

水中気泡界面での光触媒反応を利用した有機汚染ガスの分解処理に関する研究

プロジェクト代表者：関口 和彦 (大学院理工学研究科・助教)

1. はじめに

産業発展に伴い、空気浄化分野における有機汚染ガスの高度処理、分子レベルでの制御が重要となっている。光触媒 (TiO_2) 分解は、光エネルギーをもとに有害物質を無害化でき、さらに半永久的に使用できることから、省エネの観点からも注目されている技術の一つである。この光触媒を液相系内で用いて気相汚染物質を液相内で分解することで、分解生成物である水溶性有機化合物 (WSOC) を液相系内に捕捉でき二次汚染の問題を軽減できるが、その効率の低さが問題とされている。

そこで、本プロジェクト研究では、マイクロバブル発生装置を用いて有機汚染ガスをマイクロオーダーの気泡として反応器内へ導入し、光触媒との接触確率を向上させる高效率分解を試みた。

2. 実験装置および方法

Fig. 1 に示すようなパイレックス製反応器内に、超純水 (6 L) と粉末状 TiO_2 光触媒 ($\text{TiO}_2(\text{S})$, P 25, 0.75 g/L)、水中用紫外線ランプ (主波長 365 nm (UV_{365})、主波長 254 nm (UV_{254})) を導入し、さらに微細気泡を発生させるマイクロバブル(MB)発生装置を設置した。本 MB 発生装置は、超高速回転方式であり、循環水(7 L/min)による空気自給式のため、流量は流量調節弁により調整される。対象汚染ガスとして、トルエンガス (5 ppm) を反応器内にマイクロオーダーの気泡 (MB) として導入し、実験を行った (MB/UV/ $\text{TiO}_2(\text{S})$ 系)。MB と比較を行うために使用した、ミリオーダーの気泡を発生させるガラスフィルターでは、トルエンガス (5 ppm) を 1 L/min にて反応器内に導入した (GF/UV/ $\text{TiO}_2(\text{S})$ 系)。トルエンガスを導入後に水中用紫外線ランプを照射し実験を開始した。水温は 20 一定に保ち、Fig. 1 の S2 から採取したトルエンガスを水素炎イオン化検出器付ガスクロマトグラフ (GC-FID) にて定量し、実験開始後、トルエンガス濃度が一定となる値から除去率を算出した。なお、ランプの本数影響を見る際には、1 本の場合には 1、3 本の場合には 3 にランプを設置した。

3. 結果と考察

3.1. ガス流量の影響

MB は、ガス流量によって気泡径が異なり、それに伴い MB 特有の特徴が発揮されることが報告されている¹⁾ため、流量変化に伴うトルエンガスの除去率の影響について調査した。

Fig. 2 より、流量が遅くなるにつれてトルエンガスの除去率が大きく向上する傾向が得られた。一般に、ガス流量を遅くするにつれて、気泡径は小さくなり、密度、表面積に関しては増加すると報告されている¹⁾。そのため、流量が遅いほど効率的

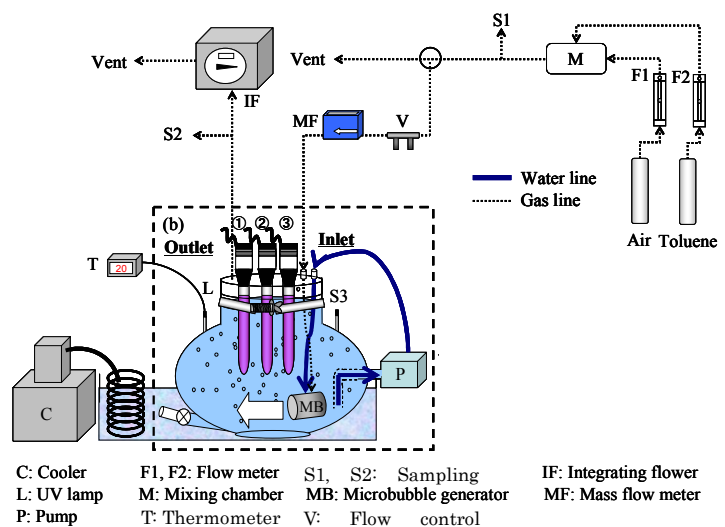


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental setup.

