

## 実サイトにおけるドレーン材を用いた地盤中の油回収実績

鹿島建設(株) 正会員 ○太田圭祐 河合達司 河野麻衣子 大塚誠治  
 フェロー会員 瀬尾昭治  
 錦城護謨(株) 正会員 三成昌也 小柳勇也

### 1. はじめに

製油施設や貯油施設等では、漏えいした油が地盤中に浸透して地下水面まで達し、厚さ数十 cm 以上の油層を形成しているケースも見られる(図-1)。筆者らは、従来、地盤改良に用いられるプラスチックボードドレーン材を 1m 程度のピッチで高密度に設置し、負圧をかけて地下の油水を吸引できる工法を提案し、親油性のあるドレーン材の効果により、油層を効果的に回収できることを確認してきた。本報では、ドレーン材を用いた地盤中の油回収を実サイトで実証し、定性的な評価を行ったので、その結果について報告する。

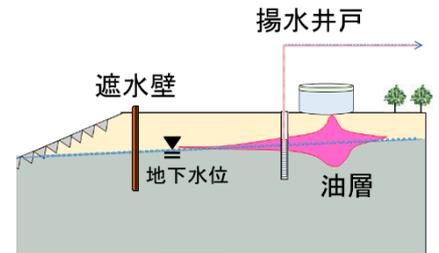


図-1 従来の拡散防止対策

### 2. 実サイトにおける実証試験

#### 2.1 試験の概要

表-1 に複数の異なる実サイトにおける試験条件を示す。本工法を油種(ガソリン、灯油、潤滑油)、地質(不均質な埋立て地盤、砂礫)、油層の深度(GL-2m 程度の浅い深度から負圧吸引の限界に近い GL-8m 程度)の異なる条件の実サイト(A、B、C)で適用し、実証試験を実施した。

表-1 複数の異なる実サイトにおける試験条件

場所	サイトA	サイトB	サイトC
油種	ガソリン	灯油	潤滑油
深度	GL-1.8~3.4m	GL-8m(吸引の限界深度)	GL-2m
地盤	砂~シルト (不均質な埋立て地盤)	N値が高い砂礫地盤	砂~シルト (不均質な埋立て地盤)

#### 2.2 試験方法

各サイトの実証試験エリアにおいて、事前調査の結果にて地盤中に油層が確認された位置にドレーン材を約 1mピッチで打設した。ドレーン材の打設後、吸引ポンプを用いて地盤中の油水の吸引回収を行い、「揚液量」と「揚液中の油比率」の計測を行った(写真-1)。この時、油の回収配管経路に圧力計を設置することで、吸引圧(負圧)の経時変化を計測した。



写真-1 実証試験装置の例

### 3. 地盤中の油の回収結果

図-2 に油種ごとの油の回収率を示す。ここで油の回収率とは、地盤から回収された揚液中の油の比率を指す。Taylor によれば、多孔質媒体中の液体の透過係数 $k[LT^{-1}]$ は、流体の性質を表す粘性係数 $\mu_l[ML^{-1}T^{-1}]$ と密度 $\rho[ML^{-3}]$ 、重力加速度 $g[LT^{-2}]$ 、固有透過度 $K_0[L^2]$ を用いて式(1)の関係で表される<sup>2)</sup>。

$$k = \frac{\rho g}{\mu_l} K_0 \quad (1)$$

また、西垣らによれば、式(1)をもとに、油の場合においても油の透過係数(透油係数)は粘性係数に反比例し、密度に比例することが確認されている<sup>3)</sup>。粘性係数 $\mu_l$ を密度 $\rho$ で除した $\mu_l/\rho$ は液体の動粘度に相当することから、透油係数は動粘度に反比例すると言える。ここで、水の動粘度は約 0.90mm<sup>2</sup>/s であり、ガソリンと灯油の間である

キーワード: ドレーン、油、回収、吸引、実証試験

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株) 環境本部 TEL 03-5544-0729

ので、より動粘度の小さい方（透過係数の大きい方）を優先的に吸引すると推測される。したがって、動粘度の小さい（透過係数の大きい）ガソリン（ $0.81\text{mm}^2/\text{s}$ ）の油回収率が最も高く、次いで灯油（ $1.76\text{mm}^2/\text{s}$ ）、潤滑油（ $36.2\text{mm}^2/\text{s}$ ）となると予想した。しかし図-2に示すように灯油の回収率が最も小さく、 $0.04\sim 1.6\%$ 程度だった。これは、サイトにより地盤を構成する土質が異なり（表-1）、かつ灯油（Bサイト）の油層厚（最大10cm程度）がガソリン（Aサイト）・潤滑油（Cサイト）の油層厚（最大50～100cm程度）よりも小さかったためと考えられる。

