

## P38. 岩石の有害物質溶出に関する考察 (その5)

## Consideration concerning heavy metals leaching of rocks (Part 5)

○田本修一, 伊東佳彦, 岡崎健治 (寒地土木研究所)

Shuichi Tamoto, Yoshihiko Ito, Kenji Okazaki

## 1. はじめに

砒素 (As) や鉛 (Pb) などの重金属類は土壌に吸着されやすいため、現地発生土により汚染土を包み込むことにより降雨による水の浸透 (酸素の侵入) を抑制し、溶出水中の重金属類を吸着させ、溶出濃度を低減させることが期待される。

本報では、既報<sup>1)</sup>で観測された盛土内環境における掘削ずり中に含まれる重金属類の溶出水について、覆土材料を敷土に用いた場合の吸着特性を検討するため、酸化環境下である従来のバッチ式吸着試験に加え、無酸素水を用いた還元的環境下における吸着試験を行った結果について報告する。

## 2. 試験方法

## 2.1 試料及び試料調整

試験に供した試料は、北海道内におけるトンネル及び切土現場で発生した重金属類を含有する3種類の岩石 (LT2: 火山礫凝灰岩②、MS: 泥岩、SL: 粘板岩)、及び吸着試料に既報<sup>2)</sup>で覆土材料に用いた床掘土と購入土である。岩石試料の概要を表-1に、吸着試料の物理特性を表-2にそれぞれ示す。岩石試料は風乾後にジョークラッシャー粉砕機で粉砕し、粒径を0.5mm以下に調整した。LT2はより細かくするために粒径を0.3mm以下に調整した。吸着試料は、風乾後にフルイで2mm以下に調整を行った。

表-1 岩石試料の概要

記号	岩種	記載
LT2	火山礫凝灰岩②	暗灰色に強変質した火山礫凝灰岩で、灰白色の微細鉱物 (明ばん石など) と微細な黄鉄鉱を多量に生ずる。7mm×20mm強の灰白色鉱物 (明ばん石) 濃集レンズあり。
MS	泥岩	黒色に密な泥岩で、弱い葉理が認められる。風化面では微細なフラクチャーの発達認められる。
SL	粘板岩	黒色の泥質岩で、片理が発達し、微褶曲が著しい。

表-2 吸着試料の物理特性

試料名	床掘土	購入土
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.649	2.615
平均粒径 $D_{50}$ (mm)	0.0939	0.488
均等係数 $U_c$	164.4	150.4
細粒分含有率 $F_c$ (%)	47.4	21.6
地盤材料の分類	SCs	SCsG
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>*</sup>	1.196	1.638
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	40.1	20.3
※突固めによる締固め試験 (B-c法) による。		

## 2.2 バッチ式吸着試験

## 2.2.1 酸化条件バッチ式吸着試験

試料調整後の試料を用いて、振とう時間のみを変化させた環境省告示第18号付表の方法 (以下、公定法という。) による純水を用いた溶出操作を行い、溶液をバッチ式吸着試験に供した。溶出液の液性の均一性や液量も考慮に入れ6時間、24時間、14日間の振とうは280g分取量に対し2.8L純水を添加した。主成分測定を行うため、純水は使用時にpHを確認し条件に合うものを使用し、pH調整作業は行わなかった。吸着試験における分析項目及び手法を表-3に示す。

表-3 吸着試験の分析項目及び手法

分析項目	分析方法	出典
砒素	水素化物ICP発光分析法	JIS K 0102 61.3
鉛	電気加熱原子吸光法	JIS K 0102 54.2
pH	ガラス電極法	JIS K 0102 12.1
酸化還元電位	白金電極法	1997版河川水質試験方法(案) II-6

## 2.2.2 還元条件バッチ式吸着試験

## (1) 脱酸素水作成

還元条件 (無酸素条件) バッチ式吸着試験に用いる脱酸素水を作成した。作成方法は、真空ビンを使用し、超音波振動を与えながらの減圧を1時間行い、その後窒素バブリングを1時間、炭酸ガスバブリングを5分行った。簡易グローブボックス内でフランビンに分取し、ウインクラーアジ化ナトリウム変法で溶存酸素量 (DO) を確認した。脱酸素水の作成管理指標は予備試験で目標とする酸化還元電位 (ORP) 300mV に対応するDOを求め、0.5mg/Lを管理目標値とした。

## (2) 還元条件バッチ式吸着試験

2.2.1と同様に試料調整後の試料を用いて、振とう時間のみを変化させた公定法による溶出操作を無酸素条件下で行った。溶出操作中は全て大気と接触しない方法を使用し、純水も脱酸素水を用いた。振とうから遠心分離作業を大気に触れさせず行うために遠心分離をかけられる規格の試料ビンを用いた。バッチ式吸着試験に使用する際、溶出液の液性の均一性や液量も考慮に入れ6時間、24時間、14日間の振とうは55g分取量に対し550ml脱酸素水を添加したものを5本作成した。遠心分離後、すべてを混合した後、ろ過やバッチ式吸着試験に供した。

