

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

廃棄物を用いた自然由来の重金属類含有土壌に対する不溶化特性評価

研究代表者氏名 川辺 能成¹⁾
研究分担者氏名 斎藤 健志¹⁾
研究分担者氏名 渡部 直喜²⁾

1) 産業技術総合研究所・地質調査総合センター 2) 新潟大学災害・復興科学研究所

研究要旨

本研究では、汚染土壌と予想される12種類の土壌・堆積物・岩石を採取し、公定法である環境庁告示第46号試験に基づく溶出試験に供した。その結果に基づき、特徴的な傾向を示した2種類の汚染土壌について、廃棄物（鉄鋼スラグ、フライアッシュ、再生コンクリート、軽量気泡コンクリート）を用い、汚染土壌中のヒ素、カドミウム、鉛の不溶化試験を試みた。廃棄物の添加率を上昇させると、重金属類の不溶化率が上昇し、一定の数値に近づく（収束する）傾向が複数で認められた。本研究では、このような傾向を示したものについてのみ、不溶化効果が確認されたと判断した。いずれの汚染土壌に対しても、そして、どの重金属類についても、共通して不溶化効果を発現した廃棄物は、再生コンクリートであった。今後は、対象とする汚染土壌を増やすことで、重金属類の不溶化処理における廃棄物の有効性・適用性を継続して検討していく予定である。

A. 研究目的

近年、トンネルや道路などの土木工事由来の建設発生土、また、土砂災害で発生する土塊、そして、休廃止鉱山周辺の地質などにおいて、自然由来の重金属類（As：ヒ素、Pb：鉛など）が溶出しやすい化学形態で高濃度に含まれることもしばしば認められ、問題となるケースが報告されている。特にその対策として、費用対効果などの問題から原位置手法が推奨されており、例えば、重金属類を固定化する不溶化処理が従来から注目されている。その一方で、近年、特に廃棄物の3R（Reduce、Reuse、Recycle）に絡み、その有効利用が強く求められている。このような背景に基づき、本研究では、自然由来の重金属類を含む土壌・堆積物・岩石（以後、便宜的に、汚染土壌と呼称する）を対象に、複数の廃棄物を活用することで、その添加率と不溶化率の関係性について評価した。これより、汚染土壌の不溶化処理における、廃棄物の有効性・適用性を検討するための基礎的

知見の集積に努める。

B. 研究方法

本研究では、汚染土壌と予想される12種類の土壌・堆積物・岩石（汚染土壌A～Lとする）を採取し、公定法である環境庁告示第46号試験に基づく溶出試験に供した。すなわち、風乾させた土壌を2mmのふるいにかき、土壌（単位g）と水（単位mL）を重量体積比10%の割合で混合し、20℃で6時間の水平振とうを行った。振とう回数は毎分約200回であり、その後、10分～30分ほど静置し、3,000重力加速度で20分間の遠心分離に供した。そして、得られた上澄み液について、孔径0.45μmのメンブレンフィルターでろ過をし、ICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析計：Agilent 7700x ICP-MS）で重金属類（B：ホウ素、Cr：クロム、Ni：ニッケル、Cu：銅、Zn：亜鉛、As、Se：セレン、Cd：カドミウム、Pb）を定量した。この結果に基づき、2種類の汚染土壌を対象として（その詳細

は、後述する)、以下、不溶化試験に供した。不溶化試験では、廃棄物を 2.5%、5%、10%の比率で汚染土壌に添加し、24 時間、20℃ならびに相対湿度 60%の環境下において、養生を行った。その後、上記と同様に、環境庁告示第 46 号試験に基づく溶出試験に供し、廃棄物の添加率と重金属類の不溶化率について評価を試みた。なお、本研究では、鉄鋼スラグ、フライアッシュ、再生コンクリート、軽量気泡コンクリート、4 種類の廃棄物を活用した。いずれの試験についても、独立した 3 回の繰り返し試験を実施している。

C. 研究結果

本研究で対象とした 12 種類の土壌・堆積物・岩石について、環境庁告示第 46 号試験に基づく溶出試験に供した結果、土壌環境基準に規定される As、Cd、Pb (基準値はそれぞれ、10 µg/L、3 µg/L、10 µg/L である) について、複数の超過事例が認められた。そのうち、特徴的な結果を示した汚染土壌 E ならびに汚染土壌 K を不溶化試験に供した。具体的には、汚染土壌 E では、As と Pb に超過が認められ、特に Pb の超過が顕著であった。また、汚染土壌 K では、As と Pb だけではなく、Cd についても超過が認められた珍しいタイプの汚染土壌である。

