

植物とリン資材を併用したファイトスタビリゼーションにおけるリン酸最適添加率の検討

岐阜大学
岐阜大学大学院
岐阜大学
同
同

○ 北原 亘
学生会員 岩城 詞也
加藤 剛士
牧村 明彦
正会員 佐藤 健

1. はじめに

近年、深刻化する土壤汚染が問題となっている。射撃場においては鉛製散弾による土壤・地下水汚染が多く地域で発生している。鉛は人体にとって非常に危険な物質である他、周辺環境で生息する鳥獣に対しても同様に有害であるため、生態系への影響が懸念される。こうした土壤汚染への対策として、植物を用いた地盤の毒性を低減させるファイトレメディエーションが挙げられる。植物を用いる利点は安価で低環境負荷であると言える。

2. 研究概要

根圏・根表面に汚染物質を沈殿・固定化する方法であるファイトスタビリゼーションに着目する。鉛は土壤に存在する形態により危険性が変化する。交換態等の降雨により容易に浸出する形態であれば、公共用水域への拡散の危険があり、不溶化形態で地盤中に存在するなら拡散の危険は少ない。

よって本研究では、植物機能により生成される有機酸に注目し根圏近傍の鉛を不溶化させ鉛の拡散を防ぐことを目的としている。鉛化合物には溶解しにくいものが多く、土壤で生成する場合はリン酸塩形態である緑鉛鉛 $Pb_5(PO_4)_3(Cl,F,OH)$ が適切¹⁾であるが、緑鉛鉛の形成は長期間を要する。よって、不溶化リン資材として安価に作成が可能な廃石膏水酸アパタイト $Ca_5(PO_4)_3OH$ を用いる。水酸アパタイトに含まれるカルシウムは容易に鉛と置換され $Pb_x(PO_4)_yOH$ を析出するため、早期的な鉛の固定化が可能である²⁾。

水酸アパタイトの吸着と有機酸反応による緑鉛鉛 $Pb_5(PO_4)_3Cl$ 生成に由来する鉛の拡散防止を期待した。また、リン資材の過剰添加により鉛散弾に含有されるアンチモン(Sb)溶出¹⁾やリンによる富栄養化が懸念されるため、土壤に添加するリン資材の最適比率の決定・鉛の形態分析を実施する。

3. 試験方法

3.1 試料及び植物生育条件

土壤は岐阜県多治見市営総合射撃場跡地より採取したものを425 μm 篩別。植物は鉛を高濃度蓄積することが確認されているソバを用いる。15mlチューブにて育成、チューブの底部を切り取りガーゼで覆う。アパタイトを混合した土壤をチューブに充填し、播種。リン資材添加率については表-1に示す。チューブ上方30cm程度に光源を設置し、周囲を銀幕により覆い、14時間日照・20°Cの恒温条件に設定。また、試料が栄養価の低い汚染土であることや、篩分けによりシルト質に近い土壤であるため根の成長阻害が懸念される。よって、液体肥料を1000倍希釈し週2回灌水した。各サンプル発芽から2・4・6週目の土壤を採取。

3.2 根圏の定義³⁾

有機酸の影響を細かく整理するため、根を破壊しないよう土壤を収穫し軽くほぐした後、根に付着し振らない落ちない部分を「根圏」とし、その他の部分を「根域」と定義し、それぞれ分別採取した。

3.3 分析方法

乾燥させた試料を分析し経時変化を確認する。分析項目については表-2に示す。

表-1 リン資材添加率

| 供試体 | 添加モル比 [Pb] : [PO ₄] | 栽培本数 | 分析対象 (week) |
|-----------------|------------------------------------|------|-------------|
| ソバ | 5:X (X=0,3,7,11,15) | 各8 | 2, 4, 6 |
| blank (植物なし) | 5:X (X=0,3,7,11,15) | 各3 | 2, 4, 6 |

表-2 分析項目

| 分析項目 | 元素 | 試験方法 | 分析方法 |
|------|----|---------------|----------|
| 溶出濃度 | Pb | 水抽出法 | ICP発光分光法 |
| | Sb | | |
| 形態分析 | P | 逐次抽出 Tessier法 | |
| | Pb | | |

4. 結果と考察

Pについては測定限界以下となった。未処理土は、水抽出結果Pb 7.03mg/L, Sb 0.51mg/L。逐次抽出結果は¹⁾、交換態 9.6wt-%・炭酸塩態 56 wt-%・Fe-Mn酸化態 21.2 wt-%・有機態 8.2 wt-%・残渣態 5.0 wt-%。

