

亜ヒ酸酸化細菌を用いたヒ素汚染地下水中のヒ素除去に関する研究

岩手大学 学生会員 ○須田 大気

岩手大学 正会員 石川 奈緒 伊藤 歩 海田 輝之

岩手大学 笹本 誠

1. 背景

インドやバングラデシュ等のアジア地域では、生活水として利用されている地下水にヒ素が含まれており、それによる健康被害が問題になっている。地下水中のヒ素は主に亜ヒ酸(As(III))やヒ酸(As(V))の形態で存在しており、As(III)はAs(V)と比べて毒性が強くFeやAlによる凝集沈殿や吸着処理による除去効率が悪い。そのため前処理として酸化処理が必要となるが、酸化剤を用いた処理にはコストの問題がある。そこで、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)に亜ヒ酸酸化能力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・除去、またそれに追加して吸着槽による更なるヒ素除去について検討した。なお、実験は盛岡市内で採取した地下水にAs(III)を添加したものをを用いた。

2. 実験材料と方法

2.1 亜ヒ酸酸化細菌

As(III)をAs(V)に酸化させるために亜ヒ酸酸化細菌を利用した。培地はWeeger¹⁾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を用いた。宮城県仙台市の秋保温泉浄化センターから採取した活性汚泥から培養したものをを用い、増殖した細菌を二週間間隔で植え継ぎした。また、集積した細菌を連続培養の植種源とした。

2.2 地下水

地下水は盛岡市内にある「賢治清水」から採取し、使用した。水質は以下のとおりである。

	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
mg/L	0.0153	0.0113	<0.001	0.4353

2.3 連続酸化実験

亜ヒ酸酸化細菌群の付着担体として円筒形のスポンジ(図-1)を用いた。スポンジは直径約3 cm、長さ約3 cm、空隙率約0.98で、これを20個吊り下げたものをリアクターとした(図-2)。スポンジに細菌を固定するために定量ポンプでリアクター上部から、集積培養した細菌を添加した培地を滞留時間(RT)1 hで流下させ、循環させた。

次に、地下水に栄養塩類等は添加せずAs(III)を濃度1 mg/Lとなるように添加した溶液を作成し、RT 1 hとなるように流下した。サンプルは流入水と流出水を毎日採取し、As(III)とAs(V)の濃度を測定した。

2.4 連続除去実験

地下水にAs(III)とFe(II)を添加したものをそれぞれ作成した。濃度はAs(III)2 mg/L、Fe(II)20 mg/Lとし、RT 1 hとなるように同流量で流入することで流入濃度がそれぞれ1 mg/L、10 mg/Lとなるようにした。溶液はどちらも20 Lポリタンクに作成し、鉄溶液はpH 6.5程度に調整した。サンプルは流入水と流出水を毎日採取し、As(III)とAs(V)およびFe(II)とFe(III)の濃度を測定した。

DHSでは除去しきれなかったAsとFeを除去するために、装置の流出部にケイ砂と骨粉を2:1で混合したものを5 g使用した吸着槽(図-3)を設置した。流入水と流出水に加え、吸着槽通過後のAsとFeの濃度を同様に測定した。骨粉はヒ素の吸着効果を有することを確認している²⁾。

なお、全ての実験は温度25 °C、湿度65 %設定の恒温恒湿室で行った。Asの測定は高速液体クロマトグラフ(HPLC)とICP質量分析装置(ICP-MS)を用いて行い、Feの測定はフェナントロリン吸光光度法により吸光光度計を用いて行った。



図-2 20連 DHS 反応槽



図-1 円筒スポンジ



図-3 吸着槽

キーワード：亜ヒ酸 地下水 亜ヒ酸酸化細菌 DHS

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

3. 結果

3.1 骨粉による鉄の吸着除去実験

Fe(II)溶液を濃度 1, 10, 50 mg/L で作成し、溶液 30 mL に対し骨粉 0.3 g を加え攪拌し、経時的に濃度をそれぞれ測定した結果を図-4 に示す。図より 0.5 h でほぼ Fe は除去されることが分かった。

