

平成 21 年 3 月 17 日現在

研究種目： 若手研究 (B)
 研究期間： 2007～2008
 課題番号： 19710064
 研究課題名 (和文) 植物根の生理作用に着目した鉛不溶化反応の促進と微生物生態系の修復
 研究課題名 (英文) Lead immobilization and microbial activity in rhizosphere soils
 研究代表者 橋本 洋平 (HASHIMOTO YOHEY)
 岐阜大学・工学部・助教
 研究者番号：80436899

研究成果の概要：

本研究では植物根圏の水分涵養・地盤安定機能と、リン資材による鉛不溶化効果を組合せた、新しい汚染修復技術の実用化を目指すことを目的とした。特に根の生理活性が及ぶ根圏土壌におけるリン-鉛の化学反応を介した鉛の不溶化と微生物生態系への影響評価を検討した。本研究の結果、鉛の 30-40%がリンと鉛が結合した緑鉛鉱の形態として不溶化されていることや、緑鉛鉱の生成割合は根圏土壌の方が非根圏土壌よりも高値を示したことが明らかになった。さらに、これまで明確にされていなかった、資材の添加が土壌の微生物生態系に与える影響について、土壌の酵素活性を測定することにより資材の生態系インパクトを評価した。本研究で開発したリン資材は、土壌の主要酵素活性に対する負の影響はなく、添加による生態系へのリスクは低いことが明らかになった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	800,000	0	800,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,300,000	150,000	1,450,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学，環境技術・環境材料

キーワード：環境修復技術

1. 研究開始当初の背景

日本の重金属汚染の6割を占める鉛汚染は、射撃場跡地で特に顕著であり、汚染は山間地域の斜面が多い。このような現場の汚染対策には、侵食による汚染拡散を防止し、荒廃した土壌生態系を修復する必要がある。そこで、本研究では植物根圏の水分涵養・地盤安定機能と、リン資材による鉛不溶化効果を組

合せた、新しい汚染修復技術の実用化を目指す。

2. 研究の目的

(1) リンと鉛の化学反応に及ぼす植物根の作用メカニズムについて明らかにする。植物の根は、酸性でキレート作用の強い有機酸を分泌するので、根のごく近傍にある鉛やリン

の溶解性は、植物がない土壌よりも格段に高いことが予想される。このような根の生化学作用をリン-鉛の化学反応の促進に利用し、鉛不溶化物である緑鉛鉱の生成量を増加することができれば、土壌中の鉛拡散を抑制できると考えた。

(2) 根圏の鉛不溶化に伴う土壌微生物の活性化過程を解明する。鉛により荒廃した土壌の微生物生態系は、植物根の作用により修復が促進されると考えた。すなわち、根の生理活性である有機酸の分泌が、①微生物への養分補給、②緑鉛鉱の生成促進による鉛毒性の低減をもたらしことにより、相乗的に微生物生態系の修復が可能になることが予想された。

3. 研究の方法

(1) 鉛汚染現場の土壌鉛直方向の水分と溶質移動環境を再現したカラム装置による試験を実施した。直径1.5 cm, 長さ7.5 cmのカラムに鉛汚染土壌を充填し、表層5 cmの土壌にリンを含む不溶化資材を添加し、100日間植生を生育させた。この装置により、リン資材により不溶化した表土の鉛が、降雨（灌水）により地下深部までどのように移動し、降雨停止後の植物の蒸散や根圏の水分涵養機能の影響により、どのように再分配されるのかについて経時的な観測を実施した。

(2) 植物根圏域の土壌の精確な採取が可能な根圏土壌分割カラム装置を作製し、植物根の生化学活性を最も受ける根周囲1 cmの根圏土壌中の鉛の溶解性と化学形態を分析した。異なる科から選んだ植物8種類を用いた栽培試験を実施した。鉛汚染土壌にリン資材（水酸アパタイト）を添加し、植物を100日間生育させた。そして、土壌の鉛形態に対する植物根の生化学影響の有無を確認するために、土壌は根周囲の土壌とそれ以外の非根圏土壌に分けて採取し、土壌の鉛の化学形態を分析した。いずれの研究においても、土壌の鉛について溶出特性、溶液中および土壌中の化学形態について熱力学モデルならびにX線吸収分光法を用いてそれぞれ分析した。鉛不溶化に伴う土壌生態系の修復評価については、土壌酵素を測定し評価した。

