

放電型光触媒による脱臭と有機物分解

Deodorization and Decomposition of Organic Compounds by Plasma Photocatalyst System

土方 常夫 中条 克彦

■ HIJIKATA Tsuneo ■ NAKAJOH Katsuhiko

東芝が開発した放電型光触媒は、放電によるプラズマと光触媒が持っている強力な酸化機能を組み合わせることを特長としており、気相中の臭気物質や有害な有機物を効果的に分解して無害化することができるシステムである。今回、病院や介護施設のトイレ及びサニタリなどの空間で問題となる臭気の脱臭効果を実証したうえで、小型の壁掛け型脱臭器を製品化した。

更に、放電型光触媒は、単に臭気などを分解するだけでなく、生態系に有害な残留性有機汚染物質に挙げられているポリ塩化ビフェニルやダイオキシン類に対しても分解して無害化する能力が確認されたことで、環境改善技術として新たな施設に対する適用の可能性が示された。

Toshiba has developed a plasma photocatalyst system that features powerful oxidation by combining activated plasma and a photocatalyst to decompose and detoxify odorous substances and harmful organic compounds. The plasma photocatalyst system was confirmed to have a deodorization effect in rest rooms and sanitary spaces of hospitals and nursing facilities, and has been commercialized as a compact wall-mounted deodorizer.

In addition, we have demonstrated that the plasma photocatalyst system decomposes not only odorous substances but also harmful persistent organic pollutants such as polychlorinated biphenyls (PCBs) and dioxins, showing the possibility of applying this system to facilities as an environmental improvement technology.

1 まえがき

各種の施設において、快適でかつ健康的な室内空間を維持するための重要な課題として、空気中に漂う不快な臭気や人体に有害な恐れのある物質を除去することが要求される。この対策として、化学物質を用いた吸着剤で処理する方法もあるが、環境への負荷を最大限に抑制した手段が理想的である。

東芝が開発した放電型光触媒は、化学薬品などは使用せず、放電時に発生する紫外線により光触媒の機能を発揮し、同時に得られるオゾン(O₃)を有効に利用して、気中の臭気物質や有害な有機物を強力に分解することができる技術である。既に、当社の業務用分煙機(東芝エアークリーンシステム)及び家庭用冷蔵庫(光プラズマ鮮蔵庫)において、タバコ臭、食品臭、及び野菜の鮮度維持のためにエチレン(CH₂=CH₂)などを分解する目的で商品化されている。

この技術の幅広い展開を進めるに際して、病院や介護施設のトイレやサニタリ空間で不快感を与える臭気及び、特殊な汚染物処理施設で問題となる残留性有機汚染物質(POPs: Persistent Organic Pollutants)として挙げられるポリ塩化ビフェニル(PCB: Poly Chlorinated Biphenyl)などを分解し無害化できる効果を検証し、病院や介護施設用の脱臭装置を製品化したので紹介する。

2 放電型光触媒とは⁽¹⁾

放電型光触媒は図1に示すように、光触媒モジュール、オゾン分解フィルタ、及び電源装置を組み合わせたシンプルな構成としている。なお、光触媒モジュールは、触媒として表面を二酸化チタン(TiO₂)でコーティングされた多孔質状の光触媒部と電極から成り立っている。放電型光触媒装置の実物の構造を図2に示す。

