

14. 蛇紋岩を混合した泥岩ずりからの自然由来ヒ素の汚染対策に関する考察

Consideration on mixing mudstone with serpentinite on reducing arsenic concentration leached from mudstone

○田本修一，倉橋稔幸（土木研究所寒地土木研究所），五十嵐敏文（北海道大学）

Shuichi Tamoto, Toshiyuki Kurahashi, Toshifumi Igarashi

1. はじめに

蛇紋岩中には，一般にブルーサイトと呼ばれる層状構造を有するマグネシウムの水酸化物鉱物が含まれている．森本ら¹⁾は，アルカリ環境での陰イオン吸着能が期待できるブルーサイトを用いて，様々なオキシ陰イオンの吸着実験を行い，リン酸イオンおよびヒ酸イオンと高い親和性を示すことを報告している．

そこで，本研究では，ブルーサイトがヒ素（As）との高い吸着性を有することに着目し，経済的な汚染対策方法を提案するために，トンネル工事で発生する塊状蛇紋岩とヒ素を含む泥岩とを混合した屋外カラム試験を実施した結果を報告する．

2. 試料および試験方法

試験に用いた泥岩および塊状蛇紋岩の試料は，いずれも北海道内のトンネル建設現場で採取されたものである．塊状蛇紋岩には粉末 X 線回折分析結果からヒ素の吸着に寄与するブルーサイトが含まれていることがわかっている（表-1）．屋外カラム試験を行い，カラム試験前後における粒度および As の溶出の違いについて検討した．

表-1 粉末 X 線回折分析結果

試料	石英	斜長石	方解石	シデライト	雲母類	緑泥石	スメクタイト	混合層鉱物	カオリナイト	アンチゴライト	ブルーサイト	磁鉄鉱
塊状蛇紋岩						◎				◎	○	+
泥岩	◎	△	△	+	-		-	-	+			

※凡例 ◎:極多量 ○:多量 △:中量 +:少量 -:微量

屋外カラム試験は，試料を採取した北海道内のトンネル建設現場周辺で実施した．内径 104 mm，高さ 600 mm，厚さ 5 mm の塩化ビニル製のカラムに風乾状態のあらかじめ 2-20 mm の粒径にふるい分けした泥岩および塊状蛇紋岩を，表-2 に示す条件で充填した．カラム上部からの自然降雨により流下した浸出水を，カラム底部に設置した 500 mL のポリ容器で受け回収した．試験期間中に 8～9 回にわたりポリ容器を回収した．回収後，浸出水の採取重量を測定し，0.45 μm メンブランフィルターを用いて固液分離を行った．ろ液の As を ICP-MS 法により分析し，経過日数と As の吸着量との関係を解析した．

表-2 カラム試験ケース一覧

ケース	試料	層厚 (cm)	充填密度 (g/cm ³)	試験期間 (日)
1	泥岩ずり	20	1.442	187
2	泥岩ずり蛇紋岩混合層 (重量比=泥8:蛇2)	25	1.326	179
3	泥岩ずり蛇紋岩混合層 (重量比=泥9:蛇1)	22.2	1.415	179

さらにカラム試験終了後，各カラム内の試料を深度方向に 50 mm 間隔で採取し，粒度試験と溶出試験を行った．カラム試験前後の結果を比較することにより粒度変化による As 溶出量を分析した．

3. 試験結果と考察

3.1 屋外カラム試験結果

図-1 に浸出水の累積流量と As 濃度との関係を示す．各ケースともに As の初期濃度は低いものの，累積流量の増加とともに As 濃度が増加し，1,500 ml 程度で最大値を示し，その後減少した．ケース 1 と比較して，ケース 2，3 では，蛇紋岩の混合量に応じて As 濃度が低下し，最大 60% 程度低減された．なお，本試験期間中，As 濃度はいずれのケースにおいても土壌溶出量基準値を超過した．

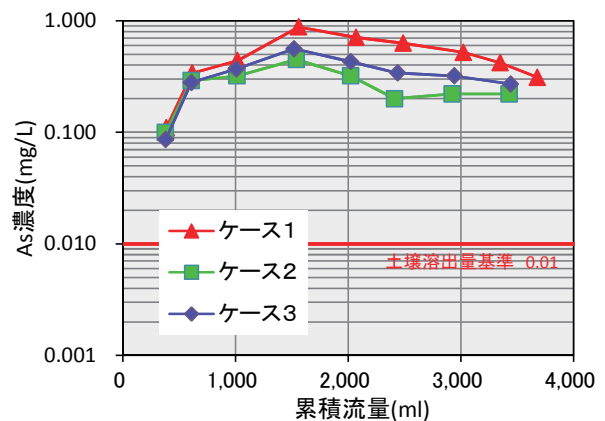


図-1 浸出水の累積流量と As 濃度との関係

3.2 経過日数と As 累積吸着量との関係

屋外カラム試験において 180 日間の蛇紋岩の吸着効果を考察するため，経過日数と As 累積吸着量との関係を図-2 に示す．ケース 2，3 とともに経過日数とともに

