

脱窒効率改善に関する回分試験結果について

都筑下水処理場 細野 勝美
水質管理課 ○伊藤 典大
水質管理課 内田 収

1 はじめに

都筑下水処理場の高度処理施設(嫌気硝化脱窒法)は平成8年1月に稼動し、すでに4年を経過した。

稼動当初こそ、りん除去に問題があったものの、現在では当初水質目標値(窒素 10mg/l, りん 0.5mg/l)を十分遵守していることは周知のとおりである。

A2O法等の場合、理論的にも窒素除去に限界があるのに対し、当嫌気硝化脱窒法の場合、窒素除去率100%も可能であるという優れた特徴を持っている。

先に報告した「運転管理マニュアル」のなかで、無酸素タンクへ生活污水を分割投入することによって、無酸素タンクにおける窒素除去効率を一段と改善することができる可能性があることを示唆した。

今回、生活污水の水素供与体としての可能性の有無、ならびに有機酸、デキストロース等々の窒素除去効果を回分試験によって検討した。

この結果、窒素除去以外にも新たな知見が得られたので報告する。

2 実験の方法

現在、生活污水投入率30%で運転している高度処理施設(1系列1/2)の好気タンク末端部から混合液を採取し、ただちに試験室に持ち帰り、空気との接触面積が比較的少ない形状のガラス容器(栓付きメスシリンダー)2基に入れる。

一方を対照とし、他方には水素供与体として生活污水、有機酸(酢酸)、デキストロース、可溶性デンプン、エタノールを添加し、マグネチックスターラーで数時間等速攪拌した。

この間、適宜試料を採取し、濾液中のNH₄-N、NO₃-N、PO₄-P濃度をイオンクロマトグラフで分析した。

同時に、ORP計の経時変化を測定し、ORP値とりんの放出等の関係についても合わせて調査した。

なお、実験に供した生活污水は、流入下水を静置沈殿した際に生じる沈殿物を実施施設の生活污水引き抜き率に換算して回収したものである。

3 実験の結果

(1) 水素供与体としての生活污水

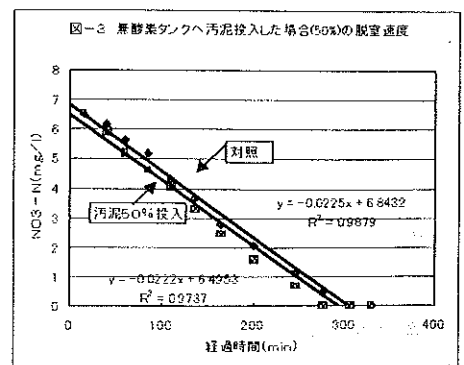
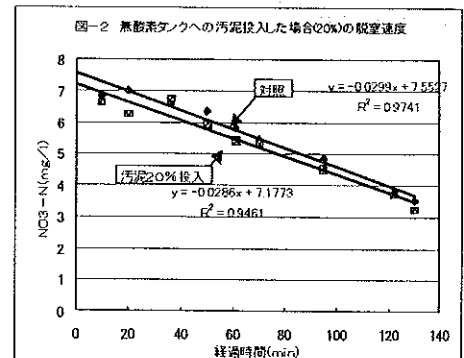
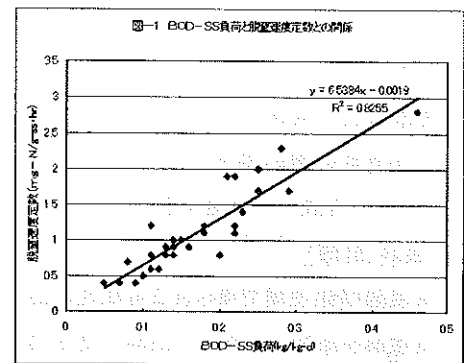
図-1に記すとおり、実施施設の無酸素タンクにおける脱窒速度定数とBOD負荷との間には高い相関があることはすでに確認している。

