

酸化チタン酸化亜鉛混合光触媒

野網 悠一郎 橋本 英季

1. 先行研究

宇都宮大学無機工業化学研究室が酸化亜鉛皮膜に酸化チタン皮膜を塗布した光触媒を作製し、研究を行っていた。この光触媒は酸化チタンのみの光触媒と比べ、高い光触媒効果を示した。

2. 研究目的

酸化亜鉛は酸化チタンよりも光触媒効果が大きいですが、酸化チタンのほうが安定で環境にいいとされている。そこで、酸化チタンと酸化亜鉛を混ぜて、酸化チタンよりも光触媒効果が大きい光触媒を作製し、その光触媒が長期的に利用できるかどうかを調べることを目的とする。

3. 研究方法

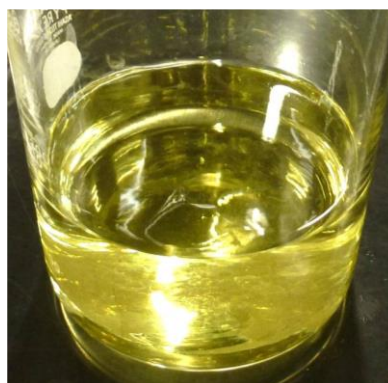
スライドガラスに酸化チタン、酸化亜鉛コーティングを施し、そのガラスをメチレンブルー水溶液(以下 MB と略記)に入れ、ブラックライトを用いて紫外線を照射した。本研究では MB を光触媒が分解するための汚れとして利用した。MB の濃度減少が大きいほど“光触媒効果が大きい”と判断する。MB の濃度は分光光度計で水溶液の吸光度を測定し、その値を処理することにより求めた。濃度変化をグラフに表し、分析を行った。

《コーティング溶液の作製》

チタン (IV) イソプロポキシド 10.5mL とアセチルアセトン 7.5mL を混合し、その混合液の体積が約 10 倍になるようにエタノールを加える。この方法は先行研究から得たものである。チタン (IV) イソプロポキシドだけでも酸化チタンを得ることができるが、この物質は大変不安定であり空気や水と触れるだけで変化してしまう。しかしアセチルアセトン、エタノールと混合することで、ゆっくりと酸化チタンに変化するようになる。このコーティング液をスライドガラスにつけて、乾燥させるとスライドガラス表面に酸化チタン皮膜が得られる。私たちはこのコーティング液に酸化亜鉛の粉末を加え、液中に粉末を分散させるために超音波洗浄機を用いて実験に使用するスライドガラスを作製した。



