

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	WO3ナノ粒子による可視光照射下での気相有機汚染物質の光触媒的分解に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	福士大輔
Author(English)	Daisuke Fukushi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10595号, 授与年月日:2017年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北野 政明,原 亨和,鎌田 慶吾,長井 圭治,多田 朋史
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10595号, Conferred date:2017/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質科学創造	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（ 工学 ）
学生氏名： Student's Name	福士 大輔		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	北野 政明 准教授	
			指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	原 亨和 教授	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「WO₃ ナノ粒子による可視光照射下での気相有機汚染物質の光触媒的分解に関する研究」と題し、全 6 章から構成されている。

第一章では、序論として光触媒、酸化タングステン (WO₃) やその調製方法、光触媒の応用について説明し、可視光応答型光触媒として WO₃ を環境浄化に適用することの有用性を述べた。そして、室内の環境浄化に利用できる光触媒の開発のため、新規 WO₃ 光触媒の必要性について述べている。

第二章では、工業的に量産可能な製造方法である熱分解プラズマ法で粒径 9 nm の WO₃ ナノ粒子を作成し、さらにその WO₃ ナノ粒子を大気中で焼成処理を行った場合の比表面積、結晶性、光触媒活性を評価した。焼成温度の増加により結晶性の向上と、比表面積の増加が起こることが分かった。大気中 600°C 1h で焼成した WO₃ が最も活性が高く、可視光応答型の N ドープ TiO₂ や既存の WO₃ と比較し 4 倍以上の有機物分解速度を有していた。

第三章では、WO₃ ナノ粒子において、酸素欠損が光触媒活性に与える影響を評価した。熱分解プラズマ法により作成した WO₃ ナノ粒子を大気焼成後に 90%N₂、10%H₂ 雰囲気中で 700°C または 800°C で焼成することで、WO_{2.83} と WO_{2.72} を調製した。調整した WO_{2.83} と WO_{2.72} は光触媒活性が消失しており、酸素欠損が大きく活性を低下させることを確認した。WO_{2.83} と WO_{2.72} は 400 nm 以上の長波長側で反射率が大きく低下しており、酸素欠損により生じた電子が W にトラップされることで、ポーラロン効果が増大したためと考えられる。また、酸素欠損の導入により体積抵抗率が大きく減少した。つまり、酸素欠損の導入による光触媒性能の低下は、酸素欠損における電子とホールの再結合確率の増加、WO₃ 粒子間の電子の移動により再結合が促進されたことが原因と考えられる。

第四章では、第二章で作成した WO₃ の光触媒活性を工業的に量産可能な手法でさらに向上させる方法を検討した。単体の WO₃ ではアセトアルデヒドを完全分解できなかったが、金属触媒の Ru または Pt を少量添加することにより、完全分解が可能となった。これは、これまでに検討されてきたように、光励起により生じた電子が金属に集まることで再結合を抑制し、多電子還元が促進されたため活性が向上したと考えられる。次に、金属酸化物添加の影響を調べたところ、ZrO₂ を WO₃ に混合することで、分解速度が大きく向上することが分かった。ZrO₂ の添加による速度の向上は ZrO₂ へ酢酸が選択的に吸着するという結果から、アセトアルデヒドの酸化分解の中間生成物である酢酸を ZrO₂ が吸着することで、アセトアルデヒド分解速度の低下を抑制したため分解速度が向上したと考えられる。

第五章では、作成した WO₃ 光触媒が実空間で使用可能性を評価するために、介護施設や病院で、臭気、抗菌、生物由来の汚れや総揮発性有機化合物 (TVOC) に対する効果を検証した。介護施設、病院では光触媒を壁やカーテン、車内に塗布することにより、臭気が低減することを確認した。また、壁面に付着した菌数や汚れを光触媒が抑制することを確認した。さらに、TVOC の濃度が指針値を超えていた新築病院では、光触媒を塗布することで濃度を指針値以下に低下させることができた。これらの結果により、作成した光触媒が実空間でも屋内の環境浄化に適用できることが分かった。

第六章では、本論文の結論を記すとともに、今後の展望が示されている。

以上を要するに本論文では、熱分解プラズマ法により WO₃ のナノ粒子を調製し、その触媒反応のメカニズムを検討しながら、他の金属酸化物や金属触媒を添加して高活性化を行った。さらに、作成した WO₃ 光触媒が実空間の使用に利用可能であることを確認し、工業的に意義のある材料であることを証明した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	物質科学創造	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	福士 大輔		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	北野 政明	准教授
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)	原 亨和	教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this study, we have developed a highly active WO_3 photocatalyst and investigated its photocatalytic activity for the decomposition of acetaldehyde under visible-light irradiation.

First, the WO_3 nanoparticles were synthesized by a thermal plasma method using ammonium paratungstate $[(NH_4)_{10}(H_2W_{12}O_{42}) \cdot 4H_2O]$ as a raw material. The synthesized WO_3 nanoparticles were annealed at various temperatures ranging from $400^\circ C$ to $700^\circ C$ for 1 h. The photocatalytic activity of WO_3 increased significantly with the annealing temperature, reaching a maximum at $600^\circ C$, above which the photocatalytic activity began to decrease. It should be noted that the optimum activity is 4 times higher than that of commercial WO_3 and N-dope TiO_2 .

Next, to realize the relationship between the oxygen vacancy and photocatalytic activity, $WO_{2.83}$ and $WO_{2.72}$ were fabricated by heating under reducing conditions. $WO_{2.83}$ and $WO_{2.72}$ exhibited no photocatalytic activity. The reason for the disappearance of the photocatalytic ability is considered to be caused by the generation of impurity levels due to the oxygen vacancy.

Furthermore, to enhance the photocatalytic activity of WO_3 nanoparticle, additives such as metal oxides and/or metals were combined with WO_3 . The acetaldehyde decomposition rate of WO_3 was significantly enhanced by the addition of ZrO_2 . The effective decomposition of acetaldehyde is realized by the removal of acetic acid from the WO_3 surface through the preferential adsorption of acetic acid on ZrO_2 . In addition, when a small amount of Pt or Ru was mixed with the WO_3 , acetaldehyde molecules were completely oxidized into CO_2 under visible light irradiation. It was found that the addition of Pt and Ru nanoparticles significantly promote the reaction between O_2 and photoexcited electrons in WO_3 through the multi-electron reduction mechanism.

Finally, we applied the WO_3 photocatalyst to care facility and hospital. At these facilities, the reduction of odor, bacterium, virus, and volatile organic compound by photocatalyst was confirmed. From these results, it was found that the photocatalyst synthesized in this study can be applied to indoor environmental purification.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).