

II-521 生物学的リン除去法汚泥の嫌気代謝における水素分圧の影響

東京大学工学部 正 味埜 俊
玉真 俊彦
正 松尾 友矩

1. はじめに

生物学的リン除去法汚泥の嫌気代謝については、不明な点が多く残されている。TCAサイクル上およびその周辺の物質を基質とした殆どすべての場合、汚泥内グリコーゲンが減少することが観察されている¹⁾。このグリコーゲンが解糖経路によって分解される時に、発生する還元力NADHをどこで消費して酸化還元バランスをとるか、ということが代謝を考える上のポイントとなっている。酢酸を基質とした場合には、還元性ポリマーであるPHBの増加がみられるため、これを最終産物として代謝経路の同定が可能である。しかし、他の基質ではPHBの増加がみられないので、酢酸と同様に考えることはできない。

一方、プロピオン酸などを基質に、酢酸やCO₂等を生成しつつ、還元力を水素ガスとして体外に放出する反応が存在する。これらの反応については、メタン生成反応と共役する場合がAcetogenic菌の代謝として知られるほか、詳しいことがわかっていない。しかし、得られる還元力を水素ガスとして放出する反応が汚泥中で起こっているとすると、NADHを主にした酸化還元バランスをとる上で考慮しなくてはならないであろう。

水素ガスを生成する反応には、Acetogenic菌の代謝に多数見られるように、系内の水素分圧によって反応の進行が左右されるものが多い。そのため、これら水素発生反応が汚泥中で生じているとすれば、同じ基質で系内の水素分圧を変えることにより、例えば基質摂取量など、何らかの影響が生じるものと推定される。

そこでこの研究では、1)グルコース、2)プロピオン酸、3)乳酸の三つを基質とした場合について、水素分圧が汚泥の代謝に及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

同一の汚泥に対し、混合液中の水素分圧を変える為に、N₂ガスとH₂ガスでばう気する二通りの嫌気バッチ実験をおこなった。生物学的リン除去法の連続式プラントで培養した汚泥を、好気槽末端から800mlずつ分取し、20分程度脱気したのちに使用した。反応槽内pHは実験期間中6.5-7.5に維持した。投与基質の濃度は、混合液に対し、1)グルコース約1100mg/l、2)プロピオン酸、乳酸約500mg/lとなる様に調整した。この連続式プラントの培養条件を表1に、培養基質を表2に示す。グルコース・汚泥内炭水化物はアンスロン法、リンはアスכולビン法によった。カルボン酸の測定はカルボン酸分析計（東京理化製）、PHBはクロロホルム抽出後、硫酸で加水分解したのちクロトン酸として紫外吸光法で測定した。

表1：連続式プラントの培養条件

* HRT:	
嫌気槽	0.7 h
好気槽	1.7 h
* 汚泥返送率	100 %
* SRT:	
反応槽ベース	8.5 d

表2：培養基質組成

基質	濃度mg/l	基質	濃度mg/l
酢酸	135	CaCl ₂	5 asCa
プロピオン酸	135	(NH ₄) ₂ SO ₄	20 asN
ナトリウム	40	MgSO ₄	15 asMg
ペプトン	105	MnSO ₄	2 asMn
酵母エキス	30	KH ₂ PO ₄	5~8 asPO ₄
KCl	30 asK	NaHCO ₃	40 asHCO ₃

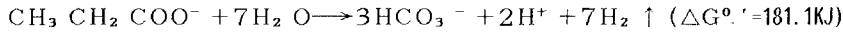
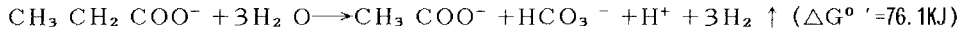
4. 実験結果

各嫌気バッチ実験結果を図1A~Fに示す。窒素ばう気、水素ばう気の結果を比較すると、三種の基質については、両者の間にほとんど差が見られなかった。いずれの場合もリンの放出・基質の摂取（上ずみCODの減少）・汚泥内炭水化物の減少が観察された。このうち、グルコース基質の場合の汚泥内炭水化物については、摂取されたグルコースが一時汚泥中に蓄積されるため、実験開始後一時的に増加を示した。PHBはグルコー

