酸化チタン(IV)の光触媒反応の可視光応答化 ~ゾルゲル法による金属ドーピングを用いて~

To be Able to Response to Visible Light in the Photocatalyc Reaction of Titanium Oxide

 \sim By using Metal Doping in Sol-Gel method \sim

千葉県立船橋高等学校理数科3年

西澤 輝

<u>Abstract</u> Titanium oxide(IV) does not be active when a light except UV hit it. So I tried to make titanium oxide(IV) active when visible light hit it by metal doping in the Sol-Gel method. I mixed ethanol, titanium isopropoxide, and H_2 O.I leave out it during a day. I doped titanium oxide(IV) by soaking the thing which I mixed in iron chloride(III). I mixed titanium oxide powder and methylene blue solution and evaluated an ability of resolution. Doped titanium oxide's ability was 49.6% higher than undoped titanium oxide(IV)'s ability. According to this result, titanium oxide(IV) could be active to visible light by metal doping.

はじめに

酸化チタン(IV)には光触媒という性質がある。その性質の一つに紫外線が当たることで有機物を分解するという能力がある。酸化チタン(IV)が光触媒反応を起こすには紫外線などの強い光が当たる必要がある。紫外線は生活の中で約3%しか含まれていないため、生活の中で光触媒を利用するには非常に効率が悪い。そこで私は酸化チタン(IV)のバンドギャップに注目した。バンドギャップとは金属が光触媒反応を起こすために必要なエネルギー量のことである。酸化チタン(IV)に金属ドーピングをすることで酸化チタン(IV)のバンドギャップを小さくし、可視光にも光触媒活性を示すことができるのではないかと考えこの研究に及んだ。

研究目的

酸化チタン(IV)に金属ドーピングをすることで酸化チタン(IV)のバンドギャップを小さくし、可視 光にも光触媒活性を示すことができるようにする。

研究方法

- 1.ゾルゲル法を用いた酸化チタン粉末の作成
 - (1)エタノール 40mL にテトライソプロピルオルトチタネート(TTIP)5mL を加え 5 分間撹拌する。 撹拌にはマグチックスターラーを用いる。
 - (2)(1)の溶液にイオン交換水 0.36mL と 1mol/L の塩酸 0.42mL の混合液を加え 10 分間撹拌する。 (3)(2)で出来上がった溶液を容器に移し1日放置する。1日後溶液は流動性を失いゲル化する。ド
 - ーピングする場合は出来上がったゲルを 0.18mol/L の塩化鉄(Ⅲ)水溶液に 3 日間浸ける。
 - (4)出来上がったゲルを、電子炉を使い 75℃で粒径約 1~2mm の粉末が出るまで熱する。
 - (5)出来上がった粉末を乳鉢ですり潰し、メチレンブルー液と鉄(Ⅲ)イオンが反応し錯体を形成する のを防ぐためにイオン交換水と混合し濾過する。
- 2.酸化チタン粉末の分解力の評価
 - (1)1 で作成した酸化チタン粉末 0.5 g と 1.0×10⁻⁴mol/L のメチレンブルー液 15mL を混合し、紫 外線として UV−A ブラックライト(波長: 365nm)と可視光として LED ライト(波長: 450~ 550nm)をそれぞれ 30 分間照射した。
 - (2)(1)後の溶液を分光光度計にかけ、光のスペクトラムとそのピーク値を計測した。
 - (3)計測したピーク値から分解率を計算した。計算式は以下の式を用いて計算した。

<u>分解率=100-(分解後のピーク値/分解前のピーク値)×100</u>

鉄(III) ドープによる TiO2 について

身近にある金属の中でチタン(IV)イオンにイオン半径の値が近い鉄(III)イオンをドープしようと考 えた。TiO₂ に鉄をドープしたところ TiO₂ ゲルおよび粉末の色が白色(図1)から黄色(図2)へと変化 した。この変化は変色後の色が鉄(III)イオンの色と一致していることから、TiO₂ 粉末に鉄(III)イオ ンをドープすることができたと考えられる。



図1 ドープ前 TiO₂ 粉末

図2 ドープ済みTiO₂ 粉末



研究結果

結果は以下のようになった。またそれをグラフに表した。

酸化チタン(IV)のブラックライトに対する分解率

8.37% → 7.14% ∴分解率→-1.23%
ドープ後

酸化チタンの LED ライトに対する分解率のグラフ



考察

- ・金属ドーピング後の酸化チタン粉末は金属ドーピング前の酸化チタン粉末に比べて可視光に対する 分解率が高くなった。つまり酸化チタンに金属ドーピングをすることで可視光に対する活性が約4 倍強まった。
- ・金属ドーピング後の酸化チタン粉末は金属ドーピング前の酸化チタン粉末に比べてブラックライト に対する分解率はほとんど変わらなかった。

結論

- ・酸化チタン粉末に金属ドーピングすることで可視光に対する活性が強まったことから、酸化チタン (IV)に金属ドーピングすることで酸化チタン(IV)のバンドギャップが小さくなったと考えられる。
- ・金属ドーピング後の酸化チタン粉末は金属ドーピング前の酸化チタン粉末に比べてブラックライト に対する分解率はほとんど変わらなかったことから、酸化チタン(IV)に金属ドーピングをしてもブ ラックライトに対する活性は変わらず、活性を示すことが出来る波長の範囲が広まったと考えられ る。

酸化チタン(IV)の LED ライトに対する分解率 15.58% _____ 64.18% ∴分解率→+48.60% ドープ後

今後の課題

- ・X線を使って酸化チタンゲルの構造解析をし、視覚的に酸化チタン(IV)の結晶構造内に金属がドー ピングされているかを確認する。
- ・今回ドーピングした酸化チタン粉末のバンドギャップを計測し、どのくらいまでの波長の光に活性 を示すことが可能なのかを調べる。
- ・鉄以外の他の金属をドーピングしてみて、最も酸化チタン(IV)の可視光に対する活性が高まる金属 を調べる。

参考文献

藤嶋 昭・渡部 敏也・橋本 和仁 著 2000 年 光触媒のしくみ (日本実業出版社)

- 大谷 文章 著 2003 年 イラスト図解 光触媒のしくみがわかる本 (技術評論社)
- 藤嶋 昭 著 2010 年 科学も感動から 光触媒を例にして (東京書籍)
- 伊藤 雅喜 著 2010年 水循環システムのしくみ (ナツメ社)
- 藤嶋 昭 著 2012 年 光触媒が未来を作る一環境・エネルギーをクリーンに (岩波書店)