

氏 名 (本籍)	ちょう 趙	ちょう 超 (中 国)
学 位 の 種 類	博 士 (環 境 学)	
学 位 記 番 号	博 甲 第 6322 号	
学位授与年月日	平成 24 年 7 月 25 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当	
審 査 研 究 科	生命環境科学研究科	
学 位 論 文 題 目	Study on Water Purification Using Tungsten Trioxide Photocatalyst under Visible Light (可視光応答型酸化タングステン光触媒を用いた水浄化に関する研究)	
主 査	筑波大学教授	博士 (農学) 張 振 亜
副 査	筑波大学教授	農学博士 杉 浦 則 夫
副 査	筑波大学教授	学術博士 水 鉤 揚四郎
副 査	筑波大学准教授	博士 (生物工学) 楊 英 男

論 文 の 内 容 の 要 旨

地球規模の持続可能な社会の構築のため化石エネルギーに代わるクリーンエネルギーの開発が強く求められている。光触媒技術は常温で太陽光エネルギーのみを利用するため環境への負荷も少ない。しかしながら、現在、幅広く研究されている二酸化チタン (TiO_2) は、太陽光の 4 % 程度を占める紫外線でしか光触媒反応を起こさない。より効率的に太陽光エネルギーを利用するには太陽光の約 43 % を占める可視光を利用できる高い可視光活性を持った光触媒材料の開発が必要である。

三酸化タングステン (WO_3) は 480 nm の可視光照射を吸収する光触媒である。加えて WO_3 による可視光下での有機物の分解が共触媒の存在によって強化されることが明らかとなっている。 WO_3 は合成が容易且つ安価で、酸性及び酸化にも耐性があり、有望な光触媒材料である。

本研究では、アオコ毒素の一種である難分解性のミクロシスチン (MC-LR) の分解、藻類の増殖阻害、難分解性で知られるフェノールの分解を太陽の光照射下で WO_3 系光触媒を用いて試み、 WO_3 系光触媒の水中の汚染物分解浄化効果について検討している。

まず、 WO_3 の共触媒であるナノ粒子 (CuO/WO_3 、 Pd/WO_3 、 Pt/WO_3) を使用して、太陽光の下で (MC-LR) の光触媒分解について検討した。検討の結果、 Pt/WO_3 が最も高い (MC-LR) 分解性能を示すことが明らかとなった。1 mg/l の MC-LR が 3 時間で完全に分解除去された。MC-LR の分解速度は pH に影響され、中性 pH の範囲で MC-LR の除去効果が高いことが示された。また、MC-LR の分解は擬一次反応速度論に一致し、反応速度が光強度の増加とともに上昇することを明らかにした。塩化物イオン (Cl) と金属イオンが MC-LR の光触媒酸化に与えた影響について評価を行ったところ、Cl は 0.02 mM の濃度で MC-LR の分解率を向上させるが、0.1 mM と 0.2 mM の高濃度では MC-LR の分解率は低下した。また、 Cu^{2+} と Fe^{3+} の存在により MC-LR の分解除去を促進することを明らかにした。以上の結果により、太陽光での Pt/WO_3 光触媒酸化法は MC-LR の分解浄化に有望な処理法であることが明らかとなった。

モデル藻類として *M. aeruginosa* を選んだときの太陽光条件下での光触媒 Pt/WO_3 による藻類の増殖阻害について実験を行った。実験結果は、触媒濃度 150 mg/l、光強度 0.8 mW/cm² で藻類の増殖が抑制され、6 日間

の実験の結果、藻類細胞濃度は $1.3 \times 10^6/l$ から $0.1 \times 10^6/l$ まで減少し総アオコ毒素ミクロシスチン濃度も $620 \mu g/l$ から $90 \mu g/l$ まで減少した。

フェノールの分解性能について、光触媒法、電気化学法間と比較実験を実施しそれぞれの最適条件を検討した。フェノールの分解反応速度とエネルギー消費を考慮した上で、電気化学的手法は高濃度有機廃水の処理に適すること、それに対し光触媒酸化法は微量の難分解性有機物の分解処理に適することを見出した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、自然の太陽光の波長を利用する光触媒として WO_3 に着目し、 WO_3 をベースとした3種類のナノ粒子 (CuO/WO_3 、 Pd/WO_3 、 Pt/WO_3) を使用して、太陽光の下で (MC-LR) の分解、藻類の増殖阻害、フェノールの分解実験を行い、高い分解除去、増殖阻害効果を見いだした。加えて、光触媒酸化法は、微量かつ難分解性の有機物の分解に適することを確認している。これらは、低エネルギーでかつ環境に副作用の少ない高効率の水浄化法確立に大きく寄与するものとして高く評価される。加えて、得られた実験成果は、エコシステム工学的な水環境浄化への今後の応用に科学的かつ技術的な知見を提供するものとして、新規性の高いかつ独創性に富む研究として高く評価される。

平成 24 年 5 月 18 日、学位審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査および最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判断された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。