

重金属等汚染水の鉄粉ろ過処理の基礎的検討

(株)大林組 正会員 ○三浦 俊彦、佐藤久美子、正会員 久保 博

1. はじめに

排水中の複数の重金属等の一括処理を目的として、鉄粉を用いた水処理法が行われている¹⁾。その中で、鉄粉を混合したろ過材に汚染水を通水させて浄化する鉄粉ろ過法は、管理が容易で経済的であるため、処理期間が限定される汚染現場等の排水処理には有効と考えられる。土壌汚染対策法で指定されている水銀以外の重金属等を対象に、特殊な還元鉄粉を用いて、重金属等の種類ごとの適用性や処理水の pH 等の条件をバッチ試験で調べた。また、鉄粉で比較的処理しやすい六価クロムとヒ素を対象に、鉄粉ろ過処理を想定したカラム通水試験を行った結果を報告する。

2. 鉄粉による重金属等除去の反応

鉄粉は次の反応により、重金属等を除去すると考えられる¹⁾。

①還元反応：六価クロムや六価セレンを沈殿しやすい三価クロムや四価セレンへと還元する。鉛等も還元されて鉄粉表面に金属として付着する。②共沈反応：鉄粉の腐食（鉄イオンの溶出）により、処理水は弱アルカリ性となる。その時に水酸化鉄が生成されて重金属等の共沈が起こる。③吸着反応：表面活性の高い鉄粉表面や、生成した水酸化鉄に重金属等が吸着される。対象重金属等の種類、鉄粉の性状や粒径、処理水の pH 等の条件により、これらの反応の寄与が異なると考えられる。

3. バッチ試験

3. 1 方法 弱酸性にした各重金属等の 1mg/L 溶液に、特殊還元鉄粉を添加し、液固比 50 で 30～180 分間振とうした。振とう後に溶液をろ過して、pH と重金属等の濃度を測定した。塩の共存と pH の影響を調べるため、0.01M 硫酸ナトリウムを添加した溶液と、水酸化ナトリウムと硫酸で pH を 5～11 に調整した溶液を用いて、同様の試験を実施した。また、溶存酸素の影響を調べるため、各重金属等の 10mg/L 溶液に特殊還元鉄粉を添加した後、時々攪拌しながら空気と窒素を曝気して、24 時間後に溶液の pH と溶存酸素、重金属等の濃度を測定した。

3. 2 結果 図 1 に各重金属等の鉄粉による除去結果を示す。ふっ素とほう素以外の重金属等の濃度は、鉄粉により低減した。六価クロムは反応時間とともに低減したが、他の重金属等は反応時間で大きな変化はなく、30 分程度で反応が終了した。なお、処理溶液の pH は 9 程度の弱アルカリ性であった。図 2 に硫酸ナトリウム溶液の鉄粉処理の結果を示す。硫酸ナトリウムの添加は、

ひ素とカドミウム、六価クロム、シアン濃度の低減を促進する傾向にあった。ただし、リン酸イオン等は鉄粉処理の阻害が報告されている²⁾ こと、そして鉄粉ろ過処理の耐久性を考慮すると、塩の影響を評価するには更に試験検討を要すると考えられる。図 3 に初期溶液の pH と処理後の重金属等濃度の関係を示す。鉛とカド

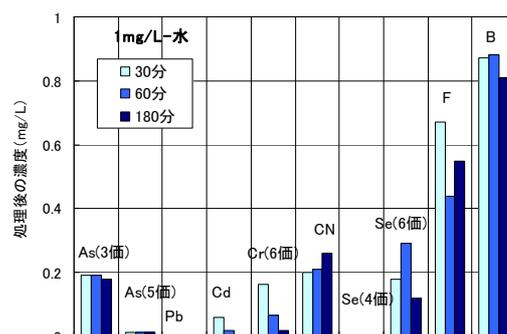


図 1 鉄粉による重金属等の除去結果

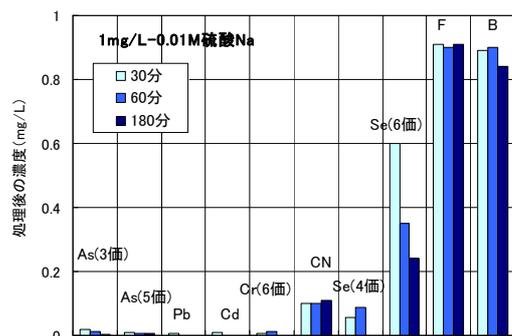


図 2 0.01M 硫酸ナトリウム溶液中での鉄粉処理

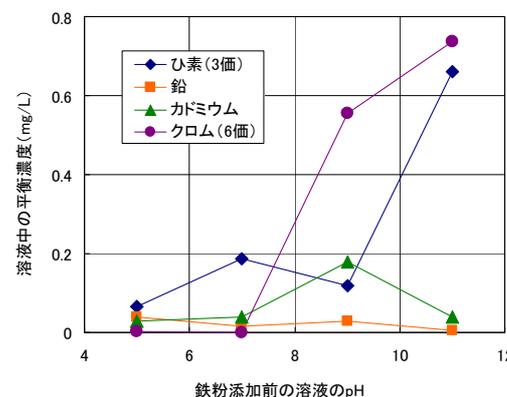


図 3 処理溶液の pH の影響

キーワード 重金属, 水処理, 土壌汚染, 鉄粉, ろ過

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 環境技術研究部 TEL 042-495-1014

ミウムは pH5~11 で低減したが、三価ひ素と六価クロムは pH9 以上では低減しなかった。これは、アルカリ下で鉄粉表面に水酸化鉄が生成されて還元反応が遅くなったことや、陰イオンの水酸化鉄への吸着が低減したこと等が原因と考えられる。鉛やカドミウムの陽イオンは、アルカリになると水酸化物による沈殿を生成するため、濃度が低減した可能性も考えられる。

