石油汚染土壌の熱分離処理法における浄化特性

大成建設（株）　土木技術研究所　　正員　○高畑　陽　正員　帆秋利洋　正員　藤原　靖　正員　今村　聡
大成建設（株）　エコロジー本部　　島田曜輔　正員　本間　威

1. 研究の背景および目的

石油汚染土壌の熱分離処理法は、ロータリーキルンを用いて土壌を加熱し、油分を除去する方法である。本法は熱分離装置を場内に設置することにより、大量の汚染土壌を場外に搬出することなく、短期間に浄化することが可能である。既存のロータリーキルンの加熱温度は200～250℃であり、浄化することが可能な油種は軽質油に限定されると考えられてきた。しかしながら、熱分離処理法により除去可能な油分に関して実汚染土壌を用いて検討を行った事例は少ない。本報では、軽質油および重質油で汚染された複合汚染土壌を実証試験装置を用いて加熱試験を行い、熱分離処理法における油の浄化特性について検討した。

2. 実証試験装置と測定項目

試験は図-1に示したパイロットスケールのロータリーキルンを用いて行った。複合汚染土壌は油槽所跡地から採取した灯油、軽油、および重油で汚染された土壌を用いた。受入ホッパーに約50kgの汚染土壌を投入し、加熱された土壌を経時的に採取した。採取した土壌は、油分濃度（CFC-316抽出IR法）[1)]、油成分（TLC-FID）[1)]、含水率、および土壌温度を測定した。

3. 加熱試験による油分濃度および含水率の経時変化

土壌の投入と同時に加熱を開始した場合の油分濃度および含水率の経時変化を図-2に示す。土壌温度の上昇と共に、油分濃度および含水率は急激に低下し、土壌温度が220℃、含水率が0%になったとき、油分がほとんど除去されることが示された。また、油分濃度と含水率は同様の傾向で減少することが明らかとなった。

4. 加熱試験による油成分の経時変化

加熱により除去される油成分を明らかにするため、あらかじめ200℃に加熱したロータリーキルンに汚染土壌を投入し、飽和分、芳香族分、レジン・アスファルテン分の経時変化を把握した。投入した汚染土壌中の油分は飽和分35%、芳香族分45%、レジン・アスファルテン分20%という構成であり、重質油分も比較的多く混入していることが確認された。図-2の結果と同様、土壌の含水

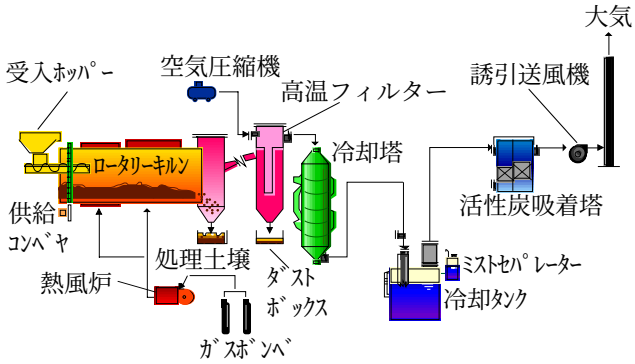

図-1　実証試験装置の概要図

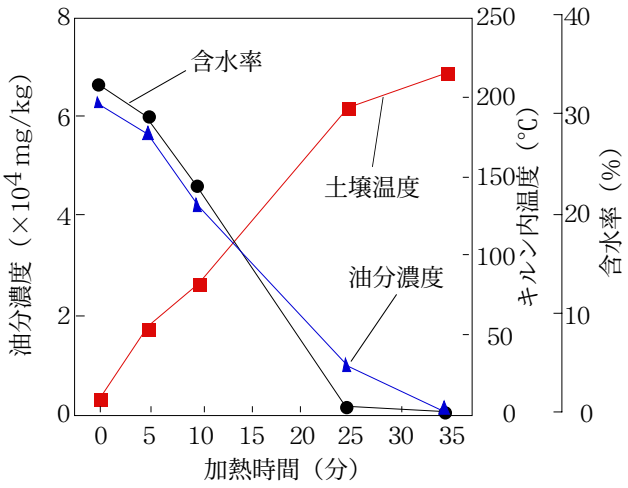

図-2　加熱試験による油分濃度および含水率の経時変化

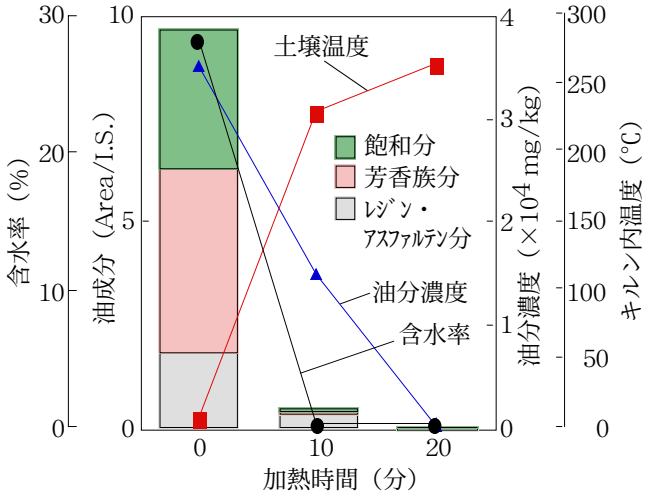

図-3　加熱試験による油成分の経時変化

キーワード：石油汚染土壌、熱分離処理法、ロータリーキルン、揮発、不溶化
連絡先：〒245-0051　横浜市戸塚区名瀬町344-1
大成建設（株）技術センター　土木技術研究所　生物環境研究室
TEL: 045-814-7226　FAX: 045-814-7257　e-mail: yoh.takahata@sakura.taisei.co.jp

