

ショックロードに対する嫌気性消化プロセスの応答

東北大学工学部 正 ○花本 啓祐
同 正 松本 順一郎
同 学 矢野 豊政

1. はじめに

嫌気性消化法はし尿や下水汚泥等の処理法として使われており、エネルギー回収の手段としても優れたプロセスである。このプロセスの長所を更に生かすためには滞留日数の短縮が必要であるが、プロセスが変動に強いということがその際の障害となっている。負荷変動に対する嫌気性消化プロセスの適応能力を明らかにするため、パルス状のショックロードに対する過渡応答を調べる実験を行なったので、こゝでその結果を報告する。

2. 実験方法

図-1に示すようなケモスタート型の連続培養槽(液量2.5L)を用い35°Cで培養した。表-1に示すように、有機炭素源としてグルコースを含む基質を用いた。滞留日数6.6日の系(以下Aと呼ぶ)及び16.2日の系(以下Bと呼ぶ)の2系列を並行して運転した。定常状態に達したことを十分に確認した後、パルス状のショックロードを与え指標の応答——この場合インパルス応答——を調べる実験を以下の手順で実施した。

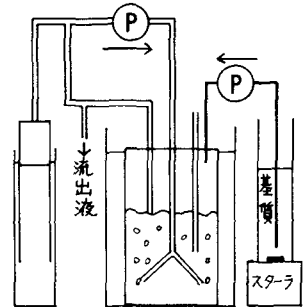


図-1 実験装置

①グルコースのショックロード……表-1に示す基質成分のうちグルコースを200,000mg/L, すなわち通常の20倍にしたものを用意し、平常の負荷量の0.5日分、1日分あるいは2日分に相当する量を注射器でA, B両系列に瞬間的に注入した。注入後のガス生成量, ガス組成, pH, 遠心分離(3,000rpm, 15分)上ずみ中の糖(アンスロン法), 揮発性脂肪酸各成分の推移を調べた。なお、分析のためのサンプル採取量は7~8mL程度にとどめた。

表-1 基質組成

glucose	10,000 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	

②酢酸のショックロード……グルコースは酸生成相及びメタン生成相を経てメタンに転換される。ここでは、この系のメタン生成相の動特性を調べるために酢酸のショックロードを与えた。菌体への転換を無視すれば、グルコース1モルは酢酸2モルを経て2モルのメタンになり、また水素経由で1モルのメタンが生成する。従ってグルコース負荷1gは酢酸負荷0.67gに相当する。

そこで、平常時の酢酸負荷量をグルコース負荷量から算出し、その1日分に相当するように酢酸133,000mg/Lと表-1の無機塩を含む溶液を注入した。注入後の分析項目は①と同様である(ただし糖の分析は省略した)。

表-2 定常期の成績

なお、上記の実験においては、ショックロードの入力に関係なく連続的基質注入は平常通り行なった。また、ショックロード実験の実施間隔は10日以上おき、十分に定常状態に復帰せしめるようにした。

3. 実験結果と考察

①定常期の成績……表-2にA, B両系列の定常期の成績を示す。いずれの場合もグルコース分解率は高く、また残存有機酸も極めて少なくなっており、良好な消化が行なわれていたことがわかる。

項目	系 列	
	A	B
滞留日数	6.64	16.24
pH	7.33	7.48
上ずみ中の残存糖濃度(mg/L)	188	78
残存全有機酸濃度(mg/L)	33	30
ガス生成速度(mL/L·d)	764	351
メタン生成速度(mL/L·d)	418	212
糖からメタンへのCOD転換率(%)	74.4	92.2

②平常時の1日分の負荷をパルス的に入力した場合の上ずみ中の残存糖濃度, メタン生成速度及び残存全揮発性脂肪酸(COD換算)について、

各々の平常値に対する増加分を図-2 a)~c) に示す。各々の系に瞬間的に注入された糖は急速に分解され、Aでは6時間、Bでは4時間の時点で糖濃度は平常値に戻った。このように、グルコース負荷の変動に対する酸生成相の応答は速くて鋭い。なお、0.5日分及び2日分の負荷のショックロードを与えた場合、糖濃度が平常値に戻るまでに要した時間は前者ではA、B共3時間、後者ではAで9時間、Bで6時間となった。

