

東京大学工学部	正	花木 啓祐
東北大学工学部	正	松本順一郎

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急速にあるが、その効率が低いという欠点は十分に克服できていない。制御可能な操作条件が少ない点が本プロセスの効率向上の妨げになっているとも言える。その中で、基質投与方式は現行施設で制御可能な数少ない操作条件であり、污泥返送は将来有望な制御因子である。ここでは、トラブル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して、これらの運転条件を変化させた場合の得失を実験的に評価した結果を報告する。

2. 実験装置と方法

図1に示す完全混合型反応器(流量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を瞬時的に注入した。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、適宜試料を8mlを採取しpH、溶解性(スピッツグラスで3000rpm 15分遠心分離のよずみ)糖(アレスロン法)、揮発性脂肪酸成分の分析を実施した。

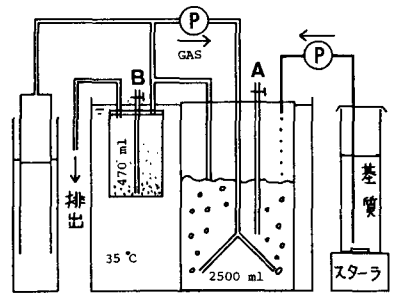


圖 1. 實驗裝置

表 1. 基質組成^a

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

表2. 平常時の氷質の比較

項目	運搬条件		基礎投与方式		汚泥返送	
	連稅	間欠	無	有		
pH	7.23	7.44	7.20	7.16		
全有機酸(mg/L)	540	218	225	316		
溶解性糖(mg/L)	244	81	232	230		
MLVSS (mg/L)	1490	2170	1770	2100		
メタン生成速度 (ml/L·d)	889	902	868	881		

3. 実験結果と考察

(1) 基質投与方式の影響……表2に平常運転時における連続投与方式と間欠投与方式の成績の比較を示す。後者の場合には前者に比べ分解中間体である全有機酸の濃度が低く、その結果としてpHが高くなり、また溶解性糖も低く、水質的には間欠投与系の方が優れた処理効果をもたらしうことがわかる。ただし、メタン生成速度からわかるように、メタン化した有機物の全体量にはほとんど違いはない。混合液の外観は連続投与系では白色を、間欠投与系では黒色を示し、基質投与方式によって面相が異なることが示唆された。次に、ショックロードに対する応答を図2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)。図2aに示されるように、連続投与系に比べ間欠投与系の方がグルコースの分解ははるかに速く、前者の10分の1程度の時間で分解がほぼ完了した。また揮発性脂肪酸については、間欠投与系の場合には連続投与系に比べ早い時期にピークに達し、その後の減少も速やかで、24時間後にはかなり低い水準にまで復帰した(図2b)。酸生成速度¹⁾とメタン生成速度はプロセスの

メタン生成速度 (ml/L·d)	889	902	868	881
---------------------	-----	-----	-----	-----

重要な2つの反応の活性を示す指標である。間欠投与系の酸生成速度(図2d)は、初期に極めて大きい値を示した後速やかに低下した。これに対し、連続投与系の場合には特にピークを形成せず、5000 mg/L/d 程度の水準が20時間以上続いており、間欠投与系の方がはるかに鋭い応答を示すことがわかった。メタン生成速度(図2e)についても、間欠投与系の場合には初期に極めて高い値を示しているのが特徴的である。これは、酸生成反応に伴って生成する H_2 を経由するメタン生成反応が初期に治癒に起きたためであろう。一方、揮発性脂肪酸経由のメタン生成反応が主に行っていると考えられる4~12時間目においては、基質投与方式によるメタン生成速度の差は顕著ではない。このように、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鋭敏であり、ショックロードに対する直応答が高いことがわかる。間欠投与系で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。平常時の基質投与後24時間の各パラメータの推移(図2)から、平常時にも初期の治癒な酸生成反応がショックロード時と同様に起きていることがわかる。そして、メタン生成速度について見ると(図2e)、平常時には基質を分解しつく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力の分解が行なわれていることがわかる。ところで、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、初期に若干のむだ時間があるもののショックロードに対して酸生成反応が鋭い応答を示すことを著者らは既に報告しており²⁾、平常の高負荷がショックロードに対する直応答性を低下させること、間欠投与方式で運転することによりその低下を防げることと今回の実験は示している。このように、全体を通じて間欠投与方式の方が連続投与方式に比べ良い成績を示したが、図2cに示されるように間欠投与方式の場合には揮発性脂肪酸の急激な蓄積によるpH低下が顕著であり、大きいショックロードが入力された場合に阻害が起きる可能性があることに留意しなければならない。

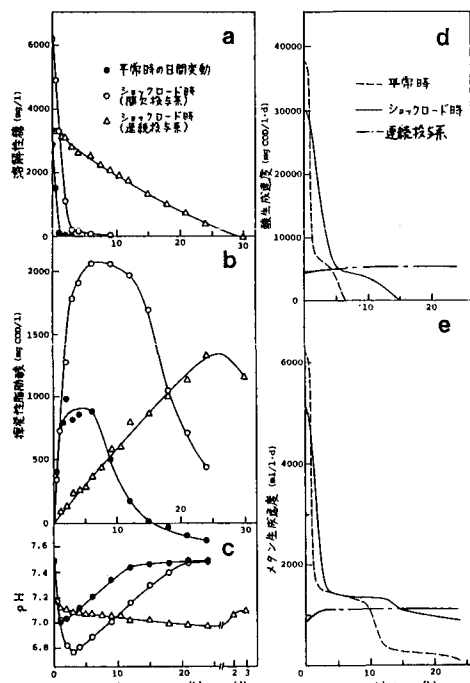


図2. 間欠投与系におけるショックロードの応答

図2. 間欠投与系におけるショックロードの応答

(2) 汚泥返送の効果……汚泥返送を行なうことにより反応器内の生物濃度が高まり処理水質が向上することが期待されたが、表2に示すように、各パラメータとも返送による有意な効果は見られなかった。図3にショックロードに対する溶解性糖及び揮発性脂肪酸の応答を示す。溶解性糖の初期の減少は返送系の方で明らかに速くなっている(図3a)が、その一方で揮発性脂肪酸の平常値への復帰が返送系ではかなり遅れており(図3b)、返送による効果はほとんどなかった。この原因は沈殿槽での菌体の沈殿分離が不十分であった点にあり、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の程度進むことが実験的に明らかにされている³⁾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はないことと今回の結果は示唆している。汚泥返送による効率向上をねらう際には、基質あるいは運転条件等の影響を受けると考えられる汚泥の沈降性について十分な検討を行なう必要があるだろう。

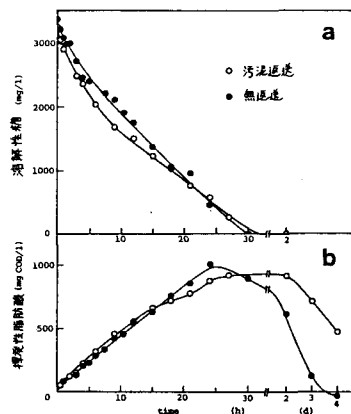


図3. 汚泥返送の効果

(参考文献) 1) 花木, 松尾, 下水道協会誌 (1980年2月), 2) 石井 他, 第37回土木学会年講 (1982), 3) 花木 他, 同左