

超音波霧化技術を応用した水中有機汚染物質の気相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

超音波は 20 kHz を超える周波数をもつ音波と定義され、これを利用した技術は、霧化、洗浄、分散、溶接、各種探知機など人々の生活に広く貢献している。本研究で注目した超音波霧化技術は、液内部に照射された高周波数 (2.4 MHz) の超音波により液表面に液柱 (fountain jet) が形成され、不安定になった液柱波面から数 μm 程度のミストが発生するものである¹⁾。ミスト発生時の液柱の様子を Fig. 1 に示す。粒径が小さく分散性に富むミストの発生が確認できる。

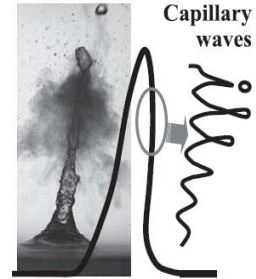


Fig. 1. Fountain jet.

近年、超音波霧化技術により溶液中の物質をミスト中に濃縮できることが報告されている²⁾。この効果を利用すれば、懸濁液相中など分解速度の遅い相内の汚染物質を反応速度の速い気相中へ取りだし、効果的に分解できる可能性がある。そこで本研究では、超音波霧化技術を利用した水中有機汚染物質の気相分解の有効性について検討した。

2. 実験装置および方法

2.1. UV₂₅₄₊₁₈₅ を用いた有機汚染物質の気相分解

UV₂₅₄₊₁₈₅ (オゾンランプ、8W) を使い、ジオキサンの分解を行った。実験条件を Table. 1 にまとめる。また、実験装置を Fig. 2 (a) に示す。反応器はパイレックス製の高さ 26 cm、直径 15 cm の円柱型である。実験開始は UV ランプを照射した時点とし、320 分間、40 分間隔でサンプリングを行った。ジオキサン濃度の経時変化はサンプリングポートから溶液を採取し、HPLC を用いて分析した。



Fig. 2. Experimental setup for (a) gas-phase and (b) water-phase experiment with conical reflector.

Table 1. Experiment conditions

Run No.	Carrier gas	Initial Concentration [mg / L]	Ultrasonic atomization	UV ₂₅₄₊₁₈₅	Conical reflector	Mechanisms
1	air	5	with	on	without	O ₃ , OH radical, photolysis
2	air	5	without	on	without	O ₃ , OH radical, photolysis
3	air	5	with	on	with	O ₃ , OH radical, photolysis
4	air	5	without	on	with	O ₃ , OH radical, photolysis

2.2. スラリー排水を用いた有機汚染物質の気・液相分解比較

気相分解がより有効であることを示すために、光の透過阻害をおこすようにブラックカーボン粒子(BC)を添加した模擬スラリー排水を用意し、同液量における気相、液相分解の反応速度の比較実験を行った。液相系反応器を Fig. 2 (b) に示す。

2.3. 発生オゾン量分析

UV₂₅₄₊₁₈₅ の照射開始から 40、80、120 分後の反応器内のオゾンガスを 0.3 L / min で 20 分間吸引し、KI 法により各実験時間における発生 O₃ 量を分析した。反応器内の雰囲気は空気で統一した。UV₂₅₄₊₁₈₅ の照射により発生するオゾン量は、超音波霧化による発生ミストの UV 光透過阻害により変化すると考えられるため、超音波霧化の有無で発生オゾン量の比較を行った。

3. 結果と考察

3.1. UV₂₅₄₊₁₈₅を用いた有機汚染物質の気相分解

Table 1 に示した実験条件での実験結果を Fig. 3 に示す。Run Nos. 1, 2 では、超音波ミストの有無でのジオキサン分解率への影響を比較しており、Run Nos. 3, 4 では反射板を取り付けた実験条件での超音波ミストの分解率への影響を比較している。これらの結果から、超音波ミストにジオキサンを取り込み気相に転移させることにより、分解率の促進が起こっていることが確認できた。また、UV 光によるジオキサンの分解は溶液表面でも起きていることが確認できた。

3.2. スラリー排水を用いた有機汚染物質の気・液相分解比較

実験の結果を比較した実験結果を Fig. 4 に示す。気相分解実験では5時間で約35%のジオキサン分解率が得られた。液相分解実験の結果と比較し、約3倍の分解率が得られた。このことから、超音波霧化により懸濁系溶液からもジオキサンがミストへ取り込まれ、気相での分解が起こったと推察される。液相分解では光の透過が阻害されるような懸濁廃水でも、超音波ミストを用いた気相分解では効果的に物質の分解が可能になると期待される。

