

## 光触媒 (TiO<sub>2</sub>) と紫外線 LED を用いた悪臭除去装置 ( )

平島康\* , 香川敏昌\*\* , 松原敏夫\*\*\*

### 抄 録

光触媒 (二酸化チタン) の悪臭除去効率を、紫外線光源に LED を用いて、パルス照射と連続照射の場合とを比較した。アセトアルデヒド 20ppm の分解実験では、連続照射より数 m 秒周期のパルス照射を行った方が優れていた。また、照射率 (点灯時間 / 周期) を変化させたとき 20 ~ 50% で良好な除去率を示した。これは、光触媒表面への悪臭ガスの吸着は点灯時より消灯時の方が効率よく、光分解は短時間で終わること示している。

### 1 はじめに

二酸化チタン光触媒の一般的な機能は、消臭・脱臭、抗菌・殺菌、防汚・防曇などである。これらのうち、商品開発が最も進んでいるのは消臭・脱臭の分野であり、空気清浄機など多くの商品が市販されるようになった。それらの商品に組み込まれている二酸化チタンを励起するための紫外線光源には、太陽光をはじめブラックライト、水銀ランプの他、紫外線 LED も利用されるようになってきた。紫外線 LED は比較的高価であるが、素子が小型であるためコンパクトな設計が可能であり、また、長寿命という特徴もある。紫外線 LED には、そのほか、パルス照射できるという特徴もあるが、装置制御部の加熱防止という目的で使用されているだけで<sup>1)</sup>、パルス照射等の照射条件と二酸化チタンの消臭・脱臭能力との関係についての研究はほとんど見られない。

そこで、本研究では、二酸化チタンに対して、紫外線 LED を連続照射させた場合、あるいは、種々の周期や照射率でパルス照射を行った時の二酸化チタンの悪臭除去効率に及ぼす影響について検討を行った。

また、このような消臭・脱臭方式では、対象ガスが低濃度になった場合、境界拡散抵抗により除去効率が著しく低下するという問題がある。本研究では、LED のパルス照射に微細振動を付加した時の、二酸化チタンと悪臭ガスとの接触確率と消臭・脱臭能力との関係についても検討を行った。

### 2 実験方法

#### 2.1 実験材料

二酸化チタン TiO<sub>2</sub> (アナターゼ型) は、ミレニアム社の PC-500 (比表面積 250m<sup>2</sup>/g) を使用した。その微粉末を水で混練、造粒した後、600, 800 で焼成処理した。その他、セッコウ 10% を加え 70 で乾燥

処理した試料も作製した。また、紫外線 LED は日亜化学工業 (株) 製の NSHU550 (ピーク波長 375nm) を、試験ガスにはアセトアルデヒド、ホルムアルデヒドを使用した。

#### 2.2 実験装置

悪臭浄化試験は、図 1 のような装置を使用した。装置内部に 22 × 16 × 2mm の TiO<sub>2</sub> 層を設け、その上下に各々 6 個の LED を設置した。TiO<sub>2</sub> 層表面の紫外線強度は 600 μW/cm<sup>2</sup> に調整した。装置の一方から所定の濃度に調整した悪臭ガスを送り、光触媒層を通過したガスを他方からテドラバッグに採取した。そして、そのガス濃度変化から悪臭除去効率を算出した。ガスの移送には流量調整可能なエアポンプを使用した。装置内の LED は、パルス周期、照射率 (点灯時間 / 周期) を調節できるようにした。また、装置の下部に可変振動装置 (1 ~ 300Hz) を取り付けて、悪臭除去効率に対する微細振動の効果についても検討できるようにした。

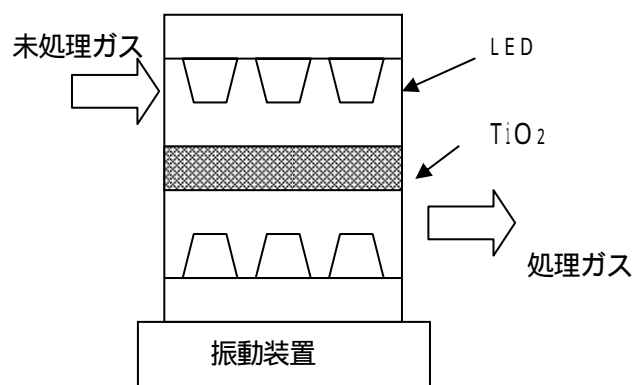


図1 悪臭除去装置

#### 2.3 ガス濃度測定

ガス濃度の測定には、(株)ガステック製の気体検知管を使用した。

\*材料技術課, \*\*企画情報課, \*\*\*電子機械課

### 3 結果と考察

#### 3.1 焼成処理

TiO<sub>2</sub>は微粉末であるが、実際の使用では、一定の大きさに整える造粒処理と、使用中に破壊されない程度の機械的強度を付与することが必要である。その目的で焼成処理を行うと、温度が高くなるに従って、機械的強度は向上するが、比表面積が低くなり吸着力も低下する。本実験での600, 800 焼成試料の比表面積は、それぞれ、43, 13 m<sup>2</sup>/gであった。

