

界面活性剤の動水勾配流による油汚染地盤の非掘削浄化(その2)

大同大学 学生会員 ○古田 淳士
 大同大学 学生会員 野村 凌平
 大同大学 正会員 棚橋 秀行

1. はじめに

工場などの事業所において、油による地盤汚染が問題になっている。著者らは、機械油による汚染地盤に対し工場を稼働させたまま界面活性剤を用いて非掘削浄化する研究を継続的に行っている。この際、図-1の①②③のように汚染領域を区分している。本報告の対象範囲は、広い範囲に薄く油膜が広がっている浄化範囲③である。ここでは注入井戸・揚水井戸の水頭差(動水勾配)による浄化が主に行われる。これまでの研究成果で「界面活性剤の濃縮・停滞」という問題点を、HLB値の異なった界面活性剤を混合させることによって解消することができた。さらなる改善として前報(その1)では浄化時間の短縮と界面活性剤使用量の削減をねらい、混合界面活性剤の配合比と乳化液の回収位置について取り組んだ(表-1のCase1からCase3)。その結果Case3において良い結果が得られたが、この方法を実地盤へそのまま応用するにはある問題があると考えられたため、本報告では新たに表-1のCase4~5の実験を実施した。以下に、Case3以降の実験結果について述べる。

2. 実験 Case3: 下流側の水位変更を行う大型二次元土槽実験

汚染機械油として自動車用のエンジンオイルを使用し、これを浄化する界面活性剤として、HLB値10.5のP205(2.5%)と、HLB値13.3のP209(1.5%)の混合界面活性剤水溶液を使用した。HLB値は0から20までの値を取り、0に近いほど親油性が高く20に近いほど親水性が高くなる界面活性剤の物性指標である。試料土には珪砂6号を用いた。Case3は図-2のノズル2で汚染油を回収した後、ノズル2からの汚染油の回収を停止し、ノズル3の位置へ下流側水位を上昇させることで油分を浮上させ回収するもので、前報(その1)ではこの配置と手順によって大幅な浄化効率の上昇につながったことを報告した。しかし、室内土槽実験では下流端に内壁があるためここに滞留した油を浮上させて回収できるのに対して、実地盤では汚染油ノズル2、3の間をすり抜けて下流へ押し流されていく問題があると考えられる。

表-1 実験条件と結果

実験名	回収ノズル 汚染領域より 上/下	圧入 ノズル	種類	送液方法	(a) 合計送液量 (PV)	(b) 実験装置稼働時間(H)	(c) 残留汚染領域比(%)	((a)×(b))/20+(c) 総合評価 (PV・H・%)
Case1	下部	上部	混合界面活性剤水溶液 P205(2%),P209(1%)	常時送液	21.5	117.5	36.1	162.4
Case2	上部	上部	混合界面活性剤水溶液 P205(2%),P209(1%)	常時送液	20.3	107	21.6	130.2
Case3	下部	上部	混合界面活性剤水溶液 P205(2.5%),P209(1.5%)	常時送液	12.9	96	9.9	71.7
	2時間停止/送液			25.8	80	23.8	126.8	
Case4	下部	上部①	混合界面活性剤水溶液 P205(2.5%),P209(1.5%)	常時送液	28.2	121	24.8	195.4
		上部②						
Case5	下	上部①	混合界面活性剤水溶液 P205(2.5%),P209(1.5%)	常時送液	25.8	80	23.8	126.8
		上部②						

備考 (a)のPVは、汚染領域の間隙体積9.3Lを1PVとした送液量である。
 (c)の残留汚染領域比は、観察面における初期汚染領域の面積を100%として定義した残留汚染領域の比である。
 総合評価は実験の浄化効率を総合的に判断するためのもので、値が小さいほど浄化効率が良いことを示す。

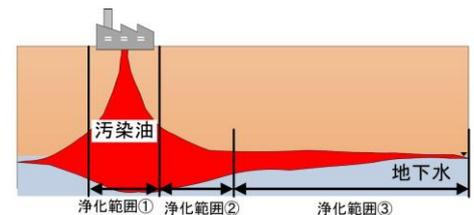
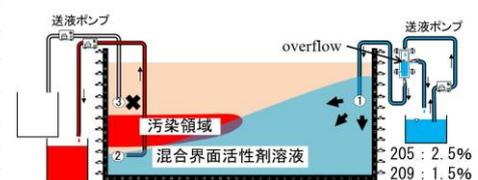
図-1 機械油汚染地盤の
非掘削浄化範囲①②③について

図-2 case3 挙動予想図

キーワード 機械油、土壤汚染、非掘削浄化、界面活性剤

連絡先 〒457-8532 愛知県名古屋南区白水町40番地 大同大学 工学部 建築学科 土木・環境専攻
 TEL 052-612-5571 FAX 052-612-5953

3. 実験 Case4: 下流側の送液孔から常時送液した大型二次元土槽実験

上記の問題を解決するため、あらためて実地盤現場での浄化方法を図-3のように想定した。ノズル1から送液された界面活性剤のノズル2への動水勾配流により、この流れで深部の油分は回収されるが、2の直上付近にはどうしても残留油分が出来てしまう。これを次の組み合わせであるノズル3から4への界面活性剤の動水勾配流をオーバーラップさせて洗い流す、という仕組みである。

