

界面特性を利用した固定化バクテリアによる希薄鉛の選択的除去

早稲田大学 石橋 洋二・所 千晴・佐々木 弘

1. 緒言

現在、微生物等を利用した生物廃水処理技術が公共用水に関して中心的な水質浄化プロセスである。活性汚泥処理等の廃水処理に関する水質浄化技術などで微生物は幅広く利用されている。しかしながら、細菌細胞はただ“小さい”ために、これらの分離や付着固定化は従来困難な技術とされてきた。一方、希薄濃度の重金属含有廃水の処理は困難なプロセスの一つであり、経済的かつ高効率な手法の開発が望まれている。我々はこれまでにコロイド化学的なアプローチから微粒子の界面特性を利用した微粒子分離法を適用し、迅速かつ簡便に固液分離ができることを明らかにしてきた^{1,2)}。

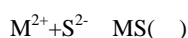
そこで本研究では、金属精錬プロセスの固体廃棄物である繊維状スラグ（FS）を付着担体とした硫酸還元バイオリアクターによる鉛・亜鉛・鉄混合溶液から希薄鉛の選択的除去を試みた。

2. 三叉路型硫酸還元バイオリアクターによる選択除去試験

2-1. 実験概要

本研究では、先述のFSを用いた細菌の効率的な付着固定化手法を嫌気性細菌である硫酸還元菌（Sulfate Reducing Bacteria, SRB）に適用し、FSを付着担体とした硫酸還元バイオリアクターによる低濃度重金属廃水処理を試みた。

スラグ繊維を付着担体としたSRB槽内において、原水中の SO_4^{2-} は嫌気条件下で S^{2-} に還元される。一般に重金属イオン M^{2+} は生成した S^{2-} イオンによって難溶性硫化物沈殿MSを生成する。



ここで生成した微粒沈殿MSは微粒子回収槽において固液分離され、処理が達成される。最終的に金属を回収したFSを金属精錬工程に戻すことで金属は回収、FSは再利用が可能であり、資源循環という観点においても廃棄物を産出しない理想的なプロセスの構築が期待できる。

本発表では、三叉路型硫酸還元バイオリアクターによる鉛含有模擬廃水を連続処理した結果について報告し、希薄鉛の選択的除去の可否および共存系での処理特性を検討する。また、水理的滞留時間（HRT）を変化させたことによる処理効率を検討する。

キーワード 硫酸還元菌、バイオリアクター、嫌気性処理、スラグ、重金属、廃水処理

連絡先 〒160-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻

2-2. 実験方法

本研究では、硫酸還元菌の有機炭素源であるEthanolと硫酸イオンを含有した基質溶液と鉛含有模擬廃水を別々に掛け、三叉路型のバイオリアクターを組み立てた。Fig.1に本研究で用いた硫酸還元バイオリアクターの模式図を示す。

内径46mm、長さ220mmと内径26mm、長さ385mmの2種類のアクリルカラムを硫酸還元菌付着固定槽と生成微粒子回収槽に用い、その担体としてFe-Niスラグウール（FS、大太平洋金属（株））を充填し、固定床型装置を作成した。前者のカラムにはSRBを付着固定化したFSを、後者のカラムには水酸化アルミニウムにより表面処理したFSを充填した。各槽の直前には原液中に含まれるSSを除去する為、長さ130mmのアクリルカラムにスラグウールを充填したSS除去槽を設けた。

鉛含有模擬廃水は Pb^{2+} :1mg/L、 Zn^{2+} :5mg/L、 Fe^{2+} :20mg/Lの3種の重金属含有模擬廃水であり、硫酸還元菌付着固定槽における水理的滞留時間（HRT）1.79時間で44日間、0.94時間で15日間定流量ポンプにて原水を流入させ連続運転した。経日的に原水および処理水のpH、ORP、TOC（全有機体炭素測定装置）、 SO_4^{2-} 濃度（イオンクロマトグラフィ）、 S^{2-} 濃度（硫化物イオン選択性電極）、各重金属イオン濃度（ICP-AES）を測定した。

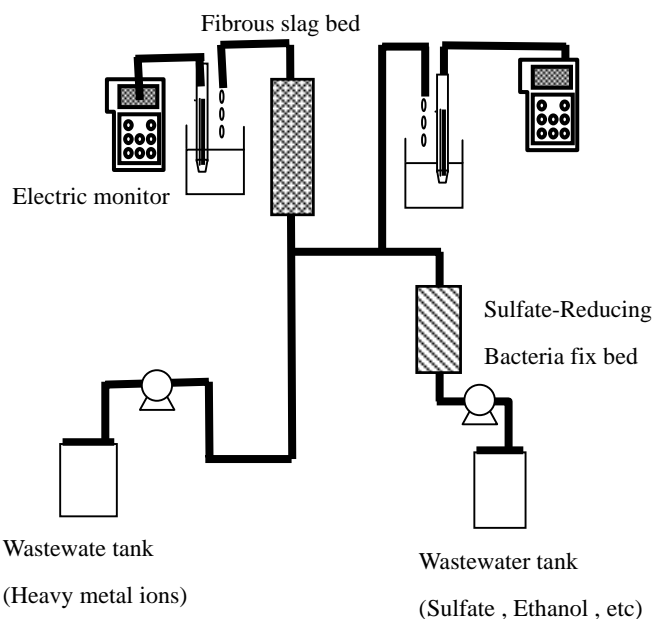
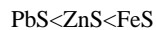


