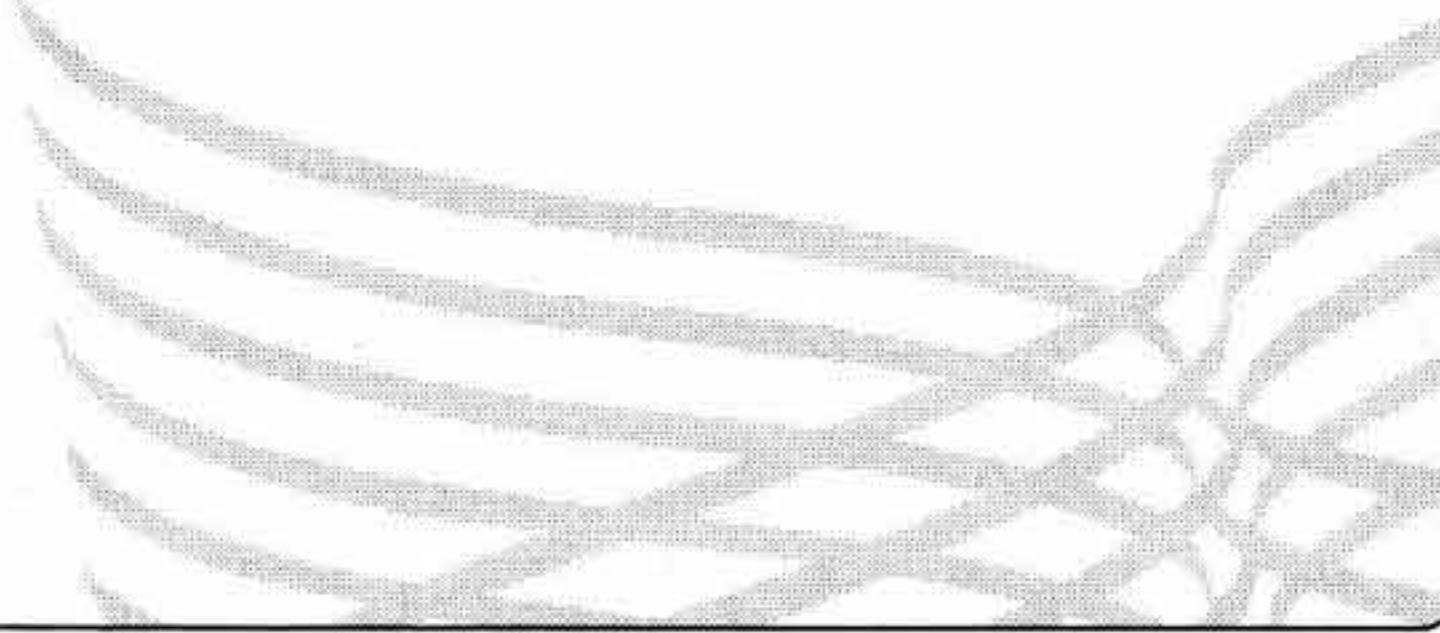


# 光触媒による繊維の抗菌消臭加工

室伏 康行 MUROFUSHI Yasuyuki  
株式会社カタライズ



## 1. はじめに

酸化チタンにより水を安定的に分解できることを示した本多・藤嶋効果の発見からほぼ40年が経つ。当初、光触媒は太陽光で水素を製造できるエネルギー技術として盛んに研究されたが、現在までにこの分野での実用化には至っていない。しかし光触媒としての酸化チタンの研究を通して他の分野への応用が日本では進められてきた。それが「日本発」と呼ばれる光触媒による防汚機能や抗菌・消臭機能である。光触媒はこれら機能を光があれば持続的に発揮するため電気エネルギーを供給する必要がなく、環境や安全・安心といったキーワードを持つ技術として注目されている。ここ数年で光触媒は身の回りの様々なものに応用されるようになり、繊維製品にも使われるようになっている。以下では光触媒の機能について簡単に説明し、当社の光触媒加工液を例に繊維への応用について解説する。

## 2. 光触媒とは

光触媒については一般向けの解説書から専門書まで優れた文献<sup>1)～4)</sup>が多く出版されているので、ここでは二酸化チタンの持つ「光触媒」機能のひとつである抗菌・消臭機能について説明していく。

