

酸化チタンを用いた環境浄化

2611 小栗万実 2529 松田南海 2616 久保香絵 2636 村山萌珠

要旨

酸化チタンによる光触媒作用を調べることによって、環境浄化を試みた。酸化チタンの機能を調べるとともに、実際に汚れを分解する構造を考え、光触媒への理解を深めることを目的に実験を行った。実験Ⅰでは、メチレンブルーを酸化チタンで分解し、紫外・可視吸光度計で光の透過量を数値化した。数値化する際に酸化チタンの粉末が水溶液中に濁ってしまい、正確な値がとれなかった。実験Ⅱでは、エタノールを酸化することによって、生成された酢酸の量を中和滴定によって調べた。長時間紫外線照射したエタノールがより高い数値を示した。実験Ⅲでは、酸化チタンのカビの発生を防ぐ働きについて調べた。インキュベータの中が完全な無菌状態でなかったため、正確な結果を得られなかった。実験Ⅳでは、化学的酸素要求量（Chemical Oxygen Demand : COD）の測定により、酸化チタンの有機物の分解における働きを調べた。酸化チタンがある方が浄化された。実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの結果から、多少の数値の誤差があったものの、酸化チタンの光触媒作用を確認できた。

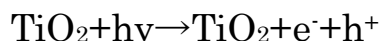
1. 目的

酸化チタンの触媒作用を使って、環境浄化を試みた。

2. 光触媒の仕組み

半導体光触媒では、以下の段階を経て反応が進行する。

①光照射による励起電子(エネルギーの高い状態)と正孔(励起された電子がおさまっていた穴)の生成



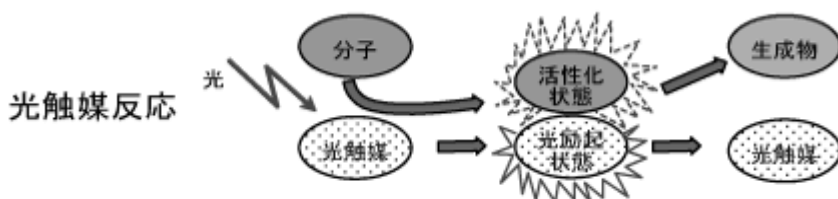
②正孔と励起電子がそれぞれ酸化反応、還元反応を起こす。



原子状酸素

③酸化チタンによる酸化還元反応で生成された $\cdot\text{OH}$ ラジカルや原子状酸素 $\cdot\text{O}$ は有機物を反応し、中間体有機ラジカルを生成する。

④正孔と反応して、生成するラジカルや、原子状酸素は非常に高い酸化力をもっており、種々の有機物を最終的には二酸化炭素や水まで分解する。



本論

3. 使用した実験器具

実験Ⅰ：メチレンブルー（10ppm）、試験管、紫外・可視吸光度計（写真Ⅰ）、

実験Ⅱ：エタノール、水酸化ナトリウム、フェノールフタレイン、ビュレット、コニカルビーカー

実験Ⅲ：小麦粉、水、インキュベータ（人工気象機）

実験Ⅳ：試料水（生物室の水槽）、純水、過マンガン酸カリウム、硫酸、シュウ酸ナトリウム、ウォーターバス、ホールピペット、コニカルビーカー、ビュレット、ろうと、スタンド、ろ紙、ガラス棒

実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ：酸化チタン、シャーレ、
紫外線照射機（写真Ⅱ）

4. 実験方法

<メチレンブルーを用いた実験Ⅰ>

- (1) 10ppm のメチレンブルー水溶液に酸化チタンを 0.5g 加え紫外線を 10 分照射した。
- (2) 照射後、どれくらい水溶液が薄くなったかを見た。



(写真Ⅰ)



(写真Ⅱ)

<エタノールを用いた実験Ⅱ>

- (1) エタノール 20ml に酸化チタン 0.5g を加え紫外線を照射した。
- (2) 照射後、中和滴定を行い生成した酢酸の量を測定した。

<小麦粉を用いた実験Ⅲ>

- (1) 小麦粉を練ったものに酸化チタンを水で溶いてぬった。
(酸化チタン+酢酸、酸化チタン+水、水のみ)
- (2) シャーレに入れてインキュベータで一週間置いた。