左：アセチルアセトン
右：チタン (IV) イソプロポキシド



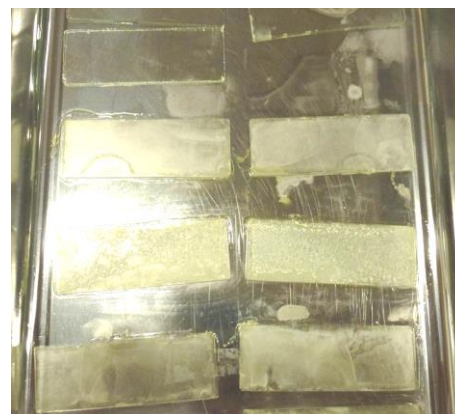
作製したコーティング液

《予備実験》

コーティング液に酸化チタン、酸化亜鉛の粉末を添加したもので作製したスライドガラスを用いて行った。一時間後、二時間後の濃度を測定した。

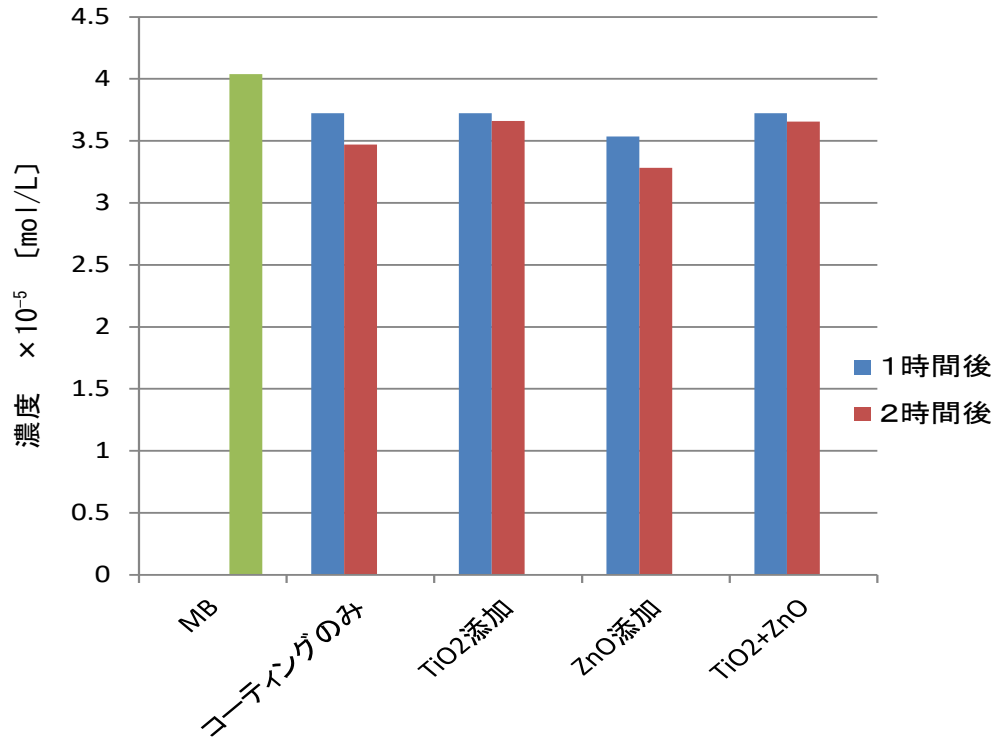
(予備実験で作製、使用したスライドガラス)

- ・コーティング液によりコーティングを施したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化チタン粉末を 0.016g 加えた液を使用したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛粉末を 0.016g 加えた液を使用したスライドガラス
- ・酸化チタン、酸化亜鉛の両方を 0.0080g ずつ加えた液を使用したスライドガラス



作製したスライドガラス

(結果)



グラフよりどのデータも、実験前のMBよりも濃度が小さくなっていることから光触媒効果が見られる。しかし、濃度減少が小さすぎるため数時間程度の実験では大きな効果を示さないとわかる。

この実験結果より短時間の実験では効果があまり見られないことがわかったため、今後の実験では実験期間を三日間とし、二日後、三日後の濃度を測定することにした。また、酸化チタンはコーティング液を乾燥させることで得られると考えたため、さらに加える必要はないと判断し、酸化亜鉛のみを加えたスライドガラスのみを作製することとした。

《実験 1》

コーティング液に加える酸化亜鉛の質量を変えた実験。酸化亜鉛の質量は 0.020g から 0.020g 刻みで 0.10g まで変えた。

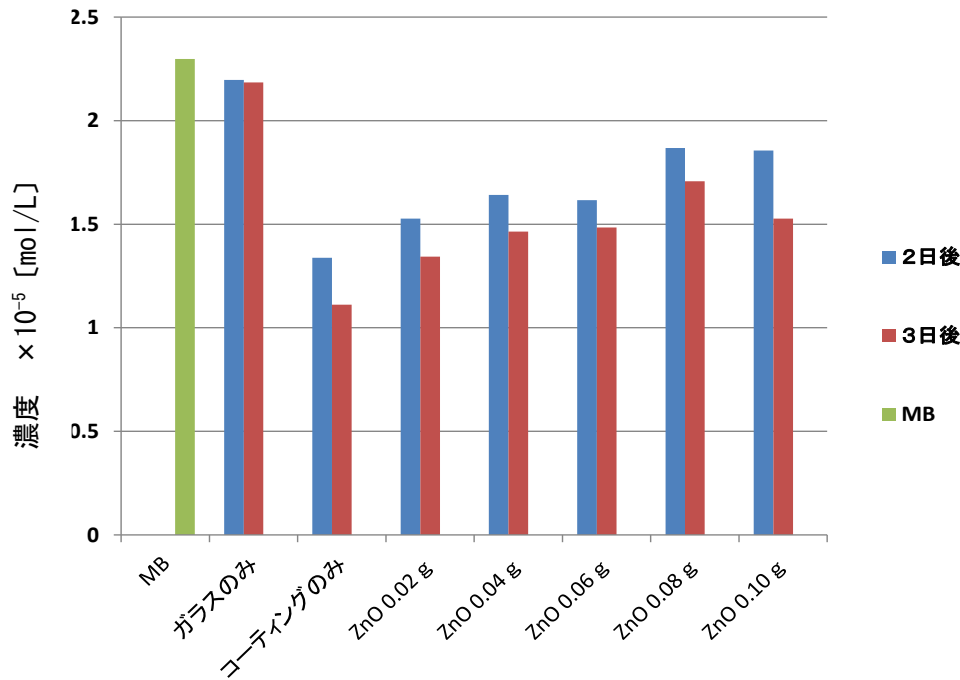
(実験 1 で作製、使用したスライドガラス)

