

都市下水処理を行う嫌気・好気反応槽における硫黄の動態評価

呉高専 正 ○山口 隆司 学 岡本 由美子

高知高専 正 山崎 慎一 長岡技科大 正 原田 秀樹

1 はじめに

本研究室では、都市下水を対象とした排水処理システムの開発をすすめている。本報では、嫌気性上昇流スラッジブランケット (UASB) 反応器と好気性散水ろ床を組み合わせた排水処理システムに実都市下水を供給して連続運転を行ったのでこれを報告する。実験では、特に本システム内での硫黄の動態とそれに関わる微生物について評価を行った。

2 実験方法

2.1 排水処理システム： 図1は、実験に用いた排水処理システムの概要を示す。システムは、前段のUASB反応器と後段の好気性散水ろ床で構成した。前段のUASB反応器は、内径270 mm×高さ5000 mmの円筒カラムで、汚泥攪拌装置と気固液分離装置を備えている。後段の散水ろ床(3槽)は、内径500 mm×高さ1300 mmの円筒カラムにろ材を充填し、散水措置を行った。本システムは広島県呉市広浄化センターに設置し、温度制御フリーの条件で2000年8月から連続運転を行った。また、供給下水は、スクリーン通過後(最初沈殿前)の下水を原水槽に貯留したものをを用いた。

2.2 活性評価試験： 前段UASB反応器の汚泥を用いてメタン生成・硝酸塩還元・硫酸塩還元活性を評価した(試験温度35℃)。また、後段の散水ろ床の培養汚泥を用いて硝化・硫黄酸化活性を評価した(同27.5℃)。

2.3 硫黄の物理化学的变化： 微生物無添加、好気的条件下で、人工培地に硫化物、チオ硫酸、トリチオン酸、テトラチオン酸を各々100 mg S・L⁻¹となるように加え、経時的に硫黄化合物の濃度の定量を行い、硫黄の物理化学的酸化について評価した。

2.4 硫黄の生物学的酸化： 後段散水ろ床から汚泥を採取し、硫黄酸化細菌の集積操作を行った。集積の方法は下水試験方法に従った。人工培地にチオ硫酸を50 mg S・L⁻¹となるように加え、経時的に硫黄化合物の濃度の定量を行い、硫黄の生物学的酸化について評価した。

2.5 分析項目： 硫化物の測定は下水試験方法に従い、その他の硫黄化合物の定量はイオンクロマトによった。

3 実験結果・考察

排水処理システムは、HRT2.1時間(UASB部分のみ)、反応器温度25±5℃の条件で8月から3ヶ月間運転し、その後HTR4.1時間、反応槽温度14±2℃の条件で運転した。

図2は、排水処理システム連続運転における硫黄バランスを、供給下水中の硫黄量を100とする相対比率で示した。流入下水の全BOD濃度は232±52 mgBOD・L⁻¹、硫酸塩濃度は54±11 mgSO₄²⁻-S・L⁻¹であった。硫酸塩濃度が50 mgS・L⁻¹と下水として高い理由には、当該浄化センターが沿岸部にあり海水が下水に流入すること、また工業団地内に位置することがあげられる。流入した硫酸塩はUASB反応槽において硫酸塩還元細菌の働きによって硫化物になった。UASBから流出する硫化物は後段散水ろ床で再び硫酸塩にまで酸化された。以下、連続運転反応槽において硫黄がどのように変化する原因を物理化学的および生物学的観点から評価

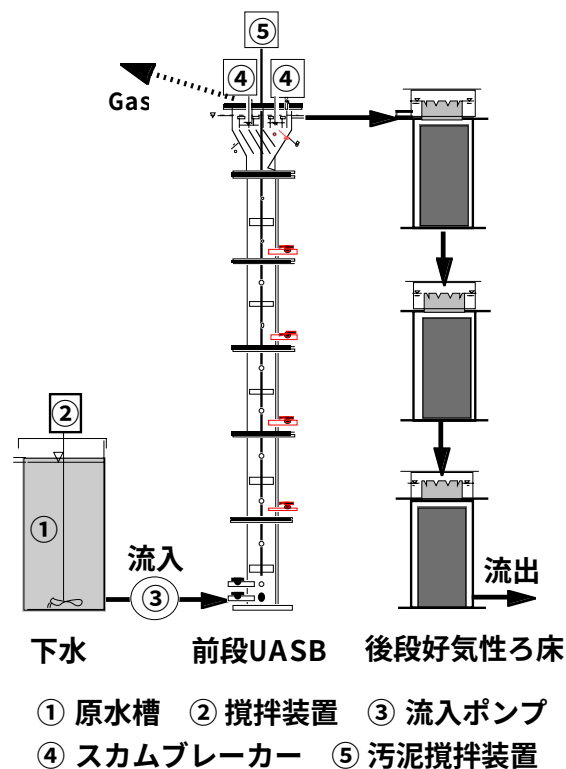


図1 都市下水処理システムの概要

キーワード：都市下水、嫌気好気生物処理、硫黄、硫酸塩還元細菌、硫黄酸化細菌

連絡先：〒737-8506 広島県呉市阿賀南2-2-11 TEL.0823-73-8951 FAX.0823-73-8485

した。

表1は、微生物無添加培地中での各種硫黄の変化について回分試験を行った結果を示す。硫化物は時間の経過に伴い、硫酸塩、チオ硫酸およびその他硫黄に変化することがわかった。また、その他硫黄は、白色の付着物が生成されたことから、元素硫黄と考えられた。チオ硫酸、硫酸塩、テトラチオン酸、トリチオン酸は、24時間後においても変化しなかった。連続実験では、硫化物は検出されたが、チオ硫酸は何れの採取口からも検出されなかった。このことから、後段散水ろ床には、チオ硫酸を酸化する細菌が存在すると考えられた。

