

マルチバリアによる複合汚染水の浄化に関する研究

大成建設株式会社 正会員 ○根岸 昌範

深沢 道子

樋口 雄一

1. はじめに

これまで、わが国の市街地地下水汚染問題は、主に操業中事業場の有害物質漏洩防止対策を中心として取り組み、揚水プラント処理や透過性地下水浄化壁などの対策工法により、トリクロレチンなどの有機塩素系溶剤や一部の重金属に対しては一定の効果を上げてきた。しかしながら、1999年のフッ素・ホウ素など新規汚染物質の基準項目への追加や2003年の土壌汚染対策法施行などによる法規制強化の動向とともに、性状の全く異なる複数の有害物質を複合的に含有する汚染サイトも顕在化しつつある。複合汚染地下水に対する原位置浄化手法としては、浄化壁を多段的に組み合わせたマルチバリア工法の適用が有望で、フッ素など新規汚染物質にも対応した反応剤の検討もなされている<sup>1)</sup>。

本研究では、複数の有害物質を含有する模擬汚染水に対して、異なった浄化メカニズムを有するカラムを多段式に設置した連続通水試験を実施した。各々のカラムにおける有害物質の挙動を確認し、複合条件下での浄化効果の評価および阻害要因の把握を目的とした。

2. 試験方法および試験条件

図-1に連続カラム試験の概要を、表-1にカラム試験条件一覧を示す。模擬複合汚染水は蒸留水に各々所定の濃度になるように標準試薬を溶解して作成し、試験中の揮発を防ぐためにテトラバグに充填したものを低流量の通水ポンプで0.12mL/minの流量でカラムに供給した。No.1カラムは容量2Lのガラス容器に2号珪砂を充填し、底部部から1.8L/minの通気量でエアレーションを行った。No.2からNo.4カラムは、内径40mm長さ300mmのガラスカラムを使用した。No.2カラムは、4号珪砂を充填した砂ろ過カラムとし、エアレーションで生成したフロックなどを物理的に除去することを主目的とした。No.3カラムでは、鉄粉20%と粒状活性炭5%を母材である4号珪砂と混合した材料を充填し、農薬など難揮発性有機化合物の吸着除去や有害金属類の安定化処理能力を検討した。No.4カラムは、陰イオン交換能を有するハイドラメット様吸着剤およびアロゲン含有鉱物を25%づつ4号珪砂に混合した材料を充填し、新規汚染物質であるフッ素に対して従来は困難であった環境基準レベルまでの処理を目的とした。

それぞれのカラムを通過した後に試料採取し、VOCsは光化学検出器付ガスクロマト、PCPはLC-MSおよび簡易分析である酵素免疫測定法、重金属類は原子吸光光度法、フッ素は水蒸気蒸留～ランタナ法でそれぞれ定量した。

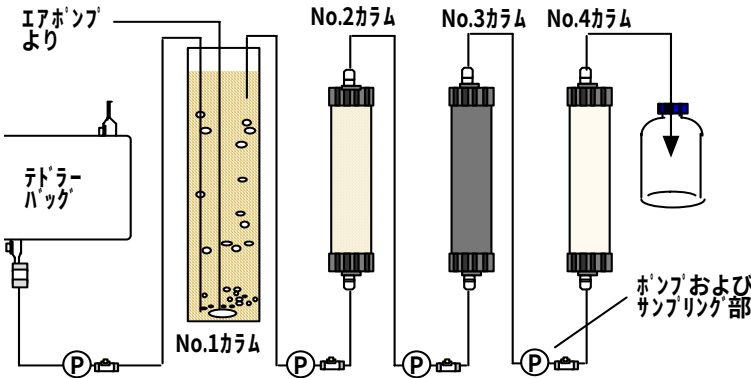


図-1 カラム試験概要図

表-1 カラム試験条件一覧

| 模擬汚染水条件 |                          | 連続カラム条件 |                              |         |
|---------|--------------------------|---------|------------------------------|---------|
| 分類      | 物質名および濃度                 | カラム No. | 充填材料                         | 浄化メカニズム |
| VOCs    | トリクロレチン、モノクロベンゼン各 10mg/L | 1       | 2号珪砂                         | エアレーション |
| POPs    | ペンタクロフェノール（PCP） 5mg/L    | 2       | 4号珪砂                         | 砂ろ過     |
| 重金属類    | 鉛、ヒ素、カドミウム各 10mg/L       | 3       | 鉄粉 20%+活性炭 5%+4号珪砂 75%       | 還元+吸着   |
| その他     | フッ素 10mg/L               | 4       | HTC25%+アロゲン含有鉱物 25%+4号珪砂 50% | 陰イオン交換  |

（VOCs＝揮発性有機化合物、POPs＝残留性有機化合物、HTC＝ハイドラメット）

キーワード 地下水汚染、複合汚染、マルチバリア

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区 344-1 大成建設（株）技術センター TEL045-814-7217

### 3. 試験結果

図-2 から図-6 に、流入濃度とそれぞれのカラム通過後の、有害物質濃度の変化を示す。横軸に累積の通水流量を、縦軸に汚染物質濃度を示した。トリクロエチレンおよびモノクロベンゼンに関しては、試験期間を通じてエレーションカラム通過時点で定量下限値以下まで除去されていた。

