

ホテイアオイのメタン醗酵における基質分解特性

広島大学工学部 正 寺西 靖治
広島大学工学部 正 今岡 務
広島大学工学部 学 口田中 良雄

1 はじめに 近年、湖沼・貯水池および内湾などの閉鎖性水域では、生活排水など人間の活動に伴う汚濁水の流入により、富栄養化が促進され大きな社会問題となっている。本研究では、水質浄化システムにホテイアオイを用いた場合に得られるホテイアオイの処分および利用法としてメタン醗酵に着目し、連続式メタン醗酵実験により検討を行う。また、ホテイアオイ中に多量に含まれる難分解性有機物であるセルロースに関して、ペパトンの添加効果について検討を加える。

2 実験装置および実験方法 実験装置の概略図を図1に示す。消化槽としては、容器側面に試料の投入および採取が可能な2つのアームを有しており、マグネティックスターラーによって攪拌が行えるガラス容器を用いた。アームの一方にはスラッジ化したホテイアオイが出入り可能なようにパイプを汚泥面下に入れ、他方には発生ガスを捕集瓶へ導くガラス管を接続した。消化槽は恒温器に設置し、醗酵温度を37℃に保ち、中温醗酵にて実験を実施した。実験に用いた汚泥は1年間回分式実験によって馴致し、実験前1ヶ月間本実験と同じ条件で予備実験を行った。消化槽の有効汚泥量は900mlであり、滞留日数を15日とした。投入試料であるホテイアオイは粘性が高いため、1日の所定の時刻に60mlの汚泥の回収を行い、60mlのホテイアオイを投入した。実験は2連にて行い、最初の5日はそれぞれ同じスラッジ化したホテイアオイを投入し、Run 1・2とした。Run 1・2に続いてRun 2の消化槽には5000mgのペパトンを投入試料に添加したものを投入を続け、これをRun 4とした。Run 1で用いた消化槽には無添加の試料を投入しRun 3とした。

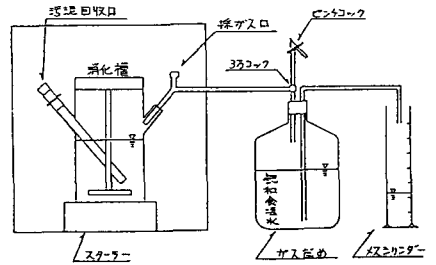


図1 実験装置

実験に用いた汚泥は1年間回分式実験によって馴致し、実験前1ヶ月間本実験と同じ条件で予備実験を行った。消化槽の有効汚泥量は900mlであり、滞留日数を15日とした。投入試料であるホテイアオイは粘性が高いため、1日の所定の時刻に60mlの汚泥の回収を行い、60mlのホテイアオイを投入した。実験は2連にて行い、最初の5日はそれぞれ同じスラッジ化したホテイアオイを投入し、Run 1・2とした。Run 1・2に続いてRun 2の消化槽には5000mgのペパトンを投入試料に添加したものを投入を続け、これをRun 4とした。Run 1で用いた消化槽には無添加の試料を投入しRun 3とした。

3 実験結果および考察 表1に連続式実験(Run 1・2)と回分式実験における実験結果を示す。回分式メタン醗酵実験は消化日数20日で、連

表1 連続式と回分式の実験結果

続式実験と同程度の投入VTS量で実施したものである。TS、VTS、CODcrの分解率は、連続式において回分式と同程度の

	TS 分解率(%)	VTS 分解率(%)	CODcr 分解率(%)	投入TS当り ガス発生量(%)	投入VTS当り ガス発生量(%)	減少VTS当り ガス発生量(%)
Run 1・2	40.3	52.4	49.0	97.2	124.5	223.6
回分式	39.6	53.2	49.1	77.0	94.1	198.1

分解率を得た。投入TS、VTS当りガス発生量、減少VTS当りガス発生量は連続式の実験結果が高い値を示した。連続式メタン醗酵では、実験期間中、連続攪拌を行ったことも一つの要因と考えられるが、連続式において回分式と同程度の実験結果が得られることを示している。次にRun 3・4の実験結果を表2に示す。TS、VTSの分解率はRun 4のほうが

表2 Run 3およびRun 4の実験結果

高い値を示した。セルロースの分析結果も図2に示すようにRun 4のほうが高い

	TS 分解率(%)	VTS 分解率(%)	VFA (mg/g)	CODcr 分解率(%)	セルロース 分解率(%)	投入TS当り ガス発生量(%)	投入VTS当り ガス発生量(%)	減少VTS当り ガス発生量(%)
Run 3	45.1	53.7	116.7	65.4	68.0	85.1	99.6	195.7
Run 4	46.5	55.8	148.9	69.2	72.7	106.5	134.2	230.0

分解率を示した。また、図3にVFAの分析結果を示したものであるが、VFAの値は全般的にRun 4が高く、平均28%高い値を示した。ガス発生量についてはRun 4の発生量が多い結果を得た。これはペパトン添加によ

