

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Enhancement of Photocatalytic Performance for Environmental Remediation of Layered Bismuth Tungstate Through Doping and Compositing
著者(和文)	
Author(English)	Mirabbos Hojamberdiev
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:乙第4182号, 授与年月日:2021年3月31日, 学位の種別:論文博士, 審査員:松下 伸広,中島 章,宮内 雅浩,生駒 俊之,北野 政明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4182号, Conferred date:2021/3/31, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	Mirabbos Hojamberdie	
	氏 名	職 名	氏 名	職 名
論文審査員	主査 松下 伸広	教授	北野 政明	准教授
	中島 章	教授		
	宮内 雅浩	教授		
	生駒 俊之	教授		

本論文は“Enhancement of Photocatalytic Performance for Environmental Remediation of Layered Bismuth Tungstate Through Doping and Compositing”と題して英文にて記述され、7章から構成されている。

Chapter 1 “Introduction and Background”では、空気浄化や水浄化を行う環境用光触媒に用いる異種混合材料の研究開発動向について概説した上で、本研究の目的と意義を明確にしている。

Chapter 2 “One-step hydrothermal synthesis and photocatalytic performance of  $ZnWO_4/Bi_2WO_6$  composite photocatalysts for efficient degradation of acetaldehyde under UV light irradiation”では、一回の水熱合成により  $ZnWO_4/Bi_2WO_6$  複合体の作製に成功し、紫外線(UV)照射でのアセトアルデヒド(AcH)分解における pH や  $Bi_2WO_6$  量の影響を調べている。 $Bi_2WO_6$  量の増加で吸収端が 365 nm から 450 nm にシフトすること、UV 照射下では  $Bi^{3+}$  を 30 mol%含む試料が、 $ZnWO_4$  単体や  $Bi_2WO_6$  単体もしくはそれらの単純混合試料と比べて高活性を示すこと、その理由は光吸収特性の向上、光生成キャリアの分離や移動の効率改善によると述べている。

Chapter 3 “Involving  $CeVO_4$  in improving the photocatalytic activity of a  $Bi_2WO_6$ /allophane composite for the degradation of gaseous acetaldehyde under visible light irradiation”では、単純混合と水熱合成により作製した  $Bi_2WO_6/CeVO_4$ /allophane 複合体光触媒が可視光および UV 照射下で AcH を分解する際の  $CeVO_4$  量の依存性や繰り返し特性について調べている。 $Bi_2WO_6$  と  $CeVO_4$  の体積率が 1:1 である BW1/CV1/A 試料で AcH 吸着量が最大となること、水熱合成した BW1/CV1/A 試料は単純混合した試料に比べて優れた光触媒特性を示して 4 時間以内に完全分解することを明らかにしている。これは光吸収特性の改善、光生成キャリアの効率的分離と移動、 $p$  型の  $CeVO_4$  と  $n$  型の  $Bi_2WO_6$  による  $p-n$  接合の形成、 $Ce^{3+}$  と  $Ce^{4+}$  の存在を理由とした上で、本研究の複合化光触媒が屋外のみならず室内における空気浄化にも役立つ可能性を示している。

Chapter 4 “Influence of BiOI content on the photocatalytic activity of  $Bi_2WO_6/BiOI$ /allophane composites and molecular modeling studies of acetaldehyde adsorption”では、水熱合成ならびに単純混合により  $Bi_2WO_6$  と BiOI のモル比が異なる  $Bi_2WO_6/BiOI$ /allophane(BW/BIA)試料を作製し、それらの物理化学特性、吸着特性、光触媒特性を調べた上で、AcH の分解過程や繰り返し特性を調査している。試料の表面積、吸着特性、光触媒特性は BiOI 量の増加により徐々に減少すること、BiOI ナノシートの存在割合が増加して最終的には花弁状 BiOI で全表面が被覆されることを明らかにすると共に、分子動力学シミュレーションにより BW/BIA 複合体表面の吸着特性調査も行っている。高い比表面積を持ち、多くの活性サイトを有する BW/0.5BI/A 複合体の環境浄化触媒や可視光応答光触媒への応用の可能性を述べている。

Chapter 5 “Tuning the morphological structure, light absorption, and photocatalytic activity of  $Bi_2WO_6$  and  $Bi_2WO_6-BiOCl$  through cerium doping”では、エチレングリコールを塩酸希釈した溶液を用いた水熱合成により Ce ドープした  $Bi_2WO_6$  試料および  $Bi_2WO_6-BiOCl$  試料を作製している。エチレングリコールが結晶成長面で鎖状構造をもつこと、過剰な Cl<sup>-</sup>イオンが特定結晶面に優先配向すること等により、試料は多様な構造を有し、花弁状粒子をも形成しうることや、 $Bi_2WO_6$  試料および  $Bi_2WO_6-BiOCl$  試料への Ce ドープが光の吸収端をそれぞれ 460 nm と 700 nm 以上に拡張することも述べている。分子動力学シミュレーションにより Ce ドープ  $Bi_2WO_6$  試料表面で水分子との相互作用が向上や水素結合を通じたサリチル酸分子との結合促進を示している。1 mol% Ce ドープ  $Bi_2WO_6-BiOCl$  試料は光触媒による見かけの速度定数が最大値の  $k = -0.360 \text{ min}^{-1}$  とドープ無しの  $Bi_2WO_6$  試料の 3 倍以上であり、 $p-n$  ヘテロ接合も理由になり得ると述べている。作製した複合体試料が光照射に対して安定で、水浄化における繰り返し利用にも対応できる旨を主張している。

Chapter 6 “Reduced graphene oxide-modified  $Bi_2WO_6/BiOI$  composite for the effective photocatalytic removal of organic pollutants and molecular modeling of adsorption”では、還元型酸化グラフェン(rGO)との組合わせた  $Bi_2WO_6/BiOI$  複合体の可視光下における有機汚染物質の分解特性を調査している。rGO が 1 wt%の試料が AcH とクロラムフェニコール分子(CAP)の優れた分解特性を示すのは、それらの吸着特性向上に加えて、 $Bi_2WO_6(p$  型)、 $BiOI(n$  型)、 $rGO(n$  型)によるヘテロ  $p-n$  接合の形成を理由としている。分子動力学シミュレーションによって AcH 分子と水分子を伴う CAP 分子の吸着が rGO/BiOI 表面で増加することや  $Bi_2WO_6$  表面での光触媒特性向上を示し、rGO/ $Bi_2WO_6/BiOI$  複合体は環境浄化触媒として適用し得るとしている。

Chapter 7 “Conclusions”では、本研究で得られた結果を統括すると共に、将来展望を述べている。

以上を要するに、本研究は  $Bi_2WO_6$  層状化合物への Ce ドープ、rGO や BiOI との複合化ならびにそれらの組み合わせによる光触媒特性の向上に成功しており、環境用光触媒としての応用の可能性を示唆するなど、工学的な意義が大きい。よって本研究は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」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。