

土壌加熱吸引法による VOC 汚染土壌浄化方法（その 4）

オフガスの還元分解処理の検討

(株)竹中工務店 技術研究所

正会員 奥田 信康

(株)竹中土木 技術本部

正会員 菅沼 優巳

1. はじめに

前報¹⁾にて、揮発性有機化合物(VOC)による土壌汚染のオンサイト浄化方法としてアルミ粉末を用いた土壌加熱吸引法を開発し、実際の汚染サイトにおいてトリクロロエチレン(TCE)やテトラクロロエチレン(PCE)汚染土壌を環境基準値以下まで処理可能であることを確認した。本報では、アルミ粉末から発生する水素を用いてオフガス中のTCE等を還元分解処理するシステムの成立可能性の検討を行った。

2. 還元脱塩素による有機塩素化合物の分解

TCE や PCE の無害化分解処理方法として白金やパラジウム触媒を用いた還元分解処理法が報告されている²⁾。還元分解経路は PCE → TCE → ジクロロエチレン → 塩化ビニル → エチレン → エタンであり、分子中の塩素が水素と置換して塩化水素となる。総括的には $C_2HCl_3 + 4H_2 \rightarrow C_2H_6 + 3HCl$ と示される。オフガス処理として用いる場合、空気中の酸素により水素が消費されるため、PCE 濃度に比べ過剰な量の水素が必要となる。

2. 実験方法

1) TCE の還元分解実験（室内実験）

還元触媒はオフガス中の酸素や水分の影響の小さいパラジウム触媒(0.5%(w/w)、アルミナ担持、球状)を使用した。実験装置の構成を図1に示す。含水比90%、比重1.5の火山灰質粘性土を用いて作成したTCE模擬汚染土を、表1に示す条件で改良材(アルミ粉末、生石灰)とモルタルミキサーで攪拌混合したのち、土壌カラム(有効容量1L、10cm × 13cm)に充填した。改良材の添加量は土壌を50 ~ 55℃に加熱する条件とした。一定の速度で乾燥空気をカラム内に通気させ、TCE、水素を含むオフガスを触媒カラム(パラジウム触媒を充填、外部ヒーターで100℃に加熱)に導き、還元分解処理を行った。土壌カラムの出口(a)、触媒カラムの出口(b)にてガスタイトシリンジで採取したガスをヘキサノンに固定しGC-ECDにてTCE濃度を測定した。

異なる Al 添加量とした場合の土壌カラムの出口濃度および触媒カラムでの TCE 除去率(1 - b/a)から、Al 粉末由来の水素を利用したオフガスの還元分解処理に必要な運転条件の検討を行った。

2) 水素濃度のコントロール

水素は爆発下限値4%の可燃性気体であり、実工事に用いる場合には水素濃度を適切な範囲に制御する必要がある。実際の汚染サイトで採取した水分条件の異なる2種類の土壌(含水比A:60%、B:25%)を用いて発生する水素濃度を確認し、水素濃度をコントロールする手法を検討し、実工事における安全管理方法に反映させた。

オフガス中に含まれる水素濃度の計測には、接触燃焼式水素ガス検知器を用いた。

表1 実験条件および TCE 溶出濃度

Al 添加量(w/v)	0.5%	0.3%	0.1%	0.05%
生石灰添加量(w/v)	5%	5%	10%	10%
初期濃度(mg/l)	8.2	12.9	6.3	13.1
処理後濃度(mg/l)	0.001	0.002	<0.001	0.001

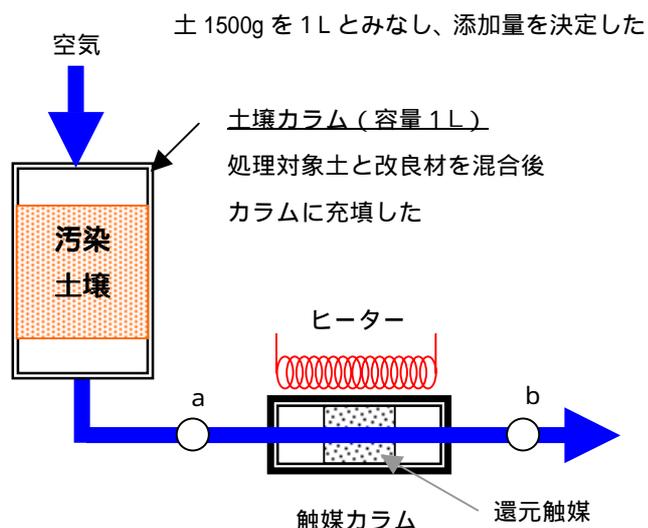


図1 実験装置の構成

キーワード：アルミ粉末、還元分解、水素、土壌浄化

連絡先：〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 (株)竹中工務店 技術研究所 tel.0476-47-1700 fax0476-47-7333

4. 実験結果

1) TCE の還元分解実験

土壌カラム出口のTCE ガス濃度を図2に示す。通気開始直後は120~200ppm と高濃度であったが、通気を継続すると指数的に減少し、処理土の60倍の空気を通気した時点で初期の1/10程度となった。この時点で溶出濃度を測定したところ、初期濃度6~13mg/lの汚染土が全て環境基準値以下となっており、土壌の浄化は完了していた。

