

## ラボスケール UASB リアクター内における嫌氣的硫黄酸化反応の再現性評価

長岡技術科学大学大学院 ○(学) 塩澤大和, TRAN THI THANH THUY,  
牧慎也, (正) 幡本将史, (正) 山口隆司  
高知高専 (正) 山崎慎一, 長岡高専 (正) 押木守, (正) 荒木信夫

### 1. はじめに

本研究では、硫酸塩還元細菌が低温環境下でも有機物分解能力が維持される点に着目し、上昇流嫌気性汚泥床法(UASB)を主とした硫黄の酸化還元サイクルを活性化した廃水処理プロセスの開発を行ってきた。これまでの一連の研究において、都市下水を処理するUASBリアクター内で嫌氣的硫黄酸化現象が確認されている<sup>1)</sup>。この嫌氣的硫黄酸化現象は、リアクター底部において硫酸塩還元反応により還元された硫酸塩が、再び酸化されてリアクター上部で生成される現象である<sup>1)</sup>。嫌氣的硫黄酸化反応の発生メカニズムを解明するため、これまで研究結果から、下水を処理するUASBリアクター内の水温が17℃以下であり、pH 8.0付近および酸化還元電位(ORP) -200~-300mV付近で嫌氣的硫黄酸化反応が発生すること、供給基質に乳酸および硫酸塩を用いた模擬廃水を使用することで嫌氣的硫黄酸化反応が発生することが分かっている<sup>2,3)</sup>。しかし、嫌氣的硫黄酸化反応は非常に不安定であり、嫌氣的硫黄酸化反応の再現性を検討した研究は今までにない。そのため、この反応の確証を得ることができていない。

本研究では、これまでの研究で見出された嫌氣的硫黄酸化反応が発生した条件を参考に、複数のリアクターを同時に運転し、嫌氣的硫黄酸化反応が起こり得るか再現性を評価した。

### 2. 実験方法

図-1に示すUASBリアクターを15℃の恒温室内に5本設置し、UASB 1~5とした。各UASBリアクターは、同一の寸法で設計し、その有効容積は7.6 L、内径は75 mm、高さは1.5 mとした。水理学的滞留時間は8 hとした。サンプリング用ポートを高さ方向に0.15 m毎に8箇所設置し、Port 1~8とした。植種汚泥には下水処理UASBリアクターのグラニュール汚泥を用いた。基質は、2つのタンクから各UASB 1, 2およびUASB 3, 4, 5に流入する設計とした。供給基質の有機物源には、乳酸ナトリウム(300 mg COD<sub>Cr</sub>・L<sup>-1</sup>)を使用し、硫黄源には硫酸ナトリウム(1.5 mM)を用いた。緩衝剤には重炭酸ナトリウム(30 mM)を使用した。各々のUASBリアクターに対して高さ方向のプロファイル分析を行った。分析

