

## VOCs 複合汚染地下水の微生物による浄化特性

土木大学 正会員 ○伊藤 雅子  
土木大学 正会員 高畑 陽

## 1. 目的

VOCs (揮発性有機化合物) で汚染された地下水の浄化方法として、コストおよび環境負荷が小さい微生物浄化技術が着目されている。ベンゼンやトリクロロエチレンなどの個々の VOCs 成分を対象とした微生物浄化技術は既に実用化されている。一方、様々な VOCs で汚染された地下水に対して微生物分解技術を適用するための知見や報告例は少ない。

本報では、不適正処分場から採取した様々な VOCs で汚染された地下水を用いて、バッチ分解試験を行い、各汚染物質の微生物分解特性について検討した。

## 2. 試験方法

VOCs 汚染地下水は、不適正処分場に設置された観測井戸から採取した。地下水の VOCs 濃度および主要な水質を表-1 に示す。検出された VOCs 成分は多種にわたり、特にジクロロメタン、シス-1,2-ジクロロエチレン、トリクロロエチレン、トルエン、ベンゼンが高濃度で検出された。汚染地下水の嫌気性および好気性分解特性を把握するため、汚染地下水を用いたバッチ分解試験を実施した。

培養の試験条件として、表-2 に示

す微生物の栄養源を添加する系を微生物浄化促進条件とし、汚染地下水をそのまま培養するコントロール条件と比較した。

嫌気培地は全量 35ml のバイアル瓶にヘッドスペースが生じないように地下水を分注した。また、好気培養は全量 120ml のバイアル瓶に地下水を 30ml 分注した。各バイアル瓶はテフロン加工を施したブチルゴム栓で密栓した。

全ての培養瓶は 20℃、10rpm の条件で振とう培養を行い、嫌気培養では培養 0, 21, 42, 63 日、好気培養では 0, 7, 14, 28, 42 日の培養経過時にバイアル瓶を 2 本ずつ回収し、VOCs, TOC, 塩化物イオンについて分析した。

表-1 試験に供した地下水水質

ジクロロメタン	102.270 mg/L	Na <sup>+</sup>	19.4 mg/L
シス-1,2-ジクロロエチレン	20.539 mg/L	NH <sub>4</sub> -N	0.2 mg/L
トリクロロエチレン	7.466 mg/L	K <sup>+</sup>	2.5 mg/L
ベンゼン	4.869 mg/L	Mg <sup>2+</sup>	29.6 mg/L
トルエン	3.400 mg/L	Ca <sup>2+</sup>	104.1 mg/L
クロロホルム	2.435 mg/L	Cl <sup>-</sup>	193.4 mg/L
テトラクロロエチレン	2.003 mg/L	NO <sub>2</sub> -N	N.D. mg/L
エチルベンゼン	0.674 mg/L	Br <sup>-</sup>	1.3 mg/L
1,1,1-トリクロロエタン	0.641 mg/L	NO <sub>3</sub> -N	N.D. mg/L
<i>m,p</i> -キシレン	0.251 mg/L	PO <sub>4</sub> -P	1.4 mg/L
1,2-ジクロロエタン	0.235 mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.3 mg/L
ビニルクロライド	0.144 mg/L	TOC	156.7 mg/L
1,1-ジクロロエチレン	0.034 mg/L	IC	69.0 mg/L

表-2 嫌気培養および好気培養の栄養源添加条件

	添加試薬	設定濃度
嫌気培養	乳酸ナトリウム溶液 (60%)	50mg-C/L
	硝酸カリウム溶液	5mg-N/L
	リン酸ニ水素カリウム溶液	0.5mg-P/L
	リン酸水素ニカリウム溶液	0.5mg-P/L
好気培養	硝酸アンモニウム溶液	5mg-N/L
	リン酸ニ水素カリウム溶液	0.5mg-P/L
	リン酸水素ニカリウム溶液	0.5mg-P/L

キーワード 揮発性有機塩素化合物, 嫌気性微生物, 好気性微生物,

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7217

### 3. 試験結果

嫌気培養および好気培養試験の結果から得られた各VOCs成分の半減期を図-1に示す。(本試験では50日以上の半減期は有為な減少が得られていないと判断した)。

石油系芳香族炭化水素(BTEX)に加え、ジクロロメタン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエタンの塩素系VOCsは、好気培養条件の微生物浄化促進条件で高い分解性が確認された。トリクロロエチレンは、嫌気培養、好気培養ともに栄養源を添加した条件で分解が促進された。トリクロロエチレンは、トルエンの存在で誘導される共代謝が知られており<sup>1)</sup>、本地下水においても、同様の代謝分解により好気分解が進んだ結果と推察された。嫌気培養のシス-1,2-ジクロロエチレン濃度は初期値より上昇する傾向が見られたが、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレンの脱塩素化に伴いシス-1,2-ジクロロエチレンが生成したためと考えられる。

