

(25) 嫌気好気活性汚泥の嫌氣的有機物摂取

ANAEROBIC UPTAKE OF ORGANICS BY THE ACTIVATED SLUDGE GROWN WITH ANAEROBIC AEROBIC SEQUENCE

松 尾 吉 高* 宮 晶 子**

Yoshitaka MATSUO Akiko MIYA

ABSTRACT; An experimental program was conducted to investigate what kinds of organic substrates were anaerobically absorbed by the activated sludge grown with anaerobic sequence. A rapid substrate uptake and the concurrent phosphate release were observed when the sludge was fed with acetate, propionate, n- and iso- butyrates, and n-valerate, but no PHB accumulation took place except when the sludge absorbed acetate. The sludge also took up under anaerobic conditions various metabolic key substrates such as lactate, pyruvate, fumarate, malate, oxalacetate, but citrate and oxoglutarate were unabsorbable for the sludge. Amino acids such as glutamate, aspartate, alanine, serine were also anaerobically absorbed, but the glutamate uptake accompanied no ammonium release. Methanol, ethanol, iso-propanol, n-butanol appeared to be inert to the sludge. Phosphate release was almost proportional in quantities to the substrate uptake, but acetate analogues such as formate, iodoacetate, glycolate, glyoxylate stimulated an extensive phosphate release despite no apparent uptake of these organics was observed. The significance of the anaerobic substrate uptake and its relation with the phosphate release were discussed.

KEYWORDS ; activated sludge, anaerobic aerobic sequence, anaerobic substrate uptake, phosphate release

1. 緒 論

湖沼法が成立して、窒素やリンを効率よく除去する技術の確立は排水処理に関れるものにとって一段と重要な課題となった。下水について言えば、両物質とも期せずして微生物の力を利用した手法が最も効果的であると認められるようになった。すなわち硝化脱窒法と嫌気一好気法である。このうち、硝化脱窒法は原理機作が明確な技術であり、残された課題は、設計法や操作手法などの技術的問題だけである。これに対して、嫌気一好気法は基礎微生物学の分野でも余り研究されていない現象を含んでおり、技術的課題と並行してその生物学的現象の解明も衛生工学者に委ねられた技術である。

このような認識から、報文者は合成下水を用いた実験で嫌気一好気法の基礎的研究を進め、その一部は既に報告してある。⁽¹⁾ここではペプトン—グルコースを原料とする人工汚水进行处理していた生物脱リン法の活性汚泥について調べた諸種の有機物に対する嫌氣的挙動について報告する。

* 中央大学理工学部土木工学科 (Dept. Civil Eng. Facult. Sci. & Tech., Chuo Univ.)

** 荏原総合研究所株式会社 (Ebara Research Co. Ltd.)

2. 実験材料と方法

(1) 供試活性汚泥源

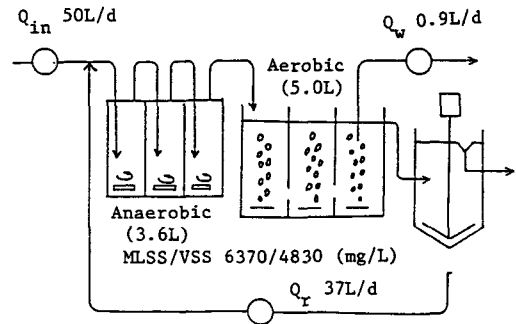
供試活性汚泥を得た嫌気法の連続実験施設の概略を図-1に、また、ここで報告する実験が行われた当時のリン処理状況を図-2に示す。原水のP/COD比が0.03前後ではほぼ完全なリン除去成績を得たが、それ以上にリン濃度を高めると処理は不安定になった。ペプトン-グルコースの人工汚水に到達できた最大のリン含有率(Px)は10% (対MLSS)であった。

(2) 嫌気回分実験の手法

実験前24時間の間に連続実験施設から排出された余剰汚泥を約1時間曝気して、貯留中に放出された PO_4^{3-} を活性汚泥に再吸収させる。この汚泥混合液を図-3に示す実験装置の反応器に入れ、 N_2 ガスを吸込みながら濃厚基質液を注入し、ただちに反応器を封ずる。この封入時刻を実験開始時間とする。その後、系内の嫌氣的雰囲気を実実にするために、更に5分間 N_2 ガスを試料採取口より吹込み、ピンチコックで試料採取口ゴムを締める。以後、定時間隔で動物用洗腸器で混合液試料を採取する。なお、水封液の水位を高くしておく、試料採取の際にできるサイフォンの切れ具合で気密性をチェックできる。

(3) 濃厚基質液の調整

添加する濃厚基質液は、実験直前に調整し、その濃度は COD_{cr} で30mg/mlとした。有機酸類につい



COMPOSITION OF SYNTHETIC SEWAGE (mg/l)			
GLUCOSE	200	$NaHCO_3$	150
PEPTONE	200	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	50
Y. EXTRACT	20	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	150
KH_2PO_4	12-18 as P	NaCl	100
COD_{cr} 450 - 360			