また下水道研究室による報告(平成10年度)においても、無酸素タンクへの汚泥投入量によって脱窒速度定数が向上することが指摘されている(但し、りんの挙動については言及していない)。

図-2は、実施施設で発生するであろう生活污水のうち、20%相当量を無酸素タンクへ投入した場合であり、図-3は発生するであろう生活污水量の50%相当量を無酸素タンクへ投入した場合である。

今回実施した数度にわたる回分試験結果においては、当初期待していたような脱窒効果(脱窒速度の向上)は残念ながら認められなかった

(20%添加の場合 0.98, 対照 1.00, 50%添加の場合 0.611, 対照 0.638mg/MLSS1000mg・1hr)。



この理由としては、新鮮な生汚泥中の溶解性BODは予想外に低く、短時間内のうちに固形物由来のBODが可溶化するまでには至らないためと考えている。

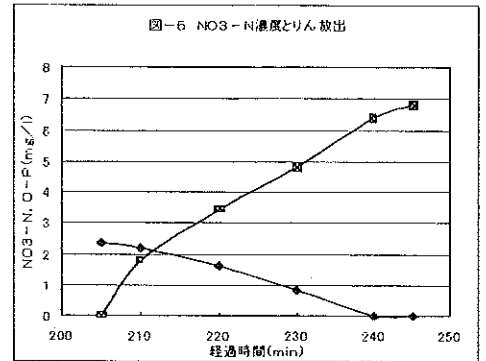
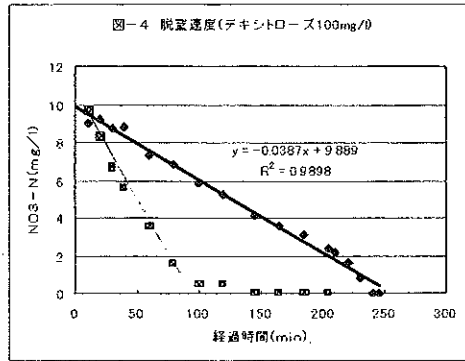
脱窒効果に関する即効性が認められないのであれば、再曝気タンクへの負荷の増大、配管敷設等々を考慮したとき、無酸素タンクへ生汚泥をあえて直接投入する意味は薄れることになる。

そこで、無酸素タンクにおける脱窒改善を図るため、生汚泥以外の水素受容体について検討してみた。

(2) デキストロース

最も基本的な水素供与体として、デキストロースを100mg/l添加した場合の硝酸性窒素濃度の経時変化を図-4に示す。脱窒効果は極めて大きく(2.49mg/MLSS1000mg・1hr, 対照の2.7倍)、脱窒速度は対照に比較して2倍程度を得ることが可能であることがわかる。

しかし、通常の運転条件では、硝酸性窒素が0.3ppm程度残存している場合、リンの放出は起こらないはずであるが、デキストロースを添加した場合、硝酸性



窒素濃度に関係なく短時間のうちにリンの放出も誘発されることがわかった(図-5参照)。

実施の無酸素タンクへデキストロースを添加した場合、硝酸性窒素を速やかにガス化することができたとしても、同時にリンの再放出を誘発することから、リン除去に問題が生じてくる可能性があることを示唆している。

(3) 有機酸(酢酸)

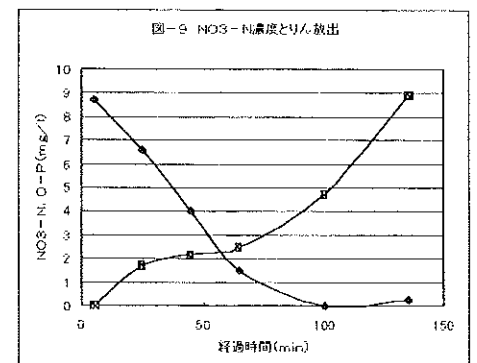
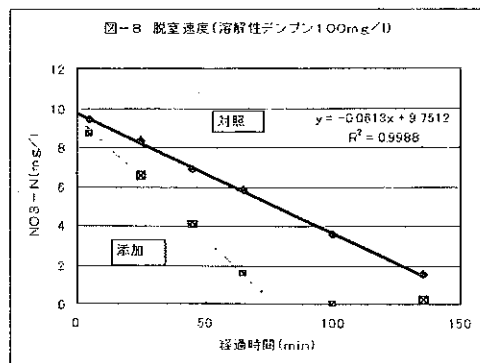
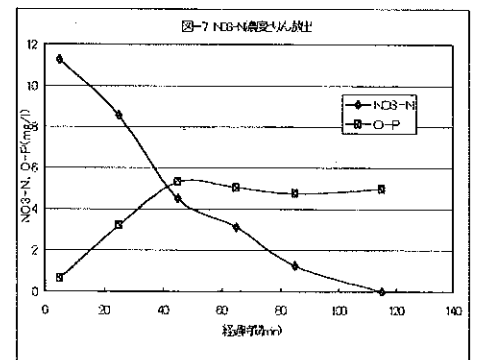
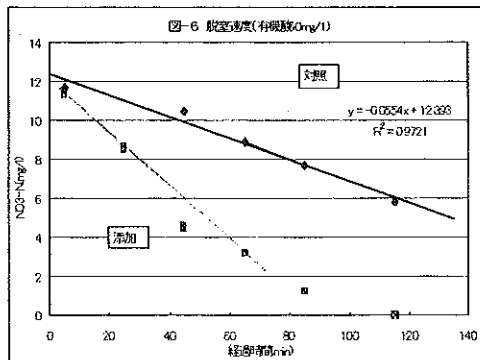
有機酸は処理場で得られる可能性のある水素供与体として文献等にも記載されていることは周知のとおりである。

有機酸を添加した場合の硝酸性窒素濃度の経時変化を図-6, 7に示す。

脱窒速度(2.69mg/MLSS1000mg・1hr, 対照の2.31倍)は対照の2倍程度を得ることが可能であり、有機酸の脱窒効果は顕著であることが分る。

しかし、デキストロースの場合と同様、短時間のうちにリンの放出も誘発されることがわかる(図-7参照)。

このことは、A2O法等で嫌気タンクへ添加する場合には極めて有効な水素供与体となり得るが、嫌気硝化脱窒法の無酸素タンクに添加することは好気タンクで除去したりんが無酸素タンクで再放出する可能性があることを意味しており、りん除去に新たな問題が生じてくる可能性がある。



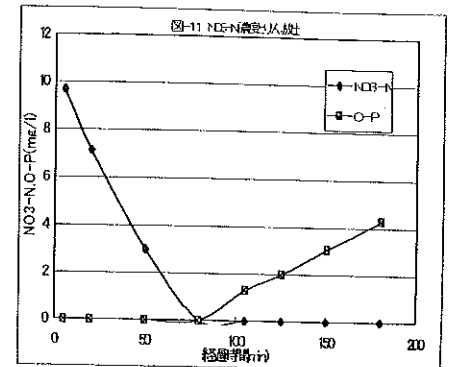
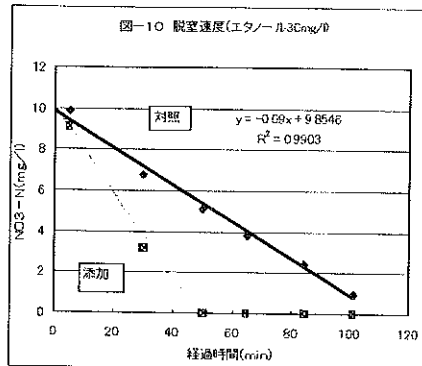
(4) 可溶性デンプン

