

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2）

—土質の影響および処理効率向上に関する実験—

戸田建設（株） 正会員 ○高木 努 正会員 柴田 靖
 戸田建設（株） 正会員 柳楽 毅 正会員 中村 隆浩
 戸田建設（株） 小林 啓二 長野 耕司
 （株） エヌ・アール・エス 山内 肇

1. はじめに

前報¹⁾では、砂のC重油汚染土壌の浄化に関して以下の知見が得られている。①処理温度 300℃で油分濃度は 300～3,000mg/kg まで低下する。②処理温度 300℃で 2 回処理した場合、油分濃度はほとんどゼロとなる。③処理に伴う土粒子の細粒化などはなく、処理土についても通常の土質材料として利用できる。

本報では、浄化効果および処理効率に対する土質の影響と化学的安定処理による浄化処理効率向上に関する実験を行なったので、その結果について報告する。

2. 浄化効果および処理効率に対する土質の影響に関する実験

(1) 実験概要

前報で用いた砂（君津産山砂）、実汚染土壌に加え、砂質土を採取し、砂および砂質土に C 重油を添加（2%、5%）・混合し、模擬汚染土を作成した。各試料の物理的性質および粒度分布を表-1 および図-1 に示す。これら 5 種類の汚染土壌に対し、小型実験機¹⁾にて処理温度 250℃、処理回数 2 回の浄化処理を行い、処理土の油分分析と処理速度の測定を行った。油分分析は赤外線吸収分析法²⁾により行い、時間当たり処理量に蒸気発生量、空気量および熱量に起因するコストを勘案し、運転費用を試算、評価した。

(2) 実験結果

実験結果の一覧を表-2 に示す。各試料の浄化効果として 300℃で 2 回処理した前報の油分含有量ゼロまでには至っていないが、易分解成分の多い油種や油分濃度が低い土壌の場合には、処理温度 250℃で対応可能と考えられる。砂に対しては、1 回処理で油分除去率 65～72%、2 回処理で 78～80%、また、砂質土に対しては、1 回処理で油分除去率 77～86%、2 回処理で 89～91%と初期油分含有量に関係なくほぼ一定値を示している。砂よりも砂質土の方が油分除去率が高いのは、砂質土の時間当たりの処理量が特に 1 回目の処理の場合に 17～19kg/h と、砂の 32～66（平均 49）kg/h の 40%程度しかなく、処理槽内での滞留時間が長くなったためと考えられる。時間当たりの処理量は、細粒分含有率および含水比に応じて、砂、実汚染土壌、砂質土の順に小さくなり、運転費用は油分 2%の砂を 1 とした場合、2～3 と非常に高価となる。これは土壌のもつ水分が気化する際に潜熱として熱エネルギーを消費するためで、含水比の高い土壌を効率よく浄化するための前処理が必要なことを示唆している。

表-1 実験に用いた試料の物理的性質

試験項目	砂 (君津産山砂)	実汚染土壌	砂質土 (つくば産山砂)
土粒子の密度 ρ_t g/cm ³	2.718	2.612	2.694
含水比 %	1.4	10.1 ^{*)}	20.9
粒 度	礫分(2～75mm) %	18.6	2.8
	砂分(0.075～2mm) %	80.5	88.0
	シルト分(0.005～0.075mm) %	6.0	13.0
	粘土分(0.005～0.075mm) %	4.0	10.0
	最大粒径 mm	4.75	9.5
	均等係数 U_c	4.49	3.85
分 類	曲率係数 $U_{c'}$	0.953	1.57
	50%粒径 D_{50} mm	0.665	0.289
	地盤材料の分類名	礫質砂	細粒分まじり砂
	分類記号	SPG	S-F

注 *) 110℃ 炉乾燥で測定したため、若干油分が揮散している可能性がある。

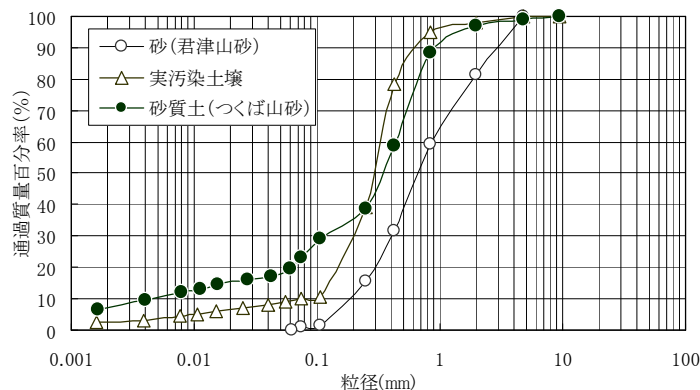


図-1 粒径加積曲線

キーワード 土壌浄化, 油汚染土壌, 赤外線吸収分析法, 化学的安定処理

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

3. 化学的安定処理による浄化処理効率向上に関する実験

(1) 実験概要

土壌の含水比を低下させる方法として化学的安定処理工法を選定し、砂質土の泥土を対象に別途実施した安定処理材選定試験結果から、脱水量が大きく、生石灰と同程度の改良効果が期待できる軽焼ドロマイト（CaO・MgO）を選定した（図-2 参照）。

