

ナノキャリア応用による環境浄化工法の開発

(株) マキノ ○近藤 充記、島 和也、伴 なお美、神谷 昌岳

(株) マエダマテリアル 前田 悦弘、大阪府立大学 中平 敦

1.はじめに

自然由来や人為に拠らず有害物質が排出、残留、蓄積あるいは浸透することにより、土壌や地下水が汚染される環境汚染問題は依然、深刻な状況にあり世界中で問題への懸命な取り組みがなされている。今般、トンネル工事や掘削工事等の建設土木廃土廃水や鉱業・工業での廃水からの重金属類を主眼とした分離・除去・浄化を目的に環境浄化プロセスの開発を産学官プロジェクトで進めている。今回、ナノ粒子をキャリアとする分離除去プロセスの有効性を確認したのでその基本性能について報告する。

2.土壌浄化システム

筆者らは、福島原発事故以降、土壌洗浄による汚染物質除染プロセスを開発してきた。本法では洗浄土壌のスラリーpHを制御することで、汚染物質と結合した微粒子の洗浄分離度を高め、分級操作、固液分離を加えて高い除染性を有するフローを構築してきた。しかしながら、このシステムでは除染対象物質が固液分離後の水溶液に含まれるケースには対応が出来ておらず、溶解性イオン状態となって存在する汚染、例えば重金属類やヒ素などを含む対象には吸着プロセスの適応が必要となる。

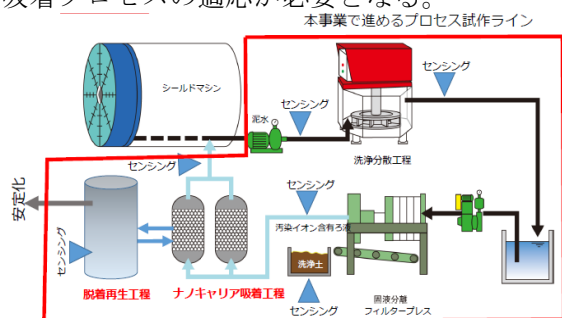


Fig. 1 Decontaminated soil reclaiming flow.

本開発プロジェクトの技術開発では、土壌分散洗浄に加え、高効率で有害イオンを吸着除去する浄化工法 (Fig.1) の開発を推進しており、吸着キャリアとしてナノ粒子性状を呈する材料を用いたシステムの検討を進めている。

3.土壌汚染の現状についての一考察

Fig. 2に中部地方山岳地某所で採取した鉱物の溶出試験結果を示す。この鉱物は石英に加え若干の黄鉄鉱を有している。溶出試験は鉱物を2 mm程度に粉碎し、環境省基準によりpH 6にて溶出処理した後、ICPにて溶出イオン濃度を測定した。また、比較のためにpHを3、11に調整したものの濃度も測定した。これらの結果から、特にAsはpH 6では顕著な溶出を示さないが、酸性下、塩基性下では高濃度に溶出していることがわかる。すなわち、鉱物がおかれている環境条件により容易に顕在化する危険性があるということである。つまり、環境の浄化は顕在化した対象のみならず、潜在的に潜んでいるリスクに対しても配慮しなければならないことを意味していると考えている。

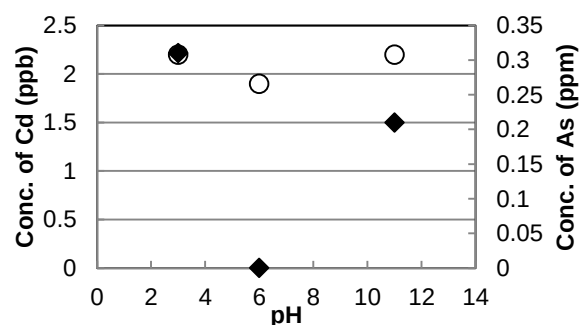


Fig. 2 Dissolution test results of the mineral○:Conc. of Cd,◆:Conc. of As.

4.キャリア材の選択と設計

汚染物質の吸脱着可能なキャリア材として①目的とする物質との親和性、②高い吸着速度、③脱着後の再利用可能性、④配合、造粒等の処理による粉体物性の設計が可能を必要条件として設定し、Cd や Cr などの重金属類や As に対する吸着性から、セリアや合成ゼオライトを検討している。

5.実験および検討

5.1 キャリア物性

本実験では Cd および As をターゲット重金属として、デバイスには Cd に対しては合成ゼオライト系、As に対してはセリア系の吸着剤を

選択した。ナノ粒子単体ではハンドリングが容易でなく、吸着カラムとして用いた場合、圧力損失が大きくなると考えられ、造粒することで液流通の流動性をもつ構造とした。Fig.3に電子顕微鏡写真を示す。

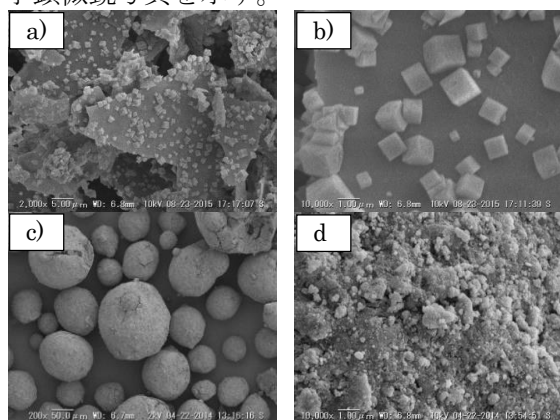


Fig. 3 SEM images of nano-material carriers.
a)zeolite adsorbent x2,000, b)zeolite adsorbent x10,000, c)ceria adsorbent x200, d)ceria adsorbent x10,000.

