

銅担持を用いた酸化チタンの可視光応答に関する研究

日大生産工(院) ○今井 寛弥 江頭 雅之
日大生産工学部 矢澤 翔大 工藤 祐輔 中西哲也

1 まえがき

現在、大気汚染や水質汚濁などの環境問題への対応策として光触媒が注目されている。光触媒とは光をエネルギー源として吸収することで、その表面の有機物を分解できる物質である⁽¹⁾。このような特性から光触媒は大気浄化や水質改善などに使用されている。価格や安全性の面から酸化チタンが光触媒として多く採用されているが、酸化チタンは紫外光にしか反応しないという欠点がある。そのため従来の光触媒は室内での使用が難しい。このことから可視光に反応する光触媒を作製することができれば従来の光触媒に比べて用途の幅が広がり、また太陽光下で使用した場合の分解効率も向上すると考えられる。

このような背景から光触媒を可視光応答化させる研究が盛んに行われており、その可視光応答化の方法の一つに金属担持が存在する。金属担持とは、光触媒である酸化チタンに Au や Cu 等を助触媒として担持する方法である。金属担持を行うことで、金属が可視光を吸収しキャリアを生成する。これにより可視光応答化が可能になる。一方で、現在金属担持に使用されている金属は Au や Pt といった貴金属が大半を占めているため、光触媒を可視光応答化させるコストが高いという問題がある。そこで、貴金属よりも安価な銅や鉄を用いて光触媒を可視光応答化する方法が提案されている⁽²⁾。

本研究では、銅を酸化チタンに担持することで可視光応答型光触媒を作製する。さらに可視光応答型光触媒の性能を向上させることを目的とする。

2 実験方法

2.1 基板の作製

ガラス板に塗布する酸化チタン溶液として、酸化チタンとエタノールを 1:1 の重量比で混合したもの（以下溶液 A）と、酸化チタンとエタノールとポリエチレングリコール(以下 PEG)を 1:1:1 の重量比で混合したもの（以下溶液 B）を作製した。

25 mm × 25 mm × 1.1 mm のガラス板に溶液 A を 0.06 ml 滴下した後、200℃で 1 時間焼成した光触媒基板を得た。次に、25 mm × 25 mm × 1.1 mm のガラス板にドクターブレード法を用いて、塗布する溶液の厚さが 0.03 mm になるように溶液 B を塗布した。溶液 B を塗布したガラス板は溶液中の PEG を気化させる必要があるため、300℃と 550℃の 2 通りの温度で各 1 時間焼成した光触媒基板を得た。溶液 A を用いて作製した酸化チタン光触媒基板と、溶液 B を用いて作製した酸化チタン光触媒基板に対してエタノールと酢酸銅を混合した 0.1wt%銅イオン溶液を 0.1 ml ずつ滴下し、UV ランプ (GL-10, NEC) を用いて紫外光を 1 週間照射し光触媒基板を可視光応答化させた。

2.2 光吸収特性の測定

作製した各光触媒基板の光吸収性能を調べるために、紫外可視分光光度計 (UV-2600, 島津製作所) を用いて、作製した可視光応答型光触媒の反射率と透過率を測定し、計算によって可視光吸収率を算出した。算出した式を (1) に示す。

$$\text{吸収率} = 100 - (\text{反射率} + \text{透過率}) \cdots (1)$$

2.3 SEM による基板表面の観察

PEG の酸化チタン粒子に対する分散効果を確認するために走査型電子顕微鏡 (SEM) による基板表面の観察を行った。

Study on visible light response of titanium oxide using copper support

Hiroya IMAI

3 実験結果

計算によって算出した各光触媒基板の吸収率を Fig.1 に示す。図の曲線の縦軸の値が大きいほど、光を多く吸収していることを示す。図中の PEG 無は溶液 A を塗布して可視光応答させた光触媒であり、PEG 有(300℃)は溶液 B を塗布して 300℃で焼成し可視光応答させた光触媒であり、PEG 有(550℃)は溶液 B を塗布して 550℃で焼成し可視光応答させた光触媒である。また、本実験は光触媒の可視光応答化を目的としているため、可視光の波長域である 380 nm から 780 nm の範囲の吸収率に注目した。

