

UASB 槽内での嫌氣的硫黄酸化反応に与える ORP の影響調査および微生物群集構造解析

長岡技術科学大学大学院 ○TRAN THI THANH THUY 大槻洸太 山本将光
中村明靖 幡本将史 山口隆司
長岡高専 荒木信夫 高知高専 山崎慎一

1. はじめに

硫酸塩還元細菌は、メタン生成古細菌と比べ低温環境下でも有機物分解能の低下が少ない。我々は、この点に注目し、硫酸塩還元細菌を活性化した废水处理プロセスの開発を行ってきた。近年、硫酸塩還元反応を利用した下水処理上昇流嫌気性汚泥床 (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket : UASB) 槽内において、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酸化され、硫酸塩が再生する現象が確認された。しかし、UASB 槽内には溶存酸素や硝酸などの電子受容体が存在しないため、この反応は既知の硫黄酸化反応によるものではないと考えられた。これまでの実験により、この反応は酸化還元電位 (Oxidation-Reduction Potential : ORP) が $-350 \sim -250$ mV、 17°C 以下の環境下で進行することが報告されている¹⁾。そのため、ORP と温度はこの反応に重要な要素であると考えられる。

本研究では、硫酸ナトリウムを添加した糖蜜废水处理 UASB 槽において嫌氣的硫黄酸化反応に対する ORP の影響調査および微生物群集構造解析を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置

図-1 は UASB 槽の概略図を示す。UASB 槽 (高さ 1.75 m, 内径 0.10m, 全体容積 13.7 L) は 15°C の恒温室に設置した。水理学的滞留時間 (Hydraulic Retention Time : HRT) は 8 hr とした。供給基質 (流入水) には、密废水の原液 ($\text{COD } 1.08 \times 10^6 \text{ mg/L}$, $\text{NH}_4^+ 729 \text{ mg/L}$, $\text{NO}_3^- 0 \text{ mg/L}$) を COD 300 mg/L 程度、硫酸ナトリウムを 50 mg-S/L 程度になるように調整した。植種汚泥には、嫌氣的硫黄酸化反応を確認した下水処理 UASB 槽のグラニュール汚泥を用いた。運転期間中は、流入水の曝気の有無により立ち上げ期間 (曝気なし : 0-35 日目), Phase1 (基質タンクの曝気あり : 36-224 日目), Phase2 (曝気なし : 225-245 日目) とした。

2.2 分析方法

水温, pH, ORP の測定は、現場で行った。硫化物濃

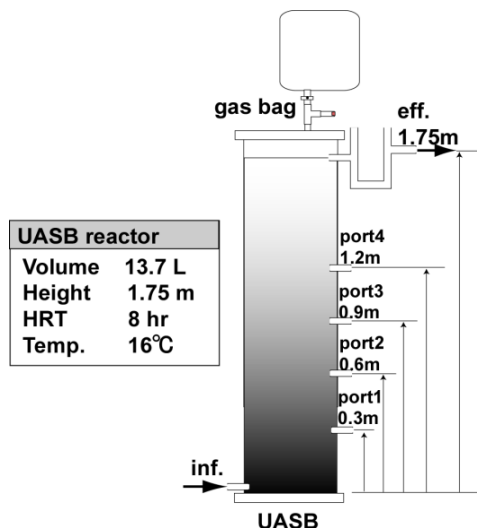


図-1 UASB 槽概要図

度の測定は、下水試験方法²⁾に準拠し、硫酸塩濃度の測定は、イオンクロマトグラフ (LC-20-ADsp, Shimadzu) を用いた。

微生物群集構造の解析には、バクテリアの 16S rRNA 遺伝子を対象とした Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism (T-RFLP) 法を用いた。解析では、蛍光標識したプライマーセット (EUB338f/904rD4) を用いて PCR 増幅を行い、制限酵素 (*Hha* I) により消化した。

