

## 高性能脱臭剤の開発 (第4報)

### 光触媒分解ユニットの検討

青山 進, 山本 健, 中濱久雄\*<sup>1</sup>, 松浦 力

## Development of High Performance Deodorants IV Examination of photocatalyst decomposition unit

AOYAMA Susumu, YAMAMOTO Ken, NAKAHAMA Hisao\*<sup>1</sup> and MATSUURA Tsutomu

The decomposition unit was produced using the porous photocatalyst silica gel with the adsorptivity with the permeability of the ultraviolet ray. The performance of the decomposition unit was evaluated using the continuous gas of the toluene (21~23ppm concentration and 52~55% humidity at 2L/min flow rate).

As the result, the toluene concentration of toluene test gas after the decomposition unit passage became almost fixed at about 18ppm. The toluene degradation rate was about 22%, when the degradation rate was calculated as a result of resolving the toluene concentration lowering minute into carbon dioxide all.

光触媒材料として多孔質で吸着性能を有し、紫外線の透過性がある光触媒シリカゲルを用いて分解ユニットを作製し、分解ユニットにトルエンの連続ガスを流して性能を評価した。

濃度 21~23ppm、湿度 52~55%のトルエン試験ガスを流量 2L/min で分解ユニットに流して性能を評価した結果、分解ユニット通過後のトルエン試験ガスのトルエン濃度は約 18ppm でほぼ一定になった。トルエン濃度低下分がすべて二酸化炭素に分解されたものと仮定して、トルエン分解率を求めると約 22%となった。

キーワード：光触媒、シリカゲル、トルエン、分解ユニット

## 1. 緒 言

近年、ダイオキシン、シックハウス問題等の影響から悪臭への関心も高まり、悪臭に対する苦情件数が急激に増加している。そのため、悪臭防止対策が重要となっている。

悪臭防止対策の一つとして脱臭技術があり、その方法には洗浄法、吸着法、オゾン酸化法、生物脱臭法、燃焼法、消臭剤噴霧法、プラズマ脱臭法、光触媒脱臭法等様々なもの<sup>1)</sup>がある。これらの中で吸着法は装置として最も多く利用されている<sup>2)</sup>。吸着法の特徴は、低濃度で大風量の悪臭をコンパクトな装置で除去できることである。

しかしながら、吸着法は、吸着剤の吸着能力が飽和に達してしまうと脱臭能力がなくなることから、吸着剤の交換もしくは再生が必要となる。吸着剤の再生を考えた場合、装置内の再生の方が装置外の再生より交換の手間等を考慮するとメリットが大きい。装置内の再生方法は、比較的簡易な装置で行える加熱による脱着再生がよい。

また、装置内再生で脱着した悪臭は、室内にそのまま排出することはできないことから、悪臭の分解が必要となる。分解方法は、オゾン、燃焼、プラズマ、光触媒等

を利用した方法がある。これらの中で光触媒は比較的簡易な装置で行えるメリットがある。

そこで、本報告では、吸着剤の加熱再生時に発生する悪臭を分解するための光触媒分解ユニットについて検討した。光触媒材料として多孔質で吸着性能を有し、紫外線の透過性があるシリカゲルに酸化チタンをコーティングしたもの(以下光触媒シリカゲル)を用いた。光触媒シリカゲルは、多孔質及び吸着性能により悪臭物質との接触面積・時間を確保でき、シリカゲルの紫外線透過性により通常紫外線が当たらない裏側においても紫外線が照射されるメリットがあるため選択した。対象悪臭物質は、様々な材料に用いられシックハウス対策において室内濃度指針値が示されているトルエンを用いた。

## 2. 実験方法

### 2.1 光触媒シリカゲル

光触媒シリカゲルは、平均細孔径 15nm の HQC21 と平均細孔径 50nm の HQC51 (いずれも新東 V セラックス(株))を使用した。

### 2.2 試験ガスの作製

光触媒シリカゲルの性能を評価するための試験ガスとしてトルエンガスを使用した。トルエンガスはディフュージョンチューブにトルエン(試薬特級、和光純薬工業(株))を入れ、パーミエーター (PD-1B-2, (株)ガステック)に