まず「触媒」とは特定の化学反応を促進し、かつ自身は反応の前後で変化しないもののことである。化学製品の多くはこの触媒を利用して生産されており、化学工業ではなくてはならないものになっている。身近なところでは自動車の排気ガス浄化に触媒が使われており、また生命活動に不可欠な酵素も触媒の一種である。

光触媒はよく光合成と比較して説明される。どちらも光によって反応が促進される触媒作用であるが、光合成は有機物を合成する反応であり、有機物を分解する光触媒とは逆の反応になっている。そこで酸化分解反応ということでは同じ排気ガス浄化用の触媒を例にとることにする。自動車の排気ガスにはガソリンの燃え残りの炭化水素や一酸化炭素などの有害な物質が混ざっている。これらの有害物質は燃焼することで酸化分解し、毒性のな

い水と二酸化炭素にして除去することができる。通常燃焼には700～800℃以上の高温が必要であるが、排気ガス浄化用触媒を使うことで、この酸化分解を200～300℃ほどで進めることができるようになる。排気ガスの温度は数百℃以上になるので、排気ガス自身の熱で反応が持続する。同じように、室温ではほとんど進まない酸化分解反応を光の力を利用して促進するのが「光触媒」である。

光触媒である二酸化チタンに光（紫外線）が当たると電子と正孔が生じ、この電子と正孔によって二酸化チタン表面に吸着している酸素や水が活性化することで酸化分解反応が促進されるようになる。この光触媒の酸化分解反応を利用することで、様々な有害物質を室温で除去することができる。シックハウスの原因物質であるホルムアルデヒドを始めとして、100種類以上あるといわれる揮発性有機化合物（VOC）も酸化分解して除去することができる。また、各種の細菌、ウィルスに対してもその効果を発揮できる上、薬剤耐性菌を生み出す心配もない。

通常の消臭剤や抗菌剤では、除去したい対象によって効果的な薬剤を選択する必要がある。そのため VOC 対策ではそれぞれの化学物質に合わせて様々な薬剤を使用することになり、すべての VOC に対応するのは非常に難しい。また効果の持続性に限りがあること、薬剤を環境中に放散することで環境負荷を増す可能性もある。これに対して光触媒は効果の持続性が高く環境負荷も非常に小さいため、「環境」や「安心・安全」に寄与する環境改善技術となっている。

光触媒に用いられる二酸化チタンはこのような酸化反応を促進する機能の他に、建物の外壁などの防汚に応用されている超親水性と呼ばれる機能もある。この機能は反応を促進する「触媒」とは異なる現象であるので本稿では割愛する。

## 3. 光触媒加工繊維の特徴

### (1) 繊維への応用技術

前記のように光触媒は優れた性質を持っているが、逆

にこの性質が今まで製品化の範囲を狭めていた。例えば衣類やカーテンなどの繊維製品に光触媒によって消臭効果を与えるとする場合、塗料と同じように光触媒である二酸化チタン粉末をバインダー樹脂と混合した液を繊維製品にコーティングする方法が考えられる。しかし、このとき光触媒が繊維やバインダー樹脂と直接接触していると、光触媒反応によって繊維やバインダー樹脂を傷めてしまうことがあった。さらにバインダー樹脂で光触媒を包み込んでしまう状態だと、光触媒表面に分解すべき物質が到達できず触媒として機能できない、あるいはバインダー樹脂の分解によって二酸化チタンを接着していることができず耐久性が損なわれるといった点が問題となっていた。この一例として、屋外に塗られていた白いペンキが何年も経つと粉を吹いたような状態になることがあったが（いわゆる「チョーキング現象」）、これはまさに白色顔料である二酸化チタンによる光触媒反応に

よって塗膜の分解が生じた結果である（そのため現在では顔料の二酸化チタンが触媒として働くかのような工夫がなされている）。

当社では独自の技術によってこの問題を解決した。特にバインダー樹脂について重点的に取り組み、耐久性と光触媒活性の両立を実現している。光触媒による有機系素材への影響を最小限に抑制し、かつしっかりと基材に固着することができるようになった。これにより衣類などの柔軟な有機系素材にも安心して使用できる光触媒コーティング液「ヒカリアクター」シリーズを開発し、販売を開始している（写真1）。

「ヒカリアクター」シリーズの特徴は次の通りである。

- ◇一液型でプレコーティングや熱処理の必要がないため、有機系素材に簡単に光触媒加工ができる。
- ◇洗濯耐久性と高い光触媒活性を両立している。
- ◇衣類などの繊維製品に加工しても色合いや風合いをほとんど損なわない。