3. 実験結果および考察

3.1 UASB 槽内での ORP の影響調査

図-2 は流入水および処理水の ORP, 硫化物および硫酸塩濃度の経日変化を示す。流入水の ORP は、立ち上げ期間で -125 ± 89 mV, Phase1 で 47 ± 72 mV, Phase2 で -208 ± 33 mV であった。Phase1 における流入水の ORP は曝気によりプラスの値となった。処理水の ORP は立ち上げ期間で -256 ± 19 mV, Phase1 で -244 ± 62 mV, Phase2 で -263 ± 18 mV であり、各 Phase において大きな差がなかった。処理水の硫化物濃度は、立ち上げ期間で 39 ± 5 mg-S/L, Phase1 で 7 ± 6 mg-S/L, Phase2 で 20 ± 14 mg-S/L となった。また、処理水の硫酸塩濃度は、立ち上げ期間で 3 ± 3 mg-S/L, Phase1 で 42 ± 13 mg-S/L, Phase2 で 13 ± 7 mg-S/L であった。Phase1 にお

キーワード UASB, ORP の影響, 硫酸塩還元, 嫌氣的硫黄酸化, 微生物群集構造解析

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系

水圏土壌環境制御工学研究室 TEL. 0258-47-1611 (内線 6646) E-mail : s091090@stn.nagaokaut.ac.jp

ける流入水および処理水の硫化物濃度および硫酸塩濃度は大きな変化がなかった。

3.2 UASB 槽基軸高さ方向の水質プロファイル

図-3 は UASB 槽の基軸高さ方向の水質プロファイル結果を示す。運転 155 日目 (Phase1) のプロファイルにおいて硫酸塩還元反応および硫黄酸化反応が確認された。流入硫酸塩 44 mg-S/L は、リアクター0.3 m の高さまでに 6 mg-S/L まで還元した。その後、硫酸塩濃度は、UASB 槽の高さ方向に伴い増加し、37 mg-S/L となった。硫黄酸化反応を確認した位置では、ORP -347 mV, pH 7.6 であった。なお、UASB 槽内からは電子受容体となる溶存酸素、硝酸、亜硝酸は何れも検出されなかった。一方、運転 241 日目 (Phase2) のプロファイルにおいて硫黄酸化反応は確認されず、流入硫酸塩 43 mg-S/L はリアクター0.3 m の高さまで 0 mg-S/L まで還元され、その後リアクター上部で 19 mg-S/L となり流出した。

3.3 UASB 槽内の微生物群集構造解析

図-4 は嫌氣的硫黄酸化反応発生時期のリアクター高さ 0.6 m の保持汚泥 (Phase1 : 152 日目) および植種汚泥のバクテリアの T-RFLP 解析結果を示す。植種汚泥において、197 bp のピークが優占的に検出され、このピークは山本ら³⁾により *Caldiserica* 門細菌であると考えられた。Phase1 の保持汚泥は、植種汚泥と比較して 197 bp のピークが減少していた。一方で、*Desulfovibrio* 属などの硫酸塩還元細菌を含むピーク (347 bp) が優占していた。*Desulfovibrio* 属細菌は有機物を酢酸にまで分解し、硫酸塩を硫化水素に還元する微生物であり、嫌氣的環境下に多く存在する事が知られている⁴⁵⁾。従って、UASB 槽内での硫酸塩還元反応は *Desulfovibrio* 属などの硫酸塩還元細菌が担っていると考えられたが、硫黄酸化反応については、反応に関与する微生物の特定には至らなかった。

4. まとめ

本研究では、硫酸ナトリウムを添加した糖密廃水処理 UASB 槽の運転において、Phase1 で流入水の ORP を上昇させることで UASB 槽内での嫌氣的硫黄酸化反応が確認できた。この反応を確認した時の ORP は流入水で 160 mV、確認した位置で -347 mV であった。また、硫酸塩還元反応は *Desulfovibrio* 属などの硫酸塩還元細菌が行っていると考えられたが、嫌氣的硫黄酸化反応に関与する微生物の特定には至らなかった。今後、更なる分子生物学的解析により本硫黄酸化反応に関与する微生物の特定を試みる予定である。

