

北海道大学工学部 正員 〇井上雄三 正員 神山桂一
(株)西原衛研 今井順也 (株)三菱原子力 小室敏也

1. はじめに 嫌気性消化法は、近年下水のような低濃度廃水の処理に応用されようと研究開発が進められている。中高濃度廃水の処理には加温が前提となるのに対し、低濃度廃水の処理には無加温が前提となる。

筆者らは先に中温域(38℃)で返送型酸生成槽+固定生物膜メタン生成槽よりなる二相嫌気性消化処理実験を行い、溶存性分では好気性処理法を凌ぐ処理水が得られることを示し、当プロセスの実用の可能性を明らかにした¹⁾。本報告は低濃度廃水処理への適用の可能性について検討を加えたものである。

2. 実験装置 装置の略図を図-1に示す。AFR(酸生成槽)-1st ST(第一沈殿池)-MFR(メタン生成槽)-2nd ST(第二沈殿池)から構成され、TRAD(Two Phase Anaerobic Digestion) Processと称する。容量はAFR沈殿池:5L, MFR:128L MFRは固定生物膜槽で本実験では、充填材=PVC製 Honey Comb(比表面積308m²/m³)を用いた。充填率は約45%である。実験はA, B 2つの装置を用いた。Aは図-1の通り、Bは(AFR-1st ST)システムである。

3. 実験方法と実験条件 実験は合成下水の基質濃度を一定として流入水量を段階的に変える定常連続処理実験である。馴養期間は1ヶ月以上とられた。表-1に合成下水の基質、無機塩の組成、濃度を示す。高濃度の原液(1~2℃に冷却)を水道水で設定濃度になるように希釈してからフィードされた。実験条件を表-2に示す。pHのコントロールは、A-1, B-1は行われなかった。処理水温は20℃である。

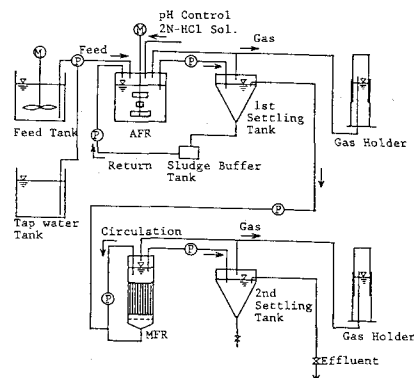


図-1 装置の概要

4. 結果と考察 各処理実験ごとに収支をとり、定常状態を確認した。表-1 合成下水の基質組成

(1) TPAD Processの処理特性

表-3にAFRとMFRの各処理水の性質と除去率を、図-2に負荷と除去率の関係を示す。AFRにおける除去率(C基準)は中高濃度のそれと同様、負荷に関係なくすべての実験で30%程度に達した。ところが後述のようにB-2を越える負荷になると、T-VFA(全揮発性有機酸、C₂~C₆)やタンパク質の分解は減少した。

メタン発酵処理水中の残存有機物は負荷の低いA-1(滞留時間AFR=7.5h, MFR=19.1h)においては、TOC 22.1mg/L, DOC 8.1mg/L (DOC除去率94%)となり、良好な処理水が得られることが示された。しかしながら、A-2, A-3となると処理水の性質が著しく悪化し、MFRの除去能に問題があることが示された。A-2, A-3ではAFRにおいてpHのコントロールをすることによってMFRのpHがA-1に比べて低くなり(A-1:6.3, A-2:5.8, A-3:5.4)、メタン生成菌の活性を弱めていることも大きな原因となっている。適正pHにすることを含めて効率向上を測るべきである。

(2) VFA(揮発性有機酸)生成とタンパク質の分解

表-4にAFRで生成されたVFAの組成割合を示す。生成されるVFAは、全体の40%程度を酢酸(C₂)が占め、プロピオン酸(C₃)、iso-酪氨酸(iso-C₅)、n-酪氨酸(n-C₆)の順になった。前報と同様VFAの組成割合は負荷にそれほど影響されないが、負荷が大きくなるにつれてC₂, C₃は減少、nC₄は増加した。また廃水の種類が異なるとVFA組成割合が違ってくるとも確認された。図-3に容積負荷と

