装した板とプラスチック板のものをそれぞれ入れフィルムをかぶせて太陽光に当て分解の速さを調べた。1 時間ごとに太陽光の強さ、紫外線の強さ、気温をはかり、同時に市販の COD のバックテストを使い、どのくらい有機物が残っているか調べた。

(2) 実験結果 6 時間、太陽光に当てたがショ糖、ブドウ糖水溶液の COD の値に変化はなかった。その理由として考えられるのは、糖類の 1 分子は炭素などが多く含まれているので、その結合すべて分解しなくてはならず、分解に時間がかかるのではないかと考えた。メチレンブルーは有機物であ

り、市販の実験キットで使用されていることから、使用を決めた。光分解が進むと脱色され、光触媒の効果が目に見えて表れやすい。以上のことから、糖類の分解からメチレンブルーの脱色（分解）に方向性を変えた

5 自作板によるメチレンブルーの分解

(1) 実験の準備 メチレンブルー水溶液がどれほど脱色できたか定量化するため、1/500から1/100,000の割合のメチレンブルー水溶液を作り、試験管に入れて比色計を作った。

(2) 実験方法 1/500のメチレンブルー水溶液を作り、50ml ずつ発泡スチロールの容器にいれ、二酸化チタンを塗装した板と、塗装しなかった同じ大きさのプラスチック板を3組作り、太陽光、ブラックライトに当てた。1時間ごとにメチレンブルー水溶液の濃度と、糖類の分解のときの機材を使い太陽光の強さ、紫外線の強さ、気温をはかった。

・使用したブラックライト 10W 352nm TOSHIBA

(3) 実験結果

ア 太陽光の実験結果 開始から時間が経つにつれて、曇ったりしていたので、光の強さが不安定だった。1時間から2時間の間はメチレンブルー水溶液にほとんど変化が見られなかった。この日は、天候が悪くなってきたので、2時間で実験を終了した。（表1）

表1 太陽光、メチレンブルー水溶液の変化

	紫外線 mW/cm ²	光の強さ mA/cm ²	気温 ℃	TiO ₂ あり	TiO ₂ なし
開始	1.10	80	28.1	1/500	1/500
1時間	0.80	140	28.2	1/2,000	1/500
2時間	0.38	20	23.7	1/2,000	1/500

イ ブラックライトの実験結果 ブラックライトの出す紫外線一定だったので、二酸化チタンを塗った板を入れた水溶液は、時間がたつにつれて薄くなった。6時間で実験を終了した。1/2,000まで薄くなった。（表2）

表2 ブラックライト、メチレンブルーの変化

	紫外線 mW/cm ²	気温 ℃	TiO ₂ あり	TiO ₂ なし
開始	2.55	25.6	1/500	1/500
1時間	2.55	24.4	1/750	1/500
2時間	2.55	25.3	1/750	1/500
3時間	2.55	26.1	1/1,000	1/500
4時間	2.55	25.7	1/1,200	1/500
5時間	2.55	26.1	1/1,800	1/500
6時間	2.55	26.1	1/2,000	1/500

(4) まとめ 太陽光、ブラックライトでメチレンブルー水溶液の脱色を確認できた。中でも、太陽光が一番効果があり、2時間で1/2,000まで薄くなった。ブラックライトは太陽光ほど効果が表れず、脱色の効果は太陽光より小さかった水溶液は薄くなり、光触媒に効果があることがわかった。

6 自作の板とキットの板によるメチレンブルー分解の対照実験

- (1) 実験の準備 分解に適した光は、太陽光であることがわかったので、これ以上分解する速度を速くするために、二酸化チタンの乗せ方について、調べることにした。対照実験のために、市販の光触媒キットを用い、キットの中に入っていた、二酸化チタンが塗られた板を、自作の板と同じ大きさ（5×10cm）に切ったものと、自作の板を用意して比較した。
- (2) 実験方法 1/500 のメチレンブルー水溶液を 50ml ずつ発泡スチロールの容器に入れ、二酸化チタンを塗装した板と、キットの二酸化チタンが塗装してある板をそれぞれフィルムをかぶせて太陽光に当てた。1 時間ごとにメチレンブルー水溶液の濃度、糖類の分解のときの機材を使い太陽光の強さ、紫外線の強さ、気温を測定した。
- (3) 実験結果 私たちは、自作の板で実験を行ったが、市販のキットに入っていた板と水溶液の脱色を比較した結果、3 時間後、私たちが作った板の濃度が 1/8,000、市販の板は 1/2,000 となった。私たちの板の方に明らかに効果がみられた。自作の板には、二酸化チタンを載せるときにニス混ざっているのでは、メチレンブルーを吸っているかもしれないと思い、吸着実験をすることにした。

