

pH変動が不溶化処理土壌の溶出に与える影響について

高橋 真子*・椎根 大・星 純也・上野 孝司

(*非常勤研究員)

【要約】ヒ素(As)が溶出基準を超えている実汚染土壌について行った種々の検討結果を報告する。まず始めに不溶化処理を行い、基準を満たす処理条件を決定した。次いで、不溶化処理土壌及び未処理土壌について、溶出溶媒のpHと溶出量の関係性を評価した結果、不溶化処理により溶出溶媒のpH変動に対するヒ素の溶出安定性が向上することが分かった。さらにAsの不溶化処理を行った土壌のカドミウム(Cd)、鉛(Pb)の溶出量について評価したところ、溶出試験後の試験液pHとの関係が強かった。また、今回の結果では不溶化剤を添加することにより未処理土壌では溶出基準を満たしていたCdが、基準を超えて溶出してしまうケースが見られ、不溶化処理を行う場合には溶出基準を満たしている物質の挙動も確認しながら不溶化剤の選択、添加量の検討を行うことが重要と考えられた。

【目的】

原位置浄化措置の一つである不溶化処理の普及には、不溶化の機構の解明や長期安定性に関する情報が不可欠である。しかし、これらは汚染の原因や状況、土質により異なるため、総合的な検討が必要である。そこで、本研究では、実汚染土壌を用いて、重金属等の溶出挙動に大きな影響を与えると考えられるpHと溶出量の関係性を評価したので報告する。

【方法】

実汚染土壌は風乾後目開き2mmのふるいをかけ、試料土壌とした。この試料土壌に(1)塩化第二鉄(2)市販の酸化マグネシウム系不溶化剤(3)塩化第二鉄と消石灰の併用 の3系統の不溶化剤を添加しスラリー状にして混合した後、室温の風乾機内で1週間以上静置して不溶化処理土壌を作成した。不溶化剤の添加量は各々0~4.0wt%(対乾燥汚染土壌重量)とした。未処理土壌、不溶化処理土壌について溶出量試験及び含有量試験(平成15年環境省告示第18号ならびに19号)を実施した。得られた試験液はICP質量分析法(日本工業規格K0102.54、55及び61)により定量分析を行った。同様に、硫酸添加溶出試験法・消石灰添加溶出試験法(社団法人土壌環境センター平成20年制定)によりpH変化に対する安定性の評価を行った。さらにこの試験法を参考に溶出試験に用いる溶出溶媒のpHを変えてより詳細な溶出量変化について評価した。

【結果の概要】

- (1) 未処理土壌の評価 未処理土壌の重金属等について溶出量試験、含有量試験の結果を表1に示す。Asの溶出量は0.43mg/L(基準:0.01mg/L)であり、その他、セレン(Se)の溶出量が基準を超えた以外は溶出量、含有量ともに基準内であった。
- (2) 不溶化処理土壌の評価 ①塩化第二鉄を添加することによりAsの溶出量は低減したが溶出基準を十分に下回るレベルには至らず、添加量を多くするとAsの溶出量が増加する傾向が見られた。これは溶出試験の試験液pHが塩化第二鉄添加量の増加に伴い低下しAsの再溶出を引き起こしたためと考えられる(図1)。②酸化マグネシウム系不溶化剤を添加することでAsの溶出量は大幅に低減したが溶出基準を満たすには至らなかった(図1)。③塩化第二鉄に消石灰を添加するとAsの溶出量は減少し基準を満たしたが、さらに消石灰を加えると溶出量は増加に転じた(図2)。
- (3) pH変動が溶出に与える影響 塩化第二鉄と消石灰の併用法でAsの溶出量が基準内となった2条件(As-I及びAs-II、表2)で不溶化処理した土壌と未処理土壌について、溶出溶媒のpHがAs溶出量に与える影響を図3に示した。未処理土壌ではpHが4以下になると溶出量が急激に増加した。一方pHが10以上でやや溶出量が減少した。これは消石灰により物理的にAsが構造内に取り込まれたため¹⁾と考えられる。不溶化処理土壌についてはpH1.9とpH2.2でAsの溶出量が増加し基準を満足出来なかったがその他の条件ではAsの溶出量に変化は見られなかった。このことから不溶化処理することでpHに対するAsの溶出安定性が向上したと言える。
- (4) As以外の重金属等の溶出 不溶化処理土壌についてAsに加えてCd、Pb、Seについても溶出挙動を評価した(図4)。不溶化処理するとAsは溶出基準を満たしたが、Cdは未処理土壌が溶出量、含有量共に基準を満たしていたにも関わらず、処理条件As-Iで溶出量が大きく基準を上回った。そこで試験液pHと溶出量について評価した(図5)。As、Cdともに試験液pHが溶出量に影響しており、AsはpH5付近で基準を満たして最小値となったが、CdはpH6以下になると急激に溶出量が增大していった。As-Iの試験液pHは5.1であったためCdの溶出量が基準を超えたと考えられる。Pbについても同様の評価を行ったところ、pH5以下になると溶出量が急激に増加したが、今回いずれの不溶化条件でも試験液のpHは5以下にはならなかったため、基準を超えなかったと考えられる。

【参考文献】

1) 大山将, 山田哲司, 奥村正孝 (2002) ヒ素汚染土壌のセメントによる固化・不溶化処理に関する検討, 第37回地盤工学研究発表会, pp.2301~2304, 2002 (大阪)

