

自然的原因でヒ素を含む土砂の溶出挙動とその対策（不溶化・吸着）に関する基礎的検討

(株)鴻池組 正会員 ○大山 将

1. はじめに

自然的原因により重金属等の有害物質が含まれる土砂については、土壤汚染対策法は適用されないが、発生量が膨大となる場合も多く、周辺環境への影響を及ぼさないよう適切な対応が求められ<sup>1)</sup>、対策方法として不溶化処理が検討・適用されるケースが増加している。筆者は、固化材を用いた不溶化処理(固化・不溶化処理)の適用を進める中で、所定の品質に調製した酸化マグネシウム(MgO)を主成分とする材料(酸化マグネシウム系材料)が重金属等汚染物質全般に対して高い不溶化効果を発揮することを見出し<sup>2)</sup>、土壌を固化する性質も合わせ持つことも踏まえ、「マグネシウム系固化材」(以降、Mg系固化材と称す。)と称して汚染土壌の不溶化処理への適用を進めており、自然的原因により重金属等を含む土砂への適用性も非常に高い<sup>3)4)</sup>と考えている。

一方、重金属等を吸着する能力がある粘性土や吸着薬剤を添加した発生土等を用いて盛土底部に「吸着層」を設置し、自然的原因で土砂から溶出する重金属等をこの吸着層で捕捉することで、地下水等への拡散を防止する方法が提案されている<sup>5)</sup>。Mg系固化材の不溶化の機構は、酸化マグネシウム・水酸化マグネシウムや水和生成物の吸着作用(吸着固定)、弱アルカリ雰囲気における水酸化物生成・沈殿や共沈、難溶性塩生成(溶解度の減少)などの相乗効果と考えているが、吸着層に用いる吸着薬剤としての適用性も高いと考えられた。

本報告では、まず、トンネル工事で自然的原因によりヒ素の溶出が確認された掘削土(掘削ずり)に対して、溶出試験、カラム試験等を行い、ヒ素の溶出挙動について調査した結果を報告する。次に、Mg系固化材によるヒ素吸着能力をバッチ吸着試験により評価した。最後に、Mg系固化材による不溶化処理を行った掘削土、および、掘削土の底部に吸着層を設置したケースについて行ったカラム試験の結果について報告する。

2. トンネル掘削土(掘削ずり)のヒ素溶出挙動

試験に用いたトンネル掘削土<sup>4)</sup>は、掘削土搬出先に運搬され、仮置きされていた状態のものを採取して用いた。掘削土を自然含水比状態で試験に必要な量をよく混合し、風乾後、2mmフルイを通過したものを試料土とした。表-1に試料土のヒ素分析結果を示す。含有量は底質調査方法および平成15年環境省告示第19号法で、溶出量は平成15年環境省告示第18号法で、pHは溶出操作後の検液を測定した。分析値は2試料の平均値を示している。含有量については底質調査方法によると100mg/kg、環告19号法によると59mg/kgであり、含有量基準未満であったがやや高い値であった。ヒ素溶出量については0.15mg/Lと溶出量基準の15倍であった。

次に、繰り返し溶出試験およびカラム試験によりヒ素の溶出挙動を調査した。繰り返し溶出試験は環告18号法の溶出試験方法に従い、固液分離後の残渣に再度純水を加えて溶出操作を行うもので、2試料について7回繰り返して実施した。繰り返し溶出試験の結果を図-1に示す。分析値は2試料の平均値を示している。繰り返し回数が増加するに従いヒ素溶出量は低下する傾向が確認された。

カラム試験は、直径3cmのアクリルカラムに試料土を9.5cmの高さで充填(乾燥密度:1.82g/cm<sup>3</sup>、間隙比0.50)し、カラム上部から0.1~0.5mL/min程度の流量で純水を通水させ、概ね250mL/回の頻度で回収水のヒ素濃度を分析した。なお、通算通水量5.8L程度を過ぎた時点で目詰まりにより0.1mL/min程度の流量が確保できなくなったが、カラム上部(約5cm)に純水を貯めることでそのまま通水を継続した。

