

1. はじめに

インドやバングラデシュ等の西ベンガル地方では地下水などの生活水にヒ素が含まれ、多くの人に健康被害が起きている。ヒ素は主に As(III)、As(V)の形態で存在し、As(III)は Fe や Al による凝集沈殿や吸着処理による除去効率が As(V)よりも低い為、前処理として酸化剤を必要とする。このことから酸化剤のコストの問題がある。そのため、経済的な地下水中のヒ素除去方法の開発を目的として、DHS (Down-flow Hanging Sponge) に亜ヒ酸酸化能を有する細菌群を固定したバイオリアクターによる As(III)の酸化について検討した。

2. 実験方法

2-1 滞留時間

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。スポンジは直径約 3cm、体積は約 21.2cm³、空隙率は約 0.98 のもので、これらを 20 個吊り下げた(図-1)。

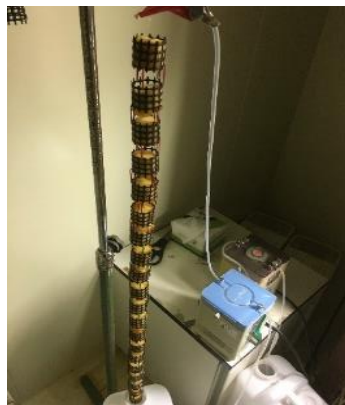


図-1 DHS リアクター

スポンジ担体に細菌群を固定化する前に、リアクターの滞留時間(以下 RT とする)を求めた。トレーサーとして NaCl 溶液(3.56 × 10⁵mg/L) 1mL をリアクター上部に滴下し、流出水中の電気伝導度を継続的に測定し、電気伝導度と時間の関係から δ 応答法により RT を算出した。δ 応答法は以下の式となる。

$$RT = \Sigma (\text{面積} \times \text{時間}) / \Sigma (\text{面積})$$

2-2 As(III)の連続酸化実験

本研究では、As(III)を As(V)に酸化するために亜ヒ酸酸化細菌を利用した。培地は Weeger らの培地成分から有機炭素源である乳酸ナトリウムを除いたものを用いた。秋保温泉浄化センターから採取した活性汚泥を培地 500ml に植種し、増殖した細菌を二週間間隔で植え

継した。また、集積した細菌を連続培養の植種源とした。

細菌をスポンジ内に付着させるため、微量定量ポンプとシリコンチューブにより、上部から上記の培地 (As(III)濃度 100mg/L) を 2L 用意し、細菌を含む集積培養液 500mL と共に循環させた。連続実験では、前述の培地を希釈して As(III)濃度を 1mg/L にした溶液を RT 120min で流入した。また室温は 25℃、湿度は 60% に設定して行った。

2-3 RT 120min から RT 変化時のリアクターの As(III)酸化能の変化

RT 120min で連続酸化している状況から RT を変化させて再び RT 120min に戻すという行程を RT 60min、40min、30min、20min、10min について繰り返して行った。各 RT の 3 倍の時間流入した後、流入、流出、リアクター内からサンプルを採取し、それぞれの As(III)と As(V)を測定した。試料は孔径 0.22μm のメンブレンフィルターでろ過した後、ろ液中の As について測定を HPLC-ICP/MS で行った。

3. 結果と考察

3-1 滞留時間

電気伝導度と時間の関係から得られる RT と流量の関係を図-2 に示す。理想値は図中のスポンジがどの流量でも 100%利用された場合の RT と流量の関係を示している。実測値と比較すると流量が大きいときは近似するが、流量が小さいときは有効利用されない部分があることがわかる。

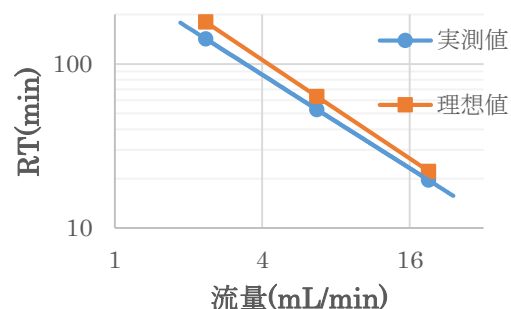


図-2 滞留時間と流量の関係

キーワード：亜ヒ酸 地下水 DHS リアクター 亜ヒ酸酸化細菌

連絡先：岩手大学(盛岡市上田 4-3-5 TEL・FAX 019-621-6449)

3-2 As(III)の連続酸化実験

回分培養により亜ヒ酸酸化細菌をスポンジに固定化し、その後連続実験に移した時の流出 As 濃度を図-3 に示す。As(III)は 3 日程度で 100mg/L から 0.1mg/L 程度になり、残留していた As(III)が酸化されて As(V)濃度が上がったものの 3 日目には 1mg/L 程度になった。約 3 日かけてリアクター内の高濃度ヒ素は抜け、その後安定的にヒ素を酸化していることから亜ヒ酸酸化細菌が固定化できたことがわかった。

