

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19360217

研究課題名（和文） リサイクル食用油を利用した新しい地盤環境浄化技術の開発

研究課題名（英文） DEVELOPMENT OF NEW PURIFICATION
METHOD FOR GROUND ENVIRONMENT
USING RECYCLED VEGETABLE OIL

研究代表者

棚橋 秀行 (TANAHASHI HIDEYUKI)

大同工業大学・工学部・准教授

研究者番号：00283234

研究成果の概要：土に対する付着性・粘性が高く、揮発性に乏しい機械油を、非掘削で地盤内から除去する有効な技術は確立されていない。本報告では、機械油による汚染現場を想定し、ここで行われる浄化の際にリサイクル食用油を利用した新しい地盤環境浄化技術の開発を行った。複数の室内実験において汚染浄化の効果が確認できたが、現場へ応用するには浄化に要する工期などの課題が残った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	6,400,000	1,920,000	8,320,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード： 土壌汚染浄化 環境技術 地盤工学 土壌圏現象

1. 研究開始当初の背景

粘性の高い油でいったん汚染された土壌は非掘削で浄化することが非常に困難になる。また、水に溶けないことから濃度規制がなじまないこと、また石油製品の中でもっとも単純といわれるガソリンでさえ主要成分が300を超えるなどのことからその規制基準も長い間明確にされてこなかった。

このような背景の中 2006年3月に油汚染対策ガイドラインが制定された。油汚染問題が生じた場合の対策として、ガイドラインでは一般の工場・事業所では舗装などで地表の油臭を遮断し、井戸水等に油臭や油膜を発生

させている部分の拡散防止をするのが基本であるとしている。

封じ込めは技術的に可能であるとしても、現実問題として油臭が漂い舗装しない裸地の状態で利用することが不可能であるような土地に魅力を持つ買い手がいるとは考えにくく、操業中に非掘削で浄化に着手しておく意義は大きい。

非掘削の浄化法の多くは燃料油に対しては効果的である。一方工場の製造過程において大量に使用される機械油などの潤滑油は、粘性が高く揮発性に乏しいため地下へ浸透した場合、掘削での浄化が困難である。

2. 研究の目的

ガイドラインには機械油などの潤滑油の有効な対策例は提示されておらず、土粒子への吸着性が高く揮発性が低い油による汚染地盤を原位置・非掘削において浄化する技術は確立されているとはいえない。こうした油による土壌汚染は潜在的にかなりの数に上ると予想されるとともに、今後浄化技術の必要性が高まると推測される。

本研究は潤滑油のひとつである、機械油で汚染された地盤の非掘削浄化技術開発のための室内実験を行うものである。

3. 研究の方法

これまで界面活性剤水溶液によって地盤内の機械油を乳化させて水溶性物質に変え、地下水とともにくみ上げる技術についての室内実験を行ってきた。乳化反応は、ピーカーでの攪拌土壌洗浄、カラムでの一次元鉛直流れ場での通液土壌洗浄では非常に効果的である。しかし、流れ場に水平成分が多くなる土槽実験では透過性の小さい土中の機械油汚染部分を避けて界面活性剤水溶液が流れることになり、期待した浄化性能を發揮できないことがわかってきた。汚染油と乳化反応する量よりも地下水に希釈されて流れ去る量が圧倒的に多くなってしまふ。機械油が高粘性であるために動きにくい、ということに加えて水・あるいは水溶性物質と油では流体としての相（フェーズ）が異なるために、水平方向の流れ場では油相へのアプローチが困難になるという基本的な現象があらためて問題点として認識された。

本研究では、この問題の解決策として、水・あるいは水溶性物質を流動させて副次的に油を動かす発想を切り替え、直接油相を流動させることができないかと考えた。図-1のように機械油に溶解し、一つの油相となるような油を地中に注入し、回収ポイントまで油相の連続した流れを形成すればよいのではないかと発想した。

