

## 植物と不溶化処理を併用した汚染土壌中の鉛の溶解性

岐阜大学大学院 学生会員 ○白水 真和  
 岐阜大学 正会員 佐藤 健  
 三重大学 正会員 橋本洋平

### 1. 研究の背景

日本での土壌汚染の大半は重金属によるものであり、中でも鉛汚染の事例は最も多く<sup>1)</sup>環境省の調査以来、環境基準超過事例件数は累計 800 件を超える。特に射撃場における鉛汚染は、土壌鉛含有量が 10000 mg/kg-soil に及び、環境への拡散という潜在的な危険性を有している。このような背景のもと佐藤ら<sup>2)</sup>は、岐阜県多治見市営射撃場跡地において、ファイトレメディエーションの研究を進め、ソバが 800 mg/m<sup>2</sup> の鉛を回収し、植生によって雨水の地下浸透を抑制、植物による鉛吸収と拡散防止の効果を報告している。このように土壌汚染修復技術に植物を用いた手法（ファイトレメディエーション）は、安全性、公共性、経済性に優れた技術である。しかし、汚染の除去に長期を要し、植生単独での技術には限界も指摘されている。

植物による鉛吸収に対し、土壌中にリン資材を添加し、鉛を溶解性の低い形態に変化させて安定化する技術として不溶化が挙げられる。鉛のリン酸塩化合物形態の溶解度は極めて低く、緑鉛鉱[Pb<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Cl]の生成による鉛汚染土壌の不溶化が報告されている<sup>3)</sup>。

これらの報告を整理し、筆者は射撃場鉛汚染土壌にリン資材を施用し、植生を植えることで鉛-リン酸結合による不溶化と植生による鉛汚染拡散防止が可能になると考えた。射撃場鉛汚染土壌は鉛毒性のために荒廃し、風雨による侵食を受けやすい。リン資材施用によって鉛毒性を低減させ、植生によって汚染拡散を防止することで、相乗的な鉛汚染対策に繋がると考えた。

### 2. 研究目的

本研究の目的は、鉛汚染土壌へのリン資材添加と植物生育によって、根圏微細領域での鉛-リン酸結合による鉛不溶化を促進させることである。さらに、環境省ガイドラインが示唆した<sup>4)</sup>アンチモンの溶出挙動も視野に入れ、リン資材を適用した根圏土壌からの鉛、アンチモンの溶出挙動の変化により、根圏土壌の重金属不溶化について評価した。本研究では独自に開発し

た根圏分割カラムによって強制的に根圏領域を作り出し、この根圏領域の土壌化学性を評価した。

### 3. 材料及び方法

#### 3.1 土壌の準備

実験に用いた土壌は、岐阜県多治見市営射撃場跡地から採取した土壌である。この土壌の物理学特性は、乾燥密度 0.98 g/cm<sup>3</sup>、最大粒径 0.45mm、pH6.63、鉛含有量 29651 mg Pb/kg soil、アンチモン含有量 50.51 mg Sb/kg soil であった。

#### 3.2 根圏分割カラム

今回の研究で使用した根圏分割カラム装置(図 3-1)は、内径 10 mm のアクリルチューブに根を生育させ、この領域の土壌における重金属の溶解性を正確に分析するために考案した。鉛不溶化のためのリン資材として、廃石膏アパタイト(CHA)を使用した。10 mm のチューブにリン資材添加土壌(CHA を[Pb]:[PO<sub>4</sub>]モル比 5:6, 5:12 の割合で混合)を充填させ、このうちの半分を植物あり、残りを植物なしとした。

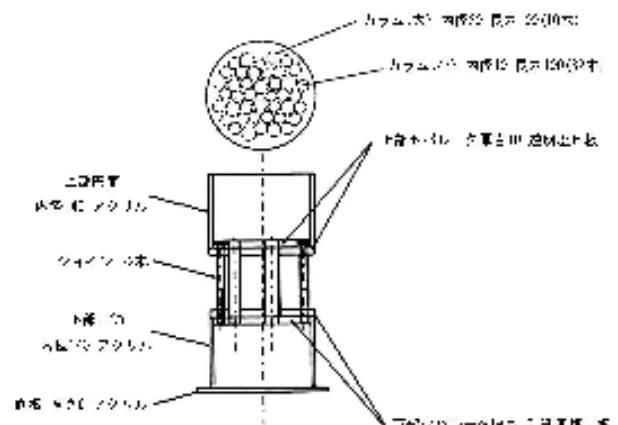


図 3-1 分割カラム 概略図

#### 3.3 実験方法

本研究は射撃場における水質浄化・地下水涵養機能を保全するという観点から水抽出法を使用した。

水抽出法とは公害対策基本法第9条に基づく土壌の汚染にかかわる環境基準で採用されている方法である<sup>5)</sup>。ICP 発光分光分析法によって求めた溶出液中の各種金属の含有量と pH の測定値を用いて、鉛汚染土壌の植物根圏ならびにリン資材がどのように鉛の不溶化に影響を与えるかを考察した。

