

好気性消化の物質除去機構に関する基礎的研究

東北大学 学生会員 ○森田 弘昭

同 正会員 野池 達也

宮城県職員

斎藤 善則

1 はじめに

好気性消化法は、活性汚泥法の変法で原理的には全酸化法と同じである。長い滞留時間とエアレーションにより、有機物質の酸化、安定と、汚泥自身の自己酸化により汚泥量の減少がはかれる。本法は嫌気性消化法に比べると、経済性では、やや劣るが維持管理や悪臭対策が容易であり、他の好気性処理方法よりも余剰汚泥の生成が少ないという利点がある。本法は現在し尿処理施設の一次処理や、小規模下水処理および工場廃水処理において余剰汚泥の処理に用いられているが、基本的な事象に対する研究が少ない。そこで本研究では、人工基質を用い、基礎的な物質除去機構の解明を目的とした実験をおこなった。好気性消化によって処理される高濃度廃水の有機成分を大まかに分類すると、炭水化物、窒素化合物、油分にわけられる。本実験では、炭水化物として、デンプンを窒素化合物としてペプトンととりあげ、それぞれと単一炭素源とする人工基質を用い、好気性消化の物質除去機構に関する基本的性質を実験的に検討した。実験結果の評価は、三つの角度より検討した。一つは、従来の好気性消化で用いられている方法で、消化日数と総合的有機物汚濁指標であるCOD、BODを対比、検討するやり方である。二つ目は、得られた結果を動力学式で解析し、各種パラメーターで比較検討する方法である。三つ目は、上記二つの方法が総合的有機物汚濁指標を用いているのに対して、各成分そのものに着目するゲルクロマトグラムによる方法である。

2 実験装置、材料および方法

本実験に用いた実験装置の概略図を図1に示す。実験方法としては、表1表2に示す基質と、HRTに応じて半連続的に投入した。空気量は、1ℓの混合液に1分間で1ℓの空気と供給した。温度は、30℃に設定した。分析項目を表3に示す。

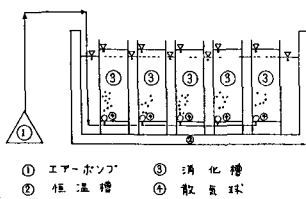


図-1 実験装置概略図

表-1 基質組成

成分	濃度 (mg/l)
デンプン	15000
(NH ₄) ₂ SO ₄	5000
K ₂ HPO ₄	16000
KH ₂ PO ₄	2000
MgSO ₄ 7H ₂ O	50
CaCl ₂	50
FeSO ₄ 7H ₂ O	20
NaCl	20

表-2 基質組成

成分	濃度 (mg/l)
ペプトン	15000
K ₂ HPO ₄	16000
KH ₂ PO ₄	2000
MgSO ₄ 7H ₂ O	50
CaCl ₂	50
FeSO ₄ 7H ₂ O	20
NaCl	20

表-3 分析項目

分析項目	基質	混合液	上澄液
MLSS, MLVSS		○	
COD _{Cr}	○	○	○
BOD ₅	○	○	○
Qo ₂		○	
pH		○	
SVI		○	
ゲルクロマトグラム	○		○

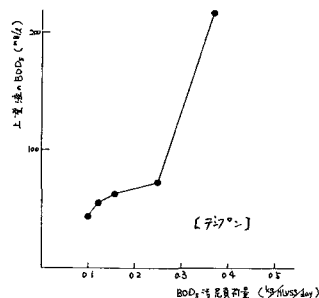


図-2 上澄液のBOD₅とBOD₂汚濁負荷量

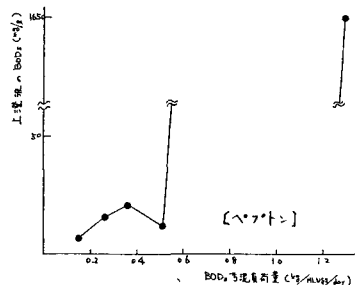


図-3 上澄液のBOD₅とBOD₂汚濁負荷量

3 実験結果および考察

(a)物質変化の挙動 図-2、図-3によれば、デンプンのBOD₅限界汚泥負荷量は、0.25 (Kg/MLVSS/day)、ペプトンのBOD₅限界汚泥負荷量は、0.519 (Kg/MLVSS/day)であった。図-4、図-5は、混合液のCOD_{Cr}/BOD₅/MLVSS

と消化日数の関係を示す。デンブンでは、消化日数が10日以上になると消化槽内の有機物の酸化状態が一定になり消化日数の影響を受けない。ペプトンでは、消化日数8日以上で安定する。

図-6、図-7は、 COD_{cr} 、 BOD_5 除去率と消化日数を示す。デンブンでは、 BOD_5 : 99.4%、 COD_{cr} 96.5%、ペプトンでは、 BOD_5 : 99.9%、 COD_{cr} 98.5% が、消化日数と長くても、影響を受けない限界除去率と考えられる。