※93ページに関連データを掲載しました。

表1. ヒ素汚染土壌の溶出量と含有量

	溶出量 (mg/L)					含有量 (mg/kg)				
	As	Se	Pb	Cd	F	As	Se	Pb	Cd	F
測定値	0.43	0.13	0.0094	<0.001	0.46	68	2.3	37	3.7	22
基準	0.01	0.01	0.01	0.01	0.8	150	150	150	150	4000

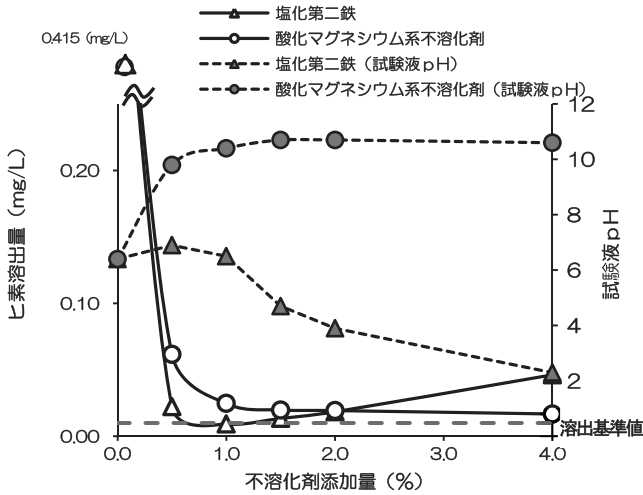


図1 不溶化剤の添加量とヒ素溶出量

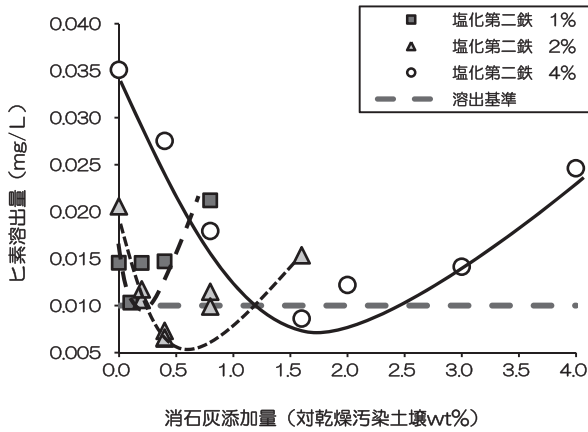


図2 消石灰添加量とヒ素溶出量

表2. ヒ素汚染土壌の不溶化条件

条件名	添加量 (対汚染土壌 wt%)		試験液の pH
	塩化第二鉄 (六水和物)	消石灰	
As-I	2.0	0.4	5.1
As-II	4.0	1.6	6.3

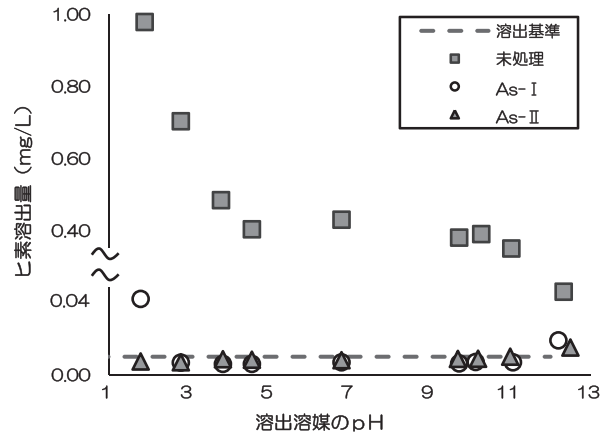


図3 溶出溶媒のpHとヒ素溶出量

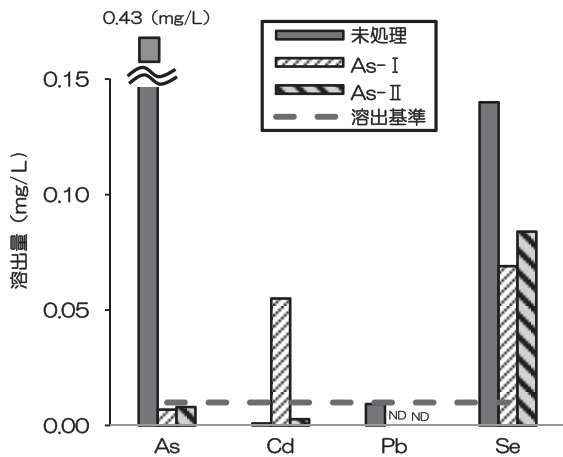


図4 ヒ素汚染土壌不溶化処理条件と重金属等の溶出量

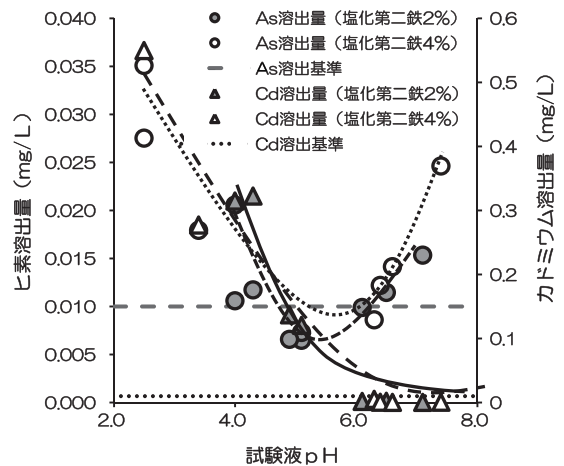


図5 試験液pHとヒ素及びカドミウムの溶出量