上記2種類の水素供与体の場合、分子量が比較的小さく、脱窒に関与する大多数の通性嫌気性細菌同様、ポリリン酸蓄積細菌もこれらの低分子化合物を速やかに資化する能力を有しているため、リンの放出が速やかに誘発されるものと推測し、分子量の比較的大きい可溶性デンプンを用いて硝酸性窒素、リンの挙動を調査した。硝酸性窒素、リンの挙動は上記水素供与体の場合と全く同様の挙動を示すことが図-8、9からも分る。

(5) エタノール

水素供与体としてエタノールを30ppm (v/v) 添加した場合の硝酸性窒素濃度の経時変化、ならびに50ppm (v/v) 添加した場合のリンの挙動を図-10、11に示す。

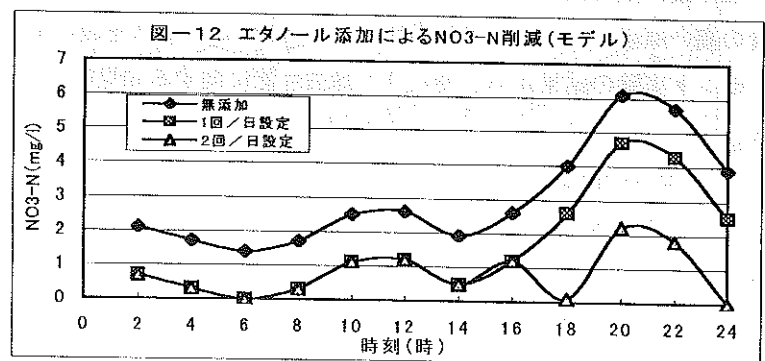
前記化合物(有機酸等々)を添加した場合とは異なり、添加と同時にリンの放出が誘発される現象は認められなかった。



嫌気硝化脱窒法の嫌気タンク、無酸素タンクにおけるリンの放出現象同様、脱窒がほぼ完了した時点(硝酸性窒素濃度が不検出(0.3ppm以下)になった時点ではじめてリンの再放出が認められることがわかる。また、脱窒速度も顕著であり(5.02mg/MLSS1000mg/1hr, 対照の2.65倍)、有機酸等々と比較してもなんら遜色のないことがわかる。したがって、嫌気硝化脱窒法の無酸素タンクにおける脱窒効率を改善するための水素受容体としてはエタノールを添加することが望ましいと考えられる。

また、その添加量については、除去しようとする硝酸性窒素濃度の2~3倍程度でよいことがすでに分っている。

嫌気硝化脱窒法の無酸素タンク末端部における残存硝酸性窒素濃度が高い場合であっても(図-12参照、変動運転時のデータであるが、仮に定水量運転時のデータとすれば)、5ppm程度のエタノールを添加すること



によってリンの再放出を誘発することなく、処理水中の窒素濃度をさらに1.4ppm程度削減することが可能である。

同様に、2回/日、硝酸性窒素濃度の変動に合わせてエタノール添加量を調整することによって、更に効果的な窒素除去を行うことが可能となる。

近い将来、硝酸性窒素濃度を連続測定し、添加量を自動制御できるようになれば、処理水中の窒素濃度を大幅に削減することが可能となる。

4 まとめ

1. 嫌気硝化脱窒法の無酸素タンクへ生活污水を投入によって脱窒効率を向上させることが可能であると考えてきたが、期待していた様な脱窒効果を確認することはできなかった。
2. 嫌気硝化脱窒法の無酸素タンクへ投入する水素受容体としてはエタノールが望ましいであろう。
3. 嫌気硝化脱窒法の無酸素タンクへエタノールを添加することによって、窒素除去を大幅に向上させることが可能である(現状程度の窒素濃度でも良しとすれば、無酸素タンクを好気タンクへ転用できるため、さらに処理可能水量を増やせる可能性がある)。
4. A2O法の場合、有機酸等の添加が有効(嫌気タンクでのリン放出を促すから)である。

なお、今回の検討のなかで、リンの放出とORP値との関係、NH₄-N、NO₃-N濃度とORP値との関係についても若干の知見が得られたが、紙面の都合により割愛する。