

VII-101

栄養塩高度除去廃水処理方式開発に向けて

九州大学 大学院 ○学生員 浜田 康治
九州大学 工学部 正会員 久場 隆広
九州大学 工学部 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

近年、わが国でも閉鎖性水域内での富栄養化防止策の一つとして、廃水処理過程において窒素除去が導入され始めている。その流れを受けて福岡市A下水処理場も本格的な窒素除去に向けて動き始めた。新しく窒素除去システムを導入する為には、事前に周辺の地域から処理場に流入してくる廃水の特性、既存の施設の処理能力などを把握しておくことが重要である。本研究では福岡市A下水処理場における24時間タイムスケールでの流入水質及び処理状況の変化の把握を試みた。更に、室内回分実験により脱窒反応の炭素源としてのメタンの利用の可能性も検討した。

2. 福岡市A下水処理場での24時間変動

A下水処理場内は嫌気-好気法(図-1)を導入しており、今後、装置付設により窒素除去も導入する予定である。そこで、流入水質及び処理状況の24時間変動を把握するため、1997年12月5日～6日に図-1に示した4地点において24時間サンプリングを実施した。結果は示していないが、リン除去は常に良好に進行していた。図-2に窒素除去状況の結果を示した。A下水処理場は窒素除去を前提とした設計はなされていないにも関わらず、ある程度窒素除去が進行している。この理由としては、沈殿槽における物理的除去、菌体生成、そして、生物学的硝化・脱窒反応による除去が挙げられる。好気槽において硝化反応により生成された硝酸塩が、返送汚泥と共に嫌気槽へ返送されている。返送された硝酸塩が嫌気槽内において硝酸呼吸(脱窒反応)によりガス態窒素にまで還元され、大気中に放出されていた。このことは、硝酸塩濃度が最終沈殿池流出水において比較的高い値を示しているにも関わらず、嫌気槽流出水からはほとんど検出されなかったこと、及び、脱窒反応過程における中間生成物でもある亜酸化窒素濃度が嫌気槽流出水において比較的高い値を示していることから推察できる。更に、この結果のみでは脱窒能の有無を判断するには不十分であるため処理場内の活性汚泥を採取し、実験室レベルでの回分脱窒試験を実施した。酢酸とメタノールを炭素源として用いた回分脱窒試験を実施した結果、A下水処理場の活性汚泥は脱窒能を確実に有していることが明らかとなった(表-1)。このことから、A下水処理場において、生物学的窒素除去もある程度進行していることが証明された。

3. メタンを炭素源とした回分脱窒試験

3.1 メタンの優位性・・・通常の廃水はC/N比が低く脱窒反応に際して炭素源律速になりやすい。富栄養化を防止する上で完全脱窒が必要不可欠であり、そのためには安価で手に入りやすい十分な外的炭素源が必要になってくる。しかし、ここで前述の酢酸やメタノールを脱窒反応における外的炭素源として利用するとコストが嵩む結果となる。そこで解決策の一つとして、汚泥の嫌気性消化過程で生成されるメタンを外的炭素源として利用することを試みた。これまでもメタンを炭素源として供給する研究が行われてきた。しかし、それら

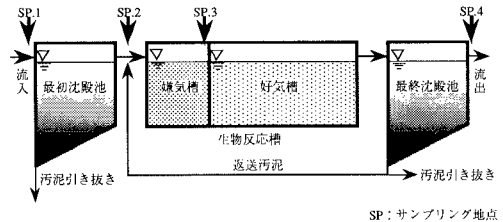


図-1 福岡市東部処理場の処理フロー

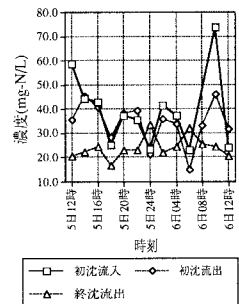


図-2 全窒素の経時変化

表-1 他の有機源使用時の比脱窒速度 (mg-N/g-SS・h)

酢酸	メタノール
5.02	2.68

キーワード：メタン、脱窒反応、処理の24時間変動

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL : (092)642-3241 FAX : (092)642-3322

の研究では一旦好気性細菌によりメタンをメタノールに酸化してから脱窒反応に利用するなど、酸素を注入して一時的に好気条件にしなければならないため、経済的とは言い難い。しかしながら、もし無酸素条件下でメタンガスを脱窒反応の炭素源として直接利用できるならば、非常に経済的な窒素除去手法となる可能性がある。そこで、無酸素条件下においてメタンを炭素源として脱窒反応に直接利用可能か否かを検討するために、メタンガスで置換したバイアルを用いてその脱窒能を検討した。