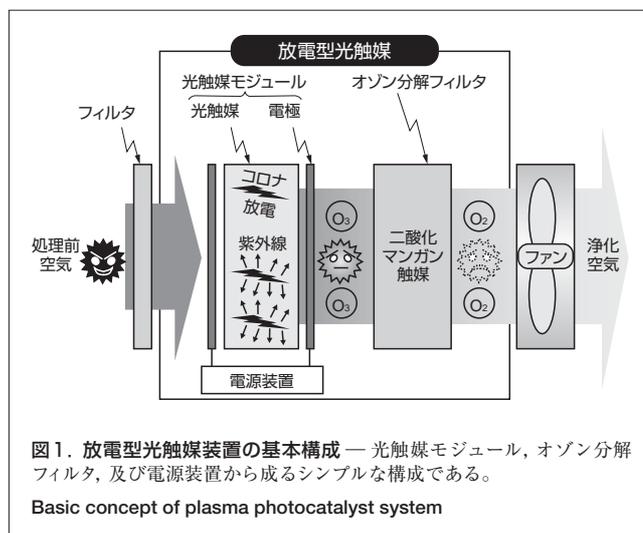
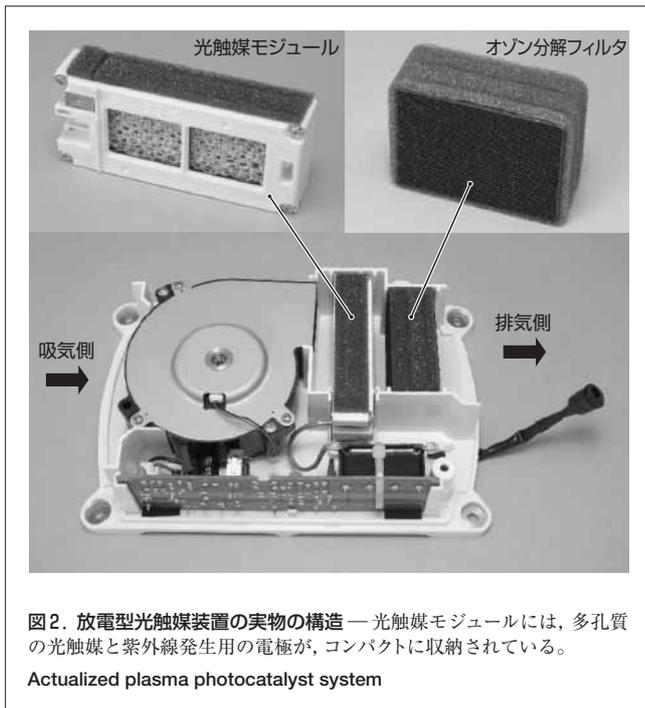


図1. 放電型光触媒装置の基本構成 — 光触媒モジュール、オゾン分解フィルタ、及び電源装置から成るシンプルな構成である。

Basic concept of plasma photocatalyst system



光触媒は、波長380 nm以下の紫外線が照射されると二酸化チタン表面が励起され、触媒表面には電子と正孔が発生する。これらが空気中の酸素や水分と反応して、スーパーオキシドイオン($\cdot O_2^-$)や水酸基ラジカル($\cdot OH$)と呼ばれる非常に酸化力の強い活性酸素種を生成する。その結果、光触媒表面に吸着された臭気物質及び有機物は、これらの活性酸素種によって酸化分解される。

電極に数kVの電圧を印加してコロナ放電を発生させる際に、電極間に挟まれた光触媒の多孔質の空間部が低温度のプラズマ状態になるため、光触媒の内部全面にわたって紫外線を効率良く照射することができる。紫外線ランプは使わないためコンパクトな仕上がりになることも特長のひとつである。また、同時に気相中には、単体で臭気物質及び有機物を酸化分解できる活性酸素種のオゾンも生成している。

下流のオゾン分解フィルタでは、オゾンはフィルタ表面の二酸化マンガン触媒(MnO_2)により、酸素(O_2)と反応性の高いOラジカルへと分解を促進される。オゾン分解フィルタも、吸着性能が高いため、Oラジカルによってフィルタ表面の臭気物質及び有機物を酸化分解する。

3 脱臭及び有機物の分解

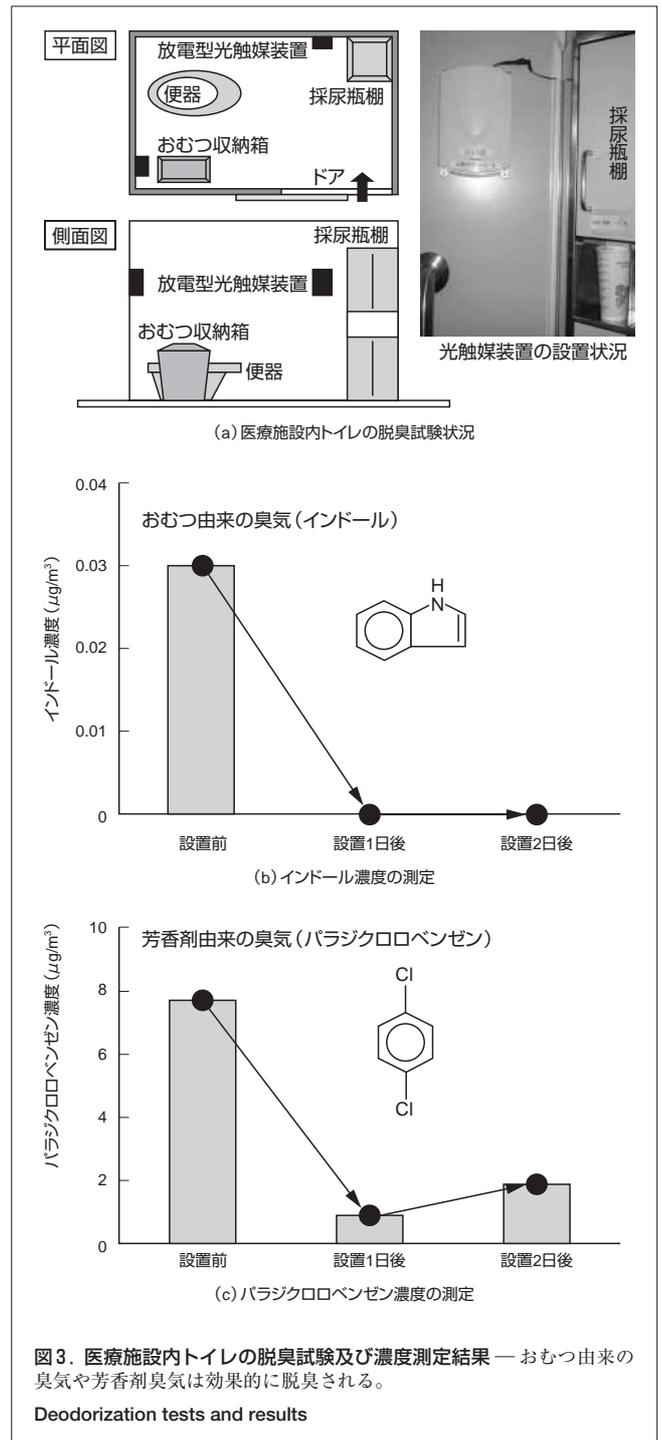
悪臭防止法の指定物質に含まれる硫化水素(硫黄化合物)、アンモニア(アミン類)、アセトアルデヒド(アルデヒド類)、その他エチレン(炭化水素系)などの分解及び除菌効果が確認され、当社の分煙機、冷蔵庫に適用されている。

新たな放電型光触媒の適用の可能性を発掘するために、

病院や今後も増加が予測される介護施設などで問題となる臭気物質及び、汚染物処理施設などで厳重に管理される難分解性のPCBやダイオキシン類に対する分解及び除去性能を検証した。

3.1 医療施設内の脱臭

医療施設としては、総合病院の車いす個室トイレにおいて、図3(a)のように放電型光触媒装置を設置して脱臭試験を実施した。



公認の臭気判定士のもとで、臭気捕集、官能評価及び臭気分析が行なわれた。官能評価の結果、放電型光触媒装置を稼働する前のトイレ空間には便臭物質として、インドールが確認された。インドール臭気はこのトイレ内に常設されているおむつ収納箱から発生するものであった。採尿瓶棚も常設されているが、アンモニア、クレゾールなどの尿臭物質は確認されなかった。この装置を稼働して、翌日及び翌々日に同様に官能評価を行なった結果、インドール臭は検知しきい値以下になり、臭気は感じられなくなった。また、ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS: Gas Chromatograph Mass Spectrometer)による濃度測定においても図3(b)のように、インドール臭気はこの装置を稼働する前の濃度 $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から翌日以降は定量下限値以下に減少し、検出されなかった。

更に、図3(c)に示すように、このトイレ内に置かれている芳香剤由来のパラジクロロベンゼン濃度も低減させる結果となり、以後芳香剤は取り除かれた。この状態で、約半年の間継続して、においが気にならない快適なトイレ空間を維持することができた。

