

VII-138

高温UASB法による脂質含有廃水の処理特性と高級脂肪酸の阻害効果

長岡技術科学大学 学 ○多川 正 正 原田秀樹、珠坪一晃、大橋晶良

1. はじめに

高温(55℃)培養の嫌気性微生物群は、中温(35℃)培養系と比較して数倍高い微生物活性を持つことから、高温メタン発酵プロセスの導入による有機性廃水処理のより高速化が期待できる。このような観点から、われわれの研究グループは、新規の多段型UASB反応器¹⁾を開発して、アルコール蒸留実廃水に適用して、有機物容積負荷100kgCOD/m³/dを許容する超高速処理を達成した。

本研究では、この高温多段型UASBプロセスの適用廃水種の拡大を目的として、高濃度脂質含有廃水に適用して、スタート・アップ処理特性を検討した。脂質の加水分解で生成される高級脂肪酸の水に対する溶解度は温度上昇に伴って大きくなることから、脂質含有廃水処理は高温メタン発酵プロセスの利点が引き出せる廃水種の一つである。しかしながら、高温嫌気性微生物叢に対する高級脂肪酸の阻害作用に関する知見はほとんど見当たらない。そこで本研究では、同一基質条件で馴致培養した高温性および中温性UASB嫌気性汚泥を用いて、メタン生成活性に及ぼす高級脂肪酸の阻害効果の差異を把握するパッチ実験も行った。

2. 実験装置及び方法

連続実験にはFig.1に示した全容積25Lの多段型UASB反応器を用いた。反応器内の温度は、55℃に制御し、供給廃水には、牛乳原液(COD_{Cr}=200,000mgCOD/L、脂質含有量(COD値)=約50%)を水道水で希釈したものを供給した(COD=3000~4000mgCOD/L)。植種汚泥は、高温培養グラニュール汚泥と2種類の中温グラニュール汚泥(牛乳、フルーツジュース培養)の3種類を用いた。

メタン生成活性は、植種汚泥(0日目)、44日目(4kgCOD/m³/d)、57日目(3kgCOD/m³/d)、153日目(20kgCOD/m³/d)の保持汚泥について、55℃温度条件下で測定した。試験基質には、酢酸、パルミチン酸、水素(H₂:CO₂=80:20, 1.4atm)の各基質を用いた。

高級脂肪酸阻害実験は、同一基質(シュクロース+VFA)で培養した高温(55℃)、中温(35℃)グラニュール汚泥(分散処理したもの)を供試汚泥とし、パルミチン酸塩と汚泥を所定の濃度比で設定し、高級脂肪酸塩の酢酸資化性メタン生成活性、水素資化性メタン生成活性への阻害効果を検討した。試験温度はそれぞれの汚泥の培養温度(55℃、35℃)で行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 脂質含有廃水の連続処理実験

反応器のCOD除去率、COD容積負荷及びHRTの経日変化をFig.2に示した。容積負荷は3kgCOD/m³/dからスタートし、徐々に上昇させ、最終的に30kgCOD/m³/dまで上昇させた。その間、HRTは24時間から3.2時間にまで短縮された。運転開始後28日目(点線で記述)に温度センサーのトラブルにより反応器内温度が低下することにより反応器の処理状況が悪化したため、負荷を下げて運転を再開した。COD除去率は、温度低下により70%程度まで低下するが、徐々に回復し、その後は負荷の上昇によっても極端に低下することもなく、容積負荷30kgCOD/m³/d許容時においても90%の安定的なCOD除去能を発揮することが可能であった。

Fig.3に処理水中のVFA濃度の経日変化を示した。処理水中のVFA濃度は、温度トラブルにより処理性能が低下した際から蓄積が観察され、最大で280mgCOD/L程度まで蓄積した。また、そのほとんどが酢酸で占められて

