

ハイドロテクト

東陶機器株式会社 基礎研究所主席研究主幹
東京大学先端科学技術研究センター 客員教授

渡部 俊也

Hydrotect

Toshiya Watanabe

TOTO LTD. Basic Research Center, Executive Assistant Researcher
The University of Tokyo, RCAST, Guest Professor

1. 酸化チタン光触媒の研究に至った背景

「光触媒」という用語は今でこそ材料系の技術者に加え一般の消費者にまで知名度が及ぶに至ったが、これはほんのここ数年間のことで、光触媒を用いた製品が上市され始めてからのことである。光触媒とは、単純に言えば光（紫外線）が照射されると、その表面から活性酸素が発生する半導体材料である。このような材料のなかでもっとも効率的に活性酸素を発生させることのできるのが酸化チタンである。酸化チタンから発生する活性酸素は大変酸化力が強く、殆どすべての有機物を酸化分解することが可能である。私自身が光触媒の研究に興味を持ったのは、1990年頃であったと思う。この当時は、酸化チタンを利用して水中や空気中の有害成分を酸化分解浄化する研究が欧米で盛んに行われていた。私自身は当時ウォシュレットに組み込む脱臭機構の研究開発を進めており、光触媒を用いた脱臭も検討したが、光を照射するランプの寿命が短く高価であったことなどの理由で断

念し、オゾン脱臭方式の実用化を進めた経緯があった。しかし光触媒は光を当てるだけで大変強力な酸化力が生じるという意味で、大変ユニークで魅力的な材料であり何かに使えないかと考えを巡らせたものである。

そんな折り東京大学工学部の藤嶋教授と当時の橋本講師（現在東大先端研教授）から、光触媒の薄膜について共同研究しないかという御誘いがあった。たまたま藤嶋研究室に私の高校（都立戸山高校）の後輩の菊池君（現秋田県立大学助教授）が博士過程でおり、彼が紹介したのがきっかけであった。橋本講師の提案は、酸化チタンの薄膜を利用して汚れが取れるトイレができないかというものであった。菊池君がスプレーパイロリシス法という方法で酸化チタン薄膜を作っていたことがきっかけであったろうと思う。トイレに紫外線ランプを取り付ければ酸化チタンが活性化し汚れ防止になるというものであった。薄膜というアイデアは大変魅力的なものであったが、私はむしろ脱臭機能を持つ内装建材に利用するほうが面白いと思った。しかし問題は光源である。専用光源をセットするような方法ではコスト高になり商品価値がなくなってしまう。ところが良く調べてみると普通の蛍光灯からも微量の紫外線が発生しているこ

とに気がついた。この紫外線に反応する高活性な酸化チタン薄膜が作れないものであろうか。多くの原料の中でたまたま手に入った酸化チタンのコロイドを基板に塗布して焼成した試料について、蛍光灯を照射してみると、悪臭ガスが分解できることが分かって実用化できるかもしれないと感じ、藤嶋先生・橋本先生とディスカッションした覚えがある。酸化チタンのコロイド原料はその後石原産業が多くの改良を加え、活性と膜強度が優れたものとなった。

