

東北大学工学部 学生員 李 宅淳
 東北大学工学部 正 員 佐藤和明
 東北大学工学部 正 員 松本順一郎

1. はじめに 現在、廃水処理法にはいろいろのものが用いられているが、好気性消化法は、嫌気性消化法と共に下水汚泥処理および尿処理において汚泥の減量、安定化を目的として広く用いられてきた。特に好気性消化法は、維持管理が容易であり、臭気の発生も少なく、また建設費も安価なことから最近下水処理および尿処理施設での採用例が増加している。しかしながら、好気性消化の有機物分解機構は温度によりかなり影響を受け、特に冬期の気温低下時には処理能力が著しく低下し、本法の技術上の一つの問題点となっている。このような処理能力の温度依存性は多くの事例が報告されているものの、好気性消化過程の内部物質除去機構まで解析を加え、その工学的な制御の可能性を検討した研究は極めて少ない。以上の観点から本研究ではデンプンを単一炭素源とする人工基質を用い、好気性消化過程の基礎的な物質除去機構を解明することを目的とし、特に浄化機構への温度の及ぼす影響について実験的に検討した。

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。消化日数を6, 7, 10, 15, 20, 30日の5段階にケース分けをし、表1に示す基質を半連続的に投入した。空気量は混合液1ℓ当り1.0ℓ/minと設定し、曝気球を底の端に取り付け、混合液が槽内でよく循環するようにした。本実験で用いた糞汚泥は、仙台市南蒲生処理場より採取した余剰汚泥を表1に示した基質で、6か月以上 fill and draw 方式で馴致・培養させたものである。なお、糞汚泥の温度を変化させる場合は温度昇降速度を $1^{\circ}\text{C}/\text{week}$ とした。分析項目は次の通りである。①基質: TOC, COD_{Cr} , BOD, T-N, ゲルクロマトグラム ②上澄液: TOC, COD_{Cr} , BOD, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, 有機性窒素, ゲルクロマトグラム ③混合液: MLSS, MLVSS, COD_{Cr} , BOD, PH, SVI, 酸素利用速度, 微生物数 ④汚泥: TOC, K-N

3. 実験結果および考察

(1) 物質変化の歩動: 図2, 図3は各温度における COD_{Cr} , BOD除去率と消化日数の関係を示す。各温度において、 COD_{Cr} , BODとも、15日前後の消化日数になると基質除去率は大体一定になることがわかる。消化温度25℃の COD_{Cr} 除去率が消化温度30℃の場合より高いこと、また、消化温度25℃, 30℃のBOD除去率が同程度であることから、消化温度25℃が好気性消化の最適温度と考えられる。図4は、上澄液の COD_{Cr} /BODと消化日数の関係を示したものである。好気性消化では、消化日数が長くなると共に上澄液中に難分

表1. 基質組成

成 分	濃 度 (mg/l)
デンプン	15000
NH_4Cl	5000
K_2HPO_4	16000
KH_2PO_4	2000
$\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50
CaCl_2	50
$\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20
NaCl	20

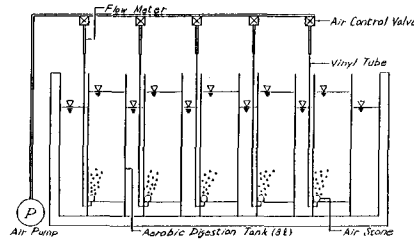


図1. 実験装置概略図

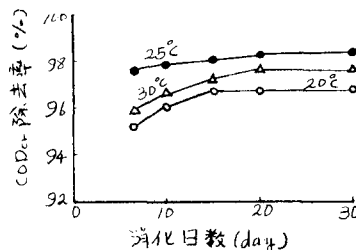


図2. COD_{Cr} 除去率と消化日数

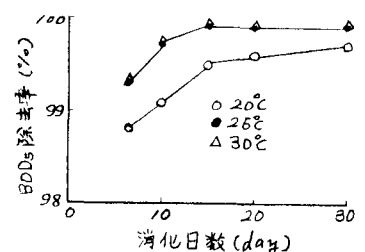


図3. BOD₅ 除去率と消化日数

解性物質が蓄積増加することが指摘されているが、図4より本実験でも同様の傾向が見られる。また、温度が高いほど難分解性物質が蓄積増加することがわかる。

(b) 動力学的解析：得られたデータの動力学的解析を試みた結果、比基質除去速度が、 $monod$ 式には従わず、①式のような非生物分解性物質を考慮した一次反応式に近似できることがわかった。

$$\frac{S_0 - S_e}{X_a \cdot t} = k(S_e - S_m) \dots \dots \dots (1)$$

S_0 : 流入基質濃度 (mg/L)
 S_e : 流出基質濃度 (mg/L)

X_a : 槽内汚泥濃度 (mg/L) t : 消化日数 (day)
 k : 反応定数 (L/mg/day) S_m : 非生物分解性物質濃度 (mg/L)