- ・コーティングを施していないスライドガラス
- ・コーティング液によりコーティングを施したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.020g 加えた液を使用したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.040g 加えた液を使用したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.060g 加えた液を使用したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.080g 加えた液を使用したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.10g 加えた液を使用したスライドガラス

(予想)

酸化亜鉛のほうが大きい光触媒効果をもっていることから、酸化亜鉛を加える質量が大きいほど光触媒効果が大きくなり、MB の濃度減少が大きくなると考えた。

(結果)



グラフよりコーティングを施したスライドガラスはすべて光触媒効果を示している。また、コーティングを施していないスライドガラスのデータにも濃度減少が見られるため、MBは紫外線を当てただけでも分解されることがわかった。

予想と反して酸化亜鉛を加えるほど光触媒効果が小さくなっている。

(考察)

結果が予想に反していたことから調べてみると、酸化亜鉛には水中で光を当てることにより光触媒反応と共に酸化亜鉛自体が溶けてしまう性質(自己溶解現象)があることが分かった。溶け出した酸化亜鉛には光触媒効果が見られないものとし、酸化亜鉛を三日間の実験で溶解する限度以上の量を加えることで光触媒効果が大きくなると考えた。

《実験 2》

実験 1 の結果をふまえて、コーティング液に酸化亜鉛を加える質量を大きくした実験を行った。酸化亜鉛の量が少ないものも利用し実験結果を比較した。

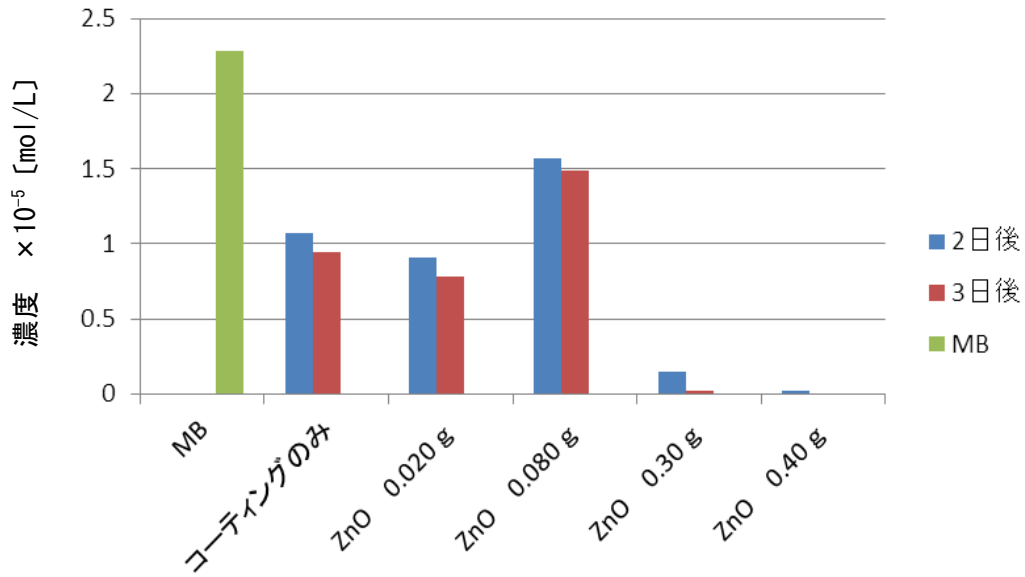
(実験 2 で作製、使用したスライドガラス)

- ・コーティングを施していないスライドガラス
- ・コーティング液によりコーティングを施したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.020g (少量) 加えた液を使用したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.080g (少量) 加えた液を使用したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.30g (多量) 加えた液を使用したスライドガラス
- ・コーティング液に酸化亜鉛を 0.40g (多量) 加えた液を使用したスライドガラス

(予想)

酸化亜鉛の量が少量 (0.020g~0.080g) では実験 2 と同様の結果となり、酸化亜鉛の量が多量 (0.30g~0.40g) では酸化亜鉛の量が多い 0.40g 加えたものの効果が 0.30g 加えたものの効果よりも大きくなると考えた。

(結果)



