

揮発性有機塩素系化合物（VOC）汚染地下水のオゾン処理実験

佐藤工業（株）*1） 正会員 金子 典由、芝本 真尚、中村 英孝
 群馬工業高等専門学校 *2） 田部井 康一

1. はじめに

これまで著者らは、土壌・地下水汚染問題に関わる揮発性有機塩素系化合物（以下 VOC）の浄化方法の実用化を目指し、オゾンの高い酸化力に着目し静置型混合器でオゾンと反応させる室内実験を実施してきた¹⁾。実験の結果、静置型混合器は高い気液攪拌効果を有し、単体の VOC の分解に対し有効であることが確認された。今回は、環境基準を超過している事例の多い複数の VOC²⁾を混合して、汚染された地下水を想定して浄化実験を試みた。

2. 実験内容

実験装置は図 - 1 に示すように、1~5 のオゾン発生部、6~10 のオゾンガス混合反応部、12 の紫外線（UV）気相分解部から構成される。5 のオゾン発生器は、セラミック製の沿面放電方式で、原料ガスとして純酸素を用いた。オゾンは供給する酸素量と電圧によって調節し、今回の実験では 4g/hr とした。オゾンは、6 のポンプミキサーで投入し、図 - 2 に示す 10 の静置型混合器で混合させて 10 と 8 で VOC を分解した。排ガス処理のために、12 の UV 管、80w,1555mm の低圧水銀ランプを用いた。

本装置では、静置型混合器によってオゾンは微細な気泡を生成して VOC と接触させた後、反応槽に送られる。気泡径は 30-90 μm と、通常の散気管の気泡（200-500 μm）より細かく、オゾンが無駄なく水中に分散させることができる。このため廃オゾンの量も同等の装置に比べて少ないと言われている。オゾンによって水中で分解できずにガス化した汚染物質は、紫外線照射により分解処理した。

実験手順は、まず 8 の反応槽に模擬汚染水 20 リットルを入れ、6 のポンプによって循環させた。液相のサンプリングに対しては、0,30,60,90 分に L1 から行い、気相については G1~G4 から 0,15,45,75,105 分に行った。ここで試料には、表 - 1 に示す 5 種類の VOC を各々 200mg ずつ混入し、10mg/l とした。液相中の測定には、ヘッドスペース GC-MS-SIM 法、SCAN 法を用いた。気相中は活性炭吸着、二硫化炭素脱着 GC-ECD 法を用いた。

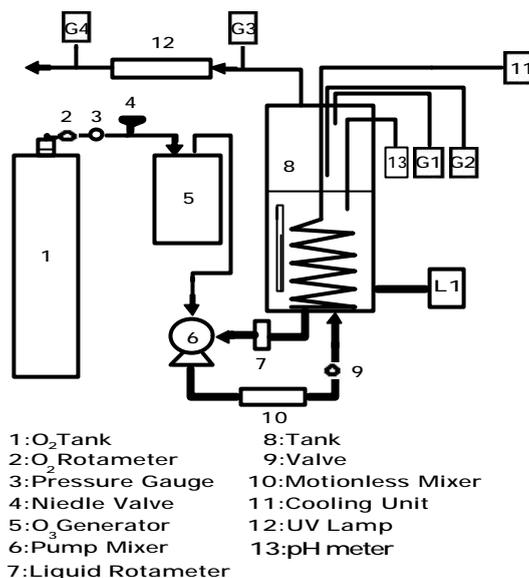


図 - 1 実験装置

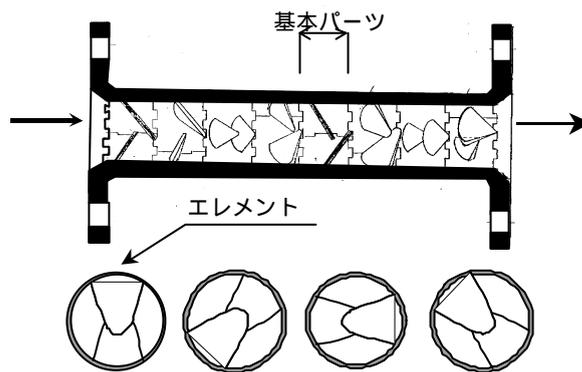


図 - 2 静置型混合器の概要

キーワード：土壌・地下水汚染、揮発性有機塩素系化合物、静置型混合器、オゾン、紫外線

連絡先：*1) 〒243-0211 神奈川県厚木市三田 47-3 Tel(046)-241-2172 Fax(046)-242-9420

*2) 〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580 Tel(027)-254-9200 Fax(027)-254-9198

