

氏名(本籍)	陳 榮 志 (中 国)
学位の種類	博 士 (環 境 学)
学位記番号	博 甲 第 5767 号
学位授与年月日	平成 23 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	Development of Adsorbing Ceramics Material with Higher Arsenic (V) Removal Efficiency and its Application to Water Renovation (ヒ素キャッチ型機能性セラミックス材料の開発とその水環境修復への応用)
主 査	筑波大学教授 博士(農学) 張 振 亜
副 査	筑波大学教授 農学博士 杉 浦 則 夫
副 査	筑波大学教授 学術博士 水 鉤 揚 四 郎
副 査	筑波大学准教授 博士(生物工学) 楊 英 男

論 文 の 内 容 の 要 旨

トップ 20 の最も危険な物質の中で、As (V)、As (III) などヒ素の集積による地下水汚染は深刻な環境問題となっている。地下水及び飲用水からの対費用効果の高いヒ素の除去方法の開発が強く求められている。本論文は、化学的安定性のある As の吸着・浄化剤を作成し、比表面積を増大させ、表面活性を強め、改良することによって吸着効率を一層高めた新規浄水材料であるキャッチ型固体セラミックスの開発を目的としている。本研究では、まず天然材料による高いヒ素除去作用のある吸着材料の開発に着目した。日本では、赤玉土が安価であり、様々な酸化鉄や酸化アルミニウムなどが含まれているため、それらの材料を用いて、対費用効果の高いキャッチ型ヒ素除去セラミックスを作成した。混合設計法により最適な比率を求め、作成したセラミックスには最適な吸着効率及び強度が得られた。また、バッチ実験は静態及び動力学の下で行われ、吸着容量及び吸着強度などのデータを求めた。セラミックスの最適な配合比率はそれぞれ、赤玉土 0.56、澱粉 0.20、 Fe_2O_3 0.24 であった。混合設計法の結果では、吸着率 82.11%、VS の強度 13.6 Hv、混合満足度 0.91 であった。実験データは Langmuir 及び Freundlich の等温式に適合していたことから、セラミックスとヒ素との間には複雑的、多層吸着構造、好ましい吸着反応であることが考えられる。長時間の吸着後、セラミックスの構造には崩れずに良好な状態が保たれていることが観察された。水溶液中に有毒なスラッジ及び鉄分の析出が見られなかった。

また、吸着効率を高めるために、 Fe^{2+} また Fe^{3+} の溶液浸漬法、酸洗浄方法をそれぞれ用いて、作成した材料の改良を行ったところ、 Fe^{3+} が溶液中に浸漬改良後のセラミックスには最も高い吸着能力を持つことが示された。室温 25℃、pH 中性の条件下における改良したセラミックスの吸着容量は 7.12 mg/g であり、これは改良する前の 2 倍弱といった結果が得られた。Dubinin-Radushkevich (D-R) のモデルにより、この吸着過程は物理化学的吸着過程に当てはまることが導かされたが、化学的吸着過程の傾向がやや大きかったことがわかった。また、各反応条件における改良された FeCl_3 粒状セラミックスのヒ素吸着性への影響を検討したところ、吸着容量は吸着剤の投与量の増加に従い大きくなった。溶液 pH における吸着への影響が大きいと見

られる。吸着剤は $5 < \text{pH} < 11$ の範囲において吸着率が高い傾向が示され、 $\text{pH}=7$ の場合、吸着の効率が最も大きかった。溶液中の共存 CO_3^{2-} が吸着に対する影響があまり見られなかったことに対し、 F^- 及び PO_4^{3-} は吸着に強い抑制作用が見られた。

さらに、酸性及びアルカリ性の環境の下で改良された FeCl_3 粒状セラミックス吸着剤の脱吸着実験を行ったところ、酸性条件下の再生効果が優れると見られた。再生したセラミックスはバッチ実験の中で用いられた結果、再生後の吸着効率が 89.1% の高い値に達したことから、開発したセラミックスには吸着剤としての再生性能が極めて高く、長期的かつ循環再生利用の可能性が示唆された。

審査の結果の要旨

本論文は、化学的安定性のある As の吸着・浄化剤を作成し、比表面積を増大させ、表面活性を強め、改良することによって吸着効率を一層高めた新規浄水材料を開発したものである。吸着効率を高めるために、 Fe^{2+} また Fe^{3+} の溶液浸漬法、酸洗浄方法をそれぞれ用いて、材料の改良が行われた。改良された FeCl_3 粒状セラミックス吸着剤を用いて、ヒ素含有の廃水処理に用いられ、高いヒ素除去性能が認められた。さらに、改良された FeCl_3 粒状セラミックス吸着剤の脱吸着実験から開発したセラミックスの再生利用の可能性を探索したところ、開発したセラミックスには吸着剤としての再生性能が極めて高く、長期的かつ循環再生利用の可能性が示唆された。本研究は開発したセラミックスには常温、中性 pH の下、ヒ素に対する高い吸着効率を有し、構造的には良好な状態も保たれ、水溶液中に有毒なスラッジ及び析出した鉄分が見られなかった。従来の吸着材料に比べ、高比表面積、物理化学安定性を有するほか、低環境負荷、再生利用の可能性が高いこと、コストを大いに削減できるなどの特徴が確認できたことから、開発した材料は環境分野、特に水浄化分野への利用が十分期待できる。本研究では貴重な実験データが得られ、新規浄水システムの構築に科学的かつ技術的助言が提供できた点をオリジナリティに富む研究として高く評価できる。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。