

B-26 嫌気的環境下における 硫黄還元及び酸化現象の発見

○ 小野心也^{1*}・Tshering Tashi¹・高橋優信¹・幡本将史¹・中村明靖¹・
川上周司²・山崎慎一³・荒木信夫⁴・原田秀樹⁵・山口隆司¹

¹長岡技術科学大学大学院 環境システム工学専攻 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1)

²阿南工業高等専門学校 建設システム工学科 (〒884-0017 徳島県阿南市見能林町青木265)

³高知工業高等専門学校 環境都市デザイン工学科 (〒783-8508 高知県南国市物部乙200-1)

⁴長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒940-8532 新潟県長岡市西片貝888)

⁵東北大学大学院 土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区6-6-06)

*E-mail: slm0622@yahoo.co.jp

1. はじめに

我々の研究グループでは、低温環境下でも有機物分解能を維持することが可能な硫酸塩還元細菌を利用した排水処理システムを考案している。本研究では、硫酸塩還元細菌を活性化させた UASB (up-flow anaerobic sludge blanket) リアクター (以下、UASB と称す) を用いて都市下水の連続処理を行ったところ、硫酸塩の還元反応により生成された硫化物が嫌気的環境下である UASB 内で酸化され、硫酸塩に再生する現象が確認された。このように電子受容体が不明な条件における硫黄の酸化現象については、これまで下水処理 UASB において数例報告があるが詳細はわかっていない。

本研究では、流入硫酸塩濃度が低い下水処理 UASB に硫酸ナトリウムを添加することで、UASB において確認された嫌気的環境下における硫黄還元及び酸化現象を再現し、その調査を行った。

2. 実験方法

(1) 実験装置

図1は実験装置の概略図を示す。UASB (高さ4.7 m, カラム内径0.56 m, 全容積1178 L)は都市下水処理場に設置し、スクリーン通過後の実下水を供給した。UASB のHRTは8時間とした。供給する下水には硫酸ナトリウム水溶液を50～150 mg-S/Lの範囲で添加した。植種汚泥は、中温下水消化汚泥を用いた。運転は無加温で行なった。運転RUNは、硫酸ナトリウム添加前をRUN1 (0-97日目)、添加後をRUN2 (98-308日目)とした。

(2) 分析方法

水温、pH、酸化還元電位 (ORP)、溶存酸素 (DO) の測定は、現場で行なった。硫化物、硫酸塩、溶存メタン分析用の試料採取は、スポットサンプリングにより行なった。その他の水質分析用の試料採取は、24時間のコンポジットサンプリング (4℃保存) で行なった。硫化物の測定は下水試験方法に準じて行なった。硫酸塩の測定はイオンクロマトグラフィー (Shimadzu HPLC CDD-10A) を用いた。CODの測定は

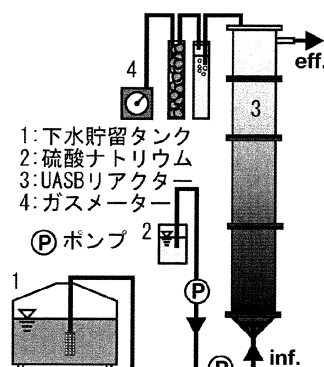


図1 実験装置概略図

重クロム酸カリウム法とした。UASBのガス生成量は水上置換法により連続的に記録し、ガス組成の測定にはガスクロマトグラフィー (島津, GC-8AIT) を用いた。

3. 実験結果

(1) 処理水質

図2はUASBにおける (A) 流入下水水温、(B) 硫酸塩濃度、(C) 硫化物濃度、(D) 全COD濃度、(E) メタン生成量、(F) プロファイルにおける硫酸塩還元量と硫黄酸化量の経日変化を示す。RUN 2における硫酸塩濃度は流入下水で平均 81 ± 32 mg-S/L、UASB処理水で平均 65 ± 37 mg-S/Lとなった (図2 (B))。硫化物濃度は流入下水で平均 1 ± 2 mg-S/L、UASB処理水で平均 25 ± 8 mg-S/Lとなった (図2 (C))。硫酸塩還元が進行すれば継続的な硫酸塩の除去が見られるはずだが、RUN 2において流入下水とUASB処理水の硫酸塩濃度に大きな差は見られなかった。これはUASB内での硫酸塩還元、硫黄の酸化現象が生じたためであると考えられる。硫酸塩添加後、硫酸塩還元量と硫黄酸化量は増加し、運転255日目には硫酸塩還元に伴い生成された硫化物は流出までに流入と同程度にまで再生された (図2 (F))。

メタン生成量は硫酸塩添加前で平均 145 ± 28 mg-COD/L, 添加後は平均 58 ± 39 mg-COD/Lとなった(図2(E)). メタン生成量は流入下水の水温の低下と共に減少し, 15°C 以下ではメタンガス生成量は平均1 mg-COD/Lとなった. 本UASBは, 低温環境下ではメタン生成古細菌よりも硫酸塩還元細菌が優先的にCOD除去を担っていた.

