

青森県県境廃棄物浸出水に含まれる 1,4-ジオキサンに対するオゾン UFB 処理の適用に関する基礎検討

(株)鴻池組 正会員 ○大山 将、非会員 松生隆司

(株)ワイビーエム 非会員 大坪修平、非会員 宇川岳史

1. はじめに

青森・岩手県境不法投棄事案は、青森県田子町と岩手県二戸市にまたがる国内最大級の不法投棄事案であった。青森県側の対応として、2004 年から廃棄物の撤去が開始され、2013 年 12 月に廃棄物等の全量撤去が完了した。現在は、現場内に依然として残る汚染地下水の対策として、遮水壁で汚染の拡散を防止しながら集水し、浸出水処理施設で処理されている¹⁾²⁾。なお、現在遮水壁内地下水で環境基準値を超過している物質は 1,4-ジオキサンのみであり³⁾、浸出水処理が長期化することを想定した場合、より低コストでコンパクトな水処理設備が望まれている。

1,4-ジオキサンは親水性が高く、揮発性及び微生物分解性が低いため、従来の主要な排水処理技術である曝気や凝集沈殿のような物理化学的処理や、活性汚泥法のような生物処理による除去が困難とされる⁴⁾。近年、オゾン酸化分解、1,4-ジオキサン分解菌を用いた生物処理事例などが報告され、除去技術の開発が進んでいるが⁵⁾、オゾン酸化分解において、オゾン単独では 1,4-ジオキサンとの反応性は低く、過酸化水素水や紫外線照射を併用してオゾンの分解速度を高めることでヒドロキシルラジカル(OH ラジカル)生成を促進させる促進酸化法(Advanced Oxidation Processes : AOP)が有効な 1,4-ジオキサン分解技術とされている⁶⁾。

筆者らは、1,4-ジオキサン処理に適用可能な、低コストでコンパクトなオゾン酸化分解処理技術の確立を目指し、処理対象水にオゾンガスを注入する手段として気体溶解効率が低いウルトラファインバブル(UFB、1 μ m 未満の気泡)技術を適用し(以下、オゾン UFB と称する。)、凝集沈殿処理等の前処理を省略して、可能であればオゾン単独での処理を、困難な場合は過酸化水素水を併用した AOP 処理を想定した。本報告では、1,4-ジオキサンを含む水に対してオゾン UFB の適用に関する基礎検討として実施した、室内試験の結果について紹介する。

2. 試験方法

2.1 1,4-ジオキサンを含む処理対象水

青森県田子町の現地遮水壁内側に設置された揚水井戸 CW-2 より、1,4-ジオキサンを含む実際の地下水(浸出水)を採水した。採水時の 1,4-ジオキサン濃度は 1.6mg/L であったが、実験には 1,4-ジオキサン濃度が 2mg/L 程度となるよう 1,4-ジオキサン試薬を添加して濃度調整を行った。また、水道水に 1,4-ジオキサン濃度が 2mg/L となるよう 1,4-ジオキサン試薬を添加した「模擬水」も作製して実験に用いた。

2.2 ウルトラファインバブル(UFB)発生装置

UFB 発生装置として、(株)ワイビーエム製のフォームジェット(FJP-3; 50L/min 小型試験機、図-1)を主に使用した。フォームジェットはキャビテーション自己発振渦流方式で UFB を発生させる大流量処理向けの装置⁷⁾であり、目詰まりが少ない構造で汚水等を直接処理可能などの特徴を有する。土木分野ではアルカリ性排水の中和(炭酸ガス UFB)⁷⁾、干潟域などの海域貧酸素対策(酸素ガス UFB)⁸⁾、湖沼アオコ対策や底質汚泥改質(オゾン UFB)⁹⁾などで活用されている。フォームジェット試験機は図-1 の様にフォームジェットと水中ポンプが一体化した装置となっている。また、一部の試験には(株)ワイビーエム製のファビー10(FJN-15I; 10L/min 小型試験機、キャビテーション自己発振渦流+加圧方式)も使用した。

2.3 オゾン発生装置

空冷式オゾン発生器 FOG-AC5G(オゾン発生量:最大 5g/hr)を使用した。また、PSA 酸素ガス発生装置 ITO-01(酸素濃度:90%以上、発生量:1.2L/min)を使用してオゾン発生装置に酸素を供給した。オゾン測定機器として、オゾン濃度計:OZM-5000G、溶存オゾン計:OZ-21Pを使用した。

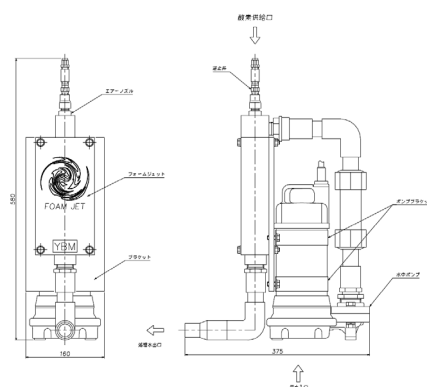


図-1 フォームジェット試験機外観



写真-1 実験状況(模擬水)

キーワード: 1,4-ジオキサン、不法投棄、浸出水、オゾン、ウルトラファインバブル、キャビテーション

連絡先: 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 1-9-1 (株)鴻池組 環境エンジニアリング本部 環境技術課 Tel.03-5201-7920 Fax.03-5201-7925

2.4 実験方法

フォームジェット(FJ)もしくはファビー10(FB)を用いてオゾンUFBを処理対象水に供給し、オゾン単独での1,4-ジオキサン処理を検討した。所定時間経過後に分析用試料を採取し、1,4-ジオキサン濃度を確認した。実験条件等を表-1に示す。

3. 試験結果

処理対象水の1,4-ジオキサン等の濃度を表-2に示す。模擬水の1,4-ジオキサン濃度は2.1mg/Lとほぼ調整通りの濃度であった。浸出水は各測定結果(クロスチェックを含む)で若干ばらつきがあったが、1.5~2.0mg/Lと概ね調整目標濃度と同程度であった。オゾン単独でのオゾンUFBによる1,4-ジオキサン処理結果を図-2に示す。

①模擬水を用いた実験では、オゾン単独でも1,4-ジオキサンの分解が速やかに進行し、90分後には定量下限値未満(<0.005mg/L)となった。1,4-ジオキサン分解に必要なオゾン量を40分間のオゾンUFB処理から試算すると6.4g-O₃/gとなり、文献値(15~17g-O₃/g)¹⁰⁾と比較してもかなり効果的に1,4-ジオキサンが分解したと考えられた。

②浸出水、③浸出水では、オゾンUFB注入直後から試験水の着色や懸濁物質が生じた。浸出水に含まれる鉄やマンガン、TOCの濃度が高いため、1,4-ジオキサン分解を阻害しているものと考えられた。

まとめ

1,4-ジオキサンを含む水に対するオゾンUFB適用に関する基礎検討として、模擬水(水道水)および実際の浸出水を用いた室内試験を実施した。オゾン単独でも、模擬水では1,4-ジオキサンの分解の速やかに進行したが、実際の浸出水では鉄やマンガン、TOC成分が含まれるために分解が阻害され、ほとんど1,4-ジオキサンの分解が進まなかった。次のステップとして、過酸化水素水を併用したAOP処理を検討し、低コストでコンパクトなオゾン酸化分解処理技術の確立を目指す所存である。

謝 辞 本検討の実施にあたり、試料水の提供および技術的なご指導を頂いた青森県環境生活部環境保全課県境再生対策グループの皆様に感謝の意を表す。

参考文献 1) 青森県:青森・岩手県境不法投棄事案 環境再生に向けた取り組み、<http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kankyo/hozen/files/H26panhu.pdf>(2020年3月閲覧) 2) 青森県:青森県県境廃棄物 浸出水処理設備、<http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kankyo/hozen/files/mizusyoripamph.pdf>(2020年3月閲覧) 3) 青森県:県境不法投棄事案アーカイブ資料編 環境モニタリング調査、<http://www.pref.aomori.lg.jp/nature/kankyo/archive-siryo-monitor.html>(2020年3月閲覧) 4) 環境省:1,4-ジオキサンの処理技術に関する状況、中央環境審議会水環境部会排水規制等専門委員会(第4回)資料7、<https://www.env.go.jp/council/09water/y0912-04/mat07.pdf>(2020年3月閲覧) 5) 公害防止の技術と法規 編集委員会:新・公害防止の技術と法規 2019水質編 技術編、pp.292-293、2019 6) 日本オゾン協会:オゾンハンドブック[改定版]、2016 7) (株)ワイビーエム資料:<https://www.ybm.jp/download/FB.FJ.pdf>(2020年3月閲覧) 8) 山西ほか:噴流水水質改善システムによる貧酸素水塊の解消とその対策に関する現地調査、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.971-972、2008 9) 環境省:環境技術実証事業湖沼等水質浄化技術分野 実証技術カタログ、pp.27-32、No.6 噴流水水質浄化システム、(2020年3月閲覧) 10) 中川ほか:UV/O₃処理装置を用いた水中の1,4-ジオキサンの分解、環境と安全、Vol. 4、No.3、pp.171-176、2013

表-1 実験条件

実験ケース		①	②	③
UFB発生装置		FJ	FJ	FB
処理対象試料		模擬水	浸出水	
1,4-ジキサン濃度 (試験開始時)	mg/L	2.1	1.5 (1.8)	2.0
試験水量	L	60	60	66
オゾンガス濃度	g/m3	50	50	110
オゾンガス量	L/min	0.40	0.40	0.42
オゾンガス発生量	g/hr	1.20	1.20	2.77
	g/min	0.020	0.020	0.046
処理時間	min	120	120	180
オゾン注入量(最終)	g	2.40	2.40	8.32
オゾン注入濃度(最終)	mg/L	40	40	126

(注) FJ: フォームジェット、FB: ファビー10

表-2 処理対象水の1,4-ジオキサン等の濃度

試料区分	項目	1,4-ジキサン C ₈ H ₁₈ O ₂	TOC	鉄 Fe	マンガン Mn	pH	備考
	単位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	—	
模擬水(水道水)		2.1	—	—	—	—	2mg/Lに調整
浸出水(CW-2)		1.5~2.0	39	1.0	17	7.1	2mg/Lに調整
(参考)水道水質基準		0.05	3	0.3	0.05	5.8-8.6	

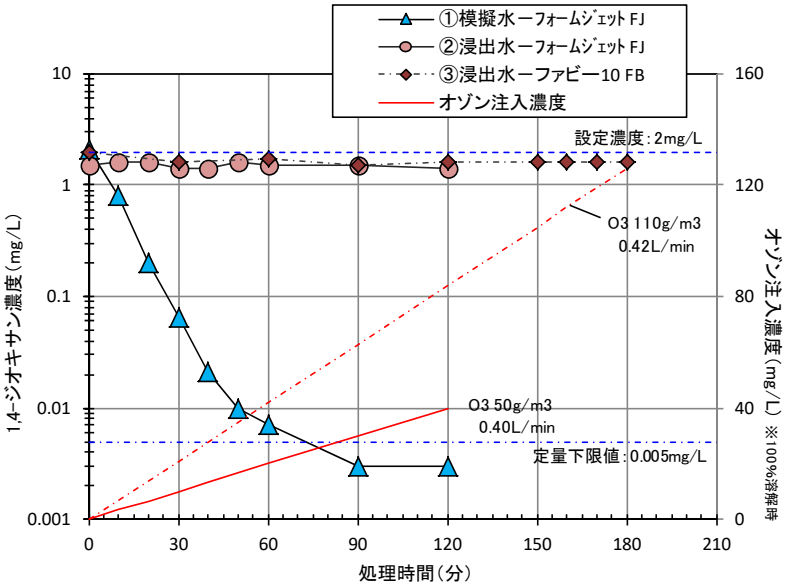


図-2 オゾン単独でのオゾンUFBによる1,4-ジオキサン処理結果