り有機物の加水分解過程 酸酵過程が促進され、酢酸・プロピオン酸などの低級脂肪酸が多く生成され、低級脂肪酸は、メタン菌によって分解・ガス化されたためと考えられる。ここで、消化槽内の物質収支の模式図を図4に示す。本実験を完全混合および連続培養と考えれば、物質収支式は以下のよう表わされる。

$$V\left(-\frac{dC_s}{dt}\right) = Q_{in} C_{si} - Q_{out} C_{so} - V\left(-\frac{dC_s}{dt}\right)_c \quad (1)$$

$$V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right) = Q_{in} C_{ti} - Q_{out} C_{to} - V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c + \alpha V\left(-\frac{dC_s}{dt}\right)_c \quad (2)$$

$$V\left(-\frac{dA_t}{dt}\right) = Q_{in} A_{ti} - Q_{out} A_{to} - V\left(-\frac{dA_t}{dt}\right)_c + \beta V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c \quad (3)$$

$$V\left(-\frac{dG}{dt}\right) = \gamma V\left(-\frac{dA_t}{dt}\right)_c \quad (4)$$

ここで $\left(-\frac{dC_s}{dt}\right)_c$ 、 $\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c$ ：難分解性有機物の変化速度および分解速度

$\left(\frac{dC_t}{dt}\right)_c$ 、 $\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c$ ：可溶性有機物の変化速度および分解速度

$\left(\frac{dA_t}{dt}\right)_c$ 、 $\left(-\frac{dA_t}{dt}\right)_c$ ：有機酸の変化速度および分解速度

$\left(\frac{dG}{dt}\right)_c$ ：ガス発生速度

α ：難分解性有機物の可溶性有機物への変換係数

β ：可溶性有機物の有機酸への変換係数

γ ：有機酸から発生ガスへの変換係数

また消化槽内を定常と考えれば $V\left(\frac{dC_s}{dt}\right) \cdot V\left(\frac{dC_t}{dt}\right) \cdot V\left(\frac{dA_t}{dt}\right)$ は0と考え

られ $Q_{in} = Q_{out} = Q$ であるから(1)～(4)式より

$$V\left(-\frac{dC_s}{dt}\right)_c = Q(C_{si} - C_{so})$$

$$V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c = Q(C_{ti} - C_{to}) + \alpha V\left(-\frac{dC_s}{dt}\right)_c$$

$$V\left(-\frac{dA_t}{dt}\right)_c = Q(A_{ti} - A_{to}) + \beta V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c$$

メタンが可成り酢酸から生成されると考えると $\gamma = 74/6$ となる。難分解

性有機物をセルロースで表わし、分子式を $(C_6H_{10}O_5)_{2000}$ とし、可溶性有機物をグルコースと考えれば、その変換係数は0.741となる。この α と γ を定常状態におけるそれぞれの物質収支より、 $V\left(-\frac{dC_s}{dt}\right)_c$ 、 $V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c$ 、 $V\left(-\frac{dA_t}{dt}\right)_c$ を求めた結果を表3に示す。各分解速度はバアトンを添加を行ったRun 4

が最大で、難分解性有機物・可溶性有機物・有機酸の分解速度およびガス発生速度の速さがわかる。またグルコースから酢酸が生成されると考えると β は0.722となる。表4は、この値を用いた場合に得られる、 $V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c$ を示したものである。ここで α はRun 1～4すべて同じ値を示しているが、可溶性有機物の有機酸への分解速度 $V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c$ はRun 4が他の消化槽に比べ高い値を示した。Run 4におけるバアトンの添加は難分解性有機物から分解生成された可溶性有機物の分解速度も高める効果を示したと考えられる。

4. おわりに メテイアオイのメタン酸酵に関し連続式実験では、回分式と同程度の値を得た。また、バアトンの添加は、難分解性有機物の分解速度を速めるだけでなく、可溶性有機物・有機酸の分解速度、ガス発生速度も高める効果を示した。

参考文献

- 1) 土木学会編 第37回年次学術講演会講演概要集第2部 嫌気性消化プロセスにおけるセルロースの分解に及ぼすバアトン添加の影響 矢口 野池 松本
- 2) 岩井重久・申丘徹 名取真 改訂 下流汚泥の処理 コロナ社

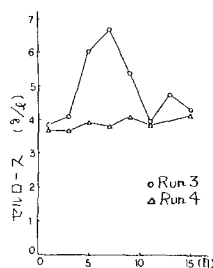


図2 セルロース分析結果

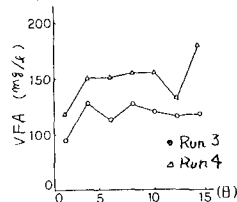
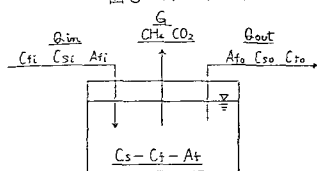


図3 VFA分析結果



Q_{in} 投入量, Q_{out} : 回収量
 C_t 可溶性有機物
 C_s : 難分解性有機物
 A_t : 有機酸 G : 発生ガス

図4 消化槽内模式図

表3 β と各分解速度

	β	$V\left(-\frac{dC_s}{dt}\right)_c$	$V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c$	$V\left(-\frac{dA_t}{dt}\right)_c$
Run 1	0.357	0.591	0.428	0.189
Run 2	0.358	0.638	0.455	0.199
Run 3	0.298	0.619	0.521	0.196
Run 4	0.365	0.679	0.549	0.239

表4 α とバアトンの可溶性有機物の分解速度

	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4
α	0.373	0.382	0.247	0.341
$V\left(-\frac{dC_t}{dt}\right)_c$	0.211	0.226	0.215	0.277