

過酸化水素水を用いた酸化チタン(IV)TiO₂の酸化力を増大させる研究

愛媛県立松山南高等学校 チタン班

西岡昂哉 田中虹成 林龍奈 指導教員 松田栄二

1. はじめに

光によって触媒としての働きを示す物質を光触媒といい、酸化チタン(IV)(以下TiO₂)は、その代表的な物質である。光(紫外線)にあたったTiO₂は、強い酸化作用や超親水性などの性質を示す。私たちは、光触媒の反応の過程で発生するヒドロキシラジカル($\cdot\text{OH}$)という有機物の分解を行う物質に着目し、先行研究¹⁾から、TiO₂に過酸化水素を加えることで、より多くのヒドロキシラジカルが発生するのではないかと思い、過酸化水素を用いることにした。また、分解の対象物として、主なにおいの原因菌でもある、アンモニア水0.01 mol/Lを50ml用いて実験を行った。

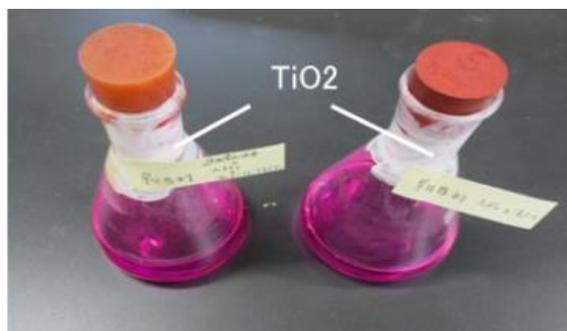
2. 実験方法

(1) アンモニアとTiO₂を用いた光触媒反応

過酸化水素水を用いず、TiO₂のみの酸化力でどれくらいの効果があるのかを調べた。実験器具として三角フラスコを用意し、アンモニア水とフェノールフタレイン溶液をそれぞれ入れ、TiO₂をフラスコのふちに塗るものと、溶液に直接入れ混ぜるもの、TiO₂を加えないものの3つに分け、それぞれに紫外線を3日間あてた。

(2) 吸光度計を用いた測定

アンモニアの量が減るとフェノールフタレイン溶液の色が薄くなるという性質を使って、光触媒によって分解されたアンモニアの量の違いが色の濃さで判断できるのではないかと思い、アンモニア水にフェノールフタレイン溶液を混ぜて実験を行うことにし、照射後のフェノールフタレイン溶液の色の変化を、吸光度計を用いることで数値化した。実験器具として、**図1**のようにアンモニア水と過酸化水素水を混ぜたものと過酸化水素水を混ぜないものの2種類用意し、三角フラスコに入れ、フェノールフタレイン溶液を1mlずつ入れた。その後、三角フラスコのふちにTiO₂を適量塗り、紫外線に3日間あてた。照射後色の違いを確かめ、さらに吸光度計でフェノールフタレイン溶液の色の濃さを調べた。



(図1) 左(NH₃とフェノールフタレインとH₂O₂)
右(NH₃とフェノールフタレイン)

(3) pH メーターを用いた測定

吸光度計の代わりに pH メーターを用いることにした。さらに一定量の TiO_2 に対して、過酸化水素水の量の違いでどれくらいの差が生まれるのかも調べた。

実験器具として、(1)と同様に三角フラスコを用意しアンモニア水と過酸化水素水を入れた。その後、フラスコのふちに TiO_2 を適量塗り、紫外線に 3 日間あてた。今回は、さらに同じ実験器具を作り、過酸化水素水を 0ml、1ml、2ml、3ml 用意しそれぞれフラスコ内に入れ、同様に紫外線を 3 日間照射した。照射後、フェノールフタレイン溶液を入れ色の違いを確かめ、さらに PH メーターを用いて細かい数値まで調べた。

3. 実験結果と考察

(1) TiO_2 と光触媒効果

TiO_2 を三角フラスコのふちに塗ったもの、直接入れたもの、入れなかった物の順番にフェノールフタレイン溶液の色が薄くなった。(図 2) このことから、 TiO_2 の酸化作用はアンモニアを分解する効果があることが確かめられた。また、 TiO_2 を三角フラスコのふちに塗った方が一番効果的であると分かった。よって、今後の実験では、 TiO_2 を三角フラスコのふちに塗って実験を行いたい。