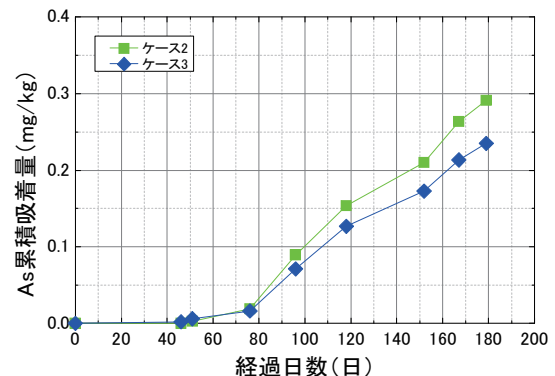


図-2 経過日数と As 累積吸着量との関係

表-3 カラム試験前後における粒度試験結果

ケース	試験前 /試験後	採取深度 (mm)	粒度分布 (%)			
			礫 2-19 mm	砂 0.075-2 mm	シルト 0.005-0.075 mm	粘土 <0.005 mm
1	試験前	All	53.5	29.6	11.9	5.0
		20.0	12.0	43.8	31.7	12.5
	試験後	60.0	21.8	39.6	27.6	11.0
		100.0	13.5	43.5	31.7	11.3
		145.0	16.6	42.4	30.4	10.6
2	試験前	All	62.4	24.0	9.4	4.2
		27.5	12.5	43.3	30.2	14.0
	試験後	82.5	54.7	25.6	16.0	3.7
		137.5	29.6	37.3	24.3	8.8
		192.5	39.2	31.0	23.7	6.1
3	試験前	All	58.0	26.8	10.5	4.7
		25.0	28.1	36.5	25.4	10.0
	試験後	75.0	38.7	32.1	21.6	7.6
		125.0	28.3	38.1	24.5	9.1
		170.0	32.4	36.0	24.5	7.1

に As 累積吸着量は増加した。とくに試験開始後 76 日目以降に As 累積吸着量の増加が大きくなった。これは、蛇紋岩の吸着効果が大きく発揮されるには、ある程度の時間を要することが考えられる。

一方、118 日目から 152 日目の間、累積吸着量の増加の傾きは、若干緩やかになった。

3.3 カラム試験後試料の粒度試験結果と溶出試験結果

表-3にカラム試験前後における粒度試験結果を示す。試験前と比較して試験後試料は、いずれのケースにおいても粘土分が増加しており、試料の採取深度が深くなるほど減少傾向を示した。これは、乾湿の繰り返しにより泥岩で細粒化し、蛇紋岩で泥濘化したことを示す。このことから、図-2で見られる累積吸着量の増加の割合が減少するのは、蛇紋岩の風化の進行とともに As の吸着能力が徐々に低下したと考えられる。すなわち、時間の経過とともに蛇紋岩の泥濘化が進行することで、蛇紋岩が細粒化した後に As の吸着能力が高まるが、一方で蛇紋岩の風化により徐々に As の吸着能力が低下する可能性があることを示唆する。また、ケース 2 と 3 とで As 累積吸着量にあまり差異がないことから、両ケースにおいて同等な As 吸着が起こっていると推定される。

図-3にカラム試験前後試料の溶出試験結果と粘土分の粒度試験結果を示す。カラム試験前後で比較すると、いずれのケースにおいても As 濃度は低下した。また、試験後では採取深度が深くなるほど、As 濃度は低下した。これは、試料の採取深度が浅くなるほど、細粒化した泥岩の新鮮面が多く露出し、As 濃度が高くなったと考えられる。

4. おわりに

蛇紋岩中に含まれるブルーサイトが、As との高い吸着性を有することに着目し、屋外カラム試験を行った結果、本試験条件では、As を含有する泥岩ずりに塊状の蛇紋岩を混合することで、最大 60% 程度の As 溶出

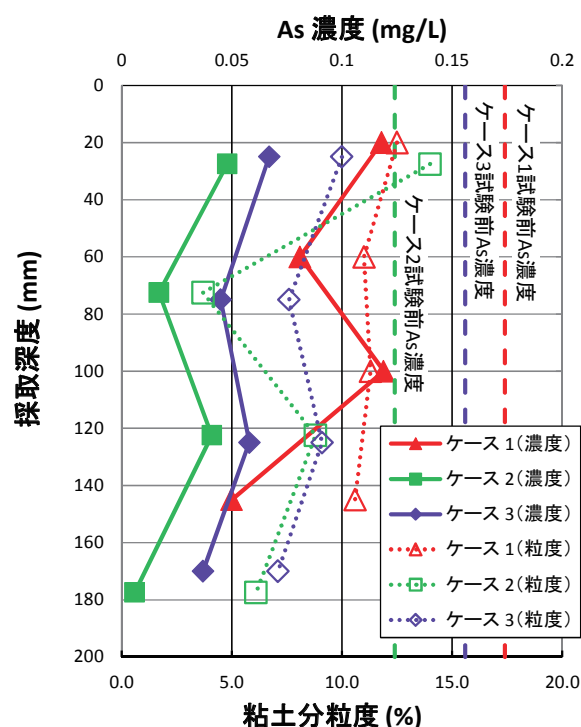


図-3 カラム試験後試料の溶出試験結果と粘土分粒度試験結果

低減効果が確認された。そのため、自然由来ヒ素の汚染対策方法の一つとして、有効である。ただし、長期的には蛇紋岩試料が風化し As 吸着能力が低下することも予想されることから、蛇紋岩の風化について詳細に検討する必要があると考える。

文献

- 1) 森本和也, 佐藤努, 米田哲朗 (2009): ブルーサイト表面におけるオキシ陰イオンの錯形成反応, 粘土科学, Vol.48, No.1, pp.9-17.