Fig.1 OPERATIONAL CONDITIONS FOR CONTINUOUS AN-A A.S. UNIT

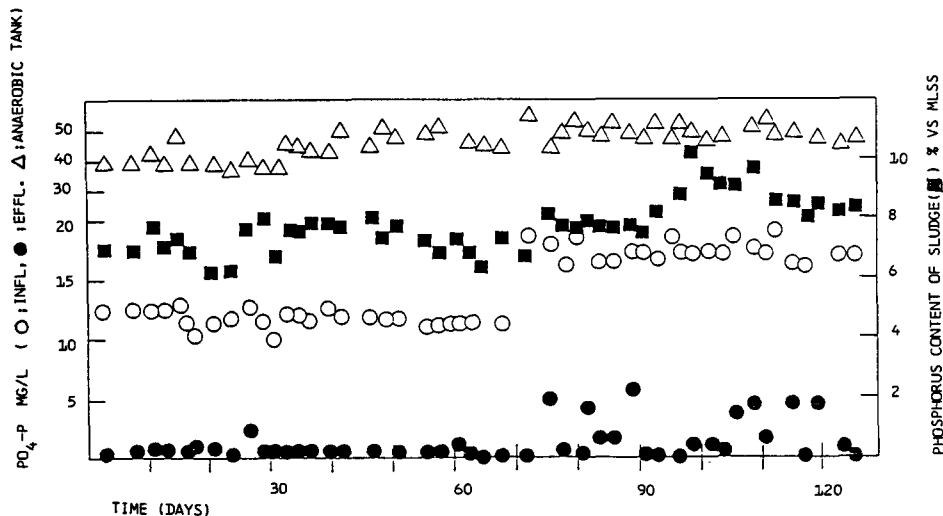


Fig.2 TIME COURSE VARIATIONS OF PHOSPHATE REMOVAL AND SLUDGE P CONTENT IN THE EXPERIMENTAL UNIT OF ANAEROBIC AEROBIC A.S. PROCESS

ては入手できる限り Na 塩を用いたが、 Na 塩が入手できないものについては Na_2CO_3 で中和して調整した。ピルビン酸は劣化し易く、また変化するので、特に新しい試薬を入手し、氷冷しながら徐々に中和した。試薬類は和光純薬㈱とシグマ㈱から購入した。

(4) 分析方法

採取混合液はただちにろ紙（東洋 ㈱ No. 5C ）で吸引ろ過し、まず粗い固液分離をおこなう。このろ液を更にワットマン ㈱の GF /F で再ろ過し、分析用試料を得る。このような2重ろ過法を採用すると固液分離は1分以内に終了する。分析は pH 測定だけ即日に行い、 COD_{cr} と PO_4^{3-} の測定は最終濃度が $0.2\text{N-H}_2\text{SO}_4$ になるように硫酸処理した後に密封冷蔵した試料について翌日に行った。また、供試汚泥については、実験ごとに汚泥濃度と全リンを測定した。これらの項目の分析方法は下水試験法に準拠した。他の特殊な項目の分析は実験結果の項で言及する。

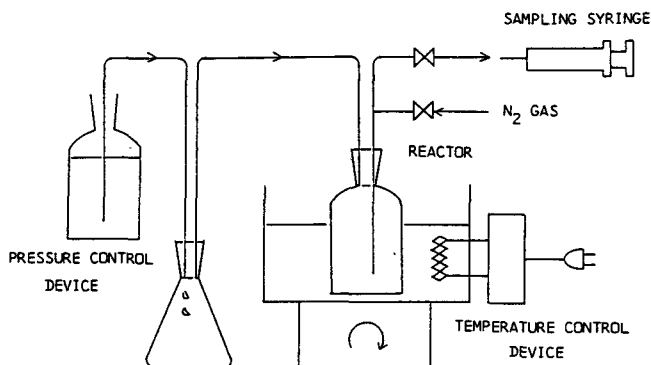


Fig.3 ANAEROBIC REACTOR UNIT FOR BATCH STUDIES

3. 実験結果

既報⁽¹⁾の酢酸を含めると27種類の有機物を個別に添加して活性汚泥が示す嫌氣的挙動を調べた。ここでは、その結果を6項に分けて述べる。

(1) 低級脂肪酸

供試汚泥はプロピオン酸、 n -酪酸、 iso -酪酸、 n -吉草酸のいずれをもよく摂取し、しかもその摂

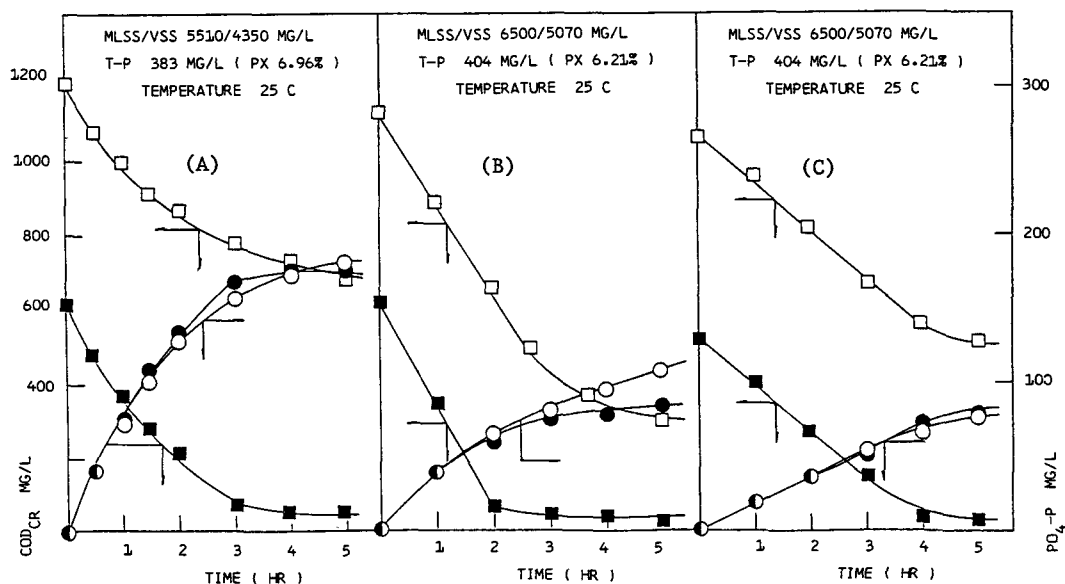


Fig.4 UPTAKE OF FATTY-ACIDS AND CONCURRENT PHOSPHATE RELEASE : (A) PROPIONATE (B) n -BUTYRATE AND (C) iso -BUTYRATE

取量に比例して PO_4^{3-} を放出した。図-4 は添加濃度を2段階にした3つの脂肪酸の嫌気回分実験結果である。プロピオン酸は添加濃度が高いと摂取速度が低くなる傾向を見せたが、他の脂肪酸は大略濃度に関係がなく、零次反応に近い形式で摂取が進行した。基質摂取量に限界が存在する点、および摂取が終了しないし限界点に達すると PO_4^{3-} 放出速度が急速に低下する現象は、酢酸についての観察結果と同じである。