#### (1) 鉛の挙動

図-2 から、鉛はエレーションカラム通過の段階で 80%以上濃度低下しており、酸化鉛あるいは炭酸鉛など比較的溶解度の小さい形態に変化しているものと考えられる。

#### (2) ヒ素の挙動

図-3 から、ヒ素もエレーションカラム通過に数 10%の濃度低下が見られるが、酸化雰囲気ではヒ素の形態変化は無いことから、一部がヒ酸鉛 ( $Pb_3(AsO_4)_2$ ) などの形態で固定化されたものと考えられる。その後、No.3 カラムにて鉄と反応し、基準値以下まで濃度低下している。

#### (3) カドミウムの挙動

図-4 から、カドミウムはエレーションや砂ろ過では濃度低下が見られず、安定して 2 価の陽イオンの形態で移行することが伺える。その後、鉄粉+活性炭カラム通過後は基準値以下まで安定して濃度低下している。

#### (4) フッ素の挙動

図-5 から、フッ素については通水流量 5L 程度の段階で環境基準値を超過した。この時の、ハイドロキシル基吸着剤単位重量あたりのフッ素安定化量は 0.2mg-F/g 程度で、別途実施した単物質での試験と比較して 1/10 程度の蓄積量であった。前段での鉄粉カラムの影響で流入時 pH が 9 を超えており、再度エレーションすることにより pH を 8 程度まで低下させると出口側濃度が低下することから、流入 pH を中性域に戻す工夫が必要であると考えられる。実施工では、バリア間隔を広げて地盤の緩衝能を利用することが考えられる。

#### (5) ペンタクロフェノールの挙動

図-6 から、ペンタクロフェノールはエレーションカラム通過後の段階ではほとんど濃度低減が見られず、砂ろ過後に 70%程度の濃度低下が確認された。これは、エレーションで生じた微細な固相分に吸着した状態で砂ろ過カラムにおいて除去されたものと考えられる。このように、溶解度が小さく分配係数の大きい農薬やダイオキシン類など難分解有機化合物に対しては、ろ過による負荷低減も有効な手段となりうる。

### 4. まとめ

複数の浄化メカニズムを利用したマルチバリア方式のカラム試験により、汚染物質ごとの除去特性やフッ素に対する pH など阻害要因も把握した。今後、さらに試験データを蓄積し、浄化剤の組合せや阻害要因の洗い出しなど設計手法の検討を行う予定である。

### 参考文献

1)根岸昌雄ら、「ハイドロキシル基吸着剤によるフッ素汚染地下水の処理に関する研究」、第 38 回日本水環境学会年会講演集、p606、2004.3

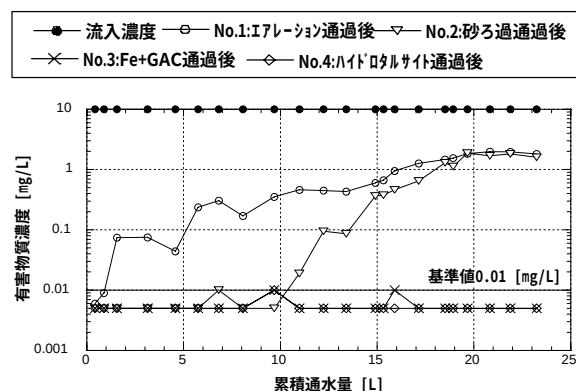


図-2 鉛濃度の変化

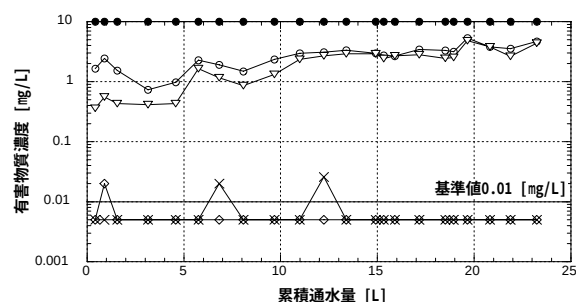


図-3 ヒ素濃度の変化

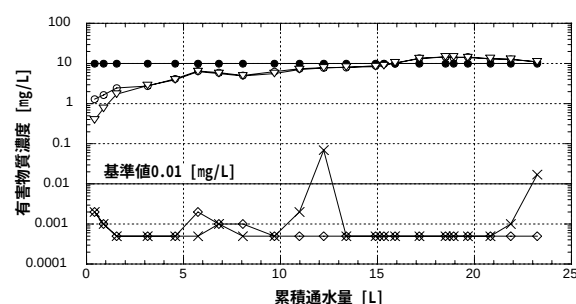


図-4 カドミウム濃度の変化

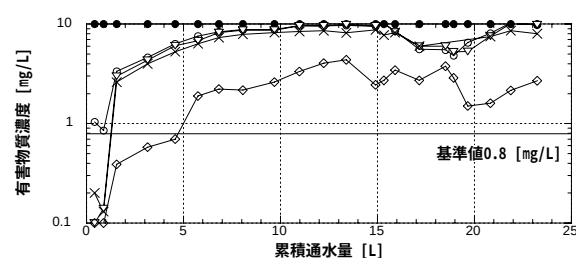


図-5 フッ素濃度の変化

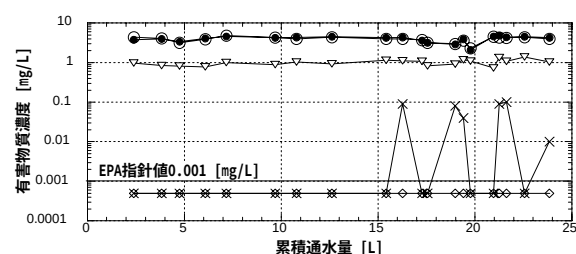


図-6 ペンタクロフェノールの経時変化