当社ではこれらの特徴を活かしながら、加工対象や使用方法に合わせていくつかの仕様を用意している。主要な製品ラインアップを表1に示す。表以外にも光触媒スプレーOEM生産用の「ヒカリアクターAシリーズ」を用意している。「ヒカリアクター」シリーズは業務用であるが、さらに手軽に光触媒の効果を実感してもらえるよう一般家庭向けのスプレー「光ミスト」などがある。

## (2) 光触媒の評価試験方法

光触媒の評価試験方法として規格統一が進められており、現在までに「セルフクリーニング」「空気浄化」「水質」「抗菌・抗かび」の各分野でJIS規格が制定されて



写真1 ヒカリアクター製品

表1 ヒカリアクターの種類と特徴

仕 様	用 途	特 徵
Tシリーズ	衣料やカーテン、寝具などのテキスタイル製品の生地加工用	染工場など管理された状態で加工されることを前提に、コストと耐久性、触媒性能の両立を図った
Gシリーズ	住宅やオフィス、医療・介護施設、学校などの内装施工 自動車などの内装施工 光触媒機能付加製品の生産用	住居や車の室内、人工樹木など、様々な対象に加工できるように、使いやすさと触媒性能の両立を図った
Cシリーズ	クリーニング工場での光触媒加工仕上げ用	クリーニング工場で既存の設備を利用して加工できることを前提に、コストと触媒性能の両立を図った

表2 JIS化状況

項 目	試験方法/対象	制定時期	J I S番号
セルフクリーニング	水接触角	2007年7月	R1703-1
	メチレンブルー分解	2007年7月	R1703-2
	窒素酸化物	2004年1月	R1701-1
	アセトアルデヒド	2008年3月	R1701-2
	トルエン	2008年3月	R1701-3
空気浄化	ホルムアルデヒド	2008年10月	R1701-4
	メチルメルカプタン	2008年10月	R1701-5
	ジメチルスルホキシド	2007年10月	R1703-1
	抗菌	2006年9月	R1704
水質浄化	抗かび	2008年3月	R1705
	標準光源	2007年7月	R1709
光源			

いる（表2）。なかでも繊維製品の分野で関係してくるものとしては、「空気浄化」と「抗菌・抗かび」が挙げられる。ただしこれらのJIS規格は主に試験方法についての規格であるため、使用条件や製品形態の違いなども考慮した性能基準作りが各分野の業界団体で進められている。

(社)繊維評価技術協議会ではすでに光触媒加工繊維製品の認証基準として、「光触媒抗菌加工マーク」と「光触媒消臭加工マーク」の認証制度を始めている。光触媒材料を中心とした業界団体である光触媒工業会では、セルフクリーニング、空気浄化、抗菌といった機能について工業会としての製品認証基準の策定が進められており、近いうちに認証制度が始まるものと思われる。

またJIS化された規格については国際基準としてISO化も進められており、現在までに窒素酸化物の試験方法がISO化されている。

今までにJIS規格となっている試験方法は紫外線型の光触媒に対応したものであり、試験に用いられる光源はブラックライトであるが、後述するようにさらに高性能な可視光型光触媒開発が進められており、この可視光型光触媒の試験方法についてもJIS化のための活動が既に始まっている。

### (3) 光触媒加工布の触媒性能

ここではアパレル製品向け仕様であるヒカリアクターTシリーズのRD-T1について抗菌試験および洗濯耐久性試験を行った結果について説明する。

今回、抗菌試験はJIS R1702で使われているフィルム密着法に準拠した方法で行った。消臭試験については光触媒工業会の前身団体の一つである光触媒製品技術協議会の製品認証基準であったガスバグB法による消臭試験と社内基準での消臭試験を実施した。試料は希釈したRD-T1に綿布を浸漬し、RD-T1のピックアップが布地重量に対して2.5%になるように絞ってから130℃で乾燥したものを使用した。

図1は(財)日本食品分析センターで肺炎桿菌を使い実

施した抗菌試験結果である。この試験では $0.1\text{mW/cm}^2$ の強度の紫外線を照射しながら菌の培養を行っている。無処理の布地では初期の菌数が24万個だったものが、24時間後には20倍の480万個に増殖しているのに対して、RD-T1を加工した布地では菌の増殖が抑制され、24時間後には菌がほとんどなくなっていることがわかる。