Case4の挙動予想図を図-4に示す。図-3のノズル4は装置内に再現できないため、ノズル1~3でどこまで浄化ができるかを観察した。写真-1は実験開始70時間後の写真で、汚染油がかなり下までに押し流されている。これはノズル3からの送液速度が大きかったことが原因で起こったと考える。写真-2は実験終了時(121時間後)の写真である。ノズル2の左側に残った油分はノズル4があれば回収されたと思われるが、土槽中央下部に残留した油分はクリアすべき問題である。この部分の色が低含水比の試料土の色と似ているため、ここが不飽和となって界面活性剤が迂回する結果になったと考えられる。

4. 実験 Case5: 下流側の送液孔から間欠送液した大型二次元土槽実験

Case4においてノズル3からの送液が強すぎて汚染油を降下させ過ぎてしまったため、Case5では、2時間流し2時間止める間欠送液で行うことにした。また、ノズル1からの送液をこれまで行っていなかった夜間も継続して行うこととした。写真-3は実験開始から40時間後で、汚染領域の半分が浄化されたと判断し、ここからノズル3からの間欠送液を開始した。実験開始から80時間後、写真-4のように浄化のめどが立ったと判断しここで実験を終了した。今回のCase5では不飽和領域が形成されなかったことで、土槽中央下部の浄化に成功した。実験の観察より、Case4では夜間のノズル1からの送液停止により水位が低下し、ここにノズル3からの流れが油を押し下げてくることで油汚染領域内に不飽和領域が形成されていたことが分かった。

5. まとめ

本報告では、前報(その1)¹⁾での実地盤への応用に関する問題を解決するため、新たにCase4~5の実験を実施した。両実験結果の比較を図-5に示す。この図ではあまり差異が見られないが、Case5は実験時間が短縮されたことで、表-1に示した通り総合評価(値が小さいほど効率が良い)は195.4から126.8まで改善することができた。今回は図-3におけるノズル4を再現しなかったため、どうしても油が20~30%残留する結果となった。今後は、ノズル3から4へ至る流れの内挿点に仮想的にノズルを設置した実験を行ってゆきたいと考えている。また、圧入する界面活性剤の種類や圧入速度を最適化し、さらに効率の良い浄化法の開発に向けて研究を進めていきたいと考えている。

参考文献 1) 古田淳士・野村凌平 棚橋秀行: 界面活性剤の動水勾配流による油汚染地盤の非掘削浄化(その1)、第55回地盤工学研究発表会(投稿中)、2020。

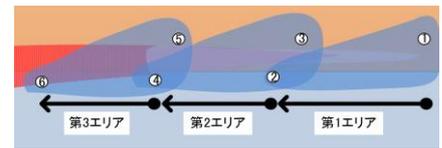


図-3 実地盤の浄化想定図

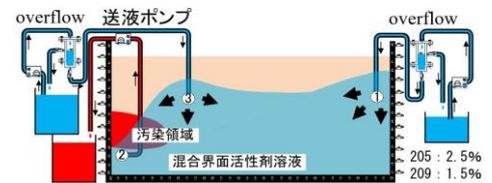


図-4 case4 挙動予想図

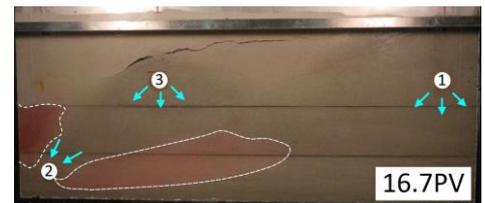


写真-1 case4: 実験開始 70 時間後

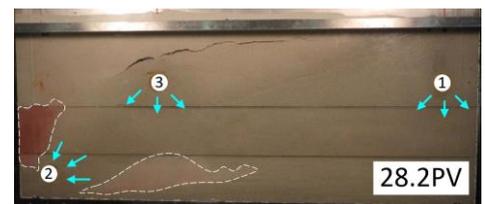


写真-2 case4: 実験終了 121 時間後

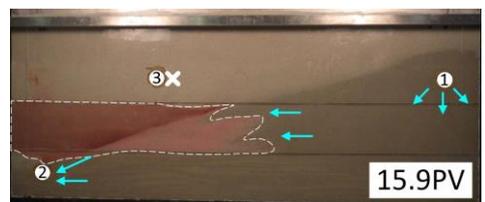


写真-3 case5: 実験開始 40 時間後

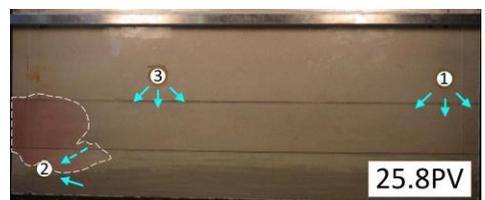


写真-4 case5: 実験終了 80 時間後

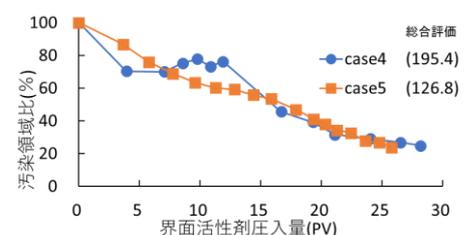


図-5 汚染領域比と PV の関係