Component	Conc.	Salt sol.
Skim milk	230 mg/l	NaCl 33.3
Peptone	170	MgCl ₂ ·6H ₂ O 6.7
NH ₄ Cl	57	CaCl ₂ ·2H ₂ O 3.3
Na ₂ HPO ₄	50	FeCl ₂ ·nH ₂ O 10.0
Salt sol.	3 ml	Trace mineral sol. (0.1g/l)
Trace mineral sol.	1	(NH ₄) ₂ MoO ₄ ·4H ₂ O, MnSO ₄ , Na ₂ BO ₄ , CuSO ₄ ·5H ₂ O, ZnSO ₄ , CoCl ₂ ·6H ₂ O, NiCl ₂ ·5H ₂ O
TOC	160 mg/l	
Carbohydrate	120	
Org.-N	27	

表-2 実験条件

Run No.	Flow Rate l/h	pH	Temp. °C	Vol. LR Sub-C- Kg/m ³ /d	C- Kg/m ³ /d	Total LR C- Kg/m ³ /d
A-1	AFR MFR	0.67 *	20	1.27	0.49	0.14
A-2	AFR MFR	1.55 *	20	2.89	1.18	0.33
A-3	AFR MFR	2.94 *	20	6.36	2.73	0.84
B-1		0.97 *		1.94	0.77	
B-2	AFR	2.11 5.0	20	3.94	1.60	
B-3		3.92 5.0		8.31	3.38	

Vol. LR: Volumetric Loading Rate, LR: Loading Rate

T-VFA収率の関係を示す。B-2までは負荷によらずほぼ一定の収率(約50%)を示し、それ以上の負荷に行ると減少した(VSS負荷の場合も同一傾向)。

次にOrg-N(有機性窒素)化合物の分解特性を図-4に示す。一般的に酸生成槽においてはタンパク質の分解率が50%以下になると云われているが、低濃度廃水ではその傾向と異なり、B-2までは90%以上の分解が起った。しかしそれ以上の負荷に行るとOrg-Nが NH_4^+-N にまで分解されず、MFRで分担することになった。

Org-N分解率とT-VFA収率の関係を図-5に示す。両者には比例関係がみられ、明らかにタンパク質の分解が律速になってVFA収率を減じていることを示している。

ガス生成については紙面の都合上省略するが、中高濃度廃水の場合と違って低濃度廃水からのメタンガスの回収率はかなり低下するようである。

4. AFR汚泥の特性 TPAD Processの放流水の水質の向上を図るためには、1st STからの汚泥の流出を極力抑えることが肝要である。表-5にAFRの汚泥の性状を表わす因子を示した。AFRではMLUSSが2700mg/l以上の濃度での運転は困難であった。1stSTから越流するSSは比較的小さく20~90mg/l程度であったが、沈殿池の構造上の問題などの原因で沈殿池底部で汚泥のブリッジングが生じて沈殿汚泥の一部が長時間にわたって貯留するために幾度か汚泥の浮上が起った。汚泥の沈降性は比較的好く、好気性汚泥と同程度のSVI(70~110)や返送汚泥の濃縮倍率が得られた。次にAFR汚泥の生成率を求める。この値はケモスタート系で得られているが、本システムのような汚泥濃度の高い(F/Mの低い)系では得られていない。AFR内の汚泥と基質の収支式より、定常状態において式を整理すると

$$\{Q \cdot (f_w - f_w) \cdot X_e + f_w \cdot X_r\} / V \cdot X = Y_x \cdot Q \cdot (S_0 - S) / V \cdot X - R_d \quad (1)$$

となる。槽内から出ていく汚泥量 $\Delta X = \{Q \cdot (f_w - f_w) \cdot X_e + f_w \cdot X_r\}$ 、槽内汚泥量 $X = V \cdot X$ 、利用された基質 $L = Q \cdot (S_0 - S)$ とすると、(2)式を得る。

$$\Delta X / X = Y_x \cdot L / X - R_d \quad (2) \quad (Y_x: \text{汚泥生成率}, R_d: \text{自己分解率}, V: \text{槽容量}, Q: \text{流量}, X: \text{汚泥濃度})$$

