

酸化チタンを用いた環境浄化

3611 小栗万実 3531 松田南海 3617 久保香絵 3634 村山萌珠

要旨

酸化チタンによる光触媒作用を調べるとともに、実際に汚れを分解する機構を考えた。さらに、その機構を応用し環境浄化に応用す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吸光度を数値化した。照射時間を長くすることで、吸光度が減少した。実験Ⅱでは、酸化チタンの酸化力を確認するためにエタノールを酸化させることで酢酸の生成を確認した。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の条件が揃わなかったため、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量を数値的に解析した。酸化チタンを用いた試料において COD 値が低下した。実験Ⅴでは、バターを用いて油脂の分解について調べた。酸化チタンを用いた試料において COD 値が低下した。実験Ⅵでは環境浄化を実現するため、河川の水を用いて実験を行った。酸化チタンを用いた試料において COD の値が低下した。実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴの結果から酸化チタンの有機物や油脂を分解する働きを確認できた。実験Ⅵの結果から実際に環境浄化に成功した。

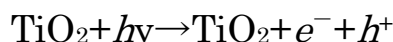
1. 目的

酸化チタンの光触媒作用を用いて、環境浄化を試みる。

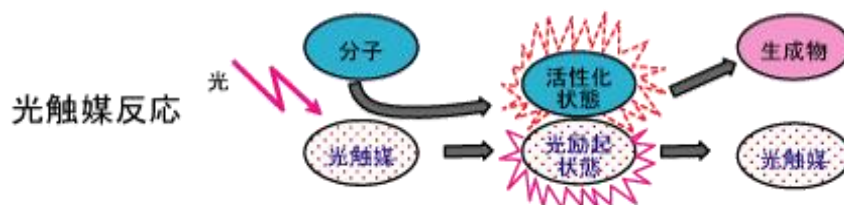
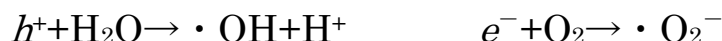
2. 光触媒の仕組み

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)が生成される。



②一説として、正孔は水と反応し生成したヒドロキシラジカルが有機物を分解する。一方、電子は空気中の酸素と反応しスーパーオキシドアニオンを経て水となる。



(図Ⅰ：光触媒の仕組み)

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・可視吸光光度計（写真Ⅰ）、

実験Ⅱ：エタノール、水酸化ナトリウム水溶液、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、Ⅴ、Ⅵ：試料水（Ⅳ；生物室の水槽の水 Ⅴ；バターを溶かした溶液 Ⅵ；学校付近の工場排水）、純水、過マンガン酸カリウム水溶液、硫酸、
シュウ酸ナトリウム水溶液、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、Ⅳ：酸化チタン（粉末）

実験Ⅴ、Ⅵ：光触媒シリカゲル(HQA11 新東Vセラックス株式会社)

共通して使用したもの：シャーレ、紫外線照射機（写真Ⅱ）

4. 実験方法

<実験Ⅰ：メチレンブルーを用いた実験>

（目的）酸化チタンが有機物を分解するかを調べた。

（実験方法）

- (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 分間照射した。
- (2) 照射後、どの程度水溶液が薄くなったかを確認した。



（写真Ⅰ：紫外線・可視吸光光度計）



（写真Ⅱ：紫外線照射装置）

<実験Ⅱ：エタノールを用いた実験>

（目的）酸化チタンに酸化作用があるかを調べた。

（実験方法）

- (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。

<実験Ⅲ：小麦粉を用いた実験>

（目的）酸化チタンの働きによってカビの発生を予防できるかについて調べた。

(実験方法)

- (1) 小麦粉を練ったものに酸化チタンを水で溶いて塗った。
(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。

<実験Ⅳ：CODの測定による実験>

(目的) 水槽の中の水のCOD値を測定することで酸化チタンの有機物の分解作用を確認した。

(実験方法)

- (1) 生物室の水槽の水を試料水とし、20mL量りとり、酸化チタン2gとともにシャーレに入れて、紫外線を22時間照射した。
- (2) 照射した試料水をろ過し、5mL計りとり、純水を45mL加えて薄めた。これに5mmol/LのKMnO₄ (過マンガン酸カリウム) 水溶液を10mL、6mol/LのH₂SO₄ (硫酸) 水溶液を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Na₂C₂O₄ (シュウ酸ナトリウム) 水溶液を10mL加え、KMnO₄の赤紫色が消えるのを確認した。
- (4) KMnO₄で滴定した。
- (5) 純水でも同様にして滴定を行った。これをブランクの結果とした。
- (6) CODの決定は、以下の式によって行った。

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

(A : KMnO₄の濃度、v : (4)で滴下したKMnO₄の体積、v' : (5)で滴下したKMnO₄の体積、x : 試料水の体積)