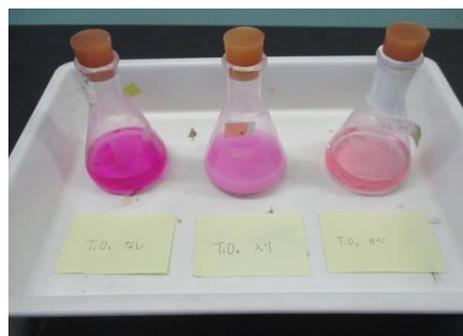


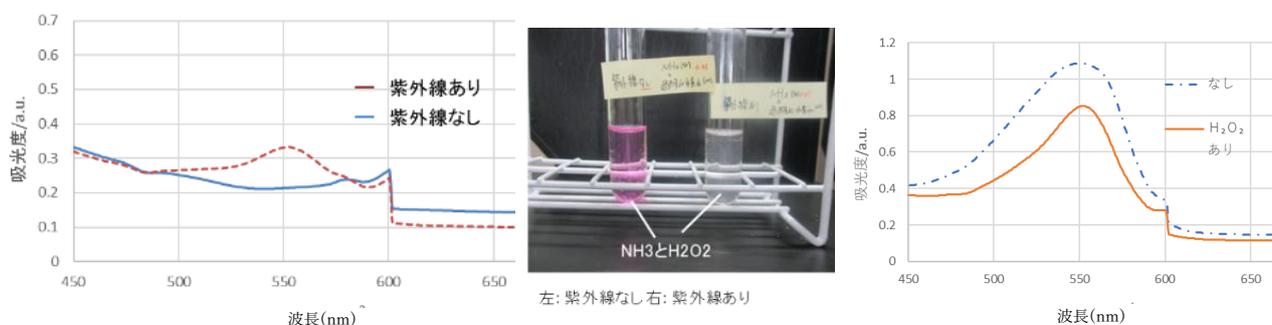
図 2: TiO_2 と光触媒効果

(左から) TiO_2 なし/直接入れたもの/壁に塗ったもの

(2) 過酸化水素水によるフェノールフタレインの退色

写真のフェノールフタレイン溶液の色の変化や吸光度計の計測結果 (図 3) から、アンモニア水に過酸化水素水を加えた方が加えていない時よりも、吸光度の値が低くなっていることが分かった。さらに、紫外線をあてたときとあてていないときでは、吸光度や色の違いに大きな差があることが分かった。このことから、 TiO_2 による酸化作用の効果は見られたが、過酸化水素水ありとなしでは色の違いや吸光度の値の差がほとんど見られなかったため、過酸化水素水により効果が増大したと確実には言えなかった。

また、フェノールフタレイン溶液の色が黄色に変わったことや先行研究²⁾ から、フェノールフタレイン溶液が過酸化水素水により退色されたことで色が変わってしまった可能性があると考えた。よって次の実験では、フェノールフタレイン溶液を照射後に入れることにし、吸光度計の代わりに PH メーターを用いてアンモニアの量の変化を調べることにした。



(左) 紫外線ありとなしでの違い(どちらも過酸化水素水あり)

(右) 過酸化水素水のありとなしでの違い

図 3 吸光度計で測定したグラフ

(3) TiO_2 と過酸化水素水によるアンモニアの分解

図4の結果から、過酸化水素水と紫外線なし、過酸化水素水なし紫外線あり、過酸化水素水あり紫外線あり、の順に pH の値が低くなった。このことから、過酸化水素水を加えたときの方が加えなかった時よりも多くのアンモニアを分解できたといえる。しかしどの結果も pH の値が高かったため、アンモニアの量に比べ TiO_2 や過酸化水素水の量が少ないと考えた。また図5の結果から、一定量の TiO_2 に対して過酸化水素水 2mL がアンモニアを分解する最大量だと分かった。このことから、 TiO_2 の量を多くすればするほど消費する過酸化水素水の量も多くなっていくと考える。