表2に一次反応式で得られた k , S_m の値を載せる。BODの S_m の値は決定することができなかった。比酸素利用速度は一般に②式で表わされる。また、比基質消費速度と比増殖速度の関係は③式によって表わされる。

$$Q_{O_2} = a' \left(\frac{S_0 - S_e}{X_a \cdot t} \right) + b' \dots \dots \dots (2)$$

$$\left(\frac{S_0 - S_e}{X_a \cdot t} \right) = \frac{1}{Y_g} \mu + m \dots \dots \dots (3)$$

Q_{O_2} : 比酸素利用速度 (mg O_2 /mg MLVSS/day) a' : 基質の除去量あたりの酸素利用量 (mg MLVSS/mg O_2) b' : 単位時間に単位重量の汚泥の維持代謝に必要な酸素量 (mg O_2 /mg MLVSS/day) μ : 比増殖速度 (1/day) m : 炭素源に対する維持定数 (mg 基質/mg MLVSS/day) Y_g : 炭素源に対する増殖収率定数 (mg MLVSS/mg 基質)

本実験結果で得られた a' , b' , Y_g , m を表3, 表4に示す。

(c) 硝化作用および窒素収支：窒素の収支を表5に示す。各温度において、消化日数が6.7日でも硝化作用が起きており、硝化作用が活発に進む領域としては消化日数が15日以上と考えられる。窒素の回収率は消化日数が15日以上になるとしたに減少する。本実験ではすべての消化日数でPHが7.0以下を示したので、アンモニアガスとしての飛散は考えられず、この未回収分は脱窒されたものと考えられる。脱窒作用は消化日数15日から生じたが、消化日数30日で急激に進んだ。また、温度が高いほど硝化作用および脱窒作用が活発に進んでいることがわかる。

表5. 窒素の収支

HRT (day)	流入 窒素 (mg/L)	溶 解 性 物 質										汚泥中の窒素 (mg/L)			回 收 率 (%)			脱 窒 量 (mg/L)			PH				
		NH ₃ -N (mg/L)			NO ₂ -N (mg/L)			NO ₃ -N (mg/L)			Org.-N (mg/L)														
		20℃	25℃	30℃	20℃	25℃	30℃	20℃	25℃	30℃	20℃	25℃	30℃	20℃	25℃	30℃	20℃	25℃	30℃	20℃	25℃	30℃			
6.7	1033	375	332	428	0	0	0	5	2	5	189	280	226	477	415	373	101.3	99.6	99.9	0	4	1	6.79	6.93	6.78
10	1033	416	367	455	0	0	0	8	4	2	156	294	210	458	378	374	100.5	101	100.8	0	0	0	6.82	6.76	6.78
15	1033	471	279	417	0	0	0	9	24	4	106	287	170	412	372	351	96.6	93.1	91.2	35	71	91	6.87	6.72	6.75
20	1033	404	293	389	0	0	0	28	92	18	133	209	185	415	389	375	94.9	95.2	93.6	53	50	66	6.77	6.68	6.88
30	1033	272	182	319	0	0	0	187	234	55	75	128	148	360	321	291	86.5	83.7	78.7	139	168	220	6.30	6.26	6.78

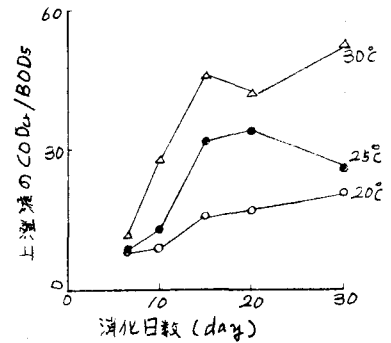


図4. 上澄液の COD_{Cr}/BOD_5 と消化日数

表2. 一次反応における動力学係数

基質の 温度	COD_{Cr}		TOC		BOD	
	k	S_m	k	S_m	k	S_m
20℃	0.0015	414	0.0010	109	0.0024	—
25℃	0.0024	187	0.0015	33	0.0039	—
30℃	0.0016	261	0.0014	90	0.0049	—

表3. 酸素利用速度式の動力学係数

基質の 温度	COD_{Cr}		TOC		BOD	
	a'	b'	a'	b'	a'	b'
20℃	0.232	0.040	0.682	0.039	0.484	0.040
25℃	0.055	0.056	0.159	0.056	0.115	0.056
30℃	0.135	0.003	0.391	0.003	0.277	0.003

表4. 比増殖速度式の動力学係数

基質の 温度	COD_{Cr}		TOC		BOD	
	m	Y_g	m	Y_g	m	Y_g
20℃	0.033	0.318	0.013	0.930	0.169	0.663
25℃	0.039	0.284	0.013	0.818	0.018	0.592
30℃	0.010	0.220	0.004	0.686	0.003	0.451