

II-512

嫌気性生物処理における脂質の分解

明星大学理工学部 正員 田中 修三
水道機工 正員 ○多久 和夫

1. はじめに

嫌気性生物処理において、全乳あるいは高級脂肪酸を投与すると、高COD-汚泥負荷域で脂質によるメタン生成の阻害が起こることを前報^{1),2)}で報告した。今回は、中性脂肪の分解過程とメタン生成阻害の関係およびその分解速度について検討した。

2. 実験方法

実験は回分系と連続系で行い、回分系で対象とした中性脂肪は全乳の脂質組成からトリパルミチン (TPa), トリステアリン (TSt), トリオレイン (TOI) であり、さらに各々を構成するパルミチン酸 (Pa), ステアリン酸 (St), オレイン酸 (OI) の高級脂肪酸 (LFA) も用いた。中性脂肪の分解においては、炭素源としての中性脂肪に無機塩を加えて、基質COD 300mg/l とした。LFAの分解においては、脱脂乳をベースとして LFAを添加した基質とし、当該 LFAおよび基質 CODがそれぞれ100mg/l および300mg/l になるように調整した。また、反応過程でのpHを中性付近に保てるようリン酸緩衝剤を加えた。一方、連続系では炭素源としての TOIに無機塩を加えて、流入COD 100mg/l で運転した。実験装置として、回分系ではバイアルびんを用い、連続系では容量約2 lの反応槽を4系列準備し、各々滞留時間(HRT)を6, 12, 24, 36 (h) に設定した。いずれの温度も37℃とした。また、種汚泥は下水処理場の消化汚泥を種として、全乳で数ヶ月間半連続培養したものを用いた。

脂質の抽出は遠心分離により上澄水と汚泥部分に分けて行い、汚泥からの抽出はBligh&Dyer法に従った。ガス、揮発酸(VFA), LFAはガスクロマトグラフで分析し、各々の濃度は投与 CODに対する COD転換率で表示した。

3. 実験結果と考察

3.1 中性脂肪の分解

TPa, TSt, TOI を等濃度で混合して、初期汚泥量に対する投与 COD (以下、負荷と呼ぶ) を変えながらその分解過程を追跡した。図1は混合脂肪の分解によるLFA, VFA, メタン生成の推移を示している。いずれの負荷においても4日以内に投与量の50%以上が LFAに転換している。一方、VFAとメタンは負荷の増加とともに生成速度が低下しており、その中でも VFAは蓄積してくる傾向にある。すなわち、中性脂肪は速やかに加水分解され LFAに転換されるが、その後の LFAの分解 (β 酸化) は負荷の増加とともに遅れ、蓄積するようになる。この蓄積した LFAがメタン生成を低下させるものと考えられる。

次に、各中性脂肪を単独で投与した場合の LFA生成の推移を追跡し、混合脂肪との比較を行った。図2に示すように、負荷4~5において基質が十分残存している間の加水分解速度は混合系の方が単独系より約3倍高かった。単独系では LFAや VFAの蓄積はほとんどなく、生成した LFAは速やかにメタンに転換されたが、図1bと比較するとメタン生成速度はわずかながら混合系より低かった。

3.2 LFAのメタン生成への影響

脱脂乳をベースとした基質に LFAを添加した系と無添加の系(対照)につ

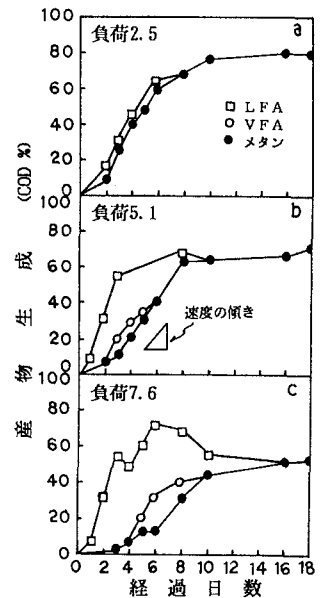


図1. 混合中性脂肪の分解による産物生成

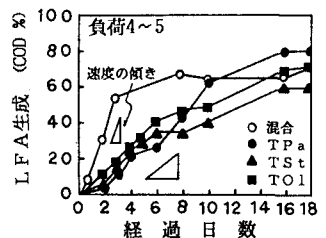


図2. 中性脂肪の加水分解によるLFA生成

いてメタン生成過程を追跡し、LFAの影響を調べた。図3a,bは基質投与量の50%および75%がメタンに転換されるのに要する日数を各負荷ごとに整理したものである。ここに使用したLFAのうちStとOlは純度が約60%であるため確実なことは言えないが、概ね次のような傾向にある。Paはメタン生成に対してほとんど影響を及ぼさず、対照と同様なパターンになる。StとOlは負荷の増加とともにメタン生成を低下させ、その阻害の程度は反応の前半では $Ol > St$ であるが、後半になると $St > Ol$ と逆転した。