<実験Ⅴ：バターを用いた実験>

(目的) 生活排水には油成分が多く含まれるため、実用的な環境浄化に向けて実験を行った。これまで有機物の分解を確認してきたが、その中でも油脂の分解について調べるため、バターを用いた。

(実験方法)

- (1) バター5gに、お湯201gを加えて溶かした。
- (2) (1)を試料水とし、10mL量りとり、TiO₂ 15%を含む光触媒シリカゲル (HQA11 新東Vセラックス株式会社) 13.3gとともにシャーレに入れて、紫外線を19時間照射した。
- (3) 照射した試料水を3mLとり、純水を47mL加えて薄めた。
これに5mmol/LのKMnO₄ (過マンガン酸カリウム) 水溶液を10mL、6mol/LのH₂SO₄ (硫酸) 水溶液を5mL加え、ウォーターバスにより30分間加熱した。
- (4) 熱した試料水にNa₂C₂O₄ (シュウ酸ナトリウム) 水溶液を10mL加え、KMnO₄の赤紫色が消えるのを確認した。
- (5) KMnO₄で滴定した。
- (6) 純水でも同様にして滴定を行った。これをブランクの結果とした。

(7) COD の決定は、以下の式によって行った。

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

(A : KMnO_4 の濃度、 v : (5) で滴下した KMnO_4 の体積、 v' : (6) で滴下した KMnO_4 の体積、 x : 試料水の体積)

< 実験VI : 河川の水を用いた実験 >

(目的) 私たちの最終目的である環境浄化を実現するため、地域の河川の水を用いて実験を行った。

(実験方法)

- (1) 図IIの場所で採取した工場排水を試料水とし、20mL量りとり、 TiO_2 15%を含む光触媒シリカゲル (HQA11 新東Vセラックス株式会社) 6.7g とともにシャーレに入れて、紫外線を10時間照射した。
- (2) 照射した試料水を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) 水溶液を10mL、6mol/Lの H_2SO_4 (硫酸) 水溶液を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 で滴定した。
- (5) 純水でも同様にして滴定を行った。
- (6) CODの決定は、以下の式によって行った。

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

(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、 x : 試料水の体積)



(図II : 工場排水の採取場所)

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 >



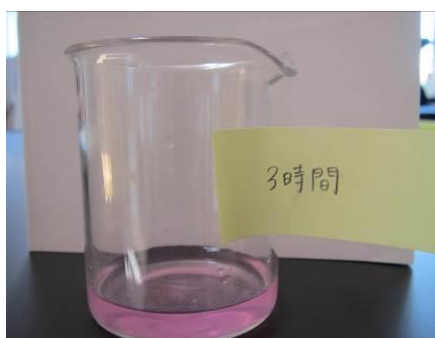
(写真III : 左から順に10分、20分、30分間紫外線を照射したもの)

<表 I : 紫外線照射後のメチレンブルー溶液の吸光度 (ABS) >

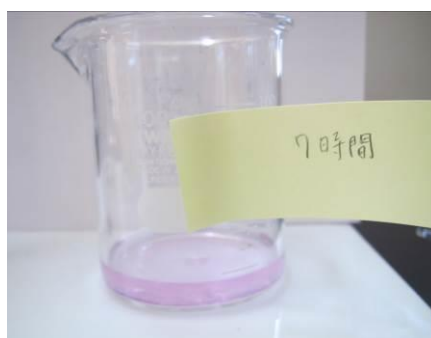
	10 分	20 分	30 分
1 回目	0.553	0.338	0.192
2 回目	0.780	0.375	0.326

時間が経つにつれて吸光度が低下したため、メチレンブルーが分解されていることが分かった。

<実験 II : エタノールを用いた実験>



(写真IV : 紫外線を 3 時間照射し
中和滴定行ったもの)



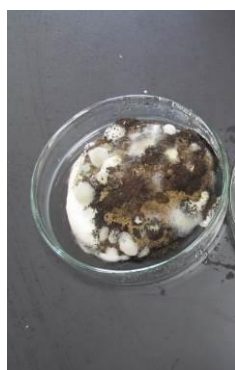
(写真V : 紫外線を 7 時間照射し
中和滴定を行ったもの)

<表 II : 生成された酢酸の量 (mol/L) >

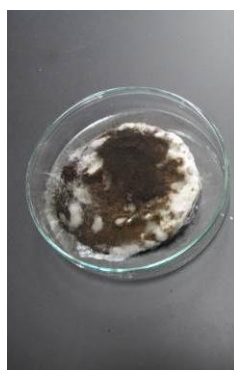
	3 時間	7 時間
1 回目	1.6×10^{-4}	4.8×10^{-4}
2 回目	3.2×10^{-4}	4.3×10^{-4}
平均	2.4×10^{-4}	4.6×10^{-4}