ス基質の場合のみ若干の増加が見られた。なお、供試汚泥は相当高い醗酵能を持ち、グルコースを基質とした場合、乳酸が50~100mg/l・酢酸が10mg/l程度の濃度でそれぞれ上ずみから検出された。

4. 結論および考察

プロピオン酸が基質の場合、Acetogenic菌の代謝反応式は、以下の通りである。



これらの反応には、 $\Delta G' = 0$ となる水素の臨界分圧値が存在し、基質濃度が100mg/l オーダーの時に反応が進行するためには、かなり低いレベルの水素分圧が必要となる。そのため、少なくともプロピオン酸の場合には、 N_2 系と H_2 系との間に明らかな差が見られる筈である。しかし、三つの基質それぞれ、いずれの分析項目にも有意な差が認められないことから、1) 水素ガスを放出する代謝反応は一般に起こっておらず、2) 水素分圧がリン除去汚泥の酸化還元をめぐる嫌気代謝に関わっていることはない、ことが結論される。

グリコーゲンの分解にともなう還元力NADHと、摂取されてゆくえのわからない、基質のマスバランスとを共に満足する最終産物（例えばPHVなど）を同定・定量することは今後の課題である。

（参考文献）

1) V. Arun, T. Mino and T. Matsuo (1988). Metabolism of Carboxylic Acids Located in and around the TCA Cycle in the Biological Phosphorus Removal Process, Accepted for Oral Presentation in IAWPRC'S Biennial International Conference, Brighton, England, July 1988

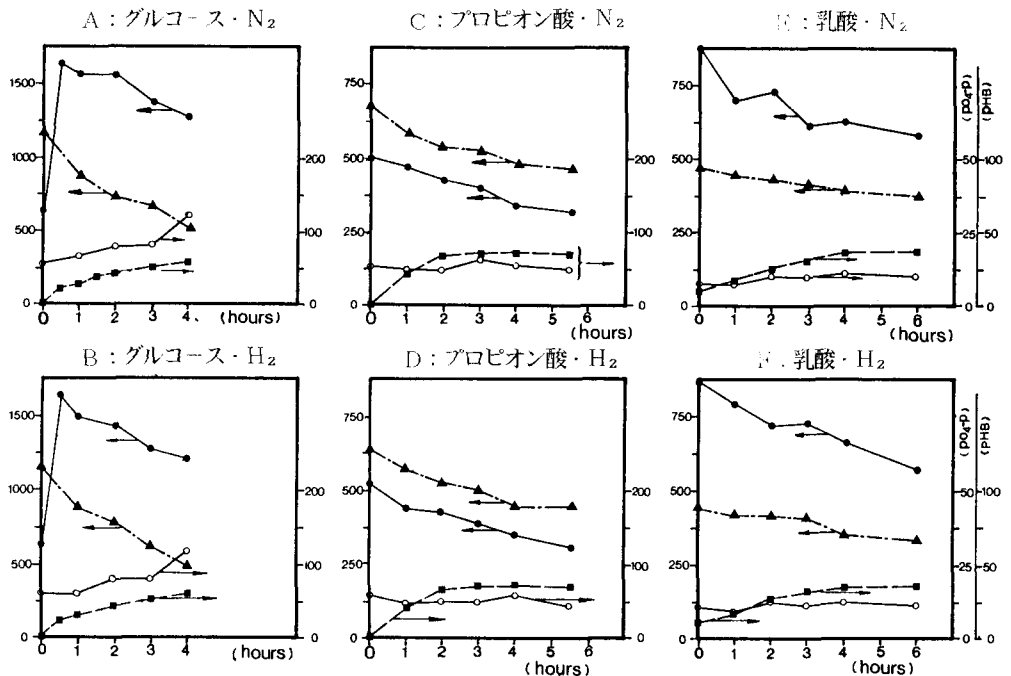


図1：嫌気バッチ実験結果

（注1） 図中、縦軸目盛の尺度はmg/lである。

（注2） 汚泥リン含有率（MLSSベース）は3.5～4.5%であった。

（注3） 図中の各線は以下の様に測定項目と対応する。

汚泥内炭水化物：●—● 上ずみCODcr：▲—▲
汚泥内PHB：○—○ 上ずみ $\text{PO}_4\text{-P}$ ：■—■