

酸化チタン光触媒の水処理装置の検討

日大生産工 ○矢澤翔大 日大生産工(院) 江頭雅之
日大生産工 工藤祐輔

1 まえがき

酸化チタン光触媒は光を照射することにより有機物分解作用や超親水性作用を示す半永久的に使用することが可能な材料である。光触媒の研究は本多・藤嶋らによる1972年の酸化チタン (TiO_2) を用いた人工光合成の発見⁽¹⁾を契機として盛んに行われるようになった。光触媒は建造物の壁のセルフクリーニングや空気洗浄機など一部実用化されている⁽²⁾。近年では水浄化に関してもその効果が期待されている。光触媒の水浄化性能試験は日本工業規格で定められている湿式分解性能試験法⁽³⁾が一般的に用いられている。この試験では光触媒を塗布した試験片に、有機色素であるメチレンブルー (MB) 水溶液を接触させる。MB水溶液は青色の液体であり、酸化されると脱色するため、分光光度計を用いて光の透過度を測定することで、光触媒の酸化分解性能を定量化できる。しかし、この手法ではMB水溶液を一定時間ごとに採取する手間がかかることや、測定精度が分光光度計に依存するためMB水溶液の濃度によっては十分な精度が得られないことが問題と考えられる。

本研究では、照度・周波数変換フォトICを利用し、光触媒による水浄化性能を効率的かつ高精度で測定可能な新たな試験方法を開発した。また本試験方法の適用例として光触媒へ電圧印加した場合の水浄化性能試験結果を示す。

2 酸化チタン光触媒の作製

光触媒基板は電圧を印加するために透明導電性ガラスであるITOガラスを用いた。12.5 mm × 12.5 mm × 1.1 mm^tのITOガラス基板に酸化チタン粉末(石原産業、ST-01) 2 g と

脱水エタノール 18 gを重量比10 %で混合した溶液0.5 mlを塗布した。その後電気炉にて450 °C 2時間焼成を行い光触媒基板の完成とした。

3 水処理試験方法

検討した水浄化性能試験方法の装置の概略を図1に示す。被処理物は日本工業規格と同様にMB水溶液を用いた。MB水溶液はタンクに100 ml入っておりポンプにより循環される。反応部の底には作製した光触媒基板が設置されている。ガラス基板が透明であることから、光は下面から照射することができる。これにより一部の波長域の光を吸収するMB水溶液を経由せずに光触媒へ直接光を照射することが可能となる。測定部では半導体レーザと受光部がMB水溶液を流通させる容器を挟んで設置されている。MB水溶液の濃度変化とともにレーザ光の吸収量が変化し、受光部でこれを検出する。レーザ光の波長はMBの吸光ピーク波長である664 nm付近である波長650 nmで発振

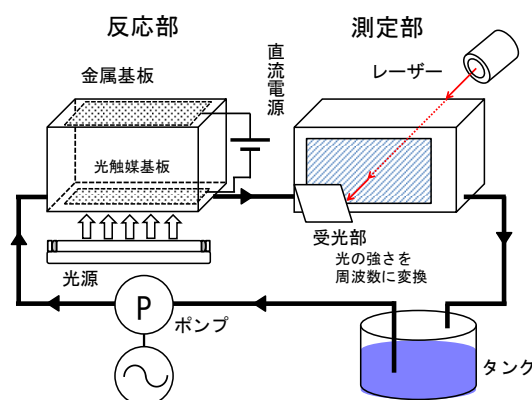


図1 水処理測定システムの概略図

Development of Water Treatment System of Titanium Oxide Photocatalyst

Shota YAZAWA, Masayuki EGASHIRA and Yusuke KUDO

する半導体レーザ (LM-101-A2, Wen Tai Enterprise)を用いた。また、受光部には照度・周波数変換フォトIC(S9705, 浜松ホトニクス)を使用した。このICは光強度に比例した周波数の矩形波を出力する。この周波数を周波数カウンタで測定することで、 10^{-3} から 10^3 lxの広いダイナミックレンジに対して一定の精度で光強度が得られる。また、MB水溶液を外部に取り出す必要がなく、連続的な測定が可能のため、高精度な測定を効率的かつリアルタイムに行えるようにした。

4 提案した装置の評価

まず装置の安定性を評価するため、MB水溶液の代わりに純水を循環させたときの、照度・周波数変換フォトICの周波数出力の時間変化を測定した。照度・周波数変換フォトICの出力周波数が3時間にわたり 590 ± 1.3 kHzに留まっており、時間的に安定であることが確認できた。

次に、メチレンブルー溶液の脱色実験により、作製した光触媒層の酸化分解作用を測定した。水浄化試験に用いるMB水溶液は初期濃度9.65 ppmとし循環させた。MBが容器や配管などへの吸着することで濃度が減少する可能性を考慮し、実験開始後60分間は光触媒への光照射をせずに循環させた。60分経過後、光照射を開始した。光源はケミカルランプ(FL20SBL, 東芝)を用いた。その後3時間、出力周波数の時間変化を記録した。出力周波数をMB濃度に換算した結果を図2に示す。最初の60分間はMB濃度の変化は認められない。これはMBの装置および触媒への吸着がほとんどなかったことと、光照射を行わない場合には光触媒がMBを分解していないことを示している。光触媒への光照射を開始した60分以降は徐々に濃度が低下していることがわかり、光触媒によりMBの脱色が行われていると考えられる。また、光触媒に負電圧を印加することにより光触媒によるMBの分解性能が向上し、逆に正電圧を印加すると分解性能が低下していることがわかる。電界の影響で光触媒内に生じた電子が触媒表面に現れ分解反応を促進したためか、もしくはMBを分極効果により光触媒に引き寄せMB分

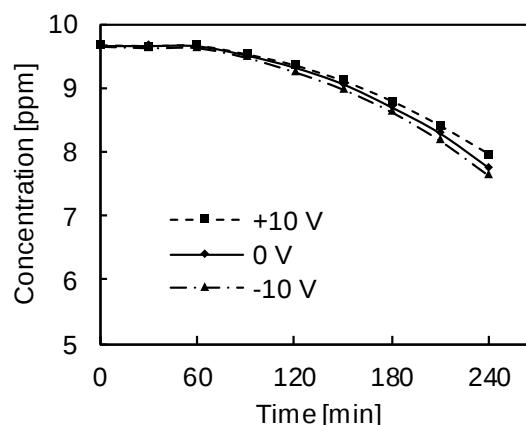


図2 実験結果

解性能が向上したためなどの理由が考えられる。この例のように、光触媒に電圧印加した場合のMB分解のような僅かな差の測定においては提案手法が有利であるといえる。

5 まとめおよび今後の課題

光触媒の水浄化性能を評価するための新たな試験方法を開発し検討した。照度・周波数変換フォトICを利用することで、効率的に高精度でリアルタイムな測定が可能となった。さらに、提案手法の適用例として、光触媒に電圧を印加した場合の水浄化性能を評価し、僅かながら性能向上を示すことができた。

また、今後の改良点として反応部と測定部を一体化し、半導体レーザと受光部を複数使用することで、光触媒の分解速度、被処理物質の濃度分布や移動の様子も調べることができるよう装置を変更する予定である。

「参考文献」

- (1) Fujishima, Honda: Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode, Nature (1972) pp37, 38
- (2) 辻賢司：「可視光応答型光触媒の実用化技術」, シーエムシー出版, pp.196-200 (2010)
- (3) JIS R 1703-2:2014 ファインセラミックス-光触媒材料のセルフクリーニング性能試験方法-第2部：湿式分解性能