

重金属吸着マットを用いた吸着層工法の開発

— 実証試験結果と設計方法の指針 —

JFE ミネラル (株) 正会員 ○石神 大輔 高橋 大樹
 北海道大学 五十嵐 敏文
 (有)アイコス 田村 拓四郎 森山 和洋

1. はじめに

北海道を中心として採用実績が増えている“吸着層工法”は、天然材料本来が持つ重金属等の吸着性能と人工吸着材の有する吸着性能とを複合させる工法であり、合理的で事業コストを抑えることができることとして注目されている。本稿では、大型トンネル工事等で発生する自然由来重金属等を含む建設発生土に対して、簡便かつ確実に、より汎用的に対応するために、吸着層をプレキャスト製作して現場に持ち込む“重金属吸着マット”を用いた吸着層工法の性能を検証するとともに設計法を提案する。重金属吸着マットは図1に示すようにフェルト系(不織布)シートの中に酸化鉄系の吸着材と粒度調整材を配合・内包させた重金属等吸着用の土木資材であり、法面や段切り等の斜面のように通常では吸着層を適用し難い箇所へも容易に敷設が可能であることから、新たな発生土処理方法として期待される。あらかじめ工場生産にて製造するため、吸着層としての一定の品質(吸着材量、透水性、均質性など)が確保されることで、設計や施工を単純化することが可能である。また、重金属吸着マットを用いることで吸着層の母材とする健全土を確保する必要がなくなり、土砂運搬計画も簡素化される。以下に、重金属吸着マットを用いて、北海道内産のトンネルずりを用いた大型カラム試験や工場敷地内の汚染土壌を用いた盛土曝露試験の結果を報告するとともに、重金属吸着マットの設計方法の指針を述べる。

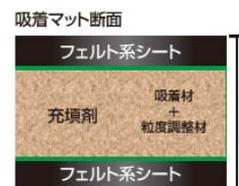


図1 重金属吸着マットの構造

2. 大型カラム通水試験

2.1 試験方法

北海道内のトンネル現場より採取した砒素(以下、As)を含むトンネル掘削ずり(30mm以下に粗破碎、性状は表1を参照)を用いて、重金属吸着マットの吸着効果を検証した。試験では吸着層を3cm厚のマット状として扱うために、内寸0.42m×0.42m、高さ1.12mの大型カラムを作製し、人工降雨による加速的な試験を行った(図2、図3)。



図2 マット敷設

表1 対象土の性状

岩種	泥岩
pH	11
As 溶出量 (mg/L)	0.067

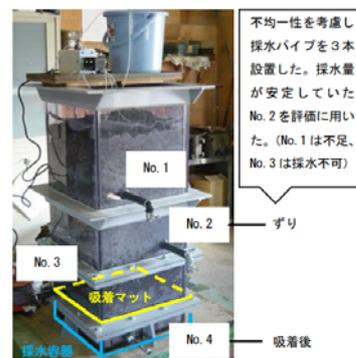


図3 大型カラム試験器

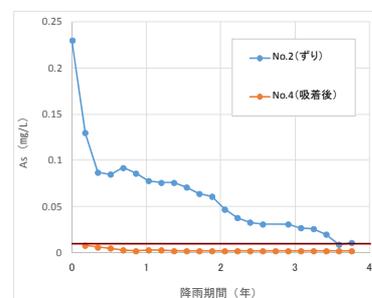


図4 大型カラム試験の結果

2.2 試験結果

大型カラム通水試験の結果を図4に示す。通水量は札幌市年平均降水量(1,106mm)および降雨浸透率0.3を用いて、累積降雨期間を算出した。試験では概ね4年分に相当する人工降雨を通水したが、No.2(ずり)の採水管から採取した浸出水のAs濃度は、浸出初期に最も高く環境基準値の23倍の超過となる0.23mg/Lであった。一方、同一カラムの下端のNo.4(吸着後)より採水した浸出水のAs濃度は浸出初期より環境基準値を満足し続けた。したがって、4年間の降雨によって、溶出しうるAsを重金属吸着マットが継続的に吸着していることが確認された。

