光触媒 (酸化チタン)

TiO₂ Photocatalysis

1962年生。1984年中央
大学理工学部工業化学
科卒。現在、東芝ライ
テック(株)環境保全・材
料技術部材料応用技術
担当。

正会員 齋藤 明子
Akiko Saitou

◀キーワード：光触媒，酸化チタン，防汚，蛍光ランプ，消臭

1. はじめに

近年、「光触媒の一般環境への作用」が東京大学の藤嶋教授らによって提案されてから8年を経て、東京大学主催の光触媒シンポジウムも、今年度で6回目を迎えた。その間、光触媒は酸化チタンという一般的な材料であること、光で有機物を分解するというそのクリーンなイメージと効果に汎用性があることから、各業界で広く材料や製品の開発が進められてきた。同時に、トンネル用照明器具を初めとした照明製品への応用範囲も、屋外用や屋内用の照明器具及び光触媒付き蛍光ランプなどへと広がっている。今回はトンネル用照明器具以降の照明関連製品への光触媒応用の現状と今後の動向について紹介する。

2. 光触媒 (酸化チタン) の原理とその作用

光触媒の大きな特徴はその強力な酸化力にある。図1に簡単な酸化チタン光触媒の反応機構のモデル図を示す¹⁾。

光触媒作用は次の順に起こる。

- (1) バンドギャップエネルギー以下に相当する光エネルギーを吸収し、表面が光励起され、電子(e⁻)と正孔(h⁺)ができる(酸化チタンのバンドギャップは3.0 eVなので、波長に換算すると約400nm以下になる)。
- (2) 光照射により生成した電子-正孔のうち、電子は空気中の酸素の還元消費され、正孔は吸着物質を酸化する。

この吸着物質(例えば、有機物(R))を分解する作用は、図2に示すような空気浄化、防汚・抗菌に適用できる。光触媒反応は表面へ接触した際に起こる表面反応であるから、空気浄化の場合は表面積が大きく、活性表面

図1 酸化チタン光触媒の反応機構のモデル図

に触れる付着確率が高い方が脱臭効率は高くなる。

それに対して、防汚・抗菌の場合はこれらが付着しにくい構造、すなわち、表面積は小さく付着確率が小さい方がよい。

一方、最近では、従来の酸化分解型の光触媒反応以外に渡辺氏ら²⁾によって、発見された超親水性現象がある。これは酸化チタン表面に光を当てると接触角でほぼ0度という超親水性となり、数時間から1週間程度は持続し、油に対しても非常に親和性の高い性質があるというものである。図3のように、超親水性を発現する反応の初期過程には光励起によって酸化チタン内部に生じた電子が酸化チタン自体の表面を還元する反応が本質と考えられており、一般環境への作用は防曇や屋外の防汚である。

図2 各光触媒作用とその適した表面

図3 光誘起超親水性の機構

照明製品の光触媒材料は、ほとんどが塗膜化して使用され、要求用途に合わせた形で選択されている。例えば、高強度の膜が要求される箇所にはゾル・ゲル法で形成される高温焼結膜が、あまり強度が要求されず、量産性が重視される場合は微粒子ゾル膜が、基板がプラスチックなどで、焼成できず、かつチョーキングによる膜剥がれを防止したいときは低温硬化する接着層と光触媒層との二層構造の膜が選択される。そして、これらの膜は、明るさ低下を抑えるために、ほとんどが透明である。

3. 屋外用光触媒付き照明器具

屋外環境は、光触媒にとって、その特性を発揮できる絶好の環境である。快晴日には太陽の光が光触媒を活性化し、大気中の排気ガスなどに含まれる油分を分解し、雨天日には、ほこりを洗い流す。図4に示した屋外照明器具の一部位は、この繰り返しによって、防汚効果が顕著に現れた例である。ここでの放置期間は約6カ月で、汚れの成分としては、図5のような成分である。

現在では、このような効果を利用して、道路灯・街路灯・玄関灯などの照明器具へ応用されているが、明るさ維持以外に外観維持のため、ポールにまで塗布するといったニーズが広がりつつある。

