

持続可能な未来に向けた土壌安定化 汚染土壌の原位置安定化

Soil stabilization for our sustainable future In-situ stabilization of contaminated soils

学生氏名：バトザヤ エネレル
指導教員 庄司 良

東京工業高等専門学校 物質工学科

本実験では、土壌中の有害物質を原位置にて浄化し、固定化する技術としての可能性を実証実験により示していくことを最終的な目的とし、浄化剤と固化材添加により汚染土壌を安定化することを検討した。

キーワード：原位置処理、汚染土壌処理技術、有害物質、浄化剤、固化剤

1. 緒言

土壌は、私たちを取り巻く環境の一つであり、植物の成長を支え、また地下水を浄化するなどの重要な役割を果たしている。しかし、現在、重金属や有機物などにより汚染された土壌が各地で発見されており、その発見数は年々増加している。その結果、地下水にまで浸透して深刻な環境汚染問題を引き起こすことがある¹⁾。

従来の汚染土壌の処理には掘削除去やオンサイト措置、原位置安定化技術の適用などが挙げられる。掘削除去の場合、汚染土壌を廃棄物最終処分場に搬出するのが一般的であるが、これは単なる汚染の移動にすぎず、本質的な解決にならないばかりか、処分場の不足といった弊害が指摘されてきた²⁾。対して、原位置処理は掘削除去より経済性が高く、環境負荷が低いという利点がある。しかし汚染土壌対策の技術として認知されるためには、不溶化の機構と、その安定性に対して一層の理解が必要である³⁾。本研究では、原位置での汚染土壌処理技術としての可能性を実証実験により示していくことを最終的な目的とし、浄化剤と固化剤添加により重金属として鉛とヒ素、農薬類として2,4-ジクロロフェノキシ酢酸(2,4-D)、揮発性有機物としてガソリン、またその他の化学元素としてホウ素とフッ素による汚染土壌を不溶化した場合における浄化・不溶化の性能を評価した。

2. 実験

浄化剤は、活性炭とゼオライト粉末、シリサイド粉末を含む混合粉体からなる。固化剤はポルトランドセメントを主成分とする。

真砂土に鉛水溶液またはヒ素水溶液、2,4-D水溶液を一定量添加し、模擬鉛汚染土、模擬ヒ素汚染土、模擬2,4-D汚染土を調製した。浄化剤を汚染土に対して0, 1, 2, 10 wt%の割合で混合した。固化剤を汚染土に対して0, 50, 100, 150 kg/m³の割合で混合した。固化材を添加したサンプルは1週間養生した。土壌溶出試験を行って、浄化・不溶化処理前後の鉛、ヒ素、2,4-Dの溶出量を比較検討した。土壌溶出試験は環境省告示46号に準拠して検液を調製し、高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法(PS7800, HITACHI)で鉛またはヒ素の定量を、高速液体クロマトグラフィー(AS-2057Plus, JASCO)で2,4-Dの定量を行った。

ガソリン汚染土壌については、金属容器(60 mL)に真砂土(50 g)を入れ、ガソリン(12.77 μ L)をマイクロピペットで加え、よく混合して0.02 wt%のガソリン汚染土壌を作成した。また、ヤシ殻活性炭20g、10mMホウ酸緩衝液150mLを300mLにメスアップして、浄化剤を調製した。上述の2 g/kgのガソリン汚染土壌に52.6 g/kgになるように浄化剤を添加し、24時間密閉して、室温で保存した。保存した試料をガソリン用の検知管

(GASTEC No.101L) で測定した。同様に、2 g/kg のガソリン汚染土壌に固化剤を 50 kg/m³ の割合で添加した試料と 3 週間密閉して室温にて保存した試料を同じ検知管で測定した。