吉草酸を除く脂肪酸については、同様の実験を数回繰返したが、水温などの条件を同じにしても VSS 当りの基質摂取速度は実験ごとに若干の相違があった。しかし、図-5 にみるように、基質の摂取量と PO_4^{3-} 放出量の間の相関には再現性があった。

ここに報告するほとんどの実験では東京理化学のカルボン酸計を用いて中間生成物の有無をチェックした。そのような生成物が認められたのは n- 酪酸を添加した実験で、基質を高濃度に添加した場合には iso- 酪酸が経時的に増加していた。しかし、その量は微々たるものであり、また合じ汚泥を用いた実験(図-4)では、n- 酪酸の方が iso- 酪酸より速く摂取されていたことから、iso- 酪酸が n- 酪酸代謝の主要な中間代謝物であったとは考えられない。

供試汚泥は嫌気状態に長時間放置しても、一般には顕著な腐敗現象を示さない。しかし、プロピオン酸を添加した場合には、回分時間の経過とともに試料の H_2S 臭が強くなった。そこで、この場合についてダイオネクス社のイオンクロマトを利用して SO_4^{2-} 量の変化を調べてみたところ、

図-6 にみるように確かに SO_4^{2-} は減少していた。しかし、生酢酸反応と共役する硫酸還元反応

$$\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^- + \text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + 3(\text{H}_2)$$

$$\text{SO}_4^{2-} + 4(\text{H}_2) \rightarrow \text{HS}^- + \text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O}$$

が生じていたと仮して、これに要するプロピオン酸を計算してみると、それは消失プロピオン酸量の4%にすぎない。このことより、消失プロ

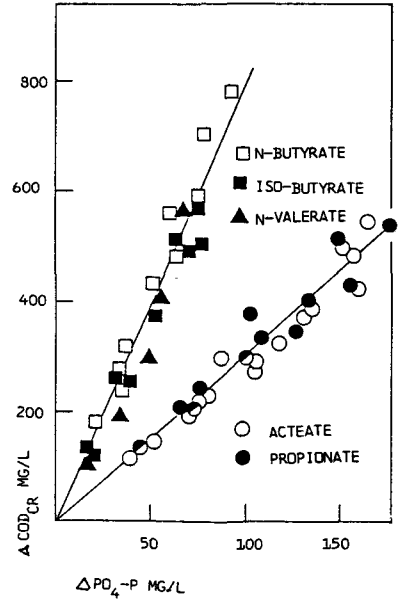


Fig.5 CORRELATION OF ABSORBED FATTY ACIDS & RELEASED $\text{PO}_4\text{-P}$

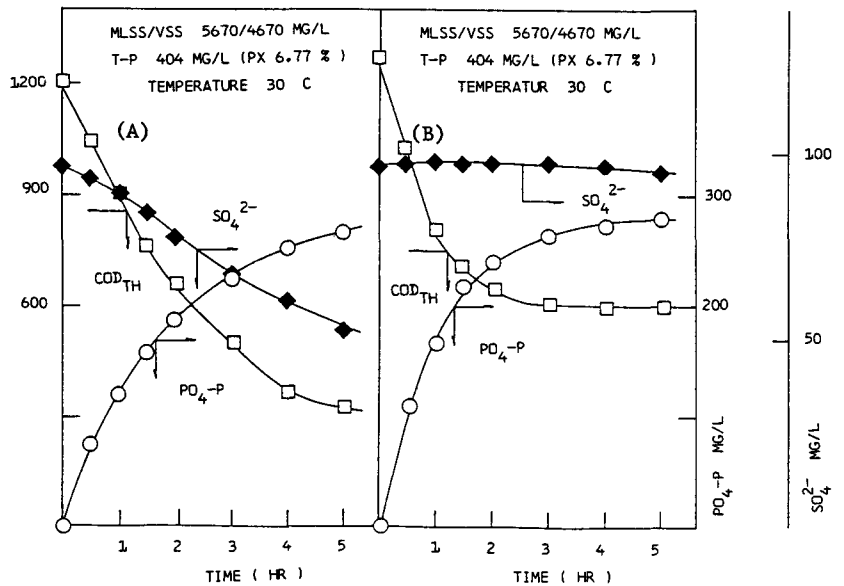


Fig.6 SULFATE REDUCTION DURING PROPIONATE UPTAKE (A) AND ACETATE UPTAKE (B)

ピオン酸の大部分は非酸化的に摂取されていたと想定される。なお、これの対照として行った酢酸添加実験では、わずかの SO_4^{2-} 減少しか観察されなかった。

(2) 乳酸とピルビン酸

乳酸とピルビン酸は、図一7に示すように双方とも迅速かつ大量に摂取された。脂肪酸と異なる点は、累積摂取量が多くなると少ないリン放出で基質摂取が進行する点である。なお、図一7のピルビン酸添加実験で添加濃度を高めた場合の最終残留 COD_{cr} が比較的高いのは、中和操作の際に熱生成される褐色物に起因しており、カルボン酸分析の結果ではピルビン酸そのものは全て消失していた。

ピルビン酸の摂取は速度的にも大きいことから、初発 COD_{cr} を 3000 mg/l と 1500 mg/l にした実験を行なってみた。図一8に見るように、それでも数時間で摂取が完了した。換言すれば、ピルビン酸の限界摂取量は 660 mg/g VSS 以上にもなる。この数値は酢酸のその4倍以上にも相当する。なお図一8の実験では、基質量測定をカルボン酸計だけで行ったので、基質量は理論 COD で表示してある。

(3) TCA 回路の有機酸

好氣的代謝の中心を占める TCA 回路は9つの有機酸で構成されるが、このうち入手できた6有機酸について嫌氣的挙動を調べた。結果を図一9に示す。クエン酸とオキソグルタル酸は嫌氣的に摂取もされず、リン放出も促進しなかった。しかし、この2物質は好氣的にも摂取されなかった。これに対して、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸、オキサル酢酸は比較적으로よく摂取された。