表 - 1 実験試液

試液	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン	シス-1,2-ジクロロエチレン	1,2-ジクロロエタン	ジクロロメタン
構造式					
分子量	165.85	131.39	96.94	98.96	84.93
溶解度 (mg/l)	150	1100	8000	8690	20000

3. 実験結果

実験結果として、各試液の気相および液相における時間的濃度変化と液相における除去率を表 - 2 に示す。ここで除去率とは、実験開始時に対する実験終了時の濃度減少率と定義する。液相中の濃度変化に着目すると、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレンの除去率が高いことがわかる。分子構造から考察すると炭素の二重結合を有するこれらの VOC はオゾンとの反応で分解されており、一重結合のものはオゾンとの反応における分解効率が低い。これらの結果は既往の知見と一致している³⁾。ただし、テトラクロロエチレンとトリクロロエチレン等の分解効率の違いは、この実験では説明がつかなかった。表 - 3 に今回の実験の分解過程で発生した副生成物の気相中濃度の経時変化を示す。

また、今回の実験では、各試液を 10mg/l ずつ反応槽に投入したが、テトラクロロエチレンの液相初期濃度に示すように、投入前と投入後の濃度に整合が図れない現象が見られた。テトラクロロエチレンの溶解度は 150mg/l というものの、疎水性であるため非常に水に溶けにくい。このため時刻 0 の時点で測定した濃度を初期値としたが、実際に装置の中には初期値の 1.88mg/l より多めに入っている可能性がある。実験方法の今後の課題である。

表 - 2 5 種類の試液の気液濃度変化

試液 時間 (分)	テトラクロロエチレン		トリクロロエチレン		シス-1,2-ジクロロエチレン		1,2-ジクロロエタン		ジクロロメタン	
	気相 (ppm)	水相 (mg/l)	気相 (ppm)	水相 (mg/l)	気相 (ppm)	水相 (mg/l)	気相 (ppm)	水相 (mg/l)	気相 (ppm)	水相 (mg/l)
0		1.88		2.35		4.02		9.45		4.92
15	74.1		27.6		20.0		65.0		120.0	
30		1.15		0.01		0.01		9.30		4.41
45	77.0		2.30		10.0		49.0		102.0	
60		0.65		0.01		0.01		9.00		3.25
75	60.9		0.40		10.0		44.0		98.0	
90		0.37		0.01		0.01		8.52		2.84
105	39.4		0.20		10.0		34.0		72	
除去率	-	80%	-	100%	-	100%	-	10%	-	42%

表 - 3 副生成物の気相濃度

時間 (分)	気相濃度 (ppm)	
	四塩化炭素	クロロホルム
15	0.01	0.76
30		
45	0.05	0.56
60		
75	0.07	0.53
90		
105	0.06	0.39

4. まとめ

オゾンと静止型混合器による、VOC 汚染水の浄化に関する基礎データを得ることを目的として、本研究ではこれらを対象とした室内浄化実験を行なった。その結果、おおむね模擬汚染地下水中の VOC が分解可能なこと、物質ごとに分解効果に差異があることが確認できた。今後、実用化のためには、オゾン供給量を変化させ、環境基準を満足させるとともに、副生成物の処理を含めた浄化方法の検討が必要と考えられる。

- 参考文献 1) 田部井, 荻野, 藤重他: オゾンと紫外線によるテトラクロロエチレンの分解, 化学工学会第 67 年会, 2002 年 3 月.
- 2) 地下水をきれいにするために: 環境省, 2001 年.
- 3) 「水処理管理便覧」水処理管理便覧編集委員会: p.252, 丸善, 1998 年 10 月.