

リン資材の土壌添加による鉛の溶出抑制

岐阜大学工学部 吉田 孝敏 ・ 正会員 橋本 洋平, 佐藤 健

1. はじめに

近年, 射撃場跡地での鉛による土壌汚染が問題になっている. 平成 15 年に土壌汚染対策法が施行されて以来, 調査件数の増加に伴い汚染件数は増加し続けている. その中でも鉛による汚染は, 環境基準超過物質の件数別で全国的に最も多い¹⁾. 汚染現場は降雨による侵食の影響を受けているため, 汚染範囲が拡大している場合が多い. そのため汚染物質の除去が難しく, 掘削除去などの従来の土木工学的な工法では大量の汚染土壌の処理, 膨大な費用などの問題点が生じる.

一方, 鉛汚染土壌にリンを含む資材を添加することによって, 鉛を不溶化する方法も報告されている. これまで, 鉛汚染土壌の不溶化剤には水酸アパタイトがしばしば用いられており, 鉛の溶出を効果的に抑制することが分かっている²⁾. しかし, 市販の水酸アパタイトは高価であるため, 大規模な汚染土壌の改良に用いるには費用がかかる.

鉛とリン酸の化合物は水に溶解されにくい性質を持っているが, 特に緑鉛鉱 $Pb_5(PO_4)_3Cl$ と呼ばれる化合物は, 極めて水に溶けにくいことが知られている. そこで, 水酸アパタイトの他にリンを含む産業廃棄物が鉛の溶出を抑制する材料として可能性があるかに着目し, 研究を実施した. 水酸アパタイトは, 廃石膏を主原料として作れることが確認されている²⁾. 鶏糞灰にもリン酸は多く含まれており, こうしたリン酸を含む廃棄物を鉛の不溶化剤として利用することは, 廃棄物の再資源化の観点からも有効である.

既往の研究では, 短時間の鉛溶出特性に着目したものについては報告されているが, 長期間(約 1 年)に及ぶ鉛溶出量の変化を研究したものはない. そこで本研究は, 廃棄物などの種々のリンを含む物質の鉛溶出抑制能力を評価し, 経時的に鉛が不溶化されていく過程を明らかにすることを目的とした.

2. 材料及び方法

2.1 土壌の調整

実験に用いる土壌は, 岐阜県多治見市営総合射撃場跡地の鉛汚染土壌を用いた. 土壌は 2mm に篩別し, こ

の土壌を強酸分解した後, ICP 発光分光法によって鉛の濃度を測定した. その結果, この鉛汚染土壌の鉛濃度は 18124 mg/kg であることがわかった.

2.2 リン資材の種類・添加量

実験に用いるリン資材の種類は, 市販の水酸アパタイト [HA] $Ca_5(PO_4)_3OH$, 廃石膏から作られた水酸アパタイト [CHA], リン酸二水素カルシウム一水和物 [PCA] $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, 鶏糞灰 [FD] の 4 種である. これらのリン資材が土壌中の鉛と反応し, 緑鉛鉱 $Pb_5(PO_4)_3Cl$ を形成することから, 化学式より Pb/PO_4 のモル比にして 5/3 になるように添加した. さらに, 添加量を 2 倍にした Pb/PO_4 のモル比 5/6 の処理も設定した.

表 - 1 リン資材のリン酸含有量と添加量 (mg/g)

	リン酸含有量	モル比 5:3	モル比 5:6
HA	568	8.8	17.6
CHA	568	8.8	17.6
PCA	754	6.6	13.2
FD	81.4	61.3	122.6

これらのリン資材をそれぞれ土壌に混合した後, 40 g をチューブに秤量し, 12.9 mL の蒸留水を添加した. (飽和度 50%) 試料は室温セ氏 20 度で 1 週間静置した.

2.3 溶出試験方法

鉛の溶出量の変化を分析するために, 異なる pH の溶液を用い, 溶出試験を行った. 溶液は 0.01 M 硝酸カリウムを用い, 硝酸あるいは水酸化カリウムを添加して溶液の pH を 3, 5, 7 に調整した. 溶出試験は 40 mL チューブに土壌を 2.5 g 秤量し, 0.01 M 硝酸カリウム水溶液を 25 mL 入れ, 24 h 振とうした. 振とう後, チューブを遠心分離し(8900 rpm), ろ過したろ液を, フレーム式原子吸光で鉛溶出量を分析した.

4. 結果

図 - 1 に, リン資材ごとの鉛溶出量を示した. CHA 添加土壌は, pH に関係なく鉛溶出を抑制する結果が見られた. 溶出試験全体を見ると, 実験に用いた汚染土壌の鉛含有量は 18124 mg/kg であったが, 溶出試験で

は 7 mg/kg の鉛溶出量を上回る処理はなかった。これは、土壌中の鉛含有量の約 0.025% しか溶出しなかったことになる。CHA 添加土壌を除き、ほとんどのリン資材で pH の低下に伴い鉛が溶出する傾向が確認された。CHA < FD < HA < NO (リン資材添加なし) < PCA の順に、鉛の溶出量が多かったが、NO と PCA、HA と FD はそれぞれ同程度であった。

