

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24750203

研究課題名(和文)酸化チタン光触媒薄膜上における付着汚染物質の水中下における除去挙動の解明

研究課題名(英文) Investigation of self-cleaning effect of titanium dioxide surface under UV irradiation and water flow

研究代表者

西本 俊介 (Nishimoto, Shunsuke)

岡山大学・環境生命科学研究所・助教

研究者番号：90435826

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、酸化チタン光触媒表面に流水と紫外線照射を同時に付与することで効率の良いセルフクリーニング効果が発現することを見出した。流水を付与することで、屋内における蛍光灯からの微弱な紫外線強度であっても、セルフクリーニング効果が期待できることが明らかにされた。さらに、水が超親水化表面と付着汚れとの間に侵入し汚れを洗い流す発現メカニズムにおいて、その超親水領域はナノ～マイクロメートルレベルの小さな超親水化ドメインであっても、十分な汚れを除去することができる効果的な水の侵入が起こることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, it was found that simultaneous UV irradiation and water flow on TiO₂ photocatalyst film surface brought about effective self-cleaning property. Even though the UV intensity is as weak as the indoor UV intensity level, self-cleaning effect appeared by simultaneous UV irradiation and water flow. It was suggested that adsorbed contaminant could be effectively washed away even at nano-micrometersized superhydrophilic domains of the TiO₂ film surface.

研究分野：無機機能材料科学

科研費の分科・細目：無機工業材料

キーワード：光触媒 酸化チタン セルフクリーニング 超親水

科学研究費助成事業 研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景¹⁻³

酸化チタンを透明に薄くコーティングした外装・内装部材(例えば、窓ガラス、タイル、テント)は、セルフクリーニング材料として日本国内を中心に実用化されている。酸化チタンに紫外線を照射すると、酸化チタン表面に付着している有機系汚れは酸化分解される。さらに、酸化チタン表面が超親水化する。その結果、雨水などの流水が付与されると、水が付着汚れの下に入り込み、洗い流すことによって顕著なセルフクリーニング効果が得られることが知られている。

十分な太陽光照射と降水が得られる外装部材としては、既に高いセルフクリーニング効果が得られることは明確であり、我が国発の環境調和技術として世界中からの注目を集めている。最近では、光触媒を用いたセルフクリーニング材料の適用場面の拡大を目的とした研究活動が活発であり、紫外線の少ない屋内での適用を目指した可視光応答型光触媒の開発などが行われている。

一方、紫外線照射と流水が同時に酸化チタン光触媒薄膜表面に付与された際に、紫外線強度と流水付与条件がセルフクリーニング効果(付着汚染物質の除去挙動)へ与える影響に関する定量的な検討報告がないのが研究開始当初の現状であった。特に、屋内、降水量および紫外線照射量の少ない国や地域など、セルフクリーニング材料の適用場面の拡大を実現するために、上記検討は必要不可欠であると考えられ、系統的な検討の実施が望まれていた。

【参考文献】

1. Fujishima, T. N. Rao, D. A. Tryk, Titanium dioxide photocatalysis, *J. Photochem. Photobiol. C: Photochem. Rev.*, 2000, **1**, 1-21.

2. A. Fujishima, X. Zhang, D. A. Tryk, TiO₂ photocatalysis and related surface phenomena, *Surf. Sci. Rep.*, 2008, **63**, 515-582.

3. A. Fujishima, K. Hashimoto, T. Watanabe, TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications, BKC, Tokyo, 1999.

2. 研究の目的

上述の研究背景を受け、本研究では、紫外線と流水とを同時に付与した際のセルフクリーニング効果に与える紫外線強度の影響を調査し、酸化チタン光触媒薄膜上における付着汚染物質の水中下における除去挙動を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 酸化チタン薄膜試料の作製

基材にはスライドガラスが用いられた。まず、シリカ薄膜が、市販のコーティング液(ピストレーターH NDH-500A、日本曹達株式会社)を用いたディップコート(引き上げ速度: 2.5 mm/s)とそれに続く熱処理(500、30~60 min)により行われた。次に、酸化チタン薄膜が、市販のコーティング液(ピストレーターH NDH-510C、日本曹達株式会社)を用いたディップコート(引き上げ速度: 2.5 mm/s)とそれに続く熱処理(500、30~60 min)により行われた。

得られた試料の評価は、X線回折計(XRD)、走査型電子顕微鏡(SEM)、原子間力顕微鏡(AFM)等により行われた。

(2) セルフクリーニング試験

セルフクリーニング試験の付着汚染物質としてはオレイン酸が用いられた。UV・オゾンクリーナーを用いて試料表面の洗浄処理が行われた後、オレイン酸を0.3 wt%含むヘプタン溶液がスピンコート(1500 rpm, 10 s)された。その後、乾燥処理(50、15 min)された試料を汚染物質付着試料とした。図1に示すセルフクリーニング実験器に試料はセットされ、所定の強度の紫外線照射・流水(16 ml/min)下に保持された。セルフクリーニン

