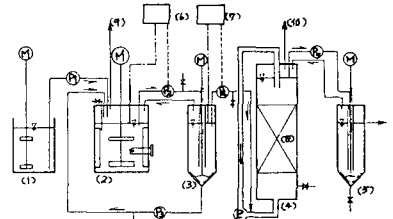


北海道大学 正〇井上 雄三 (株)三機工業 前田 英幸  
 “ “ 神山 桂一 (株)前沢工業 松井 卓也

1. はじめに 廃水処理における今日的問題として、維持管理費の増大(電力料の増加あるいは余剰汚泥処理費用の増加)は、消費エネルギー削減と相まって極めて重大である。この問題の将来における一解決策として、都市下水あるいは有機廃水の嫌気性消化による直接処理が考えられる<sup>1)</sup>。ところが嫌気性消化法は、固形物を含む高濃度有機廃水の前置処理法としてしか位置づけられて来なかったため、厳密な処理水質を保証できる廃水処理法としての設計および運転条件などは全く知られずに今日に至っている。以上のような観点から、まず第1に廃水処理法として嫌気性消化処理が可能かどうかを明らかにするために、人工下水を用いて処理実験を行ない、安定性、処理水質レベルおよび汚泥発生量などについて検討を加え、若干の知見が得られたので報告する。特に本実験では、メタン生成相に固定生物膜法<sup>2)</sup>を用いた2相消化法が利用された。

2. 実験装置および方法 図-1に装置の概略を示す。本装置は、酸生成相には汚泥返送を伴う完全混合型反応槽(Acids forming Reactor)を、メタン生成相に過去に報告<sup>2)</sup>した完全混合型固定生物膜メタン生成槽(Methane forming Reactor)を用いた。槽容量は、酸生成槽(AFR):5.0ℓ(5.5ℓ)、第1(S1)および第2(S2)沈殿池:2.6ℓ、メタン生成槽(MFR):13.5ℓである。槽内温度は、両槽ともに38±0.5℃にコントロールされた。MFRの循環流量は10ℓ/min。(空筒流速70cm/min.)、充填材はhoney comb型でセル径8mm、容積5720cm<sup>3</sup>、表面積2.86m<sup>2</sup>である。基質組成および実験条件を表-1, 2に示す。ブードタンク内基質は、2~3℃に保たれた。また副養は1ヶ月以上行なわれた。一連の実験は定常状態と判断されるまで続けら



(1) Feed Tank, (2) AFR, (3) 1st Sed. Tank (4) MFR, (5) 2nd Sed. Tank, (6) (7) Level controller, (8) Packed bed, (9) (10) to gas holder P1-P5: Tubing pump, p: Circulating pump

図-1 実験装置の概略図

れ、その特点で最終分析が行なわれた後に次の負荷条件に設定され運転が続けられた。なお、今回の実験ではAFRにおいてはpHコントロールはなされなかった。

3. 結果と考察 図-2にRUN I, II, IIIおよびIVの結果を示す。RUN IVについては、定常状態が得られなかったため、参考程度に示した。以下に結果の概略を述べる。ガス発生量は、ほぼ負荷(流量)に比例している。AFRでは、pHが4.5と非常に低いにもかかわらず、メタンが生成された。RUN I~III程度の負荷ではTOA(全有機酸)生成量が減少することはなかった。TOCもほぼ一定の値になった。AFRで生成されたVFAは、ほぼ全量がガス化されるのでMFRのpHは6.8~7.0まで上昇する。総じて負荷が高くなるほどAFRおよびMFRのNH<sub>4</sub>-N濃度は減少する(Kjedahl-Nも同一傾向)。放流水中のVFA濃度は、ほとんど10mg/ℓ以下で、数例を除いてアロピオン酸以下のVFAは1mg/ℓ以下であった。

3-1. 生成VFAの割合(表-3) AFRにおける生成されたVFAの割合は、MFRを設計する際に重要なパラメータとなる。表から明らかのように、全VFAの55~62%を酢酸が占めており、次にm-酪酸(16~20%)とm-カプロン酸(10~17%)が続き、これらの有機酸で86~92%が占められている。m-酪酸とm-カプロン酸は負荷が増加するにつれて、その割合が増加しているが、逆にアロピオン酸は減少している(7~2%)。一方、RUN IVでは、アロピオン酸が増加した(28%)。このように、負荷によって酸化度の異なるVFAが生成されることが明らかにされた。

表-1 基質組成

	RUN I-III	IV
Starch	2500	1250
Skim milk	2500	1250
FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	25	25
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	200
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	600	600
NH <sub>4</sub> Cl-N	10*	10
TOC	1769	950
BOD <sub>5</sub>	5120	-
Kjedahl-N-T	106.9**	62.0
Org.-N-S	35.2	19.5
NH <sub>4</sub> -N	11.3	12.0

\* RUN I:none added.

