

高度窒素除去型廃水処理方式の開発

九州大学工学部 学生員○浜田 康治 正会員 久場 隆広
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処理場においても本格的な窒素除去に向けて動き始めている。新しい窒素除去システムを導入するには、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の把握、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処理場の24時間というタイムスケールでの流入水質の変化及び処理状況変化を把握した。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. 下水処理場の処理状況について

福岡市A処理場内は嫌気-好気法(図-1)によるリン除去を導入しており、今後、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。リン除去状況の結果を図-2に示した。嫌気槽内においてリンの溶出が起こり、最終沈殿池流出水では0.1mg-P/L以下まで除去されており、リン除去は良好に進行している。

図-3に窒素除去状況の結果を示した。A処理場は窒素除去に対応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、固形分(SS)に含まれる窒素成分の物理的除去、菌体生成、そして、生物学的硝化・脱窒による除去が挙げられる。生物反応槽の好気槽において硝化により生成された硝酸塩が、返送汚泥と共に嫌気槽に循環している。結果として、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(図-4)からも推察できる。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、実験室レベルでの脱窒試験を実施した。

3. 回分脱窒試験について

3.1 酢酸・メタノールを用いた脱窒試験・・・福岡市A処理場の好気槽から活性汚泥を採取し、脱窒能を調べた。まず、バイアル瓶内を窒素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窒素を用いて脱気した後注入し、バイアル瓶

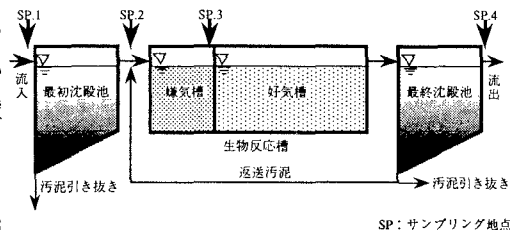


図-1 福岡市A処理場の処理フロー

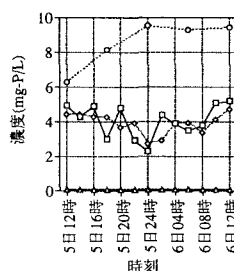


図-2 リン酸イオン態リンの経時変化

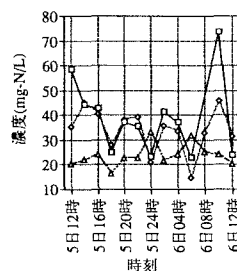


図-3 全窒素の経時変化

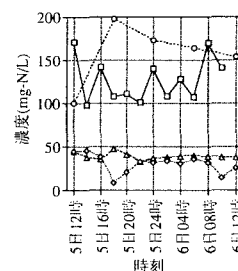


図-4 亜酸化窒素濃度の経時変化

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 20℃ 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ーナフチルエチレンジアミン吸光光度法にて分析した。炭素源が酢酸またはメタノールの場合の 2 種類を実験した。なお、酢酸を使用した培養液は pH の低下を抑制するために十分な緩衝剤を添加した。培養液中の硝酸塩濃度の経時変化を図-5 に示した。

3.2 脱窒反応へのメタンの利用について・・・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。炭素源が不足することで脱窒が窒素ガスまで進行せずに、中間生成物であるとともに地球温暖化ガスでもある亜酸化窒素までしか還元が進行しないなどの障害が生じる可能性もある。この意味においても窒素除去をするにあたって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炭素源が必要になってくる。しかし、ここで前述の実験において使用した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、余剰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、それらの研究において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^りなど、酸素を注入して一時的に好気条件にしなければならなかったため、経済的とはいえない。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。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瓶を用いてその脱窒能を検討した。実験の方法は前述の脱窒試験と同様である。ただし、培養液中には炭素源を添加していない。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、バイアル瓶内を窒素で置換した場合についても実験した。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図-5 に示した。

3.3 メタンを炭素源とした脱窒の可能性・・・A 処理場の活性汚泥は脱窒能を明らかに有していた。また、今回は C1 炭素源であるメタノールと C2 炭素源である酢酸を用いて実験したが、得られた脱窒能に差があまり見られなかった。図-5 に示した結果より、内生脱窒もある程度進行していた。また、内生脱窒のグラフとメタンを用いた実験のグラフの硝酸塩消費量に若干の差がある。このことから今回使用した活性汚泥中の微生物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。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かもしれない。

4. おわりに

24 時間サンプリングにおいて、24 時間を通して良好にリン除去が達成されていることが明らかとなった。一方、リン除去を主目的とした嫌気-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。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、集積方法の確定などを進め、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】

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

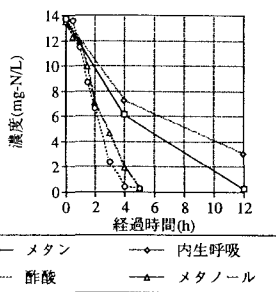


図-5 硝酸塩濃度の経時変化