

シート状吸着材を敷設した珪砂充填カラムによる重金属トレーサー実験

Tracer test of heavy metal solution by packed column with silica sand and sheet type adsorbent

室蘭工業大学
室蘭工業大学
(株)イーエス総合研究所
(株)イーエス総合研究所
(株)ケー・エフ・シー
凸版印刷(株)

○学生員
正 員
今泉勇輝 (Yuuki Imaizumi)
吉田英樹 (Hideki Yoshida)
佐藤 研 (Ken Sato)
木川えり子 (Eriko Kikawa)
羽馬 徹 (Tooru Haba)
北村洋一 (Yoichi Kitamura)

1. はじめに

近年の道路・トンネル工事現場等で自然的原因により重金属を含有した岩石・土壌が発生しており、特にヒ素に関して、土壌環境基準を超過する事例が多い。
土壌汚染対策技術として、重金属を含む盛土の下に重金属吸着資材を混合した吸着層を敷設し重金属の地下浸透を防止する吸着層工法等が各種提案されている。重金属吸着材と不織布から構成されるシート状吸着材と珪砂を充填したカラムに、ヒ素を含む溶液を通水するトレーサー実験を行い、シート状吸着材のヒ素吸着特性を確認した。



図-2 実験カラム

2. シート状吸着材概要

シート状吸着材は鉄を主成分とする粉末状の吸着材を不織布に接着・内包させたものであり、レーヨン不織布、スパンボンド、鉄粉、メルト材で構成されている。スパンボンド、メルト材は接着剤の役割をしている。

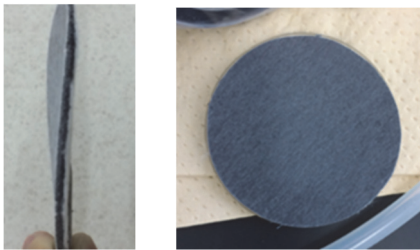


図-1 シート状吸着材

3. 実験概要

図-2 に実験カラムを示した。カラム底部から重金属を含む溶液を上方向に流す上向流条件で実施した。カラムは高さ 10cm、直径 5cm のものを使用した。カラムの下部に珪砂を充填し、その上にシート状吸着材を敷設した。実験は流量を約 100ml/h から 500ml/h に変化させ、通水時間は約 24 時間とし、流出水中のヒ素濃度を測定した。この条件でのカラム内の通水流速は、流量 100ml/h で 51mm/h、流量 500ml/h で 255mm/h 浸透速度に相当し、野外に設置された盛土に豪雨により、極めて大きな雨水浸透速度になることを想定した。
実験条件の一覧を表-1 に示した。溶液中のヒ素(As)濃度を 28~112[μg/L]の範囲で変化させて実験を行った。一部の実験はセレンも共存する溶液を用い、共存イオンの影響があるかどうかを確認した。

表-1 トレーサー実験条件と結果

No.	珪砂 [g]	吸着材 [g]	流量 [ml/h]	流速 [mm/h]	実験時間 [h]	As [μg/L]	除去率 [%]	その他
1	285.7	10.4	226	115	27	77	91.6	
2	282.4	10.13	519	264	25	112	56.3	
3	281.1	10.22	501	255	25.5	42	45.2	
4	284.3	10.52	491	250	25.5	48	65.2	
5	286.1	10.39	500	255	27.0	109	61.1	
6	290.3	17.87	512	261	26.0	95	98.4	浸漬処理
7	289.3	17.53	526	268	26.0	94	97.9	浸漬処理
8	290.4	18.11	507	258	26.0	95	98.3	浸漬処理
9	289.9	10.18	251	127	25.0	102	90.8	浸漬処理
10	290.4	9.75	256	130	25.0	102	90.1	浸漬処理
11	285.2	10.07	98	50	24.0	28※	78.8	
12	285.7	10.64	100	51	24.0	28※	79.6	

※はセレン4.0[μg/L]を含む溶液を用いた

4. 実験結果

カラム実験による流出水中のヒ素濃度の変化例 1 を図-3 に示した。流量 500[ml/h]、通水溶液中のヒ素濃度が 109.2[μg/L]の例である。実験全体を通じて、流出溶液中のヒ素濃度は平均 37.5[μg/L]であり、平均除去率は 61%であった。通水流速は 255[mm/h]に相当し、除去率はやや低い。

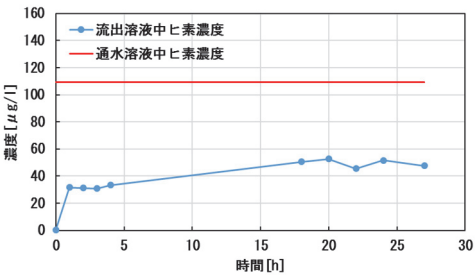


図-3 カラム試験 (No. 5 流量 500[ml/h] As109[μg/L])

図-3 に示したカラム実験結果について、横軸をカラムへの積算流入ヒ素量とし、縦軸を吸着材 1g あたりのヒ素の吸着量として図-4 に示した。24 時間程度の実験ではほぼ線形的にヒ素が吸着されていることがわかる。別途、実験で求めた吸着等温線の結果によると、本報告で用いた吸着材の吸着能力はヒ素溶液 100[mg/L] に対して、8000[μ g/g-吸着材]程度を示していたことから、図-3 に示した実験条件では約 100 分の 1 程度の吸着量にとどまっており、吸着性能はさらに長時間持続される可能性があると思われる。