<COD（化学的酸素要求量）の測定による実験Ⅳ>

- (1) 生物室の水槽の水を試料水とし、10ml 量りとり、酸化チタン 1g とともにシャーレに入れて、21 時間照射した。
- (2) 照射した試料水をろ過し、5ml とり、純水を 45ml 加えて薄めた。これに 5mmol/L の KMnO_4 （過マンガン酸カリウム）を 10ml、6mol/L の H_2SO_4 （硫酸）を 5ml 加え、ウォーターバスにより 30 分間加熱した。
- (3) 熱した試料水に $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ （シュウ酸ナトリウム）水溶液を 10ml 加え、 KMnO_4 の赤紫色が消えるのを確認した。
- (4) KMnO_4 で滴定する。
- (5) 純水でも同様にして滴定を行う。
- (6) COD の決定は、以下の式によって行う。

$$\left(\frac{A(v-v')}{x} \times \frac{5}{4} \times 32 \times 1000 \right) \text{mg}$$

(A : KMnO_4 の濃度、v : (4) で滴下した KMnO_4 の体積、v' : (5) で滴下した KMnO_4 の体積)

5. 結果

実験の結果を以下に示す。

<実験Ⅰ：メチレンブルーを用いた実験>



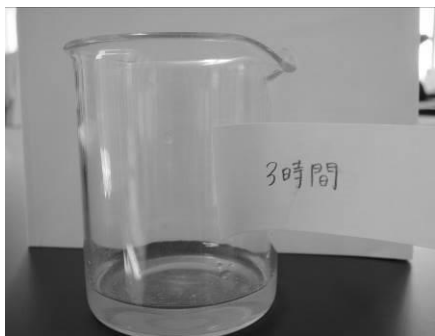
(写真Ⅲ：左から順に 10 分、20 分、30 分メチレンブルーを照射したもの)

<表Ⅰ：メチレンブルー照射後の光の透過量 (ABS) >

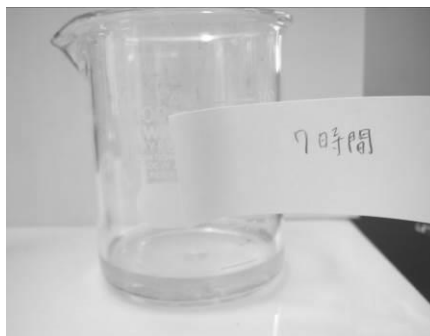
	10 分	20 分	30 分
1 回目	0.593	0.300	0.358
2 回目	0.780	0.375	0.326
3 回目	0.294	0.142	0.156

数値化する際に酸化チタンの粉末が水溶液中に分散して濁ってしまい、正確な数値が取れなかった。

<実験Ⅱ：エタノールを用いた実験>



(写真Ⅳ：エタノールを3時間照射し中和滴定したもの)



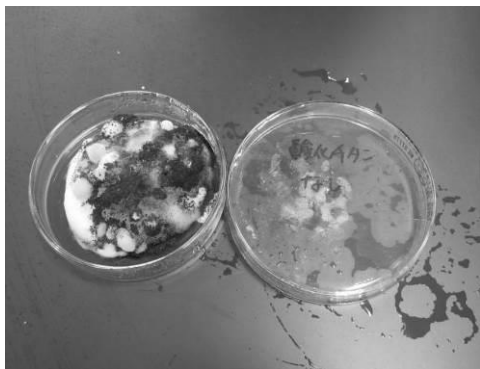
(写真Ⅴ：エタノールを7時間照射し中和滴定したもの)

