

東京大学大学院工学系研究科 ○太田智久

同 上 佐藤弘泰

同 上 味埜 俊

同 上 松尾友矩

1 はじめに

嫌気好気式活性汚泥法（生物学的リン除去法）は、従来の排水処理における曝気槽の前に空気を与えない嫌気槽を設けるだけでリンを除去することができる、簡易かつ有効な下水処理プロセスである。しかし、突然リン除去能が悪化するといった報告例もあり、プロセスの制御を考える上では、この問題を解決することが非常に重要である。従来、活性汚泥中の微生物増殖は、基質摂取速度や比増殖速度といった動力学的観点から説明されることが多いのだが、嫌気好気式活性汚泥法におけるこのリン除去能の不安定性は動力学的には説明できないという可能性もある。

こうした中、足立ら¹⁾は、リン除去を行う菌にリン除去活性の低下した別の菌を添加すると活性が大幅に低下すると報告している。このリン除去活性の低下の原因を、彼らは代謝副産物として生じる何らかの化学物質を介した二種の微生物間の相互（阻害）作用によるものと結論づけている。通常の水処理系は、抗生物質のような代謝副産物を生産する環境に近いと、そうした化学物質を介した微生物間で相互作用が存在することは十分考えられる。

本研究では、こうした観点に基づいて、嫌気好気運転下で脱リン能を発現している活性汚泥（以後、脱リン汚泥とする）と、発現していない活性汚泥（以後、非脱リン汚泥とする）を混合し相互作用の有無を確認する事を目的とした。指標としては、リン酸態リン放出速度と酢酸摂取速度を用い、これらの挙動を追うことで相互作用の有無の検証を行った。

2 実験方法

2.1 共試汚泥の馴養

実験に用いた二種の微生物は、2つの実験室規模のリアクターを用いて馴養した汚泥の余剰汚泥である。一つは栄養塩除去プロセスであるUCTプロセスリアクター（以後、Y系列とする）で馴養された脱リン汚泥、もう一つは嫌気好気式リアクター（以後、O系列とする）で馴養された非脱リン汚泥である。なお、それぞれのリアクターの運転条件及び流入基質組成は、表1、表2に示した。

二つのリアクターの運転状況を表3と表4に示す。TOCやSSは全期間を通じてほぼ安定した値をとっていた。しかし、 $\text{PO}_4\text{-P}$ に関しては、実験前期はY系列ではリン除去が良好で、O系列では良好なリン除去が行

表 1 リアクターの運転条件

	O 系列	Y 系列
嫌気槽	2.5	1.25
容積(l)	—	2.5
無酸素槽	—	—
好気槽	6	6
濃厚基質流量(l/d)	1.0	0.8
K_2HPO_4 溶液(l/d)	0.5	0.4
水道水流入量(l/d)	30	24
汚泥返送量(l/d)	30	24
汚泥返送率(%)	100	100
嫌気槽	1.9	1.0
HRT(hr)	—	1.9
無酸素槽	—	—
好気槽	4.6	4.6
SRT(day)	10	10

表 2 流入基質の組成

	O 系列	Y 系列
CH_3COOH mg/l	126	159
$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ mg/l	33	0
PEPTONE mg/l	159	159
YEAST EXTRACT mg/l	35	35
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ mg/l	0	89
MgSO_4 mg/l	85	0
MgCl_2 mg/l	0	68
KCl mg/l	67	67
CaCl_2 mg/l	15	16
K_2HPO_4 mg/l	57	57
NaHCO_3 mg/l	0	235

注：流入水の濃度 $\text{PO}_4\text{-P}$:10(mgP/l), Carbon:140(mgC/l)

われなかったのに対し、実験後期ではY系列の方でリン除去が悪化し、逆にO系列のリン除去能が高くなる時があった。このように、それぞれの汚泥のリン除去活性が、実験前期と実験後期で大きな差が見られたため、バッチ実験の結果も変わってくることとなった。

