

B-10

硫黄の酸化還元プロセスによる低温排水処理特性

呉工業高等専門学校 ○文後佳久 谷川大輔 山口隆司
 高知工業高等専門学校 山崎慎一 長岡工業高等専門学校 荒木信夫
 長岡技術科学大学 原田秀樹 三機工業（株）長野晃弘

1. はじめに

上昇流嫌気性スラッジブランケット (UASB) 反応器は、活性汚泥法と比較して余剰汚泥の排出が少なく、低コストで運転が行えることから、中高濃度の産業廃水に多くに適用されてきている。しかしながら、都市下水のように、低濃度かつ低温となる排水処理では装置の加温の点から適応が難しいと考えられ、UASB 法を低濃度・低温排水処理に用いた知見は乏しい状況にある。特に、低温環境下においては処理のキー微生物であるメタン生成細菌の活性が低下し、処理プロセスの機能を損なう。そこで本研究では、メタン生成細菌以外の微生物、ここでは硫黄還元細菌および硫酸化細菌に注目し、UASB 反応器とスポンジ充填型散水ろ床を組み合わせた実験装置を用いて、低温廃水の連続処理実験を行い、運転特性および保持汚泥の代謝活性から生態評価を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置

図-1 に実験に用いた低温排水処理プロセスの概要を示す。プロセスの前段は UASB 反応器、後段はスポンジ充填型散水ろ床で構成し、冷蔵庫内に設置した (5℃～15℃で運転)。UASB 反応器は、総容量 10 L (有効容量 7 L、気固液分離装置 3 L) である。HRT の算出はこの 10 L を基準にして行った。散水ろ床はカラム総容量 26 L とし、槽内にはスポンジを充填させた (充填率 50 %)。汚泥沈澱槽の上澄み液を循環比 2 で運転を行った。

人工基質は、低濃度排水を想定しプロピレングリコールを主成分とする CODcr 500 mg/L (BOD200～300mg/L)、 $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ 50 mg/L、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 10 mg/L、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 20 mg/L の組成とした。ただし、硫酸塩の流入濃度は、運転 340 日目に $75 \text{ mgSO}_4^{2-}\text{-S} / \text{L}$ とした。

2.2 活性試験

UASB 反応器のポート 3 (反応器下部より高さ 20 cm) の地点から保持汚泥を採取し、メタン生成活性と硫酸塩還元活性を評価した。リン酸緩衝液と無機塩及び、微量元素を添加した培地を用意し、嫌気的条件下で汚泥混合した。汚泥をバイアル瓶に分注し、そのバイアル瓶を 35℃ 恒温ロータリーシェーカーに装着し

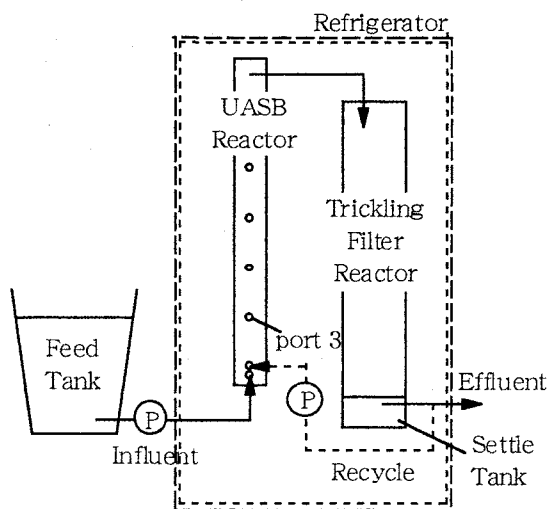


図-1 低温排水処理プロセスの概要図

て、経時的にガス組成、ガス量、濃度を測定して活性を求めた。テスト基質には、酢酸と H_2/CO_2 を用いた。また、チオ硫酸酸化活性は好気性条件下で 27.5℃ ロータリーシェーカーで評価した。

3. 実験結果

図-2 に排水処理プロセスの連続運転特性の結果を示す。UASB 反応器の負荷の増加は、BOD 除去率 80%-90% を目安として行った。運転開始から約 60 日目には処理水 BOD 20 mg/L、除去率約 90 % 程度と安定した処理が行えた。設計 HRT 24 時間では、流入 BOD 250 mg/L が 20 mg/L まで処理できた。さらに、HRT 12 時間に短縮して運転を行ったところ、処理水 BOD 30 mg/L 程度まで低下したが、除去率は 90 % 近くを維持できた。