フマル酸とリンゴ酸は摂取速度の点でも摂取基質量あたりの放出 PO_4^{3-} 量の点でも相似していた。オキサル酢酸はこの2物質に較べると摂取限界量が小さいが、その他の点では相同であった。これに対して、コハク酸は直線的摂取にはならず、後述するグルタミン酸と同様に曲線型の摂取パターンを示した。また、放出 PO_4^{3-} / 摂取基質比の点でも、他の TCA 回路酸よりひととき大きかった。

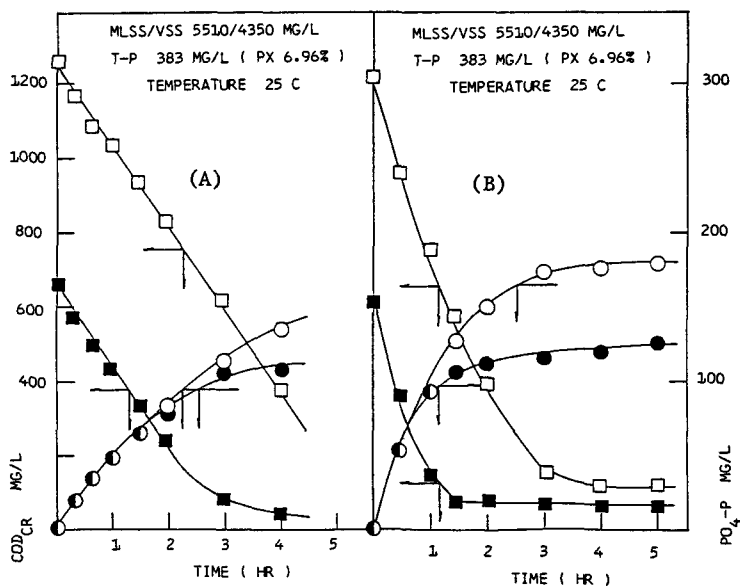


Fig.7 UPTAKE OF LACTATE(A) & PYRUVATE(B) AND THE CONCURRENT PHOSPHATE RELEASE

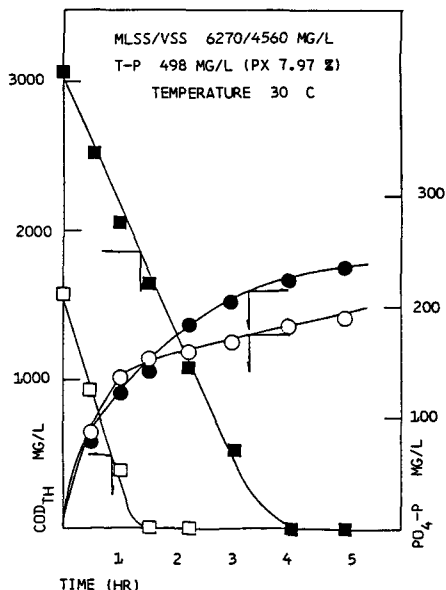


Fig.8 PYRUVATE UPTAKE & PO_4 RELEASE

(4) アルコール

メタノール, エタノール, イソプロパノール, n-ブタノールについて調べたが, どの物質も摂取は顕著でなく, PO_4^{3-} 放出も促進しなかった。図-10にメタノールとエタノールの実験結果を示す。

(5) アミノ酸類

添加濃度を変えて行ったグルタミン酸とアスパラギン酸の実験結果を図-11に示す。両物質とも速度は遅いが, それなりの量が摂取され, それに対応した PO_4^{3-} 放出が観察された。図-12にセリンとアラニンの実験結果を示す。セリンはきわめて良く摂取されたが PO_4^{3-} 放出量は比較的少なかった。これとは対照的にアラニンはその摂取量は少なかったが, 多量の PO_4^{3-} を放出した。しかし, アラニンの場合には, 基質摂取量と PO_4^{3-} 放出量の比率は一定でなく, 時間経過とともに PO_4^{3-} 放出量は低減した。フェニルアラニンについても調べたが, この物質は摂取もされず PO_4^{3-} 放出も顕著でなかった。

グルタミン酸の摂取実験において NH_4^+ 生成の有無をイオンクロマトで調べた。図-13に示されるように, 脱アミノ反応を想定した場合の計算量よりはるかに少量の NH_4^+ しか検出されなかった。

(6) PO_4^{3-} を放出する非摂取性有機物

最小の脂肪酸であるギ酸と最小のアミノ酸であるグリシンはきわめて奇妙な挙動を示す。図-14はこれら2物質の添加実験結果である。グリシンの場合には, 緩慢な直線的摂取が行われたが, ギ酸はほとんど摂取されなかった。しかし, 両物質ともとりわけ回分初期に多量の PO_4^{3-} を放出させた。

ギ酸とグリシンの共通点は低分子のカルボン酸である点である。そこで, 類似の物質としてグリコール酸, グリオキシル酸, ヨード酢酸の3物質を選定し, これらを添加した実験を行った。結果は予想した通りで, これらの物質は全く摂取されなかったにもかかわらず PO_4^{3-} 放出を促進した。(図-15)