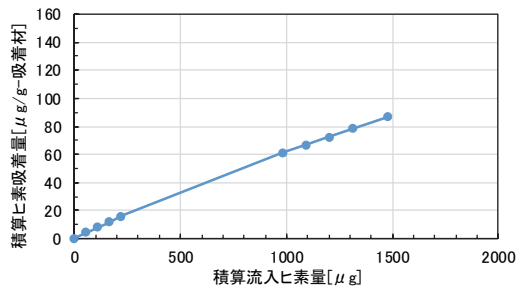


図-4 カラム試験結果 (No. 5 流量 500[ml/h] As109[μ g/L])

図-3 に示したように初期からヒ素濃度が吸着材に吸着されずに流出しているヒ素の濃度がやや高い傾向にあることがわかった。このように、吸着材が初期にヒ素を吸着しきれない原因として、吸着材内部に空気が残留あるいは水みちが形成され、溶液中のヒ素と吸着材との接触を妨げている可能性がある。そこで、実験開始前に吸着材の浸漬を行い、その効果を検証した。

図-5 に実験開始前のシートの浸漬装置を示した。密閉した容器内でシートを水に浸漬した状態でアスピレーターで内圧を下げていく。このような装置で吸着材の浸漬を行い、その後カラム実験を実施した。また、除去率を向上させるために、吸着材を 2 枚にした実験も行った。



図-5 実験開始前のシートの浸漬装置

流量 511.8[ml/h]、通水溶液中のヒ素濃度が 95.0[μ g/L] で浸漬処理を行ったカラム実験の結果を図-7 に示した。実験全体を通じて流出溶液中のヒ素濃度は平均 1.5[μ g/L] であり除去率は 98.4%であった。これは、浸漬処理をしないほぼ同じ条件での No. 2 で 56.3%、No5 で 61.1%に比べて、30%以上高い。さらに流出濃度は初期から非常に安定して低く推移し、実験終了後までに、良好な吸着特性を示した。浸漬処理を行うことにより吸着材と溶液中のヒ素の接触が初期から良好になったためと思われる。

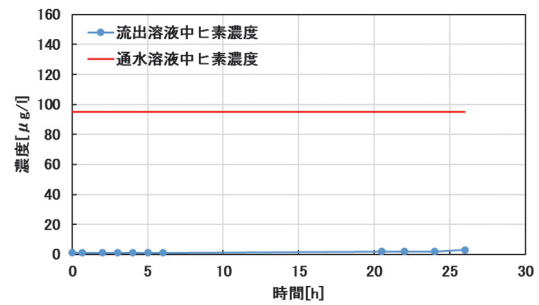


図-6 カラム試験結果 (No. 6 流量 512[ml/h] As95[μ g/L])

すべての実験について通水速度とヒ素除去率との関係を図-8 に示した。通水速度が 50[mm/h] から 268[mm/h] の範囲では、除去率は 45%以上になり、流量が減少すると、ほぼ直線的に除去率が向上することを確認した。通水流速を小さくすることによって、吸着材と溶液中のヒ素との接触時間が長くなり、吸着性能が向上することがわかった。

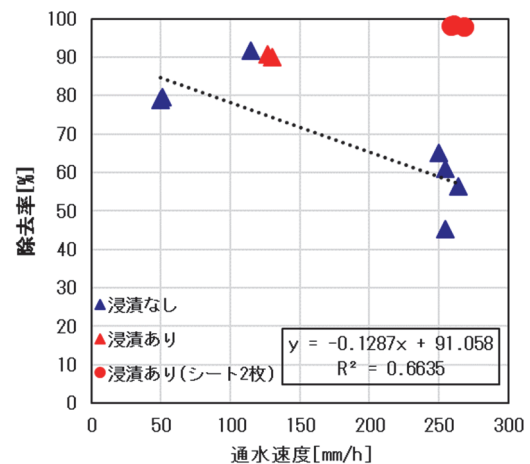


図-7 通水速度とヒ素平均除去率の関係

5. まとめ

鉄を主成分とする粉末状の吸着材を不織布に接着・内包させたシート状吸着材を、珪砂を充填したカラムに敷設して、ヒ素を含む溶液を通水した結果、通水速度が小さい範囲ではヒ素除去率が 80%以上になることが確認できた。また通水速度が大きい範囲でも吸着材の浸漬処理を行い、吸着シート内部の空気を減らすとともに、吸着材を 2 枚に増やすことでヒ素除去率が 90%以上になることも確認できた。今後は吸着材を現場に施工して、その効果を検証することを予定している。

6. 参考文献

- 1) 田本修一ら (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技術報告書、第 47 号、pp. 247-250
- 2) 一般社団法人北海道環境保全技術協会 (2012) : 吸着層工法設計マニュアル、道環境技術レポート No. 6
- 3) 嘉門雅史ら (2015) : 建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック、大成出版社