

1,4-ジオキサン汚染地盤地下水の環境修復技術に関する基礎的検討

八戸工業大学 学生会員 ○中野 駿樹、貴田 英城

八戸工業大学 正会員 鈴木 拓也、福士 憲一

1. はじめに

現在、廃棄物不法投棄現場において有害物質による地盤・地下水汚染が問題となっている。本研究で対象とする青森・岩手県境産廃不法投棄現場跡地においても発がん性の疑いのある 1,4-ジオキサンが現場全域の地下水から高濃度で検出されている。当該現場では、平成 27 年 9 月より揚水浄化法（地下水の洗い出し）による 1,4-ジオキサンの浄化事業を実施している。本研究では、揚水浄化法の効果を検証することを目的にモニタリング調査を実施してきた。その結果、火山灰質粘性土や凝灰角礫岩により構成されている難透水性地盤では、揚水浄化による浄化は容易でないことがわかった。このため、難透水性地盤に適用可能な環境修復技術を構築する必要がある。本研究では、1,4-ジオキサンの揮発しやすい特性に着目し、地盤を加温することで 1,4-ジオキサン等の揮発性有機物質の揮発を促進させ、さらに揮発ガスを吸引し汚染された地盤・地下水から当該物質を除去する地盤加温-吸引浄化法による原位置環境修復技術が注目されている。しかし、1,4-ジオキサンを対象とした実績は少ないため、この技術を用いた環境修復が当該現場に適応可能か調査および評価を行う必要がある。そこで本研究では、地盤加温-吸引浄化法による浄化条件と 1,4-ジオキサンの除去性について知見を得ることを目的に基礎的な検討を行った。

2. 実験方法

2.1 地盤加温-吸引浄化実験概要

図 1 に、地盤加温-吸引浄化実験装置の構成を示す。本装置（浄化カラム）は 2 重管構造となっており、内管は汚染地盤試料を充填し、外管には温水を循環させ地盤温度を制御する仕様となっている。本装置は、地盤試料に吸引用ステンレスパイプを挿入し真空ポンプで減圧吸引することで、地盤の水分（水蒸気）とともに、1,4-ジオキサンを系外に除去することが期待されている。本研究では、浄化カラムを 2 機製作し実験に供した。

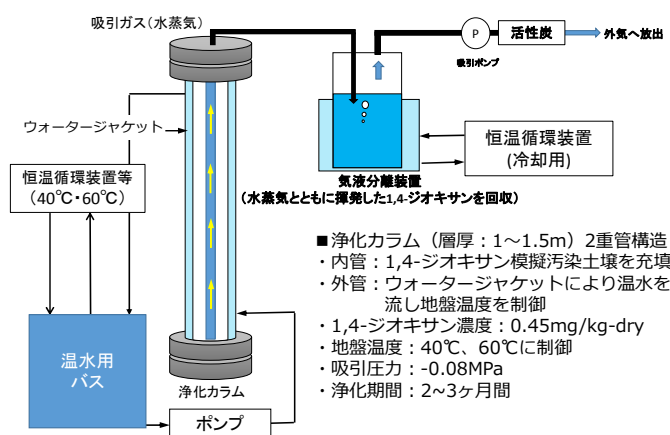


図 1 地盤加温-吸引浄化実験装置の構成

2.2 模擬汚染試料の調製

実験に用いた模擬汚染試料は、当該現場（岩手県側）の切土斜面から採取した火山灰質粘性土（ローム土）を用いた。試料の調製は、地盤試料 32kg 分を計量し 1,4-ジオキサン標準液を所定量採り 1,4-ジオキサン濃度 0.45mg/kg 程度になるよう調製した。実験装置（浄化カラム）に模擬汚染試料を突き固めながら充填した。なお、模擬汚染試料は当該現場における帯水層上部にある不飽和帯を模したものである。