ホウ素並びにフッ素汚染土壌については、2000 mg/kg 模擬ホウ素及びフッ素汚染土壌を使用した。この試料に浄化剤を最終濃度で 0, 1, 2, 10 wt% となるように、固化剤を最終濃度で 0, 50, 100, 150 kg/m³ となるように添加し、一週間養生した。このサンプルに環境省告示 46 号に準拠し溶出試験を行い、固化剤及び浄化剤の使用量によるホウ素の溶出量を検討した。土壌溶出試験の検液について、ホウ素は高周波プラズマ発光分光分析 (PS7800, HITACHI) で、フッ素はイオンクロマトグラフィー (カラム: NI424, Shodex, 電気伝導度計: CD-5, Shodex) で定量した。

3. 結果および考察 (紙面の都合上ガソリンの結果のみ示す)

実験結果を図 1 に示す。図 1 より、ガソリン汚染土壌に浄化剤を添加すると、990 ppm から 750 ppm になり、ガソリン揮発削減率が約 24% であることが分かった。浄化剤 1 g に対してガソリンを 38 mg 吸着することが分かった。Wang らは、活性炭 1 g にガソリン 161 mg 吸着することを報告しており⁴⁾、本実験では、Wang らの結果と同様に活性炭が吸着能力を示すことが示唆された。ただし、浄化剤単独で十分な効果を出すには添加量が不足していた。一方、固化剤に対しては、固化剤を 50 kg/m³ 添加した試料のガソリン揮発削減率が 70% である。一方、未処理試料の方が 90% である

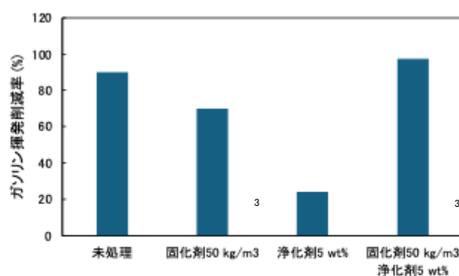


図 1 ガソリン汚染土壌浄化剤+5 wt%・固化剤+50 kg/m³・浄化剤及び固化剤によるガソリン揮発削減率

ことが分かった。固化剤のセメント水和反応によって土壌中の間隙水が吸収され、一方、ガソリンは水に不溶であるため、ガソリンが土壌粒子の間隙を通過できるようになり、揮発しやすくなったと考えられる。また、浄化剤及び固化剤の併用実験に対して、ガソリン揮発量が 1350 ppm から 33 ppm になり、ガソリン揮発削減率が約 98% であることが分かった。ここで、浄化剤と固化剤を併用した方が効果的であることが分かった。

4. 結論

鉛汚染土壌の場合、固化材無添加では、浄化剤添加量に応じて鉛を吸着する作用がある。ただし、固化材の不溶化作用が極めて大きいため、浄化剤の有無によらず固化材添加によって鉛は溶出しなくなった。ヒ素汚染土壌の場合、固化材無添加では、期待する浄化剤の効果とは逆に、浄化剤添加量に応じてヒ素溶出量が増加した。対して、固化材を併用すると、浄化剤の本来の効果が発揮された。また、鉛汚染土と同様に、固化材の不溶化作用が大きいため、固化材添加によってヒ素溶出量が大幅に減少した。しかし、ヒ素汚染を十分に浄化するためには、浄化剤・固化材の同時混合が必要である。

ガソリン汚染土壌に浄化剤及び固化剤を併用で添加する方が、浄化剤及び固化剤を別途で添加するより効果的であることが分かった。

フッ素およびホウ素汚染土壌に対して浄化剤や固化剤を添加することで溶出量の減少が見られた。ホウ素は固化剤 150 kg/m³ において溶出基準値を満たすことが可能であった。また、フッ素の方がホウ素より、固化剤の効果強く発揮した。

参考文献

- 1) Meegoda J, Muller RT. Denver, CO, 83-97 (1993)
- 2) 橋本洋平ら, 日本土壌肥料科学雑誌, 86(3), 246-251(2015)
- 3) 和田信一郎, 日本土壌肥料学会講演要旨集, 60, 197(2014)
- 4) Wang CM, Chang KS, Chung TW, WU H, J. Chem. Eng. Data, 49, 527-531 (2004)