

レサズリンを用いた指示薬インクによる光触媒活性の評価

日大生産工（院） ○林 直弥

日大生産工 矢澤 翔大 日大生産工 工藤 祐輔

1. まえがき

近年、環境問題の解決手段として光触媒が注目されている。光触媒は、付着した有機物を光が当たることで分解する酸化分解作用と水になじみやすくなる超親水性がある。

光触媒の活性を評価する手法として、メチレンブルーの光退色や NO_x ガスの光酸化の試験が報告されている¹⁾。ただしこれらの方法は実行するにあたり長時間（3～5 時間）かかり、高価な分析装置を必要とする。よって光触媒活性評価のためにより迅速で安価な評価方法が必要とされている。

最近の研究では光触媒フィルムに光触媒活性指示薬インク(paii)を塗布し紫外線を照射することで、光触媒効果によるインクの急速な色の変化を通じて光触媒の活性評価ができることが示されている²⁾。

本研究では酸化還元染料としてレサズリン(Rz)を使用したインクを作製した。インクを塗布した光触媒の画像から取得した RGB 値によって色の変化を記録し、光触媒活性の評価を行った。

2. 実験

2.1 光触媒基板の作製

市販の TiO_2 粉末 (ST-01、石原産業 (株)) とエタノール (鹿 1 級、関東化学 (株)) を重量比 1 : 4 で混濁し、試料を作製した。25 mm 四方のガラス基板の上に銅テープを貼り、その上に作製した試料を 2.0 ml 滴下しスピンコート法を用いて 800 rms、回転時間 30 秒で塗布することで光触媒基板を作製した。

2.2 インクの調整と塗布

実験に使用した光触媒活性指示薬インクは 1.5 wt% のヒドロキシエチルセルロース (HEC) 水溶液 10 g、グリセロール 1 g、レサズリン (Rz) 染料 (80%、ナトリウム塩) 10 mg によって調整した。

25mm 四方のガラス板に作製したインクを 20 μl 滴下し、全体に行き渡らせた。インクの塗布後は、電気炉を用いて 75 $^{\circ}\text{C}$ で 10 分間乾燥させた。光触媒基板にインクを塗布したガラス基板を接触させ、試験用サンプルを作製した。

2.3 評価

作製した試験用サンプルに UV ランプを用いて紫外線照射を行った。光照射 1 分ごとに紫外可視分光光度計(UV-2600、島津製作所)による吸光度の測定を行った。またそれと同様に光照射 1 分ごとにサンプルの写真を撮影し、スマートフォンアプリ、“Color Picker”による RGB データの取得を行った。

3. 結果

レサズリン、グリセロール、HEC を含む Rz 光触媒指示薬インクは、光触媒フィルムと接触した状態で UVA 照射することでレサズリンがレゾルフィンに分解され青からピンクに変化する³⁾。半導体または UVA 光がない場合には、通常色の変化は発生しない。

Glycerol + Rz



Fig.1は光触媒によるレサズリンインクの吸光度変化を示したものである。601nm, 571nmの波長はそれぞれレサズリン、レゾルフィンの吸収波長のピークである。601nm付近の吸光度が著しく減少し、571nm付近にピークが移動していることが確認できる。

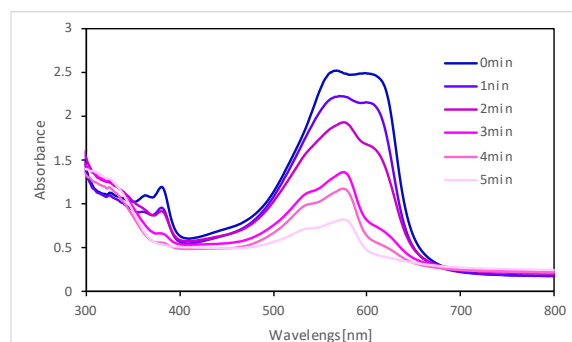


Fig.1 吸光度の変化

Evaluation of Photocatalyst Activity with Indicator Ink using Resazurin

Naoya Hayashi, Shota Yazawa, and Yusuke Kudo

Fig.2 に紫外可視分光光度計によって取得した吸光度データとスマートフォンによって取得したサンプル写真の RGB データの比較を示す。

吸光度データとしてはレゾルフィンの吸光度 Abs(601)に対するレサズリンの吸光度 Abs(571)を記録し、以下のように正規化され Abs(601/571)として扱った。