(b) 動力学的解析 基質の除去速度は、デンブンの場合 COD_{cr} 表示の1次反応で評価でき、基質除去速度係数は、

$K=0.009(1/\text{day})$ であった。ペプトンの場合、基質の除去速度は Monod 式で評価でき、飽和定数 $K_s=91(\text{mg/L})$ 、最大比消費速度 $V_{max}=2.370(1/\text{day})$ であった。酸素利用速度 $Q_{O_2}(\text{mg } O_2/\text{mg MLVSS}/\text{day})$ は、一般に(1)式であられる。また汚泥の生成は(2)式によってあらわされる。

$$Q_{O_2} = a' \left(\frac{S_0 - S_e}{Xa - t} \right) + b' \quad \text{--- (1)}$$

a' : 基質の除去量あたりの酸素利用量 ($\text{mg } O_2/\text{mg 基質}$)

b' : 内呼吸相で、単位時間に単位重量の汚泥の維持代謝に必要な酸素量 ($\text{mg } O_2/\text{mg 汚泥 day}$)

$$\frac{X_e}{Xa - t} = a \left(\frac{S_0 - S_e}{Xa - t} \right) - b \quad \text{--- (2)}$$

a : 除去された基質の汚泥への転換率 ($\text{mg 汚泥}/\text{mg 基質}$)

b : 汚泥の自己分解速度係数 ($1/\text{day}$)

本実験で得られた、諸動力学定数を表4表5に示す。

(c) ゲルクロマトグラフィーによる解析。デンブンでも、ペプトンでも分子量が中ぐらいのものがよく消化される。デンブンでは、消化日数30日、ペプトンでは、消化日数15日以上になると硝酸塩の蓄積が見られた。ゲルクロマトグラムによって、処理効果を、判断すれば、消化日数を15日以上とれば充分である。

4 おわりに

好気性消化法は、活性汚泥法の一変法であるが、他の変法と比較されるよりも、嫌気性消化法と比較されることが多い。実際の処理においては、根本的なメカニズムよりも、処理対象や経済性が重視されるからである。したがって好気性消化法の問題点は嫌気性消化法との対比によって明らかにされる。第1の問題点としては、好気性消化、嫌気性消化の対象となる有機基質にどのような差があるのかという、基本的な問題がある。第2点としては、両方法における処理効果の共通指標の決定がある。第3点、消化プロセスにおける基本的な問題点である消化汚泥の脱水性の向上である。第4点、技術的問題、環境的問題などを含めた、総合的な経済性を評価する関数を決定することである。

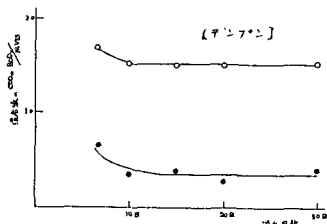


図-4 消化槽の COD_{cr} 、 BOD_5 除去率と消化日数

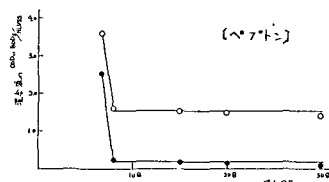


図-5 消化槽の COD_{cr} 、 BOD_5 除去率と消化日数

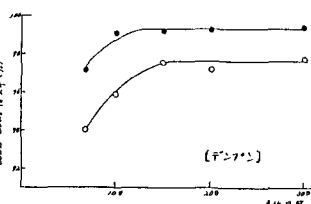


図-6 COD_{cr} 、 BOD_5 除去率と消化日数

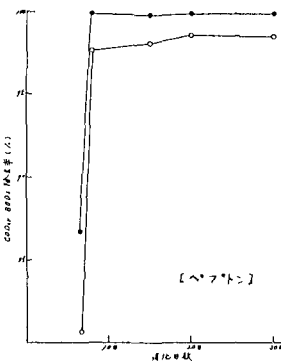


図-7 COD_{cr} 、 BOD_5 除去率と消化日数

表-4 酸素利用速度係数のパラメーター値の比較

廃水の種別	a' ($1/\text{day}$)	b' ($1/\text{day}$)	基質濃度 表示単位
デンブン	0.194	0.045	COD_{cr}
"	0.400	0.046	BOD_5
ペプトン	0.240	0.024	COD_{cr}
"	0.225	0.025	BOD_5

表-5 汚泥転換率 a と汚泥の自己分解速度係数 b の比較

廃水の種別	a ($1/\text{day}$)	b ($1/\text{day}$)	基質濃度 表示単位
デンブン	0.213	0.007	COD_{cr}
"	0.433	0.006	BOD_5
ペプトン	0.182	0.012	COD_{cr}
"	0.249	0.012	BOD_5