

## 乾式磁力選別処理による重金属含有岩石の処理について

DOWA エコシステム(株) 正会員○吉俊輔・友口勝


### 1. はじめに

筆者らは、土壤中の保持水に溶解した重金属類イオン種を鉄粉に吸着させた後、これを磁性分離にて磁着物として回収し、一方の非磁着物を浄化土として得る方法(以下、乾式磁力選別)について、検討評価を進めてきた<sup>1)</sup>。本技術は、土壤汚染対策法(以下、土対法)の許可を有する複数の土壤処理施設において導入されており、自然由来をはじめとした低濃度の重金属類汚染土壤の浄化処理へ利用されている。乾式磁力選別処理は、粒子表面に賦存する重金属類を主に除去する技術であり、岩石中に包含される重金属類を除去することは原理的に困難である。また、堆積軟岩に区分される頁岩のようにスレーキング性を有する岩石は、乾湿の繰り返しに伴う崩壊により、新たな岩石表面を生じることから、長期的な重金属溶出リスクが想定される。今回は、この様なスレーキング性を有する重金属含有岩石に対して、乾式磁力選別の適用性を検討した結果を報告する。

### 2. 岩石試料の評価

本試験には、中部地方にて採取した岩石試料(表1)を用いた。図1に示す試験フローに基づき、本試料のセレン(Se)、砒素(As)溶出量を粒度別に測定した。その結果、粒径が小さくなるほどSe、Asの溶出量が増大する傾向が確認された(図2)。図3に示す試験フローにて、粗粒(40/20mm)岩石を、繰り返し溶出試験に用いた際の粒度変化(細粒分の生成量)と、SeおよびAsの溶出量を確認した。乾湿の繰り返しにより、岩石の崩壊が進むことで、Asの溶出量が増大する傾向が確認された(図4)。以上の結果より、本試料はスレーキング性を有し、かつそれに伴い長期的に重金属類が溶出する可能性が高いと考えられた。よって、本試料は予め粉碎した後、乾式磁力選別にて処理することが適当であると評価した。

表1. 岩石試料

項目	数値	外観	
全含有量 [mg/kg]	Se	0.4	
	As	8.8	
粒度分布 [%]	+10mm	68.5	
	10/2mm	17.8	
	-2mm	13.7	

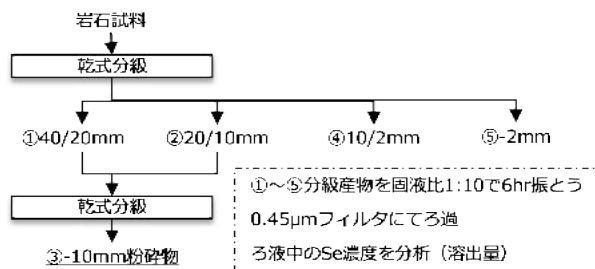


図1. 粒度別重金属類溶出量評価フロー

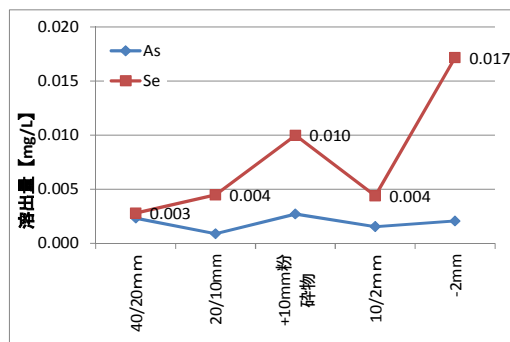


図2. 粒度別重金属類溶出量

### 3. 試験方法

#### 3-1. 試験材料

岩石試料をハンマーミルを用いて全量 9.5 mm以下に破碎し試験に供した。鉄粉は、還元鉄粉(DOWA-IP クリエイション製)、pH調整剤には10%(V/V)硫酸、含水調整材として、中性固化材(半水石膏)を使用した。

#### 3-2. 乾式磁力選別試験

試料 300 g を金属製ボウルに分取、還元鉄粉を 3.0 g、硫酸を所定量添加し1分間混合した。引き続き、磁性分離を容易にするため、含水調整材を 15 g 添加し1分間混合した。試料をバットに薄く敷均し、表面磁力 0.15 T の磁石を走査し、磁着物と非磁着物を得た。得られた試料は風乾後、全量 2 mm以下に粉碎し、分析に供した。

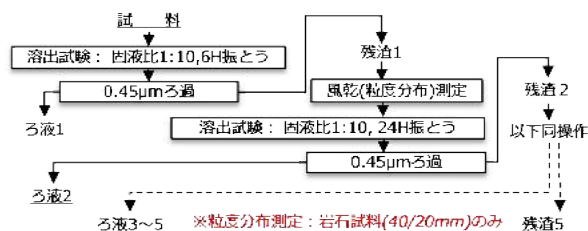


図3. 繰り返し溶出試験フロー

キーワード: 鉄粉、重金属類、土壤浄化、磁力選別

連絡先 〒101-0021 東京都千代田区外神田4丁目14番1号 秋葉原UDX22階 TEL (03)6847-1232

### 3-3. 処理後土壌の分析・評価

#### (1) 溶出量および含有量試験

各試料に対して含有量分析(底質調査法)、非磁着物試料に対して溶出量分析(環告18号)を実施した。

#### (2) 酸アルカリ溶出試験・繰り返し溶出試験

処理前試料ならびに非磁着物に対し、参考文献2)記載の方法による酸Ⅰ・酸Ⅱ、アルカリⅠ・アルカリⅡ溶出試験に供した。同様に図3に示す試験フローにて、繰り返し溶出試験を実施した。

