

# 嫌気性消化における汚泥返送の効果

東北大学工学部 正 ○花木 啓祐

同 正 松本 順一郎

同 鈴木 文夫

## 1. はじめに

近年省資源・省エネルギーの見地から嫌気性消化プロセスが見直される気運にあるが、その効率が低いという欠点は十分に克服されていない実情にある。制御可能な操作条件が少ない本プロセスにあって、汚泥返送は効率向上の手段として有望と考えられる。また、現行施設で制御可能なほとんど唯一の操作条件である基質投入方式については、間欠投入方式と連続投入方式の得失が十分に解明されていない。ここでは、トラブシの原因となり得るショックロードに対するプロセスの動特性を中心に汚泥返送と基質投入方式について評価を行う。

## 2. 実験装置と方法

図1に示す完全混合型反応器(容量2,500ml)を用い、表1に示す基質を投与する実験を35℃で行なった。滞留日数は6.25日とし、2通りの方式で基質を投与した。第1は、マイクロチューブポンプによって基質を連続的に送液する方式(以下連続投与系と呼ぶ)であり、第2は1日1回定時に注入口(図中A)より1日分の基質400mlを注射器で注入すると同時に混合液を自動的に排出させる方式(以下間欠投与系と呼ぶ)である。汚泥の返送は連続投与系の実験において試みた。反応器からの流出液を容量470mlの容器に導き、底部の液100mlを1日1回定時に引抜き口(図中B)より注射器で取り反応器に注入した。各条件下で定常状態に達した後ショックロードとして平常の有機物負荷の1日分に相当する量をパルス状に入力した。連続投与系では基質の送液を継続した状態で高濃度(200,000mg/l)のグルコース溶液40mlを瞬間的に注入した。間欠投与系では注入基質中のグルコース濃度を平常の2倍にした。ショックロード入力後、ガス生成量の測定、ガス組成の分析を行なう一方、直置試料7~8mlを採取しpH、溶解性(スピッツグラスで3000rpm 15分遠心分離の上ずみ)糖(アンスロン法)、揮発性脂肪酸成分の分析を実施した。

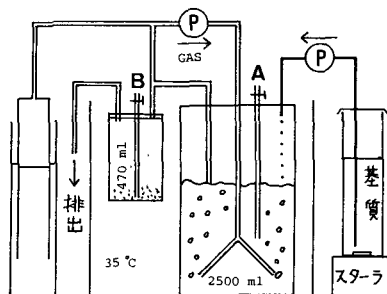


図1 実験装置

表1. 基質組成

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| Glucose                              | 20,000 mg/l |
| NH <sub>4</sub> Cl                   | 3,000 mg/l  |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>      | 200 mg/l    |
| MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O | 500 mg/l    |
| FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O | 100 mg/l    |
| CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O | 10 mg/l     |
| NaHCO <sub>3</sub>                   | 8,400 mg/l  |
| Tap water                            |             |

## 3. 実験結果と考察

(1) 汚泥返送の効果-----汚泥返送によって反応器内の生物量が高まり流出液中の糖、揮発性脂肪酸が低下することが期待されたが、返送開始の前後においてこれらの指標に有意な変化はみられなかった(データは示していない)。図2に連続投与返送系と同無返送系におけるショックロードの応答を示す(溶解性糖と揮発性脂肪酸は平常値に対する増加分で表示した)。ショックロードとして投与されたグルコースの分解にはほぼ24時間を必要とし(図2a)、これに対応して揮発性脂肪酸はゆるやかに増加し元の水準への復帰に数日を要した(図2b)。プロセスの重要な2つの反応の活性を示す酸生成速度<sup>1)</sup>(図2c)、メタン生成速度(図2d)等、平常値に比べそれほど高くない水準で推移し特に鋭いピークは形成しなかった。いずれのパラメータについても返送の効果はほとんどない。わずかに、溶解性糖の初期の減少は返送系の方が速くなっているが、その一方で返送系では揮発性脂肪酸の平常値への復帰がかなり遅れており、必ずしも返送は有利に作用していない。このように返送の効果がなかったのは沈殿槽での菌体の沈殿分離が十分でなかったためであろう。し尿の嫌気性消化においては、1日程度の

静置によって固液分離がかなり進みことが実験的に明らかにされている<sup>2)</sup>が、分解に寄与する菌体自体の沈殿分離は必ずしも容易でないことを今回の結果は示唆しており、返送による効率向上をねうう際に解決せねばならない問題である。

(2) 基質投与方式の影響-----連続投与方式の運転を間欠投与方式に切り換えたところ、菌体の外観が白色から黒色に変化し、遠心分離上澄液の濁りが減少した。これに伴い、約200 mg/lであった溶解性糖（実際は遠心分離によっても沈

