

土壌混在下におけるアパタイトによる鉛吸着挙動

岐阜大学 学生会員 ○津田健一郎
岐阜大学 正会員 加藤 雅彦
岐阜大学 正会員 佐藤 健

1. 目的

汚染された土壌に含まれる有害物質を人体が直接摂取した場合、あるいは降雨により汚染物質が地下水等に溶出しそれを人体が摂取した場合、健康に支障をきたす恐れがある。したがって、有害物質で汚染された土壌の修復対策をとる必要がある。特定有害物質による汚染事例では重金属等による基準値超過の事例件数が多く、特に鉛による基準値超過の事例件数は最も多い。重金属類による汚染の対策には汚染土の掘削除去処理が一般的であるが、施工費用が高いことに加えて、最終処分場の不足、運搬時の二次汚染のリスク等の問題が挙げられる。そこで近年では、安価かつ汚染現地での施工が可能な化学的不溶化処理の適用が検討されている。しかし、不溶化工法の中には品質が疑わしいものや適用条件で効果が大きくバラつくもの等が存在する¹⁾。そのため不溶化メカニズムの詳細を解明し、不溶化技術を向上させること、適用条件について明確化することが求められている。本研究では土壌鉛の不溶化技術の一つとして、リン酸化合物($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$)を取り上げた。鉛とリンを反応させることにより鉛不溶態である緑鉛鉱($\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$), $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$)が生成され、鉛の溶出が抑制されるためである。溶液中におけるリン資材による鉛の吸着試験はこれまで多くの報告事例が存在するが、土壌混在下における鉛不溶化反応が溶液中と同様に進行するかは未知である。土壌中には鉄等の重金属と親和性が高い化学物質が多く含まれているため、土壌混在下ではそれらに鉛が吸着することによって、溶液中と比較して緑鉛鉱の生成が抑制される可能性がある。そこで本研究では、土壌混在下においてリン資材による鉛溶液吸着試験を実施した。その結果より、土壌混在下におけるリン資材による鉛不溶化反応について検討した。

2. 供試材料

供試土壌には岐阜県多治見市山中から採取した土壌（以下、未汚染土）を、リン資材には石膏廃材から作製した水酸アパタイト（以下、アパタイト）を用いた。未汚染土 1g（未汚染土のみ）、未汚染土 1g とアパタイト 0.05g（未汚染土+アパタイト）、アパタイト 0.05g（アパタイトのみ）の3条件の供試試料を準備した。

3. 分析項目

pH5 に調整した初期濃度 140~1800mg-Pb/L の Pb 溶液 20mL を各供試試料に混合した。室温で 24 時間振とうを行い、遠心分離後にろ過し、ICP-AES にて 3 液の Pb 濃度、Ca 濃度を測定した。各供試試料において設定した初期 Pb 濃度、平衡後の Pb 濃度の差と添加したアパタイトの量から Pb 吸着量を算出し、Pb 吸着等温線を作成した。またモル単位で Pb 吸着量と Ca 溶出量の関連を調べた。ろ過残渣はそれぞれ 50°C で炉乾燥した後に粉碎し、X 線回折装置により結晶成分の同定を行った。

4. 結果と考察

図 1 に、未汚染土のみ、未汚染土+アパタイト、アパタイトのみの供試試料への Pb 吸着等温線を示した。未汚染土のみの Pb 吸着等温線は Freundlich 型の形状を呈した。どの Pb 平衡濃度域においても未汚染土のみの Pb 吸着量は 1mg/g ~ 5mg/g とほとんど変化せず、未汚染土に鉛はほとんど吸着していないことが示唆された。未汚染土+アパタイト、アパタイトのみの Pb 吸着等温線は Langmuir 型の形状を呈し、最大 Pb 吸着量はそれぞれ 263mg/g, 250mg/g となった。未汚染土+アパタイト、アパタイトのみで比較した際、どの Pb 平

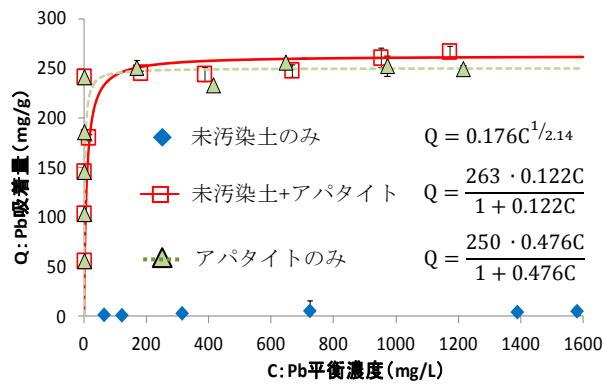


図1 Pb 吸着等温線

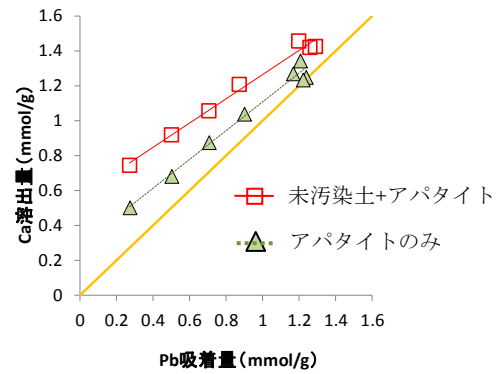


図2 Pb 吸着量と Ca 溶出量の関係

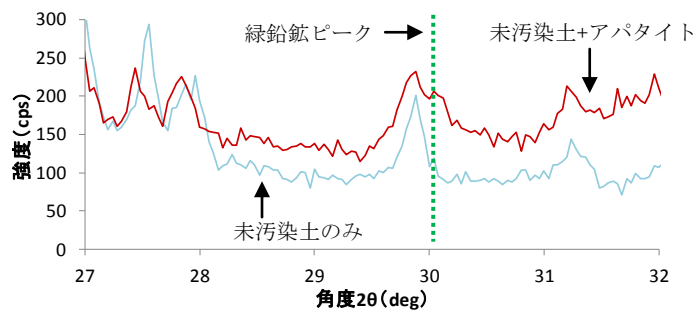
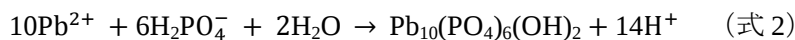
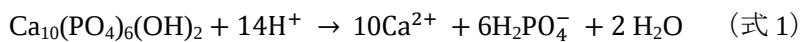


図3 X線回折分析プロファイル



平衡濃度域においても Pb 吸着量が同程度となり、未汚染土の混在による Pb 吸着量の変化は見られなかった。

図2に未汚染土+アパタイト、アパタイトのみの供試試料への Pb 吸着量と、試料からの Ca 溶出量の関係をモル単位で示した。図中の直線は Pb 吸着量 : Ca 溶出量 = 1 : 1 の直線である。(式1)、(式2)より鉛とアパタイトによる緑鉛鉱の生成では鉛とカルシウムがモル比で 1 : 1 の交換を生ずる²⁾。アパタイトのみのプロットは 1 : 1 の直線上付近に存在し、未汚染土+アパタイトのプロットも未汚染土のみからの Ca 溶出量 0.22mmol/g を差し引くことでアパタイトのみとほぼ一致した。(データ省略)そのため不溶態へと変化した鉛の大部分は緑鉛鉱であると推察された。また未汚染土の混在によるアパタイトへの Pb 吸着量、アパタイトからの Ca 溶出量の変化はないと考えられるため、緑鉛鉱生成量は低下していないと推察された。

図3に未汚染土のみ、未汚染土+アパタイトの供試試料の X 線回折分析によるプロファイルを示した。未汚染土+アパタイトでは、未汚染土のみでは見られなかった 30° 付近の緑鉛鉱のピークが確認できた。よって、アパタイトによる鉛不溶化反応において緑鉛鉱の生成が示唆された。

5. まとめ

土壌混在下においてもアパタイトによる鉛の不溶化反応は溶液中と同様に進行し、緑鉛鉱が生成され、鉛の溶出量を低下させることが示唆された。したがって、溶液中における資材への鉛吸着量に基づき土壌への資材添加量を算出できるといえる。

参考文献

- 1) 和田信彦 (2003) 重金属汚染土の対策工法の現状と問題点, 第13回環境地質学シンポジウム論文集, pp. 133 - 138.
- 2) Mavropoulos, E., Rossi, M. A and Costa, M. A. (2002) Studies on the Mechanisms of Lead immobilization by Hydroxyapatite, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 36, pp. 1625 - 1629.