

VII-13

微小電極を用いた活性汚泥内の基質濃度分布の測定

八戸工業大学 学生会員 ○小野 英樹
中村 吉志
正会員 佐藤 久

1. はじめに

閉鎖性水域の富栄養化を防止するためには、窒素の排出削減が重要となる。排水中の窒素化合物の処理技術としては、微生物の硝化反応、脱窒反応を利用した生物学的窒素除去法が広く利用されている。下水処理において、アンモニア態窒素 (NH_4^+) は硝化細菌によって亜硝酸態窒素 (NO_2^-) をへて硝酸態窒素 (NO_3^-) にまで酸化される。続いて、生成された NO_2^- や NO_3^- は脱窒細菌によって窒素ガスに変換され排水中から除去される。通常、生物学的窒素除去法には硝化反応のための好気条件と脱窒反応のための無酸素条件の2つの反応槽が必要となる。しかし、硝化反応と脱窒反応を単一反応槽内で同時に起こす、すなわち硝化・脱窒同時反応が可能となれば、コストの削減やシステムの簡略化が期待できる。この硝化・脱窒同時反応には好気条件下でも脱窒を行うことのできる細菌を用いる好気脱窒や、嫌気条件下でもアンモニアを酸化することのできる細菌を用いる嫌気アンモニア酸化 (Anammox) を用いる方法や、活性汚泥内に好気領域と無酸素領域を共存させる方法が考えられる。これら3種の反応のうち優先的に進行している反応を明らかにするためには、活性汚泥内の原位置において溶存酸素 (O_2) 濃度や硝化反応および脱窒反応の機構を解析することが重要となる。

本研究では単一反応槽で硝化・脱窒同時反応が起こる可能性を示し、活性汚泥内の基質 (O_2 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、およびpH) 濃度分布を微小電極を用いて測定することで、硝化・脱窒同時反応の機構を明らかにすることを目的とした。

2. 実験装置および実験方法

本研究で解析した活性汚泥は青森県八戸市内のA汚水処理場内の第一活性汚泥槽から採取した。経日的に流入水と槽内水の水質を測定した。水質測定項目は NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、DOC、 O_2 とした。 NH_4^+ はインドフェノール青法により、 NO_2^- および NO_3^- は陰イオン分析用カラム (Shim-pack IC-A1: Shimadzu) を装備したイオンクロマトグラフ (HIC-6A: Shimadzu) により、DOCは全有機炭素分析装置 (TOC-5000: Shimadzu) により、 O_2 はDOメーターにより、それぞれ測定した。

生物膜内基質濃度分布を測定するため、本研究室において O_2 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、およびpH微小電極を作成した。採取した活性汚泥を測定用培地 (組成: $\text{NH}_4\text{Cl}=300\ \mu\text{M}$ 、 $\text{NaNO}_3=500\ \mu\text{M}$ 、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4=570\ \mu\text{M}$ 、 $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}=84\ \mu\text{M}$ 、 $\text{CaCl}_2=200\ \mu\text{M}$ 、および $\text{EDTA}\cdot 2\text{Na}=270\ \mu\text{M}$ 、pHは7.5に調整) を満たしたフローセル (容積: 4.0L) 内に針を用いて固定した。測定中は培地をスターラーで攪拌した。微小電極はマイクロマニピュレーター (MMスタンダードZ昇降ステージMM-60V-H1およびX・YステージMM-60X・Y-H1: 中央精機株式会社) に固定し、コントローラドライバ (CAT-D: 中央精機株式会社) により制御した。 O_2 微小電極は比較電極に対して-0.75Vの電圧をかけピコアンペアメーター

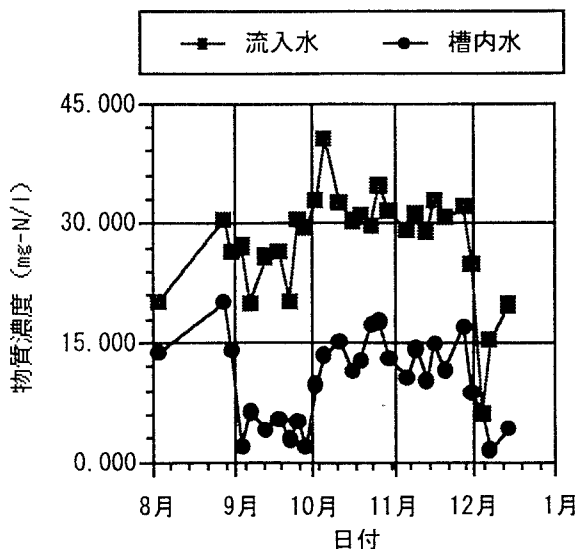


Fig. 1 NH_4^+ の物質濃度の経日変化

(R8340 ULTRA HIGH RESISTANCE METER : ADVANTEST) に、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、およびpH微小電極は直接電圧計 (pH/ION METER F-23 : HORIBA) に接続した。比較電極には銀-塩化銀タイプ (2080A-06T : HORIBA) を用いた。