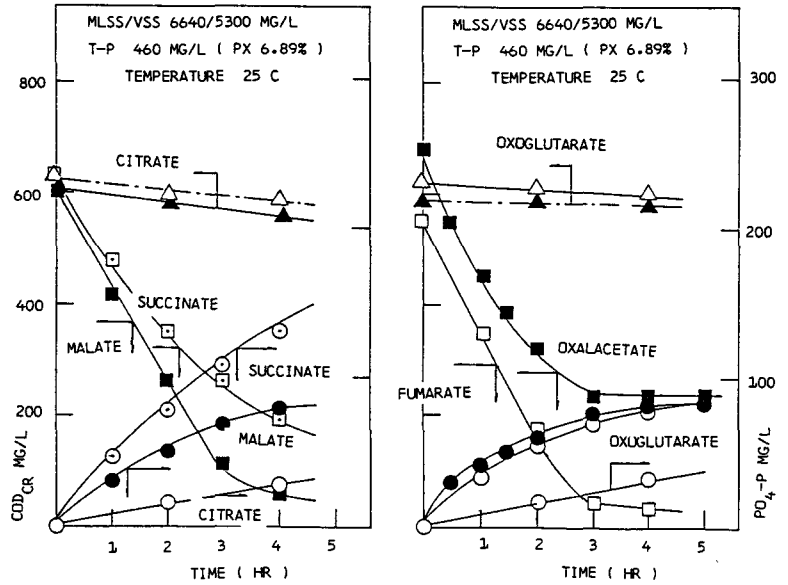


Fig.9 UPTAKE OF ORGANIC ACIDS OF TCA CYCLE AND P RELEASE

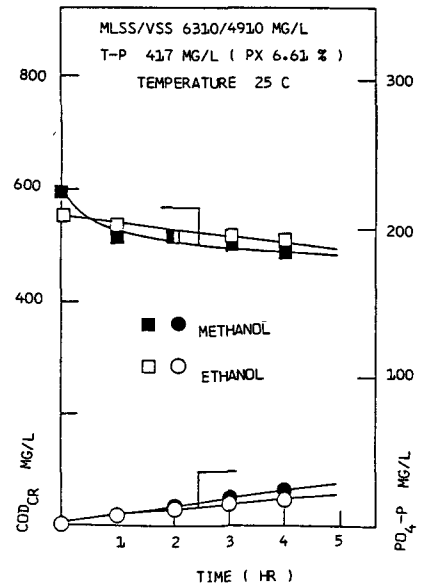


Fig.10 UPTAKE OF METHANOL AND ETHANOL

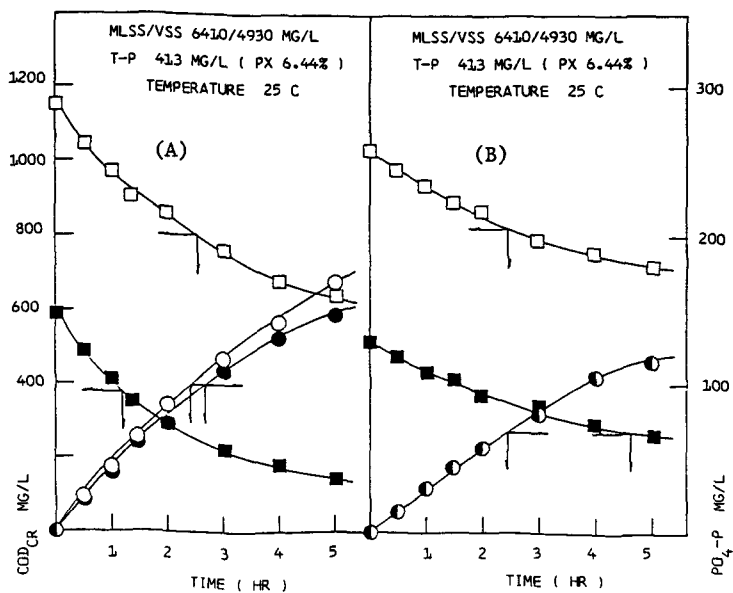


Fig.11 UPTAKE OF GLUTAMATE (A) & ASPARTATE (B) AND CONCURRENT PHOSPHATE RELEASE

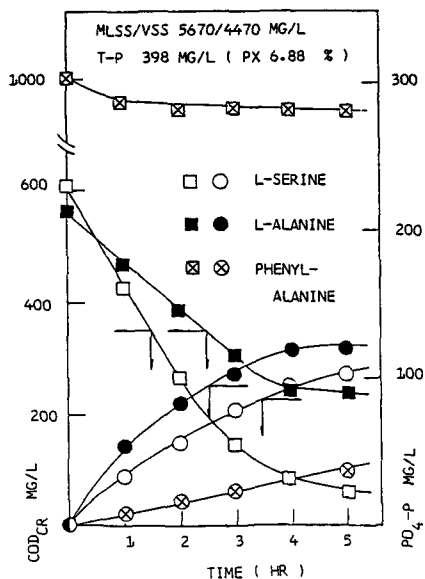


Fig.12 UPTAKE OF SERINE, ALANINE AND PHENYL ALANINE

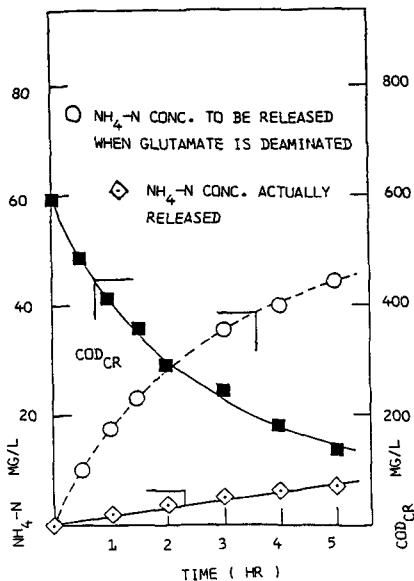


Fig.13 AMMONIA RELEASE BY THE GLUTAMATE UPTAKE

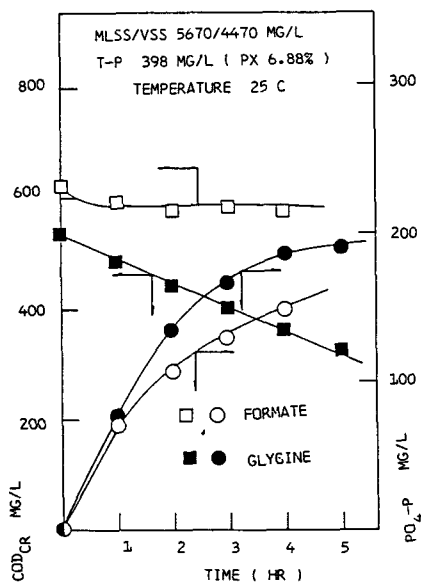


Fig.14 ANAEROBIC REACTION TO FORMATE & GLYCINE

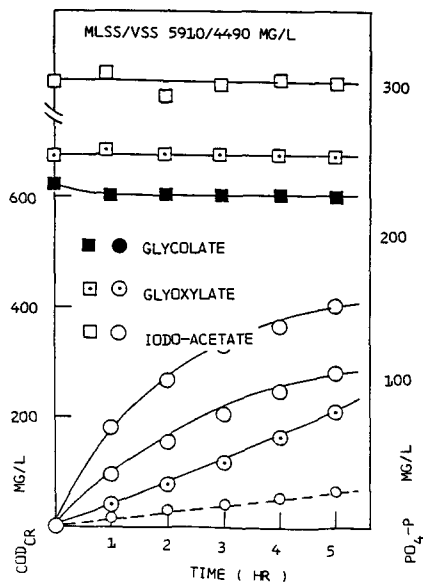


Fig.15 PHOSPHATE RELEASE UNDER EXISTENCE OF ACETATE ANALOGUES

4. 考 察

(1) 既往の研究との比較

嫌氣的有機物摂取とそれに並行する PO_4 放出は嫌気-好気法の誕生時より知られていた現象であるが、嫌氣的に摂取される有機物の種類とその PO_4^{3-} 放出との関係を調べた研究例は少ない。深瀬ら⁽²⁾は3種の糖類とともに酢酸、乳酸、クエン酸、エタノール、メタノール、グルタミン酸を添加した嫌気回分実験を行った。Arvin⁽³⁾はグルコース、ギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸エタノールについて調べた。これらの研究結果と本実験の結果を比較すると下記の点が相同している。

- ① ギ酸を除く脂肪酸と乳酸は、よく摂取され、また PO_4^{3-} 放出を促進する。
- ② アルコール類とクエン酸は摂取されず、 PO_4^{3-} 放出も促進しない。
- ③ ギ酸は摂取されないが、 PO_4^{3-} 放出を促進する
- ④ グルタミン酸添加実験での放出P/摂取基質比は大きい

