

VII-14

活性汚泥法による硝化・脱窒同時反応の可能性

八戸工業大学 正会員 ○佐藤 久
中村 吉志
学生会員 小野 英樹

1. はじめに

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。従って、一般に生物学的窒素除去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つの反応層が必要となる。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。既往の研究¹⁾において硝化・脱窒同時反応が起こることを実験的に明らかにした。しかしながら、溶存酸素 (O_2) 濃度の増大は硝化反応を促進させるものの脱窒反応を抑制すること、また、有機物濃度の増大は脱窒反応を促進させるものの硝化反応を抑制すること等が予測され、硝化・脱窒同時反応は特定の条件下においてのみ進行すると考えられる。

本研究では活性汚泥内の基質 (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、 O_2 濃度が硝化・脱窒同時反応の機構に与える影響を明らかにし、硝化・脱窒同時反応の最適 O_2 濃度を検討することを目的とした。

2. 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ンピレータ (MMスタンダードZ昇降ステージMM-60V-HIおよびX・YステージMM-60X・Y-HI: 中央精機株式会社) に固定し、コントロールドライバ (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 (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。

測定した濃度分布から、全 NH_4^+ 酸化速度および全 NO_3^- 消費速度 ($J(\text{NH}_4^+)$ および $J(\text{NO}_3^-)$) [$\mu\text{mol}/\text{cm}^2/\text{L}$] を Fickの拡散第一方程式を用いて算出した。

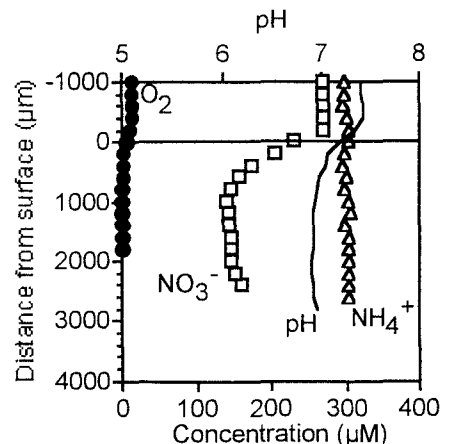


図.1 活性汚泥内基質濃度分布 ($\text{O}_2=0.5\text{mg/L}$)

3. 実験結果と考察

3-1・・・図.1に培地内の O_2 濃度を $0.5 \pm 0.5 \text{ mg/L}$ に調整し活性汚泥内の O_2 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、およびpHの濃度変化を示した。活性汚泥内で、アンモニアの減少は見られず、硝酸の減少が見られた。従って、活性汚泥内で硝化は起きていなかったものの、脱窒が起きていたことがわかる。この場合の $J(NH_4^+)$ は $0.08 \mu\text{mol/cm}^2/\text{h}$ であった。

3-2・・・図.2に培地内の O_2 濃度を $5.5 \pm 0.5 \text{ mg/L}$ に調整した活性汚泥内の O_2 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、およびpHの濃度変化を示した。活性汚泥内の好気層でアンモニアの減少が見られ、硝酸の濃度が増加していたことより、活性汚泥内で硝化が起きていたことがわかる。この場合の $J(NH_4^+)$ は $0.03 \mu\text{mol/cm}^2/\text{h}$ であった。また、硝酸の減少は見られなかった。硝酸は活性汚泥から放出され、 $J(NO_3^-)$ は $-0.03 \mu\text{mol/cm}^2/\text{h}$ であった。 $J(NH_4^+)$ と $J(NO_3^-)$ が等しいことから、活性汚泥内では脱窒反応は起こらず、硝化反応によって生成された硝酸のほとんどが活性汚泥外に放出されたことがわかった。以上の結果より、 O_2 濃度約 0.5 から約 5.5 mg/L の間に硝化・脱窒同時反応の O_2 に関する最適条件があると予想された。

3-3・・・そこで、液相の O_2 濃度が活性汚泥内の O_2 浸入深さに与える影響を検討した。図.3に、液相内の O_2 濃度と活性汚泥内の酸素浸入深さを示した。このグラフから、液相内の O_2 濃度は酸素浸入深さと正比例の関係にあることが分かる。この結果から、液相の O_2 濃度を操作することにより、活性汚泥内に好気層と無酸素層を形成させ、さらには O_2 浸入深さを操作できることが明らかとなった。

3-4・・・さらに、液相の O_2 濃度を変化させ、 O_2 濃度が活性汚泥内の硝化・脱窒同時反応に与える影響を検討をした。図.4に、 O_2 濃度と $J(NH_4^+)$ および $J(NO_3^-)$ の関係を示した。 $J(NH_4^+)$ は O_2 濃度の増加と共に増加したものの、 O_2 濃度約 2 mg/L 以上においては変化が見られなかった。 $J(NO_3^-)$ は O_2 濃度に比例し減少した。この結果から、本研究の条件下においては硝化・脱窒同時反応の最適 O_2 濃度は約 2 mg/L であったことが明らかとなった。

4. 結論

本研究においては、液相の O_2 濃度を操作することにより好気領域を操作できたこと、硝化反応および脱窒反応を操作できたこと、さらに、硝化・脱窒同時反応の最適 O_2 濃度は約 2 mg/L であったことを明らかにした。

参考文献：1) 小野、中村、佐藤（2001）微小電極を用いた活性汚泥内の基質濃度分布の測定、平成12年度土木学会東北支部技術研究発表会

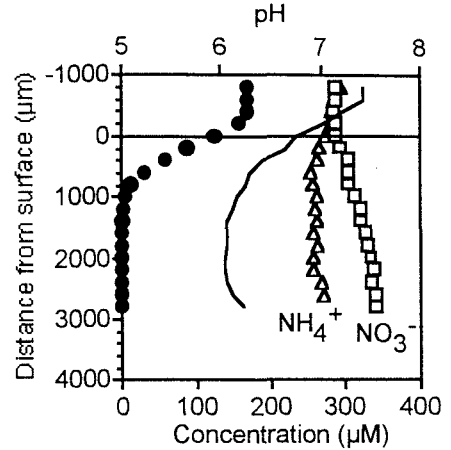


図.2 活性汚泥内基質濃度分布 ($O_2=5.5 \text{ mg/L}$)

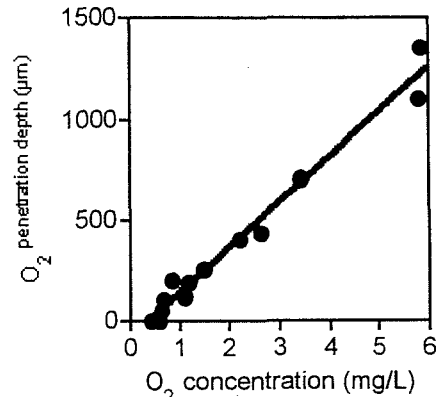


図.3 液相 O_2 濃度と O_2 浸入深さの関係

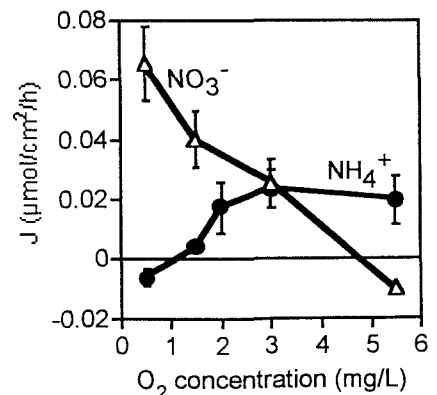


図.4 液相溶存酸素濃度と $J(NH_4^+)$ および $J(NO_3^-)$ の関係