3.2 回分脱窒試験の方法・・・バイアル内をアルゴン(メタン)で充填した後密封し、そこに硝酸塩と遠心分離により数回洗浄した活性汚泥をシリンジで注入した。更に、十分な炭素源を含む培養液をアルゴンを用いて脱気した後注入し、バイアル内の活性汚泥懸濁液を50mLに調整した。培養液は成長において必要なミネラル分を十分に含んでいる。培養液注入後は25℃に保たれたウォーターバス内で振とう培養した。その後、数回にわたりシリンジを用いて採水し、採水後は直ちにろ過してろ液内の硝酸塩濃度を銅・カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法にて分析した。更に、炭素源が存在しない状況下での微生物の内生脱窒能も把握するために、別途、バイアル内をアルゴンで置換した場合についても実験した。メタンを利用する場合に一番の問題となるのはメタンの溶解度の低さ(0.033cm³/cm³(20℃))である。本実験ではメタン分圧を調整することで液相中の溶解量を変化させた。また、内生脱窒の試験においても同様の全圧条件下(アルゴンで調整)にて実験した。メタンを炭素源として使用した場合及び内生脱窒試験の結果をメタン分圧毎に図-3に示した。

3.3 メタンを炭素源とした脱窒の可能性・・・図-3に示した結果より、それぞれのグラフにおいて内生脱窒とメタンを用いた実験の硝酸塩消費量に有為な差がみられた。このことから今回使用した活性汚泥の中に無酸素状態でメタンを直接的に脱窒反応の炭素源として利用できる微生物が存在する可能性が示唆された。表-2に各圧力(各メタン濃度)毎の脱窒初速度を示した。初期メタン濃度が非常に低い状態においては内生脱窒の速度との間に有為な差があまり見られないが、初期メタン濃度が十分に大きな状態においてはその差は明白である。このことから、メタンが十分に存在している系においてメタンを炭素源とした脱窒反応が起きていた可能性が示唆された。表-1、2を比較すると、処理場から採取したばかりの活性汚泥はメタンを用いた脱窒能を明らかに保持しているものの、その活性はあまり高くはない。しかし、長期間馴養することでより大きな脱窒能を得る可能性がある。

4. おわりに

24時間サンプリングにおいて、常に良好なリン除去が達成されていることが明らかとなった。一方、嫌気-好気活性汚泥法において、不完全な脱窒反応により地球温暖化ガスである亜酸化窒素が生成されていることも明らかとなった。今後、窒素除去を導入する際に、亜酸化窒素の発生抑制という意味においても完全脱窒の達成が重大な問題となってくるであろう。また、室内回分脱窒試験において脱窒反応の炭素源としてメタン利用の可能性が示唆された。これらの実験で用いた活性汚泥は処理場から採取して間もない微生物群である。これらの微生物群をメタンのみを炭素源として長期間馴養することにより、メタンを直接的に脱窒反応に利用可能な微生物群を集積でき、より大きな脱窒能が得られる可能性がある。今後は、メタンを直接的に脱窒反応に利用できる微生物群の定量的評価、集積方法を検討し、流入下水の24時間変動に対応しうる経済的な完全脱窒達成の1つの手法としてメタンの脱窒反応への利用を検討したい。

【参考文献】

M.Werner, R.Kayser: Denitrification with Biogas as External Carbon Source, *Wat.Sci.Tech*, Vol.23, pp.701-708,1991.

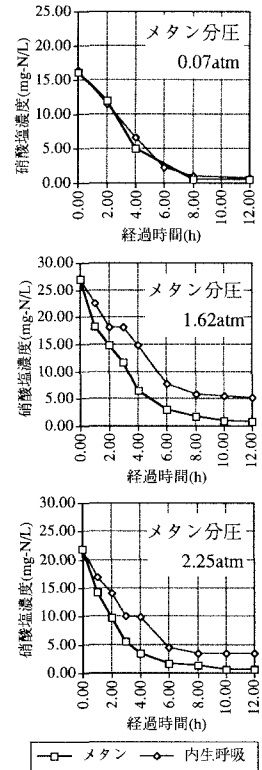


図-3 硝酸塩濃度の経時変化

表-2 各圧力下における比脱窒速度(mg-N/g-SS・h)

全圧		1.00atm	1.62atm	2.25atm
メタン 使用時	メタン分圧	0.07atm	1.62atm	2.25atm
	液相中の初期メタン濃度	1.66mg/L	38.4mg/L	53.2mg/L
	比脱窒速度	1.72	2.30	2.33
内生脱窒の比脱窒速度		1.50	1.66	1.50