2.3 実験条件および測定方法

地盤温度は予備実験を参考に 40℃および 60℃に設定した。温度制御は、恒温循環装置等を用いた。地盤温

キーワード 不法投棄現場, 1,4-ジオキサン汚染, 原位置環境修復技術

連絡先 〒031-8501 青森県八戸市大字妙字大開 88-1,八戸工業大学工学部土木建築工学科

度の計測・記録には、熱電対およびデータロガーを用いた。減圧吸引は、真空ポンプにより行い -0.08MPa に調節した。実験により発生した吸引ガスは、気液分離装置および活性炭フィルターを通過後実験室外部に排気した。実験期間は、 40°C 実験が約3ヶ月間、 60°C 実験が約2ヶ月間とした。実験試料の採取間隔は、 40°C 実験では21日、 60°C 実験では14日および30日とした。実験試料の採取は、コアサンプラーにより行った。また、試料量が限られていることからコアサンプルを深さ方向に4等分し測定に供した。

2. 4 測定方法

実験試料は、環境省告示46号試験により溶出操作を行い、HS-GC/MS法により行った。この他、試料採取時に模擬汚染試料の含水率測定を行った。

3. 実験結果

図2に実験結果（濃度鉛直分布）を示す。浄化カラムの深さ方向に第1層～第4層に区分している。浄化の傾向として、最上部の第1層から浄化が進み、深度が深くなるほど濃度低下に時間がかかることがわかった。特に 60°C 実験では、その傾向が大きく表れている。両実験ともに環境基準までの浄化には至らなかったが、実験初期濃度から70%程度除去するまでの浄化期間は、 40°C 実験で90日程度、 60°C 実験では60日程度であった。この結果から、地盤温度 60°C が1,4-ジオキサン浄化には有利であり 40°C と比較し1.5倍の浄化効率（時間）が期待できる。実験試料が少なくなり実験を継続できなかったが 60°C の条件で90日間から120日間あれば環境基準未満まで浄化は可能

であることが示唆された。なお、実験試料の含水率は、実験開始から終了時まで34%前後でありほとんど変化はなかった。このことから、浄化メカニズムとして水分の蒸発にともない1,4-ジオキサンが水分に連行輸送されることが考えられたが1,4-ジオキサン単独の蒸発輸送の可能性もありうるかもしれない。

また、本技術を青森・岩手県境産廃不法投棄現場跡地（青森県側）のような比較的広大な区域（11ha）への適用を考えると、対象となる地盤全体を加温する必要があるためコストのほかエネルギーの大量消費の是非など実施面において大きな課題になると考えられる。

4. まとめ

難透水性地盤を対象に1,4-ジオキサン汚染地盤地下水の環境修復技術に関する基礎的な検討を行った。結果をまとめると以下の通りである。

- ・浄化の傾向として、最上部の第1層から浄化が進み、深度が深くなるほど濃度低下に時間がかかる。
- ・地盤温度 60°C が1,4-ジオキサン浄化には有利であり 40°C と比較し1.5倍の浄化効率（時間）が期待できる。

謝辞： 本研究は、令和元年度八戸工業大学特定研究助成の一環として行なわれた。実験試料等を提供いただいた青森県、岩手県の関係者に謝意を表します。

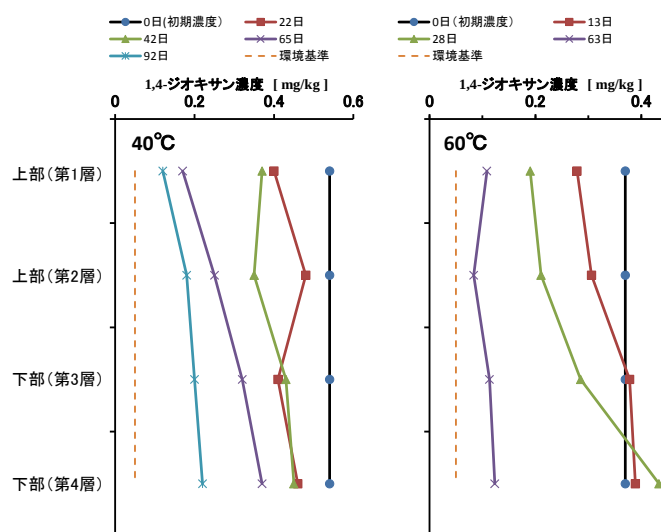


図2 実験結果（1,4-ジオキサン濃度鉛直分布）