

塗って焼かない！「光」で、ナノ多孔質セラミックスの成膜に成功 微生物の滅菌・除菌への活用に期待

大阪大学産業科学研究所の菅原徹准教授らの研究グループは、(株)日本触媒と共同で、混合した原料を塗って焼かずに多孔質セラミックス(酸化チタン)を、プラスチック基板へ直接コーティングする技術を開発しました。

酸化チタンは、光触媒活性が高く、微生物の除菌や滅菌効果があることが知られています。新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)を滅菌できる可能性があることから、酸化チタンコーティングは再注目されています。

しかしながら、酸化チタンなどのセラミックスは、一般的に焼結温度が高いため、これまでプラスチック基板など耐熱性の低い基板へコーティングする際は、超高真空技術を活用するもしくは接着剤やバインダーなど接着補助機能が必須でした。

今回、菅原准教授らの研究グループは、原料の有機金属塩と安定剤(ナノ構造の形成に寄与する対カチオン)を混合した原料を基板に塗布して、単純に加熱することにより基板へ直接ナノ構造(多孔体)薄膜をコーティングすることに成功しました(図1)。また、これを応用することにより、プラスチック基板へ酸化チタンのナノ構造多孔質薄膜をコーティングすることに成功しました。これにより、あらゆる基材の表面へ酸化チタンのナノ構造多孔質を成膜することができ、幅広い場所で微生物の滅菌・除菌コーティングの活用が期待されます。さらに、酸化チタンは、人体に無害かつ白色顔料としても知られており、ナノ多孔質の光散乱特性を利用したホワイトニングコートにも応用が期待されます。

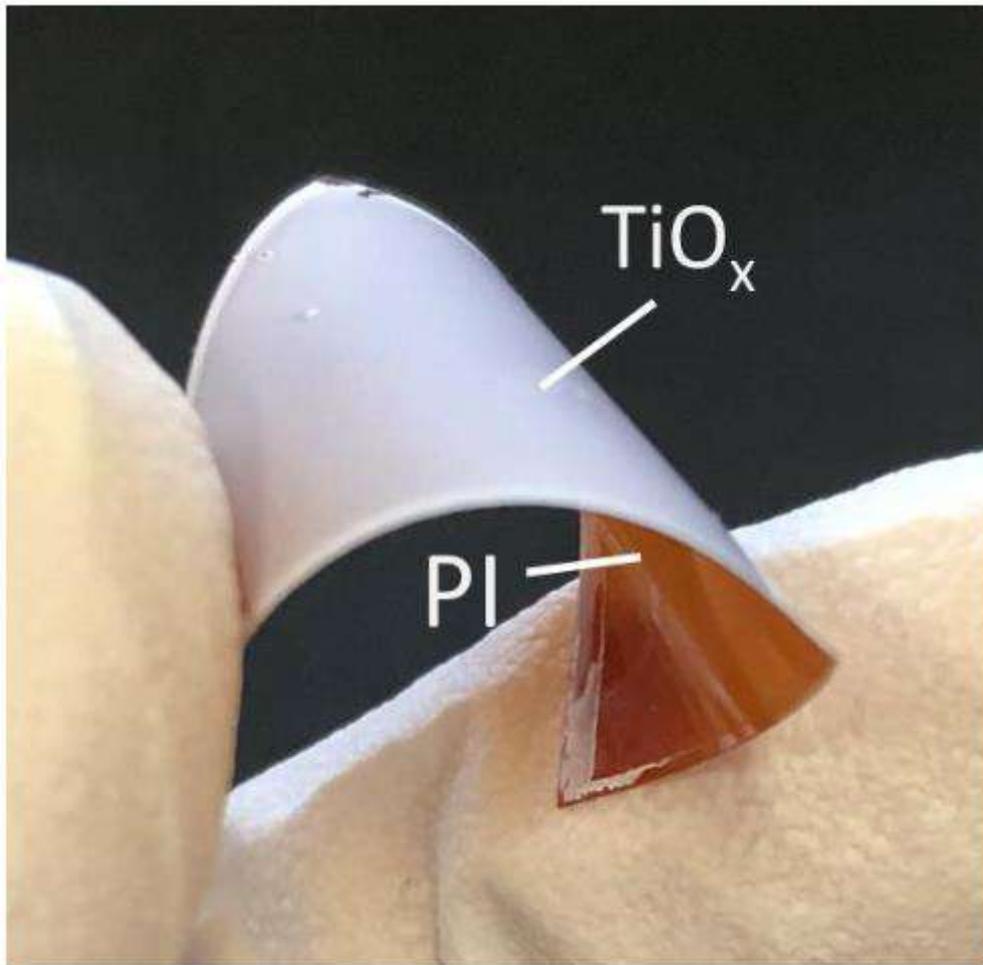


図1 プラスチック基板へ成膜されたナノ構造多孔体酸化チタン薄膜 (TiO_x)

研究の背景

酸化チタンの光触媒(本多・藤嶋効果)を用いた強い酸化還元作用(超親水性)により、有機物の汚れや臭いを分解し、ウイルス、細菌などの微生物を死滅させ分解します。酸化チタンは、これらの効果を利用して、唯一産業的に用いられている光触媒であり、私たちの生活空間の様々な場面で利用されています。しかしながら、酸化チタンは、セラミックス材料であり、一般的に焼成・焼結温度が高い(例えば 300~400 度以上)ため、プラスチックなど、耐熱性の低い基板や基材への強固な接着と良質な成膜が困難でした。また、酸化チタンの光触媒特性を十分に利用するためには、多孔質構造が必要ですが、真空プロセスなどでナノ構造多孔質を成膜することは、複雑かつ高額な製造プロセスになる課題がありました。

菅原准教授らの研究グループでは、有機金属塩などの原料を混合して、塗布後、

単純に焼成・焼結する方法(有機金属分解法)により、酸化チタンの様々なナノ構造(多孔質)薄膜を基板へ直接成膜することに成功しました(図2)。さらに、この原料(前駆体溶液)を、プラスチック基板へ塗布し、高強度の白色光を照射することで、基板へ熱ダメージを与えることなく、酸化チタン薄膜を焼成・焼結する技術を開発しました(図3)。