X_r : 返送汚泥濃度, X_e : 流出水のSS, S_0 : 流入基質濃度, S : 残存基質濃度)
(2)式に従って実験結果をプロットすると図-6になる。得られた直線の傾きと切片を求めると、汚泥生成率 $Y_x = 0.16$ (gVSS/g基質), 自己分解率 $R_d = 0.014$ (d⁻¹) が得られる。

本研究の一部は厚生省科学研究費の補助を受けた。記して謝意を表します。
<参考文献> 1) 井上他: 工学会年講II, 36, P195 (1981), 2) 井上他: 水質汚濁予講, 18, P116 (1984), 3) 長瀬他: 衛生工学研究論文集, 20, P157 (1984), 4) 松本他: 衛生工学研究論文集, 14, P30 (1978)

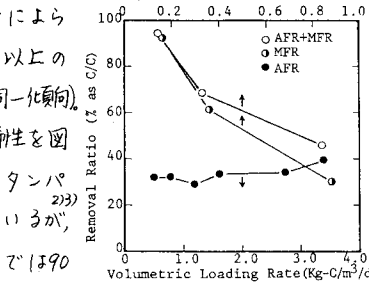


図-2 負荷と除去率の関係

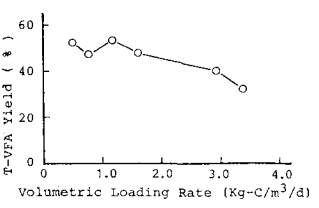


図-3 負荷とT-VFA収率の関係

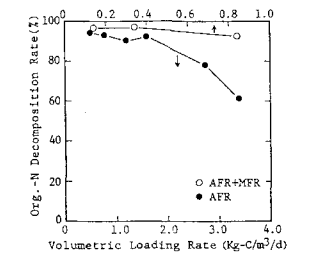


図-4 負荷とOrg-N分解率の関係

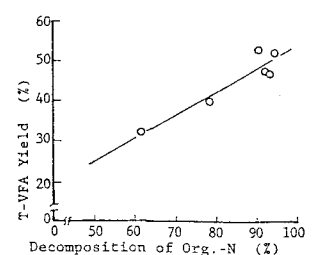


図-5 Org-N分解率とT-VFA収率の関係

表-3 TPAD Processの処理水質と除率

Run No.	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
Feed	TOC 152.1	158.6	194.0	165.1	158.6	179.8
DOC	104.3	128.8	135.4	120.0	110.7	116.7
AFR	R 31.7	18.8	30.2	27.3	30.2	35.1
	TOC 123.5	127.3	150.8	142.4	121.2	137.3
EFFA	R 19.1	19.7	22.3	13.8	23.6	23.6
	DOC 103.6	112.3	126.6	111.7	104.9	108.9
	R 32.1	29.2	34.7	32.3	33.9	39.4
	TOC 22.3	57.4	118.7			
AFR	R 81.9	54.9	21.3			
	DOC 8.1	49.5	104.6			
	R 92.2	55.6	17.4			
MFR	T-VFA 3.0	46.4	81.4			
	A 37	94	78			
	TOC 21.7	61.4	119.5			
	R 85.8	61.3	38.4			
Total	DOC 9.2	49.0	104.7			
	R 94.0	69.1	46.0			

EFFR: Effluent from the 1st settling tank
R: Removal ratio (%), TOC, DOC, T-VFA: (mg-C/l)
A: T-VFA/DOC (%)

表-5 AFA汚泥の特性

Item	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
Sludge Conc. (VSS)	1610	2660	2130	2070	2140	1860
RS Conc. mg/l	6250	9530	6470	8110	7030	6270
SVI	-	105	102	89	85	114
SC Ratio	-	3.9	3.6	3.0	3.9	3.3
RS Ratio	-	39	45	46	45	42
Turb. OD660 abs/cm	0.055	0.047	0.072	0.085	0.061	0.050
SS mg/l	27	26	55	91	32	56
pH	-	5.9	5.2	5.1	5.8	5.1

RS: Return Sludge, SC: Sludge Condensation
Turb.: 1st ST Effluent

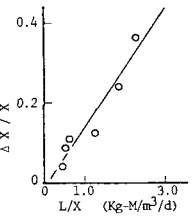


図-6