実験 1 と同様に酸化亜鉛を少量加えたものでは光触媒効果は小さくなっているが、多量に加えたものは予想通り光触媒効果が大きくなっていた。

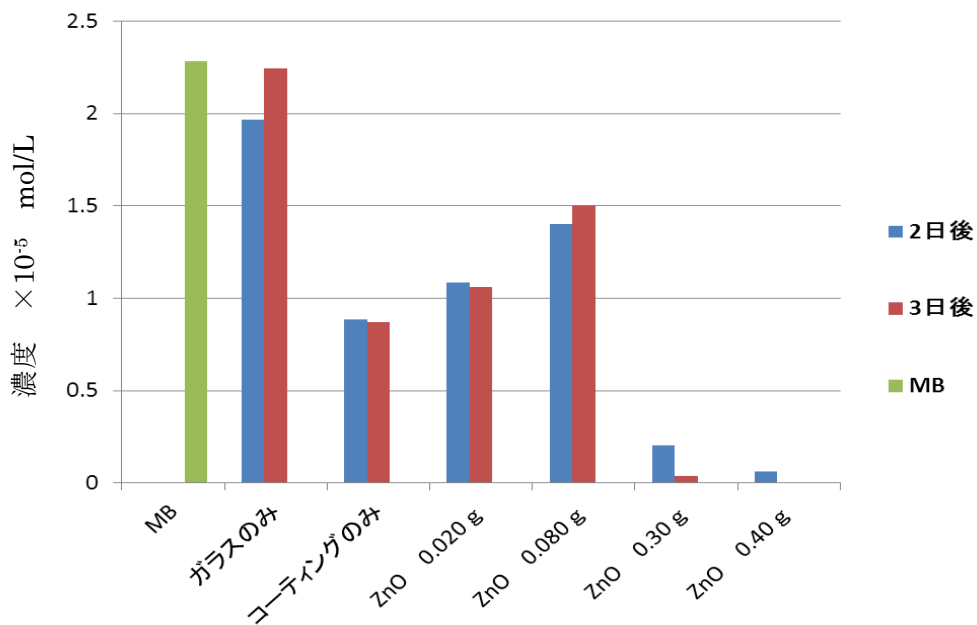
(考察)

酸化亜鉛を溶解する限度以上に加えると光触媒効果が大きくなっている。ガラスのみや ZnO を 0.080g 加えたもので二日後と三日後の濃度を比べて濃度が大きくなったのは、蒸発濃縮が起こったためと考えられる。

《実験 3》

長期的な利用が可能か調べるために、実験 1 で使用したスライドガラスを三日間乾燥させたものを用いて実験を行った。

(結果)



(考察)

実験3は実験2とほぼ同じ結果となった。私たちが実験で用いた光触媒は連続して使用しても光触媒効果をあまり失わない。このことから連続して使用できるとわかる。

4. 結論

加えた酸化亜鉛が少量だと光触媒効果は小さくなり、酸化亜鉛を三日間の実験で溶解する限度以上の量を加えると光触媒効果が大きくなる。酸化チタンと酸化亜鉛を混合することで酸化チタンよりも光触媒効果の大きい光触媒が作製でき、その光触媒は長期的に利用できる。また、先行研究では皮膜を形成する程度の少量の酸化亜鉛でも高い光触媒効果を示していたことから、光触媒効果はコーティング方法にも左右されると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 鈴木大祐. “酸化チタン/酸化亜鉛ハイブリット型光触媒の開発”. 宇都宮大学 無機工業化学研究所. <http://www.cc.utsunomiya-u.ac.jp/~sachioy/frame.htm>
- 2) 小澤拓弥, 佐々木賢太郎, 鈴木佑輔, 森本恭平, 渡邊宏次. “光触媒への挑戦”. 長野県木曾青峰高等学校. <http://www.nagano-c.ed.jp/seiho/risuka/2009/2009-11.pdf>
- 3) 正橋直哉. “光触媒酸化チタンの基礎と応用”. 東北大学金属研究所. polar.imr.tohoku.ac.jp/_userdata/photocat.pdf
- 4) 野口雅弘, 齋藤晴貴, 尾形聖, 三上義治. 酸化亜鉛光触媒の開発. Ricoh Technical Report. 2006, No. 32, p.40-47. <https://jp.ricoh.com/technology/techreport/32/pdf/A3206.pdf>.
- 5) 佐藤しんり. 光触媒とはなにか—21世紀のキーテクノロジーを基本から理解する. 講談社. 2004. ISBN N406257456X

6. 謝辞

今研究を行うにあたり、始終ご指導いただいた川西陽子先生をはじめ、多くの助言をしてくださった先生方には大変お世話になりました。厚く感謝申し上げます。