5.2 キャリア材による吸着試験

10ppm As 溶液 20mL にセリア吸着剤を 1wt%混合し、吸着率の時間変化及び pH 依存性を検証した。同様の実験を Cd 溶液に対してゼオライトでも行った。結果を Fig. 5 に示す。

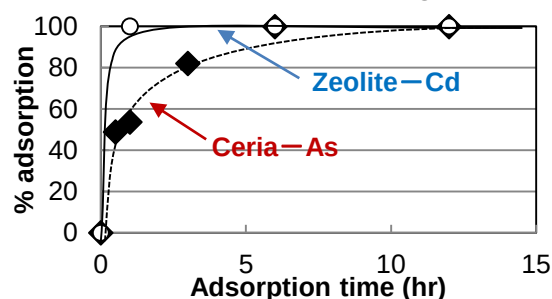


Fig. 4 Time variation of the amount of adsorption.

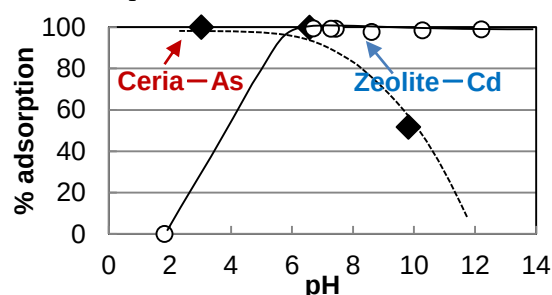


Fig. 5 Adsorption pH dependence.

どちらの吸着剤でも短時間での吸着除去が可能である。しかしながら pH の依存性があり As は酸性領域で良く吸着され、Cd は塩基性領域で良く吸着された。これは塩基性領域では As は溶存種が変化するためであると考えられる。

また、ゼオライトは酸性領域で溶解してしまうためである。吸着剤と目的汚染物質の種類によって、適正な吸着条件が存在する。

6. システム構成の検討

本工法開発では土壌分散洗浄に加え、溶解性有害物質を高効率に除去できる吸着システムを設定する必要がある。目的物質が同 pH 領域で除去可能であれば、ナノキャリア材を複合化し一括処理することも可能であり、異なる pH での処理が必要な場合は、多段並列システムの採用が必要になると考える。

本検討では吸着除去システムを検討する中で、実際の鉱山排水中 Cd をゼオライト充填吸着塔にて吸着する連続試験を実施した(Fig. 6)。Bed volume 80 まで完全に Cd を吸着し、その時の吸着量が 0.13 mg/g と求められた。1 m³/hr の排水を処理するためには、8.9 L(2.2 kg)の吸着剤で処理可能と考えられる。処理液を次に pH を酸性に調整して、セリア充填吸着塔に通液し As を除去する多段並列浄化システムの実用性を検証している。

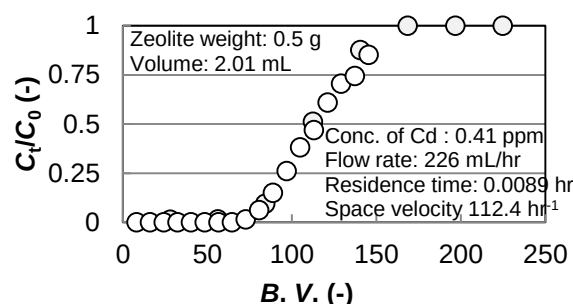


Fig. 6 Continuous adsorption test of Cd in the wastewater of mine.

7. 結論

- 1) 土壌洗浄プロセスに加え、ナノキャリアを用いた吸着工程の付加により溶解性汚染物質の除去プロセスの開発が可能であると考えられる。
- 2) 本システムでは目的物質に適応した吸着剤選択と最適吸着条件設定により、プロセスに複合化、多段システム化など多様性を付与できる。
- 3) 今後、脱着によるキャリア材の再生利用化と除去により濃縮した目的物質の安定化技術の開発を進めていく。

[参考文献] 1) 神谷、近藤、比氣ら(2014)『放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術』技術情報協会。

[謝辞]本研究は、経済産業省「H26 年度補正 地域イノベーション共創プログラム補助金(ものづくりネットワーク形成支援事業)」の助成を受け実施しています。深く感謝の意を表します。