## 3. 試験結果

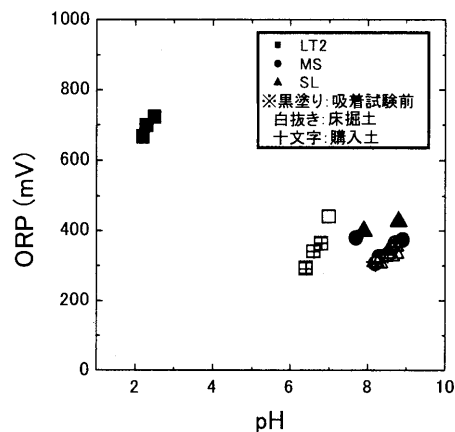
## 3.1 pHと酸化還元電位の関係

pHと酸化還元電位の関係を図-1に示す。LT2では試験前pHは酸性を示していたが、試験後、pHが6.4～

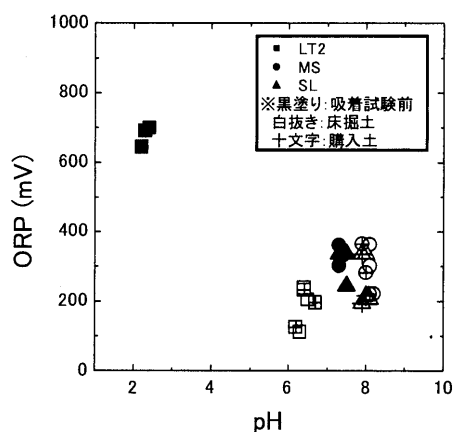
7.0に増加し中和された。ORPは顕著に低下しており、酸化条件よりも還元条件での低下が大きい。

MS 及び SL では、試験前後の pH は 7.3~8.9 の間にあり、LT2 と比較して ORP の変化も小さい。

以上のことから、LT2 のように溶出液の pH が酸性を示し酸性水が発生しても、2mm 以下の細粒分を含む現地発生土が、酸性水の中和材として機能することを示唆する。



(1) 酸化条件

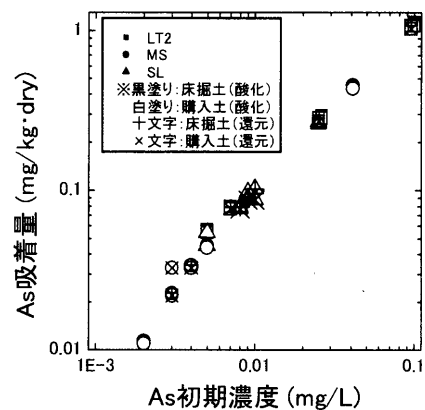


(2) 還元条件

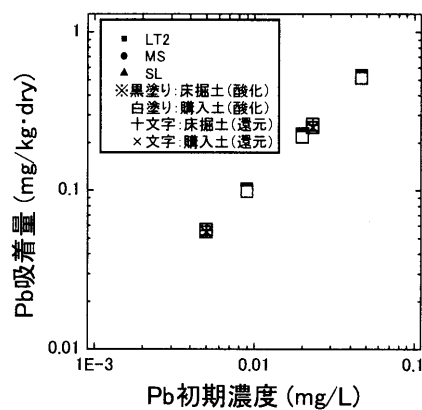
図-1 pH と ORP の関係

### 3.2 溶出液の初期濃度と吸着量の関係

吸着試験結果より As 及び Pb の吸着試料への吸着量を求めた。As 及び Pb の初期濃度と吸着試料への吸着量の関係を図-2 に示す。この図より、As 及び Pb では、酸化・還元条件を問わず初期濃度と吸着量の関係に相関が見られ、本試験に用いた吸着試料による吸着量の違いは見られない。北海道内で問題となっている As 及び Pb の溶出量は、公定法による試験値で土壤溶出量基準値の 10 倍濃度までが大半である<sup>3)</sup>。また、既報<sup>1)</sup>より覆土を施した盛土内における掘削ずりからの As 溶出量は、最大値で 0.035mg/L である。これらのことから、本試験の範囲内では、酸化・還元的環境を繰り返す盛土内からの溶出水に対しても、十分な吸着効果が見られる。すなわち、2mm 以下の細粒分を含む現地発生土を敷土材として用いる方法が、重金属汚染対策として有効であることが明らかとなった。



(1) As



(2) Pb

図-2 溶出液の初期濃度と吸着量の関係

### 4. まとめ

酸化還元状態におけるバッチ式吸着試験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ LT2 においては、試験前後の pH が酸性から中性域に中和されたことから、本試験に用いた吸着試料は酸性水の中和材として機能することが示唆される。
- ・ 本試験に用いた吸着試料は、酸化還元条件を問わず吸着効果が認められたことから、酸化・還元的環境を繰り返す盛土内からの重金属類を含む溶出水に対して有効であることが明らかとなった。

今後は、他成分との比較により重金属類の吸着特性の考察を深めると共に、重金属類の溶出拡散評価を検討していきたいと考える。

### 参考文献

- 1) 田本修一他 (2007) : 覆土による重金属汚染対策に関する現場実験, 地盤工学会北海道支部第 47 回技術報告会, pp.247-250
- 2) 田本修一他 (2008) : 覆土による重金属汚染対策に関する現場実験 (その 2), 地盤工学会北海道支部第 48 回技術報告会, pp.157-160
- 3) 田本修一他 (2007) : トンネル掘削ずりの汚染評価と対策技術, 2007 トンネル技術研究発表会, pp.15-22