触媒カラムでのTCE除去率を図3に示す。AI添加0.5%では除去率95%以上(出口ガス濃度1ppm以下)、0.3%では除去率90%以上(3ppm以下)であり、土壌の浄化が完了するまで還元分解処理に十分な水素濃度レベルを維持できることが確認できた。AI添加0.1%では30倍量通気後から除去率が低下し最終には60%(6ppm)となった、AI添加0.05%では除去率が20%(12ppm)まで低下した。

AI粉末を含まない土壌からのオフガスに一定量の水素を供給し水素濃度と除去率の関係を確認した。水素1%供給時の除去率が90%以上、水素2%では95%以上であった。これらよりAI添加0.3%以上では、60倍量通気時点でも水素濃度1%以上であると想定される。

2) 水素濃度のコントロール

オフガス中の水素濃度を図4に示す。含水比60%の土壌Aでは反応が遅く水素濃度は常時2%以下であった。含水比25%の土壌Bでは混合時に重量比2%の水を加えたところ、反応が促進され水素濃度が通気初期に4%程度まで上昇し、その後急激に低下する傾向が認められた。これより通気開始時に水素濃度制御の必要があると判断した。

図5に土壌加熱吸引法の実規模浄化プラントの概略図を示す。改良材を混合した浄化対象土(1バッチ30~50m³)をパイル状に成形し下部に設置した吸引管を通じてガス化したVOCを回収した。吸引ブローの手前に希釈空気を取り込む分岐弁を設け、吸引ガス中の水素濃度が2%以下となるまで約3倍量の空気で希釈した。その結果、図6に示すように水素濃度を適切な範囲に維持することができた。

5. まとめ

本研究により以下の知見を得た。

VOC汚染土壌の浄化材としてAI粉末から発生する水素をオフガス処理に利用することが可能である。

AI単独で水素を供給する場合には、AI粉末の添加量は0.3%(w/v)以上が望ましい。

実規模工事においても還元処理維持に必要な水素を適切な濃度範囲に維持することが可能である。

今後は、実規模での還元触媒処理の実施を目指し、検討をすすめたい。

(参考文献)

- 1) 奥田信康他, 土木学会第55回年次学術講演会, -161、-163(2000)
- 2) 上甲勲, 用水と廃水, 39(10)43-46(1997)

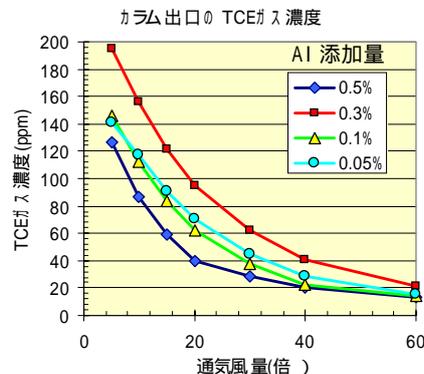


図2 土壌カラム出口ガス濃度経時変化

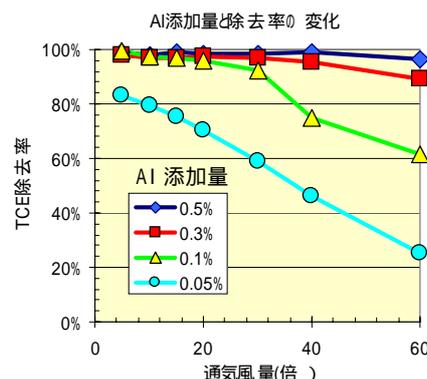


図3 触媒カラムでのTCE除去率

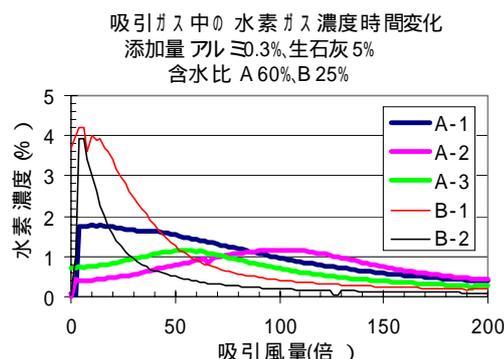


図4 水素濃度の経時変化(室内実験)

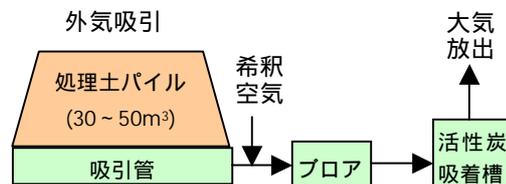


図5 実規模浄化プラント概略図

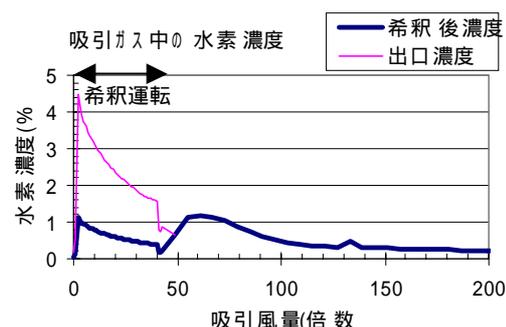


図6 実規模運転での水素濃度例