グ特性を評価するため、所定時間経過ごとに試料を実験器から取り外し、エアガンで表面の水滴を除去した後、水接触角計を用いて試料表面の水接触角を測定した。

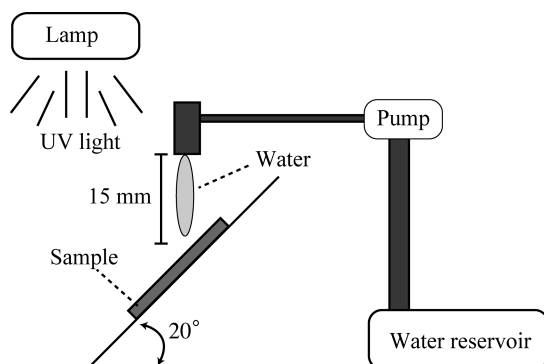


図1 セルフクリーニング実験器の模式図。

尚、セルフクリーニング試験は以下に記述する条件下で系統的に行われた。

Dark/air：暗所・大気下で試料が保持された。

Dark/water：暗所・流水下に試料が保持された。

UV/air：紫外線照射(紫外線強度：1-1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)・大気下で試料が保持された。

UV/water：紫外線照射(紫外線強度：1-1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)・流水下に試料が保持された。

4. 研究成果

SEMおよびAFMにより、平滑な良質の酸化チタン薄膜が形成されていることが分かった。また、XRDより、アナターゼ型酸化チタンであることが判明した。

図2に各条件下でセルフクリーニング試験を2時間行った後の試料の水接触角値を示す。

屋外における紫外線強度と同程度の強度(1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)でも屋内(蛍光灯使用)の紫外線強度と同程度の強度(1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)でも、紫外線照射と流水を同時に付与することで、効率の良いセルフクリーニング効果が発現す

ることが分かった。

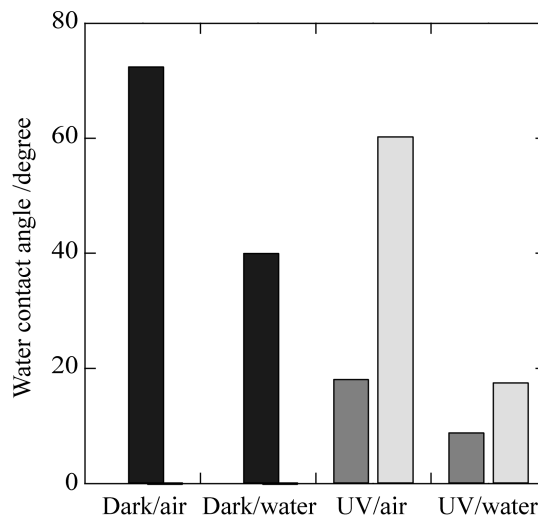


図2 各条件下で処理(2時間)された試料の水接触角値(全てのデータの標準偏差は5度以内)。UV/airおよびUV/waterにおける紫外線強度:左が1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、右が1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

特に、微弱な屋内レベルの紫外線強度では、UV/air条件の際にほとんど水接触角の変化はごくわずかであったにもかかわらず、紫外線照射と流水を同時に付与することで、水接触角が大きく低下した。すなわち、効率の良いセルフクリーニング効果が発現することが分かった。この結果から、水が超親水化表面と付着汚れとの間に侵入し汚れを洗い流す既に提案されているセルフクリーニング効果発現メカニズムにおいて、その超親水領域はナノ~マイクロメートルレベルの小さな超親水化ドメインであっても、十分な汚れを除去することができる効果的な水の侵入が起こることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

S. Nishimoto, Y. Sawai, Y. Kameshima, M. Miyake, Underwater superoleophobicity of TiO_2 nanotube arrays, Chem. Lett., 査読あり, 43, 2014, 518-520. doi:10.1246/cl.131155

〔学会発表〕(計 10 件)

西本俊介、澤井雄介、亀島欣一、三宅通博、酸化チタン光触媒油水分離フィルターの開発、第 20 回シンポジウム 光触媒反応の最近の展開、2013/12/13(金)、東京、東京大学

西本俊介、澤井雄介、亀島欣一、三宅通博、酸化チタン光触媒薄膜の水中における超撥油性の評価と応用、無機マテリアル学会第127回学術講演会、2013/11/14(木)-15(金)、山形県(米沢市)、上杉博物館 伝国の杜 置賜文化ホール

友石早菜、西本俊介、亀島欣一、藤井英司、三宅通博、流水下におけるTiO₂光触媒薄膜のセルフクリーニング効果、日本セラミックス協会第26回秋季シンポジウム、2013/09/4(水)-6(金)、長野県(長野市)、信州大学

澤井雄介、西本俊介、亀島欣一、藤井英司、三宅通博、酸化チタン光触媒の水中における超撥油性と油水分離フィルターへの応用、日本セラミックス協会第26回秋季シンポジウム、2013/09/4(水)-6(金)、長野県(長野市)、信州大学

西本俊介、亀島欣一、三宅通博、Bharat Bhushan、無機粒子汚濁に対する超親水酸化チタン光触媒のセルフクリーニング特性、日本セラミックス協会第25回秋季シンポジウム、2012/09/19(水)-21(金)、愛知県(名古屋市)、名古屋大学東山キャンパス

他5件

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：油水分離材ならびにそれを使用する油水分離装置および油水分離方法

発明者：三宅通博、亀島欣一、西本俊介、澤井雄介

権利者：岡山大学

種類：特許

番号：特願 2013-173340

出願年月日：2013/8/23

国内外の別：国内

取得状況(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西本俊介 (NISHIMOTO SHUNSUKE)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・助教

研究者番号：90435826