キーワード: 重金属, 自然由来, 鉄粉, 吸着, マット

連絡先 JFE ミネラル(株)環境プロジェクト部 東京都港区芝三丁目8番2号 TEL03-5445-5208 FAX03-5445-5220

3. 盛土曝露試験

3.1 試験方法

盛土曝露試験は、図5に示すように重金属吸着マットを2枚敷設(4m²)して、その上部にAs汚染土壌を用いた盛土を構築した。マットの下部にはパレット土台の上部に遮水シートを敷設し、さらに平面排水材(通水材)を敷設している。この盛土下部の構造と、土台全体に3~5%の勾配をつけていることから、盛土を通過した浸透水は平面排水材の位置で傾斜方向に向かって移動し、下流に設置された採水容器に回収される仕組みとなっている。

3.2 試験結果

盛土曝露試験の結果を図6に示す。本稿執筆時で概ね270日分の自然降雨による浸出水のAs分析結果を示しているが、ブランク盛土の採水容器より採取した浸出水のAs濃度は、浸出初期から270日後にわたって環境基準値を超過し続けており、最大値は0.14 mg/Lであった。一方、マット盛土の採水容器より採取した浸出水のAs濃度については、浸出初期より環境基準値を満足し続けた。したがって、自然降雨により溶出するAsを重金属吸着マットが継続的に吸着していることが確認された。

4. 設計方法の指針

重金属吸着マットの設計方法は、マットの充填材の吸着容量に基づいて整理することができ、バッチ試験による簡易的な方法で確認が可能である。具体的には、以下に示すように主に3手順を実施する。

① 岩石・土壌からの設計溶出量の算出(繰り返し溶出試験)

繰り返し溶出試験を実施し、環境基準値を超えている回数までの溶出量を設計溶出量として設定する。

例) 既往試験結果から、Asの溶出量として1回目0.05 mg/L、2回目0.025 mg/L、3回目0.015 mg/L、4回目0.008 mg/Lの場合、1~3回目の合計値の0.09 mg/Lを設計溶出量とする。

② 対象岩石・土壌への吸着容量の算出(吸着性能試験)

実溶出水を用いた吸着試験を行い、吸着等温線を作成し、対象重金属等への吸着容量を算出する。

例) 既往試験結果における充填材のAsの吸着量は1.65 mg/gであり、マットは1m²あたりに10kg程度(現場毎に変更が可能)の充填材を内包していることから、マット1m²あたりに16,500 mgのAsを吸着可能である。

③ 盛土量可能量の把握および盛土条件の整理

単位盛土量として1m²のマットに、①および②の例)で示したAsが0.09 mg/Lの設計溶出量の岩石・土壌1m³を盛土すると仮定する。①は固液比1:10の試験であることから、便宜上100gの固体から0.09 mgの重金属量が溶出するため、1kgの固体からは0.9 mgが溶出すると仮定できる。

$$1 \text{ m}^3 (\text{土の単位重量 } 18 \text{ kN/m}^3) \text{ から溶出しうる重金属量} = 1,800 \text{ kg/m}^3 \times 0.9 \text{ mg/kg} = 1,620 \text{ mg/m}^3$$

したがって、 $16,500 \text{ mg} \div 1,620 \text{ mg/m}^3 = 10.2 \text{ m}^3$ となり、実際には法勾配を考慮した盛土量を検討することが望ましいが、安全側評価の鉛直盛土で試算しても高さ10m程度の盛土が可能である。また、重金属吸着マットは重機による原位置混合の場合に設定する安全率を考慮する必要がなく、より容易に設計することができる。

5. まとめ

本検討では、大型トンネル工事等で発生する自然由来重金属等を含む建設発生土に対して、簡便かつ確実に、より汎用的に対応するために、重金属吸着マットを用いた吸着層工法の施工を考案し、実証試験により効果を検証した。その結果、いずれの実証試験においても優れたAs吸着効果が確認された。また、バッチ試験を用いて簡易的に設計することができ、重機混合ロス等の安全率を勘案する必要がなく、施工や設計を簡潔化した新たな発生土処理方法として期待される。



図5 盛土曝露試験の状況

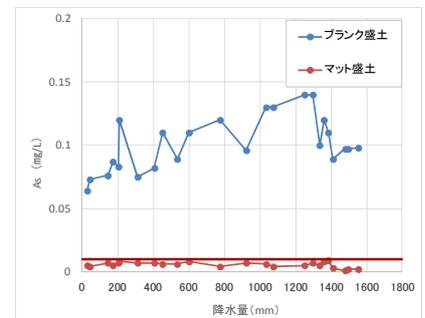


図6 盛土曝露試験の結果