

明星大学理工学部 正 ○田中 修三
 東京大学工学部 正 松尾 友矩

1. はじめに

嫌気性消化において、基質中の脂質成分の分解に一時的な停滞が生じ、消化プロセス全体の効率が低下する可能性があるということが知られている¹⁾。これに対して、相分離が脂質阻害の緩和に効果的であるという報告もある²⁾。そこで、プロセス制御の重要な因子の一つである汚泥負荷が変化した場合に、脂質阻害およびそれに対する相分離の効果かどのような影響を受けるかを本実験で調べた。

2. 実験方法

表1に示した初期汚泥負荷(初期MLVSS当りの投与COD)で、各Runとも消化温度37℃でバイアルびんによる回分実験を行った。Run 1~7は基質として全乳あるいは脱脂乳を投与した単相消化であり、Run 8~10は全乳を連続投与しながらHRT 1日で運転している酸槽の混合液を投与したもので、疑似二相消化と考え、前者との比較により相分離の効果を検討する。なお、各Runでの初期汚泥負荷は120~520(mg/l)のMLVSSをもつ種汚泥に対して1,300~1,600(mg COD/l)の基質を等量投与することにより設定した。各基質の組成は表2の通りである。また、消化過程での混合液のpHも中性付近に保てるようにリン酸緩衝剤を添加した。種汚泥は、全乳に対してはHRT 40日、脱脂乳に対してはHRT 20日で、いずれも6ヶ月以上培養したものをを用いた。主な分析項目のうち、ガスおよび揮発酸組成はガスフロマトグラフ、炭水化物はフェーリング法、脂質はBligh & Dyer法により抽出後酸化法にて定量した。酸およびメタンの生成量は投与CODに対するCOD転換率で表示した。

3. 実験結果と考察

3.1 全乳および脱脂乳における基質分解

酸およびメタンの代表的な生成過程も、全乳については図1、脱脂乳については図2に示した。全乳において、Run 1のような低負荷の場合は酸およびメタンともに0次反応的なパターンで急激に生成される。しかし、Run 4のような高負荷になると、酸生成におけるCOD転換率40%付近での一時的な停滞とメタン生成の長期の遅滞がみられた。各Runでの成分別分解をみると、炭水化物(ほとんどが乳糖)は汚泥負荷に関係なく最初の1日でそのほとんどが分解されているのに対し、脂質の分解は高負荷になるにつれて遅れる傾向を示した。脂質の測定は検水と遠心分離した後の上澄みと汚泥部分に分けて行ったが、最初の1日目でも上澄み中にはごくわずかに存在せず、そのほとんどが汚泥部分に存在した。一方、脱脂乳においては、Run 4と同程度の汚泥負荷であるRun 6(図2)においても、酸やメタンの生成に目立った遅滞はみられなかった。すなわち、ミルチ中の炭水化物や蛋白質は高負荷になっても酸・メタン生成に阻害を及ぼさないことがわかる。したがって、高負荷域での酸・メタン生成の遅滞は脂質阻害による可能性が強い。また、その影響は特にメタン生成に対して強く現われており、

表1. 各Runの初期汚泥負荷

基質	初期汚泥負荷 (mg COD/mg MLVSS)	Run
全乳	2.8	1
	5.3	2
	10.0	3
	11.2	4
脱脂乳	13.0	5
	10.0	6
酸槽 混合液	13.0	7
	2.6	8
	4.1	9
	9.8	10