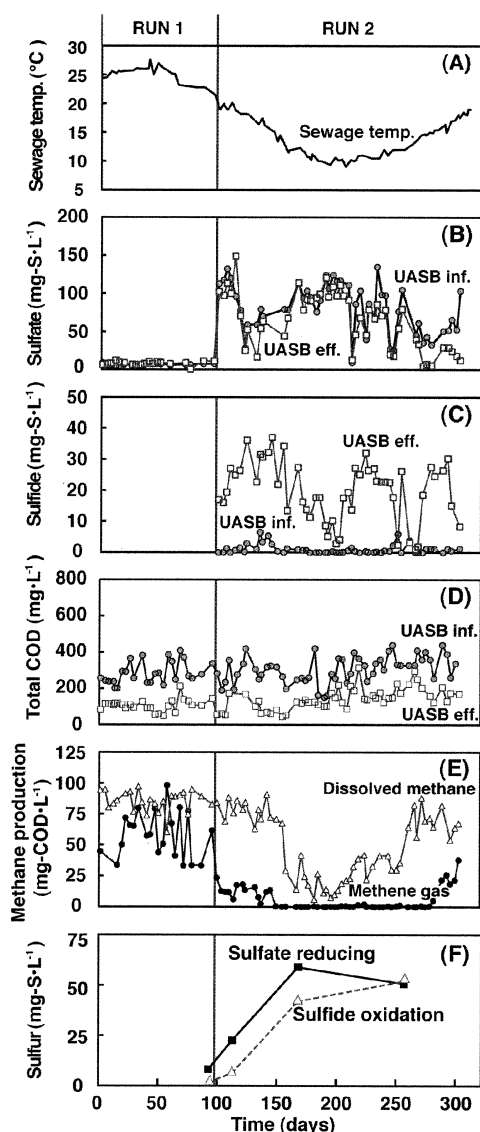


図2 UASBにおける処理水質の経日変化
(A) 流入下水水温, (B) 硫酸塩濃度
(C) 硫化物濃度, (D) 全COD濃度,
(E) メタン生成量, (F) プロファイル
における硫酸還元量と硫酸酸化量

(2) UASB基軸高さ方向の水質プロファイル

図3はUASBの基軸高さ方向の水質プロファイルの結果を示す. 運転92日目, 運転112日目の水質プロファイルでは顕著な硫酸塩還元及び酸化現象は確認されなかった. その後, 運転167日目のプロファイルにおいて硫酸塩還元及び酸化現象が確認された. 検水からは電子受容体となるDO, 硝酸態窒素, 亜硝酸態窒素は何れも検出されなかった. UASBに流入した硫酸塩92 mg-S/Lは, リアクター高さ1.5 mで33 mg-S/Lにまで還元された. その後, 硫酸塩還元に伴い生成された硫化物が高さ2.5 mより上部で酸化され, UASB処理水において75 mg-S/Lにまで硫酸塩に再生された. 運転255日目のプロファイルにおいても硫酸塩還元及び酸化現象が確認され, 流入した硫酸塩69 mg-S/Lは19 mg-S/Lまで還元された後, 流出までに流入と同程度の硫酸塩濃度(71 mg-S/L)にまで酸化された. 硫酸還元及び酸化が確認された位置のORPはいずれも -300 mV以下であり, pHは $7.0 \sim 7.3$ と中性付近であった.

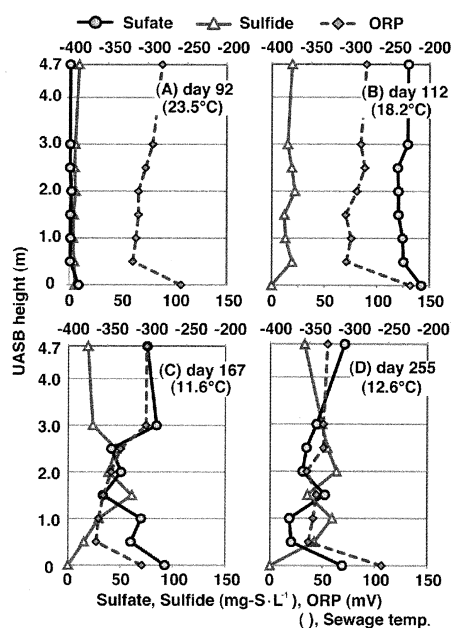


図3 UASB 基軸高さ方向の水質プロファイル
(A) day 92, (B) day 112,
(C) day 167, (D) day 255

4. まとめ

硫酸ナトリウムを添加した下水処理UASBの運転により, UASB内での硫酸塩還元と硫化物の酸化が確認され, その位置のORPはいずれも -300 mV以下であり, pHは $7.0 \sim 7.3$ と中性付近であった.

メタン生成量は流入下水の水温の低下と共に減少した. 本UASBは, 低温環境下ではメタン生成古細菌よりも硫酸塩還元細菌が優先的にCOD除去を担っていた.