#### 4. 吸引圧と油の回収率の関係

Aサイトでは吸引圧をコントロールして段階吸引試験を行い、揚油量に差が生じるか確認した。図-3にAサイトにおける吸引圧と揚油量の関係を示す。図-3より吸引圧が $0.03\text{MPa}$ で最大の揚油量を示しており $0.06\text{MPa}$ 付近まで一定量の油を回収できていることが分かる。したがってAサイトにおける地盤条件でガソリンを回収する場合の最適吸引圧（最も油を効率的に吸引できる吸引圧）は $0.03\sim 0.04\text{MPa}$ であると推定された。

次に、Bサイトの実証試験で得られた吸引圧と揚油量の関係の一例を図-4に示す。Bサイトにおいては $0.05\text{MPa}$ 付近が最も油を効率よく回収できている、これが、最適吸引圧と推定された。また、吸引圧が大きくなるほど油の回収量が上がらず、地下水を多く回収する結果となった。

#### 5. 既存の対策技術（揚水井戸）との比較

Bサイトでは揚水井戸による対策を実施しており、油の拡散防止が図れている。ここで、Bサイトにおけるドレーン材を用いた工法と既存の揚水井戸対策工法の比較を表-2に示す。揚水井戸の揚液量は $86.22\text{L}/(\text{本}\cdot\text{min})$ 、揚油量は $0.00016\text{L}/(\text{本}\cdot\text{min})$ であり、油回収率は $0.00018\%$ となる。それに比べドレーンの油回収率は $1.6\%\sim 0.04\%$ となり揚水井戸よりも $222\sim 8888$ 倍程度効率よく油を回収できることが分かった。また、揚油量に関しても揚水井戸と同等以上の数値となっている。したがって、ドレーン工法は揚水井戸よりも油の回収期間を短縮できることが示唆された。

#### 6. 今後の課題

今回の実証試験では、油層厚が薄い（最大でも10cm程度）場合でも、通常の揚水井戸を用いる場合よりドレーン材を用いた工法の方が遥かに高い効率で油を回収できることが分かった。今回は定性的な傾向の把握に留まったが、実設計のためには定量的な評価が必要となる。今後は地盤の条件や油種・地下水位・油層の位置等の要因と吸引圧の関係性を明らかにし、実サイトの条件に応じた効率的な油回収方法の検討を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 大塚誠治他：ドレーン工法を用いた油回収に関する検討（その2），土木学会第73回年次学術講演会，VII-089，2018.
- 2) Taylor, D.W. : Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., pp.104-122, 1961.
- 3) 西垣誠ら：地盤への油の浸透に関する基礎的研究，土木学会論文集 C, Vol.63, No.1, pp.249-268, 2007.

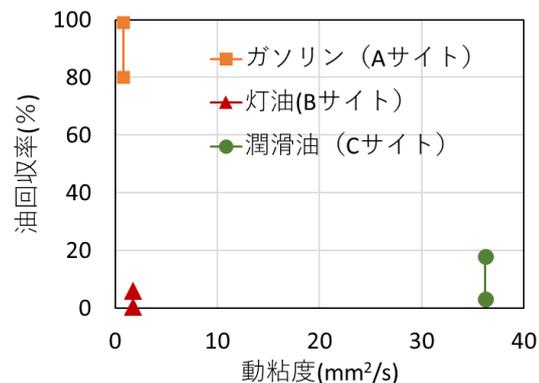


図-2 油種ごとの油の回収率

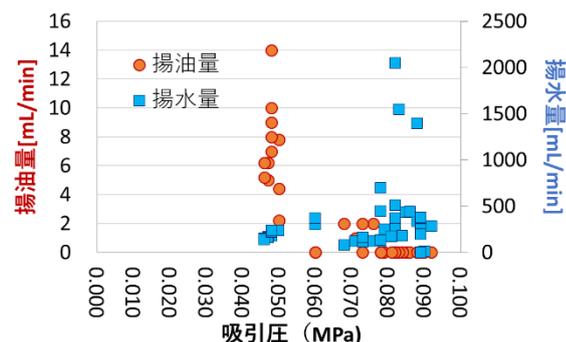
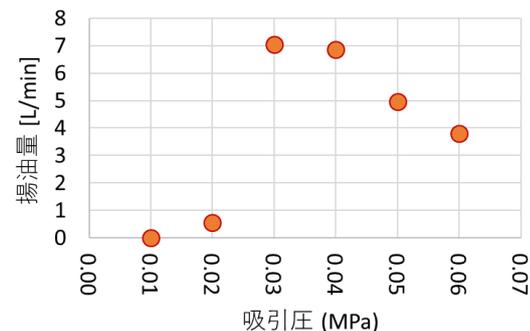


図-4 Bサイトにおける吸引圧と揚油量の関係

表-2 Bサイトにおける既存の対策技術との比較

	ドレーン	揚水井戸
吸引圧 (MPa)	約 $0.048\sim 0.082$	-
揚液量 (L/(本・min))	$0.097\sim 0.310$	86.220
揚油量 (L/(本・min))	$0.0016\sim 0.00013$	0.00016
油回収率 (%)	$1.6\sim 0.04$	0.00018