図 - 2 に、CHA 添加土壌と、NO 土壌を比較した。NO 土壌は、pH が低い程鉛が溶出していた。CHA 添加土壌は、測定限界以下に鉛溶出を抑える結果となった。CHA を Pb/PO₄ のモル比 5/3 に添加した土壌に 0.16 mg/kg の鉛溶出が見られたが、鉛抑制効果はあると判断できる。CHA に含まれるリン酸と鉛が反応して、鉛を不溶化させていることが考えられる。

図 - 3 の PCA 添加土壌では、Pb/PO₄ のモル比 5/3 に添加した処理では、pH 3 ならびに 5 において鉛溶出抑制効果が見られなかったが、5/6 に添加した処理の方では、酸性領域での鉛溶出抑制効果が見られた。Pb/PO₄ のモル比 5/3 において鉛溶出抑制効果が見られなかった理由として、PCA は酸性であるため、PCA 添加後に土壌の pH が低下し、鉛が溶出しやすい条件になったことが考えられる。

5. まとめ

本研究の結果、市販されている水酸アパタイトよりも、廃石膏から合成した水酸アパタイトの方が鉛溶出を抑制する効果があることが確認された。同じ水酸アパタイトでも、廃石膏から合成した水酸アパタイトと比較して市販品の水酸アパタイトの鉛溶出抑制効果は低かった。

鉛の溶出量を抑制するには、Pb/PO₄ のモル比 5/3 よりも多くのリン酸を添加するべきであると考えられる。

廃石膏から合成した安価な水酸アパタイトは、鉛汚染土壌の溶出抑制効果が高く、現場への適用が期待できる。

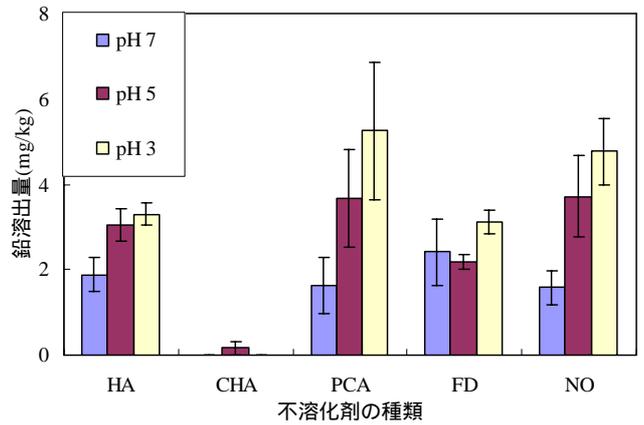


図 - 1 リン資材の種類と pH 毎の鉛溶出量

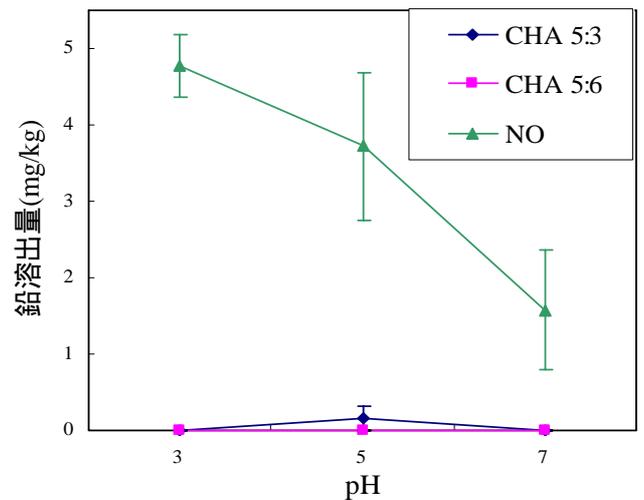


図 - 2 廃石膏アパタイトの鉛溶出量

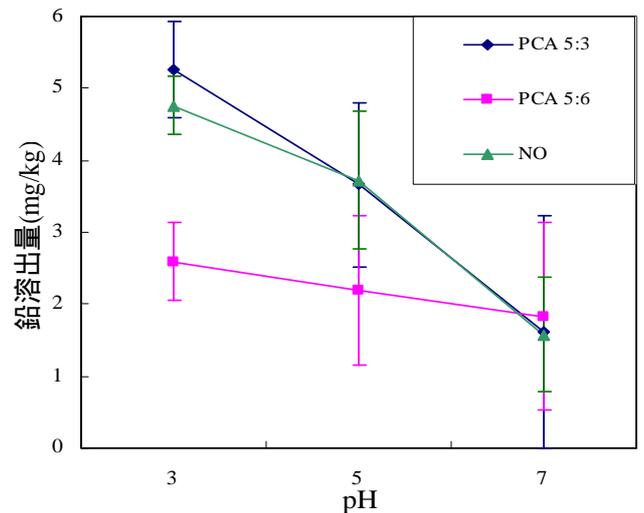


図 - 3 リン酸二水素カルシウムの鉛溶出量

6. 参考文献

- 1) 環境省ホームページ, 平成 15 年度土壌汚染対策法の施行状況及び土壌汚染調査・対策事例等に関する調査結果の概要: <http://www.env.go.jp/water/report/h17-09/index.html>
- 2) Furuta et al. 1998. J. Mater. Chem. 8:2803-2806