さて商品化をどうするかという段に至って、

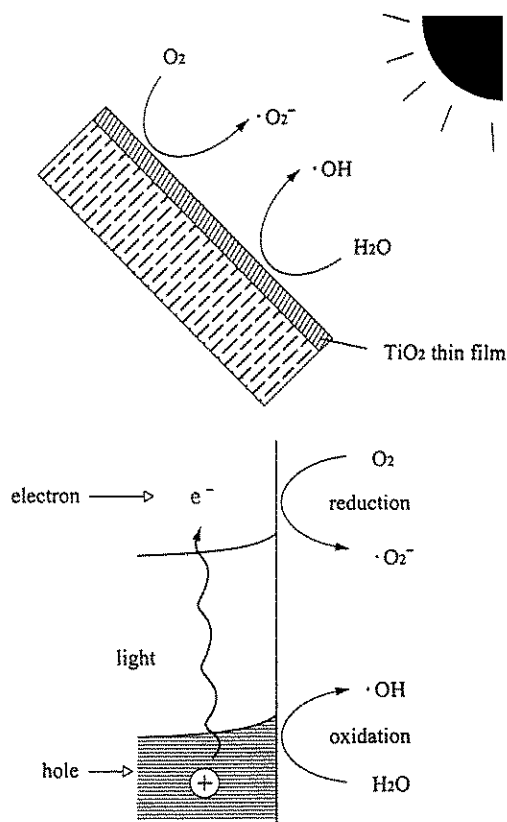


図1 酸化チタン光触媒の原理：酸化チタンが紫外線を吸収すると励起して電子正孔対が生成する。これが表面に拡散して酸素 (O₂)・水 (H₂O) と反応しスーパーオキシド (O₂⁻) と水酸ラジカル (·OH) などの活性酸素を生成する。これらの活性酸素が付着した汚れ細菌などの有機物を分解する

私は内装タイルがよいと考えた。タイルは形状が単純であり成膜が行いやすいのと、種々の空間で用いられるため用途の広がりがあると考えたのである。当時タイル事業部で生産技術の立ち上げをやっていた佐伯（現タイル開発部長）に開発を依頼したところ、大変気軽に引き受けたのが印象に残っている。実際はミリオーダーの厚みのタイルグレーズと異なりミクロンオーダーの薄膜をタイルにコーティングする技術の開発は容易ではなかったが、佐伯を中心とする開発チームは大変粘り強く高精度のコーティング技術を開発することに成功した。この生産技術は最近ではヨーロッパのタイルメーカーにライセンスされたほど完成度の高いものである。

高活性な酸化チタン薄膜の成膜が可能となったが、どういう商品にするかである。当時院内感染が一種社会問題になりかけていて、この話を聞いて抗菌タイルが面白かろうと思い、バクテリアの試験を開始した。それまでバクテリアなどいじったこともなかったが、大腸菌などのバクテリアをもらってきて、タイルに接種して、光を当てて菌数の変化を調べることを繰り返すことを続けた。この結果バクテリアに対する酸化チタンの感度は大変高く、微弱な光で殺菌が可能であることが分かった。暗時の抗菌性も付与できるような改良も行った結果、病院用抗菌タイルとしての実用化のめどがたてられたのである。但し光触媒は当時全く新しい材料であったので、本当に現場で効果があるのかどうか、随分施工試験を重ねたものである。あちらこちらの病院や、バクテリアを嫌う特殊施設に施工し、長期間経過後効果があるかどうかの検証を行うなどの試験を重ね、95年ようやくと発売することができた。

2. 超親水化現象の発見と事業構想

抗菌性光触媒は商品化できたが、もう少し別の視点で光触媒を研究してみようと思い、水を弾く撥水性と光触媒というテーマで少し実験を

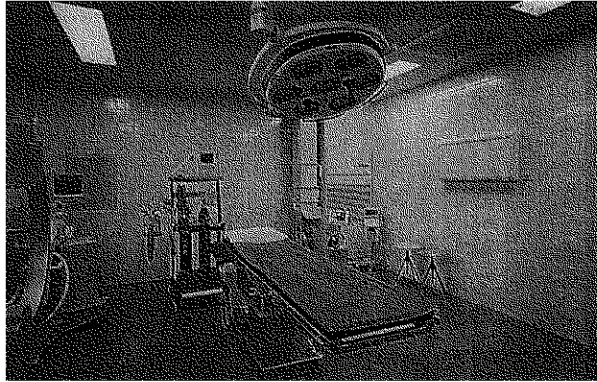


図2 病院手術室への光触媒タイルの施工例：壁床に付着している細菌の数が光触媒タイルの施工後は激減した（下表）

＜壁・床面付着菌数の推移＞ 付着菌数：CFU/100cm²

		スコープ施工後経過期間							
		施工前	施工直後	10日後	1ヶ月後	1.5ヶ月後	2ヶ月後	2.5ヶ月後	3ヶ月後
手術室 (1000ルクス)	壁	5~10	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず
	床	8~12	検出されず	1	2	2	1	2	1

