

過熱水蒸気を用いた油汚染土壌浄化システムの開発（その1）

—処理温度と浄化効果に関する実験—

戸田建設（株）	正会員	○柴田 靖	正会員	中村 隆浩
戸田建設（株）	正会員	安田 好伸	正会員	中島 広志
戸田建設（株）		三浦 勇雄		長野 耕司
（株）エヌ・アール・エス				山内 肇

1. はじめに

油汚染土壌の処理方法としては、土壌洗浄、加熱処理、微生物分解などがあるが、浄化対象となる汚染土壌の土質性状は千差万別で、さらに様々な油種、油分濃度の土壌を小型の可搬式プラントでオンサイト浄化できる技術は確立されていないのが現状である。このように広範な性状をもつ油汚染土壌に対し、過熱水蒸気の噴射噴流装置により含水性物質を瞬間的に解砕、乾燥させる技術を基に汚染土壌浄化システムの開発を行っている。ここでは、一般に浄化処理が困難とされる C 重油汚染土壌を用いて、処理温度と浄化効果の関係および主に高濃度汚染土壌を対象とした 2 回処理に関する検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 処理装置

本システムの浄化処理装置は、高温高压の過熱水蒸気を超高速で汚染土壌に噴射することにより、土壌を解砕し、土壌に含まれる油分を瞬間的に気化することができる。また、処理槽内で土壌を攪拌させ、効率的に浄化処理を行うために、キャリアエアとして約 $100\text{m}^3/\text{h}$ の加熱空気を併用している。したがって、従来のロータリーキルンなどを用いた加熱処理方式に比べて、より小型で効率のよいシステムとすることが可能である。なお、処理装置は、処理槽内に設置した温度センサーが設定温度に達した時点で、土砂フィーダーが作動して汚染土壌を処理槽内に送り出す方法を採用し、処理後はサイクロン装置により固体（処理土）と気体を分離するシステムとしている（図-1 および写真-1 参照）。

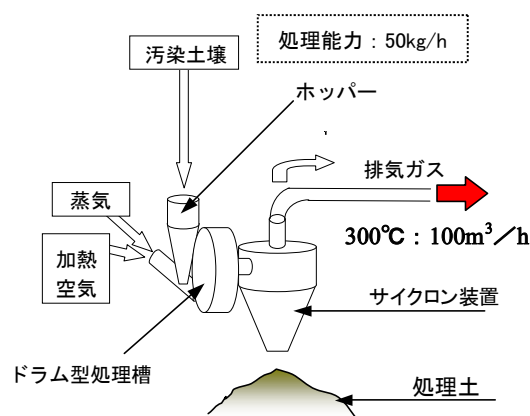


図-1 処理装置

3. 実験概要

実験は、江戸崎産山砂（ $\rho_s=2.718\text{g}/\text{cm}^3$, $F_c=0.9\%$, $w=1.4\%$ ）に C 重油を乾土換算で 1%、3%、5% 添加・混合した模擬汚染土と、C 重油汚染サイトから採取した実汚染土壌（ $\rho_s=2.612\text{g}/\text{cm}^3$, $F_c=10\%$, $w=10.1\%$, 油分 3.7%）を対象とし、各試料を乾土換算で 20kg ずつホッパーに投入し、処理温度を 200℃、250℃、300℃の 3 水準に設定して処理を行った。処理温度は、重油の沸点が約 300℃であること、300℃を超える温度では機械部品の耐熱性を向上する必要があるため、処理装置が高価となることから設定した。また、高濃度汚染土壌を対象とした場合、1 回の処理で浄化できない場合が想定される。このような土壌に対しては処理槽を直列に配置して連続処理を行うシステムとすることが考えられるため、300℃処理土については 2 回処理についても実施した。各処理土について赤外線吸収分析法¹⁾、TLC-FID 成分分析により油分含有量の測定および成分分析を行い、浄化効果を評価した。また、処理に伴う土粒子の細粒化などが無いことを確認するため、処理土の粒度試験を行った。



写真-1 装置全景

1 回の処理で浄化できない場合が想定される。このような土壌に対しては処理槽を直列に配置して連続処理を行うシステムとすることが考えられるため、300℃処理土については 2 回処理についても実施した。各処理土について赤外線吸収分析法¹⁾、TLC-FID 成分分析により油分含有量の測定および成分分析を行い、浄化効果を評価した。また、処理に伴う土粒子の細粒化などが無いことを確認するため、処理土の粒度試験を行った。

キーワード 土壌浄化, 油汚染土壌, 過熱水蒸気, 赤外線吸収分析法, TLC-FID

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設（株）環境ソリューション部 TEL03-3535-6315

4. 実験結果

実験結果の一覧を表-1、処理温度と油分含有率の関係を図-2 に示す。いずれのケースも処理温度に比例して油分含有量が低下し、処理温度 300℃では、模擬汚染土(1%)が 290mg/kg

まで低下したのをはじめ、93～97%の除去率が得られた。また処理温度 300℃で 2 回処理すると、高濃度汚染土である模擬汚染土 (5%) を除く全ケースで油分を完全に除去することができた。処理温度 300℃の場合の処理前および処理後の TLC-FID 成分分析結果を図-3 に示す。模擬汚染土、実汚染土とも分子量の小さい飽和分、芳香族分の残存率が分子量の大きいレジン分、アルファルテン分よりも低い傾向を示し、最大 57%残存したアルファルテン分も 2 回処理により 2%以下に低下した。処理前と処理後の粒度を図-4 に示す。いずれも処理に伴う細粒化など粒度の大きな変化は見られず、最適含水比となるよう水分調整すれば通常の土質材料として利用できる。