3.3 トリオレインの分解速度

TOIを炭素源とする連続系において、酸生成相での分解速度および菌体増殖について検討した。まず、図4はTOIの分解による産物生成を各HRTについて整理したものである。HRTが長くなるにつれて加水分解およびVFA生成ともに増加しており、加水分解はHRT 6hで約45%、36hでは約80%に達している。LFAの蓄積量はいずれのHRTでも流入CODの約15%であり、その組成は表1に示したとおりだが、HRTの増加に伴ってOlは減少し、Paが増加した。また、揮発酸として検出されたのは酢酸のみであった。

次に、加水分解速度は残留している生分解可能なTOI量に関して一次反応で表せるものとする、基質および菌体の物質収支式から次式を得る。³⁾

$$Rh = kh \cdot F \quad \text{----- (1)}$$

$$F = F_o / (1 + kh \cdot \theta) \quad \text{----- (2)}$$

$$\theta = F_o (\theta / \Delta F) - 1 / kh \quad \text{----- (3)}$$

$$1/\theta = Y (\Delta F / \theta X) - kd \quad \text{----- (4)}$$

表1. 各HRTにおけるLFA組成

HRT (h)	6	12	24	36
LFA組成 (%)				
Pa	27	38	45	54
St	36	31	36	31
Ol	36	31	18	15

ここに、Rh:加水分解速度、kh:加水分解速度定数、F:生分解可能なTOI濃度、 F_o :Fの初期値、 ΔF : $F_o - F$ 、 θ :HRT、Y:菌体収率、X:菌体濃度、kd:死滅係数である。

式(3)と式(4)の傾きと切片から各々 F_o とkhおよびYとkdが求められ、図5と図6に示したような値が得られた。いずれのプロットも良く適合しており、加水分解速度が式(1)のような一次式で表されることを裏付けている。但し、菌体収率の計算において蓄積LFAは増殖には利用されていないので、式(4)の ΔF から蓄積LFAを差し引いた。得られた動力学定数を用いて式(2)より加水分解曲線を描くと図7のようになり、TOIについては加水分解が酸生成相の律速になることはないと考えられる。

4. まとめ

中性脂肪は速やかに加水分解されLFAに転換されるが、負荷の増加とともに蓄積LFAはメタン生成を低下させる。その阻害の程度はLFAの種類によって異なる。また、TPa, TSt, TOIの混合脂肪はそれぞれの単独脂肪より容易に加水分解される。TOIはHRT36(h)で約80%が加水分解され、その加水分解速度は残留量に関して一次式で表わされる。

参考文献

- 1) 田中, 松尾, 第40回年報(1985), 2) 田中, 多久, 第42回年報(1987)
3) 田中, 松尾, 衛生工学研究論文集, Vol. 20(1984)

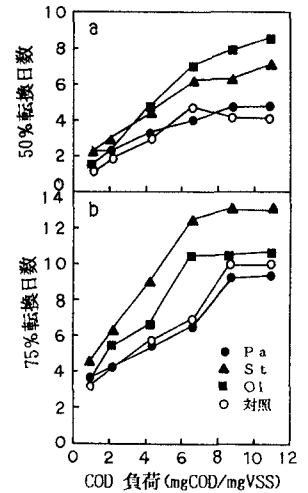


図3. LFA添加量のメタンの50%, 75% 転換に要する日数

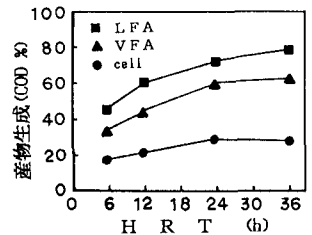


図4. 連続系の各HRTでの産物生成

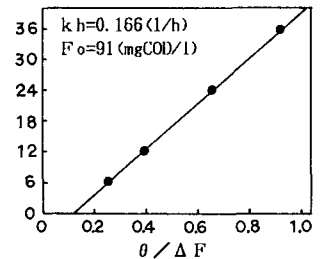


図5. 加水分解速度定数の計算

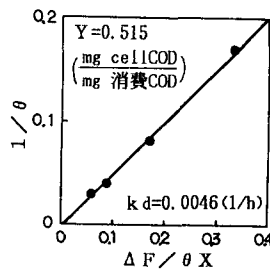


図6. 菌体増殖定数の計算

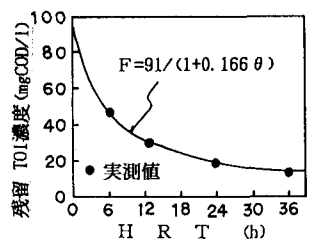


図7. トリオレインの加水分解