4.1 鉛の溶出評価

溶出結果を図-1 に示す。リン資材添加率の増加に伴い溶出量低下が認められた。添加割合 5:15 において最も浸出が抑えられる結果となり、2week において根圏 0.46 mg/L, 根域 0.45 mg/L となった。未処理土溶出量 7.03 mg/L に比べ 94% の減少が確認された。5:15 における経時変化は根圏・根域共に増加傾向にあるが、blank に関してはその傾向は見られない。4, 6week は根圏の溶出量が根域に比べ約 2 倍多く、それぞれ 3.22 mg/L, 3.83 mg/L である。根圏・根域それぞれ blank の場合より Pb を溶出している。これらより、植物根からの長期に渡る有機酸分泌により、一度水酸アパタイトに吸着した Pb が脱離され、可溶性形態へと変化し、根近傍の根圏に大きな変化が現れたと推察される。4week 以降は根の著しい成長が確認できたため多くの土壤が有機酸の作用を受けたことが予想される。

4.2 アンチモンの溶出評価

溶出結果を図-2 に示す。リン資材添加増量による Sb 溶出量上昇が懸念されたがその傾向は示されな

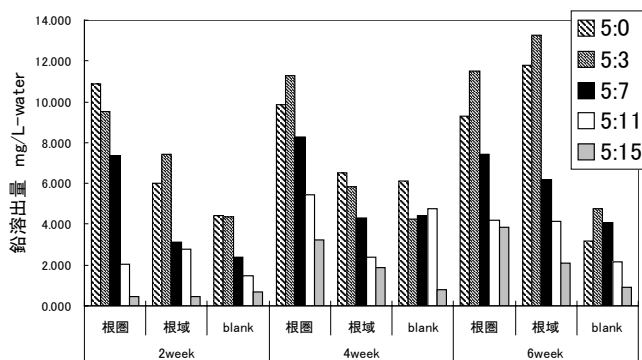


図-1 Pb の水抽出結果

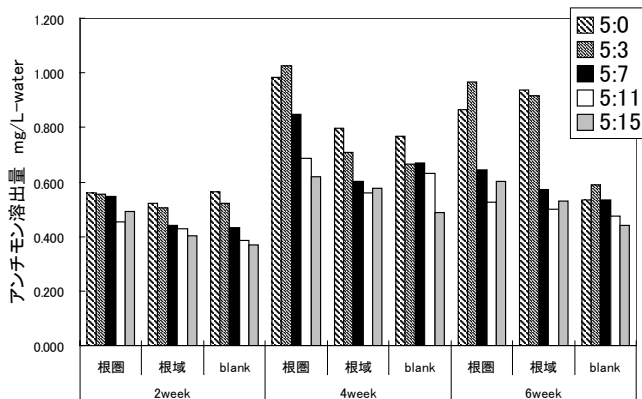


図-2 Sb の水抽出結果

った。Pが不検出だったので、水酸アパタイトからの PO₄ 放出が無かったためと推察される。水抽出において鉛の不溶化が認められた 5:15 については 2~6week で 0.5~0.6 mg/L 程度での推移が確認された。

4.2 鉛形態評価

水抽出において、Pb の不溶化が認められた 5:15 の特に有機酸分泌が活発と推察される根圏についての逐次抽出結果を図-3 に示す。未処理土において半分以上を占めていた炭酸塩態が 20 wt-% 程度まで減少し、残渣態が 50wt-% 以上形成している。リン資材添加による鉛不溶化が確認された。しかし、2week における残渣態は 62.1 wt-% に対し、6week において 49.2 wt-% と約 13 wt-% 減少している。炭酸塩態・Fe-Mn 酸化態は増加し、約 11 wt-% 増している。水中抽出に見られた可溶性形態への形態変化が確認できる。

5. まとめ

本研究で実施したリン資材添加率検討において 5:15 が最も鉛不溶化を促進する。しかし、未処理土に対しては 94% の溶出を抑えたが、鉛溶出環境基準 0.01mg/L には至らない。リン資材増加に伴う Sb 溶出や富栄養化の危険が確認されなかったため、より高濃度リン酸添加率や生育期間の検討が必要である。

経時変化における不溶化鉛の再溶出は長期間の有機酸曝露またはソバの持つ積極的な鉛吸収、ソバの多感作用物質の影響等が考察される。

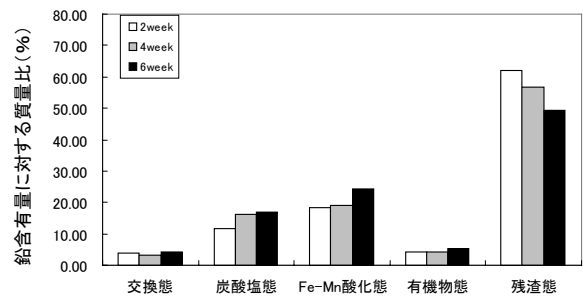


図-3 5:15 根圏土壤 逐次抽出結果

参考文献

- 1) 吉田孝敏, 佐藤健: 鉛汚染土壌に対する有機酸添加による鉛-リン酸結合不溶化の促進と限界, 岐阜大学大学院工学研究科修士論文, 2009.1
- 2) 古田祥知子: 水酸アパタイトの応用化学研究, 平成 14 年度佐賀県窯業技術センター, 業務報告書(2003)
- 3) 藤井義晴: 根圏土壌を用いた他感作用の検定手法の開発, 農業環境研究成果情報第 20 集, 2003.3