

都市下水を処理する UASB 反応器内の保持微生物評価

呉高専 正 山口隆司 正 市坪 誠 ㈱第一技研 正○ 木村美穂
高知高専 正 山崎慎一 長岡技科大 正 原田秀樹

1 はじめに

日本で多く用いられている都市下水の処理方法は、活性汚泥法等の好気性処理法である。この好気性処理法は、極めて高い処理水を得ることができるが、曝気にかかる電力など多大なランニングコストが必要になると同時に、大量の汚泥を排出するものである。一方、嫌気性処理法は、エネルギー消費量および汚泥排出量を大幅に削減できるうえ、メタンガスという形でエネルギーを回収できる省エネルギーかつ創エネルギー処理法である。嫌気性処理法のひとつに、上昇気流嫌気性スラッジブランケット（UASB）法がある。本法は中・高濃度有機性廃水の処理において高い能力を発揮しているが、都市下水等の低濃度有機性排水に UASB 法を適用した場合の知見が乏しいというのが現状である。そこで本研究では、呉市の下水処理場に UASB を主体とする排水処理システムを設置し、温度制御フリー（無加温）という条件のもとで実際の都市下水を用いて連続運転を行った時の UASB 反応器内保持微生物特性を評価した。

2 実験方法

2.1 実験装置

図 1 は本実験に用いた UASB 反応器の概要図を示す。実験に用いた UASB 反応器は、内径 270mm × 高さ 5000mm の円筒カラムに、本研究室で開発した GSS（気固液 3 相分離装置）を上部に備えた構造である。GSS 部のスカムブレイカーは常時作動させた。

2.2 活性試験

培養汚泥に対してメタン生成活性、および、硫酸塩還元活性を評価した。活性は、いずれも COD 換算として、 $\text{gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ の基準で評価した。この操作は、窒素パージを施す嫌気的環境下で行った。まず、リン酸緩衝液、無機塩、還元剤 ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $250\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)、酸化還元指示薬（レサズリン, $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ）、重炭酸ナトリウム ($1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) から成る培地を作成した。培養汚泥を、培地中で嫌気的に分散処理し、122ml/バイアル瓶に分注した。この時、バイアル内 pH を 7.0 ± 0.1 に調整した。バイアル瓶にテスト基質である酢酸および H_2/CO_2 を添加し、これを 35℃ 恒温ロータリーシェーカーに装着し、バイアル瓶中のガスの量と組成、硫酸塩濃度を経時的に測定した。なお、硫酸塩還元活性を評価する際の、バイアル内液相硫酸塩濃度は、 $300\text{mgSO}_4^{2-} \cdot \text{L}^{-1}$ とした。硫酸塩還元活性は、メタン生成細菌の活性を阻害するために、クロロホルム ($5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) を添加した。

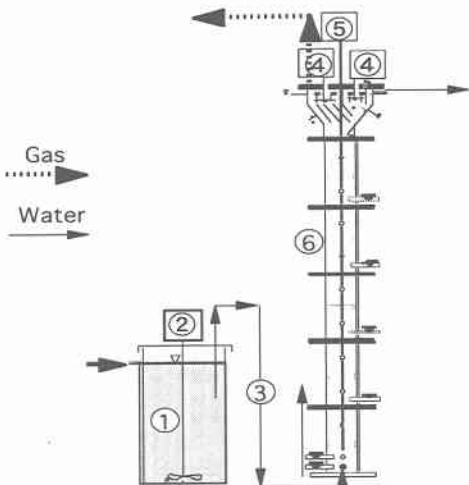
2.3 分析方法

試料は、全成分（Total）および、溶解性成分（Soluble）を測定しており、溶解性成分には遠心分離（15000rpm, 10min, 4℃）したものをを用いた。硫酸塩の活性の測定には、イオンクロマトグラフ（CDD; Shimpack-a1, Col.Temp. 40℃, Potassium hydrogen Phthalate 2.5mM）を用い、生成ガスの測定には、ガスクロマトグラフ（TCD）を、酢酸、プロピオン酸の測定には FID クロマトグラフを用いた。

3 実験結果・考察

3.1 運転状況

サンプルは 16 ～ 17 時の間に採取した。表 1 に UASB 反応器運転状況をまとめた。



① 原水槽 ② 原水搅拌装置
③ 流入ポンプ ④ スカムブレイカー
⑤ 嫌気汚泥搅拌装置 ⑥ UASB 反応器

図 1 UASB 反応器

表 1 運転状況

測定項目	原水	処理水
全 COD 濃度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	315 ± 504	178 ± 674
溶解性 COD 濃度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	178 ± 314	86 ± 258
全 COD 除去率 (%)	37 ± 120	
溶解性 COD 除去率 (%)	60 ± 44	
気温 (°C)	20.6 ± 14.4	
反応器内水温 (°C)	20.5 ± 14.1	
HRT (h)	$3.6 \sim 7.5$	

