

1. はじめに

近年、様々な高濃度産業廃水への嫌気性水処理適用の研究がなされている。産業廃水を処理する場合、阻害物質の存在が問題となるが、硫酸イオンはその代表としてあげられる。硫酸イオンは、硫酸還元菌により硫化水素へと還元され、メタン生成菌活性を阻害する。従来、硫化水素による阻害を回避するためには、2相式リアクタを用い、酸生成相で発生した硫化水素を減圧脱硫した後、メタン生成を行う方式などをとっていた。しかし、この方法では、装置全体のフローが複雑となる他、リアクタの維持管理が複雑になるなどの問題があった。そこで、報告者らは、リアクタ上澄液を、発酵ガスでバブリングし、硫化水素をストリッピング除去する方法を考案し、その効果について検討したので報告する。

2. 実験

2.1 実験装置

装置のフローを図1に示した。図中点線線内がストリッピング装置の系である。本装置では、リアクタ気相部の発酵ガスを、ミストセパレータで水分を除去し、脱硫塔で硫化水素を除去した後、リアクタ上澄液に発酵ガスを吹き込み、硫化水素のストリッピング除去を行う。リアクタには、担体1g当たり菌体224mg-VSS付着したものを、リアクタ有効容積(1.8ℓ)の45%充填し、循環流量400ml/分で運転した。実験に用いた廃水は、醸造および製薬工程の総合廃水をベースにし、実験条件に応じて硫酸ナトリウムを添加した。

2.2 実験方法

(1) 水処理特性に及ぼす操作条件の影響

原水TOC濃度450mg/ℓ、TOC負荷1.5kg/m³/日で、ストリッピングを行わない系では、TOC/SO₄²⁻比(T/S比)を11.3から1.9(SO₄²⁻=40~240mg/ℓ)まで、ストリッピングを行う系では、T/S比を1.5から0.05(SO₄²⁻=300~9000mg/ℓ)へと段階的に減少させて、その間のTOC除去率などの測定を行った。

次に、原水TOC濃度450mg/ℓ、TOC負荷1.5kg/m³/日で、ストリッピング風量/原水投入量比を225~10まで減少させて、その間のTOC除去率などの測定を行った。

(2) 水処理特性、菌体活性におよぼす硫化水素の影響

原水TOC濃度1160mg/ℓ、TOC負荷6kg/m³/日、T/S比を1から0.1まで段階的に減少させ、ストリッ

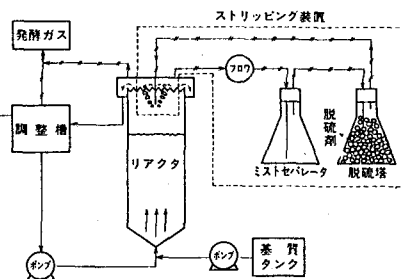


図1 実験装置

ピング風量/原水投入量比25で運転した。その際に、TOC除去率などの測定を行った。また、パイアル実験により、酢酸資化性メタン生成菌、水素資化性メタン生成菌、酢酸資化性硫酸還元菌の活性を測定した。

3. 結果と考察

3.1 水処理特性におよぼす操作条件の影響

TOC除去率におよぼすT/S比の影響を図2に示した。ストリッピングなしの場合、T/S比を11.3から1.9まで減少させたところ、はじめTOC除去率が70%程度あったものが、T/S比1.9では、13%にまで低下した。一方、ストリッピング風量/原水投入量比225で硫化水素除去を行った場合、T/S比が0.07程度まで良好な水処理が行え、TOC除去率は、75%程度であった。しかしながら、T/S比0.05では、TOC除去率が48%に低下した。

次に、ストリッピング風量/原水投入量比を225から10に段階的に下げたときのTOC除去率の変化を図3に示した。ストリッピング風量/原水投入量比を下げててもTOC除去率は、ほとんど低下せず、およそ70%程度であった。これらから本実験に用いたリアクタでは、ストリッピング風量/原水投入量比が10程度あれば良好な水処理が可能であると考えられる。

3.2 水処理特性、菌体活性におよぼす硫化水素の影響

次に、本実験系において有機物がどのように除去されているかを推測するため、TOC負荷 $6\text{kg}/\text{m}^3/\text{日}$ で、T/S比を1から0.1に段階的に下げ実験を行った。そのときの溶存硫化水素濃度とTOC除去率の関係を図4に示した。溶存硫化水素濃度の上昇に伴いTOC除去率が低下し、溶存硫化水素濃度 $31\text{mg}/\text{l}$ で、TOC除去率57%であった。また、原水の硫酸イオン濃度を高くしていくと処理水pHが高くなり、T/S比1のとき7.5であったが、T/S比0.1のときには8.1になった。この処理水pHの上昇は、原水に硫酸ナトリウムを添加しているためと考えられる。従って、このTOC除去率の低下は、溶存硫化水素の他にpHの影響も加味されたものと考えられる。

