

# プロジェクト名：色素増感太陽電池の更なる低コスト化のための インジウムフリー透明導電膜の開発

プロジェクト代表者：荻窪 光慈（教育学部・准教授）

## 1 緒言

近代化された現代社会を維持するために、有限な資源である化石エネルギーや原子力エネルギーの代替となる、再生可能な自然エネルギーの技術開発が求められており、特に太陽電池が社会的に大きく注目されている。

現在普及している太陽電池は、その主原料としてシリコン(Si)を用いたものが主流であるが、より簡易な製作プロセスで、かつ低コストな原材料を用いて製作可能な色素増感太陽電池の実用化が期待されている。しかし、色素増感太陽電池の電極に使われる透明導電膜には、一般的に良好な導電性を実現するために貴金属であるインジウム(In)が含まれており、その資源有限性に由来する高コスト化が解決すべき課題として挙げられる。

そこで本研究では、ゾルーゲル法に代表される液相プロセスを用いて、インジウムを含まずチタニア（酸化チタン）を主成分とする透明導電膜の製作方法を開発することを目的とする。それにより、将来的に色素増感太陽電池の電極に用いることを指向した透明導電膜の更なる低コスト化を図り、環境に優しい社会の実現を目指す。

透明導電膜の製作方法として、本研究では層状化合物を層1枚ごとにまで剥離するという手法を使い、チタニアを分子レベルの薄さの2次元結晶として合成した。この2次元結晶の厚さは1 nm程度であり、これをナノシートと呼ぶ。ナノシートは電荷を帯びたコロイド状のゾルとして溶液中に分散する。ナノシートの製膜では、それ自身が持つ電荷による反応性を利用して、1層ずつ基板上に積層、製膜させることができ、ナノオーダーの制御

が可能なプロセスを用いることができる。このプロセスを自己組織化法と呼ぶ。

ナノシートの自己組織化法による製膜は、ナノオーダーでの構造制御を実現するものでありながら、常温・常圧での液相プロセスが可能であり、従来、同様の薄膜を作製する際に必要であった超高真空環境や高度なビーム技術等の高価な大型装置を必要とせず、簡便、安価、省エネルギーという利点を有する。

本研究では、自己組織化法を用いてチタニアナノシートの製膜を行った。チタニアは紫外線を吸収し、光触媒反応によるセルフクリーニング効果を誘起することが知られている。その他、良好な光透過性や導電性といった特長から幅広い応用が期待される材料である。

本稿では、インジウムフリーな透明導電膜を開発する端緒として、液相プロセスによるチタニアナノシートの製膜方法を確認し、チタニアナノシートの紫外線吸収特性や光触媒反応によるセルフクリーニング効果についての基礎的特性を把握した結果について述べる。

## 2 実験方法

本研究では、チタニアと炭酸セシウムの粉末を混練、酸溶液中に浸漬、焼成して得た層状チタン酸粉末に、テトラエチルアンモニウム水酸化物水溶液を加えて振盪させることにより、チタニアゾルを得た。このチタニアゾル溶液と、カチオン性ポリマーであるポリエチレンイミン溶液に、図1に示すように基板（ガラスもしくはアクリル）を20分ごとに交互に浸漬させることを反復し、基板上へのチタニアナノシートの製膜を行った。この手法を交互吸着法と呼ぶ。

基板上に製膜されたナノシートの紫外線吸収特性を評価するために、このナノシートに紫外線(400nm, 45mW/sr)を照射し、交互吸着回数と紫外線透過量の関係を測定した。

また、チタニアナノシートの光触媒反応によるセルフクリーニング効果について評価するために、自動車の排気ガスに含まれるスス等の汚れを基板上に塗布し、その後太陽光に当てながら流水洗浄を15分間行い、基板上を目視で観察した。

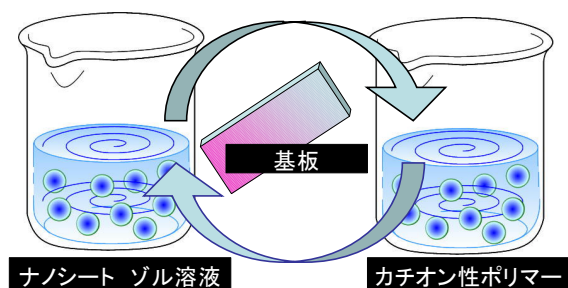


図1 交互吸着法によるチタニアナノシートの製膜

### 3 結果及び考察

図2に、交互吸着法により製膜したナノシートの紫外線吸収特性を評価した結果を示す。横軸は交互吸着法による製膜(反復)回数を、縦軸はナノシートを透過した紫外線強度を示す。チタニアナノシートを透過した紫外線強度は、製膜回数の増加に伴い直線的な減少を示している。このことから、製膜回数に比例してナノシートの膜厚が増加しており、その結果、チタニアナノシートに吸収される紫外線量が線形で増加していることが推察される。

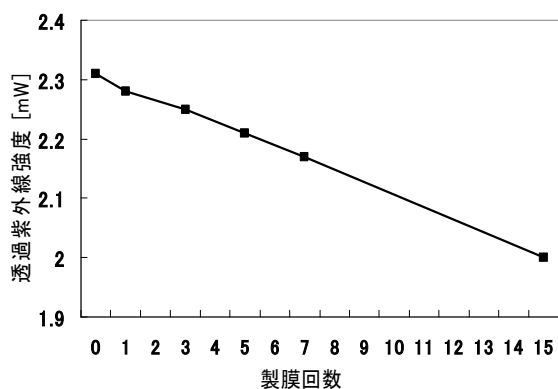


図2 製膜回数と透過紫外線強度の関係

また、図3に、スス等を塗布したナノシートの、光触媒反応によるセルフクリーニング効果について観察した結果を示す。

ナノシートを製膜していない基板では太陽光を当てた後もスス等の汚れが残存しているが、ナノシートを製膜済みの基板では光触媒反応によるセルフクリーニング効果によって汚れが除去され、ベアな(未使用の)アクリル板と同様の透明度まで回復することが観測された。

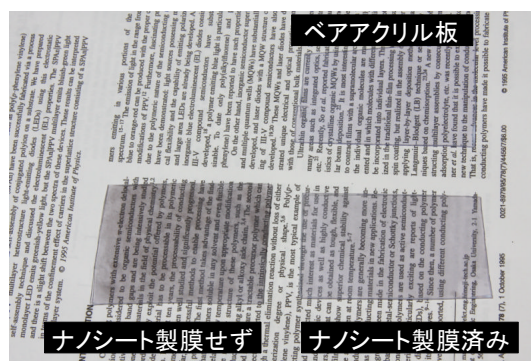


図3 光触媒反応によるセルフクリーニング効果

以上、本稿ではチタニアナノシートの製膜を試み、その紫外線吸収特性および光触媒反応によるセルフクリーニング効果について検討を行った。その結果、厚さがナノメートルオーダーと極めて薄いナノシートにおいても、バルク(一定の大きさを持った塊の意)のチタニアの場合と同様に、紫外線吸収や光触媒効果を見いだすことができた。

### 4 結言

本研究では、インジウムフリーな透明導電膜を開発する端緒として、チタニアナノシートの試作を行い、その紫外線吸収特性と光触媒反応によるセルフクリーニング効果について検討した。その結果、紫外線吸収量はチタニアナノシートの製膜回数に大きく依存しており、また、薄膜でありながらも、光触媒反応によるセルフクリーニングの効果があることが確認された。

今後、膜強度の改善や、電気的特性の向上を試みるべく、詳細な検討を行う予定である。