

(S1-5) ふっ素汚染土壌の溶媒洗浄施工事例

○片桐章¹・武田都¹・武島俊達¹・小笠昌史²

¹(株)アステック東京・²(株)アステック

1. はじめに

土壌を粒度毎に分級し特定有害物質を濃縮して取り出す土壌洗浄法は、機械的に土壌を洗浄し特定有害物質を除去できる点で非常に効率的な方法である。しかしながら、汚染物質の種類や濃度によっては水による洗浄では指定基準値に適合しないことがある。この場合、再度洗い直すこととなり、工期の延長とコストの増加等の問題が発生する。また、洗浄設備に複数回汚染土を投入することにより土壌の表面が必要以上に研磨され、一度の洗浄に比べ発生残渣（脱水ケーキ）が増加する可能性も高い。著者らはこのような問題に直面し、数年前より溶媒による土壌洗浄に取り組んできた。溶媒による洗浄では、溶媒に含まれるコロイド粒子が汚染物質を抽出し吸着する反応を利用する。この反応により、通常の水による洗浄では低減することが出来なかった濃度範囲まで洗浄の適用範囲を広げることが可能となる。

本稿では、昨年施工し良好な結果を得られた溶媒による土壌洗浄現場 2 現場の事例を紹介する。汚染土の土質が一つは砂質土であり他方は砂礫質土であるのが大きな違いである。両現場の土質に合わせた機材をそれぞれ選定し、どちらも従来の水による洗浄では限界と考えられるふっ素溶出量基準 1.2~1.5 mg/L を大きく超える濃度の汚染土壌に対し溶媒による土壌洗浄を行い、洗浄土が基準に適合する良好な結果を得た。

2. 施工事例 I

現場 A (図 1)

対象物質：ふっ素

洗浄土量：9,000m³

洗浄期間：5 ヶ月（機材の設置・撤去期間を含む）

設置スペース：30 m × 50 m

濃度：(処理前) 土壌溶出量 0.8~7 mg/L

(処理後) 土壌溶出量 0.8 mg/L 以下

土地の状況等：工場跡地（条例適用区域）

地質・地下水の状況：砂質土、地下水位 GL -2 m



図 1 施工状況（現場 A）

2.1 施工方法

現場 A の汚染土の土質は深層の細粒砂を多く含む砂質土主体であり、コンクリート塊等の混入は少ないものと考えられた。よって、土壌洗浄装置としては一般的な解泥装置等は使用せず、前処理として振動ふるい機で粒径 20 mm 以上を除去したものを洗浄工程に投入した。洗浄工程では、まず汚染土を高圧洗浄機に投入する。これをクラッシュファイアと振動ふるい機で回収し、さらにパドルミキサーで洗浄溶媒と混練させた。これを再度高圧洗浄機に投入し、洗浄溶媒を濯いだ後ハイメッシュセパレータで洗浄土として回収した。洗浄時に発生した濁水には汚染土から移行したふっ素が多く含まれているため、併設した水処理プラントで適切に処理を行い洗浄用水として再利用した。また水処理汚泥（濁水中の細粒分）は、同じく水処理プラント内にあるフィルタープレスで濃縮・脱水し、発生残渣（脱水ケーキ）として場外搬出した。現場 A における土壌洗浄の処理フローを図 2 に示す。

Construction examples of solvent washing to the fluorine-contaminated soils

Akira Katagiri¹, Miyako Takeda¹, Toshikatsu Takeshima¹, and Masashi Ogasa²

(¹ASTEC TOKYO Co.,Ltd, ²ASTEC Co.,Ltd)