Fig.1 Schematic illustration of bioreactor used in the experimental

2-3. 実験結果及び考察

本実験におけるHRT1.79時間と0.94時間の実験結果は、ほぼ同様の傾向を示したので、便宜的にHRT1.79時間のみを示す。

Fig.2, 3にPb, Zn濃度の経日変化を示す。Fig.4にTOCの経日変化を、Fig.5にORPと重金属除去率の関係を示す。運転開始時よりPbの処理は安定し、44日間の処理においてほぼ100%の除去率を達成した。Znは運転開始から16日目まで安定な処理が行なわれていた。また、有機炭素源の添加量を調整することにより生物反応量を制限したところ、微粒子回収部分では黒色、白色の沈殿物が確認された。共存イオンの硫化物の溶解度積は



であるので、これらの沈殿物はそれぞれPbS, ZnS沈殿であると考えられる。これらの検討から、共存系においてはSRBの活性を制御することにより共存成分系からの重金属の選択的回収が可能であることが示唆された。また、本実験においてのHRTの変化では殆ど処理特性に変化がみられなかった。

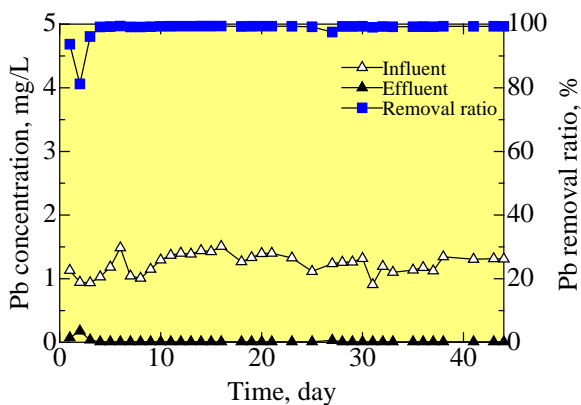


Fig.2 Time course of Pb concentration

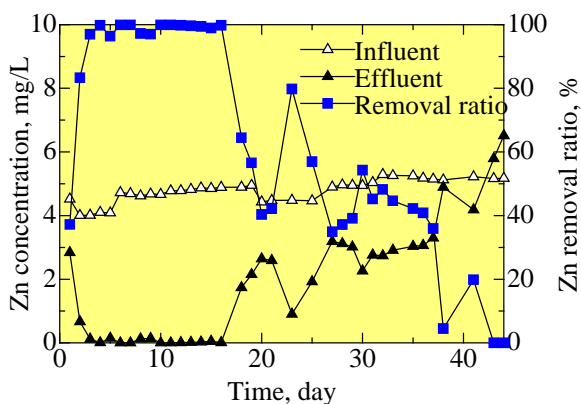


Fig.3 Time course of Zn concentration

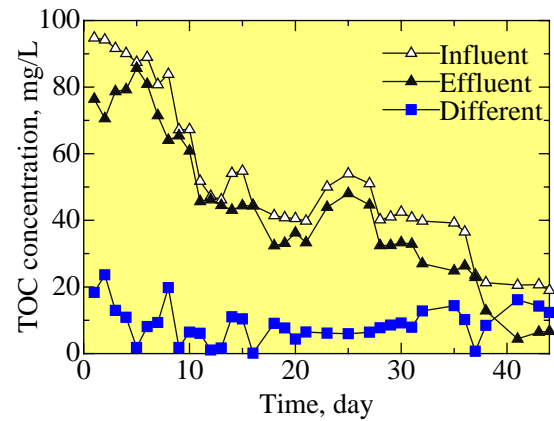


Fig.4 Time course of TOC concentration

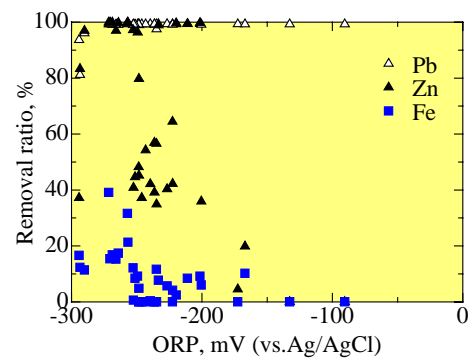


Fig.5 Relationship between ORP and Removal ratio

3. 結言

以上のように、本研究では三叉路型の硫酸還元菌を利用したバイオリアクターにより、従来困難であった希薄重金属含有廃水に対して有効な処理が行なわれることが実証された。また、有機炭素源の添加量を調整し硫酸還元菌の活性を制御することにより、共存成分系からの希薄鉛の選択的回収除去が可能であることも示された。

このように、産業廃棄物であるFSを用いることにより、環境負荷の低い簡便かつ迅速な処理が期待できるため、次世代に相応しい低濃度重金属含有廃水の処理が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) H. Hayashi and H. Sasaki : Shigen-to-Sozai ,**115**(1999) , 17-23
- 2) H. Hayashi, T. Nihei, H. Seiki, S. Tsuneda, A. Hirata and H. Sasaki: Shigen-to-Sozai, **120**(2004), 54-59