

油含有土壌の原位置フラッシング工法の検討

(株)竹中工務店 技術研究所 正会員 ○古川 靖英
 (株)竹中土木 技術・生産本部 大村 啓介
 (株)竹中工務店 技術研究所 正会員 奥田 信康
 (株)竹中工務店 技術研究所 清水 孝昭
 (株)竹中工務店 技術研究所 向井 一洋

1. 目的

筆者らは油含有土壌対策として原位置フラッシング工法の適用可能性を検討してきた。原位置フラッシング工法とは汚染物質を含んだ地下水を回収し、地上にて水処理後、排出または再注入をすると同時に、汚染範囲に、界面活性剤や溶媒等の水溶液を注入する工法である¹⁾。室内試験の結果、洗浄剤として界面活性剤と酸化剤(過炭酸ナトリウムや過酸化水素)の併用が有効であることを確認している²⁾。本稿では実際のサイトでの適用性試験結果について報告する。

2. 現地実験方法 (site 1)

対象サイトは試験直前に閉鎖されたガソリンスタンド跡地である。単管ロッド注入方式によるフェントン処理にて対策を行うサイトであったが、不飽和部にガソリンが存在するため、補助工法として原位置フラッシングを行った。汚染状況としてはGL-1.5~3.0 m付近にガソリンが拡散し、土壌TPH濃度は1,100~7,100 mg/kg-dry soilであった。代表的な土質構成と粒度より推定した透水係数を表1に示す。単孔式透水試験により求めた透水係数は 3×10^{-4} m/sであった。

表1 土質構成と透水係数 (site 1)

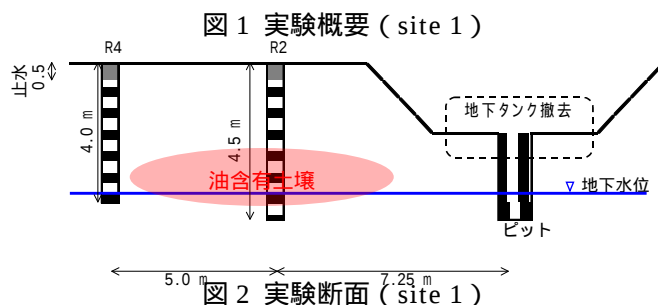
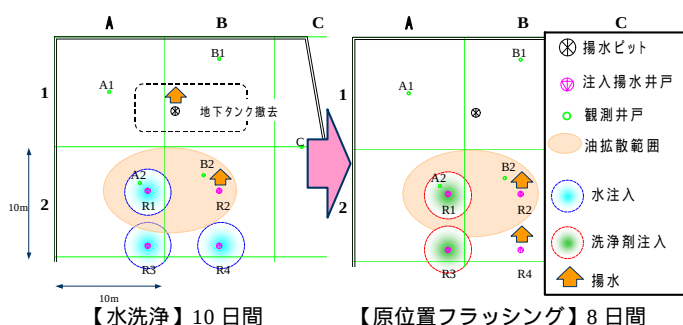
深度(m)	土質	D20(mm)	透水係数k(m/s)
0.0~0.2	コンクリート	-	-
0.2~0.7	盛土 (粘土混り砂礫)	0.025	6.1E-07
0.7~1.3	盛土 (礫混り砂質粘土)	0.004	2.0E-08
1.3~2.4	盛土 (シルト質粘土)	0.002	5.4E-09
2.4~2.8	盛土 (砂混り粘土)	2.0	2.2E-03
2.8~3.3	盛土 (粘土質砂礫)	0.58	2.2E-04
3.3~5.2	盛土 (シルト混り砂)	0.12	1.1E-05

$$D20 < 0.03 : k = D20^{1.87} \times 10^{-1.22}$$

$$D20 > 0.03 : k = D20^{2.38} \times 10^{-0.44}$$

実験概要を図1に、実験断面を図2に示す。実験は井戸設置後、初期の10日間はR1、R3、R4から水を注入し、R2およびピットより揚水した。各井戸の注入圧力は、水洗浄期間中0.01MPa(各井戸の注水量は600L/hr)であった。その後、原位置フラッシング期間(8日間)には、R1とR3から洗浄剤・界面活性剤0.05%