連絡先：〒132-0035 東京都江戸川区平井 5-21-3 ガーデン欣志 2F (株)アステック東京

TEL 03-5631-2171 FAX 03-5631-2172 E-mail tokyo@astec-geo.co.jp

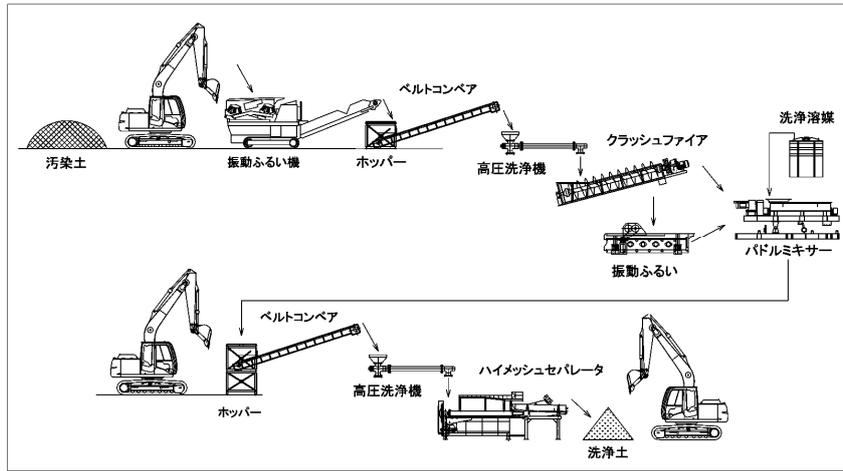


図2 土壌洗浄処理フロー（現場A 濁水処理は省略）

2.2 結果と考察

洗浄土は、浄化確認として洗浄土 100 m³ に 1 検体の頻度で公定法分析を行った。汚染土は必要に応じて吸光光度計を用いた現場分析でふっ素溶出量を確認した。なお汚染土は、洗浄用として地山から掘削して仮置きした山から採取した。ふっ素溶出量の現場分析値と公定法分析値には相関が見られた（図3）。図4に汚染土の濃度別割合を示す。汚染土の濃度としては、ふっ素溶出量が 2.0 mg/L 以下が約 6 割、残り 4 割がそれ以上の濃度であった。

図5にトレーサビリティ管理によって追跡した汚染土と洗浄土のふっ素溶出量を示す。今回の施工では 7mg/L 以下の汚染土を溶媒洗浄によって 0.8 mg/L 以下にすることが可能であった。

現場 A を代表する汚染土の粒度分布を図6に示す。今回の洗浄で発生した脱水ケーキの総量は 1222.46 t であった。汚染土の比重を 1.8 t/m³ とすると、これは汚染土の 7.5% に相当した。

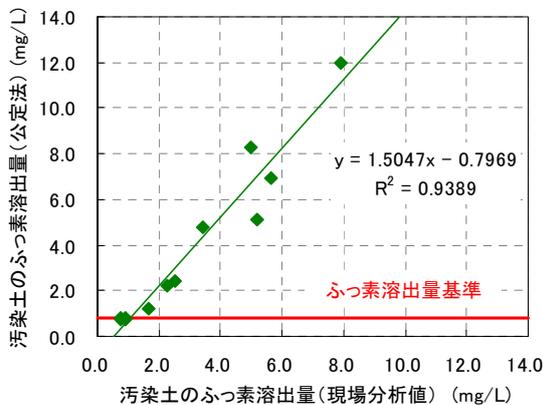


図3 現場分析値と公定法分析値の相関

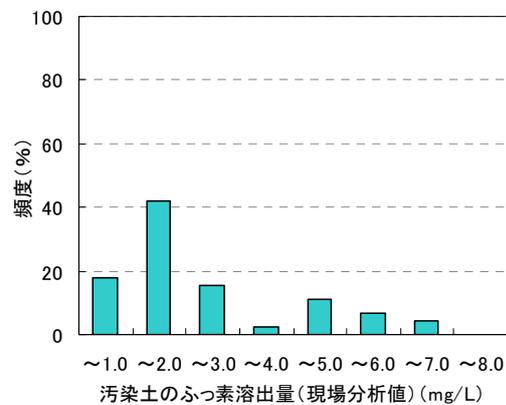


図4 汚染土の濃度別割合(現場A)

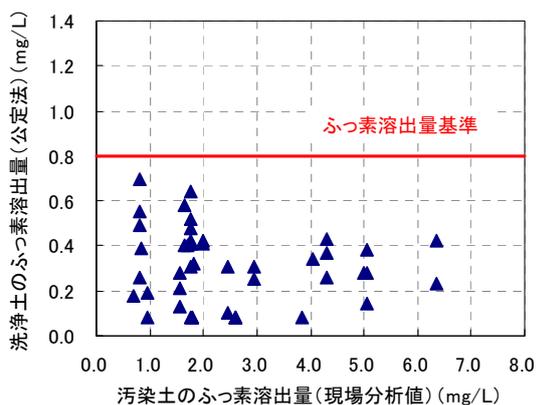


図5 洗浄の効果(現場A)