一方メタン生成速度の応答をみると、2~3時間目にかけてピークがあるものの、その後すみやかに低下し、特にAでは比較的低下水準の一定値が持続し、平常値に復帰するのに30時間を要した。

揮発性脂肪酸の蓄積は酸生成相とメタン生成相の不均衡の程度を示しており、両者の応答の差を反映している。アロセスへのショックロードの影響は揮発性脂肪酸の蓄積という形で現れるので、この指標は重要である。A、B共8時間目前後がピークとなっている。また0.5日、2日分のショックロードを入力した場合のピークはA、B共それぞれ3時間目、12時間目に現れた。

③酢酸のショックロード……平常時の1日分の負荷に相当する酢酸をパルス入力した場合のメタン生成速度の応答を、平常値に対する増加分として図-3に示す。Aの場合9時間目を中心として比較的なだらかなピークがあるが、Bの場合にはピークは全くなく、酢酸濃度がかなり低くなった24時間目以降までは一定の値を示した。Aの場合もピークの前後では一定値が持続しており、ここでみられたピークについては更に実験的確認が必要である。このように全般的に高原状態の応答がみられた原因は、メタン生成速度に上限値があるため応答が制限されたことにある。先に示した酸生成相に比べると酢酸からのメタン生成相の応答は、尤도時間はないものの、対応力に限界があると言えよう。

ここで、グルコースのショックロード時のメタン生成速度の応答(図-2 b))を酢酸のショックロード時のそれと比較すると、前者の場合グルコースが完全分解した2~3時間目に鋭いピークがみられ、その値は後者に比べずっと大きい。このピークはグルコースの分解に伴って生成した水素経由のメタン生成反応に起因するものとみられ、水素からのメタン生成反応の方が酢酸からのそれに比べ変動に対する適応能力が大きいことが示唆される。また図-2 b)における6時間目以降のAのメタン生成速度の増加分はもっぱら揮発性脂肪酸の分解によるが、酢酸のイレパルス応答(図-3)の値とほぼ一致している。

4. おわりに

嫌気性消化アロセスにおける負荷の増大に対する酸生成相及びメタン生成相の過渡応答を調べる実験を行なった結果、酸生成相が速くて鋭い応答を示すのに対し、酢酸からのメタン生成相は反応速度に上限があるため鈍く持続的な応答を示すことが明らかになった。

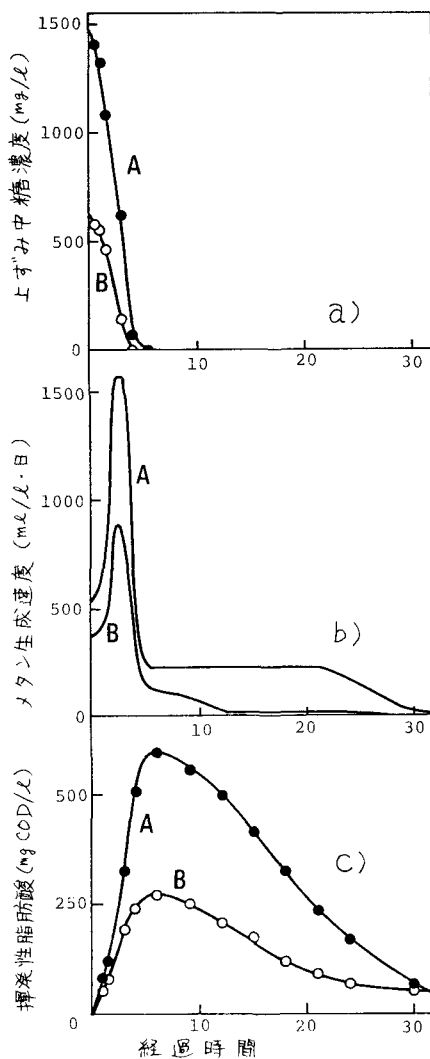


図-2. グルコースのショックロードの応答

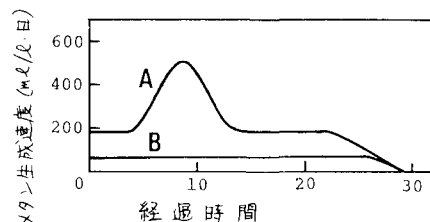


図-3. 酢酸のショックロードの応答