平成 16 年度地域産業集積中小企業等活性化補助金 関連  
機関支援強化事業費補助事業

2005.6.30 受理 生活技術部

\*1 情報技術部

より発生させた。

### 2.3 光触媒シリカゲルの性能評価試験

容積 30L のテドラーバッグ内に 2.2 で作製したトルエンガスを入れ、トルエン試験ガスとした。

内径 75mm のシャーレに光触媒シリカゲルをシャーレの面積の約 1/2 入れたものを容積 3L のテドラーバッグ内に入れ、中の空気を抜いて密閉した。その後、トルエン試験ガスを一杯になるまで入れた。このテドラーバッグを、1 つは 20W ブラックライト蛍光灯 2 本用いて紫外光を照射し、1 つは遮光バックに入れて暗所に静置した。

そして、それぞれのテドラーバッグについて 2 時間後のトルエン濃度および二酸化炭素濃度を測定した。二酸化炭素の濃度を測定することで、光触媒反応によるトルエン分解の割合がわかる。トルエン濃度、二酸化炭素濃度は、それぞれトルエン検知管 (No. 122, 122L, (株)ガステック)、二酸化炭素検知管 (No. 2LC, (株)ガステック) で測定した。紫外線照度は、紫外線強度計 (UM-10, 受光部 UM-360, ミノルタ(株)) で測定し、約 1.6mW/cm<sup>2</sup> (測定波長域 310~400nm, 分光応答ピーク波長 365±5nm) であった。

また、吸着剤の加熱再生時に発生するトルエンの分解を光触媒シリカゲルで行うことから、トルエンの温度は室温より高くなることが予想される。そこで、光触媒反応の温度の影響を調査するために、上記と同様に光触媒シリカゲルを入れた 3L テドラーバッグを 30℃、60℃ の恒温槽に入れ、20W ブラックライト蛍光灯 1 本用いて紫外光を照射した。それぞれのテドラーバッグについて 2 時間後のトルエン濃度および二酸化炭素濃度を上記と同様の方法で測定した。紫外線照度も上記と同様に測定し、30℃ で約 1.0mW/cm<sup>2</sup>、60℃ で約 0.9mW/cm<sup>2</sup> (測定波長域 310~400nm, 分光応答ピーク波長 365±5nm) であった。

### 2.4 分解ユニットの性能評価試験

図 1 に示すように光触媒シリカゲル HQC21 をガラス管内に 1 層入れ、6W ブラックライト蛍光灯を 1 本用いて分解ユニットを作製し、分解ユニットにトルエン試験ガスを連続で流して性能を評価した。

トルエン試験ガスの湿度調整を行うために純水中を通した空気をトルエン試験ガスに混合し、水蒸気検知管

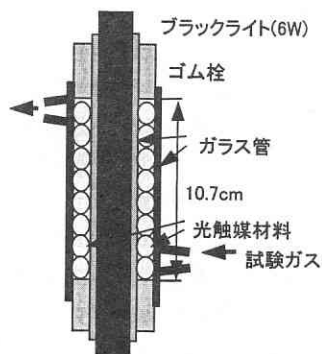


図 1 分解ユニットの概略図

(No. 6, (株)ガステック) で湿度を測定した。

分解ユニット通過後のトルエン試験ガスのトルエン濃度は、自動ガスサンプラー (GS5000AP, ジーエルサイエンス(株)) によって一定時間ごとにトルエン試験ガスをガスクロマトグラフ (GC-6AM, (株)島津製作所) に導入し、熱伝導度検出器、カラム SBS-120 12% SHINCARBON A 80/100 2.0m×3.0mm I.D. SUS (信和化工(株)) により測定した。また、分解ユニット通過後のトルエン試験ガスを 1L のテドラーバッグに採取し、二酸化炭素検知管 (No. 2LC, (株)ガステック)、トルエン検知管 (No. 122, 122L, (株)ガステック) により二酸化炭素、トルエンの濃度を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 光触媒シリカゲルの性能評価

光触媒シリカゲル HQC21, HQC51 について性能評価した結果を図 2 および 3 に示す。作製したトルエン試験ガスは 155ppm であった。

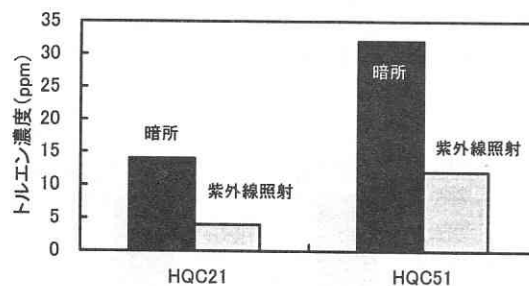


図 2 光触媒シリカゲルの性能評価 (トルエン)

