

マイクロ/ナノポーラスセラミックを用いた水処理技術の基礎的検討

西松建設株式会社 正会員 ○浅井 靖史 石渡 寛之
京都大学大学院 日下 英史

1. はじめに

近年、マイクロ/ナノバブルと呼ばれる微細気泡の特異な性質が注目され、農業・水産、医療、環境等、様々な分野で研究ないし活用されている。特に環境分野においては、水質浄化への適用が多く認められ、微細気泡の優れた溶解特性を利用して、湖沼等の閉鎖性水域での貧酸素水塊の解消による水質改善、好氣的地下水環境への転換による微生物活性化を利用したバイオスティミュレーションの適用¹⁾、オゾンガス微細気泡（オゾンマイクロバブル）による化学分解処理²⁾の促進に応用されている。特定のガスを微細気泡化して処理対象水へ注入することは、注入ガスの溶存濃度を飛躍的に高めるが、元から存在したその他の溶存成分については、対象水からの気液分離が逆に促進されることでもあるので、例えば揮発性有機化合物（VOC）を含有する廃水へのばっ気処理の高効率化が期待される。しかしながら、現状では微細気泡を利用したばっ気処理による VOC 除去に活用された事例は殆どなく、さらに、ばっ気処理を行うブローアからの気泡サイズの違いによる処理効率への影響について詳細に検討された事例も殆どない。そこで、筆者らは、マイクロ/ナノポーラスセラミックを用いて発生させた微細気泡による、VOC 汚染水のばっ気処理効果に関する基礎的検討を、室内実験を交えて行ったので、本報告ではその工学的に検討を行った結果について述べる。

2. 室内実験の概要

2. 1 実験方法

本実験におけるマイクロ/ナノポーラスセラミック膜による微細気泡の発生方法として、水流式 SPG 膜モジュール方式を適用した（図 1）。室内実験系については、市販特級試薬の 1,2-ジクロロエタン（以下、1,2-DCE）を所定量添加（予め NaCl を 500 mg/L になるように添加）して調整した模擬汚染水（25 L、初期濃度 12.5 mg/L）を水槽に入れ、水槽外に設置した循環ポンプで水槽内の模擬汚染水を SPG モジュールに通水しつつ、コンプレッサーからの圧縮空気を SPG モジュールに外圧方式で供給することで、微細気泡を発生させてばっ気処理を行った（図 2）。

2. 2 実験条件

実験は、1,2-DCE 模擬汚染水を水流式 SPG 膜モジュールでばっ気処理した場合について、その基礎的特性を把握することを目的に、孔径の異なる SPG 膜（実効長 10cm、孔径 0.3~20 μm ）を格納した SPG 膜モジュールで、空気流量を 3.0 および 5.0 L/min、水流を 2.5~15.0 L/min に変化した場合の残留濃度（TOC 換算濃度）とばっ気時間の関係（または初期濃度からの半減期）を求めた。

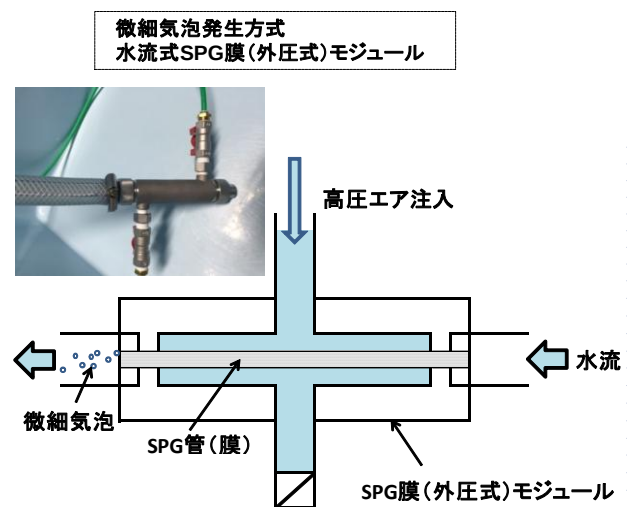


図1 水流式 SPG 膜モジュール

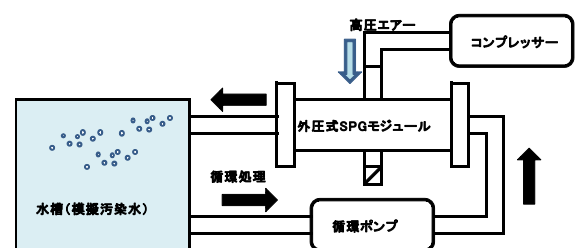


図2 室内実験系の構成図

キーワード 微細気泡、ばっ気処理、マイクロ/ナノポーラスセラミック、SPG 膜

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋六丁目 17 番 21 号 西松建設株式会社 技術研究所 TEL 03-3502-0267