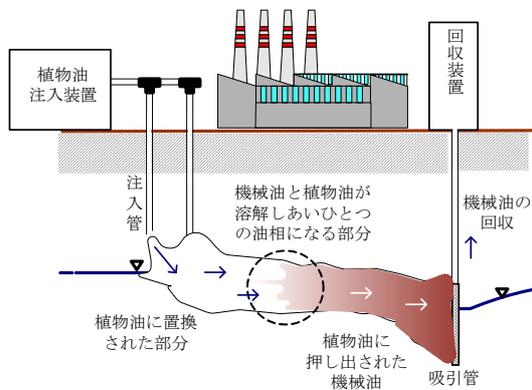


図-1 植物油を用いた浄化法アイデア

ただしこの方法では、汚染油が回収された後にこれに置換した形で新たに注入した油が残留する。このことから、人体に無害な油が望ましいと考え、サラダ油・てんぷら油・ごま油などの植物性の食用油をエンジンオイル・コンプレッサーオイルなどの鉱物性の機械油と混合させる実験を行ったところ、きわめてよく溶けあい、時間がたっても分離しないことが見出された。

この新たなアイデアによる技術について、後述する種々の室内実験を行い、得られた結果よりその応用性についての検討を行うことが本研究の方法である。

4. 研究成果

(1) カラム試験

植物油の重力浸透のみによる機械油の浄化効果を、内径 6cm のアクリルカラムを用いて実験した。初期状態を作成する目的で、豊浦砂をエンジンオイルでスラリー状にした状態から図-2(a)のように重力排出を行った。重力排出後の試料高さは約 25cm となった。このカラムを解体し 8 つの位置からサンプルを取り出して分析を行った残留油分重量比の分布が図-2(c)の (●) である。

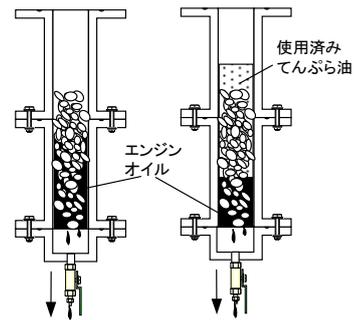


図-2(a) 重力排出
図-2(b) てんぷら油を浸透

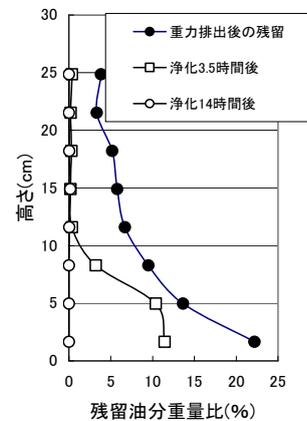


図-2(c) 分析結果

この初期状態に（厳密には解体しないで同時平行で重力排出を別途行っていた2つのカラムに対して）、図-2(b)のように地表面から使用済みてんぷら油を重力浸透させた。この浸透による浄化開始から3.5時間後に解体して分析した際の、残留油分重量比の分布が図-2(c)の(□)である。3.5時間後には、てんぷら油がまだカラムの上半分程度しか浸透していなかったが、上方のエンジンオイルの残留油分重量比はすでに0.3%しかなく、てんぷら油によって下方へとほとんど押し流されていることが確認できた。14時間後の残留油分重量比の分布は図-2(c)の(○)であり、エンジンオイルがほとんど検出されないという浄化結果を得ることができた。

(2) 植物油を地表面から重力浸透させる実験の観察（二次元土槽）

に図-3の二次元土槽実験装置の両サイドに井戸を設けた。充填試料には豊浦砂と砂利（粒径数ミリ～1cm）の混合土を使用し、高さ65cmまでおよそ乾燥充填密度 $\rho_d=1.54\text{ g/cm}^3$ となるように充填した。充填の途中に土槽中央付近に赤く着色したエンジンオイル（約2リットル）を散布し汚染部分を図-3のように作成した。てんぷら油を重力浸透させるため、土槽左側上部に下部に穴を設けた容器（約2リットル）を設置した。左井戸へのてんぷら油のショートカット的流出を防ぐために、土槽上部から充填部底面の約14cm上まで遮水板を設置した。左井戸に絶えず水を投与することで水位を保ち、右井戸から排水・回収を行った。水位は左側を充填部底面から約24cm、右側を充填部底面から約14cmとした。この動水勾配は左右の排出バルブ1段分の間隔という実験装置の形状によるもので実地盤を考えると過大になってしまうが、この動水勾配でもてんぷら油・機械油の側方移動が促進されなければ、動水勾配・地下水

