

II-426

製麺排水のメタン発酵について

東北大学工学部 正会員 O李 玉友

東北大学工学部 正会員 沈 振環

東北大学工学部 正会員 野池達也

1. ま え が き

製麺排水には溶解性糖類が多く含有しているが、窒素とリンが少ないので、嫌気性生物処理法を用いることは好気性処理法より窒素とリンの添加量および余剰汚泥生成量の減少することが期待されるだけでなく、反応の最終生成物であるメタンガスは燃料として利用できるのである。また、製麺排水そのものはもともと加熱されて排出されたものであるので、消化槽の保温も容易である。このような製麺排水の特性を考慮すれば、メタン発酵法を用いることは合理的で、経済的にも有益であるから、積極的に応用すべきと考えられる。そこで、本研究は基礎的な参考データを取るために、半連続実験と連続実験を用い、製麺排水のメタン発酵について実験的な検討を行ったものである。

2. 実験材料および方法

半連続実験の装置は 120ml のバイアル瓶を用い 1 日に 2～3 回の基質投入を行った。連続実験の装置は図 1 に示したような 2 段消化プロセスを用いた。反応槽 A および M の容積はそれぞれ

1.45L, 6.0L と設定し、反応温度は $35 \pm 1^\circ\text{C}$ にコントロールした。用いた排水は T K 製麺工場から採取したもので、その排水の化学性状は表 1 に示した。上記の排水に表 2 に示した比率で無機塩分を添加して調整したものを基質とした。種汚泥は余剰汚泥の消化汚泥に上記の調整した排水を加えて

3ヶ月以上馴養したものを
用いた。

3. 実験結果および考察

(1) 半連続実験：用いた基質は表 1 に示したサンプルであり、表 3 に定常状態の pH 条件を示し、図 2 には半連続実験における物質を示した。これによれば、HRT 1.0 日の場合、投入基質の約 80% がすでに揮発性有機酸 (VFA) に転化されたが、pH は 5.00 と

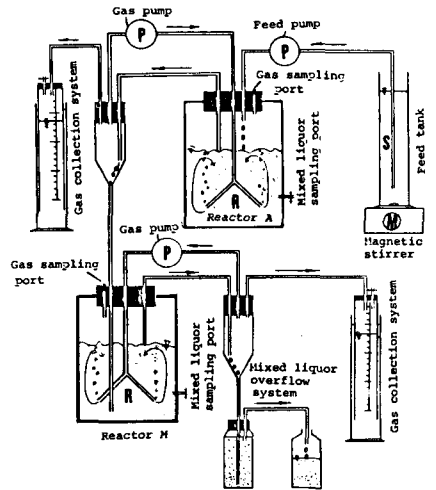


図 1 連続実験の装置

表 1 製麺排水の化学性状

Samples	A	B
pH	5.70	6.29
T-COD (mg/l)	7677	4843
S-COD (mg/l)	5959	4000
SS (mg/l)	1000	--
VSS (mg/l)	966	--
T-carbohydrate (mg/l)	6844	4507
T-protein (mg/l)	466	310

表 2 無機塩分の添加比率

Component	Concentration (mg/l)
COD	10000
NH_4HCO_3	5254
K_2HPO_4	125
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	100
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	15
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.125
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	25

表 3 各 HRT における pH (半連続実験)

HRT (days)	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	10.0	20.0
pH	5.0	5.0	5.9	6.1	6.3	6.3	6.8	6.8

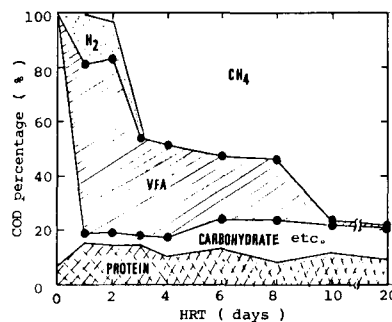


図 2 半連続実験における COD 物質収支

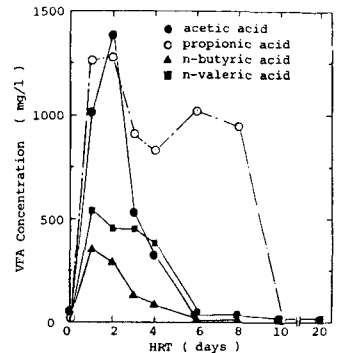


図 3 HRT による VFA 組成の変化 (半連続実験)