表-1 実験結果

実験 ケース	処理 温度 (℃)	処理 回数 (回)	C重油油分濃度			
			模擬汚染 土1wt%	模擬汚染 土3wt%	模擬汚染 土5wt%	実汚染土 壤
処理前	—	—	9,674	31,056	46,726	36,708
1	200	1	8,656	17,618	18,516	16,568
2	250	1	3,162	9,333	12,787	4,758
3	300	1	287	2,110	3,182	1,258
4	300	2	0	0	139	0

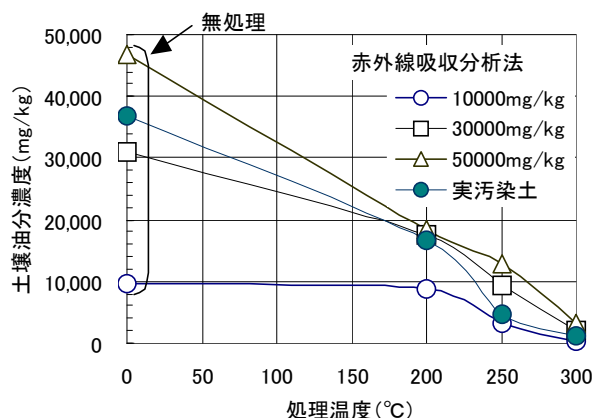


図-2 処理温度と油分含有量

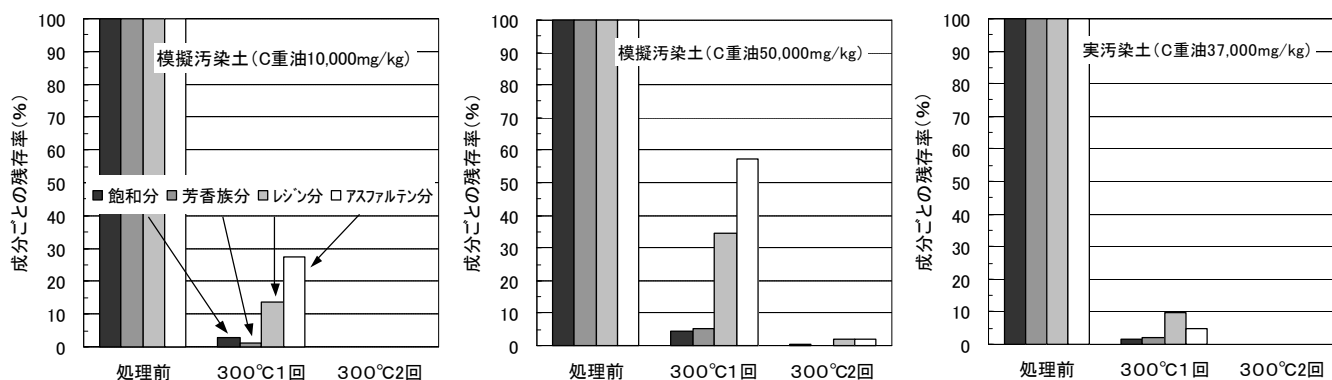


図-3 処理前および処理後の成分ごとの油分残存率 (TLC-FID 成分分析結果)

5. まとめと今後の課題

本システムの開発に当たり小型実験機を用いて処理温度と浄化効果に関する実験を行い、以下の知見が得られた。①土壌の油分含有量は処理温度に比例して低下する。②300℃で処理すれば、油分濃度は 300～3,000mg/kg まで低下する。③300℃で 2 回処理した場合、油分濃度はほとんどゼロとなり、高濃度汚染土壌には直列連続方式が有効である。④処理に伴う粒度の変化はなく、処理土は通常の土質材料として使用できる。

今後の課題としては、①300℃より低い処理温度で 2 回処理した場合の浄化効果の把握、②細粒分が多く、含水比が高い土壌の浄化効果およびランニングコストの把握、などが挙げられる。

参考文献

- 1) 山崎ら：石油汚染土壌からの石油成分の簡易抽出方法とその分析，第 56 回土木学会年次学術講演会，pp.530～531，2000.9

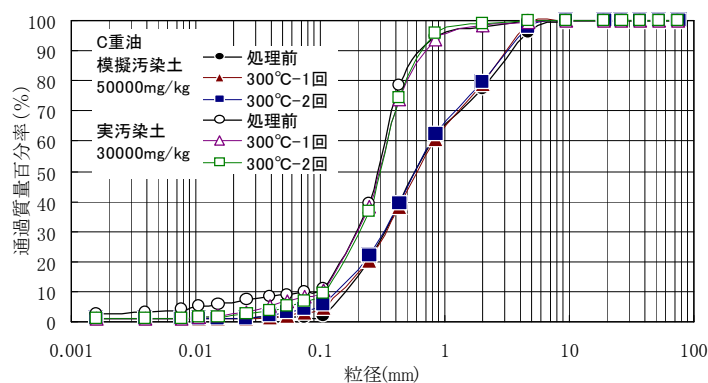


図-4 処理前後の粒度