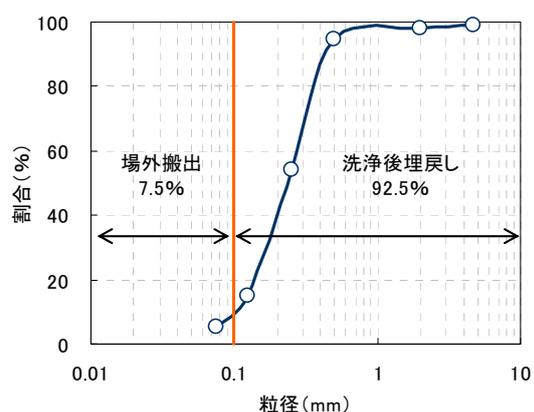


図6 粒度分布(現場A)

3. 施工事例Ⅱ

現場 B (図 7)

対象物質：ふっ素

洗浄土量：12,700 m³

洗浄期間：5.5 ヶ月 (機材の設置・撤去期間を含む)

設置スペース：40 m × 50 m

濃度：(処理前) 土壌溶出量 0.8~8 mg/L

(処理後) 土壌溶出量 0.8 mg/L 以下

土地の状況等：工場跡地 (旧土壌汚染対策法指定区域)

地質・地下水の状況：砂礫質土、地下水位 GL -5 m



図 7 施工状況 (現場B)

3.1 施工方法

現場 B の土質は砂礫質土主体であり中礫~粗礫を多く含んでいた。そのため、洗浄プラントは土壌の多くの割合を占める礫の回収を中心に構成した。まず振動ふるい機で粒径 100 mm 超過の礫を回収した。粒径 100 mm 以下の汚染土はトロンメルで分級後、1 次処理ふるい機で粒径 5~100 mm を回収した。粒径 5 mm 以下はハイメッシュセパレータで分級後、パドルミキサーで洗浄溶媒と混練した。最後に高圧洗浄機で洗浄溶媒を濯ぎ、2 次処理ふるい機で粒径 0.25~5 mm を洗浄土として回収した。洗浄濁水は、現場 A と同様、併設の水処理プラントで適切に処理を行い洗浄用水として再利用した。濁水中の細粒分は水処理プラント内にあるフィルタープレスで脱水し、発生残渣 (脱水ケーキ) として場外搬出した。現場 B における土壌洗浄の処理フローを図 8 に示す。

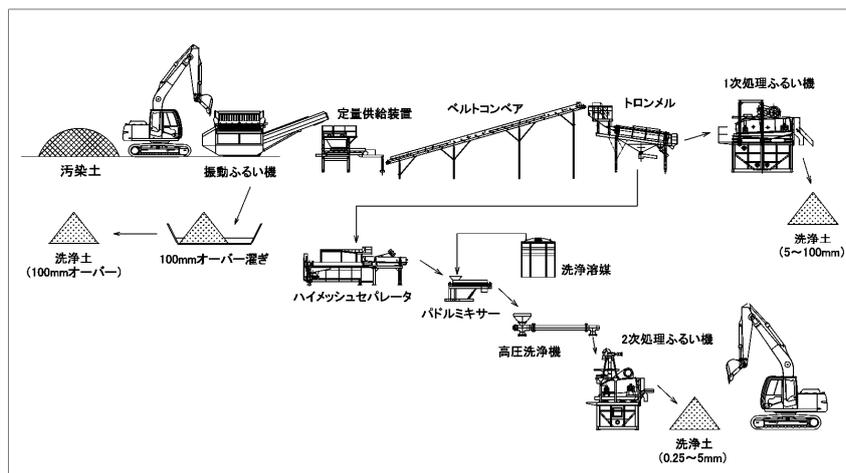


図 8 土壌洗浄処理フロー (現場B 濁水処理は省略)