照明器具のみならず、建物の外壁やテントなどの屋外の防汚を目的とした箇所でも同様の良好な実績が得られており、メンテナンスコストを低減するための光触媒コート需要は増えてきている。

図4 屋外防汚の効果

図5 道路上の照明器具に付着した成分

4. 屋内用光触媒付き照明器具

屋内の光触媒付照明器具は、それぞれの使用環境に合わせて、作用効果を選択している。

施設用照明器具は光触媒付きの反射板に付着するタバコなどの有機物汚れを分解することで、明るさを維持し、メンテナンスコストを低減させることを目的としている。図6は工場の休憩室すなわち喫煙所で約11カ月使用した照明器具の反射板の分光反射率である。明るさに大きく影響する反射板の反射率は通常器具(光触媒膜なし)が減じているのに対して、光触媒付器具は維持されており、効果があるが、光触媒付反射板の側面(光が照射されない場所)は光触媒膜なしより、かえって反射率が低下している。これは酸化チタン膜がタバコのヤニを吸着しやすく、器具側面は光触媒を活性化するための光量が不足しているため、汚れを吸着する量が分解する量を上回っているのである。この箇所は相対照度に影響がない箇所であるが、外観が悪いという問題が生じ、使用場所が限定されてしまう。しかしながら、メンテナンスコスト低減というメリットは魅力的であり、この技術的課題が解決すれば、用途が広がることが予想される²⁾。

屋外に比べ、屋内の環境は光触媒が必要とする400nm以下の光量が少ないため、多量の有機物を分解させるには不向きである。しかし、臭いのような有機ガスは数ppm以下の分解で効果が得られるため、消臭効果を兼ねた住宅用照明器具の商品化が進んでいる。

特に、光触媒は近年の住宅の気密化に伴う化学物質過敏症の原因の1つと考えられている新建材や接着剤に含まれるホルムアルデヒドの分解力は高い。そのため、これを住空間から分解除去することや生活臭の消臭を目的として、カバーや反射板に光触媒を塗布した天井取付器具や学習スタンド、また、紙を形取った光触媒担持繊維を利用した和風器具が商品化されている。照明器具自体

図6 光触媒付き蛍光灯用器具の反射率変化

は積極的に空気を循環できないため、空気清浄機に比べて、除去率が低いことが問題であるが、照明を点灯するだけで、少しでも、有害ガスや臭いを分解できるという点では、十分に付加価値がある。特に、最近商品化された天井取付器具は空気循環の妨げをなくすために、カバーと反射板の間に隙間を空けるといった工夫がなされている。

5. 光触媒付き蛍光ランプ

既存の照明器具で、光触媒効果を得るために外面に透明な光触媒膜を塗布した蛍光ランプが商品化されている³⁾。屋内用照明器具と同様、汚れ分解・脱臭を主目的として、直管形の20W、40Wが既に商品化され、最近では学習スタンド用30Wに引き続き、環状形も発売された。

図7は、ランプ上で光触媒膜の有無の箇所を作り、1年、台所で使用した例である。油污れに付着した埃は膜がない部分の方が多い結果となっている。一方、消臭効果の方であるが、開発当初、ランプは照明器具に比べ、吸着する面積が少なく、空気清浄機のように自ら積極的に空気の流れを起こせないことから、消臭効果は期待できないと考えていた。しかし、実評価では図8のような結果が得られている⁴⁾。この結果は数カ所の病院と研究所で測定した結果で、薬品保管庫のような極端に臭いの

図7 光触媒付き蛍光ランプの防汚効果

図8 光触媒付き蛍光ランプの消臭効果

多い場所を除いて、ランプ交換後の臭いセンサの値は $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{4}$ に減じている。

この理由は、ランプが複数個使用され、点灯時間が長く、空調などによる空気の流れが寄与するためである。従って、上述のような環境に置かれれば、付加価値としての光触媒効果を引き出すことができる。