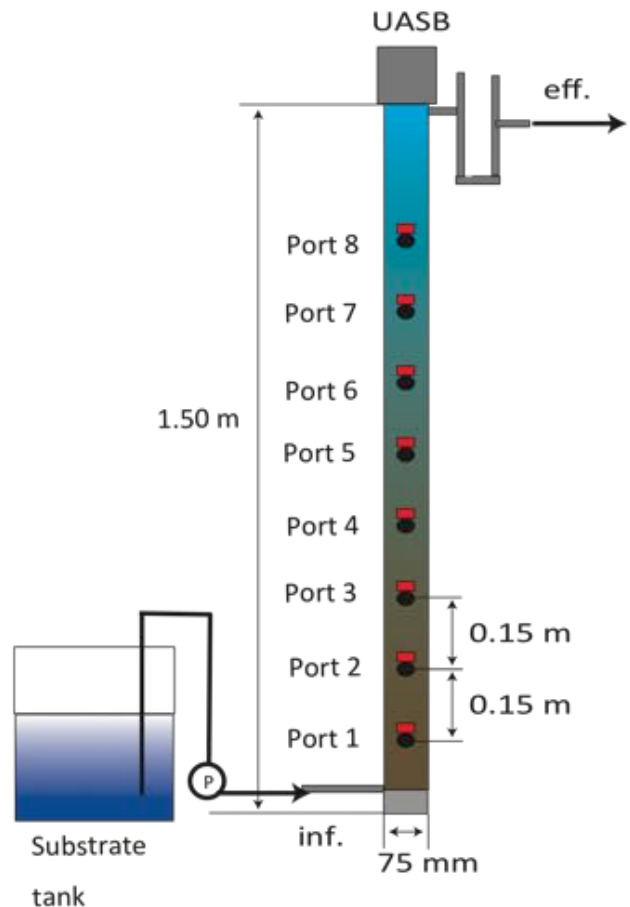


図-1 乳酸模擬廃水処理ラボスケールUASBリアクター概略図

項目は水温、pH、ORP、硫化物濃度、硫酸塩濃度とした。水温、pH、ORPは現場にて計測した。硫化物濃度は、下水試験方法<sup>4)</sup>に準拠し、ヨウ素滴定法により測定した。硫酸塩濃度は、イオンクロマトグラフ(LC-20-ADsp, Shimadzu)を用いて測定した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3-1. pH, ORPの経日変化

図-2にUASBリアクター流入水、処理水の経日変化を示す。流入水のpHはUASB 1, 2において $8.6 \pm 0.22$ , UASB 3, 4, 5において $8.7 \pm 0.23$ を示した。また、処理水pHはUASB 1, 2において $8.1 \pm 0.19$ , UASB 3において $8.2 \pm 0.20$ , UASB 4において $8.2 \pm 0.22$ , UASB 5において $8.1 \pm 0.21$ を示した(図-2

キーワード UASB, 硫酸塩還元, 嫌氣的硫黄酸化

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系 水圏土壌環境研究室  
TEL. 0258-47-1611 (内線 6646) E-mail: s133277@stn.nagaokaut.ac.jp

(A). 処理水のORPはUASB 1において $-223 \pm 30$  mV, UASB 2において $-236 \pm 30$  mVであった. また, UASB 3において $-232 \pm 30$  mV, UASB 4において $-235 \pm 28$  mV, UASB 5において $-240 \pm 24$  mVを示した(図-2(B)).

これらの結果は, これまでの研究で報告されてきた嫌氣的硫酸化反応発生時の条件とほぼ同様である.

### 3-2. 高さ方向の水質プロファイル分析

図-3に高さ方向の硫酸塩濃度および硫化物濃度のプロファイル分析結果を示す. 代表的なデータとしてUASB 1, 2について示す. 水質プロファイル分析はUASB 1では運転219日目, UASB 2では運転223日目にそれぞれ行った. UASB 3では運転228日目, UASB 4では運転236日目, UASB 5では運転240日目にそれぞれ行った.

高さ方向のプロファイルの結果, 高さ0.45 m以下において, 供給した硫酸塩濃度が減少すると同時に硫化物が生成される現象が全てのUASBリアクターで確認された. このことから, 硫酸塩還元反応により, 硫酸塩が消費され, 硫化物が生成したことが考えられた. リアクター内で確認された最大の硫酸塩還元率は, UASB 1で81%, UASB 2において98%であった. さらに, UASB 3において100%, UASB 4において97%, UASB 5においては99%であった. UASB 1では, 汚泥界面を超えた0.90 mから1.05 mまで硫酸塩濃度は増加した. 一方で, UASB 2では, 高さ0.65 mの位置から汚泥界面を超えた1.15 mまで硫酸塩濃度が増加した. 汚泥界面内では, 高さ0.90 mで最大に達した. UASB 1の硫酸塩濃度は, 高さ0.90 mで0.7 mMに増加した. 高さ0.90 mでの硫酸塩濃度は, UASB 2では1.1 mM, UASB 3で0.2 mM, UASB 4で0.3 mM, UASB 5で0.5 mMに増加した. これらの結果から, 乳酸模擬排水処理ラボスケールUASBリアクターにおいて嫌氣的硫酸化反応の再現を確認することができた. この時のUASBリアクター内のORPは $-290 \sim -305$  mVを示し, これまでの研究で報告されてきた嫌氣的硫酸化反応発生時の条件とほぼ同様の結果を示した.

