

高温メタン発酵における中間代謝物の生成・分解特性及び微生物生態の評価

呉工業高等専門学校専攻科建設工学専攻学○谷川大輔
呉工業高等専門学校環境都市工学科正山口隆司
(独) 国立環境研究所正珠坪一晃
(株) 荏原製作所正宮晶子
長岡技術科学大学工学部環境システム系正原田秀樹

1. はじめに

厨芥処理等に現在用いられている高温メタン発酵では、その中間代謝物であるプロピオン酸等の有機酸の蓄積がその発酵の妨げになるという問題点がある。しかし、この問題の適切な回避方法は未だ確立していない。そこで本研究では高温メタン発酵における最適運転条件を検討するために、5 系列の完全混合型反応器を運転し、高温メタン発酵における発酵特性の評価、および発酵に関わる微生物の生態評価を行った。

2. 実験方法

2.1 集積培養

完全混合型反応器（液層容積 10L）を用い、高温消化汚泥を植種汚泥として、溶性スターチ炭素源とし、SRT25 日、55℃の条件で、5 系列の運転を行った。表 1 は、各反応器の容積負荷、硫酸塩濃度を示す。

本実験における運転期間は基質の投入頻度により RUN1～RUN4 に分けられる。RUN1 では投入基質と同程度のメタン生成が確認されてから基質を投入し、RUN2 では週 5～7 回の基質投入を行った。RUN3 では蓄積した有機酸を分解させるため、酢酸濃度が 400 mgCODcr/L 以下となってから基質投入を行った。また、有機酸の蓄積阻害を緩和するため運転 133 日目に pH6、pH8、高基質系について無機培地を用い培養液を 2 倍希釈した。RUN4 では運転 193 日目に植種汚泥を新たに 2L ずつ添加し、3 日に 1 度の基質投入で SRT25 日となるように運転を行った。

2.2 活性試験

培養汚泥を供試汚泥として、メタン生成活性を評価した。いずれも COD 換算として、gCOD/gVSS/d 単価で求めた。電子供与体には、酢酸（回分初期濃度、2000 mgCODcr/L）、H₂/CO₂（80%/20%、回分初期 140kPa）を用いた。

2.3 プロピオン酸分解実験

プロピオン酸分解に対する硫酸塩濃度の影響を、培養汚泥を用いて評価した。培養汚泥とプロピオン酸の入っているバイアル瓶に、異なる硫酸塩濃度を与え、プロピオン酸分解活性の評価を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 発酵特性

図-1 は、各反応器の RUN1、RUN2 期間における蓄積酢酸・プロピオン酸濃度の経日変化を示す。RUN1 の期

表-1 反応器の運転条件

反応器	COD負荷 kgCOD/m3/d	硫酸塩濃度 mgS/L
S-6	1.2	33
S-7		
S-8		
S-S		100
S-H	3.6	33

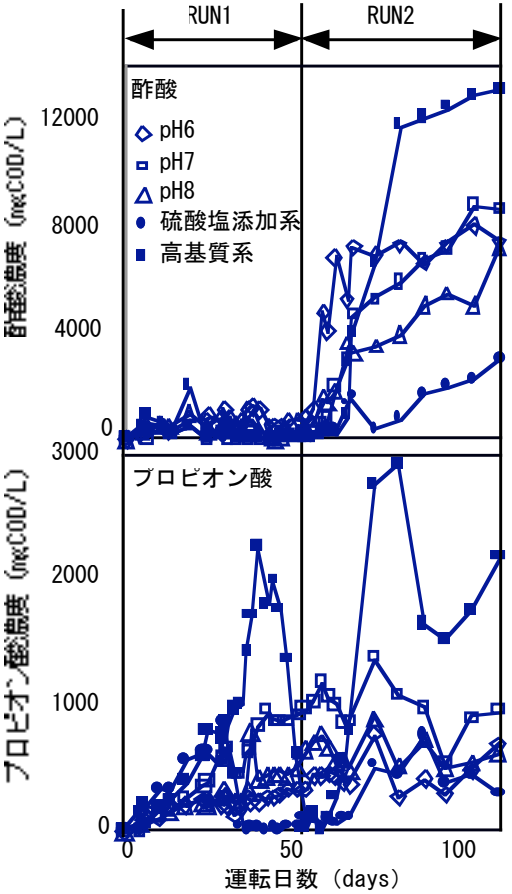


図-1 RUN1、RUN2 期間における酢酸・プロピオン酸濃度の経日変化

間では酢酸・プロピオン酸共に高い蓄積は見られなかった。負荷を増大した RUN2 では主に酢酸の蓄積が観察された。有機酸蓄積に対する pH の影響 (pH6、7、8 系) を比較すると、スターチ系では、pH7 の系 (S-7) でプロピオン酸が蓄積しやすい傾向が見られた。高基質系 S-H は、酢酸・プロピオン酸共に蓄積レベルが高かった。一方、硫酸塩添加系 S-S では、酢酸、プロピオン酸の蓄積は、ともに低レベルに抑えられた。この結果から硫酸塩添加により、酢酸、プロピオン酸の蓄積を抑制可能であることが分かった。

