消臭スプレー「光ミスト」の開発

Development of Deodorant Spray, "Hikari Mist"

室伏康行*

日本発の環境改善技術として，光触媒が注目を浴びている。すでにビル外壁やテント材などの防汚に使われ始めており，多くの一般家庭にとっても今後普及が期待されている技術である。そこで，この光触媒のもつ力を多くの方に実感してもらおうと開発したのが当社の「光ミスト」である。本稿では，この光ミストを中心に，身近になりつつある光触媒製品について紹介する。

1. はじめに

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[1-4]が多く出版されているので，ここでは二酸化チタンのもつ「光触媒」機能の一つである抗菌・消臭機能について簡単に説明する。

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1000℃近い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300℃くらいで進めることができるようになる。これと同じように，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

*Yasuyuki Murofushi　㈱カタライズ　取締役 技術開発部長

なる。この光触媒の酸化分解反応を利用することで，さまざまな有害物質を室温で除去することができるのである。シックハウスの原因物質であるホルムアルデヒドをはじめとして，百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，ウイルスに対してもその効果を発揮できるうえ，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さまざま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や，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，環境負荷が非常に小さい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ほかに，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。

2. 製品概要

前記のように，光触媒は優れた性質をもっているが，逆にこの性質が今まで製品化の範囲を狭めていた。たと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ようとする場合，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

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　徴
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	住居や車内，人工樹木など，さまざまな対象に加工できるよう，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

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。その一例として，屋外に塗られていた白いペンキが何年もた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かない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とおりである。

① 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。

② 耐久性と高い光触媒活性を両立している。

③ 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。

これらの特徴を生かしながら，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。当社製品ラインアップを**表1**に示す。表以外にも，受注生産製品であるリネンサプライ仕上げ用の「ヒカリアクターLシリーズ」，光触媒スプレーOEM生産用の「ヒカリアクターAシリーズ」も用意している。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に開発したのが，一般家庭向けのスプレー「光ミスト」である（**写真2**）。

写真2　光ミスト

光ミストの製品化では，次の点に基づいて開発を行った。

① 一般家庭でも十分な消臭効果を実感してもらうために，高い光触媒活性を発揮することを最優先する。

② カーテンや衣類，ソファ，カーシートなどさまざまな対象物にスプレーしても，色合いや風合いに影響を与えないようにする。

③ 広い面積にもスプレーしやすいようにトリガー式ポンプを装備する。

④ 一般消費者が手軽に購入できるような価格設定にする。

光触媒性能を単純にアップするのであれば使用する二酸化チタンの量を増やせばよいのであるが，そのような方策では塗付したときの色合いに影響を与える可能性があるうえに，価格設定にも

問題を生じることになってしまう。これら相反する事象をいかにバランスよく成り立たせるのかが最大の課題であった。そのために光触媒原料も含め使用する材料をすべて再検討し，成分間の相互作用や安定性を調べ，光触媒活性を阻害しないようにスプレー液の組成を決定した。さらに，製造工程での液の調製方法についても見直しを重ねた。

また，最近の技術動向として，さまざまな使用条件に対応するためにハイブリッド型光触媒が使われるようになってきているが，当社でもこの流れを受けて光ミストでは天然系消臭成分との組み合わせを試みている。

こうした検討ののち，2006年10月に一般家庭向けの光触媒消臭スプレー「光ミスト」を発売するに至った。

3. 光触媒の評価方法

光触媒の評価方法については，業界団体が中心となって基準づくりが進められている。光触媒関連業界では2つの大きな団体として，光触媒製品フォーラムと光触媒製品技術協議会（SITPA）が2005年まで活動していたが，06年にこの両団体を中心として業界の統一団体である「光触媒工業会」が発足した。現在，この光触媒工業会を中心に，試験方法のJIS化やISO国際標準化，さらには光触媒製品の性能基準づくりが行われている。次に述べるとおり，すでにいくつかの試験方法がJISに制定されており，本格的な性能基準づくりも今後順次進んでいくものと思われる。

06年までに光触媒の評価方法として「空気浄化性能試験（窒素酸化物）」（R1701-1），「抗菌試験」（R1702）がJISに制定されている。さらに07年中にはセルフクリーニングや空気浄化，水質浄化などに関する試験方法が制定される予定である。ただ，抗菌試験以外はあくまで評価方法を規格統一するものであり，その評価でどれだけの数値が得られれば「光触媒効果」が認められるのかという性能基準はまだできていない。

また，たとえば衣類などに光触媒を加工した場合，繊維製品という面から性能評価することも考えられる。この場合は，繊維製品の性能基準の規格化を行っている㈱繊維評価技術協議会が，光触媒加工繊維製品の性能基準を設けることもありうる。将来は光触媒という立場からだけでなく，それを使った製品の立場から，その業界団体による評価基準の規格化も進められるのではないかと思われる。