っているので、メタン菌の増殖が抑制され、メタン生成発酵が進行できず酸生成発酵のみが進行していた。HRT 3.0 日以上の場合には、pHが6.0前後であるにもかかわらず、メタン発酵が進行している。HRT 8.0 以上の条件では、CODの約 80%はメタンになっている。また、VFAの変化に注目すると、図3に示したように HRT 4.0日以上においては残留した VFAの大部分はプロピオン酸であることが知られている。このことはプロピオン酸が蓄積しやすいこと或いは分解しにくいことを示唆している。表4にHRT 1.0日の酸生成相における産物の収率を示している。ここで、バイオマスの量は増殖した菌体タンパク質濃度から推算したものである。（バイオマス＝菌体タンパク質 2と仮定）表4によれば、プロピオン酸の収率は0.25であり、VFA中一番高いとなっている。一方、Zoetemeyerら¹⁾はグルコース10000mg/lの人工合成基質を用いてpH調整の実験を行っている。それによれば、pH5.0前後ではプロピオン酸が微量しか生成されなかった。このような酸生成相の産物の差異は酸発酵の代謝経路の多様性を反映していると考えられる。写真1はpH5.0において増殖した酸生成菌の走査型電子顕微鏡写真である。

表 4 酸生成相における産物の収率 (pH = 5.00)

Component	Yield (as COD)	
	HRT=1.0 (day)	HRT=2.0 (day)
CH ₄	--	0.03
H ₂	0.18	0.12
Acetic acid	0.14	0.19
Propionic acid	0.25	0.25
n-Butyric acid	0.08	0.07
n-Valeric acid	0.15	0.12
Biomass	0.18	0.14

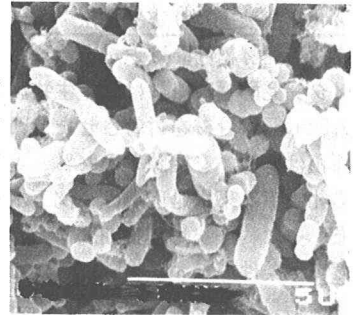


写真 1 pH 5.00 条件における酸生成菌の電顕写真 (×8000)

表 5 連続実験の結果

Experiment Parameters	Run.1 (Sub.: Sample B)		Run.2 (Sub.: Sample A)	
	Reactor A	Reactor M	Reactor A	Reactor M
HRT (days)	0.86	3.57	1.08	4.49
pH	6.40	7.04	6.61	7.00
T-COD (mg/l)	2218	1007	3436	1467
S-COD (mg/l)	1296	592	2132	824
T-Carbohydrate (mg/l)	358	235	338	75
T-Protein (mg/l)	762	556	1123	714
TOA (mg/l)	1224	168	491	38
Gas composition (mole%)				
N ₂	6	2	2	5
CH ₄	51	65	60	66
CO ₂	43	32	38	29
Gas production rate (ml/day·L)	1515	168	2176	110
T-COD removal efficiencies (%)	54.0	79.0 (accumulated)	55.0	80.9 (accumulated)

(2) 連続実験：用いた基質およびHRTの違いによって実験をRUN1とRUN2に分けられた。RUN1およびRUN2の基質はそれぞれ表1に示したサンプルBおよびサンプルAを用いた。表5には連続実験の結果を示しており、RUN1の実験では反応槽A(HRT1.08日、基質負荷 7.11g/l・day)におけるT-COD除去率は55%であり、生成されたガス中のメタン含有率は60%に達しているが、反応槽Aから排出された混合液はさらに反応槽Mで発酵させることによってT-COD除去率は80%の良好な処理成績が得られた。RUN2の実験では反応槽A(HRT:0.86日)におけるT-CODの除去率は54%で、反応槽Aと反応槽M

とが合せてT-COD除去率も79%に達したが、反応槽AにおけるTOA濃度はRUN1の場合より高くなり、消化ガス中のメタン含有率も10%ぐらい下がった。上記の結果より判断すれば、製麺排水のメタン発酵を行う場合、HRT 1.0日の単相連続メタン発酵プロセスを用いると、T-COD除去率55%、消化ガスのメタン含有率：50～60%といった処理成績が期待でき、また、上記の2段階消化プロセス(T-HRT 4.43～5.57日)を用いれば、T-T-COD除去率：80%ぐらい、消化ガスのメタン含有率：60%の処理成績が期待できる。写真2はメタン菌Methanocarcinaの走査型電子顕微鏡写真であり、この属のメタン菌は反応槽で多量に増殖していることから、メタン発酵に大きく貢献していると推察される。

4. おわりに、以上で製麺排水のメタン発酵に関する実験結果を報告したが、今後HRTをさらに短縮して連続実験を続ける予定である。

<参考文献> 1) R.J.Zoetemeyer et al.(1982):Water Res.Vol.16,303

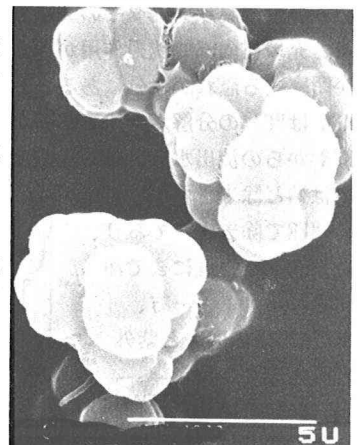


写真 2 メタン菌 Methanocarcina の電顕写真