

X線吸収微細構造解析による鉄バクテリアの砒素吸着除去機構の検討

(京大炉¹, 大阪産業大人環², 地下水利用技術セ³, 京大院農⁴, 神戸大院自然科学⁵, 高輝度光科学研究セ⁶) ○藤川陽子¹, 米田大輔², 南淳志², 殿界和夫³, 濱崎竜英², 菅原正孝², 八島浩¹, 阿部悠子⁴, 原侑子⁴, 櫻井伸治⁴, ギャネンドラ・プロサイ², 高階義大⁵, 福井正美¹, 本間徹生⁶ ○実験責任者

使用ビームライン: BL19B2、課題番号: 2005A0898-RI-np-TU

研究の背景・目的と概要 世界の淡水資源の中でも地下水は表流水と違って人為的環境汚染の影響を受けにくく、その有効利用は、途上国で深刻な水不足問題解決の鍵である。地下水には天然地層由来の鉄・マンガン・砒素等の成分がしばしば含まれ、バングラデシュでは砒素を含む地下水飲用の結果、多数の砒素中毒患者が発生している。砒素の浄水処理には、吸着法や膜処理法が使えるものの、著しくコスト高である。そこで、本研究では、鉄バクテリア法（鉄およびマンガンを酸化する地下水固有細菌をろ過層上に繁殖させ、水中の溶解性の鉄とマンガン等を酸化して粒子状とし、これらを物理的ろ過により除く方法）を地下水中の3価および5価砒素の除去に適用する研究を行ってきた。鉄バクテリア法を技術的に確立するにはその砒素除去機構の解明が不可欠である。著者らは(1)鉄バクテリアの生物酸化作用による3価砒素の5価砒素への転換、(2)生成した5価砒素の鉄・マンガンへの吸着、の2段階の反応が関与していると考え、実際の浄水処理装置から採取した鉄バクテリアについて、砒素と鉄・マンガンが結合している時の各元素の価数をXANES測定により検討した。

実験方法 鉄バクテリア法により地下水から鉄・マンガンを除去し浄水をえている自治体（京都府城陽市および奈良県大和郡山市）の鉄バクテリア・フロックについて、採取直後に3価砒素および5価砒素を添加して1時間または24時間吸着させ、フロックをろ別・真空凍結乾燥した。これら鉄バクテリア試料について、元素組成分析（蛍光X線・CHNSコーダー・ICP-MS・モリブデン青吸光光度測定等）を行うと共に、SPring-8（高輝度光科学研究センター）のBL19B2ビームラインにおいて砒素、鉄、マンガンK吸収端におけるXANES測定を行った。また、滅菌したバクテリアおよび各種標準鉱物についてもXANES測定を実施した。

実験結果 たとえば城陽市の鉄バクテリアの主要元素組成は、鉄14%、マンガン0.4%、リン5%であり、酸素分は少なくとも50%程度以上と推定された。このように酸素が多く存在することから、リン酸第二鉄が鉄バクテリア・フロックの相当部分を占めている可能性が示唆された。なお、室内吸着試験で、鉄バクテリアのフロックに5価砒素を1時間、吸着させた時、吸着された砒酸（5価）と脱離されたリン酸のモル数はほぼ等しかった。また、メタノール殺菌・乾燥させた鉄バクテリア試料（大和郡山）では、砒素添加後1時間で3価砒素（亜砒酸）除去率は10%、5価砒素は50%程度で3価砒素の除去率は低かった。一方、城陽市から採取した鉄バクテリア・フロック（新鮮な逆洗排水中）では、数時間の接触時間後の3価砒素除去率は60%に達し、5価砒素の除去率と同等であった。XANES測定結果では、鉄バクテリアに吸着された状態の砒素は、添加当初の砒素の価数に係らず全て5価、鉄は3価、マンガンは3価および4価であった。バクテリアの生物酸化作用により3価砒素は5価に酸化された後、鉄バクテリア・フロック上でリン酸と交換吸着したと考えられた。

Optimization of biological processes for the removal of arsenic from groundwater based on X-ray spectroscopic analyses

FUJIKAWA, Y., YONEDA, D., MINAMI, A., TONOKAI, K., HAMASAKI, T., SUGAHARA, M., YASHIMA, H., ABE, Y., HARA, Y., SAKURAI, S., PRASAI, G., TAKASHINA, Y., FUKUI, M., HONMA, T.