

環境浄化用可視光応答型酸化タングステン光触媒における助触媒効果の評価

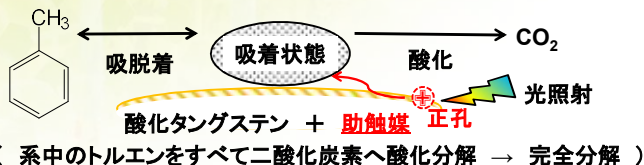
小西 由也・佐山 和弘

産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 機能性材料チーム

研究の目的

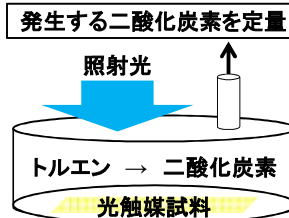
助触媒により高活性化した可視光応答型酸化タングステン光触媒
⇒ 室内の照明光によりVOCや臭気などの分解除去が可能

難分解性のトルエン(VOC)の分解除去について助触媒効果を評価



実験

- 酸化タングステン粉末に銅またはパラジウムを含浸法・混練法により助触媒として添加し光触媒を調整。
 - トルエンを系中の濃度が143 ppmとなるように加え300 WのXeランプ(全光)を照射。
 - トルエンの分解によって生成する二酸化炭素の時間変化を測定。
- 加えたトルエンが完全分解
→ 1000 ppmの二酸化炭素が生成



結果

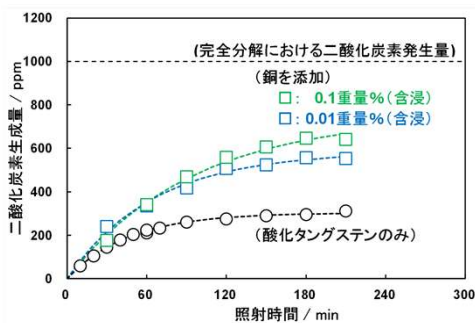


図1 銅助触媒の添加効果

銅の添加量を増やしても完全分解しない
(添加量を10倍にしてもほぼ変わらない)

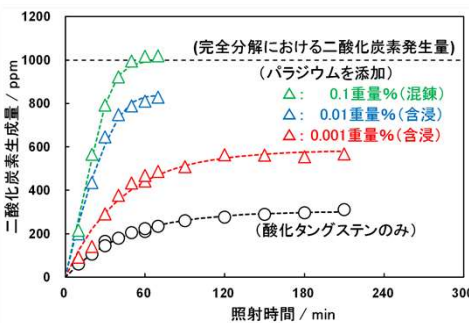


図2 パラジウム助触媒の添加効果

パラジウムの添加量を増やすことで完全分解

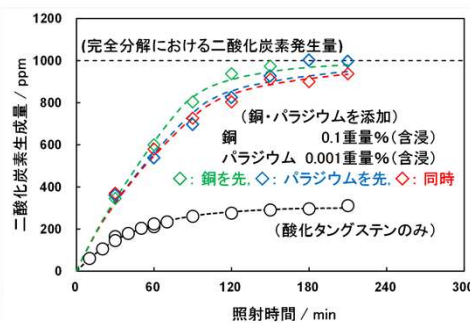


図3 銅・パラジウム助触媒の複合効果

少ないパラジウムの添加量で完全分解

考察

【Langmuir-Hinshelwood モデルによるトルエン分解の解析】

$$\frac{d[S]}{dt} = -k_a[S]([N] - [S_{ab}] - [R]) + k_d[S_{ab}]$$

$$\frac{d[S_{ab}]}{dt} = k_a[S]([N] - [S_{ab}] - [R]) - (k_d + k_{ox1} + k_{res})[S_{ab}]$$

$$\frac{d[R]}{dt} = k_{res}[S_{ab}] - k_{ox2}[R] \quad \frac{d[CO_2]}{dt} = 7k_{ox1}[S_{ab}] + 7k_{ox2}[R]$$

S: 吸着していない基質(トルエン), N: 光触媒表面の反応サイト
S_{ab}: 光触媒に吸着した基質(トルエン), R: 副反応の生成物

二酸化炭素の発生にフィッティング → 見かけの速度定数を決定

k_{ox1}: トルエンの二酸化炭素への分解反応
k_{res}: 副反応(残渣の生成)
k_{ox2}: 副反応の生成物の二酸化炭素への分解反応

○基質の十分に速い吸着脱着を仮定
k_a = 100 ppm⁻¹min⁻¹, k_d = 100 min⁻¹
○[N] = 35 ppmを仮定

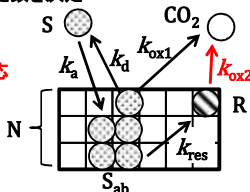


表 見かけの速度定数

助触媒	k _{ox1} / 10 ⁻² min ⁻¹	k _{res} / 10 ⁻² min ⁻¹	k _{ox2} / 10 ⁻² min ⁻¹
なし	2.8	2.2	
銅 0.01重量%	3.7	1.6	
銅 0.1重量%	3.3	1.1	
パラジウム 0.001重量%	5.7	2.4	
パラジウム 0.01重量%	11.5	2.2	
パラジウム 0.1重量%	11.2	0	
パラジウム 0.001重量%	5.7	2.4	1.7
銅 0.1重量%	5.7	2.4	1.1
銅を先に含浸	5.7	2.4	1.7
パラジウムを先に含浸	5.7	2.4	1.1
同時に含浸	5.7	2.4	0.9

結論

- 銅の添加で二酸化炭素への分解反応が促進され、副反応は抑制されるが0.1重量%程度の添加量で飽和し、完全分解できなかった。
- パラジウムの0.01重量%程度までの添加では分解反応が促進されるが、副反応の抑制は見られず、完全分解には至らなかった。
- パラジウムの添加量をさらに0.1重量%まで増加させると分解反応の促進は飽和していたが副反応が抑制され、完全分解できた。
- パラジウム0.001重量%と銅0.1重量%を複合して添加することで少ないパラジウムの添加量で完全分解できた。副反応の生成物の分解による二酸化炭素発生を含むモデルで実験結果を再現できた。

参考文献

- 感染症・シックハウス対策と太陽光水素生成のための可視光応答型半導体光触媒, 橋本和仁編, 技術教育出版社, 2012年.
- 抗菌・抗ウイルス材料の開発・評価と加工技術, 技術情報協会, 2013年.
- Takeo Arai, Masatoshi Yanagida, Yoshinari Konishi, Yasukazu Iwasaki, Hideki Sugihara, Kazuhiro Sayama, Catal. Commun., 9, 1254-1258 (2008).
- Takeo Arai, Masatoshi Yanagida, Yoshinari Konishi, Ami Ikura, Yasukazu Iwasaki, Hideki Sugihara, Kazuhiro Sayama, Appl. Catal. B-Environ., 84, 42-47 (2008).
- Takeo Arai, Masumi Horiguchi, Masatoshi Yanagida, Takahiro Gunji, Hideki Sugihara, Kazuhiro Sayama, Chem. Commun., 5565-5567 (2008).
- Takeo Arai, Masumi Horiguchi, Masatoshi Yanagida, Takahiro Gunji, Hideki Sugihara, Kazuhiro Sayama, J. Phys. Chem. C, 113, 6602-6609 (2009).