図 1 には、一例として、汚染土壌 K に対する再生コンクリートを用いた不溶化試験 (Pb を対象) の結果を示す。再生コンクリートの添加率上昇とともに、Pb の不溶化率が上昇し、その後、不溶化率が一定に近づく傾向が認められた。これに類似する傾向は、複数の廃棄物、そして、対象とした重金属類においても確認されている。

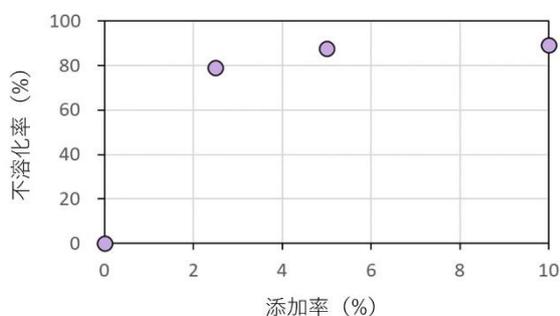


図 1 汚染土壌 K における再生コンクリートを用いた Pb の不溶化試験結果

D. 考察

本研究では、上述のように、廃棄物の添加率を上昇させると、対象とした重金属類の不溶化率が一定の数値に近づいた (収束した) ものについてのみ、不溶化効果が認められたと判断することとした。対象とした 2 種類の汚染土壌 (E および K) について、As と Pb に着目すると、いずれも不溶化効果が認められた廃棄物は、再生コンクリートと軽量気泡コンクリートであった。なお、汚染土壌 K においては、フライアッシュも効果を発現した。その一方で、汚染土壌 K の Cd については、再生コンクリートのほか、鉄鋼スラグも不溶化効果を示した。よって、2 種類の汚染土壌 (E ならびに K)、そして、対象とした 3 種類の重金属類 (As、Cd、Pb) について、共通して不溶化効果を発現した廃棄物は、再生コンクリートであった。

今後は、不溶化試験の対象とする汚染土壌を増やし、継続的に廃棄物の有効性・適用性を評価するための知見集積に努める予定である。

E. 結論

本研究では、汚染土壌と予想される 12 種類の土壌・堆積物・岩石を採取し、公定法である環境庁告示第 46 号試験に基づく溶出試験に供した。その結果に基づき、特徴的な傾向を示した 2 種類の汚染土壌 (E および K) について、廃棄物 (鉄鋼スラグ、フライアッシュ、再生コンクリート、軽量気泡コンクリート) を用いた不溶化試験 (As、Cd、Pb を対象) を試みた。廃棄物の添加率を上昇させると、重金属類の不溶化率が上昇し、一定の数値に近づく (収束する) 傾向が複数で認められた。本研究では、このような傾向を示したものについてのみ、不溶化効果が確認されたと判断した。いずれの汚染土壌に対しても、そして、どの重金属類についても、共通して不溶化効果を発現した廃棄物は、再生コンクリートであった。今後は、対象とする汚染土壌を増やすことで、重金属類の不溶化処理における廃棄物の有効性・適用性を継続して検討していく予定である。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Nagasinghe, I. U., Saito, T., Takemura, T., Kawamoto, K., Komatsu, T., Watanabe, N., and Kawabe, Y (2023): Applicability of alkaline waste and by-products as low

cost alternative neutralizers for acidic soils. ISIJ International, 63(2), 228-234.

2. 学会発表

- 1) Saito, T., Nagasinghe, I.U., Takemura, T., Watanabe, N., and Kawabe, Y. (2022): Applicability of alkaline waste and by-products for neutralization of acidic soils. Japan Geoscience Union Meeting 2022, Chiba (Japan)/Online (May-June 2022).
- 2) 斎藤健志・渡部直喜 (2022) : 酸性土壌の中和処理における廃棄物・再生資材の適用性評価. 日本鉄鋼協会 2022 年秋季 (第 184 回) 講演大会、福岡市、2022 年 9 月.
- 3) 斎藤健志 (2022) : 化学物質等に関わる環境動態研究と廃棄物・再生資材の活用事例. 日本鉄鋼協会 評価・分析・解析部会 2022 年度第 2 回 「スラグ新用途開発のための機能とその関連する材料分析技術の開発」 フォーラム講演会、鈴鹿市、2022 年 11 月. 招待講演.
- 4) 斎藤健志・川辺能成・渡部直喜 (2022) : アルカリ性の廃材を活用した酸性土壌の中和処理. 第 12 回同位体環境学シンポジウム、京都市/オンライン、2022 年 12 月.
- 5) 斎藤健志 (2023) : 地圏環境汚染の修復における廃材等の活用. 令和 4 年度産業技術連携推進会議 環境・エネルギー部会・分科会・研究会合同総会、オンライン、2023 年 1 月. 依頼講演.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし