

## 不溶化処理土壌の有害金属長期溶出特性に対する土質の影響評価

染矢雅之・東野和雄・佐藤綾子

\*\*\*\*\*  
【要約】本研究では、有害金属（ヒ素と鉛）汚染土壌を2種類の薬剤で不溶化処理した後、フミン酸を添加して土質を変化させ、その有害金属の長期溶出特性に対する影響を評価した。その結果、フミン酸添加に伴う不溶化処理土壌からの有害金属の長期溶出特性の変動が確認された。

\*\*\*\*\*  
【目的】

対策手法としての不溶化は、長期安定性に対する不安感が一因となり、実際には適用が見送られるケースが多い。そのため不溶化の普及には、不溶化処理土壌からの有害金属の長期溶出特性に関する科学的知見の集積が重要と思われるが、その情報は限られているのが現状である。そこで本研究では、有害金属汚染土壌を不溶化処理した土壌にフミン酸を添加して土質を変化させ（植物由来の腐植土流入を想定）、その場合に有害金属の長期溶出特性がどのように変化するのか評価を試みた。

### 【方法】

**試料**：試験には、都内から採取した有害金属（ヒ素と鉛）による実汚染土壌1検体を用いた。土壌試料は、風乾処理した後、2mm目のふるいを用いて粒径調整した。その後、塩化第二鉄（六水和物）もしくはマグネシア系不溶化剤のいずれかの薬剤を乾燥重量比4%の割合で添加し、不溶化処理土壌とした。また、各不溶化処理土壌に乾燥重量比10%のフミン酸を添加した試料を作成し、フミン酸未添加の不溶化処理土壌と共に溶出試験試料とした。

**試験方法**：溶出試験方法として、水溶性成分を繰り返し抽出し、有害金属の長期的な溶出速度の変化の把握に有用とされるシリアルバッチ型溶出試験を実施した。その試験方法のフローを図1に示す。試験で得た各液固比（液固比（L/S）10ごとに累積液固比100に至るまで溶出液を採取、すなわち1回の試験で10検液採取）のろ液について、濁度を測定した後、各ろ液を硝酸処理し、ヒ素と鉛をICP-MSを用いて定性・定量した。なお試験は各 $n=2$ で実施した。

### 【結果の概要】

2種類の不溶化処理土壌（4%塩化第二鉄不溶化処理土壌と4%酸化マグネシア不溶化処理土壌）を対象に、シリアルバッチ型溶出試験法を用いたヒ素と鉛の長期溶出挙動に対するフミン酸の影響を評価した結果として以下の知見が得られた。

#### (1) 4%塩化第二鉄不溶化処理土壌

- ◆ 濁度：フミン酸添加・未添加土壌の濁度の変動パターンは、試験期間（L/S 10-100）を通じて類似していたが、累積液固比40以降の値に着目すると、フミン酸添加土壌の値が未添加土壌の3倍程度高値を示した（図2 ①-I）。
- ◆ ヒ素溶出濃度：累積液固比10では、フミン酸添加と未添加土壌の値は同程度であったが、累積液固比20以降ではフミン酸添加に伴い値のわずかな低下がみられた（図2 ①-II）。
- ◆ 鉛溶出濃度：累積液固比30までは、フミン酸添加土壌の値が相対的に低値を示したが、累積液固比40以降では、フミン酸添加土壌の値が相対的に高値を示した（図2 ①-III）。

#### (2) 4%酸化マグネシア不溶化処理土壌

- ◆ 濁度：試験期間を通じてフミン酸添加土壌の値が未添加土壌と比べて1桁高値を示した（図2 ②-I）。
- ◆ ヒ素溶出濃度：累積液固比10-30の値は、フミン酸添加・未添加土壌で同程度であったが、累積液固比40以降ではフミン酸添加土壌の値がわずかに高値を示した（図2 ②-II）。
- ◆ 鉛溶出濃度：累積液固比10では、フミン酸添加土壌と未添加土壌の値が同程度であったが、累積液固比20以降では、一部を除いてフミン酸添加土壌の値が1桁程度高値を示した（図2 ②-III）。

両不溶化処理土壌でみられた共通の特徴として、フミン酸添加時のろ液濁度が上昇した点が挙げられる。そこで、フミン酸添加土壌について濁度とヒ素および鉛濃度との関係を解析した（図3）。

その結果、鉛濃度に関しては、両不溶化土壌ともに濁度との間に強い正の相関関係が認められた。よって、両不溶化土壌で鉛溶出濃度が上昇した主要因は、フミン酸添加に伴って上昇した濁質成分に吸着した鉛のろ液への移行量が上昇したためと考えられる。