3.2 PCB及びダイオキシン類の分解

今回、POPsの中でもわが国で緊急性が高いPCB及びダイオキシン類を分解及び無害化することを目的として、放電型光触媒の適用の可能性を検討した。気相中のPCBを分解する技術は、PCB汚染廃棄物処理施設内における作業従事者に対して、作業環境中のPCB及びダイオキシン類濃度をより低濃度に維持し、安全衛生を確保するために、その実用化が求められている。

放電型光触媒装置を用いた気相中PCBの分解試験の概念を図4(a)に示す。この試験では、放電型光触媒を通過する気相中PCBの1パス除去率及び分解性能にかかわる基本特性を把握するために、放電型光触媒装置入口(A)と出口(B)からガスを捕集してPCB濃度及びPCBの分解に伴う副生成物を分析した。放電型光触媒によるPCB及びダイオキシン類の1パス除去率を図4(b)と(c)に示す。この装置の入口濃度 $2\sim 2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ におけるPCBに対する1パス除去率は75%~78%程度、入口濃度 $15 \text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ におけるダイオキシン類に対する1パス除去率は87%であり、効果的に気相中のPCB及びダイオキシン類を除去できることが確認された。PCB汚染廃棄物処理施設内の作業環境雰囲気で想定されるPCB濃度も同レベルであるため、この施設においても同等のPCBの除去性能が期待できる。また、光触媒及びオゾン分解フィルタに残留しているPCB量は、試験中に気相中から除去したPCB積算量の5 wt%程度であることも判明し、その結果、気相中から95 wt%以上のPCBが分解されていることを確認した。

更に、放電型光触媒によるPCB分解後の副生成物をGC-MSで分析した結果を表1に示す。この質量分析の結果から、

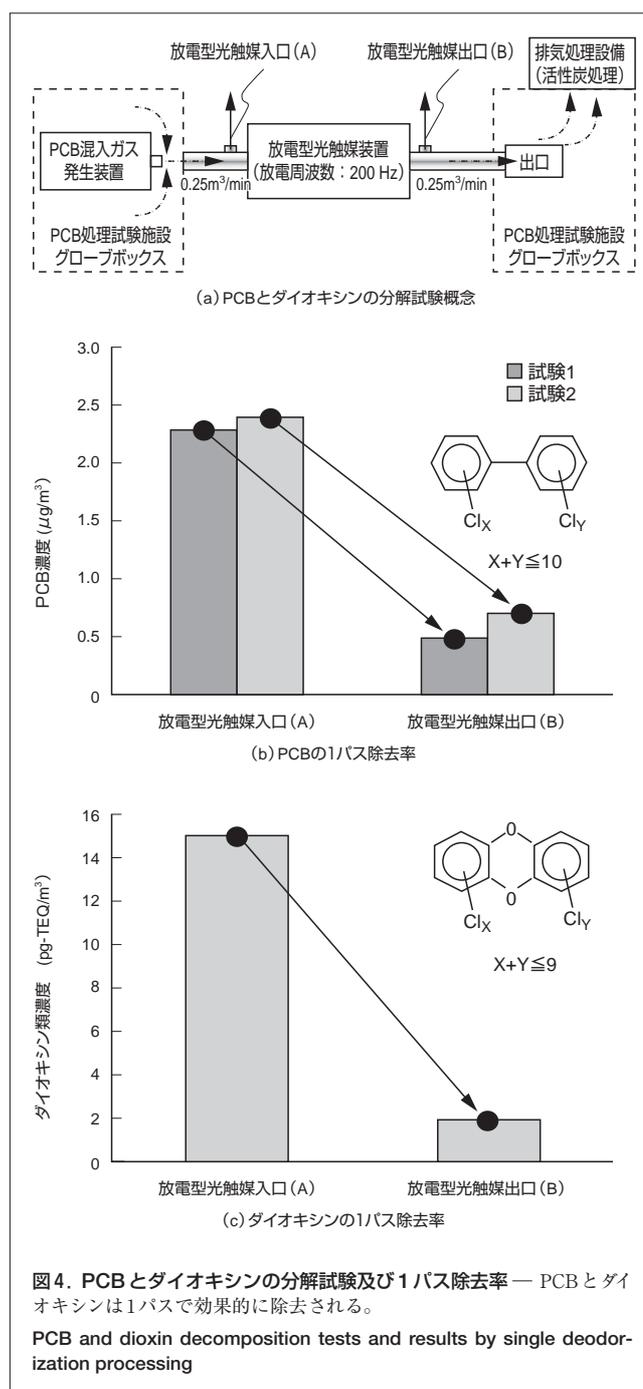


図4. PCBとダイオキシンの分解試験及び1パス除去率—PCBとダイオキシンは1パスで効果的に除去される。

PCB and dioxin decomposition tests and results by single deodorization processing

