


(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	---

平成 25 年 12 月 12 日

学位（博士）論文の和文要旨

論文提出者	工学府博士後期課程 応用化学専攻 平成 21 年度入学 学籍番号 09832301 氏名 奥田 信康 
主指導教員 氏 名	細見 正明
論 文 題 目	処理困難物質による汚染土壌の処理技術の開発研究
<p>論文要旨（2000 字程度）</p> <p>処理が困難な有害物質による土壌・地下水汚染への適切な対策方法の確立が喫緊の課題となっている。本研究では、処理困難物質として PCB、高濃度 VOC、放射性セシウムに注目し、各々に適した処理技術を開発することを目的とした。</p> <p>第 1 章では、各物質の現状の問題点と必要な対策の方向性を抽出した。</p> <p>PCB は、PCB 処理特別措置法により早期の全廃完了が求められる処理困難物質である。しかし、PCB は長期間、使用禁止であったため土壌汚染対策のエンジニアリングに必要な土壌中の挙動に関する技術情報および汚染土壌処理の経験が十分ではない。そこで、本研究では、特に情報の少ない PCB 原液の土壌中の挙動を実験により把握し、さらに、PCB 汚染土壌を安全かつ効率的に処理する技術の確立を目指し、ダイオキシン類汚染底質・土壌の処理技術として開発した「間接加熱分離・熱分解方式」の適用を検討した。</p> <p>高濃度 VOC による土壌汚染は、地下水汚染の原因にもなるため根本的な対策が必要である。処理の困難な深部の高濃度 VOC 汚染に対して掘削除去と同等の浄化確実性を有し、かつより安価な原位置浄化方法として、一般的な地盤改良混合処理機を使用し、浄化剤を直接汚染土と混合する浄化工法の実用化を検討し、高濃度 VOC の原位置分解浄化と地盤強度の回復を両立させる工法を開発すること目標とした。</p> <p>放射性セシウムは、2011 年の東京電力福島第一原子力発電所での放射能漏えい事故により、福島県および東日本広域の地表面に拡散された。除染作業では大量の放射性セシウム汚染土壌が発生し、その減容化技術が求められている。そこで本研究では、有効な処理技術の一つとして、放射性セシウム汚染土壌の土壌洗浄処理試験を実施し、除去および減容化効果を確認し、その適用性を評価することを目標とした。</p> <p>第 2 章では、PCB 原液が砂地盤へ浸透した状況を把握するためのカラム試験・土層実験</p>	

を実施した。PCB 原液は、少量の場合には砂地盤中に残留し、通水では原液は移動せず低塩素 PCB から優先して水中に徐々に溶解した。しかし、多量の場合には、粘性の高い油として挙動し 50cm の砂層を容易に通過した。その後、多量の水を通水したところ砂層中には KC300 では 3wt%、KC1000 では 2.4wt% の PCB が強固に残留した。モデル土槽試験では PCB 初期濃度を 12000mg/kg として、降雨を模擬し水を浸透させたが、高濃度部分は殆ど移動せず、溶解および揮発により移動した量は極めて少なかった。

カラム実験結果から PCB-水、PCB-空気の 2 相不飽和パラメーターを同定し、3 相不飽和パラメーターを stone 第 1 手法および parker 法で推定し、モデル土層のシミュレーションを行った結果、PCB 原液の挙動について実験結果と計算結果が精度良く一致した。

第 3 章では、間接加熱分離・熱分解法による PCB 汚染土壌の処理技術開発のための室内試験および実証試験を行った。室内実験では、約 700mg/kg レベルの中濃度および約 50,000mg/kg レベルの高濃度の PCB 汚染土壌サンプルで分解条件の検討を行い、「乾燥時温度目標は 125℃以下」、「加熱温度 550℃で、PCB、ダイオキシン類の目標値達成」、「加熱温度 650-700℃では、PCB の一部が PCDF に変化し、排ガスのダイオキシン類濃度が増加する」ことを確認した。

実証実験では、約 10,000mg/kg・総量 23 t の PCB 汚染土壌を処理速度 1.8t/hr で処理し、土壌中の PCB は加熱温度 700℃で熱分解および熱分離し、排ガス中の PCB、ダイオキシン類はガス酸化装置 (1100℃) で熱分解処理することで、土壌および排ガス等の処理目標値を達成し、実用に耐えうる装置であることを確認した。

第 4 章では、高濃度 VOC 汚染土壌の原位置浄化工法として、フェントン酸化処理により汚染濃度を中濃度まで低下させた後に、還元・固化処理により環境基準レベルまで低下させ、かつ、地盤強度を回復させる工法を考案し、室内実験での条件設定および現地施工での実証を行った。還元剤として高活性鉄粉スラリー、固化材として汎用セメントを用いた汚染の浄化と地盤強度の回復を両立する配合を実験で確認した。その結果、本方式により高濃度汚染 (初期土壌溶出濃度 PCE 96mg/L、TCE 54mg/L) を、施工 1 週間後で VOC 濃度が基準達成、施工後 90 日後には施工前の地盤強度に回復できることを実証した。

第 5 章では、福島県内で採取した放射性セシウム汚染土壌を用いて、多段階土壌洗浄処理試験を実施し、以下の知見を得た。処理前濃度 9,200~12,500 Bq/kg に対し、①二次洗浄土の放射性 Cs 濃度は 1,300~3,300 Bq/kg に低下し、除去率は 74~89%であった。②粘土分約 30%の土壌に対する二次洗浄土の回収率は 50~60%であった。③粒径 75 μ m 以下の粘土・シルト分の放射性 Cs 濃度は高かった。④洗浄工程において、確実な細粒分の除去が重要。⑤洗浄排水への溶出は認められなかった。①植物片は相対的に放射性セシウム濃度が高く除去する必要があるが、量が少ないため土壌全体に対する除染効果は小さい。洗浄水への放射性セシウムの溶出がほとんどなく、洗浄時に吸着材を添加しても除去効果は小さい。磨砕処理を適用すると除去率が向上するが、保管が必要な脱水ケーキの発生量が増える。以上の実験結果より、本処理方法は、10,000Bq/kg 程度を 1,000-3,000Bq/kg に低減するには適した技術であり、現状の除染除去物の処理において、異物除去などでの活用が期待できる。

以上、2 章から 5 章において、土壌汚染対策上の処理困難物質である、PCB、高濃度 VOC、放射性セシウムの対策技術の検討・開発・実証を行った。いずれも当初の目的は達成できたと思われるが、まだ改善の余地は残されている。今後の汚染土壌対策において、本研究の成果を適切に浄化設計に反映し、最大の効果を狙ってゆくとともに、各技術の更なるブラッシュアップを行ってゆきたい。