3.2 反応器高さ方向プロファイル

図2は運転日数165日目のUASB反応器内の高さ方向プロファイルを示す。下水中に含まれる硫酸塩濃度が低減すると同時に、COD_{Cr}が減少していることから、硫酸塩が排水処理に関与していることが分かる。また、COD_{Cr}の内訳として図2-Bに酢酸とプロピオン酸の高さ方向プロファイルを示す。排水分解過程で若干のプロピオン酸の蓄積があるが直ちに分解されている。また、メタン前駆物質の酢酸が、数十mg/Lのレベルで蓄積しているが、流出口までには分解が遂行されている。

3.3 活性試験

図3は酢酸及びH₂/CO₂に対するメタン生成活性を示す。保持污泥の酢酸資化性メタン生成活性はスタートアップ時とほぼ同じレベルであった。また、水素資化性メタン生成活性は約4.5倍になった。図4は酢酸及びH₂/CO₂に対する硫酸塩還元活性を示す。保持污泥の酢酸資化性硫酸塩還元活性は123日目までに約2.5倍になったが162日目には減少し、結果的にスタートアップ時とほぼ同じレベルになった。また、水素資化性の硫酸塩還元活性も123日目までには約3倍になったが162日目までの間に約30%減少し、スタートアップ時と比べると約2.2倍の増加がみられた。

4 まとめ

温度制御フリー（無加温）のUASBを主体とする廃水処理システムを9月上旬にスタートアップし2月まで運転した。その結果以下の知見が得られた。

- (1) 反応器に流入する硫酸塩が高い場合、反応器内で硫酸塩還元菌が活発に有機汚泥分解に寄与する。
- (2) メタン菌としては、水素資化性メタン生成細菌が増殖する。酢酸基質に対して、硫酸塩還元細菌は、メタン生成細菌の約1/3の活性を有した。

【謝辞】研究の場を与えて下さいました呉市建設局下水道部及び関係各位の皆様に深く感謝いたします。また、本研究の一部は、土木学会中国支部から研究活動助成を受けて遂行しました。ここに記して深謝致します。

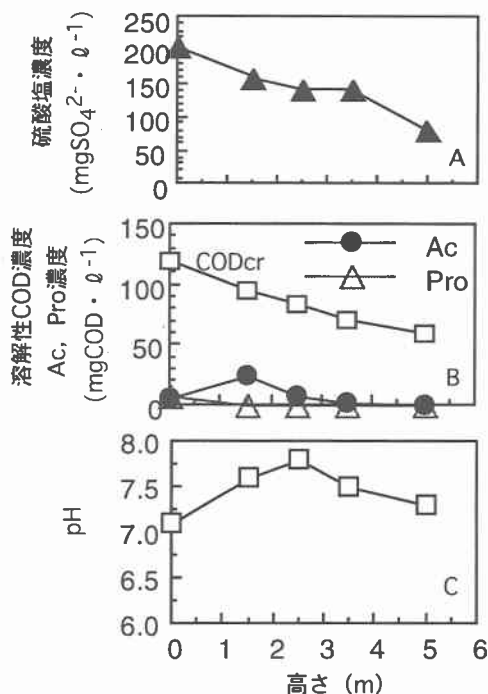


図2 反応器の高さ方向プロファイル

A図：硫酸塩

B図：溶解性COD_{Cr}, 酢酸, プロピオン酸

C図：pH

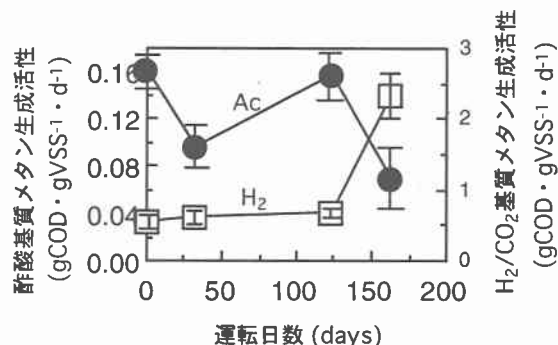


図3 酢酸、水素基質供与メタン生成活性

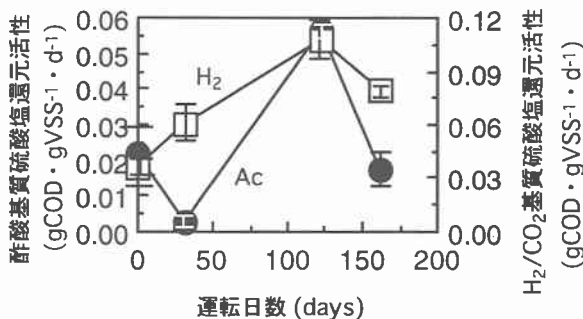


図4 酢酸、水素基質供与硫酸塩還元活性