

酸性雨条件下における根圏土壤の鉛溶出抑制機構

岐阜大学大学院 学生会員 沓名亮輔
 岐阜大学 正会員 橋本洋平・佐藤 健

1. 研究の背景・目的

土壤汚染は、大気汚染や水質汚染などの環境汚染と比べて、地下で起こるため発見されにくい。射撃場で発生する鉛汚染は、土壤鉛含有量 30,000 mg-Pb/kg-soilに及び高濃度汚染で、土壤の重金属含有に関する環境基準値(150 mg-Pb/kg-soil)を大幅に上回っている。この問題に対してこれまで低コスト、低環境負荷型の技術として植物浄化(Phytoremediation)、またリン酸施用による鉛不溶化に着目し、研究¹⁻³⁾が進められてきた。リン酸施用による不溶化のメカニズムは、鉛汚染土壤にリン資材を添加し、土壤中の鉛が溶解することでリン酸と鉛が結合し、不溶化形態である緑鉛鉱 $Pb_5(PO_4)_3Cl$ が生成することである。

リン資材添加による化学的な重金属の不溶化作用と植物の根圏領域における生理的作用を併用して、鉛を土壤に固定することができれば、降雨による汚染物質の拡散防止が可能となる。植物の根圏土壤は、根の生化学活性や物理的な侵入により、植物根の影響を受けない土壤よりも化学・生物的な特性が改変された領域である。しかし、このような根圏微小域の土壤において、鉛の不溶化に及ぼす影響は未知である。本研究の目的は、リン資材の種類、添加量によって、根圏微小域土壤中の鉛がどの程度鉛不溶化形態へ変化するのかを明らかにすることである。鉛溶出が懸念される酸性雨条件下において鉛溶出量に着目し、鉛の形態変化について検討した。

最大粒径(mm)	pH	Pb含有量(mg/kg)
0.425	6.63	29651.0

図1 物理化学特性

2. 材料・方法

供試土壤には、多治見市営総合射撃場跡地の土壤を用いた(図1参照)。土壤は風乾させ、土壤の化学性が評価されやすいよう0.425 mmに篩別した。植物

は有機酸分泌量の多いイネ科ペレニアルライグラスを用い、リン資材には、廃石膏から合成した水酸アパタイト、リン酸二水素アンモニウム(関東化学製)の2種類を用いた。添加量は緑鉛鉱の化学式 $Pb_5(PO_4)_3Cl$ より、鉛:リン=5:3が考えられるが、添加したリン資材は植物の栄養源にもなるので全て反応する可能性は低く、その倍の5:6, 5:12の比で添加した。根圏分割カラム装置(図2参照)に植物を播種し、装置中間部の根圏土壤領域とした直径1~2 cmアクリルチューブに、リン資材を添加した土壤を充填し、78日間植物を生育させた。根圏土壤採取後、酸性雨を模擬したpH4.2の水溶液を用いて土壤金属の溶出試験を行い、ICP発光分光法により鉛含有量を定量した。X線回折法を用いて、リン資材および植物の影響による土壤の鉛形態の変化を検討した。

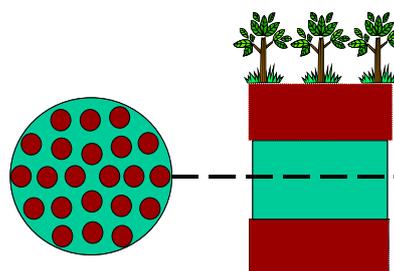


図2 根圏分割カラム装置のモデル

3. 実験の結果

3.1 鉛の溶出挙動

鉛の溶出挙動は、ペレニアルライグラスを生育した全ての根圏土壤において、植物を生育していない土壤より鉛溶出抑制効果が見られた(水酸アパタイト平均溶出量差 3.5 mg/L, リン酸二水素アンモニウム平均溶出量差 4.1 mg/L, リン資材無平均溶出量差 1.68 mg/L)。この結果より、植物生育が鉛不溶化効果を促進させていることが示唆される。水酸アパタイト(5:6)添加土壤では、根圏土壤の鉛溶出量が非根圏より68%減少した。水酸アパタイトの添加量を2倍増加した土壤(5:12比)では、根圏土壤の鉛溶出量が非根圏より92%減少した(図3参照)。リン酸二水素アンモニウム5:6添加土壤では、根圏土壤の鉛溶出

量が非根圏より 38%減少した。リン酸二水素アンモニウムの添加量を 2 倍増加した土壌(5:12 比)では、根圏土壌の鉛溶出量が非根圏より 33%減少した(図3 参照)。リン資材を添加しなかった土壌では、根圏土壌の鉛溶出量が非根圏より 64%減少した(図3 参照)。