\*\* RUN I: 45.0

表-2 実験条件

RUN NO.	Feed rate (ml/d)	Loading rate volumetric(Kg C/m <sup>3</sup> /d)			per unite area (Kg C/m <sup>2</sup> /d)
		AFR	MFR	Total	
I	1495	0.54	0.20	0.15	0.95
II	2990	1.09	0.44	0.31	2.09
III	4150	1.36	0.55	0.39	2.62
IV	3920	0.68	0.28	0.20	1.30

3-2. C, N 収支 (表-4, 5): 一連の実験を定常状態として、物質収支をとってみると、表-4に示したように AFR においては、約6%の Org. C の蓄積があることがわかった。これは、表-5の結果と対応させてみると、その理由が明らかとなる (N蓄積量は負荷の増加に伴って大きくなり、45%にも達する)。即ち、4.3-4.5の pH は skim milk の蛋白質の等電点 近であることから、蛋白質が凝集、集塊し、分解しずらくなり、AFR系から流出してまわりの蓄積するものと思われる。AFRにおいて蛋白質がVFAに分解される割合は、高々30%である。アミノ酸の生成もほんのわずかしかなかった。従って、蛋白質を効率よく分解する為には、pH コントロールの必要があることが明らかになった。

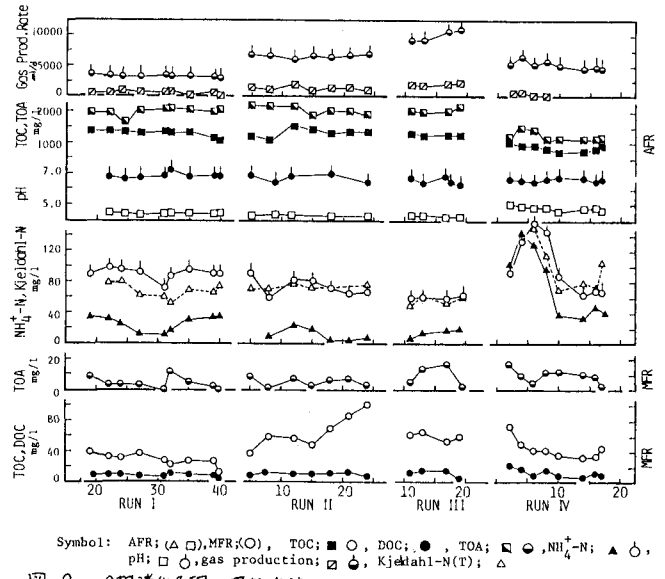


図-2 2相消化処理の運転成績

3-3. 放流水水質と除去率 (表-6): 溶存性有機物では、BOD<sub>5</sub>: 5mg/l 以下、DOC: 9mg/l 以下と極めて良好な水質が得られることが明らかになったが、懸濁性有機物がかなり残存していることも明らかになった (RUN II, III)。この濁度成分は、コロイド性で処理水を白濁させている。この成分の DNA 値から判断して、ほとんど微生物体であると思われる。除去率からみると、溶存成分: 99%以上、total 95%以上と極めて良好な成績が得られた。

表-3 生成された有機酸の割合

RUN NO.	E-OH	VFA prod. (%)		
		I	II	III
ETHANOL	0.2	0.2	0.3	
HAc	58.5	62.1	54.9	
HPr	7.1	4.9	2.3	
iso-HBu	3.9	3.1	2.3	
n-HBu	16.0	15.9	20.6	
iso-HVa	1.6	1.6	2.1	
n-HVa	1.5	1.8	0.9	
n-HCa	11.2	10.4	16.6	
TOA-C/DOC-C	81.9	83.5	85.8	

3-4. AFR における汚泥発生: 本実験は汚泥を全く引き抜かず定常状態を得る運転方法であるから、 $X = (a/b)L_0$  ( $X$ : 菌体濃度,  $L_0$ : 負荷,  $a$ : 菌体収率,  $b$ : 内生代謝定数) なる極めて簡単な式が得られる。図-3は、定常の仮定のもとに結果をプロットしたもので、AFR である負荷条件が決められれば、余剰汚泥を全く出さずに運転できる汚泥濃度が一意に決まることを示している。直線の傾き  $a/b = 3.31$  であるから、収率を  $0.1 \sim 0.2$  とすると  $b = 0.03 \sim 0.06 d^{-1}$  とほぼ妥当な値が得られる。少々実験期間の短かなものもあるが、以上のように余剰汚泥を全く抜かず、安定した運転を約4ヶ月間続けることができた。

表-4 C 収支

RUN NO.	input C mg/d	gas prod. C mg/d	output C mg/d	accumula- tion mg/d	accum. rate %
AFR	2590	334	182	7.0	
II	5289	697	4255	337	6.4
III	7341	1057	5831	453	6.2
MFR	2074	1711	305	58	2.8
II	4255	3367	831	57	1.3
III	5831	4595	1145	91	1.6

表-5 N 収支

RUN NO.	input N mg/d	output N mg/d	accumula- tion mg/d	accum. rate %
AFR	139	100	39	28.1
II	326	215	111	34.0
III	444	240	204	45.9
MFR	100	133	-33	-33.0
II	215	221	-6	-2.8
III	241	253	-12	-5.0

4. おわりに 多くの問題点がある外、低濃度の水質を保証できる脱水処理法としての2相消化法の可能性を示すことができた。

本研究の一部は、昭和61年度科学研究費一般(L)の補助を受けた。記して謝意を表す。

参考文献 1) Jewell et al. JWPCF Vol. 53 No. 4 (1981)  
2) 井上神山, 水16回衛生工学討論会論文集 (1980)

表-6 処理水質と除去率

RUN NO.	I	II	III
BOD <sub>5</sub> -T mg/l	42	170	160
Remov. rate %	99.2	96.7	96.9
BOD <sub>5</sub> -S mg/l	5	4	3
Remov. rate %	99.9	99.9	99.9
TOC mg/l	18	102	60
Remov. rate %	99.0	94.2	96.6
DOC mg/l	6	9	6
Remov. rate %	99.7	99.5	99.7

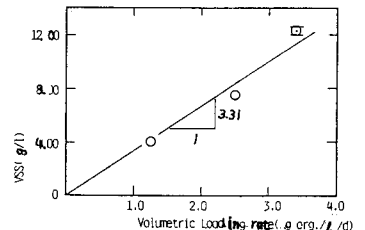


図 3 容積負荷と定常菌体濃度 VSS の関係