土壌は実汚染土壌を用い、軽焼ドロマイトの添加率を3水準設定し、事前に安定処理を行なった（ケース1～3）。ケース4では、軽焼ドロマイト添加率10%に相当する量を、実汚染土壌と同時にホッパーに投入し、事前混合との比較を行った。処理温度250℃、処理回数1回として、前述の実験同様、油分分析と処理速度の測定を行い、油分除去率と運転費用を評価した。

(2) 実験結果

実験結果の一覧を表-3に示す。事前に軽焼ドロマイトを添加したケース2、3は、その分処理前の油分含有量が低下したが、油分除去率としては、無処理であるケース1の86%に対して88～89%と明確な差は現れなかった。また時間当たりの処理量はケース1の22kg/hに対して25～28kg/hであり、15～30%程度の処理効率向上が確認できた。一方、軽焼ドロマイトを土壌と同時に投入したケース4は、同じ添加率であるケース2に比べて油分除去率はほぼ同じで、時間当たりの処理量は25kg/hから

35kg/hと約40%の大きな処理効率向上が得られた。これは、浄化処理前に水分を除去しても、油分を揮発させるのに大きな熱量が必要なことから、事前混合の時間当たり処理量に与える影響が限られているのに対し、同時に混合した場合は、処理槽内で脱水と同時に消化熱（ $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 15.5\text{kcal/kg}$ 、 $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 + 8.2\text{kcal/kg}$ ）が発生し、これが処理効率を高める要因となっていると考えられる。

4. まとめ

以上、本システムの開発に当たり小型実験機を用いて2種類の実験を行なった結果、以下の知見が得られた。
①油種、油分濃度によっては処理温度250℃の1回ないし2回の処理で浄化可能である。
②細粒分が多く、含水比が高い土では時間当たり処理量が減少し、運転費用が高価となる。
③浄化効率向上のためには安定処理材を事前に混合するよりも同時に混合する方が効果は大きく、無処理に比べて約40%の費用削減が期待できる。

以上の成果を今後のシステム設計に反映させ、低コストの土壌浄化システムを構築したいと考えている。

参考文献

1) 柴田ら：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—，第61回土木学会年次学術講演会，2006.9（投稿中）
2) 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

表-2 実験結果（1）

ケース	処理回数	対象土	油種 (濃度%)	処理温度 (℃)	赤外線吸収分析法		ランニングコスト試算	
					油分含有量 (mg/kg)	除去率 (%)	乾燥処理量 (kg/h)	コスト比 (ケース1-1比)
1	0	砂	C重油 (2%)	無処理	13,046	—	—	—
	1			250	4,596	65	66.0	1.00
	2				2,829	78	84.0	0.79
2	0	砂	C重油 (5%)	無処理	39,318	—	—	—
	1			250	10,818	72	32.0	1.98
	2				8,053	80	58.0	1.11
3	0	砂質土	C重油 (2%)	無処理	16,746	—	—	—
	1			250	2,274	86	19.0	2.91
	2				1,908	89	64.0	1.06
4	0	砂質土	C重油 (5%)	無処理	36,896	—	—	—
	1			250	8,594	77	17.0	3.23
	2				3,282	91	60.0	1.10
5	0	C重油実汚染土壌		無処理	33,016	—	—	—
	1			250	9,494	71	30.0	2.03
	2				2,238	93	71.0	0.92

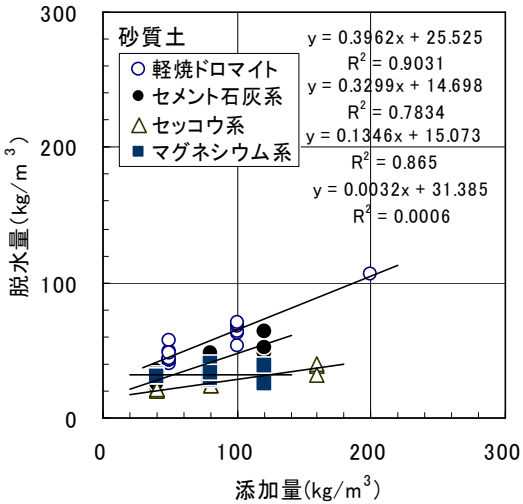


図-2 安定処理材添加量と脱水量

表-3 実験結果（2）

ケース	安定処理			油分含有量			ランニングコスト試算	
	初期w (%)	添加率 (%)	処理後w (%)	処理前 (mg/kg)	処理後 (mg/kg)	除去率 (%)	乾燥処理量 (kg/h)	コスト比 (ケース1比)
1	9.9	0.0	—	34,871	4,760	86.4	21.7	1.00
2	9.9	9.9	5.3	26,212	3,169	87.9	24.7	0.92
3	9.9	19.7	1.3	27,128	3,017	88.9	28.0	0.85
4	9.9	9.9	—	34,871	4,608	86.8	35.0	0.62