図4に空気と窒素の曝気試験の装置を、図5に処理結果を示す。なお、溶液中の溶存酸素濃度は、空気曝気では 7.7~8.9mg/L、窒素曝気では 0.5mg/L 未満であった。処理後の溶液の pH はいずれも 9~11 の弱アルカリ性であった。ひ素は三価と五価ともに、空気曝気では低減したが、窒素曝気では低減しなかった。窒素曝気では、ひ素を吸着する酸化鉄等の生成が進まなかったためと考えられる。鉛と四価セレン、六価セレン、六価クロムは、空気と窒素曝気の両者とも低減した。鉛とセレンは、水酸化鉄との共沈と、還元条件下での金属としての鉄粉への吸着が進行したと推測される。六価クロムの減少は還元反応と考えられるため、24 時間の空気曝気でも鉄粉の還元力が残っていたことを示している。

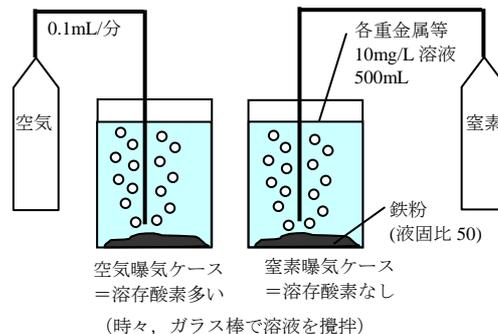


図4 空気曝気と窒素曝気試験の装置

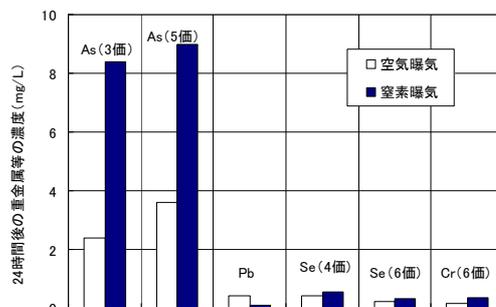


図5 溶存酸素の影響

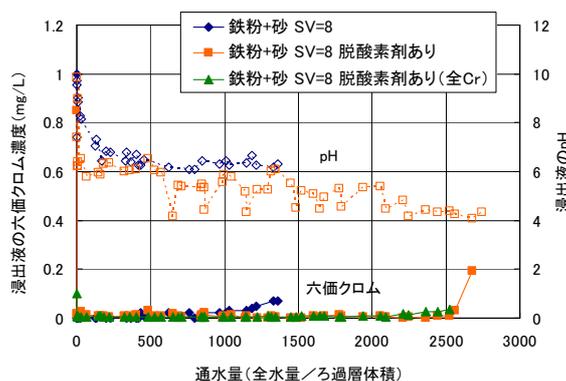


図6 六価クロム汚染水の通水処理結果

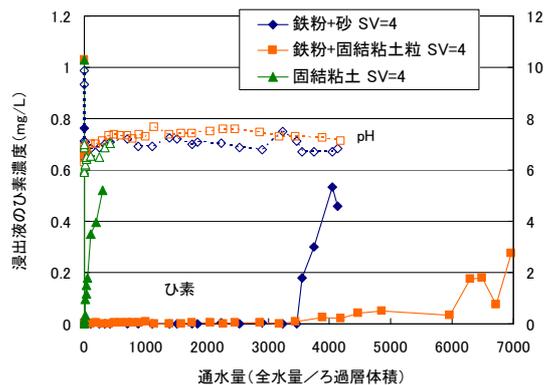


図7 三価ひ素汚染水の通水処理結果

4. カラム通水試験

4. 1 方法 直径 5cm, 高さ 10cm の円筒カラムに、鉄粉 10% と砂 90%を混合したろ過材を充填した。六価クロムまたは三価ひ素の 1mg/L 溶液を、カラムの下部から上部に向けて通水した。通水速度は SV 値 (1 時間当たり通水量/ろ過材体積) で 4 または 8 とした。浸出液の pH と六価クロム、ひ素濃度を測定した。処理効果の向上を目的として、六価クロムでは、鉄粉の還元力を維持する手法として、脱酸素剤をろ過前の溶液に少量添加したケースを実施し、三価ひ素では、水酸化鉄の吸着面積の増加が有効と考えて、砂の代わりに固結粘土粒を使用したケースも実施した。

4. 2 結果 図6と7に六価クロムと三価ひ素汚染水の通水処理結果を示す。六価クロムと三価ひ素ともに、鉄粉ろ過材の通過により減少し、鉄粉ろ過の処理効果が確認できた。六価クロムは、通水量 (全水量/ろ過材体積) が約 1200 で破過したが、脱酸素剤の添加は、破過までの通水量を約 2 倍に増加する効果があった。なお、図中に併記しているように、六価クロムだけではなく全クロムも低減が持続したことを確認している。三価ひ素は、通水量が約 3500 で破過したが、固結粘土粒を用いることで、破過までの通水量を約 1.7 倍に増やすことができた。図に示すように、固結粘土粒単独ではひ素の吸着効果が非常に小さいことから、鉄粉と固結粘土粒の相乗効果によるものと考えられる。鉄粉ろ過処理は、重金属等の種類によってその除去反応が異なり、除去効果を高めるにはその反応に応じた改善が必要と考えられた。

参考文献

1) 桂鉄雄, 鉄粉による排水中有害物質の一括処理方法の問題点と処理効果, PPM, No. 9, pp. 24-37, 1976
 2) SUN Hongwen, treatment of groundwater polluted by arsenic compounds by zero valent iron, J. Hazard Mater., Vol. 129, pp. 297-303, 2006