3.3. 発生オゾン量分析

実験結果を Figs. 5, 6 に示す。結果から、超音波ミストを発生させない条件では、超音波ミストを発生させた条件よりも実験開始から120分で約2倍のオゾンを生じていることがわかる。超音波ミストを発生させた条件では、UV 光がミストに吸収されたため、オゾン生成に利用されるUV 光が減少し、生成オゾン量も減少したと考えられる。しかしながら、ジオキサンの分解率は超音波ミストを発生させた条件の方がオゾンの生成量が低いにもかかわらず、はるかに高い結果であった。この理由としては、ミストの拡散によりオゾンと分解対象の接触確率が向上したためであると推察される。

4. まとめ

超音波霧化の効果により、懸濁液相中の汚染物質であっても効果的にミスト中へ相転換または濃縮できることが示され、分解速度の遅い系内の汚染物質でも反応速度の速い気相中で分解できる可能性が示唆された。

【参考文献】

- 1) A. Wakisaka, *Earozoru Kenkyu*, **26**, 24-29 (2011).
- 2) D.M. Kirpalani, K. Suzuki, *Ultrason. Sonochem.*, **18**, 1012-1017 (2011).

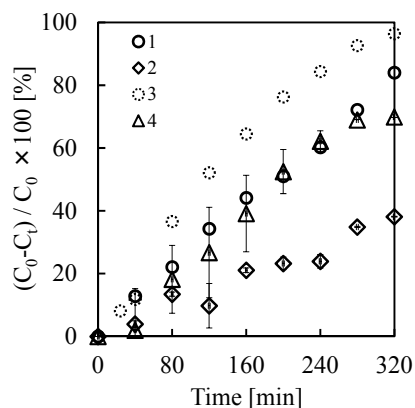


Fig. 3. Time course for decomposition ratio of dioxane. Initial conc. of dioxane $C_0 = 5$ mg/L.

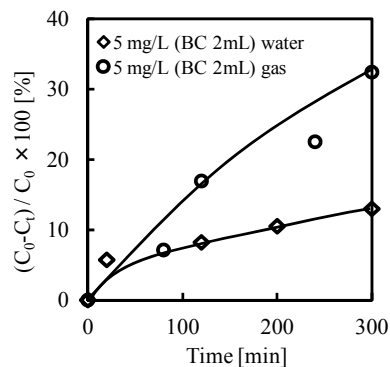


Fig. 4. Time course for decomposition ratio of dioxane dissolved in water slurry containing black carbon (BC) fine particles. Initial conc. of dioxane $C_0 = 5$ mg/L.

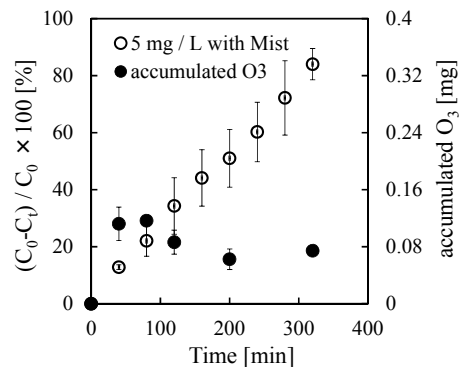


Fig. 5. Time course for decomposition ratio of dioxane with ultrasonic atomization. Initial conc. of dioxane $C_0 = 5$ mg/L.

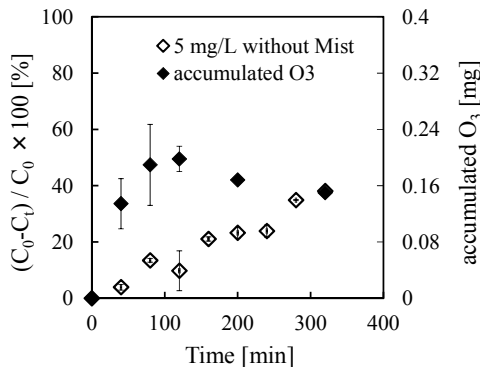


Fig. 6. Time course for decomposition ratio of dioxane without ultrasonic atomization. Initial conc. of dioxane $C_0 = 5$ mg/L.