(財)日本食品分析センターで行ったガスバグB法での消臭試験では、20時間後に100%のアセトアルデヒド除去率が得られており、当時の認証基準（除去率70%以上）を大きく満たすものとなっている。さらに図2はJIS L 0217 103号に準拠した方法で家庭洗濯50回相当を実施し、洗濯前後の消臭性能を比較した結果である。試験では20ppmのアセトアルデヒド1L中に $5\times5\text{cm}$ の試料を置き、 $1\text{mW/cm}^2$ の紫外線を照射して20時間後の濃度を測定した。その結果、洗濯50回後でも依然高い消臭性能を維持していることがわかる。

以上のように光触媒加工によって繊維での菌の増殖を抑制することで防臭効果が得られるだけでなく、直接ニオイを分解する効果が得られることが分かる。今回示した試験結果以外にも、アンモニアやトルエンといったガスや大腸菌、黄色ブドウ球菌など様々な対象について試験を実施しており、前述したように光触媒が幅広い対象に効果があることを確認している。さらに必要に応じてJIS規格による試験も実施し、製品認証基準に達する性能が得られることを確認していく予定である。

### (4) 今後の取り組み

光触媒は光の照射量によって得られる効果が増減するという特性がある。それを改善するためにより高い効率で機能するように、光触媒そのものの性能も日々改良が加えられている。特に近年は大手無機材料メーカーも次々と光触媒事業に参入してきており、ナノテクノロジーの導入や可視光型光触媒・ハイブリッド型光触媒などの開発が進められ、さらなる高性能化が期待できる環境になっている。