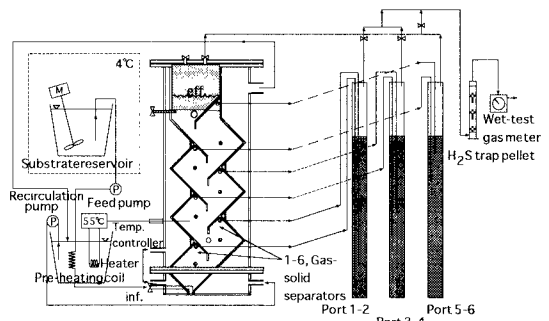


Fig.1 Experimental setup of a thermophilic multi-staged Upflow anaerobic sludge bed reactor.

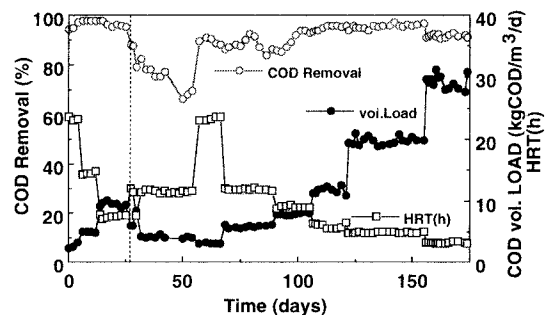


Fig.2 Changes in COD removal, COD loading and HRT.

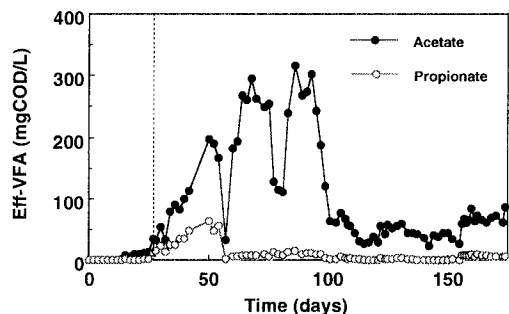


Fig.3 Changes in Effluent VFA concentration.

キーワード：高温UASB、脂質含有廃水、高級脂肪酸阻害、メタン生成活性、酢酸資化性メタン菌

連絡先：〒940-2188 長岡市上富岡町1603-1 長岡技術科学大学 水圏環境研究室 0258-46-6000(6313)

おり、温度低下によるプロセスダウンは、酢酸資化性メタン生成菌が高級脂肪酸の吸着阻害を強く受けていることによるものと推察された。また高温嫌気性処理においては、プロピオン酸の蓄積について多く報告されているが本実験では、30kgCOD/m³/dまでの容積負荷ではプロピオン酸の蓄積は観察されず、酢酸が70mgCOD/L前後と低濃度で維持された。

Fig.4に反応器保持汚泥の各基質におけるメタン生成活性の推移を示した。植種汚泥は、酢酸基質0.91gCOD/gVSS/d、H₂/CO₂基質4.06gCOD/gVSS/dと高い活性を保持していたが、パルミチン酸基質からのメタン生成活性は0.02gCOD/gVSS/dと中温汚泥以下（中温汚泥：0.027gCOD/gVSS/d）の活性値であった。

運転開始後44日目における酢酸供与メタン生成活性値は0.028gCOD/gVSS/dにまで低下したのに対して、H₂/CO₂基質からのメタン生成活性値は4.92gCOD/gVSS/dと高い活性を保持していた。このことから高級脂肪酸の吸着阻害は、水素資化性メタン生成菌よりも酢酸資化性メタン生成菌に強く作用することが判明した。

運転開始後153日目（容積負荷20kgCOD/m³/d）のメタン生成活性値は、酢酸基質：0.86gCOD/gVSS/d（活性増加率1.95倍、対植種汚泥）、パルミチン酸基質：0.19gCOD/gVSS/d（9.5倍）、H₂/CO₂基質：8.63gCOD/gVSS/d（1.8倍）であり、高い活性を持つ高温グラニュールが形成されたことにより中温プロセスの3倍以上の高負荷運転が可能であった。

