

光触媒材料の創製

坂間弘、田野倉敦（理工学部物理学科）、瀬川幸一（同 化学科）

TiO₂ thin films were prepared using RF magnetron sputtering and the dependence of sputtering conditions upon photocatalytic activity was investigated. The films were characterized using X-ray diffraction (XRD) and atomic force microscopy (AFM). Photocatalytic activity was evaluated using decomposition rate of methylene blue at room temperature under UV light irradiation. The crystal structure of the films was rutile at low sputtering pressures and transformed into anatase with increasing the sputtering pressure, irrespective of the growth temperatures. Correspondingly, photocatalytic activities were enhanced with the increase in the sputtering pressure. The growth temperature caused little effect on the activities of the sputtered films.

背景

最近、“**光触媒**”技術が脚光を浴びようになり、それを利用した商品が多く出回ようになっていいる。今後、ますます光触媒を応用した様々な製品が出てくることが予想される。ある調査機関は、「ここ数年で**数兆円規模**の市場が光触媒によって生み出されるであろう」とも報告している。そして、光触媒活性が高いことが知られ、脚光を浴びている物質が本研究の対象とした**二酸化チタン**である。

二酸化チタンは、1916年に初めて登場した。そして優れた白さ・隠ぺい性・着色力のために**白色顔料**として注目を集め、以前に使われていた着色用白色顔料の鉛白・亜鉛華・ナトボンに代わり白色顔料として最も広く使われるようになった。それ以来、二酸化チタンは白色顔料の王座を占め、更に製法・品質の進歩・改善によって質・量ともに他の追随を許さず、ここ90年間独占的な成長を遂げてきている。また、近年では二酸化チタンは白色顔料以外に、紫外線吸収剤・光触媒活性半導体・触媒担体・高屈折率物質・超微粒子、更に無機イオン交換体などの機能性物質としての用途が見出されつつあり、単なる白色顔料からこれらの機能を利用した非顔料の技術開発が進められている。特に**光触媒への応用**が期待されている。

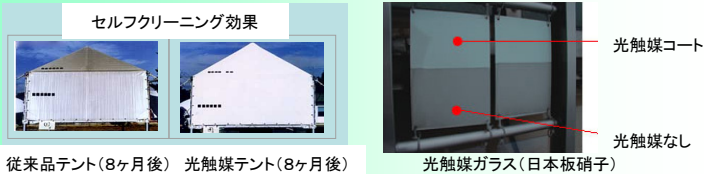
光触媒反応は表面で反応が起るため、表面積が大きいほど効率が増える。そこで、粒子径が小さくて表面積が大きい**粉末**の高活性二酸化チタン光触媒が開発された。しかし、粉末の光触媒は**取り扱いや回収の難しさ**などの欠点があり、実用化を進めるためには二酸化チタン光触媒の**固定化**が必要不可欠であった。このため、これまでいろいろな方法が試みられてきたが、二酸化チタンの粉末を接着剤に混ぜて固定化する方法では、光触媒作用により有機物が分解されてしまうため、二酸化チタン粉末が次第に脱落してしまい耐久性に問題があった。また、無機接着剤に二酸化チタンの粉末を混ぜるという方法では、二酸化チタンが埋もれてしまい光が当たらなくなってしまうため、対象物質が二酸化チタンに接触しにくくなってしまったりするため、光触媒活性の低いものしかできなかった。

そこで、二酸化チタンのみからなる**薄膜光触媒**の開発が行われた。様々な成膜方法が試されているが、本研究で注目した**スパッタリング法**は形成面積が広く、平滑な膜を作成できることを特徴としている。また、基板との付着力も大きく、緻密な高密度薄膜作成に適している。基板も選ばないので透明なガラスにも成膜できる。透明な基材の上にこの二酸化チタン薄膜を固定化した場合には、ガラスを透過してくる光を利用することができ、水中の有害物質の分解などを連続的にかつメンテナンスフリーで行うことができる。この二酸化チタン透明薄膜光触媒を用いた光触媒機能性ガラスなどが製品化されて以来、さらに光触媒に対する注目度は増している。

しかし、超微粒子二酸化チタン光触媒に比べて、薄膜光触媒の研究例はまだ少ない。また、一般に活性も超微粒子二酸化チタン光触媒より低いとされている。その理由の1つは、高活性であるアナターゼ相を活性の低いルチル相と分離して製造することが難しいためである。薄膜光触媒は主にゾルゲル法によって作られているが、本研究ではより**結晶構造の制御性のよいスパッタリング法**を用いて**高機能な光触媒材料の開発を目指した**。