運転 171 日目から HRT 6 時間、UASB 流入負荷 3.5 kgCOD/m³/day で約 50 日の連続運転を行ったところ、UASB 槽での流入硫酸塩の還元率が 70 % から約 40% まで低下した。この結果、処理水 BOD 100 mg/L 以上と悪化した。そのため、運転 227 日目に HRT を 12 時間に下げて運転を行い、処理水の回復をはかった。一時的に除去率は約 90 % 程度まで回復したが、その後も処理水質は徐々に悪化していった。

処理水質が向上しない理由として有機性成分除去に対する硫酸塩の添加量が少ないことが考えられたため、運転 340 日目（図中に破線で示す）に硫酸塩濃度を 75 mgS/L に増加して運転を行った。この結果、処理水質は徐々に向上していき、最終的に 20 mg/L 以下まで回復した。

図-3 に硫酸塩添加後（運転 340 日目 - 365 日目）の硫黄のバランスを示す。流入した硫酸塩は UASB 流出部において、硫酸塩が 4 割程度まで減少しており、チオ硫酸等の還元性の硫黄の生成が確認された。後段ろ床の流出部では、還元された硫黄のほとんどが再び酸化されていた。

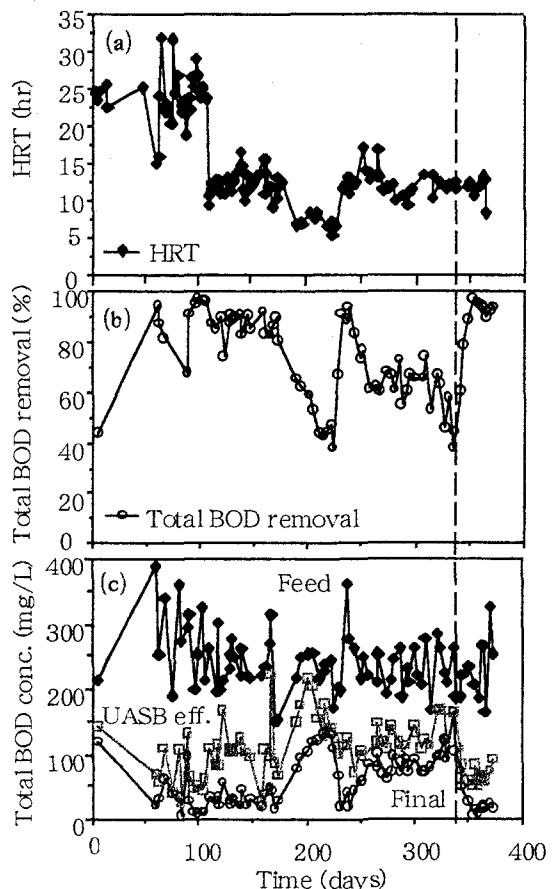


図-2 排水処理プロセスの連続運転特性

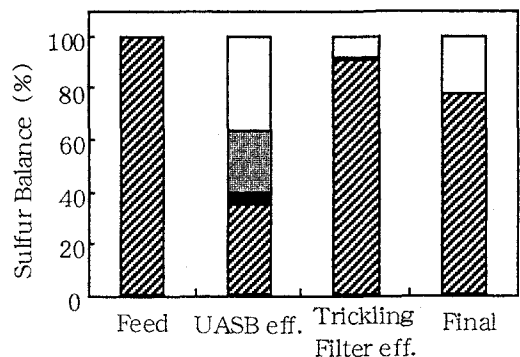


図-3 硫酸塩添加後の硫黄バランス
(運転 340 日目 - 365 日目)

$SO_4^{2-}-S$ $S_2O_3^{2-}-S$ 固形性硫化物
 溶存硫化物 unknown

図-4に運転170日目のUASB保持汚泥の微生物代謝活性を示す。メタン生成菌と硫酸塩還元菌ともに水素基質の活性が高くなった。硫黄酸化活性は硫酸塩還元細菌の活性よりワンオーダー以上高い活性を示した。