6. 光触媒励起用ランプ

光で有害ガスや臭いを除去するといった光触媒脱臭のクリーンなイメージと従来の活性炭方式とは異なり、フィルター交換が不用というメリットから、光触媒付きの空気清浄機や空気清浄機能付きエアコンが商品化されている。これらの中には光触媒励起用ランプが搭載されているが、小型でかつ長寿命である必要があるため、図9に示すような発光スペクトルを持つ冷陰極ランプが使用されている。これらはたいいてい光触媒を担持したメッシュやハニカム焼結体などの光触媒加工品と組み合わせて使用され、消臭効果を得ているが、活性炭に比べて、速効性がないため、除去スピードが要求される箇所では、活性炭やゼオライトのような吸着剤との複合化が検討されている。一方、果物や切り花が自ら発生し、鮮度低下を引き起こすエチレンガスの分解を目的とした鮮度保持装置などは、速効性がなくても、エチレンガスの放出はゆるやかなため、十分な鮮度保存効果が得られている。

7. 光触媒の今後の動向

前述したように、屋外防汚に関しては、顕著な効果が得られていることから、既存設備への現地塗装のニーズも高まっている。今までの光触媒膜塗装材料は、有機チタンの高温焼結タイプ、バインダーに酸化チタンを分散した低温硬化タイプ、過酸化チタンをバインダーとして、低温硬化させるタイプというように、いずれも100℃以上の加熱が必要であり、現地塗装をするには困難である。そこで、最近では、下地の塗装面をチョーキングから保護することを兼ねた接着層と光触媒層との二層からなる常温硬化型の塗装材料が開発された。これにより、手軽に光触媒処理が可能になり、ガードレールや標識などへ現地塗装が可能となっている。

図9 光触媒励起用ランプのスペクトル分布

酸化チタン光触媒を効率良く励起する波長領域は近紫外放射領域であるが、屋内外の光のほとんどは可視光放射であり、これを紫外領域と同様の効率で、利用することができれば、光触媒効果は確実に増大する。そこで、最近では低温プラズマ処理で、酸素欠陥を作ることによる可視光型酸化チタンが開発されるなど、酸化チタン励起波長の可視光化の研究開発がさかんである。この技術開発が進めば、どの照明製品においても光触媒効果は向上し、光量不足による課題が解決できるため、光触媒の応用範囲は広がると期待される。

8. おわりに

光触媒が提案されてから今日まで、光が近傍にあることから、照明関連製品への応用開発や用途検討が行われ、

各使用環境での実力と課題が明確化してきた。今後、光触媒酸化チタンの可視光励起化などにより、残された課題が解決されれば今以上に用途が拡大すると期待している。

参考文献

(1) 橋本, 藤嶋著:酸化チタン光触媒のすべて, シーエムシー, p.15, 41, 60, 238 (1998).
(2) 石崎有義:表面技術1999, Vol.50, No.3, p.253 (1999).
(3) A. Saitou et al.: Photo-catalytic Reaction of TiO₂ Films and Its Application to Lighting Systems, Journal of Light & Visual Environment, 22-1, pp.6-11 (1998).
(4) 齋藤明子:ビルディングマネージメントジャーナル, 8, Vol.20, p.24 (1999).

研究調査委員会報告書頒布のお知らせ

報告書名：高齢者の視覚特性を考慮した照明視環境の基礎検討（JIER-061）

目次

第1章	委員会の目的, 委員会の構成, 活動内容
第2章	視覚特性の加齢効果に関する文献調査結果について
第3章	高齢者視覚研究の実例について
第4章	高齢者に関する内外の研究動向
第5章	住宅所要照度と視覚特性の年齢効果に関する実験
第6章	視覚特性の年齢効果を考慮した住宅における適正照度の検討
第7章	高齢者問題の現状と将来展望

編集：平成11年3月
印刷：平成11年4月
発行：平成11年5月

頒布価格 会員3000円（税抜価格）
会員外3500円（税抜価格）
送料1冊220円

申込方法：必要事項（書籍名, 住所, 氏名, 電話, FAX, 会員は会員番号）をご記入の上, 事務局へお申込下さい。
FAX：03-5294-0102