紫外線を長時間照射すると、酢酸の生成量が増加することが分かった。

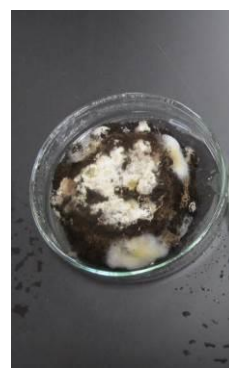
<実験 III : 小麦粉を用いた実験>



(写真VI : 酸化チタンなし)



(写真VII : 酸化チタン+酢酸)



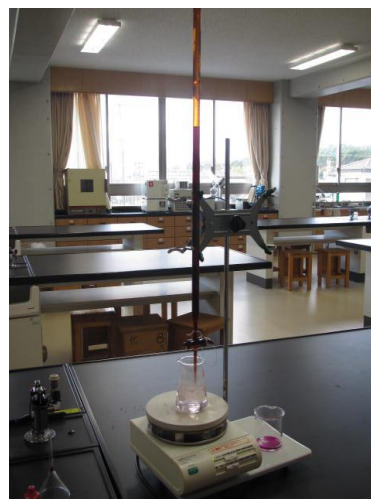
(写真VIII : 酸化チタン+水)

酸化チタンを塗ってもすべての試料に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
平均	23.2	31.2

酸化チタンを加えた方が、COD値がより低くなることが分かった。

<実験Ⅴ：バターを用いた実験>



(写真ⅩⅠ：試料水滴定後)

<表Ⅳ：CODの値 (mg) >

	酸化チタンあり	酸化チタンなし
1回目	42.0	59.0
2回目	79.0	115

試料水に酸化チタンを加えることで、CODの値が低くなったことから、酸化チタンは油脂を分解することが分かった。

<実験Ⅵ：河川の水を用いた実験>



(写真ⅩⅡ：滴定の様子)

<表Ⅴ：COD の値(mg)>

	酸化チタンあり	酸化チタンなし
1 回目	14.4	53.6
2 回目	18.8	51.6
平均	16.6	52.6

試料水に酸化チタンを加えることで、COD 値が低くなったことから酸化チタンは河川の水を浄化する作用があることが分かった。

6. 考察

実験Ⅰ、Ⅱ：メチレンブルーを用いた実験ではメチレンブルーが分解され、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は酸化力があることが分かった。

実験Ⅲ：すべての条件がきちんと揃わなかったため結果が得られなかった。

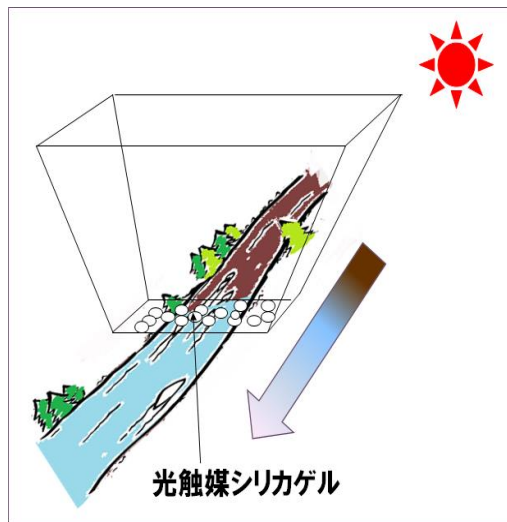
実験Ⅳ：酸化チタンを加えることで元の試料水と比べて COD の値が低くなったので酸化チタンの有機物の分解作用が確認された。

実験Ⅴ：酸化チタンを加えることで元の試料水と比べてバターを含む試料水の COD の値が低くなったため、酸化チタンは油脂を分解することが分かった。

実験Ⅵ：河川の水においても、酸化チタンを加えた前後で COD の値が低くなった。よって、酸化チタンの光触媒作用は河川の水に含まれる有機物の分解にも応用できた。

7. 今後の展望

以上の結果により、私たちの目的は達成された。さらに今回の研究を深めるため、河川の浄化装置を考えた。まだ実際に実験は行っていないが、具体的には両端が開いている容器を準備し、その底に光触媒シリカゲルを敷き、その上を水が流れ、日光が当たることで水が浄化される装置である。今後は本装置の研究を進め、浄化施設が整備されていない地域や災害時でも、この装置によって身の回りの水を飲料水として利用できる程度まで浄化できることを目指す。



(図Ⅲ：河川の浄化装置)

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くのご助言をいただいた岐阜県立羽島高校の日比昌教諭、地域の河川の水を提供していただいた恵那高校 SSH 生物河川班、光触媒シリカゲルを提供していただいた新東 V セラックス株式会社 前川様には深く感謝申し上げます。

9. 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 化学総合資料」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