PCBに対する放電型光触媒の分解によって副生成が懸念されるベンゼン、ビフェニル、クロロベンゼン類は、作業環境にかかわる法規基準値と比較して、問題のない濃度レベルであることが確認された。また、有害な副生成物として懸念されるヒドロキシPCBは定量下限値以下であり、発生は確認されなかった。

以上の結果から、難分解性の有機物とされるPOPsやダイオキシン類を対象とした分解及び無害化技術として、放電型光触媒は有効な手段であることが確認された。

表1. PCB分解後の副生成物

Byproducts after PCB decomposition by plasma photocatalyst system

分析項目	分析濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	基準値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	規定条文
ベンゼン	0.05	3,200*1	作業環境評価基準
ビフェニル	0.0021	1,300	米国産業衛生専門家会議 (ACGIH) 許容濃度
クロロベンゼン類	0.00206	46,000 (クロロベンゼン)	作業環境評価基準
		150,000 (o-ジクロロ ベンゼン)	作業環境評価基準
		60,000 (p-ジクロロ ベンゼン)	産業衛生学会許容濃度
		61,000 (p-ジクロロ ベンゼン)	ACGIH 許容濃度
		37,000 (1,2,4-トリクロロ ベンゼン)	ACGIH 許容濃度
ヒドロキシPCB*2	N.D.*3	—	—

*1: 2005年4月1日 改正値

*2: 法令などによる基準がないため、発生していないことを確認

*3: 定量下限未満は"N.D."と記載。 定量下限値: 0.005 ng/g

4 放電型光触媒脱臭器の製品化

医療施設内での脱臭試験の実績を踏まえて、主に病院や介護施設のトイレやサニタリを対象として、図5に示す仕様と外観の放電型光触媒脱臭器を製品化した。なお、これらの施設以外で臭気対策に課題を抱える、公共施設、宿泊施設、商業施設などのユーザーにも十分に適用できる仕様としている。また、この製品は直流12V電源でも使用できるため、貨物車輛の荷台空間の臭気及び有機物を分解除去するなど、幅広く使用できる製品とした。

5 あとがき

放電型光触媒装置により医療施設で実際に使用されているトイレの検証試験を行い、病院や介護施設をはじめとしたトイレやサニタリ空間に適用できる放電型光触媒脱臭器を製品化した。

また、PCB及びダイオキシン類を分解し無害化できる特性を確認できたことで、放電型光触媒は一般的な臭気から難分解性の有機物に至るまで、優れた浄化能力を発揮することが予測される。今後も、室内環境空間の改善に幅広く応えられる技術シーズとして、開発及び商品化を進める。

電源	DC12V (AC100Vアダプター付き)
入力電流	13 A
消費電力	8 W
使用環境	温度5~35℃ 相対湿度20~80%
風量	6.6 m ³ /h
質量	800 g
外形寸法	幅150×奥行70×高さ224 mm
取付方法	壁掛けタイプ

DC: 直流 AC: 交流

(a)仕様



(b)外観

図5. 放電型光触媒脱臭器の仕様と外観 — 製品は、小型の壁掛け型とし、また、AC100V及びDC12Vの両電源に対応可能とした。

Wall-mounted deodorizer and specifications

文献

- (1) 服部隆雄. 放電型光触媒による環境浄化装置. 東芝レビュー. 56, 12, 2001, p.70-71.



土方 常夫 HIJIKATA Tsuneko

産業システム社 事業開発推進統括部 事業開発推進室参事。
有機物分解事業の開発に従事。
New Business Promotion Div.



中条 克彦 NAKAJOH Katsuhiko

産業システム社 事業開発推進統括部 PCB処理事業推進室。
PCB処理事業の開発に従事。
New Business Promotion Div.