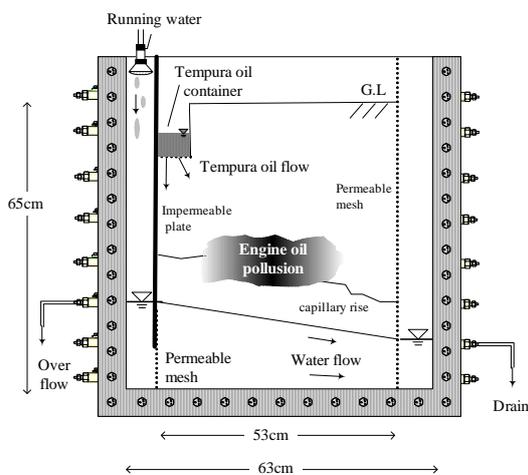


図-3 地表面から重力浸透させる実験（二次元土槽実験装置）

流動の影響の有無が明確になると考えて実験を行うことにした。

観察された挙動から、てんぷら油が3日間で井戸に到達しているにもかかわらず、てんぷら油の下面のエンジンオイルが井戸に到達するまでにさらに7日間を要し、これが浄化の長期化を招いた。実地盤では図-4のようになり植物油の下面の機械油が回収されにくくなる懸念される。

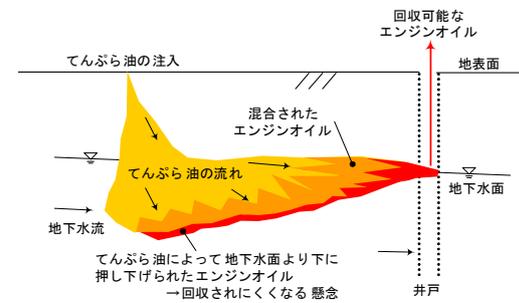


図-4 実地盤で懸念される汚染油の押下げ

重力浸透実験において機械油が混合残留した要因は、図-4のようにてんぷら油の井戸に向かうフローの下に押し下げられてしまったためであると推測される。この問題が、てんぷら油の時間当たりの重力浸透量を小さくすれば解決しないかと考え、二次元土槽で追加実験を行ってみた。土槽内の様子を観察しながら、てんぷら油を地下水面下に浸透しないように微量に滴下することを継続したところ、結果的に地下水面下には浸透しなかったが、4リットルを浸透させるのに40日間を要した。これらのことから、てんぷら油と機械油の混合相となった油を井戸に押し流すには、てんぷら油を大量に流すか、非常に時間をかけるかのいずれしかないということになり、何か別の発想が必要ではないかと考えられた。

(3) 植物油と生分解性の界面活性剤を併用した浄化法の発案

図-5に示す植物油と界面活性剤の併用法を考案した。

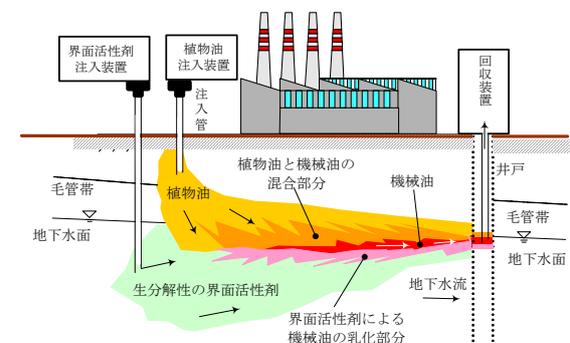


図-5 植物油と界面活性剤の併用浄化法

まず、上方より植物油を投与する。その後、地下水面下より界面活性剤を流すことで、図-4で懸念された植物油の下面の機械油を乳化させて井戸まで運ぶのである。

この方法のポイントは、

- ①地下水面下への機械油の押し下げがあってもそれを界面活性剤で浄化することによって問題が解決すること。
 - ②植物油の先行投入により空気～水の毛管上昇帯が存在しなくなるため、従来問題であった界面活性剤によって乳化された油の毛管上昇帯への吸い上がりがないこと。
- ・・・である。