一方、ジクロロメタンは一般的な環境水中では加水分解を受けにくいと言われているが、馴化した条件では生分解は速くなるとの報告もあり<sup>2)</sup>、本地下水においてもジクロロメタンを特異的に分解する微生物が存在したものと推測される。

クロロホルム、1,1,1-トリクロロエタンに関しては、嫌気培養、好気培養ともに分解傾向は見られないため、本地下水のクロロホルムについては、他の浄化対策が必要と考えられる。本汚染地下水は、テトラクロロエチレンを除いて栄養源として窒素、リンを添加する好気培養処理が嫌気処理と比較して有効であることが、VOCsの分解生成物である塩化物イオンの上昇とTOCの濃度低下からも確認された(図-2)。また、本地下水のVOCsが全て分解した場合でも塩化物イオンは110mg/Lの上昇となるが、最終的に検出された塩化物イオンの濃度はそれ以上となり、本試験方法で測定した以外の塩素化合物の分解が促進されたものと推察された。

### 4. まとめ

本試験のVOCs複合汚染地下水は、好気培養処理により容易に分解されるVOCs成分が8割以上を占めていた。好気処理と嫌気処理を併用することにより、一部の難分解成分を除いてVOCsの浄化対策が可能と考えられた。

### 参考文献

- 1) Nelson, M. K. et al. : Appl. Environ. Microbiol. 53, 949~954 (1987)
- 2) CERI有害性評価書, 財団法人化学物質評価研究機構, [http://www.cerij.or.jp/db/sheet/yugai\\_03.htm](http://www.cerij.or.jp/db/sheet/yugai_03.htm)

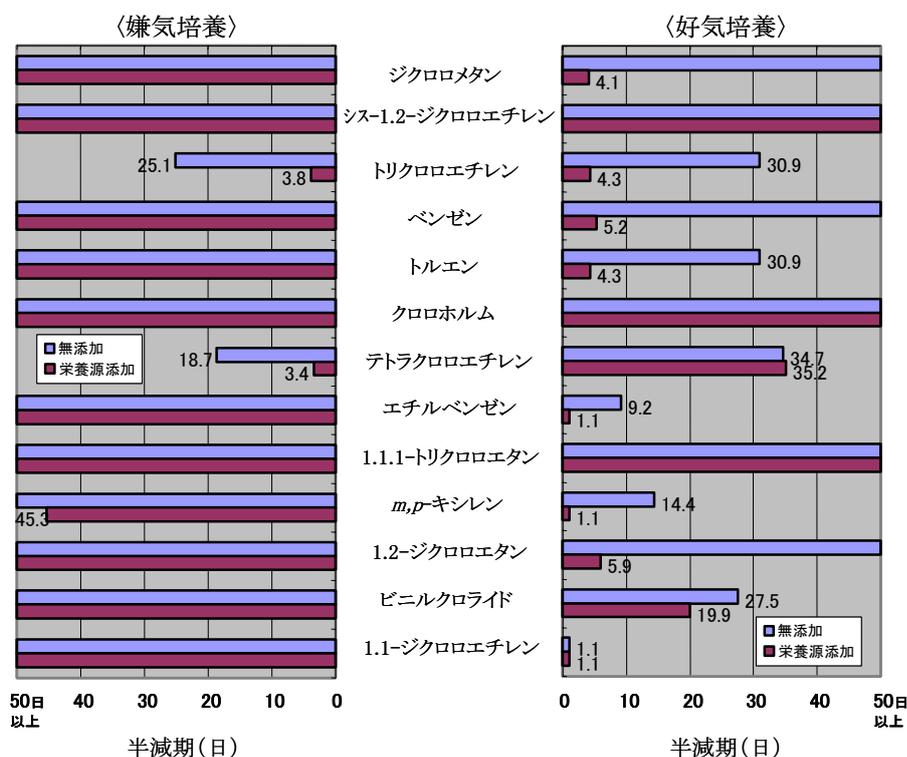


図-1 嫌気培養および好気培養におけるVOCs半減期

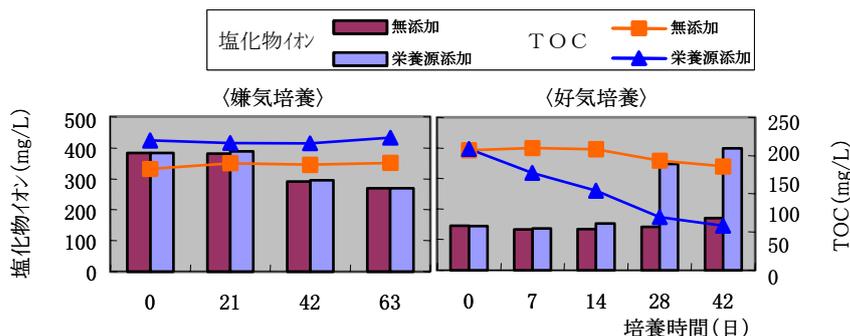


図-2 塩化物イオンおよびTOCの変化