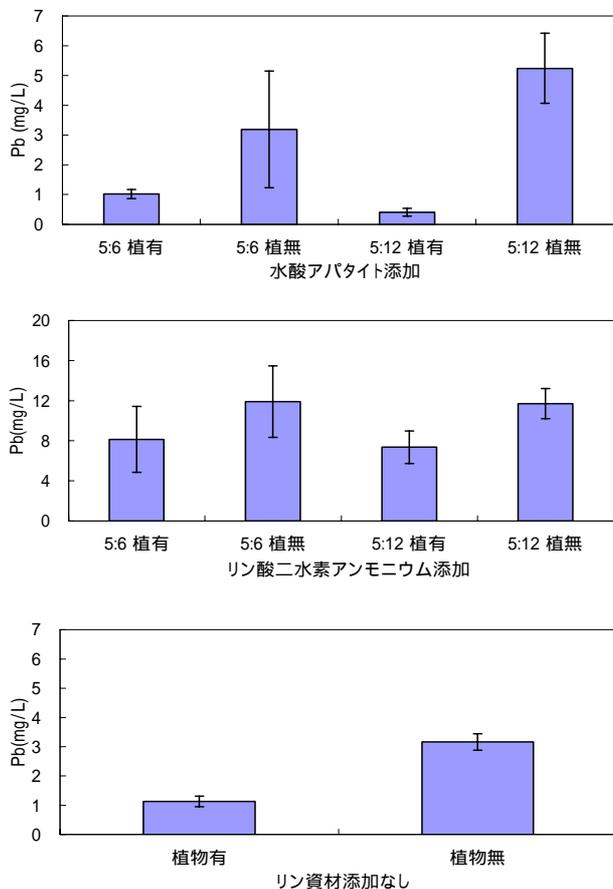


図3 鉛溶出量

3.2 X線回折法(XRD)

X線回折には、PX:リン資材添加無、植物根無と、PE:水酸アパタイト 6:12 添加、植物根有と、PF:水酸アパタイト 6:12 添加、植物根無と、PG:リン酸二水素アンモニウム 6:12 添加、植物根有と、pH:リン酸二水素アンモニウム 6:12 添加、植物根無を用いた。PEとPF、PGとPHは鉛溶出量の差異が顕著に表れ、緑鉛鉱が形成している可能性が一番高く、またリン資材と植物の影響比較のためPXの計5種類の土壌をXRD回折に用いた。図4上の緑色で示した部分が緑鉛鉱のピークで、各種試料のピークに明瞭な差異は見られなかった。図4上の黒線で示した部分が炭酸鉛のピークで、リン資材を用いた方が土壌中で多く存在する鉛形態である炭酸鉛の量が減っている結果が得られた。このことから、土壌中の根近傍に

おける鉛の化学形態が変化している可能性が示唆される。植物を生育させた方が鉛溶出の抑制効果が高かったことを踏まえ、根圏微小域土壌において鉛がより溶解性の低い化合物に変化していると考えられる。

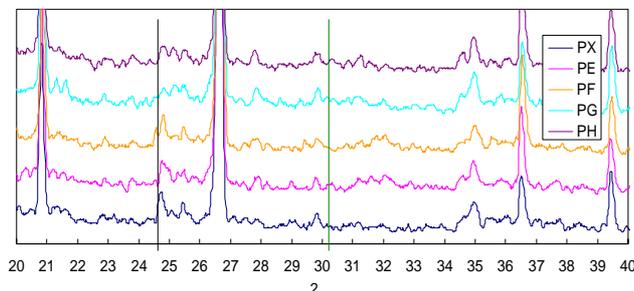


図4 X線回折データ

4. 考察・まとめ

本研究の結果から、リン資材を添加した根圏土壌での鉛溶出が抑制されることが確認された。不溶化資材添加のみより、植生と不溶化資材を組み合わせの方が、酸性雨条件下(pH4.2)において鉛溶出抑制効果が大きい結果が得られた。植物を生育することにより、植物の水利用(蒸散)が鉛の下方移動を抑制⁴⁾し、また土壌表面保護、侵食防止効果、緑化効果を強化することが可能であるため、植生と不溶化資材を組み合わせることで、根圏における鉛鉱物形態が変化し、不溶化効果を促進させることを示唆している。

参考文献

- 1) 佐藤健,橋本洋平,松古浩樹:土壌地下水汚染の拡散防止に対する植生地盤の封じ込め機能評価,地下水技術,第49巻,第1号,pp.1-5,2007.
- 2) 本田宗央,田村英生,日比野陽子,小島淳一,佐藤健:射撃場鉛汚染ファイトレメディエーション,岐阜県生物工学研究所報告,第1号,2007.
- 3) 吉田孝敏:鉛汚染土壌のリン資材添加による溶出挙動の評価,岐阜大学卒業論文,2007.
- 4) 松古浩樹:鉛汚染土壌に対するファイトレメディエーションの適用に関する研究,岐阜大学博士課程卒業論文,2008