と過酸化水素1.0%)を注入し、R2、R4より揚水した。この期間は、注入圧力0.01MPaで注入し、合計注水量は35m³(各井戸250L/hr)であった。なお、フラッシング期間の循環水量は間隙の1.5倍量にあたる。



3. 現地実験結果 (site 1)

井戸A2~R2間で土壌試料採取を行った結果を事前調査時の結果とともに表2に示す。試料採取箇所を図3に示す。試験前に最高で7,100mg/kg-dry soilであった土壌TPH濃度は、水および洗浄剤によるフラッシングで500 mg/kg-dry soil以下まで低減できた。GL-1.5~4.0 mの全体平均では約1,900 mg/kg-dry soilであった土壌TPH濃度が、約360 mg/kg-dry soilまで低減した。

一方、H2においてはGL-3.0~3.5 mで2,000 mg/kg-dry soil、GL-3.5~4.0 mで2,700 mg/kg-dry soilという値が検出された。表1より、透水性の高い層(GL-2.4~2.8 m、GL-2.8~3.3 m)に洗浄剤が優先的に通過し、その下部に存在する透水性の低い層(GL-3.3~5.2 m)には、洗浄剤の通過が困難であったためと推測される。今後の検討事項として、同様なサイトにおいては深度別に均等に注入・揚水出来るような方法の改善が挙げられる。

キーワード：A 重油、潤滑油、汚染土壌、原位置浄化、フラッシング

連絡先：〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 竹中工務店 古川靖英 tel 0476-47-7627 Email: furukawa.yasuhide@takenaka.co.jp

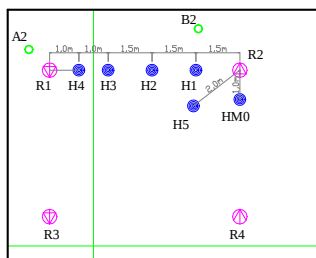


図 3 土壌試料採取箇所 (site 1)

表 2 土壤 TPH 濃度 (site 1)

		土壤TPH濃度 (mg / kg - dry soil)							
深度	施工前		施工後						
GL-	A2	B2	H4	H3	H2	H1	H5	HM0	
0.0 ~ 1.0m	190	130	160	150	130	150	86	250	
1.0 ~ 1.5m	160	120	100	190	100	110	140	210	
1.5 ~ 2.0m	1100	6000	180	330	290	170	120	180	
2.0 ~ 2.5m	320	3400	110	140	170	200	190	150	
2.5 ~ 3.0m	320	7100	190	400	140	140	200	310	
3.0 ~ 3.5m	350	110	350	150	2000	410	160	160	
3.5 ~ 4.0m	170	330	130	110	2700	160	390	580	
4.0 ~ 4.5m	120	230	150	150	140	130	130	150	
4.5 ~ 5.0m	130	90	100	130	170	120	210	180	

4. 現地実験方法 (site 2)

既存工場の建屋下で、A 重油と機械油が混合した状態で存在するサイトを対象とした。代表的な土質構成を表 3 に示す。GL-1.6 ~ 3.2 m 付近に油が拡散し、土壌 TPH 濃度は 2,600 ~ 6,000 mg/kg-dry soil であった。透水係数（単孔式透水試験による）は 2×10^{-5} m/s であった。図 3 に実験断面を示す。洗浄剤は過炭酸ナトリウム 5.0 %とし、汲み上げた地下水は処理プラントで油分を除去し、再度薬剤を添加して循環させた。初日のみ界面活性剤を 0.05 %添加した。原位置フラッシング期間（17 日間）の注入圧力は 0.03MPa、注入量、揚水量は共に約 62 m³ であった。フラッシング期間の循環水量は間隙の 3 倍量にあたる。