#### 3.2 連続照射とパルス照射

図2に連続照射、およびパルス照射でのパルス周期に対するアセトアルデヒドの除去率を示す。実験条件は、ガス濃度 20ppm、線速度 0.0042m/s、温度 20℃、照射率 50%とした。TiO<sub>2</sub>は600 焼成の顆粒を使用した。連続照射では約 80%の除去率となったが、パルス照射の場合、パルス周期が 10ms より長い領域では、連続照射の約 1/2 の除去率を示した。しかし、それよりパルス周期が短くなるに従って除去率は向上し、1~2ms では、連続照射と同程度か、それ以上の除去率となった。さらに短いパルス周期になると除去率は再び低下した。

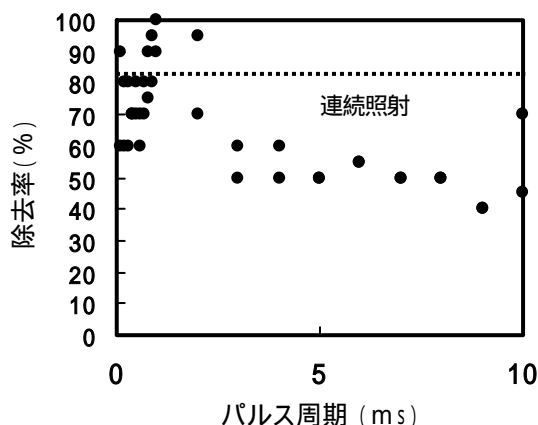


図2 アセトアルデヒドの分解 (20ppm)  
(TiO<sub>2</sub>: 600 焼成)

#### 3.3 吸着・分解モデル

照射率が 50%であるにも関わらずパルス周期が 1~2ms と短い領域では連続照射と同程度以上の除去率を示す理由は、TiO<sub>2</sub>表面でのアセトアルデヒドの吸着と分解が図3のように行われているものと推察した。まず、LED 点灯時は吸着と分解が同時に起こるが、分解されたガスによって吸着がやや阻害されるものと考えられる。連続照射はその状態が継続したものである。それに対し、LED 消灯直後の吸着量は大きく、時間経過と共に吸着量は急激に減少する。従って、吸着量が減少する前に速やかに再点灯すれば、消灯時に吸着したガスも同時に分解して、全体として連続点灯と同程度以上の除去率が得られるものと考えられる。また、消灯時間が長くなると、消

灯直後の比較的大きな吸着量の占める割合が徐々に減少し、除去率は照射率の値に近づくものと考えられる。

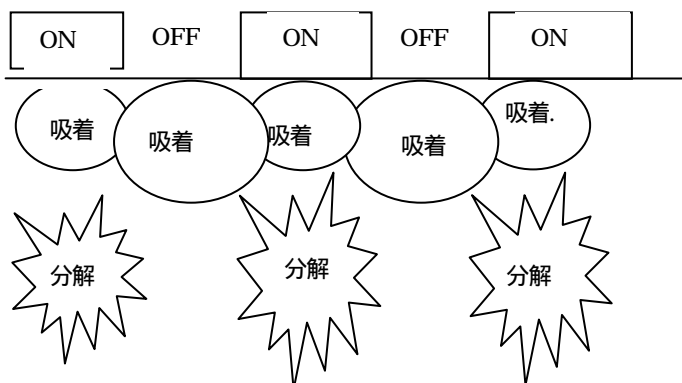


図3 吸着・分解モデル

#### 3.4 微細振動の付与

紫外線 LED のパルス照射によって除去率が向上する現象は、使用する TiO<sub>2</sub>のガス吸着能力、すなわち比表面積の値に影響を受けるものと考えられる。800 焼成の TiO<sub>2</sub>を使用した実験では、10ms のパルス周期の時の除去率は 30%に満たなかった。TiO<sub>2</sub>が光触媒作用を発揮するのは、ガス吸着以外の方法であっても、その表面とのガス接触確率を高くすればよい。本実験では装置全体に 180Hz の振動を付与したところ、除去率は 2 倍以上に向上した。また、この場合でも連続照射より照射率を小さく OFF タイムを長く設定した方が優れた除去率を示した (図4)。