一方で、ヒ素濃度に関しては、両不溶化土壌で濁度との間に一貫した傾向がみられなかった。これには、ヒ素が鉛と比べて粒子吸着性が低い点（溶出したヒ素の大半が溶存態）、不溶化剤の種類に依存した溶液のpHの違いがヒ素の化学形態の違いに影響を及ぼした点などが影響したためと考えられる。

### 【結言】

総括として、不溶化処理土壌に対するフミン酸の添加はヒ素や鉛といった有害金属の長期溶出特性に影響を及ぼすことが示唆された。



図1 シリアルバッチ型溶出試験方法の操作フロー

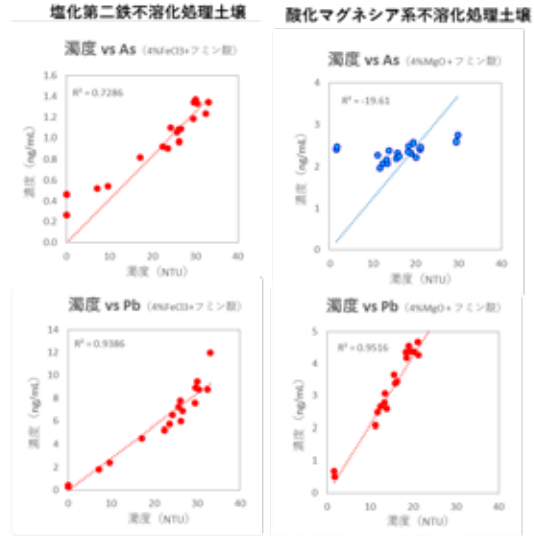


図3 フミン酸添加土壌における濁度とヒ素および鉛濃度との関係

フミン酸添加に伴い、ろ液の濁度（土壌コロイドの間接指標）と有害元素の間に強い正の相関関係が認められた（一部を除く）。

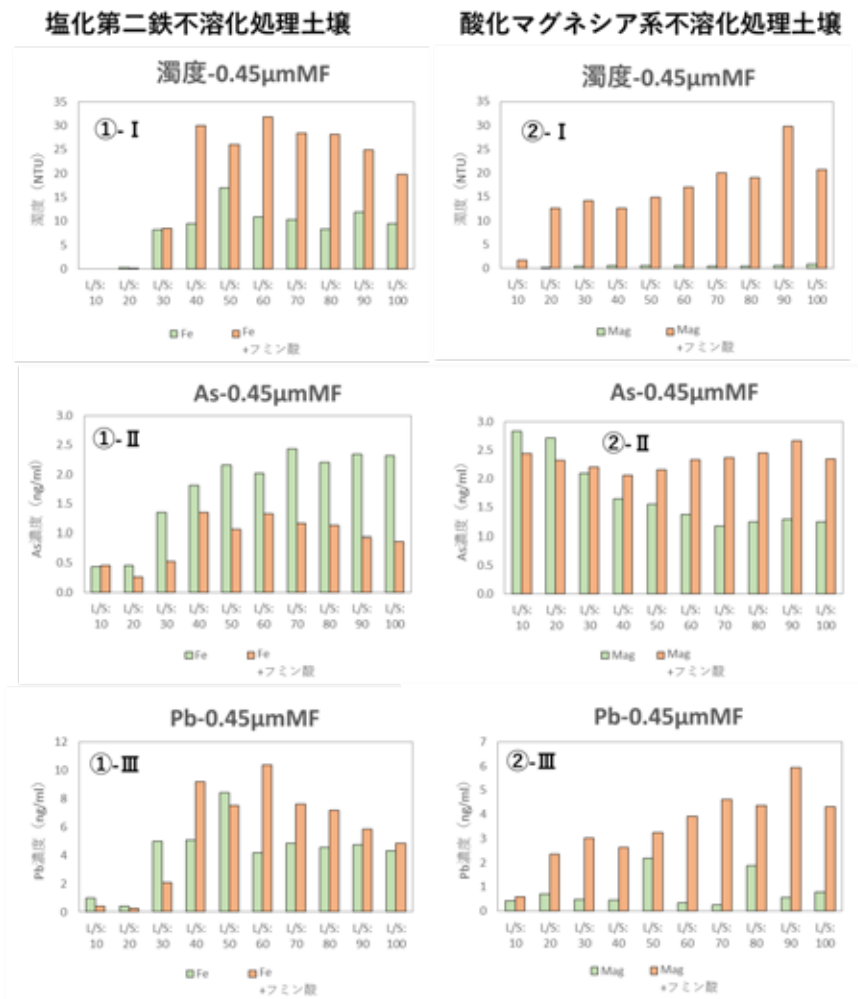


図2 各土壌のフミン酸添加・未添加時の累積液固比と濁度、ヒ素および鉛溶出濃度との関係

フミン酸の添加に伴い、ろ液の濁度と有害元素の長期的な溶出挙動が、2種類の不溶化処理土壌共に変化している様子がみとれる。