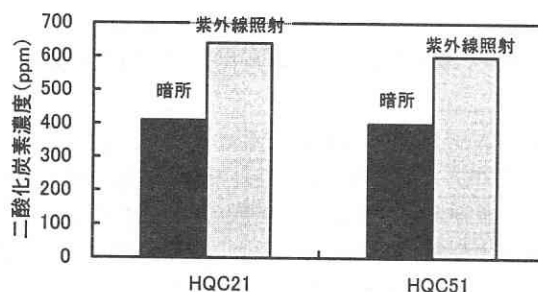


図 3 光触媒シリカゲルの性能評価 (二酸化炭素)

光触媒シリカゲルによる光触媒反応では、紫外線照射によって光触媒シリカゲル表面に接触もしくは吸着しているトルエンの一部が分解されて二酸化炭素になる。したがって、図 2 および 3 より紫外線照射においてトルエン濃度が低く、二酸化炭素濃度が高い HQC21 の方が HQC51 よりトルエンの脱臭に適していることが確認できた。検知管による測定なので正確な値ではないが、紫外線照射による二酸化炭素増加分から推測される HQC21 のトルエンの分解率は、以下の式から約 20% であった。

$$\text{分解率(\%)} = \frac{\text{暗所と比較して紫外線照射により増加した二酸化炭素発生量(ppm)}}{\text{トルエン試験ガスすべてが酸化分解したと仮定して計算により求めた二酸化炭素発生量(ppm)}}$$

### 3.2 光触媒反応の温度の影響

光触媒シリカゲル HQC21, HQC51 について 30℃, 60℃ 下で性能評価した結果を図4および5に示す。作製したトルエン試験ガスは 150ppm であった。

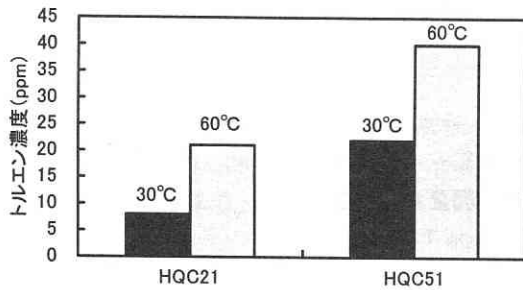


図4 光触媒反応の温度の影響 (トルエン)

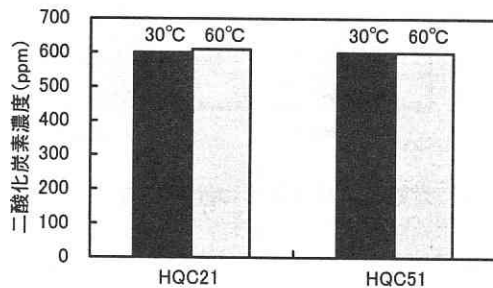


図5 光触媒反応の温度の影響 (二酸化炭素)

図4より HQC21, HQC51 ともにトルエン濃度は 30℃より 60℃の方が高くなった。これは物理吸着が低温において吸着量が大きくなるのが原因と考えられる。

図5より HQC21, HQC51 ともに二酸化炭素濃度は 30℃, 60℃でほとんど変わらなかった。30℃と 60℃とでは光触媒反応によるトルエン分解にほとんど差がないことがわかった。

### 3.3 分解ユニットの性能評価

光触媒反応は空気中の水分と反応して酸化分解力の高いヒドロキシラジカルが生じ、このヒドロキシラジカルがトルエンの分解を行うこと<sup>3)</sup>から、トルエン試験ガスの湿度が分解ユニットの性能に及ぼす効果について検討した。また、漏れてくる紫外線を有効利用する目的でガラス管の周りにアルミホイルを巻くことが分解ユニットの性能に及ぼす効果について検討した。これらの結果を表1に示す。

表1よりトルエン試験ガスの湿度11%と85%とを比較した結果、85%の方が二酸化炭素濃度が高く、光触媒反応によるトルエン試験ガスの分解が進むことがわかった。ユニット通過後のトルエン濃度が湿度85%の方が高いのは、光触媒シリカゲルへの水分吸着の影響が考えられる。

また、表1よりガラス管の周りにアルミホイルを巻いて行った結果、アルミホイルを巻かなかった直前の二酸化炭素濃度が 530ppm に対してアルミホイルを巻いて 35分経過後が 550ppm とほとんど変化しなかった。この結果、アルミホイルの効果がほとんどないことがわかった。ユニット通過後のトルエン濃度はアルミホイルを巻くことにより高くなった。これはアルミホイルを巻いたことにより分解ユニット内部の温度が上昇したため、光触媒シリカゲルの吸着能力が低下したためと考えられる。