光触媒基板の各吸収率を比較すると、PEG を添加した光触媒基板の方が可視光を吸収しやすいことがわかる。これは、PEG を添加したことで酸化チタン粒子が分散し、銅の析出量が増加したために可視光を吸収しやすくなったと考えられる。また、PEG 有 (300℃) と PEG 有 (550℃) の各基板の吸収率を比較すると、PEG 有 (550℃) の光触媒基板の方が可視光を吸収していることがわかる。これは、低温で焼成した場合は酸化チタン表面に付着した PEG が気化せず、銅の析出を妨げたためと考えられる。

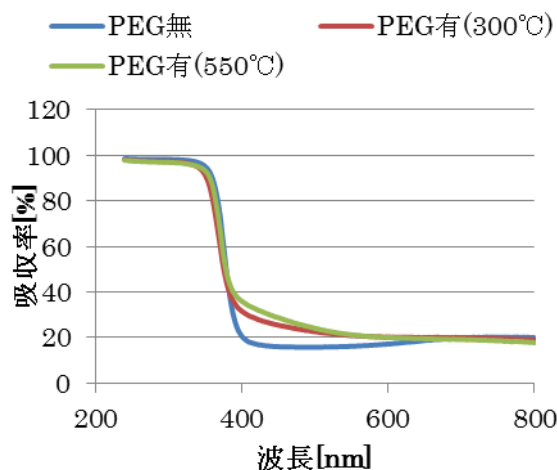
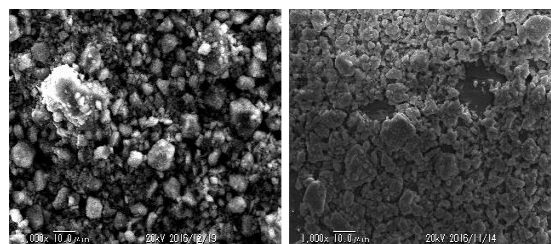


Fig.1 作製した光触媒基板の可視光吸収率

SEM を用いて観察した基板表面を Fig.2 に示す。Fig.2 の(a)は PEG 無の基板表面を、(b)は PEG 有 (550℃) の基板表面を示す。基板表面の酸化チタン粒子を比較すると、PEG 無の基板表面には酸化チタンが凝集した大きな塊が存在する。これは、粒子間に存

在する水分の表面張力等によって基板作製時に凝集したと考えられる。一方で、PEG 有の基板表面では PEG 無よりも酸化チタンの粒径が小さいことが分かる。これは、PEG が酸化チタン粒子と結合して、酸化チタン粒子を分散させたためであると考えられる。このことから PEG を添加することで酸化チタン粒子を基板全体に分散することができると考えられる。



(a) PEG 無 (b) PEG 有 (550℃)

Fig.2 光触媒基板の表面

4.まとめ

本研究では、銅を担持することで可視光応答型光触媒基板を作製し、作製条件ごとの可視光の吸収率を比較した。その結果、PEG を添加していない可視光応答型光触媒基板よりも PEG を添加した可視光応答型光触媒基板の方がより多くの可視光を吸収していることが分かった。これは、PEG を添加することによって酸化チタンの粒子が基板全体に分散し、銅の析出反応が生じやすくなったことが原因と考えられる。また、高温で焼成した可視光応答型光触媒基板の方がより多くの可視光を吸収することが分かった。これは、酸化チタン表面に付着した PEG が銅の析出を妨げており、高温で焼成することで PEG が気化するためにより多くの銅が析出したと考えられる。

参考文献

- (1) 山田圭祐,銅担持による可視光応答型光触媒の開発に関する研究,日本大学生産工学部修士論文,p.5,(2016)
- (2) 西村顕,金属担持を施したコーティング TiO₂ 膜の CO₂ 改質性能,pp.1-2,(2007)