

VII-207

シリカ系メソ多孔体によるヒ素の吸着

北海道大学工学部
○北海道大学工学研究科
北海道大学触媒化学研究センター

阿部 純子
正会員 渡辺 義公
岩本 正和

1. はじめに

ヒ素は天然に広く分布しているが農薬、製革等にも用いられている。最近ではインドにおいてヒ素に汚染された地下水の利用による皮膚癌などの人体への深刻な影響が報告されており、国際的にも早急な対策が求められている。ヒ素はセリウム系の陰イオン交換樹脂に吸着されるが、吸着力も弱く、また、共存イオンの影響も十分に把握されていない。著者らは、シリカ系無機吸着剤による二次的環境汚染の少ないヒ素の除去技術の開発を目指している。本文ではシリカ系吸着剤と活性炭によるヒ素の吸着特性について報告する。

2. 実験概要

2. 1 シリカ系吸着剤の特徴^{1) 2)}

カネマイトや、シリコンアルコキシド等を界面活性剤で処理することにより、細孔直径： $D=1.3\sim 10\text{ nm}$ 、細孔が規則的に配列した構造を持つ多孔物質が形成されてきている。その細孔径がメソ孔領域にあることから、メソスコピック多孔体、メソポーラスクリスタル等と呼ばれおり、次のような特徴を持っている。

①極めて均一な蜂の巣状の細孔が規則正しく配列し、②細孔径をnmスケールで任意に制御でき、③ $1000\text{ m}^2/\text{g}$ 以上の表面積を有し、④耐熱性に優れ、⑤細孔骨格への異元素の導入、細孔表面への活性成分の担持が可能である。メソ多孔体は吸着対象物質に応じた最適の細孔を持つように作成できるので共存物質の吸着阻害を制御できる可能性を持つ。また、ヒ素は通常の状態では負のイオンとして存在しているといわれていることから陽イオンを細孔内に担持して吸着点とすることができる。この様な特徴を持つ吸着剤のうち本研究ではカネマイトを原料とするFSM-16を使用した。

2. 2 実験方法

実験項目として、吸着速度試験は6連式ジャーテスターを用いて行なった。攪拌速度は150rpm、水温は20℃に保った。吸着平衡試験には振とう機を用いた。攪拌速度は85rpm、水温は25℃、攪拌継続時間は48時間とした。被吸着物質はフミン酸（ヒ素との競合をみるため）とヒ素を用いた。吸着剤はFSM-16（細孔径=3nm）と粉末活性炭（PAC）（*図中ではFSM-16=F、PAC=Pと表示）を使用した。分析はフミン酸はE260、ヒ素は原子吸光光度計で行なった。試料水は20mLシリンジで採取後に0.45μmフィルター（ADVANTEC、DISMIC-25、Cellulose Nitrate）でろ過し、分析。