4. 研究成果

(1) カラム試験による鉛不溶化と土壌鉛直方向の移動性の評価

溶出試験による深さ10 cmの土壌の鉛溶出は、無処理(control) > 植物(Plant) > 植物+資材(Plant+IPW) > 資材(IPW)の順に低下した($p < 0.05$, 図1)。資材を添加した2処理は、

無処理と比較して90%以上の鉛溶出を抑制することが確認された。資材による急激な鉛溶出の低下は、土壌のpH上昇による表面吸着の促進、粘土鉱物との共沈、資材に含まれるリンと鉛による不溶化物の形成の複合的な要因によると考えられた。深さ30, 45 cmの土壌の鉛溶出は、植物処理において最も低値を示したが、これは期間中の鉛の総溶出量の結果と一致していた。

アクティビティ図を作成し、固液平衡状態の鉛の化学形態を推定した(図2)。植物(Plant)および無処理(Control)では、溶液中の鉛は $PbCO_3$ として飽和していることが推測された。一方、資材を添加した2処理では、溶液中の鉛は $Pb_5(PO_4)_3Cl$ として過飽和の状態にあることが推測された。これは、資材中のリンが鉛と優先的(反応速度)に結合した結果であると考えられた。

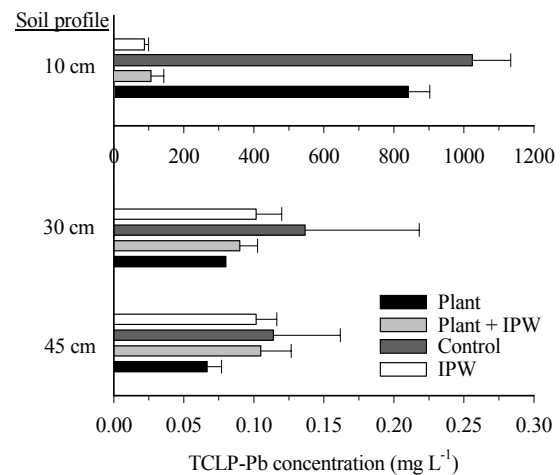


図1 溶出試験による深さごとの土壌の鉛濃度

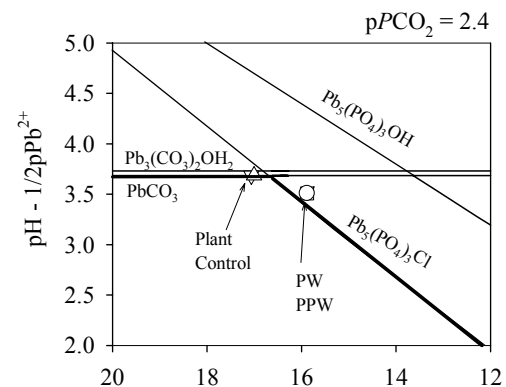


図2 アクティビティ図による溶液中の鉛形態の推定

(2)根圏土壌の鉛化学形態と土壌微生物活性度の変化

X線吸収分光法により、鉛の30-40%がリンと鉛が結合した緑鉛鉱の形態として不溶化されていること、2)緑鉛鉱の生成割合は根圏土壌の方が非根圏土壌よりも高値を示したことが明らかになった。この要因としては、根圏土壌のpH低下に伴う鉛とリンの溶解が促進され、緑鉛鉱として再析出するという一連の反応機構の存在が推察された。本研究で開発したリン資材は、土壌の主要酵素である dehydrogenases, phosphatases, urease の活性に対する負の影響はなく、添加による生態系へのリスクは低いことが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

(1)Hashimoto, Y., Matsufuru, H., Takaoka, M., Tanida, H., and Sato, T. 2009. Impacts of chemical amendment and plant growth on Pb speciation and enzyme activities in a shooting range soil: an X-ray absorption fine structure (XAFS) investigation. *Journal of Environmental Quality*. (in press). 査読有。

(2)Hashimoto, Y., Taki, T., and Sato, T. 2009. Sorption of dissolved lead from shooting range soils using hydroxyapatite amendments synthesized from industrial byproducts as affected by varying pH conditions. *Journal of Environmental Management*. 90:1782-1789. 査読有。

(3)Hashimoto, Y., Taki, T., and Sato, T. 2009. Extractability and leachability of Pb in a shooting range soil amended with poultry litter ash: Investigations for immobilization potentials. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 44:1-8. 査読有。