光触媒とは？

①セルフクリーニング(防汚)



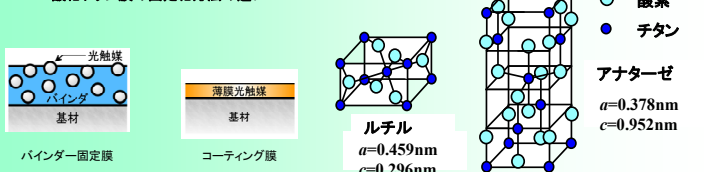
②水、空気浄化



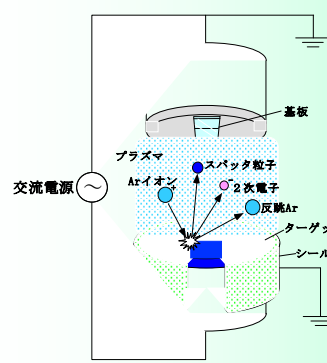
③抗菌・消臭



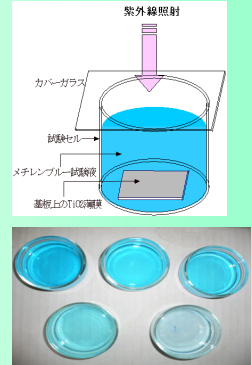
二酸化チタン膜の固定化方法の違い



薄膜の製造方法：高周波(RF)スパッタリング法

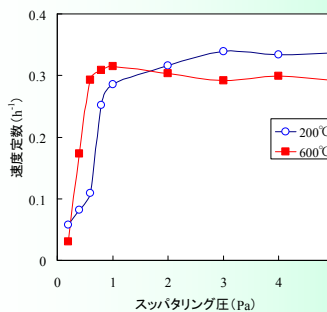


光触媒活性の評価方法：メチレンブルー(MB)分解試験

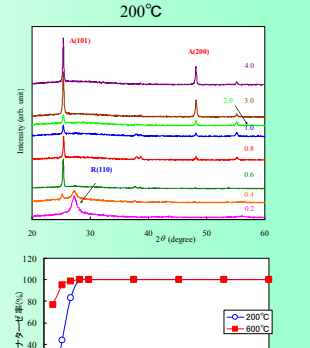


光触媒活性を向上させる方法

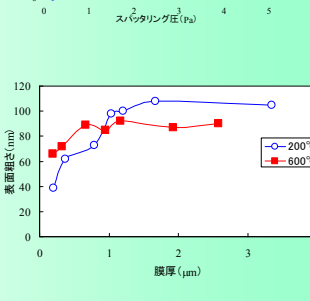
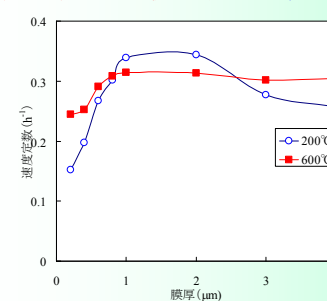
その1 スパッタリング圧を高くする(高圧スパッタリング)



・ルチル ⇒ アナターゼ 200°C

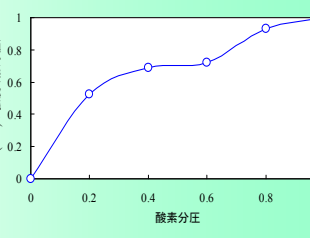
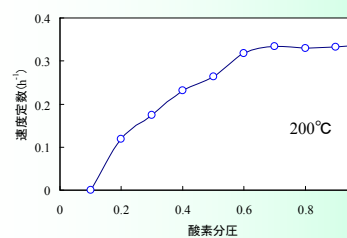


その2 膜の厚みを最適化する ・： 表面積

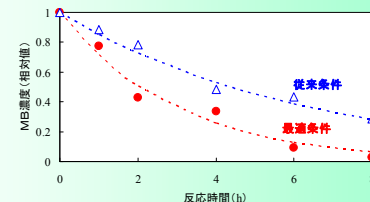


その3 酸素分圧を大きくする ・： 結晶性の向上

$$\text{酸素分圧 (\%)} = \frac{\text{O}_2 \text{ 流量}}{\text{O}_2 \text{ 流量} + \text{Ar 流量}}$$



製造条件の最適化の結果、分解反応速度が従来に比べて格段に上昇した！



まとめ

RFスパッタリング法を用いて、従来研究室で作製されていたものよりも格段に性能のよい薄膜光触媒の開発に成功した。