深瀬らの研究は都市下水を発水している嫌気好気法の室内実験施設で得られた活性汚泥を材料に行われ、Arvinのそれは実プラントの余剰汚泥について行われた。これに対して本実験の活性汚泥は人工汚水で培養されている。このような馴養状態の相異にもかかわらず、上記のような相同の結果を得たことは興味深い。

相同点のうち、注目すべきアルコール類とクエン酸が嫌気好気法で育成された活性汚泥に対し不活性な点である。クエン酸は好氣的にも摂取不能であることが、本実験で確認されたが、アルコール類も同様と思われる。Fuhらの研究以来、その細菌が活性汚泥中に占める量的比率が明確にされないまま、生物脱リンの機作を担う細菌が *Acinetobacter* 属であるとの研究が数多くみられるようになった。しかし、Baumann⁽⁴⁾によれば、この属の細菌はエタノールを最も好ましい基質として増殖する。また Deinema⁽⁵⁾は、彼女らによって分離されたポリリン酸蓄積性 *Acinetobacter* は、嫌気状態下で酢酸が存在しても PO_4^{3-} を放出しないがエタノールとクエン酸が存在すれば PO_4^{3-} を放出したと報告している。このような

エタノールとクエン酸に対する活性汚泥の挙動の差異は、Acinetobacter 機作微生物説に疑問を生じさせる。しかし、細菌学者のほとんどは好氣的に培養した対数増殖相の菌体について研究しており、培養法と増殖相の相違がこのような差異をもたらしたのかもしれない。

(2) 基質摂取のパターン

ピルビン酸のように、その限界量が測定できなかった例もあるが、単種の有機物の嫌氣的摂取には限界量があるようである。そして、その限界量に到る迄の摂取速度には溶液側の基質濃度はほとんど影響せず、もっぱら細胞内の生理状況が摂取速度を支配しているようである。初期の摂取が零次反応に近い形で進行する基質もあれば、当初より曲線型で進行する基質もある。それゆえ、一般的には、飽和摂取量の概念を導入した次のモデルが速度式として妥当と思われる。

$$u = \frac{1}{X} \left(- \frac{ds}{dt} \right) = \frac{d\phi}{dt} = U \left(1 - \frac{\phi}{\phi_s} \right)^n$$

- u : 基質摂取比速度 ϕ : 菌体当りの摂取量
- s : 溶液基質濃度 (比摂取量)
- X : 菌体 (VSS) 濃度 ϕs: 飽和比摂取量
- n : 無次元数 U : 最大比速度

柴田ら⁽⁶⁾もグルコースについて、上式でn = 1としたモデルを提出しているが、脂肪酸類については、飽和量に近接するまで直線摂取が進行していることから、0 < n < 1なるn値が想定される。

(3) PO₄³⁻放出現象と代謝の関係

本研究で調べた有機物の摂取量とリン放出量の相関値を図-16に示す。モル比とP/COD_{cr}比のいずれ

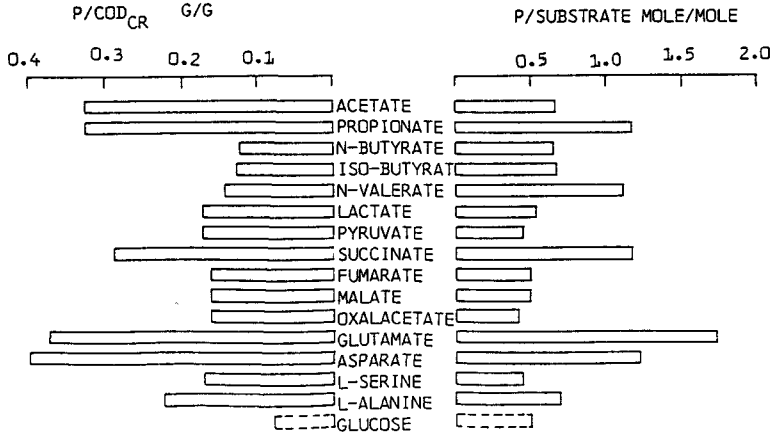


Fig.16 REPRESENTATIVE VALUE OF CORRELATION BETWEEN THE ABSORBED SUBSTRATE AND THE RELEASED PHOSPHATES

の表示が妥当であるかは、現段階では判断できないが、乳酸ーピルビン酸ーセリンあるいはフマル酸ーリンゴ酸ーオキサル酢酸などの ATP の消費もしくは生成を伴わずに相互転換し得る物質は相似の放出 P/摂取基質比を示す点が注目される。このことは、ポリリン酸の分解が代謝と密接に関係していることを示唆しているが、しかし、一方では、ギ酸やグリシン、あるいはグリコール酸などの摂取されない有機酸でも PO₄³⁻放出を促進するなら、ポリリン酸分解が代謝と共役していると断定すると、解釈に苦しみうような現象もある。

また、ポリリン酸ー代謝共役説に疑問を投げかける現象は、本報で紹介した実験の後に行った2基質同時添加実験でも観察されている。図-17はその一例である。この実験では3系列の回分実験装置を用い、

同一活性汚泥については酢酸のみ、リンゴ酸のみ、およびその双方を同時に添加した実験を並行して行ない、その嫌氣的挙動を比較した。図-17(a)からは酢酸が存在するとリンゴ酸の摂取速度はリンゴ酸だけを単独に加えた対照に比べて遅くなる傾向が理解される。他方、図-17(b)で酢酸の摂取を比較すると、それはリンゴ酸の有無に関係せず一定である。また PO_4^{3-} 放出量も酢酸単独添加と混合添加の間ではほとんど変わらない。また実験終了後に測定したPHB量も両者の間ではほとんど差がなかった。これらのことは、ポリリン酸分解と有機物代謝が必ずしも1対1の対応関係にあるわけではないことを示唆している。

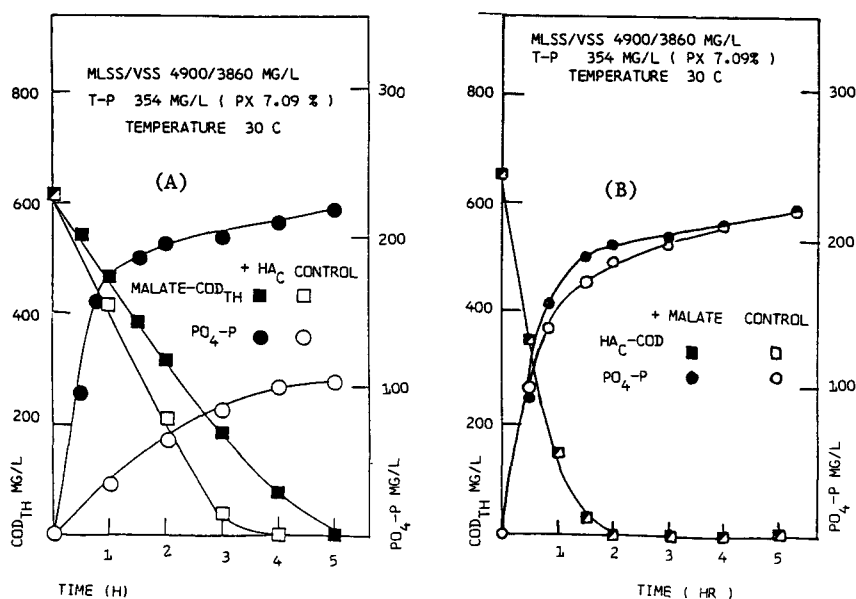


Fig.17 (A): MALATE UPTAKE UNDER MIXTURE WITH ACETATE AND
(B): ACETATE UPTAKE UNDER MIXTURE WITH MALATE

(4) 摂取された有機物の行方

嫌気過程での有機物代謝を考える上で、摂取有機物が最終的に変換される貯留物質を同定することは最も重要である。酢酸の大部分はPHBに転換し、⁽¹⁾⁽⁷⁾グルコースはポリグルコースになる⁽⁷⁾ことが知られているが、その他の有機物については、その行方がほとんど検討されていない。

本研究では、プロピオン酸、n-酪酸、ピルビン酸、リンゴ酸の添加実験において、実験使用前と使用後の汚泥についてPHB分析をLow Slepecky法⁽¹¹⁾で行った。プロピオン酸摂取汚泥のPHB増分は6 mg/gVSS、n-酪酸汚泥のそれは5 mg/gVSSで、ともに定量限界以下であった。しかし、これらの汚泥をスーダグン黒で染色すると、強く染まり、PHBに類似の物質が蓄積していたことが示唆された。

660 mg/g-VSのピルビン酸を摂取した汚泥では44 mg/g-VSSのPHB増加が計量された。この試料のPHB分析の最終段階で得られた硫酸処理液をガスクロとカルボン酸計の双方で分析したところ、PHBの脱水分解物であるクロトン酸とともにアクリル酸が検出された。もし、アクリル酸がクロトン酸と同様の反応で生成されたとするならば、汚泥にはポリ-β-ヒドロキプロピオン酸すなわちポリ乳

酸が蓄積していたことになる。しかし、その双方の和を求めても回収率は COD_cr で18%、炭素で16%にすぎない。これとは別の実験ではあるが、ピルビン酸を摂取する過程で除去炭素量の16%の CO_2 発生が観察された。これを加えてみても回収率は40%に足らず、60%以上の炭素が行方不明であった。このように行方不明なものが多いが、蓄積物が単一種でないということは、ピルビン酸が代謝経路上の岐点にある物質であることと符合する。

グルタミン酸の行方も興味深い。実験結果は、この物質のアミノ基は NH_4^- として放出されないことを示している。アミノ酸は細胞内に比較的高濃度に蓄積し、中性アミノ酸の場合には30mM (100 μ モル/gVSS) も蓄積すると Harold⁽⁸⁾ は報告している。しかし、彼の別の研究⁽⁹⁾ によれば、グルタミン酸やアスパラギン酸の蓄積濃度は低く、2 mM (5 μ モル/gVSS) 以下であったと報告している。もっともこれらは全てぶどう状球菌のデータであり、一般化できるかどうかは疑問である。本研究で観察されたグルタミン酸の摂取限界量は70 μ モル/gVSS 程度であり、単純蓄積も考えられる。

グルタミン酸はアミノ基転移反応に最も多用されるアミノ酸と言われている⁽¹⁰⁾。それゆえ、摂取されたグルタミン酸が各種のケト型有機酸とのアミノ基転移反応に利用され、自らはオキソグルタン酸に変換して、TCA 回路などによって代謝されることも考えられる。この場合には各種のアミノ酸が生成されることになる。

グルタミン酸の放出P量/摂取基質量のモル比は、実験時間全体の平均値としては1.74 であるが、最初の1時間が1.01で、それ以後5時間まで 1.37, 2.37, 2.20, 2.10であった。もしポリリン酸分解がATP生成と共役しているという仮説が正しいとしたら、このことは初期のグルタミン酸摂取は単純なアミノ酸蒸積であるが、後期のグルタミン酸摂取はペプチド化と共役していると説明できるかもしれない。なぜならばペプチド化にはアミノ酸残基1モルについて1モルのATPが必要だからである⁽¹⁰⁾

5. 結 言

本研究は嫌気好気法で培養された活性汚泥の嫌気反応機構を探る目的で行われたが、その目的は達成されたとはいえない。得られた知見の主たる点は下記の事項である。

- ① 活性汚泥は広範囲の有機物を多量に嫌氣的に摂取し、それに対応して PO_4^{3-} を放出する。
- ② 有機酸類については、 PO_4^{3-} 放出量と摂取基質量に強い相関がみられる。しかし混合基質添加実験を参照すると、このことからただちにポリリン酸と有機物代謝が一对一の対応関係にあると結論することはできない。
- ③ 有機物の摂取速度は溶液側の濃度に支配されず、飽和モデルの妥当性が示唆される。
- ④ 脂肪酸類を摂取しても PHB は蓄積されないが、スーダン黒染色ポジティブな物質は蓄積される。
- ⑤ ピルビン酸の摂取量は大きく、その一部はポリ乳酸になる。
- ⑥ グルタミン酸は脱アミノされず、単純蓄積もしくは蛋白合成が示唆される。
- ⑦ グリコール酸、グリオキシル酸、ヨード酢酸などは摂取と非共役で PDH 放出を促進する。
- ⑧ クエン酸、オキソグルタル酸などの嫌氣的に摂取されない物質は好氣的にも摂取されない。

嫌気好気法の出現は経済的なリン除去手段を求めるわが国にとってきわめてタイムリーな出来ごとである。しかし、酸素も硝酸もない呼吸不能状態で活性汚泥が多様な有機物を大量に除去する現象を示されたことは、活性汚泥法での有機物除去が好氣的微生物による常識的な増殖代謝の結果であると考えてきた報文者には衝撃的な出来ごとであり、活性汚泥法に対する理解の仕方を変えなければならないと感じている。

考えてみれば、活性汚泥法とはかなり特殊な微生物培養系である。最終沈殿液から返送される大量の微生物は栓流型の曝気槽の流入端でわずかな量の有機物と接触させられるだけであり、ほとんど飢餓の状態におかれている。しかもその曝気槽は大きく、汚泥日令は長い。このような系において、優占種となる微生物は

どのようなものであろうか。それは有機物の細胞内取込みに効率の良いメカニズムを持った微生物である。真の増殖代謝は遅くとも良い。何故なら、増殖に必要な時間は十分に与えられており、汚泥日令も長いからである。すなわち活性汚泥法とは、増殖と並行せずに基質摂取を効率よく行い得る微生物を選択する培養系である。嫌気好気法はその傾向を更に強めた技術であろうと思われる。

文 献

- (1) 松尾吉高, 宮晶子, 渡辺昭「嫌気好気法の実験的研究」下水道協会誌 1984. Vol 21 No 241
- (2) Arvin, E & G.H. Kristiansen "Exchange of organics, phosphate, and cations between sludge and water in biological phosphorus and nitrogen removal". IAWPR 2nd Seminar on Biological Phosphorus Removal (1984)
- (3) 深瀬哲郎, 柴田雅秀, 宮地有正「生物による下水中のリン除去」第18回衛生工学研究討論会 (1982)
- (4) Baumann, P.M. et. al "A study of the Moraxella group. II Oxidase-negative species (genus Acinetobacter) J. Bacteriol, 95 (1968)
- (5) Deinema, M.H. et. al "Some physiological characteristics of Acinetobacter spp accumulating large amounts of phosphate" IAWPR 2nd Seminar on Biological Phosphorus Removal (1984)
- (6) 柴田雅秀, 深瀬哲郎, 宮地有正「活性汚泥による嫌気下における有機物吸収機構について」第20回下水道研究発表会 (1982)
- (7) 深瀬哲郎, 柴田雅秀, 宮地有正「生物的リン除去法の機構に関する基礎的検討」水質汚濁研究 Vol 5 No 6 (1982)
- (8) Harold, F.M. "Conservation and Transformation of Energy" Bacterial Rev. Vol. 72 (1972)
- (9) Harold, F.M. "Accumulation of Arsenate, Phosphate, and Asparate by Streptococcus faecalis" J. Bacteriol Vol. 122 (1975)
- (10) Gottschalk, G. "Bacterial Metabolism" [Springer] (1979)
- (11) Herbert, D. et al "Chemical Analysis of Microbial Cells" Method in Microbiology Vol. 5 (B) [Academic Press] (1971)