2.2 回分式実験

この実験では、O 系列および Y 系列のリアクターから好気槽末端の汚泥を採取し、それを様々な混合比で混合したバイアルを用意して、嫌気条件下で基質を与え、それぞれのリン放出量と酢酸摂取量を測定した。

まず、O 系列および Y 系列の 2 種類の汚泥を採取し、全量を 30ml とするような様々な混合比で入れた図 1 のような 5 つのバイアル（体積比 O：Y=0：4 のバイアルを O₀Y₄ と表し、他にも O₁Y₃、O₂Y₂、O₃Y₁、O₄Y₀ のバイアル）を用意した。これらのバイアルを十分に窒素曝気してから密閉し、シェーカーで 170rpm で攪拌した。この後、0 分のサンプルをサンプリングした後、基質(100~200mgC/l)を投入し、以後、一定時間後にサンプリングを行った。なお、サンプリング、基質投入にはシリンジを用いた。このサンプルを遠心分離し、上澄みの PO₄-P および CH₃COO⁻を Waters 社の CIA (Capillary Ion Analyzer) により分析した。

3 実験結果と考察

3.1 結果

予備実験により、基質投与後 60 分くらいから、どのバイアルについてもリン酸放出が低下する傾向を示した（図 2）。このため、以後の実験では、0 分から 60 分の間での、リン酸放出速度及び酢酸摂取速度について解析を行った。この解析結果が図 3（実験前期）と図 4（実験後期）である。

3.2 考察

本来、脱リン汚泥中の菌は、体内にあるポリリン酸を加水分解してリン酸にする事で嫌気条件でのエネルギーを獲得している。一方、非脱リン汚泥中の菌は、ポリリン酸の加水分解の代わりに、グリコーゲンの分解によりエネルギーを得ているといわれている。このような二種の菌が嫌気条件で共存しあっている状態に

表 3 96/12/8～97/1-15(実験前期)の

好気槽末端上澄み中の濃度(単位:mg/l)

	PO ₄ -P	MLSS	DOC
Y 系列	0.0	3500-4000	6.0-10.0
O 系列	15.0-20.0	3000-4200	6.0-12.0

表 4 97/1/25～97/2-10(実験後期)の

好気槽末端上澄み中の濃度(単位:mg/l)

	PO ₄ -P	MLSS	DOC
Y 系列	0.0-5.0	3500-4500	8.0-14.0
O 系列	1.0-5.0	3500-4500	6.0-8.0

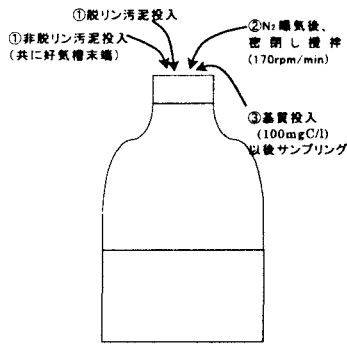


図 1 回分式実験装置
(50ml バイアル)

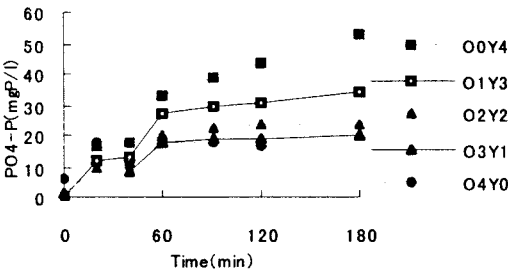


図 2 回分式実験結果の一例

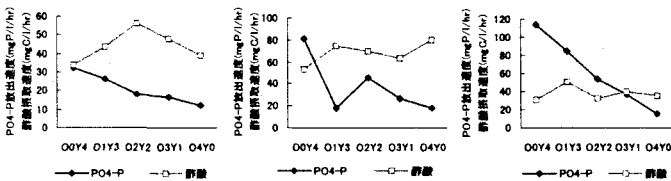


図 3 実験前期における PO₄-P 放出速度(mgP/l/hr)、酢酸摂取速度(mgC/l/hr)