に光触媒と接触する、または上昇速度が遅いという MB の特徴が発揮されやすくなり、除去率が向上したものと考えられた。以上より、スケールアップにおいては MB の個数を増やす等の対策が考えられるため、低流量であるが最も効率の高い 0.20 L/min にて以降の実験を行うこととした。

3.2. ガス状汚染物質の分解実験

Fig. 3, Table 1 より、MB を用いることで、除去率が向上し、さらに殺菌ランプ 3 本を用いた場合には 98 % ものトルエンガスが分解されることが確認された。ブランク実験である MB/TiO₂(S)系においては、除去率が約 55 % であったことから、MB の上昇速度が遅いという特徴に起因しているのではないかと考えられた。直径 50 μm の MB の場合、常温の水中の上昇速度は 84 mm/min 程度であることが報告されている²⁾。以上より、MB によるトルエンガスの保持能力が発揮されたものと考えられた。

3.3. UV ランプの波長および本数の影響

UV ランプの本数影響 (1, 3 本) や UV ランプの波長影響を調べた結果、MB/UV/TiO₂(S) 系は GF/UV/TiO₂(S) 系と比較して、その差が小さいことが確認された (Table 1)。

つまり、MB/UV/TiO₂(S)系において、UV ランプの波長はより長波長でもその効果を発揮し、UV ランプの照射範囲にあまり影響を受けないことが推察された。これより、MB を使用すれば、エネルギー面からも効率的な反応器設計が可能になると考えられる。

4. まとめ

本研究では、液相系内にて有機汚染ガスを光触媒分解する手法について検討した。その結果、MB を用いることで除去率を向上させることに成功した。さらに、MB は、UV ランプの照射範囲にあまり影響を受けないことから、エネルギー面からも効果的な反応器が設計できる可能性が示唆された。

【参考文献】

- 1) 山田, 天野, 南側, 微細気泡群の分布と水への酸素供給効果との関係に関する研究, *日本機化学会論文集 (B 編)* 71, 85-90 (2005).
- 2) M. Takahashi, ζ potential of microbubbles in aqueous solutions : electrical properties of the gas-water interface, *The Journal of Physical Chemistry. B* 109, 21858-21864 (2005).

【講演】

- 1) 関口, 守永, 木村, 坂本, 水中気泡反応場における有機汚染ガスの分解処理に関する研究, 第 25 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 東京, pp. 259-261 (2007).
- 2) K. Sekiguchi, W. Morinaga, K. Yamamoto, C. Sasaki, K. Sakamoto, Photocatalytic degradation and capture of organic gases in an ultrasonic mist and their sonophotocatalytic mineralization in the liquid phase, International symposium on sonochemistry and sonoprocessing 2007, Kyoto, pp. 111 (2007).

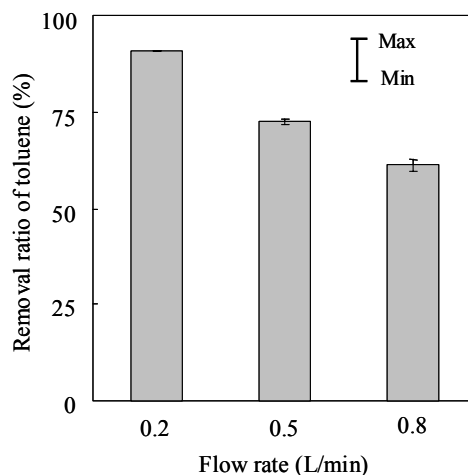


Fig. 2. Toluene removal ratio at the different flow rate under MB/UV/TiO₂(S) condition. UV irradiation: UV₂₅₄, number of UV lamps: one, reactor: Fig. 1.

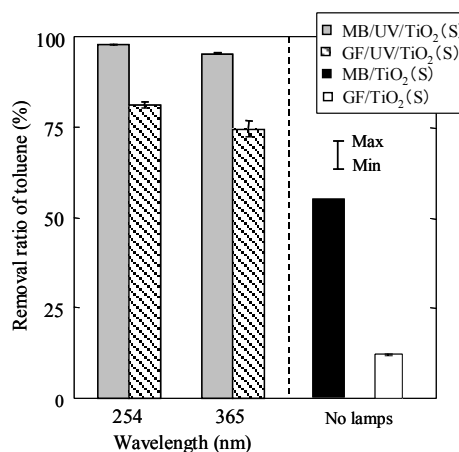


Fig. 3. Toluene removal ratio at several reaction conditions. Flow rate: 0.20 L/min (using MB), 1.0 L/min (using GF), reactor: Fig. 1.

Table 1. Toluene removal ratio under MB/UV/TiO₂(S) and GF/UV/TiO₂(S)

Experimental conditions		Removal ratio (%)
Conditions	Number of lamps	
MB/UV ₂₅₄ /TiO ₂ (S)	1	91
	3	98
MB/UV ₃₆₅ /TiO ₂ (S)	3	95
GF/UV ₂₅₄ /TiO ₂ (S)	1	49
	3	81
GF/UV ₃₆₅ /TiO ₂ (S)	3	74

Flow rate: 0.20 L/min (using MB), 1.0 L/min (using GF), reactor: Fig. 1.