当社では06年中に製品開発を終了していたが，その時点では光触媒工業会は発足したばかりでまだ評価基準はなく，JIS化も検討段階であった。そのため旧来の光触媒性能基準を利用して性能評価を実施した。消臭試験については，光触媒工業会で暫定的に継承しているSITPAの性能基準であるガスバッグB法，およびガス種を変えてそれに準拠した条件で行った（SITPAではこのほかにも製品の特性に合わせてガスバッグA法や液相フィルム密着法があったが，ここでは省く）。抗菌試験については，抗菌製品業界団体である抗菌製品技術協議会の光触媒フィルム密着法を利用して評価した。本報ではその評価結果を示していく。

今後さまざまな性能評価方法のJIS化や性能基準づくりが進み，公的検査機関での評価体制が整えば，当社としても順次これらの試験を実施していく予定である。

4. 光ミストおよびヒカリアクター

本報では，「光ミスト」スプレーの中身に使用している光触媒コーティング液RS-A2と，その

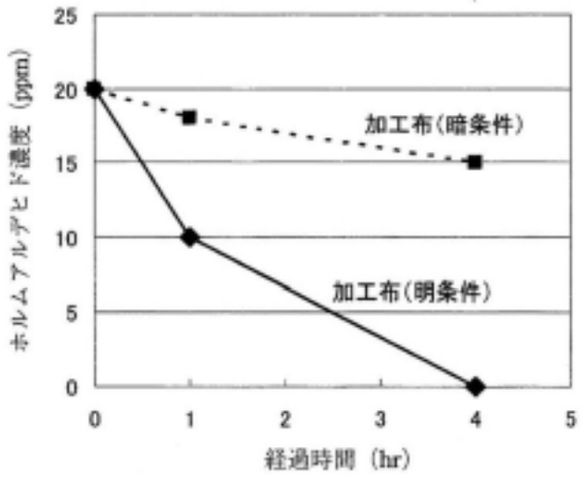

図1　光ミストの消臭試験結果（ホルムアルデヒド）

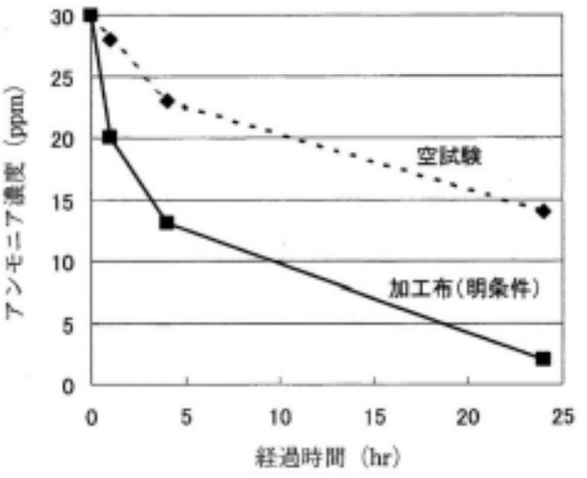

図2　光ミストの消臭試験結果（アンモニア）

他の「ヒカリアクター」製品としてRD-T1とRS-G1の仕様について，評価結果を示していく。

4.1　光ミストの評価結果

光ミストの中身に使用している液RS-A2については，一般家庭で使われることを考えて，シックハウス対策やペットのにおい対策としてホルムアルデヒドとアンモニアの消臭試験を行った。

15g/m²に相当する量のRS-A2を綿布にスプレーし，室温に放置して乾燥したものを評価用の試料とした。評価条件は光触媒製品技術協議会のガスバッグB法に準拠し，同法で用いるアセトアルデヒドの代わりにホルムアルデヒドおよびアンモニアを使い，他の条件は同一とした。ガスバッグB法では24時間後の濃度を測定するが，光触媒活性によってはそれよりずっと短時間で消臭できることもあり，ガス成分などを考慮して独自にいくつかの測定時間を設定した。

図1はホルムアルデヒドの消臭試験結果である。試験は㈱日本食品分析センターに依頼して実施した。布地などによる吸着効果を除くために，紫外線照射した試験布と暗所保存した試験布の濃度を比較し，より正確に光触媒活性の測定を行った。初期濃度20ppmのホルムアルデヒド濃度が，暗所保存した試験布では4時間後に15ppmになっているのに対して，紫外線を照射した試験布では検出限界（1 ppm）未満になっており，ほぼ100％の消臭率が得られている。

図2はアンモニアの消臭試験結果である。この評価もホルムアルデヒド同様，日本食品分析センターに依頼して実施した。アンモニアの初期濃度は30ppmとした。24時間後のアンモニア濃度は紫外線を照射した試験布では2 ppmとなっており，アンモニア消臭効果を確認できた。

4.2　RD-T1の評価結果

ヒカリアクターTシリーズであるRD-T1については，フィルム密着法での抗菌試験，および洗濯耐久性試験を行った。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℃で乾燥したものを評価用試料とした。