※()内の照度はJIS照度基準に基づいて測定したものです。

やってみた。撥水性を酸化チタン薄膜に付与することを考えたのである。実験をやっていた千國（当時基礎研究所）は、しかしこれはうまくいかないという報告であった。はじめは撥水性を出せても、経時的に劣化してしまうということであった。良く聞くと初めは90°以上あった水接触角が、光を照射した後は3°になるということであった。これはむしろ面白いと思い、研究の方向を撥水から全く逆の親水に転換した。同時に特許性の調査を行い、汚れ防止や防曇などの工業的目的を掲げた用途発明を構成できる確証を得て、現象の発見から一週間も経ないうちに最初の特許出願を行った。長期に渡って安定に水接触角0°を発現できるというかつてなかった性質を有することから超親水性と名づけた。

当初からこの光励起親水化現象については、従来の光触媒の活性発現とは異なるのではないかと感じていた。従来の電子正孔対の吸着酸素と水への移行による活性酸素発生という機構に

よって、親水化を解釈しようとするれば、酸化チタン表面は本来超親水性であるのに、疎水性の汚れが付着しているので疎水化していると考え、これが光触媒分解することで親水化するというスキームが考えられた。しかし現象はどうもこの仮説にはあわない様に思えた。突っ込んだ基礎研究の必要を感じ、再びこのテーマについても藤嶋先生・橋本先生に共同研究を申し込んだ。現在に至る先生方との研究によって、この現象が光触媒最表面における構造変化を伴う、従来全く知られていなかった機構によるものであることが分かってきている。この内容の一部は1997年にネイチャー誌に掲載され、その後も今に至るまで研究が続けられている。

研究面と別にこの技術をどのように事業化するかについて考えなくてはならなかった。応用分野が極めて広い技術シーズをすべてのアイテムで商品化することは困難である。しかし、既存分野の商品に応用するのみではいかにも展開が狭い。TOTOの既存商品にできるだけ応用

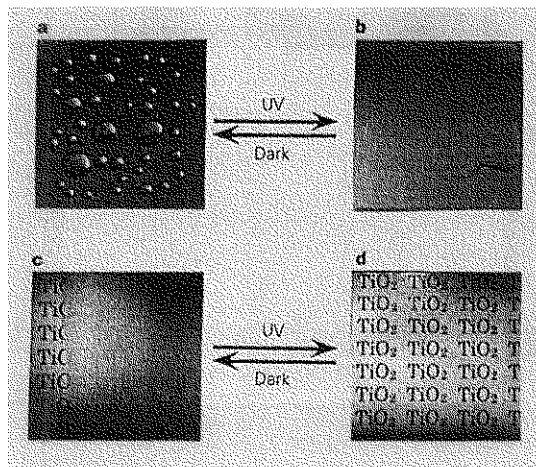


図3 光励起反応による酸化チタン表面の親水化：水滴が防止されたり曇りが防止されることに加え、疎水性汚れが付着しても水洗または降雨でクリーニングされる効果を有する。原理は従来の光触媒反応とは異なり、酸化チタンの表面構造変化に基づく

するということに加え、新規事業に出られるチャンスがうかがうために、技術のマーケティングを目的としたライセンス事業の構想を立て、TOTO 経営陣の理解も得て 97 年 7 月には技術公報を行った。製造業としては異例の「技術開発成功、他社へのライセンスを進める」という記事に対する反響は大きく、この年の年末まで 1000 件近い問い合わせを頂いた