当社では4月から噴霧加工用の高性能仕様のコーティ

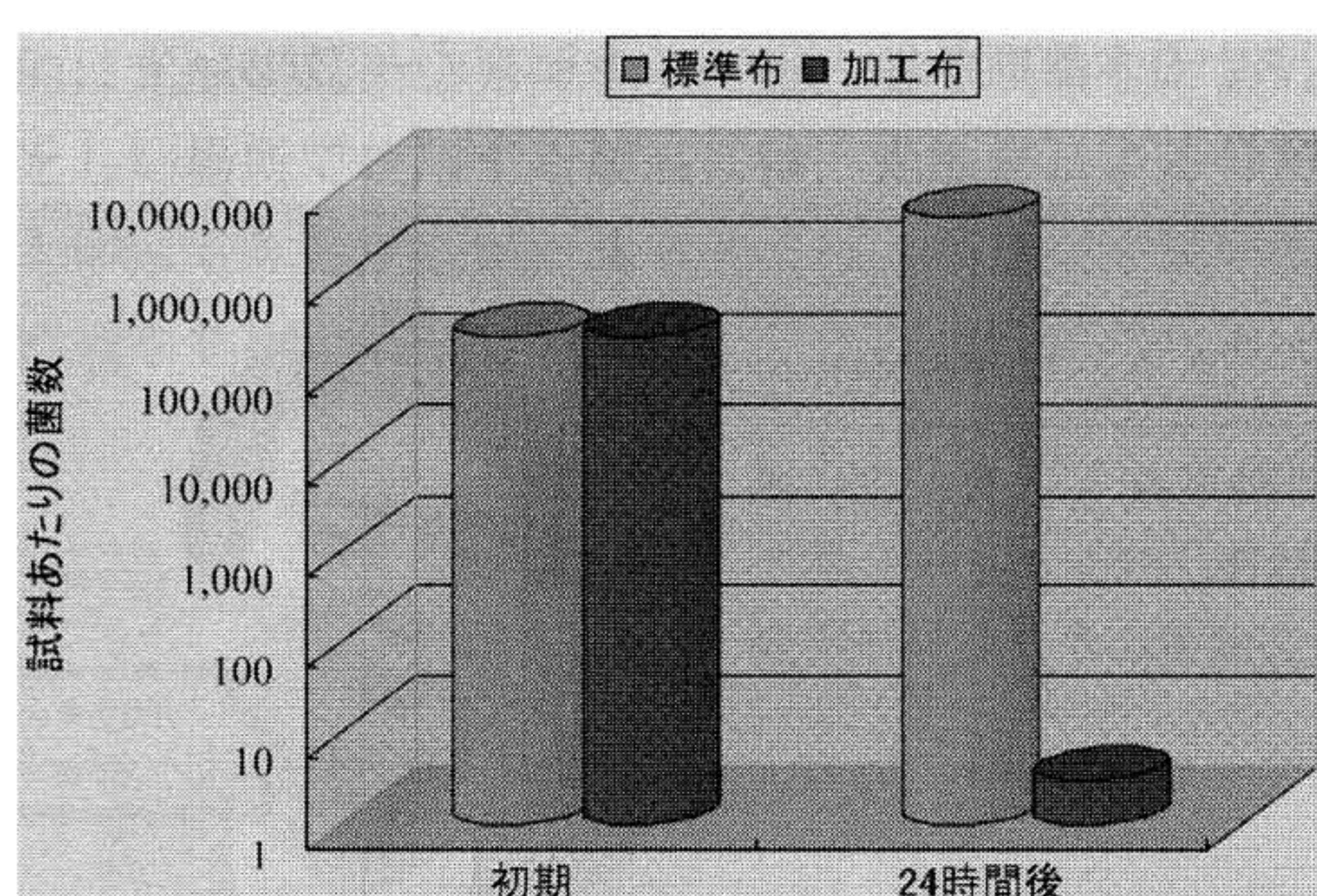


図1 ヒカリアクターT1の抗菌試験結果

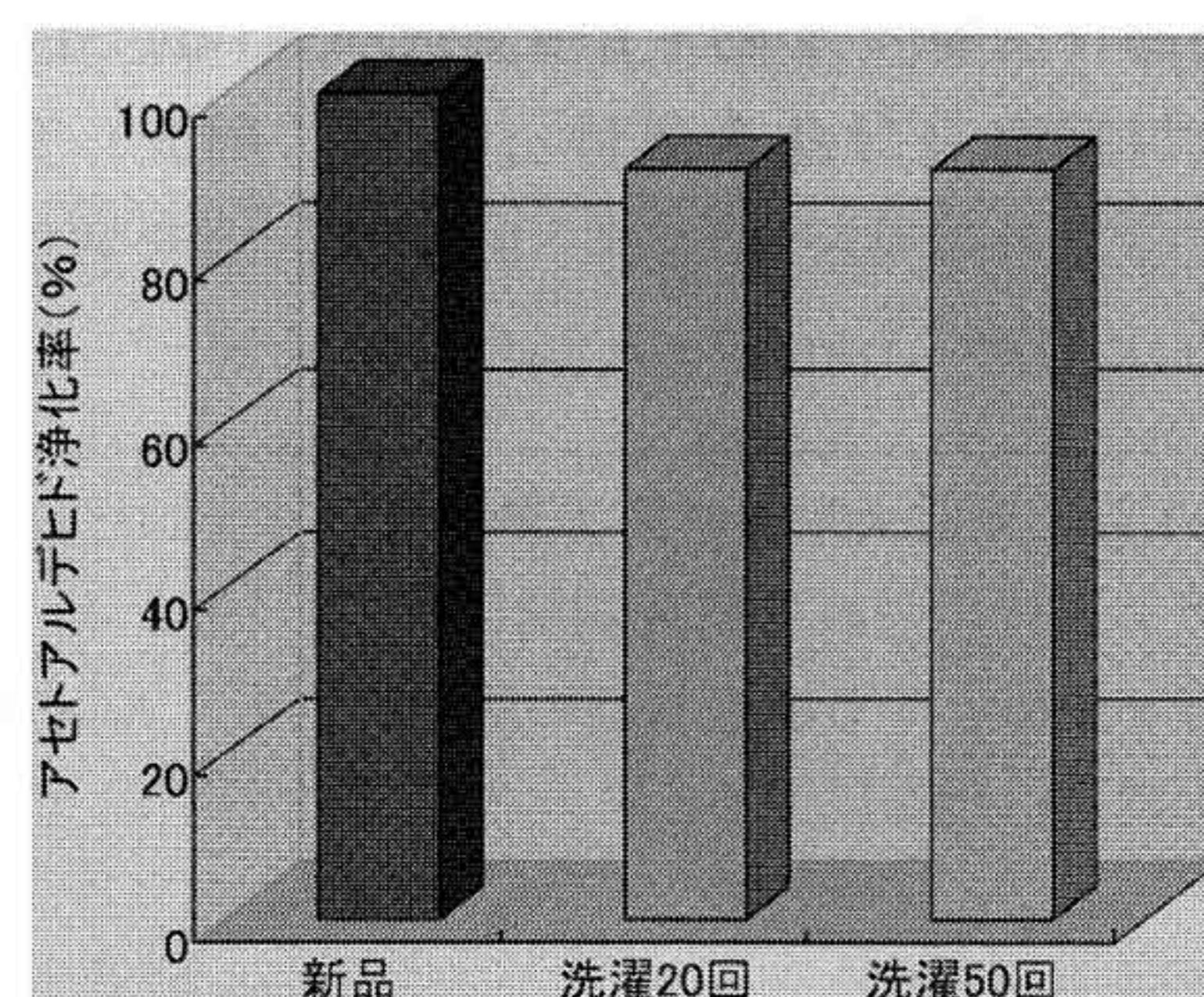


図2 ヒカリアクターT1の消臭試験結果（洗濯耐久性）

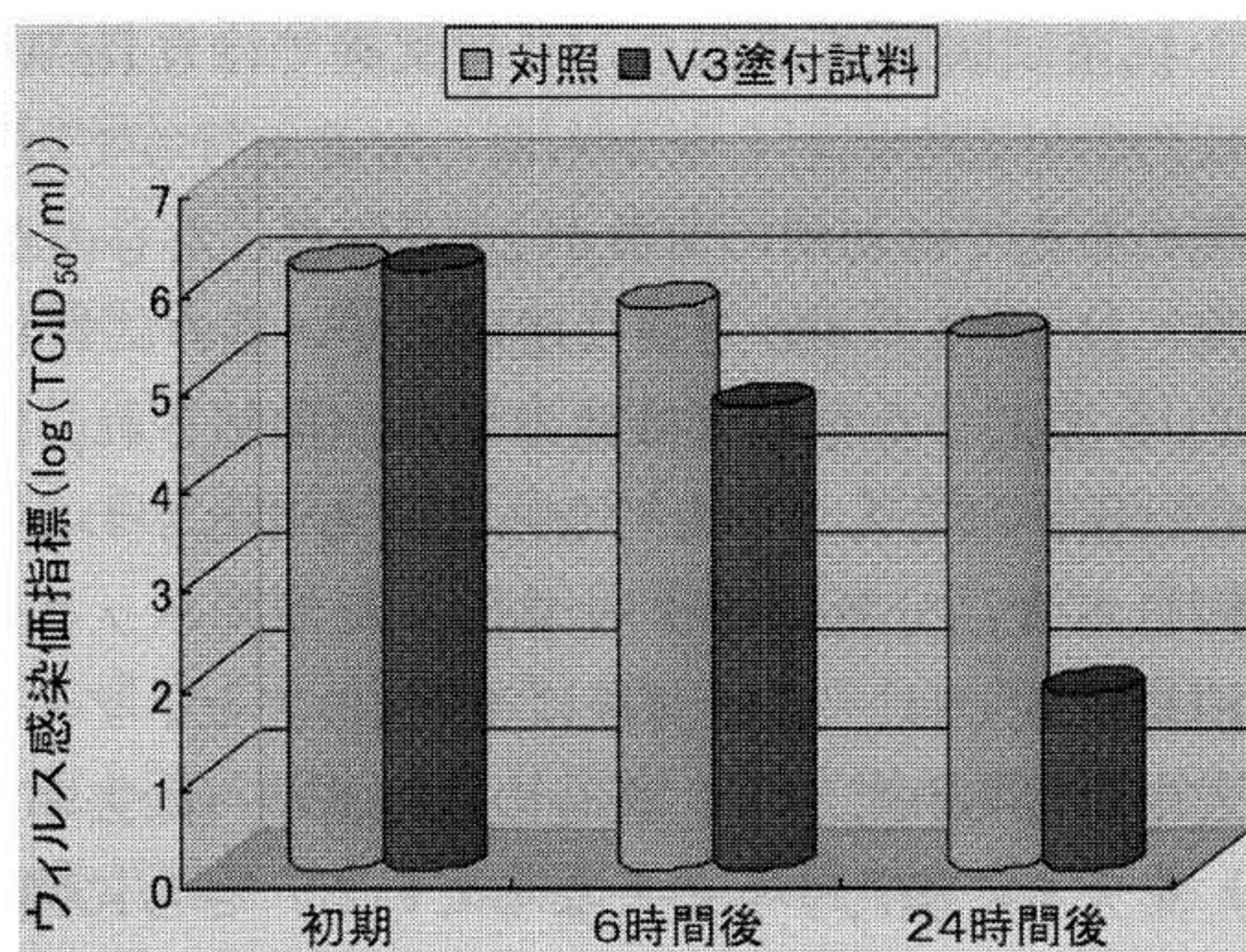


図3 RS-V3のウィルス不活化試験結果

ング液（RS-V3）を発売した。このコーティング液は室内の微弱な紫外線でも従来型のコーティング液より高い活性が得られるだけでなく、可視光のみでも触媒活性が得られるものとなっている。RS-V3については（財団）日本食品分析センターにおいてインフルエンザウィルスに対する触媒活性の評価試験を実施しており、微弱な紫外線環境下で高いウィルス不活化効果が得られている（図3）。

さらにこれら技術の採用による光触媒の性能向上を図るだけでなく、より使いやすいコーティング液としての開発にも併せて取り組んでいる。

#### 4. 光触媒を取り巻く環境と将来

光触媒業界の状況としては、1999年の時点では2005年に光触媒関連市場の規模は1兆円に達するとの民間シンクタンクの予測があった。しかし実際には2003年の段階で500～600億円程度だったとみられている。これは繊維製品を中心とした生活関連分野の製品への応用が当初の予測ほど進んでいないためである。