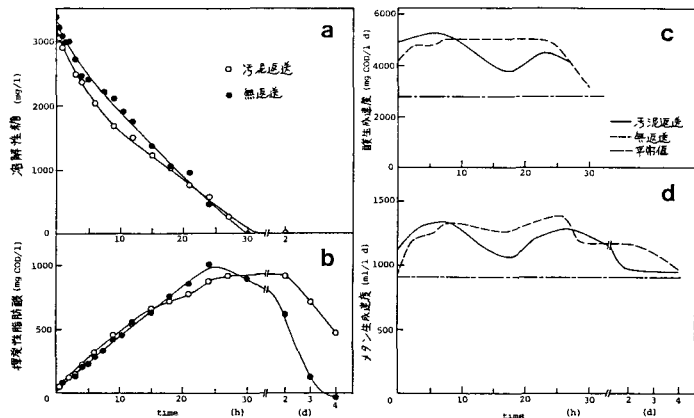


図2. 連続投与系におけるショックロードの応答(汚泥返送の効果)

降しない微粒子によるものと考えられる)の値が60~80 mg/l程度にまで低下し、処理水質が改善した。ショックロードに対する応答を図3に示す(溶解性糖と揮発性脂肪酸は基質投与前の値に対する増加分で表示した)。グルコースの分解の推移を見ると(図3a)連続投与系に比べ間欠投与系の方がはるかに分解が速く、前者の10分の1程度の時間で分解がほぼ完了した。揮発性脂肪酸は連続投与系に比べ早い時期にピークに達し(図3b)その後の減少も速やかで、24時間後にある程度残存するものの連続投与系に比べ間欠投与系の方がかなり低い水準にまで復帰した。間欠投与系の酸生成速度(図3d)は、初期に極めて大きい値になり、連続投与系に比べはるかに鋭い応答を示した。間欠投与系のメタン生成速度(図3e)は酸生成速度に呼応して初期に極めて大きい値をとっており、これは酸生成反応に伴って生成する水素経由のメタン生成反応に由来するものと考えられる。これに対し4~12時間目の間のメタン生成速度の水準は連続投与系のそれと比べやや高い程度である。これらの結果から、間欠投与方式の場合には特に酸生成反応の応答が連続投与方式に比べはるかに鋭敏であり、その結果としてショックロードに対する高い適応力が系に備わっていることがわかる。

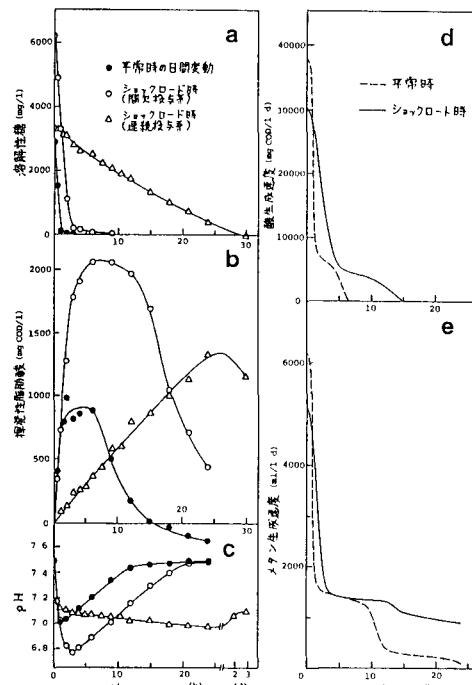


図3 間欠投与系におけるショックロードの応答

しかしその反面、揮発性脂肪酸の急激な蓄積に伴うpHの低下も顕著であり(図3c)、阻害を引き起こす恐れが間欠投与系では大きくなっていることに留意する必要がある。間欠投与方式の場合には平常の基質投与自体がショックロードと同じ効果を持つので、そのような状況に適合したpopulationが形成されていると考えられる。図3eのメタン生成速度の応答にみられるように、ショックロードが与えられても初期の応答は平常時とさほど変わらず、平常時には基質不足のためメタン生成活性が低下し余裕期間となっている10時間目以降にショックロード入カ分の分解が行なわれていることがわかる。連続投与方式の場合でも、平常のグルコース負荷が今回の47%程度のケースではショックロードに対し酸生成反応が鋭い応答を示すことを筆者らは既に報告しており<sup>3)</sup>、平常の高負荷がショックロードに対する適応性を低下させること、間欠投与方式を採用することによってその低下を防ぐことを今回の実験は示している。

参考文献: 1) 花本, 松尾・下水協誌(1980年2月), 2) 石井 他. 37回土木学会年講(1982), 3) 花本 他: 前に同じ