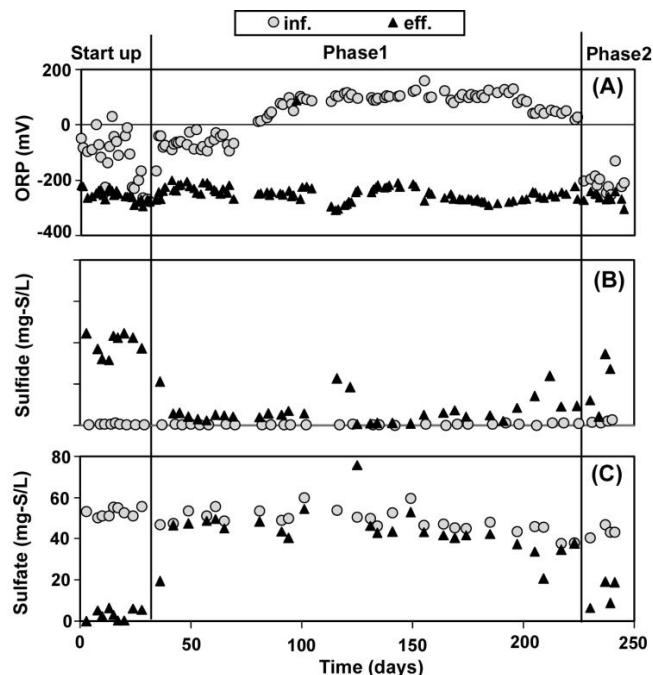


図-2 UASB 槽流入水、処理水中の ORP、硫化物および硫酸塩濃度の経日変化 (A) ORP, (B) 硫化物濃度, (C) 硫酸塩濃度

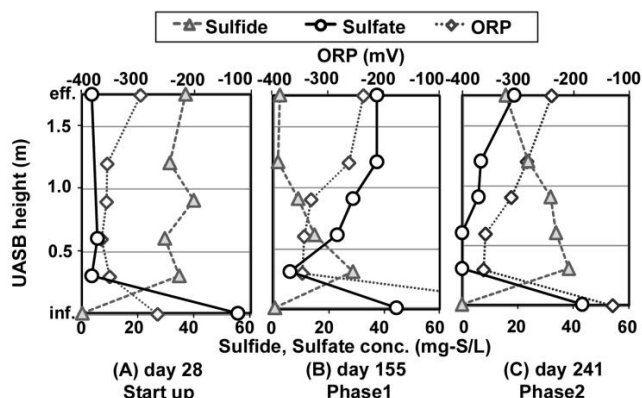


図-3 UASB 槽基軸高さ方向の水質プロファイル測定結果 (A) 運転 28 日目, (B) 運転 155 日目, (C) 運転 241 日目

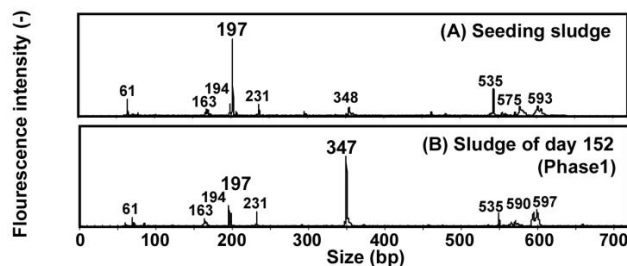


図-4 T-RFLP 解析結果 (バクテリア) (A) 植種汚泥, (B) 運転 152 日目の保持汚泥

参考文献

- 1)小野ら, 第 46 回日本水環境学会年会 (2012) p.476
- 2)下水試験方法上巻, 日本下水道協会 (1997) pp.228-231
- 3)山本ら, 土木学会第 68 回年次学術講演会 (2013) 7-088
- 4)Baket al., ArchMicrobiol 147 (1987) pp.184-189
- 5)Fuseler et al., FEMS Microbiol. Lett 144 (1996) pp.129-134