ライセンス契約が最初に決まったのは日産自動車だった。雨滴防止サイドミラーとしてシマに搭載されたのは 98 年になってからである。その意味では商品化されたのは積水樹脂の透明遮音壁が早く、1997 年には新聞発表を行っている。その後多くのライセンス契約が成立している。日産の契約の直後にライセンスを専門に行う子会社 TOTO フロンティアリサーチ株式会社を設立した。この会社は、事業化構想の要となるもので、今流でいえば大学 TLO の民間版といったユニークなものであった。ライセンス活動を通じて技術のマーケティングを進め、新規事業に結実させようという狙いがあった。

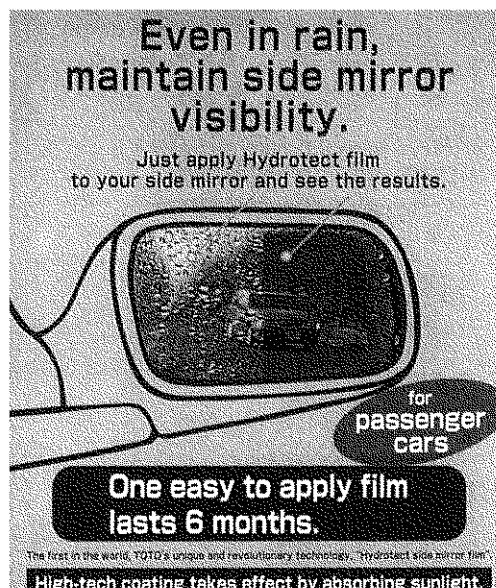


図4 酸化チタンの光励起親水化反応を利用した水滴防止自動車ドアミラーフィルム

超親水性技術は TOTO の外装タイルにも応用され、抗菌タイルとともにハイドロテクトタイルとして、即ち TOTO のタイルの大半の品番をハイドロテクト仕様になっている。ハイドロテクトは、光触媒コーティング製品のブランドで、水で守る、または水の技術などの意味がある。この技術を用いた新規事業として、自動車用品等のコンシューマ製品を事業とした光フロンティア事業部が設立され、サイドミラーに貼り付けするフィルムや、自動車ボディーのコーティングなどの事業化を進めている。

3. フロンティアの更なる展開を目指して

光触媒が各分野で事業としてスタートできたことで、当初から研究を進めてきたものにとっては一つの区切りには達したともいえる。しかしこの技術を生かした事業を更に多くの分野で発展させるためには、実は未だ多くの技術課題や事業開発の課題が残されていることも事実で

ある。幸い本技術の有効性や、技術移転活動を組み込んだ事業化構想についても、多くの方々の理解を得ることができ、大学を含む異業種間の連携のなかで課題解決に取り組める環境が整ってきたといえる。このような問題の解決の鍵は異なる分野の組織同士が、お互い理解しあい、真に有効な win-win program が描き切れるかにかかっている。この意味で技術をテーマに組織間の相互理解を進めることのできる人材（ライセンスアソシエイト^(注1)）の介在が大変重要であると考えている。

（注1）米国の大学技術移転を担う、産業界と大学とのインターフェースとなる人材の呼称から来た語。

広く技術移転にかかわるビジネスマンを指す。

参考文献

- 1) 藤嶋 昭, 橋本和仁, 渡部俊也: 光クリーン革命, シーエムシー (1997).
- 2) A. Fujishima, K. Hashimoto and T. Watanabe: *TiO₂ Photocatalysis Fundamentals and Applications*, Bkc, Inc, (1999).
- 3) 藤嶋 昭, 橋本和仁編: 光触媒のすべて 149, シーエムシー (1998) 酸化チタン光触媒技術の事業化に関して.
- 4) 取材記事: 研究開発マネジメント 10, 18-25 (1998).
- 5) 取材記事: 工業材料, 46, 1-4 (1998).