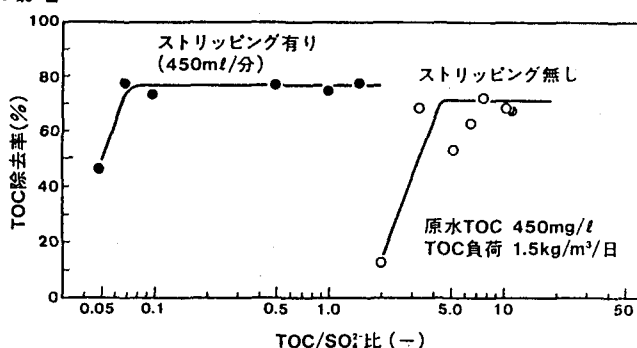


図2 TOC/SO₄比によるTOC除去率への影響

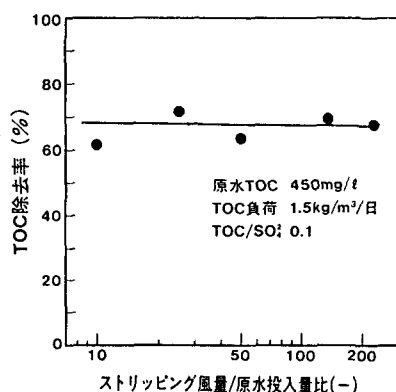


図3 ストリッピング風量/原水投入量比によるTOC除去率への影響

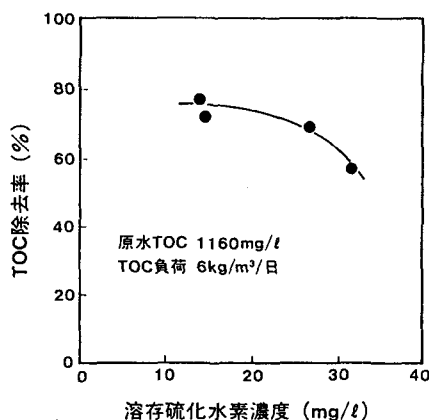


図4 溶存硫化水素によるTOC除去率への影響

次に、この実験期間中における投入炭素当たりのガス発生量と溶存硫化水素濃度との関係を図5に示した。投入炭素当たりのガス発生量は、溶存硫化水素濃度に対して直線的に減少し、溶存硫化水素濃度31mg/ℓのとき、0.47ℓ/g-Carbonであった。また、実験期間中を通して発生ガス中のメタン濃度は約90%であった。ここで、発生ガスに占めるメタン濃度が高いのは、処理水pHが高いために発生ガス中の二酸化炭素が重炭酸イオンとして処理水中に残ってしまうためと発生ガス中の硫化水素を脱硫剤で除去したためと考えられる。

図6にT/S比1および0.1のときの各菌体活性と溶存硫化水素濃度との関係を示した。

実験中硫酸還元菌の活性はほとんど変化なかったが、水素資化性メタン生成菌の活性低下が著しく、88%の活性低下がみられた。また、酢酸資化性メタン生成菌も62%の活性低下がみられた。これらメタン菌群の著しい活性低下は、溶存硫化水素および高いpH環境によるものと考えられる。

以上の結果から、リアクタ内において、有機物はメタン発酵反応だけでなく硫酸還元反応によっても除去されていることが推測された。そこで、実験期間中における硫酸イオンの利用率からメタン発酵反応および硫酸還元反応に流れた炭素源の割合を推算した。その結果、T/S比1のときに硫酸還元反応に流れた炭素源は、わずか10%程度であったものが、T/S比0.1のときには、60%にまで増加していることがわかった。

4. 結論

高濃度硫酸イオン含有廃水の嫌気性水処理において、硫化水素のストリップング除去を行わない場合、T/S比が2程度を下回ると、水処理特性が悪化したが、ストリップングを行うことでT/S比0.1~0.07程度まで良好に水処理が行えた。また、ストリップング風量/原水投入量比は10程度あれば充分な水処理が行えた。しかしながら、T/S比が0.1以下になると炭素源の60%以上が硫酸還元反応に流れてしまうことが推測された。

5. 参考文献

- 1) 小林ら，第25回水質汚濁学会予稿集，p480 (1991)
- 2) 小林ら，第26回日本水環境学会年会講演集，p406 (1992)
- 3) 小林ら，第27回日本水環境学会年会講演集，p484 (1993)

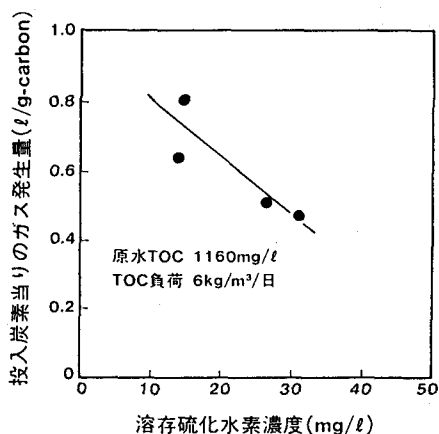


図5 溶存硫化水素による投入炭素当たりのガス発生量への影響

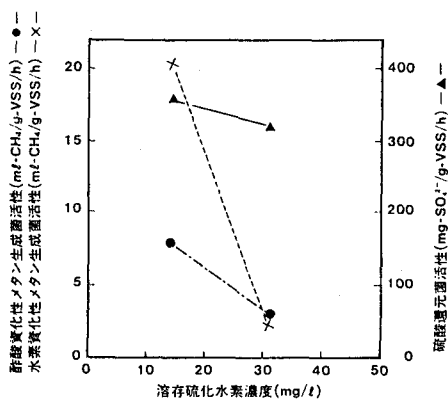


図6 溶存硫化水素による菌体活性への影響