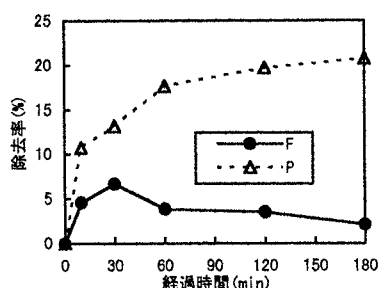


図1 吸着速度試験
（フミン酸=5ppm、吸着剤200ppm）

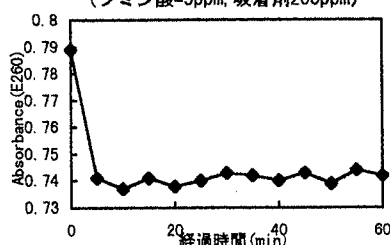


図2 FSM-16の吸着速度特性
（フミン酸=20ppm、F=200ppm）

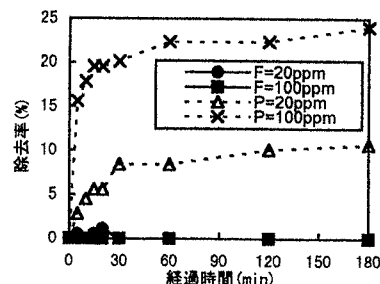


図3 千歳川表流水中の
E260成分の吸着

キーワード：シリカ系吸着剤、細孔径、ヒ素

連絡先：001 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部 (011) - 706-6275

3. 実験結果・考察

フミン酸初期濃度を5ppm、吸着剤濃度200ppmとした時の吸着速度試験の結果を図1に示す。これより、PACを用いた場合は時間の経過とともに除去率が上がっていくのに対し、FSM-16の場合は、攪拌開始十数分を頂点として除去率が上がらなくなる。これはFSM-16の細孔径がほとんどのフミン酸よりも小さいためである。図2に5分間隔でサンプリングした結果を示す。図2に示したデータは、吸着点を持たないFSM-16の細孔径より小さいフミン酸が孔内外への拡散を繰り返したためである。FSM-16とPACを実際に千歳川表流水に添加した実験結果を図3に示す。表流水中のフミン質の粒径は市販のフミン酸よりもはるかに大きいため、FSM-16による吸着は全く生じなかった。図4にヒ素初期濃度40ppbに吸着剤20ppmを添加した実験結果を、図5に5分間隔でサンプリングした実験結果を示す。フミン酸での実験結果と同様の傾向が見られる。吸着平衡試験では、フミン酸、ヒ素どちらの場合もほとんど吸着がみられなかった。これはFSM-16の細孔径がほとんどのフミン酸よりも小さく、細孔径より小さなヒ素に対する吸着点を持たないことによる。

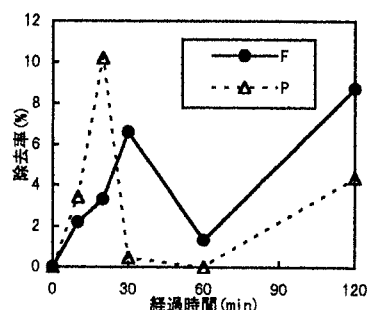


図4 吸着速度試験
(ヒ素=40ppb, 吸着剤20ppm)

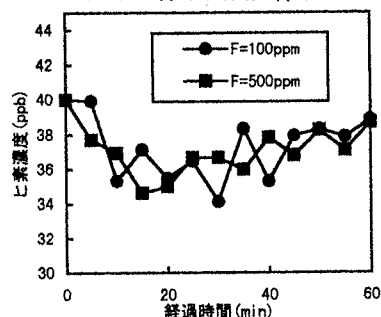


図5 FSM-16の吸着速度特性

4. 膜処理過程におけるヒ素の濃縮

MF膜では凝集剤などの添加が無くてもヒ素はある程度除去されることが知られている³⁾。本研究室のMF膜を用いた水処理実験プラントの浸漬槽内のヒ素濃度の変化を図6に示す。原水中のヒ素濃度は全て0.01mg/L以下、最も高い時で0.007mg/Lであった。土粒子に吸着したヒ素は、浸漬槽内で膜分離され徐々に槽内に濃縮される。膜ろ過時には膜面にヒ素を吸着した土粒子が付着し、逆洗時に剥離する。そのため逆洗終了時の槽内ヒ素濃度は、最終的には約1ppmとなった。浸漬槽内がこれほど高いヒ素濃度であっても、得られる膜透過水は常に水質基準値(0.01mg/L)以下となっていた。膜処理では各種の有害物質が浸漬槽内または循環水中に濃縮される。したがって、膜処理汚泥の処理、処分に当たってはこの点に対する考慮が不可欠である。

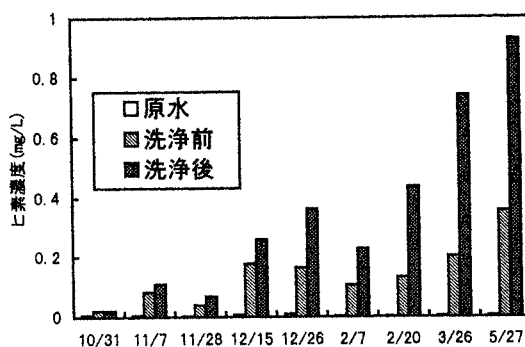


図6 浸漬槽でのヒ素の濃縮

5. おわりに

本研究で用いたシリカ系吸着剤は現在水処理工学の分野では全く使用されていない。しかし、細孔内への様々な金属類の担持と被吸着物質に適した細孔径の選択によって、農薬やヒ素などの微量有害物質の除去に適応できる可能性がある。今後は、農薬やヒ素を選択的に吸着する吸着剤の開発と膜を組み合わせた水処理システムの構築を考えていきたい。

参考文献

- 1) 岩本正和：メソスコピック多孔体の化学、ニューセラミック、Vol. 9、No. 10、(1996)
- 2) 稲垣ら：層状シリケートからのメソポーラス・クリスタルの合成と応用、触媒、37、636、(1995)
- 3) 江原、鬼塚：膜ろ過法による水中のヒ素除去、第4回衛生工学シンポジウム論文集、p 155～160