表2. 基質組成

成分	重量比率(%)	
	全乳	脱脂乳
炭水化物 (乳糖)	57 (50)	52 (52)
蛋白質	13	35
脂質	25	1
その他	5	12

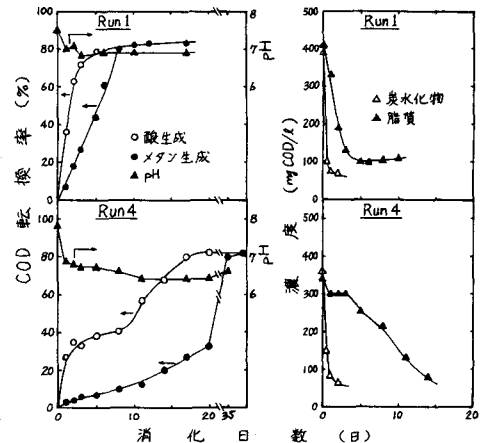


図1. 全乳における酸・メタン生成と成分別分解

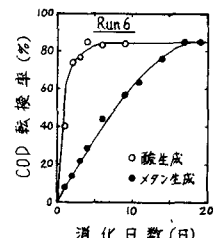


図2. 脱脂乳における酸・メタン生成

Acetogenic 菌やメタン菌にすばやく吸着した脂質が何らかの毒性を及ぼしているものと考えられる。これは既報告と同様な結果でもある。

3.2 酸槽混合液における基質分解

図3は酸槽混合液すなわちある程度酸生成反応を受けた基質を投与した場合の酸・メタン生成と脂質分解を示したものである。なお、酸槽での滞留時間1日も加味して、図は消化1日目からスタートをプロットしてある。高負荷におけるRun 10は、先のRun 4に比べて、メタン生成の長期遅滞が大幅に改善されている。一方、低負荷におけるRun 8は、Run 1に比べて、ほとんど変化なく、むしろ酸生成はわずかに遅れる傾向を示した。それゆえの脂質分解状況をみると、Run 8ではRun 1よりわずかに遅れており、Run

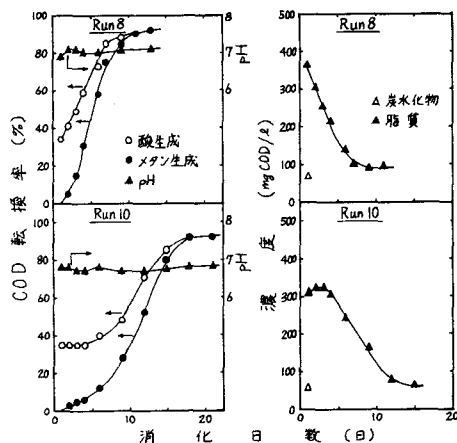


図3. 酸槽混合液における酸・メタン生成と脂質成分の分解

10ではRun 4とはほぼ同じ傾向であった。Run 10でメタン生成が促進されたことに関してpHの影響をみると、消化10日目でRun 4のpHが6.5まで低下(図1)(右のに対し、Run 10では6.8(図3)であり、両者に大差はなく、pHの影響は小さいものと考えられる。また、揮発酸組成の影響をみるために、消化1日目の全乳および酸槽混合液について各汚泥負荷での揮発酸組成を示したのが図4で、メタン発酵開始時点での酸組成とみなした。これによれば酢酸とプロピオン酸の蓄積濃度には両基質の間に大差はない。α酪酸については、一定の傾向はみられないが、メタン生成が順調に進行した酸槽混合液の方が高負荷域でわずかに濃度が低かった。(したがって、pHや揮発酸組成はRun 10におけるメタン生成の改善にほとんど無関係であろう。以上のことより、相分離は高負荷域においてメタン生成に対する脂質阻害の緩和に効果的であるが、これは脂質の分解を促進するのではなく、脂質がAcetogenic菌やメタン菌に吸着して毒性を及ぼすのを防いでいるためと考えられる。

3.3 汚泥負荷の影響と相分離の効果

図5は各基質について酸およびメタンの生成量がCOD転換率で80%に到達するのに要した日数と汚泥負荷とにプロットしたものである。

酸生成については、脱脂乳との比較からも脂質成分による反応の遅滞が明らかであるが、汚泥負荷にかかわらず全乳と酸槽混合液の間に大差はなく、相分離の効果は小さい。一方、メタン生成については、汚泥負荷が高くなるにつれて相分離の効果が顕著になり、汚泥負荷10(mg COD/mg MLVSS)では相分離により消化日数を約半分に短縮できることがわかる。また、酸槽混合液のメタン発酵に要する日数は脱脂乳の場合と同程度で済み、脂質成分のメタン生成に対する阻害はかなり効果的に防止されているものと考えられる。この脂質阻害の緩和機構は、推測の域を越えないが、基質中の脂質成分は酸槽ですばやく酸生成菌に吸着され、メタン菌に吸着するのを遅らせるためであるものと考えられる。

4. おわりに

汚泥負荷が高くなるとミル中での脂質成分によるメタン生成の阻害が顕著になってくるが、相分離によりその阻害が効果的に緩和される可能性が示された。一方、低負荷域では相分離の有効性は現われず、むしろ脂質分解がわずかながら遅れる傾向にあった。

参考文献: 1) 花地他「嫌気性消化における種々の基質の分解過程(II)」下水道協会誌(1180), 2) 長瀬他「嫌気性消化における脂質成分の分解に対する相分離の効果」

第39回年報(1984)