(4)Hashimoto, Y., Matsufuru, H., and Sato, T. 2008. Attenuation of lead leachability in shooting range soils using poultry waste amendments in combination with indigenous plant species. *Chemosphere*. 73:643-649. 査読有。

(5)Hashimoto, Y., and Sato, T. 2007. Removal of aqueous lead by poorly-crystalline hydroxyapatites. *Chemosphere*. 69:1775-1782. 査読有。

(6)松古浩樹, 橋本洋平, 佐藤健. 2007. 室内実験による植物の排水抑制効果と土中水移動との関係. *土木学会論文集*. 63:120-127.

(7)松古浩樹, 本田宗央, 田村英生, 橋本洋平, 佐藤健. 2007. 植物機能を活用した射撃場跡地の汚染土壌管理と環境修復. *土と基礎*. 55:37-39. 査読有。

〔学会発表〕(計14件)

(1)Hashimoto, Y., Matsufuru, H., and Sato, T. 2008. Mobility and speciation of lead in shooting range soils treated with chemically-assisted phytostabilization using X-ray absorption spectroscopy (XAS). *Soil Sci. Soc. Am. Abst.* (Oct. Houston, USA).

(2)Hashimoto, Y., Yoshida, T., and Sato, T. 2007. Phosphorus-induced lead immobilization in a shooting range soil using incinerated poultry waste and commercial chemicals. *Soil Sci. Soc. Am. Abst.* 277-3 (Nov. New Orleans, USA).

(3)Hashimoto, Y., and Sato, T. 2007. Removal of aqueous lead by hydroxyapatites synthesized from industrial byproducts. 16th international symposium of environmental chemistry (Kokura, Japan, 6/20-22)

(4)橋本洋平, 松古浩樹, 佐藤健. 2008. X線吸収分光法(XAFS)と熱力学平衡モデルによる汚染土壌中の鉛形態の推定. 日本土壌肥料学会全国大会(名古屋市大, 9/10).

(5)松古浩樹, 橋本洋平, 佐藤健. 2008. 鉛汚染土壌におけるリン資材併用による Phytostabilization の効果. 日本土壌肥料学会全国大会(名古屋市大, 9/10).

(6)橋本洋平, 佐藤健. 2008. 植物根圏土壌の重金属の形態と生物毒性. 第17回日本環境化学討論会(神戸, 6/11-6/13).

(7)滝友宏, 橋本洋平, 佐藤健. 2008. 鶏糞焼却灰による射撃場汚染土壌からの鉛の溶出移動の抑制. 第17回日本環境化学討論会(神戸, 6/11-6/13).

(8)星屋誠, 橋本洋平, 佐藤健. 2008. 根圏土壌における水分と重金属移動のモデル化に関する研究. 平成19年度土木学会中部支部研究発表会(金沢大学, 3/7)

(9)松古浩樹, 橋本洋平, 佐藤健. 2007. 室内実験による植生土壌の鉛拡散防止効果と土中水の移動. 第62回土木学会講演会(広島大学, 9/12).

(10)吉田孝敏, 橋本洋平, 佐藤健. 2007. 廃

棄物を利用したリン資材による鉛の不溶化と微生物生態系の修復. 日本土壤肥料学会中部支部第 87 回例会講演要旨集, 47-48 (三重大学, 11/8).

(11)松古浩樹, 橋本洋平, 佐藤健. 2007. 土壤地下水汚染の拡散防止に対する植生地盤における封じ込め機能の評価. 第 13 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会 (京都大学, 6/5).

(12)松古浩樹, 橋本洋平, 佐藤健. 2007. 室内実験による植生土壤の鉛拡散防止効果と土中水の移動. 第 62 回土木学会講演会 (広島大学, 9/12-14).

(13)橋本洋平, 滝友宏, 佐藤健. 2007. 汚染土壤へのリン添加による鉛溶出反応速度. 土壤肥料学会年次大会 (東京農業大学 8/23-25).

(14)吉田孝敏, 橋本洋平, 佐藤健. 2007. リン資材の土壤添加による鉛の溶出抑制 平成 18 年度土木学会中部支部講演概要集, 255-256 (名古屋工業大学, 3/2).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本洋平 (HASHIMOTO YOHEY)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号: 80436899

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし