

下水の好気性処理におけるリン酸根の挙動

関	川	泰	弘	※
西	川	正	三	※※
岡	崎		稔	※※※

活性汚泥処理の管理指標としては簡単に活性度を知ることのできるものが望ましい。従来管理指標として使用されてきた浮遊物濃度 (S. S.) 揮発性物質 (V. S) 汚泥量 (S. V) などは量的に活性汚泥を取扱ったもので、実際の操作において必ずしも十分な指標となり得ないことをしばしば経験する。これに対し汚泥の活性度を一定の基質を用いワールブルグ検圧計等により測定する方法も提案されてはいるが、いまだ活性汚泥槽の管理指標として確立されたものとはなっていない。特に近年は下水処理場に流入する産業廃水の割合が大きくなりつつあり、このためしばしば処理場の機能を低下させることが報告されており、汚泥の性状を速かに検知できる指標を確立する必要にせまられている。

われわれは活性汚泥槽内のリン酸根に注目し、リン酸根の活性汚泥槽内における挙動につき検討した結果、活性汚泥の活性度を知る指標として使用し得る可能性を見出した。好気性処理における微生物の基質酸化合成に際しては次の三段階の反応が起っていると考えられる。

a) 有機物の酸化

下水中に含まれる有機物が微生物の仲介により酸化され炭酸ガスと水に分解される。

b) 細胞物質の合成

有機物が微生物の細胞を合成するのに使用され、この結果微生物の増殖が起る。

※ 栗田工業 K. K. 総合研究所
 ※※
 ※※※

C) 細胞物質の酸化

内生呼吸によって細胞物質が酸化をうける段階で見かけ上は下水中の有機物が酸化および細胞質の合成に消費されたのちに起こる。

曝気槽内が好気的な条件にあれば，a. b. c の反応が進行して有機物の酸化が行なわれ下水の処理が行なわれる。この際細胞物質の合成には無機成分も微量ではあるが必要で特に窒素およびリンは生体組織に必須の成分であり，生体内のエネルギー代謝に関与している。

T. H. Feng¹⁾によれば曝気槽内のリン酸根の減少は細胞物質の合成が進行していることを示し，リン酸根の増加は合成の停止，一般には細胞物質の酸化分解が考えられると述べている。曝気槽内のアンモニア性窒素についてもリン酸根の場合と同様な傾向のあることが報告されているが，われわれは測定が容易なリン酸根に注目して検討を行なった。

1 曝気時間にともなうリン酸根の変化

バッチ法による人工下水の処理において汚泥濃度 (S. S) を変化させてリン酸根の挙動を調べた。

円筒形曝気槽にあらかじめ濃度調整した下水汚泥 1 ℓ を入れこれに表— 1

表— 1 合成下水組成

ぶどう糖	200 mg
NH ₄ Cl	60 "
MgSO ₄ · 7H ₂ O	50 "
FeSO ₄ · 7H ₂ O	2 "
MnSO ₄ H ₂ O	2 "
CaCl ₂ 2H ₂ O	2 "
水道水	1ℓ
リン酸根はKH ₂ PO ₄ 溶液を別に作り必要量添加した	

に示す合成下水の 1.5 倍濃度（混合後表— 1 の組成とするため）のもの 2 ℓ 混合し，空気量 50 ~ 60 ml/min ℓmixing, 温度 25 °C で曝気を行ない，経時的に混合液をとり 3000 r. p m 10 分遠心分離したのち上澄液をモリブデン青法によりリン酸根を分析した。

結果は表— 2 および図— 1 に示す。

表-2 曝気槽内のリン酸根の変化

実験番号	1	2	3
汚泥濃度 ppm	5200	3700	1800
曝気時間 時 分	リン酸根 ppm		
0	7.6	7.2	7.1
05	15.0	12.0	8.9
1	6.9	7.0	6.0
2	4.6	4.4	4.5
3	3.4	3.4	3.0
4	2.8	2.8	2.6
5	2.2	2.6	2.2
7	2.1	2.6	2.0
9	2.7	2.9	2.2
12	4.2	3.6	2.6
19	8.4	6.0	4.7

本実験の条件下では汚泥濃度 5000ppm でもリン酸根の減少が認められた。汚泥濃度の差により曝気直後を除いては減少曲線に有意な差は認められなかった。しかし、汚泥濃度の高いほどリンの放出、すなわち自己酸化過程に入るのがはやく、かつリン酸根の放出量も多い。これは汚泥に対する BOD 負荷に差の出ることから当然のこと

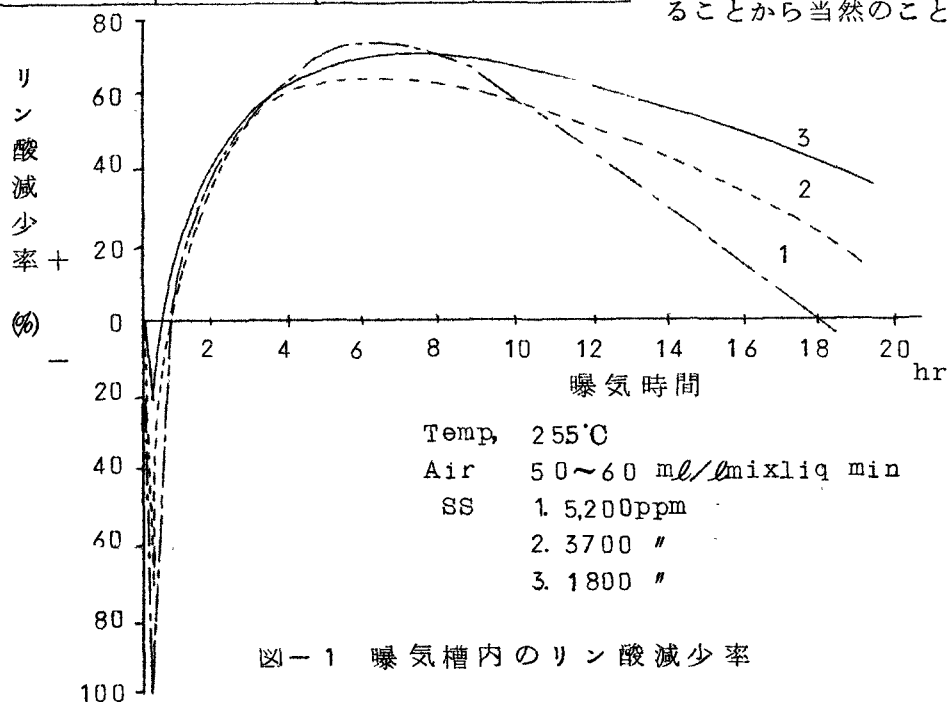


図-1 曝気槽内のリン酸減少率

と思われる。

曝気開始直後にリン酸根が一時的に増加し、しかも汚泥濃度の高い場合に著しい。この原因については不明であるが、曝気開始までの汚泥状態、溶存酸素、負荷によるショックなどに左右されるようである。

2 汚泥濃度平衡時のリン酸根の変化

完全酸化方式、すなわち細胞物質の合成と酸化が平衡していると考えられる状態にある人工下水を使用した半連続処理におけるリン酸根の変化を調べた。使用した活性汚泥槽は容量6ℓで、次のごとく操作した。

空気量60ml/min, $\ell_{mix} \ell_{liq}$ で23時間曝気後汚泥

を沈降させ上澄液3ℓを捨て、代りに表-1に示した組成の合成下水3ℓを投入して24時間目に次の曝気を始め、以後毎日同じ操作を繰り返した。曝気槽内の汚泥濃度は図-2に示すごとくほぼ3500ppmで平衡状態にあった。曝気時間(23時間)内に汚泥が摂取した溶液中のリン酸量を百分率で示したのが図-3である。これを見るとリン酸根の摂取率も毎日ほぼ一定であることがわかる。

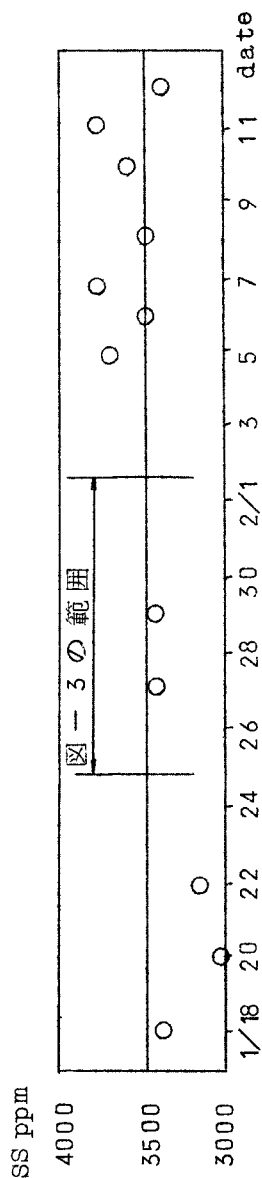


図-2 汚泥濃度の変化

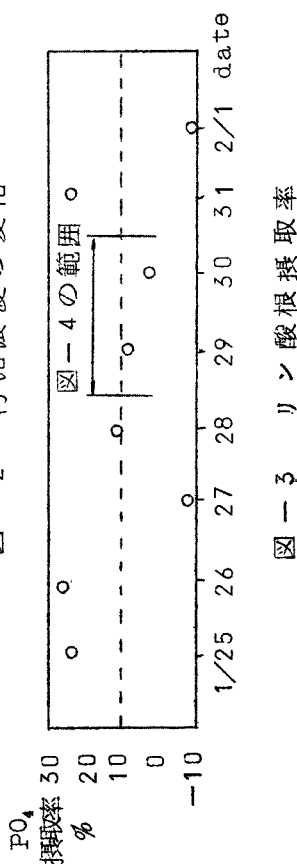


図-3 リン酸根摂取率

図 4は溶液中のリン酸根の曝気時間にもなう 1 日の変化を示したもので、リン酸根は初め減少しついで増加し、増加の途中で新しく次の日の BOD 負荷がかかるため再び減少すると云う変化を繰り返し、リン酸の摂取と放出がほぼ同じ程度に行なわれている。

完全酸化法では理想的に汚泥の増加が全くないわけであるが、実際には生

成した汚泥の一部は生物的酸化に不動であって槽内に蓄積あるいは放流水中へ流出するため、原液中のリン酸根と処理水中のリン酸根とは完全に平衡しないようである。

3 好気性消化にもなうリン酸根の変化

前述の実験結果からも明らかなごとく自己酸化過程においてリン酸根の放出が認められるので、好気性消化における酸化の進行とリン酸根の変化について検討を行なった。

実験は 6 l 容量の曝気槽に下水汚泥を入れ、空気量を 1 l/min, 6 min liq として曝気し、消化日数による汚泥量, BOD, リン酸根の変化を調べた。消化日数と汚泥量, BOD, リン酸根の変化を図-5 に示す。実験開始時の汚泥濃度は 7100 ppm (揮発性物質 4500 ppm) でこのうち約 30% が最初の一週間で分解され以後分解は緩慢となった。BOD の減少も同じ傾向をたどり一週間後には安定した。一方リン酸根

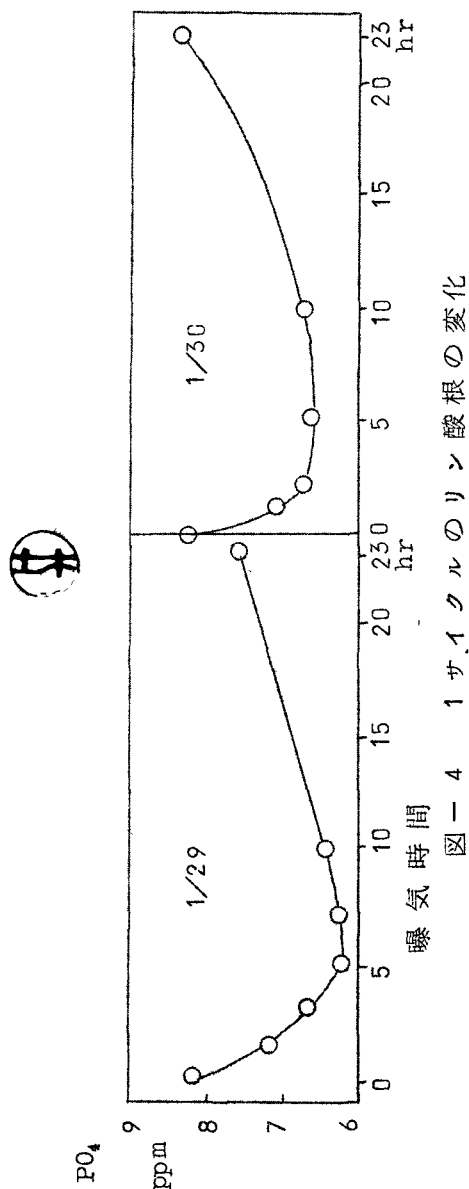


図-4 1 サイクルのリン酸根の変化

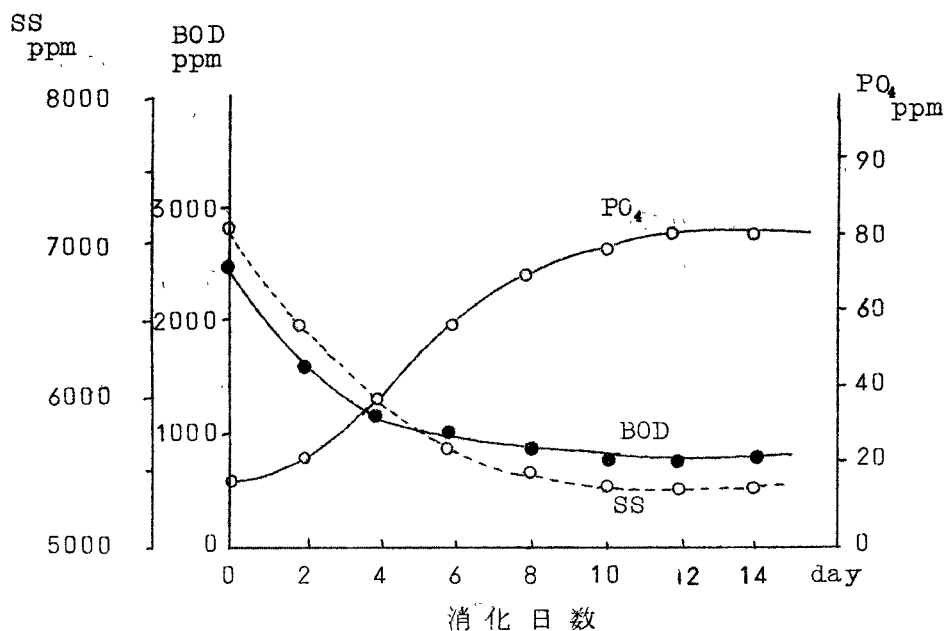
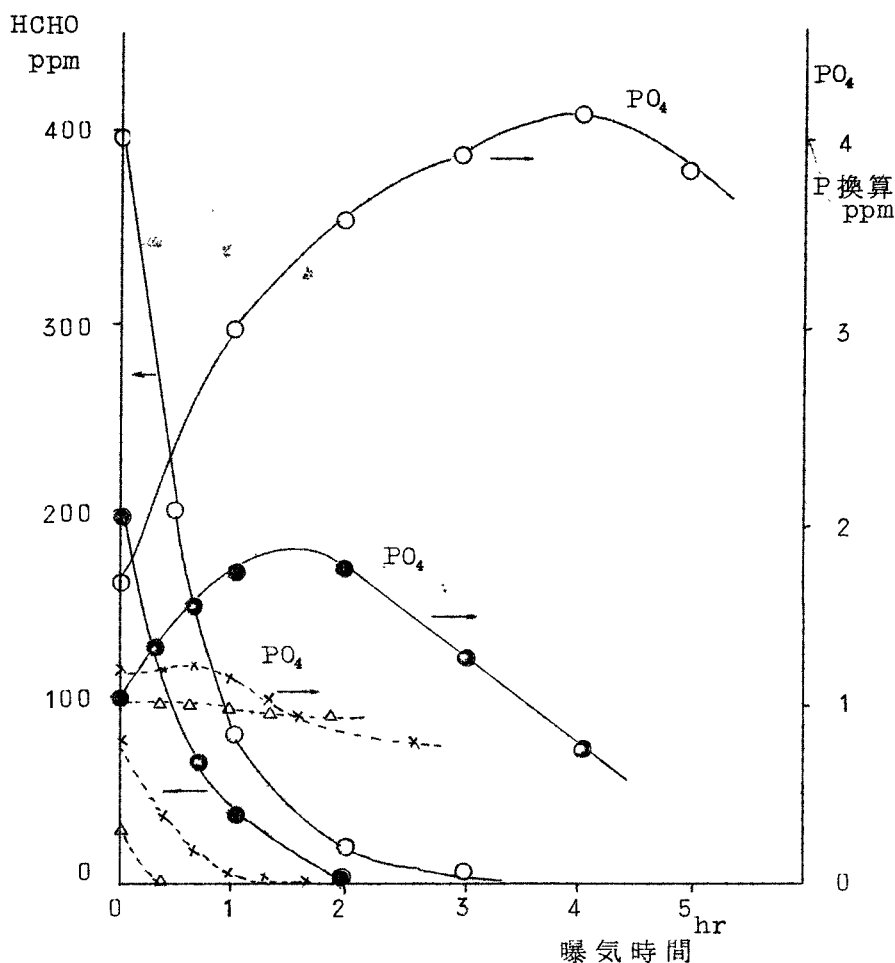


図 - 5 好気性消化におけるリン酸根の変化

は汚泥濃度 BOD とは逆に初め急激に増加し後増加はとまりほぼ一定の値を示すようになった。この際放出されるリン酸根の量は汚泥中の全リン酸根の約 20 % で約 80 % は生物酸化に不動なものとなっている。このようにリン酸根の変化により消化の程度を推察できることがわかる。最終的なリン酸根の濃度は汚泥の状態によって変化するが一定条件で運転されている処理場においては消化の指標とすることができよう。

4 有毒物質によるリン酸の放出

曝気槽内におけるリン酸根の放出は汚泥の自己酸化による場合だけでなく有毒物質による汚泥の分解に際しても起こる。ホルムアルデヒドのバッチ法による除去実験において、初濃度を変化させ曝気液中のリン酸根を測定すると図-6に示すごとくホルムアルデヒドの濃度が高いほどリン酸根の放出量の大きいことが認められる。図-7はアセトアルデヒドの連続処理実験にお



図一六 ホルムアルデヒド濃度によるリン酸根の放出

いてアルデヒド濃度を 250ppm より 1000ppm に 1 時間だけ急変させた場合の処理水 COD とリン酸根の挙動を調べたもので、濃度の急変によりリン酸根が放出され、処理水が悪化していることがわかる。

このようにリン酸根の放出は自己酸化だけではなく、有毒物質による衝撃（汚泥の一部が分解したものと考えられる）によっても起こるので産業廃水

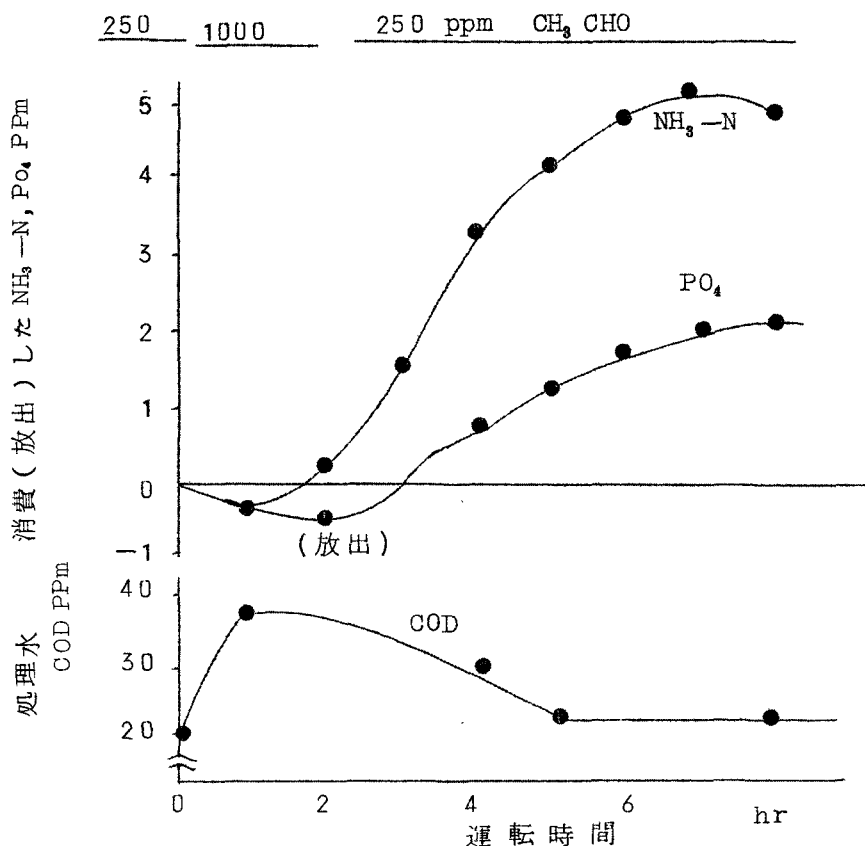


図-7 原水濃度の急変によるリン酸根の放出

が流入する処理場の管理指標として使用できるものとする。

5 結 論

好気性処理におけるリン酸根の挙動について検討した結果、汚泥の状態を知る手段とし得ることを知った。実験の多くはバッチ法で行なったため連続処理に直ちに適用できないのでこの点は今後の実験によって利用の方法などを検討したい。

- 1) T. H. Feng; Water and Sewage Works. 109(11) 431(1962)
- 2) T. R. McWhorter et al, Advances in Water Pollution Research 419 Pergamon Press (1964)