表 1 SPG 膜モジュール（有効長 10cm）によるばっ気処理より得られた初期濃度からの半減期一覧

Run No.	SPG膜孔径(μ m)	親水性・疎水性	空気流量(L/min)	水流量(L/min)	半減期(min)	ボイド率
Run-1	0.3	親水性	3.0	2.5	59.5	1.2
Run-2	0.3	親水性	3.0	5.0	33.9	0.6
Run-3	0.3	親水性	5.0	5.0	33.0	1.0
Run-4	0.3	親水性	3.0	10.0	33.4	0.3
Run-5	0.3	親水性	5.0	15.0	12.7	0.3
Run-6	0.5	疎水性	5.0	15.0	24.0	0.3
Run-7	20.0	親水性	5.0	15.0	36.8	0.3
Run-8	0.5	親水性	5.0	15.0	14.3	0.3
blank ^{※1}	—	—	0.0	5.0	—	—

※1:SPG膜を使用せず、水流5.0L/minで通水させた

3. 実験結果および考察

SPG 膜モジュールを使用し、膜孔径、空気量、水流量および膜表面特性の違いによる残留濃度とばっ気時間（初期濃度からの半減期）の関係を表 1 に示す。

3. 1 SPG 膜孔径の違いによるばっ気処理効果

SPG 膜の孔径を 20, 0.5, および 0.3 μm に変化させた時の 1,2-DCE 残留濃度 (mg/L) の減衰傾向を図 3 に示す。膜孔径が小さいほど、残留濃度は大きく減少する傾向が認められた。具体的には、孔径 20 μm (Run-7) の半減期 (36.8 min) に対し、孔径 0.5 μm (Run-8) で半減期が 39% (14.3 min), 孔径 0.3 μm (Run-5) で 35% (12.7 min) と、20 μm >> 0.5 μm > 0.3 μm の順で減少した (表 1)。

3. 2 水量および空気量の違いによるばっ気処理効果

SPG 膜モジュールへの空気量を、膜孔径 0.3 μm, および通水量を 5.0 L/min に固定して空気量を 3.0, および 5.0 L/min に変化させた場合 (Run-2, Run-3), 半減期に殆ど変化がなく、空気量の違いによる影響は認められなかった。同様に膜孔径 (0.3 μm) を固定して通水量を 2.5, 5.0, および 15.0 L/min に変化させた場合は (図 4), 水量が増加するに従って、水量 2.0 L/min (Run-1) の半減期に対し、5.0 L/min (Run-3) で半減期が 55% (33.0 min), 15.0 L/min (Run-5) で半減期が 21% (12.7 min) と大きく減少した。

4. まとめ

孔径サイズの異なる SPG 膜を用いて発生させた微細気泡によって VOC をばっ気処理する新規水処理技術に関する基礎的検討を行った。その結果、膜孔径を小さくするほど、通水量を大きくするほど、ばっ気処理による除去効率が増大することが認められた。今回得られた結果を基に、装置の試作を進めると共に、VOC を含有する実汚染水を使用した場合の実証実験を実施し、本技術に関する更なる検討を進めていく予定である。

- 参考文献** 1) 打木ら：孔内超微細気泡発生装置の開発とその利用，第 20 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp523-524，2014。
- 2) 小山ら：促進酸化法を用いた汚染地下水の浄化に関する検討，第 21 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp372-375，2015。

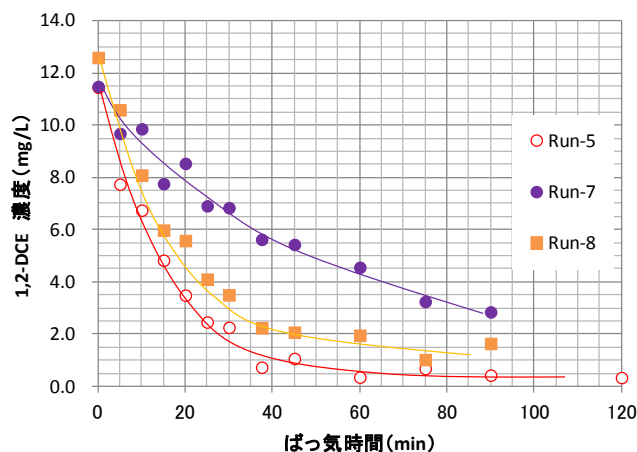


図 3 SPG 膜孔径と 1, 2-DCE 濃度の関係

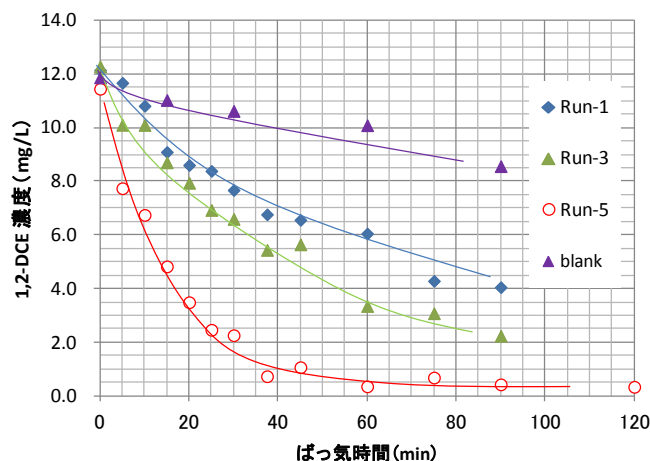


図 4 水量と 1, 2-DCE 濃度の関係