地下水中のヒ素除去を目的とした亜ヒ酸の生物学的連続酸化に関する研究

岩手大学　学生会員　○高橋知大、三浦甲斐
岩手大学　正会員　　石川奈緒、伊藤歩、海田輝之

１．はじめに

インド、バングラディシュなどのアジアの多くの地域では、地下水中に含まれるヒ素（As）による健康被害が問題となっている。Asの除去方法としては、鉄やアルミニウムとの共沈法、吸着材や膜を用いた処理法が提案されており実用化もされている。地下水中のAsは主にヒ酸（As(Ⅴ)）に比べて凝集や吸着効率の低い亜ヒ酸（As(Ⅲ)）の形態で存在する。そのため前処理として酸化剤やオゾンを用いた酸化処理が行われるが、コストの問題がある。そこで本研究では経済的な地下水中のヒ素除去手法の開発を目的として、吊り下げ式のスポンジ担体に亜ヒ酸酸化細菌を固定化したバイオリアクターによる亜ヒ酸の連続酸化処理について検討した。

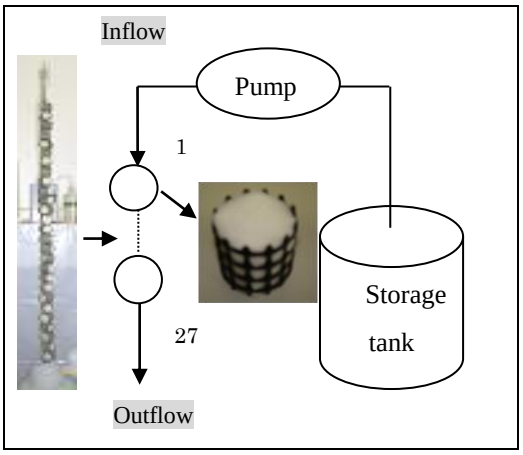


図-1　実験装置の写真と概略図

２．実験方法

亜ヒ酸酸化細菌の付着担体として、円筒形のスポンジを用いた。図-1に実験装置の写真と概略図を示す。スポンジは直径約3cm、長さ約3cm、体積は約2cm^3、空隙率は約0.5である。この円筒形のスポンジ27個あるいは15個を釣り糸でぶら下げ、上部から汚染水を流入させ、自然流下させて底部から流出させた。酸素を供給するための曝気は一切行わなかった。

細菌の固定化の前に、滞留時間(HRT)を測定するために、トレーサー(NaCl)をリアクターの上部から流入し、流出水中のNaCl濃度を経時的に測定し、δ応答法により滞留時間を求めた。送液には、微量定量ポンプを用いた。流出水中のNaCl濃度の経時変化の一例として、スポンジを15個とした場合で、流量10.4mL/minでの結果を図-2に示す。同様に流量3.0、14.3、17.5mL/minのときの滞留時間を測定し、得られた流量と滞留時間の関係を図-3に示す。

次に、循環式の回分培養を行い、スポンジに細菌を固定化した。この回分培養は接種源として、亜ヒ酸酸化細菌の培養液（Weegerらの培地成分のうち有機炭素源である乳酸ナトリウムを除いたもの）を用い、As(Ⅲ)濃度を100mg/Lとして行った。その後、流入亜ヒ酸濃度を1mg/Lとして連続運転を行い､滞留時間を変化させていった。pHは、塩酸又は水酸化ナトリウム溶液にて7±0.1に調整した。流入水は亜ヒ酸汚染水の滴下部から直接採水し，流出水はリアクター底部から直接採水した。さらに、リアクターの鉛直方向でのヒ素濃度の変化を把握するために、シリンジを用いて任意のスポンジからサ

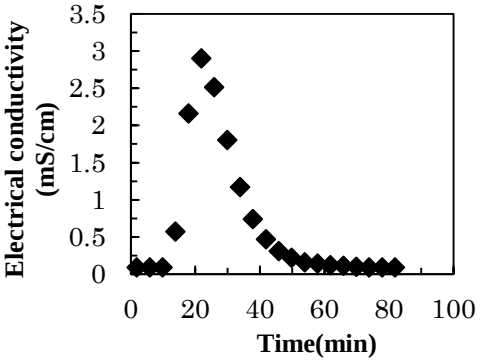


図-2　流量10.4mL/minのときのNaCl濃度

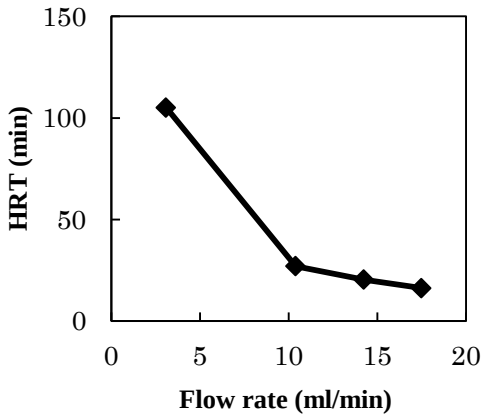


図-3　流量と滞留時間の関係

キーワード：ヒ素、亜ヒ酸酸化細菌、スポンジ担体
連絡先：岩手大学（盛岡市上田4-3-5　　TEL･FAX 019-621-6449）

ンプルを採取した。

分析に用いた試料は、孔径 0.2 ㎛のメンブランフィルターでろ過し、HPLC-ICP/MS でろ液の As(Ⅲ)と As(Ⅴ)の測定を行った。

３．実験結果および考察

図-4 にスポンジ 27 個を吊り下げたリアクターでの流入水と流出水の形態別ヒ素濃度の経時変化を示す。なお、図中の破線は滞留時間を変化させた時点を示している。流入水のほとんどは As(Ⅲ)であるが、一部 As(Ⅲ)濃度が低下し、As(Ⅴ)濃度が増加した箇所がある。これは貯留タンク内に亜ヒ酸酸化細菌が混入し As(Ⅲ)を酸化したと考えられ、毎日タンク内を洗浄することでヒ酸濃度の増加を防ぐようにした。また、図-4 からいずれの滞留時間においてもほとんどの As(Ⅲ)を As(Ⅴ)に酸化させることが可能であり、運転開始 21 日目以降の滞留時間 0.7 時間でもほとんどの As(Ⅲ)を As(Ⅴ)に酸化可能であることがわかった。