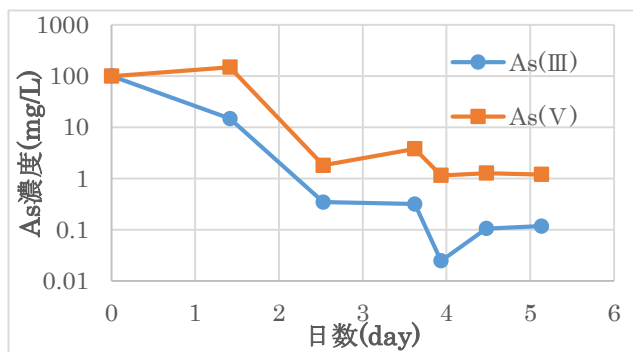


図-3 固定化から連続実験に移行時の As 濃度

3-3 RT 120min から RT 変化時のリアクターの As(III)酸化能

本実験では、RT 120min の定常状態で運転している場合に、RT を変化させることで、どの程度 As(III)を酸化することができるかを確かめた。図-4 に RT 120min から RT 変化時のヒ素のリアクター内での濃度変化を示す。

その結果、RT 119min では 7 個目で、RT 61min では 11 個目で、RT 40min では 20 個目でほぼ全量酸化した。RT 33min、23min、9.5min では 20 個で全量酸化しなかった。

RT と酸化率の関係を図-5 に示す。グラフから RT 40min までは約 100%酸化でき、また RT が 40min より小さい場合、このリアクターのヒ素酸化能は急激に小さくなっていくことがわかった。

酸化率と負荷量の関係を図-6 に示す。このリアクターでは、負荷量が 15 μ g/min 程度までは 90%程度酸化できることがわかった。また負荷量が 10 μ g/min より大きいと酸化率とは直線的な関係を示した。本研究では定常状態の RT が 120min であった。定常状態の RT をさらに小さくすることで、リアクター内の菌数が増加

し、さらに酸化能が向上する可能性があると考える。

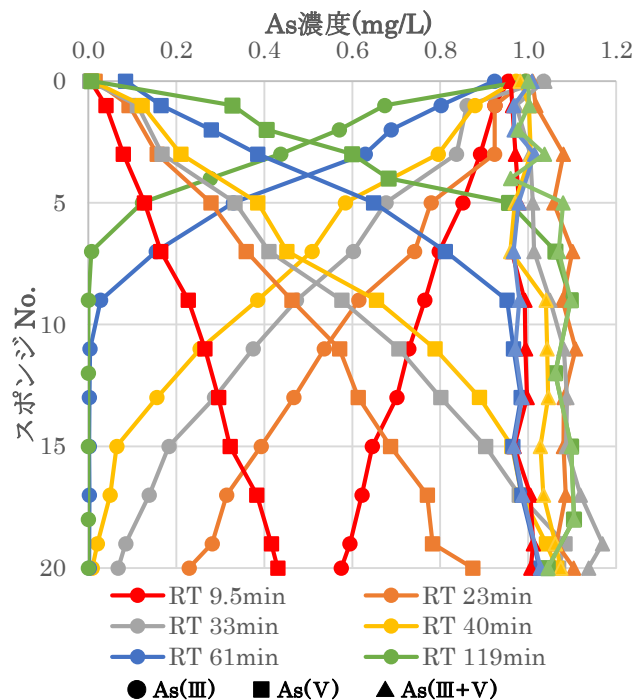


図-4 RT2h から RT 変化時のヒ素のリアクター内での濃度変化

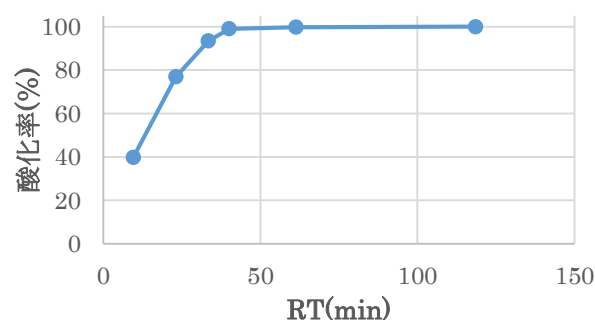


図-5 RT と酸化率の関係

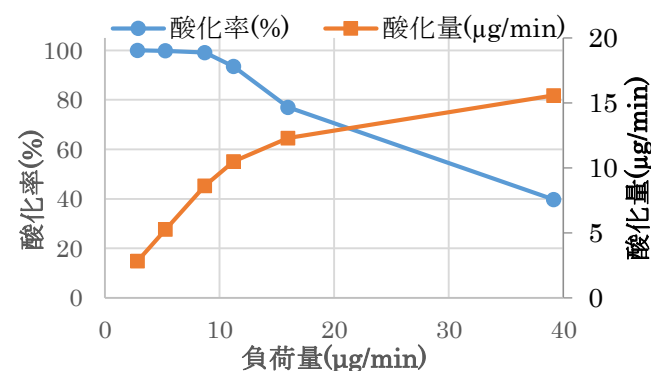


図-6 As(III)負荷量と酸化率の関係

4. まとめ

スポンジ 20 個のリアクターは亜ヒ酸酸化細菌によって As(III)1mg/L を RT 40min 程度まで約 100%酸化できることがわかった。