3. 結果と考察

Fig.1には流入水および槽内水中の NH_4^+ 濃度、Fig.2には三態窒素濃度 (NH_4^+ 、 NO_2^- 、および NO_3^- の合計と定義) の経日変化を示した。流入水および槽内水において NH_4^+ の平均濃度はそれぞれ27.5mg-N/L、7.1mg-N/Lであった。活性汚泥槽内の O_2 濃度は約20 μM であった。このことから、流入した NH_4^+ が硝化反応により減少していることが分かった。三態窒素の平均濃度は流入水および槽内水においてはそれぞれ28.1mg-N/L、14.9mg-N/Lであった。このことから、硝化反応により生成された NO_2^- および NO_3^- が脱窒反応により処理水中から除去されたことが分かった。以上の結果より、単一反応槽で硝化・脱窒同時反応が起きていることが明らかとなった。

活性汚泥内の硝化・脱窒同時反応の機構を明らかにするため、各種微小電極を用いて活性汚泥内の無機窒素化合物濃度分布を測定した。Fig.3に液本体中の O_2 濃度が約100 μM の条件における直径約4000 μm の活性汚泥内の基質濃度分布を示した。活性汚泥内の NO_3^- の濃度分布を見ると表面から約2000 μm の中心に対して対称的になっており、活性汚泥表面全体から中心に向かって基質が輸送されている様子がうかがえる。活性汚泥内の表面付近の好気的な領域において明らかに NH_4^+ が減少していることから硝化反応が生じていたことが明らかとなった。また、pHの低下は硝化反応によるものと考えられる。 O_2 は表面から僅か約600 μm の地点で枯渇しており、たとえ培地内が好気的でも活性汚泥内に無酸素条件が存在することが明らかとなった。 NO_3^- は無酸素領域において減少していた。このことから、活性汚泥内に無酸素領域が存在し脱窒反応が生じていたことが明らかとなった。微小電極を用いた活性汚泥内の基質濃度分布を詳細に解析することにより、単一反応槽において硝化・脱窒同時反応が起きているのは活性汚泥内に好気領域と無酸素領域が共存していたためであることが明らかとなった。

4. 結論

本研究では、経日的に八戸市内A污水处理場の流入水および槽内水の水質を測定した。さらに、 O_2 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、およびpH微小電極を活性汚泥に適用し、活性汚泥内の基質濃度分布を測定した。その結果、活性汚泥内に好気領域と無酸素領域が存在し、好気領域においては硝化反応が、無酸素領域においては脱窒反応が生じたために、単一反応槽で同時反応が起こったことを実験的に明らかにした。

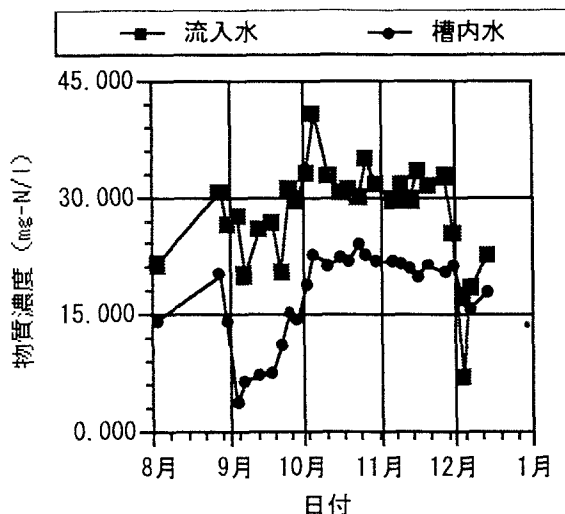


Fig.2 三態窒素の物質濃度の経日変化

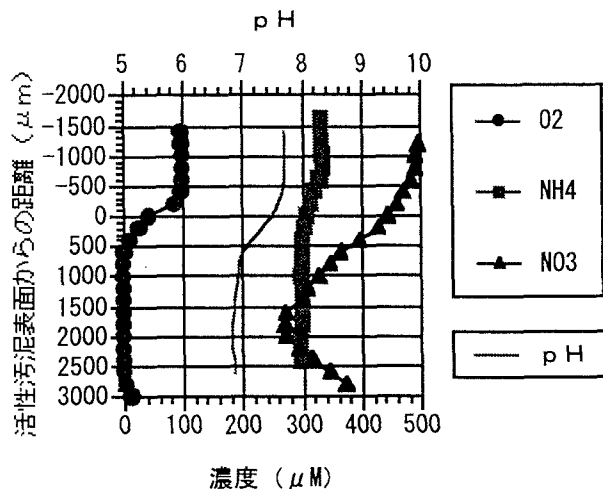


Fig.3 活性汚泥内の基質濃度の分布