<表Ⅱ：生成された酢酸の量 (mol/L) >

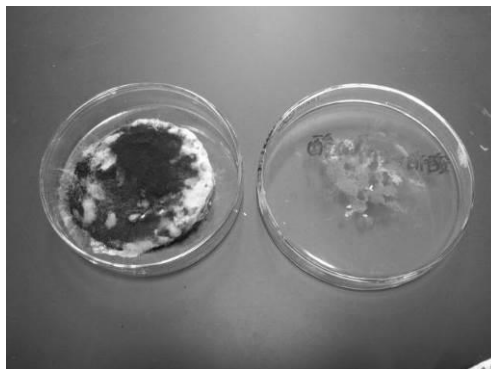
	1回目	2回目	3回目	平均
3時間生成 (CH ₃ COOH)	4.3×10^{-4}	4.9×10^{-4}	2.0×10^{-4}	3.7×10^{-4}
7時間生成 (CH ₃ COOH)	5.7×10^{-4}	5.5×10^{-4}	2.0×10^{-4}	4.4×10^{-4}

長時間照射をすると、より酢酸が生成されることが分かった。

<実験Ⅲ：小麦粉を用いた実験>



(写真Ⅵ：酸化チタンなし)



(写真Ⅶ：酸化チタン+酢酸)



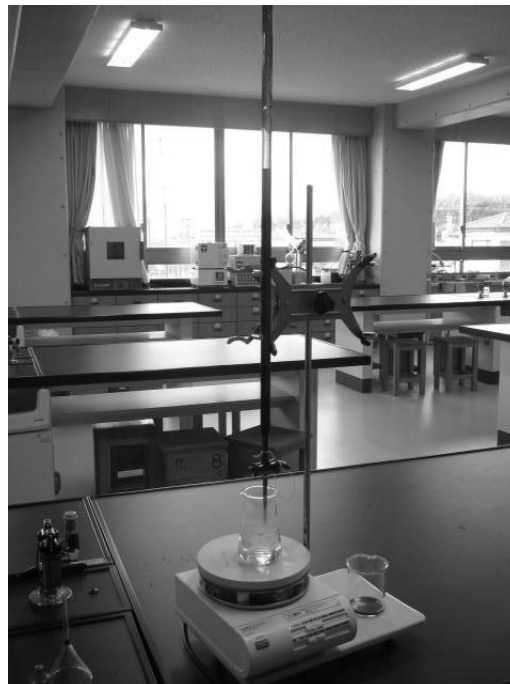
(写真Ⅷ：酸化チタン+水)

酸化チタンをぬってもすべてカビが生じてしまったため、酸化チタンの働きが分からなかった。

<実験Ⅳ：COD の測定による実験>



(写真Ⅸ：試料水を加熱している様子)



(写真Ⅹ：KMnO₄ の滴定の様子)

<表Ⅲ：COD の値 (mg) >

	酸化チタンあり	酸化チタンなし
1回目	-6.7	21.0
2回目	-10.3	31.2

酸化チタンがある方が数値が低かったので、COD がより少ないことが分かった。

6. 考察

実験Ⅰ、Ⅱ：メチレンブルーを用いた実験では正確な数値が取れなかったが、エタノールを用いた実験では酢酸が生成されたことが分かった。このことから酸化チタンに光触媒作用があることが分かった。

実験Ⅲ：すべての条件がきちんとそろわなかったため結果が得られなかった。

実験Ⅳ：試料水と比べて COD の値が小さくなったので酸化チタンの有機物の分解作用が確認された。

以上のことから、酸化チタンの光触媒作用によって有機物が分解されたことが分かった。しかし、条件がうまくそろわず、結果が得られないものもあったので、正確なデータをとっていくことが課題である。

今後はより高い効果が得られる実験を考えたい。

7. 謝辞

この研究をするにあたって、岐阜県立羽島高校の日比昌教諭には大変なご協力をいただいたのでこの場をおかりしてお礼申し上げます。

8. 参考文献

- ・「光触媒入門」 <http://www.d7.dion.ne.jp/~shinri/nyumon.html>
- ・「光触媒とはなにか」講談社 佐藤しんり 著
- ・「サイエンスビュー 科学総合資料」実教出版株式会社
- ・「光触媒が未来をつくる 環境・エネルギーをクリーンに」岩波書店 藤嶋昭 著
- ・「触媒・光触媒の科学入門」講談社 山下弘巳・田中庸裕・三宅孝典・西山覚
古南博・八尋秀典・窪田好浩・玉置純 著