J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 147, p.43 ～ 45 (2021)

土の今後について考える ― 環境負荷低減技術と取り組み

長田友里恵 [1]

はじめに

土壌の物理性第 143 号に掲載の「帯鋼補強土壁の交換への地盤凍結工法の適用」にて学会賞（論文賞）を頂戴したことを機に，この度「土粒子」へ執筆する機会をいただいた．こちらの区分では研究の経歴や経験等をまとめられていることが多い印象があるが，長きに記すことができるほどの経歴はないため，環境技術について建設業の取り組みの一例を紹介させていただく．

昨今，環境への取組みが重要視され，よく耳にするようになった SDGs においても環境保護へのゴールが幾つか掲げられている．それに伴い，各所で様々な環境への取り組みを目にすることができるようになった．土の上に暮らし，土の恵みを受ける我々にとって，土へのダメージは我々へのダメージといえる．例えば，産業の発展に伴う土壌汚染によって地下水の汚染や農畜産物を経由した健康被害などは足尾銅山鉱毒事件やイタイイタイ病のように大きな社会的影響を及ぼす．このように土壌に対する環境負荷低減は最重要課題と考えられる．一方で，しばしば地中につくられる道路や上下水道などのインフラ設備，土の上に建てられる建築物は人々の生活になくてはならない．硬い導入になってしまったが，土を大切に思う気持ちを再燃させ，改めて土への負荷を少なくできる技術は何だろうと考えた．土壌物理学の分野の皆様にはなじみが薄いと思われるが，建設業における環境への取り組みの一例として，汚染土壌を浄化する技術と建設副産物を削減する技術を以下に紹介する．

汚染土壌浄化技術について

土壌汚染は，工業の発達に伴い工場からの排出，タンクからの漏洩，埋め立て廃棄物からの溶出などが原因で発生するようになった．土壌汚染の浄化措置には掘削除去，バイオレメディエーション，地下水揚水，封じ込め，不溶化など，様々な方法が存在する．これまで，汚染物質の除去は掘削除去工法が最も多く採用されている．しかし，運搬・処理による二酸化炭素の多量排出など，課題が多く残されていることから，原位置浄化のニーズは高いといえる．このような背景から，弊社が保有する高圧噴射攪拌工法の技術を応用し，土質条件や汚染状況に応じた原位置浄化工法を開発した．

Fig. 1 に原位置浄化工法の概要を示す．置換方式（Fig. 1a）では，高圧水の噴射と圧縮空気によって地盤を切削し，汚染物質が含まれる汚泥を地上に排出する．排出した箇所には充填材を充填する．この方式では幅広い土質条件，様々な汚染物質に対応可能である．次に分解方式（Fig. 1b）の機構は置換方式とよく似ているが，汚染土壌と浄化材を混合することで反応させる方法である．この方式は VOC のように対象汚染物質が分解可能である場合に適用される．以上の 2 方式では汚染対象範囲全域に対して置換，もしくは薬剤の噴射を行うため，発生する排泥量が増大する．そこで開発したのがスリット型の分解方式（Fig. 1c）である．VOC による汚染土壌の浄化には，水素徐放剤による嫌気的脱塩素分解を促進するバイオレメディエーションが行われている．これは，土中の微生物による汚染物質の分解を，嫌気的脱塩素化反応に必要な水素を供給することで促進する方法である．水素徐放剤を用いる場合，対象地盤が難透水層であっても水素の拡散範囲は時間の関数によって表現できる（Yoshikawa et al. 2010）．これより，粘性土層のように薬剤が浸透しにくい難透水性地盤であっても，地盤をスリット状に切削し，水素徐放剤を充填することで，水素の分子拡散による嫌気分解で難透水層中の汚染土壌を浄化することを可能とした．この方式であれば薬剤の噴射量を抑えることができるだけでなく，従来の方式よりも排泥量を減少させることができるため，より環境負荷の少ない浄化方法といえる．

このほかにも汚染された土中水を揚水処理する工法や揮発性汚染物質を含んだガスを吸引抽出する工法なども原位置浄化技術として実施している．

建設副産物低減技術について

国土交通省「平成 30 年度建設副産物実態調査結果」によると，平成 30 年度は約 7,440 万トンの建設副産物が建設業より排出されたと報告されている．この結果を品目別にみると，建設汚泥は 8.4 %（約 623 万トン）を占めている．建設副産物の再資源化は進められているものの，未だ建設汚泥が大量に発生している状況である．地盤改良の中でも高圧噴射攪拌工法は，耐震補強や液状化対策など，様々な目的で用いられる工法であるが，セメントスラリーを土中に噴射するため，汚泥の排出は免れない．

