

Title	Studies on Sterilization System with Titanium Dioxide Considering the Kinetic Properties of Photocatalytic Reaction
Author(s)	佐藤, 尚志
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47326
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 佐 藤 尚 志

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 20625 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 7 月 20 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

基礎工学研究科化学系専攻

学 位 論 文 名 Studies on Sterilization System with Titanium Dioxide Considering the Kinetic Properties of Photocatalytic Reaction
(光触媒反応の速度論的特性を考慮した二酸化チタン光殺菌システムに関する研究)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 田谷 正仁

(副査)

教 授 松村 道雄 教 授 平井 隆之

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、二酸化チタンの光触媒反応を用いたより実用的な光殺菌システムの開発を目指し、光触媒活性や環境条件といった殺菌反応場の速度論特性に基づく反応工学的問題を取り扱った。第 1 部では、まず、二酸化チタンの結晶構造（アナターゼ、ルチル）およびその比率が光殺菌活性に与える影響を明らかにした。アナターゼ粒子とルチル粒子を種々の割合で混合した粒子懸濁系において、アナターゼ比率 70wt% でファージに対する見かけの殺菌速度定数 k' は最大となった。 k' 値は TiO_2 へのファージ吸着量と活性酸素種 (ROS) 濃度の関数であることから、吸着を考慮した速度論解析により、異なる結晶構造の粒子の接触効果によって ROS 濃度が向上する機構を提案した。次に、反応液中に存在する夾雑有機物質の影響について検討し、実験データに基づく速度論パラメータ解析から、反応液中に含まれる有機物質は、ファージ粒子表面に吸着して ROS に対するスカベンジャー効果と、ROS による酸化反応からファージ粒子を保護する効果をもたらすものと考察した。第 2 部では、室内環境中に存在する浮遊微生物の滅菌を目的とした基礎的検討として、二酸化チタンを付与した面における光殺菌プロセスについて検討した。二酸化チタン薄膜への銅成分の導入の効果について試験した結果、室内灯（白色蛍光灯）のような紫外光を多く含まない光条件下においても、大腸菌やファージに対して有効な光殺菌活性を示し、金属イオンを多量に溶出しない光殺菌システムを提供しうることを示した。また、その殺菌機序について、銅含有二酸化チタン薄膜中から溶出し、励起電子による還元を受けた Cu^+ が、二酸化チタン光反応によって生成する H_2O_2 とのフェントン様反応を介した ROS 生成によって溶液中での殺菌を促進することに加え、薄膜中の固相銅成分が励起電子による還元を受けて生じる $\text{Cu}(\text{I})$ が、二酸化チタン表面付近の H_2O_2 とのフェントン様反応を介した ROS 生成によって薄膜表面での殺菌を促進するものと説明できた。さらに、エアロゾルの存在する系において、気相中から落下して二酸化チタン付与面に付着する菌数と、その面上における見かけの殺菌速度定数を考慮した生存細胞の収支式に基づき、二酸化チタン面上に存在する細胞の殺菌プロファイルを定式化することができた。種々の反応場における速度論特性は本式中の境界条件や変数に反映することが可能であり、二酸化チタンを用いた光殺菌面の設計に有効であるものと考えられた。

論文審査の結果の要旨

第1部では、結晶構造の異なる二酸化チタン粒子の比率が光殺菌活性に与える影響を明らかにした。アナターゼ粒子とルチル粒子を混合した懸濁系において、アナターゼ比率 70 wt% でファージに対する見かけの殺菌速度定数 k' は最大となった。 k' 値は TiO_2 へのファージ吸着量と活性酸素種 (ROS) 濃度の関数であることから、吸着を考慮した速度論解析により、異なる結晶構造を有する粒子間の接触効果によって ROS 濃度が向上する機構を提案した。次に、反応液中の有機物質の影響について速度論的に解析し、有機物質がファージ粒子表面に吸着して、ROS に対するスカベンジャー効果と ROS による酸化反応からのファージ粒子保護効果をもたらすものと考察した。

第2部では、室内環境中の微生物の滅菌を目的として、二酸化チタン薄膜への銅成分の導入効果を試験した。その結果、白色蛍光灯のような紫外光の少ない光条件下においても、大腸菌やファージに対して高い光殺菌活性が得られ、実用性の高い光殺菌システムを提案した。また、その殺菌機序についても考察を加え、液相では、励起電子により還元された Cu^+ と、光触媒反応によって生成する H_2O_2 とのフェントン様反応を介した ROS 生成によって殺菌が促進され、固相側では、励起電子の還元作用で生じる $\text{Cu}(\text{I})$ と、粒子表面付近の H_2O_2 とのフェントン様反応を介した ROS 生成によって殺菌効果が向上されるものと説明した。さらに、気相中の微生物殺菌について試験し、二酸化チタン表面に付着する菌数と、その面上における k' 値を組み入れた生存細胞の収支式に基づき、二酸化チタン面上に存在する細胞の殺菌プロファイルを定式化した。

以上のように、本研究は、光触媒活性に影響する環境条件や操作変数を反映した速度論解析に基づいて、実用的な二酸化チタン光殺菌システムの設計へと展開したものであり、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認められる。