その原因として第1に光触媒性能の基準が明確でなく、従来の消臭製品との差別化が充分に行われていなかったことが考えられる。第2には、前述したように繊維素材などへの光触媒の適用が技術的に難しかったことが挙げられる。

このような状況に対応して、産業界だけでなく官学含めた体制の下で様々な動きが出始めている。平成18年

には業界の統一団体を目指して「光触媒工業会」が発足し、光触媒性能基準の策定や企業活動のルール作りが始まっている。さらに東大先端研の橋本教授を中心として「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」（NEDO）が平成19年度から立ち上がった。このプロジェクトでは高感度光触媒材料の開発を柱にして光触媒関連市場の拡大を目指し、基盤技術の強化と高性能な材料開発技術を市場に提供することや产学研官の交流を促進することを行っている。

また当社と同じく「かながわサイエンスパーク」内に拠点を置く（財）神奈川科学技術アカデミー（KAST）では、光触媒の第一人者である藤嶋昭理事長のもとで内外の研究者が光触媒に関する研究を行っている。併せて「光触媒オープンラボ」が開設されており、会員企業向けに光触媒の技術指導や情報提供を行っている。平成16年には「光触媒ミュージアム」をオープンし、各社の光触媒製品を展示するだけでなく、見学者が光触媒の様々な機能を体験することができるようになっている。当社でも平成19年3月から光ミストを初めとして各種製品を展示している。