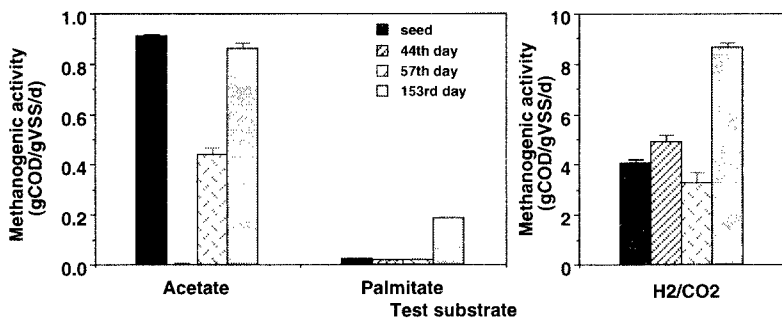


Fig.4 Changes in methanogenic activities of the retained sludge.

3.2 高温培養グラニュールの高級脂肪酸阻害特性

Fig.5に同一基質で培養した高温培養グラニュールと中温培養グラニュールに対する（パルミチン酸/汚泥）負荷と相対的活性保持率の関係を示した。水素資化性メタン生成菌に対しては、高温培養、中温培養ともに高級脂肪酸負荷1.0mmol/gVSSまでは活性の低下は見られなかった。一方、酢酸資化性メタン生成菌に対する阻害は、高温培養グラニュールと中温培養グラニュールとで大きく異なる挙動を示した。高級脂肪酸負荷0.4mmol/gVSSでは、高温培養グラニュールが活性が完全に失活しているのに対し、中温グラニュールでは80%の活性を保持していた。両グラニュールの酢酸資化性メタン生成菌の優占種は*Methanosacta*属であり²⁾、高温性の*Methanosacta*属菌は中温*Methanosacta*属菌よりも顕著に阻害を受けることがわかった。

4. まとめ

(1) 多段型高温UASBリアクターによる脂質含有廃水（牛乳）の連続処理実験を行ったところ、運転開始後約150日で容積負荷30kgCOD/m³/d、COD除去率90%以上、HRT3.2時間の高速処理を安定的に許容した。連続実験では高活性なグラニュールの形成により、高温汚泥の方が高級脂肪酸の阻害を受けやすいにもかかわらず高速度処理が可能であった。

(2) 同一基質培養の高温、中温培養グラニュールについて高級脂肪酸の阻害特性を調べた結果、高級脂肪酸の吸着による菌体可溶化とメタン生成活性の低下が観察され、中温酢酸資化性メタン菌(*Methanosacta*)よりも高温性の酢酸資化性メタン菌の方がより顕著に阻害を受けることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 原田、珠坪ら：新規の多段型高温UASBリアクターによる超高速廃水処理装置の実現化、環境工学研究論文集、第34巻、P327-336、1997
- 2) 珠坪、関口、原田、大橋ら（1997）16SrRNA標的モレキュラー・プローブのIn-situ hybridizationによる嫌気性汚泥微生物叢の生態学的構造解析、環境工学研究論文集、34、51-60

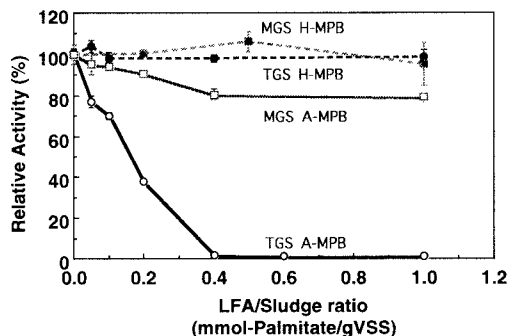


Fig.5 Inhibitory Effect of LFA (palmitate) on Methanogenic Activity of thermophilically- and mesophilically-grown granular sludge.