表2は、下水処理過程における溶解性コバルト、鉄、銅の濃度を測定したものである。コバルトは、亜硫酸塩を硫酸塩に酸化する過程の触媒の役割を果たすが、 $0.03 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ という濃度はこれを行うために十分なレベルである。このことから下水中の亜硫酸の大半は物理化学的に酸化されたと考えられる。

前段UASB反応器で培養した汚泥の活性を嫌気的条件下でバイアル活性試験で評価した。その結果、メタン生成活性が酢酸で0.09、水素で0.06、硝酸塩還元活性が酢酸で0.06、水素で0.22、硫酸塩還元活性が酢酸で0.09、水素で0.25というレベルとなった（何れも $\text{gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ）。また、後段の散水ろ床で培養した汚泥を用いて、硝化、硫黄酸化活性を評価した結果、それぞれ $0.01 \text{ gN} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $0.07 \text{ gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ であった。このことから、前段後段ともに硫黄関係の微生物が活発に増殖していることが分かった。

図3は、後段散水ろ床から採取した微生物を硫黄酸化細菌の培地（チオ硫酸）で集積した微生物によるチオ硫酸、トリチオン酸、テトラチオン酸の酸化を示す。物理化学的作用では酸化の進まなかったこれらの硫黄化合物は、集積微生物によって最終的に硫酸塩まで酸化された。

4 まとめ

- (1) 前段嫌気・後段好気の都市下水処理システムで、流入下水の $\text{SO}_4^{2-}/\text{BOD}$ 比 (gS/gBOD) が0.23では、硫黄関係の微生物が活発に増殖する。
- (2) 硫化物、亜硫酸は物理化学的作用によって酸化される。一方、チオ硫酸、トリチオン酸、テトラチオン酸の酸化には微生物のはたらきが必要である。これらの働きによって、当該排水処理システムでは、水系の酸素消費原因となる硫化物を後段散水ろ床で消滅することができた。

【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の皆様深く感謝いたします。また、研究に協力頂いた元呉高専環境都市工学科竹林 賢、立花由美子、三浦佑己の各氏に感謝します。

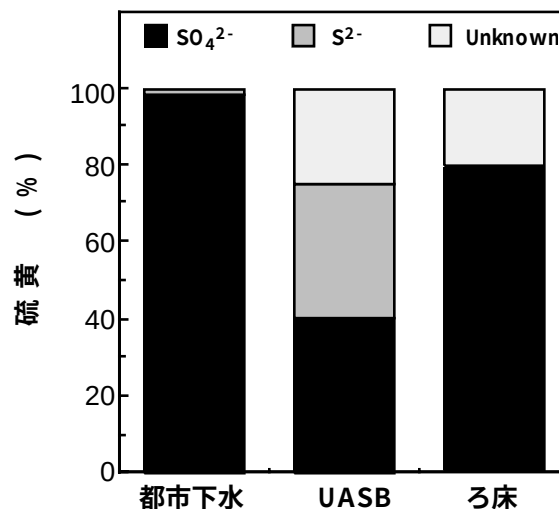


図2 連続運転における硫黄バランス

表1 微生物無添加培地中での各種硫黄の変化

バイアル	硫黄種	開始時	24時間後
No.1	硫化物	67	0
	チオ硫酸	0	9
	硫酸塩	0	9
	その他硫黄	33	82 *
No.2	チオ硫酸	106	109
No.3	トリチオン酸	95	95
No.4	テトラチオン酸	100	102
No.5	硫酸塩	109	102

*開始時濃度に対応するように算出した値。

表2 下水処理過程におけるコバルト・鉄・銅濃度

溶存物質	流入下水	UASB出口	ろ床出口
コバルト	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.01
鉄	0.17 ± 0.09	0.12 ± 0.02	0.09 ± 0.03
銅	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.01

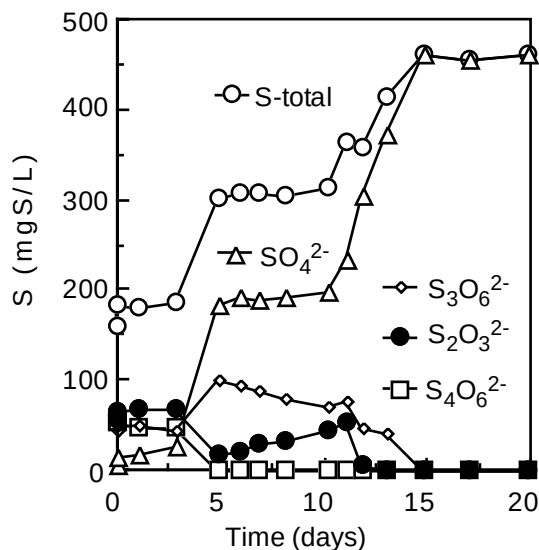


図3 集積微生物による硫黄の酸化