

第Ⅲ部門

重金属汚染土壌に対する鉱物学的考察に基づく不溶化材の高度化

京都大学（前 明石高専） 学生員 ○岡田 雄臣

緑商事 非会員 稲澤 知洋

芝浦工業大学（前 明石高専） 正会員 稲積 真哉

1. はじめに

近年、人為的な開発に関係のない土壌内に有害物質である重金属イオンが存在する場合があります。この自然由来の重金属含有土壌および岩石による土壌汚染が顕在化している。そこで、平成22年に実施された土壌汚染対策法の改正により、汚染土壌の対策・規制の範囲が、従来の「人為的な開発による汚染土壌」に加え「自然由来の汚染土壌を含む」と改正された。したがって、建設工事を遂行するにあたり、自然由来の汚染土壌に遭遇した場合には汚染土壌に対する対策が必要である。本研究では、新規不溶化材を用いて重金属の不溶化効果に関する溶出試験等を実施し、得られたデータより汚染土壌中の重金属の不溶化効果とともに不溶化機構を化学・鉱物学的に解明する。

2. 従来の不溶化材に対する課題

従来の重金属不溶化材は、重金属の種類によって不溶化効果が不安定であり、また不溶化処理後の土壌 pH の変化などにより、重金属イオンが再溶出する恐れがある。このような現象を防ぐため、現在実証・実用されている不溶化材の不溶化効果を複合させた新たな不溶化材の研究・開発を行う必要がある。

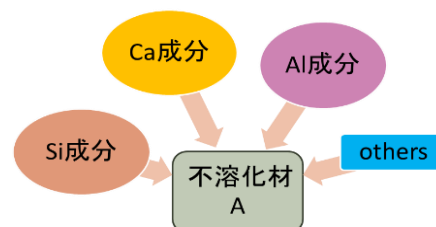


図-1 不溶化材-A の組成イメージ

3. 新たな不溶化材の特徴

本研究において配合試作する不溶化材-Aは、カルシウム成分が主体となり、そこに金属元素を混合させたものである（図-1参照）。不溶化材-Bは不溶化材-Aと比較して、金属元素の中でも酸を示す金属成分の配合量が増加しており、マグネシウム成分を新たに配合し、これが主成分のひとつを構成する（図-2参照）。不溶化材-AおよびBを用いた不溶化は処理後に生成される鉱物によって実現される。

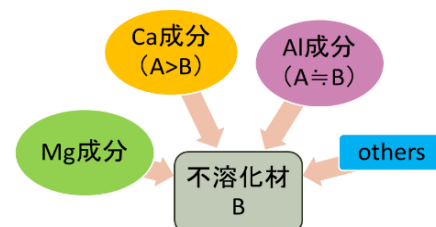


図-2 不溶化材-B の組成イメージ

4. 不溶化メカニズム

本研究で試作した不溶化材では、生成鉱物により砒素の不溶化が実現されると考えられ、その不溶化メカニズムについて鉱物学的に考察しておく。不溶化材-Aにおいて、シュベルトマナイトによる不溶化が期待され、不溶化材-Bにおいては、シュベルトマナイトに加えてハイドロタルサイトによる不溶化も期待できる。まず、シュベルトマナイトについては、そのトンネル構造内に保持されている硫酸イオンと間隙水に存在する砒酸イオンとの陰イオン交換反応により砒素が不溶化される。次に、ハイドロタルサイトについては、層状構造をとるハイドロタルサイトの正に帯電したホスト層が、その正電荷を補償するために砒酸イオンや間隙水をホスト層間にインターカレーションさせることにより砒素が不溶化される。以上のことより、これらの鉱物による不溶化効果を確認するため溶出試験等を実施する。

Takaomi OKADA, Tomohiro INAZAWA and Shinya INAZUMI

c1211okada@gmail.com

5. 試験概要

不溶化材の不溶化効果を評価・検討するため、砒素（As）による汚染土壌に対して、不溶化材-A および B を添加し溶出試験、pH 試験そして長期耐候性試験を実施する。溶出試験については土壌汚染対策法、pH 試験は懸濁法、長期耐候性試験は土壌環境センターの基準により実施する（表-1 参照）¹⁾。また長期耐候性試験は100 年相当期間を想定した酸性雨や人為的要因に耐えうる品質であるか確認する試験として酸・アルカリ添加溶出試験を実施する。