## 4. 結果及び考察

### 4.1 水抽出法の結果

ライグラスにおいて、CHA(アパタイト)5:6 添加の土壌では、植物の適用に関わらず鉛の溶出量がほとんど変化しなかった。しかし、CHA の添加量を2倍に増加した土壌(5:12 比)では、根圏土壌の鉛溶出量が非根圏土壌より 87%減少した。ライグラスと CHA 添加の併用によって、土壌からの鉛溶出が抑制されることが確認された。

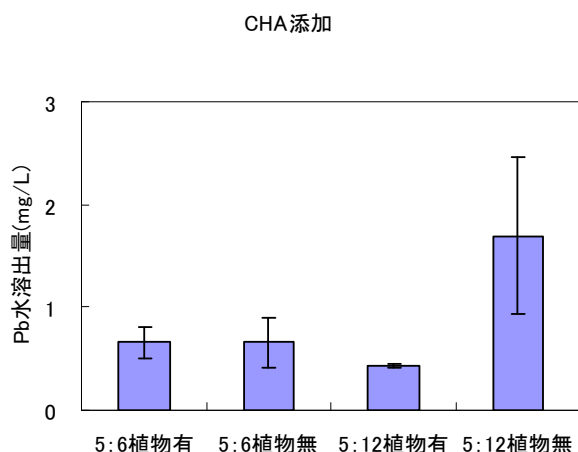


図 4-1 ペレニアルライグラス, CHA 添加と植物の併用による鉛溶出抑制効果

### 4.2 pH 測定結果

ライグラスにおいて、CHA(アパタイト)5:6 の添加土壌では、根圏土壌の pH が非根圏土壌より 0.29 減少した。また、CHA の添加量を2倍に増加した土壌(5:12 比)では、根圏土壌の pH が非根圏土壌より 0.14 減少した。リン資材を添加しない土壌では、根圏土壌の pH が非根圏土壌より 0.32 減少した。この結果から、植物根圏の重金属ストレスにより有機酸が分泌<sup>6)7)</sup>され、pH を低下させたと推測した。

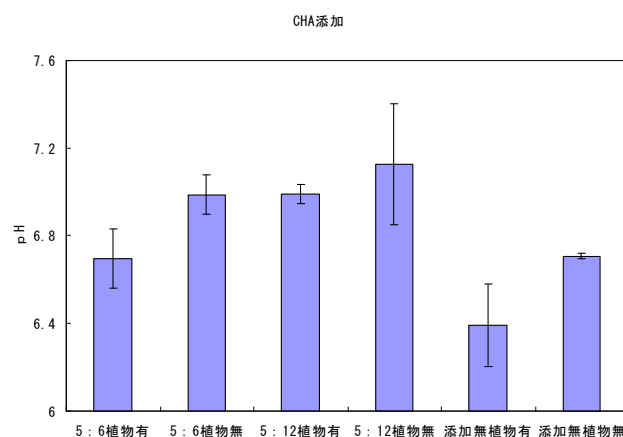


図 4-2 ペレニアルライグラス, CHA 添加と植物の併用による pH の変化

## 5. まとめ

本研究では、リン資材添加と植生の併用によって鉛の不溶化を促進したことを確認した。この結果から植物根圏からの有機酸の分泌によって鉛を可溶化させ、リン資材との併用による不溶化がさらに促進したと考えられる。従って、鉛汚染土壌へのリン資材添加と植物生育の併用によって、根圏微細領域での鉛-リン酸結合による鉛不溶化を促進させ、鉛溶出抑制効果を増大させるといえる。

## 参考文献

- 1) 環境省:平成16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,2004.
- 2) 佐藤 健,他8名:植物機能を活用した射撃場鉛汚染の原位置浄化と拡散防止,地下水技術,45(8),2003.
- 3) Hashimoto, Y, and Sato, T: Removal of aqueous lead by poorly-crystalline hydroxyapatites,Chemosphere, 69, 1775-1782, 2007.
- 4) 環境省:射撃場に係る鉛汚染調査・対策ガイドライン及び巻末資料,2007.
- 5) 土壌肥料学会:土壌環境分析法,博友社,1997.
- 6) 馬 建鋒:根における金属キレート物質の分泌,根の研究,7,105-108,1998.
- 7) 大谷卓:根圏における土壌-作物相互作用の化学的解明に関する研究,日本土壌肥料学雑誌,70(3),1999.