においては、脱リン菌が受けると予想される阻害作用としては、次の二つが予想できるだろう。一つはポリリン酸の加水分解は行えるが、その次の有機物摂取段階において阻害を受けてしまうという場合、そしてもう一つはポリリン酸の加水分解が阻害により行えなくなり、このため有機物の摂取も阻害されてしまうという場合である。図5にそれぞれの場合の汚泥混合試験結果の予想を示す。

そこで実測されたそれぞれの速度を比較する。まずリン酸放出速度について見ると、図3、図4ともに、図5の阻害作用があると仮定した場合のような挙動は見られず、このことから脱リン汚泥と非脱リン汚泥は混合しても、リン酸に関しては阻害作用のようなものはないという結果が得られた。

一方、酢酸摂取速度に関しては、実験前期では混合比によらずにはほぼ一定の値をとり、また実験後期ではY系列の汚泥の有機物摂取活性が落ちたものの混合比に比例した値を取っていた。これにより実験前期も実験後期も図5の①のような阻害作用なしという結果となり、酢酸についても阻害作用は確認できなかった。

以上のように用いたO系列およびY系列の汚泥の間にはリン酸の放出及び酢酸の摂取に関する相互作用は見られなかった。しかし、化学物質による阻害作用の存在する可能性はありと考えられ、これに関して検討を行っていくことは意義のあることだろう。

また、実験後期のY系列の汚泥はリン放出活性をある程度持つのだが、嫌気での有機物除去活性は著しく低下していた。ポリリン酸の代謝はできたのに酢酸の代謝ができなかったのが興味深い。

4 結論

リン放出活性に目立った阻害作用はこの実験においては確認できなかった。しかし、何らかの代謝副産物による阻害作用の可能性もあり、今後研究を行っていくことは意義があることだろう。

また実験後期には、ポリリン酸の代謝はできるのに酢酸の代謝ができないという汚泥が確認された。

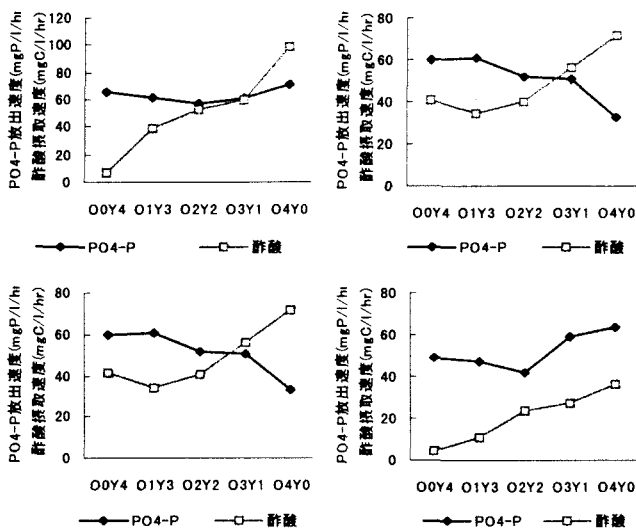
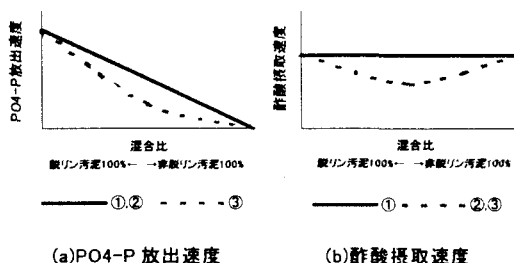


図4 実験後期におけるPO4-P放出速度(mgP/l/hr)、
酢酸摂取速度(mgC/l/hr)



(a)PO4-P 放出速度 (b)酢酸摂取速度

図5 阻害作用の有無によるグラフの形状の違い

- ①：阻害作用なし
- ②：酢酸摂取のみ阻害される場合
- ③：PO4-P放出、酢酸摂取の両方が阻害を受ける場合

¹⁾ 足立崇博、中原忠篤、吉見幸彦、川原崎守、中村和憲、(1995)、嫌気好気活性汚泥におけるポリリン酸蓄積菌 No.38 株と他の細菌との競合、第 29 回日本水環境学会年会講演集