さらにKASTでは子供たちに科学への興味や理解を深めてもらう活動を熱心に行っており、その一環として例年夏休みには子供たちを対象に光触媒の実験教室を開催している。これら活動の延長として、学校の教材にも一部光触媒が取り上げられるまでになっている。また光触媒についての企業向けセミナーなどを開講することもあり、社会に向けて広く情報を発信している。

以上のような产学研官の取り組みにより、国内における光触媒関連市場の伸び率は年々高まっている。さらに世界的にみても環境に関する技術開発が最重要課題となっており、世界規模での市場拡大とともに環境改善という面からも光触媒技術は社会や人々の暮らしに貢献できるものと期待している。

#### 参考資料

- 1) 藤嶋昭「光触媒」丸善（2005）
- 2) 佐藤しんり「図解雑学 光触媒」ナツメ社（2005）
- 3) 野坂芳雄, 野坂篤子「入門 光触媒」東京図書（2004）
- 4) 藤嶋昭, 村上武利監修「絵でみる 光触媒ビジネスのしくみ」日本能率協会マネジメントセンター（2008）

#### 室伏康行（むろふしやすゆき）

1983年、東北大学大学院工学研究科修士課程修了。同年、日産自動車（株）に入社、主に排気ガス浄化用触媒の研究開発に従事。1996年、日産自動車（株）退社後、ベンチャー企業で触媒を始めとする機能材料の開発に従事。2006年に（株）カタライズ創業にかかわり技術開発を担当、現在に至る。