カラム試験の結果を累積液固比(mL/g)と累積ヒ素溶出量(mg/kg)の関係に整理し、環告18号溶出試験および

表-1 試料土分析結果

ヒ素(As)含有量		ヒ素(As)溶出量	
底質 mg/kg	環告19 mg/kg	環告18 mg/L	検液pH
100	59	0.15	9.4

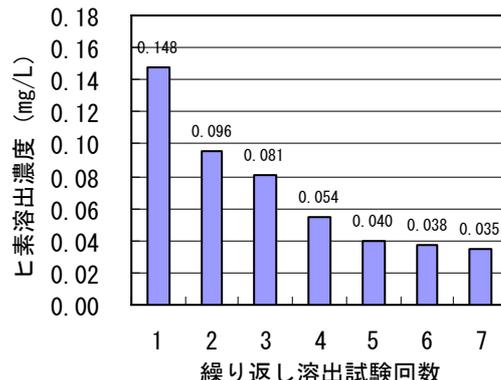


図-1 繰り返し溶出試験結果

キーワード: 自然的原因、ヒ素、溶出挙動、酸化マグネシウム、不溶化、吸着

連絡先: 〒554-0002 大阪市此花区伝法4-3-55 (株)鴻池組 技術研究所 試験センター Tel.06-6461-0262 Fax.06-6468-3659

繰り返し溶出試験の結果も合わせて図-2に示す。カラム試験は同じ累積液固比でも、環告18号溶出試験や繰り返し溶出試験の結果と比較して累積ヒ素溶出量が高い結果であった。対象土にもよるが、液固比や接触時間の違いなど、試験方法により溶出挙動も変化することを示しており、検討や評価の際には留意が必要である。

3. Mg系固化材によるヒ素吸着能力

バッチ吸着試験として、ヒ素を含む純水もしくは溶出液とMg系固化材をポリビンに入れ、25℃の実験室で24時間振とう後、0.45μmメンブランフィルターでろ過し、ろ液のヒ素濃度を測定した。溶媒のみ(純水もしくは溶出液のみ)のケースのヒ素濃度も別途測定し、ヒ素の減少量およびMg系固化材の添加量より、ヒ素吸着量を算出した。なお、溶出液は試料土を用いて環告18号法と同様の操作で得られたものを使用した。純水および溶出液にはヒ素標準液を添加し、最高で0.6mg/L程度の濃度となるように調製した。

バッチ吸着試験の結果(図-3)、平衡濃度が0.01mg/LにおけるMg系固化材のヒ素吸着量は、純水の場合は700mg/kg、溶出液の場合は4900mg/kgであった。溶媒の種類によって吸着量が異なる結果であり、吸着量を検討・評価する際には留意が必要である。

4. カラム試験結果

カラム試験は、2.と同様に、直径3cmのアクリルカラムを使用し、不溶化処理土(Mg系固化材30kg/m<sup>3</sup>添加)を9.5cmの高さで充填(乾燥密度:1.85g/cm<sup>3</sup>、間隙比0.48)、吸着層はMg系固化材60kg/m<sup>3</sup>を添加したまき土を2cmの高さで充填(乾燥密度:1.57g/cm<sup>3</sup>、間隙比0.71)し、その上部に試料土を9.5cmの高さで充填(乾燥密度:1.82g/cm<sup>3</sup>、間隙比0.49)した。カラム上部から0.1~0.5mL/min程度の流量で純水を通水させ、概ね250mL/回の頻度で回収水のヒ素濃度を分析した。

カラム試験の結果を累積液固比(mL/g)とヒ素溶出量(mg/L)の関係に整理し、試料土のみの結果も合わせて図-4に示す。なお、吸着層については、上部の試料土を基準として累積液固比を示したが、吸着層を基準とすると5.5倍で最終は約390mL/g(吸着層の体積を基準とした場合、約620倍量の通水量)であった。カラム通水後のヒ素濃度は、不溶化処理土は今回の試験期間中は全て0.01mg/L以下であった。吸着層では累積液固比が60mL/g前後から最終までの7回のうち、2回が0.011mg/L、1回が0.012mg/Lであったが、それ以外は全て0.01mg/L以下であった。

5. おわりに

自然的原因によりヒ素の溶出が確認された掘削土(掘削ずり)のヒ素溶出挙動について調査した結果、試験方法により溶出挙動も変化することが示唆された。また、バッチ吸着試験によるヒ素吸着能力は、溶媒の種類によって吸着量が異なる結果であり留意が必要である。今回の試料土の溶出液を使用した場合、平衡濃度0.01mg/LにおけるMg系固化材のヒ素吸着能力は4900mg/kgであった。なお、吸着層に関するカラム試験結果からもヒ素吸着能力が推定できるが、バッチ吸着試験による吸着能力との差異に関する評価について今後の課題と考える。

【参考文献】 1) 環水土第20号(平成15年):土壤汚染対策法の施行について 2) 特許公報(特許第4109017号) 3) 日高、保賀:マグネシウム系固化材によるトンネル掘削ブリの固化・不溶化処理に関する検討、第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.892~894、2007 4) 大山、保賀:自然的原因で重金属等を溶出する土砂に対する酸化マグネシウム系材料を用いた固化・不溶化処理の適用に関する検討、第15回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集、pp.557~562、2009 5) 五十嵐:道内における自然由来重金属汚染問題の現状とその解決に向けて、日本応用地質学会平成20年度特別講演およびシンポジウム予稿集、pp.20~27、2008

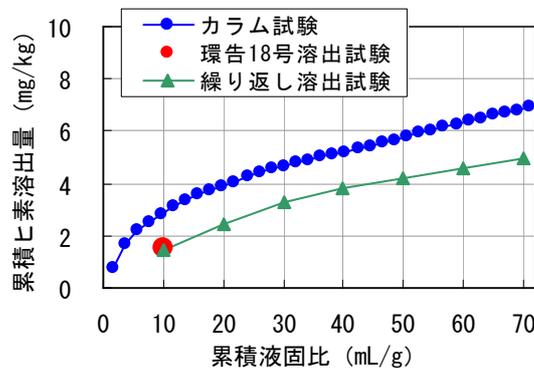


図-2 ヒ素溶出挙動の比較

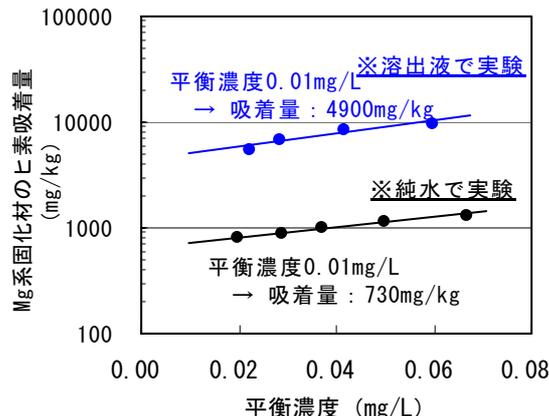


図-3 Mg系固化材バッチ吸着試験結果

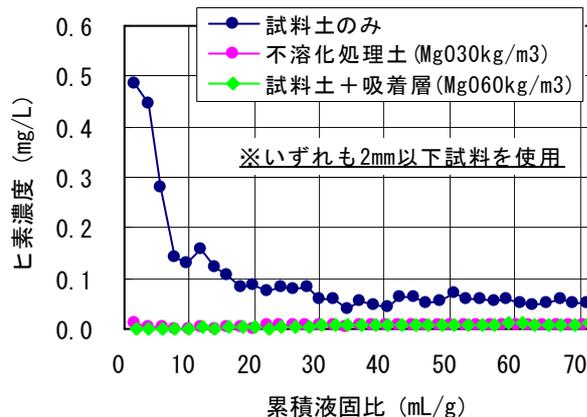


図-4 カラム試験結果