3.2 活性試験

図-2 は、RUN1～2 の期間における S-S、S-H 系の代謝活性の変化を示す。両反応器ともに運転 91 日目における酢酸資化性メタン生成活性 (MPA-Ac) が著しく低下していた。この傾向は、他の反応器についても観察された。この原因としては、負荷上昇により酢酸資化性メタン生成古細菌が酢酸を分解し終わる前に基質が投入され、酢酸の蓄積レベルが高くなり、酢酸自体が阻害要因となったことが考えられる。

図-1 において、反応器 S-S の運転 25～30 日、および S-H の運転 40～50 日ではプロピオン酸の分解が進んだ。図-2 で、この期間の活性に注目すると、両反応器において水素資化性メタン生成活性 (MPA-H₂) が高くなっていた。このことから、プロピオン酸を分解するためには水素資化性メタン生成古細菌が水素除去者として高活性を有することが重要であることが分かった。

3.3 プロピオン酸分解実験

図-3 は、反応器 S-7、S-S の培養汚泥を用いて、プロピオン酸分解活性に対するバイアル回分実験の初期硫酸塩濃度の影響を評価した結果を示す。S-7 では硫酸塩添加による活性の上昇はほとんど見られなかった。それに対し、S-S では硫酸塩濃度の増加に対応したプロピオン酸分解活性の上昇が見られた。実験終了までの各バイアル瓶の硫酸塩利用量を測定したところ、S-7 では最大利用量が 50 mgS/L 程度であったのに対し、S-S では最大で 170 mgS/L 利用していた。このことから、培養時の硫酸塩レベルによっては、硫酸塩添加操作によりプロピオン酸分解が可能であることが分かった。また、プロピオン酸分解に最適な硫酸塩濃度が存在することが分かった。

4. 結論

- (1) 高温メタン発酵の連続運転において、硫酸塩 100mgS/L 添加した反応器では、酢酸、プロピオン酸の蓄積を低く抑えることができた。
- (2) プロピオン酸を分解するためには水素資化性メタン生成古細菌が水素除去者として高活性を有することが重要であることが分かった。
- (3) 培養時の硫酸塩レベルによっては、硫酸塩添加操作によりプロピオン酸分解が可能であり、また、最適な硫酸塩濃度が存在することが分かった。

【謝 辞】本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の「生分解・処理メカニズムの解析と制御技術の開発」プロジェクトの一環として実施しました。関係者各位に深謝致します。

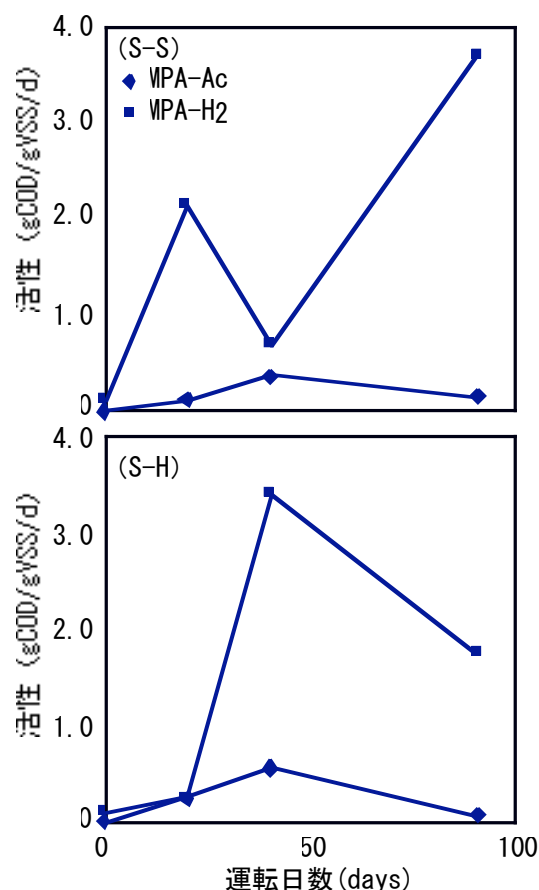


図-2 反応器 S-S、S-H 保持汚泥の酢酸、水素基質からのメタン生成活性経日変化

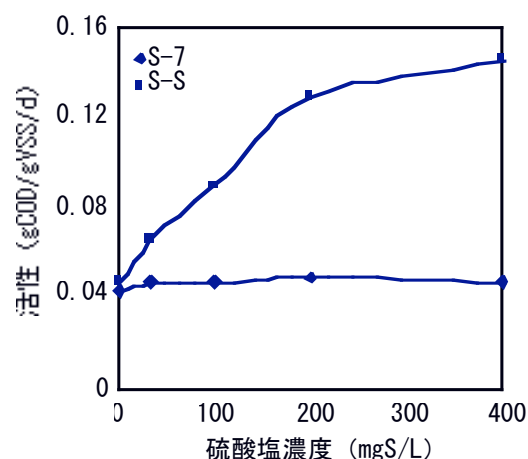


図-3 プロピオン酸分解活性に対するバイアル回分試験の初期硫酸塩濃度の影響 (S-7、S-S の培養汚泥)