[1] ケミカルグラウト株式会社
2021 年 1 月 20 日受稿　2021 年 2 月 15 日受理

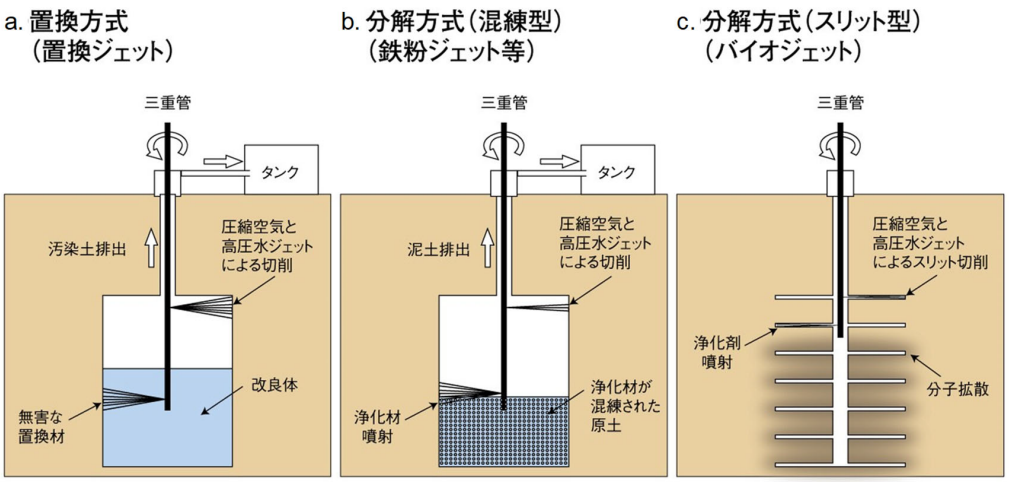


Fig. 1 原位置浄化工法の概要図.

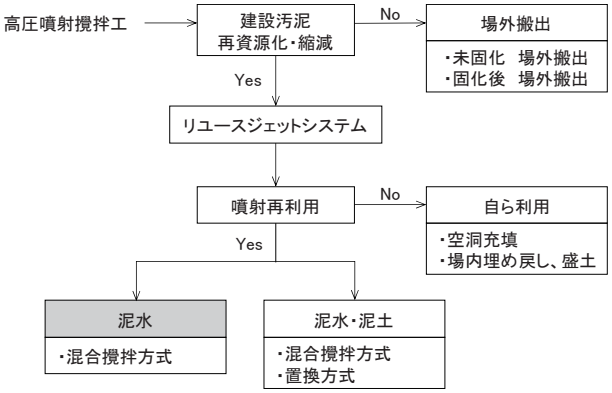


Fig. 2 リユースジェットシステムの再資源化・縮減方法.

そこで，高圧噴射撹拌工法から排出される建設汚泥を縮減するリユースジェットシステムについて紹介する．

リユースジェットシステムとは，高圧噴射撹拌工法で排出される建設汚泥を再資源化・縮減するために，従来の地盤改良造成プラントに処理設備を付与したシステムである．通常，高圧噴射撹拌工法から排出される建設汚泥は未固化，もしくは固化後に場外搬出するため，排出された量がそのまま建設汚泥量となる．そのような場面でリユースジェットシステムを適用することで，建設汚泥を高圧噴射撹拌工法の固化材として噴射再利用，または排出された汚泥を埋め戻し等の自ら利用により再資源化することができる（Fig. 2）．但し，対象地盤や現場条件に応じて適当なシステムを選定する必要がある．

建設汚泥を再利用する方法は様々あるが，今回はリユースジェットシステムの中でも高圧噴射撹拌工法で発生する建設汚泥を分級して，処理した泥水を一部再利用することで排泥量を縮減した事例について述べる．これは Fig. 2 の中でも泥水を噴射再利用する方式に該当する．

Fig. 3 のフロー図に示す通り，高圧噴射撹拌工法で発生した建設汚泥を一次 ～ 三次の分級設備で粒径の大きな土粒子から順に分級した．分級処理を行った処理水に加水することで濃度調整を行ったのち，固化材配合用水として再利用した．分級した泥土は処分場へ場外搬出した．リユースジェットシステムを適用しない場合，高圧噴射撹拌工法で発生する建設汚泥はすべて場外搬出するため，再利用した泥水量分の汚泥量が縮減できる．