3.2 結果と考察

洗浄土は、浄化確認として洗浄土 100 m³ に 1 検体の頻度で公定法分析を行った。汚染土は必要に応じて仮置場から採取し、公定法分析でふっ素溶出量を確認した。図 9 に汚染土の濃度別割合を示す。汚染土の濃度としては、ふっ素溶出量が 2.0 mg/L 以下が約 37%、2.0~4.0 mg/L が約 45%、4.0 mg/L 超過が約 18% であった。図 10 にトレーサビリティ管理によって追跡した汚染土と洗浄土のふっ素溶出量を示す。今回の施工では 8.0 mg/L 以下の汚染土を溶媒洗浄によって 0.8 mg/L 以下にすることが可能であった。

現場 B を代表する汚染土の粒度分布を図 11 に示す。今回の洗浄で発生した脱水ケーキ量は 2654.65 t であった。汚染土の比重を 1.8 t/m³ とすると、これは汚染土の 11.6% に相当した。

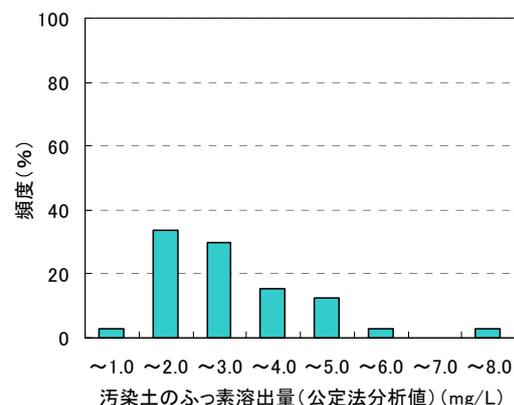


図 9 汚染土の濃度別割合 (現場B)

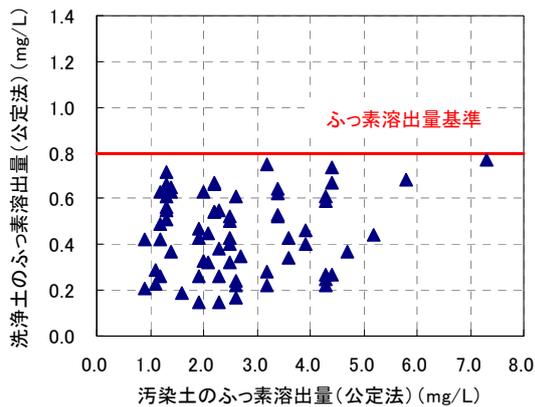


図10 洗浄の効果 (現場B)

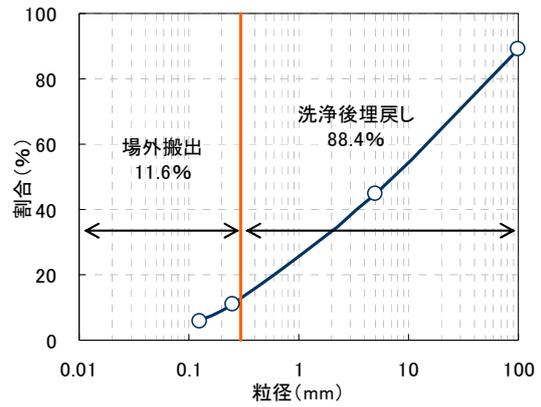


図11 粒度分布 (現場B)

4. 水洗浄との洗浄効果の比較

溶媒による洗浄の効果と、過去に著者らが施工した水による洗浄の効果の比較を図12に示す。水による洗浄では、ふっ素溶出量が3.8 mg/Lの汚染土を3度洗浄してようやく基準適合となった。しかしながら今回の溶媒による洗浄では、倍近い6.3 mg/Lの汚染土を1度の洗浄で基準適合とした。これは、溶媒洗浄により高濃度まで洗浄の適用範囲が広がることや、洗浄回数を減らすことが出来るなどのメリットがあることを意味する。洗浄回数が少なければ土壌表面を必要以上に研磨することもなく、発生残渣（脱水ケーキ）量も抑えられる。また、再洗浄による工程の遅延を防ぐことも可能となる。