図-5に運転315日のメタン生成活性を示す。酢酸基質、水素基質とも菌の増殖が確認できた。170日目の活性と比較して水素酸化性のメタン菌は、50 %程度活性が低下した。酢酸酸化性のメタン菌は同程度の活性を示した。

図-6に運転371日目の低温運転UASB保持汚泥におけるメタン生成活性の温度依存性を示す。酢酸基質、 H_2/CO_2 基質がそれぞれ、35℃付近、40℃付近で高い活性を示した。 H_2/CO_2 基質では、中温メタン菌の最適温度である35℃の活性が高く、45℃では活性が低下した。このことから、中温メタン菌が低温環境下で働いていることが分かった。運転温度である5℃、15℃ではメタン菌の活性は低かった。

4. まとめ

- 1) 流入BOD200～300mg/L、硫酸塩濃度75 mgS/L、HRT 12 h、UASB槽内温度 約10℃の条件下で、BOD除去率90%以上を達成できた。このことから、硫黄還元、酸化のサイクルを利用した低温排水処理が可能であることが分かった。
- 2) メタン生成活性の温度依存性を評価したところ、運転温度である5℃、15℃の温度領域では、活性が抑制され、35℃と比較して、酢酸は約10分の1程度、水素は約70分の1程度の活性レベルであった。

【謝 辞】

本研究は、一部科学研究費補助金を受けて実施しました(課題番号 13555152、研究代表者 山口隆司)。ここに記して深謝致します。

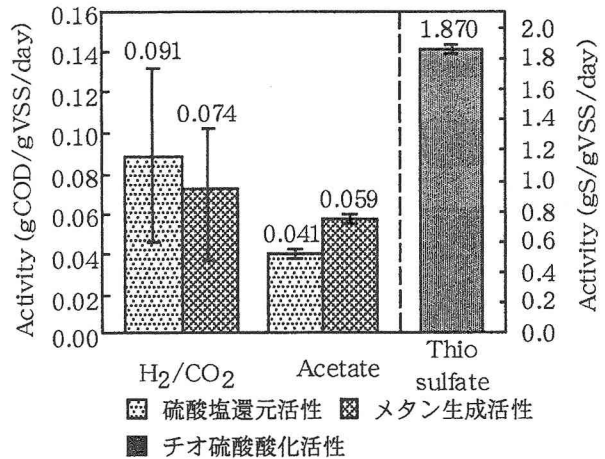


図-4 運転170日目における反応器内保持汚泥の微生物代謝活性

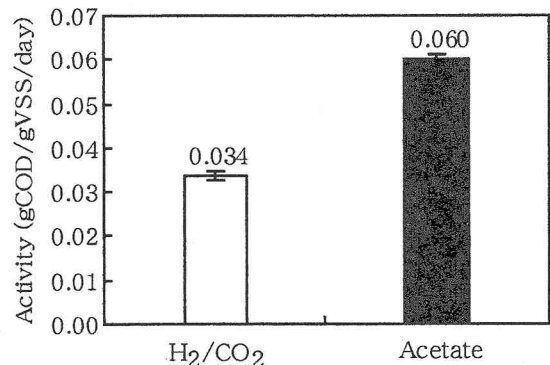


図-5 運転315日目におけるUASB保持汚泥のメタン生成活性

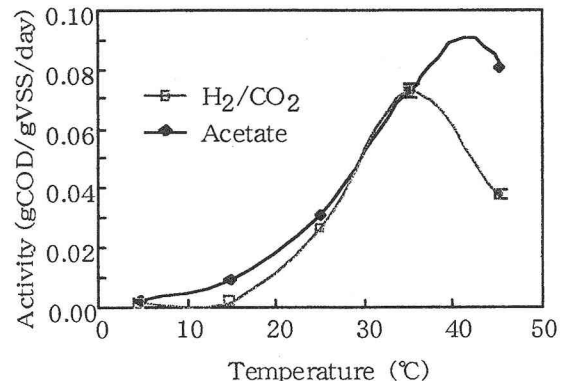


図-6 運転371日目におけるUASB保持汚泥のメタン生成活性の温度依存性