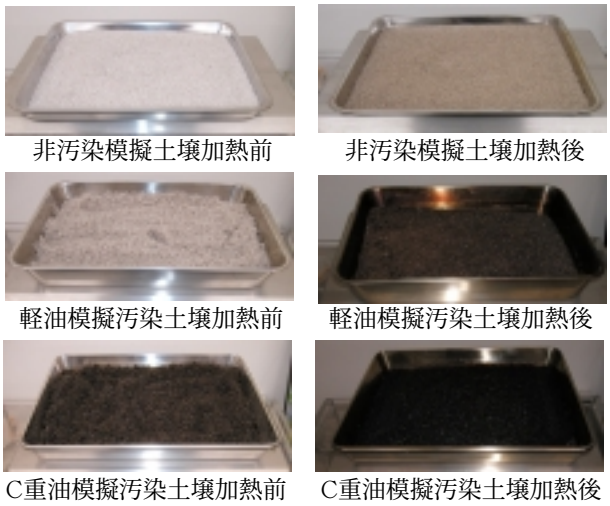

写真-1　室内試験による加熱後の模擬汚染土壌

率の低下と共に油分濃度は急激に減少した。10分加熱後には飽和分および芳香族分が除去され、20分加熱後には油分濃度が検出限界付近まで低減され、レジン・アスファルテン分も大部分が除去されることが明らかとなった。

5. 加熱処理による油分の揮発と不溶化

実証キルンを用いた加熱試験では、比較的揮発性が高いと考えられる飽和分・芳香族分だけでなく、分子量が大きく200～250℃程度では揮発しないと考えられるレジン・アスファルテン分も除去された。しかしながら、処理後の汚染土壌は黒色を呈しており、油分が完全に揮発したとは考えにくく、加熱により土壌中の油分が固化・不溶化した可能性が示唆された。

石油汚染土壌の加熱による油分の固化・不溶化について解明するため、軽油およびC重油の模擬汚染土壌を用いて室内加熱試験を実施した。250℃で加熱処理後に放冷した4号珪砂を用いて5%模擬汚染土壌を作成した。模擬汚染土壌の油分濃度、油成分を測定後、汚染土壌1kgを250℃に加熱した恒温槽内に静置し、20時間後の油分濃度、油成分、重量変化を測定した。

加熱処理前後における試料の外観を写真-1に、性状の変化を表-1に示す。軽油模擬汚染土壌の油分濃度減少率は、CFC-316抽出IR法およびn-ヘキサン抽出重量法の両測定方法で99%以上、C重油模擬汚染土壌中でも97%以上と高い油分減少率を示した。一方、加熱後の軽油およびC重油模擬汚染土壌の重量比による油分減少率はそれぞれ92%、56%であり、油分濃度から得られた結果より低い減少率となった。軽油が飽和分75%、芳香族分25%で構成されているのに対して、C重油は飽和分20%、芳香族分60%、レジン・アスファルテン分20%で構成されており、高沸点油分の割合が大きい。したがって、軽油模擬汚染土壌とC重油模擬汚染土壌の重量比による油分減少率の差は、油分の構成に大きく影響を受けていると推測された。C重油模擬汚染土壌中の油分減少率が溶媒抽出による油分測定値と比較して重量比では大きく低下したこと、熱処理後の土壌表面に明らかに油分由来と思われる着色が確認できること（写真-1）から、熱分離処理法は土壌表面に付着した油分が揮発・除去されるだけでなく、非揮発性の油分が土壌の表面上で固化・不溶化する浄化特性を有していることが示された。土壌表面で固化したこれらの油分は、油臭・油膜を生じないだけでなく、溶媒にも不溶化となり、加熱処理後の土壌は化学的に安定な物質になると考えられた。

6. まとめ

(1) 熱分離処理法により、高濃度に汚染された軽質油汚染土壌でけでなく重質油汚染土壌も、溶媒抽出法による油分濃度測定では検出限界付近まで低下させることが可能であることが示された。
(2) 石油汚染土壌を加熱した場合、土壌中の油分と含水率は同様の傾向で減少することが示された。
(3) 熱分離処理による油分濃度の低下は、土壌からの油分の揮発除去だけでなく、土壌表面上での油分の固化・不溶化が寄与していることが示された。
(4) 土壌表面上で固化した油分は、水だけでなく溶媒にも不溶化となり、安定な物質になると考えられた。

6. 参考文献

1)大場ら、第55回土木学会年次学術講演会講演概要集、P330-331(2000)

表-1　室内試験による模擬汚染土壌の加熱処理前後における性状変化

測定項目	非汚染模擬土壌		軽油模擬汚染土壌		C重油模擬汚染土壌	
	加熱前	加熱後	加熱前	加熱後	加熱前	加熱後
油分濃度（CFC−316抽出IR法: mg/kg）	<100	<100	43,000	100	30,000	500
油分濃度（n−ヘキサン抽出重量法: mg/kg）	<100	<100	17,400	100	37,900	900
油臭	なし	なし	あり	なし	あり	なし
油膜	なし	なし	あり	なし	あり	なし
油重量減少率（%）	−		92		56	