7 ニスのメチレンブルー吸着実験

- (1) 実験方法 ニスだけを塗った板を発泡スチロール容器に入れ、同じ方法で行った。
- (2) 実験結果 水溶液の濃度は 12 時間後 1/5,000 になった。水溶液がかなり薄くなり、板が濃い青に染まっていた。私たちは二酸化チタンと水性のニスを 1：3 で混ぜた液体を板に塗っていたため、ニスの量が多く、水溶液中のメチレンブルーを吸ってしまったと考えられる。分解されていたのではなく、ただ吸収して薄くなっていた可能性が大きくなった。
- (3) 今後の方向性 市販の光触媒のキットの実験方法（参考資料 4）を見て計算したところ、約 1/10,000 のメチレンブルー水溶液を、2 日間かけて脱色するという内容だった、二酸化チタンの塗装部分の面積に差があったとしても私たちの水溶液がいかに濃く、自作の板がメチレンブルーを吸っていたかが分かった。そこで、水溶液をこの実験方法に記載されていた濃度、板はキットに入っていた二酸化チタン塗装済みの板を 5×10cm に切って使い、キットに入っていた中側に二酸化チタンの塗装済みの透明なプラスチックのコップも試してみた。

8 市販の板を使ったメチレンブルーの分解

- (1) 実験方法
 - ① キットに入っていた二酸化チタン塗装済み板を切ったものと二酸化チタン塗装済みコップを使う。メチレンブルー水溶液の濃度は 1/10,000 のものを使用した。
 - ② 発泡スチロールの容器に 50ml 入れキットの板を入れ蒸発を防ぐためフィルムをかぶせた。
 - ③ コップは水溶液を 150ml 入れて、蒸発を防ぐフィルムをかぶせた。
また、板は、実験前に同濃度の水溶液を吸わせておき、この実験においてメチレンブルーをできるだけ吸わないようにした。
 - ④ 光の種類は太陽光、ブラックライト、白熱電球の 4 種類の光源を用いた。
 - ⑤ 実験はブラックライト、白熱電球を同時に開始し、一定時間後に水溶液を確認し、光触媒にはどの波長の光が効果があるかを調べた。
 - ⑥ 太陽光は、⑤とは別に実験をおこなった。
- (2) 実験結果
 - ① ブラックライト、白熱電球、太陽光すべてでメチレンブルーの脱色が確認できた。
 - ② 太陽光を当てたものが最も分解が進んだ。しかし、雲に太陽が隠れてしまうと、太陽光は効果が弱くなってしまうので、光量が一定せず、正確なデータは取りにくい。

③ ブラックライトで分解できたことから、紫外線は全般的に効果があると考えられる。

④ これ以上濃い濃度のメチレンブルー水溶液を使用すると時間がかかる。1/10,000 では、効果有無はわかるが、比色計を使い濃度の定量化は難しかった。

(3) まとめ

① 光触媒というのは、色々な有機物を分解できるということが、本に書いてあったが、分解するものが糖類などの分子構造が複雑だと、すべての結合を分解しなければならないために、分解するには時間がかかるのであろう。

② 今回の実験により、光触媒に適した光は紫外線だが、紫外線量の多いブラックライトより太陽光の方が光分解が進んだことから、紫外線以外の光が関係している可能性があると思われる。

9 今後の課題

今回の実験では、ニスを使って、二酸化チタンをプラスチック板にのせたため、ニスがメチレンブルーを吸ってしまい、反応が起きていないかもしれないという可能性があるので、ニスを使わずに二酸化チタンをのせる方法を考えていきたい。

また、太陽光の光は、光の強さが変わってしまうので、光分解と光の波長の関係を調べ、光分解を調べる実験に適した光源をみつけていきたい。

10 参考文献・参考資料

- 1) 亀井信一「これで光触媒のすべてがわかる!」株式会社秀和システム(2007)
- 2) 埴田博史「トコトンやさしい光触媒の本」日刊工業新聞社(2002)
- 3) 藤中正治「はじめまして太陽電池さま」東京電機大学出版社(1994)
- 4) 中村理科工業(株)「光触媒入門キット」及び付属の「観察研究レポートマニュアル」