図-5 にリアクターの鉛直方向での As(Ⅴ)濃度の変化を示す。ここに滞留時間 4.2 時間のデータはないが、いずれの滞留時間においても円筒形のスポンジ3個目から5個目以降にかけて As(Ⅴ)濃度が 1mg/L に近づいている。本研究では 27 個のスポンジを繋いだが、実際にはこれより少ないスポンジ担体に亜ヒ酸酸化細菌を固定することで、As(Ⅲ)から As(Ⅴ)に酸化可能であることがわかった。そこで、図-6 にスポンジを 15 個にした時の、滞留時間 1.8 時間での流出水の形態別ヒ素濃度の経時変化を示す。これによりスポンジ 15 個でも As(Ⅲ)から As(Ⅴ)への酸化が十分に可能であることがわかった。

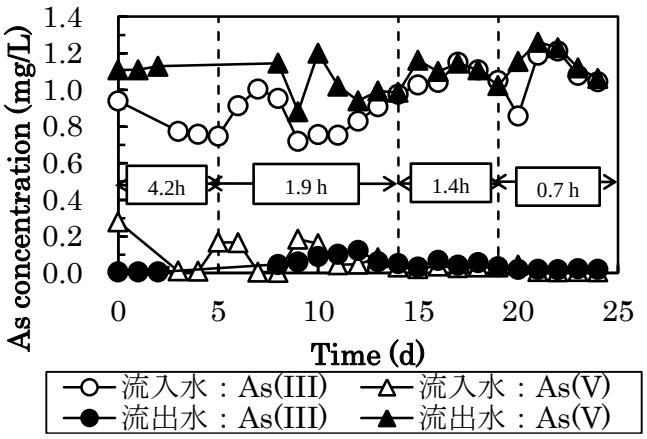
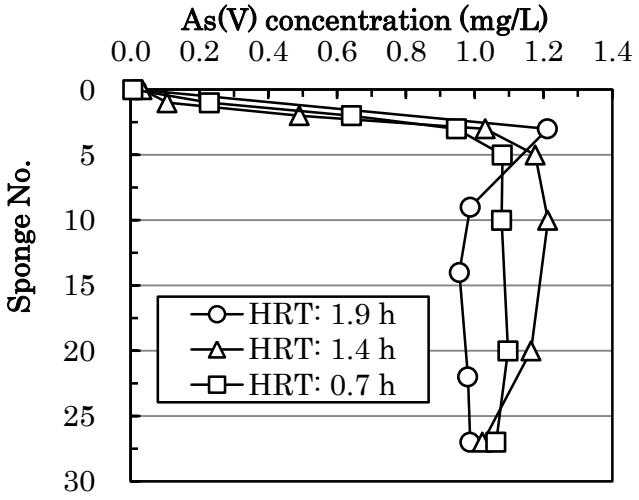


図-4　流入水と流出水の形態別ヒ素濃度の経時変化



図−5　各滞留時間における鉛直方向の As(Ⅴ)濃度変化

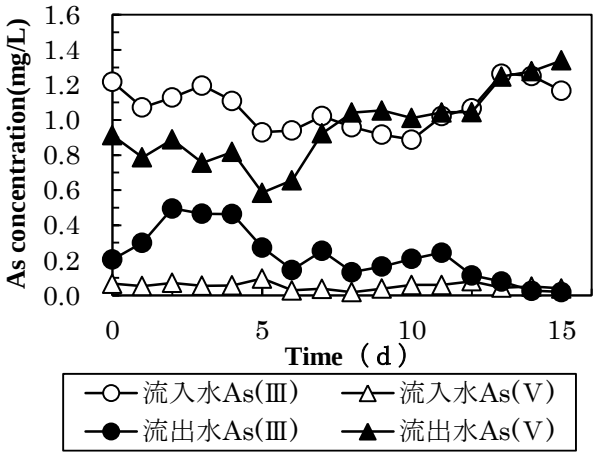


図-6 スポンジ 15 個で滞留時間 1.8 時間での流入水と流出水の形態別ヒ素濃度の経時変化

4. まとめ

亜ヒ酸酸化細菌の固定化担体として円筒形のスポンジを用いたとき、As(Ⅴ)濃度が 1mg/L 程度であれば、滞留時間が 0.7 時間であってもほぼ全ての As(Ⅲ)を連続的に As(Ⅴ)に酸化処理可能なことがわかった。また、本研究の条件ではスポンジがさらに少なくてもても As(Ⅲ)の連続酸化処理が可能であり、さらに滞留時間を短くできる可能性がある。

さらに、本研究から曝気を一切行わずに、亜ヒ酸酸化細菌をスポンジに固定することにより連続酸化処理が可能であることがわかった。