リユースジェットシステムを適用したことによる縮減効果を確認した結果，計画数量と比較して建設汚泥の排出量は約 40 % 縮減できた．汚泥の排出量を縮減したことで運搬車両台数は 42 % 縮減することができた．加えて，建設汚泥を固化材配合用水として一部再利用することで，固化材用水量を 30 % 縮減することができた．

本事例は建設汚泥の処理水を再利用した例であるが，このほかにも建設汚泥を自ら利用によって埋め戻し材料として再資源化した事例もある．当システムの適用により，さらなる建設汚泥排出を縮減できればと考える．

おわりに

環境に対する取り組みの例として，今回は特に汚染土壌対策技術と建設副産物縮減技術について取り上げた．少しでも興味を持っていただけたら幸いである．今回の執筆を機に自社の工法が少なからず土壌物理との関連があることに気付き，土壌物理学 (Jury and Horton, 2004) を再読している次第である．環境に対する技術を今後も考えるとともに，土壌物理の勉強を継続していこうと思う．

今回執筆の機会をいただきましたこと，最後までお読みいただいたことに感謝の意を表し，結びとさせていただきます．

参考文献

渡邊陽介, 壺井文規, 山崎昭雄 (2017): 高圧噴射撹拌工法で発生する建設副産物の縮減 — リユースジェットシステム：泥水再利用方式 —. 基礎工, 2017 年 6 月号 Vol. 45.

山野辺純一, 上沢 進, 吉川美穂, Borden, A., Yeh, M. (2013):

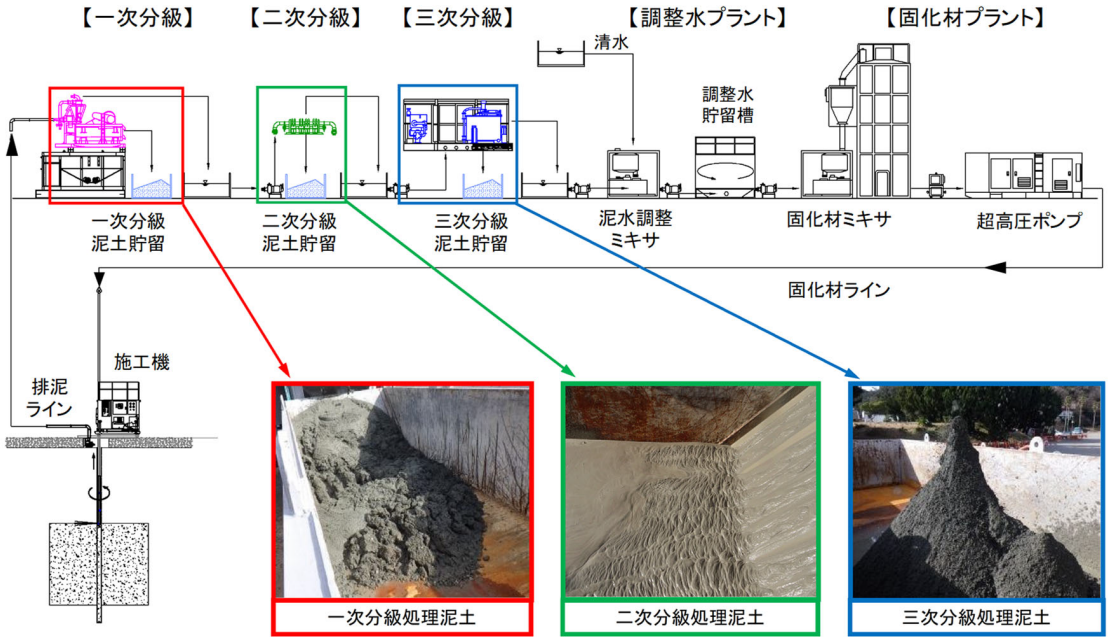


Fig. 3 リユースジェットシステムのフロー図.

ウォータージェット技術を用いた難透水性汚染土壌の原位置バイオ浄化. 第 19 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会.

Yoshikawa, M., Zhang, M., Takeuchi, M. and Komai, T. (2010): Diffusion study on dissolved hydrogen toward effective bioremediation of chlorinated ethenes in aquitards. 2010 AGU Fall Meeting.