表1 分解ユニットの性能評価

試験ガス湿度 (%)	流量 (L/min)	ライト照射時間 (分)	トルエン (ppm)	二酸化炭素 (ppm)	備考
11	0.3	0	150	410	開始時(試験ガス)
		132	2以下	480	
		380	60	480	
85	0.4	0	125	450	開始時(試験ガス)
		126	17	600	
		197	60	530	
		257	76	550	アルミホイル設置後35分
		395	83	500	アルミホイル設置後173分
		440	70	510	アルミホイル撤去後45分
		照射なし	34	430	ブラックライトOFF後56分(開始時から518分経過)

次に、トルエン試験ガスの条件を濃度 21~23ppm, 湿度 52~55%, 流量 2L/minとして分解ユニットの性能を評価した。分解ユニット通過後のトルエン試験ガスのトルエン濃度をガスクロマトグラフで測定した結果を図6に示す。

図6より分解ユニット通過後のトルエン試験ガスのトルエン濃度は約 18ppm でほぼ一定になった。また、ブラックライトを消灯すると分解ユニット通過後のトルエン濃度がほぼ分解ユニット通過前の 22ppm になり、再びブラックライトを点灯すると分解ユニット通過後のトルエン濃度が約 17ppm になった。これは、光触媒シリカゲルのトルエンの分解によって、分解ユニット通過後のトルエン濃度が下がったためと考えられる。分解ユニット通過後のトルエン試験ガスの二酸化炭素濃度を測定した結果でも二酸化炭素の増加が確認できた。トルエン濃度低下分がすべて二酸化炭素に分解されたものと仮定して、トルエン分解率を求めると約 22%となった。ライト再点灯直

## 4. 結 言

光触媒材料として多孔質で吸着性能を有し、紫外線の透過性がある光触媒シリカゲルを用いて、トルエンの分解について検討した。また、光触媒シリカゲルを用いて分解ユニットを作製し、分解ユニットにトルエンの連続ガスを流して性能を評価した。

その結果、平均細孔径 15nm と 50nm の光触媒シリカゲルでは 15nm の方がトルエンの脱臭に適していた。また、30℃と 60℃の雰囲気中では光触媒反応によるトルエン分解にほとんど差がないことがわかった。

さらに、濃度 21~23ppm、湿度 52~55%のトルエン試験ガスを流量 2L/min で分解ユニットに流して性能を評価した結果、分解ユニット通過後のトルエン試験ガスのトルエン濃度は約 18ppm でほぼ一定になった。トルエン濃度低下分がすべて二酸化炭素に分解されたものと仮定して、トルエン分解率を求めると約 22%となった。

## 文 献

- 1) 檜山和成：実例にみる脱臭技術，工業調査会，1999，p.40-60.
- 2) 檜山和成：実例にみる脱臭技術，工業調査会，1999，p.39.
- 3) 例えば，藤嶋 昭，橋本和仁，渡部俊也：光触媒のしくみ，日本実業出版社，2000，p.72-73.

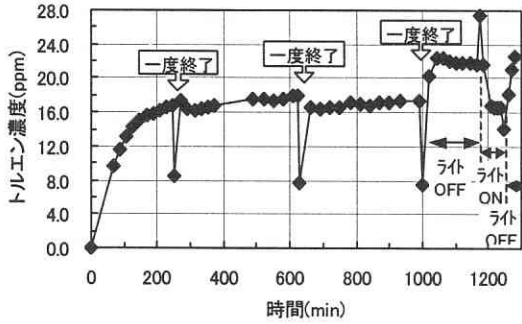


図6 分解ユニットの性能評価

後分解ユニット通過後のトルエン濃度が一旦増加したのは、ライト点灯により分解ユニット内の温度が上昇したため吸着能力が低下し、光触媒シリカゲルに吸着していたトルエンが放出されたためと考えられる。

しかしながら、長時間トルエン試験ガスを流した光触媒シリカゲルは、徐々に茶色に変色した。ブラックライトを点灯せずにトルエン試験ガスを流した場合には変色しなかった。これは、光触媒反応によってトルエンの一部が炭化物に変化したためと考えられている。この着色は、トルエン試験ガスを流さずに紫外線照射を行うことで徐々に除去することができる。また、光触媒のトルエン分解率を向上させることで着色を低減させることができると考える。

今後は、トルエン分解効率のよい分解ユニットの条件（光触媒シリカゲルの量、分解ユニットに流すトルエン試験ガスの濃度、流量等）を検討する。