(4) 過酸化水素水を用いたにおい分解装置の作製と実践

(1)から(3)までの結果を通して、私たちは TiO_2 の光触媒と過酸化水素水の2つを用いて、実際にトイレのにおいを分解できる装置作り、実際に校内のトイレに置いて、どれくらいの威力と効果があるのかを調べた(図6)。

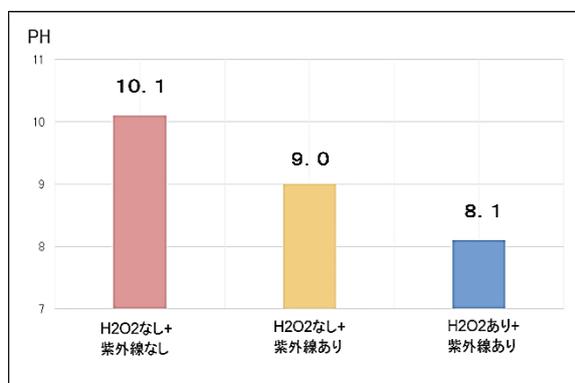


図4 NH_3 を 0.01mol/L にした時の pH の値の変化 (全て TiO_2 あり)

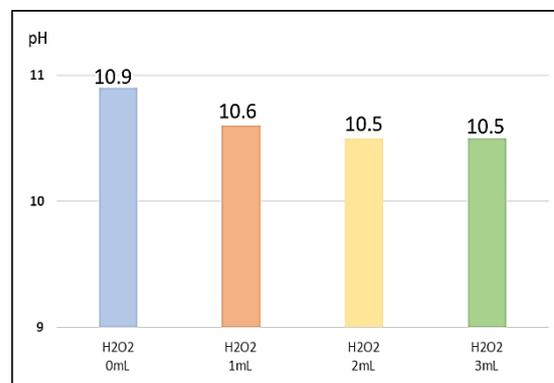


図5 全てに紫外線をあてた時の pH の値の変化 (NH_3 :0.01mol/L、全て TiO_2 あり)

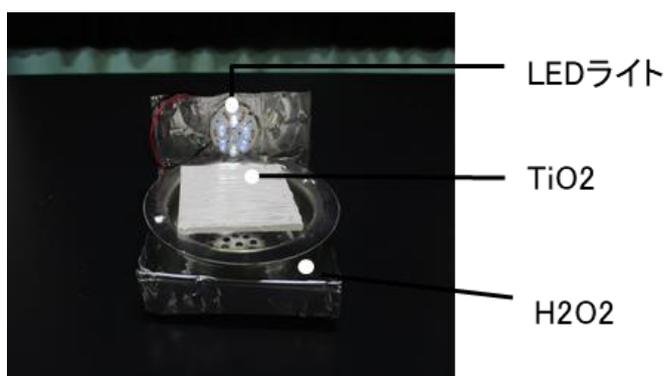


図6 試作装置と設置場所

4 まとめと今後の展望

実験結果から、光触媒反応が起こる際に過酸化水素水を TiO_2 のそばに置いておくと、 TiO_2 の酸化作用が強化され、より多くのアンモニアが分解された。

このことから、過酸化水素水は TiO_2 の光触媒作用の効果を強化し、対象の有機物を分解する速さや力を促進させる力を持っていると考える。これは、光触媒が行われている際に発生する、ヒドロキシラジカル ($\cdot\text{OH}$) の量が過酸化水素水により増加したことで、より多くのアンモニアを分解したのではないかと考える。また、一定量の TiO_2 に対して過酸化水素水 2ml がアンモニアを分解する最大値であるとわかった。このことから、 TiO_2 の量を増やせば増やすほど消費する過酸化水素水の量も増えると考えられる。

今後の研究として、実験結果から TiO_2 の量やその量に伴った過酸化水素水を変えて、さらに測定した pH の値からアンモニアの減少量を計算して正確な変化量を調べていきたいと思う。また、3 (3) の実践では、まだ装置に不備があり実際に置くにはまだ困難なため、今後の実験で改良していきたい。

5 参考文献

- 1) 大石ら (2000) 「過酸化水素の性状と取り扱い設備について」
- 2) 藤岡和男 (2001) 「フェノールフタレインの過酸化水素による退色-反応速度の研究」