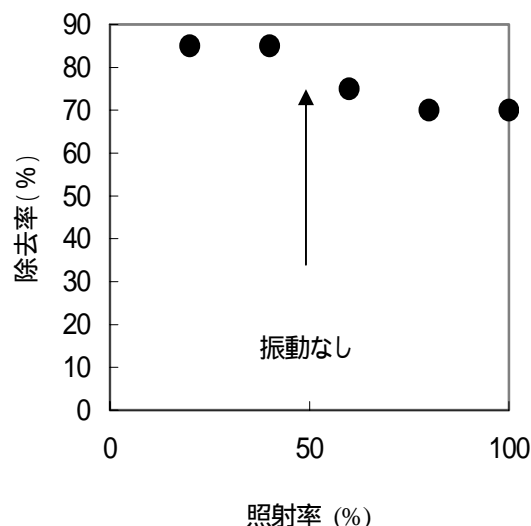


図4 アセトアルデヒドの除去率

(CH<sub>3</sub>CHO:20ppm, 180Hz, TiO<sub>2</sub>:800 )

#### 3.5 ホルムアルデヒドの除去

シックハウス症候群の主成分はホルムアルデヒドであるが、環境基準が 0.08ppm と規定されているよ

うに低濃度での汚染が問題となっている。これまで述べたように、 $\text{TiO}_2$ 光触媒の分解効率はガスの $\text{TiO}_2$ への吸着速度に影響を受ける。従って、ガスが低濃度になり、濃度差による駆動力が小さくなると除去効率も低下する。ホルムアルデヒドの場合も、200Hzの振動を付与して連続照射で実験を行ったところ、3ppm以上の濃度では90%の除去率が得られたが、0.5ppmになると40%と急激に低下した。しかし、パルス照射でその周期を30ms程度に設定すると、OFFタイムの吸着が有効に利用され、80%以上の除去率となることが分かった。しかし、パルス周期が数msでは、除去率は再び低下した(図5)。この現象は、OFFタイム時のガス吸着が、数msという短時間では十分に行われていないと考えられる。そこで、1msのパルス周期で照射率を変化させ、OFFタイムの割合を多くすると照射率1%のとき除去率は約80%となった。つまり、低濃度のホルムアルデヒドの場合には、十分なOFFタイムをとり、ごく短時間照射するような設定が効果的であることが分かった。

以上のことより、状況に応じたLEDのパルス照射は、広い濃度範囲のガス分解除去に対応が可能であり、同時に、消費電力を著しく低減でき、LEDの長寿命化も期待できる利用技術であることが分かった。

#### 4 まとめ

LEDのパルス周期と照射率の適切な設定で種々の濃度のアルデヒド類ガスの効率的な除去が可能である。

LEDの点灯時間を著しく削減できるので消費電力の節約、また、光源の長寿命化が可能である。対象ガスが低濃度である場合、あるいは、吸着能力が低い時には微細振動を付加してガスとの接触確率を高めることが有効である。

#### 参考文献

- 1) 特許公開公報(特開2002-98375) 豊田合成(株)

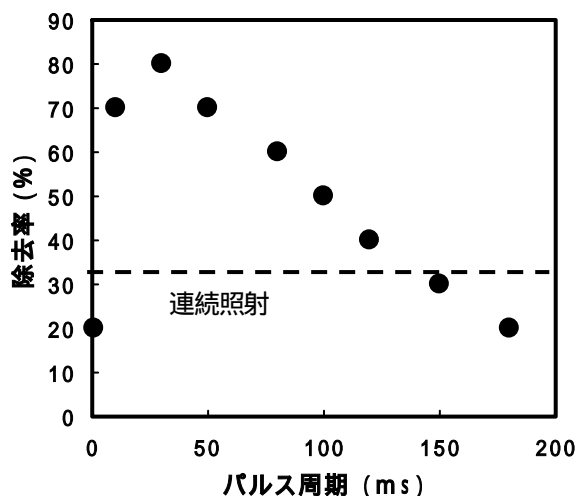


図5 ホルムアルデヒドの分解(0.5ppm)  
(照射率 50%, 200Hz,  $\text{TiO}_2$ :70 )