(4) 二次元土槽を用いた併用法の実験

実験装置には高さ 120cm×横 69cm×幅 13.5cm の 2 次元土槽を用い、試料には豊浦砂を用いた。また、図-6 のように土槽の両側に井戸を作った。豊浦砂を高さ 99cm まで充填し、土槽中央にエンジンオイルを用いて汚染土壌を幅 16cm×高さ 77cm で作った。左側の井戸に界面活性剤を投与するとともに、円筒容器に網を取り付けたものを左上方の土表面に埋め込みそこに天ぷら油を投与し、上と下から汚染油をはさみうちし、右側へ排出できるようにした。また、右側の井戸は全面フィルターになっており土中の油はどこからでも排出できるようになっている。

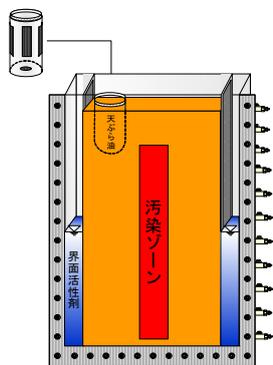


図-6 二次元土槽併用法実験の初期状態

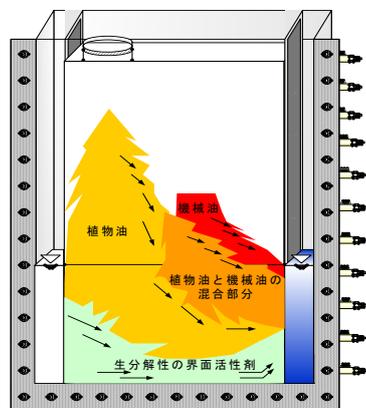


図-7 併用法実験で観察された挙動

今回の実験は、図-5のようにスムーズな浄化ができると想定していた。しかし、天ぷら油の比重が若干エンジン油より大きい事によって、図-7のように天ぷら油がエンジン油の下に潜り込む形となってしまう、エンジン油が上に残ってしまうという状態になってしまった。また、井戸に浸してあった界面活性剤も底を沿うようになってしまい、効果的に作用しなかった。結果として図-7のように浄化できない部分が残ってしまった。

(5) まとめ

このほかにも多くのアイデアに基づく実験を行ったが、土槽のスケールが大きくなると、リサイクル食用油を浸透させる際、先に浸透した油分が抵抗となり継続的な水平方向への浸透流が形成されにくいという避けがたい問題が常に観測された。

リモネンを混合することで粘性を低下させることも試みたがコスト的な面で実用性は薄いと判断せざるを得なかった。

これらのことより、現時点で実地盤に応用するには、特に浄化に要する工期の面で課題が多いことが確認された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1) 棚橋秀行・大東憲二

植物油を用いた機械油汚染地盤の
非掘削浄化技術開発のための室内実験
土木学会論文集 C、査読有・掲載決定、2009.

[学会発表] (計 6 件)

1) 棚橋秀行・大東憲二

植物性油およびリモネンを用いた機械油汚染地盤の浄化技術、地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2008、地盤工学会関西支部、2008.12.2、大阪市

2) Hideyuki TANAHASHI and Kenji DAITO

The study on the development of the purification method without excavation for machine oil polluted ground using vegetable oil, International Association of Hydrogeologists, 2008.10.28-31, 富山市.

3) 河合輝也・亀井大・棚橋秀行：鉍物油汚染地盤に対する植物性油を用いた原位置浄化技術、土木学会、土木学会第 63 回年次学術講演会、2008.9.11、仙台市。

- 4) 棚橋秀行・大東憲二：機械油汚染地盤の浄化技術開発に関する室内土槽実験，地盤工学会，第20回中部地盤工学シンポジウム，2008.8.6，名古屋市.
- 5) 河合輝也・亀井大・川口博史・棚橋秀行 植物性油を用いた機械油汚染地盤の浄化技術，地盤工学会，第43回地盤工学研究発表会，2008.7.9，広島市.
- 6) 河合輝也・亀井大・川口博史・棚橋秀行 リサイクル植物性油を用いた機械油汚染地盤の浄化技術，第14回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，2008.6.25，さいたま市.

[図書] (計1件)

- 1) 平田健正ほか共著、エヌ・ティー・エス、土壌・地下水汚染の浄化および修復技術、2007.
第3編第2章第4節「植物油を用いた機械油汚染土壌浄化技術」 pp.361-369 を執筆.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

棚橋 秀行 (TANAHASHI HIDEYUKI)
大同工業大学・工学部・准教授
研究者番号：00283234

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし