

UASB反応器のグラニュール形成における細胞外ポリマー量の変化

九州大学大学院 学生員 〇 賈 曉 瑞

九州大学工学部 正 員 古米弘明 正 員 楠田哲也

1. はじめに 従来、嫌気性消化過程における水素の役割は、極めて重要であることが指摘されてきた^[1]。特に、炭水化物を基質としたグラニュール形成には酸発酵に伴って生成する水素がなければならない。これは、生物の集積メカニズムに関わる重要な物質の一つである細胞外ポリマーの生成は水素利用メタン生成菌の代謝機能と関連しているからである^[2]。しかし、現在まで、UASB反応器のスタートアップ過程における水素分圧及び細胞外ポリマー量の変化とグラニュール生成の関係を把握した報告はほとんどない。本研究では、炭水化物(グルコース)を人工廃水の主成分として、水素消費活性、細胞外ポリマー量及び化学成分の変化を調べることで、グラニュール生成機構を実験的に把握することを目的とする。

2. 実験装置及び方法 反応器は、内径6cm、カラム長100cm、有効容積2.40Lであり、35°Cの恒温箱に設置した。原水が均等に流入するように、カラム底部にガラスビーズを充填した。また、汚泥のスラッシングを防ぐために攪拌翼を付設している。初期には、12rpmで連続攪拌したが、ガス発生量が1.0L/d以上になってからは間欠攪拌(2rpm10分間/一時間間隔)としている。表-1に流入基質の組成を示す。流入TOC及びCOD濃度はそれぞれ600、2000mg/lである。種汚泥には都市下水処理場の中温

表-1 基質組成

Glucose	1880		
Yeast Mextract	20		
NH ₄ Cl	300		
K ₂ HPO ₄	200		
NaHCO ₃	5000		
Trace Metal Solution	3(ml/l)		
H ₂ SO ₄	50	FeCl ₂ ·2H ₂ O	2000
(NH ₄) ₂ MO ₂ ·4H ₂ O	50	ZnCl ₂	50
CuCl ₂ ·2H ₂ O	30	MnSO ₄	500
AlCl ₃ ·6H ₂ O	50	CoCl ₂ ·6H ₂ O	2000
MnCl ₂	250	MgCl ₂	1000
EDTA	50	KI	50
NiCl ₂ ·6H ₂ O	250	HCl (Conc.)	1ml

消化汚泥を用いた。水素分圧の測定はヘッドスペース法を用いた。細胞外ポリマーの抽出は冷却抽出法^[3]を用いた。連続実験における測定項目は反応槽温度、流量、流出水のpH、TOC、揮発性脂肪酸濃度(VFA)、発生ガス量、ガス組成などである。また、汚泥の活性を調べるために、バイアルを用いた回分実験(容積約70mL)を行った。バイアル内の汚泥濃度は1000-2000mgVSS/Lに調整した。基質は、グルコース、HAcを用いて、初期濃度が1000mgCOD/Lとなるように設定した。また、基質として、H₂+CO₂(4:1)を用いたバイアル実験では、水素の初期添加量を液量基準で500mgCOD/Lとなるように設定した。すべてのバイアル実験は35°C振とう培養槽で行った。

3. 実験結果及び考察

a) 連続運転 図-1に連続運転結果を示す。実験は流入濃度を一定とし、HRTを短縮化させることによって、容積負荷を増大させた。容積負荷はTOC除去率が85%以上に安定して維持されるよう徐々に増大させた。実験初期に3週間の回分培養を行ってから、0.67kgCOD/m³・dの容積負荷で連続運転を開始した。容積負荷を増加させた直後は除去率が一時的に低下するが、数日のうちに容積負荷の増加に汚泥が対応し、良好なTOC除去率が得られた。40日目の現在では、TOC除去率が85%以上という良好な処理性能を示した。

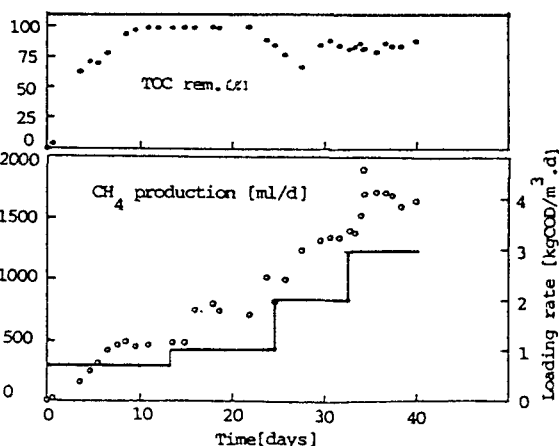


図-1 連続運転結果

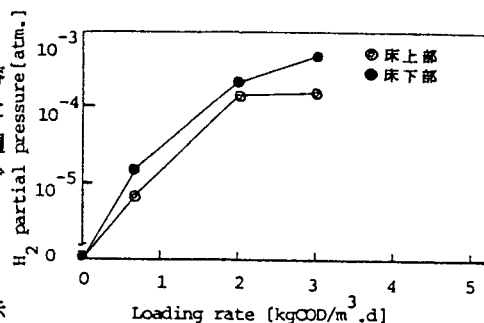


図-2 水素分圧の変化

b) 水素分圧及び水素消費特性 本研究の考察重点の一つはスタートアップ時における、水素分圧及び水素消費特性の把握にある。実験では、スタートアップ期間中の汚泥を採取し、その水素分圧及び水素消費活性変化を調べた。特に、床内汚泥については、汚泥床の下部及び上部の2ヶ所の汚泥について検討した。図-2に示すのは各容積負荷下の水素分圧の変化である。容積負荷の増加に伴って水素分圧は対応して増大する。特に、汚泥床の下部の水素分圧は初期に比べ、10倍以上増加した。各容積負荷下の汚泥床の下部の水素消費の経時変化を図-3に示した。縦軸は初期水素濃度で無次元化して表示してある。また、“水素の活性菌体量”を把握するために、動力学的な菌体量推定法^[4]を用いた検討を行った。結果を表-2に示した。図-3の無次元化濃度が0.5に達する反応時間もともに表-2に示した。これらの結果によると、汚泥床の上部に比べ下部の高水素分圧では、水素利用メタン菌に対してより多くのエネルギーが供給され、水素利用メタン菌が大幅に増殖したことがわかった。

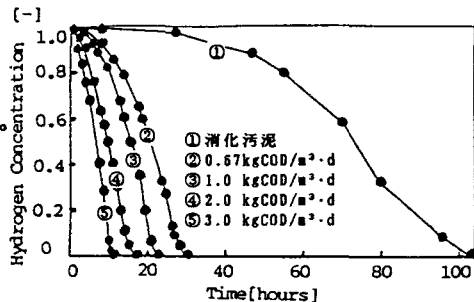


図-3 水素消費の経時変化 (床下部)

表-2 水素の活性菌体量

容積負荷 kgCOD/m ³ ・d		0.67		1.0		2.0		3.0	
汚泥の種	消化汚泥	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部
反応時間 hour	73.1	18.9	25.7	15.8	22.7	9.7	13.4	5.1	22.6
菌体量 mgVSS/mgVSS [%]	0.12	0.71	0.65	0.78	0.67	2.08	1.43	2.24	0.91

表-3 細胞外ポリマーの分析結果

c) 細胞外ポリマー量と水素利用メタの増殖の関係

冷却抽出法で抽出された細胞外ポリマーの分析結果を表-3に示した。Morganら^[5]は活性汚泥ポリマーの糖に比べ、嫌気性汚泥ポリマーではタンパク質が優占することを指摘している。今度の結果は彼らの研究結果と一致している。図-4に示したのは各容積負荷下の汚泥床下部の水素分圧、水素活性菌体量及び細胞外タンパク質である。表-3及び図-4に示したように、容積負荷の増大に伴って、汚泥床内、特に下部の汚泥細胞外のタンパク質量は著しく減少していることがわかった。これは、水素利用メタン菌は細胞合成のために外部のアミノ酸を必要としており、この細胞外タンパク質を細胞合成物質として利用されたと考えられた。

4. おわりに 本研究から、実験初期では、高水素分圧あるいは水素利用メタン菌の増殖により細胞外タンパク質の量が減少することが明らかとなった。今後、さらに実験を継続し、水素消費活性、細胞外ポリマー量及び化学成分の変化とグラニュール形成との因果関係を明らかにする予定である。

【参考文献】

- 1) Perry L. McCarty et al.: Environ. Sci. Technol., Vol. 20, No. 12, pp. 1200-1206, 1986
- 2) PALNS Sam-Soon et al.: Water SA Vol. 13, No. 2, April pp. 69-80, 1987
- 3) Methods in Microbiology, Vol. 5B, ACADEMIC Press, 1979
- 4) 古米ら 衛生工学研究論文集 Vol. 26, pp. 9-18, 1990
- 5) J. W. Morgan et al.: Water Research, Vol. 24, No. 6, pp. 743-750, 1990

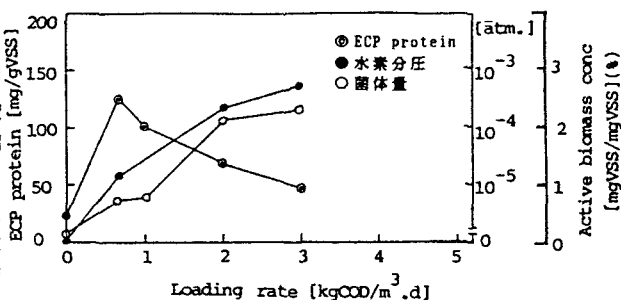


図-4 下部汚泥の各指標の変化