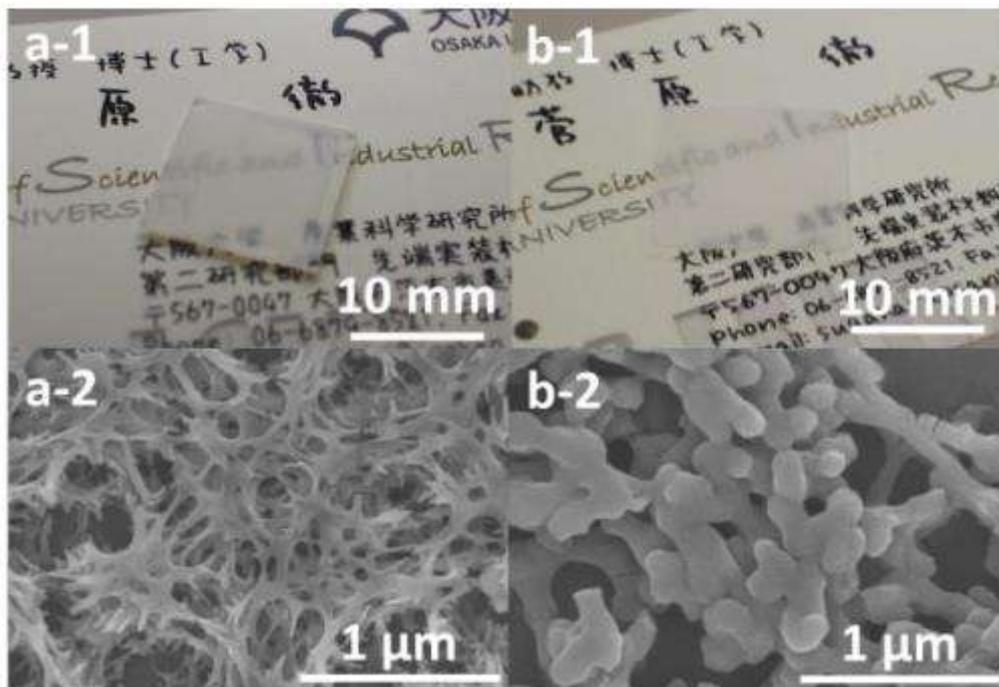


図 2 成膜されたナノ構造多孔体酸化チタン薄膜(TiO_x)の外観写真と表面電子顕微鏡像 (a) ナノ構造多孔体 1、(b) ナノ構造多孔体 2

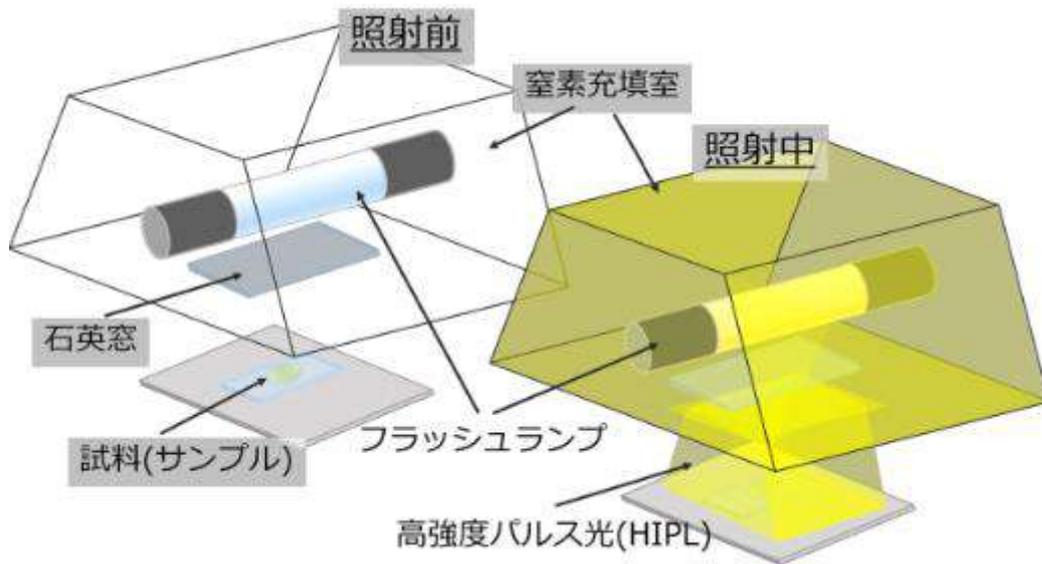


図3 高強度光焼成装置の概念図(左)光照射前(右)光照射中

これにより、プラスチックなど耐熱性の低い基板や基材へ直接酸化チタンのナノ構造多孔質薄膜を成膜することが出来ます(図1)(図4)。さらに、前駆体溶液は、非常に粘性の低い原料であり、インクジェット印刷機による描画や複雑な形状の基材を前駆体溶液に、直接浸漬することが可能であり、あらゆる形状と材質の基材(基板)へナノ構造多孔質の酸化チタン薄膜をコーティングすることが可能になりました。さらに、成膜されたナノ構造多孔質薄膜の膜厚は約 $1\mu\text{m}$ 以下であり、mmスケール径の細孔を塞ぐことなく表面コーティングすることが可能です。