6. 試験結果

6.1. 溶出試験

溶出試験の結果を図-3 に示す。各不溶化材において、砒素に対し、土壌環境基準値を下回る十分な不溶化効果を確認することができる。この要因としては、4.で示したとおり、不溶化材添加後に生成されたシュベルトマナイトおよびハイドロタルサイトによって砒素を吸着し、十分な不溶化効果が得られたと考えられる。

6.2. pH 試験

pH 試験の結果を図-4 に示す。不溶化材-A を添加した場合、原土に比べて土壌 pH が上昇する。この要因として、不溶化材-A の主成分がアルカリ質であることが考えられる。また、不溶化材-B を添加した場合、原土と比較して土壌 pH が低下傾向にある。この要因として、不溶化材-B は A に比べて酸を示す金属成分の配合量が増加していること、そして主成分のマグネシウム成分により pH 緩衝作用が働いたことが考えられる²⁾。

6.3. 酸・アルカリ添加溶出試験

図-5 は、酸・アルカリ添加溶出試験結果を示している。不溶化材-A 添加後、酸およびアルカリの外的刺激に曝された場合は、砒素の溶出量が土壌環境基準値を上回っている。一方、不溶化材-B 添加後は酸およびアルカリの外的刺激に曝された場合でも不溶化効果を発揮する。

7. まとめ

本研究において、砒素に対する溶出試験により不溶化材-A および B ともに不溶化効果が得られたが、処理後の土壌 pH においては異なる挙動を示した。さらに不溶化材-B は、長期的にも不溶化効果を発揮する。今後の課題として、更に不溶化メカニズムを鉱物学的に考察し、それに基づいて他種および複数種の重金属汚染土壌に対する不溶化効果の検討することが必要である。

参考文献

- 1) 環境省：産業廃棄物の検定方法に係る分析操作マニュアル，廃棄物・リサイクル対策部，2013。
- 2) 大山将：酸化マグネシウム系材料による固化・不溶化処理技術，地盤工学会誌 57-7，2009。

表-1 試験項目と条件

対象土壌	砂礫土
不溶化材	不溶化材-AおよびB
不溶化材添加量*	20, 40, 60, 80 kg/m ³
溶出試験方法	土壌汚染対策法
土壌環境基準:砒素 (As)	0.01 mg/L以下
pH試験方法	懸濁法
試料養生日数	1日
酸・アルカリ添加溶出試験	土壌環境センターによる
*: 酸・アルカリ添加溶出試験については 20 kg/m ³ のみ	

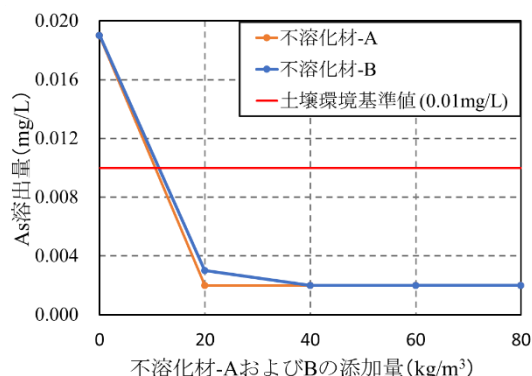


図-3 溶出試験結果

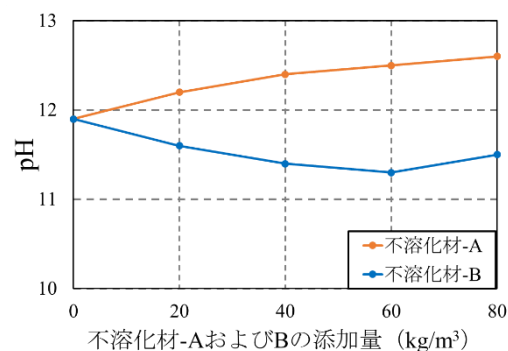


図-4 pH 試験結果

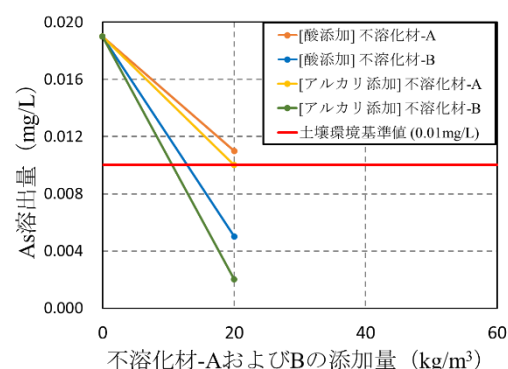


図-5 酸・アルカリ添加溶出試験