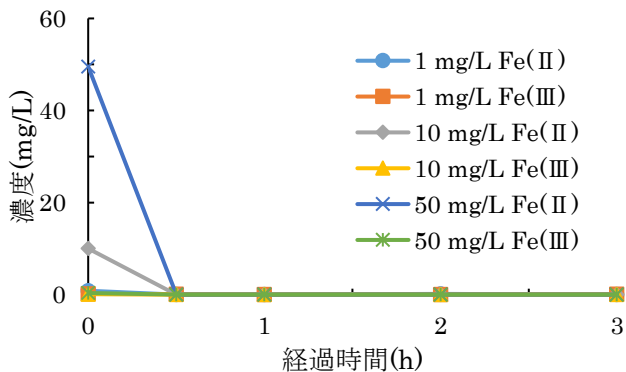


図-4 骨粉による Fe の吸着除去

3.2 連続酸化実験における As の濃度変化

連続酸化実験における As の濃度変化を図-5 に示す。図より流出部の As は 99%以上 As(V)に酸化されていることが分かる。

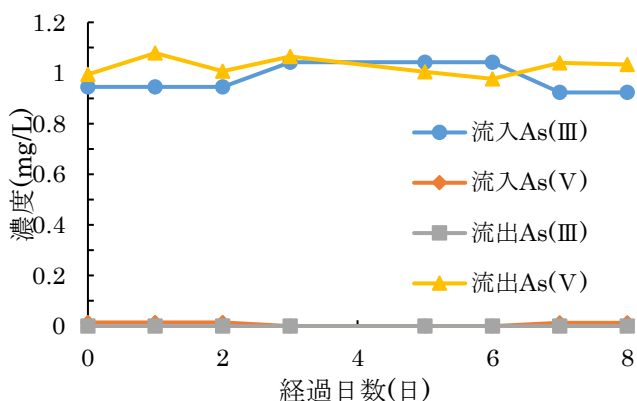


図-5 酸化実験における As の濃度変化

3.3 連続除去実験における As の濃度変化

連続酸化実験より As が十分酸化されていることを確認した後、鉄溶液を追加した連続除去実験を行った。As の濃度変化を図-6 に示す。9 日目以降は吸着槽を設置し、通過後の As 濃度についても示した。図より実験開始後 4 日間は DHS 流出水の As(V)は安定しなかったが、5 日目以降は安定して除去された。9 日目以降は 9 割以上除去され、As(V)濃度の平均は 0.04 mg/L 程度であった。吸着槽でさらに As(V)が除去され、最終流出濃度は平均 0.02 mg/L で As の水道水水質基準である 0.01 mg/L をわずかに上回った。

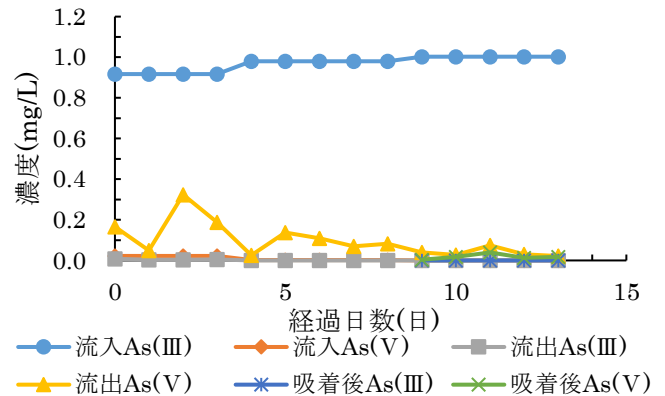


図-6 除去実験における As の濃度変化

3.4 連続除去実験における Fe の濃度変化

連続除去実験における Fe の濃度変化を図-7 に示す。9 日目以降は同様に吸着槽通過後の濃度も示した。流入水の酸化防止処理をしていなかったため、流入の Fe 濃度が安定しなかった。流出部ではほとんどが Fe(III)に酸化され除去されており、9 日目以降は DHS 流出水の Fe 濃度の平均は 0.1 mg/L であり、水質基準の 0.3 mg/L を満たした。吸着槽通過後は濃度が平均 0.06 mg/L に減少して Fe をほぼ除去することができた。

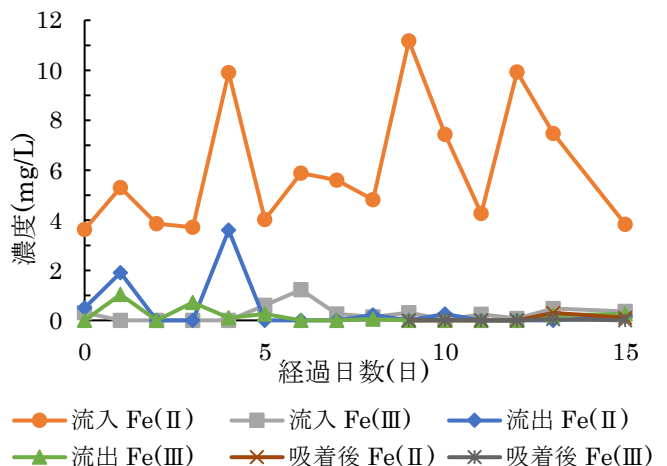


図-7 除去実験における Fe の濃度変化

4. 結果

今回使用した実地下水では As(III)の酸化反応は栄養塩類等を添加せずとも行われ、流入水に Fe(II)を加え、吸着槽を設置することである程度の As 除去が可能であることが分かった。しかし、この実験の条件では As の水質基準をわずかに上回り、As の更なる除去が必要であることが分かった。今後は RT の調整や Fe 溶液の濃度の調整をして更なる As 除去を検討していく予定である。

参考文献

- 1) Weeger et al. *Biometals*, Vol.12, pp.141-149, 1999.
- 2) 石川奈緒ら 農業農村工学会論文集 No.305(85-2), pp.I_169-I_175(2017)