表 3 土質構成 (site 2)

深度 (m)	土質
0.0 }	コンクリート
0.2 }	
0.5	
0.5 }	盛土 (砂礫)
1.7	
1.7 }	
2.2 }	盛土 (粘土混り砂)
2.2 }	
3.4	
3.4 }	盛土 (砂礫)
4.0	
	粘土

5. 現地実験結果 (site 2)

フラッシング終了後、1.0 m 間隔で 27 本のボーリング調査を行い、油分濃度を確認した。図 4 に GL-2.5 ~ 3.5 m の洗浄前と洗浄後の油分濃度分布を示した。特に揚水井付近で大幅な濃度低減が認められ、90%近い油の濃度低減が確認された。しかし、洗浄前に平均 5,500 mg/kg-dry soil であった土壌 TPH 濃度は、洗浄後平均

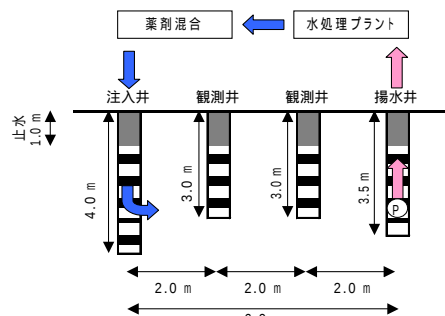


図3 実験断面 (site 2)

【フラッシング前】 ・ は土壌試料採取箇所

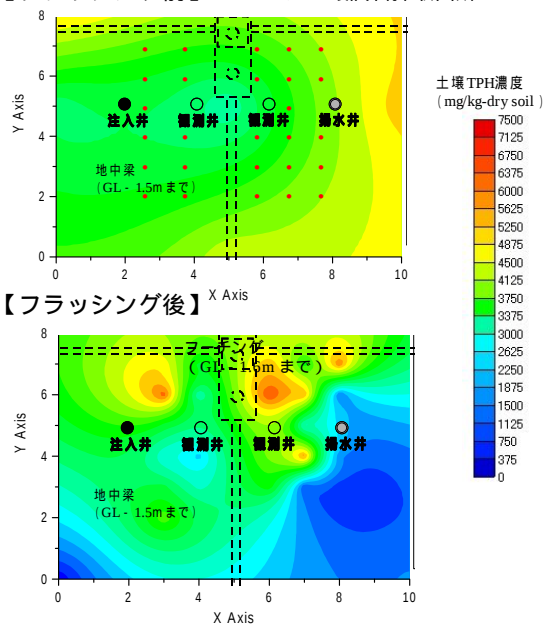


図 4 TPH 濃度変化 (site 2)

3,700 mg/kg-dry soil までの低減に留まった。

特に図の上側部分（Y 軸 6～7.5 m）では、除去効果が低い結果となった。これは既存躯体下に存在する空隙を洗浄剤が通過し、油含有土壌に対して局所的に洗浄剤が到達しなかったためと考えられた。

6. まとめ

本試験の結果、 3×10^{-4} m/s の site1 及び 2×10^{-5} m/s の site2 での油除去効果を確認した。site1 の結果から、透水性が高い層の下部に、透水性が低い層が存在する場合、透水性の低い層に油が残存しやすい可能性が示唆された。このようなサイトでは、透水性の低い層に集中して注入—揚水を行う等の改善が必要となる。

一方、site2 の結果から、地中梁の影響を受ける位置への注入井戸および揚水井戸の配置が除去効果を低減させる可能性が示唆された。効果的なフラッシングの実施には、事前の地盤条件と既存構造物の把握が重要であり、適切な井戸配置での実施が望まれる。

参考文献 1): page2, Technology Status Report *In Situ* Flushing, Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center
2): 大村啓介、古川靖英、奥田信康、田中良隆 (2009): 油含有土壌の原位
置洗浄に関する研究, 第 15 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究
集会講演集, 71