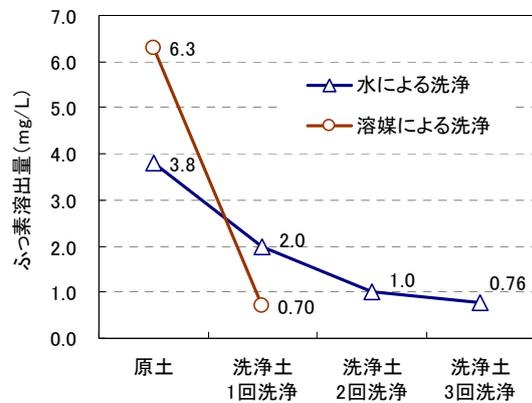


図12 洗浄の効果 (現場B)

5. 洗浄土における溶媒の残留について

洗浄土における溶媒の残留を検証するために、溶媒の主成分であるアルミニウム量を比較した。現場A、現場Bそれぞれの原土と洗浄土および脱水ケーキのアルミニウム含有量を図13、図14に示す。両現場とも、洗浄土のアルミニウム含有量は原土の含有量に比べ大きな変化は見られず、脱水ケーキにアルミニウムが高濃度で含有していることが判明した。溶媒の主成分であるアルミニウムの含有量が洗浄土で増加していないことから、高圧洗浄機による溶媒の濯ぎが十分に行われ、溶媒が洗浄土に残留している可能性は低いものと考えられる。

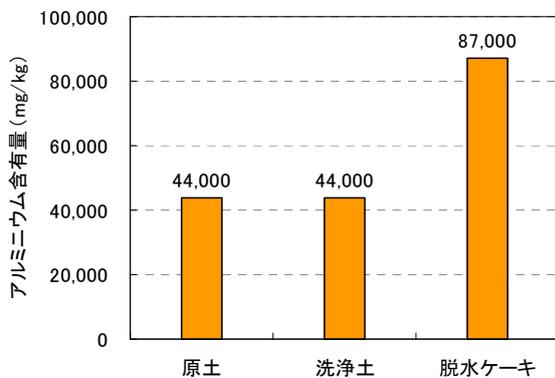


図13 洗浄の効果 (現場A)

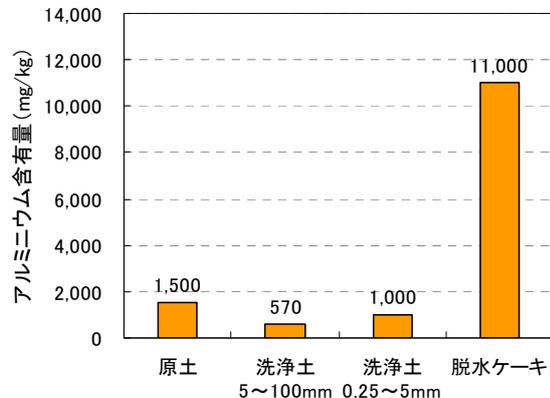


図14 洗浄の効果 (現場B)

5. まとめ

溶媒を用いた土壌洗浄の施工事例2つを紹介した。どちらも10,000 m³規模の土壌洗浄工事であり、

現場Aでは砂質土、現場Bでは砂礫質土それぞれの土質に合わせたプラントを設計した。両現場において、ふっ素溶出量が最大7.0～8.0 mg/L程度の高濃度汚染土に対し溶媒洗浄を実施し、ふっ素溶出量基準に適合する洗浄土を回収した。今後は、適用濃度範囲の拡大と他の特定有害物質への拡大に努めたい。

6. 参考文献

- 1) 武島俊達, 岡見智章, 高田史朗, 森本一生, 和田信彦(2003): シーリングソイル工法と洗浄工法の併用による重金属汚染土の高度洗浄技術, 第13回環境地質学シンポジウム論文集, pp.139-142.
- 2) 武島俊達, 和田信彦(2004): 重金属汚染土の湿式分級実験方法と重金属濃集について, 第14回環境地質学シンポジウム論文集, pp.165-168.
- 3) 和田信彦, 藤原務, 岡見智章, 武島俊達(2004): 汚染地層の粒度分布と重金属含有量, 第14回環境地質学シンポジウム論文集, pp.169-172.
- 4) 武島俊達, 岡見智章, 岡野英樹, 森本辰雄, 和田信一郎(2011): 溶媒洗浄工法の適用性試験ーふっ素汚染土壌に対する検討ー, 第17回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集