

PSII-31 PUFを微生物担体とした嫌気性下水処理

九州大学大学院 ○学 久場隆広
九州大学工学部 正 古米弘明 正 楠田哲也

1.はじめに 下水のような低濃度廃水の嫌気性処理を行なうためには、増殖速度の遅い嫌気性微生物を高濃度に反応槽内に保持する必要がある、生物膜法は一つの有効な手段である。一方、化学工学の分野では、発泡ポリウレタンフォーム(PUF)を基材に、動物細胞の高密度培養に成功している¹⁾。著者らはこれを嫌気性下水処理に応用し、PUFを浮遊担体として、そこに付着する菌体の増殖過程及びそれによる水質改善について研究してきた²⁾。PUFの利点は、①多孔性であるため比表面積が大きい、②わずかな攪拌により浮遊状態に維持でき、閉塞がなく、また保有微生物全体が有効に機能できる、③PUF内部に嫌気的環境が維持できる、④容易に汚泥濃度の制御ができる、⑤担体の材料費が安く、攪拌に要するエネルギー消費量も少ない等である。これまでの研究では、PUFにはメタン生成菌が付着しにくいことが明らかとなっており²⁾、したがって、二相消化法による酸生成相の役割について検討する必要がある。本研究では、人工下水を用い、PUFの添加による酸生成能の改善、反応槽内の物質収支及びPUFへの微生物付着状況について検討した。

2.実験装置及び実験方法 図-1に反応器の概略を示す。反応器はアクリル樹脂製で、有効体積1.2Lである。PUFの孔径は0.44mm、1inch当たりの孔の個数は30~35、見かけ密度は0.014g/cm³である。各反応器に5mm角のPUFを400、800、1600個添加し(それぞれ見かけ体積50、100、200cm³)、スターラーによりゆるやかに攪拌した。また、対照実験としてPUF無添加の実験も行なった。植種汚泥には、嫌気性消化槽汚泥(SS=12400mg/L、VSS=8400mg/L)を用い、表-1に示す人工下水(BOD=200mg/L)により36℃で4日間、20℃で5日間培養したものである。以上の予備操作の後、20℃の恒温室内において、有効体積基準の滞留時間(HRT)32時間で連続運転を開始した。水質が安定した後、HRTを16時間、更に7時間に短縮した。除去特性を調べるためにタンパク質、グルコース及び全有機炭素(TOC)分析を行ない、酸生成を調べるために全有機酸(TOA)、揮発性脂肪酸(VFA)及びガス分析を行なった。また、付着微生物の増殖を調べるためにタンパク質分析を行ない、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡により、菌付着状況も観察した。

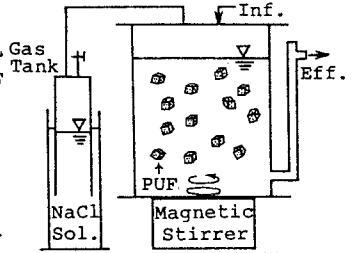


図-1 反応器の概略図

表-1 人工下水組成

成分	添加量 (mg/L)	TOC (mg/L)
Glucose	30.6	14.2
ペプトン	65.4	29.4
酵母エキス	65.4	23.1
肉エキス	74.6	19.4
NaCl	6.7	----
MgSO ₄	4.0	----
KH ₂ PO ₄	18.6	----
KCl	13.4	----
NaHCO ₃	200.0	----
BOD ₂₀ = 200*		Protein = 96
COD _{Cr} = 248		TOC = 86mg/L

*文献値

3.実験結果及び考察

a)有機物分解特性 HRT=16時間の水質安定期に、人工下水を回分条件で処理する実験を行ない、有機物の分解機構を調べた。初期BOD濃度が400mg/Lとなるように人工下水を添加した後、各反応槽における水質経時変化の違いを検討した。図-2に、PUF1600個添加及び無添加の場合のTOA及びVFAの経時変化を示す。両者とも人工下水の添加直後から急激に有機酸が生成されているものの、PUF添加により生成された酸の濃度は高くなっている。生成された有機酸は、TOAとVFAに濃度差がないことから、ほとんど低分子のVFAにまで分解されていることがわかる。PUF無添加においては有機酸が蓄積された後、減少傾向を示しておりメタン発酵まで進行していることがわかる。一方、PUF添加の反応槽では酸生成能が大きいと見かけ上VFAの低下は著しくないと考えられるが、定常運転におけるメタンガスの発生量から判断しても、PUFへのメタン生成菌の付着は少ないものと思われる。

b)連続運転における有機物除去 表-2にHRT=16及び7時間にお

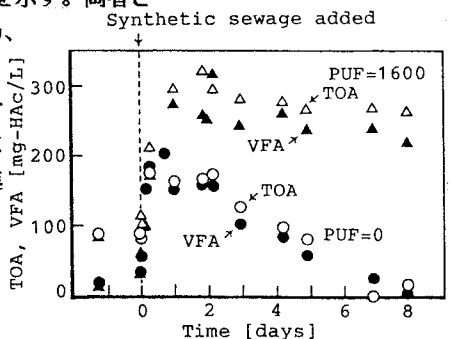
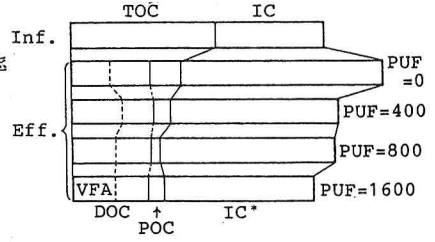


図-2 回分実験におけるVFA、TOAの経時変化

るグルコース、タンパク質の分解率及びTOC(溶存態、DOC)の除去率を示す。グルコースはいずれのHRTにおいても良好に分解されている。タンパク質の分解率はPUF400、800個添加の場合、滞留時間の減少にともない、若干の低下が認められるのに対して、1600個添加ではほぼ一定に維持されており、PUF添加個数が多いほど分解率が高いことがわかる。

表-2 グルコース、タンパク質の分解率及びTOC除去率

PUF (個)	HRT=16hr			HRT=7hr		
	Glu	Pro	TOC	Glu	Pro	TOC
0	96	76	77	94	61	46
400	94	66	60	94	58	47
800	94	67	68	94	63	51
1600	94	65	71%	95	65	53%



(*:反応槽内のpH、CO₂分圧の実測値を用い、Henryの法則及び炭酸平衡から理論的に求めた。)

図-3 炭素収支

表-3 pH、VFA及びアンモニア性窒素濃度

PUF (個)	反応槽内混合液			PUF内部		
	pH	VFA(mg(-) COD/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg-N/L)	pH	VFA(mg(-) COD/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg-N/L)
0	7.2	60	14	---	--	--
400	7.3	56	14	7.8	27	15
800	7.3	64	15	7.7	63	15
1600	7.2	75	16	7.7	69	16

表-4 PUF付着菌体量

PUF (個)	HRT=16hr		HRT=7hr	
	①	②	①	②
0	150	----	90	----
400	50	1200	65	1540
800	80	930	90	1040
1600	120	680	180	1050

①反応槽体積基準(mg/L)
②PUF体積基準(mg/L)

c)炭素収支 図-3にHRT=7時間の各反応器での炭素収支を示す。PUF無添加の反応器についてはCO₂分圧及びpHが安定しておらず、炭酸平衡から理論的に求めた無機炭素(IC)量の精度は低い。他の反応器では炭素収支がうまく取れている。発酵過程において、基質中の炭素は菌体増殖に利用されるか、ガスとなって廃水中から除去される。しかしながら、本実験ではガスはほとんど気相中に放出されず、処理水中に溶存して流出していた。処理水中のDOCの60~70%はVFAの形に分解されており、残りの主なDOC成分はVFA以外の有機酸及びタンパク質である。

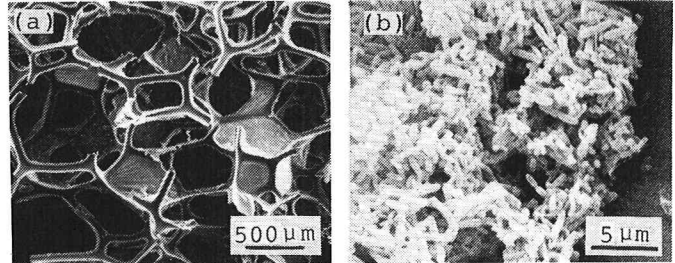


写真-1 (a)菌付着PUF、(b)PUFに付着した桿菌の走査型電子顕微鏡写真

d)PUF内部の状況 表-3に反応槽内混合液とPUF内部のpH、VFA及びアンモニア性窒素(NH₄⁺-N)濃度を示す。混合液のpHに比べ、PUF内部のpHはかなり高いことが認められる。pH上昇の原因であると考えられるVFAの消費及びタンパク質の分解によるNH₄⁺-Nの蓄積は起こっていない。原因は不明であるが、このpH上昇がメタン生成の障害を引き起こしている可能性もあると考えられる。今後メタン菌にとっての適切なPUF内部での環境設定により、メタン生成の可能性が期待できる。

e)微生物付着状況 表-4にPUF付着菌体量を示す。付着菌体量は負荷の増加に伴い各槽とも増加している。反応槽体積基準での菌体濃度はPUF添加量の増加とともに高い値を示しているのに対して、PUF体積基準の菌体濃度は逆の傾向にある。攪拌は反応槽内に存在できる菌体量を決定する一つの因子であると考えられ、したがって、攪拌を適切に制御することにより、PUFの高い菌体保持能力を更に向上させることが期待できる。写真-1にHRT=16時間(運転開始2ヶ月後)での菌付着PUF表面の電子顕微鏡写真を示す。蜂の巣状のセルに固形物が付着した状況や桿菌の群落が観察されたが、メタン生成菌と思われる菌は認められず、PUFへの付着性が良くないことが確認された。

4.おわりに 今回の実験でのPUF添加量は、反応槽容積の5、10、20%程度にしか設定しておらず、今後更に添加量を増やすことにより更に菌体の高濃度化の可能性が高くなると考えられる。特に、酸生成菌の集積により酸生成能の効率化が期待できる。最後に、本研究は武田科学振興財団研究助成金の補助によるものであることを付記し、ここに深く謝意を表します。

[参考文献] 1)上島:PUF粒子充填槽による付着性動物細胞の高密度培養、九州大学大学院修士論文、1988

2)越智、久場、古米、楠田:PUFを利用した嫌気性下水処理における微生物の高濃度化について、

土木学会西部支部研究発表会、pp.326~327、1989