### 4. 結果および考察

#### 4-1. 乾式磁力選別による処理結果

表2に処理前試料を100 wt%とした場合の各産物の乾燥重量分布、SeおよびAs分析結果を示す。磁着物を15.5 wt%回収し、90.5 wt%の非磁着物を得た。非磁着物のSe、As溶出量は、処理前試料(ともに0.011 mg/L)から低下し、いずれも土壤溶出量基準(0.01 mg/L)を満たした。SeおよびAsの物質収支上では、乾式磁気力選別により、それぞれ磁着物に11.4%および13.7%配分された(図5)。これらは、磁着物として鉄粉に吸着したSeとAsを一定量、回収除去することが出来た結果と考えられた。

#### 4-2. 処理後岩石からの重金属類溶出特性

処理前試料および非磁着物に対して行った、Seの酸アルカリ溶出試験の結果を図6に示す。いずれの条件においても、処理前試料と比較して非磁着物においてSe溶出量は低く、土壤溶出量基準(0.01 mg/L)を満たした。繰り返し溶出試験では、溶出試験を繰り返す毎にSe溶出量の低下が確認され、図2で確認された破碎(スレーキング)に伴うSe(再)溶出量の増加現象も確認されていない。Asに対する各試験結果は、Seとほぼ同様の傾向が確認された。以上よりスレーキング性を有する岩石試料に対して乾式磁力選別処理を施すことで、重金属類の溶出が長期的にも安定な処理産物を得ることが可能と考える。

### 5. まとめ

スレーキング性を有す重金属含有岩石に対し、乾式磁力選別を適用する際、予め10mm以下まで岩石を破碎することで浄化処理に適用できることを確認した。

### 6. 参考文献

- 1) 友口勝・鎌田雅美・日野成雄・野崎順兵・吉俊輔：乾式磁力選別による重金属含有土壌の処理について、第22回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, p334-337, 2016
- 2) (社)土壌環境センター：重金属不溶化土壌のpH変化に対する安定性の相対的評価方法, 土壌環境センター技術標準第2号, 2008

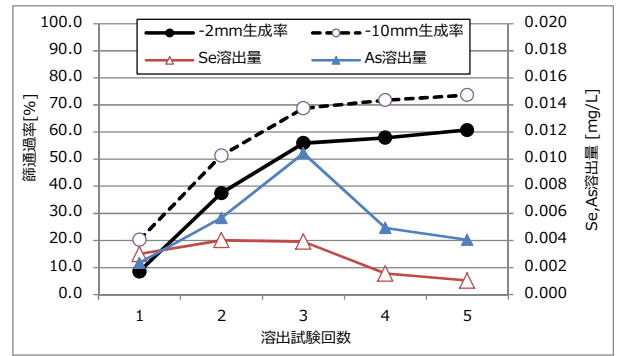


図4. スレーキング具合と重金属溶出量

表2. 乾式磁力選別処理結果

産物	乾重分布 [wt%]	As含有量 [mg/kg]	Se含有量 [mg/kg]	As溶出量 [mg/L]	Se溶出量 [mg/L]	溶出 pH
IN						
処理前試料	100.0	8.8	0.4	0.011	0.011	8.3
鉄粉	1.0	-	-	-	-	-
中性固化材	5.0	-	-	-	-	-
OUT						
磁着物	15.5	7.8	0.3	-	-	-
非磁着物	90.5	8.4	0.4	0.005	0.006	7.3

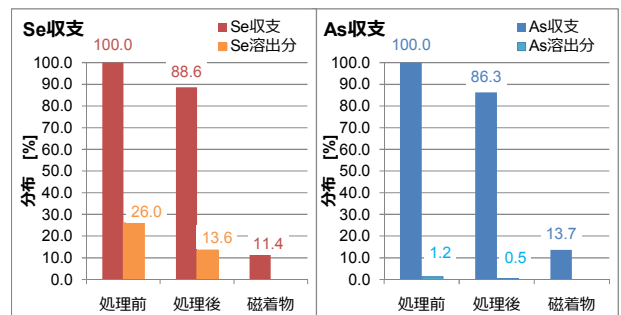


図5. 重金属類の物質収支

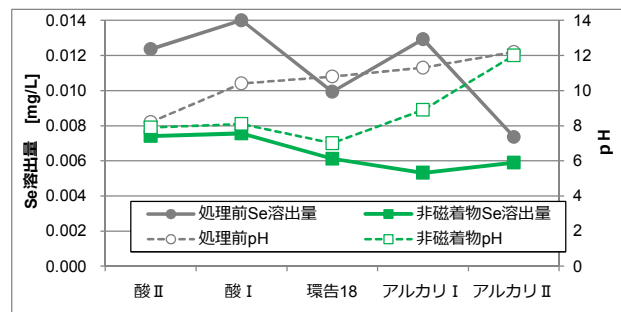


図6. 酸アルカリ溶出試験結果

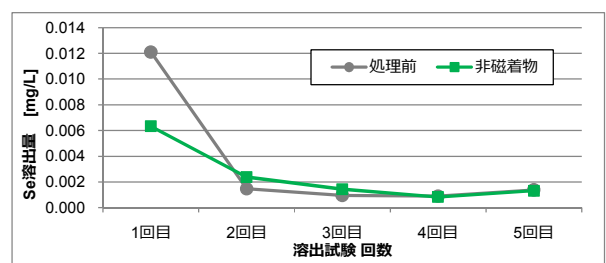


図7. 繰り返し溶出試験結果