### 4. まとめ

乳酸模擬排水処理ラボスケールUASBリアクターにおいて嫌氣的硫酸化反応の再現性を確認することができた. また, 嫌氣的硫酸化反応は, これまでの研究で報告されたORP値と同様の条件で発生することが確認できた.

### 5. 今後の予定

供給基質条件の違いがUASBリアクターにおける嫌氣的硫酸化反応に与える影響を検証し, 基質特異性を明らかにする予定である.

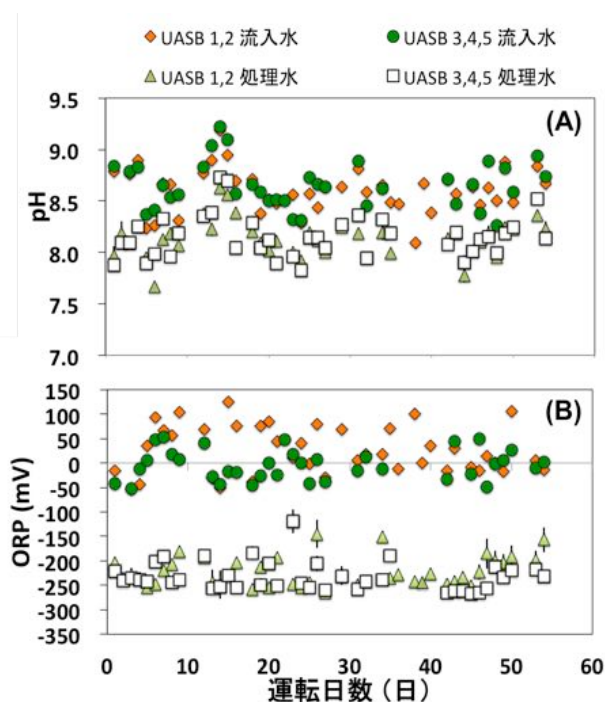


図-2 pH(A), ORP(B)の経日変化

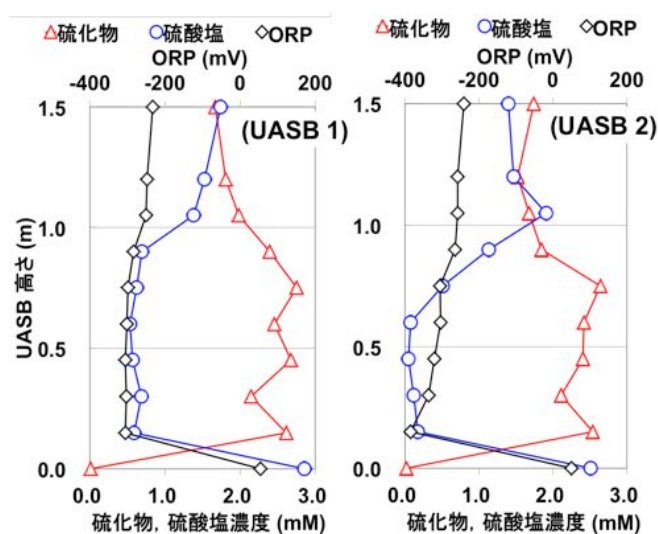


図-3 高さ方向の硫化物・硫酸塩濃度およびORPのプロファイル

### 参考文献

- 1) 角野晴彦ら (2003), 環境工学研究論文集 40, pp.431-440
- 2) 小野心也ら (2012), 第46回日本水環境学会年会講演集 p.476
- 3) THUYら (2014), 第69回土木学会年次学術講演会概要集(CD-ROM) L4438B
- 4) 日本下水道協会 (2012), 下水試験方法 (上巻)