$$Abs\left(\frac{601}{571}\right) = \frac{Abs(601)}{Abs(571)} \quad (2)$$

RGB データは取得した赤、緑、青の成分の測定値、つまり R, G, B によって以下のように正規化され RGB(b)として扱った。

$$RGB(b) = \frac{B}{R+G+B} \quad (3)$$

図中において紫外可視分光光度計による吸光度、Abs(601/571)と RGB データによる RGB(b)は照射時間に対し、同様の変化傾向を示している。二つのデータは同様に反応によって数値の減少が起こり、一定時間の後に数値が横ばいになっている。これは反応によってレサズリンが十分にレゾルフィンに還元されたことを示している。

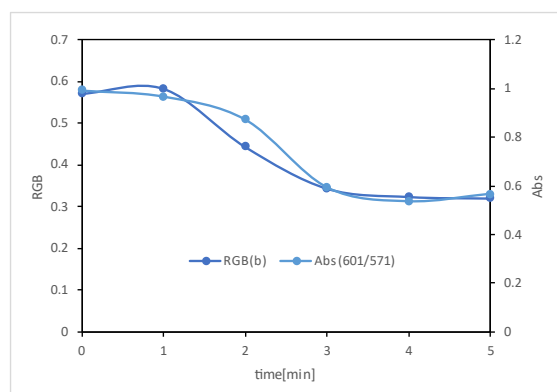


Fig.2 吸光度と RGB データ

取得した赤色成分、RGB(r)によってレサズリンからレゾルフィンへの変化時間を記録評価した。これは、光触媒によってピンク色のレゾルフィン形態に還元されるときに最も顕著な変化を示し、赤色成分がピークとなるためである⁴⁾。Fig.3 が RGB の赤色成分による分解時間グラフである。ここで ttb (90)はレサズリンの減少が 90%に達するのにかかる時間、つまり RGB 値が 0.9(RGB(max)-RGB(min))に達する時間を表している。

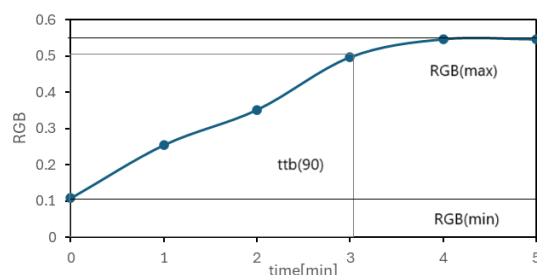


Fig.4 RGB(r)の変化

4. まとめ

本研究ではレサズリン(Rz)を使用した指示薬インクにより、光触媒の活性を評価した。紫外可視分光光度計とスマートフォンアプリによる RGB 評価を比較した結果、二つのデータにおいて近い結果が得られた。この結果は二つの評価方法に互換性があり、スマートフォンアプリによる評価が光触媒活性評価に有効であることを示している。この方法は従来のメチレンブルーによる実験に対し、実験時間が 10 分の 1 以下に短縮されている。また紫外可視分光光度計に対しコストも 10 分の 1 以下に抑えられている。

参考文献

- 1) 加藤陽平：銅合金を担持した光触媒可視光応答機構に関する研究、日本大学大学院生産工学研究科電気電子工学専攻、修士論文(2022)、pp.26-31
- 2) A. Mills, et al., A simple, inexpensive method for the rapid testing of the photocatalytic activity of self-cleaning surfaces. J. Photochem. Photobiol. A 2013, 272, 18–20
- 3) A. Mills, N. Wells, and C. O'Rourke, Probing the activities of UV and visible-light absorbing photocatalyst powders using a resazurin-based photocatalyst activity indicator ink (Rz Paii). J. Photochem. Photobiol. A 2017, 338, 123–133.
- 4) A. Mills and N. Wells, Indoor and outdoor monitoring of photocatalytic activity using a mobile phone app. and a photocatalytic activity indicator ink (paii). J. Photochem. Photobiol. A 2015, 298, 64–67.