図3は，RD-T1について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

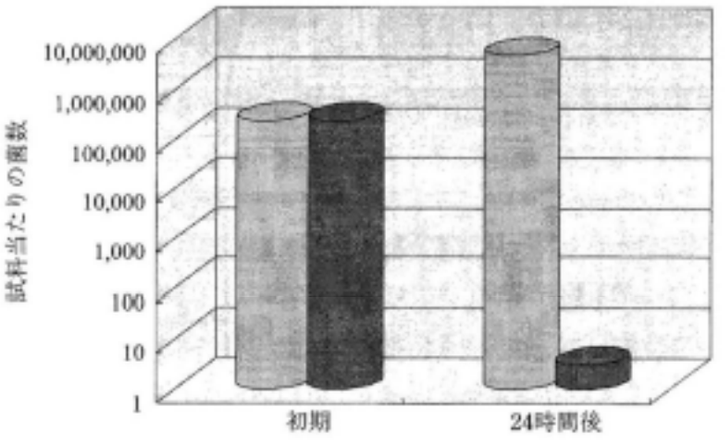

図3　ヒカリアクターT1の抗菌試験結果

■標準布，■加工布

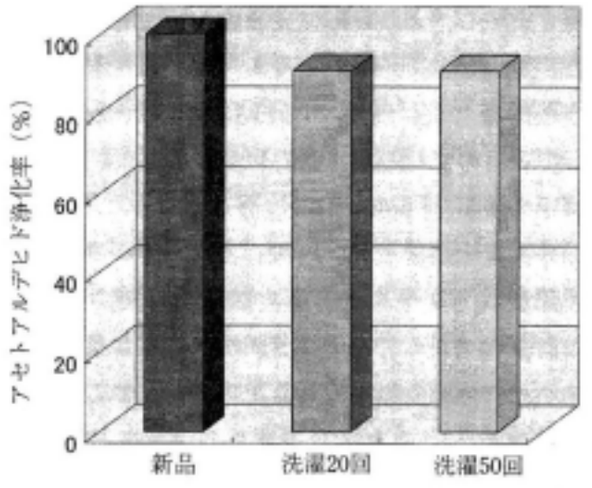

図4　ヒカリアクターT1の消臭試験結果（洗濯耐久性）

る。この試験では，0.1mW/cm²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いなくなっていることがわかる。さらに，RD-T1については，洗濯耐久性についても試験している。

図4は，RD-T1の加工布について，JIS L 0217103号に準拠した方法で家庭洗濯50回相当を実施し，洗濯前後で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1*l*中に5×5 cmの試料を置き，1 mW/cm²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。

4.3　RS-G1の評価結果

ヒカリアクターGシリーズであるRS-G1については，ガスバッグB法による消臭試験を実施した。評価用の試料は15g/m²に相当する量のRS-G1を綿布にスプレーし，室温に放置して乾燥することで作製した。

表2は，RS-G1について，ガスバッグB法に従って実施した消臭試験結果である。ガスバッグB法では，100ppmのアセトアルデヒド3*l*中に5×5 cmの試料を置き，1 mW/cm²の紫外線を照射して20時間後の濃度を測定する。SITPAの基準ではこの試験で70%以上の除去率が必要であるが，RS-G1では100%の除去率が得られてお

表2　ヒカリアクターG1の消臭試験結果

試験ガス	アセトアルデヒド
ブラックライトの型式/ランプ数	National FL40S・BL-B/2灯
検体採取量	5 cm×5 cm
試験片の前処理方法等	紫外線照射3時間
ブラックライトから試験片上面までの距離	約135mm
試験室の温度範囲	24～25℃
試験成立条件の確認	有効
アセトアルデヒド除去率	100%

（試験機関：㈶日本食品分析センター）

り，光触媒による高い消臭性能が確認できる。

4.4　今後の取り組みについて

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さまざまな対象について試験を実施している。これら試験によって，当社のヒカリアクターシリーズが十分な光触媒活性を発揮していることを確認している。

とはいえ，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あわせて取り組んでいる。

5.　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，03年の段階で500億～600億円程度だったとみられている。これは繊維製品をはじめとする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十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あげられる。

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もとでさまざまな動きが出始めている。06年には業界の統一団体をめざして「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づくりが始まっている。さらに東大先端研を中心として「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」（NEDO）が07年度に立ち上がった。このプロジェクトでは，拡大が見込まれる光触媒関連市場に対応して基盤技術の強化と高性能な材料開発技術を提供することや，産学官の交流を促進することをめざしている。

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㈶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。あわせて「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。04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，見学者が光触媒のさまざまな機能を体験することができるようになっている。当社でも光触媒ミュージアムへの出展を認められ，07年3月から光ミストをはじめとして各種製品を展示している。さらにKASTでは子ども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，例年夏休みには子ども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。

以上のような産学官の取り組みにより，光触媒関連市場の伸び率は年々高まってきている。当社は光触媒市場の中でも特に拡大が見込まれている生活関連分野へ向けて製品を提供しており，市場の拡大とともに環境改善という面から社会に貢献していけるものと期待している。

文　献

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) 大谷文章，光触媒標準研究法，東京図書（2005）