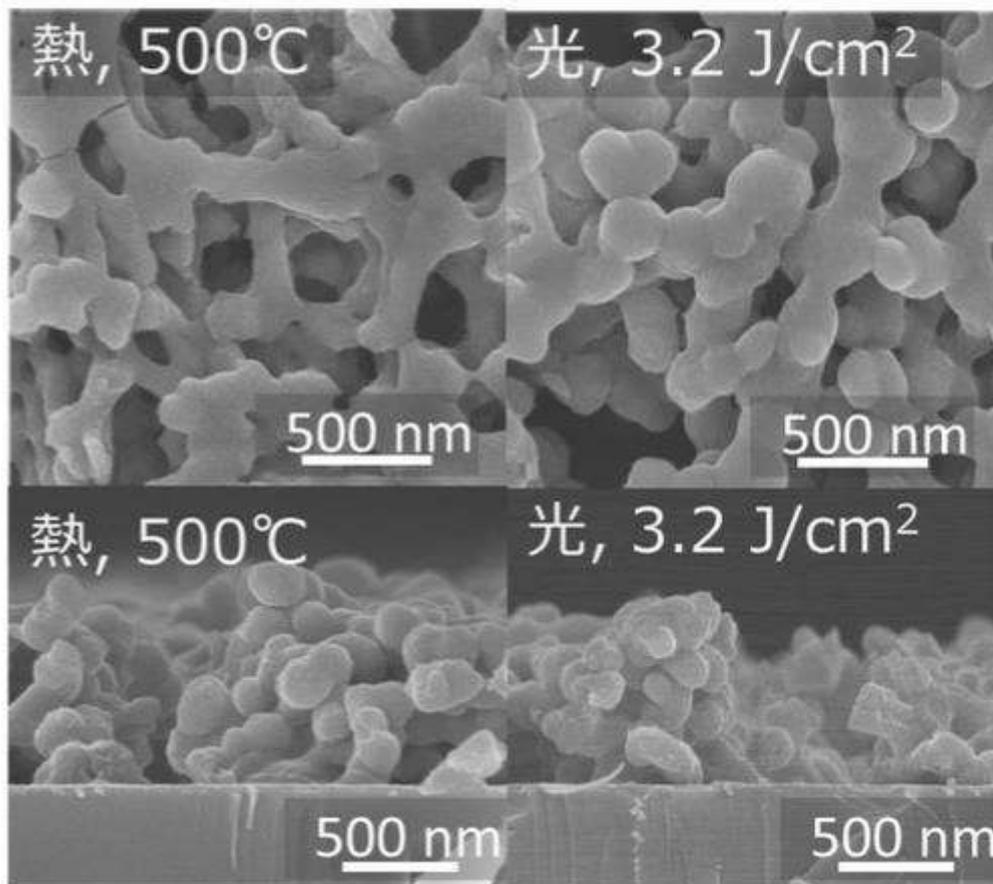


図 4 成膜されたナノ構造多孔体酸化チタン薄膜 (TiO_x) の表面/断面電子顕微鏡像 (左) 加熱焼成後、(右) 光焼成後、(上) 表面像、(下) 断面像

本研究成果により、プラスチック製の複雑形状(網目状)のフィルタなどに、酸化チタンのナノ多孔質薄膜を成膜し、病原体ウイルスをトラップするとともに、UV(や可視光)照射による光触媒効果で、ウイルスの滅菌・駆除などの応用に期待されます。

焼成・焼結前の前駆体溶液(原料)は非常に粘性の低い溶液であり、細線状や毛細管の内側、ジャバラ状の表面など、あらゆる複雑な形状の基材(基板)へ柔軟にかつ低温で、ナノ構造多孔質薄膜を成膜することが可能です。さらに、ナノ構造多孔質薄膜の膜厚は約 $1\mu\text{m}$ 以下であり、mm スケール径の細孔を塞ぐことなく表面処理できるため、毛細管内側の發液(發油)処理コーティングや流通式触媒などへの適用が期待されます。

その他にも、酸化チタンは白色顔料として応用されていますが、ナノ多孔質薄膜は、 $1\mu\text{m}$ 以下の膜厚でも、光を効率よく乱反射するため、白色薄膜コーティン

グ(ホワイトニング)などの応用に期待されます。

論文情報

タイトル : Formation of Metal-Organic Decomposition Derived Nanocrystalline Structure Titanium Dioxide by Heat Sintering and Photosintering Methods for Advanced Coating Process, and Its Volatile Organic Compounds' Gas-Sensing Properties

雑誌 : ACS Applied Electronic Materials

DOI : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsaelm.0c00237>

日本語原文

https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2020/20200601_1

文 JST 客観日本編集部